

## 1. 서론

먹는 물에서 건강상 중요한 과제는 병원성 미생물에 의한 감염사고 예방이다. 과거와 비교하여 수인성 전염병의 위험은 현저히 줄었으나 아직 세계 어느 나라에서도 수인성 전염병을 근절하지는 못하고 있다. 지구상에서 물이나 부적당한 환경위생에 기인하는 질병이 모든 질병의 80% 정도로 추정되며 세계 병원의 병상 절반은 물과 관련된 질병으로 고통 받는 사람들에 의하여 점유된다고 세계보건기구는 밝히고 있다.

개발도상국에서 주로 발생하는 세균성 수인성 전염병은 심각하여 한해에 수백만 명 이상의 어린이들이 수인성 전염병으로 사망하고 있다. 미국과 같이 산업화된 선진국에서는 세균성 질병은 감소 추세에 있으나 소독에 의한 제거율이 낮은 바이러스나 원생동물과 같은 새로운 병원균에 의한 발병건수가 증대하고 있어 장관계 질병의 전체 건수는 최근 이십년간 감소하지 않고 있다. 1993년에는 미국에서 원생동물인 크립토스포리디움의 정수장 오염으로 밀워키시 160만 명 급수인구 중 40만 명이 감염되고 4천

# 수돗물 안전성 확보를 위한 소독능 향상방안



글 이승희 \_ 한국상하수도협회 상수도팀 부장

명이 입원, 약 4백 명의 환자가 사망하는 대사가건이 발생하였으며 이웃나라 일본에서도 1996년 동경근처 사이타마현 오오코세 마을에서 주민의 70%에 해당하는 9천 명이 감염되는 사건이 발생하였다.

국내에서는 아직 크립토로 인한 집단적인 감염이 보고 된 바 없지만 1993년 국내 한 대학병원의 외래환자를 대상으로 연구결과 약 20% 이상이 원생동물에 감염된 것으로 나타났다.

수돗물로 인한 감염사고의 주요 원인은 원수 수질저하와 정수처리 작업의 실패에 기인된 것으로 조사되어 우리나라에서도 과거 염소소독에만 의존하던 방식에서 탈피하여 “정수처리기준(02)”을 제정하여 원수중의 병원성 미생물 조사를 강화하고 효과적인 정수시설 운영기준과 염소에 내성이 강한 바이러스, 원생동물 제거를 위한 소독기준을 시행하고 있다.

그럼에도 불구하고 '03년도 한국상하수도협회가 9개 정수장을 대상으로 기술지원을 실시한 결과에 의하면 “정수처리기준”에 대한 이해 부족, 부적절한 정수시설 운영, 소독시설 설치 및 운영미흡, 소독능 만족을 위한

운영기준 미수립 등의 문제점이 도출되어 이에 대한 개선방안을 논의하고자 한다.

## 2. 먹는물과 수인성 전염병

수인성 전염병이란 감염의 매개체로서 물에 의하여 감염되거나 오염된 물에 조제된 식품에 의해 발생하는 전염병을 총칭하며 레지오넬라와 같이 호흡기계나 피부접촉에 의한 피부계통의 질병도 있으나 소화기 계통의 장관계 질병이 대부분이다. 수인성 전염병은 그 증상이 대부분 가벼운 설사나 거북함이고 심할 경우 구토, 고열, 두통, 어지럼증 등을 수반하지만 건강한 사람에게는 심각하지 않으므로 평상시는 중요하게 인식되지 않아 수인성 질병을 추적하기 어렵다. 그러나 5세 미만의 어린이나 노약자, AIDS감염자나 수술 후 환자와 같이 면역체계가 약한 사람 등에게는 중증에서 치사까지 치명적인 결과를 초래할 수도 있다.

### (1) 수인성 전염병의 발생경향

과거에는 장티푸스, 콜레라 등의 세균에 의한 대규모 전염병이 주였으며 아직도 개발도상국에서는 이러한 질병이 주원인이 되고 있다. 우리나라도 과거에 열병이라고 알려졌던 장티푸스가 70년대 초반까지 매년 수천 명의 환자가 발생하였으며, 1995년에도 산발적으로 콜레라가 발생한 사례가 있다. 세균성 이질의 경우는 연간 발병률이 수십 명대를 유지하였으나 '98년 이후 증가하는 추세를 보이고 있다.

그러나 미국에서는 GI(Gastroenteritis)라고 불리는 장관계 질병이 성인에게서 1년에 2번 정도 발병하여 감기 다음으로 빈번하게 걸리는 질병으로 분류되고 있으며, 바이러스나 원생동물과 같은 새로운 병원균에 의한 발병 건수가 증대하고 있어 장관계 질병의 전체 건수는 최근 20년 동안 감소하지 않고 있다.

