

## 서울시내 지하수중의 각종 성분이 질산성질소의 농도에 미치는 영향

생활용수과

이 해 식 · 최 금 순 · 최 용 석 · 이 윤 국 · 신 덕 영 · 엄 석 원 · 김 주 형

### (The effect of components on NO<sub>3</sub>-N concentration of underground water in Seoul area)

*Division of Municipal Water*

**Hae Sik Lee, Geum Sun Choi, Yong Suk Choi, Youn Gook Lee, Deog Young Shin,  
Seog Won Eom, Joo Hyung Kim**

#### = Abstract =

To investigate the effect of components on NO<sub>3</sub>-N concentration of underground water, we analyzed 5,909 underground water samples collected in Seoul area from Jan. to Dec. in 1996.

The results were as follows:

1. The annual average concentration of NO<sub>3</sub>-N, pH, COD, Cl<sup>-</sup>, and TCE were 7.8±5.5mg/l, 7.1±0.4, 1.6±0.9mg/l, 43.2±19.1mg/l, and 0.003±0.001mg/l at underground water samples in Seoul area.
2. The item correlated with NO<sub>3</sub>-N was Cl<sup>-</sup> (p < 0.01).
3. The concentration of NO<sub>3</sub>-N according to rainfall amount showed higher in Winter season than in Summer season.
4. The concentration of NO<sub>3</sub>-N decreased with the depth of well.

#### 緒 論

지하수는 지표면 하부의 지하자원으로 수문학적 순환계통 과정의 물이 강우에 의해 재충전되는 재생 가능한 수자원으로서 이미 프랑스의 Pirre Perrant (1668 - 1770)가 강우량에 의해 영향을 받는다는 보고를 시작으로 19C 중엽에 빗물에 의해 생성된다는 사실이 확인 됨으로서 연간 강우량은 그 지역의 지하수 부존량에 많은 영향을 미치는 것

으로 나타났다.<sup>1)</sup>

조사 대상지역인 서울시의 경우 연간 강우량이 1980년부터 1993년까지 13년 사이에 평균 1346.7mm로 우리나라 평균치인 1274mm보다 많으나 풍수기인 7, 8, 9월에 전체 강우량의 60.3%인 810.8mm를 차지하며 갈수기인 12, 1, 2월에는 연평균 강우량의 5.7%에 불과한 77.5mm로서 약 11배의 차이를 나타내고 있어 하절기의 집중호우로 인하여 총 강우량에서 직접 하천으로 유출되는 양이 많은 반

면 지하수로 유입되는 양이 적기 때문에 지하수의 부존량이 극소화 되어 지하수 사용에 많은 제한을 두고있는 실정이다.<sup>2)</sup>

지하수는 특성상 연간 수량, 수온의 변화가 거의 없으며 수질이 지표수에 비해 양호하며 특별한 처리없이 사용할 수 있는 관계로 지표수 오염으로 인한 상수의 불신감과 더불어 지하수 사용량은 점차적으로 급증하고 있는 실정이다.

현재 서울시에는 지하수를 사용하기 위해 이용되고 있는 관정이 약 1만 7천여개에 달하고 있으나 이 중 81.8%인 14,000여개의 관정이 1984년 이후에 무분별하게 개발되었으며 더우기 전체관정의 58%인 10,225개소가 30m이내인 천층수로서 적정수준 이상으로 지하수를 채취하게 되면서 지반침하, 지하수 고갈로 인한 지하수면 저하로 인근 지하 오염물질의 지하수면 유입의 가속 등으로 지하수 오염에 문제점으로 나타났다.<sup>2) 3)</sup>

이러한 오염물질은 먹는물 수질기준 43개항목<sup>4)</sup>, 생활용수 수질기준 15개항목, 농업·공업용수 14개항목<sup>5)</sup>으로 분류 검사토록 되어 있으나 그중 질산성질소는 주변 지질에 거의 흡착되지 않고 TDS, Cl<sup>-</sup>, P에 비해 지하수 오염의 중요한 지시인자(특히 정화조에 의한 오염의 예측자료)이며 인체에 중요한 수질 성분으로 수처리기술이 용이하지 않은 점 때문에 많은 조사 대상이 되고있는 항목<sup>6)</sup>이다.

