

경기북부지역 지하수의 지역별 미량무기물질 함유실태 조사연구

오조교 · 손진석 · 배용수 · 정은희 · 박진호 · 황선민 · 정연훈
경기도보건환경연구원

A survey on the content of inorganic materials in ground-water of Northern Gyeonggi area

Jin-Seok Son, Yong-Soo Bae, Eun-Hee Jung, Jin-Ho Park, Sun-Min Hwang,
Yeon-Hoon Jung and Jo-Gyo Oh

North Branch of Gyeonggi-do Institute of Health & Environment

Abstract

Ground water samples were collected from residential, green,, industrial, landfill and mining area and analyzed for 23 inorganics from March to October in 2002.

The results are as follows;

1. The detection frequencies of inorganic materials such as As, Ba, B, Mo, Ca, Mg, Al, Cu, Fe, Mn, Zn, Na, K were 7.2~77.1% which showed that these inorganics were detected in many ground waters.
2. The detection frequencies of 7 inorganics(Cd, Cr, Pb, Se, Sb, Be, Tl) were commonly low at ranging from 0.42 to 2.5%. These inorganics were contained in ground water partially.
3. Three inorganics such as Hg, Ni, Ag were not detected in any ground-water samples.
4. Compared to the other areas, ground water samples from landfill area contained greater concentration in many inorganics and then showed higher levels in industrial, residential, mining and green area in order.
5. Compared to noted concentrations of bottled water, inorganic minerals including Ca, Mg, Na, K related to taste were fluent in target samples. The results showed that the average concentrations of Mg, Na, K were 4.0 mg/l, 14.7 mg/l, 1.5 mg/l respectively.
6. The concentrations of inorganics such as Sb, Ba, Mo, Be, Tl, K in some ground water samples exceeded the water quality standards of WHO, the US and UK.

Especially, Ba, Mo, K also showed relatively high detection frequencies so these inorganics need to be considered as analytes in Korea Drinking Water Regulation in further study.

Key words : ground-water, inorganic materials, Gyeonggi-do

I. 서 론

물은 인간과 모든 생물체에게 필요불가결한 물질로써 인간은 생활수준이 향상될수록 맛이 있고, 안전하고, 건강에 이로우며, 오염되지 않은 양질의 물을 음용하려는 욕구를 가지고 있다. 일반적으로 생활수준이 높은 구미 선진국일수록 음용수로써 지하수의 이용도는 상당히 높아 그 의존도는 60~90%에 이른다¹⁾. 또, 지하수란 지각을 구성하고 있는 지표면 하부의 포화대내에 부존되어 있는 천연의 수자원으로서 지하에 부존된 자연자원 중에서 유일하게 매년 재 함양될 수 있는 천연자원이기 때문에 이를 잘 관리만 하면 우리가 이 땅에서 생존하는 동안 영원히 재생, 이용가능한 자원이다¹⁾. 이러한 수자원관리를 위한 목적으로 WHO에서는 전 세계의 관련학자, 전문가 등의 장기간 연구보고 결과를 토대로 하여 120여 항목의 음용수 수질기준을 제정하였으며, ^{1),3)} 우리나라의 경우 현재 지하수의 먹는물 수질기준을 46개 항목을 설정하여 관리하고 있다⁴⁾. 그리고, 지하수는 여러 종류의 지각구성물질과 접촉하고 있어 토양과 암반층으로부터 각종물질이 녹아들기 때문에 많은 무기물질이 내포되어 있다. 인체에 필요한 무기물질에는 칼슘, 칼륨, 나트륨, 철, 마그네슘, 구리, 망간 등 여러 가지가 있으며, 이를 크게 다량원소와 미량원소로 나눌 수 있는데, 다량원소는 칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘 등이며, 이들 원소는 인체 구성의 약 3%를 차지하고 있다. 미량원소는 인체 구성의 0.5%이며, 철, 망간, 동, 요오드, 아연, 몰리브덴, 코발트, 크롬, 비소 등이다. 이들 성분은 인체 내에 아주 적은 양 밖에 존재하고 있지 않기 때문에 미량원소라 부른다⁵⁾. 이러한 무기물질들은 불용성이고 식물만이 흡수할 수 있으며, 사람이 과다 섭취하게 되면 인체의 신장, 동맥, 혈액 등에 축적되어 심각한 질환을 일으킬 수도 있다⁶⁾. 결국 이러한 물질들은 물의 맛을 좋게 해주기도 하나, 일정량 이상으로 존재하게 되면 물의 맛을 나쁘게 하거나 건강에 영향을 미칠 수 있게 된다. 따라서 인체 내 무기물질의 역할이 매우 중요하게 되었다. 그러므로 우리의 건강을 보호, 유지하기 위해서는 이들 무기물질에 대한 지하수에서의 지역별 함유실태 파악은 매우 절실한

실정이다. 따라서 본 연구에서는 경기북부지역 지하수에서는 어느 정도의 무기물질이 함유되어 있는지, WHO등 선진국의 기준과 비교하여 조사해 봄으로써 지하수자원 관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

경기북부지역 지하수의 무기물질 함유량을 조사하기 위하여 주거지역, 녹지지역, 공장지역, 특수지역(매립지, 광산주변)으로 나누어 2002년 3월부터 10월까지 채취한 시료 236건을 대상으로 하였으며, Fig. 1은 조사지역별 시료 채취 현황을 나타내었다.