### (2) 주요 병원성 미생물

수인성 질병의 원인이 되는 주요 미생물은 구분상 직경이 0.5  $\mu\text{m}$ 이하인 바이러스와 0.5~2.0  $\mu\text{m}$ 인 세균, 그리고 2~50  $\mu\text{m}$ 인 원생동물로 구분한다. 미생물의 크기는 환경이 노출되었을 때 생존력과 처리과정에서의 처리효율에 크게 영향을 미친다. 예로 아주 작은 바이러스는 여과과정만으로는 거의 제거되지 않으며, 응집침전을 거친 여과나 소독과정에서 주로 제거되는 반면 내성이 강한 포낭(Cyst)을 형성하고 비교적 크기가 큰 원생동물은 소독보다는 여과에 의하여 더 효과적으로 제거된다.

또한 세균은 일반적으로 최소감염농도가 높는데 반하여 바이러스나 원생동물은 최소감염농도가 낮아서 낮은 농도로도 감염되어 질병을 유발할 수 있다. 환자나 보균자의 분변에서는 다량의 병원균이 생산되어 특정 전염병이 발병하면 원인 병원균의 수가 증가하게 되므로 처리에 특별히 주의를 하여야 한다. 병원성 대장균, 쉬겔라, 간염바이러스 등은 사람이외의 동물을 통하여 감염되지 않으나 살모넬라, 콜레라, 여시니아, 지아디아, 크립토스포리디움 등은 동물도 숙주로 감염되므로 가축이나 야생동물의 분뇨도 오염원이 된다.

#### ① 일반세균(Heterotrophic Plate Count)

가장 잘 알려져 있고, 많은 연구가 이루어지고 있는 종류가 세균으로서, '미생물' 하면 가장 먼저 세균을 연상하게 된다. 세균(Bacteria)은 단일세포로 이루어진 원핵생물(Prokaryote)로서 1~10  $\mu\text{m}$  정도 크기의 구형, 간형, 나사형 모양의 간단한 형태를 갖는다. 세균은 영양요구조건에 따라 분류되는데, 수인성 질병과 관련된 병원세균이나 지표세균은 탄소와 에너지를 모두 유기물의 산화 및 동화에 의존하는 화학유기영양성 종속영양미생물 들이다. 세균은 특정한 영양요구 이외에도 산소 요구량 및 적합한 산화환원전위에 있어서 다양한 변이를 보여, 산소를 필요로 하거나(절대호기성), 산소에 의하여 성장이 둔화·저해 되거나(혐기성), 산소가 있건 없건 성장하는(통성 혐기성)종류가 있고, 산소농도가 낮을 때만 성장하는 것(미호기성)도 있다. 수돗물에서 일반세균은 타가영양성 종속세균을 일컫는데 어떠한 수계에나 대장균보다 상대적으로 많이 분포하며 유기영양분이 많은 경우 높은 농도로 검출된다. 대개 일반세균은 무해하나 일부 기회성 병원균을 포함할 가능성이 있다.

#### ② 대장균군(Total Coliform)

대장균군은 35℃에서 48시간 이내에 유당을 발효하여 가스를 생성하는 모든 호기성 및 조건 혐기성, 그람음성의 포자(Spore)가 없는 간균을 일컫는다. 35℃에서 배양하여 나타난 개체를 총대장균군(Total Coliform)이라 하고, 44℃에서 배양하여 나타난 것을 분변성 대장균군(Fecal Coliform)이라 한다. 특히 분변성 대장균군의 변화가 병원미생물의 존재와 밀접한 관계가 있다. 대장균군은 수질오염의 지표생물로 가장 널리 쓰이고 있으며, 살모넬라(Salmonella)나 쉬겔라(Shigella)등과 같은 병원성 미생물은 대부분 장내세균으로서 이들의 존재를 모두 검정하는 것보다 장내세균 군집의 한 종

류로 존재하는 대장균군의 분포상황을 파악함으로써 분변성 오염에 의한 병원성미생물의 존재 가능성을 확률적으로 나타낼 수 있기 때문이다.

③ 바이러스(Virus)

바이러스는 기본적인 유전정보와 이를 둘러싼 단백질로 구성된 비 세포적 구성체로서 숙주세포의 존재 하에서만 생존 증식할 수 있는 절대적인 기생체이다. 바이러스의 크기는 콜로이드 입자와 유사한 수십~수백nm이다. 감염하는 숙주에 매우 특이적이며, 동물, 식물, 세균 등, 숙주의 종류에 따라 동물 바이러스, 식물바이러스, 파아지 등으로 분류된다. 특히 물에서 인체건강에 중요한 바이러스는 사람의 소화기계에 감염되어 분변으로 배출되는 장관계바이러스이다. 이들 바이러스는 대부분 '분변-구강 전파' 경로를 거쳐 사람끼리의 직접접촉을 통하여 감염된다. 그러나 하수나 처리수 및 처리고형물에 존재하므로 지표수나 토양에 배출되고 따라서 먹는 물의 수원으로 쓰이는 지표수나 지하수가 오염될 수 있다. 물에서 바이러스 분석은 대표성 있는 시료의 채취-시료내의 바이러스 농축-검출(농도평가)-동정의 과정으로 이루어진다.