질산성질소의 다량 검출은 오염된 지표수가 직접 유입되어 오염되는 점오염원과 상부에 발달된 토양대속에 농축된 질산염이 강수에 의해 대수층 속으로 침투하여 오염되는 비점오염원으로 구분되며 오염원은 질소계 무기비료와 하수·분뇨·축산폐기물 등이며 발농사와 목축이 발달한 유럽이나 아메리카 지역에서의 오염이 농사가 발달한 일본지역보다 높은 것으로 보고되어 있다.<sup>7)</sup> 질산성질소는 그자체의 독성 보다는 아질산성질소로 환원되면서 산소운반 능력을 감소시킴으로서 methemoglobinemia을 유발시켜 저산소증을 발생시키고 또한 최근에는 강력한 발암성 물질이 있는 니트로소아민의 전구물질로 문제점<sup>8) 9)</sup>이 제시되고있다. 이에 대한 연구는 전남지역의 학교지하수<sup>10)</sup>, 강원도내 지하수<sup>11)</sup>, 농촌 지역 지하수<sup>12)</sup>, 국내 지하수<sup>13)</sup>, 서울시 지하수<sup>14)</sup> 등에서 보고 되어있다. 또한 미국에서는 정화조 유출수 방류로 인한 뉴욕 동부지역의 지하수오염<sup>15)</sup>으로 46개 지하수중 반수인 23개가 심하게 오염되었으며 Delmarva Penninsulawldur지역에서 33%가 먹는물 수질기준에 부적합 하였고<sup>16)</sup>, 일본 환경청에서는 질산성질소의 초과율을 5%로 보고<sup>17)</sup> 하였으며 독일지역의 산간지역<sup>18)</sup>에서도 질산성질소의 농도가 50mg/l를 넘는 지역이 13%에 달한것으로 나타났다. 이렇듯 질산성질소의 오염은 도시 농촌지역을 막론하고 지

하수 오염원의 주성분으로 커다란 문제점이 되고 있다. 오염된 지하수에 대한 처리법으로는 이온교환법, 역삼투압, 미생물의 질산대사를 이용한 생물학적 탈질처리법<sup>9)</sup> 등이 있으나 처리경비 및 처리기술 등 현실적으로 어려움이 많은 것으로 나타났다. 따라서 지하수 관정에 영향을 미치는 환경과 주변의 각종 오염원 및 상호 작용하는 오염물질 등이 질산성 질소에 미치는 영향과 상관성을 조사하여 1993년에 제정된 지하수법에 의한 정부주도의 지하수개발 계획 및 보호에 자료를 제공하고자 한다.

## 연구방법

### 1) 조사대상

우리 연구원에 생활용수 검사 목적으로 96년 1월 - 12월 사이에 의뢰된 봉인된 지하수중 5,909건을 대상으로 하였다.

### 2) 시험항목 및 방법

생활용수 시험기준인 수소이온농도(pH), 화학적산소요구량(COD), 대장균군수, 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N), 염소이온(Cl<sup>-</sup>), 카드뮴(Cd), 비소(As), 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 페놀, 납(Pb), 6가크롬(Cr<sup>6+</sup>), 트리클로로에틸렌(TCE), 테트라클로로에틸렌(PCE)등 15개 항목을 대상으로 공해공정시험법<sup>19)</sup>에 준하여 분석하였으며 질산성질소 및 염소이온은 Ion Chromatograph로 분석 하였음

### 3) 분석기기

- 가 : pH Meter (Model 520A Orion)
- 나 : Atomic Absorption Spectrophotometer (Verian spectra AA 800)
- 다 : U. V Visible spectrophotometer(HP 8453)
- 라 : Ion Chromatograph(DX 500 Dionex)
- 마 : Gas Chromatograph(영린 M600D)

### 4) 분석방법

자료 분석은 SAS program을 이용하여 질산성질소에 영향을 미치는 항목의 상관성을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 생활용수로 이용되는 지하수중 질산성질소와 타 항목과의 관계

