

## 10. 수질위생관리

### 10.1 총설

#### 10.1.1 일반사항

수돗물의 수질위생관리는 수도꼭지를 통하여 급수되는 수질이 보건상 위해가 없도록 공급계통인 원수, 정수, 배·급수계통에서의 자체 수질관리는 물론 각 계통의 수질에 영향을 미칠 수 있는 환경까지 위생적으로 관리하는 것이다.

먹는물의 수질기준항목 및 감시항목은 먹는물 수질공정시험방법 등에 의하여 검사한다.

수질위생관리는 보건위생적 차원에서 심미적인 요인들도 중요하지만 전염성 병원미생물, 독물, 극물 등의 혼입으로 인한 질병을 유발할 수 있는 요인들을 확실히 배제하기 위한 것이다.

#### 10.1.2 관리체계

수질관리는 상수원수의 수질관리, 정수처리 과정의 수질관리, 배·급수계통의 수질관리 등으로 나누어진다. 본 유지관리기준은 관리자의 편의를 고려하여 각 부문에서 상세히 기술하였다.

여기서는 수질관리의 일반적 사항, 관리의 기초가 되는 수질기준, 시험검사 및 그 결과 취할 조치 등에 관하여 기술하였다.

상수도는 수원으로부터 물을 취수하여 정수장에서 각종 정수처리를 실시하여 먹기에 적합한 물을 만든 후 각 가정에 급수하는 계통으로 되어 있다.

그러므로 계통 내의 여러 지점에서 수질시험을 행할 필요가 있으며 기본적으로 조사해야 할 지점은 크게 다음 세 곳으로 구분할 수 있다.

첫째, 취수지점에서는 주로 원수의 수질특성 및 건강유해영향 오염물질을 감시하고 평가된 수질에 따라 적절한 조치를 취한다.

착수정에서는 취수지점에서와 마찬가지로 원수의 수질특성 및 건강유해영향 오염물질을 감시함과 동시에 기존 정수시설에 기초하여 응집제 및 알칼리제, 분말활성탄, 염소 등의 주입률에 대한 결정 등 목표수질을 달성하기 위한 적절한 조치를 취한다.

수원의 오염이나 장애 발생의 염려가 있는 상수도에서는 검사지점을 다시 상류지역까지 올라가서 상기 목적의 달성을 도모하여야 한다.

둘째, 정수장의 각 처리공정이 충분히 기능을 발휘하고 있는지를 점검하고 공정관리의 최적화를

도모하여 정수장으로부터 송수되는 물의 최종수질을 위생관리적 차원에서 확인한다.

셋째, 관말부의 수도꼭지까지 안전한 수질의 물이 도착하고 있는지를 점검한다.

수질에 관한 민원에 대해서도 검사하고 원인을 규명함과 동시에 개선 수단을 강구한다.

수질시험은 수질관리의 수단으로서 물리·화학적 시험과 생물학적 시험의 세 부문이 있다.

그 부문들은 각기 특성을 가지고 있으며 특정항목들은 상호 보완관계에 있으므로 세 부문을 동시에 행하고 각각 그 결과를 종합하여 판단할 필요가 있다. 수질시험은 세 부문 관계자의 융화·협조가 특히 중요하다.

시험실의 배치나 인사관리 등에 있어서도 이점을 반드시 배려하는 것이 바람직하다.

위와 같이 수질시험은 유지 관리의 기초가 되는 것이므로 수도사업자 또는 수질시험대행자는 수질 시험이 정확하게 실시되도록 수질시험을 전달할 수 있는 전문 인력의 충원, 훈련 및 시험시설과 기자재확보에 부단히 노력하여야 한다.

### 10.1.3 수질기준

수도법은 먹는물 수질기준, 수질검사방법, 건강진단 및 위생상의 조치 등에 관해 규정하고 있다.

상수도에 의하여 공급되는 먹는물 수질기준은 <표 10.1.1>과 같다.

수돗물 수질은 수도법 제18조, 제19조와 먹는물관리법 제5조의 요건에 따른 수질기준과 검사결과가 기준에 적합한 것이어야 한다.

원수의 수질기준은 환경정책기본법에 근거를 두고 있다.

그러나 수질환경기준의 항목들은 대부분 지표 항목들이므로 먹는물에 관한 수질기준과 같지 않아 정수관리측면에서 평가가 어려운 실정으므로 원수의 별도 기준이 설정될 때까지 수돗물의 먹는물 수질기준항목과 정수처리능력을 고려한 원수의 수질항목에 대한 분석·평가가 수행되어야 한다.

#### (1) 먹는물 수질기준의 설정 배경

먹는물의 수질기준은 인체의 건강을 보호하고 섭취하기에 적합한 수질에 관하여 법적으로 정한 내용이다.

기준설정의 배경은 사람이 일생동안 하루 평균 2L의 물을 마시는 것을 전제로 수자원상태, 경제수준, 정수처리 기술 등을 종합적으로 고려하고 있다.

우리나라의 먹는물 수질기준은 반드시 지켜야 할 규제적 규범 성격을 지닌 것으로 세균학적 안전기준, 심미적 기준 및 유해물질의 위해성 기준 등의 내용을 포함하고 있다.

기준의 설정은 위해성 평가(risk assessment)를 통하여 장애를 발생하는 농도를 정하고 안전을 고려하여 허용농도를 설정한다.

기준의 설정은 위해성 평가에 기초하여 법적·행정적 대응 가능성, 손익관계, 기술적 실행 가능성 등 여러 방면으로 종합적 판단에 의한다.

우리나라의 수돗물의 수질기준은 수도법 제18조에 의하여 55개 항목이 규정되고 있으며, 이 기준

<표 10.1.1> 수돗물의 먹는물 수질기준

(단위: mg/L)

| 구분                  | 항 목           | 기 준             | 구분                | 항 목                               | 기 준       |        |
|---------------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------|-----------|--------|
| 미생물                 | 일반세균          | 1mL중 100 CFU 이하 | (2)               | 1,1-디클로로에틸렌                       | 0.03 이하   |        |
|                     | 총대장균군         | 100mL에서 불검출     |                   | 사염화탄소                             | 0.002 이하  |        |
|                     | 분원성대장균군       | 100mL에서 불검출     | 1,2-디브로모-3-클로로프로판 | 0.003 이하                          |           |        |
| 건강상 유해 영향 무기물 질     | 대장균           | 100mL에서 불검출     | 소독제 및 소독부산물       | 잔류염소                              | 4.0 이하    |        |
|                     | 납             | 0.05 이하         |                   | 총트리할로메탄                           | 0.1 이하    |        |
|                     | 불소            | 1.5 이하          |                   | 클로로포름                             | 0.08 이하   |        |
|                     | 비소            | 0.05 이하         |                   | 클로랄하이드레이트                         | 0.03 이하   |        |
|                     | 셀레늄           | 0.01 이하         |                   | 디브로모아세토니트릴                        | 0.1 이하    |        |
|                     | 수은            | 불검출             |                   | 디클로로아세토니트릴                        | 0.09 이하   |        |
|                     | 시아나이드         | 불검출             |                   | 트리클로로아세토니트릴                       | 0.004 이하  |        |
|                     | 6가크롬          | 0.05 이하         |                   | 할로아세틱에시드 (디클로로아세틱에시드+트리클로로아세틱에시드) | 0.1 이하    |        |
|                     | 암모니아성질소       | 0.5 이하          |                   | 심미적 영향 물질                         | 경도        | 300 이하 |
|                     | 질산성질소         | 10 이하           |                   |                                   | 과망간산칼륨소비량 | 10 이하  |
| 카드뮴                 | 0.005 이하      | 냄새              | 무취                |                                   |           |        |
| 보론                  | 0.3 이하        | 맛               | 무미                |                                   |           |        |
| 건강상 유해 영향 유기물 질 (1) | 페놀            | 0.05 이하         | 동                 |                                   | 1 이하      |        |
|                     | 다이아지논         | 0.02 이하         | 색도                |                                   | 5도 이하     |        |
|                     | 파라티온          | 0.06 이하         | 세제                |                                   | 0.5 이하    |        |
|                     | 페니트로티온        | 0.04 이하         | (음이온계면활성제)        |                                   |           |        |
|                     | 카비틸           | 0.07 이하         | 수소이온농도            |                                   | 5.8-8.5   |        |
|                     | 1,1,1-트리클로로에탄 | 0.1 이하          | 아연                |                                   | 1 이하      |        |
|                     | 트리클로로에틸렌      | 0.03 이하         | 염소이온              | 150 이하                            |           |        |
|                     | 테트라클로로에틸렌     | 0.01 이하         | 중발잔류량             | 500 이하                            |           |        |
|                     | 디클로로메탄        | 0.02 이하         | 철                 | 0.3 이하                            |           |        |
|                     | 벤젠            | 0.01 이하         | 망간                | 0.3 이하                            |           |        |
|                     | 톨루엔           | 0.7 이하          | 탁도                | 0.5NTU 이하                         |           |        |
|                     | 에틸벤젠          | 0.3 이하          | 황산이온              | 200 이하                            |           |        |
|                     | 크실렌           | 0.5 이하          | 알루미늄              | 0.2 이하                            |           |        |

은 법적구속력을 가지고 있으므로 수도사업자는 먹는물 수질기준에 의하여 검사한 결과에 따라 위생상 안전하다고 판단되면 수돗물을 공급한다.

(2) 지표세균

1) 일반세균

일반세균은 소위 잡균으로 반드시 병원균은 아니나 오염되지 않은 물에서는 보통 일반세균이 적다.

원수 중에 일반세균이 많다는 것은 오염의 가능성을 시사하는 것이다.

특히 염소소독을 적절히 실시하면 대부분의 세균은 사멸 또는 불활성화되므로 배·급수관내에서 검출되는 경우 세균의 재성장, 미생물막의 형성, 오염된 지하수의 혼입 등으로 병원성 미생물의 존재 가능성을 알리는 위험신호라고 할 수 있다.

일반세균의 대부분은 중온세균이며 자연환경 조건과 달리 인체의 온도 및 영양 조건에서는 생존과 번식이 어려워 건강에는 그다지 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있지만 때로는 기회감염을 일으키는 것도 있다.

일반세균은 병원성 미생물의 오염가능성을 나타내는 지표라는 사실을 인식하고 보건계통의 수질전문기관에 의뢰하여 병원성 미생물의 존재 여부를 확인함과 동시에 그 원인을 규명하고 적절한 조치를 취해야 한다.

## 2) 대장균

대장균은 단일종의 세균으로 인간이나 온혈동물의 장내 우점을 이루는 통성혐기성 세균으로 대장균군, 분원성 대장균군보다 분원성 오염에 대한 특이성이 가장 높아 분원성 오염지표로 가장 신뢰할 수 있는 검사이며, 보통 장내에서 서식하고 대부분 비병원성으로 사람의 분변에는  $10^9/g$  가량 분포한다.

그러나 몇몇 subtype은 다양한 기작에 의하여 장질환을 일으키며 감염의 유형은 살모넬라, 이질, 콜레라, 위장염 등과 비슷하다.

장내병원성 subtype은 장내병원성(enteropathogenic), 장침투성(enteroinvasive), 장독성(enterotoxigenic), 장출혈성(verocutotoxin) 등의 4가지로 분류되며, O157은 네 번째에 분류된다.

물에서 대장균 검사는 생화학적방법을 사용하는데 병원성 대장균 균주는 구별이 되지 않는다.

병원성을 구분하는 혈청학적 타입은 체세포 O항원에 근거하며 그 밖에 캡슐 K항원과 편모 H항원이 있다. 수돗물에서 대장균의 병원성 subtype 검출은 일반적인 검사가 아니며 전염병적 연구에서나 필요하다.

## 3) 분원성 대장균군

대장균군과 같은 정의에서 배양온도가 44°C로 높기 때문에 열저항성 대장균군이라고도 한다.

이들은 *escherichia* 속과 그보다 낮은 범위로 존재하는 *klebsiella*, *enterobacter*, *citrobacter* 의 종으로 구성되어 있다.

이 미생물 중 오로지 대장균만이 분원성이며 인간이나 온혈동물의 분변에는 많은 수가 항상 존재하며, 분변으로 오염되지 않은 물이나 토양에서는 거의 발견되지 않는다.

대장균 이외의 내열성 대장균군은 산업폐수 혹은 부패한 식물 찌꺼기나 유기물이 풍부한 토양의 물에서 기원한다.

열대나 아열대 지방에서는 분원성 대장균군이 분원의 오염과 관계없이 발생할 수 있으나, 온대지방에서는 분원성 오염의 가능성을 무시할 수 없으며, 병원성 미생물의 존재와 수처리가 제대로 이루어지지 않았다는 가정을 할 수 있다.

분변의 오염 지표로서는 대장균보다 신뢰도가 떨어지나 대장균군에서 온혈동물의 장내온도를 감안

하면 자연환경에 있는 세균의 성장을 억제하면서 장내세균이 자랄 수 있는 온도에 배양함으로써 좀 더 특이성을 높이므로 대장균군 보다는 분원성 오염에 더욱 가까운 지표미생물로 간주된다.

먹는물에서 분원성 대장균군이 검출, 동정되거나 추정시험에서 대장균이 검출되었다는 것은 최근에 분변 오염이 되었다는 증거이므로 즉각적인 조사가 필요하다.

유럽의 상수원수 수질기준이나 미국의 이수 목적에 따른 수질기준과 같이 수처리공정에서 분원성 세균의 제거 효율성을 알려주는 지표로서 중요한 이차적인 역할을 하며, 원수수질에 다른 수처리기준 평가나 세균제거의 실행목표 제공에 사용하기도 한다.

#### 4) 총대장균군(대장균군)

총대장균군은 먹는물에서 검출과 계수가 용이하기 때문에 오랜 기간동안 적절한 먹는물 수질의 지표로서 인식되어 왔다.

세균분류상 *enterobacteriaceae*에 속하는 세균으로서 담즙염(bile salt)이나 성장억제 표면활성제의 존재하에서 36~37°C에서 유당을 분해하여 산과 가스를 생성하는 그람 음성, 비아포성 간균으로 *oxidase*인 세균을 총칭하며, 일반세균과 마찬가지로 지표세균이지만 그들 대부분이 인축의 장관 내에 존재하고 있는 것으로서 수중에서의 존재는 그 물이 사람과 동물의 분뇨 등으로 오염되어 있음을 의미한다.

대장균군의 정의에 부합되는 비분변성세균과 유당발효를 하지 않는 대장균군들의 존재는 분원오염의 지표로서 대장균군을 적용하는데 즉, 그 물은 소화기계통에서 배설된 병원균에 의하여 오염되어 있을 가능성을 의미한다.

수돗물에서 검출되는 경우 수처리 후 오염, 부적절한 수처리 등을 말하며, 공공 수자원의 미생물적 품질을 관리하는데 유용한 방법으로 사용되고 있다.

### (3) 건강상 유해한 무기물

#### 1) 납

납은 광산폐수, 공장폐수 또는 납관으로부터의 용출 등이 원인이 된다.

납의 독성은 화합물에 의하여 차이가 있으나 성인에 대한 경구치사량은 가용성 염류로서 10g, 질산납 50g, 탄산납 40~50g으로 보고되고 있다.

그러나 수질에 따라서 차이가 있으므로 성인에 대하여는 0.5mg/일 이상에서 축적된다.

납은 헤모글로빈의 합성에 관련된 생화학적인 촉매반응에 참여하는 효소 중 적어도 두 가지 종류에 대해 억제물로 작용한다.

이러한 납의 억제작용은 헤모글로빈의 합성을 방해하기 때문에 혈액 중 고농도의 납은 산소결핍증과 빈혈을 야기한다. 급성 납중독의 증상에는 복통, 메스꺼움, 손발의 통증과 마비, 근육경련 등이 있다.

#### 2) 불소

먹는물에 존재하는 높은 농도의 불소이온을 지속적으로 섭취하는 경우 초기에는 치아 표면에 옅은 노란색 반점이 나타나고 이어 검은 반점(mottling)이 생긴다.

더욱 심하면 치아가 검은 상태로 부식되어 부서지며 뼈의 불소증(반상치아) 등을 야기시킬 수 있다.

성인의 치아는 이미 영구치이므로 불소이온에 의한 효과는 없는 것으로 알려져 있다.

불소이온농도는 식품에서 섭취할 수 있으므로 총량적으로 고려하게 되며 특히 기온에 따라 물의 섭취량이 다르므로 당연히 기온에 따른 조정이 필요하며, 우리나라의 수질기준은 1.5mg/L 이하이며 WHO는 1.5mg/L 이하, 일본은 0.8mg/L 이하, EU는 0.7(25~30°C)~1.5(8~12°C)mg/L이다.

### 3) 비소

비소는 거의 모든 지층에 포함되어 있으므로 자연수 중에는 극히 미량이지만 때때로 검출된다.

특히 광산폐수, 공장폐수, 광천, 농약 등이 원인이 되어 검출되는 경우가 있다.

경구치사량은 성인에서 100~150mg이며, 비산의 급성중독량은 성인에 대하여 5~50mg이나 비소 0.21mg/L 이상을 함유한 물을 계속 마시면 만성중독증을 일으킨다.

비소는 현재 3가와 5가가 확인되어 있지만, 무기화합물의 경우 3가 쪽이 상당히 독성이 강하다.

또한 유기화합물 중 메틸화합물은 5가 화합물보다 독성이 약하다.

어떤 형태라도 경구적으로 섭취하면 장관에서, 가스를 흡입한 경우에는 폐에서 흡수되며, 체내에 들어가면 SH기를 가진 단백질이나 효소와 결합하여 기능장애를 일으키는 것으로 생각되고 있다.

흡수된 비소는 뇨로 배설되지만 비소는 축적성이 있어 만성 독성을 일으킨다.

비소는 무미, 무취, 무색의 아비산 형태로 예로부터 독약으로 살인에 사용되었지만 간장, 근육, 피부, 모발, 손톱, 골 등에 장기간에 걸쳐 잔류하므로 살인의 증거가 남는다.

나폴레옹의 사인이 비소에 의한 독살인 것이 판명된 것도 모발에서 비소가 검출되었기 때문이다.

급성독성은 70~200mg을 섭취하면 콜레라와 같은 구토, 설사, 탈력감, 근육경련, 연하곤란, 심실 성부정맥, 피부의 짓무름 등의 현상이 나타나며 혼수 후 사망한다.

치사량으로는 알루신( $AsH_3$ )에서 0.1~0.15g, 아비산( $As_2O_3$ )에서는 0.1~0.3g이다.

만성독성은 3~6mg/L의 양을 장기간 섭취하여도 일어나며, 일반적으로는 목, 코, 눈 등의 점막 염증에 이어 근육 약화, 식욕감퇴가 일어난다.

또한 피부의 흑색색소침착, 각화, 탈모도 나타난다.

WHO는 피부암의 위험성에 대해 0.2mg/L을 평생 섭취한 경우 5%의 위험성이 있다고 보고하였다.

### 4) 셀레늄

셀레늄의 독성은 19세기 전반 미국의 Great Plains 지방 등에서 셀레늄을 고농도로 함유한 목초를 먹은 가축에서 발생하였던 급성독성으로서의 blind staggers나 만성독성으로서의 알칼리병으로 알려져 있다.

셀레늄화합물의 설치류에 대한 아급성 또는 만성독성은 발육억제, 식욕부진, 털이 일어섬, 자발운동 감소와 함께 간장의 기능장애를 일으키며, 간경변증이나 빈혈증상을 나타낸다.

또한 셀레늄화합물은 발암성, 돌연변이원성 및 염색체이상유발성을 나타내는 한편, 각종 발암물질에 의한 동물발암을 억제하는 항종양작용도 있다.

사람에 대한 셀레늄의 독성은 정련이나 사용공장에서 셀레늄이 피부에 접촉하여 홍반 또는 수포를 동반한 화상, 피부염을 일으키는 외에 눈에는 안검부종, 결막염 등의 장애를 일으킨다.

또한 셀레늄화합물의 고농도 흡입폭로에 의해 기침, 흉부통, 호흡곤란, 구토, 신경과민, 피로, 위장장애(설사, 복통) 등의 급성중독증상을 나타낸다.

공장 주변에 사는 주민에서는 흙색의 얼굴, 손톱의 파열, 고도의 빈혈, 저혈압 등의 증상을 나타내는 중독환자가 발생한 사례도 보고되어 있다.

급성독성에서 대표적인 셀레늄화합물의 LD<sub>50</sub>값은 다음과 같다.

- 금속셀레늄(Se) : 6,700mg/kg(랫트 경구)
- 황화셀레늄(SeS<sub>2</sub>) : 1.38mg/kg(랫트 경구)
- 셀레늄산나트륨(Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) : 31.5mg/kg(랫트 경구)
- 아셀레늄산(H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) : 6.66mg/kg(마우스 복강)
- 아셀레늄산나트륨(Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) : 7mg/kg(마우스 경구)
- 디메틸셀레늄((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Se) : 1,800mg/kg(마우스 복강)
- 염화트리메틸셀레늄((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SeCl) : 99.12mg/kg(랫트 복강)

화합물중 셀레늄화수소는 상온에서 기체로서 특히 독성이 강하다.

이 가스는 공기 중 농도 1.0mg/L에서 눈, 목, 코를 자극하며 흡입하면 오심, 현기증, 권태감을 초래한다.

만성독성은 환경 중 셀레늄 농도가 높은 지역에서 셀레늄 섭취량 200mg/kg인 집단 조사에서는 분명하게 셀레늄에 유래된 것으로 확인할 수 없는 위장장애, 피부의 황달양변색, 우치 등이 보였다.

발암성에 대해서는 지금으로서는 증거가 불충분하다.

셀레늄은 사람 및 기타 동물에서는 필수 원소이다.

흡수된 셀레늄은 폭넓게 각 기관에 분포하며, 특히 간장과 신장에 고농도로 존재한다.

셀레늄 결핍 사료를 계속 투여하면 랫트나 돼지에서 간장의 괴사, 간장애가 발생하며, 반대로 셀레늄을 사료에 보급하면 이들 장애를 회복하는 것이 알려져 있다.

※ LD<sub>50</sub>: 반수치사량

흰쥐, 마우스, 토끼, 개, 원숭이 등을 실험동물로 하여 실험대상물질로 경구 또는 경피적으로 투여할 때 실험동물 중 50%가 죽게 되는 양으로 체중 kg당 mg으로 나타낸다.

## 5) 수은

수돗물 중 수은의 존재는 주로 광산폐수, 공장폐수, 수은계 농약, 지질 등에 기인한다.

수은은 독성이 강하며 일반적으로 표준정수처리공정에서 제거가 어렵다.

수은은 비발암성 독성물질로 노출경로는 주로 식품과 먹는물을 통해 섭취된다.

식품 중 무기수은의 흡수는 섭취량의 78%이며, 먹는물에 함유된 무기수은의 흡수율은 15% 이하이며, 메틸수은은 거의 완전하게 흡수된다.

무기수은은 신장에 빠르게 축적되고 흡수된 메틸수은은 즉시 혈액에 나타나며 인체 혈액 중 수은은 80~90%가 적혈구와 결합한다.

메틸수은의 탈메틸화반응은 서서히 일어난다.

메틸수은은 무기수은에 비하여 독성이 클 뿐만 아니라 지질의 용해도 차이로 쉽게 세포막을 통과

할 수 있다.

특히 뇌, 척수, 말초신경조직에 침투하거나 태반에 영향을 줄 수 있다.

수은염의 일부는 신장, 간장, 간점액, 땀샘, 타액선 등이나 모유를 통하여 배출되지만 가장 중요한 경로는 노와 분변이다.

수은독성의 주된 영향은 신경과 신장장애이며 각종 유기 및 무기수은화합물과 관련이 있다.

메틸수은의 급성 독성은 체내량 1,000mg이 치사량이며, 체내량 100mg은 중독량이다.

매일 0.1mg 정도의 섭취량에서는 발증이 없다.

만성 독성은 지각장애, 운동실조, 보행장애, 시야협소, 언어장애, 난청, Hunter-Russell 증후군 등을 일으킨다.

최소발증 수준은 성인인 경우 혈중농도 0.2 $\mu$ g/mL로 추정되고 있다.

금속수은의 급성 독성은 무기수은의 경우 미량을 경구 섭취하면 체내 흡수율이 낮아 독성은 매우 약하다.

일반적으로 대부분 대변에 의하여 배설된다.

그러나 금속수은은 휘발성이 높아 수은 증기의 흡입으로 성인의 경우 10mg/m<sup>3</sup> 농도에서 1~2일 이내에 치경염증, 구내염, 구토, 복통, 설사, 신경장애 등의 급성 내지 아급성 장애가 나타난다.

만성 독성은 흥분, 기질의 변화, 손가락의 떨림이 나타난다.

사람에 대한 수은염의 급성 독성 경구치사량은 1~4g이다.

염화제2수은 1.5g을 섭취하면 5분 후 구토증을 일으키고 이어서 짧은 시간에 의식을 잃을 정도로 심한복통이 있다.

## 6) 시안

시안이온은 주로 도금공장, 코크스 제조공장 등의 배수에 원인하는 경우가 많고 인체 또는 어류 등에 대하여 극히 독성이 강하며 보통의 정수처리에서는 제거가 어렵다.

따라서 원수에서 검출되면 취수 정지, 정수에서 검출되면 급수 정지를 하여야 한다.

시안화물의 신진대사는 시안화칼륨이 경구적으로 체내로 들어갈 때에는 위산에 의해 시안산을 유리하고, 이것이 체내에 흡수되어 주로 cytochrome oxidase 구성성분의 철과 결합하여 안정한 착염체를 형성하여 시아노헤모글로빈이 되고 헤모글로빈의 효소반기능을 저해하며 그 결과 생체 내에 산소를 공급할 수 없게 되어 질식사태가 된다.

중독 증상으로는 현기증, 두통, 의식상실, 경련 등이 있으며 고농도인 경우에는 호흡중추마비에 의한 호흡정지를 일으켜 사망하게 된다.

시안화물의 급성 독성은 시안산에서는 사람에게 대하여 50~60mg, 시안화칼륨에서는 150~300mg (시안이온으로서 60~120mg)이 치사량이며, 페로시안화칼륨 등의 착염은 독성이 약해 시안화칼륨의 1,000분의 1 정도라 한다.

만성 독성은 사람이 시안화수소, 시안화칼륨, 시안화나트륨을 장기간에 걸쳐 경구 폭로한 자료는 없지만 갑상선부종이나 신경장애에 관한 보고가 많다.

이 신경 장애의 특징으로는 시력저하, 청력장애 및 척수성의 운동장애가 나타난다.

## 7) 6가크롬

6가크롬은 보통 자연수에 존재하지 않는 것으로 각종 공장폐수가 주원인이다.

폐수 중에 있던 3가크롬도 염소산화에 의하여 독성이 강한 6가크롬으로 산화되기 쉽다.

경구치사량은 토끼의 경우 540mg이라고 보고되어 있고, 수돗물 중의 6가크롬은 0.1mg/L 정도에서도 유해하다.

크롬은 인체 조직 내에 광범위하게 분포되어 있다.

크롬은 성인의 폐장에 가장 많으며 기타 대동맥, 고환, 신장, 췌장, 심장, 간장의 순이다.

성인조직에는 건강한 상태에서 0.02  $\mu\text{g/g}$  정도 함유되어 있다.

혈중농도는 0.01~0.07  $\mu\text{g/g}$ 이다.

크롬은 미량필수원소로서 당질 및 지질대사, 단백질 합성에 관여하는 한편 단백질 분해효소의 한 성분으로 혈액에서 알부민과 결합하여 있다.

장관 흡수율은 낮지만 폐나 피부, 특히 기관에서의 흡수는 잘되며 체내에 흡수되면 환원되어 3가가 되고 대부분은 뇨로 배출되지만, 일부는 간장이나 신장에 축적된다.

6가크롬의 급성 독성은 부작이나 분진 흡입으로 인한 피부, 기관, 폐 등에 염증과 궤양을 일으키는 것으로 오래 전부터 알려져 있지만 경구적으로는 6가크롬염을 다량 섭취하면 구토, 설사, 복통, 뇨량 감소, 간장애, 경련, 혼수 등을 일으켜 사망한다.

또한 중크롬산칼륨의 치사량은 0.5~1.5g으로 알려져 있다.

만성 독성은 경구적으로는 간염을 일으키는 것이 알려져 있다.

6가크롬 분진을 장기간 흡입하면 피부, 호흡기, 간장 등에 여러 가지 장애가 일어난다.

또한 폐암이나 비중격천공의 발생으로도 유명하며 발암성도 흡입에 의한 것이 많다.

그러나 폐 이외에서의 발암성에 대하여는 증명되어 있지 않다.

## 8) 암모니아성 질소

단백질과 같이 복잡한 유기성 질소는 부패, 발효, 산화 등에 의하여 무기성 질소인 암모니아성 질소로부터 아질산성 질소가 되며 최종산화물로서 질산성질소가 된다.

암모니아성 질소나 아질산성 질소를 검출하는 것은 분뇨, 하수, 폐수 등의 질소화합물을 다량 포함하는 오물에 의하여 오염된 다음 많은 시간이 경과하지 않은 것을 의미하고 있으며, 또 오물의 산화 분해 작용이 진행 도중인 것을 표시하는 것이다.

따라서 이들 성분은 물의 오염을 측정하는 유력한 지표이다.

또 지하심층수에서는 질산성 질소가 환원되어 아질산성 질소나 암모니아성 질소로 되고 있는 경우가 많으므로 이를 오염되고 있는 것으로 단정할 수는 없다.

개에 대한 경구치사량으로서 염화암모늄은 6~8g, 경구중독량으로서는 탄산암모늄 1g이다.

## 9) 질산성 질소

질산성 질소는 암모니아성 질소 및 아질산성 질소 등의 산화에 의한 최종생성물이다.

따라서 질산성 질소만이 검출되는 물은 산화가 충분히 되고 오염물에 의한 위험은 소멸된 것으로 판단된다. 그러나 질산성 질소가 11mg/L 이상을 포함하는 물을 사용하면 주로 만 1세 미만의 유아

에게 메타헤모글로빈혈(methahemoglobinemia)을 일으킬 가능성이 있다고 한다.

주로 야채, 건조육에서의 섭취량이 많고 식사에 의하여 섭취된 질산염량은 1일 120~300mg 정도이다.

그러나 유아의 주된 섭취원은 물이다.

질산염은 직접 다른 화합물로 대사되지 않지만 세균에 의해 아질산염으로 대사된다.

특히, 질산성질소를 다량 함유한 물로 분유를 녹여 수유한 3개월 미만의 유아인 경우 위산이 감소하며, 세균에 의하여 질산염이 아질산염으로 환원되면서 위에서 아질산염이 생성된다.

아질산염은 적혈구의 헤모글로빈과 반응하여 메트헤모글로빈을 형성하고, 혈액 중 산소를 각 조직으로 운반하는 능력을 감소시킨다.

인체에서는 식품 등에서 유래된 제2급, 제3급 아민이나 아마이드와 반응하여 발암성이 있는 것으로 생각되는 니트로소아민을 생성한다.

니트로소아민이 생성되면 방광염과 위산결핍증(위산이 적은 상태)에 걸린 사람이 증가하는 것으로 밝혀져 있다.

이 반응은 위산의 정상적인 영역 pH 1~5에서 일어나며, 반응속도는 pH 3.5 이하에서 최대가 된다.

니트로소아민이 생성되면 방광 질병과 위산결핍증에 걸린 사람이 증가한다.

동물 실험에서는 수종의 니트로소아민의 발암성이 증명되어 있지만 사람에서의 발암성에 관한 직접적인 증거는 없다.

여기서, USEPA 분류체계 중 A(인체발암물질), B1, B2(유력한 인체발암물질) 및 C(가능한 발암물질)는 발암 물질로, D(인체발암물질로 분류할 수 없는 물질) 및 E(인체 비발암물질)는 비발암 독성물질로 분류하였다.

질산염 및 아질산염의 발암성이 USEPA(미국환경보호청) "D"(분류불능의 것: 동물실험에 의한 증거가 불충분한 것)로 되어 있다.

급성 중독은 성인 치사량이 질산칼슘 54~462mg/kg, 아질산나트륨 32~154mg/kg이며, 미국 어린이 체중 4kg 유아 이상의 인구군에서 질산성 질소 농도 111mg/L가 최대 무작용량으로서 입증되어 있다.

#### 10) 카드뮴

카드뮴은 음식물 섭취로 흡수되거나 호흡을 통해 폐로 쉽게 흡수된다.

흡수된 카드뮴은 혈액으로 들어가 인체 각 장기에 농축되며, 특히 간장과 신장에 많이 축적된다.

건강한 사람의 카드뮴량은 간장에서 0.005~0.01mg/g, 신장에서 0.01~0.125mg/g이다.

신장에는 전신에 있는 카드뮴의 약 1/3이 모여 있다.

카드뮴의 대부분은 저분자량의 단백질과 결합하여 이 금속단백질이 카드뮴의 수송, 흡수에 관계하고 있다.

카드뮴의 체외 배출속도는 일반적으로 상당히 느리며, 주로 뇨를 통해 배출된다.

급성 독성은 사람에 대한 카드뮴의 급성 경구치사량은 확인되어 있지 않으며, 추정값은 수백 mg

이다.

카드뮴에 의한 신장장애 증상은 뇨단백, 당뇨, 뇨아미노산 등이다.

먹는물처럼 저농도 수준에서 장애가 생겼다는 보고는 없다.

카드뮴 10mg/L를 먹는물의 형태로 단기간 폭로시킨 경우 소화기관에서의 철 흡수가 일부 억제된 것이 확인 되었다.

쥐에서 LD<sub>50</sub>은 225mg/kg, 사람에서 경구투여에 의한 중독량은 15mg으로 오심, 구토 등의 증상이 나타난다.

#### 11) 보론(Boron, B)

붕소는 자연계에 널리 분포하며 borax, kernite, tourmaline가 많이 채광되는 붕소 광물로 자연계에서 붕소의 화학적 형태는 붕산과 tetraborate 같은 농축형으로 함유한다.

수계에서는 붕산 형태로 존재하며, 붕산은 체내의 pH 범위에서 잘 해리되지 않는다.

용도는 합금, 로켓 연료, 방부제, 화장품원료, 각종 세척제, 비료, 유리공업, 살충제 등에서 사용된다.

환경 농도는 바닷물에서 붕산농도로 4~5mg/L 정도이며, 주로 강 하구의 물이나 해안가의 지하수에 다량 함유되고 있으며, 식품에는 식물조직에 존재한다.

콩에 가장 많고(25~50 μg/L 건조중량) 다음으로 과일과 채소(5~20 μg/g) 정도이다.

돌연변이 연구 결과 음성이었으며 발암성은 없다.

WHO(세계보건기구)의 권장값과 우리나라의 먹는물 수질기준은 0.3mg/L 이하이다.

#### (4) 건강상 유해영향 유기물질

##### 1) 페놀

페놀류는 페놀, 크레졸 기타 이들의 유도체를 페놀로서 표시한 것이다.

페놀류에는 자연수 중에 포함되는 것은 적으나 석탄공장, 도시가스 공장, 제약공장, 페놀계 합성수지공장 등의 폐수 또는 콜타르, 아스팔트 등을 사용한 포장도로의 세척배수나 빗물(우수) 등의 혼입에 의하여 페놀류를 포함하는 경우가 있다

특히 상수도에 있어서는 콜타르, 아스팔트 등으로 내면 도장을 한 철관의 건조가 불충분한 상태에서 통수한 경우에 페놀류가 용출되는 경우가 있다. 페놀의 성인에 대한 치사량은 15g으로 보고되고 있다.

페놀류는 미량이 있더라도 소독제인 염소와 반응하여 클로로페놀을 생성하고 이것이 페놀보다도 더욱 강한 악취를 발생하므로 독성보다도 먼저 냄새 때문에 문제가 된다.

페놀류는 피부, 점막 등 조직을 부식시키는 작용과 중추신경계에 독성이 있으며 다량을 복용하면 소화기관의 염증, 구토, 경련을 유발시킨다. 그러나 상당량까지 동물에 대하여 무해한 것 같다.

예를 들면 1,000mg/L의 페놀이 함유된 물을 먹인 큰 검정색 쥐에서는 아무 이상을 발견하지 못했다.

페놀이나 클로로페놀류의 냄새, 맛, 독성 등에 대한 자료는 <표 10.1.2>와 같다.

<표 10.1.2> 페놀류의 맛, 냄새, 독성 관련 농도

| 화합물              | 냄새 농도 | 맛 농도  | 대표적 기준농도(mg/L) |        |
|------------------|-------|-------|----------------|--------|
|                  |       |       | 독성             | 발암성    |
| 페놀               | 1     | 0.1   | 3              | —      |
| 2-클로로페놀          | 0.001 | 0.001 | —              | —      |
| 4-클로로페놀          | 0.001 | 0.001 | —              | —      |
| 2,4-디클로로페놀       | 0.001 | 0.001 | 3              | —      |
| 2,6-디클로로페놀       | 0.01  | 0.001 | —              | —      |
| 2,4,5-트리클로로페놀    | 0.1   | 0.001 | 2.6            | —      |
| 2,4,6-트리클로로페놀    | 0.1   | 0.001 | —              | 0.0012 |
| 2,3,4,6-테트라클로로페놀 | 1     | 0.001 | —              | —      |
| 펜타클로로페놀          | 1     | 0.1   | 0.021          | —      |

클로로페놀류 중에는 페놀의 1,000배나 되는 냄새나 맛을 가진 것이 있다고 한다.

또 목재의 방부제나 살균제로도 사용되고 있다.

2,4,6-트리클로로페놀은 발암성도 있다고 한다.

### 2) 다이아지논( $C_{12}H_{12}N_2O_3PS$ )

다이아지논(diazinon)은 질소를 함유한 유기인계 농약으로 비발암성이며, 비교적 독성이 낮고 적용 범위가 넓은 살충제(비농업용으로 가정이나 정원에서 사용되거나 농업용으로도 사용)로 주로 해충방제용 살충제로 이용되며 알코올류, 아세톤, 크실렌 석유계 용매에는 잘 녹지만 물에서는 실온에서 0.004% 정도 녹는다.

물은 알칼리에서는 비교적 안정하지만 물이나 묽은 산에서는 서서히 가수분해한다.

오염원은 농약사용에 의한 환경 중의 배출이 주요오염원이다. 노출경로는 먹는물로 구강을 통한 섭취이다.

피부를 통해 흡수될 수 있으나 증기압이 높고 분해되기 쉬워 잔류성이 적다.

인축에 대한 급성독성은 비교적 낮은 편이며 어독성도 낮아 일반 사용법으로는 별 영향이 없다.

우리나라의 수질기준은 0.02mg/L 이하이며 일본은 수질관리목표항목으로 관리하고 있다.

제거방법은 활성탄흡착과 오존 산화처리가 있다.

### 3) 파라티온( $C_{10}H_{14}NO_5PS$ )

파라티온(parathion)은 각종 해충방제에 사용하여 좋은 방제효과를 보였지만 인축에 대한 독성이 강하여 사용상 큰 제한을 받는다.

알코올, 아세톤 등의 유기용매 및 유지에는 잘 녹지만 석유계의 탄화수소류에는 조금밖에 녹지 않는다.

물에 가수분해도 되지만 알칼리에 의한 분해는 더욱 빠르며 그 분해물은 살충력을 상실한다.

주요오염원은 농약 사용이며 식물 체내에 어느 정도 국부적 침투성이 있어 방제효과가 크다.

식물에 살포하면 햇빛과 비 등에 의해 일부 소실되고 식물체내에 침투한 것은 효소에 의해 분해되

며 동물 체내에 침입한 것은 활성화되어 강력한 살충력을 나타내지만 체내의 효소에 의하여 분해가 일어난다.

파라티온의 확실한 살충력의 지속성은 벼의 이화명충 나방을 대상으로 할 때 약 4일간 지속된다.

위해성은 경구치사량으로 약 5mg/kg이며 특정 독물로 지정되어 있다.

국내에서는 일반 농가의 사용은 금하고 과수조합 등을 통해서 특수 원예농가에 한하여 사용할 수 있다.

노출경로는 먹는물로 구강을 통한 섭취이며, 우리나라의 수질기준은 0.06mg/L 이하이다.

제거방법은 산화제에 의한 산화처리와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 4) 페니트로티온( $C_9H_{12}NO_5PS$ )

페니트로티온(fenitrothion)은 독일과 일본에서 각자 개발된 비발암성 독성물질로 살충제로 사용하여 좋은 효과를 보았으며 국내에는 1963년경부터 벼의 해충방제에 사용되고 있다.

방향족 탄화수소에는 잘 녹으나 지방족 탄화수소에는 약간 녹으며 물에는 거의 녹지 않는다.

일반적으로 다른 유기인계 농약과 같이 알칼리에는 불안정하다.

반감시간은 0.01N-NaOH 30°C에서 272분 정도이다.

잔류성이 비교적 길고 광범위한 해충방제에 효과가 있다.

어독성도 낮아 일반 사용법으로는 별 영향력이 없으며 말라티온보다 낮은 독성을 지닌 농약이나 살충력은 강함에도 불구하고 인축에 대한 독성이 낮은 것이 이 농약의 특성이지만 유기인계이므로 주의하여 취급하여야 한다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취이다. 우리나라의 수질기준은 0.04mg/L 이하이다.

제거방법으로는 산화제의 산화처리와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 5) 카바릴( $C_{12}H_{11}NO_2$ )

카바메이트계 화합물의 살충제로서의 개발은 1947년 Martin 등이 방향족 카바메이트 화합물의 살충력을 밝혔으며, 또한 Metcalf 등이 의약품으로 사용되고 있던 카바메이트 화합물의 강력한 *cholinesterase* 억제작용을 알게 된 것이 발단이였다.

살충제로서 최초로 등장한 것은 미국에서 개발된 카바릴(1-naphthyl-N-methyl carbamate)이다.

우리나라에서는 세빈 및 나크라는 상품명으로 잎말이 나방약으로 사용되고 있다.

또한 카바메이트계 화합물은 카바모일기에 여러 가지 알길기, 방향 또는 이산화화합물을 도입시켜 제초제, 살균제로서 개발된 것도 있다.

카바릴은 다음과 같은 특성을 가지고 있어 가장 널리 사용되는 살충제로, 일반적으로 벼멸구, 번개 매미류 등의 흡즙성 해충에 탁월한 효과가 있으며, 그 밖에 밤나방, 배추흰나비, 바퀴, 패각충(깍지진디), 담배나방 등의 각종 해충에 효과가 있으며, 폭넓은 적용성을 가지고 있다.

부교감신경계에서 *cholinesterase*를 억제시켜 acetylcholine의 국부적 축적을 일으킨다.

카바메이트계 살충제에 의한 *cholinesterase* 억제 기구는 효소의 활성 중인 *serine*의 카바모일화이다. 카바모일화시킨 효소는 인산화된 효소보다도 자연회복이 빠르므로 카바메이트제에 의한 중독은

회복이 빠르다.

마우스의 경구 급성 독성(LD<sub>50</sub>)은 265mg/kg으로서 독물이다. 어류에 대한 독성은 잉어에 대한 48시간 TL<sub>m</sub>값으로 분류할 때 10mg/L 이상은 A급, 10~0.5mg/L은 B급, 0.5mg/L 이하는 C급, C급 중 수질오염이 문제가 되는 것은 D급으로 분류하였다.

어류에 대한 독성은 B급에 속한다.

우리나라의 수질기준은 0.07mg/L이며 제거방법은 산화제에 의한 산화처리와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 6) 1,1,1-트리클로로에탄(CCl<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>)

1,1,1-트리클로로에탄(1,1,1-trichloroethane)은 비발암성 독성물질로 발암성에 관련된 역학자료는 존재하지 않으며 동물실험도 발암성과 관련된 증거가 불충분하다.

THMs과 같이 저비점 유기할로겐화합물에 속하고 주로 대기 중에 발견되는데 대략 2~6년의 반감기를 가지고 있다.

주요 사용처는 수지, 오일, 왁스, 타르와 알칼로이드의 합성재료, 드라이클리닝세제, 금속공업에서 세정제, 살충제, 섬유합성시 사용된다.

환경농도는 미국의 도시지역 평균공기농도로 0.001~60 μg/m<sup>3</sup>, 시골지역은 0.36~1.08 μg/m<sup>3</sup> 범위이며 먹는물의 평균농도는 0.02~60 μg/L이다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

우리나라의 수질기준은 0.1mg/L 이하이다. 제거방법은 폭기처리와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 7) 테트라클로로에틸렌(CCl<sub>2</sub>CCl<sub>2</sub>: PCE)

테트라클로로에틸렌(tetrachloroethylene)은 인체발암물질(국제암연구소: International Agency for Research on Cancer-2B: 발암 가능성이 다소 있는 물질)로 쥐의 동물실험 결과를 근거로 분류하고 있다. 금속산업에서 용제와 탈지제로 사용되며, 금속 세련, 도료, 페인트 생산공정, 전기/전자부품, 고무제품류에 용제 및 원료로 사용된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

우리나라의 수질기준은 0.01mg/L 이하이다.

제거방법은 폭기, 활성탄흡착처리 및 AOP(O<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)가 있다.

#### 8) 트리클로로에틸렌(CCl<sub>2</sub>CHCl: TCE)

트리클로로에틸렌(trichloroethylene)은 USEPA(미국환경보호청)-B2(인체발암 가능성이 다소 있는 물질)로 분류하고 있다.

금속산업에서 용제와 탈지제로 사용되며 금속 세련, 도료, 페인트 생산공정, 전기/전자부품, 고무제품류에 용제 및 원료로 사용된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사 노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

우리나라의 수질기준은 0.03mg/L 이하 WHO(세계보건기구)는 0.07mg/L이다.

제거방법으로는 폭기와 활성탄흡착처리 및 AOP(O<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)가 있다.

#### 9) 디클로로메탄(CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

디클로로메탄(dichloromethane)은 IARC(국제암연구소)-2B(인체발암 가능성이 다소 있는 물질)로 분류하고 있다.

물과 토양에 유출된 디클로로메탄은 기화되거나 물에서 빠르게 생분해 된다.

유동성이 높아 쉽게 지하수로 유입되며 호흡이 환경적 오염의 주요 경로로 매일 도시의 대기 주변으로부터 흡입되는 평균량은 33~307 μg 정도이며, 음식과 먹는물로부터의 섭취는 그리 중요하지 않다.

셀룰로오스아세테이트, 방향제의 용매로 사용되며, 페인트의 제거제, 화학산업장에서 용매와 세정제, 플라스틱 필름, 접착제, 코팅제 등의 용매, 추출용매, 냉매제, 소화기 시약, 치과재료의 몰딩제로 사용된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

우리나라의 수질기준은 0.02mg/L 이하, 미국은 0.05mg/L 이하, 일본과 WHO는 우리나라와 같다.

제거방법은 폭기와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 10) 벤젠(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

벤젠(benzene)은 IARC-1(인체발암물질)로 분류하며 작업장 근로자를 대상으로 한 여러 역학연구결과 백혈병 발생률이 증가하였다고 한다.

냄새역치는 10mg/L로 산업용 용제로 매우 폭넓게 사용되고 있으며 다른 화학물질 생산의 중간물질로 사용되기도 하고 비철금속류 제조시, 섬유제조시 사용된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

우리나라와 일본, WHO의 수질기준은 0.01mg/L 이하이다. 제거방법은 폭기와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 11) 톨루엔(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> · CH<sub>3</sub>)

톨루엔(toluene)은 비발암성 독성물질로 분류하고 있으나 역학자료의 부재와 동물실험 결과가 불충분하다. 호흡에 의한 감지농도는 0.64~139mg/L의 범위에 있고 대기 중에서 분해되어 반감기는 13~24시간 사이이다.

화학합성시 중요한 중간체로 사용되며 산업용제, 페인트, 잉크코팅제로 사용된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

톨루엔은 지용성과 물에 대한 낮은 용해도 때문에 지질 조직에 분포하여 축적된다고 생각된다.

사람과 동물에서 경구 또는 흡입 폭로되면 톨루엔의 일부는 즉시 그대로 배설되며, 대사분은 대사산물인 마노산으로서 뇨로 배설된다.

액체 또는 증기는 피부, 눈 및 인후를 자극한다. 피부에 접촉하면 탈지작용이 있다.

두통, 현기증, 피로, 평형장애 등을 일으킨다.

고농도에서는 마취상태에 빠지며, 의식상실 때 사망하는 경우도 있다.

수질기준은 우리나라와 WHO는 0.7mg/L, 일본은 수질관리 목표항목으로 0.2mg/L, 미국은 1.0 mg/L 이하이다.

제거방법은 폭기와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 12) 에틸벤젠( $C_6H_5CH_2CH_3$ )

에틸벤젠(ethylbenzene)은 비발암성 독성물질로 분류하고 있으나 역학자료의 부재와 동물실험결과가 불충분하다. 주요염원은 석유산업이며 96% 이상이 대기 중에 존재한다.

반감기는 대기 중에서 대략 1일이며 인공고무 생산시 용매나 희석제, 스티렌(styrene)의 합성, 산업용제로 사용되며 석유연료의 연소시 생성된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수로 이들 대사물은 소변으로 24시간 내에 거의 완벽하게 배출된다.

우리나라와 WHO의 수질기준은 0.3mg/L 미국은 0.7mg/L 이하이다. 제거방법은 폭기가 효과적이다.

#### 13) 크실렌( $C_6H_4(CH_3)_2$ )

크실렌은 비발암성 독성물질로 대기 중에서 느낄 수 있는 최저 농도는  $0.6\sim 16mg/m^3$  범위이며, 물속에서  $0.3\sim 1.0mg/L$ 의 농도에서 맛과 냄새를 감지할 수 있다.

Benzoic acid의 원료, 용매, 염료와 다른 유기물의 합성시, 폴리에스터 섬유 합성시, 세정제, 수지, 페인트, 접착제의 일반 용제 및 재료로 사용된다.

노출경로는 먹는물에 의한 구강을 통한 섭취, 샤워, 목욕, 가사 노동시 호흡을 통한 흡입, 샤워, 목욕시 피부접촉을 통한 흡수이다.

우리나라와 WHO의 수질기준은 0.5mg/L, 일본은 필요검토항목으로 0.4mg/L, 미국은 1.0mg/L 이하이다.

제거방법은 폭기와 활성탄흡착처리가 있다.

#### 14) 1,1-디클로로에틸렌( $C_2H_2Cl_2$ )

1,1-디클로로에틸렌은 합성화학물질로서 자연계에는 존재하지 않는다.

용도는 염화비닐리덴수지의 제조 및 화학중간체이다.

1,1-디클로로에틸렌의 환경 내 방출은 주로 제조시와 이것이 폴리머제조의 원료로서 사용될 때에 일어난다고 생각된다.

1,1-디클로로에틸렌은 트리클로로에틸렌 및 테트라클로로에틸렌의 분해생성물일 가능성이 있다.

1,1-디클로로에틸렌은 지하수에서는 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌 및 이들 분해생성물인 시스 및 트랜스 1,2-디클로로에틸렌이나 염화비닐과 공존하는 것이 알려져 있다.

지표수에 배출된 경우에는 신속하게 대기로 휘산되어 분해되고 지상에 배출된 경우는 토양에 흡착되지 않고 지하수로 이행된다.

종래보다 간기능 장애작용이 상당히 강한 물질이란 것이 동물실험을 통하여 알려졌다.

1,1-디클로로에틸렌을 경로폭로하면 48시간에 약 5~10%는 탄산가스에 의해 호흡으로 배설되고, 70% 이상은 분변으로 배설되고 체내 잔류되는 것의 대부분은 간장의 지용성 분획에 존재하고 있다.

WHO에서는 1,1-디클로로에틸렌의 가이드라인을 0.03mg/L으로, USEPA에서는 0.007mg/L으로 설정하였다.

급성독성은 4,000mg/L 이상의 1,1-디클로로에틸렌을 흡입하면 즉시 신경쇠약증상을 일으키며, 지속적으로 폭로되면 의식을 잃게 된다.

만성독성은 이 화합물과 다른 비닐화합물을 동시에 폭로된 노동자에게 간기능장애, 두통, 시각장애, 쇠약, 피로 및 지각신경장애를 일으켰다는 보고가 있다. Ames 시험에서 변이원성이 있는 것으로 나타났다.

발암성은 IARC-3(사람에 대하여 발암성이 있는 것으로 분류할 수 없는 것)으로, USEPA는 C(사람에 대하여 발암가능성이 있는 것:사람에서의 데이터는 없고, 한정된 동물실험에 의한 증거가 있는 것)로 구분하고 있다.

#### 15) 사염화탄소(CCl<sub>4</sub>)

급성독성은 경구, 경피 또는 흡입 폭로에 의하여 피부, 순환계, 호흡기계, 혈액 신장, 간장, 눈 및 췌장 기능에 대하여 해로운 영향을 미친다.

급성독성시 대부분의 경우는 2~3일 이내에 간장 장애를 일으킨다.

황달을 일으키며 환자의 간은 비대해져 만지면 통증을 느낀다.

간장 장애에 관계없이 신장 장애가 관찰되며, 이 같은 경우 신장 장애가 임상증상을 좌우하며, 자주 초기 사망의 원인이 된다. 만성 독성의 가장 중요한 것은 간 및 신장이며, 신경계 및 위장 증상도 일어난다.

발암성은 IARC에서는 2B(사람에 대하여 발암 가능성이 있는 것)로, USEPA는 B2(동물실험에서는 발암성이 인정되지만 사람에게 대한 발암성은 증거가 불충분한 것)로 구분하고 있다.

#### 16) 1,2-디브로모-3클로로프로판(DBCP)

순수한 물질은 자극성 향을 가진 무색의 액체이나 공업용은 호박색 또는 진한갈색으로 가열하면 열분해하여 염화물, 브롬화물 등의 독성을 방출한다.

맛과 냄새를 느끼는 농도는 수용액에서 모두 0.01mg/L이다.

DBCP는 선충구충용 훈증제로 사용하며 브로민(bromin)관련 산업 공장으로부터 환경 중으로 배출하여 자연 환경에 존재한다.

수돗물에서는 염소 소독부산물로 생성되며 지표수에서 휘발되나 토양에서는 매우 안정적이어서 2년 이상 잔존할 수 있으며, 유동적이어서 지하수까지 이동할 수 있다.

최근 2년간 DBCP가 살포된 지역 내 우물을 조사한 결과 저농도가 검출되었으며 비음용우물에서 0.02mg/L까지 검출(WHO)된 적이 있으며 살포시 채소에 잔류된다.

우리나라의 검출실태는 '98년도 한국과학기술원(KAIST) 및 국립환경과학원 조사에서 전국 주요수계 88개 정수장에 대하여 검사한 결과 불검출되었다.

세계 각국의 수질기준은 WHO 0.0001mg/L, 미국 0.0002mg/L으로 대부분 경구로 흡수되며 주로 간과 신장에 축적되고 인체의 유해성은 발암성 평가에서 USEPA-B2, IARC-2B으로 구분되었다.

DBCP제조공장 노동자에서 가역적으로 정자생성이 감소되었다는 보고가 있다.

제거방법은 활성탄흡착처리가 유용하다.

## (5) 소독제 및 소독부산물질

### 1) 잔류염소

정수장에서 염소처리 후 소독효과를 확인하는 것으로 수돗물에 잔존하는 유리잔류염소와 결합잔류염소를 말하는 것으로 물의 pH값에 따라 유리잔류염소의 주성분인 차아염소산(HOCl)과 차아염소산이온(OCl<sup>-</sup>) 그리고 결합잔류염소의 클로라민(NH<sub>2</sub>Cl, NHCl<sub>2</sub>, NCl<sub>3</sub>)이 생성되며 각각의 화합물은 소독력에 큰 차이가 있다.

정수처리에서 염소의 투입량은 수중의 유기물, 철, 망간, 암모니아성질소 및 유기성질소 등의 피산화성 물질의 농도에 따르며 통상적으로 염소요구량 시험을 통해 결정된다.

예를 들면 피산화물질 1mg/L을 제거하는데 필요한 염소량은 철(Fe<sup>2+</sup>) 0.63mg/L, 망간(Mn<sup>2+</sup>) 1.4mg/L, 황화수소 8.5mg/L, 암모니아성질소 7.6mg/L이 각각 필요하며, 수처리 현장에서는 암모니아성질소 1mg/L당 염소 10mg/L를 투입하는 것이 상례이다.

과다한 잔류염소농도는 여러 종류의 새로운 염소소독부산물의 생성량을 증가시키는 요인 중의 하나이므로 급수관망의 수도꼭지에서 0.2mg/L(2007년 7월부터 0.1mg/L 이상) 이상의 유리잔류염소가 검출되도록 투입량을 조절해야 한다.

### 2) 총트리할로메탄(trihalomethanes : THMs)

총트리할로메탄은 클로로포름, 브로모포름, 디브로모클로로메탄, 브로모디클로로메탄 네 종류 화합물을 합하여 총칭하는 명칭으로, 1970년대 미국 미시시피강을 상수원으로 사용하여 수돗물을 공급 받은 지역의 주민들이 타지역의 주민보다 발암률이 높아 조사한 결과 총트리할로메탄의 농도가 높은 사실을 알아내어 1980년대 중반부터 수돗물 수질기준을 정하여 현재에 이르고 있으며 수질기준을 강화하려는 추세에 있다.

우리나라의 수질기준은 위의 네 가지 화합물의 총량이 0.1mg/L 이하이다.

#### ① 클로로포름(CHCl<sub>3</sub>)

13.2~31.8g/m<sup>3</sup>의 클로로포름을 함유한 대기 환경에서 3~10분간 노출되면 73%가 사람의 체내에 흡수된다. 흡입된 클로로포름은 급속히 혈액 속으로 들어가 조직으로 이행된다.

마우스에서는 체지방이 클로로포름 축적에 중요한 장소라는 것이 밝혀졌지만 뇌, 폐, 신장, 근육, 혈액에서도 소량 검출되고 있다.

클로로포름의 대사는 간장에서 일어나며, 전신 오토라디오그래피(autoradiography: 자동 X선 사진)에 의한 연구에서는 방사성 물질이 지방 축적 장소에서 서서히 간장으로 이행되는 것이 밝혀졌다.

사람에서는 경구투여량(7mg/kg)의 50.6%가 CO<sub>2</sub>로 대사되고 섭취된 클로로포름의 68.3%는 변화하지 않은 채 배출된다. 흡수된 클로로포름은 대부분 간장이나 폐를 통하여 배출되며, 500 mg 투여량 중 50~65%만이 체내의 다른 부분으로 순환된다.

급성 독성은 클로로포름 500mg/kg으로 4시간 동안 지속적으로 노출되면 중추신경을 마비시킬 수 있다.

또한 간장은 화학물질을 대사하는 중요한 기관이지만, 간세포의 괴사, 구상공포화-활면소포체의 증가, 지방구의 출현 등이 나타난다.

클로로포름과 같은 지질친화성을 가진 유기물질이 체내에 들어가면 간 세포막의 주요성분인 지질, 단백질 등의 대사에 영향을 미쳐 그 결과 간세포막의 구조적인 변화를 일으켜서 기능적인 장애의 원인이 된다고 생각된다.

만성 독성은 클로로포름을 12년간 흡입한 결과 우울증, 식욕부진, 환각, 운동실조, 발성장애 등의 정신신경증상이 많이 발생한다고 보고되어 있다.

또한 작업환경에서 폭로된 노동자의 대부분은 두통, 구토, 식욕감퇴를 호소하고 있다.

내장기관에서는 폐장의 비대, 간장의 비대, 혈청효소 활성의 상승 및 지방간 등이 확인되었고, 동물에서도 유사한 증상을 나타낸다. 우리나라와 일본의 수질기준은 각각 0.08mg/L, 0.06mg/L 이하이다.

#### ② 브로모포름(CHBr<sub>3</sub>)

이전에는 백일해의 치료제로서 경구적으로 투여한 적이 있다.

너무 많이 사용하면 간장장애를 일으켜 어린이들이 사망한 사고도 있다.

최근에는 석유지질학의 연구에도 이용되고 있지만, 클로로포름보다 독성이 강해 국소 점막 자극이 있으며, 증기 흡입에 의해 간장장애를 일으킨다. 토끼에 대한 피하주사 LD<sub>50</sub>은 1.0g/kg 이다.

마우스에 대한 발암성이 인정되고 있다. 클로로포름과 유사한 독성이 있는 것으로 생각되는 브로모포름을 마우스에 경피적으로 투여하는 실험에서의 LD<sub>50</sub>은 1.820g/kg으로 보고되어 있다.

일본의 수질기준은 0.09mg/L 이하이다.

#### ③ 디브로모클로로메탄(CHBr<sub>2</sub>Cl)

정수과정에서 물속의 부식질 등의 유기물질과 소독제인 염소와 반응하여 생성된다.

생성량은 물속의 브롬이온 농도에 따라 크게 변한다.

발암성에 대해서는 증명되어 있지 않으며 변이원성 물질로 알려져 있다.

일본의 수질기준은 0.1mg/L 이하이다.

#### ④ 브로모디클로로메탄(CHBrCl<sub>2</sub>)

발암성이 의심되며 경구투여시 중간 정도의 독성을 나타낸다.

고농도에서는 마취작용이 있다고 보여 진다.

가열하면 분해되어 브롬과 염소를 함유한 독성이 매우 강한 가스를 생성하는 변이원성 물질이다.

일본의 수질기준은 0.03mg/L 이하이다.

### 3) 클로랄하이드레이트

비중은  $1.5\text{g/cm}^3$ 이며, 끓는점과 녹는점은 각각  $97.8$ ,  $-57.5^\circ\text{C}$ 으로 에틸알코올의 산화에 의해 합성되며 무색의 액체로 물에 녹기 쉽고 수화된 trichloroacetaldehyde( $\text{Cl}_3\text{CCHO}$ )를 말한다.

환경 중에서는 공업적으로 배출되어 상수원에 유입될 수 있으나 대부분 염소 소독에 의하여 부산물로 생성되어 존재하며 의학적, 수의학적 약품(진정제, 수면제)으로 사용된다.

우리나라의 검출실태는 1998년도 국립환경과학원에서 광역시급 이상 53개 정수장에 대하여 연 2회 조사 결과 최대  $0.0065\text{mg/L}$ (평균  $0.0015\text{mg/L}$ )로 조사 되었으며, 1998년도 한국과학기술연구원에서 전국 주요수계 35개 정수장에 대하여 연 2회 조사결과 최대  $0.0062\text{mg/L}$ (평균  $0.0026\text{mg/L}$ )로 조사되었다.

각국의 수질기준은 우리나라  $0.03\text{mg/L}$ , WHO  $0.01\text{mg/L}$ , 호주  $0.02\text{mg/L}$ 이며, 일본은 수질관리목표항목으로  $0.03\text{mg/L}$ (잠정기준)이다.

발암성 평가에서 각각 USEPA-C, IARC-3으로 인체발암물질로서 분류할 수 없는 물질로 분류하고 있고, 제거방법은 활성탄흡착과 오존처리가 있다.

### 4) 디클로로아세토니트릴, 5) 디브로모아세토니트릴, 6) 트리클로로아세토니트릴

할로겐화아세토니트릴은 위의 3가지 화합물과 브로모클로로아세토니트릴을 합하여 4종의 화합물을 총칭한다. 트리클로로아세토니트릴은 주로 살충제로 사용된다.

할로겐화아세토니트릴은 물속에서 비휘발성 물질을 생성하며 가수분해하면 초산이 일부 생성하며, 정수처리공정의 염소소독 과정에서 유리염소와 휴믹산 등과 반응해서 생성되며, THMs보다 농도는 낮으며 접촉시간이 길수록, 수온이 높을수록 생성량은 증가한다.