2. 분석항목 및 방법

WHO등 선진국에서 음용수의 수질기준으로 관리하고 있는 무기물질 중 ICP/MS로 분석 가능한 비소 등 23 항목을 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(환경부령)의 먹는물 공정시험방법⁷⁾, APHA와 WPCF의 표준방법⁸⁾ ICP/MS (Agilent사, 7500i 모델) user manual을 이용하여 시험하였으며, 분석항목 및 수질기준은 Table 1과 같다.

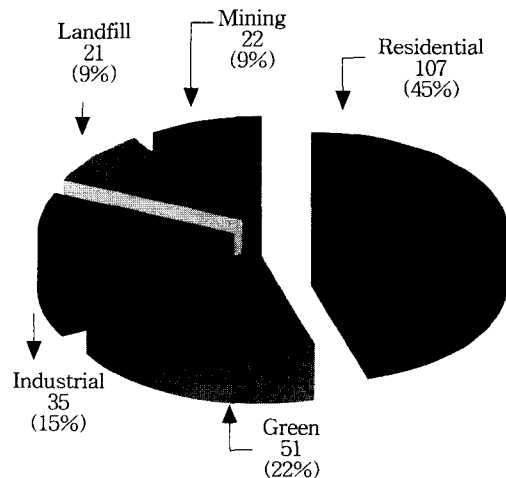


Fig. 1. The number of sampling sites by land-use type.

Table 1. Analytical items & water quality standards (guideline)

Inorganic materials	Unit	Standards(Guideline)				
		Korea	WHO	U.S.A	Japan	U.K.
As	µg/l	50	10	50	10	50
Cd	µg/l	10	3	5	10	5
Cr	µg/l	50	50	100	50	50
Pb	µg/l	50	10	15	50	50
Hg	µg/l	1	1	2	0.5	1
Se	µg/l	10	10	50	10	10
Sb	µg/l	-	5	6	2	10
Ba	µg/l	-	700	2000	-	1000
Be	µg/l	-	-	4	-	-
B	µg/l	300	300	-	200	2000
Mo	µg/l	-	70	-	70	-
Ni	µg/l	-	20	140	10	50
Ag	µg/l	-	-	100	-	10
Tl	µg/l	-	-	2	-	-
Ca	mg/l	-	-	-	-	250
Mg	mg/l	-	-	-	-	50
Al	mg/l	0.2	0.2	0.05~0.2	0.2	0.2
Cu	mg/l	1	1	1	1	3
Fe	mg/l	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Mn	mg/l	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05
Zn	mg/l	1	3	5	1	5
Na	mg/l	-	200	-	200	150
K	mg/l	-	-	-	-	12

III. 결과 및 고찰

본 조사연구를 통하여 검토하고자 한 내용은 각 무기물질의 성분별 전체적인 함유량 파악 및 지역 특성별 평균농도분포이며, 무기물 함유량을 객관적으로 평가하기 위하여 국내 먹는물 수질기준 및 WHO, 미국, 영국, 일본은 선진국의 기준을 적용하여 비교해 보았다. 조사대상 23 개 무기물질에 대한 항목별 함유량 조사결과 1 건도 검출되지 않은 수은, 니켈, 은 3 개 항목에 대해서는 언급하지 않았다. 경기북부지역 지하수의 지역별 무기물질 함유량 조사결과는 다음과 같다.

1. 비소(As)

비소는 모든 환경에서 자연적으로 존재하며 황 및 많은 금속화합물 형태로 존재한다. 지각에서 평균농도는 약 2 mg/kg이다⁹⁾. 비소는 광산, 염료, 제화 등의 공업배출수, 특히 동광산 배출수나 농약 등의 비소화합물이 오염원이 되는 것도 있다¹⁰⁾.

본 조사에서 비소의 함유량은 Fig. 2에서와 같이 전체 평균 1 µg/l로 조사되어 매우 저농도로 나타났다으며, 함유농도 분포는 0~48 µg/l의 범위로 나타났다. 지역별로도 평균농도에서의 차이는 두드러지지 않았다. 이번 조사에서 국내 수질기준을 초과한 경우는 없었다.

2. 카드뮴(Cd)

카드뮴 함유 광물질은 지각에서 미량으로 균일하게 분포되고 있다. 카드뮴이 체내에 들어가면 위장점막의 염증을 일으키고 기침, 현기증, 복통등의 증상을 나타낸다.

