
우리나라 먹는물의 수질오염과 수질기준

권 속 표 박사
(연세대학교)

우리나라 먹는물의 수질오염과 수질기준

1. 머리말

최근에 우리나라에서 수자원수요가 크게 늘어나고 산업발전, 유해물의 사용증가에 따라 이들의 하수, 산업폐수, 분뇨, 축산폐수 및 농경지 유하수가 하천 및 지하수에 침입하여 수원을 오염시키고 질소, 인분이 증가하여 호소 저수지에 부영양화(富營養化)를 유발하고 있다.

한편 우리나라의 용수수요(用水需要)는 최근 수년간에 급속히 증가하고 있고, 1일 평균 최대 20,967,000 t(1995)을 하천·호소에서 취수하고 있으며 그 중 약 50%는 하천에서 그리고 약 40%는 저수지 댐에서, 그리고 약 2%는 지하수에서 공급하고 있다.

전국 28,283개 수도(1994, 지방 상수도 654개소, 간이 상수도 26,363개소, 전용 상수도 320개소, 광역 상수도 946개소)에서는 대부분이 일반적인 정수과정을 적용하거나 단순한 처리과정으로 정수하여 급수하고 있다.

일반적인 정수과정은 취수, 침사, 응집, 침전, 여과, 염소 소독의 재래식 정수 방법이고 특수하게 원수의 오염이 심할 때에 활성탄(입상)을 사용하거나 이산화염소(Chlorine dioxide)를 보조제로 사용하는 정수장이 있고(인천, 부산, 대구의 예), 여과도 완속여과지를 사용하고 있는 예가 있으며 또 오염이 심한 정수장에서는 전염소처리를 적용하는 예가 있다.

재래식 정수과정에서도 원수가 심한 오염이 나타날 때와 급수량이 급속히 증가할 때에도 충분한 정수 효과를 기대하기 어렵다.

특히 최근에 원수중에 중금속(重金屬), 휘발성유기오염물(揮發性有機汚染物: VOCs), 농약류 및 염소소독 부산물(Disinfection byproduct: DBP)은 재래식 정수과정으로는 정수가 불완전해질 뿐만 아니라 응집제(Coagulant)의 과도한 사용으로 급수에 잔류 알루미늄 농도가 증가하는 경향이 있다.

도시 급수, 지하수의 수질 악화로 인하여 각종 수인성 질병(Water born infection)은 Cholera, Typhoid fever, Dysentery, Cryptosporidium, Gialdia, Heptitis A 등으로 집단적인 전염병이 발생할 때가 있다.

최근에는 소독제 사용으로 발생하는 소독 부산물인 휘발성유기오염물로 인한 암발생(癌發生)도 보고되고 있다.

따라서 증가하는 환경오염에 따라 원수의 오염이 다양화, 심화될수록 처리수-음용수의 수질기준을 강화하여 양질의 음용수를 공급하여야 한다.

우리나라에서 음용수의 수질기준(水質基準)은 과거에 보건사회부에서 수도법에 따

라 규정하였으나 현재는 환경부에서 더욱 강화된 수질기준을 적용하고 있다.

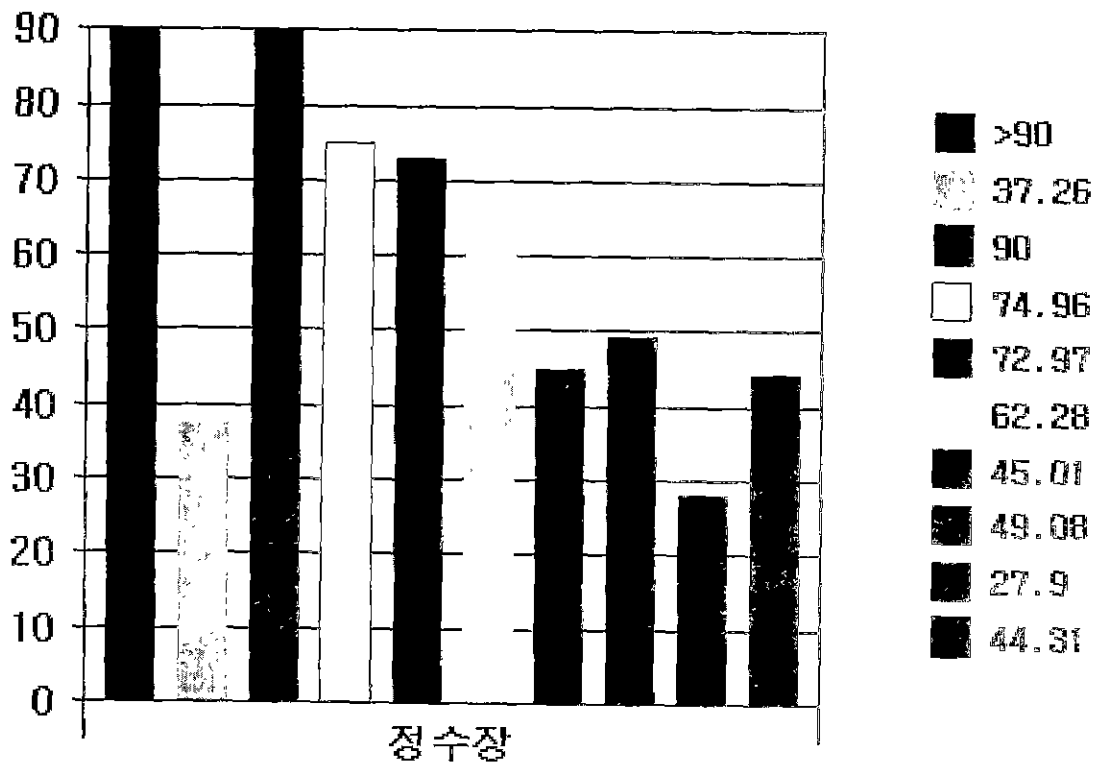
그러나 아직도 WHO, USEPA, 일본 등의 음용수 수질기준의 항목을 규정하지 못하고 1990년부터 점차로 기준항목을 추가하여 1997년에는 45개 항목을 정하여 적용하고 있다. 수돗물의 수질 검사 항목 변천 과정을 [표 1]에 나타냈다.

2. 음용수원의 오염 현황

우리나라의 상수원인 하천, 호수에는 지표수, 하수, 산업폐수, 농경지 하수가 유입되어 수질 오염이 심해지고 있다.

특히 우리나라의 농약 사용량은 1995년에 1ha당 약 15kg으로 미국의 0.75kg, 이스라엘의 8.9kg, 이태리의 13.1kg에 비하여 상당히 높으며 일본의 22.3kg보다는 낮은 수준이나 농경지의 관개용수로부터 농약이 상수원으로 유입될 가능성이 높고¹⁾ 하천 상류에 위치한 골프장에 살포된 농약도 수원 오염의 원인이다.

1983년 농약 연구소에서 조사한 5대강의 잔류농약 실태는 다음 [표 2]와 같이 유기염소계(有機鹽素系), 유기인계(有機磷系) 농약이 검출되었다.



[표 1] 우리나라의 수돗물의 수질 검사 항목 변천 과정

년 월 일	항 목	내 용
해방이전	14	탁도, 취미, 경도, 증발잔류물
62. 3. 11	29	건강진단 및 위생상에 관한 규정 제정 - 수질기준, 수질검사항목제정
84. 3. 31	28	수질검사 항목 일부 조정 - 가드름, 세제 추가 및 규산, 알칼리도 삭제
90. 1. 11	29	THM 추가 선정
91. 7. 4	33	농약류 및 중금속 추가 - 추가항목 : 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온
92. 12. 15		농약류 및 미량유기물 추가 - 추가항목 : 카바릴, 트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌
95. 1. 1	38	알루미늄 추가
95. 7. 1	43	휘발성 유기물 추가 - 추가항목 : 디클로로메탄, 벤젠, 불루엔, 에틸벤젠, 크실렌 (9) * 안정성 확보를 위해 별도로 서울시자체감시항목선정 관리 : 니켈, 바륨, 1,2-디클로로에탄, 벤조피렌, 비닐클로라이드, 시마진, 린덴, 카보프란, 2,4-D
96. 4. 1	(6)	서울시자체감시항목 6개 추가 : 분원성대장균군, 분원성연쇄상구균, 비부리요, 살모넬라, 녹농균, 시겔라
97. 1. 1	45	유기물 추가 산정 - 추가항목 : 사염화탄소, 1,2-디클로로에틸렌
	(2)	서울시자체감시항목 2개 추가 : 나트륨, 칼륨
98. 1. 1	(9)	서울시자체감시항목 9개 추가 : 디클로로아세트나이트릴, 트리클로로아세트나이트릴, 알라클라, 스티렌, 클로로포름, 안티몬, 보론, 자아디아, 크립토포스포리둠

()는 서울시 자체 감시 항목(서울시 수도기술연구소 검사항목)

