

KDS 57 55 00 : 2017

상수도 정수시설 설계기준

2017년 11월 17일 제정

1. 총설

정수시설에는 총설을 포함하여 아래와 같이 총 28절이 포함된다. 이 절들은 다음과 같은 원칙에 따라서 배치하였다. 우선 정수시설의 처리흐름에 따라서 배치하였다. 예를 들면 착수정, 응집, 침전, 여과, 소독 등의 순으로 배치하였으며, 슬러지 및 배출수 처리는 수처리 다음에 배치하였다. 수처리의 표준처리와 고도처리는 표준처리를 전반부에 배치하고 고도처리와 오염물 제거를 후반부에 배치하였다. 또한 유사한 공정은 가능한 함께 배치하였다. 예를 들면 용존공기부상은 침전지와 함께, 완속여과지는 급속여과지와 함께 배치하였다.

1. 총설
2. 착수정
3. 응집용 약품주입설비
4. 응집지
5. 침전지
6. 용존공기부상지
7. 급속여과지
8. 완속여과지
9. 정수지
10. 부식성 개선설비
11. 소독설비
12. 전염소·중간염소 처리설비
13. 폭기설비
14. 오존처리설비
15. 자외선 소독설비
16. 분말활성탄 흡착설비
17. 입상활성탄 흡착설비
18. 막여과 시설
19. 맛·냄새 제거
20. 철·망간 제거
21. 기타 오염물질 처리
22. 해수담수화 시설
23. 배출수 및 슬러지 처리시설
24. 구내배관과 수로
25. 관리용 건물
26. 유량측정설비



27. 수질검사시설

28. 보안설비, 동결방지대책

이번 개정 본에서는 2010년 시설기준 발간이후 개정된 관련법령의 내용(위생안전기준 인증강화에 따른 수질관리내용 구체화, 강화된 환경법규를 반영한 배출수처리 시설기준보완 등)과 그간 운영경험 및 신기술, 공법개발로 현실성이 결여된 기준을 삭제하고 검증된 연구결과들을 반영하였으며 또한 단수 없는 고품질의 수도물 공급을 통한 고객서비스 향상을 위해 정수장 예비용량 확보 기준을 구체화 하는 등 정부의 변화된 수도정책 및 새로운 정책수요를 적극 뒷받침 하도록 내용을 보완하였다.

1.1 기본사항

정수시설은 수도시설의 중추시설이며, 그 정수처리방법과 정수시설의 선정 및 유지관리는 상수도 시스템 전반에 직접적으로 영향을 미친다. 정수시설의 기능은 정수처리로 소요수질의 물을 필요량만큼 안정적으로 얻는 것이 기본이다. 수도에 대한 사회적 요구를 반영하여 「보다 안전하고 양질의 물을 공급」, 「재해나 사고 등에 대처하는 것을 포함하여 보다 안정된 물 공급을 위한 정수장 예비용량개념 구체화」, 「환경부하의 저감」 및 「시설 갱생 및 교체시 자산관리(asset management)개념 도입」 등 종래보다도 한층 높은 수준의 기능을 갖추도록 정수시설 계획을 수도계획 전체와 연계하여 입지조건, 정수처리방법, 건설조건 및 유지관리에 대하여도 충분히 조사하고 계획해야 한다.

한편으로 이와 같은 수도에 대한 요구를 달성하는 데는 수도사업자가 놓여있는 자연적, 사회적 조건이 크게 관련되기 때문에 수도사업자는 사용자의 요구나 지역특성 등을 고려하여 독자적으로 시설계획이나 정비목표를 설정하는 것이 중요하다.

정수시설을 신설하거나 확장하는 계획을 수립할 때에는 수도법상의 시설기준 이외에 시설규모, 수원, 원수수질, 정수수질의 관리목표, 정수방법, 용지의 지형 및 취득조건, 적용되는 기술기준, 주위환경에 대한 관련성, 관련법과 규제 등에 대해서도 조사해야 하며 개량하거나 재배치를 계획할 때에는 기존시설과 신규시설의 연계성도 조사해야 한다.

1.1.1 시설규모

최적의 시설규모는 수도시설 전체의 기본계획으로 결정되어야 하지만 실제로 정수시설을 계획할 때에는 장래 확장 분까지를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 또한 시설규모를 결정할 경우에는 시설규모 결정의 기준이 되는 계획1일최대급수량에 부가하여 예비용량능력도 고려해야 할 중요한 사항이다. 다른 수도시설과 마찬가지로 정수시설은 평상시에도 계획정수량(계획1일최대급수량과 정수장내 작업용수등을 합산한 수량)을 처리할 수 있어야 할 뿐 아니라, 일정한 예비용량능력을 구비함으로써 시설개량이나 갱신, 사고시에도 수도시스템 전체로서 계획정수량을 안정적으로 확보할 수 있도록 시설규모를 결정하여야 한다. 정수장 시설용량 및 예비용량 확보기준은 5.1.3(계획정수량과 시설용량)에 구체적으로 제시되어 있다.

1.1.2 수원확보

수원으로부터 취수가능량이 정수시설의 규모를 결정하는데 직접 관련되므로 수원에 대하여 충분히 검토해야 한다. 현재 확보되어 있는 수리권 수량뿐만 아니라 장래 가용수리권의 수량에 대해서도 고려해야 한다.

지하수를 수원으로 이용하는 경우에는 지하수의 양수규제사항과 지하수위의 저하문제 등에 대해서도 조사해야 한다.

1.1.3 원수수질과 정수수질의 관리목표

정수방법을 선정할 때에 원수수질이 가장 중요한 요소 중의 하나이므로, 현재까지 얻어진 수질분석자료와 함께 장래의 수질도 예측해야 한다. 그러므로 상수원 주변의 도시개발계획, 공업단지계획 또는 농업개발 등에 대한 장래의 추세가 상수원에 영향을 미치는 요인이다. 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 상수원이 오염될 우려가 있는 경우에는 이에 대처할 필요항목에 대해서도 조사해야 한다. 취수지점의 상류에 댐을 개발하는 경우 댐에서 발생하는 조류의 영향 등에 의한 원수의 수질변화에 대해서도 주의할 필요가 있다.

한편 정수수질의 관리목표도 정수방법을 선정하는 중요한 요소이다. 정수처리 수질목표는 「먹는물수질기준」에 적합해야 하는 것은 물론이고, 맛과 냄새, 탁도 및 수도시설의 부식 등을 고려해야 한다. 「먹는물수질기준」은 급수전에서 지켜야 할 최소한의 요구라는 것을 고려하여 보다 안전하고 양질의 물을 공급해야 한다는 것을 목표로 수질관리계획을 설정해야 한다.

1.1.4 정수처리방법과 정수시설의 선정

정수처리 방법에는 소독만 하는 방식, 완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식, 고도정수처리방식 또는 기타의 처리방식을 추가하는 방식이 있으며, 이와 같은 처리방법을 선정하는 것은 어떠한 원수수질에 대해서도 정수수질의 관리목표를 만족시킬 수 있는 적절한 정수처리방법이어야 함은 물론이고 정수시설의 규모나 운전제어 및 유지관리기술의 수준 등을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

정수방법이 결정되면 이 결정된 방법에 가장 적합한 정수시설을 선정해야 하며, 동일한 정수방법이라도 선택되는 시설의 조건에 따라 달라지므로, 정수시설을 선정할 때에는 앞에서 설명한 조사결과와 함께 건설비와 유지관리비 등을 포함한 총괄원가에 대하여 조사해야 하며, 또한 유지관리의 확실성, 편리함 및 에너지절약 등도 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

또한 각종 고도정수시설의 개발 등으로 정수시설이 복잡해지고 또한 다양해지고 있으므로 가능한 한 유지관리하기 쉬운 정수방법의 정수시설을 선정하도록 유의하고, 정수시설의 규모나 여러 특성에 따라 수량, 수위, 수질, 기타를 계측하고 운전상태를 감시하며 제어하기 위한 계측제어설비를 설치하는 등 정수시설을 적정하게 자동화하고 간소화하는 것도 고려해야 한다.

1.1.5 정수시설 위치

정수시설이 설치되는 위치조건에 대해서는 용지취득이 용이한 것은 물론이고 급수구역과의 고저

차를 활용하여 에너지를 효율적으로 이용할 수 있어야 하고, 외부로부터 오염을 받지 않으며 견고한 기초지반이어야 하고 대규모로 절토하거나 성토하지 않고도 정지할 수 있는 위치가 이상적인 장소이다. 또한, 정수장으로부터 송수관로 연장이 길 경우, 송수관로 단,통수 작업시 이물질 배제 작업 등 단수시간이 길어지고 불필요하게 물이 낭비될 수 있으며 배수작업을 부주의하게 할 경우에는 관내 퇴적된 이물질의 교란으로 가정에 탁수 유입가능성이 높고 이로 인해 주민들의 민원 발생과 부적합한 수질 공급으로 문제가 야기될 수 있다. 따라서, 도수관로 연장을 길게하고 송수관로 연장을 짧게 함으로써 송수관로 사고시 탁수발생 문제 등을 해결할 수 있으므로 정수장 위치 선정시 고려해야 할 사항이 될 수 있다.

정수시설의 평면배치는 각 정수공정이 각 각 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하며 또한 전체의 수위관계로 보아 토지의 고저차를 이용하여 합리적으로 배치하는 것이 중요하다. 더욱이 용지를 효율적으로 이용하도록 배치해야 하며 필요에 따라 장래의 시설개량이나 갱신 또는 시설확장을 위한 여유부지를 확보해 놓는 것도 고려해야 한다. 시설은 평면으로 배치하는 것이 바람직하지만 용지가 협소해서 모든 정수시설을 평면으로 배치할 수 없는 경우에는 비용이 들지만 입체적으로 시설을 배치하는 것도 고려할 수 있다.

건설계획을 준비할 때에는 무엇보다도 지형과 지질에 대한 조사를 해야 한다. 그러므로 시추조사와 토질시험을 포함한 지형측량의 결과를 토대로 하여 시공계획을 작성하되, 시공계획에는 시공공정계획, 토공계획, 공사용 도로, 공사용 전력 및 용수 등에 대한 계획이 포함되어야 한다.

1.1.6 환경에 대한 배려

정수시설은 관계법령에 따라 정수처리 후의 배출수를 공공수역에 배출하거나 냄새, 소음 등에 대하여 주변 환경에 미치는 영향을 배려해야 하며 시설을 건설할 때의 영향도 가능한 최소화하도록 배려해야 한다. 또한 자원절약과 에너지절약의 관점에서 탈수케이크의 유효이용과 수두차이용 및 폐열에너지이용 등에 관해서도 고려해야 한다.

1.1.7 재해나 사고에 대한 안전성과 안정성 확보

정수시설은 자연재해나 사고 등의 비상시에 단수되는 사태와 같은 급수에 대한 영향이 없도록 하거나 최소화해야 하며, 또한 사고로 운전 정지되었더라도 신속하게 복구될 수 있도록 배려해야 한다. 이 때문에 피해를 미연에 방지할 수 있도록 또는 일부가 파손되거나 운전 정지된 경우에 피해의 확대나 2차 재해를 방지할 수 있도록, 필요에 따라 수류를 차단하거나 배수(drain) 및 수압을 조정하는 등의 대책을 강구하는 것이 중요하다.

또한 필요에 따라 시설을 분산배치하거나 수원을 다계통화하고 원수시설이나 정수시설 간의 상호연결관을 설치하는 등에 대해서도 배려함으로써 갈수나 수질사고 등이 발생하였을 경우를 대비할 수 있다. 더욱이 기기 사고나 고장에 대하여 필요한 장소에 예비설비를 설치하거나, 전력수전선을 2회선으로 수전하는 등의 대책을 마련해 두는 것도 바람직하다.

1.1.8 시설개량과 갱신

시설은 어떤 경우에도 시간이 경과함에 따라 노후화되므로 장래에 용이하게 시설을 개량하거나

갱신할 수 있도록 용지를 확보하거나 시설을 배치하고, 필요에 따라 예비 용량을 확보하는 것을 배려해야 한다. 또한 실제로 개량하거나 갱신할 경우에는 기존시설과의 처리성능, 수리 및 운전관리 등 여러 면에서 조화를 이루어야 한다. 최근 수도시설 노후화 및 관리대상 시설 증가로 인해 시설 유지관리 비용과 수도사고의 잠재적 리스크가 급격히 증가하고 있어, 영국, 호주, 미국 등에서는 시설물의 자산관리(asset management)체계를 도입하여 리스크 관리 강화 및 고객 서비스수준(level of service)향상과 더불어 운영관리 비용을 절감하는 추세이다. 여기서, “자산관리”의 개념은 물질 자산의 전 생애에 걸쳐 위험요소 관리(LCA; Life Cycle Assessment), 필요한 서비스수준 제공, 비용 최소화를 위해 다양한 수단(공학, 재무, 경제 등)을 결합하여 시설의 취득, 사용, 유지, 폐기에 관련된 의사결정을 실행하는 관리체계를 의미한다. 또한, “자산관리”체계에 대한 국제표준(ISO 55000, 55001, 55002)이 ‘14.1월 이미 제정됨에 따라 정부(환경부, 산업통상자원부)에서도 사회기반 시설 고령화에 대응하기 위한 유지관리체계 개선 및 수도시설의 운영·자산관리 플랫폼개발, 국가 표준개발(KS규격)등을 적극 추진중에 있다. 따라서, 시설물 노후화 및 관리비용증가에 따른 유지관리 계획수립시 “자산관리”체계 도입과 연계된 시설물 개량 및 갱신계획 수립이 절실히 요구되는 시점이다.

1.2 조사

정수시설을 계획할 때에는 다음 사항들에 대하여 조사해야 한다.

1.2.1 신설하거나 확장할 경우

- (1) 입지계획에 대한 조사: 상수도시설 전체에 대한 배치를 고려하고, 위생적인 환경성, 재해에 대한 안전성, 필요한 면적과 형상을 갖는 용지확보 및 시설물 유지관리 편리성 등
- (2) 정수시설계획에 대한 조사: 수질현황의 파악, 장래의 수질예측, 처리특성 등
- (3) 건설계획에 대한 조사: 지형조사, 지질조사, 소음·진동조사 등

1.2.2 개량하거나 갱신할 경우

상기 1.의 신설하거나 확장할 경우의 조사항목에 추가하여 신규(新旧)시설 간의 연계성(compatibility)에 대한 조사

1.3 계획정수량과 시설용량

정수시설의 계획정수량과 시설용량은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 계획정수량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하고, 여기에 정수장내 사용되는 작업용수와 기타용수를 합산 고려 하여 결정한다.
- (2) 소비자에게 고품질의 상수도 서비스를 중단없이 제공하기 위하여 정수시설은 유지보수, 각종 사고, 시설개량 및 갱신 등에 대비하고 정수장내 사용되는 작업용수와 기타용수를 고려하여 예비용량을 확보하도록 계획하여 어떠한 경우에도 계획정수량 공급이 가능하도록 하여야 한다. 정수장 예비용량은 시설용량의 25%정도를 표준으로 하고, 이 경우 정수시설의 가동률은 시설

용량의 75%내외가 적정하다.

- (3) 시설용량은 계획1일최대급수량을 기준으로 하되 예비용량을 합산한 수량을 의미하며 정수장 주요 시설규모 산정의 기준이 되는 용량이다.

1.4 정수처리방법과 정수시설의 선정

정수처리방법과 정수시설의 선정에는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

- (1) 정수방법은 「먹는물수질기준」에 적합한 수돗물을 안정적으로 급수할 수 있는 것으로서 원수수질, 정수수질의 관리목표, 정수시설의 규모, 운전제어 및 유지관리기술의 수준 등에 따라 소독만의 방식, 완속여과방식, 급속여과방식, 막여과방식 중에서 선정해야 하며 필요에 따라 고도정수처리방식 등을 조합할 수 있다.
- (2) 해수 또는 기수(brackish water)를 담수화하는 경우에는 역삼투법이나 전기투석법 등의 탈염처리에 적합한 처리방법을 선정하고 필요에 따라 다른 처리방법을 조합할 수 있다.
- (3) 크립토스포리디움, 지아디아 등의 원생동물로 원수가 오염될 우려가 있는 경우에는 급속여과방식, 완속여과방식 또는 막여과방식 중의 어느 방식을 사용한다.
- (4) 고도정수처리방식 등에는 기존시설의 가동상황이나 실험자료 등을 충분히 조사한 다음 기존의 지식으로 불충분한 경우에는 해당 정수장의 원수를 사용한 실험으로 처리성이나 안전성을 확인한다.
- (5) 원수수질, 정수수질의 관리목표, 시설규모, 시설의 운전·계측제어 및 유지관리 방법, 건설비, 유지관리비, 용지조건(넓이 및 위치, 취득조건) 등을 고려하여 신뢰성이 높은 정수처리시설을 선정한다.

1.5 배출수 처리

배출수처리시설은 다음 각 항에 적합하도록 한다.

- (1) 침전지로부터 슬러지와 여과지의 역세척배출수는 구분하여 처리해야 하며, 여과지의 역세척배출수를 재활용하는 경우에는 상정수를 정수시설의 착수정으로 직접반송하거나 또는 침전과 소독공정을 거친 다음 상정수를 착수정으로 반송한다.
- (2) 세척배출수에서 발생된 슬러지와 정수공정의 침전지슬러지는 배출수처리시설의 농축조에서 농축처리하며 그 상정수는 정수공정으로는 반송하지 않는다. 방류되는 농축조 상정수는 배출허용기준 및 방류수 수질기준을 만족하여야 하며 이를 고려한 처리공정을 구성하여야 한다.
- (3) 슬러지처리시설은 정수처리시설에서 발생하는 슬러지를 처리하고 처분하는데 충분한 기능과 능력을 갖추어야 한다.
- (4) 슬러지처리시설의 방식은 정수처리시설과의 관계, 원수수질, 배출수의 양과 질, 슬러지 특성, 유지관리, 용지면적, 건설비, 지역 환경을 고려하여 적절한 방식을 선정해야 한다.

1.6 정수시설의 배치계획

정수시설의 배치는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

- (1) 정수시설을 배치할 때에는 정수처리방법에 따라 각 정수처리공정의 시설이 각각 기능을 충분히 발휘할 수 있고 또한 정수장 전체의 조화와 효율화를 도모하며 유지관리나 시설확장, 개량 및 갱신이 용이하도록 배치한다.
- (2) 처리계열은 1.1.3(계획정수량과 시설용량)2항을 고려하여 어떠한 경우에도 계획정수량 공급이 가능하도록 시설규모 등에 따라 가능한 한 독립된 2계열 이상으로 분할하는 것이 바람직하다 (시설용량이 중·소규모인 경우에는 기능별로 계열의 기능이 발휘될 수 있도록 한다).
- (3) 각 시설간의 수위결정을 위한 손실수두는 수리계산이나 실험으로 결정한다.
- (4) 정수장 내의 화장실, 오수저류시설 및 폐기물수집소 등은 정수시설에 대하여 위생상 문제가 없도록 구조와 배치에 유의해야 한다.

1.7 수질관리

정수시설에서의 수질관리에 대하여서는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 정수장에 설정된 수질관리목표에 적합하도록 수질관리를 하기 위하여 일반수도사업자는 필요한 수질검사시설을 설치한다.
- (2) 수질을 실시간으로 감시할 수 있는 수질모니터링설비를 설치하도록 한다.
- (3) 정수처리과정에서 물과 접촉하는 자재나 제품 등이 수질에 미치는 영향에 대하여 유의하여야 하며, 환경부고시 제2015-22호에 의해 고시된 자재의 경우에는 위생안전기준인증(KC)을 받은 것을 사용하여야 한다.
- (4) 상수도 시설에 사용되는 수처리제는 1.6(수처리제) 2항에 따른다.

1.8 시설개량과 갱신

원수수질이 악화되어 적절하게 정수처리 할 수 없게 될 우려가 있을 경우에는 필요한 시설을 증설하거나

- (1) 기존 정수처리시설의 성능이나 안정성 및 운전관리상의 합리성을 상실하지 않으면서 새로운 시설의 능력이 발휘될 수 있도록 한다.
- (2) 가동 중인 시설의 능력감소에 대한 대처방안을 미리 준비해야 하고, 또 공사시행으로 인하여 가동 중인 기존시설에 대한 영향이 최소화되도록 대책을 강구한다.

1.9 안전대책

정수시설은 자연재해, 기기사고, 수질사고, 인명사고 등에 대하여 안전대책을 강구해야 한다.

2. 착수정

2.1 총칙

착수정은 도수시설에서 도수되는 원수의 수위동요를 안정시키고 원수량을 조절하여 다음에 연결되는 약품주입, 침전, 여과 등 일련의 정수작업이 정확하고 용이하게 처리될 수 있도록 하기 위하

여 설치되는 시설이다. 또한 착수정은 원수수질이 일시적으로 이상상태를 나타낼 때 분말활성탄을 주입하며 고탁도일 때에 알칼리제와 응집보조제를 주입하고 여러 계통의 수원으로부터 원수를 받을 경우에는 이들 원수를 혼합하며 약품혼화지로 원수를 균등하게 분배하고 역세척배출수의 반송수를 받아들이는 등의 목적과 기능도 가지고 있다.

따라서 상기 목적과 기능을 안정적으로 달성하기 위하여 필요에 따라 적절한 정류설비와 표면적 및 체류시간을 필요로 하며 원수량을 조절하고 파악하기 위해서는 계량설비를 구비해야 하고, 수위계, 유량조절용 밸브 또는 수질계기에 물을 보내는 채수펌프 등이 설치되기도 한다. 그러나 원수압력을 효율적으로 이용하고 싶은 경우나 수위변동을 충분히 흡수할 수 있을 정도로 착수부의 관거용량이 커서 착수정을 설치하지 않고도 이상의 목적과 기능을 충분히 달성할 수 있는 정수장에서는 이들 설비의 일부 또는 전부를 생략할 수 있다.

2.2 구조와 형상

착수정의 구조와 형상은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 착수정은 2지 이상으로 분할하는 것이 원칙이나 분할하지 않는 경우에는 반드시 우회관을 설치하며 배수설비를 설치한다.
- (2) 형상은 일반적으로 직사각형 또는 원형으로 하고 유입구에는 채수밸브 등을 설치하며, 2~3실로 구분하는 것이 바람직하다.
- (3) 수위가 고수위 이상으로 올라가지 않도록 월류관이나 월류위어를 설치한다.
- (4) 착수정의 고수위와 주변벽체의 상단 간에는 60cm 이상의 여유를 두어야 한다.
- (5) 부유물이나 조류 등을 제거할 필요가 있는 장소에는 스크린을 설치한다.

2.3 용량과 설비

- (1) 착수정의 용량은 체류시간을 1.5분 이상으로 하고 수심은 3~5m 정도로 한다.
- (2) 원수수량을 정확하게 측정하기 위하여 유량측정장치를 설치하며, 역세척 배출수의 반송수를 받을 경우에는 별도로 계량하여야 한다. 유량측정장치는 위어나 유량계로 하고 유량계를 설치할 경우에는 유량계실을 설치한다.
- (3) 필요에 따라 분말활성탄을 주입할 수 있는 장치를 설치하는 것이 바람직하다.
- (4) 착수정에는 원수수질을 파악할 수 있도록 채수설비와 수질측정장치를 설치하는 것이 바람직하다.

3. 응집용 약품주입설비

3.1 총칙

급속여과방식의 정수처리에서는 전처리로서 약품에 의한 응집이 필수적이다. 원수 중에 부유하는 미세입자는 그대로는 쉽게 침전되지 않으며 급속여과에서는 이들 대부분이 여과층에 억류되지 않고 통과해 버리며 특히 원수가 저탁도이더라도 급속여과지에서 여과하는 것만으로는 콜로

이드성 입자가 충분히 제거될 것으로 기대할 수 없으며, 더욱이 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 원수가 오염될 우려가 있는 경우에는 이들을 확실하게 제거할 목적도 포함하여 급속여과 방식의 정수방법에서는 전처리로서 미리 약품을 사용하여 응집시켜서 고액분리가 가능한 상태로 변화시키는 것이 불가결한 요건이다.

완속여과에서는 원수탁도가 30NTU 이상이 되면 보통 침전시킨 다음에도 탁도가 높아서 여과층이 빨리 막히므로 응집침전으로 탁도를 낮추어야 한다. 따라서 이와 같은 경우에는 완속여과시설에서도 응집용 약품주입설비가 필요하다.

응집용약품은 응집제, pH조정제(산제, 알칼리제), 응집보조제로 크게 구분된다.

응집제는 원수 중의 현탁물질을 플록형태로 응집시켜 침전되기 쉽고 여과지에서 포착되기 쉽게 하기 위하여 사용하며, pH조정제로서 원수의 pH가 지나치게 높은 경우에 산제가 또 원수의 알칼리도가 부족할 때에는 알칼리제가 사용되며, 응집보조제는 플록형성과 침전 및 여과효율을 향상시키기 위하여 응집제와 함께 사용한다. 사용하는 약품은 처리효과를 향상시키는 외에도 주입 후의 수질이 외관이나 독성 등의 면에서도 위생적으로 지장이 없어야 하며 취급하기 쉬운 조건 등을 구비해야 한다.

약품주입률은 자-테스트(jar-test)로 결정하는 방식이 일반적이다. 자-테스트의 자동화 또는 원수탁도와 알칼리도 등을 수질계기로 연속측정하고, 그 측정결과에 따라 약품주입률을 자동으로 산출하는 방식도 있다. 약품주입량은 설비용량의 결정에 필요하며 원수수질에 따라 변화하므로 충분한 조사가 필요하다.

응집용약품의 저장설비는 사용량을 고려하여 적절한 용량으로 하며 주입설비는 주입량의 최대로부터 최소까지 정밀하게 계량하고 조절하여 주입할 수 있는 용량과 대수가 필요하다. 주입방식은 약품의 성질과 상태 및 처리수량의 다소 등에 따라 습식이나 건식, 정량주입이나 유량비례주입 등 사용조건에 알맞은 방식을 선정한다. 약품은 대개 강한 산성이나 알칼리성을 띄고 있으므로 설비는 내식성의 구조와 재질로 해야 한다.

3.2 응집제

- (1) 응집제의 종류는 원수의 수량, 탁도(최고치와 시간적 변화) 등의 수질, 여과방식 및 배출수처리 방식 등에 관하여 적절해야 하고 위생적으로 지장이 없어야 한다.
- (2) 주입량은 다음 각 호에 정하는 바에 따른다.
 - ① 주입률은 원수수질에 따라 실험에 의하며, 원수수질의 변화에 따라 적시에 적절하게 조정하는 것이 바람직하다.
 - ② 응집제를 용해시키거나 희석하여 사용할 때의 농도는 주입량과 취급상 용이함을 고려하여 정한다. 다만, 희석배율은 가능한 한 적은 것이 바람직하며, 희석지점은 가능한 한 주입지점과 가까이 설치하는 것이 바람직하다.
 - ③ 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.
- (3) 주입지점과 주입방법은 응집약품이 순간적으로 원수에 균일하게 혼합되는 지점과 방법으로 선정한다.

3.3 pH조정제(산제·알칼리제)

- (1) pH조정제의 종류는 원수수질에 따라 응집효과를 높이는데 적절하고, 또 위생적으로 지장이 없는 약품이어야 한다.
- (2) 주입량은 다음 각 호의 정하는 바에 따른다.
 - ① 주입률은 원수의 알칼리도, pH 및 응집제 주입률 등을 참고로 하여 정한다.
 - ② pH조정제를 용해 또는 희석하여 사용할 때의 농도는 주입량이 적절하고 취급이 용이하도록 정한다.
 - ③ 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.
- (3) 주입지점은 응집제주입지점의 상류측이 일반적이며 혼화가 잘 되는 장소로 한다.

3.4 응집보조제

- (1) 응집보조제는 원수 수질에 따라 플록형성과 침전 및 여과의 효과를 높이는데 적당하고 위생적으로 지장이 없는 것이라야 한다.
- (2) 주입량은 다음 각 호의 정하는 바에 따른다.
 - ① 주입률은 원수 수질에 따라 실험으로 정한다.
 - ② 응집보조제를 용해 또는 희석하여 사용할 경우의 농도는 주입하거나 취급하기 용이하도록 정한다.
 - ③ 주입량은 처리수량과 주입률로 산출한다.
- (3) 주입지점은 실험으로 정하고 혼화가 잘 되는 지점으로 한다.

3.5 검수설비와 저장설비

- (1) 응집약품을 납품받고 저장하기 위하여 적절한 검수용 계량장비를 설치한다.
- (2) 약품저장설비는 구조적으로 안전하고 응집제가 누출되는 경우를 대비하여야 하며, 약품의 종류와 성상에 따라 적절한 재질로 하고, 겨울철 동결에 대비한 보완대책을 포함하여야 한다.
- (3) 저장설비의 용량은 계획정수량에 각 약품의 평균주입률을 곱하여 산정하고 다음 각 호를 표준으로 한다.
 - ① 응집제는 30일분 이상으로 한다.
 - ② 알칼리제는 연속 주입할 경우 30일분 이상, 간헐 주입할 경우에는 10일분 이상으로 한다.
 - ③ 응집보조제는 10일분 이상으로 한다.

3.6 주입설비

응집약품 주입설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

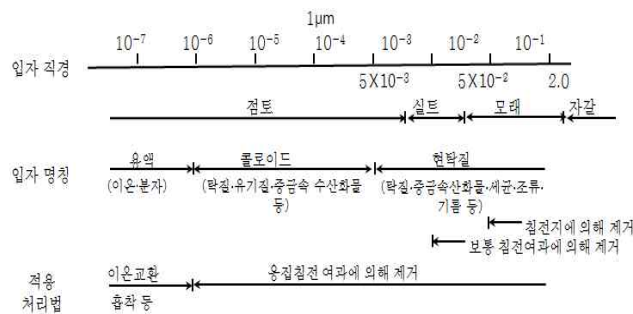
- (1) 주입방식은 사용약품의 종류와 성상에 따라 적절하게 주입할 수 있는 방식을 선정한다.
- (2) 주입장치의 용량은 최소주입량에서 최대주입량까지 안정되게 주입할 수 있고 또한 여유가 있어야 한다.

(3) 주입기에는 예비기 또는 예비설비를 함께 설치하고, 약품누액에 대한 대책을 강구하여야 한다.

4. 응집지

4.1 총칙

원수의 탁질 중에서 입경이 10-2mm 이상인 것은 보통 침전이나 여과로 제거가 가능하지만, 입경이 10-3mm(1 μm) 이하가 되면 일반적으로 콜로이드입자라고 총칭하며 그대로의 상태로서는 거의 침강되지 않을 뿐더러 급속여과기구에서도 포착되지 않는다([그림 1.4.1] 참조).



[그림 1.4.1] 수중에 존재하는 물질과 적용처리법

따라서 급속여과방식에서는 이와 같은 탁질을 효과적으로 제거하기 위한 전처리로서 응집조작으로 콜로이드상의 탁질을 플록화하여 약품침전이나 급속여과에서 포착되도록 탁질의 성상을 변화시키는 조작이 반드시 필요하다. 또한 양호한 플록을 효과적으로 형성시키는 약품혼화와 플록형성 등을 강구해야 한다.

조작기능을 검토해 보면 응집제를 첨가한 다음 가능한 한 빨리 교반시켜 탁질을 미소한 플록으로 생성시키는 단계와, 생성된 미소플록을 크게 성장시키기 위하여 천천히 교반하는 단계로 구분할 수 있으며, 이 두 단계의 기능을 분리하여 전단계를 혼화, 후단계를 플록형성이라 한다. 즉 응집지는 이와 같은 기능에 따라 급속혼화시설(혼화지 포함)과 플록형성지로 구성된다.

다만, 정수장을 건설할 때에 혼화지나 플록형성지에서 침전지를 거치지 않고 여과지로 직접 연결되는 연결관을 설치하여 두면 저탁도의 원수가 장기적으로 유입되어 침전효율이 낮을 때에는 정수장 관리인의 판단으로 침전처리를 생략하는 직접여과 방식 내지는 플록형성까지 생략하고 혼화 후에 여과하는 인라인 여과 방식을 채택함으로써 정수장의 운영효율을 높이는 것이 바람직하다.(1.7.19 직접여과 참조).

또 플록형성지의 계측제어에 대해서는 1.11 계측제어용 기기 및 1.13.6 플록형성지와 침전지를 참조한다.

4.2 급속혼화시설(혼화지 포함)

응집을 위한 급속혼화시설에는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

(1) 급속혼화는 수류식이나 기계식 및 펌프확산에 의한 방법으로 달성할 수 있다.

- (2) 기계식 급속혼화시설을 채택하는 경우에는 혼화지에 응집제를 주입한 다음 즉시 급속교반시킬 수 있는 혼화장치를 설치한다.
- (3) 혼화지는 수류 전체가 동시에 회전하거나 단락류를 발생하지 않는 구조로 한다.

4.3 플록형성지

플록형성지는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 플록형성지는 혼화지와 침전지 사이에 위치하고 침전지에 붙여서 설치한다.
- (2) 플록형성지는 직사각형이 표준이며 플록큐레이터(flocculator)를 설치하거나 또는 저류판을 설치한 유수로로 하는 등 유지관리면을 고려하여 효과적인 방법을 선정한다.
- (3) 플록형성시간은 계획정수량에 대하여 20~40분간을 표준으로 한다.
- (4) 플록형성은 응집된 미소플록을 크게 성장시키기 위하여 적당한 기계식교반이나 우류식교반이 필요하다.
 - ① 기계식교반에서 플록큐레이터의 주변속도는 15~80 cm/s로 하고 우류식교반에서는 평균유속을 15~30 cm/s를 표준으로 한다.
 - ② 플록형성지 내의 교반강도는 하류로 갈수록 점차 감소시키는 것이 바람직하다.
 - ③ 교반설비는 수질변화에 따라 교반강도를 조절할 수 있는 구조로 한다.
- (5) 플록형성지는 단락류나 정체부가 생기지 않으면서 충분하게 교반될 수 있는 구조로 한다.
- (6) 플록형성지에서 발생한 슬러지나 스크이 쉽게 배출 또는 제거될 수 있는 구조로 한다.
- (7) 야간근무자도 플록형성상태를 감시할 수 있는 적절한 조명장치를 설치한다.

5. 침전지

5.1 총칙

침전지는 현탁물질이나 플록의 대부분을 중력침강작용으로 제거함으로써 후속되는 여과지의 부담을 경감시키기 위하여 설치한다. 침전지는 침전, 완충 및 슬러지배출 등의 3가지 기능을 갖는 것으로, 이 기능들은 정수처리공정 전체의 흐름에서 검토되어야 한다.

침전지를 생략하고 혼화지에서 직접 여과지를 통하여 정수되는 직접여과법도 있으나 이와 같이 처리하기 위해서는 원수탁도가 안정되어 있고 혼화효과를 확실하게 감시할 수 있으며 그 결과를 즉시 약품주입에 반영시킬 수 있는 설비를 구비해야 하고 탁질억류기능이 큰 여과층을 채택하는 등 여러 여건을 충분히 검토한 다음 결정해야 한다.

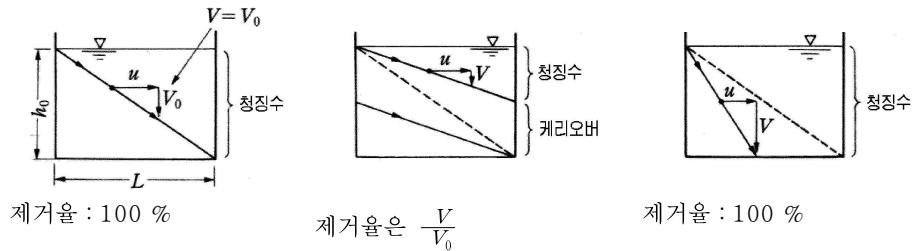
침전기능이란 유입된 탁질을 가장 효과적으로 침전시켜 제거하는 기능으로, 침전지에서 침전효율을 나타내는 가장 기본적인 지표가 표면부하율(surface loading)이다. [그림 1.5.1]과 같이 침전지에 유입되는 유량을 Q, 침전지 표면적을 A라 하면 표면부하율 V_o 는,

$$V_o = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (1.5.1)$$

로 나타내며 일반적으로 mm/min과 같이 속도의 차원을 갖는다.

표면부하율은 [그림 1.5.1(1)]에 나타난 바와 같이 이상적인 침전지에서 유입구의 최상단으로부터

유입되어 유출구 쪽에서 침전지 바닥에 침강되는 플록의 침강속도를 뜻한다. 따라서 [그림 1.5.1(2)]와 같이 침강속도 V 가 표면부하율 V_0 보다 적은 플록은 V/V_0 의 부분제거율을 나타내게 되며, 단락류나 밀도류가 없는 이상적인 침전지에 유입되는 플록 중에서 [그림 1.5.1(3)]과 같이 침강속도가 표면부하율보다 큰 플록은 100 % 제거된다.



