

# 제주도의 상수원수를 정수처리하였을 때 Trihalomethanes 생성에 관한 연구

오 윤근 · 송 영철\*  
제주대학교 환경공학과

## 1. 서론

저비점 할로젠화합물 가운데 chloroform, bromodichloromethane, dibromochloromethane, bromoform의 4종 화합물을 trihalomethanes(THMs)이라 칭한다. 수도수중의 THMs의 존재는 1972년 네델란드의 Rorredam시 수도수에서 Rook에 의하여 발견되었다. 그후 1974년 미국의 New Orleans시 수도수의 음용자와 암사망률 사이에 높은 상관관계를 가지고 있다는 역학조사 결과가 발표되면서부터 THMs에 대한 문제가 대두되었고 최근 그 보건학적 위해성에 대한 논란이 증대되고 있다.

THMs은 주로 원수중의 humic substance 등의 유기물과 정수처리나 멸균을 위하여 주입하는 염소가 반응해서 생성된다. 육수를 원수로 사용할 경우의 생성물은 통상 chloroform이다. 그러나 지질 혹은 해수의 영향을 받은 수역에서는 bromide ion이 많이 존재하므로 차아염소산에 의해 Br가 산화되어 차아프롬산이 되고 이것이 물속의 여러물질과 반응하여 Br을 함유하는 THMs을 생성시킨다. 그러므로 Br-가 존재할 경우에 생성하는 THMs은 bromide THM이 많다.

Chloroform은 미국 암연구소(NCI)에 의하여 발암시험 결과, 라트 및 쥐에 간암 또는 신장상피세포암을 확인하였다. 이 결과 미국 EPA는 최대 오염농도로서 THMs를 0.100mg/l의 기준치를 1979년 11월에 시행하였고, WHO에서는 chloroform은 30 $\mu$ g/l의 기준치로 설정하였다. 이러한 THMs는 세계각국에서 공통적으로 음용수 수질기준을 0.100mg/l로 설정하고 있으며, 우리나라에서도 1990. 1. 11. 음용수 수질기준이 개정되어 THMs에 대한 허용기준 0.100mg/l과 검사방법이 설정되었다.

본 연구는 제주도내에 존재하고 있는 용출수 및 지하수에 대하여 염소로 정수처리하였을 때 용출수와 지하수의 THMs생성, 해안과 지점간의 THMs 생성 및 분포형태, 원수의 수질오염도에 따른 THMs생성 가능성, 원수의 bromide 이온이 THM생성에 미치는 영향과 상관성 등을 조사·분석하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

본 실험에 사용된 재료는 용출수가 고도(5m ~ 1,000m)에 따라 13개 지점을 선정하여 실험재료로 사용하였으며, 지하수는 고도별과 수질상태를 고려하여 3group으로 나누었다. 1group은 해안과 가까운 지하수에서 해수에 의한 오염이 나타나는 6개 지점, 2group은 질산성질소에 의한 오염이 나타나는 8개 지점, 3group은 도심지 중심에 위치한 지점으로서 주민이 식수로 사용하는 공공관정 과 아파트·호텔등이 사용하는 사설관정 등의 6개지점의 시료를 재료로 사용하였다.

실험항목은 pH, THMs등 12개 항목을 실험하였으며, THMs는 Purge and Trap과 GC/MS(Varian SURTUN 3)를 사용하였고, 음이온인 Cl, NO<sub>3</sub>-N, Br는 Ion chromatograph(DONEX 500)을 사용하였다. 그리고 pH는 pH meter(ORION Model 520), 탄소성분인 IC, TC, TOC는 Total organic carbon analyzer(Dohrmann DC-180), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 중화적정법으로 측정하였다.

