

광주지역 지하수 성분분포 특성에 관한 연구

김동수[†] · 김연희 · 윤욱¹ · 백계진 · 문용운

광주광역시보건환경연구원, ¹한국지질자원연구원

A Study on the Characteristics of Main Components of the Groundwater Quality in Gwangju

Dong-Soo Kim[†], Yun-Hee Kim, Uk Yun¹, Kye-Jin Paik, and Young-Woon Moon

Gwangju Metropolitan Health & Environment Research Department, Gwangju 502-240 Korea

¹Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Daejeon 305-350 Korea

Received September 10, 2009/Accepted March 22, 2010

The analysis of groundwater was carried out at 127 sites of Gwangju in 2005. The result of analysis for major anion contents showed chloride > sulfate > nitrate-nitrogen > fluoride and the one for major cation contents calcium > sodium > magnesium > potassium > ammonium. Correlation between the hardness of the groundwater and chloride, sulfate and total solids was carried out. Their correlation coefficients were 0.44, 0.30 and 0.91, respectively. This correlation coefficients were similar to other regions such as Seoul, Gangwon and Incheon. A correlation coefficient was 0.62 between nitrate-nitrogen and chloride and was 0.35 between chloride and sulfate.

Key words: Groundwater, Correlation coefficient, Gwangju

1. 서 론

물은 인간과 모든 생물체에게 필요 불가결한 물질로써 인간의 생활수준이 향상될수록 맛이 있고, 안전하고 건강식이며, 오염되지 않은 양질의 물을 음용하려는 욕구를 가지고 있다. 일반적으로 생활수준이 높은 구미 선진국일수록 음용수로써 지하수의 이용도는 상당히 높아 그 의존도는 60~90%에 이른다. 또, 지하수란 지각을 구성하고 있는 지표면 하부의 포화대내에 부존되어 있는 천연의 수자원이므로 지하에 부존된 자연자원 중에서 유일하게 매년 재 함양될 수 있는 천연자원이기 때문에 이를 잘 관리만 하면 우리가 이 땅에서 생존하는 동안 영원히 재생, 이용가능한 자원이다.¹⁾

지하수는 1970년 이후 점진적으로 개발되어 생활 및 농업 그리고 공업용수로 사용되어 왔으며, 지하수의 무분별한 개발과 사용하지 않는 지하수의 방치로 지하수

오염이 가속화 되었으며, 지하수의 오염방지를 위해 정부에서는 1993년 12월 지하수법을 제정하고 1994년부터 이를 시행하였다. 지하수는 합리적인 보전관리를 할 때에는 영구사용이 가능하지만, 반대로 일단 오염이 되면 그 회복기간이 수 십년에서 수 백년이 소요되며, 경우에 따라서는 영구회복이 불가능하기 때문에 지하수의 보전관리가 매우 중요하다. 광주지역 지하수의 용도별 이용현황은 2003년 기준으로 총 9,296개소로 생활용수 7,102개소이고 전체 지하수의 약 76% 이상을 차지하고 있는 실정이다.⁴⁾ 우리나라는 용수공급을 주로 지표수에 의존하였으나, 지표수의 오염, 댐에 의한 용수공급의 한계 및 물 소비량의 증가 등으로 인하여 지하수의 이용량이 증가하고 있으며, 2003년말 현재 지하수 개발 이용시설은 1,228 천개에 달한다. 지하수 총 이용량은 2003년말 기준 우리나라의 연간 지하 개발 가능량 117억 m³/년에 비하여 32.1%(37억/년, 지하염

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: kds4429@dreamwiz.com

수 제외)에 머물러, 장래 물 부족에 대비한 대체수자원으로서 지하수의 가치가 매우 높음을 알 수 있다.⁵⁾

따라서, 본 연구에서는 광주지역의 지하수에 대한 특성을 조사하여 광주지역 마시는 물에 대한 전반적인 정보를 제공하고, 지하수 오염을 예방할 수 있는 방법을 모색하고, 지하수 수질보전 대책의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 조사대상

광주지역 지하수 127개소에 대하여 2005년 1월부터 12월까지 직접 시료를 채수하여 수질검사를 실시하였다. 시료채수를 위하여 pH의 변화가 없을 때까지 충분히 물을 방류한 후 즉시 측정항목인 pH를 측정하였으며, 시료를 채수하였다. 시료는 4 L 폴리에틸렌 용기를

사용하였으며, 미생물학적 검사를 위하여 멸균병과 휘발성유기화합물 분석을 위하여 유리용기에 따로 준비하여 채수하였다.

