

## 대구시 지하수의 수질특성

박 병 윤 · 천 경 아 · 이 동 훈 · 최 충 열 · 최 정 · 김 진 호<sup>\*\*\*</sup>  
대구효성가톨릭대학교 환경과학과 · 대구광역시 보건환경연구원  
<sup>\*\*</sup>경북대학교 농화학과 · <sup>\*\*\*</sup>상주대학교 식물자원학과  
(1999년 7월 19일 접수)

## The Characteristics of Groundwaters in Taegu City

Byung-Yoon Park, Kyung-Ah Cheon<sup>\*</sup>, Dong-Hoon Lee<sup>\*\*</sup>,  
Choong-Ryeol Choi<sup>\*\*</sup>, Jyung Choi<sup>\*\*</sup>, and Jin-Ho Kim<sup>\*\*\*</sup>

*Dept. of Environ. Sci., Catholic University of Taegu-Hyosung, Kyungpook, 712-702*

*\*Taegu City Government Institute of Health and Environment, Taegu, 706-090*

*\*\*Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu, 702-701*

*\*\*\*Department of Plant Resource, Sangju National University, Kyungpook, 742-170*

*(Manuscript received 19 July, 1999)*

The pollution characteristics of groundwaters in Taegu City and correlation coefficients( $r$ ) between water pollution indicators were investigated for two years from January 1996 to December 1997.

Volatile organic compounds such as TCE(tri-chloroethylene), PCE(tetrachloroethylene), 1,1,1-trichloroethane, THM(trihalo-methane), dichloromethane, pesticides such as diazinon, parathion, malathion, and toxic inorganic matters such as As, Hg, Se, Pb, Cd, Cr<sub>6</sub><sup>-</sup>, CN were not detected in the groundwaters.

Mean values of groundwater pollution indicators were below drinking-water standards, but hardness, KMnO<sub>4</sub>-C(potassium permanganate consumption), evaporate residues, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Fe, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, color and turbidity exceeded a little in some samples. As groundwater became deeper, hardness and evaporate residues remarkably increased, but KMnO<sub>4</sub>-C, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, Cl<sup>-</sup>, color, turbidity and bacteria decreased. KMnO<sub>4</sub>-C, evaporate residues, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> were very high at industrial and commercial areas, and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N were very high at agricultural and forest areas.

It showed high positive significances in the relationships between hardness and each of evaporate residues, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Zn and Mn, KMnO<sub>4</sub>-C and each of color, turbidity and Zn, color and each of turbidity, Cu, Zn and Mn, turbidity and each of Fe, Cu, Zn and Mn, and evaporate residues and each of Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> and Zn.

Key words : Taegu, groundwaters, pollution indicators, correlation coefficients( $r$ )

### 1. 서 론

물은 생명의 근원이며, 깨끗한 물은 건강한 삶을 위한 기본적인 요소이다. 또한 물은 농업, 수산업 및 공업의 기반이다. 그러나 오늘날 대규모로 진행되는 산업화는 물의 사용량을 급격히 증가시키고, 한편으로는 물을 오염시켜 사용가능한 물의 양을 격감시킨다. 오늘날 수많은 나라에서 오랫동안 물 기근으로 고통을 당하고 있으며, 우리 나라 역시 만성적인 물 부족 현상을 겪고 있다. 그리고 산업화과정에서 발생한 심각한 수질오염은 지표상수원을 오염시켜 수돗물의 안전성에 대한 국민들의 불신을 증가시키고 있다. 따라서 지표수만의 자원 활용은 한계에 도달하게 되어 대체 수자원으로 지하수 개발이 확대되고 있다. 특히 지하수는 수원의 안정적 확보와 손

쉽고 저렴하게 공급할 수 있다는 장점으로 인해 무엇보다 상수원으로서의 역할이 중요시되고 있다.<sup>1)</sup>

지하수는 외부의 오염원으로부터 보호되어 있고, 또한 빗물이나 지표수가 지층을 통과하는 동안 토양의 여과 및 이온교환능력에 의해 상당히 깨끗해져 있다. 더우기 지하수는 지상의 모든 담수의 약 3분의 2를 차지하며, 빙하와 만년설을 제외하면 이용할 수 있는 담수의 약 95%를 차지한다. 따라서 환경오염이 더욱 악화되고 있는 오늘날 지하수의 중요성은 아무리 강조되어도 지나치지 않을 것이다. 즉 지하수는 생명유지에 절대적으로 필요한 자원인 것이다.