연구대상시료 5,909건중 대부분이 불검출된 항목을 제외한 질산성질소 (NO<sub>3</sub>-N), 수소이온농도(pH), 화학적산소

**Table 1.** Monthly average concentration of underground water as Municipal Water Element

Element Month	NO <sub>3</sub> -N			pH			COD			Cl			TCE		
	Mean ±SD	Max	Min	Mean ±SD	Max	Min	Mean ±SD	Max	Min	Mean ±SD	Max	Min	Mean ±SD	Max	Min
JAN	8.8±5.2	32.6	0	7.2±0.4	9.7	5.5	1.5±0.7	11.3	0.2	43.2±19.8	144.5	3.3	0.005 ±0.010	0.372	0.000
FEB	9.5±5.9	60.2	0	6.7±0.4	9.2	5.0	1.3±0.6	5.3	0.2	38.2±18.9	137.5	4.7	0.002 ±0.005	0.339	0.000
MAR	7.7±5.8	52.0	0	7.0±0.4	8.1	5.9	1.8±1.0	20.0	0.2	50.4±27.5	499.1	3.6	0.001 ±0.001	0.029	0.000
APR	6.2±4.8	41.4	0	7.0±0.4	10.9	4.6	2.2±0.6	5.2	0.1	43.5±18.6	191.6	2.7	0.000 ±0.000	0.028	0.000
MAY	6.1±4.9	36.0	0	7.0±0.4	8.8	3.5	1.6±0.6	5.5	0.3	45.4±18.6	149.0	2.4	0.000 ±0.001	0.049	0.000
JUN	7.6±5.6	56.7	0	7.2±0.5	9.7	5.5	2.0±3.6	33.3	0.4	45.5±18.8	458.8	3.8	0.001 ±0.002	0.238	0.000
JUL	7.6±5.7	51.1	0	7.2±0.5	8.7	4.8	1.8±0.6	9.8	0.1	45.3±20.1	300.7	2.1	0.000 ±0.000	0.020	0.000
AUG	8.8±6.4	37.3	0	7.1±0.6	9.1	4.1	1.6±0.6	10.1	0.2	46.2±22.7	524.3	0.8	0.003 ±0.008	0.268	0.000
SEP	7.8±5.7	44.4	0	7.0±0.5	9.3	5.6	1.5±0.5	7.0	0.3	41.5±17.3	157.0	0.3	0.001 ±0.001	0.102	0.000
OCT	8.2±5.9	55.3	0	7.1±0.5	9.5	5.8	1.4±0.5	10.3	0.0	40.3±15.9	151.0	0.6	0.014 ±0.002	1.760	0.000
NOV	6.8±5.4	32.9	0	7.1±0.6	11.3	5.9	1.7±0.9	29.8	0.2	41.8±14.8	95.0	2.3	0.005 ±0.009	1.650	0.000
DEC	8.0±5.1	28.2	0	7.1±0.4	9.5	5.6	1.2±0.5	11.5	0.0	37.9±16.2	140.5	1.3	0.001 ±0.003	0.120	0.000
Mean ±SD	7.8±5.5			7.1±0.4			1.6±0.9			43.3±19.1			0.003 ±0.004		
MAX		60.2			11.3			33.3			524.3			1760	
MIN			0.0			3.5			0.0			0.3			0.000

Unit : mg/l (except for pH)

요구량(COD), 염소이온(Cl<sup>-</sup>), 트리클로로에틸렌(TCE)의 월별 수질분석 결과는 Table 1과 같다. 또한 생활용수중 질산성질소의 기준치인 20mg/l를 초과한 329건을 대상으로 질산성질소 농도에 영향을 주는 것으로 알려진 수소이온농도(우수 및 토양오염), 화학적 산소요구량(유기물 동시오염), 염소이온(인위적오염)<sup>9)</sup> 등과 상관관계를 분석 하였으며 그 결과는 Table 2와 같다.

