
국내·외 정수처리기술의 현황

류 재 근 박사

(국립환경연구원)

국내·외 정수처리 기술의 현황

류재근
국립환경연구원

Current Status of Drinking Water Treatment and its Countermeasure

Jae-Keun Ryu

*National Institute of Environmental Research, 613-2 Bulkwang-dong,
Eunpyung-gu, Seoul 122-706, Republic of Korea*

Summary

1. Drinking water resources

1) Korea

Tap water should be shown the complexity of measures necessary to secure water quality, especially with respect to drinking and bathing.

Designated reservoirs Paldang and Daechung as the Special Environment Protection Areas to regulate new pollution sources and to facilitate construction of wastewater treatment facilities.

In this country, 91% of total drinking water resource, consist of 66% stream water, 25% dam water, 7% dune filtrate, 1% each of spring and ground water, are from the surface water. The total volume of annual mean water resources due to precipitation.

Over 8% of the total resources are class III as shown in the table., especially the water quality of downstream of Nakdong and Yeongsan river are getting worse due to continued economic and social development.

year	total monitoring site	drinking water resource class I	water resource class II	water resource class III
1994	350개소	179(51.1%)	142(40.5%)	29(8.3%)
1995	372개소	215(57.8%)	127(34.1%)	30(8.1%)

Despite massive government investment in domestic water supplies, the rate of tap water supply is 82.9%, and the amount of water supplied for each person is 398 ℓ/day in the end of 1996.

2) Japan

In Japan, surface water is 65.5% of total drinking water resources as shown in the table. Odor and taste problem has been increased and ammonium nitrogen concentration also, recently.

classification	surface water(65.5%)				ground water(34.5%)		
	stream water	dam water	dam discharge water	lake	dune filtrate	shallow well water	deep well water
100%	40.5%	8.4%	15.3%	1.3%	8.5%	8.0%	18.0%

2. Pollutants and their sources of drinking water

The quality of drinking water has been worried due to many factors such as the pollution methods and the erosion of water supply pipes. The problems can be improved by the development of the new technology and more investment in new infrastructure. Pollutants and their source are described as follows;

1) Before treatment : Natural substances, chemicals, microorganisms

The natural substances in the water are nutrients mostly as iron, manganese, sulfur etc., and cause odor problem with greater concentration.

Chemicals are

- Waste/wastewater treatment plants, landfill site, leaking from storage

tank

- Discharge from sewage treatment plants and industrial area
- toxic chemical accident
- dumping

Most of microorganisms cause water born disease.

2) In the process :

Added chemicals in the treatment process as coagulants and disinfectants and by-products such as THM

3)After treatment :

Added chemicals in the water distribution and supply as chlorine(residual chlorine), inhibit corrosion and contaminated bacteria through point-of-use treatment device and leaking distributing pipe line

3. Environment Standard

To preserve the pleasant water environment and protect the human health from any water pollution, the environmental water quality standards in the rivers and lakes is established and standards, BOD and COD, are presented in the table.

(unit : mg/ℓ)

Classification	Korea		Japan		U.S.A	France	Swiss	England
	stream	lake	stream	lake				
factors	14	16	29	31	28	24	20	2
BOD	I; 1↓ II; 3↓ III; 6↓ IV; 8↓ V; 10↓	-	AA; 1↓ A; 2↓ B; 3↓ C; 5↓ D; 8↓ E; 10↓	-	-	1A; 3↓ 1B; 3~5 2; 5~10 3; 10~25 4; 25↑	-	1A; 3↓ 1B; 5↓ 2; 9↓ 3; 17↓
COD	-	I; 1↓ II; 3↓ III; 6↓ IV; 8↓ V; 10↓	-	AA; 1↓ A; 3↓ B; 5↓ C; 8↓	-	1A; 20↓ 1B; 20~25 2; 25~40 3; 40~80 4; 80↑	-	-

There are 552 water works in the end of 1994, environmental water quality

standards in the rivers and lakes is classified from class I to V in Korea. Four different treatment processes, A to D type, have been applied to each classified water quality as shown in the table.

A type process is applied for stream water of 173 water works and B, C type process are applied for stream water of 121 water works X and dune filtrate. And D type process is operating for ground water and clean mountain water.

treatment process	No. of water works		water treatment process																
	total	552 100 (%)																	
A	173	31%	I.T.	→	E.B.	→	M.B.	→	C.B.	→	S.B.	→	F.B.	→	S.T.	→	D.R.	→	W.S.
B	121	22%	I.T.	→	E.B.	-----→					F.B.	→	S.T.	→	D.R.	→	W.S.		
C	246	45%	I.T.	→	E.B.	-----→					F.B.	→	S.T.	-----→		W.S.			
D	12	2%	I.T.	→	E.B.	-----→					F.B.	-----→				W.S.			

I.T. : intake tower,

E.B. : equalization bed

M.B. : mixing bed,

C.B. : Coagulation bed

F.B. : filtration bed

S.T. : storage bed

D.R. : distributing bed

W.T. : water supply

1. 서론

상수는 수도를 통하여 음용 또는 생활용, 공업용 등의 목적으로 공급되어지는 물을 의미하며, 이 중 음용수는 인간이 음용하기에 적합한 자연상태 또는 적정처리된 물로서 광범위한 의미에서는 요리, 세탁등 생활용도의 물을 포함하고 있다. 이러한 먹는물은 특히 병원미생물, 유해한 유·무기물질 및 방사능으로부터 안전하여야 하고, 심미적으로 만족스러워야 하며, 더 나아가서는 급수관의 부식, 스케일에 의한 영향까지도 고려되어야 한다. 따라서 대부분의 국가에서는 이와 같은 제반 문제점들을 고려하여 음용수 수질기준을 설정, 관리하고 있다.