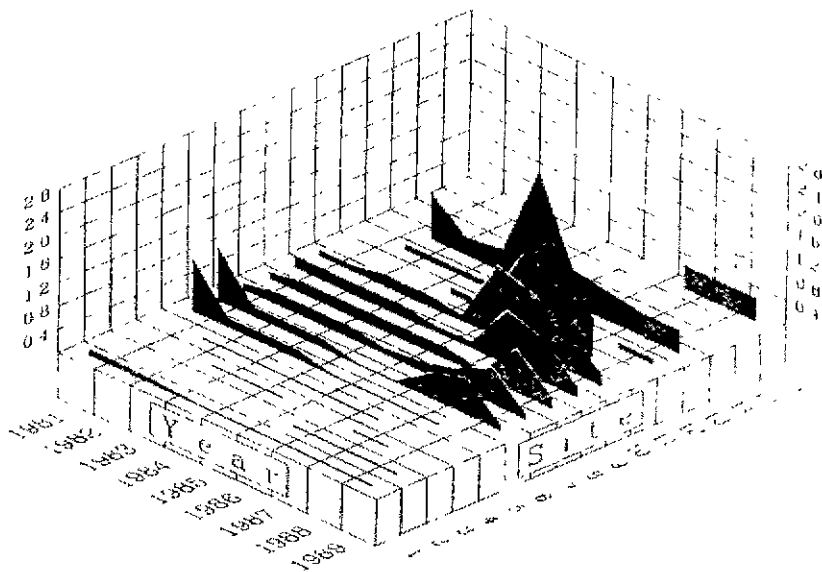
[표 2] 전국 주요 수계별 잔류농약 실태조사 (1983)

(단위: µg/l)

수계명 조사항목	한 강		금 강		만경강		영산강		낙동강		비 고
	4월	8월	4월	8월	4월	8월	4월	8월	4월	8월	
α-BHC	0.009	0.016	0.017	0.007	0.003	0.014	0.005	0.008	0.009	0.003	유기염소제
γ-BHC	0.004	0.041	0.005	0.035	0.002	0.036	0.004	0.028	0.002	0.015	"
Heptachlor	0.010	ND	0.010	ND	0.010	0.100	0.010	ND	0.010	ND	"
Hept.epoxide	0.010	0.030	ND	0.020	ND	ND	0.010	ND	0.040	ND	"
Dieldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	"
α-Endosulfn	ND	ND	0.010	0.030	0.010	0.010	ND	0.002	ND	0.010	"
c.p-DDT	0.030	0.020	0.040	0.040	0.030	0.003	0.006	0.030	0.020	0.020	"
β-Endosulfn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	"
p.p-DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	"
Diazinon	0.000	0.020	0.000	0.240	0.000	0.030	0.030	0.030	0.000	0.050	"
IBP	0.050	0.200	0.050	1.080	0.000	0.150	0.150	0.280	0.000	0.330	"

또 우리나라 10개 정수장 원수의 THM 생성능(THM-Formation petential)과(그림 1) 16개 원수장의 ABS 농도(그림 2)를 보면 염소 살균시 THM 생성 가능성이 높고 ABS에 의해서 정수시설 운전과 정수 수질에 영향이 있는 것으로 예측된다.

(그림 1) 10개 정수장 원수의 THM 생성능



(그림 2) 16개 정수장 원수의 ABS 농도의 변화

또 1991년 4월 한강 유역 정수장의 원수, 정수, 가정수 중의 휘발성유기오염물의 농도는 다음 [표 3]²⁾와 같다.

음용수 수질기준은 Chloroform-WHO 30ppb, 일본 60ppb, T-THM-USEPA 100ppb, 일본 100ppb, 1.1.1-trichloroethane-USEPA 200ppb, Carbon tetrachloride-WHO 3ppb, USEPA 5ppb, 일본 2ppb, Tetrachloroethylene-WHO 30ppb, USEPA 5ppb, 일본 30ppb이다.

지하수(우물)도 주요 공단지역(구로공단)에서 휘발성유기오염물이 비교적 높게 검출된다.[표 4]³⁾

[표 3] 정수처리 과정상의 휘발성유기물질 오염도 (1991. 4.)

(단위: µg/l)

항 목	지 점			팔 당			뚝 도			보 광		
	원 수	정 수	가정수	원 수	정 수	가정수	원 수	정 수	가정수	원 수	정 수	가정수
Chloroform	4.96	28.05	22.55	6.75	13.02	10.98	8.74	6.57	10.08			
Dichlorobromomethane	0.37	6.73	4.12	0.58	1.87	1.27	0.93	1.09	1.48			
Dibromochloromethane	0.22	0.98	0.52	0.12	0.68	0.71	0.26	0.30	0.26			
Bromoform	0.71	0.86	0.74	0.39	0.31	0.78	0.21	0.28	0.26			
1,1,1,-tri-chloroethane	0.12	0.06	0.16	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10			
Carbon tetrachloride	0.06	0.12	0.06	0.06	0.11	0.05	0.03	0.04	0.06			
Tetrachloroethylene	0.04	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02			

[표 4] 주요공단지역(구로공단) 지하수의 휘발성유기오염물 오염 (1992. 8)

항 목	단 위	회 수	삼성 G1	생신 G2	영신 G3	한국 G4	제약 G5	한창 G6
디클로로에틸렌	mg/l	1차	2.542	1.064	6.542	0.033	5.104	0.502
		2차	2.560	1.085	7.056	0.011	5.142	0.604
		평균	2.551	1.075	6.799	0.022	5.123	0.553
1,1,1트리클로로에탄	mg/l	1차	0.032	1.048	3.900	0.032	1.720	0.148
		2차	0.026	0.160	3.650	0.077	1.814	0.280
		평균	0.029	0.604	3.775	0.0545	1.767	0.214
트리클로로에틸렌	mg/l	1차	0.226	0.179	6.956	0.51	6.923	0.409
		2차	0.295	1.060	7.245	1.123	6.070	0.506
		평균	0.261	0.620	7.101	0.8165	6.497	0.458
테트라클로로에틸렌	mg/l	1차	0.010	0.047	0.142	0.220	0.031	0.071
		2차	0.009	0.021	0.167	0.005	0.035	0.114
		평균	0.010	0.034	0.155	0.110	0.033	0.093

하천, 지하수의 부영양화는 6-9월에 예외없이 발생하고 있으며 그로 인한 상수도 정수장의 여과장애와 정수처리에 막심한 장애를 주고 또 이 원수를 취수하여 염소 소독할 때에 많은 양의 THM이 발생된다.

3. 수도수의 수질오염 상태

1989년 이래 서울시 9개 정수장의 원수, 정수, 수도수는 매월 1회 채수하여 음용수 수질기준 항목을 조사한 결과 원수를 제외하고 정수, 수도수의 수질은 기준에 적합하였다. 또 기준항목 이외의 유기오염물도 WHO USEPA의 기준에 적합하여 서울시 상수도수는 음용수로 양호한 것으로 확인되었다.

또 1982-1990년 연세대학교 환경공해연구소, 한국건설기술연구원, 한국과학기술원, 도평콘트롤센터에서 전국 상수도 가정수중의 트리할로메탄과 휘발성유기오염물질 오염도를 조사한 결과는 다음 [표 5], [표 6]과 같이 THM, 클로로포름이 검출되지만 그 농도는 극히 미량으로 우리나라 음료수 수질기준에 적합하다.

[표 5] 우리나라 가정수중 Trihalomethanes의 검출농도

항 목	농 도(ppb)	시료수	조사기관	대 상	분석방법	연구기관**	비 고
THM	1.0-41.4	175	82.7-83.4	서울	Head Space	Y	CHCl ₃ >40.0
	5.4-10.8	6	87.7-11	서울	Head Space	Y	
	4.2-10.3	8	88.10-11	전국	LLE	H	CHCl ₃ <39.1
	1.2-150.8 (17.7-54.6)*	262	89.1-2	전국	Head Space	Y	
	ND-43.7	350	90	전국	Purge & Trap	K	

* 지역별 평균치의 범위

** Y : 연세대학교 환경공해연구소

H : 한국건설기술연구원

K : 한국과학기술원 도평콘트롤센터

[표 6] 우리나라 가정수 중 Trihalomethane 이외의 휘발성유기오염물질 오염

연구기관	분석항목	극미량검출항목
도평콘트롤센터	CCl ₄ 의 10종	T ₃ CE, CCl ₄ , 1,1,1-Trichloroethane
연세대 환경공해연구소	CCl ₄ 의 6종	T ₄ CE
한국건설기술연구원	CCl ₄ 의 2종	T ₄ CE

T₃CE : Trichloroethylene

T₄CE : Tetrachloroethylene

우리나라의 주요 휘발성유기오염물질의 사용량(1988)은 매년 증가 추세에 있다.[표 7]⁴⁾

[표 7] 우리나라에서의 주요 휘발성유기오염물질 사용량 (1988년)

	국내 생산량	수입량	추정사용량	미국에서의 생산량
Benzene	176,162.32	22,050.86	198,213.18	4,100,000(1981)*
Carbontetrachloride	13.14	9,767.30	9,780.44	270,000(1983)
Chlorobenzene		316.47	316.47	115,000(1984)
Chloroform	16.58	4,370.40	4,386.98	
1,2-Dichloroethane		31.05	31.05	540,000(1983)
Tetrachloroethylene		4,815.98	4,815.98	250,000(1982)
Toluene	289,204.82	14,543.21	303,748.03	2,300,000(1981)
1,1,1-Trichloroethan		6,764.64	6,764.64	270,000(1982)
Trichloroethylene		15,815.00	15,815.00	90,000(1982)
Vinyl Chloride		40,779.3	40,779.3	3,200,000(1979)
Xylene	379,572.46	19,516.71	399,089.17	2,300,000(1982)

출처: 환경처, 1990

EPA Health Advisories, 1987

미국의 경우 () 안은 조사된 연도를 표시함

4. 우리나라의 음용수 수질기준

우리나라의 음용수 수질기준은 1999년 현재 아직도 WHO, 각국의 기준에 미치지 못하고 있고 특히 오염원의 증가에 따라 장차 신중 오염물이 증가할 가능성이 높아 조속히 음용수의 수질기준을 강화할 필요가 있다.