본 조사에서 카드뮴이 검출된 경우는 전체 조사 건수 236건 중 2 건에서 검출되어 검출빈도는 0.9%에 불과하였으며, 국내 수질기준인 10 µg/l를 초과하지는 않았다

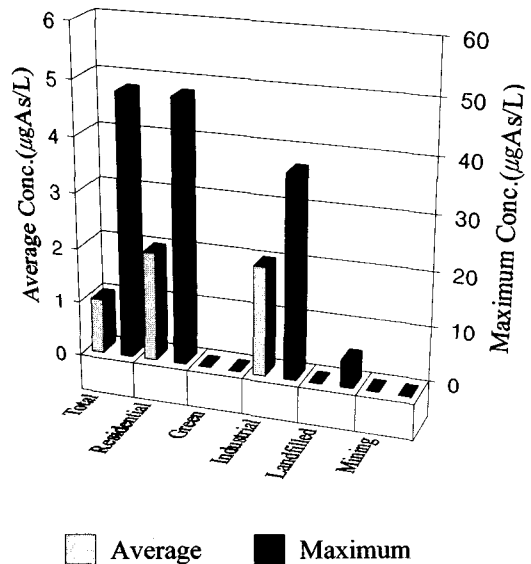


Fig. 2. The average and maximum concentrations of Arsenic by land-use type.

3. 크롬(Cr)

크롬은 미량 필수원소로서 당질 및 지질대사, 단백질 합성에 관여하는 한편 단백질 분해효소의 한 성분이다¹⁰⁾. 도금, 염료, 피혁, 직물 등의 공장 배출수에는 다량 함유되어 있고, 특히 독성이 강한 6가 크롬의 존재로 인해 우리나라에서는 6가크롬으로서 0.05 mg/l의 수질기준을 정하고 있다. 본 조사에서 크롬은 공장지역에서만 2 건이 검출되었으나, 국내의 기준을 초과한 곳은 없었다. 한국, 일본의 경우 6가크롬으로 먹는물 수질기준을 정하고 있다.

4. 납(Pb)

납은 자연수에서는 석회암지대에서 미량으로 함유되어 있으며, 또한 광산의 배출수에서 유래되는 경우도 있다. 납 중독으로 인한 급성독성으로는 구토, 복통, 설사, 혈압강하, 혼수 등이 있으며, 만성적으로는 빈혈, 소화관 장애, 신경계 장애 등이 나타날 수 있다. 본 조사에서는 주거지역, 공장지역 각 1 건, 매립지역에서 2 건이 검출되었으며, 검출빈도는 1.7%로 나타났다. 국내 수질기준을 초과한 곳은 없었다.

5. 셀레늄(Se)

셀레늄은 유황(S)과 동족인 비금속 원소이고, 천연의 유황광상이나 황화물은 상당량의 셀레늄을 함유하며, 지각 중의 함유량은 0.1ppm이다¹⁰⁾. 셀레늄은 사람 및 기타 동물에서는 필수 원소이나, 다량 섭취시는 설사, 복통, 탈모증상등을 보인다¹¹⁾.

본 조사에서는 주거지역 1 건, 공장지역 3 건 등 모두 4 건의 지하수에서 셀레늄이 검출되었으며, 검출된 지하수 중 공장지역 2 건에서는 국내 수질기준인 10 µg/l를 초과하여 각각 16 µg/l, 11 µg/l를 나타내었다. 미국기준인 50 µg/l에는 미치지 못하는 농도수준이다. 전체적으로는 셀레늄의 검출빈도가 1.7%에 불과 하였다.

6. 안티몬(Sb)

안티몬은 반도체 제조에 사용되기 때문에 순도가 높은 것이 요구되며, 현재 중국, 남아프리카, 러시아, 볼리비아 등지에서 많이 산출되며,¹²⁾ 우리나라의 경우 북한 자강도에 많이 매장되어 있는 광물이다¹³⁾. 인체 중독시 급성위염을 유발 할 수 있다.

본 조사에서는 주거지역 4 건, 공장지역 2 건 등 총 6 건의 지하수에서 안티몬이 검출되었으며, 안티몬에 대한 국내 수질기준은 제정되어 있지 않으나, WHO의 음용수 기준인 5µg/l에 적용해보면, 검출된 지하수 6건은 모두 WHO기준을 초과하고 있다. 검출농도의 범위는 주거지역 0~27 µg/l, 공장지역 0~29 µg/l로 나타났다. 안티몬에 대한 전체 검출 빈도는 2.5%였다.

7. 바륨(Ba)

바륨은 0.5 g/kg의 농도로 지각에 존재하며, 미량의 바륨은 대부분의 토양에 존재한다. 대부분의 물은 약간의 바륨을 함유하지만 그 농도는 일반적으로 0.1 mg/l 이하이다¹⁴⁾. 그러나 일부 지하수원은 10 mg/l 만큼이나 높은 농도로 함유하고 있기도 하다¹⁵⁾.

본 조사에서 지하수 중 바륨농도는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 전체 평균농도가 71 µg/l였으며, 지역별로는 매립장지역이 평균 220 µg/l (0~952 µg/l), 주거지역 평균 77 µg/l (0~603 µg/l), 공장지역 평균 58 µg/l (0~308 µg/l), 광산지역 평균 39 µg/l (0~334 µg/l), 녹지지역 평균 18 µg/l (0~322 µg/l)로 광범위하게 지하수에서 존재함을 알 수 있다.

