

서울시 상수도계통에서의 수질감시항목 조사 (2003)

수질연구부 수질분석과

이인숙, 이수원, 김상은, 정관조, 김현숙, 노방식, 장현성, 정의선, 김열규, 홍주희, 하현주, 조석주, 이목영, 이은숙, 변승현, 조은주, 이옥재, 윤테호, 김세철, 박 현, 오세종

Investigation on Levels of Unregulated Monitoring Items in Water Supply System of Seoul City

Water Quality Research Division

In -Sook Lee, Su-Won Lee, Sang- Eun Kim, Goan-Jo Jung, Hyun-Suk Kim, Bang-Sik No, Hyun-Seong Chang, Eui-Sun Jeong, Yeol-Kyu Kim, Ju-Hee Hong, Hyun-Ju Ha, Seok-Ju Cho, Mok-Young Lee, Eun-Ju Cho, Eun-Sook Lee, Ok-Jae Rhee, Tae-Ho Yoon, Se-Chul Kim, Hyeon Park, Sea-Jong Oh

ABSTRACT - This study was conducted to evaluate and monitor the levels of the unregulated contaminants in the raw water, treated water and tap water of Seoul city. Among the sixty-six unregulated contaminants of Seoul city, five microorganisms, eight inorganic substances, twelve industrial substances and twenty five pesticides were not detected in all samples. The nine contaminants in raw water, four contaminants in treated water and four contaminants in tap water were detected more than one time but the levels of the contaminants detected in the treated waters and tap waters were low and quite less than the guideline value for drinking water quality of WHO and USEPA

Keywords: Sixty six unregulated contaminants, water supply system

서 론

세계보건기구(WHO)에 의하면 물중에는 2000여 가지의 화학물질이 존재하며 750여 가지의 물질이 먹는 물에서 검출되고 있는 것으로 알려져 있다. 최근의 도시화, 산업 활동의 고도화, 생활양식의 변화는 환경오염의 심화, 새로운 오염발생을

증가시키며 생체 기본 물질인 우리가 매일 마시는 먹는 물에 대한 관리 문제의 중요성을 더욱 증가시키고 있다.

WHO가 1984년에 발간한 음용수 수질기준에 관한 지침은 각 국별로 자연환경 및 산업 활동뿐만 아니라 경제적 사회적인 차이 때문에 분리 적

용되던 기준들을 내용적으로 통합하여, 기존의 수질기준항목을 비롯하여 휘발성 유기화합물, 농약과 같은 합성유기물, 유해성 미량 무기물, 트리할로메탄(THM) 등의 소독부산물, 방사선량, 미생물 등 120여개 항목 등을 포함하고 있다.

미국의 경우 안전음용수법(The Safe Drinking Act, 1974)에 근거하여 1차 음용수 규제로서 유기염소계 화학물질을 포함하여 83종 이상의 건강관련 항목에 대하여 최대허용농도 목표치(MCLG) 및 최대허용농도(MCL)를 설정하고 있으며 2차 음용수 규제로서 냄새 및 외관에 관한 기준이 있다. 또한 중화학 공업의 발달과 함께 유해화학물질, 농약, 합성유기용제 등 독성 또는 발암성물질과 정수처리 공정에 사용되는 여러 가지 산화제, 소독제 등에 의한 2차적인 오염물질도 그 최대허용농도를 고시하고 있다. 그리고 현재 법적인 규제기준이 없지만 먹는물에 오염될 가능성이 있는 유해물질에 대해 건강에 관한 권고치(Health Advisories)를 지속적으로 개발하고 있다. 유럽 공동체들(EU)도 공동으로 설정한 수질기준을 기본으로 하여 각 국의 실정에 알맞은 음용수 수질기준을 마련하고 있다.

이와 같이 각 국에서는 먹는 물에 대한 수질관리를 보다 더 엄격하게 하고자 수질기준항목 외에도 그 나라의 실정에 필요한 감시항목, 2차 기준항목, 모니터링 항목 등을 설정하여 먹는 물에 대한 수질검사를 강화하고 있다.

서울특별시도 수돗물에 대한 관리를 강화하여 안전성을 확보하고 시민 삶의 질을 향상시키고자 1995년 서울특별시 감시항목 10항목을 시작으로 2000년에는 39항목, 2002년에는 66항목에 대한 감시항목 수질검사를 실시하여 먹는물수질기준과 더불어 WHO 권장수준인 121항목을 엄격하게 관리하고 있다.

서울특별시의 감시항목 수질검사는 수도법 제18조 제3항의 규정과 서울특별시수도조례 제36조의 2에 따라 실시하고 있으며, 연구소 검사결과 검출 가능성이 높은 항목, 사회적으로 문제가 되어 규제의 필요성이 있다고 판단되는 항목, 국제적으로 수돗물에서 문제가 된 항목 중 국내에서도 검출 가능성이 있다고 판단되는 항목에 대하여 수질기준, 검사방법, 검사대상 및 검사주기 등을 WHO 관련규정 및 미국환경보호청 관련규정 등 선진외국의 사례를 참작하여 실시하고 있다.

이처럼 감시항목의 목적은 위해성이 있고 검출 가능성이 상존하는 물질에 대한 정기적인 수질검사를 통해 시민에게 공급되는 수돗물을 언제라도

안심하고 마실 수 있도록 함으로서 삶의 질을 향상하며 서울시 수돗물의 수질에 대한 과학적인 데이터를 제공하는데 있다.