④ 원생동물(Protozoa)

원생동물은 단일세포로 이루어진 동물로서 유전물질이 막에 둘러싸이고 구분된 세포내 기관을 가지고 있는 진핵생물(Eucaryote)이다. 원생동물은 그들의 운동과 생식방식에 따라 여러 종류가 있으며, 기생형과 자유형의 형태로 나뉜다. 자유형 원생동물은 자연수와 습지에 넓게 분포되어 있으며 유기성 수질의 지표가 되기도 한다. 인체의 질병과 관련된 원생동물은 기생성으로서, 대표적인 생물은 지아디아(Giardia), 크립토스포리디움(Cryptosporidium) 등이 있다. 이들은 처리에 내성을 지닌 포낭(Cyst) 또는 난포낭(Oocyst)이라는 형태로 수환경에 존재하므로 정수처리에 주의를 필요로 한다.

(a) 지아디아(Giardia)

지아디아는 전세계적으로 가장 보편적으로 퍼져있는 기생충으로 보고 되고 있다. 감염경로는 보통 배설물에서 입으로, 사람에게서 사람으로이며, 대부분이 이 경로를 통해 전파된다. Giardia Lambli는 길이 9~20µm, 폭 5~15µm, 두께 2~4µm의 편모를 가진 원생동물로서 생존이 어려운 환경 하에서는 강한 피막을 형성하여 포낭의 체형을 가지며, 8~14µm의 알 형태로 된다. 감염 시 1~8주 정도의 잠복기를 가지며 일반적인 증상

은 설사, 발열, 복부팽만 등이며 특히 어린이에게 발병률이 높다. 지아디아는 생존이 어려운 환경 하에서는 강한 피막을 형성하여, 포낭의 체형을 가지며 생존능력이 뛰어나 특히 염소 소독에 대한 내성이 강하다. 국내에서는 수돗물에서 지아디아에 의한 발병사례는 보고 되지 않았다.

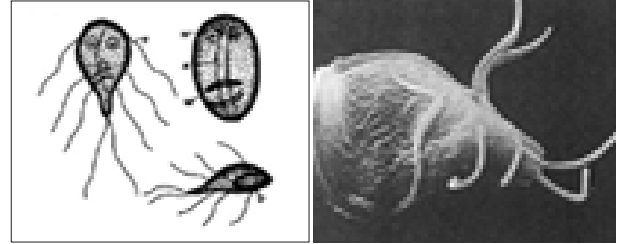


그림 1) 지아디아 변화

그림 2) 지아디아 편모충

(b) 크립토스포리디움 (Cryptosporidium)

크립토스포리디움은 지아디아 편모충과 같은 원생동물의 일종으로 건강한 성인이 섭취했을 경우, 설사를 일으키며 보통 2~3일 안에 회복되지만, 5세 이하의 어린이나 면역성이 약한 성인에게는 치명적이다.

난포낭은 상당한 저항력이 있어 습지에서는 수개월, 탁도가 낮은 수원지에서는 1년에 걸쳐 생존하는 것으로 알려져 있다. 정수중의 유리잔류염소에 대한 저항력이 지아디아 포낭보다 강할 뿐만 아니라 포낭의 크기가 더 작기 때문에(4~6µm) 수처리를 최적조건 하에서 행하지 않는 한 제거가 곤란하다.

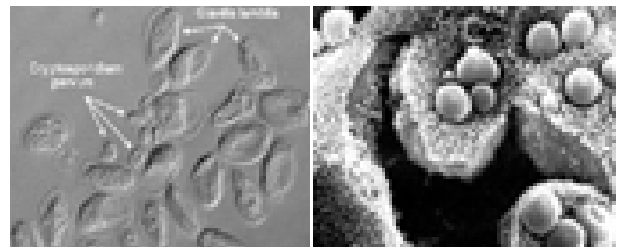


그림 3) 크립토스포리디움과 지아디아

그림 4) 크립토스포리디움의 장내서식모습

3. 우리나라 정수처리기준

과거에는 우리나라는 먹는물 수질기준으로 대장균 및 일반세균에 대한 수질기준을 설정하여 제거대상 미생물로 규정하고 관할지역에서 최소 잔류염소 농도 0.2mg/L 이상 유지하도록 수도법으로 관리하였으나, '02년도 "정수처리기준"이 시행되면서 바이러스와 지아디아에 대한 제거목표 농도를 각각 4Log, 3Log로 설정하고 각 여과시설에서의 탁도 운영기준과

소독공정에서 유지하여야 할 소독능(CT값) 기준을 설정하여 모든 수도사업자는 단계별로 정수처리기준을 준수하여야 한다.