[표 8]에 우리나라 먹는물과 먹는 샘물 수질기준을 나타냈다.

5. 미국의 EPA 음료수 수질기준

1986년 미국안전음료수법(US Safe Drinking Water Act)의 개정에 따라 금후 EPA가 실시하지 않으면 안될 음료수 수질규제의 제정에 관한 계획을 규정하고 있다.

그 내용은:

① 음료수중의 83종류의 오염물질등에 관한 최대허용농도(最大許容濃度: MCL) 및 최대허용농도목표치(最大許容濃度目標值: MCLG)를 선정할 것.⁵⁾

② 상기 이외의 규제 대상물질의 priority list를 작성하여 이것으로부터 25종 물질을 설정하여 같은 규제를 실시한다. 이 priority list 는 3년마다 갱신하고 그때마다 최저 25종류 물질을 규제할 것.

[표 9]에 미국 EPA의 음용수수질기준을 [표 10]에 음용수 priority list를 나타냈다.⁶⁾

그리고 2000년에는 180개 이상의 오염물질에 대하여 MCL 및 MCLG가 설정될 예정이다.

미국 이외의 일본, 남아프리카가 EPA의 규제를 일부 도입하여 국내 규제를 정하고 있으며 그 영향 인구는 약 4억인이다.

또 미국(USEPA)은 1992년 3월에 USEPA Drinkig Water Standard and BAT for Regulated Contaminats을 발표하고 이어 1993년 1월 22일자로 DWPL(Drinkig Water Priority List)을 규제 대상으로 발표하였다.

[표 8] 한국 먹는물과 먹는 샘물 수질기준

(2000. 5. 현재)

구 분	항 목	먹는물(43개 항목)	먹는샘물(48개 항목)	
			원 수	먹는 샘물
미생물	일반세균	1ml중 100이하	저온일반세균:20CFU/ml 중온일반세균:50CFU/ml	저온일반세균:20CFU/ml 중온일반세균:50CFU/ml
	대장균군	50ml에서 불검출	0/50ml	0/250ml
건강상 유해 영향 무기 물질	납	0.05mg/l이하	0.05mg/l이하	0.05mg/l이하
	불소(플루오르)	1.0mg/l이하	1.0mg/l이하	2.0mg/l이하
	비소	0.05mg/l이하	0.05mg/l이하	0.05mg/l이하
	세레늄	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하
	수은	불검출	불검출	불검출
	시안	불검출	불검출	불검출
	6가크롬	0.05mg/l이하	0.05mg/l이하	0.05mg/l이하
	암모니아성질소	0.5mg/l이하	0.5mg/l이하	0.5mg/l이하
	질산성질소	10mg/l이하	10mg/l이하	10mg/l이하
카드뮴	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하	
건강상 유해 영향 유기 물질	페놀	0.005mg/l이하	0.005mg/l이하	0.005mg/l이하
	총트리할로메탄	0.1mg/l이하	0.1mg/l이하	0.1mg/l이하
	다이아지논	0.02mg/l이하	0.02mg/l이하	0.02mg/l이하
	말라티온	0.25mg/l이하	0.25mg/l이하	0.25mg/l이하
	파라티온	0.06mg/l이하	0.06mg/l이하	0.06mg/l이하
	페니트로티온	0.04mg/l이하	0.04mg/l이하	0.04mg/l이하
	카바릴	0.07mg/l이하	0.07mg/l이하	0.07mg/l이하
	1,1,1트리클로로에탄	0.1mg/l이하	0.1mg/l이하	0.1mg/l이하
	테트라클로로에틸렌	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하
	트리클로로에틸렌	0.03mg/l이하	0.03mg/l이하	0.03mg/l이하
	디클로로메탄	0.02mg/l이하	0.02mg/l이하	0.02mg/l이하
1,2디클로로에틸렌	0.03mg/l이하	기준없음	기준없음	
사염화탄소	0.002mg/l이하	기준없음	기준없음	
건강상 유해 영향 유기 물질	벤젠	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하	0.01mg/l이하
	톨루엔	0.7mg/l이하	0.7mg/l이하	0.7mg/l이하
	에틸벤젠	0.3mg/l이하	0.3mg/l이하	0.3mg/l이하
	크실렌	0.5mg/l이하	0.5mg/l이하	0.5mg/l이하
심미적 영향 물질	경도	300mg/l이하	기준없음	300mg/l이하
	과망간산칼륨소비량	10mg/l이하	10mg/l이하	10mg/l이하
	냄새	무미	무미	무미
	맛	무취	무취	무취
	구리(동)	1mg/l이하	1.0/l이하	1.0mg/l이하
	색도	5도이하	5도이하	5도이하
	세제	0.5mg/l이하	불검출	불검출
	수소이온농도(pH)	5.8-8.5	5.8-8.5	5.8-8.5
아연	1mg/l이하	1.0mg/l이하	1.0mg/l이하	

* 잔류염소는 먹는물 수질기준 항목은 아니고 수도시설의 청소 및 위생 관리 등에 관한 규칙의 위생상 조치사항임

[표 9] USEPA의 음용수 수질기준 및 규제 오염물에 대한 최적처리기술

Contaminant	Standards				Best Available Technology	
	Regulation	Status	MCLG mg/L	MCL mg/L	Conventional Processes	Specialized Processes
Organics						
Acrylamide	Phase II	Final	zero	TT	Polymer addition-practices	
Adipates[di(ethy[hex])adipate]	Phase V	Proposed	0.5	0.5		GAC; PTA
Alachlor	Phase II	Final	zero	0.002		GAC
Aldicarb	Phase II	Final	0.001	0.003		GAC
Aldicarb sulfone	Phase II	Final	0.001	0.002		GAC
Aldicarb sulfoxide	Phase II	Final	0.001	0.004		GAC
Atrazine	Phase II	Final	0.003	0.003		GAC
Benzene	Phase I	Final	zero	0.005		GAC; PTA
Carbofuran	Phase II	Final	0.04	0.04		GAC
Carbon tetrachloride	Phase I	Final	zero	0.005		GAC; PTA
Chlordane	Phase II	Final	zero	0.002		GAC
2,4-D	Phase II	Final	0.07	0.07		GAC
Daiapon	Phase V	Proposed	0.2	0.2		GAC
Dibromochloropropane(DBCP)	Phase II	Final	zero	0.0002		GAC; PTA
p-Dichlorobenzene	Phase I	Final	0.075	0.075		GAC; PTA
o-Dichlorobenzene	Phase II	Final	0.6	0.6		GAC; PTA
1,2-Dichloroethane	Phase I	Final	zero	0.005		GAC; PTA
1,1-Dichloroethylene	Phase I	Final	0.007	0.007		GAC; PTA
cis-1,2-Dichloroethylene	Phase II	Final	0.07	0.07		GAC; PTA
trans-1,2-Dichloroethylene	Phase II	Final	0.1	0.1		GAC; PTA
Dichloromethane(methylene chloride)	Phase V	Proposed	zero	0.005		PTA
1,2-Dichloropropane	Phase II	Final	zero	0.005		GAC; PTA
Dinoseb	Phase V	Proposed	0.007	0.007		GAC
Diquat	Phase V	Proposed	0.02	0.02		GAC
Endothall	Phase V	Proposed	0.1	0.1		GAC
Endrin	Phase V	Proposed	0.002	0.002		GAC
Epichlorohydrin	Phase II	Final	zero	TT	Polymer addition-practices	
Ethylbenzene	Phase II	Final	0.7	0.7		GAC; PTA
Ethylene dibromide(EDB)	Phase II	Final	zero	0.00005		GAC; PTA
Glyphosate	Phase V	Proposed	0.7	0.7		GAC
Heptachlor	Phase II	Final	zero	0.0004		GAC
Heptachlor epoxide	Phase II	Final	zero	0.0002		GAC
Hexachlorobenzene	Phase V	Proposed	zero	0.001		GAC
Hexachlorocyclopentadiene	Phase V	Proposed	0.05	0.05		GAC; PTA
Lindane	Phase II	Final	0.0002	0.0002		GAC
Methoxychlor	Phase II	Final	0.04	0.04		GAC
Monochlorobenzene	Phase II	Final	0.1	0.1		GAC; PTA
Oxamyl(vydate)	Phase V	Proposed	0.2	0.2		GAC
PAHs[benzo(a)pyrene]+	Phase V	Proposed	zero	0.0002		GAC
Pentachlorophenol	Phase II	Proposed	zero	0.001		GAC
Phthalates[di(ethy[hexy])phthalate]+=	Phase V	Proposed	zero	0.004		GAC
Picloram	Phase V	Proposed	0.5	0.5		GAC
Polychlorinated biphenyls(PCBs)	Phase II	Final	zero	0.0005		GAC
Simazine	Phase V	Proposed	0.004	0.004		GAC
Styrene	Phase II	Final	0.1	0.1		GAC; PTA
2,3,7,8-TCDD(dioxin)	Phase V	Proposed	zero	5E-08		GAC