디클로로아세토니트릴은 장내에서 매우 잘 흡수되며 대부분 소변으로 배출되고 아주 소량이 호흡이나 배설물을 통해 배출되며 대사물은 간, 혈액, 근육, 피부 등에서 고농도로 검출된다.

Dihalogenated acetonitrile은 염소소독된 물에  $0.3\sim 40\ \mu\text{g/L}$ , 트리클로로아세토니트릴은 약  $0.1\ \mu\text{g/L}$  정도 검출되었으며, 1998년 한국과학기술원 및 국립환경과학원이 조사한 결과 평균  $0.4\sim 1.0\ \mu\text{g/L}$ 가 검출되었다.

IARC는 그룹 3으로 분류(인체발암가능성으로 분류할 수 없는 물질)하고, USEPA도 동일하게 분류하고 오염물질후보군(contaminant candidate list: CCL)으로 등재되었다.

제거방법은 활성탄흡착과 오존처리가 있다.

### 7) 할로아세틱에시드(haloaceticacide: HAA)

우리나라에서 수돗물의 할로아세틱에시드는 디클로로아세틱에시드와 트리클로로아세틱에시드의 합을 말하며, 수돗물의 생산과정 중 염소소독과정에서 유기물과 반응하여 생성된다.

주요한 사용처는 의약품 재료, 국소 수렴제, 살균제, 실험실용 시약, 제초제, 방부제 등이다.

우리나라의 수돗물에서 수질기준을 초과하는 농도가 검출 되는 경우는 거의 없다.

USEPA는 인체에 대한 위해성이 신경 계통과 간에 영향이 있는 것으로 되어 있다.

WHO는 디클로로아세틱에시드의 잠정권장농도는  $0.05\text{mg/L}$ , 트리클로로아세틱에시드는  $0.1\text{mg/L}$  이하이며, 우리나라의 수질기준은  $0.1\text{mg/L}$  이하이다.

(6) 심미적 영향물질

1) 경도

칼슘, 마그네슘은 자연계 중에 널리 분포되어 있다.

주로 지질에 기인하나 해수, 공장폐수, 하수 등의 유입에 기인하는 경우도 있다.

또 상수도에 있어서는 콘크리트구조물 또는 소석회처리에 의한 경우도 있다.

경도에는 총경도, 칼슘경도, 마그네슘경도, 비탄산염경도(영구경도), 탄산염경도(일시경도)의 5종류가 있다. 보통 경도라고 하면 총경도를 말하며 칼슘이온, 마그네슘이온의 합계량을 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )의 양(mg/L)으로 환산하여 표시한다.

또 독일 경도는 산화칼슘( $\text{CaO}$ )으로 환산하여 10mg/L를 1도로 하고 있으며 그 외에 영국 경도(1도=탄산칼슘 1.0grain/gallon), 프랑스 경도(1도=탄산칼슘 10mg/L) 등이 사용된다.

수돗물로 공급할 수 있을 정도의 경도는 위생상의 장애는 없으나 경도가 높은 물은 가정용수로서 육류, 야채 등의 조리엔 부적당하며 차, 커피 등의 맛을 나쁘게 한다. 또 세탁할 때 비누를 다량 소비한다.

담수에서의 경도 성분은 칼슘이 많고 마그네슘이 적으나 마그네슘이 다량 있으면 설사를 일으킨다.

2) 과망간산칼륨소비량

수중에 포함되어 있는 유기물이나 환원무기물 등을 산화하는데 필요한 과망간산칼륨( $\text{KMnO}_4$ )의 양을 표시하는 것이다.

유기물에도 과망간산칼륨에 의하여 산화되는 것과 산화되지 않는 것이 있으며, 산화되는 유기물도 그 종류가 여러 가지이다.

제1철염, 아산화금속, 아질산염, 이황산염, 황화물 등의 무기물도 산화되므로 과망간산칼륨 소비량이 모두 유기물의 산화에 소비되는 것으로 생각 할 수는 없다.

그러나 물이 하수, 분뇨, 공장폐수 등 유기물을 많이 포함하는 배수에 의하여 오염되거나 동물성 또는 식물성 플랑크톤 등이 번식한 경우에는 유기물이 증가한다.

따라서 이들을 산화하는데 필요한 과망간산칼륨량도 증가하므로 오염과 과망간산칼륨 소비량과의 관계가 밀접한 것이므로 병원성 유기오염물질의 중요한 지표가 된다.

유기물질은 병원성 미생물의 오염지표는 물론 색도 유발, 염소소독제 및 산화제의 추가 소모를 초래하며, 플록의 특성에 영향을 미쳐 침강특성을 저해한다.

무엇보다 중요한 사실은 배·급수계통에서 미생물의 재성장을 가져올 수 있는 기질이 되고 산화 또는 소독시 인체건강에 유해한 소독부산물을 생성하는 것이다.

3) 냄새

냄새는 하수 오염, 공장폐수 등의 혼입, 철관 내면의 도장, 생물, 세균 등의 번식에 기인하는 경우가 많다.

지하수에 있어서는 철박테리아, 유황 박테리아, 황산염 환원박테리아 등의 번식이나 황화수소에 기인하는 경우도 있다.

또 가장 많은 냄새의 원인은 호소나 저수지 등에 있어서 조류나 방선균 등의 이상번식에 의한 경

우가 있다.

소독에 사용하는 염소냄새는 무방하다고 하나 정도 문제이며, 불쾌감을 일으킬 정도로 다량 함유되는 것은 바람직하지 않으므로 염소소독에 있어서 주입량에 충분한 주의를 필요로 한다.

#### 4) 맛

맛은 순수한 자연수에서는 청량미를 느끼나 짠맛, 쓴맛, 신맛 등 이상한 맛을 느낄 때는 적합하지 않고 오염과 관련되어 위생학적으로 위험한 물로 판단된다.

이상한 맛의 원인은 하수, 오수, 공장폐수의 혼입, 수도관의 내면도장, 생물이나 세균의 번식 등에 의한 경우가 많다.

특히 해안지대의 하천수, 호소수 및 지하수 등에는 해수의 혼입에 의하여 짠맛을 느끼는 경우가 있다.

#### 5) 동

동은 광산, 공장폐수, 상수도용 동관으로부터 용출하거나 살충제 등이 원인이 된다.

동은 1.5~3mg/L에서 물에 금속 맛을 내며 1mg/L 이상 있으면 위생용기나 피복류를 청색으로 착색한다. 성인에 대하여는 1일 100mg 이상을 섭취하면 유해하고 80~170mg/L에서 간장장애를 일으킨다.

구리는 인체에는 영양상 필요하며 매일 2mg이 요구된다.

그러나 100mg/일 이상이 되면 구토증이나 복통을 일으키고 장기간 섭취하면 간경변을 일으킨다.

미량의 동은 적혈구 생성에 필요하나 체내 축적이 어려우므로 만성중독은 일어나기 어렵다.

푸른 녹은 독성이 크고 무기염에 의해 급성독성이 발생한다.

황산동의 경구치사량은 LD<sub>50</sub>으로 300mg/kg이다.

#### 6) 색도

색도는 진색 즉, 현탁물질을 제거한 후의 색도를 말한다.

자연수의 착색은 부식질에 의한 경우가 많으므로 부식질에 유사한 표준 색상으로 표시되도록 되어 있다.

또, 망간이 염소에 의해 산화되었을 때의 색상도 부식질과 유사하다.

착색을 일으킨 원인물질로는 여러 가지가 있으며 장기적으로 원인물질에 의하여 그 독성은 크게 변화하기 때문에 건강에 대한 영향에 대해서는 한마디로 말할 수 없다.

물론 원인에 따라서는 건강에 악영향을 미치지 않는 것도 있지만 착색물질에 따라서는 병원균이나 독성물질 등을 함유한 상태로 있는 것도 있다.

어떤 일이 발생할지는 예측할 수 없으므로 착색된 물이 나오는 경우에는 그 원인을 규명해야 한다.

#### 7) 세제(ABS: alkylbenzen sulfonate)

음이온 계면활성제가 먹는물 중에 혼입되면 거품 발생이나 맛과 냄새의 원인이 된다.

거품 발생의 한계값은 ABS의 경우 0.5mg/L이며 이 정도의 거품 발생을 나타내는 다른 음이온 계면활성제의 농도(mg/L)는 LAS(linear alkylbenzen sulfonate)가 0.37, AOS(alkyl olefine

sulfate)가 0.5, 그리고 AES(alcohol ethoxy sulfate)가 0.25 정도이다.

냄새와 맛에 관한 정보로는 ABS의 경우 1.75~2.0mg/L가 되어야 맛을 느끼고 16mg/L에서 이상한 맛이 생긴다고 한다.

독성으로는 ABS의 경우 마우스의 LD<sub>50</sub>이 1~2.3g/kg이라고 하나 50mg/L의 물을 매일 2L씩 4개월간 복용한 6사람 중 2사람이 식욕감퇴를 호소한 이외에는 이상을 발견할 수 없고, 수mg/L에서는 무해하다는 설이 많다.

그러나 암이나 기형을 낳는다고 주장하는 학자도 있다.

LAS의 급성독성에 대해서는 경구투여, 피하주사, 정맥주사의 투여에 의해 마우스, 랫트, 가토, 햄스터를 사용한 연구가 많이 있다.

마우스의 경구투여에 의한 LD<sub>50</sub>값은 1.6~3.4g/kg, 피하주사에서는 1.3~1.6g/kg, 정맥주사에서는 0.1~0.3g/kg라고 보고되어 있다. 랫트, 햄스터, 가토의 LD<sub>50</sub>값도 거의 같다.

#### 8) 수소이온농도(pH)

pH는 수소이온농도지수라고도 말하며 수소이온농도 역수의 상용대수이다.

pH와 수소이온 농도와의 관계는 pH 7이 중성이고, 6, 5, 4 순서로 적게 될수록 산성이 강하고 8, 9, 10 순서로 커질수록 알칼리성이 강하게 된다.

먹는물로서는 중성 내지 약알칼리성의 것이 바람직하다.

산성의 물은 수도시설의 콘크리트구조물이나 철관 등을 부식시키기 쉽다.

#### 9) 아연

아연은 광산폐수, 공장폐수 또는 아연도금관으로부터 용출되거나 지질 등에 원인이 있다.

아연 1~5mg/L에서 백탁하고 특히 끓이면 현저하게 백탁한다.

급성중독은 5~6mg/L에서 복통, 구토, 설사를 일으킨 예가 있다.

치사량은 황산아연(Zn으로서)에서 토끼에 대하여 435~500mg/kg이었다고 보고되고 있다.

비타민과 같이 생물의 필수 미량원소이며 몸 안 효소기능과 피부, 골격의 정상발육을 도우며 청년기의 성적발육을 신장시켜주는 역할을 하지만 과잉의 아연 섭취는 중독현상을 일으킨다.

아연금속 단독으로는 인체에 미치는 독성이 크지 않지만 염화아연(ZnCl<sub>2</sub>)은 피부나 점막에 강력한 부식작용을 일으키고, 산화아연과 염화아연의 증기를 맡게 되면 기관지를 자극하고 폐렴을 일으키는 원인이 된다.

#### 10) 염소이온

염소이온은 하수나 분뇨 중에 다량 포함되어 있으므로 수중의 염소 이온량은 분원성 오염의 한 지표가 된다. 단, 염소이온은 빗물을 비롯하여 해수, 공장폐수 등의 영향도 많이 받으므로 양의 크기보다는 도리어 상대적 변동, 예를 들면 염소이온이 우발적으로 증가하는 경우 분원성 오염의 가능성이 있다.

염소이온이 250mg/L 이상이 되면 짠 맛을 느낀다.

염소이온은 펌프, 금속관 등의 부식원인이 되기도 한다.

#### 11) 증발잔류물

위생상의 장애는 확실하지 않지만 증발잔류물을 형성하는 용해물질에는 위생상 의미가 있는 것도 있다. 또 다량 함유한다면 맛에 대한 변화를 가져올 수 있기 때문에 이런 점을 고려해서 정하게 된 것이다.

WHO 권장기준은 총용존물질(TDS) 농도가 1,000mg/L을 초과해도 생리학적으로 영향은 없으나 그 농도를 초과하게 되면 물맛이 좋지 않기 때문에 기준으로 정해져 있다.

## 12) 철

철은 자연계에 널리 존재하며 영양생리상 특히 증혈을 위하여 불가결의 성분이나 과도한 철분은 착색이나 금속맛을 내는 원인이 된다.

철이 0.3mg/L 이상 있으면 황갈색 내지 적갈색을 띠고 0.5~1mg/L에서 금속맛과 냄새를 준다.

철은 상식적인 섭취량에서는 장애가 없으나 다량 섭취하면 설사, 구토 등의 병을 일으키는 경우가 있다. 경구치사량은 염화제일철(Fe로서)은 250~558mg/kg이며, 황산제일철(Fe로서)은 558mg/kg으로 일반 자연수에서는 상상할 수 없는 많은 양이다.

인체에는 2~4g의 철이 함유되어 있어 중요한 생리작용을 한다.

인체 내 철의 1/2~2/3는 혈중의 헤모글로빈에 함유되어 있으며 0.5~1.0g은 간장, 비장, 골수에 존재한다.

인체의 필수 물질이기는 하나 다량으로 존재하면 갈색이나 금속맛을 내는 원인이 된다.

지표수에서는 철성분이  $Fe^{3+}$  형태로 존재한다. 철의 인체 내 축적현상으로는 haemochromatosis (혈색증: 피부 및 내장에 혈소 침착)을 유발하기도 한다.

또한 철이 존재하게 되면 철박테리아를 성장케 하는 원인이 된다. 제일철로 0.3mg/L 이상일 경우 파이프의 코팅을 얇게 만든다.

## 13) 망간

망간은 자연계에 널리 존재하고 수중에 용존하며 색 등의 해를 일으키는 것은 철과 같다.

철과 비교할 때 대단히 제거가 곤란하며 미량에서도 물에 색을 띄며 관내에 축적하여 흑수의 원인이 되기도 한다. 색과 탁도의 장애를 일으킬 염려가 있는 경우에는 0.05mg/L 이하로 처리할 필요가 있다.

망간이 0.5~1.0mg/L 있으면 금속맛과 냄새를 일으킨다.

0.05mg/L 이상에서는 산화되어 명확하게 흑색 또는 흑갈색을 띤다.

개에 대한 망간의 치사량은 염화망간(Mn으로서)에서는 56mg/kg이라고 보고되고 있다.

망간은 생체에 필수인 미량원소의 일종이며 식물에서 결핍되면 잎의 백화현상이 일어난다.

동물에서는 각종의 장기에 나타나며, 특히 털이나 뼈에 많다.

망간을 필수로 하는 효소는 글루타민합성효소 등의 아미노산 대사에 관여하는 것, 에놀라아제드의 당분대사에 관여하는 것, 아세틸 CoA, 카르복실라아제 등의 지질대사에 관여하는 것 등이 알려져 있다.

미량으로도 물에 색을 유발시키며 관내에 축적되어 흑수의 원인이 된다.

자연수에서 용존 또는 부유의 형태로 존재, 혐기성 상태의 지하수에서 용존성 망간의 높은 농도를

포함한다.

인간에게 필수적인 원소임에도 불구하고 먹는 물에 섞이며 빈혈, 심장혈관계 질환을 유발한다.

흡수된 망간은 피의 흐름을 빠르게 하고 간(liver)에 축적되는 것으로 알려져 있다.

우리나라의 수질기준은 0.3mg/L, 일본은 0.05mg/L 이하이며, 실질적으로 수질 관련 민원이 발생되지 않게 하려는 수질관리목표는 0.01mg/L 이하이다.

#### 14) 탁도

수돗물 탁도의 원인은 정수시설, 정수작업 또는 배·급수시스템의 시설 등에 어떠한 결함이 발생하고 그로 인하여 탁질이 혼입하거나 관내의 도장이나 도금의 용출 등이 원인이다.

탁질이 무해한 것이더라도 탁도의 원인은 오염과 밀접한 관계가 있다.

혼탁을 일으키는 원인물질에는 여러 가지가 있어 장기적으로 원인물질에 의한 그 독성은 크게 변화하므로 건강에 대한 영향에 대해서는 한마디로 말할 수 없다.

물론 다른 원인에 의해 건강에 악영향을 일으키는 것도 있으나, 탁한 물이 나온 경우 반드시 그 원인을 규명해야 한다.

미국은 탁도의 낮음이 수돗물 내에 미생물 농도가 낮을 뿐더러 소독 효과도 향상됨을 인식하여 심미적 영향물질 그룹에서 미생물 그룹으로 이동하여 관리하고 있다.

#### 15) 황산이온

황산이온의 인체에 대한 영향은 황산염을 1.0~2.0g 섭취하면 설사약으로서 작용하며, 황산이온을 다량함유한 물을 마시게 되면 설사를 일으킨다.

황산염은 맛에도 영향을 주며 역치는 황산나트륨 200~500mg/L, 황산칼슘 250~900mg/L, 황산마그네슘 400~600mg/L이며 WHO 권고기준은 맛과 설사 효과를 고려하여 40mg/L 이하로 하고 있다.

일본에서는 높은 농도의 황산이온을 함유한 물이 거의 없으므로 수도법의 수질 관련 기준에서 제외시켰다.

#### 16) 알루미늄

대사알루미늄은 규산알루미늄으로 흙과 먼지의 주성분으로 구성하고 있는 것 외에 음식물에도 널리 함유되어 있다.

총알루미늄량 중에서 먹는물에서 유래된 알루미늄은 1/10 정도 밖에 지나지 않으며, 동물의 신경 세포에는 유일하게 외기에서 직접 노출된 세포에 알루미늄이 침입하는 것이 실험적으로 증명되었다.

알루미늄의 위험성은 일반항목을 제외한 연구 대상 물질 80종의 인체에 유해한 영향을 끼치는지의 유무를 결정하기 위해서 사용한 연구논문 및 보고서 그리고 각종 데이터를 통해 자료를 수집하였다.

수집된 자료들을 중심으로 단계적으로 동물실험결과 및 역학적 연구결과를 검토한 후 보조적으로 단기검사 결과를 활용하여 미국환경보호청의 분류체계에 입각하여 발암성 물질과 비발암성 독성 물질로 분류한 결과 알루미늄은 D 즉, 인체발암물질로 분류할 수 없는 물질로 비발암 독성물질로 분류된다.

알루미늄에는 신경 독성이 있다고 실험적으로 확실하게 증명되어 있다.

그 독성에 대한 증거는 알루미늄 생산 근로자를 대상으로 역학 조사결과 알루미늄의 호흡노출량과 혈액 임파구와 채장압의 발생률과의 관계가 어느 정도는 있으나 명확한 증거는 관찰되지 못했다.

인체에는 알루미늄의 침입을 막는 기구가 있어 섭취해도 보통은 거의 흡수되지 않는다.

신장투석에 사용하는 물에 알루미늄이 포함되어 있으면 투석을 받은 환자에게 신경장애를 일으키는 것이 있다.

수질기준으로 우리나라와 일본은 각각 0.2mg/L 이하이다.

#### (7) 감시항목

환경부는 1997년 9월부터 상수원수 및 수돗물에 함유된 유해화학물질 중 20개 항목에 대해 집중적으로 감시하고 있다.

감시항목으로 채택된 항목은 우리나라 먹는물 수질기준항목 설정여부를 검토하기 위한 항목들로서 유해성이 논의되거나 검출빈도가 높은 항목, 외국에서 이미 수돗물 수질기준으로 설정된 항목, 국내 연구기관 조사연구결과 감시의 필요성이 제기된 항목으로 구성되어 있다.

감시항목 중 검출빈도와 농도가 높거나 인체위해성이 우려되는 항목에 대해서는 점차적으로 먹는물 수질기준에 추가될 전망이다.

##### 1) 에틸렌디브로마이드(ethylene dibromide; EDB)

에틸렌디브로마이드는 1,2-dibromoethane이라고도 하는데 가연 휘발유의 첨가제, 살충성 분무소독제, 그리고 공업화학물질로 사용된다.

에틸렌디브로마이드는 공기 내에서 쉽게 광분해된다. 그러나 다른 환경 내에서는 더 오래 남을 수 있다.

이 물질은 휘발성이지만 이 물질의 용해도와 분해에 대한 저항성 때문에 지하수의 오염가능한 화학물질로 간주된다.

에틸렌디브로마이드는 남성 생식기에 영향을 미치는 등 여러 가지 영향을 미치는 bifunctional alkylating agent이다.

사람에 대한 발암적인 증후에 대해서는 부합하지 않았으나 동물에 대한 자료에서는 충분히 발암성을 일으킬 수 있다고 한다.

에틸렌디브로마이드는 체내외의 분석에서 유전적 독성을 갖는다는 것이 발견되었다.

비록 에틸렌디브로마이드가 유전적 독성을 가진 발암물질이지만 자료에 대한 연구만으로는 수치적인 위해도 추정이 곤란하다.

일본 후생성의 내분비계 장애물질 목록에 있는 물질이다.

##### 2) 브로모클로로아세트니트릴(bromochloroacetonitrile)

IARC는 그룹 3(비발암성 독성물질)으로 분류하였으며 먹는물에 존재하는량은 0.3~10 $\mu$ g/L(평균:1 $\mu$ g/L)이다. 극미량의 브롬이온의 존재하에서 아미노산을 함유한 물에 염소소독을 하면 발생한다.

물속에서 비휘발성 물질을 생성하여 가수분해하고 대부분 소변으로 배출되고 아주 소량이 호흡으

로 배설된다.

불확실한 독성 및 발암성 때문에 가능한 법적 규제값은 설정하지 않았다.

일본은 필요검토항목으로 지정하여 관리하고 있다.

### 3) 스티렌(styrene)

스티렌은 단 냄새가 나며 수증의 냄새 감지한계농도는 온도에 따라 4~2,600  $\mu\text{g}/\text{L}$  정도로 알려져 있다. 맛의 평균 감지한계농도는 40°C에서 120  $\mu\text{g}/\text{L}$ 이다.

그러므로 스티렌은 위해기준농도 이하의 농도에서 감지될 수 있다.

주로 플라스틱과 수지의 생산에 사용되는 스티렌은 지표수, 먹는물, 그리고 음식에서도 발견되어진다.

공업지역에서는 공기로부터의 노출 정도가 수백  $\mu\text{g}/\text{일}$  정도까지이다.

흡연은 1일 노출 정도를 10배 이상 증가시킨다.

경구섭취 또는 흡입에 의한 노출에 따라 스티렌은 급속히 흡수되고 체내 특히 지방이 저장되는 곳으로 넓게 퍼진다.

이것은 반응성이 좋은 중간물질인 styrene-7,8-oxide로 대사되는데 glutathione과 결합되어 다시 대사되며, 대사는 빠르고 거의 완전히 소변으로 배출된다.

스티렌은 낮은 급성독성을 갖고 있으며, 직업상의 노출에 의한 증상으로는 점막의 자극, 중추신경계 자극 그리고 간에 독성을 일으킬 수 있다.

쥐에 대한 단기간의 독성시험에서 glutathione 농도의 감소가 발견되었고, 체외시험에서 스티렌은 대사활동만이 존재할 경우 돌연변이성이 발견되었으며, 체내외 연구에서는 극히 높은 농도로 섭취하면 유전자의 이상이 발생한다는 것이 발견되었다.

반응중간생성물인 styrene-7,8-oxide는 직접적인 돌연변이 유발물질이다.

일본은 필요검토항목으로 기준값이 0.02mg/L 이하이다.

### 4) 염화비닐(vinyl chloride)

인체발암물질로서 동물실험 결과뿐만 아니라 역학적 연구에 의해서도 간종양 발생률이 노출량에 비례하여 증가된다고 알려져 있다.

플라스틱 산업의 주재료로 사용되며 PVC 합성위 단량체(monomer), 비니온(vinyon), 사란(saran) 등의 합성섬유의 주재료이다.

메틸 클로로포름(methyl chloroform), 클로로아세트알데하이드(chloroacet aldehyde) 등의 유기합성의 중간체로 사용된다.

냉각제 및 추출용제, 건축자재, 타일, 파이프, 고무, 종이, 유리, 의료산업 등 매우 폭넓게 사용된다.

염화비닐은 주로 폴리염화비닐 생산시 사용된다.

서유럽에서 대기 중의 농도는 약 0.1~0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  정도로 측정되었다.

현재 음식과 수돗물 내 함유농도는 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하이다.

염화비닐은 먹는물에서 수  $\mu\text{g}/\text{L}$  이상 있으며 경우에 따라서 지하수 내에서는 더 높은 농도로 존재

한다.

이 물질은 물속에서 트리클로로에텐(trichloroethene)과 테트라클로로에텐(tetrachloroethene)으로부터 형성될 수 있다.

염화비닐은 섭취량과 포화경로에 의해 높은 반응성과 돌연변이적인 대사성으로 대사된다.

염화비닐은 급성독성을 가지고 있다. 그러나 낮은 농도에서의 단장기간의 노출은 폐에 독성이 있다.

염화비닐은 체내외의 다양한 실험에서 돌연변이를 일으키는 것이 발견되었다.

사람에게 염화비닐이 높은 농도로 노출된 경우 발암성이 있다.

염화비닐의 노출과 간의 angiosarcoma와의 관련성이 충분하다는 것이 증명되었다.

일부 연구에서는 염화비닐은 간세포의 악성종양, 뇌종양, 폐종양, 그리고 임파선 및 혈관조직에 대한 악성효과도 관련성이 있다고 주장하였다.

동물실험결과 염화비닐은 여러 방면에서의 발암물질임이 알려졌다.

일본은 필요검토항목으로 지정하여 기준값이 0.002mg/L 이하이다.

#### 5) 2,4-디클로로페녹시아세트에시드(2,4-dichlorophenoxyacetic acid)

잡초의 제거에 광범위하게 사용되는 클로로페녹시(chlorophenoxy) 제초제이다.

토양 내에서의 광분해에 대한 반감기는 며칠에서 6주 정도이고, 물속에서는 1주에서 수주 정도이다.

제한된 조사 결과 먹는물에서는 수  $\mu\text{g/L}$ 를 초과하지 않으며 음식에는 거의 존재하지 않는다.

독성에 대한 허용한계 농도는  $10\text{mg/m}^3$ 이며 섭취시 유독도는 3등급으로  $80\text{mg/kg}$ (인체)이다.

IARC-2B(인체의 발암 가능성이 대체로 있는 물질)로 분류되는 물질이며, 일본 후생성의 내분비계 장애물질 목록에 있는 물질이다.

WHO의 수질기준은  $0.0\text{mg/L}$  이하이다.

#### 6) 알라클러(alachlor: $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{ClNO}_2$ )

알라클러는 제초제로 1년생 풀의 제어와 옥수수과 같은 곡물재배시 잡초제거에 많이 사용된다.

토양으로부터 주로 휘발, 광분해, 생분해에 의해 감소된다. 많은 알라클러 분해산물이 토양 내에서 발견되며, 알라클러는 지하, 지표수에서도 발견되어 먹는물에서  $2\mu\text{g/L}$  정도 감지된다.

실험 결과로 볼 때 알라클러의 유전독성에 대한 징후는 아직 확실하지 않지만, 알라클러의 대사물질은 돌연변이 유발물질로 보여진다.

쥐에 대한 두 가지 연구결과 알라클러는 발암성이며 이는 양성 및 악성 비강종양, 악성 위종양, 그리고 양성 갑상선종양을 유발한다.

WHO의 수질기준은  $0.02\text{mg/L}$  이하이다.

#### 7) 안티몬(antimony: Sb)

안티몬염과 안티몬의 유기복합물은 음식물과 먹는물에서 낮은 농도로 감지된다.

보고된 바로는 먹는물 내의 안티몬 농도는  $4\mu\text{g/L}$  이하이다. 성인의 1일 섭취량은  $0.02\text{mg/일}$  정도이다.

납용접에서 안티몬-주석(antimony-tin)으로 전환되고 있는 경향으로 장래의 안티몬노출은 증가 될 것이다. 한 마리 쥐에게 먹는물로 1일 0.43mg/kg 체중의 안티몬을 노출시킨 제한된 연구에서 수명의 감소가 관찰되었으며, 혈중 글루코스와 콜레스테롤의 농도가 변화하였다.

양성, 악성종양에 대한 징후는 발견되지 않았다.

#### 8) 벤조피렌(benzo(a)pyrene : BaP)

PAHs(polynuclear aromatic hydrocarbons) 중 비교적 적은 부분을 차지하는 벤조피렌은 쥐의 경구투여에서 발암성이 발견되었다. 벤조피렌은 다수의 생체 내·외 분석에서 돌연변이를 일으키는 것으로 나타났다.

발생원은 유기물의 불안전 연소에서 생성되며 화석연료를 사용하는 자동차 배기가스에서 주로 발생된다. 토양의 표층에서 미생물에 의해 생분해되며 미생물 분해 반감기는 5~240일이다.

지표수에서 BaP는 주로 대기로부터 유입되며 수중에서는 침전물과 부유물에 흡수되며 휘발은 1달 이상 걸리고 광분해에도 민감하다.

대기 중에서는 최고  $37.3\text{ng}/\text{m}^3$  이상도 검출되지만 일반적으로  $1\text{ng}/\text{m}^3$  이하이며 겨울에 높게 검출된다. 섭취되는 PAHs 중 발암성에 대한 정량적 분석의 결과 벤조피렌은 유효하였다.

쥐에게 음식을 통한 벤조피렌의 투여 결과 위장상부에 종기가 생겼다.

벤조피렌은 염소소독에 의해 50~60% 정도 제거될 수 있으나 활성탄여과에 의해서는 현장실험결과 99% 이상 제거된다.

#### 9) 클로로페놀(chlorophenol)

클로로페놀은 페놀의 염소소독의 결과로 발생하거나 phenolic acid와 hypochlorite의 반응부산물로, 살충제로 또는 phenoxy제초제의 분해산물로서 먹는물 내에 존재한다.

먹는물 내의 클로로페놀 농도는 대개  $1\mu\text{g}/\text{L}$  이하이며, 염소소독의 부산물로 먹는물에 생길 수 있는 것으로는 2-chlorophenol(2-CP), 2,4-dichlorophenol(2,4-DCP), 2,4,6-trichlorophenol(2,4,6-TCP) 등으로 각각의 맛 감지한계 농도는 0.1, 0.3,  $2\mu\text{g}/\text{L}$ 로 낮으며, 냄새의 감지 한계 농도는 각각 10, 40,  $300\mu\text{g}/\text{L}$ 이다.

#### 10) 2,4-디클로로페놀(2,4-dichlorophenol : 2,4-DCP)

2,4-DCP는 맛의 감지한계가  $0.3\mu\text{g}/\text{L}$ 이며, 냄새의 감지한계는  $40\mu\text{g}/\text{L}$ 이다.

비발암성 독성물질로 제초제(2,4-D)의 원료, 쯤약, 살충제, 방충제 등으로도 사용된다.

환경농도는 염소소독시 페놀의 염소화로 먹는물에 존재하며 phenolic acid를 가진 hypochlorite의 반응 때 부산물로 생기며, 살균제로서 또는 phenoxy 제초제의 분해 부산물로 생길 수 있다.

경구투여 후 체내에 잘 흡수되며 신속하게 대사처리되어 배출된다.

2,4-DCP의 독성에 대한 자료가 부족해 건강에 관련한 권장값은 정해진 것이 없다.

#### 11) 펜타클로로페놀(pentachlorophenol : PCP)

유리한 인체발암물질로 돌연변이원성 및 기형발생에 대한 잠재력을 가지며, 간세포선종 및 양성과 악성 갈색세포종을 형성시킨다.

녹말, 전분, 아교 등의 보존제나 연체동물의 박멸제, 목재 보존제, 살충제, 제초제, 방부제의 원료

로 사용된다. 펜타클로로페놀은 주로 산림보호제로 사용된다.

산림 관리지역 내에서는 지하수와 지표수에 높은 농도로 존재할 수 있다.

일반 사람에게서는 먹는물이나 음식의 섭취를 통해 노출된다.

또한 섬유, 가죽, 종이 제품 등에 의해, 또한 펜타클로로페놀에 의해 오염된 실내공기의 흡입에 의해서도 노출될 수 있다.

비정제된 PCP는 몇몇 미량오염물과 부분적으로 PCDDs(polychlorinateddibenzo-p-dioxins) 그리고 PCDFs(poly chlorinated dibenzofuran)을 함유하는데 그 중 hexachlorodibenzo-p-dioxin은 가장 독성학적으로 관련성이 높은 종이다.

장단기의 동물연구에서 비교적 높은 농도의 PCP의 노출은 성장률과 임파갑상선호르몬을 감소시키며 간의 중량과 간효소의 활동을 증가시킨다.

PCP형성물을 훨씬 낮은 농도에서의 노출은 성장률의 감소, 간, 폐, 신장 그리고 부신의 중량 증가, 간효소활동의 증가 porphyrin대사의 신장기능의 방해, 그리고 혈액학적 및 생화학적 인자를 변화시킨다.

미량오염물질은 상업용 펜타클로로페놀 비급성독성에 주요한 몫을 차지하고 있다.

PCP는 몇몇 동물종에 면역독성을 보였으며, 적어도 이러한 효과의 일부는 PCP 자체에 기인한다.

신경독성 또한 보고되었으나 미량오염물질에 기인하는 가능성 또한 배제되지 않았다.

순수 펜타클로로페놀에서는 돌연변이성이 높게 발견되지 않았다.

#### 12) 클로로에탄(chloroethane)

에테르와 같은 특이한 냄새를 가지고 있으며 대부분의 유기용매에 용해되는 무색의 마취성 기체다.

염소 소독시 물속에 존재하는 유기산과 반응하여 생성될 수 있는 1,1,1-trichloroethane이 생물학적으로 분해되어 검출되는 물질로서 미세한 신경자극 증상과 마취효과를 낼 수 있어 마취제로 많이 사용한다.

플라스틱이나 쓰레기 조각시의 배출물, 용매, 마취제 등의 증발에 의해 환경상에 방출되고 토양 중에는 실온에서 기체상태이므로 빠르게 증발하고 가수분해가 일어난다.

(반감기는 38일) 수중에서도 주로 휘발하며 강물의 경우 반감기는 1.1일이다.

증기를 과량으로 흡입하였을 경우 의식불명, 복통, 불규칙한 심장박동에 이어 사망할 수 있다.

장기간 노출되는 경우 간장과 신장장애를 일으키는 인체 유해성이 있는 물질이다.

제거방법은 활성탄흡착과 폭기처리가 있다.

#### 13) 1,4-다이옥산

1,4-다이옥산은 폴리옥시에틸렌계 비이온계면활성제 및 황산에스테르 등의 제조공정 부산물로 약한 향기와 무색액체로서 물이나 대부분의 유기용제에 가용성이며, 물래 혼입된 경우 제거가 곤란하며 공장 배출수에서 발견되는 것으로 알려져 있다.

IARC에서 인간 발암가능성이 있는 그룹 2B로 분류된 1,4-다이옥산은 화학물질 합성, 용매와 유기용매의 안정제로 널리 사용되는 물질이다.

USEPA는 수질권고값을 30 µg/L 이하로, 일본은 수질기준으로 0.05 µg/L 이하이다.

14) 모노브로모아세트에시드, 15) 디브로모아세트에시드, 16) 모노클로로아세트에시드

미국과 WHO에서 수질기준으로 정하고 있으며, 미국의 EPA는 HAA<sub>5</sub>에 포함하여 수질기준을 정하고 있다.

우리나라는 종종 검출되기는 하나 농도 5 $\mu$ g/L 이하의 저농도이거나 검출되지 않는 경우가 대부분으로 지속적인 모니터링이 요구되는 항목이다.

17) 2,4,6-트리클로로페놀(2,4,6-Trichlorophenol : 2,4,6-TCP)

염화페놀류는 맛과 냄새의 감지한계농도가 매우 낮은 물질로서 2,4,6-TCP의 맛에 대한 감지농도는 2.0 $\mu$ g/L이며 냄새는 300 $\mu$ g/L이다.

살균제와 목재보존제, 항공광이제 등에 사용되며 강한 페놀 냄새를 지닌 담갈색의 침상형 결정체로 아세톤, 벤젠, 사염화탄소, 메탄올과 같은 용제에 잘 녹는다.

수돗물에서 2,4-DCP와 2,4,6-TCP는 미량으로 소비자의 불만의 원인이 될 만한 물질로서 대표적인 사례가 농업용 또는 공업용 호스를 수도꼭지에 연결하여 사용하는 경우 냄새가 발생하여 수돗물의 수질민원 중에서 가장 많은 부분을 차지한 물질이다.

수중에서는 광분해 또는 휘발시 광분해의 반감기는 2.1시간이며 휘발의 경우 2일이다.

인체 유해성은 동물실험결과 간세포부종이나 종양이 증가하고 백혈병도 증가하여 IARC는 2B(인체의 발암 가능성이 대체로 있는 물질)로 분류하였다.

WHO는 건강관련으로 200 $\mu$ g/L 이하를 기준으로 하였다.

18) 포름알데히드(formaldehyde : CH<sub>2</sub>O)

포름알데히드는 자극성 있는 냄새를 가지고 있어 맛과 냄새의 감지한계는 각각 50 $\mu$ g/L과 25 $\mu$ g/L이다.

주용도는 요소, 페놀, 멜라민 및 폴리아세탈수지의 제조에 사용되어 근래 새집증후군(단열재의 요소수지에 포함된 알데히드)의 대표적인 물질로 부각된 물질이다.

특히 대규모 섬유판매상이 밀집한 건물에서 냄새가 난다.

수돗물에서의 검출은 소독과정에서 유기물과 반응한 소독부산물로서 생성된다.

대부분의 사람은 호흡에 의해 포름알데히드에 노출되어 있으며 흡연자는 하루 0.3mg을 흡입하는 것으로 알려져 있다.

인체의 유해성은 호흡에 의해 노출된 사람과 실험동물의 연구를 근거로 IARC는 2A(인간의 발암 가능성이 높은 물질)로 분류하였다.

WHO는 0.9mg/L, 일본은 0.08mg/L 이하를 수질기준으로 정하고 있다.

19) 디에틸헥실프탈레이트(di-ethylhexyl phthalate=DEHP : 1,2-benzenedicarboxylic acid) 또는 (DOP : dioctyl phthalate), bis(2-ethylhexyl)phthalate, bis(2-ethylhexyl)ester

DEHP는 냄새가 없으며 많은 PVC제품과 염화비닐 중합체 수지의 가소제로 사용되며, 소형 축전지의 PCBs의 대체품으로 사용된다.

DEHP는 물에 거의 녹지 않으며(23~340 $\mu$ g/L) 콜로이드 용액을 쉽게 생성하기 때문에 물에서의 실제 용해도는 25~50 $\mu$ g/L이다. 또한 휘발성이 낮으며 물에서 광분해도 매우 느리다.

pH 8과 30°C에서 가수분해의 반감기는 100년인 것으로 알려져 있다.

혐기성 상태의 슬러지에서는 10~35일 사이에 40~90%가 분해되는 것으로 관찰되었다.

우리나라의 경우 수도관을 PVC관을 사용하는 급수지역에서 1μg/L 이하의 농도이거나 검출되지 않는다. 식품에서는 우유(31.4mg/L: 지방기준), 치즈(35mg/L: 지방기준)에서 최고값을 나타냈다.

인체에 대한 영향은 10~34년 동안 0.01~0.016μg-DEHP/L의 농도로 간헐적인 노출은 혈액, 백혈구에 염색체 이상의 빈도가 증가되지 않았다.

IARC는 2B로 분류하였으며 WHO는 8μg/L를 미국은 6μg/L 이하로 수질기준을 정하고 있으며 일본은 내분비계 장애물질 목록에 있다.

2) 디에틸헥사디페이트(di-ethylhexyl adipate: DEHA), (bis(2-ethylhexyl)adipate: BEHA)  
또는 (Dioctyladipate: DOA)

DEHP와 같이 PVC의 가소제로 사용하며 광택제와 수경제(hydraulic fluids)로도 사용된다.

하수의 활성슬러지 모델실험에서 35일간에 고농도의 DEHA가 이산화탄소가 배출됨으로서 생분해 되는 것이 입증되었다.

이상적인 평형조건하에서 대기와 토양에 주로 존재하는 DEHA의 1% 미만이 수중에서 발견되어 진다.

식품에서는 치즈와 고기 같은 저장성 식품을 PVC랩으로 포장하여 보관하는 경우 DEHA가 지방성식품으로 이행되는 것이 주된 노출원이다.

공기와 먹는물에서의 섭취 농도는 음식을 통한 섭취와 비교하여 그리 중요한 문제는 아니다.

따라서 플라스틱류의 용기에 음식물의 보관을 금하여야 DEHA와 같은 가소제류의 섭취를 최소화 하는 방법이다.

IARC는 그룹 3으로 인체의 발암가능성이 없는 물질로 분류하였으며 WHO는 80μg/L, 미국은 400μg/L 이하를 기준으로 정하고 일본은 내분비계 장애물질 목록에 있다.

#### (8) 참고항목

##### 1) 폴리염화비페닐(polychlorinated biphenyl: PCB)

폴리염화비페닐은 염소함유제품으로 가전제품, 도료, 인쇄잉크, 합성수지, 합성고무, 접착제, 합성 섬유 등의 유연제로 널리 사용하고 있다.

자연상태에서 분해되지 않고 물보다 무거워 아래쪽에 쌓인다.

많은 학자들의 오염 실태 연구에 의하면 PCB 생산공장의 폐수 속에는 염소함유물이 있어 농업용수로 사용할 경우 농작물, 젖소, 닭 등을 통하거나 어패류, 조류 등을 통하여 먹이연쇄 과정을 거쳐 사람에게 들어와 축적된다.

또한 다양한 PCB 제품을 폐기할 경우 폐기물로부터 토양, 하천, 공기 등으로 염소함유물이 오염되고, 먹이연쇄 과정을 거치게 된다.

특히 물고기를 거쳐 체내에 들어오는 경우가 가장 많다.

인체에 들어온 폴리염화비페닐은 물에 녹지 않으며 오줌으로 배설되지 않고 뇌·심장·폐·신장·

간·갑상선·피부·피하지방 등 조직 속에 축적되고 전신 중독증세로서 구토, 황달, 부종, 복통, 혼수상태 등에 빠지고 심하면 사망한다.

예방 대책으로는 가전제품, 도시폐기물을 함부로 버리지 않도록 엄격히 관리해야 하며 식품 속에 폴리염화비페닐 함량을 철저히 측정하여 유통되지 않도록 하고, 더러운 물에 사는 어패류는 먹지 말아야 한다.

## 2) 총유기탄소(total organic carbon : TOC)

총유기탄소는 입자성유기탄소(particulate organic carbon)와 용존유기탄소(dissolved organic carbon)를 합한 값으로 나타내고 있으나 실제 유기물농도를 나타내는 경우에 총유기탄소농도보다는 용존유기탄소와 입자성유기탄소의 각 농도로 표현하는 경우가 많다.

그 밖의 수중유기물에는 휘발성유기물(volatile organic carbon), 콜로이드유기물(colloidal organic carbon) 등이 있으나 자연수중에서 존재는 약 10% 이내로 작은 부분을 차지하고 있다.

이러한 수중유기물의 측정은 종래 화학적산소요구량과 생물화학적산소요구량과 같은 유기물 측정 방법으로부터 탄소량을 직접 측정할 수 있는 습식산화법과 고온촉매산화법으로 발전되고 있다.

또한 용존유기탄소(DOC)는 미생물 분해에 의해 쉽게 분해되는 이분해성 용존유기탄소와 난분해성 용존유기탄소로 분류되고 있다.

생분해 가능한 유기물질(biodegradable organic matter : BOM)은 종속영양세균에 의해 산화될 수 있는 용존유기물질이다.

생분해 가능한 용존유기탄소(BDOC)는 초기 용존유기탄소(DOC)와 배양 후 최종 용존유기탄소의 차이이다.

동화가능한 유기탄소(assimilable organic carbon : AOC)는 배양기간 동안에 생성된 biomass의 농도( $X_{max}$ )로 나타낸다.

DOC의 화학조성은 탄수화물을 주성분으로 하고 이밖에도 아미노산, 지방산, 펩티드, 휴믹산 등으로 구성되어 있다.

이런 유기물의 특성은 생분해도, 걸보기 분자량분포, 유기물의 방향성 및 포화도 등을 들 수 있다.

현재까지의 연구는 대부분의 경우 분자량의 크기와 소독부산물, 탄소의 포화도와 용존유기물에 관한 것이었다.

많은 학자들은 소독부산물의 생성은 유기물의 특성과 관련이 있다고 말하고 있다.

## 3) MTBE(methyl tertiary-butyl ether)

무색의 액체로 비교적 큰 특성을 가진 휘발성 물질로 토양에 잘 흡착되지 않고 지하수에서 멀리까지 이동한다.

냄새의 감지농도는 15~40  $\mu\text{g/L}$ (유기용제 냄새), 맛은 40~14  $\mu\text{g/L}$ (쓴맛)이며, 미국은 1979년, 유럽은 1990년대, 우리나라는 1993년부터 사용되어 왔으며, 기존 사용하던 TEL(tetra ethyl lead)의 대용으로 개발되어 자동차의 옥탄가 향상제로 연료의 폭발력 조절역할과 높은 산소비율로 휘발유 불완전 연소감지 및 배기가스 중 일산화탄소의 양을 줄여 대기오염을 감소시키는 역할을 하는 첨가제이다.

미국의 경우 토양오염 또는 정화기준이 0.1~320mg/kg, 덴마크 500mg/kg, 스웨덴 6mg/kg이며, 지하수 정화기준은 미국 12~720  $\mu\text{g/L}$ , 미국 먹는물 허용권고값 20~40  $\mu\text{g/L}$ 으로 정하여 관리하고 있다(320  $\mu\text{g/L}$  이하는 주거지, 720  $\mu\text{g/L}$  이하는 산업지역).

우리나라는 2005년 5월부터 오염실태를 조사하고 있으며 전국 주유소와 저유수 주변 413개의 지하수를 대상으로 조사한 결과 평균 11.5  $\mu\text{g/L}$ 이 검출되었다.

유해성은 USEPA는 인체발암성으로는 미분류하고 오염물질후보군(CCL)으로 등재되었으며 IARC는 그룹 3(인체발암물질로서 분류할 수 없는 물질)으로 분류하였다.

## 10.2 수질검사

### 10.2.1 일반사항

수질검사란 수질관리상 행하는 시험을 총칭하며 그 중 법령, 규칙 등에 의해 정해진 시험을 수질 검사라고 한다.

수돗물 수질검사에는 준공시 수질검사, 정수장, 급수과정별 시설 및 수도꼭지에서의 정기·임시 수질검사와 상수원수의 수질검사 등이 있다.

또 상기의 정기수질검사는 상수도로서 행하여야 할 최소한의 기준을 표시한 것이므로 각 상수도의 실정에 따라서 상수원, 정수처리과정 등의 물에 대하여 시료수와 시험횟수를 증가하고 또는 시험항목을 추가하는 등의 조치가 필요하다.

또 원수의 수질변화나 정수과정에 있어서 수처리공정 등의 감시나 처리를 행하기 위한 수질검사는 한도시험이 아니고 정량시험을 행하여야 한다.

상수원수와 지하수 및 방류수 수질기준 적합여부에 대한 수질검사는 수질환경보전법 제7조 규정에 의거한 수질오염공정시험방법을 참조하며, 수돗물의 수질기준 적합여부는 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제2조에 의하며 수질검사는 먹는물관리법 제5조와 수도법 제19조 동법 시행령 제23조의 규정에 따라 먹는물 수질공정 시험방법으로 실시한다.

### 10.2.2 시료의 채취 및 보존

#### (1) 시료의 채취 및 보존

수질시험에 사용할 목적으로 하는 시료는 정확한 시료가 되도록 가장 적합한 장소에서 채취하여야 한다. 또 채취에서부터 시험을 행할 때까지 외부로부터 오염을 받지 않고 수질이 변화하지 않도록 채취방법, 운반, 저장 등에 주의하여야 한다.

이화학 시험용에는 내부를 잘 세척한 유리병 또는 폴리에틸렌병을 사용한다.

미생물 시험용에는 하이드로 채수기 또는 유리병을 사용한다.

미생물 시험용기는 사용 전에 멸균하여야 하며 수도꼭지물과 같이 잔류염소를 포함한 시료를 채취하는 용기(100mL당)는 미리 티오황산나트륨 0.02~0.05g을 넣어서 고압증기 멸균을 하여야 한다.

이화학 시험용 시료는 먼저 병을 시료수로 2~3회 씻어내고 병에 공간을 남기지 않고 채취한다.

또 직접 손이 닿지 않는 곳이나 임의의 깊이로부터 시료를 채취할 때는 채수기를 사용한다.

미생물 시험용 시료를 채취하는 경우 하이드로 채취기를 사용할 때는 그 병의 입구가 직접 손이 닿지 않도록 줄로 조작하여 채취하며, 유리병을 사용할 때는 금속박 또는 종이로 덮은 상태로 취급하고, 또 시료는 병에 가득 채우지 않고 20% 정도의 공간을 남긴다.

배수지 등 직접 손이 닿지 않는 곳이나 또는 임의의 깊이로부터 시료를 채취할 때에는 하이드로 채취기를 사용한다.

채취와 동시에 기온, 수온, 외관, 잔류염소, pH, 냄새 등을 조사하고 또 채수장소, 채수연월일, 시각, 전일 및 당일의 기후 등을 기록한다.

생물시험용 시료는 적당량(1~10L)을 채취하고 필요에 따라서 그 일부는 포르말린 1~3%를 가하여 고정하여 둔다. 시료는 채수 후 즉시 시험을 행하는 것이 원칙이나 즉시 시험할 수 없을 경우에는 냉장고에 보존한다. 시료를 채취하였을 때 시험을 행하기까지의 시간은 다음 <표 10.2.1>과 같이 한도 시간 내에 하는 것이 바람직하다.

<표 10.2.1> 시료수 채취로부터 시험착수까지의 한도시간

| 종 별           | 이화학시험용 | 미생물시험용 |
|---------------|--------|--------|
| 정수한 물         | 72시간   | 12시간   |
| 오염되었다고 의심되는 물 | 48시간   |        |
| 오염된 물         | 12시간   | 6시간    |

시료의 운반시에는 시료병이 파손되지 않도록 충분히 주의하고 미생물시험용 시료는 얼음을 채우거나 또는 얼음을 넣은 보온병 등에 넣는다.

채수로부터 시험까지에 장시간이 필요할 때는 시험성적에 경과시간을 기록하여야 한다.

생물시험용 시료는 이화학시험용 시료에 준하여 처리한다.

(2) 항목별 시료채취 및 보관방법

1) 먹는물 시료채취 및 보관방법

① 암모니아성질소, 질산성질소, 염소이온, 과망간산칼륨소비량, 불소, 6가크롬, 페놀, 경도, 황산이온, 세제, 수소이온농도, 색도, 탁도, 증발잔류물, 농약 및 잔류염소시험용 시료: 미리 질산 및 증류수로 씻은 유리병에 시료를 채취하여 신속히 시험한다.

다만, 불소는 폴리에틸렌병에 채취하여 4주일 이내에 시험하고, 페놀은 4시간 이내에 시험하지 못할 때에는 시료 1L에 대하여 황산동(5수염) 1g과 인산을 넣어 pH를 약 4로 하고 냉암소에 보존하여 24시간 이내에 시험하며, 잔류염소를 함유한 때에는 티오황산나트륨용액을 넣어 잔류

염소를 제거한다.

② 미생물 시험용 시료

미생물 시험용 시료를 채취할 때에는 멸균된 시료용기를 사용하여 무균적으로 시료를 채취하고 즉시 시험하여야 한다. 즉시 시험할 수 없는 경우에는 4℃ 냉장 보관한 상태에서 일반세균, 녹농균, 여시니아는 24시간 이내에, 총대장균군 등 그 밖의 항목은 30시간 이내에 시험하여야 한다.

잔류염소를 함유한 시료를 채취할 때에는 시료채취 전에 멸균된 시료채취용기에 멸균한 티오황산나트륨용액을 최종농도 0.03%(w/v)가 되도록 투여한다.

수도꼭지에서 시료를 채취할 경우에는 수도꼭지를 틀어 2~3분간 흘려보낸 후 시료를 채취한다.

먹는샘물 제품수는 병의 마개를 열지 않은 상태의 제품을 말하며, 병의 마개가 열린 것은 검수로 사용할 수 없다.

③ 시안 시험용 시료

미리 증류수로 잘 씻은 유리병 또는 폴리에틸렌병에 시료를 채취하고 곧 입상의 수산화나트륨을 넣어 pH 12 이상의 알칼리성으로 하여 신속히 시험한다.

다만, 잔류염소를 함유한 경우에는 채취 후 아비산나트륨용액을 넣어 잔류염소를 제거한다.

④ 총트리할로메탄 및 휘발성 유기화합물질 시험용 시료

미리 증류수로 잘 씻은 유리병에 기포가 생기지 않도록 가만히 채취하고 pH가 약 2가 되도록 인산(1+10)을 시료 10mL당 1방울을 넣고 물을 추가하여 꽉 채운 후 밀봉한다.

잔류염소가 함유되어 있는 경우에는 아비산나트륨용액을 넣어 잔류염소를 제거한다.

2) 상수원수, 지하수 및 방류수 시험용 시료

시료의 채취와 보관방법은 수질환경보전법 제7조의 규정에 의하며, 자세한 사항은 수질오염공정시험방법에 따른다.

본문에서는 채취된 시료를 즉시 실험할 수 없을 때에는 따로 규정이 없는 한 <표 10.2.2>의 보존방법에 따라 보존하고 어떠한 경우에도 보존기간 이내에 실험을 끝내야 한다.

<표 10.2.2> 시료의 보존방법

| 측정 항목      | 시료 용기 | 보존 방법                                        | 최대 보존 기간<br>(권장보존기간) |
|------------|-------|----------------------------------------------|----------------------|
| 온도         | P, G  | -                                            | 즉시 측정                |
| 수소이온농도     | P, G  | -                                            | 즉시 측정                |
| 용존산소       | BOD병  | -                                            | 즉시 측정                |
| 전극법        | BOD병  | 현장에서 용존산소 고정 후 암소 보관                         | 8시간                  |
| 생물화학적산소요구량 | P, G  | 4℃ 보관                                        | 48시간(6시간)            |
| 화학적산소요구량   | P, G  | 4℃, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 로 pH 2 이하 | 28일(7일)              |
| 색도         | P, G  | 4℃ 보관                                        | 48시간                 |

| 측정 항목            | 시료 용기 | 보존 방법                                                                                | 최대 보존 기간<br>(권장보존기간) |
|------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 부유물질             | P, G  | 4°C 보관                                                                               | 7일                   |
| 염소이온             | P, G  |                                                                                      | 28일                  |
| 노말핵산추출물질         | G     | 4°C, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 로 pH 2 이하<br>(채취한 시료 전량을 취하여 실험)                 | 28일                  |
| 암모니아성 질소         | P, G  | 4°C, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 로 pH 2 이하                                        | 28일(7일)              |
| 아질산성 질소          | P, G  | 4°C 보관                                                                               | 48시간(즉시)             |
| 질산성 질소           | P, G  | 4°C 보관                                                                               | 48시간                 |
| 총 질소             | P, G  | 4°C H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 로 pH 2 이하                                         | 28일(7일)              |
| 인산염인             | P, G  | 즉시 여과한 후 4°C 보관                                                                      | 48시간                 |
| 총 인              | P, G  | 4°C, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 로 pH 2 이하                                        | 28일                  |
| 폐놀류              | G     | 4°C 보관, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 로 pH 4 이하 조정 후 CuSO <sub>4</sub><br>1.0g/L 첨가 | 28일                  |
| 시안               | P, G  | 4°C 보관, NaOH로 pH 12 이상<br>(잔류염소가 공존할 경우 아스코르빈산 1g/L 첨가)                              | 14일(24시간)            |
| 불가크              | P     | -                                                                                    | 28일                  |
| 크롬               | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 24시간                 |
| 연                | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 리                | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 카드뮴              | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 납                | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 망간               | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 비소               | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 니켈               | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 셀레늄              | P, G  | 4°C 보관-HNO <sub>3</sub> 2mL/L                                                        | 6개월                  |
| 알칼리수은, 수은        | P, G  | 4°C 보관, HCl로 pH 5~9                                                                  | 1개월                  |
| 유기인              | G     | 4°C 보관, HCl로 pH 5~9                                                                  | 1개월                  |
| 폴리클로라이티드비페닐(PCB) | G     | 4°C 보관                                                                               | 7일(추출 후 40일)         |
| 음이온계면활성제         | P, G  | 4°C 보관                                                                               | 7일(추출 후 40일)         |
| 대장균              | P, G  | 4°C 암소보관                                                                             | 48시간                 |
| 클로로필-a           | P, G  | GF/C여과 후 -20°C 보관                                                                    | 6시간(정수 12시간)         |
| 전기전도도            | P, G  | 4°C 보관                                                                               | 7일                   |
| 분원성대장균           | P, G  | 4°C 보관                                                                               | 24시간                 |
| 분원성대장균           | G     | 4°C 암소보관                                                                             | 6시간(정수 12시간)         |
| 휘발성저급탄화수소류       | G     | 인산(1+10) 또는 황산(1+5)로 1방울/10mL를<br>가하여 냉암소 보관                                         | 7일(추출 후 14일)         |

\* P: polyethylene, G: Glass

### 10.2.3 수도꼭지의 검체 추출기준

수도꼭지의 검체 추출기준은 먹는물 수질기준 및 검사에 관한 규칙 제4조 제3항에 의하여 다음 <표 10.2.3>과 같이 실시하며, 저수조를 통하여 수돗물이 공급되는 수도꼭지가 전체 검체수의 20% 이상이 되도록 한다.

<표 10.2.3> 수도꼭지의 검체 추출기준

| 급수인구(명)                 | 검체수                |
|-------------------------|--------------------|
| 5,000 미만                | 1                  |
| 5,000 이상~50,000 미만      | 급수인구 5,000명당 1     |
| 50,000 이상~100,000 미만    | 급수인구 7,000명당 1+2   |
| 100,000 이상~500,000 미만   | 급수인구 8,000명당 1+4   |
| 500,000 이상~1,000,000 미만 | 급수인구 15,000명당 1+33 |
| 1,000,000 이상            | 급수인구 30,000명당 1+66 |

※ 비고: 검체수 산정시 소수점 이하 자리는 올림으로 계산한다.

또한 수도꼭지에서의 검사결과 1년 동안 지속적으로 수질기준에 적합한 경우 수질검사지점을 다른 곳으로 변경할 수 있다(먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제4조 제6항).

### 10.2.4 분석방법

수질검사의 분석방법은 먹는물관리법 제5조의 2(먹는물 수질공정 시험방법) 및 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제2조(수질기준 및 검사방법)의 규정에 의한 먹는물 수질기준 항목 등에 대하여 실시한다.

이 시험방법은 대상 시료가 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제2조의 규정에 의하여 먹는물이 수질기준에 적합한지 여부를 시험 판정하는데 적용한다.

상수원수, 지하수 및 방류수 등은 수질환경보전법 제7조에 의거 수질기준에 적합한지의 여부는 수질오염공정시험방법을 적용한다.

### 10.2.5 정기 수질검사

먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제1조의 규정에 의거 일일검사, 주간검사, 월간검사, 분기검사 등 검사주기와 측정항목, 측정횟수, 검체 추출기준에 따라 시행한다.

또 수질검사에 규정되어 있지 않은 시험항목에 관하여도 상수도의 유지관리상 필요하다고 생각되는 항목으로 예를 들면 알칼리도, 전기전도도, 산도 등도 수질검사항목에 추가하여 실시하는 것이 바

람직하다.

정수장 이외에서 정기적으로 실시하는 수질검사에 대하여는 10.3 계통별 수질위생관리대책을 참고한다.

### (1) 일일검사

#### 1) 검사항목

먹는물의 수질기준 중 냄새, 맛, 색도, 탁도, 수소이온농도 및 잔류염소

#### 2) 검사대상

당해 상수도의 대표적인 수질을 알 수 있도록 수도꼭지 물에 관하여 검사하는 것을 원칙으로 하나 검사대상에는 배수관의 말단 등 물이 정체하기 쉬운 장소도 포함되어야 한다.

또 소독 이외의 정수시설이 없는 상수도에 있어서는 원수도 검사하여야 한다.

정수처리를 하는 상수도에 있어서는 원수, 여과지, 정수지, 배수지 등의 시험을 추가하여야 한다.

#### 3) 검사방법

먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙에 의한 먹는물 수질공정 시험방법으로 검사하여야 한다.

##### ① 외관

무색투명의 유리용기(약 200mL)에 채수하고 기포 등을 상승시켜 없앤 다음 육안으로 흑색 또는 백색종이 등을 배경으로 하여 투사하고 색도, 탁도, 부유물 및 침전물의 유무를 확인한다.

증류수와 같이 색이나 탁도가 없는 물과 비교하여 관찰하면 이상을 발견하기 쉽다.

습관이 되면 육안으로도 수질기준(색도 5도, 탁도 0.5NTU)을 넘는 색도와 탁도를 알 수 있게 된다.

##### ② 잔류염소

###### ① 오르토폴리딘(orthotolidine : O-T)

용액 0.5mL를 시험관에 넣고 여기에 검수를 가하여 약 10mL로 하고 5분간 정치하여 발색한 황색의 농도를 표준색과 비교하여 잔류염소(mg/L)를 구한다.

한랭기에 잔류염소를 측정할 경우에는 5분간 약 20℃로 가온 후에 측정한다.

###### (1) 유리잔류염소

잔류염소가 유리된 형태로 존재하는 경우는 검수를 가한 순간 황색을 띠므로 그 농도를 빨리(5초 이내) 표준색과 비교하여 유리잔류염소(mg/L)를 구한다.

###### (2) 결합잔류염소

잔류염소가 결합의 형태로 존재하는 경우는 검수를 가하는 순간에는 발색하지 않으나 시간이 흐름에 따라서 발색의 도가 증가한다.

결합잔류염소농도 = 잔류염소농도 - 유리잔류염소농도

###### ② Diethyl-p-phenylene diamine법(DPD method)

먹는물 수질공정 시험방법에서 DPD법의 시약(DPD시약, 인산염완충액, 잔류염소표준용액)과 마개 있는 50mL 비색관을 준비한다.

(㉑) 유리잔류염소

마개 있는 50mL 비색관에 인산염 완충액 2.5mL를 넣고 DPD시약 0.5g을 넣은 다음 검수를 넣어 전량 50mL로 하고 즉시 잔류염소 표준비색표와 비교하여 유리잔류염소농도(mg/L)를 구한다.

(㉒) 잔류염소

(㉑)의 액에 요오드칼륨 약 0.5g을 넣고 약 2분 후 잔류염소 표준비색표와 비교하여 잔류염소농도(mg/L)를 구한다.

(㉓) 결합잔류염소

잔류염소농도와 유리잔류염소농도와의 차이로부터 결합잔류염소농도(mg/L)를 구한다.

(2) 주간검사

1) 검사항목

먹는물 수질기준 중에서 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군 또는 대장균, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 과망간산칼륨 소비량 및 증발잔류물

2) 검사대상

일일검사에 준한다.

3) 검사방법

먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 및 먹는물 수질공정 시험방법에 의하여 행한다.

(3) 월간검사

1) 검사항목

먹는물 수질기준 항목의 전 항목 및 잔류염소에 대한 수질검사를 행한다.