산업의 고도화와 인구의 도시집중으로 파생된 상수원의 수질문제는 다양화되고 새로운 유해물질의 출현과 분석기술의 발달로 새로운 양상을 띄게 되었고, 국민소득 증대와 함께 생활수준의 향상은 좋은물에 대한 기대와 관심을 불러일으키게 되었으며, 먹는물 수질기준의 강화는 일반적인 정수방식의 한계를 드러내고 있는 실정이다.

이로 인해 먹는물의 불신감은 먹는샘물의 상업화로 계층간의 위화감조성과 함께 사회적·문화적 악영향과 국민경제에 보이지 않는 영향을 끼쳐 왔으며, 최근에는 경제적·사회적구조의 변화와 함께 새로운 상수도체계의 도입필요성이 대두되고 있는 실정이다. 이러한 사회적인 요청과 더불어 정수처리에 요구되고 있는 처리기술은 상수원의 효율적인 관리방안 개선, 기존 정수처리공정의 개선, 고도정수처리 기술개발로 요약되어질 수 있다.

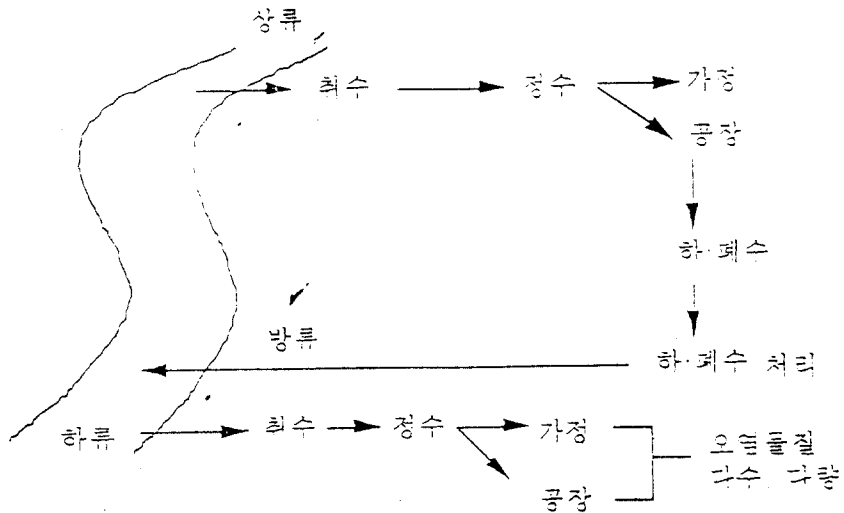
우리나라의 경우 상수원수로 사용되는 물은 지하수, 복류수, 하천수 그리고 호소수 등이 있으며 수도원수의 대부분을 하천수와 다목적댐 등의 인공호소수에 의존하고 있는 실정에 있으나, 원수 수질의 악화로 3급수 이하의 수질을 보이는 곳도 8%를 상회하고 있고, 금강 및 소하천의 복류수에서는 암모니아성질소, 철, 망간 등이 검출되고 있다. 따라서 상수원에 대한 자동수질측정시스템을 강화하여 지속적으로 수질을 감시하고 대책을 수립할 수 있어야 원수의 수질이 향상될 수 있을 것이다.

양질의 원수 확보와 더불어 대규모의 원수저수조설치, 복류수 또는 지하수의 활용방안 강구와 기존 정수처리공정의 효율성을 높이는 최적의 정수처리기법을

개발하여야 하며, 또한 오염된 원수로부터 양질의 수돗물을 공급하기 위한 고도 정수처리의 기술개발이 시급히 이루어져야 할 것이다. 고도정수처리 기술을 실용화 하기 위해서는 공정의 원수특성별 효율평가, 설계 및 운영관리기법의 개발, 유지관리가 용이한 자동화 등이 이루어져야 초기단계에 있는 고도정수기술이 실용화되어 양질의 수돗물을 국민들에게 공급할 수 있을 것이다.

2. 최근 정수처리의 심각성

1990년 낙동강 THM사건, 1991년 낙동강 Phenol 사건을 시작으로 상수도 수원 오염사고가 매년 발생함에 따라 맑음물 공급에 대한 전 국민적 관심이 높아지고 있으며, 기존의 정수처리 시스템에 대한 개선 및 처리능력 향상을 위한 종합적 대책의 강구가 요구되고 있다. 다음 그림1은 상수원 취수형태를 설명한 것이다.



취수형태의 현황

가. 수돗물 관련 문제의 유형

1) 미관상의 문제 : 미관상의 문제를 일으키는 요소는 , 탁한 수돗물, 수돗물의 변색, 침전물 형성 등이다.

