

서울지역 약수터의 수질특성에 관한 연구

김광래¹ · 길혜경¹ · 김현국¹ · 김은숙¹ · 노방식¹ · 홍주희¹ · 이진¹ · 김정연¹ · 이만호¹ · 엄석원¹ · 이재영^{2*}

¹서울시보건환경연구원 음용용수팀, ²서울시립대학교 환경공학부

Study on Water Quality of Spring Water in Seoul

Kwang-rae Kim¹ · Hae-kyung Gil¹ · Hyun-kook Kim¹ · Eun-sook Kim¹ · Bang-Sik Roh¹
Ju-hee Hong¹ · Jin Lee¹ · Jeong-yeon Kim¹ · Man-ho Lee¹ · Seok-won Eom¹ · Jai-Young Lee^{2*}

¹Drinking & Ground Water Team, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment

²Department of Environment Eng., University of Seoul

ABSTRACT

We investigated springs in Seoul in 2009 to know the change of water quality according to storage method of spring water, the concentration of chemical compounds and their correlation. Even spring water that originally satisfied national standard for drinking water could be exceeded national standard for drinking water by storage method such as storage bottle, temperature and period; especially used PET bottles could affect the increase of total colony counts. Therefore, spring water is desirable to be consumed on the spot, or to be stored in sterilized bottles in refrigerator rather than room temperature at home, and also to be consumed shortly not exceeding 24 hours. Total colony counts, coliform, *yersinia*, F⁻, Cl⁻, NO₃-N, hardness, total Solids, pH, color and Al were exceeded national standard for drinking water at some springs. The result of correlation analysis shows that hardness and total solids, which are caused by several ionic compounds, had relatively high correlations with other chemical compounds.

Key words : Seoul, Spring water, Drinking water

1. 서 론

산업과 기술의 급속한 발전으로 인간의 생활과 문화의 수준은 향상되었지만, 우리들 주변의 환경오염은 악화되어 하천, 강, 호소 등 지표수뿐만 아니라 일부지역에서는 지하수까지 오염된 실정이다. 그러나 생활수준의 향상으로 여가선용과 함께 삶의 질에 대한 욕구가 증가하면서 맛있고, 안전하며, 오염되지 않은 질 좋은 물을 마시려는 사람들이 늘어나고 있다.

환경부에서는 민·관 합동 수질확인검사를 매년 2회 실시하는 등 수돗물에 대한 국민 불신해소 및 신뢰성 확보를 위해 노력하고 있지만 시민들이 수돗물에 대한 불신이 높아져 있어 부가적인 경제적 부담을 감수하면서까지 시판되고 있는 먹는 샘물을 음용하거나 보다 좋은 물을 찾아 사찰, 등산로, 근린공원 등에 위치한 약수터를 이용하

고 있다. 따라서 약수터의 수질 안전성 확보가 중요한 문제로 대두되고 있다.

흔히 좋은 물은 생수 또는 약수를 연상하게 되는데 어느 성분이 어느 정도 포함되어 있는 것이 가장 좋은 물인지 정확한 성분과 기준에 관한 자료는 아직 없다. 그러나 기본적으로 좋은 물이란 깨끗한 물, 맑은 물 즉 다른 이물질이 포함되어 있지 않은 순수한 물로 존재함을 뜻하며(김인수 외, 1998), 건강에 도움이 되는 물로서 기본적으로 인체에 해로운 균이 포함되어 있지 않아야하고 불쾌감이나 불안감을 주지 않아야 한다(이성호 외 2002).

먹는물의 수질과 위생을 합리적으로 관리하여 먹는물이 국민건강에 위해를 끼치는 것을 방지하고 생활환경을 개선할 목적으로 환경부에서는 먹는물관리법을 제정하였다.

먹는물관리법에서의 먹는물이란 먹는 데에 통상 사용하는 자연 상태의 물, 자연 상태의 물을 먹기에 적합하도록

*Corresponding author : leejy@uos.ac.kr

원고접수일 : 2010. 10. 7 심사일 : 2010. 10. 12 게재승인일 : 2010. 12. 23
질의 및 토의 : 2011. 2. 28 까지

처리한 수돗물, 먹는샘물, 먹는해양심층수 등을 말한다. 그리고 먹는물 공동시설이란 여러 사람에게 먹는물을 공급할 목적으로 개발했거나 저절로 형성된 약수터, 샘터, 우물 등이고, 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙으로 먹는물의 수질기준이 제정되어 있다(환경부, 2008).

