

음용수 중 소독부산물 발생현황에 관한 연구

신동천, 정 용, 최윤호, 김준성,
박연신, 금희정, 전희경

연세대학교 의과대학 예방의학교실 및 환경공해연구소

Assessment of Disinfection By-Products in Drinking Water in Korea

Dongchun Shin, Yong Chung, Yoonho Choi, Junsung Kim,
Yeonsin Park, Heejung Kum and Heekyoung Jeon

Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine,
Institute for Environmental Research, Yonsei University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The main purpose of applying the chlorination process during water treatment is for disinfection. Research results, however, indicate that disinfection by-products including trihalomethanes, haloacetic acids, haloacetonitriles, haloketones, and chloropicrin can be produced by chlorination process. Some of these disinfection by-products are known to be potential human carcinogens. This three-year project is designed to establish a standard analysis procedure for disinfection by-products in drinking water and investigate the distribution and sources of specific disinfection by-products. The occurrence level of DBPs in drinking water was below 50 µg/L in most cases. THMs in plant effluent accounted for 48% of all DBPs measured, whereas HAAs accounted for 24%, HANs 14%, haloketones 5%, chloral hydrate 7%, and chloropicrin 2%. Chloroform was found to be the major THMs compound (71%), followed by bromodichloromethane (21%), dibromochloromethane (7%), and bromoform (3%). The concentration of DBPs formed in distribution systems increased from those detected in plant effluent. Results would play an important role in exposure assessment as a part of the risk assessment process, and would give basic information for establishment of disinfection by-products reduction and management procedures.

Key words : disinfection by-products (DBPs), human exposure, drinking water

서 론

20세기에 있어서 먹는물의 소독은 인류의 건강과 생활수준을 향상시킨 주요성으로 평가할 수 있다. 불과 수십년전만 하더라도 콜레라와 장티프스에 의한 전염병이 우리나라 뿐 아니라 전세계적으로 확산되어 인간의 생명과 건강에 치명적인

피해를 입혔으나 1897년 영국에서 최초로 시작된 소독제에 의한 음용수 소독은 이같은 전염병의 전염을 차단하는데 결정적 역할을 하게되었다.

음용수 소독제로서 염소는 뛰어난 살균력과 잔류성, 그리고 경제성 때문에 현재에도 가장 탁월한 소독제로 사용되고 있다. 그러나 발암물질로 알려져 있던 Chloroform이 1974년 네덜란드의 Rotterdam시의 염소 소독된 수도수에서 발견되고

(Rook, 1972), 1974년 미국 New Orleans시의 주민 중 수도수 음용자와 암사망율 사이에 높은 상관관계를 가지고 있다는 역학조사 결과가 발표되면서부터 (Page, 1976), THMs를 포함한 각종 소독부산물에 대한 건강 유해성 문제가 대두되었고, 지금까지도 보건학적 위해성에 대한 논란은 증대되고 있다. 미국 환경보호청 (USEPA)은 전국적으로 음용수중 유기오염물질 검출에 따른 예비조사 (National Organics Reconnaissance Survey)를 실시한 결과, 약 120여종의 유해한 미량 유기오염물질이 발견되었고, 특히 chloroform의 경우는 염소처리를 행한 모든 수도수에서 검출되어 chloroform의 생성이 염소처리와 관계 있음이 발견되었다 (Symons *et al.*, 1975).

이에 따라 USEPA에서는 1979년에 total trihalomethane Rule (TTHMs)을 제정하고, TTHMs의 in-terium MCL로서 0.10 mg/L을 설정하였으며, 소독제/소독부산물 규정 (Disinfectants/Disinfection By-products Rule)을 공포하여 그 규제치 (MCL)를 단계적으로 강화하고 있는 실정에 있다. 한편, 우리나라에서도 1982년 권,정 등에 의해 THMs에 관한 연구가 시작된 이래로 1990년에 음용수 수준 기준으로서 0.1 mg/L의 THMs 규제치를 가지고 있다.

