

이수형\*, 박정균, 이형준, 김희갑

강원대학교 환경과학과

수돗물은 정수처리과정에서 수인성질환을 예방할 목적으로 염소를 첨가하지만, 이로 인하여 염소가 포함된 부산물(disinfection by-products, DBPs)이 생성되는 것으로 알려져 있다(Stevense *et al.*, 1989). 이런 DBPs는 부식질과 같은 전구물질이 잔류염소와 반응하여 생성되고, 잔류염소의 농도, 수온, 체류시간 및 pH와 같은 인자에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다(Rook J. J., 1974). 또한, 대부분의 DBPs는 동물실험결과 독성이 관찰되어(Morris *et al.*, 1992), 인체건강에 대한 위해성이 관심의 대상이 되고 있다.

이 연구는 청정지역이라 하는 춘천의 한 정수장을 대상으로 chloroform(CF), bromodichloromethane(BDCM), dichloroacetonitrile(DCAN), 1,1-dichloropropanone(DCP), 1,1,1-trichloropropanone(TCP), chloral hydrate(CH), dichloroacetic acid(DCAA) 및 trichloroacetic acid(TCAA)의 농도와 구성비를 알아보고, 이들의 생성에 영향을 미칠 것으로 생각되는 수질요인인 수온, pH, TOC 및 잔류염소(total chlorine과 free chlorine)를 측정하여, DBPs의 생성에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

## 2. 시료채취 및 분석방법

춘천의 한 정수장으로부터 약 1.6km에 해당하는 주 관로의 4개 지점을 선정하여 1998년 8월부터 1999년 5월까지 월 1회 물 시료를 채취하였으며, 현장에서 수온, pH, 잔류염소를 측정하였고 실험실에서 TOC를 측정하였다. 대상 화합물은 *t*-butyl methyl ether(MTBE)를 용매로 사용하여 추출하여 CF를 포함한 전자의 6개 화합물은 직접, DCAA와 TCAA는 에스테르화 한 후에 GC/ECD로 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

이 연구에서 모든 시료에 대한 DBPs의 농도는 CF이  $11 \pm 7.7$ , BDCM은  $2.1 \pm 1.1$ , CH는  $2.3 \pm 1.7$ , DCAN은  $1.2 \pm 0.89$ , DCP은  $1.1 \pm 1.7$ , TCP은  $1.2 \pm 0.98$ , DCAA는  $9.2 \pm 7.3$ , 그리고 TCAA는  $7.6 \pm 5.7 \mu\text{g/l}$ 이었으며, CF(31%), DCAA(26%) 그리고 TCAA(21%)가 주된 구성성분이었다. 계절적으로는 가을에 총 DBPs 농도가 높게 나타나(Table 1) 수온뿐만 아니라 유기물 농도가 DBPs의 생성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

DBPs와 온도, pH, TOC, 잔류염소와의 관계를 조사하기 위해 SPSS for Windows 7.5를 이용한 통계분석결과(95% 신뢰도), 총 DBPs의 농도는 TOC와 상관성이 있는 것으로 나타났으며( $r=0.468$ ,  $p=0.00527$ ), 이는 유기물의 농도가 DBPs의 생성에 있어서 중요하다는 것을 말해준다. 또한, 수질요인과의 다중회귀분석(단계별)에서 pH만이 CF, BDCM 및 CH와 양의 상관성(각각  $p=0.039$ ,  $p=0.0201$ ,  $p=0.012$ )을 나타내고 있어 DBPs의 생성에

중요한 요소로 작용하는 것으로 나타났다.

