환경부 제정

물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인

2013

한국상하수도협회

발 간 사

현재 지구촌은 기후변화가 현실로 나타남에 따라 태풍, 가뭄, 국지성 호우 등으로 어려움을 겪고 있고 생활수준의 향상과 경제활동의 증가로 물 수요는 늘어나는 반면, 수자원은 한정되어 있어 향후 물 수급의 심각한 불균형이 예상됩니다.

또한, 댐 건설 적지 확보 곤란과 자연환경 파괴, 주민 반대 등으로 새로운 수원확보가 어렵게 됨에 따라 하천·댐 등 기존 수원에서 취수를 줄여 물에 대한 스트레스를 줄이고 기후변화에 따른 가뭄 등에 선제적으로 대응하기 위해 빗물, 오수 및 하·폐수처리수 재이용 등 물 재이용의 필요성이 날로 커지고 있습니다.

이러한 욕구 증대로 하·폐수처리기술이 발전하면서 세계는 지금 한번 사용한 물을 재이용하는 추세로 전환하고 있으며, 국내에서도 적극적인 기술개발을 통해 물 부족문제를 해결하려는 노력과 함께 물 재이용 산업을 상수, 하수 분야에 이은 「제3의 물산업」으로 성장시키는 움직임이 일고 있습니다.

금번 발간한 "물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인"은 이러한 움직임에 부응하고, 물 재이용 촉진을 통한 물자원의 지속가능한 이용을 도모하기 위해 마련된 것으로서, 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 규정한 물 재이용시설의 설계 및 유지관리 요령과 절차, 민원인들이 평소 궁금해 하던 내용 등을 수록하여 업무의 효율성을 높이고자 노력하였습니다.

아무쪼록 물 재이용 관련 종사자들에게 실무 지침서로서 현장에서 널리 활용될 수 있기를 기대합니다.

끝으로 이번 제정을 위해 수고해 주신 집필위원 및 관계자분들에게 감사의 말씀을 전합니다.

2013년 9월

상하수도정책관 김 상배

머 리 말

지구상에 존재하는 담수의 0.26%만이 인간이 사용할 수 있는 물 자원으로, 지구온난화에 따른 물 자원 고갈과 지역별 물 자원 편차, 그리고 오염도의 심화가 발생하고 있다. 이에 따라 수리권 확보 및 수리권의 무기화를 위한 분쟁 확대 가능성도 있으며, 이에 따른 기회 요인으로 물 자원에 대한 독점적 지역사업의 기회 가능성도 있을 것이다. 물은 석유, 석탄 등의 에너지 자원과 달리, 잘 관리할 경우 계속해서 이용 가능한 순환자원이다.

따라서 향후 물 부족에 대한 선제적 대응을 위해서 물 자원의 최대 확보 외에도 한번 사용한 물은 재이용하는 것도 매우 중요할 것이다. 또한 물 재이용은 에너지의 소비를 획기적으로 줄이는 친환경산업으로 발전할 가능성이 있으며, 에너지 사용 문제 해소와 에너지 절감을 달성하는데 기여할 것이며, 물 재이용산업의 시장 선점시 물부족국가에 대한 사업 진출도 가능할 것으로 예상된다.

이러한 국내외적 상황에서, 우리나라의 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」이 2010년 6월 제정·공포되었다. 그동안 수도법에서 중수도 및 빗물이용시설에 관한 규정이 포함되었거나, 하수도법으로 중수도에 관한 규정이 이관되는 등 물 재이용시설에 관한 여러 차례의 다양한 법제 개편작업이 있었을 뿐 아니라 환경부내 물산업육성과의 신설과 해체 등 행정체계의 변동 등 다양한 변화를 거듭해왔으나, 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」의 제정·공포로 이러한 논의에 종지부를 찍고 이제는 더욱 긍정적이고 발전적인 물의 재이용을 위한 거보를 내디딜 수 있게 되었다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」이 제정·공포되기 전에 발간된 '하수처리수 재이용 가이드북'이나, 그 후 마련된 '물 재이용시설 설치관리 통합 가이드북'이 있었으나, 물 재이용시설 설치시에도 상하수도 시설기준 등과 같이 시설에 대한 명확하고 구체적인 기준이 필요하다는 요구가 있었다. 애초에는 '물 재이용 시설기준'을 마련하고자 하였으나, 전세계적으로 물 재이용 시설기준을 마련해 사용하는 나라가 없으며, 물 재이용시설에 대한 설계방법론이 고착화되기에는 아직 이 분야의 기술이 발전단계에 있어 시설기준의 발간이 오히려 기술의 발전을 저해할 수도 있다는 판단 하에, 현 단계에서는 물 재이용 용도와 이에 요구되는 수질에 따라 단위공정에 따라 적용가능한 '물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인'을 발간하게 되었다.

이에 따른 '물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인'의 주요 내용은 다음과 같다.

1) 제1장(기본계획)에서는 본 가이드라인의 목적, 적용범위, 물 재이용의 목적, 용어의 정의가

제시된 총설과 물 재이용시설의 기본계획의 수립방안과 물 재이용시설의 계획수립 절차 등이 제시되었다. 그리고 빗물이용시설, 중수도, 하수처리수 재이용시설의 계획수립시 검토해야 할 사항을 정리하였다. 그 외 물 재이용시설의 슬러지 처리방안, 물 재이용 배관의 식별을 위한 표시방법 등을 제시하였다.

2) 제2장(빗물이용시설)에서는 빗물이용시설의 목적과 적용범위가 포함된 총설, 빗물이용시설의 기본요건, 빗물이용용도 및 사용수량, 용도별 수질기준에 관한 일반사항 및 빗물이용시설의 설계방안, 빗물이용시설의 운영유지관리에 대해 제시하였다. 빗물이용시설별 설계 및 운영유지관리 방안으로 집수시설, 처리시설, 저류시설 등으로 구분하여 제시하였다.
3) 제3장(중수도)에서는 총설, 일반사항 외에 원수조정조, 응집지 및 약품침전지, 여과지, 막처리설비, 소독설비, 송배수설비, 중수도 급수설비 등의 설계방안을 제시하였다. 중수도의 관리기준, 수질검사, 운영관리위탁에 관한 운영유지관리방안도 제시하였다.
4) 제4장(하·폐수처리수 재이용시설)에서는 총설, 일반사항 외에 하수처리수 재이용시설의 설계방안으로 부지의 확보, 재처리시설에서 발생하는 공정폐수처리, 수리조건의 변화등 고려사항을 제시하였다. 또한 처리방식으로 급속여과법, 고속응집침전법, 활성탄흡착법, 막분리법, 오존산화법, 소독설비 등이 포함되었고, 송배수시설의 설계지침도 제시되었다. 또한 하수처리수 재이용시설의 유지관리 가이드라인 등이 포함되었다.
5) 제5장(발전소 온배수 재이용시설)에서는 총설과 일반사항 외에 발전소 온배수 재이용수의 용도와 발전소 온배수 재이용시설의 사례를 제시하였다.
6) 제6장(펌프 및 기타 기계설비)에서는, 총설 외에 펌프의 양정, 축동력, 출력 등 기본사항 외에 펌프의 자동운전에 관한 사항을 제시하였다. 그 외에 전동기, 크레인/호이스트, 환기/공조설비 등 기타 기계설비에 관한 사항을 포함하였다.
7) 제7장(전기 및 계측제어설비)은 총설과 기본사항 외에 전기설비, 계측제어설비로 구분하여 제시하였다.

아무쪼록 이 가이드라인이 우리나라 물 재이용시설의 보급 확대를 위한 설계 및 운영의 기초자료로 많이 활용되기를 바라며, 이 지침서 내용 이상의 공인된 기술로 물 재이용시설이 설계, 운영됨으로써 우리의 물 재이용 기술의 향상이 이루어지길 바란다. 끝으로 오랜 기간 동안 많은 노력과 협력을 해주신 집필위원, 자문위원 여러분과 한국상하수도협회의 관계자 여러분께 깊은 감사의 뜻을 전한다.

2013년 9월

물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인 집필위원장 **박 규홍**

목 차

제1장 기본계획

1.1 총설 / 3

1.1.1 목적 ····· 3

1.1.2 적용범위 ····· 3

1.1.3 용어의 정의 ····· 4

1.2 물 재이용시설의 기본계획 / 5

1.2.1 물 재이용시설의 기본계획 수립 방안 ····· 5

1.2.1.1 물 재이용 기본계획 ····· 6

1.2.1.2 물 재이용 관리계획 ····· 6

1.2.1.3 빗물이용시설의 기본계획 수립 방안 ····· 7

1.2.1.4 중수도의 기본계획 수립 방안 ····· 7

1.2.1.5 하·폐수처리수 재이용시설의 기본계획 수립 방안 ····· 8

1.2.2 물 재이용시설의 계획수립 절차 ····· 10

1.2.2.1 빗물이용시설 계획수립 절차 ····· 10

1.2.2.2 중수도의 계획수립 절차 ····· 11

1.2.2.3 하·폐수처리수 재이용시설의 계획수립 절차 ····· 13

1.2.3 물 재이용시설 설치 의무대상 ····· 18

1.2.3.1 빗물이용시설 설치대상 ····· 18

1.2.3.2 중수도 설치대상 ····· 19

1.2.3.3 하·폐수처리수 재이용 설치대상 ····· 22

1.2.4 빗물이용시설 계획수립시 검토사항 ····· 23

1.2.4.1 기후 ····· 24

1.2.4.2 대상지역의 여건 ····· 26

1.2.4.3 토지이용 특성 ····· 27

1.2.4.4 빗물이용시설의 용량 계획 및 집수면 ····· 28

1.2.4.5 빗물이용시설의 목표효율 ····· 30
1.2.4.6 초기빗물 처리 ····· 31
1.2.4.7 빗물처리 기술 ····· 32
1.2.5 중수도 계획수립시 검토사항 ····· 33
1.2.5.1 중수사용량의 결정 ····· 33
1.2.5.2 상주인원의 구성 ····· 33
1.2.5.3 중수도 원수의 종류 ····· 34
1.2.5.4 처리공정 선정시 고려사항 ····· 34
1.2.6 하·폐수처리수 재이용시설 계획수립시 검토사항 ····· 35
1.2.6.1 하·폐수처리수 재이용수의 용도 및 수요조사 ····· 35
1.2.6.2 기존 하·폐수처리장에 재이용시설의 설치시 고려사항 ····· 37
1.2.6.3 하·폐수처리수 재이용을 위한 계획수량 및 수질의 결정 ····· 38
1.2.6.4 하·폐수처리수 재이용시설의 규모 ····· 39
1.2.6.5 하·폐수처리수 재이용을 위한 주요 시설의 선택 ····· 40
1.2.6.6 하·폐수처리수 재이용시설의 위치 ····· 41
1.2.6.7 발생폐수(농축수, 역세척수) 및 슬러지 처리방안 수립 ····· 42
1.2.6.8 하·폐수처리수 재이용시설 설치시 사용 기자재 ····· 43
1.2.6.9 하·폐수처리수 재이용시설 설치시 기존 건축물의 활용 ····· 43
1.2.6.10 수요자 요구에 맞는 하수처리수 재이용수 생산 ····· 44
1.2.6.11 하수처리수 재이용수 공급 일반원칙(인센티브) ····· 44
1.2.7 물 재이용시설의 슬러지 처리계획 수립 ····· 44
1.2.7.1 빗물이용시설의 슬러지 관리 ····· 44
1.2.7.2 중수도의 슬러지 처리 ····· 44
1.2.7.3 하·폐수처리수 재이용시설의 슬러지 처리 ····· 45
1.2.8 물 재이용시설 배관의 식별 ····· 45
1.2.9 하·폐수(공업용수) 재이용시설 계획수립시 경제성 분석 및 전과정 비용분석 ····· 46

제2장 빗물이용시설

2.1 총설 / 49
2.1.1 목적 ····· 49

2.1.2 적용범위 ····· 49

2.2 일반사항 / 52

2.2.1 기본요건 ····· 52
2.2.2 빗물이용용도 및 사용수량 ····· 53
2.2.3 용도별 수질기준 ····· 57

2.3 빗물이용시설의 설계방안 / 59

2.3.1 빗물이용시설의 설계요소 ····· 59
2.3.2 시설의 설계 순서 ····· 60
2.3.3 빗물이용시설별 설계 방안 ····· 62
2.3.3.1 집수시설 ····· 62
2.3.3.1.1 집수면 ····· 62
2.3.3.1.2 빗물 집수관 ····· 64
2.3.3.2 처리시설의 설계 ····· 66
2.3.3.3 저류조 ····· 68
2.3.3.3.1 기본사항 ····· 68
2.3.3.3.2 빗물 저류조 설치장소 및 구조 ····· 69
2.3.3.3.3 저류조 용량 설계방법 ····· 74
2.3.3.4 빗물이용시설의 송배수시설 ····· 78
2.3.3.4.1 송배수시설 개요 ····· 78
2.3.3.4.2 빗물이용시설의 배수펌프 ····· 81
2.3.3.4.3 상수보급설비 ····· 81
2.3.3.4.4 배관시설 ····· 82
2.3.3.4.5 빗물이용시설의 오접합 방지 ····· 83
2.3.3.4.6 빗물이용시설의 역류방지 ····· 83
2.3.3.5 중수도와 빗물이용시설을 연계한 통합 시스템 검토 ····· 84

2.4 빗물이용시설의 설치 신고 / 86

2.5 빗물이용시설의 운영·유지관리 / 86

2.5.1 빗물이용시설의 관리기준 ····· 86

2.5.1.1 빗물이용시설의 표시 ····· 86
2.5.1.2 빗물이용시설의 유지관리 주기 ····· 87
2.5.1.3 빗물이용시설 수량과 수질의 관리 ····· 88
2.5.1.4 계절에 따른 운영 ····· 89
2.5.2 빗물이용시설의 운영 ····· 90
2.5.2.1 빗물이용시설의 일반적인 운영 지침 ····· 90
2.5.3 빗물이용시설의 유지관리 ····· 90
2.5.3.1 빗물이용시설의 유지관리 원칙 ····· 90
2.5.3.2 집수시설의 유지관리 ····· 91
2.5.3.3 처리시설의 유지관리 ····· 91
2.5.3.4 저류시설의 유지관리 ····· 92
2.5.3.5 송수·배수시설의 유지관리 ····· 92
2.5.3.6 이상시 대책 ····· 92
2.5.4 빗물이용시설의 지도 · 점검사항 ····· 97

제3장 중수도

3.1 총설 / 101
3.1.1 목적 ····· 101
3.1.2 적용범위 ····· 101

3.2 일반사항 / 102
3.2.1 기본요건 ····· 102
3.2.2 중수도 용도 ····· 103
3.2.3 중수도 이용수량 ····· 103
3.2.4 용도별 수질기준 ····· 114
3.2.5 원수의 선정 ····· 116
3.2.6 중수도 처리공정의 선택 ····· 119

3.3 중수도의 설계방안 / 121
3.3.1 설계요소 ····· 121

3.3.2 시설별 설계 방안 ····· 121
3.3.2.1 원수조정조 ····· 122
3.3.2.2 스크린 설비 ····· 122
3.3.2.3 응집용 약품주입설비 ····· 123
3.3.2.4 응집지 및 약품침전지 ····· 124
3.3.2.5 여과지 ····· 124
3.3.2.6 입상활성탄 여과설비 ····· 125
3.3.2.7 막처리설비 ····· 126
3.3.2.8 소독설비 ····· 129
3.3.2.9 기타 처리설비 ····· 129
3.3.3 중수도의 용도별 공정 계통 ····· 130
3.3.4 내진 설계 ····· 131

3.4 중수도의 송배수 시설 / 131
3.4.1 중수도의 송배수방식 ····· 131
3.4.2 중수도 계획배수량 ····· 132
3.4.3 중수도 송배수 시설 선정시 고려사항 ····· 132
3.4.4 중수도 송배수 시설 설계 방안 ····· 135

3.5 중수도 급수설비 / 136
3.5.1 시설개요 ····· 136
3.5.1.1 중수도 계획급수량 ····· 136
3.5.1.2 중수도 급수방식 ····· 136
3.5.2 중수도 사용설비 시설계획 ····· 137
3.5.2.1 중수도용 저류조 ····· 137
3.5.2.2 고가수조 ····· 138
3.5.2.3 압력탱크 ····· 139
3.5.2.4 양수펌프 및 공급량 ····· 139
3.5.3 중수도 급수관 ····· 139
3.5.4 중수도 이용설비(수도꼭지) ····· 140
3.5.5 중수도 급수개시전의 검사 및 시험 ····· 140

3.6 중수도의 설치신고 / 141

3.7 중수도의 운영·유지관리 / 142
3.7.1 중수도의 관리기준 ····· 142
3.7.2 중수도의 수질검사 ····· 144
3.7.3 중수도의 운영관리위탁 ····· 145

3.8 중수도의 오접합, 오사용 및 오음용에 대한 대책 / 145
3.8.1 중수도의 배관설비 대책 ····· 146
3.8.2 중수도의 수조 설비 대책 ····· 146
3.8.3 중수도 오음용 및 오사용 방지를 위한 식별방법 ····· 146
3.8.4 역류방지 ····· 147

3.9 중수도의 지도·점검 사항 / 147

제4장 하·폐수처리수 재이용시설

4.1 총설 / 151
4.1.1 목적 ····· 151
4.1.2 적용범위 ····· 151

4.2 일반사항 / 152
4.2.1 기본요건 ····· 152
4.2.2 재이용수의 용도 ····· 153
4.2.3 재이용수 이용수량 ····· 155
4.2.4 용도별 수질기준 ····· 155
4.2.5 하수처리수 재이용시설의 공정 ····· 160

4.3 하수처리수 재이용시설의 설계방안 / 162
4.3.1 부지의 확보 ····· 162
4.3.2 재처리시설에서 발생하는 공정폐수처리 ····· 164

4.3.3 수리 조건의 변화 ····· 167
4.3.4 내진설계 ····· 169
4.3.5 수질기준 만족을 위한 하수처리수 재이용시설의 설계요소 ····· 169
4.3.5.1 기본사항 ····· 169
4.3.5.2 하수처리수 재처리 공정의 선정 ····· 171
4.3.5.3 도시재이용수의 수질 검토 ····· 171
4.3.5.4 조경용수의 수질 검토 ····· 174
4.3.5.5 친수용수의 수질검토 ····· 175
4.3.5.6 하천유지용수의 수질 검토 ····· 178
4.3.5.7 농업용수의 수질 검토 ····· 181
4.3.5.8 지하수 충전용수의 수질 검토 ····· 184
4.3.5.9 공업용수의 수질검토 ····· 187

4.4 하수처리수 재처리시설 처리방식 / 189
4.4.1 급속여과법 ····· 189
4.4.2 고속응집침전법 ····· 191
4.4.3 활성탄흡착법 ····· 191
4.4.4 막분리법 ····· 193
4.4.4.1 막분리법의 종류 ····· 193
4.4.4.2 분리막의 선정 ····· 196
4.4.4.3 분리막 모듈의 형식 ····· 197
4.4.4.4 막분리시설의 구성 ····· 199
4.4.4.5 막분리시설 설계시 주요 고려사항 ····· 199
4.4.4.6 막분리시설의 농축 폐액의 처분 ····· 200
4.4.5 오존산화법 ····· 200
4.4.6 소독설비 ····· 202
4.4.6.1 염소소독 ····· 202
4.4.6.2 오존소독 ····· 202
4.4.6.3 자외선소독 ····· 204

4.5 하수처리수 재이용을 위한 송·배수시설 / 204
4.5.1 송·배수방식 ····· 204
4.5.2 하수처리수 재이용시설의 시설계획 절차 및 수립 방안 ····· 205

4.5.3 하수처리수 재이용 송배수시설의 설계방안 ····· 206
4.5.3.1 저장시설 ····· 206
4.5.3.2 펌프시설 ····· 206

4.6 하·폐수처리수 재이용시설의 설치 승인 및 인가 / 206
4.6.1 설계·시공업의 등록 ····· 206
4.6.2 하수처리수 재이용시설의 설치 승인 ····· 207
4.6.3 하수처리수 재이용사업의 인가 ····· 208
4.6.4 하수처리수 재이용사업의 인가 취소 ····· 209

4.7 하수처리수 재이용시설의 운영·유지관리 / 209
4.7.1 기술관리인 ····· 209
4.7.1.1 기술관리인의 자격 ····· 209
4.7.1.2 기술관리인의 역할 ····· 209
4.7.2 하수처리수 재이용시설의 유지관리 지침의 작성 ····· 210
4.7.3 하수처리수 재이용시설의 수질검사 ····· 212
4.7.3.1 수질관리항목 ····· 212
4.7.3.2 최초수질검사 ····· 212
4.7.3.3 수질검사 주기 ····· 213
4.7.4 시설물별 유지관리 ····· 213
4.7.4.1 재처리시설의 유지관리 ····· 213

4.8 하수처리수 재이용시설의 지도·점검 사항 / 215

[참고 4-1] 급속여과법 ····· 217
[참고 4-2] 화학적처리 ····· 224
[참고 4-3] 활성탄흡착법 ····· 240
[참고 4-4] 오존산화법 ····· 248
[참고 4-5] 염소소독 ····· 251
[참고 4-6] 오존에 의한 소독 ····· 267
[참고 4-7] 자외선(UV) 소독시설 ····· 271
[참고 4-8] 일차침전지 ····· 275

제5장 발전소 온배수 재이용시설

5.1 총설 / 291

5.1.1 목적 ····· 291
5.1.2 적용범위 ····· 291
5.1.3 발전소 온배수의 특성 ····· 292

5.2 일반사항 / 295

5.2.1 기본요건 ····· 295
5.2.2 발전소 온배수 재이용수의 용도 ····· 295
5.2.3 발전소 온배수 재이용시설 사례 ····· 296

제6장 펌프 및 기타 기계설비

6.1 총설 / 299

6.1.1 펌프설비의 계획 ····· 299
6.1.2 계획수량과 대수 ····· 300
6.1.3 위치 및 안전대책 ····· 301

6.2 펌프시설 / 302

6.2.1 펌프의 선정 ····· 302
6.2.2 펌프구경 ····· 308
6.2.3 펌프의 전양정 ····· 309
6.2.4 흡입실양정 ····· 313
6.2.5 펌프의 축동력 ····· 317
6.2.6 전동기의 출력 ····· 318
6.2.7 펌프흡수정 ····· 319
6.2.8 흡입관 ····· 320
6.2.9 펌프계통의 수격작용 ····· 324
6.2.10 기초 ····· 326
6.2.11 부대설비 및 보조설비 ····· 326

6.2.12 펌프의 조합운전 ····· 328

6.3 펌프의 자동운전 / 330
6.3.1 제어방식의 선정 ····· 330
6.3.2 자동운전용 기기 ····· 331
6.3.3 펌프설비 보호장치 ····· 335

6.4 전동기 / 336
6.4.1 종류 ····· 336
6.4.2 형식 ····· 337
6.4.3 기동장치 ····· 338
6.4.4 동력전달방식 ····· 339
6.4.5 전동기 보호장치 ····· 339

6.5 기계실 / 341
6.5.1 크레인 · 호이스트 ····· 341
6.5.2 환기 · 공조설비 ····· 343
6.5.3 공기공급원 장치 ····· 345

6.6 비상용 전원설비 / 347
6.6.1 총설 ····· 347
6.6.2 설계시 주의사항 ····· 347
6.6.3 기종 ····· 348
6.6.4 부대설비 ····· 349

제7장 전기 및 계측제어설비

7.1 총설 / 353
7.1.1 기본적 사항 ····· 353
7.1.2 시설 계획 ····· 353

7.2 전기설비 / 355
7.2.1 수전계획 ····· 355
7.2.2 수·변전설비 ····· 357
7.2.3 보호 및 안전설비 ····· 359
7.2.4 배전설비 ····· 361
7.2.5 동력설비 ····· 363
7.2.6 역률개선 설비 ····· 364
7.2.7 직류전원장치 ····· 366
7.2.8 방재설비 ····· 367
7.2.9 전기실 ····· 368
7.2.9.1 조명설비 ····· 369

7.3 계측제어설비 / 370
7.3.1 계측항목 ····· 370
7.3.2 계측기기의 선정 ····· 371
7.3.3 계측기기의 종류 ····· 372
7.3.4 감시제어설비 ····· 379
7.3.5 시스템 구축시 검토사항 ····· 381
7.3.6 CCTV장치 ····· 382

그림 차례

<그림 1.1> 빗물이용시설의 계획수립과정 ····· 10
<그림 1.2> 일반적인 중수도 기본계획 수립절차 ····· 12
<그림 1.3> 공공하수도관리청에서 시행하는 하수처리수 재이용사업의 추진절차 ····· 14
<그림 1.4> 민간제안에 의한 하수처리수 재이용사업 추진절차 ····· 16
<그림 1.5> 정부고시에 의한 하수처리수 재이용 민간투자사업의 추진절차 ····· 17
<그림 1.6> 우리나라 연평균 강수량의 연도별 변화(자료: 기상청) ····· 25
<그림 1.7> 초기빗물 수질 오염도 변화 ····· 32
<그림 2.1> 빗물이용시설의 설계 흐름도 ····· 61
<그림 2.2> 편구배 지붕면에서의 집수 예 ····· 63
<그림 2.3> 벽면집수의 예 ····· 63
<그림 2.4> 루프드레인에 대한 유입제어 ····· 65
<그림 2.5> 필터의 종류 ····· 67
<그림 2.6> 월류수 제어 방식 ····· 71
<그림 2.7> 적정수질을 유지하기 위한 저류조 내부구조 ····· 74
<그림 2.8> 시뮬레이션 엑셀 시트 예 ····· 76
<그림 2.9> 시뮬레이션 입력자료 및 결과 ····· 77
<그림 2.10> 용량 계획선도 예 ····· 78
<그림 3.1> 중수도 도입 이전의 용도별 물수지 (연면적 10,000m^2의 빌딩) ····· 107
<그림 3.2> 빌딩의 중수도 도입 이후의 물수지 (연면적 10,000m^2: Case 1) ····· 108
<그림 3.3> 빌딩의 중수도 도입 이후의 물수지 (연면적 10,000m^2: Case 2) ····· 108
<그림 3.4> 중수도에 유입되는 오염물질의 처리공정 ····· 120
<그림 3.5> 공장에서의 중수도 사용을 위한 처리공정의 계통 ····· 130
<그림 3.6> 상업용 빌딩에서 중수도 사용을 위한 처리공정의 계통 ····· 130
<그림 3.7> 공공용, 업무용 빌딩에서의 중수도 사용을 위한 처리공정의 계통 ····· 131
<그림 4.1> 하수처리수 재이용시 처리시설의 위치 (a)집중형, (b)위성형, (c)분산형 ····· 163
<그림 4.2> 여과공정 역세배출수의 하수처리 주공정의 유입 사례(B 공공하수처리시설) ····· 165
<그림 4.3> 침전슬러지 발생공정 사례(침전여과시설) ····· 166
<그림 4.4> 역삼투시설의 하수처리수 재이용 사례(○○ 하수처리장) ····· 166
<그림 4.5> 기존하수처리장에 재이용 수처리시설 도입시 수리종단도의 작성절차 ····· 167
<그림 4.6> 수리종단도의 작성 예 ····· 168

<그림 4.7> 최종침전지 유출 웨어고 개량을 통한 수두확보 ····· 169
<그림 4.8> 재이용수 공급 후 개별 수요처 재처리 사례 ····· 170
<그림 4.9> 도시재이용수 하수처리수 재이용 사례 ····· 173
<그림 4.10> 친수용수 하수처리수 및 재이용 사례 ····· 177
<그림 4.11> 하천유지용수 하수처리수 및 재이용 사례 ····· 180
<그림 4.12> 농업용수 재이용 사례 ····· 183
<그림 4.13> 지하수 충전 방법(좌) 및 충전용수 생산을 위한 처리공정 사례(우) ····· 184
<그림 4.14> 지하수 충전용수이용 사례 ····· 185
<그림 4.15> 공업용수 재이용 사례 ····· 189
<그림 4.16> 교차흐름방식에 의한 막분리 예 ····· 195
<그림 4.17> 역삼투의 원리 ····· 195
<그림 4.18> 한외여과막의 압력-투과유속 관계 ····· 196
<그림 4.19> 판형 모듈 ····· 198
<그림 4.20> 관형 모듈 ····· 198
<그림 4.21> 나선형 모듈 ····· 198
<그림 4.22> 중공사형 모듈 ····· 198
<그림 4.23> 막분리법 기본모식도 ····· 199
<그림 4.24> 모듈배열의 예 ····· 199
<그림 4.25> 여과장치의 예 ····· 219
<그림 4.26> 약품주입의 제어방식 ····· 233
<그림 4.27> 정류판을 가진 터빈형 교환기 ····· 235
<그림 4.28> 각종 터빈의 임펠러 ····· 235
<그림 4.29> 활성탄 흡착시설을 포함한 하수의 고도처리방법의 계통도 예 ····· 241
<그림 4.30> 활성탄 흡착시설을 가진 물리·화학적 처리시설의 계통도 예 ····· 242
<그림 4.31> 상향식 흡착탑에서의 활성탄제거 ····· 246
<그림 4.32> 오존산화시설의 공정도 ····· 249
<그림 4.33> 염소소독을 위한 폐회로 통제 시스템 ····· 251
<그림 4.34> 수리학적 도수를 이용한 염소주입 및 혼합 ····· 251
<그림 4.35> 3,600kg 염소주입기를 위한 요구면적 및 배치 ····· 257
<그림 4.36> 산기식 오존접촉방식의 모식도 ····· 268
<그림 4.37> 전체가압식 오존접촉방식의 모식도 ····· 269
<그림 4.38> 측면가압식 오존접촉방식의 모식도 ····· 269
<그림 4.39> 침전지유입부의 예 ····· 279

<그림 4.40> 유공정류벽의 예 ····· 279
<그림 4.41> 정류판의 예 ····· 279
<그림 4.42> 스컴제거장치의 예 ····· 281
<그림 4.43> 스컴제거장치(무동력방식)의 예 ····· 281
<그림 4.44> 월류위어의 예 ····· 281
<그림 4.45> 컨베이어 슬러지 수집기 ····· 282
<그림 4.46> 슬러지 횡방향 수집기 ····· 283
<그림 4.47> 짧은 길이의 스크레이퍼 ····· 283
<그림 4.48> 코너 스위퍼(Corner sweeper) ····· 283
<그림 4.49> 슬러지수집기와 수집부의 예 ····· 284
<그림 4.50> 체인플라이트식 슬러지 수집기의 예 ····· 284
<그림 4.51> 체인플라이트식 슬러지 수집기의 예 ····· 285
<그림 4.52> 주변구동식 슬러지 수집기의 예 ····· 285
<그림 4.53> 중앙구동식 슬러지 수집기의 예 ····· 286
<그림 6.1> 펌프의 준특성(양정)곡선 ····· 304
<그림 6.2> 펌프의 표준특성(축동력)곡선 ····· 305
<그림 6.3> 펌프의 표준특성(효율)곡선 ····· 305
<그림 6.4> 양흡입원심펌프 & 편흡입원심펌프의 예 ····· 306
<그림 6.5> 입축원심펌프 & 입축사류펌프의 예 ····· 307
<그림 6.6> 전양정의 예 ····· 310
<그림 6.7> 흡입구의 손실계수 f_i ····· 311
<그림 6.8> 곡관의 손실계수(f_b)의 값 ····· 311
<그림 6.9> 단면이 급격히 확대되는 경우의 손실계수(f_e) ····· 312
<그림 6.10> 단면이 완만하게 확대되는 경우의 손실계수(f_e) ····· 313
<그림 6.11> 펌프의 유효흡입수두 ····· 314
<그림 6.12> N_s와 σ와의 관계 ····· 315
<그림 6.13> 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv}) ····· 316
<그림 6.14> 토출유량과 펌프효율 ····· 317
<그림 6.15> 펌프흡수정의 크기와 형상 ····· 320
<그림 6.16> 펌프흡수정과 흡입관의 배치 예 ····· 320
<그림 6.17> 와류 방지 개선 방안(예) ····· 323
<그림 6.18> 수격작용 ····· 325
<그림 6.19> 성능이 동일한 펌프 병렬운전 ····· 329

<그림 6.20> 성능이 다른 펌프 병렬운전 ····· 329
<그림 6.21> 성능이 동일한 펌프의 직렬운전 ····· 330
<그림 6.22> 원심펌프의 자동운전의 예 ····· 332
<그림 6.23> 내연기관 구동펌프의 자동운전 예 ····· 333
<그림 6.24> 입축펌프의 자동운전 예 ····· 334
<그림 6.25> 천정주행 크레인의 예 ····· 342
<그림 6.26> 제1종 환기법 ····· 344
<그림 6.27> 제2종 환기법 ····· 344
<그림 6.28> 제3종 환기법 ····· 344
<그림 7.1> 수전방식 ····· 356
<그림 7.2> 개거·관거식 유량계 ····· 373
<그림 7.3> 피샬플럼식 유량계 ····· 374
<그림 7.4> 전자식 유량계 ····· 375
<그림 7.5> 초음파식 유량계 ····· 376
<그림 7.6> 오리피스식 유량계 ····· 377
<그림 7.7> 초음파식 수위계 ····· 377
<그림 7.8> 플로트식 수위계 ····· 378
<그림 7.9> 압력계 ····· 378

표 차례

[표 1.1] 빗물이용시설과 우수유출저감시설의 비교 ····· 19
[표 1.2] 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」의 기반시설 ····· 21
[표 1.3] 「택지개발촉진법 시행령」의 공공시설의 범위 ····· 22
[표 1.4] 주택유형별 격월 평균 수돗물 사용량 ····· 24
[표 1.5] 실개천 등의 기본 수량 ····· 26
[표 1.6] 표면 종류에 따른 수질 특성 ····· 29
[표 1.7] 토지이용도별 기초유출계수의 표준값 ····· 29
[표 1.8] 옥상녹화사업 시 유출계수의 적용값 ····· 30
[표 1.9] 빗물 저류/이용시설의 효율평가인자 ····· 30
[표 1.10] 건축법 시행령에 나타난 건축연면적의 산정기준 ····· 33
[표 1.11] 중수도의 설치 계획시 검토항목 ····· 35
[표 1.12] 하·폐수처리수 재이용의 대표적 용도 및 제한조건 ····· 35
[표 1.13] 하·폐수처리수 재이용을 위해 필요한 전형적인 시설 ····· 41
[표 2.1] 빗물이용시설의 범위 ····· 50
[표 2.2] 연평균 용도별 사용수량 ····· 54
[표 2.3] 사용목적별 기초수량 ····· 54
[표 2.4] 세대구성 인원별 1인 1일 사용수량(Lpcd) ····· 55
[표 2.5] 업태별 원단위 ····· 55
[표 2.6] 용도별 물사용량(Lpcd) ····· 56
[표 2.7] 독일 공업규격(DIN)의 사용수량 자료 ····· 56
[표 2.8] 기구 1개당 단위 사용수량 ····· 56
[표 2.9] 빗물이용시설 수질권고기준 ····· 58
[표 2.10] 빗물이용시설 수질 ····· 58
[표 2.11] 집수면의 종류에 따른 특성 ····· 61
[표 2.12] 빗물이용시설의 용도별 이수 특성 ····· 61
[표 2.13] 수직배관의 관경별 최대집수면적 ····· 64
[표 2.14] 수평 집수관의 관경과 경사에 따른 최대허용 집수면적 ····· 65
[표 2.15] 건축물 용도별 저류조 설치장소 ····· 70
[표 2.16] 저류공법 비교(RC 구조물, PC 빗물 저류조) ····· 72
[표 2.17] 저류공법 비교(파형강 저류조, 플라스틱 적층식) ····· 73

[표 2.18] 용량 계획선도 도출을 위한 입력자료 ····· 75
[표 2.19] 관련 모형의 장단점 ····· 79
[표 2.20] 모형별 모의 가능 항목 ····· 80
[표 2.21] 빗물이용시설에의 상수보급 방식 ····· 82
[표 2.22] 배관별 오접합·오사용 방지대책 ····· 83
[표 2.23] 급수관의 역류방지 ····· 84
[표 2.24] 빗물이용시설 설치신고서 서식 ····· 85
[표 2.25] 유지관리 점검 내용 및 주기 예 ····· 87
[표 2.26] 수량 데이터시트의 예 ····· 88
[표 2.27] 수질 데이터시트의 예 ····· 89
[표 2.28] 집수시설의 유지관리 체크리스트 ····· 93
[표 2.29] 저류시설의 유지관리 체크리스트 ····· 94
[표 2.30] 처리시설의 유지관리 체크리스트 ····· 95
[표 2.31] 송배수시설의 유지관리 체크리스트 ····· 96
[표 3.1] 중수도 설계수량 ····· 103
[표 3.2] 용도별 사용수량 원단위 ····· 106
[표 3.3] 물사용 용도별 물사용량 원단위 ····· 106
[표 3.4] 건물 규모별 원수 선정의 타당성 검토 결과 ····· 109
[표 3.5] 중수도 도입 후의 절수효과 및 하수발생량 저감효과 ····· 109
[표 3.6] 공동주택의 용도별 사용수량 구성비 및 원단위 ····· 110
[표 3.7] 단위 건물바닥 면적당 물사용 수량 기준(서울시 수도조례 시행규칙) ····· 111
[표 3.8] 업무용 빌딩의 규모별 중수도 수요량 추정 결과 ····· 111
[표 3.9] 상업용 빌딩의 규모별 중수도 수요량 추정 결과 ····· 112
[표 3.10] 호텔의 규모별 중수도 수요량 추정 결과 ····· 113
[표 3.11] 병원 규모별 중수도 수요량 ····· 113
[표 3.12] 건물 규모에 따른 예상 물사용량 및 중수도 수요량 ····· 114
[표 3.13] 2014년 12월 31일까지 적용되는 기준 ····· 115
[표 3.14] 2015년 1월 1일부터 적용되는 기준 ····· 115
[표 3.15] 일본의 대표적 빌딩배수 재이용 사례(1) ····· 117
[표 3.16] 일본의 대표적 빌딩배수 재이용 사례(2) ····· 117
[표 3.17] 일본의 공장 및 건물의 유형별 중수도 공법 및 이용용도 ····· 118
[표 3.18] 주요 응집제의 종류 ····· 123
[표 3.19] 한외여과법의 장·단점 ····· 127

[표 3.20] 역삼투법의 장·단점 ····· 128
[표 3.21] 막처리법 적용시 장점 및 문제점 ····· 128
[표 3.22] 중수도 설치신고서 ····· 141
[표 4.1] 2012.1.1.부터 강화된 기준 적용 ····· 152
[표 4.2] 적용대상 지역 ····· 153
[표 4.3] 하·폐수처리수의 용도구분 및 제한조건 ····· 153
[표 4.4] 하·폐수처리수 용도별 수질기준 ····· 155
[표 4.5] 수질기준 ····· 156
[표 4.6] 용도별 수질기준(하천유지용수) ····· 157
[표 4.7] 용도별 수질기준(공업용수) ····· 158
[표 4.8] 용도별 수질기준(농업용수) ····· 158
[표 4.9] 농업용수 수질권고기준 추가항목(mg/L) ····· 159
[표 4.10] 용도별 수질기준(친수용수, 습지용수, 지하수 충전용수) ····· 159
[표 4.11] 조경용수 기준 ····· 160
[표 4.12] 수질항목별 재처리설비 ····· 161
[표 4.13] 하수처리수 재이용을 위한 저장시설 및 장래 확장부지 필요 사례 ····· 163
[표 4.14] 하수처리수 재이용 수처리시설에서 발생하는 반류수 및 주요 수질 항목 ····· 164
[표 4.15] 손실수두 발생을 기준으로 한 수처리공정의 분류 ····· 168
[표 4.16] 재이용수의 용도별 정의 ····· 171
[표 4.17] 방류수수질기준과 도시재이용수 수질기준 비교 ····· 172
[표 4.18] 방류수수질기준과 조경용수 수질기준 비교 ····· 174
[표 4.19] 방류수수질기준과 친수용수 수질기준 비교 ····· 176
[표 4.20] 방류수수질기준과 하천유지용수 수질기준 비교 ····· 179
[표 4.21] 방류수수질기준과 농업용수 수질기준 비교 ····· 182
[표 4.22] 지하수 충전 방법에 따른 처리수준의 비교 ····· 184
[표 4.23] 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 <별표1> 먹는물의 수질기준 ····· 185
[표 4.24] 방류수수질기준과 공업용수 수질기준 비교 ····· 188
[표 4.25] 미국 Dublin San Ramon 하수처리시설의 역삼투 운전 자료(1999. 4−12 운전[a,b]) ····· 195
[표 4.26] 급속여과지의 형식의 분류 ····· 217
[표 4.27] 급속여과시 계획여과수량 ····· 218
[표 4.28] 급속모래여과장치 ····· 220
[표 4.29] 응집에 영향을 미치는 인자 ····· 228
[표 4.30] 주요 응집제의 종류 ····· 230

[표 4.31] 임펠러 소요동력 결정에 사용되는 K_T값 ····· 236
[표 4.32] 온도변화에 따른 K값의 변화 ····· 237
[표 4.33] 패들의 형태에 따른 C_D값 ····· 238
[표 4.34] 활성탄 흡착탑의 유입수 수질에 따른 활성탄 주입량 ····· 247
[표 4.35] 염소주입률 ····· 253
[표 4.36] 염소주입기 혼합용수의 소요수압과 수량 ····· 254
[표 4.37] 염소의 온도에 따른 증발잠열 ····· 258
[표 4.38] 유효수심과 표면부하율 및 침전시간과의 관계 ····· 278
[표 4.39] 계획하수량에 의한 처리방법별 침전시간 ····· 278
[표 5.1] 미국의 주별 온배수 수온 규제 기준 ····· 293
[표 5.2] 국내 발전소 온배수 배출현황(2011) ····· 294
[표 6.1] 양정에 대한 펌프의 형식 ····· 302
[표 6.2] 펌프의 형식과 비교회전도(Ns)와의 관계 ····· 303
[표 6.3] 구경에 따른 f_{sv}의 값(완전히 열어 놓은 경우) ····· 312
[표 6.4] 수온과 포화수증기압(H_p) ····· 314
[표 6.5] 흡입 비속도 ····· 316
[표 6.6] 전동기의 여유율(α) ····· 318
[표 6.7] 정격전압 ····· 336
[표 6.8] 전동기의 정격 출력의 표준 ····· 336
[표 6.9] 전동기 형식 ····· 337
[표 6.10] 기동장치(起動裝置) ····· 338
[표 7.1] 계약전력과 수전전압(한국전력공사 공급 약관) ····· 355
[표 7.2] 수전방식별 특성 ····· 356
[표 7.3] 변압기의 종류와 특성 비교 ····· 358
[표 7.4] 접지의 종류와 목적 ····· 361
[표 7.5] 저압진상콘덴서 부착용량 기준(200V, 380V 삼상유도전동기) ····· 365
[표 7.6] 시스템 구축 검토항목 ····· 381
[표 7.7] 카메라 설치 장소에 따른 표준 사항 ····· 383
[표 7.8] 녹화 장비의 선정 ····· 384
[표 7.9] 동축케이블에 의한 전송가능거리 ····· 384

제1장

기 본 계 획

제1장 기본계획

1.1 총설

1.1.1 목적

본 물 재이용 시설설계 및 유지관리 가이드라인은 물의 재이용시설 설치에 필요한 계획, 설계, 운영 및 관리에 적용하는 지침서로서 물의 재이용을 촉진하여 물자원을 효율적으로 활용하고 수질에 미치는 해로운 영향을 감소시키며 물자원의 지속가능한 이용을 도모코자 마련되었다. 물 재이용 시설은 시설의 규모 및 처리대상수의 수질 및 물의 재이용 용도에 따라 요구되는 수질특성 등에 맞춰 공정 및 세부시설의 구성을 가감하여 효율적인 계획과 설계가 되도록 하여야 하며, 효율적이고 경제적인 신기술 개발에 대처하기 위하여 지속적으로 보완되어야 한다.

1.1.2 적용범위

본 물 재이용 시설설계 및 유지관리 가이드라인은 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 의한 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설, 발전소 온배수 재이용시설에 적용된다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 명시된 법적 의무대상시설은 법적 요구사항을 준수해야 하며, 이 가이드라인을 시설의 설계와 유지관리 지침으로 삼아야 할 것이다. 한편, 법적 의무대상시설이 아닌 경우라 하더라도 이 가이드라인을 적극적으로 반영하여 설계와 유지관리를 이행할 것을 권장한다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 나타난 폐수처리수 재이용시설의 경우 처리되지 않은 산업폐수의 성상 뿐 아니라 처리된 후의 수질 성상이 매우 다양하게 변화할 수 있어 다양성을 특정화하는 표준화된 가이드라인을 제시하기보다 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제48조제1항에 따른 폐수종말처리시설에서 처리된 물인 폐수처리수의 재이용에 관한 내용으로 제한한다. 또한, 공공하수처리시설에서 산업폐수를 연계처리하는 경우에는 산업폐수가 포함되어 있더라도 그 수량이 하수수량에 비해 적을 것으로 기대되어, 하수의 특성에 맞는 재이용 가이드라인을 따를 것을 권장한다.

하수처리수 재이용사업을 공공하수처리시설의 하수처리수를 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천

유지용수 등으로 재이용하는 사업에 적용한다. 다만, 공공하수처리시설 건설사업에 반영된 시설운 전용 장내 재이용수는 그러하지 아니할 수 있다.

발전소 온배수 재이용시설은 화력발전소의 발전과정에서 냉각수 사용으로 인해 발생하는 다량의 온배수 재이용의 활성화를 위한 시설 가이드라인을 제시한다.

1.1.3 용어의 정의

(1) 물의 재이용

빗물, 오수, 하수처리수, 폐수처리수 및 온배수 물 재이용 시설을 이용하여 처리하고, 그 처리된 물(이하 "처리수"라 함)을 생활, 공업, 농업, 조경, 하천 유지 등의 용도로 이용하는 것을 말한다.

(2) 물 재이용시설

빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설 및 발전소 온배수 재이용시설을 말한다.

(3) 빗물이용시설

건축물의 지붕면 등에 내린 빗물을 개별적으로 모아서 이용할 수 있도록 처리하는 시설을 말한다.

(4) 지붕면적

수평으로 투영된 1층 이상의 상부 건축면적으로 한다.

(5) 초기빗물

강우 초기에 건축물의 지붕면 등에 내린 빗물에 강하분진과 낙엽류, 비닐류, 조류분변 등 다양한 이물질들이 혼합한 상태로 유출되는 현탁액을 말한다.

(6) 빗물 집수면적

지붕면적 등에서 빗물 집수에 영향을 주어 빗물이용시설로 유입하는 집수량에 영향을 주는 면적을 고려한 유효면적을 말한다.

(7) 빗물 집수시설

집수관, 루프드레인, 홈통받이 등 대상 집수면에 내리는 빗물을 보다 효과적으로 모으기 위해 활용하는 시설을 말한다.

(8) 빗물 처리시설

강우 초기 집수면으로부터 유출되는 오염도 높은 초기 빗물을 처리하거나 배제할 수 있는 시설이나 빗물의 사용용도에 적합한 목표수질을 유지하기 위해 활용하는 여과, 소독 등의 방법으로 처리하는 시설을 말한다.

(9) 빗물 저류조

처음 내린 빗물을 배제하고 이물질을 처리한 처리시설에서 빗물을 일정 기간 동안 저장할 수 있는 저류조를 말한다.

(10) 중수도

개별시설물이나 개발사업 등으로 조성되는 지역에서 발생하는 오수를 공공하수도로 배출하지 아니하고 재이용할 수 있도록 개별적 또는 지역적으로 처리하는 시설을 말한다.

(11) 하수처리수

「하수도법」에 따른 공공하수처리시설에서 처리된 물을 말한다.

(12) 폐수처리수

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따른 폐수종말처리시설에서 처리된 물을 말한다.

(13) 하·폐수처리수 재이용시설

하수처리수 또는 폐수처리수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설, 공급관로를 말한다.

(14) 하·폐수처리수 재이용사업

하·폐수처리수 재이용시설을 이용하여 하수처리수나 폐수처리수를 재이용할 수 있도록 처리하고, 처리된 물(이하 "하·폐수처리수 재이용수"라 함)을 공급하는 사업을 말한다.

(15) 발전소 온배수

취수한 해수를 발전소(원자력발전소 제외)의 발전과정에서 발생한 폐열을 흡수하는 냉각수로 사용하여 수온이 상승된 상태로 방출되는 배출수를 말한다.

(16) 발전소 온배수 재이용시설

발전소 온배수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설, 공급관로를 말한다.

(17) 발전소 온배수 재이용사업

발전소 온배수 재이용시설을 이용하여 발전소 온배수를 재이용할 수 있도록 처리하고, 처리된 물(이하 "온배수 재이용수"라 한다)을 공급하는 사업을 말한다.

1.2 물 재이용시설의 기본계획

1.2.1 물 재이용시설의 기본계획 수립 방안

1.2.1.1 물 재이용 기본계획

물 재이용 기본계획은「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제5조에 의해 환경부 장관이 10년마다 물 재이용 정책위원회의 심의를 거쳐 수립·시행하는 물의 재이용 촉진에 관한 종합적인 기본계획이다.

☞ 해설

물 재이용 기본계획에는 다음의 사항이 포함되어 있다.

1. 물 재이용 여건에 관한 사항
2. 처리수의 수요 전망 및 공급 목표에 관한 사항
3. 물 재이용 시책의 기본방향 및 추진전략 등에 관한 사항
4. 물 재이용 관련 기술의 개발 및 보급계획
5. 물 재이용 사업에 드는 비용의 산정 및 재원조달계획에 관한 사항
6. 그 밖에 물의 재이용 촉진에 관한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

상기 6번 항목의 대통령령으로 정하는 사항은 다음의 사항을 의미한다.

① 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 처리수(이하 "처리수"라 한다)의 생산·사용 촉진을 위한 연구·개발 및 그 활용을 위한 시책
② 물 재이용 관련 기술인력의 육성에 관한 대책
③ 물 재이용 산업의 국제경쟁력 강화와 국외진출 지원 방안
④ 물 재이용에 관한 홍보전략

1.2.1.2 물 재이용 관리계획

물 재이용 관리계획은 특별시장·광역시장·특별자치도지사, 특별자치시장 및 시장·군수(광역시의 군수는 제외)가 물 재이용 기본계획에 따라 관할 지역에서의 물의 재이용 촉진을 위해 수립한 계획(이하 "물 재이용 관리계획"이라 한다)을 의미한다.

☞ 해설

물 재이용 관리계획에는 다음의 사항이 포함되어 있다.

1. 관할 지역 내 물 수급(需給) 현황 및 물 이용 전망
2. 물 재이용시설 설치·운영 현황
3. 물 재이용 수요량 전망
4. 물의 재이용 관련 분야별 실행가능 목표량 및 용도별 보급계획
5. 물의 재이용이 하류 하천의 하천유지유량 및 하천수 사용에 미치는 영향 및 대책
6. 물의 재이용 촉진을 위한 단계별 대책 및 사업계획에 관한 사항
7. 물의 재이용 사업비용의 산정 및 재원조달계획에 관한 사항

8. 물의 재이용 홍보에 관한 사항
9. 그 밖에 관련조례로 규정한 사항

1.2.1.3 빗물이용시설의 기본계획 수립 방안

빗물이용시설의 기본계획은 다음사항을 반영하여 수립한다.

1) 빗물이용시설을 계획할 때에는 국가의 '물 재이용 기본계획' 및 해당 지방자치단체에서 수립된 '물 재이용 관리계획'에서 제시한 목표연도에 따른 중·장기적인 목표량, 그리고 투자여건 및 재원조달계획과 일관성을 갖도록 계획하여야 한다.
2) 기본적으로 의무대상시설 및 비의무대상시설을 고려하되, 특히 비의무대상시설의 경우 빗물이용시설 설치후 실질적인 재이용의 활성화를 고려한 기본계획을 수립함을 원칙으로 한다.
3) 빗물이용시설을 계획할 때에는 토지이용 특성, 주변 환경 및 여건, 용수 이용 및 집수면 현황 등 대상지역에 대한 종합적인 판단을 통해 기본계획을 수립하도록 한다.

☞ 해설

빗물이용시설을 계획할 때에는 다음과 같은 기본원칙을 따른다.

1) 시설계획의 초기 단계부터 검토하여 융통성 있게 계획한다. 다만, 이미 계획수립이 완료된 경우 큰 설계변경이 따르는 시스템의 계획은 피한다.
2) 빗물이용시설의 계획은 입지적 여건, 지형적 여건, 지역사회의 특성 등을 고려한다.
3) 집수면은 지붕면, 오염되지 않은 녹지 등 양호한 수질을 얻을 수 있도록 설정하여, 빗물에 포함된 이물질을 제거하는 데 소요되는 비용을 최소화한다.
4) 빗물이용시설 저류조의 용량은 대상지역의 강우 특성, 사용수량 등 지역 특성과 목적을 고려하여 결정한다.
5) 빗물이용시설은 토지이용을 효율적으로 할 수 있도록 적합한 위치에 설치한다.
6) 자동화 및 원격 시스템 등을 도입하여 유지관리의 편리성을 고려할 수 있다.
7) 지속적으로 운영될 수 있도록 시설의 소유권과 운영주체를 명확히 한다.
8) 이용하지 않는 빗물은 적극적으로 침투를 유도한다.
9) 재난상황 시 빗물을 비상용수로 활용할 수 있도록 계획한다.

1.2.1.4 중수도의 기본계획 수립 방안

중수도의 기본계획은 다음 사항을 반영하여 수립한다.

1) 중수도를 계획할 때에는 국가의 '물 재이용 기본계획' 및 해당 지방자치단체에서 수립한 '물 재이용 관리계획'에서 제시한 목표연도에 따른 중장기적인 목표량, 그리고 투자여건 및 재원조달계획과 일관성을 갖도록 계획하여야 한다.
2) 기본적으로 의무대상시설 및 비의무대상시설을 고려하되, 특히 비의무대상시설의 경우 중수

도 설치 후 실질적인 재이용의 활성화를 감안한 기본계획 수립을 원칙으로 한다.

3) 개발사업 및 특정 시설물을 대상으로 하는 중수도 계획은 비교적 정확한 자료에 기준을 두어 설계하여야 하므로 가능한 한 정확한 기본사업 계획을 통해 수립한다.

☞ 해설

1)에 대하여

중수도의 기본계획을 수립할 때에는 관할지역의 통합적 물 순환체계 구축을 위한 관련 계획의 반영과 고려가 필요하다. 특히, 관할지역 내의 '수도정비기본계획', '하수도정비기본계획'과의 연계가 반드시 필요하며 '도시기본계획'을 반영하도록 하여야 한다. 이를 위해 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 관할 지방자치단체별로 수립된 '물 재이용 관리계획'이 반영되어야 한다. 특히 '물 재이용 관리계획'에서 제시된 관할 지역 내 물 수급(需給) 현황 및 물이용 전망, 물 재이용시설 설치·운영 현황, 물 재이용 수요량 전망 및 용도별 보급계획 등이 반영되어야 한다.

1.2.1.5 하·폐수처리수 재이용시설의 기본계획 수립 방안

하·폐수처리수 재이용시설의 기본계획은 다음사항을 반영하여 수립한다.

1) 하·폐수처리수 재이용시설을 계획할 때에는 국가의 '물 재이용 기본계획' 및 해당 지방자치단체에서 수립한 '물 재이용 관리계획'에서 제시한 목표연도에 따른 하수처리수 및 폐수처리수의 재이용수에 대한 중장기적인 목표량, 그리고 투자여건 및 재원조달계획과 일관성을 갖도록 계획하여야 한다.

2) 하·폐수처리수 재이용시설을 계획할 때에는 재이용 용도에 따라 해당 상위계획 및 해당지역의 제반여건을 검토하여 계획하도록 한다.

3) 폐수처리수 재이용은 산업단지를 대상으로 공업용수 재이용 사업의 타당성을 분석한다. 이때 지역 물수요관리 특성, 폐수처리수 재이용수량, 이격거리, 오염총량제 시행 여부, 공업용수 부족량, 경제성 등을 고려하여 계획한다.

☞ 해설

1)에 대하여

장래 부족해질 수 있는 수자원에 대한 대책으로서 과거에는 주로 대형 댐 또는 저수지를 축조하여 물을 확보하는 정책을 위주로 하여 왔지만 주민들의 반대, 높은 용지보상비, 댐축조 장소의 감소, 환경파괴 등으로 인해 오늘날에는 대형 댐을 축조한다는 것이 쉽지 않게 되었다. 따라서 물자원 확보가 거의 한계에 있는 지금은 물 절약, 물의 효율적 이용 등의 물수요 관리를 통해 대처하여 왔다. 그러나 유수율 향상 및 물 절약을 중심으로 하는 물수요 관리는 어느 정도의 물자원 증대효과를 가져왔지만 증가하는 물수요 및 기후변화에 의한 물 부족을 충족하기는 한계가 있다. 그러므로 도시 및 지역에서 하천의 물 의존도를 줄이고 수요자가 원하는 양질의 용수가 안정적이고

쉽게 공급되며, 공공수역으로 배출되는 오염부하량 저감에 의한 수질보전 및 상수사용량 절감과 자원이 효율적으로 이용되게 하기 위해 도시 및 지역에서 하·폐수처리수 재이용을 적극적으로 계획하여야 한다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 물의 재이용 여건, 재이용수의 수요전망, 공급목표, 정책 기본방향, 재이용 기술개발 및 보급, 재원조달계획 등을 내용으로 하는 국가 '물 재이용 기본계획'의 10개년 계획을 수립하고, 지자체장은 관할지역의 물 수급현황, 재이용시설 설치·운영 현황, 분야별 목표량 및 용도별 보급계획, 하류하천에 미치는 영향, 물 재이용 촉진을 위한 단계별 대책, 재원조달계획, 홍보 등에 관한 사항이 포함된 '물 재이용 관리계획'을 수립한다. 하·폐수처리수 재이용시설을 계획할 때에는 국가의 '물 재이용 기본계획' 및 해당 지방자치단체에서 수립한 '물재이용 관리계획'에서 제시한 목표연도의 하수처리수 및 폐수처리수의 재이용수에 대한 중장기적인 목표량, 그리고 투자여건 및 재원조달계획과 일관성을 갖도록 계획하여야 한다.

2)에 대하여

하·폐수처리수 재이용수에 대한 사용용도는 지역여건을 고려하여 도시용수, 조경용수, 친수용수, 하천유지용수, 농업용수, 습지용수, 공업용수, 지하수충전용수 등으로 계획한다. 또한 사용처에 대한 안전성 및 수질에 대한 신뢰성이 확보되도록 계획한다.

① 하수처리수의 기타 도시용수 재이용

해당되는 지역의 하수처리수 공급 가능량과 도시용수 수요량에 대한 수급관계를 고려하여 1차적인 목표량을 설정한다. 다음으로 지자체별 수요처 확보를 통해 단계별로 재이용 목표량을 설정한다.

② 하수처리수의 하천유지용수 재이용

국가고시 하천 유지유량자료(국토교통부)의 해당 수질오염총량제 유역별 분할을 통해 해당유역의 유지유량을 환산하여, 유량 실측자료의 유지유량 초과 여부를 검토하여 부족비율과 부족유량을 산정한다. 재이용수 공급하천의 특성 및 유황분석을 통해 갈수량, 하천 하상의 손실량, 증발산량을 반영하여 재이용수량을 산정한다. 재이용목적(생태계, 경관, 친수활동)을 명확히 설정한 후, 수면폭, 유속, 수심 등의 3요소를 고려하여야 하며, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용(한국수자원공사, 1995)을 참조하여 재이용 수량의 목표를 설정한다.

③ 하·폐수처리수의 공업용수 재이용

하·폐수처리수 공급가능량과 공업용수 부족량에 대한 수급관계를 고려하여 목표량을 산정한다.

④ 하수처리수의 농업용수 재이용

농업용수 공급하천의 특성, 유황분석, 토지이용현황 등을 조사, 분석하여 갈수량에 대한 재이용 수요량을 산정한다. 하수처리수 공급가능량과 수요량 산정결과를 고려하여 재이용수량의 목표를 설정한다. 또한 수자원장기종합계획에서 계획된 농업용수 계획량(기준수요)에 대해

농업기반시설의 총 수혜면적 대비 해당 농촌기반시설의 수혜면적의 비율을 이용하여 산정된 수요량을 참고한다.

3)에 대하여

폐수처리수 재이용사업이 가능한 일정규모 이상의 폐수처리시설을 갖춘 산업단지를 대상으로 공업용수 재이용 사업의 타당성을 분석한다. 이 때 지역 물수요관리 특성, 수요처 확보여부, 폐수처리수 재이용량 규모, 이격거리, 지역적 재이용 여건, 오염총량제 시행 여부, 공업용수 부족량, 처리장 여유부지, 수처리공법 및 수질, 경제성 등을 고려하여 계획한다.

1.2.2 물 재이용시설의 계획수립 절차

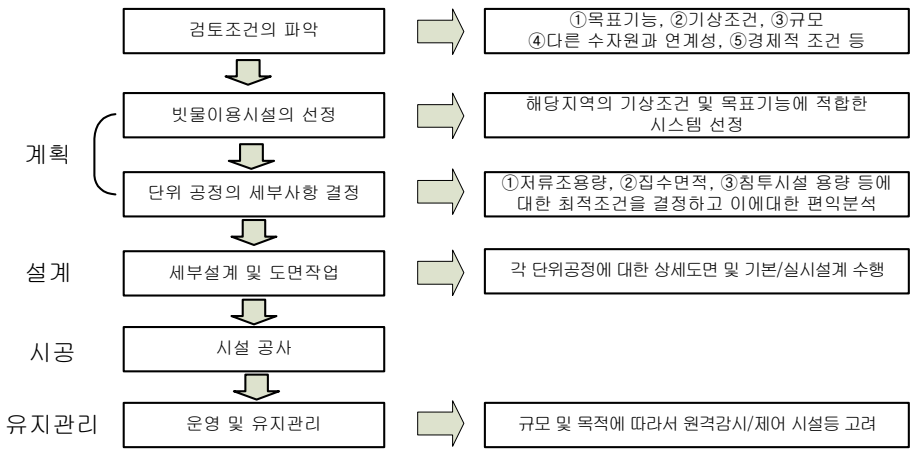
1.2.2.1 빗물이용시설 계획수립 절차

빗물이용시설의 기본계획 수립 및 설계의 절차는 다음과 같다. 1) 목표기능, 기상조건, 규모, 다른 수자원과의 연계성, 경제성 등의 검토 조건 파악 2) 빗물이용시설의 개략 선정 및 단위공정의 세부사항 결정 3) 기본계획의 내용에 따라 기본설계와 실시설계의 수행

☞ 해설

1)에 대하여

빗물이용시설의 도입을 위해서는 일반적으로 <그림 1.1>과 같은 단계를 거치게 된다.



〈그림 1.1〉 빗물이용시설의 계획수립과정

먼저 검토조건을 파악하고 이로부터 시설에 대한 계획을 수립하게 된다. 계획수립단계는 해당지역의 기상조건 및 목표기능에 적합한 시스템을 선정하는 1단계와, 선정된 시스템에 대한 세부사항

을 결정하는 2단계로 구성된다. 계획이 수립된 후에는 이를 바탕으로 하여 실제 시공을 위해 각 단위공정에 대한 설계단계를 거치게 된다.

2)에 대하여

빗물이용시설의 단위 공정 및 조합시스템을 선정할 때에는 목표기능, 집수면, 이수목적, 다른 대체수자원과의 연계성, 경제적 조건 그리고 유지관리 측면 등을 검토하여야 한다. 이수 측면에서 그 용도에 따라 처리방식 등이 달라질 수 있다. 예를 들면, 화장실 세정용수의 경우 미처리 혹은 간이 침전 및 여과와 같은 정도로 활용가능하며, 조경용수의 경우 염소처리가 따로 필요 없는 등 이수 목적에 따라 처리공정이 다를 수 있다. 그 외에도 연면적에 대한 집수면적의 크기에 따라 저류량, 이수시 필요한 우수량 등의 배분이 달라지며 또한 대체수자원의 연계 유무에 의해서도 빗물이용시설의 구성이 변할 수 있으므로 검토항목에 포함시켜야 한다. 상기 항목들을 면밀히 검토하여 적합한 단위공정 및 처리기술을 선택하고 최종적으로 경제적 조건 및 유지관리 측면 등을 고려하여 최적의 빗물이용시설을 선정하게 된다. 빗물이용시설의 집수시설, 저류시설, 처리시설, 활용시설로 크게 구분할 수 있는데, 목적하는 기능별로 다양한 빗물이용시설의 조합이 적용 가능하다.

1.2.2.2 중수도의 계획수립 절차

중수도의 기본계획 수립 및 설계의 절차는 다음과 같다. 1) 사회적 조건, 중수도의 필요성 등 검토조건 파악의 단계 2) 공급대상구역의 설정, 용도의 설정, 공급량의 산출, 원수의 설정, 원수량 및 공급량의 비교 등 개략사항 설정 3) 수질기준에 적합한 중수도 처리방식의 선정 및 단위공정, 급배수방식 및 유지관리방식 등 세부사항 결정 4) 기본계획의 내용에 따라 기본설계와 실시설계의 수행

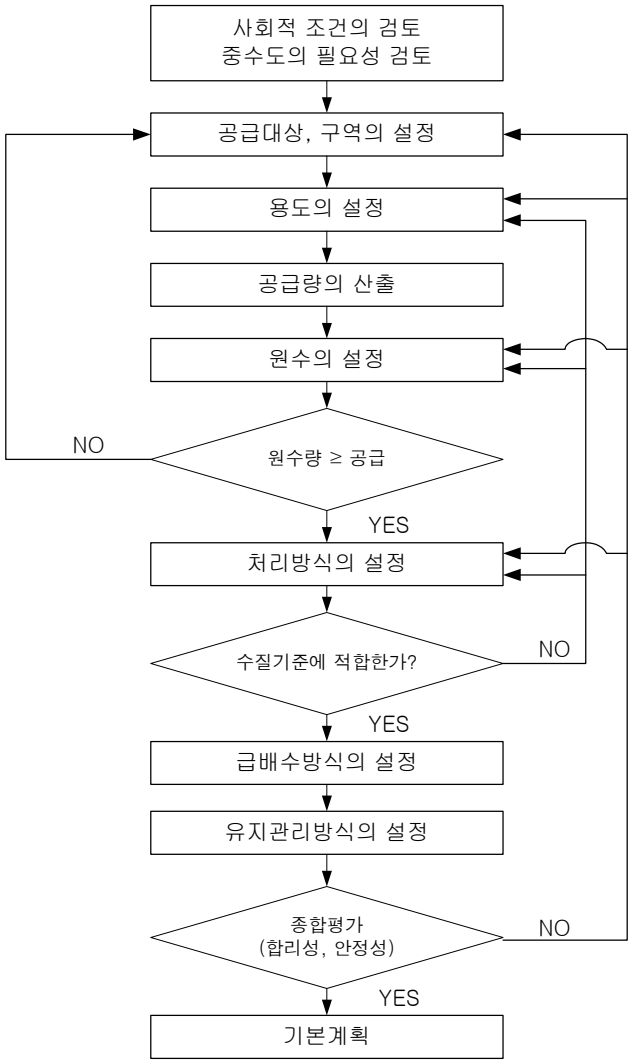
☞ 해설

중수도는 기본사업 계획의 수립을 통한 절차가 필요하다. 일반적 중수도 기본계획 수립절차는 <그림 1.2>와 같다.

1)에 대하여

중수도의 설치 위치선정에 있어서는 중수도 원수와 이용 구역과의 거리, 주변의 환경 상황 등이 고려되어야 하며, 건물의 이용형태 및 규모에 따른 수급량의 추정이 매우 중요하다. 특히, 하수처리구역 내에 중수도를 설치하는 경우 공공하수도를 이용한 하수처리수 재이용시설을 활용하는 것이 유리할 수 있음에 유의하여 계획을 수립하여야 한다. 하수처리구역 밖의 지역에서 중수도를 설치하여 이용할 경우에는 물 부족량, 중수도 유지와 운영의 어려움, 경제성, 위생상의 문제에 주의를 기울여 계획하여야 한다.

중수도 원수로 사용하는 물에 주방배수, 변기배수를 포함할 경우에 중수도의 처리공정이 훨씬 복



〈그림 1.2〉 일반적인 중수도 기본계획 수립절차

잡해지고 비용이 많이 들기 때문에 이를 포함시킬지의 여부에 대해 신중히 고려하여야 한다. 주방배수, 변기배수를 포함시키지 않을 경우, 재이용 가능한 수량이 줄어들기 때문에 수량과 수질을 동시에 고려하여 경제성, 운영의 편의성을 검토하여야 한다.

경우에 따라서 중수도와 빗물이용시설을 연계한 통합 물이용 시스템의 구축방안도 고려할 수 있다. 이 경우에는 빗물의 수질이 상대적으로 양호하므로 처리공정 선정시 선별적인 고려가 가능한지를 검토하는 것이 바람직하다.

2)에 대하여

기본사업의 계획은 중수도를 위한 기본적 요건에 입각하여 중수도 공급대상 및 구역의 설정, 중

수도의 사용용도, 중수도 이용량, 용도별 목표수질, 순환이용시스템 등의 항목을 충분히 검토하여야 한다. 중수도의 용도는 다음과 같이 구분한다.

① 도시재이용수: 도로・건물 세척 및 살수(撒水), 화장실 세척용수 등
② 조경용수: 도시 가로수 및 공원・체육시설의 잔디 등 관개용수
③ 친수용수: 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 실개천 등의 공급용수
④ 하천유지용수: 하천, 저수지 및 소류지(小溜池) 등의 수량유지를 위한 공급용수
⑤ 습지용수: 습지에 대한 공급용수
⑥ 공업용수: 냉각용수, 보일러용수 및 생산 공정에 공급되는 산업용수

1.2.2.3 하・폐수처리수 재이용시설의 계획수립 절차

하・폐수처리수 재이용시설의 기본계획 수립 및 설계의 절차는 다음과 같다. 1) 하・폐수처리수를 재이용하거나 이를 필요로 하는 수요처, 하・폐수처리시설의 처리수 공급여건, 하류하천의 하천유지유량에 미치는 영향 분석과 그 대책, 재이용시설의 위치 및 규모의 적정성, 계획수량과 계획수질의 적정성 등 검토조건 파악의 단계 2) 용도별 수질기준에 적합한 하・폐수처리수 재이용시설의 처리방식의 선정 및 단위공정, 송수방식 및 유지관리방식 등 세부사항 결정 3) 기본계획의 내용에 따라 기본설계와 실시설계의 수행 4) 공공하수도관리청에서 재정사업으로 시행하는 경우와 민간투자사업으로 시행하는 경우에 대해 정해진 별도의 추진절차 이행

☞ 해설

1)에 대하여

공업용수, 생활용수, 농업용수 등의 경우 수요처와 재이용수의 공급량 및 수질 등 공급조건에 관하여 사전 협약(동의)이 필요하며, 공업용수, 생활용수는 수도정비기본계획에 의한 장래 용수수급계획과 연계 검토하여야 한다.

하・폐수처리시설 방류구의 하류부에 위치한 하천의 하천유지유량에 미치는 영향 분석이 이루어져야 하며, 그에 따른 적정한 대책수립도 고려하여야 한다.

2)에 대하여

기초자료 조사 및 관련계획에 입각하여 산정된 계획수량에 대해 재이용 용도별 목표수질을 설정하고 재처리시설의 공정계획, 송수시설의 계획, 주요 기자재의 선정기준 및 경제성 비교, 주요시설물(토목・건축)의 배치 및 개략적 규모계획, 사업비 투자계획 및 재원조달계획, 유지관리계획 등을 수립한다.

3)에 대하여

일반적으로 기본계획은 사업계획(안) 수립단계에서 이루어지며, 기본설계를 통하여 시설의 개요

가 정해진 다음에 상세설계를 진행하고, 설계와 병행하여 각종 인·허가 사항, 규제사항 등이 관련되어 있는 경우에는 이를 연계하여 계획을 수립한다. 계획 수립시 가장 최근의 법령, 규제항목, 규제내용, 지침, 고시 등을 준수하여야 하며, 이러한 내용은 설계도서(도면, 계산서, 시방서 등)에 내용을 충실히 반영할 필요가 있다.

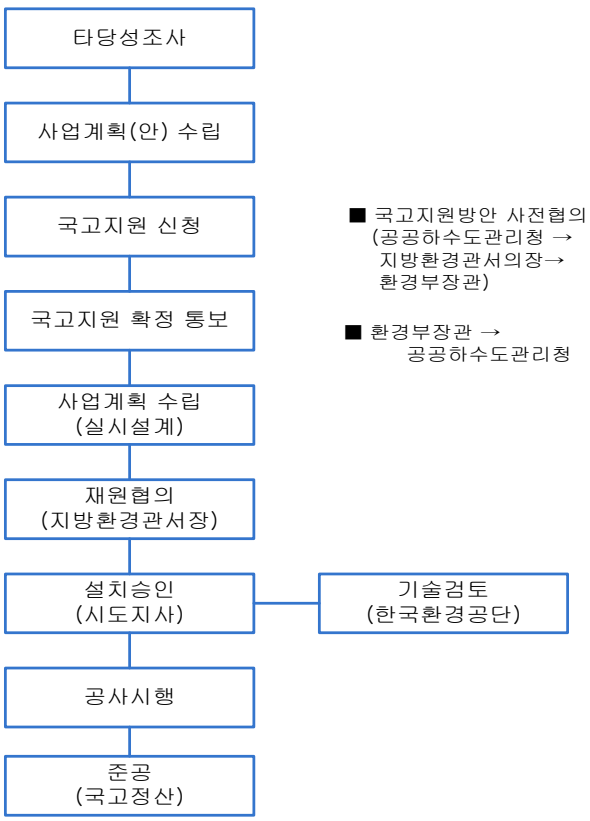
4)에 대하여

가. 재정사업으로 시행하는 경우

① 하수처리수 재이용사업은 수도사업과 유사하며 막대한 초기투자비가 소요되므로 공공부문에서 운영경험과 재정을 바탕으로 대규모 택지개발 등 개발사업과 병행 추진하는 것이 효과적이다.

② 유지용수 및 농업용수 등 공공성을 띤 재이용 사업의 경우 지역주민 서비스 차원에서 공공부문에서 추진하는 것이 바람직하다.

③ 공공하수도관리청에서 시행하는 하수처리수 재이용사업의 추진절차는 <그림 1.3>과 같다.



〈그림 1.3〉 공공하수도관리청에서 시행하는 하수처리수 재이용사업의 추진절차

나. 민간투자사업으로 시행하는 경우

ⓐ 개념

① 하수처리장에서 발생하는 하수처리수를 민간사업자가 재처리하여 인근 산업단지에 공업용수로 판매하는 사업으로 「사회기반시설에 대한 민간투자법」(이하 "민간투자법")의 규정에 의한 민간투자사업을 말한다.

② 정부고시방식으로 추진하는 경우에는 시설사업기본계획 고시 이전에 환경부장관에게 공공투자관리센터의 검토의견을 포함한 하수처리수 재이용사업계획을 보고하여 국고지원방안 등을 협의하여야 한다.

③ 민간제안방식으로 추진하는 경우에는 기본제안서(의향서) 접수시 환경부장관과 사업추진 여부 등에 대해 사전협의하고 「민간투자법」의 규정에 의하여 공공투자관리센터의 민간부문 제안사업 검토를 받아야 하며 제안내용 공고 이전에 환경부장관에게 공공투자관리센터의 검토의견을 포함한 민간 제안사업 내용을 보고하여 국고지원 방안 등을 협의하여야 한다.

④ 국고지원 여부 등이 확정된 사업의 경우 정부고시사업과 같이 실시계획 완료 이전에 기술적인 사항에 대하여 검토를 받아야 하며, 기술적 사항에 대한 검토를 위하여 지방환경관서의 장에 설계자문을 요청하여야 한다.

ⓑ 사업방식

민간투자사업원칙과 유사사례를 감안하여 수익형 민자사업(BTO)으로 사업시행

ⓒ 사업제안방식

정부고시사업 또는 민간제안사업 ⇒ 주무관청에서 결정

ⓓ 사업비 분담

① 적용조건 : 현행 가격 대비 90% 수준 원칙, 민간사업자 수익률 7%

② 정부지원비율

㉠ 상기조건 적용 시 대략 총사업비의 50% 정부지원이 필요한 것으로 나타나나, 기존 공업용수 단가의 지역별 차이와 시설용량에 따른 편차로 인해 일률적인 정부지원비율을 정하는 것은 곤란함

㉡ 사업지역별로 민자 적격성 분석을 거쳐 구체적인 정부지원비율을 정함

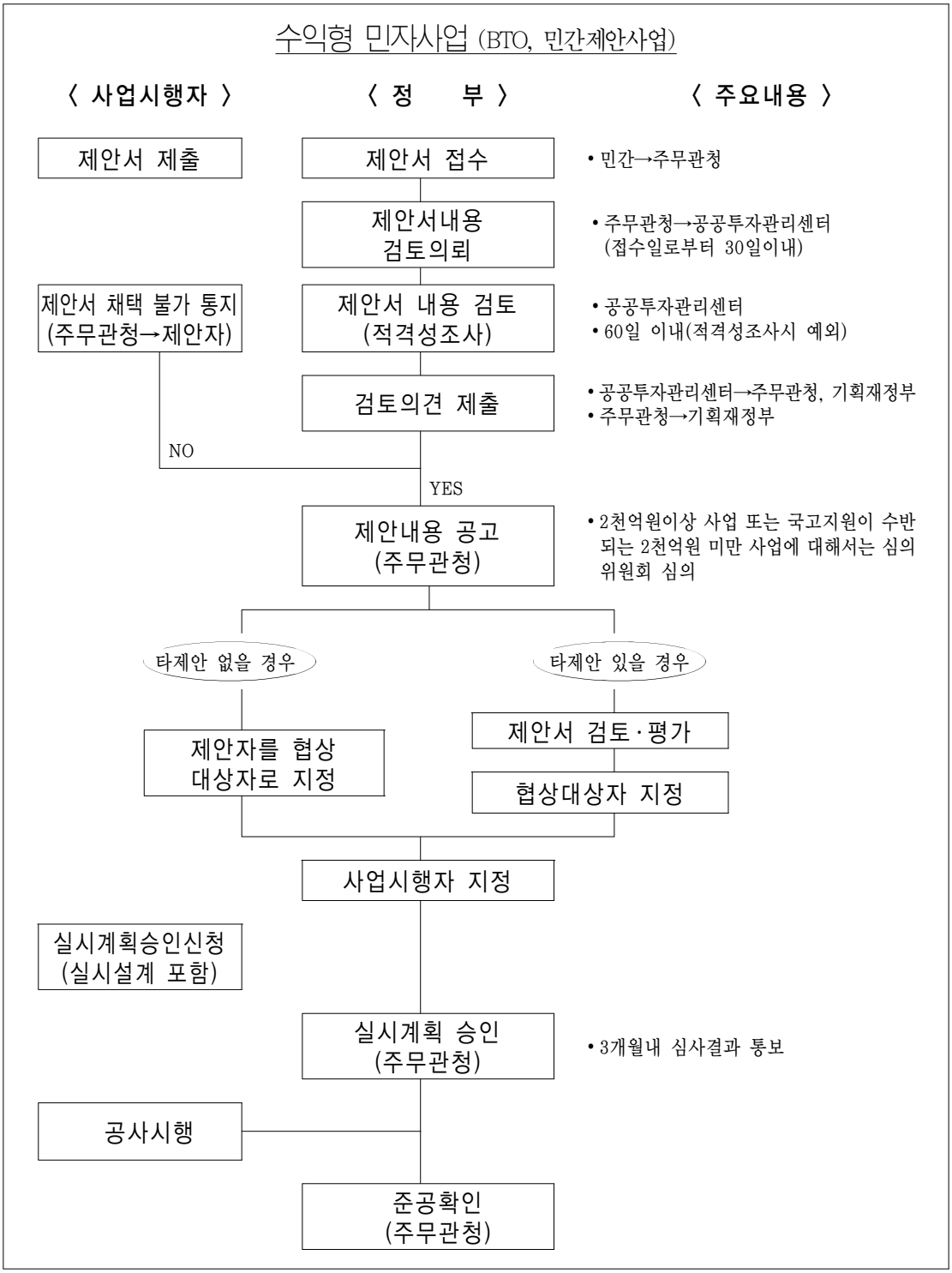
㉢ 정부지원금(건설보조금)은 국고와 지방비를 일정비율 분담

ⓔ 사업추진절차(<그림 1.4> 참조)

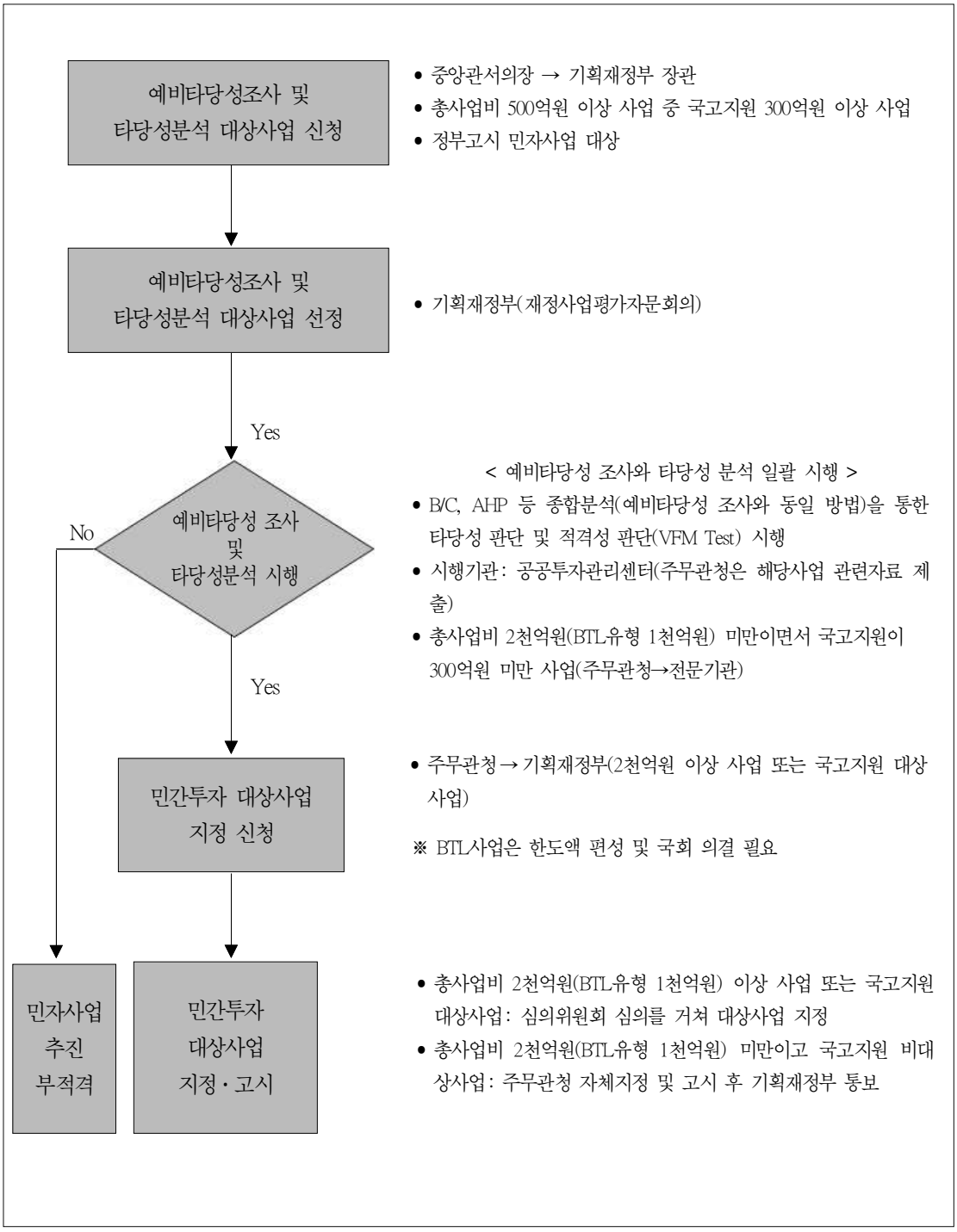
① 「사회기반시설에 대한 민간투자법」 및 관련규정에 따라 사업 추진하며, 국고지원 300억원 이상 사업은 타당성 검토와 중앙민간투자심의위원회의 심의를 거쳐 추진

㉠ 민간투자사업 기본계획(기획재정부)

㉡ 하수도사업 민간투자 업무처리지침('08.8.5, 환경부)



〈그림 1.4〉 민간제안에 의한 하수처리수 재이용사업 추진절차



(정부고시 민자사업으로 예비타당성 조사 및 타당성 분석을 신청한 경우)

〈그림 1.5〉 정부고시에 의한 하수처리수 재이용 민간투자사업 추진절차

1.2.3 물 재이용시설 설치 의무대상

1.2.3.1 빗물이용시설 설치대상

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 “종합운동장, 실내체육관 및 공공청사, 공동주택, 학교, 대규모점포, 골프장”을 신축증축·개축 또는 재축하려는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하여야 한다.

1) 종합운동장 및 실내체육관은 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」의 운동장(지붕이 있는 경우로 한정한다.) 또는 체육관을 의미한다.
2) 공공청사라 함은 「건축법 시행령」에 따른 공공업무시설(군사·국방시설은 제외)과 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관의 청사를 의미한다.
3) 일정규모 이상의 공동주택, 학교, 골프장, 「유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모 점포에도 빗물이용시설을 설치·운영하여야 한다. 다만, 공동주택의 경우 「자연재해대책법」에 의한 우수유출저감시설이 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 의한 빗물이용시설 규모를 충족할 경우에는 빗물이용시설의 저류시설을 설치한 것으로 본다. 또한, 골프장의 경우에도 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 의해 수질오염원을 설치하는 자가 수질오염물질의 배출을 방지하거나 억제하기 위하여 설치한 조정지가 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 의한 빗물이용시설 규모를 충족할 경우에는 빗물이용시설의 저류시설을 설치한 것으로 본다.

☞ 해설

1)에 대하여

종합운동장 및 실내체육관은 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」 별표1의 운동장 또는 체육관을 의미한다([표 2.1] 빗물이용시설의 범위 체육시설 참고).

2)에 대하여

「건축법 시행령」 별표1 제14호 가목에 따른 공공업무시설(군사·국방시설은 제외)과 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조제1항에 따른 공공기관의 청사를 말한다.

3)에 대하여

① 「건축법 시행령」 별표1 제2호에 따른 공동주택, 「건축법 시행령」 별표1 제10호 가목에 따른 학교(단, 유치원은 제외), 「유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모점포, 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」 별표1에 따른 골프장이 이에 해당된다.

② 공동주택의 경우, 「자연대해대책법」 제19조 및 같은 법 시행령 제16조에 의하면 「주택법」 제16조에 따른 주택건설사업계획의 승인 대상 건축물에 대하여는 우수유출저감대책을 수립하고 우수유출저감시설을 설치하도록 규정하고 있다. 따라서, 「자연재해대책법」에 따른 우수저류시설의 경우, 택지개발사업, 대지면적 2,000m^2 이상 또는 건축연면적 3,000m^2 이상 건축물

등에 설치하도록 되어 있어 빗물이용시설의 저류조와는 중복되는 측면이 있으므로, 민간시설의 부담을 최소화하기 위해 「자연재해대책법」에 따른 우수유출저감시설이 빗물이용시설의 저류시설 기준을 충족할 경우 빗물이용시설의 저류시설을 설치한 것으로 인정한다.

또한, 골프장의 경우 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제60조제2항 및 동법시행규칙 제87조에 의하여 수질오염원을 설치관리하는 수질오염물질의 배출을 방지하거나 억제하기 위하여 골프장 안에 초기빗물 5밀리미터 이상을 저장할 수 있는 조정지를 설치·운영하도록 하고 있다. 이는 부지면적의 5밀리미터를 저류할 수 있는 조정지로서, 조정지의 물이 장내용수로 재이용되고 있으므로 빗물이용시설의 저류시설 기준을 충족할 경우 빗물이용시설의 저류시설을 설치한 것으로 인정한다.

〔표 1.1〕 빗물이용시설과 우수유출저감시설의 비교

구분	빗물이용시설	우수유출저감시설
근거	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률	자연재해대책법
목적	물 자원의 효율적 이용, 물 절약	도시침수 등 재해예방
설치대상	– 종합운동장, 실내체육관, 공공청사 지붕면적 1,000m^2 이상 – 공동주택(건축면적 4,000m^2 이상), 학교, 골프장(부지면적 10만m^2 이상), 「유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모점포 : '14.7.17.부터 시행	관광단지, 산업단지, 골프장, 택지개발사업, 건축법에 따라 대지면적 2,000m^2 이상 또는 건축연면적 3,000m^2 이상 건축물 등
빗물집수면	지붕면(골프장 제외)	지표면
빗물이용 용도	조경용수, 화장실, 청소용수 등	하천 방류 및 하수처리장 유입
종류	집수시설	– 침투시설 : 침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성 포장 등 – 저류시설 : 쇄석공극(碎石空隙) 저류시설, 운동장저류, 공원저류, 주차장저류, 단지내 저류 등
용량	– 지붕집수면적 × 0.05(m) – 연간 물사용량의 40% 이상을 활용가능한 용량(골프장)	(용량에 대한 언급 없음)

1.2.3.2 중수도 설치대상

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따른 중수도의 설치·관리 의무대상은 다음과 같다.

1) 숙박업, 목욕장업, 대규모점포, 운수, 물류, 업무, 교정, 방송국 및 전신전화국 등 건축 연면적 6만제곱미터 이상인 시설을 신축·증축·개축 또는 재축하는 경우

2) 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 공장·발전시설
3) 국가, 지방자치단체, 공기업 또는 지방공기업이 시행하는 택지·산업단지·도시·관광단지의 개발사업
4) 지방자치단체 조례가 정하는 시설물
5) 복합건축물에 여러 가지 용도의 시설물이 혼재하는 경우, 건축물의 주 용도가 설치의무대상에 해당될 시에는 전체 건물의 건축연면적이 6만제곱미터 이상이면 중수도를 설치해야 한다.

☞ 해설

중수도 설치 법적 의무대상시설은 다음과 같이 중수도 사용량 계획을 수립하여야 한다.

① 영업용, 업무용 건축물

숙박업, 목욕장업, 대규모점포, 운수, 물류, 업무, 교정, 방송국 및 전신전화국 등 건축 연면적 6만제곱미터 이상인 시설로서 수도를 통하여 공급받는 수량과 지하수 사용수량을 합산한 양의 10% 이상을 재이용할 수 있도록 중수도 시설계획을 수립하고 설치·운영하여야 한다.

※「공중위생관리법」 제2조1항2호에 "숙박업"이라 함은 손님이 잠을 자고 머물 수 있도록 시설 및 설비 등의 서비스를 제공하는 영업을 말한다. 다만, 농어촌에 소재하는 민박 등 대통령령이 정하는 경우를 제외한다.

② 공장

1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설로서 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행령」 별표13 비고 제2호에 따라 산정한 폐수배출량에서 같은 법 시행령 제33조제2호에 따라 위탁처리하는 폐수배출량을 제외한 수량의 10% 이상을 재이용할 수 있도록 중수도 시설계획을 수립하고 설치·운영하여야 한다.

③ 개발사업단지

국가 또는 지방자치단체, 공기업, 지방공기업에서 시행하는 관광단지의 개발사업, 도시개발사업, 산업단지개발사업, 택지개발사업은 개발사업 시행시 물 사용량의 10%를 적용하여 중수도 계획을 수립하고 설치·운영하여야 한다.

1)에 대하여

① 「공중위생관리법」 제2조1항제2호에 따른 숙박업 또는 같은 항 제3조에 따른 목욕장업, 「유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모점포, 「물류정책기본법」 제2조제1항제4호에 따른 물류시설, 「건축법 시행령」 별표1 제8호에 따른 운수시설, 「건축법 시행령」 별표1 제14호에 따른 업무시설, 「건축법 시행령」 별표1 제23호 가목에 따른 교정시설, 「건축법 시행령」 별표1 제24호 가목에 따른 방송국 및 같은 조 나목에 따른 전신전화국에 해당되는 시설로서 건축 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물을 의미한다.

② 건축연면적 산정기준은 시행규칙 제6조제2항에 의거 「건축법 시행령」 제119조제1항제4호에

따른다. 따라서 중수도 설치 의무화 시설에 대한 판단 여부는 건축허가서상에 명시된 건축연면적을 기준으로 결정한다.

2)에 대하여

공장은 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 공장으로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물을 의미하며, 발전시설은 「건축법 시행령」 별표1 제25호에 따른 발전시설로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물을 의미한다.

3)에 대하여

「관광진흥법」 제2조제7호에 따른 관광단지의 개발사업, 「도시개발법」 제2조제1항제2호에 따른 도시개발사업, 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 산업단지개발사업, 「택지개발촉진법」에 따른 택지개발사업, 그 밖에 대통령령으로 정하는 종류 및 규모 이상의 시설물을 의미하여 다음 중 어느 하나에 해당하는 자가 시행하는 경우에만 적용한다.

① 국가 또는 지방자치단체

②「공공기관의 운영에 관한 법률」 제5조에 따른 공기업

③「지방공기업법」 제3조에 따른 지방공기업

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행일 이후(2011.6.9) 최초승인(변경포함)을 받은 것부터 적용한다.

가. 택지

택지는 「택지개발촉진법」 제2조1항에 따른 개발·공급되는 주택건설용지 및 공공시설용지를 말한다.

나. 공공시설용지

공공시설용지는 「택지개발촉진법」 제2조2항에 따른 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호에서 정하는 기반시설과 대통령령이 정하는 시설을 설치하기 위한 토지를 말한다.

다. 산업단지개발사업

산업단지개발사업은 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제2조8호에 따른 산업단지를 조성하기 위하여 시행하는 사업을 말한다.

〔표 1.2〕 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」의 기반시설

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조6호 (기반시설)	가. 도로·철도·항만·공항·주차장 등 교통시설 나. 광장·공원·녹지 등 공간시설 다. 유통업무설비, 수도·전기·가스·공급설비, 방송·통신 시설, 공동구 등 유통·공급시설 라. 학교·운동장·공공청사·문화시설·체육시설 등 공공·문화체육시설 마. 하천·유수지(遊水池)·방화설비 등 방재시설 바. 화장시설·공동묘지·봉안시설 등 보건위생시설 사. 하수도·폐기물처리시설 등 환경기초시설

〔표 1.3〕 「택지개발촉진법 시행령」의 공공시설의 범위

「택지개발촉진법 시행령」 제2조 (공공시설의 범위)	1. 어린이놀이터·노인정·집회소(마을회관을 포함한다) 기타 주거생활의 편익을 위하여 이용되는 시설로서 국토교통부령이 정하는 시설 2. 판매시설·업무시설·의료시설 등 거주자의 생활복리를 위하여 필요한 시설 3. 지역의 자족기능 확보를 위하여 필요한 다음 각목의 시설 가.「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제28조의 규정에 의한 도시형공장 나.「벤처기업육성에 관한 특별조치법」 제2조제4항의 규정에 의한 벤처기업집적 시설 다.「소프트웨어산업 진흥법」 제5조의 규정에 의한 소프트웨어진흥시설 라.「관광진흥법」 제3조제1항제2호 가목에 따른 호텔업 시설 마.「건축법 시행령」 별표1에 따른 시설 중 다음의 어느 하나에 해당하는 시설 1) 문화 및 집회시설: 집회장 중 제2종 근린생활시설이 아닌 공회당, 회의장 및 전시장 2) 제2종 근린생활시설이 아닌 교육연구시설: 교육원 및 연구소 3) 업무시설: 일반업무시설(오피스텔은 제외한다) 바. 원예시설 등 농업관련 시설로서 국토교통부장관이 지정하여 고시하는 시설 4. 공공시설 등의 관리시설

라. 도시개발사업

도시개발사업은「도시개발법」 제2조1항제2호에 따른 도시개발구역에서 주거, 상업, 산업, 유통, 정보통신, 생태, 문화 보건 및 복지 등의 기능이 있는 시가지를 조성하기 위하여 시행하는 사업을 말한다.

마. 관광단지

관광단지는「관광진흥법」 제2조제7호에 따른 관광객의 다양한 관광 및 휴양지를 위하여 각종 관광시설을 종합적으로 개발하는 관광 거점지역으로서 이 법에 따라 지정된 곳을 말한다.

1.2.3.3 하·폐수처리수 재이용 설치대상

공공하수도관리청의 하·폐수처리수 재이용수(하수처리수를 처리한 것만 해당한다) 공급대상 시설은 1일 하수처리용량 5천세제곱미터 이상인 처리시설을 말하며 하·폐수처리수로 재이용하거나 공급하여야 하는 하수처리수의 용량은 1일 처리량의 100분의 10 이상으로 한다.

☞ 해설

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제10조제1항에는「하수도법」 제18조에 따른 공공하수도관리청(이하 "공공하수도관리청"이라 한다)은 하·폐수처리수 재이용수(하수처리수를 처리한 것만 해당한다. 이하 이 조에서 같다)를 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 하며, 이 때에 하수처리수가 제14조에 따른 용도별 수질기준을 충족하는 경우에는 바로 재이용하거나 공급할 수 있도록 규정하고 있다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령」 제12조에 따라 하·폐수처리수 재이용수(하수처리수를 처리한 것만 해당한다.)를 재이용하거나 공급하여야 하는 대상시설은 1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 처리시설을 대상으로 하며, 2008.9.29~2011.6.8. 공공하수처리시설의 설치(신·증설 포함)를 위한 고시·인가 또는 허가를 받은 시설은 1일 하수처리량의 5%, 법 시행일인 2011.6.9.부터 공공하수처리시설의 설치(신·증설 포함)를 위한 고시·인가 또는 허가를 받은 시설은 1일 하수처리량의 10%를 하수처리수 재이용수로 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 한다(「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 부칙 제5조).

다만, 수질기준은 2008.9.28. 이후 공공하수처리시설의 설치(신·증설 포함)를 위한 고시·인가 또는 허가를 받은 시설부터 적용되며 공공하수도관리청이 공익적 목적으로 공급하는 도시재이용수, 하천유지용수, 조경용수, 친수용수, 농업용수에 대한 수질기준은 2013.6.9.부터 적용한다.

하수처리수 재이용시설의 설치승인을 받으려면 '하수처리수 재이용시설 설치 승인 신청서' 및 다음의 서류와 도서를 첨부하여 환경부장관에게 제출하여 설치승인을 받아야 한다.

① 실시설계도서

② 소요사업비 및 재원조달방안

③ 기타서류

재이용시설의 평면도, 수리계통도, 관로의 종단도 및 동수경사도, 공급에 대한 인허가 등을 증명하는 서류, 수리계산 및 구조계산에 관한 사항을 적은 서류(「건설기술관리법」 제5조 및 같은 법 시행령 제19조에 따라 지방건설기술심의위원회의 심의를 받은 건설공사의 경우에는 그 심의결과 사본), 하류하천의 하천유량 및 하천수 사용에 미치는 영향 및 대책, 사업의 효과 분석서

국가의 보조를 받아 하수처리수 재이용시설을 설치하려는 경우에는 재원의 사용에 관한 재원조서 및 매 회계연도의 공사비 예정액에 관한 서류를 환경부장관에게 제출하여야 한다.

환경부장관은 재원투자의 타당성 등을 검토하고 그 결과를 관할 시·도지사에게 통보하여야 한다. 환경부장관은 하수처리수 재이용시설을 설치승인하는 경우에는 국토교통부 장관과 미리 협의하여야 한다.

환경부장관 또는 공공하수도관리청은 하수처리수 재이용시설의 설치승인과 관련된 서류와 도서 등의 기술적 사항을 검토하기 위하여 필요하다고 인정하면 한국환경공단의 의견을 미리 들을 수 있다.

환경부장관은 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제26조제1항에 의거 하수처리수 재이용시설의 설치승인(재원의 조달 및 사용에 관한 협의는 제외)을 시·도지사에게 위임한다.

1.2.4 빗물이용시설 계획수립시 검토사항

1.2.4.1 기후

빗물이용계획 수립 시 다음과 같이 계절별 기온특성, 강우특성, 증발량 등을 고려하여야 한다.

1) 계절별 기온특성

기온은 계절적으로 주기성을 가지며, 물 사용량과 밀접한 관계이므로 계절별로 기온특성을 고려할 필요가 있다. 여름철의 경우 주택 뿐 아니라 분수, 연못, 폭포 등의 필요수량 증가에 대해 검토하여야 하며, 겨울철의 경우 융설 및 결빙 특성을 포함시킬 필요가 있다.

2) 강우특성

① 우리나라는 여름철 강우편중 현상이 심하므로 이에 따른 피해가 없도록 조치해야 한다.

② 강우자료는 연도별로 분포가 크게 불규칙하므로 대상지역에 가까운 지점의 10년 정도의 데이터를 이용하여 풍수년과 갈수년의 특성을 파악하는 것이 좋다.

③ 집수관 계통은 집수면적과 해당 지역의 최대 강우강도를 고려해서 결정하며, 저류시설은 집수능력을 상회하는 배수능력을 갖도록 하고 다른 곳에서의 빗물 유입 등으로 배제능력이 저하되지 않도록 유의해야 한다.

3) 증발량

빗물을 실개천, 연못 등과 같이 순환 이용하거나 살수하는 경우에는 증발로 인한 손실수량을 고려할 필요가 있다.

☞ 해설

1)에 대하여

우리나라의 기온을 보면 중부산간지방을 제외하고, 대체로 연평균 기온은 10~15℃이며, 가장 무더운 달인 8월은 23~26℃, 가장 추운 달인 1월은 −6~3℃이다(도서지역을 제외한 육지의 대표적인 45개 지점 1981~2010년 평년값 기준)[1)]

주택유형별 격월 평균 수돗물 사용량을 살펴보면 여름철인 7~8월 물사용량이 가장 크고, 1~2월에 가장 작은 것을 알 수 있다. 여름철 샤워용수 등으로 물사용량이 급증하며, 주택뿐 아니라 분수, 연못, 폭포 등의 수경시설에서의 조경용수 사용량도 증가할 것으로 예상된다.

〔표 1.4〕 주택유형별 격월 평균 수돗물 사용량

(단위: Lpcd, 자료: 서울연구원)

주택유형	1~2월	3~4월	5~6월	7~8월	9~10월	11~12월
공동주택	182	189	200	206	196	193
아파트	175	179	195	200	185	185
일반주택	190	202	214	225	205	196

1) 기상청(www.kma.go.kr)

겨울철의 경우 추위로 인한 결빙 위험을 최소화하고 동결심도를 확보하도록 설계하고 융설의 영향을 고려해야 한다.

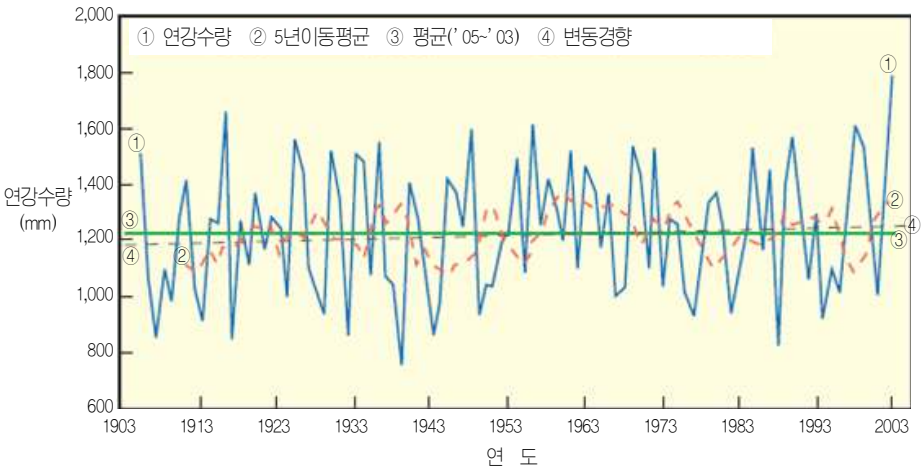
2)에 대하여

① 우리나라는 강수량의 계절적 편중이 크기 때문에 이에 따른 피해가 없도록 주의해야 한다. 연강수량의 2/3가 홍수기인 6~9월의 장마와 태풍기간에 집중되고, 갈수기인 11월부터 다음해 4월까지 6개월간은 연강수량의 1/5에 불과하여 연중 고른 강수량을 갖는 외국과는 다르게 홍수와 가뭄이 빈발하다[2].

집중 호우에 대비하여 집수관 계통은 집수면적과 해당 지역의 최대 강우강도를 고려해서 결정하며, 저류시설은 집수능력을 상회하는 배수능을 갖도록 하고 다른 곳에서의 빗물 유입 등으로 배제능력이 저하되지 않도록 유의한다.

저류시설의 수위와 연동하여 밸브를 통해 빗물의 유입을 차단하거나 배수펌프 및 공공하수도로 배수하는 등 대상지 특성에 맞는 월류수 제어방식을 선택해야 한다.

② <그림 1.6>의 연평균 강수량의 연도별변화를 살펴보면 변동폭이 매우 크고 증가 추세에 있음을 알 수 있다. 따라서 빗물이용시설의 계획·설계 시에는 가능한 오랜 기간(10년 이상)의 강우자료를 확보하여 풍수년과 갈수년의 특성을 파악하는 것이 좋다. 자료 확보가 어려운 경우 과거 강우자료 중에서 연평균 강수량에 가장 가까운 해의 자료를 활용할 수도 있다.



〈그림 1.6〉 우리나라 연평균 강수량의 연도별 변화(자료 : 기상청)

3)에 대하여

최근 친수공간에 대한 요구도가 증가함에 따라 폭포, 분수, 실개천, 연못 등 수경시설에서의 물

2) 건설교통부(2006), 수자원장기종합계획

사용량도 늘어나고 있다. 벽천이나 분수 등의 수경시설에 빗물을 사용할 경우에는 공기 중에 뿌리는 형태로 급수하여 순환시키는 경우가 많으므로 증발로 인한 손실량을 고려하여 사용수량을 결정해야 하며, 또한 건축물 부지 내 식수(植樹)에 관수할 경우에는 증발량뿐만 아니라 식물 잎에서의 증산량도 고려하여 산정한다.

증발산량은 증발접시 수표면 증발량의 70% 정도이며, 살수에 의한 비산량은 전체 설비의 최대 순환 사용량의 1~2% 정도이다.

수경시설 보급수량=(순환사용량×비산(飛散)율)+증발량+침투량 ····· (1.2.4.1)

공공주택 단지 등에서의 실개천과 연못을 조성하는 경우 안전대책을 수립하고 [표 1.5]에 나타낸 수량을 기준으로 전체수량을 설정한다.

〔표 1.5〕 실개천 등의 기본 수량

	계 획 제 원
실개천	수심: 0~0.1m 수로폭: 0.4~2.0m 유속: 0.1~0.4m/s
연못	수심: 0.2~0.5m 유속: 0m/s

자료: 일본 우수저류침투기술협회(1998), 우수이용핸드북

1.2.4.2 대상지역의 여건

빗물이용시설 계획을 수립할 때에는 다음의 입지적, 지형적 및 지역사회의 수용가능성 등에 대한 상위 계획을 조사하여야 한다.

1) 입지적 여건
   - 지역 구분(도시, 농촌 및 도서지역)
   - 가뭄/침수피해 이력
   - 방류 하천 및 하수도 계획
   - 생태 환경 및 자연경관 자원
2) 지형적 여건
   - 표고 및 경사
   - 토질 및 지하수위
3) 지역사회의 수용 가능성(Community acceptance)

☞ 해설

1)에 대하여

빗물이용시설의 도입 시에는 도시, 농촌 및 도서 지역 등 지역특성을 반영하여 추진하여야 한다.

① 도시: 토지의 고밀도화와 높은 지가로 인해 여유부지의 선정이 어렵다.

② 농촌: 저류지 등의 부지확보가 용이하나, 토사 · 입자성 물질 발생량이 높다.

③ 도서: 생활용수 공급에 차질이 우려되므로 적극적으로 도입하여야 한다.

빗물이용시설의 계획, 설계 시에는 대상지역의 가뭄 및 침수피해 이력을 조사하여 이에 대비한 용량을 추가적으로 검토하여야 한다. 빗물이용시설로부터 강우유출수를 하천이나 공공하수도로 방류하는 경우에는 하천 및 하수도 계획을 검토하여 하류지역 통수 등에 영향을 주지 않도록 한다.

2)에 대하여

대상지역의 표고를 검토하여 중력에 의한 자연유하 및 별도의 송수 에너지 확보여부를 검토하여야 한다. 경사가 급한 지역은 집수면으로부터 토사 등 오염물질이 유입될 우려가 있으므로, 유출속도에 대한 검토가 이루어져야 한다. 빗물이용시설을 설치하는 경우 치수를 위해 침투시설과 연계하여 저류조 방류수를 지하로 침투시키는 경우에는 대상지역의 토질 및 지하수위를 조사하여 목표 침투용량을 확보할 수 있는지 검토하여야 한다.

3)에 대하여

대상지역의 특성에 적합한 빗물이용시설이 설치되었다고 하더라도, 주민들의 의식 수준이나 혐오감으로 인해 사용되지 못하고 방치되는 경우가 있으므로 빗물을 이용할 경우에는 시설의 수혜자인 지역 주민의 수용가능성 여부를 고려하도록 한다. 특히 공공주택의 경우 시공사의 하자보수 기간에는 시설관리가 잘 이루어지지만, 관리주체가 입주자로 이양된 후에는 입주민의 인식에 따라 시설 활용에 차이가 있으므로 빗물이용에 대한 적극적인 홍보가 수행되어야 한다.

1.2.4.3 토지이용 특성

빗물이용시설의 계획, 설계는 주거, 상업/업무, 산업, 공원/녹지 등 대상지역의 토지이용 계획에 따른 용지 및 용수 확보, 물 사용유형 등을 고려하여 실시하여야 한다. 빗물이용시설의 계획 시 토지이용 계획을 검토하여 추가적인 용수 확보, 빗물 및 오염물질의 유출 저감, 물 순환 개선 등의 도시 환경성을 향상시킬 수 있도록 해야 한다.

☞ 해설

① 주거지역은 유지관리용수, 조경용수로의 활용이 대부분이며, 건축물의 옥상, 벽면, 단지 내 도로 등 양호한 수질의 빗물 확보가 용이한 특징이 있으나, 반면 주민들의 수용 가능성 여부에 따라 빗물이용시설의 활용 및 관리에 큰 편차가 발생할 수 있음을 고려해야 한다.

② 상업 및 업무지역은 조경용수 및 화장실 세정용수로의 활용도를 검토해야 한다.

③ 산업지역은 공업용수 등으로 빗물을 활용할 수 있으나, 상대적으로 높은 목표 수질로 인해 설치 및 관리비용이 상승할 수 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다.

④ 공원 및 녹지지역은 유출량이 적고, 공공용지이므로 공공목적으로의 활용도를 검토해야 한다.

1.2.4.4 빗물이용시설의 용량 계획 및 집수면

1) 빗물이용시설의 규모는 옥상녹화사업 등과 같이 집수에 영향을 주는 시설을 제외한 지붕의 빗물집수면적(m^2)에 0.05m를 곱한 규모 이상의 용량으로 한다.
단, 골프장은 연간 물 사용량의 40% 이상을 활용할 수 있는 용량으로 한다.

2) 옥상녹화면에서 집수하는 경우 조성공법과 비녹화면적의 유출특성의 차이를 고려하여 집수가능량을 산정한다.

$$\text{집수가능량}(m^3) = \text{유출계수} \times \text{강우량}(mm) \times \text{집수면적}(m^2) \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.2.4.2)$$

☞ 해설

1)에 대하여

지표면 위에 내린 빗물은 지표면의 습윤 상태, 저류, 증발산 그리고 토양으로의 침투 등의 물리적 과정을 거쳐 유출된다. 강우량 중에 유출로 이어지지 않는 부분을 손실량으로 나타내는데, 일반적으로 불투수성 지표면의 초기 습윤 손실을 0.3~0.7mm, 지표면 저류 손실은 0.5~2.0mm로 보고 있다. 유출에 직접적으로 기여하는 유효빗물량은 내린 빗물의 양에서 상기의 손실량을 제외한 부분이며, 집수면의 표면 종류 및 면적에 따라 집수 가능량을 결정한다.

빗물이용시설의 계획에서 집수면([표 1.6] 참조)은 양적, 질적인 측면을 함께 고려하여야 한다. 질적 측면에서 기본적으로 오염물질이 많지 않은 면을 사용하는 것이 바람직하다.

2)에 대하여

양적인 측면에서는 집수면의 종류 및 표면 거칠기에 따라 유출계수에 차이가 있으며, 집수가능량에 영향을 미친다. 집수면 종류에 따른 유출계수는 [표 1.7]과 같이 알려져 있다. 집수면의 유출계수는 표면 형태뿐 아니라 표면 경사, 녹화 여부, 포장면의 종류, 배수시설과의 연결 등 다양한 인자에 따라 영향을 받는다.

도시 내 녹지 공간 계획에 따라 건물 내 에너지를 절약하고, 도시 외부의 경관 개선, 생태서식공간 확보, 열섬현상 완화 등 생태적 기능을 부여하기 위해 1990년대 후반부터 옥상녹화 시설이 보급되고 있다. 옥상녹화는 녹화면의 조성 공법에 따라 관리 중량형 녹화, 단순 관리 중량형 녹화, 저관리 경량형 녹화로 구분할 수 있다. 관리 중량형은 관목이나 교목류 등을 조성하여 규칙적인 관수 및 유지관리가 필요한 공법이며, 단순 관리 중량형은 화본류와 관목류를 식재하고 저관리 경량형은 초본류 및 화본류를 위주로 식재된다. 옥상녹화는 빗물의 유출을 감소시키고, 식재에 이용가능한 빗물의 저장을 위한 것으로서, 녹화면의 포장용수량(Field capacity)과 투수성, 연평균 유출계수에 따라 유출특성이 좌우된다. 녹화면에 내린 빗물은 식물에 의해 증발하게 되고, 토양층이 포화되기 전까지는 유출이 발생되지 않는다. 토양층이 포화된 이후 표면에서의 유출과 침투된 빗물

이 유출된다. 따라서 토양층의 조성 두께 및 토질에 따른 포장용수량과 침투시간 만큼 유출지연과 유출수심이 감소하게 된다.

〔표 1.6〕 표면 종류에 따른 수질 특성

표면 종류		수질 특성
빗물(직접 채수)		• 집수면을 거치지 않는 빗물은 양호한 수질확보가 가능하다. • 도시 지역에 내린 빗물의 pH는 주로 3~6 정도로 나타나나 강우가 지속되면서 일정한 범위로 수렴된다. 집수면, 저류조 등에서 콘크리트 등으로부터 알칼리 성분이 용출되어 pH는 7~8로 수렴된다.
지붕·옥상면 및 벽면 유출수		• 초기 유출수는 집수면 퇴적물의 세척에 의해 COD, SS 등의 초기오탁이 보이지만, 강우가 계속됨에 따라 점차 감소하여 2~4 NTU 정도의 빗물 수질에 가까워진다.
도로 유출수		• 오염물질은 대기로부터의 강하물 이외에 자동차 배기가스, 타이어 마모물질, 토사 등 인위적 활동에 따른 불특정 물질로 인해 오염 정도가 심하다. • 교통량이 많은 도로일수록 오염 농도가 높아진다. • 아스팔트 표면이 콘크리트면보다 탁도가 높다.
주차장 유출수	주변과 격리되어 있고 교통량도 적다.	• 이용자에 의한 인위적 오염이 없으면 지붕면에서 모은 빗물에 가까운 수질을 얻을 수 있다.
	주변과 격리되어 있지 않고 교통량도 많다.	• 교통량의 증가에 따라 탁도가 상승하고 인위적인 오염의 영향도 받기 쉽다. • 호우 시 침수로 인해 오염물질의 유입 가능성이 있다.
녹지 유출수	자연지반 녹지	• 초기 빗물을 제외하면 비교적 양질의 수질을 얻을 수 있으나 유출계수가 작으므로 집수 가능량이 적다.
	옥상녹화(인공지반)	• 녹화 조성에 필요한 골재 및 비료 성분에 의해 오염될 수 있으므로 이에 대한 대책을 수립할 필요가 있다. • 건물 주변의 중정(정원), 녹지 표면에서 비교적 양질의 수질을 얻을 수 있다.

〔표 1.7〕 토지이용도별 기초유출계수의 표준값

표면 형태	유출계수	표면 형태	유출계수
지붕	0.85~0.95	공지	0.10~0.30
도로	0.80~0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05~0.25
기타 불투수면	0.75~0.85	경사가 완만한 산지	0.20~0.40
수면	1.00	경사가 급한 산지	0.40~0.60

[표 1.8]은 녹화 유형 및 구성 두께에 따른 연평균 유출계수를 나타낸다. 옥상 녹화면을 통해 빗물을 집수하는 경우 연평균 유출계수에 따라 집수 가능량을 검토해서 결정한다. 빗물 집수를 위한

옥상녹화면의 배수는 식재면적 내부에서의 배수, 식재면적 외부에서의 배수, 식생이 없는 층에서의 배수량을 종합적으로 고려해야 한다.

〔표 1.8〕 옥상녹화사업 시 유출계수의 적용값

녹화유형	구성두께(cm)	연평균 유출계수
단순관리 경량형 녹화 (초본류와 화본류 식재)	2~4	0.6
	4~6 이상	0.55
	6~10 이상	0.5
	10~15 이상	0.45
	15~20 이상	0.4
관리 중량형 녹화 (관목이나 교목류 조성)	15~25	0.4
	25~50 이상	0.1~0.3

1.2.4.5 빗물이용시설의 목표효율

빗물이용시설의 목표효율은 빗물이용률, 상수대체율, 사이클수, 사용일수 등을 산정하여 경제적인 규모로 결정한다.

☞ 해설

설계자가 적절한 저장조 용량을 선택하는데 참고할 수 있는 효율인자와 그 계산식을 [표 1.9]에 표시하였다.

〔표 1.9〕 빗물 저류/이용시설의 효율평가인자

효율인자	계산식
빗물이용률(%) (Rainwater Utilization ratio, RUR)	$\text{빗물이용률} = \frac{\text{빗물공급량}}{\text{집수된 빗물총량}}$ ····· (1.2.4.3)
상수대체율(%) (Water Substitution ratio, WSR)	$\text{상수대체율} = \frac{\text{빗물공급량}}{\text{공급대상용수 총 사용량}}$ ····· (1.2.4.4)
사이클 수(회) (Cycle Number, CN)	$\text{사이클 수} = \frac{\text{빗물공급량}}{\text{저류조 용량}}$ ····· (1.2.4.5)
사용 일수(일) (Service Day, SD)	빗물저류이용시설에서 실제로 빗물을 공급한 날의 수

빗물이용률은 특정 기간 동안 용수로 공급된 빗물의 양을 집수면에서 모아진 빗물의 총량으로 나눈 값이다. 집수면에 모아진 빗물은 저류조로 유입되고 저류되어 용수로 활용되며 월류되어 하

수관을 통해 빠져나간다. 즉 빗물이용시설에 집수된 빗물을 얼마나 효율적으로 사용하고 있는가를 나타내는 지표로 이 값이 높을수록 효율적으로 사용했다는 것을 의미한다. 상수대체율은 공급 대상용수의 총 소비량에 대한 빗물공급량의 비율이며, 빗물은 먹는 물 이외에 화장실용수, 청소용수, 조경용수 등 다양하게 이용될 수 있다. 그러나 설계시 현장여건에 따라 빗물의 용도와 수요량을 구체적으로 결정하고, 이를 기준으로 상수대체율을 예측, 평가해야 할 것이다.

사이클 수는 정해진 기간 동안 사용한 총 빗물의 양을 저류조 용량으로 나눈 값이다. 이 값은 저류조의 활용빈도를 나타낸다. 빗물이용률과 상수대체율에 큰 차이가 없는 경우 저류조의 활용빈도가 높을수록 효율적인 설계와 운영이 이루어졌다고 할 수 있을 것이다.

사용일수는 정해진 기간동안 빗물을 며칠간 사용하였는가를 날 수로 보여주는 값이다.

위의 네 가지 지표는 빗물의 이용용도와 공급대상이 결정되면 저류조 용량에 따라 변하는 값들이다. 설계자는 이 효율인자들을 종합적으로 고려하여 저류조 용량을 결정할 수 있다.

1.2.4.6 초기빗물 처리

1) 비가 내리기 시작하여 집수되는 과정에서 집수면의 오염물이 포함되어 있을 가능성이 있는 강우 초기의 빗물은 배제하거나 처리해야 한다.
2) 초기빗물은 대상 지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5밀리미터 이상의 강우량으로 한다.
3) 대상 지역의 하수배제 방식 등을 검토하여 초기빗물 처리방식을 결정하는 것이 바람직하다. 초기빗물의 배제를 위해 소규모 시설에 과다한 제어계측방식이나 처리방식을 도입하는 것은 비경제적이므로 유의해야 한다.

☞ 해설

1), 2)에 대하여

오염되지 않은 양호한 수질의 빗물을 집수하기 위하여 초기빗물를 배제하여야 한다. <그림 1.7>은 초기빗물과 유출수의 수질 오염도 변화를 나타내고 있다. 일반적으로 초기빗물은 대상 지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5밀리미터 이상의 강우량으로 한다.

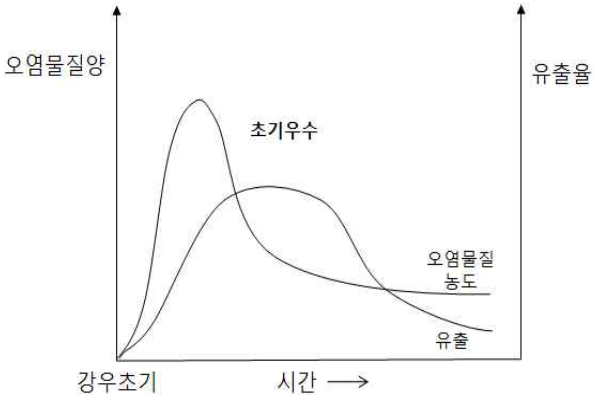
3)에 대하여

배제방식으로는 유량계를 이용한 방법, 분리장치를 이용한 방법, 부자를 이용한 방법 등을 적용한다.

① 유량계를 이용한 방법

유량계와 자동밸브를 연결하여 5mm 이하의 초기빗물은 방류계로, 이후 강우는 처리계로 송수하여 초기빗물을 배제하는 방식이다. 자동으로 초기강우를 차단할 수 있고 조작 및 유지관리가 쉽다.