그러나 최근 다시 우리나라를 비롯한 미국 등의 선진국에서 Virus나 Protozoa와 같은 병원성 미생물 오염에 의한 수인성 질환의 발생이 보고되고 있다. 우리나라의 경우 원생동물중 Cryptosporidium이 주요 상수원에서 검출되었고 (염철민, 1999), Virus도 원수 및 수도전수에서 검출되어 논란이 진행중이다. 미국의 경우는 더욱 심각하여 1991년과 1992년에 수인성 질환에 의한 사고가 34건이나 보고되었고, 특히 1993년에 밀워키에서는 먹는물에 포함된 원생동물에 의하여 Cryptosporidiosis가 발생하여 급성위장염 환자가 400,000명이 발생하였으며, 이중 4,000명 이상이 병원에서 치료를 받았고, 적어도 50명 이상이 이로 인해 사망하였다고 보고하고 있다 (EPA, 1997). 이외에 최근에도 네바다 주, 오레건 주, 조지아 주 등에서 Cryptosporidiosis가 발병하였다고 보고되고 있다 (1997, EPA). 우리나라는 먹는물 중 미생물에 의한 대규모 수인성 질환 발생이 아직 보고된 바는 없으나 이것으로부터 안전하다고는 할 수 없다.

왜냐하면, 이것은 사망의 직접적 원인이 되기보다는 간접적 영향요인인 경우가 많고 그 인과관계를 분명히 밝히지 못하는 경우가 많으므로, 실제로 감염은 되었으나 인식하지 못하고 지나치거나 보고되지 않는 경우가 더 많다는 특성을 가지고 있기 때문이다.

특히 원생동물류는 기존의 소독방법에 대한 저항력이 매우 강하여 이를 불활성화 시키기 위해서는 보다 많은 량의 소독제를 투여하거나 보다 강력한 산화제를 사용하여야 하므로 소독부산물의 발생량은 오히려 증가되게 된다. 즉, 미생물에 의한 위해성을 감소시키기 위해서는 소독부산물에 의한 위해성이 증가하는 결과를 초래하게 되므로 이들의 위해도가 균형 (Risk Balancing)을 이루는 최적화가 필요하다. 이와 같은 특성을 인식한 미국에서는 다음과 같이 소독부산물과 병원성 미생물의 관리체계를 제도화하였다. 1996년 미국의회는 안전한 음용수법 (Safe Drinking Water Act: SDWA)의 개정을 통하여 환경보호청 (USEPA)으로 하여금 미생물과 소독부산물에 의한 위해성을 동시에 저감시키도록 하였고, 이에 따라 환경보호청 (USEPA)은 1998년 12월에 미생물 제거를 강화하도록 하는 임시 지표수처리 규정 (Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule: IESWTR)과 소독부산물의 저감을 강화시키는 소독제 및 소독부산물 규정-1단계 (Stage 1 Disinfectant/Disinfection-Byproducts Rule: Stage 1 D/DBP Rule)를 동시에 공포하였다.

지금까지 기술한 바와 같이 최근의 음용수 질에 관련된 주요 관심사는 소독부산물과 병원성 미생물에 관한 문제이며, 우리나라도 다음과 같은 이유로 심각한 문제점을 가지고 있다고 본다. 즉, 국내의 상수원수는 대규모 정수장의 경우 거의 대부분이 지표수이며 생활하수, 가축폐수, 산업폐수 등 각종 오염원으로부터 직접 노출되어 있다. 따라서 휴믹물질과 같은 자연적 형태 및 하수, 폐수 등 인위적 형태의 유기물이 상수원에 유입되어 소독부산물의 전구물질로 작용할 가능성이 높으며 병원성 미생물 오염 역시 확인되고 있어 보다 강력한 소독이 불가피하므로, 원수 중의 유기물인 전구물질과 염소와의 반응에 의한 소독부산물 발생은 앞으로 심각하게 되리라고 예상된다.

그러나 우리나라의 경우 소독부산물에 대한 수

질관리 방안을 세울 수 있는 기초적 정보가 매우 부족한 상황이다. 소독부산물에 대한 국내연구는 THMs에 국한되어 왔고 이외의 소독부산물에 대한 연구는 극히 제한적이며 우리나라의 현황을 평가할만한 규모의 연구도 수행되어진 바도 없다.