Contaminant	Standards				Best Available Technology	
	Regulation	Status	MCLG mg/L	MCL mg/L	Conventional Processes	Specialized Processes
Tetrachloroethylene	Phase II	Final	zero	0.005		GAC; PTA
Toluene	Phase II	Final	1	1		GAC; PTA
Toxaphene	Phase II	Final	zero	0.005		GAC
2,4,5-TP(silvex)	Phase II	Final	0.05	0.05		GAC
1,2,4-Trichlorobenzene	Phase V	Proposed	0.009	0.009		GAC; PTA
1,1,1-Trichloroethane	Phase I	Final	0.02	0.2		GAC; PTA
1,1,2-Trichloroethane	Phase V	Proposed	0.003	0.005		GAC; PTA
Trichloroethylene	Phase I	Final	zero	0.005		GAC; PTA
Total trihalomethanes@	Interim	Final	zero	0.1	AD; PR; discontinue pre-Cl ₂	PTA
Vinyl chloride	Phase I	Final	zero	0.002		GAC; PTA
Xylenes(total)	Phase II	Final	10	10		
Inorganics						RO
Antimony	Phase V	Proposed	0.003	0.01/0.005		
Arsenic	Interim	Final		0.05		
Asbestos(fibers/1 > 10um)	Phase II	Final	7MFL	7MFL		
Barium	Phase II	Proposed	2	2		IX; RO
Beryllium	Phase V	Final	zero	0.001		AA; IX; RO
Cadmium	Phase II	Final	0.005	0.005		IX; RO
Chromium(total)	Phase II	Proposed	0.1	0.1		IX; RO
Copper	Lead and copper	Proposed	1.3	1.3		
Cyanide	Phase V	Proposed	0.2	0.2	Cl ₂	IX; RO
Fluoride	Fluoride	Final	4	4		AA; RO
Lead	Lead and copper	Final	zero	TT	CC; PE; SWT; LSLR	
Mercury	Phase II	Final	0.002	0.002	C-F (influent<10ug/L),** LS**	GAC; RO(influent ≤10ug/L)
Nickel	Phase V	Proposed	0.1	0.1	LS**	IX; RO
Nitrate (as N)	Phase II	Final	10	10		IX; RO
Nitrite (as N)	Phase II	Final	1	1		IX; RO
Nitrate + nitrite (both as N)	Phase II	Final	10	10		IX; RO
Selenium	Phase II	Final	0.05	0.05	C-F(Se IV);** LS**	AA; RO
Sulfate	Phase V	Proposed	400/500	400/500	C-F	IX; RO
Thallium	Phase V	Proposed	0.0005	0.002/0.001		AA; IX
Radionuclides						
Beta-particle and photon emitters	Interim	Final	zero	4mrem	C-F	
Alpha emitters	Rad	Proposed	zero	4mrem	C-F	IX; RO
	Interim	Final	zero	15pCi/L	C-F	
	Rad	Proposed	zero	15pCi/L	C-F	RO
Radium-226 + 228	Interim	Final	zero	5pCi/L	C-F	
Radium-226	Rad	Proposed	zero	20pCi/L	LS**	IX; RO
Radium-228	Rad	Proposed	zero	20pCi/L	LS**	IX; RO
Radon	Rad	Proposed	zero	300pCi/L		Aeration
Uranium	Rad	Proposed	zero	20ug/L	C-F**; LS**	AX; LS
Microbials						
Giardia lamblia	SWTR	Final	zero	TT	C-F; SSF; DEF; DF; D	
Legionella	SWTR	Final	zero	TT	C-F; SSF; DEF; DF; D	
Standard plate count	SWTR	Final	NA	TT	C-F; SSF; DEF; DF; D	
Total coliforms	TCR	Final	zero	##	D	
Turbidity	SWTR	Final	NA	PS	C-F; SSF; DEF; DF; D	
Viruses	SWTR	Final	zero	TT	C-F; SSF; DEF; DF; D	

*Abbreviations used in this table: AA-activated alumina; AD-alternative disinfectants; AX-anion exchange; CC-corrosion control; C-F-coagulation-filtration; Cl₂-chlorination; D-disinfection; DEF-diatomaceous earth filtration; DF-direct filtration; GAC-granular activated carbon; IX-ion exchange; LS-lime softening; LSLR-lead service line removal; PE-public education; PR-precursor removal; PS-performance standard 0.5-1.0 ntu; PTA-packed-tower aeration; RO-reverse osmosis; SWT-source water treatment; TT-treatment technique

+USEPA is considering establishing MCLGs and MCLs for six additional PAHs classified as probable human carcinogens—benzo(a)anthracene.

benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, chrysene, dibenz(a,h)anthracene, and indenopyrene.

+USEPA is considering regulating butylbenzyl phthalate.

@The sum of the concentrations of bromodichloromethane, dibromochloromethane, tribromomethane, and trichloromethane

**Coagulation-filtration and lime softening are not BAT for small systems for variances unless treatment is already installed.

++Final for systems using surface water; also being considered for groundwater systems

##No more than 5 percent of the samples per month may be positive. (For systems collecting fewer than 40 samples per month, no more than 1 sample per month may be positive.)

[X 10] Drinking Water Priority List (1993: Jan 22)

Contamination or contaminant Group to be Regulated	
Aluminum	1,3-Dichloropropane
Ammonia	2,2-Dichloropropane
Boron	1,3-Dichloropropane
Bromobenzene	2,4-Dinitrotoluene
Bromochloroacetonitrile	ETU
Bromodichloromethane	Halogenated acids, alcohols, aldehydes, ketones and other nitriles
Bromoform	Hypochlorite
Chloramine	Leopherone
Chlorate	Methylterbutylether
Chlorine	Metolachlor
Chlorite	Metribuzin
Chloroethane	Molybdenum
Chloroform	Ozone by product
Chloromethane	Silver
Chloropierin	Sodium
α -Chlorotoluene	Strontium
β -Chlorotoluene	2,4,5-T
Cryptosporidium	1,1,1,2-Tetrachloroethane
Cyanazine	1,1,2,2-Tetrachloroethane
Cyanogen Chloride	Trichloroacetonitrile
Dibromoacetonitrile	1,2,3-Trichloropropane
Dibromochloromethane	Tribluralin
Dibromomethane	Vanadium
Dicamba	Zinc
1,1-Dichloroethane	
Dichloroacetonitrile	

6. 일본 수도수 수질기준

중전의 26항목의 기준 항목을 1992년 12월에 46개 항목으로 증가 측정을 의무화시켰다. 또 수도수의 쾌적성을 확보하기 위해서 13항목을 규정하고 그 밖에 감시항목을 26개 항목을 정하였다. 이 항목들은 1993년 12월부터 실시하였다.

일본 후생성에서 신규로 추가 규정한 항목과 기준치는 [표 11]과 같다.

쾌적수질항목으로서는 Mn, Al, 잔류염소, 2-methyl isoborneol, Geosmin, 취기(TON), 유리탄산유기물질(CON), 경도, 증발잔류물, 탁도, 부식성(Langelia index), pH의 목표치가 규정되어 있다.

감시항목(26항목)으로서는 Trans-dichloroethylene, Toluene, Xylene, p-Dichlorobenzene, 1,2-Dichloropropan, Phthalic acid diethyl[hexyl], Ni, Sb, B, Mo, Formaldehyde, Dichloroacetic acid, Trichloroacetic acid, Dichloroacetonitrile, Chloralhydrate, Isokitathion, Diazinon, Phenitrothion(MEP), Isoprothioran, Chlorotaronyl(TPN), Probidamide, Dichlorofos(DDVP), Phenoboarb(BPMC), Chjloronitrophen(CNP), Isorobenphos(IBP), EPN의 26항목의 지침치가 규정되어 있다.[표 12]

[표 11] 후생성이 정한 수질 기준치로서 신설 또는 강화된 기준

(1992. 12)(1993. 12 실시)

항 목 명	신기준치	비 고
시안(CN)	0.01mg/l 이하	종래 검출 되어서는 안됨, 정량한계 0.01mg/l 이하
Lead(Pb)	0.05mg/l 이하	종래 0.01mg/l 이하
Mercury(Hg)	0.0005mg/l 이하	종래 검출 되어서는 안됨, 정량한계 0.0005mg/l 이하
Arsenic(As)	0.01mg/l 이하	종래 0.05mg/l 이하
Selenium(Se)	0.01mg/l 이하	종래 잠정기준과 같음
Trichloroethylene	0.03mg/l 이하	同上
Tetrachloroethylene	0.01mg/l 이하	同上
Carbontetrachloride(CCl ₄)	0.002mg/l 이하	
1,1,2-Trichloroethane	0.006mg/l 이하	
1,2-Dichloroethane	0.004mg/l 이하	
1,1-Dichloroethane	0.02mg/l 이하	
Cis-1,2-Dichloroethylene	0.04mg/l 이하	
Dichloromethane	0.02mg/l 이하	
Benzene	0.01mg/l 이하	
Total Trihalomethane	0.1mg/l 이하	종래 잠정기준과 같다
Chloroform	0.06mg/l 이하	
Bromo Dichloromethane	0.03mg/l 이하	
Dibromochloromethane	0.1mg/l 이하	
Bromoform	0.09mg/l 이하	
Thiurm	0.006mg/l 이하	종래 잠정기준과 같다
Simazine(CAT)	0.003mg/l 이하	同上
Thiobencalb(Benthiocarb)	0.02mg/l 이하	
1,3-Dichloroproben(D-D)	0.002mg/l 이하	
1,1,1-Trichloroethane	0.3mg/l 이하	수도수, 관련기준, 종래 잠정기준과 같다.
Sodium	200mg/l 이하	
음이온 계면활성제	0.2mg/l 이하	

[표 12] 감시항목(26항목)

Trans-dichloroethylene	Toluene
Xylene	p-Dichlorobenzen
1,2-Dichloropropan	Phthalic acid diethy[hexy]
Ni	Sb
B	Mo
Formaldehyde	Dichloroacetic acid
Trichloroacetic acid	Dichloroacetonitrile
Chloralhydrate	Isokitathion
Diazinon	Phenitrothion(MEP)
Isoprothioran	Chlorotaronyl(TPN)
Probidamide	Dichlorofos(DDVP)
Phenoboarb(BPMC)	Chloronitrophen(CNP)
Isorobenphos(IBP)	EPN와 26항목의 지침치

기준항목, 쾌적항목, 감시항목에는 각각 기준치, 목표치, 지침치가 제시되고 있고 기준항목은 원칙적으로 월 1회이상 검사가 의무화되어 있고, 감시항목은 년 1회 이상 검사하도록 지도한다.