② 분리장치를 이용한 방법



〈그림 1.7〉 초기빗물 수질 오염도 변화

강우 초기에 옥상 면으로부터 홈통을 타고 내려오는 빗물을 배제하고, 강우량이 증가하여 유량이 많아지면 관내부에서 흘러나오는 빗물을 집수하는 방식이다.

③ 부자를 이용한 방법

집수면적에 따라 유출되는 초기빗물의 양을 계산하여 배제관을 통해 집수하고, 이후에 유출되는 빗물은 배제관을 부자로 막아서 저류조로 흘려보내는 방식이다. 제작이 용이하고 개별 시스템에 적합한 용량으로 설치할 수 있는 장점이 있다.

초기빗물 배제방식과 더불어 처리 기능을 부여하여 오염농도가 높은 초기빗물을 처리하는 장치도 사용되고 있다. 초기빗물 처리장치로 장치 내 유체의 회전력과 침전을 이용하여 강우 유출수내 초기빗물을 처리하는 수동력학적 침전 방식, 저류시의 침전과 여과매체에 의해 처리하는 층류식 또는 상향류식 여과방식 등이 도로 및 주택단지에서 사용되고 있다.

1.2.4.7 빗물처리 기술

빗물이용시설의 계획, 설계시 활용용도별 목표 수질을 만족하고 유지관리가 용이하도록 적절한 처리방식을 수립해야 한다.

☞ 해설

빗물이용시설은 수돗물 정도의 수질이 요구되지 않는 생활용수, 조경용수, 농업용수 등으로 이용 가능하도록 처리되어야 한다. 이외의 다른 용도로 빗물을 이용하는 경우 목적에 적합한 수질로 공급하여야 한다.

① 여과조

빗물이용시설의 여과공정에서는 집수면의 종류와 시설의 경제성 등을 고려하여 모래 등의 여재 또는 분리막 등을 이용할 수 있다. 일정한 간격을 가진 스크린 시설을 설치하여 나뭇잎, 나뭇가지, 쓰레기 등 일반적으로 크기가 큰 이물질을 제거하도록 한다. 스크린 및 스크린 조

의 처리능력은 시간 최대 빗물 집수량에 의해 산정한다.

② 소독장치

빗물의 사용용도에 따라 화장실 용수 등 잔류염소를 필요로 할 경우 염소소독시설을 검토하도록 하며, 조경용수, 하천유지용수, 공업용수 등 총대장균군수를 제어할 경우는 UV(자외선) 소독 등을 검토할 수 있다.

1.2.5 중수도 계획수립시 검토사항

1.2.5.1 중수사용량의 결정

중수도 설치 의무화 시설에 대한 판단 여부는 건축허가서상에 명시된 건축연면적을 기준으로 결정한다. 건축연면적 산정기준은「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」제6조제2항에 의거「건축법 시행령」제119조제1항제4호에 따른다.

☞ 해설

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제9조제1항에 중수도를 의무적으로 설치하여야 하는 시설로 숙박업, 목욕장업, 대규모점포, 운수, 물류, 업무, 교정, 방송국 및 전신전화국 등 건축 연면적 6만제곱미터 이상인 시설을 신축하는 경우와 건축 연면적이 6만제곱미터 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우가 포함되어 있다. 이 때, 건축연면적의 산정기준은「건축법 시행령」제119조제1항제4호에 따른다.

〔표 1.10〕 건축법 시행령에 나타난 건축연면적의 산정기준

「건축법 시행령」 제119조제1항제4호	4. 연면적: 하나의 건축물 각 층의 바닥면적의 합계로 하되, 용적률을 산정할 때에는 다음 각 목에 해당하는 면적은 제외한다. 가. 지하층의 면적 나. 지상층의 주차용(해당 건축물의 부속용도인 경우만 해당한다)으로 쓰는 면적 다. 삭제 <2012.12.12> 라. 삭제 <2012.12.12> 마. 제34조제3항 및 제4항에 따라 초고층 건축물과 준초고층 건축물에 설치하는 피난안전구역의 면적 바. 제40조제3항제2호에 따라 건축물의 경사지붕 아래에 설치하는 대피공간의 면적

1.2.5.2 상주인원의 구성

1) 건물의 상주 인원 및 남여 구성비는 중수도의 규모를 정하는데 기본이 되는 설계 조건이다. 2) 용도별 사용수량 조사 결과에 의거하여, 연면적 당 상주(유동) 인원으로 산정한다.

☞ 해설

1)에 대하여

건물의 용도 또는 종류별 단위급수량 산정과 연관된 유효면적당 인원인 단독주택 및 공동주택의 경우 0.16 인/m^2, 관공서 및 사무소의 경우 0.2 인/m^2, 공장의 경우 0.1~0.3 인/m^2을 사용할 수 있다(「상수도시설기준」, 한국상하수도협회, 2010). 중수도의 용도인 화장실의 사용 수량(세정수량)은 남녀 구성비에 의해 다르다. 또한 남녀의 구성비는 빌딩의 성격에 따라 상당한 차이가 있으므로 충분히 조사 검토할 필요가 있다.

2)에 대하여

용도별 사용수량은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

용도별 사용수량[m^3/일]=상수도의 단위급수량[m^3/인・일]×건축물의 용도별 유효 연면적당 상주인원[인/m^2]×건축연면적[m^2]×중수도 사용가능 비율[%]×남녀 구성 비율[%] ·····(1.2.5.1)

1.2.5.3 중수도 원수의 종류

1) 중수도 원수로서는 잡배수(세면, 손 씻는물, 끓인 물, 취사, 주방, 청소, 욕조), 화장실 세정수, 냉동・냉각 배수를 생각할 수 있지만, 연간 확실하게 얻을 수 있는 배수를 재이용 처리장치의 설계 수량으로 할 필요가 있으므로, 화장실 세정수, 세면・손 씻는 물, 바닥 청소수, 주방 등 4가지 용도의 배수를 원수로 한다.
2) 어느 용도의 배수를 원수로서 선택할지는 수량・수질의 안정성, 용도, 사용형태, 처리기술, 비용 등을 고려하여 결정하여야 한다.

☞ 해설

화장실 세정수, 세면・손 씻는 물, 바닥 청소수, 주방 등 4가지 용도의 배수를 원수로 하는 경우, 화장실 세정수와 주방배수는 유기오염물이 많이 포함되므로, 이를 중수원수에 포함시킬 경우에는 중수도의 용도에 따라 원하는 수질을 확보하기 위해 기술적・경제적으로 불리할 수 있다. 한편, 수질 확보보다 중수도 수량의 확보가 절실한 곳에서는 이를 중수도 원수에 포함시켜 수량을 확보하는 것이 더 유리할 수 있으므로, 이에 대한 타당성 평가가 필요하다.

1.2.5.4 처리공정 선정시 고려사항

1) 중수도의 설치 계획을 할 때에는 각 시설의 방식, 설계제원 및 배치 등에 대하여 합리성, 안정성, 경제성 및 유지관리 측면을 종합적으로 검토한다.
2) 각 시설을 계획할 때에는 각 시설의 기본조건을 검토하고 몇 가지 대안을 설정하여 각각의 건설비 및 유지관리비를 기초로 급수 원가를 산출함과 아울러 그 시설의 합리성 및 안정도 등을 고려하여 최적의 계획을 설정하여야 한다.

3) 중수도의 구조 및 재질은 수압, 토압 및 그 밖의 하중과 외력에 대하여 충분한 내력과 방수성이 있어야 하며, 하수계의 중수도 원수는 일반적으로 부식성이 강하므로 시설의 내식(耐蝕)에도 충분히 유의해야 한다.

☞ 해설

시설별 기본 계획시 검토항목은 [표 1.11]과 같다.

〔표 1.11〕 중수도의 설치 계획시 검토항목

구 분	검토항목		
처리시설 계획	• 처리방식의 선정	• 시설의 위치 및 배치	• 시설의 설계제원
송배수시설 계획	• 송배수방식의 선정	• 송배수관로의 배치	• 시설의 설계제원
이용설비시설 계획	• 급수방식의 선정	• 설계제원의 검토	

1.2.6 하·폐수처리수 재이용시설 계획수립시 검토사항

1.2.6.1 하·폐수처리수 재이용수의 용도 및 수요조사

하·폐수처리수 재이용시설의 용량결정을 위해서 하·폐수처리수 재이용수의 용도에 따른 수요조사를 수행하여야 하며, 하·폐수처리장 주변 지역여건(도심, 하천, 산업단지, 농경지 등)을 고려하여 처리장 인근지역에서 재이용할 수 있는 적정 수요처 및 수요량을 조사한다.

1) 재이용수 용도에 따른 제한조건

2) 수요처 및 수요량 적정성 검토

☞ 해설

1)에 대하여([표 1.12] 참조)

〔표 1.12〕 하·폐수처리수 재이용의 대표적 용도 및 제한조건

구분	대표적 용도	제한조건
공업용수	① 냉각용수 ② 보일러 용수 ③ 공장내부 공정수 및 일반용수 ④ 기타 각 산업체 및 공장의 용도	• 일반적인 수질기준은 설정하되 공업용수는 기본적으로 사용자의 요구수질에 맞추어 처리하여야 하므로 산업체 혹은 세부적인 용도에 따른 수질기준은 지정하지 않음
도시 재이용수	① 주거지역 건물외부 청소 ② 도로 세척 및 살수(撒水) ③ 기타 일반적 시설물 등의 세척 ④ 화장실 세척용수	• 도시지역 내 일반적인 오물, 협잡물의 청소 용도로 사용하며 다량의 청소용수 사용으로 직접적 건강상의 위해가능성이 없는 경우 • 비데 등을 통한 인체 접촉 시와 건물 내 비음용·

구분	대표적 용도	제한조건
도시 재이용수	⑤ 건물내부의 비음용, 인체 비접촉 세척용수	비접촉 세척 시에는 잔류물 등에 의한 위생상 문제가 없도록 처리하여야 함
하천 유지용수	① 하천의 유지수량을 확보하기 위한 목적으로 공급되는 용수 ② 저수지, 소류지 등의 저류량을 확대하기 위한 목적으로 공급	• 기존 유지용수 유량 증대가 주된 목적이므로 수계의 자정(自淨)용량을 고려하여 재이용수의 수질을 강화시킬 수 있음
농업용수	① 비식용 작물의 관개를 위하여 전량 또는 부분 공급하는 용도 ② 식용농작물 관개용수의 수량 보충용으로 인체 비유해성이 검증된 경우 • 직접식용은 조리하지 않고 날 것으로 먹을 수 있는 작물 • 간접식용은 조리를 하거나 일정한 가공을 거친 후에 식용할 수 있는 작물	• 기존 농업용수 수질을 만족하여야 하나, 관개용수의 유량 보충시 농업용수 수질이상 처리하여야 함
조경용수	① 도시 가로수 등의 관개용수 ② 골프장, 체육시설의 잔디 관개용수	• 주거지역 녹지에 대한 관개용수로 공급하는 경우로 식물의 생육에 큰 위해를 주지 않는 수준이어야 함
친수용수	① 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 수변 친수(親水)지역의 수량 공급 ② 기존 수변(水邊)지구의 수량 증대를 통하여 수변 식물의 성장을 촉진시키기 위하여 보충 공급 ③ 기존 하천 및 저수지 등의 수질 향상을 통하여 수변휴양(물놀이 등) 기능을 향상시킬 목적으로 보충 공급되는 용수	• 재이용수를 인공건설된 친수시설의 용수로 전량 사용하는 경우, 친수 용도에 따라 재이용수 수질의 강화 여부를 결정. • 일반 친수목적의 보충수는 기존 수계 수질을 유지 혹은 향상시킬 수 있어야 하며 목적에 따라 재이용수의 처리정도를 강화할 수도 있음
습지용수	① 고립된 소규모 습지에 대한 수원으로 사용하는 경우 ② 하천유역의 대규모 습지에 대한 주된 수원으로 공급하는 경우	• 습지의 미묘한 생태계에 악영향을 미치지 않도록 영양소 등의 제거와 생태영향 평가를 거쳐 공급하여야 함
지하수 충전	① 지하수 함양을 통한 지하수위 상승 목적 ② 지하수자원의 보충용도	• 지하수계의 오염물질 분해제거율과 축적 가능성을 평가하여 영향이 없도록 공급하여야 함.

가. 공업용수 및 도시재이용수

① 경제성 분석, 수질총량오염부하 삭감량 등 장단점을 비교분석하여 수요처와 협약완료 후 사업시행을 하여야 하며, 단순 냉각용수일 경우 지나친 재처리설치를 지양하여야 한다.

② 하·폐수처리수 재이용사업자는 법적 수질과 수요처의 요구수질 및 수량에 맞추어 공급함을

원칙으로 하되 불가피하게 공급하지 못하는 상황에 대비하여 기존의 공업용수 공급라인을 비상용으로 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.

③ 이용설비에 “하수처리수 재이용수 사용” 또는 “폐수처리수 재이용수 사용”이라는 표시를 하여야 한다.

나. 하천유지용수

① 친수공간이 부족한 도심지역, 건천화된 하천의 유지용수가 필요한 지역에 계획되어야 하며, 자연형하천정화사업 및 주민친화공간(공원화 및 체육시설 조성) 제공시 사업의 효과가 극대화될 수 있으므로 가능한 한 병행 추진함이 바람직하다.

② 재이용수 공급하천에 냄새, 거품 및 조류의 발생으로 사업의 효과가 반감될 가능성에 대비하여 이에 대한 사전 검토를 실시하여야 한다.

다. 농업용수

① 상습적인 농업용수 부족지역이 우선적으로 고려되어야 하며, 경작지 농민의 사전 동의서를 확보하여야 한다.

② 논농사, 밭농사, 화훼농사 등에 적용 가능하나, 가까운 곳에 수원이 없거나 부족하여 부득이하게 직접식용 농산물(딸기, 채소류 등)에 공급할 경우에는 인체 위해성이 없도록 수질관리를 철저히 하여야 한다.

2)에 대하여

하수처리장 주변 지역여건(도심, 하천, 산업단지, 농경지 등)을 고려하여 처리장 인근지역에서 재이용할 수 있는 적정 수요처 및 수요량을 조사한다.

① 장래도시개발계획, 하수도정비기본계획, 수도정비기본계획, 하천정비기본계획, 오염총량관리계획 등 관련계획을 종합 검토하여 적정 수요량을 결정한다.

② 물재이용 기본계획 및 물재이용 관리계획 등 물재이용 정책의 통일성 및 연관성을 검토하여 결정한다.

1.2.6.2 기존 하·폐수처리장에 재이용시설의 설치시 고려사항

기존 하·폐수처리시설에 하·폐수처리수 재이용시설을 추가로 설치하기 위해서는 기존 하수처리장 및 재처리 시설에 다음과 같은 사항을 검토하여야 한다.

1) 기존하수처리장 주요 시설의 제원, 향후 시설증대 및 추가처리시설 설치계획, 하수처리장 시설용량 및 하수처리량, 유입 및 방류수질, 하수처리방식(공법) 등의 운영현황을 종합한 설치 및 운영실태 정밀분석 실시

2) 기존하수처리장의 고도처리, 3차 처리 및 총인처리시설 등의 운영현황 검토

3) 하수처리장의 신설, 기존하수처리장의 고도처리시설 개량, 총인 및 3차 처리시설의 설치시 중복투자 검토

☞ 해설

1)에 대하여

기존 하·폐수처리시설에 하·폐수처리수 재이용시설을 추가하고자 할 경우에는 기본설계과정에서 처리장의 운영실태 정밀분석을 실시한 후 이를 근거로 사업추진방향 및 범위 등을 설계에 반영하고 사업을 추진하여야 한다.

가. 부지확보 여부

운영실태의 정밀 분석을 위해서는 재이용시설의 도입이 가능한 부지의 여부에 대한 검토가 필요하다. 기존의 시설 내에 설치가 불가능한 경우에는 공급관로의 설치에 따른 경제성에 대한 검토가 필요하다.

나. 재이용시설에서 발생되는 반류수

재이용시설에서 발생되는 역세 배출수, 슬러지 농축수 그리고 역삼투압 농축수의 처리를 기존의 처리시설로 반송하는 경우에는 이에 대한 처리 가능성 및 효율에 대하여 평가하여야 한다.

다. 수리조건의 변화

운영 중인 기존의 하수처리장에 재처리공정을 설치하는 경우에는 추가 처리공정에서 발생하는 손실수두 및 물의 수송에서 발생하는 손실수두를 최소화하여 기존의 계획된 수리종단의 영향을 방지하고 기존 시설물의 변경을 최소화하기 위한 검토를 수행하여야 한다.

라. 소요전력

대부분의 기존 하수처리장의 수변전 설비는 가동률 등을 고려할 때 여유용량이 충분한 경우가 많기 때문에 추가 설비가 도입되어도 충분히 기존 설비로 대처가 가능한 경우가 많다. 그러나 높은 전력을 필요로 하는 역삼투 공정과 상시 펌프의 가동이 필요한 압력여과공정 등의 전력 소모가 많은 시설을 도입할 경우에는 기존 수변전 설비의 용량이 부족할 가능성이 있어 이에 대한 검토를 수행하여야 한다.

2)에 대하여

이미 기존 하수처리장에 고도처리, 3차 처리 및 인처리공정 등이 설치되어 있어, 하수처리장 최종 방류수 수질이 용도별 재이용수 수질과 비교하였을 때 재이용수로 충분히 공급이 가능하다고 판단될 경우에는 펌프 및 관로를 설치하여 공급할 수 있다.

3)에 대하여

새로운 하수처리시설을 계획하거나 현재 고도처리개량, 3차 처리 및 총인처리시설을 설치중이거나 설계중일 경우에는 하·폐수처리수 재이용시설을 감안한 하수처리공법의 선정 등을 통해 중복투자가 발생하지 않도록 하여야 한다.

1.2.6.3 하·폐수처리수 재이용을 위한 계획수량 및 수질의 결정

| 계획수량 및 수질은 재이용수의 용도에 따라 관련계획 및 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 |

수질기준을 준수할 수 있도록 계획한다.

1) 계획수요량 결정을 위해서 도시개발계획, 하수도정비계획, 수도정비기본계획, 하천정비계획, 오염총량관리계획 등 관련계획을 종합 검토할 필요가 있다.
2) 계획수질은 재이용수의 용도에 따라 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행규칙 별표2를 준수할 수 있도록 계획한다.
3) 물 재이용 기본계획 및 물 재이용 관리계획 등 물 재이용 정책의 통일성 및 연관성을 검토하여 결정한다.

☞ 해설

가. 도시재이용수, 조경용수, 습지용수, 지하수충전, 공업용수

① 계획수량은 수요처의 요구량에 맞추어 계획하는 것이 원칙이나, 가까운 장래에 확정된 추가 요구량이 있을시 공급배관은 장래 요구량까지 계획하여 설치하고 기타의 시설(재처리시설 및 공급펌프 등)은 필요한 시기에 설치하도록 계획되어야 한다(다만, 계열화 설치가 불가능할 경우에는 예외로 한다).

② 계획수질은 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준을 준수하도록 하며, 그 이상의 수질은 개별 수요처에서 재처리할 수 있도록 계획하는 것이 바람직하다.

나. 하천유지용수

① 계획수량은 재이용수 공급하천의 특성 및 유황분석을 통해 갈수량, 하천하상의 손실량, 증발산량을 반영하여 재이용수량을 산정하여야 하며, 공급량 계획은 하수처리수의 평소 유량을 초과할 수 없도록 한다.

② 재이용 목적(생태계, 경관, 친수활동)을 명확히 설정 후 수면 폭, 유속, 수심 등의 요소를 고려하여 결정한다.

③ 계획수질은 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준을 준수하되 방류지역의 하천 수질을 고려하여 계획한다.

다. 농업용수

① 계획수량은 농업용수 공급하천의 특성, 유황분석 및 토지이용현황 등을 조사·분석하여 갈수량에 대한 재이용수량을 산정하는 것이 바람직하다.

② 계획수질은 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준을 준수하도록 하며, 특히 갈수기와 관개용수의 유량 보충시의 경우 경작자와 협의하여 재배 농작물의 생육 및 수확량에 악영향이 없도록 계획한다.

1.2.6.4 하·폐수처리수 재이용시설의 규모

하·폐수처리수 재이용시설을 설치할 때 시설의 규모는 다음에 맞도록 하여야 한다.

1) 수처리의 효율성
2) 공급수의 수질 변동성
3) 수요처의 수요량

☞ 해설

1)에 대하여

수처리의 효율성은 사용 용도에 따른 수질을 확보하는 것을 우선으로 하며, 경제성을 고려하여 처리시설의 규모를 결정하여야 한다.

2)에 대하여

하수처리장의 배출수는 일정한 수질을 유지하여 크게 변동이 있지는 않을 수 있으나, 충격 부하에 의하여 발생할 수 있는 급격한 수질 변동에 대비하여 규모를 결정하여야 한다.

3)에 대하여

수요처의 수요량이 급감하거나 급격하게 늘어나는 것에 대비하여 저장시설이나 재처리시설의 규모를 결정하여야 한다.

1.2.6.5 하·폐수처리수 재이용을 위한 주요 시설의 선택

하·폐수처리수 재이용에 필요한 시설은 각 공공하수처리시설의 특성 및 하수처리수 재이용 용도에 맞게 선택되어야 하며 일반적으로 다음과 같은 시설이 설치된다.

1) 재처리시설
2) 저장시설
3) 펌프시설
4) 송수관로
5) 기타시설

☞ 해설

1)에 대하여

① 이용목적별 처리방법이 다양하므로 유입되는 원수의 특성(유량 및 수질)을 고려하여 설치기준을 설정한다.

② 유입원수는 일반적으로 공공하수처리시설 최종처리수를 대상으로 하며, 계절 및 일간중 시간대별 수질과 유량의 변화를 고려하여 정상적인 변동범위의 악조건에서도 충분히 재이용수 용도별 수질권고기준을 달성할 수 있도록 계획한다.

2)에 대하여

① 저장시설의 용량은 일최대유량을 기준으로 하되 시간에 따른 하수유입량의 변동을 고려하여 결정하여야 한다.

② 저장조는 청소 시에도 재이용수를 사용할 수 있도록 설계용량에 대해 2조 이상의 구조로 설치하며, 청소가 용이한 구조로 계획한다.

3)에 대하여

① 펌프시설의 계획용량은 일최대 공급유량을 기준으로 하며, 수요처에 저장시설이 없는 경우에는 시간최대유량으로 계획한다.

② 펌프의 형식은 계획공급유량, 유입관의 깊이, 펌프의 설비대수 등에 의해 결정한다.

③ 기자재, 배관 등은 내부식성이 우수한 재질을 사용한다.

4)에 대하여

① 송수관의 시설용량은 계획시간최대유량을 기준으로 하나, 지역이나 수요처의 실정에 따라 계획 송수량에 여유를 두어야 한다.

② 송수관의 재질은 관 내면에 발생되는 부식, 스케일 형성 등에 문제가 적고 경제적인 관종을 선정하여 사용하는 것이 바람직하다.

5)에 대하여

기타 계측시설, 위생시설, 안전시설 등을 고려하여야 한다.

〔표 1.13〕 하·폐수처리수 재이용을 위해 필요한 전형적인 시설

구분	내용
재처리시설	공공하수처리시설의 방류수 등을 생활용수, 공업용수 등 재이용 용도에 적합하게 물리적, 화학적, 생물학적으로 처리하는 시설
저장시설	필요한 양의 물을 차질 없이 공급하기 위해 일정한 양을 일시적 또는 일정기간 저류할 수 있는 시설
펌프시설	필요한 양의 물을 송수하기위한 시설
송수관로	공급된 물을 각 수요처에서 사용할 수 있도록 공급하는 송수관 등의 시설
기타	계측시설, 위생시설, 안전시설 등

1.2.6.6 하·폐수처리수 재이용시설의 위치

하·폐수처리 재이용시설의 위치는 원칙적으로 하·폐수처리시설 부지 안에 설치하는 것을 기본으로 한다. 다만 다음의 경우에는 하수처리장 부지 외에도 설치할 수 있다.

1) 하·폐수처리시설 부지가 좁은 경우

2) 하·폐수처리시설 부지 밖에 설치하는 것이 부지안에 설치하는 것보다 시설 설치비가 덜 드는 경우

☞ 해설

원칙적으로 하·폐수처리시설 부지 내에 설치함을 원칙으로 한다. 일반적으로 처리시설 부지 내 설치 시 부지매입비 및 관로연장에 따른 시설설치비를 절감할 수 있으며, 공공하수처리시설과 통합 운전 시 운전경비 절감 및 운영의 효율성을 도모할 수 있다.

1), 2)에 대하여

처리장 부지가 좁은 경우와 하·폐수처리시설 부지 내에 설치할 경우 공급관로의 길이가 길어져 시설 설치비가 증가될 경우 등에는 경제성 분석을 통해 부지 외에 설치할 수 있다. 다만 처리장 부지가 협소할 경우와 하수처리장내 또는 하수처리장에 인접하여 설치하는 경우(Centralized Treatment System)이외에 부지 밖에 설치할 경우에는 분산형 처리시스템(Decentralized Treatment System), 또는 위성형 처리시스템(Satellite Treatment System)으로 공급하는 방안 등을 검토한 후 최적의 방식을 선택할 필요가 있다.

또한, 민간사업자가 하·폐수처리시설 부지 내 재이용시설을 설치할 경우 하수도법 제24조(점용허가) 및 지방자치단체의 하수도조례기준에 따라야 한다.

1.2.6.7 발생폐수(농축수, 역세척수) 및 슬러지 처리방안 수립

1) 하·폐수처리수 재이용시설의 운영에 따라 발생하는 공정폐수나 농축수, 또는 소량의 슬러지 등은 하수처리장에 반송하거나 별도의 처리시설을 운영하여 방류수수질 기준에 적합하도록 처리하여 방류하여야 한다.
2) 재이용시설을 공공하수처리시설 부지 내에 설치할 경우, 재이용시설에서 발생되는 공정폐수는 하수처리장에서 연계 처리할 수 있다. 다만, 이러한 경우 공공하수도관리청과 협의하여야 하며, 공공하수처리시설의 정상 운전에 지장을 초래할 수 있는 정도의 부하량을 보낼 경우에는 추가적인 처리대책을 강구하여야 한다.
3) 하수처리수 재이용수를 공업용수로 재이용하는 경우, 설치하는 재이용시설(역세를 하지 아니하고 물리적으로만 처리하는 시설 제외)은 폐수배출시설로 관리하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

① 재이용시설을 공공하수처리시설 부지 내에 설치할 경우에는, 재이용시설에서 발생되는 공정폐수는 공공하수처리시설로 반류시켜 재처리하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 공공하수처리시설의 정상운전에 지장을 초래할 수 있는 정도의 부하량(농도, 유량, C/N비 등)을 보낼 경우에는 추가적인 처리대책을 강구할 필요가 있다.

② 하수처리수 공업용수 재이용 민간투자사업 추진 시 재이용시설에서 발생하는 반류수의 처리비용은 민간투자사업 운영비에 포함시키는 등 비용부담 주체를 명확히 하여야 한다.

③ 민간사업자가 재이용시설을 공공하수처리시설 부지 외에 설치할 경우에는 재이용시설에서 발

생되는 공정폐수는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따른 방지시설을 설치하고, 폐수배출허용기준 이하로 유지되도록 계획하여야 한다. 다만, 공공하수도관리청과 협의하여 공공하수처리시설로 연계 처리되는 경우에는 그러하지 않을 수 있다.

3)에 대하여

하수처리수 재이용수를 공업용수로 재이용하는 경우, 설치하는 재이용시설(역세를 하지 아니하고 물리적으로만 처리하는 시설 제외)은 폐수(발생 공정폐수) 배출시설로 관리하여야 하며, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 시행령 제31조 및 시행규칙 별표4에 의거 폐수배출시설 설치 허가 또는 신고를 득하여야 한다.

- 산업시설의 정수시설(정수능력 1일당 100m^3 이상) : 역세를 하지 아니하고 물리적으로만 처리하는 시설 제외

1.2.6.8 하·폐수처리수 재이용시설 설치시 사용 기자재

하·폐수처리수 재이용시설의 설치에 사용되는 기자재는 다음 어느 하나에 해당하는 제품이어야 한다.

1) 「환경기술 및 환경산업 지원법」 제7조에 따른 신기술 인증을 받은 제품
2) 「환경기술 및 환경산업 지원법」 제20조에 따른 환경성적표지의 인증을 받은 제품
3) 「산업표준화법」 제15조에 따라 인증을 받은 제품
4) 「산업표준화법」 제27조제2항에 따른 단체표준인증을 받은 제품으로서 같은 법 제25조에 따른 우수한 단체표준제품
5) 「산업표준화법」 제27조제2항에 따른 단체표준인증을 받은 제품으로서 「수도법」 제56조에 따른 한국상하수도협회가 인증한 제품
6) 「산업기술혁신 촉진법」 제15조의2 및 제16조에 따른 신기술 인증 또는 신제품 인증을 받은 제품
7) 「부품·소재전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법」 제25조에 따른 신뢰성인증을 받은 제품
8) 「건설기술관리법」 제18조에 따른 신기술의 지정을 받은 제품
9) 「저탄소 녹색성장 기본법」 제32조에 따른 녹색기술·녹색제품 등에 대한 적합성 인증을 받은 제품

1.2.6.9 하·폐수처리수 재이용시설 설치시 기존 건축물의 활용

재이용시설의 감시제어실과 사무실의 설치는 공공하수처리시설 유지관리 건축물을 활용할 수 있도록 우선적으로 고려하여야 한다.

☞ 해설

재이용시설을 운영하기 위한 제어실이나 사무실은 처리시설이 공공하수처리시설 안에 있는 경우

에는 기존의 건축물을 활용하는 것이 바람직하다.

1.2.6.10 수요자 요구에 맞는 하수처리수 재이용수 생산

하수처리수 재이용수의 경우 필요시 개별 수요처에서 재처리할 수 있도록 계획되어야 한다.

☞ 해설

공업용수로 사용시 모든 산업시설에서 요구하는 수질을 만족하지 못하는 경우에는 개별 수요처에서 재처리하여 사용할 수 있도록 일정한 수질을 생산할 수 있도록 처리공정이 구성되어야 한다.

1.2.6.11 하수처리수 재이용수 공급 일반원칙(인센티브)

1) 재이용 원수(하수처리수)는 무상 제공한다. 2) 하수처리수 재이용수를 공업용수로 공급시 현행 가격 대비 90% 수준을 유지하도록 한다.

1.2.7 물 재이용시설의 슬러지 처리계획 수립

1.2.7.1 빗물이용시설의 슬러지 관리

빗물이용시설에서 발생한 슬러지에 대하여 적정관리를 하여야 한다.

☞ 해설

빗물이용시설은 양질의 빗물을 집수하여 간단한 처리 후에 이용하는 것이므로, 처리과정에서 발생하는 슬러지의 양이 상대적으로 적다. 또한 소규모의 빗물이용시설에서 슬러지의 개별적인 처리를 하여야 한다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행규칙 제4조에 의해, 빗물이용시설은 연 2회 이상 주기적으로 위생안전 상태를 점검하고 이물질을 제거하는 등의 청소를 시행해야 한다.

1.2.7.2 중수도의 슬러지 처리

중수도로부터 배출되는 슬러지, 세정배수 등은 적정처리 하여야 하며, 중수도에서 발생한 슬러지의 처리는 슬러지의 양과 성상 등을 고려하여 적절한 방식을 선택한다.

☞ 해설

어떤 형태이건 처리과정에서는 슬러지 생성이 필연적이며, 보통 소규모로 운전하는 중수도에서는 용도에 적합한 수처리 공정의 선택과 아울러 슬러지의 처리 방안에도 각별한 주의가 필요하다.

중수도에서 발생한 슬러지는 생물처리장치, 응집처리, 부상처리 등에서 생성된다. 소규모 중수도에 있어서 중수도 슬러지를 완전하게 처리, 처분한다는 것은 비경제적일 수 있으므로, 다양한 방식에 대한 검토가 필요하다. 응집처리방식에서는 어떠한 형태이건 첨가한 응집제의 양만큼 슬러지 발생을 증가시키기 때문에 생물법보다 불리하다. 처리과정에서 생성된 슬러지는 양의 문제와 함께

위생적인 면에서 문제가 발생된다. 중수도에서 발생한 슬러지를 처리하기 위해서는 조정설비나 농축설비, 탈수설비 등의 설치가 고려되어야 하고, 탈수설비 주변의 악취문제 등 위생 대책을 마련할 필요가 있다.

생물처리공정의 잉여슬러지나 화학슬러지는 함수율이 높기 때문에 농축 후 탈수한다. 슬러지 농축장치에는 중력식 농축기, 가압부상에 의한 농축 장치, 원심력에 의한 농축기 등이 있으며, 탈수시설을 설치할 수 없는 중수도에서는 슬러지처리를 대행 업소에 위탁하는 것이 경제적일 수 있다. 중수도의 규모가 커서 슬러지 탈수설비를 갖출 수 있는 경우에는 농축슬러지를 탈수하여 탈수케이크로 처분한다. 탈수기에는 벨트 프레스형, 원심분리기형, 필터 프레스형 등이 있고, 처리슬러지 양과 탈수케이크의 함수율 등에 따라 적합한 형식의 탈수기를 선택한다.

중수도에서 배출되는 슬러지는 유기물의 함량이 높고, 농축성, 탈수성이 나빠서 고 비용이 필요할 수 있으므로 하수슬러지와 공동으로 처리하는 방안을 검토하는 것이 바람직하다.

1.2.7.3 하·폐수처리수 재이용시설의 슬러지 처리

하·폐수처리수 재이용시설로부터 배출되는 슬러지 등은 특별한 이유가 없는 한 하·폐수처리시설의 슬러지처분방식을 그대로 활용한다.

☞ 해설

하·폐수처리시설에서의 슬러지 처리를 위한 용량은 통상 수처리시설, 고도처리시설 및 우수저류지 등에서 발생하는 계획발생슬러지에 각 슬러지 처리시설로부터의 반송 및 처리과정에서 발생하는 증감량을 고려하여 결정한다.

하·폐수처리수의 재이용시설에서는 추가적인 슬러지가 발생되므로 이에 대한 슬러지 처리시설의 용량 증가 필요성에 대해 검토해야 한다. 하·폐수처리수의 재이용률에 따라 다를 수 있으나, 기존 하수처리시설의 규모 대비 하·폐수처리수의 재이용시설의 규모가 상대적으로 작으므로 슬러지 처리시설의 용량의 증가 필요성이 크지 않을 것이나, 용량에 관한 재검토 과정은 필요하다.

또한 주변 지역의 중수도에서 발생한 슬러지를 공공하수도의 영역에서 공동으로 처리해야 하거나, 다른 공공하수처리시설에서 발생한 슬러지를 공동으로 처리하는 경우에 슬러지 처리시설의 용량의 재검토가 필요하다.

1.2.8 물 재이용시설 배관의 식별

물 재이용 시설의 배관시스템은 식별이 용이하도록 일정한 도색 또는 문자표시 규정을 정하는 것이 바람직하다.

☞ 해설

재이용수 배관은 상·하수관망과의 오접(誤接)을 피하고 타 용도의 배관 등과 구별될 수 있도록

보라색에 흑색 띠로 표기하여야 하며, 관말 및 매 30m 거리마다 별도로 “재이용수 배관”이란 문구를 흑색으로 표기하여야 한다. 또는 다른 방법으로 관로 매설후 관 상단 또는 약 30cm 매립 후 관로표시 띠를 관로방향으로 설치하여도 무방하다.

1.2.9 하・폐수(공업용수) 재이용시설 계획수립시 경제성 분석 및 전과정 비용분석

1) 계획수립시에는 재정적 고려를 통한 경제성 분석이 이루어져야 한다.
2) 경제성 분석시 물 수요의 특성, 추가 급수와 비상시 보완시스템, 수질의 조건, 적절한 사업규모의 결정 등을 고려하여야 한다.
3) 설계, 시공, 관리·운영·유지 단계를 고려한 전과정(Life cycle)에 대한 비용분석 및 평가를 통해 가장 효율적이고 저렴한 공법이 선정되도록 하는 것이 바람직하다.

☞ 해설

1)에 대하여

경제성 분석은 물의 재이용 계획이 사회에 미치는 영향 측면에서 평가하는 반면, 재정적 분석은 계획수립의 주체인 지방자치단체의 지방세, 국고보조금, 융자금, 채권 등의 자금을 동원할 수 있는 능력의 평가에 초점을 두고 있다. 경제성 분석의 경우 물 재이용 계획 수립의 당위성에 대답할 수 있어야 하지만, 재정적 분석의 경우 재이용계획 수립의 타당성에 답할 수 있어야 하는 것이다.

물 재이용사업(특히, 하・폐수처리수 재이용사업)의 경제성 분석시 편익산정방안에 관해서는 한국개발연구원의 보고서 ‘환경분야 편익산정방안에 관한 연구(2011)’를 참고하도록 한다.

2)에 대하여

물 재이용시설 계획수립시 재정적, 경제적 분석을 할 때에는, 사업에 미칠 수 있는 많은 영향요소들을 평가하여야 한다. 물 재이용 사업은 물의 수요와 공급의 일치, 적절한 처리의 수준, 재이용수의 저장, 그리고 보조적인 처리시설의 설치와 운영 등을 고려한 물 공급사업이므로 물 수요의 특성, 추가 급수와 비상시 급수 보완체계, 수질의 조건, 적정 사업규모 등을 검토하여 경제성 분석 및 재정적 분석시 반영하여야 한다.

3)에 대하여

전과정 평가의 목적은 공정의 개선, 정책의 지원, 의사결정의 근거 제공을 위해 생산품이나 서비스에 할당되는 전반적인 환경적 효과를 비교하는 것이다. 물 재이용 시설에 대한 투자가 궁극적으로 투자가치가 있는 것인지에 대해 전과정 비용분석을 수행함으로써 현명한 투자인지 아닌지를 알아낼 수 있을 것이다. 물 재이용사업의 설계, 시공, 관리・운영・유지 단계를 고려한 전과정(Life cycle)에 대한 비용분석 및 평가를 통해 가장 효율적이고 저렴한 공법이 선정되도록 하는 것이 바람직하다.

제2장

빗물이용시설

제2장 빗물이용시설

2.1 총설

2.1.1 목적

본 가이드라인은「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제8조(빗물이용시설의 설치·관리)에 의거하여 빗물이용시설의 계획·설치부문과 관련된 업무처리 절차 및 유의사항에 대하여 설명하고, 빗물이용시설의 설계 및 유지관리의 적절한 수행을 유도하며, 이를 통해 적정한 빗물이용시설 운영·유지관리를 위한 방안 및 업무처리의 효율성을 제고하는데 그 목적이 있다.

☞ 해설

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제2조에서 정의된 빗물이용시설은 법 제8조에 의거하여 설치·관리하여야 하며, 법 시행령 제10조에 설치대상과 관리를 의무화하고 있다. 또한 빗물이용시설의 시설기준과 관리기준은 법 시행규칙 제4조에 제시되어 있다.

따라서 본 가이드라인은 법 시행규칙 제4조의 빗물이용시설의 시설기준·관리기준에 대한 기술적인 세부사항에 대한 해설을 제공하는데 목적이 있다. 본 가이드라인은 빗물이용시설의 계획, 설계를 위한 고려사항을 제시하고 빗물이용시설의 운영·관리시 주요사항들을 제시하여 빗물이용시설이 효과적으로 활용될 수 있도록 한다.

2.1.2 적용범위

1)「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제2조제1호, 제2호, 제3호 규정에 의한 재이용시설 중 빗물이용시설에 적용한다.

2)「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제8조제1항 규정에 의한 종합운동장, 실내체육관, 공공청사, 공동주택, 학교, 골프장 및「유통산업발전법」제2조제3호에 따른 대규모점포 등을 신축(증·개축·재축 포함)하려는 자의 빗물이용시설에 적용한다.

※ 공동주택, 학교, 골프장, 대규모점포는 2014.7.17.부터 적용

☞ 해설

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제8조제1항 규정에 의거하여, 대통령령으로 정하는 종

합운동장, 실내체육관 및 공공청사 등을 신축(대통령령으로 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다)하려는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하여야 한다.

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행령 제10조에 따라 설치대상은 다음과 같다.

① 종합운동장 및 실내체육관은 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」 별표1의 운동장(지붕이 있는 경우에 한정한다.) 또는 체육관을 의미한다.

② 공공청사라 함은 「건축법 시행령」 별표1 제14호 가목에 따른 공공업무시설(군사·국방시설은 제외한다.)과 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조제1항에 따른 공공기관의 청사를 의미한다.

③ 공동주택이라 함은 「건축법 시행령」 별표1 제2호에 따른 아파트, 연립주택, 다세대주택 등을 의미한다.

④ 학교는 「건축법 시행령」 별표1 제10호 가목에 따른 학교(초등학교, 중학교, 고등학교, 전문대학·대학·대학교 등)를 말한다. 단, 유치원은 제외한다.

⑤ 골프장은 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행령」 별표1의 규정에 의한 골프장을 의미한다.

⑥ 종합운동장, 실내체육관 및 공공청사는 지붕 면적이 1천제곱미터 이상, 공동주택은 건축면적 4천제곱미터 이상, 학교는 전부, 대규모 점포는 「유통산업발전법」 별표1에 따른 대규모점포, 골프장은 부지면적 10만제곱미터 이상으로 신축·증축·개축 또는 재축하는 경우 빗물이용시설을 설치·운영하여야 한다.

〔표 2.1〕 빗물이용시설의 범위

• 체육시설

구분	체육시설종류
운동종목	골프장, 골프연습장, 궁도장, 게이트볼장, 농구장, 당구장, 라켓볼장, 럭비, 풋볼장, 롤러스케이트장, 배구장, 배드민턴장, 벨로드롬, 볼링장, 봅슬레이장, 빙상장, 사격장, 세팍타크로장, 수상스키장, 수영장, 무도학원, 무도장, 스쿼시장, 스키장, 승마장, 썰매장, 씨름장, 아이스하키장, 야구장, 양궁장, 역도장, 에어로빅장, 요트장, 육상장, 자동차경주장, 조정장, 체력단련장, 체육도장, 체조장, 축구장, 카누장, 탁구장, 테니스장, 펜싱장, 하키장, 핸드볼장, 그 밖에 국내 또는 국제적으로 치러지는 운동 종목의 시설로서 문화체육관광부장관이 정하는 것
시설형태	운동장, 체육관, 종합 체육시설

• 공공업무시설 및 공공기관

「건축법 시행령」 별표1	별표1 14. 업무시설 가. 공공업무시설: 국가 또는 지방자치단체의 청사와 외국공관의 건축물로서 제1종 근린생활시설에 해당하지 아니하는 것

「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조	제4조(공공기관) ① 기획재정부장관은 국가·지방자치단체가 아닌 법인·단체 또는 기관(이하 "기관"이라 한다)으로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 기관을 공공기관으로 지정할 수 있다. <개정 2008.2.29> 1. 다른 법률에 따라 직접 설립되고 정부가 출연한 기관 2. 정부지원액(법령에 따라 직접 정부의 업무를 위탁받거나 독점적 사업권을 부여받은 기관의 경우에는 그 위탁업무나 독점적 사업으로 인한 수입액을 포함한다. 이하 같다)이 총수입액의 2분의 1을 초과하는 기관 3. 정부가 100분의 50 이상의 지분을 가지고 있거나 100분의 30 이상의 지분을 가지고 임원 임명권한 행사 등을 통하여 당해 기관의 정책 결정에 사실상 지배력을 확보하고 있는 기관 4. 정부와 제1호 내지 제3호의 어느 하나에 해당하는 기관이 합하여 100분의 50 이상의 지분을 가지고 있거나 100분의 30 이상의 지분을 가지고 임원 임명 권한 행사 등을 통하여 당해 기관의 정책 결정에 사실상 지배력을 확보하고 있는 기관 5. 제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 기관이 단독으로 또는 두 개 이상의 기관이 합하여 100분의 50 이상의 지분을 가지고 있거나 100분의 30 이상의 지분을 가지고 임원 임명권한 행사 등을 통하여 당해 기관의 정책 결정에 사실상 지배력을 확보하고 있는 기관 6. 제1호 내지 제4호의 어느 하나에 해당하는 기관이 설립하고, 정부 또는 설립 기관이 출연한 기관

• 대규모점포

	별표(대규모점포의 종류)
「유통산업발전법」 제2조제3호	1. 대형마트 대통령령으로 정하는 용역의 제공장소(이하 "용역의 제공장소"라 한다)를 제외한 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단으로서 식품·가전 및 생활용품을 중심으로 점원의 도움 없이 소비자에게 소매하는 점포의 집단 2. 전문점 용역의 제공장소를 제외한 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단으로서 의류·가전 또는 가정용품 등 특정 품목에 특화한 점포의 집단 3. 백화점 용역의 제공장소를 제외한 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단으로서 다양한 상품을 구매할 수 있도록 현대적 판매시설과 소비자 편익시설이 설치된 점포로서 직영의 비율이 30% 이상인 점포의 집단 4. 쇼핑센터 용역의 제공장소를 제외한 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단으로서 다수의 대규모점포 또는 소매점포와 각종 편의시설이 일체적으로 설치된 점포로서 직영 또는 임대의 형태로 운영되는 점포의 집단 5. 복합쇼핑몰 용역의 제공장소를 제외한 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단으로서 쇼

「유통산업발전법」 제2조제3호	핑, 오락 및 업무 기능 등이 한 곳에 집적되고, 문화·관광 시설로서의 역할을 하며, 1개의 업체가 개발·관리 및 운영하는 점포의 집단 6. 그 밖의 대규모점포 제1호부터 제5호까지의 규정에 해당하지 아니하는 점포의 집단으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것 가. 용역의 제공장소를 제외한 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단 나. 용역의 제공장소를 포함하여 매장면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 점포의 집단으로서 용역의 제공장소를 제외한 매장면적의 합계가 전체 매장면적의 100분의 50 이상을 차지하는 점포의 집단. 다만, 시장·군수 또는 구청장이 지역경제의 활성화를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 매장면적의 100분의 10의 범위에서 용역의 제공장소를 제외한 매장의 면적 비율을 조정할 수 있다.

2.2 일반사항

2.2.1 기본요건

빗물이용시설은 다음 기본 요건을 만족하여야 한다.

1) 양질의 빗물을 모을 수 있도록 집수면 및 저류조와 처리시설을 계획하여야 한다.

2) 시설기준 요건에 적합하도록 저류시설과 송배수시설을 갖추어야 한다.

3) 위생·안전을 고려하여 배관의 색을 다르게 하는 등 관리기준을 만족하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

집수면에는 다양한 이물질이 포함되어 있으므로 더욱 양질의 빗물을 모을 수 있도록 집수면의 선택, 처음 내린 빗물을 배제·분리하거나 빗물에 섞여 있는 이물질을 효과적으로 제거할 수 있는 처리시설 등을 갖추어야 한다.

2)에 대하여

처리시설에서 처리한 빗물을 일정 기간 저장할 수 있는 다음의 요건을 갖춘 빗물 저류조를 설치하여야 한다.

① 지붕의 집수 면적에 0.05m를 곱한 규모 이상의 용량일 것

② 물이 증발되거나 이물질이 섞이지 아니하고 햇빛을 막을 수 있는 구조일 것

③ 내부를 청소하기에 적합한 구조일 것

또한 처리한 빗물을 화장실 등 사용 장소로 운반할 수 있는 펌프·송수관·배수관 등 송수·배수시설을 설치하고, 유지관리를 위한 계측 설비 등을 구비하여야 한다.

3)에 대하여

법 제8조제2항에 따라 빗물이용시설의 관리기준은 다음 사항을 만족하여야 한다.

① 음용(飮用) 등 다른 용도에 사용되지 아니하도록 배관의 색을 보라색으로 하는 등 비음용수용 빗물이용시설임을 분명히 표시할 것

② 연 2회 이상 주기적으로 제1항 각 호의 시설에 대한 위생·안전 상태를 점검하고 이물질을 제거하는 등 청소를 할 것

③ 빗물사용량, 누수 및 정상가동 점검결과, 청소일시 등에 관한 자료를 기록하고 3년간 보존할 것

2.2.2 빗물이용용도 및 사용수량

빗물은 생활용수, 공업용수, 농업용수, 조경용수, 하천유지용수 등의 용도로 이용한다. 빗물이용시설은 이용 목적 이외에도 침수피해 방지, 수질보전 및 물순환 건전화 등의 목적을 포함할 수 있다. 빗물이용시설의 사용수량은 상수급수량 중 빗물이용 용도를 선정하여 수량을 산정한다.

☞ 해설

빗물이용시설을 이용하여 처리 후 저류조에 저장한 빗물은 생활용수, 공업용수, 농업용수, 조경용수, 친수용수, 하천유지용수 등 유용한 대체수자원으로 활용할 수 있다. 또한 빗물을 저류하여 이용함에 따라 하수도로 유출되는 양이 저감되어 침수피해방지는 물론 수질보전과 물 순환 건전화에 기여할 수 있으므로, 용수 이용의 단독 목적인지 다른 목적을 포함하는지에 따라 집수시설, 처리시설, 송배수시설 및 저류조의 용량 등의 구성이 달라질 수 있다. 그러므로 빗물이용시설의 활용목적과 빗물의 사용용도를 명확히 하는 것이 중요하다.

각 활용 용도에 따른 사용 및 관리를 위한 필요수량을 검토해야 하고, 저장한 빗물은 필요수량에 따라 이용계획을 수립함으로써 이용되지 않고 방치되지 않도록 유의한다. 빗물을 이수 목적으로 활용하는 경우 용도별 이용수량을 결정하는 방법은 일반주택이나 시스템 기본 계획 시에는 용도별 1인 1일 이용수량이나 업태별 이용수량에 이용 인원수를 곱하여 산정하며, 공공 건축물이나 산업용 건축물의 시스템 실시설계 시 정확한 데이터를 필요로 할 경우에는 사용기기별 단위 이용수량을 이용하여 산정한다.

유효면적에 의한 산정방법, 1인 1일 용도별 혹은 업종 및 업태별 이용수량 방법, 이용기기별 단위 사용수량에 의한 방법으로 산정한다. 건물의 종류별 단위급수량, 이용시간 및 유효면적당 이용인원 등의 원단위는 [표 2.5]와 같다.

가. 유효면적에 의한 산정방법

일반적으로 건축물에 대한 1일 물 사용량 산정 시 유효면적에 의한 방법을 적용하는 경우가 많다. 1일 물 사용수량은 건물의 종류별로 단위급수량·사용시간·사용인원([표 2.5])을 참고하여 해

당 시설의 규모와 내용, 급수구역 내에서 다른 사용실태 등을 충분히 고려하여 설정한다.

1일 사용수량의 산정은 다음 방법으로 한다.

① 1인 1일 평균사용수량×사용인원(또는 단위바닥면적당 인원×연면적) ····· (2.2.2.1)

② 건축물의 단위바닥면적당의 사용수량×연면적 ····· (2.2.2.2)

③ 1인 1일 평균사용수량×건축연면적×유효면적비×유효면적당 사용인원 ····· (2.2.2.3)

④ 기타 업태 등에 대해서는 사용실태 및 유사한 업태에서 사용수량의 실적 등을 조사하여 산출한다.

〔표 2.2〕 연평균 용도별 사용수량

(단위: 백만m^3/년)

구 분	비율(%)	2005	2010	2015	2016
유수수량	100.0	4,759.6	5,568.8	5,905.7	5,949.0
가정용	63.9	3,042.3	3,559.6	3,774.9	3,802.6
목욕·샤워·세면	32.7	994.8	1,164.0	1,234.4	1,243.4
세탁	19.9	605.4	708.4	751.2	756.7
화장실	24.4	742.3	868.5	921.1	927.8
기타	23	699.7	818.7	868.2	874.6

〔표 2.3〕 사용목적별 기초수량

목적별	개인목적			세대목적					비고
종별	목욕	수세식 화장실	세수 세면	목욕	세탁	주방	살수	기타	
단위	Lpcd	Lpcd	Lpcd	L/세대·d	L/세대·d	L/세대·d	L/세대·d	L/세대·d	
K시	28	50	7.7	115	147	157	17	19	1997년
KW시	85	43	-	259	208	170	29	19	1998년
KM시	42	52.7	27	136.6	163.8	-	33	-	1998년
KT시	40	31	30	160	180	129	-	54	1995년
YK시	39	36	20	194	160	76	-	80	1993년

나. 1인 1일 용도별 사용수량 방법

활용용도의 종류는 대분류에 따라 생활용수, 업무·영업용수, 공업용수 및 기타로 구분할 수 있다. 생활용수는 개인목적과 세대목적으로 크게 나눌 수 있다([표 2.3]). 개인목적이란 개인단위로 사용되는 것으로 목욕탕용, 샤워용, 수세식 화장실용, 세면용 등이다. 세대목적이란 세대단위로 사

용되는 것으로 목욕탕용, 세탁용, 주방용, 세차용 및 기타용(청소, 살수 등)이다.

빗물을 생활용수로 활용할 경우에는 개인목적의 경우 수세식 화장실용, 세대 목적의 경우 주로 세차용 및 기타용으로 활용하게 된다. 용도별 사용수량은 다음의 식을 이용하여 구한다.

① 사용목적별 기초수량×세대구성인원 ····· (2.2.2.4)

② 세대구성 인원별 1인 1일 사용수량×사용목적별 구성비 ····· (2.2.2.5)

〔표 2.4〕 세대구성 인원별 1인 1일 사용수량(Lpcd)

인원	1	2	3	4	5	6	평균
K시	270	242	220	204	181	164	222
N시	329	272	242	220	196	203	175(7인 이상)
S시	235	226	209	191	172	176	214

업무·영업용수는 사무소, 관공서, 학교, 병원, 호텔 등 각종 도시 활동에서 사용되는 수량으로 물 사용형태도 다양하다. 또한 관광도시, 학원도시 등의 도시특성이나 지역의 기후조건, 사회적 경제적 동향의 영향을 민감하게 받는다. 업태별 원단위 조사의 예를 아래 표에 나타내었다.

〔표 2.5〕 업태별 원단위

업태 / 도시		청사 사무소	학교	병원	호텔	음식점	백화점	슈퍼마켓
물 사용량	면적당(L/m^2·d)	8.1	8.3	22.4	24.2	20.5	21.8	12.4
	종업원 1인당(Lpcd)	127.0	40.0	−I	−	57.8	−	−
	테이블당(L/T·d)	−	−	1,290	2,002	−	−	−
비고			수영장용수 제외 (직원+학생수)					

공업용수의 장래 추계에는 공업용 수도로서 공급되는 공장용수와의 구별, 지하수를 이용하는 공장이 많은 경우 지하수 양수 규제 등의 개발계획, 향후 산업구조 변화, 공장입지 제한 여부 등에 유의한다.

용도별 물 사용량(1일 1인)은 화장실 대변기 세정용수가 가장 크며, 다음으로 소변기 및 욕실용수 순으로 나타난다. 용도별 사용수량은 다음의 식을 이용하여 구한다.

① 용도별 1인 1일 물 사용량×사용 인원수 ····· (2.2.2.6)

② 건축물의 종류에 따른 1인 1일 평균사용량×건축용도별 평균 거주 인원수 ····· (2.2.2.7)

〔표 2.6〕 용도별 물사용량(Lpcd)

용도	수량(L)	용도	수량(L)
음 료 용	1	세 탁 용	15
설거지용	5~10	대 변 기	30
세 면 장	3~6	소 변 기	20
욕 실 용	20	청 소 용	10
요 리 용	일식 50	잡 용	10
	한식 130~160		
	양식 75~300	합계	164~422

〔표 2.7〕 독일 공업규격(DIN)의 사용수량 자료

용 도		1인당 1일 사용량(Lpcd)	1년 사용량
가정에서의 화장실 용수		24	−
사무실에서의 화장실 용수		12	−
학교에서의 화장실 용수		6	−
$1m^2$ 당 정원 관개 용수		−	$60L/m^2$
4월~9월 생육기의 녹지 시설 관개 용수량			
운동 시설	6개월 동안의 용수량	−	$200L/m^2$
녹지시설			
− 조립질 토양	6개월 동안의 용수량	−	$100~200L/m^2$
− 세립질 토양		−	$80~150L/m^2$

〔표 2.8〕 기구 1개당 단위 사용수량

기구 종류	1개당 소요량 (L)	1시간당 사용회수	순간 최대수량 (L)	1회 급수시간 (sec)	급수관 접속지름
대변기(플로트밸브)	13.5~16.5	6~12	110~180	8.2	32
대변기(세정수조)	15	6~12	10	60	13
소변기(플로트밸브)	4~6	12~20	30	10	20
소변자동(세정수조)	9~18	12	1.8~3.6	300	10~15
(2~4인)					
(5~7인)	22.5~32.5	12	4.5~6.3	300	15
수세기	3	12~20	8	18	10~15
세면기	10	6~12	15	40	15
유출류(15mm수전)	15	6~12	15	60	15
유출류(20mm수전)	25	6~12	25	60	20

기구 종류	1개당 소요량 (L)	1시간당 사용회수	순간 최대수량 (L)	1회 급수시간 (sec)	급수관 접속지름
양식 욕조	125	3	30	250	20
샤워	24~60	3	12	120~300	15~20

다. 사용기기별 단위 사용수량에 의한 방법

공조·위생 데이터북에 의하면 1인당 화장실 세정수 사용수량과 세정기기별 단위사용수량은 아래 식과 같다.

① 1인 화장실세정수 사용수량=화장실 사용빈도×점유 1회당 조작회수
×조작 1회당 토수량 ····· (2.2.2.8)

② 세정기기별 단위사용수량=1인 1회 화장실세정수 사용수량×사용회수/기구 1개
×건축물 내 기기수 ····· (2.2.2.9)

2.2.3 용도별 수질기준

빗물이용에서의 수질기준은 중수도 수질기준과 하수처리수 재이용수 수질기준에 준용할 수 있다. 다만, 양호한 빗물의 양호한 수질을 확보할 수 있는 측면을 감안하여 심미적 영향물질(pH, 탁도)의 제거와 미생물학적 안전성(총대장균군)을 확보하도록 수질기준을 권장한다.

☞ 해설

빗물이용시설의 수질기준은 중수도 수질기준과 하수처리수 재이용수 수질기준에 준용하면서 빗물 이용이란 측면에서 일부 기준을 가감하거나 보완하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 빗물의 수질권고기준은 [표 2.9]와 같이 비음용수를 대상으로 하고, 인체에 접촉 가능성이 있는 용수와 접촉 가능성이 낮은 용수로 구분하여 수질을 권장한다. 분수용수 등 인체에 접촉 가능성이 있는 용수와 농업용수, 공업용수, 조경용수, 살수용수, 청소용수, 세탁용수, 하천유지용수 등 인체에 접촉 가능성이 적은 용수로 나눌 수 있다. 분석 항목은 선진국 사례, 전문가 자문의견 및 국민의 심미적인 영향과 안전성을 고려하여 pH, 탁도, 총대장균군 3가지 항목으로 설정하였으며, 세부적인 수질권고기준 항목 설정은 다음 사항을 고려하였다.

① 국민의 심미적인 영향을 고려한 기준 마련을 위해 pH 및 탁도 권고기준을 설정

② 집수면과 저류조의 특성에 따라 저장한 빗물의 pH가 변동될 수 있으므로 빗물 이용으로 인한 인체 또는 사용처의 영향을 최소화하기 위하여 중성 부근(5.8~8.5)의 pH로 설정

③ 탁도는 집수면의 특성(지붕면 재질 등)과 계절적 요인(황사, 송화가루 등)과 주변 환경에 의해 변동될 수 있음. 인체비접촉 용수의 경우 심미적인 영향을 최소화할 수 있는 수준의 탁도로서 5NTU이하를 만족하도록 설정. 인체접촉 용수에 대해서는 심미적인 영향과 부가적인 미

생물학적인 안전성을 확보하는 차원에서 2NTU이하로 설정

④ 유럽연합(2006) 「수영 가능한 하천수질관리와 기준 마련을 위한 지침」에 의거하면, 음용수의 기준 수질의 수영용수 기준(권장 기준)이 95% 유의수준에서 장구균 200cfu/100m/ 및 총대장균군 500cfu/100m/로 규정하고 있으나, 인체접촉 용수의 경우에는 안전성 확보차원에서 불검출로 설정

〔표 2.9〕 빗물이용시설 수질권고기준

빗물이용 용도 / 분석항목	비음용수	
	인체비접촉 용수*	인체접촉 용수**
pH	5.8~8.5	
탁도(NTU)	5 이하	2 이하
총대장균군,	–	불검출

* 구강섭취 가능성이 없는 용수: ex. 화장실세정용수, 조경용수, 살수용수, 청소용수, 세탁용수, 농업용수, 공업용수, 하천유지용수 등

** 구강섭취 가능성이 있는 용수: ex. 분수용수, 비산먼지방지용수 등

빗물의 수질특성을 하수처리수 재이용수 및 중수도 수질기준과 비교하여 [표 2.10]에 정리하였다. 내린 빗물의 산성도는 콘크리트 저류조에 저장되면서 대부분 중성 범위로 유지되어 이용 빗물의 수질에는 영향을 미치지 않는다. 중금속은 초기빗물을 분리하거나 처리하는 경우 먹는물 수질기준 이하로 검출되어 대부분 시설에서 문제가 되지 않는다.

〔표 2.10〕 빗물이용시설 수질

수질항목	중수도 수질기준	하수처리수 재이용 수질기준	서울 S중학교	고양 J초등학교	고양 K연구원	강릉 K건축물	서울 S복합빌딩	비고
	청소용수	친수용수						
pH	5.8~8.5	5.8~8.5	7.6	6.19	7.23	5.3	7.9	기준 만족
SS (mg/L)	–	–	3.5	2.3	1.4			기준 만족
BOD (mg/L)	10 이하	3 이하					0.7	기준 만족
COD (mg/L)	20 이하	–	3.7	1.1	8		4.6	기준 만족

수질항목	중수도 수질기준	하수처리수 재이용 수질기준	서울 S중학교	고양 J초등학교	고양 K연구원	강릉 K건축물	서울 S복합빌딩	비고
	청소용수	친수용수						
DO (mg/L)	–	2 이상						–
탁도 (NTU)	2 이하	2 이하	0.43	0.129	0.68		0.85	기준 만족
결합잔류염소 (mg/L)	0.2 이상	–	막여과	막여과	0.34			기준 만족
색도(도)	20 이하	10 이하	5	7	5		3	기준 만족
T-N (mg/L)	–	10 이하	0.73	0.2	1.1	2.2		기준 만족
T-P (mg/L)	–	0.5 이하	0.43	0.35	0.24	0.02		기준 만족
총대장균군 (개/100mL)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	검출	1개소 검출
전기전도도 (uS/cm)	–	–	97.8	40.7	141.3	30		기준 만족
Fe (mg/L)	먹는물 수질기준 0.3 이하		0.03	0.042	0.028			기준 만족
Cu (mg/L)	먹는물 수질기준 1 이하		0.015	0.083	0.072	0.035		기준 만족
Zn (mg/L)	먹는물 수질기준 3 이하		0.75	1.093	0.269	0.060		기준 만족

2.3 빗물이용시설의 설계방안

2.3.1 빗물이용시설의 설계요소

빗물이용시설의 설계 요소는 다음과 같다.

1) 집수시설
2) 처리시설

3) 저류시설
4) 송수・배수시설

☞ 해설

1)에 대하여

집수시설은 집수관, 루프드레인, 홈통받이 등 대상 집수면에 내리는 빗물을 보다 효과적으로 모으기 위해 활용하는 시설을 말하며 집수면(지붕 등), 루프드레인, 홈통받이, 집수관 등이 있다.

2)에 대하여

처리시설은 빗물의 사용용도에 적합한 목표수질을 유지하기 위해 활용되는 여과, 소독 등의 방법으로 처리하는 시설이다. 집수면의 종류 및 상태에 따라 좌우되는 초기빗물을 배제 또는 처리장치(필터, 모래여과, 쇄석여과 등)로 처리하여 활용 또는 방류하게 하며, 사용용도에 맞도록 처리하는 것은 침전조, 여과조(모래, 분리막 등), 소독장치 등이 있다.

3)에 대하여

저류시설은 집수한 빗물을 활용 용도에 맞도록 적합한 용량으로 빗물을 저장하는 시설이다. 저류시설은 대상지역의 여건에 따라 재질 및 형식을 달리하며, 구조적 안전성을 확보하도록 한다. 저류조(RC, PC, PE, FRP, STS, SMC, 파형강, 쇄석공극저류 등), 처리수조 등이 있다.

4)에 대하여

송수・배수시설은 저장한 빗물을 활용처로 보내거나 안전상의 이유로 하천 및 공공하수도로 방류하는 시설을 말하며, 유지관리시 편리성을 위하여 빗물이용시설의 계측 및 제어설비를 포함한다. 급수펌프, 상수보급설비, 급수관, 활용설비, 계측 및 제어 설비 등이 있다.

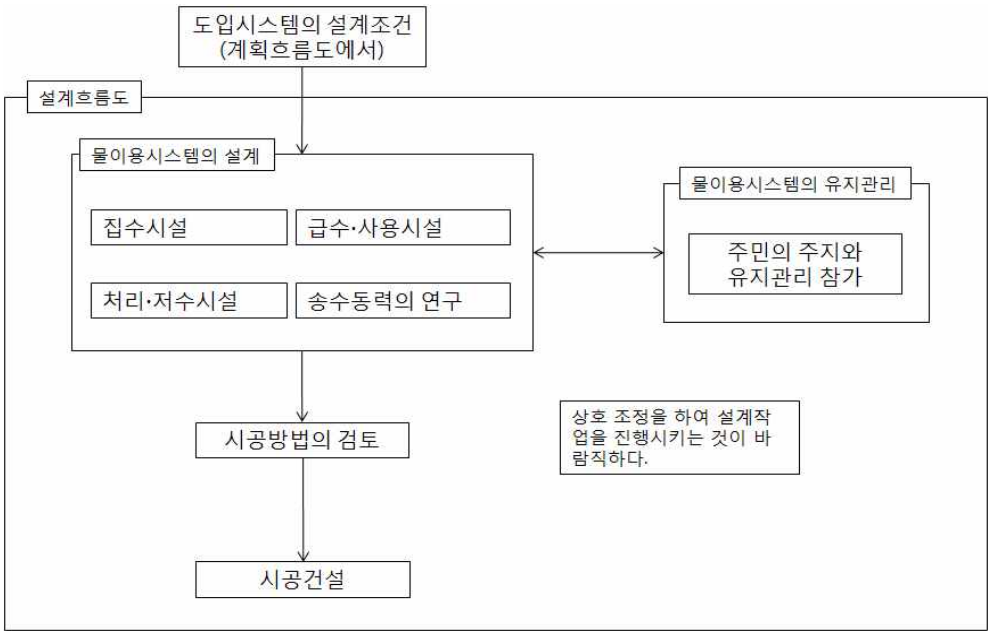
2.3.2 시설의 설계 순서

빗물이용시설의 설계는 각 시설별 유지관리의 합리성을 고려하여 각 시설별 설계를 진행하며, 강우자료, 집수면 이용 주요 인자에 따른 개괄적인 설계 방법은 해설의 표를 참고하는 것이 좋다.

☞ 해설

1) 빗물이용시설의 설계 순서는 계획 시 설정한 조건에 따라 각 시설별 설계기준 및 유의사항을 참고하여 진행한다.
2) 빗물이용시설의 설계 시에는 주요 인자별 가이드라인을 참고하여 개괄적인 사항을 정하고, 시설별 세부사항에 유의하여 설계하는 것이 좋다. 설계에 필요한 주요 인자는 다음의 단계로 검토한다.
   ① 강우자료
   ② 집수면

③ 사용수량



〈그림 2.1〉 빗물이용시설의 설계 흐름도

〔표 2.11〕 집수면의 종류에 따른 특성

종류 / 평가항목	건축물 옥상	녹지 (옥상녹화 포함)	도로/보도/주차장	운동장
단위면적당 집수가능량	높음	매우 낮음	높음	낮음
초기우수 배제	필요	필요	필요	필요
주요 활용용도	화장실 세정용수, 청소 용수 등	도시재이용수, 조경용수	도시재이용수, 조경용수	도시재이용수, 조경용수
지역사회 수용성	높음	높음	낮음	중간

〔표 2.12〕 빗물이용시설의 용도별 이수 특성

용도 / 평가항목	화장실 세정용수	도시재이용수	조경용수	세차, 청소용수
적용 난이도	높음	낮음	중간	낮음
활용빈도	높음	낮음	높음	낮음
활용수량	높음	낮음	중간	낮음

용도 / 평가항목	화장실 세정용수	도시재이용수	조경용수	세차, 청소용수
처리 병행	필요	선택	선택	필요
처리 비용	중간	낮음	낮음	중간
경제성(비용 대 편익)	높음	낮음	중간	중간

2.3.3 빗물이용시설별 설계 방안

2.3.3.1 집수시설

2.3.3.1.1 집수면

집수면의 설계 방안은 다음과 같다.

1) 집수면에서 오염물질을 신속히 배제하거나 처리하여 집수할 수 있는 방안을 고려한다.
2) 지붕면에서 집수시 집수면을 한쪽방향으로 경사를 두어 집수를 위한 횡인관을 줄이도록 한다.
3) 옥상녹화나 집수면 부근에 식재 등이 있는 경우에는 루프드레인 또는 낙엽 등의 협잡물 제거를 위한 스크린을 설치한다.
4) 건축물 벽면이나 도로 등에서 집수 가능한 경우에는 수질 등을 고려하여 집수 여부를 검토한다.

☞ 해설

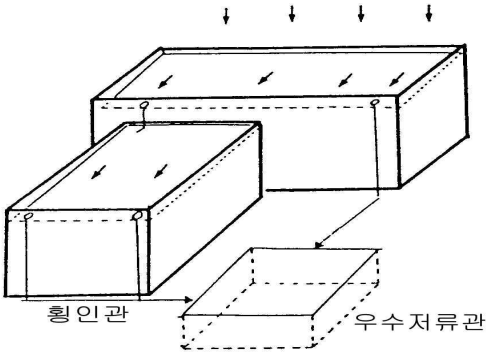
1)에 대하여

일반적으로 강우 시 집수면에는 여러 가지 오염물질이 퇴적되어 있다가 빗물에 용출되어 나온다. 특히 우리나라는 황사, 부유성 입자 및 도시 먼지와 이에 포함된 각종 오염물질에 의한 영향이 크므로 양질의 빗물을 집수하기 위한 방안을 고려할 필요가 있다.

집수면, 루프드레인과 식재된 부분 등의 협잡물을 주기적으로 청소하는 것은 양질의 빗물을 집수하기 위해 사용할 수 있는 방법이다.

2)에 대하여

지붕면에서의 집수는 한쪽 방향으로 완만한 경사를 두어 집수하면 저류조로의 횡인관 연장을 짧게 할 수 있다. 또한, 집수면이 여럿인 경우 높은 집수면에서 낮은 위치로 빗물을 자연 유하시킴으로써 집수관 설비를 최소화한다. 다만 이 경우 집수면적에 따라 관경을 크게 할 필요가 있고 설치 공간의 여유를 검토해야 한다.



〈그림 2.2〉 편구배 지붕면에서의 집수 예

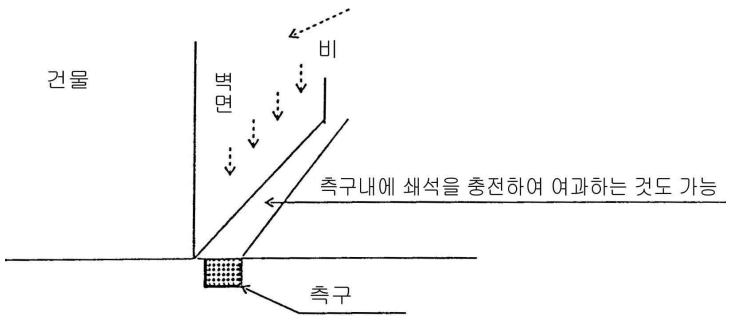
3)에 대하여

빗물이용에 있어서는 스크린을 빗물저류조 앞에 설치하여 낙엽, 쓰레기 등의 협잡물이 유입되지 못하도록 하는 것이 필요하다. 스크린의 형상은 주택 등 소규모시설에서는 빗물저류조의 유입부에서 수지제 혹은 금속제의 망(net)이 사용되고 있는 예가 많고, 중규모 이상의 시설에서는 금속제의 mesh screen 등이 주로 사용되고 있다.

스크린 망의 간격은 빗물 집수 장소에 따라 다소 차이가 있으나 일반적으로 1~5mm 정도로 설치하며, 1mm 이하의 스크린을 사용하는 경우는 막혔을 경우 빗물이 우회할 수 있도록 하거나 집수면의 청소 빈도를 높게 설정한다.

4)에 대하여

건물을 집수대상으로 할 경우 수직으로 내리는 비는 대부분 옥상 면이나 지붕 등에서 집수하지만 풍향에 따라 비스듬히 내리는 비는 벽면집수가 유효한 경우도 있다. 이 경우 아래 그림에서 나타내듯이 측구에서 집수하는 경우를 고려할 수 있다.



〈그림 2.3〉 벽면집수의 예

2.3.3.1.2 빗물 집수관

빗물 집수관의 설계 방안은 다음과 같다.

1) 지붕면을 통해 집수 시 기본적으로 빗물받이를 이용하여 집수용 횡인관의 사용을 최소화한다.
2) 집수관의 관경은 집수면적과 시간강우량을 고려하여 빗물이 신속하게 흐르도록 관경을 결정한다.
3) 집중 호우 시 불상사가 발생하지 않도록 집수관 계통은 압력차로 인한 영향이 없도록 수두차가 큰 집수관에 대하여 루프드레인, 옥상 월류수 압력배출배관 등을 설치한다.
4) 빗물 집수관의 관로연장이 긴 경우에는 배관의 신축 이음을 사용한다.
5) 집수장소에 의해 강수가 특히 오염되기 쉽다고 판단되는 경우에는 초기빗물을 배제하거나 처리하여 집수한다. 하지만 초기빗물 배제나 이물질 제거를 위해 제어계측시설 등의 지나치게 복잡한 시설이 추가되지 않도록 유의하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

지붕면을 통해 집수 시 기본적으로 빗물받이를 이용하도록 한다.

① 빗물받이만으로 저류조까지 도수할 수 없는 경우 저류조에 접속하는 횡인관의 부설을 검토하도록 한다.

② 횡인관의 길이가 길면 유하능력이 떨어지고 공사비용도 상승되므로 가능한 한 횡인관의 사용을 최소화하도록 한다.

2)에 대하여

집수관의 관경은 건축물의 집수면적과 해당지역의 최대 강우강도, 집수관 경사 등으로부터 결정하도록 한다. [표 2.13]과 [표 2.14]는 최대 강우강도 100mm/hr일 경우 집수면적에 따른 수평관 및 수직관 관경별 허용면적을 나타낸다. 최대강우강도에 차이가 있을 경우에는 표의 허용면적 값에 100mm/hr로 나누고, 다시 그 지역 최대강우강도로 나눈 값을 곱하여 적용한다. 빗물이용에 있어

〔표 2.13〕 수직배관의 관경별 최대집수면적

(최대강우강도=100mm/hr의 경우)

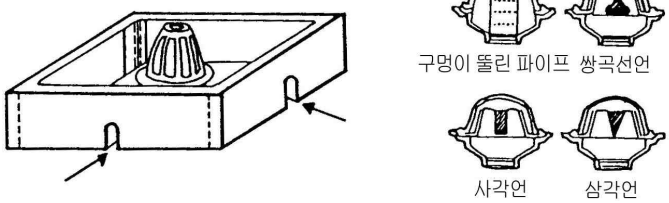
관경(mm)	최대 집수면적[m^2]	관경(mm)	최대 집수면적[m^2]
50	67	125	770
65	135	150	1,250
70	197	200	2,700
100	425		

(자료 : 일본 우수저류침투기술협회)

〔표 2.14〕 수평 집수관의 관경과 경사에 따른 최대허용 집수면적

(최대강우강도=100mm/hr의 경우)

관경 [mm]	최대 집수면적 [m^2]							
	배관 경사							
	1/25	1/50	1/75	1/100	1/150	1/200	1/300	1/400
65	127	90	73					
70	186	131	107					
100	400	283	231	200				
125		512	418	362	296			
150		833	680	589	481	417		
200			1,470	1,270	1,040	897	732	
250				2,300	1,880	1,630	1,330	1,150
300				3,740	3,050	2,650	2,160	1,870
350				5,630	4,610	3,990	3,260	2,820
400				8,040	6,580	5,700	4,650	4,030
450					9,010	7,810	6,410	5,530
500						10,350	8,490	7,320



〈그림 2.4〉 루프드레인에 대한 유입제어

집수를 효율적으로 수행하기 위해서는 집수하기 쉬운 루프드레인에서 집약적으로 집수하거나 상층에서 하층으로 자연 유하시키는 등, 집수관이 갖는 배수면적이 복잡하게 되는 경우가 있으므로 유의한다.

3)에 대하여

집중호우 시 빗물 집수관이 만수에 가까운 상태가 되면 이로 인해 배관 내의 유속이 빨라지거나 집수관 내의 압력변동이 커진다. 기본적으로 집수관 경로는 압력변동 차의 영향을 받기 어려운 구조로 하는 것이 바람직하나, 호우 시에 대한 대응책으로서 아래 방법을 이용한다.

① 루프드레인은 유입제어기능을 부가시킨 구조로 한다. 이 경우 방수 상의 문제가 없다면 옥상면에 어느 정도의 빗물을 저류하고 시간차 집수가 가능하도록 할 수 있다.
② 집수관 내부를 이상 압력으로부터 보호하기 위해서 압력배출관을 설치한다.
③ 집수관 경로의 수두차가 큰 경우에는 집수경로를 분리하여 집수관 계통 상호간에 간섭이 발생하지 않도록 한다.

2.3.3.2 처리시설의 설계

처리시설은 빗물 이용시설에서 빗물 수질을 향상시키기 위한 방법을 말한다. 1) 저류조로 빗물이 이송되기 전에 장치형 시설(필터, 여과, 침전 방식 등)을 설치하거나 다양한 방식의 저영향 개발시설(여과, 처리, 침투, 저류 방식 등)과 연결하여 빗물에 포함되어 있는 오염물질이 저류조로 유입되는 것을 최소화하도록 하여야 한다. 2) 일정수준 이상의 수질이 요구되는 빗물을 이용할 경우 침전조, 여과조(모래, 분리막 등)를 사용하되 조류증식이나 스크린 등이 막히는 것을 방지하기 위해 주기적인 점검과 유지관리가 필요하다. 또한 인체접촉 가능한 용도로 사용할 경우는 반드시 소독설비(자외선소독, 염소소독 등)를 갖추도록 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

빗물이용시설에서 처리시설은 일반적으로 기계적으로 작동하는 장치형 시설(필터, 여과, 침전 등)이 적합하다. 장치형 시설은 저류조 외부에 설치하여 오염된 초기빗물이 저류조 내로 들어오는 것을 우선적으로 방지하거나, 유입된 초기빗물과 양질의 저류수를 효과적으로 처리 또는 분리하도록 하는 시설 등을 적용할 수 있다.

기계식으로 작동되는 필터의 경우는 동력 없이 작용하기 때문에 고도의 깨끗한 수질이 필요하지 않은 경우 유용하게 사용할 수 있다. 빗물 이용시설에 사용되는 필터는 설계, 설치위치 그리고 처리원리에 따라 다양하나 수직홈통형 필터와 와류형 필터, 침전형 필터 등으로 나눌 수 있다(<그림 2.5> 참조).

필터는 일반적으로 저류조 유입구에 설치되어야 하며 설치 위치는 낙수관 또는 저장조 바로 앞의 중앙부분에 설치할 수 있다. 필터의 처리 효과를 지속적으로 유지하기 위해서 간단한 점검과 청소가 주기적으로 이루어져야 하므로 접근이 용이한 지점에 설치되어야 한다.

필터 설계시 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

① 필터의 고유한 정화성능(효율, 내구연한, 필터, 필터 유입 관경의 크기 등)에 맞게 선택한다.
② 설치위치에 적합한 크기와 수리적 성능을 갖는 필터를 선택한다. 필터에서 저류조로 빗물이 유입될 때 빗물의 손실이 적거나 없도록 한다.
③ 필터 시스템을 배치할 때 겨울철 운전시의 동파에 관한 고려를 하도록 한다.



(a) 수직홈통형 필터 (b) 와류형 필터 (c) 침전형 필터

〈그림 2.5〉 필터의 종류

④ 필터 시스템으로 인하여 빗물 저류조 유입관이나 접속관의 지름이 좁아지지 않도록 한다.

⑤ 필터가 작동을 하지 않을 경우에도 빗물이 방해없이 배수되어야 한다.

⑥ 필터시설로 인하여 배수시설의 수리적 성능이 저하되지 않도록 유의한다.

빗물이 저장조로 유입되기 전에 필터를 통과하더라도 빗물 속에는 소량의 미세입자가 포함되어 있다. 빗물 저류조에서 이러한 물질들을 제거하기 위해 침전법이 이용될 수 있다. 이러한 경우, 일반적으로 소량의 침전물이 발생한다.

침전속도는 작은 입자들의 밀도, 크기 그리고 형태에 의해 결정되며, Stoke의 법칙에 의해 개략적으로 산출될 수 있다. 빗물 저류조는 침전현상의 측면에서 하나의 확산 혼합형 반응조로 볼 수 있다. 침전현상은 빗물저류조의 유입구, 월류구 그리고 취수구의 형태와 배치를 통해 경험적으로 해석이 가능하다. 저류조 내의 침전물은 체계적으로 관리될 경우, 수질에 나쁜 영향을 미치지 않는다.

저류조 내 침전을 체계적으로 관리하기 위해서 다음과 같은 사항들을 고려하도록 한다.

① 빗물 유입에 의한 난류 발생으로 침전 작용이 저해되지 않도록 유의한다.

② 저류조 하부의 기존 침전물이 재부상 되어서는 안 된다.

③ 난류발생 및 침전물 재부상을 방지하기 위하여 유입수는 확산이 용이한 형태의 넓고 편평한 면으로 수면에 퍼지거나 유입관을 통해 저류조 하부까지 유도된 후 그곳에서 낮은 토출속도를 갖는 상승류의 형태로 전환되어야 한다(유입속도 저감장치).

취수구는 아래와 같은 사항을 고려해서 조정되어야 한다.

① 침전물, 부유물, 스컴 등 고형물질이 빨려 들어오지 않도록 해야 한다.

② 흡입 속도가 저속으로 유지되도록 해야 한다.

③ 가능한 한 물의 흐름이 저해되지 않도록 해야 한다.

④ 침전 현상이 완료된 수위에서 취수가 이루어지도록 해야 한다.

⑤ 빗물 저장을 위해 여러 개의 저장조가 사용될 경우 유입구와 월류구는 맨 앞에 놓이는 저류조에 배치하며, 취수구는 맨 마지막 저류조에 설치한다. (그 중간에 위치한 저류조에는 월류 유입구와 월류 유출구를 설치함)

⑥ 빗물 저류조 내에서는 침전 작용 외에 부가적으로 수질을 향상시키기 위한 다른 효과들(예를 들면 침전물 및 바이오필름 형성에 의한 생물학적 분해 과정 등)이 일어난다.

2)에 대하여

집수면의 종류와 빗물 이용용도에 따라 저장된 빗물에 대한 부가적인 처리가 필요하다.

① 고도처리

빗물을 이용함에 있어 일정 수준 이상의 깨끗한 수질이 요구될 경우 도입하는 시설이다.

고도처리를 할 경우 양질의 맑은 물을 얻을 수 있으나 여러 설비를 설치 및 운영함으로 인해 빗물이용시설 설치비 및 운영비가 크게 증가하므로 선택에 주의가 필요하다.

고도 처리는 사람의 피부에 직접 닿는 세면용수 및 세탁용수 등의 목적으로 빗물을 사용할 때 채택할 수 있고 피부에 닿지 않는 화장실용수, 조경용수 등으로 사용할 경우에는 채택하지 않는다.

② 많은 양의 꽃가루가 정기적으로 발생하는 지역에서는 침전법보다는 여과처리시설이 유리할 수 있다. 또한 주기적인 월류가 일어나도록 하는 적절한 저류조의 크기를 산정하거나 월류시스템의 수리적 형태를 최적화하여 발생된 스컴층을 분리해 낼 수 있도록 한다. 또한 교통량이 많은 지역과 같이 오염된 집수면이 빗물이용시설과 연결되어 있을 경우에도 부가적인 빗물의 처리가 필요하다.

2.3.3.3 저류조

2.3.3.3.1 기본사항

빗물이용시설의 저류조는 다음과 같이 설계하여야 한다. 1) 재질이 무해하고 간편하게 청소할 수 있어야 한다. 2) 저류조는 압력을 최소화 할 수 있는 형상으로 설계한다. 3) 충분한 강도와 내구성을 보유하도록 한다. 4) 구조물의 벽체와 바닥면을 최대한 이용하여 시공할 수 있다.

☞ 해설

빗물이용시설의 저류조는 빗물을 모아서 일정기간 동안 저장하고 이를 필요에 따라서 처리시설로 공급하는 기능을 가지고 있다. 빗물이용시설 저류조의 기본적인 설계는「상수도 시설기준 9.5 저류조 이하의 설비」항목을 참고하여 수행할 수 있다. 단, 빗물이용시설은 비음용목적의 물을 공급하는 것이므로 상수도시설의 설계와는 차이점이 있으므로 이를 고려하여 설계하여야 한다.

1)에 대하여

저류조는 수질에 영향을 주지 않는 내식성 재료로서 수밀성이 확보되어야 한다. 철근콘크리트 구조체인 경우에는 인체에 해가 없는 도료로 도장하거나 인체에 유해한 물질이 용출되지 않는 재질로 라이닝을 한다. 빗물이용 저류조의 청소주기는 6개월이므로 청소가 자주 필요하지는 않지만, 이를 고려하여 설계할 필요는 있다. 따라서 내부 및 점검이 용이하도록 내·외부에 녹이 슬지 않는 재질의 출입용 사다리(안전발판 등)와 맨홀 등을 설치한다. 저류조의 슬러지 처리는 관리주기에 따라 연 2회 이상 주기적으로 위생안전 상태 점검을 하고, 슬러지를 제거하는 등의 청소를 하도록 한다.

3)에 대하여

저류조는 충분한 강도를 가지는 재질로 제작하여야 하며, 가능한 한 내부에는 보강재를 설치하지 않는 것이 바람직하다.

4)에 대하여

저류조는 기존 구조물의 벽체와 바닥면을 최대한 이용하고, 배관의 길이는 가능한 한 짧게 설계하여 시공비용을 최소화하도록 한다.

2.3.3.3.2 빗물 저류조 설치장소 및 구조

빗물 저류조 설치장소 및 구조의 설계방안은 다음과 같다.

1) 빗물 저류조의 설치장소는 원칙적으로 빗물공급에 동력이 최소로 소요되는 위치로 하며, 호우 시 빗물유입에 의하여 침수가 발생하지 않도록 설계한다.
   ① 설치위치는 빗물 월류수가 자연 배제되는 장소로 설정한다.
   ② 건물의 지하에 설치하는 경우에는 비상시와 집중호우 시 등 만수 시 월류수가 하수관거에 자연유하로 배제되고 빗물이용 용도별 공급에너지가 최소가 되도록 위치를 설정한다.
2) 빗물 저류조의 구조는 아래 사항을 검토하여 설계한다.
   ① 빗물 저류조는 콘크리트, 파형강, 플라스틱, 스테인레스 등 단일 재질 또는 하나 이상의 복합 재질을 사용하여 설치하되, 내구성과 내후성을 갖춘 재질을 사용하여야 한다.
   ② 빗물 저류조는 외부로부터의 먼지, 배수, 빗물, 빛 등의 침입을 방지하고 보수점검이 용이하도록 각 수조별로 맨홀을 설치한다.
   ③ 기초보에 의한 사공간(Dead space)이 발생하지 않도록 한다.
3) 저류조내 수질이 안정하게 유지되도록 저류조의 내부구조를 설계한다.

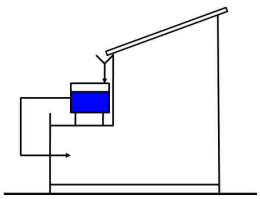
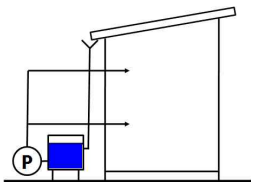
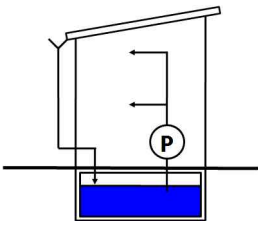
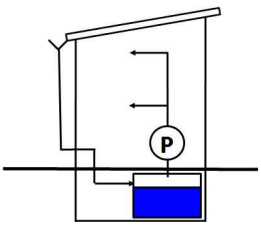
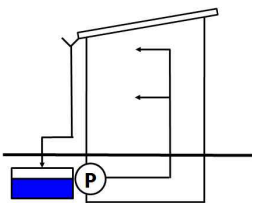
☞ 해설

1)에 대하여

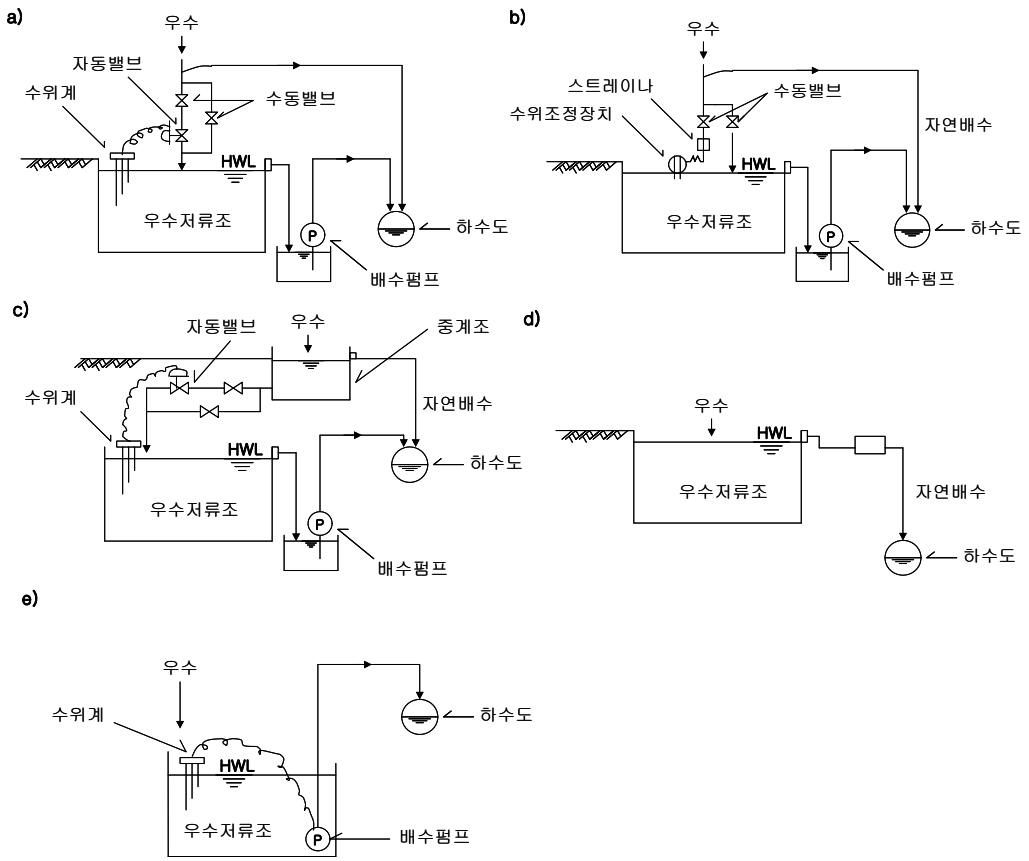
빗물 저류조 시설은 유지관리를 용이하게 하고, 안전대책에 대해서도 무인상태에서 침수 등에 의한 사고가 발생하지 않도록 유의한다.

① 빗물 저류조의 설치장소에 따라 분류하면 아래 표와 같이 분류할 수 있다.

〔표 2.15〕 건축물 용도별 저류조 설치장소

설치장소	유형	적용지	비고
옥상설치형		– 일반주택 – 소형사무용 건물	– 유지관리가 용이 – 저류조 하중 고려 – 급수동력공급이 불필요
지상설치형		– 일반주택 – 사무용 건물	– 유지관리 용이 – 급수시 동력필요
지하설치형 (전체공간)		– 일반주택 – 학교 – 사무용 건물	– 규모가 큰 건물의 신축 건축시 도입 용이 – 지하 기초구조물 이용
지하설치형2 (일부공간설치)		– 일반주택 – 학교 – 사무용 건물	– 기존 건축물에서 빗물이용 계획시 용이 – 신축건축물에 도입시 지하 기초구조물 이용
건물 외 매설형		– 도로 – 주차장 – 운동장	– 기존 건축물에서의 빗물이용 계획시 용이 – 빗물이용 외 공간 활용도가 높음

② 월류관의 관경은 집수능력을 상회하는 배수능을 갖도록 하고 손실수두 및 수두차를 고려해서 설정한다. 원칙적으로 하수관으로 직접 배출하거나 침투시설을 통해 침투시키며 다른 곳에서의 빗물과 혼합됨으로 인해 배제능력이 저하되는 일이 없도록 한다.



〈그림 2.6〉 월류수 제어 방식

2)에 대하여

① 저류조는 토압, 수압, 풍압, 적설, 지진, 일사, 염해 등에 충분히 견디는 재질, 두께 및 구조로 한다.

② 외부로부터 오탁물이나 지표수가 유입되지 않도록 하며, 조류발생 억제를 위해 빛이 투과하지 않는 구조로 한다.

③ 저류조에는 피트를 설치하고 침전슬러지의 배출구를 피트에 설치하며, 배출구를 향해 100분의 1 이상의 경사를 두어 설치하여 배출 및 청소가 쉬운 구조로 한다.

④ 보수점검이 용이하도록 수조별로 맨홀을 설치한다.

⑤ 높이가 1m를 초과하는 저류조의 내·외부에는 녹슬지 않는 승강 사다리를 설치한다.

⑥ 빗물 저류조의 상부를 방으로 사용하는 경우에는 결로 방지대책을 도모한다.

⑦ 저류조가 여러 개로 구분된 경우 사공간(Dead space)이 생길 수 있으므로 빗물의 유입구 및 유출구의 위치선정에 주의하여 사공간이 생기지 않도록 한다.

⑧ 월류관 및 공기배출구에는 역류방지 밸브와 방충망을 설치하여 모기 등이 빗물 저류조 내에서 발생하지 않도록 한다.

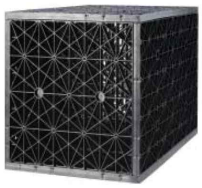
⑨ 월류관 및 접속관은 최대 유입 유량에 대응할 수 있도록 관경을 설계하도록 한다.

⑩ 빗물 저류조 공법별 특성 비교 사례는 다음 표와 같다.

〔표 2.16〕 저류공법 비교(RC 구조물, PC 빗물 저류조)

구분	현장타설(R.C 구조물)	P.C 빗물 저류조
시공 사진	 	 
기술 내용	• 철근콘크리트(RC) 구조물로 현장에서 설치하는 공법	• 프리캐스트 콘크리트(PC)로 제작된 제품을 공장에서 운반하여 현장에서 조립 설치하는 공법
구성 및 규격	• 계획부지 형상에 맞추어 저류조를 배치	• 계획부지 형상에 맞추어 기성부재 배치 조립
공법 설명	• 현장 터파기 • 현장 거푸집 동바리 시설에 의한 콘크리트 타설 및 양생 • 유·출입구 시설 설치 • 되메우기 후 상단에 운동시설 설치	• 빗물 저류조 기성품 주문 제작 • 현장 터파기 후 기초콘크리트 상단에 제품배치 조립 • 저류조 내부 도수로 및 유·출입구 시설 설치 • 되메우기 후 상단에 운동시설 설치
장점	• 구조물규격 및 내부시설물을 임의대로 설치가능 • 저류조와 연결되는 각종 구조물의 연결성 양호 • 시공 적용 사례 다수	• 빗물 저류조 전용 개발품목으로 적용성 양호 • 현장타설 공법보다 공기가 단축 • 현장타설 시공방법(거푸집 설치 및 해체, 콘크리트타설, 양생)의 생략으로 각종 시공민원 해소 • 소부재의 연결 시공에 따른 부지의 활용 최대화 • 부분적 보수가 용이 • 공장제품으로 동절기 공사가능
단점	• 기성 제품에 비해 공기가 장기소요 • 현장 조건에 의한 비산먼지, 소음 등 민원문제 발생 예상 • 일기 및 계절여건에 따라 공기지연 및 재해문제 발생 여지	• 현장 타설에 비해 내부용량이 다소 축소됨 • 유출·유입구 설치에 따른 규격품외의 변형 규격품 생산필요

〔표 2.17〕 저류공법 비교(파형강 저류조, 플라스틱 적층식)

구분	파형강 저류조 공법	플라스틱 적층식 공법
시공 사진		 
기술 내용	• 박판강재에 파형을 주어 강성을 증가시킨 구조용 재료로서 현장에서 조립 설치하는 공법	• 조립식 플라스틱 탱크를 이용하여 지하 빗물 저류지를 조성하여 빗물 유출을 줄이거나 빗물을 활용
구성 및 규격	• 계획부지 형상에 맞추어 기성부재 배치 조립 • 3~7mm 두께의 박판 강재에 파형을 주어 현장에서 아치형으로 조립, 설치하는 구조	• 계획부지 형상에 맞추어 바닥기초 다짐 후 기성부재 배치 조립 • 기둥 및 보 규격: 배치 간격에 따라 결정
공법 설명	• 크기와 규모에 맞게 주문 제작 • 현장 터파기후 기초콘크리트 상단에 제품배치 조립 • 암거 내부 도수로 및 출입구 시설 설치	• 현장 터파기후 하부 다짐 • 적층식으로 별도의 접합부재가 필요 없음 • 출입구 설치
장점	• 여타 공법보다 공기가 단축 • 현장타설 시공방법의 일부 생략으로 시공민원 감소 • 비산먼지 및 소음으로 인한 민원발생 적음 • 공장제품으로 동절기 공사가능	• 여타 공법보다 공기가 단축 • 현장타설 시공방법의 일부 생략으로 시공민원 감소 • 비산먼지 및 소음으로 인한 민원발생 적음 • 공장제품으로 동절기 공사가능
단점	• 저류조 전용시설이 아니므로 시공의 일관성 결여 • 저류조 내부의 도수로 설치가 난이하며 출입시설의 연결이 원활치 못함	• 구조적 안정해석이 없음 • 청소 및 관리 어려움

3)에 대하여

밀폐형 빗물저류조의 경우 저류조 내의 공기는 빗물의 유입에 의해 압축되기 때문에 호우 시 맨홀 뚜껑이 움직이지 않도록 공기 배출구를 설치하거나 고정한다. 월류관 및 공기배출구에는 역류방지밸브와 방충망 등을 설치하여, 모기 등이 빗물 저류조 내에서 발생하지 않도록 유의한다.

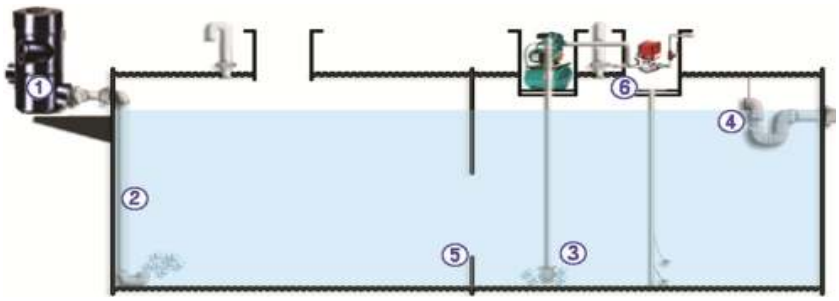
저류조내 수질을 개선하기 위하여 빗물 저류조의 내부 구조를 다음과 같이 설계할 수 있다.

① 적정 수질 유지를 위한 빗물 저류조내 설치 구조물로는 캄인렛(Calm inlet), 중간 월류턱(Inlet barrier), 스크린 공급관(Screen suction), 사이폰 월류관 등이 있다(<그림 2.7>참조).

② 먼저 캄인렛(Calm inlet)은 유입수에 의한 저류조내 저류된 빗물의 교란을 방지하며, 중간 월

류턱(Inlet barrier)은 바닥 슬러지의 분산을 억제하여 저류조의 유지관리를 용이하게 하는 기능을 한다.

③ 스크린 공급관(Screen suction)은 수면 근처의 빗물을 공급하여 부유물이 저류조 외부로 유출되지 않도록 하며, 사이폰 월류관은 무동력으로 부유물을 제거하는 기능을 한다.



① Fiter(무동력 여과기)
② Calm inlet(저류조 내 교란방지)
③ Screen suction(빗물공급)
④ Siphon type overflow(무동력으로 부유물 제거)
⑤ Inlet barrier(바닥슬러지의 분석 억제・저장조 유지관리 용이)
⑥ City water(상수도 등 보충수)

〈그림 2.7〉 적정수질을 유지하기 위한 저류조 내부구조

2.3.3.3.3 저류조 용량 설계방법

저류조 용량 설계방안은 다음과 같다. 1) 빗물 저류시설의 설계는 관련 법령에 의한 간편식을 이용하는 방법, 용량 계획선도를 이용하는 방법, 시뮬레이션 방법 등이 있다. 2) 초기 계획수립 및 개략 평가를 제외하고는 용량 계획선도나 시뮬레이션 방법을 활용하는 것이 적절하다.

☞ 해설

1)에 대하여

① 간편식을 이용하는 방법

간편식은 모든 규모의 시설을 설계하고 시공하는데 비교적 결과를 간단하게 산출할 수 있는 방법이다. 초기 계획수립 및 개략 평가를 위해서는 간단하게 이용할 수 있으나 본격적인 설계를 위해서는 용량 계획선도나 시뮬레이션 방법을 활용하는 것이 적절하다.

• 건축물 저류조 용량＝집수면적(지붕면적)×0.05 ····· (2.3.3.1)

단, 골프장 저류조 용량은 해당 골프장 연간 물 사용량의 40% 이상 빗물을 활용할 수 있도록 빗물이용시설을 설치·운영하여야 하며, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제60조제2항 및 동법시행규칙 제87조에 의하여 수질오염원을 설치 관리하는 수질오염물질의 배출을 방지하거나 억제하기 위하여 골프장 안에 초기빗물 5밀리미터 이상을 저장할 수 있는 조정지를 설치·운영하도록 하고 있다. 이는 부지면적의 5밀리미터를 저류할 수 있는 조정지로서, 조정지의 물이 장내용수로 재이용되고 있으므로 이러한 시설이 빗물이용시설의 저류시설 기준을 충족할 경우 빗물이용시설의 저류시설을 설치한 것으로 인정한다.

② 용량 계획선도를 이용하는 방법

용량 계획선도는 집수면적, 빗물이용률, 사용수량 간의 관계를 시뮬레이션 기법으로 모의하여 해당 지역별로 도표화한 그래프이다. 연간 사용량이 다양한 경우 복잡한 시뮬레이션 과정 없이 간편하게 저류용량 및 집수면적을 결정할 수 있다. 또한 대상지에 대하여 모의한 결과이므로 추가적인 강우자료가 불필요하며, 간단한 계산으로 저류용량을 결정할 수 있어 개략설계 시 유용하다. 용량 계획선도는 시뮬레이션을 통해 작성하며 모의에 필요한 입력 자료는 [표 2.18]과 같다.

〔표 2.18〕 용량 계획선도 도출을 위한 입력자료

일 강우량 (r, mm/day)	대상지역 인근의 관측자료 중 최근 10년 이상의 자료 혹은 평균 강우량에 가장 가까운 연도의 데이터
집수면 종류, 면적 $S_n(m^2)$	집수면의 수직 투영면적 ① 지붕 및 옥상면 ② 도로/보도, 주차장 ③ 녹지 등 투수가능 집수면
집수면 유출량 (Q_n, m^3/day)	$Q_n = \sum S_n \times \frac{r - a_n}{1{,}000} b_n \ (r - a_n < 0,\ Q_n = 0)$ ····· (2.3.3.2) 여기에서, Q_n : 집수면 유출량, S_n : 집수면 종류, 면적, r : 일강우량, a_n : 유출개시 강수량, b_n : 유출계수
필요수량 $q_i(m^3/day)$	용도별 1일 사용수량
수요 패턴	수요량의 기후, 계절변동을 고려하여 설정
기저 용량	상시 저류조에 확보하는 수량(1일 최대 사용수량 이상)
보급상한 용량	저류조 수위가 기저용량 이하인 경우 보급수 최대량
상수 보급	상수 보급 방법 ① 상수보급수의 대체 수원으로 빗물 저류량 변동에 맞게 보급 ② 매일 일정수량을 저류조에 보급

용량 계획선도 도출을 위한 시뮬레이션은 일 강우량 자료를 이용하며, 대상지역과 가까운 지점의 10년 정도의 데이터를 이용하여 풍수년과 갈수년의 특성을 파악하는 것이 이상적이다. 또는 과거 10년 동안의 연평균 강수량에 가장 가까운 해의 자료를 대표로 모의할 수도 있다. 아래는 임의의 초기값에 대한 용량 계획선도 시뮬레이션 예를 보여주고 있다.

▣ 초기값

- 집수면적(S_n) : 1,000m^2
- 유출계수(b_n) : 0.95
- 유출개시강우량(a_n) : 0.5mm
- 필요수량 : 화장실세정용수 등 1.5m^3/day
- 저류조 용량 : 25m^3

	A	B	C	D	E	F	G	H
22								
23	물수지 시뮬레이션							
24	1	2	3	4	5	6	7	8
25	합계	14,813.9	13,606.2	5,479.5	38,044.6	3,855.7	1,623.8	9,750.4
26	날자	일강우량.Rt	빗물유출량.Qin	수요량.Ut	저류량. St	빗물이용량.Ut	상수보급량.Qs	방류수량. Qou
27		mm	m^3/일	m^3/일	m^3	m^3/일	m^3/일	m^3/일
28					0.00			
29	1999-01-01	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
30	1999-01-02	0.1	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
31	1999-01-03	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
32	1999-01-04	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
33	1999-01-05	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
34	1999-01-06	1.8	1.24	1.5	0.00	1.24	0.27	0.00
35	1999-01-07	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
36	1999-01-08	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
37	1999-01-09	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
38	1999-01-10	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
39	1999-01-11	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
40	1999-01-12	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
41	1999-01-13	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
42	1999-01-14	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
43	1999-01-15	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
44	1999-01-16	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
45	1999-01-17	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
46	1999-01-18	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
47	1999-01-19	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
48	1999-01-20	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
49	1999-01-21	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
50	1999-01-22	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
51	1999-01-23	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
52	1999-01-24	0	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
53	1999-01-25	3	2.38	1.5	0.88	1.50	0.00	0.00
54	1999-01-26	0	0.00	1.5	0.00	0.88	0.63	0.00
55	1999-01-27	0.7	0.19	1.5	0.00	0.19	1.31	0.00
56	1999-01-28	0.1	0.00	1.5	0.00	0.00	1.50	0.00
57	1999-01-29	4.5	3.80	1.5	2.30	1.50	0.00	0.00

〈그림 2.8〉 시뮬레이션 엑셀 시트 예

10년간의 모의 결과, 빗물이용량은 385.6m^3/년, 빗물이용률은 28.3%, 상수대체율은 70.4%, 부족수량률은 29.6%이며, 저류조 사용한 횟수는 연간 15.4로 나타났다. 엑셀의 테이블 기능을 이용하여 집수면적, 저류조 용량 및 필요 수량 등을 변화시키면서 다음과 같이 빗물이용률, 상수대체율, 부족수량률을 계산한다. 계산된 결과를 이용하여 다음과 같이 용량 계획선도를 그린다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	시뮬레이션 입력자료										시뮬레이션 결과						
2																	
3	제원		기호	수치	단위	조건					제원		기호	수치	단위		
4	집수면적		A	1,000	m^2						년평균강우량		R	1,481	m^3/년		
5	유출계수		f	0.95	-						빗물유출량		Q	1,361	m^3/년		
6	유출개시 강수량			0.5	mm						일평균 유출량			3.7	m^3/일		
7																	
8	저류조 용량		S	25	m^3						년평균수요량		Uyear	547.95	m^3/년		
9											1일 평균수요량		B	1.5	m^3/일	1,501.2	L/일
10											년이용가능상한		Umax	1,407	m^3/년		
11																	
12											빗물이용량		Ur	385.6	m^3/년	1.1	m^3/일
13											(=수요량-상수보급량)						
14		분수, 넛물	U_s	0.0	m^3/일						빗물이용률		Eq	28.3	%		
15	수요량	화장실용수	Uf	1.5	m^3/일						(=빗물이용량/빗물유출량)						
16		관개용수	U_g	0.0	m^3/일						상수대체율		Eu	70.4	%		
17											(=(빗물이용량/수요량)*100)						
18	이용량 합계	강우시		1.5	m^3/일						부족수량률		s	29.6	%		
19		무강우시		1.5	m^3/일						(=(상수보급량/수요량)*100)						
20		매일 사용량	U_r	1.5	m^3/일	매일 일정량 사용					저류조 사용횟수		N	15.4	회/년		
21	모의년수			10.0	년												

〈그림 2.9〉 시뮬레이션 입력자료 및 결과

이상과 같이 저류용량 및 집수면적의 변화에 따라 빗물이용률, 상수대체율을 산정하여 그래프로 도시하면 용량 계획선도가 된다. 그래프의 X축은 $\frac{\text{빗물저류조 용량}(m^3)}{\text{집수면적}(m^2)}$ 이며, 사용수량은 $\frac{\text{1일 사용수량}(m^3)}{\text{집수면적}(m^2)}$ 이 된다.

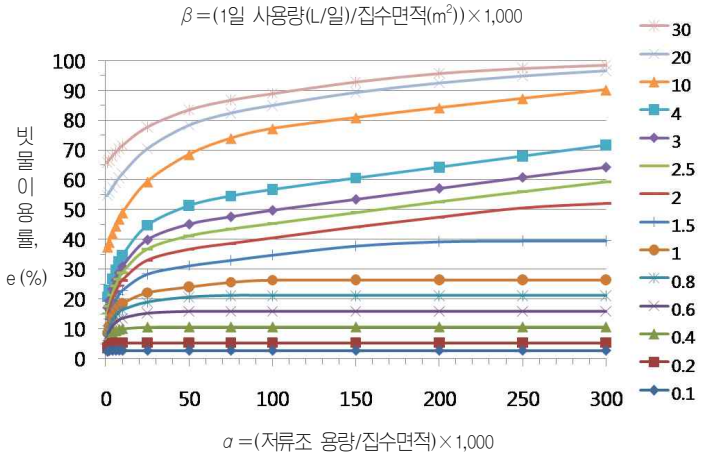
<그림 2.10>의 용량 계획선도에서 알 수 있듯이 상수대체율과 저류조 용량에는 <그림 2.10>과 같은 관계가 있다.

③ 한계치

집수면적이 크고 저류조 용량이 클수록 빗물 집수량 및 저류량은 커지고 빗물이용률, 상수대체율은 높아지는데 어느 점까지 증가하면 저류조 용량 증가량에 비해 효율의 증가가 멈추고 임의 값에 점근(漸近)한다.

④ 효율 향상

빗물이용률과 상수대체율을 확보하면서 설비를 경감하기 위해서는 집수면적을 크게 하고 저류조 용량을 작게 하는데, 대체율이 높을수록 그 효율이 향상된다. 이와 같이 상수대체율, 집수면적, 저류조 용량은 서로 관련되어 있고 시설 개별 조건에 따라 적절히 계획할 필요가 있다.



〈그림 2.10〉 용량 계획선도 예

한편, 일반적으로 물 비용 중 가장 규모가 큰 것은 빗물 저류조 건설비이므로 저류조 용량을 과대하게 설정하지 않고 균형이 맞는 시설로 높은 상수대체율이 얻어지도록 계획한다. 또, 집수면적이 클수록 상수대체율은 상승하지만 그와 수반하여 시설 건설비가 늘어나는 것도 고려된다. 따라서 시설계획에 있어서는 각각의 설정을 바꿔 검토를 한 후에 비교하는 것이 중요하다.

⑤ 시뮬레이션 방법

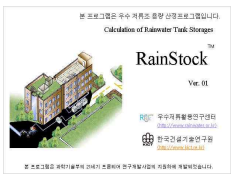
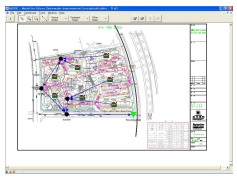
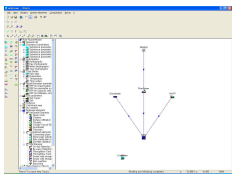
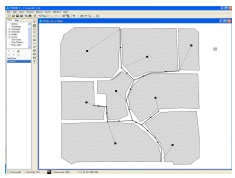
빗물관리시설의 계획/설계 모형은 빗물관리시설 설치를 통해 불투수층 면적 증가로 인한 도시 물 및 에너지 순환 체계의 왜곡을 얼마만큼 해소할 수 있는지 이·치수환경보호 측면의 효과를 평가할 수 있어야 한다. 따라서 대상 유역의 물수지 및 에너지 수지를 모의할 수 있어야 하며, 모형 내에 도입하고자 하는 빗물관리시설을 반영할 수 있어야 한다. 각 모형들은 대상 유역의 규모, 적용 시설의 종류, 모의 목적에 따라 활용성에 다소 차이가 있다. SWMM, MUSIC, STORM 모형 등은 다양한 우수배수 시스템의 효과분석이 가능할 뿐만 아니라 수질 개선 효과도 모의가 가능하므로 빗물관리시설의 환경보호 기능평가에 활용성이 높다. [표 2.19]에 관련 모형별 장단점, 시공간적 범위, 모의 소요시간 등을 나타내었으며, [표 2.20]은 각 모형별로 공간적 범위와 목표기능에 따라 모의 가능한 항목들을 정리하여 나타내었다.

2.3.3.4 빗물이용시설의 송배수시설

2.3.3.4.1 송배수시설 개요

송수·배수시설은 빗물 급수수조, 급수펌프, 용도별 사용설비, 계측 및 제어 시스템 등으로 구성되어 있다.

〔표 2.19〕 관련 모형의 장단점

구분 \ 모형	Rainstock™	MUSIC	STORM	SWMM
장점	• 건축물 빗물관리시설의 계획·설계에 적합 • 강우량, 집수면 특성, 빗물 활용 용도 등과 같은 간단한 정보로도 활용 가능	• 습지, 완충지, 연못, 생태저류시설, 침사지 등 다양한 우수배수 시스템의 용량설계 및 수질 개선 효과 모의 가능 • 빗물관리시설 도입 시 개략 적지분석에 적합	• 옥상녹화, 습지(trough), 저류조, 트렌치, 표면침투시설 등 다양한 우수배수 시스템 설계 및 효과분석 가능 • 설계강우에 따른 단기 모의뿐 아니라 10년 이상의 장기모의 동시 가능 • 시설 개략설계 가능 (Pre-Dimensioning)	• 저류시설 및 부속장치의 규모 결정, 자연 하천에서의 홍수터 분석, CSOs 최소화 전략 수립 등 다양한 분야에 활용도 높음 • 홍수기 및 장기모의 가능 • 미국 EPA의 BMPs 시설에서의 비점오염 관리 모형
단점	• 현재 이수용도의 빗물 저류조에 국한되어 지원(업그레이드 진행중)	• 중간유출 이후의 지하로의 침루는 손실량으로 봄 • 배수 시스템 위주로 연산이 수행되어 장래 증발량 등의 물 순환 모의 불가	• 증발량 등 일부 이론식이 독일 경험식을 활용하므로 국내자료로 조정 필요 • 강우자료 포맷이 복잡하여 입력자료 구축 시 일 소요	• 빗물이용시설 설계 시 storage unit으로 환산 적용 필요 • 침투시설 고려에 어려움이 있음
모의 화면				
모의 공간적 범위	합리식과 마찬가지로 일반적 A≤25km^2 적용 A≤5km^2 사용시 신뢰도 높음	0.1km^2~100km^2	합리식과 마찬가지로 일반적 A≤25km^2 적용. A≤5km^2 사용시 신뢰도 높음	–
모의 시간 간격	1day	6min~24hr	5min(default) 조정가능	1hr
입력 자료	강우자료, 집수면 및 사용기기 현황	기후자료, 집수면 특성, Node별 주요 매개변수	기후자료, 집수면, 배수시스템 정보, 설비 재원	기후자료, 집수면, 배수시스템 정보, 설비 재원

〔표 2.20〕 모형별 모의 가능 항목

모의모형	공간적 범위	이수기능				치수기능				환경보호기능			물순환회복기능		
		사용수량추정	급수량 산정	집수면 결정	시설 비용 분석 (LCC)	저류 시설	침투 시설	유출 시간 지연	홍수 예경보 (시설운영 기법)	TSS/Sediment Removal	Nutrient Removal (mg/l)	Gross Pollutant Load (g/time)	증발산	지표면 침투	열순환
Rainstock	건축물	◎	◎	○	×	◎	◆	×	×	×	×	×	×	×	×
	공동주택	◎	◎	○	×	◎	◆	×	×	×	×	×	×	×	×
	유역	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	도로, 공원	◎	◎	○	×	◎	◆	×	×	×	×	×	×	×	×
MUSIC	건축물	△	○	○	◆	◎	○	◎	×	○	○	○	△	◆	×
	공동주택	△	○	○	◆	◎	○	◎	×	○	○	○	△	◆	×
	유역	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	도로, 공원	△	○	○	◆	◎	○	◎	×	○	○	○	△	◆	×
STORM	건축물	△	○	○	×	◎	◎	◎	○	○	○	○	◆	◎	×
	공동주택	△	○	○	×	◎	◎	◎	○	○	○	○	◆	◎	×
	유역	△	○	○	×	◎	○	◎	○	○	○	○	◆	◎	×
	도로, 공원	△	○	○	×	◎	◎	◎	○	○	○	○	◆	◎	×
SWMM	건축물	△	○	○	×	◎	◆	◎	○	○	○	○	△	◎	×
	공동주택	△	○	○	×	◎	◆	◎	○	○	○	○	△	◎	×
	유역	△	○	○	×	◎	◆	◎	○	○	○	○	△	◎	×
	도로, 공원	△	○	○	×	◎	◆	◎	○	○	○	○	△	◎	×

◎: 매우적합, ○: 적합, ◆: 일부 가능(입력변수 및 데이터 조정 필요), △: 입력 자료로만 활용, ×: 모의 불가, □: 개발 중

☞ 해설

송수·배수시설은 빗물을 용도에 따라 처리한 후 이를 저장하거나 용도에 맞게 보급하는 시설이다. 송수·배수시설은 빗물의 안정적인 급수가 가능하도록 지진이나 풍수해 등의 재해에 대하여 안전한 구조로 한다.

시설의 감시 및 제어는 시설 규모, 중요도 및 기술 수준에 적합하도록 유선 또는 무선에 의한 원격감시, 제어 등의 대책을 강구한다.

2.3.3.4.2 빗물이용시설의 배수펌프

배수펌프는 항시 가동될 수 있도록 예비를 포함하여 2대 이상 설치하여야 한다.

☞ 해설

① 비상시에도 가동될 수 있도록 비상전원을 연결하여 펌프가 항시 가동될 수 있도록 하여야 한다.

② 펌프는 저장탱크가 만수위시 5시간 이내에 배수하는 규모 이상이어야 한다.

③ 펌프의 대수는 예비를 포함하여 2대 이상 설치하여야 한다.

④ 수중펌프를 사용할 때에는 제조업체의 사용설명서에 따라 펌프를 위한 최소수심을 반드시 유지시켜야 한다.

2.3.3.4.3 상수보급설비

1) 빗물 저류조의 수심이 저수위(L.W.L) 이하가 된 경우에는 경보가 울리도록 하거나 자동으로 보급수가 급수되도록 한다. 2) 토출구와 빗물저류조의 최고수면 사이에는 충분한 공간을 두어 빗물이 역류하지 않도록 한다. 3) 상수보급량의 상한수위와 저수위(보급개시 수위)는 1일 사용수량에 상당하는 수심을 고려하여 적용하는 것으로 한다.

☞ 해설

빗물이용시설의 집수 가능량은 강우량과 집수면적에 좌우되기 때문에 모든 용수를 빗물로 급수하는 것은 불가능하다. 따라서 저수위(L.W.L) 이하가 된 경우 상수, 지하수 등 보충수를 공급할 필요가 있다.

빗물이용시스템의 상수보급방법으로서는 전자밸브 등을 이용한 자동보급과 수동에 의한 상수보급밸브의 개폐에 의해 보급하는 방법이 있다. 최근에는 대부분이 자동보급방식으로 되어 있고 [표 2.21]과 같이 자동보급방식 쪽이 유지관리상 유리하므로 기본적으로는 자동보급으로 한다.

가능하면 빗물 급수수조는 빗물 저류조 외에 별도로 설치하여 빗물과 보충수관이 모두 연결되도록 하는 것이 바람직하다. 빗물 급수수조의 용량은 하루 빗물이용량의 절반이 넘지 않도록 한다.

〔표 2.21〕 빗물이용시설에의 상수보급 방식

보급방식	장 단 점	
자동보급 방식	장점	• 유지관리가 용이
	단점	• 대규모 빗물 저류조에서는 집수조 등을 설치하여 수위 변동을 감지하기 쉬운 구조로 할 필요가 있다.
수동보급 방식	장점	• 상수보급을 위한 설비를 경감할 수 있다. • 날씨예보, 사용수량의 변동을 고려하여 보충수량을 조정할 수 있고 절수효과를 높일 수 있다.
	단점	• 일상적으로 수위를 확인할 필요가 있다. • 보급 상태로 방치하여 과잉 보급하는 일이 없도록 점검하는 것이 바람직하다.