'96년 서울시에서 생활용수로 사용하는 지하수중 질산성질소의 년평균 농도는 7.8±5.5mg/l로 생활용수 기준인 20mg/l보다 낮았으나 김등<sup>10)</sup>이 보고한 1996년의 5.4mg/l, 또한 김등<sup>11)</sup>이 1996년에 보고한 6.5mg/l, 魚등이<sup>14)</sup>1988년에 보고한 3.3mg/l의 결과 보다는 다소 높은 것으로 먹는물 지하수와는 차이를 보였다. 또한 총 5909건중 질산성질소로 부적합 판정된 314건중 7건만이 대장균과 동시에 부적합 한 것으로 서울시내 지하수중 질

산성질소 대부분이 분변에 의한 오염보다는 생활하수나 산업폐수 등에 의한 것으로 사료된다. 질산성질소에 가장 큰 영향을 미치는 항목은 염소이온(Cl<sup>-</sup>)으로 년평균 농도는 43.3±19.1mg/l로 기준치인 250mg/l보다는 낮게 나타났다. 하지만 염소이온(Cl<sup>-</sup>)은 안정된 물질로 지하에 유입된 상태에서도 변화되지 않는 특성 때문에 외부의 오염물질이 유입될 경우 지하수중의 염소이온농도(Cl<sup>-</sup>)가 점차 증가되는 것으로 인위적 오염의 지표가 된다. 이항목이 질산염과 동시에 검출될 경우 분변오염이나 외부에서의 오염이 추정되는 중요한 항목으로 Table 2에서 나타난 바와같이 조사 항목중 유일하게 상관성(P<0.001)을 보였으며 이는 김등<sup>10)</sup>(r=0.2948), 김등<sup>11)</sup>(r=0.6860), 및 魚등<sup>14)</sup>(r=0.4579) 등의 조사에서도 유의성을 보임으로서 질산성질소와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

대체로 수중의 탄산염이나 탄산가스의 농도에 따라 결정

**Table 2.** Correlation Coefficient (r) and prob-Value for Each parameter

p \ r	NO <sub>3</sub> -N	pH	Cl <sup>-</sup>	COD
NO <sub>3</sub> -N	1.0000			
pH	-0.0278	1.0000		
Cl <sup>-</sup>	0.3585**	-0.0518	1.0000	
COD	-0.0274	-0.1472	0.3826	1.0000

n=321      \*\* P<0.01

되는 수소이온농도의 년중 평균값은 7.1±0.4이었으며, 유기물 오염의 지표로 염소이온과 공동으로 다량 검출시 분변 오염으로 추정되는 화학적 산소요구량(COD)의 년중 평균 농도는 1.6±0.9mg/l로 생활용수 수질기준인 6mg/l보다는 낮았으나 염소이온과는 유의성(r=0.3826)이 높은 것으로 나타났다. 또한 자연상태에서 거의 존재하지 않는 인위적 오염의 대표적 물질인 트리클로로에틸렌(TCE)은 0.003±0.004mg/l로 생활용수 기준인 0.03mg/l와는 차이를 보였으나 일부 관정의 경우 심각하게 오염된 것으로 나타났으며 이들 항목은 질산성질소와 유의성이 없는 것으로 나타났다.

**2) 강수량이 질산성질소의 농도에 미치는 영향**

강수는 자연에 의한 지하수 보충원 (강수량의 약 16%)으로 지하수 부존량의 예측에 자료를 제공하며, 여러 과정을 거쳐 지하 유입시 지하수 오염에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 1996년 및 1980~1993년의 평균 강수량은

Table 3에서 보는바와 같다.

1996년 서울시내에 내린 총 강수량은 1257.5mm로 1980년 - 1993년까지 13년 평균값인 1346.7mm보다 적은 강수량이었다. 질산성질소의 농도는 Table 1에서 나타난 바와같이 갈수기인 동절기 12, 1, 2월에 각각 8.0±5.0mg/l, 8.8±5.2mg/l, 9.5±5.9mg/l로 연평균값인 7.8±5.5mg/l에 비해 높은 농도를 보였다. Table 4에서 나타난 바와 같이 20mg/l를 초과한 고농도에서는 연중 평균치인 5.4%보다 낮은 4.1%, 3.9%, 5.4%의 수치를 나타내고 있다. 10mg/l이하의 저농도에서도 년중 평균치인 70.6%보다 낮은 67.9%, 65.2%, 65.7%의 분포현황을 나타냄으로서 고농도, 저농도가 동시에 감소하는 특이 현상을 나타냈다.

