

음용수중의 특수미량원소 함유량에 관한 조사 연구

김도훈 · 조은정 · 권기원 · 김광수 · 박홍식

기 기 분 석 과

飲用水中の 特殊微量元素 含有量에 關한 調査 研究

機器分析科

金度勳 · 趙恩晶 · 權奇源 · 金光洙 · 朴興植

A study on the Concentration of Trace Elements(metals) in Drinking Water

Instrumental Analysis Division

D. H. Kim, E. J. Cho, K. W. Kwon, K. S. Kim, H. S. Park

Abstract

Mainobject was undergroundwater(60points) of using drinking water in Pusan and they were random sampled.

Average concentration of trace elements(metals) were as follows :

Barium : 0.033mg/ℓ, Germanium : None Detect, Phosphorus : 0.169mg/ℓ, Calcium : 29.001mg/ℓ, Magnesium : 6.723mg/ℓ, Tin : 0.026mg/ℓ, Silicon : 4.952mg/ℓ, Sodium : 20.178mg/ℓ, Molybdenum : 0.009mg/ℓ, Lithium : 0.007mg/ℓ, Clbalt : None Detect, Nickel : None Detect.

I. 서 론

물은 산소와 더불어 인간의 생존에 가장 중요한 요소이며, 인체의 생리활성에 필요한 많은 역할들을 수행하고 있다. 또한 물은 그 자체가 가지는 최고의 용매로서의 특성 때문에 수많은 물질들을 용해시키게 되는데, 결과적으로 이것은 용존 영양물질을 조직이나 유기체로 이동시키게 된다.²⁾

최근 고도의 산업화와 각 산업장등에서 배출된 환경오염물질에 의한 수질오염은 어족자원의 고갈과 인간에 대한 건강상의 위해 및 수자원의 황폐화를 유발시키게 되며, 나아가 인간의 생존마저 위협하고 있는 실정이다. 일례로 낙동강 상수원의 오염심화로 식수의 지속적인 공급이 불투명한 실정이며, 낙동강 하류에 서식하는 어족의 멸종은 이러한 우려가 가상이 아님을 보여주는 예라 하겠다. 이러한 가운데 상수도에 대한 불신이 증폭되면서 많은 사람들이 지하수나 먹는생물 등에 관심을 가지게 되고, 이러한 현상은 무분별한 지하수의 개발과 지하수자원의 낭비로 이어져 상수원의 최후보루라 일컬어 지는 지하수자원의 고갈과 각종 오염원에 의한 오염마저 우려되고 있는 실정이다.

지하수에는 토양이나 광물에서 용출된 미네랄(Mineral)이라는 무기질의 칼슘, 마그네슘, 철, 망간, 아연, 구리, 나트륨, 인, 칼륨, 코발트, 몰리브덴, 게르마늄, 규소등 미량원소들을 함유하고 있다. 이러한 미네랄은 인체에 있어서 필수영양원소이며, 각원소마다 인체의 생리작용에 미치는 영향이 상당히 크므로 해서 결핍시 건강상의 많은 장애를 초래하는 것으로 알려져 있다.²⁾

그러나 물속에 함유된 미네랄(Mineral)은 대부분이 인체가 흡수할 수 없는 무기성의 불활성 미네랄(inactive mineral)이며, 이러한 무기물은 섭취후 배설되나, 일부

는 체내에 축적되어 관절염, 신장결석, 동맥경화 등의 질병을 유발하는 원인이 되기도 한다.

현재 음용수중에 함유된 각종 미량원소 중에서 자체독성과 체내 축적성이 있는 원소 및 음용시 심미적 영향을 주는 원소에 대해서는 규격 기준을 설정하여 엄격히 규제하고 있으나, 아직도 많은 미량원소들에 대하여는 여러가지 이유로 조치가 불필요함으로 해서 규격기준이 설정되지 않고 있다. 그러나 환경오염이 심화됨에 따라 이러한 규격기준 미설정 미량원소의 규격기준 설정의 필요성이 증대될 것으로 예상된다.

본 조사연구는 부산시내에서 음용수로 이용되는 지하수를 주대상으로 물중에 함유된 실리콘(Si), 인(P), 나트륨(Na), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 몰리브덴(Mo), 코발트(Co) 등의 규격기준 미설정 미량원소 10여종의 함유량을 조사분석하여 차후 규격기준 설정시 기초자료를 제공하고자 한다. 또한 미량원소의 인체에 미치는 영향과 오염원 및 오염 가능성 등의 고찰을 통하여 시민의 건강에 대한 관심을 고취시키고자 한다.

II. 조사내용 및 방법

1. 조사기간

1996년 1월 ~ 1996년 12월

2. 조사대상

부산시내에서 음용수로 이용되는 지하수를 주대상으로 임의 선정된 영도초등학교 내 지하수의 59개소(Table 1. 참조)

3. 조사항목

Si, Mg, Ca, Na, P, Ba, Mo, Co, Ge, Sn, Li, Ni (12개 항목)

4. 시료채취방법

500ml 유리병에 각 1점씩 직접 채취

5. 시료의 전처리 및 분석 방법

1) 시료의 전처리

수질오염공정시험방법 제2장 제4항 시료의 전처리 방법중 1. 질산에 의한 방법에 따름.³⁾

2.) 공시험액의 조제

달이온수를 사용하여 시료의 전처리 방법에 따라 조제

3.) 표준용액의 조제

MERCK사 제조의 IPC용 표준액(1000ppm)을 약 3% 질산(중금속분석용) 용액으로 3단계의 표준액농도로 희석하여 사용.

4.) 분석방법

수질오염공정시험방법 제3장 제3항 유도결합플라즈마 발광 광도법(Inductively Coupled Plasma(ICP) Emission Spectroscopy)에 의하여 다원소 동시 분석법으로 분석.³⁾

5.) 분석기기

ARL 3580(ARL Switzerland)

6. 검출한계분석

각 원소의 검출한계는 시료와 동일조건에서 10회에 걸쳐 Blank Test를 하고 평균 노이즈의 2배에 해당하는 측정치를 구하고 그 값을 검출한계 이하로 정하였다.

Table 1. Sampling Sites

NO	소 재 지	No	소 재 지	No	소 재 지
01	영도초등학교(영도구)	21	보광약수터(금정구)	41	대 연 동 (남 구)
02	영평아파트 (♡)	22	철마옥수정 (기장군)	42	동산백조APT(기장군)
03	산정약수터 (♡)	23	무 위 암 (금정구)	43	동 부 리 (♡)
04	영도택시 (♡)	24	서구공동정호(서 구)	44	대우그린APT(동래구)
05	동삼여자중학교(♡)	25	보 수 2 동 (중 구)	45	대 연 여 상 (남 구)
06	영도중학교 (♡)	26	보 수 1 동 (♡)	46	다대주공APT(사하구)
07	영도여자고등학교(♡)	27	부 평 동 (♡)	47	장 군 샘 터 (수영구)
08	한라아파트 (영도구)	28	양 점 동 (진 구)	48	남 천 샘 터 (♡)
09	대 광 탕 (♡)	29	동신중학교 (동래구)	49	옥 천 샘 터 (♡)
10	일신아파트 (♡)	30	동래컨트리 (금정구)	50	금련산샘터 (♡)
11	동 현 산 업 (강서구)	31	오양평구APT(수영구)	51	미라보관광호텔(연제)
12	동 진 공 영 (♡)	32	영산무지개APT(동래구)	52	그 린 빌 라 (해운대)
13	녹산동사무소(♡)	33	동 대 신 동 (서 구)	53	현대아파트 (♡)
14	세산초등학교(♡)	34	철마초등학교(기장군)	54	신천공동정호(기장군)
15	세산초등학교녹산분교(♡)	35	동의공업전문대(진 구)	55	신명공동정호(♡)
16	용궁약수터 (서 구)	36	명장초등학교 (동래구)	56	판곡공동정호(♡)
17	빈속관약수터(♡)	37	부 전 동 (진 구)	57	불광산약수터(♡)
18	장산성불사 (해운대)	38	부산대학교 (금정구)	58	백두사약수터(♡)
19	범 어 사 1. (금정구)	39	교육대학교 (동래구)	59	광안동상수도(직수)(수영구)
20	범 어 사 2. (♡)	40	청 룡 동 (금정구)	60	광안동상수도(탱크수)(♡)

III. 결과 및 고찰

1. 조사결과

부산시내 지하수를 주대상으로 한 60개 시료에 대한 미량원소 함유량은 Table 2 ~Table 13에 나타낸 바와 같다.