**(1) 여과시설의 관리**

수도사업자는 정수처리기준을 준수하기 위해 여과시설을 갖추어야 하며 기타여과시설을 사용하여 정수처리기준을 준수

탁도 기준	적용대상 시설	시설용량
- 시료채취지점 : 여과지와 정수지 사이에 모든 여과지의 유출수가 혼합된 지점 - 시료채취주기 : 4시간 간격으로 1일 6회 이상 - 기준 : 연속측정된 6개 시료의 평균값이 0.5NTU를 초과 하지 아니하고, 각각의 시료에 대한 측정값이 1.0NTU를 초과하지 아니할 것	급속·직접·완속 시설	5,000m <sup>3</sup> /일 이상

5,000m<sup>3</sup>/일 미만의 정수장은 12시간 간격으로 일 2회 이상 시료채취  
 ※ 2004. 7. 1부터 100,000m<sup>3</sup>/일 이상 정수장은 강화된 기준이 적용됨

표 1) 정수처리기준에서의 여과시설 종류별 탁도 기준

구분	여과시설에서 Log 제거율		소독공정에서 Log 제거율	
	지아디아 포낭	바이러스	지아디아 포낭	바이러스
급속여과	2.5	2.0	0.5	2.0
직접여과	2.0	1.0	1.0	3.0
완속여과	2.0	2.0	1.0	2.0

기타 여과시설의 제거율은 한국상하수도협회가 인증하여 적용

표 2) 여과시설별 인정 제거율 및 소독공정에서 필요 제거율

위반사항	주요조치사항
· 평균 탁도값이 0.5NTU를 초과하거나, 어느 한 시료의 탁도값이 1NTU를 초과하는 경우	· 자체시설점검 등을 통한 원인 분석 및 개선조치
· 각 시료의 탁도가 1NTU를 초과하는 경우가 24시간 이상 지속되는 경우	· 지체 없이 해당지역 주민에게 공지 · 자체시설점검 등을 통한 원인 분석 및 개선조치
· 각 시료의 탁도가 1NTU를 초과하는 경우가 48시간 이상 지속되는 경우	· 지체 없이 해당지역 주민에게 공지 · 전문기관에 의한 기술진단 및 개선조치

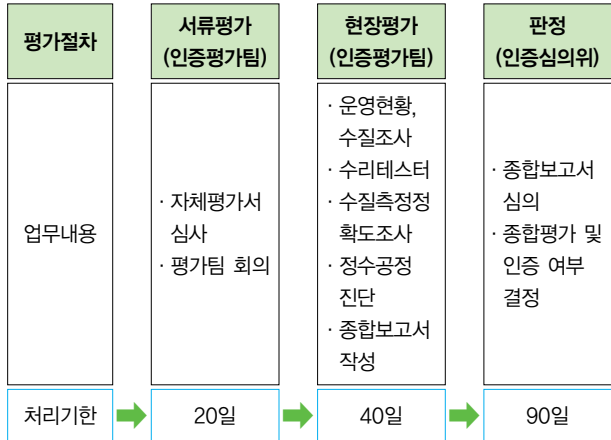
표 3) 탁도 초과시 주요 조치사항

하고자 할 때에는 한국상하수도협회장의 인증을 받아야 한다. 여과시설 종류별 탁도기준과 여과시설별 지아디아, 바이러스 제거율 인정은 각각 표 1)과 표 2)와 같다. 또한 공급되는 수돗물이 탁도기준을 초과하는 경우, 초과하는 정도에 따라 시설 개선 및 주민공지 등을 실시하여야 한다.

**(2) 소독시설의 관리**

수도사업자는 정수시설에 반드시 소독시설을 갖추어야 하며 불활성화비를 항상 '1' 이상으로 유지하여야 한다. 불활성화비의 계산은 취수지점으로부터 정수지 유출지점까지를 원칙으로 하며, 이외의 지점(정수지 유출지점 이후 ; 배수지, 송수관로)에서 추가적인 소독능값을 인정받고자 하는 경우에는 한국상하수도협회장의 인증을 받아야 한다. 탁도와 마찬가지로 불활성화비를 만족하지 못하거나 잔류염소가 일정수준 이하로 검출되는 경우에는 뒤의 표 4)와 같이 시설개선 및 주민공지 등 적절한 조치를 취하여야 한다.