또 필요에 따라서 알칼리도, 전기전도도, 산도 등의 시험을 행한다.

2) 검사대상

일일검사에 준한다.

3) 검사방법

먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 및 먹는물 수질공정 시험방법에 의하여 행한다.

※ 마을상수도, 전용상수도 및 소규모급수시설은 원수가 해수인 경우 보론과 염소이온을 추가로 검사하며 연 1회 이상 수질기준 전항목(55개 항목)을 실시하되, 3년간 수질검사 결과가 수질기준의 10%를 초과하지 않는 경우 3년에 1회 이상만 검사할 수 있도록 한다(2008년 1월 1일부터 시행: 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제4조 제1항 제2호).

※ 수돗물 급수과정별 시설에서의 수질검사는 기존방법은 정수장, 배수지, 급배수관, 저수조, 수도꼭지로 정하였으나, 공급하는 수돗물의 수질상태를 명확하고 구체적으로 파악하기 위해서 정수장, 정수장에서 직접 공급 받는 주배수지의 전후, 급수구역 유입부, 급수구역 내 가압장 유출부, 광역 및 외부 수수계통의 수수지점, 정수계통이 다른 계통과 합쳐지는 지점, 급수구역 관말

수도꼭지로 정함(먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제4조 제1항 제1호 다목).

#### (4) 원수의 수질검사

정수장에서 원수의 수질검사는 대부분 논하지 않는 것이 일반적이거나 정수장의 수처리공정관리 특성상 원수의 수질검사는 필수적이며 수돗물의 원료인 원수의 수질 상태를 파악하지 않고 적절하게 수처리를 하여 최상의 먹는 수돗물을 생산한다는 것은 상상할 수 없는 것이다.

따라서 검사 항목과 빈도는 수돗물과 동일하게 실시하여 제거 대상 항목에 대한 제거 효율을 파악하고 불량한 항목에 대하여는 수처리 효율 개선 방안을 강구하는데 기초자료로 활용할 수 있다.

### 10.2.6 임시 수질검사

임시 수질검사는 수도에 의하여 공급되는 물이 수질기준에 적합하지 않을 염려가 있을 때 행하는 것으로 원수, 침전수, 여과수, 정수지수, 배수지수 및 수도꼭지의 물을 필요한 장소에서 채수하여 행한다.

검사항목은 월간검사에 준하며 검사방법은 먹는물 수질공정 시험방법에 의한다.

그 외에 다음과 같은 경우에 임시 수질검사를 행한다.

#### 1) 수원의 수질이 현저하게 악화되었을 때

상수원의 수질 악화는 급격한 탁도 또는 색도의 상승, 이상한 냄새나 맛의 발생, 어류의 폐사 또는 수원의 수질검사의 결과로부터 발견되며 상수원지역 주민의 통보나 연락에 의해서 발견되는 일도 있다.

이와 같은 수질 악화는 광산폐수, 공장폐수, 가정하수 및 분뇨처리장의 배수 또는 농약을 살포한 농경지의 배수에 기인하는 것이 많다.

또 수원의 이상 갈수의 경우에도 각종 오폐수의 농도가 증가하여 수질이 악화된다.

#### 2) 상수원 유역, 급수구역 및 그 주변 등에 수인성 전염병이 유행하였을 때

#### 3) 상수원 유역, 급수구역 및 그 주변 등에 농약, 중금속 또는 유해물질 등에 의한 급성 또는 만성 중독증이 발생하였을 때

#### 4) 정수과정에 이상이 있을 때

약품주입의 착오, 여과속도의 과대, 여과막의 이상, 염소주입기의 고장, 정수장 구조물의 파손 또는 잔류염소의 급격한 감소가 일어나는 경우는 정수처리가 불안정하여 수질악화의 염려가 있다.

#### 5) 배수관의 대규모 공사 등 기타 상수도시설을 현저하게 손상시킬 염려가 있을 때

배·급수관의 신설이나 수리를 위하여 광범위하게 단수되는 경우 또는 수해, 지진 등에 의하여 상수도시설이 손상을 받았을 경우에는 수돗물이 외부로부터 오염될 염려가 있다.

#### 6) 기타 필요하다고 인정될 때

### 10.2.7 준공시의 수질검사

취수, 도수, 정수, 송수의 각 시설 및 배수지를 신설, 증설 또는 개조한 경우에 신설, 증설 또는 개조한 시설을 사용하여 급수를 개시하고자 할 때는 그 시설에 의하여 공급되는 물에 대하여 수질기준 전 항목의 수질검사 및 잔류염소의 검사를 행하여야 한다.

또 필요에 따라서 신설, 증설, 개조한 시설의 전후의 물에 대해서도 검사를 행하여야 한다.

검사방법은 원수는 수질환경보전법에 의한 수질오염공정 시험방법을 정수는 먹는물 수질공정 시험방법을 적용하여 실시한다(수도법 제15조 준공시 수질검사, 동법 시행령 제20조).

또한, 준공시의 수질검사 전에 수도시설의 종합시운전이 우선적으로 시행되어야 하며, 이러한 시운전을 통하여 시설의 안정적인 운영이 가능하다고 판단되면 정수장의 경우 시료(수돗물)를 채취하여 수질검사를 국가공인기관에 의뢰한다.

종합시운전이 특히 필요한 정수장은 다양한 크기의 구조물과 설비가 조화를 이룰 때 정상적으로 수돗물을 생산할 수 있으므로 설계서와 각종 설비의 운영 매뉴얼을 비치하고 정수장 근무자에 대한 사전 교육이 필수적인 바, 이때는 각종 설비를 납품하고 설치한 제조사와 시공사의 관계자로부터 설비 운영에 대한 충분한 교육은 필수이다.

교육이 종료되면 시설용량의 1/4~1/2에 해당하는 수량부하 또는 정수시설이 계열별로 시설되어 있으면 계열로 수량부하를 걸어 유입된 물의 누수유무, 넘침유무, 수처리공정별 설비의 정상 작동유무 등에 대한 점검과 아울러 수처리 효율을 파악하고, 최종 생산된 수돗물이 자체 수질검사 결과 먹는물 수질기준에 적합하다고 판단되면 수질검사를 의뢰하되 계열별로 시료를 채취하여 수질검사를 의뢰하여야 한다.

이러한 일련의 종합시운전은 수도시설에 종사하는 근무자의 지적 능력과 생산된 수돗물의 수질기준 적합여부에 따라 시운전 기간을 정해야 될 것으로 판단되며 통상적으로 계열별로 47일이 소요된다.

### 10.2.8 수돗물 사용자의 수질검사 의뢰

수돗물 사용자가 수질의 이상을 발견하고 수질검사를 요구하였을 경우에는 즉시 현장에 가서 상황을 조사하고 신속하게 수질검사를 실시하여 그 결과를 의뢰자에게 통지하여야 한다.

이 같은 상수도 사용자의 신청이 때때로 수질사고 발견의 단서가 되는 일이 있으므로 소홀히 해서는 안 된다.

상수도 사용자가 수질검사를 의뢰하는 것은 다음과 같은 경우이다.

수돗물의 수질 이상은 수처리공정과 공급시설의 특성상 동시 다발적으로 나타나며 특정 개인 또는 건축물 내에서만 수질 이상이 발견되는 경우는 수도기자재나 수돗물과 접촉하는 건축자재의 부적절한 선택에서 오는 경우가 대부분이다.

(1) 물이 탁한 경우

급격한 수량 변동에 의하여 관내에 침착한 녹이 수돗물 중에 확산하는 경우가 많다. 또한 아연도 강관으로부터 용출하는 아연이 백탁을 일으키는 경우도 있다.

그러나 수돗물 중에 혼입한 공기가 수도꼭지에서 미세한 기포로 나타나서 탁도로 오인되는 경우도 있다.

(2) 물에 색이 있는 경우

녹에 의하여 녹물(적수)이 되는 경우가 가장 많으나 콜로이드성 망간에 의하여 색을 띠는 경우도 있다.

(3) 이상한 맛과 냄새가 있는 경우

수돗물의 이상한 냄새는 탱크 또는 배수관 내부의 도장이나 급수공사시 혼입한 기름에 기인하는 일이 많다. 또 원수에 이상 번식한 조류나 방선균 등이 수돗물에 풀 냄새나 곰팡이 냄새를 내는 경우도 있으며, 그 외에 공장폐수로부터 혼입된 화학약품이 염소소독에 의하여 강한 냄새를 내는 것 등이 있으며 수돗물의 이상한 맛은 해수 혼입에 따른 염분에 의한 맛, 금속에 의한 맛 등이 있다.

(4) 생물이 나타나는 경우

수도꼭지로부터 나타나는 생물에는 철박테리아의 집락이나 지렁이 등이 있다. 그러나 배수구로부터 싱크대에 올라오는 생물 또는 야채 등에 부착하여 싱크대에 떨어진 생물(모래파리, 나방파리 등)이 수도꼭지로부터 나타난 것으로 오인되는 일도 있으므로 주의하여야 한다.

(5) 이물질이 나타나는 경우

수도꼭지로부터 모래 등의 이물질이 나타나는 경우가 있으나 이는 배수관 및 급수장치의 공사 중에 잘못하여 들어간 것이 많다.

### 10.2.9 수질검사 결과보고

공사설계서에 기재되는 수질시험 및 준공시의 수질검사, 정기 및 임시의 수질검사 또는 의뢰에 의한 수질검사 등의 결과는 반드시 수질검사 결과서에 기재하고 의견, 판정 및 시료에 관한 각종의 정보를 기록하여 보관하며, 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제7조에 의하여 수질검사 결과는 3년간 보존하여야 한다.

또한 수질검사성적서의 서식은 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙을 참고 한다.

수도사업자는 매년 정기적으로 실시하는 수질검사 계획 수립시 시민참여 역할강화를 위하여 수돗물평가위원회의(수평위) 자문을 거치는 등 위원회의 활성화 방안으로 수질검사의 개요, 원·정수의 전년도 수질검사 결과(급배수계통 포함), 원·정수의 검사지점, 항목, 빈도 및 검사방법(급배수계통

포함), 수질검사 결과에 대한 주민공지 방안 등에 대하여 수평위의 지문을 의무화하였다(수도법 시행규칙 제9조의8).

## 10.2.10 수질검사 결과 이상시의 조치

### (1) 일반사항

색, 탁도, 냄새와 같이 감각적으로 알 수 있는 것은 이상을 알기 쉬우나 물에 용해한 물질에 의한 이상은 검사를 하지 않으면 판명할 수 없다.

따라서 수질의 이상을 감시하기 위해서는 적어도 월간검사는 반드시 실시하고, 또 수돗물뿐만 아니라 원·정수에 관하여도 검사를 하는 것이 바람직하다.

이들 검사의 결과가 수질기준을 만족시키지 않을 경우 수도법 제22조(급수의 긴급정지)의 항을 참조하여 적절한 조치를 강구하여야 한다.

수질기준 이내일지라도 이전의 검사 결과와 큰 차이가 있어 그 원인이 불분명할 때는 어디인가 이상이 있으므로 그 범위를 정확히 파악하고 원인을 조사함과 동시에, 즉시 적절한 조치를 취한 후 반드시 재검사를 행하여 조치가 충분하게 실시되었는지를 확인하고 수돗물의 관리에 만전을 기하여야 한다.

수돗물은 관의 말단의 물이므로 여기에 이상이 있을 때는 원수, 정수처리, 배수계통 중에 이상이 있는 것이므로 수도꼭지물의 이상을 중심으로 하여 그 원인과 그 조치를 기술한다.

### (2) 급수의 긴급정지

수도사업자는 수도에 의해 공급되는 물의 위생상의 안전성을 확인하기 위해서 수도법 제22조에 따라 수돗물이 사람의 건강에 영향을 미칠 우려가 있다고 판단될 때 즉시 급수의 긴급정지조치를 취하여야 하며, 또한 그 물을 사용하는 것이 왜 위험한지를 관계자에게 주지시키는 조치를 강구할 필요가 있다.

1) 「사람의 건강에 피해를 줄 우려가 있다」라고 하는 의미는 세균항목이나 급성독성을 포함하는 물질이 수질기준에 적합하지 않은 경우만을 말하는 것은 아니고, 그 물을 사용하면 즉시 사람의 생명에 위험을 일으켜 신체의 정상적인 기능에 영향을 주는 경우를 말한다.

사람의 건강에 영향을 미칠 우려가 있는 경우에는 다음 경우이다.

- ① 수원, 취수 또는 도수의 과정에 있는 물이 정수처리 등에 의해 제거를 기대하는 것이 곤란한 병원생물 또는 사람의 건강을 해할 우려가 있는 물질(독극물)에 의해 오염되어 있든가 또는 그렇다고 의심이 갈 때
- ② 정수장 이후의 과정에 있는 물이 병원생물 또는 사람의 건강에 영향을 미칠 우려가 있는 물질에 의해 오염되어 있든가 또는 그렇다고 의심이 갈 때
- ③ 염소주입기 고장으로 소독이 불가능하여 정수지 유출부에서 분원성 대장균군이 검출되었을 때
- ④ 공업용 수도의 관과 오접합되어 있는 것이 판명되었을 때

2) 수원 또는 취수, 도수의 과정에 있는 물에 다음과 같은 변화가 있을 때는 즉시 취수를 정지하여 수질검사를 함과 동시에 상황에 따라서는 급수를 정지한다.

- ① 불명의 원인에 의해서 색도 및 탁도에 현저한 변화가 생긴 경우
- ② 냄새 및 맛에 현저한 변화가 생긴 경우
- ③ 물고기가 죽어 다수 부상한 경우
- ④ 염소소독만으로 급수하고 있는 수도의 수원에 사람 또는 동물의 사체, 쓰레기(먼지)나 진흙 등의 오물이 부유하거나 수영 또는 세탁하고 있는 사람을 발견한 경우

3) 수질에 이상이 발생 또는 우려가 있어 급수의 긴급정지조치를 강구하는 경우 그 물을 공급되어 사용할 가능성이 있는 사람에 대하여 TV, 라디오, 등 긴급사태에 대한 내용을 적합한 방법으로 24시간 이내에 지역 주민에게 공지(수도법 시행령 제22조의15:수질기준 위반내용의 공지기준 참고).

급수개시에 있어서는 개선을 위한 조치를 취하고 필요하다고 생각되는 항목의 수질검사를 충분히 하여 안전성을 확인한 후에 급수정지를 해제한다.

### (3) 건강과 관련되는 수질검사항목

#### 1) 일반세균 및 대장균군

수돗물 중의 일반세균은 지극히 적고 그 변동도 작다. 따라서 평상값보다도 세균수가 현저히 증가한 경우는 정수처리의 효율 저하 또는 배·급수계통에 있어서의 오염 등에 의한 것이기 때문에 잔류염소를 충분히 조사함과 동시에 그 원인을 확인하여 수처리 효율 향상 등에 노력하지 않으면 안 된다.

급수전수로부터 대장균군이 검출된 경우는 앞 단원 (2) 급수의 긴급정지를 참조하여 적절한 처치를 도모하지 않으면 안 된다.

원수 중의 대장균군이 통상보다 극도로 많은 경우는 분뇨, 하수 등에 의한 오염이 의심되기 때문에 수원의 수질감시를 강화하여 수처리 공정관리에 주의를 함과 동시에 염소소독을 강화해야 한다.

#### 2) 시안, 수은

시안, 수은은 산업배수 등에 검출되는 경우가 있고 특히 시안 유출사고가 많다. 원수 중에 이러한 물질이 검출되었을 때에는 검사 때마다 결과값을 기준값과 대조하여 평가를 한 후 적절한 처치를 강구하여야 한다(앞의 (2) 급수의 긴급정지 참조).

#### 3) 납

일본의 후생성이 1998년에 수도전에서 실시한 납의 용출 실태조사에 의하면 급수 개시 초기에서는 0.05mg/L를 넘은 것이 5.9%, 0.10mg/L를 넘은 것이 2.0%이고, 유수 때에는 각각 0.4%, 0% 이었다.

납의 위생대책으로서는 연관의 교체, pH값의 개선 외에 급수초기의 수돗물은 먹는물 이외의 용도에 사용하도록 홍보활동을 하는 것이 바람직하다.

#### 4) 6가크롬, 카드뮴, 비소, 불소

이것들의 증가원인은 원수에 산업배수와 기타 혼입이 생각되지만 비소, 불소에 관해서는 지질 유래의 것이 있다.

따라서 이들이 수돗물 수질기준 이상으로 검출될 때는 건강영향을 검토하여 필요시에는 급수를 일시 정지하고 해당 유해물질의 검사를 계속함과 동시에, 오염원을 조사하여 그 원인을 배제하든가 <표 10.3.8>을 참조하여 처치한다.

#### 5) 질산성질소

질소비료, 부패한 동식물, 생활배수 등에 연유되는 질소화합물이 물이나 토양 속에서 산화 또는 환원되어 암모니아성질소, 질산성질소, 아질산성질소가 된다.

그 때문에 암모니아성질소, 총질소의 측정을 가하고 검토함으로써 이것들의 관계를 추측할 수 있다.

표류수를 수원으로 하고 있는 수도에서 아질산성질소가 0.05mg/L를 넘거나 질산성질소와 아질산성질소의 합계량이 10mg/L을 넘는 것은 거의 없지만, 지하수를 수원으로 하는 수도에서는 원수 중의 농도가 아질산성질소는 0.05mg/L, 양자 합쳐서 10mg/L를 넘는 예가 있다.

그 대책으로서는 대체수원이나 이온교환 등의 방법이 있다.

원수 중의 아질산성질소는 염소처리에 의해서 질산염으로 산화되기 때문에 유리잔류염소가 있는 경우 수돗물 중에 아질산성질소는 존재하지 않는다.

따라서 수도꼭지에서 아질산성질소나 암모니아성질소가 검출된 장소의 경우는 오염되었을 가능성이 있는 것으로 우선 염소소독을 강화한 후 그 원인을 확인하여 처치한다.

돌발적으로 수도꼭지에서 고농도로 검출된 경우는 분뇨, 하수 등의 오염이 생각되기 때문에 원인을 조사하여 오염을 배제하지 않으면 안 된다.

#### 6) 휘발성 유기물(VOC류): 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 사염화탄소, 디클로로메탄, 1,1-디클로로에틸렌, 벤젠 에틸벤젠, 1,1,1-트리클로로에탄, 1,2-디브로모-3-클로로프로판

용제, 탈지제, 세척제 등으로서 휘발성의 유기화합물이고 불법투기 등에 의한 지하수오염, 표류수의 오염이 우려된다. 기준값을 초과하여 검출될 우려가 있을 때에는 분말활성탄처리로 대처함과 동시에 추적조사를 하여 그 원인을 제거한다.

#### 7) 소독부산물: THMs, 클로랄하이드레이트(CH), HANs류, HAAs류

어느 것이나 정수과정에서 수중의 부식물질 등의 유기물질과 염소가 반응하여 생성되는 소독부산물이다. 그것들의 생성량은 전구물질의 양, pH값, 온도, 반응시간에 영향을 받게 된다.

전구물질에는 식물의 분해생성물인 휴민질과 산업배수, 하수 등에 포함되는 유기물질이 있다.

돌발적으로 고농도를 나타낼 때 pH값, 수온, 유리잔류염소, 염소주입률, 염소접촉시간을 확인하여 THMs 또는  $KMnO_4$  소비량 등의 대체지표로 판단하며 분말활성탄처리로 대처한다.

#### 8) 농약류: 다이아지논, 파라티온, 페니트로티온, 카바릴(살충제)

수원유역에서 사용되는 농약의 종류, 구역, 기간, 양 등을 파악하며, 돌발적인 오염에 대하여는 분말활성탄처리로 대처한다(10.3.3 (2) 6) ① 농약의 제거 참조).

(4) 수돗물이 갖추어야 할 성상에 관련되는 항목

생활 이용상 시설기능상 장애가 발생할 우려가 있는 항목에 관해서는 기준값을 초과하였다고 해서 즉시 사람의 건강에 영향을 미치는 것이 아니기 때문에 원인규명을 하여 저감화 대책을 실시하여 수질기준을 만족시키는 수돗물을 생산해야 한다.

「심미적인 물질」 중에는 수질오염의 가능성을 나타내는 항목(색도, 탁도)이나 과잉량으로 인하여 건강에 영향을 미칠 우려가 있는 항목(구리 등)은 「심미적인 물질」에 준하여 적절히 대응한다.

1) 염소이온, 나트륨

하천을 수원으로 하는 경우 풍천(바다에 직접 연결된 하천)에서는 태풍, 해일 등으로 해수가 소상하면(거슬러 오르면) 염소이온, 나트륨이 증가하게 되고, 그 외에 해안과 가까운 지하수에는 염수화 현상을 일으키는 경우도 있다.

해수 혼입의 경우 맛뿐만 아니라 비중이 달라지기 때문에 침전지의 오니를 부상시킬 우려가 있다.

따라서 자동측정이 가능한 전기전도도계를 설치하고, 그 값에 따라서는 취수정지 여부를 결정한다.

산업배수 또는 하수 등이 원수에 혼입될 때에도 염소이온농도가 상승하는 경우가 있다.

따라서 염소이온농도에 이상이 있는 경우는 병원성미생물에 의해서 오염될 우려도 있으므로 염소소독을 강화함과 동시에 그 원인을 확인한다.

또한, 염소이온이나 나트륨은 가성소다(NaOH), 차아염소산나트륨 등 정수처리약품의 사용으로 증가한다.

급·배수계통으로서는 오수의 침입이나 크로스커넥션에 의해서 염소이온 농도가 높아지는 경우도 있기 때문에 수질오염감시가 사고발견을 위해 필요하다.

2) 유기물 등(KMnO<sub>4</sub> 소비량)

KMnO<sub>4</sub> 소비량이 증가하는 원인으로는 원수에 산업배수, 하수, 분뇨 등의 유입이나 배·급수계통에 오수의 혼입이 있는 경우이다.

따라서 염소이온 오염과 동일한 처리가 필요하다.

3) 동, 철, 망간, 아연

원수에 산업배수 등의 혼입, 노후한 배수관, 급수장치로부터의 용출 등이 생각된다.

착색과 관련이 있는 것은 그 처리방법이 용이하지 않다.

원수의 오염에 대하여는 전염소처리 또는 중염소처리, 응집침전, 모래여과로 대처할 수 있지만 고농도이면 급수의 일시정지도 고려하고 검사를 계속하여 오염원을 조사하여야 한다.

배수관, 급수장치에 의한 철, 망간의 용출은 10.3.3 (5) 3 배수를 참조하고, 동, 아연 등은 10.3.3 (6) 4 수질 장애와 대응 조치를 참조하여 대처한다.

4) 경도(칼슘, 마그네슘 등), 증발잔류물

자연유래 외에 해수, 산업배수 등의 혼입에 의해서 증가하는 경우도 있다. 고농도이면 검사를 계속하여 오염원의 조사를 한다.

5) 페놀류, 1,1,1-트리클로로에틸렌, 음이온계면활성제

페놀류와 1,1,1-트리클로로에틸렌은 맛과 냄새의 발생 방지 관점에서 기준값이 결정된 것으로 특히, 페놀은 염소소독으로 클로로페놀 등 불쾌한 맛과 냄새가 난다.

표류수를 수원으로 하는 수돗물에서 공장으로부터 유출된 페놀에 의해 수돗물의 냄새유발 사고가 발생한 예가 있다.

1,1,1-트리클로로에탄은 드라이클리닝용의 용제, 금속세척제로서 사용되어 지하수가 오염된 예가 있다.

음이온계면활성제는 합성세제의 유효성분이다.

발포를 방지하는 관점에서 기준값이 설정되어 오염의 원인은 산업배수나 생활배수 등으로 겨울철에 농도가 높아지는 경우가 있다.

이상의 항목에 대하여 돌발적으로 고농도를 나타낼 때는 분말활성탄처리로 대처한다.

#### 6) pH

pH값의 이상한 변화의 원인에는 원수에의 산업배수의 혼입, 조류의 이상증식, 정수처리에서의 약품의 이상주입, 송·배수계통으로서는 기자재의 영향 및 오수의 혼입 등이 있다.

따라서 이러한 때는 빠르게 그 원인을 조사하여 폐기를 하든가, 경우에 따라서는 pH값을 조정한다(10.3.3 (2) 6) ① pH값의 조정 참조).

#### 7) 냄새과 맛

원수에 기인하는 냄새과 맛의 원인으로는 플랑크톤 또는 부착생물의 증식, 산업배수, 하수의 혼입 등이 있다. 특히 페놀류, 사이클로헥사아민 등 염소처리에 의해 약품냄새가 강해지는 경우도 있다.

수도꼭지에서는 송·배·급수관의 재질이나 내면도장제 등이 원인이 되는 경우가 있다.

이것에 대하여는 10.3.3 (6) 4) ② 맛과 냄새를 참조하여 대처한다.

#### 8) 색도

원수에 기인하는 것으로서는 부식질에 의한 황갈색의 착색, 염료·염색공장·화학공장의 배수혼입에 의한 여러 가지의 착색 등이 있다(10.3.3 (2) 6) ④ 색도의 제거 참조).

돌발적인 오염의 경우 제거방법으로서는 응집약품주입강화 및 분말활성탄처리가 있다.

배·급수관에 기인하는 것으로 부식에 의한 적수, 용해성 망간과 염소와의 반응에 의한 착색, 크로스커넥션(교차연결)이 원인이 되는 경우가 있다.

앞의 것은 10.3.3 (5) 송·배수의 수질관리와 10.3.3 (6) 급수의 수질관리를 참조하여 대응한다.

교차연결(크로스커넥션)의 경우는 오염원을 조사하여 원인을 확인하여 오염원을 배제한다.

#### 9) 탁도

원수에 기인하는 것에는 표류수에서는 홍수 후의 미세한 탁도입자와 미소생물의 이상증식 등이 있다.

대처방법으로서는 응집약품주입의 강화, 여과조작의 적정화 등이 있다.

정수처리공정의 부실에 기인하는 경우에는 원수에 기인하는 경우와 같이 대처한다.

그러나 대부분의 경우는 여과지 하부집수장치의 결함과 부적절한 여재의 규격(유효경, L/D비 등) 및 여과지 조작 미숙에서 기인한다.

배·급수관의 노후화에 의하는 경우는 10.3.3 (5) 3 배수를 참조하여 대처한다.

철세균, 교차연결(크로스커넥션)에 의한 탁수가 의심되는 경우는 원인을 제거한다.

심미적인 수질항목으로서는 목표값으로 송·배수시설입구에서 0.3NTU 이하, 급수전에서 0.5NTU 이하로 한다.

탁질 그 자체는 무기질의 경우가 많지만 탁질에 포함된 미생물에는 소독의 효과가 미치지 어렵기 때문이며, 평상시와 비교하여 탁도가 높은 경우에는 탁도 상승만 검토하는 것이 아니라 관련 항목의 검사를 포함해서 신중히 대응해야 한다.

크립토포리디움 오염과 관련되어 일본의 잠정대책지침으로서는 크립토포리디움에 의한 오염의 우려가 있는 상수원으로부터 취수하고 있는 수도사업자 등은 예방대책의 하나로서 여과수 탁도를 0.1NTU 이하로 유지할 것으로 제시하고 있다.

또한 수도법 시행령 제22조의16(음용을 목적으로 공급되는 물의 정수처리기준)에서는 취수지점과 정수지 유출부 사이에서 바이러스 4Log(99.99%) 제거를, 지아디아 포낭은 3Log(99.9%) 이상을 제거하거나 불활성화하도록 개정됨에 따라 기존의 환경부 고시(정수처리 기술기준)에서 수도법 시행령으로 입법화되었다.

## 10.2.11 수질사고대책

### (1) 일반사항

수질사고는 규모에 따라 제한급수·단수를 실시함으로 주민에게 막대한 지장을 주고 수돗물의 안전성에 대한 불안감을 준다.

수질사고는 장소별로는 상수원, 정수시설, 급배수시설로 구분된다.

수질사고는 그 대책의 상황에 따라서 피해의 양, 질 및 복구시간 등이 달라지는 경우가 있으므로 만전의 대책을 강구하지 않으면 안 된다.

대책의 기본으로서 원수수질오염원의 파악, 수질감시, 훈련, 사고시 정확하고 신속한 처치, 다른 기관과의 연락, 홍보활동 등을 수행하기 위하여 다음과 같은 업무분담체제의 정비가 필요하며, 환경오염사고 예방 및 수습업무 처리 규정(환경부 예규 제251호 2005.1.7)을 참고하여 자체 실정에 부합되도록 매뉴얼을 작성하며 지속적으로 훈련 및 교육이 필요하다.

(수도사고시 수도사업자의 체계)

#### 1) 행정계통 담당부서

- ① 홍보, 관계 공공기관 연락
- ② 관계부서대책
- ③ 비상용 비축자재 출고
- ④ 계약에 관한 것

- ⑤ 주차장, 전화 등의 설치운영
- ⑥ 피해조사의 총괄 및 배상요구 또는 보상

2) 기술계통 부서

- ① 급·배수관리 담당부서
  - ㉠ 행정계통 부서를 제외한 관계 공공기관 연락
  - ㉡ 정보수집 정리 전달
  - ㉢ 급수대책
  - ㉣ 송수, 배수 등 조정지시
  - ㉤ 시설의 정비복구
- ② 건설계통 관계부서
  - ㉠ 시설의 복구의 지원
- ③ 취·정수장
  - ㉠ 활성탄 주입작업
  - ㉡ 급·배수관리 담당부서의 지시에 의한 취수의 단수, 제한급수 조작
  - ㉢ 정수처리 강화
  - ㉣ 수질시험 강화
  - ㉤ 연속 수질측정기기 점검
  - ㉥ 유막 제거작업
- ④ 수질시험실
  - ㉠ 수질검사 관련기관 등에 연락
  - ㉡ 수질시험 강화
  - ㉢ 특수 정수처리방법 지도
  - ㉣ 활성탄, 보조제, 주입물의 결정과 지도
  - ㉤ 수질의 판정
- ⑤ 각 펌프장
  - ㉠ 잔류염소농도, 탁도, 색도, pH값 확인

(2) 예방대책

1) 상수원 수질오염원의 파악

상수원의 오염원 및 오염의 가능성이 있는 시설의 입지상황과 사용되고 있는 오염물질의 종류, 배출물의 수량, 방류장소, 취수장까지의 유달거리 및 유달시간, 오염사고가 발생한 경우의 채수, 감시 지점이 도달지점까지의 거리 도달소요시간 등을 미리 조사하여 지도나 표로 정리해 놓는다.

특히, 주유소의 입지상황 등을 정리해 놓으면 편리하고 이것에 따라서 정기적으로 상수원을 순회 감시하여 현지의 상황을 확인해 놓는다.

수질오염사고 지점에서 취수장까지의 유달시간이나 유해물질 농도의 예측은 컴퓨터 시뮬레이션법

을 쓰면 신속한 대응이 가능하지만, 간단한 방법으로서 미리 몇 개의 유량에 대해 유달예측시간표를 작성하여 놓으면 수계산도 가능해진다(3.1.2 (1) 취수시설의 합리적 관리 참조).

## 2) 수질의 자동감시

수질오염사고의 조기발견을 위해, 수원이나 취수지점 등에 수질자동측정기를 설치하여 연속적으로 감시하는 것이 바람직하다.

측정항목은 수온, pH, 탁도, 전기전도도, 암모니아성질소, 염소요구량, 기름막, 시안, 용존산소, 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 자외선흡광도(UV<sub>254</sub>) 등 중에 필요도가 큰 항목을 선정한다.

수질의 종합적인 안전을 확인하는 방법으로서 취수지점 등에 어류사육수조에 CCTV를 설치하고 상시 어류의 상황을 관찰하는 방법을 사용하고 있는 곳도 있다.

어류의 감시장치는 사육수조 내의 어류를 눈이나 모니터에서 감시하는 것이 일반적이다.

그러나 최근 혼입한 독물에 의한 물고기 군집의 행동 변화나 기피반응을 나타내는 현상을 이용하여 컴퓨터에 의한 화상처리시스템에 의해서 이상을 감지하여 이것을 모니터에서 감시하는 생물모니터링장치가 개발되어 있기 때문에 이러한 장치의 도입도 유효하다.

어류사육상의 주의사항은 (환경부 2004.1 먹는물관리 핸드북: II 정수장내 오염물질 유입시 행동요령 3. 생물경보시스템 「어류관찰수조」) 또는 (일본수도협회)의 「상수시험방법(X. 5 수중독물의 생물관정)」을 참고할 수 있다. 이외에 CCTV를 사용하여 직접 수면을 감시하여 계면활성제에 의한 발포나 기름의 유하, 죽은 고기의 부상 등을 감시하는 방법도 있다.

## 3) 사고시 응급체제의 정비

### ① 수질이상시의 연락체제

오염원의 입지나 오염물질의 종류, 배출수의 수량 등에 관한 정보는 유역의 지방자치단체의 환경 관련 부서나 환경부 유역관리청 또는 지방환경청 등으로부터 하천유량 등에 관한 정보는 건설교통부의 지방국토관리청이나 지방자치단체의 건설담당부서에서 제공을 받을 수 있다.

따라서 평소부터 이들의 관계부서와의 교류를 친밀하게 하여 공공용수역의 수질의 동향과 관련 정보도 포함시켜, 필요한 정보를 수집하는 것이 중요하다.

복수의 행정구역과 연관된 상수원에서의 오염사고시는 관계 중앙부서, 유역 또는 지방환경청, 지방자치단체, 수도사업자, 유역의 어업조합이나 이수단체 등의 관계기관이 서로 연락을 취하여 신속히 대응하여야 한다. 이러한 연락망을 구성함으로써 비상연락체제를 유지하고 대응 매뉴얼을 공유함으로써 긴급시의 초기정보 취득에 혼란없이 신속하게 대응을 할 수 있다.

실제로 수계별로 수질이상시 비상연락체제를 확립하여, 수질이상시의 비상연락조직도, 통보양식, 하천도(상수원유역 환경도), 유달시간표, 수질사고의 원인일람표 등이 기재된 수질사고 매뉴얼을 제작하여 그 대책을 세우도록 관련 규정에 제시되었다.

이 밖에 지하수계의 원수수질사고에서는 유기용제 등에 의한 경우는 일단 오염되면 장기간에 걸쳐 유발될 가능성이 높다.

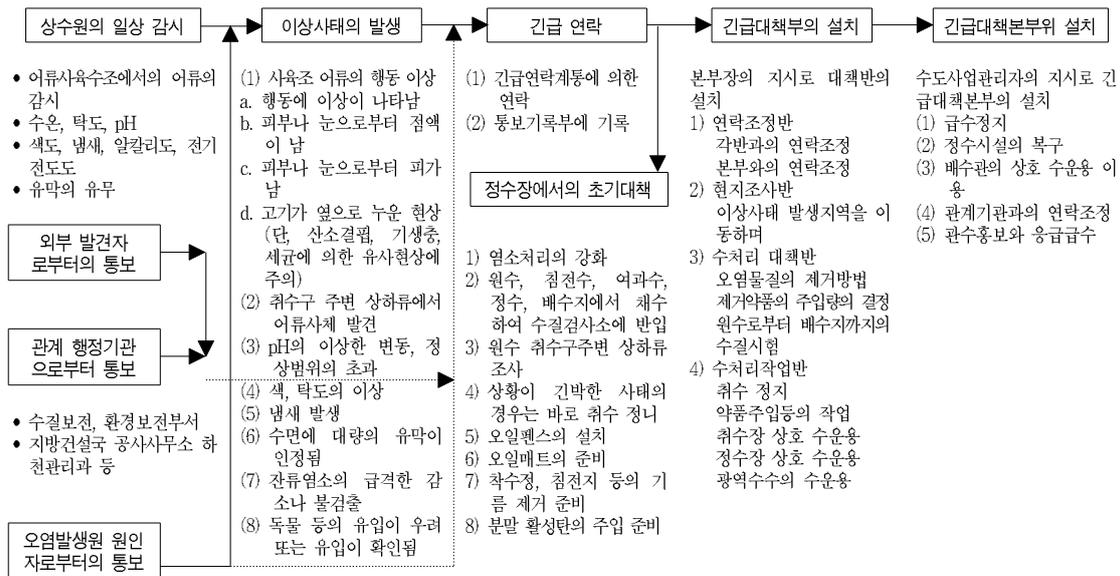
지하수오염은 전반적으로 깊은 우물에 비교하여 얇은 우물에서의 오염사례가 대부분으로 화학비

료, 가축배설물, 용제에 의한 부하가 크게 관여하고 있다. 따라서 수질조사와 감시가 필요하다.

② 수질사고시의 조치

사고시의 조치에 관해서는 <그림 10.2.1>, <표 10.2.4>, <표 10.2.5>의 예를 참고로 보면, 긴급조치요령은 각 수도사업자 내에서 규정하고 있다.

또한, 긴급시 사용자재의 비축품목은 각 수원에 의해서 다르지만 <표 10.2.6>, <표 10.2.7>과 같은 것이다.



<그림 10.2.1> 상수원오염에 대한 긴급조치요령

<표 10.2.4> 오염 원인이 분명한 경우의 기록표

「이상사태」 통보기록부 (1)

---

통보접수월일시 \_\_\_\_\_ 년 월 일 시 분      접수자 \_\_\_\_\_

통보자 또는 발견자 이름 \_\_\_\_\_      주소 \_\_\_\_\_

소속 \_\_\_\_\_      TEL \_\_\_\_\_

이상발견 일시 \_\_\_\_\_ 년 월 일 시 분

장소 \_\_\_\_\_      (좌측, 우측, 취수구 상류, 하류)

이상의 내용 \_\_\_\_\_

오염원명 \_\_\_\_\_

독물등의 종류 \_\_\_\_\_

양 \_\_\_\_\_

혼입일시 \_\_\_\_\_

혼입장소 \_\_\_\_\_

---

<표 10.25> 오염 원인이 불명인 경우의 기록표

---

「이상사태」 통보기록부 (1)

---

|                                       |                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 통보접수월일시 ____년 ____월 ____일 ____시 ____분 | 접수자 _____                           |
| 통보자 또는 발견자 이름 _____                   | 주소 _____                            |
| 소속 _____                              | TEL _____                           |
| 이상발견 일시 ____년 ____월 ____일 ____시 ____분 |                                     |
| 장소 _____                              | (좌측, 우측, 취수구 상류, 하류)                |
| 이상의 내용 _____                          |                                     |
| 어류의 폐사 상황 폐사어류가 부상, 가라앉아 있다.          |                                     |
| 폐사 개소수 _____                          | 개소 사이 개수 _____                      |
| 어류의 이상행동상황 (수질개항)                     |                                     |
| 색                                     | 이상없음      이상있음 (색의 종류, 농담 등)        |
| 탁도                                    | 이상없음      이상있음 (탁도의 종류, 농담 등)       |
| 유막                                    | 이상없음      이상있음                      |
| 냄새                                    | 이상없음      이상있음 (냄새의 종류, 강, 자극성의 유무) |
| 기타 _____                              |                                     |
| 「이상전상황」의 확대범위나 이동상황                   |                                     |
| 확대범위                                  |                                     |
| 좌측 폭 _____                            | 길이 _____ (m) 좌측으로 이동                |
| 우측 폭 _____                            | 길이 _____ (m) 우측으로 이동                |
| 유심부 폭 _____                           | 길이 _____ (m) 유심부를 이동                |
| 기타 폭 _____                            | 길이 _____ (m) 기타                     |

---

<표 10.26> 긴급시 사용자재의 비축

---

연락용

- 연락처
- 연락용 무선, 휴대전화

---

수처리제

- 배수펌프
- 발전기
- 오일펜스
- 오일 흡착제 또는 오일흡착매트
- 로프, 줄, 비닐sheet
- 분말활성탄
- 입상활성탄(여과모래위에 산포)
- 응집보조제, 산 알칼리제

---

채수용구

- 채수병  
유리병, PE병, 세균용병을 각취수장, 정수장, 가압펌프장에 배치한다.  
또한, 시험용과 보존용을 확인한다.
- 채수기

---

<표 10.2.7> 긴급시의 수질측정기기

수질측정용구

- Bio-assy용 어류(금붕어 잉어등)  
 맛·냄새 측정기기(삼각플라스크, 무취수, 염소수, 가열기 등)  
 수질간이분석키트  
 CN<sup>-</sup>, 페놀, 6가크롬, 암모니아성질소 등
- 휴대용 수질측정기기  
 pH측정기, DO, 전기전도도, 온도, 잔류염소 등
- 멤브레인필터와 여과세트  
 김수를 직경 47mm, 0.45μm의 여과지로 여과하여 그의 여과시간을 여과저항값으로 한다.  
 이것은 그의 여과막상의 미세 입자와 색도를 검토하는데 도움이 된다.  
 수도꼭지에 이물질이 검출된 경우나 적수, 흑수의 경우에 그 물증으로서 보존이 가능하다.

<표 10.2.8> 먹는물의 수질 이상시 보고요령

1. 수질에 이상이 발생한 먹는물의 종류(수돗물, 전용수도, 우물) 및 발생일시

.....

.....

.....

2. 상수원수, 또는 수돗물의 수질에 이상이 발생한 수도, 건축물, 우물 등의 명칭

.....

.....

.....

3. 상기 2의 상수원 명칭 및 위치, 또는 건축물, 우물 등의 소재지

.....

.....

.....

4. 피해의 발생상황(증상, 사람수, 지역 등)

.....

.....

.....

5. 수질이상 상황(원인으로서 확정되는 물질, 미생물 등의 종류 및 그의 농도)

.....

.....

.....

6. 확정되는 원인물질등의 배출원(공장·사업장 차량) 및 그의 소재장소

.....

.....

.....

<표 10.29> 독극물의 어류의 반응

- 
1. 독극물질에 대한 어류의 반응
    - ① 수면에 부상하여 호흡을 빠르게 한다.
    - ② 수영이 둔해진다.
    - ③ 피부로부터 점액분비(아가미, 입 등)
    - ④ 피부나 입의 주위, 눈, 지느러미에서 출혈이 있다.
    - ⑤ 빠르게 움직인다.
    - ⑥ 옆으로 누워서 호흡작용이 둔해진다.
    - ⑦ 사망
  2. 사망 직후의 사체상태
    - 선홍색: 시안화물
    - 암갈색: 산성
    - 적갈색: 알칼리성
    - 회백색: 금속염
    - 백 색: 빈혈
    - 점액과다: 미소 플랑크톤에 의한 눈막힘현상, 산성독 등
- 

또한 상수도 관련 기관은 「먹는물 수질이상시 보고요령」에 의해, 수돗물이 국민의 생명, 건강의 안전을 위협하는 사태가 생긴 경우는 지방자치단체의 상수도담당부서를 통해서 신속히 보고하도록 요청하고 있다.

이와 같은 요령에 근거한 보고양식을 <표 10.28>에 나타내었다.

수질오염사고는 오염원 등의 입지상황조사로 예상되는 것 이외로 불법투기나 유해화학물질 등을 탑재한 탱크로리차의 사고에 의한 것 등도 예상된다.

이러한 고농도의 사고시의 처치에서는 peak cut에 의한 일시 취수정지를 고려할 수 있다.

③ 상수원 및 취수시설에서의 대응

환경부에서 발표한 2005년의 「수질오염사고 발생현황 분석」 자료에 의하면 최근 5년간 수질오염사고는 감소추세에서 2005년에 증가하였는데 그 원인은 교통사고와 자연현상에 의한 사고가 증가 원인으로 2005년에는 59건으로 전년(45건) 대비 31%가 증가하였는데 수온상승 등 자연현상으로 인한 물고기 폐사와 유류수송차량의 교통사고로 각각 7건과 6건, 기타 1건이 증가되었는데, 환경부는 수질오염사고의 예방을 위해 사고시 신속한 대응과 오염원을 추적할 수 있는 「조기경보체계」를 갖춘 40개소의 수질자동측정망을 가동하며 공단과 도시 등의 강우 유출수가 하천에 직유입되는 것을 방지하기 위한 「완충저류시설」을 설치하고, 상수원 보호를 위해 상수원보호구역과 수변구역 등으로 지정된 하천과 호소 인접 「통행제한도로」에 대하여는 유류와 유독물 수송차량의 통행을 철저히 관리하여 수질오염사고를 사전에 차단하고 있다.

상류 유역에서 유입되는 과도한 영양염류에 의하여 발생하는 조류의 과대 번식으로 수반되는 맛과 냄새 및 여과지의 가동시간 단축을 제외한 수질오염은 다음과 같은 처리를 한다.

④ 기름의 유입

상수원이나 유역에 기름오염사고가 발생한 경우에는 오일펜스나 오일매트에 의해 기름의 확산을 막아 기름을 회수하는 것이 우선이지만, 진공흡입자동차로 회수하는 경우도 있다. 유화제(계면활성제 1종)의 사용은 2차 오염이 유발되기 때문에 상수원에서는 피해야 한다. 수중에 확산된 기름의 미립자는 오일펜스나 오일매트라도 막을 수 없으므로 물에 기름 냄새가 유발된다.

이러한 경우 기름오염사고의 규모에 의하지만 기름이 유하하기까지의 취수장에 분말활성탄의 주입에 의한 냄새의 제거처리가 필요하다.

유출하는 기름의 종류에서는 중유, 경유, 등유, 휘발유 등이 있다.

기름의 용해율은 포함되어 있는 휘발성물질의 냄새특성에 따라 변화하며 용해율의 정도는 기름의 양뿐만 아니라 종류에 의해서 다르다.

그 때문에 정수처리에 영향을 미치게 하는 기름오염사고가 발생한 경우 실제로 채취한 하천수 등을 사용한 제거시험을 하여 필요로 하는 활성탄주입량을 결정한다.

오존처리에 의해서도 유분의 어느 정도는 분해가 가능하고, 100TON 정도까지이면 오존처리로 대처할 수 있던 예도 있지만, 처리수공정에서 유분 및 기름이 용해된 물의 유입은 취수정지 등의 조치가 필요할 수 있으므로 피해야 하며 유입된 경우에는 그 처리가 어려워진다.

② 독극물 등의 혼입

독물로서 시안, 수은은 취수 정지를 결정하고, 기타 것으로서 카드뮴, 동, 아연, 철, 망간, 납, 크롬, 비소 산성물질, 알칼리성물질, 페놀류, 농약, 유기용제 등의 유기화합물 등이 있다.

그 처리수법으로서는 10.3.3의 <표 10.3.11> 및 <표 10.3.12>를 참고하여 전기의 처리약품자재(상수용 또는 식품첨가물용의 것)를 긴급시를 위해 비축하든가 즉시 확보할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

상수원에 독극물이 유입된 경우에는 pH값, 전기전도도 등의 변화 외에, 어류의 사체가 물에 뜨는 반응을 보인다.

독극물에 의한 어류의 이상반응은 <표 10.2.9>와 같다. 원인물질의 특징에는 이러한 반응을 기초로 한 방법과 이화학시험에 근거한 방법을 병행하면서 실시하여 가는 것이 바람직하다.

③ 공장, 사업장의 배수에 기인하는 맛과 냄새

약품성 냄새로서 페놀류, 기름냄새, 염소냄새, 방향냄새, 향료냄새, 황화수소냄새, 용제냄새, 수지냄새, 타르냄새 기타 약품냄새와, 부패성냄새로서 부패냄새, 분뇨냄새, 하수냄새와 기타 냄새 등으로 대별된다.

약품냄새 중 페놀은 염소와 결합하여 1,000배 정도의 냄새 강도가 강화되어 사이클로헥실아민으로 되며 10 $\mu$ g/L가 잔류염소 1mg/L와 반응하면 양파냄새를 유발한다.

상류를 조사하는 경우는 염소수를 지참하여 혼화하면서 검사를 하는 등의 배려가 필요하다.

처리수법으로서는 활성탄흡착법(분말활성탄의 투입)이 일시적인 방법으로서 쓰인다.

④ 분뇨 등의 유입

암모니아성질소 검출이 되면 분뇨 또는 그 처리수의 유입과 큰 관계가 있다고 생각되지만,

과망간산칼륨소비량, 색도, 냄새도 상승하기 때문에 종합적인 판단으로 대처한다.  
 대책으로서는 전염소처리, 특히 불연속점염소처리와 응집침전처리의 강화가 있다.  
 감시해야 할 항목으로서 유리잔류염소의 변동, 색도, 전기전도도, 과망간산칼륨소비량의 변동에 유의한다.  
 또한, 일반세균, 대장균군시험에서는 그 결과가 하루가 지난 후에 나오기 때문에 사고 중에는 판별할 수 없지만 증명, 확인을 위해서 시험을 확실히 하여야 한다.

④ 정수처리시설

① 주입약품의 과잉·부족

약품주입에는 일부 자연유하방식으로 주입하고 있는 곳도 있지만 대부분이 펌프방식이다.  
 펌프주입방식은 정전이나 배관이 막혀서 펌프의 고장 등이 예상되기 때문에 설비상으로 안전성을 기본으로 하여 점검을 충분히 하는 것이 중요하다.

특히 정수시설 내에서 취급하는 정수처리용 약품은 부식성이 강한 것이 대부분으로 저장탱크, 주입 펌프, 약품이송파이프 등의 점검과 부식방지대책을 강구하지 않으면 안 된다.

만일 주입 부족이 되었을 때는 수동으로 주입할 수 있는 응집제, 산, 알칼리제, 소독제를 확보하여 수동으로 주입한다.

응집제의 경우는 적어도 침전지 유출부까지 주입하여 마이크로플록을 형성시켜 여과지에서 처리를 할 수 있도록 한다.

산, 알칼리제, 소독제의 경우도 여과지가 혼화지의 역할을 할 수 있지만 사고발견이 늦은 경우라도 2중 3중의 백업이 필요하다.

만일 소독제의 무주입으로 급수될 가능성이 있는 경우는 즉시 급수 정지하여 배수설비 등으로 배수하지 않으면 안 된다.

응집제의 주입과잉은 침전지의 백탁현상이나 pH값이 저하하는 경우가 있다.

이 경우 알칼리제의 주입이나 여과속도를 저하시키는 등의 조치를 한다.

소독제의 과잉주입 때는 농도에 따라 다르지만, 가능하면 희석하여 저 농도로 한다.

최악의 경우 수도시설에서 배수하여 탈염소처리하고 나서 외부에 배수한다(5.3 응집용 약품 주입설비 및 10.3.3 정수처리계통 참조).

② 정전 때의 조치

사후 처리가 중요하며 특히 정수처리용 약품의 주입장치의 점검, 자동수질측정기의 점검 등, 수질관리상의 유의점을 총점검할 필요가 있다.

복구 후 혼화지의 pH, 잔류염소 등 각 수처리공정별로 수질시험을 하여 정수의 안전성의 확인을 한다(5.3 응집용 약품주입설비 및 10.3.3 정수처리계통 참조).

⑤ 급·배수시설

수질사고의 원인을 조사하여 수돗물이 수질기준에 적합하지 않을 때는 배수 등이 적절한 대응이 필요하다(10.2.10 (2) 급수의 긴급정지 참조).

① 적수

정전 등에 의해 정수 후에 급·배수를 재개한 경우, 배수관의 노후부식에 의해 적수의 발생이 예상된다.

이 경우 급격한 충격을 주지 않도록 밸브 조작을 천천히 한다.

② 교차연결(크로스커넥션)

급수관과 사설정호나 공업용수도 및 중수도와의 연결은 엄중히 금지되어 있지만, 수요자가 무단으로 이들을 접속하여 갑자기 사고가 생길 수 있다(10.3.3 (6) 4) 수질의 장애와 대응 조치 참고).

③ 수질이상에 관한 문의의 대응

다음에 나타내는 수질사고조사표(<표 10.2.10>, <표 10.2.11>)로부터 각각의 사항을 확인하여 원인조사를 한 후 정확하고 또한 신속히 대응하는 것이 필요하다(10.3.3 (6) 5) 기타 수질의 이상에 관한 문의 및 10.3.3 (6) 6) 누수·용수의 판정 참고).

<표 10.2.10> 수질사고조사표

|                      |           |         |     |  |
|----------------------|-----------|---------|-----|--|
| 접 수 일 시              | 년 월 일 시 분 |         |     |  |
| 통보자 이름               |           |         | 직 업 |  |
| 통보자 주소               |           |         | 전 화 |  |
| 수 질 사 고 발 생 일 시      | 년 월 일 시 분 |         |     |  |
| 수 질 사 고 발 생 장 소      |           |         |     |  |
| 물을 사용하지 않도록 지시한 일시   |           | 년 월 시 분 |     |  |
| 물을 사용하지 않도록 지시한 곳    |           |         |     |  |
| 채 수 개 소              |           |         |     |  |
| 채수처리경과와 그 일시         |           |         |     |  |
| 수 질 사 고 의 내 용        |           |         |     |  |
| 급수장치의 상태(배관도첨부하다)    |           |         |     |  |
| 통보연락표 또는 처리          |           |         |     |  |
| 이음부분과 그 일시           |           |         |     |  |
| 수질사고 발생지점 부근의 상황, 기타 |           |         |     |  |
| 수질사고의 원인과 그 판명일시     |           |         |     |  |

<표 10.2.11> 수질사고의 항목

|            |                                                                         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1. 탁도(고형물) | 검은, 붉은, 흰, 없음 기타( )<br>많다, 적다, 없다<br>철제 녹, 쓰레기, 벌레<br>바로 가라앉음, 천천히 가라앉음 |
| 2. 물의 색    | 붉은, 노란, 녹색, 없음, 기타( )                                                   |
| 3. 부유물     | 검은, 붉은, 흰, 기타( )<br>많다, 적다, 없다<br>쓰레기, 벌레, 기타                           |
| 4. 거품      | 심함, 적음, 없음<br>바로 사라짐, 잘 사라지지 않음                                         |
| 5. 냄새      | 금속냄새, 악품냄새, 하수냄새, 곰팡이냄새, 기타( )                                          |
| 6. 맛       |                                                                         |
| 7. 사용용기    | 없음, 정수기, 물 데우는 기계, 필터, 호스, 기타( )                                        |
| 8. 건물의 구조  | 단독건물, 빌딩, 기타( )                                                         |
| 9. 이상 범위   | 1채, 부근일대 (약      채)                                                     |
| 10. 저수조    | 유(            m <sup>3</sup> ×            지) 없음                         |
| 11. 환경     | 부근에(            ) 공장의(유 무)                                              |
| 12. 기타     | 계획배수 계획공사에 따른 단수 배수 관계 총변경 기타( )                                        |

### 10.2.12 수질시험실의 관리

#### (1) 일반사항

수도법 제19조에서 정하는 수질검사는 동법 시행령 제23조에 의거하여 원칙적으로 수도사업자가 수질검사설비를 자체 준비하는 것으로 정하고 있다. 수질시험의 업무는 안전하고 효율적으로 실시하기 위해서는 수질시험실의 관리에 충분히 유의하여 업무에 지장이 없도록 할 필요가 있다.

시험실 관리에서 중요한 것은 시험실의 정리, 정돈, 청소에 항상 유의하고, 국소배기장치 등을 운전하여 약품에 의한 공기오염을 방지하여야 한다.

작업환경측정을 시행하여 오염의 정도를 파악함과 동시에 공기오염이 있으면 개선조치를 강구하는 등 시험실의 환경을 가능한 한 청정하게 유지하여야 한다.

청결한 작업환경은 안전위생관리상 중요할 뿐만 아니라 분석정밀도의 확보, 기기의 보전, 작업능률의 향상에도 관련된다.

GC의 전자포획형 검출기(ECD)에는 방사선원이 장착되어 있어서 파손, 분실, 도난 등에 의한 사고 발생이 없도록 그 관리에는 충분한 주의를 기울여야 한다.

시험에서 다루는 약품이나 고압가스 등에는 폭발성, 발화성, 인화성, 가연성, 산화성, 이외에 유해성나 부식성 등의 위험한 성질을 가지고 있는 것이 있기 때문에 취급과 저장에는 충분히 주의하고, 저장시에는 잠금장치를 확실히 하여 도난방지에 노력할 필요가 있다.

시약의 사용에 있어서는 보관중의 열화나 오염에 주의하고 분석정밀도의 확보에 노력한다.

그 밖에 전력, 가스는 화재나 폭발 등의 위험성을 따르기 때문에 성질을 알고 정확하게 취급할 필요가 있다.

수질시험실의 폐액, 배기가스 중에는 위험성이나 유해성이 있는 물질을 포함하는 경우도 있기 때문에 환경이 오염되지 않도록 적절한 처리를 하여 배출할 필요가 있다.

지진시에는 시약장의 흔들림이나 전도로 약품용기가 파손하여 발화 등으로 화재가 발생할 위험성이 있다. 그 외 분석기기류의 미끄러짐, 쓰러짐, 떨어짐이나 가스용기, 기구 선반 등의 쓰러짐도 생각할 수 있고, 이러한 것들이 파손될 우려도 있다.

이러한 잠재위험에 대하여 평소부터 안전대책을 강구해 둘 필요가 있다.

또한, 시험실의 관리는 안전위생, 위험방지, 오염방지 등의 관점에서 다음과 같은 법규 등의 규정 이 있으며, 지역에 따라서 지방자치단체의 조례 등으로 보다 엄격히 규정되어 있는 경우도 있으므로 잘 조사할 필요가 있다.

관계 법규는 다음과 같다.

#### 1) 약품류 및 고압가스류의 취급에 관한 법

- ① 산업안전보건법, 동법 시행령, 동법 시행규칙
- ② 유해화학물질관리법, 동법 시행령, 동법 시행규칙
- ③ 소방법, 동법 시행령, 동법 시행규칙
- ④ 고압가스안전관리법, 동법 시행령, 동법 시행규칙

#### 2) 기기류의 취급에 관계하는 법규

- ① 계량법, 동법 시행령, 동법 시행규칙
- ② 산업안전보건법, 동법 시행령, 동법 시행규칙
- ③ 원자력법, 동법 시행령, 동법 시행규칙

#### 3) 폐액에 관한 법규

수질환경보전법

#### (2) 시험실의 환경

##### 1) 일반사항

- ① 정리, 정돈, 청소
  - ㉠ 정리, 정돈 및 청소에 주의한다.
  - ㉡ 긴급 피난 때에 큰 피해가 생길 우려가 있기 때문에 통로는 충분히 확보하여 물건 등을 놓지 않아야 한다.
  - ㉢ 약품이 휘산하여 공기오염의 원인이 되기 때문에 약품이나 물을 떨어뜨린 경우는 즉시 제거

하여야 한다.

② 채광, 조명

- ① 채광 및 조명은 충분히 한다.
- ② 직사일광은 시약이나 기기 등에 나쁜 영향을 주기 때문에 주의를 요한다.
- ③ 개인 컴퓨터, 분석기기 등의 CRT 화면은 간접조명에 의한 것이 바람직하다.

③ 공기 환경

- ① 시험실의 온도나 습도는 측정에 영향을 줄 수 있기 때문에 실온은 될 수 있는 한 일정하게 조절하는 것이 바람직하다.
- ② 약품 등에 의한 공기오염은 건강에 영향을 줄뿐만 아니라 분석정밀도에도 영향을 주기 때문에 조심한다.
- ③ 약품을 취급할 때는 국소배기장치 등을 운전하며 될 수 있는 한 실내에 확산되지 않도록 노력한다. 특히 클로로포름 등 수질기준항목으로 되어 있는 시약은 실내의 대기오염이 시험 결과에 영향을 주기 때문에 조심한다.
- ④ 유기용제 등 휘발성의 약품은 시험 중에도 뚜껑을 덮어두어야 하며, 사용할 때 이외에는 항상 뚜껑을 덮어준다.
- ⑤ 수돗물을 상시 사용하는 장소는 습도가 높아져 수돗물 중의 염소가 휘발되기도 하기 때문에 환기에 유의한다. 기기나 전기설비를 부식시켜 고장의 원인이 되기도 한다.
- ⑥ 미생물시험실에서는 미생물에 의한 공기오염을 방지하기 위하여 살균 등을 마련한다.

④ 진동, 소음

- ① 천평이나 광학기기 등은 진동이 문제가 되기 때문에 방진구조로 하는 등의 설치장소를 배려하여야 한다.  
전자현미경의 설치장소가 승강기 근처에 설치된 경우는 발생하는 진동이 문제가 되는 경우도 있다
- ② 초음파세척기, 압축기 등 소음을 발생하는 설비는 방음커버로 덮는 등의 대책을 세워야 한다.

2) 공조설비

시험실에서는 약품의 분진, mist, 증기, 가스등의 오염물질, 기타 열이 발생한다.

이 때문에, 냉난방설비 이외의 공기정화설비로서 각 시험실의 시험 내용에 따라서 드래프트 챔버, 국소배기장치, 전체 환기장치, 환기 팬 등을 설치한다.

① 일반적 사항

- ① 냉난방설비는 개별공조방식으로 한다.
- ② 약품의 가스나 증기·열을 발하는 시험은 드래프트 챔버를 마련하여 가스나 증기 등의 오염물질이 실내에 확산되지 않도록 한다.
- ③ 국소배기장치는 유해물질이 발생하는 시험장치를 완전히 밀폐할 수 없는 경우에 발산된 유해물질이 작업자가 호흡하는 장소까지 확산되는 것을 방지하기 위해서 설치하는 것으로 받

생원마다 마련해 둘 필요가 있다.

산업안전보건법으로 규제되는 유기용제나 특정화학물질을 취급하는 경우는 법령에 근거하는 구조와 성능을 가지는 설비로 한다.

또한 법령에 정해진 사항에 관해서는 정기적으로 자체검사를 하지 않으면 안 된다.

- ① 전체 환기장치는 국소배기를 실시하더라도 공기 환경중의 유해물질 농도가 유해한 정도까지 높아진 경우에, 외부에서 새로운 공기를 끌어들이어 실내의 공기를 청정하게 유지하기 위해서 설치한다.
- ② 가연성 가스를 취급하는 장소에서의 환기 팬 등은 방폭형의 것으로 한다.
- ③ 공조설비는 각 시험실의 크기에 적당한 충분한 성능(냉방능력, 난방능력, 가습량, 풍량 등)을 갖는 것으로 한다. 후드, 덕트 등의 재질은 내약품성의 것으로 한다.

<표 10.2.12> 각 실의 공조설비 예

| 시험실             | 공조설비 | 냉난방설비 | 드래프트 챔버 | 국소배기장치 | 후드배기설비 | 소형간이배기장치 | 전체배기장치 | 환기팬 | 클린벤치 | 공조설비를 필요로 하는 주된 요인                |
|-----------------|------|-------|---------|--------|--------|----------|--------|-----|------|-----------------------------------|
| 이화학시험실          |      | ○     | ○       | ○      |        |          | ○      |     |      | 약품의 가스나 증기의 발생, 특정화학물질이나 유기용제의 취급 |
| 기기분석실           |      |       |         |        |        |          |        |     |      |                                   |
| 원자흡광분석실         |      | ○     |         | ○      | ○      | △        |        | ○   |      | 연소가스나 산성 증기 발생, 연소용 가스의 사용        |
| GC분석실           |      | ○     |         | ○      | △      | △        |        | ○   |      | 연소가스의 발생, 캐리어 가스의 사용, 유기용제의 사용    |
| GC질량분석실         |      | ○     |         | ○      | ○      |          |        | ○   |      | 헬륨의 사용, 유기용제의 사용, 액화탄산가스, 액화질소의사용 |
| 유도결합 플라즈마분광분석실* |      | ○     |         |        |        |          |        | ○   |      | 연소가스나 산성 증기의 발생, 알콘의 사용(산소결핍방지)   |
| 액체 크로마토분석실      |      | ○     |         |        |        |          |        | ○   |      | 유기용제의 사용                          |
| 전자현미경실          |      | ○     |         |        |        |          |        |     |      | 액화탄산가스·액화질소의사용                    |
| 가스용기 저장고        |      |       |         |        |        |          |        | ○   |      | 가스 누출                             |
| 미생물 준비실         |      | ○     |         |        | ○      |          |        |     |      | 증기나 취기의 발생, 열의 발생(건열멸균기)          |
| 미생물 배양실         |      | ○     |         |        |        |          |        |     | △    | 미생물 감염의 위험성                       |
| 생물시험실           |      | ○     | ○       |        |        |          | ○      |     |      | 산처리에 의한 검경시료의 작성, 포르말린 등의 사용      |
| 약품창고            |      |       |         |        |        |          |        | ○   |      | 약품의 휘발에 의한 공기 오염                  |
| 공작실             |      |       |         |        |        |          |        | ○   |      | 먼지 등의 발생                          |

○: 필요한 설비 △: 설치가 바람직한 설비

\* ICP-MS에서는 clean room이 필요한 경우도 있다.