그러나 산업화와 무분별한 지하수 개발은 지하수를 더 이상 청정한 수원으로 나두지 않고 있다. 수많은 화

확성분과 맹독성물질이 토양층을 통과하고 있으며, 무수한 폐공은 오염물질에 무방비상태로 방치되어 있다. 우리나라는 지하수 보존을 위한 의식과 정책이 가장 낙후되어 있다. 특히 강우량이 적은 경북과 대구지역에서 지하수가 많이 개발되고 있고, 또한 수많은 폐공이 방치되어 있어 이 지역에서 지하수의 보존은 중대한 기로에 와 있다. 따라서 지하수의 특성을 정확히 파악하여 지하수 보존을 위한 근본 대책을 수립하여야 한다. 지하수의 특성은 주로 해당지역의 기상환경과 지질환경의 영향을 받지만, 지하수가 대수층에 체류하는 기간이 길면 기상학적 영향보다 대수층의 지질학적 영향을 더 크게 받는다. 그러나 오늘날에는 환경오염과 무분별한 지하수 개발이 지하수의 특성을 결정할 수도 있다.

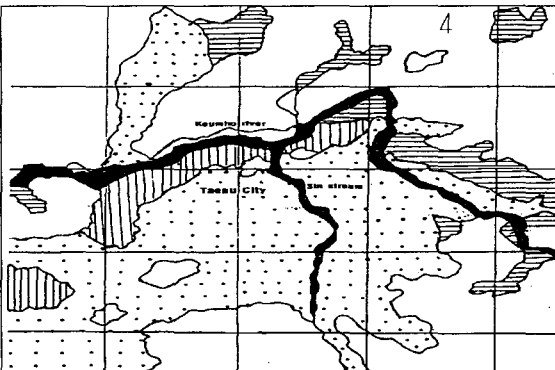
대구지역은 1970년대부터 지하수 개발붐이 일어나 연평균 1,000공 내외의 천부 혹은 심부 시추공이 개발되어 그 수는 약 1만 5천 여개로 추산되고 있다. 그 중 과반수 이상이 폐공 또는 그대로 방치되어 있는 상태이며, 그 나머지는 현재 생활용수 혹은 공업용수로 활용하고 있다.<sup>2)</sup> 따라서 대구 지역에서 지하수의 보존은 가장 중요한 지역 현안의 하나이다.

본 연구에서는 1996년 1월부터 1997년 12월까지 대구 지역내 지하수의 수질을 분석하여 지하수의 수질특성과 오염의 정도를 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료 채취

시료의 채취는 대구시 토지 이용도를 고려하여 구분한 주거지, 상업지, 공업지 및 녹지의 4개 지역(Fig. 1)과 지하수공 깊이별, 그리고 8개 행정구역(동구, 서구, 남구, 북구, 중구, 수성구, 달서구, 달성군)별로 각각 나누어 1996년 1월부터 1997년 12월 말까지 총 184점에 대하여 행하였다. 그리고 채수한 시료는 즉시 아이스박스에 냉장시켜 실험실로 운반한 후 냉장 보관하면서 분석에 사용하였다.



Commercial, Residential area Forest  
Industrial area Agricultural area

Fig. 1. Land use of Taegu city.

대구시는 하나의 큰 분지로서 북부의 팔공산 화강암 지대와 남부의 화산암지대가 지형적 고지를 이루고 있다. 지질 구성을 보면, 이 지역은 중생대 백악기의 퇴적암과 퇴적암을 관입 용출한 안산암질암 및 백악기 최후기에 있었던 심성관입작용에 의한 심성화산암이 주요 구성분이 된다.<sup>3)</sup> 그리고 이곳의 수계는 크게 분지 북부를 관통하여 서부로 흐르는 금호강과 분지 중앙부를 여러 갈래로 흐르는 신천, 범어천, 달서천 등으로 나눌 수 있다. 따라서 대구 지역 지하수의 특성은 자연적으로는 중생대 백악기의 퇴적암과 화산암에 의해, 인위적으로는 금호강, 신천, 범어천, 달서천 등의 오염 정도에 의해 크게 영향을 받을 것이다.