(1) 입자의 침강속도 $V = V_0$ (2) 입자의 침강속도 $V < V_0$ (3) 입자의 침강속도 $V > V_0$

유량 Q , 유속 u , 수심 h_0 , 침강면적 A , 지의 폭 B , 지의 길이 L 라고 한다. (V_0 : 표면부하율)

$$V_0 = \frac{h_0}{L}, \quad Q = B \cdot h_0 \cdot u, \quad A = B \cdot L \text{에서 } V_0 = \frac{Q}{A} \text{로 된다.}$$

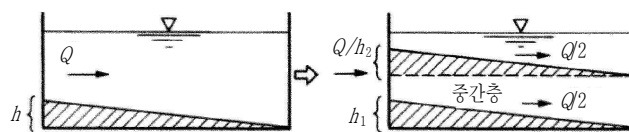
[그림 1.5.1] 횡류식 침전지(이상적인 흐름상태)

따라서 제거율을 향상시키기 위해서는

- ① 침전지의 침강면적 A 를 크게 하고
- ② 플록의 침강속도 V 를 크게 하며
- ③ 유량 Q 를 적게 하는,

세 가지를 고려할 수 있다.

침전지의 침강면적 A 를 크게 하기 위해서는 [그림 1.5.2]에 표시된 바와 같이 침전지 중간에 판을 설치하는 것을 고려할 수 있다. 이 판 1장으로 제거율은 2배가 되고 이 같은 판을 2장 삽입하면 제거율은 3배가 된다는 것을 쉽게 이해할 수 있다.



(1) h 의 범위에 유입된 입자는 침전한다. (2) h_1, h_2 의 범위에 유입된 입자는 침전한다.

[그림 1.5.2] 2층식 침전지의 효과

이와 같은 생각으로 만들어진 침전지가 다층침전지이다. 다층침전지는 용지점용면적의 비율보다도 큰 용량의 침전지를 만들 수가 있고 용량효율도 좋다. 그 반면에 구조가 복잡하고 관리가 어려우므로 충분히 검토한 다음에 계획해야 한다.

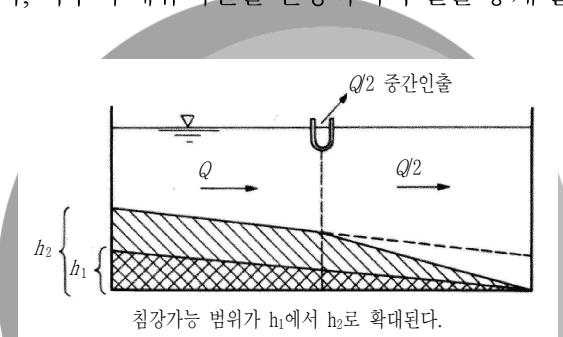
층수를 증가시키면 제거율이 그만큼 증가되므로 궁극적으로 경사판식 침전지나 경사관식 침전지

(이하 경사판(판)식 침전지라 한다)를 고안하게 되었던 것이다. 침전지에 삽입된 경사판은 원활하게 슬러지를 제거시키기 위하여 경사지게 장착된 것이다.

플록의 침강속도 V 를 크게 하고 침전효율을 보다 좋게 하고자 하는 시도로서 여러 가지 방식이 개발되었으며, 가능한 한 크고 무거운 플록을 만들고자 하는 응집제나 응집보조제의 연구, 응집조작의 원리 구명 등에 많은 노력을 경주하여 왔다.

이와 같은 기본적인 연구를 바탕으로 제약된 용지범위 내에서 높은 제거율을 얻기 위하여 활성이 있는 미세플록을 기성 플록과 적극적으로 접촉시켜 큰 플록으로 만듦으로써 효과적으로 분리 제거시키는 방법이 일반화되었으며, 이러한 방법이 고속응집침전지이다. 최근에는 응집단계에서 미세한 모래입자를 첨가하여 이 모래를 플록의 핵으로 하여 무거운 플록을 형성시켜 침전을 촉진시키는 장치도 나타나고 있다.

다음 유량 Q 를 작게 함으로써 침전효율을 높일 수 있다. [그림 1.5.3]에 표시된 바와 같이 침전지 중간에서 상정수를 유출시키면 효율이 상승된다. 중간에서 유출시켜 침전효율을 개선한 양만큼 침전지 수심을 얇게 하거나, 이후의 체류시간을 연장하여 수질을 좋게 할 수 있다.



[그림 1.5.3] 중간 인출식 침전지의 효과

침전공정의 효율은 응집을 포함한 침전공정 이전 단계에서 원수를 어떻게 적절히 조정하였는지의 정도와 타당성에 크게 영향을 받는다. 원수 중에 있는 부유물질을 응집하고 효율적으로 플록을 형성하는 것이 응집침전에서 가장 핵심적인 사항이다.

그밖에도 외부적인 요인으로 침전지 내의 수류가 흔들리는 등 침전효율에 크게 영향을 미치는 요소가 많으므로 종합적으로 검토하여 최선의 계획을 세워야 한다.

침전지로 유입된 원수의 수량과 수질은 연간을 통하여 크게 변동한다. 침전지는 이와 같은 탁질량의 변동을 흡수하여 여과지 부담을 가능한 한 일정하게 유지되도록 하는 기능을 가지고 있다. 이와 같은 완충기능은 침전지가 가지고 있는 중요한 기능이다.

침전의 효율화를 도모하고 체류시간을 단축시키는 것은 완충기능을 저하시키는 요인이 될 때가 많다. 이것을 보충하기 위해서는 플록의 침강상황이나 슬러지의 재부상 유무 등을 감시하며 적절하게 약품을 주입할 필요가 있다. 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물로 상수원이 오염될 우려가 있는 경우에는 침전지의 체류시간, 침전지 내의 유속에 특히 유의하여 충분히 침전 처리하는 것이 필요하며 침전효과를 높일 필요가 있을 경우에는 경사판 등을 설치하는 것도 고려한다. 상향류식 침전지는 특히 밀도류의 영향을 방지하기 위하여 침전조작을 확실하게 할 필요가 있다.

침전기능을 언제나 충분히 확보하기 위하여 침전지에는 그 구조에 알맞은 슬러지 배출설비를 설

치해야 한다. 원활한 슬러지배출이 이루어지지 않을 경우에는 침전지 사용을 정지시켜야 할 수도 있으므로 슬러지 배출기구는 고장이 적고 퇴적된 슬러지를 충분히 배출시킬 수 있어야 한다. 또 다음에 이루어 질 슬러지 처리시설과의 관련도 고려하여 설계해야 한다.

침전지의 주요형식을 분류하면 횡류식 장방형침전지, 상향류식 침전지 및 상향류접촉반응형 침전지 등의 3가지가 있다(<표 1.5.1> 참조). 이 중 횡류식 장방형침전지는(설계만 적절하게 되어 있다면) 수리적으로 안정되어 있고 또한 수리적인 충격부하에 대해서도 어느 정도 감당할 수 있으므로 침전지의 형상으로서 일반적으로 권장되는 형식이다. 이 형식의 침전지는 일반적으로 설계유량의 2배의 부하에서도 침전수의 수질을 심하게 저하시키지 않으면서 안정된 운전성능을 발휘할 수 있다. 또한 이 형식은 조작이 간단할 뿐만 아니라 고속침강장치를 쉽게 추가할 수 있다.

<표 1.5.1> 침전지의 분류

횡류식 침전지	단층식	
	다층식	2층식
		3층식
	경사판식 등	수평류식
		상향류식
고속응집침전지	슬러지순환형	
	슬러지블랑킷형	
	복합형	

주) 고속응집침전지에 경사판 등의 침강장치를 설치하는 경우도 있다.

또한 전처리공정에서 응집약품을 사용하는지의 여부에 따라 응집처리를 수반하는 약품침전지와 원수를 자연침강으로 현탁물질을 분리시키는 보통침전지가 있다. 보통침전지는 완속여과지의 부담을 경감시키기 위하여 설치하지만, 침전효율을 좋게 하기 위하여 침전지의 형상이나 유입부와 유출부, 정류설비 등을 충분히 고려하여 설계해야 한다.

원수의 연간최고탁도가 30NTU 이상인 경우에는 응집처리할 수 있는 시설을 설치해 두어야 한다. 또 저수지의 물이나 지하수를 상수원으로 하는 경우 등 원수탁도가 대체로 10NTU 이하인 경우에는 보통침전지를 생략할 수도 있다.

원수 중에 다량의 플랑크톤 조류가 포함되어 있으면 일반적으로 플랑크톤 조류의 번식으로 pH가 올라가고, 저수지 물이 초록~암적색으로 착색되며 냄새가 나는 경우도 있다. 이러한 경우에는 염소처리가 가능한 설비를 고려해 두어야 한다. 다만, 이것은 후속되는 완속여과지의 여과막 생물에 미치는 영향을 고려하여 신중하게 해야 한다.

또 침전지의 계측제어설비는 1.11 계측제어용 기기, 1.13.6 플록형성지와 침전지를 참조한다.

5.2 횡류식 침전지의 구성과 구조

(1) 약품침전지의 구성과 구조는 다음 각 항에 따른다.

- ① 침전지의 수는 원칙적으로 2지 이상으로 한다.

- ② 배치는 각 침전지에 균등하게 유출입될 수 있도록 수리적으로 고려하여 결정한다.
 - ③ 각 지마다 독립하여 사용가능한 구조로 한다.
 - ④ 침전지의 형상은 직사각형으로 하고 길이는 폭의 3~8배 정도로 한다.
 - ⑤ 유효수심은 3~5.5m로 하고 슬러지 퇴적심도로서 30cm 이상을 고려하되 슬러지 제거설비와 침전지의 구조상 필요한 경우에는 합리적으로 조정할 수 있다.
 - ⑥ 고수위에서 침전지 벽체 상단까지의 여유고는 30cm 이상으로 한다.
 - ⑦ 침전지 바닥에는 슬러지 배제에 편리하도록 배수구(排水溝)를 향하여 경사지게 한다. 인력으로 배출하는 경우에는 배수구(排水溝)를 향하여 1/200~1/300 정도의 경사를, 기계적으로 수집하여 배출할 경우에는 인력으로 배출해야 할 슬러지의 양이 적으므로 경사를 1/500~1/1,000 정도의 경사를 둔다.
 - ⑧ 필요에 따라 복개 등을 한다.
- (2) 보통침전지의 구성과 구조는 위의 1.에 준한다.

5.3 횡류식 침전지의 용량과 평균유속

횡류식 침전지는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 보통침전지(응집처리를 하지 않은 것)
 - ① 표면부하율은 5~10mm/min를 표준으로 한다.
 - ② 침전지 내의 평균유속은 0.3m/min 이하를 표준으로 한다.
- (2) 약품침전지(응집처리를 수반하는 단층침전지)
 - ① 표면부하율은 15~30mm/min으로 한다.
 - ② 침전지 내의 평균유속은 0.4m/min 이하를 표준으로 한다.

5.4 경사판(관) 등의 침전지

경사판(관)식 침전지는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 원수수질, 처리수질의 목표 및 침전지의 형식 등을 고려하여 침강장치의 종류와 형식을 정한다.
- (2) 침전지 유입부에는 경사판 등의 침강장치에 균등하게 유입되도록 하고, 단락류를 방지하기 위하여 유효한 조치를 강구한다.
- (3) 기타 설비에 대해서는 약품침전지의 기준에 준해야 한다.
- (4) 횡류식 경사판침전지는 다음 각 호를 표준으로 한다.
 - ① 표면부하율은 4~9 mm/min로 한다.
 - ② 경사판의 경사각은 55~60°로 한다.
 - ③ 침전지 내의 평균유속은 0.6 m/min 이하로 하고, 경사판 내의 체류시간은 경사판의 간격 100 mm인 경우에 20~40분으로 한다.
 - ④ 장치의 하단과 바닥과의 간격은 1.5m 이상으로 한다.
 - ⑤ 장치와 침전지의 유입부벽 및 유출부벽과의 간격은 1.5 m 이상으로 한다.
- (5)상향류식의 경사판을 설치하는 경우에는 다음을 표준으로 한다.

- ① 표면부하율은 12~28 mm/min로 한다.
- ② 침강장치는 1단으로 한다.
- ③ 경사각은 55~60°로 한다.
- ④ 침전지 내의 평균상승유속은 250 mm/min 이하로 한다.
- ⑤ 상승수류를 가능한 한 침강장치 내로 통과시키기 위하여 다음 각 호를 참고한다.
 - 가. 유출수 전량이 경사판 침강장치를 통과하는 구조이어야 한다.
 - 나. 만약 (1)의 구조가 아닌 경우, 침강장치의 설치면적은 침전지에서 상향류 부분의 90 % 이상으로 해야 한다. 다만 구조적인 제약 등으로 인하여 불가피한 경우에는 80 % 이상으로 하되 저류벽 등을 설치하여 단락류가 생기지 않도록 주의한다.
 - 다. 만약 (1)의 구조가 아닌 경우, 침강장치와 침전지 측벽 또는 저류벽과의 간격은 100 mm 이하로 한다.
- ⑥ 횡류식 침전지에 상향류식 경사판을 설치하는 경우에는 다음 각 호에 따른다.
 - 가. 장치의 하단과 바닥과의 간격은 1.5m 이상으로 한다.
 - 나. 장치와 유입부벽과의 간격은 1.5m 이상으로 한다.
- (6) 경사판을 설치할 때에는 경사판에 쌓인 슬러지를 제거시키기 위한 장치를 설치하거나 경사판의 중간에 통로를 두어 청소하는 사람이 통행할 수 있도록 해야 한다.
- (7) 경사판 등 침강장치는 지진이나 침전지를 비울 때에 경사판에 쌓인 슬러지의 무게로 인하여 경사판이 파손되는 경우가 없도록 적절한 조치를 강구한다.
- (8) 처리효율을 향상시키기 위하여 기존 침전지에 경사판 등 침강장치를 설치하는 경우에는 부대된 기존 설비능력을 고려한다.
- (9) 조류가 변성함으로 인한 장애에 대한 대책을 강구한다.

5.5 고속응집침전지

- (1) 고속응집침전지를 선택할 때에는 다음 조건을 고려하여 결정한다.
 - ① 원수 탁도는 10NTU 이상이어야 한다.
 - ② 최고 탁도는 1,000NTU 이하인 것이 바람직하다.
 - ③ 탁도와 수온의 변동이 적어야 한다.
 - ④ 처리수량의 변동이 적어야 한다.
- (2) 고속응집침전지의 지수와 구조는 다음 각 호에 따른다.
 - ① 표면부하율은 40~60mm/min을 표준으로 한다.
 - ② 용량은 계획정수량의 1.5~2.0시간분으로 한다.
 - ③ 경사판 등의 침강장치를 설치하는 경우에는 슬러지 계면의 상부에 설치한다.
 - ④ 슬러지 배출설비는 지내의 잉여슬러지를 수시로 또는 상시 연속으로 충분하게 배출할 수 있는 구조로 한다.
 - ⑤ 침전지를 청소하거나 고장인 경우에도 정수처리에 지장이 없는 침전지의 지수로 한다.

5.6 정류설비와 유출설비

침전지의 정류설비와 유출설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 침전지의 정류설비는 지내에서 편류나 밀도류를 발생시키지 않고 제거율을 높이기 위한 시설로서 다음 각 호에 따른다.
 - ① 유입구는 침전지의 전횡단면에 가능한 한 균등하게 유입되도록 그 위치와 구조를 정한다.
 - ② 횡류식 침전지의 정류설비는 다음 각 항에 따른다.
 - 가. 유입부에는 정류벽 등을 설치하여 지의 횡단면에 균등하게 유입되도록 한다.
 - 나. 정류벽은 유입단에서 1.5 m 이상 떨어져서 설치한다.
 - 다. 정류벽에서 정류공의 총면적은 유수단면적의 6 % 정도를 표준으로 한다.
 - 라. 침전지 내에는 필요에 따라 도류벽이나 중간정류벽을 설치한다.
- (2) 침전지의 유출설비는 다음 각 호에 따른다.
 - ① 횡류식 침전지의 유출설비는 침전지 내의 유황(流況)을 교란시키지 않는 구조로 하고, 그 위어부하는 $500\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ 이하로 한다.
 - ② 상향류식에 경사판 등 침강장치를 설치하는 경우에는 다음 각 항에 따른다.
 - 가. 유출설비의 하단과 침강장치 상단과의 간격은 원칙으로 30 cm 이상으로 한다.
 - 다. 유출설비의 위어부하는 $350\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ 이하로 한다.

5.7 슬러지 배출설비

침전지 슬러지의 배출설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 횡류식 침전지의 슬러지 배출설비는 침전지의 구조와 유지관리, 슬러지의 성상 등을 고려하여 적절한 방식을 선정한다. 슬러지 배출방식에는 기계식 제거방식, 슬러지 흡입방식, 침전지 바닥 전체에 호퍼를 설치하는 방식, 침전지를 비우고 청소하는 방식 등이 있다.
- (2) 고속응집침전지의 슬러지 배출설비는 침전지 내의 잉여슬러지를 수시 또는 일정한 간격으로 또한 충분히 배출할 수 있는 구조로 한다.
- (3) 슬러지 배출밸브는 정전 등의 사고가 있을 때 “열림”상태로 되지 않도록 한다.

5.8 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관

침전지의 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 침전지에는 필요에 따라 월류관을 설치한다.
- (2) 슬러지 배출관의 관경은 슬러지 배출시간과 배출량에 따라 충분히 크게 하여 슬러지 배출에 지장이 없도록 하고 필요에 따라 맨홀도 설치하는 것이 바람직하다.
- (3) 원칙으로 배슬러지지에 자연유하로 배출되어야 한다.

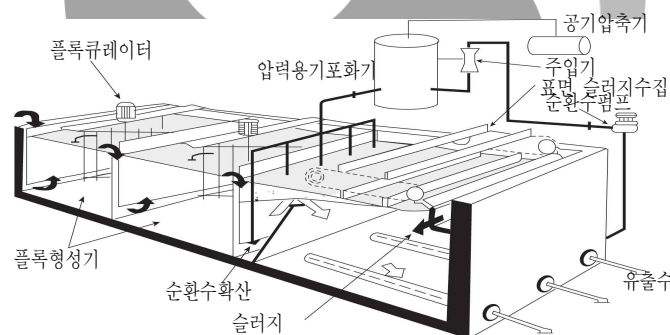
6. 용존공기부상

6.1 총칙

호소나 저수지에서 원수를 취수하고 있는 대부분의 정수장에서는 원수에 조류와 유기화합물과 같은 저농도 부유고형물이 포함되어 있으며, 이러한 원수는 때로는 심한 색도를 띄기도 한다. 호소수나 저수지수의 탁도가 비록 낮더라도 호소와 저수지의 하부 심수층(hypolimnion)은 부영양상태(nutrient rich)이다. 해마다 봄과 가을에 호소에 저장된 물의 전도현상은 조류의 번성과 함께 용존된 철과 망간의 문제와 맛과 냄새의 문제를 일으킨다. 이러한 물에 대해서는 용존공기부상법(dissolved air flotation, DAF)이 적합하다.

이 방법은 전처리에서 형성된 플록에 미세기포를 부착시켜 수면 위로 부상시키는 침전공정의 효과적인 대안이며, 부상된 슬러지를 걷어내며 용존공기부상지의 바닥쪽으로는 맑은 물이 남는다. 플록형성에 소요되는 시간은 재래식 침전공정보다 짧으며 플록형성지에서 수리적 표면부하율은 재래식 침전지의 10배 이상이다. 또한 발생슬러지의 고형물농도는 침전에서 발생된 슬러지의 농도(0.5%)보다 훨씬 높다(2~3%).

DAF공정은 당초에는 광산에서 선광공정으로 발달되어 왔으며 그 후에 생물학적인 하·폐수처리장에서 폐수나 활성슬러지를 농축시키는데 뿐만 아니라 펄프와 제지공장 등에 널리 사용되었다. 유럽의 여러 나라에서는 이미 1960년대부터 이 공정을 수처리용에 성공적으로 사용되어 왔다. [그림 1.6.1]은 DAF방식의 일반적인 개념을 나타내었다.



[그림 5.6.1] 일반적인 용존공기부상(DAF) 공정도

6.2 플록형성지

플록형성지는 플록을 형성하고 또한 용존공기를 플록에 효과적으로 부착시킬 수 있는 구조와 시설로 설계해야 한다.

6.3 용존공기부상지

용존공기부상지(DAF)는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 부상지의 크기는 처리수량에 따라 적절하게 결정한다.
- (2) 부상지의 유입부는 처리수가 균일하게 분배되는 구조로 한다.

- (3) 부상분리지는 슬러지가 충분히 부상하고 부상슬러지를 효율적으로 제거할 수 있는 구조와 제거설비를 구비한다.
- (4) 부상지의 유출구는 부상슬러지나 침전슬러지를 유출시키지 않는 구조와 높이로 한다.
- (5) 반송부하량은 부상분리에 적합한 수량으로 한다.

6.4 예비침전지

DAF를 운영하는 정수장에서 고탁도(100NTU 이상)의 원수가 유입되는 경우에는 DAF전에 전처리시설로 예비침전지를 두어야 한다.

7. 급속여과지

7.1 총칙

급속여과지는 원수 중의 현탁물질을 약품으로 응집시킨 후에 입상여과층에서 비교적 빠른 속도로 물을 통과시켜 여재에 부착시키거나 여과층에서 체거름작용으로 탁질을 제거하는 고액분리공정을 총칭한다. 제거대상이 되는 현탁물질을 미리 응집시켜 부착 또는 체거름되기 쉬운 상태의 플록으로 형성하는 것이 필요하다.

원수가 저탁도라도 급속모래여과지에서 여과하는 것만으로는 크립토스포리디움을 포함한 콜로이드·현탁물질을 충분하게 제거할 수 없기 때문에 반드시 응집제를 사용하여 처리한다.

여과층에서 현탁물질을 제거하는 기구는 기작은 두 단계로 나눌 수 있다. 제1단계는 현탁입자가 유선(流線)에서 이탈되어 여재표면 근처까지 이송되는 단계로 체거름작용 및 저지작용과 중력침강작용이 주로 작용한다. 제2단계는 이송된 입자가 여재표면에 부착되고 포착되는 단계로 이것은 현탁입자와 여류표면(여과초기에는 여재표면이 되고 그 후에는 포획된 현탁입자로 생성된 표면)의 관계에 의존적이다. 이러한 여재표면에서의 부착에 의한 여류가 여과작용의 주요인이 되기 때문에 가능한 한 많은 여재표면이 부착에 사용될 수 있도록 함으로써 여과작용을 유효하게 할 수 있다.

단위여과면적당 여재표면적은 여재입경과 여층두께의 함수관계이다. 따라서 여재입경을 작게 할수록 여류효과가 높아지고 여층두께가 얇아도 탁질을 여류할 수 있으나, 여류물이 특정(표면) 여과층에 집중되어 손실수두가 높아지기 때문에 장기간 여과지속은 어렵고 얇은 여과층에서 여류되는 탁질량은 한계가 있다. 이에 반해 여과층 내부로 플록을 침투시켜 여과층 전체를 이용하여 탁질을 포착할 수 있는 여층을 사용하면 대량의 탁질을 여과층 내에서 여류할 수 있고 손실수두도 작다. 그러나 탁질누출의 우려가 있으므로 연속적인 감시가 필요하다. 여과층의 두께방향에서의 여과기능을 부담하는 방법에 따라 전자를 표면여과(표층여과), 후자를 내부여과(체적여과)라고 한다.

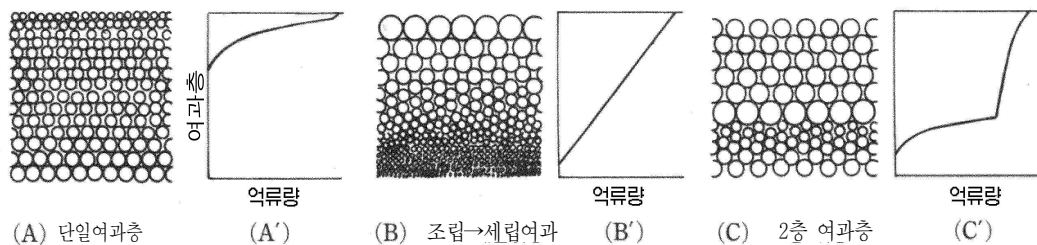
또 여과층에서 플록의 포착상태는 플록의 강도에 따라 달라지며 탁질당 응집제의 양(AI/T비)이 높은 플록은 강도가 낮고, 일단 여재입자의 표면에 부착되었다고 물 흐름에 의한 전단력으로 파쇄되어 누출되기 쉽다. 한편, AI/T비가 낮고 강한 교반으로 생성된 플록은 강도가 높고 쉽게 누출되지 않는다.

일반적으로 여재는 굵은 것과 미세한 것들이 혼합된 입경분포를 가지기 때문에 역세척하면 미세한 여재가 위에 모이고 굵은 여재는 아래에 모여서 나누어지는 경향이 있다. 이것을 모형적으로 나

타내면[그림 1.7.1(A)]와 같다. 이 여과층에 하향으로 원수가 흐르면 수중의 플록 대부분은 표층 근처에서 제거되고 역류량은[그림 1.7.1(A')]와 같은 분포를 갖는다. 따라서 표층의 손실수두가 높아지고 여과층 내부의 역류용량을 충분히 이용하지 못한 채 여과를 중단하고 세척해야 한다.

모래만을 여재로 사용하는 단층여과지에서 이와 같은 단점을 보완시키기 위해서는 여재 입경분포 폭을 작게 하고 또 입도를 크게 하여 표층에서 역류량의 집중을 완화시키며 여과층을 두껍게 함으로써 탁질누출을 지연시키는 연구가 이루어지고 있다. 이것은 내부여과의 장점을 채택한 것을 의미한다.

내부여과에서는 공극률이 큰 여재로 비교적 고속으로 여과함으로써 플록을 내부로 침투시켜 내부에 역류시키는 것이지만 플록의 침투가 지나치면 누출되기 쉬우므로 누출이 시작되기 전에 여과를 정지시킬 수 있도록 여과수 탁도를 연속 감시하는 등 고도의 기술적인 관리능력을 필요로 한다.



[그림 1.7.1] 여과층의 입도분포와 탁질역류량 분포

[그림 1.7.1(B)]와 같이 입경과 공극률을 물흐름 방향에 따라 점점 작아지도록 여재를 구성할 수 있으면 고도의 탁질 제거능력과 대량의 역류기능을 함께 갖출 수 있다.

역세척하더라도 이와 같은 여과층 구조를 유지하기 위해서는 상층보다 하층을 구성하는 여재의 침강속도를 크게 해야 한다. 이를 위해서는 하층에 밀도가 큰 여재를 사용해야 한다. 그러나 사용할 수 있는 여재의 종류는 한정되어 있으므로 여재의 입경이 상부에서 하부로 향하여 연속적으로 작아지는 급속여과지는 아직 실현되지 못하고 있다.

조립층(粗粒層)으로부터 세립층(細粒層)으로 물이 흐르도록 하는 여과지를 목표로 하는 하나의 형태로서 밀도가 다른 여러 여재를 이용한 다층여과가 있다. 실제로 많이 이용되는 것은 모래층 위에 안트라사이트를 넣은 이층여과로 모래에 비하여 입경이 크고 밀도가 작은 안트라사이트층에서 탁질의 대부분을 역류하고 나머지를 모래층에서 감당하는 역제기능을 각각 분리하여 실행하는 방법이다. 각 층의 상층에 미세여재가 모이는 경향을 피할 수는 없으나, 이 입경분포는 [그림 1.7.1(C)]와 같이 전체적으로 위에서부터 조립여재에서 세립여재의 순으로 여과층을 구성할 수 있다. 2층여과에서는 역류량이 [그림 1.7.1(C')]와 같은 분포가 바람직하다.

일반적으로 단층여과에서 [그림 5.7.1(A)]를 상향류로 여과하는 방법(상향류여과)은 조립으로부터 세립으로 한결같이 고르게 입경이 변화되는 여과층으로 여과할 수 있지만, 여과속도를 크게 하면 여과층이 팽창되어 탁질이 누출되기 쉬우며 또한 여과수가 통과하는 부분에 세척할 때에 세척배출수의 일부가 잔류하는 결점이 있다. 또 일부에 이런 방식을 취한 것으로 여과층의 상부와 하부에서 원수를 유입시키고 여과층 중앙부에서 처리수를 집수하는 상하향류여과가 있으나 상향류여과와 동일한 문제가 있다.

여과지는 정수처리공정에서 탁질 등 미세입자를 제거시키는 가장 핵심적인 최종단계로 다음과 같은 기능을 필요로 한다.

- ① 「수도법」의 정수처리기준 규정을 만족시킬 수 있는 여과수를 얻을 수 있는 정화기능
- ② 탁질의 양적인 억류기능
- ③ 수질과 수량의 변동에 대한 완충기능
- ④ 충분한 역세척기능

여과층 내의 탁질 억류상태는 유입플록의 성상과 양, 여과층 구성, 여과속도, 여과지속시간 등에 따라 달라지기 때문에 역세척방식은 이러한 것들을 종합하여 설계해야 한다.

급속여과지는 급속여과방식이라는 종합적인 고액분리시스템의 일환이므로 시스템 전체가 여과지에 할당된 탁질제거 부하와 완충능력(부하변동 흡수)에 맞추어서 설계해야 한다. 즉 정수시설을 계획할 때에는 원수수질, 특히 탁도에 대하여 침전과 여과가 각각 어느 정도 또는 어떠한 양적·질적 부하를 담당하며 또 여과수의 안전 확보를 위하여 여유를 어떻게 분담할 것인가를 감안하고, 그 결과로 여과지에 부과된 기능을 만족시킬 수 있도록 설계되어야 한다. 여과지의 기능은 망간제거 등과 탁질제거 이외의 기능을 고려할 때 탁질제거는 될 수 있는 한 침전지에서 분담하여 여과지에는 너무 부담을 주지 않아야 하며, 여과지는 정수처리의 최종 마무리를 위한 처리공정으로 보는 것이 바람직하다.

여과지 설계에서 선택할 수 있는 주요한 항목은 여재입경, 여층두께를 포함한 여과층의 구성, 여과속도와 그 조절방식, 여과층의 역세척방식과 역세척빈도 등이다. 이들은 상호간에 밀접한 관련을 갖고 있으므로, 그 선택시 전체적인 조화가 유지되도록 고려해야 한다.

여과지를 설치하는 경우에 쓰레기 처리장 등이 가까이 있거나 농약 공중살포가 행해지는 지역 등 공중에 날라오는 오염물의 영향이 염려되는 경우에는 여과지에 복개 등의 조치를 강구해야 한다. 2002년 7월에 「정수처리기준 등에 관한 규정」이 정해져, 바이러스나 지아디아 등 병원성 미생물에 대한 여과지의 역할이 더 중요하게 되었다. 이 규정은 이러한 병원성 미생물이 수돗물에 함유되지 않도록 하기 위하여 여과지 유출수의 탁도를 상시 파악하고, 여과지 유출수의 탁도를 0.3NTU 이하로 유지할 것을 요구하고 있다. 그러나 국내의 일부 도시에서는 병원성 미생물이 수돗물에 함유되지 않도록 하기 위하여 여과지 유출수의 탁도를 상시 파악하고 0.1NTU 이하로 유지할 것을 목표로 하고 있는 도시도 있으며, 외국의 선진도시에서도 그렇게 하고 있다. 여과지의 탁도는 개별 여과지에 대하여 연속측정장치를 사용하여 매 15분 간격으로 측정하는 것이 바람직하다.

이 장의 1.7.2~1.7.15까지는 일반적인 형식의 중력식 여과지에 대하여 설명하고, 급속여과지의 계측제어설비는 1.11 계측제어용 기기 및 1.13.7 여과지를 참조한다.

〔1.7.1 참고 1〕 여과공정에서 크립토스포리디움에 대한 처리대책 사례(일본)

크립토스포리디움으로 인한 여과지의 역할이 지금까지의 것보다 더 중요해졌다. 크립토스포리디움에 의해 상수원이 오염될 우려가 있는 경우에는 여과지 출구의 여과수탁도를 상시 감시하고 0.1NTU이하로 유지해야 한다. 그 때문에 반드시 충분히 조정된 탁도계를 이용해야 하며 또 여과지 출구의 여과수의 탁도는 각 여과지마다 측정하는 것으로 해야 하지만, 불가능한 경우에는 각 처리계통마다 측정하는 것으로 할 수 있다. 또한 고도정수처리를 하고 있는 경우의 탁도는 공정의 최종단계 또는 모래여과의 여과수로 0.1NTU이하가 유지되도록 운전관리를 해야 한다.

여과지에서의 크립토포리디움대책으로서는 ① 약품에 의한 응집처리의 필요성, ② 여과재개 후 일정한 시간동안 여과수를 배출하는 시동방수설비 설치, ③ 여과수 탁도의 상시감시, ④ 여과를 재개할 때에 여과속도의 단계적 증가방식(slow start, or filter ripening sequence-FRS), ⑤ 여과지속시간 단축 등이 채택되고 있다. 크립토포리디움에 의해 상수원오염이 우려되는 원수를 사용하는 정수장을 설계할 경우에는 이러한 대책에 대하여 고려할 필요가 있다.



7.2 구조와 방식

급속여과지의 구조와 방식은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과 및 여과층의 세척이 충분하게 이루어질 수 있어야 한다.
- (2) 급속여과지는 중력식과 압력식이 있으며 중력식을 표준으로 한다.

7.3 여과면적과 지수 및 형상

급속여과지의 여과면적과 지수 및 형상은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과면적은 계획정수량을 여과속도로 나누어 계산한다.
- (2) 여과지 수는 예비지를 포함하여 2지 이상으로 하고 10지를 넘을 경우에는 여과지수의 1할 정도를 예비지로 설치하는 것이 바람직하다.
- (3) 여과지 1지의 여과면적은 150m² 이하로 한다.
- (4) 형상은 직사각형을 표준으로 한다.

7.4 여과유량조절

급속여과지에는 여과유량을 조절하는 기구를 구비한다.

7.5 여과속도

여과속도는 120~150m/d를 표준으로 한다.

7.6 여과층의 두께와 여재

급속여과지의 여과층 두께와 여과모래는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과모래는 입도분포가 적절하고 헝겍물이 적으며 마모되지 않고 위생상 지장이 없는 것으로 안정적이고 효율적으로 여과하고 세척할 수 있는 것이어야 한다.

- (2) 여과층의 두께는 L (층깊이)/ De (유효경) 비의 합이 1,000 이상을 표준으로 한다. 여재의 유효경이 0.45~0.7mm의 범위인 경우에는 60~70cm, 0.9~1.1mm의 범위인 경우에는 90~100cm로 한다. 다만, 유효경이 그 이상으로 크게 되는 경우에는 실험 등에 의하여 합리적으로 여과층의 두께를 증가시킬 수 있다.

7.7 자갈층 두께와 여과자갈

급속여과지의 자갈층 두께와 여과자갈은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과자갈의 입경과 자갈층의 두께는 하부집수장치에 적합하도록 결정한다.
- (2) 여과자갈은 그 형상이 구형(球形)에 가깝고 경질이며 청정하고 균질인 것이 좋으며 먼지나 점토질 등 불순물을 포함하지 않아야 하고 모래층을 충분히 지지할 수 있어서 안정적이고 효율적으로 세척할 수 있어야 한다.
- (3) 조립여과자갈을 하층에, 세립여과자갈을 상층에 배치하는 것을 표준으로 하며 입도가 큰 순서대로 깔아야 한다.

7.8 하부집수장치

하부집수장치는 균등하고 유효하게 여과되고 세척될 수 있는 구조로 한다.

7.9 수심과 여유고

급속여과지의 수심과 여유고는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과지 여재표면상의 수심은 여과 중에 부압을 발생시키지 않는 수심 이상으로 한다.
- (2) 고수위로부터 여과지 상단까지의 여유고는 30cm 정도로 한다.

7.10 세척방식

여과층의 세척은 역세척과 표면세척을 조합한 방식이나 역세척과 공기세척을 조합한 방식을 표준으로 하고 여과층이 유효하게 세척되어야 한다.

7.11 역세척수량 등

급속여과지의 역세척 수량은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 역세척에는 염소가 잔류하고 있는 정수를 사용한다.
- (2) 역세척에 필요한 수량과 수압 및 시간은 충분한 역세척 효과를 얻을 수 있도록 하며, 역세척속도의 조정을 위해 역세척 유량을 변경할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

7.12 세척탱크와 세척펌프 등

세척수와 공기를 공급하기 위한 세척탱크, 세척펌프 및 송풍기는 세척에 필요한 수량, 수압 및 공기량을 확보할 수 있도록 한다.

7.13 세척배출수거와 트로프

세척배출수거와 트로프(trough)는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 세척배출수거와 트로프의 크기는 최대배출수량에 약 20% 여유를 둔 수량을 배출할 수 있어야 하고 트로프의 상단에서 완전히 월류하는 상태가 유지되는 용량이어야 한다.
- (2) 트로프는 내식성, 내구성 및 내압성이 큰 재질로 만들어야 하고 트로프의 상단은 완전히 수평으로 동일한 높이로 견고하게 설치한다.
- (3) 세척할 때에 여재가 유출되지 않도록 월류하는 트로프 상단의 간격은 1.5m 이하로 하고, 여과 모래층의 표면으로부터 높이는 40~70cm로 한다.

