

## 금강수계의 지구화학 및 동위원소 특성 연구

박영윤<sup>1)</sup> · 이광식<sup>1)\*</sup> · 이동호<sup>2)</sup> · 봉연식<sup>1)</sup> · 김용제<sup>3)</sup>

### 1. 서론

금강은 전라북도 장수군에서 발원하여 충청남북도를 거쳐 군산만으로 흘러들며 총 길이는 397.25 km, 유역면적은 9,912.15 km<sup>2</sup>이다. 금강은 한반도의 중앙에 위치하며 평균기온은 11.0-12.5 °C이고 연강수량은 1,100-1,300 mm이다. 금강은 보청천, 미호천 등의 크고 작은 20여 개의 지류가 합류하며, 상류에 용담댐이 중류에 대청댐이 위치하고 있다. 금강유역은 변성암을 기반암으로 하며, 퇴적암이 부정합으로 덮고 있으며, 이들 암체를 화성암이 관입하였다. 대부분의 금강수계는 변성암과 화성암 지역을 흐르며, 상류와 하류의 일부지역에서만 퇴적암 지역을 통과한다.

금강은 1990년에 완공된 금강하구둑의 영향으로 내륙생태계와 해양생태계를 연결하는 기수역생태계가 파괴되고 금강하구의 수질이 악화되며 유속변화로 인한 토사퇴적 등의 많은 문제가 발생되고 있다. 이러한 문제들을 해결하고자 많은 연구들이 선행되었다. 그러나 이전 연구들은 금강 퇴적물의 퇴적작용과 지화학, 토양유실 및 지하수 오염에 관한 연구들이 대부분이며(김윤종 외, 1994; 지정만 외 2000; 김경호 외, 2002), 금강의 수질에 대한 정보를 보다 명확하게 알려줄 수 있는 금강 지표수의 화학·동위원소 특성에 대한 연구는 매우 드물다.

이 연구는 금강유역의 지표수에 대한 지구화학 및 동위원소 특성을 밝히고 금강의 오염정도를 평가하기 위해서 수행하였으며, 이 연구결과는 금강의 수질을 개선하는데 기초자료로 사용될 것으로 생각된다.

### 2. 연구방법

이 연구를 위해 금강수계의 최상류인 용담댐부터 금강하구둑까지 총 6개 지점에서 계절별로 시료를 채취하였다. 채수된 시료는 0.45µm 멤브레인 필터로 여과하였다. 현장에서 수온, pH, EC, DO를 측정하였으며 현장에서 측정된 pH와 알칼리도로부터 용존탄산종을 계산하였다. 채취된 시료의 양이온과 음이온은 각각 ICP와 IC를 이용하여 분석하였고, δ<sup>18</sup>O<sub>H2O</sub>와 δD<sub>H2O</sub>는 한국기초과학지원연구원의 안정동위원소질량분석기(SIRMS)를 이용하여 분석하였다. δ<sup>15</sup>N<sub>NO3</sub>, δ<sup>18</sup>O<sub>NO3</sub> 및 δ<sup>13</sup>C<sub>DIC</sub>는 캐나다 워터루대학에서 분석하였다.

### 3. 본론

연구지역의 하천수의 화학조성을 파이퍼 다이어그램에 표시해보면 Ca-HCO<sub>3</sub>형 영역에 표시된다. 상류지역에서 하류지역으로 갈수록 Ca<sup>2+</sup>와 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 기여도는 줄어드는 반면에 Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup>의 기여도는 증가하여 수질이 변화되는 경향을 보여준다. 금강은 대전을 통과하

---

주요어 : 금강수계, 수질, 질산염의 질소와 산소동위원소, 용존무기탄소, 계절변화

1) 한국기초과학지원연구원 동위원소환경연구부 (pyy@kbsi.re.kr) (kslee@kbsi.re.kr)  
(bong\_geo@kbsi.re.kr)

2) 연세대학교 대기과학과 (dlee@ieg.or.kr)

3) 한국지질자원연구원 지하수지열연구부 (yjkim@rock25t.kigam.re.kr)

면서 EC, 양이온 및 음이온의 함량이 현저히 증가하는 특징을 보여준다. 대부분의 양이온과 음이온들은 계절에 상관없이 대전을 통과한 직후에 채취한 시료에서 가장 높은 농도를 보이며, 점차 하류로 갈수록 희석되는 경향을 보여준다. 이 연구의 결과로 대전에서 유입되는 생활하수가 금강의 화학조성에 가장 많은 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 파이퍼 다이어그램에서도 대전을 중심으로 상류와 하류의 화학적인 경향이 구분되는 것을 볼 수 있다.

