

# 서울시 은평구내 미급수지역의 수질오염현황에 대한 조사 연구

음용용수팀

이지영 · 이상수 · 김홍제 · 한규문 · 김익수 · 권승미 · 이순희 · 신덕영 · 박재우 · 김주형

## A Study on Groundwater Contamination in the Groundwater supply area of Eunpyong-gu

*Drinking & Groundwater Team*

**Ji-young Lee, Sang-soo Lee, Hong-je Kim, Gyu-mun Han, Ick-soo Kim,  
Seung-mi Gwon, Soon-hee Lee, Deok-young Shin, Jae-woo Park, and Joo-hyoung Kim**

### Abstract

This study was performed to investigate groundwater quality characteristics and status for 51 sites of 130 points that use groundwater as drinking water. The sites are located in the greenbelt region in Eunpyong-gu, and have not yet been provided with tap water.

The investigation results were summarized as follows:

The water quality of groundwater in 15 sites in February and 25 sites in July was unsuitable as drinking water. The out-worn equipment for water intake over 10 years was 76.4% and most(92.2%) of the sites have never performed a water quality test since groundwater was developed to use as drinking water. The major items that did not pass the drinking water quality standard were  $\text{NO}_3\text{-N}$ , E-coli, and S.P.C(standard plate count). In the case of  $\text{NO}_3\text{-N}$ , a major pollutant indicator, 8 sites in February and 9 sites in July exceeded drinking water quality standard.

The seasonal variations of the hardness and sulfate were within 10%, while the  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{Cl}^-$  were increased 18.4%, 19.1% in rainy period.

Also there was positive significant correlation between  $\text{NO}_3\text{-N}$  and each of the next items  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , hardness, residual solids and conductivity.

Key words : water quality, groundwater, contamination, Eunpyong-gu

### 서론

물은 우리 생활에 있어 공기와 함께 필요 불가결하면  
서도 그 가치를 평가할 만한 척도도 없는 물질로 존재해

왔다. 그러나 이 물의 중요성은 물이 없어지는 경우의  
가정만으로도 충분히 그 해답을 얻을 수 있다.

우리 나라에 있어서 상수도시설이 미흡했던 50~60  
년대는 물론 상수도 보급률이 80%에 이른 90년도까지

도 아직 많은 지역에서는 지하수를 용수원으로 이용하고 있으며, 농업용수, 공업용수, 생활용수 등 그 용도가 다양하다. 물론, 상수도 및 지표수의 이용이 불가능하여 불가피하게 지하수를 이용하는 경우도 있으나 지표수 오염 체감에 따라 양질의 수질 욕구가 지하수 이용 쪽으로 유도하는 경향도 부인할 수 없는 실정이다.

1970년대 이후 본격 개발되기 시작한 지하수는 지표수와 비교하면 오염에 비교적 안정된 상태로서 취수·사용시 정수처리비가 거의 들지 않는 장점이 있으나 무분별한 개발과 이용으로 지하 수환경의 커다란 변화가 야기되고 있다. 이러한 변화는 지하수 과다채취로 인한 지반 침하 현상, 폐공에 대한 관리소홀로 인한 지하수 오염 등의 피해를 발생시키고 있다.<sup>1)</sup>

조사지역인 은평구는 분지형태의 구릉지대로 약 480,977명이 거주하고 있는 전형적인 주거지역이다. 기후는 최근 6년 간의 통계를 기준으로 연평균 기온 10.9℃, 연평균 강수량은 1,493mm이고, 전체면적 29.704km<sup>2</sup> 중 상업지역 0.354km<sup>2</sup>, 주거지역 13.44km<sup>2</sup>를 제외한 녹지 15.91km<sup>2</sup>(53.75%)는 대부분이 개발제한구역으로 지정되어 있다. 현재 은평구청에 민간개발 지하수로 등록되어 있는 곳은 총 130가구로 개발제한구역 내 거주하는 주민들은 상수도가 보급되지 않고 있어 모든 용수를 지하수에 의존해 오고 있는 실정이다. 이 지역은 공장 등이 입지되어 있지 않아 유해성 오염물질에 의하여 지하수가 오염될 가능성은 적지만 생활하수 등에 의한 지하수 오염이 우려되는 지역이다. 하지만, 이에 대한 수질 조사가 전혀 이루어지지 않은 채 음용되고 있어 이에 대한 오염현황 등 기초조사가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 서울시 은평구 관내의 개발제한구역의 지하수 130개소 중 51개소를 대상으로 먹는물 기준에 따른 수질실험을 실시하여 지하수 수질실태와 이들의 특성을 파악하고, 건기 및 우기의 계절적 변화에 따른 지하수 오염 특성을 살펴보고자 한다.

## 조사대상 및 방법

### 1. 조사지역

본 연구의 대상지역은 서울시 은평구 지역 중에서 구청에서 관리하는 관정이 없는 곳일 뿐 아니라 그동안 수

질검사를 전혀 실시하지 않은채 민간인이 식수로 사용하고 있는 지하수 총 130개소 중 51개소를 선정하였으며, 시료 채취 지점을 Fig. 1에 나타냈다.

