

경기북부지역 정수장 및 약수터의 미네랄 성분 분포 연구

송희일[†] · 임한수 · 박경수 · 박현구 · 이현진 · 조미현 · 김영연 · 오조교
경기도보건환경연구원북부지원

Mineral Components of Water Supply Plants and Spring Waters in Northern Gyeonggi Area

Hee-Il Song[†], Han-Su Lim, Gyoung-Su Park, Hyun-Goo Park, Hyun-Jin Lee,
Mi-Hyun Jo, Young-Yeon Kim, and Jo-Gyo Oh
Gyeonggi-do Institute of Health & Environment, Gyeonggi-do

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to investigate the distribution of mineral components, health and taste index for water supply plants, spring water located in northern Gyeonggi area and bottled waters in market to analyze Ca, K, Mg Na, Si, F⁻ and SO₄²⁻.

Method: The samples were source and tap water in 15 water supply plants over 9 river basin, 172 spring water and 20 bottled water. The Ca, K, Mg Na and Si were analyzed by ICP-OES. The F⁻ and SO₄²⁻ were determined by Ion Chromatograph. Then, taste and health index were calculated using Hashimoto equation.

Results: The average concentration of major minerals showed in same order of Ca > Na > Mg > K for all kinds of drinking water from water supply plants, spring waters and bottled waters. Total concentration of major minerals (Ca, K, Mg, Na) was calculated that showed 26.79 mg/L of tap water, 21.81 mg/L of spring water, 32.94 mg/L of bottled water on average. So, the spring waters indicated the lowest minerals sum. The tap water from water supply plants was categorized to Group I, II for 33.3, 44.4% according to K-index and O-index. Otherwise, spring water was classified as Group I, II for 44.0, 46.3%.

Conclusion: According to the results of K and O-index, water from water supply plant showed higher K-index which means good for the health. Otherwise, spring water indicated higher O-index that people can feel more delicious than tap water. Furthermore, the mineral distribution of source water from water supply plants and spring water had indicated high correlation with geological effect.

Key words: Mineral, water supply plant, spring water, K-index, O-index

I. 서 론

우리 몸의 60~70%는 수분으로 구성되어 있어 물만 잘 마셔도 무병장수할 수 있을 정도로 우리 몸에서 건강을 위한 물의 섭취는 중요한 요소이다. 좋은 물이란 안전하고 깨끗하면서 인체에 유익한 미네랄 성분이 풍부하며 균형 있게 포함된 물을 의미

하는데, 미네랄은 우리 몸을 구성하는 성분의 약 4% 정도밖에 되지 않지만 뼈의 구성 성분이 되기도 하고, 각종 효소반응에도 관여하는 등 단백질, 탄수화물, 지질, 비타민과 함께 우리 몸에 꼭 필요한 영양물질로서 가치가 매우 크다고 할 수 있다.¹⁾ 사람들은 이를 위해 식품을 통해 섭취하기도 하지만 식수인 수돗물, 먹는샘물, 지하수, 약수 등을 본인의 취

[†]Corresponding author: Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, 1, Cheongsa-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea, Tel: +82-31-8030-5964, Fax: +82-31-8030-5969, E-mail: birdsky@gg.go.kr

Received: 24 May 2019, Revised: 14 June 2019, Accepted: 18 June 2019

향이나 형편에 따라 선택하여 마신다. 기업들은 이러한 사람들의 욕구를 기반으로 각종 먹는샘물, 미네랄워터 등 다양한 먹는물 상품을 생산하고 있어, 2013년 기준으로 먹는샘물 판매량은 2004년에 비해 67% 정도 증가한 약 350만 톤에 이르며 있으며 그것을 찾는 인구도 늘어 가고 있는 실정이다.²⁾

그러나 우리 주변에는 상품화된 물이 아니라도 뒷산의 약수터에서도 맛있고, 건강한 물을 쉽게 찾을 수 있으며, 우리나라의 수도물은 소독을 해야 하는 수도물의 특성상 소독취가 있어 맛에는 거부감이 있지만 다른 식수원에 비해 안전한 물임에는 분명하다.³⁾

정수장에서는 지하수, 하천수, 호소수 등의 상수원수를 응집·침전·여과·소독 등의 여러 단계의 과정을 거쳐 안전하고, 깨끗하게 처리하여 수도물을 생산하도록 국가에서는 수도법과 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 등의 법으로 수질과 수질기준 등을 관리하도록 규정하고 있다.