7.14 급속여과지의 배관(渠)과 밸브류

급속여과지의 배관(거)과 밸브는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 배관구경과 거(渠)의 단면은 유속과 손실수두를 고려하여 적절히 정한다.
- (2) 관과 밸브류는 확실히 고정하고 수선할 때에 분해할 수 있는 구조로 해야 하며 구조물에 신축이음을 설치한 부분에는 관에도 반드시 신축이음관을 설치한다.
- (3) 밸브는 여과공정과 세척공정을 완전하게 절체할 수 있도록 한다.
- (4) 밸브는 긴급할 때에 안전측으로 작동하는 것이라야 한다.
- (5) 여과수가 세척배출수 등으로 오염될 우려가 없는 구조로 한다.

7.15 배관량과 조작실

급속여과지의 배관량과 조작실은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 배관량은 기기 검사와 반출입에 편리한 구조로 하고 통풍, 배수, 제습 및 조명 등에 유의한다.
- (2) 배관량측의 여과지벽체에 여층내부의 상태를 직접 눈으로 관찰할 수 있는 감시창을 둘 수도 있다.
- (3) 조작실을 설치하는 경우에는 여과지 전체를 감시할 수 있는 구조로 한다

7.16 다층여과지

다층여과지는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여재의 품질은 충분한 여과기능과 여과층 구성을 유지할 수 있고 위생적이어야 한다.
- (2) 여과층의 두께는 L (층깊이)/ De (유효경) 비의 합이 1,000 이상을 표준으로 한다.
- (3) 여과층 구성은 충분한 여과효과를 얻을 수 있도록하며, 역세척 후에도 상하의 여재간에 충분히 가 되도록 충분한 역세척속도 확보 및 적절한 입경구성이 이루어져야 한다.
- (4) 지지층에 관해서는 1.7.7 자갈층의 두께와 여과자갈에 준한다. 다만, 최하층에 입경이 가장 작은 여재를 사용하는 경우에는 여재의 누출방지에 유의해야 한다.
- (5) 여과속도는 240m/d 이하를 표준으로 한다.
- (6) 세척방식은 여재의 경계부와 여과층의 내부에 억류되어 있는 탁질을 효율적으로 제거할 수 있어야 한다.
- (7) 단층여과지를 2층화할 경우에는 기존 설비를 충분히 파악하여 결정한다.

7.17 자연평형형 여과지

자연평형형 여과지는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 유입량의 제어는 사이펀이나 밸브 등 확실한 방법으로 한다.
- (2) 군(群)제어를 하는 여과지는 확실하게 역세척할 수 있도록 여과지의 수가 적절해야 한다.
- (3) 모래면 위의 수심변화에 충분히 대처할 수 있는 구조로 한다.

7.18 기타 형식의 여과지

역세척장치이동형(hardinge filter)이나 아카즐필터 등의 여과지 채택에는 원수수질, 계획정수량, 여과기능, 여과능력과 운전관리방식 등을 검토하여 결정한다.

7.19 직접여과(direct filtration)

직접여과를 채택할 때에는 다음 각 항을 따른다.

- (1) 원수수질이 양호하고 장기적으로 안정되어 있어야 한다.
- (2) 응집과 여과의 관리가 적절하고 충분한 수질감시가 이루어져야 한다.
- (3) 일반적인 정수처리공정과 비교할 때 침전공정이 생략된 방식으로 통상적으로 수질변화가 적고 비교적 양호한 수질에서는 일반정수처리공정에 비해 설치비 및 운영비가 적게 소요되며, 원수수질이 악화되는 경우에는 일반적인 응집·침전과 급속여과방식으로 대처할 수 있는 설비를 갖춘다.

7.20 인라인여과(in-line filtration)

인라인여과를 채택할 때에는 다음 항을 따른다. 응집제를 여과지에 유입되는 관로에 주입하는 방식으로 일반정수처리공정과 비교하여 응집공정 및 침전공정이 생략된 상태이다. 이러한 방식은 원수의 수질변화가 큰 원수나 최적응집제주입량이 과다한 원수에서는 사용이 어렵다.

7.21 여과시설의 정수처리기준 준수

수도법 및 동법 시행규칙에 따라 바이러스나 지아디아 포낭, 크립토스포리디움 난포낭의 제거, 불활성화비의 계산 및 확인방법 등 여과시설의 정수처리 등에 관한 사항을 정한다.

8. 완속여과지

8.1 총칙

완속여과법은 모래층과 모래층 표면에 증식하는 미생물군에 의하여 수중의 부유물질이나 용해성 물질 등의 불순물을 포착하여 산화하고 분해하는 방법에 의존하는 정수방법이다. 그러므로 이 방법은 비교적 양호한 원수에 알맞은 방법으로 생물의 기능을 저해하지 않는다면 완속여과지에서는 수중의 현탁물질이나 세균뿐만 아니라 어느 한도 내에서는 암모니아성질소, 냄새, 철, 망간, 합

성세제, 페놀 등도 제거할 수 있다.

이 정화기능을 세분하여 보면, 여과되지 않은 물이 세밀하게 충전된 가는 모래 사이를 느린 속도로 통과함으로써 모래층의 표면에서 기계적인 체거름 작용과 함께 수중의 미립자가 모래입자의 표면에 부착됨으로써 수중의 현탁물질이 모래층의 표면에 억류된다. 이 억류된 물질에 다시 수중의 부식질이나 영양염류가 부착되고 그 위에 조류나 미소생물이 번식하며 또한 이들을 분해하는 다수의 박테리아가 번식하여, 축적된 현탁물질과 생물군 그리고 그 분비물이 피막을 이루면서 생물여과막이 형성된다.

이러한 생물여과막이 형성되면 표층에서 현탁물질의 저지율이 매우 높아지며 유기물은 산소농도가 높은 이 여과막내에서 무기화된다. 또 여과층 내부의 모래입자 표면에는 박테리아와 그 대사물질이 부착되어 우무(寒天)모양의 피막을 형성하고 있어서 유하하는 수중의 암모니아 등을 산화하며 안정시키는 기능도 가지고 있다.

완속여과에서 현탁물질의 저지는 여과모래층의 표층부에 집중되기 때문에 표층부분에서 큰 여과손실수두가 생긴다. 손실수두의 증가에 따라 유출부의 수위를 낮추어(밸브를 개방하여) 정속여과를 유지한다. 그렇지만 손실수두가 커져서 필요한 통수량이 유지되지 않으면 여과를 정지하고 표층부분 10mm 정도의 모래를 삭취하여 모래층의 표면을 재생한다.

완속여과의 장점은 약품처리 등을 필요로 하지 않으면서 이와 같은 정화기능을 안정되게 얻을 수 있다는 점이다. 따라서 완속여과지의 설계에서는 이러한 장점을 고려해야 한다.

한편 단점은 넓은 부지면적을 필요로 하는 것과, 오래 사용한 여과지의 표층을 삭취해야 한다는 것이다. 완속여과지는 그 기능상 유입되는 원수수질에 대하여 다음과 같은 제약이 있다. 우선 완속여과지에서는 여과모래층의 표층에서만 현탁물질이 억류되기 때문에 탁도가 높거나 플랑크톤 조류가 많은 경우에는 표층의 손실수두가 단시간에 높아져서 여과지속시간이 단축되기 때문에 적당하지 않다. 여과지 유입수의 탁도는 연중 최고일 때도 10NTU를 초과해서는 안 된다.

2주 정도의 여과지속일수 밖에 얻을 수 없는 경우에는 탁도와 플랑크톤 조류 등을 미리 전처리하여 농도를 저하시키는 것이 바람직하다. 탁질제거에는 보통침전과 초벌여과(1차여과)가, 또 플랑크톤 제거에는 저수지에서의 처리, 취수수위의 조절, 마이크로스트레이닝(micro straining), 초벌여과 및 응집침전 등의 방법이 있다. 한편 원수 중의 철·망간에 의한 색도는 완속여과지에서 일부를 제거할 수 있지만 휴믹산 등 천연의 안정한 화합물에 의한 색도는 거의 제거가 불가능하다.

완속여과의 정화는 주로 생물작용에 의한 것이기 때문에, 정상적인 생물기능을 저해할 정도로 오염된 물이나 중금속, 시안 등 독극물의 농도, pH 등이 박테리아나 조류의 기능을 해칠 정도로 높은 물이나 여과층내부의 호기성박테리아의 생존을 위협할 정도로 산소소비율이 크거나 용존산소의 농도가 낮은 물은 직접 완속여과하는 것이 적당하지 않다.

또한 여과층 내에서 유기물과 철, 망간이 산화되기 위해서는 여과층 내부가 호기성 상태여야 한다. 만약 여과모래층 내부에서 용존산소가 결핍되면 여과모래층 내부에서 유기물 분해와 질소산화를 하는 호기성세균이 기능을 하지 못할 뿐 아니라 여과모래층 내에 축적되어 있는 철, 망간 등이 용출되기 때문에 용존산소의 농도가 낮은 물은 직접 완속여과가 적당하지 않다.

그러므로 완속여과는 어느 정도의 오염도까지는 급속여과가 미치지 못하는 광범위한 용해물질을 제거하는 기능을 가지고 있으나, 그 정도를 초과하면 정수기능을 발휘할 수 없게 된다. 이와 같은

경우에는 전처리를 추가하여 수질개선을 도모하거나 다른 정수방법으로 변경해야 한다.
상수원이 크립토스포리디움 등의 병원성 미생물에 오염될 우려가 있는 경우의 여과지 유출수에 대한 탁도감시는 5.7.1 총칙에 준하여 상시 감시하고 여과지 유출구의 여과수 탁도를 0.1NTU 이하로 유지해야 한다. 여과수 탁도는 충분히 조정된 탁도계를 이용하여 각 여과지마다 측정하는 것이 원칙이지만, 불가능한 경우에는 각 처리계통마다 측정하는 것으로 할 수 있다. 또한 고도정수처리를 하고 있는 경우의 탁도는 공정의 최종단계 또는 모래여과의 여과수로에서 탁도가 0.1NTU 이하가 유지되도록 운전관리를 해야 한다.

[5.8.1 참고 1] 초벌여과설비(조대입자여과)

(1) 개요

당초에는 2단여과에서 초벌여과설비는 플랑크톤, 조류, 탁질 등의 부유물질들을 제거하여 완속여과지의 부담을 줄이기 위하여 완속여과지의 전단계로 필요에 따라 설치하였다. 현재는 완속여과지의 전단계용뿐 아니라 직접여과, 인라인(in-line)여과 등의 고속여과로 대체되면서 주목받고 있다. 2단여과의 공정은 1차여과지(초벌여과지)와 2차여과지(최종여과지)로 구성되어 있다. 조립자의 여과층이 플록형성작용을 가지고 있다는 것은 많은 연구에서 인정되고 증명되었다. 1차여과지의 기능은 플록형성으로서 뒤이은 고속여과지에 적합한 플록을 만들며 부유물질의 50~80%를 제거한다. 그러므로 이 여과지는 응집제의 주입량이나 원수의 성상에 영향을 받는다.

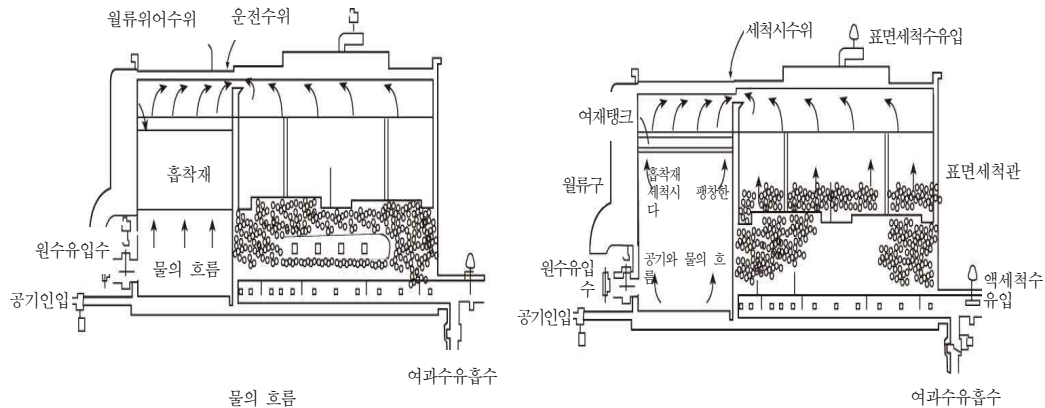
2단여과의 장점은 응집제의 주입량을 감소시키는 것으로, 슬러지 발생량도 적고 직접여과나 인라인(In line)여과와는 달리 2단여과는 단기간의 탁도상승과 조류번성에 견딜 수 있다. 이 여과지의 한 가지 결점은 세척배출수가 두 군데의 여과지로부터 발생한다는 점이다. 2차여과지는 보통 고속여과지에 준한다.

(2) 구조와 형상

초벌여과설비의 구조와 형상은 다음과 같다.

8.1.1 구조, 여과면적, 침전지의 수 및 하부집수장치 등은 급속여과지에 준한다.

초벌여과에는 보통 하향류이지만 상향류나 수평류로도 할 수 있고 구조는 각각 다르다. 하향류의 구조는 급속여과지와 거의 같으며 상향류는 여과층 하부의 압력수실을 크게 하여 침전효과를 기대하는 것과 함께 슬러지 배출을 위해 사람이 들어갈 공간을 확보하고 또 배수(排水)하기 위하여 여과층에 적당한 경사를 둔다. 침전지면적은 여과와 세척의 균일성 유지를 위해 하나의 지를 100m²이하로 한다(<1.8.1 참고도-1> 실용화된 2단여과방식).



<1.8.1 참고도-1> 실용화된 2단여과방식(인용 : Neptune) Microfloc, Inc.)

8.1.2 여과속도와 여재의 입경 및 여과층의 두께는 실험으로 정한다.

여과속도는 원수수질, 여재의 입경, 여과층의 두께 등에 따라 다르기 때문에 실험으로 정하는 것이 바람직하지만, 일반적으로 720~900 m/d가 사용된다. 여재로는 작은 자갈, 안트라사이트 또는 플라스틱을 사용하고 여재의 유효경(De)은 3~6 mm이고 균등계수는 1.5이하이며 여과층 두께(L)는 75~300cm($250 < L/De < 500$) 정도가 적당하다. 또한 지지자갈은 유효경 10~20 mm이고 두께는 15~30 cm가 적당하다.

8.1.3 세척방식은 공기와 물을 함께 사용한다.

초벌여과지는 작은 자갈을 여재로 사용하기 때문에 여과층의 세척은 물만으로는 불충분하며 공기세척을 병행한다. 또 보조적으로 기계 또는 인력으로 교반하여 세척하는 방법도 사용된다. 세척 트로프는 설치하는 것이 바람직하다. 세척수두 5~10 m, 세척수량 0.6~0.9 m³/min·m², 세척시간 5~8 min, 공기량 0.9~1.5 m³/min·m², 공기압 3~5 m·수주, 통기시간 5~7 min 정도이다.

8.2 구조와 형상

완속여과지의 구조와 형상은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과지 깊이는 하부집수장치의 높이에 자갈층과 모래층 두께, 모래면 위의 수심과 여유고를 더 하여 2.5~3.5m를 표준으로 한다.
- (2) 여과지의 형상은 직사각형을 표준으로 한다.
- (3) 배치는 몇 개 여과지를 접속시켜 1열이나 2열로 하고, 그 주위는 유지관리상 필요한 공간을 둔다.
- (4) 주위벽 상단은 지반보다 15cm 이상 높여 여과지 내로 오염수나 토사 등의 유입을 방지해야 한다.
- (5) 한랭지에서는 여과지의 물이 동결될 우려가 있는 경우나 또한 공중에서 날아드는 오염물질로 물이 오염될 우려가 있는 경우에는 여과지를 복개한다.

8.3 여과속도

완속여과지의 여과속도는 4~5 m/d를 표준으로 한다.

8.4 여과면적과 여과지수

완속여과지의 여과면적과 여과지수는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과면적은 계획정수량을 여과속도로 나누어 구한다.
- (2) 여과지의 수는 예비지를 포함하여 2지 이상으로 하고 10지마다 1지 비율로 예비지를 둔다.

8.5 모래층두께와 여과모래

완속여과지의 여과모래와 모래층의 두께는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과모래의 품질은 입도분포가 적절하고 험잡물이 적으며 마모되기 어렵고 위생상 지장이 없는 것으로 안정적이고 효율적으로 여과할 수 있어야 한다.
- (2) 모래층의 두께는 70~90cm를 표준으로 한다.

8.6 자갈층의 두께와 여과자갈

완속여과지의 자갈층 두께와 여과자갈은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과자갈의 품질은 자갈의 형상이나 입경 등이 적절하고 험잡물이 적고 위생상 지장이 없는 것으로 모래층을 충분하게 지지할 수 있어야 한다.
- (2) 여과자갈의 입경과 자갈층의 두께는 하부집수장치에 맞춰 적절하게 정하고 또한 조립자를 아래층에, 세입자를 위층에 순서대로 깔아야 한다.

8.7 하부집수장치

완속여과지의 하부집수장치는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 하부집수장치는 여과지의 모든 부분에서 균등하게 여과할 수 있는 구조로 배치한다.
- (2) 하부집수장치와 바닥에는 배수(drain)를 고려하여 필요한 경사를 둔다.

8.8 수심과 여유고

완속여과지의 수심과 여유고는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과지의 모래면 위의 수심은 90~120cm를 표준으로 한다.
- (2) 고수위에서 여과지 상단까지의 여유고는 30cm 정도로 한다.

8.9 조절정

완속여과지의 조절정은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 조절정에는 유량조절장치를 설치한다.

- (2) 유량조절장치에는 여과손실수두계, 여과속도 및 여과수량 지시계 외에 필요한 관이나 밸브류를 설치한다.
- (3) 유량조절장치는 여과지 내에 부(-)수두가 발생하지 않는 구조로 한다.
- (4) 조절정은 지내 여과수가 오염되지 않는 구조로 하고 필요에 따라서 건물을 설치해야 한다.

8.10 여과수의 역송장치

완속여과지에서 여과수의 역송장치는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 조절정에 연결되는 여과수의 역송장치를 설치한다.
- (2) 인접여과지의 여과수를 이용하는 경우에 유출관이나 우회관을 역송장치로 이용해야 한다.

8.11 유입설비

완속여과지의 유입설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과지에 접하여 유입측에 유입주관을 설치하고 여기에 연결되는 유입지관에는 제수문이나 제수밸브를 설치한다.
- (2) 유입지관은 여과지 크기에 따라 1~2개소 설치하고 그 관경은 평균유속 50cm/s정도가 되도록 한다.
- (3) 유입부의 주위에는 모래면 보호설비를 설치한다.

8.12 월류관

완속여과지에 월류관을 설치하는 경우에는 1.5.8 월류관, 배출수관 및 슬러지 배출관에 준한다.

8.13 배수관

완속여과지의 배수관은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 모래면의 상부에 있는 배수관의 관경은 배수시간을 3~4.5시간 정도로 하며, 모래면의 하부에 있는 배수관의 관경은 1~1.5시간 정도로 배수할 수 있도록 정한다.
- (2) 배수관의 토출구는 상시 배수할 수 있으며 오염수가 역류되지 않는 장소에 설치한다.
- (3) 상시 배수할 수 없을 경우에는 배수펌프와 배수조를 설치한다.
- (4) 펌프를 사용하는 경우 배수조의 크기는 배수량의 4분간 분량 이상으로 한다.

8.14 세사설비 등

완속여과지의 세사설비 등은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 여과지에 가까운 곳으로 모래의 반입과 반출에 편리한 장소에 보충용 깨끗한 모래와 건어낸(削取) 오사(汚砂)를 각각 저장할 수 있는 저장조를 설치한다.
- (2) 정수장 내에서 건어낸 오사를 세척할 경우에는 세사장치 외에 적당한 수량과 수압을 가진 세척수압관, 세척배출수 침전조 등 필요한 설비를 설치한다.

9. 정수지

9.1 총칙

정수지는 정수처리 운영관리상 발생하는 여과수량과 송수량간의 불균형을 조절하고 완화시킴과 동시에 사고나 고장에 대응하고, 상수원과 수질의 이상시에 수질변동에 대응하며 시설의 점검과 안전작업 등에 대비하여 정수를 저류하는 탱크로 정수시설로는 최종단계의 시설이다. 즉 정수지는 침투수요 대처용량과 적절한 소독접촉시간($C \cdot T$)의 용량 등을 확보해야 한다.

일반적인 상황에서는 정수량과 송수량은 항상 동일하고 일정하며 수요량의 시간적 변동에 대해서는 배수지에서 대처하는 것이 원칙이지만, 정전 등으로 요구량이 급변하였을 때에는 정수량을 증감시키기 위하여 수량을 조절하는데 상당한 시간이 필요하므로 정수지가 필요하다. 그러므로 정수장 내에 배수지가 있으면 배수지가 이와 같은 역할을 담당한다. 또한 염소혼화지가 별도로 없을 때에는 정수지가 주입된 염소를 균일하게 혼화시키는 목적도 겸한다. 정수지에 알맞은 양의 물을 저장해 두면 침투수요에 맞추기 위하여 여과지의 여과속도를 자주 변경시키지 않아도 되기 때문에 여과수질과 여과지 운전조건을 개선할 수 있다.

정수지 상부는 반드시 복개해야 하고 정수지는 정수장의 정지고나 예상 홍수위보다 0.6 m 이상 높게 해야 한다. 정수지 복개부는 조류나 동물, 곤충이나 쓰레기로부터 보호할 수 있도록 방수지붕으로 해야 한다.

9.2 구조와 수위

(1) 정수지의 구조는 다음 각 항에 적합해야 한다.

- ① 구조적으로나 위생적으로 안전하고 충분한 내구성과 내진성 및 수밀성을 가져야 한다.
- ② 한랭지나 혹서시 수온 유지가 필요할 때에는 적당한 보온대책을 강구해야 한다.
- ③ 지하수위가 높은 장소에 축조할 경우 부력에 의한 부상방지 대책을 강구해야 한다.
- ④ 지수는 2지 이상으로 하는 것을 원칙적으로 한다.

(2) 정수지의 수위는 다음 각 호에 적합해야 한다.

- ① 유효수심은 3~6 m을 표준으로 한다.
- ② 최고수위는 시설 전체에 대한 수리적인 조건에 의해 결정해야 한다.
- ③ 정수지의 저수위 이하의 물은 유출되지 않도록 유출관을 설치하고 저수위 이하의 물과 바닥의 침전물을 배출할 수 있는 배출관을 설치해야 한다.

(3) 정수지의 여유고와 바닥경사는 다음 각 호에 적합해야 한다.

- ① 고수위로부터 정수지 상부 슬래브까지는 30 cm 이상의 여유고를 가져야 한다.
- ② 바닥은 저수위보다 15 cm 이상 낮게 해야 한다.
- ③ 바닥에는 필요에 따라 청소 등의 배출을 위해 적당한 경사를 두어야 한다.

9.3 정수지의 용량

정수지의 유효용량은 최소한 침투수요대처용량과 소독접촉시간($C \cdot T$)용량을 주로 감안하여 다음

과 같이 용량을 결정해야 한다.

- (1) 침투수요대처용량은 운전최저수위 이상에서의 용량으로 1일평균소비량을 평균화시킬 수 있는 용량으로 한다.
- (2) 소독접촉시간용량은 운전최저수위 이하에서의 용량으로 적절한 소독접촉시간(C·T)을 확보할 수 있는 용량이어야 한다.

9.4 유입관, 유출관 및 우회관

- (1) 정수지의 유입관과 유출관은 다음 각 호에 적합해야 한다.
 - ① 지내의 물이 정체되지 않도록 지의 형상과 구조를 고려하여 그 위치를 결정해야 한다.
 - ② 저수위 이하의 물은 어떠한 경우에도 유출관으로 유출되지 않도록 배치해야 한다.
 - ③ 관이 정수지의 벽체를 관통하는 장소는 수밀성에 주의하고 벽의 외측 근처에 필요에 따라가 용성 신축이음관을 설치해야 한다.
 - ④ 유입관과 유출관에는 각각 제수밸브를 설치해야 한다.
 - ⑤ 유출관에는 필요에 따라서 긴급차단장치를 설치하는 것이 바람직하다.
- (2) 정수지가 1지뿐인 경우에는 다음 각 호에 적합하게 설치해야 한다.
 - ① 정수지를 경유하지 않고 직접 송수할 수 있도록 우회관을 설치한다.
 - ② 우회관에는 제수밸브를 설치한다.

9.5 월류관과 배수(排水)설비

- (1) 정수지의 월류설비는 다음 각 항에 따른다.
 - ① 고수위에 설치하고 나팔관(bell mouse) 또는 위어로 한다.
 - ② 월류능력은 지의 면적, 여유고 및 유입량을 고려하여 결정한다.
 - ③ 월류설비의 방류지점 고수위는 정수지의 월류 수위보다 낮아야 한다.
- (2) 정수지의 배수(排水)설비는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 정수지 바닥의 최저부에 배출수관을 설치하고 여기에 제수밸브를 설치한다.
 - ② 배수관(排水管)의 구경은 저수위 이하의 수량과 배출시간을 고려하여 결정한다.
 - ③ 배수관(排水管) 토출구의 고수위는 정수지의 최저부보다 낮게 한다. 전량을 자연배수 할 수 없는 경우에는 배수실(排水室)을 설치하여 펌프로 배수할 수 있도록 하고, 배수된 물(청소수 포함)은 배출수처리시설로 유입하여 처리후 방류한다.

9.6 환기 및 출입설비

- (1) 환기설비는 다음 각 항에 따른다.
 - ① 환기장치는 검수실 등에 설치한다.
 - ② 송수량의 변동에 해당하는 공기량이 자유롭게 출입할 수 있는 환기면적을 갖는다.
 - ③ 외부로부터 빗물, 먼지 및 작은 동물 등이 들어가지 못하는 구조로 한다.
- (2) 출입설비는 다음 각 항에 따른다.

- ① 정수지의 출입설비는 점검과 유지관리가 용이하도록 반드시 계단시설을 갖춘다.
- ② 출입용 계단의 출입부는 환기설비와 겸용할 수 있다.

9.7 수위계 등

정수지에는 수위계와 검수설비 등을 설치하고 필요에 따라 수위계와 연결 작동되는 경보장치와 유량계를 설치한다.

10. 부식성 개선 설비

- (1) 수돗물의 부식성이 강한 경우에는 공급과정 중 녹물발생 가능성이 높으므로 알칼리제를 주입하거나 부식억제제 주입 등으로 부식성을 개선할 수 있다.
- (2) 시설용량 50,000톤/일 이상인 정수장의 수돗물의 부식성은 랑게리아지수(LI) 등을 이용하여 주기적으로 평가한다.
- (3) 랑게리아지수는 pH, 칼슘경도, 알칼리도 등을 증가시킴으로써 개선할 수 있으며 소석회+이산화탄소 주입법과 알칼리제(수산화나트륨, 수산화칼슘(소석회) 등)만 주입하는 방법 등이 있다. 최적 수돗물 부식성 개선공정은 원수수질과 랑게리아지수 목표값 등을 고려하여 선정한다.
- (4) 부식억제제의 기준과 규격은 환경부 수처리제 고시에 명시되어 있으며, 부식억제제는 정수장, 배수지, 저수조 등의 전후에서 주입할 수 있다.
- (5) 부식성 개선을 위한 시설 또는 공정개선을 하였을 경우에는 주기적으로 효과를 모니터링 하는 것이 바람직하다.

11. 소독설비

11.1 총칙

수돗물은 병원성 미생물에 오염되지 않고 위생적으로 안전해야 한다. 침전과 여과로는 원수 중의 세균을 완전히 제거하는 것이 불가능하며, 배수계통에서도 위생상의 안전을 유지하기 위하여 수돗물은 항상 확실하게 소독되어야 한다. 이를 위하여 정수시설에는 정수방법의 종류나 시설규모의 대소에 관계없이 반드시 소독설비를 설치해야 한다. 소독방법으로는 염소에 의한 방법, 오존, 자외선 등에 의한 방법이 있으며, 「수도법」에 의한 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에서 수도꼭지에서 유지되어야 할 잔류염소를 규정하고 있기 때문에 다른 소독제를 사용하였더라도 최종적으로는 염소제를 사용해야 한다.

염소제의 장점은 소독효과가 우수하고 대량의 물에 대해서도 용이하게 소독이 가능하며 소독효과가 잔류하는 점 등을 들 수 있다. 한편 트리할로메탄 등의 유기염소화합물을 생성하며 특정물질과 반응하여 냄새를 유발하기도 하고 암모니아성질소와 반응하여 소독효과를 약하게 하는 등의 문제가 있을 수 있다. 또한 염소내성미생물인 크립토스פור리디움 등 병원성 미생물에 의한 오염문제를 계기로 염소제에 의한 소독이 완전하다고는 단언할 수 없다는 것이 판명되고 있다.

염소제의 선정은 시설규모나 취급성 등을 고려하고 주입량은 수질에 따라 다르므로 충분히 조사

하고 이를 기초로 시설용량을 결정한다. 「먹는물 수질기준」의 정수에서 잔류염소의 상한은 4 mg/L으로 정해져 있으나 이는 지나치게 과량이며 과잉주입으로 되지 않도록 주의해야 한다. 염소제의 저장설비는 사용량을 고려하여 적절한 용량으로 하고 주입설비는 최소주입량으로부터 최대 주입량까지 정확하게 계량하고 조절하여 주입할 수 있도록 해야 하며, 예비주입기를 포함한 용량과 대수가 필요하다. 또 2종 이상의 소독제를 보유하고 있는 경우에는 소독제의 변경으로 주입기의 고장 등에 대처할 수도 있다. 주입방식은 염소제의 종류나 처리수량의 많고 적음 등을 고려하여 습식과 건식, 정량주입이나 유량비례주입 등 사용조건에 적합한 것을 선정한다.

제해설비는 염소가스가 누출되는 경우 중대한 사고로 연결되지 않도록 하기 위하여 충분한 중화능력을 가져야 한다. 염소제 중에 특히 액화염소는 「고압가스 안전관리법」, 「유해화학물질관리법」, 「산업안전보건법」 등의 적용을 받으므로 설비의 구조, 재질 및 유지관리, 안전관리 등의 측면에서 이들 법령에 충분히 부합될 수 있도록 해야 한다. 또한 설비를 교체하거나 염소제를 변경하는 경우에는 가설설비의 설치, 운전조작, 변경방법 등에 관하여 검토해야 한다.

오존은 매우 강력한 살균효과를 가지고 있어서 바이러스나 원생동물의 포낭을 쉽게 무력화시킬 수 있다. 그러나 염소와 같은 잔류효과가 오존에는 없으며 수중의 유기물질과 반응하여 유해한 소독부산물을 생성할 가능성도 있다. 오존에 의한 소독효과와 오존시설에 대한 상세한 설명은 1.14 오존처리설비를 참고로 한다.

자외선 또한 효과적인 병원성 미생물의 소독방법으로 주목되고 있다. 자외선은 오존과 마찬가지로 잔류효과가 없으나, 유해한 소독부산물을 생성하지 않으며 바이러스와 원생동물을 효과적으로 불활성화시킬 수 있으며 조작과 관리가 간편하다. 자외선 시설에 대한 상세한 설명은 1.15 자외선 소독설비를 참고 한다.

11.2 염소제의 종류, 주입량 및 주입장소

- (1) 염소제의 종류는 처리수량, 취급성, 안전성 등을 고려하여 적절한 것으로 선정한다.
- (2) 주입량은 다음 각 호에 따른다.
 - ① 주입률은 물의 염소소비량, 염소요구량, 관로 등에 의한 소비량을 고려하여 수도꼭지에서의 잔류염소농도가 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙」에 적합하도록 결정한다.
 - ② 염소제를 용해 또는 희석하여 사용할 경우의 농도는 주입량과 취급성 등을 고려하여 결정한다.
 - ③ 주입량은 처리수량과 주입률로부터 산출된다.
- (3) 주입지점은 착수정, 염소혼화지, 정수지의 입구, 공급관로 등 잘 혼화되는 장소로 한다.
- (4) 정수장 1개소에서만 염소를 주입하여 수도꼭지까지 적절한 농도를 유지하기 어려운 경우, 염소 주입지점을 다점화하여 잔류염소의 농도를 적정하게 유지하는 것이 바람직하다. 정수장 밖에서 염소를 추가 주입해야 할 필요성이 있는 경우에는 배수지나 관로시설 등에 추가주입설비를 설치한다.

11.3 저장설비

- (1) 액화염소의 저장량은 항상 1일사용량의 10일분 이상으로 한다.

(2) 액화염소의 용기에 의한 저장설비는 다음 각 호에 따른다.

- ① 용기는 50 kg, 100 kg, 1 ton 용기를 사용하며 법령에 의한 각종검사에 합격하고 등록증명서가 첨부되었거나 등록번호가 각인된 것이라야 한다.
- ② 용기는 40 ℃ 이하로 유지하고 직접 가열해서는 안 된다.
- ③ 용기를 고정시키기 위하여 용기가대를 설치하고, 1ton 용기를 사용할 경우에는 용기의 반·출입을 위한 리프트장치를 설치한다.

(3) 액화염소저장조의 저장설비는 다음 각 호에 적합해야 한다.

- ① 액화염소를 저장조에 넣기 위한 공기공급장치를 설치해야 한다.
- ② 저장조 본체는 법령에 따라 각종 검사에 합격한 것이라야 한다.
- ③ 저장조는 비보냉식으로 하며 밸브 등의 조작을 위한 조작대를 설치한다.
- ④ 저장조는 2기 이상 설치하고 그 중 1기는 예비로 한다.

(4) 액화염소 저장실은 다음 각 호에 적합해야 한다.

- ① 실온은 10~35 ℃를 유지하고 출입구 등을 통하여 직사일광이 용기에 직접 닿지 않는 구조로 한다.
- ② 내진 및 내화성으로 하고 안전한 위치에 설치한다.
- ③ 습기가 많은 장소는 피하고 외부로부터 밀폐시킬 수 있는 구조로 하며 두 방향에 출입문을 설치하고 환기장치를 설치한다.
- ④ 저장조가 설치된 저장실 출입구는 기밀구조로 하고 이중출입문을 설치한다.
- ⑤ 방액제와 피트를 설치하여 누출된 액화염소의 확산을 방지하는 구조로 한다.
- ⑥ 염소주입기실과 분리하고 용기의 반출입이 편리한 위치로서 감시하기 쉬운 곳에 설치한다.

(5) 차아염소산나트륨의 저장설비는 다음 각 호에 적합해야 한다.

- ① 저장조 또는 용기로 저장하고 2기 이상 설치한다.
- ② 저장조 또는 용기는 직사일광이 닿지 않고 통풍이 좋은 장소에 설치한다.
- ③ 저장조의 주위에는 방액제(防液堤) 또는 피트를 설치한다.
- ④ 저장조에 온도 조절 장치를 설치하거나, 조정실에 환기장치 또는 냉방장치를 설치한다.
- ⑤ 저장실의 바닥은 경사를 주고 내식성 모르타르 등으로 시공한다.
- ⑥ 저장조 또는 용기에는 수소가스 배출이 원활하도록 통풍구(vent) 또는 송풍기(air blower) 등을 설치하되, 수소가스가 건물 외부 대기 중으로 노출될 수 있도록 한다.

(6) 기타 염소제의 저장은 5.에 준한다.

11.4 주입설비

(1) 염소제 주입설비는 다음 각 호에 따른다.

- ① 용량은 최대에서 최소주입량에 이르기까지 안정되고 정확하게 주입할 수 있어야 하며 예비기를 설치한다.
- ② 구조는 내부식성과 내마모성이 우수하고 보수가 용이한 구조로 한다.
- ③ 배치는 점검정비가 용이하게 배치한다.

(2) 액화염소 주입설비는 다음 각 호에 적합해야 한다.

- ① 사용량이 20 kg/h 이상인 시설에는 원칙적으로 기화기를 설치한다.
- ② 염소주입기실은 지하실이나 통풍이 나쁜 장소를 피하고 가능한 주입지점에 가깝고 주입점의 수위보다 높은 실내에 설치한다.
- ③ 염소주입기실은 내진성과 내화성으로 하고 상부에 환기구를 설치하며 바닥은 콘크리트로 하고 한랭시에도 실내온도를 항상 15~20℃로 유지되도록 간접보온장치를 설치한다.
- ④ 주입기실의 면적은 주입설비의 조작에 지장이 없는 넓이로 한다.
- ⑤ 주입량과 잔량을 확인하기 위하여 계량설비를 설치한다.

(3) 차아염소산나트륨용액 주입장치는 다음 각 호에 따른다.

- ① 주입장치가 자연유하방식인 경우에는 주입에 필요한 위치수두를 확보한다.
- ② 주입장치는 가능한 주입점에 가까운 장소의 실내에 설치한다.