㉔ 공조의 송기는 분석기기에 직접 닿지 않도록 조심한다.

② 각 시험실의 공조설비

각 시험실에 마련하는 공조설비는 대체로 <표 10.2.12>와 같다. 드래프트 챔버, 국소배기장치 등은 작업량에 따라 여러 대 마련할 필요가 있다. 유기용제를 대량으로 취급하는 경우나 취급의 빈도가 많은 경우는 국소배기장치가 장착된 유기용제 전용 시험실을 마련하는 것이 바람직하다.

(3) 위험물의 취급

1) 위험물의 분류

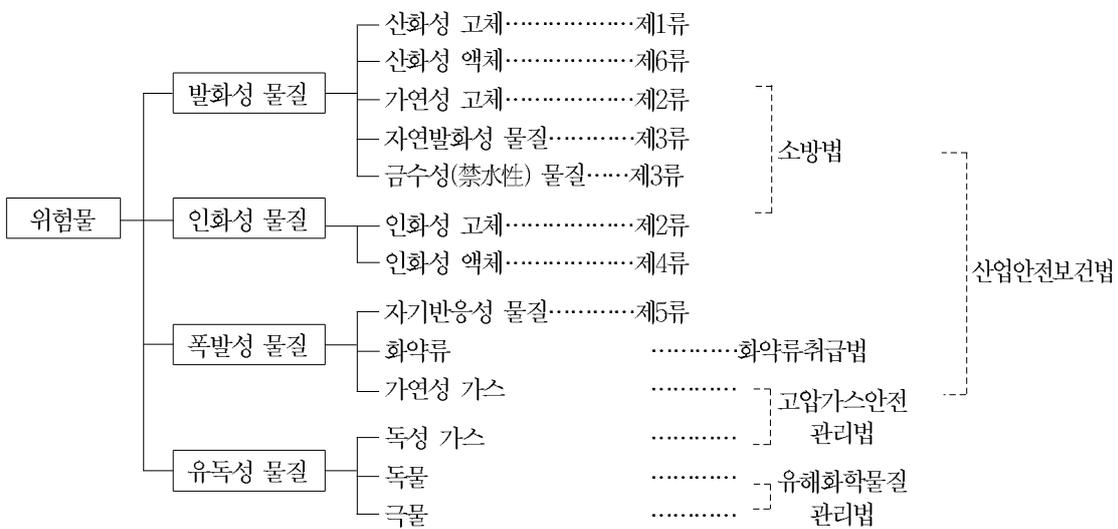
시험실에서 사용하는 약품의 중에는 유해한 성질을 나타내거나 위험한 성질을 가지고 있는 것이 있다. 이러한 약품은 산업안전보건법, 소방법, 고압가스안전관리법, 유해화학물질관리법 등에 의해 방사성동위원소 등은 원자력법에 의해 각종 규제가 이루어지고 있다.

위험물 분류의 한 예와 법령과의 관계를 <표 10.2.13>에 나타내었다.

2) 위험물의 특징

<표 10.2.13>에 나타난 발화성물질, 인화성물질, 폭발성물질 및 유독성물질의 특징과 그 물질의 예를 각각 <표 10.2.14>~<표 10.2.17>에 나타내었다.

<표 10.2.13> 위험물의 분류와 법령과의 관계



<표 10.2.14> 발화성물질의 특징

| 구 분                 | 특 징                                          | 물질의 예           |
|---------------------|----------------------------------------------|-----------------|
| 산화성 고체<br>(소방법 제1류) | 가열, 충격으로 분리하고 산소를 내어 가연물과 심하게 연소하며 때로는 폭발한다. | 염소산염류<br>무기과산화물 |

| 구 분                      | 특 징                                                | 물질의 예               |
|--------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
| 산화성 액체<br>(소방법 제6류)      | 유기물이나 환원성물질에 혼합하면 발열하고 때로는 발화한다.                   | 과염소산<br>과산화수소       |
| 가연성 고체<br>(소방법 제2류)      | 비교적 저온에서 착화하고, 연소속도가 빠른 가연물                        | 적린<br>금속분           |
| 자연발화성 물질<br>(소방법 제3류)    | 실온에서 공기에 접촉하면 착화하여 연소하는 것으로서 주로 연구용의 특수물질          | 유기금속화합물<br>금속의 수소화물 |
| 금수성(禁水性) 물질<br>(소방법 제3류) | 물과 접촉하여 발화하고, 그렇지 않으면 가연성가스를 발생하는 것. 때로는 폭발을 일으킨다. | 나트륨(알칼리금속류)<br>카바이드 |

<표 10.2.15> 폭발성물질의 특징

| 구 분                   | 특 징                                      | 물질의 예            |
|-----------------------|------------------------------------------|------------------|
| 가연성 가스<br>(고압가스안전관리법) | 폭발한계농도의 하한이 10% 이하 또는 상하한의 차가 20% 이상의 가스 | 수소<br>아세틸렌       |
| 자기반응성물질<br>(소방법 제5류)  | 열 또는 충격으로 착화, 폭발하는 가연물                   | 유기과산화물<br>니트로화합물 |
| 화약류<br>(화약류 취급법)      | 폭발시키는 것을 목적으로 만든 것                       | 화약, 폭약<br>화공약품   |

<표 10.2.16> 인화성물질의 특징

| 구 분                            | 특 징                                                                              | 물질의 예                   |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 인화성고체<br>(소방법 제2류)             | 40℃ 이하에서는 고체로 인화점이 40℃ 이하인 것                                                     | 고형 알코올<br>점도가 높은 접착제    |
| 인화성액체<br>(소방법 제4류)<br>특수인화물    | 20℃에서 액체 또는 20~40℃에서 액체로 되는 것으로서 발화점이 10℃ 이하의 것. 또는 인화점이 -20℃ 이하이고 비점이 40℃ 이상인 것 | 에테르<br>이황화탄소<br>아세트알데히드 |
| 고도인화성물질<br>(제1석유류)             | 실온에서 인화성이 높은 것(인화점이 20℃ 미만인 것)                                                   | hexan<br>benzen, toluen |
| 중도인화성물질<br>(제2석유류)             | 가온시에 인화성이 높은 것(인화점이 21℃ 이상 70℃ 미만인 것)                                            | 키실렌, 아세트산,<br>스티렌       |
| 저도인화성물질<br>(제3·제4석유류,<br>동식물유) | 강열시에 증기 또는 분해가스에 인화하는 것<br>(인화점이 70℃ 이상인 것)                                      | 에틸렌글리콜<br>아닐린           |

<표 10.2.17> 유독성물질의 특징

| 구분               | 특징                                | 물질의 예      |
|------------------|-----------------------------------|------------|
| 독성 가스(고압가스안전관리법) | 허용농도가 200mg/m <sup>3</sup> 이하의 가스 | 포스겐, 시안화수소 |
| 독물(유해화학물질관리법)    | 경구치사량이 체중 1kg당 30mg 이하의 것         | 시안화나트륨, 수은 |
| 극물(유해화학물질관리법)    | 경구치사량이 체중 1kg당 30~300mg 이하의 것     | 초산, 아닐린    |

또한, 고압가스의 성질에 관해서는 <표 10.2.18>에 나타내었다. 취급이나 저장에 있어서는 이러한 위험물의 특징을 잘 숙지할 필요가 있다.

<표 10.2.18> 고압가스의 성질

| 구분     | 가스종류     | 가스 상태 | 공기에 대한 비중 | 용기 도색 | 폭발 범위 [체적 %] | 부식성 | 최고충점 압력 35℃ [MPa(kgf/cm <sup>2</sup> )] | 비고                                                                         |
|--------|----------|-------|-----------|-------|--------------|-----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 불연성 가스 | 탄산가스     | 액상    | 1.5       | 회색    |              | 무   | 약 11.8(120)                             | 대량으로 사용할 때는 환기에 주의한다(산소결핍 방지)                                              |
|        | 헬륨가스     | 기상    | 0.1       | 회색    |              | 무   | 14.7(150)                               |                                                                            |
|        | 알곤가스     | 기상    | 1.4       | 회색    |              | 무   | 14.7(150)                               |                                                                            |
|        | 질소가스     | 기상    | 1.0       | 회색    |              | 무   | 14.7(150)                               |                                                                            |
| 지연성 가스 | 산소가스     | 기상    | 1.1       | 초록    |              | 무   | 14.7(150)                               | 유지류에 접촉하는 것만으로 산화 발연하고, 연소하는 위험성이 있다(산소).                                  |
|        | 아산화 질소가스 | 액상    | 1.5       | 회색    |              | 무   | 약 11.6(118)                             |                                                                            |
| 가연성 가스 | 수소가스     | 기상    | 0.07      | 주황색   | 40~75.6      | 무   | 14.7(150)                               | 급격하게 방출하면 화원이 없어도 발화하는 것이 있다(수소). 아주 연소하기 쉽고 연소온도가 높으며, 때로는 분해 폭발한다(아세틸렌). |
|        | 아세틸렌 가스  | 용해    | 0.9       | 노랑색   | 2.5~80.5     | 무   | 15℃에서 1.52(15.5)                        |                                                                            |
|        | 액화석유 가스  | 액상    | 1.6       | 회색    | 2.2~9.6      | 무   | 0.59~0.98(6~10)                         |                                                                            |

### 3) 약품간의 접촉

약품에 의해서는 충격, 마찰, 혼합접촉 등에 의해 발화, 폭발, 발열 및 유독가스의 발생 등의 위험성이 있다. 일반적으로 다음 예가 약품의 취급 위험으로서 약품의 저장 및 사용할 때에 특히 주의가 필요하다.

- ① 산화성 고체 및 산화성 액체는 환원성물질, 유기물 및 가연성고체와 접촉하면 발화한다.  
예: 과염소산과 알코올류, 중크롬산과 하이드록실아민, 초산나트륨과 유기물, 초산과 아민류, 과산화수소와 금속분말 또는 이산화망간
- ② 염소산염류는 강산으로 산화염소를, 과망간산염류는 오존을 발생하여 폭발하는 경우도 있다.

예: 염소산나트륨 또는 과망간산칼륨과 황산

- ③ 무기과산화물류는 물에서 산소를, 묽은 산에서 과산화수소를 발생시켜 발열하며 때로는 발화한다.

예: 과산화나트륨과 물 또는 염산

- ④ 과산화수소는 알칼리로 심하게 분해하여 폭발할 우려가 있다.

- ⑤ 금속분말은 산성용액 또는 알칼리성용액으로 수소를 발생하여 인화할 우려가 있다.

예: 알루미늄 또는 마그네슘과 산 또는 알칼리

- ⑥ 금속성물질은 물 또는 할로겐화합물과 반응하여 발화, 연소, 폭발 또는 유독 가스의 발생 등의 위험성이 있다.

예: 칼륨과 물, 탄화칼슘(카바이드)과 물, 인화칼슘은 물과 반응하여 유독성의 포스겐을 발생한다.

- ⑦ 강산과 강알칼리성물질을 접촉시키면 발열하거나 폭발한다.

예: 농황산과 짙은 수산화나트륨 용액

- ⑧ 자기반응성물질은 산, 알칼리, 금속, 환원성물질 등이 접촉하면 폭발할 수도 있다.

예: 피크린산과 알코올류, 초산에틸과 과산화수소, 니트로셀룰로오스와 아민류

- ⑨ 차아염소산염류는 산과 반응하여 유독한 염소가스를, 시안화물은 시안화수소를 발생시킨다.

예: 차아염소산나트륨과 액체 황산알루미늄, 시안화칼륨과 황산

#### 4) 위험물의 취급

##### ① 일반적 주의사항

- Ⓐ 취급하는 물질의 성질, 특히 인화성, 폭발성, 유해성 등을 조사한다.

- Ⓑ 직사일광을 피하여 냉암소에 저장하고 화기나 열원을 피한다.

- Ⓒ 필요 이상으로 다량의 위험물을 저장하지 않는다.

- Ⓓ 시험실에서 사용하는 양은 필요최소한으로 한다.

- Ⓔ 위험물의 사용시에는 재해의 방호조치(보호의, 보호면, 보호안경, 장갑, 방독 마스크 등)를 한다.

- Ⓕ 위험물을 취급하는 장소에는 분말소화기나 건조모래 등을 준비해 둔다.

- Ⓖ 환기, 배기에 유의한다.

- Ⓗ 유해한 약품 취급 후에는 양치질, 세수 등을 한다.

- Ⓒ 유해한 약품을 포함하는 폐기물은 무해화 처리한 후에 배출한다.

- Ⓙ 구입 시약병의 레벨에는 다음과 같은 표시가 되어 있기 때문에 취급에 있어서는 이들을 참고로 하면 좋다.

(ㄱ) 소방법에 의한 위험물의 표시

(ㄴ) 유해화학물질관리에 의한 독물 및 극물의 표시

(ㄷ) 약사법에 의한 독물 및 극물의 표시

(ㄹ) 산업안전보건법에 의한 유해물의 표시

(ㄷ) 취급상의 주의사항 및 저장방법 등

② 독성물질의 취급

시험실에서 사용하는 약품의 대부분은 독성을 가지고 있다.

독성이 강한 약품을 잘못 취급하면 치명적인 장해를 받을 수도 있기 때문에 주의가 필요하다.

㉠ 독물은 확실히 잠금장치가 되는 약품보관고에 보관하여 약품보관고에는 「의약품 외독물」의 표시를 한다. 독극물은 확실히 잠금이 되는 약품창고나 약품보관고에 보관하여 「의약품 외극물」의 표시를 한다.

㉡ 조제액 등 독성물질이 들어있는 용기에는 독물과 명기한 라벨을 붙인다.

㉢ 독물관리부를 작성하여 사용량, 사용자, 사용목적 등을 충분히 파악하여 놓는다.

③ 고압가스의 취급

고압가스는 가스의 성질(<표 10.2.18> 참고)을 숙지한 뒤에 취급하는 것이 중요하다. 가스용기 창고에 저장할 수 있으면 시험실에 보관하지 않는다.

용기 저장실 및 가스를 사용하는 시험실의 환기에 각별히 주의한다.

가스 용기는 「용기증명서」가 붙어 있어야 하고 분실되지 않도록 보관에 주의하여야 한다.

용기는 고압가스안전관리법에 의해 정기적으로 검사가 의무화되어 있기 때문에 용기는 업자로 부터 대여받아 사용하는 것이 유리하다.

④ 액체질소의 취급

액체질소의 비점은  $-195.8^{\circ}\text{C}$ 이고 다음과 같은 위험성이 있다.

접촉하면 동상의 우려가 있고, 금속은 일반적으로 저온에서 파괴되기 쉽다.

과잉 열에 의해 폭발적으로 기화하여 800~900배의 체적이 되고 공기와 치환되어 산소결핍의 원인이 된다.

따라서 액체질소를 취급하는 때는 다음 사항에 조심한다.

㉠ 사용시에는 환기를 한다.

㉡ 취급시에는 전용 장갑을 사용하며, 액체질소나 저온이 된 금속부분 등에 직접 손이나 피부가 닿지 않도록 한다.

㉢ 액체질소를 취급하는 기기나 배관에 처음 액체질소를 넣을 때는 서서히 주입하면서 예냉한다.

㉣ 액체질소용기는 정중히 취급하고 직사일광에 노출시키지 않는다.

㉤ 의복에 스며들었을 때는 즉시 의복을 벗는다.

(4) 시약의 취급

1) 시약의 품질과 성질

① 시약의 품질

정밀도가 높은 수질시험을 하기 위해서는 사용하는 시약의 품질에 주의하지 않으면 안 된다.

시약의 규격에는 시약제조업자에 의한 여러 가지의 규격이 있는 것으로 분석의 목적으로 적합

한 규격의 것을 선택한다.

일반적으로는 mg/L의 분석에는 특급시약이  $\mu\text{g/L}$ 의 기기분석에는 정밀분석용 시약이나 용도별 시약이 필요하다(<표 10.2.19> 참조).

<표 10.2.19> 시약의 규격

| 종 류               | 규 격                                      |
|-------------------|------------------------------------------|
| KS규격              | 시약, 표준액, 표준물질, 정량분석용 표준물                 |
| 생산자 규격            | 초고순도시약, 정밀분석용 시약, 특급, 1급 등               |
| 생산자 규격에 의한 용도별 시약 | 원자흡광용 시약, 잔류농약시험용 시약, 수질시험용 시약, LC용 시약 등 |

② 정제수(순수)의 품질

정제수의 품질에도 유의하여 blank값이 낮은 순수를 선택한다.

정제수는 보존 중에 시험실의 공기에 의해 오염되거나 용기로부터의 용출에 의한 품질이 저하하는 경우가 있기 때문에, 특히 표준용액을 조제하는 정제수는 제조 직후의 것을 사용하는 것이 바람직하다.

③ 시약의 성질

개개의 시약의 성질을 조사하여 그것에 맞는 보관, 사용, 폐기방법이 필요하다.

특히, 온도, 빛, 수분, 산소 및 이산화탄소에 관한 성질이나 산, 알칼리, 산화성, 환원성 등의 성질이 중요하다.

시약병의 라벨에는 규격, 함유량이나 불순물 농도, 안정제의 농도, 위험물의 표시, 취급상의 주의, 사고시의 응급처치 등이 기재되어 있기 때문에 참고로 하면 좋다.

2) 시약의 구입과 보관

① 시약의 구입

시약의 구입에 있어 시약의 품명, 규격, 용량 및 유효기간을 확보하여 발주한다.

특수한 규격품은 시약제조업자의 코드번호를 병기하면 오류가 적다.

또한, 시약병에는 구입년월을 쓴 라벨을 붙인다.

② 시약의 보관방법

시약은 안전대책과 품질 저하 방지를 위해 전용 약품창고에 보관하는 것이 바람직하다.

시험실에는 필요최소한의 시약만을 보관하고 시약의 도난 방지를 위해 시험실 및 약품창고에는 자물쇠를 채운다.

또한, 시약은 성질에 따라 다음과 같은 보관방법이 일반적이다.

- Ⓐ 독물은 잠금장치가 있는 시약장
- Ⓑ 흡습성이 있는 것은 데시케이터에 보관
- Ⓒ 냉장보존이 필요한 것은 냉장고

㉔ 냉동보존이 필요한 것은 냉동고

㉕ 기타 것은 약품창고의 시약장

보관시에 유의점으로는 다음과 같은 것이 있다.

㉖ 시약의 분류는 접촉의 위험 및 오염을 방지하기 위해서 무기물은 음이온, 유기물은 관능기에 따라 실시한다.

㉗ 시약은 갱신이 원활하도록 구입순서에 따라 사용한다.

㉘ 시약에 직사일광이 닿지 않도록 한다.

㉙ 시약병의 뚜껑은 꼭 닫는다.

### ③ 시약관리부

재고조사를 정기적으로 하여 구입량, 사용량, 재고량을 기록하여 시약관리부를 작성한다.

관리부를 기초로 하여 개개의 시약의 보관수량의 목표를 정하여, 과부족이 없도록 재고를 확보한다.

재고량의 관리는 범용시약에는 시약관리담당자가 특수시약에는 시험담당자가 각각 책임지는 것이 좋다.

### ④ 시약의 폐기

보관중의 시약에, 변색, 현저한 흡습, 이취 등의 변화가 인정된 경우는 시험에 사용하지 않는 것이 좋다.

또한 분석에 사용하고 blank값이 높은 시약 또는 감도가 나쁜 시약도 사용할 수 없다.

이 시약 외에 이용할 수 없는 것은 폐기한다. 시약병은 라벨을 벗겨 세척하여 폐기한다.

## 3) 시약의 사용법

시약을 사용할 때에는 품질 저하의 방지와 안전대책으로부터 다음과 같은 점에 유의한다.

① 시약을 분취할 때 한번 털어낸 시약은 시약병에 다시 넣지 않도록 한다.

② 시약병의 라벨을 손상시키지 않도록 조심한다. 오손한 경우에는 같은 라벨을 만들어 붙인다.

③ 약품의 혼축, 위험물의 취급의 이외에도 다음과 같은 현상에 조심한다.

㉚ 농황산 등 강산의 회석 때의 발열

㉛ 수산화나트륨 등 강알칼리의 용해시의 발열

㉜ 초산 등 휘발성의 산의 가열 때의 가스발생

표준용액이나 시약용액을 조제하는 경우에는 시험법에 기재되어 있는 방법으로 작성한다.

이때 시약병의 종류, 보존방법, 유효기한을 잘 지켜야 한다.

또한, 시판의 수질시험용 표준용액 및 조제된 시약을 이용하는 방법도 있다.

## 4) 약품에 의한 사고의 응급처치

약품에 의한 사고에는 화상, 동상, 외상(피부, 눈), 내상, 가스의 흡인 등이 있어 각각의 응급처치의 개략은 다음과 같지만 가능성이 있는 사고에 대한 응급처치를 평소부터 확인하여 놓아야 한다.

① 화상 및 약품에 의한 외상(피부, 눈)은 다량의 물로 냉각 및 세척한다.

피부에 묻은 경우에는 물로 세척한 후 다음과 같이 처치한다.

- ① 강산: 탄산수소나트륨의 포화용액으로 씻는다.
- ② 강알칼리: 아세트산 2% 용액으로 씻는다.
- ② 동상은 온수(약40℃)로 따뜻하게 한다.
- ③ 약품이 입에 들어 간 경우 곧 토해내고 입 속을 물로 씻는다.  
삼켜 버린 경우에는 의사에게 연락한다.  
응급처치, 약품의 종류에 따라서 다르지만, <표 10.2.20>과 같다.
- ④ 가스를 마신 경우에는 신선한 공기가 있는 곳으로 가서 안정 보온하고 경우에 따라서는 인공호흡을 한다.  
가스의 종류에 의한 응급처치에 관해서도 <표 10.2.20>에 나타내었다.

<표 10.2.20> 약품 사고시의 응급조치

| 원 인        | 약 품                            | 처 리 법                                                                                                                                         |
|------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 약품을 마신 경우  |                                | 전문의에게 연락한다.<br>토한다(부식성 약품의 경우는 금기).<br>우유, 물에 푼 달걀, 차, 정제한 밀가루 녹말 등의 물 유탁액을 마신다.                                                              |
|            | 강산<br>강알칼리<br>수은<br>질산염<br>메탄올 | 산화마그네슘, 수산화알루미늄, 우유 등의 물 유탁액을 마신다.<br>1~2% 아세트산, 레몬즙스 등을 마신다.<br>우유 또는 스킴밀크로 용해한 달걀흰자를 먹는다.<br>식염수를 마신다.<br>1~2%의 NaHCO <sub>3</sub> 로 위세척한다. |
| 가스를 흡입한 경우 |                                | 신선한 공기가 있는 곳으로 간다. 안정시키고 보온한다. 경우에 따라서는 인공호흡을 한다.                                                                                             |
|            | 시안<br>염소<br>브롬<br>포스젠<br>암모니아  | 즉시 아질산알루미늄을 맡게 한다.<br>알코올을 맡게 한다.<br>열은 암모니아수를 맡게 한다.<br>산소를 흡입한다.<br>산소를 흡입한다.                                                               |

5) 시험실 폐액의 관리

수질시험에서는 유해물질을 포함한 여러 종류의 폐액이 발생한다.  
 이들을 공공용수역이나 하수도로 배출하기 위해서는 수질환경보전법의 법규에 의한 규제를 받는다.  
 시험실에서 발생하는 폐액은 시험실 면적이 100m<sup>2</sup> 이상인 경우 별도의 폐액처리시설을 갖추거나 저장탱크를 설치하여 일정 주기로 폐액처리 전문업체에 위탁처리 하여야 한다.  
 또한 미생물시험에서 발생하는 폐기물은 압력솔 등으로 멸균시킨 후에 폐기한다.

6) 지진대책

- ① 가스 용기

- ㉠ 가스용기지지대는 벽에 튼튼히 고정한다.
- ㉡ 벽에 쇠사슬로 고정한다.
- ㉢ 가스용기는 벽과의 사이에 흔들림이 없도록 밀착시킨다.
- ㉣ 사용하지 않는 용기는 반드시 마개를 덮어 보관한다.

② 약품

- ㉠ 약품은 내진용에 설계된 철제의 시약장이나 약품보관고에 보관하는 것이 바람직하다.
- ㉡ 시약장은 벽에 밀착시켜 고정 쇠장식으로 벽에 튼튼히 고정한다(전도방지).
- ㉢ 시약장은 반드시 미닫이가 붙어 있는 것으로 한다.  
선반의 전면부에는 수cm의 나무나 파이프를 사용하여 스톱퍼를 마련한다(약품의 추락방지).
- ㉣ 약품은 플라스틱 케이스에 넣어 병과 병의 사이에 패킹용의 완충제를 채워 빈틈이 생기지 않도록 하여 보관한다(약품의 전도방지).
- ㉤ 전도방지방 약품병의 보관용 칸막이판이나 마그네틱이 붙은 컵(스틸제 시약장에 유효), 진동에 의한 접촉파손방지에 약품병용의 고무링이나 안전망이 시판되어 있기 때문에 이용하면 편리하다.
- ㉥ 약품은 접촉에 의한 위험이 생기지 않도록 분류, 분리하여 보관한다.  
분말이나 고체의 것은 위의 선반에, 액체의 것은 아래쪽 선반에 보관하며, 보관은 필요 최소량으로 한다.
- ㉦ 약품은 실험대 등에 방치하지 않도록 하여 사용 후는 반드시 소정의 보관장소에 되돌려 놓는다.

③ 유리기구

- ㉠ 기구장은 시약장과 같이 고정 쇠장식으로 벽에 튼튼히 고정한다(전도방지).
- ㉡ 기구장은 미닫이의 것이 바람직하다.
- ㉢ 유리기구류는 전도 파손되지 않도록 보관한다.  
장기간 사용하지 않은 것은 상자에 수납하여 창고에 보관한다.
- ㉣ 증류 등에 사용하는 유리기구는 실험대나 벽에 고정한 프레임에 짜 넣는다.
- ㉤ 유리기구는 초자전용보관대나 실험대의 서랍 등에 보관하여 실험대의 위에 방치하지 않도록 한다.
- ㉥ 데시케이터, 분액대 등도 실험대의 위에 방치하지 않도록 한다.

④ 측정기기류

- ㉠ 기기류는 미끄러지지 않게 하기 위하여 실험대 등의 위에 직접 두지 말고, 고무 매트를 깔아 지지부의 발에 고무를 덮어 놓는다.
- ㉡ 기기류는 떨어지지 않도록 실험대 등에 스톱퍼를 마련하는 것이 바람직하다.  
이것에는 벨트식의 고정구가 시판되고 있기 때문에 이용하면 편리하다.

(5) 수질분석기기의 관리

### 1) 일반사항

수질분석에는 여러 종의 장치, 기기 및 기구가 사용된다.

이들을 대별하여 하이로드 채수기와 같은 채수기구, 냉장고 같은 보존기기, 피펫과 같은 분석용 시약의 조제나 시료의 조제에 사용하는 초자류, 증류장치나 purge trap 농축장치와 같은 전처리장치, 분광광도계, GC 등의 분석기기, 그리고 측정 자료를 관리하는 자료처리장치로 분류된다.

이들 기기류를 적절히 관리하는 것이 수질분석의 기본 조건이다.

적절한 관리란 사용시에 기기류를 수질분석의 대상으로 하는 물질에 오염되지 않도록 관리하는 것과 기기류가 최상의 기능을 충분히 발휘하도록 관리하는 것이다.

특히 ng/L과 같은 극미량 농도의 물질을 분석대상으로 하는 기기류는 보다 정밀한 관리가 필요하다.

수질분석기기가 최상의 기능을 발휘하도록 관리하기 위해서는 담당 직원은 기기류의 원리, 기능 및 취급방법을 숙지함과 동시에 정기적인 보수와 점검의 실시로 고장, 사고 등의 발생을 방지하도록 노력해야 한다.

만일 고장이 발생하더라도 적절히 대응할 수 있도록 평소에 관련 세미나 등에 참가하여 기기류의 관리, 취급에 관한 지식을 파악하여 놓아야 한다.

분석기기는 그 성능, 유지관리성 등의 진보가 빠른 것은 리스제도를 이용하는 쪽이 경제적인 경우가 있으며, 국내에서 영업하고 있는 기기별 대리점과 점검정비에 대한 계약을 하여 관리할 수도 있다.

### 2) 수질분석기기와 측정 항목

수질기준에서 미생물 4항목, 유해영양무기물질 11항목, 유해영양유기물질 중 휘발성유기물질 11항목, 농약류 5항목, 소독제 및 소독부산물 8항목, 심미적 영향 물질 16항목 총 55항목과 감시항목 20항목의 수질검사에 있어서 pH계나 분광광도계 같은 비교적 간단한 기기가 사용되는 경우도 있지만, 중금속, 농약, 곰팡이냄새물질 등을 초저농도로 분석 측정하는 경우는 ICP 또는 ICP/MS, GC/MS, HPLC 등 복잡하고 고도의 숙련된 기술이 요구되는 기기가 사용된다.

먹는물 수질공정 시험방법에 따라 필요로 하는 분석기기와 분석대상 항목은 <표 10.2.21>과 같다.

### 3) 수질분석기기류의 관리

수질분석기기는 채수에서 데이터처리까지 포함하면 다종다양하게 걸쳐 있다.

일반적으로 사용되는 수질 분석기기류는 ① 채수·채니기구, ② 시약·시료보존기구, ③ 시약·시료 조제기구, ④ (초)순수제조기구, ⑤ 천평, ⑥ 멸균장치, ⑦ 농축장치, ⑧ 분리기, ⑨ 자동 샘플링·주입장치, ⑩ 가열·냉각·항온장치, ⑪ 배양장치, ⑫ 교반·진탕 장치, ⑬ 분석·계측기기, ⑭ 기타로 분류된다.

이들의 기기류의 관리는 원래의 기능을 충분히 발휘하여 분석의 정밀도를 양호하게 유지하여야 하며 가연성 가스, 고전압, 고열 등을 취급하는 기기류에 관해서는 사고가 발생하지 않도록 정기적인 점검을 하는 등 충분한 안전관리가 필요하다.

분석기기류의 보수관리의 요점을 <표 10.2.22>에 나타내었다.

<표 10.221> 분석기기와 분석 대상 항목

| 분석법                      | 분석기기명                     | 부속장치                           | 기타 기구        | 분석 대상 항목                                                    |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------|
| 표준한천배지법                  |                           |                                | 항온배양기        | 일반세균                                                        |
| EC, EC-MUG배지법            |                           |                                | 항온배양기        | 분원성대장균군                                                     |
| 젓당, BGLB배지법<br>EMB, 엔도배지 |                           |                                | 항온배양기        | 총대장균군                                                       |
| EC-MUG, 영양한천-MUG배지법      |                           |                                | 항온배양기        | 대장균                                                         |
| 흡광광도법                    | 분광광도계                     |                                | 증류장치,<br>진탕기 | 시안, 불소, 질산성질소, 철<br>페놀, MBAS, 붕소, Cr <sup>6+</sup> ,<br>ABS |
| 원자흡광광도법(환원기화)            | 원자흡광광도계                   | 환원기화장치                         |              | 수은, 비소                                                      |
| 원자흡광광도법<br>(프레임레스)       | 원자흡광광도계                   |                                |              | 납, 카드뮴, 동, 철, 망간, 아<br>연, 알루미늄, 니켈, 몰리브덴                    |
| ICP법                     | 유도결합 plasma 발<br>광 분광분석장치 |                                |              | 원자흡광광도법과 동일                                                 |
| 이온크로마토그래프법               | 이온크로마토그래프법                |                                |              | 질산성질소, 염소이온, 황산<br>이온, 불소                                   |
| purge & trap GC법         | GC                        | purge & trap<br>장치, ECD<br>FID | 진동기          | 휘발성유기화합물                                                    |
| 용매추출 GC법                 | GC                        | ECD, NPD                       |              | 소독부산물, 농약                                                   |
| 후컬럼 유도체화 HPLC법           | HPLC                      | PCR, FLD                       |              | 농약(카비메이트계)                                                  |
| 적정법                      | 자동측정장치                    |                                |              | 염소, 유기물 등, 칼슘                                               |
| 중량법                      | 전자천평                      |                                |              | 증발잔류물                                                       |
| 유리전극법                    | pH미터                      |                                |              | pH값                                                         |
| 비색법                      |                           |                                | 비색기          | pH값, 색도, 잔류염소                                               |
| 관능법                      |                           |                                |              | 냄새, 맛, 냄새강도                                                 |
| 투과광측정법                   | 분광광도계                     |                                |              | 색도, 탁도                                                      |
| 산란광측정법                   | 탁도계                       |                                |              | 탁도                                                          |

<표 10.2.22> 분석기기류의 유지·관리의 요점

| 분 류         | 분석기기류명                                                             | 유지관리의 주의사항                                                                                                        |                                                               |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 채수·채니용구     | 채니기, 하이로드·자동채수기, 반돔 채수기, 전도채수기                                     | 깨끗하다. 전지확인(auto 샘플러)                                                                                              |                                                               |
| 시약·시료 보존 용기 | PE병, 유리병, 갈색유리병                                                    | 깨끗하다.<br>균열·내면 손상                                                                                                 |                                                               |
| 시약·시료 조정 기구 | mass 실린더, beaker, mass pipette, ball pipette, holepipette, 유리봉     | 깨끗하다.<br>허용오차 이내                                                                                                  |                                                               |
| (조)순수 제조 장치 | 증류수제조장치, 순수제조장치                                                    | 사용용도의 품질인 처리수가 얻어진다.                                                                                              |                                                               |
| 칭량기기        | 천평, 직시천평, 전자천평                                                     | 허용오차 이내                                                                                                           |                                                               |
| 멸균장치        | 고압증기멸균기, 건열멸균기                                                     | 충분한 내압·내열성을 가지고 있다.                                                                                               |                                                               |
| 농축장치        | 증류장치, 로터리 에바퍼레이터                                                   | 깨끗하다.                                                                                                             |                                                               |
| 분리기         | 원심분리기, 냉각원심분리기                                                     | 균형이 취해지고 있다.<br>내충격성이다.                                                                                           |                                                               |
| 자동샘플링·주입장치  | 자동시료주입장치                                                           | 청정하다. 허용오차 내에서 분석·주입된다.                                                                                           |                                                               |
| 가열·냉각·향온장치  | 전기로, 히터, 증탕기, 진공냉동건조기, 저온 건조기, 냉장고, 냉각기, 저온향온기, 향온수조, 저온향온수조, 초저온조 | 온도제어가 허용오차 이내                                                                                                     |                                                               |
| 배양장치        | 향온배양기, 조류 배양기                                                      | 온도제어가 허용오차 이내이다.<br>깨끗하다.                                                                                         |                                                               |
| 교반·진동장치     | 진동기, jar tester                                                    | 정상으로 기능한다.                                                                                                        |                                                               |
| 분석·계측기기     | 유기물질                                                               | purge & trap장치, CLSA, GC, GC-MS, HPLC, HPLC-MS, 적외선분광광도계, TOC 측정기, TOX 계, 분광형광광도계                                 | 깨끗하다.<br>정상으로 기능한다.<br>가스 누출이 없다.<br>(고압가스 사용기기)<br>누전되지 않는다. |
|             | 무기물질                                                               | 수은환원기화장치, ICP, ICP-MS, 원자흡광광도계, HPLC, IC, 전기전도계, pH 미터, 탁도계, DO 측정기, 잔류염소비색계, pH 비색계, 이온미터, 염소요구량계, 총질소계, 방사능계수장치 |                                                               |
|             | 유기·무기물질                                                            | 분광광도계, 뷰렛, 자동적정장치                                                                                                 |                                                               |
|             | 생물·세균                                                              | 콜로니카운터                                                                                                            |                                                               |
|             | 입자                                                                 | 콜로니카운터, zeta전위측정장치                                                                                                |                                                               |
| 기타          | 진공펌프, 초음파세척장치                                                      |                                                                                                                   |                                                               |

#### (6) 직원의 훈련

분석기기를 취급하는 경우는 독극물의 시약류, 가연성의 고압가스, 고전압기기의 사용 등 잘못된 조작에 의해 큰 사고로 이어지는 경우가 있으므로 고압가스안전관리법, 소방법 등 관계법령에 근거하여 적절히 취급하여야 한다.

또한, 저농도 물질의 검사를 대상으로 하는 분석기기의 취급은 기기가 요구하는 정밀도를 확보할 수 있도록 적절한 정밀도 관리를 하지 않으면 안 되지만, 관리자는 다음과 같은 조치를 취할 필요가 있다.

- 1) 시약, 고압가스 등의 취급에 관한 지식을 직원에게 습득시킨다.
- 2) 기기류에 관하는 지식, 적절한 취급방법을 직원에게 습득시킨다.
- 3) 정밀도관리를 실시한다.
- 4) 이상의 견에 관한 각종 직무교육 등을 실시한다.
- 5) 기타, 기기 제작사 등에 의한 세미나, 각종 연구발표회에 직원을 참가시킨다.

### 10.3 계통별 수질위생관리대책

#### 10.3.1 일반사항

상수도는 평상시 물의 사용에 대하여 안정적인 급수는 물론 가뭄이나 지진 등의 유사시에도 주민의 생활에 지장을 주는 일이 없도록 급수하여야 한다.

또한 상수도는 가정용수와 도시생활용수 확보의 유일한 수단이므로 수질 측면에서 안전하고 질이 좋은 물을 공급할 필요가 있다.

상수도의 수질위생관리는 보다 양질의 물을 생산하기 위한 기본사항이며, 수원관리, 정수관리 및 배·급수관리로 나누어 고려할 수 있다.

#### 10.3.2 원수관리계통

수돗물 수질의 안전성을 확보하기 위해 가장 기본적인 것은 상수원의 수질보전이다.

수원의 수질보전대책은 주로 환경관련 행정기관에서 행해지고 있으므로 이들 기관과 밀접한 제휴 및 협력이 중요하다.

수도법 제5조(상수원보호구역지정) 및 동법 시행령 제7조에는 상수원의 확보와 수질보전상 필요하다고 인정되는 지역을 환경부장관이 상수원보호를 위한 구역으로 지정하도록 되어 있다.

또한 동법 제6조(상수원보호구역의 관리)는 당해구역을 관할하는 시장·군수가 상수원보호구역을 관리하도록 하고 있다.

그러므로 상수원보호구역을 관리하는 시장·군수는 상수원의 보호를 위하여 필요한 시설, 장비 및

인원을 확보하여야 하고, 금지행위의 단속 및 기타 수질오염방지를 위하여 필요한 조치를 취하여야 한다.

#### (1) 상수원의 오염방지

상수도를 둘러싼 수질문제는 복잡한 양상을 띠고 있어 상수원 수질의 오염, 호소나 댐의 부영양화로 인한 악취와 이상한 맛, 화학물질 및 기타 수질 사고 등의 다양한 문제가 발생하고 있다.

구체적인 수원 수질보전대책으로서 하천, 호소, 댐 등의 유역에서는 생활오수 배수대책, 공장폐수 배수대책, 농업 및 축산폐수 배수대책, 폐기물 침출수의 적정처리, 하천유지용수의 도입, 유역환경의 보전과 개발의 억제 등을 들 수 있다.

호소나 댐 등에서는 호수물의 순환 및 선택 취수, 바닥의 준설, 수생식물에 의한 수질 개선, 저류수의 방류관리 등이 있다.

한편으로는 원수의 수질감시를 철저히 하고 실태과악에 힘쓰고 동시에 필요에 따라서 관계 기관에 협력을 요청할 필요가 있다.

상수 원수의 수질검사횟수, 검사항목, 검사시기는 상수원관리규칙 제23조의2의 별표 6에 규정되어 있으며, 원수의 수질검사기준은 <표 10.3.1>과 같다.

또한 안전한 수돗물을 생산하기 위하여 수원의 부영양화 정도를 판단할 수 있는 총질소, 총인, 클로로필-a 등 이외에 현재 원수 수질검사기준에 없는 항목에 대해서도 필요하다고 판단되는 경우 측정을 실시하여 변화추이를 감시하는 것이 바람직하다.

취수원을 선택할 때에는 장애의 환경변화도 고려하여 수질상 가장 적절한 위치를 선정하는 것은 물론 유류 등의 유입과 같은 돌발적인 사고에 대응하기 위한 오일펜스 등 오염물질 유입방지시설, 수질감시 모니터링 설비의 설치 등을 적극적으로 검토한다.

#### (2) 수원의 수질관리

##### 1) 댐 및 저수지수

###### ① 수질의 특징

댐이나 저수지의 물은 일반적으로 수질의 변동이 적고 탁도가 낮으며 자정작용이 일어나기 때문에 세균이 적지만, 물의 정체로 플랑크톤이 현저히 번식하여 맛·냄새 장애나 여과장애를 일으키기도 한다.

또한 저층이 무산소 상태가 되어 저층의 철이나 망간이 환원되어 용출되기 때문에 착색 장애를 일으키기도 한다.

###### ② 온도성층의 형성

댐이나 저수지에서는 봄철과 가을철에 표층으로부터 밑바닥층까지의 물이 수직방향으로 순환하여 수온이 상하 같게 되어 전체적으로 균일한 수질이 된다.

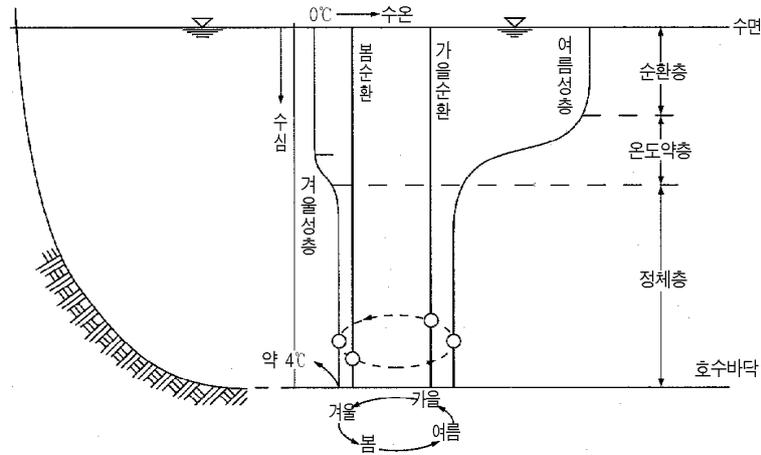
여름철에는 수온이 표층이 높고 하층으로 갈수록 낮아져 수직방향으로 밀도차가 생겨서 여름철 특유의 온도성층(정열성층)이 형성되고, 상하 각층의 물이 혼합되지 않고 안정적인 상

태가 된다.

반대로 겨울철에는 표층의 물이 4℃ 이하가 되면, 상층의 차가운 물이 순차적으로 하층으로 내려가면서 수온이 조금씩 4℃에 가까워지고 수직방향에 밀도차가 생겨 겨울철 특유의 온도 성층(역열성층)이 형성되고, 상하 각 층의 물이 혼합되지 않고 안정적인 상태가 된다.

<표 10.3.1> 원수의 수질검사기준

| 구 분                  | 측정횟수                                                | 측 정 항 목                    | 측정시기                                                                                                                                       |                                                           |  |
|----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--|
| 광역<br>및<br>지방<br>상수도 | 하천수, 복류수                                            | 월 1회 이상                    | pH, BOD, SS, DO, 대장균군                                                                                                                      |                                                           |  |
|                      |                                                     | 분기 1회 이상                   | Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , 음이온계면활성제, 유기인, PCB, 불소, 셀레늄, 암모니아성질소, 질산성질소, 카바릴, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 페놀            | 3월,<br>6월,<br>9월,<br>12월                                  |  |
|                      | 호소수                                                 | 월 1회 이상                    | pH, BOD, SS, DO, 대장균군                                                                                                                      |                                                           |  |
|                      |                                                     | 분기 1회 이상                   | Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , 음이온계면활성제, 유기인, PCB, 불소, 셀레늄, 암모니아성질소, 질산성질소, 카바릴, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 페놀            | 3월,<br>6월,<br>9월,<br>12월                                  |  |
|                      | 지하수                                                 | 반기 1회 이상                   | Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , 음이온계면활성제, 다이아지논, 파라티온, 페니트로티온, 불소, 셀레늄, 암모니아성질소, 질산성질소, 카바릴, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 페놀 |                                                           |  |
|                      | 해수                                                  | 분기 1회 이상                   | pH, COD, 대장균군, 노말핵산추출물질, 동식물유지류 함유량                                                                                                        |                                                           |  |
|                      |                                                     | 연 1회 이상                    | Cd, As, 보론, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup>                                                                                                       |                                                           |  |
|                      | 마을<br>상수도<br>·<br>전용<br>상수도<br>및<br>소규모<br>급수<br>시설 | 하천수, 복류수,<br>계곡수 등의<br>표류수 | 반기 1회 이상                                                                                                                                   | pH, BOD, SS, DO, 대장균군                                     |  |
|                      |                                                     |                            | 2년 1회 이상                                                                                                                                   | Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , 음이온계면활성제, 유기인, PCB |  |
|                      |                                                     | 호소수                        | 반기 1회 이상                                                                                                                                   | pH, BOD, SS, DO, 대장균군                                     |  |
| 2년 1회 이상             |                                                     |                            | Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , 음이온계면활성제, 유기인, PCB                                                                                  |                                                           |  |
| 지하수                  |                                                     | 2년 1회 이상                   | Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup> , 음이온계면활성제, 다이아지논, 파라티온, 페니트로티온                                                                       |                                                           |  |
| 해수                   |                                                     | 반기 1회 이상                   | pH, COD, 대장균군, 노말핵산추출물질, 동식물유지류 함유량                                                                                                        |                                                           |  |
|                      |                                                     | 2년 1회 이상                   | Cd, As, 보론, Hg, Pb, Cr <sup>6+</sup>                                                                                                       |                                                           |  |



<그림 10.3.1> 호소·저수지의 사계절 온도분포

이러한 현상은 대체적으로 수심이 10m 이상의 댐이나 저수지에서 현저하고 일반적으로 봄철이나 가을철의 상태를 「순환기」, 여름철이나 겨울철의 상태를 「정체기」라고 한다. 이와 같이 계절마다 수온의 수직분포 상태가 다른 것은 댐이나 저수지의 수질형성에 큰 영향을 주고 있다.

특히 여름철의 온도성층 형성시기에는 수심별로 수질이 현저히 다른 경우가 많다(<그림 10.3.1> 참고).

② 부영양화의 진행

일반적으로 댐이나 저수지는 생물의 사체, 토사의 퇴적 등에 의해 질소, 인 등의 영양염류가 축적되어 빈영양호로부터 부영양호로 옮겨간다.

부영양화는 자연상태의 호소에서는 지극히 서서히 진행되는 것이지만, 인위적 오염 등으로 영양염류가 대량으로 공급되면 현저하게 빠르게 된다.

또한 저수량에 대한 표면적의 비가 큰 정도 즉, 깊은 댐이나 저수지보다도 얕은 쪽이 부영양화의 진행이 빠르다(<표 10.3.2> 참고).

부영양화된 댐이나 저수지에서는 다음과 같은 현상이 발생하고 정수처리에 여과장애를 일으키게 된다.

③ 조류의 이상 증식

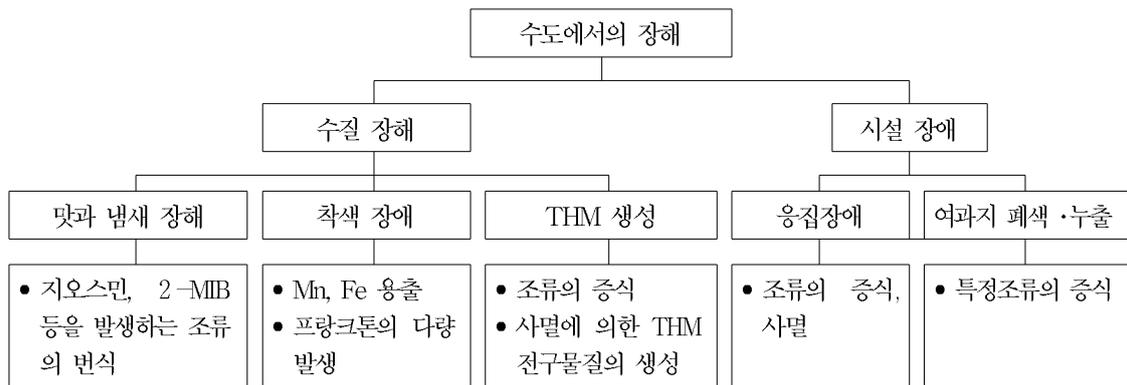
댐이나 저수지에서 조류의 이상증식의 기본요인으로서, 적당한 영양염류, 빛, 수온, 체류시간을 들 수 있고 햇빛의 양이 풍부하고 수온이 높은 여름철 정체기의 표수면부터 약층(躍層) 상층까지의 수층(표수층)에서 현저히 나타난다.

댐이나 저수지에 유입한 영양염은 표수층에 존재하는 조류가 섭취하여 증식을 촉진한다.

특히 한여름에 성층이 생기기 시작할 즈음에는 충분한 햇빛 및 봄의 상하순환에 의해서 밑바닥층부에서 공급되는 대량의 영양염, 유입되는 질소, 인등이 가해져 단기간에 조류가 대량

<표 10.3.2> 호소의 영양형

| 구 분          |        | 조 화 형 호 소                                         |                                                   |
|--------------|--------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|              |        | 빈 영 양 호                                           | 부 영 양 호                                           |
| 댐 형태         |        | 수심이 깊다. 호의 폭이 좁다.<br>심수층은 표수층보다 용량 크다.            | 얕다, 호의 폭이 넓다.<br>심수층은 표수층보다 용량 작다.                |
| 분포           |        | 산간의 호수<br>평지의 깊은 호수                               | 전국 평지의 얕은 호수                                      |
| 물의 물리적<br>성질 | 수색     | 남색 또는 녹색                                          | 녹황색                                               |
|              | 투명도    | 5m 이상                                             | 5m 이하                                             |
| 수질           | pH     | 중성 부근                                             | 중성~약알칼리성, 여름철 표층이 강알칼리성이 되는 경우도 있다                |
|              | 용존산소   | 포화에 가깝다.                                          | 표수층은 포화 또는 과포화저수 층은 적다.                           |
|              | 기타     | N<0.20mg/L, P<0.02mg/L                            | N>0.20mg/L, P>0.02mg/L                            |
| 생물           | 생산력    | 작다, 200mgC/m <sup>2</sup> /일 이하                   | 크다, 200mgC/m <sup>2</sup> /일 이상                   |
|              | 클로로필-a | 0.3~2.5mg/m <sup>3</sup> , 10~50mg/m <sup>2</sup> | 53~140mg/m <sup>3</sup> , 20~140mg/m <sup>2</sup> |
|              | 식물플랑크톤 | 빈약, 규조류가 주를 이룸                                    | 풍부, 여름에 남조류에 의해 수화가 되는 경우가 있다                     |
|              | 동물플랑크톤 | 빈약, 갑각류가 주                                        | 풍부                                                |
|              | 저서생물   | 종류, 수 모두 풍부, 깔다구 유충 등                             | 종류, 수 감소, 깔다구 유충, 빈모류 증가                          |
|              | 어류     | 송어, 황어                                            | 잉어, 뱀장어                                           |
|              | 연안 식물  | 적다, 깊은 곳까지 생기고 있다.                                | 많다, 얕은 곳에만 생긴다.                                   |
| 저질           |        | 유기물 적다, 규조류 해니(骸泥)                                | 해니(骸泥)~부식니                                        |



<그림 10.3.2> 부영양화에 따른 정수처리 장애

<표 10.33> 장애와 생물 세포수의 관계

| 생물명                                              |                                               | 맛과 냄새장애                                                       | 냄새의 종류                                    | 여과지<br>폐색                            | 응집침전<br>장애 | 착색<br>장애 |        |        |  |  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------|----------|--------|--------|--|--|
| 남조류                                              | <i>Anabaena</i>                               | 10,000                                                        | 곰팡이냄새, 부패냄새, 풀냄새, 조류냄새<br>부패냄새, 풀냄새, 조류냄새 | 10,000                               | +          |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Aphanizomenon</i><br><i>Gomphosphaeria</i> | 14,000 20,000                                                 |                                           |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Nostoc</i>                                 | +                                                             | 부패냄새, 풀냄새                                 |                                      |            |          | +      |        |  |  |
|                                                  | <i>Microcystis</i>                            | +(10,000)                                                     | 부패냄새, 풀냄새, 조류냄새                           |                                      |            |          | +      |        |  |  |
|                                                  | <i>Oscillatoria</i>                           | 30,000                                                        | 곰팡이냄새, 부패냄새, 풀냄새, 조류냄새                    | 14,000                               |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Phormidium</i>                             | +                                                             | 곰팡이냄새, 흙냄새                                |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | 규조류                                           | <i>Achnanthes</i><br><i>Asterionella</i><br><i>Ateya</i>      | 2,000 3,000                               | 부패냄새, 조류냄새                           | 3,000      |          | +      | 70,000 |  |  |
| <i>Cyclotella</i><br><i>Deiatoma</i>             |                                               | 50,000<br>+                                                   | 생선냄새, 조류냄새<br>방향냄새, 조류냄새                  | +                                    |            |          |        |        |  |  |
| <i>Fragilaria</i><br><i>Gomphonema</i>           |                                               | +                                                             | 방향냄새, 조류냄새                                | 8,000                                | +          |          |        |        |  |  |
| <i>Melosira</i><br><i>Nitzschia</i>              |                                               | 30,000<br>+                                                   | 방향냄새, 조류냄새                                | 9,000                                |            |          |        |        |  |  |
| <i>Rhizosoleniineae</i><br><i>Stephanodiscus</i> |                                               | (5,000)                                                       | 생선냄새, 방향냄새, 조류냄새                          | +                                    | +          |          |        |        |  |  |
| <i>Synedra</i><br><i>Tabellaria</i>              |                                               | 5,000<br>1,000 3,000                                          | 풀냄새, 조류냄새<br>생선냄새, 방향냄새                   | 930<br>+                             |            |          |        |        |  |  |
| 녹조류                                              |                                               | <i>Actinastrum</i><br><i>Carteria</i><br><i>Chlamydomonas</i> | +(2,000)<br>2,000                         | 풀냄새, 조류냄새<br>생선냄새, 방향냄새, 풀냄새, 조류냄새   | +          |          | 30,000 |        |  |  |
|                                                  |                                               | <i>Chlorella</i><br><i>Closterium</i>                         | +                                         | 풀냄새, 조류냄새                            |            |          |        |        |  |  |
|                                                  |                                               | <i>Cosmarium</i><br><i>Dictyosphaerium</i>                    | +                                         | 풀냄새, 조류냄새                            |            |          |        |        |  |  |
|                                                  |                                               | <i>Dictyosphaerium</i><br><i>Eudorina</i>                     | 7,000<br>+(2,000)                         | 생선냄새, 풀냄새, 조류냄새<br>생선냄새, 조류냄새        |            |          |        |        |  |  |
|                                                  |                                               | <i>Eudorina</i><br><i>Pandorina</i>                           | +(2,000)                                  | 생선냄새, 조류냄새                           |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Pandorina</i><br><i>Pediastrum</i>         | +(2,000)<br>+                                                 | 생선냄새, 조류냄새<br>풀냄새, 조류냄새                   |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Pediastrum</i><br><i>Scenedesmus</i>       | +                                                             | 풀냄새, 조류냄새                                 |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Scenedesmus</i><br><i>Spirogyra</i>        | 25,000<br>+                                                   | 풀냄새, 조류냄새                                 |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Spirogyra</i><br><i>Ulothrix</i>           | +                                                             | 풀냄새, 조류냄새                                 |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Ulothrix</i><br><i>Volvox</i>              | +                                                             | 풀냄새, 조류냄새                                 |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | <i>Volvox</i>                                 | 1,200                                                         | 생선냄새                                      |                                      |            |          |        |        |  |  |
|                                                  | 황색<br>편모류                                     | <i>Dinobryon</i><br><i>Marumonasu</i>                         | 700<br>+                                  | 생선냄새<br>생선냄새, 오이냄새                   |            |          |        |        |  |  |
|                                                  |                                               | <i>Synura</i><br><i>Uroglenopsis</i>                          | 1,300<br>2,000                            | 생선냄새, 오이냄새, 방향냄새<br>생선냄새, 부패냄새, 오이냄새 |            |          |        |        |  |  |
|                                                  |                                               | 녹별레류                                                          | <i>Euglena</i>                            |                                      |            |          |        |        |  |  |
| 외편모조류<br><i>Peridinium</i>                       |                                               |                                                               | +                                         | 생선냄새, 오이냄새                           |            |          |        |        |  |  |

(주) 생물 이상발생의 항목은 생물 이상발생을 일으킨 생물의 최소 현존량을 표시

( ) 안의 수치는 근사한 유종에서 유추함에 의해 결정함.

단위: 세포수/mL • +: 장애를 일으킨 것을 표시

증식하고, 그 결과 수화나 담수적조를 발생시키거나 <그림 10.3.2>, <표 10.3.3>에 나타난 것과 같은 여러 가지의 정수처리 장애를 야기시키는 경우가 있다.

그 중에서도 특히 곰팡이냄새 등의 맛과 냄새는 전국각지에서 발생하고 있는 큰 문제로 되어 있다.

④ 저층수의 무산소화

주로 여름철 정체기에 증식한 조류는 영양염류가 유입되어 개수가 늘어나지만 그 일부는 사멸 후 침강하여 바닥에 유기물로서 침적한다.

이것들의 유기물은 당초에는 호기성이므로 세균에 의해 분해되지만 분해가 진행됨에 따라서 저층수의 용존산소를 소비하여 결국에는 무산소상태가 되어 저층 물질에서 철이나 망간이 환원 용출되어 적수나 흑수 등의 착색 장애를 야기시키는 경우가 있다.

또한, 저층 물질이 무산소상태가 되면, 유기물은 혐기성세균에 의해 교대되고 암모니아나 유화수소, 메탄 등이 발생함과 동시에 유기물 중의 인등의 영양염류가 용출되어 봄이나 가을의 순환기에 다시 표수층으로 이행되어 조류의 이상증식의 원인이 된다.

다량의 초목 등의 유기물이 수몰하고 있는 저수지에서도 같은 상태가 발생한다.

특히 담수하고 나서 5년 정도는 주의를 요한다.

⑤ 유입물에 의한 밀도류의 발생

댐이나 저수지에 유입한 하천수는 즉시 저류수와 혼합될 것이라고 생각되지만 저유수가 성층을 이루고 있을 때는 같은 밀도(수온이 거의 같은)의 층으로 용이하게 유입되지 않는다. 유출할 때도 같은 이유로 유출구의 깊은 물이 층상이 되어 유출되는 경향이 있다.

이러한 이유로부터 여름철의 유입수는 중층에 가을의 홍수의 탁수는 저층에 유입하는 경우가 많다. 이것 때문에 유출구가 깊은 곳에 있는 댐에 탁수가 유입된 경우 단시간에서 탁수가 유출구에 도달해 버리는 경향이 있다. 저류에 의해 깨끗하게 된 물은 상층에 남고 탁수는 중층 또는 저층으로 흐르기 때문에 청정한 호수에서도 탁수가 유출된다.

탁수가 저수지의 중층으로 들어 간 경우에는 저류기간 중에 큰 탁질입자가 침강하여 미세입자만 남는다. 이러한 미립탁수의 유출은 장기간 계속될 뿐만 아니라 정수장에서의 응집침전이 곤란해지기 때문에 주의를 요한다.

② 수질의 감시와 수질이상시의 대응

수원이 댐이나 저수지의 경우는 하천수와 다르고 대량의 물이 체류하고 있기 때문에 돌발적인 독물의 혼입 등에 대한 우려가 남아 있지만, 댐·저수지 특유의 부영양화현상으로 여러 가지의 정수처리 장애가 발생하는 경우도 있기 때문에 이것에 따른 수질감시나 취수조작, 정수처리를 할 필요가 있다.

따라서 수원이 되는 댐·저수지의 경우 수질감시에 있어서는 수도에 있어서의 물 이용상 장애의 조기발견을 위한 감시와 더불어 부영양화의 동향을 파악하기 위한 조사도 동시에 실시하는 것이 필요하다. 특히 유입하천을 포함한 유역의 환경이나 기상, 수리, 수문, 수질 등을 종합적으로 조사하여 놓은 것이 중요하다.

또한 유입하천 및 호소·저수지의 저층 수질도 필요에 따라서 조사하여 놓는 것이 바람직하다.

㉠ 댐·저수지

(1) 기상, 수리, 수문조사

조사빈도 및 조사항목은 다음 요령에 의해 한다.

㉡ 매일 조사

날씨, 기온, 풍향, 풍속, 일사량, 강수량, 증발량, 저수량, 수위, 수심, 유입량, 유출량, 각종 이수의 취수량

㉢ 필요에 따른 조사

담수면적, 호분형상(湖盆型狀), 체류시간, 유동상황

(2) 수질조사

㉣ 수질항목

(a) 식물 및 동물 플랑크톤의 종류, 개체수, 크기(특히 맛·냄새 원인 생물이나 여과장 해생물에 주의)

(b) 냄새의 종류 및 냄새강도, 곰팡이냄새의 경우는 냄새원인물질(2-MIB, geosmin)

(c) 망간(특히 용존 망간에 주의)

(d) 철(특히 용존철에 주의)

(e) 수온

수온은 플랑크톤이나 미생물의 활동에 직접적으로 영향을 주기 때문에 중요한 감시항목이다.

연직수온분포를 측정하여 약층의 형성상태를 파악하는 것은 조류의 분포나 수질의 분포를 알 수 있는 중요한 단서가 되기 때문에 현지수질조사 때는 반드시 실시하여야 한다.

(f) pH

식물 플랑크톤은 그 광합성활동에 의해 수중의 탄산을 흡수하기 때문에 생산활동이 왕성할수록 물의 pH값이 높아지는 경향이 있다.

따라서 pH값은 생산활동의 대소를 아는 하나의 좋은 지표이다.

특히 표수층의 pH값의 변화에는 주의를 요한다.

(g) 용존산소(DO)

수중의 DO의 연직분포는 부영양화에 따르는 현상을 감시하는 데에 있어서 아주 중요한 지표이다.

식물 플랑크톤은 그 광합성활동에 의해서 물을 분해하여 산소를 생산하기 때문에 생산활동이 활발한 표수층(생산층)에서 DO는 종종 과포화가 된다.

이것에 대하여 성층 형성시 빛이 닿지 않은 심수층(무광층)에서는 미생물에 의해 생산된 유기물의 분해 및 생물의 호흡에 의해 산소가 소비되기 때문에 DO가 감소

하여 무산소상태가 된다.