검사시설이 없는 자치단체는 지역마다 공동검사 center를 설치 운영하여야 한다.

감시항목은 매년 조사하여 지침치를 초과할 때에는 정식으로 수도수 수질기준에 편입하여 규정 하도록 되어있다.

이상과 같이 수도수 수질기준을 개정 확대 강화하였으나 그 후 전국적으로 일본에서 사용되는 농약이 450종이 넘고 그 밖의 유독화학물질이 배출될 가능성이 많아 금반기준 개정이 불만족스럽다는 평가를 받고 있다.

7. WHO 음용수 수질 Guideline

WHO 음용수 수질 Guideline : 1984년에 권고한 guideline는 사람이 일생을 통해서 건강에 영향에 주지 않는 기준을 설정하고 있다.(ADI) 이것은 엄밀한 기준치가 아니며 이 기준치를 기초로 하여 각국이 그 환경, 사회, 경제조건 등을 감안하여 음용수 수질 기준치를 설정하기 위한 것이며 유연성을 갖는 것으로 되어있다. 주로 개발도상국에서 이 guideline의 일부 또는 전부를 기초로 하여 국내 규제가 실시되며 전세계에서 약 9억 2700만인이 이 guideline의 영향을 받고 있다.

WHO는 1990년 이래 음용수 수질기준을 강화하기 위한 작업을 추진하고 있으며 1) 미생물, 대장균 2) 무기물 17종 3) 유기물 Chlorinated alkanes 4종, Chlorinated ethenes 5종, Aromatic hydrocarbon 6종, Chlorinated benzenes 4종, 각종 유기물 8종, 농약 29종, Chlorophenoxy herbicides 5종, Disinfectant 3종, Disinfectant by-products 16종, Radioactivity 2종을 guideline 안으로 제시하고 있다.[표 13]

[표 13] 음용수 수질 개정지침(안) (WHO 1990-)

항 목	GV	비 고	항 목	GV	비 고
1. Microorganisms			bentazon	30	
E. Coil	0/100ml		carbofuran	5	
2. Inorganics			chlordane	0.2	
antimony	0.005		chlorotoluen	30	
arsenic	0.01	P	DDT	2	
Barium	0.7		1,2dibromo-3-chloropropane	1	
boron	0.3		2,4-D	30	
cadmium	0.003		1,2-dichloropropane	20	
chromium	0.05		1,3-dichloropropane	20	
copper	1.5	P	ethylene dibromide	30	
cyanide	0.07	P	heptachloro and hetachlor epoxide	0.03	
fluoride	1.5		hexachlorobenzene	1	
lead	0.01		isoproturon	9	
manganese	0.5		lindane	2	
mercury	0.001	P	MCPA	2	
molybdenum	0.07		methoxychlor	20	P
nickel	0.02		metolachlor	4	
nitrate	50		molonate	6	
nitrite	3	ratio<1	pendimethaline	20	
selenium	0.01		pentachlorophenol	10	
3. Organics			permethrine	20	
chlorinated alkanes			propanil	20	
carbon tetrachloride	2		pyridate	100	
dichlorometane	20		simazine	2	
1,2-dichloroethane	30		trifluralin	20	
1,1,1-trichloroethane	2000	P			
chlorinated ethenes			chlorophenoxy		
vinyl chloride	5		herbicides dichloroprop	100	
1,1-dichloroethene	30		-2,4-DB	90	
1,2-dichloroethenes	50		-2,4,5-T	9	
trichloroethene	70		-silvex	9	
tetrachloroethene	40		-mecoprop	10	
Aromatic hydrocarbon			Disinfectant & Disinfection By-Products		
benzene	10		Disinfectants		
toluene	700		monochloramine	3	
xylene	500		chlorine	5	
ethylbenzene	300		chlorine dioxide	0.4	
styrene	20		Disinfection by-products		
benzo(a)pyrene	0.7		chlorite		
Chlorinated benzenes			chlorate	200	P
monochlorobenzene	300		bromate	200	P
1,2-chlorobenzene	1000		2,4,6-trichlorophenol	25	
1,4-dichlorobenzene	300		formaldehyde	200	
trichlorobenzene	20		bromoform	900	
Micellaneous organics			dibromochloromethane	100	
diethylhexyladipate	80		bromodichloromethane	60	
diethylhexylphthalate	8		chloroform	200	
acrylamide	0.5		dichloroacetic acid	50	
epichlorohydrin	0.4		trichloroacetic acid	100	P
hexachlorobutadiene	0.6	P	chloral hydrate	10	P
EDTA	200		dichlorohaloacetontrile	90	P
NTA	200	P	dibromochloroacetontrile	100	P
tributyltin oxide	2		trichloroacetontrile	70	P
PESTICIDES			cyanogen chloride	1	P
alachlor	20		RADIOACTIVITY		
aldiacrab	10		gross alpha activity	0.1	
aldrin/ dieldrin	0.3		gross beta activity	1	
atrazine	2				

P: 잠정치, GV: Guideline value(µg/l) (iC/l)

8. 음용수 수질 관리 현황과 문제점

각국에서 음용수 수질로서 문제시 되는 사항에 대하여 각각 목표치를 정하고 있다. 그 예로서

● 소독제의 과잉 주입이 건강에 유해한 부생성물(Byproduct)생성의 원인이며 소독 잔류농도(Disinfection residual concentration)의 적정화와 부생성물의 저감화가 급후 달성해야 할 과제이다. 소독제 주입에 관한 부파적인 목표치를 설정한 나라는

- ① 독일 $\text{ClO}_2 < 0.05(\text{mg/l})$ (정화처리후)
- ② 스위스 $\text{ClO}_2 < 0.05(\text{mg/l})$ (급수전)
- ③ 덴마크/네덜란드
(가능한한 낮고 또한 미생물학적 필요조건 만족할 것)

또 EPA는 1991년부터 지표수 처리 규칙에 미생물학적 필요조건(여과 및 소독에 의한 *Giardia Lambli*a의 99.9% 제거 및 바이러스의 99.9% 불활성화의 달성)과 소독제 접촉 시간 4시간 이상, 잔류 염소 농도 0.2mg/l 이상 확보등을 규정하고 있다.

EC는 주의를 환기하기 위한 치료수 음용수 중의 농약의 최대허용농도(MCL)로서 개개의 농약은 0.1 $\mu\text{g/l}$ 를 규정하고 있으나 이것은 독물학적 의의가 적다. 예를 들어 제초제의 1종인 Atrazin이 지하수, 지표수에서 매년 증가하고 있고 0.1 $\mu\text{g/l}$ 를 초과하고 있어 기준 설정에 곤란을 겪고 있다.

급수관의 부식, 용출에 기인한 수질악화로 많은 나라에서 재료의 부식방지, 사용재료의 규격화가 규정되어 있다.

독일에서는 급수관 재료의 규제가 있다.

● 12시간 체류수중의 Cu의 잔류농도로서 5mg/l를 기준치로 한다. 만약 급수전수의 pH가 7.0이하일 때에는 동판을 사용금지

● 12시간 체류수중의 아연의 잔류농도는 5mg/l로 한다. 만약에 급수전수의 pH 7.3 이하이면 아연도동판의 사용을 금지한다.

또 급수관으로 납관을 사용할 때에는 용수중의 용출되는 납의 농도를 50 $\mu\text{g/l}$ 로 고려하고 있는 나라도 있다. (미국, EC 등)

9. 음용수 수질기준의 적용

음용수 수질기준을 적용할 때에 그 기준 항목을 정기적으로 필요한 장소에서 신속히 검사 평가할 필요가 있다. 이 때 급수량에 따라 검사 횟수 빈도가 증가한다. 대도시에서 대량의 급수를 할 때에는 각 정수장에서 매일 원수, 정수, 급수, 전수를 검사하고 지하수 급수에서는 계절과 지하수 용출량, 사용량에 따라 검사 횟수를 증가시켜야 한다. 그러나 한정된 시간에 증가한 기준 항목, 증가된 검수에 대해서 정확한 검사를 하는 것은 불가능할 때가 많다. 그 대책으로서 음용수 수질검사 기관을 지정하고 검사 정밀도 검정을 수시로 실시하며 측정 장비는 가급적 자동화하여 숙련된 측정자를 양성할 필요가 있다. 음용수 수질의 평가는 정기적인 측정 결과를 토대로 각 항목의 변화 경향을 파악하여 증가 경향이 있는 항목은 특히 중점적으로 측정 횟수를 증가시키고, 오염도는 평균치, 빈도, 계절적 변화, 기후변화, 강수량 변화를 조사하여 그 원인을 규명하여야 한다. 특히 미량 휘발성유기오염물질의 측정은 고도의 정밀도가 요구되므로 당국 또는 지정된 정도 평가기관에서 정기적으로 측정치의 정도 평가가 필요하다. 수원의 오염이 심화되고 오염물이 다양화되고 있어서 음용수 수질기준을 강화할수록 수도수 정수기술은 향상시키지 않으면 안된다.(USEPA의 BAT제시)

따라서 새로운 오염을 정화할 수 있고 더욱 효율적인 정수기술과 동시에 원수오염을 최대한 방지해야 한다.