2.2. 실험 방법

총 45개 항목을 먹는 물 수질공정시험방법<sup>4)</sup> 및 Standard Method<sup>5)</sup>에 준하여 분석하였다. 납(Pb), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 아연(Zn), 망간(Mn), 비소(As), 수은(Hg) 등은 AAS(atomic absorption spectrophotometer) 로, 알루미늄(Al), 셀레늄(Se), 철(Fe) 등은 ICP(inductively coupled plasma)로, 크롬(Cr<sup>6+</sup>)과 시안(CN)은 분광광도계로 측정하였으며, TCE(trichloroethylene), PCE(tetrachloroethylene), 1,1,1-trichloroethane, THM(trihalomethane), dichloromethane, toluene, ethylbenzene, xylene, 1,1-dichloroethylene, tetrachlorocarbon 등의 휘발성유기화합물(VOCs)과 diazinon, parathion, malathion, fenitrothion, cabaryl 등의 농약류는 가스크로마토그래피법, 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N)와 황산이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 이온크로마토그래피법, 암모니아성질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)은 인도페놀법, 불소(F)는 란탄알리자린콤플렉스법, 그리고 염소이온(Cl<sup>-</sup>), 경도(hardness), 과망간산칼륨소비량(KMnO<sub>4</sub>-C) 등은 적정법, 박테리아는 평판점락법(standard plate count method)으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 지하수 수질의 특성

대구시에서 1996년 1월부터 1997년 12월까지 채수한 지하수 184건의 수질을 분석한 결과, TCE, PCE, 1,1,1-trichloroethane, THM, dichloromethane 등의 휘발성 유기화합물류와 diazinon, parathion, malathion 등의 농약류와 비소, 수은, 셀레늄, 납, 카드뮴, 크롬, 시안 등의 물질은 검출되지 않았다. 그리고 경도를 비롯한 16종류의 수질오염지표들에 대한 분석 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에서 보는 바와 같이 각 오염지표들의 평균값은 수질기준치 이하였다. 그러나 일부 시료에서는 경도, 과망간산칼륨소비량, 증발잔류량(evaporate residues), 황산이온, 철, 질산성질소, 색도 및 탁도 등에서 먹는 물 수질기준을 다소 초과하였다. 일반적으로 지하수는 암석내의 공극을 통하여 이동하는 동안 암석과 장기간 접촉하게 되므로 지하수의 특성은 암석을 구성하는 성분들과 밀접하게 연관되어 있다. 예를 들면, 퇴적암 중 세일에는 알루미늄, 칼슘, 나트륨 등의 무기질이 많이 함유되어 있

Table 1. The pollution characteristics of groundwaters in Taegu city(n=184). (unit : mg/ℓ)

Pollution indicators	Range	Mean value ±S.D	Standard
Hardness	4.0 ~ 505.0	91.9 ± 116.9	300
KMnO <sub>4</sub> -C	0 ~ 10.5	1.3 ± 1.2	10
Evaporate residues	36.0 ~ 950.0	374.9 ± 177.4	500
Cl <sup>-</sup>	3.0 ~ 113.0	44.4 ± 30.1	150
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0 ~ 219.0	63.3 ± 42.9	200
Al	0 ~ 0.16	0.02 ± 0.02	0.2
Fe	0 ~ 0.61	0.09 ± 0.57	0.3
Cu	0 ~ 0.030	0.001 ± 0.005	1.0
Zn	0 ~ 0.507	0.105 ± 0.498	1.0
Mn	0 ~ 0.112	0.007 ± 0.015	0.3
F	0 ~ 0.90	0.14 ± 0.22	1.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0 ~ 21.5	2.05 ± 6.32	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0 ~ 0.10	0.01 ± 0.08	0.5
Color(degree)	0 ~ 20.0	1.5 ± 14.9	5.0
Turbidity(degree)	0 ~ 10.0	0.5 ± 4.5	2.0
pH	6.50 ~ 7.90	7.34 ± 0.35	5.8 ~ 8.5