2.3.3.4.4 배관시설

1) 빗물급수배관에는 상수도에 이용하는 관종과 동등한 재질의 것을 사용하도록 한다.
2) 건축물의 종류별로 빗물배관을 규정하기보다는 규모에 따라 배관 구경기준을 설정하는 것이 바람직하다.
3) 빗물이용시설의 밸브류, 양수기 펌프 등 적용시설에는 “빗물이용”이라는 것을 표시하여야 한다.
4) 공공하수도(또는 우수관거)에 직접 연결하여 배수할 수 있는 배관을 별도로 설치하여야 하며 배관구경은 만수시의 탱크용량을 5시간 내에 배수할 수 있도록 하여야 한다. 단, 비상시 별도 배수할 수 있도록 하여야 한다.
5) 배관에 공기 및 물이 전부 빠질 수 있도록 균일한 경사로 하거나, 공기가 모일 수 있는 부분에는 에어밸브, 물이 고일 수 있는 부분에는 배수밸브를 설치한다.
6) 모든 배관에는 기기의 조작이나 점검, 보수가 용이한 이음쇠류 등을 설치한다.
7) 밸브류는 보수관리상 필요한 부분에 설치하여야 하며, 토출부에는 역류를 방지할 수 있는 밸브를 설치하여야 한다.
8) 배관에는 필요에 따라 수격방지를 위해 에어챔버 및 기타의 장치를 부착한다.
9) 수량부족에 대비하여 수돗물 등의 보급이 가능하도록 저류조에 별도의 배관으로 상수도 물을 공급할 수 있도록 설치할 수 있지만, 빗물급수배관과 상수도계통의 배관을 서로 연결해서는 안 된다.
10) 건물의 흔들림, 배관의 진동, 부동 등 침하 등에 의한 변위의 흡수를 위하여 그 변위에 대처하는 플랙시블 조인트 혹은 굴곡이음 등을 설치한다.

2.3.3.4.5 빗물이용시설의 오접합 방지

1) 빗물이용수의 배관설비는 타 용도의 배관설비와 절대 공용하지 않아야 한다. 2) 빗물이용수의 배관의 종류별 오접합·오사용 방지대책을 강구하여야 한다.

☞ 해설

배관의 종류별 오접합·오사용 방지대책은 아래의 [표 2.22]를 참고하여 대책을 강구하여야 한다.

〔표 2.22〕 배관별 오접합·오사용 방지대책

배관종류	오접합·오사용 방지 대책(시공방법)
옥내은폐배관	1. 배관작업 전에 관 표면에 착색도장을 한다. 2. 노출방지용 재료를 씌운 후 1m 간격으로 지정색 테이프로 3회 이상 감아준다.
옥내노출배관	1. 배관작업 전에 관 표면에 착색도장을 한다. 2. 관 외부에 「빗물」을 표시한다.
옥외노출배관	1. 배관작업 전에 관 표면에 착색도장을 한다. 2. 관 외부에 「빗물」을 표시한다.
지중매설배관	1. 배관작업 전에 관 표면에 착색도장을 하거나, 부식방지용 테이프로 관을 감은 후 1m 간격으로 지정색 테이프로 3회 이상 감아준다. 다만, 부식방지용 폴리에틸렌 슬립을 사용하는 경우에는 불투명 또는 황색 폴리에틸렌 슬립을 고정시킨 후 지정색 표시테이프를 1m 간격으로 3회씩 감아준다. 2. 다른 배관과 오접합의 우려가 있는 지점에는 관의 매설지점을 알 수 있도록 표시말뚝을 박아 둔다.
콘크리트 내 매설배관	배관작업 전에 관 표면에 착색도장을 한다.
유량계	1. 유량계 본체 표면에 착색도장을 한다. 2. 유량계 박스 위에 「빗물」을 표시한다.
밸브	1. 밸브 손잡이에 착색도장을 한다. 2. 밸브를 오작동시킬 우려가 있는 지점에는 표시판을 달아 「빗물용 밸브」임을 알 수 있도록 한다. 3. 지중에 매설된 밸브의 덮개에 「빗물」 표시를 한다.

2.3.3.4.6 빗물이용시설의 역류방지

상수급수관의 말단에는 토수공간을 두어 역류를 방지하여야 한다.

☞ 해설

가. 토수공간의 확보

상수급수관의 말단에 [표 2.23]과 같은 토수공간을 두어야 한다.

〔표 2.23〕 급수관의 역류방지

근접 벽의 영향이 없는 경우	근접 벽의 영향이 있는 경우						
1.7d'+5	1면의 벽이 있는 경우			2면의 벽이 있는 경우			
	벽으로부터의 거리			벽으로부터의 거리			
	3d 이하	3d~5d	5d 이상	4d 이하	4d~6d	6d~7d	7d 이상
	3.0d'	2.0d'+5	1.7d'+5	3.5d'	3.0d'	2.0d'+5	1.7d'+5

주) 1. d: 토수구의 내경(mm), d': 유효 개구부의 내경(mm)
2. 토수구의 단면이 장방형인 경우에는 긴 변의 길이를 d로 한다.
3. 만수 수면 위에 벽이 있는 경우에는 근접 벽으로 보지 않는다.
4. 토수구의 단면이 만수 수면과 평행하지 않을 경우에는 토수구 단면 최하단과 만수 수면과의 공간을 토수공간으로 한다.

자료: 환경부 연구보고서(2003): 빗물이용시설 보급 확대를 위한 정책방안 연구

나. 토수공간이 없는 경우

① 원칙적으로 빗물이용수조의 수위로부터 150mm 이상의 공간을 두어 진공파괴기(vacuum breaker)를 설치하여야 한다.

② 대변기 및 유사 급수기구, 급수장치의 세정용 탱크의 볼탭, 살수전, 세차용 빗물급수전 및 호스연결 급수전에는 진공파괴기를 부착하여야 한다.

2.3.3.5 중수도와 빗물이용시설을 연계한 통합 시스템 검토

1) 필요할 경우, 안정적인 수량과 수질의 물을 확보하기 위하여 빗물이용시설과 중수도의 통합을 고려할 수 있다.
2) 유출지하수를 활용할 수 있는 경우에는 이를 빗물과 연계하여 활용하는 것이 바람직하다.
3) 중수도와 연계하는 경우는 중수도 수질기준에 맞춰 잔류염소가 확보되도록 염소소독을 할 필요가 있다.

☞ 해설

1)에 대하여

빗물이용시설은 생산수량이 강우량에 영향을 받기 때문에 항상 일정한 수량을 생산하기 위해서는 상수도를 보충수로 이용하거나 중수도와 연계할 수 있다. 특히 중수도와 연계하는 경우 상대적으로 양질의 수질을 가지는 빗물과 안정적인 수량을 가지는 중수도를 병행하여 활용함으로써 시너지 효과를 기대할 수 있다.

빗물이용시설과 중수도를 연계하는 경우에는 유입되는 수질을 고려할 때 빗물의 처리에 필요한 시설과 중수도를 별도로 구성한 후 최종처리수만 혼합하여 이용하는 것이 바람직하다. 그러나 중

수의 사용수량이 빗물 사용수량보다 많거나 별개의 시스템을 구성하는 것이 타당하지 않을 경우에는 단일처리 시스템을 구성할 수도 있다.

2)에 대하여

유출지하수가 발생할 경우 빗물이용시설의 유입수로 지붕면으로부터 집수된 빗물과 함께 사용할 수 있다.

〔표 2.24〕 빗물이용시설 설치신고서 서식

접수번호	접수일	발급일	처리기간	5일

건축주 성명		전화번호	
건축물 주소			
건축물의 주 용도		건축물연면적(m^2)	
지붕면적(m^2)		빗물 저류조 용량(m^3)	
지붕의 빗물 집수 면적(m^2)			
빗물 이용 예정 수량(m^3/일)		빗물 이용의 주 용도	
빗물처리 용량(m^3/일)		빗물처리방법	
설치완료일		가동개시일	

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제8조제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조제1항에 따라 빗물이용시설의 설치 결과를 신고합니다.

년 월 일

신고인 (서명 또는 인)

특별자치도지사
시장·군수·구청장 귀하

처리절차

신고서 작성	→	접수(민원실)	→	검토	→	결재	→	설치확인서 발급
신고인		특별자치도·시·군·구 (물 재이용 담당부서)		특별자치도·시·군·구 (물 재이용 담당부서)		특별자치도·시·군·구 (물 재이용 담당부서)		

2.4 빗물이용시설의 설치 신고

빗물이용시설을 설치한 시설물의 소유자는 공사 완료 후 30일 이내에 빗물이용시설 설치신고서의 서식에 의거하여 빗물이용시설의 설치 결과를 특별자치도지사・시장・군수・구청장(자치구의 구청장)에게 제출하여야 한다.

☞ 해설

빗물이용시설 설치신고서의 서식은 [표 2.24]와 같다. 특별자치도지사・시장・군수・구청장(자치구의 구청장)은 빗물이용시설 설치신고서를 제출받은 경우에는 그 빗물이용시설 시설기준에 적합한지를 확인한 후 서식에 의거하여 빗물이용시설 설치확인서를 발급한다.

2.5 빗물이용시설의 운영・유지관리

2.5.1 빗물이용시설의 관리기준

2.5.1.1 빗물이용시설의 표시

1) 빗물이용시설은 비음용 목적으로 사용될 경우 타 시설, 특히 상수도와 혼용되지 않도록 계획과 설계단계부터 주의해야 한다.
2) 빗물이용수의 배관설비는 외관상, 타 용도의 배관과 쉽게 구별될 수 있도록 배관의 표시, 형상, 색이 있어야 한다. 예를 들면 관 외면에 빗물이용관이라는 것을 알리는 표시를 해가면서 배관작업을 하도록 하여야 한다.
3) 배관공사가 완료된 후에는 배관의 용도를 쉽게 알 수 있도록 피복면과 밸브 등에도 표시를 해두어야 한다.
4) 세면대, 수세기구 등과 같이 오음, 오용의 우려가 있는 급수기구에는 주의를 촉구하는 표시를 해두어야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

빗물이용수는 비음용 목적으로 활용되므로, 음용목적으로 사용되는 상수도와 혼용되어서는 안된다. 따라서 빗물이용시설은 항상 명확하게 표시되어 있어야 한다.

2)와 3)에 대하여

빗물이용수의 배관설비 표시의 예로서 배관의 피복면은 보라색으로 하고, 관 외면에는 “빗물”이라고 알리는 표시를 하도록 한다.

4)에 대하여

건물에 따라서는 세면대나 수세기구 등에 빗물과 상수가 같이 활용되는 경우가 있다. 이 경우에는 각각의 이용시설에 공급되는 물의 종류를 명시하여야 하며, 이용목적(예: “먹는 물” 혹은 “먹지 못하는 물” 등)이 동시에 표시되어야 한다.

2.5.1.2 빗물이용시설의 유지관리 주기

1) 빗물이용시설의 구성장치와 설비는 주기적으로 점검하여야 한다. 2) 빗물이용시설의 운영에 있어 시설 오작동시 문제 해결을 위해 시설 점검시 주요 항목들을 정리할 필요가 있다.

☞ 해설

1)에 대하여

빗물이용시설의 효율적인 운전을 위해서는 정기적인 유지관리가 필수적이다. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」 제4조제2항제2호에 따라 연 2회 이상 주기적으로 빗물이용시설에 대한 위생 및 안전상태를 점검하고 이물질을 제거하는 등 청소를 해야 한다.

2)에 대하여

빗물이용시설 오작동시 문제 해결을 위해 시설 점검시 주요 항목들을 기록한 점검표를 작성하여야 한다. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」 제4조제2항제3호에 따라 누수 및 정상가동 점검결과, 청소일시 등에 관한 자료를 기록하고 3년간 보존해야 한다. 빗물이용시설의 각 구성요소별 점검 주기는 다음의 표와 같다.

〔표 2.25〕 유지관리 점검 내용 및 주기 예

시설	점 검 내 용	점검주기			청소 주기	비 고
		매월	6월	1년		
집수 설비	1. 집수장소의 퇴적물 및 오물점검 2. 집수장소 주변으로부터의 유입 또는 유출 유무의 점검 3. 집수시설(지붕, 인공지반슬래브)의 손상 점검 4. 송수관 내 퇴적물, 오물의 침전조로의 유입, 관로 누수점검		○ ○ ○	 ○	1~5년	청소주기는 주변 조건에 따라 변화
침전조	1. 침전조 내의 침전물, 부유물 점검 2. 곤충발생 상황 점검 3. 구조물 손상 점검	○ ○		 ○	2년	
여과조	1. 여재상태, 침전율, 부유물의 점검 2. 곤충발생 상황 점검 3. 구조물 손상 점검	○ ○		 ○	2년	

시설	점 검 내 용	점검주기			청소 주기	비 고
		매월	6월	1년		
저류조	1. 침전물 점검 2. 경보장치 작동상태 확인 3. 구조물 손상 점검 4. 보급수 설비의 작동 점검 5. 송수펌프의 작동 점검 6. 맨홀 및 방충망, 스크린 점검		○ ○ ○ ○ ○	 ○ 	1~5년	청소주기는 집수장소, 침전조, 여과조 설치의 유무, 구조물 유지관리 상태에 따라 변화
고가 수조	1. 침전물 점검 2. 경보장치 작동상태 확인 3. 구조물 손상 점검 4. 맨홀 및 방충망 점검 5. 송수관 등의 손상 점검		○ ○ ○ 	 ○ ○	2년	
부속 장치	1. 수위계, 양수기, 유량계, 역류방지밸브, 월류관 등의 점검 2. 소독설비 점검			○ ○		
이용 설비	1. 변기의 오염상태, 폐색 등 점검 2. 살수, 세정용의 오염상태, 급수전 부착부위 등 점검 3. 조경시설의 오염상태, 조류, 벌레 등의 발생여부 확인 4. 유입관의 손상 점검		○ ○ ○			

2.5.1.3 빗물이용시설 수량과 수질의 관리

빗물이용시설의 운영 시에는 시설공정에 따라 유입·유출수량, 수질분석 자료 등을 기록하여 시설 도입효과를 평가하기 위한 기초 자료로 활용할 필요가 있다.

☞ 해설

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」 제4조제2항제3호에서 빗물사용량 등에 관한 자료를 기록하고 3년간 보존하도록 하고 있다. 빗물이용시설의 운영을 위해서는 수량과 수질에 대한 정기적인 모니터링이 필요하며, 이를 기록하여 3년간 보관하도록 한다. 수량과 수질에 대한 기록은 원칙적으로는 일 단위로 수행하나 필요에 따라서 관리주기를 조정할 수 있다. 다음의 표는 빗물이용시설 데이터 시트의 예를 보여주고 있다.

〔표 2.26〕 수량 데이터시트의 예

날짜	유입량(m^3)	저류량(m^3)	빗물사용량(m^3)	비고

날짜	유입량(m^3)	저류량(m^3)	빗물사용량(m^3)	비고
……	……	……	……	……
월누계				

분석일자: 년 월 일

〔표 2.27〕 수질 데이터시트의 예

검사항목 \ 시설공정		수질기준	저류조	빗물 공급수조 (또는 처리수조)
시료 채취량			ml	ml
인체 비접촉 용수	pH	5.8~8.5		
	탁도(NTU)	5 이하		
	총대장균군	–		
인체 접촉 용수	pH	5.8~8.5		
	탁도(NTU)	2 이하		
	총대장균군	불검출		

2.5.1.4 계절에 따른 운영

1) 빗물이용시설에서 빗물을 저류할 수 있는 시기는 봄, 여름, 가을이며, 특히 봄철에는 수질 관리에 유의한다.
2) 비가 오지 않고 기온이 낮은 겨울철에는 수량 및 시설관리에 유의한다.

☞ 해설

1)에 대하여

우리나라 봄철의 경우, 황사먼지, 꽃가루에 대한 문제를 가지고 있으므로 이에 대한 대비가 있어야 한다. 황사가 발생한 후 집수된 빗물에는 탁도가 심할 수 있으므로 충분히 여과, 침전 등의 전처리를 거친 후에 집수하여야 한다. 처리가 불가피할 경우 배제하여 저류조의 수질을 안정적으로 유지하도록 한다.

2)에 대하여

겨울철에는 저류할 수 있는 강우량이 적어 겨울철에 사용해야 할 빗물을 미리 저류하거나 부족한 수량은 상수도나 기타 대체용수로 부족분을 보충하도록 한다. 또한 빗물이용시설이 지하에 설

치되었을 경우 저류조의 수온은 10~20°가 유지되어, 사용하는데 지장이 없으나 그렇지 않을 경우 수온관리가 필요하며, 특히 센서류, 송배관설비, 펌프설비에 대한 동파가 생기지 않도록 대비하여야 한다.

2.5.2 빗물이용시설의 운영

2.5.2.1 빗물이용시설의 일반적인 운영 지침

빗물이용시설은 빗물을 일시 저류하여 활용용도별 용수로 사용하는 것으로 이용시설과 빗물의 사용용도를 고려하여 운영하도록 한다.

1) 평상시에는 처리설비와 급·배수설비의 관리를 통해 안정적인 급수에 필요한 운영을 하도록 한다.
2) 강우 시에는 초기빗물을 분리 집수하는 경우는 미리 분리조를 비워두어 초기빗물을 분리할 수 있도록 하며, 처리설비를 미리 점검하도록 한다.
3) 저류조가 만수위가 되었을 경우 집수되는 빗물을 월류하거나 차단할 수 있는 설비가 이상이 없는지 미리 점검하여야 한다.
4) 저류조의 수량과 수질은 수시로 모니터링하여야 하며, 가능하면 온라인 계측기를 설치하여 상시 모니터링 하도록 한다.

2.5.3 빗물이용시설의 유지관리

2.5.3.1 빗물이용시설의 유지관리 원칙

1) 빗물이용시설은 빗물 이용자의 안전을 확보하기 위하여 일상적으로 관리를 수행해야 한다.
2) 빗물이용시설의 관리자는 관리대장을 만들어 빗물사용량, 누수 및 정상 가동 점검, 청소일시 등을 기재하여야 한다.
3) 빗물이용시설의 일부가 고장 또는 노화에 의하여 일정기준의 수량, 수질이 얻어지지 않을 때는 즉시 수리를 하여야 한다.
4) 빗물이용시설의 운영 관리자는 이에 대한 기준을 준수하며 이상이 발생될 경우 즉시 그 상황을 관계자에게 알리고 이것을 이용하는 시설에 지장을 주지 않도록 조치를 취하여야 한다.
5) 빗물이용시설의 운전 및 보수점검에 따른 안전위생은 「산업안전보건법」 등 관련 법규에 의한다.
6) 빗물이용시설은 잘못하여 음용하지 않도록 '빗물이용'을 표시한다.
7) 빗물집수면은 빗물이용을 위한 집수면이라는 표시를 하여 깨끗하게 관리되도록 한다.
8) 해충의 발생을 방지하는 등 지장이 발생하지 않도록 필요한 장치를 강구한다.

9) 청소 시 저류조를 비워 작업하는 경우에는 미리 유독가스, 질식성 가스 등의 점검이나 산소결핍의 유무의 조사를 선행하고, 필요시 환기 등 기타의 조치를 강구한다.

☞ 해설

7)에 대하여

빗물이용에 관한 안내 표시에 관한 예는 다음과 같다.

– 화장실내: 이 화장실은 빗물을 이용하고 있습니다.

– 사용장소: 물을 마시지 마세요. 빗물을 이용하고 있습니다.

– 집수장소: 주의! ○○를 더럽히지 마세요.

○○에 내린 빗물은 깨끗하게 처리 후 재이용합니다.

2.5.3.2 집수시설의 유지관리

1) 지붕 등 빗물 집수 장소는 주기적으로 청소하도록 한다.
2) 주기적으로 쓰레기와 이물질 등을 제거하며, 낙엽이 많은 가을철에는 수시로 청소를 실시하여 빗물받이가 막히지 않도록 한다.

2.5.3.3 처리시설의 유지관리

1) 빗물이용시설의 처리시설은 빗물의 처리기능이 정상상태로 유지될 수 있도록 주기적으로 슬러지 및 협잡물을 제거하도록 한다.
2) 여과형, 침전형, 소독설비 등의 처리시설별 특성에 따라 유지관리에 만전을 기하도록 한다.

☞ 해설

2)에 대하여

가. 여과형시설의 유지관리

㉠ 처리시설 내 필터나 여재의 상태를 주기적으로 확인, 청소하도록 한다.

㉡ 계량기를 주기적으로 검침하여 물 손실여부를 감지하도록 한다.

㉢ 여과시설의 여재 막힘, 곤충발생 여부를 수시로 확인하도록 한다.

나. 침전형시설의 유지관리

㉠ 침전물의 저장능력을 고려하여 주기적으로 퇴적물 및 협잡물을 제거하도록 한다.

㉡ 침전조에 빗물이 고여 있지 않도록 조치한다.

㉢ 침전조에 잔존하는 빗물로 인해 모기 등의 해충이 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

다. 소독설비의 유지관리

㉠ UV소독 시 램프의 오염상태, 수명을 수시로 확인하여 조치하도록 한다.

㉡ 약품 저장탱크의 올바른 작동 여부를 상시 점검하도록 한다.

2.5.3.4 저류시설의 유지관리

1) 평상시와 강우 전·후에 정기적으로 점검, 보수, 개량, 청소 등을 실시하도록 한다. 2) 안전사고 방지를 위하여 충분한 안전대책을 강구하고, 주민의 이해와 협력을 얻을 수 있도록 시설의 목적, 규모, 주의사항 등을 설명한 표식 등을 설치하도록 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

① 저류조에 오염물질의 유입을 차단하기 위한 예방책을 검토하도록 한다.

② 저류조에 안전한 뚜껑을 설치하여 곤충 및 동물의 침입을 막도록 하며, 조류의 성장을 막기 위해 햇빛을 차단시키도록 한다.

③ 저류조의 점검용 개구부나 출입구로 오물 또는 지표면의 유출수가 유입되는 것을 방지하도록 한다.

④ 저류조는 주기적으로 점검 및 청소가 이루어지도록 하며, 내부의 벽이나 바닥을 청소할 수 있도록 설계에 반영하도록 한다.

⑤ 저류조의 물을 인체접촉용수로 사용하는 경우, 빗물수질권고기준을 준수하는 범위에서 적정 체류기간(예 ; 6개월)을 정하여 관리하여야 한다.

2.5.3.5 송수·배수시설의 유지관리

1) 급수밸브에서 물의 성상(냄새, 색, 부유물질 등)에 대한 변화가 있을 경우 시설 점검을 받도록 한다. 2) 동결 가능성이 있는 급수밸브, 배관, 펌프 등은 적절한 시간에 맞추어 차단하거나 비우도록 한다. 3) 펌프 등 빗물급수기기 등은 빗물이용시설의 유지관리 점검 내용 및 주기에 의해 점검을 시행하여야 하며, 이때 체크리스트에 점검결과를 기록하고 3년간 보존하여야 한다.

☞ 해설

3)에 대하여

빗물이용시설의 유지관리 주기와 점검내용은 [표 2.25] 내용을 따른다.

빗물이용시설 중 집수시설, 저류시설, 처리시설, 송배수시설의 유지관리 체크리스트는 [표 2.28], [표 2.29], [표 2.30], [표 2.31]를 사용할 수 있다.

2.5.3.6 이상시 대책

1) 처리장치의 일부가 고장 또는 노화에 의하여 일정기준의 수량, 수질이 얻어지지 않을 때는 즉시 수리를 하여야 한다. 2) 집중호우시에는 빗물이 일시에 빗물저류시설에 유입되어 시설에 지장을 주지 않도록 빗물

〔표 2.28〕 집수시설의 유지관리 체크리스트

시 설 명: _____

검사일시: _____

조 사 자: _____

점검사항 「집수시설의 유지관리 사항」		점검결과 만족/불만족	특이사항/ 조치사항
집수면 점검			
집수면의 손상			
집수면 퇴적물 및 오물			
루프드레인의 퇴적물 및 오물		□ □ □	
우수받이 퇴적물 및 오물		□ □ □	
집수면 주변으로부터의 유입/유출 유·무		□ □ □	
집수관로 점검			
집수관로의 손상 및 누수			
원수차단밸브 상태			
집수관로의 퇴적물			
유입부 쓰레기 제거		□ □ □	
초기빗물 분리/처리 설비 점검			
분리/배제	초기빗물분리설비의 손상		
	초기빗물분리설비의 협잡물/퇴적물		
	설계유량이상 강우의 월류 여부		
	강우 전 빗물의 고여 있는지 여부	□ □ □	
	꽃가루나 유류에 의한 영향	□ □ □	
처리설비	초기빗물처리설비의 손상		
	초기빗물처리설비의 협잡물/퇴적물		
	설계유량이상 강우의 월류 여부		
	초기빗물처리설비의 여재 상태		
	강우 전 빗물이 고여 있는지 여부	□ □ □	
	꽃가루나 유류에 의한 영향	□ □ □	

※ 청소상태 및 강우 점검사항은 수시로 확인 후 조치(□)

〔표 2.29〕 저류시설의 유지관리 체크리스트

시 설 명: _____
검사일시: _____
조 사 자: _____

점검사항 「저류시설의 유지관리 사항」	점검결과 만족/불만족	특이사항/ 조치사항
저류조 구조물 점검		
저류조의 손상(파손, 누수, 부식 등)		
맨홀(덮개) 및 시건장치 상태		
방충망 상태		
주변부의 침식		
여유고의 유지 여부		
설계용량 이상의 강우 월류 및 차단 여부		
동결 및 동파 방지		
부속장치 점검		
수위계 및 유량계 상태		
수질 및 수온 센서 상태		
경보 장치 상태		
자동 밸브 상태		
보충수 급수 설비 연동 상태		
청소상태 점검		
저류조의 침전물 및 부유물	□ □ □	
꽃가루나 유류에 의한 영향	□ □ □	
벌레 및 유충의 발생 유·무	□ □ □	

※ 청소상태 및 강우 점검사항은 수시로 확인 후 조치(□)

〔표 2.30〕 처리시설의 유지관리 체크리스트

시 설 명: _____
검사일시: _____
조 사 자: _____

점검사항 「처리시설의 유지관리 사항」	점검결과 만족/불만족	특이사항/ 조치사항
처리시설 공통 점검 사항		
처리수의 유출량 변동 사항	□ □ □	
처리수의 수질 변동 사항	□ □ □	
동결 및 동파 방지 여부(겨울철)		
여과형(Filter) 시설		
여과 시설의 손상		
여재의 공극 막힘 및 오염 상태		
여재 여유분의 재고 유 · 무(해당사항)		
급수/역세 펌프의 작동 상태(해당사항)		
침전형 시설		
침전조의 손상	□ □ □	
벌레 및 유충의 발생 유 · 무	□ □ □	
강우 전 빗물이 고여 있는지 여부	□ □ □	
침전조의 퇴적물 및 협잡물	□ □ □	
소독 시설		
소독 시설의 손상	□ □ □	
약품 투입 펌프 상태(적정주입 여부)	□ □ □	
약품 여유분의 재고 유 · 무	□ □ □	
UV 램프의 상태(해당사항)	□ □ □	

※ 청소상태 및 강우 점검사항은 수시로 확인 후 조치(□)

〔표 2.31〕 송배수시설의 유지관리 체크리스트

시 설 명: _____
검사일시: _____
조 사 자: _____

점검사항 「송수・배수시설의 유지관리 사항」	점검결과 만족/불만족	특이사항/ 조치사항
송수・배수시설 공통 점검 사항		
토출구 수량 변동 사항		
토출구 수질 변동 사항		
보충수 급수 설비 연동 상태		
경보 장치 상태		
자동 밸브 및 체크 밸브 상태		
수위계 및 유량계 상태		
비상 배수설비의 상태		
동결 및 동파 방지 여부(겨울철)		
배관설비의 점검		
송수 배관의 손상(부식, 누수 등)		
보충수관과 빗물배관의 연결 상태		
배수 배관의 손상		
배수 배관의 퇴적물	□ □ □	
배수 배관으로부터의 역류 방지 여부	□ □ □	
펌프설비의 점검		
펌프설비의 손상		
오일 및 그리스 상태		
이물질 끼임 상태		
장기간 정지 후 재가동 시 점검		

※ 청소상태 및 강우 점검사항은 수시로 확인 후 조치(□)

을 차단하고 하수도 등으로 배수하는 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

3) 정전 또는 수리 등에 의하여 빗물공급이 일시적으로 정지할 때는 즉시 그 상황을 관계자에게 알릴 수 있는 대책을 마련하여야 한다.

2.5.4 빗물이용시설의 지도·점검사항

특별자치도지사·시장·군수·구청장은 관내 빗물이용시설에 대한 운영 관리실태를 파악하기 위하여 매 반기별 1회 이상 정기 지도·점검을 실시하여야 하며, 또한 특별자치도지사·시장·군수·구청장이 필요하다고 인정될 때는 수시 점검을 실시할 수 있다.

☞ 해설

빗물이용시설에 대한 정기·수시 지도·점검을 실시할 때 확인 할 사항은 다음과 같다.

① 빗물이용시설(집수, 여과, 저류조, 송배수시설 등) 시설·관리 기준 준수 여부

② 빗물이용시설의 위생과 안전 등에 필요한 조치 구축 사항

③ 시설의 개수·보수 등 개선명령, 기타 조치사항 이행 여부

④ 관련기관으로부터 지시 받은 사항에 대한 이행 여부

⑤ 빗물이용시설의 관리자가 작성하여야 할 관리대장 작성 여부

⑥ 빗물사용량, 누수 및 정상가동 점검여부, 청소일시 등 확인

제3장

중 수 도

제3장 중수도

3.1 총설

3.1.1 목적

본 가이드라인은 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제9조(중수도의 설치·관리)에 의거하여 중수도의 계획·설치부문과 관련된 업무처리 절차 및 유의사항에 대하여 설명하고, 중수도의 설계 및 유지관리의 적절한 수행을 유도하며, 이를 통해 적정한 중수도 운영·유지관리를 위한 방안 및 업무처리의 효율성을 제고하는데 그 목적이 있다.

☞ 해설

중수도로 유입되는 원수의 오염성분은 다양하므로 하나의 독자적인 처리공정으로 원수를 처리하기는 어려우며 일반적으로 중수도는 유입되는 원수의 오염성분을 고려하여 각각의 오염성분에 대응되는 처리공정을 조합하여 계획하여야 한다.

3.1.2 적용범위

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따른 중수도의 설치·관리 의무대상시설은 해당시설물을 신축, 증축·개축 또는 재축하는 건축 연면적이 6만제곱미터 이상인 숙박 및 목욕장업 등 시설물과 1일 폐수배출량 1천500세제곱미터 이상의 공장·발전시설 외에 관광단지, 도시개발, 산업단지개발, 택지개발의 국가개발사업이 포함된다.

☞ 해설

중수도의 설치·관리 의무대상은 다음과 같다.

① 「공중위생관리법」 제2조제1항제2호에 따른 숙박업 또는 같은 항 제3조에 따른 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물

② 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 공장으로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물

③ 「건축법」 제2조제2항제25호에 따른 발전시설로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상

인 시설물

④「관광진흥법」 제2조제7호에 다른 관광단지의 개발사업

⑤「도시개발법」 제2조제1항제2호에 따른 도시개발사업

⑥「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 산업단지개발사업

⑦「택지개발촉진법」에 따른 택지개발사업

⑧「유통산업발전법」 제2호제3호에 따른 대규모점포

⑨「물류정책 기본법」 제2조제1항제4호에 따른 물류시설

⑩「건축법 시행령」 별표1 제8호에 따른 운수시설

⑪「건축법 시행령」 별표1 제14호에 따른 업무시설

⑫「건축법 시행령」 별표1 제23호 가목에 따른 교정시설

⑬「건축법 시행령」 별표1 제24호 가목에 따른 방송국 및 같은 조 나목에 따른 전신전화국

⑭ 그 밖에 물의 재이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 시설물

3.2 일반사항

3.2.1 기본요건

중수도는 중수도를 사용하는 수요자의 관점에서 다음의 사항을 고려해야 한다. 1) 위생 및 수질상의 안전성 2) 시설의 합리성, 안정성, 경제성의 확보

☞ 해설

1)에 대하여

중수도 이용 계획 수립시 인체의 위생측면에 대하여 충분한 배려를 해야 한다. 또 중수도의 원활한 순환이용을 도모하려면 유지관리의 적정화 및 오접이나 오음 방지 등 안전 관리의 적정화에 대해서도 충분히 고려해야 한다. 중수도는 상수도에 비하여 부식, 스케일, 슬라임 등 각 시설물에 미치는 기능 장애요인이 많다. 따라서 중수도 원수처리시설, 송배수시설 및 이용 설비에 대해 부식 스케일 등에 의한 기능 장애를 주지 않고, 이용자에게 이용상의 지장을 주지 않으며 중수도를 항상 안정하게 공급할 수 있도록 구조, 재질 등의 선택에 적절한 고려가 필요하다. 또한 중수도는 수질 검사를 위한 샘플링 설비를 적절한 위치에 설치하도록 한다.

2)에 대하여

중수도의 전체 시스템의 선택에 있어서는 시설 총체로서 합리성, 안정성, 경제성에 대하여 충분

히 고려할 필요가 있다. 하수계의 중수도 원수는 특히 부식성이 강하므로 시설의 부식에 충분히 유의해야 한다.

3.2.2 중수도 용도

중수도의 용도는 다음과 같다.
1) 도시재이용수: 도로・건물 세척 및 살수(撒水), 화장실 세척용수 등
2) 조경용수: 도시 가로수 및 공원・체육시설 잔디 등의 관개용수
3) 친수용수: 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 실개천 등의 공급용수
4) 하천유지용수: 하천, 저수지 및 소류지(小溜池) 등의 수량유지를 위한 공급용수
5) 습지용수: 습지에 대한 공급용수
6) 공업용수: 냉각용수, 보일러용수 및 생산 공정에 공급되는 산업용수

3.2.3 중수도 이용수량

중수도 이용수량은 건물의 이용형태인 공장, 공동주택, 업무용 빌딩, 호텔, 백화점 및 병원을 대상으로, 중수도의 용도별 수요량을 건물 연면적 기준의 원단위에 준해 전체 이용수량을 산출한 후, 이용 수량 구성 비율을 적용해서 산정할 수 있다. 또한, 건물의 종류 및 규모 등에 따라 수요가 다르기 때문에 다른 유사한 성격을 가진 건물을 참고로 설정하여야 한다.

☞ 해설

가. 중수도 설계수량

중수도의 설계수량은 중수도 처리시설, 송배수시설 및 이용설비를 설계할 때 기본이 되므로 적절히 설정해야 한다. 각 시설별 설계수량은 [표 3.1]과 같다.

〔표 3.1〕 중수도 설계수량

시설명	설계수량
처리시설	계획1일 최대급수량
송수시설	계획1일 최대급수량
배수시설	계획시간 최대급수량
이용설비	순간최대 사용수량

나. 중수도 수요의 추정방법

중수도 수요 추정방법은 크게 4가지로 분류해 볼 수 있다. 그러나 이 방법은 많은 요인들을 미리 가정하지 않으면 안되므로 이의 적용에는 한계가 있다는 것을 항상 감안해야 한다. 특히 사무

실 건물에서 사용하는 업무용수는 건물의 종류뿐만 아니라 사용용도가 너무 다양하고 물 사용량 비율의 변화폭 또한 크기 때문에 용도별 사용수량을 추정함에 있어서는 해당지역이나 건물의 특성을 사전에 파악하여 그 특성에 적합한 자료를 선택하도록 한다.

- 전량 사용수량을 먼저 추정한 다음 용도별 사용비율을 적용하여 중수도 수요량을 추정하는 방법
- 용도별 수량 원단위를 적용하여 중수도 수요량을 추정하는 방법
- 건물 용도별로 중수도 수량을 연면적으로 표시한 수량 원단위를 건물면적에 곱하여 사용수량을 계산하는 방법으로 업무용 빌딩 등에 적용할 수 있는 방법
- 주로 업무용 빌딩 등에서 위생기기의 수(수세식 변기의 수 등)로부터 중수도 수요량을 산정하는 방법

① 용도별 사용비율을 이용하는 방법

생활용수나 업무용수를 추정함에 있어서, 사용수량의 용도별 비율을 알 수 있는 경우에는, 생활용수나 업무용수를 추정함에 있어서 가장 간단한 방법이다. 총 소요수량에 용도별 사용비율을 곱함으로서 간단하게 중수도의 필요수량을 구할 수 있다. 이 방법은 간단하게 중수도의 필요수량을 구할 수 있다는 장점이 있으나, 용도별 비율을 결정함에 있어서는 해당 지역이나 건물의 특성을 충분히 파악하여야 한다.

$$Q_d = Q_T \times N_p \times R \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (3.2.3.1)$$

여기에서, Q_d : 건물내의 용도별 1일 물 사용량(m^3/d)
Q_T : 1일 1인 총 물사용량(Lpcd)
N_p : 건물사용인원(인)
R : 총사용수량에 대한 용도별 비율

② 용도별 건물사용인원당 원단위를 이용하는 방법

이 방법은 총사용수량은 구할 필요가 없고 필요로 하는 용도마다 건물의 사용인원당 원단위를 구하고 장래 인구에 이 원단위를 곱하여 추정하는 방법이다. 이 방법도 간단하게 중수도의 필요수량을 구할 수 있다는 장점이 있으나 용도별 원단위를 결정함에 있어서는 해당 지역이나 건물의 특성을 충분히 파악하여야 한다.

$$Q = q_l \times N_p \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (3.2.3.2)$$

여기에서, Q : 건물내의 용도별 1일 물 사용량(m^3/d)
q_l : 용도별 1일 1인 물사용량(Lpcd)
N_p : 건물사용인원(인)

③ 건물면적당 원단위를 이용하는 방법

사무용 빌딩, 호텔, 병원 및 백화점과 같은 업무용 건물에서 건물의 사용인원과 사용인원당 원단위를 알 수 없는 경우에 사용하는 방법이다. 이 방법에서는 건물의 유효면적당 원단위를 이용하여 용도별 사용량을 구한다.

$$Q=q_2\times A\times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (3.2.3.3)$$

여기에서, Q : 건물내의 용도별 1일 물 사용량(m^3/d)
q_2 : 건물의 유효면적당 용도별 원단위(L/m^2)
A : 건물의 유효면적(m^2)

④ 수도꼭지로부터 추정하는 방법

수세식 변기의 수 등 건물 전체의 수도꼭지 수와 그 사용빈도에 의해 용도별 사용수량을 산정하는 방법이다. 미시적인 방법으로서 가장 정확하게 분류하여 추정할 수 있으나 결정해야 할 인자가 많아 세심한 주의를 필요로 한다.

$$Q=n\times q_3\times L\times \eta\times H\times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (3.2.3.4)$$

여기에서, Q : 건물내의 용도별 1일 물 사용량(m^3/d)
n : 위생기기수(개)
q_3 : 1회당 용도별 사용수량(L/회/개)
η : 기구의 동시사용률
L : 시간당 사용횟수(회/시간)
H : 사용시간(시간/일)

다. 건축물 용도별 중수도 원수 발생량 추정

① 개별빌딩의 사용수량 및 배수량

㉠ 빌딩 배수의 용도별 사용수량 원단위

영업용, 업무용 건축물에서 사용되는 용수는 주로 생활용수이며, 이에 대한 사용수량 산정방법은 매우 다양하다. 사용수량은 인구당 사용수량, 면적당 사용수량, 급수전의 표준사용수량 등에 대한 원단위를 적용하여 산정하며 산정방법 및 사용되는 원단위는 다음과 같다.

ⓐ 업종별 1인 1일당 사용수량×사용인원
ⓑ 단위바닥면적당 사용수량×연바닥면적
ⓒ 각 용도마다 사용수량에 따른 수전(水栓) 크기
ⓓ 급수전의 표준사용수량
ⓔ 수전의 동시 사용률

빌딩배수의 용도별 사용수량 산정의 적용 원단위는 다음과 같다.

〔표 3.2〕 용도별 사용수량 원단위

용 도			단 위	수량범위	적용치	유출계수	비 고
상시 수량	오수계	소변기(남)	Lpcd	12.0±1.0	13.0	1.0	5L/회(2.6회)
		대변기(남)		9.0±4.5	13.5	1.0	15L/회(0.9회)
		변기(여)		70.7±5.5	76.2	1.0	15L/회(5.1회)
	잡배수	세면(남)	Lpcd	4.5±0.3	4.8	1.0	−
		세면(여)		6.5±0.7	7.2	1.0	−
		청소		1.2±0.6	1.8	1.0	−
		식당(주방)		30.0±12	30.0	0.8	−
비상시 수량	기 타	세차	L/일/대	(260±10)	−	−	−
		살수	L/일/개소	(1,200±300)	−	−	−
	하 계	냉각탑	L/일/$_{US}$Rt	50.0±13 (27±6)	50.0 −	보급수	증발량 (4.0L/hr $_{US}$Rt)

〔표 3.3〕 물사용 용도별 물사용량 원단위

구분	1인당 물사용량 (Lpcd)	단위면적당 물사용량 (L/m^2/일)	단위연면적당 물사용량 (L/m^2/일)	물사용 용도별 단위연면적당 물사용량(L/m^2/일)			
				가정용	공공용	일반용	욕탕용
원단위	296.6	5.108	6.110	6.380	5.507	5.520	188.877

㉡ 빌딩 규모에 따른 용도별 사용수량

건물 규모에 따른 용도별 사용수량은 각 단위 용도별로 세분화된 것으로서 이를 다시 화장실세정수, 세면(세수)배수, 청소배수, 주방(식당)배수 및 냉각수로 구분할 수 있다. 빌딩 중수도의 대상 원수는 오수를 제외한 잡배수, 그리고 잡배수와 오수의 혼합으로 구분할 수 있다.

ⓐ 수질이 양호한 세면배수와 청소배수를 혼합하는 경우

ⓑ 세면 및 청소배수와 냉각수를 혼합하는 경우

ⓒ 세면 및 청소배수와 오염도가 높은 주방배수를 혼합하는 경우

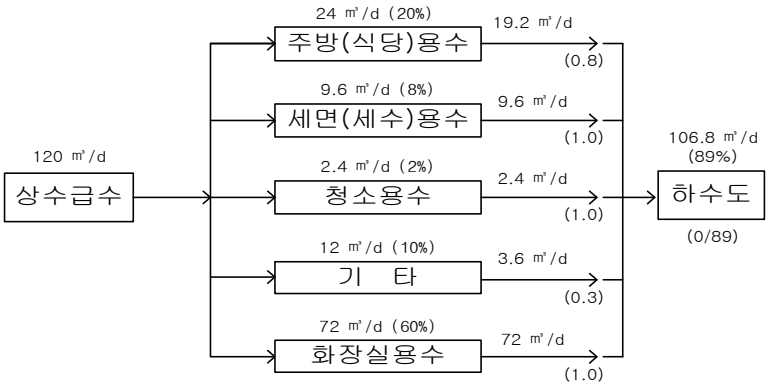
ⓓ 세면 및 청소배수에 오수를 혼합하는 경우

다음은 중수도 가용 원수의 종류별 배수량을 나타낸 것으로, 용도별 배수량의 구성비에서 연면적 10,000m^{2}인 건물에 있어서 전체 상수급수량은 120m^3/일이고 이중에서 수세식 화장실 배수량은 72.9m^3/일로 전체 급수량의 60% 정도를 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 수질이 양호한 세면배수와 청소배수만을 중수도 원수로 할 경우 중수도 처리 측면에서는

월등하나 원수의 수량이 적어 중수도 설치 효과를 충분히 얻을 수 없다.

㉢ 개별 빌딩 물수지 분석

중수도를 도입하기 전에 개별빌딩 내 용도별 배수량의 흐름에 따른 물수지 분석이 선행되어야 한다. 연면적 10,000m^{2}인 빌딩의 용도별 배수량의 흐름 예가 아래 <그림 3.1>과 같다. 연면적이 10,000m^{2}인 규모인 빌딩의 평상시 상수급수량은 120m^3/일이며, 용도별 배수량에 대해 적용한 유출계수는 주방(식당)배수 0.8, 세면, 청소 및 수세식 화장실 배수 1.0, 그 외 기타는 0.3으로 하였다.



〈그림 3.1〉 중수도 도입 이전의 용도별 물수지(연면적 10,000m^{2}의 빌딩)

중수도 원수의 종류별 물수지의 예를 살펴보면 다음과 같다.

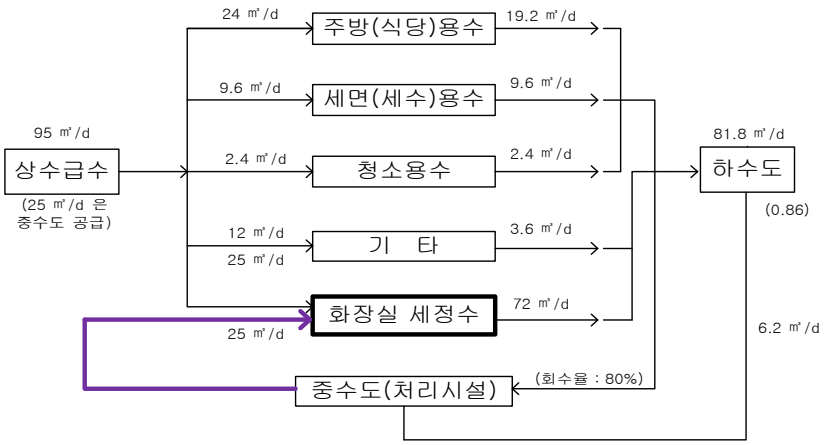
【Case 1】 (주방용수+세면수+청소수를 원수로 하는 경우)

Case 1은 세면(세수)배수, 청소용수 외에 비교적 오염도가 높은 주방배수를 재이용하는 경우로서 물수지 흐름도는 <그림 3.2>와 같다. 이 경우 각 사용 용도별 유출율을 고려하면 상수급수량은 최초 120m^3/일에서 106.8m^3/일로 줄어 89%가 하수로 유출되는 형태이다. 중수도 처리시설에 유입되는 원수의 총량은 31.2m^3/일로서 전체 급수량의 25% 수준이다. 중수도의 회수율을 80%로 할 경우 중수도 원수의 확보량은 25m^3/일이 되며, 이 양은 전체 사용량의 20%, 수세식 화장실 용수인 72m^3/일의 40% 수준에 불과하다. 따라서 세면(세수), 청소용수 및 주방배수 만을 대상 원수로 할 경우는 빌딩의 수세식 화장실 용수로도 충분히 공급할 수 있는 것으로 분석된다.

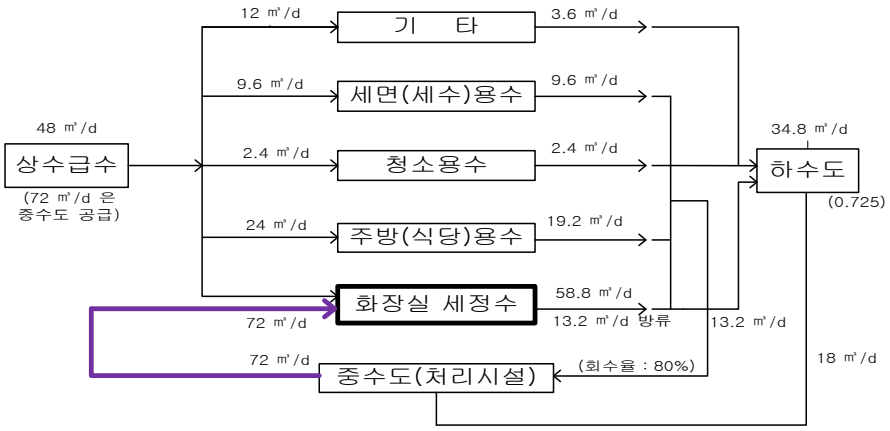
【Case 2】(주방용수+세면수+청소수+수세식 화장실 배수를 원수로)

Case 2는 충분한 수세식 화장실 용수 수량을 확보하기 위한 모델로 대상 원수는 세면 (수세), 청소, 주방배수 외에 화장실 배수를 추가한다. <그림 3.3>과 같이 빌딩 자체에 필요한 화장실 용수량이 72m^3/일이므로 이를 중수도로 활용하기 위해서는 최소 90m^3/일(중수

도 회수율 0.8)이 확보되어야 한다. 화장실 배수 72m^3/일 중 58.8m^3/일은 중수도 원수로 회수되고 나머지 13.2m^3/일은 하수도로 방류된다. 중수도 설치 이전의 상수급수량은 120m^3/일에서 48m^3/일로 줄기 때문에 약 60%의 저감효과가 있다. 하수방류량도 설치전의 106.8m^3/일에서 34.8m^3/일로 줄어 약 67%의 저감효과를 기대할 수 있다. 실제로 수세식 화장실 용수의 100%를 중수도로 할 경우, 물 절약면에서는 효과적일 수 있으나 중수도 처리비용의 과다 등 문제가 발생되므로 건물의 여건에 맞게 중수도 가용량을 설정하는 것이 바람직하다.



〈그림 3.2〉 빌딩의 중수도 도입 이후의 물수지(연면적 10,000m^2 : Case 1)



〈그림 3.3〉 빌딩의 중수도 도입 이후의 물수지(연면적 10,000m^2 : Case 2)

㉣ 원수 선정의 타당성 검토

건물 규모 및 종류별 배수량에 기초한 원수 확보성과 절수 효과 및 하수의 저감효과를 정

리하면 아래의 [표 3.4]와 [표 3.5]과 같다. 빌딩의 경우 극히 양질의 원수만을 선택한 경우는 세면배수이나 이는 사용량이 적어 원수로는 부적합하다. 중수도의 용도를 수세식화장실 용수로 국한하고 절수효과를 약 30% 정도 유지하기 위해서는 수질면에서는 떨어지나 수량 확보가 비교적 쉬운 주방배수 활용을 고려해 볼 수 있다. 즉, 주방배수+세면배수+청소배수로 하는 경우는 수세식 화장실 용수에 필요한 양의 40% 정도를 확보할 수 있고, 이를 처리해서 실제 중수도로 사용할 수 있는 양은 필요한 수세식 화장실 용수의 35% 정도이다. 전체 급수량의 20%에 해당하는 양으로 절수 효과면 에서는 충분치 않다. 빌딩에서 충분한 중수도 원수량을 확보하는 방안은 수세식 화장실배수를 이용하는 것이다. 빌딩의 물사용 용도에서 수세식화장실로 이용되는 양은 전체 급수량의 60% 정도이므로 주방배수+세면배수+청소배수 만으로는 부족하다. 수세식 화장실에 필요한 전량을 중수도로 공급할 경우, 중수도 원수에 공급될 수세식 화장실 배수량은 발생량의 70~80% 정도로 높다.

〔표 3.4〕 건물 규모별 원수 선정의 타당성 검토 결과

건물규모 (연면적)	용수 소요량 (톤/일)	화장실용 수량 (톤/일)	중수도의 원수형태		가용원수(톤/일)		중수도생산(톤/일)	
			Case 1	Case 2	Case 1	Case 2	Case 1	Case 2
10,000m^2	120	72	주방, 세면, 청소	주방, 세면, 청소, 화장실	31.2 (43%)	90 (125%)	25	72
40,000m^2	480	288	주방, 세면, 청소	주방, 세면, 청소, 화장실	124.8 (43%)	360 (125%)	124.8	288

※ ( )안은 화장실 용수 필요량에 대한 원수 확보율을 나타냄

〔표 3.5〕 중수도 도입 후의 절수효과 및 하수발생량 저감효과

구분	중수도 설치 이전		B중수도 설치 이후			
건물규모 (연면적)	급수량 (톤/일)	하수발생량 (톤/일)	급수량(톤/일)		하수발생량(톤/일)	
			Case 1	Case 2	Case 1	Case 2
10,000m^2	120	106.8	95 (20%)	48 (60%)	81.8 (23%)	34.8 (67%)
40,000m^2	480	427.2	380 (20%)	192 (60%)	327.2 (23%)	139.2 (67%)

※ ( )내의 %는 저감율을 나타냄

② 공동주택의 사용수량 및 배수량

공동주택에 있어서 사용수량 구성비는 빌딩의 경우와는 달리 수세식 화장실 배수가 차지하는 비중이 그리 높지 않다. 따라서 빌딩의 경우, 수세식 화장실 용수의 수요량을 충족시키기 위해서는 양질의 잡배수 뿐만 아니라 수세식 화장실 오수의 일부를 대상 원수로 했으나 공동주택의 경우는 중수도로 대체 가능한 수세식 화장실용수의 수요량을 맞추기 위해서 오수를 사용하지 않아도 원수 수량은 충분하다. 공동주택에 있어서 용도별 사용수량의 산정근거 및 주택 규모별, 용도별 사용수량의 계산은 다음과 같다.

㉠ 공동주택의 용도별 사용수량 구성비 및 적용 원단위

공동주택의 경우, 용도 면에서는 빌딩과 별로 차이가 없고, 단지 용도별 사용수량 구성비 및 적용 원단위가 상이한 것이 차이점이라 할 수 있다. 공동주택에서 발생하는 배수는 크게 수세식 화장실의 오수계 및 잡배수계로 구분되며, 잡배수계에는 목욕, 세탁, 세면, 주방 및 기타로 세분할 수 있다. 각 잡배수계의 용도별 일평균 사용수량은 다음에서 보는 바와 같이 수세식 화장실 배수가 차지하는 비중이 가장 높다.

〔표 3.6〕 공동주택의 용도별 사용수량 구성비 및 원단위

용도	단위	일 본		한 국	
		평균	비율(%)	평 균	비 율 (%)
화장실	Lpcd	50	16	63	27
목 욕		60	20	34	14
세 탁		70	24	47	20
세 면		40	12	24	10
주 방		60	20	47	20
기 타		40	8	20	9
합 계		320	100	235	100

㉡ 건물 형태별 중수도 수요량의 추정

중수도 설치 대상기준의 적정성 여부 및 신규 적용 인자를 도출하기 위해 건물의 이용형태 및 규모에 따른 중수도 수요량을 추정한다. 단위연면적당 물사용량 및 용도별 단위연면적당 물사용량을 이용한 물사용량 추정 방법이 실제 물사용량 자료와 유사한 통계값을 나타낸다. 특히, 도심지 물사용량의 추정에는 건축물의 연면적을 이용하거나 물사용 용도별 건축물의 연면적을 세분화하여 물사용량을 추정하는 것이 과대시설 계획에 따른 시설 유휴화를 해소하고 경제성을 향상시킬 수 있다. 서울시의 경우 「서울특별시 수도조례 시행규칙」에 따라 건물용도별 물사용량을 다음 [표 3.7]과 같이 적용하고 있다. 건물 형태를

공동주택, 업무용 빌딩, 호텔, 백화점 및 병원을 대상으로 하여 중수도의 용도를 수세식 화장실용수로 한정할 경우 건물 형태별 수요량을 추정해보면 다음과 같다.

〔표 3.7〕 단위 건물바닥 면적당 물사용 수량 기준(서울시 수도조례 시행규칙)

업 종 별	바닥면적 1평방미터당 1일 평균 사용 수량(L)	1일 평균 사용시간(H)	비 고
백화점	35.0	8.0	
영화관·극장	30.0	5.0	
은행	30.0	7.0	
사무실(근린생활시설)	30.0	7.0	
병원	50.0	5.3	
호텔·여관	50.0	5.0	
관공서	25.0	7.0	
학교(초·중학교)	1인당 45.0	5.5	학생 1인당
학교(고등학교 이상)	1인당 80.0 교사 1인당 100.0	6.0	학생 1인당

ⓐ 공동주택(아파트단지)

공동주택의 주택 규모에 따른 용수 사용량과 중수도 수요량은 사용수량 원단위를 235 Lpcd, 수세식 화장실용수의 사용량은 전체의 27%를 적용하여 계산한다.

ⓑ 업무용 빌딩

업무용빌딩의 경우 빌딩규모에 따른 용수사용량과 중수도 수요량의 계산 예는 다음 [표 3.8]과 같다. 건물의 검토 대상범위는 연면적 1,000~50,000m^2으로 설정하고, 원단위는 연면적 기준인 10.7L/m^2·일을 적용한다. 또한 수세식 화장실용수의 사용량은 50%를 적용한다. 예로 사용 수량 500m^3/일 이상의 용수를 사용하는 빌딩의 규모는 건물 연면적이 47,000m^2으로 화장실용 중수도 수요량은 250m^3/일 정도가 된다.

〔표 3.8〕 업무용 빌딩의 규모별 중수도 수요량 추정 결과

연면적(m^2)	총 사용수량(m^3/일)	화장실 용수(m^3/일)	비고(산출근거)
1,000	10	5	• 건물의 연면적 범위: 1,000~50,000m^2 • 사용수량: 연면적 기준 원단위 10.7L/m^2·일 • 화장실용수 구성비: 50%
3,000	21	16	
5,000	53	26	
8,000	85	42	

연면적(m^2)	총 사용수량(m^3/일)	화장실 용수(m^3/일)	비고(산출근거)
10,000	107	53	
15,000	160	80	
20,000	214	107	
30,000	321	160	
40,000	428	214	
47,000	503	251	
50,000	535	267	

ⓒ 백화점

백화점은 업무용 빌딩에 비해 단위 면적당 물 사용량이 많으므로 용수사용량 산정을 위한 원단위는 25L/m^2·일을 적용한다. 이때 화장실 용수의 사용량은 전체의 25%를 적용한다. 현행 중수도 권장 기준에 부합되는 사용수량 500m^3/일 이상 건물의 규모는 연면적 20,000m^2에 해당하는 것이며, 아울러 수세식 화장실 용수로 공급 가용한 중수도량은 125m^3/일 정도가 된다.

〔표 3.9〕 상업용 빌딩의 규모별 중수도 수요량 추정 결과

연면적(m^2)	총 사용수량(m^3/일)	화장실 용수(m^3/일)	비고(산출근거)
1,000	25	6	• 건물의 연면적 범위: 1,000~50,000m^2 • 사용수량: 연면적 기준 원단위 25L/m^2·일 • 화장실용수 구성비: 25%
3,000	75	18	
5,000	125	31	
8,000	200	50	
10,000	250	62	
15,000	375	93	
20,000	500	125	
30,000	750	187	
40,000	1,000	250	
50,000	1,250	312	

ⓓ 호텔

호텔의 경우 빌딩 규모별 중수도 수요량의 계산 예는 [표 3.10]과 같다. 건물의 검토 대상범위는 연면적 1,000~50,000m^2으로 설정하고, 전체 용수사용량 산정을 위한 연면적

기준의 원단위는 16L/m^2·일을 적용한다. 또한 중수도 수요량으로서의 수세식 화장실 용수의 사용비율은 25%를 적용하여 중수도 수요량을 추정한다. 이에 따라 사용수량 500m^3/일 이상의 용수를 사용하는 빌딩의 연면적은 35,000m^2이며, 수세식 화장실 용수로 공급될 수 있는 중수도 수요량은 150m^3/일 정도가 된다.

〔표 3.10〕 호텔의 규모별 중수도 수요량 추정 결과

연면적(m^2)	총 사용수량(m^3/일)	화장실 용수(m^3/일)	비고(산출근거)
1,000	16	4	• 건물의 연면적 범위: 1,000~50,000m^2 • 사용수량: 연면적 기준 원단위 16L/m^2·일 • 화장실용수 구성비: 25%
3,000	48	13	
5,000	80	22	
8,000	128	35	
10,000	160	44	
20,000	320	89	
30,000	480	134	
35,000	560	156	
40,000	640	179	
50,000	800	224	

ⓔ 병원

병원과 같은 의료시설의 규모별 용수 사용량과 중수도 수요량의 계산 예는 다음 [표 3.11]과 같다. 검토대상 병상수는 10~500병상으로 하고 적용 원단위는 1,400L/병상·일으로 하여, 수세식 화장실 용수의 사용 비율을 25%로 적용하면, 중수도 수요량은 사용수량 500m^3/일 이상의 용수를 사용하는 병원의 규모는 400병상 이상에 해당하는 것으로 수세식 화장실용수로 공급되는 중수도 수요량은 140m^3/일 정도였다.

〔표 3.11〕 병원 규모별 중수도 수요량

병상수	총 사용수량(m^3/일)	화장실 용수(m^3/일)	비고(산출근거)
10	14	3	• 병상수의 범위: 5~500병상 • 사용수량: 병상 기준 원단위 1,400L/병상·일 • 화장실용수 구성비: 25%
30	42	10	
50	70	17	
80	112	28	
100	140	35	

병상수,	총 사용수량(m^3/일)	화장실 용수(m^3/일)	비고(산출근거)
200	280	70	
300	420	105	
400	560	140	
450	630	157	
500	700	175	

시설물의 이용형태 및 규모에 따른 전체 용수 사용량과 중수도 수요량을 살펴보면, 공동주택의 경우는 300세대 단지의 총 용수사용량이 282m^3/일 정도로 빌딩의 설치 권장기준 500m^3/일 보다 훨씬 낮다. 빌딩의 경우 건물의 이용형태에 따라 물사용량은 상당한 격차를 보이고 있으며, 500m^3/일 이상의 용수를 사용하는 빌딩 규모는 업무용 빌딩의 경우 47,000m^2, 백화점과 같은 상업용 빌딩은 20,000m^2, 호텔은 35,000m^2, 병원은 400병상 정도가 이에 해당한다.

〔표 3.12〕 건물 규모에 따른 예상 물사용량 및 중수도 수요량

구분	대상기준 (현행)	분 석 결 과			
		이용 형태	건물 규모	용수량(m^3/일)	중수도량(m^3/일)
공동주택	300세대 이상	아파트	300 세대	282	76
빌딩	500m^3/일 이상의 용수사용	업무용	47,000m^2	503	250
		백화점	20,000m^2	500	125
		호 텔	35,000m^2	560	156
		병 원	400 병상	560	140

3.2.4 용도별 수질기준

중수도는 한번 사용한 물을 처리하여 상수공급을 대체할 목적으로 사용하므로, 화장실세정수, 청소용소 등 용도에 맞는 적정한 처리수질을 유지하는 것이 중요하다. 중수도를 수세식변소, 살수 및 조경용수로 이용할 때 안정된 중수도의 수질을 유지하는 것 이외에 준수하여야 할 요건으로 인체에 대한 위생면에서 문제가 없을 것, 시설기계에 대한 부식, 막힘 등 기능상 장해가 생기지 않을 것 또는 이용자에게 불쾌감을 주지 않고 물로서의 심미성을 유지하여야 한다.

☞ 해설

중수도 용도별 수질기준은 다음과 같다.

〔표 3.13〕 2014년 12월 31일까지 적용되는 기준

구분	수세식 화장실용수	살수용수	조경용수	세차·청소 용수
총대장균군수 (개/100mL)	불검출	불검출	불검출	불검출
결합잔류염소(mg/L)	0.2 이상	0.2 이상	–	0.2 이상
외관	이용자가 불쾌감을 느끼지 않을 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 않을 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 않을 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 않을 것
탁도(NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	2 이하
생물화학적 산소요구량 (BOD)(mg/L)	10 이하	10 이하	10 이하	10 이하
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
색도(도)	20 이하	–	–	20 이하
화학적 산소요구량 (COD 망간법)(mg/L)	20 이하	20 이하	20 이하	20 이하

비고) 1) 총대장균군수, 결합잔류염소, 탁도, 냄새는「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제6호에 따른 먹는물 공정시험기준에 따라 검사해야 한다.

2) 생물화학적 산소요구량, 수도이온농도(pH), 색도, 화학적 산소요구량은「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제5호에 따른 수질오염물질 공정시험기준에 따라 검사해야 한다.

〔표 3.14〕 2015년 1월 1일부터 적용되는 기준

구분	도시 재이용수	조경용수	친수용수	하천 유지용수	습지용수	공업용수
총대장균군수(개/100mL)	불검출	200 이하	불검출	1000 이하	200 이하	200 이하
결합잔류염소(mg/L)	0.2 이상	–	0.1 이상	–	–	–
탁도(NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	–	–	10 이하
부유물질(SS)(mg/L)	–	–	–	6 이하	6 이하	–
생물화학적 산소요구량 (BOD)(mg/L)	5 이하	5 이하	3 이하	5 이하	5 이하	6 이하
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
색도(도)	20 이하	–	10 이하	20 이하	–	–
총질소(T-N)(mg/L)	–	–	10 이하	10 이하	10 이하	–
총인(T-P)(mg/L)	–	–	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	–
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5

구분	도시 재이용수	조경용수	친수용수	하천 유지용수	습지용수	공업용수
염화물(mgCl/L)	-	250 이하	-	-	250 이하	-

비고) 1. 항목별 수질검사 방법은 다음과 같다.

가. 총대장균군수, 부유물질(SS), 생물화학적산소요구량(BOD), 색도, 총질소(T-N), 총인(T-P), 수도이온농도(pH), 염화물은「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」제6조제1항제5호에 따른 수질오염물질 공정시험기준에 따라 검사해야 한다. 다만, 총대장균군수는 최적확수(最適確數) 시험법 또는 막여과 시험법으로 하고, 부유물질(SS)은 유리섬유 거름종이법으로 해야 한다.

나. 결합잔류염소, 탁도, 냄새는「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」제6조제1항제6호에 따른 먹는물 공정시험기준에 따라 검사해야 한다.

2. 공업용수의 수질기준은 산업용수로 사용하는 경우에 적용하며, 다회순환냉각수, 공정수(工程水), 보일러용수 등은 수요처와 협의하여 수질을 정할 수 있다.

3.2.5 원수의 선정

원수의 선정에 있어서는 원수의 수질 및 수량, 중수도의 용도 및 이용수량, 목표수질 및 순환이용방식 등을 고려하여 적절한 것을 선정하여야 한다.

☞ 해설

중수도 원수로서는 잡배수(세면, 손 씻는물, 끓인 물, 취사, 주방, 청소, 욕조), 화장실 세정수, 냉동·냉각 배수 등이 있으며, 연간 확실하게 얻을 수 있는 배수를 중수도 설계 수량으로 할 필요가 있으므로, 화장실 세정수, 세면·손 씻는 물, 바닥 청소 수, 주방용수 등을 원수로 한다. 어느 용도의 배수를 원수로서 선택하는가는 수량·수질의 안정성, 용도, 사용형태, 처리기술, 비용 등을 고려하여 결정하여야 한다.

① 원수수질 특성

중수도로 유입되는 원수는 원수의 발생장소, 중수도의 이용방식 등에 따라 생활계 배수, 공장폐수 등으로 다양하게 구분되는데 이 중 생활계 배수는 화장실배수, 세면배수, 목욕배수, 냉각수, 청소배수, 주방배수 등으로 구분된다.

중수도로 유입되는 각종 생활계 배수 및 하수처리수의 성상은 종류별로 차이는 있으나 주로 유기계 오염성분인 BOD, COD를 비롯하여 질소와 인을 포함한 무기계 오염성분, SS와 같은 부유물질로 구성되어 있다.

② 일본의 중수도 이용시의 원수 및 처리수 수질 사례

일본은 광역적인 하수처리수 재이용이 주종인 미국에 비해 독립적인 상업빌딩의 배수재이용(즉, 개별순환방식)이 매우 활발하게 추진되고 있다. 다음은 일본의 빌딩배수의 재이용 사례를 보여 주고 있다.

주로 도시의 대형상업 건물에 많이 적용되고 있는 빌딩배수의 재이용은 일본에서 특히 발달

한 독특한 배수 재이용방식으로 빌딩내에서 발생하는 잡배수 및 오수를 처리하여 빌딩내 수세식 화장실용수, 조경용수, 청소용수로 재이용을 하는 경우가 주종을 이룬다. 중수도의 처리방식은 침전지를 생략하여 빌딩공간을 절약할 수 있고 또한 부유물에 대한 안정적 처리가 가능한 생물학적처리+막분리공정의 채택이 최근 추세이다. [표 3.15]와 [표 3.16]은 일본의 대표적 빌딩배수 재이용 사례 및 중수도의 원수 및 처리수 수질을 정리한 것이다.

〔표 3.15〕 일본의 대표적 빌딩배수 재이용 사례(1)

위치	국분사터미날 빌딩	신쥬꾸 스테이션 빌딩	도쿄 주우 트윈빌딩
중수도용도	화장실 수세용수	화장실 수세용수	화장실 수세용수
중수도원수	빌딩 잡배수	주방배수	빌딩 오수 및 잡배수
중수도사용량(m^3/d)	30	250	225
중수도처리방식	스크린－생물학적처리－한외여과	스크린－가압부상조－활성오니폭기조－한외여과	스크린－폭기조－한외여과－활성탄여과
중수도원수수질(mg/L)	BOD=26, SS=50	BOD=453, SS=183, COD=272, ABS=7, nH=118	BOD=388, SS=250, COD=200, ABS=7
중수도처리수질(mg/L)	BOD<1, SS<2 대장균=불검출	BOD<1, SS<2, COD<10, ABS=0.2, nH=2.9	BOD<1, SS<1, COD=2－13, ABS<0.02
특기사항	슬러지소량발생 무냄새, 운전용이	자동운전, 양액세정	

〔표 3.16〕 일본의 대표적 빌딩배수 재이용 사례(2)

위치	동경 북천주 공항종합청사	북구주시 제2청사(Annex)
중수도용도	화장실수세용수	화장실수세용수
중수도원수	빌딩잡배수 및 주방배수	주방배수 및 화장실배수 일부
중수도사용량(m^3/d)	180	73
중수도처리방식	스크린－유수분리조－활성오니폭기조－한외여과	스크린－RBC－급속모래여과－한외여과－활성탄여과－탈취설비
중수도원수수질(mg/*l*)	BOD=550, SS=190, COD=193, 색도=31	BOD=400, SS=170, ABS=5, nH=118
중수도처리수질(mg/*l*)	BOD=5.3, SS<1, COD=12.4, 색도=13.5	BOD<10, SS<5, ABS<1
특기사항	재이용수량의 일시적 과부하, 중수도의 기포 및 냄새 발생	물 절약의 Demo plant

〔표 3.17〕 일본의 공장 및 건물의 유형별 중수도 공법 및 이용용도

구분		중수도 원수	용도	주공법
공장	전기·전자	세면수, 목욕수, 세정수, 냉각수, 공정폐수, 폐수처리수, 생활오수	청소, 화장실세정수, 공정용수, 세정수, 냉각수, 세척용수, 연마용수	화학침전, S/F, A/C, R/O, M/F, EDR
	제지	폐수처리수, 공정폐수, 세면수, 목욕수, 세정수, 냉각수	화장실세정수, 공정용수, 세정수, 냉각수, 청소용수	미생물첨가방식, S/F, C/F, 화학침전, M/F
	섬유	세면수, 목욕수, 공정폐수, 세정수, 냉각수	세정수, 냉각수, 세척수	활성오니법
	자동차	오수처리수	공정용수	B화학침전, A/C, RO, 가압부상
	철강, 항공	생활오수, 세정수, 냉각수	청소, 화장실세정수, 조경용수, 세정수, 냉각수, 살수용	U/F, C/F, 활성오니
	기타	세정수, 냉각수, 세면수, 목욕수, 폐수처리수	청소, 조경, 냉각수, 세륜, 세차수	화학침전, 이온교환
업무용빌딩 및 레저시설	백화점	오수처리수, 세면수, 청소수, 목욕수	청소수, 화장실세정수	S/F, A/C, U/F, C/F, 화학응집, 활성오니, 오존, 응집침전
	레저	목욕수, 세면수, 욕실수, 생활오수	청소수, 화장실세정수, 조경용수, 축사용수, 제설용, 화장실용수	S/F, A/C, C/F, 단계폭기법, 응집침전, 가압부상
	호텔	세면수, 욕실수, 생활오수	냉각수, 화장실세정수, 조경용수	RBC, 화학침전, S/F, A/C, 화학응집
	공공	세면수, 청소수, 목욕수, 오수처리수, 주방배수	화장실세정수, 청소용수, 조경용수	활성슬러지법, S/F, A/C, U/F, A/F, C/F, Uni-F, 화학침전, 오존산화
	다세대	세면수, 목욕수, 생활오수	화장실세정수	접촉산화, S/F, A/C, 탈질, 탈인, 오존산화
	병원	오수처리수	청소용	화학응집, A/C
	기타	오수처리수, 생활오수	청소용, 화장실세정수	화학응집, S/F, C/F

주) S/F : Sand Filtration, A/C : Activated Carbon, U/F : Ultra Filtration, Uni-F : Uni-Filtration, A/F : 안트라싸이트 Filtration, M/F : Micro Filtration, R/O : Reverse Osmosis, B/R : Bio-Reactor

③ 우리나라의 중수도 운영사례

우리나라에서 중수도를 생활 잡용수로 사용하고 있는 경우의 예는 다음과 같다.

▣ H호텔

본 호텔의 경우 1일 오수발생량은 1,200m^3 정도이며 이중 350m^3 정도의 처리수가 중수도로서 재이용되고 있다. 발생오수의 오염농도는 BOD와 SS가 모두 250mg/L 정도이며 재이

용되는 중수도의 BOD, SS 농도는 10mg/L 이하이다. 처리시설로는 배양조를 갖춘 생물학적 처리공정과 모래여과기, 활성탄여과기 등이 사용되고 있다.

▣ P센터(업무용빌딩)

P센터의 경우 1일 용수공급량이 약 800m^3 정도이며 발생오수중 약 300m^3 정도가 중수도로서 재이용 되고 있다. 발생오수의 처리장 유입 오염농도는 BOD가 100~150mg/L, SS가 100mg/L 정도이며 생물학적 처리방법과 한외여과법에 의한 처리로 인하여 처리수의 수질은 BOD가 약 3mg/L, SS가 1mg/L 정도로서 상당히 양질의 중수도가 생산되고 있다.

3.2.6 중수도 처리공정의 선택

중수도로 유입되는 원수의 오염성분은 다양하므로 하나의 독자적인 처리공정으로 원수를 처리하기는 어려우며 일반적으로 중수도는 유입되는 원수의 오염성분을 고려하여 각각의 오염성분에 대응되는 처리공정을 조합하여 계획한다.

1) 중수도는 처리시설, 송배수시설 및 이용설비로 구성된다.
2) 중수도의 계획시에는 각 시설의 방식, 설계제원 및 배치 등에 대하여 합리성, 안정성, 경제성 및 유지관리 측면을 종합적으로 검토한다.

☞ 해설

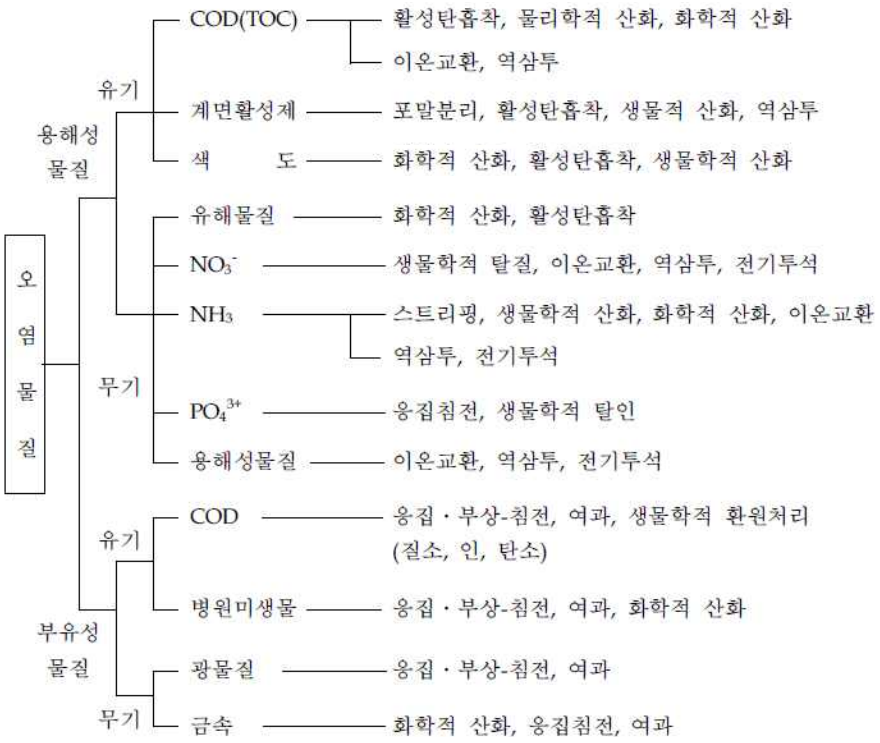
중수도는 수질 기준에 적합한 물을 충분히 얻을 수 있는 생물학적 처리 시설, 응집 침전시설, 모래여과시설, 활성탄흡착시설, 오존처리시설, 소독설비 등 필요한 처리를 하는 시설의 총체를 말하는 바, 이들 중 처리방식을 선정하고, 시설의 배치, 시설의 설계제원 등을 계획한다.

각 시설의 처리방식, 배치, 설계 제원 등의 기본조건을 검토하고, 경제성, 합리성, 안전성, 유지관리의 용이성 등을 고려하여 계획한다. 중수도 처리방식은 원수의 수질, 중수도 이용수량 및 용도별 수질기준을 기초로 하여 처리공정을 고려하여 결정한다. 중수도 원수 중에는 통상 부유성 유기물, 용해성 유기물, 질소, 인, 무기염류, 중금속, 색도성분, 냄새성분, 대장균 등이 함유되어 있다. 중수도로 유입되는 원수의 주요 오염성분은 크게 유기물(BOD, COD, 유분 등), 탁도, 색도, 세균 등이며 이들에 대한 처리방법은 일반적으로 <그림 3.4>와 같다.

중수도 처리를 위한 단독처리공정은 존재할 수 없고, 중수도의 용도와 원수 수질, 수량에 따라서 합리적인 처리공정을 고안해야 할 것이다. 예를 들어, 처리공정의 신뢰성, 경제성 등을 고려하면, 하수처리로서는 활성슬러지법, 재생 처리로서는 응집침전, 여과, 필요한 경우에는 활성탄 처리를 첨가하는 것이 실용성이 높다.

처리공정을 선택 시 처리수량, 제거대상물질, 제거율, 소요면적, 운전조작의 난이성, 건설비 등을 종합적으로 고려해야 한다.

중수도처리공정에서 유의해야 할 특성을 요약하면 다음과 같다.



〈그림 3.4〉 중수도에 유입되는 오염물질의 처리공정

① 설비의 간소화
② 유지관리의 단순화
③ 비용절감

처리방법에 복합적으로 사용되는 용수처리 단위공정들은 다음과 같다.

① 원수조정조
② 스크린
③ 응집여과
④ 응집침전
⑤ 여과
⑥ 활성탄처리
⑦ 오존처리
⑧ 염소처리
⑨ 막처리

3.3 중수도의 설계방안

3.3.1 설계요소

중수도를 설계함에 있어서 기본적인 관점은 아래의 2가지를 반드시 유의해야 한다.
1) 물 재이용을 위한 처리이다.
2) 운영·유지관리의 자동화 및 용이성을 우선적으로 고려한다.

☞ 해설

1)에 대하여

① 배수를 전량처리하지 않아도 된다.
소요 수량만 처리해서 재이용수를 확보하면 된다.

② 배수의 처리만으로는 소요 수량이 부족한 경우 또는 잡배수의 배출시간과 재이용수 이용시간이 상이한 경우에는 재이용수에 상수를 보급할 것을 고려해야 한다.

③ 처리 장치를 연속 운전할 필요가 없는 경우, 필요시에만 가동할 수 있게 해도 좋다.

④ 운전시간에 의하여 설계유량과 설비규모가 결정된다. 처리설비의 운전을 연속적으로 하는가 또는 간헐적으로 하는가에 따라서 처리방식이 달라질 수 있고, 처리전후의 저류설비의 용량이 크게 변할 수 있다.

2)에 대하여

① 처리에 대해서 전문적인 지식, 경험이 없는 사람도 운전할 수 있도록 해야 한다. 완전자동운전에 가까운 방법으로 한다.

② 처리설비를 건물의 지하에 설치하는 경우가 많기 때문에, 가능한 한 밀집되게 설계한다. 처리중에 냄새가 난다든지, 가스, 약품 등에 의한 사고가 있어서는 안 된다.

③ 고장에 의한 정지기간은 없는 것으로 하되 고장 시에는 상수도로부터 공급받도록 한다.

④ 배수처리에 의해서 생기는 슬러지를 오수와 함께 공공 하수도에 배출하거나, 공공하수처리시설에서 공동으로 처리한다.

3.3.2 시설별 설계 방안

중수도를 설계하는 경우에 기본적 요건에 입각하여 검토해야 할 항목은 중수도 용도, 중수도 이용량, 용도별 목표수질, 순환이용시스템 등이다.

☞ 해설

가. 설계조건

① 공급용도: 수세식화장실용수, 냉각용수, 청소용수, 세차용수

② 계획급수량: 급수대상시설의 총 수요를 충족시킬 수 있는 것으로 산정하되, 1일 최대급수량

을 구하고 시간별 평균 급수량도 산정한다.

③ 용수처리방법: 중수도 원수의 수질, 수량, 용도별 수질기준 및 관리방식 등을 고려하여 효율적인 공정을 선정해야 한다.

④ 유지관리방식: 운전관리, 수질관리, 안전관리를 비전문가가 조작할 수 있도록 조작이 간편하고 고장이 적어야 한다.

⑤ 수질목표: 용도에 적합한 수질기준을 설정한다.

⑥ 송·배수방식: 합리적이며, 경제적인 방식과 재질을 선정한다.

나. 처리대상

처리대상은 탁도, 색도, 냄새, 유기물, 질소, 인, 용존염류로 한다.

3.3.2.1 원수조정조

원수조정조는 원수량과 처리량 간의 양적 균형을 유지하고 또한 원수의 수질을 균등화하기 위하여 설치한다. 원수조정조의 구조 등은 다음과 같다.

1) 구조

원수조정조의 구조는 유입수의 수량 및 수질 부하를 용이하게 조절할 수 있도록 해야 한다.

2) 용량

① 유효용량은 원수량과 처리량 간의 양적 균형이 유지될 수 있는 용량으로 해야 한다.

② 원수의 수질을 균등화하기 위하여 원수 조정조를 설치하는 경우에는 원수수질의 시간적 변화를 충분히 조사한 후에 용량을 결정해야 한다.

③ 부대설비

원수조정조는 필요에 따라 스크린, 스컴 제거장치 및 공기교반장치를 설치해야 한다.

3.3.2.2 스크린 설비

스크린설비는 원수중에 부유하는 비교적 큰 물질을 제거하기 위해 설치한다. 스크린 설비의 구조 등은 다음과 같다.

1) 구조

스크린 설비의 구조는 제거하고자 하는 물질의 성상을 고려하여 적절한 것으로 해야 한다.

2) 스크린 및 접근유속

스크린은 내식성 및 필요한 강도를 갖는 재질로 해야 한다. 스크린 눈금의 크기 및 접근유속은 제거대상물질의 성상 등을 감안하여 선정하여야 한다.

3.3.2.3 응집용 약품주입설비

1) 기능
응집용 약품주입설비는 원수중에 포함된 미세한 현탁물질을 빠르게 침전 제거시키기 위하여 응집시키는데 필요한 약품을 적정량 주입할 수 있도록 해야 한다.

2) 약품의 종류 및 선정
응집에 사용되는 약품으로는 응집제 및 응집보조제가 있으며, 원수의 수질에 따라 적절한 것을 선정해야 한다.

3) 주입량
약품주입량은 실험에 의해 주입률을 설정하며 처리수량도 고려해야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

중수도 처리에 있어 침전이 어려운 미세입자, 부유고형물 등이 존재하는데 이는 전하를 지니고 서로 안정되게 수중에 존재하며 탁도를 유발하고 생물학적 처리시설로는 제거가 어려운 경우가 있다. 이 경우 응집제를 사용하여 미세입자들을 응집시켜 플록으로 형성하고, 완속 교반으로 플록입자를 크게 성장시켜 침전성을 양호하게 하여 미세 부유물질 등을 제거한다. 동시에 응집보조제를 병행하면 효율이 증진된다. 또한 커진 플록들이 안전하게 침강할 수 있는 침전시설을 갖추면 응집공정이 완료되는데, 이때에는 플록들이 다시 깨지지 않도록 수중의 조건을 적절히 조정할 필요가 있다. 응집반응은 응집제의 종류 및 투여량, 교반조건 등에 따라서도 달라지지만 중수도 원수의 온도, pH, 알칼리도 등에 의해서도 효과가 달라진다.

2)에 대하여

가장 널리 사용되고 있는 응집제로는 알루미늄염이나 철염이며, 원수의 특성을 고려하여 응집보조제를 함께 사용하면 응집효과가 증대된다. 주요 응집제의 종류는 [표 3.18]과 같다.

〔표 3.18〕 주요 응집제의 종류

응집제	화학식	분자량(g)	밀도(kg/m^3)	
			건조상	액상
황산알루미늄	$Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	666.7	961－1,201	1,121－1,281(49%)
	$Al(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	594.3	961－1,201	1,281－1,362(49%)
염화제2철	$FeCl_3$	162.1		1,346－1,490
황산제2철	$Fe_2(SO_4)_3$	400		
	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$	454		1,121－1,153
황산제1철	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278	993－1,057	
석회	$Ca(OH)_3$	CaO로 56	561－801	

3.3.2.4 응집지 및 약품침전지

응집지 및 약품침전지는 적당한 응집제를 첨가하여 중수원수 중에 포함된 콜로이드보다도 큰 현탁물질을 응집시키고 침전제거시키기 위하여 설치한다. 응집지 및 약품침전지의 구조는 다음과 같이 해야 한다.

1) 구조 및 형상

① 혼화지에는 기계적 혼화장치나 수로중에 정류판 등을 설치하여 원수와 응집제가 급속히 교반되어 혼합되도록 해야 한다.

② 플록형성지의 구조는 완속교반조(Flocculator)를 설치하든가 정류판을 갖는 우류수로 해야 한다.

③ 약품침전지의 구조는 응집지에서 형성된 플록이 효율적으로 침강될 수 있도록 하며, 지수는 청소나 고장의 경우에도 지장이 없도록 2지 이상으로 해야 한다. 부득이 1지로 할 경우에는 측관을 설치해야 한다.

2) 용량 및 평균유속

혼화지, 플록형성지 및 약품침전지의 용량 및 평균유속 등은 원수의 탁도, 탁도 조성, 응집제 및 약품보조제의 종류와 주입량, 수온, 응집지 및 침전지의 구조 등에 따라 다르기 때문에 항상 안정된 처리수를 얻기 위해서는 실적 또는 실험결과를 바탕으로 결정해야 한다. 플록의 침강을 촉진시킬 수 있는 적절한 설비(경사판 및 경사관 등)을 설치하는 경우에는 용량을 줄여줄 수 있다.

3) 약품침전지 부대설비

① 약품침전지에는 지내의 흐름을 균등화하기 위하여 정류설비를 설치해야한다.

② 침전된 슬러지는 유지관리상 슬러지 제거기를 설치하여 연속적으로 지의 밖으로 배출시키는 것이 바람직하다.

③ 침전수 유출부에는 지내 물의 흐름을 흐트리지 않고 가능한 한 저탁도의 침전수를 얻기 위하여 홈통 또는 웨어를 설치해야 한다.

④ 고속응집침전지

고속응집침전지에는 슬러지 순환형, 슬러지 블랭킷형 및 양자 복합형이 있으며 원수조 및 사용조건 등을 고려하여 적절한 것을 선정해야 한다.

3.3.2.5 여과지

여과지는 미세한 부유물질을 여층내에 억류 제거하는 시설로, 부유물질의 제거 및 수질의 안정화 등을 위하여 설치한다.

여과지의 구조 등은 다음과 같이 하여야 한다.

1) 여과속도, 여재 및 여층 두께

여과속도, 여재의 종류 및 여층두께 등은 실적 또는 실험결과를 바탕으로 결정해야 한다.

2) 여과면적 및 지수

여과면적 및 지수는 처리수량, 세정설비 등의 필요여부 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3) 수심

여과지의 모래위 수심은 여층내에 과대한 부력이 발생하지 않도록 충분히 깊게 하여야 한다.

4) 세정

① 세정방식은 역류세정방식, 역세세정에 표면세정을 병용하는 방식, 또는 공기와 물을 병용하는 세정방식을 표준으로 한다.

② 세정수량, 세정수두 및 세정시간은 여과지의 구조나 원수의 수질에 따라 적절하도록 하여야 한다.

③ 세정홈통의 높이는 세정 시 여재가 유출되지 않도록 하여야 한다.

3.3.2.6 입상활성탄 여과설비

입상활성탄 여과설비는 입상활성탄을 이용하여 수중의 냄새성분, 색도성분, 용존성 유기물 및 발포성물질을 제거하기 위하여 설치한다. 입상활성탄 여과설비의 구조 등은 다음과 같이 해야 한다.

1) 전처리

입상활성탄 여과설비의 앞에는 탁도를 제거하기 위한 설비를 설치해야 한다.

2) 구조 및 여과방식

① 구조는 철근콘크리트 중력식이나 강판제 압력을 표준으로 한다.

② 여과방식은 고정상여과, 유동상여과, 또는 이동상여과 중에서 원수의 수질 등을 고려하여 적절한 것으로 해야 한다.

3) 여과속도 및 접촉시간

여과속도 및 접촉시간은 원수의 조건에 따라 크게 다르므로 실적 또는 실험결과를 바탕으로 결정해야 한다.

4) 입상활성탄

① 입상활성탄은 실적 또는 실험결과를 바탕으로 선정해야 한다.

② 입상활성탄은 먼지 및 분탄이 적고 사용시에 마모되지 않을 정도의 충분한 강도를 갖는 것으로 해야 한다.

5) 세정

고정상이나 하향류 이동상인 경우에는 입상활성탄층을 세정할 필요가 있다. 세정방식은 역류세정에 표면세정 또는 공기세정을 병용하는 방식을 표준으로 한다. 세정수량, 세정수압 및 세정시간은 입상활성탄 여과설비의 구조 등을 고려하여 결정해야 한다.

☞ 해설

활성탄 흡착시설은 원수중의 냄새 성분, 색도 성분, 거품물질, 기타 유기물질 등 분해성 물질을 활성탄이 갖는 흡착 능력을 사용하여 제거하는 시설이다. 이 시설의 설계제원으로는 형식, 여과속도, 접촉시간, 지수, 세정방식, 세정속도, 세정시간 등이 있다. 활성탄 처리시설의 여과속도는 180 m/일 내외, 접촉시간은 20분 내외로 한다.

3.3.2.7 막처리설비

1) 막처리장치의 모듈은 평판형, 나선형, 중공사막형 및 관상막형 등을 사용하는 것으로 한다.
2) 막처리장치의 처리수 회수율은 해당 장치의 유입수 수질에 따라 정해지는데 50% 이상을 목표로 한다.
3) 막처리장치에는 막오염방지장치를 설치하여 정기적으로 막면을 세정할 수 있도록 한다.
4) 막처리장치의 유입수는 잔류염소 농도가 0.5~1.0mg/L가 되도록 염소제를 주입하는 것이 바람직하다. 또한 수온은 30℃ 이하가 되도록 하며 pH는 6~7 정도가 되도록 한다.
5) 막처리장치로의 공급펌프는 장시간 운전해도 고장이 쉽게 발생되지 않는 견고한 기구를 갖춘 것으로 하며, 조작압력은 각 모듈 종류별로 필요수량을 충족시킬 수 있는 것으로 한다.
6) 막처리장치의 여과수는 필요에 따라 pH 조절을 할 수 있도록 한다.
7) 막처리장치로부터 발생되는 농축수는 하수도로 방류(단, 하수도 방류기준내 수질)시키거나 혹은 별도 처리한다.

☞ 해설

우리나라에서 주로 사용되고 있는 막을 이용하는 처리방법으로는 정밀여과법, 한외여과법, 역삼투법 등과 이온교환막을 이용하는 전기투석법이 있다.

가. 정밀여과법(Micro Filtration, MF)

정밀여과법은 약 0.05~10 ㎛의 공경을 가진 막을 이용하여 유입수를 여과하는 방식으로 순수 클리닝, 역삼투막 장치의 전처리, 박테리아의 제거 등을 목적으로 개발되었으며 다른막에 비해 상대적으로 큰 공경을 가지고 있기 때문에 투과유량이 크며 사용할 때의 압력은 1~3kg/cm^2 정도이다. 정밀여과막의 형태는 원통형 카트리지 방식이 대부분이나 평면형막도 사용되고 있다. 정밀여과법을 이용한 대표적인 사례는 다음과 같다.

① 스크린 → 유량조정조 → 폭기조 → 정밀여과법 → 소독조 → 처리수조

② 스크린 → 유량조정조 → 정밀여과법 → 역삼투법 → 소독조 → 처리수조

나. 한외여과법(Ultra Filtration, UF)

한외여과법은 반투막을 이용하여 수중에 용해되어 있거나 부유하고 있는 고분자 물질과 콜로이드 입자 등을 막을 이용하여 분리 압축하는 방법으로서 순수제조 및 오·폐수의 고도처리 등에 주로 사용된다. 한외여과막을 이용할 경우 단백질이나 박테리아와 같은 세균류의 제거도 가능하며 압력에 의하여 액체중의 성분을 저분자 물질과 고분자 물질로 분리할 수도 있어 식품공장에서의 농축장치나 제약 공장에서의 무균수 제조 장치에도 사용된다. 한외여과법을 이용할 경우 장·단점은 [표 3.19]와 같다.

〔표 3.19〕 한외여과법의 장·단점

장 점	단 점
• 운전 조작이 간편 • 간헐 운전에도 문제없음 • 유입수내의 유기물과 무기물은 물론 미생물도 제거 가능 • 슬러지처리시설이 필요 없음 • 장치가 밀폐되어 있어 악취가 적음 • 장치가 콤팩트하여 설치장소가 작음	• 건설비, 운전비는 다른 특수처리에 비하여 비쌈 • 2~3년에 1회 막의 교환이 필요 • 기계적, 화학적 방법에 의한 막면의 세정이 필요 • 재이용의 회수율이 다른 특수처리방식보다 낮음

한외여과용 막은 용도에 따라 여러 가지 종류가 개발되어 있으며 대표적인 모듈의 종류로는 튜브(Tubular)형, 스파이럴(Spiral)형, 중공사(Hollow fiber)형 등이 있다. 튜브형의 막은 막의 충전밀도가 낮아 현탁물질에 의한 모듈의 막힘이 잘 일어나지 않는 장점이 있다. 한외여과법은 생물학적 처리방법과 조합하여 많이 사용되며 대표적인 사용 사례는 다음과 같다.

① 스크린 → 유량조정조 → 폭기조 → 한외여과법 →
소독조 → 처리수조

② 스크린 → 유량조정조 → 여과조 → 한외여과법 →
소독조 → 처리수조

다. 역삼투법(Reverse Osmosis, RO)

역삼투법은 주로 해수를 담수화하는 탈염장치로 사용되어 왔으며, 오·폐수의 처리에 있어서는 수중에 포함되어 있는 염을 제거하기 위한 탈염장치로 사용된다. 농도가 서로 다른 용액의 경계면에 반투막을 설치할 경우 용액의 농도가 약한 쪽의 용액이 농도가 강한 용액쪽으로 이동하여 평형상태를 유지하려고 하는 현상을 삼투(침투)현상이라 하는데 역삼투란 이러한 삼투현상을 역으로 이용하는 것으로서 농도가 강한 쪽의 용액에 삼투압 이상의 압력을 가함으로써 반투막에 의하여 물을 얻는 방법이다. 역삼투에 이용되는 모듈의 형식으로는 튜브형, 스파이럴형, 중공사형, 플레이트 & 프레임형 등이 있으며 이중 튜브형은 원수중의 오염물질에 대한 내구성이 있어 공장폐수의

탈염처리, 식품공업에서의 농축처리 등에 적합하다. 역삼투법은 용수의 재이용을 위한 설비로서 주로 검토되고 있으며 이를 이용할 경우 대용량 처리가 가능하나 투자비가 높은 단점이 있다. 역삼투법의 장점과 단점은 [표 3.20]과 같다.

〔표 3.20〕 역삼투법의 장·단점

장 점	단 점
• 에너지 소비가 적음	• 막의 물리화학적 강도가 약함
• 대용량을 단시간에 처리할 수 있음	• 설치비가 대단히 높음
• 장치 및 조작방법이 단순	• 막오염이 있고 막의 수명이 비교적 짧아 막교환 비용이 높음
• 순수정도의 처리수질을 얻을 수 있음	• 운전비용이 높음

라. 전기투석법(EDR)

전기투석법은 수중의 이온만을 선택적으로 통과시키고 물을 통과시키지 않는 막(이온교환막)의 성질을 이용하여 용액내 염류의 제거 및 농축에 사용된다. 다수의 양이온 교환막과 음이온 교환막을 양극과 음극 사이에 배열하고 전압을 가하면 양이온은 음극쪽으로, 음이온은 양극쪽으로 이동하며 이 과정에서 양이온은 음이온 교환막에서, 음이온은 양이온 교환막에서 이동을 저지당한다. 이러한 이온의 이동결과 막사이에 염류가 농축된 농축실과 제거된 탈염실이 생기므로 농축수 및 탈염수를 얻을 수 있다. 전기투석법은 무기염류를 제거하는데에는 효과적이나 부유물질 또는 용해성 유기물 등을 제거하는 경우에는 탁질에 의한 투석조내 막사이의 유로 폐쇄와 유기물의 교환막 흡착에 따른 전기저항의 증대 등을 방지하기 위하여 응집침전 여과활성탄 흡착 등과 같은 전처리 시설을 필요로 한다.

현재 개별건축물이나 공장 등에서 넓은 부지를 필요로 하지 않으며 운전이 용이하고 유지관리가 용이한 중수도처리기술로서 각광을 받고 있는 막처리법(정밀여과법, 한외여과법, 역삼투법)의 적용효율을 높이기 위한 연구가 진행중에 있으며 막처리법 적용시 장점 및 문제점은 [표 3.21]과 같다.

〔표 3.21〕 막처리법 적용시 장점 및 문제점

장 점	단 점
• 응집제가 필요 없음	• 막의 수명 문제
• 자동화, 무인화가 용이	• 돌발적인 사고에 대한 원수의 감시 태세
• 처리부지가 작아짐	• 시공관리
• 유지관리가 용이	• 신기술로의 전환의 불안
• 부산물을 생성하지 않음	• 정수처리에 적합한 막의 개발
• 여러 가지 성분의 동시제거가 가능	

3.3.2.8 소독설비

1) 오존처리설비
2) 염소소독설비
① 기능
염소처리는 수중의 청소, 슬라임 제어, 조류발생방지 등을 효과적으로 수행할 수 있도록 해야 한다.
② 염소제
사용되는 염소제로서는 액화염소, 전해염소, 차아염소산나트륨, 표백분 등이 있으며, 원수의 수질, 수량, 사용량, 약품구입의 용이성, 안정성, 작업성 등을 고려하여 선정하여야 한다.
③ 주입방식 및 주입장소
㉠ 주입방식은 사용하는 염소제에 대해 적절한 방식을 선정해야 한다.
㉡ 주입장소는 주입 후 충분히 균등하게 혼합되는데 필요한 접촉시간을 확보할 수 있는 위치를 선정해야 한다.
④ 주입률
염소의 주입률은 목적에 따른 잔류염소량, 물의 염소요구량 등을 감안하여 결정해야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

오존처리는 살균효과 이외에 탈취, 탈색 및 용해성 유기물의 산화도 기대한다. 일반적으로 오존 주입율은 10~30ppm, 접촉 시간은 15~30분 내외로 한다.

2)에 대하여

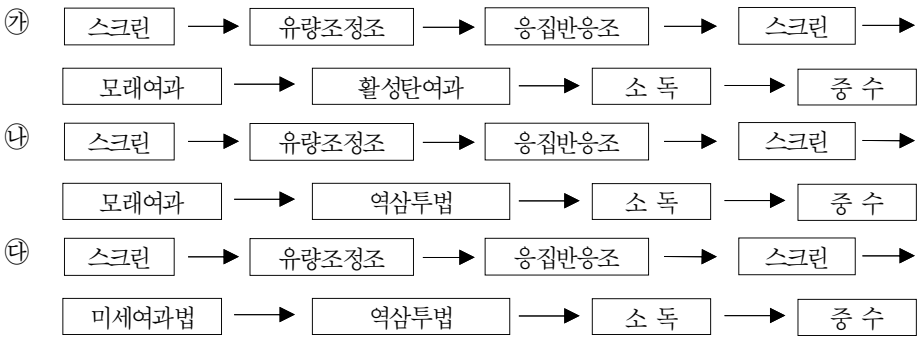
염소처리는 대장균 등에 대한 살균효과 및 조경용수에 있어 조류발생 억제효과를 기대하는 처리이며, 오존처리와 비교하여 볼 때 효과의 지속성이 있다. 염소단독처리를 할 때, 대장균을 완전히 살균할 때의 염소주입율은 2차 처리수에 대해서는 적어도 10mg/L 이상, 모래 여과수에 대해서는 적어도 5mg/L 이상 필요하다.

3.3.2.9 기타 처리설비

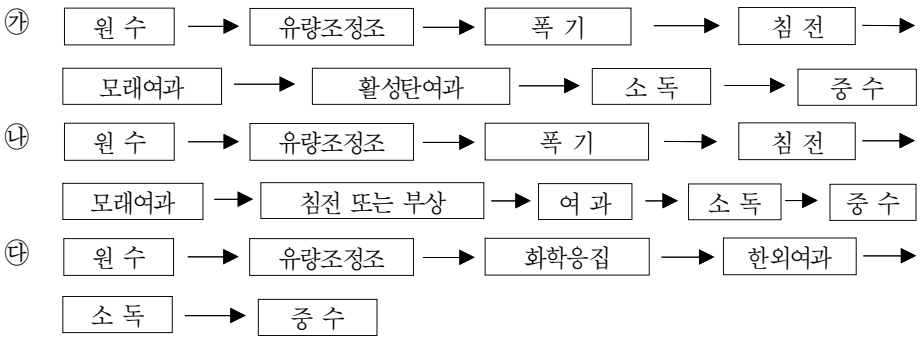
원수의 수질 및 처리수의 용도 등으로 인하여 약품침전, 여과, 활성탄처리, 오존처리, 막처리 등으로 충분한 처리효과를 기대할 수 없는 경우에는 필요에 따라서 다른 처리설비를 설치해야 한다.

3.3.3 중수도의 용도별 공정 계통

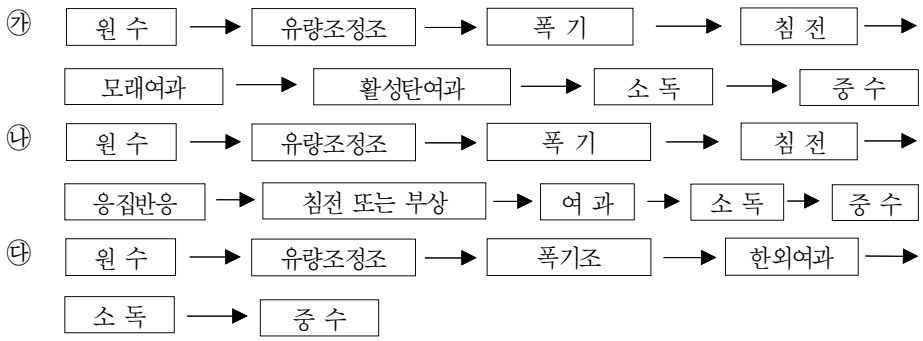
1) 중수도 용도별 처리시설은 원수 수질이 가장 낮은 경우에도 충분히 그 기능이 발휘될 수 있도록 중수도 전체의 균형이 갖추어져야 한다. 원수 수질 정도에 따라서 처리 시설의 규모가 달라진다. 원수수질이 중수도 용도에 비추어 수질 목표에 항상 적합한 경우에는 처리 시설을 생략할 수 있다.
2) 원수 수질이 중수도 공급 수질에 적합하지 않을 경우에는, 원수조정조, 스크린 설비, 약품 침전지, 여과지, 활성탄처리설비, 오존처리설비, 염소처리설비 등을 단독 또는 병합 처리한다. 원수가 하수와 잡배수인 경우는 필요에 따라서 생물처리 설비를 설계한다. 빌딩 중수도의 경우, 하수와 잡배수를 원수로 하는 경우에는 생물처리가 필요하다.
3) 중수도는 주로 전처리, 본처리, 후처리 공정으로 이루어져 있으며 공장, 상업용, 업무용 빌딩 등 사용 용도에 따라 다양한 공정으로 구성할 수 있다.



〈그림 3.5〉 공장에서의 중수도 사용을 위한 처리공정의 계통



〈그림 3.6〉 상업용 빌딩에서 중수도 사용을 위한 처리공정의 계통



〈그림 3.7〉 공공용, 업무용 빌딩에서의 중수도 사용을 위한 처리공정의 계통

3.3.4 내진 설계

중수도는 건축물과 별도의 시설물로 설치될 수 있지만 대개의 경우 건축물 내에 위치한 공작물이므로, 건축물의 내진설계 범주에 포함되도록 하고, 내진성능을 확보하여 지진피해로부터 시설의 보호와 시설의 기능을 최대한 유지할 수 있게 고려하며, 시설의 지진피해가 2차 재해를 발생시킬 가능성을 최소화하도록 한다.

☞ 해설

중수도의 내진 설계는 2009년 국토교통부에서 고시한 「건축구조기준」에 따른 공작물 내진설계 적용 범위와 규정, 설계 지진력 등을 검토하여 적용한다. 지진시, 중수도 시설물이 보유해야 할 성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분할 수 있으나, 기능수행수준은 설계지진 작용 시, 시설물의 기능을 차질 없이 수행할 수 있는 범위내로 제한하는 성능수준이고, 붕괴방지수준은 시설물이 붕괴되거나 또는 시설물의 손상으로 인하여 대규모 피해가 초래되는 것을 방지하는 성능수준을 의미한다.

기능수행수준을 고려하는 설계의 경우, 현재까지 각 시설물이 기능수행수준을 만족하는지 여부를 확인하는 절차나 방법에 대한 검토가 명확히 정립되지 않은 상태이기 때문에, 기능수행수준의 설계를 요구하는 것은 설계자에게 혼란을 야기하고 일관된 설계 성과를 기대하기 어렵다. 이에 따라, 중수도의 내진설계는 붕괴방지 수준만을 만족시키도록 요구하고 있다.

3.4 중수도의 송배수 시설

3.4.1 중수도의 송배수방식

송배수시설은 중수도의 특수성을 고려하여 적절한 것으로 해야 한다.

☞ 해설

송배수시설은 중수도 공급의 안전성을 확보하기 위하여 관수로에 의한 것을 원칙으로 하며, 송배수관, 조정지, 펌프 및 밸브 등의 설비로 구성된다. 송배수시설은 평상시의 안정적인 급수와 장래의 유지관리도 고려하여 각 송배수관의 수량과 관경, 연결관의 보급수량과 관경 등을 적절히 결정한다. 특히, 사고시나 재해시 등에 상수도를 지원 급수할 수 있도록 고려되어야 한다. 특히, 중수도 배수시설은 합리적인 계획으로 배치하여 시간적으로 변동하는 중수도 송수량과 수요량에 대하여 적정한 압력으로 연속적이면서 안정적으로 공급하는 것이 매우 중요하다. 또한, 유지관리가 효율적이고 용이한 것이어야 하며, 배수과정에서 중수도가 오염되거나 변질되지 않도록 수질을 적절하게 유지하고 관리해야 한다.

3.4.2 중수도 계획배수량

배수시설의 계획배수량은 계획시간최대급수량을 기준으로 해야 한다.

☞ 해설

계획배수량은 1시간당 수량으로 나타내며 각각의 배수관이 담당하는 계획배수구역의 계획 1일 최대급수시에 시간최대배수량이다. 계획시간최대급수량은 그 배수구역내의 계획급수인구가 그 시간대에 최대량의 물을 사용한다고 가정하여 계획 1일 최대급수량일 때의 시간평균배수량에 시간계수를 곱하여 결정한다.

계획시간최대배수량 산정과 시간계수에 대해서는 「상수도시설기준」을 참고한다.

3.4.3 중수도 송배수 시설 선정시 고려사항

중수도를 원활히 공급하기 위해서는 송배수시 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다. 1) 중수도 공급배관의 재질 2) 배관방법 3) 배관의 관경 4) 저류조 및 펌프

☞ 해설

중수도 원수인 생활 잡배수는 계절별, 시간별 유량변동이 심하여 원수공급이 줄어드는 경우가 있는데, 이러한 경우 필요한 양만큼의 중수도 생산 및 공급이 어려워지므로 부족한 수량을 공급하기 위하여 상수도관의 연결이 필요하다. 송배수를 위해서는 배관시설, 탱크시설, 펌프 등은 반드시 필요하나 사용되는 배관 및 탱크시설의 종류는 건축물의 설계에 따라 변할 수 있다.

법적 의무대상 중수도의 경우 법적인 근거에 의거하여 사용량이 결정됨을 고려하여 중수도의 사용수량을 검토하기 위한 유량계는 반드시 설치가 필요하며, 비의무대상의 경우에도 사용수량 관리

를 위해 유량계 설치를 권고한다.

1)에 대하여

배관재료 및 배관의 식별: 중수도를 공급하기 위해 급수관에 사용하는 배관재료는 음용수 배관재료와 동일하게 내식성 배관재료를 사용하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 일반적으로 중수도는 수돗물에 비해 배관재료에 대한 부식성이 크기 때문에 배관재의 선정시 내식성에 대해서도 충분한 검토가 필요하다. 또한 음용수 계통과의 오접합 방지를 위해, 중수도용 배관은 외관상 음용수 배관과 구분할 수 있는 재질의 관을 선정하는 것을 원칙으로 하여야 하며, 보라색 계통의 적정 배관재질의 제시가 바람직하다. 일반적으로 수압과 외압에 대한 안전성, 환경조건, 시공조건을 고려하여 최적인 것을 선정하며, 외력 중에서 지진력에 의하여 큰 피해가 발생할 것으로 예상되는 지역에서는 진도, 관로의 구조특성, 주변의 지반특성 등을 고려한 관로의 피해를 예측하고, 위험도가 크다고 평가되는 경우에는 내진성이 높은 재료의 관종 및 조인트를 선정하고 또한 이형관 등을 포함한 관로시스템 전체를 적절한 내진설계로 한다.

2)에 대하여

중수도 계통에 수격현상이 발생되지 않도록 적절히 조치한다. 공기의 정체가 발생할 위험이 있는 경우에는 공기빼기 밸브 등을 설치하여 공기의 정체를 방지한다. 배관은 공기정체나 슬라임이 발생하지 않도록 균일한 기울기로 배관한다. 유지관리를 위해 적절한 위치에 지수용 밸브를 설치한다. 역 사이폰 작용 및 역압에 의한 역류를 방지하기 위해 적절한 조치를 취하여야 한다. 일반적인 배수관의 설계 및 시공은 다음 각항의 기준을 따르며, 기타 자세한 사항은 「상수도시설기준」 7.4 배수관을 참조한다.

① 배수관의 수압은 급수관을 분기하는 지점에서 배수관내의 최소동수압은 150kPa(약 1.53kgf/cm^2) 이상을 확보하고, 최대정수압은 700kPa(약 7.1kgf/cm^2)를 초과하지 않아야 한다.

② 배수관의 관경은 관로의 동수압은 평상시에는 그 구역에 필요한 최소동수압 이상으로 유지되도록 하며, 또한 수압이 가능한 한 균등하게 되도록 결정한다. 관경을 결정함에 있어 배수지, 배수탑 및 고가탱크의 수위는 항상 저수위를 기준으로 한다.

③ 배수관의 매설 위치와 깊이는 공공도로에 관을 부설하는 경우에는 「도로법」 및 관계법령에 따라야 하며 도로관리자의 허가조건 또는 협약에 따르고, 배수본관은 도로의 중앙쪽으로 배수지관은 보도 또는 차도의 편도 측에 부설한다. 또한, 배수관을 다른 지하매설물과 교차 또는 인접하여 부설할 때에는 적어도 30cm 이상의 간격을 두어야 한다.

3)에 대하여

관경은 각 가구 등으로 급수하는 급수관의 순간최대부하유량에 의해서 설계하지만, 수압이나 기기의 성능, 사용 빈도, 점유시간, 물 사용시간, 이용형태 및 물 사용습관이나 방법 등에 의해 좌우된다. 이와 같은 부하유량을 산정하는 방법으로는 가구 급수부하단위에 의한 방법, 물사용시간 비율과 가구 급수단위에 의한 방법, 기구이용에 의해 예측하는 방법, 실측치에 기초한 방법이 있다.

중수도가 대소변기의 세척수로 주로 이용되는 것으로 하면, 가구 급수부하단위에 의한 방법이 사용될 수 있다. 그런데, 가구 급수부하단위에 의한 방법에서는 가구 급수부하단위가 상당히 오래 전의 값이고 또한 최근 절수형 변기가 설치됨으로써 실제 사용량은 과거의 경우와는 다를 것이다. 따라서 부하단위의 수정 및 동시 사용 유량선도의 수정을 통해 적절한 관경을 선정할 수 있도록 하여야 할 것이다. 관경 결정은 다음의 순서에 따른다.

(관경 결정 구간의 부하유량 산정)→(사용하는 배관재에 따른 유량선도 사용)→(허용마찰저항 또는 유속의 저항에 의해 관경 결정)

유속은 빠르게 하면 수격현상이나 유수음이 발생하기 쉽기 때문에 1.5~2m/s 이하로 한다.

4)에 대하여

중수도는 사용한 물을 다시 처리하여 사용하는 것이기 때문에, 원수의 공급 시간과 중수도의 이용시간대가 다를 수 있다. 따라서 중수도용 저류조의 용량 결정도 중요하다.

저류조의 용량을 작게 하면, 초기투자에 따른 설비부담은 작아지지만, 중수도 이용률이 작아질 수 있는 단점이 있다. 그러나 용량을 크게 할수록, 처리수가 유입하는 횟수가 작아지게 되는 단점이 있다. 또한 저류조를 크게 하면, 물이 부패하기 쉽기 때문에 필요 이상으로 크게 하지 않도록 한다. 사용수량에 따른 중수도 처리수의 공급이 되지 않는 경우를 고려하여 수돗물을 공급하는 방식의 설계를 하는 경우, 역류에 의한 오염이 발생하지 않도록 토수구 공간, 역류방지기구 설치 등의 조치를 취하여야 한다.

- 중수도용 저류조의 용량은 1일 사용량의 50% 정도로 한다.
- 우수와 병용하는 경우, 우수는 별도 처리하여 우수용 저류조에 유입되도록 한다.(본 가이드라인 2.3.3.5절 참고)
- 중수도용 저류조의 구조는 견고하고 또한 안전하며, 누수의 위험이 없는 구조로 하며, 동결의 위험이 없도록 하여야 한다.
- 중수도용 저류조에는 오버플로우 관과 통기관을 설치한다. 그리고 상수 보충수 관은 토수구 공간을 설치한다.
- 중수도용 펌프, 수조 등 중수도용수에 관한 장치에는 오염방지 조치를 취한다.
- 중수도용 저류조는 중수도용임을 명확히 알 수 있는 조치를 취하여야 한다.
- 중수도용 저류조는 점검, 청소 및 수리가 용이한 구조로서, 그리고 수질 오염의 위험이 없는 장소에 설치한다.

중수도용 공급펌프의 용량 결정시, 음용수용 펌프와 동일하게 결정한다. 일반적으로 이용되는 고가수조식으로 하는 경우의 예를 들어 보면, 고가수조의 용량과 양수펌프의 양수량과는 밀접한 관계가 있으며, 양수펌프의 양수량을 크게 하면 고가수조의 용량을 작게 하는 것이 가능하다. 또한 그 반대의 경우도 성립한다.

- 양수펌프의 양수량은 시간최대급수량으로 하는 것이 일반적이다.

– 펌프의 양정은 실양정에 밸브 및 배관 등의 마찰손실 수두를 더하여 결정한다.
– 저양정 양수펌프의 유속은 2~3m/s, 고양정 양수펌프의 경우는 5~6m/s 정도로 한다.

3.4.4 중수도 송배수 시설 설계 방안

송·배수시설은 중수도 처리수부터 이용설비까지 송·배수하는 시설의 총체를 말한다. 송·배수방식으로는 자연유하식과 직압방식이 있으며, 직압방식에는 압력탱크 설치 가부로 구분한다. 송·배수 관로의 배치, 시설의 설계 제원 등을 계획한다.

☞ 해설

자연유하식은 배수탱크에서 이용 설비까지 배수를 펌프에 의하지 않고 자연 유하로 배수하는 것을 말하고, 이때 사용하는 배수관은 압력관으로 한다.

– 배수방식은 필요 수압 및 지형조건을 고려하여 결정한다.

송수, 배수시설의 계획송수, 배수량은 계획시간최대수량을 기준으로 한다. 저류조가 있는 빌딩 등에 공급되는 경우의 계획배수량을 크게 결정하면 저류조의 용량은 작아지고, 계획배수량이 작으면 저류조의 용량은 커지게 되는 관계가 있기 때문에 배수시설 및 저류조의 경제성, 설치 가능 저류조 용량 등을 종합적으로 검토해서 결정해야 한다.

처리수를 사용처로 공급하기 위해서는 적절한 송배수시설이 필요하다. 송배수시설이란 처리수를 송수, 저류하고 급수구역으로 배분하는 시설로서 송수펌프, 송수관, 배수탱크, 고가탱크, 배수펌프, 배수관 등으로 구성된다. 이를 이용한 일반적인 중수도처리수의 공급방식은 다음과 같다.

① 처리시설→배수탱크→펌프→배수관→이용시설
② 처리시설→배수탱크→펌프→송수관→배수탱크→펌프→압력탱크→배수관→이용시설
③ 처리시설→펌프→송수관→배수탱크 또는 고가탱크→배수관→이용시설

중수도처리수를 이용시설로 이송하기 위해서는 처리장의 위치, 이용설비의 설치위치 등에 따라 다양한 시설이 사용될 수 있다.

그러나 이 밖에도 원활한 중수도공급을 위해서는 상수관을 배수탱크에 연결할 필요가 있다. 중수도 원수인 생활 잡배수는 계절별, 시간별 유량변동이 심하여 원수공급이 줄어드는 경우가 있는데, 이러한 경우 필요한 양만큼의 중수도 생산 및 공급이 어려워지므로 부족한 수량을 공급하기 위하여 상수도관 연결이 필요하다.

이상의 내용을 종합할 때 송배수를 위해서는 배관시설, 탱크시설, 펌프 등이 반드시 필요하나 사용되는 배관 및 탱크시설의 종류는 건축물의 설계에 따라 변할 수 있다.

– 송배수시설
  • 배관: 배수관, 송수관, 상수도관
  • 탱크: 배수탱크, 고가탱크

• 펌프 : 송수펌프, 배수펌프

송배수시설에 대한 최소한의 설치기준은 상기에 명시된 배관, 탱크, 펌프시설에 대하여 각각 하나 이상의 설비를 갖추어야 한다. 중수도의 사용수량에 대하여는 법적인 근거에 의거하여 사용량이 결정됨을 고려하여 중수도의 사용수량을 검토하기 위한 유량계를 반드시 설치하여야 한다. 중수도의 경우 건축물의 종류별로 중수도배관을 규정하기보다는 규모에 따라 배관 구경기준을 설정하는 것이 보다 바람직할 것으로 보인다.

현재 우리나라에서 사용되고 있는 급수관의 구경은 13－300mm이며, 급수 구경별 예상 사용량은 공업용수의 대상기준인 1,000톤/일에 해당하는 급수관경은 100mm에 해당하며, 업무용 빌딩 등의 생활용수로 적용되는 500톤/일에 해당하는 급수관은 75mm에 해당된다. 따라서 공장의 경우는 하루 물사용량 기준과 급수관경 100mm를 빌딩의 경우는 연면적 기준과 급수관경 75mm의 기준을 동시에 적용하는 것이 바람직하다.

3.5 중수도 급수설비

3.5.1 시설개요

'중수도 급수설비'라 함은 중수도를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로부터 분기하여 설치된 급수관(옥내급수관 포함)·계량기·저류조·수도꼭지 그밖에 중수도 사용을 위하여 필요한 기구를 말하며, 중수도 급수설비를 공도 내에 매설할 경우에는 도로 및 교통관계법령, 건축물에 설치할 경우에는 건축물관계법령 및 소방법령 등의 규제를 받는다. 중수도 급수설비는 수요자가 필요로 하는 수질을 만족하는 수량을 안정적으로 공급할 수 있어야 하며, 급수설비에서의 역류, 기존 상수 급수시설과의 오접합 등으로 인한 수질사고를 방지할 수 있도록 고려되어야 한다. 중수도 급수설비를 계획할 때에는 설계에 앞서서 장소와 사용목적을 확인하고 계획사용수량을 결정하며 분기가능한 배수관과 최소동수압을 확인하고 급수방식과 급수관의 구경을 결정하는 것이 중요하다.

3.5.1.1 중수도 계획급수량

중수도 급수설비에 있어서 계획급수량은 건축물내에서의 순간최대 사용수량을 만족하는 것이어야 한다.

3.5.1.2 중수도 급수방식

1) 중수도 급수설비에 있어서 급수방식은 배수관의 급수압력, 배수관으로부터의 저류능력 등을 고려하여 건물내 수리적으로 가장 불리한 곳에서도 충분한 급수압력으로 필요한 수량을

얻을 수 있도록 해야 한다.

2) 고층 건축물에 있어서는 과대한 급수압력에 의한 사용지장, 수격작용이나 유수음의 발생 및 접속부품의 단명화를 피하기 위해 적절히 구역을 분할해야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

중수도 급수방식에는 배수관을 분기하여 직접 급수하는 직결식과 배수관으로부터 분기하여 일단 저류조에 받아서 급수하는 저류조식 및 이들의 병용식이 있으며, 급수방식은 급수전의 높이, 수요자가 필요로 하는 수량, 사용용도, 수요자의 요망사항 등을 고려하여 결정한다.

① 직결식에는 배수관의 압력으로 직접 급수하는 직결 직압식과, 급수용 가압펌프설비(이하 「가압급수설비」라고 한다)를 설치하여 급수하는 직결가압식이 있다.

② 저류조식은 중수도를 저류조에 받아서 급수하는 방식이다.

③ 직결식과 저류조식의 병용방식은 하나의 건물에 직결식과 저류조식 양쪽 공급방식을 병용하는 것이다.

3.5.2 중수도 사용설비 시설계획

3.5.2.1 중수도용 저류조

1) 중수도용 저류조는 배수관으로부터 저수량과 건축물 내에서의 사용량을 조절할 수 있는 유효용량을 가지고 있어야 한다.

2) 중수도의 저류량 부족 혹은 수질악화 등을 고려하여 저류조에는 수돗물을 보급할 수 있도록 해두는 것이 바람직하다. 단, 이 경우에는 상수도관을 중수도용 저류조에 직결하여서는 아니되며, 중수도용 저류조 상부로부터 이격거리를 두어야 한다.

3) 중수도용 저류조는 수질에 영향을 주지 않는 재질로 내면을 구성하고 외부로부터 먼지, 배수, 빗물 등이 유입하지 않는 구조로 한다.

☞ 해설

2)에 대하여

중수도 사용수량이 부족하여 상수를 급수하는 경우가 상수계통으로 역류하는 것을 방지하기 위함이다.

3)에 대하여

① 저류조는 외부에서 보수와 점검을 용이하고 안전하게 할 수 있어야 하며 위생상 유해한 액체나 물질을 저류하거나 처리하는 시설(분뇨정화조, 배수관, 도로측구, 연못 등)로부터 일정간격 이상 떨어지게 설치하고 위생상 유해한 액체나 물질이 침입하지 않도록 한다.

