

## PB4                    제주시 정수장의 원수 및 처리수의 수질특성

감상규\*, 한경용<sup>1</sup>, 조성렬<sup>2</sup>, 이민규<sup>3</sup>

제주대학교 해양과학부, <sup>1</sup>제주시 상하수도사업소,

<sup>2</sup>충청북도 보건환경연구원, <sup>3</sup>부경대학교 화학공학부

### 1. 서    론

물은 생명의 원천이자 한 나라의 경제성장과 산업발전은 물론 도시성장과 문화활동을 지속하게 하는 인간에게 없어서는 안 될 아주 중요한 기초자원이다. 인체구성 성분의 약 70%는 물로 구성되어 있으며, 이러한 귀중한 물을 섭취하도록 인체에 유익하고 안전한 물을 공급하기 위하여 하천수, 호소수 또는 지하수 등을 취수하여 원수수질에 맞는 정수처리를 거쳐 안전한 음용수를 생산하게 된다.

제주시는 해안가 용천수를 수원으로 이용하여 음용수를 생산하고 있는데 수질이 비교적 깨끗하여 응집제를 사용하지 않아 정수처리공정이 간단하며 일반적인 정수처리 공정은 취수 및 도수, 모래완속여과, 소독 등을 거쳐 정수지에 저장되면 자연유하식 또는 펌프로 가입시켜 각 가정내 수도꼭지까지 음용수를 공급하게 된다.

본 연구에서는 2001년 9월부터 2002년 8월까지 1년 동안 제주시의 정수장에서 사용되고 있는 원수와 이로부터 처리되어 공급되는 음용수의 수질특성을 살펴보았다. 그리고 정수처리과정에서 관심이 집중되고 있는 소독부산물 중 TTHMs 생성농도와 원수 수질과의 상관성을 검토하였다.

### 2. 재료 및 방법

제주시 정수장에서의 원수 및 처리수의 수질특성을 파악하기 위해 제주시에 음용수를 공급되는 5개 정수장중 물의 공급이 균일하지 않은 D 정수장을 제외한 4개 정수장(W, S, B, O 정수장)을 대상으로 원수와 이로부터 완속모래여과, 소독의 처리공정을 거친 처리수를 채수하였다. 채수한 시료는 즉시 아이스박스에 냉장시켜 실험실로 운반한 후 냉장 보관하면서 분석에 사용하였다.

정수장의 처리수 및 급수과정별 수질은 먹는물수질기준 47개 항목과 수온, 잔류염소, 전기전도도 등 50개 항목에 대해, 그리고 정수장에 공급되는 원수의 수질은 수도법상의 측정항목인 24개 항목에 대해 먹는물공정시험방법 및 Standard Method에 준하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 원수의 수질특성

원수의 수질중 As, Hg, Pb, Cr<sup>6+</sup>, Cd, Se, malathion, parathion, diazinon, fenitrothion, F, carbaryl, phenol, 1,1,1-trichloroethane, tetrachloroethylene and trichloroethylene은

조사시간 동안 검출되지 않았다.

유기물의 지표로 사용되고 있는 BOD는 0.00~0.25 mg/L로 유기물이 미량 함유되어 있음을 알 수 있다. 이는 상수원으로 사용하고 있는 원수는 해안면에서 용출되는 용천수로 비교적 하천수나 호소수보다 수질이 안정하고 깨끗하기 때문이다. 원수 수질검사항목에서 월별농도변화가 비교적 큰  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  농도의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

각 정수장 원수의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도범위(평균±표준편차)는 W 정수장, S정수장, B정수장 및 O정수장에 대해 각각 3.0~6.1 mg/l (4.3±1.060 mg/l), 6.4~8.9 mg/l (7.6±0.840 mg/l), 1.7~3.8 mg/l (2.8±0.60 mg/l), 2.7~4.6 mg/l (3.5±0.057 mg/l)의 농도로 검출되었으며, 정수장 사이에서는 B정수장>O정수장>W정수장>S정수장의 순으로 감소하였고, 이의 최대농도 및 농도변화는 정수장에 따라 다소 차이는 있지만 대체적으로 여름철에 높게 나타났다.