으며, 불소는 화강암에, 인산이온은 유문암에 많다. 또한 양이온이나 음이온은 퇴적암에서 쉽게 용해되는 성분이 많다.<sup>6)</sup>

경도는 4.0~505.0 mg/ℓ의 범위로 시료에 따라 함량의 차이가 심했으며, 또한 행정구역이 동구에 속한 금호강 주변지역의 지하수에서 높은 함량을 나타내었다 (Table 4). 경도는 주로 물과 접촉하는 지질성분 중 석회암의 함량이 높거나 해수의 침투, 콘크리트구조물의 침식 및 정수처리과정에서 사용하는 석회 등에 기인될 수 있는데,<sup>7)</sup> 금호강 지역의 근열대 내에는 방해석광물이 많이 충전되어 있기 때문에 이들이 지하수에 용해되어 칼슘함량이 높아지게 되며, 또한 마그네슘 성분은 석회질 퇴적암에서 0.4~4.7% 함유된 것으로 알려져 있다.<sup>3)</sup>

증발잔류물은 36.0~950.0mg/ℓ의 범위로 경도와 마찬가지로 시료에 따라 함량의 차이가 심했는데, 시료가 지하수인 것을 감안하면 주성분은 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 등의 무기물질일 것으로 생각된다.

질산성질소의 함량은 지하수에 따라서 상당히 높게 나타난 경우도 있으나, 암모니아성질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)의 경우에는 전체적으로 함량이 매우 낮았다. 토양 속의 질소화합물은 수분층의 존재, 빛물의 양, 유기물질의 존재 및 다른 물리화학적 속성에 따라 자연계에서 순환하게 되는데,<sup>8,9)</sup> 질산성질소는 여러 질소화합물이 산화되어 생긴 최종 산화물로서 호기성조건에서는 탈질화 작용이 적기 때문에 많은 양이 물과 함께 지하부로 스며들어가며, 혐기성조건에서는 분해와 탈질화 작용에 의해 대기로 휘산된다. 암모니아성질소는 생물의 사체 혹은 동물의 배설물 중 유기물의 분해과정에서 생성되는 초기 무기태질소이며, 암모니아성질소 자체는 크게 유해한 것은 아니지만 오염원이 생물의 사체, 동물의 배설물 및 비료의 유입을 나타내는 지표가 되므로 중요하게 여겨지고 있

다.<sup>10)</sup>

과망간산칼륨 소비량, 색도 및 탁도 등이 일부 시료에서 높게 나타났는데, 이는 지하수가 각종 유기성 및 무기성 폐수에 의해 오염되었음을 의미하는 것이다.

3.2. 지하수공 깊이별 지하수질 특성

채수한 시료 184건에 대하여 지하수의 깊이에 따른 수질오염지표들의 평균값을 조사한 결과는 Table 2와 같았다.

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

Pollution indicators	Mean value ±S.D		
	<100m n=25	100~150m n=125	150m< n=33
Hardness	25.5±42.6	75.2±108.4	117.1±89.6
KMnO <sub>4</sub> -C	1.3±0.5	1.4±1.1	0.5±1.4
Evaporate residues	369.8±96.5	385.6±160.3	588.0±189.9
Cl <sup>-</sup>	59.3±17.0	44.9±32.2	44.3±34.5
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	64.7±13.4	66.9±25.5	56.9±44.2
Al	0.018±0.055	0.018±0.031	0.033±0.035
Fe	0.045±0.061	0.069±0.0341	0.033±0.355
Cu	0.000	0.001±0.004	0.002±0.017
Zn	0.005±0.005	0.122±0.382	0.052±0.341
Mn	0.004±0.015	0.008±0.018	0.007±0.026
F	0.00	0.13±0.22	0.18±0.24
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	2.1±0.6	1.5±2.3	1.4±2.0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0.00	0.00	0.00
Color(degree)	3.3±4.2	1.7±5.2	0.4±4.6
Turbidity(degree)	1.7±2.1	0.6±2.7	0.2±0.6
Bacteria(CFU*/mℓ)	30	19	0
pH	7.35±0.29	7.35±0.35	7.34±0.37