약수터의 수질은 수돗물, 먹는 샘물과는 달리 주위의 환경으로부터 각종 미생물 등에 의해 오염이 쉽게 이루어지므로 먹는물공동시설 관리요령을 제정해서 약수터·샘터 및 우물 등 먹는물공동시설의 합리적인 수질관리 및 위생관리를 도모하고 있고, 여시니아균을 포함한 47개 항목에 대하여 매년 수질검사를 실시하고 있다.

2009년도 3/4분기 약수의 부적합 현황은 전국 먹는물공동시설 총 1,578개소(월1회, 총 4,612건) 검사결과, 29.3%(1,350건)가 먹는물 수질기준을 초과했고 수질기준 초과항목은 일반세균, 총대장균군 등 대부분 미생물 기준을 초과(총 1,350건 중 1,336건, 99%)하는 것으로 나타났다(환경부, 2009a). 이와같이 많은 부적합에도 불구하고 이용 시민은 먹는물공동시설의 검사결과 여부를 확인하지 않고 약수를 위생적 관념 없이 음용하고 있는 실태이다.

따라서 본 연구에서는 시민들이 채수한 약수의 보관 상태에 따른 변화의 특성을 평가하여, 약수의 적절한 취급으로 합리적인 위생 관리 방안을 마련하고자 하였다. 그리고 서울시에서 지정 관리중인 먹는물공동시설의 수질검사결과에 대한 항목별 상관관계를 분석하여 먹는물공동시설 수질관리방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상

2.1.1. 시료 보관 상태에 따른 분석

서울시내에 소재하는 먹는물공동시설중 1일 상시 이용 인구가 50인 이상인 약수터를 대상으로 2009년 7월(광진구 완숙골, 강남구 불국사)과 12월(강남구 대모천)에 채수하여 시료보관 상태와 시간경과에 따른 수질변화를 분석하였다. 미생물검사용 시료는 1 L 용량의 무균채수 용기에, 휘발성유기화합물질은 40 mL 유리병에, 이화학실험용은 4 L 용기에 그리고 약수터 이용 시민이 사용하던 PET병 등에 각각 채수하여 아이스박스에 넣어 냉장상태(4°C)를 유지하면서 실험실로 이동하여 수질검사를 실시하였다.

2.1.2. 서울시내 먹는물공동시설 수질조사

2009년도 서울시내 먹는물공동시설중 각 자치구에서 서

울시보건환경연구원에 수질분석 의뢰된 340개 시료를 대상으로 하였고, 먹는물수질기준 47개 항목을 분석하였다. 부적합에 의한 재검사 자료는 포함하지 않았다.

2.2. 분석방법

본 실험은 먹는물수질공정시험기준(환경부, 2009b)에 따라 분석하였다.

가. 미생물 실험 : 총대장균군과 일반세균은 수돗물, 약수터 등의 먹는물 수질검사에 적용하는 제1법으로 실시하였다. 총대장균군은 시험관법, 일반세균은 표준찬배지법, 그리고 분원성대장균군은 EC배지법을 이용하였다.

나. 분석기기 :

- (1) 휘발성유기화합물질, 유기인계 농약류 등 유기물질 : Gas Chromatography and Mass (Agilent 6890 Series GC System and 5973 Network Mass Selective Dector, Agilent 7890 Series GC System)
- (2) 중금속 및 비금속 등 : ICP (LEEMAN ICP)
- (3) 무기이온물질 : Ion Chromatography (DIONEX ICS-3000)
- (4) 암모니아성질소, 페놀, 시안, 세제 : Spectrophotometer (BECKMAN DU650)
- (5) 수은 : Mercury Analyzer (NIC RA-3)
- (6) 카바릴 : High Performance Liquid Chromatography (Waters 2690)

3. 결과 및 고찰

3.1. 약수 보관 기간 및 방법에 따른 수질의 변화

서울시에서 지정 관리하는 먹는물공동시설 314개소 중 수원 고갈 등 시료의 채수가 불가능한 지점을 제외한 299개소에 대한 2/4분기 정밀 수질검사 결과 22.4%인 67개소가 일부항목에서 먹는물수질기준을 초과하였다.