② 저류조는 수질에 영향을 주지 않는 내식성 재료로서 수밀성이 확보되어야 하며, 내면을 구성하는 재료도 충분한 강도가 있어야 하고, 조류가 증식되는 것을 방지할 수 있는 제품을 사용한다.

③ 저류조에는 공기소통을 위한 환기구 또는 환기통을 설치하며 위생상 유해한 물질이 유입되지 않도록 환기구나 환기통에는 세목스크린을 설치한다.

④ 월류관은 유입수량을 충분히 배수(排水)할 수 있는 관경으로 하되 월류관을 통하여 벌레 등 오염물질이 유입되지 않는 구조로 한다. 특히 지하저류조의 월류관에는 역류방지밸브를 설치하거나 외부수가 역유입되지 않도록 토수구 공간의 간격을 두어 간접배수(排水)가 되도록 한다.

⑤ 저류조의 유입구와 유출구는 수리적으로 마주보는 위치에 설치하여 수조 내의 물이 정체되거나 체류수가 생기는 일이 없도록 하며 저류조가 큰 경우에는 도류벽을 설치하는 것이 바람직하다.

⑥ 상수도시설의 보수 등으로 단수되었을 경우에 노후관로로 유입된 오수나 이물질이 다시 통수할 때에 저류조로 유입되는 것을 방지하기 위하여 저류조 유입관에 배수(排水)용 밸브를 별도로 설치하여 재통수할 때에 유입관 밸브를 잠그고 배수(排水)용 밸브를 열어 단수시 급수관에 유입된 적수 및 탁질수를 배출시킨 후 깨끗한 물을 저류조에 유입하도록 하여야 한다.

3.5.2.2 고가수조

1) 고가수조는 양수펌프의 양수량과 순간최대수요수량을 조절할 수 있는 유효용량을 가지고, 모든 급수개소에 충분한 급수압력을 줄 수 있는 높이에 설치해야 한다. 2) 고가수조의 구조 및 설치위치 등에 대해서는 저류조의 경우에 따른다.

☞ 해설

1)에 대하여

고가수조의 유효용량은 1일 계획사용수량의 1/10 정도를 표준으로 하고 있으나 유효용량이 너무 적은 경우에는 단위시간당 양수량이 많게 되거나 저류조내의 수면변동이 심하게 생길 때 수면자동제어장치에 의하여 펌프운전에 지장을 줄 우려가 있으므로 양수펌프의 양수량과 순간최대수요수량을 조절할 수 있는 유효용량을 적정하게 선정할 필요가 있다. 고가수조의 높이는 건축물의 최상부에 있는 급수전으로 부터 상부 7m 이상의 위치를 저류조의 저수위로 한다. 그러나 건축물 최상부에 수세식 화장실이 있는 경우에는 그 세척 밸브에서 상부 10m 이상의 위치를 저류조의 저수위로 한다. 다만 가압펌프를 이용하여 송수하는 경우는 예외로 한다.

2)에 대하여

고가수조의 배수관은 고가수조의 내부를 신속하고 용이하게 청소할 수 있도록 저류조의 최저부에 설치하며, 저류조 내의 청소, 보수 또는 기타의 사정으로 단수될 경우가 있으므로 저류조를 2개

이상으로 구획(칸막이) 하든지 다른 고가수조와 배관으로 연결하여 단수가 되지 않는 구조로 해야 한다. 또한, 한냉지에서는 동결방지를 위하여 유입관과 유출관 등에 방한시설이 필요하며, 햇빛에 의한 조류번식 및 동절기의 동결방지를 위하여 차광 및 차폐시설이 된 옥탑 내부에 설치하는 것이 바람직하며, 옥탑의 단열 등을 위한 암석면 시공 등은 저류조에 2차 오염의 영향을 줄 수 있으므로 피해야 한다.

3.5.2.3 압력탱크

1) 압력탱크방식을 사용할 때는 급수펌프의 기동시와 정지시의 압력차는 98.6kPa(1kgf/cm^2) 이하로 하고, 탱크의 유효용량은 급수펌프 양수량의 2~3분간의 양을 표준으로 한다.
2) 압력탱크에는 공기를 보급시켜주는 장치가 설치되어 있어야 한다.
3) 압력탱크의 내면은 수질에 영향을 주지 않는 재료로 방수처리를 하여야 한다.

3.5.2.4 양수펌프 및 공급량

1) 고가수조방식에서의 양수펌프의 양수량은 고가수조의 유효용량과 상호관계가 있으며 건축물의 순간최대수요수량을 공급해 줄 수 있어야 한다.
2) 압력탱크방식에서의 양수펌프의 양수량은 건물내의 순간최대수요수량을 공급해줄 수 있어야 한다.
3) 직접가압방식에서의 급수펌프의 양수량은 펌프의 대수를 제어함으로써 순간최대수요수량을 공급해주는 동시에 사용량의 변동에 가능한 한 대처할 수 있어야 한다.

3.5.3 중수도 급수관

1) 중수도 급수관의 재질은 수질에 영향을 주지 않을 뿐만 아니라, 중수도의 수질에 대해서도 충분한 내식성을 가지고 있어야 하며, 사용압력에 대해 충분한 내구성이 있어야 한다.
2) 중수도 급수관의 관경은 관내에 순간최대수요수량이 흐를때 건물내의 모든 급수전에서 필요한 수량을 얻을 수 있도록 결정해야 한다.
3) 중수도 급수관에는 중수도용 급수관임을 나타내기 위하여 보라색으로 구분하는 등 표시를 해야 한다.
4) 중수도 급수관은 보수점검, 수리, 교체 등의 유지관리가 용이한 장소에 배관해야 한다.
5) 중수도 급수주입관으로부터 각 층으로 분지되는 주요한 분지관에는 분지점에 가깝고 조작을 용이하게 할 수 있는 부분에 지수밸브를 설치해야 한다.
6) 중수도 급수관은 절대로 다른 용도의 관과 접속시켜서는 안 된다.
7) 수격작용(Water hammer)이 발생할 우려가 있는 경우는, air chamber를 설치하는 등 유효한 수충격 방지조치를 강구해야 한다.

8) 중수도 급수관이 동결에 의하여 파손될 우려가 있는 부분에는 동결방지를 위한 적절한 조치를 강구해야 한다.
9) 중수도 급수관의 말단에는 중수도의 수질을 검사하기 위한 검수꼭지를 설치해야 한다.
10) 건축물의 일부분을 관통하여 중수도 급수관을 배관하는 경우에는 해당관통부분에 배관슬리브를 설치하는 등 관의 손상방지를 위하여 유효한 조치를 강구해야 한다.
11) 중수도 급수관의 신축 및 변형에 의하여 해당관에 손상이 발생될 우려가 있을 경우에는 신축이음을 설치하는 등 관의 손상방지를 위하여 유효한 조치를 강구해야 한다.
12) 중수도 급수관은 과도한 뒤틀림이나 응력이 발생되지 않도록 하는 동시에 신축이 자유롭게 되는 방법으로 pipe support를 적절히 사용하여 지지, 고정하여야 한다. 또한 급수관을 지지, 고정하는 경우에는 pipe hanger 혹은 방진고무를 사용하는 등 진동 및 충격을 완화시킬 수 있는 조치를 강구해야 한다.
13) 중수도 급수관의 표면에 이슬이 맺혀 다른 것에 악영향을 미칠 우려가 있는 경우에는 적절한 결로방지용 피복을 해야 한다.
14) 중수도 급수관이 부식될 우려가 있는 경우에 매립하여 배관하는 경우에는 도장, 피복 등에 의한 방식조치를 하여 보호해야 한다.
15) 중수도 급수관을 토양 중에 매설 배관하는 경우에는 관이 단절 손상되거나 변형 또는 동결되지 않을 깊이 및 공법에 의하여 배관해야 한다.
16) 중수도 급수관은 상수도급수관 혹은 배수관과 동일한 trench내에 배관하지 않는다. 단, 이들 관 사이의 평면거리가 충분하고 위로부터 상수도급수관, 중수도급수관, 배수관의 순으로 각 관의 바닥을 다른 관의 상단보다 높게 배관하는 경우에는 예외로 한다.

3.5.4 중수도 이용설비(수도꼭지)

1) 중수도 이용설비는 원칙적으로 KS규격에 적합한 것으로 한다. 단, KS 규격이 없는 것에 대해서는 그 기구의 용도에 적합한 재료, 크기 및 구조를 가진 것이어야 한다.
2) 중수도 이용설비는 중수도를 사용하고 있다는 것을 표시하고 실수로 음용수로 잘못 사용되지 않도록 필요한 조치를 강구하여야 한다.

3.5.5 중수도 급수개시전의 검사 및 시험

중수도를 급수하기 시작하려고 하는 경우에는 오접합 여부를 확인하기 위하여 필요한 검사 및 시험을 하는 동시에 중수도 급수설비가 그 기준에 적합하다는 것을 확인해야 한다.

3.6 중수도의 설치신고

중수도를 설치한 시설물의 소유자는 공사완료 후 30일 이내에 설치결과를 특별자치도지사・시장・군수・구청장에게 일정 서식에 의하여 신고하여야 한다.

〔표 3.22〕 중수도 설치신고서

접수번호	접수일	발급일	처리기간	5일

건축주 성명		전화번호		
건축물 주소				
건축물의 주 용도		건축 연면적(m^3)		
중수도 처리용량(m^3/일)				
중수도 이용 예정수량(m^3/일)				
설치완료일		가동개시일		
빗물처리 용량(m^3/일)				
중수도의 주용도				
중수도 처리시설 설치 사업비				
중수도의 안정성	수질악화시 대책			
	오접오음 방지대책			
	환경 보존 조치			

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제9제1항 및 같은 법 시행규칙 제5조제1항에 따라 중수도의 설치 결과를 신고합니다.

년 월 일

신고인 (서명 또는 인)

특별자치도지사
시장・군수・구청장 귀하

첨부서류	1. 중수도 사용계획서 1부. 2. 처리시설의 위치, 용량, 사업비, 사업기간 등을 적은 사업개요서 1부. 3. 중수도와 관련된 설계도서 1부.	수수료 없음

처리절차

신고서 작성	→	접수(민원실)	→	검토	→	결재	→	설치확인서 발급
신고인		특별자치도・시・군・구 (물 재이용 담당부서)		특별자치도・시・군・구 (물 재이용 담당부서)		특별자치도・시・군・구 (물 재이용 담당부서)		

3.7 중수도의 운영·유지관리

3.7.1 중수도의 관리기준

중수도의 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 유지관리를 해야 할 필요가 있다.

☞ 해설

중수도의 유지관리 목적은 시설이 그 기능을 충분히 발휘하여 목적에 적합한 중수도가 안정적으로 공급될 수 있도록 하는 것이다. 그러므로 용도에 적합한 처리수를 얻을 수 있는 것만으로 만족하지 말고 그 시설의 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 유지관리를 해야 할 필요가 있다. 또한 예기치 않은 사고 등에 대비해 보수 및 복구용 자재나 기구 등을 항상 준비하는 외에 인원의 동원, 홍보, 보수업자의 수배 등에 대해서도 미리 계획을 해 두는 것이 바람직하다. 유지관리를 용이하게 하기 위해서는 관리 실태를 일보, 월보 용지에 정확히 기록하고 적절한 장소에 보관해 두어야 한다. 운전관리인원은 규모, 처리공정 및 운전관리 내용에 따라 적절히 배치한다.

1) 처리시설

① 용수별 수질기준을 정확히 달성하고, 아울러 안전한 이용수량의 확보에 노력한다.

- 유지관리는 일 단위, 주 단위, 월 또는 년 단위로 행한다.
- 전처리시설의 관리로서 스크린 청소, 활성슬러지법에서의 폭기상황, 반송슬러지량의 검사, 수질시험: 1일 또는 2일에 1회 정도 작업
- 조정조의 폭기 및 교반 상황의 점검, 응집침전의 약품 조정: 주 1회 작업
- 여과장치의 여층 점검: 년 1회 내지 수 회 정도 점검
- 유지관리를 용이하게 하기 위하여 관리 실태를 일보, 월보용지에 정확히 기록하고 적절한 장소에 보관하여야 한다.
- 운전관리 요원의 배치는 규모, 처리공정의 내용 및 운전관리의 내용에 따라 적절히 배치한다.

② 각 시설의 운전관리는 정기적인 보수점검을 행하고 사고방지를 도모한다.

- 급속여과시설, 활성탄흡착시설, 오존처리시설, 염소처리시설, 펌프시설, 배수탱크, 배관시설: 정기적인 보수점검
- 스크린의 막힘, 염소살균의 약품 부족, 활성탄층의 막힘: 일반적으로 복구가 용이(정기점검 충실)
- 조정조의 산기관 막힘, 퇴적물의 발생, 여과층의 Mudball 발생, 활성슬러지법의 경우 폭기조 산기관의 막힘, 벌킹: 복구에 전문기술을 요함(외관점검과 수질검사로 판단)

2) 송배수시설

배수시설의 사고는 단수 등의 중대한 결과를 야기하므로 평소 시설에 대한 점검 및 보수를 충실

히 수행해야 한다. 특히 배수펌프의 운전, 배수관의 제수밸브 조작 등의 배수조정은 필요한 수량을 적당한 수압으로 능률적이고 확실하게 급수하기 위한 것뿐 아니라 누수방지에도 효과적이다.

① 배수지 관리

- 외부로부터의 오염방지를 위하여 관계자 이외에 함부로 외부인의 출입을 금지하며 맨홀, 검수구 등에는 자물쇠를 설치하는 등의 대책을 강구하여야 한다.
- 배수지의 내부에 침전물이 쌓인다든가 오염된 경우는 배수지를 비우고 청소하여야 한다.
- 배수지는 정기적으로 누수가 생기는지 여부를 조사하여야 한다.
- 수위계, 유수계, 경보장치, 혹은 자동 운전장치는 정확히 작동하도록 항상 정비 점검해야 한다.
- 자주 사용하지 않는 밸브류 등은 정기적으로 점검해야 한다. 강판제 탱크의 경우에는 내외면에 녹이 슬지 않도록 유의해야 한다.

② 배수관 관리

- 도면에는 동일노선에 이설되어 있는 수도관이나 공업용 수도관 및 기타 이설물도 함께 기입해 두어야 한다. 또 배수관의 신설, 개량, 증설 등을 할 때에는 신속히 도면에 기입 또는 정정해야 된다.
- 배수를 원활하게 하기 위해서는 적정한 수량 배분과 수압의 균등화를 도모하고, 시설을 합리적이고 경제적으로 운용할 수 있도록 배수조정을 한다. 배수조정은 급수구역에서 거의 비슷한 수압을 급수 할 수 있도록 밸브조작 등을 하도록 한다. 너무 수압이 높으면 오히려 사용에도 효과가 없거나 누수가 많아지기 때문에 주의해야 한다.
- 관로는 정기적으로 순찰하여 누수 등의 이상 유무를 조사하도록 한다. 동절기 배관 등의 노출부에 대해서 동결방지대책을 강구해 둘 필요가 있다. 다른 공사에 의해 배수관이 손상되지 않도록 관의 방호방법, 시공방법 등을 검토함과 동시에 시험굴착을 행하여 배수관의 위치를 확인시키도록 한다.
- 일반적으로 중수도는 수돗물이나 공업용수에 비해 부식이나 스케일을 쉽게 발생시키기 때문에 수관에는 내식성을 가진 재료를 사용하며, 만일 녹에 의한 퇴적물이나 스케일이 발생했을 때는 적절한 조치를 취하여야 한다.

③ 배수펌프의 관리

- 설치된 배수펌프의 운전, 조작, 점검, 정비, 수리 등의 기준 및 보안에 관한 규칙을 작성하여 담당자 전원이 어떤 경우에도 적절한 조치를 취할 수 있게 한다.
- 펌프의 운전에 필요한 관로의 수압, 수량, 수위 등의 지시계는 감시원이 쉽게 볼 수 있는 장소에 설치한다.
- 펌프에 대한 관리대장을 구비하여 점검기록이나 수리기록 등을 기입해서 고장을 미연에 방지할 수 있도록 노력한다.

3.7.2 중수도의 수질검사

중수도는 그 기능이 충분히 발휘될 때 소정의 수질을 얻을 수 있으므로 적절한 방법에 의해 관리할 필요가 있다. 중수도 원수는 시간적인 수질변동이 심하기 때문에 수질관리에 유의해야 한다.

중수도에 대한 기능을 파악하기 위한 항목으로는 총대장균군수, 결합잔류염소, 탁도, BOD, 냄새, pH, 색도, 화학적 산소요구량(CODMn)등이 있으며, 이외에 원수의 수질에 따라 처리대상으로 하는 수질항목에 대해서도 측정할 필요가 있다. 중수도는 이용 용도에 따라서 요구되는 수질이 다르기 때문에 중수도가 요구하는 목적에 적합한 수질인지의 여부를 확인하기 위해 정기 또는 임시의 수질검사를 실시하여야 한다.

1) 정기 수질검사: 분기별 실시
2) 임시 수질검사
3) 시료채취 및 수질검사 방법
4) 검사결과의 기록·통보 및 보존

☞ 해설

1)에 대하여

수질검사는 중수도 급수설비의 말단 부분 중 대표적인 수질을 나타내는 장소에서 채수한 시료에 대해 실시한다. 정기수질검사에 있어서는 정기관측지점으로서 1개소 이상의 장소에 설치하고 수질목표에 올린 수질항목의 전부에 대해서 원칙적으로 분기별로 검사하여야 한다. 또 정기관측 지점 이외의 급수설비의 말단 부분 중 임의의 장소에서 채수한 물에 대해서도 같은 조사를 행하는 것이 좋다. 이 경우, 수질목표항목 외, 수온, 염소이온농도, 부유물질량, 암모니아성질소, 전기전도도 등에 대해서도 같이 조사하는 것이 바람직하다. 잔류염소에 관한 검사는 용도를 감안하고 필요에 따라 실시하며 색도, 탁도 등에 관한 육안 검사는 매일 실시하여야 한다. 채수는 중수도를 공급하는 사람이 하든지 또는 입회하는 것이 바람직하다. 수세식 화장실 용수, 조경용수 등 용도가 여러 가지일 경우에는 용도별로 분기별 검사를 실시하여 수질기준을 준수하여야 한다.

2)에 대하여

임시 수질검사는 원수의 수질이 현저하게 악화되었을 때, 중수도의 기능이 저하되었을 때, 또는 급수하는 중수도가 수질목표에 적합하지 않을 위험이 있을 때 등의 경우에 실시한다. 이것들의 검사에는 가장 수질이 악화되었다고 생각되어지는 장소에서 채수한 시료에 관한 조사를 포함하는 것으로 한다. 수질검사항목은 상황에 따라 적당히 선정하는 것으로 한다.

3)에 대하여

중수도의 시료채취 및 수질검사는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제16조에 따른 측정대행업자, 특별시·광역시·도 및 특별자치도의 보건환경연구원, 유역환경청 또는 지방 환경청에

수질검사를 하게 하여야 한다. 이때, 수질검사 방법은 환경오염공정시험기준 및 수질오염공정시험방법에 준하여 실시한다. 수세식 화장실용수, 조경용수 등 용도가 여러 가지일 경우에도 용도별로 분기별 검사를 실시하여야 한다.

4)에 대하여

① 중수도의 소유자 및 관리자는 중수도의 수질검사 결과를 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다.

② 중수도의 수질검사 결과는 수질검사서를 첨부하여 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행규칙 [별지 제5호서식]의 양식에 따라 수질검사 결과를 통보하여야 한다.

③ 수질검사 결과는 일상의 유지관리, 시설의 개선 등에 활용될 수 있도록 3년간 보존하여야 한다.

3.7.3 중수도의 운영관리위탁

1) 중수도를 설치하려는 자는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제18조에 따라 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업 등록을 한 자에게 설계·시공하도록 하며, 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게 해당 시설의 관리를 위탁할 수 있다.

2) 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업의 등록을 하려는 자는 환경부령으로 정하는 등록신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.

① 시설 및 장비의 명세서

② 기술인력 보유 현황 및 기술인력의 자격을 증명하는 서류

3.8 중수도의 오접합, 오사용 및 오음용에 대한 대책

중수도를 도입하는 경우에는 상수와 중수도 공급을 위한 이중 배관이 불가피하다. 이로 인한 문제점으로 오접, 오용 및 오음이 있다.

오접합에 있어서는 건축물의 급수계통을 계획할 때 오접합을 일으킬 수 있는 가능성이 없게 간단한 시스템으로 설계하는 것이 중요하며, 특히 준공검사시 또는 중수도 설치 신고에 대한 확인 시 엄밀한 검사를 실시하여 사고를 미연에 방지해야 한다. 그 외의 대책으로서는 배관도면의 정비, 배관이나 기구를 색으로 구별하고, 사용 장소에 표시 등으로 오접, 오용 및 오음을 방지해야 한다.

3.8.1 중수도의 배관설비 대책

중수도 배관설비는 기타 배관설비와 직접 연결시키지 않는다. 우선 계획단계에서 중수의 급배수설비를 다른 설비로부터 분리하고, 전용 기자재 및 기기의 사용, 식별, 배관 간격, 보수, 수리 교환 등을 명확하게 분리 계획하는 것이 중요하다.

☞ 해설

① 중수도의 배관설비는 외관상 다른 배관설비와 쉽게 구별할 수 있는 표식이나 색칠(보라색) 또는 형상표시를 한다. 건물내의 상수관과 중수도 배관을 구별하기 위해서는 관재질을 서로 달리 하거나 또는 표식이나 색깔(보라색)로 구별할 수 있도록 한다. 같은 재질의 관을 사용할 경우에는 시공하기 전에 재료의 선정단계에서 착색이나 테이프로 표시한다. 또한 밸브류, 양수박스 뚜껑에는 중수도임을 명시한다. 한편 중수도용 수조, 탑 및 주요 기기류 등은 보기 쉬운 위치에 명칭, 형식, 설치 연월일 등을 표시한다.

② 중수도 배관을 지중 매설하는 곳에서는 다른 배관과 일정 간격을 유지한다. 일반적으로 각종 매설배관의 상하 위치관계는 상수도, 중수도, 하수도, 전기, 통신, 가스 등의 순서로 매설하고, 동시에 수평간격도 충분히 고려해야 한다. 중수도 배관는 다른 관과 동일하게 굴착하여 도랑에 배관하는 것을 피하고, 부득이하게 양자를 평행하게 매설하는 경우 양자간의 수평거리를 50㎝ 이상 유지해야 한다. 교차하는 경우는 수도관을 중수도 배관보다 위쪽으로 매설하는 것을 원칙으로 한다. 한편 금속관이 아닌 중수도 배관을 다른 급수 배관보다 위쪽에 배관하는 경우는 최소한 약 30㎝ 이상의 상하거리를 유지하고, 수도관과 교차하는 지점에서 양쪽으로 각각 1.5m 이상의 배관 부분을 금속관으로 한다.

③ 중수도 배관에서 발생되는 누수의 원인은 시공불량 외에 관의 부식, 과도한 응력에 의해 야기되는 손상이나 균열 등이다. 흙이나 콘크리트 등에 매설하는 경우는 배관재질에 따라 부식될 위험이 크므로 적절한 부식 방지조치를 취해야 한다.

3.8.2 중수도의 수조 설비 대책

중수도에 다른 급수조나 저류조를 접속하지 말아야 한다. 중수도에 상수 급수조와 배관을 직접 연결해서는 안 된다. 중수 고가수조와 상수 고가수조, 중수도 수조와 상수 수조 등이 이에 해당된다. 중수도의 수량 부족이나 수질오염 등이 예상될 경우 중수도 수조에 상수를 보급할 수 있도록 해야 하지만, 상수를 중수도 고가수조나 중수도 수조에 급수하는 경우에 중수도가 상수계통으로 역류하지 않도록 적정한 배수구 공간을 확보해야 한다.

3.8.3 중수도 오음용 및 오사용 방지를 위한 식별방법

오음용 및 오사용 방지를 위한 식별방법으로는 다음의 방법을 사용한다.

1) 중수도 이용설비(수도꼭지)에 의한 식별법
2) 표시판에 의한 식별법

☞ 해설

1)에 대하여

① 중수도 이용설비(수도꼭지)는 구조, 기능, 디자인, 색깔 등을 일반 수전과 다르게 하여 중수도임을 쉽게 구별 할 수 있게 한다.

② 중수도 이용설비(수도꼭지)의 표면은 내구성이 있는 것으로 처리한다.

2)에 대하여

① 표시판은 도자기판, 플라스틱판, 산화되지 않는 금속판 등으로 내구성이 있는 재질로 하고, 중수임을 쉽게 구별할 수 있도록 문안을 크게 인쇄하거나 각인한다.

② 표시판은 중수도 이용설비(수도꼭지) 가까운 위치에 설치하여 눈에 띄기 쉽게 표시한다.

③ 표시판은 벽면에 나사를 사용하여 고정시킨다.

3.8.4 역류방지

역류방지를 위하여 배수구 공간은 적절한 공간을 확보할 수 있게 한다. 배수구 공간이 없는 경우는 원칙적으로 수조 수면의 상단으로부터 150mm 이상 위쪽에 진공방지기(Vacuum breaker)를 설치하고, 대변기 및 유사 기구나 장치, 살수전 및 세차에 사용하는 중수도 이용설비(수도꼭지) 등의 호스 접속구 수도꼭지에는 진공방지기를 설치한다.

3.9 중수도의 지도·점검 사항

특별자치도지사·시장·군수·구청장은 관내 중수도에 대한 운영 관리 실태를 파악하기 위하여 매 반기별 1회 이상 정기 지도·점검을 실시하여야 하며, 또한 특별자치도지사·시장·군수·구청장이 필요하다고 인정될 때는 수시 점검을 실시할 수 있다. 중수도에 대한 정기·수시 지도·점검 사항을 확인하여 이에 대비하여야 한다.

☞ 해설

중수도에 대한 정기·수시 지도·점검을 실시할 때에는 다음과 같은 중수도 시설·관리기준 준수여부를 확인하여야 한다.

① 저류조는 수량 부족에 대비하여 수돗물에 의한 보급이 가능하도록 하여야 하며 이 경우 중수가 수돗물과 혼합되지 않는 구조

② 중수도에 설치하는 배관은 상수도·하수도 및 가스공급 등의 배관과 구분

③ 이용설비에 “중수도 사용”이라는 표지
④ 중수도 유지관리에 대한 운전기록 및 수질검사 결과 등을 기록한 관리대장 유무
⑤ 중수도의 시설도면 정리 및 보관 상태
㉠ 중수도의 위생과 안전 등에 필요한 조치 구축 사항
㉡ 시설의 개수·보수 등 개선명령, 기타 조치사항 이행 여부
㉢ 관련기관으로부터 지시 받은 사항에 대한 이행 여부
㉣ 중수도의 관리자가 작성한 관리대장 작성 여부
㉤ 중수사용량, 누수 및 정상가동 점검여부, 청소일시 등 확인

제4장

하·폐수처리수 재이용시설

제4장 하·폐수처리수 재이용시설

4.1 총설

4.1.1 목적

본 가이드라인은 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 의거하여, 하·폐수처리수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설, 공급관로 등에 대한 계획·설계·설치 및 유지관리의 적절한 수행을 유도하며, 이를 통해 적정한 하·폐수처리수 재이용시설의 운영·유지·관리를 위한 방안 및 업무처리의 효율성을 제고하는데 그 목적이 있다.

☞ 해설

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조에서 정의된 하·폐수처리수 재이용시설이란 하수처리수 또는 폐수처리수를 재이용 할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설, 공급관로를 말하며, 법 시행령 제12조에서 하·폐수처리수 재이용수 공급대상 시설 등을 규정하고 있다. 또한, 하·폐수처리수 재이용시설의 수질기준 및 수질관리 등에 대한 사항은 시행규칙 제14조에 제시되어 있다.

따라서 본 가이드라인은 재이용시설의 기술적인 세부사항에 대한 해설을 제공하는데 그 목적이 있다.

4.1.2 적용범위

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제12조 규정에 의해 1일 하수처리 용량이 5천세제곱미터 이상인 처리시설에 적용하며, 하·폐수처리수 재처리수로 재이용하거나 공급하여야 하는 하수처리수의 양은 1일 처리량의 100분의 10 이상으로 한다. 공공하수도관리청(공공하수도관리청 외의 자도 포함)에서 하·폐수처리수를 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하기 위한 시설은 아래와 같다.

1) 하·폐수처리수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설
2) 하·폐수처리수 재이용수 공급관로

☞ 해설

1)에 대하여

하·폐수처리장에서 처리된 처리수를 이용하여 필요로 하는 용도에 적합한 수질을 생산할 수 있는 적정한 처리 시설 및 그에 따른 부속시설을 포함한다.

2)에 대하여

생산된 재이용수를 수요처에 공급하기 위한 별도의 관로를 말한다.

4.2 일반사항

4.2.1 기본요건

하·폐수처리수 재이용수를 생산하기 위해서는 하·폐수처리장에서 일정한 수질을 공급하여야 한다는 전제조건이 있다. 하·폐수처리수 재이용시설은 이를 원수로 하여 용도에 적합한 수질을 생산·공급할 수 있는 시설을 지칭한다.

〔표 4.1〕 2012.1.1.부터 강화된 기준 적용

구 분		생물화학적 산소요구량 (BOD)(mg/L)	화학적 산소요구량 (COD)(mg/L)	부유물질 (SS)(mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총대장균군수 (개/mL)	생태독성 (TU)
1일 하수처리용량 500m^3 이상	Ⅰ지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.2 이하	1,000 이하	1 이하
	Ⅱ지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.3 이하	3,000 이하	
	Ⅲ지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	0.5 이하		
	Ⅳ지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하		
1일 하수처리용량 500m^3 미만 50m^3 이상		10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하		-
1일 하수처리 용량 50m^3 미만		10 이하	40 이하	10 이하	40 이하	4 이하		

비고: 1. 공공하수처리시설의 폐놀류 등 오염물질의 방류수수질기준은 해당 시설에서 처리할 수 있는 오염물질항목에 한하여 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 별표13 제2호 나목 폐놀류 등 수질오염물질 표 중 특례지역에 적용되는 배출허용기준 이내에서 그 처리시설의 설치사업 시행자의 요청에 따라 환경부장관이 정하여 고시한다.

2. 1일 하수처리용량 500m^3 미만인 경우에는 겨울철(12월 1일부터 3월 31일까지) 총질소와 총인의 방류수수질기준은 60mg/L 이하와 8mg/L 이하를 각각 적용하며, 유예기간은 2014년 12월 31일까지로 한다.

3. 생태독성 방류수수질기준은 물벼룩에 대한 급성독성시험을 기준으로 하되, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 별표13 제2호 나목 3) 비고란 제2호 본문에 따른 폐수배출시설에서 배출되는 폐수가 유입되고 1일 하수처리용량 500m^3 이상인 공공하수처리시설에 적용한다.

☞ 해설

하·폐수처리수 재이용시설은 하·폐수처리장의 방류수를 원수로 하여 재이용 용도에 맞는 수질을 생산하여야 하므로 일정한 방류수 수질을 확보할 필요가 있다. 하수도법 시행규칙 제3조 별표1에 하수처리장의 방류수 수질기준은 [표 4.1]과 같다.

〔표 4.2〕 적용대상 지역

구분	범위
Ⅰ지역	– 「수도법」 제7조에 따른 상수원보호구역 – 「환경정책기본법」 제22조제1항에 따른 특별대책지역 – 영 제4조제3호에 따른 수변구역 – 「새만금사업 촉진을 위한 특별법」 제2조제1호에 따른 새만금사업지역으로 유입되는 하천이 있는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역
Ⅱ지역	– 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제22조제2항에서 규정하고 있는 중권역중 화학적 산소요구량(COD) 또는 총인(T–P)이 당해 권역의 목표기준을 초과하였거나, 증가하고 있는 지역으로 환경부장관이 정하여 고시하는 지역
Ⅲ지역	– 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제22조제2항에서 규정하고 있는 중권역중 Ⅰ·Ⅱ지역을 제외한 4대강 본류에 유입되는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역
Ⅳ지역	– Ⅰ·Ⅱ·Ⅲ지역을 제외한 지역

4.2.2 재이용수의 용도

하·폐수처리수 재이용수는 다양한 용도로 사용될 수 있으며, 도시재이용수, 조경용수, 친수용수, 하천유지용수, 농업용수, 습지용수, 지하수충전용수, 공업용수 외에도 하수처리장의 장내 용수로도 사용된다.

☞ 해설

하수처리장의 장내용수란 하·폐수처리장 내 정상적인 기능을 유지하기 위하여 사용하는 물로서 세척수, 냉각수, 청소수, 식수대, 희석용수용 장내 중수도, 장내 기타용수 등이 포함된다.

하·폐수처리수 재이용수 종류별 용도와 제한 조건은 다음 [표 4.3]과 같다.

〔표 4.3〕 하·폐수처리수의 용도구분 및 제한조건

구분	대표적 용도	제 한 조 건
도시재이용수	① 주거지역 건물외부 청소 ② 도로 세척 및 살수(撒水) ③ 기타 일반적 시설물 등의 세척	• 도시지역 내 일반적인 오물, 협잡물의 청소 용도로 사용하며 다량의 청소용수 사용으로 직접적 건강상의 위해 가능성이 없는 경우

구분	대표적 용도	제 한 조 건
도시재이용수	④ 화장실 세척용수 ⑤ 건물내부의 비음용, 인체 비접촉세척용수	• 비데 등을 통한 인체 접촉 시와 건물 내 비음용·비접촉 세척 시에는 잔류물 등에 의한 위생상 문제가 없도록 처리하여야 함
조경용수	① 도시 가로수 등의 관개용수 ② 골프장, 체육시설의 잔디 관개용수	• 주거지역 녹지에 대한 관개용수로 공급하는 경우로 식물의 생육에 큰 위해를 주지 않는 수준이어야 함
친수용수	① 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 수변 친수(親水)지역의 수량 공급 ② 기존 수변(水邊)지구의 수량 증대를 통하여 수변 식물의 성장을 촉진시키기 위하여 보충 공급 ③ 기존 하천 및 저수지 등의 수질향상을 통하여 수변휴양(물놀이 등)기능을 향상시킬 목적으로 보충 공급되는 용수	• 재이용수를 인공 건설된 친수시설의 용수로 전량 사용하는 경우, 친수 용도에 따라 재이용수 수질의 강화 여부를 결정 • 일반 친수목적의 보충수는 기존 수계 수질을 유지 혹은 향상시킬 수 있어야 하며 목적에 따라 재이용수의 처리정도를 강화할 수도 있음
하천유지용수	① 하천의 유지수량을 확보하기 위한 목적으로 공급되는 용수 ② 저수지, 소류지 등의 저류량을 확대하기 위한 목적으로 공급	• 기존 유지용수 유량 증대가 주된 목적이므로 수계의 자정(自淨)용량을 고려하여 재이용수의 수질을 강화시킬 수 있음
농업용수	① 비식용 작물의 관개를 위하여 전량 또는 부분 공급하는 용도 ② 식용농작물 관개용수의 수량 보충용으로 인체 비유해성이 검증된 경우 • 직접식용은 조리하지 않고 날것으로 먹을 수 있는 작물 • 간접식용은 조리를 하거나 일정한 가공을 거친 후에 식용할 수 있는 작물	• 기존 농업용수 수질을 만족하여야 하나, 관개용수의 유량 보충시 농업용수 수질이상 및 기존 수질보다 향상 가능하도록 처리하여야 함
습지용수	① 고립된 소규모 습지에 대한 수원으로 사용하는 경우 ② 하천유역의 대규모 습지에 대한 주된 수원으로 공급하는 경우	• 습지의 미묘한 생태계에 악영향을 미치지 않도록 영양소 등의 제거와 생태영향 평가를 거쳐 공급하여야 함
지하수충전	① 지하수 함양을 통한 지하수위 상승 목적 ② 지하수자원의 보충용도	• 지하수계의 오염물질 분해제거율과 축적가능성을 평가하여 영향이 없도록 공급하여야 함
공업용수	① 냉각용수 ② 보일러 용수 ③ 공장내부 공정수 및 일반용수 ④ 기타 각 산업체 및 공장의 용도	• 일반적인 수질기준은 설정하되 공업용수는 기본적으로 사용자의 요구수질에 맞추어 처리하여야 하므로 산업체 혹은 세부적인 용도에 따른 수질기준은 지정하지 않음

4.2.3 재이용수 이용수량

하·폐수처리수 재이용수의 이용수량은 하수처리장의 처리수를 100분의 10을 재이용하여야 한다. 단, 다음의 사항을 고려한다.

1) 수요처의 요구량에 맞추어 이용수량을 결정하여야 한다.

2) 재이용수 공급하천의 특성과 목적에 맞게 이용수량을 결정하여야 한다.

3) 농업용수로 공급할 시에는 직접·간접식용을 구분하여 결정하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

수요처의 요구량에 맞추어 계획하는 것이 원칙이나, 가까운 장래에 확정된 추가요구량이 있을시 공급배관은 장래 요구량까지 계획하여 설치하고 기타의 시설(재처리시설 및 공급펌프 등)은 필요한 시기에 설치되도록 계획하여야 한다. 다만, 계열화 설치가 불가능할 경우에는 예외로 한다.

2)에 대하여

재이용수 공급하천의 특성 및 유황분석을 통해 갈수량, 하천하상의 손실량, 증발산량을 반영하여 재이용수량을 산정하여야 하며, 공급량 계획은 하수처리수의 평소 유량을 초과할 수 없다. 또한 재이용 목적(생태계, 경관, 친수활동)을 명확히 설정 후 수면폭, 유속, 수심 등의 3요소를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

4.2.4 용도별 수질기준

하·폐수처리수 재이용수의 수질은 용도에 따라 다양할 수 있다. 건강상 위해가 되지 않아야 하며 환경에 미치는 영향을 최소화하도록 하여야 한다.

☞ 해설

가. 하·폐수처리수 재이용 수질기준

하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준은 [표 4.4]와 같다.

〔표 4.4〕 하·폐수처리수 용도별 수질기준

<table>
<tr><th>구분</th><th>도시
재이용수</th><th>조경용수</th><th>친수용수</th><th>하천
유지용수</th><th colspan="2">농업용수</th><th>습지용수</th><th>지하수
충전</th><th>공업용수</th></tr>
<tr><td rowspan="2">총대장균군수
(개/100mL)</td><td rowspan="2">불검출</td><td rowspan="2">200 이하</td><td rowspan="2">불검출</td><td rowspan="2">1,000
이하</td><td>직접 식용</td><td>불검출</td><td rowspan="2">200 이하</td><td rowspan="3">「먹는물
수질기준
및 검사
등에 관한
규칙」</td><td rowspan="2">200 이하</td></tr>
<tr><td>간접 식용</td><td>200 이하</td></tr>
<tr><td>결합잔류염소
(mg/L)</td><td>0.2 이상</td><td>–</td><td>0.1 이상</td><td>–</td><td colspan="2">–</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td>탁도(NTU)</td><td>2 이하</td><td>2 이하</td><td>2 이하</td><td>–</td><td>직접 식용</td><td>2 이하</td><td>–</td><td>10 이하</td></tr>
</table>

구분	도시 재이용수	조경용수	친수용수	하천 유지용수	농업용수		습지용수	지하수 충전	공업용수
탁도(NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	–	간접 식용	5 이하	–	별표1에 따른 먹는 물의 수질 기준을 준수할 것	10 이하
부유물질 (SS)(mg/L)	–	–	–	6 이하	–		6 이하		–
생물화학적 산소요구량 (BOD)(mg/L)	5 이하	5 이하	3 이하	5 이하	8 이하		5 이하		6 이하
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것		불쾌하지 않을 것		불쾌하지 않을 것
색도 (도)	20 이하	–	10 이하	20 이하	–		–		–
총질소 (T–N)(mg/L)	–	–	10 이하	10 이하	–		10 이하		–
총인 (T–P)(mg/L)	–	–	0.5 이하	0.5 이하	–		0.5 이하		–
수소이온농도 (pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5		5.8~8.5		5.8~8.5
염화물 (mgCl/L)	–	250 이하	–	–	–		250 이하		–
전기전도도 (μs/cm)	–	–	–	–	직접 식용	700 이하	–		–
					간접 식용	2,000 이하			

비고: 1. 농업용수 수질기준 중 직접 식용은 농산물을 조리하지 않고 날것으로 먹는 경우에 적용하고, 간접 식용은 농산물을 조리를 하거나 일정한 가공을 거쳐 먹는 경우에 적용하며, 농업용수의 경우에는 추가적으로 다음 항목에 대한 수질기준을 만족해야 한다.

〔표 4.5〕 수질기준

(단위: mg/L)

알루미늄 (Al)	비소 (As)	총붕소 (B–total)	카드뮴 (Cd)	6가크롬 (Cr^{6+})	코발트 (Co)	구리 (Cu)	납 (Pb)
5 이하	0.05 이하	0.75 이하	0.01 이하	0.05 이하	0.05 이하	0.2 이하	0.1 이하
리튬 (Li)	망간 (Mn)	수은 (Hg)	니켈 (Ni)	셀렌 (Se)	아연 (Zn)	시안 (CN)	폴리클로리네이티드비페닐 (PCB)
2.5 이하	0.2 이하	0.001 이하	0.2 이하	0.02 이하	2 이하	불검출	불검출

2. 총대장균군수, 부유물질(SS), 생물화학적산소요구량(BOD), 색도, 총질소(T-N), 총인(T-P), 수도이온농도(pH), 염화물, 비소(As), 카드뮴(Cd), 6가크롬(Cr^{6+}), 구리(Cu), 납(Pb), 망간(Mn), 수은(Hg), 니켈(Ni), 셀렌(Se), 아연(Zn), 시안(CN), 폴리클로리네이티드비페닐(PCB), 전기전도도 항목은「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」제6조제1항제5호에 따른 수질오염물질 공정시험기준에 따라 검사해야 한다. 다만, 총대장균군수는 최적확수 시험법 또는 막여과 시험법으로 하고, 부유물질(SS)은 유리섬유 거름종이법으로 해야 한다.
3. 결합잔류염소, 탁도, 냄새, 알루미늄(Al), 총붕소(B-total), 코발트(Co), 리튬(Li) 항목은「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」제6조제1항제6호에 따른 먹는물 공정시험기준에 따라 검사해야 한다. 다만, 코발트(Co), 리튬(Li) 항목은 먹는물 공정시험기준의 금속류-유도결합플라스마 원자 발광분광법에 준하되, 코발트(Co)는 측정파장 228.616, 정량한계 0.01mg/L, 리튬(Li)는 측정파장 670.784, 정량한계 0.50mg/L로 한다.
4. 공업용수 수질기준은 산업용수로 사용하는 경우에 적용하며, 다회순환냉각수, 공정수, 보일러용수 등은 수요처와 협의하여 수질을 정할 수 있다.
5. 하·폐수처리수 재이용수 수질기준은 하·폐수처리수 재처리시설에서 최종 처리하여 송수하는 수질에 대하여 적용하며,「하수도법 시행규칙」별표1에 따른 공공하수처리시설의 방류수수질기준이 재이용수의 기준보다 강할 경우에는「하수도법 시행규칙」을 따른다.
6. 공공하수도관리청이 공익적 목적으로 공급하는 도시재이용수, 하천유지용수, 조경용수, 친수용수, 농업용수에 대한 수질기준은 2013년 6월 9일부터 적용한다.

나. 하천유지용수

하천유지용수는 부영양화를 최소화할 수 있도록 수질계획을 수립하여야 한다.

〔표 4.6〕 용도별 수질기준(하천유지용수)

항목	기준	고려사항
총대장균군수(개/100mL)	1,000 이하	• 친수공간이 부족한 도심지역, 건천화된 하천의 유지용수가 필요한 지역에 계획되어야 하며, 자연형 하천정화사업 및 주민친화공간(공원화 및 체육시설 조성) 제공시 사업의 효과가 극대화될 수 있으므로 가능한 병행 추진함이 바람직하다. • 재이용수 공급하천에 냄새, 거품 및 조류의 발생으로 사업의 효과가 반감될 가능성에 대비하여 이에 대한 사전검토를 실시하여야 한다.
결합잔류염소(mg/L)	-	
탁도(NTU)	-	
부유물질(SS)(mg/L)	6 이하	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	5 이하	
냄새	불쾌하지 않을 것	
색도(도)	20 이하	
총질소(T-N)(mg/L)	10 이하	
총인(T-P)(mg/L)	0.5 이하	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	
염화물(mgCl/L)	-	
전기전도도(μs/cm)	-	

다. 공업용수

공업용수의 경우에는 산업의 특성에 부합한 최적의 수질을 맞추기에는 상당한 난관이 예상된다. 따라서 본 기준은 공업용수로 사용하기 위한 일반적인 기준으로 산업에 따라 강화될 수 있다.

〔표 4.7〕 용도별 수질기준(공업용수)

항목	기준	고려사항
총대장균군수(개/100mL)	200 이하	• 경제성 분석, 수질총량오염부하 삭감량 등 장단점 비교분석, 수요처와 협약 완료 후 사업시행을 하여야 하며, 단순 냉각용수일 경우 지나친 재처리시설 설치를 지양하여야 한다. • 하수처리수 재이용사업자(지방자치단체장, 공공사업자, 민간사업자)는 수요처의 요구 수질 및 수량에 맞추어 공급함을 원칙으로 하되 불가피하게 공급하지 못하는 상황에 대비하여 기존의 용수공급라인을 비상용으로 확보할 수 있도록 계획하여야 한다. • 이용설비에 “하·폐수처리수”라는 표지를 할 것
결합잔류염소(mg/L)	–	
탁도(NTU)	10 이하	
부유물질(SS)(mg/L)	–	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	6 이하	
냄새	불쾌하지않을 것	
색도(도)	–	
총질소(T-N)(mg/L)	–	
총인(T-P)(mg/L)	–	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	
염화물(mgCl/L)	–	
전기전도도(㎲/cm)	–	

라. 농업용수

농업용수의 경우에는 밭작물과 논작물, 또는 직접 식용과 간접 식용에 따라 건강의 위해를 고려하여야 한다. 또한 간접적으로 체내에 들어갈 수 있으므로 이에 의한 위해를 최소화하기 위하여 별도로 중금속에 대한 기준이 설정되어 있다

〔표 4.8〕 용도별 수질기준(농업용수)

항목	기준		고려사항
총대장균군수(개/100mL)	직접 식용	불검출	• 상습적인 농업용수 부족지역을 우선적으로 고려되어야 하며, 경작지 농민의 사전 동의가 필요하다. • 논 농사, 화훼농사 등에 적용 가능하나, 원칙적으로 날로 먹는 농산물(딸기, 채소류 등)에는 제외한다.
	간접 식용	200 이하	
결합잔류염소(mg/L)	–		
탁도(NTU)	직접 식용	2 이하	
	간접 식용	5 이하	
부유물질(SS)(mg/L)	–		
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	8 이하		

항목	기준		고려사항
냄새	불쾌하지 않을 것		
색도(도)	–		
총질소(T-N)(mg/L)	–		
총인(T-P)(mg/L)	–		
수소이온농도(pH)	5.8~8.5		
염화물(mgCl/L)	–		
전기전도도(㎲/cm)	직접 식용	700 이하	
	간접 식용	2,000 이하	

〔표 4.9〕 농업용수 수질권고기준 추가항목(mg/L)

Al	As	B-total	Cd	Cr^{+6}	Co	Cu	Pb
5 이하	0.05 이하	0.75 이하	0.01 이하	0.05 이하	0.05 이하	0.2 이하	0.1 이하

Li	Mn	Hg	Ni	Se	Zn	CN	PCB
2.5 이하	0.2 이하	0.001 이하	0.2 이하	0.02 이하	2 이하	불검출	불검출

〔표 4.10〕 용도별 수질기준(친수용수, 습지용수, 지하수 충전용수)

항목	친수용수	습지용수	지하수 충전용수
총대장균군수(개/100mL)	불검출	200 이하	「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」 별표1에 따른 먹는물의 수질기준을 준수할 것
결합잔류염소(mg/L)	0.1 이상	–	
탁도(NTU)	2 이하	–	
부유물질(SS)(mg/L)	–	6 이하	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	3 이하	5 이하	
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	
색도(도)	10 이하	–	
총질소(T-N)(mg/L)	10 이하	10 이하	
총인(T-P)(mg/L)	0.5 이하	0.5 이하	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	
염화물(mgCl/L)	–	250 이하	
전기전도도(㎲/cm)	–	–	

마. 조경용수

장내용수 또는 조경용수의 경우에는 환경적 영향과 신체 접촉이 제한되어 있어 설정 기준이 그리 강화되어 있지 않다.

〔표 4.11〕 조경용수 기준

항목	기준	고려사항
총대장균군수(개/100mL)	200 이하	• 도시가로수 등의 관개용수 및 골프장, 체육시설의 잔디 관개용수로 사용 • 주거지역 녹지에 대한 관개용수로 공급하는 경우로 식물의 생육에 큰 위해를 주지 않는 수준
결합잔류염소(mg/L)	–	
탁도(NTU)	2 이하	
부유물질(SS)(mg/L)	–	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	5 이하	
냄새	불쾌하지 않을 것	
색도(도)	–	
총질소(T－N)(mg/L)	–	
총인(T－P)(mg/L)	–	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	
염화물(mgCl/L)	250 이하	
전기전도도(㎲/cm)	–	

4.2.5 하수처리수 재이용시설의 공정

하수처리수 재이용시설에 필요한 시설은 각 공공하수처리시설의 특성에 맞게 선택되어야 하며, 아래와 같은 시설을 갖추는 것이 바람직하다.

1) 필요한 경우 공공하수처리시설의 방류수를 생활용수, 공업용수 등의 재이용 용도에 적합하게 물리적, 화학적, 생물학적으로 처리하는 재처리시설
2) 필요한 양의 물을 원활하게 공급하기 위해 일정한 양을 일시적이거나 또는 일정기간 저류할 수 있는 저장시설
3) 필요한 양의 물을 송수할 수 있는 펌프장 시설
4) 공급된 물을 각 수요처에서 사용할 수 있도록 공급하는 송수관 및 사용시설
5) 위생 및 안전 등에 필요한 시설

☞ 해설

1)에 대하여

수질항목별 재처리설비의 예는 다음의 [표 4.12]와 같다.

〔표 4.12〕 수질항목별 재처리설비

대분류	중분류	소분류	유기물등의 생물처리법 ~질산화법	부유물질등의 물리화학적 처리법				용해성물질등의 물리화학적 처리법			소독법		
			생물막 여과법	급속사 여과법	응집 침전법	응집 여과법	한외 여과법	활성탄 흡착법	역삼 투법	오존 산화법	염소 소독	오존 소독	자외선 소독
기본적 수질 항목	위생항목	대장균군수	○		△	△	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎
	환경항목	BOD	○	△	△	△	○	○	◎				
		pH			□	□							
	미관유지 항목	탁도	○	○	◎	◎	◎	○	◎				
		취기	△				△	○	◎	○		△	
		색도	△		△	△	△	◎	◎	◎		△	
용도별 수질 항목	미관유지 항목	발포원인물질	△					◎	○	△		△	
		무기성탄소	△						◎				
	어류생식 항목	용존산소								○			
		암모니아질소	○						○				
		잔류염소	–	–	–	–	–	–	–	–		(◎)	(◎)

【범례】 ◎ (처리대상) : 개략제거율 90% 이상
○ (처리대상) : 개략제거율 50% 이상(제거율은 용존산소를 제외)
△ (유 효) : 개략제거율 20~50% 이상
□ : pH 조정

2)에 대하여

대상지역에서의 용수 수요량은 기상조건과 계절별, 시간대별로 변동이 심하므로 수요변동에 안정적으로 송수할 수 있도록 저장시설의 설치를 검토하고, 시간대별 송수량에 맞도록 경제적인 시설규모로 계획한다.

3)에 대하여

대상지역에 하수처리수를 송수하는 배수방식에는 자연유하식과 펌프가압식 또는 병용식(자연유하+펌프가압방식)이 있다. 이들 방식에 대한 비교 검토 및 급수구역의 특성과 유지관리 등을 고려하여 적절한 공급방식으로 계획한다.

하수처리수 재이용수를 펌프가압식으로 배수구역으로 송수하는 경우에는 송수펌프 또는 중간가압장이 필요하다. 펌프시설은 배수구역내의 수요량 변동에 따른 수량과 수압의 조정이 가능하여야 하며 정전시 대책으로 자가발전설비를 설치하는 것이 필요한 경우도 있다.

4)에 대하여

공급된 물을 각 수요처에서 사용할 수 있도록 공급하는 송수관 및 사용시설은 내압에 충분히 견딜 수 있는 구조 및 재질어어야 하며, 내구성 수밀성, 통수성, 시공성 및 경제성을 감안하여 수리적으로 안정된 시설로 계획되도록 한다.

5)에 대하여

하수처리수 재이용수는 사용자가 사용할 때 심미적으로나 위생적으로 위해가 없어야 하며 재처리시설, 송배수시설 및 이용설비에 부식 스케일 등에 의한 기능장애를 주지 않고, 항시 안정적으로 공급될 수 있도록 위생 및 안전 등에 필요한 시설을 계획한다.

4.3 하수처리수 재이용시설의 설계방안

4.3.1 부지의 확보

기존에 운영되고 있는 하수처리장내에 하수처리수 재이용시설을 설치하기 위해서는 다음과 같은 시설의 신설을 필요로 하며, 이를 설치하기 위한 부지의 확보를 필요로 한다.

1) 재이용수 처리시설
2) 재이용수 저장시설
3) 송수펌프장 및 공급관로

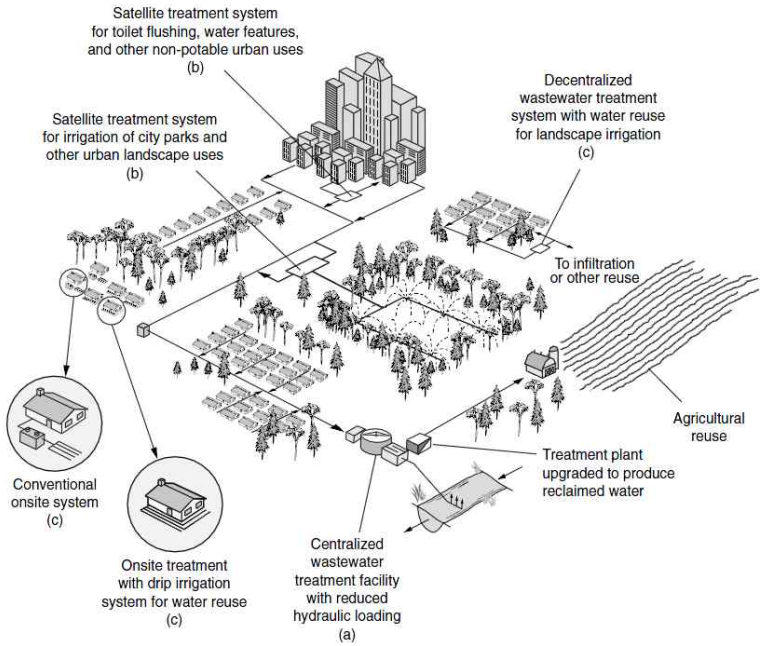
☞ 해설

재이용수 처리시설의 위치는 부지 내에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만 처리장 부지가 협소할 경우와 공공하수처리시설 부지 내에 설치할 경우 공급관로의 길이가 길어져 시설 설치비가 증가될 경우 등에는 경제성 분석을 통해 부지 외에 설치할 수 있다. 하수처리장내 또는 하수처리장에 인접하여 설치하는 경우(Centralized Treatment System) 이외에 부지 밖에 설치할 경우에는 분산형 처리시스템(Decentralized Treatment System), 또는 위성형 처리시스템(Satellite Treatment System)으로 공급하는 방안 등을 검토한 후 최적의 방식을 선택할 필요가 있다.

1)에 대하여

기존 하수처리장 방류수질, 하수처리수 재이용 용도 및 요구수질에 따라 재이용 처리시설의 추가 설치가 필요하지 않을 수 있으므로 다음과 같은 단계를 검토하여 재이용 처리시설의 불필요한 추가설치를 방지하도록 한다.

① 하수처리장 운영실태 및 방류수질 정밀 분석
② 재이용 용도 및 요구수질과의 비교 검토
③ 기존시설에 의한 처리가능성 검토
  – 부하율 개선에 의한 처리효율 증대



〈그림 4.1〉 하수처리수 재이용시 처리시설의 위치 (a) 집중형, (b) 위성형, (c) 분산형

(출처 : Water Reuse(Metcalf & Eddy, 2007)

〔표 4.13〕 하수처리수 재이용을 위한 저장시설 및 장래 확장부지 필요 사례

1) A시 하수처리수 재이용 개요

구분	A 공공하수처리시설	B 공공하수처리시설
사업명	A, B 하수처리수 재이용사업	
사업기간	2009.12.14 ~ 2011.03.11	
처리장용량	180,000m^3/일(1, 2, 3단계) / 40,000m^3/일(4단계 증설 중)	24,000m^3/일(1단계)
재이용시설용량	150,000m^3/일(1, 2단계)	24,000m^3/일(1단계)
처리방식	마이크로디스크필터방식	섬유상여과방식
사업비	10,079백만원(국비 7,055백만원, 지방비 3,024백만원)	

2) 사업 추진시 애로사항

① A 공공하수처리시설의 경우 농업용수 공급 시 성수기 새벽시간대 유입유량(3,000m^3/일)이 적어 유량 조정조 추가시설 설치 필요한 것으로 나타남. 농사철 수요증가에 따른 일시적인 처리수 부족현상 발생

② B 공공하수처리시설 공급지역의 재이용수 추가공급 요청(○○리 40ha, ○○리 20ha, ○○리 90ha)

3) 시사점

① 설계 시 재이용수의 수요 패턴을 고려하여 재이용수 저장시설을 계획하여야 함

② 장래 재이용수의 추가 수요 발생을 고려한 계획이 필요함

※ 자료 출처: 「물 재이용 효율성 제고를 위한 정책방안 연구」(환경부, 2011.12.)

– 기존시설 일부 개조 또는 증설에 의한 처리효율 증대

④ ③의 방안으로 대처가 어려울 경우 추가 처리시설 도입

2), 3)에 대하여

하수처리수 재이용을 위한 추가적인 처리시설이 필요 없는 경우에도 재이용수 저장시설 및 송수펌프장은 하수처리수 재이용수 공급을 위해서 반드시 필요한 시설이다. 재이용수 저장시설은 상수도 공급시설의 배수지의 역할(수용가의 수요변동에 대응하는 역할)을 수행하여야 하기 때문이며, 송수펌프장은 일반적으로 재이용수의 수요처보다 하수처리장의 지형 상 낮은 곳에 위치하여 자연유하로 재이용수의 공급이 불가능하여 재이용수의 압송이 필요하기 때문이다.

재이용수의 저장시설 및 송수펌프장은 일 최대 공급유량을 기준으로 하되 시간에 따른 하수유입량의 변동을 고려하며, 수요처의 재이용수 사용패턴을 고려하여야 한다. 또한 재이용수의 장래 용수 수요증가를 대비하여 장래 확장부지 및 시설설치 공간을 확보하는 것이 바람직하다([표 4.13] 참조).

4.3.2 재처리시설에서 발생하는 공정폐수처리

기존에 운영되고 있는 하수처리장내에 추가 처리시설을 설치하는 경우에는 다음과 같은 종류의 반류수가 하수처리공정에 유입되므로 반류수 유입 시 하수처리공정에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

1) 여과시설의 역세 배출수
2) 약품응집침전시설의 슬러지 농축수
3) 역삼투(R/O)시설의 농축수

☞ 해설

기존 하수처리장 내 추가 수처리시설을 설치하는 경우에 기존 공정에 유입되는 반류수를 공정별로 정리하면 [표 4.14]와 같다.

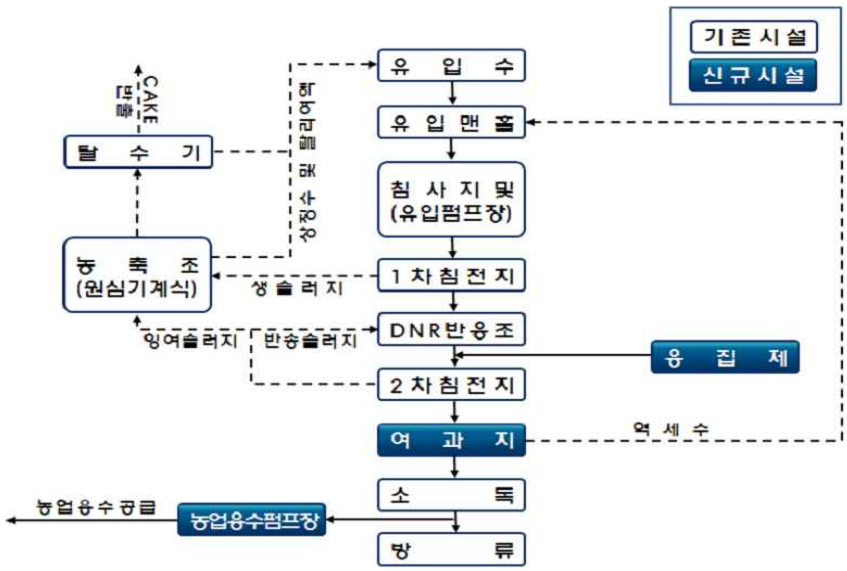
〔표 4.14〕 하수처리수 재이용 수처리시설에서 발생하는 반류수 및 주요 수질 항목

구분	발생 반류수	주요 수질 항목	비고
생물막여과법	역세배출수	SS 및 BOD	
급속사여과법	역세배출수	SS 및 BOD	
응집침전법	약품슬러지	SS 및 BOD, 총인	
응집여과법	약품슬러지, 역세배출수	SS 및 BOD, 총인	
활성탄흡착법	역세배출수	SS 및 BOD	
막여과법	역세배출수	SS 및 BOD	

구분	발생 반류수	주요 수질 항목	비고
역 삼 투 법	R/O 농축수	Total Dissolved Solid	
오 존 산 화 법	–	–	
염 소 소 독	–	–	
오 존 소 독	–	–	
자 외 선 소 독	–	–	

1)에 대하여

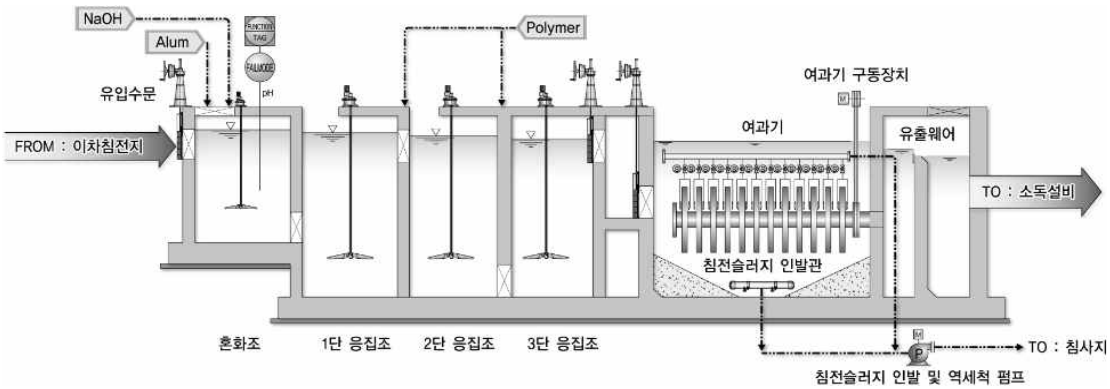
하수처리수의 3차처리공정 및 재이용공정으로 가장 많이 사용되는 모래여과나 섬유상 여과공정은 3~5% 정도의 역세배출수를 발생하며, 역세배출수는 대개의 경우 침사지 전후단의 맨홀, 유입펌프장, 유량조정조, 수질균등조 등으로 이송된다. 역세배출수는 하수처리수 방류수에 비해서는 고농도의 SS 및 BOD 농도를 나타내나 유입하수에 비해서는 낮은 농도를 나타내므로 유입수의 BOD, COD 농도를 낮추어 하수처리장 전체의 시스템에 영향을 주며 F/M비를 낮추는 요인으로 작용한다. 따라서 기존에 운영되고 있는 하수처리장에 여과공정을 도입하는 경우에는 전체 하수처리공정에 미치는 영향을 고려하여 도입하여야 하며, 역세배출수에 대한 전체시스템의 영향을 최소화 할 수 있도록 계획하여야 한다.



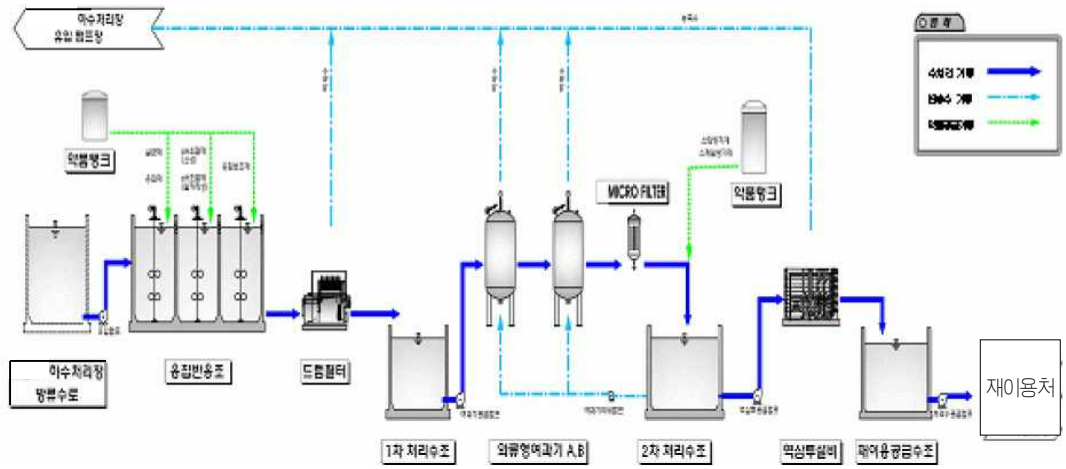
〈그림 4.2〉 여과공정 역세배출수의 하수처리 주공정의 유입 사례(B 공공하수처리시설)

2)에 대하여

약품응집침전시설은 SS 및 총인 제거를 위해서 도입되며, 발생슬러지는 슬러지의 인발주기에 따라 슬러지의 성상이 달라진다. 주 처리대상물질이 총인이기 때문에 발생하는 슬러지에는 고농도의 약품(Alum이나 PAC 등)과 인이 포함되어 있다. 일평균 단위로 발생하는 슬러지의 부하로는 미미할 수 있으나 슬러지 인발펌프는 상시 가동하는 것이 아니므로 인발펌프의 가동에 따른 일시적인 유입수질의 변화가 유발되므로 슬러지를 기존 하수처리시설에 연계하여 처리하는 경우에 대하여 전체 시스템의 영향을 고려하여 시설을 계획하여야 한다(<그림 4.3>은 침전여과시설의 계획 사례임).



〈그림 4.3〉 침전슬러지 발생공정 사례(침전여과시설)



〈그림 4.4〉 역삼투시설의 하수처리수 재이용 사례(○○하수처리장)

3)에 대하여

역삼투 공정은 고품질의 생산수를 생산하기 위해 유입수 대비 수량도 많고 농도가 높은 배출수가 발생한다. 일반적으로 배출수의 양은 하수처리장의 방류수의 경우에 유입수 대비 20~40%(해수

에 역삼투공정을 도입하는 경우에는 약 50~60% 정도) 정도로, 총용존고형물(TDS, Total Dissolved Solid)이 고농도로 유입된다(질산염, 인산염 등). 또한 역삼투공정은 회수율의 증가를 위하여 반드시 전처리공정(여과공정 등)이 필요하므로 전처리공정에서 발생하는 역세배출수와 함께 전체 수처리공정에서의 영향을 고려한 계획이 필요하다(<그림 4.4>는 ○○하수처리장의 하수처리수 재이용을 위한 역삼투공정의 도입사례임).

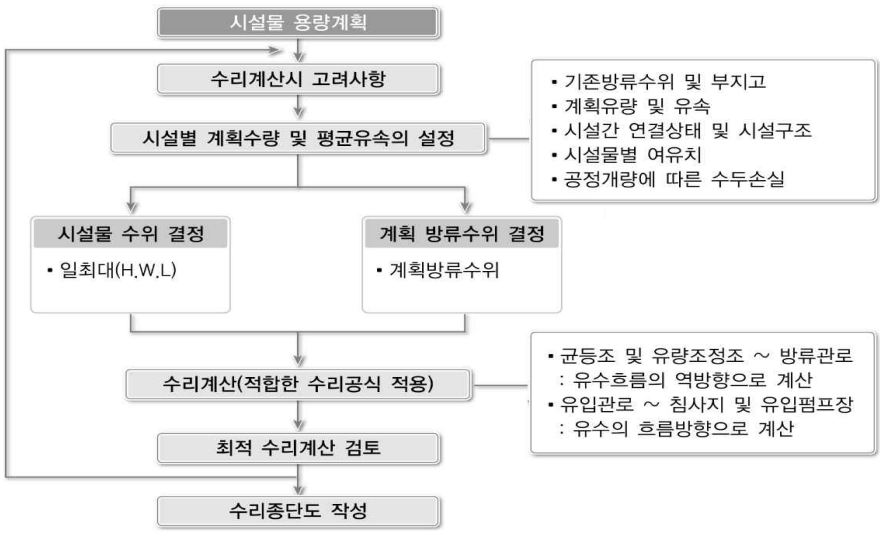
4.3.3 수리 조건의 변화

하수처리수 재이용 수처리공정은 공정의 운영 및 물의 수송과정(기존 하수처리시설과 재이용 수처리시설 사이의 물의 수송)에서 손실수두를 유발한다. 기존 하수처리장은 방류지점의 계획방류수위를 고려하여 설치되었으므로 계획방류수위의 변동을 최소화하기 위한 다음과 같은 검토가 필요하다.

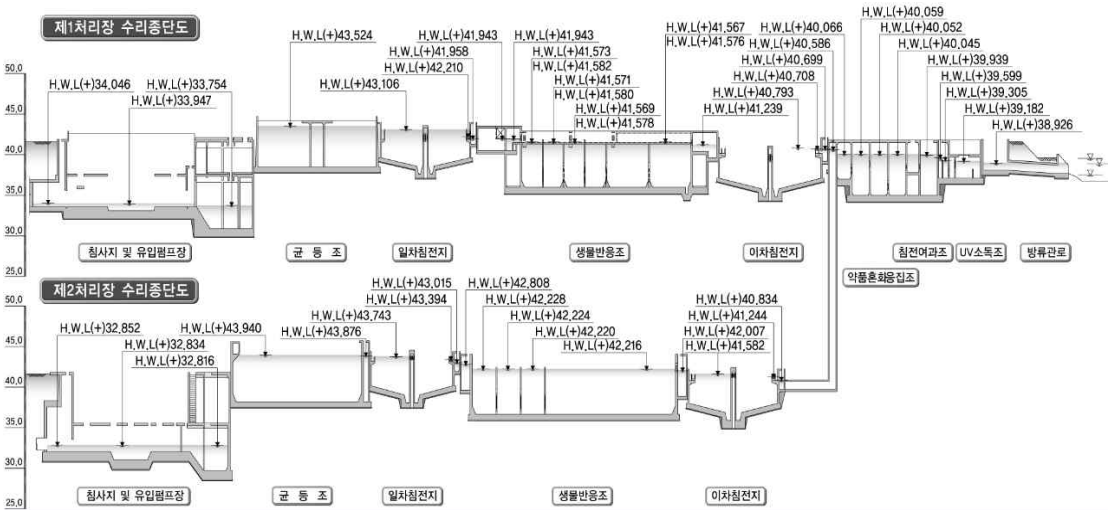
1) 손실수두 발생을 방지하거나 최소화 할 수 있는 공정의 선정
2) 기존 하수처리시설의 개량을 통한 필요 수두의 확보

☞ 해설

일반적으로 하수처리장은 하수관거의 최하단부에 위치하기 때문에 하수의 하수처리장 유입수위는 계획방류수위보다 낮다. 따라서 하수처리장은 침사지 이후 유입펌프장을 설치하여 계획방류수위를 기준으로 각 수처리공정 및 물의 수송에서 발생하는 손실수두를 고려하여 가압 양정을 계획하며, 이 때 계산된 수리종단을 기준으로 하수처리장의 각종 시설물의 수리적인 위치가 결정된다. 운영 중인 하수처리장에 추가 수처리공정을 설치하는 경우에는 추가 수처리공정에서 발생하는 손



〈그림 4.5〉 기존하수처리장에 재이용 수처리시설 도입시 수리종단도의 작성절차



〈그림 4.6〉 수리종단도의 작성 예

실수두 및 물의 수송에서 발생하는 손실수두를 최소화하여 기존의 계획된 수리종단의 영향을 방지하고 기존 시설물의 변경을 최소화하기 위한 검토를 수행하여야 한다.

1)에 대하여

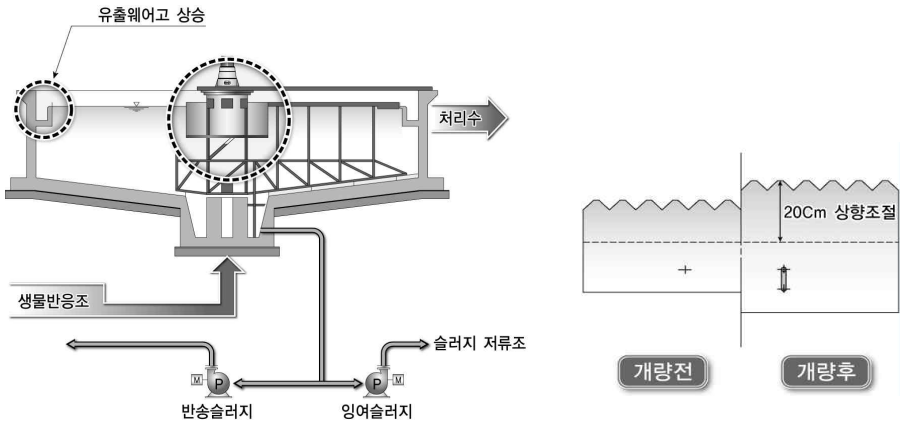
하수처리수 재이용 수처리공정은 수리적인 조건 및 손실수두 발생여부에 따라 다음 표와 같이 분류할 수 있다. 일반적으로 자연유하방식의 여과공정은 손실수두가 크게 발생하기 때문에 기존 하수처리장 재이용 시설에서 가용한 수두로는 적용하기 어려우며, 가압펌프를 설치하거나 압력여과공정의 도입을 필요로 한다.

〔표 4.15〕 손실수두 발생을 기준으로 한 수처리공정의 분류

구분	수처리공정
손실수두 크게 유발	자연유하방식의 여과공정(급속사여과, 활성탄여과 등)
손실수두 보통 유발	약품응집침전공정, 오존산화, 염소소독, 오존소독, 자외선소독
손실수두 발생 없음(펌프이용)	막여과공정, 압력여과공정(급속사여과, 활성탄여과 등), 역삼투 공정

2)에 대하여

약품응집침전공정 또는 소독공정 등 손실수두가 크게 발생하지 않는 공정의 경우에는 기존 하수처리공정의 전단부를 개량하는 방법 등을 통해 필요한 수두를 확보함으로써 기존 하수처리장에 수리조건을 크게 변화시키지 않는 범위 내에서 도입 여부를 검토할 수 있다. <그림 4.7>은 최종침전지의 유출 웨어고 개량을 통한 수두 확보의 사례이다.



〈그림 4.7〉 최종침전지 유출 웨어고 개량을 통한 수두확보

4.3.4 내진설계

하·폐수처리수 재이용시설을 설계시 다음과 같은 사항을 고려한다.

1) 하·폐수처리수 재이용시설의 내진설계는 원칙적으로 내진 2등급의 내진성능을 갖도록 한다. 다만 하수도시설의 방류수역내에 상수원보호구역, 수변구역 또는 특별대책지역이 있는 경우 등 지진재해시 중대한 2차 피해가 예상되는 시설에는 내진 1등급을 적용한다.
2) 등급별 내진성능 목표에서 고려하는 설계지진강도는 붕괴방지수준에서 시설물의 내진등급이 2등급인 경우에는 평균재현주기 500년, 1등급인 경우에는 1,000년에 해당되는 지진지반운동으로 한다.
3) 본 가이드라인에 규정되어 있지 않은 사항은 하수도시설기준(2011, 한국상하수도협회) 제10장 내진설계편의 기준을 적용한다.

4.3.5 수질기준 만족을 위한 하수처리수 재이용시설의 설계요소

4.3.5.1 기본사항

하수처리수 재이용시 수질기준 만족을 위해서는 다음과 같은 수질을 비교 검토하여야 한다.

1) 공공하수처리시설의 방류수 수질기준
2) 기존 하수처리장의 목표수질 및 운영수질
3) 하·폐수처리수의 재이용수 수질기준
4) 수요처의 요구수질

☞ 해설

하수처리수 재이용시설의 유입원수는 공공하수처리시설 최종처리수를 대상으로 하며, 생산되는

재이용수는 계절 및 일간중 시간대별 수질과 유량의 변화를 고려하여 정상적인 변동범위의 악조건에서도 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행규칙 별표2)를 달성할 수 있도록 계획하여야 한다. 한편 재이용수의 수요처에서는 하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준보다 강화된 수질을 요구할 수 있으며, 수요처별로 다양한 수질을 요구할 수 있다. 수요처의 요구수질이 다양할 경우 원칙적으로 공급자는 공통으로 요구되는 수질에 맞추어 처리하여 공급하고 그 이상의 수질은 개별 수요처에서 재처리할 수 있도록 계획됨이 바람직하다. 다만, 공동으로 재처리설비를 설치할 경우 경제적 효과가 높고 수요처의 요구가 있을 시에는 그러하지 않을 수 있다.

1)에 대하여

공공하수처리시설의 방류수 수질기준이란 공공 하수처리시설에 적용되는 방류수의 수질기준으로 하수도법 시행규칙 별표1에 제시되어 있으며, 2012년 1월 1일부터 강화된 기준이 적용되고 있다.

2)에 대하여

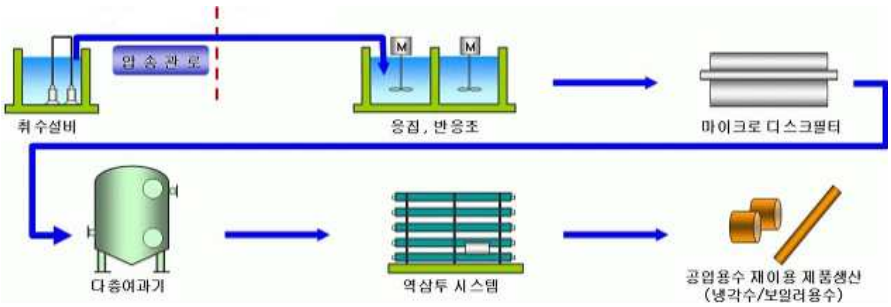
기존 하수처리장의 개량공사가 수행되는 경우 일반적으로 하수처리장의 목표수질은 방류수 수질기준의 70~80% 정도의 수질(수질항목에 따라 차이가 있음)로 설정되며, 이를 기준으로 시설의 설계 시공이 이루어진다. 한편 실제 처리장의 운영수질은 계절 및 일간 중 시간대별로 다양한 수질을 나타내기 때문에 재이용수 처리시설은 이러한 수질의 변화에도 대응할 수 있도록 기존 하수처리장의 실제 운영수질을 충분히 검토·분석하여야 한다.

3)에 대하여

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 시행규칙 별표2에 규정된 수질기준으로 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 여기서 규정된 하수처리수의 용도별 수질기준에 맞게 하·폐수처리수 재이용수를 공급하여야 한다.

4)에 대하여

용도가 다른 재이용수를 공급할 경우에는 각각 용도에 적합한 공통으로 요구되는 수질에 맞추어 처리하여 공급하고 그 이상의 수질은 개별 수요처에서 재처리할 수 있도록 계획하는 것이 바람직하다.



〈그림 4.8〉 재이용수 공급 후 개별 수요처 재처리 사례

〔표 4.16〕 재이용수의 용도별 정의

구분	정 의
도시재이용수	도로·건물 세척 및 살수(撒水), 화장실 세척용수 등
조 경 용 수	도시 가로수 및 공원·체육시설 등의 잔디 관개용수
친 수 용 수	도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 실개천 등의 수량 공급용수
하천유지용수	하천, 저수지 및 소류지(小溜池) 등의 수량유지를 위한 공급용수
농 업 용 수	농작물 등의 재배에 공급되는 용수
습 지 용 수	습지에 대한 공급용수
지하수충전용수	지하수의 수위조절을 위한 공급용수(「지하수법」 제6조의2제1항 및 제2항에 따른 지역지하수 관리계획에 포함된 경우로 한정한다)
공 업 용 수	냉각용수, 보일러용수 및 생산 공정에 공급되는 산업용수

4.3.5.2 하수처리수 재처리 공정의 선정

하·폐수처리수 재이용 용도에 맞는 수질을 달성하기 위해서 기존 하수처리장의 방류수 또는 배출수 수질 중 처리가 필요한 수질항목을 결정하여야 하며, 해당 수질항목을 처리할 수 있는 수처리공정 대안을 선정하고 수처리공정에 대한 평가(경제성, 처리성 등)를 통해 재처리 공정을 선정하여야 한다.

☞ 해설

법률에서 정하고 있는 하수처리수 재이용수의 용도별 수질기준 달성을 위해서는 기존 처리장의 방류수 또는 배출수의 수질자료를 검토하고 필요시 추가 수질분석을 실시(평상시 측정하지 않는 수질항목에 대하여)하여 재처리공정의 도입 여부를 검토하여야 한다. 각 재처리 공정마다 수질항목에 대한 처리능력이 상이하므로 필요한 처리대상물질을 처리할 수 있는 대상공정 중에서 경제성 등을 평가하여 합리적인 공정이 도입될 수 있도록 하여야 한다. [표 4.12]는 수질항목별 재처리방법의 예를 나타낸다.

4.3.5.3 도시재이용수의 수질 검토

도시재이용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 다음 수질항목의 준수가 요구된다.

1) 총대장균군수
2) 결합잔류염소
3) 탁도
4) 생물화학적산소요구량

5) 냄새
6) 색도
7) 수소이온농도

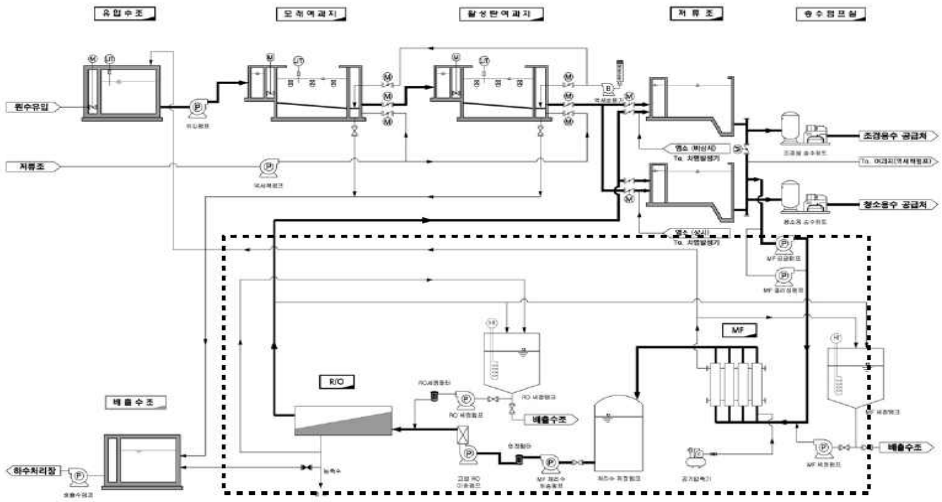
☞ 해설

하수처리수 재이용수의 원수가 되는 하수처리장 방류수의 수질기준과 도시재이용수의 수질기준을 비교하면 [표 4.17]과 같다. 실제 재처리시설의 계획을 수립하는 경우에는 여기에 기존 하수처리장의 운영수질(계절적 처리특성 및 시간적 처리특성을 확인할 수 있는)자료 및 사용처의 요구수질(사용처에서 요구가 있는 경우)을 추가 비교하여야 하며, 각각의 수질항목에 대해서 수질기준을 준수할 수 있도록 적정 방안(추가 공정의 도입 및 시설개량)을 수립하여야 한다.

〔표 4.17〕 방류수수질기준과 도시재이용수 수질기준 비교

구분	하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(도시재이용수)	방류수수질기준				비고
		Ⅰ지역	Ⅱ지역	Ⅲ지역	Ⅳ지역	
총대장균군수(개/100mL)	불검출	100,000	300,000	300,000	300,000	
결합잔류염소(mg/L)	0.2 이상	–	–	–	–	
탁도(NTU)	2 이하	(10)	(10)	(10)	(10)	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	5 이하	5	5	10	10	
냄새	불쾌하지 않을 것	–	–	–	–	
색도(도)	20 이하	–	–	–	–	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	–	–	–	–	

주) ( )는 부유물질(SS) 기준임.





〈그림 4.9〉 도시재이용수 하수처리수 재이용 사례

1)에 대하여

방류수수질기준 및 운영수질에 비해서 도시재이용수의 수질기준이 강화된 기준이므로 총대장균군수를 "불검출"까지 처리하기 위한 소독공정의 도입이 필요하다. (2)항목의 결합잔류염소를 고려할 때 소독공정으로는 염소주입공정이 반드시 필요하다.

2)에 대하여

결합잔류염소농도를 0.2mg/L 이상 확보하여야 하므로 염소주입시설의 도입이 필요하다.

3)에 대하여

탁도와 부유물질(SS)은 측정방법이 다른 수질항목이지만 연관이 있는 수질항목이다. 도시재이용수의 탁도 수질기준은 2NTU이고 방류수수질기준에서는 부유물질 10mg/L로, 10mg/L의 부유물질 농도는 2NTU 탁도를 초과할 가능성이 매우 높다. 따라서 탁도를 처리하기 위한 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

4)에 대하여

생물화학적산소요구량 항목의 방류수수질기준은 지역별로 다른 기준을 적용받으며, Ⅰ, Ⅱ지역의 경우에는 도시재이용수의 생물화학적산소요구량과 동일한 기준(5mg/L)을 나타내므로 추가 처리공정이나 시설개량이 필요 없으나 Ⅲ, Ⅳ지역의 경우(10mg/L)에는 도시재이용수의 수질기준을 만족하지 못하므로 생물화학적산소요구량 항목을 처리하기 위한 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

5)에 대하여

냄새 항목은 미관유지항목(심미적인 기준)으로 냄새의 원인물질은 다양하므로 특정 물질의 정량적 수치로 나타내기 어려운 수질 항목이다. 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

6)에 대하여

색도 항목은 방류수수질기준에 없는 항목으로 하수처리장에서 일반적으로 측정하지 않는 수질항목이다(재이용시설 도입 후에는 색도 항목에 대하여 법률에 따라 매일 측정하여야 함). 기존 하수처리장의 방류수 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

7)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준의 pH값은 법률로 정해져 있지 않으나 생물학적인 주 처리공정의 특성상 방류수의 pH값은 대개의 경우 5.8~8.5의 범위를 나타낸다. 수처리 공정상 pH를 인위적으로 조정하는 등 기준의 초과가 예상되는 경우에는 pH 값을 조정할 수 있는 시설을 검토하여야 한다.

4.3.5.4 조경용수의 수질 검토

조경용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 다음 수질항목의 준수가 요구된다.

1) 총대장균군수
2) 탁도
3) 생물화학적산소요구량
4) 냄새
5) 수소이온농도
6) 염화물

☞ 해설

하수처리수 재이용수의 원수가 되는 하수처리장 방류수의 수질기준과 조경용수의 수질기준을 비교하면 [표 4.18]과 같다. 실제 재처리시설의 계획을 수립하는 경우에는 여기에 기존 하수처리장의 운영수질(계절적 처리특성 및 시간적 처리특성을 확인할 수 있는)자료 및 사용처의 요구수질(사용처에서 요구하는 수질이 있는 경우)을 추가 비교하여야 하며, 각각의 수질항목에 대해서 수질기준

〔표 4.18〕 방류수수질기준과 조경용수 수질기준 비교

구분	하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(조경용수)	방류수수질기준				비고
		Ⅰ지역	Ⅱ지역	Ⅲ지역	Ⅳ지역	
총대장균군수(개/100mL)	200 이하	100,000	300,000	300,000	300,000	
탁도(NTU)	2 이하	(10)	(10)	(10)	(10)	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	5 이하	5	5	10	10	
냄새	불쾌하지 않을 것	–	–	–	–	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	–	–	–	–	
염화물(mgCl/L)	250 이하	–	–	–	–	

주) ( )는 부유물질(SS) 기준임.

을 준수할 수 있도록 적정 방안(추가 공정의 도입 및 시설개량)을 수립하여야 한다.

1)에 대하여

방류수수질기준 및 운영수질에 비해서 조경용수의 수질기준이 강화된 기준이므로 총대장균군수를 200개/100mL까지 처리하기 위한 소독공정의 도입이 필요하다.

2)에 대하여

탁도와 부유물질(SS)은 측정방법이 다른 수질항목이지만 연관이 있는 수질항목이다. 조경용수의 탁도 수질기준은 2NTU이고 방류수수질기준에서는 부유물질 10mg/L로, 10mg/L의 부유물질 농도는 2NTU 탁도를 초과할 가능성이 매우 높다. 따라서 탁도를 처리하기 위한 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

3)에 대하여

생물화학적 산소요구량 항목의 방류수수질기준은 지역별로 다른 기준을 적용받으며, Ⅰ, Ⅱ지역의 경우에는 조경용수의 생물화학적 산소요구량과 동일한 기준(5mg/L)을 나타내므로 추가 처리공정이나 시설개량이 필요 없으나 Ⅲ, Ⅳ지역의 경우(10mg/L)에는 조경용수 수질기준에 못 미치므로 생물화학적 산소요구량 항목을 처리하기 위한 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

4)에 대하여

냄새 항목은 미관유지항목(심미적인 기준)으로 냄새의 원인물질은 다양하므로 특정 물질의 정량적 수치로 나타내기 어려운 수질 항목이다. 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

5)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준의 pH값은 법률로 정해져 있지 않으나 생물학적인 주 처리공정의 특성상 방류수의 pH값은 대개의 경우 5.8~8.5의 범위를 나타낸다. 수처리 공정상 pH를 인위적으로 조정하는 등 기준의 초과가 예상되는 경우에는 pH 값을 조정할 수 있는 시설을 검토하여야 한다.

6)에 대하여

염화물 항목은 하수처리장 방류수수질기준에 없는 항목으로 방류수의 염화물의 농도는 하수처리장의 유입원수의 성상에 따라 달라지므로 하수처리장의 방류수질을 평가하여 처리성을 검토하여야 한다. 염화물은 용존고형물(Dissolved solid)의 구성물질 중 하나로 일반적인 수처리공정으로 제거가 되지 않으며, 역삼투 공정등 이온성물질을 제거할 수 있는 공정의 도입을 필요로 한다.

4.3.5.5 친수용수의 수질검토

친수용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 다음 수질항목의 준수가 요구된다.

1) 총대장균군수
2) 결합잔류염소
3) 탁도

4) 생물화학적 산소요구량
5) 냄새
6) 색도
7) 총질소
8) 총인
9) 수소이온농도

☞ 해설

하수처리수 재이용수의 원수가 되는 하수처리장 방류수의 수질기준과 친수용수의 수질기준을 비교하면 [표 4.19]와 같다. 실제 재처리시설의 계획을 수립하는 경우에는 여기에 기존 하수처리장의 운영수질(계절적 처리특성 및 시간적 처리특성을 확인할 수 있는)자료 및 사용처의 요구수질(사용처에서 요구하는 수질이 있는 경우)을 추가 비교하여야 하며, 각각의 수질항목에 대해서 수질기준을 준수할 수 있도록 적정 방안(추가 공정의 도입 및 시설개량)을 수립하여야 한다.

〔표 4.19〕 방류수수질기준과 친수용수 수질기준 비교

구분	하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(친수용수)	방류수수질기준				비고
		Ⅰ지역	Ⅱ지역	Ⅲ지역	Ⅳ지역	
총대장균군수(개/100mL)	불검출	100,000	300,000	300,000	300,000	
결합잔류염소(mg/L)	0.1 이상	–	–	–	–	
탁도(NTU)	2 이하	(10)	(10)	(10)	(10)	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	3 이하	5	5	10	10	
냄새	불쾌하지 않을 것	–	–	–	–	
색도(도)	10 이하	–	–	–	–	
총질소(T-N)(mg/L)	10 이하	20	20	20	20	
총인(T-P)(mg/L)	0.5 이하	0.2	0.3	0.5	2.0	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	–	–	–	–	

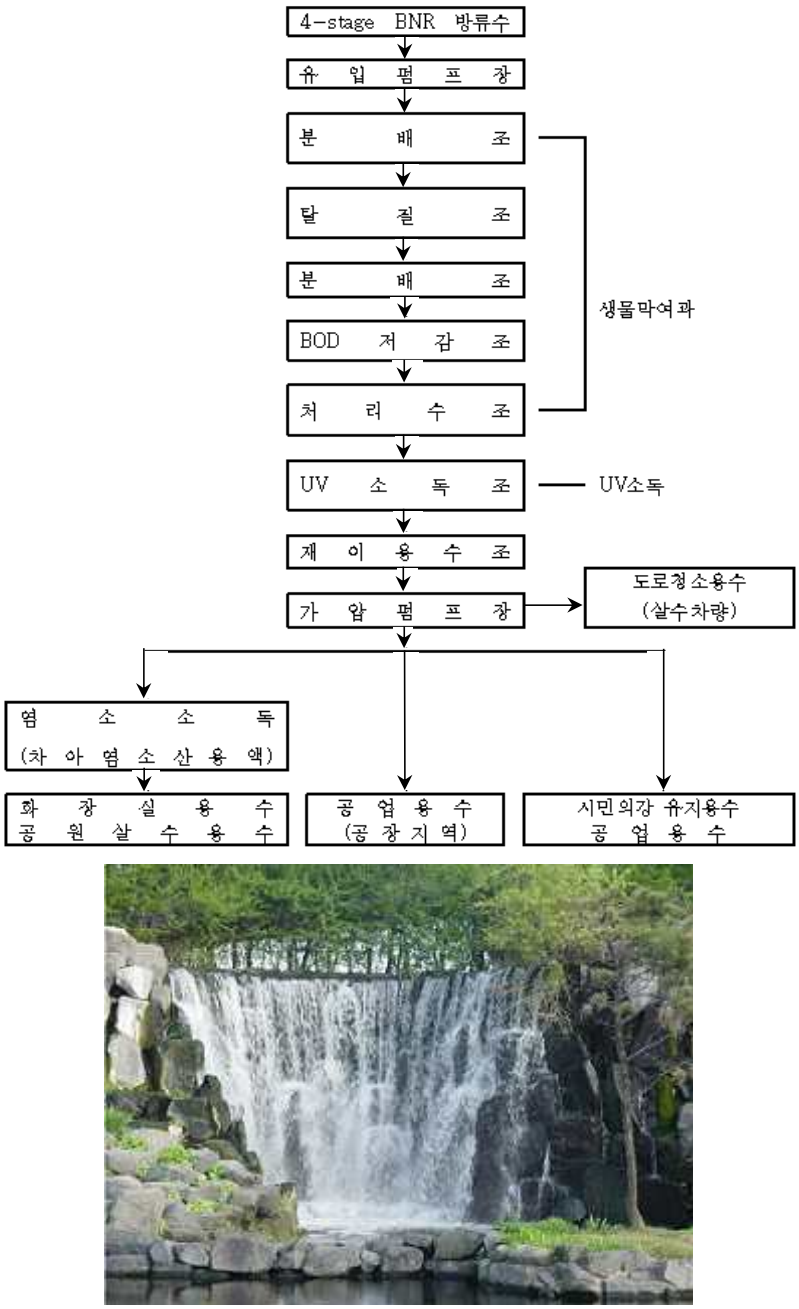
주) ( )는 부유물질(SS) 기준임.

1)에 대하여

방류수수질기준 및 운영수질에 비해서 친수용수의 수질기준이 강화된 기준이므로 총대장균군수를 불검출까지 처리하기 위한 소독공정의 도입이 필요하다. (2)항목의 결합잔류염소를 고려할 때 소독공정으로는 염소주입공정이 반드시 필요하다.

2)에 대하여

결합잔류염소농도를 0.1mg/L 이상 확보하여야 하므로 염소주입시설의 도입이 필요하다.



〈그림 4.10〉 친수용수 하수처리수 및 재이용 사례

3)에 대하여

탁도와 부유물질(SS)은 측정방법이 다른 수질항목이지만 연관이 있는 수질항목이다. 친수용수의 탁도 수질기준은 2NTU이고 방류수수질기준에서는 부유물질 10mg/L로, 10mg/L의 부유물질 농도는

2NTU 탁도를 초과할 가능성이 매우 높다. 따라서 탁도를 처리하기 위한 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

4)에 대하여

친수용수의 생물화학적 산소요구량 기준은 3mg/L이며, 하수처리장의 방류수수질기준은 지역에 따라 5~10mg/L이므로 기준만족을 위해서는 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

5)에 대하여

냄새 항목은 미관유지항목(심미적인 기준)으로 냄새의 원인물질은 다양하므로 특정 물질의 정량적 수치로 나타내기 어려운 수질 항목이다. 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

6)에 대하여

색도 항목은 방류수수질기준에 없는 항목으로 하수처리장에서 일반적으로 측정하지 않는 수질항목이다(재이용시설 도입 후에는 색도 항목에 대하여 법률에 따라 매일 측정하여야 함). 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

7)에 대하여

친수용수의 총질소 항목의 수질기준은 10mg/L로 방류수수질기준 20mg/L보다 강화된 기준이므로 총질소 항목을 처리하기 위한 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하며, 총질소 항목의 경우에는 기존 생물화학적처리공정에서의 계절적 제거율의 차이가 크기 때문에 이를 고려한 계획이 필요하다.

8)에 대하여

친수용수의 총인 항목의 수질기준은 0.5mg/L로 Ⅰ지역, Ⅱ지역, Ⅲ지역에서는(방류수수질기준인 0.2mg/L, 0.3mg/L, 0.5mg/L) 추가 대응이 필요 없으나 Ⅳ지역의 경우(방류수수질기준 2mg/L)에는 총인 항목을 처리하기 위한 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

9)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준의 pH값은 법률로 정해져 있지 않으나 생물학적인 주처리공정의 특성상 방류수의 pH값은 대개의 경우 5.8~8.5의 범위를 나타낸다. 수처리 공정상 pH를 인위적으로 조정하는 등 기준의 초과가 예상되는 경우에는 pH값을 조정할 수 있는 시설을 검토하여야 한다.

4.3.5.6 하천유지용수의 수질 검토

하천유지용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 다음 수질항목의 준수가 요구된다.

1) 총대장균군수
2) 부유물질
3) 생물화학적 산소요구량

4) 냄새
5) 색도
6) 총질소
7) 총인
8) 수소이온농도

☞ 해설

하수처리수 재이용수의 원수가 되는 하수처리장 방류수의 수질기준과 하천유지용수의 수질기준을 비교하면 [표 4.20]과 같다. 실제 재처리시설의 계획을 수립하는 경우에는 여기에 기존 하수처리장의 운영수질(계절적 처리특성 및 시간적 처리특성을 확인할 수 있는)자료 및 사용처의 요구수질(사용처에서 요구하는 수질이 있는 경우)을 추가 비교하여야 하며, 각각의 수질항목에 대해서 수질기준을 준수할 수 있도록 적정 방안(추가 공정의 도입 및 시설개량)을 수립하여야 한다.

〔표 4.20〕 방류수수질기준과 하천유지용수 수질기준 비교

구분	하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(하천유지용수)	방류수수질기준				비고
		Ⅰ지역	Ⅱ지역	Ⅲ지역	Ⅳ지역	
총대장균군수(개/100mL)	1,000 이하	100,000	300,000	300,000	300,000	
부유물질(SS)(mg/L)	6 이하	10	10	10	10	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	5 이하	5	5	10	10	
냄새	불쾌하지 않을 것	-	-	-	-	
색도(도)	20 이하	-	-	-	-	
총질소(T-N)(mg/L)	10 이하	20	20	20	20	
총인(T-P)(mg/L)	0.5 이하	0.2	0.3	0.5	2.0	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	-	-	-	-	

1)에 대하여

방류수수질기준 및 운영수질에 비해서 하천유지용수의 수질기준이 강화된 기준이므로 총대장균군수를 1,000개/100mL까지 처리하기 위한 소독공정의 도입이 필요하다.

2)에 대하여

하천유지용수의 부유물질 기준은 6mg/L으로, Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ지역 모두 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

3)에 대하여

하천유지용수의 생물화학적 산소요구량 기준은 5mg/L 이하로 하수처리장의 방류수수질기준이

지역에 따라 5~10mg/L이므로 기준만족을 위해서는 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

4)에 대하여

냄새 항목은 미관유지항목(심미적인 기준)으로 냄새의 원인물질은 다양하므로 특정 물질의 정량적 수치로 나타내기 어려운 수질 항목이다. 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

5)에 대하여

색도 항목은 방류수수질기준에 없는 항목으로 하수처리장에서 일반적으로 측정하지 않는 수질항목이다(재이용시설 도입후에는 색도 항목에 대하여 법률에 따라 매일 측정하여야 함). 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

6)에 대하여

하천유지용수의 총질소 항목의 수질기준은 10mg/L로 방류수수질기준 20mg/L보다 강화된 기준이므로 총질소 항목을 처리하기 위한 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하며, 총질소 항목의 경우에는 기존 생물학적 처리공정에서의 계절적 제거율의 차이가 크기 때문에 이를 고려한 계획이 필요하다.



〈그림 4.11〉 하천유지용수 하수처리수 및 재이용 사례

7)에 대하여

하천유지용수의 총인 항목의 수질기준은 0.5mg/L로 Ⅰ지역, Ⅱ지역, Ⅲ지역에서는(방류수수질기준인 0.2mg/L, 0.3mg/L, 0.5mg/L) 추가 대응이 필요 없으나 Ⅳ지역의 경우(방류수수질기준 2mg/L)에는 총인 항목을 처리하기 위한 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

8)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준의 pH값은 법률로 정해져 있지 않으나 생물학적인 주 처리공정의 특성상 방류수의 pH값은 대개의 경우 5.8~8.5의 범위를 나타낸다. 수처리 공정상 pH를 인위적으로 조정하는 등 기준의 초과가 예상되는 경우에는 pH값을 조정할 수 있는 시설을 검토하여야 한다.

4.3.5.7 농업용수의 수질 검토

농업용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 다음 수질항목의 준수가 요구된다.

1) 총대장균군수
2) 탁도
3) 생물화학적 산소요구량
4) 냄새
5) 수소이온농도
6) 전기전도도
7) 농업용수 추가수질기준(중금속 등 미량유해물질)

☞ 해설

하수처리수 재이용수의 원수가 되는 하수처리장 방류수의 수질기준과 농업용수의 수질기준을 비교하면 [표 4.21]과 같다. 실제 재처리시설의 계획을 수립하는 경우에는 여기에 기존 하수처리장의 운영수질(계절적 처리특성 및 시간적 처리특성을 확인할 수 있는)자료 및 사용처의 요구수질(사용처에서 요구하는 수질이 있는 경우)을 추가 비교하여야 하며, 각각의 수질항목에 대해서 수질기준을 준수할 수 있도록 적정 방안(추가 공정의 도입 및 시설개량)을 수립하여야 한다. 한편 농업용수의 경우에는 [표 4.21]의 기준의 추가 준수가 필요하다.

1)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준 및 운영수질에 비해서 농업용수의 수질기준이 강화된 기준이므로 총대장균군수를 불검출 또는 200개/100mL까지 처리하기 위한 소독공정의 도입이 필요하다.

2)에 대하여

탁도와 부유물질(SS)은 측정방법이 다른 수질항목이지만 연관이 있는 수질항목이다. 농업용수의 탁도 수질기준은 2(또는 5)NTU이고 방류수수질기준에서는 부유물질 10mg/L로, 10mg/L의 부유물질 농도는 2(또는 5)NTU 탁도를 초과할 가능성이 매우 높다. 따라서 탁도를 처리하기 위한 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

〔표 4.21〕 방류수수질기준과 농업용수 수질기준 비교

구분	하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(농업용수)		방류수수질기준				비고
	직접식용	간접식용	Ⅰ지역	Ⅱ지역	Ⅲ지역	Ⅳ지역	
총대장균군수(개/100mL)	불검출	200이하	100,000	300,000	300,000	300,000	
탁도(NTU)	2	5	(10)	(10)	(10)	(10)	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	8		5	5	10	10	
냄새	불쾌하지 않을 것		-	-	-	-	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5		-	-	-	-	
전기전도도(㎲/cm)	700	2,000	-	-	-	-	

알루미늄 (Al)	비소 (As)	총붕소 (B-total)	카드뮴 (Cd)	6가크롬 (Cr^{+6})	코발트 (Co)	구리 (Cu)	납 (Pb)
5 이하	0.05 이하	0.75 이하	0.01 이하	0.05 이하	0.05 이하	0.2 이하	0.1 이하
리튬 (Li)	망간 (Mn)	수은 (Hg)	니켈 (Ni)	셀렌 (Se)	아연 (Zn)	시안 (CN)	폴리클로리네이티드비페닐 (PCB)
2.5 이하	0.2 이하	0.001 이하	0.2 이하	0.02 이하	2 이하	불검출	불검출

3)에 대하여

농업용수의 생물화학적 산소요구량 기준은 8mg/L이며, Ⅰ, Ⅱ지역의 경우(방류수 수질기준 5mg/L) 추가적인 대응이 필요 없으나 Ⅲ, Ⅳ지역의 경우(방류수 수질기준 10mg/L)로 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

4)에 대하여

냄새 항목은 미관유지항목(심미적인 기준)으로 냄새의 원인물질은 다양하므로 특정 물질의 정량적 수치로 나타내기 어려운 수질 항목이다. 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

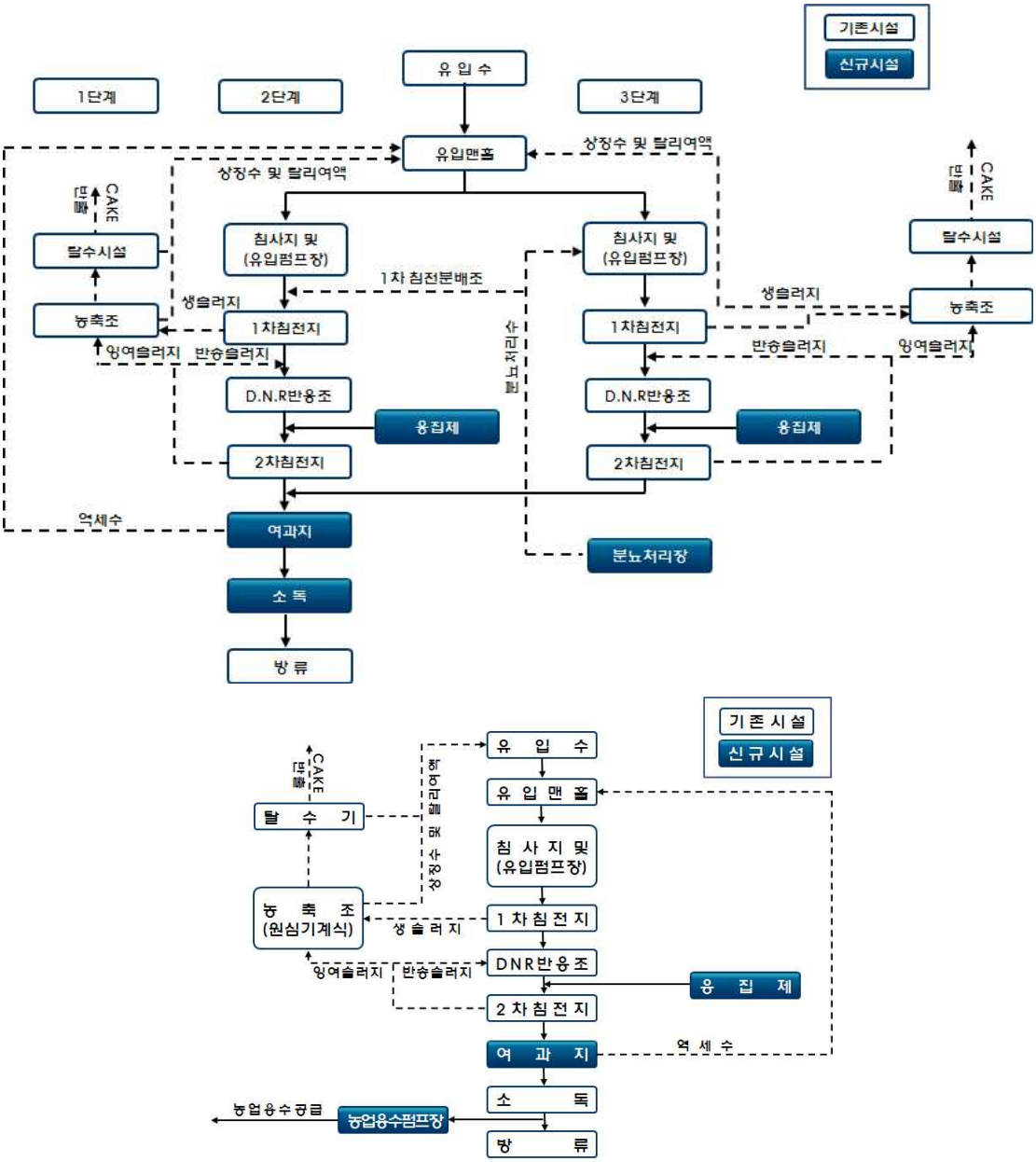
5)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준의 pH값은 법률로 정해져 있지 않으나 생물학적인 주처리공정의 특성상 방류수의 pH값은 대개의 경우 5.8~8.5의 범위를 나타낸다. 수처리 공정상 pH를 인위적으로 조정하는 등 기준의 초과가 예상되는 경우에는 pH값을 조정할 수 있는 시설을 검토하여야 한다.

6)에 대하여

하수처리장 방류수수질기준에는 전기전도도 항목이 정해져 있지 않으며, 전기전도도는 총 용존고형물(Total Dissolved Solid) 항목과 연관이 있는 수질항목으로 물속의 이온성 물질이 많이 존재할수록 농도가 증가한다. 하수처리장의 유입원수에 따라 다양한 값을 나타낼 수 있기 때문에 기존처

리장의 방류수에 대한 전기전도도 데이터를 축적하여 농업용수 수질기준의 초과여부를 검토하여야 한다. 전기전도도 항목은 일반적인 수처리공정으로 제거가 되지 않으며, 역삼투 공정등 이온성물질을 제거할 수 있는 공정의 도입을 필요로 한다.



〈그림 4.12〉 농업용수 재이용 사례

7)에 대하여

농업용수의 추가수질기준에는 중금속 및 미량유해물질 기준이 포함되어 있다. 하수처리장의 방류수에 대하여 해당항목의 측정 자료를 축적하여 처리여부를 검토하여야 한다. 여러 수질항목이 초과되고 높은 처리수준이 필요한 경우에는 역삼투압 등 고도 처리공정이 필요하나 농업용수는 생산단가를 최소한으로 낮추어 낮은 비용으로 공급하여야 하기 때문에 비용이 많이 소요되는 고도처리공정의 도입은 가능한 지양하는 것이 바람직하다.

4.3.5.8 지하수 충전용수의 수질 검토

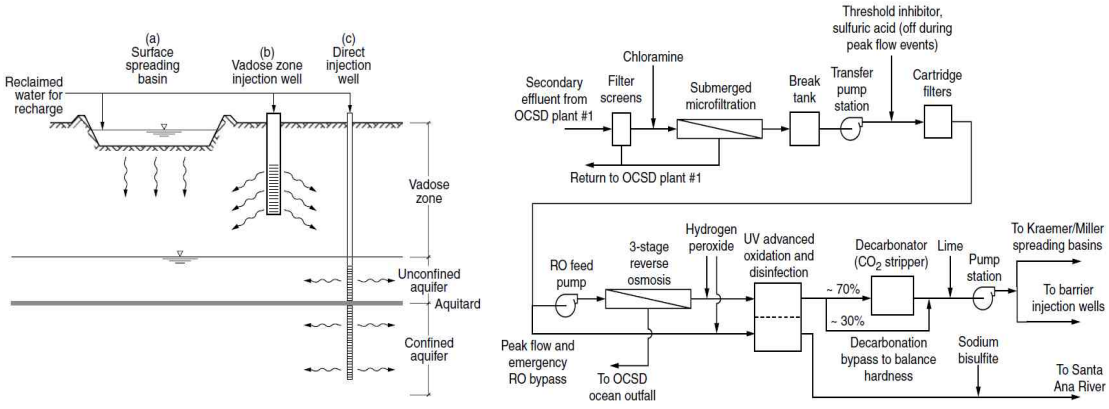
지하수 충전용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」 별표1 [표 4.23]에 따른 먹는물의 수질기준을 준수하여야 한다.

☞ 해설

지하수 충전용수는 지하수를 수도시설의 취수원수로 사용하는 경우 지하수의 수위저하를 방지하고 필요한 취수량을 확보하기 위한 용도로 사용되는 용수를 말한다. 국내에서는 아직 도입된 사례가 없으며 미국의 아리조나와 같이 건조 기후로 인해 취수원수가 부족한 지역에서 주로 사용된다. 하수처리장의 방류수를 먹는물 수질기준 수준까지 처리하기 위해서는 역삼투압 등 고준위 처리공정을 필요로 하며, 역삼투 공정은 단독으로 사용하는 경우 회수율이 낮아지기 때문에 비효율적으로 운영되므로 전단에 여과공정 등 전처리시설이 필요하다.

〔표 4.22〕 지하수 충전 방법에 따른 처리수준의 비교

구분	Surface Recharge Basin	Vadose Zone Injection Well	Direct Injection Well
요구처리수준	2차처리	2차처리+여과	고도처리



〈그림 4.13〉 지하수 충전 방법(좌) 및 충전용수 생산을 위한 처리공정 사례(우)

<그림 4.13>은 지하수 충전용수의 충전 방법 및 처리공정사례를 나타낸다. 미국의 경우 충전 방법에 따라 처리수준을 다르게 적용하는데, 먹는물의 취수원수로 사용하는 경우에는 역삼투압, UV, AOP 등 고준위 처리시설을 도입한다.



〈그림 4.14〉 지하수 충전용수이용 사례(좌 : 미국 Orange County, 우 : 미국 LA County)

〔표 4.23〕 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 〈별표1〉 먹는물의 수질기준

1. 미생물에 관한 기준
   가. 일반세균은 1mL 중 100CFU(Colony Forming Unit)를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물 및 염지하수의 경우에는 저온일반세균은 20CFU/mL, 중온일반세균은 5CFU/mL를 넘지 아니하여야 하며, 먹는샘물, 먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에는 병에 넣은 후 4℃를 유지한 상태에서 12시간 이내에 검사하여 저온일반세균은 100CFU/mL, 중온일반세균은 20CFU/mL를 넘지 아니할 것
   나. 총 대장균군은 100mL(샘물·먹는샘물, 염지하수·먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에는 250mL)에서 검출되지 아니할 것. 다만, 제4조제1항제1호 나목 및 다목에 따라 매월 또는 매분기 실시하는 총대장균군의 수질검사 시료(試料) 수가 20개 이상인 정수시설의 경우에는 검출된 시료 수가 5%를 초과하지 아니하여야 한다.
   다. 대장균·분원성 대장균군은 100mL에서 검출되지 아니할 것. 다만, 샘물·먹는샘물, 염지하수·먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에는 적용하지 아니한다.
   라. 분원성 연쇄상구균·녹농균·살모넬라 및 쉬겔라는 250mL에서 검출되지 아니할 것(샘물·먹는샘물, 염지하수·먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에만 적용한다)
   마. 아황산환원혐기성포자형성균은 50mL에서 검출되지 아니할 것(샘물·먹는샘물, 염지하수·먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에만 적용한다)
   바. 여시니아균은 2L에서 검출되지 아니할 것(먹는물 공동시설의 물의 경우에만 적용한다)
2. 건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준
   가. 납은 0.01mg/L를 넘지 아니할 것
   나. 불소는 1.5mg/L(샘물·먹는샘물 및 염지하수·먹는염지하수의 경우에는 2.0mg/L)를 넘지 아니할 것
   다. 비소는 0.01mg/L(샘물·염지하수의 경우에는 0.05mg/L)를 넘지 아니할 것
   라. 셀레늄은 0.01mg/L(염지하수의 경우에는 0.05mg/L)를 넘지 아니할 것

마. 수은은 0.001mg/L를 넘지 아니할 것
바. 시안은 0.01mg/L를 넘지 아니할 것
사. 크롬은 0.05mg/L를 넘지 아니할 것
아. 암모니아성 질소는 0.5mg/L를 넘지 아니할 것
자. 질산성 질소는 10mg/L를 넘지 아니할 것
차. 카드뮴은 0.005mg/L를 넘지 아니할 것
카. 보론은 1.0mg/L를 넘지 아니할 것(염지하수의 경우에는 적용하지 아니한다)
타. 브롬산염은 0.01mg/L를 넘지 아니할 것(먹는샘물, 염지하수·먹는염지하수, 먹는해양심층수 및 오존으로 살균·소독 또는 세척 등을 하여 음용수로 이용하는 지하수만 적용한다)
파. 스트론튬은 4mg/L를 넘지 아니할 것(먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에만 적용한다)

3. 건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준
가. 페놀은 0.005mg/L를 넘지 아니할 것
나. 다이아지논은 0.02mg/L를 넘지 아니할 것
다. 파라티온은 0.06mg/L를 넘지 아니할 것
라. 페니트로티온은 0.04mg/L를 넘지 아니할 것
마. 카바릴은 0.07mg/L를 넘지 아니할 것
바. 1,1,1-트리클로로에탄은 0.1mg/L를 넘지 아니할 것
사. 테트라클로로에틸렌은 0.01mg/L를 넘지 아니할 것
아. 트리클로로에틸렌은 0.03mg/L를 넘지 아니할 것
자. 디클로로메탄은 0.02mg/L를 넘지 아니할 것
차. 벤젠은 0.01mg/L를 넘지 아니할 것
카. 톨루엔은 0.7mg/L를 넘지 아니할 것
타. 에틸벤젠은 0.3mg/L를 넘지 아니할 것
파. 크실렌은 0.5mg/L를 넘지 아니할 것
하. 1,1-디클로로에틸렌은 0.03mg/L를 넘지 아니할 것
거. 사염화탄소는 0.002mg/L를 넘지 아니할 것
너. 1,2-디브로모-3-클로로프로판은 0.003mg/L를 넘지 아니할 것
더. 1,4-다이옥산은 0.05mg/L를 넘지 아니할 것

4. 소독제 및 소독부산물질에 관한 기준(샘물·먹는샘물·염지하수·먹는염지하수·먹는해양심층수 및 먹는물공동시설의 물의 경우에는 적용하지 아니한다)
가. 잔류염소(유리잔류염소를 말한다)는 4.0mg/L를 넘지 아니할 것
나. 총트리할로메탄은 0.1mg/L를 넘지 아니할 것
다. 클로로포름은 0.08mg/L를 넘지 아니할 것
라. 브로모디클로로메탄은 0.03mg/L를 넘지 아니할 것
마. 디브로모클로로메탄은 0.1mg/L를 넘지 아니할 것
바. 클로랄하이드레이트는 0.03mg/L를 넘지 아니할 것
사. 디브로모아세토니트릴은 0.1mg/L를 넘지 아니할 것
아. 디클로로아세토니트릴은 0.09mg/L를 넘지 아니할 것

자. 트리클로로아세토니트릴은 0.004mg/L를 넘지 아니할 것

차. 할로아세틱에시드(디클로로아세틱에시드, 트리클로로아세틱에시드 및 디브로모아세틱에시드의 합으로 한다)는 0.1mg/L를 넘지 아니할 것

5. 심미적 영향물질에 관한 기준

가. 경도(硬度)는 1,000mg/L(수돗물의 경우 300mg/L, 먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우 1,200mg/L)를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물 및 염지하수의 경우에는 적용하지 아니한다.

나. 과망간산칼륨 소비량은 10mg/L를 넘지 아니할 것

다. 냄새와 맛은 소독으로 인한 냄새와 맛 이외의 냄새와 맛이 있어서는 아니될 것. 다만, 맛의 경우는 샘물, 염지하수, 먹는샘물 및 먹는물공동시설의 물에는 적용하지 아니한다.

라. 동은 1mg/L를 넘지 아니할 것

마. 색도는 5°를 넘지 아니할 것

바. 세제(음이온 계면활성제)는 0.5mg/L를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물·먹는샘물, 염지하수·먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에는 검출되지 아니하여야 한다.

사. 수소이온 농도는 pH 5.8 이상 pH 8.5 이하이어야 할 것. 다만, 샘물, 먹는샘물 및 먹는물공동시설의 물의 경우에는 pH 4.5 이상 pH 9.5 이하이어야 한다.

아. 아연은 3mg/L를 넘지 아니할 것

자. 염소이온은 250mg/L를 넘지 아니할 것(염지하수의 경우에는 적용하지 아니한다)

차. 증발잔류물은 수돗물의 경우에는 500mg/L, 먹는염지하수 및 먹는해양심층수의 경우에는 미네랄 등 무해성분을 제외한 증발잔류물이 500mg/L를 넘지 아니할 것

카. 철은 0.3mg/L를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물 및 염지하수의 경우에는 적용하지 아니한다.

타. 망간은 0.3mg/L(수돗물의 경우 0.05mg/L)를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물 및 염지하수의 경우에는 적용하지 아니한다.

파. 탁도는 1NTU(Nephelometric Turbidity Unit)를 넘지 아니할 것. 다만, 지하수를 원수로 사용하는 마을상수도, 소규모급수시설 및 전용상수도를 제외한 수돗물의 경우에는 0.5NTU를 넘지 아니하여야 한다.

하. 황산이온은 200mg/L를 넘지 아니할 것. 다만, 샘물, 먹는샘물 및 먹는물공동시설의 물은 250mg/L를 넘지 아니하여야 하며, 염지하수의 경우에는 적용하지 아니한다.

거. 알루미늄은 0.2mg/L를 넘지 아니할 것

6. 방사능에 관한 기준(염지하수의 경우에만 적용한다)

가. 세슘(Cs-137)은 4.0mBq/L를 넘지 아니할 것

나. 스트론튬(Sr-90)은 3.0mBq/L를 넘지 아니할 것

다. 삼중수소는 6.0Bq/L를 넘지 아니할 것

4.3.5.9 공업용수의 수질검토

공업용수는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따라 다음 수질항목의 준수가 요구된다.