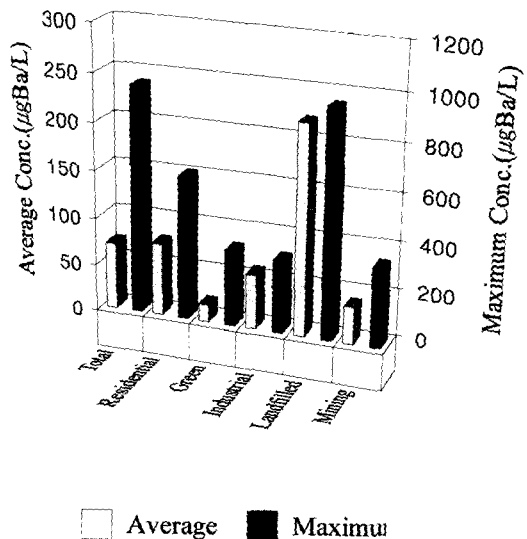


Fig. 3. The average and maximum concentrations of Barium by land-use type.

WHO 음용수 기준인 $700 \mu\text{g}/\text{l}$ 를 초과하는 곳은 매립장 지역에서 2 건이 있었다.

8. 베릴륨(Be)

베릴륨은 암석의 풍화, 대기의 낙진, 산업 및 도시의 배출물을 통하여 수계에 나타날 수 있다. 물에서의 농도는 아주 낮아 일반적으로 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ 정도이다¹⁷⁾. 음용수에서의 베릴륨 농도를 측정하기 위한 소수의 연구가 있었으며, 미국의 조사에서의 경우 $0.01 \sim 1.2 \mu\text{g}/\text{l}$ 범위의 농도로 밝혀졌으며, 평균농도는 $0.2 \mu\text{g}/\text{l}$ 이었다¹⁸⁾.

본 조사에서 지하수 중 베릴륨이 검출된 것은 총 5 건으로서 주거지역 1 건($12 \mu\text{g}/\text{l}$), 녹지지역 1 건 ($11 \mu\text{g}/\text{l}$), 공장지역 2 건 ($61 \mu\text{g}/\text{l}$, $73 \mu\text{g}/\text{l}$), 매립장지역 1 건 ($135 \mu\text{g}/\text{l}$)이며, 총 검출빈도는 2.1% 수준이었다. 미국기준인 $4 \mu\text{g}/\text{l}$ 에 적용해 보면 검출된 5 건 모두 미국기준을 초과하고 있다.

9. 보론(B)

보론은 환경중에 널리 분포하고 있으며, 특수합금, 제철(붕소원소), 유리공업, 목재 및 피혁의 방부제(붕산염), 조류 제거제, 살충제(붕소화합물)등에서 환경 중으로 배출된다. 붕산과 Borex등에 만성노출될 경우 위장관 자극, 식욕부진, 구토, 멀미 등의 증세를 일으킨다¹¹⁾.

본 조사에서는 Fig. 4에서와 같이 보론의 지하수 중 평균농도는 $6 \mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다. 지역별로 살펴보면 주거지역 $2 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 63 \mu\text{g}/\text{l}$), 녹지지역 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 20 \mu\text{g}/\text{l}$), 공장지역 $12 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 100 \mu\text{g}/\text{l}$), 매립장지역 $35 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 530 \mu\text{g}/\text{l}$), 광산지역 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 30 \mu\text{g}/\text{l}$) 로 조사되었으며, 매립장지역 지하수 1 건에서 국내 수질 기준 $300 \mu\text{g}/\text{l}$ 를 초과하였다. 검출빈도는 16.1%이었다.

10. 몰리브덴(Mo)

지구상에 비교적 널리 존재하지만 그다지 많은 양은 아니다. 생리적 기능으로서는 산화과정에 관련있는 효소의 성분이며, 동(Cu)과는 정반대의 성질을 가졌으므로 구리 독을 예방하는 작용을 하고, 탄수화물 대사를 원활하게 한다¹⁹⁾.

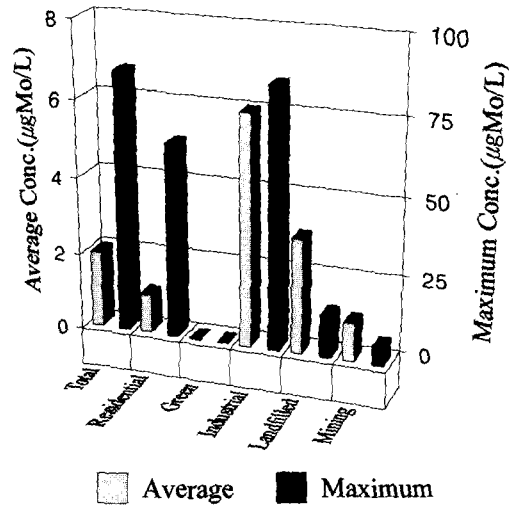


Fig. 4. The average and maximum concentrations of Molybdenum by land-use type.