서울특별시 감시항목 현황

서울특별시 감시항목은 1995년 10항목으로 시작하여 2000년에는 39항목, 2002년 상반기에는 74항목으로 감시항목수가 확대되었고, 2002년 6월 21일에 환경부가 먹는물수질기준및검사등에 관한 규칙을 개정함에 따라 감시항목 중 미생물인 대장균, 분원성연쇄상구균 2항목과 소독부산물 6항목, 농약류 1항목 등 9항목을 먹는물수질기준항목으로 변경하여 관리를 강화하였고, 소독부산물에 대한 중요성과 분석법 정립이 강조되어 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산 2항목을 감시항목에 편입하고 엔도실판 α , 엔도실판 β 를 엔도실판 하나의 항목으로 통합하여 감시항목으로 지정하여 총 66개 항목의 수질검사를 실시하고 있으며 서울특별시 수질 감시항목 변천현황은 표 1과 같다.

감시항목 수질검사 방법

1. 감시항목 수질기준

감시항목의 수질기준은 WHO, 일본, 미국, 유럽의 관련항목 먹는물수질기준을 참고로 하여 자체적인 수질기준(안)을 설정하여 관리를 하고 있다.

(표 2참고)

2. 감시항목 수질분석 방법

감시항목의 분석은 미국환경보호청(USEPA) 방법, Standard Method, 환경부 등의 공인된 방법을 채용하여 자체적인 실정에 적합하도록 표준분석방법을 문서화하여 분석하는 방법을 따르고 있다. 분석방법은 막여과법, 특정효소발색법, 면역형광체법, 주입평판법등을 활용한 미생물의 분석법과 GC, GC/MS, HPLC, ICP/MS, FAAS, IC등의 기기를 이용하는 유·무기 분석법으로 나뉘어져 있다.

표 1. 서울특별시 수질 감시항목 변천현황

구분	항 목 수				항 목 명
	계	기준	신규	제외	
1995	10	-	10	-	<ul style="list-style-type: none"> 유기물(8) 1,2-디클로로에탄, 염화비닐, 벤조(a)피렌, 사염화탄소, 카보푸란, 린덴, 2,4-D, 시마진 무기물(2) : 바륨, 니켈
1996	16	10	6	-	<ul style="list-style-type: none"> 미생물(6) 분원성대장균군, 분원성연쇄상구균, 녹농균, 살모넬라, 쉬겔라, 비브리오콜레라
1997	17	16	2	1	<ul style="list-style-type: none"> 유기물(1) 제외 : 사염화탄소 무기물(2) : 나트륨, 칼륨
1998	26	17	9	-	<ul style="list-style-type: none"> 미생물(2) : 크립토스포리디움, 지아디아 유기물(5) 디클로로아세트노트리틸, 트리클로로아세트노트리틸, 스티렌, 클로로포름, 알라클러
1999	36	26	10	-	<ul style="list-style-type: none"> 유기물(10) 클로랄하이드레이트, 디브로모아세트노트리틸, 브로모클로로아세트노트리틸, 에틸렌디브로마이드, 1,2-디브로모-3-클로로프로판, 아트라진, 클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀, 펜타클로로페놀
2000	39	36	5	2	<ul style="list-style-type: none"> 유기물(2) : 클로로탈로닐, 마이크로시스틴 무기물(1) : 아질산성질소 미생물(2) : 저온일반세균, 대장균 먹는물 수질기준항목으로 변경 : 보론, 클로로포름
2001	58	39	20	1	<ul style="list-style-type: none"> 유기물(16) 디브로모클로로에탄, 브로모디클로로에탄, 브로모포름, 디클로로아세트산, 트리클로로아세트산, 엔도설파, 엔도설파, 알드린, 디엘드린, 엔드린, 헵타클로, 헵타클로-에폭사이드, 클로로에탄, 1,4-디클로로벤젠, 디(2-에틸헥실)아디페이트, 디(2-에틸헥실)프탈레이트 무기물(3) : 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨 미생물(1) : 바이러스 아트라진 제외
2002.5	74	58	16		<ul style="list-style-type: none"> 유기물(14) 모노클로로벤젠, MTBE, 1,2-디클로로프로판, IBP, EPN, 펜토에이트, 메틸디메톤, DDVP, 터부틸아진, MCPB, 메톨라클로, 2,4-DB, 벤타존, 페노브카브 무기물(1) : 우라늄 미생물(1) : 레지오넬라
2002.7 이후	66	74	2	10	<ul style="list-style-type: none"> 유기물(2) : 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산 먹는물수질기준항목으로 변경(9) 분원성대장균군, 대장균, 1-2-디브로-3-클로로프로판, 클로랄하이드레이트, 디클로로아세트노트리틸, 트리클로로아세트노트리틸, 디브로모아세트노트리틸, 디클로로아세트산, 트리클로로아세트산 엔도설파, 엔도설파 → 엔도설파으로 통합

표 2. 서울특별시 수질감시항목의 기준(안)

