

## 경산시 지하수의 수질특성에 관한 연구

송 성 숙 · 박 병 윤 · 이 부 용  
대구가톨릭대학교 환경과학과  
(2005년 8월 1일 접수; 2007년 6월 1일 채택)

### A Study on the Characteristics of Groundwaters in Gyeongsan City

Sung-Sook Song, Byoung-Yoon Park and Bu-Yong Lee

Department of Environment Sciences, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea

(Manuscript received 1 August, 2006; accepted 1 June, 2007)

This study was performed to provide the basic information on characteristics of groundwater pollution in Gyeongsan city. Forty two groundwater samples were collected, and pH, DO, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, T-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Cl, Ca, Mg, hardness, evaporate residues and others were investigated. And, ANOVA analyses were carried out to reveal the differences in water pollution indicator values of by industry, commerce/residence and agriculture areas.

The results were as follows.

1. The mean values of pH, DO, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, T-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Cl, evaporate residues, Ca and hardness were 6.9, 7.9 mg/l, 0.4 mg/l, 2.44 mg/l, 2.73 mg/l, 6.06 mg/l, 0.82 mg/l, 32.72 mg/l, 381.67 mg/l, 41.53 mg/l, 177.17 mg/l, respectively.

2. As groundwater became deeper, the values of Cl, Ca, Mg, Na, hardness and evaporate residues remarkably increased, but those of COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, T-N decreased.

3. The values of COD, Cl, Ca, Mg, Na, hardness and evaporate residues were very high in industrial area, and those of NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, T-N were very high in commercial/residential area, and those of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N were a little high in agricultural area.

4. The correlations between depth and each value of Mg, Na, Fe, hardness and evaporate residues were highly positive, and those between DO and each value of Mg, Cu, Fe, hardness and evaporate residues were highly negative.

5. According to ANOVA analyses, the differences in three area groups (industry, commerce/residence and agriculture) on the values of NH<sub>3</sub>-N, T-N, evaporate residues, hardness, Ca, Mg, K and Fe were significant at 1% level.

Key Words : Groundwaters, ANOVA analyses, Pollution indicators, Correlations

#### 1. 서 론

지하수는 한번 오염되면 정화하기가 거의 불가능하다. 이는 지하수에서는 일반적인 산화 환경의 미생물이 살아가기 어려우므로 강이나 호수에서 일어

나는 것과 같은 자연정화 과정이 없기 때문이다. 또한 지하수를 정화하기 위해서는 엄청난 돈과 노력이 필요하므로 지하수가 오염된 경우에는 대부분 방치하고 있는 실정이다. 따라서 지하수 오염은 매년 심각해지고 있고, 이미 많은 지역에서 지하수를 더 이상 안전하게 사용할 수 없게 되었다.

지금까지 우리나라 지하수 오염에 관한 연구는 지질학적 측면과 음용수로서의 적합성에 중점을 둔

Corresponding Author : Sung-Sook Song, Department of Environment Sciences, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea  
Phone: +82-053-850-3247  
E-mail: bypark@cu.ac.kr

연구들이 많았다. 김 등<sup>1)</sup>과 양<sup>2)</sup> 및 천<sup>3)</sup>은 각각 경상남도 지역, 마산·창원 지역, 대구 지역에서 지하수의 수질특성을 조사하였으며, 김 등<sup>4)</sup>은 강원도에서 음용되는 지하수의 수질특성에 관한 조사 연구를 하였다. 하<sup>5)</sup>는 지역적 특성에 따른 지하수 수질오염과 비교에 관한 연구에서 지역특성에 따른 오염도를 검토하였다. 이러한 연구들에 따르면 지하수가 현재 많이 오염된 상태이며, 특히 인구가 밀집되고 공장이 많은 지역에서 더욱 오염이 심각해지고 있어 지리적 요인에서 발생하는 오염뿐만 아니라 인위적 요인이 지하수 오염에 큰 원인으로 작용하고 있음이 밝혀졌다.