2) 맛.냄새 문제 : 수돗물에 역한 냄새가 나거나 맛이 이상함 그리고 목욕할 때 눈이나 코가 따가움

3) 설사 등 병원균에 의한 신체의 이상

4) 기 타 : 일반주민들이 느끼는 수돗물 문제는 대부분 미관상 또는 맛과 냄새에 관한 문제들 인데 수돗물의 오염자체는 일반 소비자들은 감지하기 어렵기 때문에 이러한 심미적인 문제를 수돗물의 오염과 연관시켜 불안정한 수돗물로 간주하는 경향임

별첨 1 : 수돗물의 맛,냄새 분류(미국 수도협회(AWWA)의 자료)

나. 수돗물의 오염물질과 오염원

정수처리과정중 오염물질의 분류는 처리전, 처리과정 및 처리후로 분류할 수 있다.

1) **처리전 오염물질** : 자연적으로 존재하는 물질, 화학오염물질, 각종 미생물이 해당 된다.

물속에서 자연적으로 존재하는 물질들은 대부분 필요한 영양소들로 철, 망간, 황 등이 과다 존재시 맛이나 냄새문제 유발하게 된다.

- 화학오염물질은 다양한 화학물질들이 산업활동등 사람들의 활동에 의해 발생되며 다음과 같은 종류가 있다.

- 폐기물(폐수)처리장, 매립지, 저장시설로부터의 누출
- 산업체나 하수처리장으로부터 방류
- 농약 등의 유출
- 화학약품의 돌발적인 유출
- 급수 및 배수관망에서의 침출
- 불법적인 투기

- 각종 미생물은 세균, 바이러스 등으로 수인성 전염병을 유발한다.

2) **처리과정중에서의 오염물질**

응집제, 소독제 등과 같이 정수과정중에 첨가되는 화학약품들, THM 등과 같이 정수과정중에 발생하는 소독부산물 등이 있다.

3) 처리후의 오염물질

급배수과정에서 첨가되는 화학약품인 염소(잔류염소), 방청제 그리고 급배수관 또는 저수조의 부식과 누수배수관을 통한 미생물 등의 오염으로부터 발생하는 오염물질 이다.

별첨 2. 급배수 과정에서의 문제점

3. 상수원수의 종류 및 수질에 관한 국내외 현황

가. 상수원수

1) 한국

상수원수는 하천수 66%, 저수지수 25%, 복류수 7%, 용천수 및 지하수 각각 1% 로써, 상수원수의 91%를 하천 또는 저수지의 지표수를 이용하고 있는 실정이다.

다음 표에서 보는바와 같이 상수원수의 수질을 살펴보면, 1994년에는 1급수 약 51%, 2급수 약40%를 나타 내었는데, '95년도 에는 1급수가 약 6% 이상 높아져 수질이 개선되고 있음을 알수 있어나 약 8%는 상수원수 3급수 이하이며, 특히 낙동강, 영산강, 금강하류의 수질이 갈수록 악화되고 있는 것으로 나타났다.

조사년도	계	상수원수 1급	상수원수 2급	상수원수 3급
1994	350개소	179(51.1%)	142(40.5%)	29(8.3%)
1995	372개소	215(57.8%)	127(34.1%)	30(8.1%)

상수원수 총공급량 15,179천톤/일 중 50.3%인 7,632천톤을 광역상수도로 공급하고 있으며, 최근에 금강, 소하천의 복류수에서 암모니아성질소, 철, 망간 등이 검출되고 있다.

2) 일본

다음 표에서 보여주는 바와같이 상수원은 주로 하천수, 저수지 등의 지표수가 65% 이상이며 나머지는 지하수에서 얻고 있다. 호소의 부영양화 등으로 맛, 냄새 발생하며 암모니아성질소의 농도도 증가 하고 있는 실정이다.

구분	지표수(65.5%)				지하수(34.5%)		
	하천수	댐	댐방류수	호소	복류수	천정호	심정호
100%	40.5%	8.4%	15.3%	1.3%	8.5%	8.0%	18.0%

3) 미국

상수원수의 대부분을 지표수에서 얻는 미국에서는 지표수가 비교적 오염되지 않은 강의 상류 또는 호소수를 이용하고 있어 원수의 수질이 비교적 양호하다. 수원이 정제되어 있고, 산림이 울창하여 트리할로메탄의 전구물질인 휴민물질이 많다. 그리고 지하수에서는 유독성물질이 검출되어 캘리포니아주, 오하이오주 등에서 오존, 황성탄 공정을 도입하고 있다.

4) 유럽

유럽에서는 상수원수의 40~70%를 지하수를 이용하고 있는데 이중 70% 정도는 인공지하수를 사용하고 있으며, 원수의 전처리 즉 강독여과법, 저수지 체류 등에 중점을 두고 있다. 냄새와 맛의 문제가 있어 오래전부터 오존, 이산화염소를 사용하고 있는데 최근에 생물활성탄 공정의 도입이 확대되는 추세이다.

나. 각국의 수질환경기준

1) 한국

현행 환경정책기본법 시행령의 수질기준은 하천, 호소, 해역으로 나누어 그 기준을 제시하고 있으며, 지하수의 경우 먹는물 관리법에 의한 먹는물 기준을 정하고 있다.

하천, 호소 수질기준 모두 '생활환경' 항목과 '사람의 건강보호' 항목으로 구성되어 있으며 '이용목적별 적용대상'에 따라 생활환경기준은 각각 5개 등급(I~V)으로 구성되어 있다.