그리고 분석장비에 의한 조건은 EPA methods와 음용수 관리법을 응용하여 최적의 조건을 유지할 수 있도록 장비상태를 점검하여 분석에 들어갔다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 탄소성분 변화

TOC(Total Organic Carbpn)는 원수중 유기물의 농도를 간접적으로 나타내는 지표로서, TOC값이 크다는 것은 유기성의 THMs 전염물질을 원수가 많이 함유하고 있다는 것을 뜻한다. 그리고 TOC는 TC(Total carbon)에서 IC(Inorganic Carbon)에 있는 탄소성분의 농도를 감하여 계산한 것이다. 그리고 해안과 시료채취지점 간의 거리에 따른 IC, TC, TOC의 탄소농도 변화는 Fig. 1. 용출수(a), 지하수(b)에 나타내었다. 용출수의 IC, TC, TOC의 탄소농도 변화는 IC와 TC가 약 1.5ppmC의 거의 일정한 간격을 유지하며 해안과의 거리가 멀수록 농도가 낮아지는 현상을 나타내었고, TOC는 해안과 거의 근접한 지점에서는 평균보다 약간 높은 농도를 나타내었으나 그 이후부터 약 1ppmC내외의 일정한 농도를 유지하는 것으로 나타났다. 지하수는 평균적으로 IC와 TC가 약 1ppmC의 농도 차이를 나타내고 있으며, TOC는 약 0.75ppmC의 평균농도를 보이고 있다. 이로써 지하수 보다는 용출수가 IC와 TC 간의 농도차가 크며, TOC의 값도 크게 나타났다.

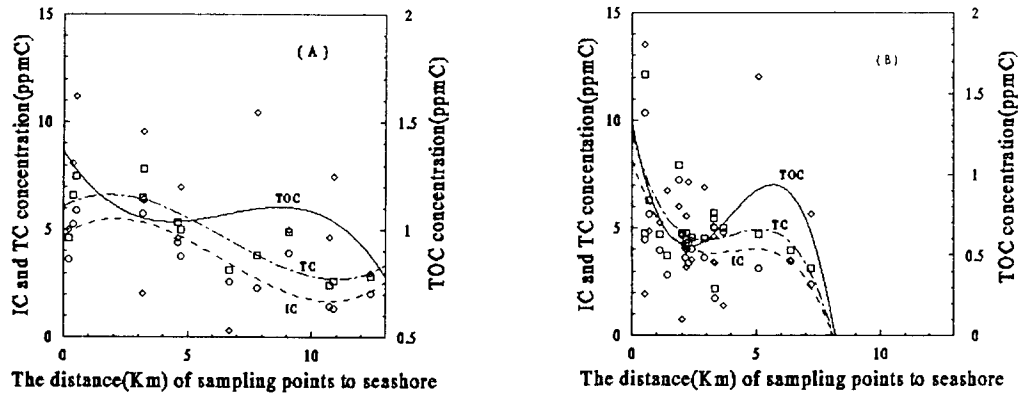


Fig. 1. The distribution fo IC, TC and TOC concntration by the distance fo sampling points to seashore. (A) Spring water, (B) Ground water

### 3.2 브롬이온(Br<sup>-</sup>)의 변화

지하수 중에 브롬이 존재할 수 있는 경우는 해수에 의한 영향이며, 해수중에는 브롬이온이 약 65mg/l 포함되어 있다. 해안과 시료채취지점 간의 거리에 따른 브롬이온의 농도 변화는 Fig. 2.에 나타내었다. 용출수 보다는 지하수에서 해안과의 거리가 낮을 때 약간 높은 농도를 나타내고 있으며, 해안과의 거리가 멀리 떨어져 있을 때에는 용출수에서 약간 높은 농도치를 나타내는 것으로 나타났다. 이러한 브롬이온은 유리염소와 반응하여 bromide THM을 생성하며 THMs 농도를 높이는 원인이 된다.

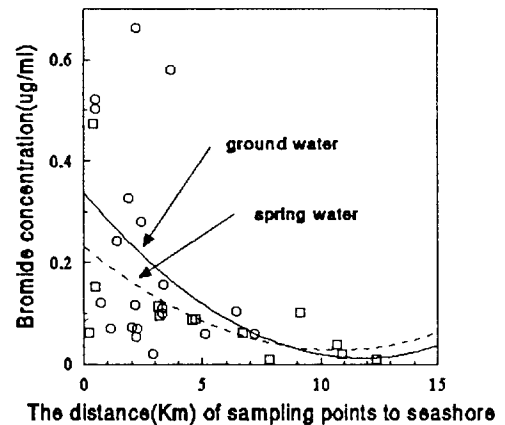


Fig. 2. The distribution of bromide concentration by the distance of sampling points to seashore.