따라서 전국의 정수장에서 생산되는 수돗물 중의 소독제 및 소독부산물의 정성·정량연구가 시급한 과제로 부각되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 수도물 공급에 있어서 아직까지 미확인되어 규제되지 않고 있는 소독부산물의 실태조사를 목적으로 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사대상

국내 소독부산물의 발생현황을 조사하기 위하여 주요 6대 도시인 서울, 인천, 대전, 광주, 대구, 부산을 대상으로 급수 인구 10만명이 넘는 10개 정수장을 선정하여 원수, 정수, 수도전수를 대상으로 조사하였다.

본 연구의 조사대상으로 선정된 정수장의 수원지 및 원수형태는 Table 1과 같다. 서울특별시와 인천광역시에 공급되고 있는 상수는 팔당 수원지와 한강원수 크게 두가지 원수를 이용하여 정수한 것이다. 본 연구 대상에서 선정된 영등포, 선유정수장은 풍납 원수를 유입하고 있는 공정의 원수와 정수를 선정하였고, 신월 및 부평정수장은 팔당 원수를 채수하여 처리하고 있는 공정을 대상으로 조사하였다. 부산광역시의 덕산과 화명정수장은 낙동강 하류의 원수를 취수하여 정수처리를 하고 있어, 시료채취시 원수는 취수장에서 채수하였고, 정수는 최종 처리수를 채수하여 분석하였다. 그리고 대구 광역시의 매곡정수장은 낙동강 중류인 금호강 유입 직전의 상수 원수를 채수하였다. 광주광역시의 용연정수장과 대전광역시의 송촌정수장은 하천 지표수를 사용하고 있는 다른 지역과는 달리, 저수지수를 원수로 이용하고 있었다.

대상 정수장의 원수와 정수는 정수장의 취수장과 배출수에서 채수하였고 가정수는 정수장으로부터, 5km 이내의 지점에서 직수인 수도전수를 채수하여 분석하였다.

Table 1. Water resource and treatment plant

도 시	수원지	원수형태	정수장	관련취수장	
서울특별시	팔당	당강	하천표류수	신월	팔당
	한강	강	하천표류수	암사	암사
	풍납	남	하천표류수	영등포	잠실수중보
	풍납	남	하천표류수	선유	잠실수중보
인천광역시	팔당	당	하천표류수	부평	팔당
부산광역시	낙동강하류	하류	하천표류수	덕산	매리
	낙동강하류	하류	하천표류수	화명	물금
대구광역시	낙동강중류	중류	하천표류수	매곡	매곡
광주광역시	동부	부	저수지수	용연	동부
대전광역시	대청호	호	저수지수	송촌	중리

한편, 조사대상 정수장의 소독처리공정은 대부분 염소를 사용하고 있었고, 염소투입량은 원수의 염소요구량, 정수 및 배수시설에서 염소소비량과 수도전에서 법정 잔류염소량 (유리잔류염소: 0.2 mg/L 이상, 수인성 전염병 유행시: 0.4 mg/L 이상) 을 합한 양으로 투입하고 있었다. 본 조사대상지역의 10개 정수장에서는 대부분 전염소 및 후염소 처리를 하고 있었다.

2. 시료 채취 및 분석

본 조사의 시료채취는 97년과 98년의 6월과 10월에 각각 수행되었고, 분석된 소독부산물은 Table 2와 같은 18종이었다. 모든 시료는 Duplicate로 채취하여 분석하였다. THMs의 경우, 물속에 함유되어 있는 잔류염소를 고정하기 위해 Ascorbic acid 25 mg을 주입하였고 빈 공간(head space) 없이 시료를 채수한 후 1:1 HCl을 투여하여 pH를 2 이하로 조정하였으며, 채수용기는 밀봉된 상태를 유지하여 분석하였다. HAAs는 채수용기에 미리 10 mg/ml NH₄Cl 1%를 주입한후 채수하였고, 암실에서 4°C 이하로 냉장보관하고 48시간 이내에 추출하여 분석하였다. 한편 HAAs, HKs, CP 등은 채수용기에 NH₄Cl을 미리 주입한 후 빈 공간 없이 채수하여 밀봉하였다.