연번	항 목	기준 (단위:mg/L 이하)	연번	항 목	기준 (단위:mg/L 이하)
1	분원성대장균	불검/2mL	34	나트륨	200
2	녹농균	TT	35	안티몬	0.005
3	살모넬라	TT	36	아질산성질소	1
4	쉬겔라	TT	37	베릴륨	0.004
5	비브리오콜레라	TT	38	몰리브덴	0.07
6	크립토스포리디움	TT	39	탈륨	0.002
7	지아디아	TT	40	우라늄	0.002
8	저온일반세균	50CFU/mL	41	에틸렌디브로마이드	0.0004-0.015
9	바이러스	TT	42	린덴	0.002
10	레지오넬라	TT	43	카보푸란	0.007
11	벤조(a)피렌	0.0007	44	시마진	0.002
12	1,2-디클로로에탄	0.03	45	2,4-D	0.03
13	염화비닐	0.005	46	알라클러	0.02
14	스티렌	0.02	47	클로로탈로닐	0.05
15	마이크로시스틴	0.001	48	펜타클로로에탄	0.009
16	클로로에탄	기준미정	49	엔도설파	5×10 ⁻⁵
17	디(2-에틸헥실)아디페이트	0.08	50	알드린	3×10 ⁻⁵
18	디(2-에틸헥실)프탈레이트	0.008	51	디엘드린	3×10 ⁻⁵
19	1,4-디클로로벤젠	0.3	52	엔드린	0.002
20	모노-클로로벤젠	0.3	53	헵타클로	3×10 ⁻⁵
21	MTBE	0.005	54	헵타클로에폭사이드	3×10 ⁻⁵
22	모노브로모아세트산	HAAs 0.1	55	1,2-디클로로프로판	0.04
23	디브로모아세트산		56	이프로벤포스	0.008
24	브로모클로로아세트노트리틸	기준미정	57	EPN	0.006
25	클로로페놀	0.3	58	펜토에이트	0.0001
26	2,4-디클로로에탄	0.2	59	메틸디메톤	0.0001
27	2,4,6-트리클로로에탄	0.2	60	디클로로보스	0.008
28	디브로모클로로에탄	0.1	61	터부틸아진	0.007
29	브로모클로로에탄	0.06	62	MCPB	0.0001
30	브로모포름	0.1	63	메톨라클로	0.01
31	니켈	0.02	64	2,4-DB	0.09
32	바륨	0.7	65	벤타존	0.3
33	칼륨	12	66	페노브카브	0.03

3. 감시항목 수질검사 대상 및 지점

감시항목의 분석대상은 분석하는 항목의 특성에 맞추어 취수원수, 정수, 수도꼭지수로 분류할 수 있다. 취수원수는 광암, 강북, 암사, 구의, 자양, 풍납 6개 지점이며 정수는 광암, 강북, 암사, 구의, 뚝도, 보광동, 영등포, 신월 정수장의 정수를 검사하였고 수도꼭지수는 각 정수장 수계 8지점을 선정하여 수질검사를 하였다. 감시 항목별 검사지점은 표 3, 표 4와 같다.

소독부산물은 염소 소독이후에 발생하는 특성에 맞추어 정수 및 수도꼭지수에 대하여 검사를 실시하였으며 감시항목별 검사주기는 표 5과 같다.

표 3. 감시항목별 검사지점

구 분	검 사 지 점
취수원 수	광암원수(광암정수장내), 강북취수장, 암사취수장, 구의취수장, 자양취수장, 풍납취수장
정 수	광암정수, 강북정수, 암사정수, 구의정수, 뚝도정수, 보광동정수, 영등포정수, 신월정수
수도꼭지 수	광암정수수계, 강북정수수계, 암사정수수계, 구의정수수계, 뚝도정수수계, 보광동정수수계, 영등포정수수계, 신월정수수계

표 4. 감시항목 수도꼭지수 검사지점

정수장 수계	조 사 지 점	정수장 수계	조 사 지 점
강 북	노원구 중계본동 20-47	뚝 도	종로구 명륜동2가 21-14
광 암	송파구 석촌동 2-6	보광동	용산구 남영동 15-4
암 사	강남구 일원1동 677-9	영등포	구로구 개봉본동 90-96
구 의	동대문구 휘경2동 49-155	신 월	양천구 신월4동 526-2

감시항목 항목별 수질검사 결과

1. 미생물

미생물에 대한 감시항목의 수질검사는 분기 1회 수질검사는 8항목에 대해 실시하였으며 연 1회 수질검사는 4항목에 대해 실시하였다. 분기 1회 수질검사를 하는 항목 중 크립토스포리디움과 지아디아는 원수 24점, 정수 31점에 대해 검사를 하였으며, 검사결과 원수에서 크립토스포리디움 20.8 %, 지아디아 45.8 %의 검출률을 나타내었으나 정수 시료에서는 모두 불검출로 나타났다. 분원성연쇄상구균과 저온일반세균은 원수 24점, 정수 31점, 수도꼭지수 31점에 대해 검사를 하였으며 검사결과 원수에서 분원성연쇄상구균 87.5 %, 저온일반세균 100 %의 검출률을 나타내었으나 정수 및 수도꼭지수에서는 모두 불검출되었다. 레지오넬라는 수도꼭지수 31점에 대해 검사를 실시한 결과 모두 불검출로 나타나고 TT 값을 만족하였다. 연 1회 수질검사를 실시한 살모넬라, 비브리오 콜레라, 녹농균, 쉬겔라는 3/4분기에 정수 8점,