Fig. 1에서 나타난바와 같이 강수량이 일시적으로 증가한 후 점차 감소하는 3, 4, 5월에는 질산성질소의 농도가 각각 7.7±5.8mg/l, 6.2±4.8mg/l, 6.1±4.9mg/l로 점차 감소하는 것으로 보아 적당한 강수량의 감소는 질산성질소의 농도가 감소하는 현상을 나타냈으며, 강수량이 증가하기 시작하는 하절기인 6, 7, 8월에 각각 7.6±5.6mg/l, 7.6±5.7mg/l, 8.8±6.4mg/l로 강수량의 증감은 동절기를 제외하고는 질산성질소 농도와 정비례 현상을 보여 주었다. 또한 고농도인 20mg/l를 초과하는 관정수가 6, 7, 8월에 각각 6.3%, 5.3%, 8.7%로 년평균 5.4%와 차이를 나타낸 것은 서울시 관정의 58%가 지표면과 인접한 천층(30m 이내)인 것을 감안할 때 풍부한 강수에 의한 지표의 수량이 관정에 오염물질과 함께 급속도로 유입되면서 질산성질소의 농도가

**Table 3.** The amount of rainfall by month in Seoul

(Unit : mm)

Year \ Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
1996	16.3	1.9	77.9	62.0	29.3	249.7	512.8	132.4	11.0	90.3	62.9	11.0	1257.5
1980-1993(Ave)	23.1	26.0	49.7	68.5	97.6	131.2	369.3	281.6	159.9	47.4	64.1	28.4	1346.7

자료 : 기상일보

**Table 4.** Monthly distribution of NO<sub>3</sub>-N concentration of underground water as Municipal Water in Seoul area

Cone \ Month	1 n=336	2 n=166	3 n=191	4 n=281	5 n=564	6 n=684	7 n=532	8 n=589	9 n=704	10 n=864	11 n=631	12 n=367	Total(%) n=5909
20.1 mg/l ≤	13 (3.9%)	9 (5.4%)	12 (6.3%)	11 (3.9%)	23 (4.1%)	43 (6.3%)	28 (5.3%)	51 (8.7%)	43 (6.1%)	50 (5.8%)	23 (3.7%)	15 (4.1%)	321 (5.4%)
10.1mg/l -20mg/l	104 (31.0%)	48 (28.9%)	44 (23.0%)	40 (14.2%)	96 (17.0%)	148 (21.6%)	129 (24.2%)	163 (27.7%)	169 (24.0%)	221 (25.6%)	154 (24.4%)	103 (28.1%)	1419 (24.0%)
≥ 10mg/l	219 (65.2%)	109 (65.7%)	135 (70.7%)	230 (81.9%)	445 (78.9%)	493 (72.1%)	375 (70.5%)	375 (63.7%)	492 (69.9%)	593 (68.6%)	454 (71.9%)	249 (67.9%)	4169 (70.6%)

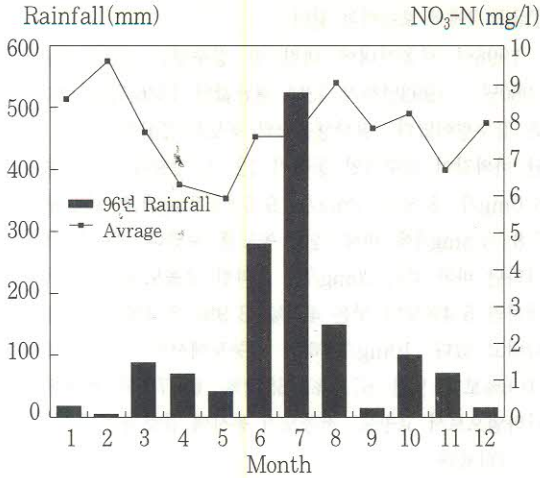


Fig. 1. Relationship between rainfall amount and NO<sub>3</sub>-N concentration

증가한 것으로 강수량이 7월에 비해 감소한 8월의 경우 오히려 질산성질소의 농도가 증가한 것은 96년중 총강수량의 40.8%인 512.8mm가 7월에 집중적인 강수량을 나타냄으로서 오염물질의 동시 유입으로 사료된다.