2.2. 검사방법

검사방법은 먹는물 수질공정시험방법⁶⁾에 준하여 실험하였으며, Table 1과 같이 환경부령 제00147호(2003.11.29)의 먹는물수질기준및검사등에관한규칙⁷⁾에서 정한 검사항목 45개 항목에 대하여 수질검사를 실시하였다. 전기전도도는 Radiometer analytical pIoneer 30(UK)을 사용하였으며, 수중의 이온성분 분석은 이온크로마토그래피를 이용하여 분석하였다. 이온크로마토그래피는 DX-600(DIONEX, USA)을 사용하였으며, 분리컬럼은 AS 14 Column, 검출기는 ED59 Electrochemical Detector, Suppressor는 ASRS-Ultra-4 mm 을 사용하였다.

Table 1. Analytical methods and instruments for each item

Analysis	Items	Analytical Methods and Instruments
Microbiological	Total Colony Counts	Plate count Method
	Total Coliforms	Multiple tube Technique
	Fecal Coliforms	
Physico-chemical Analysis	Hardness, Consumption of KMnO_4	Titration Method
	Odor, Taste, Color	Odor, Taste, Color Method(TC205, JAPAN)
	Turbidity	Turbidity Method(HACH model 2100AN, USA)
	pH	pH meter Method (ORIN model 520A, USA)
	Total solids	Weight Method
Inorganic matter	F, $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl^- , SO_4^{2-}	Ion chromatography Method (DX-600 AS14 Column, USA)
	Na, NH_4^+ , K, Mg, Ca	Ion chromatography Method (DX-600 CS12 Column, USA)
	$\text{NH}_3\text{-N}$, CN	Spectrophotometer Method (SHIMADZU UV1201, JAPAN)
	Pb, As, Se, Hg, Cr^{+6} , Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Al	Atomic Absorption spectrophotometry Method (Varian 300, Australia)
	B	Spectrophotometer Method (SHIMADZU UV1201, JAPAN)
Organic matter	Diazinon, Parathion, Fenitrothion, 1,2-Dibromo-3-Chloropropane	Gas Chromatography(NPD) (HP 5890 Series II, USA)
	Carbaryl	Liquid Chromatography (Waters,USA)
	Phenol, ABS	Spectrophotometer (SHIMADZU UV-1201, JAPAN)
	PCE, 1,1,1-TCE, TCE, Dichloromethane,1,1-Dichloroethylene, Carbon tetrachloride	Gas Chromatography(ECD) (HP 5890 Series II, USA)
	Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene,	Gas Chromatography Purge & Trap Method(HP 5890 Series II, USA)

3. 결과 및 고찰

Table 2와 같이 광주지역의 지하수에 대한 수질특성을 살펴보고, 다른 지역인 인천광역시,⁸⁾ 경상남도,⁹⁾ 충청남도,¹⁰⁾ 경기도 북부지역,¹¹⁾ 부산광역시,¹²⁾ 서울특별시,¹³⁾ 강원도,¹⁴⁾ 전라남도¹⁵⁾ 등과 비교분석 하고자 한다.

3.1. 색도, 탁도

먹는물 중의 탁도는 부적합한 처리나 배수시스템 안의 퇴적물의 재부상 의해 생기는 물속의 입자상 물질에 의해 발생하며, 어떤 지하수에서는 무기물질의 입자상 물질이 있음으로써 발생하기도 한다. 탁도가 높으면 미생물에 대한 소독의 효과를 방해하여 세균의 번식을 촉진할 수 있다. 색도는 보통 부식토와 관련된 휴믹산(humic acid)과 같은 유기물질과 철, 망간과 같은 금속의 존재에서 기인 한다.¹⁶⁻¹⁸⁾ 색도는 1~7 도를 나타냈으며, 기준 5도를 초과한 지점은 3지점이었고, 최고농도가 7도로 서울시의 경우 최고농도 767도¹³⁾보다 매우 낮은 농도를 나타냈으며, 탁도는 0.06~4.12 NTU로 기준 1 NTU를 초과한 지점은 5지점이었고, 최고농도가 4.12도로 서울시의 최고농도 69.16 NTU에 비해

매우 낮은 농도를 나타냈다.

