한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회
2004년 4월 16~17일 국립환경연구원

통계분석을 이용한 소규모 유역내 하천수 수질과 지질과의 상관관계 해석

고경석, 김재곤, 이진수, 김용제, 조춘희

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
(e-mail: kyungsok@kigam.re.kr)

<요 약 문>

To identify the effect of geology and land use, the hydrogeochemical and multivariate statitstical analysis were executed for stream water collected in headwater region of Daecheong reservoir. Hydrogeochemical analysis was showed the effect of weathering process such as dissolution of calc -silicate minerals to hydrochemistry of stream water with contrasting geology. Cluster and principal components analysis can also help to identify the source of dissolved components in stream water.

key word : weathering, cluster, principal components analysis

1. 서 언

금강 상류부에 위치하는 대청댐은 식수원으로 이용되고 있기 때문에 수질의 관리는 매우 중요한 문제로 인식되고 있다. 대청댐의 수질을 깨끗하게 보전하기 위해서는 상류부에 있는 하천수 화학에 영향을 미치는 농업활동, 지질 특성 등을 분석하는 것이 요구된다. 인구밀도가 희박한 상류지역 하천수 화학은 주로 기후, 경지 이용 및 지질에 의해 영향받는다 (Güller and Thyne, 2004). 특히 지질과 토양의 특성과 밀접한 상관관계를 가지는 풍화과정(weathering processes)은 하천수 화학에 결정적인 영향을 미친다. 이러한 풍화작용과 하천수 화학간의 상관관계를 밝히기 위하여, 본 연구에서는 대비되는 지질특성을 지닌 소유역내에서 하천수 화학의 특성을 수리지화학 및 다변량 통계 분석을 통하여 고찰하였다.

2. 연구방법 및 결과

2.1. 연구지역 및 연구방법

연구지역은 대청댐 상류부에 위치하고 있는 면적 1.7㎢의 소유역으로, 주 하천을 경계로 하여 지질은 옥천대의 규암과 운모질 편암으로 이루어져 있다 (Fig. 1). 하천수 시료는 지질특성을 알아보기 위하여

강우에 의한 영향이 적은 2003년 4월에 41개 지점에서 채취되었다. 하천수 시료에 대한 pH, 온도, 용존산소량, 전기전도도는 현장에서 측정되었으며 알카리도는 0.05N HCl을 사용하여 분석하였다. 양이온 및 음이온은 전처리한 후 각각 ICP-AES와 IC로 분석을 실시하였다. 분석된 결과는 수리지화학 특성을 살펴보고 다변량 통계분석을 이용하여 그 결과를 해석하였다.

2.2. 지질 및 수리지화학 특성

연구지역 동쪽부에 분포하는 규암은 주로 석영으로 구성되어 있으며 sillimanite, 녹염석이 소량 포함되어 있다. 또한 흑운모, 백운모 및 녹니석으로 구성되어 있는 석회규산염층이 규암내 협재되어 있으며 상류지역으로 가면서 편암의 암상과 유사한 특징을 가지는 점이적인 암상의 변화를 보여준다. 이에 반해 서쪽부에 분포하는 운모 편암류는 니질 편마암 및 슬레이트로 구성되어 있으며 각섬석, 녹염석, 사장석 및 황철석이 관찰된다.

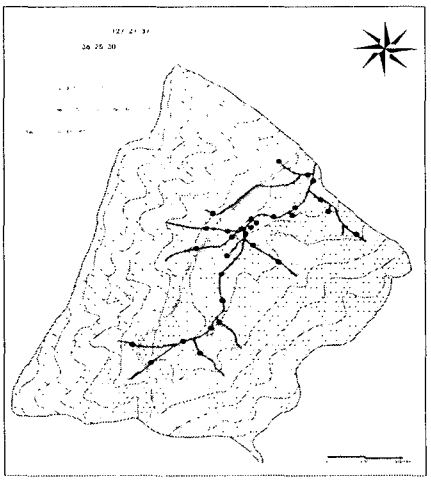

그림 1. 연구지역의 지질도 및 시료 채취도

연구지역 하천수의 주요 성분 분석결과는 지질 특성과 토지 이용에 많은 영향을 받는 것으로 조사되었다. 그림2에서 볼 수 있는 것처럼 각각의 지질에서 채취된 하천수는 성분별로 뚜렷한 차이를 보여줌을 알 수 있다. 규암지역의 하천수는 편암지역에 비해 상대적으로 낮은 이온 함량을 보여주고 있었으며 이는 주로 각섬석과 같은 석회 규산질 광물의 풍화작용과 상관성이 있는 것으로 생각되었다. 편암 지역에서 상대적으로 Ca, Mg 및 Si의 높은 함량은 이러한 풍화작용과 밀접하게 관련된 것으로 사료된다. Ca와 Mg의 상관관계에서 편암지역에서 상대적으로 부화된 Ca의 농도는 각섬석과 같은 석회규산질 광물의 용해에 의한 것으로 판단되었다 (Velbel, 1992).

