

# 옥천 청성지역 지하수의 수리지구화학적 특성에 관한 연구

서정균<sup>1)</sup> · 김명균<sup>2)</sup>

## 1. 서 론

지질 분포는 지하수와 암석의 상호 반응을 통하여 지하수의 화학적 성질을 지배할 뿐만 아니라 암석의 물리적인 특성에 따라서 지하수의 유동도 영향을 받기 때문에 지하수에 있어서 중요한 변수이다. 그 중에서도 지하수의 수리지구화학적 특성은 대수층을 구성하는 토양 및 암석의 광물학적 특성에 크게 지배를 받는다(성익환 등, 1998).

본 연구에서는 다양한 기반암을 포함하며 환경 오염이 비교적 적어서 대수층의 지질이 지하수의 수질에 미치는 영향을 잘 파악할 수 있는 옥천군 청성면 일대를 대상으로 암석, 토양, 하상퇴적물, 자연수를 채취하여 암석의 광물 조성 및 지구화학적 특징, 토양의 지구화학적 특징, 그리고 자연수의 수리지구화학적 특징을 조사한 후, 유역내 중금속 원소의 분산 및 오염 양상, 그리고 심도 및 지질에 따른 지하수의 수리지구화학적 특성의 변화를 규명하고자 하였다.

## 2. 지질

연구지역의 지질은 옥천누층군의 변성퇴적암류와 이를 관입한 유라기 청산화강암으로 대부분된다. 북동부 지역에는 청산화강암이 넓게 분포하고, 서남부 지역에는 옥천누층군의 창리층, 관계미상의 석회암층 및 변성사질암층이 각각 분포하고 있으며, 남부 지역에는 각섬암이 관입되어 있다(김동학 등, 1978).

## 3. 시료채취 및 화학분석

연구지역에서 암석(13개), 토양 및 하상퇴적물(110개), 자연수(28개)를 채취하였다. 암석은 현미경 관찰과 X-선회절분석을 실시하였고,  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4\text{-HF}$ 를 이용 완전분해하여 ICP와 AAS로 화학분석도 하였다. 토양 및 하상퇴적물은 pH를 측정하였으며,  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 를 이용 부분분해하여 ICP와 AAS로 화학분석을 하였다. 자연수는 현장에서 pH, Eh, EC, TDS를 측정한 후, 양이온은 ICP와 AAS로, 음이온은 IC로 분석하였으며, Alkalinity는 적정법을 이용하였다. 그리고 Charge Balance를 구하여 자연수에 대한 화학분석 결과의 신뢰도를 평가하였다.

## 4. 결과 및 결론

청산화강암의 경우 석영, K-장석, 사장석, 녹니석, 운모류, 카오리나이트, 변성사질암층

---

주요어: 수리지구화학, 지하수환경, 옥천누층군, 물-암석반응, 군집분석, 토양오염지수

1) 청주대학교 대학원 자원공학과 (jonah-liza@hanmail.net)

2) 청주대학교 이공대학 환경학부 지구환경시스템공학 전공 (mkkim@chongju.ac.kr)

의 경우 석영, 운모류, 방해석, 사장석, 창리층의 경우 석영, 녹니석, 운모류 등으로 구성되어 있다.

자연수의 지질별, 심도별 특징을 보면 지표수에서 심부 지하수로 갈수록 pH, EC 및 TDS, 그리고 대부분의 원소 함량이 증가한다. 이는 물이 심부로 갈수록 암석과 활발히 반응하였음을 나타낸다. 그리고 일부 천부 지하수에서 Cl과 NO<sub>3</sub>가 높은 함량값을 보이는데, 이는 생활하수 및 정화조에 의한 오염의 영향으로 판단된다. 또한 천부 및 심부지하수에서 F와 Se가 먹는물 기준치를 초과하고 있어 보다 정밀한 조사가 요구되며, 변성사질암층 및 창리층 지하수의 U 오염은 없는 것으로 조사되었다.

