

# 전북 무주읍 일대의 지하수 수질특성

한원식<sup>1)</sup> · 김연태<sup>1)</sup> · 이병선<sup>1)</sup> · 이기철<sup>2)</sup> · 우남철<sup>1)</sup> · 이광식<sup>3)</sup>

## 1. 서론

본 연구는 무주읍 일대 지하수 수질특성을 지표수 및 지질매체와의 상호연관성 측면에서 규명하고자 수행되었다. 본 연구지역(Fig.1)은 곳곳에 금광과 납광이 산재하고 있고, 대리암과 석회규산염암이 편재하여 지역적으로 석회광산이 존재한다. 적상산 서측에는 적자색 셰일과 적색 역암 등으로 구성된 길왕리층이 넓게 분포하고 있다. 본 연구에서는 적상산 동측(A구역)과 서측(B구역)으로 발달된 계곡을 따라서 지하수 17개 지점과 지표수 22개 지점에서, 계절적 특성을 분석하기 위하여 8월과 10월 2차례 물 시료를 채취, 분석하였다. 채취한 시료는 현장에서 수온, EC, pH, ORP를 측정하였으며, 연세대학교와 한국기초과학지원연구원에서 주 양이온(ICP-AES), 음이온(IC), 미량금속이온(ICP-AES, ASV) 및 산소-수소 동위원소(SIRMS)를 분석하였다.

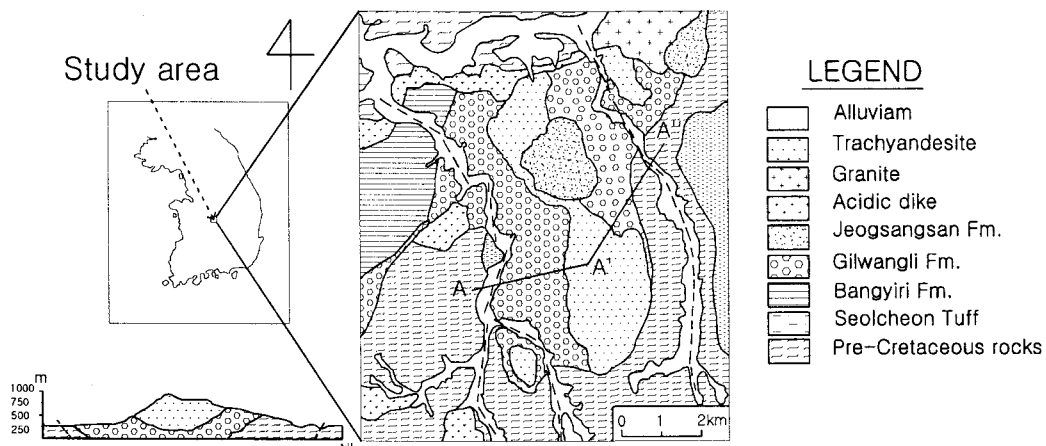


Fig.1 Geologic map of the study area (Park and Lee, 1997)

## 2. 결과 및 토의

### 2.1. 배경수질

연구 지역에서의 지하수와 지표수의 주성분 함량은 Fig. 2에서 보이듯이 Ca-HCO<sub>3</sub> 유형이 주를 이루며, 국지적 오염원에 의한 Na 또는 SO<sub>4</sub> 성분의 증가현상이 부분적으로 나타난다. 배경수질은 소유역별(A와 B 유역)로 차이가 있었으며, 계절별(여름과 가을)로도 차이를 보였다. 여름(8월)과 가을(10월) 시료는 지표수 수온의 경우 값의 차이가 분명하게 나타나지만, 지하수에서는 그 차이가 보이지 않는다. pH의 경우, 8월에는 지하수와 지표수 모두 A 유역의 값이 B 유역에 비하여 높게 나타났다. 그러나, 10월에는 유역간의 차이가 보이지 않았다. EC 값은 관측지점에 따라서 변화가 심하게 나타나, 국지적 점오염원의 영향을 크게 받는 것으로 평가된다.