1) 총대장균군수

2) 탁도

3) 생물화학적 산소요구량
4) 냄새
5) 수소이온농도
6) 하·폐수처리수 재이용수 수질기준은 하수처리수 재처리시설에서 최종 처리하여 송수하는 수질에 대하여 적용하며, 「하수도법 시행규칙」 별표1에 따른 공공하수처리시설의 방류수수질기준이 재처리수의 기준보다 강할 경우에는 「하수도법 시행규칙」을 따른다.

☞ 해설

하수처리수 재이용수의 원수가 되는 하수처리장 방류수의 수질기준과 공업용수의 수질기준을 비교하면 [표 4.24]와 같다. 실제 재처리시설의 계획을 수립하는 경우에는 여기에 기존 하수처리장의 운영수질(계절적 처리특성 및 시간적 처리특성을 확인할 수 있는)자료 및 사용처의 요구수질(사용처에서 요구하는 수질이 있는 경우)을 추가 비교하여야 하며, 각각의 수질항목에 대해서 수질기준을 준수할 수 있도록 적정 방안(추가 공정의 도입 및 시설개량)을 수립하여야 한다.

〔표 4.24〕 방류수수질기준과 공업용수 수질기준 비교

구분	하·폐수처리수 재이용수의 용도별 수질기준(공업용수)	방류수수질기준				비고
		Ⅰ지역	Ⅱ지역	Ⅲ지역	Ⅳ지역	
총대장균군수(개/100mL)	200 이하	100,000	300,000	300,000	300,000	
탁도(NTU)	10 이하	(10)	(10)	(10)	(10)	
생물화학적 산소요구량(BOD)(mg/L)	6 이하	5	5	10	10	
냄새	불쾌하지 않을 것	–	–	–	–	
수소이온농도(pH)	5.8~8.5	–	–	–	–	

주) ( )는 부유물질(SS) 기준임.

1)에 대하여

방류수수질기준 및 운영수질에 비해서 공업용수의 수질기준이 강화된 기준이므로 총대장균군수를 200개/100mL 이하로 처리하기 위한 소독공정의 도입이 필요하다. 공업용수의 경우 잔류염소의 존재가 사용용도에 부적합한 경우가 발생할 가능성도 있으므로 수요처에서의 사용 용도를 고려하여 소독공정을 선정하여야 한다.

2)에 대하여

탁도와 부유물질(SS)은 측정방법이 다른 수질항목이지만 연관이 있는 수질항목이다. 공업용수의 탁도 수질기준은 10NTU이고 방류수수질기준에서는 부유물질 10mg/L로, 10mg/L의 부유물질 농도는 10NTU 탁도와 유사한 수준이다. 정상적으로 처리되는 하수처리장의 경우 수질기준을 밑도는 수질을 나타낼 것이므로 탁도 처리를 위한 추가 공정의 도입은 필요 없을 것으로 예상되나 처리수

질을 구성하는 물질의 성상에 따라 10NTU를 초과할 수도 있으므로 처리수질의 탁도 데이터를 충분히 축적하여 검토하고 필요시 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량여부를 검토하여야 한다.

3)에 대하여

공업용수의 생물화학적 산소요구량 기준은 6mg/L이며, Ⅰ, Ⅱ지역의 경우(방류수 수질기준 5mg/L) 추가적인 대응이 필요 없으나 Ⅲ, Ⅳ지역의 경우(방류수 수질기준 10mg/L)로 추가 처리시설의 도입 및 시설의 개량이 필요하다.

4)에 대하여

냄새 항목은 미관유지항목(심미적인 기준)으로 냄새의 원인물질은 다양하므로 특정 물질의 정량적 수치로 나타내기 어려운 수질 항목이다. 기존 하수처리장의 방류수의 수질을 평가하여 처리 필요성을 검토하여야 한다.

5)에 대하여

생물학적인 주처리공정의 특성상 방류수의 pH값은 대개의 경우 5.8~8.5의 범위를 나타낸다. 수처리 공정상 pH를 인위적으로 조정하는 등 기준의 초과가 예상되는 경우에는 pH값을 조정할 수 있는 시설을 검토하여야 한다.



〈그림 4.15〉 공업용수 재이용 사례

4.4 하수처리수 재처리시설 처리방식

4.4.1 급속여과법

급속여과법은 모래, 모래와 안트라사이트, 섬유사, 폴리에틸렌 등의 여재로 이루어진 여층에 비교적 높은 속도로 유입수를 통과시켜 부유물을 제거하는 공법이다. 일반적으로 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 여과속도는 유입수량에 따라 결정하여야 한다.
2) 급속여과 방식은 부유물질의 농도 및 여과지속시간을 고려하여 결정하여야 한다.
3) 여과면적은 계획여과수량을 고려하여야 한다.
4) 여재는 입도분포가 적절하고 마모되지 않고 안정적이고 효율적으로 여과하고 세척할 수 있는 것이어야 한다.
5) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-1] 급속여과법의 기준을 적용한다.

☞ 해설

1)에 대하여

계획유입수질은 미리 충분히 조사하여 결정한다. 여과지 유입수의 시료를 얻기 어려운 경우에는 SS농도를 20mg/L로 한다. 여과속도는 계획 1일 최대여과수량에 대하여 300m/일을 계획시간 최대오수량에 대하여 450m/일을 상한으로 한다. 여과층의 세척은 역세척과 표면세척을 조합한 방식을 표준으로 하고 여과층이 유효하게 세척되어야 하며 필요에 따라 공기세척을 조합할 수 있다.

2)에 대하여

여과방법은 중력식과 압력식이 있고, 선택은 설치조건, 계획수량 등에 따른다. 여층의 구성은 SS의 제거율이 높도록 선정한다. 여과속도는 유입수와 여과수의 수질, SS의 포획 능력 및 여과 지속시간을 고려하여 정하되 일반적으로 300m/일 이하로 한다. 여층의 역세척은 세정효과를 고려해서 공기, 여과수 등을 병용할 수 있다.

3)에 대하여

여과면적은 계획여과수량을 여과속도로 나누어서 구한다. 지수는 1지당의 최대여과면적, 역세척수량 확보 등의 역세척조건, 역세척 시 여과운전중의 여과지 유입수량 증대, 예비지, 계획여과수량 등을 고려하여 결정한다. 형상은 철근콘크리트제의 경우 직사각형을 표준으로 한다.

4)에 대하여

① 여재로 사용할 여사의 품질조건

석영질이 많고 단단하며 균질한 모래로 불순물이 적은 것이어야 한다. 새로운 여사의 역세척 탁도는 30° 이하여야 하며, 유기물 함량은 0.7%, 염산 가용률은 3.5%를 넘지 않아야 한다. 여사의 비중은 2.55~2.65 범위여야 하고, 마모율은 3% 이하이어야 한다.

② 여사 이외의 여재 품질조건

안트라사이트(Anthracite) 여재는 양질인 안트라사이트의 파쇄물로서 비중은 1.4 이상이어야 한다. 사용 중 마모를 줄이기 위해 파쇄성이 적고, 마모율은 1% 이하이며 여과수로의 성분유출을 줄이기 위해 염산가용률은 1.5% 이하이어야 한다. 이 외의 인공 경량사는 염산가용률 1.5% 이하, 마모율 1.5% 이하의 것이어야 한다. 가네트(Garnet)와 일루미나이트 여재는 불순물이 적고 염산가용률 5% 이하, 비중은 3.8 이상이어야 한다.

4.4.2 고속응집침전법

기성 플록이 존재하는 중에 새로운 플록을 형성시키는 방식의 침전지로 응집침전의 효율을 향상시키는 것을 목적이다.

1) 고속응집침전지의 선택 시에는 탁도 또는 부유물질의 농도를 고려하여야 한다.

2) 응집지의 지수는 표면부하율 및 계획수량에 따라 결정하여야 한다.

3) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-2] 화학적처리의 기준을 적용한다.

☞ 해설

고속응집침전지는 기성플록이 존재하에 새로운 플록을 형성시키는 방식의 침전지로 응집침전의 효율을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

고속응집침전지는 원리상 또는 기구상으로 슬러지 순환형, 슬러지 블랑키트형 및 양자의 복합형으로 나눌 수 있으며, 각각 다수의 기종이 있고 원수의 특성과 사용 조건에 대한 적용 범위를 가지고 있다. 따라서 원수의 특성과 고속응집침전지의 특징을 충분히 검토하여 기종을 선정하여야 한다.

1)에 대하여

고속응집침전지를 선택할 때에는 다음 조건을 고려하여 결정한다.

원수 탁도는 10NTU 이상이어야 하며, 최고 탁도는 1,000NTU 이하인 것이 바람직하다. 탁도와 수온의 변동이 적어야 한다. 또한 처리수량의 변동이 적어야 한다.

2)에 대하여

고속응집침전지의 지수와 구조는 다음을 따른다.

표면부하율은 40~60mm/min을 표준으로 한다. 용량은 계획처리량의 1.5~2.0시간분으로 한다. 경사판 등의 침강장치를 설치하는 경우에는 슬러지 계면의 상부에 설치한다. 슬러지 배출설비는 지내의 잉여슬러지를 수시로 또는 상시 연속으로 충분하게 배출할 수 있는 구조로 한다. 침전지를 청소하거나 고장인 경우에도 재처리에 지장이 없는 침전지의 지수로 한다.

4.4.3 활성탄흡착법

활성탄 처리공정은 다음 물질을 제거할 목적으로 선정한다.

1) 생물학적 처리로 처리가 불가능한 물질을 처리한다.

2) 활성탄 흡착지의 크기는 처리하고자 하는 물질의 파과 농도에 따라 결정한다.

3) 흡착지의 운전은 수질 및 처리 유량에 따라 결정하여야 한다.

4) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-3] 활성탄흡착법의 기준을 적용한다.

☞ 해설

활성탄은 형상에 따라 분말활성탄과 입상활성탄으로 구분한다. 분말과 입상활성탄은 처리형태에

따라 사용하는 것이 구분되지만 활성탄을 이용하여 오염물질을 제거하는 기작은 동일하다. 활성탄으로 거의 모든 유기물질 및 일부 무기물질을 제거할 수 있으며, 처리 효율은 활성탄과 제거 대상 물질의 물리화학적 특성에 따라 크게 차이가 난다. 따라서 처리공정의 도입 전에 처리대상 물질에 대한 효율평가는 반드시 하여야 한다.

1)에 대하여

활성탄 흡착시설의 유입수는 가능한 한 수질이 일정하고 부유물을 함유하지 않도록 설계 시 고려한다. 효율적인 처리를 위해서 흡착시설로 유입되는 유입수는 수질이 균등해야하고 유량변동이 크지 않아야 한다.

2)에 대하여

① 접촉시간

흡착탑에서의 접촉기간은 보통 활성탄에 의해서 점유된 부피를 기준으로 계산한다(통상 적용방법은 하수의 특성, 요구되는 수질에 따라 15~35분의 접촉시간을 적용한다).

② 활성탄층의 깊이

활성탄층의 최소 깊이는 3m 이상으로 4.5~6m가 보통이며, 역세척시 또는 유동상의 경우 10~50%의 팽창을 고려하여 여유고를 두어야 한다. 정해진 상의 팽창을 위하여 필요한 역세척 수량은 활성탄의 입자크기와 수온에 의하여 결정된다.

③ 수리학적 부하율

상의 단면 $1m^2$에 대하여 상향식인 경우 2.5~6.8L/초, 하향식인 경우 2.0~3.3L/초의 수리학적 부하율을 적용한다.

3)에 대하여

① 역세척

활성탄 흡착탑은 역세척이 가능하도록 배관을 설계하여야 한다. 역세척률과 횟수는 수리학적 부하, 하수내 부유물질(SS)의 성질과 농도, 탄소입자의 크기 그리고 접촉방법에 의하여 결정한다. 역세척 회수는 시간간격, 손실수두, 탁도와 같은 운전기준에 따라 결정한다. 역세척 시간은 대략 10~15분으로 한다.

② 제어장치

각각의 흡착탑은 유량 및 손실수두의 측정이 가능하도록 설계시 고려하여야 한다. 흡착탑에 하수처리수를 균등하게 공급하고 실제 활성탄과의 접촉시간을 알기 위하여 각 흡착탑에 유량측정장치를 설치해야 한다. 흡착탑에서 수두손실을 파악하여 역세척의 필요성을 판단할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

③ 활성탄 공급 및 제거

활성탄 흡착탑을 설계할 때에는 흡착탑으로부터 활성탄제거, 흡착탑으로의 활성탄 공급에 필요한 시설을 고려하여야 한다. 활성탄 흡착탑에서 사용된 활성탄은 적정 제거하여야 한다. 하

향식 흡착탑에서의 모든 활성탄를 한꺼번에 제거하고, 다시 재생된 활성탄 또는 새로운 활성탄을 채워야 한다. 그러나 상향식 유동상 흡착탑에서는 재생시키기 전에 활성탄을 충분히 이용하기 위하여 전체의 5~25%만을 한 번에 제거해야 한다. 흡착탑에서 활성탄을 제거할 때는 층이 수평이 되도록 일정하게 제거해야 한다.

4.4.4 막분리법

4.4.4.1 막분리법의 종류

주요 막분리시설로는 다음과 같은 시설들이 있으며 각각의 특징을 파악하여 처리목적에 적합하게 선택한다.

1) 정밀여과시설(MF)
2) 한외여과시설(UF)
3) 나노여과시설(NF)
4) 역삼투시설(RO)

☞ 해설

1)에 대하여

정밀여과는 주로 현탁입자, 각종의 균체 등의 분리에 넓게 사용되고 있다. 역삼투막과 한외여과막에 비하여 낮은 압력으로 큰 여과속도를 얻는 것이 가능하다. 막의 공경은 0.01~수μm 정도로 분리 대상은 입자이다. 정밀여과는 제거대상이 입자이기 때문에 제거대상물이 현탁성분, 박테리아이고 역삼투막의 전처리로 사용되기도 한다. 막의 투과기구 및 운전방법은 한외여과와 유사하다.

정밀여과는 하수처리에 가장 많이 사용되고 있고, 가장 저렴하며 주로 폴리프로필렌, 아크로나이트릴, 나일론, 폴리테트라플루오에틸렌으로 만들어진다.

수요처의 수질 요구수준이 높은 경우, 나노여과와 역삼투 등의 추가공정을 위해 그 전처리로서 잔류 부유물질이나 콜로이드 물질을 제거하는 데에 정밀여과를 이용하기도 한다.

2)에 대하여

한외여과는 용존물질 또는 콜로이드물질을 제거하기 위해 다공성 막을 이용하여 가압 운전하는 시설로서, 보통 콜로이드 물질과 분자량 5,000 이상인 고분자의 제거에 이용된다. 한외여과막 공경의 크기는 보통 0.001~0.02 μm이다. 이 시설은 역삼투보다 상대적으로 낮은 압력에서 운전되는데 일반적으로 1~10kg/cm^2 정도이다. 한외여과의 응용분야로는 물로부터의 기름제거와 유색 콜로이드로부터의 탁도 제거 등이 있다. <그림 4.16>은 가압에 의해서 처리수중의 미립자가 물과 분리되는 상황을 모델적으로 표시한 것이다. 이 방식을 교차(cross)흐름방식이라 하며 흐름의 방향과 압력이 걸리는 방향이 수직이다. 유입수는 투과수와 농축액으로 분리된다. 한외여과법에서의 막의 투과기구는 세공설에 의해 설명할 수 있다. 한외여과막은 막에 다수의 세공을 가지고 있는데, 용매는 다

공성막을 통과하나 다른 성분 즉, 용질은 막표면에 걸리게 되는 성질에 의해 용매로부터 물리적인 여과에 의해 분리된다. 한외여과막에 의해 분리되는 물질은 막의 구멍의 크기와 용질의 분자의 크기 및 형상에 의해 좌우된다. 한외여과막으로는 셀룰로즈 아세테이트, 폴리아미드, 폴리술폰, 폴리비닐클로라이드 등이 사용된다.

수요처의 수질 요구수준이 높은 경우, 나노여과와 역삼투 등의 추가공정을 위해 그 전처리로서 정밀여과와 함께 잔류 부유물질이나 콜로이드 물질을 제거하는 데에 한외여과를 이용하기도 한다.

3)에 대하여

정밀여과와 한외여과는 일반적인 분리 메카니즘이 체가름인 것에 비해, 나노여과는 주로 체가름과 용액내 확산 메카니즘과 배제(exclusion)의 메카니즘이 동시에 작용한다. 나노여과는 작은 분자물질, 일부 경도물질, 바이러스 등의 분리에 사용되고 있다. 통상 역삼투막에 비하여 낮고, 한외여과막에 비해서는 큰 압력의 운전범위를 가지며, "느슨한" RO라고도 불리운다. 막의 공경은 0.001~0.01μm 정도이다. 막을 통과한 투과수는 물, 매우 작은 분자, 이온물질로 구성된다. 나노여과가 석회연수화보다 나은 점은 가장 엄격한 재이용 수질조건에도 적합한 물을 생산해낼 수 있다는 것이다. 즉, 무기 및 유기물질과 바이러스, 박테리아가 제거되므로 소독을 최소화할 수 있다. 대부분의 NF설비가 나선형 모양의 폴리아미드 TFC막을 사용하지만, 그 외에도 10개 이상의 다른 유형의 막들이 있다. 다른 막에는 폴리아미드 중공사, 나선형의 폴리비닐 아세테이트, 관형의 비대칭 셀룰로스 아세테이트 등이 있다.

4)에 대하여

역삼투시설은 용매는 통과하지만 용질은 통과하지 않는 반투막 성질을 이용한 처리시설이다. 원리를 나타내면 다음 <그림 4.17>과 같다. 물은 자유롭게 통과하지만 용질은 통과하지 않는 반투막에 의해서 2개의 실로 나뉜 용기 A에 염류용액을, B에는 물을 넣은 경우 B의 물 일부는 A의 용액으로 침입하여 평행에 달한다. 이때 A, B 사이에서 압력차가 발생하여 <그림 4.17>의 Ⅰ의 상태로 된다. 이 압력차를 삼투압이라고 하며, 이 삼투압에 견딜 수 있는 만큼의 외압을 농후용액측에 가하면 <그림 4.17>의 Ⅱ와 같이 역으로 용액중의 용매가 수측으로 이동한다. 이 현상을 역삼투라고 한다. 이것을 이용하여 용액에서 용매를 분리하는 방법이 역삼투법이다. 삼투압과 농도와의 관계에는 다음 식이 성립한다.

$$\Pi = \Delta CRT \quad \cdots\cdots (4.4.4.1)$$

여기서, Π : 삼투압(Pa)

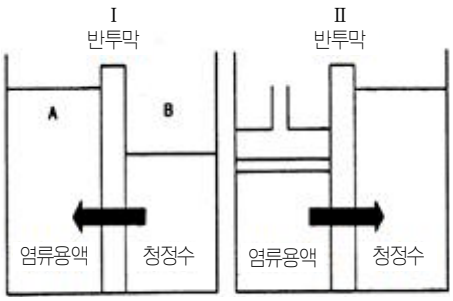
ΔC : 농도차(mol/m^3)

R : 기체상수=8.314(J/mol/K)

T : 절대온도(K)



〈그림 4.16〉 교차흐름방식에 의한 막분리 예



〈그림 4.17〉 역삼투의 원리

전세계적으로 역삼투(RO)는 주로 탈염에 사용된다. 하수처리에서 RO는 심층여과나 정밀여과로 고도처리를 거친 후 남아 있는 용존물질을 제거하는 데에 사용된다. 막은 이온을 제거하나, 이온이 제거된 물을 생산하기 위해서는 높은 압력이 필요하다. 하수처리수의 재이용시설에 적용될 수 있는 역삼투의 운전자료가 [표 4.25]에 제시되어 있다.

〔표 4.25〕 미국 Dublin San Ramon 하수처리시설의 역삼투 운전 자료(1999. 4－12 운전[a, b])

성 분	RO 유입수(mg/L)	RO 유출수(mg/L)	평균 감소율, %	문헌상의 감소율, %
TOC	9~16	< 0.5	> 94	85~95
BOD	< 2~9.9	< 2	> 40	30~60
COD	16~53	< 2	> 90	85~95
TSS	< 0.5	~0	> 99	95~100
TDS	498~622	9~19	0	90~98
NH^3－N	20~35	1~3	96	90~98
NO^3－N	< 1~5	0.08~3.2	96	65~85
PO_4^{3-}	6~8	0.1~1	~99	95~99
SO_4^{2-}	90~120	< 0.5~0.7	99	95~99
Cl^-	93~115	0.9~5.0	97	90~98
탁도	0.03~0.08NTU	0.03NTU	50	40~80

[a] Whitley Burchett & Associates (1999)

[b] 시험기간 동안의 일반적인 플럭스율은 $348L/m^2 \cdot d$

미국 캘리포니아주처럼 하수처리수를 지중에 살포하여 지하수를 함양하는 경우와 같이 간접적인 음용수로 재이용하기 위해 미리 여과(주로 미세여과)된 유출수를 처리하는데에 역삼투법이 사용될 수 있다. 역삼투를 사용하는 경우 소독의 효과도 기대할 수 있다.

4.4.4.2 분리막의 선정

분리막의 선정시에는 다음과 같은 사항을 고려한다. 1) 분리막의 성능 2) 투과능력 3) 내구성

☞ 해설

1)에 대하여

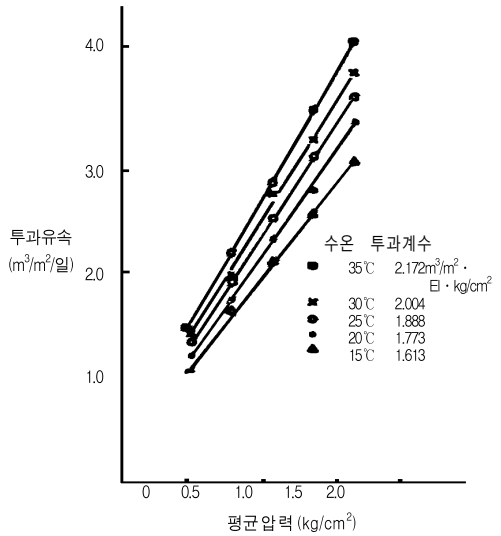
일반적으로 역삼투막을 제외한 막의 분리성능은 막에 의해 거의 완전히 저지되는 물질의 입경 또는 분자량으로 나타낸다. 이것은 분자량 또는 입경을 알고 있는 표준물질을 이용하여 그 값을 정한다. 이것을 지표로 하여 대상물질에 따른 막의 종류를 선택할 수 있다. 정밀여과막에서는 입경인 공칭분획경으로, 한외여과막에서는 분자량 크기인 분획분자량으로, 역삼투막에서는 특정 운전조건에서의 염제거율(예를 들면, 공급수 1,500mg/L 식염수, 압력 30kg/cm^2, 온도 25℃, 회수율 75%)로 나타낸다.

2)에 대하여

막의 투과능력은 막면적당 투과수량인 투과유속, 또는 투과계수 등으로 나타내며, 그 관계는 다음 식과 같다. 단, 모듈에서는 모듈당 순수투과수량으로 통상 표시한다.

$$J = A \times \Delta P \quad \cdots\cdots (4.4.4.2)$$

여기서, J: 투과유속(m^3/m^2 · d)　　A: 투과계수　　ΔP: 막에 걸리는 압력차(kg/cm^2)



〈그림 4.18〉 한외여과막의 압력－투과유속 관계

온도별 압력과 투과유속의 관계 예는 <그림 4.18>과 같은데 투과유속은 압력에 비례 하고 온도에 의존하는 것을 알 수 있다. 이 그림에서 기울기가 투과계수이다. 투과능력은 온도의 영향을 받기 때문에 통상 25℃에서의 값으로 처리특성을 평가한다.

3)에 대하여

막의 수명은 막의 폐쇄에 의한 투과수량의 감소 또는 막의 물리적 손상이나 화학변화에 의한 분리성능의 저하에 따라 결정된다. 한외여과막은 물론 역삼투막도 응집침전 및 모래여과 등으로 수질개선을 철저히 한 뒤에 막에 공급하면 이론상 10,000시간 이상 경과해도 성능저하는 적으나 제작회사에 따라 큰 차이가 있다.

4.4.4.3 분리막 모듈의 형식

분리막 모듈에는 다음과 같은 형식이 있다. 1) 판형 2) 관형 3) 나선형 4) 중공사형

☞ 해설

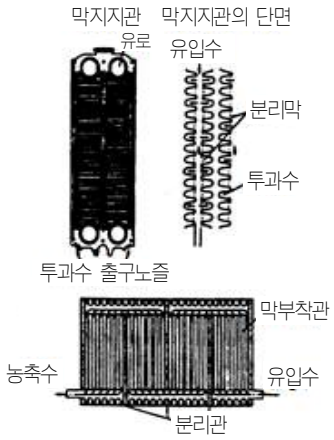
막에는 막 자체만으로 구성된 것, 얇은 막과 그것을 지지하는 다공층이 하나로 되어 있는 비대상막, 얇은 막과 지지막을 별도로 만들어 조합시킨 복합막이 있다. 복합막은 얇은 막과 지지막의 조합을 자유롭게 할 수 있기 때문에 최근에는 이러한 경향으로 개발되고 있다. 이러한 투과막을 공업적으로 이용가능하도록 한 장치를 모듈이라 한다.

1)에 대하여

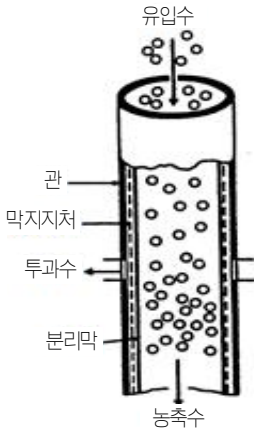
판형은 <그림 4.19>와 같이 평면상의 막을 여러 장 겹쳐서 조이는 형이며, 구조가 간단하고 조립되어 있어 분해하여 보수하기가 용이하다. 한외여과용에 주로 사용되고 대상 원액은 슬러지에서 고분자 용액까지 비교적 폭이 넓다. 원수 유로의 폭을 매우 좁게 하는 것으로 유속을 크게 하여 막면에 겔층이 부착하는 것을 방지한다. 물리적 세척은 불가능하고 약품세척을 실시한다.

2)에 대하여

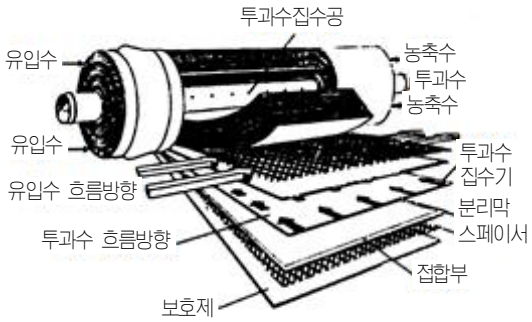
관형은 <그림 4.20>에 나타낸 것과 같이 원통형으로 만들어진 막을 같은 원통형의 통수성을 갖는 내압지지체의 내측 또는 외측에 장착하고 있다. 내경은 10~20mm, 길이는 1.5~3m의 것이 많이 사용되고 있다. 단관식과 복수로 구성된 다관식 모듈이 있다. 공급액의 유로폭이 크기 때문에 전처리는 조대입자를 제거하는 것만으로 충분하다. 공급액의 유속을 크게 하기 쉽고 막면에 스케일 부착이 적다. 세척이 용이하며 물리적 세척법을 적용할 수 있다. 약품세척도 수시로 병용한다. 막교환은 용이하지만 막면적당 장치용량이 크고 설비용적도 커진다. 통상 고유속으로 운전하기 때문에 여과량당 소비동력이 크다.



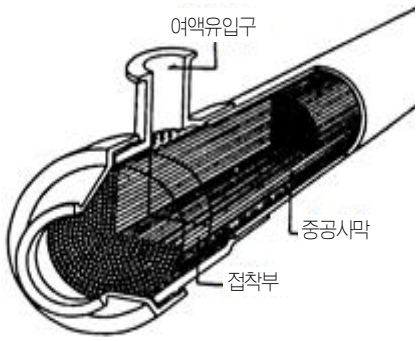
〈그림 4.19〉 관형 모듈



〈그림 4.20〉 관형 모듈



〈그림 4.21〉 나선형 모듈



〈그림 4.22〉 중공사형 모듈

3)에 대하여

나선형(소용돌이상) 모듈은 <그림 4.21>에 나타난 것과 같이 막, 막지지체, 스페이서, 투과액 채수관 등으로 이루어진다. 2장의 평막 사이에 통수성 지지물질을 끼워 넣고 막의 외측면에는 망상의 스페이서를 겹치고 막의 세 변을 접착제로 봉하여 투과액 채수관을 중심으로 말아 넣은 것이다. 원수는 스페이서부에 들어가고 막을 통과한 액은 지지체부에서 투과액 채수관을 통과하여 배출된다. 나선형 모듈은 모듈당 막면적이 크고 투과속도도 빠르기 때문에 장치의 콤팩트화가 가능하다. 스페이서는 활류촉진효과를 갖고 있기 때문에 막으로의 공급량이 적어도 막면에서의 유속이 커지고 염분이 막표면 부근에 농축되어 염분제거율이 저하되는 농도분극현상을 방지할 수 있다. 따라서 소비동력이 적게 드는 에너지절약형이다. 반면 유로단면이 작기 때문에 유로폐쇄를 방지하기 위한 전처리를 필요로 한다.

4)에 대하여

중공사형은 <그림 4.22>에서 볼 수 있듯이 내면적 중의 한면 또는 외측면이 0.1~1μm 정도의 활

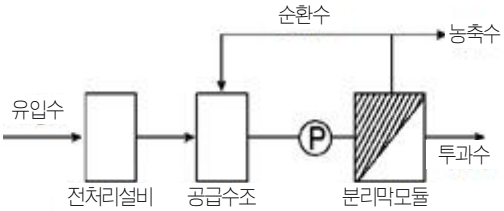
성막면으로 되어 있는 중공사 여러 개를 하나의 모듈에 수납하고 있다. 다른 형식과는 달리 지지체를 사용하지 않고 자기지지구조로 되어 있기 때문에 막 자체에 어느 정도의 기계적 강도가 요구된다. 원수가 중공사의 외측과 내측에 공급되는 두 가지 형이 있다. 단위용적당 유효면적이 크고, 보다 낮은 압력으로 소정의 처리 능력을 달성할 수 있어 소비동력이 적다. 출구측에서 압입하는 역세척과 약품세척을 실시한다.

4.4.4.4 막분리시설의 구성

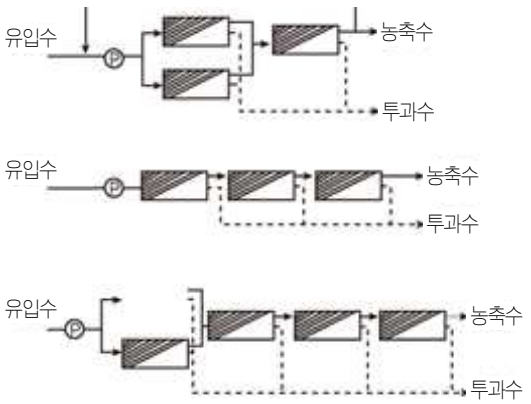
막분리시설은 모듈, 가압펌프로 구성되며 농축수를 순환시켜 원수와 혼합시킨 뒤 재투과시키는 경우도 있다.

☞ 해설

막분리시설의 기본흐름을 <그림 4.23>에서 보면 원수는 펌프로 가압되어 모듈로 보내지고 투과수와 농축수로 분리된다. 농축수는 순환해서 유입수와 혼합하여 재투과시키는 경우도 있다. 또, 유입수는 응집침전, 모래여과 등으로 전처리하는 경우가 많다. 실용적으로는 단일막으로 처리하는 경우가 적고 여러 단에서 투과수를 통과하는 것이 보통이다. 모듈의 배열 예인 <그림 4.24>에서도 볼 수 있듯이 단을 직렬 또는 병렬로 여러 단을 연결하여 처리한다. 예를 들면, 제1단에서 50%를 회수하여 그 농축수를 제2단에 통과시키고 25%를 회수하여 다시 제3단에 통과시켜 합계 85% 정도를 회수한다.



〈그림 4.23〉 막분리법 기본모식도



〈그림 4.24〉 모듈배열의 예

4.4.4.5 막분리시설 설계시 주요 고려사항

막분리 여과시스템 설계시 고려사항은 다음과 같다. 1) 투과플럭스 2) 수온

3) 구동압력
4) 회수율

☞ 해설

1)에 대하여

투과플럭스는 분리막 여과시스템의 공사비, 유지관리비 및 설치 공간을 결정하는 중요한 인자로서 계획시에는 분리막 종류, 원수 수질, 전처리 조건 및 최저 수온 등을 검토하여야 한다.

2)에 대하여

수온변화에 의해 물의 점성계수가 변화하기 때문에 수온에 의한 투과플럭스의 영향을 검토하여야 한다. 수온이 저하되면 물의 점성계수가 커지므로, 분리막 투과플럭스가 저하된다. 따라서 분리막 여과시스템 계획시, 연간 최저 수온시의 처리량 및 분리막의 온도 특성(수온과 막 투과플럭스의 관계)을 충분히 고려해야 한다.

3)에 대하여

투과플럭스를 높게 설정하면 일반적으로 높은 막간차압이 필요하다. 이론적으로 투과플럭스와 막간차압은 비례 관계를 형성하지만, 실제로 막간차압을 증가시키면 투과플럭스의 상승율이 일정하게 증가하는 경향보다는 점진적으로 커지는 경향이 있다.

가압형 여과방식의 경우, 운전 막간차압은 일반적으로 MF막에서는 2kgf/cm^2 이하, UF막에서는 3kgf/cm^2 이하, NF막에서는 5~15kgf/cm^2 내외, 그리고 RO막은 약 30kgf/cm^2 이상으로 운전한다. 한편, 흡입여과방식의 경우는 −0.6kgf/cm^2 이상(절대치로 0.6kgf/cm^2 이하)로 운전한다.

4)에 대하여

회수율은 물리세정 빈도 등에 의해 영향을 받으며 물리세정 빈도는 원수 수질, 투과플럭스에 영향을 받는다. 분리막 모듈 형식에 따라 다르지만, 일반적으로 MF 및 UF막 시스템의 회수율은 약 90% 이상으로 계획된다.

4.4.4.6 막분리시설의 농축 폐액의 처분

막분리 공정에 의해 발생하는 농축폐액은 하수처리장에 반송하거나 별도의 처리시설을 운영하여 방류수수질 기준에 적합하도록 처리하여 방류하여야 한다.

4.4.5 오존산화법

오존산화시설은 다음의 세 공정으로 나누어진다.

1) 원료공기제조공정
2) 오존발생공정
3) 오존반응공정

4) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-4] 오존산화법의 기준을 적용한다.

☞ 해설

오존처리는 유기물, 색도, 악취의 제거 및 살균 등에 광범위한 효과가 있다. 오존의 살균력은 이산화염소나 염소에 비하여 수십배 강하기 때문에 더 효과적이다

유기물의 제거에는 오존의 산화특성상 무기물까지 산화하기는 힘들다. 한계가 있으며 다량의 오존을 필요로 하므로 처리비용도 높아진다. 오존산화처리에 의한 용존성유기물의 제거는 유입수의 특성, pH, 오존가스의 접촉방법, 오존농도 접촉시간 등에 따라 달라진다. 일반적으로 접촉시간 10~30분 정도의 반응조가 이용되고 오존은 반응조의 하부에서 유입된다. 유입되는 오존농도는 10~30 mg/L 정도이다.

1)에 대하여

현재 주로 이용되는 오존발생방법은 유리 등의 유전체를 끼운 한쌍의 전극 간에 원료 공기를 통과시켜 5~18kV의 전압을 가하는 무성방전법이다. 따라서 오존 발생효율을 높이기 위해 오존발생기에 유입하는 공기는 무진의 건조공기이어야 한다. 원료 공기는 필터에 의해 제진한 후에 제습효과를 높이기 위해 냉각장치에서 5℃ 정도까지 냉각한 다음에 제습용 흡착제를 충전한 제습장치에 의해 원료공기의 이슬점 온도가 −50℃ 이하가 되도록 제습한다.

2)에 대하여

오존발생 방법은 여러 가지가 있으나 공업적으로 널리 실용화되어 있는 것은 무성방전법이다. 이 방법은 유리 혹은 세라믹과 같은 유전체를 끼워 넣은 전극 간에 공기산소 또는 산소농도를 높인 공기를 흘려보내면서 5~18kV의 교류 고전압을 가하여 오존과 공기를 발생시키는 방법이다. 소비되는 전력의 상당부분이 열로 전환되므로 발생장치를 냉각하기 위하여 열교환기가 필요하다. 오존발생장치는 에너지 효율이 나쁘고 공기를 원료로 할 경우 원료 중 산소가 오존으로 전환되는 것은 1% 이하이다.

오존 생성에 필요한 전력과 오존화 공기중의 오존농도와의 관계를 보면 과거에 비하여 오존생성에 필요한 전력이 줄어들고 있으며 산소를 이용할 경우에는 공기를 이용하는 것보다 두배 이상의 오존농도를 얻을 수 있다.

3)에 대하여

오존화 공기는 오존농도가 낮고 물에 대한 용해도도 작으므로 수중에 효율적으로 용해시켜 처리대상물질과 반응시킬 필요가 있다. 오존반응조는 각종 가스흡착탑 흡수용으로 이용되고 있는 장치를 이용할 수 있으나 오존함유기제를 하부에서 산기장치를 이용하여 수중으로 분산시키는 기포탑 방식이 일반적으로 이용되고 있다. 하수처리수 성상에 따라 다르나 반응조 체류시간은 평균 10~30분 정도이다. 배출 오존은 순환시키고 일부는 무해처리하여 배출한다. 순환시킬 경우 먼저 유출측의 반응조에서 물과 접촉시켜 배출 오존을 유입측으로 재순환 시키는 방식이 효율적이다. 단, 순환

용 설비비, 운전동력비의 흡수효율 개선에 의한 비용회수 용이성이 검토되어야 한다. 오존반응탑에서 배출되는 과잉오존은 광화학 스모그의 원인이 되므로 반드시 처리하여야만 한다.

4.4.6 소독설비

4.4.6.1 염소소독

염소소독을 하수처리수 재이용수에 적용하는 경우에는 다음 사항을 고려하여야 한다. 1) 주입위치 2) 접촉조 3) 염소주입량 4) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-5] 염소소독의 기준을 적용한다.

☞ 해설

1)에 대하여

소독용 염소는 염소접촉조의 입구나 혹은 접촉조 앞에 별도로 설치된 염소 주입조에 주입되어야 한다. 접촉조에서는 단회로를 방지하기 위하여 가능한 한 혼합이 일어나서는 안된다. 염소주입조에서의 혼합은 도관이나 수리학적 도수를 이용하여 실시될 수 있는데 그렇지 못한 경우에는 혼합기를 설치할 수 있다.

2)에 대하여

접촉조는 염소가 주입된 후 소독 반응이 진행되도록 재이용수가 체류하는 반응기이다. 접촉시간은 최저 15분간으로 하고, 염소를 충분히 혼합 및 접촉시킬 필요가 있다. 접촉조는 단회로가 생기거나 사공간(Dead space)이 형성되지 않는 구조로 하여야 한다.

3)에 대하여

염소주입은 처리되는 하수처리수 재이용수의 수질에 따라 다르므로 적절히 주입하여야 한다. 염소주입은 방류수역의 수생태계에 영향을 미치기 때문에 방류수역의 수질오염 한계를 초과하지 않아야 한다.

4.4.6.2 오존소독

오존으로 소독을 하는 경우에는 다음 사항을 고려하여야 한다. 1) 오존반응설비 2) 오존접촉방식의 형식 3) 오존발생설비 4) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-5] 오존에 의한 소독의 기준을 적용한다.

☞ 해설

오존처리는 유기물, 색도, 악취의 제거 및 살균 등에 광범위한 효과가 있다. 오존의 살균력은 이산화염소나 염소에 비하여 수십배 강하기 때문에 더 효과적이다

1)에 대하여

주입장치 용량은 계획수량과 주입률에 의해 산출된 주입량에 의해 결정한다. 오존주입장치로는 산기장치, 인젝터 등이 있지만, 오존의 대상수로의 용해효율, 유지관리성에 따라 일반적으로 산기장치가 많이 채용되고 있다. 산기장치는 반응조에 오존배관을 설치하고, 다공질 세라믹제의 산기통 및 산기판을 반응조의 바닥에 설치하여 오존가스를 기포로서 수중에 산기한다. 기포경이 작을수록 용해효율이 좋으나 기포경은 산기통(산기판)의 기공경에 의해 결정되며 일반적으로 기공경은 100 μm 정도가 많이 채택되고 있다. 미반응 오존의 처리를 위하여 배오존장치를 설치하며, 실내 오존농도를 상시 모니터링 하기 위해 오존검출기를 예비용 포함하여 2대 이상 설치하도록 하여야 한다. 반응조에서 미반응된 오존이 대기에 방출될 경우 인체에 매우 유해하기 때문에 반응조에 미반응된 오존을 분해하기 위한 처리장치를 설치한다. 만일의 경우를 대비하여 오존반응설비를 설치한 실내에 환기설비를 설치하고 환경오존모니터 등의 검출기를 설치하여 작업환경중의 오존농도를 감시하고, 0.1ppm 이상이 되면 경보를 발생하게 하는 것이 바람직하다. 배오존처리장치에는 활성탄 흡착분해법, 촉매분해법 등이 있다.

2)에 대하여

오존접촉방식은 가압식 접촉방식과 산기식 접촉방식으로 분류되며, 형식의 선정은 사용목적, 설치공간, 유지관리성을 고려하여 결정하여야 한다. 가압식 접촉방식은 다시 전체 가압방식과 측면가압방식으로 구분된다. 또한 산기식 접촉방식(디퓨저 또는 미세기포 장치 이용 등)은 다음의 요건을 갖추어야 한다.

산기식 접촉방식은 미세기공을 가진 산기장치(diffuser)나 미세기포(micro－bubble)를 공급하는 장치를 이용하여 오존가스를 수중에 전달하는 방법으로써, 오존접촉조는 공급되는 오존과 유입수의 접촉이 원활하게 이루어질 수 있는 구조로 하여야 한다.

접촉조(반응조)는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제의 수조 또는 스테인레스제의 밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다.

반응조의 수심은 4~6m, 접촉시간은 10~20분 정도가 적당하다.

가. 오존발생설비

원료가스공급장치는 필요한 원료가스를 공급하기에 충분한 용량으로 설계하고 효율 높은 운전이 가능하도록 하여야 하며 충분한 안전성을 갖도록 하여야 한다. 오존발생장치는 발생효율이 높고 내구성, 안전성을 충분히 갖도록 하여야 하며 예비시설을 설치한다. 오존발생장치의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 냉각장치를 설치한다.

4.4.6.3 자외선소독

자외선 소독 설비를 도입 운영하는 경우에는 다음 사항을 고려하여야 한다. 1) 자외선 램프 및 모듈 2) 자외선 검출 시스템 3) 자외선 소독 설비 4) 기타 규정되어 있지 않은 사항은 [참고 4-7] 자외선 소독시설의 기준을 적용한다.

☞ 해설

자외선 소독시설은 자외선에 의하여 미생물을 불활성화 시키는 시설이다. 소독시설에는 램프 모듈을 포함하고 있는 수로를 설계하여야 한다.

1)에 대하여

UV 램프는 수면위로 노출되지 않도록 한다. UV에 노출되는 금속은 스테인레스 스틸제이거나 테프론으로 코팅되어 있어야 한다. 램프와 램프 보호용 석영 슬리브를 다룰 때에는 충격에 주의하여야 한다. 수로 내에 램프 모듈을 유수의 흐름에 안정되게 지지하고 부식에 견딜 수 있는 재질로 제작하여야 한다.

2)에 대하여

UV 검출 센서는 장기간 사용해도 성능이 저하되지 않고 254nm에서 90% 이상을 측정할 수 있는 것으로 하여야 한다.

3)에 대하여

설계유량은 1일 최대유량으로 한다. 수로의 치수는 설계 안전인자를 고려하여 UV 램프 모듈이 밀집하여 배치될 수 있고 적은 소요 부지를 요하도록 설계 하여야 한다. 설계유량은 5,000m^3/일 이상인 경우에는 소독효과를 높이기 위해 두 개 이상의 뱅크를 설치하여야 한다. 수로 유입부에는 스크린을 설치하여 작은 부유물이나 조류 덩어리가 램프와 모듈사이에 걸리는 것을 방지하여야 한다. 유출부에는 수위 조절 장치를 두어야 한다. 수로에는 격자모양의 뚜껑을 덮어 유지 관리하여야 한다.

4.5 하수처리수 재이용을 위한 송·배수시설

4.5.1 송·배수방식

1) 송수방식에는 하수처리수 재이용시설·배수시설과의 수위관계, 하수처리수 재이용시설과 배수지 사이의 지형과 지세에 따라 자연유하식, 펌프가압식 및 병용식이 있다. 2) 배수시설은 합리적인 계획으로 배치하여 시간적으로 변동하는 수요량에 대하여 적정한 압력

으로 연속적이면서 안정적으로 공급하는 것은 물론, 유지관리가 효율적이고 용이한 것이어야 한다. 또한 배수과정에서 수질이 오염되거나 변질되지 않도록 수질을 적절하게 유지하고 관리해야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

송수시설은 하수 재처리시설에서 배수지 또는 저장시설까지 송수하는 시설로서 송수관, 송수펌프, 조정지 및 밸브 등의 부속설비로 구성된다. 송수시설에는 재이용수의 안전성을 확보하기 위하여 관수로에 의한 것을 원칙으로 한다.

2)에 대하여

배수시설은 하수처리수 재이용수를 저류, 송수, 분배, 공급하는 기능을 가지며 배수지, 배수탑, 고가탱크(이하 「배수지 등」이라 한다), 배수관, 펌프 및 밸브와 기타 부속설비로 구성된다.

4.5.2 하수처리수 재이용시설의 시설계획 절차 및 수립 방안

개개의 사업에 대해 자연적·사회적 상황, 수요수량의 증감, 하수처리수의 수량과 수질적인 동향, 수요자의 의식, 기존시설의 문제점 등에 관하여 각종 조사가 시행된 후에 각각의 하수처리수 재이용 사업 등의 특성에 따른 시설정비 계획목표가 독자적으로 설정되어야 한다.

☞ 해설

개개의 하수처리수 재이용 시설은 규모, 체제, 재정상황도 다르다. 지형, 지질, 수원의 상황 및 재해가 일어날 가능성이라고 하는 자연적 조건 및 토지이용, 지역발전의 상황 및 수요자의 의식과 같은 사회적 조건도 다르다. 따라서 하수처리수 재이용 시설의 정비는 사업자가 지역특성에 적합한 방안과 대책을 스스로 찾아내는 연구노력이 필요하다.

하수처리수 재이용시설의 정비내용은 평면적인 양적확대를 위한 시설의 신설이나 확장에 국한되지 말고, 기존시설의 개량과 갱신을 통하여 질적으로 향상되어야 한다.

기본사항은 시설의 확장, 개량·갱신 등 시설이 정비되는 경우에 항상 기초가 되는 것으로, 이러한 기본사항이 결정될 때에는 각종 조사에 근거하여 계획목표가 세워진 다음 계획년도, 계획급수구역, 계획급수인구, 계획급수량 등이 정해지도록 한다. 계획목표를 달성하기 위하여서는 시설의 확장, 개량·갱신 등 복수의 시설정비가 필요하지만, 여기서 정하는 계획년도는 이들 모든 시설정비를 포함한 장기적인 계획기간으로 정해져야 한다.

정비내용은 현재 보유하고 있는 시설의 평가를 포함하여 각종 기초조사에 근거하여 기본사항에 대응하는 시설정비 내용(대상시설, 규모), 공정, 개략사업비가 결정되어야 하며 필요한 경우에는 몇 개의 사업으로 나누어 작성되도록 한다.

4.5.3 하수처리수 재이용 송배수시설의 설계방안

4.5.3.1 저장시설

1) 저장시설의 용량은 일최대유량을 기준으로 하되 시간에 따른 재이용수 유입량의 변동을 고려하여 결정하여야 한다.
2) 저장조는 청소시에도 재이용수를 사용할 수 있도록 설계용량에 대해 2조 이상의 구조로 설치하며, 청소가 용이한 구조로 계획하여야 한다.

☞ 해설

2)에 대하여

저장조는 청소시에도 재이용수를 사용할 수 있도록 설계용량에 대해 2조 이상의 구조로 설치하며, 청소가 용이한 구조로 계획하여야 한다. 저장조에 피트와 침전물의 배출구를 설치하고, 피트의 경사는 100분의 1 이상을 두어 침전물의 배출과 청소가 쉬운 구조로 한다.

4.5.3.2 펌프시설

1) 펌프설비의 계획용량은 일최대 공급유량을 기준으로 하며, 수요처에 저장시설이 없는 경우에는 시간최대유량으로 계획하여야 한다.
2) 펌프의 형식은 계획공급유량, 유입관의 깊이, 펌프의 설비대수 등에 의해 결정한다.
3) 기자재, 배관 등은 내부식성이 우수한 재질을 사용하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

펌프설비의 계획용량은 일최대 공급유량을 기준으로 한다. 펌프의 용량은 유지관리상 동일용량으로 선정하는 것이 바람직하지만 가동초기 및 시간대별 송수 유량변동에 대비하여 일부 속도제어(VVVF) 및 2종류 이상의 용량이 다른 펌프를 선정하는 방안을 강구하여야 한다.

2)에 대하여

펌프의 형식은 계획공급유량, 유입관의 깊이, 펌프의 설비대수 등에 의해 결정한다.

3)에 대하여

기자재, 배관 등은 내부식성이 우수한 재질로 한다.

4.6 하·폐수처리수 재이용시설의 설치 승인 및 인가

4.6.1 설계·시공업의 등록

하·폐수처리수 재이용시설을 설치할 때에는 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게

설계·시공하여야 한다.

☞ 해설

하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업의 등록을 하기 위해서는 별도의 등록신청서를 작성하여 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여야 하며 그 내용은 다음과 같다. (설계·시공업 등록요건, 준수사항 명시)

① 시설 및 장비의 명세서

② 기술인력 보유 현황 및 기술인력의 자격을 증명하는 서류

③ 기타 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 지정한 필요서류 그리고 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자는 다음의 사항을 준수해야 하며, 준수하지 않는 경우 그 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 그 영업의 전부 또는 일부의 정지를 명할 수 있다.

㉠ 다른 자에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 중수도 또는 하·폐수처리수 재이용시설을 설계·시공하게 하거나 등록 등을 빌려주지 말 것

㉡ 시설기준에 맞게 시공할 것

㉢ 도급받은 공사를 일괄하여 하도급하지 말 것

㉣ 하·폐수처리수 재이용시설의 설계·시공 등 영업에 관련된 도면 및 서류를 5년 이상 보관할 것

4.6.2 하수처리수 재이용시설의 설치 승인

하수처리수 재이용시설의 설치승인을 받으려면 하수처리수 재이용시설 설치 승인 신청서 및 다음의 서류와 도서를 시·도지사에게 제출하여 설치승인을 받아야 한다.

1) 실시설계 도서

2) 소요사업비 및 재원조달방안

3) 기타서류

재이용시설의 평면도, 수리계통도, 관로의 종단도 및 동수경사도, 공급에 대한 인가··허가 등을 증명하는 서류, 수리계산 및 구조계산에 관한 사항을 적은 서류(「건설기술관리법」 제5조 및 같은 법 시행령 제19조에 따라 지방 건설기술심의위원회의 심의를 받은 건설공사의 경우에는 그 심의결과 사본), 하류하천의 하천유량 및 하천수 사용에 미치는 영향 및 대책, 사업의 효과 분석서

☞ 해설

공공하수도관리청은 하수처리수 재처리수를 재이용하거나 공급하기 위해 하수처리수 재이용시설을 설치하려면 시·도지사에게 설치승인을 받아야 한다.

국가의 보조를 받아 하수처리수 재이용시설을 설치하려는 경우에는 재원의 사용에 관한 재원조

서 및 매 회계연도의 공사비 예정액에 관한 서류를 유역환경청장 혹은 지방환경청장에게 제출하여야 한다.

4.6.3 하수처리수 재이용사업의 인가

공공하수도관리청 외에 하수처리수 재이용사업을 하려는 자는 하수처리수 재이용사업 인가 신청서 및 다음의 서류와 도서를 시·도지사에게 제출하여 사업인가를 받아야 한다.

1) 실시설계 도서
2) 소요사업비 및 재원조달방안
3) 기타서류

재이용시설의 평면도, 수리계통도, 관로의 종단도 및 동수경사도, 공급에 대한 인가·허가 등을 증명하는 서류, 수리계산 및 구조계산에 관한 사항을 적은 서류(「건설기술관리법」 제5조 및 같은 법 시행령 제19조에 따라 지방 건설기술심의위원회의 심의를 받은 건설공사의 경우에는 그 심의 결과 사본), 하류하천의 하천유량 및 하천수 사용에 미치는 영향 및 대책, 사업의 효과 분석서

☞ 해설

공공하수도관리청 외에 하수처리수 재이용사업을 하려는 자는 시·도지사의 인가를 받아야 한다. 시·도지사는 하수처리수 재이용사업을 인가한 경우에는 고시하여야 하며 다음의 사항이 포함되어야 한다.

① 사업의 명칭
② 사업시행자의 명칭 및 주소
③ 사업의 목적 및 개요
④ 사업시행지의 위치 및 면적
⑤ 사업시행기간 및 하수처리수 재이용수 사용개시 예정일
⑥ 그 밖에 하수처리수 재이용사업과 관련하여 필요한 사항

하수처리수 재이용사업 인가 시 기준은 다음 사항과 같다.

① 재이용사업계획이 타당할 것
② 하류 하천의 하천유지유량에 미치는 영향 분석과 그 대책이 적정할 것
③ 계획수량과 계획수질이 적정할 것
④ 재이용시설의 위치 및 규모가 적정할 것
⑤ 처리시설 처리방식이 안전하고 경제적일 것

시·도지사는 하수처리수 재이용사업을 인가하는 경우에는 국토교통부 장관과 미리 협의하여야 하며, 하수처리수 재이용사업 인가와 관련된 서류와 도서 등의 기술적 사항을 검토하기 위하여 필

요하다고 인정하면 한국환경공단의 의견을 미리 들을 수 있다.

4.6.4 하수처리수 재이용사업의 인가 취소

시·도지사는 하수처리수 재이용사업자가 아래 사항에 해당하는 경우 인가를 취소할 수 있다. 다만, 1), 2)항에 해당하는 경우에는 인가를 취소하여야 한다.

1) 인가를 받은 하수처리수 재이용사업의 하수처리수 재처리수 공급 개시 예정일로부터 6개월이 지나도 하수처리수 재이용수를 공급하지 아니한 경우
2) 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 인가 또는 변경인가를 받은 경우
3) 인가를 받은 하수처리수 재이용사업의 하수처리수 재이용시설 설치공사 착수 예정일로부터 1년이 지나도 공사에 착수하지 아니하거나 공사완공예정일로부터 1년이 지나도 공사를 완공하지 아니한 경우

4.7 하수처리수 재이용시설의 운영·유지관리

4.7.1 기술관리인

4.7.1.1 기술관리인의 자격

공공하수도관리청이 하수처리수 재이용시설을 설치하거나 하수처리수 재이용사업의 인가를 받은 자가 하수처리수 재이용시설을 관리하고자 하는 경우 기술관리인을 두어 재이용시설을 유지·관리하여야 한다. 다만 하수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게 하수처리수 재이용시설의 관리업무를 위탁하는 경우에는 그러하지 아니한다.

☞ 해설

기술관리인이라 함은 「국가기술자격법」에 따른 화공 또는 수질환경 분야의 기사 이상의 자격을 가진 사람으로서 1년 이상 그 분야 실무에 종사한 사람을 말한다.

4.7.1.2 기술관리인의 역할

기술관리인은 법 시행규칙 제15조 규정에 의한 사항을 준수하여 하수처리수 재이용시설을 관리하여야 한다.

☞ 해설

① 하수처리수 재이용시설의 운영에 관한 사항을 사실대로 기록하고 3년간 보존할 것
② 하수처리수 재이용수의 수질검사를 정확히 하고 그 결과를 사실대로 기록할 것

③ 시설 개선이 필요할 경우에는 지체없이 공공하수도관리청 및 하수처리수 재이용사업자에게 통보할 것

4.7.2 하수처리수 재이용시설의 유지관리 지침의 작성

재이용시설 유지관리자는 재이용시설의 적정운영 및 관리를 위하여 유지관리지침서를 작성하고, 운영시 적극 활용하여야 한다.

☞ 해설

유지관리지침서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

① 재이용시설의 개요
② 유지관리의 개요
③ 유지관리 조직 및 업무분장에 관한 사항
④ 재처리시설 운전 및 관리에 관한 사항
⑤ 전기 및 계측제어 설비에 관한 사항
⑥ 공급설비 및 배수설비의 유지관리 요령에 관한 사항
⑦ 수질관리에 관한 사항
⑧ 안전관리 및 비상대책에 관한 사항
⑨ 점검일지 등 서식에 관한 사항
⑩ 참고도면

또한 유지관리지침서의 세부내용으로는 다음과 같은 내용을 포함시킨다.

가. 재이용시설의 개요

① 재이용시설 명칭, 위치, 용량, 재이용수 설계유입수질 및 방류수질, 재처리방법, 공급시설현황, 재이용 목적 등 일반적인 사항 기술
② 하수처리수의 특성, 처리원리 등
③ 재처리시설의 수처리 계통도, 처리장 시설 평면도 등
④ 주요처리시설별 처리계통도, 수리·수위계통도, Mass balance 등

나. 유지관리의 개요

① 운전관리: 재처리시설별 운전방법 및 유의사항
② 점검관리: 일상점검, 정기점검, 특별점검의 시기 및 방법 등
③ 보수관리: 재처리시설, 기기의 고장 및 마모시 대처 방법
④ 수질관리: 재처리시설 적정운영을 위한 수질관리대책 및 기준
⑤ 수요자의 배수설비 및 측정 장비 관리사항
⑥ 비상관리: 공공하수처리시설 비정상 운영 시 대응방안 등

다. 유지관리 조직 및 업무분장

① 유지관리를 효율적으로 수행하기 위하여 적정인력 확보

운영요원은 관련분야 자격증소지자 또는 운전경력이 있는 자를 중심으로 선발

② 업무분장

재처리시설 운영에 적합한 조직관리(관리, 운영, 시험분석 등)와 업무범위

라. 재처리시설 운전 및 관리

① 설계기준

㉠ 설계기초사양 및 규격과 관리지표 설정

㉡ 시설설치 회사명, 전화번호 등

② 목적 및 기능

㉠ 장치의 상세 사양과 기능설명

③ 운전방식

㉠ 단위시설의 운전절차, 방법, 계통설명

㉡ 시운전결과에 따른 운전요령 등

㉢ 가동초기 운전대책(수요량 감소시 등)

④ 관리요령

㉠ 상시 주요관리인자, 주변시설과의 관계

㉡ 기기이상의 원인 및 대처방안 등

마. 전기 및 계측제어설비

① 전기설비

㉠ 개요: 수변전 및 배전설비, 발전설비 등의 설계개요 및 계통설명

㉡ 일반적 취급: 일반적인 숙지사항, 안전수칙, 정전시 대비사항

㉢ 수전 및 정전: 수전개시전, 수전중, 정전시 등의 조치사항 및 일상점검 항목

㉣ 수배전 설비, 단체, 차단기, 변압기의 구성 및 동작 특성의 유의사항

㉤ 부하설비: 부하설비, 전열, 조명, 전화방송, 화재경보설비 등 계통설명

㉥ 보수 및 점검기준: 일상점검, 정기점검, 특별점검시의 필요한 항목 및 요령

② 계측제어설비

㉠ 개요: 계측제어설비의 검출 변환장치, 제어장치, 감시장치 등 설계개요 설명

㉡ 일반적 취급: 일반적 숙지사항, 안전수칙 등 설명

㉢ 보수 및 점검기준: 각종 계측기기류의 점검기준을 설명

㉣ 장치의 보수점검

– 계측설비: pH, 검출변환장치, 유량계, 농도계, 수위계 등의 보수 및 점검요령

– 제어장치: 조절부, 조직부, 전송부 등 컴퓨터 제어부의 보수 및 점검요령

바. 공급설비 및 배수설비의 유지관리 요령

① 송수관 대장 작성: 관로의 종류, 노선 및 사업비 등

② 관로 파손상태 및 오 접합 점검방법

③ 관로 점검방법 및 유지관리 대책

사. 수질관리

① 수질관리의 개요 및 목적

② 실험실 장비사양 및 취급설명

③ 수질관리항목 및 기준

㉠ 시험항목, 횟수, 분석방법, 관리지표 등

㉡ 하수처리수 재이용수질 권고기준, 방류수수질기준 등

④ 시료채취: 채취방법, 위치 및 채취량, 채취시 주의사항 등

아. 안전관리 및 비상대책

① 안전 및 위생관리의 일반적 안전관리 요령, 염소 및 고압가스등 위험물 취급요령 등

② 환경보전관리: 수질, 주변환경, 악취, 소음·진동, 폐기물 등 관리요령 및 관련법규 내용 설명

③ 재해대책: 자연재해, 정전 등 처리장내 사고 시 지휘계통 및 대처방안 등

4.7.3 하수처리수 재이용시설의 수질검사

4.7.3.1 수질관리항목

수질관리항목은 재처리시설 처리공정의 적절한 관리를 위하여 필요하다. 시설의 규모나 관계 법령 등에 따라 운전 관리에 필요한 수질관리항목을 설정하여야 한다.

☞ 해설

하수처리수 재이용수의 용도에 따라 수질관리항목은 차이가 있을 수 있으나, 공통적인 의미로는 처리공정이 원만하게 운전이 되고 있는지의 여부 등을 파악할 수 있어야 한다. 따라서 재이용수의 용도에 따라 공정의 안정성을 확인할 수 있는 최소한의 항목을 설정하고 관리하여야 한다.

4.7.3.2 최초수질검사

하수처리수 재이용시설이 완공된 후 30일 이내에 재이용수를 채취하여 수질검사를 실시하여야 한다. 1) 측정대행업자 및 보건환경연구원, 유역(지방)환경청 2) 검사능력을 갖춘 공공하수도관리청은 자체적으로 수질검사 수행

☞ 해설

수질 검사는 정부로부터 검사기관으로 인증을 받은 기관에서 수행하는 것을 원칙으로 한다. 단

공공하수처리장내에 「하수도법」에서 규정하고 있는 시설을 확보한 경우에는 본 시설에서 수질 검사를 수행할 수 있다.

4.7.3.3 수질검사 주기

하수처리수 재이용수 수질관리를 하는 때에는 원수 및 재이용수에 대한 수질검사를 실시하여야 한다. 1) 매일 : 수소이온농도(pH), 부유물질(SS), 탁도(NTU), 결합잔류염소, 냄새, 색도 2) 매주 : 생물화학적산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 총대장균군수 3) 매분기 : 염화물, 전기전도도, 그 밖에 중금속 등 미량유해물질 항목

☞ 해설

수질검사는 하수처리수 재이용수가 용도에 적합한 정도를 확인하기 위하여 수행되므로 일정한 수질을 유지하기 위하여 항목의 중요도에 따라 분석 주기를 매일, 매주, 그리고 분기로 구분하여 분석하여야 한다.

4.7.4 시설물별 유지관리

4.7.4.1 재처리시설의 유지관리

1) 재처리시설의 유지관리는 각단위 시설의 유지관리 측면뿐만 아니라, 전체 공정의 유기적인 처리효율에 중점을 두고 관리하여야 한다. 2) 재처리시설의 단위공정별 유지관리는 설치기준에서와 마찬가지로 2차처리공정에 대한 것은 일반적으로 제외하고, 급속여과, 소독설비, 막처리의 관리 등에 대한 운영기준을 중심으로 관리하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

재처리시설의 전 공정에서 제대로 처리되지 못하면 연쇄적으로 다음 공정에 파급 효과를 가져와 전체적인 처리효율을 저하시키고, 결국 수질악화의 원인이 되므로 유의해야 한다.

2)에 대하여

① 소독설비

㉠ 염소는 독성이 매우 강하기 때문에 취급에 주의가 필요하다.

㉡ 염소화합물은 염소에 비해 취급이 간단하고, 안전하지만 불안정하므로 장시간 저장하면 유효염소가 감소하므로 주의할 필요가 있다.

② 급속여과설비

㉠ 장기간 운전할 때는 안트라사이트, 여층, 자갈층에 조류, 오일, SS 등이 부착되기 때문에

연 1회 정도로 점검해야 하며, 불량한 부분은 교체하도록 하여야 한다.

㉡ 다층여과에서 여재로서 안트라사이트를 사용하는 경우에는 운전 중에 안트라사이트가 작아지거나 역류세정시에 유출되므로 정기적으로 점검하도록 하며, 부족해지면 보충하도록 하여야 한다.

㉢ 여과손실수두가 단시간에 일정치 이상으로 되면 여층 상태의 불량, 수질의 악화로 인한 것이므로 신속히 조사하여 조취를 취하여야 한다.

㉣ 전동밸브, 전자밸브, 공기작동밸브 등의 패킹재를 점검하도록 하며, 밸브에 부착되는 이물질은 정기적으로 제거하도록 하여야 한다.

㉤ 공기작동 볼밸브를 사용하는 경우에는 공기압축기 및 부속장치의 이상 등에 주의하여야 한다.

㉥ 원수압력계, 여과압력계, 유량계 등은 매일 점검하여, 여과장치의 상태를 정확히 파악하도록 하여 여과능력저하를 방지하여야 한다.

㉦ 면적형 유량계는 조류, SS등의 부착에 의해 기능에 영향을 받기 때문에 정기적인 점검을 하여야 한다.

㉧ 여과시간, 역류세정시간 등은 여과손실수두, 여과속도, 여과의 수질 등을 고려하여 정하여야 한다.

㉨ 초기 손실수두 값이 크게 변하지 않도록 세정하여야 한다.

㉩ 표면에 다량의 미생물 발생을 억제하기 위하여 원수에 염소를 정기적으로 주입하는 것을 고려하여야 한다.

③ 막처리의 관리

㉠ 투과 능력의 유지를 위해서는 수시로 적절한 세정을 하도록 한다.

㉡ 역삼투법에서는 막의 폐색을 방지하기 위해 응집침전, 여과 등 전처리가 반드시 필요하다.

가. 공급시설 유지관리

① 저장시설

㉠ 저장조의 바닥에 침전물이 발생될 수 있으므로 주기적으로 확인하고 제거하여야 한다.

㉡ 외부로부터의 오염방지, 누수방지, 청소, 수위계, 유량계, 밸브류 등의 점검과 정비 및 저장시설의 수위, 유량의 측정이 필요

㉢ 처리수조의 레벨센서 작동상태를 확인한다.

㉣ 저수조는 재이용수 급수량의 시간적 변화에 대응 가능하고, 동시에 세척수량을 공급할 수 있는 용량을 가져야 한다. 개방식의 경우에는 조류(藻類)가 발생하는 경우가 있으므로 유의하여야 한다.

② 펌프설비

㉠ 전원공급의 신뢰성 확보를 감안한 수전 또는 배전방식을 선정한다.

㉡ 펌프가 파손되어 작동하지는 않는지 확인하고(과부하 경보) 이상이 발생되었을 경우 점검을 한다.

③ 배수설비 유지관리

㉠ 담당자 전원이 어떠한 경우에도 적절한 조치를 취할 수 있도록 배수펌프의 운전, 조작, 점검, 정비, 수리 등의 기준 및 보안에 관한 규칙을 작성하여야 한다.

㉡ 펌프의 운전에 필요한 관로의 수압, 수량, 수위 등의 지시계는 감시원이 쉽게 볼 수 있는 장소에 설치하여야 한다.

㉢ 펌프관리대장을 구비하여 점검기록이나 수리기록 등을 기입하여 고장을 미연에 방지하여야 한다.

㉣ 배수펌프의 운전, 배수관의 제수밸브 조작, 고가탱크, 배수관, 배수펌프 등 시설에 대한 점검 및 보수를 충실히 수행하여야 한다.

㉤ 배수관 평면도, 상세도 및 필요에 따라 종단면도, 주요한 부대설비의 구조도 등을 정비해서 보존하여야 한다.

㉥ 배수를 원활하게 하기 위해 적정한 수량 배분과 수압의 균등화를 도모하고, 시설을 합리적이고 경제적으로 운용할 수 있도록 배수 조정을 하여야 한다.

㉦ 사고예방을 위해 정기점검을 하고, 폭풍우 등의 재해 직후 관로 및 주요시설을 점검하여야 한다.

㉧ 배수관에 부착한 녹, 스케일 등으로 인해 통수능력이 감소한 경우 조건에 따라 관 청소를 하여야 한다.

다. 전기 및 계측제어설비 유지관리

① 침전물의 부착이나 퇴적 등을 정기적으로 점검하고 청소하여야 한다.

② 처리수조의 수위가 작동 레벨까지 상승되어 있는지를 확인하며 수위가 작동레벨임에도 불구하고 자동 작동하지 않을 경우에는 레벨센서를 꺼내어 이물질을 제거하여야 한다.

③ 각종 노이즈로부터 오차가 발생하여 연산결과가 부정확하게 될 수 있으므로 주의하여야 한다.

④ 계측장치를 항상 양호한 상태로 유지하기 위하여 장치의 사양, 설치 환경, 중요도를 감안해서 보수 점검 및 수리하여야 한다.

4.8 하수처리수 재이용시설의 지도·점검 사항

1) 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 하수처리수 재이용시설 설계·시공업자를 대상으로 년 1회 이상 지도·점검을 실시하여야 한다.

2) 환경부장관 또는 시·도지사는 재처리용량이 500m^3 이상인 하수처리수 재이용시설에 대하

여 매 반기별 1회 이상 정기적으로 지도·점검 실시하여야 하며, 환경부장관 또는 시·도지사는 필요하다고 인정될 때는 수시 점검을 실시할 수 있다. 하수처리수 재이용시설에 대한 정기·수시 지도·점검 사항을 확인하여 이에 대비하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

특별자치도지사·시장·군수·구청장은 하수처리수 재이용시설 설계·시공업자가 다음 사항을 준수하는지의 여부에 대하여 년 1회 이상 지도·점검을 실시하여야 한다.

① 다른 자에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 하수처리수 재이용시설을 설계·시공하게 하거나 등록증을 빌려 주지 말 것

② 하수처리수 재이용시설 설치기준에 맞게 설계·시공할 것

③ 도급받은 공사를 일괄하여 하도급하지 말 것

④ 하수처리수 재이용시설의 설계·시공 등 영업에 관련된 도면 및 서류를 5년 이상 보관할 것

2)에 대하여

환경부장관 또는 시·도지사는 하수처리수 재이용시설에 대한 정기·수시 지도·점검을 실시할 때에는 다음 사항을 확인하여야 한다.

① 기술관리인 등 운영인력 확보 현황

② 하수처리수 재이용시설 관리기준 준수 여부

③ 하수처리수 재이용수의 시료채취 및 수질검사 적정 실시 여부

④ 시설의 개수·보수 등 개선명령, 기타 조치사항 이행 여부

⑤ 관련기관으로부터 지시 받은 사항에 대한 이행 여부

[참고 4-1] 급속여과법

4-1.1 개요

급속여과법은 안정된 처리성능을 얻을 수 있고 운전도 용이하며 2차 처리수질의 향상을 기대할 수 있는 고도처리의 기본공정이다. 급속여과법은 모래, 모래와 안트라사이트, 섬유사, 폴리에틸렌 등의 여재로 이루어진 여층에 비교적 높은 속도로 유입수를 통과시켜 부유물을 제거하는 방법이다.

활성슬러지법 등에 의한 하수의 2차처리수에는 통상 5~20mg/L 정도의 미생물플록을 주체로 한 SS가 포함되어 있다. 이 SS를 제거하면 더욱 청정한 처리수를 얻을 수 있다. 또한 질소, 인제거를 목적으로 한 처리공정의 처리수중에 포함된 SS를 제거함으로써 보다 안정된 질소, 인제거를 기대할 수 있다. 더욱이 처리수의 재이용에 있어서 SS의 제거에 의해 탁도가 감소되어 처리수의 미관이 향상되며, 소독전에 부유물을 제거함으로써 소독의 효과가 증대한다.

급속여과지의 형식은 주로 3가지의 요인에 의해 다음과 같이 분류할 수 있다.

① 여과압의 확보방법에 따라서-중력식 및 압력식

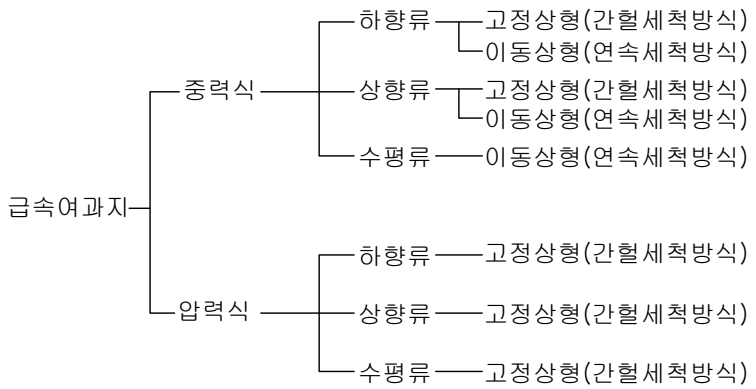
② 여과방향에 따라서-하향류, 상향류, 수평류 및 상하향류

③ 여층의 운동방식에 의해-고정상형 및 이동상형

이것을 보다 자세히 [표 4.26]에 나타내었다.

처리수의 처리장내 재이용을 위한 여과시설로서는 압력식 여과 등이 사용되고 있으며, 고도처리 및 재이용을 위한 대형시설로서는 고정상 및 이동상을 포함한 중력식 하향류 여과 및 상향류 여과가 많이 채용되고 있다.

〔표 4.26〕 급속여과지의 형식의 분류



4－1.2 설계 및 유지 관리상의 유의점

본법의 계획처리수량은 고도처리로서 전량여과를 행하는 경우는 계획1일 최대여과수량(계획1일 최대처리수량), 재이용 등을 위해 처리수의 일부를 여과하는 경우에는 목표로 하는 최대수량으로 한다. 계획유입수질은 미리 충분히 조사하여 결정한다. 여과지 유입수의 시료를 얻기 어려운 경우에는 SS농도를 20mg/L로 한다. 여과속도는 압력식여과를 포함하여 모래여과인 경우 계획1일 최대여과수량에 대하여 300m/d를 상한으로 하고, 계획시간 최대오수량에 대하여 450m/d을 상한으로 정하나 기타 여과재를 사용하는 경우 그 이상으로 할 수 있다. 여과를 계속하게 되면 포착된 부유물질에 의해 여층의 손실수두가 증대하기 때문에 설정수두에 도달하거나 정기적으로 세척할 필요가 있다.

여과를 개시한 후 세척을 하기 전까지 여층에 포착된 SS량을 SS포착량이라 한다. SS포착량은 하향류에서는 2~5kg/m^2(여상면적) 정도, 상향류에서는 사용여재가 크고, 여층이 깊기 때문에 그 값이 보다 커진다. 여과지의 세척방법에는 일반적으로 표면세척, 공기세척 및 물역세척 등의 조합으로 구분하나 공기세척없이 물역세척으로만 세척하는 방법이 있다. 하수처리시설에 있어서는 일반적으로 공기세척, 공기·물 동시세척으로 여층내에 포착된 부유물을 이탈시키고, 물역세척으로 부유물의 배출과 여층의 성층화를 행하는 방법이 사용되고 있다. 상향류는 격자에 의해 여층의 팽창이 억제되어 하향류보다 세척이 어렵다. 때문에 상향류는 세척이 복잡하고 소요시간이 길다. 통상 상기의 조합을 2회 정도 반복하여 수행한다. 세척수는 하향류에서는 여과수를 상향류에서는 2차처리수를 사용한다. 2차처리수의 SS농도가 높으면 여층이 단시간에 막히게 되어 세척빈도가 증가한다. 또한, 미세입자와 콜로이드는 처리되기 어려우며 처리효율을 저하시킨다. 따라서 급속여과지를 정상적으로 운영하기 위해서는 2차처리의 적정한 관리가 불가결하다.

4－1.3 계획여과수량

급속여과시설의 설계유량은 [표 4.27]과 같다.

〔표 4.27〕 급속여과시 계획여과수량

시설	계획여과량	적용
급속여과지	계획일최대여과수량	시설규모, 세척용 펌프, 송풍기
처리시설 연결관거	계획시간최대여과수량	원수양수 펌프

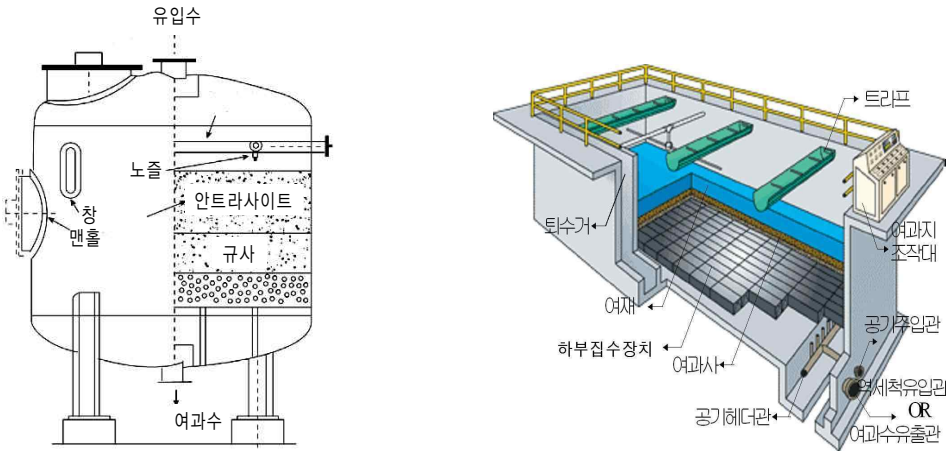
4－1.4 급속여과장치

급속여과장치는 다음 사항을 고려해서 정한다. 1) 여과방법은 중력식과 압력식이 있고, 그 선택은 설치조건, 계획수량 등에 따라서 정한다. 2) 여재 및 여층의 구성은 SS제거율, 유지관리의 편의성 및 경제성을 고려하여 정한다. 3) 여과속도는 유입수와 여과수의 수질, SS의 포획능력 및 여과지속시간을 고려하여 정한다. 4) 여층의 역세척은 세척방법으로 여과장치의 종류에 따라 다르나 역세척수를 이용하는 방법과, 공기와 역세척수를 병용하는 방법이 있다.

☞ 해설

1)에 대하여

일반적으로 쓰는 급속여과장치를 나타내면 [표 4.28]과 같다. 중력식 여과장치는 여과지내에 자유수면을 가지며, 지내의 수위와 유출수 수위의 수두차를 이용해서 여과가 이루어지고, 강재 또는 철근콘크리트재로 제작된다. 압력식 여과장치는 밀폐구조로 되어 있는 여층의 위쪽 면에 압력이 걸리게 되어 있다(<그림 4.25> a) 참조). 중력식에서는 손실수두를 크게 취하기 위해 측벽을 높게 하지만 압력식에서는 유입압력을 높이는 것만으로도 여과조작이 가능하다. 그러나 압력식에서는 내압이 걸리므로 재질은 강판이어야 하고, 형상도 원통형으로 하는 것이 일반적이다. 또 계획수량이 비교적 적은 경우에 주로 사용된다.



a) 압력식　　b) 중력식

〈그림 4.25〉 여과장치의 예

2)에 대하여

종래에는 여재가 모래, 안트라사이트(anthracite)로 한정되었으나 폴리에틸렌, 섬유사 등 다양한 국내·외의 다양한 여재 기술 및 여과방식의 개발로 여과효율의 증대, 유지관리의 편의성을 도모

하게 되어 2차처리수의 수질 및 양을 면밀히 검토하여 유지관리성 및 경제성을 고려하여 선정하여야 한다.

모래여과인 경우 일반적으로 하향류식 여과의 경우에는 안트라사이트(anthracite)와 모래로 구성된 2층 구조로 사용하고, 상향류식 여과의 경우에는 모래로만 된 단층으로 사용한다.

〔표 4.28〕 급속모래여과장치

여과의 형식			여층의 구성	최대여과속도 (m/d)
여과압의 종류	여과의 방향	여층의 형태		
중력식	상향류	이동상형	① 여재로서 모래를 사용할 경우, 모래의 유효경은 1.0mm 정도를 표준으로 한다. ② 단층여과장치를 표준으로 하고, 여사 두께는 1m를 표준으로 한다. ③ 모래의 균등계수는 1.4 이하로 한다.	300
		고정상형	① 여재를 모래로 할 경우 단층을 표준으로 하고 여사두께는 1.0~1.8m를 표준으로 한다. ② 여사는 유효경 1~2mm 정도, 균등계수 1.4 이하를 표준으로 한다. ③ 여층표면하 10cm에 grid를 설치한다.	
압력식	하향류	고정상형	① 안트라사이트와 모래로 된 2층여과지를 표준으로 하고 모래층의 두께는 안트라사이트층의 60% 이하로 함. ② 안트라사이트의 유효경은 1.5~2.0mm를 표준으로 함. ③ 안트라사이트의 유효경은 모래 유효경은 모래 유효경의 2.7배 이하로 한다. ④ 안트라사이트와 모래의 균등계수는 1.4 이하를 목표로 한다. ⑤ 안트라사이트와 모래로 된 여층의 두께는 60~100cm로 한다.	300

3)에 대하여

여과속도는 2차 처리수와 여과수의 수질, 여재의 SS의 포획 능력 및 여과지속시간이 다르므로 유지관리 및 경제성을 고려하여 여과속도를 정한다.

모래여과기인 경우 여과속도는 일반적으로 300m/d 이하를 사용하나 폴리에틸렌, 섬유사인 경우 역세척 수의 발생량을 적도록 개발하여 여과지속시간을 짧게 하는 대신 여과속도를 약 500m/d까지 사용하기도 한다.

4)에 대하여

여과능력의 재생을 위하여 여층을 역세척한다. 역세척은 여층의 하부에서 역세척수를 주입하여

여층의 상부에서 배수하는 방법이 일반적이다.

역세척의 방법으로는 여재 및 그 방법에 따라 조금씩 차이는 있으나 역세척수(여과수 또는 2차 처리수)만으로 역세척하는 방법과 역세척수와 공기세척을 병용하는 방법으로 대별할 수 있다.

급속모래여과에서는 역세척을 촉진하기 위해 하향류식 여과에서는 표면세척과 공기세척을 함께 하고, 상향류식 여과에서는 여층의 하부에서 역세척수와 공기를 동시에 주입하여 세척한다.

4－1.5 여과지 면적, 지수 및 기종

1) 여과면적은 계획여과수량을 여과속도로 나누어서 구한다.
2) 대수는 원칙적으로 2대 이상 설치를 원칙으로 한다.
   1대당 최대여과면적, 역세척시 운전시간 등을 고려한 역세척시 유입수량의 저류방법 등을 고려하여 결정한다.
3) 여과장치의 구조 및 기종은 처리장의 규모, 처리수질, 유지관리 및 경제성을 고려하여 정한다.

☞ 해설

1)에 대하여

계획여과수량을 Q(m^3/d), 여과속도를 v(m/d)라 하면 소요여과면적 S(m^2)는 식 (4－1.1)과 같다.

$$S = \frac{Q}{v} \quad \cdots\cdots (4-1.1)$$

2)에 대하여

급속여과장치는 기종에 따라 역세척과 동시에 여과를 할 수 있고, 역세척 운전시간 3분 이내로 매우 짧은 경우도 있으므로 예비를 반드시 둘 필요는 없다. 그러나 여과장치의 보수, 점검 등 유지관리를 고려하여 원칙적으로 2대 이상을 설치하는 것이 좋다.

$$(n_{min}-1) \cdot A \cdot v_w = A \cdot I \quad \cdots\cdots (4-1.2)$$

여기서, n_{min} : 예비지를 포함하지 않는 최소지수

I : 세척시간중 평균세척속도(m/d)

A : 1지당 여과면적(m^2)

v_w : 1지 세척할 때 남아있는 다른 여과지의 여과속도(m/d)

식 (4.7.18)에 의하여 n_{min}은 식 (4－1.3)으로 구할 수 있다.

$$n_{min} = \frac{I}{V_w} + 1 \quad \cdots\cdots (4-1.3)$$

2차처리계통으로 반송되는 역세척폐수의 수량, 부유물, BOD 등의 부하를 균등하게 2차처리계통에 반송하기 위한 역세척폐수조를 설치하지 않고, 또한 2차처리계통이 역세척폐수에 의해 과부하로 되지 않게 하기 위해서는 저수량시에 여과지의 역세척을 하는 것이 바람직하다. 저수량시에 1지씩 연속세척을 한다고 가정하면 식 (4-1.4)가 성립된다.

$$T = t \cdot n_{max} \quad \cdots\cdots (4-1.4)$$

여기서, T : 역세척 가능 시간(분)

t : 1지당 역세척시간(분)

n_{max}: 예비지를 포함하지 않는 최대지수

식 (4-1.4)에 의해 n_{max}는 식 (4-1.5)로 구할 수 있다.

$$n_{max} = \frac{T}{t} \quad \cdots\cdots (4-1.5)$$

1지가 역세척 되고 있는 경우, 다른 여과지의 여과속도(v_w)는 식 (4-1.6)과 같다.

$$v_w = \frac{n}{n-1} \cdot v \quad \cdots\cdots (4-1.6)$$

여기서, v: n지가 모두 운전되고 있을 때의 여과속도(m/d)

식 (4-1.6)에 의하면 n=4, 6, 8, 10의 경우 1지 역세척에 의해 다른 여과지의 여과속도는 역세척전과 역세척중의 유입수량에 변화가 없다고 하면 역세척전의 여과속도의 1.33, 1.20, 1.14, 1.11배가 된다. 역세척에 의한 여과운전중 여과지의 여과속도 증가로 인해 여과수질이 나빠지지 않도록 지수를 결정해야 한다.

3)에 대하여

급속여과장치는 처리장의 규모, 처리수질의 조건, 유지관리 및 경제성을 고려하여 기종을 정하여야 한다.

여과지인 경우 형상은 철근 콘크리트제의 경우 직사각형을 표준으로 한다.

4-1.6 여재

급속여과에 사용하는 여재는 다음 사항을 고려한다.

1) 여재는 종류, 공극률, 비표면적, 균등계수 등을 고려하여 정한다.
2) 여재의 충전 높이는 충전밀도, 여과의 효율, 역세척 주기 및 여과지속시간 등 유지관리 편의성 및 경제성을 고려하여 정한다.

☞ 해설

1)에 대하여

여과란 부유물 특히, 침전으로 제거되지 않는 미세한 입자의 제거에 가장 효과적인 방법으로 다공성 물질에 액체를 통과시켜 여재의 공극보다 더 큰 입자가 제거되며 공극보다 더 작은 입자는 부착, 응결, 침전, 거름 등에 의해 제거되는데, 원수가 여재의 공극 사이를 통과할 때 일부 미세 부유물은 모여서 응결되어지는 과정, 커진 부유물은 공극부에 침적되는 과정, 축적된 부유물의 거름현상 유발 과정 및 일부 유입 부유물의 직접 여과에 의해 제거된다.

여재는 그 종류에 따라 제거율이 다르고 같은 조건에서도 공극률, 비표면적이 크고 균등계수가 균일하면 처리유량을 크게 할 수 있다.

2)에 대하여

여과가 계속되면 압력손실이 증가하여 제거된 입자들이 농축되어 여재가 폐색되면 여과공정을 중단하고 역세공정을 행해야 한다. 여과지속시간은 원수의 부유물 농도, 형상, 성질 등과 여재의 공극률, 여재의 충전높이에 따라 다르다.

유입수중의 플록(floc)이 크고 탁도가 높은 경우에는 표면제거가 일어나며 공극공간은 급속히 막히게 되어 상대적으로 여과상의 운영시간이 짧아지게 된다. 유입수의 플록이 작고 탁도가 낮은 경우에는 심층제거가 일어나는데 부유물질이 여과상 내부로 깊이 스며들며 여과지속시간이 길어지게 된다.

또한 같은 충전높이라도 여재의 특성에 따라 여과효율 및 여과지속시간이 달라지므로 여재의 특성을 고려하여 설치하여야 한다.

[참고 4-2] 화학적처리

4-2.1 pH 조정시설

4-2.1.1 pH 조정시설의 설치목적

pH 조정시설은 유입수의 pH가 후속 생물학적처리에 영향을 미치는 경우 중화하거나 후속 화학적처리를 위하여 적정 pH로 조정하기 위하여 설치된다.

☞ 해설

pH 조정은 유입수의 중화는 물론 각종 처리공정의 최적화를 위한 pH 조정을 포함한다. 산업폐수의 유입에 의한 산성 또는 알칼리성의 하수의 경우에는 생물학적 처리시설이전에 pH를 중성부근으로 조정하여야 할 필요가 있다.

4-2.1.2 pH 조정방법

pH 조정에는 다음과 같은 종류가 있다.

1) 중화

2) 산성화 및 알칼리성화

☞ 해설

1)에 대하여

하수처리시설로 유입되는 유입수내의 과잉의 산성 및 알칼리성 물질에 의한 pH의 저하 또는 상승을 중성 부근으로 조정하는 것을 중화라 한다. pH를 조정하는 것은 이론적으로는 간단하지만 실제로 처리시설에서 중화처리를 계획하는 것은 여러 가지 변수가 작용하므로 곤란할 경우가 많다. 하수처리시설내의 유량조정조에 의하여 어느 정도 중화 효과가 있을 수 있지만 실질적으로 하수의 특성, 중화반응의 특성 등을 검토하고 유지관리면의 경제성, 용이성을 충분히 고려한 후 중화시설을 설치하여야 한다.

2)에 대하여

pH 조정은 응집이나 인의 침전처리에 많이 사용되며, 기타 각종 단위공정의 반응을 양호하게 하기 위하여 하수를 산성화 및 알칼리성화 시킬 수 있다.

4-2.1.3 pH 조정제의 종류

pH 조정에는 산성 및 알칼리성 화학약품이 사용된다.

☞ 해설

pH 조정은 화학약품을 사용하기 때문에 이에 필요한 장비가 화학약품의 종류에 따라 달라지고 비용의 변화가 크게 된다. 또한, 중화되거나 부분적으로 제거되어야 할 하수중의 산이나 알칼리의 종류, 양 등에 따라 다양한 화학약품을 선택하여야 한다.

4-2.1.4 pH 조정제의 선택

pH 조정제의 선택시 고려사항은 다음과 같다.

1) 경제성
2) 취급의 간편성
3) 반응속도
4) 반응결과 및 슬러지발생량

☞ 해설

pH 조정제의 선택시에는 유량, 수질특성, 처리계통 등을 고려하여야 하며, 조정목적에 적합한 pH 조정제를 선택한다. pH 조정제의 선택에 있어서는 경제성, 취급의 간편성, 그리고 pH 조정후의 후속공정인 침전 등에 의해 발생되는 침전물의 탈수성 등에 따라 제약을 받게 된다. 또한 pH 조정제의 반응속도가 너무 느려서 불완전한 경우에는 이단처리로 분리조정을 하여 두 가지 종류의 약품을 사용할 수도 있다. pH 조정제의 일반적인 선택조건은 다음과 같다.

1)에 대하여

pH 조정제는 약품의 pH 조정능력, 가격 등의 경제성을 검토하여야 한다.

2)에 대하여

pH 조정에 사용되는 화학약품은 주로 수용액상태로 주입하는 것이 용이하므로 용해도에 대한 검토가 충분히 이루어져야 한다. 예를 들면 나트륨염은 칼슘염, 마그네슘에 비하여 용해도가 커서 pH의 자동제어를 용이하게 하고, pH 조정에 필요한 인건비, 보수 유지관리에 필요한 비용을 절감시키는 이점이 있다.

3)에 대하여

반응속도는 용해도와 관련된다. 나트륨염은 가용성이고 용해가 균일하며, 확산하여 혼합하는 속도가 빠른 반면, 용해도가 낮은 물질을 사용하면 반응탱크가 커지고, 교반 조건에 따라 영향을 많이 받으므로 운전이 어렵고 유지관리비가 많이 소요된다.

4)에 대하여

용해도가 큰 pH 조정제가 난용성의 염을 생성하는 경우에는 pH 조정제의 자체 용해도는 낮지만 염을 적게 생성하는 약품을 선택하는 것이 경제적이므로 약품반응결과와 슬러지 발생량에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

4-2.1.5 pH 조정조의 설계

1) 체류시간은 10~15분을 기준으로 한다.
2) 조의 형태는 사각형 및 원형으로 한다.
3) 조정조의 교반강도는 속도경사(G)로 300~1,500/s로 급속교반 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

pH 조정조는 하수를 교반하여 난류를 일으켜 약품과의 혼합을 급속하게 하여 pH의 조정반응을 촉진시켜야 하는데 체류시간은 하수에 사용되는 약품의 종류, 교반 상황 등에 따라 다르지만 대개의 경우 10~15분 정도가 적당하며, 교반정도 등을 고려하여 5분 정도까지 줄일 수 있다. 대개의 경우 소석회를 사용할 경우 20분 정도, 나트륨염의 경우는 약 10분 정도이다.

2)에 대하여

pH 조정조의 형태에는 원형과 사각형이 있는데 원형인 경우 교반 효과를 크게 하기 위해서 저류판을 설치하여 단락류를 방지하는 것이 좋다. 원형일 경우 조의 크기는 대체로 깊이 : 직경의 비가 1 : 1에서 1 : 1.5의 범위가 바람직하다.

3)에 대하여

교반조는 급속교반을 이루어 pH 조정제와 하수와의 혼합이 잘 되도록 하고 교반 강도를 나타내는 속도경사(G)는 300~1500/s 정도로 유지하게 한다. 교반 속도는 약품의 혼합과 단락류의 현상을 방지하기 위하여 통상 120~180rpm의 범위로 운전하나 이는 하수의 특성 및 약품의 종류에 따라 다르고 임펠러나 프로펠러의 크기 및 조의 형상에 따라 다르므로 실험적인 자료를 이용하여 적당한 범위로 운전하는 것이 가장 바람직하다.

4-2.1.6 pH 조정조의 재질 및 부대시설

1) pH 조정조는 일반적으로 콘크리트구조를 사용하는데 산이나 알칼리에 부식되지 않는 재질로 피복한다.
2) pH 조정조는 자동으로 제어되고 다음과 같은 부대시설을 필요로 한다.
   ① pH 자동조절장치
   ② 교반장치
   ③ 약품주입시설
   ④ 기타 부대시설

☞ 해설

2)에 대하여

pH 조정시설은 자동제어방식에 의하여 대부분 운전이 되고 교반에 의하여 급속혼합이 이루어져

야 하므로 다음과 같은 부대시설을 필요로 한다.

① [pH 자동조절장치] : pH 자동조절장치의 전극은 pH 조정조의 pH를 신속히 측정할 수 있는 위치에 설치되어야 하고 수시보정 및 교체가 용이하여야 한다. 또한 유입수내 유분(n-Hexane 추출물질)농도가 높은 경우에는 pH 전극에 부착하여 동작오류를 유발할 수 있으므로 주의하여야 한다. 또한 감지기는 1일 1회 이상 세척하는 것이 좋고 수시로 표준액을 이용하여 보정해야 할 필요가 있으며 온도에 의한 영향을 충분히 고려하여야 한다. 최적 pH 범위를 유지하도록 약품주입장치가 자동운전 될 수 있도록 하여야 한다.

② [교반장치] : 교반기의 종류로는 터빈형과 프로펠라형이 있으며 속도경사가 크게 할 필요가 있을 경우에는 터빈형을 주로 사용한다.

③ [약품주입시설] : 약품 주입시설은 주입량의 조절이 용이하여야 하고 신뢰성이 있어야 하며, 또한 적당한 범위에서 자유롭게 조정할 수 있는 것이라야 한다. 주입약품의 성상에 따라 고체 및 액체약품 주입시설이 있다. 약품주입탱크는 화학적으로 안정화된 재질을 사용하여야 한다. 일반적으로 철판에 고무라이닝을 하거나 FRP 또는 경질염화비닐제를 주로 사용한다.

④ 기타부대시설로는 액상의 약품을 보관할 수 있는 약품저장탱크와 약품정량 주입펌프 등이 필요하다.

[약품저장탱크] : 약품저장탱크는 액상으로 저장하는 경우 약품의 응고나 침전을 방지하기 위하여 교반시설을 갖추는 것이 바람직하다. 또한 약품에 대하여 내알칼리, 내식 및 내구성이 뛰어난 재질로 사용하여야 한다.

[약품정량펌프] : 약품정량펌프는 내산 및 내알칼리성의 재질을 사용하며 점성이 있는 약품용액을 효과적으로 제어할 수 있는 내구성이 뛰어난 것을 사용하여야 하고 pH계, 타이머 등과 함께 하수의 pH 및 완충능력에 따른 약품의 자동조절이 가능하도록 펌프의 주입속도를 조절할 수 있도록 일정 범위의 조절속도를 갖춘 것을 사용하여야 한다. 일반적으로 약품의 정량주입을 위하여 사용하는 펌프로는 원심펌프, 플런져펌프 및 다이아프램펌프 등이 사용된다. 약품의 주입량이 많으며 압력의 소요가 클 경우 압력펌프를 사용하는 것이 바람직하다.

4-2.2 응집시설

4-2.2.1 응집시설 개요

2차 처리수중에는 침전이 어려운 미세입자, 부유고형물 등이 존재하는데 이는 전하를 지니고 서로 안정되게 수중에 존재하며 탁도를 유발하고 생물학적 처리시설로는 제거가 어려운 경우가 있다. 따라서 응집제를 사용하여 미세입자들을 응집시켜 플록으로 형성하고, 완속교반으로 플록입자를 크게 성장시켜 침전성을 양호하게 하여 미세부유물질등을 제거한다. 이때 응집보조제를

병행하면 효율이 증진된다. 또한 조대화된 플록들이 안전하게 침강할 수 있는 침전시설을 갖추면 응집공정이 완료되는데 이 때에는 조대화된 플록들이 다시 깨어지지 않도록 수중의 조건을 적절히 조정할 필요가 있다.

응집반응은 응집제의 종류 및 투여량, 교반조건 등에 따라서도 달라지지만 하수중의 온도, pH, 알칼리도 등에 의해서도 효과가 달라지므로 하수의 특성을 파악하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 이러한 응집공정을 지배하는 인자는 [표 4.29]와 같다.

〔표 4.29〕 응집에 영향을 미치는 인자

인자	내 용
수온	수온이 높으면 반응속도증가와 물의 점도저하로 응집제의 화학반응이 촉진되고, 낮으면 플록 형성에 소요되는 시간이 길어질 뿐만 아니라 입자가 작아지고, 응집제의 사용량도 많아진다.
pH	응집제의 종류에 따라 최적의 pH 조건을 맞추어 주어야 한다.
알칼리도	하수의 알칼리도가 많으면 응집제를 완전히 가수분해 시키고, 플록을 형성하는데 효과적이며, pH 변화와 관련된다.
용존물질의 성분	수중에 응집반응을 방해하는 용존물질이 다량 존재하는지의 여부를 검토하여야 한다.
교반조건	응집제 및 응집보조제의 적절한 반응을 위하여 교반조건을 조절하여야 한다.

4-2.2.2 적용 및 위치

1) 응집공정은 하수중의 콜로이드 등 미세입자 및 부유고형물 뿐만 아니라 인의 제거에 효과적이나 용존 유기물의 제거에는 큰 효과가 없다.
2) 응집시설의 설치는 그 설치 목적이 분명하여야 한다.
3) 경우에 따라서는 응집조를 설치하지 않고 처리공정 라인상에서 응집제와 응집보조제의 적절한 투여로 처리효율의 극대화를 이룰 수도 있다.

☞ 해설

1)에 대하여

응집은 수중에 존재하는 미세입자 등의 침강성을 증가시켜 침전에 유리한 조대플록을 형성시킨다. 응집에 의한 침전은 부유물질(SS), 부유물질 유래의 BOD 및 COD, 그리고 인의 제거에 있어서 처리효율을 높게 유지할 수 있고 유량 및 수질의 변동에 대한 융통성 있는 운전이 가능하다는 장점을 가지나 처리단가가 높고 다량의 화학슬러지가 발생하여 슬러지 처리처분 비용도 상승할 뿐 아니라 하수중의 용존성BOD, 용존성COD 등의 용존유기물의 제거에는 거의 효과가 없는 등 많은 단점도 지니고 있어 응집공정의 적용시에는 처리의 목적을 분명히 하고, 하수의 성상은 물론 전후

처리시설 및 슬러지처리시설과의 연계성에 관한 면밀한 검토가 요망된다. 응집효과를 극대화하기 위해서는 응집제 투여시 적정 온도 및 pH를 유지하는 것이 필요하며, 유기성하수인 경우 과도한 응집제 투여는 후속 생물학적 처리시 인 등의 영양염류의 부족을 초래할 수 있다는 점에 유의하여야 한다.

2)에 대하여

응집시설은 그 제거가능 물질이 다양하여 하수에 적용될 수 있으나 타 공정으로도 경제적으로 제거가능한 물질의 제거에 남용되어서는 안 된다. 즉 응집시설은 약품 종류 및 주입량의 변경에 의하여 어느 정도 제거대상물질 및 처리효율을 조정할 수 있기 때문에 응집시설이 일단 설치된 후에는 그 설치 위치에 관계없이 타 처리 공정의 불안정한 운전시 뿐만 아니라 평상시에도 응집처리에 의존하게 되기 쉽다. 극단적인 경우에는 그 처리효율이 저조함에도 불구하고 응집처리를 위하여 불필요한 다량의 약품을 소모하게 될 뿐 아니라 다량의 슬러지발생이 초래되어 전체 처리시설의 정상적인 운영을 어렵게 할 수 있으므로 응집공정의 적용시에는 이에 유의할 필요가 있다. 따라서 응집시설의 설치시에는 하수의 성상, 경제성을 고려한 분명한 응집처리 목적을 갖도록 하여야 한다.

3)에 대하여

경우에 따라서는 별도의 응집조를 설치하지 않고도 수로내 응집약품 혼화시설 및 배플의 설치 등으로 수류에 의한 응집제와 하수를 혼합하여 응집효과를 기대할 수 있다. 전체 공정라인상에서 응집제와 응집보조제의 적절한 투여와 수류의 조절 등으로 본 처리시설의 처리효율을 극대화할 수도 있다. 이러한 방법은 별도의 시설 없이 인을 제거할 때 흔히 이용되는 방법이다. 응집제의 주입은 가능한 한 공정의 운영에 따라 여러 지점에서 주입할 수 있도록 하여 유량이나 수질의 변동에 따른 융통성있는 공정변화를 기대하는 것이 바람직하다.

4-2.2.3 응집제의 종류

가장 널리 사용되고 있는 응집제로는 알루미늄염이나 철염이며, 하수의 특성을 고려하여 응집보조제를 함께 사용하면 응집효과가 증대된다.

☞ 해설

응집제로는 알루미늄염, 철염 등이 가장 많이 사용되고 있다. 주요 응집제의 종류는 [표 4.30]과 같다.

① 황산알루미늄(aluminium sulfate : alum)

중탄산칼슘 및 중탄산마그네슘에 의한 알칼리도를 함유한 하수에 황산알루미늄(알럼)을 가하면 다음과 같은 반응이 일어나고 일반적으로 하수에 대해서는 투입량이 50~300g/m^3 정도이다. 황산알루미늄은 주로 건조상으로 된 입자상의 약품을 주로 용해하여 사용하고, 액체상은

〔표 4.30〕 주요 응집제의 종류

응집제	화학식	분자량(g)	밀도(kg/m^3)	
			건조상	액상
황산알루미늄	$Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	666.7	961－1201	1121－1281(49%)
	$Al(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	594.3	961－1201	1281－1362(49%)
염화제2철	$FeCl_3$	162.1		1346－1490
황산제2철	$Fe_2(SO_4)_3$	400		
	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$	454		1121－1153
황산제1철	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278	993－1057	
석회	$Ca(OH)_3$	CaO로 56	561－801	

50% 알럼이며 탱크트럭으로 운반된다. 황산알루미늄과 반응을 하려면 충분한 알칼리도가 공급되어야 하고 알칼리도가 부족한 경우에는 소석회를 사용하여 알칼리도를 공급하기도 하는데, 반응에 적당한 pH의 범위는 4.5~8 정도이다. 황산알루미늄은 다른 응집제에 비하여 가격이 저렴하고 탁도, 세균, 조류 등의 거의 모든 현탁성 물질 또는 부유물의 제거에 유효하며 독성이 없으므로 대량으로 주입할 수 있다. 또한 결정은 부식성이 없어 취급이 용이하며 철염과 같이 시설을 더럽히지 않는다는 장점을 지니고 있으나 생성된 플록의 비중이 가볍고 적정 pH폭이 좁다는 단점도 있다.

② (알루미늄 폴리머) 알루미늄폴리머(polymer)는 콜로이드를 중화시키고 가교시켜 응집이 더욱 효과적으로 발생할 수 있게 한다. 응집반응이 진행될수록 플록은 결정 구조에 접근하고 밀도화 된다. 일반적으로 유통되고 있는 상품들은 대부분 일정한 분자비 R(R=OH/Al)에 접근하지만 불안정하다.

[상품화된 폴리머] 일반적으로 상품화된 폴리머의 구조식은 다음과 같다.

$Aln(OH)p(Cl)q(SO_4)r$

분자비(R)는 대부분 0.4~0.6의 범위이고, 안정성은 즉각적인 중합반응을 방해하는 황산이온의 존재에 의해 결정된다. 황산알루미늄을 사용할 때 보다 낮은 처리효율을 나타내기도 하고 응결물을 넣어 주어야 하지만 슬러지의 부착성이 좋다.

PCBA(basic polymerization chloride)

분자비는 원수의 특성에 따라 다르지만 대개 2.5 정도이다. 재래식 알루미늄염과 비교할 때 PCBA는 응결이 빠르고 유기물질을 효과적으로 제거시키고, 슬러지발생량을 감소시키는 등의 장점을 가지고 있으며 응결물의 추가가 필요하지 않을 때도 있다.

③ (철염) 철염의 반응원리는 알루미늄염과 비슷하지만 철이온은 처리수에 색도를 유발할 수

있다.

- [염화제2철(ferric chloride)] 일반적으로 액체로 주입하며 하수에 대하여 50~300g/m^3 정도 주입한다.
- [염화제2철 및 석회] 일반적으로 하수에 대하여 50~300g/m^3의 염화제2철과 50~500g/m^3의 석회를 투입하는 것이 적당하다.
- [황산제2철]
- [황산제2철 및 석회] 알칼리도 보조제로서 석회를 사용하여 침전이 빠른 플록을 형성하고 반응에 적정한 pH 범위는 4~12이다.
- [황산제1철 및 석회] 황산제1철을 빠르게 반응시키기 위해서는 pH가 상승되어야 하고 그에 따른 알칼리도가 필요하기 때문에 일반적으로 석회를 동시에 투입하여 응집을 실시하며, 이는 황산알루미늄에 비하여 가격이 저렴하고 형성된 응결물의 침전이 빠르다. 일반적으로 건조상의 입자상을 사용한다.

④ (소석회) 일반적으로 하수의 응집에 자주 사용된다.
일반적으로 황산제1철과 같이 사용될 때보다 더 많은 양이 필요하다. 탄산칼슘을 침전시키기 위해서는 pH가 9.5 이상되어야 하고, 수산화마그네슘을 침전시키기 위해서는 pH가 10.8 이상되어야 하며 일반적으로 pH가 증가함에 따라 인산염이온의 제거량이 증가하므로 pH를 높게 할수록 유리하다.

⑤ (응집보조제) 응집공정에서 플록을 강도 높게 형성하여 침전이 빠른 플록을 형성하여 최적의 응집상태를 조성하는데 응집보조제를 사용하며, 응집제와 응집보조제를 병행하여 사용하면 응집제의 사용량도 절감할 수 있다. 응집보조제로는 소석회나 생석회, 고분자응집제 등이 있는데 주로 고분자 응집제가 사용된다. 석회의 경우 pH를 조정하여 금속수산화물의 용해도가 최소로 되도록 하여야 하며, 알루미늄이나 철염을 응집제로 사용하는 경우에는 산성이기 때문에 상대적으로 pH가 떨어지는 것을 방지하기 위하여 석회를 첨가할 필요가 있다.

4-2.2.4 응집제의 선택

적정 응집제 및 적정투입량은 실험을 통하여 유입수질에 적합하게 선정하여야 한다.

☞ 해설

응집시설에서 적정응집제의 종류 및 적정농도의 선정은 유사한 공업 및 농공단지의 수질자료를 검토하고 쟈테스트(jar-test)를 통하여 응집제 및 응집보조제의 종류, 적정 투입량에 대하여 예측하는 것이 경제적이고 합리적인 하수처리시설 설계 및 관리에 바람직하다. 이 때에는 온도 및 pH 등의 영향과 주입응집제의 강도를 주의 깊게 파악하여 처리하고자 하는 수질에 적합한 응집제와 투입량을 결정한다.

4-2.2.5 약품 주입시설

약품주입시설은 다음 사항을 충분히 고려하여야 한다.

1) 약품의 주입시 상태
2) 주입약품의 물리화학적 성질
3) 수질 및 수온
4) 약품저장탱크
5) 약품주입기
6) 주입제어방식
7) 약품주입펌프

☞ 해설

1)에 대하여

응집제 및 응집보조제는 보관 및 적정주입의 편리성으로 인하여 액상으로 많이 주입시키나 점성이 높아질 가능성과 응고될 가능성 등을 충분히 고려하여야 한다.

2)에 대하여

pH 조정조에서와 마찬가지로 응집조에 투입되는 응집제 및 응집보조제를 선정하려면 약품의 용해도 및 응집과정에서의 염의 생성 가능성 등을 충분히 파악하는 것이 필요하다. 일반적으로 석회의 경우는 수분과 쉽게 반응하므로 밀폐용기에 저장하여야 하고 황산반토의 경우 액상과 고체상에서의 부식의 정도가 다르다. 주입약품의 물리화학적 성질을 검토하는 것은 경제적이고 효과적인 응집시설을 설계하는데 있어 필수적인 요소라고 볼 수 있다.

3)에 대하여

쟈테스트를 통하여 응집제의 소요투입량을 추정할 수 있지만 실제 응집시설에서의 응집효과는 수질 및 온도 등에 의하여 영향을 많이 받는다. 수질에 따른 약품주입량이 달라질 수 있으므로 필요에 따라 주입후의 상징액의 탁도 등의 측정을 통해 적절한 주입량이 제어될 수 있는 제어시스템의 도입이 필요하다.

4)에 대하여

약품저장탱크는 약품에 대하여 내산·내알칼리, 내구성이 뛰어난 재질을 사용하여야 하고, 주입조건 및 약품의 특성을 고려하여 저장용량을 결정하여야 한다. 또한 약품의 응고 및 침적을 방지하기 위하여 혼합을 하며 적절한 온도와 습도가 유지되게 하여야 한다.

5)에 대하여

약품주입기의 용량은 계획시간최대오수량과 수질에 대한 최대약품주입량을 기준으로 한다. 그리고 유지관리와 청소 및 고장 등을 고려하여 2대 이상의 약품주입기를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 일반적으로 습식주입기가 건식주입기보다 많이 사용되고 있다.

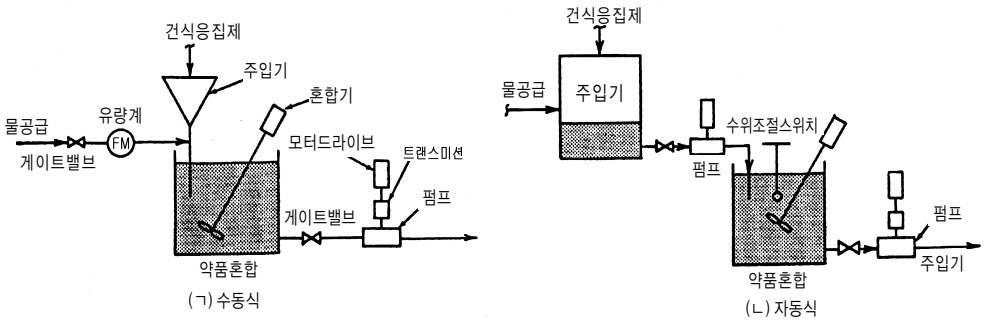
① (건식약품주입기) 건조한 상태의 약품을 미세분말체상태로 일정한 주입률에 의하여 연속적으로 용량 또는 중량단위로 주입하는 장치로 저장호퍼, 주입장치, 용해조, 분배장치 등으로 구성되어 있으며 고체를 하수중에 직접 주입하는 경우와 주입기(ejector)를 사용하여 주입점까지 유도하여 주입하는 경우가 있다. 각 장치의 크기는 유량, 처리율, 화학약품의 최적 주입 및 용해시간 등에 의하여 결정된다.

석회와 같이 압축되기 쉽고 가교현상을 일으키는 분말에서 사용되는 호퍼는 호퍼 교반기와 먼지수집장치를 갖추어야 한다. 건식약품주입기는 용량에 의한 부피식과 중량식이 있는데 부피식에는 주입된 건식화학약품의 부피를 재고, 중량식에는 무게를 재며 일반적으로 건식장치에서는 용해작용이 가장 중요하다. 용해조의 용적은 체류시간에 의하여 결정이 되고 용액의 강도를 일정하게 유지하기 위하여 물을 많이 공급할 수 없을 때에는 기계식 교반기를 사용하여야만 한다.

② (습식약품주입기) 액체화학약품의 희석이 필요없는 경우에는 화학약품주입펌프를 이용하여 직접 용액저장조로부터 인출한다. 이러한 용액저장조의 크기는 화학약품의 안정성, 주입률, 운반시 제약조건, 공급의 난이도 등에 의하여 결정되다. 용액은 일반적으로 10%의 용액을 사용하나 고농도일 경우에는 20~30%의 용액을 사용한다. 이는 부식이 심하므로 내식성의 재질을 사용하도록 주의해야 한다.

6)에 대하여

약품을 저장탱크로부터 주입지점으로 일정한 주입률로 주입하는 방법으로는 수동식과 자동식이 있으며(<그림 4.26> 참조), 약품의 특성에 따라 적절한 방식과 보조장치를 선정하고 특히 밸브 및 펌프 등은 내구성, 내산, 내알칼리성의 재질을 선택하며, 습식약품주입기의 경우 약품용액의 점성 등에 특히 유의하여야 한다.



〈그림 4.26〉 약품주입의 제어방식

7)에 대하여

약품주입펌프는 약품의 물리화학적인 특성에 대하여 충분히 내구성, 내마모 및 내식성이 있어야

하며 약품의 특성에 적합한 것을 사용하여야 한다.

4-2.3 급속교반시설

4-2.3.1 급속교반의 목적

급속교반의 목적은 응집제를 하수 중에 신속하게 분산시켜 하수중의 입자와의 혼합시키는데 있다.

☞ 해설

응집제와 하수내 입자와의 혼합의 극대화를 이루기 위하여 급속교반을 한다. 응집제를 투여하고 급속으로 교반하면 응집제의 균일한 분산이 이루어져 하수중 입자의 제타전위가 감소된다.

4-2.3.2 급속교반기의 종류

급속교반기는 터빈형과 프로펠라형을 사용한다.

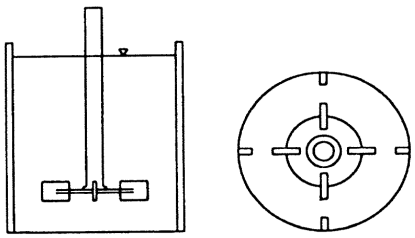
☞ 해설

급속교반시 사용되는 교반기는 혼합의 극대화를 이루기 위하여 터빈형과 프로펠라형을 사용하며 유량의 변화에 큰 영향을 받지 않고 수두손실이 적은 것을 사용한다. 이러한 기계적인 교반기 외에도 급속교반의 효과는 라인상의 수류혼합, 펌프, 정류막 및 공기혼합기 등의 시설에 의해서도 급속교반의 효과를 기대할 수 있다. 기계식교반이나 수류상의 혼합은 유량의 변동에 대하여 충분히 대처할 수 있는 능력을 가지고 있으나 비용부담이 커지고 수중에 존재하는 협잡물들을 함께 응집시키는 경우가 발생할 가능성이 있다. 그러나 공기에 의한 교반은 포기식수로나 포기식침사지가 있는 경우 협잡물에 의한 문제점을 경감할 수 있다.

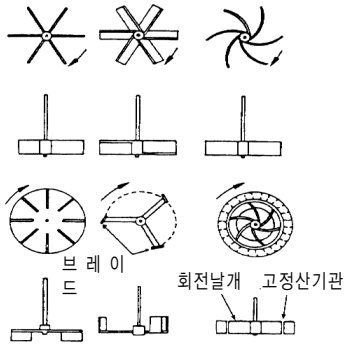
① [터빈형 교반기] 급속교반을 위하여 사용하는 터빈형 교반기는 <그림 4.28>과 같이 임펠러 주위에 강한 난류가 발생되는데 이러한 난류에 의한 소용돌이 현상과 순환류를 방지하고, 단락류 현상을 막기 위하여 <그림 4.27>과 같이 정류판을 설치하는 것이 바람직하다. 통상 임펠러의 직경은 반응조 직경의 30~50%이고, 임펠러는 보통 교반조의 바닥위로 임펠러 직경만큼 떨어진 곳에 설치한다.

② [프로펠라형 교반기] 프로펠라형교반기는 두개 내지 세 개의 임펠러를 가지는데, 날개는 액체에 축방향의 흐름을 주기 위하여 옆으로 기울어져 있으며 매우 고속으로 운전되고 고농도인 경우에 주로 사용된다. 모터의 회전속도는 소형일 경우 대개 1,500~2,000rpm 이상이고, 대형일 경우에는 400~800rpm의 범위이다. 이는 패들형이나 터어빈형보다 직경이 작으며, 조의 크

기에 상관없이 대개 0.46m 이하이다. 조가 깊을 경우에는 같은 샤프트에 2개 이상의 프로펠러를 부착한다.



〈그림 4.27〉 정류판을 가진 터빈형 교환기



〈그림 4.28〉 각종 터빈의 임펠러

4−2.3.3 급속교반시설 설계인자

급속교반시설을 설계시에는 다음에 준한다.

1) 난류상태를 유지하기 위하여 필요한 교반기의 소요동력을 유지하여야 하며, 지표로 속도경사(G)를 사용하고 속도 경사값은 400~1,500/s로 한다.
2) 교반기는 유속 및 유량의 변화에 대처할 수 있도록 회전속도를 조정할 수 있도록 한다.
3) 급속교반조의 체류시간은 0.5~2분 정도가 적당하다.
4) 조의 형태는 1 : 1 : 1~1.2가 적당하되 입출구는 대각선에 위치하도록 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

레이놀드수(Revnolds number)가 105 이상인 경우 난류상태를 유지하기 위하여 소요되는 교반기의 동력은 다음식에 의하여 산정한다.

$$P = \rho K_T n^3 D^5 / g_c \quad \cdots\cdots (4-2.3.1)$$

여기서, P : 소요동력(N · m/s)

ρ : 물의 밀도(ton/m^3)

n : 임펠러 회전속도(회전/s)

D : 임펠러 직경(m)

g_c : 중력가속도계수(19.79m-kg/N · s^2)

K_T : 상수

상수 K_T는 임펠러의 형상, 크기, 저류판의 수 등에 따라 달라지며 일반적으로 저류판이 있는 교반조에 소요되는 동력은 저류판이 없는 교반조에 필요한 동력보다 적게 든다. [표 4.31]은 바닥이 평평한 원통형이고 조의 벽면에 4개의 정류판이 직경의 1/10 정도 나와 있으며 깊이와 직경의 크기가 같고 임펠러 직경이 조직경의 30%인 응집조에서의 K_T 값이다. 혼합의 강도를 나타내는 지표로서 속도경사를 사용하는데 그 식은 다음과 같이 표현된다.

〔표 4.31〕 임펠러 소요동력 결정에 사용되는 K_T값

임펠러의 종류	K_T
프로펠러(정방형 피치(square pitch)날개(blade) 3개)	0.32
프로펠러(피치 2개, 날개 3개)	1.00
터빈(평날개(flat blade) 6개)	6.30
터빈(곡날개(curved blade) 6개)	4.80
터빈(화살촉형날개(arrowhead blade) 6개)	4.00
팬 터빈(날개 6개)	1.65
평탄형 패들(날개 2개)	1.70
덮개형 터빈(곡날개 6개)	1.08
덮개형 터빈(고정자 설치, 정류판 없음)	1.12

(피치: 1회전하는 동안 축방향으로 액체가 이동한 거리를 프로펠러 직경으로 나눈 값)

$$G=(P/\mu V)^{1/2} \quad \cdots\cdots (4-2.3.2)$$

여기서, G : 속도경사(/s)

P : 소요동력(N·m/s)

V : 혼합조 용적(m^3)

μ : 물의 절대점성계수(N·s/m^2)

일반적으로 속도경사가 클수록 응집제와 콜로이드 입자간의 혼합의 기회는 증대된다. 여기에 수리학적 체류시간인 t_d(=V/Q)를 곱하면 아래와 같다.

$$Gt_d=\frac{(PV/\mu)^{1/2}}{Q} \quad \cdots\cdots (4-2.3.3)$$

여기서, t_d : 조의 수리학적 체류시간(초)

Q : 설계유량(m^3/s)

경험적으로 낮은 농도에서는 응집제의 투입량에 비례하여 생성된 플록의 농도와 부피가 증가한다. 교반의 강도와 지속시간은 과도 및 과소 교반을 피하여야 하고 과도하게 교반 되는 경우 이미

수중에 존재하는 고형물과 새롭게 형성되는 플록을 파괴할 우려가 있고, 과소교반인 경우 응집제 등의 화학약품의 분산이 잘 안되어 약품의 사용량이 증가하고 처리효율을 감소시킨다. 급속교반시 속도경사는 하수의 특성에 따라 다소 다르지만 일반적으로 속도경사(G)값은 400~1,500/s가 적당하며 최소한 400/s 이상은 유지되어야 하는데, 너무 높은 속도경사값에서는 오히려 전단력이 발생하여 플록이 파괴된다. 그리고 속도경사는 점성의 함수이므로 온도에 따라 영향을 받는데 다음과 같이 표현된다.

$$G=K(P/V)^{1/2} \quad \cdots\cdots (4-2.3.3)$$

〔표 4.32〕 온도변화에 따른 K값의 변화

온도(℃)	0	5	10	15	20	30	40
K값	23.6	25.6	27.6	29.6	31.5	35.4	38.9

2)에 대하여

교반기의 회전속도는 소요동력에 따라 다르지만 동력의 변화 없이 프로펠러의 크기나 피치의 조정으로 회전속도를 변화시킬 수 있는 것이 바람직하다. 또한 유입수량과 수질의 변화에 충분히 대처할 수 있도록 회전속도를 조절할 수 있는 것이 바람직하다.