표 5. 감시항목별 검사주기

구 분	검 사 항 목 명		
분기 1회 (44)	미생물(6)	바이러스, 크립토스포리디움, 지아디아, 분원성연쇄상구균, 저온일반세균, 레지오넬라	
	무기물 (7)	나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄	
	유기물 (31)	합성 유기물 (7)	클로로에탄, 디(2-에틸헥실)아디페이트, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, MTBE, 모노클로로벤젠, 1,2-디클로로프로판, 1,4-디클로로벤젠,
		농약류 (18)	클로로탈로닐, 엔도설판, 알드린, 엔드린, 헵타클로, 디엘드린, 헵타클로 에폭사이드, 이프로보포스, EPN, 펜토에이트, 메틸 디메톤, 디클로로보스, 터부틸아진, 메톨라클로, MCPB, 2,4-DB, 벤타존, 페노부카브
		소독부산물 (6)	디브로모클로로메탄, 브로모디클로로메탄, 브로모포름,브로모클로로아세토니트릴, 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산
	년 1회 (22)	미생물 (4)	살모넬라, 비브리오콜레라, 녹농균, 쉬겔라
무기물 (3)		바륨, 니켈, 안티몬	
유기물 (15)		합성 유기물 (4)	염화비닐, 스티렌, 벤조(a)피렌, 1,2-디클로로에탄
		조류 독소(1)	마이크로시스틴
		농약류 (7)	카보푸란, 린단, 2,4-디, 시마진, 알라클러, 펜타클로로페놀, 에틸렌디브로마이드
		소독부산물 (3)	클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀

수도꼭지수 8점에 대해 수질검사를 실시한 결과 정수 및 수도꼭지수에서 모두 불검출로 TT값을 만족하였다.

2003년 서울시감시항목 중 미생물은 취수원수 시료에서 4항목이 검출되었으나 정수나 수도꼭지수에서는 검출되지 않았다.

2. 무기물

무기물 감시항목은 분기 1회 검사를 실시하는 항목이 7항목, 년1회 검사를 실시하는 항목이 3항목으로 총 10개 항목이며, 분기 1회 검사를 실시하는 나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄은 원수 24점, 정수 31점, 수도꼭

지수 31점에 대해 검사를 실시하였고, 연 1회 검사를 실시하는 바륨, 니켈, 안티몬은 원수 6점, 정수 8점, 수도꼭지수 8점에 대해 검사를 하였다. 무기물 중 검출되는 주요 항목은 나트륨과 칼륨으로 원수, 정수, 수도꼭지수 등 시료간의 검출 농도는 유사하며 수질기준 200 mg/L, 12 mg/L보다 미량인 4.1~12.7 mg/L, 1.7~4.8 mg/L의 범위로 미량 검출되고 있었다. 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검출되는 나트륨과 칼륨의 농도분포는 표 6과 같다.

표 6. 2003년도 나트륨, 칼륨 검사결과 (평균값)
(단위: mg/L)

기준 (한)	대상 시료	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
나트륨 (200mg/L 이하)	원 수	7.4	5.0	5.0	9.1
	정 수	7.7	5.2	5.8	9.9
	수도꼭지수	7.0	5.1	5.4	9.2
칼륨 (12mg/L 이하)	원 수	2.2	3.6	2.1	3.3
	정 수	2.2	4.0	3.7	3.7
	수도꼭지수	2.0	3.1	3.6	3.0

3. 유기물 및 농약류

2003년도에 감시항목으로 수질검사를 한 합성 유기물질은 12항목으로, 분기 1회 검사항목인 클로로에탄, 1,4-디클로로벤젠, 디(2-에틸헥실)아디페이트, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, MTBE, 모노클로로벤젠, 1,2-디클로로프로판은 원수 24점, 정수 31점, 수도꼭지수 31점에 대해 검사를 실시하였고 연 1회 검사항목인 1,2-디클로로에탄, 염화비닐, 스티렌, 벤조(a)피렌은 원수 6점, 정수 8점, 수도꼭지수 8점에 대해 검사를 하였다. 2003년도 원수, 정수, 수도꼭지수에서 합성유기물의 검사 결과는 모두 불검출로 나타났다.

조류독소인 마이크로시스틴은 연 1회로 항목으로 검사결과 불검출로 나타났으며 또한 그 외의 분석조건인 원수에서 납조류 4000 세포/mL 이상 시에도 해당하는 경우가 없었다.

농약류는 분기 1회에 수질검사를 실시한 항목이 18항목, 연 1회 검사를 한 항목이 7항목으로 모두 25항목에 대해 검사를 실시하였다. 분기 1회 검사항목은 원수 24점, 정수 31점, 수도꼭지수 31점에 대해 검사를 실시하였고 연 1회 검사항목은 원수 6점, 정수 8점, 수도꼭지수 8점에 대해 검사를 하였

다. 농약류에 대한 수질검사 결과 원수, 정수, 수도꼭지수에서 모두 불검출로 나타났다.

4. 소독부산물

2003년에 감시항목으로 수질검사를 실시한 소독부산물중 분기 1회 검사를 실시한 항목은 브로모클로로아세트니트릴, 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산, 디브로모클로로메탄, 브로모디클로로메탄, 브로모포르 등 6항목으로 정수 31점, 수도꼭지수 31점에 대해 검사를 하였다. 연 1회 검사를 실시한 항목은 클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀 3항목으로 정수 8점, 수도꼭지수 8점에 대해 검사를 실시하였다.