분석에 사용된 방법과 장비는 다음 Table 2와 같으며 표준물질은 Supelco사 (USA) 제품을 사용하였다. THMs은 US EPA Method 524.2 방법 (Purge & Trap/GC/MSD)을 응용하여 분석하였다. 한편, HAAs는 US EPA Method 552.1 방법에 따라 추출 후 분석하였고, GC/ECD가 사용되었다. 그리

Table 2. Compounds of DBPs analyzed in this study

Species	Compounds	Analysis method	Quantitation method	Detection limit ($\mu\text{g/L}$)	Recovery*
THMs	Chloroform (CF)	Purge & Trap	ISTD	0.01	92
	Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromethane (DBCM)			0.01	95
	Bromoform (BF)	GC/MSD	0.01	101	
			0.05	107	
HAAs	Monochloroacetic acid (MCAA)	L-S/GC/ECD	ISTD	0.1	113
	Dichloroacetic acid (DCAA)			0.1	112
	Trichloroacetic acid (TCAA)			0.1	111
	Monobromoacetic acid (MBAA)			0.1	98
	Bromochloroacetic acid (BCAA)			0.1	99
	Dibromoacetic acid (DBAA)			0.1	85
HANs	Trichloroacetonitrile (TCAN)	L-S/GC/ECD	ESTD	0.1	110
	Dichloroacetonitrile (DCAN)			0.1	102
	Bromochloroacetonitrile (BCAN)			0.5	85
	Dibromoacetonitrile (DBAN)			0.5	76
HKs	1, 1-dichloropropanone (DCP)	L-S/GC/ECD	ESTD	0.5	85
	1, 1, 1-trichloropropanone (TCP)			0.5	92
CP	Chloropicrin (CP)	L-S/GC/ECD	ESTD	0.5	85

고 HANs, HKs, CP 등은 GC/ECD를 이용하여 US EPA Method 551에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

우리나라 6대 도시별 원수, 정수, 수도전수에서의 조사대상인 18종에 대한 소독부산물의 발생현황은 Figs. 1-6에 나타난 바와 같다.

한강과 팔당호를 상수원으로 이용하여 정수처리하고 있는 서울의 경우, 총 소독부산물 발생량은 원수, 정수, 수도전수에서 각각 $14.0 \mu\text{g/L}$, $46.1 \mu\text{g/L}$, $49.2 \mu\text{g/L}$ 인 것으로 조사되었다. 이 중에서 THMs의 경우 원수, 정수, 수도전수의 평균은 각각 $5.7 \mu\text{g/L}$, $19.3 \mu\text{g/L}$, $20.6 \mu\text{g/L}$ 이었으며, HAAs는 평균 $4.2 \mu\text{g/L}$, $13.7 \mu\text{g/L}$, $17.3 \mu\text{g/L}$ 의 수준으로 발생되고 있었다. 한편, HANs도 원수 $1.5 \mu\text{g/L}$, 정수 $5.9 \mu\text{g/L}$, 수도전수 $4.7 \mu\text{g/L}$ 로 발생되고 있었다. 서울과 동일 상수원수를 사용하고 있는 인천은 서울과 비슷한 수준의 발생경향을 보이고 있었다.

다소 오염수준이 높은 편인 낙동강 하류 원수를 사용하고 있는 부산의 경우 총 소독부산물 발생량은 원수, 정수, 수도전수에서 각각 $11.7 \mu\text{g/L}$, $53.0 \mu\text{g/L}$, $60.3 \mu\text{g/L}$ 으로 조사대상 도시중에서 가장 높은 수준인 것으로 조사되었다. 이 중에서

THMs의 경우 원수, 정수, 수도전수의 평균은 각각 $6.5 \mu\text{g/L}$, $33.7 \mu\text{g/L}$, $37.6 \mu\text{g/L}$ 로서 미국 환경보호청에서 stage2 D/DBP Rule에 의하여 강화시키려고 하는 MCL 수준인 $40 \mu\text{g/L}$ 에 거의 육박하고 있었으며, 수도전수 기준으로 대상도시 중 최소 발생량을 보인 광주(평균 $8 \mu\text{g/L}$)에 비하면 4.7배 높은 수준이었다. 그러나 HAAs는 서울지역보다 낮은 수준인 평균 $2.3 \mu\text{g/L}$, $4.5 \mu\text{g/L}$, $5.6 \mu\text{g/L}$ 로 원수, 정수, 수도전수에서 각각 발생되고 있었다. 한편, HANs의 평균치도 원수 $1.6 \mu\text{g/L}$, 정수 $8.1 \mu\text{g/L}$, 수도전수 $8.4 \mu\text{g/L}$ 로서 비교적 높은 수준으로 발생되고 있었다.