하천수 수질에서 풍화작용의 영향은 군집 및 주성분 분석을 통하여 고찰되었다. 통계분석을 위해서는 XLSTAT^{R} 프로그램이 이용되었으며 사용된 변수는 주요 양이온 및 음이온 9개 성분이 이용되었다. 군집분석결과(그림 3), 하천수 시료는 지질 특성에 따른 풍화작용을 반영하여 명확하게 구분됨을 알 수 있었다. 주 하천(mixed) 시료는 규암지역 하천수보다는 편암 지역의 하천수에 의해 상대적으로 많은 영향을 받음을 보여주었다. 주하천(mixed) 시료는 상류부와 하류부 시료가 서로 다른 군집으로 나뉘어지며 이는 지질특성에 의한 것보다는 인위적 영향의 정도에 따라 결정되는 것으로 사료되었다.

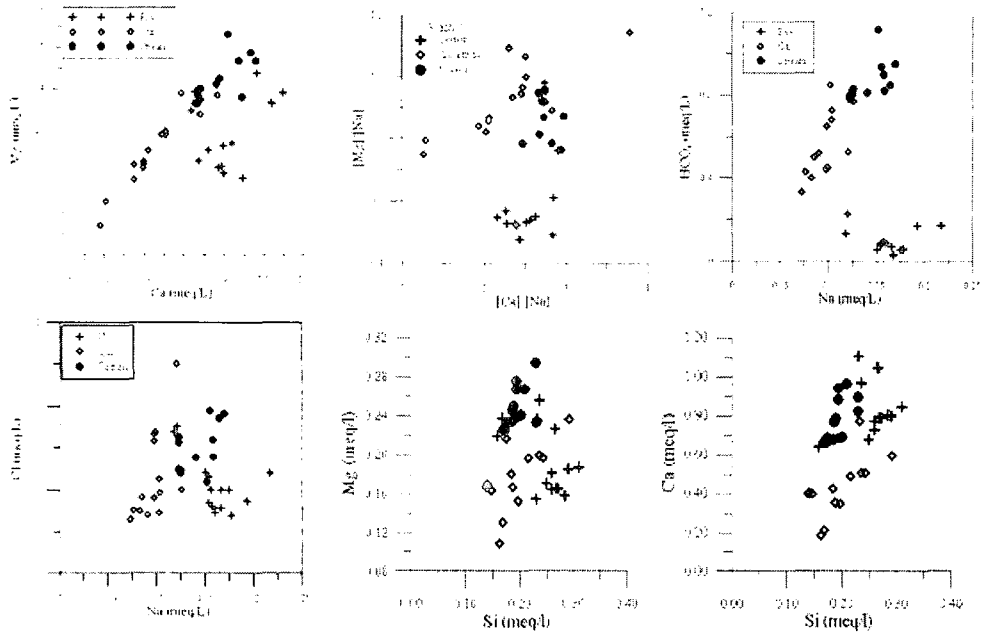

그림 2. 풍화작용에 의한 하천수의 영향을 보여주는 수리지화학적 특성.