각 정수장 원수의  $\text{Cl}^-$  농도범위(평균±표준편차)는 W 정수장, S정수장, B정수장 및 O정수장에 대해 각각 43~117 mg/l (75±21.950 mg/l), 27~53 mg/l (38±8.854 mg/l), 9.0~22 mg/l (13±4.859 mg/l), 15~31 mg/l (22±5.664 mg/l)로 나타났으며, W 정수장 수원이  $\text{Cl}^-$  농도 변화가 제일 컸으며, 겨울철 및 봄에 비교적 높았다

각 정수장 원수의  $\text{Br}^-$  농도범위(평균±표준편차)는 W 정수장, S정수장, B정수장 및 O정수장에 대해 각각 1.08~2.92 mg/l (1.91±0.707 mg/l), 0.76~1.27 mg/l (0.95±0.175 mg/l), 0.0~0.15 mg/l (0.10±0.034 mg/l), 0.15~0.32 mg/l (0.24±0.057 mg/l)를 나타냈으며, W, S 정수장 수원이 B, O 정수장 수원보다 높으며 이러한 현상은  $\text{Cl}^-$  과 비슷하며,  $\text{Br}^-$  역시 겨울철 및 봄에 높게 나타났다.

### 3.2. 처리수의 수질특성

Zn 및 Al이 미량 또는 불검출 되었으며, 색도, 맛, 냄새 등은 수질기준에 적합하였으며, 미생물(일반세균, 대장균군) 및 휘발성 유기물을 포함한 기타 수질항목은 모두 불검출 이었다. 검출항목 중 TDS, 전기전도도 및  $\text{SO}_4^{2-}$  를 제외한 각 항목의 수질변화를 살펴보면 다음과 같다.

TTHM<sub>5</sub> 농도범위(평균±표준편차)는 W, S, B 및 O 정수장에서 각각 6.3~15.3  $\mu\text{g}/\text{l}$  (9.3±2.6  $\mu\text{g}/\text{l}$ ), 5.6~15.8  $\mu\text{g}/\text{l}$  (10.0±3.5  $\mu\text{g}/\text{l}$ ), 2.7~4.6  $\mu\text{g}/\text{l}$  (3.5±0.56  $\mu\text{g}/\text{l}$ ), 2.7~4.3  $\mu\text{g}/\text{l}$  (3.2±0.5  $\mu\text{g}/\text{l}$ )이고, 정수장 사이에서는 O 정수장 ≥ B 정수장 > W 정수장 > S 정수장의 순으로 양호한 수질을 보임을 알 수 있었다.

TTHM<sub>5</sub> 중에는  $\text{CHBr}_3$ 이 가장 높게 나타났으며 다음으로  $\text{CHClBr}_2$ ,  $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ,  $\text{CHCl}_3$  순으로 나타났다. 해수에 의한 영향이 있는 지역에서는 원수 중의  $\text{Br}^-$  농도에 의해 브롬화된 THM<sub>5</sub>이 큰 비율을 차지한다고 보고하고 있다(송, 1997). 따라서 브롬화합물이 많이 생성된 것으로 봐서 제주도 수원이 해안가에 위치하고 있어 용천수 중에  $\text{Br}^-$ 을 미량 함유하고 있어 이에 따른 영향인 것으로 사료된다.

잔류염소는 W정수장, S정수장, B정수장, O정수장에 대해 각각 0.6~1.0 mg/l (0.8±0.1 mg/l), 0.7~1.0 mg/l (0.8±0.1 mg/l), 0.6~1.0 mg/l (0.9±0.1 mg/l), 0.6~0.8 mg/l

( $0.7 \pm 0.1$  mg/l)을 나타냈다.

NO<sub>3</sub>-N 검출농도범위(평균±표준편차)는 W정수장의 경우 2.7~6.3 mg/l ( $4.6 \pm 1.3$  mg/l), S정수장의 경우 6.6~8.6 mg/l ( $7.2 \pm 0.7$  mg/l), B정수장의 경우 2.0~3.5 mg/l ( $2.5 \pm 0.5$  mg/l), O정수장의 경우 2.7~4.5 mg/l ( $3.3 \pm 0.6$  mg/l)를 보였다. 그리고 각 정수장 처리수의 수질이 계절에 따라 차이를 보이는데 이는 사용된 원수의 수질이 계절에 따라 차이를 보이기 때문이다.