동별로 시료 채취수를 알아보면, 불광동 1개, 갈현동 2개, 역촌동 1개, 진관내동 35개, 진관외동 12개 지점이다.

### 2. 조사기간

시료채취는 건기와 우기인 2001년 2월과 7월에 실시하였으며, 51개 지점에 대하여 각 지점마다 주변환경조사와 지하수 이용에 관한 설문조사를 실시하였다.

### 3. 분석방법

환경부령 제 11호(1995.5.1) 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙<sup>2,3)</sup>에서 정하고 있는 먹는물의 수질검사방법<sup>4)</sup> 및 수질오염공정시험방법, Standard Methods(18th, 1992)<sup>16)</sup>를 참조하여 먹는물 수질기준 45개 항목과 전도도를 Table 1과 같이 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 주변환경 조사

은평구 관내 개발제한구역 지하수 중 51개소에 대한 주변 환경을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

조사내용을 살펴보면 수원지역은 대부분이 가정집이 밀집되어 있는 주거지역이었고 4개지점이 북한산내에 위치해 있었다. 수원의 구조는 모두 관정형태로 재래식 우물에 펌프를 설치한 곳은 없었다. 지하수의 수심분포

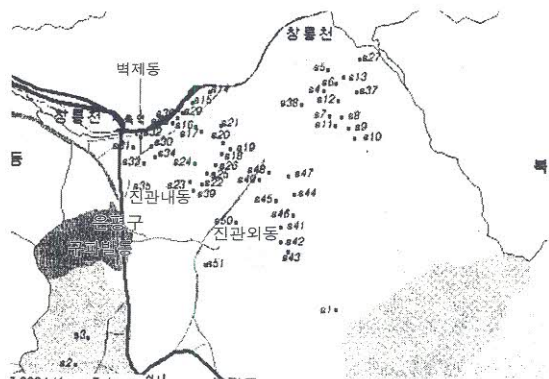


Fig. 1. Sampling sites map of the study area in Eunpyung-gu

**Table 1.** Analytical Methods and Instruments for Each Item

Analysis	Items	Analytical Methods & Instruments
Microbiological	Total Colonies	Plate Count Method
	Coliform Group	Multiple Tube Technique
Physico-chemical Analysis	Hardness, KMnO <sub>4</sub> Consumption	Titration Method
	Odor, Taste	Taste Method
	Color, Turbidity	Visual comparison
	pH	pH Meter Method(Orion 900A)
	Residual Solids	Weight Method
Inorganic Matter	Conductivity	Orion 1230
	F, NO <sub>3</sub> -N, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ionchromatography Method(DX-500)
	NH <sub>3</sub> -N, CN, Al	Spectrophotometer Method (Hewlett Packard UV 8453A)
	Pb, As, Se, Hg, Cr <sup>6+</sup> , Cd, Cu, Zn, Fe, Mn	Atomic Absorption Spectrophotometer Method(Hitachi Z-8100)
Organic Matter	Diazinon, Parathion, Malathion, Fenitrothion, Cabaryl	Gas Chromatography Method (Young Lin M600D)
	Phenols, ABS	Spectrophotometer Method (Hewlett Packard UV 8453A)
	PCE, TCE	Gas Chromatography Method (Young Lin M600D)
	1,1,1-TCE, Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Dichloromethane, 1,1-dichloroethylene, Tetrachlorocarbon	Gas Chromatography Purge & Trap Method (Finigan 9001)

를 보면 5~10m가 23개소(45.1%), 20m 이상이 9개소(17.6%), 10m 이하가 32개소(62.7%)로 나타났으며, 수원개발년도는 10년 이상이 39개소(76.4%), 6~10년이 10개소(19.6%), 5년 미만이 2개소(4%)로 조사대상지역의 과반수가 수원을 개발한 지 10년 이상되어 주변오염 방지시설이 미비하여 지하수 관리에 어려움이 있는 것으로 나타났다.

일반적으로 급수시설은 10년 이상 사용할 경우 토양의 자연적인 지층여과력 상실로 깨끗한 물을 얻기가 힘들며, 지하수는 심정우물로서 20m이상의 심정개발이 되어야 양질의 수질과 충분한 물을 얻을 수 있으나<sup>8)</sup> 조사된 개발제한구역 내 지하수는 20m이하가 42개소(82.4%)로 우수기나 갈수기에 수량과 수질의 변화로 오염가능성이 많다고 생각된다.

조사지역의 오염원은 주거지역의 하수와 분뇨가 대부분이었고, 농경지나 축사, 공장등 특별한 오염원은 없는 것으로 나타났다.

또한, 조사지역의 각 세대를 직접 방문하여 설문조사를 한 결과 수원개발이래 수질검사를 한 번도 해 본적이 없다고 47개소(92.2%)로 개발제한구역에 거주하는 주민의 대다수가 자기가 먹는물에 대하여 수질상태를 모르는 채 이용하고 있는 것으로 나타났다.