3.2. 질산성질소

질산성질소는 체내에 흡수되어 헤모글로빈과 산소의 결합력을 떨어뜨려 산소결핍을 야기 시켜 유아의 피부색이 청색으로 변하는 청색증(methahemoglobinemia, 블루베이비)을 유발하는 것으로 알려져 있으며, 청색증은 6개월 미만 유아의 경우 가장 민감한데 유아들은 몸무게가 가볍고 어른보다 산화되는 헤모글로빈의 비율이 더 높으며 메트헤모글로빈을 헤모글로빈으로 환원시키는 효소의 활성이 미숙하기 때문이다.^{19,20)} 전 지역에서 미생물을 제외하면 가장 높은 부적합 빈도를 나타내고 있다. 127개소중 질산성질소의 농도가 10 mg/L이하가 101지점, 11~20 mg/L 범위가 21지점, 21~30 mg/L 2지점, 31~40 mg/L 3지점을 나타내 기준이 내가 79.5%를 나타내 대부분 양호한 것으로 나타났다. 질산성질소의 최고농도를 살펴보면, 부산시의 경우 47.2 mg/L, 전라남도는 47.7 mg/L, 서울시 48.4 mg/L, 인천시의 경우 30.1~41.0 mg/L, 강원도가 32.1 mg/L, 를 나타냈으며, 광주의 경우 37.3 mg/L를 나타내 부산시, 서울시와 전라남도가 약간 높을 뿐 비슷한 경향을 나타냈다.^{8,12-15)}

Table 2. The Characteristics of the Groundwater quality (unit : mg/L)

	max	min	average
Color	7	1	1
Turbidity	4.12	0.06	0.31
NO ₃ -N	37.3	0	6.3
pH	7.7	5.8	6.6
Hardness	397	4	127
Cl	141	5	37
SO ₄ ²⁻	218	0	17
Total Solids	635	50	192
F	4.5	0.0	0.1
Mn	0.037	0.000	0.001
Fe	0.13	0.00	0.00
Cu	0.381	0.000	0.009
Zn	2.018	0.000	0.070
TCE	0.039	0.000	0.001
Conductivity	968	45	313
Na	142.8	4.2	24.8
NH ₄ ⁺	1.5	0.0	0.2
K	9.4	0.2	1.4
Mg	32	0.2	8.6
Ca	125.3	1.1	40.5

3.3. 수소이온농도

pH 5.8~7.7를 나타내 먹는물 수질기준 이내로 나타났다. 다른 지역의 최고측정값은 강원도의 경우 pH 10.2, 부산시의 경우 화강섬록암 지질에 의한 pH 9.6을 나타냈다.¹⁴⁾ pH가 높아서 8.5이상인 지하수는 알칼리성의 물로써 끓이면 침전물이 생기는데, pH는 물의 용도, 물을 정화하는 데 매우 중요한 영향을 미친다.²¹⁾

3.4. 경도

경도가 높은 경우에는 산뜻하지 않은 진한 맛을 나타내고, 낮은 경우에는 담백하고 김빠진 맛을 나타낸다. 일본의 생수는 20~80 mg/L, 유럽의 경우, 생수는 200~400 mg/L의 경우가 일반적이고, 경도가 10~100 mg/L이면 물맛이 좋은 것이라 할 수 있다.²²⁾ 경도의 농도는 4~397 mg/로 최고농도인 397 mg/L로 강원도의 최고농도 511 mg/L¹⁴⁾와 비슷한 경향을 나타냈으며, 기준 300 mg/L를 초과한 지점은 1지점이었고, 평균 127 mg/L를 나타냈다. 다른 지역의 경도의 최고농도를 살펴보면, 서울시 777 mg/L, 부산시 4,115 mg/L, 인천광역시 6,110 mg/L를 나타냈다.^{8,12,13)}

3.5. 염소이온, 황산이온, 과망간산칼륨소비량

염소이온에 대한 맛의 역치는 200~300 mg/L이며, 250 mg/L 이상이면 짠맛을 낸다. 지표수에 낮은 농도로 함유되어 있으며, 지질에 따라 차이는 있으나, 오염되지 않은 물인 경우 10 mg/L 이하인 것으로 밝혀졌다. 따라서 염소이온은 천연자연수의 오염도를 평가하는데 중요한 지표가 된다. 염소이온의 최고농도가 141 mg/L로 200 mg/L보다 낮아 127개소의 지하수는 담수 지하수에 속한다. 염소이온의 농도가 0~50 mg/L 범위는 91지점, 51~100 mg/L 범위는 31지점, 101~150 mg/L 범위는 5지점으로 50 mg/L 이하의 농도가 전체 지하수의 약 72%를 차지하였다. 염소이온의 최고농도는 서울시의 경우 250 mg/L, 강원도의 경우 561 mg/L, 충청남도 1,648 mg/L이었으며, 부산광역시 2,305 mg/L, 인천광역시의 경우 16,827 mg/L을 나타내 바닷가 부근지역의 경우 해수의 영향으로 매우 높게 나타남을 알 수 있었다.^{8,10,12-14} 황산이온은 자연수 중에 널리 존재하며, 주로 지질에서 기인하나, 각종 공장폐수, 비료, 광산폐수 등에 의해 수중으로 배출되어 오염되기도 하며 다량 섭취시 설사의 원인이 되기도 한다.²³ 전라남도 157 mg/L이었으며,¹⁵ 광주지역의 경우 최고농도 218 mg/L로 서울시 206 mg/L, 강원도 272 mg/L로 비슷한 경향을 나타냈다.¹³ 황산이온의 최고농도를 살펴보면, 경상남도 1,500 mg/L, 충청남도 1,756 mg/L, 인천시 2,289 mg/L로 나타났다.^{8,9,10} 과망간산칼륨소비량의 최고농도는 1.5 mg/L이었으며, 경상남도 29.3 mg/L, 부산시 48.0 mg/L, 서울시 37.0 mg/L, 강원도 9.9 mg/L를 나타냈다.^{9,12,13}