부 록

부 록 1

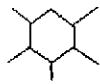
정수처리과정 휘발성 유기물질 오염도 (4월)

항 목	자 집	팔 당			독 도			보 광		
		원수	정수	가정수	원수	정수	가정수	원수	정수	가정수
Chloroform		4.96	28.05	22.55	6.75	13.02	10.98	8.74	6.57	10.08
Dichloro-bromomethane		0.37	6.73	4.15	0.58	1.87	1.27	0.93	1.09	1.48
Dibromo-chloromethane		0.22	0.98	0.52	0.12	0.68	0.71	0.26	0.30	0.28
Bromoform		0.71	0.86	0.74	0.39	0.31	0.78	0.21	0.28	0.26
1,1,1-Tri-chloroethane		0.12	0.06	0.16	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10
Carbontetrachloride		0.06	0.12	0.06	0.06	0.11	0.05	0.03	0.04	0.05
Tetraachloro-ethylene		0.04	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02

(연세대학교 환경공해연구소 1991. 9.)

부 록 2

염소처리에서 생성되는 소독부생성물과 그 생체 영향

DBP 명칭	화 학 식	생 체 영 향
Chloroform	CHCl_3	간독성, 신독성, 발암성
Bromo dichloromethan	CHBrCl_2	간독성, 신독성
Dibromo chloromethan	CHBr_2Cl	간독성
Bromoform	CHBr_3	간독성
Chloro acetic acid	CH_2ClCOOH	간비대
Dichloro acetic acid	CHCl_2COOH	혈청중 glucose terteric acid의 증가, 신경독성, 정자형성 장애, 안장해
Trichloro actic acid	CCl_3COOH	Peroxisome 産生
1,1-Dichloropropan	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCl}_2$	간장해
Dichloroacetonitril	CHCl_2CN	변이발생, 염색체이상발생
Dibromoacetonitril	CHBr_2CN	염색체이상발생, 발암성
Bromochloro acetonitril	CHBrClCN	변이발생, 염색체이상발생, 발암성
Trichloroacetonitril	CHCl_3CN	염색체이상발생
Chlorocyan	CNCl	-
Chloropicin	CCl_3NO_2	-
Trichloro acetoaldehyde	Cl_3CCHO	변이발생
2-Chlorophenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	태아독성, 종양 promotor
2,4 -Dichlorophenol	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	태아독성, 종양 promotor
2,4,6-Trichlorophenol	$\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3$	발암성
Formaldehyde	HCHO	변이발생, 발암성
MX(3-Chloro-4-dichloromethylhydroxy-2(5H))	Cl_3HC  Cl HO O O	변이발생

부 록 3

서울시 자체 수질 검사항목 선정관리

■ 목 적

수돗물에 대한 신뢰성 제고와 수처리 기술향상으로 더 안전하고 쾌적한 수돗물 생산 공급에 기여하고자 함.

■ 지정 기준

○ 우리나라 먹는물 수질기준에도 포함되어 있지 않고, 미국, 유럽의 수질기준과 WHO 권장기준에 있는 항목중 감시의 필요성이 있는 항목을 지정관리.

○ 수질 기준은 WHO 권장 기준으로 관리

■ 감시 항목 선정

○ 1995. 7. 감시항목 9개항목 선정

- 무기물(2개): 니켈(0.02이하), 바륨(0.7이하)
- 유기물(4개): 사염화탄소(0.005이하), 1,2-디클로로에탄(0.03이하), 벤조피렌(0.0007이하), 비닐클로라이드(0.005이하)
- 농약류(4개): 시마진(0.002이하), 린단(0.002이하), 카보푸란(0.5이하), 2,4-D(0.03이하)

○ 1996. 7. 감시항목(미생물분야) 6개항목 추가 선정

- 분원성대장균(0/250ml), 녹농균(0/250ml), 비브리오(0/250ml),
분변성 연쇄상구균(0/250ml), 시젤라(0/250ml), 살모넬라(0/250ml)

○ 1997. 7. 감시항목(무기물 2개 추가 선정)

- 나트륨(200이하), 칼륨(14이하)

○ 1998. 7. 감시항목 9개항목 추가선정

- 유기물(5개): 디클로로아세트니트릴(0.09이하), 트리클로로아세트니트릴(0.01이하)
알라클라(0.02이하), 스티렌(0.02이하), 클로로포름(0.2이하)
- 무기물(2개): 안티몬(0.005이하), 보론(0.3이하)
- 미생물(2개): 자이디아(ND), 크립토스포리디움(ND)

■ 감시 항목

○ 먹는물 수질기준과 같이 월 1회 이상 원수 및 정수 수질검사 실시

부 록 4

먹는물 수질기준 항목 특성 및 영향

■ 미생물의 영향

1. 일반세균: 100 CFU이하/ml

일반세균은 대장균, 효모, 사상균 등을 포함한 모든 세균을 뜻하며, 응집 여과 소독처리 과정의 처리효율에 대한 지표가 된다.

2. 대장균군: 불검출/50ml

대장균군은 분변 오염의 지표로서 소화기계 병원균에 의한 오염의 가능성이 있다고 볼 수 있으며, 저항성이 병원균과 비슷하여 병원균이 검출되면 대장균도 검출된다.

■ 건강상 유해 무기물질 영향

3. 납(Pb): 0.05ppm이하

주요 오염원은 인쇄, 유리제조 공장 등의 폐수오염 및 납관에서 용출등이다. 수처리 공정 중 부분적으로 제거되므로 원수보다 정수에서 비교적 감소한다.(납관은 이미 세계적으로 사용하지 않고 있다.) 만성중독시 두통, 정신착란, 심근마비 등이 발생할 수 있으며 급성중독으로는 복통, 구토를 유발한다.

4. 불소(F): 1.5ppm이하

충치 예방에 유용하나 높은 농도는 비타민, 지방, 효소, 미네랄 대사에 방해작용을 한다. 급성중독시 신장염, 간장해, 심장장해, 만성중독으로 반상치를 유발할 수 있다. 불소의 경우 원수와 수도수의 농도가 비슷하게 존재하는 것으로 알려져 있다.(Floridation의 경우 제외)

5. 비소(As): 0.05ppm이하

수중에서 황, 구리, 코발트, 납, 아연 등과 함께 화합물의 형태로 존재한다. 무기비소는 유기비소보다 더 독성이 강하다.

급성중독은 중추신경계로 혼수상태에 이르며 위장, 신경계, 호흡기관 및 피부가 영향을 받는다.

0.2mg/l 이상 함유된 물의 장기 음용시 만성 중독으로 유발되며 근육약화, 식욕상실, 눈, 코, 후두의 점막을 자극하여 구역질을 일으킨다.

6. 시안(CN): 검출되어서는 안된다.

자연수 중에서 함유되어 있지 않으며, 청산화합물을 사용하는 사업장의 폐액으로부터 오염된다. 인간에게는 50-60mg의 양으로 치명적이다. 중성이나 알칼리성에서는 염소소독으로 정수에서 CN의 농도가 현저히 감소되는 것으로 알려져 있다.

7. 수은(Hg): 검출되어서는 안된다.

1가 및 2가의 형태로서 Hg^+ , Hg^{2+} , $(HgCl^+)^{2-}$, $(HgCl^2)^-$ 등으로 존재한다.

무기 수은은 철 및 알루미늄 응집에 의해 수처리 과정에서 제거된다고 한다. 만성중독시 언어장애, 지각장애, 신경쇠약, 난청 등을 일으키며 급성 중독시에는 위장병, 단백뇨, 구내염 등을 유발한다.

8. 크롬(Cr): 0.05ppm이하

용해도가 낮으므로 검출되는 농도는 대개 저농도지만 오염되었을 경우 심각한 영향을 일으킨다. 3가크롬은 중성 pH에서 불용성 수산화물로 변한다. 소독한 음용수에서 3가크롬은 존재하지 않으며, 수중의 크롬은 6가 형태로 존재한다. 6가크롬은 독성이 강하다. 아스코르빈산(Vitamin C)으로 3가로 하면 독성이 감소되며 소화기계, 암, 폐암, 구토, 설사, 호흡곤란, 의식불명, 발열 등을 일으킨다.

크롬은 소화관으로부터 흡수되어 주로 뇨로 배설된다.

9. 카드뮴(Cd): 0.01ppm이하

인체에 축적되어 골연화증과 같은 간장애를 일으킨다.(이파이 이파이병)

만성중독시 위장장애, 내분비장애, 갈슘 대사장애를 일으킨다.

수처리 과정에서 대개의 카드뮴은 제거된다.