## 2. 지하수의 오염현황

2001년 2월과 7월 각각 51개소에 대해 102건의 수질 분석을 실시하여 환경부에서 고시한 먹는물 수질기준을 적용한 결과 적합 62건(60.7%), 기준초과 40건(39.2%)으로 나타났으며, 계절별 초과 내용은 Table 3과 같다.

상·하반기 연속으로 수질기준을 초과한 것이 6건(5.9%)이며, 전체 기준초과 40건 가운데 세균학적 기준초과가 23건(57.5%), 이화학적 기준초과가 14건(35.0%), 이화학과 세균이 동시에 기준을 초과한 것은 3건(7.5%)으로 나타났다.

**Table 2.** Environmental factors influencing on ground water quality

Total sampling sites(51)	Source of water supply		Structure of well		
	residential	mountain	pipe of well	conventional well	
No. of sampling sites	47	4	51	0	
rates(%)	92.2	7.8	100	0	
Year of development of well					
	< 3year	3~5year	6~10year	>10year	
No. of sampling sites	1	1	10	39	
rates(%)	2.0	2.0	19.6	76.4	
Distribution of water height					
	≤ 5m	5~10m	10~20m	20~50m	>50m
No. of sampling sites	9	23	10	9	0
rates(%)	17.6	45.1	19.7	17.6	0

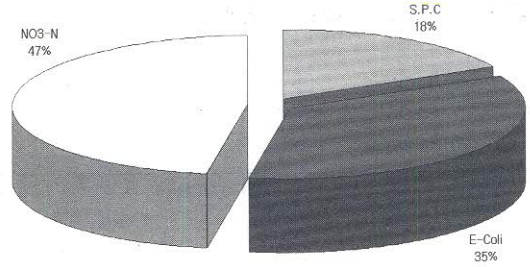
**Table 3.** Comparison between results of sample analysis and the drinking water quality standards.

	Seasonal excess			excess several times	excess one time
	Total	Feb.	July		
physico-chemical	14	8	6	1	17
Microbiological	23	7	16	5	12
physico-chemical + Microbiological	3	0	3	0	3
Total	40	15	25	6	32

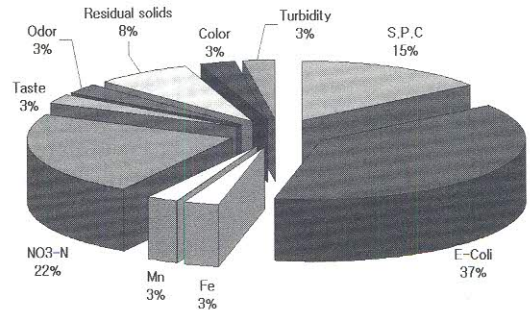
계절별로 보면 이화학적으로 기준초과 비율은 큰 차이가 없지만 세균학적 기준초과는 2월 7건에 비해 하계인 7월에는 19건으로 강우량이 많고 날씨의 변화가 많은 하계에 오염이 증가한 것으로 나타났다.

결과를 특별히 항목별 부적합 비율로 나타내보면 Fig. 2와 Fig. 3과 같다. 부적합 비율이 높은 항목은 2월 건기에는 질산성질소, 대장균군, 일반세균 순으로 각각 8건(47.1%), 6건(35.3%), 3건(17.6%), 7월 우기에는 대장균군, 질산성질소, 일반세균 순으로 각각 15건(38.4%), 9건(23.0%), 6건(15.4%)으로 조사되었다.

특히, 대장균군 검사는 배설물에 의한 오염의 유무를 나타내는 지표이기 때문에 그 존재는 이질균이나 장티프스균등 수인성전염병균에 의한 오염의 가능성이 있음을 나타내고 있다. 일반세균은 물의 오염상태나 안전성을



**Fig. 2.** Distribution rate of exceeded items for standards (Dry period)



**Fig. 3.** Distribution rate of exceeded items for standards (Rainy period)

나타내는 지표중의 하나이며, 지하수중의 일반세균은 분뇨나 가정하수의 유입, 폐기물, 강우에 의해서 증가한다.<sup>8)</sup> 이는 앞으로 지하수 오염 예방에 의한 특별한 조치가 없는 한 지하수를 소독하지 않고 그대로 식수로 사용하는 지금의 관행이 오래 지속될 수 없는 상황임을 의미하는 것으로 시급한 조치가 필요한 사항이다.

다음으로 질산성질소가 큰 문제로 나타나고 있는데, 이는 일반적으로 분뇨, 비료 등에 의한 기여가 가장 큰 것으로 인정되고 있으며, 질산성질소에 오염된 지하수를 음용할 경우 유아에게 메타헤모글로빈혈증을 일으키게 되므로 보건학적으로 심각성을 더해준다.<sup>17)</sup>

그 외 증발잔류물, 철, 망간, 색도, 탁도, 맛, 냄새 등이 수질기준을 초과한 것으로 나타났다. 증발잔류물의 경우는 물속에 녹아있는 기체성분이나 비교적 낮은 온도에서 날아가는 성분(예:VOC)을 제외하고는 거의 대부분의 물질을 나타내는 것으로 전체적으로 높은 편이었다.