한편, 낙동강 중류를 상수원으로 이용하고 있는 대구의 경우 하류지역인 부산보다는 약간 낮지만 부산수준을 거의 육박하는 수준으로 소독부산물이 발생되고 있었으며, 유사한 발생 특성을 가지고 있었다. 즉, 총 소독부산물 발생량은 원수, 정수, 수도전수에서 각각 $2.2 \mu\text{g/L}$, $50.9 \mu\text{g/L}$, $57.3 \mu\text{g/L}$ 으로 부산지역 다음으로 높은 수준으로, 이 중에서 THMs의 경우 원수, 정수, 수도전수의 평균은 각각 $0.6 \mu\text{g/L}$, $28.8 \mu\text{g/L}$, $35.8 \mu\text{g/L}$ 로서 고도정수처리공정 도입에 의하여 전오존이 전염소를 대체하고 있어 원수의 THMs 발생량은 낮은 편이나 정수와 수도전수는 부산지역에 육박하며 역시 수도전수

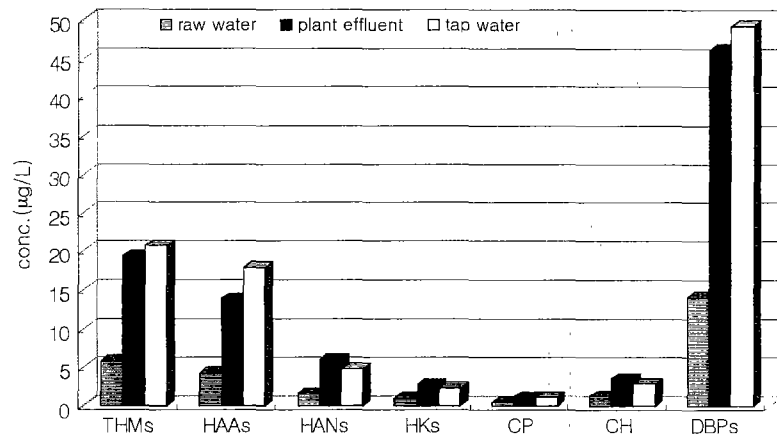


Fig. 1. Concentration by water type of each water treatment plant in Seoul.

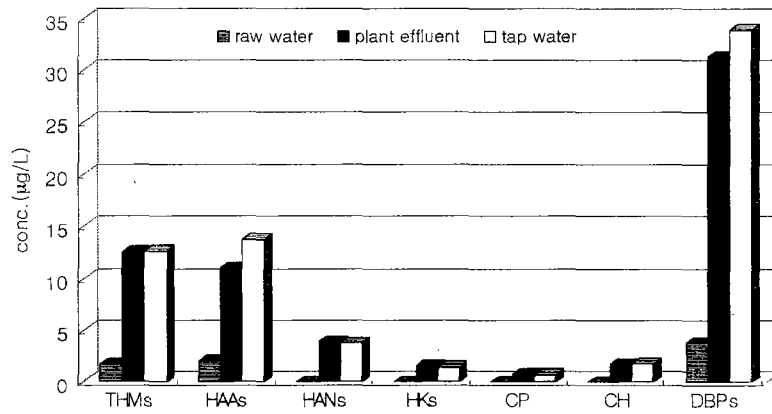


Fig. 2. Concentration by water type of each water treatment plant in Inchoen.