### 3.3 THMs의 변화

온도, 유리잔류염소농도, pH, 반응시간, TOC, 브롬이온 등이 THMs생성에 많은 영향을 준다. 제주도는 한라산 백록담을 중심으로 해안까지 경사를 이루고 있으며, 즉 해안과 멀어진다는 것은 고도가 높아진다는 것과도 같다. 그러므로 해안과 가까워 진다는 것은 물속에 bromide THM을 생성하는 원인물질인 브롬

이온이 많이 포함되어 있을 수 있다. 그리고 지하수는 해수면 이하에 담수를 저장하고 있으므로 용출수보다 브롬에 의한 영향을 많이 받을 수 있으며, 용출수는 부엽토가 많은 토양과 밀접하게 접할수 있어 THMs의 원인물질인 humic acid가 많이 포함되어 있을 수 있다. 고도별 THMs의 농도 분포는 Fig. 3.에 나타내었다. 용출수는 해안 가까운 곳에서 bromide THM이 chloroform보다 높게 나타나고 있지만, 고도가 높아짐에 따라 chloroform보다 bromide THM이 높은 농도치를 나타내고 있다. 그리고 지하수도 이와 비슷한 관계를 보이고 있다.

그러나 chloroform은 지하수(약  $5\mu\text{g}/\ell$ )보다 용출수(약  $10\mu\text{g}/\ell$ )가 높게 나타나고 있지만, bromide THM은 용출수 보다 지하수에서 다소 높은 농도를 나타내고 있다.

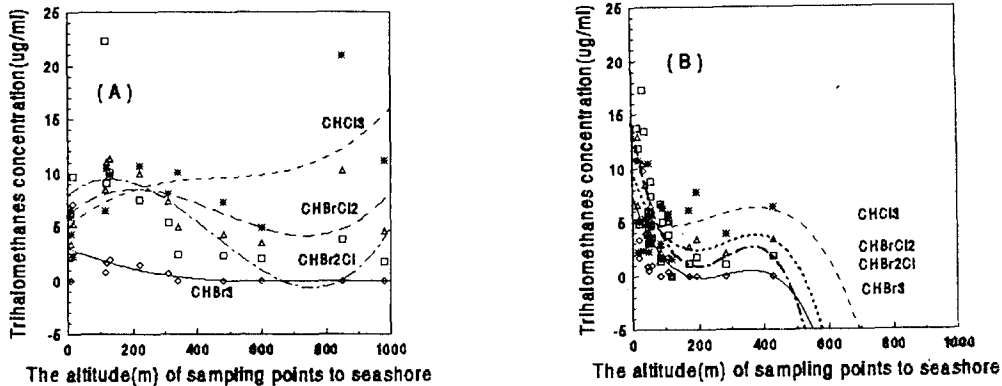


Fig. 3. The distribution of THMs concentration by altitude. (A) Spring water, (B) Ground water

#### 4. 결 론

1. TOC는 용출수가 약 1ppmC, 지하수는 약 0.75ppmC로 나타났다.
2. 시료채취지점이 해안과 가까워 짐에 따라 브롬이온이 높은 농도를 나타냈으며, 용출수보다 지하수에서 높은 농도를 나타내었다.
3. 해안 가까운 곳에서 bromide THM이 chloroform보다 높게, 고도가 높아지면서 chloroform이 bromide THM보다 높게 나타났다.
4. chloroform은 지하수(약  $5\mu\text{g}/\ell$ )보다 용출수(약  $10\mu\text{g}/\ell$ )가 높게 나타났지만, bromide THM은 용출수보다 지하수에서 높은 농도를 나타냈다.