**(3) 기타 여과방식 및 추가소독능 인증절차**



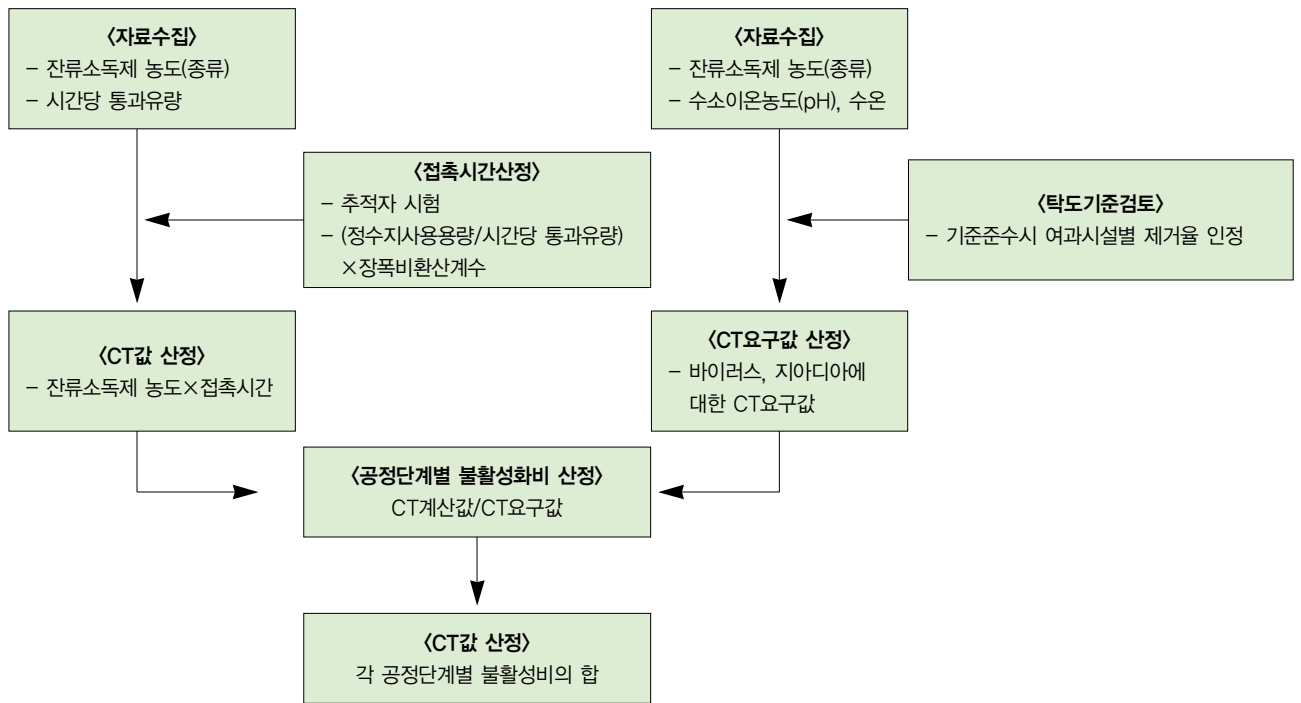
**(4) CT값 평가**

- 소독능(CT Value)이란 C(Disinfectant Concentration, mg/L) × T(Contact Time, min)의 약자로서 Giardia Cysts와 Virus를 안전한 정도까지 제거하기 위해 만족시켜야 하는 수치로,
- 적정 소독능의 유지는 소독제의 농도와 접촉시간과의 관계로 소독능 향상을 위하여 소독제의 농도를 높일 경우 과량의 소독부산물 발생할 수 있으므로 적정 접촉시간 증가를 위한 도류벽 설치가 요구 된다.

구분	위반사항	주요조치사항
불활성화비	· 불활성화비가 1미만인 경우	· 지체 없이 해당지역 주민에게 공지 · 자체시설점검 등을 통한 원인분석 및 개선조치 · 불활성화비 재계산
	· 불활성화비가 1미만인 경우가 48시간 이상 지속	· 지체 없이 해당지역 주민에게 공지 · 전문기관에 의한 기술진단 및 개선조치
잔류 소독제농도 측정결과	· 정수지 유출부에서 유리 잔류염소가 0.2mg/l(결합잔류염소의 경우는 1.5mg/l)미만인 경우	· 30분 이하의 간격으로 재측정결과 1시간 이상 지속될 경우 해당지역 주민 공지 및 원인분석 · 개선조치 · 24시간 이상 지속되는 경우 해당지역 주민 공지 및 전문기관에 의한 기술진단 실시