보통 자연수중에 존재하는 망간은 철과 공존하며 이 망간산화물이 수조나 배관 내벽에 부착되면 침적물이 많

아저 관의 송수능력을 저하시키고 관내 유속의 증가나, 물흐름 방향이 변화됨에 따라 검은 물의 원인이 된다.<sup>7)</sup> 부적합으로 판정된 경우는 지하수 자체보다는 배관내의 문제가 큰 것으로 생각된다.

1개 지점을 제외한 나머지 시료는 모두 외관상 깨끗한 상태를 유지하고 있어 감각물질인 맛, 냄새, 색도, 탁도 등은 수질기준을 충족하였다.

### 3. 지하수 수질의 특성

서울시 은평구 지역내 미급수 지역 51개 지점에서 채취한 지하수에 대하여 분석한 결과는 Table 4와 같다.

pH는 2월 5.8~7.1, 7월 5.8~7.2로 음용수 수질기준인 5.8~8.5를 크게 벗어나지는 않았으며, 유기물에 의한 오염도를 나타내는 KMnO<sub>4</sub>소비량은 2월 0~2.3mg/L, 7월 0~5.4mg/L의 범위로 음용수 수질기준에는 모두 적합한 것으로 나타났다.

NH<sub>3</sub>-N는 2월 ND~0.29mg/L, 7월 ND~0.22mg/L의 범위로 평균은 각각 0.016mg/L, 0.011mg/L로 낮은 수치를 보였다.

Cl<sup>-</sup>의 평균농도는 2월 19.9mg/L, 7월 24.6mg/L로 음용수 기준인 150mg/L보다는 매우 낮게 나타났으나, Cl<sup>-</sup>의 오염이 가정하수, 분뇨오수 등의 인위적 오염원에 의해 오염되므로 지하수 속에서 검출된 Cl<sup>-</sup>은 매우 중요한 의미를 갖는다.<sup>12)</sup>

증발잔류물의 평균농도는 2월 154.0mg/L, 7월 242.5mg/L이며, 음용수 수질기준을 초과한 것은 7월에 3개 지점(5.9%)이었다. 이는 2차 조사 시기가 장마기간이어서 비의 영향에 의한 것으로 사료된다.

경도의 평균 농도는 2월 82.3mg/L, 7월 91.9mg/L였다. 경도의 높고 낮음은 물 사용의 용도에 영향을 미친다.<sup>9)</sup> 음용수로 사용하기에는 50mg/L이하의 연수가 적정하며, 100~150mg/L인 경우 파이프내에 스케일이

**Table 4.** Result of analysis of groundwater quality

Item	drinking water quality standard	Dry period			Rainy period		
		Range	Mean	SD	Range	Mean	SD
pH	5.8-8.5	5.8~7.1	6.38	0.33	5.8~7.2	6.41	0.28
NH <sub>3</sub> -N(mg/L)	0.5	ND~0.29	0.016	0.06	ND~0.22	0.011	0.04
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	10	0.4~16.5	5.40	4.25	0.5~23.7	6.62	4.61
KMnO <sub>4</sub> Consumption(mg/L)	10	0~2.3	0.524	0.57	0~5.4	1.027	0.91
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	250	2~86	19.9	17.46	4~78	24.6	17.58
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	200	2~43	19.1	10.72	4~53	20.5	11.76
Color	5	0~2	0.60	0.49	0.1~34.2	20.6	4.74
Turbidity(NTU)	1	0~0.53	0.091	0.11	0~7.31	0.207	1.02
Total Hardness(mg/L)	300	18~197	82.3	41.11	32~240	91.9	44.96
Residual solids(mg/L)	500	38~434	154.0	82.57	83~676	242.5	124.18
Cu(mg/L)	1	ND~0.269	0.007	0.038	ND~0.06	0.001	0.008
Zn(mg/L)	1	ND~0.167	0.011	0.036	ND~0.333	0.016	0.066
Mn(mg/L)	0.3	ND~0.049	0.001	0.007	ND~0.824	0.016	0.102
Fe(mg/L)	0.3	-	-	-	ND~0.727	0.016	0.117
S.P.C	below100/ml	0~1500	84.4	306.66	0~1800	84.3	257.29
E-coli	negative/50ml	detection rate : 11.8%			detection rate : 29.4%		
EC(μs/cm)		35~484	197.5	100.81	66~621	269.2	121.65

