

충북 제천시 주변 수계의 지구화학적 특성

정명채¹⁾

1. 서론

충북 제천시에는 상고시대부터 농업용수로 활용한 '의림지', 최근 댐 건설로 많은 관심이 되었던 '동강', 수도권지역 주민들의 식수로 활용되고 있는 '충주호' 등과 같이 다양한 수계가 발달되어 있다. 그러나 이들 모두 제천의 외곽지역에 위치하거나 흘러가고 있어 실제로는 물 부족 현상이 심각한 형편이다. 최근에는 제천의 취수원인 '서강'에 매립지 건설 사업이 계획되어 지역 주민의 수질환경이 큰 문제로 대두되고 있다. 또한 생활하수의 적정 처리가 이루어지지 않아 여름철에는 수질환경이 악화되는 사례가 발생되고 있다. 특히 본 연구자의 미발표 자료에 의하면, '의림지'의 수질이 과거 1급수에서 3급수로 변하고 있으며, 생활하수가 집중적으로 유입되는 경우 생화학적 산소요구량 (BOD)이 7~10ppm으로 높아지고 있다. 또한 일부 지역에서 유입되는 산성광산배수 (AMD)에 의해 취수원이 오염되고 있다. 그러므로 제천시 상수원과 각 수계의 수질분석을 통해 오염원에 의한 수질환경 오염 규모와 정도를 조사하여, 생활하수 및 농업용수의 안정적 확보와 수질관리가 요구되고 있다.

본 연구에서는 충북 제천시 주변 수계의 지구화학적 특성을 조사하기 위하여 제천시 주변을 흐르고 있는 대표적인 하천에서 총 40개의 지표수 시료를 채수하여 pH, 총용존고형물량 (TDS, total dissolved solids), 전기전도도(EC, electric conductivity), 용존산소량 (DO, dissolved oxygen) 등의 물리화학적 특성을 측정하고 유해성 금속 (As, Cd, Cu, Pb, Zn 등)과 음이온 (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- 등) 함량을 측정하여 주변 지질과 인위적 활동에 의한 환경 오염 영향을 조사하였다.

2. 연구방법

제천시를 흐르고 있는 수계로는 북서부의 화당천, 남부의 광천, 성천, 시내의 장평천, 용암천, 주포천 등이 있으며 모두 충주호로 유입되고 있다. 이외에도 평창강 (서강)으로 유입되는 장곡천과 일부 소하천이 분포하고 있다. 제천시 주변의 수계에 대한 지구화학적 특성을 조사하기 위하여 비교적 수량이 풍부한 수계를 중심으로 2000년 7월에서 9월까지 총 40개의 지표수 시료를 채수하였다 (Fig. 1) 시료채취방법은 일반적인 물시료 채취 및 처리 방법이 적용되었으며, 현장에서 물시료의 물리화학적 특징인 온도, Eh, pH, TDS, EC, 용존산소량, 염도, HCO_3^- 등을 측정하고, 0.45 μm membrane filter를 활용하여 여과한 후, 양이온용은 질산으로 pH를 2이하로 유지하고, 음이온 분석용은 기포를 최소화하여 두 시료 모두 냉장 보관하였다. 화학분석은 ICP-AES를 활용하여 As, Cd, Cu, Pb, Zn 등 총 19개 원소를 분석하고, IC를 활용하여 F^- , Cl^- , Br^- , NO_2^- , SO_4^{2-} 등을 분석하였다.

3. 본론

3.1. 제천지역 개황

충북의 북부에 위치한 제천시는 월악산, 소백산, 치악산 등으로 둘러 쌓인 분지형이며, 1읍, 7면, 9동으로 구성된 인구 14만의 중소도시로서, 예로부터 청풍명월의 본고장으로 쾌적하고 산자수려한 지역으로 알려져 있다. 그러나 최근 들어 6개의 농공단지과 13개의 금속광산 (4개 가행), 157개의 비금속광

산 (36개 가행) 및 6개의 석탄광 (모두 폐광)과 인간의 활동에 의해 청정했던 제천시의 환경이 오염되고 있다. 특히 가행 또는 휴/폐광 상태인 금속광산과 석탄광에서 배출되는 산성광산배수(AMD, acid mine drainage)는 주변지역의 수계, 토양 및 지하수를 오염시키고 있으며, 가행 중인 비금속광산 (주로 석회석 및 규석광산) 활동에 의해 주변 경관이 악화되고, 광산개발 과정에서 비산되는 미립의 분진은 주변의 주민, 식물 및 수계의 환경문제를 일으키고 있다.