11.5 현장제조형 염소발생기

- (1) 현장제조형 염소발생방식은 무격막방식과 격막방식이 있으며, 시설규모와 유지관리방법에 따라 적절한 방식을 선정한다.
- (2) 주입방식 및 주입장치는 11.4 주입설비 및 주입지점에 준한다.
- (3) 현장에서 생산된 차아염소산나트륨용액은 환경부의 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준에 적합해야 하며, 특히 클로레이트, 브로메이트 성분 등이 포함될 수 있으므로 주의하여야 한다.
- (4) 현장제조형 염소발생기 설비 선정시 고조파 차단장치 등을 고려하여야 한다.

11.6 염소주입제어

염소주입제어에는 수동정량제어, 유량비례제어 및 잔류염소제어가 있으며 시설규모와 유지관리방법에 따라 적절한 방식을 선정한다.

11.7 보안용구

액화염소를 취급하는 시설에서는 유지관리상 필요한 보안용구와 비상용구를 상비하고 적절한 상태로 유지되도록 한다. 보안용구 보관장소는 염소가스에 노출되지 않고 보안용구를 쉽게 꺼낼 수 있는 곳으로 저장실 및 주입기실에 가깝고, 적정한 면적을 확보해야 한다. 또한 보관장소는 정전시에도 염소가스누출에 대해서는 긴급조치를 취할 수 있도록 비상조명을 설치한다.

11.8 제해설비

염소가스 저장시설에는 염소가스 누출로 인한 중독을 방지하기 위해서 다음 각항을 고려하여 제해설비를 설치한다.

- (1) 저장량 1,000 kg 미만의 시설에서는 염소가스누출에 대비하여 중화 및 흡수용 제해제를 상비하고 가스누출검지경보설비를 설치하는 것이 바람직하다.
- (2) 저장량 1,000 kg 이상의 시설에서는 염소가스누출에 대비하여 가스누출검지경보설비, 중화반응탑, 중화제 저장조, 배풍기 등을 갖춘 중화장치를 설치한다.
- (3) 중화장치능력은 누출된 염소가스를 충분히 중화하여 무해하게 할 수 있어야 하며, 이를 위해 주기적으로 제해설비의 점검 및 보수를 실시하여야 한다.

11.9 배관 기타

- (1) 염소(액화염소, 염소수)용 배관과 차아염소산나트륨용 배관은 내압력, 내약품성 재료를 사용하고 점검이 용이하도록 배관한다. 또한 배관의 파손, 점검 등에 대비하여 예비배관을 설치한다.
- (2) 저장실과 주입기실내에 설치하는 전기기구 등 금속류는 내식처리한 것이라야 한다.

12. 전염소·중간염소처리설비

12.1 총칙

염소는 통상 소독목적으로 여과 후에 주입하지만, 소독이나 살조(殺藻)작용과 함께 강력한 산화력을 가지고 있기 때문에 오염된 원수에 대한 정수처리대책의 일환으로 응집·침전 이전의 처리과정에서 주입하는 경우와, 침전지와 여과지의 사이에서 주입하는 경우가 있다. 전자를 전염소처리, 후자를 중간염소처리라고 하며 목적은 다음과 같다.

(1) 세균제거

원수 중의 일반세균이 1 mL 중 5,000 CFU 이상 혹은 대장균군(MPN)이 100 mL 중 2,500 이상 존재하는 경우에 여과 전에 세균을 감소시켜 안전성을 높여야 하고 또 침전지나 여과지의 내부를 위생적으로 유지해야 한다.

(2) 생물처리

조류, 소형동물, 철박테리아 등이 다수 생식하고 있는 경우에는 이들을 사멸시키고 또한 정수 시설 내에서 번식하는 것을 방지한다. 특히 응집하기 어려운 규조류인 멜로시라(Melosira)나 시네드라(Synedra) 등에 대해서는 전염소를 강화하여 충분한 살조처리한 다음에 응집침전처리하는 것이 바람직하다. 마이크로시스티스(Microcystis)에는 염소처리로 군체가 깨져 세포가 분산되기 때문에 전염소처리를 하고 있는 경우에는 중간염소처리로 바꾸는 편이 좋다.

(3) 철과 망간의 제거

원수 중에 철과 망간이 용존하여 후염소처리시 탁도나 색도를 증가시키는 경우에는 미리 전염소 또는 중간염소처리하여 불용해성 산화물로 존재 형태를 바꾸어 후속공정에서 제거한다.

(4) 암모니아성질소와 유기물 등의 처리

암모니아성질소, 아질산성질소, 황화수소, 페놀류, 기타 유기물 등을 산화한다.

(5) 맛과 냄새의 제거

황화수소의 냄새, 하수의 냄새, 조류 등의 냄새 등을 제거하는데 효과가 있지만, 종류에 따라서는 염소에 의하여 맛과 냄새를 더 강하게 하거나 새로운 냄새를 유발시키는 경우가 있다.

전염소와 중간염소처리는 위와 같은 목적으로 채택될 수 있으나 원수수질에 따라 충분한 효과를 얻지 못하는 경우도 있으므로 결정하기 전에 효과를 확인해야 한다.

또 원수 중에 부식질(humic substance) 등의 유기물이 존재하면 유리잔류염소와 반응하여 트리할로메탄이 생성되기 때문에 이러한 우려가 높은 경우에는 응집과 침전으로 부식질을 어느 정도 제거한 다음 중간염소처리를 하는 것이 바람직하다.

또 완속여과방식에서는 염소가 여과막생물에 나쁜 영향을 미치기 때문에 원칙적으로 전염소·중간염소처리는 하지 않는다. 또 전염소처리와 중간염소처리의 계측제어설비에는 1.11 계측제어용 기기, 1.13.10 전·중간염소처리 설비를 참조한다.

12.2 전염소처리

전염소처리는 다음 각 항을 따른다.

- (1) 염소제 주입점은 취수시설, 도수관로, 착수정, 혼화지, 염소혼화지 등으로 교반이 잘 일어나는 지점으로 한다.
- (2) 염소제 주입률은 처리목적에 따라 필요로 하는 염소량 및 원수의 염소요구량 등을 고려하여 산정한다.
- (3) 염소제의 종류, 주입량, 저장·주입·제해설비 등에 관해서는 1.11 소독설비에 준한다.

12.3 중간염소처리

중간염소처리는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 염소제 주입지점은 침전지와 여과지 사이에서 잘 혼화되는 장소로 한다.
- (2) 염소제 주입률은 1.12.2 전염소처리의 2항에 준한다.
- (3) 염소제의 종류, 주입량, 저장·주입·제해 설비 등에 관해서는 1.11 소독설비에 준한다.

13. 폭기설비

13.1 총칙

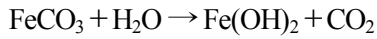
폭기(aeration)는 물과 공기를 충분히 접촉시켜서 수중에 있는 가스상태의 물질을 휘발시키거나 공기 중의 산소를 도입하여 수중의 특정물질을 산화시키기 위하여 실시한다. 폭기처리의 효과는 다음과 같다.

- (1) pH가 낮은 물에 대하여 수중의 유리탄산을 제거하여 pH를 상승시킨다.
- (2) 휘발성유기염소화합물(트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄 등)을 제거한다.

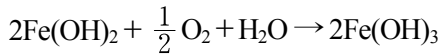
- (3) 공기 중의 산소를 물에 공급하여 용해성철이온(Fe^{2+})의 산화를 촉진한다. 수중에 용존된 탄산수소제일철은 폭기로 다음과 같이 탄산제일철이 생성된다.



탄산제일철은 가수분해하여 수산화제일철이 생성된다.



이 수산화제일철이 다시 산화되면 난용성의 수산화제이철이 생성된다.

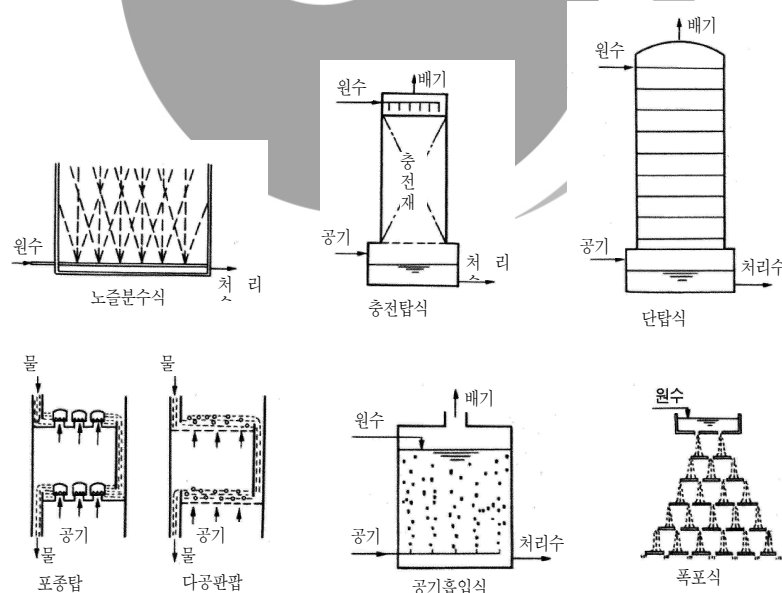


그러나 철의 형태에 따라서는 폭기만으로는 완전히 산화되지 않는 경우가 있다(5.20 철·망간제거설비 참조).

- (4) 황화수소 등의 불쾌한 냄새물질을 제거한다.

폭기방식에는 분수식과 충전탑식 등이 있다([그림 1.13.1] 참조). 분수식에는 고정식 또는 회전식의 노즐로 분무상태로 분사시키는 방식이 있으며, 그 구조는 단순하나 물을 분무하기 위한 동력이 필요하고 물이 공기와 함께 비산되는 단점이 있다. 충전탑식은 수직원통형탑 내에 충전재를 채워 넣은 방식으로 충전재로는 여러 형상과 재질의 것이 있으며 기액접촉의 효율도 뛰어나다.

그 외의 방식으로 탑 내에 다공판 등의 선반을 몇 단 정도 설치한 단탑식(段塔式), 수중에 공기를 불어넣는 방식, 물을 5~10m의 높이에서 낙하시키는 폭포식 등이 있다. 트리클로로에틸렌 등을 제거대상으로 할 경우에는 필요에 따라 배출가스를 처리하기 위하여 활성탄흡착설비를 설치한다.



[그림 1.13.1] 폭기설비의 예

13.2 폭기방식

(1) 분수식 폭기장치는 다음 각 항에 따른다.

- ① 노즐은 분무된 물과 공기가 잘 접촉되게 설치한다.
- ② 노즐은 처리하고자 하는 물을 균등하게 분출되도록 배치한다.
- ③ 폭기실은 물방울의 비산을 방지하는 구조로 하고 2실 이상 설치한다.

(2) 충전탑식 폭기장치는 다음 각 항에 부합되도록 한다.

- ① 충전탑의 구조는 수직원통형으로 하고 내식성 자재를 사용한다.
- ② 충전재는 공극률이 크고 공기저항이 적으며 내식성으로 기계적 강도가 높아야 한다.
- ③ 충전탑의 직경은 공기의 유속을 감안하고 충전층의 높이는 용량계수 등을 고려하여 결정한다.
- ④ 기액비(기체와 액체의 비)는 원칙적으로 실험에 의하여 결정한다.
- ⑤ 송풍기는 충전탑의 공기유입부 쪽에 설치하고 소요동력은 풍량과 충전재 등에 의한 압력 손실을 고려하여 결정한다.

14. 오존처리설비

14.1 총칙

오존처리는 THMs와 HAAs의 전구물질을 저감시키는 전처리산화제로는 물론이고 염소보다 훨씬 강한 오존의 산화력을 이용한 대체소독제로서 소독과 함께 맛·냄새물질 및 색도의 제거, 소독부산물의 저감 등을 목적으로 한다.

오존은 유기물과 반응하여 부산물을 생성하므로 일반적으로 오존처리와 활성탄처리는 병행해야 된다. 오존처리공정의 설계와 운전요소로서 처리목적에 따라 주입점, 주입률 등을 고려하고 파일럿플랜트 등 실험결과에 근거하여 결정하는 것이 바람직하다.

오존은 강한 산화력을 가진 불소와 OH라디칼 다음으로 높은 전위차(2.07 V(volt))를 가지고 있다. 이론적으로 오존은 모든 유기물을 이산화탄소(CO_2)와 물(H_2O)로 완전분해시켜야 하지만, 실제 대다수의 유기물질(맛·냄새 유발물질인 지오스민(geosmin), MIB와 THM과 같은 포화 탄화수소 등)과 반응이 느리거나 또는 전혀 반응하지 않는 것이 일반적이다. 이와 같이 오존의 단점을 보완하기 위하여 오존과 산화제 등을 동시에 반응시켜 OH라디칼의 생성을 가속화하여 유기물질들을 처리하는 방법을 고도산화법(advanced oxidation process; AOP)이라 하며, 정수처리에 응용될 수 있는 AOP는 ozone/high pH, $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ (PEROXONE), O_3/UV , O_3/TiO_2 , $\text{O}_3/\text{electron beam}$, $\text{O}_3/\text{metallic oxides}$ 등의 방법들이 있다.

오존처리에 수반되는 문제점으로 중요한 것은 용존잔류오존과 배오존의 처리가 있다. 처리공정 내에서 과도한 용존잔류오존은 강력한 산화력으로 후단의 활성탄의 기계적 강도를 약화시킬 수 있다. 배오존이 대기 중에 방출되는 경우에는 노동안전위생 또는 환경상의 문제를 일으킬 우려가 있으므로 충분히 저농도가 되도록 처리해야 한다. 정수처리의 단위공정으로 오존처리법이 다른 처리법에 비하여 우수한 점은 다음과 같다.

- (1) 오존은 자체의 높은 산화력으로 염소에 비하여 높은 살균력을 가지고 있다.
크립토스포리디움과 지아디아를 포함한 모든 병원성 미생물에 대한 소독시간을 단축할 수 있다.
- (1) 맛·냄새물질과 색도제거의 효과가 우수하다.
조류 및 조류와 관련된 맛·냄새 유발물질을 억제하며, 지오스민(geosmin)이나 2-메틸이소보닐올(2-MIB) 등에 의한 냄새나 부식질 등에 의한 색도, 그리고 염소와의 반응으로 냄새를 유발하는 페놀류 등을 제거하는데 효과적이다.
- (2) 유기물질의 생분해성을 증가시킨다.
미생물에 의하여 제거되도록 유기물을 부분적으로 산화시키며 난분해성 유기물질의 생분해성을 증대시켜 후속공정인 입상활성탄처리(생물활성탄으로 운전시)의 처리성을 향상시킨다.
- (3) 염소요구량을 감소시킨다.
염소주입에 앞서 오존을 주입하면 염소의 소비량을 감소시킨다.
- (4) 철·망간의 산화능력이 크다.
- (5) 소독부산물의 생성을 유발하는 각종 전구물질에 대한 처리효율이 높다.
한편, 오존처리에서 유의해야 할 사항은 다음과 같다.
- ① 충분한 산화반응을 진행시킬 접촉지가 필요하다.
 - ② 배오존처리설비가 필요하다.
 - ③ 전염소처리를 할 경우에도 염소와 반응하여 잔류염소가 감소된다.
 - ④ 설비의 사용재료는 충분한 내식성이 요구된다.

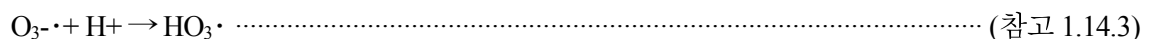
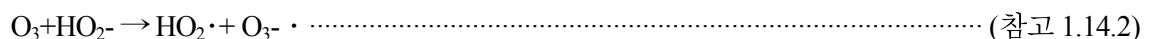
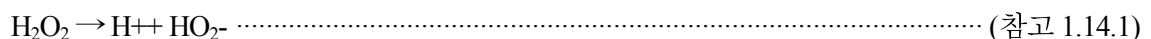
<1.14.1 참고 1> 오존/high pH AOP

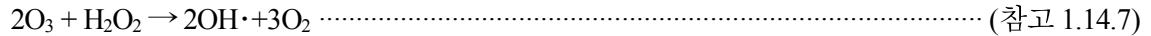
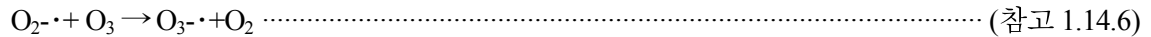
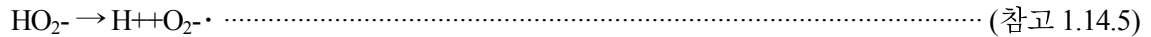
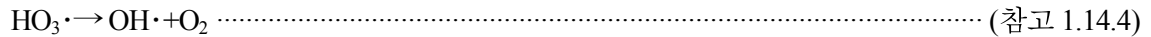
오존이 수산화기에 의해 분해되어 OH 라디칼의 중간 생성물을 생성하는데, 이 공정에서 pH를 증가시킬수록 오존분해가 가속화 되는 원리를 이용한 방법으로, pH를 높이는 것은 자연수의 수질조건에 따라 OH라디칼의 생성과 소모의 최적조건에 맞는 pH에 따라 적용하여야 한다.

<1.14.1 참고 2> 오존/과산화수소(O₃/H₂O₂)(PEROXONE) AOP

오존에 과산화수소를 인위적으로 첨가하여 오존을 빠른 속도로 분해시켜 OH라디칼을 생성시켜 오염물질을 분해시키는 방법을 오존/과산화수소 AOP라 한다. 오존과 과산화수소는 서로 반응이 매우 느리지만 HO₂·이 발생하면 오존분해가 활발히 일어난다.

과산화수소는 아래 식1과 같이 해리되어 HO₂·을 생성하고 오존과 (참고 1.14.2)와 같이 반응한다. 이중 O₃·-아래 식 3, 4의 반응을 거쳐 OH라디칼을 생성하게 된다. HO₂·는 O₃·-과는 달리 O₂·-생성(식 5), 다시 O₂·-가 O₃·-생성(참고 1.14.6) 후 (참고 1.14.3, 4)의 반응으로 OH라디칼을 생성한다. 이 과정을 종합한 최종반응식은 (참고 1.14.7)와 같다.

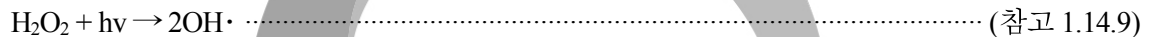
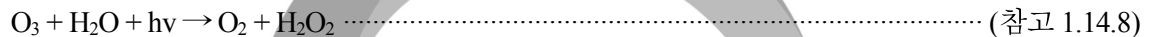




오존과 과산화수소 투입비에 따라 공정 효율이 달라지며, 과산화수소 농도가 낮으면 오존분해가 원활하지 않아 OH 라디칼 생성이 저해되고, 농도가 높으면 과산화수소가 오히려 소모제로 작용해 역효과를 일으킨다. 오존과 과산화수소의 적정비율은 무게비로 약 3:1 정도로 알려져 있다.

<1.14.1 참고 3> 오존/자외선(UV 광분해법)

이 방법은 산화제에 자외선을 조사하여 OH 라디칼을 생성시키는 방법으로 자외선 에너지에 의해 중간생성물인 과산화수소가 생성되고 이후 OH라디칼 생성은 오존/과산화수소 공정과 동일하다. 또한 이 공정은 자외선에 의해서도 유기물이 제거될 수 있다.



이 공정은 오존 대신에 과산화수소를 적용할 수도 있으며, 이 경우에는 과산화수소가 바로 자외선을 흡수하는 위 식2의 공정으로 OH라디칼을 생성한다.

오존/자외선과 오존/과산화수소를 비교하면 오존의 자외선 몰흡광계수가 3,300 M-1cm-1로 과산화수소는 19.6 M-1cm-1에 불과해 오존을 사용하는 것이 효율이 우수한 것으로 나타났다. 또한 자외선을 이용한 AOP는 원수 탁도와 색도에 따라 처리효율의 변동이 있을 수 있는 점을 고려하여야 한다.

14.2 오존처리목적과 공정배열

오존처리는 처리목적에 따라 적절한 처리공정을 선정한다.

(1) 오존주입지점은 처리대상물질과 처리목적 등에 따라 선정한다.

- ① 냄새와 색도제거를 목적으로 하는 경우
- ② 응집효과의 개선을 목적으로 하는 경우
- ③ 유기염소화합물의 생성저감을 목적으로 하는 경우
- ④ 병원성미생물에 대한 소독목적으로 사용하는 경우

(2) 오존주입률은 원수수질의 현황과 장래의 수질예측, 다른 수도시설에서의 실시 예, 문헌, 실험 결과 등을 근거로 하여 결정한다.

(3) 오존주입량은 처리수량에 주입률을 곱하여 산정한다.

(4) 오존주입률 결정은 실시간 수질을 반영하여 주입할 수 있는 방법을 선정한다.

14.3 오존발생장치와 주입설비

(1) 주입설비는 다음 각 호에 따른다.

- ① 설비용량은 처리수량과 주입률로 산출된 주입량을 기본으로 하여 결정한다.
- ② 설비는 원료가스공급장치, 오존발생기, 접촉지, 배오존처리설비, 잔류오존제거시설 및 오존재이용설비 등으로 구성되며, 주요기기류는 2계통 이상으로 분할하고, 예비계통을 설치하며 유지관리가 용이하도록 한다.
- ③ 오존처리를 효율적으로 실시하고 또 비상시에도 필요한 조치가 용이하게 이루어질 수 있도록 적절한 제어방식을 선정한다. 오존제어방식에는 오존주입농도 제어방식, 잔류오존농도 제어방식, C·T 제어방식이 있다.
- ④ 오존과 접촉하거나 또는 접촉가능성이 있는 부분의 재질은 오존에 대하여 충분한 내식성과 강도가 있고 또 위생상 안전한 것으로 한다.
- (2) 원료가스공급장치는 필요한 원료가스를 제조하고 공급하기에 충분한 용량을 가지며, 높은 효율로 운전할 수 있고 충분한 안전성을 가진 것으로 한다.

(3) 오존발생기는 다음 각 호에 적합하도록 한다.

- ① 발생효율이 높고 내구성과 안전성이 충분해야 한다.
- ② 용량, 대수, 주입계통의 구성은 수온에 따른 오존소모특성과 제거대상물질을 고려하여 최소 주입량에서 최대주입량 조절이 가능하도록 하여야 한다.
- ③ 오존발생기에서 주입장소에 이르는 배관은 적절한 내경과 재질을 가지며 유량계와 압력 등을 구비하고 배관의 유지관리를 용이하게 하기 위하여 지중부분은 콘크리트덕트 내에 설치하는 것으로 한다.

(5) 접촉지는 다음 각 호에 적합하도록 한다.

- ① 구조는 밀폐식으로 오존과 물의 혼화와 접촉이 효과적으로 이루어져서 흡수율이 높도록 한다.
- ② 용량은 오존처리에 필요한 접촉시간과 반응시간이 충분하도록 한다.
- ③ 오존주입 풍량, 재이용 풍량, 배오존 풍량 등은 풍량의 수지에 균형이 맞도록 설계한다.
- ④ 접촉지에는 우회관을 설치한다.
- ⑤ 오존재이용설비는 오존의 유효이용과 배오존처리설비의 부하경감을 고려하여 설치여부를 결정한다.
- ⑥ 효율적인 오존공정 제어를 위하여 처리수량, 오존 주입량, 잔류오존, 대기오존(누출오존) 농도를 상시 계측하여야 한다.

(6) 오존발생에 필요한 전력설비는 충분한 용량과 기능을 갖추어야 한다.

(7) 오존발생기실 등은 다음 각 호에 적합하도록 한다.

- ① 발생설비는 가능한 한 주입지점에 가깝게 설치한다.
- ② 건물은 내화 및 내식을 고려하여 채광, 방음, 환기, 배수 등이 양호해야 한다.
- ③ 바닥면적은 발생기 등의 유지관리에 충분한 넓이로 한다.

(8) 잔류오존으로 시설물부식, 대기오염유발 등이 발생될 경우에는 정수장 현장여건을 고려하여 화학적 잔류오존제거제를 사용하거나 접촉매체를 통한 잔류오존 제거시설을 설치할 수 있다.

14.4 배오존설비

배오존설비는 배오존의 농도, 풍량, 운전조건 등에 따라 가열분해법, 촉매분해법, 활성탄흡착분해법 중에서 선정한다.

15. 자외선 소독설비

15.1 총칙

자외선(UV)의 소독작용은 주파장이 253.7 nm인 자외선이 박테리아나 바이러스의 핵산에 흡수되어 화학변화를 일으킴으로써 핵산의 회복기능이 상실되는데 기인한다고 알려져 있다.

따라서 물의 소독에는 주 파장 253.7 nm를 방사하는 자외선램프가 사용되고 있으며, 그 기본구조와 작동원리는 일반 형광램프와 거의 같고 유리관의 재료로는 자외선 투과율이 좋은 석영유리가 사용된다. 자외선 조사에 의한 물의 소독방법은 물이 흐르는 상태에서 외부로부터 자외선을 조사하는 외조식과 석영유리 램프에 의해 유수중의 내부로부터 자외선을 조사하는 내조식으로 대별되고 있으나, 단순한 장치로서 다량의 물을 처리할 수 있는 내조식이 주로 이용된다. 자외선에 의한 물의 소독은 화학물질의 첨가를 필요로 하지 않기 때문에 안전성이 높을 뿐만 아니라 경제적으로 양질의 물을 얻을 수 있는 소독방법으로, 다른 소독과 비교하여 우수한 점은 다음과 같다.

- (1) 관리요원의 안전
- (2) 무독성
- (3) THM 불생성
- (4) 대중의 인식이 염소에 비해 상대적으로 좋음
- (5) 건물의 불필요
- (6) 낮은 유지관리비

자외선에 의한 소독은 소독부산물 없이 크립토스포리디움 오시스트(cryptosporidium oocyst) 등 불활성화 기준 준수를 위한 소독능 값(C·T)이 염소계 소독제 및 오존처리보다 낮은 장점이 있다.

미국 EPA에서는 바이러스, 지아디아, 크립토스포리디움불활성화 정도에 대한 자외선 조사량을 다음 <표 1.15.1>과 같이 제시하고 있다.

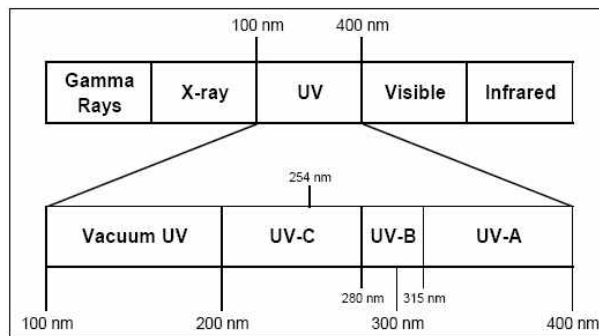
<표 1.15.1> UV 조사 요구량 (mJ/cm²)

구 분	Log 불활성화							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.4	4.0
Cryptosporidium	1.6	2.5	3.9	5.8	8.5	12	15	22
Giardia	1.5	2.1	3.0	5.2	7.7	11	15	22
Virus	39	58	79	100	121	143	163	186

※ UV disinfection guidance manual(EPA, 2006.11)참조

(1) 자외선 소독의 원리

자외선은 [그림 1.15.1]에 도시된 바와 같이 가시광선의 파장(400 nm)보다는 짧고, X-선(100 nm)보다는 긴 파장의 범위 안에 있는 파장을 가진 전자방사선을 의미하는데 그 중에 살균력을 갖는 가장 적합한 파장은 253.7 nm이며, 이 파장 범위내에서 대부분의 에너지는 대기에 흡수되어 태양광선에는 매우 적은 양이 존재하고 있다.



[그림 1.15.1] 전자파의 파장영역

현재 보유하고 있는 기술에서 에너지 주 발생원은 저압수은 아크램프로부터 나오는 것인데 이것이 널리 사용되는 이유는 아크램프에서 나오는 자외선 에너지의 85 % 정도가 253.7 nm의 파장인 것이다. 램프의 수은가스를 통해 전기아크가 발생하며 수은을 자극하여 생긴 에너지의 방출이 자외선 방사가 되는 것이다. 253.7 nm의 파장을 갖는 자외선은 박테리아나 바이러스 등이 갖고 있는 유전인자의 특성에 변형을 주어 이들이 번식하지 못하게 하며 특히 각종 세균의 세포막을 투과하여 핵산(DNA)을 손상시킴으로써 소독을 하게 된다.

살균에 필요한 자외선의 조사량은 microwatt second/cm²로 나타내며 이는 광선의 강도에 따라 접촉시간을 곱한 것이다.

$$\text{조사량 (dose)} = \text{자외선 강도}(\mu\text{W/cm}^2) \times \text{접촉시간(sec)} \quad (1.15.1)$$

자외선 조사량은 자외선램프의 출력감소와 램프 슬리브의 오염정도에 따라 점차 감소한다. 그러므로 이러한 감소율을 고려한 자외선 조사량을 결정하여 목표로 하는 살균율을 확보하여야 한다.

(2) 자외선 소독의 영향인자

자외선 강도와 접촉시간에 영향을 미치는 요소들은 <표 1.15.2>과 같으며, 이들 요소들은 자외선 소독설비의 효율에 많은 영향을 미친다.

<표 1.15.2> 자외선 소독에 있어서의 영향인자

자외선 강도	접촉시간
1. 수질 - 자외선 투과율 - 부유물 농도 - 용존유기물 농도 - 총경도 2. 램프의 상태 - 슬리브의 깨끗한 농도 - 사용기간, 노후상태 3. 처리 공정	1. 유량 2. 접촉조(반응조)의 설계

(1) 자외선 투과율

자외선 투과율은 시료 1 cm를 자외선이 통과한 후에 흡수되지 않고 남은 254 nm 파장을 가진 자외선의 백분율(%)로 정의된다. 이 투과율은 수중에 용해 또는 부유상태의 물질의 농도에 따라 좌우되는데, 투과율이 낮으면 수중에서 자외선의 강도가 떨어지므로 적절한 조사량을 유지시키기 위해서는 더 오랜 시간동안 자외선을 조사시켜야 한다.

(2) 용존 유기물의 농도

원수에 함유되어 있는 유기물은 살균효과를 갖는 파장 범위에 있는 에너지를 흡수할 수 있다.

(3) 부유물의 농도

부유물은 입자들로 되어 있으므로 광선을 분산시키거나 흡수함으로써 자외선의 투과를 저하시키며, 또한 이들은 박테리아가 자외선에 노출되는 것을 막아서 살균효과를 감소시킨다.

(4) 총경도

원수내에 마그네슘이나 칼슘의 화합물이 많이 존재하면 석영 슬리브에 막을 씌우는 역할을 한다.

(5) 슬리브의 깨끗한 정도

자외선 소독시설의 효과를 최대로 하기 위해서는 석영 슬리브를 항상 청결하게 유지해야 하며 이 슬리브에 막이 생기면 물에 투과하는 자외선량이 줄어들게 되므로 세척에 주의하여야 한다. 세척주기는 기계식 자동세척의 경우 세척주기와 횟수를 현장 여건에 따라 세팅하여 세척이 이루어져야 한다.

(6) 사용기간 및 노후상태

자외선 강도는 램프의 사용시간, 운전/중지(On/Off)횟수, 단위길이당 전력, 수온, 램프에서 발생 열 등에 의해 감소되는데, 1년 이상 사용한 자외선 램프의 자외선 강도는 초기 특성의 약 80~90% 정도로 줄어든다.

(7) 원수 성상

원수 성상에 따라 자외선 투과상태가 달라지고 슬리브의 세척빈도가 다르므로 UV시스템의 효율이 다르게 나타나게 된다.

(8) 유량

유량은 접촉시간을 결정하게 되며 유지시간 및 자외선의 강도에 따라 자외선 조사량이 결정된다.

(9) 반응조의 설계

반응조내의 수리학적 특성은 소독효과에 결정적인 영향을 미치게 되는데 살균작용에 있어서 가장 적절한 수리학적 형태는 플러그흐름 형태이며 손실수두가 적어야 한다.

15.2 자외선 소독장비

현재 산업화되어 생산중인 자외선 반응시설은 자외선 램프, 전력안정기, 램프 슬리브, 자외선 강도 센서, 온도센서 및 자외선반응조로 구성된다.

일부 시설은 침적물로부터 램프 슬리브를 보호하기 위하여 자동 세척시설을 포함하는 경우도 있다.

15.3 자외선반응조

반응조는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 설계유량은 일최대급수량으로 하고 여유율을 고려한다.
- (2) 반응조의 치수는 설계 안전인자를 고려하여 UV 램프 모듈이 밀집하여 배치될 수 있고 적은 소요부지를 요하도록 설계한다.
- (3) 소독효과를 높이고 유지관리를 위해 두개 이상의 बैं크를 설치한다.
- (4) 반응조는 관 또는 밀폐형 구조로 하되, 유지관리를 용이하게 한다.

15.4 자외선 소독시설의 구성

자외선소독장치는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 장치능력은 일최대급수량에 의하여 정하되, 여유율을 고려하도록 한다.
- (2) 자외선투과율은 70 % 이상을 표준으로 한다.

15.5 자외선 램프의 종류

자외선램프는 저압(고출력을 포함)과 중압의 두 가지 종류가 있다.

- (1) 저압(고출력을 포함) 자외선램프
- (2) 중압자외선 램프

15.6 장치의 형식

자외선소독 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.

16. 활성탄 흡착설비

16.1 총칙

활성탄은 형상에 따라 분말활성탄과 입상활성탄으로 나누어진다. 분말활성탄과 입상활성탄은 처리형태에 따라 사용하는 것이 구분되지만, 활성탄으로서 물성과 흡착기작 등은 동일하기 때문에 여기서 종합하여 기술한다.

(1) 처리대상

활성탄처리는 웅집, 침전, 모래여과 등 통상적인 정수처리로 제거되지 않는 맛·냄새의 원인물질(2-MIB, geosmin 등), 합성세제, 페놀류, 트리할로메탄과 그 전구물질(부식질 등), 트리클로로에틸렌 등의 휘발성유기화합물질, 농약 등의 미량유해물질, 상수원의 상류수계에서 사고 등에 의하여 일시적으로 유입되는 화학물질, 그 밖의 유기물 등을 제거하기 위하여 적용된다.

(2) 특성

활성탄은 목재, 톱밥, 야자껍질, 석탄 등을 원료로 하여 탄화(carbonization)와 활성화(activation) 과정을 거쳐 생산된 흑색 다공성의 탄소질 물질로서, 기체와 액체 중의 미량유기물질을 흡착하는 성질이 있다. 활성화는 원료를 900 ℃ 전후의 고온에서 수증기로 처리하는 수증기활성화법과 목질재료를 염화아연, 황산 등의 약품에 담근 후 탄화시키는 약품활성화법이 있으나, 정수 처리용 활성탄은 수증기에 의한 제조법이 주류를 이루고 있다(<표 1.16.1>참조).

<표 1.16.1> 활성탄의 종류

원료	목탄 석탄 기타	야자껍질, 목재, 톱밥 등 이탄, 아탄, 갈탄, 역청탄 등 석유피치, 합성수지, 각종유기질탄화물 등
활성화방법	약품 가스 기타	염화아연, 황산염, 인산, 수산화나트륨, 에탄올 등 수증기, 이산화탄소, 공기 등 약품과 수증기의 병용
형상	분말탄 입상탄	150 μ m 이하 150 μ m 이상

활성탄은 다공질구조가 발달된 탄소재료로서 원료와 탄화방법 및 활성화방법에 따라 물리·화학적 특성이 다르고 흡착능력도 크게 다르다. 또 활성탄의 일반적인 성상으로 활성탄 내부는 2 nm 이하의 미세공(micropore), 2~50 nm의 중간세공(mesopore), 50 nm 이상의 대세공(macropore)들로 구성되어 있다. 이들 세공의 내부표면적은 700~1,400 m²/g으로 매우 크며, 이것이 흡착능이 높은 이유이다. 정수처리에서는 이 흡착력을 이용하여 앞서 열거한 물질들을 제거한다. 활성탄의 물리적 특성은 공극률, 비표면적, 세공용적, 세공크기의 분포 등으로 나타낸다.

또 활성탄은 공기 중의 산소를 서서히 흡착하기 때문에 저장조 등의 밀폐용기 내에서는 산소가 고갈될 우려가 있으므로 보수하거나 점검할 때에는 주의가 필요하다.

(3) 특징

활성탄의 특징은 수중에 용해되어 있는 유기물의 제거능력이 크며 약품처리하는 경우와는 달리 처리수에 반응생성물을 남기지 않는다는 것이다. 활성탄 흡착시설을 설계할 때에는 사전에 제

거대상물질의 특성, 오염실태, 처리효과 등에 대하여 실험을 포함한 충분한 조사가 필요하다. 조사는 현재의 오염실태는 물론 제거대상물질의 장래 변화추이 등도 고려하여 공정배열, 처리설비의 규모 및 방식을 결정한다.