본 연구의 대상지역인 경산시는 1995년 시·군 통합 이후 인구가 1995년 16만 5천 명에서 2004년 인구가 22만 3천 명 이상<sup>6)</sup>을 이루는 대도시로 급격히 성장하면서 주택과 공단 지역이 크게 확장되었다. 이 결과 생활하수와 공단폐수에 의해 지하수 수질이 크게 위협받고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 경산시 지하수의 오염특성을 파악하고, 효율적인 지하수 관리에 필요한 자료를 얻고자, 경산시 지역의 지하수를 대상으로 깊이, 온도, pH, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 암모니아성질소(NH<sub>3</sub>-N), 아질산성질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), 질산성질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), 총질소(T-N), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Cl, 증발잔류물, Ca, Mg, 경도, Na, K, Pb, Cr, Cu, Zn, Fe 등 22개 항목을 조사·분석하였다. 자료 분석을 위하여 통계분석 프로그램인 SAS를 이용하였으며 각 항목별 상관관계를 파악하였다. 또한 경산시의 농업지역, 주거 및 상업지역, 농촌지역 등의 토지이용별 차이를 검토하기 위해서 ANOVA 분석을 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시료

본 연구는 2000년 9월, 경산시 지역의 5개 지역을 선정하여 주거지역으로 경산시내(9개 지점)와 하양 시내(9개 지점), 농업지역으로 하양외곽(7개 지점)과 와촌면(11개 지점), 공업지역으로 진량면 소재 진량공단(6개 지점)을 대상으로 하여 총 42개 지점을 선정하여 지하수를 채취하였다.

시료는 용량 6 l PE(polyethylene)재질의 채수병을 사용하여 채수하고자 하는 물로 3회 이상 씻은 후 채수하여 온도를 측정하고, 운반중 공기와의 접촉이 없도록 시료를 가득 채워 실험실로 운반한 후 곧바로 pH를 측정하고, 산 처리 후 냉장보관하면서 분석에 사용하였다.

### 2.2. 실험방법

경산시 42개 지점에서 각각 지하수 6 l 씩을 채취

하여 음용수 수질기준 45항목 중 pH, 암모니아성질소(NH<sub>3</sub>-N), 질산성질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), 염소(Cl), 증발잔류물(evaporate residues), 경도(hardness), Cu, Zn, Fe, Cr, Pb 등 11개 항목과 지하수의 일반적 특성과 관련된 깊이, 온도, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 아질산성질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), 총질소(T-N), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Ca, Mg, Na, K 등 11개 항목 총 22개 항목을 환경부 먹는물관리법 제5조의 2규정에 의한 먹는물 수질공정시험방법<sup>7)</sup>과 수질오염공정시험방법<sup>8)</sup>에 준하여 분석하였다.

이 때 pH는 pH meter(sensonix, PE-7E), NH<sub>3</sub>-N은 인도페놀법, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N은 부루신법, Cl은 argentometric법, 증발잔류물은 증량법, DO는 윙클러-아지드화나트륨변법, COD는 KMnO<sub>4</sub> 산성산화법, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N는 디아조화법, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P은 염화제일주석환원법, Ca와 Mg는 EDTA 적정법으로 측정하였으며, Na, K, Cu, Zn, Fe, Cr, Pb 등의 무기이온 및 중금속은 0.1N-HCl 용액으로 추출하여 원자흡광분광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Unicam 929)로 측정하였다.

그리고 통계처리 프로그램인 SAS를 사용해서 평균, 표준편차, 최대·최소치, 그리고 성분별 상관관계를 알아보았고, 토지이용별 차이를 알아보기 위해서 ANOVA 분석을 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 지하수 수질 특성

경산시 지역의 42개 지점에서 채취한 지하수에 대하여 분석한 결과는 Table 1과 같았다.

pH는 5.2-8.3의 범위로서 각 지점별 차이는 조금 있었으나 음용수 수질기준인 5.8-8.5를 크게 벗어나지는 않았으며, COD 역시 지점별 차이는 있었으나 0-1.6 mg/l의 범위로 지하수 수질환경기준(생활용수)에는 모두 적합한 것으로 나타났다.