이는 박등<sup>20)</sup>이 제시한 비점오염원인 빗물이 집중적인 강수에 의해 월류(Combined Sewer Over flow) 발생이 지하수 오염에 원인이 되는 것과 비슷한 양상을 나타냈다.

### 3) 관정의 심도가 질산성질소에 미치는 영향

대상 시료중 76개의 관정을 심도별로 분류하여 조사한 결과 질산성질소 분포현황과 평균농도는 Table 5, 6과 같다.

Table 5, 6에서 나타난 바와 같이 천층(30m이내)에서 개발된 지하수의 경우 질산성질소 평균 농도가 13.5mg/l로 중층(31-90m) 7.0mg/l, 심층(91m이상) 6.8mg/l 보다 높았다. 농도별 분포 현황에서도 저농도인 10mg/l이하가 48.1%, 고농도인 20mg/l이상이 33.3%로 주변 상황의

Table 5. The concentration of NO<sub>3</sub>-N according to depth of underground water in Seoul area

No	Depth	≤ 30m	31 - 90m	91m ≤
1		25.0	1.2	13.2
2		18.4	0.2	7.5
3		1.7	2.5	20.8
4		3.7	4.9	0.2
5		3.4	4.5	0.5
6		26.4	3.4	0.2
7		28.2	3.9	11.3
8		21.4	2.2	10.4
9		2.0	3.2	18.0
10		5.5	5.3	2.3
11		4.4	12.8	5.9
12		13.2	13.7	9.5
13		10.2	21.7	9.5
14		24.2	13.2	2.8
15		24.0	4.5	0.2
16		27.6	13.7	2.2
17		22.4	7.8	10.3
18		30.1	2.9	3.0
19		3.4	2.4	4.3
20		1.5	8.8	4.9
21		8.3	0.6	8.1
22		4.4	5.2	4.5
23		7.6	9.4	
24		7.5	12.2	
25		1.8	11.4	
26		13.8	9.9	
27		25.3		
Mean±SD		13.5	7.0	6.8
Maximum		30.1	21.7	20.8
Minimum		1.5	0.2	0.2

Unit : mg/l

**Table 6.** The distribution of NO<sub>3</sub>-N concentration according to depth of underground water

NO <sub>3</sub> -N(ppm) Depth(m)	≤ 10	10.1 ~ 20	20.1 ≤
≤ 30 (n = 27)	13 (48.1%)	5 (18.5%)	9 (33.3%)
31 ~ 90 (n = 26)	19 (73.1%)	6 (23.1%)	1 (3.9%)
91 ≤ (n = 23)	17 (73.9%)	5 (21.7%)	1 (4.4%)

여건에 따라 농도 변화가 극심한 것으로 나타났으며, 중층(31~90m), 심층(91m이상)에서는 10mg/l 이하의 농도가 각각 73.1%, 73.9%의 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 고농도인 20mg/l 이상이 중층, 심층에서 각각 1건씩 3.9%, 4.4%의 낮은 비중을 나타냄으로써 오염농도가 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 호기성 상태가 유지되는 10m정도 까지 질산이온의 농도는 점차 증

가하나 혐기성 상태인 10m이상에서는 질산성질소가 아닌 다른 형태의 화합물로 변화하여, 토양 깊이에 따라 특히 천층에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.<sup>21)</sup> 현재 서울시 관정 현황을 보면 Table 7.에서 나타난바 총 17,624개의 관정중 깊이를 알 수 없는 2,922개를 제외한 14,702개중 30m이내인 천층 관정이 69.6%(10,225개)로서, 류등<sup>22)</sup>이 발표한 농촌지역 관정의 82.7%가 5m인 것에 비하면 양호하나 서울시내 주변상황을 감안하면 오염가능성이 많은 것으로 나타났다. 31~90m의 중층관정은 19.0%인 2,796개이었으며, 최근 먹는물 용도로서 많이 개발되고 있는 91m 이상인 심층관정은 11.0%인 1,611개인 것으로 대부분이 1994년 이후에 개발된 것으로 나타났다.