형성되며, 200mg/L이상인 경수를 가정용으로 사용하려면 연수화시키는 것이 좋다.<sup>6)</sup> NO<sub>3</sub>-N의 평균농도는 2월 5.40mg/L, 7월 6.62mg/L이며, 농도분포 범위는 2월 0.4~16.5mg/L, 7월 1.5~23.7mg/L였다. NO<sub>3</sub>-N는 자연적인 지질매체와의 반응에 의한 것이라기 보다는 유기물의 부식, 생활하수나 축산폐수 등의 오염에 의하여 물속에 존재하게 되므로<sup>14)</sup> 인위적 오염을 암시하는 중요한 인자이다. 조사지역에서 부적합율이 가장 높은 항목으로 각 지점별 농도분포현황은 Fig. 4, Fig. 5와 같다. 2월 1차 조사에서는 0~5.0mg/L범위에 33개 지점(64.7%), 5.0~10.0mg/L범위에 10개 지점(19.6%), 음용수 기준인 10.0mg/L이상은 8개 지점으로 15.7%였다. 7월 2차 조사에서는 0~5.0mg/L범위에 22개 지점(43.1%), 5.0~10.0mg/L범위에 20개 지점(39.2%), 10.0mg/L이상은 9개 지점으로 17.6%로 나타났다. 조사지역 내 주민 모두가 음용수로 사용하

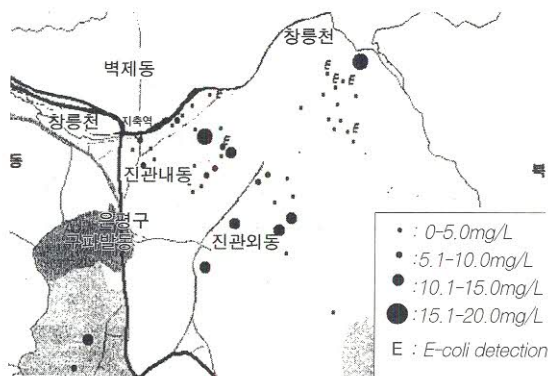


Fig. 4. Map of NO<sub>3</sub>-N and E-coli distribution (Dry period)

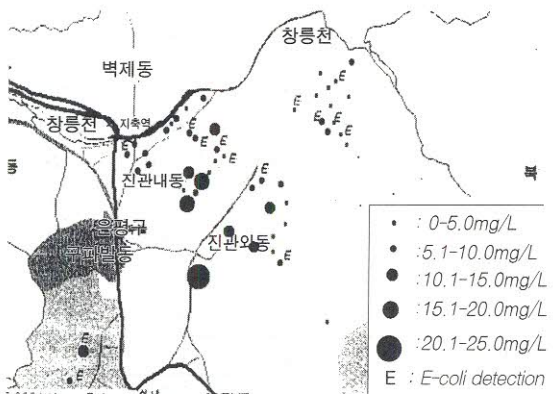


Fig. 5. Map of NO<sub>3</sub>-N and E-coli distribution (Rainy period)

고 있는 현실을 감안할 때 이 지역의 보건학적 문제가 심각함을 알 수 있다. NO<sub>3</sub>-N의 오염이 먹는물 기준치를 초과한 곳은 진관내동 4개 지점, 진관외동 4개 지점, 불광동 1개 지점으로 고루 분산되어 있었으며, 외곽지대로 갈수록 낮은 농도 분포를 보였다. 또한 1차 조사보다 2차 조사에서 남쪽 방향으로 오염농도가 증가하고 있는 것으로 나타났다. 특히 NO<sub>3</sub>-N은 농경지에 사용되는 질산염비료나 동물이 방출하는 노폐물과 동식물의 사체 속에 남아있던 단백질이 시간의 경과에 따라 세균작용에 의해 질산이온으로 전환되면서 토양에 침투되어 지하수 오염시킬 수 있다.<sup>19)</sup>

조사지역의 대부분이 재래식 화장실이 근접해 있어 이 지역의 NO<sub>3</sub>-N의 오염이 분뇨에 의한 것인지 알아 보았다. 한 예로 대장균과 NO<sub>3</sub>-N의 동시 존재 여부로 NO<sub>3</sub>-N의 오염원을 조사하기도 한다. 즉, 축산이나 인분에 의한 오염 및 화학비료, 산림의 유출수 등에 의한 오염원을 구별하는데 축산이나 인분에 의한 오염은 NO<sub>3</sub>-N 및 대장균이 동시에 존재하며, 화학비료, 산림의 유출수 등에 의한 오염은 NO<sub>3</sub>-N은 존재하나 대장균은 존재하지 않는다.<sup>10)</sup> Fig. 4와 Fig. 5에서와 같이 대장균이 검출된 곳은 저농도 지점이었고, 대장균의 검출이 많았던 7월 우기에도 이와 비슷한 양상이었다. 또한 이 지역에서 NO<sub>3</sub>-N과 대장균 검출의 상관관계를 분석한 결과 상관계수(r)는 -0.096, p값은 0.335로 상관성 및 유의성이 없어 본 조사지역의 NO<sub>3</sub>-N의 오염원은 축산이나 인분에 의한 오염이 아닌 생활하수의 누수, 산림 유출수 등에 의한 비점오염원으로 추정되어 진다.