(4) 활성탄의 종류와 처리특성

분말활성탄은 지름 1~20 nm 정도의 세공이 많고 입상활성탄은 10 nm 이하의 세공이 많다. 입상활성탄 중 아자겍질을 원료로 하여 생산된 입상활성탄은 직경 3 nm 이하의 세공이 많고 30 nm 이상의 세공은 적다. 따라서 내부표면적은 크고 세공용적은 작기 때문에 저분자량의 물질이 제거되기 쉬우며 기체상의 용도로 많이 사용된다. 석탄계 활성탄은 3 nm부터 약간 큰 세공까지 폭 넓게 존재하므로 내부표면적은 다소 작지만 세공은 크기 때문에 비교적 큰 분자량의 물질이 제거되기 쉬우며 수처리용으로 많이 사용되고 있다. 입상활성탄에는 0.1~수 μm 크기의 대세공(macropore)이 존재하여 피흡착물질의 입자 내로의 확산통로가 된다.

일반적으로 소수성이 강하고 분자량이 큰 물질일수록 활성탄에 흡착되기 쉽다. 또 물에 용해되기 쉽고 분자량이 작은 물질은 활성탄에 흡착되기 어려운 경향이 있다. 물에 잘 녹지 않는 농약은 활성탄에 흡착되기 쉬우나, 부식질(humic substance)과 같이 분자량은 크지만 물에 녹기 쉬운 물질은 활성탄으로 흡착되기 어렵다. 이와 같이 유기물질의 물에 대한 용해도나 활성탄의 세공 크기 분포 등이 제거효율에 영향을 미친다.

(5) 활성탄처리방식

비상시 또는 단기간 사용할 경우에는 분말활성탄처리가 적합하고 연간으로 연속 또는 비교적 장기간 사용할 경우에는 입상활성탄처리가 유리하다고 알려져 있다. 또 활성탄의 흡착특성은 종류에 따라 다르기 때문에 사용목적에 적합한 품질의 제품을 선정해야 한다. 분말활성탄과 입상활성탄은 사용목적이나 처리기간에 따라 유지관리나 경제성이 다르며, 그 장단점은 <표 1.16.2>와 같다.

<표 1.16.2> 분말활성탄처리와 입상활성탄처리의 장단점

항 목	분 말 활 성 탄	입 상 활 성 탄
① 처리시설	○ 기존시설을 사용하여 처리할 수 있다.	△ 여과지를 만들 필요가 있다.
② 단기간 처리하는 경우	○ 필요량만 구입하므로 경제적이다	△ 비경제적이다.
③ 장기간 처리하는 경우	△ 경제성이 없으며, 재생되지 않는다.	○ 탄층을 두껍게 할 수 있으며 재생하여 사용할 수 있으므로 경제적이다.
④ 미생물의 번식	○ 사용하고 버리므로 번식이 없다.	△ 원생동물이 번식할 우려가 있다.
⑤ 폐기시의 애로	△ 탄분을 포함한 흑색슬러지는 공해의 원인이다.	○ 재생사용할 수 있어서 문제가 없다.
⑥ 누출에 의한 흑수현상	△ 특히 겨울철에 일어나기 쉽다	○ 거의 염려가 없다.
⑦ 처리관리의 난이	△ 주입작업을 수반한다.	○ 특별한 문제가 없다.

○ : 유리, △ : 불리

16.2 분말활성탄 적용 및 품질기준

(1) 분말활성탄처리는 응집, 침전 및 여과 등의 정수처리공정과 조합해야 하며 분말활성탄이 처리수에 누출되지 않도록 한다.

(2) 분말활성탄의 품질은 처리효과가 양호하고 또 위생상 문제가 없어야 한다.

16.3 검수설비와 저장설비

분말활성탄의 검수설비와 저장설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

- (1) 분말활성탄의 성상 및 운반방식과 수량을 고려하여 적절한 검수용 계량장치를 설치한다.
- (2) 반입된 분말활성탄을 저장설비에 이송하기 위한 설비를 설치한다.
- (3) 저장설비는 사용량과 수급관계를 고려하여 적절한 용량으로 한다.
- (4) 저장설비를 설치하는 건물은 내화성 구조로 하고 방진 및 방화대책을 강구한다.
- (5) 건조탄 저장조에는 가교(bridge) 결합을 방지하기 위한 대책을 강구한다.

16.4 주입설비

분말활성탄 주입설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

- (1) 주입지점은 혼화와 접촉이 충분히 이루어지고 또 전염소처리의 효과에 영향을 주지 않도록 선정하며, 필요에 따라 접촉지를 별도로 설치한다.
- (2) 주입률은 원수수질 등에 따라 다른 실험 등을 참조하고 기본적으로 처리하고자 하는 원수와 제거목표물질에 대한 실험에 근거하여 정한다.
- (3) 슬러리농도는 2.5~5 %(건조환산한 값)를 표준으로 한다.
- (4) 주입량은 처리수량과 주입률로 결정한다.
- (5) 주입방식으로는 습식과 건식이 있으며 제어성과 작업성 등을 고려하여 선정한다.
- (6) 주입장치는 주입방식에 따라 적절한 설비구성으로 충분한 용량을 가져야 한다.
- (7) 주입장치의 총용량과 대수 및 주입계통의 구성은 최소주입량에서 최대주입량까지 적절하게 주입할 수 있도록 한다.
- (8) 습식주입에서 슬러리조는 충분하게 교반될 수 있는 구조로 적절한 용량이어야 한다.
- (9) 주입배관은 적절한 구경과 재질 등으로 시공한다.
- (10) 분말활성탄이 접촉하는 부분의 재질은 활성탄에 대하여 충분한 내식성과 내마모성이 있는 것으로 한다.
- (11) 주입설비실은 가능한 주입장소에 가까운 곳에 설치하고 설비의 유지관리가 용이한 넓이를 확보한다.

17. 입상활성탄 흡착설비

17.1 총칙

입상활성탄 흡착설비는 흡착탑 또는 흡착지에 입상활성탄을 충전하고 여기에 처리할 물을 통과시켜 처리대상물질인 오염물질을 흡착하여 제거하는데 이용된다.

17.1.1 입상활성탄 처리방법

입상활성탄 처리방법에는 흡착효과를 주체로 하는 입상활성탄방식과 생물활성탄방식이 있다. 흡착효과를 주체로 한 방식에서는 기본적으로 잘 발달된 활성탄 내부세공(pore) 표면에 오염물질이 이동하여 흡착됨으로써 액상(liquid phase)의 용존상태에서 고체상(solid phase)의 흡착상태로 상을 변환시켜 오염물질을 제거하는 공정이다. 원수 중에는 일반적으로 부식질과 같은 천연유기물질(natural organic matter, NOM)과 각종 미량유기물질이 다양하게 포함되어 있으며 수질기준과 오염물질의 종류 및 농도에 따라 처리목표가 결정된다. 제거대상물질의 분자량이나 소수성 성질과 활성탄의 세공분포에 따라 흡착능이나 수명이 달라진다.

생물활성탄방식에서는 활성탄의 흡착작용과 함께 활성탄층 내의 미생물에 의한 유기물 분해작용을 이용함으로써 활성탄의 흡착기능을 보다 오래 지속시키는 방식이다. 이 경우에 생물활동을 방해하지 않도록 전단에 염소처리를 하지 않는다.

입상활성탄처리의 전단에 염소처리를 하지 않는 경우에는 입상활성탄층 내에 미생물이 번식하여 분해성유기물의 흡착뿐만 아니라 생물화학적작용으로 이산화탄소로까지 분해되는 경우가 있다. 이 생물화학적 작용에는 활성탄층 내에 용존산소가 충분히 존재하고 미생물 번식에 필요한 유기물의 공급이 필요하다. 또한 그 처리는 수온에 의하여 영향을 받는다.

생물활성탄처리의 전단에 오존처리를 하면 난분해성 유기물을 분해성 유기물로 전환시키며 오존 처리된 처리수는 용존산소가 포화상태이므로 입상활성탄층 내에서 생물화학적작용이 촉진된다. 또한 흡착된 유기물은 생물화학적으로 분해되어 자기재생기능으로 입상활성탄의 흡착능이 장기간 유지된다.

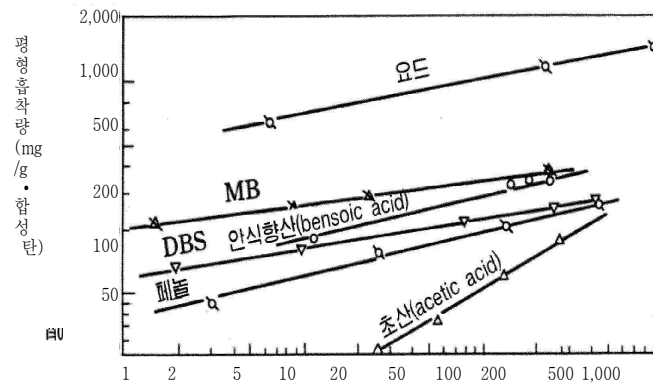
활성탄의 오염물질 제거능력은 오염물질에 따라 큰 차이가 있으며 운전시간이 지남에 따라 흡착능력은 점차 감소하여 포화상태에 도달하고 처리목표달성이 어려워지는 시점에서 재생하거나 교체한다. 오존처리를 할 경우에도 생분해성 증가와 전체적인 오염물질제거율은 제한적이므로 원수수질, 통수조건, 제거대상물질 및 농도, 처리효율, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 입상활성탄의 흡착효과를 주체로 하는 방식과 생물활성탄방식 중에 어느 방식을 선정할 것인가를 결정하여 적절한 시설을 설계해야 한다.

17.1.2 흡착능력과 파과

일반적으로 단일성분의 흡착능력은 흡착용량(평형흡착량)과 흡착속도로 평가된다. 활성탄의 흡착능력은 활성탄의 종류와 피흡착물질, 수온, pH 및 공존물질에 따라 다르다. 일반적으로 pH가 산성이거나 온도가 낮을수록 흡착량이 커진다.

(1) 등온흡착평형(isotherm)

일정온도에서 활성탄과 피흡착물질이 함유된 물을 접촉시켜 평형상태에 도달하였을 때와 액상농도와 그 농도에서 활성탄흡착량과의 관계를 나타낸 것을 등온흡착선이라 한다([그림 1.17.1] 참조).



등온흡착선을 수식화한 것을 등온흡착모델(isotherm model)이라 하며 Freundlich 모델, Langmuir 모델 및 B.E.T.(Brunauer, Emmet, and Teller)모델이 많이 사용된다.

① Freundlich 모델

$$q = KC^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (1.17.1)$$

$$\log q = (1/n)\log C + \log K \dots\dots\dots (1.17.2)$$

q : 활성탄의 단위 무게당 피흡착물질의 흡착량(mg/g-활성탄)

C : 활성탄흡착후 피흡착물의 액상평형농도(mg/L)

K, n : 상수

식(1)의 양변에 log를 취하면 식(2)로 되며 log-log 그래프용지에 C(x축)와 q(y축)의 관계를 그림으로 나타내면 직선을 얻게 되고 기울기로부터 1/n값을 C=1일 때의 절편으로부터 K값을 얻는다.

흡착등온선을 구하는 방법은 KS M 1802를 참고한다.

Freundlich 모델에서 1/n의 값이 0.1~0.5인 경우에는 저농도에서 많이 흡착되어 효과적이나 1/n>2인 경우에는 사용활성탄량을 증가시키더라도 피흡착물질의 농도가 저하됨에 따라 흡착량이 크게 저하되기 때문에 비효율적이다.

Freundlich 모델에 기초를 둔 등온흡착선은 log-log그래프상에서 많은 경우 거의 직선을 나타내지만 부식질과 같은 다성분계인 경우에는 평형농도구간에 따라 곡선과 직선이 혼재하는 경우가 있다.

② Langmuir 모델

Langmuir는 흡착제의 표면과 흡착되는 가스분자와의 사이에 작용하는 결합력이 약한 화학 흡착에 의한 것이며, 흡착의 결합력은 단분자층이 두께에 제한된다고 생각하여, 피흡착물질의 양과 가스압력 간의 관계를 이론적으로 유도하였다. 즉, 흡착에서 결합력이 작용하는 한계는 단지 단분자(mono layer) 층의 두께정도라고 보아 그 이상 떨어지게 되면 흡착은 일어나지 않는다는 모델에 이론적 근거를 두고 있어 Langmuir 흡착은 단분자층흡착이라고도 한다. 액상의 농도 C와 흡착량 q의 관계를 Langmuir 식으로 쓰면

$$q = \frac{abC}{1+bC} \dots\dots\dots (1.17.3)$$

C : 액상의 농도

q : 흡착량

a : 최대흡착량에 관한 상수

b : 흡착에너지에 관한 상수

식(3)을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{ab} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{a} \quad \dots\dots\dots (1.17.4)$$

이 때 Langmuir형 흡착평형이 성립할 경우 1/q와 1/C를 각각 종축과 횡축으로 하여 그려보면 직선을 얻을 수 있다.

③ B.E.T.(Brunauer, Emmett & Teller) 모델

Langmuir의 단분자 모델에 대하여 Brunauer, Emmett 및 Teller 등은 흡착제의 표면에 분자가 점점 쌓여 무한정으로 흡착할 수 있다는 다분자층흡착 모델을 세워서 다음과 같은 등온흡착식을 유도하였다.

$$q = \frac{V_m A_m C}{(C_s - C)[1 + (A_m - 1)(C/C_s)]} \quad \dots\dots\dots (1.17.5)$$

C : 포화농도

V_m, A_m : 단분자층흡착시 최대흡착량과 흡착에너지 상수

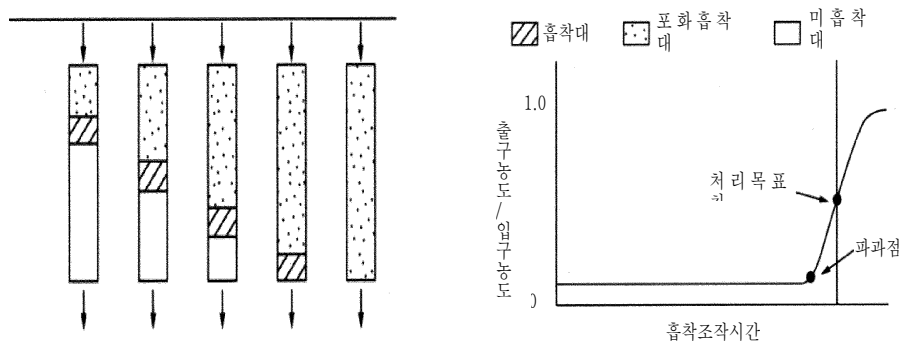
식(5)를 변형하면

$$\frac{C}{q(C_s - C)} = \frac{1}{A_m V_m} + \left(\frac{A_m - 1}{A_m V_m} \right) \frac{C}{C_s} \quad \dots\dots\dots (1.17.6)$$

로 표현되며 종축에 {C/q{C_s-C}}를, 횡축에 (C/C_s)를 그려보면 직선이 얻어진다.

17.1.3 파과(breakthrough)

고정층에 피흡착물질이 포함된 물을 통수시키면 제거하고자 하는 피흡착물질은 고정층의 최초유입부에서 대부분 흡착되며, 이 부분을 흡착대(adsorption zone)라 한다. 운전이 계속되면서 고정층의 유입부측으로부터 점차로 포화가 진행되어 흡착대는 고정층의 아래쪽으로 이동한다. 흡착대의 끝이 고정층의 출구부근에 도달하면 유출수 중의 피흡착물질 농도는 급격히 증가하게 되며 궁극적으로는 유입수의 농도에 근접한다. 처리수량 또는 처리시간을 x축으로 하고 유출농도를 y축으로 한 농도변화도를 파과곡선(breakthrough curve)이라 한다([그림 1.17.2] 참조).



[그림 1.17.2] 흡착대의 이동과 파과

과과곡선의 모양은 피흡착물질별 흡착능, 입자의 외부와 내부의 확산속도, 운전조건 등에 따라 다르다. 페놀과 같이 흡착속도가 빠른 물질인 경우는 전형적인 S자형 곡선이 되지만 부식질이나 계면활성제와 같이 분자량이 크고 흡착속도가 느린 물질은 전형적인 S자형 과과곡선을 나타내지 않는 경우가 많다. 일반적으로 유출농도가 처리목표농도에 도달한 시점에서 활성탄을 재생하거나 교체한다.

17.2 처리공정의 선정

입상활성탄 처리공정은 다음 각 항에 따른다.

1. 입상활성탄의 공정은 여과공정 전, 후에 위치하는 것이 일반적이며, 침전공정 이후에 흡착과 여과를 목적으로 F/A(Filter-Adsorber) 공정으로 운영할 수 있다.
2. 입상활성탄은 맛·냄새물질, 소독부산물, 색도 등 다양한 유기물제거목적으로 사용할 수 있다.

17.3 흡착설비의 계획

- (1) 입상활성탄은 환경부 수처리제 규격에 적합해야 하며, 처리공정의 선정에 따라 규격을 달리할 수 있으므로 추가적인 세부규격은 수도사업자의 설계 및 구매 품질기준에 따른다.
- (2) 흡착방식은 기본적으로 고정상(fixed bed)식과 유동상(fluidized bed)식으로 분류되며 각 방식의 특성과 처리효과, 유지관리, 경제성 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 적절한 접촉시간은 입상활성탄의 성능, 제거대상물질의 종류와 농도에 따라 다르므로 공간속도(SV), 탄층의 두께, 공상접촉시간(EBCT) 등은 문헌 등을 참고하고 실험 등으로 결정한다.

17.4 흡착설비

흡착설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 흡착지의 면적과 지수는 1.6.3 여과면적과 지수 및 형상에 준한다.
- (2) 흡착지의 구조는 효과적인 흡착과 역세척이 가능하고 또 활성탄교체 등이 용이하도록 한다.
- (3) 집수장치는 편류가 없는 균등한 수류와 균등한 역세척, 그리고 활성탄의 지지 및 활성탄의 유출방지 등의 기능을 갖추어야 한다.

17.5 세척설비

세척설비는 다음 각 항에 적합하도록 한다.

- (1) 입상활성탄 재원(유효경 및 비중)에 따른 팽창율 확보 등 원활한 세척이 될 수 있도록 역세척 주변설비가 구성되어야 한다.
- (2) 세척수로는 활성탄처리수 또는 정수를 사용하고 필요한 수량, 수압 및 시간은 실험 등으로 결정한다.
- (3) 세척설비의 용량과 구조 등은 1.7.12 세척탱크와 세척펌프 등에 준한다.

17.6 저장설비, 계량설비 및 이송설비

- (1) 입상활성탄은 흡착능력이 없어지면 재생하거나 교체해야 하므로 신탄 또는 재생탄을 저장하는 설비를 설치해야 한다.
- (2) 신탄이나 사용종료탄 또는 재생탄을 검수하거나 계량하기 위하여 운반방식과 양에 적합한 계량설비를 설치한다.
- (3) 이송설비는 활성탄과 이송설비 자체의 마모를 최소한으로 억제하면서 원활하고 능률적으로 이송할 수 있는 설비로 한다.
- (4) 흡착지는 설비규모와 재생빈도에 따라 활성탄을 적절하게 충전하고 반출할 수 있도록 한다.

17.7 재생설비

입상활성탄의 재생은 처리수의 수질과 사용기간별 입상활성탄 재생시 회수율을 검토하여 가장 경제적인 재생시기(주기)를 결정한다.

- (1) 재생방안으로 외부 업체에 위탁재생하는 방안과 자가재생시설을 설치하는 방안이 있다.
- (1) 자가재생설비를 설치할 경우에는 다음 각 호에 적합하도록 한다.
 - ① 재생설비로는 재생로 본체, 저장설비, 계량설비, 제해설비, 연료공급설비 등으로 구성된다. 이들 설비를 계획할 때에는 설비규모, 운전방법, 입지조건 등을 충분히 고려하고 재생빈도에 대하여 여유가 있는 규모로 한다.
 - ② 재생로는 연간재생량과 운전조건을 고려하여 용량과 방식을 결정한다.
 - ③ 재생로에 부대하여 사용종료탄과 재생탄의 계량설비, 사용종료탄의 세척, 탈수설비, 배기가스 및 배출수처리설비, 연료 및 용수공급설비 등을 필요에 따라 설치한다.

18. 막여과시설

18.1 총칙

막여과(membrane filtration)란 막(membrane)을 여재로 사용하여 물을 통과시켜서 원수 중의 불순물질을 분리제거하고 깨끗한 여과수를 얻는 정수방법을 말한다. 정수처리 및 해수담수화와 초순수 제조의 전처리공정에 주로 사용되고 있는 막여과는 정밀여과와 한외여과가 있으며, 제거대상물질은 주로 탁도유발물질인 불용해성물질과 콜로이드성물질이다. 또한 나노여과 및 역삼투법은 용해성물질을 제거대상물질로 하며 단독 또는 고도정수처리와의 조합 등으로 최종여과수의 활용목적에 적합하도록 적용되고 있다.

18.1.1 정밀여과법(Micro filtration : MF)

정밀여과막모듈을 이용하여 부유물질이나 원충, 세균, 바이러스 등을 체거름원리에 따라 입자의 크기로 분리하는 여과법을 말한다. 입경 0.01 μm 이상의 영역을 분리대상으로 하며 분리성능은 마이크로미터 단위의 공칭공경으로 나타낸다.

18.1.2 한외여과법(Ultra filtration : UF)

한외여과막 모듈을 이용하여 부유물질이나 원충, 세균, 바이러스, 고분자물질 등을 제거를 원리에 따라 분자의 크기로 분리하는 여과법을 말한다. 분리성능은 분획분자량으로 나타낸다. 수처리에서는 초순수 제조의 전처리, 폐액·폐수처리, 배출수의 재이용 등에 사용하고 있다.

18.1.3 나노여과법(Nano filtration : NF)

한외여과법과 역삼투법의 중간에 위치하는 나노 여과막모듈을 이용하여 이온이나 저분자량 물질 등을 제거하는 여과법을 말한다.

18.1.4 역삼투법(Reverse Osmosis : RO)

물은 통과하지만 이온은 통과하지 않는 역삼투막모듈을 이용하여 이온물질을 제거하는 여과법을 말한다. 해수 중의 염분을 제거하는 해수담수화 역삼투법은 1.22을 참조하기 바란다.

이들 막을 사용한 분리법 및 성능기준은 막여과 정수시설의 설치기준에 대한 고시에 따라 <표 1.18.1>과 <표 1.18.2>와 같다. 단, 고시안이 개정되는 경우에는 최신 고시 내용을 따른다.

<표 1.18.1> 수도용 막의 종류 및 특징 등

사용막	여과법	분리경	제거가능 물질
정밀여과막(MF)	정밀여과법	공칭공경 0.01 μm 이상	부유물질, 콜로이드, 세균, 조류, 바이러스, 크립토스 포리디움 난포낭, 지아디아 난포낭 등
한외여과막(UF)	한외여과법	분획 분자량 100,000 Dalton 이하	부유물질, 콜로이드, 세균, 조류, 바이러스, 크립토스 포리디움 난포낭, 지아디아 난포낭, 부식산, 등
나노여과막(NF)	나노여과법	염화나트륨 제거율 5~93% 미만	유기물, 농약, 맛·냄새물질, 합성세제, 칼슘이온, 마그네슘이온, 황산이온, 질산성질소 등
역삼투막(RO)	역삼투법	염화나트륨 제거율 93 % 이상	금속이온, 염소이온 등
해수담수화 역삼투막(해수담수화RO)	역삼투법	염화나트륨 제거율 99 % 이상	해수중의 염분

<표 1.18.2> 수도용 막모듈의 성능 기준

항 목	정밀여과막모듈	한외여과막모듈	나노여과막모듈	역삼투막모듈	해수담수화 역삼투막모듈
여과성능	0.5 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$ 이상	0.5 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$ 이상	0.05 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$ 이상	0.05 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$ 이상	0.01 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{일}$ 이상
탁도 제거성능	0.05 NTU 이하	0.05 NTU 이하	—	—	—
염화나트륨 제거성능	—	—	5 ~ 93 %미만	93 % 이상	99 % 이상
내압성	누수, 파손 및 기타 외형에 이상이 없을 것				
미생물 제거성능	시료수에 대해서 형성된 집락수가 시료수 1mL 당 1010개 이하 일 것				
용출성	■ 시료수의 분석치와 대조수의 분석치의 차가 “막모듈 용출액 분석기준에 적합할 것”				

- 비고 : 1. 정밀여과막모듈 및 한외여과막모듈의 여과성능은 25 ℃, 막차압 100 kPa의 조건에서 보정한 값으로 한다.
2. 나노여과막모듈, 역삼투막모듈 및 해수담수화역삼투막모듈의 여과성능은 25 ℃, 유효압력(有效壓力) 1 MPa의 조건에서 보정한 값으로 한다.
3. 막모듈 성능기준인 탁도 제거성능은 정밀여과막모듈 및 한외여과막모듈에만 적용한다.
4. 막모듈 성능기준인 염화나트륨 제거성능은 나노여과막모듈, 역삼투막모듈, 해수담수화 역삼투막모듈에만 적용한다.

18.1.5 막여과시설에서는 다음의 정밀여과와 한외여과에 관하여 기술한다.

막여과법을 정수처리에 적용하는 주된 선정 이유는 아래와 같다.

- (1) 막의 특성에 따라 원수 중의 현탁물질, 콜로이드, 세균류, 크립토퓌리디움 등 일정한 크기 이상의 불순물을 제거할 수 있다.
 - (2) 정기점검이나 막의약품세척, 막의 교환 등이 필요하지만, 자동운전이 용이하고 다른 처리법에 비하여 일상적인 운전과 유지관리에서 에너지를 절약할 수 있다.
 - (3) 응집제를 사용하지 않거나 또는 적게 사용한다.
 - (4) 부지면적이 종래보다 적을 뿐 아니라 시설의 건설공사기간도 짧다.
- 막여과는 특히 어느 크기 이상의 물질을 제거하는 경우에는 안정성이 높은 제거율을 보이고 있으므로, 현탁물질 이외의 용해성 물질이 거의 포함되지 않은 원수에 적합하나 분말활성탄 또는 응집제를 사용한 조합공정을 통해 용해성물질을 제거할 수 있다.

18.1.6 에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (1) “막모듈”이란 일정 개수의 막을 일정형태의 용기 안에 설치하여 일체화 또는 용기 안에 설치하지 않고 일정 개수의 막을 묶음형태로 일체화하여 여과 기능을 할 수 있도록 만든 것을 말한다.
- (2) “수도용 막모듈”이란 수도용 막으로서 제1호와 같이 제작한 정밀여과막모듈, 한외여과막모듈, 나노여과막모듈, 역삼투막모듈, 해수담수화 역삼투막모듈을 말한다.
- (3) “계열”이란 제2호의 수도용 막모듈과 여과수를 생산하는 펌프로 이루어져 독립된 여과기능을 나타내는 것을 말한다.
- (4) “수도용 막여과공정”이란 원수공급, 펌프, 막모듈, 세척, 배관 및 제어 설비 등으로 구성된 일련의 정수처리 과정으로, 수도에 사용되는 정밀여과공정, 한외여과공정, 나노여과공정, 역삼투공정 및 해수담수화 역삼투공정을 말한다.
- (5) “막여과 회수율”이란 막여과공정의 막공급 원수량에 대하여 여과수량 중에서 막모듈의 세척에 사용되는 여과수량을 제외하여 백분율(%)로 나타낸 값을 말한다.
- (6) “공칭공경(公稱孔徑, Nominal pore size)”이란 정밀여과막의 공경을 직접 측정하는 것이 곤란하여 버블포인트법, 수은압입법, 지표균 등을 이용한 간접법으로 분리성능을 마이크로미터(μm) 단위로 나타낸 것을 말한다.
- (7) “분획분자량(分割分子量, Molecular weight cutoff)”이란 한외여과막의 공경을 직접 측정하는 것이 곤란하여 간접적으로 측정하고 분리성능을 분자량의 단위인 달톤(Dalton)으로 나타내는 지표로서 분자량을 알고 있는 물질의 배제율(排除率)이 90퍼센트(%)가 되는 분자량을 말한다.
- (8) “배출수”란 물, 공기, 약품 등을 이용하여 막의 표면에 부착된 오염물질을 제거할 때 발생하는 세척수 혹은 세척수가 포함된 농축수가 막모듈 밖으로 배출된 것을 말한다.

- (9) “농축수”란 막공급 원수가 막을 투과하지 않고 농축된 것을 말한다.
- (10) “공정수”란 정수시설을 구성하는 공정에서 소독공정을 제외한 각 단위공정의 처리수를 말한다.

18.2 막여과 정수시설

18.2.1 막여과정수시설의 설치시 검토사항

- (1) 막여과 정수시설은 환경부에서 고시한 막여과 정수시설의 설치기준에 따라 설치한다. 단, 고시안이 개정되는 경우에는, 최신 고시 내용을 따른다.
- (2) 「상수원관리규칙」 제25조 제1항 “원수의 수질검사기준”에 따라 실시한 과거 3년간의 원수수질검사 결과를 검토하여야 한다.
- (3) 장래 원수 수질변화가 예측되는 경우는 그 대응 방안을 마련하여야 한다.
- (4) 신설하는 막여과 정수시설 및 기존 정수시설을 개량하여 막여과 정수시설을 설치하고자 할 경우에는 막여과 정수시설의 안정성을 검토하여야 한다.
- (5) 제1호부터 제2호까지 검토 결과, 막여과공정 단독으로 정수를 생산하여 먹는 물 수질기준의 초과가 예상되는 경우에는 다른 정수공정과의 조합을 고려해야 한다.
- (6) 건설비, 유지관리비등을 포함한 경제성을 고려해야 한다.

18.2.2 시설능력

- (1) 계획 정수량은 계획 1일 최대급수량을 기준으로 하고, 그 외 작업용수와 기타용수 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 막여과 정수시설은 개량, 보수 및 사고에 의해 일부 기능이 정지한 경우에도 통상의 급수에 영향을 주지 않도록 시설을 구성하여야 한다.

18.2.3. 계열구성

- (1) 막여과 정수시설의 계열 수는 2계열 이상으로 구성하는 것을 원칙으로 하며, 각 계열 및 시설의 여과수에는 연속측정식 탁도계 등을 설치하여야 한다.
- (2) 막여과 정수시설의 계열 수를 2계열 이상으로 구성하기가 곤란한 경우에는 기기 고장이나 사고로 급수에 지장이 생기지 않도록 상시 예비기기나 예비모듈을 확보하여야 한다.
- (3) 계열의 구성에는 막의 손상을 감지하기 위하여 막모듈의 압력유지시험(Pressure Decay Test)등 직접완결성시험 감시설비를 설치하여야 한다.

18.2.4 공정구성

- (1) 막여과 정수시설은 막모듈을 이용하여 여과하는 공정과 소독제를 이용하여 소독하는 공정을 기본공정으로 구성한다.
- (2) 막여과공정은 원수공급, 펌프, 막모듈, 세척, 배관 및 제어설비 등으로 구성되며, 막의 종류, 막여과 면적, 막여과 유속, 막여과 회수율 등은 원수수질 및 여과수의 수질기준과 시설의 규모 등을 고려하여 결정하여야 한다.

- (3) 막여과 정수시설은 필요에 따라 배출수처리설비를 설치하여야 하며, 막모듈의 보호 및 여과수의 수질 향상을 위해 별도의 전·후처리 설비를 설치할 수 있다.

18.2.5 충분한 안전과 환경대책수립

18.3 전처리설비

막여과 정수시설의 전처리는 원수수질과 처리목표수질 등을 감안하여 필요에 따라 적절한 방법을 선정한다.

- (1) 원수내 협잡물 제거를 위한 스크린이나 스트레이너설비
- (2) 원수내 탁질 및 유기물 제거를 위한 응집, 침전, 여과설비
- (3) 원수내 철, 망간 등의 산화를 위한 전염소 또는 전오존 주입설비
- (4) 원수내 맛·냄새물질 등 미량유기물 등을 제거를 위한 분말활성탄 주입설비
- (5) 수소이온농도(pH) 및 응집효율 제어를 위한 약품 주입설비
- (6) 기타 막모듈 보호 및 여과수질 향상을 위한 전처리설비

18.4 막과 막모듈

막과 막모듈은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 막과 막모듈은 수도용 막모듈 성능인증을 받은 막모듈 중 처리성능, 내구성, 내약품성 및 위생성 등을 고려하여 선정한다.
- (2) 통수방식은 처리대상 원수의 성상이나 세척방식, 막의 특성을 고려하여 선정한다.
- (3) 막모듈은 점검과 교환이 용이한 것으로 한다.

18.5 막여과설비

막여과설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 회수율은 취수조건이나 막공급수질, 역세척, 세척배출수처리 등의 여러 가지 조건을 고려하여 효율성과 경제성 등을 종합적으로 검토하여 설정한다.
- (2) 막여과유속(flux)과 막의 면적은 다음 각 항에 의한다.
 - ① 막여과유속은 다음 조건과 경제성 및 보수성을 종합적으로 고려하여 적절한 값을 설정한다.
 - 가. 막의 종류
 - 나. 막공급의 수질과 최저수온
 - 다. 전처리설비의 유무와 방법
 - 라. 입지조건과 설치공간
 - ② 막면적은 여과수량과 막여과유속으로부터 다음 식으로 산출한다.

$$\text{막면적}(\text{m}^2) = \frac{\text{여과수량}(\text{m}^3/\text{d})}{\text{막여과유속}[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]}$$

- (3) 막여과방식과 운전제어는 다음 각 항에 의한다.

- ① 막여과방식은 막공급수질이나 막의 종별 등의 조건을 고려하여 최적의 방식을 선정한다.
- ② 구동압방식과 운전제어방식은 구동압이나 막의 종류, 배수(配水)조건 등을 고려하여 최적 방식을 선정한다.
- ③ 막여과설비의 운전은 자동운전을 원칙으로 한다.

18.6 후처리설비

막여과 정수시설의 후처리는 처리목표수질에 따라 다음과 같은 적절한 방법을 선정한다.

- (1) 맛·냄새물질 및 미량오염물질 제거를 위한 오존, 활성탄 설비
- (2) 기타 여과수질 향상을 위한 설비

18.7 막세척과 배출수처리

막세척과 배출수처리는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 막의 성능회복을 위한 물리적 세척과 약품세척은 다음 각 호에 따른다.
 - ① 물리적 세척은 막재질이나 구조, 막모듈, 여과방식, 운전제어방식 등 각각의 방식에 알맞은 세척방법을 선정한다.
 - ② 약품세척은 오염물질의 종류와 오염정도를 파악하여 유효한 세척방법을 선택한다.
 - ③ 약품세척에 사용하는 약품은 위생적으로 지장이 없는 것을 사용한다.
- (2) 막여과 정수시설에서는 물리적 세척배출수와 약품세척폐액(약품세척을 정수장 내에서 하는 경우) 등을 적절하게 처리하기 위하여 필요한 처리설비를 설치한다.
 - ① 물리세척 및 약품세척 배출수와 농축수는 「수질 및 수생태계보전에 관한 법률」 제32조 및 「폐기물관리법」 제18조에 적합하게 처리하여야 한다.
 - ② 막모듈의 오염을 세척할 목적으로 약품세척을 실시하여 발생한 약품세척 배출수는 회수하여 막여과 정수시설의 원수로 사용할 수 없다.
 - ③ 제2호의 배출수 외에 발생하는 배출수는 전처리로 응집·침전설비 등 응집을 부가한 탁질제거설비를 설치한 막여과 정수시설의 경우에는, 회수하여 원수로 사용하거나 막여과공정으로 처리하여 통수시킬 수 있다.
 - ④ 제3호의 막여과정수시설 외의 시설에서 발생하는 배출수는, 원수보다 양호하게 한 경우에는, 회수하여 원수로 사용하거나 막여과공정으로 처리하여 통수시킬 수 있다.

18.8 기계·전기설비

막여과시설의 기계 및 전기설비에 대해서는 8.기계 및 전기·계측제어설비에 따르며, 그 외의 다른 것은 다음 각 항에 따른다. 또 계측제어설비는 8.11 계측제어용 기기 및 8.13.14 막여과설비에 따른다.

- (1) 펌프류는 다음 각 호에 따른다.
 - ① 펌프류는 여과방식과 구동압을 고려하여 적절한 기종, 용량 및 대수를 선정한다.
 - ② 펌프류는 원칙적으로 예비기를 둔다. 다만, 계통마다 예비기를 설치하는 것은 각 계통의 처리능력 등을 고려하여 필요성을 검토한다.