2007년, 2008년 2/4분기에 검사한 부적합율 18.1%, 22.1%와 비슷한 경향을 나타내었다. 주요 부적합 수질항목은 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군, 여시니아균 등 미생물관련 항목이 91.4%를 차지하였다.

그래서 약수의 보관방법과 기간에 따른 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균의 변화를 살펴보기 위해 완숙골, 불국사, 대모천 약수터 등 3개 시료를 채취하였다. 각 채수지점의 일반세균을 분석한 결과를 Table 1~3에 나타내었다.

일반세균은 그 자체가 인체 내에서 직접적으로 질병을 일으키는 경우는 거의 없지만 많은 균수가 존재할 경우

Table 1. The change of total colony counts on a conditions of storage bottles, period, and temperature at Wansukgol

Sample		Storage period (day)						
		In-situ	Initial	1	2	3	5	7
Sterilized bottle	Room temperature	17	44	120	-	-	-	-
	Cold temperature		38	22	60	28	48	18
Used PET bottle	Room temperature	17	55	170	280	190	110	140
	Room temperature		70	200	300	400	130	150
	Cold temperature		85	160	210	130	62	110
	Cold temperature		60	150	120	95	62	59

Sampling Date : 2009. 07. 20

Table 2. The change of total colony counts on a conditions of storage bottles, period, and temperature at Bulkuksa

Sample		Storage period (day)		
		In-situ	Initial	1
Sterilized bottle	Room temperature	0	11	16
	Cold temperature		12	4
Used PET bottle	Room temperature	0	47	240
	Room temperature		10	140
	Cold temperature		18	23
	Cold temperature		64	52

Sampling Date : 2009. 08. 03

Table 3. The change of total colony counts on a conditions of storage bottles, period, and temperature at Daemochon

Sample		Storage period (day)						
		In-situ	Initial	1	2	3	5	7
Sterilized bottle	Room temperature	5	13	12	15	12	43	63
	Cold temperature		9	19	23	1	4	3
Used PET bottle	Room temperature	5	12	28	25	17	7	34
	Room temperature		860	1400	1100	1900	960	1100
	Room temperature		1100	3400	1300	1600	1700	2200
	Cold temperature		11	14	2	0	3	3
	Cold temperature		530	740	640	250	290	260
	Cold temperature		48	26	13	34	28	33

Sampling Date : 2009. 12. 07

배탈과 설사를 일으킬 수 있는데, 이는 원래 인간의 대장에서 소화를 돕는 미생물과 경쟁해 균집을 변화시키기 때문이다. 또한, 수도물이 전염성 병원균으로부터 안전한가를 판정하는 기준으로 열균 및 소독 잔류성 판단의 척도로 이용되고 있다.

총대장균군 역시 그 자체로는 인체에 유해하지 않지만 분변오염을 나타내는 소화기계 병원균의 오염 가능성을 추정할 수 있는 지표이며 일반세균과 총대장균군은 먹는 물 수질기준에서 각각 '100 CFU/mL' 이하와 '불검출/100 mL'을 요구하고 있다(김경애, 2007).

완속골은 일반세균이 기준이내였지만 총대장균군과 분원성대장균군은 모두 검출되어 음용이 부적합한 수질 상태이었다. 시료 보관 용기 및 방법에 따른 일반세균의 변화를 위하여 무균채수병과 시민들이 사용하던 PET병에 시료를 채취하였다. 일반세균은 현장에서 접종한 결과가 17 CFU/ml이었다. 채취당일의 기온은 약 25°C이었고, 채취 후 냉장상태를 유지하면서 4시간이내에 실험실로 도착하여 일반세균을 분석한 결과는 다소 증가하였다.

무균 채수병으로 시료를 실온(mean : 23°C, max : 25°C, min : 22°C)에서 보관하였을 때 Table 1과 같이 24시간

안에 일반세균이 수질기준을 초과하였고, 냉장 보관(4°C) 한 경우에는 수질기준을 초과하지 않았다. 시민들이 많이 사용했던 PET병 시료는 채수당일에도 일반세균은 무균 채수병보다 약 2배 정도 증가한 것을 확인할 수 있었다. 그리고 실온보관 및 냉장보관 모두 24시간 내에 일반세균이 증식하여 먹는물수질기준을 초과하였으며 이후 크게 증가하다 점차 증가속도가 둔화되었다.