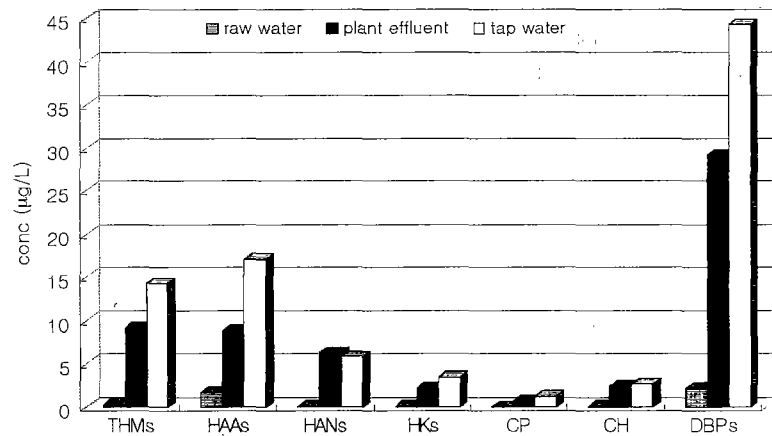


Fig. 3. Concentration by water type of each water treatment plant in Taejeoun.

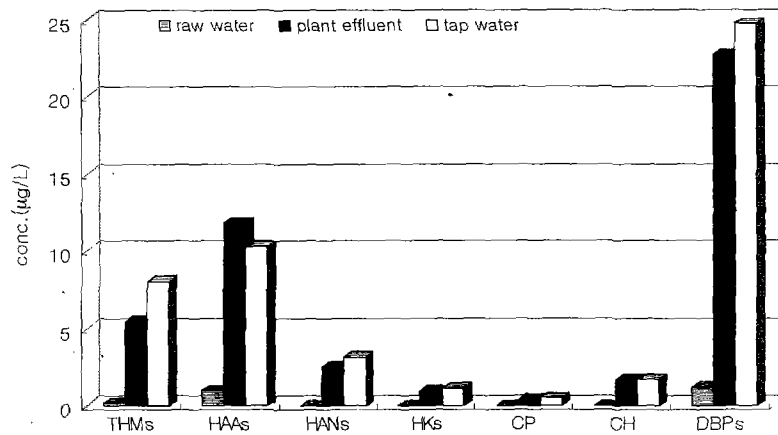


Fig. 4. Concentration by water type of each water treatment plant in Kwangju.

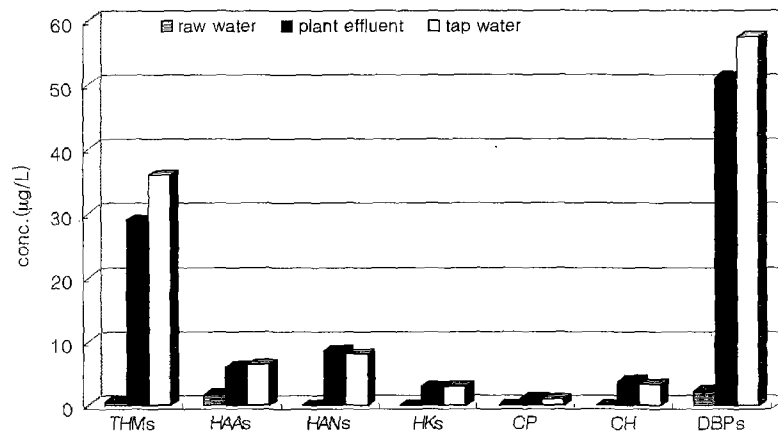


Fig. 5. Concentration by water type of each water treatment plant in Teagu.

를 기준으로 광주와 비교하면 4.5배 가량 높은 수준이었다. HAAs도 역시 부산을 제외한 타 지역보다 낮은 수준인 평균 5.9 µg/L, 6.4 µg/L의 수준으로 정수, 수도전수에서 각각 발생되고 있었다. 한편, HANs도 정수 8.5 µg/L, 수도전수 8.0 µg/L로서 비교적 높은 수준으로 발생되고 있었다.

호소인 대청호를 상수원수로 사용하고 있는 대전의 경우, 총 소독부산물 발생량은 원수, 정수, 수도전수에서 각각 2.1 µg/L, 29.2 µg/L, 44.3 µg/L인 것으로 조사되었으며 이 중에서 원수, 정수, 수도전수의 THMs 평균은 각각 0.2 µg/L, 9.1 µg/L, 14.2 µg/L으로서 서울지역보다 낮은 수준이었다. HAAs의 평균 발생량은 원수, 정수, 수도전수에서 1.7

µg/L, 8.8 µg/L, 17.0 µg/L이었으며, HANs도 원수 0.1 µg/L, 정수 6.2 µg/L, 수도전수 5.8 µg/L로 발생되고 있었다.