따라서 여름철의 성층형성시에는 표수층과 심수층, 특히 저수층의 DO의 변화에 주의가 필요하다.

사례에서는 45mg/L 이하가 요주의 수준이다.

(h) 투명도 및 수중조도

투명도 및 수중조도는 호소나 저수지의 생산활동(광합성생산)이나 광합성이 일어나고 있는 유광층의 깊이를 파악하는 데에 있어서 질소나 인, 클로로필-a와 동시에 부영양화도 판정의 중요한 지표의 하나이다.

1일을 단위로 하여 햇빛을 받았을 때 광합성 순생산이 0이 되는 수심을 햇빛보상심도라고 부르며, 통상 수면직상의 빛의 양을 100%로 하였을 때 1% 빛의 양이 투과하는 층에 상당한다는 것이다. 수중조도에서는 실측값으로부터 1%층을 구할 수 있지만 투명도로부터는 그 약 3배의 수심이 햇빛보상심도가 된다.

(i) 부유물질, 탁도, 색도

(j) 과망간산칼륨소비량, 화학적 산소요구량, 총유기탄소

(k) 클로로필-a

(l) 총질소, 총인, 인산염 인, 암모니아성질소, 질산성질소, 아질산성질소

조류 등의 이상 증식시에 질산성질소나 아질산성질소가 단기간에 감소한 예가 있는 것으로 이러한 경우에는 주의를 요한다.

(m) 음이온계면활성제, 일반세균, 대장균, AGP(조류생산 잠재력), THM생성능

(n) 기타 필요한 항목

용해성규산, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 황산이온, 염소이온, 알칼리도, 전기전도율 및 감시항목 등의 속에서 필요한 항목을 선정한다.

(o) 조류독성

상수도 분야의 수질관리에서 크게 문제가 되고 있는 것은 생물에 의해 야기되는 맛과 냄새, 정수 처리 장애, 유해물질 생성, 소독부산물의 전구물질 생성 등과 같은 장애현상이다.

맛과 냄새를 유발하는 물질의 발생은 먹는물에 빈번하게 악영향을 미친다.

특히 남조류와 방선균으로부터 발생하는 geosmin과 2-MIB가 맛과 냄새의 원인이 되고 있으며, 또한 일부 남조류의 경우 인간에게 암을 유발하는 독소를 생성하는 경우도 있다.

남조류에 의한 독성의 형태는 간장독, 신경독, 세포독 등을 포함하며, 이 중에서 간장독(microcystin)이 가장 많이 검출되고 있다.

그 중 *microcystis viridis*는 microcystin이라는 유독성 독소를 함유하고 있는데 microcystin은 7개의 아미노산으로 이루어진 고리화합물로 50개의 이성질체가 존재하는 것으로 알려져 있다.

*M. wesenbergii*는 대부분 무독성의 독을 생성하는 것으로 알려져 있으나 최근 유독성의 종이 발견되고 있다.

*M. aeruginosa*는 유독과 무독성 모두 생성한다.

*Anabaena* 속은 신경독, 간장독성을 나타내며, *oscillatoria* 속은 신경독, 간장독을, *nodularia* 속은 간장독을, *cylindrospermium* 속은 간장독성을 각각 나타내는 것으로 알려져 있다.

Microcystin은 종류에 따라 마우스(mouse)에 대한 독성(LD<sub>50</sub>)이 50~250 μg/kg이며, 메추라기, 연어, 금붕어에 대해서는 각각 260, 550, 2.6 μg/L이다.

Microcystin이 간에 미치는 메커니즘은 microcystin에 의해 protein phosphate가 저해받고 phospholipase A2의 활성화가 일어나 이때 가수분해에 의해 arachidonic acid가 생성된다.

Arachidonic acid는 염증에 관계하는 물질 생성을 활발하게 한다고 밝혀지고 있다.

상수처리시 microcystin의 제거방법으로는 염소처리, 오존처리, 활성탄처리 등이며, 염소의 microcystin에 대한 산화효과는 전염소처리시 주의하여 주입하면 효과가 있다.

오존처리는 강력한 산화력으로 독성물질 무독화가 가능하지만 포름알데히드를 많이 생성하는 결점이 있다.

활성탄처리는 활성탄 1g에 대하여 microcystin 약 0.7g을 흡착할 수 있기 때문에 현재로서는 활성탄처리가 가장 좋은 방법으로 알려져 있다.

#### (ㄷ) 조류예보제

1988년 대청호에서 간헐적으로 나타나기 시작한 녹조현상이 최근에는 대청, 팔당 및 낙동강하구연 등 주요 정체성 수역에서 매년 발생하고 있으며, 조류가 다량 발생되면 정수처리장 여과장치의 기능이 저하되는 등 용수 이용상의 장애와 호소 내 산소 고갈에 의한 어패류의 질식사 그리고 일부 독소를 생성하는 것으로 알려진 남조류에 의한 건강상 피해 유발 가능성 등 피해가 발생함에 따라 발생 초기단계에서부터 적절한 대응책이 필요하다. 이러한 배경하에 시행되고 있는 조류예보제는 조류발생 상황을 사전에 관계기관 등에 신속하게 전파하여 발생정도에 따라 취·정수장의 정수처리 강화 등 단계적인 대응조치를 통해 조류발생으로 인한 피해를 최소화하고 수돗물의 안전성 확보를 목적으로 한다.

조류예보제는 클로로필-a(chl-a) 농도 및 남조류세포수를 기준으로 조류주의보, 경보, 대발생 및 해제의 4단계로 구분하여 발령하며, 취·정수장의 행동요령에 초점을 두고 대국민 홍보도 병행하여 운영된다.

조류예보발령권자는 (지방)환경관리청장으로 하며, 수질측정지점은 취수장에서 가장 근접한 지점 또는 취수장에서 영향을 미칠 수 있는 호소별 2~3개 지점을 대표지점으로 선정한다.

조류예보발령기준은 <표 10.3.4>와 같다.

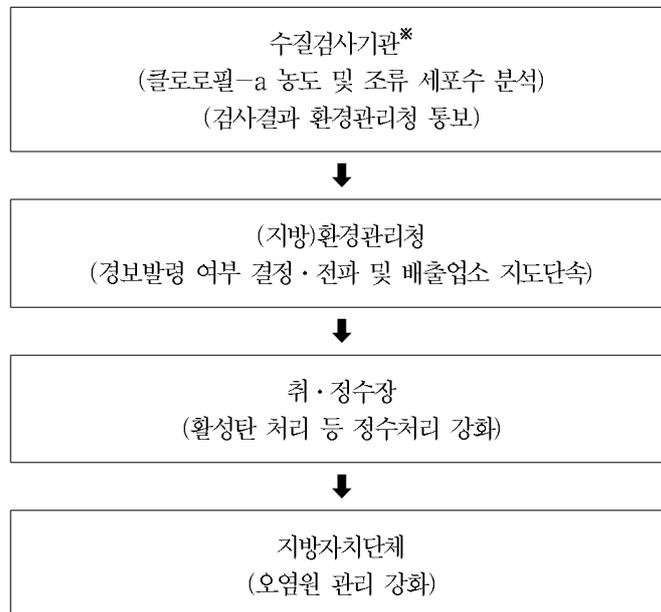
예보발령 및 해제는 수질조사 결과 1개 지점 이상에서 예보발령 기준을 충족할 경우 전 지역을 대상으로 발령하되 필요시에는 발령권자가 발령지역(적용구간)을 부분적으로 지정하여 시행한다.

조류예보제의 발령체계는 <표 10.3.5>와 같으며, 예보발령에 대한 단계별 관계기관의 대응요령은 <표 10.3.6>과 같다.

<표 10.3.4> 조류예보발령기준

| 구 분   | 발 령 기 준                                                                                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 조류주의보 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2회 연속채취시 클로로필-a 농도 15~25mg/m<sup>3</sup>, 남조류 세포수 500~5,000세포/mL</li> <li>※ 이상의 조건에 모두 해당시</li> </ul>                        |
| 조류경보  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2회 연속채취시 클로로필-a 농도 25mg/m<sup>3</sup> 이상, 남조류 세포수 5,000세포/mL 이상</li> <li>※ 이상의 조건에 모두 해당시</li> </ul>                         |
| 조류대발생 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2회 연속채취시 클로로필-a 농도 100mg/m<sup>3</sup> 이상, 남조류 세포수 10<sup>6</sup>세포/mL 이상이고 스컴(Scum)발생시</li> <li>※ 이상의 조건에 모두 해당시</li> </ul> |
| 해 제   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2회 연속채취시 클로로필-a 농도 15mg/m<sup>3</sup>, 남조류 세포수 500세포/mL 이하인 경우</li> <li>※ 이상의 조건에 모두 해당시</li> </ul>                          |

<표 10.3.5> 조류예보제의 발령체계



<표 10.3.6> 예보발령 단계별 관계기관 대응요령

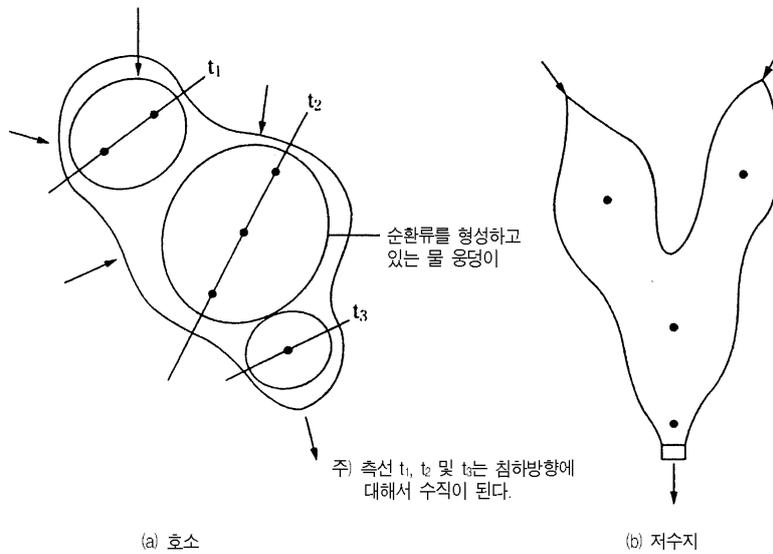
| 단계    | 관계기관            | 대 응 내 용                                                                                                                                                             |
|-------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 조류주의보 | 수질검사기관          | • 주1회 이상 시료채취, 세포수 분석, 원수의 취기분석(관능검사) 및 독소 정성 분석                                                                                                                    |
|       | 수면관리자           | • 취수구 및 조류 우심지역에 펜스설치 등 조류제거 조치                                                                                                                                     |
|       | 취·정수장           | • 염소량 증가 및 활성탄 처리 강화 등 조치, 원수에서 독소검출시는 정수의 독소 분석                                                                                                                    |
|       | (지방)환경관리청 및 지자체 | • 주변오염원에 대한 지속적 단속<br>• 환경기초시설 운영·관리 철지                                                                                                                             |
| 조류경보  | 수질검사기관          | • 주 2회 이상 시료채취, 세포수 분석, 원수의 취기분석(관능검사) 및 독소 정량 분석                                                                                                                   |
|       | 수면관리자           | • 취수구 및 조류 우심지역에 펜스설치 등 조류제거 조치                                                                                                                                     |
|       | 취·정수장           | • 조류증식 수심이하로 취수구 이동, 정수의 취기 및 독소분석, 원수에서 독성물질 검출시 활성탄 처리 강화등 조치, 최종처리수의 microcystin 등 독성물질이 1µg/L 이상일 경우 급수를 중단하고 독성제거 조치 강화 등 특별 급수대책 강구<br>※ 간이정수장은 급수중단, 대체수원 확보 |
|       | (지방)환경관리청 및 지자체 | • 마스크 발표, 주변오염원에 대한 단속강화, 수상스키, 수영, 낚시, 취사 등의 친수 활동 금지, 어패류 어획 및 식용 금지, 가축방목 금지                                                                                     |
| 조류대발생 | 수질검사기관          | • 지속적인 수질검사 및 분석 실시, 원수의 취기(관능검사) 및 독소 분석                                                                                                                           |
|       | 수면관리자           | • 차광흡착제 살포, 조류제거선 및 마이크로스트레이너를 이용한 스크 제거, 황토 살포 등 조류 제거 조치                                                                                                          |
|       | 취·정수장           | • 조류증식 수심 이하로 취수구 이동, 활성탄 처리 의무화 최종처리수의 microcystin 등 독성물질이 1µg/L 이상일 경우 급수를 중단하고 독성제거조치 강화 등 특별 급수대책 강구                                                            |
|       | (지방)환경관리청 및 지자체 | • 마스크 발표<br>• 주변 오염원 지속적인 단속강화, 양식금지                                                                                                                                |

㉠ 조사지점 및 깊이

조사지점을 선정하는 경우는 댐·저수지의 물리조건을 충분히 고려하지 않으면 안 된다. 일반적으로 댐에서는 취송류(바람에 의해서 야기되는 표층부분의 호수류) 등에 기인하는 순환류가 있기 때문에 저수지에서는 저수의 인출에 따르는 하천의 유하방향으로 흐름이 지배적인 것이 많다(<그림 10.3.3> 참조).

댐에서는 연간을 통해서 수위변동이 작고 저수지에서는 수위변동이 큰 경우가 많다. 따라서 어떠한 경우에 있어서도 다음과 같은 지점을 조사지점으로 선택할 필요가 있다.

- (a) 댐·저수지수를 취수하는 지점(이수상의 수질감시를 하는 데에 있어서 불가결하다)
- (b) 수역 전체의 특성을 대표하는 것 같은 지점(최심부, 호수심부 등)
- (c) 주요 유입하천이 유입한 후 충분히 혼합하는 지점



<그림 10.3.3> 조사지점의 결정방법

(d) 댐이 유출하는 지점

기타 다음과 같은 지점도 필요에 따라서 선택한다.

(a) 배수나 하수의 유입에 의해서 항상 오염이 인정되는 지점

(b) 댐·저수지 내에 온천수나 용출수가 유입하는 지점

조사의 깊이를 결정하는 데에는 수심, 수온의 연직분포 및 투명도를 고려한다.

일반적으로 순환기에서는 깊이별 측정 점수는 적어서 좋지만, 성층기에서는 연직방향의 변화가 나타나기 때문에 이것보다 많은 채수측정점을 잡지 않으면 안 된다(<그림 10.3.4> 참고).

또 조사의 때마다 조사깊이를 바꾸는 것은 부적당하기 때문에 미리 계획의 단계에서 과거의 조사 결과 등에 따라서 조사깊이를 설정해 놓아 조사의 실시 단계에서는 최소한의 변경이 되도록 한다.

#### ㉠ 조사빈도

조사빈도는 원칙으로서 월 1회 이상으로 한다.

특히 조류의 증식기나 장해의 발생기에는 조사항목을 한정하더라도 횟수를 늘리는 것이 필요하다.

식물 및 동물 플랑크톤의 조사는 1주간에 1회 정도하면 증식의 징후를 빠른 시기에 알 수 있다.

조사는 유황(流況)이 안정적인 맑은 날 뿐만 아니라 우천시 등의 출수 때에도 실시하는 것이 중요하다.

#### ㉡ 수질의 자동감시

| 측정항목        | 수심                   | DO                   | pH, COD<br>BOD, SS<br>대장균군 수<br>탁도 |
|-------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|
| 표수층         | 0.1m<br>0.5m<br>1.0m | 0.1m<br>0.5m<br>1.0m | 0.5m                               |
| 약층<br>(변수층) | 1 m마다                | 2 m마다                | 약층 또는 중층<br>(전체수심×1/2)             |
| 심수층         | 2 m마다<br>또는<br>5 m마다 | 5 m마다                | 하층<br><br>저층                       |
| 저수층         | 1 m                  |                      |                                    |

<그림 10.3.4> 수심방향 측정점

수도의 수원이 되는 댐·저수지에서의 맛과 냄새장해나 담수적조, 정수장에서의 응집저해나 여과장애 등의 발생은 어떤 특정한 식물 플랑크톤이 단기간에 이상증식하여 일어나는 것이다. 이것들의 원인생물의 이상발생의 예지나 발생요인, 발생기구를 보다 자세히 밝혀내기 위해서는 수질의 감시나 조사의 빈도를 늘리는 것이 필요하다.

② 수질이상시의 대응

수원으로 되어 있는 댐이나 저수지의 수질이상은 주로 부영양화에 기인하는 수질 장애를 들 수 있다. 장애발생시나 발생의 우려가 있는 경우에는 수질조사의 빈도를 늘리는 등 감시체제를 강화해야 한다(<표 10.3.7> 참고). 구체적인 처치에 대해서는 다음의 것을 들 수 있다.

- (ㄱ) 대체수원이 있으면, 다른 수원으로 새로 바꾼다.
- (ㄴ) 선택취수가 가능하면 적당한 수심으로부터 취수한다.
- (ㄷ) 마이크로시스티스 등 수면에 부유하는 조류가 대량 발생한 경우는 조류펜스를 설치하여 조류의 취수구로 유입을 방지한다(저체 구천댐의 예에서는 설치 전과 비교하여 약 1/3로 감소).

③ 유입하천 및 유역

댐이나 저수지의 부영양화를 야기하는 주된 요인이 되는 질소, 인 등의 영양염류는 거의 유입하천에서 공급되는 경우가 많다.

<표 10.3.7> 냄새 발생시 감시요령(태백:광동댐)

| 구분   | 감시항목 및 범위                                                                                                                                                        | 감시빈도                               | 채수개소       | 수온데이터감시 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------|---------|
| 제1단계 | 표층수온 15℃ 미만<br>표층 pH 8.3 미만<br>표층 DO 100% 이하<br>조류(페리디니움) 200개/mL 미만<br>아나베나, 마이크로시스티스 5,000개/mL 미만<br>TON(곰팡이냄새) 이상 없음(1 미만)<br>2-MIB, geosmin 불검출(10ng/L 미만)   | 수온약층 미형성 1회/월<br><br>수온약층 형성 1회/2주 | 표층수 원수     | 1회/월    |
| 제2단계 | 표층수온 15℃ 이상<br>표층pH 8.3 이상<br>표층 DO 100% 넘는다.<br>조류(페리디니움) 200~ 500개/mL 미만<br>아나베나, 마이크로시스티스 5천~1만개/mL<br>TON(곰팡이냄새) 이상 없음(1 미만)<br>2-MIB, geosmin 검출(10ng/L 미만) | 2회/주                               | 표층수 원수     | 1회/주    |
| 제3단계 | 조류(페리디니움) 500개/mL 이상<br>아나베나, 마이크로시스티스 1만개/mL 이상<br>TON(곰팡이냄새) 검출(1 이상)<br>2-MIB, geosmin 검출(10ng/L 이상)                                                          | 매일                                 | 수심 2m마다 원수 | 매일      |

따라서 수원이 되는 댐이나 저수지의 수질의 현상을 정확하게 알기 위해서는 단지 댐이나 저수지의 수질뿐만 아니라 유입하천의 수질 및 수질을 형성하는 유역의 환경이나 유량 등을 조사하여 하천, 댐이나 저수지에 유입되는 오탁물질의 총량을 파악하는 것이 중요하다. 따라서 다음 조사가 필요하다.

(㉠) 유역의 환경조사

- ㉡ 유역면적, 지형, 지질, 토지이용형태
- ㉢ 인구(정주인구, 유동인구, 생활배수의 처리상황 등)
- ㉣ 산업활동상황
  - (a) 임업(소유형태별삼림의 종류, 면적 등)
  - (b) 농업(품종별 경작면적, 시비나 농약의 종류, 양, 살포시기, 살포방법 등)
  - (c) 축산업(가축이나 가축 종류나 수, 분뇨의 처리상황 등)
  - (d) 수산업(물고기 종별 어획량, 급사의 종류, 양 등)
  - (e) 광공업(사업장의 업종, 수, 규모, 배출수의 수질·수량 등)
  - (f) 휴양시설(여관, 호텔, 식당 등의 수, 규모, 배출수의 수질·수량 등)
  - (g) 골프장(골프장의 수, 규모, 사용되는 비료나 농약의 종류, 양, 살포시기, 살포방법, 배수처리상황 등)

- (h) 산업폐기물 최종 처분장(종류, 수, 규모, 배출수의 수질·수량 등)
- (i) 기타
- (L) 유입하천의 기상·수리·수문조사
  - ㉠ 매일 조사: 날씨, 기온, 강수량, 유량, 수위
  - ㉡ 필요에 따라 조사: 유역면적, 수계형상, 지형, 지질, 하천종단경사
- (C) 수질조사
  - ㉠ 수질항목
    - (a) 수온, pH, 용존산소, 부유물질, 탁도, 색도, 냄새(종류, 냄새강도)
    - (b) 과망간산칼륨소비량, 화학적산소요구량, 생물학적산소요구량, 총유기탄소
    - (c) 총질소, 총인, 인산염 인, 암모니아성질소, 질산성질소
    - (d) 음이온계면활성제, 비이온성계면활성제
    - (e) 일반세균, 대장균군
    - (f) 식물 및 동물 플랑크톤의 종류, 개체수
    - (g) 기타 필요한 항목
  - 철, 망간, 용해성규산, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 황산이온, 염소이온, 알칼리도, 전기전도도, THM생성능, 농약류, 트리클로에틸렌 등의 미량유기화학물질 등
  - ㉡ 조사지점
 

유입하천의 수질 및 댐이나 저수지에 유입하는 오염물질의 총량(유출오염부하량)의 파악을 하는 지점은 각 하천의 댐·저수지에의 유입단 부근에서 백워터(back-water)의 영향이 없고 하천단면이 변화하지 않는 지점을 고른다.

이 외에 본 하천의 유하과정에서 정화되지 않고서 남은 오염부하량의 비율(정화잔율) 파악을 하는 경우에는 하천에 따라 적당한 거리에서 떨어져 도중 유입이 적은 구획의 수지점을 선택하여 실시한다.
  - ㉢ 조사빈도
    - (a) 원칙적으로 월 1회 실시한다. 적어도 유입단 부근의 조사는 댐·저수지의 조사와 더불어 반드시 한다.
    - (b) 강우에 의한 증수 때나 갈수 때에도 수시로 한다.
    - (c) 유입하는 댐·저수지의 조류의 증식이나 장애의 발생전후에는 조사항목을 한정하였다고 해도 횟수를 늘리는 것이 필요하다.
    - (d) 정화잔율의 파악 등 상세한 조사는 수년에 1회는 실시하여 놓은 것이 바람직하다.

## 2) 하천수

### ① 수질의 특징

- ㉠ 하천수의 수질은 기상이나 산업활동이 원인이 되어 계절적인 변동이나 주간변동이 현저하고 큰 경우가 있어 하루 중이라도 시간에 따라 변화를 하는 경우가 많다.
- 수온은 여름과 겨울과의 온도차가 현저하고 특히 여름철에는 일주변화가 크다.

이 외에 수원유역에 큰비가 있으면 단시간에 탁도가 현저히 증가하는 경우가 있고 유량의 변화나 유심부, 하안부, 정체수역 등 장소에 의해서도 수질이 다르게 나타난다.

갈수기에는 수질의 악화가 현저히 되기 때문에 주의를 요한다.

- ⑥ 유역에 도시주택단지, 분뇨처리장 등이 있는 경우는 그 배수가 유입됨으로써, 암모니아성질소, 음이온계면활성제, 염소요구량, THM생성능 등 생활배수 관련항목이 현저히 증가한다. 또한, 광공업배수가 유입하는 경우는 수은 카드뮴 등의 유해 금속류, 페놀류 기타 냄새유발물질, 트리클로로에틸렌 등의 유기화학물질이 혼입될 우려가 있다.

특히 기름의 유출에 의한 수질오염은 사고 예가 많이 있기 때문에 주의를 요한다.

- ⑦ 상류에 골프장이나 농지가 있는 경우는 농약이 혼입될 우려가 있고 산업폐기물의 최종 처분장이 있는 경우는 침투수나 침출수가 혼입하는 우려가 있다.
- ⑧ 상류에 온천배수가 유입하면 비소나 붕소, 유화물 등 온천특유의 성분이 혼입하는 경우가 있다.
- ⑨ 하류역에서 취수하고 있는 곳은 해수의 영향에 의해 염소이온, 경도성분 및 전기전도도 등이 이상적으로 증가하는 경우가 있다.
- ⑩ 상류에 호소나 저수지가 있는 경우에는 발생한 식물 플랑크톤에 의한 여과장애나 맛과 냄새장애 외에 성층기에 저니로부터 용출하는 망간 등에 의해 착색 장애가 발생하는 경우도 있다.
- ⑪ 하상에 부착조류가 번식한 하천이나 정체수역을 가지는 하천에서는 조류의 광합성에 의해서 수중의 이산화탄소가 소비되어 pH값이 현저히 저하되는 경우도 있다.

이 현상은 봄에서 가을 중에 일어난다.

이 외에 죽은 부착조류가 증수에 의해 일제히 떨어져 흘러 내려와 여과폐색을 일으키거나 하상에 곰팡이냄새물질을 생산하는 남조류가 증식하여 맛과 냄새 장애를 야기시키기도 한다. pH값의 상승은 정수처리상에서는 응집시에 주의를 요하는 것이지만, 수중의 알칼리 성분이 특히 증가한 것이 아니므로 일반적으로 중대한 지장이 발생하지는 않는다.

## ② 수질의 감시와 수질이상시의 대응

### ① 수질의 감시

법규에 근거하는 정기적인 시험뿐만 아니라 상류유역의 오염원의 입지상황, 수질의 오염상황에 따라서 필요한 항목이나 관측지점을 선정하여 수원수질의 일주변화, 주 또는 월마다의 변화 이외에 계절마다의 상류역의 종합적인 수질조사나 강우 때의 수질변화를 조사한다.

이것들의 자료를 축적하고 해석하여, 수질의 현황과 경제적인 경향을 파악하여 놓은 것이 중요하다.

또한 하천수에서는 돌발적인 오염사고가 발생하기 쉽기 때문에 어류사육수조나 자동수질측정기 등에 의해 수질의 이상을 항상 감시해야 한다.

### (1) 유역의 환경조사

하천의 수계형상, 유량, 수위, 오염원의 입지상황, 하천구조물의 입지상황 등을 조사한다  
<10.3.2의 (2) 1) 댐 및 저수지수 ① 수질의 특성 ③ 유입하천 및 유역 참고>.

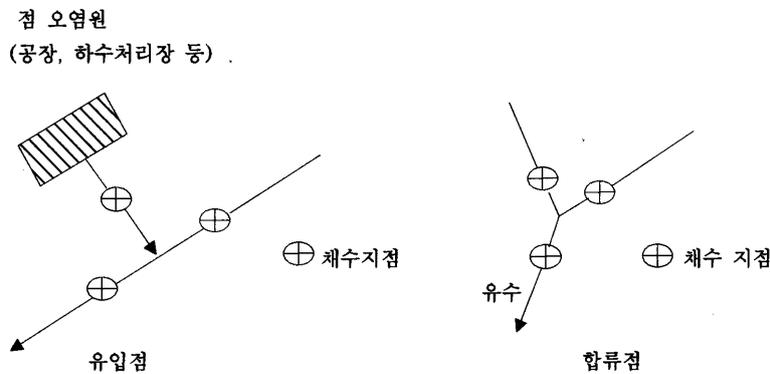
(ㄴ) 수질조사

㉠ 수질항목

법에 근거하는 항목, 감시항목 및 수온, 알칼리도, 생물종류 및 개체수 암모니아성질소, 총질소, 총인, 용존산소, 부유물질, 화학적산소요구량, 생물학적산소요구량, 총유기탄소, THM생성능, 용해성규산, 칼륨, 황산이온, 전기전도도, UV<sub>254</sub> 등에서 필요한 항목을 선정한다.

㉡ 조사지점

취수지점 외에 유량이 많은 지류, 오염물질 농도가 높은 지류, 지류와의 합류점 부근, 공장배수, 생활배수 등의 방류지점 부근, 수질환경기준 유형의 기준점 등을 포함한다 (<그림 10.3.5> 참고).



<그림 10.3.5> 조사지점의 결정방법

㉢ 조사빈도

취수지점에 관해서는 월1회 이상은 실시한다.

오염을 받을 우려가 있는 경우나 오염을 받은 의심이 있는 경우는 조사빈도를 증가시킨다.

㉣ 수질의 자동감시

수원의 수질감시에는 자동수질측정기나 자동채수기를 사용하면 수질이상의 감시뿐만 아니라 보다 상세한 수질의 파악에 유효하다.

b) 수질이상시의 대응

수원 수질오염사고 발생시의 처치에 관해서는 10.2.11 수질사고대책을 참고한다.

c) 장래수질의 예측

수원하천의 수질이 초기에는 양호하더라도 상류부에 공장지대나 주택지역에 새로운 개발이나 삼림의 벌채 등에 의해서 수년의 사이에 수질이 현저히 악화될 예가 많다.

따라서 수원유역의 오염원의 장래의 입지동향이나 수질보전시책 등을 파악하여 장래의 수질

의 동향을 조사하는 것이 바람직하다.

구체적인 조사방법은 경향에 의한 예측 등 통계적인 방법, 오염부하량 해석에 의한 방법을 사용한다.

### 3) 지하수

#### ① 수질의 특징

상수원으로 사용하는 지하수는 그 부존형태로부터 <그림 10.3.6>과 같이 분류되지만, 통상 천층 지하수는 불압지하수, 심층지하수는 피압지하수를 의미하여 지하수의 성질이나 상태를 보다 정확히 나타내는 분류로서 일반적으로 사용되고 있다.

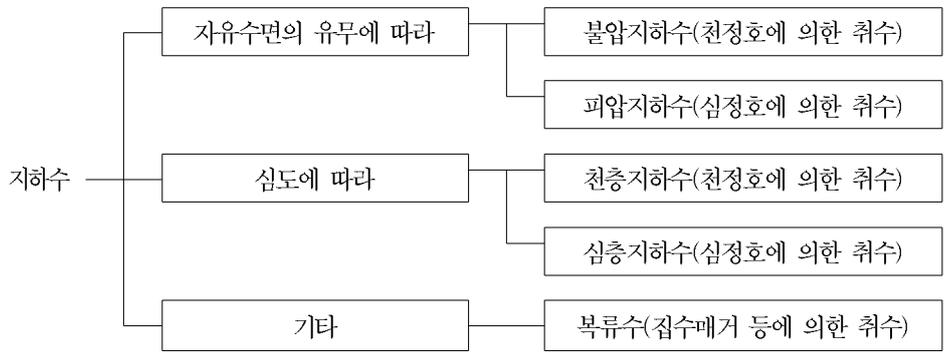
단지, 얇은 우물과 깊은 우물의 구별은 엄밀한 것은 없지만 일반적으로 깊은 우물은 30m 이상의 것이 많다.

#### ② 일반적인 특징

(㉠) 지하수는 일반적으로 연간을 통해서 수온의 변동이 작고 탁도도 없고 지표수와 비교하여 비교적 용해성 성분이 많지만, 수질이 양호하고 안정한 것이 특징이다.

(㉡) 지하수에는 종종 철이나 망간을 많이 포함하는 것이 있어 적수, 흑수나 녹 냄새의 원인이 된다.

이러한 물에는 종종 산소가 적고 이산화탄소가 풍부하고 다소의 유기물을 포함하고 있고, 철박테리아가 번식하는 경우가 있다.



<그림 10.3.6> 지하수의 분류

철박테리아는 대수층, 정호의 케이싱이나 스크린, 양수관의 내면 등에 착생하여 군락을 형성하여, 스크린의 막힘 양수관의 폐색 등에 의한 양수 장애, 플록상의 촌락의 유출에 의한 이물이나 불쾌한 맛·냄새, 적수 등의 원인이 된다.

이 외에 진균, 방선균 등의 착생, 부패에 의한 맛·냄새가 발생하는 경우도 있다.

(㉢) 지하수는 오랫동안 땅속에 존재함으로써 지질에 따라 특징적인 수질을 나타낸다.

지역에 따라서는 비소나 불소를 다량으로 포함하는 것도 있는 것으로 주의를 요한다.

또한, 이탄지 등의 부식토지대에서는 부식질에 의해 색도가 높고 유기질을 많이 포함하

는 경우가 많기 때문에 정수처리과정에서 THMs을 다량 생성하거나 통상의 응집침전처리에서는 색도의 제거가 곤란하게 되는 경우가 있다.

- (㉔) 연해부나 하천하류부에서는 양수 과잉이나 하천개수, 대량의 자갈채취 등에 의해서 해수의 영향을 받아 염수화될 우려가 있다.

일단 염수화되면 회복에는 수년 이상을 요하는 경우가 많기 때문에 주의를 요한다.

- (㉕) 지하수는 오염의 기회가 적은 것이지만 공장배수가 지하에 침투하여 크롬, 시안, 농약을 검출한 예가 있다.

특히 최근은 반도체제조공정이나 소규모 공장에서의 금속기계부품의 탈지세척, 또는 dry cleaning 등에 사용되고 있는 트리클로로에틸렌이나 테트라클로로에틸렌 등의 저비점유기염소계용제에 의한 지하수 오염이 각지에서 보고되어 문제가 되고 있다.

지하수는 일단 오염을 받으면, 장기간에 걸쳐도 회복시킬 수 없기 때문에 주의가 필요하다.

#### ㉑ 천층지하수의 특징

천층지하수는 제1대수층에 존재하는 자유수면을 가지는 지하수(불압지하수)로 주로 다음과 같은 수질적 특징이 있다.

- (㉑) 지표수의 영향을 받기 쉽고 주위에 논, 밭이나 과수원, 축산농장, 골프장 등이 있는 경우는 살포된 비료, 가축의 분뇨나 농약 등의 영향을 받을 수 있다.

더욱 인근에 존재하는 공장이나 주택단지, 폐기물 최종처분장 등으로부터의 침출수나 지하침투수에 의해서 영향을 받는 경우도 있다.

- (㉒) 산소를 비교적 대부분 많이 포함하고 있기 때문에 호기적인 조건하에서 질소성분은 질산성질소로 변해 버린다.

근년에 얕은 우물물에 질산성질소가 매우 증가하는 현상이 많아지고 수질기준 10mg/L를 넘는 사례도 있어 문제가 되고 있다.

이것은 농지에서 화학비료의 과잉 사용이나 생활배수나 공장배수의 침투가 영향을 주고 있는 것으로 생각된다.

- (㉓) 일반적으로 알칼리도가 높음에도 불구하고 유리탄산을 많이 포함하여 pH값은 낮은 6.0~6.8의 수치를 보이며 간혹 6.0 이하의 것도 있다.

철, 동 등의 금속이나 콘크리트에 대하여 침식성을 나타내는 경우가 많다.

- (㉔) 천층지하수에는 새우, 물벌레 등의 육안으로 관찰되는 작은 지하수성 동물이 발견되고 있다.

이러한 동물은 암소에 서식하기 위해서 대체로 색소가 모자라 눈이 퇴화하고 있는 것이 보통이다.

이러한 미소동물이 있는 것은 직접 위생상의 문제가 되는 것이 아니지만, 모래여과 등으로 제거하여 급수하는 것이 필요하다.

#### ㉒ 심층지하수의 특징

심층지하수는 다음과 같은 수질적 특징이 있다.

- (㉠) 지표수의 영향을 받기 어렵기 때문에 위생적 안전도가 높다.
- (㉡) 산소가 거의 없기 때문에 질산성질소 및 아질산성질소가 환원되어 암모니아성질소를 포함한다.  
이 경우 일반세균, 대장균군의 결과에 이상이 없으면 오염에 의한 것은 아닌 것으로 판정할 수 있다.
- (㉢) 일반적으로 알칼리도, 경도가 높고 유리탄산은 존재하지 않지만 pH값은 7.0 이상(통상 7.0~7.4)을 나타내는 경우가 많다.
- (㉣) 때로는 하수냄새나 계란이 썩는 것 같은 냄새를 유발하는 경우가 있다.  
이러한 경우 황화수소를 포함하기 때문에 황박테리아가 번식할 수도 있다.  
황박테리아는 철박테리아와 같은 집락이 점착막을 형성하기 때문에 스크린이나 관을 폐색하거나 물에 불쾌한 맛과 냄새를 주고 철관의 부식에 관계하는 경우도 있다.

④ 복류수의 특징

복류수는 하천, 호소의 저부 또는 측부의 사력 중에 잠류 하고 있는 물로 수질적으로는 천층지하수와 지표수의 중간적인 성질을 가지고 있다.

그 주된 특징은 다음과 같다.

- (㉠) 복류수는 지표수가 투수성이 좋은 지층을 흐르고 있는 상태이기 때문에 지표수보다 탁도가 낮고, 수온도 비교적 안정하여 대략적으로 천층 지하수와 같은 성질을 나타낸다.
- (㉡) 지표수의 영향을 받기 쉬운 상태에 있기 때문에 집수매거 등의 위치나 깊이 등에 의해 지표수가 직접 혼입하는 경우도 있고, 하천수가 흐르면 복류수도 흐러지고 하상의 생물이 침입하여 유출하게 되는 경우도 있다.

② 수질 감시

지하수는 공장배수나 폐기물의 최종처분장의 침출수, 생활배수 등의 침투에 의해 오염을 받는 경우가 있는 것으로 수원정호 주변의 환경조사에 관해서는 환경부의<지하수수질조사지침>을 활용한다.

① 수질조사

(㉠) 수질항목

수질감시항목은 각각의 정호의 수질의 특징에 따라서 다음의 항목 내에서 적절한 항목을 선정한다.

관계법에 근거하는 항목, 감시항목 및 수온, pH, 알칼리도, 산도, 용존산소, 암모니아성 질소, 황화수소, 황화물, 철박테리아, 황박테리아 등의 총박, 지하수성동물, 외관(색상, 이물 등), 염소요구량, THM생성능, 전기전도도, 황산이온, 칼륨, 용해성규산, 등.

(㉡) 조사지점

㉠ 평상시

- (a) 원칙으로서 모든 취수정호로 한다. 지하수맥이 분명히 구별할 수 있는 경우에는

대표가 되는 관정을 선정하여도 좋다.

(b) 지하수의 유동상황으로부터 취수관정의 상류역이라고 생각되는 지역의 심정이나 용수도 가능한 한 감시용 관정으로서 조사대상에 포함시킨다.

㉠ 오염된 경우 또는 오염될 우려가 있는 경우, 평상시 지점 외에 다음 지점도 조사대상으로 한다.

(a) 지하수의 부존 및 유동을 고려하면서 될 수 있는 한 광범위한 범위에서 대표적인 지점을 선정한다. 조사지점은 500m 이내의 간격에 설정하는 것이 바람직하다.

(b) 연직방향의 수질도 파악하는 것이 바람직하다.

(c) 토지이용상황을 고려하여, 오염될 가능성이 높은 관정을 선정한다.

(d) 양수량이 많은 지역의 관정을 선정한다.

(e) 다른 기관이 실시하고 있는 지점과 중복하지 않도록 선정한다.

(ㄷ) 조사빈도 및 시기

㉠ 평상시

(a) 상수원관정의 경우는 월1회 이상, 기타 관정은 계절적인 변동이나 강수 등의 일기를 고려하여 년 2~6회 실시하는 것이 바람직하다(불압지하수는 강수기에 농도가 높아질 가능성이 높다).

(b) 조사시기는 원칙적으로서 매년 같은 시기에 설정한다.

㉡ 오염된 경우 또는 될 우려가 있는 경우, 평상시의 경우와 더불어 필요에 따라서 증가시킨다.

(ㄹ) 수질의 자동감시

수온, 탁도, 색도, pH, 전기전도도 등은 계기에 의한 자동측정이 가능하고 지하수의 수질변화를 파악하는 데에 유효한 지표가 되기 때문에 자동수질측정기에 의한 감시가 바람직하다.

③ 수질이상시의 대응

㉠ 수원의 변경

수질의 감시로 기술한 여러 가지의 수질 장애나 이상이 발생한 경우는 적절한 정수처리를 하면 원인물질의 제거나 장애를 경감하는 것이 가능하다.

그러나 질산성질소, 용해성의 비소, 지하수에 침입한 해수의 염분 등은 기술적으로는 가능하지만 비용면에서 정수처리에 의한 대응은 매우 곤란하다.

따라서 현실적으로 가능하면 다른 수원으로 바꾸는 방법이 유리하다.

㉡ 기타 대책

(1) 트리클로로에틸렌 등이 검출되어 외부에서의 화학물질에 의한 오염이 확인된 경우는 즉시 관계 기관에 통보하여 피해의 방지대책, 새로운 오염의 방지, 오염확대의 방지 등의 처치를 신속히 실시하여야 한다.

그 경우 수도사업자는 오염지하수를 양수하는 등 개선을 위한 여러 가지 대책을 실시할

필요가 있다.

- (ㄴ) 해수의 침입에 의해 지하수의 염수화가 인정된 경우는 피해의 확대를 방지하기 위해서 양수량을 될 수 있는 한 적게 할 필요가 있다.
- (ㄷ) 철박테리아나 황박테리아에 의한 장애가 발생한 경우는 펌프를 철수하여 수중 TV 카메라 등으로 관정 내를 조사하여 필요에 따라서 스크린이나 펌프, 양수관, 케이싱 내면 등을 청소하여 개선할 수 있다.  
또한, 유리잔류염소가 10mg/L 이상이 되도록 염소제를 장애 개소에 주입하여 장시간 접촉시킨 후 수압을 이용하여 세척수를 배수하고 이후에 유리잔류염소를 0.2~0.5mg/L 정도로 유지시켜 번식을 억제하는 방법도 있다.  
이것들의 조치를 정기적으로 하면 미리 장애를 방지할 수 있다.
- (ㄹ) 천층지하수, 심층지하수는 금속을 부식하는 성질이 크기 때문에 물에 접하는 부분은 될 수 있는 한방식에 배려하는 것이 바람직하다.

### 10.3.3 정수처리계통

기존 정수처리시설의 구성은 착수정, 약품혼화지, 응집지, 침전지, 여과지, 소독, 정수지 등으로 구성된다.

또한 처리대상물질에 따라 폭기, 생물처리, 활성탄처리 등의 시설을 포함하기도 한다.

#### (1) 유해물질로 오염된 원수의 유입차단

상수도사업자는 수용가에 안전한 물을 계속적으로 공급해야 한다.

그러나 가장 어려운 설계인자중 하나는 유출사고로부터 수질을 보호하는 것이다.

유출사고는 어느 정도 예측할 수 있는 자연상태의 지표수 및 지하수 수질변화에 비하면 수질변동의 폭이 크고 불규칙적이어서 경제적인 측면에서 효과적인 설계가 더욱 어렵다.

사고 유출원으로는 상업, 공업, 농업 및 도시활동(미처리하수방류), 철도, 도로, 수로 등을 통한 운송사고 등을 들 수 있으며, 유해오염물질의 유형은 휘발성 유기물질, 합성유기물질, 유해중금속, 방사성 동위원소, 병원성 미생물 등으로 나눌 수 있다.

유해물질 사고 유출시 가장 좋은 대책은 오염물질을 하류로 흘러 보낼 수 있도록 3~5일간의 원수를 저류할 수 있는 원수저수지를 갖추는 것이지만, 기존 정수장은 여건상 구비가 어려운 경우가 대부분이고 비용이 매우 많이 든다.

또한 정수를 저류하는 경우에는 장시간 저류로 인해 수질이 저하될 수 있다.

따라서 유해물질의 유출사고를 감시할 수 있는 상시측정망을 구축하는 것이 바람직하며 유해물질의 유출사고에 대한 대책으로는 취수지점 상류에서 유출사고가 발생한 경우와 오염물질이 정수시설 내에 유입되었을 경우로 나누어 생각해 볼 수 있다.

2006. 11 개정된 「취·정수장 오염물질 유입시 행동 매뉴얼」을 숙지하여 수질사고시 적극적으로

대처하여 사고를 최소화하여야 한다.

1) 취수지점 상류에서 유출사고가 발생하였을 경우

- ① 유출사고대책에 대한 대처방안 표준화
- ② 상·중·하류간 컴퓨터 전산화 통보
- ③ 사고지점, 오염물질의 종류, 유출농도 등에 대한 정보와 취수지점 도달시간, 취수지점에서의 농도, 취수지점 통과시간 등의 예측
- ④ Jar-test에 의한 분말활성탄의 투입량, 투입시기 등과 포기 여부 결정
- ⑤ 소독부산물의 전구물질을 제거하기 위한 입상활성탄 여과지를 구비하여 사고유출에 대한 안전장치로 이용

2) 오염물질이 정수시설 내에 유입되었을 경우

원수가 유해물질로 오염되어 정수처리공정에서 제거할 수 없는 물질이라고 판단될 때는 취수를 중단하여 정수시설이 오염되는 것을 막고, 정수장 내에서 발견되는 경우는 급수를 중단하고 조치를 취한다.

- ① 취수중단의 판단기준
  - ⓐ 물고기 폐사에 의한 부상이 발생할 경우
  - ⓑ 원수 중 시안, 수은의 농도가 기준 이상으로 검출되었을 경우
  - ⓒ 건강에 위해를 미칠 우려가 있는 수질항목이 수도꼭지에서 기준값을 초과할 경우
  - ⓓ 원수 중 원인불명의 색도, 탁도가 현저히 높을 경우
  - ⓔ 맛과 냄새가 현저한 경우
- ② 정수장 내 이상 징후에 따른 취수중단
  - ⓐ 외부로부터의 정보없이 생물경보시스템의 오류나 취수구, 침사지 등의 오류가 어류관찰 요령중 독극물 유입의 우려가 농후한 행동을 보일 때는 취수를 중단하고 수질분석을 실시
  - ⓑ 자동수질 측정장치가 있는 경우 건강상에 위해를 미칠 우려가 있는 수질항목이 나타나거나 원인불명의 색도, 탁도, 전기전도도 등의 값이 현저하게 높을 경우에도 취수중단
  - ⓒ 원수에서 강한 냄새가 발생하거나 다량의 암모니아성질소의 검출 또는 착색물 등 오염물질의 농도가 현저하다고 판단될 때는 일단 취수량을 조절하고 염소투입의 강화나 활성탄 투입으로도 제거할 수 없을 정도라고 판단될 때는 취수를 중단

3) 오염물질유입에 따른 단계별 긴급조치요령

- ① 단계별 긴급조치사항  
<표 10.3.8> 단계별 조치사항 흐름도 참조

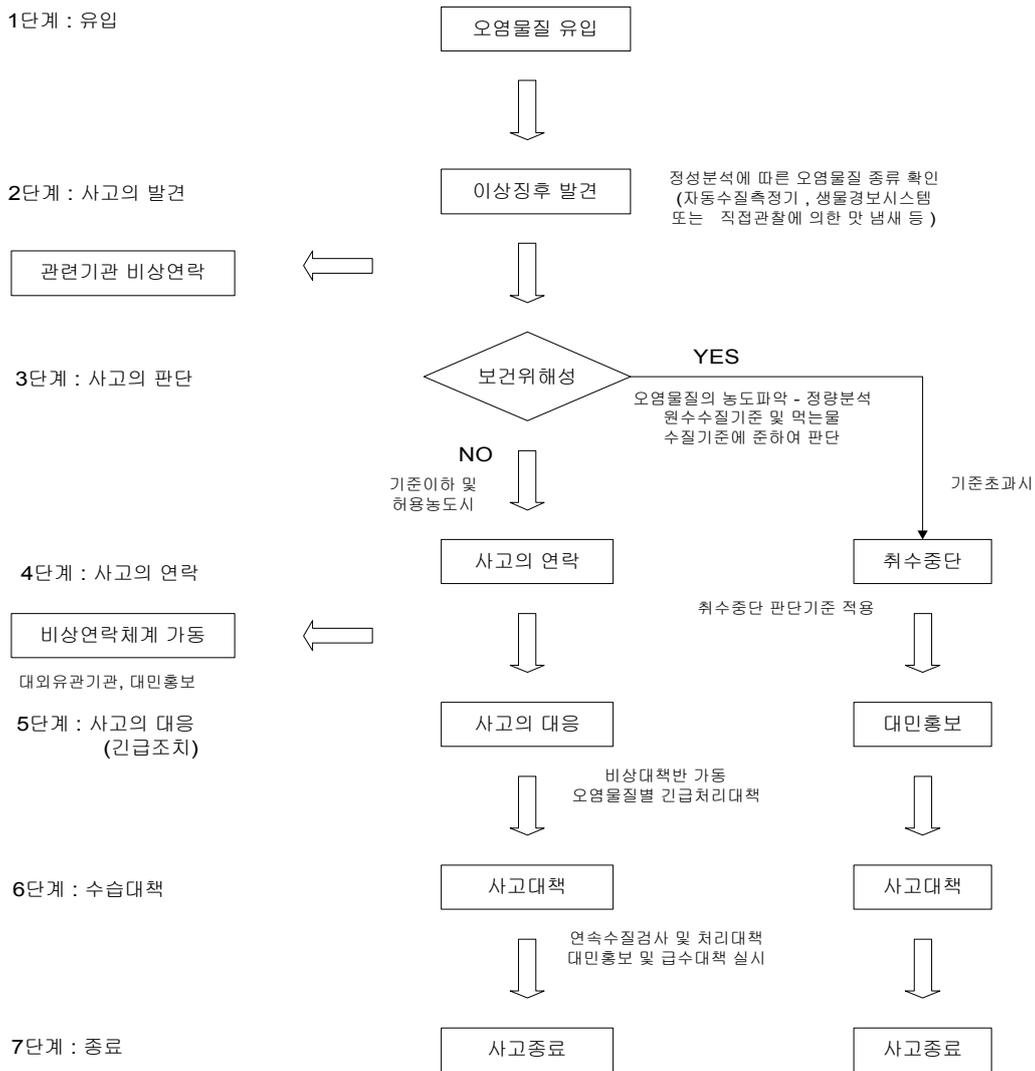
● 1단계 : 오염물질 유입 ●

- ⓐ 상수원에서의 수질오염사고를 모를 경우
  - (1) 돌발적인 수질오염사고로 인하여 오염물질의 종류 및 형태, 농도 등의 확인이 전혀 없이 정수장으로 유입된 경우로 정수장에서 징후를 발견하여 사고대응을 하게 되므로 매우 긴

급한 경우가 대부분이다.

(ㄴ) 주요 발생원은 야간에 공장에서 무단 방류되는 오염물질의 투기 및 계절변화에 따른 수질이상 현상이 있다.

<표 10.38> 단계별 조치사항 흐름도



㉞ 상수원에서의 수질오염사고를 알 경우

(ㄱ) 상수원 특히 취수장 상류에서 발생한 수질오염사고로서 오염물질의 종류와 발생농도를 어느 정도 알고 있는 경우로 비상연락체계에 의하여 정수장으로 오염물질의 유하시간이나 농도 등이 보고된다.

- (ㄴ) 주요 발생원은 탱크로리 전복 등의 차량사고, 공장의 기계고장에 의한 오염물질 배출 등이 있다.

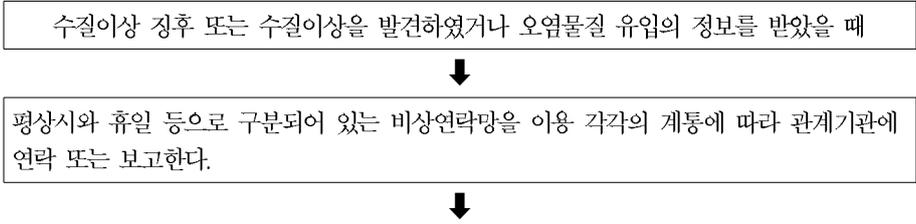
**● 2단계 : 이상 징후발견, 사고내용 수집 및 사전조사 ●**

- ㉠ 상수원에서 수질오염사고를 모를 경우
  - (ㄱ) 유입된 오염물질의 조기발견이 가장 중요
  - (ㄴ) 오염물질의 종류 및 성상의 발견(정성분석: 간이수질측정법)
  - (ㄷ) 이상 징후 발견
    - ㉡ 수질자동측정기에 의한 이상 징후 발견  
시안, 카드뮴 등 측정항목의 이상농도 및 전기전도도의 이상농도 측정시
    - ㉢ 어류관찰수조에 의한 이상 징후 발견  
어류의 이상행동에 따른 관찰요령에 의한 이상 발견시
    - ㉣ 직접관찰에 의한 이상 징후 발견  
착색, 맛·냄새의 이상 발견시
- ㉡ 상수원에서 수질오염사고를 알 경우
  - (ㄱ) 사고내용 수집
    - ㉡ 비상연락에 의한 사고내용(오염물질의 종류 및 발생량 파악)
    - ㉢ 수량의 변화추이 및 유하시간 등의 사고내용 수집
  - (ㄴ) 정수장에서의 사전조사
    - ㉡ 오염물질 유입에 대비한 수시 간이수질측정
    - ㉢ 정량파악을 위한 정밀 수질분석 준비 및 실시

**● 3단계 : 사고의 판단 ●**

- ㉠ 오염물질별 판단기준
  - (ㄱ) 원수 수질기준 초과시: 취수중단
  - (ㄴ) 원수 수질기준 이하, 먹는물 수질기준 이상인 경우: 취수량 감량 및 처리
  - (ㄷ) 원수 수질기준에 정해지지 않은 기준은 먹는물 수질기준에 준해서 실시

**● 4단계 : 사고의 연락 ●**



정수장과 관계기관에서는 특별한 조치를 위한 준비를 한다.  
 연락을 받은 관계기관에서도 각 기관의 내부연락망과 외부연락망을 동원하여 연락을 취하고 각 기관의 역할을 수행할 준비를 한다.

- ㉠ 비상연락을 위한 수질이상 판단기준
  - (ㄱ) 수질경보시스템에 의한 이상 징후 발견
  - (ㄴ) 어류관찰 수조 내 어류의 이상 발견
  - (ㄷ) 오감에 의한 착색, 맛·냄새 징후 발견

<표 103.9> 오염물질별 판단기준

(단위: mg/L)

| 항 목                     | 원수수질기준           | 먹는물 수질기준       | 비 고 |
|-------------------------|------------------|----------------|-----|
| 6가크롬(Cr <sup>6+</sup> ) | 0.05 이하          | 0.05 이하        |     |
| 카드뮴(Cd)                 | 0.005 이하         | 0.005 이하       |     |
| 시안(CN)                  | 불검출(검출한계 0.01)   | 불검출            |     |
| 비소(As)                  | 0.05 이하          | 0.05 이하        |     |
| 수은(Hg)                  | 불검출(검출한계 0.001)  | 불검출            |     |
| 안티몬(Sb)                 | 0.02 이하          | —              |     |
| 사염화탄소                   | 0.004 이하         | 0.002 이하       |     |
| 1,2-디클로로에탄              | 0.03 이하          | —              |     |
| PCE                     | 0.04 이하          | 0.01 이하        |     |
| 디클로로메탄                  | 0.02 이하          | 0.02 이하        |     |
| 벤젠                      | 0.01 이하          | 0.01 이하        |     |
| 유기인(mg/L)               | 불검출(검출한계 0.0005) | 다이아지논 0.02 이하  |     |
|                         |                  | 파라치온 0.06 이하   |     |
|                         |                  | 페니트로치온 0.04 이하 |     |
| 납(Pb)                   | 0.05mg/L 이하      | 0.05mg/L 이하    |     |
| PCB                     | 불검출(검출한계 0.0005) | —              |     |
| ABS                     | 0.5mg/L 이하       | 0.5mg/L 이하     |     |
| 클로로포름                   | 0.08 이하          | 0.08 이하        |     |
| 디에틸헥실프탈레이트              | 0.008 이하         | —              |     |

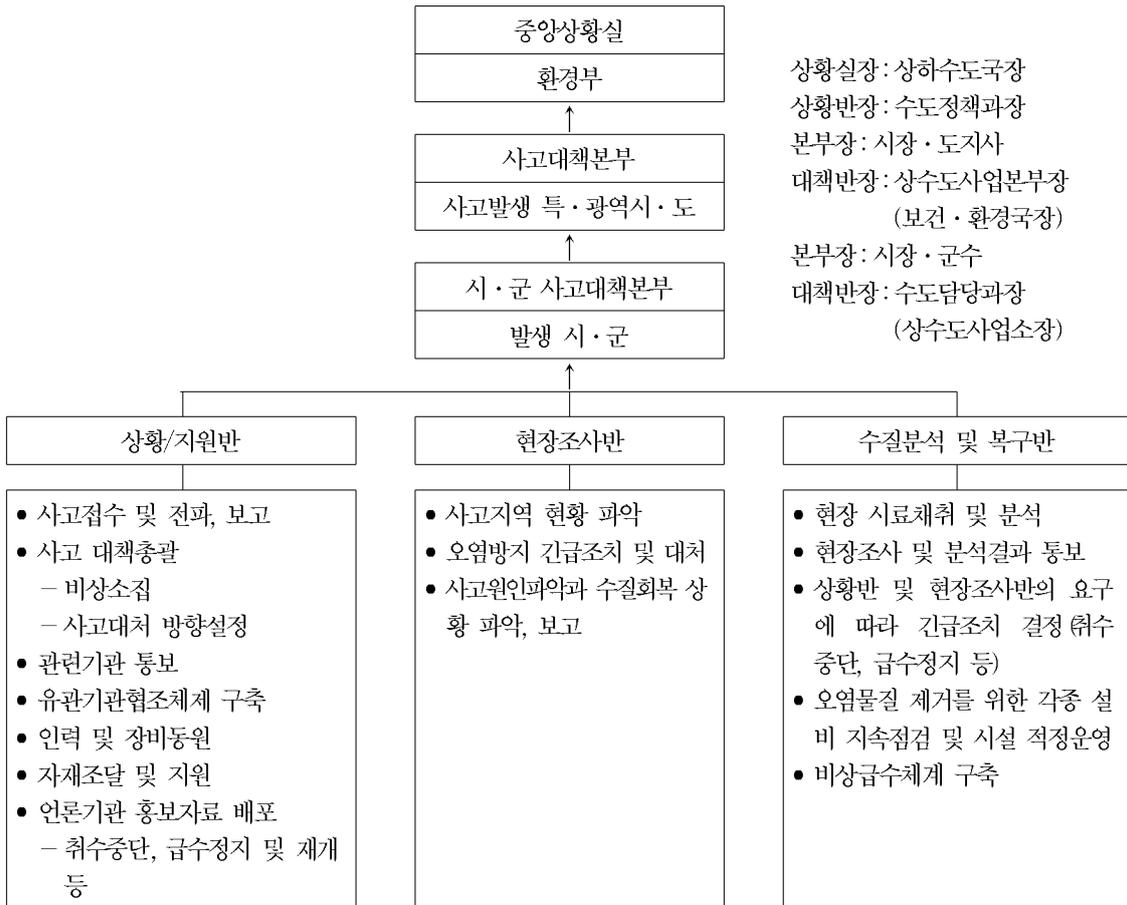
※ 근거: 원수(하천수) 수질기준: 환경정책기본법 제10조 및 동시행령 제2조 관련  
 먹는물 수질기준: 먹는물 수질기준 검사등에 관한 규칙 제2조 제1항

● 5단계 : 사고의 대응 ●

㉠ 사고대책본부 설치 및 사고상황 보고

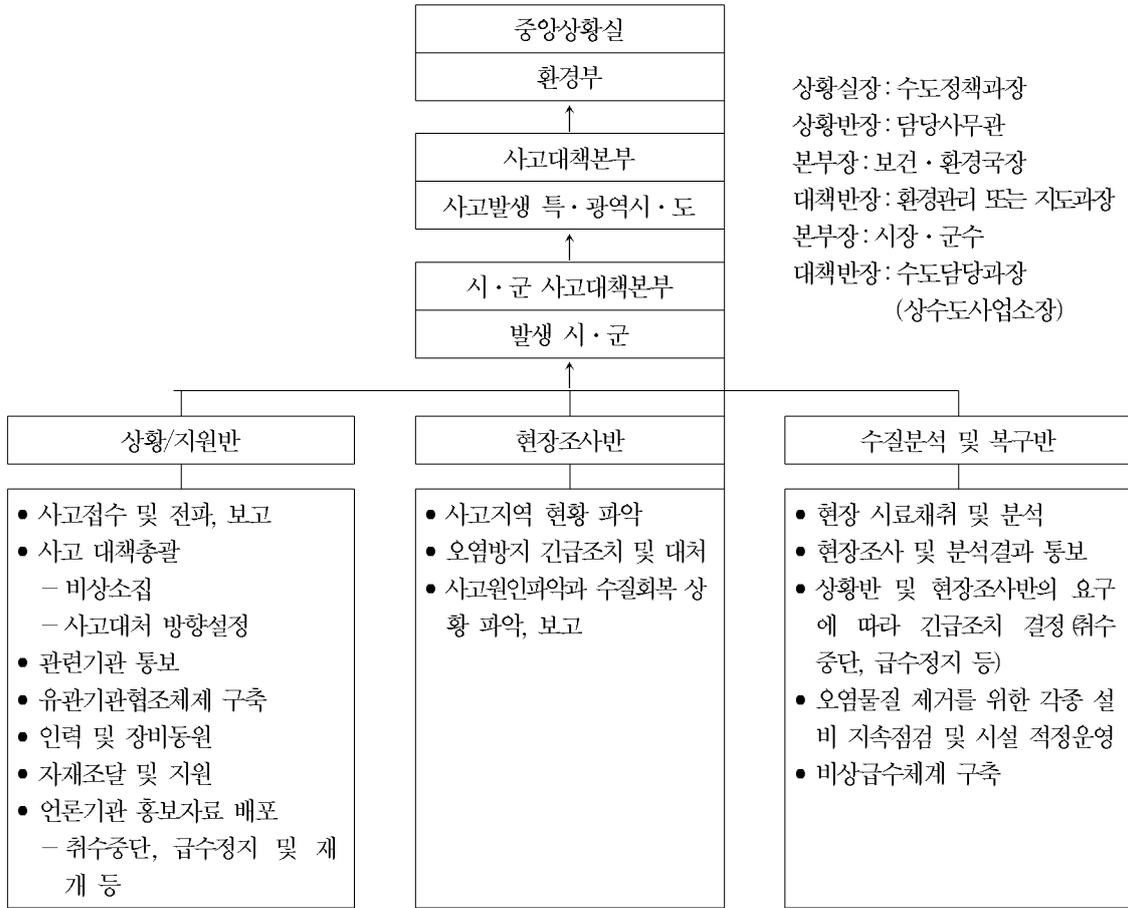
(ㄱ) 중·대형 정수장사고

시설용량 1일 10,000m<sup>3</sup> 이상 정수장의 수돗물 오염 또는 급수정지등으로 주민일상생활에 막대한 영향을 줄 우려가 있어 시·도지사의 대처가 필요한 사고



(ㄴ) 소형 정수장 사고

시설용량 1일 10,000m<sup>3</sup> 미만 정수장의 수돗물 오염 또는 급수정지 등으로 시장·군수의 대처가 필요한 사고



(2) 원수 수질변화에 대한 정수처리의 안정성

안심하고 마실 수 있는 물은 환경오염으로부터 자연 상태의 원수가 질적으로 저하되지 않도록 보전하는 것과 원수의 수질특성과 목표수질을 동시에 고려한 안정된 정수처리를 함으로써 확보될 수 있다.

정수처리의 안정성은 상수원수의 수질변화에 따라 크게 달라진다.

유해오염물질의 유입이 없다는 전제하에서 정수처리의 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 수질인자는 pH의 변화이다.

상수원수의 pH는 강우시 낮게 나타나는 반면 갈수기 및 조류번식이 활발한 계절에는 매우 높게 나타남으로써 정수처리효율을 저하시킨다.

