

광주시 지하수 수질에 대한 환경지화학적인 연구

정연중*, 박천영*, 신인현**, 안건상**, 이창신*, 최낙철*, 강지성*

*:조선대학교 자원공학과 **:조선대학교 지구과학교육과

1. 서론

현재 국내에 개발되어 있는 지하수 개발시설은 약 94만개소로 10년전인 88년보다 약 2배 정도로 증가했으며, 지하수 이용량은 약 2.5~3배정도 증가했다. 이렇게 개발된 지하수는 대부분 생활용수와 농업용수로 이용되고 있으며, 광주광역시에서 97년도에 개발된 지하수는 총 181개소이며 이중 약 93%가 생활용수로 이용되었다. 개발되지 않고 있던 지역의 급속한 도시화로 인해 지하수의 개발은 활발해지고 있으며, 이러한 무분별한 개발은 주변지하수의 오염을 가중시키고 있다. 일반적으로 지하수오염은 생활오수, 산업활동에 따른 오염, 쓰레기 매립지의 침출수에 의한 오염 등을 들 수 있다.(Mather, 1995; Young and Hua, 1991; Tase, 1992; Sonderegger and Ohguchi, 1988). 이러한 광주광역시의 급속한 도시화는 지하수 수요를 증가시키고, 지하수오염을 가중시키므로 지하수 관리대책과 수질오염방지대책이 시급한 실정이다. 광주지역 지하수에 대한 기연구로는 광주시 지하수 오염도 및 관리방안(이정환, 1997), 광주시 지하수의 효율적인 방안(이정전, 1994)등의 연구가 진행되고 있으나 주로 관리측면에서 연구가 수행되어 왔다. 따라서 본 연구는 광주광역시 지하수의 수질에 대해 환경지화학적 측면에서 해석하고, 앞으로 발생할 수 있는 문제점과 합리적인 보전대책 수립에 필요한 기초자료를 제공하는데 있다.

2. 지질개요

광주지역의 지질은 선캠브리아기의 화강암질편마암, 쥐라기의 대보화강암에 해당되는 흑운모화강암, 그리고 백악기의 유천층군에 해당되는 화산암류인 안산암, 유문암 및 용회암으로 구성되어 있다. 화강암질편마암은 광주시 동서부와 남부에 분포하며 흑운모화강암에 관입당하고 있으며 전체적으로 담회색을 띠고 장식, 석영, 흑운모 및 녹니석으로 구성되어 있다. 흑운모화강암은 광주시 전지역에 넓게 분포하며 송정, 나주 및 능주지역에 연장되는 대규모 저반으로 나타나고 있다. 안산암은 광주시 북부와 남부에 소규모로 분포하며 쥐라기 화강암류 이전의 암체를 부정합으로 피복하고 있다. 층적층은 영산강과 광주천 주변부에 소규모로 분포하며 제4기 미고결 퇴적암으로 구성되어 있다(김규봉, 1990; 홍성호와 윤옥, 1986).

3. 시료 채취 및 분석방법

시료채취는 광주지역 지하수에 수질에 대한 환경지구화학적 특징을 밝히기 위해 광주일원에 걸쳐 시내권 도심지역 22개, 산업활동이 활발한 공단지역지하수 10개 그리고 외곽지역 지하수 20개 등 총 52개의 시료를 무작위로 채취하였으며, 샘플의 현장 측정은 30분 이상 지하수를 양수하고 pH가 안정된 후 측정하였다.

분석방법은 광주지역 지하수에 대하여 수소이온농도(pH), 산화-환원 전위(Eh), 온도, 용존 산소(DO), 전기전도도(EC), 및 총고용물질(TDS) 등은 현장에서 채수 즉시 측정하였다. 양이온은 K, Na등 16원소를 분석하였으며, 음이온은 F, Cl, Br, NO₃ 및 SO₂등을 측정하였다. CO₃와 HCO₃함량은 현장에서 적정하였다.

4. 결과 및 고찰

본 역에서 채취한 지하수시료는 모두 생활용수로 활용되고 있으며, 지역별로 구분하여 원소들의 평균함량을 구해보면 산화환원전위, 전기전도도, 총고용물질함량, Mg, Na, Ca, Cl 및 SO₄ 등의 평균 이온 함량은 도심지역 지하수에서 가장 높게 나타나고, Cr, Pb 및 Zn 등의 평균 이온함량은 공단지역 지하수에서 가장 높게 나타나 있다. 그리고 Fe, Mn 이온함량은 외곽지역 지하수에서 높게 나타난다. 그러나 NO₃ 원소의 경우 생활용수의 20mg/l와 WHO에서 제시하는 health limit인 45mg/l보다 높게 나타나는 지역이 많이 나타나 이들 지역은 생활하수나 축산폐수등의 인위적인 오염에 의해 높게 나타날 것으로 생각된다.