표 4) 소독규정 위반시 주요 조치사항

(a) 불활성화비 계산 흐름도



(b) 계산시 요구자료 및 적용값

항목	단위	비고
탁도	NTU	여과지 유출수 혼합지점
잔류소독제 농도	mg/L	정수지 유출부
수온	℃	
수소이온농도(pH)	-	정수지 유출부
시간당통과유량	m <sup>3</sup> /hr	측정불가시 일평균유량(m <sup>3</sup> /day)×1.17÷24(hr)

(c) 계산값 및 정수장 특성값

항목	단위	계산식/산정방법
시설사용용량	m <sup>3</sup>	길이(m)×폭(m)×수심(m)
장폭비 환산계수	-	장폭비 환산계수표 또는 추적자시험 결과
체류시간	min	시설사용용량(m <sup>3</sup> )÷시간당통과유량(m <sup>3</sup> /hr)×60(min)
계산값(CT <sub>계산값</sub> )	mg · min/L	체류시간(min)×잔류소독제 농도(mg/L)×장폭비 환산계수
불활성화비		소독능 계산값(CT <sub>계산값</sub> )÷소독능 요구값(CT <sub>요구값</sub> )

(d) 일일 불활성화비 계산시 적용값

적용기준	대상항목
일간 최고값	탁도, 수소이온농도, 시간당통과유량
일간 최저값	잔류염소농도, 수온, 수심

4. 운영상의 문제점 및 개선방안

'01년도 전국의 512개 중·소규모 정수장을 대상으로 소독능 운영실태에 대한 일제 점검을 실시하고 '02년 8월부터 정수 처리기준이 시행되면서 각 정수장마다 시설 및 운영개선에 많은 노력을 경주하여 소독능 향상이 이루어졌다. 그럼에도 불구하고 다수의 정수장에서 소독능 관리에 곤란을 겪고 있으며, 특히 '04년 7월부터 지아디아 포낭 제거를 위한 소독능을 달성하여야 하므로 보다 엄격한 시설운영 및 소독관리가 요구된다.

한국상하수도협회는 추가 소독능 인증과 관련하여 '03년도에 9개 시설에 대한 기술지원을 실시하였고 금년도에는 24개 정수장에 대한 기타여과방식 또는 추가소독능 인증을 실시할 계획이다. '03년도 기술지원결과와 기타 광역 및 지방상수도의 사례를 위주로 문제점 및 개선방안을 검토하고자 한다.

(1) 염소투입 방식 개선

대부분의 정수장에서 사용하고 있는 소독약품은 염소계 소독제인 액체염소, 차아염소산나트륨, 차아염소산칼슘 등 주를 이루고 있으며, 일부 고도정수처리 정수장에서 오존을 사용하고 있다. 정수지에서 균일한 소독제 잔류농도를 유지하여야 하나 투입지점에서의 혼합 부족, 투입설비의 용량과다, 빈번한 유입유량 변화, 운영기술의 미흡 등이 대표적인 문제점이다.

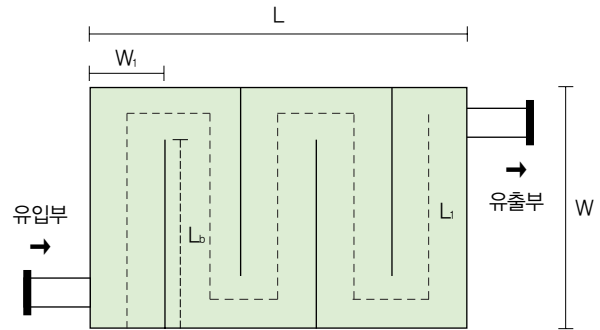
효과적인 소독제 혼합을 위해서는 정수지 전단에 염소접촉조를 두거나 혼합장치 등을 설치하는 것이 바람직하지만 시설개선 비용이 많이 소요되므로 위어낙차부, 여과수 혼합수로 등 혼합이 잘 이루어지는 지점으로 투입지점을 변경하고 디퓨저(Diffuser)를 설치하여 목적달성이 가능하다.

정수지에서 균일한 잔류염소 농도를 유지하기 위해서는 수동으로 투입량을 조절하는 방식에서 유입유량 및 잔류염소 복합비례 제어방식(PID제어)으로 개선이 필요하며, 소규모 시설의 경우는 반드시 저울을 사용하여 매시간 사용량을 확인하고 잔류염소를 측정하여야 한다.