원수의 pH가 낮은 경우에는 원수의 알칼리도를 소모함으로써 응집을 방해하여 효율을 저하시키며, pH가 높은 경우에는 응집제의 적정 응집범위를 넘어섬으로써 응집효율을 저하시킨다.

기존의 정수처리공정은 대부분 물리·화학적 처리 공정으로 이루어져 있기 때문에 정수처리의 안정성은 응집효율에 달려 있다고 해도 과언이 아닐 것이다.

따라서 상수원수의 pH 조정은 정수장의 운영상 매우 중요한 요건이 된다.

정수장에서의 pH 조정은 원수에 산과 알칼리를 투여함으로써 이루어 질 수 있다.

pH 조정제로는 원수의 pH를 높이기 위하여 소석회, 소오다회 및 액체가성소다 등을 쓸 수 있으며 부영양화 등의 이유로 높아진 원수의 pH를 낮추기 위하여 황산, 이산화탄소 등의 약품을 쓸 수도 있다.

다만 정수를 목적으로 사용되는 약품은 환경부가 고시하는 제품 또는 국립환경과학원의 자가기준을 승인받은 것으로 시·도지사에게 등록된 제품으로 규격기준에 적합하여야 한다.

산 또는 알칼리제는 상수원수가 정수장으로 유입되는 착수정에 주입된다.

그러나 pH를 조정하기 위해 사용되는 황산은 과도하게 알칼리도를 소모하는 단점이 있다.

pH를 강하시키는 다른 한 방법으로는 이산화탄소 가스를 정수장으로 유입하는 도수관로상에 주입하는 것이다.

이산화탄소의 주입은 pH의 조정뿐만 아니라 중탄산 또는 탄산을 형성함으로써 알칼리도를 보충하여 pH의 강하를 방지할 수 있다.

#### 1) 일반사항

정수처리에 있어서 수질관리는 수질기준에 적합하고, 안전하고 보다 질 높은 수돗물의 급수를 위해서 매우 중요하다.

정수처리는 원수의 수질에 따라 크게 좌우되므로 그 수질의 특성을 고려하여 감시해야 할 수질항목을 정하고 관리 목표값을 설정하여 처리수질을 충분히 감시하는 것이 필요하다.

처리가 적정하지 않으면 수질기준에 적합한 수돗물의 급수도 곤란해질 우려가 있으므로 정수처리의 여러 가지의 상황에 맞는 대응책을 작성하여 신속하고 적절한 조치가 가능하도록 평상시에 항상 준비하여 두어야 한다.

#### 2) 염소 소독만의 수처리에서 수질관리

##### ① 정수처리공정의 수질관리 항목

##### ①a 탁도, 색도, pH, 철, 망간, 암모니아성질소, 트리클로로에틸렌, 생물 등

원수수질이 양호하여 소독만에 의해서 항상 수질기준에 적합한 정수를 얻을 수 있는 경우에 이용하는 처리방법이다.

수원이 되는 복류수의 취수시설 근방 상류유역 또는 얕은 우물의 주변에 사람 또는 포유동물의 분변을 처리하는 시설 등의 배출원이 있는 경우에는 상수원이 *크립토포리디움*에 오염될 우려가 있다.

*크립토포리디움*에 의해 상수원수가 오염될 우려가 있는 경우에는 *크립토포리디움*을 제거할 수 있는 정수처리를 하지 않으면 안 된다.

염소소독 이외의 처리를 할 수 없는 정수장에서는 갈수 등에 의해 원수 탁도가 통상보다 높게 된 경우에는 원칙적으로 원수의 탁도가 저하할 때까지 취수를 정지한다.

당초에는 수질이 양호하더라도 일정시간 후 철, 망간 등이 점차로 증가하여 장애가 발생할 수도 있다.

- ② 철, 망간에 의한 장애  
 환원형의 철, 망간 등의 금속이 많이 포함되는 경우에는 후단의 염소소독에 의해 산화되어 적수나 흑수의 원인이 된다.  
 ① 철의 제거  
 ② 망간의 제거
- ③ 철박테리아, 황박테리아에 의한 장애  
 염소처리가 불충분한 경우에 번식한 철박테리아는 수중에 용해하고 있는 철, 망간을 산화하여 균체 내 또는 표면에 흡착되어 관의 폐색이나 부식에 관여한다.  
 또한, 때에 따라 집적한 세균은 유속 등의 변화에 의해 수중으로 유출하여 불쾌한 냄새나 적수 등의 장애를 발생시킨다.  
 황화수소를 포함하는 지하수는 황박테리아는 번식하여 황화합물을 산화하여 철세균과 같이 불쾌한 냄새나 관의 부식, 폐색에 관여한다.  
 철박테리아, 황박테리아가 다량으로 번식한 경우에는 염소에 의한 처리가 효과적이고, 유리잔류 염소로서 0.5mg/L 이상을 유지하면 사멸시킬 수 있지만, 덩어리의 상태가 되면 10mg/L 이상의 다량의 염소가 필요하여 진다.
- ④ 질산성질소에 의한 장애  
 질산성질소는 지질적인 자연 유래나 오염수의 지하침투에 의해 지하수에 포함된다.  
 질산성질소의 제거는 10.7.6 (10) 질산성질소의 제거를 참조할 수 있다.
- ⑤ 트리클로로에틸렌 등에 의한 장애  
 트리클로로에틸렌 등은 dry cleaning이나 금속의 탈지용제로서 사용되어 지하수의 오염문제를 발생시킨다.  
 트리클로로에틸렌 등의 제거는 10.7.6 (6) 트리클로로에틸렌 등의 제거를 참조할 수 있다.
- ⑥ 지하수성 소동물에 의한 장애  
 지하수에는 옆새우, 물벌레, 털물벼룩 등의 지하수성 소동물이 존재할 수도 있어 염소소독만으로는 소동물의 제거가 곤란하여 처리수 중에 누출할 수도 있다.  
 작은 동물은 510mesh(30 $\mu$ m) 정도의 미세망을 사용한 마이크로스트레이너 및 염소처리 후에 모래여과를 함으로써 제거할 수 있다.
- 3) 완속여과방식에 있어서의 수질관리
- ① 정수처리공정의 수질관리 항목
- ① 원수: 탁도, 색도, pH, 용존산소  
 ② 보통 침전수: 탁도, pH  
 ③ 여과수: 탁도, 색도, pH, 용존산소, 누출생물
- 각각 완속여과의 특징을 생기기 하기 위해 필요한 관리항목이지만, *크립토포리디움*에 의한 오염의 우려가 있는 경우에는 여과수의 탁도를 상시 감시할 수 있는 기기를 설치하고, 여과수의 탁도는 0.1NTU 이하를 목표로 관리한다.

② 탁도가 30NTU 이상으로 된 경우의 현탁물질의 제거

완속여과방식은 보통 침전지에서 8~10시간의 체류시간으로 침강시킨 후에 여과한다.

탁도가 30NTU를 넘은 경우에는 현탁물질분이 생물여과막 위에 퇴적하여 여과폐색을 일으킨다.

㉑ 일시적으로 고탁도가 된 경우의 현탁물질 제거

일시적으로 고탁도가 된 경우는 보통 침전지에서의 침강효과는 충분히 발휘할 수 없기 때문에 보통 침전지의 전단에 응집제를 가하여 플록을 형성시켜 침강시킬 필요가 있다.

㉒ 고탁도가 장기간 계속하는 경우의 현탁물질 제거

고탁도가 장기간 계속하는 경우 통상의 완속여과방식으로는 처리가 곤란하기 때문에 보통 침전지의 전단에 약품혼화지, 플록형성지 등 응집을 위한 항구적 시설을 설치하여 응집효과를 높인다.

㉓ 조류의 증식이나 소동물의 번식에 의한 장애

완속여과지에서 조류의 크라미드모나스, 시누라 등이나 소동물의 지렁이, 모기붙이 유충 등이 여과수 중에 누출될 수도 있다.

또한, 미세한 현탁물질이나 멜로시라, 시네드라 등의 대형 규조류, 녹조류의 스페로키스치스 같은 한천질(寒天質)에 둘러싸인 조류의 이상증식에 의해 여과지 폐색을 일으킬 수 있다.

조류 및 소동물의 제거에 관해서는 미세한 현탁물질이나 생물에 의한 여과지 폐색 등이 발생한 경우 모래층 상부 약 1~3cm 정도의 두께로 모래층 표면을 제거하는 것이 필요하다.

조류는 염소에 의한 제거방법이 있지만 유리잔류염소가 존재하면 여과막을 손상할 우려가 있으므로 결합잔류염소(0.3mg/L 정도)로 처리가 바람직하다.

그러나 결합잔류염소라도 모래층 내에서 활성화하고 있는 생물까지 사멸시켜서 여과기능을 손상시킬 수 있기 때문에 염소에 의한 처리는 피하여야 하며, 부득이 한 경우에도 단기간에 한해야 되는 것이다.

작은 동물을 제거하는 경우는 통상의 모래제거보다 약간 깊게 하고, 표층까지 잔류염소가 약 30mg/L를 포함한 물로 역류시켜 하루정도 방치해 둔다.

㉔ 모래층 내부의 산소부족에 의한 장애

생물여과막은 호기성세균을 주체로 하고 있기 때문에 수중에 용존산소가 부족하면 기능을 충분히 발휘할 수가 없다.

모래층 내부의 용존산소가 부족하면, 모래층 내부가 혐기성 상태로 되고, 불용성의 철, 망간이 환원되어 용출하여 착색되는 경우도 있다.

생물여과막을 구성하는 조류의 증식은 광합성에 의해 산소를 발생하는데 여과지의 기능을 정상으로 유지하도록 적절하게 관리함으로써 대응이 가능하다.

4) 급속여과방식에서 수질관리

급속여과방식에서는 응집·침전 처리가 적정한 정수처리를 하는 데에 있어서 가장 중요한 요건이 된다.

① 정수처리공정의 수질관리 항목

㉑ 원수: 탁도, pH, 냄새물질, 암모니아성질소, 알칼리도, THM생성능, 유기물 등

㉒ 침전지·여과수·정수의 수질관리 목표값의 한 예를 표에 나타내었다.

그밖에 냄새물질, 잔류염소 등에 관해서는 필요에 따라 관리목표값을 설정한다.

급속여과방식에서는 원수가 저탁도일지라도 응집제의 사용은 불가결하다.

원수가 크립토스포리디움에 의한 오염의 우려가 있는 경우에는 여과수 탁도를 상시 감시할 수 있는 기기를 설치하여, 여과수의 탁도를 0.1NTU 이하를 목표로 관리한다.

여과지의 세척 직후의 여과수 탁도는 0.3NTU 이하가 되도록 여과수를 폐기하는 filter-to-waste와 평상시 여과지 유출수의 탁도는 0.1NTU 이하를 유지할 수 있도록 한다.

침전지·여과수·정수의 수질관리목표값

| 감시장소 \ 항목 | 탁도 (NTU) | 색도 (도) | pH값     | 알칼리도 (mg/L) |
|-----------|----------|--------|---------|-------------|
| 침전 전      |          |        | 6.0~6.8 | 20 정도       |
| 침전 후      | 2.0 이하   | 5.0 이하 |         |             |
| 여과수       | 0.3 이하   | 1.0 이하 |         |             |
| 정수        | 0.3 이하   | 1.0 이하 | 7.5     |             |

\* 특광역시와 수공의 광역상수도 정수장은 여과수 탁도 0.1NTU 이하를 유지하고 있음.

② 응집과 플록형성에 영향을 주는 요인

응집에 영향을 주는 요인으로서 교반조건, pH, 알칼리도, 수온, 탁질 입자의 크기 분포, 이온의 전하편차 등이 있으며 플록형성에 영향을 주는 요인으로는 교반조건이나 응집제 등의 약품 투입량의 과부족이 있다.

㉑ 응집에 영향을 주는 요인

(㉑) 교반조건

응집제를 원수에 첨가하면 지극히 단시간에서 금속수산화물이 응집핵이 되어 2차적으로 결합하여 플록을 형성하기 때문에 응집작용을 효과적으로 하기 위해서는 첨가 후 다음 조건을 고려하여 빠르게 혼합 확산시킨다.

㉑ 응집제 투입 직후의 교반이 필요하다.

㉒ 교반속도는 클수록 효과가 크다.

㉓ 교반시간은 교반속도에 의해 다르지만 급속교반의 경우 5분 정도가 필요하다.

㉔ 공기, 기포에 의한 난류효과의 병용으로 교반효과를 높일 수 있다.

㉕ pH값·알칼리제의 영향

황산알루미늄이나 폴리염화알루미늄이라고 하는 응집제의 알루미늄염은 수산이온(OH<sup>-</sup>)을 소비하기 때문에 물의 알칼리도가 낮으면 pH값이 저하하여 응집효과가 저하한다.

따라서 pH값이 응집에 알맞은 범위가 되도록 NaOH, 소석회 등의 알칼리제를 주입하여 pH를 조정함과 동시에 알칼리도를 높이는 것이 필요하다.

최적 응집 pH 범위

| 응집제      | 최적 응집 pH 범위 |
|----------|-------------|
| 황산알루미늄   | pH 6~7      |
| 폴리염화알루미늄 | pH 6~9      |

주) 폴리염화알루미늄의 경우 pH 7 이상이 되면 처리수 중의 알루미늄이 증가하게 된다.

알칼리도 1mg/L 높이기 위한 알칼리제 필요량

| 알칼리제 |         | 필요량(mg/L) |      |
|------|---------|-----------|------|
| 가성소다 | 액체      | 20%       | 4.0  |
|      |         | 45%       | 1.78 |
|      | 고형 100% | 0.80      |      |
| 소석회  | 고형 72%  | 0.77      |      |
| 소다회  | 고형 99%  | 1.06      |      |

주) 액화염소 1.0mg/L당의 알칼리분의 소비량은 1.41mg/L

일반적으로 원수 중의 알칼리도가 낮은 경우나 고탁도시의 처리로 응집제를 다량으로 사용하는 경우는 알칼리분을 추가 주입한다.

응집제 1mg/L당의 알칼리도 소비량

| 응집제      | 소비량(mg/L) |
|----------|-----------|
| 황산알루미늄   | 0.24      |
| 폴리염화알루미늄 | 0.15      |

주: 1) 산화알루미늄( $Al_2O_3$ ) 농도로 8%

2) 산화알루미늄( $Al_2O_3$ ) 농도로 10%, 염기도 50%

㉔ 수온에 의한 영향

원수 탁도가 낮고 교반시간(T값)이 일정하며, 수온이 10℃ 이하인 경우 물의 점성은 크게 되어 교반강도(G값: 속도기울기값)가 저하하여 GT값이 작게 된다.

따라서 플록의 밀도도 작고 플록의 형성상태도 악화되어 침강속도가 저하하므로 탁도의 제거율이 저하한다.

그 대응책으로는 겨울철의 점성이 높은 물에 대하여는 혼화가 충분히 일어나도록 펌프확산

방식으로는 급속교반용의 분사압력을 증가시키거나 완속교반의 속도를 적절히 조정한다.

② 플록형성에 영향을 주는 요인

플록은 플록형성지 내에서의 응집결합이 되어 성장함으로써 침강하기 쉬운 크기가 된다. 플록형성상태가 악화되는 경우의 요인으로서 지 내로의 교반혼합조건이나 응집제 등의 투입률이 부적당한 경우이다.

① 교반혼합조건이 부적당한 경우

상하 우류식으로는 플록형성지의 상하의 저류관을 통과할 때에 낙차에 의해 성장한 플록이 파괴되는 경우와 저류관의 간격이 부적당하고 충분한 교반강도(G값)가 얻어지지 않고, 형성지의 체류시간 내에서의 응집결합이 충분히 진행하지 않아 플록이 성장할 수 없는 경우가 있다.

저류관의 낙차에 관해서는 구조상의 결함이기 때문에 개선이 필요하다.

플록형성지 내에서의 응집결합이 불충분한 경우에는 조류관의 수를 늘려서 유속(G값)을 높여 플록의 형성을 촉진시키는 것이 필요하다.

② 응집제 등의 투입률이 부적당한 경우

응집제 등의 투입량이 과잉 또는 부족한 경우에는 극히 미세한 플록이 부유하여 전체가 원수와 같이 흐려 보인다.

특히 지나친 경우에는 침강성이 나쁜 플록이 부유하여 물이 유백색이 된다.

하천유량이 강우에 의해 일시적으로 불어난 경우 처음에는 탁도 성분의 입경이 굵고 비표면적이 작기 때문에 비교적 소량의 응집제 투입량으로 침강성이 좋은 플록이 형성되지만 시간의 경과와 동시에 미세입자가 분포하여 응집제를 다량으로 투입하더라도 응집침전처리에 어려움이 생긴다.

유량이 적은 겨울철의 경우는 탁도 성분이 미세한 입자이고 물의 점성이 높아 응집제를 다량으로 투입하더라도 침강성이 나쁜 가벼운 플록밖에 형성되지 않고 응집·침전처리가 악화한다.

이와 같이 응집이 악화된 경우는 응집성실험을 적절히 실시하여 응집제의 적정투입률을 파악하여 플록의 형성을 정확히 할 필요가 있다.

③ 침전에 영향을 주는 요인

침전은 응집, 플록형성의 단계를 지나서 크고 무겁게 성장한 플록의 대부분을 침전분리작용으로 제거하는 공정이다.

통상은 침강속도가 1cm/분 이상의 플록을 형성시키면 분리성이 좋다고 한다.

침전지에는 횡류식 침전지와 고속응집침전지가 있고, 횡류식 침전지의 체류시간은 3~5시간, 고속응집침전지의 체류시간은 1.5시간 정도이다.

통상, 침전지의 말단에서의 처리수 탁도는 2.0NTU까지 처리하지 않으면, 여과수의 탁도 0.1 NTU 이하를 확보하는 것이 어렵다.

① 물리적 요인

침전지 내의 수온과 유입하는 원수의 수온의 차로부터 생기는 밀도류에 의해 난류를 형성하여 침전지 내의 플록의 재부상을 일으키거나 바람으로 침전지 전체에 순환류가 생긴 경우에는 플록이 침강하지 않고 여과장해를 일으킨다.

이들 물리적 장애요인에 대한 처치로서 침전지 유입수에 관해서는 유입구의 수를 많게 하거나 유입수에 대하여 저항이 큰 정류벽을 설치하는 것이 필요하다.

유출수에 대하여는 균등에 유출하도록 위어를 설치하는 것도 하나의 방법이다.

물의 흐름 방향으로 균등하게 경사판이나 경사관 또는 저류벽을 침전지 내에 마련하면 난류의 감소에 유효하다.

② 응집제 주입의 부적정 요인

원수탁도 등이 급격하게 변동하여 응집제의 주입이 어려운 경우 응집 및 플록형성의 악화에 의해 침전 장애가 발생한다.

응집제의 주입불량에 의한 장애에 대하여는 원수 및 침전수의 알칼리도 또는 pH를 측정하여 응집제가 적정히 주입되는지 어떤지를 확인하는 것이 중요하며, 이러한 경우에는 대부분 장마철에 알칼리도의 부족으로 알칼리제의 투입 불량으로 발생되기 때문에 사용하는 응집제의 염기도가 큰 응집제를 사용하는 것이 유리하다.

또한 항상 플록의 형성상태를 관찰함으로써 적정응집이 되어 있는지 어떤지를 확인할 수 있다.

③ 플랑크톤에 의한 요인

통상 호소수의 탁도성분은 무기질이 적은 반면 플랑크톤이나 유기물을 많이 포함하기 때문에 응집·침전처리가 어렵고 특히 조류가 대량으로 증식한 시기는 pH의 상승으로 사용하는 응집제의 최적 응집범위를 벗어나 응집 장애가 발생한다.

조류를 많이 포함하는 플록은 조류의 광합성으로 발생한 가스에 의해 침강한 플록이 재부상하는 경우도 있다.

플랑크톤이나 유기물을 많이 포함하는 물에는 응집제(황산알루미늄)의 다량주입(과응집), 응집제의 변경, 응집보조제(유기고분자응집제 1~3mg/L 정도)사용 pH 조절 및 다층여재여과 등의 처리가 필요하다.

단, 응집제의 다량주입의 경우는 처리수의 플록이 carry over하는 데에 주의한다.

④ 급속여과공정에서 생기는 장애

급속여과는 모래층에 침전수를 여과속도 120~150m/일로 통과시켜 여재에 부착시키거나 여재층으로 걸러냄으로 탁질분의 제거효과를 기대하는 것으로 미리 응집처리에 의해 여재에 부착시키거나 걸러내기 쉬운 상태의 플록을 만드는 것이 중요하다.

급속여과에서는 점토계의 현탁물질 이외에 세균, 플랑크톤, 금속산화물 등의 현탁물질도 적절히 플록을 형성시키면 대체적으로 제거할 수 있지만, 일부의 플랑크톤 등의 현탁물질은 용해성 물질과 같이 여과층을 통과한다.

① 침전처리수의 탁도가 높으면 여과층에 부착한 플록이 여과층 하부로 이동하여 누출함으로써

여과수 중의 탁도가 상승하기 쉽다.

이런 경우에는 응집·침전처리를 적정히 하여 여과지의 부하를 될 수 있는 한 적게 해야 한다.

- ⑥ 망간 이온은 여과지를 통과하고 염소에 의한 산화반응에는 수 시간~수십 시간이 걸리기 때문에 배수관에서 서서히 반응이 진행하여 산화망간이 되어 축적하여 급수전수에 흑수 등의 장애가 생긴다.

이 경우는 염소의 산화반응을 촉진시키기 위해서 여과지 전 공정에서 염소를 주입(여과수 유리잔류염소농도 0.5mg/L 이상 유지)하여 여과사를 망간모래(이산화망간)로 형성시키면 망간사의 촉매작용을 이용함으로써 빠르게 제거를 할 수 있다.

- ⑦ 여과수에 누출하기 쉬운 조류에는 규조류, 남조류, 녹조류 등이 있다.

특히, 응집·침전처리로 제거되기 어려운 규조류의 *시네텡라*, *멜로시라*가 원수 중에 다량 존재하면 여과폐색을 일으키기 때문에 응집제의 증량 및 전염소처리를 병용하고 다층여재여과처리를 하면 효과적이며, 여재의 유효경과 균등계수는 가급적 설계조건을 충족시키며 유효경의 80% 이하 표층은 제거 한다.

또한, 남조류의 *마이크로시스티스*는 응집 장애를 일으키고 여과지를 통과하여 여과수탁도를 상승시키기 때문에 응집량의 증량이나 2단응집(응집보조제 투입)처리를 하면 효과적이다.

이 경우 전염소처리를 하면 마이크로시스티스의 군체가 파괴되어 여과수 중으로 마이크로시스틴의 농도가 증가하는 경향이 강하게 되는 데에 주의하며 이러한 경우는 총 염소주입량의 2/3 이상을 전염소로 투입하여야 마이크로시스틴의 농도 증가를 방지할 수 있다.

- ⑧ 깔다구 유충이나 물벼룩 등의 소동물이 여과지를 통과하는 경우도 있다.

깔다구 유충, 물벼룩은 일반적으로 염소에 강하여 일단 발생하면 염소에 의한 살충효과는 거의 기대할 수가 없다.

이러한 경우는 침전지 내의 청소나 여과지 내벽의 세척 등을 정기적으로 하여 발생방지에 노력한다.

여과지 내에서 발생한 경우에는 여과지의 세척횟수를 많이 하여 세척 후에 여과모래를 안정시킨 후에 여과를 실시하여 누출을 방지할 필요가 있다.

## 5) 고도정수처리

고도정수처리란 과거에 통상의 정수방법으로는 충분히 제거할 수 없는 냄새물질(2-MIB, geosmin), THM전구물질, 색도, 암모니아성질소, 음이온계면활성제, 트리클로로에틸렌 등의 처리를 목적으로 하는 활성탄처리, 오존처리, 생물처리 및 탈기처리로 정의되었으며, 최근에는 내분비계 장애물질, 제약폐수(수중에서 검출되는 의약품) 등을 제거하기 위한 새로운 조사와 수처리공정에 대해서도 연구되고 있다.

### ① 활성탄처리

활성탄처리는 종래의 응집·침전, 여과처리로 제거할 수 없는 주로 용해성 물질(맛과 냄새, 색도, 음이온계면활성제, 페놀류, 농약류, 기타 유기물)을 특유의 흡착기능으로 보다 폭넓게 제거

할 수가 있다.

또한 처리수 중에 염소가 포함되지 않은 경우는 활성탄을 담체로 하는 생물막여과처리의 기능을 가진다.

㉠ 분말활성탄처리

분말활성탄의 흡착효과를 올리기 위해서는 적절한 주입물로 접촉시간을 충분히(1시간 정도) 유지하는 것이 바람직하다.

통상 맛과 냄새, 페놀류, 음이온계면활성제의 제거에 필요한 분말활성탄 주입률 범위는 다음 표와 같다.

대상물별 분말활성탄 주입률

| 항목       | 분말활성탄 주입률 범위(dry mg/L) |
|----------|------------------------|
| 맛과 냄새    | 5~25                   |
| 페놀류      | 10~100                 |
| 음이온계면활성제 | 농도의 10~20배             |

(㉠) 분말활성탄에 의한 제거효과

㉠ THMs의 저감화

THM생성능 200 µg/L의 원수에 활성탄 50mg/L 주입으로 40~60%, 100mg/L 주입으로 50~80%의 억제 효과가 있다는 보고 예가 있다.

㉡ 냄새물질

분말활성탄 5~10mg/L 주입으로 2-MIB를 36%, geosmin을 16% 제거한 예가 있으며, 2-MIB 농도가 200ng/L로 고농도가 되었을 때 분말활성탄 100mg/L를 주입하지 않으면, 처리수 중의 2-MIB 농도를 25ng/L 이하로 할 수 없었던 예도 있다. 따라서 냄새물질의 농도가 높게 되면 분말활성탄만 사용해서는 제거가 곤란하다.

㉢ 음이온계면활성제

음이온계면활성제 농도의 10~20배의 분말활성탄에 의해 약 95% 이상의 음이온계면활성제 제거효과를 기대할 수 있다.

(㉡) 분말활성탄처리에서의 장애

㉠ 활성탄의 누출

미분탄의 누출의 감시는 여과수를 0.45 µm 멤브레인 필터로 흡인 여과하여 실체 현미경으로 검경한다. 누출을 방지하기 위해서는 여과지의 세척횟수를 늘릴 필요가 있다(5.13.2 분말활성탄흡착설비 참조).

㉡ 염소의 소비

<5.13.2 (4) 수처리> 상의 유의사항을 참고한다.

㉔ 색도제거

색도 성분은 활성탄에의 흡착속도가 비교적 느리고 완전히 제거하는 것이 어렵다.

특히, 색도 성분 중 분자량이 큰 휴민산류는 활성탄 내부의 세공 내에 들어가기 어렵고, 거의 흡착되지 않고 통과하고 만다.

이러한 경우에는 미리 응집·침전처리로 분자량이 큰 색도 성분을 제거할 필요가 있다.

㉕ 입상활성탄처리

입상활성탄의 흡착방식에는 고정층식과 유동층식이 있다. 처리대상물질은 냄새, THM전구물질, 물질, 색도, 음이온계면활성제, 트리클로로에틸렌 등이 있다.

(ㄱ) 입상활성탄에 의한 제거효과

㉑ THM전구물질

SV(공간속도) 5~6 정도로 THM전구물질을 100~160일간 50% 이상 제거할 수 있다.

㉒ 냄새물질

활성탄층 두께 1.4m에 SV7로 통수하였을 때 2-MIB는 2년경과 후에도 90% 정도의 제거율을 유지하고 최저라도 50%의 제거율이 얻어진 예가 있다.

㉓ 음이온계면활성제

SV 약 3.4로 40cm의 활성탄층을 통과시키는 경우 98%를 제거한 예가 있다.

(ㄴ) 입상활성탄처리에서의 장애

고정층식으로는 활성탄층 내로의 현탁물질 퇴적에 의한 탁질분이 처리수에 누출이나, 입상활성탄층 세척 때의 미분탄의 누출이 발생하는 경우가 있다.

또한 유동층식으로는 입상활성탄의 세척 때의 미분탄의 유출이나 유동 때에 입상활성탄의 유출이 있다.

이 경우 정기적인 입상활성탄층의 세척이나 입상활성탄의 초기세척을 충분히 할 필요가 있다.

② 오존처리

㉑ 오존처리

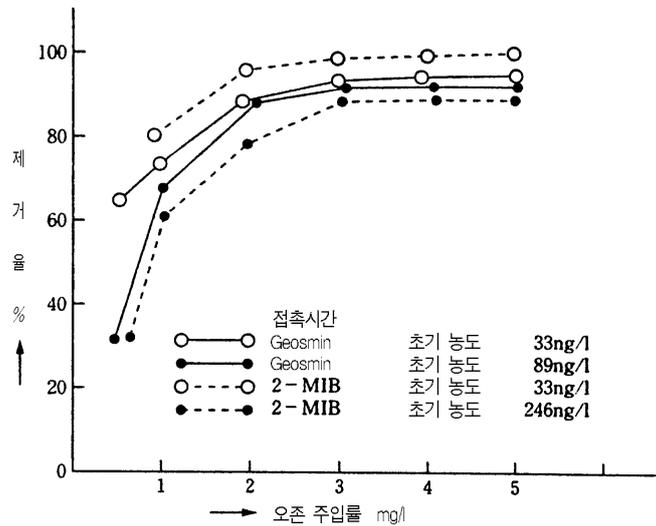
오존은 산화력이 염소보다도 강하고 바이러스의 불활성화에 대하여 아주 유효한 소독제이고 맛과 냄새, 색도, 페놀류 등의 유기물의 분해나 철, 망간을 산화하는 능력이 우수하다.

그러나 오존처리를 하는 경우 오존에 의한 부산물을 고려하여 후단에 활성탄 처리를 병용하는 것이 필요하다(<표 10.3.10> 참고).

<표 10.3.10>의 수치는 비교적 농도가 낮은 단일물질로서 처리한 경우의 수치 예로서, 실제의 처리효과는 대상물질 농도, 대상수질의 pH, 수온, 오존기포의 크기, 대상수 중의 다른 오존소비물질량, 오존농도 등에 따라서 변화한다. <그림 10.3.7>에 곰팡이냄새물질(2-MIB, geosmin)의 제거 예를 나타내었다.

<표 10.3.10> 오존처리대상물질

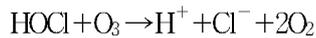
| 항 목                        | 오존주입률(mg/L) | 접촉시간(분) | 제거율(%) |
|----------------------------|-------------|---------|--------|
| 살균                         | 1~3         | 5 이상    | 90~99  |
| 탈취·맛                       | 1~2.5       | 1 이상    | 80     |
| 탈색                         | 2.5~3.5     | 5 이상    | 80~90  |
| 제철, 제망간                    | 0.5~2       | 1 이상    | 90     |
| 유기물(KMnO <sub>4</sub> 소비량) | 1~3         | 5 이상    | 40     |
| 시안                         | 2~4         | 3 이상    | 90     |
| 음이온 계면활성제                  | 2~3         | 10 이상   | 95     |
| 페놀류                        | 1~3         | 10 이상   | 95     |



<그림 10.3.7> 오존으로 냄새 유발물질의 제거 예

(㉠) 오존에 의한 잔류염소의 분해

오존 처리한 처리수에 후염소를 한 경우 오존에 의해 잔류염소가 분해되어 감소하기 때문에 수중의 잔류염소를 확보하도록 고려한다.



또한 오존과 염소를 동시에 실시하는 경우와 염소 처리수에 오존을 투입하면 오존과 유리염소의 반응으로 오존의 소독과 산화능이 제역할을 하지 못하는 문제도 있다.

(㉡) 잔류오존

수온 20℃, pH 7.0으로 한 경우 잔류오존이 0.56mg/L일 때 약 90분, 1.03mg/L일 때 약 120분에서 적정법으로는 검출되지 않았지만 미약한 오존냄새는 약 60분 잔존한 예가 있다.

실제의 처리공정에서 후단의 입상활성탄이나 정수지 내의 체류시간 내에서 분해되기 때문에 배수 중에 남는 것은 없다(5.14.2 오존주입 참조).

② 오존입상활성탄처리

처리 흐름의 예를 나타내면 다음과 같다.



<부산시: 화명정수장의 수처리 공정>

(1) 정수처리의 수질관리항목

- ㉠ 원수: 냄새물질, THM생성능, 탁도, 암모니아성질소, pH, 알칼리도
- ㉡ 침전수: 탁도, 알칼리도, 잔류염소
- ㉢ 여과수: 냄새물질, 탁도, THMs
- ㉣ 오존처리수: 냄새물질, 잔류오존, THMs
- ㉤ 활성탄흡착지수: 냄새물질, THMs, 탁도
- ㉥ 정수: 잔류염소, THMs

(2) 입상활성탄처리에서의 오존의 효과

냄새물질은 활성탄 단독처리에서는 흡착에 한계가 있지만 전단의 오존처리로 80% 정도가 분해되고 남은 20%는 입상활성탄으로 흡착되어 전체 100% 제거가 가능해진다.

오존입상활성탄처리를 하고 있는 한국수자원공사 수지정수장의 파일럿 플랜트 예에서는 고품질냄새물질인 2-MIB 농도의 상승기에 오존에 의한 분해율을 80% 전후로 하여 잔류오존 0.2mg/L를 목표로 주입을 하고 활성탄흡착 유출수에서의 2-MIB 농도를 0.01 µg/L 이하로 하는 관리 목표값을 설정하여 처리를 하고 있다.

이러한 상황에서 고품질냄새물질의 분해율이 50% 정도로 저하되고 잔류오존이 0.2mg/L 이하인 경우에는 활성탄흡착에의 부하가 커지는 경우가 있기 때문에 목표잔류오존농도를 0.3mg/L로 높이고 주입률이 1.0mg/L를 이하가 되지 않도록 처리하고 있다.

그러나 오존처리에서는 오존이 원수에 포함되어 있는 브롬이온과 반응하여 브롬산이온을 생성하는 것이 보고되어 있기 때문에 과도한 오존의 주입은 피할 필요가 있다.

브롬산이온은 pH가 높을수록 생성이 더 높아지므로 수처리에서 문제가 되는 정수장은 pH의 조정이 필요하며 2005년 7월과 12월에 조사한 한강, 금강 및 낙동강 수계를 취수원으로 하는 각각의 정수장 원수에서 황성 송전 42 µg/L, 용인 수지 24 µg/L, 청주 17

$\mu\text{g/L}$ , 구미  $18.8\mu\text{g/L}$ , 대구 매곡  $17\mu\text{g/L}$ , 창원 반송  $24\sim 79\mu\text{g/L}$ 이 검출 되었으나 원수와 처리수(정수)의 pH값이 낮아 모두 불검출 되었다.

㉔ 오존+생물활성탄처리(BAC처리)

전염소처리를 하지 않고, 오존을 병용하고 난분해성의 유기물을 역(易)분해성의 것으로 변화시킴과 동시에 활성탄의 흡착작용 및 활성탄에 부착증식한 호기성미생물에 의한 분해작용을 이용하여 대상물을 처리하는 방법이다.

처리 흐름의 예로서 김해시 명동정수장의 예를 나타낸다.



<김해시:명동정수장의 처리 흐름>

(㉕) 생물활성화

생물활성탄처리에서는 활성탄의 흡착작용으로부터 생물작용으로 이행하고 있는 생물활성화의 지표로서 암모니아성질소의 질산화율이나 유기물의 지표인 자외선흡광도( $UV_{254}$ )를 쓰고 있다.

일반적으로 생물이 활성화하기 위해서는 20~30일 정도를 필요로 한다고 되어 있다.

(㉖) 정수처리의 수질관리항목

- ㉖-1 원수: 냄새물질, THM생성능, 탁도, 암모니아성질소, pH, 알칼리도
- ㉖-2 침전수: 탁도, 알칼리도,  $UV_{254}$
- ㉖-3 오존처리수: 냄새물질, 잔류오존,  $UV_{254}$ , THM생성능, DOC
- ㉖-4 생물활성탄처리수: 탁도, 암모니아성질소, THM생성능,  $UV_{254}$ , 염소요구량, 냄새물질, DOC
- ㉖-5 여과수: 탁도, 잔류염소, pH

(㉗) 생물활성탄처리에서의 오존의 효과

오존처리는 난분해성의 유기물을 역(易)분해성 유기물에 전환하면서 동시에 처리수 중에 산소를 충분히 보급하기 때문에 생물화학적 작용을 촉진시키는 등의 효과가 있다.

또한, 곰팡이냄새물질에 대하여는 활성탄 단독으로는 제거에 한계가 있지만 오존의 병용에 의해 제거효과는 커져 대체적으로 100% 근처의 제거가 가능해진다.

(㉘) 생물활성탄처리에 의한 제거효과

- ㉘-1 THM전구물질 생물활성탄에 의해 전구물질인 유기물이 제거되어 THM생성능이 낮게 되기 때문에 THMs의 저감효과가 커진다.

오존처리 병용에서의 전구물질제거율은 통수 개시로부터 200일 정도까지는 50~80%,

그 이후 수년간(3년간)은 30~50% 정도의 제거율을 나타내었다.

㉠ 냄새물질

수온에 의해 제거율이 다르지만 생물활성탄층 두께 1.4m의 경우 2-MIB는 고수온 때에 2년 경과 후에도 90% 가까운 제거율을 나타낸 경우도 있다.

㉡ 암모니아성질소

암모니아성질소는 오존에 의한 산화분해는 기대할 수 없지만 미생물에 의한 산화처리에 의해 유효한 제거가 가능해진다.

㉢ 생물활성탄층으로부터의 소동물의 누출

생물활성탄으로부터 처리수 중에 소동물이 누출되는데 세척빈도나 세척수 중에 잔류염소의 유무에 따라 누출량이 변화한다.

누출대책으로서는 오존의 적정주입을 함과 동시에 생물활성탄흡착지의 세척에 관해서는 생물의 증식속도를 고려하여 역세척의 빈도를 적절히 설정한다.

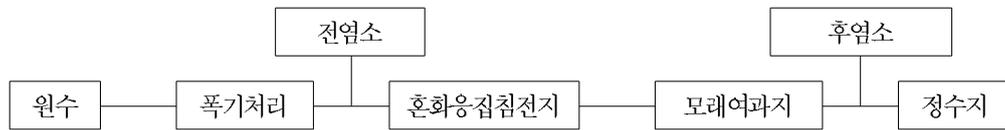
세척수에는 염소를 포함하는 물을 사용하는 것도 필요하다.

③ 생물처리

수도에서는 원수의 수질악화에 따라 냄새, 조류의 증식, 암모니아성질소 등이 증가하여 정수처리나 처리수에 장애를 주는 경우가 있다.

이러한 장애물질의 제거를 목적으로 침지여상방식(허니컴방식), 회전원판방식, 생물접촉여과방식 등의 생물처리가 있다.

생물처리는 원수단계에 설치하여 원수의 수질개선을 한 후에 응집·침전, 여과처리를 하는 것이 일반적이다. 처리 흐름의 예를 나타내면 다음과 같다.



<마산시: 고도처리 도입 전 칠서정수장의 처리 흐름>

㉠ 정수처리의 수질관리 항목

- (ㄱ) 원수: 수온, 탁도, 냄새물질, THM생성능, 생물
- (ㄴ) 생물처리수: 탁도, 알칼리도, 냄새물질, THM생성능, 생물
- (ㄷ) 침전수: 탁도, 잔류염소
- (ㄹ) 여과수: 탁도, 냄새물질, THMs

㉡ 생물처리의 효과

(ㄱ) 냄새물질(2-MIB 등)

생물막에 부착한 세균이나 효모의 일종이 2-MIB나 geosmin의 분해능을 가지고 있는 것이 확인되어 있다.

(ㄴ) 유기물

유기물은 유기물을 기질로 하는 종속영양세균에 의해 분해된다.

(ㄷ) 조류

조류는 생물막에 부착한 후 막에 생존하는 원생동물이나 후생동물에 의해 포식제거된다.

(ㄹ) 음이온계면활성제

음이온계면활성제는 탄화수소 분해균에 의해서 분해된다.

(ㅁ) 암모니아성질소

수중의 암모니움염은 생물막 중의 암모니아산화세균과 아질산산화세균의 질산화세균에 의해 질산화된다. 이러한 세균은 암모니아성질소 또는 아질산질소를 산화하여 이산화탄소를 환원하여 증식한다.

이론적으로는 암모니아성질소 1g에 대하여 산소 4.6g으로 질산성질소로 산화된다.

㉔ 처리효과에 영향을 주는 요인

(ㄱ) 수온

생물의 호기성처리기능에 관여하는 미생물은 수온 20~30℃에서 생물활성이 최대가 되고 수온이 5℃ 이하로 내려가면 현저히 생물활성이 저하한다.

(ㄴ) pH

미생물의 최적 pH는 종류에 따라 다르지만 대체 7.0~7.5이다.

(ㄷ) 영양염류 및 산소

① 미생물이 증식하기 위해서는 종속영양세균이, 독립영양세균으로서는 암모니아성질소, 철 등의 무기물이 필수적이고, 기타 무기 인이나 미량의 금속이 필요하며 이러한 영양분의 균형이 무너지면 처리효과가 저하한다.

② 미생물에 의한 유기물의 산화·분해반응이나 암모니아성질소의 산화는 용존산소의 존재가 불가결하기 때문에 원수 중의 산소가 부족해질 우려가 있는 경우에는 산소를 보급한다.

(ㄹ) 접촉시간

처리효과를 높이기 위해서는 원수와 생물막과의 접촉시간을 충분히 확보하지 않으면 안되기 때문에 침지여상방식에서는 체류시간 내의 물의 순환횟수, 회전원판방식에서는 원판의 회전수를 적절히 설정한다.

(ㅁ) 생물의 증식

생물막의 기능을 방해하는 생물로서 괴상으로 되는 남조류나 실모양이 되는 녹조류 등이 증식하여 처리효과에 영향을 준다.

이러한 경우, 생물처리설비에 차광막을 설치하여 광합성에 필요한 태양광을 차광하면 효과적이다.

6) 기타 처리

처리수 수질이 수질기준값이나 설정한 관리목표값에 통상의 정수처리에서는 적합하지 않은 경우에

는 통상의 처리에 특별한 처리를 부가한 정수처리를 하여 오염물질을 제거하지 않으면 안 된다.

여기에서는 통상의 정수처리 및 고도정수처리 이외의 기타의 처리에 관해서 기술한다.

기타 처리에서는 pH 조정, THMs의 저감화 이외에 침식성 유리탄산, 불소, 색도, 트리클로로에틸렌, 음이온 계면활성제, 맛과 냄새, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 농약류, 유류 등의 제거가 있다.

이들의 처리를 실시하는 경우는 처리방식, 수질의 변동, 제거목표값, 제거율, 처리수량, 운전비용, 시설용지나 기타 많은 문제점에 관해서 충분히 검토할 필요가 있고 실제적으로는 pilot실험 등을 하고 결정하여야 한다.

다음은 수처리방식의 종류에 따른 각종 물질 처리효과를 나타낸 <표 10.3.11>이다.

<표 10.3.11> 수처리방식의 종류에 따른 각종 물질의 처리효과

(단위: mg/L)

| 항목                  | 처리방식 | 수질기준          | 통 상 처 리  |         |     |     | 고 도 처 리  |           |       |     |                 | 기타처리           |
|---------------------|------|---------------|----------|---------|-----|-----|----------|-----------|-------|-----|-----------------|----------------|
|                     |      |               | 완속<br>여과 | 급 속 여 과 |     |     | 생물<br>처리 | 분말<br>활성탄 | 입상활성탄 |     | 오존<br>입상<br>활성탄 |                |
|                     |      |               |          | 전염소     | 중염소 | 후염소 |          |           | 전염소   | 후염소 |                 |                |
| 일반세균                |      | 100CFU/<br>mL | ◎        | ◎       | ◎   | ◎   | ◎        | ◎         | ◎     | ◎   | ◎               |                |
| 대장균류                |      | 불검출           | ◎        | ◎       | ◎   | ◎   | ◎        | ◎         | ◎     | ◎   | ◎               |                |
| 시안                  |      | 0.01 이하       | △        | ○       | ○   | △   | △        | ◎         | △     | ◎   |                 |                |
| 수은                  |      | 0.001         | ×        | △       | △   | △   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               |                |
| 납                   |      | 0.05          | △        | △       | △   | △   | △        | △         | △     | △   | △               |                |
| 6가크롬                |      | 0.05          | ×        | △       | △   | △   | ×        | ×         | △     | △   | △               |                |
| 카드뮴                 |      | 0.005         | ×        | △       | △   | △   | ×        | ×         | △     | △   | △               |                |
| 셀레늄                 |      | 0.01          | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               |                |
| 비소                  |      | 0.05          | ×        | △       | △   | △   | ×        | △         | △     | △   | △               | 산화응집침전<br>○    |
| 불소                  |      | 1.5           | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               | 활성알루미나<br>○    |
| 질산성 질소 및<br>아질산성 질소 |      | 10            | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 트리클로로<br>에틸렌        |      | 0.03          | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 1.0<br>◎    |
| 테트라클로로<br>에틸렌       |      | 0.01          | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.3<br>◎    |
| 사염화탄소               |      | 0.002         | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.1<br>◎    |

| 처리방식<br>항목            | 수질기준 | 통 상 처 리  |         |     |     | 고 도 처 리  |           |       |     |                 | 기타처리        |
|-----------------------|------|----------|---------|-----|-----|----------|-----------|-------|-----|-----------------|-------------|
|                       |      | 완속<br>여과 | 급 속 여 과 |     |     | 생물<br>처리 | 분말<br>활성탄 | 입상활성탄 |     | 오존<br>입상<br>활성탄 |             |
|                       |      |          | 전염소     | 중염소 | 후염소 |          |           | 전염소   | 후염소 |                 |             |
| 1,1,2-트리클로로에탄         |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.2<br>◎ |
| 1,2-디클로로메탄            |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.2<br>◎ |
| 1,1-디클로로에틸렌           | 0.03 | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.6<br>◎ |
| 시스-1,2-디클로로에틸렌        |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 1.0<br>◎ |
| 디클로로메탄                | 0.02 | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.6<br>◎ |
| 벤젠                    | 0.01 | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기 0.3<br>◎ |
| THMs ☆                | 0.1  | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ◎               | 폭기<br>○     |
| 클로로포름 ☆               | 0.08 | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ◎               | 폭기<br>○     |
| 브로모디클로로메탄 ☆           |      | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ◎               | 폭기<br>○     |
| 디브로모클로로메탄 ☆           |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ◎               | 폭기<br>○     |
| 브로모포름 ☆               |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ◎               | 폭기<br>△     |
| 티우람                   |      | ◎        | ◎       | ◎   | ◎   | ○        | ◎         | ◎     | ◎   | ◎               |             |
| 시마진                   |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ◎         | ○     | ○   | ○               |             |
| 티오벤카브                 |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ◎         | ○     | ○   | ◎               |             |
| 1,3-디클로로프로펜           |      | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ○         | ○     | ○   | ◎               | 폭기<br>◎     |
| 염소이온                  | 150  | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               |             |
| KMnO <sub>4</sub> 소비량 | 10   | ○        | ○       | ○   | ○   | ○        | ○         | ◎     | ◎   | ◎               |             |
| 동                     | 1    | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               |             |
| 철                     | 0.3  | △        | ◎       | ◎   | ×   | △        | ×         | ◎     | ○   | ◎               | 폭기<br>△     |

| 항목                  | 처리방식 | 수질기준             | 통 상 처 리  |         |     | 고 도 처 리 |          |           |       | 기타처리 |                 |                |
|---------------------|------|------------------|----------|---------|-----|---------|----------|-----------|-------|------|-----------------|----------------|
|                     |      |                  | 완속<br>여과 | 급 속 여 과 |     |         | 생물<br>처리 | 분말<br>활성탄 | 입상활성탄 |      | 오존<br>입상<br>활성탄 |                |
|                     |      |                  |          | 전염소     | 중염소 | 후염소     |          |           | 전염소   |      |                 | 후염소            |
| 망간                  |      | 0.05             | △        | ○       | ○   | ×       | ○        | △         | ◎     | ○    | ◎               |                |
| 아연                  |      | 1                | ×        | △       | △   | △       | △        | △         | ×     | ×    | △               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 나트륨                 |      |                  | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | ×         | ×     | ×    | ×               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 경도                  |      | 300 이하           | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | ×         | ×     | ×    | ×               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 증발잔류물               |      | 500              | △        | △       | △   | △       | △        | △         | △     | △    | △               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 페놀                  |      | 0.05             | ○        | ×       | ×   | ×       | ×        |           | ◎     | ◎    | ◎               |                |
| 1,1-트리클로<br>로에탄     |      | 0.1              | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | △         | ○     | ○    | ○               | 폭기<br>◎        |
| 음이온계면활성제            |      | 0.5              | △        | ×       | ×   | ×       | △        | ○         | ○     | ○    | ◎               |                |
| 냄새                  |      | 무취               | ○        | ◇       | ◇   | ◇       | ○        | ○         | ○     | ○    | ◎               |                |
| 맛                   |      | 무미               | ○        | ×       | ×   | ×       | △        | △         | ○     | ○    | ◎               |                |
| 색도                  |      | 5도               | ○        | ◎       | ◎   | ◎       | ◎        | ◎         | ◎     | ◎    | ◎               |                |
| 탁도                  |      | 0.3NTU           | ◎        | ◎       | ◎   | ◎       | ◎        | ◎         | ◎     | ◎    | ◎               |                |
| 알루미늄                |      | 0.2              | ×        | ○       | ○   | ○       | ×        | ×         | ○     | ○    | ○               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 2-MIB               |      | 20ng/l<br>10ng/l | ○        | △       | △   | △       | ○        | ○         | ○     | ◎    | ◎               |                |
| 지오스민                |      | 20ng/l<br>10ng/l | ○        | △       | △   | △       | ○        | ○         | ○     | ◎    | ◎               | 상동             |
| 유리탄산                |      |                  | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | ×         | ×     | ×    | ×               |                |
| 트랜스-1,2-<br>디클로로에틸렌 |      |                  | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | △         | ○     | ○    | ○               | 폭기<br>◎        |
| 톨루엔                 |      | 0.7              | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | △         | ○     | ○    | ○               | 폭기<br>◎        |
| 크실렌                 |      | 0.5              | ×        | ×       | ×   | ×       | ×        | △         | ○     | ○    | ○               | 폭기<br>◎        |

| 처리방식<br>항목                  | 수질기준   | 통 상 처 리  |         |     |     | 고 도 처 리  |           |       |     |                 | 기타처리           |
|-----------------------------|--------|----------|---------|-----|-----|----------|-----------|-------|-----|-----------------|----------------|
|                             |        | 완속<br>여과 | 급 속 여 과 |     |     | 생물<br>처리 | 분말<br>활성탄 | 입상활성탄 |     | 오존<br>입상<br>활성탄 |                |
|                             |        |          | 전염소     | 중염소 | 후염소 |          |           | 전염소   | 후염소 |                 |                |
| P-디클로로페놀                    |        | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기<br>◎        |
| 1,2-디클로로<br>페놀              |        | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | △         | ○     | ○   | ○               | 폭기<br>◎        |
| 디(2-에틸헥실<br>프탈레이트<br>(DEHP) |        | △        | ○       | ○   | ○   | ×        | ○         | ○     | ○   | ○               |                |
| 니켈                          |        | ×        | △       | △   | △   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               | 이온교환, 역삼투<br>◎ |
| 안티몬                         |        | ×        | △       | △   | △   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               | 상등             |
| 몰리브덴                        |        | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               | 상등             |
| 붕소                          | 0.3    | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ×         | ×     | ×   | ×               | 상등             |
| 우라늄                         |        | △        | ○       | ○   | ○   | ×        | ○         | ○     | ○   | ○               |                |
| 포름알데히드 ☆                    |        | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ○               |                |
| 디클로로아세트<br>에시드 ☆            | HAA    | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ○               |                |
| 트리클로로아세트<br>에시드 ☆           | 0.1 이하 | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ○               |                |
| 디클로로아세트<br>니트릴 ☆            | 0.09   | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ○               |                |
| 클로랄하이드<br>레이트 ☆             | 0.03   | △        | △       | △   | △   | △        | △         | ○     | ○   | ○               |                |
| isoxathion                  |        | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |                |
| 다이아지논                       | 0.02   | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |                |
| 페니트로티온<br>(MEP)             | 0.04   | ×        | ×       | ×   | ×   | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |                |
| isoprothiolane              |        | ×        | ○       | ○   | ○   | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |                |
| chlorothalonil<br>(TPN)     |        | ×        | △       | △   | △   | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |                |
| propyzamide                 |        | ×        | △       | △   | △   | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |                |

| 처리방식<br>항목             | 수질기준 | 통 상 처 리  |          |          |          | 고 도 처 리  |           |       |     |                 | 기타처리 |
|------------------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|-----|-----------------|------|
|                        |      | 완속<br>여과 | 급 속 여 과  |          |          | 생물<br>처리 | 분말<br>활성탄 | 입상활성탄 |     | 오존<br>입상<br>활성탄 |      |
|                        |      |          | 전염소      | 중염소      | 후염소      |          |           | 전염소   | 후염소 |                 |      |
| dichlorvos<br>(DDVP)   |      | ×        | ×        | ×        | ×        | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |      |
| fenobucarb<br>(BPMC)   |      | ×        | ×        | ×        | ×        | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |      |
| chlornitrofen<br>(CNP) |      | ×        | ×        | ×        | ×        | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |      |
| iprobenfos<br>(IBP)    |      | ×        | ×        | ×        | ×        | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |      |
| EPN                    |      | ×        | ×<br>주 2 | ×<br>주 2 | ×<br>주 2 | ×        | ○         | ○     | ◎   | ◎               |      |
| BOD                    |      | △        | △        | △        | △        | △        | ○         | ○     | ○   | ◎               |      |
| COD                    |      | △        | △        | △        | △        | △        | ○         | ○     | ○   | ◎               |      |
| 자외선 흡광도                |      | △        | △        | △        | △        | △        | ○         | ○     | ○   | ◎               |      |
| TOC                    |      | △        | △        | △        | △        | △        | ○         | ○     | ○   | ◎               |      |

◎ : 양호하게 제거 가능하다.

○ : 어느 정도 제거성이 기대된다.

△ : 약간의 제거성이 기대된다.

◇ : 종류에 의한 제거 가능하다.

× : 거의 제거 불가능하다.

기타 처리란의 표 중 하단의 수치는 처리한계값이다.

주: ☆표의 물질은 소독부산물이기 때문에 여기에서는 이들의 잔류물질 또는 부산물 제거성으로 나타낸다.

주 1: 페놀류는 염소처리에 의해 분해되지만 염소와의 반응생성물의 맛·냄새를 고려했다.

주 2: 물질 자체는 분해되지만 옥손체로서 잔류한다.

(<표 10.3.11>은 일본수도협회의 수도유지관리지침(1998)에서 인용한 것으로 우리나라에서 적용할 경우 처리 효율이 다를 수 있음)

또한 원수 중의 각종 물질의 제거효과를 나타낸 예를 <표 10.3.12>에 나타내었다.

<표 10.3.12>는 각각의 수도사업에서 현재의 원수수질상황에서 기존의 정수처리방식으로 수질기준을 만족시키는 수돗물 공급이 가능한지 어떤지의 개괄적인 종합판단과 정수의 수질이 수질기준을 초과할 것이 예상되는 경우 다른 정수처리방식으로 변경하는 경우를 대비해서 참고로 작성한 것이다.