연구지역 지하수는 Ca-HCO<sub>3</sub> 유형에 속하나 대수층 지질에 따라 다소 상이한 특성을 보이는데, 이는 청산화강암 지하수의 경우 사장석의 용해가, 변성사질암층 및 창리층의 지하수의 경우 석회암의 용해가 물-암석 반응을 지배하는 주요 요인이기 때문인 것으로 판단된다.

Q-형 균질분석을 실시한 결과, 변성사질암층과 창리층의 경우 암석의 광물 조성 및 지구화학적 특징, 토양 및 하상퇴적물의 지구화학적 특징, 그리고 지하수의 수질 등이 매우 상호 유사하게 나타나나, 청산화강암과는 매우 상이한 특성을 보인다. 그리고 대수층 지질이 동일한 지하수는 보다 유사한 수질 특성을 나타낸다. 따라서 연구지역 지하수의 수리지구화학적 특성은 대수층의 지질 특성을 잘 반영하고 있다고 판단된다.

토양 및 하상퇴적물의 중금속 원소 분산 특성을 보면, 청산화강암 분포 지역에서는 Cd, Pb, Zn이, 창리층 분포지역에서는 Cu, Pb가 일부 시료에서 Kloke(1979)가 제시한 토양오염 문턱값을 초과하나, 토양오염지수는 평균 0.39(0.24~0.70)로 오염이 진행되지 않은 자연토양의 값을 나타내고 있다.

### 참고문헌

1. 성익환, 추창호, 조병욱, 이병대, 김통권, 이인호, 1998, "선캄브리아기 변성암지역에 분포하는 먹는 샘물 지하수의 수리지화학적 특성", *지하수환경*, vol 5, No. 4. pp. 203~208
2. 김동학, 장태우, 황재하, 1978, 한국지질도(1/50,000 옥천도폭), 자원개발연구소, 21p.
3. Kloke, A., 1979, Content of arsenic, cadmium, chromium, fluorine, lead, mercury, and nickel in plants grown on contaminated soil, Paper presented at UN-ECE symposium.

Table 1. Analytical data of major cation and anion concentrations of groundwaters in various bedrocks. (unit in mg/l)

	Cheongsan granite			Metasandstone			Changri formation		
	M <sup>a</sup>	S.D. <sup>b</sup>	R <sup>c</sup>	M	S.D.	R	M	S.D.	R
Ca	41.45	22.10	23.48 - 77.76	34.90	2.39	32.80 - 37.85	36.29	9.80	22.09 - 54.97
K	3.07	1.38	1.86 - 5.45	12.51	4.56	7.30 - 16.60	6.03	3.04	1.62 - 10.4
Mg	6.43	3.33	3.96 - 11.31	9.41	0.91	8.24 - 10.39	11.88	1.9	7.77 - 13.74
Na	17.73	4.97	11.81 - 23.39	7.50	0.47	6.97 - 7.91	20.26	6.26	4.52 - 25.88
Si	11.24	2.38	9.01 - 14.48	5.18	0.43	6.64 - 5.58	6.66	0.70	5.60 - 7.71
F	1.15	1.44	0.14 - 2.17	0.12	0.005	0.115 - 0.122	1.09	0.61	0.56 - 1.73
Cl	21.43	27.21	2.19 - 40.67	12.53	0.70	12.03 - 13.02	7.04	4.42	3.15 - 11.06
NO <sub>3</sub>	46.55	65.80	0.02 - 93.08	1.98	0.11	1.90 - 2.06	10.04	11.60	0.00 - 20.94
SO <sub>4</sub>	15.01	7.28	9.86 - 20.15	27.84	1.30	26.92 - 28.76	20.76	2.46	18.22 - 23.17
HCO <sub>3</sub>	115.23	52.35	48.01 - 170.45	78.93	17.41	61.22 - 97.23	149.11	17.75	102.03 - 157.25