2. 고찰

1) Bariun (Ba)

Ba의 함유량은 Table 2에 나타낸 바와 같이 ND (None Detect : 0.002 mg/ℓ이하) ~ 0.133mg/ℓ의 범위로 나타났다.

바륨은 0.5mg/kg의 농도로 지각에 존재하며, 광물성 重晶石의 황산바륨(BaSO₄)이 가장 보편적인 급원이다. 미량의 바륨은 대부분의 토양에 존재하며, 물 속의 농도는 일반적으로 0.1mg/ℓ이하로 알려져 있다.^{4), 5), 6)} 실제 미국 100개 도시에서의 수질 검사에서 0.002~0.38mg/ℓ의 범위로 나타났으며, 중간농도는 0.043mg/ℓ이었다.⁷⁾

Table 2. The Barium(Ba) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ. ND : 0.002mgBa/ℓ 이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	0.003	21	0.003	41	0.010
02	ND(0.000)	22	0.006	42	ND(0.000)
03	0.004	23	ND(0.001)	43	ND(0.000)
04	0.017	24	0.003	44	0.016
05	0.005	25	0.019	45	0.069
06	0.060	26	0.011	46	0.057
07	0.062	27	0.005	47	0.070
08	0.006	28	0.115	48	0.064
09	0.086	29	0.079	49	0.072
10	0.004	30	ND(0.000)	50	0.071
11	ND(0.000)	31	ND(0.001)	51	0.079
12	0.003	32	ND(0.000)	52	0.061
13	0.019	33	0.014	53	0.057
14	0.056	34	ND(0.002)	54	0.068
15	ND(0.000)	35	ND(0.000)	55	0.089
16	0.004	36	ND(0.000)	56	0.133
17	0.064	37	ND(0.002)	57	0.059
18	0.068	38	0.062	58	0.062
19	0.007	39	ND(0.000)	59	0.106
20	ND(0.001)	40	ND(0.000)	60	0.050

Average : 0.033, Min : ND, Max : 0.133

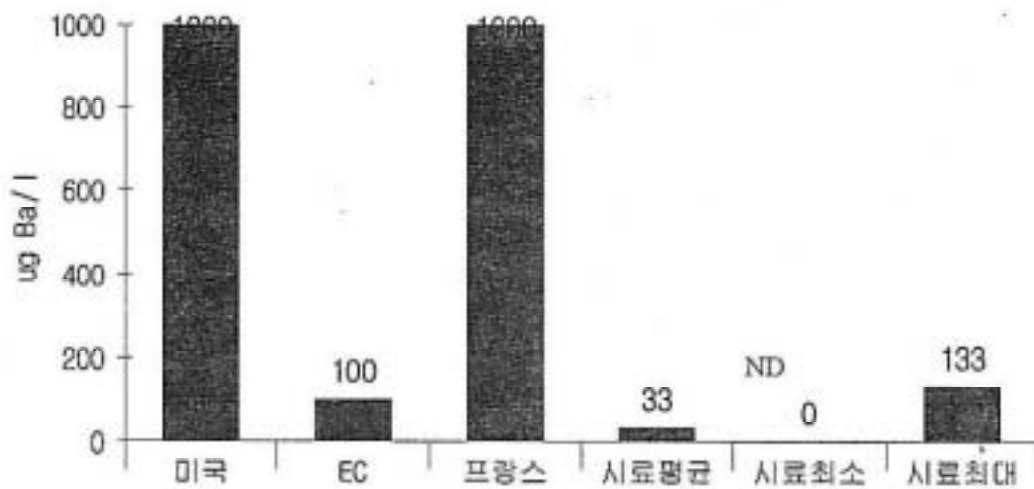


Fig. 1. Other country's Ba guideline in drinking water and examed Ba Concentration

바륨의 인체에 대한 독성은 주로 급성독성이 알려져 있으며, 많은 양이 인체 유입시 심장 및 위장장관을 포함한 모든 근육에서 심한 자극을 유발한다. 급성중독량은 연구에 비해 200~500mg으로 알려져 있다.^{4),5)} 현재 음용수에 대한 바륨의 국내 기준은 설정되어 있지 않으며, 일반적으로 물에 있는 낮은 수준의 바륨은 건강에 나쁜 영향을 준다는 확실한 증거가 없으므로 해서 아직은 WHO의 권장기준치로 설정되지 않고 있다.⁶⁾ 그러나 한 역학조사에서는 바륨의 농도가 10mg/l 이상일 때 심장혈관의 치사율과 통계적 연관성이 있는 것⁷⁾으로 나타나 있어 차후 기준설정예 참고가 될 것으로 기대된다. 물 속의 바륨 출현은 자연함유량 이외에도 바륨의 용도에 의해서 도료제조, 도자기제조, 화학제품제조, 디젤연료제조 등의 공정에서 배출되어 지역적 오염의 가능성을 내포하고 있기 때문에 적절한 관리가 필요할 것으로 사료된다.

금번조사에서 나타난 부산시내 지하수 중의 바륨 농도는 Table 2에 나타낸 바와 같이 ND(Not Detect : 0.002 mgBa/l이하)~0.133mg/l의 범위이며, 평균농도가 0.033 mg/l로 나타났다. 농도가 0.1mg/l 이상인 곳은 조사대상인 60개 시료중 3개소로 나타났다으며, 외국의 기준인 미국 1.0mg/l, EC 0.1mg/l, 캐나다 1.0mg/l등과 비교할 때 우려할 만한 수준의 농도는 나타나지 않은 것으로 사료된다. 시료중의 바륨농도와

각국의 수질 기준과의 비교를 Fig. 1에 나타내었다.

2) Germanium(Ge)

Ge의 함유량은 Table 3에 나타낸 바와 같이 대부분의 시료에서 ND(None Detect : 0.004mgGe/l이하)로 나타났으며, 일부시료에서 0.005~0.011mg/l의 범위로 미량 검출되었다.

게르마늄은 대표적인 공유결합 결정이면서 다이아몬드형의 결정구조를 가지는 금속으로 폴리에스테르용 촉매, 반도체 재료로서 트랜지스트, 다이오우드, 광섬유용 합성석영의 도우브 재료로 사용되어 왔으며, 최근에 와서는 의학적으로도 관심을

Table 3. The Germanium(Ge) Concentration of Samples.