<표 10.3.12> 원수 중 각종 오염물질의 제거

| 항 목            | 처리방식 및 제거성                                                                                                                           |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 일반세균           | 염소처리, 오존처리                                                                                                                           |
| 대장균군           | 염소처리, 오존처리                                                                                                                           |
| 시안             | 오존처리: 5~15mg/L의 시안을 오존몰비 1:13으로 완전히 분해한다.<br>염소처리: 시안 농도의 7~12배 농도의 염소로 분해한다. pH 8에서 반응속도 빠르다.                                       |
| 수은             | 응집침전여과: 0.05mg/L의 수은을 황산알미늄으로 처리하며, pH 7에서 47%, pH 8에서 38% 제거. 유기수은에는 효과 없다. 분말활성탄 1mg/L 첨가시 0.1 μg/L까지 저감<br>응집침전+입상활성탄: 26~99% 제거  |
| 납              | 응집침전여과: 70~97% 제거                                                                                                                    |
| 크롬             | 응집침전여과: Cr <sup>3+</sup> 의 경우 황산제2철 pH 6.5~9.5에서 100% 제거<br>황산알미늄 pH 7.5~8.5에서 약 90% 제거<br>Cr <sup>6+</sup> 의 경우 황산제1철에서 90% 이상 제거   |
| 카드뮴            | 응집침전: 황산제2철 사용시 pH 7.2에서 30%, pH 8 이상에서 90% 제거                                                                                       |
| 세슘             | 응집침전: pH 6에서 제거성은 황산철 > 황산알미늄                                                                                                        |
| 비소             | 응집침전: 60~90% 제거. 농도가 높으며 제거성은 저하한다.<br>산화처리: 염소에 의해 제거된다.                                                                            |
| 불소             | 분말활성탄: pH 3 이하에서 양호, pH 8에서 거의 제거 안 됨.                                                                                               |
| 질산성질소 및 아질산성질소 | 이온교환법: 20~30mg/L의 질산성질소 및 아질산성질소를 0.5mg/L까지 저감<br>역삼투막: 0.2mg/L의 질산성질소 및 아질산성질소 0.014mg/L 저감                                         |
| 트리클로로에틸렌       | 분말활성탄: 1mg/L, 0.4mg/L의 트리클로로에틸렌 흡착<br>폭기처리: 1,500~2,000mg/L의, 기액비: 25:1시 97~99% 제거<br>가열: 5~10분간 완전가열에서 95% 제거                       |
| 테트라클로로에틸렌      | 입상활성탄: 58주간 완전 제거. 60~250ng/L 0.1ng/L 이하 저감<br>폭기처리: 기액비 4~80:1시 72~99.8% 제거<br>가열: 10분간 완전가열에서 95% 제거                               |
| 시염화탄소          | 분말활성탄: 30mg/L 효과 있음.<br>입상활성탄: 재래식 처리 후 통수에서 일부분만 제거됨. 12 μg/L 원수가 3주간에서 파과<br>폭기처리: 기액비 4:1시 91% 제거<br>가열: 5~10분간 자비(煮沸)시 95~99% 제거 |
| 1,1,2-트리클로로에탄  | 입상활성탄: 완전히 제거가 가능<br>폭기처리: 효과 있음.<br>가열: 효과 있음.                                                                                      |
| 1,2-디클로로에탄     | 입상활성탄: 완전히 제거 가능<br>폭기처리: 기액비 4~45:1에서 42~98.5% 제거<br>가열: 5~10분간 완전 가열시 85~98.5% 제거                                                  |

| 항 목                                                            | 처리방식 및 제거성                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,1-디클로로에틸렌                                                    | 입상활성탄: 효과 있음.<br>폭기처리: 기액비 4~10:1에서 90~99.8% 제거                                                                                                                                                                                           |
| 시스-1,2-디클로로에틸렌                                                 | 폭기처리: 기액비 5~85:1시 58~99% 제거<br>가열: 5분간 완전 가열시 96% 제거                                                                                                                                                                                      |
| 디클로로에탄                                                         | 입상활성탄: 완전히 제거됨<br>폭기처리: 기액비 15:1에서 82% 제거<br>가열: 효과 있음.                                                                                                                                                                                   |
| 벤젠                                                             | 폭기처리: 기액비 8~87:1에서 70~100% 제거<br>가열: 10분간 완전 가열시 99% 제거                                                                                                                                                                                   |
| THMs                                                           | 중간염소처리: 전염소처리 20~40% 저감<br>분말활성탄: 10mg/L 주입시 30~60% 저감, 주입률이 증가하여도 저감을 증가는 작아짐.<br>오존처리: 10~15% 저감<br>가열: 10분간 완전 가열에서 완전 제거                                                                                                              |
| 클로로포름                                                          | 중간염소처리: 전염소처리와 비교하여 30~60% 저감<br>분말활성탄: 10mg/L 주입시 45~80% 저감<br>오존처리: 10~20% 저감                                                                                                                                                           |
| 브로모디클로로메탄                                                      | 중간염소처리: 전염소처리 9~17% 저감<br>오존처리: 10% 정도 저감                                                                                                                                                                                                 |
| 디브로모클로로메탄                                                      | 중간염소처리: 전염소처리에 비교하여 9~17% 저감<br>오존처리: 10% 정도 저감                                                                                                                                                                                           |
| 브로모포름                                                          | 중간염소처리: 거의 효과 없음, 원수의 수질에 따라서 약간 증가<br>오존처리: 거의 효과 없음, 원수의 수질에 따라서 약간 증가                                                                                                                                                                  |
| 티우람                                                            | 염소처리: 보통 염소처리시 분해, 그러나 분해산물을 규명되어 있지는 않음.<br>분말활성탄: 20mg/L 주입, 10분간 접촉시, 0.03mg/L 100% 제거                                                                                                                                                 |
| 시마진<br>simazine<br>(CAT)                                       | 염소처리: 5mg/L 주입, 60분간 접촉시 0.01mg/L 시마진 48% 분해<br>분말활성탄: 5~30mg/L 주입, 15분간 접촉시, 0.085mg/L 시마진 30~90% 제거<br>입상활성탄: 0.002mg/L 시마진 100% 제거<br>오존처리: 오존 4mg/L 주입, 20분간 접촉시 0.014mg/L 시마진 80% 제거<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L 시마진 100% 제거 |
| C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> Cl <sub>2</sub> NOS<br>(티오벤카브) | 염소처리: 통상의 염소처리시 분해<br>염소 1mg/L 주입, 30분간 접촉시 0.01mg/L 티오벤카브 100% 제거<br>분말활성탄: 5~30mg/L 주입, 15분간 접촉시 0.1mg/L 티오벤카브 50~90% 제거<br>오존처리: 오존 4mg/L, 10분간 접촉시 0.014mg/L 티오벤카브 95% 제거<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시, 0.1mg/L 티오벤카브 100% 제거          |
| 1,3-디클로로프로펜                                                    | 폭기처리: 효과 있음<br>분말활성탄처리: 효과 있음                                                                                                                                                                                                             |

| 항 목           | 처리방식 및 제거성                                                                                                                                                                                                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 염소이온          | 이온교환법, 역삼투법으로 제거                                                                                                                                                                                             |
| 유기물 등         | 응집침전여과: 효과 있음.<br>염소처리: 효과 있음.<br>오존처리: 효과 있음.<br>분말활성탄: 효과 있음.                                                                                                                                              |
| 동             | 이온교환법, 역삼투법으로 제거                                                                                                                                                                                             |
| 철             | 폭기처리: 탄산제1철은 침전 제거된다.<br>염소처리: 가용성의 제1철을 불가용성의 제2철로 전환시키는데 필요로 하는 염소량은 철 1mg/L에 대하여 0.6mg/L. 응집침전, 모래여과 필요<br>접촉산화: 탁질이 적고 망간에 포함되지 않는 원수에 적합(염소처리 후 여과)<br>생물처리: 철박테리아가 수중에 존재하면 철·망간을 불용화시켜 체내에 침착         |
| 망간            | 전염소처리: 응집침전 급속모래여과 필요<br>접촉산화: 염소주입 후 망간모래에 의한 여과 실시<br>생물처리: 효과 있음                                                                                                                                          |
| 이연            | 이온교환법, 역삼투법 효과 있음.                                                                                                                                                                                           |
| 나트륨           | 이온교환법, 역삼투법 효과 있음.                                                                                                                                                                                           |
| 경도            | 이온교환법, 역삼투법, 연화처리에서 효과 있음.                                                                                                                                                                                   |
| 증발잔류물         | 응집침전: 음이온계면활성제 농도의 약 20배량의 분말활성탄주입에서 효과 있음.<br>이온교환법, 역삼투법에서 결과                                                                                                                                              |
| 페놀류           | 염소처리: 유리염소에 의해 분해되지만 클로로페놀냄새가 발생<br>분말활성탄: 페놀 1ng/L 50~100ng/L 주입에서 거의 제거됨.<br>오존처리: 효과 있음.                                                                                                                  |
| 1,1,1-트리클로로에탄 | 입상활성탄: 완전 제거<br>폭기처리: 기액비 4:1에서 90% 제거<br>가열: 5분간 완전가열시 96% 제거                                                                                                                                               |
| 음이온계면활성제      | 분말활성탄: 음이온계면활성제 농도의 약 20배량의 분말활성탄 주입시 제거<br>생물처리: 소프트형은 80% 이상, 하드형은 50% 제거 가능<br>오존처리: 20~40% 제거                                                                                                            |
| 냄새            | 폭기처리: 황화수소냄새에 대하여 효과, 조류냄새는 어느 정도 효과 있음.<br>생물처리·완속여과: 조류 냄새에 대하여 유효<br>오존처리: 클로로페놀냄새나 조류 냄새에 대하여 효과 있음. 조류 냄새 20~30mg/L에 대하여 오존주입물 1~2mg/L에서 70~90% 제거, 100ng/L 이상이면 오존 처리에서 50~80% 제거<br>활성탄처리: 각종의 냄새에 유리 |
| 맛             | 활성탄처리: 효과 있음.                                                                                                                                                                                                |

| 항 목                           | 처리방식 및 제거성                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 색도                            | 응집침전: 부식질의 제거에는 응집제의 주입률을 증가시키거나 pH를 6 이하로 내린다.<br>오존처리: 효과 있음.<br>염소처리: 효과 있음.<br>분말활성탄: 효과 있음.                                                                                                                                    |
| 탁도                            | 응집침전여과: 효과 있음.                                                                                                                                                                                                                      |
| 알루미늄                          | 응집제의 적정주입시 제거 가능                                                                                                                                                                                                                    |
| 2-MIB                         | 활성탄, 오존처리시 효과 있음.                                                                                                                                                                                                                   |
| 지오스민                          | 활성탄, 오존처리시 효과 있음.                                                                                                                                                                                                                   |
| 유리탄산                          | 알칼리 처리: 유리탄소(침식성) 1mg/L의 제거에 필요한 알칼리제는 소석회 주입시 0.88 mg/L, 소다회 2.43mg/L, 수산화칼슘 2.02mg/L(45%)                                                                                                                                         |
| 트랜스-1,2-디클로로에틸렌               | 분말 및 입상활성탄: 어느 정도 효과 있음.<br>폭기처리: 기액비 15:1에서 97% 제거                                                                                                                                                                                 |
| 톨루엔                           | 분말 및 입상활성탄: 효과 있음.<br>폭기처리: 기액비 8:1에서 70% 제거                                                                                                                                                                                        |
| 크실렌                           | 분말활성탄: 16 예의 평균제거율에서 50%<br>폭기처리: 기액비 17:1 이상에서 80~100% 제거                                                                                                                                                                          |
| P-디클로로벤젠                      | 분말활성탄: 분말활성탄 52mg/L 주입시 97% 제거<br>폭기처리: 77~97% 제거                                                                                                                                                                                   |
| 1,2-디클로로프로펜                   | 폭기처리: 헨리정수가 높아 폭기처리에 유리                                                                                                                                                                                                             |
| DEHP<br>diethylhexylphthalate | 분말활성탄: 분말활성탄 100mg/L 주입시 85% 제거<br>응집침전: 황산 주입시 90% 이상 제거. 주입률이 높아지면 제거율도 높아진다.                                                                                                                                                     |
| 니켈                            | 응집침전: 황산 주입시 25~45% 제거                                                                                                                                                                                                              |
| 안티몬                           | 응집침전: 중성부근에서 30% 제거. 산성에서 제거율 상승<br>분말활성탄: 20% 제거. pH 제거율                                                                                                                                                                           |
| 붕소                            | 이온교환법에서 효과                                                                                                                                                                                                                          |
| 몰리브덴                          | 응집침전: 15% 전후 제거                                                                                                                                                                                                                     |
| 우라늄                           | 응집침전: 70~95% 제거                                                                                                                                                                                                                     |
| 아질산성질소                        | 염소처리시 질산성질소로 산화                                                                                                                                                                                                                     |
| 포름알데히드                        | 응집침전: 탁질 제거에 의해 염소처리시 생성되는 양의 약 60% 저감<br>중간염소처리: 전염소처리에 비하여 약 40% 저감<br>오존처리: 약 35% 증가<br>오존+입상활성탄처리: 오존처리로 증가한 양을 포함하여 증가 약 55% 제거<br>pH 영향: 염소처리시의 pH 7.0을 pH 7.5로 하면 dichloroaceticacid 약 13% 증가<br>trichloroaceticacid는 영향 없음. |

| 항 목                                            | 처리방식 및 제거성                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dichloroaceticacid<br>및<br>trichloroaceticacid | 중간염소처리: 전염소처리에 비하여 약 65% 저감<br>입상활성탄: dichloroaceticacid 약 50%, trichloroaceticacid 80% 저감<br>오존처리: dichloroaceticacid 약 70%, trichloroaceticacid 약 95% 저감<br>오존+입상활성탄처리: dichloroaceticacid 약 100%, trichloroaceticacid 약 100%<br>저감<br>pH 영향: 염소처리시 pH 7.0을 pH 7.5로 하면 초산 약 15% 증가, 초산 영향 |
| 디클로로<br>아세트니트릴                                 | 중간염소처리: 전염소처리에 비교하여 약 60% 저감<br>오존처리: 약 100% 저감<br>오존+입상활성탄처리: 약 100% 저감<br>pH 영향: 염소처리시 pH 7.0을 pH 7.5로 하면 약 17% 증가                                                                                                                                                                        |
| chloral hydrate                                | 응집침전: 탁질제거에 의해 염소처리에서 생성하는 양의 약 60% 저감<br>pH 영향: 염소처리시 pH 7.0을 pH 7.5로 하면 약 2.5% 증가                                                                                                                                                                                                         |
| Isoxathion                                     | 염소처리: 염소 0.5mg/L 주입, 30분간 접촉시 0.01mg/L에서 100% 분해<br>오존처리: 오존 3~4mg/L 주입, 48초~10분간 접촉시 0.01~0.014mg/L에서 27~90% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거                                                                                                                                 |
| 다이아지논                                          | 염소처리: 염소 2mg/L 주입, 60분간 접촉시 100% 제거.<br>분말활성탄: 활성탄 20mg/L 주입, 10~20분간 접촉시 0.025mg/L에서 90~98% 제거<br>오존처리: 오존 4mg/L 주입시, 0.014mg/L에서 90% 이상 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거                                                                                                  |
| 페니트로티온                                         | 염소처리: 염소 0.5mg/L 주입, 30분간 접촉시 100% 분해.<br>분말활성탄: 활성탄 20mg/L 주입, 10~30분간 접촉시 0.05mg/L에서 98~100% 제거<br>오존처리: 오존 3mg/L 주입시, 0.01mg/L에서 100% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거                                                                                                   |
| 이소프로티오란                                        | 염소처리: 염소 1mg/L 주입, 30분간 접촉시 100% 분해.<br>분말활성탄: 활성탄 5~30mg/L 주입, 15분간 접촉시 0.1mg/L에서 32~93% 제거<br>오존처리: 오존 1mg/L 주입시, 0.014mg/L에서 65~100% 이상 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에 100% 제거                                                                                                  |
| 클로로탈로닐                                         | 염소처리: 염소 5mg/L 주입, 60분간 접촉시 0.01mg/L에서 32% 분해.<br>분말활성탄: 활성탄 20mg/L 주입, 10분간 접촉시 0.02mg/L에서 97% 제거<br>오존처리: 오존 mg/L 주입, 15분간 접촉시 0.02~0.04mg/L에서 50% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거                                                                                       |
| 프로파자미드                                         | 염소처리: 염소 5mg/L 주입, 60분간 접촉시 0.01mg/L에서 55% 분해.<br>분말활성탄: 활성탄 20mg/L 주입, 10~30분간 접촉시 0.04mg/L에서 80% 제거<br>오존처리: 오존 2mg/L 주입시 0.055mg/L에서 100% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 0.5~3mg/L 주입시 0.005~0.1mg/L에서 100% 제거                                                                                     |
| 디클로로보스                                         | 염소처리: 염소 5mg/L 주입, 60분간 접촉시 0.01mg/L에서 2% 분해                                                                                                                                                                                                                                                |

| 항 목     | 처리방식 및 제거성                                                                                                                                                                                                        |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 디클로로보스  | 분말활성탄: 활성탄 10mg/L 주입, 30분간 접촉시 0.01mg/L의 55% 제거<br>오존처리: 오존 3~4mg/L 주입, 48초~5분간 접촉시 0.01~0.014mg/L에서 100% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거                                                        |
| 페노부카브   | 염소처리: 염소 5mg/L 주입, 60분간 접촉시 0.01mg/L에서 2% 분해<br>분말활성탄: 활성탄 5~30mg/L 주입, 15분간 접촉시 0.1mg/L에서 25~89% 제거<br>오존처리: 오존 4mg/L 주입, 20분간 접촉시 0.014mg/L에서 20% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거              |
| 클로로니트로펜 | 염소처리: 염소 10mg/L 주입, 3일간 접촉시 0.05mg/L 제거<br>분말활성탄: 600일 통수의 활성탄으로 0.09ug/L에서 100% 제거<br>오존처리: 오존 3~4mg/L 주입, 48초~20분간 접촉시 0.01~0.014mg/L에서 20~80% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 0.5~3mg/L 주입시 0.0014~0.1mg/L에서 100% 제거      |
| 이프로벤포스  | 염소처리: 염소 1~50mg/L 주입, 6~24시간 접촉시 0.01~10mg/L에서 0~50% 분해<br>분말활성탄: 활성탄 5~30mg/L 주입, 15분간 접촉시 0.095mg/L에서 39~97% 제거<br>오존처리: 오존 2mg/L 주입, 40분간 접촉시 0.001mg/L에서 80% 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 100% 제거 |
| EPN     | 염소처리: 염소 0.5mg/L 주입, 30분간 접촉시 0.01mg/L에서 EPN 100% 제거<br>오존처리: 오존 3~4mg/L 주입, 48초~5분간 접촉시 0.01~0.014mg/L에서 EPN 56~95% 이상 분해<br>오존+입상활성탄처리: 오존 3mg/L 주입시 0.1mg/L에서 EPN 100% 분해                                      |

주: 폭기처리에는 에어레이션, 에이스트리핑을 포함  
(<표 10.3.12>는 일본수도협회의 수도유지관리지침(2006)에서 인용한 것으로 우리나라에서 적용할 경우 처리 효율이 다를 수 있음)

### ① pH값의 조정

응집제나 액화염소를 사용하면 처리수의 pH값이 저하하여 물의 부식성이 강해지기 때문에 콘크리트제, 모르타르라이닝관을 열화시키거나 철관으로부터는 철이 용출되어 적수의 원인이 되거나 아연도강관, 동관, 연관은 각각 아연, 동, 납을 용출하게 된다.

관 내부 부식조절을 위해서는 pH 목표값을 7.5 정도, 랑게리아지수를 -1 이상 또는 0에 가까워지도록 하고 있다.

이것 때문에 부식성이 적은 물을 생산하기 위해서 pH값 조정을 하는 것이 필요하다.

금속 등에 대한 물의 부식성은 일반적으로 알칼리도가 낮은 물이나 광산, 유기산에 의한 산도를 갖는 물이 강하다.

pH값 조정에 사용하는 알칼리제는 NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 있고, 조정효과는 Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 순이다.

또한, 주입작업성의 용이함으로는 NaOH, 소다회, 소석회의 순이다.

② 침식성 유리탄산의 제거

침식성 유리탄산은 지하수나 정체기의 호소의 저층수를 원수로 한 경우나 액화염소나 응집제를 다량으로 사용한 처리수에서 높아지는 경우가 있다.

침식성 유리탄산을 많이 포함하는 물은 수도시설에 대하여 pH값이 낮은 경우와 같은 장애를 준다.

유리탄산이 많은 경우는 철, 동, 아연, 납 등을 부식시키며 콘크리트구조물 등의 열화를 촉진한다.

유리탄산을 공기폭기에 의해 제거하거나 알칼리처리에 의해 중화하여야 한다(상수도시설기준 5.21.3 침식성유리탄산의 제거 참조).

③ 불소의 제거

수중의 불소는 주로 지질이나 알루미늄 전해공장, 유리용융공장 등의 공장배수에 기인하지만, 온천지대의 지하수나 용수에 많이 포함되고 있는 경우도 있다.

불소의 제거방법으로는 응집침전법, 활성 알루미늄법, 골탄법(骨炭法), 전해법 등이 있다(상수도시설기준 5.21.4 불소의 제거 참조).

④ 색도의 제거

색도란 자연의 원인에 기인하는 것으로서 이탄지나 저습지대를 흐르는 표류수나 토양에 유기물이 풍부한 지역의 지하수 등에 존재하는 부식물질에 의한 착색을 일컫는다.

부식물질의 주된 성분은 분자량이 비교적 큰 휴믹산과 분자량이 휴믹산보다 작아 용해성이 큰 펠빅산이 있고, THM전구물질로서의 역할을 하기 때문에 염소처리 전에 될 수 있는 한 제거하는 것이 바람직하다.

색도 성분을 제거하기 위해서는 응집침전처리, 활성탄처리, 오존처리가 유효하다.

또한, 수도에서는 원수 중에 포함된 철 이온이나 망간 이온이 염소처리에 의해서 산화되거나, 철관으로부터 철이 용존하여 수돗물이 착색되는 경우도 있다(상수도시설기준 5.21.6 색도의 제거 참조).

① 응집침전처리

알루미늄염에서의 응집침전처리에 의한 색도 성분(부식물질)의 제거에 관해서는 응집처리의 pH값을 6전후와 통상처리보다도 낮게 하여 응집을 하면 제거율은 향상된다.

응집에 의한 색도 성분(산)의 제거효과는 똑같지 않고 휴믹산과 펠빅산의 분자량분포나 전하특성에 의해서 제거효율이 달라진다.

② 활성탄처리

(10.3.3 (2) 5) 고도처리 ① 활성탄처리를 참조

③ 오존처리

오존처리는 휴믹산과 펠빅산에 의한 색도의 제거에 유효하다.

탈색에 필요한 오존량은 1.0~3.0mg/L 정도이고, 10~20분 정도의 접촉시간으로 반응은

거의 종료한다.

오존은 염소보다 강한 산화력을 가지며 다환방향족 화합물인 휴믹산의 불포화결합(이중결합)부분을 공격하여 저분자량으로 바꾸어 색도를 제거한다.

원수를 오존처리하는 경우는 망간에 의한 착색이 문제가 되거나 THM생성능(특히 클로로포름)이 증가하거나 오존처리에 의한 부산물을 생성하는 경우가 있으므로 주의한다.

전오존, 중오존처리의 어느 쪽의 경우도 후단에 활성탄처리를 할 필요가 있다.

#### ⑤ THMs의 저감화

THMs의 저감화 및 제거에는 크게 나뉘

- ㉠ THM전구물질의 제거
- ㉡ 염소주입점의 변경
- ㉢ 클로라민처리에 의한 저감화
- ㉣ 생성 THMs의 제거 등 4가지의 방법이 있으며 수질이나 처리시설의 실상에 의거한 처리방법을 선택하여야 한다.

THM전구물질(부식물질: 휴믹산과 펠빅산)은 유리염소와 반응하여 THMs을 생성하는데 이 반응을 할로겐화 반응이라고 한다.

또한, 염소처리에 의해 클로로포름뿐만 아니라 수중에 브롬이온이 존재하면 염소에 의해서 차아브롬산으로 산화되어 브롬화THM이 생성된다.

#### ㉠ THM전구물질의 제거

THM전구물질의 제거방법으로는 전구물질이 현탁성인지 용해성인지에 따라 응집침전, 산화, 흡착, 생물처리 등의 적절한 방법을 선택한다.

##### (ㄱ) 응집침전처리

응집침전은 주로 현탁성 전구물질의 제거에 유효하지만 용해성 전구물질에 대하여 효과는 기대할 수 없다.

##### (ㄴ) 산화처리

산화제(오존, 이산화염소, 과망간산칼륨)에 의해서 전구물질을 화학적으로 변화시켜 THM 생성능을 저감시키는 것은 기대할 수 없다.

특히, 오존처리에서는 THM생성능을 가지지 않는 물질이 오존산화에 의해 생성능을 갖는 중간체로 변화하는 것으로 생각되기 때문에 THM생성능이 감소하는 경우도 있지만 반대로 증가하는 경우도 있다.

##### (ㄷ) 활성탄처리

분말활성탄에 의한 전구물질의 흡착제거에는 입도가 작고 세공용적이 크고 흡착속도가 빠른 활성탄을 사용하여 접촉시간을 충분히 확보하는 것이 필요하다.

입상활성탄의 경우는 분말활성탄에 비하여 흡착속도가 느리기 때문에 충분한 접촉시간을 확보할 수 있는 시설을 응집·침전 후나 모래여과 후에 설치한다.

##### (ㄹ) 이온교환처리

휴믹산은 음이온성의 물질로서 이온교환처리에 의한 제거도 가능하다. 강염기성 및 약염기성 음이온교환수지(예컨대 amberlite IRA-904)가 THM전구물질의 흡착제로서 유효하다.

이러한 방법은 브롬이온이 휴믹산과 동시에 제거된 경우에 한해서 브롬화THM의 생성이 저감된다.

(iv) 생물처리

원수의 생물처리(부착생물막법: 접촉산화법, 회전원판법)는 THM전구물질의 제거를 기대하는 것보다 암모니아성질소, 철, 망간 등의 염소소비물질을 산화함으로써 염소주입량을 감소시켜 결과적으로 THM생성량의 저감화를 할 수 있다.

⑥ 염소처리방법의 변경

THM생성량을 저감하는 염소처리에서는 염소주입점의 변경(중간염소처리), 결합염소처리와 염소 이외의산화제의 사용이 있다.

(1) 중간염소처리

정수장에서는 원수 중의 암모니아성질소나 미생물의 제거, 철, 망간의 산화 제거를 위해 전염소처리를 채용하고 있는 경우가 많다.

이 방법으로서 원수 중의 전구물질이 염소와 접촉하는 반응 시간이 길어지기 때문에 THM생성량이 증가하는 경향이 있다.

응집침전에 의해서 전구물질을 될 수 있는 한 감소시킨 후 여과 전에 염소를 주입하는 중간염소처리를 하든지 또는 전염소처리를 정지한 후 염소처리만으로 하면 저감의 효과가 있다.

(2) 결합간류염소처리

클로라민은 유리염소보다도 살균력은 약하지만 살균제에서는 문제점은 없고, THMs이 거의 생성되지 않기 때문에 효과적인 방법이다.

(3) 오존처리

염소 대체산화제로서의 오존은 살균력은 대단히 강하지만 THMs 저감효과는 크지 않다(전술 1)의 ② 산화처리 참조).

그러나 오존처리에서는 수중의 난분해성유기물을 저분자화하여 생물분해성을 높이고 후단의 활성탄처리로 미생물에 의한 유기물의 분해를 촉진시킬 수 있다.

⑦ 생성THM의 제거

생성THM의 제거방법으로서는 산화, 공기폭기, 흡착처리가 있다.

(1) 산화처리

산화처리에는 오존 등에 의해 약간의 제거효과가 있지만 큰 제거효과는 기대할 수 없다.

(2) 공기폭기

THMs 제거법으로서 공기폭기(에어스트리핑: 탈기), 산기관식 폭기법과 충전탑식 폭기법이 있다.

공기폭기처리에서는 THMs의 종류마다의 존재비, 온도, 수질조건에 따라 제거효율이 다르기 때문에 다른 제어방법(전구물질제거이나 처리방법의 변경 등)과 비교하여 유효성을 확인하여야 한다.

(c) 활성탄처리

㉠ 분말활성탄은 브롬화THM의 제거율이 클로로포름의 제거율보다도 높다.

클로로포름의 제거율이 다른 THMs보다도 낮은 것은 화합물의 피흡착성의 차이뿐만 아니라 잔류염소의 존재하에서는 분말활성탄 표면이 유리염소에 의해 클로로포름을 흡착하기 어렵도록 변화시키기 때문에 분말활성탄 자체가 클로로포름 전구물질로서 작용하게 된다.

분말활성탄을 응집제(특히 고분자응집제는 THM전구물질로서 작용한다)와 잔류염소가 함께 존재하는 물에 주입하는 것은 피해야 한다.

㉡ 고정층식으로는 흡착층하부의 활성탄이 유입수 농도와 평형에 도달할 때까지는 흡착된 물질은 거기에 축적된다.

포화에 도달한 후에는 입상활성탄으로부터의 유출 농도가 증가하기 시작하여 유입 농도를 넘으면 「과과」된다.

흡착층의 계속시간은 공상접촉시간과 흡착층의 깊이에 비례하여 입상활성탄에 있어서도 브롬화THM은 클로로포름보다도 흡착하기 쉽다.

입상활성탄에 의한 THMs의 제거에는 직경이 작은 세공을 많이 가지고 있는 야자계 활성탄이 석탄계활성탄보다도 유리하지만, THM전구물질의 제거에는 석탄계활성탄이 적합하다.

THMs의 제거를 목적으로 하면 입상활성탄의 흡착계속시간은 약 1~2개월 정도로 짧다.

⑥ 트리클로로에틸렌 등의 제거

트리클로로에틸렌 등의 제거방법으로는 공기폭기, 흡착처리, 산화처리가 있다.

㉠ 공기폭기

충전탑식 폭기에 의한 테트라클로로에틸렌의 제거는 기액비가 5~80에서 70~99.8%의 제거율, 산기관식 공기폭기에서는 기액비가 4에서 90% 이상의 제거율을 얻은 예가 있다.

트리클로로에틸렌의 경우에는 기액비가 25에서 97~99%의 제거율을 얻었고, 산기식 폭기에서는 기액비가 30에서 50~60%의 제거율을 얻은 예가 있다.

또한 1,1,1-트리클로로에탄의 경우에는 기액비가 4에서 90%의 제거율을 얻은 예가 있다.

폭기에 의한 휘발성유기물질(THMs 포함)의 제거는 간단하며 처리비용도 저렴하여 효과적인 방법이다.

㉡ 활성탄처리

(1) 분말활성탄흡착처리는 분말활성탄을 취수장의 침사지나 도수관 등에 직접 투입하여 처리하는 방법으로 입상활성탄에 비교하여 흡착속도가 빠르고 특별한 접촉시설이 필요없이

수질이상 발생시에 간헐적으로 사용하는데 적합하다.

- (ㄴ) 입상활성탄 흡착처리는 운전관리가 용이하고 안정된 처리수질을 얻을 수 있고 활성탄의 재생 사용이 가능하지만, 분말활성탄에 비교하여 흡착속도가 느리기 때문에 물과의 접촉 시간을 확보하는 시설이 필요하다.

흡착능은 공존하는 유기물이나 농도에 의해서 변화하기 때문에 활성탄의 종류, 활성탄층의 두께나 여과속도, 처리대상원수를 사용하여 실험에 의해서 처리목표값에 따라서 결정한다.

㉑ 오존처리

오존에 의한 산화처리에서는 반응성은 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄의 순이고, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌은 65~85%가 산화되고, 1,1,1-트리클로로에탄은 거의 산화되지 않는다.

㉒ 음이온계면활성제의 처리

음이온계면활성제의 제거처리를 장기간 실시하는 경우에는 입상활성탄처리, 생물활성탄처리, 생물처리로 하며, 단기간 간헐적으로 처리하는 경우에는 분말활성탄을 사용하는 것이 효과적이다(10.3.3 (2) 5) 고도정수처리 및 상수도시설기준 5.21.9 음이온계면활성제의 제거 참조).

㉓ 맛과 냄새의 제거

맛과 냄새의 제거에는 맛과 냄새의 종류에 따라서 공기폭기, 염소처리, 흡착처리, 오존처리, 생물처리 등에 의한 맛과 냄새물질의 산화·분해·흡착 등의 방법이 있다(10.3.3의 (2) 5) 고도정수처리 및 상수도시설기준 5.21.10 맛과 냄새의 제거 참조).

㉔ 암모니아성질소의 제거

암모니아성질소의 제거에는 생물처리와 파괴점(breakpoint)염소처리가 있다(10.7.5의 3) 생물처리 및 상수도시설기준 5.20.10 암모니아성질소의 제거 참조).

㉕ 질산성질소의 제거

질산성질소의 제거에는 이온교환법, 생물처리, 역삼투막법, 전기투석법이 있다(상수도시설기준 5.21.12 질산성질소의 제거 참조).

㉖ 농약의 제거

농약의 제거방법에는 분말활성탄처리, 응집침전처리, 염소에 의한 산화처리, 공기폭기가 있다.

㉗ 분말활성탄처리

분말활성탄에 의한 제거는 농약의 물에 대한 용해도의 차이에 의해서, 활성탄에의 흡착성에 차는 있지만 대부분의 농약은 제거된다.

살충제의 다이아지논, 페니트로티온, 파라티온과 제초제의 시마진 등은 분말활성탄에 의한 제거에 관한 검토보고에서 분말활성탄 5mg/L, 접촉시간 10분으로 제거율은 살균제 티우람이 80%, 그 이외는 20~70%이었다.

접촉시간 30분의 경우는 제거율 70~100%로 양호한 결과가 보고되어 있고, 처리상의 목표로서 농약 농도가 수질기준값·감시항목지침값·잠정수질목표값의 대체 10배 정도이면 활성

탄 주입률 30mg/L, 접촉시간 30분으로 제거가 가능하다.

다이아지논, 페니트로티온 등의 유기인계 농약의 염소처리에 의한 부산물인 산화체도 활성탄에 의해 흡착제거가 가능하다고 말하는 보고도 있다.

흡착처리의 경우 원수 중에 공존하는 용해성 물질이 농약과 경합적으로 활성탄에 흡착되어 농약의 흡착을 저해하는 경우가 있어 원수수질이나 농약의 종류를 충분히 고려하여 분말활성탄 주입률이나 접촉시간 등에 관해서 검토해 볼 필요가 있다.

①② 응집침전처리

응집침전처리에서는 주로 현탁물질에 흡착한 농약이 제거된다.

유기인계 농약의 페니트로티온, 클로로피리포스, 다이아지논, 이프로벤포스 및 부산물인 클로르피리포손, 다이아조크손의 응집침전처리에 의한 제거는 기대할 수 없다.

유입 농도에도 의하지만 응집처리에서 농약류의 최대제거율은 40% 정도이고, 응집처리만으로는 대처할 수 없다.

①③ 산화처리

염소 또는 오존에 의한 산화처리에서는 산화되기 어려운 농약도 있지만, 염소처리에서는 농약의 염소치환반응이 일어나고, 오존처리에서 2중 결합의 파괴와 산화반응이 일어나 원래의 화합물과 다른 분해생성물이 생성된다.

이러한 처리에 의한 분해생성물은 종래의 화합물의 독성이 줄어들고 있는 경우도 있지만, 반대로 독성이 강하게 되는 경우도 있는 것으로 충분히 주의해야 한다.

카바메이트계 농약인 티오벤카브는 염소와 반응하여 클로로벤즈알데히드, 클로르톨루엔 등을 생성한다. 또한 카바메이트계 이소푸로티오란이나 트리아진계의 시메트린은 염소에 의한 분해가 확인되어 있지만 시마진, 페노부카브 및 CNP, NIP는 분해되기 어렵다고 보고되어 있다.

한편, 오존에 의한 카바메이트계 NAC, 티오벤카브, 이소푸로티오란, 디니트로아닐린계펜타메타린은 분해되지만, 페노부카브, MTMC, MIPC, PHC 및 트리아진계 시마진, 디페닐에틸계 CNP, 클로로메트키시닐은 분해되지 않은 것이 확인되었다.

①④ 유류의 제거

취수원이나 그 유역으로 기름오염사고가 일어난 경우 오일펜스나 오일매트를 쓰더라도 수중에 현탁한 기름의 미립자의 혼입을 방지하기가 어렵다.

이러한 경우 분말활성탄의 주입에 의한 냄새의 제거처리가 필요하다.

냄새의 정도는 기름의 양뿐만 아니라 종류에 의해서 다르기 때문에 정수처리에 영향을 미치는 기름오염사고가 발생한 경우 원칙적으로 실제 냄새가 발생된 하천수를 사용한 탈취시험으로 적정한 활성탄주입량을 결정한다.

기름오염사고의 대응에 관해서는 10.2.11 (2) 3) ③ ④ a 기름의 유입을 참조한다.

오존처리에 의해서도 유분의 어느 정도 분해는 가능하고 100TON 정도까지라면 오존처리로 대처할 수 있었다는 보고도 있지만, 정수공정에서의 유분 및 냄새의 혼입은 취수정지 등의 조치를

하여야 하며 혼입한 경우에는 처리가 어렵게 된다.

### 7) 배출수의 관리

정수처리과정에서 발생한 침전지의 슬러지는 배출수 처리시설에서 처리된 후 처리수는 정수장 밖으로 배출하고, 여과지 역세척수는 배출수 침전지에서 침전시킨 후 상징수는 착수정으로 반송한다.

#### ① 배출수의 관리

정수장 밖으로의 배출수 처리시설에는 응집·침전·여과·탈수시설을 갖추어야 하며, 수질환경보전법에 의해 규제되고 있다.

또한, 배출수 처리시설에서의 배출수에 관해서도 정기적으로 수질시험을 하여 배출수 수질을 파악하여 놓은 것이 필요하다.

#### ② 역세척 회수수(반송수)의 정수처리에의 영향

원수로 반송하는 경우는 정수처리공정으로 반송수의 부하를 최소화하도록 하여야 한다. 반송수의 수질은 원수수질보다 좋은 경우에는 회수하며 그렇지 않은 경우는 방류한다. 따라서 주기적으로 반송수의 수질을 충분히 파악하여 적절하게 정수처리를 실시한다.

일반적으로는 다음과 같은 경향이 있다.

㉑ 배출수 처리시설 운전시와 비운전시에 반송수 수질은 다르다.

㉒ 유기물이 많은 원수를 처리하고 있으면 슬러지 중의 유기물 농도가 높아져 농축조 내가 혐기상태가 되어 철, 망간의 용출이나 BOD 또는 암모니아성 질소 농도의 증가도 일어나기 쉽다.

㉓ 탈수의 전처리로 산을 사용하는 경우는 금속의 용출이 많아진다.

㉔ 원수 중에 시네트라 등의 여과장애 규조류가 다량 발생한 경우 배수처리시설 내에서 농축된 조류가 반송수와 동시에 다량으로 원수에 반송되기 때문에 주의할 필요가 있다.

㉕ 여과지 역세척수를 착수정으로 반송할 때는 취수원 수질검사와 정수처리 공정관리를 위한 수질검사항목에 대하여 주기적으로 수질검사를 실시하여야 하며 수질은 원수보다 좋을 때만 반송한다(상수도시설기준 5.2 배출수 및 슬러지처리 시설 참조). 또한 「일본후생성:수도에서의 크립토스פור리디움 잠정대책지침」에서는 수도의 원수수질에 급격한 변화가 생기지 않도록 반송에 관련하여 운전·관리에 유의함과 동시에 가능한 한 배수지 등에 탁질의 저감기능을 갖게 하도록 하여야 한다.

#### (3) 수처리제의 품질관리

상수도용에 대한 수처리제의 품질 규격은 한국산업표준규격(KS규격)과 한국수도협회의 KWWA 단체규격 및 환경부 고시 제2004-95호의 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준에서 정한 규격이 있으며 정수처리시 사용할 수 있는 약품으로는 응집제, 응집보조제, pH 조정제 및 소독제 등이 있다.

다음 표는 이러한 여러 종류의 수처리제에서 환경부가 고시한 응집제에 포함된 유해물질의 함량은 <표 10.3.13>과 같다.

또한 수처리제는 한국산업표준규격(KS규격)이 아닌 환경부 고시에 의한 규격을 통상적으로 적용

하므로 구입할 때마다 납품된 수처리제에 대하여 품질검사를 공인검사기관에 의뢰하여 품질에 대한 적합 여부를 결정한 후 사용해야 한다.

<표 10.3.13> 응집제의 규격 중 유해물질 함량

(단위: mg/kg)

| 규격 | 환경부 고시 제2004-95호 고시규격 |        |        |        |        |
|----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
|    | Hib-PACS              | PACS   | PASS   | LAS    | PAC    |
| As | 5.0 이하                | 5 이하   | 5 이하   | 10 이하  | 5 이하   |
| Mn | 25 이하                 | 25 이하  | —      | 25 이하  | 25 이하  |
| Cd | 2.0 이하                | 2.0 이하 | 1.0 이하 | 2 이하   | 2 이하   |
| Pb | 10 이하                 | 10 이하  | 5 이하   | 10 이하  | 10 이하  |
| Hg | 0.2 이하                | 0.2 이하 | 0.2 이하 | 0.2 이하 | 0.2 이하 |
| Cr | 10 이하                 | 10 이하  | 10 이하  | 10 이하  | 10 이하  |
| Fe | 0.01%                 | 0.01%  | 0.3%   | 0.3%   | 0.01%  |

pH 조정제로는 소석회, 액체가성소다, 황산 및 이산화탄소 등이 사용되고 있으며 환경부 고시 수처리제에서 pH 조정제와 소독제의 유해물질 함량 규격은 <표 10.3.14>와 같다.

<표 10.3.14> 환경부고시 수처리용 pH 조정제와 소독제 규격 중 유해물질 함량

(단위: mg/kg)

| 종류 | 수산화칼슘  | 황산     | 수산화나트륨 | 차아염소산나트륨 |
|----|--------|--------|--------|----------|
| As | 5 이하   | 10 이하  | 2 이하   | 1 이하     |
| Pb | 20 이하  | 10 이하  | 10 이하  | 1 이하     |
| Cr | 50 이하  | 10 이하  | 5      | 2 이하     |
| Cd | 5 이하   | 2 이하   | 2      | 1 이하     |
| Hg | 0.2 이하 | 0.4 이하 | 0.2    | 0.2 이하   |

#### (4) 수처리제의 과다 사용

정수처리 과정에서 발생하는 문제점중의 하나는 응집제의 과다 투여이다.

응집제의 과다투여는 슬러지 발생량을 증가시키고 알칼리도가 낮은 원수에서 pH를 강하시킴으로써 배·급수관의 부식을 초래한다.

정수처리에서 염소는 일반적으로 조류가 발생하는 시기에 실시하는 전염소처리와 처리수의 소독을 위한 후염소처리에 사용된다.

전염소처리는 조류의 성장억제 및 맛과 냄새의 제거, 하수 및 분뇨에 기인한 맛과 냄새의 제거 및

유입수 중의 산화 가능한 물질을 산화시켜 침전특성을 증진시키는 등의 목적으로 사용된다.

후염소처리는 정수처리수에 존재하는 병원성 미생물, 일반세균 및 대장균 등을 불활성화시키고 배·급수관에서 발생하는 미생물학적 오염을 방지하기 위해 사용된다.

염소처리에서 염소를 과량 투입하거나 조절을 잘못하였을 경우에는 물에 존재하는 미량 유기물질과 반응하여 THMs를 포함하는 여러 가지 소독부산물을 생성시키고 물의 pH를 강하 및 과도한 염소이온의 농도를 증가시킴으로써 관의 부식을 가속화시키고 관말에서 염소냄새를 유발하여 소비자들의 불만 원인이 되기도 한다.

## (5) 송·배수의 수질관리

### 1) 일반사항

송·배수의 수질관리는 항상 위생적이고 안전하며 또한 청정하게 만들어진 정수의 수질을 배수관의 말단까지 양호하게 유지하는 것이다.

수도법은 수도꼭지에서 먹는물의 유리잔류염소를 위생상의 조치로서 0.1mg/L 이상(결합잔류염소 0.4mg/L 이상) 유지해야 한다고 하고 있다(2007년 7월 시행).

따라서 송·배수의 수질을 관리하기 위해서 수원의 종류, 정수장, 송·배수시스템마다 시설의 구조, 배관의 상황이나 시스템 내에서의 수질변화를 고려하여 가장 효과적인 장소를 선정하여 수질검사를 정기적으로 하는 것이 바람직하다.

송수관, 배수지 입구, 출구, 배수관에 잔류염소, pH값, 전기전도도 등의 자동수질측정기를 설치하여 연속감시를 하는 것도 매우 유효한 방법이다.

이 밖에 다른 수도공급사업자로부터 정수를 공급받는 경우에는 수도물로서의 수질을 확인하는 것이 필요하기 때문에 시료를 채취할 수 있는 장치를 설치하여 수질검사를 정기적으로 하는 것이 바람직하다.

송·배수의 수질오염에는 송·배수시설에서의 오수와 이물 등의 혼입에 의한 오염, 송·배수시설과의 접촉이나 체류 등에 의한 정수의 수질변화, 정수에 기인하여 발생하는 수질 장애 등이 있다.

이 때문에 항상 수질이상의 원인을 가능한 한 없애도록 노력하는 것이 바람직하다.

수질조사는 수질의 이상이 생긴 구역을 밝힘과 동시에 신속하게 원인을 구명하여 적절한 개선의 조치를 하여야 한다.

### 2) 송수

송수시설은 정수를 배수지까지 보내는 시설로 통상은 단일 관로가 대부분이며 수질관리도 용이하지만 오수, 이물 등의 혼입에 의한 오염이나 관의 부식에 의한 적수 등이 발생하면 배수구역의 전역에 영향을 미치기 때문에 평상의 유지관리에 있어서도 이상의 원인이 되는 것은 배제하도록 노력하는 것이 필요하다.

송수의 수질관리는 다음 항 10.8.3 배수에 준한다.

### 3) 배수

배수의 수질은 배수지 내에 물의 정체 장소가 되거나 배수지 용량이 계획배수량보다 커서 배수지

내에서의 체류시간이 길게 되는 경우나 배수관의 말단 등 물이 정체하기 쉬운 장소에서 변화한다.

따라서 배수의 수질관리는 항상 배수지 입구, 출구, 배수관의 도중·말단의 적절한 장소에서 수질 조사를 시행하여 배수구역의 수질의 상황을 파악해 두는 것이 바람직하다.

① 시설 내에서의 수질변화

송·배수시설 내에서 수질변화의 원인은 정수의 pH, 잔류염소농도, 유리탄산, 수온 등의 화학·물리적인 상태, 시설의 구조나 배관 내에서의 체류, 유속, 유향의 변동 및 시설 재질의 특성 등에 의한다.

수질기준항목이나 감시항목의 중에서 농도가 배수시스템에서 변화할 가능성이 있는 항목은 다음과 같다.

㉠ 배수시스템에서 변화할 가능성이 있는 항목

THMs, 클로로포름, 과망간산칼륨소량, 철, 망간, pH값, 냄새, 맛, 색도, 탁도(수질기준항목), 잔류염소농도, HAA<sub>5</sub>, 클로랄하이드레이트(CH)

㉡ 배수 시스템 자체가 그 발생원이 되는 항목

납, 철, 아연

(ㄱ) 관로에 의한 문제

배수관 내에서 장시간 정체하면 잔류염소가 감소하는 등의 장애가 일어나 잔류염소의 관리가 어렵게 되거나 모르타르라이닝관에서의 알칼리 용출이나 관 재료로부터의 금속 용출이 있다.

따라서 정수가 관내에서 정체하지 않도록 하는 것이 필요하고 정체하는 장소에서는 정체수를 정기적으로 배수하지 않으면 안 된다.

배수관을 부설 후 충수하여 장기간 운영하지 않았던 관을 사용할 때는 관내 물의 수질이 열화되어 있기 때문에 배수 후 충분한 관 세척을 하지 않으면 안 된다.

또한, 배수구역의 광역화는 배수지 인근과 관말에서의 잔류염소농도의 차이가 커져 잔류염소농도 관리가 어렵게 된다.

낮은 농도에서의 균일한 잔류염소 관리를 위해서는 배수구역의 블록화, 배수지에서의 염소의 추가 주입이나 배수구역 도중의 염소의 추가주입이 유효하다.

(ㄴ) 배수조정

배수조정을 위해 배수구역의 변경을 한 경우 관내의 유속, 유향이 변하고 관의 부착물 등이 흘러나가 급수전수가 흐려지는 경우가 있다.

이 밖에 수원이 여러 계통으로 취수 비율을 변경하였을 때는 냄새 등이 민원의 원인이 되는 적이 있기 때문에 주의한다.

(ㄷ) 염소소독부산물

염소와 수돗물 중의 유기물의 반응에 의해서 생성된 THMs, CH 등의 염소소독부산물은 잔류염소농도, pH값, 수온이나 접촉시간 등에 영향을 받기 때문에 배수시설에서의 체류시간을 짧게 하고 동시에 잔류염소농도를 낮게 관리하는 것이 바람직하다.

(ㄹ) 잔류염소 관리

배수관 내의 잔류염소농도는 수온, 체류시간 등에 의해 감소량이 변한다.

수온이 낮은 겨울철에는 감소가 적지만, 여름철에는 커지는 등 계절에 의해 감소량이 다르기 때문에 관말에서의 잔류염소농도를 항상 감시하고 적절한 염소주입관리를 하는 것이 필요하다.

배수지의 잔류염소농도가 거의 일정하게 유지되고 있음에도 불구하고 배수계통 내의 어떤 지역에서 잔류염소농도가 대폭 감소하거나 소멸하는 경우는 이 구역 내에서 교차연결(크로스커넥션)이나 물의 정체 등이 생기고 있다고 생각할 수 있다.

또한, 유리잔류염소를 포함하는 물과 결합잔류염소를 포함하는 다른 계통의 물이 혼합하면 잔류염소농도가 감소 또는 소실하기 때문에 혼합은 피해야 한다.

(ㄷ) 부식방지

급수전수에서 착색현상(적수 등)은 사용자에게 불편과 불쾌감을 주는 동시에 관 등의 내부를 손상한다. 이것은 물의 부식성이 강하기 때문이다.

부식성이 적은 물로 만들기 위해서 pH값, 랑계리아지수 등을 지표로 하여 소석회 등 알칼리제의 첨가에 의한 pH값을 조정(pH 목표값은 7.5 정도, 랑계리아지수 -1 이상으로 하여 0에 근접)하여 수질의 개선을 도모하는 것이 바람직하다(10.3.3의 (2) 6) ① pH값의 조정 및 상수도시설기준 5.21.2 pH 조정 참조).

(ㄴ) 맛과 냄새

신설한 배수지나 방수공사 등 배수지를 보수하였을 때에 양생이나 세척이 불충분하면, 콘크리트제나 에폭시도료의 용제에 의한 맛과 냄새가 정수에 유입되는 경우가 있기 때문에 주의하지 않으면 안 된다.

② 배수관에 의한 장애

㉠ 적수(녹물 발생)

적수의 주된 원인은 배수관 내면이 부식하여 생긴 철 녹이 유출하여 일어난다.

적수의 원인을 크게 나누어 보면 화학적 원인과 물리적 원인에 나누어진다.

화학적 원인으로는 정수가 갖는 용존산소, 유리탄산, 황산이온, 염소이온, 질산성질소 등의 물질의 영향이 있다.

또한, 경도가 높으면 부식을 억제하지만 우리나라의 수돗물은 통상 연수이므로 일반적으로 강부식성을 가지고 있다.

물리적 원인에는 수온, 물과의 접촉시간, 관내의 유향·유속 등이 있다.

적수는 여러 가지의 원인으로 일어나지만 pH값과 랑계리아지수가 낮고 물의 부식성이 높은 경우, 배수관이 위로 향해 있어 체류시간이 긴 경우, 배수관이 노후화하여 관내의 유향·유속의 변동 때문에 축적한 철 녹이 일시적으로 유출되는 경우 등 적수의 발생이 많다.

따라서 그 방지는 정수의 pH값 조정, 관내에서 정체가 일어나지 않도록 배관, 정체수의 정기적인 배수, 노후관의 교체 또는 라이닝 등이 필요하다(10.3.3의 (2) 6) ① pH값의 조정

및 상수도시설기준 5.21.2 pH 조정 참고).

② 높은 pH

높은 pH값의 원인으로는 모르타르라이닝관 등으로부터 알칼리분의 용출로 인한 것으로 생각된다.

모르타르라이닝관 등의 관내에는 정수가 장시간 정체하지 않도록 배관하는 것이 필요하다.

특히, 위로 향한 관 등은 정기적으로 정체수를 배출하여 관내의 물을 교체하는 것이 바람직하다.

③ 내면도장제 등의 박리

박리는 여러 가지의 원인이 얽혀 일어나지만 문제는 박리된 도장이 관내에 축적되어 유속·유량의 변동으로 배수관에서 유출되어 스트레이너에 걸려 출수불량을 일으키거나 이물로서 급수전수에 나가는 것이다.

이물로서는 내면도장제(seal coat, 에폭시수지 등), 고무 패킹, 몰탈 등의 송·배수시설 내에서 사용되는 도장제의 박리물이다.

이와 같이 내면도장관을 오랫동안 사용하면 박리가 일어나는 경우가 있기 때문에 그 상황조사를 하고 수중에 밀봉제 등의 내면도장제가 필요할 때는 정기적으로 소화전, 배수관 등으로 배출하지 않으면 안 된다.

④ 맛과 냄새

새롭게 배수관을 포설하거나 보수에 의해 배수관을 교환하였을 경우 등에 관세척이 불충분하면 내면도장, 합성수지관 등의 재질이나 접합제로부터 맛과 냄새가 정수에 추가되는 경우가 있기 때문에 조심한다.

⑤ 정수처리에 기인하는 수질문제

정수처리에 기인하는 장애는 응집제, 염소나 알칼리제 등 정수약품의 부적절한 주입에 의해 일어나는 장애와 통상의 정수처리에서는 제거할 수 없는 물질이 혼입한 원수에 의해 일어나는 장애가 있는데 주된 장애의 예는 현탁물질과 망간이다.

정수약품의 부적절한 주입을 방지하기 위해서는 정수장에서의 수질관리와 주입설비의 유지관리가 중요하다.

① 현탁물질

정수의 혼탁도가 얼마 안 되더라도 장기간 지속되면 배수관의 내면에 점차 축적되어 배수수량조정이나 소화전의 방수에 의해서 관내의 유속이나 유량이 변하게 되고 축적된 탁질 성분이 한 번에 흘러나가 탁수 장애를 일으키는 경우가 있다.

또한, 응집제의 과잉주입에 의해 응집체가 누출되어 배수시설 내에 탁도가 생기거나 후에 알칼리제와 소석회 주입을 하는 경우 주입방법에 의해서 남은 성분이 배수지에서 축적이나 누출에 의해 탁수장애를 일으키는 경우가 있다.

탁수 장애가 일어났을 때는 원인을 찾아내어 탁수 배수 등의 대책을 강구하여야 한다.

② 망간

망간은 원수 중에 포함되고 있는 것이 대부분이고, 급속여과 후에 염소처리를 하는 정수처리에서는 기본적으로 제거하는 것은 불가능하다. 완속여과방식의 정수처리라도 원수 중의 망간이 많아지면 여과수로 유출하기도 한다.

정수 중의 망간이 0.05mg/L 정도이더라도 염소에 의해 산화되어 생긴 망간산화물이 배수관의 내면 자체에 축적하여 배수조정이나 사용수량의 변화 등으로 관내의 유속이나 유향이 변화하면서 그것이 한 번에 유출하여 흑수 장애가 일어나기도 한다.

그 때문에 정기적으로 배수관의 조사를 하여 필요가 있으면 관 세척을 한다.

망간의 산화물만의 경우는 흑색을 보이지만 철분을 포함하면 흑갈색 또는 다갈색을 보이기도 한다.

수질기준으로서는 망간이 0.3mg/L 이하인 것이라고 정하고 있지만 실질적으로는 0.01mg/L 이하로 처리되어야 한다.

#### ④ 외부로부터의 오염방지

송·배수의 오염은 지하수나 오수의 시설 내로의 유입, 배수지 통풍설비 등으로 부터의 곤충 등의 생물의 침입, 공업용수관 등 용도가 다른 관과 수도관과의 오접, 배수지의 보수작업이나 배수관 공사의 종료시에 하는 세척 및 소독의 부족 등에 의해 일어난다.

오염을 확인한 경우에는 빠르게 원인을 추궁하여 신속 적절한 처리를 하지 않으면 안 되는데, 평소 유지관리작업 때에도 오염의 원인이 되는 것을 될 수 있는 한 배제하도록 노력할 필요가 있다.

다음에 각각의 오염방지에 관해서 말한다.

- ㉠ 배수지의 환기장치의 방충망으로부터의 곤충 등의 침입을 막는 대책을 강구하여 정기적으로 점검을 하는 것
- ㉡ 배수지 등 콘크리트구조물이나 배수관의 누수 개소에서의 오수의 유입을 방지하기 위해서, 각 시설의 순시점검을 엄중히 하여 오염의 발견과 그것에 대하여 신속 적절한 처치를 하는 것
- ㉢ 배수지에 보수작업 등으로 사람이 들어가는 장소는 오염방지에 충분한 배려를 하는 것
- ㉣ 배수관인 어떤 포설 공사의 종료시에도 관의 세척 및 소독을 하는 것
- ㉤ 용도가 다른 관과 수도관과의 오접을 방지하기 위해서 관 포설 후 수질검사를 하여 수돗물인 것을 확인하는 것
- ㉥ 오염방지를 위해 공사관계자의 위생교육을 철저히 시키는 것

#### (6) 급수의 수질관리

##### 1) 일반사항

수돗물의 수질은 수도법에 의해서 수질기준에 적합하고 또한 위생상의 관점에서 잔류염소를 필요량 유지하도록 정하고 있다. 이 경우 관말 등 물이 정체하기 쉬운 장소에서도 수질을 양호하게 유지하도록 배려하지 않으면 안 된다. 따라서 수돗물이 수질기준에 적합한지 어떤지 판단할 수 있는 장

소를 선정하여 정기적으로 수질검사를 할 필요가 있다.

수질은 정수장에서 보내는 정수에 문제가 없더라도 급수전수에 여러 가지의 수질 장애가 일어나는 경우가 있다. 이러한 경우 빠르게 원인을 구명하여 개선하지 않으면 안 된다.

수돗물의 사용자로부터의 통보에 의해 수질 장애가 발견된 경우도 같은 조치를 강구하지 않으면 안 된다.

## 2) 급수장치의 적절한 사용과 직결급수

급수장치는 수도시설과 달리 수요자 개인의 재산으로 그 관리는 수요자에게 맡겨져 있지만 공급수의 수량·수압·수질 확보에 관해서는 수도사업자의 책임이라고 할 수 있다.

따라서 수도사업자는 공급수의 수질을 유지할 수 있도록 급수장치의 재질은 개정 수도법에 근거하는 급수장치의 구성·재질기준에 적합하여 수질에 영향을 주지 않은 것을 선정하고, 배관에 있어서는 적절하고도 정성스러운 시공을 하는 등 대책을 강구하지 않으면 안 된다.

그러나 사용방법이 적절하지 않거나 수요자가 급수장치에 부적절한 기구를 부착하거나 개조하면 수질의 안전을 확보할 수 없다.

따라서 수요자에게 급수장치의 적절한 사용이나 유지관리에 관해 계몽, 지도하는 것이 바람직하다.

또한, 3층 이상 건물의 직결급수는 저수조 이후의 수질 보전과 더불어 급수 서비스의 향상을 목적으로 실시하고 있는데, 이 급수방식의 실시에서는 사전에 수압·유량 조사 등을 시행하여, 가압급수 펌프를 설치하지 않으면 안 되는 경우는 펌프의 재질이나 접합부의 부식 등에 주의할 필요가 있다.

수도자체·제품의 위생안전기준에 대한 법규가 마련되어 2009년 6월 30일까지 유해물질 용출우려가 있는 급수관, 수도꼭지 등 수도용 자재 및 제품은 44개 항목에 대한 위생안전기준을 준수토록 예고되었다.

## 3) 저수조 이하의 관리

수도사업자가 공급하는 수돗물이 양질이더라도 저수조 이후의 시설의 유지관리가 불충분할 때에는 수질이 악화되는 경우가 있다.

이것 때문에 수도법 제21조 동법 시행령 제24조 위생상의 조치를 하여야 할 건축물 또는 시설에 대해서는 법의 규제를 받아 시설의 소유자 또는 관리자가 책임을 가지고 관리기준에 따라서 유지관리를 하여야 한다.

또한 위의 법령에 적용되지 않는 시설에 대하여도 법 제정의 취지에 의거하여 지방자치단체 등의 상황에 따라서 같은 관리를 실시하는 것이 바람직하다.

### ① 관리의 기준

- ① 저수조는 사람이나 가축이 함부로 접근하지 못하도록 울타리, 자물쇠장치를 한다.
- ② 저수조의 점검 등에 따라 유해물, 오수 등에 의한 물의 오염방지를 위한 조치를 강구한다.
- ③ 수도꼭지에서 물의 색깔·흐림·냄새·맛, 기타 상태에 이상이 인지될 때는 필요한 수질검사를 수도사업자에게 요구한다.
- ④ 공급수가 사람의 건강을 해칠 우려가 있는 것을 알았을 때는 바로 급수를 정지하여 그 취지

를 이용자 등에게 주지시키는 조치를 강구한다.

② 기록의 보존

앞서 기술한 관리에 관한 기록부를 준비하여 기록·저장한다.

③ 관리

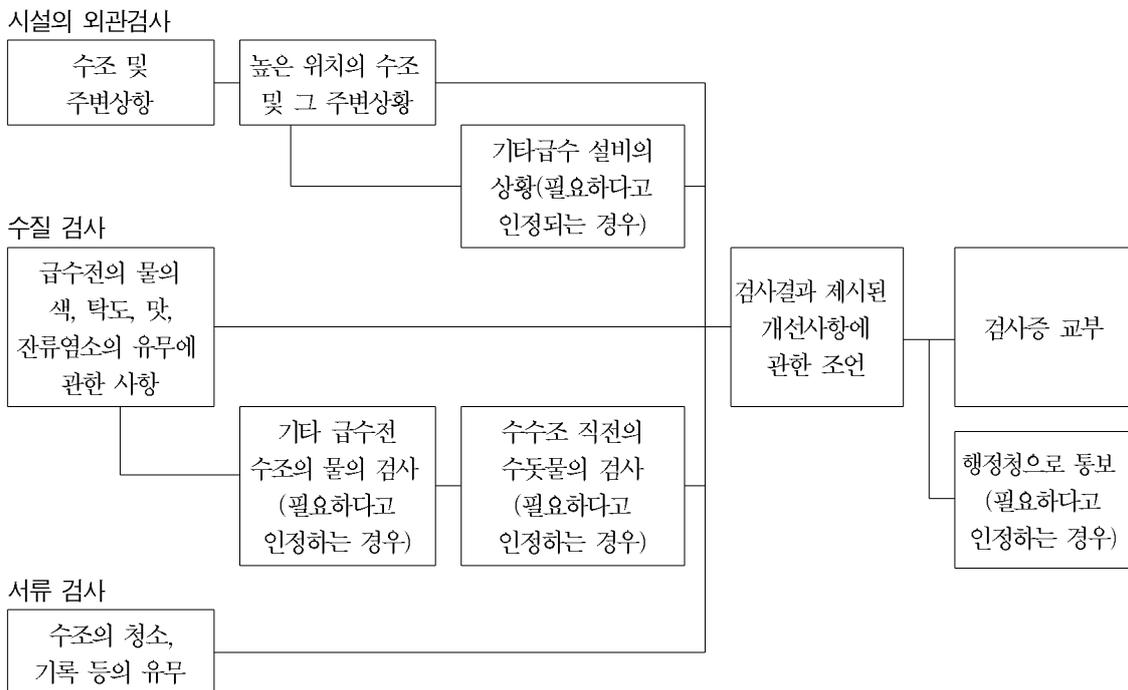
저수조의 소유자는 그것을 관리할 의무가 있고 소유자 스스로가 관리를 하지 않은 경우에는 실제 관리 담당하는 사람을 명확히 하여 수조의 청소 등의 관리는 법이 정한 바에 따라 실시하는 것으로 한다.

- ① 건축연면적 6만<sup>2</sup>(학교는 8,000<sup>2</sup>) 이상의 다중이용건축물 및 건축연면적 5천<sup>2</sup> 이상의 공공시설의 옥내급수관에 상태검사: 준공 후 5년 경과 후 1년 주기로 실시
- ② 아파트의 저수조의 수질검사: 1년에 1회 이상
- ③ 아파트의 저수조의 청소: 6월마다 1회 이상

④ 점검

저수조의 설치자는 매월 1회 정기적으로 <표 10.3.16>에 따라 검사를 실시하여야 하며, 다음은 표준적인 검사체계를 <그림 10.3.8>에 나타내었다.

기타 저수조의 위생상 필요한 조치에 관한 사항은 수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙 환경부령 제209호 2006년 6월 29일을 참조한다.



<그림 10.3.8> 표준적인 검사 절차서

<표 10.3.15> 저수조 위생점검기준(규칙 제6조 제1항 관련)

|          |                            |
|----------|----------------------------|
| 건축물의 명칭  |                            |
| 소유자(관리자) |                            |
| 설치장소     |                            |
| 건축물의 용도  | 공동주택·사무실·상가·학교·공장·병원·여관·기타 |
| 위생점검실시일  |                            |

| 조사사항 |             | 점검기준                                                   | 적부<br>(○·×) |
|------|-------------|--------------------------------------------------------|-------------|
| 1    | 저수조 주위의 상태  | 청결하며 쓰레기·오물 등이 놓여 있지 않을 것                              |             |
|      |             | 저수조 주위에 고인 물·용수 등이 없을 것                                |             |
| 2    | 저수조 본체의 상태  | 균열 또는 누수되는 부분이 없을 것                                    |             |
|      |             | 출입구나 접합부의 틈으로 빗물 등이 들어가지 아니할 것                         |             |
|      |             | 유출관·배수관 등의 접합부분은 고정되고 방수·밀폐되어 있을 것                     |             |
| 3    | 저수조 윗부분의 상태 | 저수조의 윗부분에는 물을 오염시킬 우려가 있는 설비나 기기 등이 놓여 있지 아니할 것        |             |
|      |             | 저수조의 상부는 물이 고이지 아니하여야 하고 먼지 등의 위생에 유해한 것이 쌓이지 아니할 것    |             |
| 4    | 저수조안의 상태    | 오물, 붉은 녹 등의 침식물, 저수조 내벽 및 내부구조물의 오염 또는 도장의 떨어짐 등이 없을 것 |             |
|      |             | 수중 및 수면에 부유물질이 없을 것                                    |             |
|      |             | 외벽도장이 벗겨져 빛이 투과하는 상태로 되어 있지 아니할 것                      |             |
| 5    | 맨홀의 상태      | 뚜껑을 통하여 먼지 기타 위생에 유해한 부유물질이 들어갈 수 없는 구조일 것             |             |
|      |             | 점검을 하는 자 외의 자가 용이하게 개폐할 수 없도록 잠금장치가 안전할 것              |             |
| 6    | 월류관·통기관의 상태 | 관의 끝부분으로부터 먼지 기타 위생에 유해한 물질이 들어갈 수 없을 것                |             |
| 7    | 냄새          | 물에 불쾌한 냄새가 나지 아니할 것                                    |             |
| 8    | 맛           | 물이 이상한 맛이 인지되지 아니할 것                                   |             |
| 9    | 색도          | 물에 이상한 색이 나타나지 아니할 것                                   |             |
| 10   | 탁도          | 물이 이상한 탁함이 나타나지 아니할 것                                  |             |

#### 4) 수질 장애와 대응 조치

배·급수관은 상시 가압 송수되기 때문에 통상의 경우, 배·급수 도중에서의 수질오염의 우려는 없다. 그러나 급수전수는 다음과 같은 것이 원인으로 수질 장애가 일어나는 경우가 있다.

- ① 급수장치의 재질이나 도료의 용출
- ② 공사 등에 따른 유속·유향 등의 변화에 의한 관내부착물의 박리·유출
- ③ 단수공사 등으로 인해 부압이 된 관내에의 오수나 이물의 혼입
- ④ 수도관과 다른 수도관과의 교차연결(크로스커넥션)에 의한 수돗물 이외의 물의 혼입

이러한 경우는 빠르게 원인을 구명하여 개선의 조치를 강구하지 않으면 안 된다. 또한, 수도의 배수관에 직결하는 급수장치의 사용자로부터 수질에 관한 진정으로 수질검사의 청구가 있는 경우는 신속하고 또한 적절히 실시하지 않으면 안 된다.

수질검사의 청구가 있었을 때의 대응의 한 예를 <그림 10.3.9>에 나타내었다. 급수전수의 수질 장애에는 다음과 같은 것이 있지만 이것들의 사례 등을 참고로 하여 평상의 유지관리라도 수질 장애의 원인이 되는 것은 가능한 한 배제하도록 노력한다.

##### ① 착색

아연도금 철관이나 동관을 급수관에 사용하고 있으면 관 재료의 금속이 녹기 시작하여 물에 색깔을 띠게 하거나 용기에 색깔을 띠게 하기도 한다. 이러한 종류의 장애를 방지하기 위해서는 급수관을 내식성이 있는 다른 관종으로 변경하거나, 정체수를 정기적으로 배수하는 등의 조치가 필요하다(10.3.3의 (5) 3) 배수 참조).

##### ② 적수

아연도금 철관으로부터 아연의 용출이 진행되어 철관의 끝면이 노출된 경우나 수돗물의 체류시간이 길어지면 녹이 생겨 유속·유향의 변화에 의해 관내에 축적되어 있는 녹이 일시적으로 유출되어 적수가 발생한다. 이외에 염화비닐라이닝 철관 포설시 시공에 문제가 있을 때에도 일어난다.

기타, 철세균이 관내에서 번식한 경우도 적수의 원인이 된다(아래의 ⑤ 생물 ⑥ 철박테리아 참조).