3.6. 증발잔류물, 전기전도도

증발잔류물은 부식 또는 스케일 형성에 영향을 미친다. 증발 잔류물을 구성하는 화합물로서는 염화물, 황산염, 마그네슘, 칼슘, 탄산염 등이 있다. 증발잔류물의 농도는 50~635 mg/L을 나타냈으며, 먹는물 기준인 500 mg/L 이상을 초과한 지점은 1지점이었으며 이는 경도, 염소이온, 황산이온에 기인된 것으로 사료되며, 전기전도도 또한 가장 높은 농도를 나타냈다. 다른 지역의 황산이온 최고농도를 살펴보면, 인천시의 경우 1,590 mg/L, 서울시 1,204 mg/L, 강원도 1,020 mg/L, 충청남도 2,452 mg/L로 비슷하며, 부산시의 경우 21,707 mg/L이었다.^{8,10,12-14} 전기전도도는 45~968 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타냈으며, 인천시⁸) 전기전도도는 최고 35,400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 해수의 영향을 받아 광주지역보다 약 37배 정

도 높게 나타났다.

3.7. 불소

불소는 지질 중 형석, 인회석으로 자연계에 널리 분포하며 화강암, 화산암, 충적층지대의 수중에 많이 함유되어 있으며 녹차, 어패류, 해산물 그리고 온천, 해수 등에 함유되어 있고 강한 산화력을 가지며, 반응성이 크며, 자연수 중에는 이온상태로 존재한다. 발생원은 인산비료제조, 유리제조공장의 불화물 함유가스의 습식 집진기, 폐수, 도료공장, 반도체공장에서 배출 등에 기인하는 것으로 충치예방에 유용하다.^{16,17} 지하수의 최고농도는 4.5 mg/L로 먹는물 기준 1.5 mg/L을 3배정도 높게 나타났다. 서울시의 경우 지하수중 불소의 농도가 5.6 mg/L, 경상남도 4.6 mg/L, 강원도는 12.6 mg/L로 가장 높았으며,^{9,13,14} 강원도의 약수는 불소가 0~4.6 mg/L의 범위를 보이며,¹⁴) 평균 1.16 mg/L을 나타냈으며, 이는 지질적인 영향으로 사료된다.

3.8. 망간, 철, 구리, 아연

망간은 인간을 포함한 모든 생물체에게 필수적 요소이며 지표에서 대개 철과 함께 나오며 주로 지질적인 요인에 의해 검출된다. 망간의 최고농도는 0.037 mg/L로 다른 지역의 최고농도를 살펴보면, 경상남도 6.23 mg/L, 충청남도 11.6 mg/L, 강원도 3.60 mg/L, 부산시 5.16 mg/L, 서울시 4.826 mg/L로 지질적인 영향으로 사료된다.^{9,10,12,14} 지표수에는 철 성분이 Fe^{3+} 형태로 존재하며, 철의 인체내 축적현상으로는 hemo-chromatosis(혈색증 : 피부 및 내장에 혈소 침착)을 유발하기도 한다. 또한 철이 존재하게 되면 철박테리아를 성장케 하는 원인이 된다. 철의 최고농도가 0.130 mg/L를 나타냈으며, 경기북부 일부 0.47 mg/L, 경상남도 3.08 mg/L, 충청남도 5.01 mg/L, 부산시 8.230 mg/L, 강원도 9.67 mg/L, 서울시 49.870 mg/L로 폐광산 지역에서 지하수의 철분함량이 높게 나타난 것으로 사료된다.^{9,10-14} 구리는 인체 내 축적이 어려우므로 만성 중독을 일으키기는 어려우나 간, 신장, 손상, 중추신경 장애(우울증), 소화기계 장애 등을 유발한다. 구리의 최고농도가 0.130 mg/L이었으며, 경기북부 0.883 mg/L, 강원도 2.43 mg/L, 충청남도 30.03으로 나타났다.^{10,11,14} 아연은 염 또는 유기착화합물의 형태로 거의 대부분의 음식과 음용수에 존재하는 필수 미량원소이다. 성인남성이 하루에 필요로 하는 양은 15~20 mg이다. 아연의 최고농도 2.018 mg/L를 나타냈으며, 기준 1.000