NH<sub>3</sub>-N은 0-6.30 mg/l의 범위로 나타났으며, 특히 전체 채수 지역 중에서 86% 정도가 기준치를 초과하는 것으로 나타나 상당 지역이 분뇨, 하수, 폐수, 비료 등으로 오염되고 있을 것으로 판단된다.

Cl의 평균농도는 32.72±27.11 mg/l로 음용수 수질기준인 150 mg/l 보다는 매우 낮게 나타났으나, Cl의 오염이 가정하수, 분뇨오수 등의 인위적 오염원에 의해 오염되므로 지하수 속에서 검출된 Cl은 매우 중요한 의미를 갖는다.

증발잔류물의 평균 농도는 381.67±311.275 mg/l이며, 음용수 수질기준 500 mg/l를 초과한 것은 12개 지점(30%)이었다.

경도의 평균 농도는 177.17±159.29 mg/l로 비교

경산시 지하수의 수질특성에 관한 연구

Table 1. The pollution characteristics of groundwaters in Gyeongsan city (n=42) (Unit : mg/l)

Pollution indicators	Range	Mean value ±S.D	Drinking water standard
pH	5.2-8.3	6.9±0.7 (3)	5.8-8.5
DO	3.3-11.1	7.9±2.1	
COD	0.0-1.6	0.4±0.5	
NH <sub>3</sub> -N	0.00-6.30	2.44±1.84 (36)	0.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.00-1.26	0.94±0.31	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0.00-7.67	2.73±1.85	10
T-N	1.48-11.00	6.06±2.52	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	0.78-1.15	0.82±0.06	
Cl	3.55-102.82	32.72±27.11	150
E.R*	40-1350	381.67±311.275 (12)	500
Ca	2.4-164.33	41.53±42.44	
Mg	0.06-81.47	17.80±17.30	
Hardness	16.00-715.76	177.17±159.29 (6)	300
Na	3.84-76.58	27.43±18.82	
K	0.02-0.66	0.34±0.29	
Pb	ND	ND	0.1
Cr	ND	ND	0.05
Cu	0.00-0.11	0.03±0.02	1.0
Zn	0.00-0.75	0.12±0.15	1.0
Fe	0.02-0.47	0.15±0.10 (3)	0.3

E.R\* : evaporate residues, ND : not detected  
( ) : the number of samples which exceeded drinking water standards

적 높았다. 경도의 높고 낮음은 물 사용의 용도에 영향을 미친다<sup>9)</sup>. 음용수로 사용하기에는 50 mg/l 이하의 연수가 적절하며, 100-150 mg/l 인 경우 파이프내에 스케일이 형성되며, 200 mg/l 이상인 경수를 가정용으로 사용하려면 연수화시키는 것이 좋다<sup>10)</sup>.

Cu, Zn, Fe, Na, K의 농도는 각각 0.00-0.11 mg/l, 0.00-0.75 mg/l, 0.02-0.47 mg/l, 3.84-76.58 mg/l, 0.02-0.66 mg/l의 범위였다. Cu는 1 mg/l 이상에서는 금속이나 세탁물을 청색화시키는 요인이 되며<sup>11)</sup>, Zn은 수질에 있어 백탁과 불쾌미의 원인이 되며, Fe는 1 mg/l 이상에서 금속 맛을 유발시켜 음료수의 가치를 저하 시킨다<sup>12)</sup>. K는 음전하를 띠는 점토광물이나 유기성 콜로이드 입자에 Na보다 강하게 흡착되거나 광물구조 내에 쉽게 치환되어 들어가므로 지하수 중의 K의 농도는 Na보다 훨씬 낮게 나타난다<sup>13)</sup>.