정수 및 수도꼭지수에서 검출된 소독부산물항목은 브로모디클로로메탄과 브로모클로로아세트니트릴 2항목으로 정수에서 브로모디클로로메탄의 검출률은 100% 검출범위는 0.001~0.004 mg/L이고 브로모클로로아세트니트릴의 검출률은 61.2%, 검출범위는 0.0005~0.0010 mg/L이다. 수도꼭지수에서 브로모디클로로메탄의 검출률은 96.7%로 검출범위는 0.002~0.005 mg/L이며, 브로모클로로아세트니트릴은 검출률 48.3%로 검출범위는 0.0005~0.0009 mg/L이다. 브로모디클로로메탄의 분기별 검출농도는 그림 1과 같다.

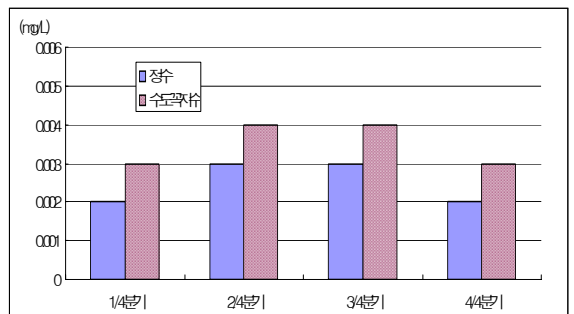


그림 1. 2003년 브로모디클로로메탄 검사결과
(평균값)

분기별 감시항목 수질검사 결과

1. 1/4분기 감시항목 수질검사

1.1. 미생물

원생동물 검사결과 원수에서는 크립토스포르리디움 0 포낭/10L, 지아디아 0~23 포낭/10L의 농도로 지난 분기보다 약간 높은 수준으로 검출되었으나 정수에서는 모두 0 포낭/100L로 나타났다.

분원성연쇄상구균, 저온일반세균은 원수 검사결과 분원성연쇄상구균 0~1,800 CFU/100mL, 저온일반세균 500~150,000 CFU/mL로 지난 분기와 비교하여 수온의 상승에 따라 다소 증가 추세를 보였으나, 정수에서는 모두 불검출로 나타나고 정수장 수계 수돗물에서 분원성연쇄상구균, 저온일반세균, 레지오넬라 모두 불검출로 검사되었다.

1.2. 무기물

원수, 정수, 수도꼭지수에서 무기물 7항목을 검사하였으며 나트륨과 칼륨은 모든 시료에서 검출되고 있으며 나트륨은 원수에서 6.1~8.4 mg/L, 정수에서 6.2~9.2 mg/L, 수도꼭지수에서 6.5~8.8 mg/L, 칼륨은 원수에서 1.9~2.4 mg/L, 정수에서 1.7~2.8 mg/L, 수도꼭지수에서 1.7~2.4 mg/L로 검출되어 대상 시료간의 검출농도는 유사한 것으로 나타났다. 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄은 불검출로 나타났다.

1.3. 유기물 및 농약류

합성유기물질 7항목 및 농약류 18항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사를 실시한 결과 모두 불검출 되었다.

마이크로시스틴은 2003년도 3월말까지 분석조건(남조류 4,000 세포/mL 이상발생시)에 해당된 경우가 없어 분석하지 않았다.

1.4. 소독부산물

정수 및 수도꼭지수에 대하여 소독부산물 6항목을 검사하였으며 정수검사 결과 브로모디클로로메탄과 브로모클로로아세토니트릴 2항목이 검출되었으며, THMs의 일종인 브로모디클로로메탄은 0.001~0.003 mg/L으로 전년(2002년)과 유사하며 브로모클로로아세토니트릴은 불검출~0.0010 mg/L의 범위로 검출되었다. 수돗물에서는 브로모디클로로메탄 만이 검출되었으며 정수에서 검

출되었던 브로모클로로아세토니트릴은 불검출되었으며 수도꼭지수에서 브로모디클로로메탄의 검출범위는 0.003~0.005 mg/L로 정수보다 약간 높은 수준으로 나타났다.

2. 2/4분기 감시항목 수질검사

2.1. 미생물

원생동물 검사결과 원수에서는 크립토스포르리디움 0~2 포낭/10L, 지아디아 0~8 포낭/10L의 농도로 검출되었으며 자양 원수의 지아디아의 농도는 최근 3년 동안의 2/4분기 검사결과에 비하여 높게 검출되었고 이는 5월 7일(2003년)에 내린 89.5 mm의 강우로 인하여 채수 당일(5월 12일, 2003년)까지도 원수 탁도가 27 NTU이었음을 고려할 때 봄철 초기 강우의 영향으로 지아디아의 농도가 돌출된 것으로 판단되며 정수에서는 크립토스포르리디움과 지아디아 모두 0 포낭/100L로 나타났다.

세균류는 원수 검사결과 분원성연쇄상구균 0~430 CFU/100m 저온일반세균은 4,000~79,000 CFU/mL로 나타났으나 정수에서는 모두 불검출로 나타났다. 정수장 수계 수돗물에서는 분원성연쇄상구균, 저온일반세균과 레지오넬라의 검사를 실시하였고 검사결과는 모두 불검출로 나타났다.