\* Colony forming unit

경도와 증발잔류물은 지하수가 깊을수록 높게 나타났는데, 이는 물이 장시간 암반과 토양을 통과하는 동안 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 등의 무기물이 다량 용해되어 지하수에 유입되었기 때문이다. 또한 불소의 함량도 다소 증가하였다. 두<sup>6)</sup>는 화강암이나 편마암류처럼 입자가 결정질암으로 되어있는 대수층에서는 심도증가에 따라 수소이온농도와 불소함량이 뚜렷하게 증가한다고 하였다. 한편 질산성질소, 염소이온, 색도, 탁도 및 박테리아 수 등은 지표면에 가까울수록 높게 나타났다. 이는 이들 성분이 인위적 오염의 영향을 크게 받기 때문인데, 150m 이상이 되는 지하수에서도 염소이온과 질산성질소가 상당량 검출되는 것으로 보아 정도의 차이는 있으나 분석에 사용한 대부분의 시료가 이미 오염되어 있는 것으로 생각된다.

3.3. 토지 이용별 지하수질 특성

대구시를 토지이용별로 나누어 지하수질의 특성을 알아본 결과는 Table 3과 같았다.

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

Pollution indicators	Mean value±S.D			
	Industry n=16	Forest n=54	Commerce n=33	Residence n=81
Hardness	79.8±133.6	100.7±116.3	91.5±147.5	78.2±101.5
KMnO <sub>4</sub> -C	1.8±1.6	1.3±1.0	1.8±2.0	0.8±0.8
Evaporate residues	494.8±144.8	331.6±201.1	452.1±205.4	242.1±182.7
Cl <sup>-</sup>	51.0±23.7	29.7±27.3	56.5±22.6	36.3±33.9
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	92.8±49.2	59.0±51.9	90.8±52.5	49.8±32.8
Al	0.014±0.015	0.023±0.029	0.017±0.029	0.018±0.020
Fe	0.343±1.503	0.064±0.831	0.040±0.077	0.038±0.140
Cu	0.003±0.005	0.001±0.005	0.000±0.005	0.001±0.005
Zn	0.305±1.784	0.061±0.089	0.096±0.508	0.074±2.570
Mn	0.011±0.016	0.006±0.014	0.008±0.015	0.006±0.014
F	0.10±0.19	0.20±0.25	0.06±0.10	0.13±0.17
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0.21±0.32	3.29±11.17	1.22±1.30	2.03±3.40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0.00	0.05±0.34	0.02±0.01	0.01±0.10
Color (degree)	20.0±63.2	0.5±2.0	0.0	13.6±50.8
Turbidity (degree)	6.0±18.9	0.2±1.0	0.0	0.7±3.5
Bacteria (CFU*/mℓ)	13	72	57	26
pH	7.25±0.33	7.34±0.36	7.40±0.36	7.33±0.38

\* Colony forming unit

과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물, 염소이온 및 황산이온은 공업지역과 상업지역에서 높게 나타났는데, 이들 지역이 주거지역이나 녹지지역보다 오염원에 더 많이 노출되어 있음을 의미하며, 특히 공업지역에서의 색도, 탁도 및 철의 농도는 각각 20도, 6도 및 0.343mg/ℓ로 먹는물 수질기준을 크게 상회하고 있다.

분뇨, 비료 또는 가정하수 유입에 의한 오염과 크게 관련이 있는 질산성질소의 농도는 녹지지역과 주거지역에서 매우 높게 나타났다. 환경부<sup>11)</sup>의 1997년도 우리나라 지하수 오염실태조사 결과에서도 도시 주거지역 지하수에서 질산성질소가 높게 나타났는데, 환경부는 이 원인을 정화조, 가정하수, 축산폐기물 및 쓰레기에 의한 오염영향으로 보았다. 녹지지역에서 질산성질소의 농도가 높게 나타난 것은 녹지지역이 과거 대부분 농업지역이었던 것과 깊이 연관되어 있을 것이다. 한편 암모니아성질소는 녹지지역에서, 박테리아 수는 녹지지역과 상업지역에서 높게 나타났다.

#### 3.4. 행정구역별 수질특성

대구시의 동구, 서구, 남구, 북구, 중구, 수성구, 달서구, 달성군 등 8개 행정구역별로 나누어 지하수를 분석한 결과는 Table 4와 같았다.