본 조사에서의 평균 몰리브덴 함유량은 Fig. 4에서와 같이 $2 \mu\text{g}/\text{l}$ 으로 조사되었으며, 지역별로는 주거지역 평균 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 63 \mu\text{g}/\text{l}$), 공장지역 평균 $6 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 84 \mu\text{g}/\text{l}$), 매립장지역 평균 $3 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 14 \mu\text{g}/\text{l}$), 광산지역 평균 $1 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0 \sim 6 \mu\text{g}/\text{l}$)으로 나타났다. 몰리브덴의 국내 수질기준은 없으나, WHO 음용수기준인 $70 \mu\text{g}/\text{l}$ 를 초과한 것은 공장지역에서 1 건이 있었다. 검출빈도는 약 12.3%로 나타났다.

11. 탈륨(Tl)

주로 황화광물 속에서 발견되는데, 존재량은 비교적 적다. 중독시에는 다리통증, 다리쇠약, 하반신 불수를 일으킬수 있다²⁰⁾.

본 조사에서 탈륨이 검출된 곳은 공장지역의 지하수에서 1 건이 있었는데, 미국기준인 $2 \mu\text{g}/\text{l}$ 를 초과하는 $8 \mu\text{g}/\text{l}$ 이었다. 나머지 전체 지하수 시료에서는 검출된 경우는 없었다.

12. 칼슘(Ca)

칼슘은 석회암, 백운암, 석고를 포함하고 있는 토양이나 암석 사이를 지하수가 들어갈 때 만들어진다. 물의 경화, 보일러 안쪽에 끼는 물때, 온수난방시설에 침전물 형성등의 주 원인이 된다. 자연상

태의 지하수는 10~100 mg/l 정도의 칼슘을 갖고 있는데, 이 정도의 농도는 인체나 동물에게 해가 없다²¹⁾.

본 조사대상 지하수 중 칼슘의 평균 함유량은 Fig. 5에서와 같이 24.5 mg/l 이었으며, 참고로 경기북부지역 먹는샘물 제조업소의 평균 칼슘 함유량(표기량)²²⁾인 12.61 mg/l (5.39 ~24.80 mg/l)보다 약 1.9 배 정도 풍부한 것으로 조사되었다. 지역별로는 주거지역 26.5 mg/l (0~142.1 mg/l), 녹지지역 10.5 mg/l (0~41.0 mg/l), 공장지역 29.5 mg/l (0~117.6 mg/l), 매립장지역 49.6 mg/l (1.0~158.0 mg/l), 광산지역 15.5 mg/l (2.0~56.0 mg/l)으로 나타났다. 영국기준인 250 mg/l를 초과한 것은 없었다.

13. 마그네슘(Mg)

지하수에 용해되어 있는 마그네슘의 근원은 주로 퇴적암의 백운암, 화성암에 감람석, 흑운모 그리고 변성암인 사문석 및 활석 등이다. 또한, 일부의 석회암은 미량의 마그네슘을 포함하고 있기 때문에 이들이 풍화함에 따라 마그네슘을 방출하기도 한다.

지하수에 녹아있는 마그네슘의 농도는 1~40 mg/l 정도이다.

본 조사대상 지하수 중 마그네슘 평균함유량은 Fig. 6과 같이 4.0 mg/l 이었다. 이는 경기북부지역 먹는샘물 제조업소의 평균 마그네슘 함유량²²⁾인 2.03 mg/l (0.72~8.15 mg/l)과 대비해 보면 약 2 배 정도 많은 것으로 조사되었다. 지역별로 살펴보면 주거지역 4.1 mg/l (0~24.9 mg/l), 녹지지역 0.7 mg/l (0~4.6 mg/l), 공장지역 4.2 mg/l (0~24.3 mg/l), 매립장지역 13.0 mg/l (0~50.0 mg/l), 광산지역 2.0 mg/l (0~9.0 mg/l)으로 나타났다.

14. 알루미늄(Al)

알루미늄은 자연에 널리 분포되어 있으며, 모든 토양과 식물, 그리고 동물 신체조직의 구성성분중의 하나이다. 섭취된 알루미늄은 뼈를 제외한 신체 조직내에는 실질적으로 축적되지 않는다²³⁾. 그러나 음용수내의 알루미늄 농도가 0.1 mg/l를 넘게되면 공급과정에서 음용수가 변색될 가능성이 높아진다. 따라서 음용수에 대한 권장기준치는 미적인 면을 고려하여 0.2 mg/l로 권장되고 있다.

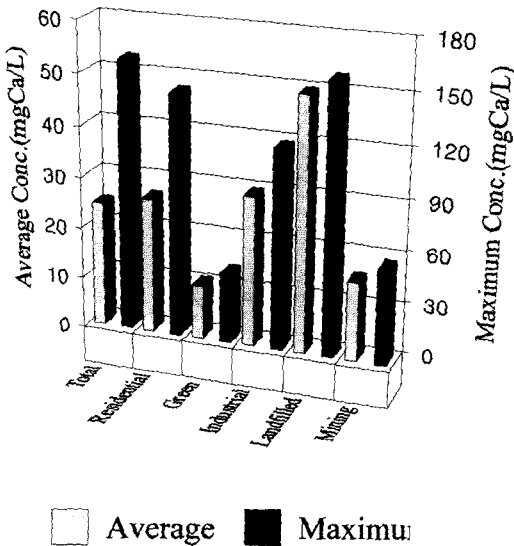


Fig. 5. The average and maximum concentrations of Calcium by land-use type.