3)에 대하여

하수 및 약품특성에 따라 다르나 급속교반시 하수의 체류시간은 일반적으로 1분 이내로 충분한 교반 강도가 확보되어야 한다.

4)에 대하여

조의 형태는 원형 및 사각형이 있는데 사각형의 경우 길이:폭:깊이의 비가 1:1:1~1.2가 적당하며 유입과 유출을 대각선에 위치시킴으로써 단락류를 방지하여야 한다.

4-2.3.4 완속교반기

교반기는 패들형과 터빈형을 사용한다.

☞ 해설

완속교반은 교반기의 회전속도를 비교적 저속으로 유지하여 플록간의 응집을 촉진하여 플록의 크기를 증대시키는 하는 역할을 한다. 완속교반기의 형태로는 패들형과 터빈형이 있는데 그 특징은 다음과 같다.

① [패들형 교반기] 4.5m 이하의 비교적 낮은 수심과 속도경사가 60/s 이하인 경우에 패들교반기가 주로 사용되는데, 천천히 회전하여 플록간의 응집을 이루는 데 사용된다. 그러나 교반이 심하게 일어나면 플록입자들이 다시 미세입자로 되는 경우가 있어 주의 깊게 운전하여 적당

한 크기로 성장시켜 침전이 잘되는 입자로 유도하여야 한다. 패들형 교반기는 패들의 크기, 조내에서의 차지공간 및 속도에 의해 응집효율이 결정되는데, 일반적으로 플록을 파괴하지 않고 충분한 난류를 발생하려면 약 0.6~0.9m/s의 원주속도가 필요하다. 기계적인 패들교반기의 소요동력은 다음과 같이 표현된다.

$$F_D = \frac{C_D A \rho V_P^2}{2} \quad \cdots\cdots (4-2.3.4)$$

$$P = F_D V_P = \frac{C_D A \rho V_P^3}{2} \quad \cdots\cdots (4-2.3.5)$$

여기서, F_D : 마찰항력(N)
C_D : 저항계수
A : 패들의 단면적(m^3)
ρ : 물의 밀도(kg/m^3)
V_P : 패들의 물에 대한 상대속도(m/s)
P : 소요동력(W)

일반적으로 회전축당 패들의 폭을 합한 전단폭은 수심의 25%이고 저항계수는 1.3~2.0의 범위로서 1.50~1.65가 흔히 사용된다. 또한 패들의 물에 대한 상대속도는 경험적으로 날개 선속도의 3/4를 사용한다.

② [터빈형 교반기] 터빈교반기는 주로 수심이 깊고 60초 이상의 속도경사가 필요할 때 사용된다. 수평형인 경우 대당 간격은 최대 6m이며 임펠러의 원주속도는 0.6~1.2m/s가 적당하다. 이의 장점으로는 속도경사값을 크게 할 수 있으며 양수작용이 좋고 양호한 순환속도를 유지할 수 있어 수심이 깊은 경우에 유리하다는 것이다.

〔표 4.33〕 패들의 형태에 따른 C_D값

길이/폭	C_D
5	1.2
20	1.5
∞	1.9

4-2.3.5 완속교반시설 설계인자

1) 완속교반시 속도경사는 40~100/s 정도로 낮게 유지한다.
2) 체류시간은 통상 20~30분이 적당하며, 조는 3~4개의 실로 분리하는 것이 좋다.
3) 조의 형태는 폭 : 길이 : 깊이가 1 : 1 : 1~1.2가 적당하며, 입출구는 대각선에 위치하도록 한다.

☞ 해설

플록간의 응집효과를 증가시키기 위해서는 교반을 서서히 해주어야 하므로 일반적으로 침전이 잘되는 플록의 형성시에는 40~100/s 정도의 속도경사가 필요하다. 응집조의 형상은 단락류가 발생하지 않도록 유입구와 유출구를 대각선으로 위치시키는 것이 좋다. 유출구는 응결물이 깨어지지 않도록 구조를 설계하는 것이 좋다. 또한 체류시간은 약품의 혼합과 응결이 충분히 이루어지도록 통상 20~30분의 범위로 설정하는 것이 적당하고, 조의 형태는 일반적으로 폭과 길이 및 깊이를 비슷하게 설계하는 것이 바람직하다. 완속교반의 효과는 완속교반조와 같이 독립된 구조물을 설치해야 되는 경우도 있지만 다른 목적으로 사용되고 있는 수로, 조 등 기존의 시설물의 정류벽이 설치된 곳에서도 이를 기대할 수 있다.

4-2.3.6 응집침전지

1) 체류시간은 통상 1~4시간, 표면부하율은 25~50$m^3/m^2 \cdot d$ 정도로 한다.
2) 침전지의 형상 및 부대시설은 [참고 4-8] 일차침전지를 참고한다.

☞ 해설

1)에 대하여

응집침전지는 완속교반으로 형성된 플록을 침전시키기 위하여 필요한 시설이며, 조대화된 플록을 파괴시키지 않게 유입시켜 침전시킬 필요가 있다. 체류시간은 통상 1~4시간으로 유지하는 것이 적당하며, 응집효율 및 유량에 따라 변동한다. 또한 표면 부하율은 25~50$m^3/m^2 \cdot d$ 정도로 한다.

2)에 대하여

응집침전지의 설계는 일차침전지의 설계와 비슷하다. 유출수중의 플록이 포함되어 있을 가능성도 배제할 수 없으므로 유입 및 유출에 의한 난류의 형성을 방지하여야 하고, 유입부에는 플록이 파괴되지 않도록 지나친 낙차 등에 유의한다.

[참고 4-3] 활성탄흡착법

활성탄(Activated carbon)은 다양한 종류의 유기화합물을 흡착하므로 정수처리, 하수의 고도처리 그리고 유기산업폐수의 처리에 광범위하게 사용되고 있다. 하수의 활성탄 처리는 일반적으로 정상적인 생물학적 처리를 거친 물의 최종처리 공정으로 이용되고 있으며, 이때 활성탄은 잔류용존유기물의 제거에 사용된다. 흡착이란 흡착제(adsorbent)를 사용하여 용액으로부터 오염물을 제거하는 것으로서 흡착장치는 회분식(batch), 컬럼식(고정상과 역류이동) 또는 유동층 흡착조 등이 있으며 하수처리에서 사용되는 활성탄은 과립 형태의 입상활성탄을 일반적으로 사용하고 있다.

흡착은 통상 물리적 흡착과 화학적 흡착으로 분류되는데 물리적 흡착은 주로 van der waals힘에 의하여 가역적으로 발생한다. 즉, 용질과 흡착제 사이에서 분자의 인력이 용질과 용매 사이의 인력보다 클 때 용질은 흡착제표면에 달라붙게 된다. 활성탄에 의한 흡착은 이와 같은 물리적 흡착의 대표적인 예이다. 화학적 흡착은 화학반응이 흡착제와 흡착된 용질 사이에서 발생하며 그 반응은 보통 비가역적으로 하수처리의 경우에는 매우 미약하므로 고려하지 않는다.

흡착제에 흡착될 수 있는 흡착질의 양은 흡착질의 농도와 온도의 함수이다. 일반적으로 흡착되는 물질의 양은 일정 온도에서 농도의 함수로 나타내는데 이를 흡착등온선(Adsorption isotherm)이라 한다. 실험 등온선 자료를 나타내는데 자주 쓰이는 식으로는 Freundlich, Langmuir 그리고 Brunauer, Emmet 및 Teller(BET 등온선) 등의 식이 있다. 활성탄을 이용한 하수처리에서는 Freundlich와 Langmuir의 식이 주로 사용된다.

(1) Freundlich 흡착등온선

실험식으로서 식 (4-3.0.1)과 같다.

$$\frac{x}{m} = X = KC^{1/n} \quad \cdots\cdots (4-3.0.1)$$

여기서, x : 흡착된 용질의 양
m : 흡착제(활성탄)의 양
X : 흡착제단위 질량당 흡착된 용질의 질량
C : 용질의 평형농도
K, n : 상수

위의 식은 log그래프상에서 x/m을 y측에, C를 x축에 놓았을 때 직선으로 나타남을 알 수 있다. 이 직선의 기울기(1/n)로부터 n값을 구할 수 있고, K값은 절편으로부터 구한다.

(2) Langmuir 흡착등온선

이론적으로 유도한 것으로 식 (4−3.0.2)와 같다.

$$\frac{x}{m} = X = \frac{abC}{1+aC} \quad \cdots\cdots (4-3.0.2)$$

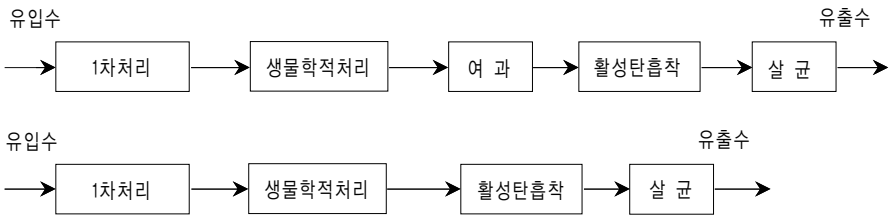
여기서, x : 흡착된 용질의 양
m : 흡착제(활성탄)의 양
X : 흡착제 단위 질량당 흡착된 용질의 질량
C : 용질의 평형농도
a, b : 상수

보통 하수처리를 위하여 필요한 활성탄 양은 Freundlich의 식을 주로 이용하고 있다. 활성탄은 원료 및 활성화방법에 따라서 그 흡착능력이 다르다. 활성탄과 액체간의 흡착에 영향을 미치는 요소들을 열거하면 용질에 대한 활성탄의 인력, 용매에 대한 활성탄의 인력, 용질에 대한 용매의 용해능력, 분자의 회합(association), 이온화, 두 물질간의 경계면에서 정위(orientation)에 대한 용매의 영향, 여러 종류의 용질이 존재하는 경우 흡착면에 대한 상호경쟁, 공흡착(co-adsorption), 분자의 크기, 활성탄의 공극크기 분포, 활성탄의 표면적, 용질의 농도 등이다.

활성탄을 흡착제로 사용하면 공극이 유기물에 의해서 점유되므로 활성탄의 흡착능력은 저하되게 된다. 따라서 활성탄을 재생시켜야 하며 활성탄의 재생방법은 다음과 같다.

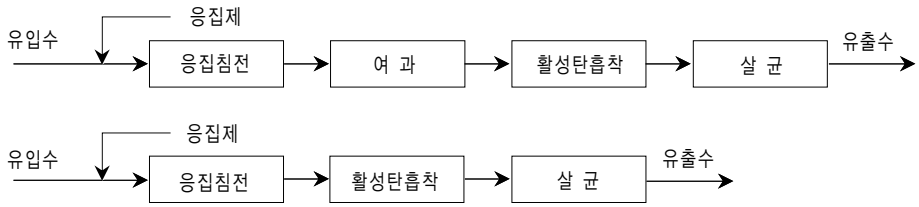
① 활성탄층을 통하여 저압의 수증기를 통과시키면 피흡착제는 증발 또는 제거된다.
② 용매를 사용하여 피흡착제를 추출시킨다.
③ 열을 이용하여 재생시킨다.
④ 산화력이 있는 가스에 노출시킨다.

<그림 4.29>와 같이 활성탄흡착시설은 하수의 고급처리방법으로 채택될 수 있는데, 흡착시설 이전에 하수내의 부유물과 용해된 미생물에 의해서 분해가능한 유기물이 모두 제거되어야 하며 응집침전도 흡착이전에 실시되어야 한다. 고도처리법으로 활성탄흡착을 실시하는 이유는 2차 처리수에 존재하는 소량의 미생물에 의하여 분해되지 않는 유기물을 제거하기 위함이다.



〈그림 4.29〉 활성탄 흡착시설을 포함한 하수의 고도처리방법의 계통도 예

활성탄은 <그림 4.30>에 주어진 바와 같이 물리·화학적 처리수내의 용해된 유기물을 제거하기 위하여도 채택된다. 이때 물리·화학적 처리과정에서는 1차 처리수내의 부유물과 그에 관련된 유기물을 제거하기 위하여 응집, 침전 및 여과를 실시한다.



〈그림 4.30〉 활성탄 흡착시설을 가진 물리 · 화학적 처리시설의 계통도 예

4-3.1 유입하수의 수질

활성탄 흡착시설의 유입수는 가능한 한 수질이 일정하고 부유물을 함유하지 않도록 설계시 고려한다.

☞ 해설

효율적인 처리를 위해서 흡착시설로 유입되는 유입수는 수질이 균등해야 하고 유량변동이 크지 않아야 한다. 또한 기타 부유물, 유기물, 페놀, 용존산소 등도 흡착시설의 운영에 영향을 미치며 하수의 pH와 온도도 중요한 변수가 된다. 부유물이 흡착제의 능력에 미치는 영향에 관해서는 확실히 알려진 바 없지만, 흡착제의 표면에 부유물이 침적하면 흡착제간의 공극이 막히게 되어 수중의 유기물들이 흡착제와 접촉하기에 불리해지므로 활성탄층내에 부유물이 여과되어 축적되면 손실수두가 증가하고 결과적으로 하수의 통과가 어렵게 된다. 마찬가지로 유입하수의 pH, 온도, 그리고 유량이 크게 변해도 흡착시설의 처리효율이 저하된다.

4-3.2 흡착탑의 운영방법

활성탄 흡착조를 설계할 때 유체의 흐름은 하향 또는 상향으로 하며, 흡착조의 운전방법은 고정상(Fixed bed) 또는 유동상(Fluidizeded bed)으로 한다.

☞ 해설

활성탄흡착탑에는 운영방법에 따라 여러 가지로 분류될 수 있다. 첫째는 동력요구에 따라 중력식과 압력식이 있는데 가능하다면 중력식으로 하는 것이 운영비가 적게 요구된다. 둘째는 유체의

흐름에 따라 상향식과 하향식으로 구분되며 마지막으로 활성탄층이 고정되는지 아니면 팽창되는지에 따라 고정상과 유동상으로 구분된다.

상향식에서는 하수가 밑에서 위로 흐르기 때문에 활성탄이 유기물을 흡착함에 따라 활성탄 입자의 겉보기 비중이 증가하여 입자의 밀도가 증가하여 흡착탑의 바닥 또는 유입구로 소모된 활성탄을 떨어뜨리려는 경향을 가지게 된다. 그리고 상향식에서는 하향식에 비하여 유출수에 미세한 탄소입자를 더 많이 함유한다. 하향식 활성탄 흡착탑은 통상 2~3개의 흡착탑이 직렬로 연결되어 사용되며 유체의 흐름이 바뀌어도 계속 사용할 수 있도록 배관되어 있다. 하향식을 채택하면 유기물의 흡착과 여과가 동시에 일어나는 이점이 있지만 배관이 좀더 복잡하기 때문에 시설비의 절감은 기대할 수 없다. 여과는 상향식에 비해서 잘되는 장점도 있지만 부유물이 많을 경우 손실수두가 커지고 활성탄의 흡착능력이 감소되는 단점이 있다.

고정상흡착탑을 사용하면 하수내의 부유물이 축적되므로 역세척이 필요하다. 고정상에서 상향식이면 부유물을 역세척으로도 제거하기 어렵게 상의 바닥에 모이므로 통상 하향식으로 하며, 상의 바닥에는 모래나 자갈을 깔아서 활성탄층을 지지하도록 할 수도 있다.

상향식흡착탑에서는 하수가 밑에서 위로 흐르며, 활성탄층은 유동상이 되도록 하여 부유물이 층내에 축적되지 않도록 한다. 흡착능력이 소모된 활성탄은 밑에서 제거되고 새로운 혹은 재생된 활성탄을 그 만큼 위에서 보충시켜야 한다. 유동상에서 유기물제거율은 고정상과 비슷하지만, 반면에 낮은 펌프압력이 요구되고 휴지기간이 짧으며 활성탄 표면의 포기가 보다 쉽다. 많이 이용되는 운영방법은 아니지만 역류흡착을 할 수도 있다. 역류흡착의 원리는 한번 사용된 활성탄도 하수내의 오염물농도가 대단히 높으면 오염물을 더 제거할 수 있다는 점에 근거를 두고 있다. 이런 경우 하수는 먼저 한번 사용된 활성탄과 접촉하게 되고 그 다음 새로운 활성탄과 접촉하게 된다.

4－3.3 흡착탑의 크기

활성탄 흡착탑을 설계할 때 다음 사항을 고려한다. 1) 접촉시간 2) 수리학적 부하율 3) 활성탄층의 깊이 4) 흡착탑의 수

☞ 해설

1)에 대하여

흡착탑에서의 접촉기간은 보통 활성탄에 의해서 점유된 부피를 기준으로 계산된다. 통상 적용방법, 하수의 특성, 요구되는 수질에 따라 15~35분의 접촉시간이 채택된다.

고도처리의 경우 유출수의 COD가 10~20mg/L 되도록 요구된다면 15~20분의 접촉기간을 주고,

그리고 5~15mg/ℓ이면 30~35분의 접촉시간을 준다. 물리화학적 하수처리 방법에서는 접촉시간이 통상 20~35분이지만 평균 30분 정도이다. 상향류식 흡착탑의 바닥형상은 평면, 원추, 접시모양 등 여러 가지의 용기가 있으며, 상부에 활성탄을 붙잡아두기 위한 스크린, 하부의 바닥에는 지지용 그리트(grit)가 설치되어 있다. 일반적인 높이 : 직경의 최소비는 2 : 1이다.

2)에 대하여

상의 단면 1m^2에 대하여 상향식인 경우 2.5~6.8L/s, 하향식인 경우에는 2.0~3.3L/s의 수리학적 부하가 적용된다. 실제 운영시 압력은 상의 깊이 0.3m당 0.07kg/cm^2 이상이 되는 경우가 드물다.

3)에 대하여

상의 깊이는 주로 접촉시간에 따라 상당히 변하는데 3~12m 정도이다. 최소 깊이는 3m 이하가 되어서는 안 된다. 활성탄층의 깊이는 4.5~6m가 보통이며 역세척시나 유동상의 경우 10~50%의 팽창을 고려하여 여유고를 두어야 한다. 정해진 상의 팽창을 위하여 필요한 역세척수량은 활성탄의 입자크기와 수온에 의하여 결정된다.

4)에 대하여

어떤 규모의 처리장에서도 최소한 2개의 흡착탑을 병렬로 배치해야 한다. 이렇게 해야만 1개의 흡착탑을 재생시키거나 새로운 활성탄으로 교환할 때 나머지 1개로 하수처리를 계속할 수 있게 된다.

4－3.4 역세척

활성탄 흡착탑은 역세척이 가능하도록 배관을 설계한다.

☞ 해설

활성탄흡착탑의 역세척은 흡착탑내에 축적된 부유물을 제거하기 위하여 충분한 양의 물을 통과시킴으로써 실시되는데 역세척률과 횟수는 수리학적 부하, 하수내 부유물질(SS)의 성질과 농도, 탄소입자의 크기 그리고 접촉방법에 의하여 좌우되는데 역세척 횟수는 시간간격, 손실수두, 탁도와 같은 운전기준에 따라 결정되고, 역세척시간은 대략 10~15분이다.

하향식흡착탑은 유기물을 흡착 제거하면서 동시에 부유물을 여과시킬 수도 있다. 그러나 부유물의 축적 때문에 역세척을 주기적으로 철저히 실시해야 한다. 일반적으로 역세척수의 양은 층의 두께가 0.8m인 경우 처리된 물의 5% 이하이며, 층의 두께가 4.5m인 경우에는 10~20% 정도 된다. 입상 활성탄에서 일반적인 역세척수의 유량은 8×12 혹은 12×30체눈(mesh)의 활성탄에서 8.2~13.7L/m^2·초이다. 상향식의 충전상에서 축적된 부유물을 제거하기 위하여는 두 가지 단계를 거쳐야 한다. 먼저 상을 임시로 하향식으로 운영함으로써 바닥에 축적된 부유물을 느슨하게 하며, 그 다음에 상의 중앙에 축적된 부유물은 상을 팽창시켜서 제거해야 한다. 상향식 흡착탑을 역세척 시키는 경

우 상의 바닥이 부유물에 의하여 막히는 현상을 방지하기 위하여 역세척 시간이 더 길어야 하고 수질이 좋은 물을 대량 사용해야 한다. 상향식인 충전상흡착탑의 역세척 시간은 일반적인 흡착탑의 역세척 시간인 10~15분보다 두 배 더 길다. 각 흡착탑은 개별적으로 역세척이 가능하도록 배관하고 몇 개의 흡착탑이 연속으로 연결된 하향식에서는 개개의 흡착탑 위치를 상호 교환 가능하도록 밸브 및 배관을 하며, 직렬로 연결된 경우에는 흐름방향이 바뀔 수 있도록 배관해야 한다.

4－3.5 제어장치

각각의 흡착탑은 유량 및 손실수두의 측정이 가능하도록 설계시 고려한다.

☞ 해설

흡착탑에 하수를 균등하게 공급하고 실제 활성탄과의 접촉시간을 알기 위하여 각 흡착탑에 유량측정장치를 설치해야 한다. 또한 흡착탑에서 수두손실을 파악하여 역세척의 필요성을 판단할 수 있어야 한다.

4－3.6 미생물에 의한 영향

활성탄흡착시설의 설계시에는 미생물의 활동에 의한 영향을 고려한다.

☞ 해설

활성탄을 흡착제로 사용하여 하수를 처리하는 경우 흡착현상과 미생물의 활동에는 밀접한 관계가 있다는 것이 관찰되었다. 미생물도 흡착능력이 있으며 하수내의 유기물을 제거할 수 있는 능력이 있다. 따라서 흡착탑 내의 활성탄층에 미생물이 번식하여 실험실 결과에 의해서 예측했던 값보다 유기물 흡착능력이 50~100% 더 클 수도 있다. 이런 경우 예측했던 흡착능력이 다 소모된 후에도 미생물의 활동 때문에 흡착은 계속 일어나게 된다. 흡착탑에서 용존산소공급이 불충분하면 혐기성상태가 발생할 수도 있다. 이러한 경우 질산염, 황산염, 탄수화물 등의 산화물과 미생물에 의하여 잘 분해되는 유기물이 함께 존재하면 이들 산화물과 유기물이 혐기성 미생물에 의하여 반응하여 질소, 황화수소, 메탄가스 등이 발생하게 된다. 황화수소의 발생은 혐기성 상태 하에서 황산염을 환원시키는 박테리아에 의해서 일어나는데, 흡착탑내에서 환원상태는 체류시간이 너무 길거나 유입하수의 용존산소농도가 너무 낮으면 발생할 수 있다. 흡착탑내에서 황화수소 발생을 방지하기 위하여 다음과 같은 방법을 채택할 수 있다.

① 하수를 흡착탑에 유입시키기 전에 철저히 처리하여 BOD를 유발하는 유기물질을 가능한 한 많이 제거할 것

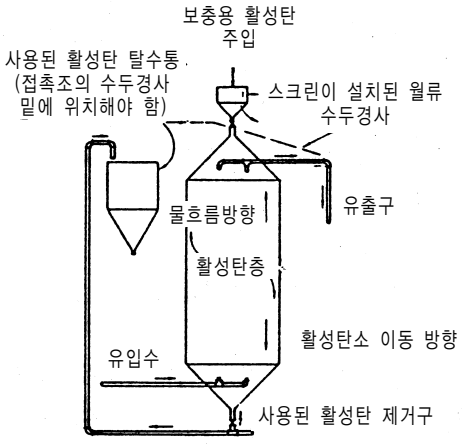
② 유출수의 용존산소농도에 근거해서 흡착탑에서 체류기간을 줄일 것
③ 유입수의 용존산소농도를 높게 유지할 것
④ 적당한 시간 간격을 두고 흡착탑을 역세척할 것
⑤ 상향식유동상에서는 흡착탑내부를 호기성으로 유지시키기 위하여 공기나 과산화수소를 주입할 것

4-3.7 활성탄의 공급 및 제거

활성탄 흡착탑을 설계할 때에는 흡착탑으로부터 활성탄제거, 흡착탑으로의 활성탄 공급에 필요한 시설을 고려한다.

☞ 해설

활성탄 흡착탑에서 사용된 활성탄은 제거되어야 한다. 하향식흡착탑에서는 모든 활성탄을 한꺼번에 제거하고, 다시 재생된 활성탄 또는 새로운 활성탄을 채운다. 그러나 상향식유동상흡착탑에서는 재생시키기 전에 활성탄을 철저히 이용하기 위하여 전체의 5~25%만을 한번에 제거한다. 흡착탑에서 활성탄을 제거할 때 층이 수평이 되도록 일정하게 제거해야 하는데 <그림 4.31>과 같이 흡착탑의 밑부분을 원추형으로 하고 물분사 설비를 하면 이 목적을 달성할 수 있다. 이때 활성탄층을 지지하기 위한 자갈이 활성탄과 함께 제거되지 않도록 주의해야 한다.



〈그림 4.31〉 상향식 흡착탑에서의 활성탄제거

4－3.8 활성탄 재생설비

다량의 활성탄을 사용하는 경우에는 활성탄 재생설비를 갖추도록 설계시 고려한다.

☞ 해설

활성탄재생설비의 규모를 결정하기 위한 활성탄주입율은 흡착탑 유입하수의 수질과 요구되는 유출수의 수질에 따라 결정된다. 도시하수의 처리를 위한 활성탄주입양의 대표적인 값이 [표 4.34]에 주어져 있다.

〔표 4.34〕 활성탄 흡착탑의 유입수 수질에 따른 활성탄 주입량

전처리	활성탄 주입률(g/m^3)
응집, 침전, 여과된 활성슬러지 유출수	24~48
여과된 2차 유출수	48~72
응집, 침전, 여과된 유입하수	72~216

주) 각 재생사이클 동안의 활성탄 손실은 5~10%이다. 활성탄 보충량은 활성탄 주입량과 재생된 활성탄의 질에 의하여 좌우된다.

① 활성탄의 재생방법의 종류는 다음과 같다.
- 피흡착제의 제거, 혹은 증발을 위해 낮은 압력의 증기통과
- 용매로 피흡착제 추출
- 열처리방법에 의한 재생
- 산화가스에 활성탄을 노출시키는 방법

② 열처리법이 가장 널리 이용되는 재생방법으로 그 종류에는 로타리킬른, 다단로가 있다. 다단로는 충분한 온도를 가하여 재생시설에서 생성되는 일산화탄소, 수소를 태운다. 이 공정의 재생율은 90~95% 정도이며 재생된 활성탄은 새 활성탄과 거의 비슷한 흡착능을 갖는다. 다단로는 활성탄으로부터 흡착된 유기물을 제거하기에 가장 좋은 재생방법이다. 열처리법에 의한 운전차례는 다음과 같다.
- 활성탄 슬러리를 재생시설로 이송
- 흡착된 오염물을 산화, 휘발시키기 위해서 활성탄을 탈수 및 재생로로 이송
- 활성탄의 수냉각
- 미세입자 제거를 위한 수세척
- 재사용을 위한 활성탄 이동
- 연소가스 제거

[참고 4-4] 오존산화법

4-4.1 오존산화법의 적용범위

오존산화법의 효과는 다음과 같다.
- 색도제거
- 악취제거
- TOC, COD, 발포물질, 일부 n-핵산추출물의 제거
- NO_2-N, Fe^{2+}, Mn^{2+}의 산화
- 미생물 플록에 의한 탁도물질의 제거
- 세균제거
- 용존산소의 증대
- 고분자 유기화합물의 저분자화

☞ 해설

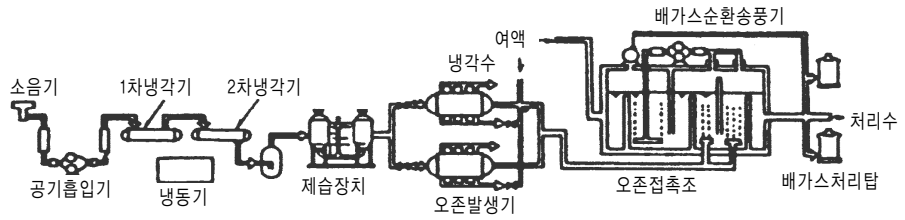
오존처리는 유기물, 색도, 악취의 제거 및 살균 등에 광범위한 효과가 있다. 오존의 살균력은 이산화염소나 염소에 비하여 수십 배 강하기 때문에 더 효과적이며 수중에 암모니아가 존재하는 경우 염소는 암모니아와 반응하여 클로라민을 생성하므로 살균효과를 저하시키지만 오존의 경우는 이와 같은 문제가 없다. 그러나 유기물의 제거에는 오존의 산화특성(무기물까지 산화하기는 힘들다)상 한계가 있으며 다량의 오존을 필요로 하므로 처리비용도 높아진다. 오존산화처리에 의한 용존성 유기물의 제거는 유입수의 특성, pH, 오존가스의 접촉방법, 오존농도, 접촉시간 등에 따라 달라진다. 일반적으로 접촉시간 10~30분 정도의 반응조가 이용되고 오존은 반응조의 하부에서 유입된다. 유입되는 오존농도는 10~30mg/l 정도이다.

4-4.2 오존산화시설의 구성

오존산화시설은 다음의 세 공정으로 나누어진다.
1) 원료공기제조공정
2) 오존발생공정
3) 오존반응공정

☞ 해설

오존은 불안정한 물질이고 기체상태에서 공기-오존 혼합기체의 오존농도가 30%를 넘으면 폭발하기 쉬워 염소와 같이 액체상태 또는 고농도, 고압력상태로 저장하는 것이 불가능하다. 따라서 현장에서 제조하여 사용한다. 오존처리공정은 다음 <그림 4.32>와 같으며, 원료공기정제공정, 오존발생공정, 오존반응공정의 세 단계로 나누어진다.



〈그림 4.32〉 오존산화시설의 공정도

1)에 대하여

현재 주로 이용되는 오존발생방법은 유리 등의 유전체를 끼운 한 쌍의 전극간에 원료공기를 통과시켜 5~18kV의 전압을 가하는 무성방전법이다. 따라서 오존발생효율을 높이기 위해 오존발생기에 유입하는 공기는 무진의 건조공기이어야 한다. 원료공기는 필터에 의해 제진한 후에 제습효과를 높이기 위해 냉각장치에서 5℃ 정도까지 냉각한 다음에 제습용 흡착제를 충전한 제습장치에 의해 원료공기의 이슬점온도가 -50℃ 이하가 되도록 제습한다.

2)에 대하여

오존발생방법은 여러 가지가 있으나 공업적으로 널리 실용화되어 있는 것은 무성방전법이다. 이 방법은 유리 혹은 세라믹과 같은 유전체를 끼워 넣은 전극간에 공기, 산소, 또는 산소농도를 높인 공기를 흘려보내면서 5~18kV의 교류고전압을 가하여 오존과 공기를 발생시키는 방법이다. 소비되는 전력의 상당 부분이 열로 전환되므로 발생장치를 냉각하기 위하여 열교환기가 필요하다. 오존발생장치는 에너지 효율이 나쁘고 공기를 원료로 할 경우 원료중 산소가 오존으로 전환되는 것은 1% 이하이다. 오존생성에 필요한 전력과 오존화 공기중의 오존농도와의 관계를 보면 과거에 비하여 오존생성에 필요한 전력이 줄어들고 있으며, 산소를 이용할 경우에는 공기를 이용하는 것보다 두 배 이상의 오존농도를 얻을 수 있다.

3)에 대하여

오존화공기는 오존농도가 낮고 물에 대한 용해도도 작으므로 수중에 효율적으로 용해시켜 처리대상물질과 반응시킬 필요가 있다. 오존반응조는 각종 가스흡착탑 흡수용으로 이용되고 있는 장치를 이용할 수 있으나 오존함유기제를 하부에서 산기장치를 이용하여 수중으로 분산시키는 기포탑 방식이 일반적으로 이용되고 있다. 하수성상에 따라 다르나 반응조 체류시간은 평균 10~30분 정도

이다. 배출오존은 순환시키고 일부는 무해처리하여 배출한다. 순환시킬 경우 먼저 유출측의 반응조에서 물과 접촉시켜 배출오존을 유입측으로 재순환시키는 방식이 효율적이다. 단, 순환용 설비비, 운전동력비의 흡수효율개선에 의한 비용회수 용이성이 검토되어야 한다. 오존반응탑에서 배출되는 미반응의 오존은 광화학 스모그의 원인이 되므로 반드시 처리하여야만 한다. 이 처리방법으로는 활성탄접촉법이 널리 이용되고 있다. 활성탄에 의한 미반응 오존의 분해는 다음 식과 같이 활성탄과 오존의 직접반응과 활성탄표면에서의 촉매적 접촉분해가 병행되어 일어난다.

- 직접반응 : $2O_3 + 2C \rightarrow 2CO_2 + O_2$, $2O_3 + C \rightarrow CO_2 + 2O_2$
- 접촉반응 : $2O_3 + C \rightarrow 3O_2 + C$

미반응 오존분해장치의 크기는 활성탄 단위중량당 오존의 분해량 4g 정도, 선속도 300~600m/h일 때 활성탄의 교환빈도를 고려하여 결정한다.

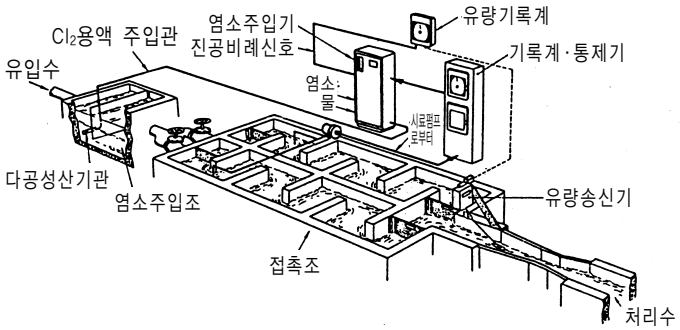
[참고 4-5] 염소소독

4-5.1 주입위치

염소는 하수가 접촉조에 유입하기 전에 주입되어야 하며, 주입되는 즉시 하수와 잘 혼합되어야 한다.

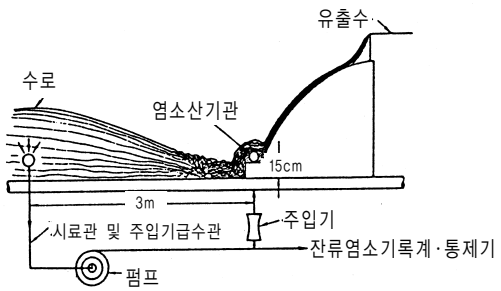
☞ 해설

소독용 염소는 염소접촉조의 입구나 혹은 <그림 4.33>에 주어진 바와 같이 접촉조 앞에 별도로 설치된 염소주입조에 주입되며, 주입되는 즉시 하수와 잘 혼합되도록 하는 것이 소독효과를 크게 한다. 그러나 접촉조에서 단락류를 방지하기 위하여 가능한 한 혼합이 일어나서는 안 된다.



〈그림 4.33〉 염소소독을 위한 폐회로 통제 시스템

염소주입조에서의 혼합은 도관이나 하수내에서의 빠른 유속을 혹은 <그림 4.34>와 같이 수리학적 도수를 이용하여 실시될 수 있는데 그렇지 못한 경우에는 혼합기를 설치하는 것이 좋다.



〈그림 4.34〉 수리학적 도수를 이용한 염소주입 및 혼합

4－5.2 접촉조

접촉조는 다음 사항을 고려하여 설계한다. 1) 계획하수량은 계획1일최대오수량으로 한다. 단, 합류식에 있어서는 우천시를 고려한다. 2) 접촉조에서의 접촉시간은 요구되는 살균효율을 얻을 수 있을 만큼 충분히 길어야 하며 15분 이하가 되어서는 안 된다. 3) 접촉조는 침전물제거시설을 갖추든지 아니면 침전이 일어나지 않는 구조로 한다.

☞ 해설

접촉조는 염소가 주입된 후 소독이 진행되도록 하수가 머무는 조이다.

1)에 대하여

소독을 대상으로 하는 하수량은 계획1일 오수량으로 하는 것이 좋으나 합류식에 있어서는 강우량에 따라서 수중의 대장균수가 현저하게 변동하기 때문에 그 관계를 미리 고려해 둘 필요가 있다. 즉 강우량이 많은 경우에는 희석에 의해서 세균농도가 감소하지만 강우량이 적은 경우에는 부근의 오물이 혼입되기 쉽기 때문에 세균수가 증가할 수도 있으므로 이 점을 염두에 두고서 소독시설을 설계한다.

2)에 대하여

접촉조의 주목적은 주입된 염소에 의하여 박테리아의 수가 허용치로 감소될 수 있도록 충분한 체류기간을 부여하는 것이다. 염소의 소독효과는 하수의 성질, 접촉시간, 혼합도, 온도 및 염소주입률에 의해서도 영향을 받는다. 소독효과를 높이기 위해서는 접촉시간은 최저 15분간으로 하고, 염소를 충분히 혼합 및 접촉시킬 필요가 있다. 또 방류관거에서 접촉시간이 충분히 확보되는 경우에는 접촉조를 생략하는 것도 가능하다. 접촉조는 단락류가 생기거나 사공간(Dead space)이 형성되지 않는 플러그흐름형의 구조로 한다.

3)에 대하여

하수에 염소를 주입하면 고형물의 침전성을 향상시킨다. 따라서 접촉조를 2개 만들어 교대로 침전물을 제거하든지 또는 슬러지제거시설을 갖추어야 하며 저류판(baffle)을 설치하여 스컴이 유실되지 않도록 해야 한다. 그 외에도 유속의 증가, 포기, 경사진 바닥 등 여러 가지 방법에 의하여 고형물의 침전을 방지할 수 있으나 권장되는 방법은 아니다. 접촉조 다음에 침전지를 두어서 접촉조에서 씻겨 내려오는 침전물을 침전시킬 수도 있다. 처리수를 방출시키는 방류관도 플러그흐름형 접촉조로 이용될 수 있는데 이런 경우 하수가 방류관을 흘러가는데 최소한 15~20분은 소요되어야 하며, 관내면에 미생물막이 생성되는 것을 방지하기 위하여 잔류염소농도를 충분히 유지시켜야 한다.

4－5.3 염소주입

염소주입은 하수의 수질과 요망되는 살균효율 및 방류수역의 대장균수에 대한 환경기준을 감안하여 결정한다.

☞ 해설

일반적으로 염소소독시설의 설계에서 맨 먼저 고려해야 할 사항은 처리장에서 요구되는 염소의 양으로 소독을 위하여 요구되는 염소주입은 처리되는 하수의 수질에 따라 다르고, 결정된 주입률은 주어진 접촉시간에서 요구되는 소독효과를 줄 수 있어야 한다. 그러나 잔류염소가 과다하게 투입되면 비경제적일 뿐만 아니라 방류수역의 수생생물에 영향을 미치기 때문에 방류수역의 수질오염 한계를 초과하지 않는 정도로 한다.

일본의 예를 보면 염소주입률이 대장균수로 $1cm^3$ 중 3,000개 이하로 정하고 있으며, 이를 초과하는 경우에는 염소주입 후 15분 후에 잔류염소가 0.1mg/l 정도 되도록 하면 대장균을 사멸할 수 있다고 한다.

각종 하수의 소독에 요구되는 염소주입농도는 일반적으로 다음 [표 4.35]와 같다.

〔표 4.35〕 염소주입률

하수의 종류	주입률(mg/l)
유입하수	7~12
일차침전지 유출수	7~10
2차 처리수	2~4

4－5.4 액체염소주입장치

염소주입장치의 용량은 다음 사항을 고려한다.

1) 용량은 계획1일 최대오수량과 주입률에 따라 정한다.
   단, 합류식인 경우 우천시를 고려한다.
2) 염소주입기의 용량 및 대수는 처리수의 수량 및 수질변동에 대응할 수 있도록 한다.
3) 염소주입기는 습식진공형으로 한다.
4) 염소주입기는 예비주입기를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

염소주입장치의 용량은 계획1일 최대오수량에 주입률을 곱하여 정한다. 합류식의 경우에는 우천시를 고려하여 염소주입장치의 용량을 결정한다.

〔표 4.36〕 염소주입기 혼합용수의 소요수압과 수량

종별	보통형(단위: l/min)	진공형(단위: l/min)
수압 / 기계용량(kg/h)	0.5kg/cm^2	2~3kg/cm^2
0.5까지	10	10
1.0	10	15
1.5	10	20
2.0	13	25
2.5	17	30
3.0	20	35
4.0	27	40
5.0	33	45
6.0	40	50
10.0	−	60
20.0	−	120
25.0	−	150
50.0	−	300
100.0	−	600
200.0	−	1,200

2)에 대하여

염소주입기는 실린더 또는 기화기에서 연속적으로 공급되는 염소가스를 안전하고 정확하게 계량해서 물에 녹여 이를 처리하려는 물에 주입하는 것이다. 염소주입기의 용량 및 대수는 처리수의 수량 및 수질 변동에 대응할 수 있도록 정한다. 또 염소주입기의 제어는 정격치의 60~80% 범위에서 조작하는 것이 가장 사용하기 쉬우므로 일상적인 운전시 이 범위가 되도록 염소주입기의 용량, 대수 등을 정하는 것이 좋다.

또한 염소주입을 위한 혼합용수의 소요압력 및 수량은 염소주입기의 종류와 용량에 따라 다르지만 [표 4.36]을 표준으로 한다.

액체염소의 주입량 제어는 직접 염소주입기를 조작하는 방법과 소정의 주입률에 방류수량에 따라 비례하여 제어하는 방법 등이 있다. 비례주입제어는 주입비율 설정기에 의해 필요한 주입률을 정하여 방류수량의 증감에 맞게 염소량 조절계를 작동시켜 정해진 비율의 염소를 주입한다.

3)에 대하여

염소주입기는 안전성 및 유지관리면에서 널리 쓰이고 있는 장치로 습식진공형 염소주입기를 사용하고 있다. 습식진공형 염소주입기에서는 실린더로부터 염소가스가 도관을 통하여 통제밸브(Control valve)로 유도되어 벨자르(bell jar)내로 방출된다. 벨자르의 하부는 물로 봉해져 있기 때문에 염소가스는 오리피스(orifice)계량기로 계량되어 인젝터(injector)로 유도된다. 한편 압력수를 공급감압밸브로 조절하여 벨자르내가 항상 $-40mmH_2O$를 유지되도록 인젝터에 급수하며(인젝터의 고유의 흡인력은 700mmHg 이상), 여기에서 염소가스를 흡인, 혼합하여 필요한 농도의 염소수를 만들어 처리수에 주입한다. 소요염소량은 눈금이 있는 관을 대조하여 오리피스계량기의 진공가감관을 상하로 조절하여 계량한다. 또 다른 종류의 습식진공형 염소주입기에서는 실린더로부터의 염소가스를 여과하여 유도밸브로 $-90mmHg$를 유지하도록 감압시킨 뒤에 캐피린리계량기로 계량하여 진공조절밸브, 역지밸브를 통하여 인젝터로 유도한다. 한편 압력수는 급수조절밸브로 조절하여 인젝터로 유도하며, 여기에서 염소가스를 혼합시켜서 필요한 농도의 염소를 만들어 처리수에 주입시킨다. 이 장치는 압력이 내려가면 기계내의 진공도가 0으로 되고, 그 결과 자동정지밸브도관을 통하여 자동정지밸브가 작동하여 실린더로부터 염소가스의 공급을 중지시킨다. 또한 어떤 사고로 인하여 물이 인젝터로부터 기계내로 역류하는 경우에는 물 역지밸브의 부자가 작동하여 물의 침입을 방지하는 구조로 되어 있다.

위에서 설명된 진공형은 보통형과 비교하여 높은 압력수를 필요로 하지만 실린더에 염소가 남지 않으며, 새지 않는 특징이 있다.

4)에 대하여

염소주입기는 고장 및 소독강화를 고려하여 반드시 예비 또는 비상용 소독장치(예를 들어 수동식)를 설치할 필요가 있다. 예비대수는 1대인 경우에는 1대를 예비로 더 설치하고, 2대 이상의 경우에는 필요에 맞게 예비대수를 정하여 설치한다.

4-5.5 염소주입기실

염소주입기실은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

1) 염소주입기실은 가능한 한 주입점 근처에 독립시켜 설치하되 지하실이나 낮은 부분을 피하고 지면보다도 높게 한다.
2) 건물은 내화성으로 하고 내실의 채광이 잘 되도록 하며, 환기용의 작은 창을 측벽하부의 바닥부근에 설치한다. 또한 마루바닥은 콘크리트로 하고 실내 온도는 항상 15℃ 이상이 유지되어야 한다.
3) 마루면적은 주입기가 1대일 때 최소한도 $6m^2$를 하고, 2대의 경우는 $15m^2$, 2대 이상일 때에는 1대를 증설할 때마다 $3m^3$를 증가시킨다.

4) 염소주입기는 주위의 벽 또는 인접주입기로부터 적어도 60cm 격리시켜 수리나 정비에 편리하도록 한다.
5) 주입량과 잔류량을 조사하기 위하여 계량기를 준비한다.
6) 적당한 작동압을 유지하도록 주입기의 용량 1kg/h에 대하여 50kg 실린더 1대의 비율로 장치될 수 있도록 설비한다.
7) 염소주입관은 경질의 고무관, 염화비닐관 또는 고무호스 등을 사용하며, 전기기구나 기구 금속류는 부식되기 쉽기 때문에 내산처리를 한다.
8) 염소주입기실내의 기계의 배치는 주입기의 보수, 가스배관의 점검, 조작반 등의 감시에 편리하도록 한다.
9) 고압가스 안전관리기준에 맞도록 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

염소주입기실은 일반기계실, 휴식실과 완전히 격리시켜 독립되게 설치한다. 또한 지하실이나 낮은 곳을 피하여 지면보다 높게 하는 것은 염소가스가 공기보다도 2.5배나 무겁기 때문에 새는 경우에도 마루바닥에 정체하여 배제시키기가 곤란하다는 것과 또한 염소는 습기가 있으면 강한 부식성을 나타내므로 습기가 많은 장소를 피하기 위함이다.

2)에 대하여

건물을 내화성으로 하는 것은 염소가 폭발하는 염려가 있기 때문이다. 또한 염소가 새어서 위험이 따를 경우에는 건물을 밀폐시키면 외부에 대한 위험을 방지할 수 있다.환기용의 작은 창을 측벽하부의 마루바닥 부근에 설치하면 염소가스가 새는 경우 바닥부근에 머물므로 배제시키기가 쉽다. 개폐식의 갤러리나 외부조작이 가능한 환기용 선풍기를 설치하는 것도 좋다.

실내온도를 15℃ 이상으로 유지하는 것은 온도가 너무 낮으면 기화가 완만하며 염소의 수화물 형성을 쉽게 하기 때문이다. 가능하면 21℃ 이상으로 유지하는 것이 좋으며, 염소의 주입과 저장이 별도의 방에서 실시된다면 염소저장실의 온도가 10℃ 이하로 떨어지지 않도록 해야 한다. 그러나 온도가 너무 높으면 실린더내의 액체염소의 용량과 가스압이 증대하여 파열될 우려가 있으므로 35℃를 넘지 않도록 주의를 요한다.

3)에 대하여

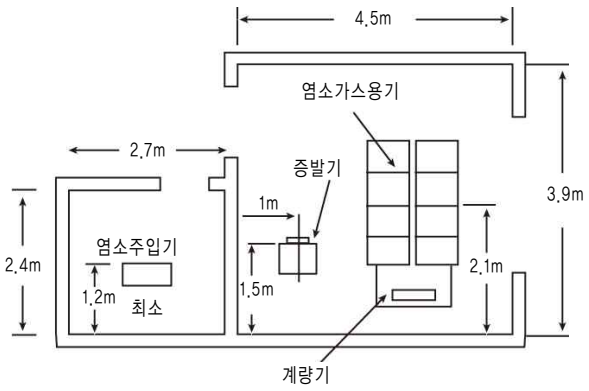
염소주입기실의 요구면적 및 배관은 염소주입기 생산업자에 의하여 보통 제안되며 그 예가 <그림 4.35>에 주어져 있다. 모든 기기에 접근이 용이하고 기기와 염소용기의 취급에 편리한 공간이 부여되어야 한다. 일반적으로 다음 사항을 만족시키면 된다.

① 한 대의 염소주입기로 90kg/d 이하의 염소를 주입하는 경우 염소주입시설을 위하여 약 $6m^2$의 면적이 요구된다.

② 두 대의 염소주입기로 180kg/d 이하의 염소를 주입하는 경우 약 15m^{2}의 면적이 요구된다.

③ 염소증발기 1대당 15m^{2}가 제공되어야 한다.

그리고 3대 이상의 염소주입기를 설치할 경우에는 1대당 3m^2 정도의 면적을 제공하는 것이 좋다.



〈그림 4.35〉 3,600kg 염소주입기를 위한 요구면적 및 배치

4)에 대하여

기기에의 접근, 수리와 정비 등의 편리성을 위하여 염소주입기는 벽면, 주위의 염소주입기 등에서 최소한 50cm 정도는 떨어져야 한다.

5)에 대하여

염소주입기의 계량기가 나타내는 값과 실제로 실린더에서 유출한 양을 비교하여 주입기가 효율적으로 작동하고 있는가를 확인하여 주입의 정확을 기하며 실린더내의 잔류량을 검사하여 손실 없이 염소가스를 이용하기 위해서는 계량장치를 설치하여 검사한다.

6)에 대하여

실린더에서 유출되는 염소가스는 주입기의 감압밸브(유도밸브)로 감압된 다음 사용되지만 일시에 다량의 가스가 사용되면 [표 4.37]에 주어진 증발잠열 때문에 온도가 내려가고 가스의 유출이 나빠져서 소요량의 주입이 불가능하게 되기 쉽다. 실린더내의 액체염소가 가스화하는 양과 주입량 간에 균형이 유지되기 위해서는 실온 15~19℃에서는 경험상 1kg/h의 사용량에 대해서 50kg 실린더 1대의 비율로 하는 것이 적당하다. 또한 감압설비와 주입설비 사이의 배관에는 역류방지장치를 설치한다.

7)에 대하여

미량의 염소가스가 실내로 새어나오는 경우 습기가 있으면 염소는 대단히 부식성이 강하므로 내산처리된 기구류를 사용하는 것이 좋다.

〔표 4.37〕 염소의 온도에 따른 증발잠열

온도(℃)	증발잠열(kcal/kg)	온도(℃)	증발잠열(kcal/kg)
−20	66.96	10	62.58
−15	66.28	15	61.78
−10	65.58	20	60.95
−5	64.86	25	60.09
0	64.12	30	59.20
5	63.36	40	57.33

8)에 대하여

염소주입기실은 보수 등을 고려하여 전면에 공간을 두고 주입기실 주위에 고압가스배관을 제외한 배관용 덕트를 설치한다. 고압가스배관은 점검상 노출시키는 것이 바람직하다. 주입기실의 전면은 경질유리를 사용하여 조작실과 구분시키고 현장용 조작반 등을 배열하면 감시하기도 좋다.

4−5.6 액체염소의 저장

액체염소의 저장은 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 액체염소의 저장량은 평균주입량의 7~8일 분으로 하는 것이 바람직하다.
2) 저장방법은 실린더에 의한 것과 조에 의한 것이 있다. 일반적으로 실린더의 용량은 100kg과 1ton이다.
3) 조에 의한 저장방법은 대규모 살균시설에 이용되며 2조 이상을 병설한다.
4) 주입량과 잔류량을 검사하기 위하여 계량장치를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

저장량은 저장실의 크기에 관계되지만 액체염소의 반입빈도가 너무 많게 되지 않도록 항상 어느 정도의 저장량의 여유를 갖고 있도록 고려하는 것이 좋다.

2)에 대하여

실린더의 용량은 100kg 또는 1ton이지만 하루의 염소주입량에 따라 실린더의 교환회수를 고려하여 실린더의 크기를 선정한다.

3)에 대하여

조에 의한 저장은 대규모의 소독시설에 이용되는데 고장 혹은 보수에 대비하여 2조 이상으로 나누어서 설치하는 것이 좋다. 조로 액체염소를 받아들이기 위해서는 탱크차로부터 관을 접속시켜

실시하는데 이때 고압건조공기가 필요하다. 고압건조공기를 얻기 위해서는 다음과 같은 시설이 요구된다.

① 공기제습조: 건조제를 통과시킴으로서 공기중의 습기를 제거한다.

② 공기압축기: 고압공기제조용 공기압축기에서 압력은 상온에서 10kg/cm^{2}로 한다.

③ 냉각분리기: 압축된 고온의 공기를 물로써 냉각시킨다.

④ 공기조: 고압건조공기를 저류하는 것으로서 안전밸브를 설치한다.

4)에 대하여

주입기의 계량기와 실제 실린더나 조에서 유출되는 양을 비교하여 주입기가 유효하게 작동하고 있는 가를 확인함으로써 주입에 정확을 기하고, 실린더나 탱크의 잔류량을 검사하여 손실없이 사용할 수 있도록 액량계 등의 계량장치를 설치한다.

4－5.7 염소저장실

염소저장실은 다음 사항을 고려한다.

1) 내화성으로 하며 안전한 위치에 시설한다.

2) 저장능력 1ton 이상의 경우는 염소주입량과 분리시켜 실린더의 반출입이 편리한 위치에 또한 감시하기 쉬운 장소에 설치한다.

3) 지하실이나 기타 습기가 많은 장소를 피하여 외부로부터 밀폐 가능한 구조로 하고 저장실에는 환기용의 작은 창을 측벽하부에 설치한다.

4) 필요에 따라 실린더 이동용의 기중기(hoist)를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

염소저장은 위험방지를 위하여 내화성으로 하고 통풍이 잘 되어야 한다. 건물의 내면과 외면은 불연재료로 피복되어야 한다. 가능한 한 저장능력 1ton 이상의 경우는 두께 12cm 이상의 철근콘크리트 또는 이와 동등이상인 구조의 장벽을 저장실의 주위에 설치하고, 그 외벽은 주위의 주택이나 기타 건물로부터 15m 이상 떨어진다. 또한 연속적인 염소주입이 가능하고 필요시는 염소주입을 강화할 수 있도록 어느 정도의 여유량을 저장하여 둔다.

2)에 대하여

염소저장능력 1ton 이상의 경우는 안전을 위하여 염소저장실을 염소주입기실로부터 분리시켜야 한다.

3)에 대하여

1일 최대염소사용량이 200kg/d을 넘는 시설에 대해서는 실린더 이동용으로 기중기(hoist)의 설치

를 고려할 필요가 있다. 기중기의 적재하중은 2ton 이상으로 하되 실린더의 교환을 위하여 알맞은 형식의 것을 사용한다.

4－5.8 중화설비

염소는 독성이 강하기 때문에 누출 및 기타의 사고에 대비하여 필요한 방독 및 재해시설을 다음 사항을 고려하여 설계한다.

1) 100kg 용량의 실린더를 사용하는 경우에는 새어나오는 염소의 검출, 중화 및 흡수용의 약품류를 비치하여 두어야 한다.
2) 1ton 용량의 실린더나 저장탱크를 사용하는 경우에는 염소의 누출에 대비하여 누출검지기, 중화반응탱크 및 배풍기 등의 중화시설을 설치한다.
3) 중화장치의 능력은 누출염소를 충분히 중화시켜 무해하게 할 수 있어야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

염소주입기실의 적당한 장소에 다음 약품류를 준비하여 두는 것이 좋다.

① 염소검출, 중화 및 흡수용

방독면, 암모니아, 치오황산소다, 소석회, 가성소다, 소다회 등

② 응급용

산소흡입기, 양치질용 중조수, 알콜 등

2)에 대하여

저장능력 1ton 이상의 경우에는 제해시설을 설치하는 것이 좋으며 염소의 중화시설에는 다음과 같은 것이 있다.

① 누출검지기

누출염소가스를 검지하여 중화시설의 제기기를 작동시키는 것으로서, 검지시간은 검지용 배관 1m당 약 1초를 요하고 검지가능거리는 100m까지이다. 또한 검지를 위해서는 실온 15℃ 이하가 바람직하고 40℃ 이상에서는 감도가 둔하다.

② 중화반응탱크

중화반응탱크는 반응탑과 가성소다, 용액탱크로 구성되며 반응탑 내에서 염소가스를 가성소다용액에 접촉시켜 중화한다. 또한 재질은 염화비닐 또는 강철판에 염화비닐을 피복 시킨 것으로 내식성의 것을 사용한다.

③ 환풍기

환풍기는 염소가스를 누출점으로부터 덕트 또는 배관에 의하여 흡인한 다음 중화반응탑에 보

내고 또한 중화된 가스를 배출시킨다. 일반적으로 터보팬(Turbo fan)을 사용하지만 재질은 경질염화비닐 또는 강철판을 염화비닐로 피복시킨 내식성의 것을 사용하는 것이 좋다.

3)에 대하여

중화장치의 능력은 염소저장량에 따라서 정하지만 일반적으로 누출염소량 1ton을 중화시킬 수 있도록 하는 것이 좋다. 가성소다를 이용한 중화반응은 식 (4−5.8.1)과 같다.

$$2NaOH + Cl_2 \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O \quad \cdots\cdots (4-5.8.1)$$

식 (4−5.8.1)로부터 식 (4−5.8.2)가 유도된다.

$$x = a \times \frac{2 \times \text{NaOH의 분자량}}{Cl_2\text{의 분자량}} \times \frac{1}{\eta} = a \times \frac{2 \times 40}{71} \times \frac{1}{\eta} = \frac{1.12a}{\eta} \quad \cdots\cdots (4-5.8.2)$$

여기서, x : 중화에 요구되는 가성소다의 양(kg)

a : 누출염소량(kg)

η : 반응효율(80%)

4−5.9 차아염소산나트륨 주입장치

차아염소산나트륨의 저장은 다음 사항을 고려해서 정한다.

1) 차아염소산염은 약 7~8일 분이 저장되어야 하며, 내식성의 용기에 저장하여야 한다.
2) 저장방법은 저장조에 의한 것을 표준으로 한다.
3) 저장장소는 차고 어둡고 통풍이 좋은 장소로 한다.
4) 저장조는 2조 이상으로 하고 차아염소산나트륨에 의해 손상되지 않는 재질을 사용하며 적당한 부대장치를 설치하는 것으로 한다.
5) 잔류량을 감시하기 위해 계량장치를 설치한다.
6) 현장 제조형 차아염소산나트륨의 저장은 시판용과 다음 사항을 구분한다.
   ① 소요량에 따른 연속적인 발생으로 저장은 2일 이내로 한다.
   ② 차고 어둡고 통풍이 좋은 장소를 표준으로 하되 저장기간이 길지 않으므로 일반 노출형 탱크로도 가능하다.

☞ 해설

1)에 대하여

차아염소산염의 구입 및 수송의 편의성에 따라 저장량이 달라지겠지만 대략 7일분을 저장하는 것이 알맞으며, 부식성이 대단히 강하므로 내식성의 용량에 저장해야 한다.

2)에 대하여

저장방법은 저장조를 표준으로 하지만 소량인 경우는 용기에 의한 방법도 있다.

3)에 대하여

저장장소는 차아염소산나트륨의 물리 및 화학적 특성을 충분히 고려해서 직사광선을 피하고 가능한 차고 어둡고 통풍이 잘되는 곳으로 정하여 설치한다.

4)에 대하여

저장조는 고장 또는 점검과 수리를 고려해서 2조 이상으로 설치하는 것이 좋다. 저장조는 형과 횡형이 있고 설치공간에 따라서 정하도록 한다. 저장조의 재질은 강화프라스틱 또는 강철재를 사용하며 내면에 내식성 차아염소산나트륨의 라이닝재를 쓰거나 또는 내식성 차아염소산나트륨용의 강화플라스틱재를 사용한다. 대용량인 경우 철근콘크리트 구조로 할 수도 있다. 저장조에는 액면계, 점검용 맨홀, 차아염소산나트륨의 저장 및 인출, 배액, 월류, 가스배출, 세척 등에 관련된 배관 및 접속구를 필요에 맞추어 사다리등의 부대장치를 설치해 기초홀더로 견고하게 부착한다.

6)의 ①에 대하여

현장에 필요한 용량의 발생기가 선정되므로 소모되는 용량의 차아염소산나트륨의 연속적으로 발생되어 차아염소산나트륨 저장용량은 1~2일로 하여 계속 생성하도록 하고, 현장 제조형 차아염소산나트륨의 원료가 되는 소금의 저장용량은 구입 및 수송의 편의성에 따라 대략 10일분 이상으로 저장하는 것이 좋다.

6)의 ②에 대하여

차아염소산나트륨의 물리 및 화학적 특성을 충분히 고려해서 직사광선을 피하고 가능한 차고 어둡고 통풍이 잘되는 곳으로 정하여 설치하는 것을 표준으로 하되 시판용보다 농도가 낮고 그 저장되는 기간이 짧아 가용염소의 반감이 거의 없으므로 외부 노출 탱크를 사용하여도 무방하나 결빙온도가 약 −10℃이므로 동절기에 대한 결빙 대책을 마련하여야 한다.

4−5.10 차아염소산나트륨 용액저장실

차아염소산나트륨 용액저장실은 다음 사항을 고려해서 정한다.

1) 구조는 내진 및 내화성으로 한다.
2) 차아염소산나트륨이 새는 경우에 유출방지를 위하여 전체 저장분에 대응하는 용량의 방액벽 또는 피트를 설치한다.
3) 필요에 따라서 환기장치를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

차아염소산나트륨 저장실은 내진 및 내화성으로 하고 통풍을 좋게 한다.

2)에 대하여

차아염소산나트륨 저장실에는 저장조 전체에서 차아염소산나트륨이 새는 경우도 있을 수 있으므로 이에 대비하여 방액벽 또는 피트를 설치한다. 또한 누출된 액의 처리가 쉽게 이루어질 수 있는 구조로 한다.

3)에 대하여

차아염소산나트륨은 온도 등의 여러 가지 조건에 따라 분해가 촉진된다. 따라서 필요에 맞게 환기장치를 설치한다.

4-5.11 이산화염소의 주입

이산화염소의 생산을 위한 염소용액의 pH는 4 이하가 되어야 한다.

☞ 해설

이산화염소를 생산하기 위해서는 pH를 4 이하로 유지해야 하므로 주입되는 염소용액의 pH도 4 이하가 되어야 한다. 이는 염소용액의 농도가 결코 500mg/L 이하가 되어서는 안 된다는 것을 뜻한다. 또한 주입점에서 분자상태의 염소가 파괴되지 않도록 염소농도가 3,500mg/L를 초과해서는 안 되므로 결국 이산화염소의 생산을 위한 효율적인 범위는 약 7:1이 되는 셈이다. 그러나 실제 약품주입기는 유량에 비례해서 20:1까지 주입통제시스템에 의하면 200:1까지 취급할 수 있게 되어 있다.

차아염소산염이 염소대신 사용되는 경우에는 산성화를 위해서 황산이 사용된다. 이런 경우 차아염소산염, 아염산나트륨 그리고 황산의 공급을 위하여 3대의 다이아프램(diaphram)펌프가 요구되며, 각 용액의 공급률은 모두 같게 하여 다음 반응식 (4-5.11.1)이 일어날 수 있도록 농도를 알맞게 맞추면 좋다.

$$2NaClO_2 + NaOCl + H_2SO_4 \rightleftarrows 2ClO_2 + NaCl + Na_2SO_4 + H_2O \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4-5.11.1)$$

식 (4-5.11.1)에 의하면 이론적으로는 염소 1kg당 1.81kg의 이산화염소가 생산된다.

4-5.12 아염소산나트륨의 주입

이산화염소의 생산을 위한 아염소산나트륨의 용액은 농도가 무게로 20% 이하가 되도록 공급되어야 하며, 용기는 1일 소비량을 저장할 수 있는 크기가 되어야 한다.

☞ 해설

아염소산나트륨($NaClO_2$)은 유기성이 없으면 어느 정도 거칠게 취급해도 관계없으나 유기물과 접촉하면 점화될 수 있으며 열, 충격, 마찰 등에 대해서 민감하다. 따라서 고체로 취급하는 것보다는 용액을 이용하는 것이 좋다. 아염소산나트륨용액을 위한 펌프의 규모는 용액의 농도가 무게로 20%를 초과하지 않도록 선정되어야 하며 피스톤 펌프보다는 다이아프램펌프를 이용하는 것이 좋다. 또한 최소한도 1일분의 소모량을 저장할 수 있는 용기를 준비해야 한다.

4-5.13 이산화염소의 반응탑

이산화염소의 생산을 위하여 주입되는 염소용액은 반응탑에 들어가기 직전에 아염소산나트륨 용액과 혼합되어야 하며, 반응탑에서도 생성된 이산화염소용액은 바로 주입점으로 보낸다.

☞ 해설

반응탑에서 이산화염소가 생성되며 용액이 녹색으로 변할 때 이산화염소가 생긴다. 반응탑의 유출구에는 검사유리창이 있어서 반응탑 내부를 볼 수 있도록 해야 한다. 반응탑은 아염소산나트륨을 하루에 110kg 정도를 저장할 수 있는 용량으로 한다. 또한 안정성을 고려하여 생성된 이산화염소의 농도는 10%(부피기준) 미만으로 유지되어야 하며, 가스누출로 인한 냄새가 발생하지 않도록 하여야 한다.

4-5.14 염소소독시설 운영관리시 고려할 사항

염소는 다른 소독제에 비해 비교적 낮은 주입량, 간편한 공급 및 조절, 낮은 가격 때문에 비교적 널리 쓰이나 소독제 중에서 가장 위험한 물질로서 독성이 매우 높고, 취급부주의로 누출이 발생하여 이를 흡입하게 될 경우 관리자의 생명에 치명적인 손상을 입히게 된다.

염소 소독시설은 액체시설은 액체염소저장용기, 저장용기 자동교체장치, 증발기, 염소주입장치, 잔류염소 측정장치, 가스주입장치, 염소가스 누출감지장치 및 안전장치 등으로 이루어지는데 이러한 시설을 운영함에 있어 장비의 수명과 효율을 증가시키기 위한 예방정비의 차원에서 아래 사항을 주기적으로 수행하여야 한다.

① 염소저장용기의 무게를 일정한 주기로 측정하여 항상 여분을 보유할 것
② 진공조절기의 주요 부품인 여과기, 방취판, 배관 등을 점검하고 청소할 것
③ 염소저장용기내의 염소가 모두 소모되었을 경우 여분의 저장용기로 자동 변환시키는 시스템의 운전상태를 점검할 것

④ 연결배관 등을 점검하고 배관에 변색 및 뒤틀림이 발생하였을 경우 즉시 교체할 것
⑤ 염소를 주입하기 위한 모터 구동축 및 증발기의 열교환 시스템내 순환 펌프의 모터에 주기적으로 윤활유를 주입할 것
⑥ 증발기 내부의 양극 마그네슘 막대봉을 점검할 것
⑦ 유량계를 청소할 동안 염소주입장치의 V-notch를 청소할 것
⑧ 염소주입 유량조절계의 유리관내에 침전물이 쌓이면 유량계를 청소할 것
⑨ 염소누출감지기의 경보회로를 주기적으로 점검할 것
⑩ 항상 누출감지전극의 누출감지범위를 조절하고 점검할 것
⑪ 누출감지센서를 주기적으로 증류수로 세척할 것
⑫ 누출감지기 Air fan의 운전상태를 점검할 것
⑬ 누출감지장치의 유리창과 모든 O-링 부분의 누출을 점검할 것
⑭ 누출감지전극 저장조의 Fill cap내의 카트리지 휠터를 주기적으로 교체할 것

염소소독시설의 운영 중에 발생되는 문제점과 이에 대한 대처방안은 다음과 같다.

① 처리수의 수질이 저하하여 염소요구량이 증가하는 경우에는 염소요구량 및 주입량을 측정하여 염소의 적정 주입이 될 수 있도록 공정을 조정할 것
② 염소저장용기의 무게를 측정하여 무게가 낮은 경우 또는 염소가 고갈된 경우에는 침전물이 시스템내로 유입되기 전에 즉시 염소주입용기를 교체할 것
③ 염소주입장치의 밸브, 배관 및 연결부위에서 염소가 누출될 경우에는 인체에 치명적인 손상과 주변 장치에 부식을 초래하므로 모든 탱크의 주입부분과 밸브를 잠그고 즉각 누출부분을 수리해야 한다. 만일 누출상태가 심각하다면 비상대책팀에 통보할 것
④ 염소주입이 과도한 경우 염소저장용기가 얼어버리므로 염소주입량을 줄일 것
⑤ 염소용액이 흐르는 배관에서 염소가스가 누출될 시에는 염소주입 연결부위를 분리하고 즉시 배관의 누출부분을 수리할 것. 염소 누출이 조금이라도 발생할 경우에는 모든 안전한 검사절차를 수행해야 한다.
⑥ 항온조의 온도 조절장치, 염소가스 압력계 등 각종 시스템의 계기의 작동상태가 고르지 못하거나 작동이 되지 않을 경우 즉시 기기를 교체하거나 수리할 것
⑦ 진공압이 낮은 경우에는 염소주입이 멈추어 버리므로 수압을 증대시키거나 인젝터의 목부분을 청소할 것
⑧ 염소주입장치의 유량계 tube에 수분이 존재할 경우에는 염소가스 주입부의 O-링이 나쁜 것이므로 염소주입장치로 물이 역류하지 않도록 O-링을 교체할 것
⑨ 유량계 눈금이 최대가스유량으로 증가되지 않는 경우에는 가스배관에 누출이 있는 것이므로 점검할 것
⑩ 염소주입량이 설정된 유량계가 일정하게 작동하지 않는 경우에는 진공압 및 가스압이 낮거나

유량계 및 염소주입 V-notch plug에 이물질이 있는 것이므로 적절한 진공압 및 가스압으로 조정하거나 유량계 및 V-notch plug를 청소해 주어야 한다.

⑪ 잔류염소의 농도가 낮거나 높게 측정될 경우는 염소주입량 측정장치로 점검 조정할 것

이상과 같이 염소소독에서 염소가 누출될 경우에는 매우 위험하므로 염소소독 시설은 엄격하게 통제되어야 하고 잘 훈련된 관리자만이 다루어야 한다. 특히 염소를 다룰 때는 항상 2인 1조로 하여 필히 개인 휴대용 호흡장치 및 개인보호장구를 착용하고 작업에 임하여야 한다.

[참고 4-6] 오존에 의한 소독

오존소독시설은 오존반응설비와 오존발생설비로 크게 구성되며 오존반응설비는 주입장치, 반응조, 배오존처리장치로, 오존발생설비는 원료가스공급장치, 오존발생장치, 냉각장치 등으로 각각 구성된다.

4-6.1 오존반응설비

1) 주입장치 용량은 계획수량과 주입률에 의해 산출된 주입량에 의해 결정한다. 2) 미반응 오존의 처리를 위하여 배오존장치를 설치하며, 실내 오존농도를 상시 모니터링 하기 위해 오존검출기를 예비포함 2대이상 설치하도록 하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

계획수량은 분류식의 경우 계획1일최대오수량, 합류식의 경우에는 우천시 설계유량을 고려한다. 오존주입장치로는 산기장치, 인젝터 등이 있지만, 오존의 대상수의 용해효율, 유지관리성에 따라 일반적으로 산기장치가 많이 채용되고 있다. 산기장치는 반응조에 오존배관을 설치하고, 다공질 세라믹제의 산기통 및 산기판을 반응조의 바닥에 설치하여 오존가스를 기포로서 수중에 산기한다. 기포경이 작을수록 용해효율이 좋으나 기포경은 산기통(산기판)의 기공경에 의해 결정되며 일반적으로 기공경은 100μm 정도가 많이 채택되고 있다.

2)에 대하여

반응조에서 미반응된 오존이 대기에 방출될 경우 인체에 매우 유해하기 때문에 반응조에 미반응된 오존을 분해하기 위한 처리장치를 설치한다. 또한, 만일의 경우를 대비하여 오존반응설비를 설치한 실내에 환기설비를 설치하고 환경오존모니터 등의 검출기를 설치하여 작업환경중의 오존농도를 감시하고, 0.1ppm 이상이 되면 경보를 발생하게 하는 것이 바람직하다. 배오존처리장치에는 활성탄흡착분해법, 촉매분해법 등이 있다. 활성탄흡착분해법은 설계가 간단하고 적절한 관리를 행하면 신뢰성이 향상되지만, 오존의 강력한 산화력에 의해 활성탄이 파괴되기 때문에 6개월에 1회 정도 활성탄을 교환해야 한다. 촉매분해법은 가온하에 금속표면에서 오존이 촉매분해되는 것을 이용하는 것으로서 금속은 망간계, 철계, 니켈계, 동-망간계 등이 촉매로 이용된다. 촉매는 자주 교환할 필요가 없어서 경제적으로 유리하다.

산소활성슬러지법의 경우 배오존은 산소원으로서 이용할 수 있다.

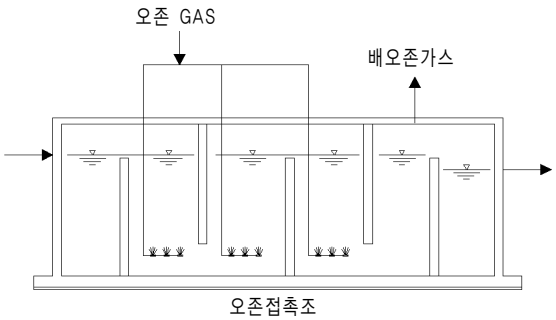
4－6.2 오존접촉방식의 형식

오존접촉방식은 아래와 같은 형식으로 분류되며 형식의 선정은 사용목적, 설치공간, 유지관리성을 고려하여 결정하여야 한다. 1) 산기식 접촉방식(디퓨저 또는 미세기포 장치 이용 등) 2) 가압식 접촉방식(전체가압 방식, 측면가압 방식)으로 구분한다.

☞ 해설

1)에 대하여

산기식 접촉방식은 <그림 4.36>에 주어진 바와 같이, 미세기공을 가진 디퓨져나 미세기포(microbubble)를 공급하는 장치를 이용하여 오존가스를 수중에 전달하는 방법으로써, 오존접촉조는 공급되는 오존과 유입수의 접촉이 원할히 이루어질 수 있는 구조로 하여야 한다. 접촉조(반응조)는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제의 수조 또는 스테인레스제의 밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다. 접촉수심이 클수록 좋지만 수심이 커질수록 오존발생장치에의 압력이 증가하기 때문에 오존발생효율이 저하하고 반응조에 오존을 주입하는 동력비가 증대한다. 따라서 반응조의 수심은 4~6m, 접촉시간은 10~20분 정도가 적당하다.

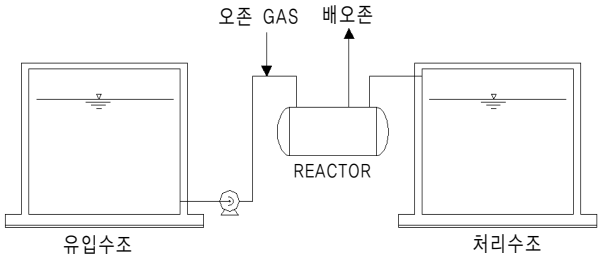


〈그림 4.36〉 산기식 오존접촉방식의 모식도

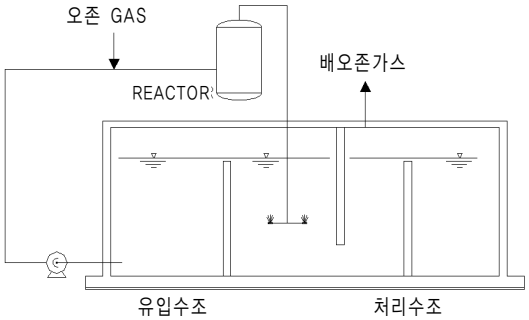
2)에 대하여

오존의 용해성을 높이기 위해 가압식 오존 용해탱크(reactor)를 이용하는 방법으로 처리유량 전체를 가압식 용해탱크에 주입하는 전체가압(Full stream) 방식과 처리유량 중 오존주입을 위해 일부 혹은 필요량을 가압식 용해탱크에 주입하는 측면가압(Side stream) 방식이 있다. 전체 가압식 방법은 <그림 4.37>에 주어진 바와 같이 처리유량 전체를 펌핑하여 인젝터 등으로 통과시키고 이때 인젝터 등에 오존을 주입시켜, 특수노즐이 부착된 가압식 용해탱크(reactor)에서 1~3분 정도 체류시켜 처리하는 방식으로 용해탱크는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제 또는 스테인레스

제의 완전밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다. 전량 가압반응시킴으로 동력소모량이 많이 소요되고, 시간별 유입유량이 변동하는 하수처리시설의 특성을 고려하여 오존공급시스템의 빈번한 단락이 발생하지 않도록 하여야 할 것이다.



〈그림 4.37〉 전체가압식 오존접촉방식의 모식도



〈그림 4.38〉 측면가압식 오존접촉방식의 모식도

측면 가압식 방법은 <그림 4.38>에 주어진 바와 같이 처리유량중 오존주입을 위해 일부 혹은 필요량을 펌핑하여 인젝터 등을 통과시키고 이때 인젝터 등에 오존을 주입시켜 특수노즐이 부착된 가압식 용해탱크(reactor)에서 1~3분 정도 체류시켜 처리하는 방식으로 용해탱크는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제 또는 스테인레스제의 완전 밀폐구조로 하여야 한다. 용해된 오존은 처리수조(반응조)에서 유입수와 접촉하도록 한다. 처리수조(반응조)는 내식성 및 안전성을 고려하여 콘크리트제의 수조 또는 스테인레스제의 밀폐구조로 설치하며 미반응된 오존이 외부로 누출되지 않도록 하여야 한다. 필요 유량만 가압반응시킴으로 동력소모량이 전체 가압식 방식에 비해 적게 소모된다. 또한 일정유량만 가압식 용해탱크에 유입하므로써 하수처리시설의 시간별 유량변동에 대응성이 우수하다.

4－6.3 오존발생설비

1) 원료가스공급장치는 필요한 원료가스를 공급하기에 충분한 용량으로 설계하고 효율 높은 운전이 가능하도록 하여야 하며 충분한 안전성을 갖도록 하여야 한다.
2) 오존발생장치는 발생효율이 높고 내구성, 안전성을 충분히 갖도록 하여야 하며 예비시설을 설치한다.
3) 오존발생장치의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 냉각장치를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

원료가스는 공기와 산소로 크게 구별되며 설비용량에 따라서 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 선정한다. 공기를 원료로 할 경우 수분이 오존발생장치내에서 오존의 발생을 방해하기 때문에 수분을 충분히 제거하여야 한다. 또한, 오존과 질소화합물과 결합하여 질산을 생성하는 경우 방전전극에 부착되어 오존발생효율이 저하된다.

2)에 대하여

공업용오존발생장치로는 전극의 구조에 따라 원통다관전극형, 평판전극형의 2가지로 분류된다. 원통다관전극형에는 유리관삽입형과 스테인레스관 유리라이닝형이 있고, 냉각방식은 수냉식이 적당하다.

평판전극형은 전극, 유도체가 평판에 배치되기 때문에 설치면적이 작고, 냉각방식은 공랭식이 적당하다.

오존발생장치는 장치의 점검, 수리, 고장 등을 고려하여 예비시설을 설치한다.

3)에 대하여

냉각방식은 공랭식과 수냉식이 있는데 일반적으로 공랭식은 구조가 간단하지만 풍량의 제약이 있기 때문에 중소형에 사용하고, 수냉식은 구조가 복잡하지만 효율이 좋기 때문에 중대형에 사용한다. 수냉식에는 일과식, 열교환기에 의한 순환식, 냉각탑에 의한 순환식이 있다.

[참고 4-7] 자외선(UV) 소독시설

4-7.1 소독수로

자외선(UV) 소독시설에서는 UV 램프 모듈이 설치되는 소독수로를 함께 설계해야 한다. 용량이 작은 하수처리시설에서는 스테인레스 스틸 재질의 반응조를 제작하여 최종방류수의 배관에 플랜지를 연결하여 사용할 수도 있으나 용량이 큰 하수처리시설에서는 철근콘크리트 구조물의 수로에 소독장비를 장착하여 운영한다. 모듈은 수개의 램프를 하나의 단위로 묶은 것이며 뱅크는 수개의 모듈이 합쳐져서 구성된다. 램프와 모듈, 뱅크의 규격은 설계시 제품의 특성을 충분히 파악하여 결정하여야 한다.

소독수로는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

1) 설계유량은 일최대하수량으로 하고 합류식의 경우에는 우천시의 설계 유량을 고려한다.
2) 수로의 치수는 설계 안전인자를 고려하여 UV 램프 모듈이 밀집하여 배치될 수 있고 적은 소요부지를 요하도록 설계한다.
3) 설계유량이 5,000m^3/d 이상인 경우에는 소독효과를 높이기 위해 두개 이상의 뱅크를 설치한다.
4) 수로 유입부에는 스크린을 설치하여 작은 부유물이나 조류 덩어리가 램프와 모듈 사이에 걸리는 것을 방지하며 유출부에는 수위조절장치를 둔다.
5) 수로에는 격자모양의 뚜껑을 덮어 유지관리를 용이하게 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

합류식 지역의 하수처리시설에서는 우천시 발생되는 유량을 일차침전지 및 우회 수로를 통해 소독시켜 방류시켜야 한다. 그러나 통상 우천시의 유량은 청천시 하수량의 3배에 달하므로 이를 모두 자외선으로 소독하는 것은 경제적으로 낭비가 된다. 또한 우회된 하수는 일차처리만을 거친 것이므로 탁도가 높아 이차처리수와 혼합하여 UV 소독을 하면 오히려 소독효과가 저하되어 비효율적이다. 따라서 이 경우 이차처리수만을 UV로 소독하고 우회 유량은 별도의 수로에서 비상 염소소독에 의해 소독을 하거나 그대로 방류시키는 것이 불가피하다. 비상시의 염소소독은 설비비가 적은 차아염소산나트륨 또는 차아염소산칼슘 소독이 바람직하다.

2)에 대하여

수로는 요구되는 램프 수의 배치형태에 의해 규격이 결정되고 자외선이 병원성 미생물을 소독할

수 있도록 체류시간을 충분히 가져야 한다. 저압램프의 경우는 처리 대상 수질에 따라 다르지만 4~14초로 광범위하고 중압램프의 경우에는 1초 내외로 하며 소독의 안전성 확보를 위하여 가급적 접촉시간이 길수록 유리하다.

램프 배열에 의해 수로 깊이가 지나치게 깊어지지 않도록 주의해야 하고 유속이 커져서 손실 수두가 커지지 않도록 수리계산을 적절히 수행하여 플러그흐름형 흐름을 유지하며 전체 영역에 걸쳐 자외선이 방사되어 소독될 수 있도록 UV설비에 적합한 구조를 가져야 한다. 수로의 규격은 UV설비 제작 회사에 따라 달라지므로 설계 전에 UV 제작설비업체에 문의하여 설계하여야 한다.

3)에 대하여

수로 내 뱅크를 두 개 이상 둠으로써 소독의 효과를 높이고 램프와 석영슬리브의 교체 및 청소 시 또는 기타 유지보수시 전수로를 폐쇄시키지 않고서도 작업할 수 있는 환경을 제공한다.

4)에 대하여

1차처리수를 소독할 경우에는 수로 상단에 전처리설비를 갖추면 조류와 작은 부유물이 램프 사이에 끼어 램프가 손상되는 것을 줄이고 오염도를 최소화시킬 수 있으며, 결국 자외선 소독의 효과를 증대시키게 된다. 그러나 통상적으로 이차처리수의 소독에는 전처리 설비를 하지 않는다. 또한 방류 수문을 설치하여 수위를 항상 일정하게 유지해야 하고, 살균에 효율적인 단면적을 제공하여 최종유출수가 소독되지 않고서 방류되는 것을 막을 수 있도록 한다. 또한 플러그흐름형 흐름을 도모하기 위해 자외선램프 전단부에 정류벽을 두는 것이 좋다.

5)에 대하여

수로 전체 길이에 걸쳐 격자상의 그레이팅을 설치하여 유지보수 및 운영자의 안전을 도모하며, 외부물질이 수로 내에 유입되어 소독에 영향을 미치지 않도록 한다. 이때 램프, 모듈 또는 기타 부수장비의 유지관리를 위한 적당한 공간이 수로 주변에 마련되어야 한다.

4－7.2 자외선(UV) 소독시설의 구성

자외선소독장치는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다. 1) 장치능력은 일최대하수량에 의하여 정한다. 단, 합류식 하수도의 경우에는 우천시의 설계유량을 고려한다. 2) 원수의 자외선투과율은 70% 이상을 표준으로 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

자외선소독장치는 대상수에 대한 자외선투과율에 의해 소독의 성능이 좌우되기 때문에 합류식하수도의 경우 SS가 높고 투과율이 낮은 우천시 월류수에 자외선소독을 적용할 때에는 충분한 고려

가 있어야 한다.

2)에 대하여

조사된 자외선은 하수중의 SS, 탁도를 갖는 유기성물질 등에 흡수되기 때문에 조사된 자외선이 모두 살균에 이용되지 않는다. 자외선의 소독효과는 하수의 성질, 접촉시간, 온도 및 자외선조사량에 의해 영향을 받는다. 소정의 자외선소독 효과를 얻기 위해서는 자외선 투과율이 70% 이상이 되어야 한다.

4-7.3 자외선(UV)램프의 종류

자외선램프는 저압(고출력을 포함)과 중압의 두 가지 종류가 있다.

1) 저압(고출력을 포함)자외선램프

2) 중압자외선램프

☞ 해설

하수처리수의 소독에 사용되는 램프는 현재 2가지 종류의 램프가 실용화되고 있다. 램프 점등시의 수은증기압에 의해 저압자외선램프, 중압자외선램프로 구별되며, 발생하는 자외선의 파장분포, 램프의 출력, 설치방법, 전력소비량 등이 다르기 때문에 각 처리장의 상황에 맞게 선택하여야 한다. 램프의 표준수명은 1~1.5년이 표준이다.

1)에 대하여

살균효과가 높은 260nm 부근의 자외선을 발생하기 때문에 에너지 효율이 높은 장점을 갖고 있다. 저압램프의 출력은 최대 100W(고출력의 경우 1kW) 정도이다. 저압자외선램프는 램프 표면의 온도가 낮고 석영 슬리브에 오염물질이 비교적 덜 부착되는 이점을 갖는다.

2)에 대하여

중압자외선램프는 비교적 에너지 효율이 낮지만 살균력이 있는 광역의 파장에 의해 램프당 소독력이 강하다. 램프 출력 2~3kW와 대출력의 램프가 있어서 대용량의 처리수를 대상으로 하는 경우에 유효하다. 램프 표면의 온도가 높고 석영슬리브에의 오염에 대한 세척장치가 필요하다.

4-7.4 장치의 형식

자외선소독장치는 아래와 같은 형식으로 분류되며 형식의 선정은 사용목적, 설치공간, 보수관리성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

1) 설치방식은 수로방식(channel) 및 탱크(tank)방식으로 대별된다.

2) 조사방식은 접촉식(contact) 및 비접촉방식(noncontact)으로 구분된다.
3) 램프의 설치방법은 수평과 수직의 두 가지 방법이 있다.
4) 램프와 유수의 관계는 평행 또는 직각으로 구분된다.

☞ 해설

자외선 소독장치의 형식은 장치의 설치방법에 따라 수로방식(channel)과 탱크(tank)방식으로 크게 구분된다. 또한 조사방식에는 램프가 석영관내에 장치되어 하수에 잠기는 형식인 접촉식(contact)과 하수가 자외선을 투과하는 튜브안으로 흐르고 램프는 튜브밖에 설치함으로서 튜브안의 하수를 조사하는 방식인 비접촉식(noncontact)이 있다.

[참고 4-8] 일차침전지

4-8.1 형상 및 지수

침전지의 형상 및 지수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 형상은 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다.
2) 직사각형인 경우 폭과 길이의 비는 1 : 3 이상으로 하고, 폭과 깊이의 비는 1 : 1~2.25 : 1 정도로, 폭은 슬러지수집기의 폭을 고려하여 정한다. 원형 및 정사각형의 경우 폭과 깊이의 비는 6 : 1~12 : 1 정도로 한다.
3) 침전지 지수는 최소한 2지 이상으로 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

형상은 처리장의 규모, 부지면적 및 시설의 전반적인 배치에 따라 원형, 직사각형 또는 정사각형으로 한다. 이때 침전지내에서 단락류(Short circuiting)나 국지적인 와류가 발생되지 않도록 저류판의 설치 등 설계시에 각별한 유의를 한다.

2)에 대하여

직사각형의 경우 길이에 비해 폭이 지나치게 크면, 지내의 흐름이 불균등하게 되어 정체부가 많이 발생되고 이로 인해 편류 등이 발생하여 침전효과가 저하된다. 이러한 사항을 고려하여 폭과 길이의 비는 1 : 3 이상으로 하고, 폭은 체인플레이트식 슬러지수집기를 채용하는 경우 슬러지수집기의 폭을 고려하여 3~4m를 표준으로 하되 5m 정도를 최대로 한다. 또한 침전지폭은 지수에 영향을 미치므로 필요 없는 세분화는 피하여야 한다.

침전지가 원형 및 정사각형인 경우 중심부로 하수가 유입될 때 유체의 유속이 충분히 감소되도록 유입지역을 충분히 크게 한다. 단, 수심을 지나치게 크게 할 경우 지내의 흐름이 불균일하게 되고 이에 따라 정체부가 증가되어 침전효과가 저하될 수 있다. 수류상태를 균일하게 하고 침전효과를 높이기 위해서는 한 변의 길이(폭)과 깊이의 비를 6 : 1~12 : 1 정도로 하는 것이 좋다.

3)에 대하여

청소, 수리, 개조 등을 위하여 최소한 2지 이상으로 한다.

4－8.2 구조

침전지의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 침전지는 수밀성 구조로 하며 부력에 대해서도 안전한 구조로 한다.

2) 슬러지를 제거시키기 위해 슬러지수집기를 설치한다.

3) 슬러지수집기를 설치하는 경우의 침전지 바닥 기울기는 직사각형에서는 1/100~2/100으로, 원형 및 정사각형에서는 5/100~10/100으로 하고, 슬러지 호퍼(hopper)를 설치하며, 그 측벽의 기울기는 60° 이상으로 한다.

4) 악취대책 및 지역특성을 고려하여 복개를 검토할 수 있다.

5) 초기운전대책으로 우회수로(by－pass line)의 설치를 검토할 수 있다.

☞ 해설

1)에 대하여

지하수위가 높은 경우 부력에 대한 안전성을 높이기 위해 구조물의 자중을 크게 함과 동시에 구조물의 마찰저항을 증대시키거나 구조물을 기초에 정착시킴 등을 고려할 수 있다.

2)에 대하여

침전된 슬러지가 장시간 체류하게 되면 부패현상이 일어날 수 있으므로 이러한 부패현상을 막고 또한 유효침전 구역을 되도록 넓게 하기 위해서 침전된 슬러지는 신속히 슬러지수집기를 이용하여 제거한다.

3)에 대하여

조의 바닥은 침전된 슬러지를 어느 한쪽으로 모으기 쉽게 적당한 기울기를 두는 것이 바람직한데 원형인 경우 8/100가 가장 일반적이며, 만약 침전된 슬러지를 농축시키기 위해서는 17/100까지 증가시킬 수 있다. 또한 침전된 슬러지를 진공펌프 등으로 제거시키는 경우에는 기울기가 비교적 완만하므로 사용되는 슬러지수집기와 관련하여 결정한다. 직사각형 침전지에서는 한쪽의 수심이 너무 깊게 될 수 있으므로 원형 및 정사각형 침전지보다 기울기를 완만하게 한다. 또한 호퍼의 기울기는 긁어모은 슬러지가 경사부에 퇴적되지 않게 수평에 대하여 60° 이상으로 한다.

4)에 대하여

처리장의 악취대책 및 지역특성을 고려하여 일차침전지상부 및 유입, 유출수로를 복개할 수 있다. 이 경우 조나 수로내면의 콘크리트면에는 방식처리 등이 필요하다. 또한 환기 및 탈취설비를 설치할 수 있다. 한편 한랭지역에서의 수온저하방지대책으로 복개를 할 경우에는 건설비 및 유지관리비가 증가하므로 충분한 검토가 필요하다.

5)에 대하여

가동초기에는 유입수량 및 유입수질이 계획수량 및 계획수질에 도달하지 못하는 경우가 많아 반응조의 생물처리에 필요한 영양원을 확보할 수 없는 경우가 발생한다. 이 경우 일차침전지를 거치

지 않고 우회수로를 통하여 원수를 직접 반응조로 유입시켜 처리효과를 향상시켜야 한다. 그러나 이때 협잡물이 반응조에 유입되지 않도록 스크린설비의 설치 등을 고려할 수 있다.

4－8.3 표면부하율

표면부하율은 계획1일 최대오수량에 대하여 분류식의 경우 35~70m^3/m^2・d, 합류식의 경우 25~50m^3/m^2・d로 한다.

☞ 해설

침전에 의해 부유고형물(SS)을 제거하는 경우 제거율은 입자의 침강속도와 침전지에서의 체류시간에 의해 정해진다. 기준이 되는 입자의 침강속도는 유입유량을 침전지의 표면적으로 나눈 표면부하율로 중요한 설계인자가 된다. 지의 용량은 우선 표면부하율을 정한 다음 유효수심과 침전시간을 고려하여 정한다. 표면부하율이 지나치게 적을 경우, SS제거율은 향상되나, 반응조내 유입 부유물질량이 감소하여 활성슬러지의 침강성이 저하되어 최종침전지에서의 고액분리가 곤란한 경우가 발생될 수 있다. 따라서 일차침전지의 적정 표면부하율은 하수의 수질, 침강성 물질의 비율, SS농도 등에 의해 달라진다. 분류식의 경우 SS제거율이 높아지면 반응조유입수의 BOD/SS비가 상승하여 벌킹의 원인이 되기도 하고 활성슬러지의 SVI가 높게 되어 처리수질을 악화시킬 수도 있으므로 표면부하율은 35~70m^3/m^2・d를 기준으로 한다.

한편 합류식에서는 우천시 처리 등을 고려하여 표면부하율 25~50m^3/m^2・d를 기준으로 한다.

4－8.4 유효수심

유효수심은 2.5~4m를 표준으로 한다.

☞ 해설

침전효과는 침전지의 표면적에 좌우되고 깊이에는 큰 영향이 없다고 하나, 실제 침전지 깊이가 너무 얕으면 유체의 흐름에 의해 영향을 받거나 슬러지를 제거할 때 슬러지가 부상할 수도 있다. 또한 온도, 풍향 등의 외적 환경영향을 크게 받을 수 있어 침전효과가 감소될 수도 있다. 유효수심이란 침전지에서 가장 얕은 부분의 수심을 말한다.

4－8.5 침전시간

침전시간은 계획1일 최대오수량에 대하여 표면부하율과 유효수심을 고려하여 정하며, 일반적으로 2~4시간으로 한다.

☞ 해설

침전시간에 대한 표면부하율과 유효수심의 상호관계는 [표 4.38]과 같다.

〔표 4.38〕 유효수심과 표면부하율 및 침전시간과의 관계

유효수심 / 표면부하율($m^3/m^2 \cdot d$)	침전시간(h)			
	2.5m	3.0m	3.5m	4.0m
25	2.4	2.9	3.4	3.8
30	2.0	2.4	2.8	3.2
40	1.5	1.8	2.1	2.4

침전시간을 길게 할수록 SS의 제거효율은 높아지는 반면, 시간이 너무 길면 침전지의 크기가 커지는데 비해 효율이 별로 증가하지 않고 침전된 슬러지가 부패하여 오히려 수질악화를 초래하는 경우가 생긴다. 따라서 침전시간은 침전시키려는 하수의 수질 등을 고려해서 정하여야 하지만 분류식에 있어서 일반적으로 1.5시간 정도로 하며, 합류식의 경우에는 계획1일 최대오수량에 대하여 3시간 정도로 하면, 우천시 계획오수량에 대해 30분 이상의 침전시간 확보가 가능하게 된다([표 4.39] 참조).

〔표 4.39〕 계획하수량에 의한 처리방법별 침전시간

분류식하수도	합류식하수도	
계획1일 최대오수량	계획1일최대오수량	우천시계획오수량
1.5시간	3.0시간	0.5시간

4－8.6 여유고

침전지 수면의 여유고는 40~60cm 정도로 한다.

☞ 해설

여유고를 필요이상 두게 되는 경우에는 시설비를 증대시키며 유지관리상 불편하다. 따라서 여유

고는 수위의 변화 및 바람에 의한 요소 등을 고려하여 40~60cm 정도로 한다. 또한 구조보가 있을 경우의 여유고는 별도로 고려할 필요가 있다.

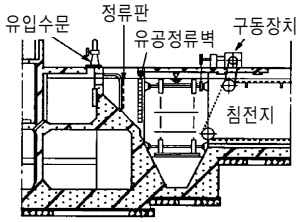
4－8.7 정류설비

정류설비에 대하여 다음 사항을 고려한다.

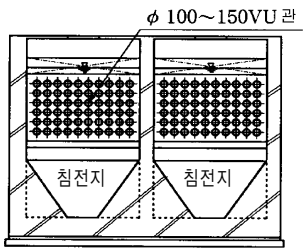
1) 직사각형 침전지와 같이 하수의 유입이 평행류인 경우에는 저류판 혹은 유공정류벽을 설치한다.
2) 원형 및 정사각형 침전지에서와 같이 하수의 유입이 방사류인 경우에는 유입구의 주변에 원통형 저류판을 설치한다.

☞ 해설

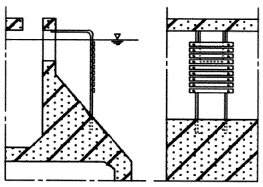
정류설비는 유입수를 단면전체에 대해 균등하게 분포시켜 침전지로 유입하는 유체의 흐름을 층류(Laminar flow)로 유지시키기 위하여 설치하는 것이다. 정류설비 설치시 와류가 발생되지 않도록 하여야 하며 침전지내의 유효침전구역을 좁히지 않도록 한다.



〈그림 4.39〉 침전지유입부의 예



〈그림 4.40〉 유공정류벽의 예



〈그림 4.41〉 정류판의 예

1)에 대하여

직사각형 침전지의 경우는 유입된 하수가 침전지의 전체 폭에 균일하게 도달하게 하기 위해 유공정류벽을 설치한다. 유공정류벽을 사용하는 경우에는 구멍의 면적을 저류판 면적의 6~20% 정도로 한다. 저류판에 의해 유효침전구역으로 유입되는 하수의 유속은 0.08m/s 이하가 되도록 하며, 유입지역에서의 유속은 1m/s 정도로 한다. 2개 이상의 침전지인 경우는 유입량을 균등하게 하기 위해서 유입구에 수문을 설치하여 조정하는 것이 좋다. 또한 유입부에 스컴이 체류하지 않도록 구조적으로 고려하여야 한다.

2)에 대하여

원형침전지의 정류통의 직경은 침전지 직경의 15~20%, 수면 아래의 침수 깊이는 90cm 정도가

되도록 설치한다. 정류통을 수면 아래로 너무 깊게 하면 침전된 슬러지를 부상시킬 우려가 있고, 너무 낮게 하면 단락류가 발생할 우려가 있으므로 주의해야 한다.

4－8.8 유출설비 및 스컴제거기

유출설비 및 스컴제거장치는 다음 사항을 고려하여 설치한다. 1) 유출부분에는 월류위어와 스컴저류판(Scum baffle), 스컴제거기를 설치한다. 2) 스컴저류판의 상단은 수면위 10cm, 하단은 수면아래 30~40cm 가량 되도록 설치한다. 3) 월류위어의 부하율은 일반적으로 250m^3/m・d 이하로 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

침전지내의 유속이 불균일하게 되는 주요 원인은 유입과 유출설비를 불량하게 설치하기 때문이며 이로 인하여 침전지내에 난류상태가 발생한다. 유출설비는 침전지의 전면적에 대하여 유체가 일정하게 유출되도록 하여 균일한 유속을 유지시키기 위하여 설치하는데 주로 월류위어가 사용되고 있다. 월류위어의 수심이 낮을 경우 바람 등의 영향으로 위어전체길이에 대해 일정한 월류수량을 확보하기 어렵기 때문에 보통 위어의 상부를 파형으로 하는 삼각위어로 하고, 수위변동 및 구조물의 부등침하 등에 대응하기 위하여 보통 상하로 조정 가능한 구조로 된 철판이나 플라스틱판을 사용한다.

한편, 하수중의 부유물질중 가볍거나 슬러지가 부패하면 부상하여 스컴이 되므로, 유출설비 앞에서 스컴이 유출되지 않도록 스컴저류판을 설치함과 동시에 스컴제거기를 설치한다.

2)에 대하여

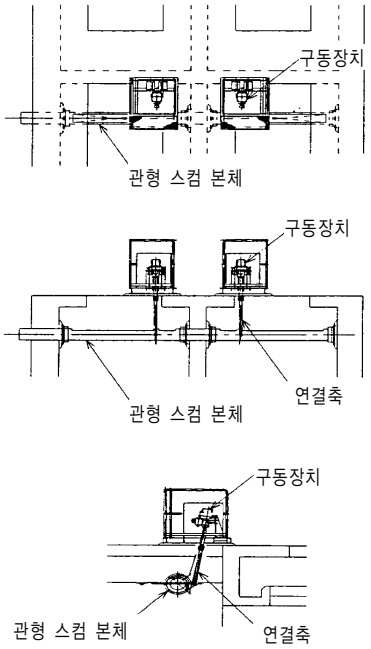
스컴은 자연적으로 월류위어 쪽으로 모이게 되므로 월류위어의 전면에 스컴저류판을 수면 위 10cm, 수면 아래 30~40cm 정도로 설치하는데, 스컴저류판에 놓인 스컴은 침전된 슬러지를 수집하는 슬러지수집기의 구동장치와 연결시킨 스컴제거기(skimmer)로 일정한 곳으로 수집하여 제거할 수 있도록 한다. 스컴제거기는 동력식인 전동식 및 공기작동식인 파이프스키머(Pipe skimmer)등이 있으나, 최근에는 무동력식이 유지관리비가 적게 들어 많이 채용되고 있다. 제거된 스컴은 수분을 최대한 제거한 뒤 적절한 처분이 될 수 있도록 고려하여야 한다.

3)에 대하여

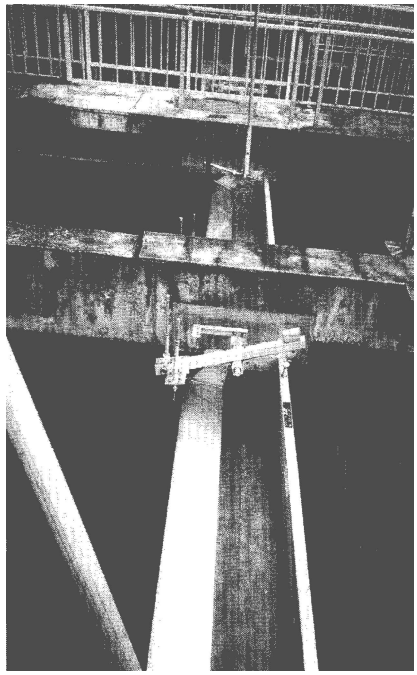
위어의 월류수심이 높게 되면 위어로 향하는 접근속도가 크게 되어 침전성물질의 부상을 동반하게 된다. 따라서 미립자의 부상효과를 억제하고 침전효율을 높이기 위해서는 월류길이당의 월류량(월류부하)를 작게 하는 것이 필요하다. 일반적인 월류부하는 250m^3/m・d 이하로 한다.

한편 월류위어는 침전지의 후방에 설치하나, 지면적에 대해 필요한 위어길이가 길기 때문에 물

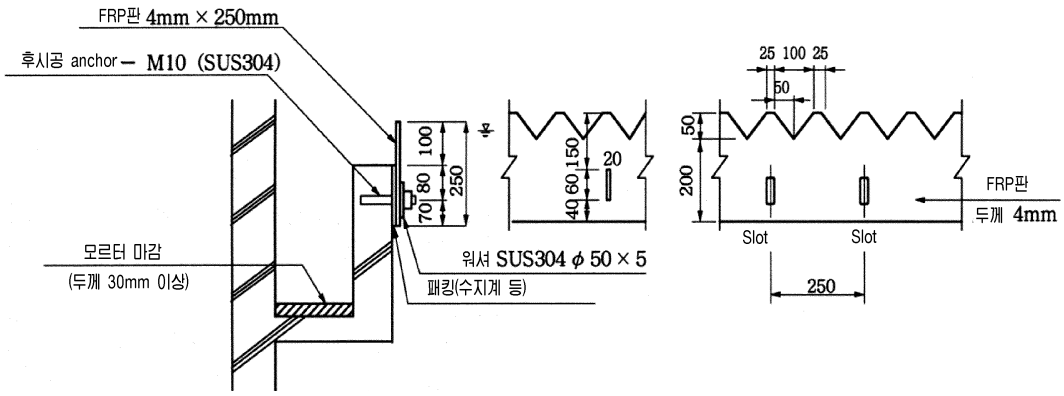
의 흐름방향에 대해 몇 개의 유출 트라프(trough)를 설치하여 그 위에 위어를 설치하는 것이 좋다. 또 원형침전지의 경우 위어의 길이는 원주로 하는 것이 바람직하다.



〈그림 4.42〉 스컴제거장치의 예



〈그림 4.43〉 스컴제거장치(무동력방식)의 예



〈그림 4.44〉 월류위어의 예

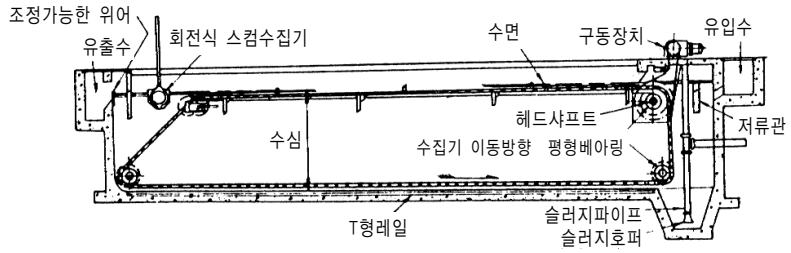
4－8.9 슬러지수집기

1) 직사각형지의 경우에는 연쇄(chain－flight)식이 좋다. 2) 원형지 및 정사각형지의 경우에는 회전식으로 한다. 3) 수집기의 이동속도는 침전된 슬러지가 교란되지 않을 정도로 한다.

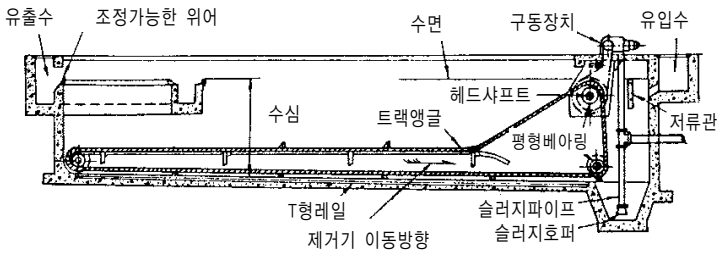
☞ 해설

1)에 대하여

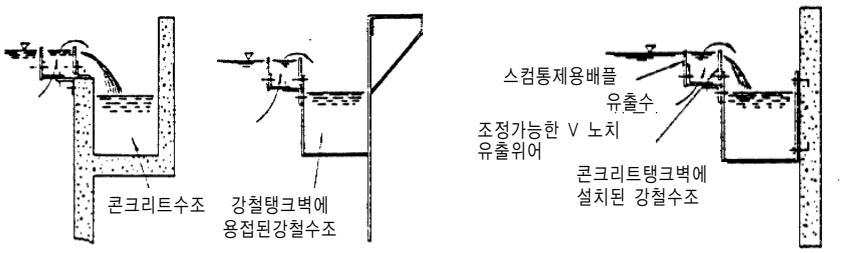
직사각형 침전지의 경우 연쇄(chain－flight)식을 많이 채용하고 있다. 연쇄체인의 재질은 과거에는 금속물이 많았으나 최근에는 내마모성 및 내부식 등에 탁월하고, 경량화등으로 작업성이 우수한 스테인레스 및 합성수지체인 등이 많이 사용되고 있다. 지수가 많은 경우에는 연쇄(chain－flight)구



(a) 스컴제거장치가 포함된 컨베이어 슬러지수집기

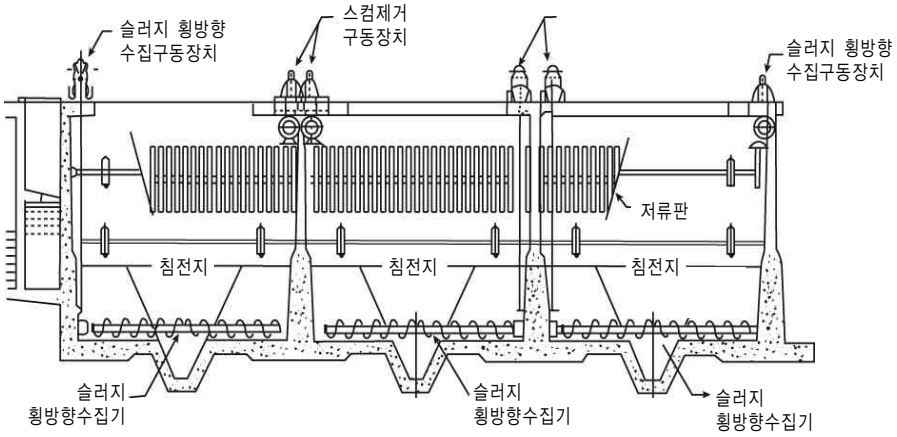


(b) 스컴제거장치가 포함된 컨베이어 슬러지수집기

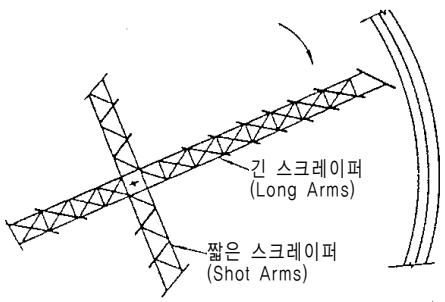


(c) 월류위어 세부도

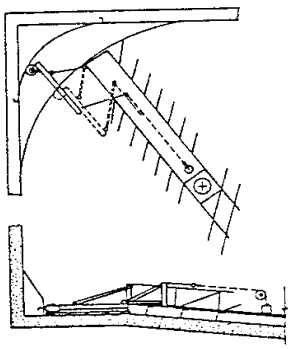
〈그림 4.45〉 컨베이어 슬러지 수집기



〈그림 4.46〉 슬러지 횡방향 수집기



〈그림 4.47〉 짧은 길이의 스크레이퍼



〈그림 4.48〉 코너 스위퍼(Corner sweeper)

동장치에 2지의 연쇄체인을 연결하는 2지1구동방식을 채용하는 경우가 많다. 특히 지수가 많은 대규모처리장의 경우 종방향의 복수의 슬러지수집기가 긁어모은 슬러지를 횡방향으로 설치된 슬러지 수집기로 수집하는 방식도 많이 채용되고 있다.

2)에 대하여

원형침전지 및 정사각형침전지의 경우 회전식이 이용되고 있고 지 중앙의 지주를 축으로 회전하여 순차적으로 슬러지를 중앙으로 수집하게 된다. 구동방식은 기계설비를 중앙지주위에 두는 중앙구동방식과 원주에 놓는 주변구동방식이 있으나 주로 큰 원형침전지에는 주변구동방식을 이용하는 것이 좋다.

3)에 대하여

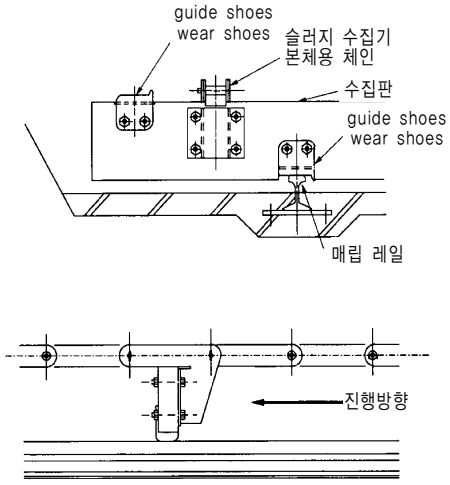
슬러지수집기의 속도는 침전물의 침전을 방해하거나 침전된 슬러지가 뜨거나 또는 스컴이 발생하지 않을 정도로 완만하게 한다. 직사각형 침전지에서 슬러지수집기의 속도는 연쇄(chain－flight)

식의 경우 0.3~1.2m/min 정도, 원형침전지에서 스크레이퍼(scraper)의 원주속도는 1.5~3.0m/min, 회전속도는 1~3회/h가 적당하다. 원형침전지에서 직경이 매우 큰 경우에는 원주속도를 1.5~3.0m/min으로 유지시키면 침전지의 중심부분에는 거의 속도가 없게 되므로 <그림 4.47>과 같이 짧은 길이의 스크레이퍼를 더 설치하는 방법도 있다. 슬러지수집은 스크레이퍼를 이용하는 방법 외에도 수두차를 이용하여 슬러지를 스크레이퍼에 설치된 관을 통하여 흡입시키는 방법도 있다. 만약 직사각형인 침전지에 회전식 슬러지수집기를 설치할 때에는 <그림 4.48>에 나타난 바와 같이 구석진 곳에 쌓인 슬러지를 제거하기 위해 특별히 고안된 코너-스위퍼(corner-sweeper)를 설치하여 구석에 침전한 슬러지를 수거한다.

4-8.10 슬러지 배출설비

슬러지수집기에 의하여 모아진 슬러지는 다음 사항을 고려하여 배출한다.

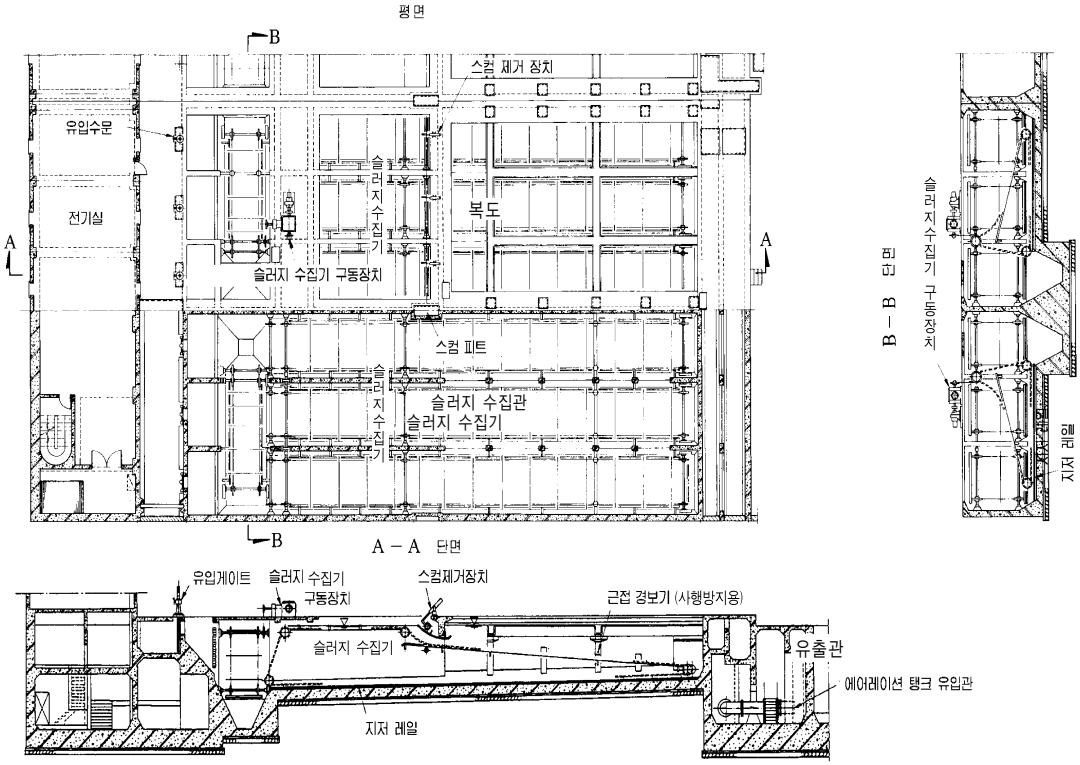
1) 슬러지배출을 위해서 펌프를 사용한다.
2) 슬러지배출관은 부식, 스케일 형성 등에 문제가 적은 관을 사용하여야 하며, 직경은 최소한 150mm 이상으로 한다.
3) 배출관은 폐색되기 쉬우므로 청소가 용이하도록 배관하여야 하고, 적당한 장소에 점검구 및 압력수 세척배관을 설치한다.



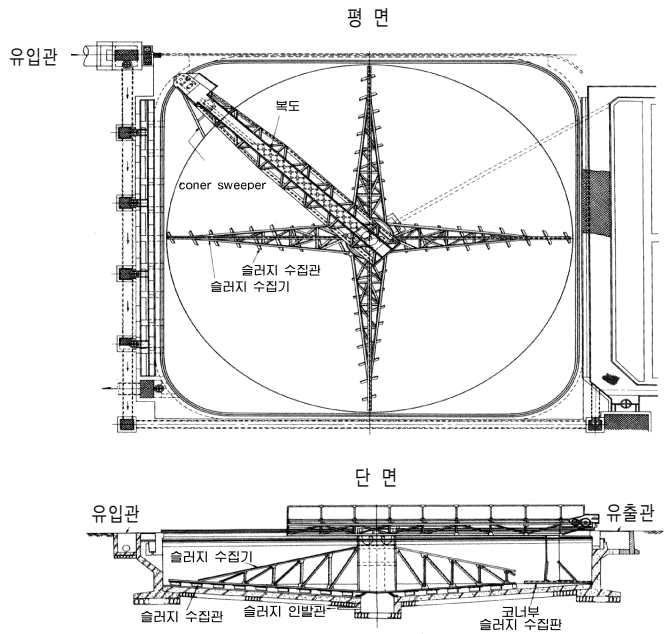
〈그림 4.49〉 슬러지수집기와 수집부의 예



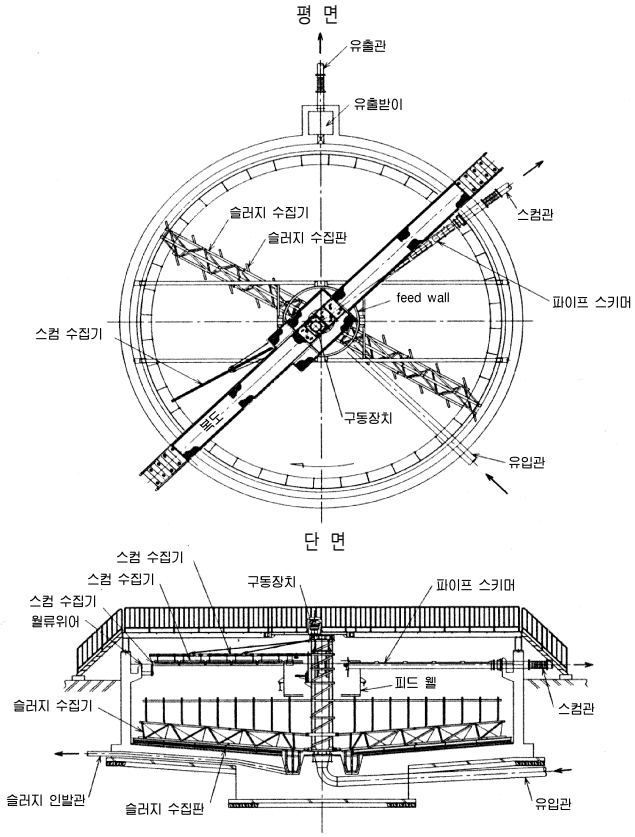
〈그림 4.50〉 체인플라이트식 슬러지 수집기의 예



〈그림 4.51〉 체인플라이트식 슬러지 수집기의 예



〈그림 4.52〉 주변구동식 슬러지 수집기의 예



〈그림 4.53〉 중앙구동식 슬러지 수집기의 예

☞ 해설

1)에 대하여

일차침전지슬러지는 이차침전지슬러지에 비해 무기질을 다량 포함하여 비중이 크고 큰 협잡물이 다량 포함되어 있으므로 수위차에 의한 슬러지배출은 폐색이 되기 쉽고, 특히 우천시에는 배출관의 폐색이 심화될 수 있으므로 일차침전지의 슬러지는 펌프에 의한 강제배출을 기본으로 한다. 펌프를 사용하여 슬러지를 뽑아내는 경우에는 침전지 수위보다 낮은 곳에 펌프를 설치하며 슬러지를 쉽게 뽑아내기 위하여 침전지 하부에 슬러지호퍼를 설치한다. 슬러지 관에는 일정한 주기로 개폐시킬 수 있도록 수동식 혹은 자동식으로 개폐가 가능한 밸브를 설치한다.

또한 발생슬러지량은 유입수량 및 수질의 변동, 강우 등에 의한 영향으로 통상의 2배 정도 증가할 수 있으므로 배출설비는 이를 고려하여야 한다.

2)에 대하여

관의 부등침하 및 부식 등에 의한 문제가 없도록 견고하고 내식성을 갖는 재질을 사용하며, 관경은 슬러지에 의해 폐색되지 않을 정도로 하며 150mm 이상으로 한다.

3)에 대하여

슬러지배출관은 청소가 쉽도록 배관하며, 관이 막혔을 때는 압력수나 공기 또는 막대기를 이용하여 쉽게 청소할 수 있도록 배관의 굴곡부 등에 청소구를 설치한다. 또한 슬러지 배출관은 슬러지 호퍼의 하부에 쌓인 토사 등에 의해 막히지 않도록 호퍼하부로부터 30㎝ 이상의 위치에 설치한다.

제5장

발전소 온배수 재이용시설

제5장 발전소 온배수 재이용시설

5.1 총설

5.1.1 목적

발전소 온배수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설, 공급관로 등에 대한 계획·설치·설계 및 유지관리의 적절한 수행을 유도하며, 이를 통해 적정한 발전소 온배수 재이용시설의 운영·유지관리를 위한 방안 및 업무 처리의 효율성을 제고하는데 그 목적이 있다.