3.2. 깊이별 지하수질 특성

Table 2에서는 지하수의 깊이에 따른 각 성분을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

pH는 평균농도가 6.9 로서 깊이별 차이가 없었으며, DO는 150 m 이하에서는 7.9 mg/l, 150 m 이상에서는 8.1 mg/l 로서 역시 깊이별로 큰 차이를 나타내지 않았다.

COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, T-N도 지표면에 가까운 150 m 이하 지하수에서 비교적 높게 나타났는데, 이는 천<sup>3)</sup>이 대구지역 지하수의 수질을 조사한 결과에서 COD와 질소성분들은 깊이가 얕을수록 높게 나타난 것과 일치한다. 이는 지표수가 지하로 깊이 스며드는 과정에서 흡착, 분해 등과 같은 정화작용을 거치게 된 결과로 판단된다.

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P은 깊이별 차이를 나타내지 않았다. 이 등<sup>14)</sup>이 호남지역의 시설원예재배지 지하수중 화학성분 변동요인 조사에서도 인은 깊이별 차이를 나타내지 않았는데, 이는 인산이 물에 쉽게 용해되지 않고, Fe, Al 등과의 흡착이 쉬어 용탈이 어렵기 때문으로 판단된다.

Cl은 150 m 이상인 지하수에서 높게 나타나, 천<sup>3)</sup>이 대구지역을 대상으로 Cl을 조사한 결과 지표면에 가까울수록 높게 나타난 결과와는 상반되었다.

Table 2. Mean values of groundwater pollution indicators with vertical depth (Unit : mg/l)

Pollution indicators	Mean value±S.D	
	<150m n=30	150-300m n=12
pH	6.9±0.7	6.9±0.6
DO	7.9±2.0	8.1±2.4
COD	0.5±0.5	0.3±0.3
NH <sub>3</sub> -N	2.71±1.74	1.79±1.98
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0.98±0.27	0.86±0.40
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	2.97±2.09	2.12±0.85
T-N	6.58±2.33	4.77±2.62
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	0.82±0.03	0.83±0.10
Cl	29.31±23.58	41.24±34.10
E.R*	334±248	502±420
Ca	35.28±35.26	57.15±55.35
Mg	14.39±11.82	26.33±25.22
Hardness	147.59±110.06	251.11±232.99
Na	24.89±16.36	33.78±23.51
K	0.37±0.28	0.28±0.31
Pb	ND	ND
Cr	ND	ND
Cu	0.02±0.02	0.04±0.02
Zn	0.11±0.16	0.12±0.11
Fe	0.12±0.07	0.22±0.13

E.R\* : evaporate residues, ND : not detected

무기이온 성분인 Ca, Mg, 경도, 증발잔류물, Na 등은 150 m 이상인 지하수에서 보다 높게 나타났다. 이는 지표수가 지하로 깊이 스며드는 동안 암석이나 토양 중의 무기성분을 지속적으로 용해시키기 때문으로 생각된다.

Pb와 Cr은 불검출 되었고, Cu, Zn 그리고 Fe은 깊이가 깊은 곳에서 약간 높게 나타났으나 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났다. 채<sup>15)</sup>의 금호강 하류 인근 부락 지하수의 조사에서 Cu의 함량이 지하수의 깊이가 얇은 곳에서 다소 높게 나타났다고 보고한 것과 상반된 결과를 보였으나 깊이에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

### 3.3. 토지 이용별 지하수질 특성

경산지역을 진량면에서 압량리 지점과 다문리 지점을 제외한 4개 지점을 공업지역으로, 경산시내와 하양시내 18개 지점을 주거 및 상업지역으로, 와촌과 하양외곽의 18개 지점과 진량면의 2개 지점(압량리 지점과 다문리 지점)을 농촌지역으로 나누어 이 3개의 지역에 대한 토지 이용별 지하수질의 특성을 비교해 본 결과는 Table 3과 같았다.

pH는 중성부근으로 토지 이용별 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, DO는 공업지역에서 비교적 낮게 나타났다.