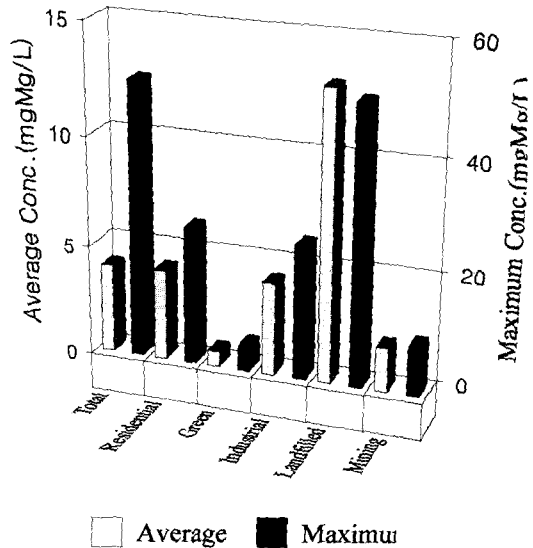


Fig. 6. The average and maximum concentrations of Magnesium land-use type.

본 조사에서 지하수중 알루미늄의 평균 함유량은 0.01 mg/l로 나타났다. 지역별로는 주거지역 0.00 mg/l (0~0.04 mg/l), 녹지지역 0.01 mg/l (0~0.15 mg/l), 공장지역 0.01 mg/l (0~0.10 mg/l), 매립장지역 0.02 mg/l (0~0.20 mg/l), 광산지역 0.00 mg/l (0~0.04 mg/l)의 평균 함유량을 나타내고있다. 지하수 중 알루미늄의 검출빈도는 9.5%이었다.

15. 동(Cu)

동은 인간의 대사작용에 필수적인 원소이며, 적혈구의 형성과 신체조직내의 철을 제거, 그리고 뼈, 중추신경계, 연결부위조직 등의 발달에 중요한 역할을 한다. 먹는물에서는 심미적 영향을 고려하여 수질기준치를 정하고 있다.

본 조사에서는 지하수중 동의 평균 함유량은 0.013 mg/l로 조사되고 있다. 지역별로는 공장지역이 0.058 mg/l (0~0.883 mg/l)로 평균 함유량이 높은 편이었으며, 주거지역 0.006 mg/l (0~0.054 mg/l), 녹지지역 0.004 mg/l (0~0.095 mg/l), 매립장지역 0.006 mg/l (0~0.109 mg/l), 광산지역 0.001 mg/l (0~0.012 mg/l)의 함유량을 보이고 있다. 지하수 중 동의 검출빈도는 16.9% 정도 였다.

16. 철(Fe)

지하수에 철분이 많으면 세탁물을 얼룩지게 하고, 식품가공, 염색, 탈색, 제빙, 양조 등 여러 용도에 제한을 받게 된다. 철분의 농도가 0.3 mg/l 이상이면 음료수로 적합하지 않으나, 인체의 건강에 주는 영향보다 물의 맛이 나빠지기 때문이다. 오히려 우리 인체는 매일 일정량의 철분을 취해야 하므로 지하수에 어느 정도의 철분이 용해되어 있는 것은 바람직하다²¹⁾.

본 조사에서 평균 철 함유량은 0.017 mg/l로 나타났다. 지역별로는 매립지역이 0.07 mg/l (0~0.47 mg/l)로 평균 함유량이 가장 높으며, 주거지역 0.01 mg/l (0~0.16 mg/l), 녹지지역 0.00 mg/l (0~0.14 mg/l), 공장지역 0.02 mg/l (0~0.08 mg/l), 광산지역 0.02 mg/l (0~0.09 mg/l)의 함유량을 보이고 있다. 이번 조사에서 지하수 중 철의 검출빈도는 10.1%로 나타났다.

17. 망간(Mn)

음용수에 들어있는 망간은 건강에 미치는 영향 외에도 여러 가지 유해한 요인이 될 수 있다. 망간의 농도가 0.15 mg/l 이상인 물은 불쾌한 맛이 나며, 배관시설이나 세탁물 등을 얼룩지게 한다.²⁴⁾ 망간화합물이 용액내에서 산화할 때에는 망간이 침전하게 되어 물때가 끼게 되는 문제가 있다. 이번 조사에서 지하수 중 망간의 평균 함유량은 0.091 mg/l로 나타나고 있다. 지역별 망간 함유량은 매립장지역이 0.641 mg/l (0~4.598 mg/l), 주거지역 0.056 mg/l (0~1.30 mg/l), 녹지지역 0.001 mg/l (0~0.073 mg/l), 공장지역 0.051 mg/l (0~1.620 mg/l), 광산지역 0.005 mg/l (0~0.083 mg/l)의 함유량으로 조사되고 있다. 특히 매립장 지역은 국내의 수질기준을 상당히 초과하고 있어, 주변 오염방지의 우려가 없는지 검토할 필요성이 있다. 망간의 전체 검출빈도는 12.6%이었다.