- ③ 막여과수 공급펌프(원수 또는 순환펌프)의 양정은 막과 막모듈의 내압을 충분히 고려하여 선정한다.
- ④ 고압펌프의 가동에 의해 발생하는 진동의 방지방법에 대해 고려한다.
- (2) 공기공급설비(조작·세척용)는 다음 각 호에 의한다.
 - (1) 공기압축기(compressor, 블로어 포함)류는 조작방식과 세척방식 등을 고려하여 적절한 기종, 용량 및 대수를 선정한다.
 - (2) 공기압축기는 원칙적으로 예비기를 둔다.
 - (3) 공기공급탱크의 용량은 긴급할 때의 조작 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 전기설비는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 제어장치나 원격제어장치 등 무정전화가 필요한 기기를 설치하는 경우에는 무정전전원장치(직류전원 또는 UPS)를 설치한다.
 - ② 주전원이나 제어전원 등은 계열마다 상용과 예비로 분할한다.
 - ③ 정전 등에 의한 막여과설비의 운전정지시의 대책을 기재한다.

18.9 부속설비

원수조나 세척수조 등의 부속설비에는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 원수조는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 막여과시설에는 원칙으로 원수조를 설치한다.
 - ② 원수조는 유지관리를 고려하여 2조 이상으로 분할하는 것이 바람직하다.
 - ③ 원수조에 약품을 주입하는 경우에는 약품을 충분히 혼화시킬 수 있는 구조 또는 교반장치를 설치한다.
- (2) 세척용수와 장내용수 등에 사용하는 세척수조는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 세척수조는 막재질이나 세척방식 등을 고려하여 설치하는 것을 검토한다.
 - ② 세척수조는 위생적이고 필요한 용량을 가진 것으로 한다.
- (3) 약품조는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 약품조는 저장하는 약품에 내구성이 있는 재질을 사용하고 내진성도 고려한다.
 - ② 정수처리에 사용하는 약품조는 기본적으로 2조 이상으로 설치한다.
- (4) 배관이나 밸브류는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 배관류는 조작압력이나 설치환경 등을 고려하여 장시간 사용에 견디는 재질구조의 배관을 선정한다.
 - ② 절체 등 자동제어에 사용하는 밸브류는 신뢰성과 보수성 등을 고려하여 적절한 기종과 구동방식의 밸브를 선정한다.
 - ③ 밸브류의 설치장소는 유지관리를 충분히 고려하여 적절한 장소에 설치한다.
 - ④ 한랭지에서는 필요한 부분에 동결방지 조치를 강구한다.

18.10 유지관리

막여과 시설의 유지관리는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 시설의 안전관리에 관한 사항
- (2) 막의 종류, 사용조건, 취급방법 등 막모듈에 관한 사항
- (3) 운전방법, 약품세척, 배출수처리, 완결성 시험 등 운전에 관한 사항
- (4) 시설의 감시, 비상 시 대책, 예비품의 보관 등 유지관리에 관한 사항
- (5) 기타 시설의 유지관리에 필요한 사항
 - ① 막여과 정수시설은 적절한 유지관리를 통하여 설치 초기의 성능 및 수질기준 등이 설계 목표 연도까지 항상 유지되도록 조치하여야 한다.
 - ② 사용하지 않은 막모듈을 보관하거나 막여과 설비에 장착한 채 장기간 운전을 중지할 경우에는 미생물이 번식되지 않도록 보관하여야 한다.
 - ③ 막모듈은 동결이나 기계적인 충격에 의해 파손되지 않도록 예방조치를 강구하여야 한다
 - ④ 일반수도사업자 또는 발주자는 막여과 기능을 상실한 폐막모듈의 적정처리 및 재활용 등에 대해 고려하여야 한다.

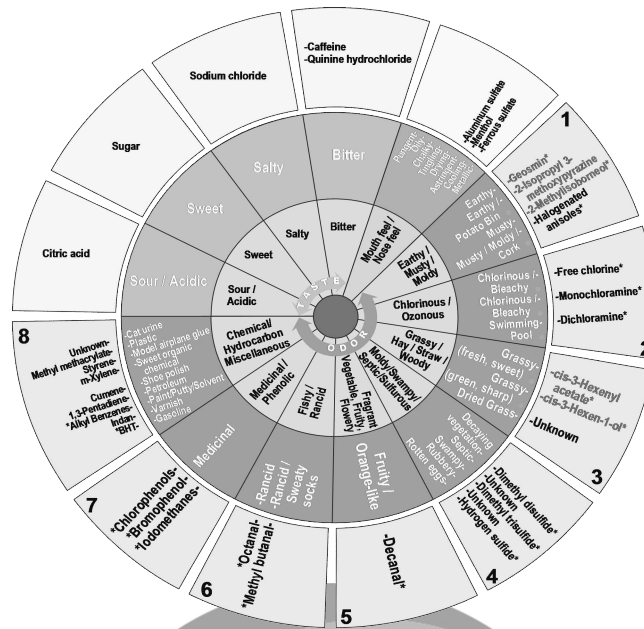
19. 맛·냄새 제거

19.1 총칙

물에 맛·냄새가 있을 경우에는 이를 제거하기 위하여 맛·냄새의 종류에 따라 폭기, 염소처리, 분말 또는 입상활성탄처리, 오존처리 및 오존·입상활성탄 처리를 한다.

19.2 맛·냄새 원인물질

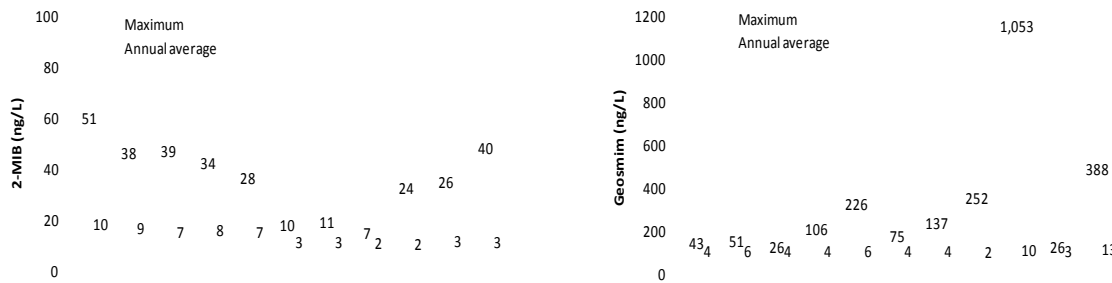
상수도에서 맛·냄새 문제는 자연 발생적인 것과 인위적인 것으로 구분된다. 맛·냄새 문제는 원인 물질이 다양하고, 이들의 생성경로가 복잡하며, 정성적인 분석이 용이하지 않다는 특징을 지니고 있다. 특히, 지표수는 조류와 방선균에 기인한 맛·냄새와 수질사고에 의한 맛·냄새에 노출되어 있으며, 계절에 따른 맛·냄새 변동 폭이 크다. 또한, 맛·냄새 원인물질은 원수뿐만 아니라, 정수와 급배수 등 모든 단계에서 발생될 수 있다. 지하수의 경우에도 철과 망간, 그리고 황화수소에 의한 맛·냄새 문제가 야기되기도 한다.



[그림 1.19.1] 상수도의 맛·냄새 종류 및 원인물질(출처 : IAWPRC)

국내는 호소수의 부영양화에 의한 조류 개체수 증가로 맛·냄새가 발생하는 사례가 급증하고 있다. 수도권 최대 상수원인 팔당호의 경우 겨울과 봄에는 규조류, 초여름부터 가을까지 남조류, 그리고 봄철에 녹조류 및 편모조류가 일시 우점하는 현상을 보이고 있다. 특히 장마 이후 수체가 안정화되면 녹조류 및 편모조류에서 남조류로 우점조류의 천이가 일어나 가을까지 출현하며 여름철 강우 패턴에 따라 매년 남조류의 발생량은 다르게 나타난다. 맛·냄새 유발 조류의 점유율은 전체 조류의 3/4 정도를 차지하며 여름철 강우기간을 제외하고는 맛·냄새 문제가 연중 지속되는 것으로 보고되었다.

[그림 1.19.2]는 2004년부터 2014년까지 서울시 한강원수의 geosmin, 2-MIB 발생현황이다. 최근 한반도에도 기후변화에 따라 심각한 조류독조현상과 갈수기가 발생되고 있으며 2012년에는 한강에 유사 이래 가장 심각한 독조현상이 발생되어 지오스민이 1,000ng/L 이상 증가하는 사태가 발생되었으며, 맛·냄새발생시기 역시 불규칙해지는 경향을 나타내고 있어 향후 계속적으로 정수처리에 어려움이 있을 것으로 전망되며, 이에 대한 해결책으로 서울시를 비롯한 수도권 정수장에서 고도 정수처리 도입이 활발해지고 있다.



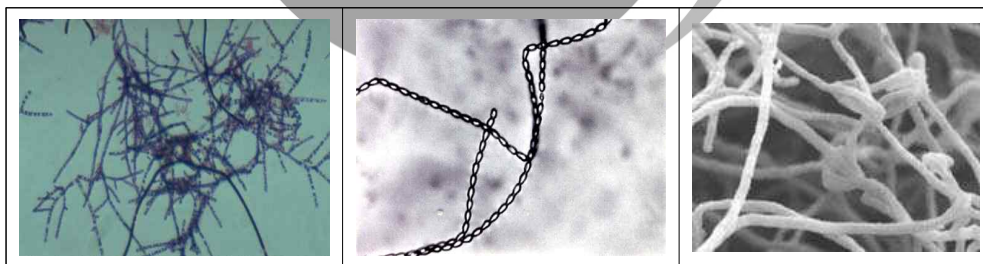
[그림 1.19.2] '04~'14년 서울시 원수 geosmin, 2-MIB 발생현황 (출처 : 서울 물연구원)

(1) 생물학적인 발생원

① 방선균(actinomycetes)

방선균은 섬유상 세균으로 토양에 널리 분포하며, 빛물에 의해 상수원에 유입된다. 방선균 중 일부는 항생제 제조에 이용되며, 자연 상태에서 섬유질을 분해하는 중요한 역할을 수행한다. 일반적으로 호소 내 퇴적물과 수초에서 분포하며, 살아있는 식물세포의 표면이나 내부에서도 성장할 수 있다. 또한, 혐기성 및 호기성으로 구분된 생태주기를 갖는데, 호기성일 때 맛·냄새 물질을 발산하는 것으로 알려져 있다.

방선균이 흙냄새의 원인이라는 것은 Geber(1829)가 방선균에서 geosmin을 분리함으로서 확인 되었으며, 이후 2-isopropyl-3-methoxy pyrazine(IPMP)와 같은 맛·냄새 물질이 방선균에서 추가 분리되었다. 일반적으로 방선균은 포자상태로 존재할 때는 냄새를 내지 않는 것으로 알려져 있다.



[그림 1.19.3] 방선균(actinomycetes)

② 조류(algae)

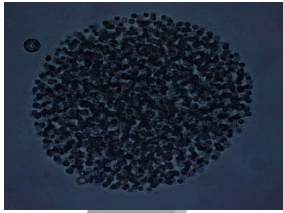
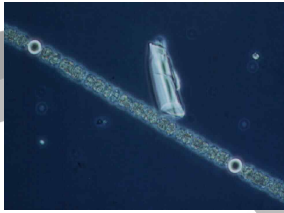
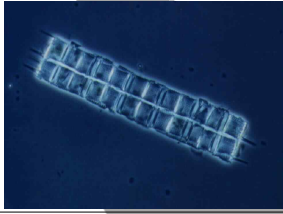
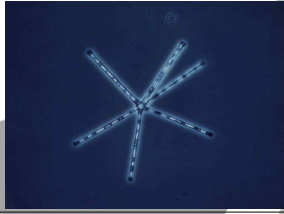
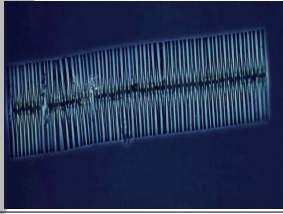
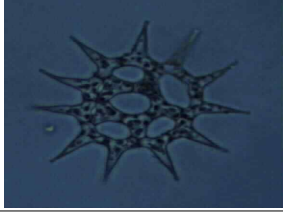
맛·냄새와 관련된 조류는 원핵세포인 남조류(Cyanophyceae), 진핵세포인 편모조류, 규조류(Bacillariophyceae)이다. 남조류 중에서 Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria, 그리고 Phormidium에 속하는 종들이 가장 심하게 냄새를 유발한다. 이들 남조류에 의해 생성되는 냄새는 종과 밀도, 생존여부에 따라 차이는 있지만, 주로 흙/곰팡이냄새, 풀냄새 혹은 부패냄새이다. 편모조류 가운데 냄새와 관련되어 가장 잘 알려진 속은 Dinobryon, Synura, Uroglena, 그리고 Uroglenopsis이며, 수화(bloom)가 발생하면 주로 물고기 비린내가 난다. Asterionella, Cyclotella, 그리고 Tabellaria가 냄새와 관련된 대표적인 규조류이며, 편모조류와

함께 대부분 비린내를 유발한다. 냄새와 관련된 편모조류는 Ceratium과 Peridinium이며, 이들은 비린내와 함께 가끔은 부패냄새를 유발한다. 한편, 몇몇 녹조류도 비린내를 유발하는 것으로 보고되고 있다. <표 1.19.1> <표 1.19.2> 및 <표 1.19.3>에 대표적인 조류 종과 조류와 관련된 주요 맛·냄새 물질의 특성을 나타내었다.

③ 황산염 환원균(sulfate reducing bacteria)

황산염 환원균은 그람 음성의 혐기성 세균으로 육수와 해수, 유기물이 풍부한 토양, 지하수와 기름 및 천연가스 유정, 그리고 하수 등에 널리 분포한다. 대표적인 속은 Desulfovibrio와 Desulfotomaculum이며, 이들은 황산염을 황화수소(H₂S)로 환원시키면서 에너지를 얻는다. 계란 썩는 냄새로 묘사되는 황화수소는 종종 지하수에서 문제가 되기도 하고, 성충화된 호수의 무산소층에서 검출되기도 한다.

<표 1.19.1> 대표적인 상수원 조류종

남조강			
	<i>Microcystis sp.</i>	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Oscillatoria sp.</i>
규조강			
	<i>Aulacoseira sp.</i>	<i>Asterionella sp.</i>	<i>Fragilaria sp.</i>
녹조강			
	<i>Pediastrum sp.</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>	<i>Eudorina sp.</i>

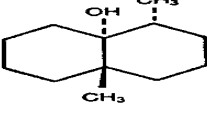
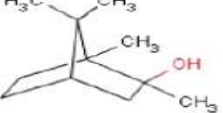
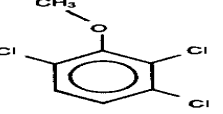
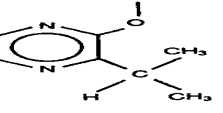
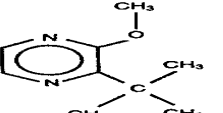
(출처 : 한강 물환경연구소)

<표 1.19.2> 조류중에 따른 냄새 종류 및 발취농도

구분	조 류 종		냄새발생 조류수/mL		맛냄새	
			세포수	군체수		
방 향 취	규조강	<i>Asterionella</i>	3,000	100~300 3,000	방향취→약미취→비린내	
		<i>Cyclotella</i>	2,200		방향취→비린내	
		<i>Diatoma</i>			방향취	
		<i>Fragilaria</i>			방향취→곰팡내	
		<i>Melosira</i>			방향취→곰팡내	
풀 냄 새	남조강	<i>Anabaena</i>	5,300	200	풀냄새→곰팡내→돼지우리냄새	
		<i>Aphanizomenon</i>	6,600	200	풀냄새→곰팡내→부패냄새	
		<i>Nostoc</i>		3,000	풀냄새→곰팡내→부패냄새	
		<i>Oscillatoria</i>	53,000		풀냄새→곰팡내→약미취	
		<i>Microcystis</i>	35,000		풀냄새→곰팡내	
	규조강	<i>Synedra</i>	3,000		풀냄새→곰팡내	
	녹조강	<i>Actinastrum</i>	200	80	풀냄새→곰팡내	
		<i>Closterium</i>			풀냄새	
		<i>Cosmarium</i>			풀냄새	
		<i>Pediastrum</i>			풀냄새→오이냄새→비린내	
		<i>Scenedesmus</i>			풀냄새→곰팡내	
		<i>Spirogyra</i>			풀냄새	
비 린 내	규조강	<i>Tabellaria</i>	750		비린내	
		녹조강	<i>Chlamydomonas</i>	3,600		곰팡내→비린내,부패냄새
			<i>Dictyosphaerium</i>	200		풀냄새→비린내
			<i>Eudorina</i>			비린내
			<i>Pandorina</i>			비린내
	<i>Volvox</i>			비린내		
	황색 편모조강	<i>Dinobryon</i>	3,400	1	제비꽃냄새→비린내	
		<i>Mallomonas</i>	450		방향취→제비꽃냄새→비린내	
		<i>Synura</i>			약미취,오이냄새→페론향→비린내	
		<i>Uroglena</i>			간유취→오이냄새→비린내	
와편모 조강	<i>Ceratium</i>	200		비린내→부패냄새		
	<i>Glenodinium</i>			비린내		
	<i>Peridinium</i>			오이냄새→비린내		
갈색편모 조강	<i>Cryptomonas</i>	1,200		비린내		

(출처 : 국립환경연구원)

<표 1.19.3> 조류와 관련된 주요 맛냄새 물질의 특성

분자구조	일반명	화학명	분자량	화학식	발생냄새
	Geosmin	trans-1,10-dimethyl trans-9-decalol	182	C ₁₂ H ₂₂ O	흙냄새 곰팡이냄새
	2-MIB	2-methyl isoborneol	168	C ₁₁ H ₂₀ O	흙냄새 곰팡이냄새
	TCA	2,3,6-trichloro anisole	212	C ₇ H ₅ OCl ₃	곰팡이냄새
	IPMP	2-isopropyl 3-methoxy pyrazine	152	C ₈ H ₁₂ ON ₂	흙냄새 곰팡이냄새
	IBMP	2-isobutyl 3-methoxy pyrazine	166	C ₉ H ₁₄ ON ₂	흙냄새 곰팡이냄새 풀냄새

(1) 산업활동 및 강우유출과 관련된 발생원

산업체에서 원료로 사용되거나 생산되는 화학물질은 종종 지하수를 통하여 하천으로 유입되며, 가끔은 사고에 의해 유출되기도 한다. 강우에 의해 수계로 유입되는 영양물질과 각종 오염물질도 직·간접적으로 맛·냄새에 영향을 미친다. 강우에 의해 유입된 휴믹물질(humic material)은 정수과정에서 이산화염소나 결합염소와 반응하면 냄새가 심한 알데히드(aldehyde)로 변한다는 보고도 있다. 강우에 의해 유입되는 영양물질은 조류 개체수 증가를 초래하며, 이로 인해 맛·냄새 문제가 발생한다. 한편, 수계로 방류되는 도시하수에 존재하는 각종 화합물도 맛·냄새에 영향을 미친다.

(2) 정수공정과 관련된 발생원

정수공정에서도 냄새유발 물질이 형성될 수 있는데, 대표적인 공정이 염소소독과 오존산화공정이다. <표 1.19.4>는 염소소독 과정에서 생성되는 각종 염소화합물의 맛·냄새 임계치이다. 또한, 염소소독 과정에서는 알데히드, 페놀과 2-클로로페놀, 그리고 THM(trihalomethane)과 같은 화합물이 생성되는데, 이들도 맛·냄새를 유발한다. 오존은 원수에 존재하는 맛·냄새를 제거하는데 탁월한 능력이 있지만, 오존 산화반응 동안에 생성되는 각종 부산물인 지방족 및 방향족 알데히드는 주로 과일과 오렌지 향기를 낸다. 오존반응에서 생성되는 냄새는 활성탄 흡착공정에 의해 쉽게 제거된다.

<표 1.19.4> 염소산화에서 생성되는 염소화합물의 맛·냄새 임계농도

염소화합물	냄새 임계농도	맛 임계농도
HOCl	0.28 mg/L	0.24 mg/L
OCI ⁻	0.36 mg/L	0.30 mg/L
NH ₂ Cl	0.65 mg/L as Cl ₂	0.48 mg/L as Cl ₂
NHCl ₂	0.15 mg/L as Cl ₂	0.13 mg/L as Cl ₂
NCl ₃	0.02 mg/L as Cl ₂	-

출처 : Suffet 등

(4) 급수관망과 관련된 발생원

소비자들의 심미적인 기호를 만족시키기 위해서는 급수관망에서 발생하는 맛·냄새의 발생을 최소화 하는 것이 중요하지만, 관망에서의 맛·냄새는 주로 일시적으로 발생하기 때문에 맛·냄새 발생 기작을 정확히 이해하기 어렵다. 일반적으로 관망에서 발생하는 맛·냄새는 미생물의 재성장(biofilm), 관망에 잔류하는 소독제와 그 부산물, 관 내부 코팅제에서 발생하는 유기물, 그리고 합성수지 파이프에 의한 것 등으로 분류된다.

19.3 맛·냄새 물질의 제거

(1) 폭기

폭기(Aeration)는 황화수소와 같은 휘발성 유기화합물(VOCs) 제거에 주로 활용된다. 제거원리는 액체에 작은 공기방울을 넣어 물속의 휘발성 물질을 공기방울로 이동시킨 다음 대기중으로 방출시키는 것이다. 휘발성 유기화합물은 고유의 헨리상수를 갖고 있어 액체 표면으로부터 휘발되는 정도가 서로 다르다. 맛·냄새 물질인 geosmin과 2-MIB의 헨리상수는 25 °C에서 각각 8.9×10^{-6} , 1.18×10^{-5} m³-atm/mol으로 벤젠 5.28×10^{-3} m³-atm/mol, TCE 1.71×10^{-2} m³-atm/mol 등에 비하면 작은 값이나 휘발성을 갖고 있기 때문에 탈기에 의한 제거가 가능하다. 상수원에서 흙냄새와 곰팡이 냄새 유발물질인 geosmin, 2-MIB의 탈기에 의한 제거효율은 클로로포름의 약 1/50 정도라는 보고도 있다. 또한, 분말활성탄 주입과 30분 이상의 폭기를 병행할 경우 냄새 유발물질의 제거효율을 향상시킬 수 있는 것으로 보고된다.

(2) 염소처리법

염소처리는 다양한 냄새의 제거와 마스킹(masking)에 효과가 있지만, 곰팡이 냄새의 제거에는 효과가 없는 것으로 알려져 있다. 페놀류는 염소로 분해할 수 있지만, 염소와 반응하여 2-클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀 등이 생성되며, 생성된 페놀 화합물의 냄새는 페놀보다 최대 10,000배, 맛은 최대 1,000배 강한 것으로 보고되고 있어 주의가 필요하다. <표 1.19.5>에 페놀화합물의 맛·냄새와 맛의 임계농도를 나타내었다.

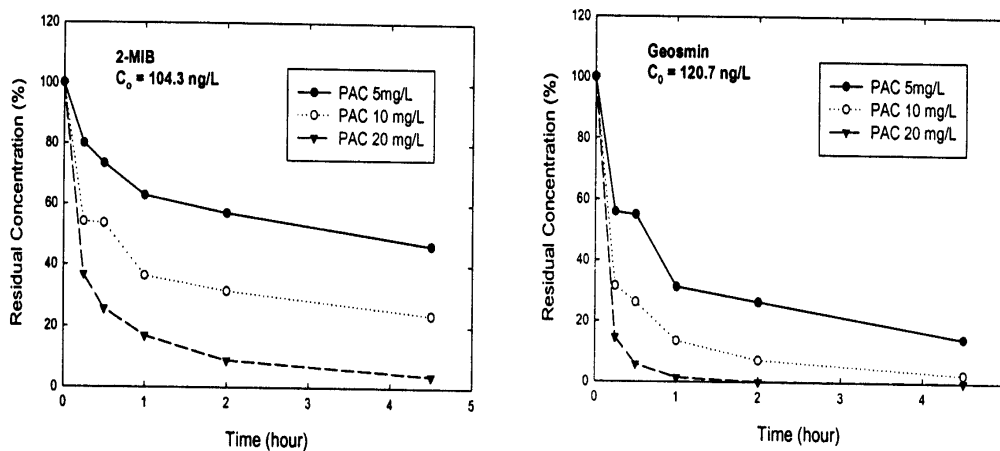
<표 1.19.5> 페놀화합물의 맛·냄새 임계농도 (단위 : mg/L)

종 류	냄 새	맛
페 놀	1	0.1
2-클로로페놀	0.0001~0.001	0.001
2,4,6-트리클로로페놀	0.1	0.001

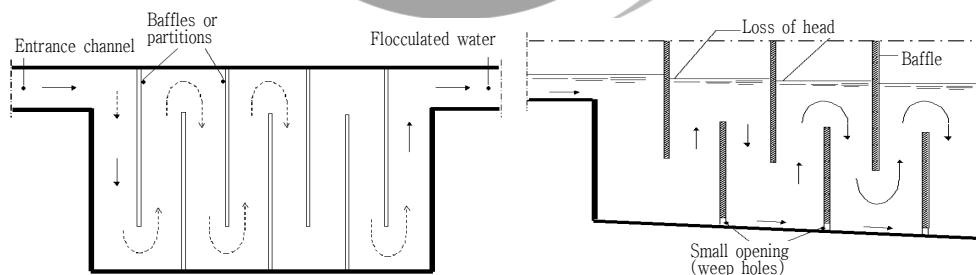
(3) 분말활성탄 처리법

분말활성탄 처리는 각종 맛·냄새 물질을 효과적으로 제거할 수 있는 방법으로 많은 정수장에서 오랫동안 활용되고 있다. 통상 분말활성탄 주입율 10 mg/L, 접촉시간 1시간에서 2-MIB, geosmin의 제거율은 각각 60 %, 85 % 정도다. 또한, 분말활성탄 투입일수가 연간 3개월을 초과하는 경우에는 입상활성탄 공정으로의 전환을 고려하여야 한다. [그림 1.19.4]에 분말활성탄에 의한 2-MIB, geosmin 제거효율을 나타내었다.

분말활성탄처리에서 교반강도(혼합정도)와 접촉시간은 맛·냄새 물질의 흡착능에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 충분한 교반강도를 유지하기 위하여 기계 교반장치를 사용하나, 수리학적 에너지를 이용할 수 있다. 기계교반은 유량, 수온 그리고 원수의 수질에 따라 교반강도를 쉽게 조절할 수 있는 장점이 있다. 수리학적 에너지를 이용한 교반은 교반강도가 유량의 함수이기 때문에 임의로 조절하기가 어렵고, 수두손실이 생기며, 청소가 쉽지 않은 단점이 있다. [그림 1.19.5]은 수리학적 에너지를 이용한 교반조의 구조를 나타낸다.



[그림 1.19.4] 분말활성탄(역청탄)에 의한 2-MIB, geosmin 제거효율(출처 : 홍성호 등)



[그림 1.19.5] 수리학적 에너지를 이용한 교반시설 구조

(4) 입상활성탄 처리법

입상활성탄 흡착은 제거하고자 하는 대상물질에 따라 활성탄 흡착지에서의 파과특성이 다르게 나타나기 때문에 입상활성탄 도입목적을 달성하기 위하여 최적의 운전방법을 도출하여야 한다.

혼화·응집 공정에서 자연유기물질(NOM) 제거율을 높일 경우 입상활성탄 흡착성능 향상과 사용기간을 연장시킬 수 있는 것으로 보고된다.

활성탄 재질별 geosmin과 2-MIB의 최대 흡착량은 석탄계 재질의 활성탄이 가장 우수한 것으로 보고된다. 또한, 입상활성탄 공정은 물리적 흡착 기능 외에 미생물의 활성화를 통해 생물학적으로 맛냄새 물질을 제거할 수 있다. 수온이 상승하면 geosmin과 2-MIB의 제거율이 증가하며, 5℃ 이하의 낮은 온도에서는 생물학적인 처리효율이 저하된다. 통상 입상활성탄 흡착지에서의 미생물 활성화 기간은 조건에 따라 다르지만 4~8주 정도로 보고된다.

(5) 오존처리

오존은 강력한 산화제로서 다양한 맛냄새 물질의 제거에 효과적이다. 오존에 의한 맛냄새 물질 제거는 주입 오존 농도와 자연유기물(NOM), 알칼리도 및 수온 등 원수 특성에 의하여 영향을 받는다. 대표적 맛냄새 물질인 geosmin, 2-MIB의 제거시 오존 주입량에 따라 geosmin 제거율은 1 mg/L에서 32~45 %, 2 mg/L에서 49~60 %, 2-MIB는 1 mg/L에서 31~39 %, 2 mg/L에서 42~50 %의 제거율을 나타내며 동일한 오존 주입율에서 geosmin의 제거율이 2-MIB에 비하여 더 높은 것으로 보고된다. <표 1.19.6>에 오존에 의한 2-MIB와 geosmin 처리효율을 나타내었다.

원수의 자연유기물(NOM) 농도는 오존 분해속도에 영향을 미친다. 2-MIB와 geosmin의 제거는 주로 OH 라디칼을 통해서 이루어지며, OH 라디칼의 형성은 자연유기물(NOM)과 오존의 반응하에서 촉진된다. 따라서, 높은 오존 요구량을 가지는 원수는 높은 농도의 OH 라디칼을 형성시켜 제거율을 증가시킨다. 알칼리도 물질인 탄산염(CO₃²⁻), 중탄산염(HCO₃⁻)은 오존과 직접적인 반응을 하지 않으나, OH 라디칼의 소모제(scavenger)로 작용하여 오존의 분해를 안정화시켜 2-MIB와 geosmin의 제거효율을 감소시킨다.

최근에는 오존과 과산화수소(H₂O₂)를 동시에 주입하여 산화력을 크게 향상시킨 고도산화(AOP, advanced oxidation process) 공정이 오존 단독처리보다 geosmin, 2-MIB 제거효율이 높은 것으로 보고된다.

[표 1.19.6] 오존에 의한 2-MIB와 geosmin 처리효율

구 분	오존주입농도(mg/L)	접촉시간 5분	접촉시간 10분	접촉시간 15분
Geosmin	1	32.4 %	39.8 %	45.3 %
	2	48.6 %	54.0 %	60.3 %
2-MIB	1	31.3 %	34.3 %	39.2 %
	2	41.7 %	46.5 %	50.0 %

출처 : 한국수자원공사

(6) 오존·입상활성탄 처리

국내에는 대부분 맛.냄새물질 처리를 위해 오존과 입상활성탄을 조합한 고도처리공정을 도입하고 있으며, 최근 국내 고도처리현황 및 세부시설제원을 <표 1.19.8>에 나타내었다. 오존·입상활성탄 처리는 오존공정에 입상활성탄 흡착공정을 조합한 것으로 오존의 산화력뿐만 아니라 활성탄의 흡착능력을 이용할 수 있는 장점이 있다. 서울시 등 한강수계에서의 실제 운영사례를 보면 geosmin의 경우 통상 여름철 수온이 높은 시기(7~8월)에 발생하고, 이 시기에는 생물활성탄 공정(수온이 높은 경우 미생물의 활성도가 높음)으로 운영되므로 높은 처리효율을 나타내었다. 2-MIB의 경우 통상 겨울에서 봄철에 이르는 저수온시기에 발생하므로 생물활성탄 효과가 없어 입상활성탄에서의 제거효율을 기대하기 어려우며 거의 오존산화로 제거하여야 한다. 입

상활성탄 공정의 경우 사용기간 증가에 따라 처리효율이 감소하며, 장기간 맛·냄새물질이 계속적으로 유입하는 경우 처리효율이 불안정할 수 있으며, 즉각적인 대처(교체나 재생)가 어려운 공정이나, 오존공정의 경우 오존주입량 조절을 통해 맛·냄새물질 제거 조절기능이 있어 고농도 맛·냄새물질 유입시 즉각적인 대처공정으로 오존공정운영이 매우 중요하다.

원수의 맛·냄새물질(지오즈민)의 형태(세포성 혹은 용존성)에 따라 공정별 처리효과에 차이가 있으며, 세포성 형태로 유입되는 지오즈민의 경우는 기존 정수처리공정의 최적화(전염소 중단, 응집효율 증대)로도 맛·냄새제거효과가 크므로 오존/입상활성탄공정 이전단계에서 맛·냄새물질을 최대한 제거하는 것이 바람직하다. <표 1.19.7>는 실제 맛·냄새물질 발생시기의 서울시정수장에서 운영한 고도정수처리 운영결과를 정리하여 나타내었다.

[표 1.19.7] 오존 입상활성탄처리 운영사례 (서울시 영등포 정수장)

발생시점	geosmin 형태	당시 공정별 제거효율	비 고
2012년 8월	세포성 geosmin(조류에 함유되는 있는 맛·냄새물질)이 많은 경우 원수농도 : 최대 491ng/L	응집, 침전, 여과 46% 제거 오존처리 35% 제거 (오존주입률 0.5~1.2ppm) 입상활성탄 처리 19% 제거	전염소를 중단하여 조류의 세포파괴를 막으면서 응집침전여과공정에서 최대한 조류 자체를 충분히 제거하는 것이 중요함
2011년 12월	용존성 geosmin (조류가 사멸하면서 외부로 방출된 맛·냄새물질)이 많은 경우 원수농도 : 최대 147ng/L	응집, 침전, 여과 15% 제거 오존처리 42% 제거 (오존주입률 0.23~0.5ppm) 입상활성탄 처리 43% 제거	기존정수처리에서 높은 제거효율 기대하기 어려움

출처 : 서울 물연구원

[표 1.19.8] 국내 고도정수처리시설 현황, 2015

정수장	시설용량 (천m ³ /일)	도입년도	주요공정	오존/UV			입상활성탄		
				접촉시간 (min)	용량 (mg/L)	주입방식	접촉시간 (EBCT)	LV (m/hr)	층고 (m)
서울 영등포	600	2011	후오존+GAC	20.0	2	injector	15.0	10.0	2.5
서울 광암	400	2013	후오존+GAC	24.0	2	injector	15.2	10.0	2.5
서울 강북	1,000	2014	후오존+GAC	24.0	1.5	injector	15.2	11.0	2.9
서울 압사	1,600	2014	후오존(AOP)+GAC	20.0	1.5	injector	15.0	10.0	2.5
서울 구의	500	2015	후오존(AOP)+GAC	16.5	1.5	injector	15.1	10.0	2.5
서울 딱도	700	2015	후오존(AOP)+GAC	15.8	1.5	injector	15.4	10.9	2.8
고양(kwater)	350	2008	후오존+GAC	15.4	2.0	Injector	14.1	10.2	2.4
반월(kwater)	190	2007	전오존+F/A	10.2	3.0	Injector	14.5	6.0	1.4
성남(kwater)	780	2012	후오존(AOP)+GAC	15.6	3.0	Injector	14.1	15.3	3.6
시흥(kwater)	110	2015	UV(AOP)+F/A		0.07 kWh/m ³	저압램프			0.9
덕소(kwater)	200	2015	전오존(AOP)+F/A		2.0	Injector			
인천 부평	270	2016	후오존+GAC	15.3	2.0	Injector	15.2	9.8	2.5
파주 문산	96		후오존+GAC						2.5
김포 고촌	140	2012	전오존+F/A						
동두천	60	1998	GAC	-	-	-	15.6	9.7	2.5
원주 제2	85	2000	GAC	-	-	-			2.0

대구 매곡	800	1998	전,후오존+GAC	전 4.0 후 10	전 후	전 Injector 후 Diffuser	10.0	15.0	2.5
대구 문산	200	2009	전,후오존+GAC	전 5.0 후 13.0	전 2.0 후	전 Injector 후 Diffuser			2.5
진해 석동	70	1999	전,후오존+GAC				25.9	2.3	3.0
김해 삼계	165	2001	전,후오존+GAC	전 8.0 후 16.0	전 1.5 후	전 Diffuser 후 Diffuser	15.9	34.7	2.5
김해 명동	105	2003	전,후오존+GAC	전 8.0 후 15.0	전 1.5 후	전 Diffuser 후 Diffuser			2.5
양산 웅상	55	2001	후오존+GAC			Diffuser			2.0
양산 범어	37	1998	후오존+GAC			Diffuser	10.0	2.6	2.0
울산 회야	270	1999	후오존+GAC	전 4.0 후 8.0	전 2.0 후 0.8	Diffuser	14.0	10.3	2.5
울산 천상	60	2002	후오존+GAC			Diffuser			2.5
부산 덕산	1,555	2002	전,후오존+GAC	전 4.0 후 7.5	전 1.5 후 2.5	Diffuser	16.9	10.7	3.0
부산 화명	600	1994	전,후오존+GAC	전 2.0 후 6.0	전 + 후 2.5	Diffuser	12.2	17.3	3.3
부산 명장	277	1999	전,후오존+GAC	전 4.0 후 6.0	전 2.0 후 2.5	Diffuser	12.8	16.5	3.5
창원 반송 (kwater)	120	2004	전오존(AOP)+F/A		3	Injector			1.2
창원 철서	400	1998	전,후오존+GAC	전 5.0 후 12.0	전 1.0 후 2.0	전 Diffuser 후 Diffuser	11.0	12.0	2.0
창원 대산	60	2001	폭기 + GAC			Diffuser			2.0
창원 북면	10	2001	폭기 + GAC			Diffuser			2.0
고령(kwater)	36	2008	후오존(AOP)+GAC	12	3	Injector	22.0	10.2	3.0
거제 연초 (kwater)	16		전오존+막+GAC				20.0		3.0
광주 옥룡	28	1999	전,후오존+GAC			Diffuser	30.0	6.5	2.5

20. 철·망간 제거

20.1 총칙

수돗물에 철이 다량으로 포함되면 물에 쇠맛뿐 아니라 세탁이나 세척시 의류나 기구 등이 적갈색을 띠게 되고 또 공업용수로도 부적당하다.