하천수질기준에 COD가 제외되어 있는데 그 이유는 흐르는 하천에서의 유기물분해는 수중호기성미생물에 의한 것이 대부분이며 화학적인 분해는 극히 일부이므로 자연수계의 오염도 파악에는 COD보다 BOD가 더 적합하지만, 호소수에 COD를 규제하는 이유는 호소는 정체수역이기 때문에 하천에 비하여 조류가 많이 번식하므로 COD방법이 더 적절하다고 보기 때문이다.

3) 미국

상수원수의 대부분을 지표수에서 얻는 미국에서는 지표수가 비교적 오염되지 않은 강의 상류 또는 호소수를 이용하고 있어 원수의 수질이 비교적 양호하다. 수원이 정제되어 있고, 산림이 울창하여 트리할로메탄의 전구물질인 휴민물질이 많다. 그리고 지하수에서는 유독성물질이 검출되어 캘리포니아주, 오하이오주 등에서 오존, 활성탄 공정을 도입하고 있다.

4) 유럽

유럽에서는 상수원수의 40~70%를 지하수를 이용하고 있는데 이중 70% 정도는 인공지하수를 사용하고 있으며, 원수의 전처리 즉 강독여과법, 저수지 체류 등에 중점을 두고 있다. 냄새와 맛의 문제가 있어 오래전부터 오존, 이산화염소를 사용하고 있는데 최근에 생물활성탄 공정의 도입이 확대되는 추세이다.

나. 각국의 수질환경기준

1) 한국

현행 환경정책기본법 시행령의 수질기준은 하천, 호소, 해역으로 나누어 그 기준을 제시하고 있으며, 지하수의 경우 먹는물 관리법에 의한 먹는물 기준을 정하고 있다.

하천, 호소 수질기준 모두 '생활환경' 항목과 '사람의 건강보호' 항목으로 구성되어 있으며 '이용목적별 적용대상'에 따라 생활환경기준은 각각 5개 등급(I~V)으로 구성되어 있다.

하천수질기준에 COD가 제외되어 있는데 그 이유는 흐르는 하천에서의 유기물분해는 수중호기성미생물에 의한 것이 대부분이며 화학적인 분해는 극히 일부이므로 자연수계의 오염도 파악에는 COD보다 BOD가 더 적합하지만, 호소수에 COD를 규제하는 이유는 호소는 정체수역이기 때문에 하천에 비하여 조류가 많이 번식하므로 COD방법이 더 적절하다고 보기 때문이다.

2) 미국

각 주로 구성된 미국의 경우 수질기준의 설정과 수질오염의 규제는 주정부에 의해 이루어지고 있기 때문에 각 주마다 수질기준이 상이하다. 미국 EPA에서는 항목별 환경수질기준치(EPA 1976, Quality Criteria for Water)를 제시하고 있는

데, 각 주는 이를 하회하지 않는 수준에서 수질기준을 설정하여 관리하게 된다. 미국의 수질기준의 목적은 다음과 같이 3가지로 구분할 수 있다.

- 상수원 보호, 즉 건강과 후생
- 수생생태계의 보호
- 해양생태계의 보호

3) 일본

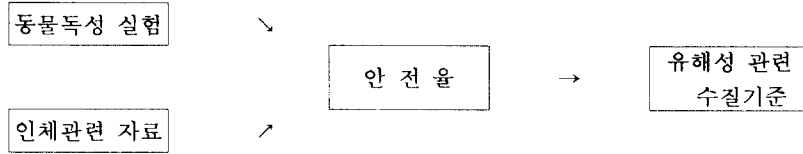
일본의 수질환경기준은 우리나라와 유사하며 하천과 호소 모두 생활환경보전에 관한 항목과 사람의 건강보호에 관한 항목으로 구분되어 그 기준이 고시되어 있다. 하천의 경우 이용목적에 따라 6개 등급(AA, A, B, C, D, E)으로 구분되어 있으며, 호소는 4개 등급(AA, A, B, C)으로 구분되어 있다. 하천의 수질환경기준 항목은 pH등 생활환경 항목5개와 사람의 건강보호항목 9개 항목 등 총 14개 항목으로 구성되어 있으나 최근에는 수질기준항목에 유기염소계 화합물 9개 항목, 농약류 4개 항목등 15개 항목을 추가하여 총 29개 항목으로 유해화학물질에 대한 기준을 매우 강화하였다.

구 분	한 국		일 본		미 국	프 랑 스	스 위 스	영 국
	하 천	호 소	하 천	호 소				
대상항목	총 14	총 16	총 29	총 31	총 28	총 24	총 20	총 2
BOD	I; 1↓ II; 3↓ III; 6↓ IV; 8↓ V; 10↓	-	AA; 1↓ A; 2↓ B; 3↓ C; 5↓ D; 8↓ E; 10↓	-	-	1A; 3↓ 1B; 3~5 2; 5~10 3; 10~25 4; 25↑	-	1A; 3↓ 1B; 5↓ 2; 9↓ 3; 17↓
COD	-	I; 1↓ II; 3↓ III; 6↓ IV; 8↓ V; 10↓	-	AA; 1↓ A; 3↓ B; 5↓ C; 8↓	-	1A; 20↓ 1B; 20~25 2; 25~40 3; 40~80 4; 80↑	-	-

* BOD, COD만을 수재한 것임

다. 먹는물 수질기준

인체의 유해성 여부를 정하는 먹는물 수질기준은 다음과 같이 동물에 대한 독성실험결과와 사람들에 대한 기존자료를 근거로 설정되고 있다.