2.2. 무기물

나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄 7항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사를 실시하였으며 나트륨은 원수에서 4.6~5.5 mg/L, 정수에서 4.8~6.0 mg/L, 수도꼭지수에서 4.6~5.8 mg/L, 칼륨은 원수에서 3.3~3.9 mg/L, 정수에서 3.8~4.5 mg/L, 수도꼭지수에서 2.4~4.8 mg/L로 원수, 정수, 수도꼭지수에서 모두 검출되었고, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄은 불검출로 나타났다.

2.3. 유기물 및 농약류

합성유기물질 7항목 및 농약류 18항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사를 실시하였으며 검사결과 모두 불검출되어 유해물질에 대한 수질 영향은 없는 것으로 조사되었다.

마이크로시스틴은 2003년도 6월말까지 분석조건(남조류 4,000 세포/mL 이상 발생시)에 해당된 경우가 없어 분석하지 않았다.

2.4. 소독부산물

디브로모클로로메탄, 브로모디클로로메탄, 브로모포름, 브로모클로로아세트니트릴, 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산 6개 항목에 대하여 정수 및 수도꼭지수에서 검사를 실시하였으며 검사결과 브로모디클로로메탄과 브로모클로로아세트니트릴 2항목이 검출되었다.

정수에서 브로모디클로로메탄은 0.002~0.004 mg/L범위로 지난 1/4분기에 비하여 증가하였고 이는 수온의 증가로 인한 THMs의 증가 때문인 것으로 판단되며 브로모클로로아세트니트릴은 불검출~0.0008 mg/L의 범위로 2004년 1/4분기의 결과와 유사하게 나타났다.

수도꼭지수에서는 브로모디클로로메탄이 그림 4와 같이 0.003~0.005 mg/L의 범위로 검출되었고 브로모클로로아세트니트릴은 불검출~0.0009 mg/L의 범위로 정수에서의 검출농도와 유사한 결과를 나타내었다.

3. 3/4분기 감시항목 수질검사

3.1. 미생물

원생동물 검사결과 원수에서는 크립토스포리디움 0~2 포낭/10L, 지아디아 0~7 포낭/10L의 농도로 검출되어 2002년 3/4분기 결과(크립토스포리디움 : 0, 지아디아: 0~9)와 유사하며 전 정수장에 정수에서는 크립토스포리디움과 지아디아 모두 불검출되었다.

세균류 검사결과 원수에서는 지표세균인 분원성연쇄상구균, 저온일반세균 2종이 검출되었으며 분원성연쇄상구균은 80~10,000 CFU/100mL, 저온일반세균은 10,000~320,000 CFU/mL의 범위로 전체적으로 2002년 3분기 (분원성연쇄상구균 : 5~1,200 CFU/mL, 저온일반세균 4,800~120,000 CFU/mL)의 결과와 유사하였다. 정수 및 수돗물에서는 지표세균인 분원성연쇄상구균, 저온일반세균과 병원성세균인 녹농균, 살모넬라, 쉬겔라, 비브리오패라 4종과 레지오넬라 1종의 검사를 실시하였으며 검사결과 모두 불검출로 나타났다. 레지오넬라의 경우는 처리기준(저온일반세균 500 CFU/mL 이하)도 만족하여 정수 및 배급수관망의 수돗물에서의 지표세균 및 병원성세균, 레지오넬라에 대한 안전성을 확인하였다.

3.2. 무기물

나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴,

탈륨, 우라늄, 바륨, 니켈, 안티몬 10항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사한 결과, 나트륨은 원수에서 4.2~6.4 mg/L, 정수에서 5.3 ~7.3 mg/L, 수도꼭지수에서 4.1~6.8 mg/L, 칼륨은 원수에서 1.9~2.5 mg/L, 정수에서 3.3 ~4.8 mg/L, 수도꼭지수에서 4.1~6.8 mg/L로 검출되었으며 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄, 바륨, 니켈, 안티몬은 불검출로 나타났다

3.3. 유기물 및 농약류

합성유기물질 12항목과 농약류 25항목등 유해영향 유기물 37항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사를 실시한 결과 모두 불검출 되었다.

3.4. 소독부산물

THMs인 디브로모클로로메탄, 브로모디클로로메탄, 브로모포름, HANs인 브로모클로로아세트니트릴, HAAs인 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산, 클로로페놀류인 클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,4,6-트리클로로페놀 등 총 9항목에 대하여 검사를 실시하였으며, 정수 검사결과 브로모디클로로메탄이 0.002~0.004 mg/L의 범위로 브로모클로로아세트니트릴이 불검출~0.0007 mg/L의 범위로 검출되었으며 그 외 7항목은 불검출되었다. 수도꼭지수의 검사결과도 정수의 결과와 같이 브로모디클로로메탄이 0.003~0.005 mg/L의 범위로 브로모클로로아세트니트릴은 불검출~0.0007 mg/L의 범위로 나타났으며 그 외의 항목은 불검출되었다.

4. 4/4분기 감시항목 수질검사

4.1. 미생물

원생동물 검사결과 원수에서는 크립토스포리디움 0~2 포낭/10L, 지아디아 0~3 포낭/10L의 농도로 검출되었고 정수에서는 크립토스포리디움과 지아디아 모두 불검출되었다.