## 結 論

1996년 1월부터 12월까지 우리 연구원에 의뢰된 생활용수 검사용 지하수 5,909건을 대상으로 질산성질소와 그

**Table 7.** Distribution of underground water by depth in Seoul

District	Dis	Depth of Well			
		(0 - 30m)	(31 - 90m)	(91m≤)	Unknown
JongRo	328	188(57.3%)	87(26.5%)	53(16.2%)	
Junggu	397	207(52.1%)	114(28.7%)	76(19.1%)	
Yongsan	242	154(63.6%)	43(17.8%)	45(18.6%)	
Seongdong	354	276(78.0%)	48(13.6%)	30(8.50%)	
Kwangjin	303	177(58.4%)	78(25.7%)	48(15.8%)	
Dongdaemun	852	758(89.0%)	55(6.50%)	39(4.60%)	
Jungrang	320	189(59.1%)	75(23.4%)	56(17.5%)	
Seongbuk	528	402(76.1%)	98(18.6%)	28(5.30%)	
Dobong	1,139(599)	494(82.5%)	76(12.7%)	29(4.80%)	540
Kangbuk	1,154(417)	332(79.6%)	60(14.4%)	25(6.00%)	737
Nowon	1,4711	1,222(83.1%)	141(9.60%)	108(7.30%)	
Eunpyoung	1,118	964(86.2%)	95(8.50%)	59(5.30%)	
Seodaemun	584	382(65.4%)	133(22.8%)	69(11.8%)	
Mapo	471	297(63.1%)	103(21.9%)	71(15.1%)	
Yangcheon	944(475)	267(56.2%)	161(33.9%)	47(9.90%)	469
Kangseo	1,349	795(58.9%)	455(33.7%)	99(7.30%)	
Kuro	778	548(70.4%)	166(21.3%)	64(8.20%)	
Keumcheon	396	324(81.8%)	55(13.9%)	17(4.30%)	
Youngdeungpo	724(445)	240(55.5%)	118(26.5%)	87(19.6%)	279
Dongjak	261	143(54.8%)	60(23.0%)	58(22.2%)	
Kwanak	425	314(73.9%)	79(18.6%)	32(7.50%)	
Seocho	1,094	699(63.9%)	218(19.9%)	177(16.2%)	
Kangnam	739	329(44.5%)	184(24.9%)	226(31.6%)	
Songpa	687(686)	524(76.4%)	94(13.7%)	68(9.90%)	1
Kangdong	0(966)	966			
Total	17,624(14,632)	10,225(69.9%)	2,796(19.1%)	1,611(11.0%)	2,922

자료 : 서울시 각구청 하수과 ( ) : 미확인 제외건수

에 영향을 미치는 5개항목을 대상으로 조사한 결과 다음과 같다

1. 생활용수 지하수의 수질은 질산성질소의 평균농도  $7.8 \pm 5.5 \text{mg/l}$ , 수소이온농도  $7.1 \pm 0.4$ , 화학적산소요구량  $1.6 \pm 0.9 \text{mg/l}$ , 염소이온  $43.3 \pm 19.1 \text{mg/l}$ , 트리클로로에틸렌  $0.003 \pm 0.004 \text{mg/l}$  이었다.
2. 질산성질소와 상관성을 나타낸 항목은 염소이온 ( $p(0.01)$ )이 있으며 나머지 항목과는 무관하였다.
3. 강수량과 관계된 질산성질소의 월평균 농도는 갈수기인 12, 1, 2월에 각각  $8.0 \pm 5.5 \text{mg/l}$ ,  $8.8 \pm 5.2 \text{mg/l}$ ,  $9.5 \pm 5.9 \text{mg/l}$ 로 연평균값인  $7.8 \pm 5.5 \text{mg/l}$  보다 높았으며 풍수기인 7, 8, 9월에도  $7.6 \pm 5.7 \text{mg/l}$ ,  $8.8 \pm 6.4 \text{mg/l}$ ,  $7.80 \pm 5.7 \text{mg/l}$ 로 연평균값과 비슷한 농도를 나타냈다.
4. 심도별 질산성질소는 저농도인  $10 \text{mg/l}$  이하가 30m 이내의 깊이에서 48.1%, 31-90m에서 73.1%, 91m 이상에서 73.9%의 분포 현황을 보여 심도가 깊을수록 질산성질소의 농도는 낮은 것으로 나타났다.