18. 아연(Zn)

아연은 인간에게 필수적인 원소이며, 독성이 낮고 효율적인 생리적 평형조절작용을 하기 때문에 음용수나 음식으로부터 만성적으로 아연에 중독되어도 인간에게 위험하지는 않다. 그러나 아연으로 인한 중독 증세에는 구토, 탈수, 전해질 불균형, 복통, 구역질, 무기력, 현기증, 근육조정불능 등이 있다²⁵⁾. 수질기준은 음용수에서 맛이나 외관을 고려하여 1 mg/l으로 하고있다.

본 조사에서 지하수 중 아연의 평균 함유량은 0.199 mg/l이었다. 지역별로 살펴보면 매립지역이 0.987 mg/l (0~9.112 mg/l)로 상당히 높은 평균 함유량을 나타내고 있으며, 주거지역 0.158 mg/l (0~4.84 5mg/l), 녹지지역 0.039 mg/l (0~0.901 mg/l), 공장지역 0.172 mg/l (0~2.883 mg/l), 광산지역 0.066 mg/l (0~0.329 mg/l)으로 조사되고 있다. 아연의 검출빈도는 72.1%이었다.

19. 나트륨(Na)

나트륨은 칼륨과 함께 알칼리성 금속에 속하며 지하수에 비교적 많은 양이 용해되어 있다. 지하수에 용해되어 있는 나트륨 대부분은 사상성이 풍화되어 방출한 것이거나, 점토광물 또는 압염 같은

중발 퇴적물에서 나온 것도 있다. 지하수에는 10~100 mg/l 정도가 보통이며, 농업용수는 69mg/l 이하, 그리고 음용수는 170 mg/l 까지를 적합한 것으로 본다²¹⁾.

본 연구의 조사결과에서 지하수 중 나트륨의 평균함유량은 Fig. 7에서와 같이 14.7 mg/l이다. 이는 경기북부 지역 먹는샘물의 평균 나트륨 함유량²²⁾ 6.54 mg/l (2.24~15.95 mg/l)에 비하여 약 2.2 배의 함유량을 보이고 있다. 지역별로는 주거지역 15.4 mg/l (0~81.7 mg/l), 녹지지역 5.3 mg/l (0~75.0 mg/l), 공장지역 26.4 mg/l (0.6~80.4 mg/l), 매립지 지역 25.8mg/l (0~81.0 mg/l), 광산지역 3.8 mg/l (0~11.0 mg/l)으로 나타나고 있다. 나트륨의 국내 수질기준은 없으며, 심미적 영향을 고려하여 설정된 WHO 및 일본의 음용수 기준인 200 mg/l를 초과하는 것은 없었다. 지하수 중 나트륨의 검출빈도는 약 69.3%이다.

칼륨은 혈액 및 체액의 산 알카리 평형을 올바르게 유지시켜 체내 조직이 산성화되는 것을 방지한다. 또 근육수축에 필요한 미네랄이다. 따라서 심장기능, 특히 심장맥박을 정상으로 유지시킨다¹⁹⁾. 그러나 칼륨이 과잉일 경우 혈액 투석 환자의 경우 혈중 칼륨상승으로 위험한 상태에 빠질수도 있다²⁰⁾.

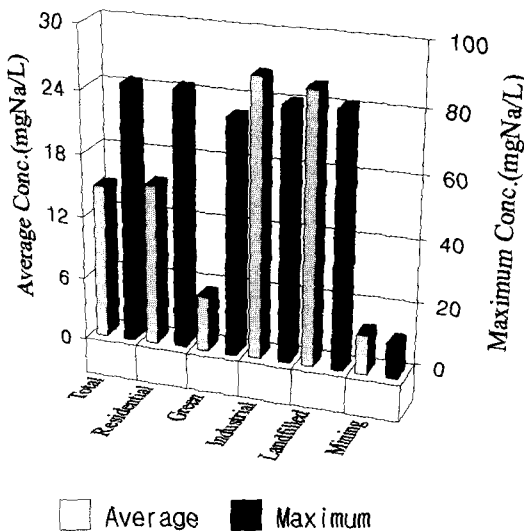


Fig. 7. The average and maximum concentrations of Sodium by land-use type.

본 조사에서 지하수 중 칼륨의 평균함유량은 1.5 mg/l로 나타나고 있다. 이 결과는 경기북부지역 먹는샘물의 평균 칼륨 함유량²²⁾인 0.87 mg/l (0.14~1.71 mg/l)에 비하여 약 1.7 배의 함유량을 보이고 있다. 지역별로는 주거지역 1.3 mg/l (0~21.1 mg/l), 녹지지역 0.1 mg/l (0~2.0 mg/l), 공장지역 1.7 mg/l (0~46.7 mg/l), 매립지 지역 6.6 mg/l (0~49.0 mg/l), 광산지역 0.7 mg/l (0~5.0 mg/l)으로 조사되었다. 칼륨의 영국 수질기준은 12 mg/l인데, 본 조사 대상 지하수에서는 주거지역 1건, 공장지역 1건, 매립지 지역 3건 등 총 5건의 시료에서 영국수질기준을 초과한 것으로 조사되었다. 칼륨의 검출빈도는 24.5%를 차지하고 있다.