불국사 약수터는 총대장균군은 검출되었으나 분원성대장균군은 검출되지 않았다. 일반세균은 Table 2와 같이 현장에서 접종한 결과는 불검출이었다. 채수 후 실험실에서 실험한 결과는 다소 증가하였으나 먹는물수질기준을 만족하였다. 무균 채수병으로 채수한 경우는 실온(mean : 24°C), 냉장보관 상태에서 24시간 동안 모두 수질기준이 내었으나 시민들이 사용하던 PET병의 경우는 실온보관 상태에서는 수질기준을 초과하였고, 냉장 보관상태만이 수질기준 이하였다.

대모산 약수터의 경우에는 총대장균군, 분원성대장균군은 검출되지 않아 먹는물수질기준에 적합하였다. Table 3과 같이 일반세균은 무균 채수병으로 채수하여 보관한 경우는 7일이 경과한 후에도 실온(mean : 20°C, max : 25°C, min : 15°C), 냉장보관 상태 모두 수질기준을 만족하였다. 시민들이 사용하던 PET병중의 일부는 냉장과 실온 보관

상태에서 장시간 보관해도 수질기준을 만족했지만, 나머지는 용기를 반복사용 함으로써 세균에 오염되었거나 부주의한 채수 방법에 의해 먹는물수질기준을 초과하는 것으로 나타났다.

Table 1~3에서와 같이 냉장보관보다 실온상태에 보관하였을 때 일반세균이 더 많이 증가하였다. 일반세균의 성장조건 뿐 아니라 수질 시료의 특성에 따른 영향도 크겠지만 증가속도가 온도에 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 이기동 외(1999)의 연구는 7일까지도 일반세균이 계속 증가하는 결과가 나타났으나 본 연구는 이성호 외(2002)등이 연구한 결과와 같이 초기엔 급격히 증가하다가 점차 증가속도가 둔화되는 것으로 나타났다.

본 결과와 같이 약수는 가능한 현장에서 음용하고, 가정에서 음용수로 사용하려면 냉장상태로 보관하여 24시간을 초과하지 않는 것이 좋을 것으로 판단된다. 그러나 이용 시민은 많은 양의 물을 채수하고 있고 설문조사 결과 하루 이상 보관하여 음용하는 시민이 76.7%로 장기간 보관하여 음용하고 있는 실정이다. 따라서 세균 초과 시에는 반드시 끓여서 음용해야하고, 보관용기는 소독을 실시하고, PET병의 장기간 사용은 자제해야 안전할 것으로 사료된다.

이화학 수질 검사 결과는 Table 4와 같이 먹는물수질기

Table 4. The results of water quality analysis in each site

unit : mg/L

Site	Pb	F ⁻	As	Se	Hg	CN	Cr ⁶⁺	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	Cd
Wansukgol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.6	ND
Bulkuksa	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.3	ND
Daemochen	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.7	ND
Site	B	Phenol	Diazinon	Parathion	Fenitrothion	Carbaryl	1,1,1-Tri-chloroet-hane	Tetrachloro-ethylene	Trichloroethylene	Dichloro methane
Wansukgol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bulkuksa	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Daemochen	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Site	Benzene	Toluene	Ethylben-zene	Xylene	1,1-Dichlo-roethylene	Dibromo-3-chloropro-pane	Hardness	Consump-tion of KMnO ₄	Cu	Color
Wansukgol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	80.4	1.14	ND	ND
Bulkuksa	ND	ND	ND	ND	ND	ND	69.7	0.66	ND	ND
Daemochen	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20.5	0.63	ND	ND
Site	ABS	pH	Zn	Cl ⁻	Total Solids	Fe	Mn	Turbidity	SO ₄ ²⁻	Al
Wansukgol	ND	6.6	0.035	18	162	ND	ND	0.071	29	ND
Bulkuksa	ND	6.9	0.004	9	118	ND	ND	ND	12	ND
Daemochen	ND	6.5	0.002	4	61	ND	ND	ND	3	ND