제천시의 주요 지질을 개략적으로 기술하면, 기저암인 선캠브리아기의 화강편마암이 서쪽에, 고생대 대석회암통이 중동부에 분포하고 남서부는 옥천계가, 남동부는 화강암이 분포하고 있다 (Fig. 2).

3.2. 시료의 물리화학적 특성

총 40개 시료의 물리화학적 특성을 Table 1에 요약하였다. 표에 제시한 바와 같이, 시료채취기간이 여름이므로 평균수온이 21℃이며, pH는 시료의 편차가 크지 않고 대부분 6~7 정도의 중성에 가깝다. 전기전도도와 총용존고형물량은 시료의 특성을 반영하고 있으며 주로 도심 주변의 수계에서 높고 산악지형의 수계에서는 낮았다. 용존산소의 양은 온도에 영향을 받지만 대부분 평균 6.1mg/l로서 약 71%정도의 포화도를 보이고 있다. 중탄산염의 함량은 지질매체의 특성을 반영하고 있으며, 화강암류 지역의 물에서는 낮고 석회암 분포지역에서는 비교적 높았다.

Table 1. Physical and chemical properties and anion concentration of water samples

	temp. (°C)	pH	EC (μ S/cm)	TDS (mg/l)	DO		HCO ₃ ⁻ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
					(mg/l)	(%)							
AM	21.0	6.5	174	91.2	6.1	71.0	67.7	nd	5.9	nd	nd	12.7	10.3
MIN	14.5	5.8	26.4	14.0	4.2	50.3	7.0	nd	1.0	nd	nd	2.0	3.0
MAX	26.2	7.7	427	231	8.0	95.5	214	nd	20	nd	nd	39.0	26.0
STD	2.9	0.5	114	58.9	0.7	8.8	48.9	nd	4.8	nd	nd	9.0	6.1

AM=arithmetic mean, MIN=minimum value, MAX=maximum value, STD=standard deviation, nd=not detected

3.3. 시료의 음이온 함량

이온크로마토그래피로 측정된 음이온 함량의 평균, 범위 및 표준편차도 Table 1에 도시하였다. 표에서 보는 바와 같이, 대부분의 시료에서 불소, 브롬, 아질산 등은 분석하한 값 이하로 검출되지 않았다. 염소과 황산의 함량은 넓은 범위를 보였다. 특히, 제천 시내 주변을 흐르는 '장평천'에서는 인간 활동과 관련된 질산의 함량이 최고 39mg/l 검출되었다. 이는 제천지역에서 배출되는 생활하수로 인한 수계 환경 문제가 발생되고 있음을 시사해준다. 특히 이 지역의 시료에서는 다른 이온들의 함량도 높게 나타났다.

3.4. 시료의 양이온 함량

채취된 40개 시료를 ICP-AES로 분석한 총 19개 양이온들의 함량 분포를 Fig. 3에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 대부분의 원소들이 일정한 범위를 가지고 있으면서 특별히 중금속 및 유해물

질로 오염된 수계는 발견되지 않았다. 다만 생활하수에 의한 일부 지역에서 일부 원소들의 함량이 자연함유량보다 수배이상이 검출되었다.

4. 결론

충북 제천시역 수계의 지구화학적 특성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 수계의 물리화학적 특성을 조사한 결과, 수계의 특징적인 변화 또는 특성은 발견되지 않았다. 다만 지질매체 및 인위적 활동에 의한 부분적인 특성 변화를 관찰할 수 있었다.
- 2) 수계의 양이온 함량은 지질매체의 특성을 반영하고 있으며, 유해성 중금속류의 함량은 비교적 낮았다. 또한 음이온 함량도 대부분의 시료에서 양호한 수준의 값들이 검출되었지만, 제천시내를 관통하는 '장평천' 시료에서 음용수 수질기준인 45mg/l에 근접하는 39mg/l의 질산염이온이 검출되어 이들에 대한 특별관리가 요구된다.
- 3) 향후, 제천시의 종합적인 환경영향을 조사하기 위해서는 수계의 계절적인 변화와 더불어 토양과 대기(분진) 등에 대한 종합적인 연구가 요구되며, 이를 위한 연구를 계속 추진할 것이다 (참고 : 자세한 자료는 <http://venus.semyung.ac.kr/~jmc65>에서 얻을 수 있습니다).