조사대상 중 유일하게 상수전용댐(동북호)을 확보하고 있는 광주의 용연정수장은 동북호가 전 광주지역의 상수원으로 사용되지 않고 있어 이곳만을 대상으로 조사한 소독부산물의 발생량이 광주의 대표치가 못한다는 제한점을 가지고 있었다. 그러나 인위적 오염이 거의 발생하지 않은 동북호는 조사대상지역 중 가장 양호한 수질의 상수원을 확보하고 있었으며, 소독부산물의 발생량 또한 조사대상중 가장 낮은 수준인 것으로 조사되어 상수원 관리의 중요성을 인식할 수 있었다. 그

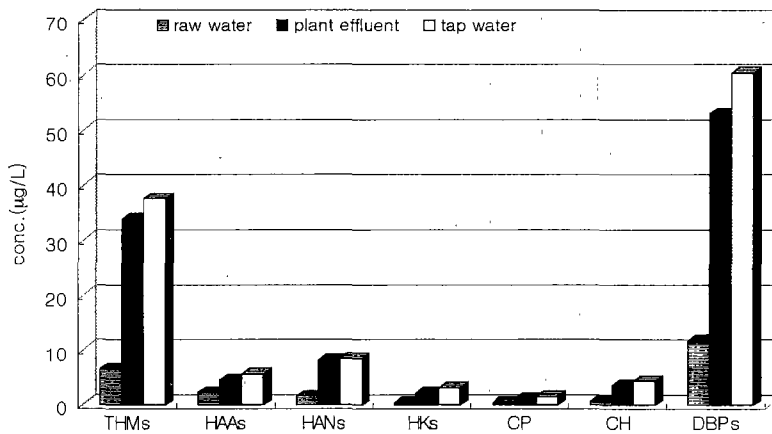


Fig. 6. Concentration by water type of each water treatment plant in Pusan.

Table 3. DBP concentration by water type of each water treatment (Unit: µg/L)

City	Type	THMs	HAAs	HANs	HKs	CP	CH	DBPs
Seoul	Raw water	5.71	4.23	1.52	0.95	0.36	1.25	14.03
	Plant effluent	19.31	13.74	5.90	2.64	1.01	3.47	46.07
	Tap water	20.57	17.73	4.72	2.26	1.03	2.88	49.19
Inchon	Raw water	1.71	2.00	0.01	0.01	0.00	0.00	3.73
	Plant effluent	12.50	10.99	3.89	1.53	0.71	1.66	31.28
	Tap water	12.64	13.69	3.74	1.38	0.68	1.75	33.88
Teajecoun	Raw water	0.24	1.69	0.05	0.07	0.01	0.06	2.12
	Plant effluent	9.06	8.77	6.20	2.10	0.66	2.37	29.15
	Tap water	14.20	17.04	5.84	3.39	1.21	2.59	44.26
Kwangju	Raw water	0.16	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	1.16
	Plant effluent	5.40	11.77	2.51	0.93	0.36	1.68	22.65
	Tap water	8.00	10.25	3.11	1.12	0.49	1.70	24.67
Teagu	Raw water	0.61	1.62	0.01	0.01	0.00	0.00	2.24
	Plant effluent	28.79	5.90	8.46	2.95	1.06	3.76	50.92
	Tap water	35.82	6.37	7.96	2.87	0.99	3.31	57.32
Pusan	Raw water	6.52	2.26	1.61	0.29	0.29	0.70	11.66
	Plant effluent	33.74	4.54	8.05	2.12	1.00	3.52	52.97
	Tap water	37.56	5.60	8.36	3.02	1.47	4.34	60.34

리고, 타 지역의 인공적 오염이 가해진 하천수 형태와 비교될 수 있는 전형적인 호소수의 소독부산물 발생특성을 파악할 수 있는 중요한 비교 대상이었다. 광주 용연정수장의 소독부산물 발생량은 총 소독부산물 및 구성물질 모두 조사대상중 가장 낮아 총 소독부산물의 원수, 정수, 수도전수 평균은 각각 원수, 정수, 수도전수에서 1.2 µg/L, 22.7 µg/L, 24.7 µg/L인 것으로 조사되었으며 이중

에서 원수, 정수, 수도전수의 THMs 평균은 각각 0.2 µg/L, 5.4 µg/L, 8.0 µg/L였다. 그리고, HAAs의 평균 발생량은 원수, 정수, 수도전수에서 1.0 µg/L, 11.8 µg/L, 10.3 µg/L이었으며, HANs도 원수 0.01 µg/L, 정수 2.5 µg/L, 수도전수 3.1 µg/L로 발생되고 있었다.