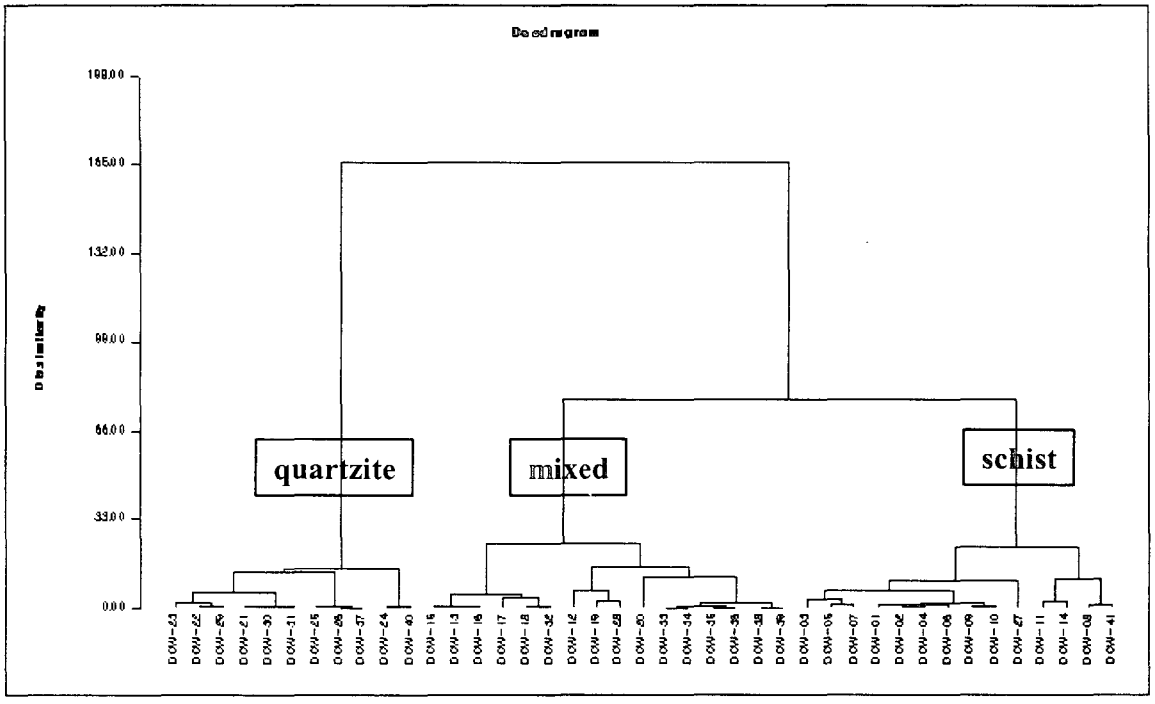

그림 3. 하천수 시료에 대한 군집분석 결과.

주성분 분석결과 역시 하천수에서 지질별로 뚜렷한 차이를 보여줌을 알 수 있었다. 이러한 분석결과는 군집분석 및 수리지화학 특성 분석 결과와도 부합되는 것이다. 주성분 분석결과 초기 2개의 F1, F2 주성분이 전체 분산의 81.5%를 설명하였으며 각각 57.9, 23.6%의 값을 가짐을 알 수 있었다. 주성분 F1은 Ca, Na, SiO_2, 및 HCO_3에 의해 영향을 받는 인자로서 풍화작용의 정도를 나타내는 것이며, F2는 Ca, NO3 등 인위적 오염의 영향을 보여주는 인자이다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 각섬석, 사장석 등 광물의 용해작용이 상대적으로 많은 편암 지역의 하천수 시료에서 F1이 높은 값을 보여주었다. 인위적인

영향을 보여주는 F2는 편암보다는 규암지역에서 상대적으로 높았으며 주하천시료와 편암 지역중 연구지역 유역내 상류부에 위치한 시료들이 가장 높은 값을 보여줌을 알 수 있었다. 이러한 특징을 보여주는 원인은 상류부에 분포하는 농경지 특히 밭 토양으로부터 용출된 Cl, NO_3의 영향으로 사료되었다. 이러한 특징은 군집분석에서 또한 확인할 수 있었다.

3. 결 론

대비되는 지질 특성이 있는 소유역내 하천수 수리지화학 분석 결과, 하천수 화학은 지질특성에 따른 풍화작용의 영향을 많이 받는 것으로 조사되었다. 특히 용해도가 높은 석회규산질 광물을 포함하는 편암지역에서 유출된 하천수는 용해도가 높지 않는 석영으로 주로 구성되어 있는 규암지역의 하천수보다 높은 용존 이온 함량을 가짐을 알 수 있었다. 이러한 지질특성을 반영하는 하천수 화학특성은 군집 및 주성분 분석을 이용하여 풍화작용과 인위적 영향을 분석할 수 있었다.

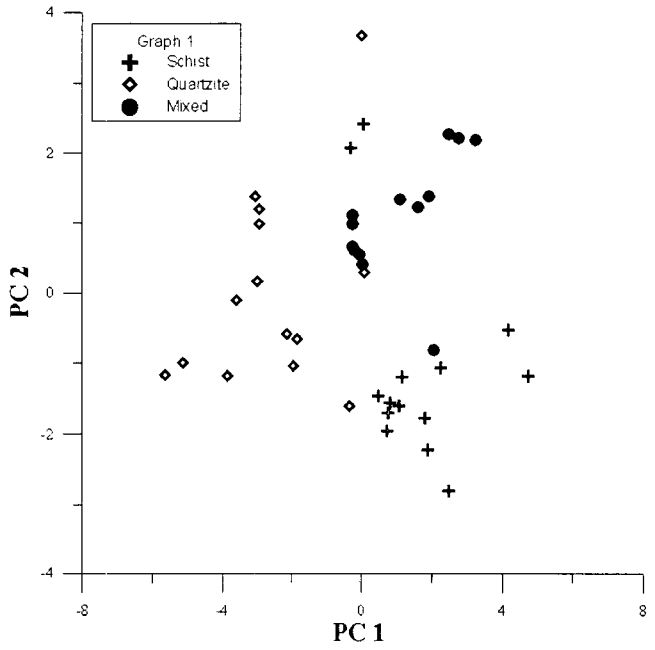

그림 4. 하천수 수질의 주성분 분석결과

참고문헌

Güller and Thyne, 2004. Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Indian wells-Owens valley area, southeastern Califormia, USA. J. Hydrol., 285, 177-198.

Velbel, 1992. Geochemical mass balances and weathering rates in forested watersheds of the southern blue ridge. III. Cation budgets and the weathering rate of amphibole. J. Am. Sci., 292, 58-78.