ND : Not detected

Table 5. The change of water quality according to storage period and temperature at Daemocheon

Date	Site	NO ₃ ⁻ -N	Hardness	pH	Cl ⁻	Total Solids
2009. 12. 07	Room temperature	1.7	20.5	6.5	4	61
	Cold temperature	1.7	20.3	6.4	4	66
2010. 01. 07	Room temperature	1.8	20.5	7.1	3	56
	Cold temperature	1.8	21.0	6.9	3	53

Unit : mg/L

Table 6. The statistics of compounds concentration in spring water in Seoul

unit : mg/L

Items	National standard	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
F ⁻ (mg/L)	1.5	ND	12.000	0.168	0.707
Cl ⁻ (mg/L)	250	1.000	266.000	11.206	21.850
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	10	ND	12.400	3.372	2.243
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	200	ND	185.000	14.665	14.560
Turbidity (NTU)	1	ND	0.927	0.096	0.114
Consumption of KMnO ₄ (mg/L)	10	0.250	6.920	1.071	0.882
Total colonies (CFU/mL)	100	ND	2900.000	47.153	220.498
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0.5	ND	0.270	0.007	0.017
Hardness (mg/L)	300	2.200	353.600	52.977	44.256
Total Solids (mg/L)	500	7.000	804.000	119.632	80.932
Mn (mg/L)	0.3	ND	0.243	0.004	0.020
pH	5.8~8.5	4.500	9.100	6.709	0.478
Color (Unit)	5	ND	7.4	0.163	0.685
Al (mg/L)	0.2	ND	0.693	0.015	0.061

ND : Not detected

준에 적합한 것으로 나타났다. Table 5는 대모천에서 채취한 시료를 실험실에서 바로 분석하고 한달 후에 보관방법에 따른 이화학적 검사 결과를 비교한 것이다. 먹는물 수질기준 전 항목중 변화가 있는 항목만을 선별하여 나타내었다. 이화학 수질검사 항목은 실온이나 냉장상태에 따라 성분의 변화는 매우 적었으나 pH는 시간이 경과할수록 상승하고 증발잔류물은 약간 감소하는 경향을 보였지만 이와 같은 결과는 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

3.2. 2009년 서울시 먹는물공동시설 수질검사 결과

서울지역 먹는물공동시설중 34개 시료의 먹는물수질기준 47개 항목 평균농도는 먹는물수질기준 이하였고, 대표적인 항목의 수질은 Table 6에 나타내었다.

47개 항목중 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군, 여시니아균, 불소, 염소이온, 질산성질소, 경도, 증발잔류물, 수소이온농도, 색도, 알루미늄 등은 일부지점에서 먹는물 수질기준을 초과하였다.

불소는 먹는물수질기준이 1.5 mg/L이다. 이를 초과한 지

점은 상계동으로 농도는 12 mg/L였다. 불소는 가장 보편적인 원소로 화강암지역의 형석, 빙정석 등의 광물 속에 불소화합물형태로 존재하므로 주로 지질학적인 영향을 많이 받는다. 경구 섭취 후 불소이온은 체내에 빠르게 분배되고 치아와 골격에 잔류한다. 음료수 등에서 불소를 장기간 과량으로 섭취한 경우 불소 농도 2 mg/L 이상에서 반상치가 생기고, 8 mg/L 이상에서 골의 통증과 유연증을 일으키는 골질환이 나타난다고 보고되어 있다(유동구 외, 2004).

염소이온은 사직공원이 266 mg/L로 가장 높았고, 그 외의 지점은 150 mg/L 이하로 나타났다. 염소이온이 1,400 mg/L 정도 함유된 물을 먹어도 건강상 유해한 영향은 없으나 염소이온을 수질검사상 중요시하는 이유는 NaCl과 관련이 있기 때문이다. 즉 생활폐수나 인체배설물에 다량의 NaCl을 함유하고 있기 때문에 생활오염의 정도에 따라서 염소이온은 대체로 증가하게 되기 때문이다(한돈희 외, 1987).