mg/L를 3지점에서 초과하였고, 부산시 7.700 mg/L, 서울시 1.148 mg/L, 경상남도 6.950 mg/L, 충청남도 30.030 mg/L, 강원도 12.190 mg/L, 경기북부 9.112 mg/L로 나타났다.^{9,10,12-14)}

3.9. 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌

트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌은 물, 에테르에 녹고 기름에 혼화되는 특징을 가지며 인체에 자극성 및 독성이 강하여 장기적으로 노출시 중추신경장애를 일으키는 유해물질이다. 지방, 왁스, 기름, 고무 등 금속부품의 탈지를 위해 사용되며 폐공을 통한 지하유입, 폐수 중에서 직접 유출, 대기 중에서의 물로의 침강 등으로 지하수를 오염시킬 수 있다.

트리클로로에틸렌 최고농도가 0.039 mg/L로 1지점에서 먹는물 기준은 초과하였다. 다른 지역의 트리클로로에틸렌 최고농도를 살펴보면, 경상남도 0.473 mg/L, 인천시 0.393 mg/L, 부산시 0.252 mg/L, 서울시 0.003 mg/L을 나타냈다. 광주지역 PCE의 최고농도는 0.001 mg/L로 미량 검출되었고, 경상남도 0.166 mg/L, 인천시 0.141 mg/L 부산시 0.047 mg/L을 나타냈다.^{8,9,12)} 오염사례를 보면, 1 km내의 광역적인 오염의 대부분은 트리클로로에틸렌에 의한 것이고, 테트라클로로에틸렌 오염은 국지적이며, 오염범위도 좁은 것이 특징인데 이는 트리클로로에틸렌은 대규모 공장에서 사용되는 비율이 크고 사용량도 연간 수 십톤에 이르고 테트라클로로에틸렌은 비교적 소규모의 사업소에서 사용되어 사용량도 많지 않는 것을 반영하고 있다.⁸⁾

3.10. 일반세균

일반세균은 보통 한천배지에 집락을 형성하는 생균으로 기본적인 조건(24±2시간, 35-37)에서 자랄 수 있는 세균의 총수를 말하며, 물의 오염상태나 안전성을 나타내는 지표중의 하나이다. 일반세균은 최고 1,200 CFU이었으며, 일반세균의 기준초과율은 127개 지하수의 약 20%를 차지하였다. 부산시의 경우 구별 전체 부적합율이 25.8~53.5%를 나타냈으며, 그중 세균학적 부적합율이 11.6~34.4%를 나타내 전체부적합의 50%를 차지했다.¹²⁾ 인천시의 경우 전체건수에 대하여 동구지역이 21.1%, 중구지역이 27.5%, 상반기 연수구 20%, 서구 18.0%의 부적합율을 나타냈으며, 하반기 연수구 25%, 서구 30.0%의 부적합율을 나타냈다.⁸⁾ 이는 지하수 주변의 관리소홀이 대부분으로 주변지역을 청결히 하고 소독을 철저히 하는 등의 지속적인 관리가 중요

한 것으로 사료된다.