따라서 높은 안전율을 유지하고 있다고 볼 수 있다. 예를들면, 매일 2리터의 수돗물(또는 커피, 차 등의 수돗물을 사용하는 음료)을 평생동안 마실 경우 인체에 영향을 주게되는 농도를 기준으로 정하고 있다.

수질기준은 먹는물에 함유된 유해물질 및 기타 영향물질의 정도에 따라 다음 세가지로 구분될 수 있다.

1) Objective

이 기준은 보건위생적인 측면이나 심미적영향 등의 측면에서 가장 안전하고 이상적인 수질을 말하며 경제적, 기술적 여건 등이 허용하는 한 우리 인류가 궁극적으로 추구하여야 할 이상적인 기준이다. 즉, 인체에 유해한 성분의 물질이 전혀 함유되어 있지 않으면서 심미적인 측면과 급수시설에 미치는 영향측면에서 가장 이상적인 수질기준을 의미한다.

2) Acceptable Limits

이 기준은 어떤 지역사회의 경제적, 기술적 여건변화에 따라 보다 위생적이고 안전한 수준의 급수가 가능한 때의 기준이다. 즉, 앞에서 말한 "Objective"와 다음에서 정의하는 "Maximum Permissible Limits"와의 중간정도의 목표기준이라 할 수 있다.

3) Maximum Permissible Limits

이 기준은 인체의 건강과 직접적인 관련이 있거나 심미적 영향, 기타 부작용을 나타내는 최대허용한도(threshold)를 나타내는 기준으로서 이 최대허용한도를 초과하는 수질의 먹는물을 음용하는 경우에는 건강에 치명적인 영향을 미치게 된다. 즉 어떤 지역사회에서 그 지역의 경제적, 기술적 여건과 인체에 미치는 영향 등을 감안하여 설정된 최고허용한도를 말하며 일반적으로 이 기준을 먹는물 수질기준(Standard)이라 부르며 대부분의 국가는 이 기준을 법정기준으로 설정하여 관리하고 있다. 따라서 먹는물의 수질기준은 그 지역사회(국가)의 원수의 수질상태, 경제적·기술적 측면에서의 정수처리수준, 식생활습관 등에 따라 각기 상이하

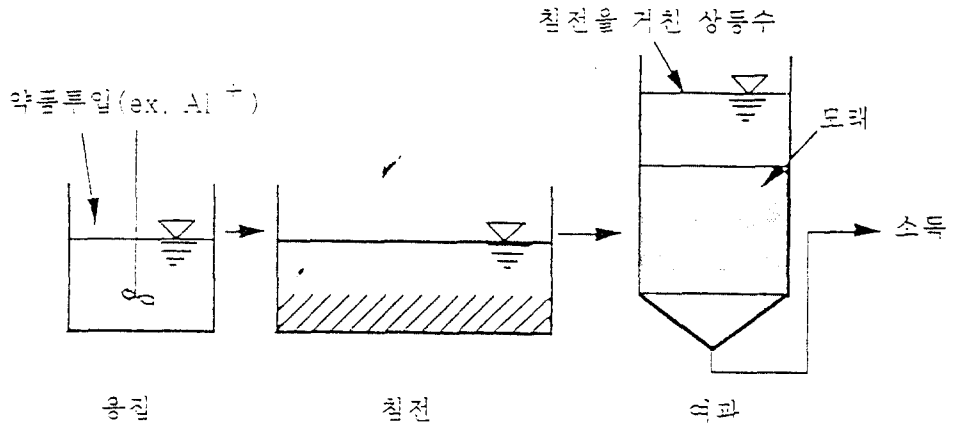
게 설정·운용되고 있다.

특히 유해물질에 대한 기준은 1일 허용섭취량(TDI : Tolerable Daily Intake)에 대한 먹는물로 섭취하는 양이 국가마다 상이하므로 유해물질에 대한 허용기준이 상이할 수 있게 된다.

4. 정수처리의 정의

먹는물의 정수처리는 원수를 취수하는 수원, 침사, 응집, 침전, 여과, 소독의 일반적인 과정을 거쳐 음용수로서 적합한 물이 될 수 있도록 하는 수단을 의미한다. 아래 그림과 표는 정수처리 공정과 정수처리를 거쳐서 오염물질이 제되는 항목 및 그 부산물을 보여주고 있다.

	건강에 영향을 주는 유해물질	쾌적성을 저하시키는 물질
기존 정수처리공정에서 제거되지 않는 물질	<ul style="list-style-type: none"> - 수은 등의 중금속류 - 농약, 제초제 - Trichloroethylene 등의 염화물 - Phenol 합성 유기물 - 바이러스 	<ul style="list-style-type: none"> - 암모니아성 질소 - 2-MIB, geosmin 등의 냄새와 맛을 나타내는 물질 - 계면활성제 - 무기염류, 조류 - 화학약품
정수처리공정에서 발생하는 물질	<ul style="list-style-type: none"> - Trihalomethane(THMs) 등의 염소화합물(발암성물질) - 사염화탄소 	<ul style="list-style-type: none"> - 무기염류
배수 및 급수과정에서 발생하는 물질	<ul style="list-style-type: none"> - Epichlorohydrin 등 수지계의 내부피복제 - Benzopyrene 등 방향족 탄화수소 - 납 등의 중금속류 	<ul style="list-style-type: none"> - 무기염류 - 철, 망간 - 철분, 씻물냄새



정수처리과정

응집 : 부유하고 있는 현탁미립자들을 덩어리로 만드는 공정

침전 : 응집된 덩어리를 침전시키는 공정

여과 : 침전에서 제거되지 않은 입자들의 제거를 위한 최종공정

5. 정수처리 방법

가. 정수처리기준

1) 한국

- 하천 및 호수의 수질에 따라 정수처리기준이 설정되어 있음.