질산성질소는 천정샘 12.4 mg/L, 사직공원 11.8 mg/L, 용천 10.4 mg/L 등 총 3개지점에서 먹는물수질기준을 초

과하였고, 평균농도는 3.4 mg/L이었다. 음용수에 질산성질소 성분은 동물이나 사람에게 여러 가지 형태로써 위해성을 가한다. 질산성질소는 미생물에 의해서 질산성질소가 아질산성질소로 환원됨으로써 독성이 초래되며, 환원된 아질산성질소는 혈류내로 흡수되어 헤모글로빈과 반응하여 혈액의 산소전달계 기능을 부분적으로 상실시킨다. 이러한 작용은 특히 6개월 이하 영아에게 치명적이어서 영아의 피부가 청색으로 보이고 호흡이 짧아지는 Blue-baby 증후군을 유발하는 것으로 보고되고 있다(유동구 외, 2004; Gabriel B and Charles PG, 1984).

경도는 먹는물수질기준이 300 mg/L인데 이를 초과한 지점은 사직공원으로 농도는 353.6 mg/L이었다. 경도는 물속의 칼슘과 마그네슘의 양을 측정하는 것으로, 경도가 높으면 비누 소비량의 증가, 배관에서의 스케일형성, 위장장애를 일으키며 주로 그 지역의 지질학적인 영향을 많이 받는다. 경도가 500 mg/L를 초과하면 보통 미각적인 면에서 부적합하다(WHO, 1996; Zoeteman BCJ, 1980).

중발잔류물을 구성하는 화합물은 염화물, 황산염, 마그네슘, 칼슘, 탄산염 등이 있으며 건강상의 위해는 확실하지 않지만, 다량 함유하면 부식 또는 스케일 형성에 영향을 미치고, 물맛이 나쁘기 때문에 미각의 관점에서 500 mg/L 이하로 정하고 있다. 또한 용해물질에는 위생상 문제점이 있을 수 있다. 버드나무와 사직공원 등 2개 지점에서 농도는 670 mg/L, 804 mg/L로 먹는물수질기준을 초과하였다.

수소이온농도의 먹는물수질기준은 5.8~8.5이다. 기준을 초과한 5.8이하가 7개 지점이었고, 8.5 이상이 1개 지점이 있었다. 자연수의 pH는 산과 염기의 평형에 대한 측정이고 이산화탄소-중탄산염-탄산염의 평형계에 의해 조절되며, 대부분의 약수들은 암석이나 토양의 화학적조성과 유기물이 분해될 때 발생하는 CO₂가 많이 용해된 물은 약산성을 나타내고 지질의 영향으로 HCO₃⁻ 또는 CO₃²⁻이온을 함유한 경우에는 약알칼리성을 나타내게 된다(김현실, 2002).

색도는 먹는물수질기준중 심미적 영향물질로서 기준이 5도이하이다. 검사결과 312개 지점에서 ‘불검D’, ‘로’, ‘5도이하’는 26개지점, 기준초과는 서대문의 행천, 홍제 등 2개 지점이었다. 자연수의 색도는 유기물(휴믹산 등)과 철, 망간등과 같은 금속에 기인한다. 물에 있는 유기색소는 많은 수중미생물의 성장을 자극하며, 그들 중 일부는 물의 악취유발에 직접적인 원인이 있다고 알려져 있다(WHO, 1996; Steven et al., 1993).

알루미늄이 먹는물수질기준 0.2 mg/L를 초과한 먹는물 공동시설은 관악구에 가재샘, 폭포수1, 삼화, 삼거리약수터 등 4개지점과 구로의 개봉3약수터, 광진의 용마산약수터 이었다. 알루미늄은 지구표면의 약 8%를 구성하는 풍부한 원소이고 토양, 식물, 동물조직의 구성성분이며, 수처리 응집제로도 광범위하게 사용되고 있다. 여러 연구에서 알루미늄이 알츠하이머 질병의 특성인 뇌병변과 관계가 있다고 보고되고 있다(WHO, 1996).