과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물, 염소이온은 서구지역과 중구지역에서 높게 나타났는데, 서구지역은 대구의 대표적인 공업밀집지역이며, 중구지역은 대구의 대표적인 상업지역이다. 황산이온은 중구지역과 동구지역이 매우 높았다. 많은 수질오염지표들과 마찬가지로 염소이온

Table 4. Mean values of groundwater pollution indicators with administrative district of Taegu city

(unit : mg/ℓ)

Pollution indicators	Dong-gu	Seo-gu	Nam-gu	Buk-gu	Joong-gu	Soosung-gu	Dalseo-gu	Dalseong-gun
Hardness	203.1	63.2	211.0	81.6	58.7	35.6	65.7	82.2
KMnO <sub>4</sub> -C	1.1	1.6	1.2	1.0	2.0	1.1	1.3	1.0
Evaporate residues	389.9	481.5	403.5	299.8	445.2	310.7	349.3	254.8
Cl <sup>-</sup>	24.3	66.7	51.9	32.0	60.3	33.0	41.4	18.1
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	85.6	67.7	73.9	48.6	91.6	41.8	57.2	37.0
Al	0.021	0.025	0.011	0.016	0.018	0.017	0.027	0.018
Fe	0.263	0.008	0.115	0.034	0.023	0.000	0.136	0.013
Cu	0.000	0.000	0.000	0.0	0.001	0.000	0.004	0.003
Zn	0.079	0.033	0.154	0.030	0.161	0.012	0.208	0.073
Mn	0.009	0.005	0.006	0.006	0.006	0.004	0.011	0.002
F	0.24	0.01	0.13	0.28	0.07	0.32	0.05	0.18
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	8.77	2.60	1.14	4.00	1.57	0.28	0.38	0.72
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Color(degree)	1.7	0.0	1.4	0.8	0.0	0.0	3.2	0.3
Turbidity(degree)	0.8	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	1.5	0.0
Bacteria(CFU*/mℓ)	93	13	6	0.0	72	0.0	3	52
pH	7.26	7.39	7.32	7.34	7.46	7.54	7.15	7.53

\* Colony forming unit

과 황산이온 역시 인위적 오염에 큰 영향을 받는다. 양<sup>12)</sup>은 오염이 심한 울산지역에서 채취된 지하수의 황산이온 및 염소이온의 농도가 강원지역의 지하수보다 월등히 높다고 보고하였다. 김 등<sup>13)</sup>도 경상남도의 여러 도시지역의 지하수가 강원지역의 지하수보다 황산이온 및 염소이온을 다량 함유하고 있다고 보고하였는데, 경상남도 보건환경연구원에서 1994년 1년 동안 경상남도 10개 시, 11개 군에서 측정된 3,492개의 자료에서 염소이온과 황산이온의 평균값이 각각 34 mg/l, 29 mg/l 인 것과 비교해볼 때 대구지역 지하수에 함유된 염소이온과 황산이온은 매우 높은 것임을 알 수 있다.

동구지역 지하수에서는 박테리아 수 및 질산성질소와 암모니아성질소 농도가 다른 지역에 비해 매우 높게 나타났다는데, 이는 동구지역이 과거에 농업지역이었기 때문으로 생각된다. 수성구 지역은 불소 농도가 다른 지역에 비하여 특히 높다. 이는 이 지역이 화강암 분포지역에 위치하기 때문으로 생각되며, 그 외의 대부분의 지역은 퇴적암지역이므로 불소가 고농도로 검출될 염려는 없다.<sup>3)</sup> 지하수의 불소이온은 주로 지질을 구성하는 암석이 형장석, 빙정석 및 인회석으로 되어 있는 지역에서 높게 검출되며, 화강암에는 불소가 약 1.2 mg/l, 석회암에는 0.3 mg/l 를 함유하고 있다.<sup>14)</sup> 따라서 화강암이 주 구성 성분인 국내 지하 암반의 경우는 불소의 함량이 높아질 수 있다. 불소농도가 0.5-1.0 mg/l 일 때 충치예방효과가 있는데 이는 치아와 접촉하면 산성조건하에서 에나멜질의 용해성을 감소시키기 때문이다.<sup>15)</sup>

3.5. 수질오염지표들간의 상관관계

측정한 자료를 이용하여 수질오염지표들간의 상관관계를 조사한 결과는 Table 5와 같았다.