(unit : mg/l, ND : 0.004mgGe/l 이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	ND(0.001)	21	ND(0.002)	41	ND(0.000)
02	ND(0.000)	22	ND(0.000)	42	ND(0.000)
03	ND(0.000)	23	0.006	43	ND(0.000)
04	ND(0.000)	24	ND(0.000)	44	ND(0.001)
05	ND(0.000)	25	ND(0.001)	45	ND(0.002)
06	ND(0.000)	26	0.005	46	ND(0.000)
07	ND(0.001)	27	ND(0.001)	47	ND(0.000)
08	0.006	28	0.005	48	ND(0.000)
09	0.006	29	ND(0.000)	49	ND(0.000)
10	ND(0.000)	30	ND(0.000)	50	ND(0.000)
11	ND(0.002)	31	ND(0.000)	51	ND(0.000)
12	ND(0.001)	32	0.005	52	ND(0.000)
13	ND(0.002)	33	ND(0.000)	53	ND(0.000)
14	0.011	34	ND(0.000)	54	ND(0.000)
15	ND(0.001)	35	ND(0.000)	55	ND(0.000)
16	ND(0.000)	36	ND(0.002)	56	ND(0.000)
17	ND(0.000)	37	ND(0.003)	57	ND(0.000)
18	ND(0.000)	38	ND(0.000)	58	ND(0.000)
19	ND(0.003)	39	ND(0.000)	59	ND(0.000)
20	ND(0.002)	40	ND(0.000)	60	ND(0.000)

Average : ND, Min : ND, Max : 0.011

붙고 있다.^{41, 42} 인체에서의 게르마늄의 작용은 아직 그다지 밝혀지지 않은 단계로 앞으로의 연구가 주목되고 있다.

생리작용으로는 게르마늄의 반도체 특성에 의해 혈액속에서 전자이동을 일으킴으로써 혈액의 pH를 중성으로 유지 시키는 작용, 즉 혈액을 정화하는 기능을 가지며, 혈관벽에 부착한 콜레스테롤에 게르마늄의 침투입이 작용하면 콜레스테롤을 분해하여 콩팥을 통해 체외로 배출하는 작용을 하는 것으로 알려져 있다.

금번 조사에 나타난 부산시내 지하수 중의 게르마늄의 농도는 거의 대부분의 지역에서 ND(Not Detect : 0.004mgGe/l이하)로 나타났으며 일부시료에서 0.005~0.011mg/l의 범위로 미량 검출되었다. 게르마늄에 대한 음용수 수질기준은 한국을 비롯한 대부분의 나라에서 설정하지 않고 있다.

3) Phosphorus(P)

P의 함유량은 Table 4에 나타낸 바와 같이 ND(Not Detect : 0.050mgP/l이하)~0.833mg/l의 범위로 나타났다.

물중의 인은 대부분 인산염의 형태로 존재하며, 물 속의 출현은 천연수인 경우 지질에 기인하지만 분뇨나 생활하수, 공장폐수 및 비료 등의 유입에 의하기도 한다. 또한 유기오염수에는 생체중의 인지질, 핵산, 뼈 등의 생체 성분이 사멸후 용출되기도 하며, 수도수 중에는 인산염제제의 방청제 투입으로 존재하기도 한다.⁴³

Table 4. The Phosphorous(P) Concentration of Samples.

(unit : mg/l. ND : 0.050mgP/l 이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	ND(0.039)	21	ND(0.042)	41	0.169
02	0.054	22	ND(0.008)	42	0.088
03	0.109	23	ND(0.040)	43	0.110
04	0.121	24	0.106	44	0.193
05	0.120	25	0.083	45	0.412
06	0.252	26	0.077	46	0.155
07	0.269	27	0.161	47	0.109

(unit : mg/l, ND : 0.004mgGe/l 이하)

No	Con	No	Con	No	Con
08	0.164	28	0.177	48	0.154
09	0.243	29	ND(0.031)	49	0.136
10	0.138	30	0.141	50	0.265
11	0.051	31	0.075	51	0.833
12	0.181	32	0.137	52	0.259
13	0.107	33	0.180	53	0.210
14	0.492	34	0.342	54	0.173
15	0.085	35	0.060	55	0.249
16	0.107	36	0.073	56	0.164
17	0.268	37	0.262	57	0.164
18	ND(0.001)	38	0.145	58	0.059
19	0.060	39	0.298	59	0.112
20	ND(0.014)	40	0.084	60	0.718

Average : 0.169, Min : ND, Max : 0.833

현재 음용수중의 인은 국내 및 대부분의 국가에서 규제를 하지 않고 있으나 영국과 프랑스에서는 바람직스럽지 못한 물질로서의 인을 각 2.2mg/l와 5mg/l이하로 규제하고 있다.^{9), 10)}

금번조사에서 나타난 부산시내 지하수중에 함유된 인의 농도는 ND(None Detect : 0.050mgP/l이하)~0.833mg/l의 범위이며, 평균농도는 0.169mg/l로 나타났다. 영국, 프랑스 등의 수질 기준과 비교할 때 상대적으로 그다지 높은 농도의 인은 검출되지 않은 것으로 사료된다.

시료번호 60(광안동 상수도 탱크수)의 경우는 인의 농도가 0.718로 시료번호 59의(광안동 상수도 직수) 인농도 0.112보다 상대적으로 높게 나타난 것은 앞서 설명한 것과 같이 방청제 투입에 의한 것으로 사료된다.

시료중의 인의 농도와 각국의 수질기준과의 비교를 Fig. 2에 나타내었다.

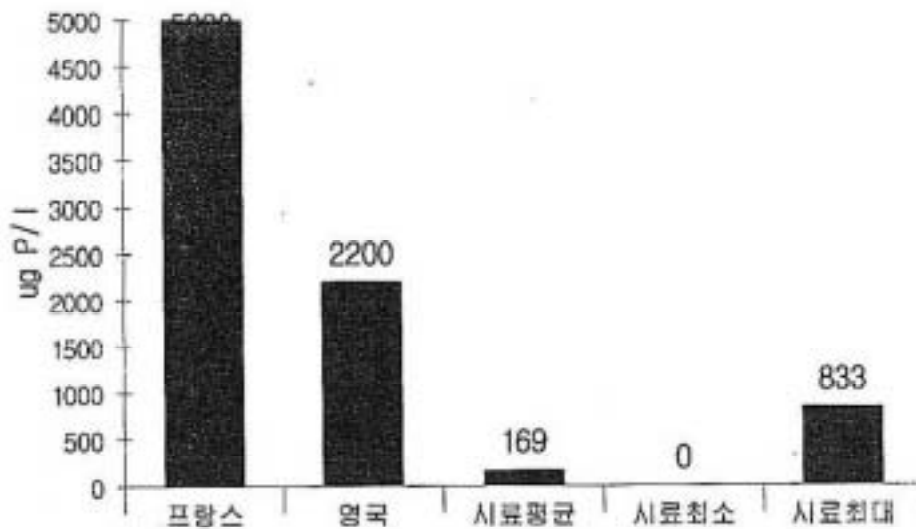


Fig. 2. Other country's P guideline in drinking water and examred P Concentration

4) Calcium (Ca) & Magnesium (Mg)

Mg의 함유량은 Table 5에 나타낸 바와 같이 0.162mg/l~27.946mg/l의 범위로 나타났다. Ca의 함유량은 Table 6에 나타낸 바와 같이 0.560~76.732mg/l의 범위로 나타났다.

칼슘 및 마그네슘은 많은 광물질에 존재하는 일반적인 원소이다. 수중의 칼슘 및 마그네슘의 가장 보편적인 급원 중에는 백악(탄산칼슘염)을 포함한 석회암이 있다.⁴⁾ 칼슘 및 마그네슘은 많은 공산품에 존재하며, 식품의 보편적인 구성성분이다.