☞ 해설

유입되는 원수의 오염성분은 다양하므로 하나의 독자적인 처리 공정으로 원수를 처리하기는 어려우며 일반적으로 발전소 온배수 재이용시설은 유입되는 원수의 오염성분을 고려하여 각각의 오염성분에 대응되는 처리공정을 조합하여 계획한다.

5.1.2 적용범위

발전소에서 발전소 온배수를 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하기 위한 시설은 아래와 같다.

1) 발전소 온배수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설
2) 발전소 온배수 재이용수 공급관로

☞ 해설

1)에 대하여

발전소 온배수를 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 정한 「온배수 재이용수 수질기준」 및 수요처의 요구수질에 적합한 재이용수를 생산할 수 있는 적정한 처리시설 및 그에 따른 부속시설을 포함한다.

2)에 대하여

생산된 온배수 재이용수를 공급하기 위한 별도의 공급관로를 말한다.

5.1.3 발전소 온배수의 특성

발전소 온배수의 온도차는 자연해수 수온보다 8~15℃가 높으며, 온배수는 주변 수역과 인근의 식물 및 동물상에 영향을 미칠 수 있다.

☞ 해설

발전소에서 터빈을 가동하고 나온 증기를 다시 물로 응축할 때 냉각수로 해수를 사용하며, 사용 후 온도가 약 8~15℃정도 상승하여 바다로 배출되는 것을 온배수라 한다. 냉각수로 사용되는 온배수는 단지 복수기 안에서 발전계통과 분리된 배관을 통과하면서 터빈에 사용된 증기를 식혀주는 냉각수로 사용된 후 다시 바다로 배출되기 때문에 발전계통으로 인한 인위적인 오염은 없다. 그러나 열교환에 의해 자연해수 보다 수온이 상승하기 때문에 주변 해역의 수온 분포를 변화시키므로 해양생태계에서 직접 또는 간접적으로 영향을 미친다.

발전소 온배수의 최고 온도는 냉각수를 취수하는 주변 수역의 자연 수온과 물의 단위 체적 당 전달되는 열의 양에 따라 좌우된다. 미국의 원자력 발전소에서는 온배수로 인한 수온 상승(△T)이 6~17℃의 넓은 범위로 나타나고 화력발전소의 배수 온도 역시 이와 유사한 범위를 보이지만 생성되는 단위 전력량 당 손실되는 열의 양은 적다. 영국과 다른 유럽 국가들에서는 온배수의 수온 상승이 8~12℃이며, 원자력 발전소에서는 15℃에 이른다. 전 세계적으로 많은 발전소에서는 수문학적 요인 때문에 발전소에서 배출된 온배수가 취수구로 재순환되는 경우가 있고, 그 결과 냉각 계통의 수온 상승이 비교적 일정하더라도 취수 온도 상승에 의한 배수 온도의 상승이 일어난다. 지금까지 조사된 자료를 종합해 볼 때 발전소에서 배출되는 냉각수의 온도는 지역에 따라 달라서 한대 지역의 약 12℃부터 아열대 또는 열대 지역의 42℃까지 넓은 범위로 나타나며, 온대 지역에서는 여름철 최고 수온이 30~38℃의 범위를 보이고, 위도에 따라 그리고 냉각 계통의 설계에 따라 최고 온도가 40℃를 초과하는 경우도 있다.

우리나라는 온배수 배출기준 및 관리지침이 없고 오염물질인 폐수의 배출온도를 40℃로 규정(「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」)하고 있으며, 미국의 온배수 관리 방법은 각 주마다 상이하지만 모두 Clean Water Act's(CWA)의 연방정부수질오염관리법(2002.11.27)의 Section 402 "National pollution discharge elimination system"에 근거를 두고 있다. 본 조항의 주목적은 현존하는 기술력에 근거하여 규제 대상 수역의 효율적 이용을 유도하는 것으로 배출구가 위치한 지점에서의 규제보다는 배출된 물질이 희석되어 가는 확산구역에서의 규제를 중요시 하고 있다(EPA, 2002). 기술력에 근거한 규제에 더하여 모든 오염물질의 배출 허가를 받은 자들은 연방정부의 규제보다 더 엄격한 다음 표에 제시한 주 정부의 수질표준을 준수해야 한다.

〔표 5.1〕 미국의 주별 온배수 수온 규제 기준

주 명	개정시기	△T 상한	최대수온	비고
워싱턴	1997	AA급[3] : 13℃ A급 : 16℃	AA급 : 13.0℃ A급 : 16.0℃	AA급 : 상승속도 t=8/(T−4) A급 : 상승속도 t=12/(T−2) 최대 수온 0.3℃ 이상 상승금지
오리곤	2004	수산 생물에 영향 없다는 것을 증명 못할 경우 < 0.3℃		
캘리포니아	1971	11℃	30℃	혼합구역[4] 0.5℃ 등온선 표시, 배출구 1,000ft 이내 < 2.2℃
메인	1996	6−9월 : 0.8℃ 10−5월 : 4℃	29.4℃	−
마사츄세츠	2001	1급 : 0.8℃ 2급 : 2.2℃	29.4℃	평균 일간최고수온 < 26.7℃
로드아일랜드	2000	6−9월 : 0.9℃ 10−5월 : 2.2℃	28.3℃	−
코네티컷	2002	7−9월 : 2.2℃	28℃	수산 생물에 영향 없다는 것을 증명 못할 경우 < 0.8℃
뉴욕주	1991	7−9월 : 0.8℃ 10−6월 : 2.2℃	32.2℃	−
뉴저지	2004	6−8월 : 0.8℃ 9−5월 : 2.2℃	26.7℃	해안 1,500ft 이내 배출금지
델라웨어	2004	6−8월 : 0.8℃ 9−5월 : 2.2℃	29.4℃	자연수온 > 29.4℃ 배출금지
메릴랜드	2002	어로구역 < 32.2℃, 연어류 서식지 < 20℃		
버지니아	2004	3℃	32℃	상승속도 < 2℃/시간
노스캐롤라이나	2004	6−8월 : 0.8℃ 9−5월 : 2.2℃	32℃	−
사우스캐롤라이나	1999	여름 : 0.8℃ 기타 : 2.2℃	32.2℃	특급수질해역 < 2.7℃
조지아	2004	2.7℃	32℃	−

3) 수질의 청결도에 따라 AA급, A급, B급 및 C급의 4단계로 구분하여 관리함. AA급(항상 일정하게 모든 사용 목적에 요구되는 수질 보다 뚜렷하게 청정한 최상급의 수질), A급(모든 사용 목적에 부합되는 깨끗한 수질), B급(대부분의 사용 목적에 적합한 일반적인 수질), C급(제한된 목적에 부합하는 수질)

4) 배출된 온배수가 자연해수에 적절하게 희석될 수 있도록 허용한 구역으로 온배수 배출자가 환경영향평가를 통하여 관계 당국에 요청하여 허가받은 해역임

〔표 5.2〕 국내 발전소 온배수 배출현황(2011)

회사별	발전소	설비용량(천KW)	소재지	온배수배출량(톤/일)	비고
한국중부발전	보령화력	5,350	충남 보령시 오천면 오포리	13,381,057	
	인천화력	1,512	인천광역시 서구 원창동	2,446,556	
	서울화력	387	서울특별시 마포구 당인동	286,649	
	서천화력	400	충남 서천군 서면 마량리	814,693	
	제주화력	285	제주자치도 제주시 삼양1동	623,030	
	합계	7,943	-	17,551,985	
한국서부발전	태안화력	4,000	충남 태안군 원북면 방갈리	9,763,893	
	평택화력	1,880	경기 평택시 포승읍 원정리	1,616,959	
	서인천화력	1,800	인천광역시 서구 경서동	1,941,548	
	군산화력	718	전북 군산시 경암동	642,245	
	합계	8,398	-	13964645	
한국동서발전	당진화력	4,000	충남 당진시 석문면 교로리	8,415,197	
	울산화력	3,000	울산광역시 남구 남화동	2,828,797	
	호남화력	500	전남 여수시 원례동	1,824,000	
	동해화력	400	강원 동해시 구호동	1,149,479	
	일산열병합	900	경기 고양시 일산동구 백석동	413	
	합계	8,800	-	14,217,886	
한국남동발전	삼천포화력	3,240	경남 고성군 하이면 덕호리	7,765,418	
	영흥화력	3,340	인천시 옹진군 영흥면 외리	9,656,589	
	영동화력	325	강원 강릉시 강동면 안인리	655,639	
	여수화력	528	전남 여수시 삼일동	480,480	
	분당복합	922	경기 성남시 분당구 분당동	0	
	합계	8,355	-	18,558,126	
한국남부발전	하동화력	4,000	경남 하동군 금성면 가덕리	8,964,000	
	신인천화력	1,800	인천광역시 서구 경서동	1,899,000	
	부산천연가스	1,800	부산광역시 사하구 감천동	1,790,000	
	영남화력	400	울산광역시 남구 매암동 29	266,000	
	남제주화력	240	제주도 남제주군 안덕면 화순리	516,000	
	한림	105	제주도 제주시 한림읍 동명리	0	
	영월천연가스	848	강원 영월군 영울읍 정양리	10,000	
	합계	9,193	-	13,445,000	
합계	26개소	42,680		77,737,642	

5.2 일반사항

5.2.1 기본요건

1) 발전소 온배수 재이용 사업을 하려는 자는 발전소 온배수 공급대상 발전 사업자와 재이용 설치에 관한 제반사항에 대해 협의하고, 그 협의 조건을 사업계획에 반영하여야 한다.
2) 발전소 온배수 재이용 사업자는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 정한 "온배수 재이용수 수질기준" 및 수요처의 요구 수질 및 수량에 맞추어 공급함을 원칙으로 하되 불가피하게 공급하지 못하는 상황에 대비하여 기존의 용수공급 라인을 비상용으로 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.
3) 발전소 온배수 재이용시설은 수요자의 관점에서 수질상의 안정성 및 시설의 총체적인 합리성, 안정성 및 경제성을 확보해야 한다.
4) 설치하는 장소에 대해서는 가능한 청정한 발전소 온배수를 취수할 수 있어야 하며, 농축된 냉각수를 방류하는 데 따른 환경영향을 고려하여야 한다.
5) 운영비용을 저감시키기 위하여 에너지 절약대책을 강구하고 회수율을 높이는 등 에너지 효율을 극대화하는 방안을 강구하여야 한다.
6) 시설 또는 배관의 부식방지 대책을 강구하여야 한다.
7) 발전소 온배수 재이용 시설은 운전정지 등을 고려 2계열 이상으로 하여 자연재해, 기기의 사고, 수질사고 등에 대한 안전대책을 강구하고 시설에 기인되는 소음 등 환경에 영향을 미치지 않도록 유의한다.

☞ 해설

발전소 온배수 재이용 사업계획 수립 시 온배수 재이용수의 원활한 순환 이용을 도모하려면 유지관리의 적정화 및 오접이나 오음 방지 등 안전 관리의 적정화에 대해서도 충분히 고려해야 한다. 발전소 온배수 재이용시설은 다른 시설에 비하여 부식, 스케일, 슬라임 등 각 시설물에 미치는 기능 장애요인이 많다. 따라서 발전소 온배수 재이용시설 및 공급관로에 대해 부식, 스케일 등에 의한 기능 장애를 주지 않고 수요자에게 이용상의 지장을 주지 않으며 발전소 온배수를 항상 안정하게 공급할 수 있도록 구조, 재질 등의 선택에 적절한 고려가 필요하다. 특히, 해수나 생산수의 경우, 부식성이 높기 때문에 pH나 경도를 조절하는 설비의 설치를 고려하여야 하며, 농축수의 염분농도에 대처할 수 있는 내부식성 관종을 사용함이 바람직하다.

5.2.2 발전소 온배수 재이용수의 용도

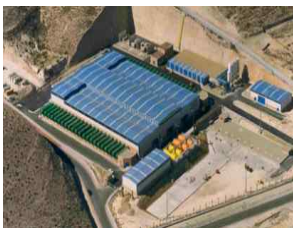
발전소 온배수 재이용수는 발전소에서 필요한 공업용수로 냉각용수, 보일러 용수, 발전소 내부

공정수 및 일반용수 등에 사용된다.

☞ 해설

발전소 온배수 재이용수는 공업용수 등 다양한 용도로 사용가능하며, 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 정한 용도별 "온배수 재이용수 수질기준"을 준수하되, 수요처의 요구 수질 및 수량에 맞추어 공급함을 원칙으로 한다.

5.2.3 발전소 온배수 재이용시설 사례

Tampa bay Seawater Desalination (USA, Florida)		• 발주처: Tampa bay water • 설비 공급 업체: Poseidon resources • 발전 유형: 석탄화력발전 • 원수 종류: 냉각수(해수) • 시설 용량: 132,000m^3/d('03년 준공) • 사용 용도: 음용수
Carboneras SWRO Desalination (Spain)		• 발주처: Acusur • 설비 공급 업체: Acciona Agua • 발전 유형: 석탄화력발전 • 원수 종류: 냉각수(해수) • 시설 용량: 120,000m^3/d('10년 준공) • 사용 용도: 관개용수
Carlsbad Seawater Desalination (USA, California)		• 발주처: San Diego country • 설비 공급 업체: Poseidon resources • 발전 유형: 석탄화력발전 • 원수 종류: 냉각수(해수) • 시설 용량: 140,000m^3/d(건설중('13~'16년) • 사용 용도: 음용수
영흥화력발전소 (한국, 인천시)		• 발주처: 한국남동발전 • 설비 공급 업체: 효성굿스프링스(주) • 발전 유형: 석탄화력발전 • 원수 종류: 냉각수(해수) • 시설 용량: 2,000m^3/d('10년 준공) • 사용 용도: 보일러순수

제6장

펌프 및 기타 기계설비

제6장 펌프 및 기타 기계설비

6.1 총설

펌프설비의 운전방식을 정할 때에는 에너지 절약을 염두에 두고 설비의 규모, 토출량의 변동폭 등을 고려하여 대수제어, 밸브개도제어, 각종 방식에 의한 회전속도제어 등 여러 각도로 검토한다. 펌프설비는 계획수량과 수압을 만족하는 것이어야 하므로 펌프를 선택하거나 대수를 결정할 때에는 펌프자체의 성능을 먼저 숙지해야 한다. 또 캐비테이션(공동현상)이나 수격작용 등의 수리현상에 대하여 적절한 조치를 강구해야 하며 펌프흡수정, 펌프기초 등의 구축물에 대해서도 고려해야 한다. 또 약품주입펌프, 슬러지펌프 등은 함수율, 점도, 내식성 등을 고려하여 형식을 정한다.

또한, 재이용시설의 기계설비의 설치는 재이용을 위해 필요한 조건을 충족시킬 수 있도록 설치되어야 하며, 설비의 유지관리 측면을 고려하여 설비 및 장치의 레이아웃을 고려, 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 해야 한다.

6.1.1 펌프설비의 계획

펌프 설비를 계획할 때에는 안정적인 재이용수의 급수를 목표로 기계, 전기, 계측제어, 토목, 건축 등 각 기술 분야를 포함하여 종합적으로 검토해야 한다.

☞ 해설

펌프설비는 신뢰성과 안전성이 높고, 계획수량과 수압을 만족해야 하며 관로를 포함한 시스템으로서 계획을 세운다.

즉, 계획수량을 충족시키는 펌프대수, 토출량, 양정, 원동기출력 및 회전속도 등의 펌프제원을 결정한다. 관로의 상황에 따라서는 수격압을 검토해야 하며, 그 대책으로서 펌프장 내 설비뿐만 아니라 조압수조 등을 관로에 설치할 필요가 있는 경우도 있으므로 관로를 포함한 시스템으로서 검토해야 한다.

펌프는 제어방식에 따라서 운전 유지관리 비용이 변하며 제어반 등 제어관련기기의 구성도 달라지기 때문에 생애주기비용(life cycle cost : LCC)을 감안하여 합리적이고 효율적인 펌프설비로 계획해야 한다.

6.1.2 계획수량과 대수

1) 송수펌프는 펌프효율이 높은 운전점에서 정해진 일정한 수량을 양수하는 운전이 가능한 용량과 대수로 정한다.
2) 배수(配水)펌프는 수량의 시간적 변동에 적합한 용량과 대수로 한다.
3) 펌프의 대수는 계획수량(최대, 최소, 평균) 및 고장시를 고려하여 결정한다.
4) 펌프는 예비기를 설치한다. 다만, 펌프가 정지되더라도 영향이 없는 경우에는 예비기를 두지 않는다. 예비기를 필요로 하는 경우는 설비의 중요도와 운영조건을 고려하여 결정한다.

☞ 해설

1)에 대하여

배수지가 있는 경우의 송수량은 계절변동(하절기−동절기)은 있지만, 배수량에 비하여 시간적인 변동은 적다. 따라서 송수펌프의 설비용량을 결정하기 위한 시간수량은 계획1일 최대 송수량의 24시간 평균수량으로 하며 가능한 한 고효율로 운전할 수 있는 용량으로 정하고, 배수지가 없는 경우는 계획 시간 최대 송수량으로 정한다.

2)에 대하여

배수(配水)펌프를 계획할 때에는 장래 물 수급 계획과 맞도록 고려하여야 하며, 용량과 대수를 결정하는 것과 함께 배수규모와 수량변동을 고려하여 펌프의 제어방식 (대수제어, 밸브제어, 회전속도제어)을 검토한다.

3)에 대하여

펌프의 설치대수는 수요수량의 특성을 고려하여 각 제어방식에 대한 대수(안)를 복수로 작성하고, 안전성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 결정한다. 또 펌프 1대당의 토출량은 한국산업표준의 펌프를 적용할 수 있는 범위 내에서 검토하는 것이 바람직하다. 일반적으로 펌프토출량이 많을수록 펌프효율은 높고 운전경비를 저감할 수 있으며 또한 대수가 적어지기 때문에 전기설비나 건물 등을 포함한 초기투자는 작아지는 경향이다.

또 대수를 결정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 펌프는 가능한 한 동일용량으로 하여 소모품이나 예비품의 호환성을 갖는다.
② 수량변화가 큰 경우, 대소 두 종류의 펌프를 설치하거나 또는 회전속도제어 등에 의하여 토출량을 제어한다.
③ 주야간, 계절별 등으로 양정변화가 클 때에는 고양정과 저양정의 두 종류의 펌프로 나누거나, 또는 임펠러를 교체하여 양정을 변화시키는 방법도 검토한다.

4)에 대하여

고장이나 보수 등으로 펌프가 정지되어 수수(授受)지역에 지장이 되지 않도록 예비기를 설치한다. 예비기를 필요로 하는 경우의 대수는 동일 펌프를 설치하는 경우에는 동일용량 1대를, 용량이

다른 펌프를 설치하는 경우에는 가장 큰 대용량의 펌프 1대로 하는 것이 일반적이다.

또 펌프가 정지되더라도 수수(授受)지역에 영향이 없는 경우에는 예비기를 필요로 하지 않는다.

6.1.3 위치 및 안전대책

1) 펌프설비의 위치는 용도에 가장 적합한 수리조건, 입지조건 및 동력조건을 고려하여 정한다. 2) 펌프설비는 빗물의 이상 유입 및 토출측의 이상 고수위에 대하여 배수(drainage)기능 확보와 침수에 대비해 안전대책을 세운다. 3) 펌프설비 설계 시에는 펌프 운전시 발생할 수 있는 비정상 현상(캐비테이션, 서어징, 수충격 현상)에 대해서 검토하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

펌프설비는 되도록 처리 수조역에 가까이 위치하여 단거리인 것이 유리하다. 중계펌프장은 가능한 설치 수가 적게 되도록 그 위치를 정한다. 또한, 유입관거, 처리시설의 배치, 송수관거 등을 종합적으로 검토하고, 합리적인 배치계획에 기초하여 위치를 결정한다.

2)에 대하여

펌프설비를 저지대에 설치하는 경우에는 태풍 등 홍수에 의해 범람 및 침수되는 경우에 대응하기 위하여 아래와 같은 대책을 수립할 필요가 있다.

대응 예로서

① 구내 지반은 주변 지반보다 높게 한다.

② 펌프실, 전기실, 감시제어실 등 중요 설비실의 외부 개구부, 환기 구멍 등은 구내 지반보다 높게 하거나 수밀화 등으로 보호해야 한다.

③ 배수 기능 확보에 필요한 전동기, 제어반, 축봉수 펌프 등의 설비에 대해서는 침수가 되지 않도록 한다.

3)에 대하여

펌프의 급기동, 급정지나 과도한 고수위, 저수위 운전에 의한 펌프 계획운전 범위를 이탈하는 경우 등도 고려해야 한다.

① 캐비테이션(cavitation)

펌프 회전차나 동체 속에 흐르는 압력이 국소적으로 저하하여 그 액체의 포화증기압 이하로 떨어지면 발생하는 현상이다. 펌프 캐비테이션은 펌프 성능을 현저히 저하시키고 회전차의 침식과 소음을 유발하고 수명을 저하시킨다.

② 서어징(surging)

펌프 운전중에 토출량과 토출압이 주기적으로 숨이 찬 것처럼 변동하는 상태를 일으키는 현

상으로 펌프 특성 곡선이 산형에서 발생하며 큰 진동을 발생하는 경우가 있다.

③ 수격 작용(water hammer)

만관내에 흐르고 있는 물의 속도가 급격히 변화하여 압력변화가 발생하는 현상이다.

수격 작용에 의한 압력상승 및 압력 강하의 크기는 유속의 변화정도, 관로 상황, 유속, 펌프의 성능 등에 따라 다르지만, 펌프, 밸브, 배관 등에 이상 압력이 걸려 진동, 소음을 유발하고, 펌프 및 전동기가 역회전하는 경우도 있으므로 수격방지기(WHC), 역지밸브 등을 설치하여 충분한 검토가 필요하다.

6.2 펌프시설

재이용수 시설에서 사용하는 펌프는 원심펌프, 사류펌프, 축류펌프, 수중펌프 등이 있으며 기타 처리 시설용으로 약품 주입 펌프, 슬러지 펌프 등도 용도에 적합하게 사용한다.

6.2.1 펌프의 선정

펌프의 형식은 유량과 필요한 양정에 의해 결정된다. 또한 구체적인 펌프 선정에 있어서 설비의 사용목적, 사용조건, 입지조건, 경제성 등을 비교 검토할 필요가 있다.

펌프의 형식은 표준특성을 고려해서 다음 사항에 따라서 정한다.

1) 펌프는 계획조건에 가장 적합한 표준특성을 가지도록 비교회전도를 정하여야 한다.
2) 펌프는 흡입실양정 및 토출량을 고려하여 전양정에 따라 [표 6.1]을 표준으로 한다.
3) 침수될 우려가 있는 곳이나 흡입실양정이 큰 경우에는 입축형 혹은 수중형으로 한다.
4) 펌프는 그 효율이 <그림 6.1>에서 지시하는 값 이상의 것으로 한다.

〔표 6.1〕 양정에 대한 펌프의 형식

전양정(m)	형 식	펌프구경(mm)
5 이하	축 류 펌 프	400 이상
3~12	사 류 펌 프	400 이상
5~20	원심사류펌프	300 이상
4 이상	원 심 펌 프	80 이상

☞ 해설

펌프형식의 선정 시에는 펌프의 표준특성을 충분히 검토한 후 사용목적에 적합한 것을 결정한

다. 펌프는 토출량 및 전양정을 결정하면 비교회전도(Ns) 또는 표준특성을 고려해서 회전수를 정하고 고효율에너지 기자재로서 에너지절감형인 고효율펌프를 가장 안정적이고 효율적인 형식으로 선정한다. 전동기는 회전수에 대해 특별한 경우를 제외하고 될 수 있는 대로 4~8극의 일반용 전동기를 사용하지만 가급적 저탄소발생을 유도하는 에너지절감형인 고효율전동기를 사용하고 전력을 효율적으로 이용하고 최대수요전력을 합리적으로 관리하기 위한 최대수요전력 제어설비 사용을 고려한다. 이때 Ns가 과대하게 되면 양흡입식으로 하든가 회전수를 낮춘다. 또 Ns가 과소할 때는 회전수를 높이는 등 Ns를 적당한 값으로 조정하며, 또 공동현상(cavitation)의 발생 우려가 있는 경우는 이것을 방지하기 위해 낮은 회전수로 한다.

1)에 대하여

① 비교회전도(Ns)와 펌프형식

펌프는 Ns의 값에 따라 그 형식이 변한다. Ns는 펌프형식을 나타내는 지수로 Ns가 동일하면 펌프의 크기에 관계없이 같은 형식의 펌프로 하고, 특성도 대체로 같게 된다.

Ns는 식 (6.2.1.1)로 계산된다.

$$Ns = N \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad \cdots\cdots (6.2.1.1)$$

여기서, Ns : 비교회전도

N : 펌프의 규정회전수(회/min)

Q : 펌프의 규정토출량(m^3/min)(양흡입의 경우에는 1/2로 한다.)

H : 펌프의 규정양정(m)(다단펌프의 경우에는 1단에 해당하는 양정)

Ns는 사용하는 단위에 따라 수치가 다르게 되지만, 일반적으로는 식 (6.2.1.1)의 단위가 쓰여진다. 식 (6.2.1.1)에서 알 수 있듯이 일반적으로 Ns가 적으면 유량이 적은 고양정의 펌프로 되고, Ns가 크면 유량이 많은 저양정의 펌프로 된다.

또 수량 및 전양정이 같다면 회전수가 많을수록 Ns가 크게 되며, 펌프의 형식과 Ns와의 관계는 대략 [표 6.2]와 같다. Ns가 어느 형식에도 취할 수 있는 경우에는 사용조건 등에 의해 가장 적당한 것을 선택한다.

〔표 6.2〕 펌프의 형식과 비교회전도(Ns)와의 관계

형 식		Ns
터빈펌프	1단식 편흡입 및 양흡입형	100~250
	다단식	100~250
원심펌프	1단식 편흡입형	100~450
	1단식 양흡입형	100~750

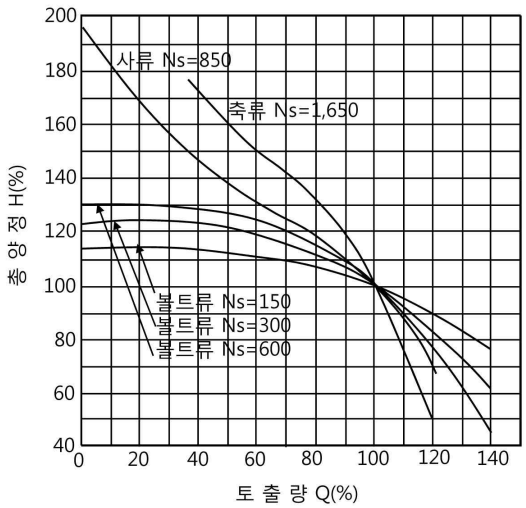
형 식		Ns
원심펌프	다단식	100~200
사류펌프		700~1,200
축류펌프		1,100~2,000

② Ns와 표준특성

회전수가 일정할 때에 Ns가 변하거나 펌프의 형식이 다르면 펌프의 표준특성을 나타내는 특성곡선의 형태도 변하지만 그 상황은 <그림 6.1>~<그림 6.3>과 같다.

가) 양정곡선

Ns가 적을 때는 수량의 변화에 대해 양정의 변화율이 적고 체절양정(shut off head)도 규정양정보다 그다지 크게 되지 않는다. Ns가 크게 될수록 체절양정은 크게 되고, 규정양정의 2배 이상으로도 되어 수량변화에 대해 양정변화의 비율이 커 경사가 급한 양정곡선으로 된다. 또 Ns가 200 이하로 되면 체절양정이 최고 양정보다 아래로 산모양의 양정곡선으로 되는 경향이 있다(<그림 6.1> 참조).



〈그림 6.1〉 펌프의 준특성(양정)곡선

나) 축동력곡선

Ns가 대체로 600 이하일 때는 유량이 적을수록 축동력이 떨어져 체절양정이 최소로 된다. Ns가 작을수록 이 경향이 강하고 규정수량 이상의 점에서는 과부하로 될 우려가 있다. Ns가 650~700 부근은 유량변화에 대해 축동력은 거의 변화하지 않는다. Ns가 700을 넘으면 유량이 적을수록 축동

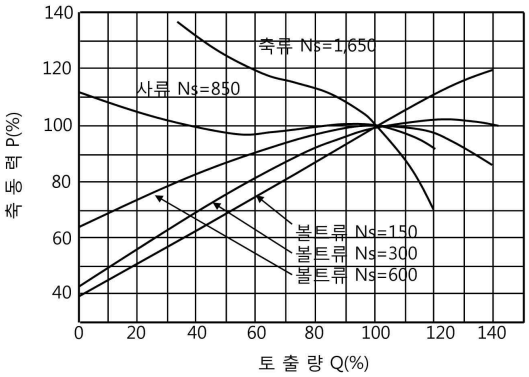
력이 증가하여 1,100 이상에서는 체절축동력은 규정점의 2배 이상으로 된다(<그림 6.2> 참조).

다) 효율곡선

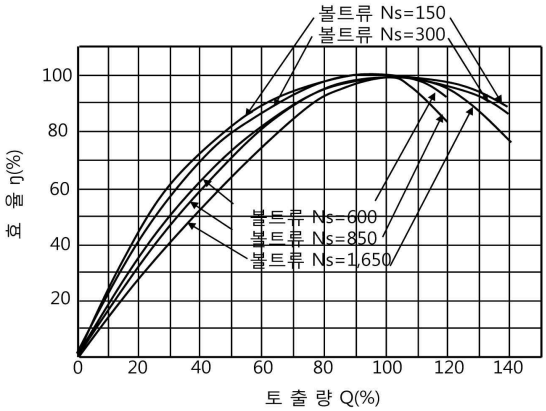
Ns가 작을수록 효율곡선은 완만하게 되고, 유량변화에 대해 효율변화의 비율이 적다(<그림 6.3> 참조).

③ Ns와 공동특성

일반적으로 Ns가 크게 될수록 흡입성능이 나쁘고 공동현상이 발생하기 쉽다.



〈그림 6.2〉 펌프의 표준특성(축동력)곡선



〈그림 6.3〉 펌프의 표준특성(효율)곡선

④ 회전수의 표준특성

펌프를 규정회전수 N 이외의 회전수 N′로 운전하는 경우, 표준특성은 식 (6.2.1.2)~식 (6.2.1.4)와 같이 변화한다.

회전수 N′인 경우의 토출량 Q′:

$$Q' = Q \times \frac{N'}{N} \quad \cdots\cdots (6.2.1.2)$$

회전수 N′인 경우의 전양정 H′:

$$H' = H \times \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \quad \cdots\cdots (6.2.1.3)$$

회전수 N′인 경우의 축동력 P′:

$$P' = P \times \left(\frac{N'}{N}\right)^3 \quad \cdots\cdots (6.2.1.4)$$

여기서, Q : 규정회전수 N일 때의 토출량(m^3/min)

H : 규정회전수 N일 때의 전양정(m)

P : 규정회전수 N일 때의 축동력(kW)

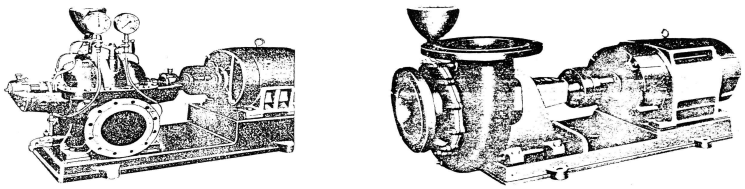
식 (6.2.1.2)~식 (6.2.1.4)는 N′/N=0.8~1.2의 범위에서 적용된다. 또 축류펌프는 회전차의 날개 각도를 변화시켜 최고효율을 변화시키지 않고 펌프의 표준특성을 바꿀 수 있다. 단, 최고효율점의 위치는 이동하므로 주의를 요한다.

2)에 대하여

물 재이용 시설에서 사용하는 펌프는 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프 또는 수중모터원심펌프를 표준으로 한다. 원심펌프에는 터빈펌프와 볼류트펌프(Volute pump)가 있으며, 물 재이용시설을 구성하는 설비에 따라 펌프의 특성을 고려하여 선정한다. [표 6.2]는 전양정으로부터 본 펌프의 형식선정을 가늠하는 것으로써 펌프의 형식선정 및 흡입실양정에 대해서도 충분히 검토하고 사용목적 및 설치장소에 적합한 것을 선정한다. 양정, Ns 검토결과 어느 형식이라도 좋은 경우는 다음의 사항을 비교 검토해서 가장 적합한 것을 선정한다.

① 원심펌프

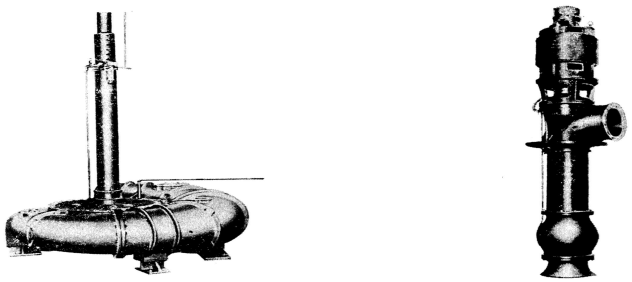
원심펌프는 구조가 간단해서 기체가 작고 가격이 저렴하여 광범위에 걸친 양정과 수량이 많을 때 적합할 뿐만 아니라 연속적인 양수, 전동기와의 직결 및 운전이 간단한 것 등 많은 이점이 있는 펌프로서, 회전차(impeller)의 회전에 의해 액체에 압력과 속도에너지를 주며, 볼류트 케이싱을 통과하는 사이에 속도에너지를 능률좋게 압력에너지로 변환하여 방출한다. 원심펌프는 날개의 직경차에 의한 원주속도(원심력) 대부분을 이용하여 유체에 압력에너지를 공급한다. 흡입구의 수에 따라 편흡입, 양흡입으로 구분된다. 특성은 전동기와의 직결로 고속회전이 가능하여 일반적으로 효율이 높고, 적용 범위가 넓으며, 적은 유량을 가감하는 경우 소요동력은 적어도 운전에 지장이 없다. 또 흡입성능도 우수하고 공동현상(cavitation)이 잘 발생하지 않는다. 구조적으로 날개는 견고하지만 원심실이 크고 반경 및 축방향으로도 장소를 차지한다. 일반적으로 사류펌프는 수중베어링를 가지지만 원심펌프는 수중베어링를 필요로 하지 않으므로 보수가 쉽다(<그림 6.4>~<그림 6.5> 참조). 주로 상하수도용, 농업용, 공업용 등에 사용된다.



〈그림 6.4〉 양흡입원심펌프 & 편흡입원심펌프의 예

② 사류펌프

사류펌프는 원심펌프와 축류펌프의 중간형태로 물이 축방향에서 유입하여 축방향과 경사를 두고 유출되며, 회전차의 작용은 원심력과 양력에 의하여 양수되는 펌프로서 그 특성은 원심펌프와 축류펌프의 중간특성을 가지며, 체절시동(Q=0)이 가능하며, 양정변화에 대하여 수량의 변동이 적고 또 수량변동에 대해 동력의 변화도 적으므로 우수용의 양수펌프 등 수위변동이 큰 곳에 적합하다. 구조적으로는 축방향으로 길게 되지만 일반적으로 원심펌프보다 소형이 된다. 흡입성능은 원심펌프보다 떨어지지만 축류펌프보다 우수하다. 최근에 원심사류형 펌프의 사용빈도가 많아졌지만, 이 형식의 펌프는 사류펌프와 다르게 안내날개가 없이 회전차를 개방형으로 하면 이물질로 인한 폐쇄가 적다. 또 횡축형으로 해서 조의 바깥에 설치하는 방식으로 하면 주요부분이 수중에 있는 입축사류펌프에 비해 부식이 적고 유지관리가 쉽다(<그림 6.5> 참조). 주로 상하수도용, 냉각수 순환용, 농업용, 도크배수용 등에 사용된다.



〈그림 6.5〉 입축원심펌프 & 입축사류펌프의 예

③ 축류펌프

축류펌프는 회전차의 날개가 크고 넓으며 선풍기와 같은 형상이며, 날개 형상의 특성상 입구와 출구에서의 원주속도는 같기 때문에 상대속도(양력)에 의하여 유체에 압력에너지 및 속도에너지를 공급하고, 유체는 회전차속을 축방향에서 유입되어 축방향으로 유출한다. 특성으로는 고유량 저양정에 적합하고, 고속운전에 적합하여 형태가 작다, 효율면에서는 소형은 나쁘지만 대형은 원심펌프보다 훨씬 좋고, 운전동력비도 절감된다. 양정변화에 따른 유량변화가 적고 효율저하도 적다. Foot 밸브와 송수밸브를 생략할 수 있는 등 구조가 간단하고 취급이 쉽고 가격도 싼 편이다. 회전수를 높게 할 수 있으므로, 사류펌프보다 소형으로 되며 전양정이 4m 이하인 경우에는 축류펌프가 경제적으로 유리하다. 그러나 축류펌프는 규정양정의 130 % 이상이 되면 소음 및 진동이 발생하여 축동력이 급속하게 증가해서 과부하로 되기 쉬우므로 수위변동이 현저한 경우에는 이 점에 유의한다. 또 체절운전이 불가능하고 흡입성능이 낮고 효율폭이 좁다. 주로 증기터빈 복수기의 순환용, 농업용, 상하수도용 등에 사용된다.

④ 수중펌프

수중펌프는 펌프와 전동기를 일체로 펌프흡수정내에 설치한다. 펌프실이 작고, 시동이 간단하며, 유입수량이 적은 경우 및 펌프장의 크기에 제한을 받는 경우 등 소규모펌프장에 주로 사용한다. 사용할 때는 점검과 정비가 용이하고, 탈착이 쉬운 방식을 채택한다. 한편, 전원케이블의 손상 등의 방지대책을 고려하여야 한다.

3)에 대하여

입축형과 횡축형 펌프는 각각의 장·단점을 가지고 있기 때문에 펌프의 선정시에는 이를을 충분히 고려한다. 입축형은 고정부분의 면적이 적고 공동현상 발생의 염려가 없으며, 일반적으로 기동할 때 기동수가 불필요해서 기동이 빠르고 자동운전이 쉬워서 우수배제에 적합하다. 반면에 분해 및 보수가 곤란하고, 전동기를 입축형으로 특수하게 하거나 또는 전동기를 횡축형으로 할 경우 전동장치가 복잡하게 된다. 또한 일반적으로 주요부분이 수중에 있으므로 부식되기 쉬워 수질이 나쁜 장소에서는 부적당한 단점이 있다. 일반적으로 고정부분의 면적이 협소한 곳 또는 흡입조건이 나쁘고 공동현상이 발생할 우려가 있는 곳에는 전동기를 상부에 두어 침수하더라도 안전한 구조로 되어 있는 입축형 펌프를 쓰는 것이 좋다.

6.2.2 펌프구경

펌프구경(口徑)은 다음 사항을 고려한다.

1) 펌프의 흡입구경은 토출량과 펌프흡입구의 유속으로부터 식 (6.2.2.1)에 따른다.

$$D = 146 \left(\frac{Q}{V} \right)^{1/2} \quad \cdots\cdots (6.2.2.1)$$

여기서, D : 펌프의 흡입구경(mm)

Q : 펌프의 토출량(m^3/min)

V : 흡입구의 유속(m/s)

(단, 흡입구의 유속은 펌프의 회전수 및 흡입실양정 등을 고려하여 1.5~3.0m/s가 일반적이다.)

2) 펌프의 토출구경은 흡입구경, 전양정 및 비교회전도 등을 고려한다.

☞ 해설

펌프의 크기는 구경에 의해 표시되어 흡입구경과 토출구경이 다른 경우는 양자를 같이 표기하고, 같은 경우에는 하나의 구경으로 나타낸다. 요즈음 와류펌프의 효율을 좋게 하기 위하여 와류(볼류트)실을 적게 해서 실내의 유속을 빠르게 하고 양정이 높아지는 만큼 와류실 토출구경을 모두 적게 한다. 따라서 와류펌프에서는 양정이 높을수록 토출구경은 흡입구경보다 작게 한다. 사류 및 축류펌프는 낮은 양정에 사용되는 것으로 양구경이 서로 다른 경우는 적고, 같은 경우가 많다. 입축형의 사류 및 축류펌프는 흡입구가 나팔모양으로 되어 있으므로 토출구경으로 표시한다.

1)에 대하여

와류펌프의 토출구경은 토출량만으로 결정되지 않으며, 흡입구경으로써 토출량을 정한다. 펌프의 흡입구경은 펌프의 토출량을 기준으로 해서 흡입구의 유속에 따라 식 (6.2.2.1)에 나타내었다. 단, 펌프 흡입 구경은 제조 기준을 우선하여 정한다. 펌프흡입구의 유속은 1.5~3.0m/s가 일반적이만, 흡입실의 양정 또는 흡입측 손실수두가 큰 경우 또는 온도가 높은 물 등의 경우는 흡입조건을 좋게 하기 위하여 유속을 느리게 한다.

2)에 대하여

원심펌프에서는 토출구경은 토출량 뿐만 아니라 양정에 의해 변하고 흡입구경에 따라 1단 또는 2단의 소구경으로 되므로 전양정, 비교회전도 및 제조회사의 제조기준 등을 우선하여 고려한다. 토출측 관경과 펌프의 토출구경이 다른 경우는 무리해서 같게 하지 말고 확대관으로 접속하는 것이 좋다. 사류 및 축류펌프에서는 일반적으로 토출구경은 흡입구경과 같게 된다.

6.2.3 펌프의 전양정

펌프의 전양정(全揚程)은 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 펌프의 전양정은 실양정과 펌프에 부수된 흡입관, 토출관 및 밸브의 손실수두를 고려하여 식 (6.2.3.1)에 의하여 정한다.

$$H = h_a + h_{pv} + h_o \quad \cdots\cdots (6.2.3.1)$$

여기서, H : 전양정(m)
h_a : 실양정(m)
h_{pv} : 흡입 및 토출관의 손실수두의 합(m)
h_o : 토출관 말단의 잔류속도수두(m)

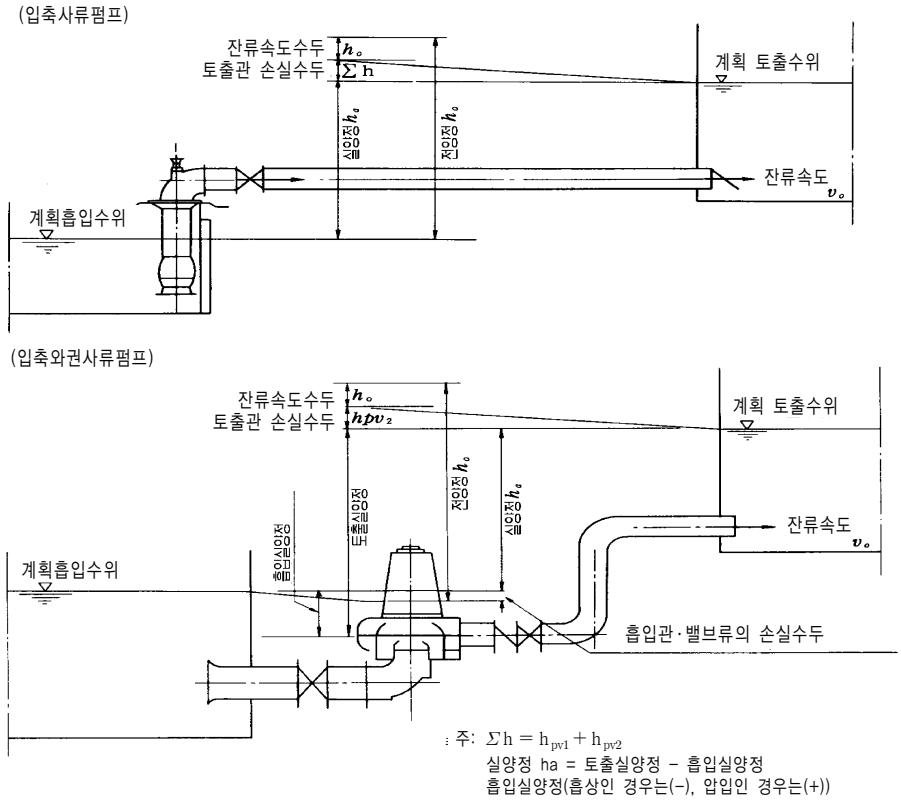
2) 실양정은 펌프의 흡입수위 및 배출수위의 변동, 범위, 계획수량, 펌프특성, 사용목적 및 운전의 경제성 등을 고려하여 정한다.

☞ 해설

1)에 대하여

펌프의 토출수면과 흡입수면과의 차이를 실양정이라 한다. 펌프의 전양정은 실양정에 펌프에 달린 흡입관, 토출관 및 밸브류 등의 손실수두를 고려하여 식 (6.2.3.1)에 의해 정하고(<그림 6.6> 참조), 손실수두는 식 (6.2.3.2)로 나타낸다.

$$h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad \cdots\cdots (6.2.3.2)$$



〈그림 6.6〉 전양정의 예

여기서, h : 손실수두(m)

f : 손실계수

L : 직관길이(m)

D : 관내경(m)

V : 유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8m/s^2)

중요한 것에 대한 손실계수 f값은 다음과 같다.

① 흡입구의 손실계수, (f_i)

f_i는 흡입구 모양에 따라 다르며 값은 <그림 6.7>과 같다. 구경이 클 경우에는 작은 값을 취한다.

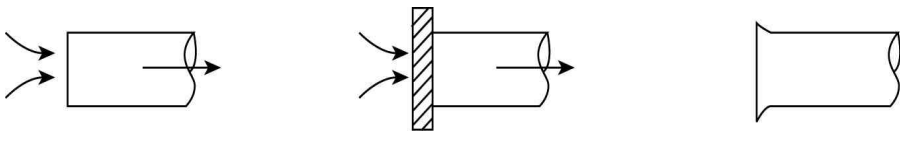
② 푸트밸브(Foot valve, strainer 부착)의 손실계수, (f_i)

f_i=1.5~2.0 ····· (6.2.3.3)

③ 곡관의 손실계수, (f_b)

$$f_b = f_{b1} \times f_{b2} \quad \cdots\cdots (6.2.3.4)$$

<그림 6.8>에서는 f_{b1}, f_{b2}의 값으로 앤더슨(Anderson) 및 스트라우브(Straub)에 의한 것을 나타내며 마찰손실을 포함하지 않는다. 또 f_{b1}는 매끄러운 관에 대한 값으로, f_{b1}은 곡률반경과 관경의 비(ρ/D)에 의해 결정되는 손실계수이다(단, 곡선의 중심각이 90도인 경우). 또한 f_{b2}는 임의의 중심각인 경우의 손실과 중심각 90°인 경우와의 손실차이며 ρ는 곡률반경, D는 관경 그리고 θ는 중심각(도)을 의미한다.

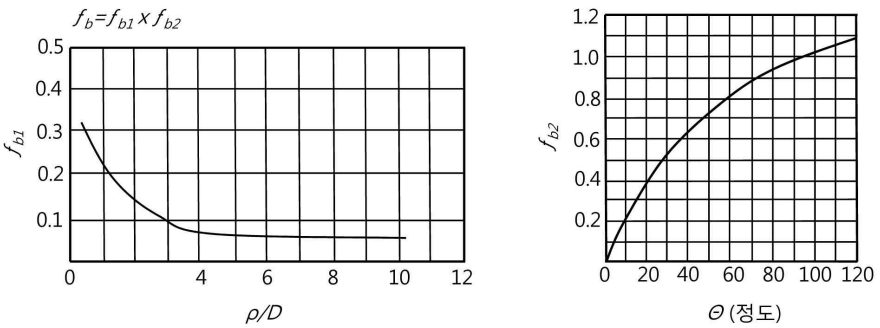


(1) 파이프 흡입의 경우
f_i = 0.56~1.0

(2) 후렌지 흡입의 경우
f_i = 0.5

(3) 나팔관 흡입의 경우
f_i = 0.06 이하

〈그림 6.7〉 흡입구의 손실계수 f_i



〈그림 6.8〉 곡관의 손실계수(f_b)의 값

④ 체크밸브(Check valve)의 손실계수(f_{cv})

$$f_{cv} = 0.8 \sim 1.2 \quad \cdots\cdots (6.2.3.5)$$

⑤ 플랩밸브(Flap valve)의 손실계수(f_{fv})

$$f_{fv} = 0.2 \sim 0.5 \quad \cdots\cdots (6.2.3.6)$$

⑥ 슬루스밸브(Sluice valve)의 손실계수(f_{sv})

〔표 6.3〕 구경에 따른 f_{sv}의 값(완전히 열어 놓은 경우)

구경(mm)	50	80	100	150	200	250	300 이상
f_{sv}	0.175	0.169	0.164	0.145	0.103	0.047	0

⑦ 버터플라이밸브(Butterfly valve)의 손실계수(f_{bv})

f_{bv}=0.2~0.4(완전히 열어 놓은 경우)

⑧ 직관의 손실수두(h_f)

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \text{ (Darcy-Weisbach의 식)} \quad \cdots\cdots (6.2.3.7)$$

여기서, $f = 0.02 + \frac{1}{2{,}000 \times D}$ (신 관인 경우)

$f = 0.04 + \frac{1}{1{,}000 \times D}$ (구 관인 경우)

f : 손실계수

L : 직관의 길이(m)

D : 직관의 직경(m)

V : 관내 유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8m/s^2)

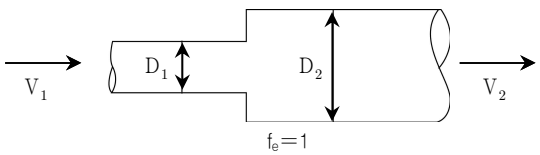
⑨ 확대관의 손실수두(h_e)

$$h_e = f_e \times \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad \cdots\cdots (6.2.3.8)$$

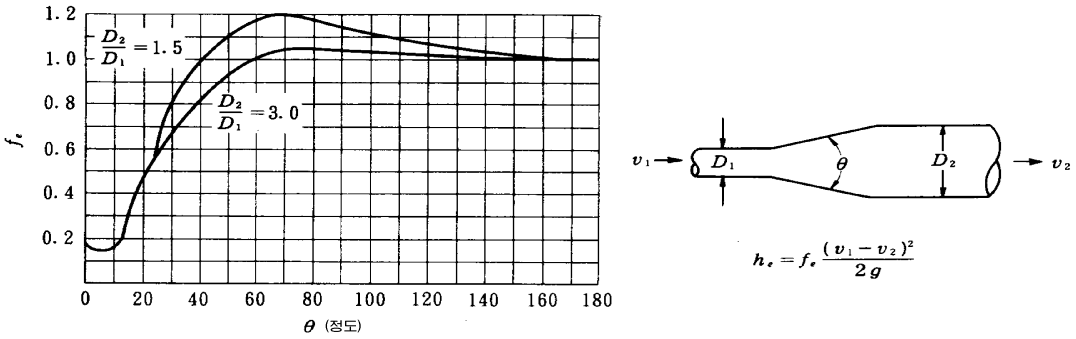
손실계수 f_e는 <그림 6.9>와 <그림 6.10>과 같다.

⑩ 기타 손실수두

관로의 분기 및 합류, 각종밸브류의 저항 및 흡입관입구에서의 형상저항에 의한 손실 수두 등을 계산하여 반영한다.



〈그림 6.9〉 단면이 급격히 확대되는 경우의 손실계수(f_e)



〈그림 6.10〉 단면이 완만하게 확대되는 경우의 손실계수(f_e)

2)에 대하여

재이용 시설용의 펌프는 흡입수위와 배출수위의 변동이 많기 때문에 펌프의 실양정을 얼마로 하는가는 변동범위, 계획수량, 펌프의 특성, 사용목적 및 운전의 경제성 등을 고려하여 정한다.

6.2.4 흡입실양정

펌프의 흡입 실양정은 다음 사항을 고려한다.

1) 펌프의 흡입 실양정은 공동현상이 발생하지 않도록 펌프의 형식에 따라 가능한 한 작게 한다.

2) 펌프의 흡입 실양정 및 회전수는 공동 현상을 피하기 위하여 토출량 및 전양정과의 관계를 충분히 고려하여 정한다.

☞ 해설

1)에 대하여

펌프는 토출량, 전양정, 회전수에 의해 흡입실양정에 한계가 있으며, 그 한계 이상으로 되면 공동현상이 발생한다. 펌프내에서 공동현상이 발생하면 그 성능을 현저하게 저하시켜 소음 및 진동이 발생하고, 그 부분의 재료를 침식하게 되므로 반드시 피한다. 펌프의 흡입실양정은 가능한 한 작게 하는 편이 좋으므로 원심펌프의 흡입실양정 5m 이하를 표준으로 하고, 될 수 있으면 이보다 작게 하는 것이 좋다. 또 사류 및 축류펌프는 원심펌프보다 흡입성능이 떨어지므로 흡입실양정은 사류펌프에서는 4m 이하, 축류펌프에서는 2m 이하를 표준으로 한다.

2)에 대하여

펌프가 공동현상을 일으키지 않으면서 운전하기 위해서는 시설에서 이용할 수 있는 유효흡입수두가 어느 한도 이상일 것이 필요하다. 시설로부터 이용할 수 있는 유효흡입수두는 식 (6.2.4.1)과 같다(<그림 6.11> 참조).

$$H_{sv} = H_a - H_p + H_s - H_L \quad \cdots\cdots (6.2.4.1)$$

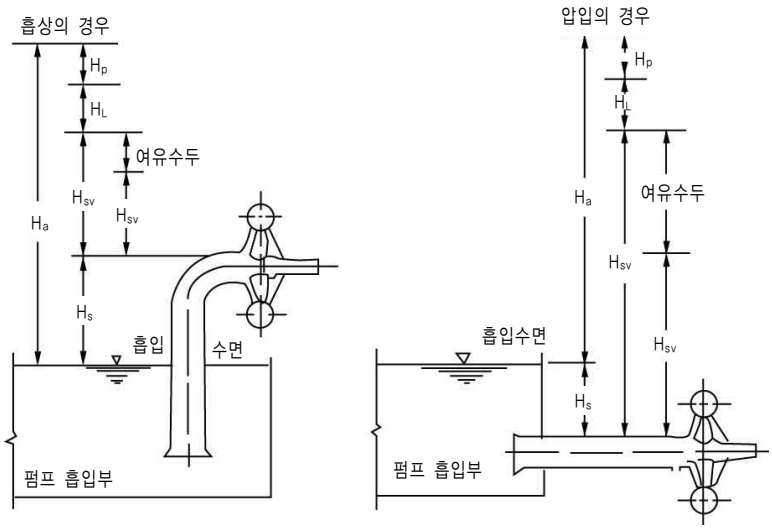
여기서, H_{sv} : 시설에서 이용 가능한 유효흡입수두(m)

H_a : 대기압을 수두로 나타낸 것(m)

H_p : 수온에서의 포화수증기압을 수두로 나타낸 것(m)([표 6.4] 참조)

H_s : 흡입실양정(m)(흡입인 경우는 −, 압입인 경우는 +)

H_L : 흡입관내의 손실수두(m)



〈그림 6.11〉 펌프의 유효흡입수두

〔표 6.4〕 수온과 포화수증기압(H_p)

수온(℃)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
H_p(m)	0.062	0.089	0.125	0.174	0.238	0.323	0.433	0.573	0.752	0.977	1.258
(Pa)	608	872	1,225	1,705	2,332	3,165	4,243	5,615	7,370	9,575	12,328

단, 식 (6.2.4.1)의 계산에서는 흡입실양정(H_s)는 흡입수면으로부터 펌프의 회전차 흡입 최상위까지 수직거리를 잡는 것이 좋다.

펌프가 공동현상에 대해 안전하기 위해서는 시설상으로부터 이용 가능한 유효흡입수두(H_{sv})가 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv})보다 커야 한다.

펌프가 필요로 하는 유효흡입수두라 함은 펌프가 공동현상을 일으키지 않으면서 물을 회전차 입구의 최상위에 이르는 최소의 수두로서 식 (6.2.4.2)로 나타낸다.

$$h_{sv} = \sigma \times H \quad \cdots\cdots (6.2.4.2)$$

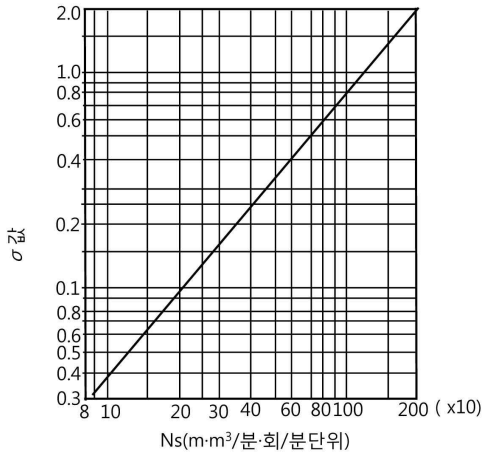
여기서, h_{sv} : 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(m)

σ : 공동현상계수

H : 펌프의 전양정(다단펌프의 경우는 제1단의 회전차가 갖는 양정)(m)

공동현상계수의 σ는 일반적으로는 펌프의 비교회전도(N_s)의 함수로 표시되며, 그 관계는 <그림 6.12>와 같다.

펌프의 전양정, 토출량 및 회전수가 변하면 h_{sv} 값도 다르게 된다.



〈그림 6.12〉 N_s와 σ와의 관계

일반적으로 펌프의 운전은 반드시 계획수량으로 이루어지는 것으로 한정되지 않고, 계획수량보다 작든가 또는 큰 수량으로 운전하는 경우가 많으므로 실제 계획에서는 1~1.5m 정도의 여유를 가지도록 식 (6.2.4.3)과 같이 한다.

$$H_{sv} - h_{sv} = 1 \sim 1.5\text{m} \quad \cdots\cdots (6.2.4.3)$$

또 펌프의 날개 입구의 형상이 서로 같으면 날개의 외경이 다른 경우에도 같은 수량에서 공동현상이 발생된다고 생각되므로, 식 (6.2.4.4)에 의해 흡입 비교회전도를 계산한다.

$$S = N \times \frac{Q^{1/2}}{h_{sv}^{3/4}} \quad \cdots\cdots (6.2.4.4)$$

여기서, S : 흡입 비교회전도

N : 펌프의 회전수(회/min)

Q : 토출량(m^3/min) (양흡입의 경우는 수량의 1/2로 한다)

h_{sv} : 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(m)

펌프의 전양정, 토출량 및 회전수가 변하면 h_{sv} 값도 변한다.

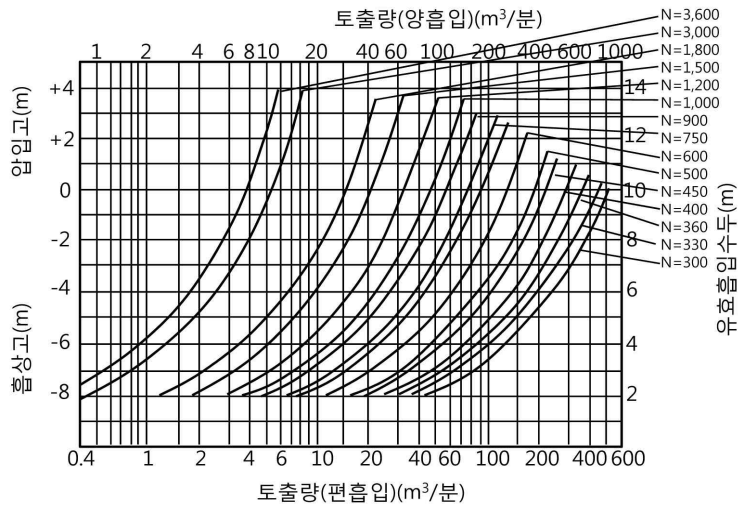
일반적으로 펌프를 운전하는 경우, 양정이 크게 변동하기 때문에 규정수량과 다른 수량에서 운전되는 경우가 많기 때문에 실제 계획할 때에는 예상되는 운전범위(최고효율점보다 큰 수량치)에 대해 펌프가 필요로 하는 흡입수두를 검토하여야 한다.

통상 $h_{sv}-H_{sv}=1.0-1.5$m 정도의 여유를 보인다.

계산치에는 최고효율점과 일반적으로 목표로하여 최고 효율점 수량보다 20% 증가하는 수량의 h_{sv}과 H_{sv}를 각각 구하고, 예상되는 운전범위에서 여유가 있는 것을 확인한다. 흡입비속도(S) 값은 펌프 고유의 것이지만 토출량의 변화에 의해 그 자신도 변한다. 특히 설계점보다 대수량측에 있어서 S값은 감소하고, h_{sv}가 현저히 증가한다. 일반적으로 S값의 한계는 최고 효율점 또는 120% 점수량에서 [표 6.5]와 같다.

〔표 6.5〕 흡입 비속도

형 식	S (흡입비속도)	
	최고효율점 수량	120%점 수량
축 류 펌 프	1,200	900
사 류 펌 프	1,300	1,000
원 심 펌 프	1,400	1,050



〈그림 6.13〉 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv})

<그림 6.13>은 S를 1,200으로 한 경우 여러 가지의 토출량과 회전수에 대해서 펌프가 필요로 하는 유효흡입수두(h_{sv})를 나타낸다. 이것을 이용하여 h_{sv}를 정하는 경우 식 (6.2.4.4)와 같이 1~1.5m의 여유를 두는 것이 좋다.

6.2.5 펌프의 축동력

펌프의 축동력은 식 (6.2.5.1)에 의하여 정한다.

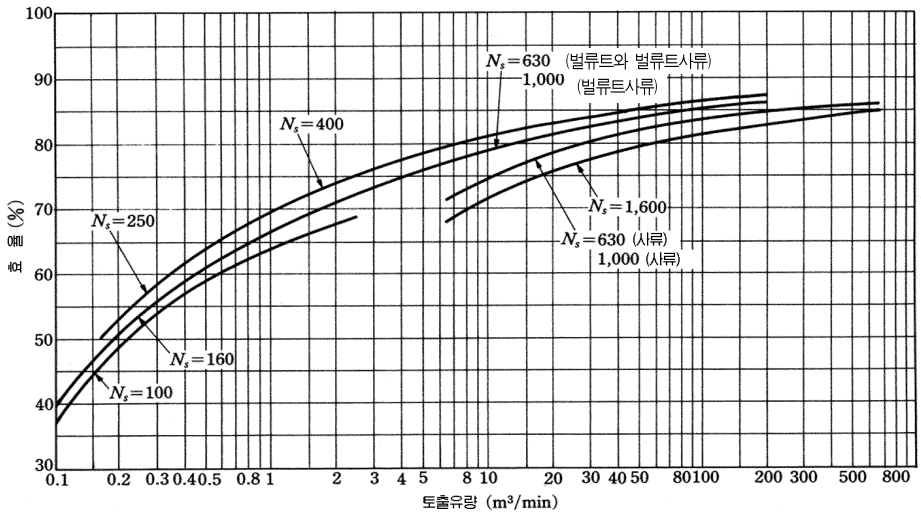
$$P_s = \frac{1}{60\times10^3\times\eta} \times \rho g Q H \left(P_s = 0.163 \frac{\gamma \times Q \times H}{\eta}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots (6.2.5.1)$$

여기서, P_s: 펌프의 축동력(kW) Q: 펌프의 토출량(m^3/min)
ρ: 양정하는 물의 밀도(kg/m^3) g: 중력가속도(9.8m/s^2)
H: 펌프의 전양정(m) η: 펌프의 효율(소수)

☞ 해설

펌프의 축동력은 토출량, 전양정 및 펌프효율에 의해 식 (6.2.5.1)의 식으로 구한다.

펌프의 효율은 펌프의 형식과 토출량에 의해 다르지만, KSB 6301, 6302, 6309 등의 규격에서 정한 효율과 비교 검토하여 결정한다. 하지만, 대구경의 펌프에서는 그 형식(축형식 및 회전차형식)에 의해 다소 변하기 때문에 주의한다.



〈그림 6.14〉 토출유량과 펌프효율

6.2.6 전동기의 출력

펌프를 운전하는 전동기 출력은 축동력의 여유율을 보아 식 (6.2.6.1)에 의하여 계산한다.

$$P = \frac{P_s(1+\alpha)}{\eta_b} \quad \cdots\cdots (6.2.6.1)$$

여기서, P : 전동기 출력(kW)　　P_s : 펌프의 축동력(kW)

α : 여유율　　η_b : 전달효율(직결의 경우 1.0)

단, 여유 α는 펌프의 형식, 전동기의 종류 및 양정의 변동에 따라 다르므로 [표 6.6]을 표준으로 한다.

〔표 6.6〕 전동기의 여유율(α)

전동기의 종류 / 펌프형식	전동기		내연기관	
	A의 경우	B의 경우	A의 경우	B의 경우
원 심 펌 프	0.10	0.15	0.15	0.20
사 류 펌 프	0.15	0.20	0.25	0.30
축 류 펌 프	0.20	0.25	0.30	0.35

주) A의 경우는 양정의 변화가 비교적 적은 경우(규정양정보다 원심펌프에서는 20% 정도까지 낮게 될 때, 축류펌프에서는 높게 될 때)
B의 경우는 양정의 변동이 비교적 많은 경우(A이외의 경우)

※ 내연기관의 경우 전동기 가동 불가로 엔진펌프 대용처리시 적용
동기 출력을 최대소요전력으로 하여 효율향상을 꾀하도록 한다.

☞ 해설

펌프를 운전하는 경우 전동기는 전압 및 주파수의 변동에 의해 내연기관은 연료 및 취급하는 정도에 따라서 출력이 변동한다. 또, 펌프의 운전상황 변화 등에 따라서도 축동력이 변하는 것이 있으므로 전동기가 과부하로 되지 않도록 여유율을 두는 것이 좋다.

전동기가 다소의 과부하에는 견딜 수 있어서 여유율은 적어도 좋으나 내연기관은 과부하로 되면 운전이 불안정하게 되고 수명이 짧아지므로 여유율을 많이 잡는다.

또, 전동기에 내연기관을 채택한 경우, 출력의 산출은 감속기 등의 동력전달장치 효율을 고려한다. 감속기전달 효율은 기어(gear)의 종류에 따라 다르나 0.94~0.97 정도의 범위이며, 유체커플링을 사용하는 경우 전달효율은 0.96 정도이다.

또 펌프의 형식에 따라 여유율(α)이 다른 것은 형식에 따라 축동력의 특성이 다르고 양정의 변화에 대해 축동력의 변동이 다르게 되기 때문이다. 전동기의 경우 앞의 식 (6.2.6.1)로 계산한 P값

에 끝수가 있을 때는 반올림하여 사용한다. 전동기는 정격출력 200kW까지는 가능한 한 KS의 규격품 또는 동등 이상을 쓰도록 한다([표 6.8] 참조). 또한 펌프구매 시방서 작성시는 전동기 출력을 최대소요전력으로 하여 효율 향상을 꾀하도록 한다.

6.2.7 펌프흡수정

펌프흡수정은 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 수밀성 있는 철근콘크리트 구조로 한다.
2) 종류 및 형식에 적합하게 배치하고, 펌프고정부 위치로부터 수직 또는 수평으로 설치한다.
3) 펌프흡수정이 실내에 설치되고 펌프실 바닥면이 지반보다 낮은 경우에는 펌프흡입부의 바닥판, 건물바닥 및 측벽 등은 일체로 하고, 수밀성 있는 구조로 한다.
4) 펌프흡입부의 상부에는 수밀성 있는 맨홀을 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

펌프흡수정은 지하수에 의한 부력이나 지하수의 침투 및 누수를 방지하기 위하여 철근콘크리트 구조로 축조한다.

2)에 대하여

펌프흡수정을 펌프고정대 위치에서 수직으로 설치하면 흡입관의 손실수두가 가장 적게 되어 바람직하지만, 불가피한 경우에도 가능한 한 가까이에 설치하여 흡입관의 손실수두를 적게하는 것이 필요하다. 펌프흡입 및 유입구는 구조, 형상, 크기 및 위치가 적당하지 않으면 흡수정내에서 와류(vortex)가 생기고 공기를 흡입해서 펌프의 운전상태가 불안정하게 되어 양수가 될 수 없으므로 <그림 6.15>와 같은 구조로 하는 것이 좋다. 또한 2대 이상의 펌프를 설치하는 경우에는 각 펌프의 흡입조건이 대등하게 되도록 한다. 펌프흡수정내의 난류를 방지하기 위해서는 적당한 간벽이나 정류벽 등을 설치하면 효과가 있다. 대용량의 펌프에 대해서는 펌프흡수정의 크기 및 형상이 건설비에 크게 영향을 미치므로 모형실험 등에 의해 경제적인 흡수정의 형상, 치수를 정하는 것이 좋으며 <그림 6.16>과 같다. 펌프흡수정의 유효용적은 충분한 용량이 아니면 흡입수위의 변동이 격심하고 펌프를 자주 기동, 정지하게 되어 펌프의 운전조작이 곤란하게 되고, 또 기기의 소모를 빠르게 하거나 펌프의 운전 및 보수상 좋지 않으므로 주의한다.

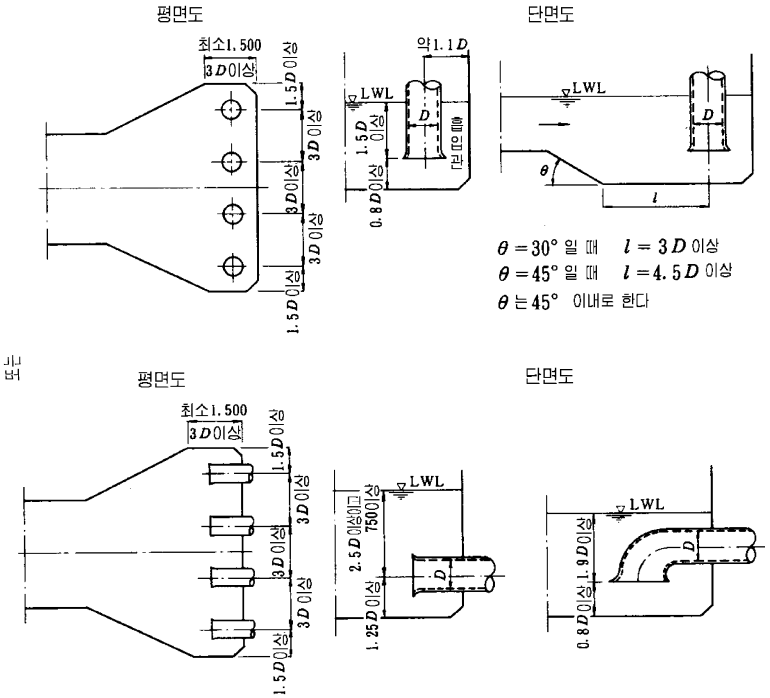
3)에 대하여

펌프실의 바닥이 지반면 이하인 경우에는 실내에 지하수가 침투하거나 침수하는 것을 막기 위해 바닥 및 주위벽은 모두 방수구조로 하고, 필요에 따라 통기공을 지붕높이까지 설치한다.

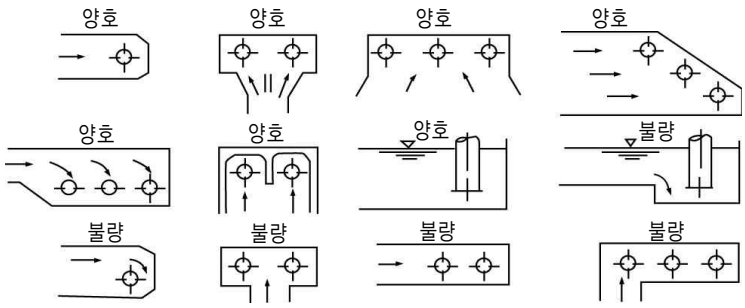
4)에 대하여

펌프흡수정의 상부바닥 또는 흡수정으로 통하는 적당한 위치에 흡입부의 내부점검 및 준설 등을

위하여 맨홀을 설치한다. 맨홀은 필요에 따라 침수방지 및 방취 등을 위하여 수밀성 있는 구조로 한다.



〈그림 6.15〉 펌프흡수정의 크기와 형상



〈그림 6.16〉 펌프흡수정과 흡입관의 배치 예

6.2.8 흡입관

펌프의 흡입관은 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 흡입관은 펌프 1대당 하나로 한다.

2) 흡입관을 수평으로 부설하는 것은 피한다. 부득이 한 경우에는 가능한 한 짧게 하고 펌프를 향해서 1/50 이상의 경사로 한다.
3) 흡입관은 연결부나 기타 부분으로부터 절대로 공기가 흡입하지 않도록 한다.
4) 흡입관 속에는 공기가 모여서 고이는 곳이 없도록 하고, 또한 굴곡부도 적게 한다.
5) 흡입관 끝은 벨마우스의 나팔모양으로 하며, 관의 끝으로부터 최저수면 및 펌프흡입부 바닥까지의 깊이를 충분하게 잡고, 흡입관 상호간과 펌프흡입부의 벽면과의 거리도 충분히 확보한다.
6) 흡입관이 길 때에는 중간에 진동방지대를 설치할 수도 있다.
7) 횡축펌프의 토출관 끝은 마중물(priming)을 고려하여 수중에 잠기는 구조로 한다.
8) 펌프의 흡입부는 간벽(수문 포함)을 설치하여 조내부 점검정비 및 청소 등 유지관리가 가능하도록 한다.
9) 펌프흡입부와 흡입관의 구조, 형상, 크기 및 위치는 흡입부내 난류로 인한 공기흡입으로 펌프운전에 지장을 초래하지 않게 각 펌프의 흡입조건이 대등하도록 해야 하며, 필요시 난류방지를 위한 정류벽 또는 간벽설치를 검토한다.
10) 펌프흡입부의 유효용적은 계획수량, 펌프용량, 대수 등을 감안하여 결정하되 가능한한 충분한 용량으로 계획하여 빈번한 가동중지에 따른 기기손상 및 전력 낭비를 방지토록 한다.

☞ 해설

펌프의 흡입관은 시공의 양부에 따라 흡입관의 진공도에 중대한 관계가 있어 양수능력을 좌우하는 것이므로 다음 사항에 주의해야 한다.

1)에 대하여

펌프의 흡입관에서 자연흡입 하는 경우에는 관내가 진공으로 되어야 한다. 이 경우 공통의 흡입관을 두어 슬루스밸브를 붙여서 각 펌프에 연결하면 밸브 및 펌프의 글랜드 패킹(Grand packing) 등으로부터 공기가 흡입되어 양수불능이 될 수도 있다. 따라서 반드시 펌프 1대에 1개의 흡입관을 연결한다. 단, 흡입측이 수압에 의해 강제흡입이 되는 경우는 공동 흡입관으로 해도 지장이 없다.

2)에 대하여

흡입관은 펌프를 기동시킬 때에 공기를 쉽게 뽑아내고, 또 관내의 손실수두를 적게 하기 위해 펌프 바로 아래에 수직으로 부설하는 것이 바람직하지만 부득이 수평으로 부설해야 하는 경우에는 가능한 한 길이를 짧게 하며 펌프를 향해 상향경사를 만들어 둘 필요가 있다.

3) 및 4)에 대하여

흡입관은 플랜지접속으로 하고 연결부로 부터 절대로 공기가 새어들지 않도록 함과 동시에 흡입관 중에는 공기가 모여 고이는 곳이 없도록 굴곡부도 적게 할 필요가 있다.

5)에 대하여

펌프를 운전할 때 흡입관이 수면 아래에서 잠기게 하지 않으면 저수위가 되었을 때 공기를 흡입하게 되어 양수불능으로 되고 또, 흡입관 끝에서부터 펌프흡입부의 바닥면까지의 깊이가 얕으면 토사 등을 흡수하여 펌프날개에 손상을 주므로 충분한 깊이로 한다. 흡입관 상호간의 거리가 너무 가까우면 펌프의 흡입작용으로 인해 소용돌이가 생기게 하여 공기를 흡입해서 양수를 할 수 없게 되기 때문에 <그림 6.17>과 같이 한다.

6)에 대하여

흡입관의 배관은 단순하며 길이와 곡면을 짧고 적게 하여 흡입관의 손실을 최소화하여야 한다. 불가피하게 흡입관의 변형이 수반되어 길이가 길어지거나 곡면이 많아질 경우 펌프 흡입력에 의한 진동이나 흔들림이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 길이에 따라 최소구간마다 진동방지대를 설치하여 시설보호와 소음 및 진동발생을 최소화하여야 한다.

7)에 대하여

펌프를 기동할 때 펌프 및 흡입관 중에 마중물(priming)을 채우기 위해 펌프내부를 진공으로 해야 하므로 토출관 끝은 항상 수중에 잠겨 있도록 한다.

8)에 대하여

펌프장 흡입부는 처리수의 특성과 체류를 고려하면 부유성 물질 등이 침전되어 퇴적되는 현상이 발생되며, 침전 퇴적물의 제거 등 청소와 흡입부 점검정비가 필요할 경우 차수 또는 단수가 가능하도록 간벽 또는 수문 등의 구성을 검토하여야 한다.

9)에 대하여

흡입부는 그 구조, 형상, 크기, 유수로(流水路)와의 연결이 적당하지 않으면 흡입부내의 유동이 난류가 되고 공기가 혼입되어 펌프운전상태가 불안전하거나 펌프성능이 저하될 수 있다. 흡입부내의 유심(流心)이 한쪽으로 치우치지 않게 하고 2대 이상의 펌프를 설치할 때에는 각 펌프의 흡입조건이 균등하도록 하여야 한다. 흡입부의 유심이 치우치는 것과 난류발생을 억제하기 위해 흡입부내에 간벽이나 정류벽 설치를 검토하여야 한다. 흡입수조내의 유동의 안정성을 유지하고, 개선하기 위해서는 수리 모형실험이나 CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산유체역학)에 의한 시뮬레이션을 통해 검증하는 것이 좋다. 즉, 과거 실적이 없어 신규로 특이한 형상의 수조로 실험을 하는 경우와 기존 흡입수조에서 발생한 볼텍스를 억제할 수 있는 개선 대책을 찾는 데는 유용하다. 그러나 모형실험 수조의 경우에는 제작과 실험에 따른 많은 경비와 시간을 필요로 하고, 모형실험이 모든 조건의 현장에 일치하지 않을 수 있어 CFD에 의한 시뮬레이션으로 검토하는 것이 대체 방법이다.

① 와류(vortex) 방지 계획

펌프 흡입 계획은 펌프 회전차로의 흡입수의 흐름이 안정되고 원활하게 함을 목적으로 한다. 이러한 요구 조건이 만족되지 않으면 펌프 유량과 효율 손실, 진동 및 캐비테이션을 유발시키게 된다. 안정된 흡입을 하기 위한 요구 조건은 다음과 같다.

㉠ 속도 분배

회전차로의 흡입수 흐름은 가능한 한 안정되고 균일한 흐름이어야 한다. 흡입수조 및 회전차로의 유입은 각각의 펌프에 균일하게 분배되어 일정 속도로 분배되어져야 한다.

㉡ 유효 흡입 수두(NPSH, Net Postion Suction Head)

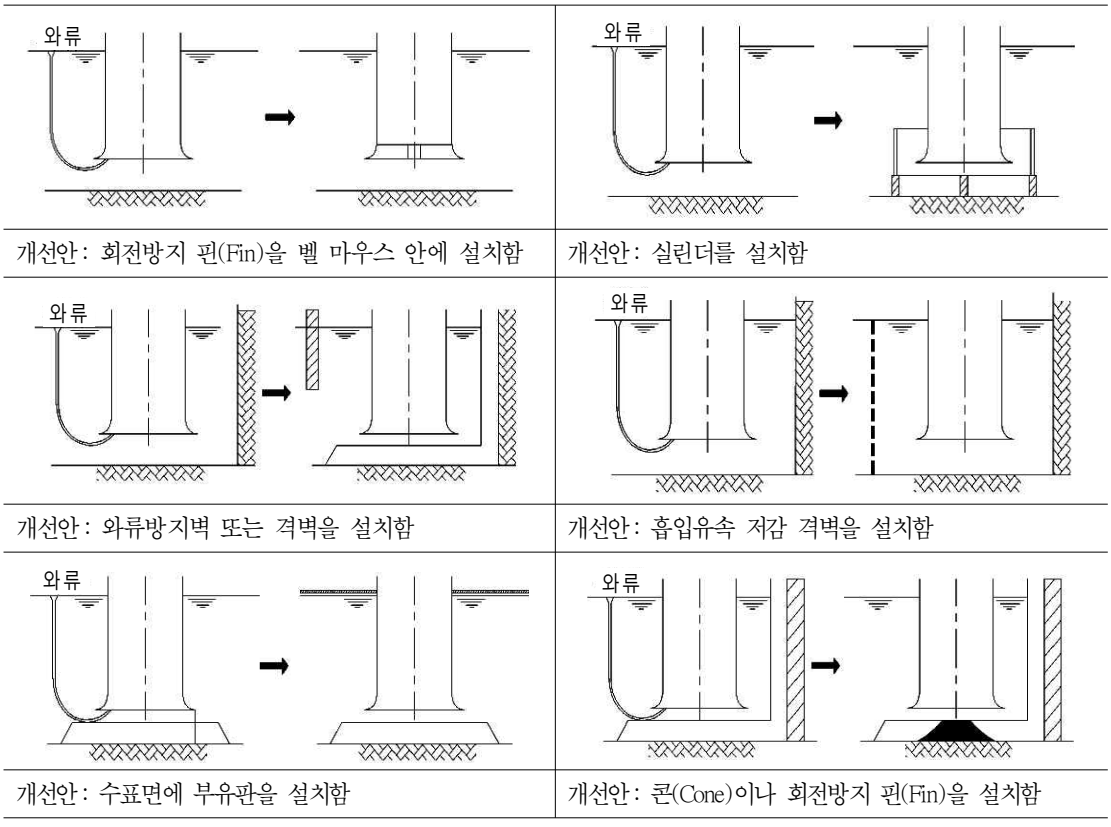
가용 유효 흡입 수두(NPSHav)가 필요 유효 흡입 수두(NPSHreq)보다 충분한 흡입수조 수위를 형성해야 한다.

㉢ 와류(vortex)방지

수표면으로 부터 공기가 펌프 흡입구로 빨려 들어가는 와류(Hollow vortex), 유입수로부터 공기가 분리되어 유입되는 와류(Bottom vortex)로 나누어지나, 이러한 와류는 흡입수조의 형상 및 흡입구 설치조건 및 침수 깊이 등의 계획을 적절히 세워야 한다.

② 입축 펌프 계획

입축 펌프의 흡입부 설계는 수리적인 면과 구조적인 측면을 고려하여야 한다. 펌프 회전차로의 안정된 유체 흐름을 위해서는 흡입수조, 벨 마우스 등의 계획을 적절히 세워야 한다. <그림 6.17>을 참조한다.



개선안 : 회전방지 핀(Fin)을 벨 마우스 안에 설치함	개선안 : 실린더를 설치함
개선안 : 와류방지벽 또는 격벽을 설치함	개선안 : 흡입유속 저감 격벽을 설치함
개선안 : 수표면에 부유판을 설치함	개선안 : 콘(Cone)이나 회전방지 핀(Fin)을 설치함

〈그림 6.17〉 와류 방지 개선 방안(예)

10)에 대하여

펌프대수는 2대 또는 그 이상으로 분할한다. 용량이 큰 펌프일수록 효율이 좋고 경제적일 수 있지만 양수량의 변동이 심할 때는 한 대의 펌프로 유량을 조절하기가 어렵기 때문에 어느 정도 대수를 늘여 운전대수를 양수량에 맞추어 조절하는 것이 경제적이고 기기손상을 방지할 수 있다. 특히 양정변화가 심할 때는 고양정의 펌프와 저양정의 펌프로 나누는 것이 경제적이고 유지관리에도 유리할 수 있다. 펌프용량의 한계는 기계의 제작기술, 공사의 시공기술 발전에 따라 1대의 용량이 무분별하게 크게 제작되어 기기손상 및 전력낭비가 발생될 수 있기 때문에 다음 조건을 고려하여 펌프장 구성을 검토하여야 한다.

① 운송한계 치수 및 중량
② 펌프의 설치지점 및 운송방법
③ 전동기의 종류와 동력전달방법
④ 제작사의 제작한계
⑤ 캐비테이션 등에 의한 펌프성능상의 제한 등

6.2.9 펌프계통의 수격작용

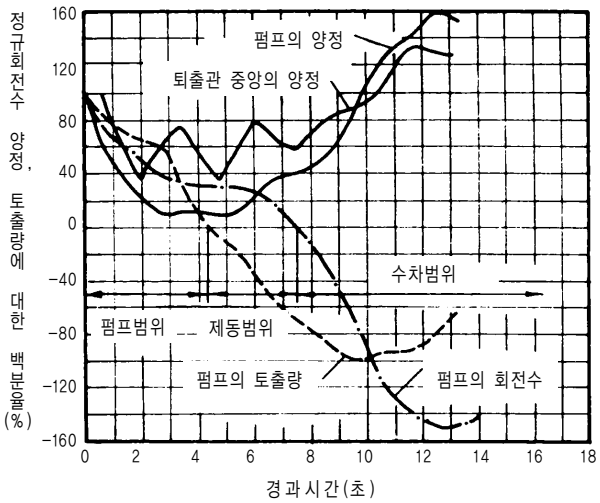
펌프의 토출측 관로의 상황에 의하여 수격작용(水擊作用, Water hammer)이 발생할 우려가 있는 경우에는 이것을 방지하기 위하여 적당한 장치를 설치한다.

☞ 해설

펌프로 압력수송하는 경우 운전중 펌프가 정전 등에 의해 급정지한 경우 관내를 흐르고 있던 유체가 갑자기 유속이 떨어져 결국에는 정지상태로 되고 이어 역류하게 되며, 그 사이에 관내압력은 크게 상승 또는 하강한다. 이러한 과도현상을 수격작용이라 하고, 펌프의 급기동 또는 토출측 밸브를 급격히 개폐할 경우에도 일어나는 수가 있다. 수격작용의 분석은 매우 복잡한 작업으로 전문가에 의해 이루어져야 한다. 다만, 경험적인 지침서로서 ①~③의 경우는 반드시 수격작용의 분석을 하는 것이 바람직하다.

① 관내유량이 115m^3/h 이상이고, 동력학적 수두가 14m 이상인 경우
② 역지밸브(Check valve)를 가지고 있는 고양정 펌프시스템
③ 수주분리가 일어날 수 있는 시설, 즉 고위점이 있는 시설, 압력관으로 자동공기배출구나 공기진공밸브가 있는 시설과 관 길이가 100m 이상인 경우

수격작용의 정도는 관내유속의 시간적 변화(펌프의 기동, 정지 및 밸브의 개폐에 필요한 시간), 관로의 고저기복과 연장, 펌프나 원동기의 회전관성 및 펌프의 특성 등에 따라 다르다(<그림 6.18> 참조). 또한 양정이 크고 압송관의 길이가 길어지는 경우 수격작용 발생을 고려하여 전동밸브 설치여부 및 체크밸브의 기종을 정하여야 한다.



〈그림 6.18〉 수격작용

수격작용에 의해 다음과 같은 피해가 발생할 우려가 있다.

① 압력강하로 인해 관로를 사용하지 못하게 된다.

② 압력강하에 의해 관로내에 물이 증기압 이하로 되는 부분이 나타나서 수주분리(水柱分離)를 일으키고, 이 공동부분이 다시 물로 채워지게 될 때 격감한 충격압이 생겨 관을 파괴한다.

③ 압력 상승에 의해 펌프, 밸브 및 관로 등을 파괴한다.

④ 펌프 및 전동기가 거꾸로 회전하는 데 대한 고려가 없을 때는 역회전에 의한 사고를 일으킨다.

펌프의 송수관로에서 수격작용을 충분히 검토하는 것은 중요하며, 이와 관련한 컴퓨터 프로그램이 개발되어 있으므로 편리하게 프로그램을 이용할 수가 있다. 수격작용을 방지 또는 줄이는 데는 다음과 같은 방법이 있지만 수격작용의 정도에 따라 시설하기에 적합한 방법을 선택한다.

가. 수주분리(水柱分離) 발생의 방지방법

① 펌프에 플라이휠(Fly wheel)을 붙여 펌프의 관성을 증가시켜 급격한 압력강하를 완화한다. 소용량의 펌프에는 유리하지만 용량이 큰 펌프나 토출측 관로연장이 긴 경우는 플라이휠이 과대하게 된다. 플라이휠이 클 때는 베어링을 별도로 설치하고 기동방법도 고려를 한다.

② 토출측 관로에 압력조절수조(Surge tank)를 설치해서 부압 발생장소에 물을 보급하여 부압을 방지함과 아울러 압력상승도 흡수한다. 압력조절수조는 건설비는 커지지만 안전하고 확실한 방법이다.

③ 토출측 관로에 일방향 압력조절수조를 설치하여 압력강하시에 물을 보급해서 부압 발생을 방지한다. 평상시에 역지밸브(Check valve)는 관로와 분리된다. 압력조절수조에 비해 소형으로 되어 경제적이나 유효범위가 한정되고 또 하수의 경우는 역지밸브에 이물질이 낄 우려가 있다.

④ 펌프 토출구 부근에 공기탱크를 두거나 또는 부압 발생지점에 흡기밸브를 설치해서 압력강하

시에 공기를 불어 넣는다. 공기흡입점보다 하류측이 자연유하로 되는 경우는 좋지만 그 이외에서는 공기를 배제하는 데 문제가 따른다. 소용량의 펌프에서 쓰이고 있다.

⑤ 관내유속을 낮추거나 관거상황을 변경한다.

나. 압력상승의 방지법

① 펌프의 토출구에 완만히 닫을 수 있는 역지밸브(소용량 펌프의 경우) 또는 완만히 닫을 수 있는 바이패스관이 달린 역지밸브(중급 용량 이상의 펌프)를 설치하여 역류하는 물을 서서히 차단해서 압력상승을 적게 한다. 관로가 비교적 짧은 경우에 적합하다.

② 역지밸브를 설치하지 않고서 펌프의 토출측 밸브를 유압 또는 수압에 의해 자동적으로 서서히 폐쇄한다. 고양정, 대용량의 펌프에 적합하다.

③ 그 밖에 급히 폐쇄하는 역지밸브(소용량 펌프의 경우) 또는 관로에 안전밸브를 두는 방법이 있으나, 하수의 경우 그다지 적당하지 않다. 또 물을 역류시키는 방법도 있지만 전동기의 역회전과 펌프흡입부의 크기를 고려해야 할 필요가 있다.

6.2.10 기초

펌프의 기초는 다음 사항을 고려한다.

1) 펌프와 전동기는 가능한 한 같은 기초로 하고 하중 및 진동과 지반의 내압을 고려해서 충분한 콘크리트 기초면적으로 한다.
2) 펌프를 펌프흡입부의 상부 바닥 위에 설치하는 경우, 바닥두께는 펌프 및 흡입관의 중량과 물무게 및 스러스트(thrust) 하중에 견디는 철근콘크리트 구조로 한다.

☞ 해설

펌프의 기초는 그 중량에 의해 펌프의 진동을 작게 하는 것이므로 진동을 억제할 수 있는 충분한 무게를 가지는 크기로 하며, 가능한 한 전동기와 같은 콘크리트 기초로 한다. 기초의 중량은 전동기를 직결하는 경우는 적어도 기계중량의 3배 이상, 내연기관을 직결하는 경우에는 기계중량의 4배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 특히 지진 등에 안전성이 확보될 수 있도록 내진을 감안하여 기초를 검토·적용 설계하여야 한다.

6.2.11 부대설비 및 보조설비

펌프의 부대설비 및 보조설비는 다음 사항을 고려한다.

1) 펌프의 토출구 또는 토출관 중에는 반드시 슬루스밸브 또는 버터플라이밸브를 설치하는 것을 표준으로 하고 유체특성 및 관경 등을 고려하여 다른 종류의 밸브를 선정할 수 있다. 밸브의 개폐조작은 필요에 따라 수동식 또는 동력식으로 한다.
2) 펌프가 정지할 때 역류를 방지하기 위해 토출관의 중간, 관의 끝 및 배수관의 끝에 역류방

지용의 밸브를 설치한다.

3) 펌프의 흡입측 및 토출측에는 반드시 진공계 및 압력계를 설치한다.

4) 펌프의 운전에 필요한 수위를 검지하기 위해 수위계(지시계 또는 기록계)를 설치하고, 펌프의 유지보수를 위하여 필요한 경우 수동 혹은 전동 슬루스밸브를 설치한다.

5) 마중물을 필요로 하는 경우는 적당한 진공펌프 또는 진공설비를 설치한다. 진공펌프는 기동후 2~3분간에 펌프를 물로 꽉 채울 수 있는 용량으로 한다.

6) 펌프실에는 시설의 유지관리를 위한 천정크레인 또는 전기기중기 등을 설치하는 것이 좋다.

7) 축봉용, 냉각용 및 윤활용 등의 급수장치와 실내 배수펌프를 필요에 따라 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

펌프의 토출구 또는 토출관 중에서 펌프 기동시의 부하경감, 토출량 절감 또는 역류방지를 위해 슬루스밸브 또는 버터플라이밸브를 설치하며, 밸브의 설치위치는 물의 흐름방향에 직각을 유지토록 하여 수류의 쏠림에 의한 밀리는 추력 등 불필요한 추가부하가 발생치 않도록 한다. 차단용에는 슬루스밸브, 유량조절용에는 버터플라이밸브 등을 쓰는 것이 좋다. 밸브의 개폐는 구경 400mm 정도까지는 수동식을 사용하지만 그 이상 일때는 동력개폐식으로 한다.

단, 사용빈도가 적은 경우에는 수동식으로 해도 좋다. 또, 구경 400mm 이하에서도 자동 또는 원격제어를 할 때는 동력개폐식으로 한다. 동력개폐식에는 전동식과 압력식(수압 또는 유압식)이 있다. 또한 밸브에는 열림 정도를 표시하기 위해 적당한 개도지시계가 필요하다.

2)에 대하여

토출측 수위가 펌프보다 상당히 높고 정전 및 기타의 사고시에 역류를 발생할 우려가 있는 경우는 역류방지용의 밸브를 설치한다.

역류방지용 밸브는 가능한 한 저항이 적은 구조로 하고, 보통 토출관의 도중에 역류방지밸브가 쓰여진다. 저양정의 대형펌프에서 토출측 관로가 짧은 경우에도 관 끝에 플랩밸브를 쓰는 것이 좋다.

3) 및 4)에 대하여

펌프의 운전상황을 확인하고자 진공계 및 압력계를 설치하며 또, 운전조작을 안전하게 하기 위해 펌프흡입부 및 토출측 수면의 수위를 계측하기 위해 수위계를 설치하는 것이 바람직하다.

5)에 대하여

펌프의 흡입측이 수압에 의해 강제흡입하는 경우와 입축펌프에서 날개가 항상 수중에 있는 경우에는 마중물을 위한 급수장치가 필요없다. 그러나 이외의 펌프에서는 마중물을 위해 진공펌프를 설치한다. 진공펌프 및 진공시설의 용량은 기동 후 2~3분간에 주펌프를 물로 채울 수 있는 것으로 한다.

진공펌프는 건식진공펌프 및 습식인 낫슈형이 가장 많이 사용되지만 이 습식진공펌프는 펌프본

체내에 항시 일정량의 물이 필요하므로 진공펌프의 최초의 마중물 및 운전중의 물공급용으로서 보조수조가 필요하다.

6)에 대하여

펌프실에는 천정크레인(crane) 또는 호이스트(hoist)를 설치하는 것이 좋다. 그러나 필요에 따라서는 체인블록(Chain block)을 쓰는 것도 좋다. 천정크레인은 작업조건에 따라 고속형, 보급형 및 저속형의 3종류가 있으나 펌프실용으로서는 되도록 저속의 것을 쓰는 편이 좋다. 천정크레인 또는 호이스트를 설치할 때는 해당 KS 및 관계법규를 따라야 한다.

7)에 대하여

펌프의 축봉수(軸封水) 또는 펌프 및 전동기의 베어링 등의 냉각용수, 저양정 펌프에서 토출압력이 극히 낮은 경우 및 물로 윤활을 하는 수중베어링을 사용하고 있는 펌프에서도 별도로 보조급수펌프 등의 적당한 급수장치가 필요하다. 또 펌프실의 바닥면이 지반보다 낮은 경우, 마중물의 누수 및 잡용수 등을 자연배수 할 수 없으므로 펌프실의 일부에 배수구를 설치해서 실내 배수펌프로 배수한다.

6.2.12 펌프의 조합운전

펌프의 조합 운전 및 운전점과 관련 사항은 다음과 같다.

1) 동일한 성능의 펌프 병렬 운전

2) 성능이 다른 펌프의 병렬 운전

3) 성능이 동일한 펌프의 직렬 운전

☞ 해설

1)에 대하여

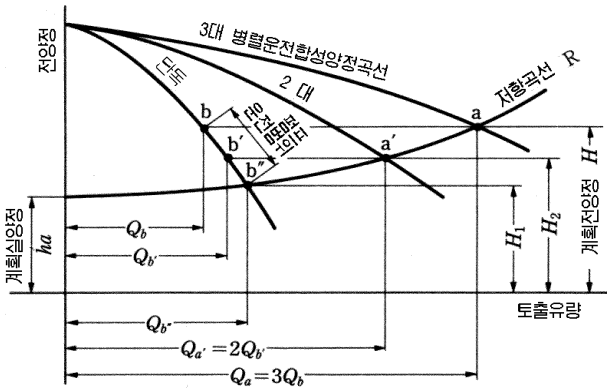
동일한 성능의 펌프 여러 대를 공통관로에서 병렬로 운전하는 경우에는 <그림 6.19>와 같이 각 펌프의 동일 전양정에 대응하는 토출량을 대수로 곱한 펌프 전대수의 합성양정곡선과 저항곡선 R과의 교점 a가 펌프 운전점으로 된다.

3대를 운전할 때에 각 펌프의 운전점은 a점과 동일한 양정비인 b점으로 된다. 또한 동일한 저항곡선으로 2대를 운전할 때에 각 펌프의 운전점은 b'점으로 되며, 1대를 운전하는 경우에는 b"점으로 된다. 그림에서 명백한 바와 같이 b점이 펌프의 시방점으로 되면, b"점은 과대유량역으로 되어 캐비테이션이 발생할 우려가 있으므로 펌프설비를 계획할 때에는 주의해야 한다.

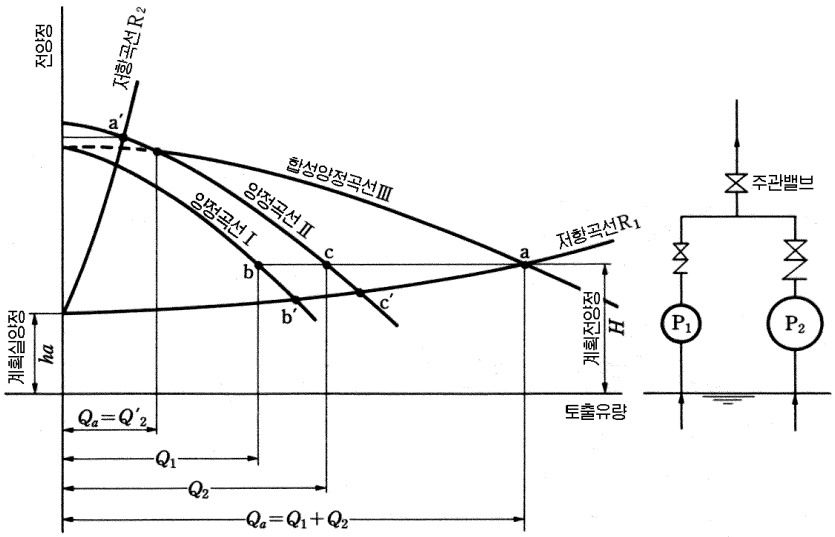
2)에 대하여

성능이 다른 펌프를 병렬 운전할 경우의 합성양정곡선은 <그림 6.20>에 나타낸 바와 같이 각 펌프에 대한 동일한 양정에서의 토출량을 더함으로써 구할 수 있다. 각 펌프의 운전점은 합성양정곡선 Ⅲ과 저항곡선 R_1과의 교점 a와 동일양정의 b점, c점이 된다.

이 병렬운전으로 그림에 나타난 바와 같은 본관밸브를 닫아서 저항곡선을 R_1로부터 R_2로 변경한 경우의 펌프운전점은 합성양정곡선 Ⅲ과의 교점 a로 된다. 이 점의 양정이 소용량 펌프 P_1의 차단양정보다도 높으면, 펌프 P_1은 송수하지 못하게 된다. 이와 같은 송수계통인 경우에는 1대만의 운전으로 하거나, 우회관을 설치하는 등으로 펌프의 과열을 방지하도록 조치하여 펌프를 보호해야 한다.



〈그림 6.19〉 성능이 동일한 펌프 병렬운전

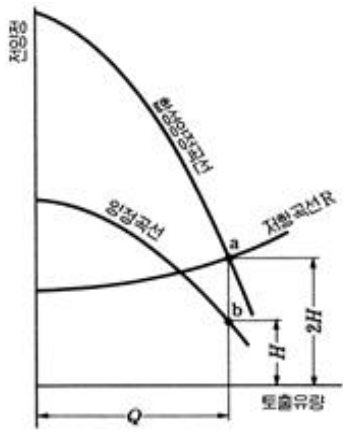


〈그림 6.20〉 성능이 다른 펌프 병렬운전

3)에 대하여

성능이 동일한 펌프의 직렬운전은 복수대의 펌프를 단일관로에서 직렬 운전하는 경우로서 <그

림 6.21>과 같이 동일한 토출량에서 양정을 대수로 곱한 합성양정곡선과 저항곡선 R과의 교점이 펌프의 운전점으로 된다. 교점 a의 유량 Q가 토출량으로 되며 각 펌프의 운전점은 b점이 된다.



〈그림 6.21〉 성능이 동일한 펌프의 직렬운전

6.3 펌프의 자동운전

6.3.1 제어방식의 선정

펌프의 제어방식은 펌프의 형식과 사용조건, 설치비, 유지관리비 및 전동기의 종류 등을 고려하고 운전의 합리화를 도모하기 위하여 적당한 제어방식을 선정한다.

☞ 해설

일반적으로 물을 양수하는데는 펌프의 기동에 필요한 마중물(priming), 축봉수, 냉각, 윤활, 전동기의 기동 및 정지, 토출측 밸브의 개폐 등 일련의 조작을 한다.

종래에는 이들의 조작을 현장에서 개별적으로 수동 조작하여 왔으나 근래 기술이 진보함에 따라 운전관리를 합리화하기 위해 연동(連動) 또는 자동화하는 것이 일반적이다. 펌프의 운전방식을 선정하는데 있어서는 유입수량의 변동, 펌프의 형식과 사용빈도, 건설비, 유지관리비, 근무인원수, 기술수준 및 단계적 시공에 따른 초기대책 등을 종합적으로 검토하지만 제어기술의 진보, 기계화 및 에너지 절약화 등에 따라 자동제어방식이 많이 채용되는 경향이다.

그러나 어떠한 경우라도 시운전과 조정을 위하여 현장에는 단독운전을 할 수 있도록 현장제어반을 설치한다. 또한 안전하게 자동화한 방식에서도 1인 조작제어방식으로 운전이 가능하도록 설치하면 편리하므로 이를 권장한다.

펌프의 자동제어에는 수위와 연관하여 자동적으로 기동 또는 정지하는 간단한 방법에서 대수를 선택하고, 토출량을 제어하는 등 복잡하고 다양하며 이들 목적에 따라 대별하면 수위제어, 유량제어 및 압력제어로 구분된다. 일반적으로 채용되는 수위 및 유량제어는 다음과 같다.

가. 수위제어

유량의 변동에 따라 펌프흡수정의 수위 또는 그 변화를 검출하여 펌프흡수정의 수위를 일정하게 유지하도록 유입량에 비례한 유량을 양수하는 방식이다.

나. 유량제어

펌프흡수정의 수위에 의한 목표토출량을 수위목표 토출량곡선 및 수위변화 보정률로부터 토출량을 제어하는 방식이다.

이러한 수위 및 유량제어는 다음과 같은 방법으로 이루어진다.

① 펌프의 대수제어: 펌프흡수정 수위에 의해 펌프마다 설정수위를 설치하여 수위의 증감에 따라 펌프의 운전대수를 증감하여 토출량을 조절하는 것이다.

② 펌프의 회전수제어: 펌프의 회전수를 변화시켜 토출량을 조절하는 방식이다. 건설단계의 일부 통수 시 또는 수량이 적은 경우와 수량변화가 현저한 경우 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치 또는 동일 용량의 펌프를 설치하여 이를 회전수 제어하므로서 처리공정의 안정화 및 자동화를 도모한다.

③ 토출밸브의 제어: 펌프의 토출밸브를 조절하여 토출량을 조절하는 방법으로 밸브를 개방할 때 손실이 크고 운전효율이 나쁘므로 기기에 미치는 영향을 적게 하기 위하여 정격용량의 70 % 정도까지 수량조절을 하는 것이 좋다.

④ ①~③을 조합하여 제어할 수 있다.

6.3.2 자동운전용 기기

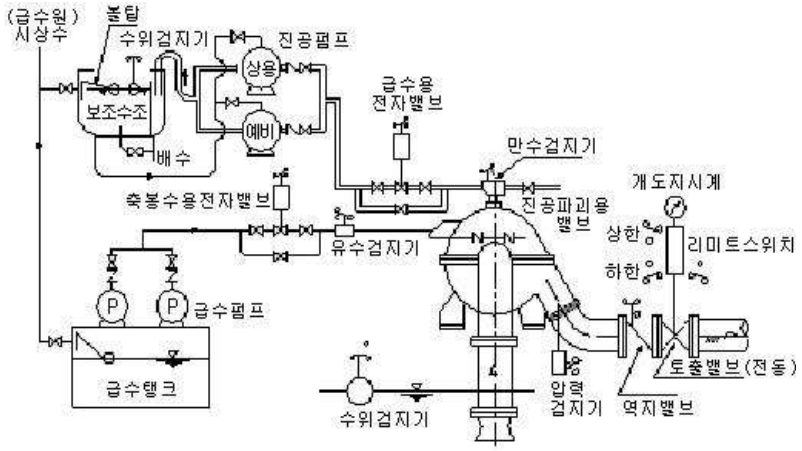
펌프를 자동 또는 원격제어하는 경우 기동 및 정지의 작동과정을 자동적으로 진행시키기 위하여 다음 사항 중 필요한 장치를 설치한다.

1) 만수(滿水)검지장치
2) 토출압력 검지장치
3) 축봉수, 냉각수, 윤활용수 등의 압력 또는 물의 흐름 검지장치
4) 마중물(priming), 축봉, 냉각, 윤활용 등의 소배관에 전기식 또는 압력 개폐식 밸브
5) 토출측 밸브에 제한스위치 및 안전장치

☞ 해설

펌프의 기동, 정지를 자동적으로 또는 원격제어(1인 제어의 경우를 포함한다)로 하는 경우에는 펌프의 형식 및 시설 내용에 따라 다르지만, 축봉용, 냉각, 윤활, 마중물, 전동기의 기동 및 정지,

토출측 밸브의 열림정도 등 일련의 과정을 자동적으로 원활히 진행시키기 위해 필요한 물을 채우는 경우에 대해 설명하면 다음과 같다(<그림 6.22> 참조).



〈그림 6.22〉 원심펌프의 자동운전의 예

주 조작스위치를 기동측에 넣든가 또는 다르게 기동지령에 의해 다음의 기동과정이 순차로 자동으로 진행한다.

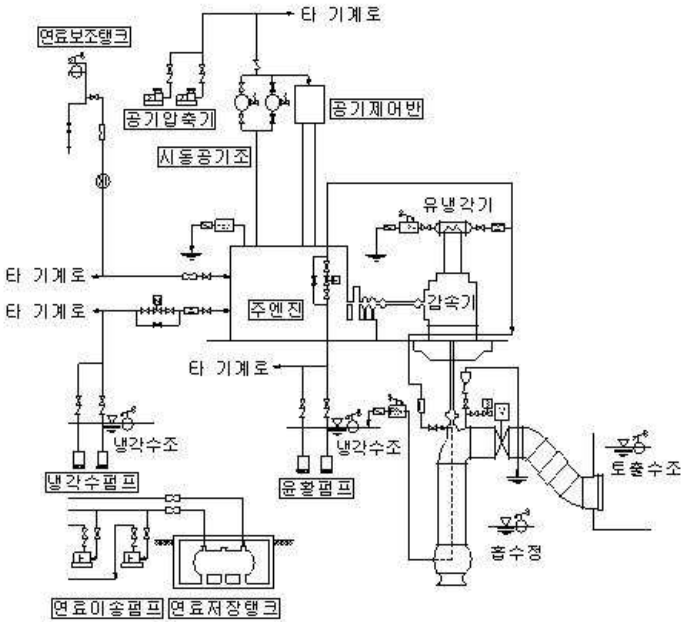
① 펌프의 축봉수 및 펌프전동기의 축받이 냉각수의 급수펌프 기동
② 급수펌프 토출압력검지기 작동(토출압력이 정상인가 확인)
③ 펌프의 축봉수에 쓰이는 전자밸브 열림(펌프축봉수 채움개시)
④ 진공펌프 및 진공시설 기동
⑤ 만수검지기 작동
⑥ 기동에 필요한 물채움용 또는 전자밸브(또는 압력개폐식 밸브)닫힘(기동수 완료)
⑦ 진공펌프 및 진공시설 정지
⑧ 전동기의 차단기 투입(펌프기동)
⑨ 펌프의 토출압력검지기 작동(토출압력의 정상확인)
⑩ 토출측 밸브를 열기 시작한다.
⑪ 토출측 밸브를 모두 연다.

단, 펌프의 흡입측이 수압에 의해 흡입하는 경우와 입축펌프 등에서 펌프속이 항시 물이 차있을 때는 기동에 필요한 물 조작이 필요 없으므로 기동과정이 간단하게 된다. 또 원격제어의 경우는 토출측 밸브의 개폐를 앞서 기술한 일련의 과정으로부터 제외시켜 행하는 것도 있다.

펌프의 정지는 조작스위치를 정지측으로 넣든가 또는 다르게 정지명령에 의해 다음의 순서로 행한다.

① 토출측 밸브를 닫기 시작한다.
② 토출측 밸브를 완전히 닫는다.
③ 전동기의 차단기를 끊는다.
④ 냉각수 급수펌프를 정지시킨다.

단, 냉각수 급수펌프 1대로 2대 이상의 펌프를 급수하고 있을 때는 정지시키지 않는다. 농형 유도전동기의 경우는 전전압기동(全電壓起動)과 기동장치에 의한 기동이 있지만 각각 기동방식에 적합한 기동순서로 하지 않으면 안된다. 또 내연기관구동의 펌프에서 공기기동의 경우는 펌프를 물로 채운 후 기동용 공기배관의 전자밸브를 열어 기동하고 회전수 상승을 확인해서 전자밸브를 닫아 공기의 공급을 멈추도록 한다(<그림 6.23> 참조).



〈그림 6.23〉 내연기관 구동펌프의 자동운전 예

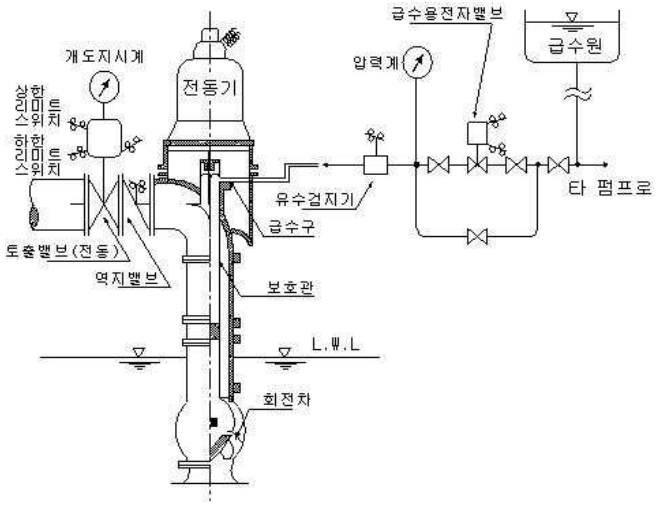
사류펌프 및 축류펌프에서 물로 윤활하는 베어링을 사용하고 있는 경우는 이것에 확실하게 급수하는 것을 기동과정의 중점으로 한다(<그림 6.24> 참조).

이상의 기동 및 정지를 자동적으로 행하기 위해 사용하는 기기로서는 1)~5)중에서 시설에 적합한 것을 선택하면 좋다.

1)에 대하여

펌프의 케이싱(casing)안에 채워진 것을 검지하고 펌프의 기동과정을 진행시키기 위하여 만수검지장치를 설치한다. 이것에는 전극식(정전용)과 부자식 등이 있지만 양수 중에 협잡물, 비닐, 기름

등에 의해 잘못 작동할 우려가 있으므로 그 대책을 충분히 고려함과 아울러 청소하기 쉬운 구조로 한다.



〈그림 6.24〉 입축펌프의 자동운전 예

2)에 대하여

펌프의 기동중에 토출압력이 소정압력으로 된 것을 검지하고, 필요에 따라 토출측 밸브의 열림 명령을 내게 하기 위해 압력검지장치를 설치한다. 또, 압력검지장치는 펌프운전중의 토출압력 또는 축받이, 냉각수, 마중물 등의 급수압이 비정상으로 저하한 것을 검지하여 경보 또는 고장표시를 하는 보호장치로 사용한다.

3)에 대하여

펌프 기동중에 마중물, 냉각수 및 수중베어링의 윤활수가 흐르고 있는 것을 검지하고 기동과정을 진행하기 위해 유수검지장치를 설치한다. 또, 유수검지장치는 펌프운전중에 있어서 앞서 기술한 급수의 단수(斷水)를 검지하고, 경보 또는 고장표시를 하는 보호장치로서 사용한다. 마중물과 같은 아주 적은 수량일 때는 유수검지장치 대신에 압력스위치를 쓰는 경우가 있지만 관이 막힌 때는 효과가 없으므로 주의한다.

4)에 대하여

마중물, 냉각, 축봉용, 윤활용 등의 작은 배관 중간의 밸브에는 일반적으로 전자밸브 또는 전동밸브를 쓴다. 고형물이 포함된 물을 양수하는 펌프의 마중물의 배관에서는 협잡물이나 불순물 등에 의해 잘못 작동되지 않도록 그 대책을 고려한다. 다이어프램 밸브(Diaphragm valve) 또는 볼 밸브(Ball valve, 공기 또는 수압개폐식)는 그 장해가 적으므로 이를 사용하는 것도 좋다.

5)에 대하여

토출측 밸브에는 완전히 열거나 닫거나 또는 어느 정도에서 밸브를 멈출 수 있게 하기 위해 제한스위치를 설치한다. 전동밸브의 경우는 밸브에 이물질이 들어간 경우의 보호장치로서 토크 스위치(Torque switch)를 설치하여 밸브 구동용 전동기를 멈추도록 한다. 또 수동으로 밸브를 개폐할 때는 조작하는 사람의 안전을 위해 전동조작이 되도록 한다.

6.3.3 펌프설비 보호장치

펌프에는 운전중 발생되는 이상을 검출하고, 이상정도에 따라 운전정지, 경보 또는 고장표시를 할 수 있는 적합한 보호장치를 설치한다.

☞ 해설

펌프를 운전하기 위해서는 펌프가 기동중 또는 운전중에 발생하는 이상을 검출하여 제어실 등 필요한 장소로 경보 또는 고장표시를 하기 위한 적당한 보호장치를 설치한다. 펌프가 기동중 또는 운전중에 일으키는 이상현상은 시설의 내용에 따라 다르지만 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

① 전동기(펌프 및 보조기기)의 과부하
② 펌프 토출유량의 감소
③ 펌프 토출압력의 이상저하
④ 흡입수위의 이상상승 및 저하
⑤ 펌프 및 전동기의 베어링 온도의 이상상승(전동기 권선온도 포함)
⑥ 축봉수, 냉각수 및 윤활수(또는 윤활유) 압력의 이상저하와 유량감소
⑦ 진공펌프용 보조수조의 수위 이상
⑧ 기동 및 정지의 지체

이와 같은 이상현상을 검토하는 기기로 압력검지기, 유수검지기, 수위검지기, 온도스위치, 과전류계전기 또는 과부하계전기 등이 있으며 펌프의 형식, 운전방식 및 사용조건 등에 따라 필요한 것을 사용한다.

이상의 것 이외에 기동과정에 있어서 정해진 조건을 만족하지 못하는 경우 다음의 과정으로 넘어가지 않도록 하는 연동장치를 설치해 두고 또 필요에 따라서는 조작반에 펌프 비상정지용 조작스위치를 둔다. 고장은 그 중요성에 따라 중(重)고장과 경(輕)고장으로 나누고, 중고장의 경우에는 펌프를 정지시킴과 동시에 경보 및 고장표시를 하고, 경고장의 경우는 경보 및 고장표시만으로 한다. 고장표시는 조작반 또는 제어반에 집합고장표시기에 의해 집중적으로 표시하여 감시하기 쉽도록 하는 것이 좋다.

6.4 전동기

6.4.1 종류

전동기는 3상 유도전동기를 표준으로 한다.

☞ 해설

전동기의 종류는 다양하지만 그 중에서도 3상유도전동기는 구조가 간단하고 운전보수가 용이한 점 등의 이점이 있기 때문에 가장 일반적으로 사용되므로 물재이용 시설용 기계의 전동기도 이것을 표준으로 한다.

3상유도전동기는 회전자(回轉子)의 구조에 따라 다음과 같이 분류되고 있다.

① 보통 바스킷형(농형) 유도전동기

② 특수 바스킷형(농형) 유도전동기

③ 권선형 유도전동기

특수바스킷형(1종, 2종)이라 함은 기동전류를 제한하거나 또는 기동토크(torque)를 크게 하기 위해 회전자를 특수한 구조로 한 것으로 기동토크가 1종은 전부하토크의 100% 이상, 2종은 전부하토크의 150% 이상의 것이다. 전동기의 정격주파수 및 정격전압은 [표 6.8]과 같고 전동기축에 연속발생하는 정격출력의 표준은 [표 6.9]와 같다.

〔표 6.7〕 정격전압

주파수(Hz)	60		
저전압(V)	220	380	440
고전압(V)[5]	3,300		6,600

〔표 6.8〕 전동기의 정격 출력의 표준

(단위: kW)

KS C 4202	KS C 4203[6]	KS C 4202	KS C 4203
0.2	(37)	7.5	(110)
0.4	40	11	125
0.75	50	15	150
1.5	(55)	22	200
2.2	60	30	
3.7	75	37	
5.5	100		

5) KS C 4203에서는 고전압으로 3,000V 및 3,300V를 표준으로 하고 있으나 실제로는 3,300V 및 6,600V가 사용되고 있다.
6) 고전압으로 3,000V 및 3,300V를 기준으로 한 정격출력을 나타낸 것이다.

6.4.2 형식

1) 전동기의 형식은 설치(지지)장소 및 주위의 상황에 따라 [표 6.9]를 표준으로 한다.

〔표 6.9〕 전동기 형식

설치(지지)장소의 상황	형식	
	외피형	보호방식
건조하고 한적한 장소	개방형	보호형
물방울을 받을 우려가 있는 장소	개방형	포말보호형
물이 고이거나 습기가 현저한 장소	전폐형	전폐방수형
부식성 가스를 받을 우려가 있는 장소	전폐형	전폐외선형 또는 전폐방식형
옥외에 설치하는 경우	전폐형	전폐실외형
수중에서 사용하는 경우	전폐형	전폐수중형

2) 전동기의 용량과 대수는 펌프의 용량과 대수 결정시 연계 검토한다.

☞ 해설

1)에 대하여

전동기의 외피형과 보호방식은 부하의 종류 및 설치장소의 상황에 따라 정해야 한다. [표 6.9]는 설치장소의 상황에 적합한 형식의 표준을 나타낸 것이다. 습기가 적고 통풍환기가 양호한 환경에서는 저렴한 값으로 보수가 용이한 개방형이 가장 적합하지만, 물방울의 영향을 받을 수 있는 곳에서는 방포말보호형(防泡沫保護形)이 좋다. 물이 스며들거나 습기가 현저한 곳에서는 전폐방수형(全閉防水形), 부식성 가스의 영향을 받을 우려가 있는 장소에서는 전폐외선형(全閉外扇形) 또는 전폐방부식형(全閉防腐蝕形)이 적당하다. 실외에 설치되는 전동기에는 전폐실외형(全閉室外形)이 사용된다. 또, 수중에서 사용하는 경우는 전폐수중형(全閉水中形)이 좋다. 더욱이 주택지 또는 시가지 등에서 특히 소음방지를 고려하는 경우는 저소음전동기를 사용한다. 또한 전압 600V 이하의 삼상유도전동기(200kW 이하)를 사용하는 경우에는 KS C 4202 규정 이상의 고효율기준을 만족하며 에너지소비율을 저감 개선하는 저탄소 녹색성장 품목으로 고효율전동기를 가급적 사용한다.

2)에 대하여

전동기 출력을 펌프 축동력보다 크게 하여야 하며, 전동기 용량이 과대하면 고가의 큰 전동기를 사용함에도 불구하고 효율 및 역률이 나빠 비경제적이고, 과소하면 기동이 되지 않고 과부하발생으로 고장을 발생할 수 있기 때문에 운전범위 내에서 최대축동력에 대한 여유율을 고려하여 검토하여야 한다.

6.4.3 기동장치

전동기는 전압기동의 경우 외에는 [표 6.10]의 기동장치를 설치한다.

〔표 6.10〕 기동장치(起動裝置)

전동기종별	기동장치
바스킷형(농형) 유도전동기	스타델타 기동장치, 기동보상기, 기동리액터
권선형 유도전동기	2차저항기

☞ 해설

정지하고 있는 유도전동기에 정격전압을 가하면 큰 전류가 흐른다. 이 전류(기동전류)는 역률(力率)이 나쁘고 전원용량이 작은 경우에는 전자접촉기가 떨어지며, 같은 계통의 다른 기기에 악영향을 준다. 바스킷형 유도전동기는 구조상 기동시에 2차측 회로에 저항기를 삽입할 수 없으므로 기동전류제어는 일반적으로 1차측 전압을 변화시키는 것으로 한다. 기동전류는 단자전압(端子電壓)에 비례하며 기동토크는 단자전압의 제곱에 비례하기 때문에 기동방법 및 감전압(減電壓) 탭(tap)의 선정은 전원용량 및 필요 기동토크 등을 충분히 고려할 필요가 있다. 전전압기동방식은 전동기의 단자에 직접 정격전압을 가해서 기동하는 방식으로 일반적으로 기동전류는 전부하전류의 500~800%, 기동토크는 전부하토크의 100~150%이다. 3.7kW 이하의 전동기는 전원의 대소에(전압의 고저) 관계없이 이 기동방법을 취한다. 전원용량이 충분하다면 5.5kW 이상의 전동기에서도 전원용량에 따라서 이 기동방식을 취한다. 단, 전원용량이 작을 때는 전력회사와 협의할 필요가 있다.