10. 세레늄: 0.01ppm이하

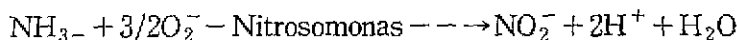
어린이의 심근증 질환, 위장장애, 피부의 황달색 착색, 치아장애, 쿠도 및 피부염을 나타낸다.

11-12. 암모니아성 질소(0.05ppm이하), 질산성질소(10ppm이하)

NH_3-N 은 분뇨 또는 하수등의 질소화합물이 함유하는 오염물에 의하여 오염된 후 오랜시간이 경과되지 않았고, 산화분해 작용이 진행중임을 의미한다. 즉 간접적으로 분뇨성분 및 대장균의 수질오염을 측정하는 지표가 된다.

NO_3-N 의 농도는 원수와 수도전수에서 현저하게 변하지 않는다.

질소 화합물의 변화 과정을 간단히 살펴보면 다음과 같다.



지하수의 NO_3-N 의 농도가 높을 때, 유사에 청색풍의 원인이 된다.

■ 건강상 유해영향 유기물질

13. 총 트리할로메탄(THMs): 0.1ppm이하

상수원에 함유되어 있는 유기물 중 천연적으로 존재하는 부식질(Humic substance)와 살균소독으로 염소와 반응하여 생성된다.

THMs의 생성정도는 반응시간이 길수록, pH가 높을수록, humic acid 양이 많을수록, 체류

시간이 길수록 높아진다. THMs의 건강피해는 주로 클로로포름으로 나타나며, 동물실험에서 발암성을 나타낸다.

수중에서 Colloid 상태로 존재하는 humic acid는 정수처리 과정에서 쉽게 제거되므로 전구 물질로 문제시 되는 물질은 fulvic acid라고 하기도 한다. CHCl_3 , CHCl_2 , Br , CHClBr_2 , CHBr_3 이 네가지 화합물은 수도수에서 발견된다. THMs에는 네가지 외에 여러 가지가 있으나 현 음용수 수질기준에는 위의 네가지 화합물만 합친 값(100ppb)으로 규제하고 있고, 물을 끓이면 증발되어 제거된다. THMs가 많은 수도수를 장기간 먹는 지역에서 간암, 방광암의 발생률이 높다.

14. 페놀류(phenols): 0.05ppm이하

분노성분이나 공장폐수중의 유기물질, 화합물질의 유입에서 유래된다. 미량의 페놀은 수처리 과정중 소독처리에서 사용되는 염소와 반응하여 클로로페놀을 형성시키며 심한 냄새를 일으키므로 취기와 맛에 대한 문제를 야기한다. 페놀을 함유하는 물을 소독하였을 경우 생성되는 페놀은 2-클로로페놀, 4-클로로페놀, 4-클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀 등이 있다. 2,4,6-트리클로로페놀의 유해성은 체온증가 및 경련을 일으킨다.

15-19. 다이아지논(Diazinon): 0.02ppm이하, 파라티온(Parathion): 0.06ppm이하, 말라티온(Malathion): 0.25ppm이하, 카바닐(Carbaryl: 1-Naphthalenol methylcarbamate): 0.07ppm이하, 페니트로티온(Fenitrothion): 0.04ppm이하 주로 노출 경로는 농약이며 효소작용을 방해하여 아세틸 콜린을 축적시킨다. 인체 흡수시에는 중추신경억제와 발암성, 변이성이 있다.

20. 1,1,1-트리클로로에탄(1,1,1-Trichloroethane): 0.1ppm이하

다른 유기염소화합물의 생산을 위한 중간 생성물이며, 인체에 노출시에는 눈에 자극성 및 변이성이 있다.

21. 트리클로로에탄(Trichloroethane): 0.03ppm이하

금속세정제, 드라이클리닝 용제로 주로 이용되고, 위, 장관에 흡수되고 호흡, 땀으로 배설된다. 중추신경계를 억제하며 발암성 변이성이 있다.

22. 테트라클로로 에틸렌(Tetrachloroethylene): 0.01ppm이하

무색의 액체이며 주로 금속 세정제로 사용된다. 인체내에서 체계적으로 흡수되어 호흡 등으로 배설되며 중추신경 억제 및 발암성이 있다.

23. 벤젠(Benzene): 0.01ppm이하

염료, 세척제, 합성세제, 차량 배기가스 등에 의해 노출되며, 벤젠의 중독 증상으로는 빈혈, 백혈구 감소, 발암성, 두통, 취기, 현기증, 흥분, 의식상실, 경련 등을 유발한다.

24. 에틸벤젠(Ethylbenzene): 0.3ppm이하

무색의 액체로 크실렌의 이성체이며, 알코올, 벤젠, 사염화탄소 및 에테르에 녹고 물에는 약간 녹는다. 피부자극 및 무기력, 현기증을 유발시키며, 마취작용이 있다.

25. 크실렌(Xylene): 0.5ppm이하

무색의 액체로 물에 불용성이며, 알코올 및 에테르에 쉽게 녹는다. 크실렌을 흡입하면 눈, 코, 목 등 기관지를 자극하며 마취, 현기증 구토증세를 일으킨다.

26. 톨루엔(Toluene): 0.7ppm이하

물에 불용이나 알코올 에테르에도 잘 녹는다. 독성은 벤젠의 약 10분의 1정도이며, 독성질은 벤젠과 거의 같으나 증기를 흡입하면 중추신경에 영향을 미치며, 마취상태를 일으킨다.

27. 디클로로 메탄(Dichloromethane): 0.02ppm이하

무색 휘발성 액체이며 흡입하면 유독, 무에는 약간 녹으며, 알코올 및 에테르에 녹는다. 마취성이 강하고 또 휘발성이 높으며, 마취성 이외에는 특별한 독성이 없다.

■ 심미적 영향물질

28. 탁도: 2도이하

탁도는 물속에 존재하는 부유물질과 관련, 가정 및 산업용수의 수질오염을 나타내는 지표이다. 수도수에서의 높은 탁도는 처리후의 오염부식 또는 공급과정의 문제를 나타내고 소독 작용으로부터 박테리아의 성장 미생물을 보호하는 역할을 하며 염소 요구량을 높인다.

29. 색도: 5도이하

색도는 humics와 같은 유기물질과 철, 망간과 같은 금속의 존재에서 기인한다. 물을 공급하는 수도관으로부터 용출될 가능성이 있으며 철과 망간은 적수, 흑수 현상을 나타낼 수 있다.

30. 경도: 300ppm이하

칼슘, 마그네슘의 농도가 높으면 장기간 음용시 요도 결석을 유발하는 것으로 알려졌다. 경도가 높은 물은 사용할 때 불편하며, 연수는 급수파이프의 부식을 초래하여, 구리, 아연, 납, 카드뮴 등을 금속이 용출한다.

(참고: 연수: 0-60ppm, 중경수: 60-120ppm, 경수: 120-180ppm)

31. 수소이온농도(pH): 5.8-8.5

수처리 과정에서 바이러스, 박테리아, 다른 유기물 및 무기물질 등의 수질오염물질 제거에 영향을 미치며 산성인 물에서는 수도관의 부식을 초래한다.

32-33. 맛, 냄새: 무미, 무취일 것

맛과 냄새의 문제는 순수한 물에 대한 이물질의 유입을 의미하며 사용자의 불편을 야기한다. 음용수 중 맛을 느끼게 되는 원인 물질로는 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨 등이고, 냄새의 직접적인 원인 물질로는 유기물의 존재, 조류 번식 등 미생물에 의한 경우, 산업 유기물, 폐수의 오염 등이 있다.

34. 구리(Cu): 1ppm이하

보일러 교환기나 상수관거의 부식을 일으키며 높은 정도일 경우 색을 유발한다. 인체 내 축적이 어려우므로 만성중독을 일으키기는 어려우나 간, 신장손상, 중추신경장애(우울증), 소화기계 장애 등을 유발한다.

35. 철(Fe): 0.3ppm이하

인체에 필수 물질이기는 하나 다량으로 존재하던 착색이나, 금속 맛을 내는 원인이 된다. 지표수에는 철 성분이 Fe^{3+} 형태로 존재한다. 철의 인체내의 축적현상으로는 haemochromatosis(혈색증: 피부 및 내장에 철소침착)을 유발하기도 한다. 또한 철이 존재하게 되면 Iron bacteria를 성장케 하는 원인이 된다.

36. 망간(Mn): 0.3ppm이하

미량으로도 물에 색을 유발시키며 관내에 축적되어 흑수의 원인이 된다. 자연수에서 용존 또는 부유 형태로 존재한다. 혐기성 상태의 지하수에서 용존성 망간의 높은 농도를 포함한다. 인간에게 필수적인 원소임에도 불구하고 음용수에 섞이면 빈혈, 심장 혈관계 질환을 유발한다. 흡수된 망간은 피의 흐름을 빠르게 하고 간에 축적되는 것으로 알려져 있다.

37. 아연(Zn): 1ppm이하

아연을 함유한 물은 불쾌한 냄새를 낸다. 5mg/l 이상의 농도에서는 백탁수를 나타내며, 끓였을 때 불쾌하고 미끈미끈한 느낌을 갖게 한다. 독성은 구토, 탈수, 복부손상, 구역질, 무기력, 현기증 등을 일으키며 염화아연에 의해 심장병을 유발한다.