1) 연세대학교 지구시스템과학과(eclipseh@hanmail.net)

2) 농업기반공사 농어촌연구원 지하수연구실

3) 한국기초과학지원연구원 동위원소 분석팀

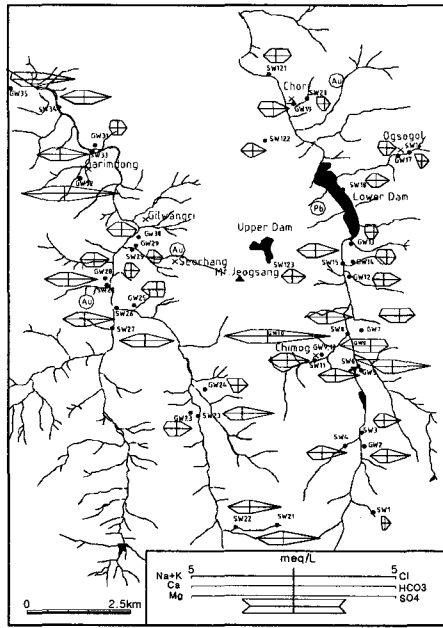


Fig.2 Stiff diagrams of water samples

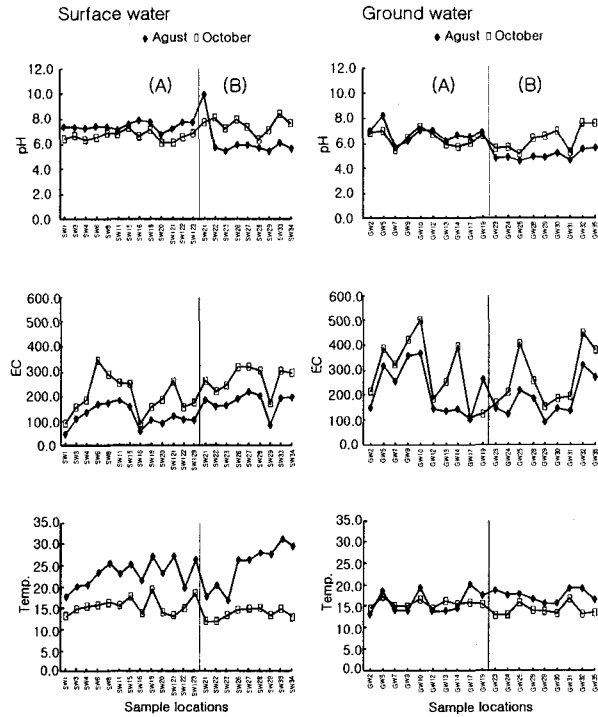


Fig.3 pH-EC-Temp. changes in Aug. and Oct. samples

## 2.2. 지표수-지하수 상호관계

산소-수소 동위원소 분석자료에 의하면, 지표수는 10월의 시료에서 부화된 특성을 보인다 (Fig.4). 지표수에서 나타난 차이는 동위원소 분별의 온도효과와 반대현상을 보이고 있으나, 이와 같은 현상은 이광식 외(1997)에서도 보고된 바 있다. 지하수는 8월과 10월에 채취된 시료가 모두 동일 영역에 도시되어 차이를 보이지 않는다. 이는 채취·분석된 지하수 시료가 동일 강수기원이거나, 또는 함양과 이동과정에서 일정 기간이 소요됨을 의미한다. 나아가, 이러한 과정에서 지하수는 지질매체와의 물-암석 반응 및 다른 유동경로 상의 지하수와 혼합·회석되는 등의 수리지화학적 반응이 일어날 수 있음을 지시한다.