경도는 증발잔류량, 황산이온, 아연 및 망간 등과는 고도의 정의 상관관계를, 불소와는 정의 상관관계를 보였다. 경도가 증발잔류물과 높은 상관관계를 보인 것은 김 등<sup>13)</sup>이 조사

한 경남지역의 지하수와 김 등<sup>16)</sup>이 조사한 강원도 지역의 지하수에서 나타난 것과 같은 경향이었는데, 이는 지하수에서의 증발잔류물은 주로 경도를 구성하는 양이온들로 되어있기 때문이다. 그리고 경도가 황산이온과 높은 상관관계를 보인 것은 정 등<sup>17)</sup>이 경기 남부지역 시설재배지의 지하수질 평가에서 황산이온과 염소이온 등의 음이온이 경도 성분인 칼슘, 마그네슘 등의 양이온과 높은 상관관계를 보인다고 한 것과 유사하다. 또한 이 등<sup>18)</sup>이 경남 시설 원예지 농업용 지하수를 분석한 결과에서도 황산이온은 칼슘, 마그네슘 및 경도와 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

그리고 과망간산칼륨 소비량은 색도, 탁도 및 아연 등과, 색도는 탁도, 구리, 아연 및 망간 등과 높은 상관관계를 보였으며, 또한 탁도는 철, 구리, 아연 및 망간 등과, 증발잔류물은 염소이온, 황산이온 및 아연 등과 높은 상관관계를 보였다.

4. 결 론

1996년 1월부터 1997년 12월까지 대구지역 지하수 184건을 분석하여 지하수의 특성과 지하수 오염의 정도를 조사한 결과는 다음과 같았다.

1) TCE, PCE, 1,1,1-trichloroethane, THM, dichloromethane 등의 휘발성 유기화합물류와 diazinon, parathion, malathion 등의 농약류와 비소, 수은, 셀레늄, 납, 카드뮴, 크롬, 시안 등의 물질은 검출되지 않았다.

2) 각 오염지표들의 평균값은 먹는물 수질기준이하였다. 그러나 일부 분석시료에서는 경도, 과망간산칼륨소비량, 증발잔류량(evaporate residues), 황산이온(SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), 철, 질산성질소(NO<sub>3</sub><sup>-N</sup>), 색도 및 탁도 등에서 먹는 물 수질기준을 다소 초과하였다. 경도와 증발잔류물은 각각 4.0~505.0 mg/l, 36.0~950.0 mg/l 의 범위로 시료에 따라 함량의 차이가 심했다.

3) 경도와 증발잔류물은 지하수가 깊을수록 현저하게

Table 5. Correlation coefficients(r) between pollution indicators in the groundwaters of Taegu city

	Hardness	KMnO <sub>4</sub> -C	Color	Turbidity	Evaporate residue	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	F	Fe	Cu	Zn	Mn
Hardness	1.000											
KMnO <sub>4</sub> -C	-0.016	1.000										
Color	0.112	0.266**	1.000									
Turbidity	0.103	0.264**	0.993**	1.000								
Evaporate residue	0.309**	0.054	0.127	0.134	1.000							
Cl <sup>-</sup>	0.088	0.101	0.059	0.063	0.680**	1.000						
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0.326**	0.132	0.084	0.089	0.772**	0.284**	1.000					
F	0.186*	0.002	0.160*	0.165	0.016	-0.216**	0.141	1.000				
Fe	0.091	0.136	0.165*	0.617**	0.054	-0.017	0.012	0.189*	1.000			
Cu	0.040	-0.029	0.213**	0.198**	0.107	0.001	0.057	-0.050	0.114	1.000		
Zn	0.337**	0.241**	0.815**	0.801**	0.220**	0.094	0.210**	0.186*	0.503**	0.179*	1.000	
Mn	0.330**	0.013	0.213**	0.201**	0.159*	0.065	0.161*	-0.056	0.111	0.403**	0.226**	1.000

\* Significant at 5%    \*\* Significant at 1%

높게 나타났는데, 이는 물이 장시간 암반과 토양을 통과 하는 동안 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 등의 무기물이 다량 용해되어 지하수에 유입되었기 때문이다. 또한 불소의 함량도 다소 증가하였다.