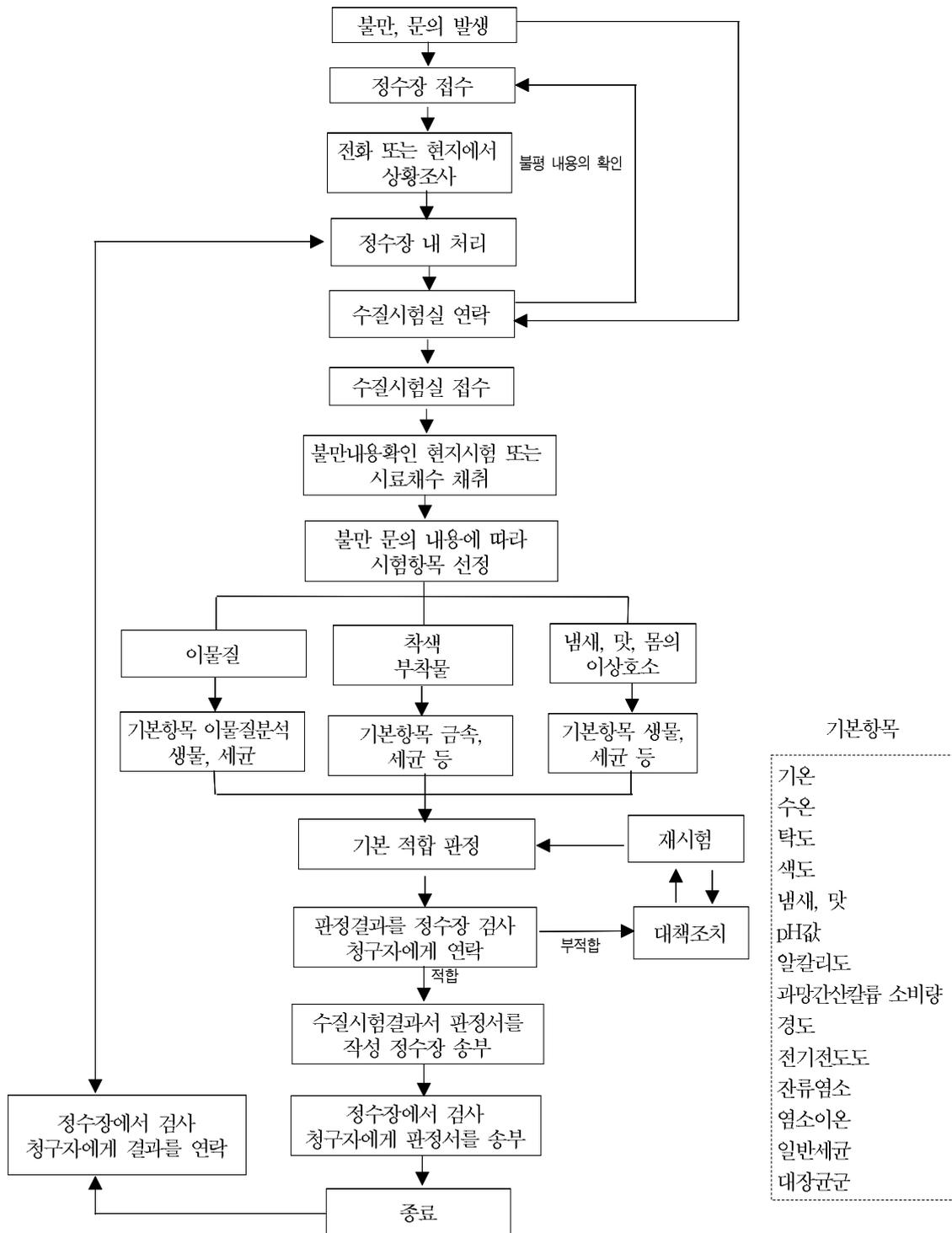
##### ③ 흑수

배수계통의 변경 등에 의해서 물의 유속변화가 있을 경우 송·배수관에 부착한 망간 등의 산화물이 박리되어 급수전으로부터 검은 모래상의 입자가 유출될 수 있다. 망간의 산화물만의 경우는 흑색을 나타내지만 철분을 포함하면 흑갈색 또는 적갈색을 나타낸다.

급수관이나 위생도기에 사용되고 있는 동관으로부터 미량의 동이 용출되어 온수병의 내면에 서서히 부착하여 흑색을 나타내기도 한다.

##### ④ 백수

급수관에 아연도금 철관을 사용하면 아연이 용출 되어 물이 백색을 띠게 되고 끓이면 한층 더 흐려진다. 녹은 아연이 많지 않아서 우선은 무색 투명하게 보이지만 끓이면 미세한 아연의 화합물이 수면으로 석출되어 흰 기름막과 같이 보이기도 한다.



<그림 10.39> 수질검사 요청이 있을 때의 대응

이연에 의한 백수는 이연도금 철관을 장거리에 사용할 때 종종 일어난다.

또한, 공기의 혼입 또는 수온상승에 의한 용존공기의 방출에 의해서 작은 기포가 희게 보이는 경우도 있지만, 이 경우는 투명한 용기에 넣으면 서서히 아래쪽에서부터 투명하게 되기 때문에 이연의 원인과는 용이하게 구별할 수 있다.

④ 청수

위생도기, 욕조, 용기, 타일, 포류 등이 푸르게 착색되는 경우가 있다. 원인은 급탕관, 탕비기, 욕조 등에 사용되어 있는 동관으로부터 용출된 미량의 동이 비누 중의 지방산 등과 반응하여 청색의 불용성 동비누를 생성하여 그것이 부착하기 때문에 일어나는 현상이다.

이 현상은 사용하고 있는 동관이 비교적 새 것인 경우에 일어나기 쉽고, 장기간 사용하면 관의 내면이 점차 산화피막을 형성하기 때문에 잘 일어나지 않는다.

동관으로부터의 동의 용출은 수돗물의 pH값이 현저히 낮거나 수온이 높은 경우, 유리탄산이 많은 경우에 발생하기 쉽고, 동을 포함한 물방울이 타일 위에서 증발하면 동이 농축되어 타일상에 남는다.

이 현상이 되풀이되면 부분적으로 타일 등이 청색을 띤다.

이 외에 망간의 중간산화물(망간산 이온:  $MnO_4^{2-}$ )에 의해서 수돗물이 녹색을 띤 수도 있다.

② 맛과 냄새

수돗물은 수도법 제21조 위생상의 조치 제1항에 의해서 반드시 염소 소독해야 하는 것으로 되어 있다.

이 때문에 수돗물에는 다소의 염소냄새가 나지만, 여기서의 이런 냄새는 해당되지 않는다.

급수관에 기인하는 맛·냄새에서는 우선 관의 재질에 의한 것으로서 이연도금 철관, 동관 등으로부터의 금속의 용출을 의미하는 쇠 녹 냄새, 쇠 녹 맛, 짧은 맛, 염화비닐관이나 폴리에틸렌관에 의한 수지냄새가 있다. 이외에, 급·배수관내에서 철세균이나 황산화원세균이 번식하여 쇠 녹 냄새나 황화수소냄새가 생기는 경우가 있다.

더욱 염화비닐관이나 폴리에틸렌관 등의 합성수지관으로서는 외부에서 침투된 유기용제나 등유 등에 의해 신나 냄새나 기름냄새가 나는 경우가 있다.

교차연결에 의한 맛과 냄새에는 건강영향 등의 면에 특히 주의하지 않으면 안 된다.

또한, 상수원이라고 하고 있는 저수지 등에, 어떤 종류의 방선균, 남조류(포르미디움, 아나베나, 오실라토리아 등)가 많이 증식하면, 수돗물에 곰팡이냄새가 나타나는 경우도 있다.

이 경우는 정수장에서 활성탄처리 등이 필요해 진다.

① 수지냄새

관 포설 후의 염화비닐라이닝 철관이나 염화비닐관에서는 장기간 정체한 물에 수지냄새가 느껴지는 경우가 있고, 수도꼭지에 플라스틱기구나 호스를 연결시켰을 때 냄새를 느끼는 경우가 있다.

그러나 사용함에 따라서 냄새는 없어지며 특히 냄새가 강할 때는 잠시 동안 배수시키고 나서 사용한다.

② 녹 냄새

급수장치에 철관 등을 사용하면은 관이 노후화하면서 녹이 생겨 용출한 철에 의해서 녹 냄새를 느끼는 경우도 있다(대책은 10.3.3의 (5) 3) 배수 참조).

이 외에 배수관 내에 철세균이 번식된 경우에도 똑같이 녹 냄새가 발생하는 경우가 있다.

수돗물 중에 철세균이 확인되었을 때는 배수관내의 소독과 세척을 충분히 할 필요가 있다.

③ 약품냄새, 시너냄새, 기름냄새

급수관공사로 사용하는 접착제가 원인이 되어 수돗물에 약품냄새가 나거나 급수관공사로 사용된 절삭유나 그리스 등이 공사완료 후 완전히 제거되지 않고 관 내면에 남아 수돗물에 기름냄새를 풍기는 경우도 있다. 이 경우는 급수관의 세척을 충분히 한다.

신축이나 개축 등에 따르는 도장공사로 아무렇게나 버려진 시너나 기름, 지면에 흐른 가솔린, 등유 등이 토양에 스며들어 지하에 매설되어 있는 염화비닐관이나 폴리에틸렌관 등의 외면으로 침투하여 수돗물에 시너냄새나 기름냄새를 풍기는 경우도 있다.

이러한 오염사고가 발생한 경우는 유기용제 등이 침투하지 않은 다른 관종으로 교체하거나 다른 관종을 사용하는 경우는 오염 토양도 교체하여야 한다.

가장 많은 경우로 식당 또는 가정에서 농업용, 공업용 및 원예용 합성수지호스를 수도꼭지에 연결하여 사용하면 수돗물의 유리잔류염소와 반응하여 여러 종류의 클로로페놀류가 생성되어 냄새가 발생한다.

수도꼭지에 연결하여 사용하는 호스는 필수적으로 수도용 호스를 사용하여야 약품냄새 발생을 방지할 수 있다(7.6.2 배관상의 주의사항 참조).

④ 황화수소냄새

물이 장기간 정체한 경우나 휴지관에서는 잔류염소가 없어지게 되면 황화수소냄새가 느껴지는 경우가 있다. 이 원인은 무산소상태의 황산염환원세균이 번식하여 그 결과 발생한 황화수소에 의한 것이다.

이때 관내의 철과 황화수소가 반응하여 황화철로 되어 흑색 침전이 생기는 경우가 있고 이러한 현상이 생긴 경우는 관내를 충분히 세척한다.

⑤ 이상한 맛

수돗물은 원래 무미 또는 거의 무미에 가깝지만 평상시와 다른 맛이 느껴지게 되었을 때에는 무엇인가 혼입되었음이 고려된다.

이러한 경우는 교차연결(크로스커넥션)의 가능성이 있는 것으로 즉시 조사하지 않으면 안 된다.

맛과 냄새에는 녹 맛, 떫은 맛이 있고, 배수시간이 길고, 급수관으로부터의 철·동·아연 등의 금속의 용출이 원인인 경우는 채수 초기의 물을 배수한다.

또한, 수돗물에 트리클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄 등이 혼입된 경우는 단맛이 느껴지기 때문에 주를 요한다.

③ 이물질

배관공사의 시공부족, 배관공사 종료 후의 세척 불충분, 수도기구에 사용되어 있는 패킹류의 경년열화 등이 원인이 되어 급수전으로부터 이물질이 유출되는 경우가 있다.

수조의 구조나 관리가 불량인 경우 교차연결 등에 의해서도 이물질이 혼입하는 경우가 있기 때문에 주의를 요한다.

이물질의 동정에는 적외선분광광도계나 엑스선 마이크로분석계가 대단히 유효하고 이것들의 분석기기 도입이 바람직하다.

㉠ 백색

급수장치공사 후의 배수나 세척이 불충분한 경우 관 접속부에 사용된 밀봉제가 박리되어 수돗물에 혼입되는 경우가 있다. 이 경우는 관내의 세척을 충분히 한다.

이 밖에 모르타르라이닝관에 사용되어 있는 seal coat가 박리되어 급수전으로부터 유출되는 경우도 있다.

이 대응책으로서는 해당 배수관의 세척배수를 실시한다(10.3.3의 (5) 3) 배수 참조).

㉡ 흑색

수도꼭지에 쓰이고 있는 고무 패킹이 열화하거나 저수조 이하의 직결식의 펌프에 사용되어 있는 다이어프램의 고무가 열화하면, 마개의 개폐조작 등에서 미세 조각이 부서져 유출되는 경우가 있다.

이 미세조각은 급수전의 개폐 때에 일시적으로 유출되는 것이 대부분으로 통상 검은 즙과 같이 보이지만 gel 상태로 되어 유출되는 경우도 있다.

이 경우는 열화된 고무 패킹이나 다이어프램의 고무를 교환함과 동시에 over hole 등의 처치가 필요하다.

그 밖에 검은 이물질의 원인에는 폴리에틸렌관의 파편이나 관내에 부착된 망간이 박리되어 유출되는 경우 급수장치공사 후의 세척이 불충분하기 때문에 사용한 절삭유가 밸브 등에 남아 장기간 산화되어 검은 gel 상태로 유출되는 경우가 있고, 이것이 원인일 때는 장소를 찾아내서 충분히 세척하는 등의 조치를 한다.

㉢ 갈색

온수 샤워기의 염화비닐관이 열화하여 내면이 박리되어 갈색의 미세한 입자가 유출되는 경우가 있다.

㉣ 모래

배수관이나 급수관 공사의 경우 모래와 흙이 유입되어 급수전으로부터 유출되는 경우가 있다.

그 대응책으로서는 관내를 충분히 세척하여 모래 등을 제거하는 것이 필요하다.

④ 배·급수관으로부터의 납의 용출

납은 납관으로서 급수관에 사용되지만 경질염화비닐관 등의 안정제에도 소량 포함되어 있다. 동관의 접합에 사용하는 땀납에도 과거의 것에는 소량 포함되어 있다.

납관은 장기간 사용하고 있으면 관 내면에 점차로 산화피막을 형성할 수 있어 납의 용출은 적

어진다.

통상의 사용 상태에서는 수돗물의 납 농도가 수질기준을 넘는 것은 거의 없지만, 체류시간이 긴 경우에는 납이 검출되는 경우도 있다.

납의 용출은 수돗물의 pH값, 유리탄산, 경도, 수온 등이나, 관의 사용연수에 영향을 받는다. 수돗물 중의 납 농도의 저감화에는 납관으로부터 다른 관종으로의 대체나 pH값 조정 등이 있다.

#### ⑤ 생물

##### ① 생물의 혼입

호소, 하천 또는 지하수를 수원이라고 하고 있는 수도의 원수에는 여러 가지의 조류가 생존하고 있다.

이중에 미세한 것은 여과지를 통과하여 정수 중으로 유출 될 수 있지만 급수전에서 유출되더라도 문제가 되는 경우는 적다.

그러나 정수처리과정의 처리가 불충분하여 여과수중에 생물이 누출하거나 배수지의 관리부족이나 배·급수관의 누수 장소에서 생물이 혼입하여, 급수전으로부터 눈에 보이는 생물로서 검출되는 경우가 있다.

이 경우, 염소에 내성이 있는 생물이 생존하고 있는 경우도 있다.

수돗물에 생물이 혼입하는 원인으로서 다음과 같은 경우가 있다.

- (가) 염소소독만으로 배수하고 있는 정수로 원수 중에 있던 것이 직접 유출한다(연가시, 옆새우, 옛새우, 털물벼룩 등).
- (나) 원수 중에 있던 것이 정수처리로 완전히 제거되지 않고 잔존한다(깔다구 유충, 연가시, 물벼룩류, 선충 등).
- (다) 배수지 등의 통기공으로부터 침입하는 것(소동물류, 어두운 장소를 좋아하는 굽둥이 등).
- (라) 배·급수관의 누수 장소 등으로부터 침입하는 것(실지렁이, 깔다구 유충 등)
- (로) 관리 불충분한 수조(특히 빛 투과성의 강화 플라스틱제의 것)의 안에서 증식하여 유출하는 것(동물류의 바퀴벌레, 물진드기, 선충, 조류의 *coccomyxa*, *spirogyra* 등)
- (리) 급수전을 통과하여 외부에서 침입한 것, 개전과 동시에 유출하는 것(실지렁이, 깔다구 유충, 모래파리, 등)
- (리) 가정에서 사용하고 있는 용기 등의 보이지 않은 부분에 부착되어 있던 것이 물을 넣었을 때 나타나 수돗물로부터 유출한 것으로 오인하는 것(실지렁이, 갑충류 등)  
수돗물에 생물의 혼입이 확인되었을 때는 배·급수시스템의 누수 및 오염, 배수지 등의 관리부족, 정수처리의 부적정, 원수 중의 이상증식 등이 생각되기 때문에 빠르게 원인을 추구하고 처치를 강구하여야 한다.

##### ② 철박테리아

수중에 녹고 있는 제일 철 이온( $Fe^{2+}$ ) 또는 망간 이온( $Mn^{2+}$ )을 산화하여 이 에너지를 이용하여 탄산고정을 하는 독립영양세균을 철박테리아라고 한다.

리본상의 *gallionella*, 사상의 *crenothrix*, *leptothrix*, 나뭇가지 모양의 *clonothrix* 등 40종 이상이 알려지고 있고 철분이 많은 지하수나 호소의 정체기의 심층수에 많이 있다. 철박테리아는 산화로 생긴 수산화제일철이 균체 내나 세포표면에 침착되어 적갈색을 나타낸다.

정수처리로 염소소독이 불충분하고, 수도관 내에서 균체가 집락을 형성하여 적수나 녹 냄새를 포함하는 물이 급수전으로부터 유출될 수 있다.

또한 철박테리아가 사멸하면 분해하여 맛과 냄새의 원인이 되기도 한다.

또 철·망간의 제거에 철박테리아를 이용하는 경우도 있지만, 일반적으로는 여과층의 폐색이나 배관 등의 벽에 착생하여 통수 장애를 일으킨다.

지하의 대수층에 번식한 철박테리아를 처리하는 것은 곤란하지만 원수 중의 철박테리아나 관내에서 번식한 철박테리아는 염소로 용이하게 처리할 수 있다(5.17.2 약품에 의한 제거 참조).

#### ⑥ 교차연결(크로스커넥션)

교차연결이란 수도물을 공급하는 관과 다른 계통의 관(관정수, 공업용수, 급탕, 냉각수 등)이 직접 연결되어 있는 것을 말한다.

이러한 접촉은 배관공사 때에 엄중한 감독에 의해서 예방할 수가 있다.

만일 교차연결에 의한 수질오염사고가 발생하였을 때는 즉시 연결 장소를 특정하여 절단과 동시에 오염구역의 범위를 파악하여 오염지구의 주민에 대한 음용금지를 알림과 동시에 원인을 구명하여 사용자의 건강의 안전을 확보하는 처치를 하여야 한다.

급수차 등의 출동이 필요한 경우도 있기 때문에 급수차, 급수탱크, 등을 확보한다.

또한, 다음과 같은 수질 장애가 일어난 경우는 교차연결이나 역사이편작용 의심도 있는 것으로 빠르게 조사를 할 필요가 있다(7.6.3 위험방지와 관리, 7.7.3 역류방지 및 7.9.2 오염 참조).

- ① 냄새의 발생(기름냄새, 부패냄새, 황화수소냄새 등)
- ② 이상한 맛의 발생(짠맛, 단맛, 신맛, 쓴맛, 떼은맛 등)
- ③ 잔류염소농도의 저하 또는 불검출
- ④ 전기전도도의 증가

#### 5) 기타 수질의 이상에 관한 문의

급수장치가 원인은 아니지만 수질에 관한 여러 가지의 문의가 있는 것으로 그 사례를 나타내었다.

##### ① 차를 마신 후에 보라색이 된다.

보라색이 되는 현상은 녹차 등에 포함되는 탄닌(tannin)과 수도물에 포함되는 철분이 반응하여 탄닌철을 생성하여 보라색으로 착색한다.

이 밖에 공기 중의 세균이나 곰팡이가 차를 남긴 물에 번식하여 보라색을 나타내기도 한다.

##### ② 행주가 보라색이 된다.

공기 중에는 많은 잡균이 부유하고 있어 습기를 띤 행주 등은 잡균이 번식하기 쉽고 이것 때문에 보라색으로 착색하는 경우가 있다.

특히 잡균이 번식하기 쉬운 고온다습의 시기나 장소에서는 이 현상을 많이 볼 수 있다.

③ 정수장에서 사용한 분말활성탄의 유출

정수장에서 사용한 분말활성탄이 누출하여 급수전으로부터 유출되는 경우가 있다.

특히 겨울철의 저수온시에 이 현상이 많이 나타난다.

유출한 활성탄의 양이 많으면 두부나 사진 등의 제품에 활성탄이 부착하는 등의 장해를 일으키는 경우가 있다.

④ 수도물의 염소에 의한 의류의 탈색

수도물의 염소에 의해서 세탁 중에 의류가 탈색하는 경우가 있다.

일반적으로 염소에 의해서 탈색이 생기는 것은 유리잔류염소 10mg/L 이상이며 수도물 중에 포함되어 있는 정도의 염소농도로 탈색되는 경우는 없다.

그러나 세탁기의 행굼이 끝난 후에 장시간 수도물을 계속해서 흘러보내면 염료의 종류, 염색방법에 따라서 탈색하는 경우도 있다.

⑤ 욕실이나 위생도기 등의 안쪽이 검게 된다.

염소소독하고 있는 수도물 중에는 세균이나 곰팡이냄새 등은 존재하지 않지만, 수도꼭지 근처에는 항상 습기 찬 상태에 있는 장소이므로 세균이나 곰팡이 등의 번식에 의해서 이러한 현상이 일어나는 경우도 있다.

⑥ 욕실의 타일이 분홍색이 된다.

공기 중에 존재하는 세균(gram음성의 간균의 *pseudomonas*, *methylobacterium*, *xanthomonas*나 *yeasts* 등)의 번식에 의해서 이러한 현상이 일어나는 경우가 있다.

⑦ 얼음에 흰 이물질 또는 얼음을 녹였을 때 흰 이물질이 나타난다.

제빙기에서 물이 얼 때는 외측부터 얼기 시작한다.

이때 수도물에 녹아 있는 공기나 미네랄분은 중앙으로 모이게 되고, 그 부분이 희고 불투명하게 된다.

또한 미네랄분의 일부는 불용성물질로 되어 얼음을 녹이더라도 흰 물질로 남는다.

⑧ 알루미늄 냄비나 주전자의 안쪽에 백색의 이물질이 부착한다.

알루미늄제품은 방식을 때문에 표면을 산화피막으로 덮고 있다(alumite처리).

이 피막은 대단히 얇아서 세척 하거나 펄펄 끓임을 되풀이 하면 피막이 벗겨져 버리는 경우가 있어, 노출한 알루미늄이 공기 중 및 수중의 산소와 반응하여 흰 산화알루미늄이 된다.

또한, 알루미늄제품은 염소이온이나 동을 포함하는 물에 접하면 오랫동안 구멍이 뚫리는 경우가 있다.

⑨ 부엌의 용기나 스테인리스제품 등에 흰 반점이 부착한다.

수도물 중에는 소량의 미네랄분이 포함되어 있을 때 용기 등을 세척한 후 수분을 잘 닦아주지 않으면, 용기의 표면에 미네랄분이 남아 흰 반점으로서 부착한다.

또한, 주전자로 끓이고 남은 물에 물을 몇 번 보충하여 펄펄 끓임을 되풀이하면 이 현상이 촉진된다.

급수전 부분에도 같은 현상으로 흰 이물질이 부착한다.

특히 급탕용기는 온도가 높아 물이 증발하기 쉽기 때문에 이 현상이 잘 보인다.

⑩ 알루미늄제의 주전자 등의 안쪽이 흑색 또는 갈색으로 보인다.

이것은 일반적으로 알루미늄의 흑색 변화현상이라고 부르며 almite처리된 제품의 피막이 벗겨져 노출한 알루미늄에 수돗물 중의 미량성분이 흡착되어 검게 보인다.

⑪ 발포현상

급수전으로부터 수돗물을 흘리면 급수전의 내부가 부압이 되어 상부로부터 공기가 들어가 기포가 발생한다. 급탕전에서 나오는 뜨거운 물에도 같은 현상이 보이지만, 이것은 공기를 빨아들이는 것 이외에, 급탕기로 수돗물이 급격히 가열되기 때문에 수중의 용존 가스(질소, 산소 등의 공기성분)가 과포화되어 방출되기 때문이다.

기포가 원인이 되는 경우는 시간이 지남에 따라서 아래쪽으로부터 서서히 투명하게 되어 용기에 유분이 붙어 있으면 벽면에 기포가 부착하여 장시간 벗겨지지 않는 경우가 있다.

또 수 분간 방치하더라도 기포가 없어지지 않지만 용기를 잘 세척하면 발포하지 않은 경우도 있는데, 이때는 세척하였을 때의 세제가 부착되어 있기 때문이라고 생각된다.

⑫ 플레이크스(flakes)현상

유리용기로 장시간 물을 끓이거나 보온병에 장시간 끓인 물을 저장한 경우에 섬유상태 또는 반짝반짝 빛나는 바늘상태의 결정이 생성되는 경우가 있다.

이 원인은 수중에 포함되는 미네랄분 중의 마그네슘과 유리의 규산이 반응된 것으로서 플레이크스현상이라고 한다.

⑬ 욕조에 물을 넣으면 청색으로 보인다.

바다나 호수는 물에 의한 빛의 산란이나 흡수에 의해서 사람의 눈에는 푸르게 보인다. 욕조 등 같은 큰 용기에 물을 넣었을 때 이와 같은 현상으로 푸르게 보이는 경우가 있다.

특히 ivory계의 컬러욕조에서는 이 현상이 두드러지게 나타난다.

물에 녹은 동에 의해서 물이 푸르게 보이기 위해서는 1L 정도의 용기의 경우 약 20~30mg/L 이상이 필요하고, 실제로는 동관으로부터 이와 같이 많은 동이 용출되는 경우는 없다.

6) 누수·용수의 판정

수자원의 유효이용을 부르짖고 있는 현재 누수는 큰 문제가 된다. 도로·맨홀·정원 등에서 용출하고 있는 물은 수돗물·공업용수·우수·지하수·하천수 등 일 것이다.

용출수가 수돗물인가 아닌가를 판정할 수 있으면 대응, 공사 등을 빠르게 실시할 수가 있다.

누수인가 용수인가의 판정법으로서 다음에서 열거하는 이화학 및 생물시험에 의한 방법이 있는데, 정확히 판정하기 위해서는 복수의 방법으로 조사하고 현장 부근의 상황을 포함하여 종합적으로 판단하는 것이 바람직하다(6.1.7 누수방지 참조).

① 이화학시험

① a) 잔류염소에 의한 방법

잔류염소가 잔존하고 있으면 수돗물이다. 잔류염소는 흙 속에서 소비되기 쉽고 용수량이 다

량인 경우를 제외하고 수 미터(m) 침투하면 없어지기 때문에 원인이 수돗물이더라도 잔류 염소가 나가지 않는 경우도 있다.

잔류염소를 오르소톨리딘법(O-T법)으로 측정하는 경우 매우 비슷한 반응이 일어나기 쉽기 때문에 주의가 필요하다.

③ 전기전도도에 의한 방법

물이 흙 중으로 침투될 때에 칼슘, 마그네슘 등의 염류를 녹이기 때문에 전기전도도는 높아 지지만, 수돗물의 전기전도도와 차이가 약  $1,000 \mu\text{s}/\text{cm}$  이상인 경우는 수돗물의 가능성은 적다고 생각하여도 좋다.

④ pH에 의한 방법

pH를 조사하는 것에 따라 수돗물의 가부를 판별을 할 수 있는 경우가 있다.

⑤ 수온에 의한 방법

수돗물, 지하수 및 하수 등의 수온이 각각 다른 경우는 수온 측정에 의해서 판별할 수 있다. 일반적으로 지하수의 수온은 연간 거의 변화하지 않지만 다른 물은 변화한다.

② 생물시험

현미경으로 수중의 생물을 관찰하여 관찰된 생물이 수돗물, 지하수 및 하수 등에 존재하는가의 여부로 판단 한다.

원수가 호소와 저수지의 경우는 식물 플랑크톤, 하천에서의 경우는 부착생물이 취수하는 수원에 따라서 다른 고유의 생물군이 존재한다.

또한, 정수처리된 수돗물에도 미량의 생물(손상 대장균)이 존재하고 있을 가능성이 있기 때문에 시험수는 대조로서 부근의 급수전으로부터 수돗물을 채수하여 현미경으로 고유의 생물을 관찰한다.

누수 장소가 도수관이라고 생각되는 경우 출현하는 생물은 생세포로 그 종 조성은 원수와 유사하다.

지하수나 용수의 경우 생세포로 대조수와 종 조성이 다르다.

하수의 경우는 생세포로 오수성 생물이 주로 출현한다.

그러나 이들이 혼입하고 있는 경우 그 판정은 곤란하여지기 때문에 출현한 생물의 종·량을 기초로 이화학 시험결과와 더불어서 판정한다.

7) 수질 장애 원인과 대책

송·배·급수에서의 주된 장애는 <표 10.3.16>과 같고, 각각의 대응에 관해서도 기본적으로는 거의 같지만 시설의 구조, 배관의 상황, 지역의 특징, 수질 등이 다르기 때문에 개개에 원인을 구명하여 대응하는 것이 필요하다.

(7) 수도종사자 및 출입자의 보건위생관리

일반수도사업자는 취수·정수 또는 배수시설에서 업무에 종사하는 자 및 그 시설의 구내에 거주하는 자에 대하여 수도법 제20조(건강진단)에 의하여 건강진단을 받아야 한다.

<표 10.3.16> 송·배·급수 수질의 주된 장애 원인과 대책

| 현상        | 주요 원인              | 상황 설명                                       | 대 책                               |                                     |
|-----------|--------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|           |                    |                                             | 응급대책                              | 근본적인 대책                             |
| 잔류 염소의 소실 | 배·급수관의 노후화 및 부식    | 철 등과의 반응에 의한 소비                             | 배수설비 등에서의 배수                      | 관로의 재생·교체                           |
|           | 배·급수관에서의 정체        | 수중 유기물이나 관재와의 반응 및 자기분해                     | 배수설비 등에서의 배수                      | 관망의 정비<br>배수의 블록화                   |
|           | 오점합이나 누수 지점에서의 유입  | 지하수, 오수, 공업용수 등의 유입                         | 배수설비 등에서의 배수 오점합이나 누수 지점의 발견 및 수리 | 관로의 점검·보전<br>수질감시체제의 강화             |
| 적수        | 철 녹의유출             | 철의 관벽 부착에 의한 유출                             | 배수설비 등에서의 배수                      | 정수처리에서의 철철의 철지                      |
|           | 배·급수관의 부식          | 낮은 pH 등 물의 침식성이 큰 정수의 배·급수관에서의 체류에 의한 철의 용출 | 배수설비 등에서의 배수                      | pH조정<br>관로의 재생·교체                   |
| 흑수        | 망간 유출              | 관 벽면에 부착한 망간산화물의 물리적 유출                     | 배수설비 등에서의 배수                      | 정수처리에서의 제망간 철지<br>pH조정<br>관로의 재생·교체 |
| 백수        | 공기 혼입              | 단수 공사 등에 의한 공기 혼입                           | 급수전에서 일정 시간 배수                    | 배수관내의 공기를 배제                        |
|           | 이연 용출              | 이연 도금 철관에서 이연 용출                            | 사용시에 관내의 물을 배수                    | 관중 변경                               |
| 청수        | 구리 용출              | 급탕관 등 사용되고 있는 동관에서 구리 용출                    | 사용시에 관내의 물을 배수                    | 관중 변경                               |
| 흐림        | 실트 등 유기물 유출        | 응집장애에 의한 유출<br>관벽 부착물의 물리적 유출               | 배수설비 등에서의 배수                      | 정수처리의 적정화                           |
|           | 응집약품의 과잉 주입        | 배수시설 내에서 흐름이 발생                             | 배수설비 등에서의 배수                      | 정수처리의 적정화                           |
|           | 생물 누출              | 수원 또는 원수에 번식한 생물이 여과지를 통과하여 침입              | 배수설비 등에서의 배수                      | 정수처리의 적정화<br>수원의 변경                 |
| 맛과 냄새     | 곰팡이냄새물질의 혼입        | 수원에 곰팡이냄새 유발 생산 생물이 번식                      | 분말활성탄주입                           | 고도정수처리의 정비<br>수원의 변경                |
|           | 오점합이나 누수 지점로부터의 유입 | 지하수, 오수 등의 유입                               | 배수설비 등에서의 배수 오점합이나 누수 개소의 발견 및 수리 | 관로의 점검·보전<br>수질감시 체제의 강화            |
|           | 배관 시공시의 불임 불완전     | 배관공사에 사용된 접착제, 절삭유에 의한 착취                   | 급수전에서의 세척 배수                      | 철지한 시공                              |

| 현상    | 주요 원인                | 상황 설명                      | 대 책                            |                         |
|-------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
|       |                      |                            | 응급대책                           | 근본적인 대책                 |
| 맛과 냄새 | 염화비닐관, 폴리에틸렌관의 변질    | 유기용접, 기술린 등의 침투            | 급수관의 포설교체 오염토양의 제거, 오염토양의 교체   | 유기용접 등이 침투하지 않는 관종의 사용  |
| 이물질   | 내면도장의 박리             | 배수관의 부식 및 모르타르의 균열         | 배수설비로 부터의 배수                   | 관로의 재생·교체<br>pH조정       |
|       | 패킹 등의 유출             | 패킹등 사용되고 있는 고무제품의 열화       | 급수전으로부터의 세척 배수                 | 열화된 패킹, 다이어프램 등의 교환 수리  |
|       | 모래 유출                | 공사를 할 때의 모래나 흙이 관내에 혼입     | 배수설비로부터의 배수 계량기의 스트레이너 청소 및 배수 | 철저한 시공                  |
| 높은 pH | 모르타르라이닝 등으로부터 알칼리분용출 | 체류에 의한 내면라이닝으로부터의 알칼리분의 용출 | 배수설비 등에서의 배수                   | 관망의 정비<br>관로의 재생·교체     |
|       | pH조정시의 장해            | 알칼리제 등의 주입 이상              | 배수설비 등에서의 배수                   | 정수처리의 철저                |
| 생물    | 생물의 혼입               | 수원에 생물이 번식                 | 배수설비 등으로 배수 정수처리의 강화           | 수질감시체제의 강화<br>수원의 변경    |
|       |                      | 누수 지점 등으로부터 생물 침입          | 배수설비 등으로 배수 침입 장소의 발견 및 개소     | 관로의 점검·보전<br>수질감시체제의 강화 |

또한 수도법은 일반수도사업자는 이 규정에 의한 건강진단 결과 다른 사람에게 위해를 끼칠 우려가 있는 질병이 있다고 인정되는 자를 그 업무에 종사시키거나 그 시설의 구내에 거주시켜서는 아니 된다고 규정하고 있다.

수도법 제20조에 규정한 자는 장티프스와 파라티프스 및 세균성이질 병원체의 감염여부에 관하여 건강진단을 받아야 한다.

다만, 소화기계통 전염병이 수도의 취수장·배수지 부근에 발생하였거나 발생할 우려가 있는 때에는 발생한 전염병 또는 발생할 우려가 있는 전염병에 관하여 즉시 건강진단을 받아야 한다.

수도법 제20조에 규정한 자는 매 6월마다 1회, 그 이외의 직원에 대해서는 환경부장관이 전염병의 예방 등을 위하여 필요하다고 인정하는 때에 건강진단을 받아야 한다.

건강진단은 관할보건소 또는 위생분야종사자 등의 건강진단 규칙에 의하여 시·도지사가 지정하는 지정의료기관에서 실시한다.

일반수도사업자는 수도법 제20조 및 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제5조의 규정에 의하여 실시한 건강진단 결과를 3년간 보존하여야 한다.

#### (8) 사용자의 부주의에 의한 오염방지

수도꼭지에 부착된 고무호스는 세탁대야, 목욕통 안에 담긴 채로 방치하여 두면 오수가 역류하는

일이 있다.

급수관과 사설수도(지하수 등)와의 연결은 엄중히 금지되어 있으나 무단으로 이를 접속함으로써 불의의 사고가 발생하는 일이 있다.

시설의 유지관리, 사고유출에 의한 예기치 못한 원수의 오염, 자연재해, 비상시 등에 대비하여 단수시 일시적인 물의 저장소로 이용되고 있는 저수조 내에서도 수질오염이 발생할 수 있다.

수돗물이 장시간 동안 긴 상수도관을 통해 저수조까지 이동함에 따라 낡은 상수도관 또는 부식된 관에서부터 이물질이 유입되는 것은 알려진 사실이다.

저수조의 상태에 따라 새로 들어온 물과 오래된 물이 섞이기 때문에 저수조에 머무는 동안 수질에 변화를 가져올 수 있다.

이와 같은 여러 이유로 인해 수돗물에 함유되어 나타나는 오염물질은 생물학적 물질과 화학적 물질로 대별할 수 있다.

생물학적 오염물질은 각종 바이러스, 박테리아 또는 원생동물과 각종 조류, 곰팡이류에 이르기까지 다양하다.

이러한 미생물들은 저수조의 벽면이나 저수조 바닥의 침전물에 부착하여 잔존하는 유기물과 다른 미생물의 사체를 이용하여 자생한다.

화학적 오염물질은 각종 농약류나 염소소독시 발생하는 염소화합물 또는 합성세제 등의 유기 오염물질과 배관소재로부터 유출되는 철, 아연, 납, 동 등 중금속 무기 오염물질로 나눌 수 있다.

저수조 내에서의 수질저하와 관련하여 구조물 재질에 대한 문제점들은

- ① 저수조의 방수불량으로 구조물 외부의 이물질 침입
- ② 구조물 자체의 부식(녹물, 콘크리트 부스러기)
- ③ 부대시설(저수조 내 사다리 등)의 부식에 의한 이물질 침입 등이 있다.

이와 같이 정수장에서 보내진 먹는 물이 수요가 저수조에서 오염될 소지가 많으므로 보다 철저한 저수조 관리를 실시하여야 한다(수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙(환경부령 제209호, 2006.6. 29) 참조).

제2조에 수질위생상의 조치에 관하여 언급하고 있으며 제6조는 연 2회 이상의 청소와 위생검사를 실시하도록 되어 있다.

물론 이에 대한 규정은 정기적인 청소를 의미하며, 이외에도 관리자가 저수조의 수질이 기준 이하로 저하되었음을 확인했을 때와 저수조의 수질을 저하시킬 우려가 있는 오염물질이 발견되었을 때는 발생원인을 규명하고 대책을 세워야 한다.

청소의 요령은 저수조의 물을 완전히 배수 제거한 후에 저수조벽면의 균열에 의한 오염유무나 부식의 발생 상태를 점검한다.

조사가 완료되면 브러시 등으로 침전물, 부유물, 벽면의 부착물질을 제거하고 고압분사 세정기로 수조바닥과 벽면을 세척한다.

2회 정도 세정하고 물을 완전히 배수한 후 소독을 실시한다.

소독을 마친 다음 정해진 수위까지 물을 채운다.

통수전에 저수조안과 건물 수도꼭지에서 수질검사를 실시하여 이상이 없을 때 급수한다.

수질검사 항목은 잔류염소, pH, 탁도,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , 동, 아연, 철,  $\text{KMnO}_4$  소비량, 염소이온, 일반세균, 대장균 등이며, 부식억제제를 사용하는 경우 사용하는 부식억제제의 성분( $\text{P}_2\text{O}_4$  또는  $\text{SiO}_2$  성분)을 측정하여야 한다.

부식억제제는 옥내 급수관 부식방지와 금속의 용출 등으로 수질이 오염되는 것을 방지할 목적으로 투입되는 약품으로 부식억제제를 사용하는 경우에는 먹는물관리법 제29조 제1항의 규정에 의한 수처리제의 기준 및 규격과 같은 법 제30조 제1항의 규정에 의한 표시기준에 적합한 제품을 사용하여야 한다.

부식억제제를 사용하는 경우 정확한 투입농도의 조절이 필요하기 때문에 수도물 사용 및 수온, pH 등 수질인자에 따른 용해도에 따라 부식억제제 투입농도가 변하는 것과 부식억제제가 투입된 물을 끓였을 경우 급탕시 또는 적정량보다 과다하게 투입되었을 경우 탁도가 현저하게 증가하는 것이다(수처리제의 상세한 내용은 환경부 고시 제2004-95호('04.6.28) 수처리제의 기준과 규격 및 표시기준 참조).

## 10.4 수도에 의한 질병의 집단 발생과 그 조치

### 10.4.1 일반사항

우리가 마시는 물이 위생적이어야 하는 것은 물속의 병원성 세균(pathogenic bacteria)에 의한 감염이 문제가 되기 때문이다.

이와 같이 물에 기인되는 전염병을 수인성 전염병(waterborne disease)이라 하며 집단적 발생양상을 보이는 것이 보통이며, 대체로 다음에 열거하는 특징을 공통적으로 가지고 있다.

### 10.4.2 수도에 의한 질병의 특징

질병이 상수도에 의하여 집단적으로 발생하였을 때는 다음과 같은 특징이 있다.

- 1) 발생상황은 원칙적으로는 폭발적 또는 집단적으로 발생하며 질병 및 상황에 따라서 연속적이다.
- 2) 발생지역은 급수지역과 일치하여 전역 또는 부분적으로 발생한다.
- 3) 먹는 물에서 동일한 병원체를 검출할 수 있다.
- 4) 일반적으로 성별, 연령별의 차이가 없다.
- 5) 대체로 발병률과 치사율이 낮고 2차 감염자가 거의 발생하지 않는다.
- 6) 수도사용을 중지하거나 개선하면 환자 발생률이 감소 내지는 중단된다.

#### (1) 병원성 미생물

물에 존재하는 병원미생물은 자연계에서 시간이 경과함에 따라 대다수가 사멸하지만 그 일부는 병원미생물의 종류와 환경조건에 따라 수개월 이상 생존하거나 번식 또는 잠복하는 경우가 있다.

대부분의 수인성 병원미생물들은 정수처리과정에서 사멸하지만 잔류병원미생물이 먹는물을 오염시켜 세균성, 바이러스성, 원생동물성 및 기생성 질병발생의 원인이 된다.

병원균에 오염된 물은 대체로 경구적 감염(peroral infection)을 일으키며 이에 대한 수인성 전염병(주로 소화기 계통 질병)으로서는 장티푸스, 파라티푸스, 세균성이질, 아메바성 이질, 콜레라, 급성 회색수염, 전염병설사, 전염병 간염, 이 밖에도 기생충성 질병으로 회충증, 십이지장충증, Weil씨 병, 폐흡충증 및 주혈흡충증 등을 들 수 있다.

<표 10.4.1>은 물에 잠재적으로 존재하는 대표적인 병원균을 나타낸다.

<표 10.4.1> 물에 잠재적으로 존재하는 대표적인 병원미생물

| 구 분       | 병 원 균                                                                                   | 질 병                                                          |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| I. 박테리아   | 쉬겔라(4 spp.)<br>살모넬라 티피<br>살모넬라(1,700 spp.)<br>비브리오 콜레라<br>캠피로박터<br>마이코박테리움              | 쉬겔라증(세균성이질)<br>장티푸스<br>살모넬라증<br>콜레라<br>위장염<br>결핵             |
| II. 바이러스  | 엔테로바이러스(71 types)<br>해파티티스 A 바이러스<br>아데노바이러스(31 types)<br>로타바이러스<br>레오바이러스<br>노르윅크 바이러스 | 위장염, 심장질환, 수막염(뇌막염)<br>전염성 간염<br>호흡기질환<br>위장염<br>불명질환<br>위장염 |
| III. 원생동물 | 엔타모베어 히스토리타카<br>지아디아 람브리아<br>크립토스포리디움                                                   | 아메바증(아메바성이질)<br>지아디오시스<br>크립토스포리디오시스                         |
| IV. 기생충   | 에스카리스 럼브리코이드<br>앤시로스토타 듀오테네일<br>백타 아메리카너스<br>앤시로스토타(spp)                                | 회충증<br>장염<br>장염<br>십이지장충병                                    |

(2) 유해화학물질

공해병이라고 일컬어지는 천식, 유기수은중독, 카드뮴중독 등은 공장폐수 또는 광산폐수에 기인한다.

유해화학물질이 지표수나 지하수 등의 자연수역을 오염시키는 경로는 도금공장, 금속정련공장, 화학공장, 전해공장 등의 각종 공장폐수 또는 광산폐수나 농약살포 또는 어패류를 포획할 목적으로 고

의로 투입한 유해물질 등이다.

지층에서 각종의 금속이 수중에 용출되는 경우도 많다. 특히 비철금속광산의 슬러지로부터의 용출은 수질관리상 주목할 필요가 있다.

금속 중에는 인체의 구성 또는 생리상 필수원소로 알려져 있는 것도 적지 않으나 과량을 포함한 물을 장시간 계속하여 음용하면 만성증상이나 영양장애를 일으키는 경우가 있다.

독성물질 중 금속의 인체영향은 대부분이 공장, 사업장 등에 있어서 대량으로 접촉 또는 흡입할 경우 일어나는 산업중독이다.

그러나 물이나 식품등을 통하여 경구적으로 섭취한 경우의 생활중독에 대해서는 연구가 그다지 이루어지지 않고 있다.

금속 및 금속화합물의 작용을 보면 금속의 주기율표의 번호가 커지면 화학반응성이 강해지고 약리작용이 증가하나 비철금속에서는 이 관계가 반대가 된다.

체내에 있어서의 금속염류의 작용은 용해성과 흡수성에 좌우된다. 시험관내에서는 불용성의 금속이라도 소화기나 피부조직 중에서 가용화되어 흡수 가능하게 될 경우가 많다.

많은 금속은 위액의 염산에 의하여 염화물이 되고 장내에서 탄산염이나 황화물이 되고 또 환원한다.

다음에 단백질과 결합하여 복염이 된 금속이 과잉의 단백질을 용해한다.

따라서 불용성의 금속도 소화기내에서 가용화하고 독성을 나타내게 되는 일이 있으므로 주의할 필요가 있다.

먹는물 수질기준에 명시된 유해화학물질은 무기물질과 유기물질로 나눌 수 있다.

각 유해화학물질에 관한 독성은 10.1.3 (1) 먹는물 수질기준의 설정 배경에서 건강상 유해영향 무기물질과 건강상 유해영향 유기물질 항목에 나타나 있다.

#### 10.4.3 응급조치

급수구역 내에 있어서 경구전염병 또는 불명질환이 발생하였을 때는 즉시 상수도시설의 위생관리를 점검해 보아야 한다.

사고의 발생이 수돗물에 의한 것이 거의 의심할 여지가 없을 경우 또는 확인된 때에는 필요에 따라 다음과 같은 긴급조치를 강구하여야 한다.

- 1) 급수의 긴급정지
- 2) 염소소독의 강화
- 3) 임시수질검사(원수 및 수돗물)
- 4) 수돗물의 음용금지과 홍보
- 5) 역학조사의 실시와 원인규명
- 6) 원인의 배제
- 7) 관계당국과의 연락체제의 확립

## 10.5 재해시의 수질위생관리

### 10.5.1 일반사항

상수도시설은 풍수해, 지진, 지반침하 등의 재해에 의하여 오염을 받기 쉽다.

특히 대홍수 등에 의한 오염은 전염병 발생을 수반하는 경우가 많으므로 각 시설의 순찰 점검을 엄중히 행하여야 한다.

고장의 발견과 신속 적절한 수리에 노력하여야 한다.

### 10.5.2 홍수 범람시

#### (1) 기본적 고려사항

대규모 홍수가 발생할 경우에 대다수의 주민은 상수도 이외에 먹는 물을 획득할 수 없기 때문에 홍수 피해에 의해 단·제한급수의 영향이 상당히 심각하며 수도사업자는 급수기능을 확보하기 위해 최대한의 노력을 기울여야 한다.

홍수대책을 추진하기 위하여 유의해야 할 기본적인 고려사항은 다음과 같다.

1) 홍수에 의한 단·제한급수를 최소화하기 위해서 중요한 시설은 홍수에 대비한 안전성 진단을 행하고 저지대에 위치한 시설은 방호벽의 설치 및 배수로의 보수 및 개량 등을 행한다.

항상 급수기능이 확보되도록 복수수원의 계통간 또는 배수계통간의 상호연락, 시설관리상 필요한 예비전원의 확보, 소독설비, 기타 위험물의 안전관리에 특히 유의해야 한다.

2) 유지관리 대상시설은 적절히 보수하고 홍수 범람에 의한 피해를 최소화시키기 위해 노력해야 한다.

특히 시설의 중요도에 따른 순회점검, 예비시설의 정비, 긴급통신시설의 확보, 수물예상지역 등의 조사 사항에 대하여 미리 고려해 두어야 한다.

3) 수도시설은 홍수피해를 예상하고 홍수 범람시 원활히 대응할 수 있도록 사전에 철저히 준비해야 한다.

홍수 범람에 의한 피해에 대한 효과적인 대응책은 먼저 홍수대책 기본계획을 수립하고 그 내용에 따라 직원에 대한 교육훈련, 주민에 대한 홍보, 응급복구 또는 긴급급수체제의 확립, 기자재의 비축 등을 실시하는 것이다.

#### (2) 수도사업자의 역할

수도시설에 홍수피해가 발생한 관할구역의 수도사업자는 신속히 피해시설의 응급복구를 행하여 정상급수로 복구시키는 것이 최우선이다.

수도법 제24조 급수의무에 관한 제2항은 일반수도사업자가 부득이한 경우 미리 구역 및 기간을 정

하여 공고한 후 일시 수도물공급을 중지할 수 있도록 규정하고 있으며, 동법 제26조 긴급급수지원 제1항은 시·도지사가 천재·지변 기타의 비상시에 긴급급수를 지원하도록 규정하고 있다.

### (3) 홍수 범람에 의한 피해의 상정

홍수 범람에 대한 대책의 종합적인 추진은 먼저 홍수 범람 규모의 상정, 홍수 범람에 의한 피해상황의 파악, 복구계획 및 응급대책 순으로 책정한다.

#### 1) 홍수 범람 규모의 상정

수도시설에 대한 홍수 범람의 규모는 아직 조사 분류된 예가 없으므로 기상청의 홍수빈도에 의한 주기의 설정에 따라 수행할 수밖에 없다.

수도시설의 홍수에 의한 피해는 크게 수도시설의 수몰과 범람에 의한 부분적인 유실의 2가지 경우로 나누어 상정할 수 있다.

#### 2) 수도시설의 홍수 범람의 피해상정

수도시설의 계획, 설계, 시행이 그 지역의 실정에 맞추어 홍수피해의 정도를 충분히 감안하여 행해야 한다.

건설 후 장기간 경과한 시설에 대해서는 안전성이 저하하는 경우가 있으므로 중요시설에 대해서는 기초지반의 조사, 구조물의 강도확인 등에 의해 유실의 가능성을 평가하고, 피해상정을 행하는 것이 필요하다.

##### ① 저수, 취수시설

현재까지 댐의 안전을 위협하는 홍수 범람의 경우가 있었으므로 콘크리트 구조물을 포함한 전반적인 붕괴 및 유실의 가능성을 평가하는 것이 바람직하다.

기계·전기설비 등 부대설비의 수몰에 대비한 안전성, 복수수원간의 연결시설, 예비수원 등에 의한 취수의 확실성을 검토하고 홍수 범람의 정도를 상정한다.

##### ② 정수시설

정수시설은 일반적으로 건설시에 홍수 범람에 대비한 시설을 고려해야 한다.

주로 펌프부속배관, 구조물에 부착된 관, 약품주입설비와 배관, 기타 부속설비 등 홍수피해가 우려되는 부분을 중심으로 홍수범람에 대비한 안전성을 평가한다.

특히 2차 재해의 위험이 우려되는 소독설비는 시설자체의 손상뿐만 아니라 피해시의 정전(복구시간, 예비전원의 능력 등과의 관계) 상황에 대해서도 홍수피해의 정도를 상정한다.

##### ③ 도·송·배수시설

배수지 등의 구조물은 정수시설과 마찬가지로 펌프설비, 수전설비 등 부대설비의 수몰에 의한 홍수범람의 피해 상황을 상정한다.

지반이 취약한 지역의 관로시설은 지반유실에 의해 피해를 많이 받는다.

홍수피해 상황의 상정은 지반상황과 관중, 관경 등을 기초로 관로의 종합적 홍수 범람의 정도를 평가한다. 또한 계통간의 연결, 인접도시와의 상호연결, 루프 등 배수기능의 확보상황을 고려하고 과거의 그 지역의 홍수 범람의 기록도 참고하여 피해를 상정한다.

#### ④ 기타

기계·전기설비 및 계측제어설비와 예비설비에 대한 수몰에 대한 안전성을 평가한다.

급수장치의 홍수 범람에 의한 피해는 구조, 매설상황 등의 피해와 시설물의 오염에 의한 2차적 피해에 대해서도 고려한다.

#### (4) 홍수 범람시의 대책

저지대에 위치한 정수처리시설, 가압장, 배수지, 지하저수조 등이 호우 등에 의하여 범람하는 경우가 있다.

홍수 범람시 대책은 시설의 피해를 최소화하여 주민의 생활용수를 확보하는 것이다.

수도사업자 또는 저수조관리책임자는 우선 당해 지역주민에게 안전하고 안정적인 수돗물을 공급하기 위해 수도관리에 이용되고 있는 유해화학물질에 대한 비상관리대책의 수립이 필요하다.

응급체제는 정보의 교환, 응급복구, 운반급수 등에 필요한 체제를 사전에 확립하는 것이다.

일단 범람에 의해 홍수피해가 발생한 지역의 수도사업자는 배·급수를 차단하고 신속히 수돗물의 오염여부를 확인함과 동시에 관계기관과 지역주민에게 피해의 정도와 대처상황을 알리도록 하여 피해 규모에 대응할 수 있는 지원체제를 수립하여야 한다.

응급복구는 홍수피해 상황의 파악, 기자재의 비축, 적절한 배수조절, 복구방법 등의 대책으로 피해의 상정을 기초로 기본적인 대응을 확립하고 재해시 원활하게 대처한다.

긴급급수는 홍수피해의 상정에 기초한 먹는 물 확보방법, 기자재의 비축, 운반급수의 방법 등에 대하여 미리 결정한 역할분담에 의해 신속히 대처한다.

오염된 지표수 또는 유해화학물질이 부지불식간에 배·급수시설에 유입되는 경우 완전히 세정 소독하기는 매우 어려울 뿐만 아니라 오랜 시간이 소요된다.

배·급수관의 벽에 붙은 미생물의 탈리 또는 수중에 용존되어 있는 유해화학성분이 수돗물의 수질 기준을 만족할 때까지 세척과 소독을 계속한 후 급수를 하여야 한다.

홍수 범람시의 혼란을 피하기 위해서는 저지대에 위치한 시설들은 안전한 높이까지 불투수성 재질로 제방(dike)을 쌓아야 하며, 유해화학물질 및 비상발전용 유류의 이용과 보관은 빗물에 씻겨 유출되지 않는 저장시설을 갖추는 등 각 수도사업자의 실정에 맞는 구체적인 홍수 범람에 대비한 대책을 수립하고 긴급시에 대처하기 위한 준비를 철저히 해야 한다.

### 10.5.3 지진 발생시

#### (1) 지진대책의 기본적 사항

수도시설은 도시시설로서 기간시설이다.

수도의 보급에 따라 주민은 먹는 물을 비롯한 생활용수를 대부분 수도에 의존하고 있다.

대규모 지진이 발생할 경우도 대다수의 주민은 수도 이외에 먹는 물을 획득할 수 없고 지진 피해에 의해 제한급수의 영향은 상당히 심각하며, 수도사업자는 급수기능을 확보하기 위해 최대한의 노

력을 기울여야 한다.

상수도의 지진대책은 사전대책, 재해시 대책 및 항구복구대책으로 나눌 수 있다.

지진대책을 추진하기 위하여 유의해야 할 기본적인 고려사항은 다음과 같다.

- ① 지진에 의한 제한급수를 최소화하기 위해서 중요한 시설은 내진에 대한 진단을 행하고 내진성이 낮은 시설은 보수, 개량 등을 행한다.

시설 중 일부에 취약점이 발생하지 않도록 한다.

즉, 항상 급수기능이 확보되도록 복수수원의 계통간 또는 배수계통간의 상호연결, 시설관리상 필요한 예비전원의 확보, 소독설비, 기타 위험물의 안전관리에 특히 유의해야 한다.

- ② 유지관리 대상시설은 적절히 보수하고 내진성의 확보에 노력할 필요가 있다.

특히 시설의 중요도에 따른 순회점검, 예비시설의 정비, 긴급통신시설의 확보, 지반불량장소의 조사 등에 대하여 고려해야 한다.

- ③ 수도시설은 지진피해를 예상하고 지진피해시 원활히 대응할 수 있도록 사전에 철저히 준비해야 한다.

지진피해에 대한 효과적인 대응책은 일차적으로 지진대책기본계획을 수립하고 그 내용에 따라 직원에 대한 교육훈련, 주민에 대한 홍보, 응급복구 또는 긴급급수체제의 확립, 기자재의 비축 등을 실시하는 것이다.

## (2) 법체계와 행정지도

우리나라의 경우 중앙정부 및 지방자치단체는 자연재해대책법 제34조의 규정 및 지진방재종합대책('96.11.9) 등에 의거하여 수도시설에 대한 대처방안을 강구하며 현재 추진 중에 있는 수도시설의 내진설계기준이 작성되면 수도시설의 설계 및 안전점검에 활용할 계획으로 있다.

반면 지진피해가 비교적 빈발하고 있는 일본의 경우 재해대책기본법, 재해구조법 등 일반법과 대규모지진대책 특별조치법(1978년 6월 15일 공포)이 있다.

대규모지진대책 특별조치법은 지진예지와 지진대책의 근간이 되는 법률로 국민의 생명, 신체, 재산을 보호하는 것을 목적으로 하고 있다.

또한 일본수도협회의 수도시설 내진공법지침·해설(1997)에 의해 상수도시설의 내진설계시 따르도록 하고 있다.

## (3) 수도사업자의 역할

수도시설에 지진피해가 발생한 관할구역의 수도사업자는 신속히 피해시설의 응급복구를 행하여 정상급수로 복구시키는 것이 최우선이다.

수도법 제24조 급수의무에 관한 제2항은 일반수도사업자가 부득이한 경우 미리 구역 및 기간을 정하여 공고한 후 일시 수도물공급을 중지할 수 있도록 규정하고 있으며 법 제26조 긴급급수지원 제1항은 시·도지사가 천재·지변 기타의 비상시에 긴급급수를 지원하도록 규정하고 있어 구체적인 지진피해에 대한 언급은 없으나 지진은 천재·지변이므로 본 법조항이 적용될 수 있을 것이다.

#### (4) 지진피해의 상정

지진대책의 종합적인 추진은 먼저 지진규모의 상정, 지진피해상황의 파악, 내진계획 및 응급대책을 책정한다.

지진의 규모, 지반의 상황, 수도시설의 내진성 등을 고려하여 지진피해상황을 상정한다.

##### 1) 지진규모의 상정

수도시설의 지진에 의한 피해는 과거 지진피해의 예에 의하면 대략 진도 3 이하에서는 지진피해는 없고, 진도 4에서는 지반에 매설되어 있는 관로에 경미한 누수가 있고, 진도 5에서는 약간의 지반, 지층 또는 지형의 변화가 있고 관의 굴절 등이 발견되며 지반이 불량한 곳에서는 구조물에 파열이나 침하가 발생된다. 진도 6 이상에서는 양호한 지반상의 구조물에서도 파손이 있다.

진도는 지반이 요동하는 정도를 나타내므로 인체감각의 정도, 구조물의 요동 정도 등으로 결정된다.

일본에서는 1949년에 기상청이 정한 진도단계를 이용하고 있다.

진도와 가속도 사이에는 밀접한 관계가 있으며 지면의 움직이는 정도는 그 때의 가속도의 크기에 의해 결정된다.

##### 2) 수도시설의 내진성 평가와 피해상정

수도시설의 계획, 설계, 시행시는 그 지역의 실정에 맞추어 내진성을 충분히 감안해야 한다.

시설완성기에 있어서도 계획적으로 보수하는 것이 필요하다.

그러나 건설 후 장기간 경과한 시설에 대해서는 내진성이 저하하는 경우가 있으므로 중요 시설에 대해서는 기초지반의 조사, 구조물의 강도확인 등에 의해 내진성을 평가하고 피해상정을 행하는 것이 필요하다.

###### ① 저수 및 취수시설

현재까지 경험에 의하면 댐에 있어서는 안전을 좌우하는 지진피해는 없었으나 콘크리트 구조물을 포함한 전반적인 내진성을 평가하는 것이 바람직하다.

기계·전기설비 등 부대설비의 내진성, 복수 수원간의 연결시설, 예비수원 등에 의한 취수의 확실성을 검토하고 지진피해의 정도를 상정한다.

###### ② 정수시설

정수시설은 일반적으로 건설시에 내진성을 고려해야 한다.

주로 펌프부속배관, 구조물에 부착된 관, 약품주입설비와 배관, 기타 부속설비 등의 지진피해가 우려되는 부분을 중심으로 내진성을 평가한다.

특히 2차 재해의 위험이 우려되는 소독설비는 시설자체의 손상뿐만 아니라 피해시의 정전(복구 시간, 예비전원의 능력 등과의 관계) 상황에 대해서도 지진피해의 정도를 상정한다.

###### ③ 도·송·배수시설

배수지 등의 구조물은 정수시설과 마찬가지로 펌프설비, 수전설비 등 부대설비의 내진성과 예비설비의 상황 등에 대하여 지진피해 상황을 상정한다.

지반이 취약한 지역의 관로시설은 지진피해를 많이 받는다.

지진피해 상황의 상정은 지반상황과 관중, 관경, 단수구조에 따라 내진단수 또는 신축성이 있는 관의 유무 등을 기초로 관로의 종합적 내진성을 평가한다.

또한 계통간의 연결, 인접도시와의 상호연결, 루프 등 배수기능의 확보상황을 고려하고 과거의 지진피해기록도 참고하여 지진피해를 상정한다.

④ 기타

기계·전기설비 및 계측제어설비와 예비설비에 대한 내진성을 평가한다.

급수장치의 지진피해를 상정하는 경우 지진피해 예를 참고하여 재질, 구조, 매설상황 등의 피해와 건물피해에 의한 이차적 피해에 대해서도 고려한다.

(5) 지진대책의 체계

지진대책은 사전대책과 재해가 발생한 경우의 재해시 대책, 기타 필요에 대응할 수 있는 본격적인 복구를 의미하는 항구복구대책으로 나눌 수 있다.

사전대책은 지진시에 시설의 피해를 최소화하여 주민의 생활용수를 확보하기 위한 대책으로 내진성의 강화를 도모하는 예방대책, 재해에 대비한 직원 및 주민에 대한 교육·훈련 및 홍보로 구분된다.

재해시 대책은 지진피해시의 혼란에 대처하기 위한 대책이다.

응급체제는 정보연락, 응급복구, 응급급수 등에 필요한 체제를 사전에 확립하는 것이다.

재해시 조속한 대응을 도모하기 위해서 지진피해가 발생한 지역의 지방자치단체는 재해의 규모에 대응할 수 있는 지원체제의 확립이 요구된다.

응급복구는 지진피해 상황의 파악, 기자재의 비축, 적절한 배수조절, 복구방법 등의 대책으로 피해의 상정을 기초로 한 기본적인 대응을 확립하고 재해시 원활하게 대처한다.

긴급급수는 지진피해의 상정에 기초한 먹는 물 확보방법, 기자재의 비축, 응급급수의 방법 등에 대하여 미리 결정한 역할분담에 의해 신속히 대처한다.

항구복구대책은 신속히 먹는 물을 확보하기 위해 실시한 응급복구공사를 완료한 후에도 지하누수가 고려되어야 하므로 전반적인 누수방지 조사를 실시하고 그에 대처함으로써 지진 후 수도시설의 내진화 계획을 추진하는 항구대책이다.

지진대책은 주로 과거의 지진피해 예를 참고하여 추진되지만 지진피해상황, 응급복구, 응급급수 등 전반적인 조사결과가 중요한 자료이다.

재해시 신속히 대처하기 위해서 조사항목 및 내용에 관한 양식을 우선 결정하는 것이 바람직하다.

지진시의 혼란을 피하기 위해서는 먼저 각 수도사업자의 실정에 맞는 구체적인 지진대책을 수립하고 긴급시에 대처하기 위한 준비를 철저히 해야 한다.