<sup>a</sup>M : Mean, <sup>b</sup>S.D. : Standard Deviation, <sup>c</sup>R : Range

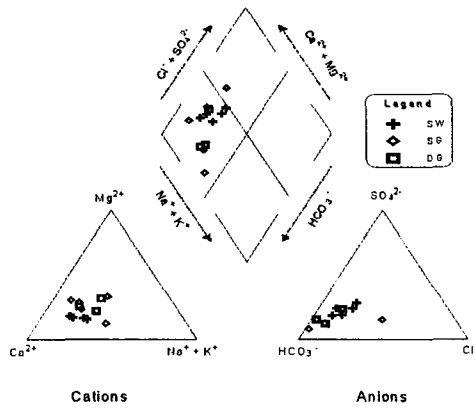


Fig. 1 Chemical analysis of water samples represented as percentages of total equivalents per liter plotted on the Piper's diagram. (SW : Surface Water, SG : Shallow Groundwater, DG : Deep Groundwater)

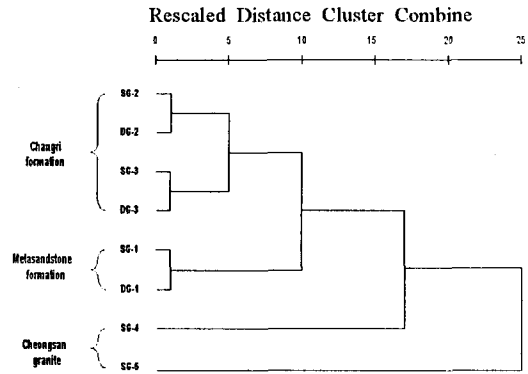


Fig. 2 Dendrogram plotted from Q-mode cluster analysis of groundwater samples. (SG : Shallow Groundwater, DG : Deep Groundwater)

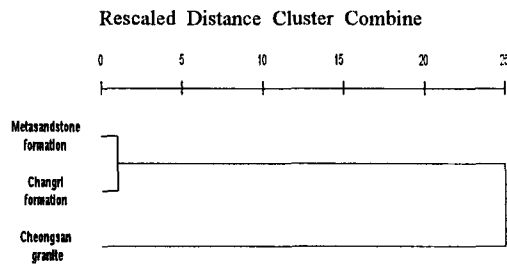


Fig. 3 Dendrogram plotted from Q-mode cluster analysis of various bedrocks.

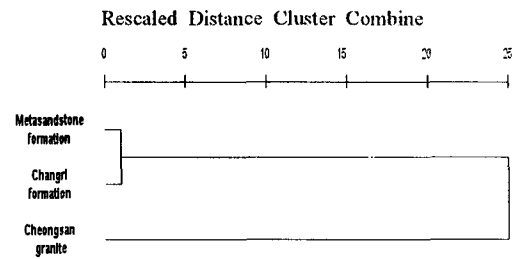


Fig. 4 Dendrogram plotted from Q-mode cluster analysis of soil and stream sediment based on the bedrock type.

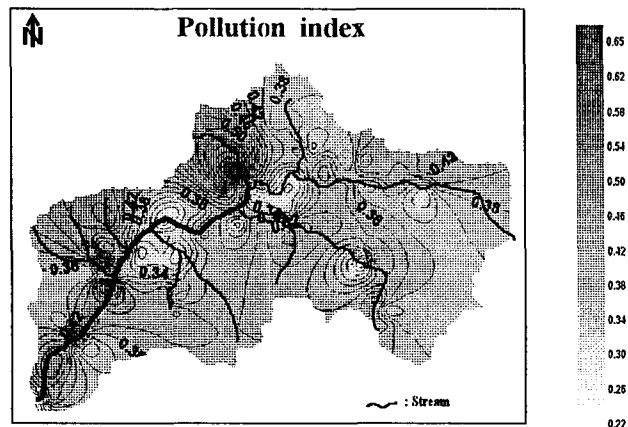


Fig. 5 Pollution index map of soil and stream sediments.