Table 7. Correlation coefficient of compounds in spring water in Seoul

Variables	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Turbidity	Consumption of KMnO ₄	Total colonies	NH ₄ ⁺ -N	Hardness	Total Solids	Mn	pH	Color	Al
F ⁻	1.000													
Cl ⁻	-0.022	1.000												
NO ₃ ⁻ -N	-0.150**	0.282**	1.000											
SO ₄ ²⁻	-0.004	0.312**	0.161**	1.000										
Turbidity	-0.039	0.041	0.201**	0.022	1.000									
Consumption of KMnO ₄	-0.030	0.062	0.111*	-0.037	0.105	1.000								
Total colonies	-0.019	0.119*	-0.056	0.074	0.063	-0.031	1.000							
NH ₄ ⁺ -N	0.053	-0.022	-0.047	-0.043	0.043	-0.008	0.033	1.000						
Hardness	-0.069	0.729**	0.366**	0.633**	0.074	-0.006	0.120*	-0.090	1.000					
Total Solids	-0.022	0.851**	0.423**	0.568**	0.091	0.034	0.115*	-0.083	0.931**	1.000				
Mn	-0.004	0.086	0.001	0.126*	-0.019	-0.047	-0.021	-0.036	0.205**	0.174**	1.000			
pH	0.240**	0.055	-0.072	0.164**	0.010	-0.129*	0.037	-0.099	0.344**	0.257**	-0.005	1.000		
Color	0.133*	-0.053	-0.089	0.028	0.023	0.076	-0.020	0.069	-0.139	-0.106	0.124*	-0.444**	1.000	
Al	-0.009	0.109*	0.127*	0.021	0.305**	0.206**	-0.001	-0.018	0.030	0.076	-0.028	0.033	0.282**	1.000

*: p < 0.05, **: p < 0.01

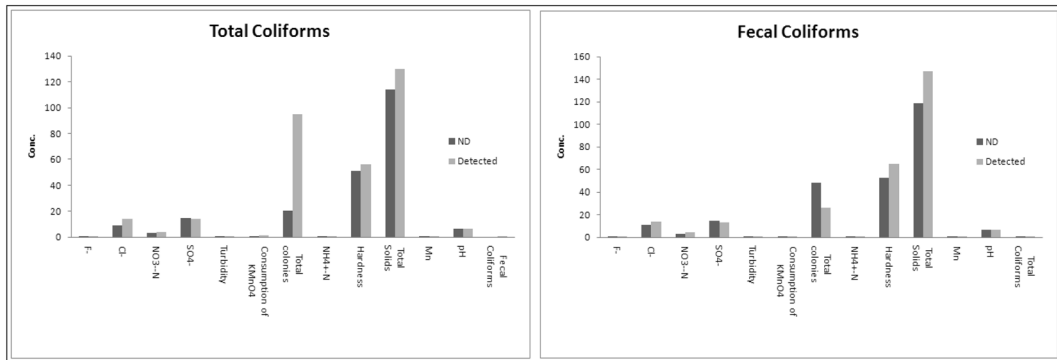


Fig. 1. Comparison of correlation concentration for water quality in spring water.

3.3. 상관성분석

먹는물공동시설 수질검사결과 각 항목들 간의 상관성 분석 결과를 Table 7에 나타내었다. 경도는 증발잔류물(0.931), 염소이온(0.729), 황산이온(0.633), 질산성질소(0.366), pH(0.344), 망간(0.205)의 순으로 높은 상관성을 보였고, 증발잔류물은 경도(0.931), 염소이온(0.851), 황산이온(0.568), 질산성질소(0.423), pH(0.257)의 순으로 상관관계가 높게 나타났다. 김익수 외(2001)등이 경도는 증발잔류물, 황산이온, 염소이온, pH의 순으로 상관성이 있고, 증발잔류물은 염소이온, 황산이온, 경도의 순으로 상관성이 높았다는 연구와 유사한 경향을 나타냈다.

이는 증발잔류물을 구성하는 주 구성 물질은 대개 칼슘, 마그네슘, 나트륨의 양이온과 탄산이온, 탄산수소이온, 염소이온, 황산이온, 질산이온 등의 음이온이 있기 때문으로 판단된다. 또한 경도는 한가지 물질이 아니라 여러 종류의 다양한 용존금속 이온에 의해 야기된다. 원인물질 중 가장 흔한 것이 칼슘, 마그네슘이고 그 외에 비륨, 철, 망간, 스트론튬, 아연 등도 기여하므로 이런 상관성을 보인 것으로 판단된다.(WHO, 1996)