중금속에 의한 오염으로 Cu, Zn, Mn의 경우 2월 평균은 0.007mg/L, 0.108mg/L, 0.001mg/L, 7월 평균은 0.001mg/L, 0.016mg/L, 0.016mg/L로서 대부분 불검출이거나 기준 이내로 나타났다. Fe은 2월에는 모두 불검출이었으며, 7월에는 평균 0.016mg/L로서 1개 지점(s 36)에서 먹는물 기준을 초과하였으나 나머지는 불검출 지역이 대부분이었다. Fe과 Mn이 기준을 초과한 지점은 1차 조사에서는 검출되지 않았다가 2차 조사에서 동시에 기준을 초과한 것으로 보아 배관내의 문제점으로 보여진다.

전기전도도는 용액이 전기를 전달할 수 있는 능력을 뜻하며, 전기저항의 역수를 나타낸다. 즉 전기전도도는 물 속에 용해되어 있는 전해질의 차이에 의해 결정되기 때문에 용액중의 이온세기를 신속하게 평가할 수 있다.

일반적으로 총고형물(TS)은 전기전도도의 약 65%이고, 오염되지 않은 지하수의 전기전도도의 값은 모암과 지하수와 반응시간 등에 따라 다르나 대략 100~150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  정도이다. 총고형물의 음용기준치는 500mg/L이기 때문에 전기전도도는 약 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$  이하가 음용가능치라고 볼 수 있다.<sup>14)</sup>

전기전도도(EC)의 경우 평균이 2월에 197.5 $\pm$ 100.81으로 범위는 35~484였으며, 7월에 269.2 $\pm$ 121.65로 범위는 66~621이었다.

#### 4. 계절변화에 따른 수질변화

지하수의 계절별 변화 양상을 건기(2월), 우기(7월)로 나누어 Fig. 6에 나타냈다. 각 성분의 계절별 평균치에 대한 계절별 농도차이의 비율인 변동율이 10%이하는 pH, 경도,  $\text{SO}_4^{2-}$ 로 계절의 영향이 적은 것으로 나타났는데, 이는 김<sup>13)</sup>의 연구와 같았다. 본 조사에서 변동율이 큰 것은  $\text{KMnO}_4$  소비량(49.0%) > 증발잔류물(36.5%) >  $\text{NH}_3\text{-N}$ (31.3%) > EC(26.6%) >  $\text{Cl}^-$ (19.1%) >  $\text{NO}_3\text{-N}$ (18.4%) 순으로 계절의 영향이 있는 것으로 보인다. 특히 증발잔류물(농도변화 범위: 154.0mg/L~242.5mg/L)의 증가는 이 지역의 지하수가 대부분 30m이하의 천층 지하수이기 때문에 빗물의 영향을 많이 받고 있는 것으로 추정된다. 또한 인위적 오염 지표 성분인  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{Cl}^-$ 의 평균값은 각각 5.40mg/L에서 6.62mg/L로 18.4% 증가, 19.9mg/L에서 24.6mg/L로 9.1%증가했는데 이는 인천 남부지역을 조사한 김<sup>11)</sup>의 연구에서  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{Cl}^-$ 이 각각 7.0%, 5.0%감소한 것과는 차이가 있는 반면, 강원도 지역을 조사한 김<sup>13)</sup>의 연구에서 각각 23.5%, 6.6%증가한 것과는 유사함을 보였다.

#### 5. 각 성분들간의 상관관계

상관관계분석은 변수들간의 관련성을 분석하기 위해서 사용된다. 즉 하나의 변수가 다른 변수와 어느 정도 밀접한 관련성을 갖고 변화하는지를 알아보기 위해 사용된다. 변수들간의 관련성 정도는 특정변수의 분산 중에서 다른 변수와 같이 변화하는 분산(공분산이라고 함)이 어느 정도인가에 따라 좌우된다. 본 조사연구에서는 SPSS for Windows 10.0 프로그램을 이용하여 상관관계를 구하였다.