칼슘화합물은 純水에서 쉽게 용해되지 않지만, CO₂의 존재하에서는 용해성이 증가한다. 자연수에 있엇 100mgCa/l까지 함유하는 수원이 보통이다. 드물게는 100mg/l 이상을 함유하는 수원도 있다.⁴⁾

칼슘 및 마그네슘은 물의 경도를 결정하는 가장 중요한 인자가 되는데 보통 칼슘 경도가 우세하며, 경도와 칼슘함량은 상관관계가 높은 것으로 나타나있다. 인체에 미치는 영향으로는 동맥경화증에 의한 사망율과 물의 경도와는 반비례의 상관관계가 있다는 증거가 있으나, 물중의 칼슘이나 마그네슘이 각각 직접적으로 관여하는지는 확실치 않은 것으로 나타나있다.⁴⁾

Table 5. The Magnesium(Mg) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ)

No	Con	No	Con	No	Con
01	10.071	21	0.660	41	9.101
02	10.526	22	0.499	42	4.737
03	1.473	23	0.884	43	13.011
04	1.121	24	2.684	44	6.788
05	6.234	25	25.215	45	16.047
06	3.262	26	26.792	46	5.550
07	6.398	27	16.135	47	0.546
08	8.351	28	13.406	48	3.299
09	5.713	29	2.880	49	3.209
10	1.608	30	1.533	50	0.745
11	1.203	31	3.840	51	27.946
12	2.411	32	16.577	52	3.628
13	3.577	33	9.769	53	4.138
14	19.595	34	9.277	54	5.416
15	3.397	35	9.343	55	1.973
16	1.642	36	10.711	56	5.431
17	2.706	37	27.698	57	0.900
18	0.822	38	3.844	58	0.926
19	1.808	39	0.162	59	7.306
20	0.194	40	1.426	60	7.215

Average : 6.723, Min : 0.162, Max : 27.946

Table 6. The Calcium(Ca) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ)

No	Con	No	Con	No	Con
01	36.374	21	1.266	41	41.126
02	38.179	22	0.744	42	18.497
03	4.835	23	3.373	43	50.416
04	5.815	24	7.584	44	22.251
05	24.936	25	75.072	45	75.244
06	36.221	26	76.315	46	37.617
07	36.021	27	47.441	47	40.157
08	27.085	28	65.212	48	71.469

(unit : mg/l)

No	Con	No	Con	No	Con
09	23.236	29	19.170	49	68.916
10	14.226	30	10.294	50	50.881
11	12.010	31	31.374	51	43.844
12	16.253	32	70.058	52	30.469
13	13.087	33	37.524	53	18.780
14	63.086	34	29.034	54	20.142
15	13.263	35	20.459	55	11.042
16	6.237	36	43.373	56	27.957
17	8.747	37	76.732	57	2.565
18	2.188	38	18.687	58	3.387
19	6.928	39	1.603	59	37.466
20	0.560	40	5.940	60	37.266

Average : 29.001, Min : 0.560, Max : 76.732

현재 우리나라에서는 음용수에서 칼슘 및 마그네슘에 대한 개별적인 수질 기준을 설정하고 있지 않으나 칼슘, 마그네슘 등의 경도 유발물질의 총이온량을 탄산칼슘(CaCO_3)의 농도로 환산하여 총경도로서 $300\text{mgCaCO}_3/\ell$ 이하로 규제하고 있다. 각국의 음용수 수질 기준을 보면 WHO와 미국에서는 칼슘, 마그네슘 및 경도의 권고 기준을 설정하지 않고 있고, 일본에서는 우리와 마찬가지로 총경도로서 $300\text{mgCaCO}_3/\ell$ 이하로 규제하고 있다. 유럽공동체와 영국 및 캐나다등에서는 각각 칼슘은 $100\text{mgCaCO}_3/\ell$, $250\text{mgCaCO}_3/\ell$, 및 $200\text{mgCaCO}_3/\ell$ 로 규제하고, 마그네슘은 각각 $30\text{mgMg}/\ell$, $50\text{mgMg}/\ell$, $150\text{mgMg}/\ell$ 로 수질기준을 설정하고 있다.^{9), 10), 11), 12)}

금번조사에서 나타난 부산시내 지하수중의 칼슘 및 마그네슘의 농도는 칼슘의 경우 $0.560\sim 76.732\text{mgCa}/\ell$ (평균농도 : $29.001\text{mgCa}/\ell$)로 나타났고, 마그네슘은 $0.162\sim 27.946$ (평균농도 : $6.723\text{mgMg}/\ell$)로 나타나 외국의 음용수 기준과 비교할 때 모든 시료에서 그다지 높지 않은 것으로 나타났다. 시료중의 칼슘 및 마그네슘의 농도와 각국 음용수 기준과 비교는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

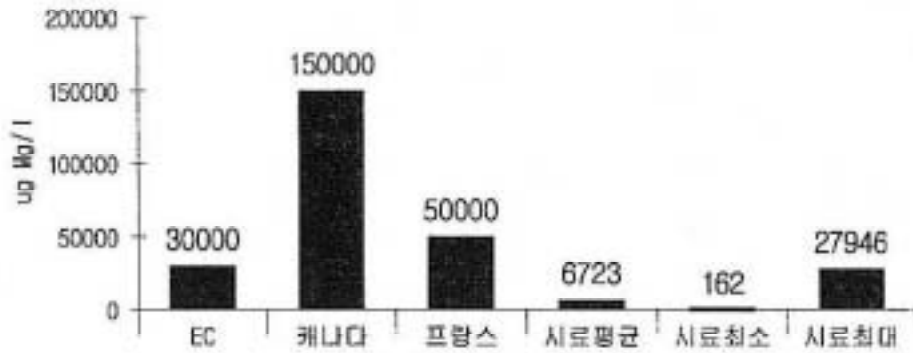


Fig. 3. Other country's Mg guideline in drinking water and examed Mg Concentration

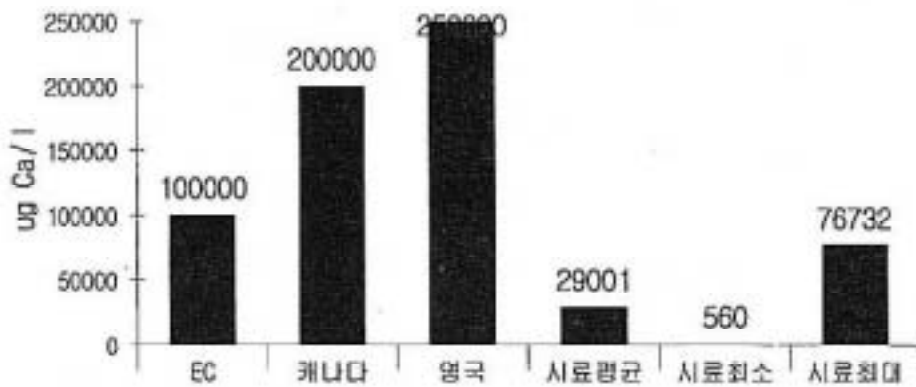


Fig. 4. Other country's Ca guideline in drinking water and examed Ca Concentration

5) Tin (Sn)

Sn의 함유량은 Table 7에 나타낸 바와 같이 ND(None Detect : 0.008 mgSn/l이하) ~0.081mg/l의 범위로 나타났다.

주석은 은백색의 약한 청색광택을 가진 금속으로 저온에서는 비금속 상태로 전이하는 양쪽성 물질이다. 주석은 합금(청동, 땀납, 활자합금), 환원제, 주석박, 플우주, 주석염류의 제조 등에 사용된다.⁵⁾

주석의 독성은 인체 실험결과 하루에 350~500mg을 섭취하였을 때 독성증상이

시작되는 것으로 보고 되어있다. 그러나 주석의 독성은 주석의 화학구조와 철의 섭취상태에 따라서 달라지고 가장 강한 주석의 독성은 Sn-유기화합물로서 섭취시 성장정지와 빈혈을 초래하는 것으로 나타나있다.²¹ 몇몇 인체 실험결과에 의하면 주석은 아주 적은 양이 흡수되고 배설은 주로 배변을 통해서 이루어지며,뇨로는 약 10~20 μ g/1일을 배설한다.²¹ 미국사람의 1일 주석 섭취량은 1.5~17mg까지 보고되고 있으며, 통조림 식품 섭취시에는 높은 양의 주석을 섭취하는 것으로 나타났다.²¹

음용수에 대한 수질 기준은 국내에 물론 WHO를 비롯한 각국에서 설정하지 않고 있다. 금번조사에서 나타난 부산시내 지하수중 주석의 농도는 ND(None Detect : 0.008 mgSn/ ℓ 이하)~0.081mg/ ℓ 로 나타났다.