(2) 도류벽 설치

정수지에 도류벽이 미설치 되었을 경우는 유효 체류시간이 짧아진다. 즉 정수지는 침전지와 달리 균일한 여과수의 유입이 이루어지지 않고, 유입단면이 정수지 단면에 비해 극히 작으며, 이로 인해 단락류 및 사수구역(Dead Space)등이 발생하여 체류시간이 균일하지 못하고 매우 불규칙하다. 따라서 부분적으로는 이론적 체류시간의 10%에도 못 미치는 경우가 있다. 도류벽 설치의 소독능 향상을 위한 가장 효과적인 방법으로 도류벽은 유입·유출부의 속도를 감소시키고 정수지내에 균일하게 유량을 분배하고 단락류 발생을 방지함으로써 정수지의 유효접촉시간을 연장할 수 있다. CT값을 증가시키는 방법으로 C값, 즉 잔류염소 농도를 높게 유지하는 방법은 소독부산물의 발생 증가와 염소냄새로 인한 민원발생이 우려되므로 좋은 개선방안이 아니다. 도류벽은 소독제와 물의 최대 접촉시간을 확보할 목적으로 설치되며 보통 정수지 길이와 폭의 비(장폭비)가 20:1이 가장 경제적이며  $T_{10}/T=0.61$ 을 나타내고 이상의 비에서는 증가율이 미미한 것으로 알려졌다(Bishop).

(a) 도류벽 소요갯수 계산(도류벽의 길이를 정수지 폭으로 가정)



$$- \text{최적 } L_b/W_1 \text{ 비} = 20 : 1 = W(n+1) + \frac{L \times n}{(n+1)} : \frac{L}{(n+1)}$$

- $L_1$  : 도류벽이 설치되어 있을 때의 실질적인 물 흐름 길이(m)
- $W_1$  : 도류벽이 설치되어 있을 때의 실질적인 물 흐름 폭(m)
- $L$  : 정수지 길이(m),  $W$  : 정수지 폭(m),  $n$  : 도류벽 개수
- $L_b$  : 도류벽 길이(m)

도류벽 갯수 산출식	$\text{도류벽수}(n) = \frac{-(2W+L) \pm \sqrt{(2W+L)^2 - 4W(W-20L)}}{2W}$
------------	---

(b) 도류벽 길이(Lb) 결정

$$L_1 : W_1 = 20 : 1 = (L_b + \frac{W-L_b}{2}) \times 2 + L_b \times (n-1) + \frac{L}{(n+1)} \times n : \frac{L}{(n+1)}$$

도류벽 갯수 산출식	$\text{도류벽길이}(L_b) = \frac{(20L - L \times n)}{(n+1)} - W$ $n$
------------	--

(c) 도류벽 설치로 소독능 개선 사례

경북소재 J, U정수장은 '01년 5월 환경부 중소기업 정수장 소독능 일제조사시 소독능이 부족한 것으로 지적되어 도류벽을 설치하여 소독능을 향상하였다. 표 5)에서 보는 바와 같이  $T_{10}$  값이 3배정도 증가되었으며 U정수장의  $\beta$ 값이 J정수장보다 낮은 이유는 현장 시공상의 문제점으로 도류벽의 소요갯수보다 적게 설치한 원인이다. 도류벽은 철근콘크리트, 벽돌, 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 등의 방법을 검토한 결과 시공성이 가장 우수한 폴리에틸렌으로 선정하였다.

(3) 정수지 수위 안정화

적정 소독력을 유지하기 위해선 일정한 접촉시간을 가져야 함에도 불구하고 일부 정수장의 경우 정수지 수위의 변화 폭이 큼으로 인해 실질적인 체류시간의 감소를 가져온다. 이는 수용가의 용수요구가 시간대별로 다른 이유에서도 기인하나, 일부 정수장의 경우 전력비 등의 절감차원에서 무리하게 정수지 수위를 변화시켜, 소독제와의 충분한 접촉이 이루어지지 않고

있다. 수도사업자는 정수처리기준에 의거 항상 불활성화비를 '1' 이상으로 유지하여야 하므로 적정 CT값 확보를 목표로 정수지 수위를 운영하여야 한다. 따라서 적정 CT값 유지를 위한 정수시설 운영관리 매뉴얼을 작성하여 활용하여야 한다.

(4) 전염소 투입

전염소는 염소요구량 감소, 조류제거, 암모니아성질소제거 등 다양한 목적으로 이미 많은 정수장에서 적용하고 있는 수처리 법이다. 그러나 소독은 기본적으로 효과적인 미생물의 제거 수단으로 수인성 질병에 의한 위험을 줄이는 반면에 발암성 소독부산물 생성 가능성으로 암 발생 위험을 높이게 되는 딜레마를 가지고 있다.

우리나라의 경우는 주요하천의 하류에서 취수하는 정수장을 제외하고는 소독부산물 농도가 비교적 높지 않기 때문에 큰 문제가 되지 않는다. 전염소 처리시 침전지 유출부에서의 잔류염소 농도를 0.2~0.3mg/L 정도 유지하는 것이 좋다. 전염소에 의한 소독능 향상은 응집지, 침전지의  $\beta$ 값을 통상 0.3으로 인정하기 때문에 개선효과가 크다.