광주시 전역 지하수시료의 pH는 5.72~7.5로 약산성내지 중성영역으로 나타나며, Eh는 -20~236mV로 나타나 환원환경과 전이환경사이에 나타난다. 지하수의 Eh영역이 약 -100~-200mV(Garrels and Christ, 1965)이며, 지표수의 유입이 발생하면 Eh값이 상승한다고 알려져 있다(이인호 등, 1997).

TDS는 도심지역에서 235mg/l, 공단지역에서 185mg/l 그리고 외곽지역에서 152mg/l로 나타나며, Mg, Na+K, Ca, Cl, HCO₃ 및 SO₄등 같은 이온들의 함량과는 양호한 상관관계를 보여주고 있다. 그러나 pH와는 특징적인 상관성을 찾을 수 없었다.

광주시 지하수는 calcium과 bicarbonate 및 chloride type이 우세한 수질유형을 보여주며, 양이온과 음이온이 투영된 구간은 Ca+Mg>Na+K가 우세한 carbonate hardness type과 noncarbonate hardness type이 지배적이다.

광주시 지하수에 대한 분포도에서 TDS, Mg, Ca, NO₃, Cl 및 SO₄등은 주로 도심지역에서 상대적으로 높게나타나는데 이는 인간활동에 따른 오염된 지하수가 지하수로 유입된 것으로 생각된다. 그리고 Pb, Zn 및 Cr등은 공단특성에 따라 Pb와 Zn은 본촌공단지역에서 높게 나타나며, Cr은 하남공단에서 높은 농도로 나타난다.

광물의 상안정도를 알아보기위해 $\log([Na^+]/[H^+])$, $\log([Ca^{2+}]/[H^+])$ 및 $\log(H_4SiO_4)$ 를 구해 관계도를 작성해 보면 광주시 지하수는 모두가 kaolinite 안정 영역에 도시되지만, 몇몇시료에서 gibbsite영역 가까이에 도시되고 있다.

참고문헌

- 김규봉, 이병주, 황상구, 1990, 광주도폭 지질보고서, 한국동력자원연구소.
- 이정진, 1994, 광주직할시 지하수의 효율적인 관리방안, 시정연구논총, 광주광역시, pp. 449-474.
- 이정환, 1997, 광주시내 지하수 수질에 관한 조사연구, 광주광역시지방공무원교육원 우수논문집, 행정간행물등록번호, 62400-12130-76-9.
- 홍성호, 윤욱, 1986, 송정도폭 지질보고서, 한국동력자원연구소.
- Garrels, R. M. and Christ, C. L., 1965, Solution, mineral and equilibria, Jones and bartlett Publishers, p. 450.
- Mather, J. D., 1995, Groundwater quality in urban environments, In Nash, H. and McCall, G. J. H., (ed), Groundwater quality, Chapman & Hall, pp. 157-158.
- Sonderegger, J. L. and Ohguchi, T., 1988, Irrigation related arsenic contamination of a Thin, alluvial aquifer, Madison river valley, Montana, U. S. A., Environmental Geology and Water Sciences, Vol. 11, No. 2, pp. 153-161.
- Tase, N., 1992, Groundwater contamination in Japan, Environmental Geology and Water Sciences, Vol. 20, No. 1, pp. 15-20.

Yong, L. and Hua, Z. W., 1991, Environmental characteristics of regional groundwater in relation to fluoride poisoning in North China, *Environmental Geology and Water Sciences*, Vol. 18, No. 1, pp. 3-10.

Table 1. Major ion levels of groundwater in the Kwangju city area. Their relationship to WHO guidelines for drinking water quality is also given.

Urban area						
Parameter	CAverage (mg l ⁻¹)	S.D. (mg l ⁻¹)	C Range (mg l ⁻¹)	WHO limit (mg l ⁻¹)	Limit type	N Exceeded (of 22)
Cl ⁻	77.3	43.7	8.11~153	250	A	0
SO ₄ ²⁻	34.2	18.3	4.72~67.4	400	A	0
NO ₃ ⁻	36.2	29.2	3.54~94.4	45	H	9
Na ⁺	39.0	38.2	0.95~3.66	200	A	0
Ca ²⁺	51.2	33.2	6.2~96.4	-	-	-
Mg ²⁺	14.2	9.91	1.46~32.3	-	-	-
K ⁺	1.83	0.74	0.95~3.66	-	-	-
Hardness	186	121	21.4~345	500	A	0
TDS	235	116	27~371	1000	A	0

Suburb area						
Parameter	CAverage (mg l ⁻¹)	S.D. (mg l ⁻¹)	C Range (mg l ⁻¹)	WHO limit (mg l ⁻¹)	Limit type	N Exceeded (of 20)
Cl ⁻	43.9	31.6	8.89~152	250	A	0
SO ₄ ²⁻	19.5	24.6	0.5~84.6	400	A	0
NO ₃ ⁻	36.4	34.4	3.74~134.8	45	H	7
Na ⁺	27.5	13.4	4.32~59.2	200	A	0
Ca ²⁺	29.5	26.7	0.54~93.2	-	-	-
Mg ²⁺	6.60	6.77	0.06~28.8	-	-	-
K ⁺	1.66	1.06	0.81~4.56	-	-	-
Hardness	101	92.6	1.59~351	500	A	0
TDS	152	85.0	35~383	1000	A	0