COD는 공업지역에서 평균 농도가 0.6 mg/l로서 주거 및 상업지역 0.3 mg/l, 농촌지역 0.5 mg/l 보다 비교적 높았다.

질소성분인 NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, T-N 등은 주거 및

상업지역에서 비교적 높게 나타났으며, 총질소의 경우 주거 및 상업지역의 평균이 7.35 mg/l로써 공업지역 4.05 mg/l, 농촌지역 5.31 mg/l 보다 매우 높게

Table 3. Mean values of groundwater pollution indicators with land use of Gyeongsan city (Unit : mg/l)

Pollution indicators	Mean value±S.D		
	Industry n=4	Commerce and Residence n=18	Agriculture n=20
pH	7.4±0.2	6.9±0.6	6.7±0.8
DO	5.1±1.0	7.9±2.3	8.5±1.7
COD	0.6±0.3	0.3±0.4	0.5±0.6
NH <sub>3</sub> -N	1.20±0.15	4.22±1.26	1.10±0.81
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	1.01±0.09	1.04±0.02	0.84±0.44
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	1.84±0.74	2.20±0.75	3.37±2.44
T-N	4.05±0.67	7.35±1.70	5.31±2.84
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	0.79±0.01	0.84±0.08	0.82±0.02
Cl	58.49±44.89	30.72±18.84	29.35±28.19
E.R*	950±374	375±291	247±177
Ca	118.24±49.90	23.85±21.35	42.10±39.38
Mg	55.94±20.42	16.74±13.12	11.13±8.47
Hardness	525.59±175.58	128.45±87.98	151.33±120.21
Na	50.99±13.03	28.70±20.23	21.58±14.72
K	0.02±0.00	0.25±0.29	0.50±0.22
Pb	ND	ND	ND
Cr	ND	ND	ND
Cu	0.06±0.01	0.02±0.02	0.02±0.02
Zn	0.13±0.07	0.06±0.07	0.16±0.19
Fe	0.30±0.11	0.15±0.09	0.12±0.08

E.R\* : evaporate residues, ND : not detected

Table 4. Correlation coefficients(r) between pollution indicators of the groundwaters in Gyeongsan city

	Depth	DO	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	T-N	Cl	Ca	Mg	Hard*	E.R*	Na	K	Cu	Zn	Fe
Depth	1.000															
DO	0.079	1.000														
NH <sub>3</sub> -N	-0.141	0.161	1.000													
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	-0.184	0.260	-0.176	1.000												
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	-0.004	-0.055	0.439**	0.081	1.000											
T-N	-0.233	0.280	0.636**	0.631**	0.495**	1.000										
Cl	0.230	-0.089	-0.061	-0.064	-0.202	-0.108	1.000									
Ca	0.382*	-0.378*	-0.315*	0.021	0.073	-0.188	0.515**	1.000								
Mg	0.479**	-0.439**	-0.008	-0.216	0.152	-0.129	0.468**	0.597**	1.000							
Hard*	0.463**	-0.447**	-0.214	-0.080	0.117	-0.181	0.554**	0.935**	0.843**	1.000						
E.R*	0.473**	-0.318*	-0.032	-0.199	0.200	-0.165	0.490**	0.697**	0.615**	0.740**	1.000					
Na	0.425**	-0.245	-0.005	-0.284	0.226	-0.221	0.313*	0.411**	0.365*	0.437**	0.802**	1.000				
K	-0.069	0.586**	-0.095	0.151	-0.229	-0.005	-0.080	-0.183	-0.311*	-0.260	-0.332*	-0.492**	1.000			
Cu	0.304	-0.376*	-0.274	-0.190	-0.195	-0.345*	0.250	0.396**	0.360*	0.424**	0.368*	0.392*	-0.431**	1.000		
Zn	0.125	0.036	-0.247	0.404**	0.195	0.155	-0.163	-0.048	-0.025	-0.044	-0.103	-0.102	-0.050	-0.051	1.000	
Fe	0.452**	-0.529**	-0.150	-0.260	-0.002	-0.281	0.144	0.507**	0.410**	0.521**	0.441**	0.389*	-0.512	0.496**	-0.003	1.000

Hard\* : hardness, E.R\* : evaporate residues

\* : significant at 5 % level, \*\* : significant at 1 % level

나타났는데 이는 정화조, 가정하수, 축산폐기물 및 쓰레기에 의한 오염영향과 철저히 하지 못한 지하수 관리 때문으로 생각된다.