38. $KMnO_4$ 소모량: 10ppm이하

수중의 산화성 유기물과 무기물량을 나타내며 직접적인 영향은 없음

39. 증발잔류물: 500ppm이하

부식 또는 스케일 형성에 영향을 미친다. 증발잔류물을 구성하는 화합물로서는 염화물, 황산염, 마그네슘, 칼슘, 탄산염 등이 있다.

40. 황산이온(SO_4^{2-}): 200ppm이하

자연수 중에서 황산이온의 농도가 낮으며 일단 검출되었을 때는 유황이 함유되었거나 유기물질 또는 화학물질 등의 공장폐수오염을 의미한다.

낮은 알칼리도 물질 때 금속 용출을 초래한다.

41. 염소이온(Cl^-): 150ppm이하

염소이온이 200-300ppm이던 Teste threshold(맛 역치)를 맛의 문제를 고려하여 기준을 정한다. 높은 농도는 낮은 알칼리도의 물에서 금속을 부식시킨다. 염소 이온의 농도는 분뇨 오염의 정도를 나타내며 수처리 과정에서 제거되지 않는다.

42. 음이온 계면활성제(Alkyl Benzene Sulfonate ABS): 0.5ppm이하

직접 인체에 나쁜 영향을 미친다고 보고되어 있지는 않으나 자연 중에 분해가 늦어 폐수처

리 과정에서 심한 거품을 내며 거품중에 오물 및 병원성 세균을 함유함으로써 질병 전파의 역할을 한다.

43. 알루미늄(Al): 0.2ppm이하

알루미늄은 지구상에 다량으로 분포하기 때문에 자연수인 하천수, 지하수 등에서 흔히 발견되는 화합물일 뿐만 아니라, 수처리용 응집제로서도 광범위하게 사용되고 있다. 과다 섭취할 경우 노인성 치매증 등 신경성질환을 유발할 수 있다.

44. 사염화탄소(CCl₄): 0.002ppm이하

유기화합물의 합성물질로서 냉각제, 세척제, 금속제련용제로 주로 이용되며 체내에 흡수시 현기증, 간세포종양, 피부염유발, 발암성이 있다.

45. 1,2-디클로로에틸렌(1,2-Dichloromethylene): 0.03ppm이하

화학합성 중간물질로서 주용도는 세척제, 접착제, 도료 용매로 사용된다.

인체에 미치는 영향으로는 두통, 현기증, 폐포기관지 부종, 신경장애 등을 유발할 수 있다.

부 록 5

각종 박테리아나 바이러스에 의해 오염된 지하수에 의한 수인성 전염병

미생물	부하기간	질병증세
Shigellosis	1-7일	설사, 열, 구토, 복통 뒤가 마려우면서 변이 안나옴(tenesmus)(혈변, 이질)
Salmonellosis	0.25-3일	복부경련(abdominal pain) 설사, 구역질(nausea), 구토 및 열(장질환, 위장염, 설사)(장티푸스)
Typoid fever	1-3일	복부경련, 열, 오한, 설사 및 변비(constipation) 출혈(장티푸스)
기생충(parasite) giardiasis (애완, 야생동물의 변)	7-14일	지속적인 설사, 복부경련, 가스치기, 악취가 나는변, 피로, 체중감소(이질과 유사)
Viral hepatitis	15-45일	열, 근육통, 식용감퇴, 구역질, 황달(Jaundice)
enterotoxigenic E-coli	0.5-3일	설사, 열, 복부경련, 두통
norwalk-like agent	0.5-2일	구토, 복부경련, 두통, 열
Campylobacter, fejus SSP, jejuni	1-7일	설사, 복부경련, 두통, 열
yesinia enterocolica	1-7일	복부경련, 열, 두통, 설사, 구토증, 불쾌감(malaise)
돼지에서 유래되는 원생동물 취나 토끼로부터 유래된 원생동물		amebiasis, tularemia balantidiasis, B-coli

부 록 6

수인성 질병의 원인별 발생건수와 환자수(1920-1990) 미국²⁵⁾

기 간	병 인	발생건수	환자수
1920-40	화학물질중독	1	92
	원충류 아메바	2	1,416
	세균 티프스	372	13,761
	이질	10	3,908
	비루스(A형간염)	1	28
	위장염(원인불명)	144	176,725
	소 계	530	195,330
	평 균	25.2/y	9,301/y
1941-60	화학물질중독	4	44
	원충류 아메바	2	36
	세균 티프스	94	1,343
	이질	23	8,351
	살모넬라	4	31
	파라티프스	3	19
	야도별	2	6
	레프토스피라증	1	9
	비루스 A형간염	23	930
	포리오	1	16
	위장염(원인불명)	265	54,439
	소 계	424	66,426
	평 균	21.2/y	3,321/y
1961-70	화학물질중독	9	46
	원충류 아메바	3	39
	지알리아	3	176
	세균 이질	19	4,666
	티프스	14	104
	살모넬라	9	16,706
	대장균	4	188
	비루스 A형간염	20	903
	위장염(원인불명)	39	26,546
	소 계	130	46,374
	평 균	13.0/y	4,637/y
1971-90	화학물질중독	56	3,890
	원충류 아메바	1	4
	지알리아	110	26,531
	크립토스포리듐	2	13,117
	세균 콜레라	1	17
	이질	42	8,947
	티프스	5	282
	살모넬라	12	2,370
	칸피로박타	12	5,233
	대장균	2	1,243
	엘시니아	2	103
	비루스 A형간염	26	771
	위장염	27	12,699
	위장염(원인불명)	293	67,367
	만성위장염	2	94
	피부염	1	31
	남조류(추정)	1	21
소 계	593	142,720	
평 균	29.7/y	7,136/y	
1920-90	합 계	1,676	456,850
	평 균	23.6/y	6,350/y

참고문헌

1. 이상은: 상수고도처리의 최근동향, 연세대학교 보건대학원 학술심포지움 논문집 1992.
2. 연세대학교 환경공해연구소: 안전한 상수공급을 위한 유기오염물질의 위해성 평가 및 대책, 1991. 9. pp77
3. 한국수도연구소: 지하수개발이용 및 오염도 실태조사에 관한 연구, 한국환경과학 연구협의회 1992. 8.
4. 이덕희: 음료수중 휘발성 유기오염물질의 규제에 관한 연구, 1991, 연세대학교 보건대학원
5. Frederic W. Pontius: A Current Look at the Federal Drinking Water Quality Regulations, J AWWA, March, 1992, 36-50
6. Frederic W. Pontius: Complying with the New Drinking Water Quality Regulations, J AWWA, March, 1992, 32-52
7. 辻 昌美: 水道의 수질관리대책과 수질기준치의 재검토, 수환경학회지(日), 15(4) 219-223 (1992)
8. 연세대학교 환경공해연구소: 음용수의 안전성관리를 위한 수질기준, 1990. 6.
9. 연세대학교 보건대학원 및 환경공해연구소: 음용수의 안전성관리를 위한 상수고도처리, 1992. 6. 17. 학술심포지움
10. 仁井正夫: 微量化學物質にたいする水道水質管理, 水質汚濁研究(日), 504-509(1991)
11. 瀧本善元: 農藥の水系環境に及ぼす影響, 水質汚濁研究(日), 14(8) 527-531(1991)
12. 眞柄泰基, 相澤貴子, 淨水處理における 農藥の 制御, 水質汚濁研究, 14(8) 532(1991)
13. 吉川サナエ, 山本順昭, 梅木 進, 横田 覺: 川崎市における地下水低沸點有機鹽素化合物 調査結果, 水質汚濁研究, 14(12) 876-882(1991)
14. 眞柄泰基: WHO 飲料水水質ガイドライン, 水質汚濁研究, 14(7), 444-450(1991)
15. 보건사회부: 1991 전국정수장 수질검사 결과, 1992. 8.
16. Nancy B. Munro and Curtis C. Travais: Drinking-Water Standards, Risks for Chemicals and radionuclide. Environ. Sci. Technol. 20(8) 768-769
17. Karen Carter Decker and Bruce W. Long: Canda's Cooperative Approach to Drinking Water Regulation, J AWWA, April 1992, 121-128
18. Leslie J. McGeorge et al: National survey of Drinking Water Standards and Guideline for Chemical Contaminations, J AWWA, March, 1992, 72-76
19. Frederic W. Pontius: How Federal Drinking Water Refulations are Developed,

J AWWA, March 1992, 28-30, 111

20. EPA: Phase II, Implementation Guidance, 1991.

21. C. Von Sanntog and H-P Schuchmann: UV disinfection of drinking water and byproduct formation—some basic consideration, AQUA 41(2), April 1992, 67-74

22. James M. Symons et al: Treatment Techniques Controlling Trihalomethanes in Drinking Water, USEPA, 1984

23. EPA: Good Automated Laboratory practices(Draft) Dec. 1990

24. 참고자료

1. 膜分離による水処理の現状: 水環境學會誌(日), 22(4) (1998) 特輯, 水道における膜濾過技術の應用について, 八木美雄, p.248-251

2. USEPA: James M. Symons, Alan Stevens, Robert M. Clark: Treatment Techniques for Controlling Trihalomethanes in Drinking Water, (1985)

3. USEPA: Office of Drinking Water: Health Advisories.(飲料水中의 各種化合物의 健康影響評價, 健康에 關한 勸告集) 1987. 3. 31.

25. Harwaldt, BL, Craun, G.F., Stokes, S. I. and Jaranek, D.D. (1994) Outbreaks of Waterborne disease in the United States 1989-90, J. AWWA 84(4) 129-135