3.11. 나트륨, 암모늄, 칼륨, 마그네슘, 칼슘

나트륨은 인체의 근육신경조절, 체액 pH 평형유지, 삼투압조절 등의 역할이 있다.²⁴⁾ 나트륨의 농도는 4.2~142.8 mg/L를 나타냈으며, 인천시의 경우 최고농도가 10,000 mg/L⁸⁾ 강원도 온천수의 최고농도 239.1 mg/L²⁵⁾ 강원도 약수 734.67 mg/L,²⁶⁾ 제주도의 최고농도는 88.80 mg/L,²⁷⁾ 경기북부의 최고농도는 81.7 mg/L,¹¹⁾ 경기북부 약수 59.16 mg/L²⁴⁾ 부산시 약수 20.4 mg/L²⁸⁾를 나타냈다. 암모늄은 알칼리금속이온과 비슷한 성질을 가지며, 암모늄이온의 농도는 0~1.5 mg/L를 나타냈다. 칼륨은 세포의 삼투압조절, 심장기능 활성화의 역할을 한다.²⁴⁾ 광주지역의 칼륨농도는 0.2~9.4 mg/L이었고, 다른 지역의 칼륨의 최고농도를 살펴보면, 부산시 약수 2.0 mg/L, 제주도 8.82 mg/L, 인천시 40 mg/L, 강원도 온천수 2.01 mg/L, 강원도 약수 41.3 mg/L, 경기북부 약수 10.30 mg/L, 경기북부 49.0 mg/L를 나타냈다.^{8,25,26,27,28)} 마그네슘은 효소촉매작용, 자율 신경계 조절, 혈액의 알칼리화의 역할을 하며,²⁴⁾ 광주지역의 마그네슘농도는 0.2~32 mg/L로 다른 지역의 최고농도는 강원도 온천수 0.37 mg/L, 강원도 약수 87.4 mg/L, 부산시 약수 4.9 mg/L, 제주도 20.26 mg/L, 경기북부 50mg/L, 경기북부 약수 12.41 mg/L, 인천시 1057.0 mg/L를 나타냈다.^{8,11,24-28)} 칼슘은 인체의 골격, 치아를 형성하며, 심장수축작용의 역할을 한다. 칼슘의 농도는 1.1~125.3 mg/L를 나타냈으며, 다른지역의 최고농도는 인천시 340.2 mg/L, 강원도 온천수 9.2 mg/L, 강원도 약수 246.1 mg/L, 경기북부의 약수 49.67 mg/L, 경기 북부 158 mg/L, 제주도 21.0 mg/L, 부산 약수 17.7 mg/L,^{11,14,24,25,27-29)}를 나타냈다.

3.12. 상관관계분석

Table 3과 같이 항목별 상관관계를 살펴보면, 색도와 탁도와 0.82의 높은 상관관계를 나타냈으며, 다른 지역도 서울시 0.983,¹³⁾ 경상남도 0.66⁹⁾으로 비교적 높은 상관관계를 나타냈다. 탁도와 불소가 0.56으로 서울시 -0.27¹³⁾ 경상남도 0.20⁹⁾의 상관관계를 나타냈으며, 질산성질소와 염소이온이 0.62로 높은 상관관계를 나타냈으며, 서울시 0.544,¹³⁾ 인천시 0.696, 0.467,⁸⁾ 제주도의 경우²⁷⁾ 표고 160~240 m 이상에서는 0.64~0.74의 높은 상관관계를 나타냈다. 경도와 염소이온, 황산이온, 증발잔류물의 상관관계는 0.44, 0.30, 0.91을 나타냈으

Table 3. The correlation coefficient of test items in groundwater quality of Gwangju

	Color	Turbi- dity	NO ₃ -N	pH	Har- dness	Cl	So ₄ ²⁻	Total Solids	F	Mn	Fe	Cu	Zn	TCE	Conduc- tivity	Total colony counts	Na	NH ₄ ⁺	K	Mg	Ca	
Color	1.00																					
Turbidity	0.82	1.00																				
NO3-N	-0.12	-0.11	1.00																			
pH	0.10	0.05	-0.19	1.00																		
Hardness	0.13	0.14	0.23	0.22	1.00																	
Cl	0.03	0.01	0.62	-0.07	0.44	1.00																
SO42-	0.14	0.08	-0.03	0.22	0.30	0.35	1.00															
Total Solids	0.14	0.12	0.33	0.19	0.91	0.69	0.59	1.00														
F	0.26	0.56	-0.15	0.14	0.16	0.04	0.47	0.25	1.00													
Mn	0.01	0.00	-0.08	0.12	0.00	-0.09	-0.02	-0.03	0.01	1.00												
Fe	0.20	0.08	-0.09	-0.01	-0.06	-0.10	-0.03	-0.08	0.10	-0.01	1.00											
Cu	-0.07	-0.06	0.05	-0.01	0.07	0.03	-0.04	0.05	-0.04	0.01	-0.01	1.00										
Zn	-0.02	0.06	0.06	-0.17	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	0.01	1.00									
TCE	-0.05	-0.03	-0.04	-0.04	0.03	0.01	0.05	0.01	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	0.09	1.00								
Conductivity	0.12	0.04	0.29	0.12	0.78	0.62	0.46	0.85	0.15	-0.03	-0.10	-0.01	0.02	0.01	1.00							
Total colony counts	0.12	0.10	-0.08	0.06	-0.08	-0.04	-0.06	-0.09	-0.08	-0.02	-0.04	-0.07	0.03	-0.06	0.04	1.00						
Na	-0.01	-0.04	0.08	0.01	0.03	0.45	0.45	0.27	0.16	-0.04	-0.06	-0.04	-0.03	-0.03	0.45	0.23	1.00					
NH4+	0.09	-0.03	-0.03	-0.10	-0.22	-0.26	-0.20	-0.29	-0.08	-0.06	0.00	0.06	-0.01	-0.07	-0.28	-0.04	-0.30	1.00				
K	0.22	0.04	0.13	-0.11	0.13	0.04	-0.05	0.09	-0.05	-0.10	-0.09	0.14	-0.05	0.00	0.04	0.07	-0.09	0.27	1.00			
Mg	0.07	0.10	0.27	0.05	0.84	0.45	0.16	0.76	0.04	-0.06	-0.10	0.03	-0.03	-0.01	0.75	-0.05	0.00	-0.23	0.19	1.00		
Ca	0.19	0.19	0.22	0.21	0.87	0.46	0.39	0.85	0.21	0.04	-0.05	0.12	0.01	0.02	0.77	-0.08	0.06	-0.20	0.16	0.83	1.00	