Table 7. The Tin(Sn) Concentration of Samples.

(unit : mg/ ℓ , ND : 0.008mgSn/ ℓ 이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	0.014	21	ND(0.005)	41	0.042
02	0.009	22	ND(0.008)	42	0.023
03	ND(0.003)	23	0.010	43	0.033
04	0.013	24	ND(0.008)	44	0.031
05	0.020	25	0.009	45	0.081
06	0.037	26	0.038	46	0.042
07	0.050	27	0.038	47	0.032
08	0.019	28	0.032	48	0.062
09	0.020	29	0.009	49	0.049
10	0.030	30	0.021	50	0.032
11	ND(0.008)	31	0.023	51	0.081
12	0.018	32	0.022	52	0.048
13	0.028	33	0.031	53	0.035
14	0.026	34	0.068	54	0.024
15	0.014	35	0.022	55	0.011
16	0.014	36	0.027	56	ND(0.004)
17	0.031	37	0.054	57	0.010
18	ND(0.002)	38	0.030	58	0.014
19	ND(0.008)	39	0.026	59	0.024
20	ND(0.005)	40	ND(0.007)	60	0.043

Average : 0.026, Min : ND, Max : 0.081

6) Silicon(Si)

Si의 함유량은 Table 8에 나타낸 바와 같이 0.194(0.860)~11.763mg/ℓ의 범위로 나타났다.

Si는 산소 다음으로 지구상에 풍부한 물질이며 토양, 식품 및 대기중에 널리 분포되어 있고 탄소와 화학적으로 비슷한 성질을 갖는다. 자연의 Si는 주로 SiO₂ 형태로 존재하며, 기타 H₂SiO₃를 형성한다. Si(OH)₄는 대표적인 용해 형태이다.²⁾

Si의 체내 함유량은 약 1.5g이며 대부분의 뼈에 존재하며 그외 근육이나 상피조직에도 많은 양의 Si가 함유되어 있다. Si의 인체에서의 주요기능은 Si가 성장과정에 있는 뼈에도 존재하므로 Si는 Ca와 마찬가지로 뼈의 광화작용의 증가에 따라 그양이 많아지며 Si의 축적량에 따라 광화작용의 속도가 달라진다. Si는 섭취량의 99%가 대변이나 소변으로 배출되며, 체내보유량은 극히 적은 량이다.²⁾

Si의 독성은 극히 적으나 과잉의 Si섭취는 Silicosis를 발생하는데 Si가 lysosome에 흡수되어 세포막을 통과하는 단백질을 방해한다. 또 과량의 Si 섭취는 갈비뼈와 복강내 종양을 생성하는데 이와 같은 증상은 SiO₂ 제조업에 종사하는 노동자에게서 일어난다.²⁾

쥐의 경우 높은 농도의 Si(10mg/100g체중) 섭취는 Monosilicic acid 세포대사를 방해하는 것으로 보고되고 있다.²⁾ 금번에 조사된 부산시내 지하수 중의 Si 농도는 0.860(0.194)~11.763mg/ℓ의 범위(평균농도 : 4.952mg/ℓ)로 나타났다. 음용수에 대한 Si의 수질기준은 Sn과 마찬가지로 국내기준은 물론 WHO를 비롯한 각국에서도 설정하지 않고 있다.

Table 8. The Silicon(Si) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ)					
No	Con	No	Con	No	Con
01	10.645	21	2.386	41	3.918
02	11.763	22	2.348	42	3.972
03	9.132	23	3.299	43	3.788
04	8.016	24	4.349	44	6.237
05	8.428	25	6.523	45	4.212

(unit : mg/l)

No	Con	No	Con	No	Con
06	4.248	26	5.785	46	3.827
07	4.871	27	5.885	47	2.779
08	8.729	28	5.184	48	3.123
09	7.546	29	0.860	49	2.805
10	10.305	30	6.596	50	2.630
11	4.278	31	3.942	51	5.784
12	4.911	32	4.003	52	3.769
13	5.216	33	5.477	53	5.861
14	5.468	34	5.161	54	5.014
15	5.475	35	3.799	55	7.356
16	5.636	36	5.679	56	6.207
17	4.1468	37	4.811	57	3.564
18	1.890	38	7.133	58	3.946
19	3.243	39	3.315	59	0.244
10	2.323	40	5.084	60	0.194

Average : 4.952, Min : 0.194, Max : 11.763

7) Sodium(Na)

Na의 함유량은 Table 9에 나타낸 바와 같이 3.297~131.680mg/l의 범위로 나타났다.

나트륨은 많은 무기질에 존재하는데 기본적인 것은 염화물(NaCl)이다. 바닷물은 비교적 나트륨 함량이 높다. 나트륨 함량은 지각중에서 약 26g/kg이다. 나트륨이나 그염은 거리의 일용을 녹이는데, 종이·유리비누공업에, 제약과 일반적인 화학공업에, 물처리시, 식품공업 그리고 조미료 등의 목적으로 다양하게 이용되고 있다. 나트륨은 실질적으로 토양, 식물 및 물 그리고 식품 등에 널리 존재하며, 대부분의 나라에서 중요한 나트륨의 광물질을 보유하고 있다. 상당한 양이 체내로부터 배설되고 가정하수의 주요 구성성분이기도 하다.^{6),9)}

나트륨 이온은 염의 상태로 물에 잘 녹기 때문에 물속에서 흔히 발견되는데, 바닷물은 1l당 10g의 나트륨을 함유하고 있다. 담수중에서 나트륨 함량이 높은 것은 강 하류와 지하수이며, 강 상류나 저수지의 물속에는 비교적 낮은 농도의 나트륨이 발견된다. 음용수 중의 나트륨 함량은 대부분의 경우 20mg/l이하이지만 어떤나라

에서는 200mg/ℓ이상의 나트륨을 함유하기도 한다. 자연 상태에서 일어나는 염분의 유입과 수처리제, 가정용수 연화제, 바닷물의 수증기, 가정하수의 유입등도 물속 나트륨 함량을 높이는 원인이 된다.⁴⁾

나트륨은 인체내에서 혈장과 세포외액에 가장많은 양이온이며, 세포외액에서의 소금농도는 내분비계, 심혈관계, 자율신경계의 조절하에 신장에 의하여 일정하게 유지된다. 정상적인 상태에서의 최소한의 소금 필요량은 약 120mg/day(나트륨으로서 50mg/day)이다.⁴⁾ 나트륨이 건강에 미치는 영향은 급성작용으로 경련, 뇌부종, 폐부종등이 보고되고 있다. 유아의 경우는 신장이 아직 미숙하여 혈장의 삼투압을 효과적으로 유지할 수 없기 때문에 총나트륨의 섭취량을 가능한한 낮게 유지시켜 주어야 한다. 고염분의 식이는 혈압상승과도 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며, 동물 실험에서는 고염분 식이가 여러종의 동물에서 고혈압발생이 증명되었다. 미국과 네델란드의 최근 역학적 연구에서 중간정도(128-161mgℓ)의 나트륨이 함유되어 있는 지역에 살고 있는 초등학생의 혈압이 나트륨이 낮은(28mgℓ) 지역에 살고 있는 아이에 비해 약간 높게(3-5mmHg) 측정되었음을 보고하고 있다.⁴⁾

현재 한국을 비롯한 미국, 일본등에서는 나트륨에 대한 음용수 수질기준이 설정되어 있지 않으며, 유럽공동체와 영국, 호주등에서는 각각 100mgNa/ℓ와 150mgNa/ℓ, 300mgNa/ℓ로 음용수 수질기준을 설정하여 제한하고 있다.