지하수 각 항목간 상관관계를 구한 결과는 Table 5와 같다. 깊이는 조사항목들과의 상관관계가 없는 것으로

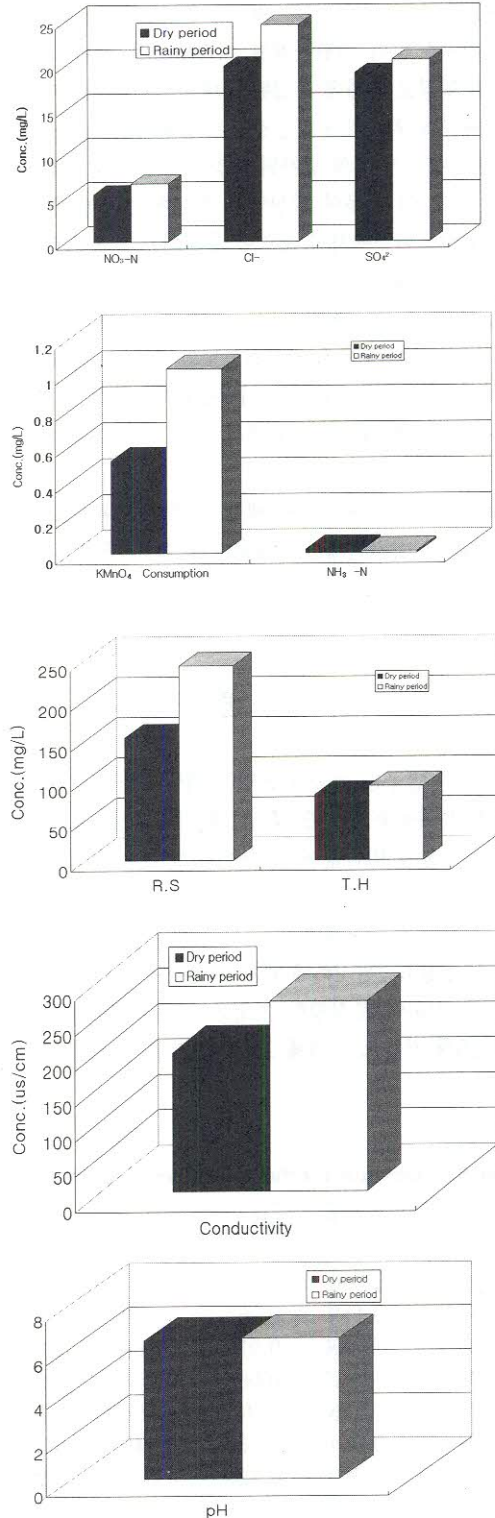


Fig. 6. Comparison of groundwater quality by season in the study area

나타났다. NO<sub>3</sub>-N는 Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 경도, 증발잔류물, 전기전도도와 양의 상관관계를 나타냈으며, 특히 Cl 은 안정된 물질로 지하에 유입된 상태에서도 변화되지 않는 특성 때문에 외부의 오염물질이 유입될 경우 지하수중의 염소이온농도가 점차 증가되는 것으로 인위적 오염의 지표가 된다. 이 항목이 질산염과 동시에 검출될 경우 분변오염이나 외부에서의 오염이 추정되는 항목으로 상관계수는 0.743(p<0.01)으로 높은 유의성을 보임으로서 NO<sub>3</sub>-N과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 상관성이 가장 높은 항목은 전기전도도와 증발잔류물로 상관계수는 0.938(p< 0.01)로 나타났으며, 특히 전기전도도는 pH를 제외한 전 항목에서 매우 높은 상관성을 보였다.

경도와 증발잔류물 사이에는 상관계수가 0.895(p< 0.01)로 큰 상관관계가 존재하는데 이는 증발잔류물의 대부분이 Ca, Mg의 성분임을 의미한다.

## 결론

본 조사 연구는 서울시 은평구 개발제한구역 내 미급수지역의 가정용 지하수 중 51개소를 대상으로 주변환경조사와 함께 먹는물 수질기준 45개 항목 외 전도도를 실험하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 은평구 미급수지역내 51개 지점의 지하수를 2001년 2월과 7월 2회에 걸쳐 수질을 분석한 결과 먹는물 기준에 부적합한 지점은 2월 15개 지점, 7월 25개 지점으로 전체 조사대상지점의 39.2%가 음

용수로 이용하기에 부적합한 것으로 나타났으며, 강우량이 많고 날씨의 변화가 많은 하계에 오염이 증가한 것을 알 수 있다.

2. 조사지역의 주요 부적합 항목으로는 NO<sub>3</sub>-N, 대장균군, 일반세균으로 2월 전기에는 각각 8건(47.1%), 6건(35.3%), 3건(17.6%), 7월 우기에는 각각 9건(23.0%), 15건(38.4%), 6건(15.4%)으로 나타났다.
3. 주변환경조사 결과 수원의 구조는 관정(100%), 수원개발년도 10년 이상(76.4%), 수심분포는 10m 이하(62.7%)되는 곳이 가장 많은 것으로 조사되었고 전체 92.2%가 수질검사를 한 번도 받아보지 않은 것으로 나타났다.
4. 주요항목별 검출범위와 평균은 pH 2월 5.8~7.1(6.38), 7월 5.8~7.2(6.41), NO<sub>3</sub>-N 2월 0.4~16.5mg/L(5.40), 7월 0.5~23.7mg/L(6.62), Cl 2월 2~86mg/L(19.9), 7월 4~78mg/L(24.6), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 2월 2~43mg/L(19.1), 7월 4~53mg/L(20.6), T.H 2월 18~197mg/L(82.3), 7월 32~240mg/L(91.9), R.S 2월 38~434mg/L (154.0), 7월 83~676mg /L(242.5)등으로 분석되었다.  
NO<sub>3</sub>-N의 경우 수질기준 초과지점이 2월 8개지점, 7월 9개 지점으로 이 지역의 주요 오염 암시인자로 나타났으며, 생활하수의 누수, 비료, 산림 유출수 등에 의한 비점오염원의 기여도가 높은 것으로 사료된다.
5. 지하수 중 계절별 변동폭은 기본적인 수질성분인