4) 과망간산칼륨 소비량, 질산성질소, 염소이온, 색도, 탁도 및 박테리아 수 등은 지표면에 가까울수록 높게 나타났다. 또한 150m 이상이 되는 지하수에서도 염소이온과 질산성질소가 상당량 검출되어 대부분의 지하수가 이미 오염되어 있는 것으로 생각된다.

5) 오염원에 크게 노출되어 있는 공업지역과 상업지역에서 과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물, 염소이온 및 황산이온 등이 높게 나타났으며, 특히 공업지역에서의 색도, 탁도 및 철의 농도는 각각 20도, 6도 및 0.343 mg/ℓ로 먹는물 수질기준을 크게 상회하고 있다.

6) 분노, 비료 또는 가정하수 유입에 의한 오염과 크게 관련이 있는 질산성질소의 농도는 녹지지역과 주거지역에서 매우 높게 나타났다.

7) 대구의 대표적인 공업밀집지역과 상업지역인 서구지역과 중구지역에서 과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물, 염소이온 등이 높게 나타났다. 그리고 농업지역의 분포가 넓은 동구지역에서는 박테리아 수 및 질산성질소와 암모니아성질소 농도가 다른 지역에 비해 매우 높게 나타났다.

8) 경도는 증발잔류량, 황산이온, 아연 및 망간 등과, 과망간산칼륨 소비량은 색도, 탁도 및 아연 등과, 색도는 탁도, 구리 및 망간 등과 높은 상관관을 보였으며, 또한 탁도는 철, 구리, 아연 및 망간 등과, 증발잔류물은 염소이온, 황산이온 및 아연 등과 높은 상관관을 보였다.

### 참 고 문 헌

- 1) 성익환, 1995, 지하수 자원보전과 효율적 이용을 위한 대책, 환경보전, 14~19.
- 2) 이재영, 1992, 대구시 지하수의 수질과 지질 환경과의 관계 및 수질오염에 대한지화학적 연구, 경북대학교 환경과학연구소.
- 3) 성익환, 1996, 대구지역 지하수 오염실태 및 치유대책, 한국자원연구소, 62~109.

- 4) 환경부, 1997, 먹는물수질공정시험방법, 5~117.
- 5) APHA-AWWA-WPCF, 1992, Standard Method for the Examination of water, 67~612.
- 6) 두용균, 1997, 먹는물 종류별 수질특성, 수자원환경, 100호, 34~42.
- 7) 박영규, 이철희, 백성욱, 원양수, 이순화, 공인철, 장혁상, 김승현, 전관수, 1994, 형설출판사, 227~373.
- 8) Johnson A. H., D. R. Bouldin, E. A. Goyett, and A. M. Hedges, 1976, Nitrate dynamics in Fall Creek, New York, J. Environ. Qual., 5, 386~391.
- 9) Walker W. G. and J. Bouma, D. R. Kenney, and F. R. Magdoff, 1973, Nitrogen transformation during subsurface disposal of septic tank effluent in snads : I. soil transformation. J. Environ. Qual. 2, 475~480.
- 10) 박병윤, 최정, 장상문, 1995, 환경과학, 형설출판사, 71~110.
- 11) 환경부, 1998, 지하수관리, 환경백서, 378~381.
- 12) 양운진, 1998, 울산지역의 지하수 수질에 관한 통계학적 연구, 한국환경과학회지, 7(4), 461~466.
- 13) 김승현, 이찬원, 허중수, 1998, 경상남도 지역의 지하수질 특성조사, 한국환경과학회지, 859~865.
- 14) 신호상, 1996, 국내 먹는 샘물의 특징, 한국생물협회, 2, 36~40.
- 15) 하종규, 1985, 비타민과 광물질영양학, 향문사, 511~523.
- 16) 김성석, 이근호, 정재연, 김남성, 김순래, 김종철, 최규열, 정의호, 1995, 강원도에서 응용되는 지하수의 수질특성에 관한 조사연구, 한국수질보전학회지, 11(3), 247~256.
- 17) 정구복, 이종식, 김복영, 1996, 경기 남부지역 시설 배지의 지하수질의 평가, 한국토양비료학회지, 29(4), 389~395.
- 18) 이성태, 조주식, 이홍재, 손보균, 정연규, 허중수, 1998, 경남 시설 원예지 농업용 지하수의 수질현황, 한국환경과학회지, 7(4), 531~539.