(5) 추가 소독능 인증

불활성화비의 달성은 취수지점으로부터 정수지 유출지점까지

평가항목	J 정수장		U 정수장		비고
	도류벽 설치 전	도류벽 설치 후	도류벽 설치 전	도류벽 설치 후	
Mean Residence Time	72	249	94	113	평균 체류시간
$N_{CSTR} = \frac{t^{-2}}{\sigma^2}$	3.5	7.6	2.1	5.5	클수록 Plug Flow에 가까움
$T_{10}$	30	160	15	55	CT계산의 T값
$\frac{T_{10}}{T} (\beta)$	0.38 (불량)	0.86 (우수)	0.12 (없음)	0.48 (보통)	Baffling Factor
Morill Index = $\frac{t_{90}}{t_{10}}$	4.00	2.31	12.67	3.36	Plug Flow = 1 CSTR >> 1
Modal Index = $\frac{t_b}{T}$	0.76	0.94	0.04	0.74	Plug Flow = 1
단락류 Index = $\frac{t_g - t_b}{t_g}$	0.08	0.31	0.94	0.19	작을수록 단락류가 없음
Plug Flow	0.50	0.64	0.21	0.55	Plug Flow = 1
Mixed Flow	0.50	0.36	0.79	0.45	CSTR = 1

J 정수장은 정수지에서 소독능 향상에도 불구하고 최악조건에서는 정수지 유출부까지의 불활성화비가 '1'을 만족하지 못하기 때문에 송수관로에 대한 추가 소독능 인증을 계획하고 있다.

표 5) 정수지 도류벽 설치에 따른 수리흐름 변화

를 원칙으로 하되, 정수시설에서 소독능 향상대책(도류벽 설치, 전염소 처리 등)에도 불구하고 불활성화비 달성이 곤란하여 정수지를 고수위로 운영함에 따라 시설운영에 어려움이 발생할 경우는 정수지 유출지점 이후, 즉 배수지 또는 송수관로에 대한 추가 소독능을 인증 받아 안정적으로 시설을 운영할 수도 있다.

## 5. 결 론

병원성 미생물로부터의 안전성 확보를 위해서는 각 수도시설의 효율적인 운영과 시설개설을 통한 소독능 향상뿐만 아니라 시설운영에 있어 다중방어시스템(Multiple Barrier System)적인 접근이 필요하다. 유역관리를 통한 상수원 수질보호, 취수원 상류 하·폐수처리시설 설치, 강변여과수 개발, 취수구 위치변경 등의 취수시설에서부터 제어전략을 수립하여야 한다. 우리나라는 원생동물 분석법이 정립되어 있지 않고 기초조사가 미흡하므로 전국 상수원에 대한 조사를 실시하여 상수원별로 제어대책을 수립하고 정수처리기준 강화 등의 정책결정에 활용하여야 한다. 또한 외국 선진국에서 미생물 제어대책으로 막여과, UV시설 등을 도입하고 있으나, 국내에는 관련법령의 미정비, 설계지침이나 가이드라인 부재로 신기술 도입에 어려움을 겪고 있어 이에 대한 준비가 필요한 실정이다. ☞



## 상·하수도 관리자 연찬회 개최 안내

우리 협회에서는 상·하수도 운영상의 개선방안을 공동으로 모색하고 관련기관간의 유기적인 정보 교류 및 업무 협조 체계 구축을 위해, 올해부터 상수도과 하수도 부문으로 분리, 분야별 특성에 맞는 연찬회를 개최할 예정입니다. 이번 행사는 지자체 상·하수도 관리자뿐만 아니라 유관기관 및 학계, 상·하수도 전문가들이 참여한 가운데 심도 있는 토론과정을 통해 개선대안을 공동 모색하는 자율적이며 참여적인 연찬회가 될 것으로 기대됩니다. 상하수도 업무에 종사하시는 관계자 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

### ■상수도 연찬회

1. 일 정 : 2004년 5월 12일(수) ~ 13일(1박 2일)
2. 장 소 : 삼성화재 연수원 (대전광역시 유성구 소재)
3. 내 용 : 정책설명, 주제발표, 토의, 우수사례 발표 및 협회 사업설명 등

### ■하수도 연찬회

1. 일 정 : 2004년 10월 초 (미정)
2. 장 소 : 추후선정
3. 내 용 : 추후선정

☞ 문의처 : 교육팀 이현기 과장 (Tel : 02-384-8151~4)

※ 보다 자세한 사항은 추후 협회 홈페이지 및 공문 등을 통해 공지 예정이며 참가신청을 원하시는 지자체 관계자분들은 협회로 문의 바람

교육  
훈련

정보

행사

시험

[www.kwwa.or.kr](http://www.kwwa.or.kr)

물은 생명 그리고 미래입니다