Industrial area						
Parameter	CAverage (mg l ⁻¹)	S.D. (mg l ⁻¹)	C Range (mg l ⁻¹)	WHO limit (mg l ⁻¹)	Limit type	N Exceeded (of 10)
Cl ⁻	67.8	44.8	13.6~137	250	A	0
SO ₄ ²⁻	22.6	22.9	1.7~71.9	400	A	0
NO ₃ ⁻	42.5	30.4	9.57~96.3	45	H	4
Na ⁺	28.3	23.3	10.4~85.4	200	A	0
Ca ²⁺	33.8	17.3	9.5~63.6	-	-	-
Mg ²⁺	8.90	3.79	4.12~16.1	-	-	-
K ⁺	2.23	1.83	0.79~7.38	-	-	-
Hardness	121	56.8	40.6~225	500	A	0
TDS	185	91.1	61~325	1000	A	0

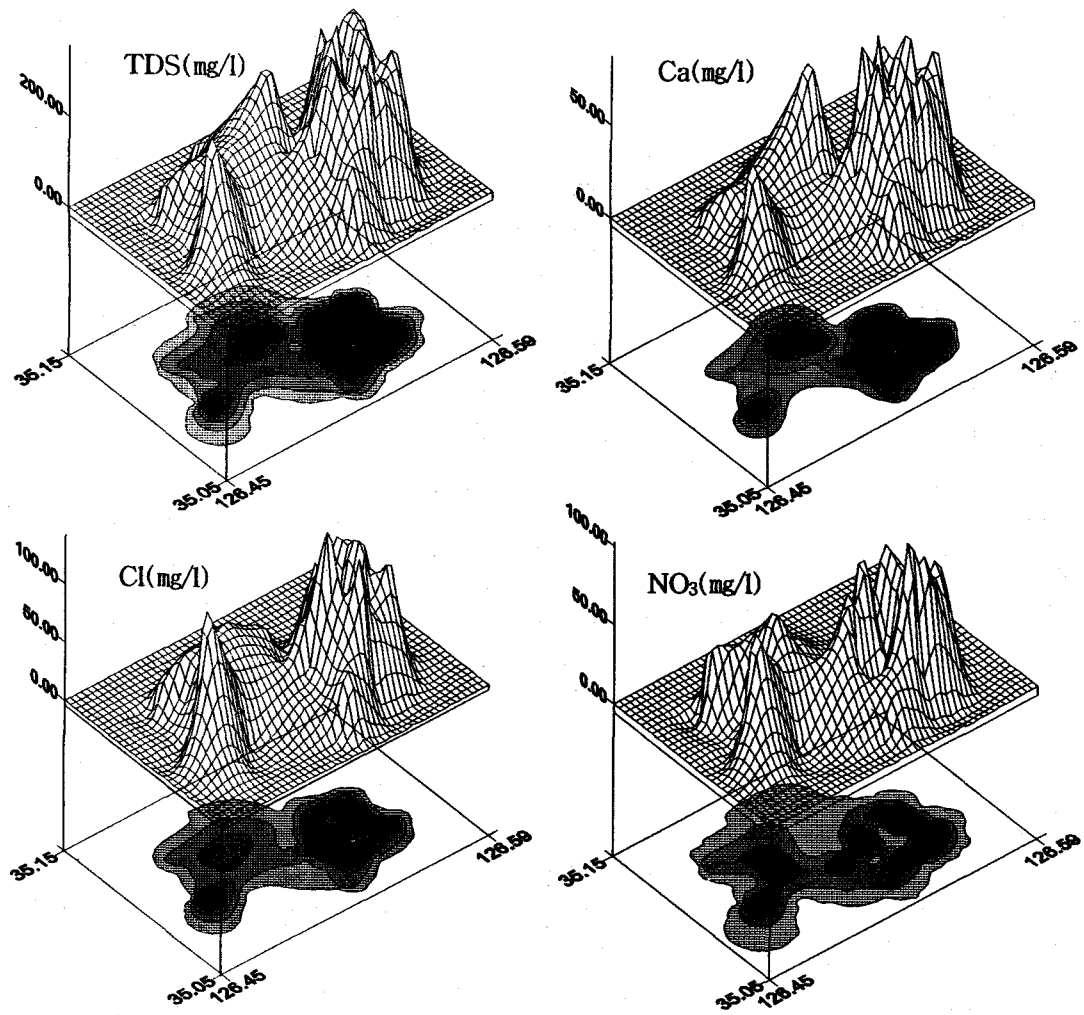


Fig. 1. Contour graph diagrams of TDS, Ca, Cl and NO₃ in the Kwangju city area.