Cl<sup>-</sup> 농도는 정수장 4개소에 공급되는 수원지의 특성에 따라 정수장마다 Cl<sup>-</sup> 농도가 다르게 변화함을 알 수 있다. 각 정수장의 검출농도범위(평균±표준편차)는 W정수장의 경우 21~107 mg/l ( $52 \pm 24$  mg/l), S정수장의 경우 27~49 mg/l ( $38 \pm 8$  mg/l), B정수장의 경우 10~24 mg/l ( $15 \pm 5$  mg/l), O정수장의 경우 14~29 mg/l ( $19 \pm 5$  mg/l)를 보였다.

pH는각 수원마다 다르나 일반적으로 평균 pH 7.2~pH 7.8를 유지하고 있어 약 염기성을 띠고 있다. 각 정수장의 pH 범위(평균±표준편차)는 W정수장의 경우 7.6~7.9 ( $7.7 \pm 0.1$ ), S정수장의 경우 7.2~7.4( $7.2 \pm 0.1$ ), B정수장의 경우 7.6~7.9( $7.7 \pm 0.1$ ), O정수장의 경우 7.2~7.4( $7.3 \pm 0.1$ )를 나타내었다.

탁도는 제주시의 경우 정수과정이 단순하게 모래완속여과 방식으로 응집시설을 갖추지 않아 탁도는 원수의 탁도에 따라 정수의 탁도가 결정된다. 정수장 급수시스템의 처리수 및 가정 수도꼭지 모두 먹는물수질기준 0.5 NTU 이하로 수질기준을 만족하였다. 각 정수장의 탁도검출농도범위(평균±표준편차)는 W정수장의 경우 0.10~0.44 NTU( $0.20 \pm 0.09$  NTU), S정수장의 경우 0.17~0.32 NTU( $0.24 \pm 0.05$  NTU), B정수장의 경우 0.10~0.22 NTU( $0.15 \pm 0.03$  NTU), O정수장의 경우 0.18~0.32 NTU( $0.24 \pm 0.05$  NTU)를 나타냈다.

### 3.3. TTHMs와 원수수질과의 상관성

각 정수장에서 TTHMs의 생성과 생성된 THMs 농도의 급수관로에서 농도변화에 미치는 중요한 변수를 찾기 위하여 MS Excell과 SPSS 7.5 통계프로그램을 이용하여 다중 선형회귀분석을 수행하였다.

W정수장의 TTHMs 농도에 영향을 미치는 수질인자는 총고형물질(TDS), pH, Cl<sup>-</sup>, S정수장의 경우 BOD, Br<sup>-</sup>, DO, 질산성질소, pH, 강수량, 수온, TDS, B정수장의 경우 Cl<sup>-</sup>, pH, 수온, 강수량, TDS로 나타났으며, O정수장은 BOD, Br<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, DO, NO<sub>3</sub>-N, pH, 강수량, 수온, TDS로 나타났다. 원수의 수질인자 중 4개정수장 모두에서 공통적으로 TTHMs농도에 영향을 미치는 인자는 pH로 나타났다. 그러나 W와 S정수장에서는 음의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, B와 O정수장에서는 양의 영향을 미치는 것으로 나타나 pH의 영향은 다른 수질인자와 연관되어 있는 것으로 사료되며, 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다. 원수의 Br<sup>-</sup>농도는 S와 O정수장에서 영향인자로 나타났으며, W와 B정수장에서는 통계적인 의미를 부여할 수 없는 인자로 나타났다. Br<sup>-</sup> 농도가 TTHMs의 영향인자로 나타나지 않은 W정수장의 경우 1.08~2.92 mg/L, B정수장의 경우에는 0~0.15 mg/L이며 영향인자로 나타난 S정수장은 0.76~1.27 mg/L, O정수장은 0.15~0.32 mg/L로, 원수중의 Br<sup>-</sup>농도가 높을수록 TTHMs농도가 증가하나 Br<sup>-</sup> 농도에 따라 0.15~

1.27 mg/L 범위에서 TTHMs형성에 영향을 미치는 인자로 나타나는 것으로 사료되며, Br<sup>-</sup> 농도에 대한 영향에 대해서도 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

제주시 정수장에서 사용되고 있는 원수 및 처리수의 수질은 매우 양호함을 알 수 있었다. 처리수의 수질은 정수장 및 시료채취 시기에 따라 약간의 차이를 나타냈으며, TTHMs, 잔류염소, 질산성질소, 염소이온, pH 및 탁도는 각각 2.7~15.8  $\mu\text{g}/\ell$ , 0.6~1.0 mg/L, 2.7~8.6 mg/L, 10~107 mg/L, 7.2~7.8 mg/L, 0.10~0.44 mg/L의 범위를 나타내었다. 그리고 TTHMs의 농도에 영향을 미치는 원수의 수질인자는 pH, BOD, Br<sup>-</sup>, 수온, DO, Cl<sup>-</sup> 등임을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

송영철, 1997, 제주도 지하수의 염소처리시 Trihalomethanes의 생성특성에 관한 연구, 제주대학교 대학원 석사학위논문, 52pp.