Fig. 1은 총대장균군, 분원성대장균군이 검출시와 불검출시 이화학물질에 대하여 비교하였다. 총대장균군이 검출되었을때 불검출시보다도 염소이온, 경도, 증발잔류물, 일반세균이 높게 나타났다. 특히 일반세균은 불검출시보다 4배이상 높았다. 이는 총대장균이 검출되면 일반세균도 오염되었을 가능성이 있음을 시사한다. 분원성대장균이 검출되었을 경우에 불검출시보다 경도와 증발잔류물이 높게 나타났는데 일반세균은 더 낮게 나타나는 경향을 보였지만 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 2009년에 서울지역 먹는물공동시설을 대상

으로 수질 분석한 것으로, 보관 방법에 따른 수질변화, 이화학적분 농도 분석 및 상관성분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일반세균이 먹는물수질기준을 만족하였던 약수라도 보관용기와 보관온도, 보관기간 등 보관방법에 따라 먹는물수질기준을 초과하기도 하였다. 특히 재사용된 보관용기는 용기 자체의 오염여부에 의해 일반세균증식의 주요인이 되었다. 따라서 약수는 가능한 현장에서 음용하고, 가정에서 음용수로 이용하려면 무균병에 실온보다 냉장상태로 보관하고 24시간을 초과하지 않고 빠른 시간 내에 음용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
2. 서울지역 약수터 일부지점에서 불소, 염소이온, 질산성질소, 경도, 증발잔류물, 수소이온농도, 색도, 알루미늄 등이 먹는물수질기준을 초과한 것으로 나타났다.
3. 이화학물질간의 상관분석을 실시한 결과, 여러 종류의 이온성분에 의해 야기되는 물질인 경도와 증발잔류물이 다른 이화학성분과 높은 상관성을 나타냈다.

참 고 문 헌

김경애, 이병옥, 김오목, 허명제, 김경태, 노재일, 최춘석, 고종명, 김용희, 2007, 인천지역 약수터의 오염에 대한 연구, 대한위생학회지, 22(3), 35-50.

김익수, 이상수, 김홍제, 한규문, 권승미, 이지영, 이순희, 신덕영, 박재우, 김주형, 2001, 서울시 일원의 약수터 수질특성에 관한 연구, 서울시보건환경연구원보, 37, 349-360.

김인수, 하훈, 서원술, 배주순, 문희, 박철용, 오은하, 김소영, 김명혜, 1998, 약수 수질 특성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 24(1), 87-97.

김현실, 2002, 부산지역 일부 약수터의 수질 특성에 관한 연구, 부경대학교 석사학위논문.

유동구, 하광태, 이진, 전명진, 고한성, 이동식, 김익수, 김홍제, 이민환, 신정식, 김명희, 2004, 서울시 일원의 약수터 수질 특성 및

위해성 평가, 서울시보건환경연구원보, **40**, 445-451.

이기동, 권병채, 최규만, 소향아, 진찬문, 박창윤, 강인숙, 손명옥, 임석춘, 공순자, 1999, 전라북도내 약수의 수질미생물에 관한 조사연구, 전라북도보건환경연구원보, p. 9-33.

이성호, 송희봉, 조찬래, 이영주, 이선영, 전현숙, 정동숙, 장우석, 2002, 화학적·미생물학적 수질에 대한 강우영향의 특성, 대한환경공학회지, **24**(12), 2213-2222.

한돈희, 박영의, 박찬정, 전병구, 박갑만, 1987, 춘천근교 약수의 계절별 수질에 관한 보건학적 조사 연구, 한국환경위생학회, **13**(1), 7-16.

환경부, 2008, 먹는물관리법령집.

환경부, 2009, http://me.go.kr/kor/notice/notice_02_01.jsp?id=notice_02&mode=view&idx=171604

[_02&mode=view&idx=171604](http://me.go.kr/kor/notice/notice_02_01.jsp?id=notice_02&mode=view&idx=171604)

환경부, 2009, 먹는물수질공정시험기준.

Gabriel, B. and Charles, P.G., 1984, Groundwater Pollution Microbiology, *John Wiley & Sons, Inc.*, 156-165.

Steven, S.B., Peter, N., and Raj, A., 1993, Groundwater Contamination, p. 36.

WHO, 1996, Originally published in Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information, World Health Organization, Geneva.

Zoeteman BCJ, 1980, Seneory assessment of water quality, Oxford, Pergamon Press.