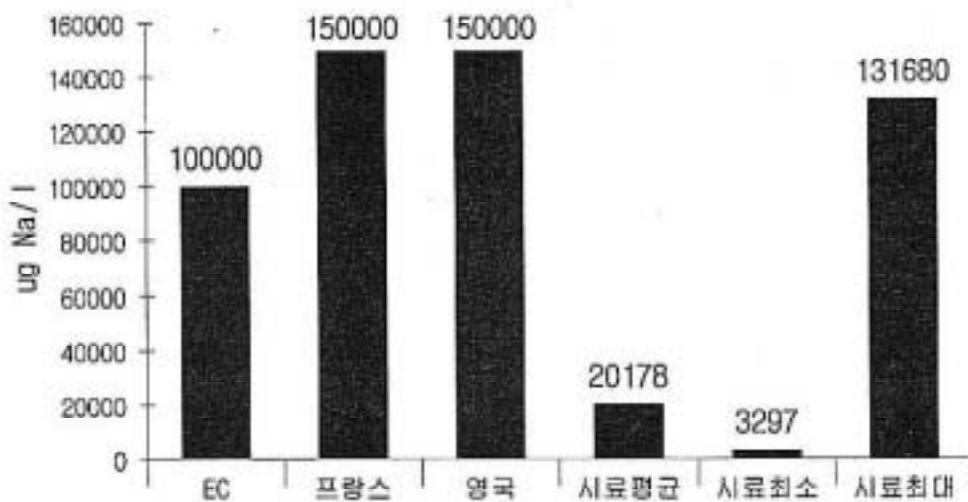


Fig. 5. Other country's Na guideline in drinking water and examde Na Concentration

금번조사에서 나타난 부산시내 지하수중의 나트륨 농도는 3.297~131.680mgNa/ℓ (평균농도 20.178mgNa/ℓ)로 나타나 외국의 기준과 비교할 때 상대적으로 낮은 농도를 나타내었다. 나트륨의 농도가 100mg/ℓ 이상인 곳은 시료 14의 강서구 세산초등학교내 지하수로 조사대상중 최고농도인 131.680mg/ℓ를 나타내었는데 차후의 수질 관리가 요구되는 곳으로 사료된다.

시료수 중의 나트륨 농도와 각국의 음용수 수질기준과 비교를 Fig. 5에 나타내었다.

Table 9. The Sodium(Na) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ)					
No	Con	No	Con	No	Con
01	20.708	21	5.603	41	14.547
02	20.479	22	5.116	42	19.167
03	10.482	23	7.117	43	14.627
04	7.729	24	7.821	44	8.173
05	15.365	25	19.276	45	17.894
06	14.755	26	24.961	46	12.760
07	15.891	27	16.275	47	14.812
08	35.113	28	25.909	48	26.037
09	37.798	29	9.278	49	17.461
10	12.935	30	9.481	50	15.665
11	6.178	31	10.711	51	83.291
12	68.262	32	16.345	52	14.786
13	16.808	33	13.159	53	8.532
14	131.680	34	10.984	54	11.884
15	14.090	35	4.587	55	12.327
16	9.194	36	10.346	56	3.810
17	7.267	37	20.900	57	6.473
18	3.963	38	19.101	58	9.198
19	6.836	39	77.712	59	52.245
20	3.297	40	5.138	60	50.317
Average : 20.178, Min : 3.297, Max : 131.680					

8) Molybdenum(Mo)

Mo의 함유량은 Table 10에 나타낸 바와 같이 ND (None Detect : 0.008 mgMo/ℓ 이하)~0.064mg/ℓ의 범위로 나타났다.

몰리브덴은 조직내의 flavoprotein enzyme과 xanthin oxidase nitrate reductase의 구성요소가 되며 위의 효소들의 활성도는 구리이온에 의해 영향을 받게 된다는 보고가 있으나 아직 인간의 영양과의 작용에 대해서는 많이 연구되지 않은 것으로 나타나 있다.²¹ 몰리브덴의 독성에 대해서는 아직까지 알려져 있지 않다. 동물실험에서 과량의 섭취는 간장의 구리 결핍을 유발시키는 원인이 되었으며, sulfate는 이 증상을 더욱 심화 시켰다고 보고되고 있다. 그러므로 과량의 몰리브덴 섭취는 구리 결핍을 야기시킨다고 볼 수 있다.²²

금번조사에 나타난 부산시내 지하수중의 몰리브덴 농도는 ND (None Detect : 0.008 mgMo/ℓ 이하)~0.064mg/ℓ로 나타났다. 몰리브덴에 대한 음용수 수질기준이나 권장기준은 국내는 물론 WHO, 미국, 영국 및 일본 등의 국가에서도 설정되어 있지 않다.

Table 10. The Molybdenum(Mo) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ, ND : 0.004mgMo/ℓ이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	ND(0.002)	21	0.005	41	0.010
02	ND(0.004)	22	ND(0.004)	42	0.012
03	ND(0.000)	23	ND(0.001)	43	0.006
04	ND(0.000)	24	ND(0.000)	44	0.007
05	ND(0.000)	25	ND(0.004)	45	0.007
06	0.005	26	0.006	46	0.016
07	0.005	27	ND(0.004)	47	0.015
08	ND(0.002)	28	ND(0.004)	48	0.008
09	ND(0.003)	29	ND(0.002)	49	0.048
10	ND(0.004)	30	0.005	50	0.047
11	0.013	31	ND(0.001)	51	0.007
12	0.015	32	ND(0.003)	52	ND(0.004)
13	ND(0.002)	33	ND(0.002)	53	0.021

(unit : mg/ℓ, ND : 0.004mgMo/ℓ이하)

No	Con	No	Con	No	Con
14	ND(0.004)	34	ND(0.003)	54	0.012
15	ND(0.004)	35	ND(0.002)	55	0.018
16	ND(0.000)	36	0.005	56	0.019
17	0.005	37	0.008	57	0.024
18	ND(0.000)	38	ND(0.003)	58	0.064
19	ND(0.004)	39	0.008	59	0.023
20	ND(0.003)	40	ND(0.003)	60	0.008

Average : 0.009, Min : ND, Max : 0.064

9) Lithium(Li)

Li의 함유량은 Table 11에 나타난 바와 같이 최저 ND(None Detect : 0.002mgLi/ℓ 이하)에서 최대 0.042mg/ℓ의 범위를 나타내었다.

리튬은 분포량은 적으나 대단히 광범위하게 지각 구성 원소의 0.004%를 함유하고 있으며, 그 성질은 나트륨등 약알카리 금속과 비슷하다. 하루에 식품으로 섭취하는 리튬의 양은 1~2.5mg정도이다. 섭취된 리튬은 장에서 흡수되며 리튬은 대부분 소변으로 배설된다.²⁾

리튬은 정신질환 치료에 사용되고 있는데 리튬 치료시 혈액의 리튬치가 0.6mEq/ℓ 이상일 경우에는 어지럼증, 근육경련, 식욕부진, 설사, 구토 등의 독성증상이 나타났다고 보고 있다.²⁾

현재 리튬의 음용수 수질기준은 국내는 물론 WHO, 미국, 일본, 및 유럽국가등에서도 설정하지 않고 있다. 금번조사에서 나타난 부산시내 지하수층의 리튬 농도는 ND (None Detect : 0.002mgLi/ℓ 이하)~0.042mg/ℓ(평균농도 : 0.007mg/ℓ)의 범위로 나타났다.

Table 11. The Lithium(Li) Concentration of Samples.