구 분	상수원수 1급	상수원수 2급	상수원수 3급
정수처리방법	간이 정수처리	일반 정수처리	고도 정수처리

2) 미국

- 상수원수 수질평가기준

항목 \ 등급	I	II	III	IV
BOD(mg/L)	0.75~1.5	1.5~2.5	2.5~4.0	4 ↑
Coliform(/100ml)	50~100	100~5,000	5000~20,000	20,000 ↑
pH	6.0~8.5	5~6	3.8~5.0	3.8 ↓
Chloride(mg/L)	50 ↓	50~250	250~600	600 ↑
Fluoride(mg/L)	1.5 ↓	1.5~3.0	3 ↑	-

* The American Society of Civil Engineer(1969)

환경부 발간 "취수원 및 취수시설 관리(1994)"에도 동기준 적용

- 정수처리기준

지표		처리방법		소독	여과, 소독	여과, 소독, 보조처리
BOD	월평균	mg/L		0.75~1.5	1.5~2.5	> 2.5
	1일최대	mg/L		1.0~3.0	3.0~4.0	> 4.0
대장균수	월평균	MP		50~100	50~5,000	> 5,000
	월최대	N/10 0ml		시료의 5%이하 가 100이상	시료의 20%이하 가 5,000이상	시료의 5%이하 가 20,000이상
용존산소	평균	mg/L		4.0~7.5	4.0~6.5	< 4.0
	포화도	%		> 75	> 60	-
pH	평균	-		6.0~8.5	5.0~9.0	3.8~10.5
염소	최대	mg/L		< 50	50~250	> 250
불소	-	mg/L		< 1.5	1.5~3.0	> 3.0
페놀	최대	mg/L		ND	0.005	0.005
색도	-	-		0~20	20~150	> 150
탁도	-	-		0~10	10~250	> 250

* Water Quality Criteria, State of California, Water Control Board(1963)

3) 기타

외국의 경우 상수원수의 수질이 나쁠 경우 다음과 같은 정수처리를 실시하고 있음

- 생물학적 전처리; 유기물질, 암모니아성질소 등을 미생물에 의해 제거하는 공정
- 공기부상법(DAF); 용존물질에 미세한 기포를 부착시켜서오염물질을 물의 표면까지 부상시켜 제거하는 공정
 - 영국; 조류를 함유한 호소, 색도강, 저탁도
 - 미국 1970년대부터 중금속, 색도 TDS, 철, 망간, 경도, 대장균군

나. 정수처리방법

국내정수장의 일반적인 정수처리형태('94년 기준)를 나타낸 것으로 정수장 취수원의수질에 따라 처리방법이 정해지며 대도시의 경우 취수원수로 하천수를 이용하므로 원수에서 급수까지 10단계의 과정(A type)을 거치게되며 중소도시에서

는 계곡 및 복류수를 원수로 사용하므로 B 또는 C type의 정수처리를 하게되며 지하수 또는 청정계곡의 물을 원수로 사용하는 경우는 D type의 간단한 처리를 거치게된다.

정수방법	정수장수		정수 처리 방법																
			취수구	→	착수정	→	혼화지	→	응집지	→	침전지	→	여과지	→	정수지	→	배수지	→	급수
A	173	31%	취수구	→	착수정	→	혼화지	→	응집지	→	침전지	→	여과지	→	정수지	→	배수지	→	급수
B	121	22%	취수구	→	착수정	-----					여과지	→	정수지	→	배수지	→	급수		
C	246	45%	취수구	→	착수정	-----					여과지	→	정수지	-----		급수			
D	12	2%	취수구	→	착수정	-----					여과지	-----				급수			

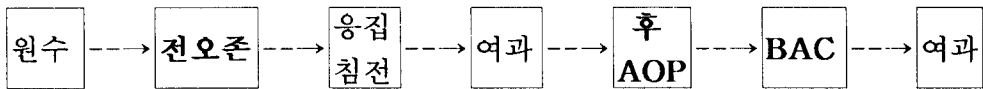
다. 고도정수처리현황

1) 정의

고도정수시설이란 통상의 정수방법으로는 처리될 수 없는 취기물질, THM 전구물질, 색도, 암모니아성질소, 음이온계면활성제 등의 처리를 목적으로 도입하는 활성탄 처리시설, 오존처리시설 및 생물처리시설이라고 일본 후생성의 고도정수시설 도입지침서에 정의되어 있으며, 미국에서는 1991년 EPA가 제정한 National Primary Drinking Water Regulations를 통하여 미생물, 무기물, 휘발성 유기화합물질, 살충제 등의 합성유기화합물질, 기타유기화합물질 및 방사성물질들을 제거하기위한 최적처리기법을 적용시키고 있다. 이를 통하여 볼 때 상수도에 서의 고도처리란 “기존의 정수처리기법으로 완전히 제거되지 않아 안심하고 마실 수 있는 먹는물의 수질목표 달성이 불가능한 여러 가지 유해물질들의 처리를 위해 도입하는 새로운 수처리기법”으로 정의할 수 있으며 그 대표적인 기법으로는 오존, 활성탄, 막처리, 고급산화법, 탈기법(Air Stripping), 용존공기부상법(Dissolved Air Flotation, DAF), 이온교환수지, 생물학적 전처리 등이 해당된다.