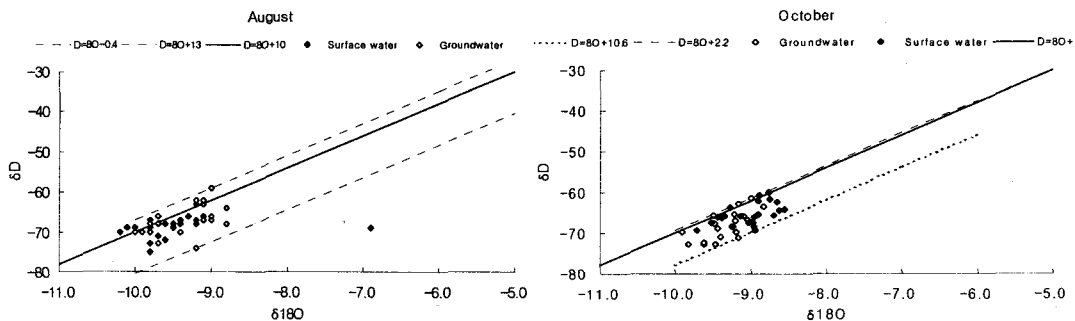


Fig.4 Plots of  $\delta D$  and  $\delta 18O$  in Aug. and Oct. water samples

### 2.3. 수질 오염

B 유역의 하류부분에 위치한 GW-30, 31, 32, SW-33, GW-35 지점에서 철과 망간이 검출되었으며, GW-30, 35 지점은 아연의 농도도 다른 시료에 비하여 5배 정도 높게 나타난다. 지하수 중의 Fe과 Mn의 함량은 통계적으로 유의한 상관관계( $r=0.718$ )를 보이며, Zn 농도 역시 이들과 유의한 관계( $r=0.647$ ,  $r=0.817$ )를 보인다. 이러한 상관관계는 이들 성분이 동일 기원임을 의미하며, 현장에서 B 유역 하천수계의 하류 지점에서는 하천 주변에 황갈색 철 성분의 침전물들을 볼 수 있었는데, 이들은 적색 역암과 적자색 셰일이 포함된 방이리층 및 길왕리층 등 연구지역의 기반암 기원으로 해석된다.

점오염원으로는 SW-20 지점의 상류 쪽으로 금광이 위치하고 있다. 인근의 지하수 GW-19 에서는 주위의 수질과 비교하여 별다른 차이가 없으나, 지표수(SW-20)에서 Zn, Cd, Pb가 모두 검출되고 그중 Zn의 농도(4.37 mg/L)가 매우 높으며, pH 또한 A 유역의 다른 지점들에 비해 1 정도가 낮으므로 황화광물의 산화에 의한 산성수의 영향이 있는 것으로 평가된다. B 유역의 SW-29 에서도 Zn이 0.167 mg/L 검출되고 있는데, 이 역시 인근에 금광이 위치하고 있다.

Table 1. Correlation matrix of groundwater constituents in the watershed B

	K	Na	Ca	Mg	Si	Zn	Fe	Mn	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	F	NO <sub>3</sub> -N
K	1.000	.099	-.170	-.188	-.132	-.169	-.472	-.349	<b>.794</b>	.258	-.481	-.229	<b>.909</b>
Na		1.000	<b>.649</b>	<b>.599</b>	.093	<b>.649</b>	<b>.507</b>	<b>.640</b>	<b>.607</b>	-.132	<b>.674</b>	<b>.761</b>	.111
Ca			1.000	<b>.983</b>	.042	.225	<b>.504</b>	.136	.191	.269	<b>.878</b>	.227	-.112
Mg				1.000	-.033	.203	.408	.071	.123	.354	<b>.846</b>	.173	-.113
Si					1.000	-.201	.077	.270	.156	-.269	.040	-.073	.033
Zn						1.000	<b>.647</b>	<b>.817</b>	.209	-.021	.428	<b>.905</b>	-.249
Fe							1.000	<b>.718</b>	-.078	-.089	<b>.761</b>	<b>.663</b>	-.630
Mn								1.000	.127	-.363	<b>.463</b>	<b>.903</b>	-.410
Cl									1.000	.053	-.060	.230	<b>.803</b>
SO <sub>4</sub>										1.000	-.017	-.383	.175
HCO <sub>3</sub>											1.000	<b>.511</b>	-.493
F												1.000	-.287
NO <sub>3</sub> -N													1.000

\* Shaded numbers indicate the significant relationship in the 95% level.

### 3. 요약

연구지역은 좁은 면적에 비하여 800m 이상의 지형기복을 보이며, 계곡과 하천 충적층을 따라 마을이 발달된 전형적인 수계 상류의 농촌지역이다. 주요 상수원은 천부지하수이며, 농업 용으로는 하천수를 이용한다. 지표수는 연구지역의 소유역(A,B)간 계절별 수질차이를 보이나, 지하수의 경우 유역간 및 계절별 변동이 상대적으로 작게 나타난다. B 소유역의 하류부에서는 지질매체의 영향으로 보이는 Fe, Mn, Zn 농도의 부화현상이 나타났으며, 이는 방이리층과 길왕리층을 기반암으로 하는 지역에 대한 전체적인 지하수질 조사가 필요함을 지시한다. 국지적인 수질오염원으로 과거에 개발되었던 폐금광이 존재하며, 이로 인한 산성수의 발생도 인지되었다.

### 謝辭

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-2-13200-003-3) 지원으로 수행되었습니다.