위의 현황조사 결과를 종합하여 볼 때, 우리나라 정수처리과정은 암모니아성 질소 수질기준을

맞추기 위해 파과점까지 염소를 과량 투여하고 관망에서의 미생물 오염방지를 위해 높은 잔류염소를 유지시키기 위해 염소를 과량 사용하고 있고 유기물 오염 또한 높은 편에 속한다. 이것에 비하여 조사된 소독부산물의 발생은 그리 높은 편은 아니라고 판단된다. 그 이유중 일부는 상수원수에 존재하는 유기오염물질들이 자연적인 오염형태에 의한 것이 아니라 인위적인 오염형태에 의해 발생된 것이기 때문에 이들이 전구물질로서 염소와 반응하여 소독부산물을 발생시키는 반응성이 감소되었을 것이라는 가능성에 대한 확인이 필요하다. 따라서, 앞으로 국내 상수원수의 전구물질 특성과 이들에 따른 처리과정 과정에서의 제거효과 및 특성변화, 그리고 국내 상수원수에 존재하는 전구물질의 특성에 따른 소독부산물 생성능과 생성경향을 파악하는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

한편, 본 연구결과는 음용수중 소독부산물의 건강 위해성 평가를 위한 노출평가 자료로 이용될 수 있으며 소독부산물 저감기술 개발과 관리에 필요한 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

정수과정 중 염소소독에 의해 생성되는 소독부산물 발생수준과 특성을 전국 6개 대도시 10개 정수장을 대상으로 조사한 결과, 조사대상 18종의 소독부산물이 정수와 수도전수에서 모두 검출되었으며, 평균치는 각각 41.6 µg/L, 48.2 µg/L였다.

정수장에서 소독처리를 포함한 모든 공정을 마친 정수에서 발생하는 소독부산물의 총량은 최소 9.0 µg/L, 최대 98.72 µg/L, 평균 41.6 µg/L, 중앙

값 35.1 µg/L이었으며 이들은 THMs 48%, HAAs 24%, HANs 14%, HKs 5%, CH 7%, CP 2%로 구성되어 있었다. 한편, 급수관망을 거친 가정의 수도전에서 검출된 총 소독부산물질량은 최소 14.5 µg/L, 최대 111.1 µg/L, 평균 48.2 µg/L였다.

감사의 글

본 연구결과는 G7 Project 고도정수처리기술개발 분야의 연구비 지원으로 이루어진 결과이므로 이에 감사를 포함합니다.

참 고 문 헌

- 권숙표, 정용, 조희재. 상수중 Trihalomethane 생성에 관한 연구. 수도 1984; 31.
- 염철민, 윤제용, 김혜선. ICR 방법에 의한 한강과 금강 수계 상수원에서의 Cryptosporidium과 Giardia 포낭의 검출. 한국물환경학회 춘계학술발표집 1999.
- Page T, Harris R and Epstein S. Drinking water and cancer mortality in Louisiana. Sci, 1976; 193 : 4247.
- Rook JJ. Formation of haloforms during chlorination of natural water, Water Treatment and Examination, 1974; 23(2) : 234-243.
- Symons JM, Bellar TA and Carswell JK, *et al.* National organics reconnaissance survey for halogenerated organics. J. AWWA, 1975; Vol. 67; 11(Nov) : 634-647.
- US Environmental Protection Agency. Methods for the determination of organic compounds in drinking water. PB92-207703, 1992.
- US Environmental Protection Agency. Federal register: Nation primary drinking water regulations: Disinfectants and disinfection byproducts; Final rule. 40 CFR parts 9, 141, and 142. December 16, 1998.
- US Environmental Protection Agency. Federal register- Proposed rules-. 1997; 62(212) : 59387-59484.