(unit : mg/l, ND : 0.002mgMo/l이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	0.007	21	ND(0.002)	41	0.005
02	0.014	22	ND(0.001)	42	0.020
03	ND(0.002)	23	ND(0.002)	43	0.012
04	ND(0.001)	24	ND(0.002)	44	0.006
05	ND(0.000)	25	0.009	45	0.016
06	0.005	26	0.013	46	0.012
07	ND(0.001)	27	0.008	47	0.026
08	0.016	28	0.008	48	0.042
09	0.008	29	ND(0.001)	49	0.031
10	0.011	30	0.005	50	0.033
11	0.007	31	0.008	51	0.021
12	0.010	32	0.004	52	0.006
13	ND(0.000)	33	0.003	53	ND(0.001)
14	0.011	34	0.003	54	0.004
15	ND(0.002)	35	ND(0.001)	55	0.005
16	ND(0.001)	36	0.004	56	0.004
17	ND(0.000)	37	0.006	57	ND(0.002)
18	ND(0.000)	38	0.011	58	ND(0.002)
19	ND(0.001)	39	ND(0.002)	59	0.004
20	ND(0.000)	40	ND(0.000)	60	0.004

Average : 0.007, Min : ND, Max : 0.042

10) Cobalt(Co)

Co의 함유량은 Table 12에 나타난 바와 같이 대부분의 시료에서 ND(None Detect : 0.002mgCo/l 이하)로 나타났으며, 일부시료에서 0.003~0.006mg/l의 범위로 미량 검출되었다.

코발트는 니켈과 비슷한 성질을 가지는 금속으로 인체내에 약 1.0~1.5mg 존재한다. 체내 각기관이 코발트 함유량은 별로 차이가 없으며 나이가 증가함에 따라 축적이나 감소현상이 없이 일정량이 유지된다고 한다.

코발트는 Vitamin B₁₂의 구성성분으로 Vitamin B₁₂의 합성을 위해 장내 미생물의 작용을 받게 되는데 사람은 식이에서 직접 Vitamin B₁₂의 합성할 수 없기 때문에

반드시 Cibalamín(Vitamin B₁₂) 형태로 공급되어야 한다. 사람의 코발트 최저 요구량은 0.0434µg으로 규정하고 있다. 코발트의 독성은 적은 편이나 매일 25~30mg 이상의 코발트를 섭취했을 때 독성증상이 나타나며, 그 증상으로는 식욕감퇴, 체중 감소, 심장기능부진 등이다.²⁾ 현재 음용수 수질기준은 국내는 물론 대부분의 국가가 설정하지 않고 있으나 소련과 이란에서 각각 0.1mg/ℓ와 1.0mg/ℓ로 규제하고 있다.

Table 12. The Cobalt(Co) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ, ND : 0.002mgCo/ℓ이하)

No	Con	No	Con	No	Con
01	ND(0.000)	21	ND(0.001)	41	ND(0.000)
02	ND(0.000)	22	0.005	42	ND(0.001)
03	ND(0.000)	23	ND(0.000)	43	ND(0.000)
04	ND(0.000)	24	ND(0.001)	44	ND(0.001)
05	ND(0.000)	25	ND(0.000)	45	ND(0.000)
06	ND(0.000)	26	ND(0.000)	46	ND(0.000)
07	ND(0.000)	27	ND(0.002)	47	ND(0.000)
08	0.006	28	ND(0.001)	48	ND(0.000)
09	0.003	29	ND(0.000)	49	ND(0.000)
10	ND(0.000)	30	ND(0.001)	50	ND(0.000)
11	ND(0.000)	31	ND(0.000)	51	ND(0.000)
12	0.003	32	0.005	52	ND(0.000)
13	ND(0.001)	33	ND(0.002)	53	ND(0.001)
14	0.005	34	ND(0.001)	54	ND(0.000)
15	ND(0.002)	35	ND(0.000)	55	ND(0.000)
16	ND(0.000)	36	ND(0.001)	56	ND(0.000)
17	ND(0.000)	37	ND(0.000)	57	ND(0.000)
18	ND(0.000)	38	ND(0.002)	58	ND(0.002)
19	ND(0.003)	39	ND(0.000)	59	ND(0.000)
20	0.006	40	ND(0.000)	60	ND(0.000)

Average : ND, Min : ND, Max : 0.006

12) Nicke(Ni)

Ni의 함유량은 Table 13에 나타낸 바와 같이 대부분의 시료에서 ND(None Detect : 0.004mgNi/ℓ 이하)로 나타났으며, 일부시료에서 0.005~0.030mg/ℓ의 범위로 미량 검출되었다.

니켈은 널리 편재되어 있으며, 일반적인 토양은 100~10ng/kg의 니켈을 함유하고 있다. 주광물은 비하물과 황하물이다.⁴⁾ 니켈은 합금과 금속도금, 촉매, 건전지, 살균제의 구성성분으로 사용되며, 식품가공 기계에서의 금속사용은 식품에서의 오염을 일으킬수도 있다.^{4),5)} 음용수 중의 니켈은 지하에서 용출된 것 이외에도 니켈화합물을 함유하는 유출물의 투기와 니켈을 사용하는 사업장의 유출수에 의해서도 오염될 수 있다.

지하수층의 니켈 농도는 지역에 따라 차이가 날 수 있으나 소련의 경우 지하수층의 니켈 함유량이 0.13mg/ℓ로 보고되고 있다.¹³⁾ 일반적으로 수층의 니켈은 정수처리과정에서 수처리제에 의해 제거되기 때문에 처리되지 않은 물에 비해 수도물의 니켈 함유량이 낮다. 외국의 경우 수도물의 니켈 함유량 조사에서 2~5μg/ℓ 정도의 양이 가장 일반적으로 나타났다.⁴⁾

Table 13. The Nickel(Ni) Concentration of Samples.

(unit : mg/ℓ, ND : 0.004mgNi/ℓ)

No	Con	No	Con	No	Con
01	0.030	21	ND(0.003)	41	ND(0.000)
02	ND(0.004)	22	ND(0.001)	42	ND(0.000)
03	0.010	23	ND(0.002)	43	ND(0.002)
04	0.011	24	ND(0.000)	44	ND(0.000)
05	0.005	25	ND(0.000)	45	ND(0.000)
06	ND(0.000)	26	ND(0.002)	46	ND(0.000)
07	ND(0.000)	27	ND(0.000)	47	ND(0.000)
08	ND(0.000)	28	ND(0.004)	48	ND(0.002)
09	ND(0.001)	29	ND(0.000)	49	ND(0.000)
10	0.005	30	ND(0.002)	50	ND(0.000)

(unit : mg/ℓ, ND : 0.004mgNi/ℓ)

No	Con	No	Con	No	Con
11	ND(0.004)	31	ND(0.002)	51	ND(0.000)
12	ND(0.000)	32	0.016	52	ND(0.002)
13	ND(0.004)	33	ND(0.003)	53	ND(0.000)
14	0.005	34	ND(0.003)	54	ND(0.000)
15	ND(0.002)	35	ND(0.000)	55	ND(0.000)
16	ND(0.002)	36	ND(0.001)	56	ND(0.000)
17	ND(0.001)	37	ND(0.002)	57	ND(0.000)
18	ND(0.003)	38	ND(0.003)	58	ND(0.000)
19	ND(0.002)	39	ND(0.001)	59	0.012
20	ND(0.004)	40	ND(0.000)	60	0.005

Average : ND, Min : ND, Max : 0.030

니켈은 다른 많은 미량원소와 마찬가지로 인간의 건강유지에 필수적인 요소이나, 과도한 양은 건강에 해를 끼칠수가 있다. 니켈의 독성은 상대적으로 독성이 낮은 원소로 보통 식품이나 물에서의 니켈 함량은 건강을 크게 해치지 않는나 과다복용(식이에서1600mg/kg)의 경우 동물연구에서 최소 독성효과가 나타났다고 보고되고 있다.⁴⁾ 음용수중의 니켈 함유량에 대한 기준은 한국, 미국, 일본등 대다수의 국가에서는 규제하고 있지 않으나 유럽공동체와 영국, 소련등에서 각각 0.005mg/ℓ (최대 : 0.05mg/ℓ)와 0.05mg/ℓ, 0.1mg/ℓ로 음용수 기준을 설정하고 있다.^{4), 9), 10)}

금번조사에 나타난 부산시내 지하수 중의 니켈 농도는 대부분의 지역에서 ND (None Detect : 0.004mg/ℓ 이하)로 나타났으며, 일부지역에서 0.005~0.030mg/ℓ로 나타났다. 조사대상중 타시료 보다 상대적으로 높은 니켈 농도를 나타낸 영도구의 영도초등학교(0.030mgNi/ℓ)내 지하수는 앞으로의 관리가 요구되는 곳으로 사료된다.