「먹는물 수질기준」에서는 철은 0.3 mg/L이하로 정해져 있으므로 수돗물에는 그 이상 포함될 가능성이 있을 경우에는 제거해야 한다. 그러나 원수 중에 포함된 철은 대개의 경우 침전과 여과과정에서 어느 정도 제거되므로 철을 제거하는 설비를 설치할 필요성 여부는 포함된 철의 양과 성질 및 그 수도설비 등을 구체적으로 고려한 다음에 결정해야 한다.

망간은 지하수, 특히 화강암지대, 분지, 가스함유지대 등의 지하수에 대부분 포함되는 경우가 있고, 하천수 중에는 통상 망간이 포함되는 경우가 적지만 광산폐수, 공장폐수, 하수 등의 영향으로 포함되는 경우가 있다.

호소나 저수지에서는 여름철에 물이 정체되어 수온성층을 형성하면 저층수가 무산소상태로 되어 바닥의 슬러지로부터 철과 망간이 용출되는 경우가 있다.

수돗물에 망간이 포함되면 수질기준(2011년부터 0.05 mg/L이하 입법예고, 현재는 0.3 mg/L이하)에 적합할 정도의 양이라도 유리잔류염소로 인하여 망간의 양에 대하여 300~400배의 색도가 생기거나, 관의 내면에 흑색 부착물이 생기는 등 흑수(黑水)의 원인이 될 뿐더러 기물이나 세탁물에

흑색의 반점을 띠게 되는 경우가 있다. 또 망간과 철이 혼재될 경우에는 철이 녹은 색이 혼합되므로 흑갈색을 띠게 된다. 원수 중에는 망간이 포함되면 보통 정수처리에서는 거의 제거되지 않으므로 망간에 의한 장애가 발생할 우려가 있을 경우나 「먹는물수질기준」 이상인 경우에는 처리효과가 확실한 방식으로 망간을 제거하기 위한 처리를 할 필요가 있다.

철과 망간의 제거방법에는 물리·화학적 처리와 생물학적처리로 구분할 수 있다.

20.1.1 물리·화학적 제거

공기폭기로 철이 산화되어 γ -FeOOH(lepidocrocite)가 생성되고, γ -FeOOH는 급속모래 여과지에서 모래에 퇴적되거나 수중에 존재하는 γ -FeOOH에 우선 Mn(II)가 빠르게 흡착된다. 흡착된 Mn(II)은 산소가 충분하고 pH가 7이상의 조건에서 수중에서 산화되는 것보다 훨씬 빠른 속도로 γ -FeOOH의 표면에서 산화되어 망간산화물(MnO₂ or MnOOH)을 형성한다.

위의 자촉매 반응이 계속 진행되면서 모래에 퇴적된 망간산화물과 철산화물이 숙성되어 모래를 코팅, 층이 형성되면 수중의 Mn(II)의 흡착과 산화반응이 촉매화되어 더욱 효과적으로 Mn(II)을 제거하게 된다.

20.1.2 생물학적 제거

철과 망간을 산화하는 세균에는 철을 에너지원으로 사용하고 이산화탄소를 탄소원으로 사용하는 독립영양세균(chemolithotrophic autotroph)과 유기물을 에너지원과 탄소원으로 사용하는 종속영양세균(chemoorganotrophic heterotroph)이 있다.

이들 미생물들은 토양 내 잘 서식하는 미생물로서 철과 망간은 효소작용에 의해 세포 내에서 산화가 이루어지거나, 철과 망간 산화세균의 대사과정 중에 배출된 폴리머의 촉매작용에 의한 세포 외 산화작용에 의해 제거된다.

철 산화세균의 대사산물로 γ -FeOOH와 α -FeOOH 등의 철 산화물과 망간의 대사과정을 통해 MnO₂와 MnOOH 등의 망간산화 대사산물이 생성되어 세포를 코팅하며, 이들 대사산물에 Mn(II)이 물리·화학적인 기작에 의해서 추가적으로 제거된다. 철 산화세균은 모래에 부착하여 생물막층을 형성하며 성장한다.

철 산화세균과 마찬가지로 망간의 대사과정을 통해 MnO₂와 MnOOH 등의 망간산화 대사산물이 생성되어 세포를 코팅하며, 이들 대사산물에 Mn(II)이 물리·화학적인 기작에 의해서 추가적으로 제거된다.

또 철이 많이 포함된 물에는 망간이 공존하는 경우가 많으므로 철의 제거방법을 검토할 때에는 망간제거의 필요성 유무에 대해서도 함께 검토해야 하며, 철과 망간의 처리공정으로는 공기폭기+급속모래여과, 산화제(염소, 오존, KMnO₄ 등), 산화 코팅 또는 촉매 여재를 이용한 여과, 폭기+생물여과(완속여과) 등이 있다.

20.2 철 제거설비

철 제거에는 폭기, 전염소처리 및 pH값 조정 등의 방법을 단독 또는 적당히 조합한 전처리설비와 여과지를 설치한다.

20.3 망간 제거설비

- (1) 망간 제거에는 pH조정, 약품산화 및 약품침전처리 등을 단독 또는 적당히 조합한 전처리설비와 여과지를 설치해야 한다.
- (2) 약품산화처리는 전·중간염소처리, 오존처리 또는 과망간산칼륨처리에 의한다.

20.4 망간모래의 접촉산화작용

잔류염소 존재 하에서 망간이온의 망간모래로 접촉산화작용을 이용해서 망간을 제거하는 망간접촉여과방식을 주로 사용한다.

21. 기타 오염물질 처리

21.1 총칙

일반적인 정수처리를 하더라도 수질관리목표에 적합한 처리수가 얻어질 수 없을 경우에는 통상의 처리에 고도정수시설 등 별도의 시설을 조합시켜서 정수처리하는 것이 필요하다.

그 대상으로 되는 주된 수질항목은 pH, 침식성유리탄산, 불소, 색도, 트리할로메탄(THM) 등 소독부산물, 트리클로로에틸렌(trichloroethylene) 등 휘발성유기화합물(VOCs), 음이온계면활성제, 질산성질소, 경도, 조류 등이 있다.

처리방식을 선택하고 설계할 때에는 기존시설의 운전실적과 원수수질의 변화를 고려하여 충분히 검토한다.

21.2 pH 조정

pH 높거나 낮을 경우에는 산제(이산화탄소, 황산) 또는 알칼리제(소석회, 수산화나트륨 등)를 투입하여 처리수의 pH를 적정하게 조정한다.

21.3 침식성유리탄산 제거

침식성유리탄산을 많이 포함한 경우에는 침식성유리탄산을 제거하기 위하여 폭기처리나 알칼리처리를 한다.

21.4 불소주입 및 제거

불소는 충치를 예방할 목적으로 주입시설을 설치할 수 있으며, 원수 중에 과량으로 존재하면 반상치(반점치) 등을 일으키므로 제거해야 한다.

(1) 불소주입

치아우식증 예방을 위하여 정수처리 과정에 불소를 주입할 경우 불소주입기 등 관련시설을 설치하고 불소화합물을 주입한다.

(2) 불소제거

원수 중에 불소가 과량으로 포함된 경우에는 불소를 감소시키기 위하여 응집침전, 활성알루미나, 골탄, 전해 등의 처리를 한다.

21.5 비소 제거

비소가 다량 포함되어 있는 원수에서 비소를 제거하기 위하여 응집처리 또는 활성알루미나, 수산화세륨, 이산화망간 중 하나를 사용하여 흡착처리를 한다.

21.6 색도 제거

색도가 높을 경우에는 색도를 제거하기 위하여 응집침전처리, 활성탄처리 또는 오존처리를 한다.

21.7 소독부산물 대책

소독부산물 전구물질을 다량으로 함유한 경우에는 그 저감을 위하여 활성탄처리 또는 전염소처리를 대신하여 중간염소처리 등을 한다.

21.8 휘발성유기화합물 대책

휘발성유기화합물(트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄 등)을 함유한 경우에는 이를 저감시키기 위하여 폭기처리나 입상활성탄처리를 한다.

21.9 음이온계면활성제의 제거

음이온계면활성제를 다량으로 함유한 경우에는 음이온계면활성제를 제거하기 위하여 활성탄처리나 생물처리를 한다.

21.10 질산성질소 제거

질산성질소를 다량으로 함유한 경우에는 질산성질소를 제거하기 위하여 이온교환처리, 생물처리, 막처리 등을 한다.

21.11 경수연화(경도 저감)

경도가 높은 경우에는 경도를 감소시키기 위하여 정석(晶析)연화법, 응석침전법, 이온교환법, 제오라이트법 등의 처리를 한다.

21.12 조류제거 대책

정수시설 내에서 조류를 제거하는 방법으로는 약품처리 후 침전처리 등으로 제거하는 방법과 여과로 제거하는 방법이 있다.

21.13 생물학적 처리

생물학적 처리방법으로는 수중에 고정된 플라스틱 소통의 집합체인 하니콤(honeycomb)방식, 회전하는 원판에 의한 회전원판방식(rotating biocontactor, RBC), 입상여재에 의한 생물접촉여과방식 등이 있다.

22. 해수담수화시설

22.1 총칙

22.1.1. 해수담수화의 특징과 유의할 사항

지표수만으로 충분한 상수원 개발이 곤란한 일부 해안지역과 도서지역에서 계절에 관계없는 안정된 수자원으로 해수를 이용하는 해수담수화시설을 도입함으로써 갈수기에 대비하고 장래 상수의 안정공급에 이바지할 수 있다.

세계적으로 해수담수화시설 도입이 증가하고 있으며, 역삼투 분리막, 동력회수장치, 공정 설계 기술의 비약적인 발전으로 시설 규모에 따른 차이는 있으나, 저렴한 가격으로 청정한 담수를 생산하여 상수도사업에 활용하고 있다.

해수담수화시설의 특징과 유의할 사항으로서는 다음과 같다.

<특징>

- ① 계절에 영향을 받지 않고, 안정된 수량을 확보할 수 있다.
- ② 건설에 장기간이 소요되는 댐의 개발에 비하여 상대적으로 단기간에 건설할 수 있다.

- ③ 지표수의 취수에 따른 관련 기관과의 복잡한 문제발생이 적고, 수도사업자가 독자적으로 도입할 수 있다.
- ④ 해수담수화시설은 해양환경영향 및 운영비의 소요가 높은 시설이므로 경제성 및 지역적 환경 문제를 고려한 지점을 선택해야 한다.

<유의할 사항>

- ① 하천수를 이용하여 상수를 생산하는 방법에 비하여, 전기요금, 막 교체비 등의 운영비가 상대적으로 많이 소요된다.
- ② 에너지의 절약대책이나 농축해수의 방류로 인한 생태계애의 영향에 관한 대책 등 환경적 측면에서의 문제점을 고려해야 한다.

22.1.2. 해수담수화시설의 도입계획

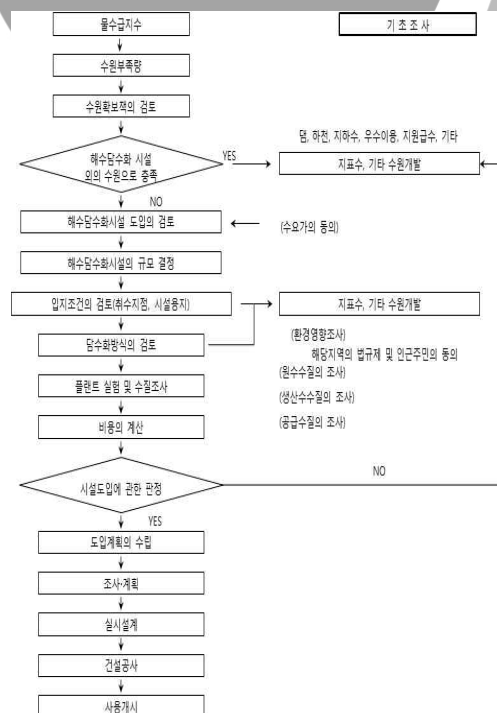
해수담수화시설의 도입계획은 해당 수도사업이 관할하는 지역의 물 수급계획을 합리적이고 경제적으로 만족시키는 수도사업계획의 범주 안에서 수립되어야 한다. 또한 장래의 수요예측에 대하여 확실한 수원확보대책으로 지표수원과 해수담수화 양쪽을 어떠한 방법으로 개발할 것인가를 선택하는 것이 문제이다.

해수담수화시설 도입과 시설규모 결정에는,

- ① 지표수계 수원개발의 가능성 및 안정성과 그 전망(갈수예의 대처도 고려)
- ② 지표수계 수원개발과 해수담수화로 생산된 물의 가격 비교 및 입지조건
- ③ 지표수계 수원과 해수담수화시설의 종합적 운용방법 등에 관하여 포괄적으로 검토한다.

일반적인 도입과정의 흐름을 [그림 1.22.1]에 나타내었다.

물 수요예측을 포함한 기초조사 등 기본항목 검토방법에는 1.2 기본계획을 참조한다.



[그림 1.22.1] 해수담수화시설 도입과정의 흐름도

22.2 해수담수화방식의 선정

해수담수화방식은 해수원수의 수질, 정수수질의 관리목표치, 시설의 운전제어나 유지관리, 시설 면적, 운전비용 등을 고려하여 적절한 방식을 선정한다.

22.3 해수담수화시설

해수담수화시설에는 다음 각 항목에 대하여 고려한다.

- (1) 역삼투막 모듈에 대하여 막 모듈 공급업체에서 요구하는 수준의 SDI 및 허용탁도 이하의 해수를 공급하기 위한 전처리설비 및 막투과수의 pH조절이나 필요에 따라 경도를 조절하기 위한 후처리설비 또는 담수를 혼합하는 설비를 설치하는 등의 설비구성을 고려한다.
- (2) 생산된 물의 수질에 대해서는 보론과 트리할로메탄이 「먹는물수질기준」에 적합하도록 유의한다.
- (3) 역삼투설비의 계열 수는 유지관리나 사고 등으로 인한 운전정지를 고려하여 2계열이상으로 한다.
- (4) 해수담수화시설을 설치하는 장소에 대해서는 가능한 한 청정한 해수원수를 취수할 수 있고, 농축해수를 방류하는데 따른 환경영향을 고려하여 선정한다.
- (5) 운영비용을 저감시키기 위하여 에너지절약대책을 강구하고 회수율을 높이는 등 에너지 효율을 높이는 방안을 고려한다.
- (6) 시설이나 배관의 부식방지대책을 마련한다.
- (7) 자연재해, 기기의 사고, 수질사고 등에 대한 안전대책을 강구하고 시설에 기인되는 소음 등 환경에 나쁜 영향을 미치지 않도록 유의한다.

22.4 조정설비

전처리설비의 설치는 다음 각 항에 의한다.

- (1) 전처리설비는 막에 요구되는 공급수의 청정도를 나타내는 SDI가 4.0 이하가 되도록 안정적으로 처리할 수 있는 설비로 한다.
- (2) 처리방식은 해수원수 중의 탁도 또는 현탁물질, 조류발생 정도에 따라 적절한 방법을 선정한다.
- (3) 응집제를 사용하는 경우에는 염화제2철을 사용한다.
- (4) 여과수조(전처리수조)는 여과장치가 세척 중에도 막모듈에 안정적으로 해수를 공급할 수 있도록 충분한 용량을 가져야 하며 외부로부터 오염되지 않는 구조이어야 한다.

22.5 역삼투막 및 막모듈

역삼투막 및 막모듈의 종류는 처리성, 내구성, 내화학성 등을 고려하여 선정하며 막의 종류에 따라 미생물의 영향이나 스케일생성을 방지하기 위한 적절한 대책을 강구한다.

22.6 역삼투설비

역삼투설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 공급수 중의 이물질로 고압펌프와 막모듈이 손상되지 않도록 하기 위하여 고압펌프의 흡입측 공급수 배관계통에 스트레이너(보호 필터, 카트리지 필터)를 설치한다.
- (2) 고압펌프의 운전압력은 막모듈의 허용압력, 수온 및 회수율 등을 고려하여 동력비가 가장 경제적으로 되도록 설정한다.
- (3) 고압펌프는 효율과 내식성이 좋은 기종으로 하며 그 형식은 시설규모 등에 따라 선정한다.
- (4) 동력회수장치는 에너지 효율성 증대를 위해 설치를 장려하고, 그 형식은 효율, 운전조작성 및 유지관리의 용이성 등을 고려하여 선정한다.
- (5) 고압펌프가 정지할 때에 발생하는 드로백(draw-back 또는 suck-back)에 대처하기 위하여 필요에 따라 드로백수조(담수수조겸용의 경우도 있다)를 설치한다.
- (6) 막모듈은 플러싱과 약품세척 등을 조합하여 세척하며, 장기간 운전중지하는 경우에는 중아황산나트륨 등의 막보존액을 사용하여 보관한다.
- (7) 해수담수화시설에서 생산된 물은 pH나 경도가 낮기 때문에 필요에 따라 적절한 약품을 주입하거나 다른 육지의 물과 혼합하여 수질을 조정한다.
- (8) 막의 손상과 같은 고장을 곧바로 용이하게 발견할 수 있어야 하고 고장난 모듈을 쉽게 교환할 수 있도록 한다.

22.7 방류설비

방류설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 배출수처리는 배출수기준 이하가 되도록 pH조정, 폭기처리, 중화 등의 처리를 하여 농축해수와 혼합하여 방류하는 것이 바람직하다. 다만, 막모듈의 세척폐액은 세척액의 종류에 따라 오염도가 높은 경우에는 하수도에 방류할 수 있다.
- (2) 방류방식이나 방류위치는 방류량이나 해역의 상황 등을 고려하고 방류해수가 방류해역의 생태계에 미치는 영향이 최소가 되도록 하여 방류방식과 위치를 선정한다.

22.8 약품주입설비

약품주입설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 사용하는 약품류는 처리목적, 처리대상인 물의 수질, 역삼투막에 미치는 영향 등을 고려하여 적절한 약품을 선정한다.
- (2) 주입방식은 약품의 종류와 성상에 따라 적절한 방식을 선정한다.
- (3) 저장설비는 구조상 안전하고 약품 종류와 성상에 따라 적절한 재질의 설비로 한다.
- (4) 저장설비의 용량은 시설의 설치장소에 따라 여유 있는 용량으로 한다.

22.9 기계·전기·계측제어설비

기계·전기·계측제어설비는 8. 기계 및 전기·계측제어설비에 준하는 것 외에, 다음 각 항에 의한다. 또한 계측제어설비는 8.11 계측제어용기기 및 8.13.16 해수의 담수화설비(역삼투설비)를 참조하는 것으로 한다.

- (1) 주요기기와 배관 등은 해수에 의한 부식대책과 염해방지대책에 대하여 고려한다.
- (2) 고압펌프와 제어밸브 등에서 발생하는 진동은 역삼투막에 영향을 미치는 경우가 있으므로 진동을 억제하기 위하여 필요한 조치를 강구하고, 정전 등의 사고대책에 대비해야 한다.
- (3) 생산량 변동으로 인하여 가동률이 저하되거나 점검보수 등으로 장기간 정지함으로 인하여 체류되거나 수질악화가 예상되는 경우에는 물을 뽑아내거나 방류관으로 배수(排水)하는 등 필요 조치를 강구할 수 있는 구조로 한다.

23. 배출수 및 슬러지처리 시설

23.1 총칙

23.1.1. 설치목적과 처리시설의 선정

상상수도사업시설은 「수질 및 수생태계 보전에 관한법률」에 의거한 특정수질유해물질이 발생되는 폐수배출시설에 해당되므로 적절한 오염방지시설(배출수처리시설 등)을 설치하여 배출허용기준 및 폐수종말처리시설 방류수수질기준(또는 하수도법에 의한 공공하수도처리시설의 방류수수질기준)이하로 오염도를 저감하여 공공수역에 방류하거나 재활용하여야 한다. 정수시설에서 발생하는 폐수의 종류는 역세척 과정에서 발생하는 역세척배출수와 침전지에서 배출되는 침전슬러지가 대부분이며, 기타 정수공정에서 배출수처리시설로 유입되는 월류수 및 배수도 포함된다. 또한 슬러지처리를 통하여 발생하는 케이크는 사업장 폐기물이며 「폐기물관리법」에 따라 적절하게 수집, 운반 및 처분되어야 한다. 이러한 처리시설은 정수처리와 관련되므로 정수시설의 계획단계에서 하나의 시스템으로 통합하여 계획해야 한다.

이들 처리방식은 정수처리공정, 원수수질, 배출수의 양과 질, 슬러지의 성상, 발생케이크의 처분방법, 유지관리의 편의성, 소요부지면적, 건설비 및 지역의 환경여건을 고려해야 하며 기본적인 처리방법은 다음과 같다.

- ① 자연건조(천일건조상, 라군)
- ② 기계탈수
- ③ 탈수·열건조
- ④ 위탁 또는 하수처리장 이송처리

배출수처리시설을 계획하고 설계할 때는 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 발생한 케이크는 처분 또는 재활용이 가능하도록 한다.
- ② 원수의 탁도 변화가 큰 시설에서는 고탁도시에 발생된 고형물을 일시 저류시켜 평상시에 처리할 수 있도록 고려해야 한다.
- ③ 처리시설과 처분시설의 입지는 지역의 자연환경과 사회환경 등을 고려하고 장기적인 관점에서 유리한 지역을 선정한다.

23.1.2 원수수질과 슬러지량의 파악

표류수를 취수하는 정수장의 슬러지는 강우특성과 계절에 따른 원수수질의 변화 또는 상수원의 오염정도에 따라 성상과 발생량이 달라진다. 따라서 슬러지 발생량 예측과 성상 파악을 위해서는

원수 수질자료의 사전 조사가 중요하다. 또한 사용된 약품의 종류 및 주입율, 정수처리 공정구성, 침전지 및 여과지의 형식 등 정수시설의 특성과 운전방식에 따라서도 영향을 받게 된다.

슬러지의 고형물 농도, 밀도, 농축특성 및 탈수성은 원수 특성에 크게 영향을 받고 계절에 따라서도 변한다. 고탁도일 때에 발생하는 슬러지는 농축성과 탈수성이 좋은 반면에 저탁도 또는 조류가 번성할 때 발생하는 슬러지는 침강·농축성 및 탈수성이 나쁘다.

정수장의 슬러지 성분은 대부분 무기질로 구성되어 있으나, 오염된 하천수나 부영양화된 호소수는 유기물질이 많이 포함되어 있다(<표 1.23.1> 참조). 장래 수질변화로 유기물질이 증가되는 경우에는 탈수기 운영에 영향을 미치므로 장래의 수질을 예측해야 한다.

<표 1.23.1> 알럼(alum)슬러지의 화학적 조성

성 분	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	유기물(%)
합 량	30~300	30~5000	15~40	35~70	15~25

출처 : Kawamura, 정수시설의 종합설계와 유지관리, 2001

슬러지 발생량은 원수수질 특성과 함께 다음과 같은 시설의 특성을 고려하여 예측한다.

(1) 정수장 기본계획과 시설현황

계획정수량 : 정수장 운영현황, 평균 정수생산량

침 전 지 : 약품침전지, 고속응집침전지, 경사판침전지 등

여 과 지 : 급속여과지, 철·망간을 제거하기 위한 여과지, 활성탄접촉조, 막여과설비

기 타 : 세사기, 마이크로스트레이너 등

(2) 약품의 종류와 주입상황

응 집 제 : 황산알루미늄, PACl, PAHCS, PASS, PSO-M, PACS 등

응집보조제 : 알긴산나트륨, 폴리머

알칼리제 : 소석회, 수산화나트륨

기 타 : 분말활성탄

정수시설의 특성과 운전방식 등에 따라 배출수의 양과 성상에 차이가 있으므로 슬러지 처리설비를 계획할 때에는 운영 중인 시설로부터 배출된 역세척배출수와 침전슬러지의 특성을 파악하는 것이 필요하다. 알럼(alum)슬러지는 압축성이 나쁘기 때문에 0.1~1 % 정도의 고형물 농도를 나타내며, 1개월 이상 침전지에 축적되면 4~6 %로 농축되기도 한다.

역세척 과정에서 발생하는 역세척배출수의 발생량은 정수생산량의 1~5 % (평균 2 %) 정도이며, 고형물량으로는 정수공정에서 제거되는 전체 고형물의 1.0~1.5 %를 차지한다. 역세척배출수의 슬러지 물성은 <표 1.23.2>와 같다.

<표 1.23.2> 역세척 배출수의 슬러지 물성

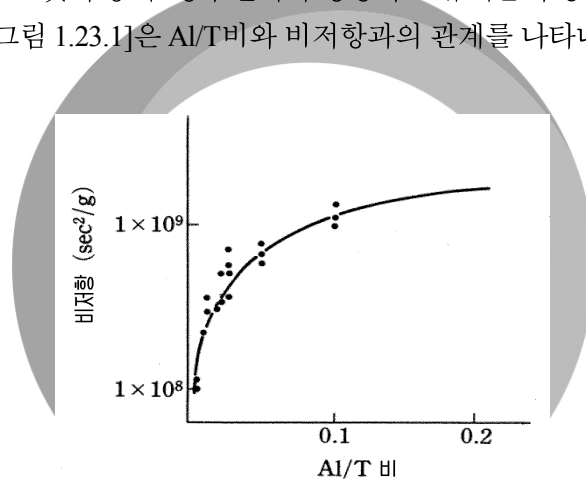
성 분	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	유기물(%)
합 량	2~10	28~160	25~50	24~35	15~22

23.1.3 침강·농축·탈수성의 조사

정수장으로부터 배출된 슬러지의 성상은 슬러지 처리설비를 설계할 때 가장 중요하므로 실험을 통하여 슬러지의 침강·농축특성과 슬러지의 탈수성 등을 조사해야 한다. 슬러지의 침강·농축특성을 조사하기 위해서는 통상 실린더-테스트를 실시하는데, 10cm(D)×100cm(H) 원통에 슬러지를 넣고 침강계면을 외부에서 관찰하는 방법이다.

슬러지의 탈수성 조사는 실제 탈수기를 사용하는 방법이 가장 좋으나, 리프테스트(leaf test)를 실시하여 슬러지의 여과성을 나타내는 비저항치를 구하는 방법도 유효한 방법이다. 비저항치가 크면 수분이 슬러지를 통과하기 어려워 탈수성이 나쁘다는 의미이다. 비저항치 실험결과를 활용하여 탈수기의 기종을 어느 정도 추정할 수가 있다.

슬러지의 탈수성에 크게 영향을 미치는 인자로서는 응집제주입량과 탁도의 비를 나타내는 AI/T 비이다. AI/T비가 낮을수록 비저항 값이 적어서 탈수성이 양호하다는 의미이다. 탈수성은 겨울철에 저하되는 등 계절별로 다르므로 4계절에 걸쳐 조사하는 것이 바람직하며 고탁도시와 평상시에 대해서도 반복 실험하는 것이 좋다. 상수원의 부영양화로 유기물이 증가하면 비저항치가 커져서 탈수성이 나빠진다. [그림 1.23.1]은 AI/T비와 비저항과의 관계를 나타내었다.



[그림 1.23.1] AI/T비와 비저항과의 관계

23.1.4 배출수처리시설의 구성과 기능

배출수처리시설에는 정수처리공정으로부터 역세척배출수와 침전슬러지가 유입되어 처리수의 하천방류, 원수로서의 회수, 발생케이크의 매립, 또는 재활용 등의 처분으로 종료된다.

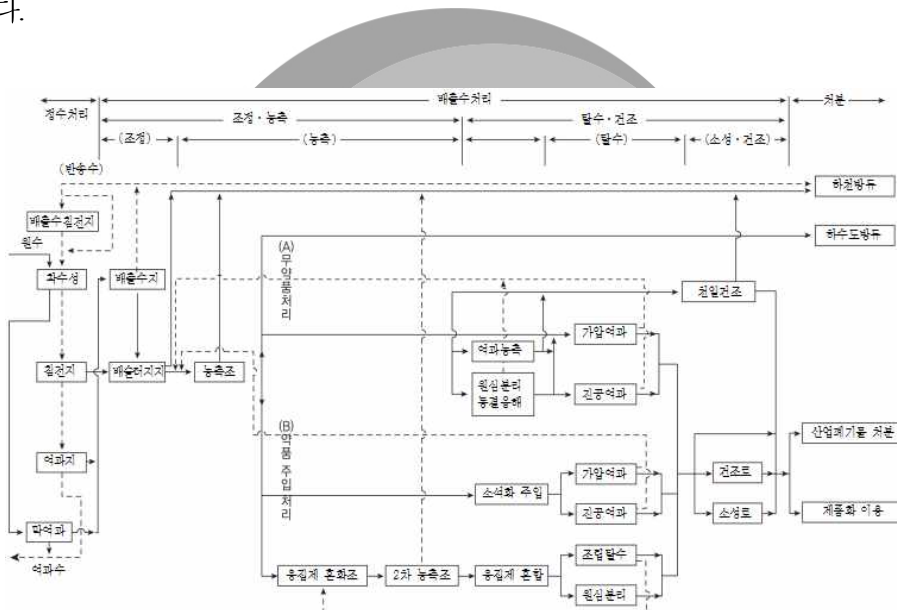
지금까지는 세척배출수를 침전지로부터 배출되는 침전슬러지와 함께 혼합하여 처리하는 방법을 채택하여 왔다. 그러나 이러한 방법은 이미 농축된 슬러지를 세척배출수 중에 희석시키기 때문에 바람직하지 않다. 침전슬러지의 고형물 농도는 0.5~1.5%로서 원수로부터 추출되어 침전된 미생물, 유기화합물, 중금속들이다. 이에 비하여 세척배출수의 고형물 농도는 0.01~0.04%이다. 만약 이 두 가지를 혼합하면 배출수의 탁도는 증가하고 침전슬러지와 세척배출수를 혼합시켜 처리하는데 더 많은 처리약품이 필요하게 된다. 또한 이렇게 처리한 상정수를 재이용하는 경우에는 바람직하지 않은 화학물질이 순환·축적되고 침전슬러지의 불쾌한 맛·냄새가 정수에 남을 가능성이 있다. 그러므로 침전지로부터 배출되는 슬러지는 순환되는 세척배출수와 섞어서는 안 되며 슬러지 처리시설로 배출시켜야 한다.

배출수처리시설에서 여과지 역세척배출수는 배출수지를 통하여 회수하고 슬러지처리공정에는 조정, 농축, 탈수 및 처분공정의 전부 또는 일부로 구성되며, 이들 처리공정의 개념도를 [그림 1.23.2]에 나타내었다. 처리설비의 계측제어설비는 KDS 57 31 00 11. 계측제어용 기기 및 KDS 57 31 00 13.17 배출수처리 설비를 참조한다.

(1) 여과지 역세척배출수의 처리

미국의 「지표수처리규칙」에서는 여과지 역세척배출수를 반송시키기 전에 플록형성과 침전 및 소독처리 등의 고도처리를 하도록 규정하는 등 정수처리를 더욱 엄격하게 규제하는 추세이다. 회수지점도 여과지 유입지점이 아니라 착수정으로 반송하도록 규정하고 있다.

역세척배출수 처리시설을 설계할 때에는 반송수의 수질문제로 정수처리에 장애를 초래하지 않도록 고려해야 한다. 특히 여과지 폐색을 일으키는 규조류 발생시에는 반송으로 인한 조류의 농축 현상으로 문제가 악화될 수 있으므로 배슬러지지 또는 농축조로 배출할 수 있도록 고려하여 해야 한다.



[그림 1.23.2] 배출수 처리방식의 개념도

(2) 정수장에서 발생되는 슬러지의 처리와 처분

정수장에서 발생되는 슬러지는 원수 중의 탁질과 응집약품에 의한 약품슬러지로 분류되며 주로 불활성물질로 구성되어 있다. 대부분의 정수장은 알루미늄 계통의 응집제를 사용하고 있으며 이를 알럼(alum)슬러지라고 한다. 알럼슬러지는 탈수가 어렵고 건조된 슬러지는 요변성(搖變性)이 있어서 물과 함께 흔들리면 현탁액으로 되돌아갈 수 있다. 설계자는 비용 대 효과가 최적이며 실행가능한 슬러지처리(조정, 농축, 탈수)와 처분방법을 채택해야 하고, 정수장에 인접하여 하수처리시설이 있는 경우에는 관련부서와 협의하여 하수처리시설로 이송하여 처리할 수도 있다.

3) 조정시설

조정시설은 배출량을 조정하는 과정이며 배출수지와 배슬러지지로 구성된다. 통상 급속여과지

로부터 역세척배출수를 받아들이는 시설을 배출수지, 약품침전지나 고속응집침전지 또는 배출수지로부터 슬러지를 받아들이는 시설을 배슬러지지라고 한다(지금까지는 이를 구별하지 않았으며 양자로부터 배출수와 슬러지를 함께 받아들이는 경우는 배슬러지지라고 하였다). 배출수지와 배슬러지지는 배출량의 시간적 변화를 조정하고 이후의 공정에서 일정한 처리로 이어지도록 조정하는 시설이다.

침전슬러지가 단시간에 유입되는 배슬러지지에서는 고액분리가 어려울 뿐 아니라 슬러지의 부패로 인한 맛·냄새문제의 발생, 크립토스포리디움 등 원생동물의 오염이 우려되므로 배슬러지지의 상정수를 정수공정으로는 절대로 반송하지 않는다.

(4) 농축시설

① 여과지 역세척배출수

역세척배출수 처리공정의 형식은 기본적으로 통상의 응집·침전공정과 소독공정으로 구성된다. 내부순환류를 갖는 고속응집침전지는 공정효율이 좋고 충격부하에도 내성이 있다. 또한 슬러지의 농축성이 높고 슬러지 제거가 쉬우며 필요로 하는 부지면적이 작다.

일반 횡류식장방형 침전지가 배출수를 취급하기는 쉽지만, 수리적 허용부하량이 낮아서 고속응집침전지보다 큰 부지면적이 필요하다. 미세모래고속침강공정(high-speed microsand settling process-ACTIFLO)도 고려해 볼만하다. 이 침전시설에서 발생된 슬러지는 배슬러지지 또는 슬러지 농축시설로 보낸다.

② 슬러지농축시설

슬러지 농축시설에서는 슬러지 농축과 안정적인 상정수 수질 확보를 목적으로 하고, 농축처리와 재응집처리가 이루어지는 시설이 농축조(thickener)이다. 일반적으로 배슬러지지로부터 슬러지는 농축조의 중앙에 위치한 유입부로 이송되고 농축된 슬러지는 중앙 저부로부터 배출되며 상정수는 농축조의 상부로부터 유출된다.

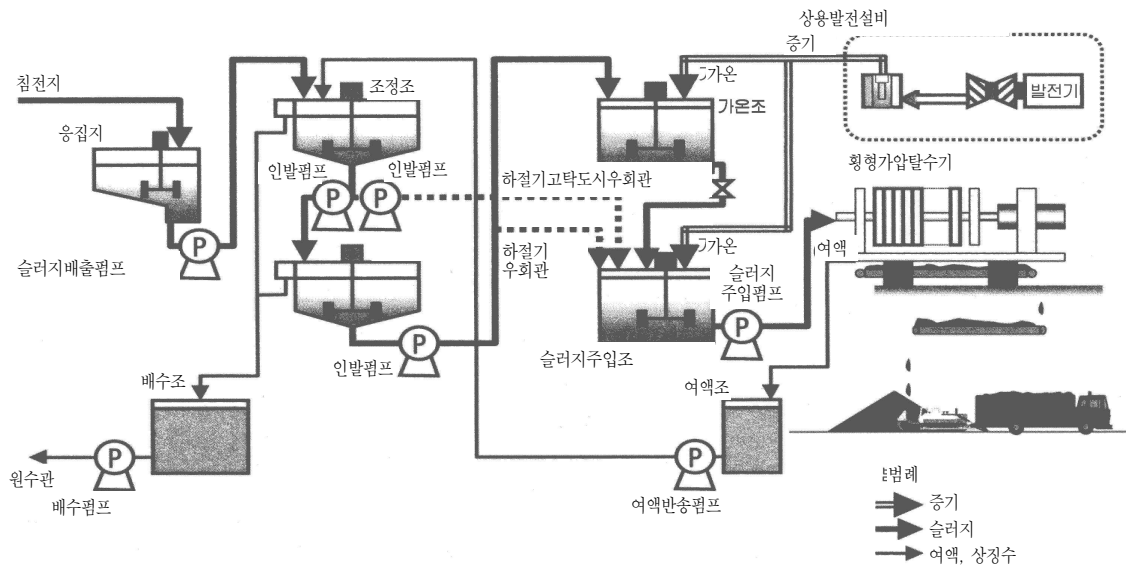
농축슬러지의 농도가 높으면 탈수효율이 향상되어 케이크의 함수율을 저감시킬 수 있다. 자연건조인 경우에는 건조상 면적이 적어지고 기계탈수에서는 탈수기의 여과포 면적을 줄일 수 있다. 농축조를 설계할 때 인발되는 슬러지의 농도와 농축성을 가장 우선적으로 고려해야 한다. 농축조는 탈수기가 간헐적으로 운전되는 경우에는 슬러지의 저류기능도 겸한다.