봄, 가을, 겨울에 채취한 시료의 산소 동위원소 조성은 상류에서 하류로 갈수록 동위원소 조성이 점차 부화되는 경향을 보여주나, 여름에 채취한 시료는 대전을 중심으로 상류에서는 점차 감소하는 경향을 보이고, 하류에서는 점차 증가하는 경향을 보인다. 또한 봄과 겨울에 채취한 시료의 산소 동위원소 조성이 여름과 가을에 채취한 시료의 동위원소 조성보다 부화되는 경향을 보인다. 이것은 겨울에 내린 강수의 무거운 동위원소 조성보다 여름에 집중적으로 내리는 가벼운 조성의 강수의 우량효과와 영향으로 판단된다. 금강물의 산소와 수소 동위원소 조성이 계절변화가 매우 뚜렷한 것은 수계의 규모가 작아서 강수에 의해 큰 영향을 받기 때문으로 판단된다. 또한 봄에 채취된 시료의 동위원소 조성이 겨울보다 더 부화된 특징을 보인다(그림 1a). 일반적으로 토양의 유기물로부터 기원되는 질소의 동위원소 조성보다 축산폐수 및 생활하수로부터 기원되는  $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 가 더 부화되는 특징을 보여주는데 이번 연구에서도 하류로 갈수록 오염물의 유입으로 인해  $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 가 부화되는 경향을 잘 보여 준다. 금강의 DIC는 대기의  $\text{CO}_2$  유입과 미생물의 영향에 의한 유기물의 부패로 인해 건기(봄과 겨울)에는  $\delta^{13}\text{C}$ 가 부화되고 우기(여름과 가을)에는 결핍되는 계절변화를 잘 보여준다.

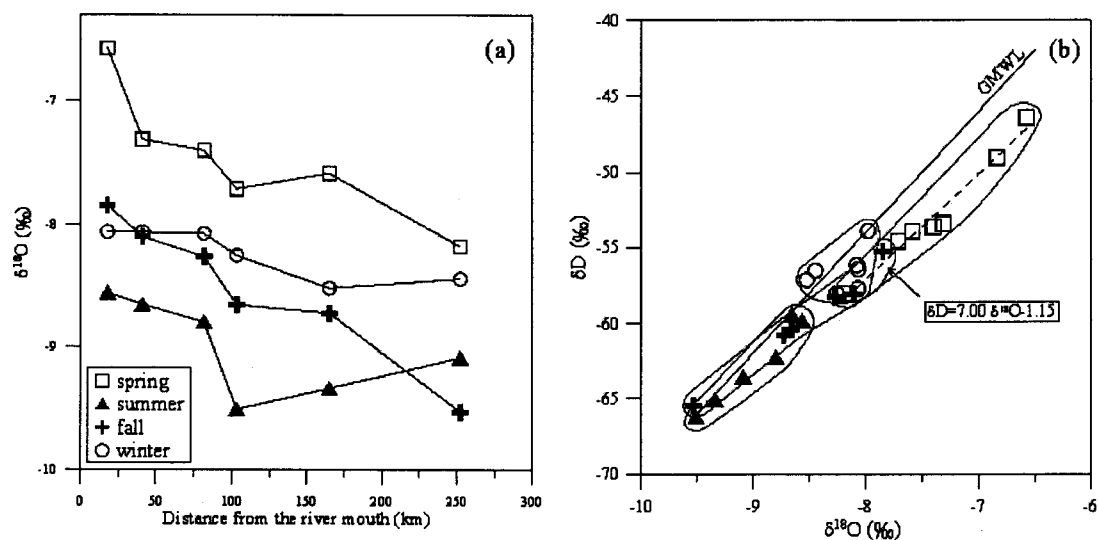


Fig. 1. Diagram showing evolution of  $\delta^{18}\text{O}$  (a) and relation of  $\delta\text{D}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  for the Geum River (b).

#### 4. 결론

금강은 대부분 변성암과 화강암 지역을 흐르기 때문에 지질에 의한 영향을 크게 받지 않으며, 금강 주변의 인간활동에 의해 수질이 주로 결정되고 있다. 이번 연구결과 금강은 대전을 통과하면서 많은 양의 오염물질이 유입되고 있음을 알 수 있었다. 금강의 수질을 개선하기 위해서는 대전 시내를 통과하는 여러 지천에 대한 연구가 선행되어야 될 것이며 이번 연구의 결과는 금강의 수질을 개선하는데 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 3-2-2)에 의해 수행되었다.

## 참고문헌

- 김윤중, 김원영, 유일현, 이석민, 민경덕, 1994, 금강유역 토양 유실 분석을 위한 GIS 응용연구. 한국GIS학회지, 2, 165-174.
- 김경호, 윤성택, 채기탁, 최병영, 김순오, 김강주, 김형수, 이철우, 2002, 금강 권역 충적층 지하수의 질산염 오염: 질산성 질소의 기원과 거동 고찰 및 안전한 용수 공급을 위한 제언. 지질공학, 7, 471-484.
- 지정만, 장운호, 오재경, 이연희, 2000, 한반도 서해안 금강하구 연안퇴적물과 육성지질과의 지화학적 상관관계. 자원환경지질, 33, 447-467.