### 參 考 文 獻

1. 韓楨相 : 지하수학 개론, 博英社, p. 26(1977).
2. 시정개발연구원 : 서울시 지하수 오염방지 및 관리방안 연구, p. 14-31(1995).
3. 이천복 : 한국의 지하수자원과 개발방향, 지하수개발과 농어촌용수, 농어촌진흥공사 p. 151-155 (1994).
4. 환경부 : 먹는물 관리법 (법·시행령·시행규칙), (1994).
5. 서울특별시 : 지하수 법령집, (1994).
6. 韓楨相 : 지하수 자원의 합리적인 이용과 관리방안, 농어촌진흥공사, P. 240 (1994).
7. 김학명, 이상호, 탁성제, 한재식 : 地下水汚染論, 동화기술서적, p. 67-70 (1996).
8. 日本藥學會 : 衛生試驗法 註解, 金原出版社, p. 938-959 (1991).
9. 古米弘明, 尾林壽, 藤固賢二 : 硫黃脫窒作用を利用した生物濾過による 窒酸性窒素の除去, 水環境學會誌, 19(9):715 (1996).
10. 金仁洙, 朴鐘秀, 金恒範, 文嬉, 朴哲雄, 吳銀河, 李紹暎, 朴池蓮 : 전남 지역 학교 지하수의 수질실태 조사연구, 전라남도 보건환경연구원, 8:125 (1996).
11. 김성석, 이진호, 김종철, 정제연, 김남성, 김순래, 임병찬, 박상균 : 강원도 지하수의 수질 특성에 관한 조사연구, 강원도 보건환경연구원, 7:121 (1996).
12. 이진현, 이인숙 : 농촌지역 개인소유 음용수와 간이 상수도의 수질에 대한 비교연구, 한국환경위생학회지, 20(1):54 (1994).
13. 정종대 : 지하수 수질보전과 오염방지 대책, 지하수개발과 농어촌용수, 농어촌진흥공사 p. 81 (1994).
14. 어수미, 오수경, 박성배 : 서울지역 지하수의 오염도와 성분별 유의성 검토, 한국위생학회지, 15:51 (1989).
15. Min Chin : Pollution of Ground Water by Nutrients and Fecal Coliform from Lakeshore Septic Tank System, Water, Air and Soil Pollution, 37:407 (1988).
16. Pixie A. H., Dennis R. H. : Effect of agriculture on groundwater quality in five regions of united states, groundwater, 33:2, (1995).
17. 中林修身 : 土壤 地下水汚染の 實態と 對策技術 動向, 資源環境對策, 30:9(1994).
18. 임경택, 정명규, 정현욱 : 환경보건학, 지구문화사, p. 210-223 (1995).
19. 수질 공정시험방법 : 동화기술, 제4판, (1996).
20. 박중련, 박희경, 현인환 : 21C 물수요를 대비한 종합수질 관리방안, 물부족 어떻게 할 것인가?, 한국수자원공사, p.78-79 (1996).
21. Back, W., Baedecker, M. J. : Chemical hydrogology in natural and contaminated environment, Hydrogology, 28:1 (1989).
22. 류귀현, 백은자, 김영환 : 농어촌 자연부락에 관한 안전 급수대책에 관한연구, 국립보건원보, 23:161 (1996).