조사대상 시료중의 니켈농도와 각국의 음용수 수질기준과의 비교는 Fig. 6에 나타내었다.

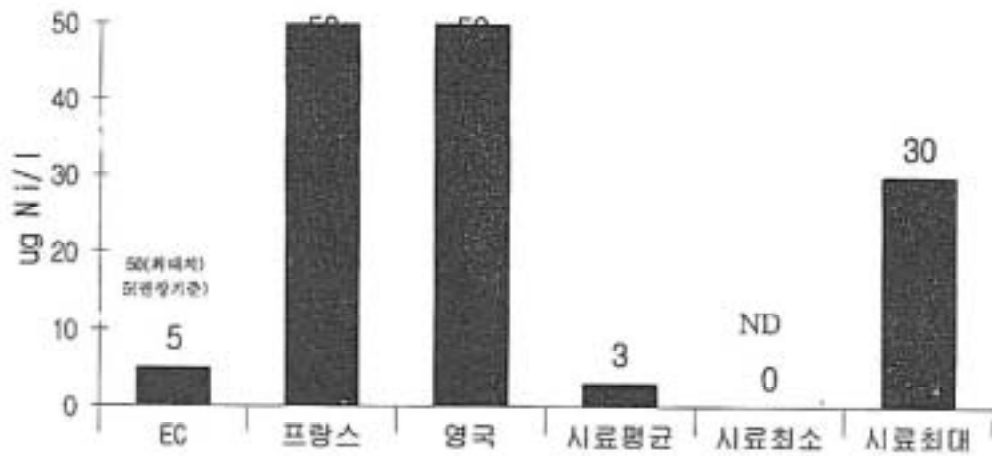


Fig. 6. Other country's Ni guideline in drinking water and examined Ni Concentration

IV. 결 론

1996년 1월부터 부산시내 음용수로 이용되는 지하수를 주대상으로 60개소를 임의 선정하여 Ba등 음용수 수질기준 미설정 미량 원소 12종에 대한 함유량을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. Barium(Ba)

ND (0.002mgBa/l이하) ~ 0.133mgBa/l의 범위(평균농도 : 0.033mgBa/l)로 시료 56(기장군 판곡 공동정호)에서 최대농도를 나타내었다.

2. Germanium(Ge)

ND (0.004mgGe/l이하) ~ 0.011mgGe/l의 범위(평균농도 : ND)의 범위로 대부분의 조사대상에서 검출한계 이하 (ND)로 나타났다.

3. Phosphorus(P)

ND (0.050mgP/ℓ 이하)~0.833mgP/ℓ의 범위 (평균농도 : 0.169mgP/ℓ)로 나타났으며, 시료 51(연제구 미라보 관광호뱀 지하수)와 시료 60(광안동상수도탱크수)에서 각각 0.833mgP/ℓ와 0.718mgP/ℓ로 상대적으로 높은 농도를 기록하였는데 이는 방청제(인산염제제) 투입의 한 영향으로 사료된다.

4. Magnesium(Mg)

0.162~27.946mgMg/ℓ의 범위(평균농도 : 6.723mgMg/ℓ)로 나타났다.

5. Calcium(Ca)

0.560~76.732mgCa/ℓ의 범위(평균농도 : 29.001mgCa/ℓ)로 나타났다.

6. Tin(Sn)

ND (0.008mgSn/ℓ 이하) ~ 0.081mgSn/ℓ 의 범위로 나타났다.

7. Silicon(Si)

0.194(0.860)~11.763mgSi/ℓ의 범위(평균농도 : 4.952mgSi/ℓ)로 나타났다. 광안동 상수도에서 0.244mgSi/ℓ와 0.194mgSi/ℓ로 지하수시료에 비하여 상대적으로 낮은 농도를 나타내었는데 이는 수도수의 정수과정에서 제거된 것으로 사료된다.

8. Sodium(Na)

3.297 ~ 131.680mgNa/ℓ의 범위(평균농도 : 20.178mgNa/ℓ)로 나타났다. 시료 14(강서구 세산초등학교내 지하수) 에서 131.680mgNa/ℓ로 상대적으로 높은 나트륨 농도를 나타내었는데 외국기준(100~300mgNa/ℓ)등과 비교할 때 크게 우려할만한 수준

은 아니지만 앞으로의 수질관리가 요구되는 곳으로 사료된다.

9. Molybdenum(Mo)

ND (0.004mgMo/ℓ 이하)~0.064mgMo/ℓ의 범위(평균농도 : 0.009mgMo/ℓ)로 나타났다.

10. Lithium(Li)

ND (0.002mgLi/ℓ 이하)~0.042mgLi/ℓ의 범위(평균농도 : 0.007mgMo/ℓ)를 나타냈다.

11. Cobalt(Co)

ND (0.002mgCo/ℓ 이하)~0.006mgCo/ℓ의 범위(평균농도 : ND)로 나타났으며 대부분의 지역에서 검출한계이하(ND)로 나타났다.

12. Nickel(Ni)

ND (0.004mgNi/ℓ 이하)~0.030mgNi/ℓ의 범위(평균농도 : ND)로 나타났다. 대부분의 시료에서 검출한계이하(ND)로 나타났으며, 시료 01(영도구영도초등학교내 지하수)에서 0.030mgNi/ℓ로 최대를 나타냈다. 외국의 기준인(0.005(0.05)~0.1mgNi/ℓ)와 비교할 때 크게 우려 할만한 수준은 아니라고 판단되나 앞으로의 수질관리가 요구된다 하겠다.

이상의 결과에서 지하수중에 함유된 미량원소들이 건강에 유해를 줄만큼 많은 양이 검출되지는 않은 것으로 사료된다. 그러나 환경오염 심화로 인해 많은 지하수맥들이 각종 유해 물질로부터 노출될 가능성을 내포하고 있어 앞으로 더욱 각별한 관리가 요망되고 있다. 특히 현재 국내기준 미설정 원소중 WHO에서 건강관련 무기물질로 규정한 Ba, Ni, Na 등의 원소는 차후 음용수 기준설정 등에 검토가 있어야 할 것으로 사료되고 있다.

참고문헌

1. GILBERT M. HASTERS, Introduction of Environmental engineering and Science. Prentice-Hall International, Inc. 1995
2. 승정자, 극미량 원소의 영양, 민음사, 1984.
3. 최규철 외, 수질오염공정시험방법해설, 동화기술, 1995.
4. 보건사회부, 음용수 수질관리 지침서, 1990
5. 문성명, 화학약품대사전, 학원출판사, 1989.
6. 방국진, 환경오염 위해물질 편람, 성안당, 1996
7. Durfor, C. N & Becker, E. Selected data on public supplies of 100 largest cities in the United States. 1992
8. National Research Council, Drinking Water and health, DC. National Academy of Sciences. 1977
9. 보건사회부, 각국의 음용수 수질관련 주요법규, 1992
10. 한국식품공업학회, 한국식품연구소, 식용수에 대한 국내의 규격기준 및 관리제도 현황조사. 1991
11. 한국식품공업학회, 한국식품연구소, 광천수의 성분분석 및 규격기준(안)에 관한 연구(II), 1989.
12. 일본약학회, 위생시험법·주해, 금원출판주식회사, 1990
13. Sidorenko, G. I & Itskova, A. I. Nickel. Moscow, Medicina. 1980