항목 \ 국가	미국	일본	유럽
처리대상물질	THM전구물질 합성유기물질	THM전구물질 맛, 냄새, 조류 암모니아성질소	THM전구물질 맛, 냄새, 페놀 미량유기물질
수 원	지표수, 지하수	지표수, 댐, 저수지수	지표수(프랑스등) 지하수(독일등)
고도정수시설	오존, GAC	생물처리법 오존, GAC	오존, GAC, BAC

2) 고도정수처리공정



3) 고도정수처리 도입사례

국가	정수장명	고도정수시설 도입배경	주요공정	정수효과
일본	찌바시 가사와 이 정수장	냄새발생 원수수질 악화 PAC처리미흡	오존 유동상활성탄	2-MIB 100%제거
	오오사카현 무 라노 정수장	THM 발생 원수의 수질악화 냄새발생	2단계 오존 + GAC	TOC 70% THM 89% 암모니아성질소 100%
	도쿄 가나마찌 정수장	원수의 수질악화 맛, 냄새문제 PAC처리미흡	오존 + BAC	2-MIB 100% NH3-N 90% THM 60%
미국	LA Aqueduct 정수장	맛, 냄새, 탁도	오존처리	응집제, 염소감소 맛, 냄새문제 해결
	신시내티정수장	미량유기물질	GAC처리	THM, TOC 문제해결
	남가주 Metropolitan 수도국	맛, 냄새, 미생 물, THM	O ₃ /H ₂ O ₂ , AOP	맛, 냄새물질 90% 미생물, THM 문제해결

국가	정수장명	고도정수시설 도입배경	주요공정	정수효과
독일	암스타드정수장	맛, 냄새, THM	오존 + BAC	정수수질개선 활성탄수명연장
	도네 정수장	적조발생	오존 + 활성탄 (BAC)	유기물질 80% NH ₃ -N 100%
	스타이럼정수장	적조발생	오존 + 활성탄 (GAC, BAC)	유기물질 80% NH ₃ -N 100%
프랑스	Mery-Sur-Oise 정수장	암모니아성질소 및 미량유기물질 증가	오존 + 활성탄	NH ₃ -N 95% 유기물제거 65~80%
	Rouen 정수장	암모니아성질소 및 미량유기물질 증가	2단계 오존처리 + 활성탄(BAC)	철, 망간, NH ₃ -N 100% 미량유기오염물질 50% THM 전구물질

4) 국가별

- 한국

현재 상수원의 수질이 나쁜 4대강 유역 28개 정수장에 대하여 '94년부터 오존, 생물활성탄 등의 고도정수처리시설을 추진하고 있음.

- 한강; 원주 제2, 원주 문막, 동두천 범어, 수산, 문산
- 낙동강; 부산 화명, 부산 명장, 부산 덕산, 양산 범어, 김해 삼계, 김해 명동, 마산 칠서, 대구 매곡, 대구 두류, 경산 하양, 진해 석동, 창원 반송, 울산 회야, 울산 선암, 울산 광역, 불금 신도시
- 금강; 공주 옥룡, 군산 제2, 대전 석봉, 청주, 천안, 주암
- 영산강; 대불

- 일본

- 인구 10만 이상의 정수장 178개소중 63개소(35.3%)에서 실시.
- 주로 분말활성탄을 투여하는 방법이었으나, 소화 63년에는 오존처리 가 12개소로 증가하였다.

처리방법	계	생물처리	분말활성탄	입상활성탄	오존
정수장수	63	2	46	12	3

- 미국

- 환경청 주도로 최적처리기술(BAT)를 선정하는 등 원수의 수질변화에 대응하는 정수처리기술을 적극 연구하고 있음.

- 기타

- 각국의 오존처리현황은 다음과 같음

국가	일본*	미국	캐나다	프랑스	스위스	서독
시설수	12	40	35	700	80	70

*1990년기준(일본은 1988년)

6. 결 론

상수원에 대한 자동수질측정시스템을 강화하여 지속적으로 수질을 감시하고 대책을 수립할 수 있어야 원수의 수질향상을 기대할 수 있다.

상수원수의 조류발생 등 수질의 악화시 취수구의 선정, 조류의 전처리, Microcystin의 제거기술 등을 제시해야 할 시점에 와 있다.