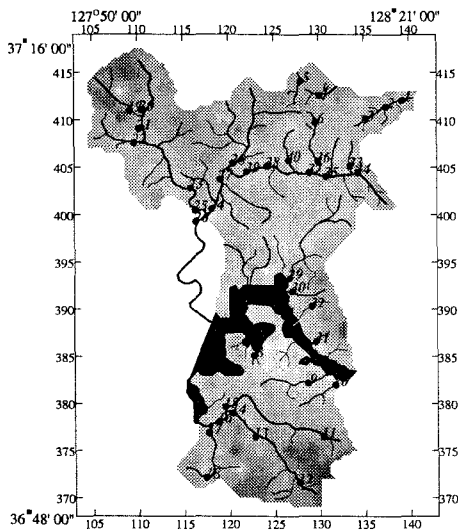


Fig. 1 Sampling location of study area.

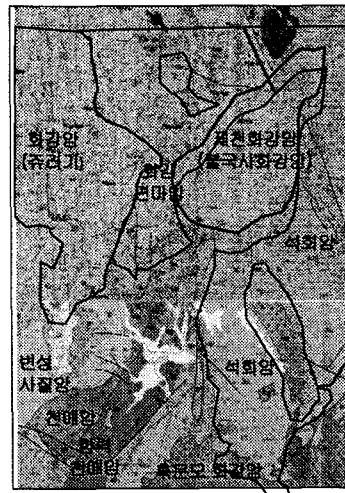


Fig. 2 Geology of study area.

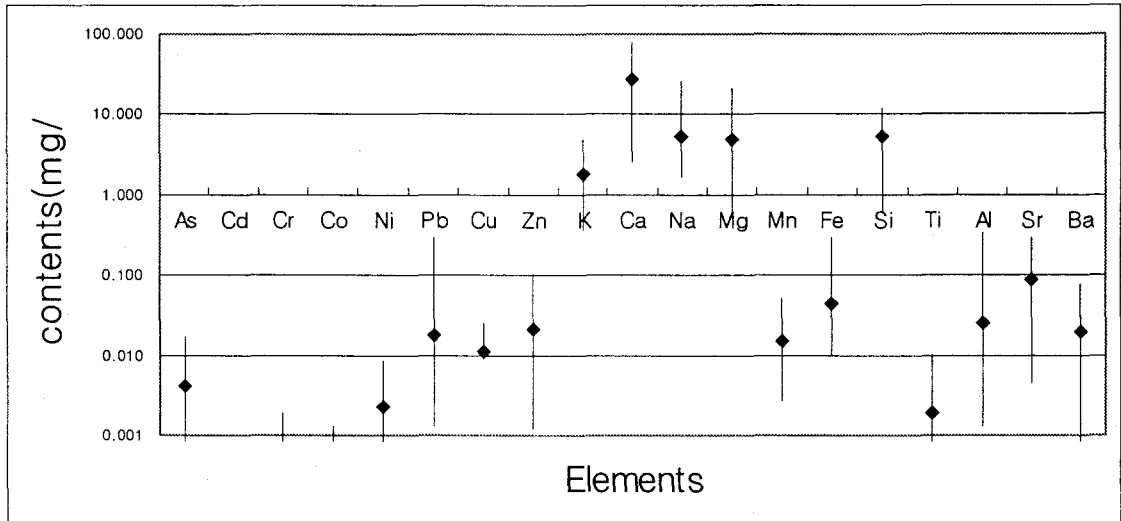


Fig. 3. Mean and range of cation concentrations in surface waters.

주요어 : 제천시, 수계지구화학, 수질오염, 환경

1) 세명대학교 자원환경공학과