며, 이는 서울시, 강원도, 인천시의 경우도 비슷한 경향을 나타냈다.^{8,13,14)} 경도는 물에 함유된 칼슘과 마그네슘의 총량을 나타냄에 따라 경도와 전기전도도, 마그네슘, 칼슘은 높은 상관관계를 나타냈다. 염소이온과 칼슘, 마그네슘의 상관관계는 0.45, 0.46으로 부산일부 약수²⁸⁾와 비슷한 경향을 나타냈으며, 염소이온과 황산이온의 상관관계는 0.35로 서울시(김익수 외, 2004)와 비슷한 상관관계를 나타냈고, 인천시⁸⁾과 제주도²⁷⁾는 광주 지역보다 더 높은 상관관계를 나타냈다. 염소이온과 나트륨의 상관관계는 0.45로 부산일부 약수²⁸⁾와 인천시⁸⁾가 비슷한 경향을 나타냈다. 황산이온과 증발잔류물, 불소, 전기전도도, 나트륨, 칼슘과 약 0.40 정도의 높은 상관관계를 나타냈다. 염소이온과 달리 마그네슘과의 상관관계는 0.16으로 낮게 나타났다. 증발잔류물과 전기전도도, 마그네슘, 칼슘과 높은 상관관계를 나타냈으며, 전기전도도와 염소이온, 황산이온, 나트륨, 마그네슘, 칼슘과 높은 상관관계를 나타냈으며, 이는 전기전도도가 물속에 용해되어 있는 전해질의 차이에 의해 결정되기 때문에 용액 중의 이온세기를 나타냄을 알 수 있었다. 마그네슘과 칼슘의 상관관계는 0.83으로 높게 나타났으며, 인천시⁸⁾와 제주도²⁷⁾비슷한 상관관계를 나타냈다. 염소이온과 질산성질소, 증발잔류물, 전기전도도, 나트륨, 마그네슘, 칼슘과 높은 상관관계를 나타내 지하수에 오염물질이 유입될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

광주지역에 대한 127개소의 지하수에 대한 수질특성은 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 음이온 성분에 대한 분석결과를 살펴보면, 염소이온 > 황산이온 > 질산성 질소 > 불소 순이었고, 양이온의 경우 칼슘 > 나트륨 > 마그네슘 > 칼륨 > 암모늄 순으로 나타났다.
2. 항목별 부적합율을 살펴보면 전체 127개소의 지하수 중 일반세균 21.3%, 질산성질소 20.5%을 나타냈고, 그밖에 아연, 경도, 황산이온, 증발잔류물, 색도, 탁도가 2% 이하로 나타났다.
3. 일반세균 부적합이 전체지하수의 21.3%로 나타나 철저한 주변의 청결유지가 이루어져야 할 것이다.
4. 경도와 염소이온, 황산이온, 증발잔류물의 상관관계는 0.44, 0.30, 0.91을 나타냈으며, 이는 서울, 강원, 인천의 경우도 비슷한 경향을 나타냈다. 질산성질소와 염소이온이 0.62로 높은 상관관계를 나타냈으며,

염소이온과 황산이온의 상관관계는 0.35로 서울과 비슷한 상관관계를 나타냈고, 인천과 제주는 광주 지역보다 더 높은 상관관계를 나타냈다.