세균류는 원수에서는 지표세균인 분원성연쇄상구균, 저온일반세균 2종의 검사를 하였으며 분원성연쇄상구균 0~270 CFU/100mL, 저온일반세균은 2,000 ~ 29,000 CFU/mL의 범위로 나타났다. 정수 및 수돗물에서는 분원성연쇄상구균, 저온일반세균과 레지오넬라의 검사를 실시하였으며, 검사결과 모두 불검출로 레지오넬라의 처리기준(저온일반세균 500 CFU/mL이하)을 만족하여 정수 및 배급수관망의 수돗물에서의 지표세균 및 레지오넬라에 대한 안전성을 확인하였다.

4.2. 무기물

나트륨, 칼륨, 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄 7항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사를 실시하였으며, 나트륨은 원수에서 6.9~11.4 mg/L, 정수에서 7.7~12.7 mg/L, 수도꼭지수에서 6.8~11.3 mg/L, 칼륨은 원수에서 1.9~2.4 mg/L, 정수에서 1.7~2.8 mg/L, 수도꼭지수에서 1.7~2.4 mg/L로과 칼륨은 원수, 정수, 수도꼭지수에서 모두 검출되었고 아질산성질소, 베릴륨, 몰리브덴, 탈륨, 우라늄, 바륨, 니켈, 안티몬은 불검출로 나타났다.

4.3. 유기물 및 농약류

합성유기물질 7항목 및 농약류 18항목에 대해 원수, 정수, 수도꼭지수에서 검사를 실시한 결과 모두 불검출로 나타났다.

4.4. 소독부산물

THMs인 디브로모클로로메탄, 브로모디클로로메탄, 브로모포름, HAN인 브로모클로로아세트니트릴, HAAs인 모노브로모아세트산, 디브로모아세트산 등 총 6항목에 대하여 검사를 실시하였으며, 검사결과 정수에서는 브로모디클로로메탄이 0.002 ~ 0.003 mg/L범위로 브로모클로로아세트니트릴이 불검출~0.0008 mg/L의 범위로 검출되었고, 수도꼭지수에서 브로모디클로로메탄이 0.003~0.004 mg/L로 브로모클로로아세트니트릴이 불검출~0.0007 mg/L의 범위로 검출되었다.

수도꼭지수에서는 불검출되어 미생물에 대한 수돗물의 안전성을 확인할 수 있었다.

무기물 중에서 나트륨, 칼륨은 원수, 정수, 수도꼭지수에서 농도의 변화가 거의 없이 검출되고 있으며 수질기준 200 mg/L, 12 mg/L에 미치지 못하는 4.1~12.7 mg/L, 1.7~4.8 mg/L범위로 나타났다으며 그 외의 무기물 검사항목은 불검출 되었다.

소독부산물 중 정수 및 수도꼭지수에서 검출된 항목은 THMs 일종인 브로모디클로로메탄과 HANs의 일종인 브로모클로로아세트니트릴 2항목으로 브로모디클로로메탄은 불검출~0.005 mg/L의 범위로 브로모클로로아세트니트릴은 불검출~0.0010 mg/L의 범위로 검출되었다

합성유기물질과 농약류는 취수원수, 정수, 수도꼭지수에서 검출된 사실이 없어 이들 물질에 대한 수돗물의 안전성을 과학적인 자료로 입증할 수 있었다.

결 론

2003년도 서울특별시 감시항목 수질검사결과, 미생물 5항목, 무기물 8항목, 유기물 12항목, 농약류 25항목, 소독부산물 7항목 등 57항목은 전 검사지점에서 불검출되었으며, 1회 이상 검출된 항목은 원수에서 7항목, 정수에서 4항목, 수도꼭지수에서 4항목으로 나타났다.

미생물 중 원수에서 검출된 항목은 바이러스, 크립토스포리디움, 지아디아, 분원성연쇄상구균, 저온일반세균으로 크립토스포리디움은 2/4분기, 3/4분기, 4/4분기에 원수에서 검출되었고 지아디아는 매분기 원수에서 검출되었으며 전년과 동일하게 동절기에 가장 높은 검출농도와 빈도를 보였다. 그러나 원수에서 검출된 미생물은 정수 및

국 문 요 약

서울특별시 66개 감시항목에 대해 수질검사를 실시한 결과 미생물 5항목, 무기물 8항목, 유기물 12항목, 농약류 25항목, 소독부산물 7항목 등 57항목은 전 검사지점에서 불검출되었으며, 1회 이상 검출된 항목은 원수에서 7항목, 정수에서 4항목, 수도꼭지수에서 4항목이며 정수 및 수도꼭지수에서 검출 농도 수준은 WHO, USEPA의 규제권고치의 미만으로 나타나 수돗물의 안전성을 입증할 수 있었다.