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 농촌지역에서 매우 높았으며, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P는 지역별 뚜렷한 차이가 없었다.

Cl, Ca, Mg, 경도, 증발잔류물, Na 등은 공업지역에서 월등히 높게 나타났다. Pb와 Cr은 모든 지역에서 검출되지 않았지만 Cu와 Fe는 공단지역에서 다소 높게 나타났다.

### 3.4. 각 성분들간의 상관관계

측정한 자료를 이용하여 수질특성을 나타내는 성분들간의 상관관계를 조사한 결과는 Table 4와 같았다.

깊이는 Mg, 경도, 증발잔류물, Na 및 Fe와 높은 정의 상관성을 보였으며, 한편 DO는 Mg, 경도, 증발잔류물, Cu 및 Fe와 높은 음의 상관을 나타내었다.

경도는 깊이, Cl, Ca, Mg, 증발잔류물, Na, Cu, Fe 등과 높은 상관성을 보였다. 이는 정 등<sup>6)</sup>이 경기 남부지역 시설 재배지의 지하수질 평가에서 Cl 등의 음이온과 Ca, Mg 등의 양이온이 고도의 정의 상관을 보였다는 보고와 이<sup>9)</sup>의 서울시내 지하수의 이

화학적 특성에 관한 연구에서 경도는 일부 항목을 제외한 전 항목에서 매우 높은 상관성을 보였다는 보고와 일치하는 결과였다.

### 3.5. 토지 이용별 분산분석

경산시를 공업지역(진량면), 주거 및 상업지역(경산시내, 하양시내), 농촌지역(하양외곽, 와촌면)으로 구분하여 수질특성을 나타내는 각 성분에 있어서 지역별 유의한 차이가 있는지를 분석한 결과는 Table 5와 같았다.

DO, Na, Cu 등은 5 % 수준에서 지역별 유의한 차이를 나타내었으며, NH<sub>3</sub>-N, T-N, 증발잔류물, Ca, Mg, 경도, K, Fe 등은 1 % 수준에서 유의한 차이를 나타냈다.

## 4. 결 론

경산시 지하수의 오염특성을 파악하기 위해 42개 지점에서 채수한 지하수를 대상으로 깊이, 온도, pH, DO, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, T-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Cl, 증발잔류물, Ca, Mg, 경도, Na, K, Pb, Cr, Cu, Zn, Fe 등을 조사 분석하였으며, 또한 경산시의 공업지역, 주거 및 상업지역, 농촌지역 등의 토지이용별 차이를 검토하기 위해서 ANOVA 분석을 하였다.

1) pH, DO, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, T-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Cl, 증발잔류물, Ca 및 경도의 평균값은 각각 6.9, 7.9 mg/l, 0.4 mg/l, 2.44 mg/l, 2.73 mg/l, 6.06 mg/l, 0.82 mg/l, 32.72 mg/l, 381.67 mg/l, 41.53 mg/l, 177.17 mg/l 이었다.

2) pH, DO 및 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P의 값은 깊이별 차이가 없었으며, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, T-N은 지표면에 가까운 150 m 이하 지하수에서 비교적 높게 나타났다. 그러나 Cl, Ca, Mg, Na, 경도 및 증발잔류물은 150 m 이상인 지하수에서 높게 나타났다.