5. 질산성질소의 경우 다른 도시 지역 보다는 낮은 농도를 나타냈으나 먹는물 기준을 초과한 지점이 많아 집중적으로 기준 초과가 많은 지역을 선정하고, 오염관리 지역으로 지정하여 관리하고 오염원을 차단하거나 그라우팅을 실시하여 더 이상 오염이 확산되지 않도록 하여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한정상, 2000, *지하수 환경과 오염*, 박영사.
2. 김죄근, 1998, *수질오염개론*, 동화기술.
3. 김학명, 이상호, 탁성제, 한재석, 1997, *지하수 오염론*, 동화기술.
4. 광주광역시, 2005, *2004 환경백서*.
5. 환경부, 2005, *환경백서 2005*.
6. 환경부, 2002, *먹는물수질공정시험방법*. 환경부고시, 2002-91호.
7. 환경부, 2003, *먹는물수질기준및검사항목에관한규칙*.
8. 이창근, 박종수, 곽완순, 김현주, 전미희, 정일진, 이영주, 2003, *지하수 오염지도를 이용한 효율적인 지하수 관리방안 연구(III)*, 인천광역시보건환경연구원보, p156-169.
9. 김승현, 이찬원, 허종수, 1998, *경상남도 지역의 지하수질 특성조사*. 한국환경과학회지, 제7권(제6호), 859-865, 1998.
10. 김홍락, 한운우, 박혜숙, 2002, *충청남도 음용지하수 수질의 특성*. 한국환경과학회지, 제11권(제7호), 721-727.
11. 손진석, 오조교, 배용수, 정은희, 박진호, 황성민, 2002, *경북북부지역 지하수의 지역별 미량무기물질 함유실태 조사연구*. 경기도보건환경연구원보.
12. 유숙진, 김광수, 2003., *부산시 지하수의 수질특성에 관한 연구*. 부산광역시보건환경연구원보, 제13권 (II) 90-136.
13. 김익수, 이재영, 최상일, 서울지역의 지하수 수질특성에 관한 연구, 한국지하수토양환경학회지, Vol. 9, No. 2. pp 54-63, 2004.
14. 정원구, 방명렬, 김종철, 이태준, 현근우, 은주영. *강원도 지하수의 수질 특성에 관한 조사연구*, 강원도보건환경연구원보, Vol 15 : 77-89, 2004.
15. 배주순, 박귀남, 이덕안, 김양기, 문희, 박승인, 서윤규, 이해훈, 허남철, 양수인, 2003, *비상급수시설의 효율적인 관리 방안에 관한 연구*. 전라남도보건환경연구원보, p119-140.
16. Steven S B, Peter N, Raj A, 1993, *Groundwater Con-*

- tamitation.* 36.
17. Philp, B B, Handadi, S R, Charles, J N, 1994, *Groundwater Contamination Transport and Remediation*, 81.
 18. 박석기, 안승구, 엄석원, 1998, *먹는물의 수질관리*. 동화기술, 1998.
 19. 이창기, 1993, *환경과 건강*, 하서출판사, p. 141-143.
 20. National Reseach Council, 1995, *The health effects of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds*. Natl. Acad of Sci., Washington, D.C.
 21. 조선형, 고종안, 1999, *지하수 어떻게 할 것인가*, (주) 북스힐, p.161-164, 174, 183.
 22. 황재석, 1999, *맛있고 건강에 이로운 물을 평가하는 방법에 관한 연구*, 충청남도보건환경연구원보
 23. 미국환경청편, 1987, *음용수중의 각종 화합물질의 건강 영향 평가*.
 24. 박진호, 손진석, 오조교, 유재인, 정은희, 정종필, 2002, *경기북부지역 약수터의 수질실태에 관한 조사 연구*, 경기도보건환경연구원보.
 25. 현근우, 방명렬, 김종철, 이태준, 원운재, 정원구, 고상열, 김영진, 정의호, 2003, *강원지역 온천수의 수 질특성과 관광자원화 방안에 관한 연구*, 강원도보건환경연구원보, Vol 14: p88-96.
 26. 정원구, 방명렬, 김종철, 이태준, 현근우, 고상열, 원운재, 박정희, 김영진, 정의호, 2002, *약수의 수질 특성에 관한 연구*, 강원도보건환경연구원, Vol 13: p150-156.
 27. 김태현, 김영주, 김길성, 김세라, 오테권, 박인철, 2004, *표고별 제주도 지하수의 수질의 특성비교*, 제주도보건환경연구원, Vol 15: p149-171.
 28. 김현실, 2001, *부산지역 일부 약수터의 수질특성에 관한 연구*, 부산광역시보건환경연구원, 제11권, p. 152-174.
 29. 김경태, 박종수, 곽완순, 전미희, 이병욱, 이주형, 이영주, 2003, *지하수 오염지도를 이용한 효율적인 지하수 관리방안 연구(IV)*, 인천광역시보건환경연구원, p185-201.