고도정수처리기술이 실용화되기 위해서는 공정의 원수특성별 효율평가, 설계 및 운영관리기법의 개발, 유지관리가 용이한 자동화가 이루어져야 양질의 수돗물을 공급할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 환경부, 환경백서. 1996
2. 국립환경연구원, 환경자료집. 1996. 5.
3. Env. Agency Government of Japan, Quality of the Environment in Japan. 1996
4. 환경부, 건설교통부, 고도정수처리시스템개발 Vol 1. 1995
5. 국립환경연구원, 먹는물 정수처리공정개선에 관한 연구(I). 1995. 12.
6. 최영박, 엄원택, 상수도학. 1991
7. 진로건설(주), 고도산업사회의 음용수수질기준에 관한 연구. 1995. 10.
8. 서울시, 수돗물 수질개선방안 연구. 1993. 12.
9. James M. Montgomery, Watertreatment Principles and Design. 1985

별첨 1. 냄새의 분류(미국 AWWA 체계)

그 룹	냄 새 형 태
1	흙냄새
2	염소냄새
3	나무나 풀냄새
4	늪지, 하수구 냄새
5	야채, 꽃, 화장품 냄새
6	물고기 냄새
7	약품, 페놀류 냄새
8	화학약품 냄새, 기타

그룹 1. 가장혼합. 배수관내에 방선균의 번식에 의해 발생
Geosmin이나 일부 농약류 등이 주요원인

그룹 2. 염소소독에 따른 냄새로 주민들의 불평이 가장 많은 냄새중의 하나

그룹 3. 조류의 번식에 의한 냄새.

냄새유발물질들은 분해되어 다른 냄새를 유발하기 때문에 재래식
공정으로는 처리하기 어려움

그룹 4. 냄새중 가장 강한 냄새중의 하나

대부분 황성분을 포함하는 물질들이 원인임

그룹 5. 원인이 다양함.

방향족화합물들도 원인이 되나 조류의 번식과 사멸과정의 부산물
이 주원인이 되기도 함 또한 기름류에 의한 냄새도 이 범위에 속함

그룹 6. 조류나 미생물의 분해과정에서 발생하는 대표적인 냄새
아민류등 질소성분이 포함되는 물질에 의한 냄새임

그룹 7. 병원냄새로서 클로로페놀 등이 이 부류에 속함
염소소독에 따른 냄새가 대표적임

그룹 8. 원수에 산업폐수가 유입될 경우의 냄새들이 이 부류에 속하는 예
가 많음

별첨 2. 급배수과정에서의 문제점

가. 송배수관로

- 관로의 부식 및 파손
- 누수현상
- 관용량의 부족

나. 급수관

- 관종의 개선
 - 아연도강관의 사용금지('94. 4. 1이후)
 - 내식성 자재의 사용 의무화 필요

다. 건물내의 저수조

- 정기적인 청소 불이행
 - 철저한 지도, 점검필요
 - 내식성자재 사용
 - 이물질 출입 방지
- 방청제 문제
 - 부식, 녹방지와 적수방지를 위해 투입
 - 인산염, 규산염 성분의 유해성 때문에 사용억제
 - 방청제 사용기준(100mg/L)에 의한 관리보다 급수관 및 저수조의 재질개선이 선행되어야 함

별첨 3. 조류번식에 따른 문제점 및 해결방안

가. 조류의 구분 : 남조류, 규조류, 녹조류

나. 조류의 영향

- 응집과정
 - pH 상승에 따른 응집제의 용해도 상승 : 응집효율 저하
- 여과지 조기폐쇄
- 맛, 냄새 유발
 - Geosmin, 2-MIB(2-Methylisoborneol)
- 유해물질의 생성
 - 조류가 생성하는 대사물질들이 염소소독과정에서 THMs등 발암물질 생성

다. 조류제거방안

- 살조제에 의한 처리
 - 황산동 : 가장 많이 사용(구리의 독성과 조류들의 내성증진으로 지속적인 사용은 권장되지 않음)
 - 기타 : KMnO_4 , 유기수은제
- 유입영양물질의 근원적인 제어
 - 폐(하)수로부터 질소와 인을 제거하면부영양화 방지('96. 1. 1 이후 적용되는 질소와 인의 기준강화 필요)
 - 생물학적 제거방법, 화학적 침전제거 사용
- Microstrainer의 설치
- 정수장에서의 제거
 - 응집침전등 기존 정수장의 효율적인 운영으로 조류의 제거는 가능
그러나 맛,냄새 유발물질 제거효율은 20% 이하로서 기존정수시설로는 조류번식에 의한 문제해결 불가능
 - 고도정수시설의 도입
오존, 활성탄 흡착 등의 적합한 시설을 선정

별첨 4. 국내 정수장의 유지관리상 문제점

가. 약품사용의 부적정

- 원수 수질변화에 따른 과학적인 대처부족
- 응집제 주입위치의 부적절한 선정으로 응집효과 저감

나. 시설의 문제점

- 외국기술의 도입시시설에 대한 충분한 이해 부족
(예 : 부산덕산정수장의 경우 V Type AQUAZER 급속여과장치 사용
운전관리 능력부족으로 금년 흑수 발생)
- 각 단위공정의 유지관리 부실
(예)
 - 1) 물과 공기에 의한 역세척의 실시가 필요하며 물로만 역세척하거나 자동세척장치의 고장등으로 효율저하
 - 2) 완속여과시 조류번식
 - 3) 비규격품 여과사 사용
 - 수돗물에 잔류물 발생
 - 4) 염소주입 적정량 산저의 부정확
 - 저장실의 보온상태 부실(기화가 잘 안되어 주입을 저하)

다. 종사자의 자질문제

- 근무자의 훈련미숙
- 고도정수시설도입에 대비 전문인력확보 시급
- 실험분석장비의 미비
- 돌발사고시 대처방안이나 지침 전무