**Table 5.** Correlation coefficient between groundwater pollutants

	Depth	pH	NO <sub>3</sub> -N	KMnO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	T.H	RS	EC
Depth	1.000								
pH	0.090	1.000							
NO <sub>3</sub> -N	0.119	0.067	1.000						
KMnO <sub>4</sub>	-0.006	0.019	0.069	1.000					
Cl	-0.127	0.064	0.743**	0.256**	1.000				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.136	-0.006	0.756**	0.159	0.656**	1.000			
T.H <sup>1)</sup>	0.084	0.260**	0.846**	0.177	0.875**	0.746**	1.000		
R.S <sup>2)</sup>	0.010	0.126	0.842**	0.225*	0.847**	0.731**	0.895**	1.000	
EC	0.019	0.178	0.826**	0.263**	0.894**	0.785**	0.931**	0.938**	1.000

\* : p < 0.05, \*\* : p < 0.01 n = 102

1) : Total Hardness 2) : Residual Solids



pH, 경도 등은 10% 이내였지만, 인위적인 오염지표성분인 Cl, NO<sub>3</sub>-N 등은 19.1%, 18.4%로 건기보다는 우기에 증가하여 이 지역이 우기시에 오염에 많이 취약한 것으로 나타났다.

6. 지하수 각 항목간 상관관계를 분석한 결과 NO<sub>3</sub>-N는 Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 경도, 증발잔류물, 전기전도도와 양의 상관관계를 나타냈으며, 상관성이 가장 높은 항목은 전기전도도와 증발잔류물로서 상관계수는 0.938(p < 0.01)이었다.
7. 개발제한구역은 주민들이 식수와 생활용수를 지하수로 이용하고 있기 때문에 지하수의 개발과 이용은 필수적일 수밖에 없다. 그러나 현재와 같은 지하수 관리하에서는 지역 주민의 건강과 위생이 안전하지 못하고 예기치 못한 수질사고의 위험이 있으므로 이를 대처하기 위해서는 관측정을 설치하여 수질감시를 위한 정기적인 수질검사를 실시하여야 할 것이다. 또한 주민홍보를 통하여 더 이상 지하수가 안전한 식수가 아님을 인식시켜줄 필요가 있으며 개발제한구역을 지하수 보전구역으로 설정하여 주민에게 불편을 주지 않는 범위에서 개발과 이용 및 관리에 만전을 기해야 할 것이다. 또한 개발제한구역의 특성상 무리하게 환경을 훼손해 가면서 상수도시설을 설치할 수는 없을 것이다. 하지만, 주민의 건강에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 먹는물 문제는 환경훼손문제 보다 더 우선시 되어야 할 가치를 가지고 있다. 따라서, 환경 훼손을 최소한으로 하는 범위내에서 꼭 필요한 만큼의 상수도시설은 설치를 서두르는 것이 바람직하겠다.

## 참 고 문 헌

1. 서울시:서울시 환경백서(1998)

2. 환경부 : WHO 먹는물 수질관리 지침서(1995)
3. 환경부 : 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙, 환경부령 제 11호(1995)
4. 환경부 : 먹는물 수질공정시험법(2000.)
5. 한 정상 : 지하수 환경과 오염(1998)
6. 한 정상 : 지하수학 개론(1986)
7. 박 석기, 안 승구, 엄 석원 : 먹는물 수질관리, (1996)
8. 배 주순 : 전남지역 지하수 수질특성에 관한 연구, 전남대 석사학위 논문(1999)
9. 이 해식 : 서울시내 지하수의 이화학적 특성에 관한 연구, 서울시립대 석사학위 논문(1992)
10. 신 풍식 : 서울 도봉산 인접지역의 지하수 중 질산성질소 및 트리클로로에틸렌 오염에 관한 조사 연구, 서울대 보건대학원 석사학위 논문(1996)
11. 김 현주 : 인천광역시 남구지역의 지하수 수질특성 및 오염현황에 관한 연구, 서울시립대 석사학위 논문(1999)
12. 송 성숙 : 경산시 지하수의 오염특성, 경산대 석사학위 논문(2001)
13. 김 성석 등 : 강원도에서 응용되는 지하수의 수질특성에 관한 조사 연구, 한국수질보전학회지,11(3) : 247(1995)
14. 과학기술처 : 지하수 오염방지 및 응용화 기술 연구 (부산지역)(1999)
15. 서울시정개발연구원 : 서울시 지하수 오염방지 및 관리방안 연구(1995)
16. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater(18th)(1992)
17. WHO :Guidelines for Drinking-Water Quality Vol. 2, 3rd Ed, Geneva, p. 100~105, (1988)