Table 1. Quarterly mean (median) values and standard deviations of water quality parameters and disinfection by-products ( $\mu\text{g/l}$ ) in chlorinated drinking water

Parameters or DBPs	Summer	Fall	Winter	Spring
Water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	26 (26) $\pm$ 1	14 (14) $\pm$ 4	6.7 (7.1) $\pm$ 1.8	14 (16) $\pm$ 3
pH	6.9 (7.0) $\pm$ 0.3	7.0 (6.9) $\pm$ 0.4	6.7 (6.5) $\pm$ 0.7	7.2 (7.1) $\pm$ 0.1
T-Cl (mg/l)	0.95 (0.94) $\pm$ 0.43	0.64 (0.73) $\pm$ 0.27	0.82 (0.87) $\pm$ 0.30	0.84 (0.88) $\pm$ 0.29
F-Cl (mg/l)	—*	—*	0.54 (0.59) $\pm$ 0.24	0.55 (0.56) $\pm$ 0.26
TOC (mg/l)	0.93 (0.92) $\pm$ 0.16	1.2 (1.2) $\pm$ 0.19	1.4 (1.1) $\pm$ 1.0	0.76 (0.76) $\pm$ 0.24
THMs				
Chloroform	9.5 (7.7) $\pm$ 4.3	18 (16) $\pm$ 12	8.7 (6.8) $\pm$ 4.7	13 (12) $\pm$ 5
Bromodichloromethane	1.6 (1.8) $\pm$ 0.5	3.2 (3.5) $\pm$ 1.3	1.2 (1.1) $\pm$ 0.5	2.8 (2.4) $\pm$ 0.9
Chloral hydrate	2.7 (2.1) $\pm$ 1.6	2.1 (1.0) $\pm$ 1.7	1.4 (0.90) $\pm$ 1.3	3.7 (4.5) $\pm$ 1.8
Dichloroacetonitrile	1.5 (1.3) $\pm$ 0.8	1.2 (0.67) $\pm$ 1.5	0.84 (0.81) $\pm$ 0.37	1.7 (1.6) $\pm$ 0.7
HKs				
1,1-Dichloropropanone	0.58 (0.36) $\pm$ 0.43	2.1 (0.80) $\pm$ 2.9	0.34 (0.32) $\pm$ 0.05	1.7 (1.2) $\pm$ 1.8
1,1,1-Trichloropropanone	0.86 (0.72) $\pm$ 0.42	1.4 (1.4) $\pm$ 1.0	0.95 (0.92) $\pm$ 0.38	2.1 (1.9) $\pm$ 1.6
Haloacetic acids				
Dichloroacetic acid	12 (14) $\pm$ 4	13 (8.3) $\pm$ 12	6.0 (4.4) $\pm$ 4.8	8.8 (9.6) $\pm$ 5.5
Trichloroacetic acid	7.3 (7.6) $\pm$ 2.0	10 (8.0) $\pm$ 9	8.5 (6.6) $\pm$ 4.3	6.7 (6.1) $\pm$ 4.2
Total DBPs	26 (28) $\pm$ 14	51 (43) $\pm$ 27	28 (21) $\pm$ 14	34 (34) $\pm$ 18

\* Not measured.

Spring: Mar, Apr & May; Summer: Aug & Sept; Fall: Oct & Nov; Winter: Dec, Jan & Feb

#### 4. 결론

이 연구에서는 소독부산물 중 CF, DCAA 및 TCAA가 주로 검출되었다. 계절적으로 살펴볼 때 온도가 높은 여름보다는 가을에 소독부산물(DBPs)의 농도가 높게 나타나, 수온뿐만 아니라 유기물의 농도가 DBPs의 생성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 또한, 유기물(TOC) 농도가 높으면 DBPs의 생성이 증가되고, 높은 pH는 CF, BDCM과 CH의 생성을 촉진시키는 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 pH와 TOC가 DBPs의 생성에 영향을 미치는 주요 요인인 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

- Morris, R. D., A. M. Audet and I. F. Angelitto, 1992, Chlorination, chlorination by-products and cancer: a meta analysis. *Am. J. Public Health* 82, 955-963.
- Rook, J. J., 1974, Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treat. Exam.* 23, 234-243.
- Stevens, A. A., L. A. Moore and R. J. Miltner, 1989, Formation and control of non-trihalomethane disinfection by-products. *J. AWWA* 81(8), 54-60.