3) COD, Cl, Ca, Mg, Na, 경도 및 증발잔류물은 공업지역에서, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, 및 T-N은 주거 및 상업지역에서, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N은 농촌지역에서 높게 나타났다.

4) 깊이는 Mg, Na, Fe, 경도 및 증발잔류물과 높은 정의 상관을 보였으며, 한편 DO는 Mg, Cu, Fe, 경도 및 증발잔류물과 높은 음의 상관을 나타내었다.

5) ANOVA 분석에 의하면 NH<sub>3</sub>-N, T-N, 증발잔류물, 경도, Ca, Mg, K 및 Fe 등은 지역간(공업지역, 주거/상업지역, 농촌지역) 매우 유의한 차이를 나타내었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 김승현, 이찬원, 허중수, 1998, 경상남도 지역의 지하수질 특성 조사, 한국환경과학회지, 7(6),

Table 5. The results from ANOVA analyses of three area groups (industry, commerce/residence and agriculture) (n = 42)

Pollution indicators	F-value	Probability
pH	1.57	0.2201
DO	4.96	0.0120*
COD	0.79	0.4623
NH <sub>3</sub> -N	48.89	0.0001**
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	2.14	0.1315
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	2.57	0.0897
T-N	5.51	0.0078**
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	1.81	0.1779
Cl	2.12	0.1335
E.R*	12.15	0.0001**
Ca	12.73	0.0001**
Mg	23.68	0.0001**
Hardness	17.12	0.0001**
Na	4.94	0.0123*
K	11.62	0.0001**
Pb	ND	ND
Cr	ND	ND
Cu	4.14	0.0234*
Zn	2.48	0.0967
Fe	5.28	0.0094**

E.R\* : evaporate residues, ND : not detected

\* : significant at 5 % level \*\* : significant at 1 % level

- 859-865.
- 2) 양운진, 1996, 마산·창원지역의 지하수 수질에 관한 연구, 한국수질보전학회지, 12(2), 215-223.
  - 3) 천경아, 1998, 대구지역 지하수의 수질특성, 석사학위논문, 경북대학교, 대구.
  - 4) 김성석, 이진호, 정재연, 김남성, 김순래, 김종철, 최규열, 정의호, 1995, 강원도에서 음용되는 지하수의 수질특성에 관한 조사 연구, 환경수질보전학회지, 11(3), 247-256.
  - 5) 하두홍, 1987, 지역적 특성에 따른 지하수 수질 오염과 비교에 관한 연구, 석사학위논문, 환경과학대학원, 한양대학교, 서울.
  - 6) 경산시, 2005, 2005통계연보, 53-55pp.
  - 7) 환경부, 1997, 먹는물수질공정시험방법, 40-55pp.
  - 8) 동화기술 편집부, 1992, 수질오염공정시험방법, 동화기술, 115-310pp.
  - 9) 이해식, 1992, 서울시내 지하수의 이화학적 특성에 관한 연구, 석사학위논문, 도시행정대학원, 서울시립대학, 서울.
  - 10) 한정상, 1986, 지하수학개론, 박영사, 11-487pp.
  - 11) 김정현, 1977, 수질오염개론, 고문사, 112-162pp.
  - 12) 임제빈, 1990, 환경화학, 동화기술, 167-260pp.
  - 13) 조병욱, 성익환, 추창오, 이병대, 김통권, 1998, 대보화강암과 불국사 화강암지역 먹는샘물의 수리화학적 특성, 지질공학, 8(3), 247-259.
  - 14) 이덕배, 이경보, 이경수, 1996, 호남지역의 시설원예재배지 지하수중 화학성분 변동요인 조사, 환경과학회지, 15(3), 348-354.
  - 15) 채용곤, 1986, 금호강 하류 인근 부락 지하수의 이화학적 소견, 석사학위논문, 보건대학원, 경북대학, 대구.
  - 16) 정구복, 이종식, 김복영, 1996, 경기 남부지역 시설재배지의 지하수질의 평가, 한국토양비료학회지, 29(4), 389-395.