참고문헌

1. 수도기술연구소. 2000. 1999년 원·정수 수질검사, 1999년도 수질조사분석보고서 I. 서울특별시 수도기술연구소
2. 수도기술연구소. 2001. 2000년 원·정수 수질검사, 2000년도 수질조사분석보고서 I. 서울특별시 수도기술연구소
3. 수도기술연구소. 2002. 2001년 감시항목 수질검사, 2001년도 수질조사분석보고서 I. 서울특별시 수도기술연구소
4. 상수도연구소. 2003. 2002년 감시항목 수질검사, 2002년도 수질조사분석보고서. 서울특별시 상수도연구소
5. 환경부. 2001. 먹는물 수질감시항목 운영지침 및 시험방법
6. 환경부. 2002. 2002년도 먹는물 수질관리지침

표 7. 2003년도 감시항목 미생물검사결과

항 목	기준(안) mg/L	2003년 검사결과		
		시료	검출빈도 (검출률 %)	검출범위
분원성연쇄상구균 (CFU/250mL)	불검출 /250mL	원수	21/24 (87.5%)	57~10,000
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
크립토스포리디움 (포낭/100L)	TT	원수	5/24 (20.8%)	1~2
		정수	0/31 (0%)	불검출
지아디아 (포낭/100L)	TT	원수	11/24 (45.8%)	1~23
		정수	0/31 (0%)	불검출
저온일반세균 (CFU/mL)	500CFU/mL	원수	24/24 (100%)	500~320,000
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
레지오넬라 (CFU/L)	TT	정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
바이러스*	TT	원수	11/12 (91.7%)	3.3~939.0
		정수	분석 중	불검출
녹농균	TT	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
살모넬라	TT	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
쉬겔라	TT	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
비브리오 콜레라	TT	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출

* 바이러스 : 2003년 1/4분기 ~2/4분기까지의 결과, 원수 중 바이러스 검출단위는 MPN/100L

표 8. 2003년도 감시항목 소독부산물검사결과

항 목	기준(안) mg/L	2003년 검사결과		
		시료	검출빈도 (검출률 %)	검출범위(mg/L)
브로모클로로 아세트나이트릴	기준미정	정수	19/31 (61.2%)	0.0005~0.0010
		수도꼭지수	15/31 (48.3%)	0.0005~0.0009
모노브로모 아세트산	0.1	정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
디브로모 아세트산	0.1	정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
디브로모 클로로메탄	0.1	정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
브로모디 클로로메탄	0.06	정수	31/31 (100%)	0.001~0.004
		수도꼭지수	30/31 (96.7%)	0.003~0.005
브로모포름	0.1	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
클로로페놀	0.3	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
2,4-디클로로페놀	0.2	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
2,4,6-트리클로로페놀	0.2	정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출

표 9. 2003년도 감시항목 무기물검사결과

항 목	기준(안) mg/L	2003년 검사결과		
		시료	검출빈도 (검출률 %)	검출범위(mg/L)
나트륨	200	원수	24/24 (100%)	4.2~11.4
		정수	31/31 (100%)	4.8~12.7
		수도꼭지수	31/31 (100%)	4.1~11.3
칼륨	12	원수	24/24 (100%)	1.9~3.9
		정수	31/31 (100%)	1.7~4.5
		수도꼭지수	31/31 (100%)	1.7~4.8
아질산성 질소	1	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
베릴륨	0.004	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
몰리브덴	0.07	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
탈륨	0.002	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
우라늄	0.002	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
니켈	0.02	원수	0/8 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
바륨	0.7	원수	0/8 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
안티몬	0.005	원수	0/8 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출

표 10. 2003년도 감시항목 유기물 검사결과

항 목	기준(안) mg/L	2003년 검사결과		
		시료	검출빈도 (검출률 %)	검출범위(mg/L)
클로로에탄	기준미정	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
디(2-에틸헥실) 아디페이트	0.08	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
디(2-에틸헥실) 프탈레이트	0.008	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
1,4- 디클로로벤젠	0.3	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
모노클로로벤젠	0.3	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
MTBE	0.005	원수	0/24 (0%)	불검출
		정수	0/31 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
마이크로시스틴	0.001	원수	0/6 (0%)	불검출
벤조(a)피렌	0.0007	원수	0/6 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
1,2-디클로로에탄	0.03	원수	0/6 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
염화비닐	0.005	원수	0/6 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
스티렌	0.02	원수	0/6 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
에틸렌디브로마이드	0.004-0.015	원수	0/6 (0%)	불검출
		정수	0/8 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출

표 11. 2003년도 감시항목 농약류검사결과

항 목	기준(안) mg/L	2003년 검사결과		
		시료	검출빈도 (검출율 %)	검출범위(mg/L)
클로로탈로닐	0.05	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
엔도설판	0.00005	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
알드린	0.00003	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
디엘드린	0.00003	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
엔드린	0.002	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
헵타클로	0.00003	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
헵타클로 -에폭사이드	0.00003	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
이프로벤포스	0.008	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
EPN	0.006	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
펜토에이트	0.0001	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
메틸디메톤	0.0001	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
디클로르보스	0.008	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
터부틸아진	0.007	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
MCPB	0.0001	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
메톨라클로	0.01	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
2,4-DB	0.09	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
벤타존	0.3	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
페노브카브	0.03	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
1,2- 디클로로프로판	0.04	원·정수	0/55 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/31 (0%)	불검출
2,4-D	0.03	원·정수	0/14 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
시마진	0.002	원·정수	0/14 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
카보푸란	0.007	원·정수	0/14 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
린덴	0.002	원·정수	0/14 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
알라클러	0.02	원·정수	0/14 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출
펜타클로로페놀	0.009	원·정수	0/14 (0%)	불검출
		수도꼭지수	0/8 (0%)	불검출