스타델타기동방식은 기동할 때 1차전선을 스타에 접속하고 대체로(거의) 정격속도로 된 후에 델타에 접속하는 기동방법이다. 이 방식은 (저압을 수전하는 수용가는) 5.5kW~37kW까지의 저압전동기에 쓰여지고 있다. 기동전류 및 기동토크는 전전압기동시의 약 1/3이다.

보상기동방식(補償起動方式)은 단권변압기(單券變壓器)를 사용하여 전동기 단자전압을 정격전압보다 저하시켜 기동하는 방법으로 기동토크 및 전원측의 전류는 모두 변압비의 제곱에 비례한다.

리액터(reactor)기동방식은 1차회로에 직렬로 기동리액터(reactor)를 넣어 기동하는 방법이다. 이 방법은 직렬로 넣은 리액터(reactor) 중에서 전압을 강하시키는 것이므로 보상기동방식에 비해 기동시의 입력전력이 크게 되는 단점을 가지고 있다.

2차저항기 기동방식은 권선형 유도전동기를 기동할 때 쓰이는 방법으로 2차에 삽입한 저항을 가감해서 기동전류 및 기동토크를 변화시키는 것이다. 삽입한 2차저항을 속도가 상승하는데 따라 점차로 적게 되도록 하다가 후에 단락한다. 이 방법은 기동전류도 적고 시동역율도 좋아 바스킷형 유도전동기에 비해 기동특성은 매우 좋아진다.

6.4.4 동력전달방식

동력전달방식은 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 전동기와 부하의 연결은 플랙시블축이음(Flexible joint)에 의한 직결을 표준으로 한다.
2) 회전수 관계로 직렬로 할 수 없을 때는 기어 및 벨트 등의 방법으로 한다.
3) 부하의 변동이 급격하여 전동기와 부하사이에 기능상 슬라이딩 등의 완충을 둘 필요가 있는 경우에는 유체축(流體軸)커플링, 분체축(粉體軸)커플링 및 전자축(電磁軸)커플링 등을 사용한다.

☞ 해설

1)에 대하여

전동기와 부하와의 연결은 일반적으로 플랜지형, 휨축 커플링을 표준으로 한다. 이것은 축심이 약간 휘는 정도로는 운전상 큰 지장을 주는 일이 없기 때문이다. 그러나 자재축 커플링은 아니기 때문에 조립과정이나 설치에 있어서나 정확히 중심선이 맞도록 해야 한다.

또 전동기와 부하가 기초를 달리하는 구조에서 부등침하의 우려가 있는 경우 또는 휨축 커플링에서는 축의 편심에 의한 진동을 흡수할 수 없는 경우에는 자재축 커플링을 사용한다.

더욱이 출력이 큰 전동기에서 플랜지형 휨축 커플링에 의해 축동력을 전달할 수 없는 경우는 기어형 커플링을 사용하는 수도 있으나, 입축펌프로 휨축 커플링을 사용할 수 없는 경우는 고정축 커플링을 사용한다.

2)에 대하여

부하관계로 회전수를 변화시킬 필요가 있는 경우는 간단하고 값싼 방법으로서 기어 또는 벨트의 방법을 표준으로 한다. 변속비에 대해 기어는 정확하지만, 벨트는 정확하지 않다. 아울러 그 제작과 설치가 잘 되고 못되는 것에 따라 전동효율에 상당한 차가 있으므로 계획에서는 충분히 주의할 필요가 있다.

기어전동장치는 일반적으로 유욕식(油浴式)으로 한다. 대용량의 것은 강제급유식으로 하고 기름냉각기나 초기주유장치 등의 부속장치가 필요하다.

3)에 대하여

기계스크린 및 침사스크레이퍼 등의 동력전달은 기능상 부하가 대폭으로 변동하기 때문에 축커플링으로서 유체축커플링, 분체축커플링 및 전자축커플링 등을 사용하면 과부하인 경우는 슬라이딩에 의해 이를 흡수해서 전동기를 보호함과 동시에 피동측을 원활히 운전할 수가 있다.

6.4.5 전동기 보호장치

전동기의 보호장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 전동기의 개폐기와 기동장치 및 2차측 단락장치의 상호간에 연동장치를 설치한다.

2) 전동기에는 과부하 및 저전압의 차단장치를 부착시킨다.

☞ 해설

1)에 대하여

기동기를 가진 권선형 전동기의 조작절차가 잘못된 경우에 일어나는 전기사고를 막기위해 기동기와 전동기의 2차측 단락장치가 기동상태로 되돌아오지 않을 때는 계전기가 작동해서 개폐기를 넣더라도 회로가 닫혀 있도록 하는 연동장치를 설치한다.

2)에 대하여

전동기에는 과부하에 의한 손실, 파손 및 정전 후의 재송전에 의한 위험을 방지하기 위해 배전반에 과부하 및 저전압의 차단장치를 부착한다.

저압전동기의 경우 단락보호장치로서 배선용차단기(전동기)를 설치하고, 과부하보호에는 전자접촉기 2차측에 열동계전기(熱動繼電器)를 설치한다.

전원의 결상(缺相)에 의한 전동기 손실을 방지하기 위하여 2E(과부하 및 결상)계전기를 사용하고 역상보호가 필요한 경우에는 3E계전기를 사용한다. 단, 지락(地絡)보호장치를 할 필요가 있는 경우에는 지락시 정전에 의한 영향범위를 고려하여 배선용 차단기 또는 차단기에 지락보호장치를 조합한 것을 사용한다.

고압전동기의 경우 과부하와 단락보호를 위하여 고압한류퓨즈(진공차단기)와 고압전자접촉기를 조합한 스위치를 사용하여 단락보호는 고압한류퓨즈(진공차단기)로 과부하보호는 과전류계전기를 조합하여 사용한다.

진공식 차단기는 개폐동요에 의한 이상 고전압이 발생하므로 동요(써지)흡수기(動搖吸收器)의 설치를 검토할 필요가 있다.

유도전동기에 과부하의 단락보호를 하는 경우 검토할 사항은 다음과 같다.

① 전동기의 허용과부하특성과 과부하보호용 계전기의 작동특성의 검토

② 전동기의 기동전류에 의한 과전류계전기 또는 한류퓨즈의 불필요한 작동검토

③ 전동기보호용 계전기와 상위측과 전류계전기의 검토

지락보호에 대하여는 수전용차단기(受電用遮斷器)로 보호하는 경우 정전에 의한 영향범위가 커지므로 각 전동기마다 지락방향계전기의 설치가 요망된다. 또한 전력퓨즈와 고압전자접촉기의 조합은 전력퓨즈 용단(湧斷)시의 결상보호로서 2E계전기(과부하 및 차상보호)로 결상을 검출하여 접촉기를 개방한다. 정전 시에는 부족전압 계전기에 의해 접촉기 또는 차단기를 개방시키지만 펌프의 기동장치는 동시에 기동되지 않도록 한다.

6.5 기계실

물 재이용시설의 부대 기계실은 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 기계실은 가능한 한 철근콘크리트로 하거나 철골콘크리트 등의 불연성 건물로 하고, 지하수의 침투 및 우수의 침입 등이 없는 구조로 한다.
2) 기계실의 넓이는 펌프, 관, 밸브 및 기타 기계를 분해할 때에 이들을 보관하기에 필요한 여유를 둔 크기로 하며, 높이는 설치되는 기계설비의 반입, 반출 및 분해, 조립, 설치시에 지장을 초래하지 않는 적정한 높이로 한다.
3) 기계실은 환기와 채광을 좋게 한다.
4) 기계실의 조명은 조작에 지장을 초래하지 않는 충분한 조명설비로 한다.
5) 기계실에서 소방관련법 등에 의하여 규제를 받는 것에 대해서는 관계법령에 따르는 구조로 하고 소화설비 등을 설치한다.
6) 기계실의 벽과 기계의 선단과의 간격은 취급자가 통행하기에 충분한 여유를 갖도록 한다.
7) 기계실 바닥은 구내의 지반면보다 적어도 15cm 높게 한다. 펌프의 흡입실 양정 관계로 바닥을 지반 아래로 하지 않으면 안되는 경우에는 입구부분을 구내 지반면보다 높게 한다.
8) 기계실에는 기계반입을 위해 필요한 넓이의 반입구를 설치한다.
9) 펌프 등 기계설비의 유지관리를 위해 호이스트, 크레인의 설치를 검토한다.

☞ 해설

펌프 및 전기 시설의 설치는 침수선 이상으로 설치하여 홍수시 기준 강도 이상의 우수에도 안전하도록 하고, 주 펌프 가동을 위한 윤활유 펌프, 냉각수 펌프 등 보조기기의 설치 위치도 침수에 안전하여야 한다. 또한, 변압기, 수배(변)전 설비는 옥내에 설치하여 홍수시에 침수피해가 없도록 지상 일정높이 이상의 위치에 설치하여 위험에 대비하고, 중앙감시반은 가급적 2층에 위치하는 것이 좋으며, 2층 배치가 곤란할 시 1층에 설치하되 침수되지 않도록 한다.

기계실은 전동기, 비상발전기용 내연기관의 발열량을 감안하여 환기방식은 강제 환기가 좋으며, 채광과 자연환기를 할 수 있도록 충분한 창문을 설치하는 것이 바람직하다. 또한, 크레인의 용량은 분해, 조립, 설치시 발생하는 최대 하중량을 기준으로 선정하며, 크레인의 인양 높이는 2상식 입축 펌프에서 설치 및 유지보수를 고려하여 펌프 흡수정까지 내릴 수 있는 충분한 높이로 계획한다.

6.5.1 크레인・호이스트

크레인과 호이스트는 운전의 안전성과 정확성을 중요시하는 기종으로 한다.

☞ 해설

크레인(crane)은 동력을 이용하여 무거운 물건을 들어올리고 또한 이것을 수평으로 운반하는 것

을 목적으로 하는 기계장치로서, 여기서 이동식 크레인과 데릭(derrick)은 포함하지 않는다. 무거운 물건을 들어올리는데 동력을 이용하고 수평이동에 인력을 사용하는 것은 크레인에는 포함되지만, 무거운 물건을 들어올리는 것을 인력으로 하고 수평이동에 동력을 이용하는 것은 크레인에 포함되지 않는다.

호이스트(hoist)란 전기호이스트, 전기체인블록, 전동윈치 등의 총칭으로 전동기, 감속장치, 권상장치(와이어 로프식에 있어서의 드럼, 체인식에 있어서의 도르래), 훅 블록(Hook block) 및 제어장치 등을 일체로 한 권상장치로서 수평이동장치를 구비한 것도 있다.

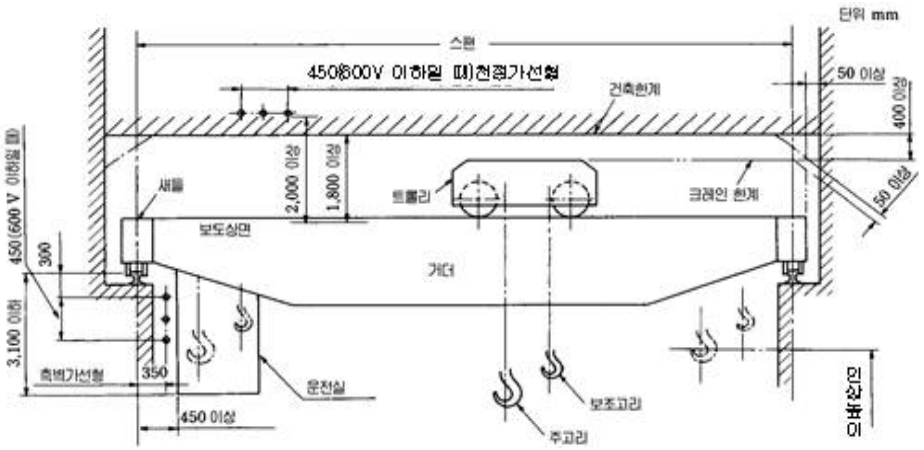
체인블록이란 로드체인(Load chain)이 맞물고 있는 도르래(Load sheave)를 감속기구와 제어기구를 통하여 손 쇠사슬 바퀴를 조작함으로써 물건을 감아올리거나 내리는 것이다.

가. 천정크레인

천정크레인은 펌프, 전동기 등 대형기기의 반출입과 설치, 해체 등에 사용하기 위하여 설치되는 것이다. 건물 내에 설치되는 경우에는 건물측면 상부에 주행레일을 고정시키고 그 위를 주행하는 새들(saddle)에 주행거더(Traveling girder)를 설치하고 또 그 주행거더 위에 크래브(crab)를 설치한 것으로 각각 주행장치를 가지고 있으며 크래브에는 인상장치를 갖는다(<그림 6.25> 참조).

장치의 구동방식에 따라 전동천정크레인, 수동천정주행크레인 또는 호이스트형크레인 등이 있다. 전동식은 감속기와 브레이크를 구비한 전동기로 구성된다. 주행거더와 크래브에 전기를 공급하는 방식은 트롤리선에 의한 집전방식이나 캡타이어케이블에 의한 방식이 있다.

크레인에 있는 점검용 난간(handrail)과 승강사다리에는 전락방지울타리를 구비해야 하며, 전동크레인의 전원에는 개폐기를 각각 구비해야 한다. 전동크레인은 인양속도 3~6m/min, 횡행속도와 주행속도 10~20m/min 정도인 것이 일반적이다. 천정크레인의 구조는 크레인 등의 안전규칙과 크레인 구조규격에 적합해야 한다.



〈그림 6.25〉 천정주행 크레인의 예

나. 전기호이스트

전기호이스트는 무겁지 않은 펌프 등을 들어올려서 설치하는데 사용되며 종류로는 다음과 같은 것이 있다.

① 전동주행형: 거더에 현수되거나 사이에 걸려서 주행하는 것이다.

② 체인주행형: 거더에 현수되거나 사이에 걸려진 크래브를 아래쪽 바닥에서 체인으로 조작하거나 이송시키는 것이다.

③ 로 헤드형(Low head type): 건물의 천정 높이에 제한이 있는 경우에 사용되며, 와이어로프를 상한까지 감았을 때에 매달린 쇠장식과 거더 하부의 거리를 가능한 한 단축시킨 것이다.

다. 체인블록

체인블록은 규격에 적합한 제품을 사용한다.

① 체인블록은 「크레인 등 안전규칙」 및 「크레인구조규격」에 준한다.

② 체인블록의 트롤리가 모노레일식인 것은 형강(I형 또는 H형)으로 한다.

6.5.2 환기 · 공조설비

환기 · 공조설비는 다음 각 항에 따른다. 1) 발열원으로 되는 기기를 설치하는 장소와 유해가스가 발생하는 장소에는 국소배기 장치등을 포함한 환기설비를 설치한다. 2) 컴퓨터 시스템의 전자기기와 배전반 등 전기설비를 설치하는 장소에는 그 기기에 알맞은 공조설비 등을 설치한다.

☞ 해설

기계실, 전기실 또는 약품실과 같이 발열원으로 되는 기기나 소독용 약품과 같은 유해가스가 발생될 우려가 있는 것들이 있다. 이들 설비를 설치하는 장소에는 안전확보 또는 기기의 정상적인 기능확보, 수명연장을 위하여 환기 · 공조설비를 설치해야 한다.

1)에 대하여

환기에는 자연환기식과 기계환기식이 있으며, 기계환기식에는 제1종으로부터 제3종까지의 3방식이 있다.

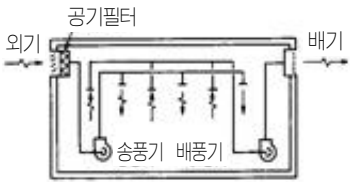
제1종 환기법은 외기를 기계적으로 급기하면서 실내의 오염공기를 기계적으로 배기시키는 방식이다.

제2종 환기법은 외기를 기계적으로 급기하면서 배기는 배기구 또는 빈틈에서 자연스럽게 배출시키는 방법으로 연소공기를 필요로 하는 실 등의 환기에 적합하다.

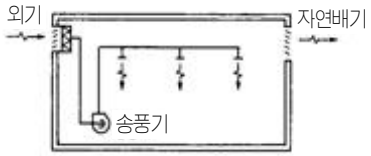
제3종 환기법은 실내공기를 배풍기에 의하여 배기하면서 동시에 개구부에서 외기를 자연스럽게 유입시키는 방식으로 국소적으로 배기를 필요로 하는 실에 적합하다.

각각의 환기법을 <그림 6.26>~<그림 6.28>에 나타내었다. 환기와 관련되는 법규로는 「건축법」, 「산업안전보건법」 등이 있다.

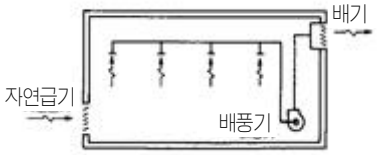
자연환기법은 급기와 배기를 자연풍에 의해 환기시키는 방식이며, 환기량이 일정치 않으나 동력비를 절약할 수 있다.



〈그림 6.26〉 제1종 환기법



〈그림 6.27〉 제2종 환기법



〈그림 6.28〉 제3종 환기법

2)에 대하여

컴퓨터 시스템 등의 전자기기와 전기 수배전 설비는 각각의 정해진 온도·습도의 범위를 넘으면, 여러 가지 장애가 발생한다. 즉, 고온 상태로서는 고장률 증대, 수명 저하, 아날로그 신호의 오차증대, 오동작, 기기 과열 등의 나쁜 영향을 미칠 우려가 있다. 또 저온상태에서는 아날로그신호의 오차 증대, 오동작 등의 우려가 생긴다. 더욱이 고습도 또는 저습도의 상태에서는 절연저하, 녹이나 부식의 진행, 정전기 방전장애에 의한 기기의 오동작 및 고장 등의 나쁜 영향이 나타날 우려가 있다. 특히, 컴퓨터 시스템의 고장률은 주위온도와 습도의 영향을 받기 쉬우므로 기기의 사용조건 범위 내가 되도록 고려해야 한다.

컴퓨터 시스템 등을 설치하는 장소에는 열부하조건, 공기청정도 및 운용시간이 일반사무실과 다르기 때문에 전용의 공조 설비를 설치하는 것이 바람직하다. 컴퓨터 시스템 등의 환경에 대해서는 공업용 계산기 설치환경기준이 있고, 온도와 습도 등을 조사하여 결정한다.

컴퓨터 시스템 등에의 급기는 허용되는 범위로 비교적 저온의 공기를 흡입시키는 편이 좋다. 그러나 이들을 실내에서 흡입하면 실온이 재실자의 쾌감조건보다 지나치게 낮아지기 때문에 기계에 직접 또는 기계 바로 곁의 바닥에서 흡입시키는 등 재실자의 쾌감온도를 만족하도록 조치하는 것이 바람직하다.

또 프로세스 컨트롤 등으로 현장에 설치하는 전자기기에 대해서는 그들 기기의 허용온도나 습도

등을 만족하는 공조설비 등으로 하는 것이 바람직하다.

감시실 등 상시 재실자가 있는 방의 온도와 습도 조건은 「건축법시행령」을 준용하면 다음과 같다.

온도 : 17℃ 이상　28℃ 이하

습도 : 40% 이상　70% 이하

6.5.3 공기공급원 장치

공기공급원 장치는 다음 각 항에 따른다.

1) 공기압축기는 사용목적에 적합하고 신뢰성이 높은 것으로 한다.
2) 공기압축기는 이물질 혼입을 방지하기 위하여 흡입측과 토출측에 필터를 설치한다.
3) 공기압축기 소음을 저감시키기 위하여 흡입측에 소음기(silencer)를 설치한다.
4) 압축공기의 수분과 기름성분을 제거하기 위하여 애프터쿨러(After cooler)와 유수분리기를 설치한다.
5) 사용공기량의 변동에 대응하기 위하여 공기탱크를 설치한다.
6) 압축공기 중의 수분을 제거하기 위하여 제습장치를 설치한다.
7) 안전성과 신뢰성을 확보하기 위하여 각종 안전장치를 설치한다.

☞ 해설

공기공급원 장치는 공기압축기 이외에 제습장치 등으로 구성되며 계측제어용, 밸브류의 구동용, 엔진의 기동용 등에 사용되고 있다. 공기공급원 장치를 채택할 경우에는 사용목적에 적합하고 신뢰성이 높은 것을 설치한다. 또 예비기 설치에 대해서도 검토해야 한다.

1)에 대하여

공기압축기는 회전식과 왕복동식으로 크게 구별된다.

① 회전식 압축기로 많이 사용되는 형식으로는 스크루 압축기가 있으며, 급유식과 무급유식이 있다. 왕복동식에 비하여 일반적으로 소형, 경량, 고속이고, 구조도 간단하며 설치면적을 작게 할 수 있고 운전과 보수도 용이하다. 또 흡입·토출밸브를 필요로 하지 않으므로 토출기류에 맥동이 적다. 회전식 압축기의 토출공기제어에는 언로더(unloader)운전, 속도제어, 자동기동-정지(on－off) 방식 등이 있다.

② 왕복동식 압축기로는 피스톤과 실린더의 사이에 윤활유를 사용하는 급유식과, 사용하지 않는 무급유식이 있다. 계측제어나 공기혼입(aeration)용으로는 무급유식 압축기가 일반적이다. 무급유식 압축기로는 레비린스(labyrinth)식, 피스톤링에 카본 또는 테프론을 사용하는 카본링식과 테프론링식 등이 사용되고 있다. 왕복동식 압축기는 효율이 좋고 높은 압력을 얻을 수 있지만, 사용공기량이 많아지면 피스톤이 커지고 관성력이 커지기 때문에 진동이 커져서 기초를 튼튼히 해야 한다. 왕복동식 압축기의 토출공기량제어는 압력조절밸브나 압력개폐기와 전

자밸브와의 조합에 의하여 흡입폐쇄나 흡입밸브개방 등의 언로더운전으로 한다. 소형인 경우에는 압력개폐기에 의한 자동온오프방식이 있다.

③ 필요 공기량은 다음 각 항을 참고하여 결정한다.

– 실공기소비량

실공기소비량은 개개의 기기 등의 공기소비량에 최대사용기기의 수를 곱한 양으로 한다.

– 총공기소비량

총공기소비량은 배관에서의 누설, 잡일에서의 소비 및 소비설비의 증설 등을 고려하여 실공기소비량에 20% 정도의 여유를 본다. 압축기의 총토출공기량은 총공기소비량의 1.5~2.0배로 하는 것이 일반적이다.

2)에 대하여

압축기는 흡입공기에 이물질이 혼입되면 압축기의 피스톤, 실린더 및 밸브 부분에 손상을 주게 되므로 흡입측에 필터(filter)를 설치한다. 또 공기공급원 장치내에서 발생하는 이물질(카본, 제습장치의 겔 분말)을 토출시키지 않도록 하기 위하여 토출측에도 필터를 설치한다.

필터에는 건식, 습식 및 흡착식이 있지만, 일반적으로는 건식필터가 부속으로 장착되어 있다.

3)에 대하여

압축기의 소음을 저감하는 소음기(silencer)는 압축기의 흡입측에 부착된다. 소음기에는 공동형, 공명형, 흡음형, 충진형 등이 있으며 이들을 여러 가지로 조합하여 사용한다. 소음기는 압축기의 토출압력, 공기량, 온도, 맥동의 크기 등에 의하여 형상과 크기가 다르다.

4)에 대하여

압축공기 중에는 다량의 수증기와 기름성분이 포함되어 있고 혼입된 수증기는 토출공기 중에서 온도가 내려감에 따라 응축되어 물로 되며 말단기기나 배관 및 밸브를 조기에 부식시키고 압력손실을 증가시키는 등의 폐해가 발생한다. 이 때문에 수분과 기름성분을 제거하는 것을 목적으로 애프터쿨러(After cooler), 유수(油水)분리기 등을 설치한다.

5)에 대하여

공기탱크는 공기를 저장하고 사용공기량의 변동에 대응하기 위한 목적 외에도 왕복동식 압축기와 같이 공기가 간헐적으로 토출되는 방식에서는 맥동을 완화시키기 위하여 설치된다. 공기탱크에는 배수구를 설치하여 수분을 배출할 수 있도록 한다.

공기탱크는 제2종압력용기로서 「산업안전보건법」의 「보일러 및 압력용기의 안전규칙」에 의하여 구조와 강도가 정해지고 있으므로, 공인기관에 의한 검정을 받은 것을 설치해야 한다.

6)에 대하여

애프터쿨러로 수분을 제거시킨 공기는 그 온도의 포화수증기를 포함하고 있으므로, 수분을 더욱 완전하게 제거하기 위해서는 제습장치를 설치한다.

7)에 대하여

안전장치로는 다음과 같은 것들이 있다.

① 안전밸브: 압력이 비정상적으로 상승하는 것을 방지하는 것으로 토출용량은 압력용기의 구조규격에 규정되어 있는 계산식에 의하여 정해야 한다.

② 유압스위치: 윤활유의 압력이 비정상적으로 저하된 경우에 압축기를 정지하거나 또는 경보를 발령함으로써 기기의 비정상을 알려서 고장을 미연에 방지하는 것이다.

③ 단수릴레이: 냉각수량이 규정치 이하로 된 경우에 압축기를 비상정지시키는 것이다.

6.6 비상용 전원설비

6.6.1 총설

비상용 전원설비는 정전에 따라 발생되는 시설운용상의 지장을 가능한 한 저감시키기 위하여 필요한 전원을 확보하는 것을 목적으로 설치하는 설비이다.

중요한 물 재이용 시설에서는 정전의 영향을 피하기 위하여 2회선 수전방식을 채택하는 것이 바람직하다. 그러나 1회선 수전시, 또는 필요에 따라서 비상용 자가발전설비를 설치한다.

비상용 자가발전설비는 「건축법」, 「소방기본법」, 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한법률」에 의한 비상전원으로 그 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 한다. 또한 불의의 사고 등에 의한 정전에 대비하기 위하여 설치하는 것이므로 전력을 안전하고 신속하게 발생할 수 있는 것으로 또 구동용 내연기관의 연료저장이나 일상의 보수가 용이한 것으로 한다.

6.6.2 설계시 주의사항

비상용 자가발전설비를 설계할 때에는 다음 각 항에 따른다.

1) 주요시설에는 비상용 자가발전설비를 필요에 따라 설치한다. 용량에 대해서는 비상시에 확보해야만 할 전력설비용량을 집계하여 결정한다.

2) 비상용 자가발전설비는 기동이 확실하고 신뢰도가 높은 것으로 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

일반적으로 비상용 자가발전설비는 설치비가 고가임으로 상용전원의 정전시에 시설의 운용조건을 검토하여 그 필요성과 용량을 결정한다.

그 용량은 상용전원의 정전시 최소한의 기능유지, 비상시에 반드시 가동해야 하는 전력설비용량을 집계하여 결정한다.

2)에 대하여

비상용 자가발전설비는 비상시에 중요한 부하에 신속하게 전원을 공급하는 것이므로 기동이 확실하고 신뢰도가 높은 설비이어야 한다. 또 취급, 운전조작, 보수가 용이해야 하며 기동은 가능한 한 자동화하는 것이 바람직하다.

6.6.3 기종

비상용 자가발전설비를 설치하는 경우에 발전기는 동기발전기로 하고 그 여자방식은 브러시리스여자방식 또는 정지여자방식으로, 원동기는 가스터빈 또는 디젤기관을 표준으로 한다.

☞ 해설

가. 발전기

비상용 자가발전설비의 발전기로는 3상교류동기발전기가 주로 사용된다. 여자방식에는 브러시 등의 보수가 불필요한 브러시리스여자방식과 여자즉응특성이 좋은 정지여자방식이 있지만, 일반적으로는 소용량의 것을 제외하고는 여자장치가 작은 전자의 브러시리스여자방식이 사용되고 있다. 내열등급(class)에 대해서는 저압발전기는 E종 이상, 고압발전기는 B종 이상이 일반적으로 사용되고 있다.

나. 원동기

① 가스터빈

가스터빈은 디젤기관에 비하면 연료소비율이 높고 흡배기설비가 대규모이고 본체의 값이 고가이다. 요컨대, 가격·연료면에서는 뒤떨어지지만, 소형경량·부대설비경량·배기가스의 청정도, 신뢰성, 안정한 운전, 일상 보수면에서는 우수하다.

가스터빈은 회전운동기관이면서 진동이 적고 설치에는 특별한 기초공사나 방진공사가 필요하지 않으며 운전소음은 고주파(Higher frequency)가 주로 발생하므로 방음이 용이하다.

또 냉각방식이 자기공냉식이고 냉각수가 불필요하기 때문에 냉각수의 동결이나 단수 등의 사고 발생이 없다. 최근에는 지진재해대책으로 신뢰성이 높은 발전설비로서 가스터빈의 설치가 증가하는 추세이다.

② 디젤기관

디젤기관은 연료소비율이 다른 내연기관에 비하여 낮고 내구성이 있다는 등의 이점이 있다. 디젤기관의 선택에는 다음 여러 사항에 주의해야 한다.

- 디젤기관은 고속, 중속, 저속의 3종류로 나누어지고 그 구분은 명확하지 않지만 약 500rpm 이하를 저속, 500~1,000rpm을 중속, 1,000rpm 이상을 고속이라고 한다.
- 저속기관은 중량 및 크기가 크고 고가이며 고속 또는 중속기관은 저속기관에 비하여 기동성이 좋고 크기가 작으며 가격이 저렴하므로 비상용으로서는 고속 또는 중속기관을 사용하는 쪽이 좋다. 또 과급기장치가 부착된 디젤기관은 과급기가 없는 것에 비하여 출력을

크게 할 수 있다.

– 공기기동방식인 경우에는 5기통 이하의 디젤엔진은 기동용 공기분배밸브가 불기동(不起動)위치를 가지고 있기 때문에 자동화에는 적당하지 않다.

6.6.4 부대설비

비상용전원의 부대설비는 다음 각 항에 따른다.

1) 자가발전설비에는 제어용배전반, 전력회사 전원과의 절체장치 및 각종 보호장치를 설치한다.
2) 원동기에는 연료탱크, 기동장치 등의 보조설비를 설치한다.
3) 자가발전설비에는 환기, 소음, 방진대책을 강구하며 디젤기관일 경우에는 냉각수설비를 설치하고 한랭시 대책을 강구한다.

☞ 해설

1)에 대하여

① 배전반은 기기의 운전제어, 보호, 감시를 하는 것이므로, 기기의 용량, 특성, 운전조건 및 설치장소 등을 고려해야 한다.

② 시운전 또는 상용전원으로 복전시킬 때의 자가발전전원과 상용전원을 병렬로 접속하는 경우에는「전기공급약관」등에 규정된 보호계전기 등의 설비를 구성해야 한다.

③ 자가발전설비에는 과전류, 과전압, 과속도, 유압저하, 냉각수온도상승, 단수, 기동용 공기조압력저하, 가스온도상승 등의 비정상에 대한 보호장치를 필요에 따라 설치한다.

④ 자가발전설비의 부하에 콘덴서가 있는 경우, 발전기가 진상(進相)으로 운전될 우려가 있을 때에는 자기여자현상을 일으키는 등의 위험성이 있으므로 발전기 운전시 자동적으로 콘덴서를 떼어버리도록 하는 것이 바람직하다.

2)에 대하여

① 연료탱크는 엔진상부보다 1~2m 높은 곳에 설치하여 중력에 의하여 연료를 기관에 보내는 것으로 하고, 그 용량은 전력회사의 사고에 대해서는 약 10시간 전부하운전할 수 있는 정도로 한다. 지진 등 재해시를 고려하는 경우에는 24시간 이상의 연료를 저장하는 것이 바람직하고, 연료의 저장에 대해서는 별도로 기관실 가까이에 충분한 용량의 저장탱크를 설치하고 연료펌프를 설치하여 연료탱크에 송유한다. 저장탱크에서 연료탱크로 송유하는 경우, 연료탱크의 월류구는 저장탱크로 되돌린다. 또 방유제(防油堤)로 확보되는 용량은 해당 탱크의 내용량 이상으로 한다. 연료탱크와 연료저장탱크의 설치위치, 구조, 취급 등에 대해서는「소방기본법」및 관련법규를 준수해야만 한다.

② 가스터빈과 디젤기관의 기동장치에는 전기식과 공기식이 있지만, 전기식인 경우에는 축전지와 충전기를 설치해야 한다. 공기식인 경우에는 압축공기탱크와 공기압축기를 설치해야 한다.

기동용 압축공기탱크는 상용압력 3MPa(약 30.6kgf/cm^2) 정도로 그 용량은 연속 3회 이상 자동기동할 수 있는 것으로 해야 하지만, 1회당의 소요공기량은 기온이나 윤활유의 종류에 의한 영향이 크기 때문에 용량을 결정할 때에는 충분한 검토가 필요하다. 또 자동기동방식인 경우에는 동일용량의 예비공기탱크를 설치할 필요가 있다. 공기탱크는 관련법규에 적합한 것이어야 한다. 또 공기탱크에는 안전밸브, 공기충전밸브, 토출밸브, 드레인밸브 및 압력계를 설치한다. 공기압축기는 토출압력 3MPa(약 30.6kgf/cm^2) 정도, 용량은 공기탱크로의 공기충전에 요하는 시간이 30~60분간 정도의 용량으로 하는 것이 적당하다. 또 공기압축기의 자동운전용 및 공기압력저하시의 경보표시용으로 압력검출스위치를 설치한다.

3)에 대하여

① 원동기의 성능은 흡배기계통에 대한 압력손실의 영향을 받기 때문에 흡배기관이나 흡배기덕트를 계획할 때에는 압력손실이 커지지 않도록 단면적이나 연장 등을 검토해야 한다. 배기관 및 소음기의 외면은 고온으로 되기 때문에 방재 및 실온상승을 방지하는 의미에서 충분하게 단열처리한다. 또 배관의 열팽창을 감안하여 배관 도중에 신축이음관을 삽입한다.

② 디젤기관은 소형공냉식인 것을 제외하고는 실린더, 윤활유 등의 냉각수를 필요로 하기 때문에 적절한 냉각수원, 냉각수탱크 등의 냉각수설비를 설치해야 한다. 냉각방식으로서는 방류식, 순환방식, 라디에이터방식 등이 있으며 냉각수 보급의 난이도와 필요운전시간을 감안하여 확실한 방식을 채택한다. 냉각수량을 풍부하게 얻을 수 있는 시설에서는 냉각수탱크를 소용량의 것으로 하고 기관배수를 그대로 방류하는 방류식이 잘 사용되고 있다.

③ 디젤기관은 그 구조상 진동이 발생되기 때문에 이 진동을 흡수하여 건물과 기기에 유해한 영향을 주지 않도록 하고, 기초에 전달되는 진동이 작도록 방진장치를 채택해야 한다.

④ 자가발전설비는 시설주변의 환경보전을 위하여 법적규제를 만족하도록 필요한 소음과 배기의 대책을 강구해야 한다. 발전설비의 소음은 주로 원동기로부터 발생하는 소음이며, 그 대책으로서는 발전기설비전체를 방음외함으로 둘러싸는 방법과 건물자체에 차음(遮音)하는 방법이 있다. 후자의 경우에는 건물은 밀폐구조로 하고 벽과 천장에는 흡음재에 의하여 방음처리하며 환기구의 개구부에는 소음덕트를 설치한다. 배기음의 소음대책으로서는 공간, 경제성, 주위상황에 의하여 적절한 소음기를 선정한다. 발전기관의 배기는 고온으로 되므로 주위에 영향을 주지 않도록 배기관을 설치한다. 가스터빈과 디젤기관에 의한 상용발전설비에 대해서는 「대기환경보전법」에 의한 "매연기규제 등"으로서의 지정을 받는 것으로부터, 질소산화물(NO_x)의 배출기준을 준수해야 한다.

⑤ 기관실의 온도는 디젤기관에서는 10℃ 이상, 가스터빈은 낮은 온도(+온도)로 유지하는 것이 바람직하다. 5℃ 이하로 내려가는 경우에는 디젤기관에서 냉각수의 동결방지나 윤활유의 점도대책이 필요하다.

제7장

전기 및 계측제어설비

제7장 전기 및 계측제어설비

7.1 총설

7.1.1 기본적 사항

물 재이용 시설에 사용되는 전기·계측제어설비는 처리시설부터 배수에 이르기까지 시설의 대부분에 관련되기 때문에 기기와 장치는 다양하며, 역할의 중요성 때문에 이들 설비의 유기적인 결합도가 시설의 안정성과 경제성에 크게 영향을 미친다.

전기설비는 전력을 공급받기 위한 수전설비, 부하의 전기방식 및 전압에 대응하는 변전설비, 부하에 전력을 배분하는 배전설비, 전동기 구동을 위한 동력설비 및 건축전기설비 등으로 구성되므로 충분한 신뢰성을 갖는 설비로 구성하는 것이 설계 시 최우선 조건으로 고려된다. 또한, 수명이 길고 안정된 설비를 채택해야 하며 장래의 교체에 대해서도 배려하는 것이 바람직하며 지진, 온도, 습도, 염해 등의 자연현상에 대해서도 충분한 내구성을 갖는 설비로 설계할 필요가 있다.

최근의 전기기술은 전자기기와 전기재료의 발달에 따라 신뢰성과 안정성이 높고 우수한 보수성과 내환경성을 갖는 소형화, 경량화 및 에너지절약형의 방향으로 제품이 개발되고 있다. 이들 기술을 이용할 경우에는 앞서 설명한 점을 고려하여 각 시설의 목적에 적합한 전력설비를 구성해야 한다.

또한 전력설비의 설치, 유지 및 운용에 대해서는 「전기사업법」 등 관계법령과 기준에 따라야 하며 특히 안전에 대하여 충분히 고려해야 한다.

계측제어설비는 시설의 감시와 제어 및 정보처리를 취급하는 제 설비를 통칭하며, 각 시설을 유기적으로 연관시키고 전체를 시스템화하여 플랜트 전체에 대하여 안정성과 경제성을 확보하며, 합리적이고 효율적으로 운전될 수 있도록 공정을 양적, 질적으로 파악하고 생산 공정 상태를 감시·제어하여 안전하고 정확하게 운전 관리하는 설비를 의미한다.

7.1.2 시설 계획

전기 및 계측제어설비는 시설 전체 계획과 조화되도록 계획하고, 단계적인 시설의 증설 및 부하의 증가에 대응할 수 있도록 설계한다.

☞ 해설

전기·계측제어설비의 계획 시에는 시설 내 부하 수, 용량, 부하의 분포상황 등을 파악하여 설치방식, 용량, 대수 및 기종을 결정하되 설비 전체를 일관성 있는 시스템으로 구성하여 배치하고, 효율적인 시공, 설비의 증설 및 개조가 용이하도록 계획한다.

① 관련 법규의 준수

전기설비의 설치 및 개량과 교체공사는 「전기사업법」 등 관계법령과 기준에 따라야 한다. 「전기사업법」은 전기에 관한 기본법인 동시에 전기의 이용에 대하여 공공의 안전을 확보하기 위한 법이다. 전기설비의 안전관리대상은 「전기사업법」에 전기설비로 정의되었으며 전기설비는 일반용 전기설비와 전기사업용 전기설비, 자가용 전기설비로 구분되고 있다.

물 재이용 시설에서 사용되는 전기설비는 일반용 전기설비와 자가용 전기설비에 해당되며 자가용 전기설비의 범위는 「전기사업법」에 규정되어 있다. 또한 「전기설비기술기준」은 전기설비의 설계와 시공 및 유지에 관한 최저기준이므로 전기설비는 그 중요성을 감안하여 필요에 따라 「전기설비기술기준」 이상으로 하는 것이 바람직하다.

② 기능성과 생애주기비용

전기·계측제어설비의 사용 년수는 토목, 건축 및 기계설비에 비하여 짧을 뿐만 아니라 기술발전의 속도가 빠른 특성이 있다. 이에 따라 설비의 개조 및 부식 등으로 인하여 해당 기기의 기능 변화와 교환 주기가 빨라 질 수 있어, 설비 개조 및 유지 보수비용 증가로 경제성 확보가 곤란할 수 있으므로 생애주기비용까지 고려한다.

③ 설치 공간 확보

전기·계측제어설비는 시설의 운영에 관련된 주기자재이므로 설치공간을 충분히 확보하여 감시제어 및 보수·점검이 용이하도록 한다.

④ 유지관리 편의성

운영관리체계 및 운전방안은 에너지를 절감하고 유지관리가 용이하도록 계획하고, 정전을 수반하는 점검 작업 시에는 시설의 기능 저하를 방지하기 위하여 적절하게 정전구분을 할 수 있도록 고려한다.

⑤ 공사 중 처리기능의 확보

공사 시에는 정전 및 감시제어기능이 정지될 수 있으나 시설이 장시간 정지되지 않도록 하여야 하며 안전 시공이 될 수 있도록 고려한다.

전기·계측제어설비는 단계적 증설이 곤란한 부분이 많으므로 이에 대한 고려가 필요하며, 다음 사항에 대하여 충분히 검토하여 견실한 설비 계획이 되도록 한다.

㉠ 과대용량, 과잉설비가 되지 않도록 할 것

㉡ 타 설비 및 장래 증설될 시설과 조화되도록 할 것

㉢ 지역적인 환경특성 및 유지관리체계를 고려할 것

7.2 전기설비

7.2.1 수전계획

수전계획은 다음 각 항에 따른다.

1) 최대수요전력은 대상부하를 충분히 조사하고 운전방법 등을 고려하여 결정한다.

2) 계약전력은 전력회사의 전기공급약관에 따라 충분하게 협의하여 필요한 사항을 결정한다.

3) 수전방식은 시설의 중요도에 맞춰 선정한다.

4) 기존 시설에서 수전할 경우 전체 시설의 용량 및 구성 방식 등을 검토하여야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

최대수요전력은 어떤 시간대에서 부하설비가 동시에 가동하는 경우의 최대전력으로, 이것을 구하기 위해서는 기본부하를 조사해야 한다.

일반적으로 부하설비는 당초 계획에서 최종까지 변화가 크므로 전기 설비의 설계는 설비 규모의 최종 목표와 거기에 이르기까지의 연차 계획을 파악해야 한다.

최대수요전력(수전용량)은 계획년도에 공칭능력의 주요설비와 부속설비의 전기적인 부하의 합계를 고려하여 정한다.

2)에 대하여

「전기공급약관」은 「전기사업법」에 의해 운용방법 등이 정해지고 있다. 따라서 최대수요전력이 결정되면, 전력을 공급받고자 하는 전력회사와 수전계획에 대하여 「전기공급약관」 등에 따라 상세한 협의를 해야 한다.

계약전력은 한국전력공사의 「전기공급약관」에는 사용설비 또는 변압기설비에 의할 수 있으며, 사용설비인 경우에는 개별입력을 합계한 전력에 대하여 75kW까지는 100%를 적용하고, 그 다음부터는 75kW를 단위로 하여 85%, 75%, 65%를 적용하며, 300kW 초과분은 60%를 적용하여 합계한 것을 계약전력으로하고, 변압기설비에 의한 계약전력은 한국전력공사에서 전기를 공급받는 1차변압기 표시용량의 합계(1kVA=1kW)로 하고 있다. 또한 수전전압은 계약전력별로 볼 때, [표 7.1]과 같이 정할 수 있다.

〔표 7.1〕 계약전력과 수전전압(한국전력공사 공급 약관)

계약 전력	500kW 미만	500kW 초과~10,000kW	10,000kW 초과~400,000kW	400,000kW 이상
수전 전압	220V 또는 380V	3상 22,900V	3상 154,000V	3상 345,000V

그러나 이 표에 나타낸 수전전압은 전력회사의 표준이고 또한 일반적으로 수전전압이 높을수록

공급신뢰도는 높게 되지만 설비비가 비싸지게 된다. 따라서 적정 전압의 배전선로가 부근에 있는가의 여부와 장래의 시설확장가능성을 고려하여 충분하게 검토한다.

3)에 대하여

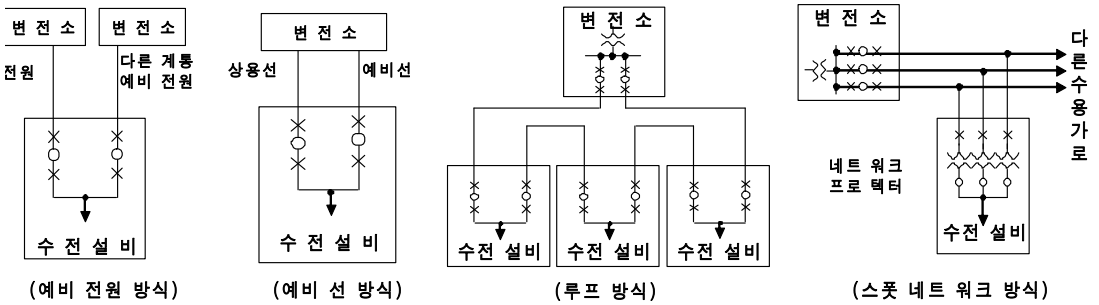
계획 정전이나 사고 파급 등의 원인에 의한 정전을 고려하여 중요도가 높은 시설에서는 2회선수전으로 하고, 한 회선 고장 시 다른 회선으로부터 수전할 수 있는 것이 바람직하다. 인입방식에 대해서는 손상사고 등에 대한 신뢰성과 안전성 등을 고려하여 지중인입방식이 바람직하며, 인입관로에는 예비관로와 예비케이블을 설치해 놓으면 사고 시 신속하게 대처할 수 있다.

4)에 대하여

물 재이용 시설이 기존 시설(하수처리장 등)의 부지 내에 위치하여 기존 전기 설비에서 전력을 공급할 경우에는 기존 시설의 수전 케이블 용량, 전력 계통의 구성, 변압기의 용량, 뱅크 수 및 결선방식과 수용률 및 기존 전기실의 여유 등을 종합적으로 고려하여 계획하여야 한다.

〔표 7.2〕 수전방식별 특성

수전방식		특 성
1회선 수전		• 간단하고 경제적이나 신뢰도가 낮음
2회선 수전	서로 다른 변전소 각각 수전	• 배전선 또는 공급변전소 사고시에 예비변전소로 절체로 정전시간이 짧음
	동일 변전소 2회선 수전	• 한쪽 배전선로의 사고시에 예비선으로 전기공급 가능
	루프방식	• 임의의 구간에서 사고 시에도 정전이 안되며, 전압변동률과 배전 손실이 적음
스폿 네트워크 방식		• 무정전 공급 가능, 전압변동률 감소, 부하증가에 대한 적응성과 설비이용률이 향상됨



〈그림 7.1〉 수전방식

7.2.2 수・변전설비

수・변전설비는 다음 각 항에 따른다.

1) 주 회로구성은 점검 보수 시에 전체가 정전되지 않도록 구성하고 가능한 한 간소화한다.
2) 설비용량(kVA)은 최대수요전력(kW)에 충분히 대응할 수 있어야 한다.
3) 안전상 책임한계점에는 구분개폐기로서 단로기 또는 부하개폐기(지락보호장치부)를 설치한다.
4) 책임한계점 부하측 수전설비에는 전원을 안전하게 투입, 차단할 수 있는 주차단기를 설치한다.
5) 외부로부터 침입하는 이상전압에 대하여 효율적으로 보호할 수 있도록 피뢰기를 설치한다.
6) 변압기 용량은 적정 여유율을 가져야 하며, 고장시 회로에서 완전히 분리할 수 있어야 한다.
7) 기기와 재료를 선정 시에는 사용목적과 설치장소를 고려하고 신뢰성이 높고 규격에 적합한 표준품을 선정한다.
8) 수・변전설비의 배치는 합리적이고 유지관리가 용이해야 하며 설치와 배선에는 안전성과 내진강도가 높은 것으로 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

수・변전설비는 전력설비 중에서 가장 중요한 설비이므로 가능한 한 신뢰도가 높게 구성하는 것이 바람직하며, 주회로를 구성할 때에는 정기 점검 시에 전체적으로 정전되는 것을 피할 수 있도록 구성하고 보수를 위한 정전범위를 구분할 수 있는 것이 좋으며, 사고의 발생과 복구에 대비하여 가능한 한 간단한 회로로 구성하는 것도 필요하다.

2)에 대하여

회로에 사용되는 각종 기기 및 케이블 등의 용량은 회로에 흐르는 상시최대 전류값(무효분을 포함)으로 결정한다. 일반적으로 설비용량은 수전전압과 동일전압으로 사용하는 변압기와 전동기 등 기기용량(kVA)의 합계로 나타낸다. 다만, 고압진상콘덴서는 포함시키지 않는다.

설비용량을 결정할 때에는 장래의 확장계획이나 처리공정의 추가도입에 대비하여 어느 정도의 여유를 고려한 용량으로 결정한다. 그러나 반드시 계획최종년도의 수요량을 대상으로 하지 않더라도 부하의 증가에 따라 증설하거나 일부 교체하도록 하는 편이 유리한 경우도 있으므로 구체적인 검토가 필요하다.

3)에 대하여

전력회사와의 전력설비에 대한 안전상 구분되는 책임분계점에는 보수, 점검 등을 위하여 부하개폐기 또는 단로기를 설치해야 한다. 책임분계점이 수전인입구에서 멀리 떨어져 있는 경우에는 수전인입구 가까운 장소에도 개폐기를 설치한다.

고압부하개폐기에는 수용가측에 의한 전력회사측으로의 지락사고 파급을 방지하기 위하여 지락

보호장치를 설치해야 한다. 이러한 경우에는 전원측의 지락사고에 의한 불필요한 동작을 방지하기 위하여 지락방향계전기를 채택하는 것이 바람직하다.

단로기는 부하측의 충전전류에 대해서는 안전하게 개폐할 수 있어야 하며 부하전류에 대해서는 개폐되지 않도록 하는 오조작 방지를 위한 효과적인 인터로크가 필요하다. 이들 개폐기 등은 전력회사와의 수전작업을 조작할 때에 주차단기와 함께 대상으로 되는 기기이므로, 정전 등 개폐상태와 충전을 확인할 수 있어야 하며 접지를 확실하게 잡아야 한다.

4)에 대하여

수용가는 책임분계점의 부하측에서 발생한 사고시의 고장전류를 완전히 차단하여 부하측 기기 및 전선로를 보호해야 하며 전원측에 영향을 미치지 않도록 차단기를 설치해야 하며, 저압은 배선용차단기 또는 기중차단기를, 고압은 지락 및 과전류에 작동하는 자동차단기를 설치한다.

사고시에 흐르는 단락 및 지락전류는 전력회사의 전원계통에 의하여 정해지므로 전력회사에 확인해야 한다. 차단기로는 여러 형식의 것이 있으며 사용하는 상황에 따라 선정한다. 일반적으로는 진공식과 가스식의 차단기를 선정한다.

5)에 대하여

「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의 판단기준」에 따라 피뢰기를 설치한다. 또한 피뢰기의 보호효과는 보호되는 기기의 단자에 가까울수록 크므로, 가능한 한 가까운 위치에 설치한다.

6)에 대하여

변압기용량(kVA)은 동시에 걸리는 각종 부하(kW)를 합계하고 이것을 그 때의 종합역률로 나눈 피상전력(kVA)으로 환산한 것에 어느 정도의 여유를 갖도록 한다.

〔표 7.3〕 변압기의 종류와 특성 비교

항목	몰드변압기	가스절연변압기	유입변압기
내열등급	B종, F종, H종	E종	A종
절연구성	에폭시수지, 공기	SF6 가스	종이, 광유
허용최고온도	130℃, 155℃, 180℃	120℃	105℃
표준사용전압	33kV 이하	60kV 이하	500kV 이하
단락강도	코일을 수지로 일체화하여 견고한 구조로 된 것은 충분한 강도를 갖는다.		전자기계력에 견딘다.
소음	유입변압기보다 높다.	낮다.	낮다.
흡수성	에폭시수지의 흡수율이 작으며 또 도체를 두껍게 복하였으므로 내 흡수성이 우수하다.	완전밀봉	밀봉, 질소가스봉입에 의하여 흡습을 방지한다.
안전성	난연성·비폭발성	불연성, 비폭발성, 무독	가연성
사용 장소	옥내	옥내, 옥외	옥내, 옥외

단위 부하가 큰 시설의 경우에는 기동 전류에 의한 전압 강하가 허용치를 초과하지 않도록 용량과 기동 방식을 선정해야 한다.

변압기에는 여러 가지의 형식이 있지만, 실내에 설치하는 경우 방재 및 유지관리 면에서 유리한 몰드식 또는 가스절연식의 3상변압기를 선정하는 것이 바람직하며 주요기기를 보호하기 위하여 필요한 지점에 차단기 등을 설치해야 한다.

7)에 대하여

전기기기의 규격은 KS 등에 상세히 정해져 있으므로 전기기기를 선정할 경우에는 보수 및 관리적인 측면을 고려하여 계산값 보다 바로 윗 단계의 표준 품을 선정하는 것이 바람직하다. 또한 접속되는 회로의 상황 (정상시, 기동시, 고장시)을 검토하고 이것에 충분히 적합한 것이 필요하다.

기기는 보수를 쉽게 할 수 있도록 유니트화, 플러그인(plug－in)화로 되는 것이 바람직하고 또한 옥내에 설치되는 소용량의 기기에 대해서는 화재 등을 방지하기 위하여 오일리스(oilless) 형태가 바람직하다.

8)에 대하여

수·변전설비는 전력의 흐름에 따라 배치하고 운전과 보수를 할 때에 착오가 생기지 않도록 해야 하며, 케이블부설에 대해서는 배전반의 계통별로 구분한다. 특히 인입케이블에 대해서는 충분히 다른 케이블과 격리시켜서 사고시에 파급사고를 방지해야 한다.

7.2.3 보호 및 안전설비

전력설비의 보호 및 안전설비는 다음 각 항에 따른다.

1) 회로에 발생하는 이상전류를 예상하여 파급사고를 방지하고 사고시의 정전범위를 최소화할 수 있도록 각 설비 간에는 충분한 보호조치를 한다.
2) 회로의 이상전압에 대하여 각 설비 간에는 충분한 절연협조를 한다.
3) 각 기기는 적정한 보호장치로 보호한다.
4) 인체의 감전사고방지와 전기설비나 기기를 보호하기 위하여 효율적으로 접지를 한다.
5) 각 설비는 감전사고를 방지하도록 충분한 조치를 취하고, 인터로크에 의하여 오조작을 방지할 수 있어야 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

회로에 발생하는 이상 전류로는 과부하, 단락 및 지락 전류가 있다. 이들 이상전류는 각 기기에 전기적, 기계적 및 열적인 응력을 주어 설비를 파괴하거나 소손시킨다. 따라서 이들 이상 전류가 발생하였을 경우에는 전기 회로가 이상 전류에 견딜 수 있어야 하며 이를 즉시 제거하여 사고 확대를 방지해야 한다. 이러한 이상 현상을 감지하고 지령을 발령하는 것이 보호계전기이고, 이것을

제거하는 것이 차단기, 부하개폐기 또는 퓨즈 등이다.

수전점에서 고장 전류를 전력회사에 확인하여 주회로의 고장전류(단락 및 지락)를 상정하고 계산해야 한다. 이를 바탕으로 수전점 이후의 각 보호 방식을 검토하고 전력회사계통으로의 사고 파급을 방지하고 정전 구간과 정전 시간이 최소화되도록 보호 협조를 취한다. 각 회로와 기기류는 이들의 보호 범위로부터 벗어나는 일이 없도록 보호 범위를 서로 중첩시키는 것이 필요하다.

2)에 대하여

회로에 발생하는 이상전압은 외부이상전압인 뇌서지(뇌 임펄스), 내부이상전압인 개폐서지 및 지속성 이상 전압으로 나누어진다. 절연 협조란 전기 회로의 절연 강도를 설정하고 내부 이상 전압에 대하여 충분히 견디면서 외부 이상 전압에 대해서는 피뢰기 등을 설치하여 피뢰기의 보호 레벨을 전기회로의 절연 강도보다 낮게 유지하여 보호하는 것이다.

3)에 대하여

각 기기는 사고로 인한 이상전류 또는 이상전압에 견디도록 충분한 단시간 내량(耐量)과 내전압을 갖고 있어야 한다. 각 기기를 보호하기 위해서는 「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의 판단기준」에 적합해야 하며, 다음 사항을 고려해야 한다.

① 콘덴서 등의 유입식 기기는 본체 사고의 영향이 크기 때문에 내부고장검출장치를 가지고 있어서 단독으로 차단보호를 할 수 있어야 한다.

② 배전선로는 사고가 발생된 회로를 선택차단 할 수 있어야 한다.

③ 변류기는 몰드형으로 하고 과전류강도 및 과전류정수(자속밀도의 포화도)가 적합해야 한다.

④ 각 기기를 접속하는 케이블 등은 단락전류에 충분히 견뎌야 하며 차단특성과 협조하고 있어야 한다.

⑤ 화재 발생시 피해를 최소화할 수 있도록 주요설비 및 무인설비인 경우 배전반마다 자동소화설비 설치를 검토하고, 공동구 등 화재에 취약한 곳에 설치된 주요배선은 난연성 케이블을 사용하는 것이 바람직하다.

4)에 대하여

접지의 목적은 외부로부터의 서지유입 또는 내부사고 발생시 대지전위의 상승을 제한함으로써 기기 및 인명사고를 방지하는 것에 있다. 접지는 「KSC IEC 61024, 62305」, 「전기설비기술기준의 판단기준」을 만족하여야 하며, 접지형태는 독립접지, 공용접지(등전위접지) 또는 혼합 형태로 구분할 수 있으며, 중앙운영실 등 전산 장비가 집중설치 된 장소에 대해서는 내부, 외부 써지로 부터 인명과 설비를 보호하기 위하여 공용접지(등전위 접지)를 고려한다. 접지의 종류와 목적은 [표 7.4]와 같이 나눌 수 있다.

5)에 대하여

전력설비는 다른 설비에 비하여 위험성이 대단히 높기 때문에 다음과 같은 충분한 안전 대책을 강구해야 한다.

〔표 7.4〕 접지의 종류와 목적

종 류	목 적	비 고
계 통 접 지	고압과 저압의 혼촉에 의해 발생하는 2차 전기회로의 재해를 방지한다.	
기 기 접 지	기기의 절연이 악화된 경우 등에 발생하는 감전사고를 방지한다.	
뇌 접 지	피뢰설비(피뢰기, 피뢰침)를 접지한다.	
정 전 접 지	정전기에 의한 재해를 방지한다.	
전자(기기)접지	외부에서 진입하는 노이즈나 서지를 방지하여, 내부의 정전기를 제거한다.	
그 밖의 접지	케이블의 반도전층 접지, 전식방지용접지 등	

① 저압회로에서 감전의 우려가 있는 곳에는 누전차단기를 설치한다.
② 누전화재가 우려되는 회로에는 누전경보장치를 설치한다.
③ 배전반의 보수점검 등을 할 때에 감전될 우려가 있는 곳에는 보호판 등을 설치하고, 반의 내부공간을 충분히 확보한다.
④ 단로기나 개폐기 등은 오조작에 의하여 개폐되지 않도록 인터로크 장치를 설치한다.
⑤ 보수할 때에 정전구간을 확보할 수 있도록 구분개폐기를 설치하며, 또한 그 부하측에서 작업할 때의 안전을 확보하기 위하여 부하 측을 접지해야 한다.

7.2.4 배전설비

배전설비는 다음 각 항에 따른다.
1) 배전 전압은 그 사용 목적과 부하측의 특성을 충분히 고려하여 결정한다.
2) 모선방식과 배전방식은 시설의 중요도와 운용조건 등을 고려하여 결정한다.
3) 각 배전선에는 부하전류와 고장전류를 안전하게 투입, 차단할 수 있는 차단기 등을 설치한다.
4) 배전용 개폐장치는 스위치기어방식으로 한다.
5) 전선은 케이블을 사용하고, 전선로는 유지관리가 용이하고 외상에 대하여 충분한 보호 조치를 강구한다.
6) 효율적인 감시를 위하여 전압계, 전류계, 전력계 및 표시등을 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

배전전압은 부하군의 용량, 배전선의 전압강하 등의 조건에 따라 결정된다. 그러나 배전계통 전체로 보면 전압의 종류가 적은 것이 바람직하며, 몇 개의 그룹으로 나누어져 있는 경우에는 그룹 내에서는 동일 전압으로 구성한다.

2)에 대하여

모선방식은 되도록이면 복잡한 것을 피하고 조작이 간단하며 또한 안전하고 경제적인 것으로 한다. 따라서 모선방식은 수전선로를 절체 할 때나 유지보수 할 때에 펌프나 주요 부하설비 전체가 정지되지 않도록 단일모선에 모선연결용 차단기 또는 모선연결단로기를 설치하는 방식이 바람직하다. 배전방식은 간선의 배전용량을 1계통 중지 시를 감안하고 케이블의 선용량에 대한 경제성도 고려하여 정해야 한다.

3)에 대하여

각 배전간선의 송전단에는 부하측에서의 고장발생시 그 구간을 빠르고 확실하게 차단하여 다른 배전선에 영향을 주지 않도록 해야 한다. 이 때문에 차단기는 고속도로 선택차단하는 것이 필요하다. 또한 보수하는 경우에 정전범위를 확실하게 구분하기 위하여 송수전단(送受電端)에 개폐기를 설치해야 한다. 저압배전간선에는 배선용차단기(MCCB) 또는 저압기중차단기를 설치한다. 또한 「전기설비기술기준」, 「전기설비기술기준의 판단기준」에 적합하도록 필요한 지점에 누전차단기를 설치한다.

4)에 대하여

배전설비에 대해서는 모선에서의 배전간선은 회선수가 많기 때문에 배전반은 다단적 폐쇄형배전반(multi-stage stack type enclosed distribution pannel)을 채택하는 경우가 있다.

이러한 경우에는 고압배전반은 반내의 배선처리 및 보수점검 등을 위하여 필요한 부분을 완전히 정전시킬 수 있도록 칸막이판(partition)에 의하여 각 구획(compartment)으로 구분되어 있어야 하며 2단쌓기까지가 바람직하다. 또한 모선의 신뢰성을 높이기 위하여 반의 구조도 모선전류용량에 충분히 여유있는 것으로 하고 차폐를 위하여 구분하는 것이 바람직하다. 또 각 배전선에는 효율적인 전력관리를 위하여 정밀전력량계를 설치하는 것이 바람직하다.

5)에 대하여

주요설비의 배전선을 케이블로 하면 풍설에 의한 절연 열화와 손상사고 등에 의하여 피해받는 경우가 적고 또한 정리도 용이하나, 케이블을 선정할 때에는 부설 조건 등을 검토해야 한다.

배전계통을 이중화하는 경우에는 전선로도 별도 루트방식을 취하는 것이 신뢰성을 확보한다. 옥외전선로는 특히 외상에 주의해야 하며 뇌해를 받지 않도록 지중방식으로 하는 것이 바람직하다. 또한 중요간선에 대해서는 예비관로를 설치하도록 검토하는 것이 바람직하다.

케이블은 장래의 개조나 증설에 따라 증가하는 경우가 많으므로 교체나 보수의 용이성 및 여러 가닥이 모아짐에 의한 온도상승을 고려하여 피트나 덕트 등의 용량을 선정해야 한다. 또한 케이블은 전압과 용도별로 격리하여 서로 영향을 주지 않도록 해야 하며 간선 등 주요한 곳에는 쉽게 불에 타지 않도록 난연 조치를 하는 것이 바람직하다.

6)에 대하여

수전과 부하의 상태를 감시하기 위하여 필요한 계기와 표시등을 설치하여야 하며 최근에는 원격감시가 가능한 보호계전기 일체형인 전자식 감시보호 장치를 적용하는 경우가 많다.

7.2.5 동력설비

동력설비는 다음 각 항에 따른다.

1) 부하군에 가까이 배치하며 폐쇄형배전반 방식으로 한다.

2) 부하회로에는 부하전류를 개폐할 수 있는 개폐기와 함께 고장전류를 안전하게 차단할 수 있는 차단기 또는 퓨즈를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

동력설비는 가능한 한 부하에 가까이 또한 전체부하의 중심에 있는 것이 바람직하다. 부하가 집중되어 있는 시설 등에서는 1개소로 좋지만 부하가 대부분 분산되어 있는 경우에는 몇 그룹으로 나누어 동력설비를 설치하는 편이 바람직하다. 또한 대용량으로 중요한 부하가 걸려 있는 모선에서는 사고 또는 보수 등에 의한 정전을 가능한 한 적게 하기 위하여 2개 이상으로 구분하는 것이 바람직하다. 전압은 개개 부하의 용량을 고려하여 전력회사의 표준전압을 적용한다. 부하의 배선은 케이블로 하며 전압강하, 온도상승, 단락전류를 고려한 적정한 허용전류의 것으로 한다.

고압동력설비는 고압컴비네이션스타터(Combination－starter)로 하며 열반구성으로 할 경우에는 각 부하단위마다 격벽에 의한 차폐를 강구할 필요가 있다. 1단 쌓기로 하는 경우에는 각 부하단위별로 보수점검할 때에 안전성을 확보하고 사고의 파급을 방지하는 면에서도 바람직하다. 제어회로는 각 부하별로 구분하여 단순화하고 블록화함으로써 신뢰성을 높인다. 저압동력반에서는 차단기, 개폐기 및 보호장치를 유니트화한 컨트롤센터(Control center)반이 보수나 점검, 그 밖의 신뢰성 면에서 바람직하지만, 저압동력 부하에는 그 고장이 즉시 시설 운영에 영향을 미치는 것과, 그렇지 않은 것이 있으므로 부하의 중요성과 경제성도 고려하여 반의 형식을 선정한다. 부식성이 심한 환경에 설치되는 제어반 등에 대해서는 에어퍼지(Air purge) 등에 의하여 기기의 신뢰성을 높이는 것에 대하여 검토해야 한다.

2)에 대하여

고압용 부하개폐장치로서는 차단기 외에 전력퓨즈와 고압전자개폐기를 조합한 고압컴비네이션스타터 유니트(Combination starter unit)가 있으며 진공식, 기중식, 가스식으로 나누어진다. 진공식인 경우에는 개폐서지의 보호를 고려해야 한다. 또한 단락보호용 전력퓨즈는 수전측 차단기와 보호협조가 되어야 하며 또 부하의 특성에 맞는 것을 사용해야 한다.

저압용 부하개폐장치는 배선용 차단기와 전자개폐기 또는 전자접촉기 등으로 구성되며, 배선용 차단기는 충분한 단락차단용량을 갖는 것이어야 한다. 또 기기의 보호와 감전방지를 위하여 필요에 따라 지락차단장치를 설치한다.

7.2.6 역률개선 설비

역률개선설비는 다음 각 항에 따른다.

1) 수변전 설비에서 종합역률은 90~95% 정도 유지하는 것이 바람직하다.
2) 저압전동기 및 고압 소용량 전동기회로에는 진상콘덴서를 직접 병렬로 설치하고 고압모선에는 종합역률조정용 고압진상콘덴서군을 설치하는 것이 바람직하다.
3) 고압콘덴서의 주회로에는 내부 고장을 단독으로 보호하고 사고 파급을 방지하기 위하여 보호 장치를 설치한다.
4) 진상콘덴서에는 직렬리액터장치와 방전코일 등 방전장치를 필요에 따라 설치한다.
5) 대용량의 고압콘덴서군은 2군 이상으로 분할하여 제어할 수 있도록 한다.
6) 오존발생 장치의 전원 회로에는 역률과 고조파 장애를 개선하는 장치를 필요에 따라 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

처리시설에서 전력부하의 대부분은 지상역률로 운용되기 때문에 무효전력이 증가한다. 일정한 유효전력을 보낼 경우에 역률이 나쁘면 그만큼 전류가 커진다. 이 전류증가에 의한 전력손실과 전압강하 등의 문제가 발생되므로 역률을 개선해야 한다.

에너지절약면에서는 역률을 개선함으로써 전류치가 감소하여 전력손실을 저감시킬 수 있다. 또 「전기공급약관」(한국전력공사)에 기본요금의 역률할인제도가 있으므로 설비비 및 운전경비절감에 대한 경제성을 검토한 다음에 역률을 조정하여 종합역률 목표를 90~95% 정도 유지하는 것이 바람직하다.

2)에 대하여

콘덴서의 설치위치로는 부하단, 부하동력모선, 배전모선 등이 고려되지만, 에너지 절약, 역률제어, 기타의 면에서 부하단을 원칙으로 한다. 다만, 설비의 고장이 전체 계통에 영향을 미치는 설비에 대해서는 전동기용 직결콘덴서의 설치에 대한 보호방식도 포함하여 충분한 검토를 해야 한다. 이 경우의 콘덴서용량은 소용량 부하인 경우에는 「전기공급약관」(한국전력공사)에 콘덴서설치용량의 기준이 제시되고 있으며, 저압전동기인 경우 [표 7.5]와 같다. 또한 기타 부하에 대해서는 다음 용량산출식을 적용할 수 있다.

$$Q = \frac{P}{\eta}\left\{\sqrt{\frac{1}{\cos^2\Theta_1} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2\Theta_2} - 1}\right\} \quad \cdots\cdots (7.2.6.1)$$

여기에서, Q : 콘덴서용량(kVA)
P : 전동기출력(kW)
η : 전동기효율

$\cos\theta_1$: 개선전의 역률
$\cos\theta_2$: 개선후의 역률

〔표 7.5〕 저압진상콘덴서 부착용량 기준(200V, 380V 삼상유도전동기)

출력	kW	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	22	30	37
	HP	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	40	50
설치용량 (μF)	200V	15	20	30	50	75	100	175	200	300	400	500	800	900
	380V	—	—	—	10	15	20	50	75	100	100	150	200	250

한편, 유도전동기회로의 자기여자현상(Self－excitation phenomenon)에 의한 과전압을 방지하기 위하여 콘덴서용량은 유도전동기의 자기여자용량보다 작아야 한다. 일반적으로 부하단에 콘덴서를 설치하는 경우에는 연속운전되는 부하를 대상으로 하는 것이 좋다. 부하가 많고 설비비가 고가이거나 역률을 원하는 값으로 조정할 수 없는 경우에는 고압모선에서 종합역률을 조정한다.

3)에 대하여

콘덴서의 절연은 일반적으로 유입(油込)식이므로 콘덴서의 내부고장은 화재 등에 의하여 다른 것에 파급되는 영향이 크다. 화재가 발생하기 어려운 가스(gas)식 콘덴서도 있다.

콘덴서회로의 개로전류(Current breaking)에 대해서는 재기전압(Transient recovery voltage)에 의한 아크에 주의해야 하고, 또 보호용으로는 광역형 한류퓨즈 등을 사용해야 하며 개폐장치로는 진공전자접촉기와 한류퓨즈를 조합한 고압컴비네이션스타터를 채택하는 것이 바람직하다.

또 콘덴서는 사고가 파급되는 것을 방지하기 위하여 폐쇄형배전반에 수납하고 내부고장검출장치가 있는 것을 사용하는 것이 바람직하다. 콘덴서와 개폐기 등을 세트로 하여 컴팩트하게 유니트화된 것도 있다. 특히 고압콘덴서의 경우 사고 확산을 방지하기 위하여 고압콘덴서반을 분리하여 설치하는 경우도 있다.

4)에 대하여

콘덴서를 회로에서 분리시킬 경우, 잔류전하의 방전에 의한 취급자의 감전위험을 방지할 목적으로 방전코일 또는 방전저항을 설치하여야 하며, 콘덴서를 회로에서 개로 후 3분 이내에 75V 이하로 방전시키도록 하여 보수점검시 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

전동기와 병렬로 접속 시에는 전동기를 정지하였을 경우에도 항상 전동기의 코일과 접속상태로 있는 회로일 경우에는 방전장치를 생략할 수 있지만, 안전을 위해서는 방전코일 등을 설치하는 것이 좋다. 방전저항이 내장되어 있는 콘덴서를 사용하는 경우에는 방전시간이 길기 때문에 취급에 주의가 필요하다. 역률조정용으로 빈번한 개폐가 예상되는 경우 또는 고압 대용량의 콘덴서에는 방전시간이 짧은 방전코일을 사용하는 것이 바람직하다.

콘덴서를 개로한 다음 잔류전압이 충분히 방전되지 않은 상태로 재투입하면 높은 과도전압이 발생하기 때문에 조작상 순간에 기동-정지동작이 생기지 않도록 제어회로를 구성해야 한다. 배전선로에 인버터 등의 반도체응용장치가 접속되어 있으면 선로전압은 고조파를 포함하게 되며 이에 콘덴서를 접속하면, 점점 고조파가 확대되어 전압파형의 변형(비뚤어짐)이 커지게 된다. 또 콘덴서회로를 개폐하면 과도전압전류가 발생하며 콘덴서에 나쁜 영향을 주기 때문에 이러한 현상을 방지하기 위하여 콘덴서용량의 약 6%에 상당하는 직렬리액터를 설치한다. 설치지점의 제3고조파 전압왜곡이 매우 큰 경우에는 13%의 직렬리액터를 설치한다. 다만, 콘덴서의 단자전압이 높게 되기 때문에 콘덴서에 대해서도 리액터에 적합한 시방의 것을 사용해야 한다.

5)에 대하여

고압콘덴서 군은 역률을 조정하기 위하여 몇 개의 군으로 분할하여 설치하는 것이 바람직하다. 역률의 조정범위가 넓은 경우 또는 조정을 빈번하게 해야 하는 경우에는 역률자동조정장치에 의하는 것이 바람직하다. 수전단에서의 요구감시(Demand monitor)와 동시에 역률을 컴퓨터에 의하여 제어하는 경우도 있다. 모선에 종합역률조정용으로 대용량콘덴서를 설치하는 경우 경부하시에는 진상역률로 되어 수전단의 전압이 상승하는 등의 장애가 있으므로 그 대응도 고려해야 한다. 또 정전시에 콘덴서를 회로에서 자동적으로 분리하여 복전시의 과전압을 방지하는 것이 필요하다.

6)에 대하여

오존발생기의 전원공급방식은 IVR(Induction Voltage Regulator)방식과 인버터방식으로 크게 나눌 수 있다. 주로 소용량에 사용되는 IVR방식은 방전전류에 의하여 진상역률로 되기 때문에 리액터에 의하여 역률을 개선해야 한다. 그러나 IVR방식은 오존발생량이 소용량인 것에 한정되기 때문에 전원에의 영향이 크지 않으므로 종합적으로 검토하여 필요한 경우에는 리액터 설치를 고려하면 좋다. 인버터방식은 지상(遲相)역률로 되며 전원회로에 고조파를 발생한다. 지상역률에 대해서는 콘덴서에 의하여 역률을 개선할 필요가 있다. 고조파의 발생은 콘덴서, 발전기, 보호계전기 등에 장애를 주는 경우가 있으므로 그 영향의 정도에 따라서는 필요한 경우에는 LC필터나 액티브필터 등의 방지장치를 설치한다.

7.2.7 직류전원장치

직류전원장치는 다음의 각 항에 따른다.

1) 고압 또는 특고압 수변전설비의 제어용전원과 비상용 조명 전원으로 직류전원장치를 설치한다.
2) 직류전원장치의 충전장치는 부동충전방식을 사용한다.
3) 직류전원장치에는 필요에 따라 부하전압 보상 장치, 과방전 방지 보호 장치를 추가로 설치한다.

4) 직류전원장치에는 동작 및 감시에 필요한 장치를 설치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

차단기 등의 제어, 보호계전기·표시등 전원, 비상조명용 전원 등으로 직류전원장치를 설치한다. 저압수전이나 기타 특수한 경우에는 이를 제한적으로 설치하지 않을 수 있다. 직류전원장치에 사용되는 축전지는 그 용도에 따라 여러 가지가 있으며 설치방식으로는 거치용 축전지를 사용한다. 거치용 축전지에는 연축전지와 알칼리전지가 있다. 일반적으로 가격은 연축전지가 알칼리전지에 비해 저렴하나 수명은 알칼리전지가 연축전지보다 더 길므로 그 용도, 설치장소, 설치대수, 사용년수, 유지관리성, 경제성, 신뢰성 등을 종합적으로 검토하여 선정한다. 각 축전지 형식별로 단시간 방전특성이 우수한 기종이 있는 반면 장시간 방전특성이 우수한 기종이 있음에 따라 부하의 특성에 적합하도록 형식을 선정한다.

2)에 대하여

부동충전이라 함은 축전지를 충전용 기기와 병렬로 접속하여 축전지의 자기방전을 보충하는 정도의 소전류로 충전하여 항상 충전상태를 유지하고 평상시의 작은 부하는 충전용 기기로부터 공급하고 일시적인 큰 부하는 축전지로부터 공급하는 것이다. 이 장치의 충전은 축전지 단자전압이 떨어질 때 자동으로 충전을 행한다. 부동충전 방식은 축전지, 충전기 모두 용량이 적어져서 경제적이다. 충전장치에서는 고조파를 발생하는 경우가 있으므로 적정한 고조파 방지대책을 수립하여야 한다.

3)에 대하여

충전기에는 필요시 부하 단자 전압이 일정범위 내에 들어가도록 부하보상장치를 설치하고, 정전시 비상등이 점등되어 장시간이 경과한 경우 축전지 전압이 저하하여 그 밖의 제어대상 기기가 정상적으로 동작되지 않을 경우에 대비하여 비상등 회로에 과방전 보호 장치를 설치하는 것을 고려해야 한다.

4)에 대하여

직류전원장치에는 전압계, 전류계, 상태표시등, 고장표시등, 간선 및 기타 회로에 개폐용의 배선용차단기 등의 필요장치를 설치한다.

7.2.8 방재설비

화재와 뇌해 등에 의한 방재 설비는 다음 항에 따른다.

1) 경보설비

2) 피난설비

3) 피뢰설비

☞ 해설

1)에 대하여

「건축법」, 「소방기본법」, 「국가화재안전기준」에 의해 처리시설내의 건축물에 경보설비를 설치하게 되어 있다. 이 설비는 감지→통보→소화의 기능으로 되어 있으며 인명과 재산을 보호하는데 그 목적이 있다.

2)에 대하여

피난구 유도등과 통로 유도등 및 비상조명으로 구분되며 화재시 신속하게 대피할 수 있도록 유도하는데 그 목적이 있다. 피난설비 설치기준은 「건축법」, 「소방기본법」, 「국가화재안전기준」에 따른다.

3)에 대하여

피뢰설비는 보호하고자 하는 대상물에 근접하는 뇌격을 확실하게 흡입해서 안전하게 대지로 방류함으로써 건축물과 인명을 보호하는데 있다. 피뢰설비에 대한 상세 사항은 「KSCIEC」 규정에 따른다.

7.2.9 전기실

전기실은 다음 각 항에 따른다.

1) 전기실의 위치는 가능한 한 부하의 중심적 위치가 바람직하며, 설치장소의 상황, 부하의 배치, 배선경로 등을 고려하여 선정한다.
2) 전기실의 넓이와 높이는 기기의 반출입, 보수점검, 분해정비 및 장래 설비교체에 필요한 여유를 고려해야 하며, 또 출입구는 가능한 한 2개소 이상으로 한다.
3) 전기실의 환경은 설비의 기능이 안정되게 발휘할 수 있도록 환기설비 등을 설치하고 부식성 또는 가연성가스로부터 위치적으로나 구조적으로 충분히 차폐시킨다.
4) 전기실은 「소방기본법」과 「건축법」에 적합한 구조이어야 하며, 실내의 채광과 문짝은 안전을 고려하고 개구부는 조수나 곤충 등의 침입을 방지하도록 조치한다.

☞ 해설

1)에 대하여

수·변전 및 배전설비 등을 설치하는 전기실의 위치는 부하의 중심이나 또는 부하의 중심에 가까이 설치하며, 전기실은 가능한 한 배선이 폭주하지 않도록 하고 또 고압전선로와 저압전선로를 분리하는 등 기기나 배선을 점검하기 쉽게 해야 한다.

2)에 대하여

실내의 넓이는 원활하게 조작하고 점검보수 및 설비교체할 수 있도록 충분한 공간을 확보한다. 특히 폐쇄형 배전반의 주위는 문을 열었을 경우에도 통로를 확보할 수 있어야 한다. 보수점검 및

환기를 위해서 천장높이도 일정한 공간을 갖는 것이 필요하다. 구조물과 설비의 이격거리와 보유거리도 적합하게 유지해야 하고, 또한 설비교체를 고려한 설계가 필요하다.

3)에 대하여

옥내에 설치되는 전기설비는 일반적으로 폐쇄형 배전반에 수납되는 형식들이 많다. 따라서 반의 배치에 따라서는 통풍이 잘 되지 않고 실내 전체의 온도분포가 균등하게 되지 않으며 반내부의 온도가 상승하는 경우도 있다. 특히 변압기 등 발열량이 큰 기기를 수납하고 있는 반에서는 개별로 강제환기를 함으로써 실내온도를 올리지 않도록 고려해야 한다. 전기실을 환경이 나쁜 곳에 설치해야 하는 경우에는 부식성 및 가연성의 가스 등이 침입할 수 없는 구조로 하고 실내 관통부의 차폐를 충분히 하며, 전기 설비는 수분이나 습기에 취약하므로 전기실은 비가 새거나 물이 침투하지 않도록 고려하고 상부층에 물탱크 등이 있는 장소는 피해야 한다. 이 밖에 부득이 지하에 전기실을 설치해야 하는 경우에는 침수되지 않도록 1층 출입구를 주위 지반보다 충분히 높게 하고 펌프 등과 동일한 바닥높이에 전기설비를 설치하지 않는 등의 고려가 필요하다. 바닥면은 먼지 부착을 방지하기 위하여 방진 마감으로 한다.

4)에 대하여

변전설비 또는 축전지설비를 설치하는 전기실은 「소방기본법」등 관계법령에 적합하도록 설치한다. 전기실을 이층 이상의 층에 설치하는 경우에는 변압기와 같은 중량물에 충분히 견디는 구조로 해야만 한다. 창문과 출입문은 빗물이나 눈이 침입하지 않도록 하며 창문에는 격자망을 설치하고 출입문에는 자물쇠를 채워서 안전을 고려한다. 또 배전반 등에 직사일광이 비치지 않도록 하는 것도 필요하다. 개구부는 시공이 완료된 다음 충진재 등으로 채워서 조수류가 침입하지 않도록 한다.

7.2.9.1 조명설비

조명설비는 다음 각 항에 따른다. 1) 조명은 목적에 적합해야 하며 작업면에서 충분한 조도를 갖도록 하고, 효율이 높은 광원을 사용한다. 2) 운전관리상 필요한 장소에는 비상용 조명등을 설치한다. 3) 조명기구의 배치는 용이하게 보수관리 할 수 있도록 고려하고 설비는 관련 법규에 적합한 것으로 한다.

☞ 해설

1)에 대하여

조명광원으로서는 백열등, 형광등, 수은등 등이 있으며, 그 특성을 살려서 고효율 등과 기구를 사용해야 한다. 기계실과 전기실의 조명은 기기의 조작, 점검, 수리 등의 보수작업에 지장이 없는 밝기와 색조로 한다. 감시실은 계기를 감시하고 조작반을 조작할 때에 조작원에게 피로를 주지 않도록 천장, 벽, 마루의 색상에 조화되는 조명방법과 기구를 선정해야 한다. 기기를 점검하거나 수

리할 때에 특히 높은 조도가 필요한 경우에는 전반조명뿐만 아니라 국부조명을 병용해야 한다. 소요조도에 대해서는 한국산업표준(KS A 3011)의 조도기준에 의하여 선정하는 것이 바람직하며, 고주파점등방식인 형광램프(Hf형광등), HID 램프 등 효율이 높은 광원을 사용한 조명기구를 가능한 한 채택한다.

또한 설비감시를 위하여 상시 점등하는 것과 유지보수시에만 일시적으로 사용하는 것을 구분하여 설치하고, 지하공동구실, 공동구 등 점등상태를 외부에서 확인하기 어려운 장소에는 불필요한 점등을 방지하기 위하여 타임스위치를 설치하되 장시간 점등도 가능하도록 우회로(by－pass)스위치를 설치하는 것이 바람직하다. 점검통로 등 출입구가 2개 이상인 곳에서는 출입구마다 점멸이 가능하도록 스위치를 설치하고 점멸조작이 잦은 장소에는 점등시간이 긴 고압방전등의 사용을 피하는 것이 좋다.

2)에 대하여

비상용조명은 「건축법」등에 규정되어 있지만, 감시실과 관리실에는 설비의 운전관리상 정전시에 운전감시와 응급조치에 지장이 없도록 필요점등시간을 검토하고 비상조명용 전원용량을 결정해야 한다. 지하층펌프실 등의 입구에는 회중전등 등을 상비하도록 고려한다.

3)에 대하여

조명기구는 교환이 용이한 위치에 설치하고 배전반이나 배관 등으로 가려지거나 반사에 의하여 눈부심이 없도록 해야만 한다. 특히 높은 천정부분에 설치하는 경우에는 유지관리를 충분히 고려해야 한다.

반내의 조명기구는 보수할 때에 감전의 위험성이 높으므로 충전부를 차폐하는 것이 바람직하다. 또 콘센트는 다목적으로 이용되기 때문에 용량과 배치를 고려해야 하며 특히 지하실의 콘센트는 침수 등의 우려가 없는 위치에 부착하도록 한다.

7.3 계측제어설비

7.3.1 계측항목

계측 항목을 선정할 경우 계측 목적을 명확히 인식하고 처리방법, 시설규모, 관계법령 등을 충분히 고려하여 운전 관리상 필요한 것을 선정한다.

☞ 해설

계측설비를 설치할 경우 계측 목적을 명확히 할 필요가 있다. 그 목적으로서는 프로세스 상태 감시를 목적으로 하는 경우와 프로세스 제어를 목적으로 하는 경우가 있으며 또한 관련 법규 및 법령에 의해 계측기기를 의무적으로 설치해야 하는 경우 등이 있다. 프로세스 상태 감시를 목적으

로 하는 경우에는 프로세스 상태를 명확히 감시, 파악하여 조작의 확실성, 안전 확보 및 작업 조건의 개선 등을 고려하여야 한다.

프로세스 제어를 목적으로 하는 경우에는 처리효율의 향상, 작업 환경의 개선, 인력 투입 절감, 자원 및 에너지 절감을 도모하기 위한 경우이며 이를 위하여 계측기기 자체의 안전성, 신뢰성, 보수성이 확보되어야 하고 제어계의 안전성에 대한 배려도 필요하다.

환경부 법령, 법규 및 관련 지침에 의해 설치하여야 하는 계측기기는 반드시 설치하여야 한다. 계측항목의 선정은 계측 목적을 명확히 인식하고 입지조건, 처리방법, 시설의 규모, 유지관리 체계 및 관계 법령 등을 충분히 고려하여 그에 적합한 기기를 선정하여야 한다.

7.3.2 계측기기의 선정

계측기기의 선정은 다음 각 항을 고려하여 선정한다.

1) 계측 목적
2) 측정 장소의 환경 조건
3) 정밀도, 재현성 및 응답성
4) 유지관리성
5) 측정 대상의 특성
6) 신호 전송 방식
7) 측정 범위

☞ 해설

처리시설에는 각종의 계측기기가 사용되며 운전관리, 감시 및 제어에 중요한 역할을 수행하고 있다.

이들 계측기기의 선정은 아래의 각 항을 고려함과 동시에 기기의 규모, 사양 및 취급 방법이 간편하고 유지관리가 용이한 것을 채택하여야 한다.

1)에 대하여

계측기기는 동일 또는 동종의 목적에 대해서도 각 기기의 측정 원리, 구조, 신호방식, 측정 대상물의 특성, 측정단위 등에 따라서 많은 종류가 있으며 각각의 기기에는 장단점이 있으므로 처리시설 각 공정의 계측 목적에 적합하게 선정한다.

2)에 대하여

계측기기는 온도 변화가 심한 곳, 습도가 높은 곳, 부식성 가스가 존재하는 장소 등 매우 열악한 환경에 설치되는 경우가 많으므로, 필요에 따라서는 이와 같은 환경조건 하에서도 신뢰성 및 내구성이 보장되는 것을 선정할 필요가 있으나, 가능하면 계측기기가 설치되는 장소의 환경을 개선하는 것이 바람직하다.

3)에 대하여

측정 대상물의 변화가 완만한 경우나 균일하지 않을 경우에는 응답성이 다소 떨어지는 기기를 또한 단순히 참고용으로 사용하는 경우에는 정밀도가 낮은 것을 사용해도 무방하다. 따라서, 계측기기의 설치 목적, 효과, 경제성 등을 충분히 검토한 후 그에 적합한 계측기기를 선정할 필요가 있다. 측정 정밀도 규정에 있어서 허용 오차의 비율은 풀 스케일(FS)에 대한 허용오차 비율을 %로 표시하는 것과 측정치(RS)에 대한 허용오차를 %로 표시하는 것이 있으므로 설계 시에 유의할 필요가 있다.

4)에 대하여

계측기기는 유지 관리가 용이한 기기를 선정할 필요가 있으며, 가급적 기종을 통일하여 호환성, 보수 점검 및 시험 보정을 용이하게 함과 동시에 운전비용 및 유지 관리 비용을 저렴하게 할 필요가 있다.

5)에 대하여

검출단에 부착성 물질에 의한 오염 또는 막힘의 초래가 예상될 경우 검출단에 이를 예방할 수 있는 세정장치를 설치하며, 혼입물에 의한 마모나 파손 등 측정 대상물 특성에 의한 장해가 발생할 수 있으므로, 이들의 성질을 충분히 고려하여 선정한다.

6)에 대하여

계측기기 신호 전송 방식은 외부 노이즈(noise)에 영향이 적은 것을 선정하며, 검출단 및 검출기에서 변환기까지의 신호는 유도 장해를 받기 쉬으므로, 차폐선을 사용함과 동시에 그 거리는 최대한 짧게 구성한다.

7)에 대하여

계측기기의 측정 범위는 측정 대상물의 특성에 따라 결정하여야 한다. 측정 범위를 너무 크게 설정할 경우에는 기기의 오차 범위 특성에 의해 정확한 계측값을 나타낼 수 없으며, 너무 낮게 설정할 경우에는 범위를 초과하게 되므로 적정 범위를 설정하는 것이 중요하다.

7.3.3 계측기기의 종류

처리시설에 주로 사용되는 계측기기는 양적인 계측기와 질적인 계측기로 구분되며 동작원리 및 설치시 주의사항을 다음에 나타내었으며, 계측기기의 설치 지점은 측정 목적, 측정 대상물의 대표성 및 유리 관리에 유의하여 위치를 결정한다.

☞ 해설

계측기기의 형식 및 종류는 산업 기술 발달에 따라 다양한 방식으로 제공되고 있으므로 아래의 내용은 그 일부분으로서 계측장치 형식에 대한 상세 사양 내용은 참조 사항이며 상세 설계 시 설계자의 충분한 근거와 검토를 통해 설계가 되어야 한다. 또한, 계측장치를 설치하더라도 측정치의

오차가 커지거나 신뢰성이 낮게 될 우려가 있는 경우에는 계측기기의 설치를 자제할 필요가 있으며, 측정기기가 많아지면 경제적으로 불리할 뿐만 아니라 유지관리에도 많은 노력과 비용이 들기 때문에 비용과 효과 및 보수의 밸런스를 고려하여 최소한의 개소에 설치하는 것이 바람직하다.

특히, 질적 계측기를 사용하는 과도한 계측제어화는 가능한 최소화하며, 대표값을 이용한 제어, 각각의 계측을 통한 제어로 구분하여 이에 적합하도록 시스템(기계 장치 포함)을 구성한다.

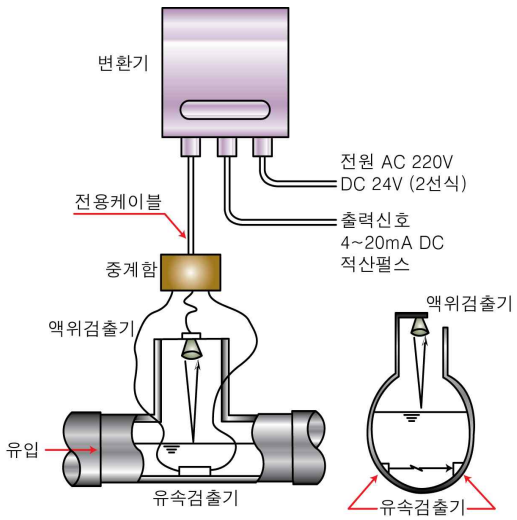
가. 개거·관거식 유량계

① 동작원리

- 수위 h를 검출하여 수로 단면적 S를 연산하고 초음파 또는 기타 방식으로 유체의 속도 V를 측정하여 유량 Q를 검출한다.
- V= k · v (k는 유속보정계수)
- Q=K · V · S (K는 연산정수)

② 설치상의 주의

- 상류 20D 또는 20B, 하류 10D 또는 10B(D: 관거내경, B: 개거폭)의 직관부가 필요하다.
- 상류측에 밸브, 게이트, 낙차가 있어 흐름이 흐트러지거나 기포가 연속적으로 혼입하는 장소에는 적용할 수 없다.
- 검출기 케이블과 전용 동축 케이블을 중계하는 접속함은 침수되지 않는 위치에 설치하여야 한다.



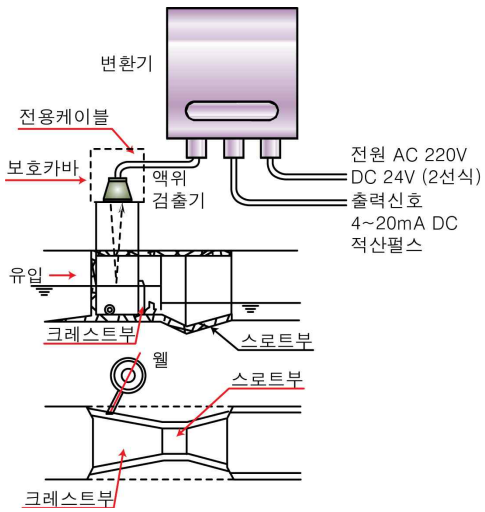
〈그림 7.2〉 개거 · 관거식 유량계

나. 파샬플럼식(Parshall Flume) 유량계

① 동작원리

• 임의 축소한 부분의 수위를 측정하여 유량을 계측한다.
• Q=K・hn (K・n은 프륨의 형상치수에 의한 정수)

② 설치상의 주의
• 측정 웨어에는 드레인이나 스컴 등의 배출용 퍼지수를 고려하는 것이 바람직하다.
• 위어판 하류측은 충분하게 낙차를 가지도록 한다.
• 상류측 직선길이 위어판 폭의 10배 이상 확보한다.
• 위어판의 중심은 수로의 중심에 맞추어 설치한다.
• 위어판 설치 부분에 누수가 발생되지 않도록 한다.
• 위어판 상류측 수로의 밑바닥 및 측면이 각각 수평, 연직인 것을 확인한다.



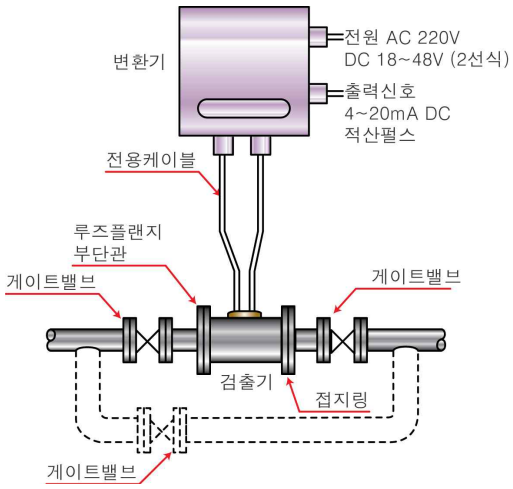
〈그림 7.3〉 파샬플럼식 유량계

다. 전자식 유량계

① 동작원리
• 유체 흐름에 따른 자속의 변화를 유기기전력을 측정하여 유량 측정
• E=K・B・Q/(π・D)
(E: 기전력(V), B: 자속밀도(wb/m^2), K: 정수, D: 관내경, Q: 유량(m^3/s))

② 설치상의 주의
• 검출기・변환기간의 전용 케이블의 최장거리는 장치 및 유체의 도전율에 따라 다르므로 반드시 확인해야 한다.
• 검출기는 측정 유체가 항상 만관으로 되는 곳에 설치하여야 한다.

• 검출기 상류 5D, 하류 2D의 직관부가 확보되도록 설치하는 것이 바람직하다.
• 보수점검을 위해 검출기 상·하류측에 게이트 밸브를 설치하고, 필요시 바이패스관을 설치하여야 한다.
• 검출기·어스링의 접지는 제3종접지로 하여야 한다.
• 유속이 0.3m/s 이하인 경우에는 검출기의 전후에 레듀사를 설치하고 구경의 축소를 고려한다.



〈그림 7.4〉 전자식 유량계

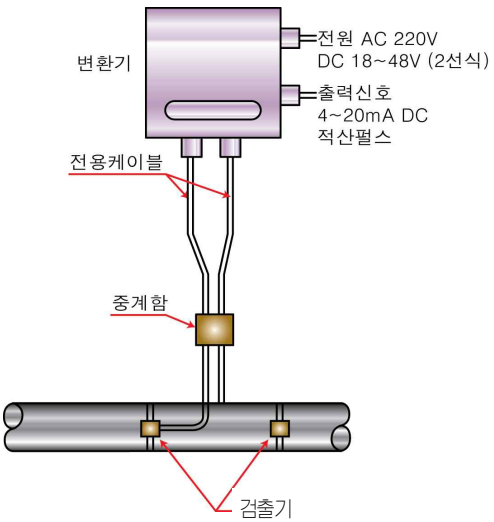
라. 초음파식 유량계

① 동작원리

• 유체 흐름의 순방향 음파 전달시간과 역방향 전달 시간 차에 의해 유속을 환산하여 유량을 구하는 방식
• $Q=K \cdot \Delta t/t^2$
(Δt : 전달시간차, t : 평균전달시간)

② 설치상의 주의

• 유속분포 영향이 크기 때문에 상류측 10D(펌프 출구 50D, 밸브 30D), 하류측 5D 이상의 직관부 길이가 필요하다.
• 측정관내에는 유체가 항상 만관이 되어 있도록 설치하여야 한다.
• 유체에 부유물, 기포 등이 많은 장소에는 초음파 도플러식을 검토하여야 한다.
• 저 유속에서는 정도가 떨어지기 때문에 측정레인지 유속 1m/s 이상으로 조건을 충족하도록 한다.



〈그림 7.5〉 초음파식 유량계

마. 오리피스식 유량계

① 동작원리

- 축소부 양단에 인가되는 압력차에 의해 유량을 환산하는 방식
- $Q = C\sqrt{\Delta P}$

  (Q: 유량, C: 정수, ΔP: 좁아진 전후의 차압)

② 설치상의 주의

- 상·하류측 직관 거리는 설치기준에 따라 설치
- 축소부와 관 중심이 일치하도록 설치
- 도압관의 거리는 10m 이내로 하고 도중에 U자부를 만들지 않도록 시공
- 도압 배관에는 드레인 배출(드레인밸브, 드레인포트)을 고려
- 부식성 유체에는 실포트를 증기의 경우는 콘덴서 포트를 설치하고, 보온을 고려
- 저유속에서는 오차가 크기 때문에 로우컷을 고려

바. 초음파식 수위계

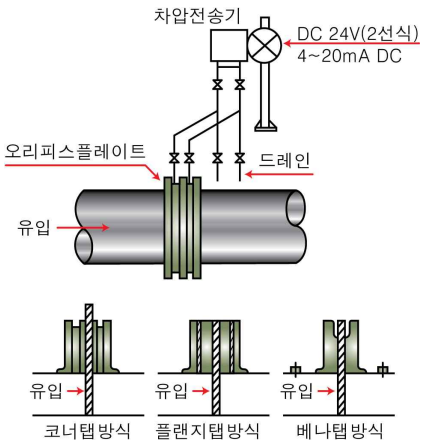
① 동작원리

- 초음파 발신자에서 발신된 초음파 펄스가 수면에서 반사하여 그 초음파 신호를 수신기로 측정하여 높이를 계산한다.

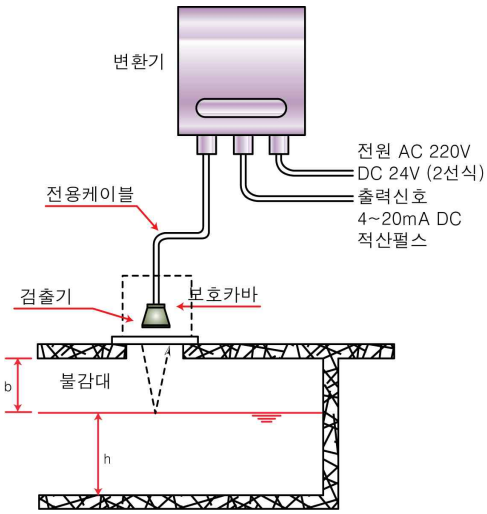
② 설치상의 주의

- 측정면에 물결, 부유물, 거품 등이 있는 장소를 피한다.
- 검출부와 측정면까지의 사이에 돌기 등의 장해물이 없어야 한다.

• 검출기는 수평으로 취부하고, 진동이 적은 장소를 선정한다.
• 불감대가 있기 때문에 측정상한 수면보다도 통상 1m 정도 상부에 검출기를 설치하여야 한다.
• 옥외설치의 경우 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다.
• 초음파의 지향성 범위내(수직방향에 대하여 전방향 7° 이내) 및 전후좌우 1m 이내에 돌기물이 없는 장소에 설치하여야 한다.



〈그림 7.6〉 오리피스식 유량계



〈그림 7.7〉 초음파식 수위계

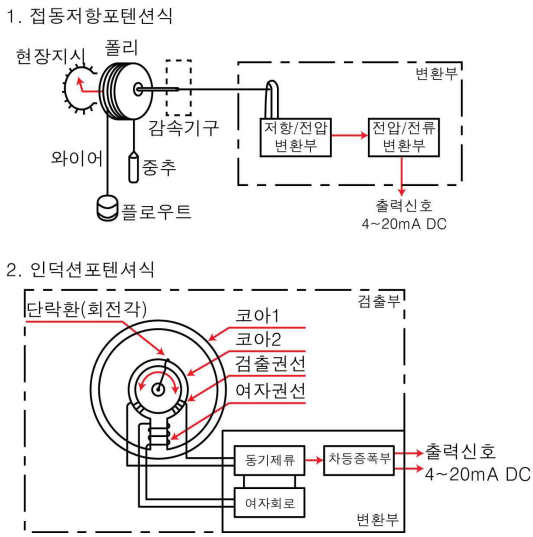
사. 플로트식 수위계

① 동작원리

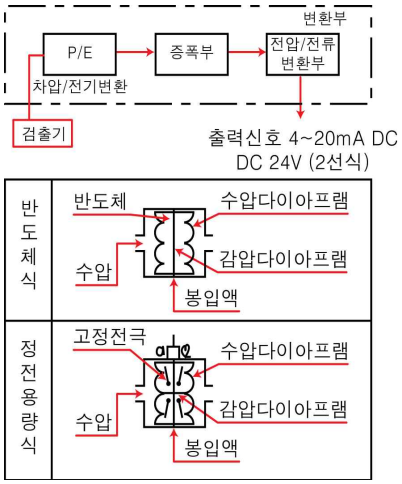
• 접동저항 포텐셜식: 플로우트에 의한 입력축(회전변위)으로 저항포텐셔의 접동자를 이동시켜 그 변화치를 전압 변환하여 수위에 비례한 출력신호를 얻는다.
• 인덕션 포텐셜식: 입력축(회전변위)으로 인덕션 포텐셔의 단락환을 이동시키면 여자권선으로부터 2로 분기하는 자속으로 유도전압을 검출, 동기정류하여 차동증폭기로 증폭 → 전류변환하여 수위에 비례한 출력신호를 얻는다.

② 설치상의 주의

• 흐름이 있는 장소나 기포가 있는 장소에는 방파관을 설치한다.
• 부유물, 특히 스컴 등의 발생장소에 적용 시에는 유의한다.
• 한랭지에서는 동절기, 가동부 동결 방지를 고려한다.
• 옥외설치의 경우 햇빛, 풍우방지 커버를 고려한다.



〈그림 7.8〉 플로트식 수위계



〈그림 7.9〉 압력계

아. 압력계

① 동작원리

- 반도체식: 반도체에 응력이 가해지면 전기전도도가 변화하는 현상이 압력에 비례하는 것을 이용한 반도체 스트레인 게이지
- 정전용량식: 감압 다이아프램과 고정전극 사이의 정전용량 변화를 압력으로 검출한다.
- $P=K \cdot (C_1 - C_2) / (C_1 + C_2)$

  (P: 프로세스압력, K: 정수, C_1: 고압측정전용량, C_2: 저압측정전용량)

② 설치상의 주의

- 배관이 발신기보다 위에 있을 경우 기체의 압력계측에는 드레인 포트를 설치
- 압력 취출구 액체는 수평보다 아래방향 45° 의 범위, 기체는 바로 위로 할 것
- 도압관은 굴곡이 적도록 설치
- 도압관내 공기가 잔류하지 않도록 압력 토출구와 발신기 설치에 주의
- 옥외 설치의 경우는 햇빛, 풍우방지 커버를 고려
- 피뢰기를 내장하고 있지 않은 장치도 있으므로 유의

자. 수위스위치

① 동작원리

- 전극봉식: 길이가 다른 전극간의 도통 유무를 검출하여 수위를 측정하는 방식
- 플로트식: 비어 있는 볼내부에 수은 또는 기타 전자 접접을 설치하여 볼이 액체 높이에 따라 뜰 경우 접점이 작동하여 그 신호로 수위를 측정하는 방식

② 설치상의 주의

- 전극봉식: 전극간의 부착물에 의해 도통하는 경우가 있으므로 반드시 피복이 있는 전극을 사용하고, 부식성 물질을 포함한 액체의 수위를 측정할 경우에는 전극의 재질을 검토할 필요가 있으며, 액면의 파고가 있을 경우에는 방파관을 설치할 필요가 있다.
- 플로트식: 액체의 유속이 파른 곳에 또는 부유물이 있는 곳은 설치를 피하고, 수위계와 이중으로 설치는 경우가 많다.

차. 강우량계

① 동작원리

- 빗물이 시소 모양으로 만들어진 한 쪽의 버킷에 고이면 그 무게로 인해 다른 쪽으로 기울어지면서 리드 스위치를 작동시켜 신호를 발생하고 이 신호를 기록하여 강수량으로 환산한다.

② 설치상의 주의

- 평면이나 평탄한 잔디 위 또는 시계 확보가 양호한 장소에 설치한다.
- 건물 벽면 또는 담장 가까이는 피한다.
- 가지가 무성한 나무로부터 충분한 거리를 두어 낙엽 등의 낙하에 유의한다.
- 설치시, 필히 수평기를 이용하여 수평을 확인 조정 후 고정한다.

7.3.4 감시제어설비

감시제어설비는 시설의 운전 상황을 감시, 조작 및 제어를 수행함으로서 안전하고 효율적으로 운영하기 위한 설비로서 유지관리비 절감, 에너지절감, 노동환경의 개선 및 작업성의 향상 등을 목적으로 설치된다. 따라서 감시제어설비는 처리장 각 요소로부터 대량의 정보를 신속하고 확실히 반영할 수 있는 시스템(감시제어장치, 데이터 전송장치, 원격감시제어장치, CCTV장치 등)으로 구성된다.

감시제어설비의 설치 기준은 시설의 규모 및 필요 등을 충분히 검토하여 최적의 설비로 선정하여야 한다.

☞ 해설

① 시설의 규모에 따라서 획일적으로 기준화할 수 없으며 제어내용, 제어 루프의 수, 정보의 양, 장래 확장성 및 설비의 유지 관리 등을 고려해야 한다.

② 유지관리의 형태는 시설관리를 상주, 야간무인, 순회관리하며, 시설전체를 일괄관리, 분할관리 등으로 구분하고 감시제어를 하는 부분의 인원구성, 근무체제, 위탁업무의 범위, 기타 유지관리자의 기술수준 등을 말한다.

③ 각 설비의 배치는 수변전설비, 자가발전설비, 펌프설비 및 처리설비 등의 배치 및 이들을 수납하는 건물의 배치를 말한다.

④ 적용조건으로 감시제어시스템 설치목적에 부합되는 시스템의 설계가 되도록 하기 위해서 계측제어이론 및 기기의 급속한 발전 속도를 고려하여 시스템의 설치와 운용관리가 용이하도록 설계시 충분히 반영하여야 한다.

㉠ 사전조사 및 공정관련 협의

감시제어시스템의 설치목적을 명확히 하고 대상시설의 규모 및 특성(유량, 수질 등)의 적합성에 대한 세밀한 사전조사와 타 공정에 대한 연계성과 시스템의 운용관리측면에 관한 사항을 충분히 검토 반영한다.

㉡ 확장성 및 호환성

물 재이용 시설은 확장성, 유동성 및 개량 보수 등의 요소가 크므로 이에 대비하여 감시제어시스템의 확장 및 변경이 용이하도록 설계되어야 하며 H/W 및 S/W도 호환성이 확보되도록 상·하위 네트워크를 원활히 지원하는 국제표준규격을 준용하는 개방형구조를 가져야 한다.

㉢ 감시조작의 용이성

감시기능의 향상을 위하여 시설전반을 감시하는 동시에 부분적, 지역적으로 설비 및 시설의 세부관리가 가능하여야 한다. 또, 조작기능의 향상을 위해서 용이한 조작이 가능하여야 하며 시설의 효율적 관리를 위해 각 시설을 종합적으로 감시제어가 가능하여야 한다.

㉣ 자동화를 통한 무인화 운전지향

ⓐ 많은 시설물을 운영 관리하는데 소요되는 인력의 효율적, 경제적 관리방안의 하나로서 본 감시제어시스템의 도입을 통해 가능한 무인자동화운전이 이루어질 수 있도록 계획, 설계하며 이에 필요한 제반 기술적 사항을 검토 반영하여야 하고, 고정관리자 및 이동관리자를 지원할 수 있는 유무선 실시간 감시 제어기술의 적용을 검토하여야 한다.

ⓑ 자동화무인화 운전을 위하여 시스템 구성의 단순화 및 운전개소를 최소화하여야 한다.

ⓒ 각 공정별 설비를 package화하여 자동운전이 되도록 구성한다.

㉤ 최신기술의 도입 및 유지보수 대책

시스템 설계시 가급적 최신기술이 도입된 설비를 선정할 수 있도록 하여야 하며 운영 및 유지보수가 용이한 H/W 및 S/W를 검토 반영하여야 한다.

㉥ 인간공학적 배려

시스템은 운영 및 관리자에게 편리성 및 이용성을 제고시키고 주변환경과 조화된 환경친화적 개념의 도입과 법적 규제에 대한 대응 그리고 공해방지 및 예방차원의 설계개념이 시스템 설계시 반영되어야 한다.

⑤ 경제성이라 함은 감시제어설비 설치목적을 충분히 이해하여 건설비나 유지관리비가 경제적인 것을 말한다.

7.3.5 시스템 구축시 검토사항

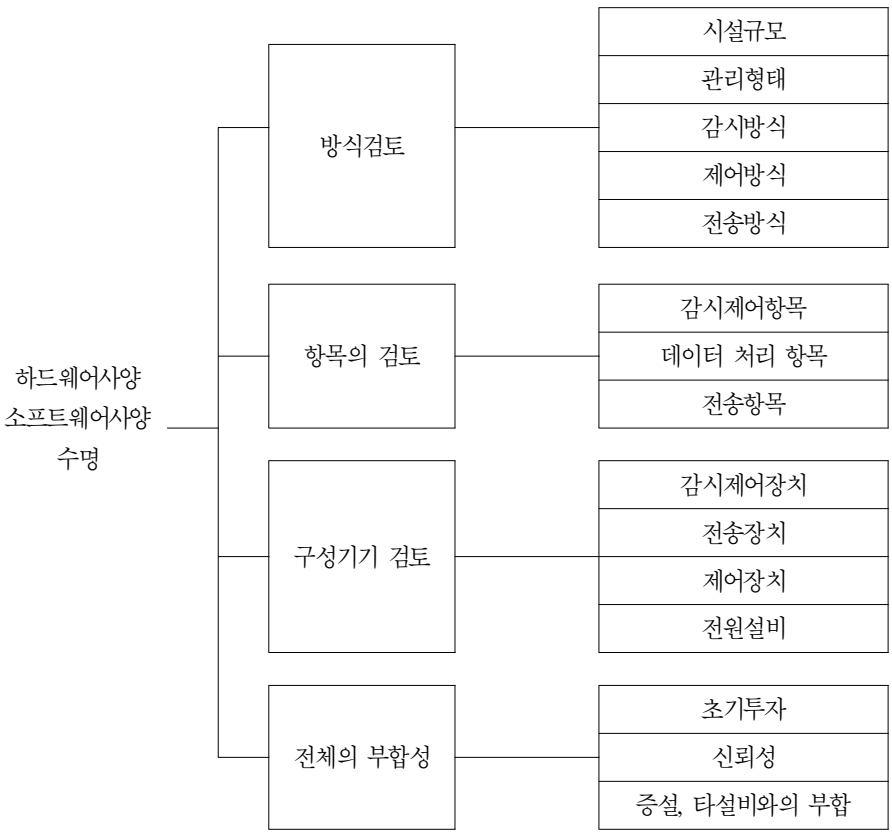
시스템 구축에 있어서 아래의 사항에 관하여 항목별로 검토하고 이들을 종합적으로 판단하여 그 시설에 적합한 시스템을 구성하여야 한다.

1) 방식의 검토(시설규모, 관리형태, 감시방식, 제어방식, 전송방식)
2) 항목의 검토(감시제어항목, 데이터 처리항목, 전송항목)
3) 구성 기기의 검토(감시제어장치, 전송장치, 제어장치, 전원설비)
4) 신뢰성 확보의 검토
5) 시스템의 완전 개방형 구조 검토
6) 전체와의 부합성 검토(초기투자, 증설시, 타 설비와의 부합)
7) 시스템 선정 기준

☞ 해설

시스템 구축시 검토항목은 다음과 같다.

〔표 7.6〕 시스템 구축 검토항목



1)에 대하여

시설 규모, 처리방식, 관리형태 등에 대하여 검토하여 대상 처리시설의 유지관리에 적정한 방식을 선정하도록 한다.

2)에 대하여

제어항목, 설정항목, 데이터 관리항목 등에 관해서 검토를 한다. 항목에 있어서 감시제어의 형태, 제어기능의 분담범위에 의한 검토, 각 설비 및 처리상황의 파악을 정확하고 효율적으로 하기 위하여 필요한 것을 선정한다.

3)에 대하여

시설의 동별 전기실 배치계획에 의해 전송장치, 전원설비, 제어장치의 기능분산, 설치분산화에 대한 검토를 한다.

4)에 대하여

감시제어 시스템은 물재이용 시설을 안정적, 효율적으로 운전하는데 필요하므로 시스템 가동률을 높게하여 이상 발생 시에도 안정한 운전을 계속할 수 있어야 한다.

5)에 대하여

시설의 확장성, 유동성 및 유지보수 등의 변동요소가 많으므로 이에 대비하여 감시제어설비도 확장 및 변경이 용이하도록 H/W와 S/W의 구조는 개방형으로 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

6)에 대하여

전체계획 안에서 경제성을 고려하여 하며, 증설시 가동 시설의 영향, 타 시설과의 부합에 관해서 충분히 검토한다.

7)에 대하여

감시제어설비는 유지관리가 편리하고 확장이 용이하며 무인 자동화가 가능한 경제적인 시스템으로 한다.

7.3.6 CCTV장치

필요에 따라 CCTV시스템의 설치를 고려할 경우에는 시설의 규모, 관리체제, 자동화, 감시제어설비 구성 등을 고려하여 최적의 설치 계획을 수립한다. 카메라의 설치기준은 옥내, 옥외(일반형, 정밀형)형으로 분리하여 검토하며, 주요한 시스템 구성은 다음과 같다.

1) TV카메라
2) 영상 모니터
3) 녹화장비
4) 영상분배기
5) 케이블 보상장치

6) 제어장치
7) 사용 케이블
8) 조명
9) 피뢰설비

☞ 해설

CCTV를 통한 화상감시는 야간에도 선명하게 감시가 가능하여야 하며 우천시 또는 외부환경의 변화에도 원활하게 감시할 수 있도록 시스템을 구축하여야 한다.

1)에 대하여

카메라 설치장소에 따른 표준사항은 다음 [표 7.7]를 참조한다.

〔표 7.7〕 카메라 설치 장소에 따른 표준 사항

구분		옥내	옥외	
			일 반 형	정 밀 형
카메라	촬상소자	41만화소 칼라 CCD	41만화소 칼라 CCD	41만화소 칼라 CCD
	최대화소	41만화소	41만화소	41만화소
	최저조도	0.7 lux	0.03 lux	0.005 lux
	해 상 도	460본 이상	480본 이상	480본 이상
	영상출력	composite 1.0Vp-p	composite 1.0Vp-p	composite 1.0Vp-p
렌즈	배 율	6배줌(8~64mm)	15배줌(7.5~112mm)	20배줌(12~240mm)
	작동방법	자동	자동	자동
회전기	PAN	±60	±90	±90
	TILT	350°	350°	350°
	재 질	알루미늄	알루미늄	알루미늄
하우징	형 식	비 방수형	방수형	방수형
	재 질	알루미늄 또는 steel	알루미늄 또는 steel	알루미늄 또는 steel

2)에 대하여

영상 모니터는 20인치 이상 칼라모니터를 표준으로 한다.

3)에 대하여

녹화 장비의 선정은 다음 [표 7.8]을 참조한다.

4)에 대하여

영상분배기는 1대의 모니터로 여러 대의 카메라 영상을 분할 및 바꿔서 감시하는 경우에 사용

한다.

〔표 7.8〕 녹화 장비의 선정

항목	일반 VTR 방식	time lapse 방식	D.V.R 방식	N.V.R 방식
장점	• 조작이 간편하다. • 가격이 저렴하다.	• 장시간녹화 기능보유 (테이프 교체의 번거로움이 없음)	• 선명한 화질을 얻을 수 있음. • 외부와의 연동 및 자료보관이 용이 • 동시 다채널 녹화 가능	• Full HD급의 해상도를 지원 • 화면의 일부 확대 이용시에도 선명한 화질 제공
단점	• 필요한 영상 수만큼 VTR설치 필요(화면분할 또는 절체영상 녹화시는 제외)	• 재생시 초당 프레임수의 제한 • 필요한 영상수 만큼 설치(화면분할 또는 절체영상 녹화시는 제외)	• 상대적으로 가격이 고가 • 다채널 입력시 동영상 재생에 있어 제한	• 고화질 저장을 화면을 저장하기 위해 대용량의 HDD 설비가 필요
화질상태	중급	중급	중급	고급
녹화시간	최대 2시간	최대 960시간 (T-120 tape기준)	약 720시간 (채널수, HDD 용량에 따라 변동)	HDD 용량에 따라 변동
특징	녹화tape 재생을 통한 모니터 출력	정전보상회로 내장	외부와의 연계가 용이 (LAN/modem)	타 네트워크 설비와도 공동 이용 가능
가격	저가	중저가	고가	고가

5)에 대하여

케이블 보상장치는 전송거리에 의한 영향을 받지 않도록 설치한다.

6)에 대하여

제어장치는 카메라의 선택, 줌 렌즈 조정, 수평·수직·회전등의 원격조작에 사용한다.

〔표 7.9〕 동축케이블에 의한 전송가능거리

신호전송기		전송 가능 거리	
케이블	신호	직송	보상 장치부
동축- 5C 2V	전기	350m	1,200m
7C 2V	전기	450m	1,500m
10C 2V	전기	600m	2,000m
글래스 파이버	광	2,000m	

7)에 대하여

사용 케이블은 동축케이블 또는 광케이블을 사용한다.

8)에 대하여

필요한 조도가 얻어지지 않을 때에는 국부적인 조명장치를 설치하여 카메라의 촬영조건을 채운다. 조명기구는 할로겐 램프를 표준으로 한다.

9)에 대하여

옥외에 설치된 CCTV카메라가 건물 옥상에 설치된 피뢰설비로부터 낙뢰에 대하여 보호받을 수 없는 경우 CCTV pole에 별도의 피뢰침을 설치하여야 한다.

집필위원

◐ 총괄책임연구원
박규홍 중앙대학교 교수

◐ 빗물이용시설 분야
김이호 한국건설기술연구원 박사
이상호 국민대학교 교수
이승환 금오공과대학교 교수

◐ 중수도 분야
오현제 한국건설기술연구원 박사
강선홍 광운대학교 교수
안종호 한국환경정책평가연구원 박사

◐ 하·폐수처리수 재이용 분야
홍성호 숭실대학교 교수
김영란 서울연구원 박사
류성호 뉴엔텍(주) 대표이사
최경식 신라대학교 교수

◐ 펌프장, 기계, 전기·계측제어설비 분야
이상민 (주)한국종합기술 전무
이상엽 (주)한국종합기술 상무

◐ 환경부
류연기 생활하수과 과장
조갑현 생활하수과 사무관
강은숙 생활하수과 주무관

◐ 한국환경공단
최익훈 하수도지원처 처장
이광순 물산업진흥팀 팀장
유영권 물산업진흥팀 차장
김영준 물산업진흥팀 과장
강석재 물산업진흥팀 대리

◐ 한국상하수도협회
남선광 하수도전략사업단 단장
최태용 교육연구원 원장
위미경 교육연구원 팀장
이경수 교육연구원

◐ 중앙대학교
유순유 건설환경공학과 연구원

자문위원

김영관 강원대학교 교수
김정한 (주)지오마린 대표
남궁은 명지대학교 교수
도중호 (주)한국종합기술 상무
박병주 (주)시노펙스 사장
박영달 동남공영(주) 대표
왕창근 충남대학교 교수
이정수 녹색미래 사무총장
임종선 (주)제일엔지니어링 전무
현경학 토지주택연구원 박사
홍태희 (주)동호 상하수도부 부회장

환경부 제정

물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인

2013년 제정

관리주체 : 한국상하수도협회
주소 · 서울특별시 마포구 환일길 13
전화 · (02) 3156－7777
팩스 · (02) 3156－7888
http://www.kwwa.or.kr

판 권
소 유

출판 · 보급 : 도서출판 건설도서
주소 · 서울특별시 용산구 원효로 89길 3－9
전화 · (02)711－9990(대)
팩스 · (02)711－9987
http://www.gsds.co.kr
e-mail : ksdsksds@daum.net

ⓒ 2013, 한국상하수도협회

값 29,000원
ISBN 978-89-7706-222-1 93530

불법복사는 지적재산을 훔치는 범죄행위입니다.
저작권법 제136조(벌칙)에 따라 재산적 권리를 침해한 자는 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처하거나 이를 병과할 수 있습니다.