농축성이 특히 나쁜 경우에는 응집처리로 농축전처리하거나 고형물 부하를 줄여 운전하는 방법도 있다. 응집처리는 고분자응집제를 사용하여 슬러지의 농축성을 높이는 과정이며 탈수기의 탈리여액을 농축조의 유입부로 반송하여 탈리액 중의 잔류응집제를 재이용할 수 있다.

탈수효율을 높이기 위하여 [그림 1.23.3]와 같이 슬러지를 가온하는 방법도 있다. 농축조는 일반적으로 침강농축방식이며, 슬러지의 자연농축특성을 평가하여 용량을 결정한다. 또한 원심분리기 원리를 이용하여 기계적으로 농축하는 방식도 있다.

(5) 농축슬러지 저류조

저류조는 슬러지의 농도를 균등하게 유지시켜 후속 공정인 탈수시설과 건조시설의 처리효율을 향상시키고 운영의 편의성을 도모하기 위한 목적이다. 저류조는 슬러지가 균일하게 혼합될 수 있도록 공기 또는 기계식 교반기를 설치해야 한다.



불가해짐에 따라 슬러지의 재활용 방안을 적극 강구할 필요가 있다. 재활용방안으로는 시멘트의 원료, 재생벽돌, 녹생토, 원예토, 상토재, 성토재 및 매립제 등으로 이용이 가능하다.

처분시설은 수도사업체의 규모, 배출수처리시설의 유지관리능력, 정수장 입지조건, 정수처리량과 슬러지의 성상 등을 고려하여 결정한다. 중소규모 정수장은 농축공정까지만 처리하고 이후 공정은 다른 시설에 위탁하는 방안도 검토할 수 있다. 또한 인근에 하수처리장이 위치하거나 하수처리구역 내에서는 하수도관리청과 협의하여 하수처리장으로 이송하여 처리할 수도 있다.

23.5. 5. 관련 법령의 준수

(1) 배출수처리시설의 설치

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제2조(정의)및시행규칙제6조[별표4]에 의거 상수도사업시설은 폐수배출시설로 분류되어 있다. 상수도사업시설은 폐수배출시설의 분류에서 “한국 표준산업분류 360”으로 정의되어 있으며, 여기서 역세를 하지 않고 물리적으로만 처리하는 상수도사업시설과 정수능력 1,000m³/d 미만의 시설은 제외된다. 폐수배출시설은 점오염원으로서 「동법」 시행규칙제3조[별표2]에의거 배출되는 수질오염물질을 제거하거나 감소하게 하는 수질오염방지시설을 설치하여야 한다. 또한, 수질오염물질중 사람의 건강, 재산이나 동, 식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 줄 우려가 있는 수질오염물질은 「동법」 시행규칙제4[별표3]에 의거 특정수질유해물질로 규정하고 있으며 이 경우 「동법」 제33조(배출시설의 설치허가 및 신고) 및 시행령제31조1항에 따라 특정수질유해물질이 발생하는 배출시설은 설치허가(변경허가동일)를 받아야 하는 폐수배출시설로 규정되어 있어 현재 운영중인 시설 및 신설되는 경우등 모든 배출수처리시설은 허가의 대상이므로 이 경우 「동법」 시행규칙제34조[별표13]에 따라 배출허용기준을 만족하여야 한다. 따라서, 정수능력 1,000m³/d 이상의 상수도사업시설은 강화된 환경법규에 따라 특정수질유해물질이 발생하는 폐수배출시설로서 수질오염방지시설인 배출수처리시설을 설치하여야 하며 이 경우 설치허가 및 배출허용기준을 준수하여야 한다. 강화된 수질기준에 따른 배출허용기준은 <표 1.23.3>과 같다. 따라서, 정수장 배출수처리시설은 “배출허용기준 및 방류수 수질기준”을 동시에 만족하도록 처리공정을 구성하여야 한다. 과거 부유물질 제거에 적합하도록 설치된 시설에 대하여는 강화된 법규준수를 위한 시설개량 또는 운영개선등 대책수립이 강구되어야 한다.

<표 1.23.3> 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」상의 오염물질배출 허용기준

(단위 : mg/L)(‘16.1.1부터 적용)

지역		청정지역	가지역	나지역	특례지역
BOD	2000 m ³ /d 이상	30 이하	60 이하	80 이하	30 이하
	2000 m ³ /d 미만	40 이하	80 이하	120 이하	30 이하
COD	2000 m ³ /d 이상	40 이하	70 이하	90 이하	40 이하
	2000 m ³ /d 미만	50 이하	90 이하	130 이하	40 이하
부유물질(SS)	2000 m ³ /d 이상	30 이하	60 이하	80 이하	30 이하
	2000 m ³ /d 미만	40 이하	80 이하	120 이하	30 이하
pH		5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
노말핵산추출물 질함유량(광유류)		1 이하	5 이하	5 이하	5 이하
노말핵산추출물 질함유량(동식물)		5 이하	30 이하	30 이하	30 이하
페놀류함유량(mg/L)		1 이하	3 이하	3 이하	5 이하
시안함유량(mg/L)		0.2 이하	1 이하	1 이하	1 이하
크롬함유량(mg/L)		0.5 이하	2 이하	2 이하	2 이하
용해성철함유량(mg/L)		2 이하	10 이하	10 이하	10 이하
아연함유량(mg/L)		1 이하	5 이하	5 이하	5 이하
구리함유량(mg/L)		1 이하	3 이하	3 이하	3 이하
카드뮴함유량(mg/L)		0.02 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
수은함유량(mg/L)		0.001 이하	0.005 이하	0.005 이하	0.005 이하
유기인함유량(mg/L)		0.2 이하	1 이하	1 이하	1 이하
비소함유량(mg/L)		0.05 이하	0.25 이하	0.25 이하	0.25 이하
납함유량(mg/L)		0.1 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
6가크롬함유량(mg/L)		0.1 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
용해성망간함유량(mg/L)		2 이하	10 이하	10 이하	10 이하
플로오르(불소)함유량(mg/L)		3 이하	15 이하	15 이하	15 이하
PCB함유량(mg/L)		불검출	0.003 이하	0.003 이하	0.003 이하
총대장균군(群)(총대장균군수)(mL)		100 이하	3,000 이하	3,000 이하	3,000 이하
색도(도)		200 이하	300 이하	400 이하	400 이하
온도(℃)		40 이하	40 이하	40 이하	40 이하
총질소(mg/L)		30 이하	60 이하	60 이하	60 이하
총인(mg/L)		4 이하	8 이하	8 이하	8 이하
트리클로로에틸렌(mg/L)		0.06 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.3 이하
테트라클로로에틸렌(mg/L)		0.02 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
음이온계면활성제(mg/L)		3 이하	5 이하	5 이하	5 이하
벤젠(mg/L)		0.01 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
디클로로메탄(mg/L)		0.02 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.2 이하
생태독성(TU)		1 이하	2 이하	2 이하	2 이하

항목 \ 지역	청정지역	가지역	나지역	특폐지역
셀레늄함유량(mg/L)	0.1 이하	1 이하	1 이하	1 이하
사염화탄소(mg/L)	0.004 이하	0.04 이하	0.04 이하	0.08 이하
1,1-디클로로에틸렌(mg/L)	0.03 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.6 이하
1,2-디클로로에탄(mg/L)	0.03 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.3 이하
클로로포름(mg/L)	0.08 이하	0.8 이하	0.8 이하	0.8 이하
니켈(mg/L)	0.1 이하	3.0 이하	3.0 이하	3.0 이하
바륨(mg/L)	1.0 이하	10.0 이하	10.0 이하	10.0 이하
1,4-다이옥산(mg/L)	0.05 이하	4.0 이하	4.0 이하	4.0 이하
디에틸헥실프탈레이트(DEHP)	0.02 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.8 이하
염화비닐(mg/L)	0.01 이하	0.5 이하	0.5 이하	1.0 이하
아크릴로니트릴(mg/L)	0.01 이하	0.2 이하	0.2 이하	1.0 이하
브로모포름(mg/L)	0.03 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.3 이하
나프탈렌(mg/L)	0.05 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
폼알데하이드(mg/L)	0.5 이하	5.0 이하	5.0 이하	5.0 이하
에피클로로하이드린(mg/L)	0.03 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.3 이하
톨루엔(mg/L)	0.7 이하	7.0 이하	7.0 이하	7.0 이하
자일렌(mg/L)	0.5 이하	5.0 이하	5.0 이하	5.0 이하

하수처리구역에서 “하수도법”제28조에 따라 공공하수도관리청의 허가를 받아 폐수를 공공하수도에 유입시키지 아니하고 공공수역으로 배출하는 폐수배출시설에 대한 BOD, COD, SS 항목의 배출허용기준은 공공하수처리시설의 방류수수질기준을 적용한다

(2) 배출수처리시설의 운영

「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제38조(배출시설 및 방지시설의 운영)에 의한 금지행위를 준수해야 한다.

- ① 배출시설에서 배출되는 수질오염물질을 방지시설에 유입하지 아니하고 배출하거나 방지시설에 유입하지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위
- ② 방지시설에 유입되는 수질오염물질을 최종 방류구를 거치지 아니하고 배출하거나, 최종 방류구를 거치지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위
- ③ 배출시설에서 배출되는 수질오염물질에 공정 중에서 배출되지 아니하는 물 또는 공정 중에서 배출되는 오염되지 아니한 물을 섞어 처리하거나, 동법 제32조(배출허용기준)에 따른 배출허용기준을 초과하는 수질오염물질이 방지시설의 최종 방류구를 통과하기 전에 오염도를 낮추기 위하여 물을 섞어 배출하는 행위. 다만, 환경부장관이 환경부령이 정하는 바에 따라 희석하여야만 수질오염물질의 처리가 가능하다고 인정하는 경우 그 밖에 환경부령이 정하는 경우를 제외한다.
- ④ 그 밖에 배출시설 및 방지시설을 정당한 사유 없이 정상적으로 가동하지 아니하여 동법 제32조에 따른 배출허용기준을 초과한 수질오염물질을 배출하는 행위

(3) 탈수케이크의 처분

배배출수처리시설은 사업장 폐기물의 배출대상으로 「폐기물관리법」 제18조에 의거 발생하는 폐기물을 스스로 처리하거나 위탁하여 처리해야 한다. 「폐기물관리법」에 의한 최종처분 방법은 소각, 매립, 재활용 등이 있다.

정수장 슬러지는 유기물 함량이 40 % 이하인 경우 무기성 오니에 해당되고, 유기물 함량이 40%를 초과한 경우에는 유기성 오니에 해당되어 수분함량 85 % 이하로 탈수한 다음 관리형 매립시설에 매립할 수 있으며, 해양배출은 런던협약 96의정서 발효 및 「해양오염방지법」 개정에 따라 불가능하다. 재활용은 「폐기물관리법」 제46조에 의하여 폐기물재활용신고 등의 절차가 필요하며 처분방법별 관련법령은 <표 1.23.4>와 같다.

<표 1.23.4> 최종처분방법별 관련법규

항 목	관 련 법 규	비 고
성토재, 매립시설 복토재	폐기물관리법시행규칙66조 별표16의2	•함수율 70 % 이하
녹생토	폐기물관리법 44조의2 1항 4호 (자원의절약과재활용촉진에관한법률 제2조 6호)	
시멘트 원료, 재생벽돌	폐기물관리법 44조의2 1항 1호 (산업표준화법 제 15조)	
매립	폐기물관리법시행규칙 14조 별표5	•함수율 85 % 이하
폐기물처리시설의 관리기준	폐기물관리법 시행규칙 제42조 별표 11	

23.2 계획배출수 처리량

- (1) 계획처리고형물량은 계획정수량, 계획원수탁도 및 응집제 투입률 등을 기초로 하여 선정한다.
- (2) 계획원수탁도를 결정할 때에는 원수탁도의 분포현황 및 정수처리시설과 배출수처리시설에서의 저류능력 등을 고려하여 결정한다.

23.3 배출수지

배출수지에는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 1지의 용량은 1회의 여과지 역세척배출수량과 입상활성탄 처리시설 세척수량 이상으로 한다.
- (2) 지수는 2지 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (3) 유효수심 2~4m, 고수위에서 주벽 상단까지 여유고는 60cm 이상으로 한다.
- (4) 배출수지에는 회수수관, 회수펌프, 슬러지배출관, 슬러지배출펌프를 설치해야 한다.
- (5) 그 외의 설비로서 필요에 따라 교반장치, 상징수 집수장치 또는 월류거, 슬러지수집장치 등을 설치한다.

23.4 역세척배출수 침전시설

여과지 역세척배출수 및 입상활성탄 처리시설의 세척수를 침전 처리하는 경우에는 아래사항을 참고하여 플록형성과 침전시설 및 소독시설을 구비하는 것이 바람직하고 그 상징수는 재이용하거나 하천에 방류한다.

- (1) 일반적으로 응집제, 양이온폴리머 등을 수질에 따라 적절히 주입한다.
- (2) 사용되는 단위공정에 따라 다르지만, 처리공정은 플록형성 20분, 표면부하율 2~6 m/h의 침전지에서 0.5~2시간으로 된다. 또한 소독설비도 설계에 포함되는 것이 바람직하다.
- (3) 일반적인 전처리공정으로서는 세척배출수 저류조를 설치해야 한다. 이 저류조는 배출수지를 곁할 수 있으며, 여과지 및 입상활성탄 처리시설 등 세척의 예상빈도를 감안하여 2~3회분의 세척배출수를 충분히 감당할 수 있는 정도의 크기로 한다.

23.5 배슬러지지

배슬러지지는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 용량은 24시간 평균배슬러지량과 1회 배슬러지량 중에서 큰 것으로 한다.
- (2) 지수는 2지 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (3) 유효수심과 여유고는 1.23.3 배출수지의 (3)에 준한다.
- (4) 배슬러지지에는 슬러지배출관을 설치하며, 관경은 150 mm 이상으로 해야 한다.
- (5) 그 외의 설비는 1.23.3 배출수지의 (5)에 준한다.

23.6 농축조

농축조는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 농축조의 용량은 계획슬러지량의 24~48시간분, 고형물부하는 10~20kg/(m²·d)을 표준으로 하되, 원수의 종류에 따라 슬러지의 농축특성에 큰 차이가 발생할 수 있으므로 처리대상 슬러지의 농축특성을 조사하여 결정한다.
- (2) 농축조는 2조 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (3) 농축조의 구조와 형상은 슬러지의 농축과 배출을 효과적으로 할 수 있어야 하며, 또 고수위로 부터 주벽 상단까지의 여유고는 30cm 이상으로 하고 바닥면의 경사는 1/10 이상으로 한다.
- (4) 농축조에는 슬러지수집기와 슬러지배출관, 상징수배출장치 등을 설치해야 한다. 또 필요에 따라 상징수회수펌프와 슬러지배출펌프를 설치한다.
- (5) 농축조의 용량이 적은 경우나 농축성이 나쁜 슬러지가 유입될 경우에도 신속히 농축시키기 위하여 고분자응집보조제를 주입할 수 있는 시설을 설치한다.
- (6) 농축된 슬러지를 탈수시설로 이송하기 전까지 저장할 수 있는 저류조를 설치한다.
- (7) 필요에 따라 농축조 상징수의 수질을 개선하기 위한 방류수처리시설을 설치할 수 있다.

23.7 방류수 TMS(Tele-Monitoring System) 구축

방류수 TMS 구축은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 폐수(방류수) 배출신고량이 1~3종에 해당하는 경우에는 방류수 TMS를 구축해야 한다.
- (2) TMS 구축시에는 수질자동측정기기 및 부대설비와 적산전력계, 적산유량계 등을 설치한다.
- (3) 기타 측정기기 부착 및 신고 등의 업무처리절차는 관련기준을 준수한다.

23.8 천일건조상

천일건조상은 다음 각 항에 따른다.

- (1) 조정농축시설에서 배출된 슬러지를 효율적으로 잘 건조시킬 수 있어야 한다.
- (2) 면적은 강수, 습도, 기온 등의 기상조건과 슬러지의 부하방식에 따라 적절해야 한다.
- (3) 지수는 2지 이상이 바람직하다.
- (4) 형상은 작업성을 고려해야 하며 유효수심은 1 m 이하, 여유고는 50cm를 표준으로 한다.
- (5) 측면과 바닥면은 불투수성으로 한다.
- (6) 부대설비로서 슬러지의 건조를 촉진하기 위한 장치, 배출수설비, 작업용 출입문(gate) 등을 설치한다. 슬러지의 건조를 촉진하기 위한 장치로는 다음과 같은 것들이 있다.
 - 1) 상징수 인출장치 2) 하부집수장치 3) 탈수촉진장치

23.9 탈수기

탈수기는 다음 각항에 따른다.

- (1) 탈수기는 2대 이상 설치한다.
- (2) 가압탈수기는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 여과면적은 슬러지량, 여과속도 및 실제 가동시간으로 산출한다. 특히, 여과(탈수)주기(cycle time)는 1. 슬러지의 압입, 2. 압착(압착기구를 부착한 경우), 3. 공기주입(건조), 4. 여과판 열림, 5. 배출 및 여과판 닫힘의 각 공정으로 한 사이클이 되기 때문에, 이 모든 공정들을 종합한 시간으로 산출된다. 힘의 각 공정으로 한 사이클이 되기 때문에, 이 모든 공정들을 종합한 시간으로 산출된다.
 - ② 여과포는 다음의 선정 조건을 기초로 결정한다.
 - 가. 내산성, 내알칼리성일 것
 - 나. 강도, 내구성이 클 것
 - 다. 안정된 여과속도가 가능할 것
 - 라. 사용 중에 팽창과 수축이 적을 것
 - 마. 여과포의 폐색이 적고 케이크의 탈착이 좋을 것.
 - 바. 탈수여액에 청정도가 높을 것
 - 사. 재생이 가능할 것
 - ③ 가압·압축기의 다이어프램은 내구성이 있는 것으로 한다.
 - ④ 필요에 따라 여과포의 세척장치를 설치해야 한다.

(3) 진공탈수기는 다음 각 호에 의한다.

① 여과탈수기는 (2).①항에 준한다.

② 여과포는 (2).②항에 준한다.

③ 여과포의 세척장치, 교반장치 등의 부대설비, 진공펌프 등의 기계설비, 진공측정계 등의 측정기기를 설치한다.

(4) 원심탈수기와 조립탈수기에는 고분자응집보조제의 주입장치를 설치한다.

(5) 탈수기의 부속기기와 그 밖의 설비는 예비기를 설치하며, 확실히 가동되도록 하고 그 외 부대설비는 다음 각 항에 의한다.

① 관 등은 슬러지나 헝겍물로 폐색되지 않도록 한다.

② 케이크 반출설비를 설치한다.

③ 점검, 정비, 수리용으로 크레인, 호이스트를 설치한다.

④ 여액의 처리설비 또는 반송설비를 설치한다.

(6) 필요에 따라 케이크를 유용하게 이용하기 위한 아래와 같은 설비를 설치한다.

① 파쇄설비와 조립(造粒)설비

② 건조설비

③ 소성(燒成)설비

23.10 탈수슬러지의 처분

(1) 탈수슬러지의 처분방법 선정시에는 처분의 안정성, 경제성을 고려하고, 가급적 재활용하여 자원화 할 수 있는 방법을 우선적으로 선택해야 한다. 재활용 방법은 주로 아래와 같다

1) 농업 이용 2) 토지조성자재 이용 3) 시멘트원료 이용 4) 퇴비소재로 이용

5) 기타 슬러지의 양과 질, 유효이용의 용도, 수요하는 곳과 양, 제조방법, 유통방법, 경제성 등을 충분히 검토하여 재활용 방법 선정

(2) 매립처분지를 선정할 때에는 다음 각 호에 의한다.

① 위치와 부지면적은 발생케이크의 양, 주변의 환경, 운전효율 등을 고려하여 결정한다.

② 장래 매립지 이용의 목적에 적합하도록 매립방법에 대하여 검토한다.

24. 구내배관과 수로

24.1 총칙

정수장의 구내배관과 수로는 정수공정 시설을 연결하는 관로와 수로이며, 다음 용도로 크게 나눌 수 있다.

(1) 원수를 착수정에 도수한 다음 플록형성지, 침전지, 여과지, 정수지 및 배수지로 정수공정에 따라 순차적으로 연결하는 관로와 수로,

(2) 정수공정에서 배출된 침전지 배슬러지와 여과지 세척배출수를 배출수처리시설에 유도하는 관로,

(3) 배출수처리시설에서 역세척배출수지 또는 착수정으로 반송하는 관로로 구별할 수 있다.

정수장 내 연결관로와 연결수로를 설치하는 경우에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 외부로부터의 오염방지나 우회(by-pass)관의 체류수대책 등 수질관리 측면의 고려
- ② 긴급시에 대처하기 위한 복수화나 블록화 및 긴급차단밸브의 설치
- ③ 침전지 및 여과지 유입량에 대한 계열별 균등화
- ④ 적절한 유속 설정
- ⑤ 장래 개량 또는 갱신에 대한 고려
- ⑥ 부동침하 등의 변위를 일으킬 가능성이 있는 장소에서의 보호대책

24.2 연결관과 연결수로

연결관과 연결수로는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 연결관과 연결수로는 가능한 한 짧게, 그리고 일부분의 사고로 인하여 장시간에 걸쳐 전체 기능이 정지되지 않도록 복수의 연결관이나 우회관 설치를 고려한다.
- (2) 미여과수는 여과수 또는 정수와의 연결을 피해야 한다.
- (3) 개수로는 필요에 따라 복개하고 우회관에는 원칙적으로 배수관(drain pipe)을 설치해야 한다.
- (4) 예측 불가능한 사고에 대비하여 필요한 곳에는 긴급차단밸브(수문)를 설치하고, 관로 또는 수로를 보호하기 위해 필요한 조치를 강구한다.

24.3 평균유속과 손실수두

- (1) 플록형성지, 약품침전지, 급속여과지의 연결관로내의 평균 유속은 15~80 cm/s를 표준으로 하고, 그 외의 연결관과 연결수로의 평균유속은 50~150 cm/s를 표준으로 한다.
- (2) 정수장 주요 시설간의 연결관에서 손실수두 계산에 관해서는 마찰손실수두 이외의 유입, 단면 변화, 곡선각도, 굴절, 분류, 밸브류 및 유출 등 모든 손실수두를 고려해야 한다.

25. 관리용 건물

25.1 총칙

정수장 관리용 건물계획은 정수장 규모, 기기류의 수용대수, 특징, 유지관리방식, 종사자의 수, 위탁업무의 유무 등을 고려하여 결정한다. 여기에는 장래의 증설 및 개량, 계측제어기기의 발달로 인한 관리체제의 자동화에 대처하는 것도 함께 고려하여야 한다.

관리건물을 계획할 때에는 다음과 같은 점에 대하여 고려한다.

- (1) 유지관리기능의 확보
 항상 정수장 유지관리가 능률적이어야 함은 물론이고 사고시에도 대처할 수 있으며, 방문자나 유지관리공사 등도 많으므로 이에 대처할 수 있도록 고려한다.
- (2) 법규 준수
 건축물은 「건축법」, 「국토의계획및이용에관한법률」, 「건축물에너지절약설계기준」, 「소방기본법」, 「소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률」, 「지진재해대책법」, 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 (국토의계획및이용에관한법률 하위규칙으로 삭제)

등 많은 관련법령의 규제를 받게 되며 특히 액화염소 주입기가 설치되어 있는 건물은 법적으로 엄격한 제약을 받는다.

(3) 방재 대책

지진, 강풍, 호우, 적설, 침수, 화재 등의 재해대책은 법규의 준수뿐만 아니라 정수기능이 충분히 확보되고 사고가 없도록 하는 것이 중요하며, 또한 점검이나 운전시에 안전사고를 방지하고, 건학자의 사고를 방지하기 위하여 안전한 시설로 한다.

(4) 주위환경과의 조화

정수장은 주위환경과 조화되고 청결한 인상을 줄 수 있도록 하고 건물은 외부로부터의 경관을 고려하고 조경과 녹화에도 노력해야 한다.

25.2 배치와 구성

관리용 건물은 정수시설의 유지관리 및 기능에 적합하게 배치하여 구성한다.

25.3 면적

관리용 건물은 그 기능을 충분히 발휘할 수 있는 넓이로 한다.

25.4 구조

관리용 건물은 내진·내화 및 방음성이 좋은 구조로 한다.

25.5 건축설비와 기타

건축설비는 건축물의 사용목적에 따라 최적인 설비를 설치한다.

26. 유량측정설비

26.1 총칙

정수시설을 적절하게 운영관리하기 위해서는 원수량, 여과유량, 송배수량 등을 정확하게 측정하고 파악하는 것이 중요하다. 이와 같은 유량의 측정위치는 원수량(취수량)은 착수정 전후, 침전지 유입량은 플록형성지의 상류측, 여과유량은 여과지의 유출측, 송수량은 자연유하인 경우에는 정수지 유출측, 송수펌프에 의한 경우에는 펌프 토출측 관로에 설치한다.

26.2 유량측정방식 및 유량계 선정

유량측정방식 및 유량계 선정은 다음 각 호에 의한다.

- (1) 유량측정방식은 측정장소, 측정범위, 필요로 하는 정도(精度) 등에 따라 적절한 것으로 선정하며 유량측정 방식에는 1)벤투리관(venturi tube), 오리피스(orifice) 등의 축관(縮管)에 의한 차압식(差壓式) 2)전자식, 3)초음파식, 4)삼각위어, 사각위어, 전폭위어 등에 의한 위어방식이 있다.

(2) 유량계는 다음 조건을 고려하여 선정한다.

- ① 사용목적 : 제어용(정수장 유입측과 유출측), 감시용(1지마다 여과 유량 등)
- ② 측정의 정도(精度)
- ③ 유량측정 장소의 형태(수로, 관로)
- ④ 유량의 측정 형태(순간량, 적산량)
- ⑤ 유량의 측정 범위
- ⑥ 수리적 상황(손실수두)
- ⑦ 감시방법(현장감시, 원거리감시)
- ⑧ 유량측정의 대상수질(원수, 정수, 슬러지 등)
- ⑨ 보수점검의 난이성

27. 수질검사시설

27.1 총칙

수질검사시설이라 함은 원수, 정수 등에 대하여 수질을 검사할 수 있는 장비와 시험시설을 말한다. 일반수도사업자는 원칙적으로 검사시설을 설치하여야 한다. 다만, 일반수도사업자가 관할 시·도 지사의 승인을 받아 보건환경연구원 등 국·공립연구기관이나 그 밖에 환경부령으로 정하는 기관에 위탁하거나 의뢰하여 수질을 검사하는 경우에는 수질검사시설을 설치하지 아니할 수 있다. 그러나 먹는물수질기준 및 검사 등에 관한 규칙에서 규정하고 있는 매일 1회 및 매주 1회 분석해야 하는 항목의 검사에 대해서는 반드시 수질검사시설을 갖추어야 한다.

수질검사의 목적은 원수수질의 파악, 정수처리의 적정한 운영과 감시, 배수계통의 안전성 확인 및 수질사고의 처리 등으로 크게 나눈다.

원수의 수질변동은 정수처리에 직접 영향을 미치므로 수원의 수질변화를 초기에 파악하고 처리체계를 정비하여 정수처리에 신속하게 대응하여야 한다. 따라서 수질변동의 폭이 큰 수원을 가진 정수장에서는 수원에 수질자동모니터링 설비의 설치가 필요하다. 수도법에서는 취수장의 시설용량이 10,000m³/일 이상인 지표수를 사용하는 정수시설은 취수원 및 정수장에 유해미생물이나 화학물질 등이 유입되는 것에 대비하기 위하여 원수를 감시할 수 있는 생물감시장치를 설치하도록 하고 있다.

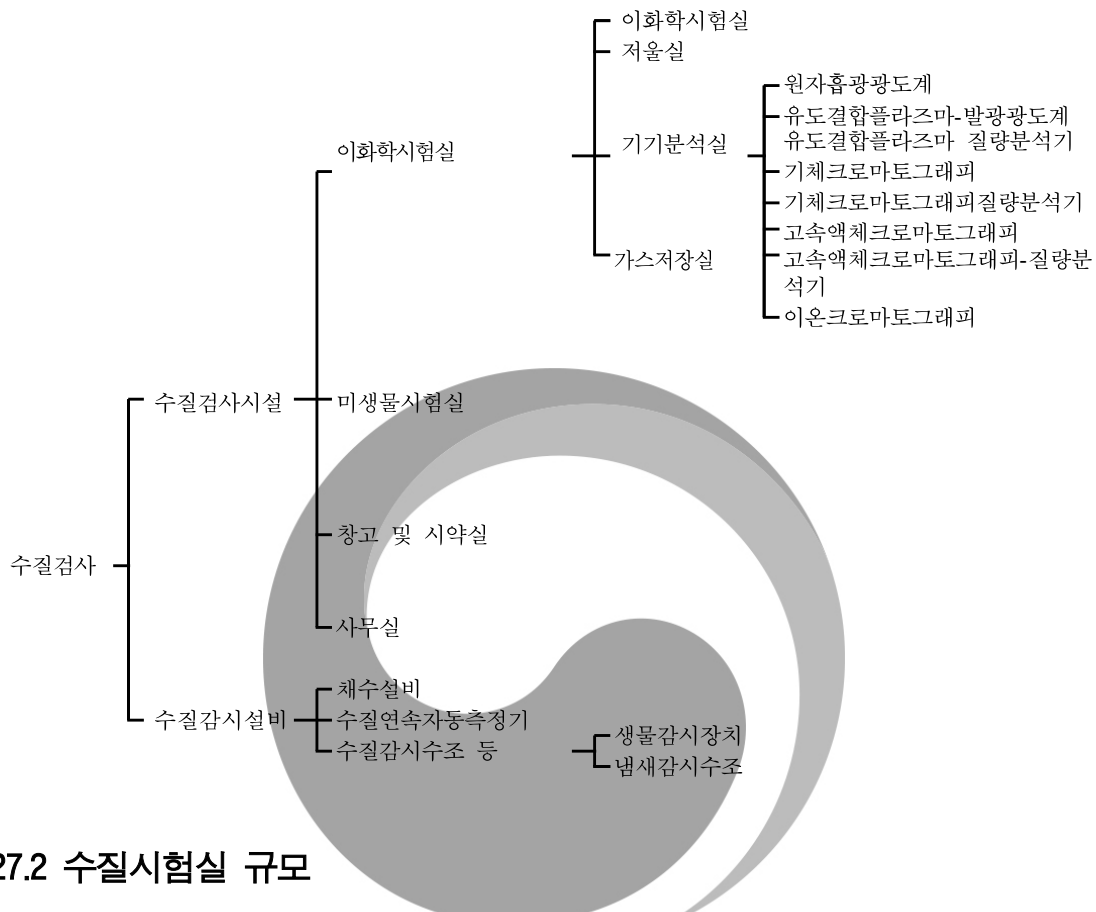
정수처리과정에서의 수질검사는 정수장의 유지관리와 운영에 반드시 필요한 중요한 업무로 정수처리시설에서는 반드시 수질검사를 통해 처리공정의 점검 및 감시가 수행되어야 한다. 또한 정수처리의 최종 결과는 수돗물의 수질에 의하여 판명되므로 정수장에는 정수시설의 규모나 처리방식에 필요한 수질자동모니터링 설비를 설치하는 것이 필요하다.

2개 이상의 정수장을 운영하는 수도사업자는 정수장마다 수질검사시설을 운영할 수 없는 경우에는, 주 수질검사시설을 1개소 이상 선정하여 운영하도록 하고, 기타 정수장은 공정검사를 위한 필수 수질검사장비를 보유한 검사시설로 운영함이 바람직하다.

수도사업자가 단독으로 수질시험실을 설치하기 곤란할 경우에는 2개 이상의 수도사업자가 공동으로 공동수질검사시설을 설치하는 방법도 바람직하다. 수원이나 수도시설에서 수질문제는 복잡

하고 다양화되는 경향이 있으며 한편으로는 더 안전하고 양질의 수돗물을 공급하여 줄 것을 필요로 하고 있다. 이와 같은 추세를 고려할 때 수돗물의 안전과 수질향상을 도모하기 위하여 수도사업자는 수질 검사업무에 최선을 다해야 한다.

수질검사는 수질검사시설과 수질감시설비로 구분할 수 있으며, 세부 구성은 다음과 같다.



27.2 수질시험실 규모

수질시험실의 규모는 원수의 수질특성, 정수처리방식의 종류, 시설규모 등에 따라 달라질 수 있으며, 해당 정수시설별 수질관리에 필요한 수질검사 및 시험을 실시할 수 있도록 한다.

27.3 수질모니터링 설비

정수시설에는 수질을 관리하기 위한 채수설비와 수질연속자동측정기 또는 수질감시수조 등 모니터링설비를 설치한다.

27.4 수질시험실의 설치장소 및 구조와 구성

- (1) 수질시험실은 중앙조정실 등의 주요 정수시설에 근접한 장소에 설치한다.
- (2) 수질시험실은 내진·내화구조로 하고 규모와 용도에 따라 적절하게 구성한다.

27.5 수질시험실의 건축설비

건축설비는 다음 각 항에 따른다.

- (1) 통풍, 채광, 조명 등이 충분해야 한다.
- (2) 전원과 가스 등은 충분한 용량을 확보하고 합리적으로 배치한다.
- (3) 급수설비 등은 충분한 수량과 수압을 유지하고 합리적으로 배치한다.
- (4) 난방설비와 냉방설비는 분진 발생, 실내공기 오염, 과도한 건조 및 습기 등이 없어야 한다.
- (5) 싱크대와 배수관은 내산성 및 내알칼리성으로 하고 합리적으로 배치한다.
- (6) 바닥은 내산성 및 내알칼리성으로 하고 견고하고 미끄러지지 않도록 한다.
- (7) 천정의 높이는 3.0m 이상으로 하고 실내 바닥은 필요에 따라 2중슬래브로 한다.

27.6 수질시험실의 시험설비

시험설비는 다음 각 항에 적합한 것으로 한다.

- (1) 시험대, 싱크대, 기구대, 기구용 선반, 약품용 선반 등은 사용목적에 따라 적정한 것을 선택하고 시험이 능률적으로 될 수 있도록 배치한다.
- (2) 수질관리를 위한 시험에는 각종 수질검사와 시험 및 규모에 따라 필요한 시험용기기 및 기구를 갖춘다.
- (3) 채수설비는 적절한 수량, 구조, 재질 등을 고려하고 정수처리에서 각 공정의 적절한 위치에 설치하여 언제나 채수할 수 있도록 한다.

27.7 시험실 폐액 및 배기 처리

시험실에서 발생하는 시험폐액, 폐수, 배기는 배출되는 장소의 환경이 악화되지 않도록 필요에 따라 처리한다.

28. 보안설비, 동결방지 대책

28.1 총칙

정수장은 음용수를 생산하는 곳이므로 위생상 항상 안전성이 확보되어야 할 뿐 아니라 정수처리 기능을 완전한 상태로 유지하고, 유지관리하기 위한 작업 면에서도 안전성을 확보하기 위하여 보안설비를 설치해야 한다.

이러한 설비는 정수장의 위치와 규모에 따라 관계법령으로 규정되어 있는 경우도 있으므로 충분히 검토하여 계획한다. 또한 한랭지나 동절기에 시설이나 설비에 대하여 필요한 동결방지대책을 강구해야 한다.

28.2 보안설비

정수장에서는 건축물, 전기, 기계설비 등 보안상 당연히 필요한 설비 이외에 다음과 같은 보안설비를 갖춘다.

- (1)외부로부터의 오염을 예방하기 위한 침입방지용 외곽울타리 등의 설비
- (2)보안점검용 통로에는 원칙적으로 위험방지용 손잡이 또는 난간을 설치
- (3)구내도로나 정기적으로 점검하는 장소에는 필요한 조명 설비
- (4)밀폐된 장소에서 정기적으로 점검을 하는 장소에는 필요한 환기설비
- (5)공동구(管廊)와 밸브실 등에는 필요한 배수설비
- (6)그 외에 필요한 보안설비 등

28.3 동결방지 대책

정수장에는 필요에 따라 다음과 같은 동결방지대책을 강구한다.

- (1) 저온으로 각종 지의 수면이 결빙되거나 강설로 수중에 설빙 등이 예상되는 곳에서는 이러한 장애를 방지하기 위하여 지붕 등을 설치한다.
- (2) 정수장의 각 기능을 유지하기 위하여 공동구(管廊 포함), 기계실, 약품저장실 등은 보온설비를 설치한다.