IV. 결 론

경기북부지역의 주거지역, 녹지지역, 공장지역, 쓰레기 매립지, 광산주변지역에서 2002년 3월부터 10월까지 시료채취한 지하수 236 건에 대하여 비소등 무기물질 23 성분에 대하여 함유량을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 무기물질 중 비소, 바륨, 보론, 몰리브덴, 칼슘, 마그네슘, 알루미늄, 동, 철, 망간, 아연, 나트륨, 칼륨 등 13 개 성분은 검출빈도가 성분별로 약 7.2~77.1% 정도로 많은 지하수에서 함유되고 있는 성분으로 나타났다.
2. 카드뮴, 크롬, 납, 세레늄, 안티몬, 베릴륨, 탈륨 등 7 개 성분은 지하수 중 검출빈도가 성분별로 따라 약 0.42~2.5% 정도로 지하수 일부에 함유되고 있는 것으로 조사되었다.
3. 수은, 니켈, 은 3 개 성분은 조사 대상 지하수에서 1 건도 검출되지 않았다.
4. 지역별로는 쓰레기 매립지 지역의 지하수에서 대다수의 무기물질 함유량이 높게 나타났다. 그 다음으로 공장지역>주거지역>광산지역>녹지지역 순으로 조사되었다.
5. 물 맛 관련 무기미네랄 성분인 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨에 대한 조사 결과, 칼슘 함유량은 평균 24.5 mg/l, 마그네슘 함유량은 평균 4.0 mg/l, 나트륨 함유량은 평균 14.7 mg/l, 칼륨 함유량은 평균 1.5 mg/l로 조사되어 시판 먹는샘물에 함유된 표기량과 비교하여 높게 나타났다.

6. 안티몬, 바륨, 몰리브덴, 베릴륨, 탈륨, 칼륨등의 무기물질은 이번 조사 지하수에서 WHO, 미국, 영국 등의 수질기준을 초과한 경우도 있었으며, 특히 바륨, 몰리브덴, 칼륨은 검출빈도도 상대적으로 높아 향후 국내 수질기준 개정시 연구 검토해 볼 필요가 있을 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

1. 한정상 (2000). 지하수 환경과 오염, 박영사
2. 국립환경연구원 (2000). 각국의 수 질 관련기준 비교분석
3. 유길상, 이남래 (1997). 물의 종류와 특징, 국방 품질 제6호
4. 환경부 (2002). 먹는물수질기준 및 검사 등에 관한 규칙
5. 수자원환경신문사 (2002). 수자원환 경 4월호
6. <http://www.cleancoway.co.kr/>
7. 환경부 (2000). 먹는물 수질 공정시 험방법, 환경부고시 제 2000-75호
8. APHA-AWWA-WPCF (1992). *Standard methods for the Examination of water and wastewater 18th Ed.*
9. Quebec, Ministry of Supply and Services (1979). Guidelines for Canadian drinking water quality.
10. 박석기 외 2인 (1998). 해설 먹는 물의 수질관리, 동화기술
11. 물질약 범국민운동본부, 물과 건강 항목별 수질기준 해설, <http://www.water21.me.go.kr>
12. 두산세계대백과, 두산동아
13. 북한지지도요람 (1993). 통일원
14. US EPA (1976). Quality criteria for water, Washington, D.C.
15. Brenniman, G.R. ET AL. (1979). Cardiovascular disease death rates in communities with elevated water, levels of barium in drinking Environmental research.
16. National Research Council(1977). Drinking water and health, Washington D.C., National Academy of Sciences.
17. US EPA (1980). Ambient water quality criteria for beryllium, Washington, D.C.
18. Kopp, J.F & Kroner, R.C. (1967). Trace metals in waters of the United States.
19. 정우영, 신라약국, <http://myhome.thrunet.com/~sirap>
20. Commission of the European Communities (1979). Trace metals: Exposure and health effects.
21. Sidorenko, G.I & Itskova, A.I. (1980). Nickel, Moscow, Medicina.
22. U.S. EPA (1977). Toxicology of metals, vol. II, Washington, D.C.
23. 유니케어 의학연구소, www.unicare.co.kr
24. 조선형, 고종안 (1999) 지하수 어 떻게 할 것인가, (주)북스힐.
25. 박진호 외 5인 (2001). 경기북부지역 약수터의 수질실태에 관한 조사연구, 경기도보건환경연구원보 제 14권
26. Deichmann, W.B. & Gerarde, H.W.(1969). Toxicology of drugs and chemicals, New York, Academic Press.
27. GRIFFIN, A.E. (1960). Significance and removal of manganese in water supplies. J. AWWA.
28. PRASAD, A>S> & IBERLEAS, D, ed. (1976). Trace elements in human health and disease, vol. (I), Zinc and copper. New York, Academic Press.