약수터는 먹는물공동시설로서 샘터, 우물과 더불어 여러 사람에게 먹는물을 공급할 목적으로 개발했거나 저절로 형성된 시설로서 먹는물관리법 제8조에 의거하여 관리되며, 문화재청은 강원도의 오색약수, 삼봉약수, 개인약수 등을 약수터 중에 처음으로 2011년 1월에 천연기념물로 지정한 바 있으며 이들 약수터는 수질, 문화, 경관이 우수할 뿐만 아니라 미네랄 함량이 많아 위장병 등의 여러 가지 효능이 있는 것으로 알려져 있다.⁴⁾ 약수터를 찾는 많은 사람들은 산속의 오염되지 않은 물로서 건강에 좋은 물일 것으로 기대하는 경향을 가지고 있는데 그 이유 중 하나로 다른 물에 비해 건강에 좋은 미네랄이 더 많이 포함되어 있을 것으로 생각하기 때문이다. 이에 많은 연구자들이 약수터 등의 먹는물에서 미네랄과 맛, 건강 관련한 조사연구가 있었다.^{5,6)} 하지만 정수장에서의 미네랄조사는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 경기북부지역의 정수장과 약수터 물에 함유된 미네랄 성분의 분포를 비교·평가함으로써 수도물에 대한 막연한 불신을 해소하고, 약수터에 대한 건강하고 맛있는 물 정보를 제공함으로써 도민의 건강증진에 기여하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 시료채취

연구 대상은 경기북부에 있는 정수장과 약수터로, 정수장은 음용수를 공급하고 있는 15개 정수장에 대해 2018년 3월, 6월, 9월, 10월에 총 4차례 원·정수를 채수하였으며, Table 1은 원수를 취수하는 취수원의 수계에 따라 크게 9개 수계로 구분하여 나타내었다. 약수터는 Table 2와 같이 10개 시·군에 있

Table 1. The sampling sites of water supply plants in northern Gyeonggi area

Source water	Plants
Bukhan River (Bukhan)	Gapyeong, Hwado
Han River (Han)	Dogok, Deokso, Guri
Hantan River (Hatan)	Gwanin
Imjin River (Imjin)	Dongducheon, Yeoncheon
Jeil Reservoir (Jeil)	Ganeung
Jojong Stream (Jojong)	Hyunri
Miwon Stream (Miwon)	Seorak
Paldang Lake (Paldang)	Ilsan, Goyang, Wabu
Yeongpyeong Stream (Yeongpyeong)	Idong

(): abbreviated word

Table 2. The number of sampling sites of spring waters in northern Gyeonggi area

Region	No. of sampling sites
Total	172
Dongducheon (DD)	12
Gapyeong (GP)	12
Guri (GR)	10
Goyang (GY)	23
Namyangju (NY)	14
Pocheon (PC)	11
Paju (PJ)	29
Uijeongbu (UJB)	22
Yeoncheon (YC)	10
Yangju (YJ)	29

(): abbreviated word

는 약수터로 172개소(지정 약수터 116, 비지정 약수터 56개소)를 대상으로 1년 중 사람들이 많이 이용하는 3월부터 5월에 1회, 7월부터 10월에 1회씩 채수하였으며, 고양시와 파주시의 일부 약수터는 하반기에 1회 채수하였다. 또한 정수장과 약수터의 미네랄 성분을 먹는샘물과 비교하고자 도내에서 판매되고 있는 20종의 국내산 먹는샘물에 대해서도 함께 분석하였다.

2. 분석항목 및 방법

채수한 시료는 정수장 원수와 정수 그리고 약수터의 미네랄 분포를 조사하기 위해 5종(Ca, K, Mg, Na, Si)의 미네랄 성분은 Standard Methods 3120⁷⁾을 F⁻, SO₄²⁻는 먹는물수질공정시험기준⁸⁾에 따라 분석하였으며, Table 3에 시험방법과 분석기기를 나타내었다.

또한 칼슘, 나트륨 등의 미네랄 성분의 함량을 바탕으로, 채취한 정수장과 약수터 물의 건강한 물과 맛있는 물의 개관적인 분류를 위해, 일본 오사카대학의 하시모토교수가 제안한 건강지수(K-index)와 맛지수(O-index)에 대해 식 (1), (2) 그리고 Table 4를 이용하였다.⁹⁾

$$\text{K-Index} = \text{Ca} - 0.87\text{Na} \quad (1)$$

$$\text{O-Index} = (\text{Ca} + \text{K} + \text{SiO}_2) / (\text{Mg} + \text{SO}_4) \quad (2)$$

Table 3. The analytical methods and instruments

Items	Method and Instrument
(Ca, K, Mg, Na, Si)	ICP-OES (PERKIN ELMER OPTIMA 5300DV)
F ⁻ , SO ₄ ²⁻	Ion Chromatograph (Metrohm, 850 professional IC)

Table 4. The classification by K-index and O-index

Group	Range	Water quality
I	K ≥ 5.2, O ≥ 2	Delicious and healthy
II	K ≥ 5.2, O < 2	Healthy
III	K < 5.2, O ≥ 2	Delicious
IV	K < 5.2, O < 2	Anything else

III. 결과 및 고찰

1. 칼슘

칼슘은 근육과 신경의 기능 조절, 골격과 치아 형성에 기여하는 필수 영양소로서 모든 미네랄의 40% 가량을 차지하며 방해석, 백악, 대리석 등에 많이 존재하는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾

조사 결과는 Table 5와 6에 나타내었으며, 정수장의 경우 Table 1과 같이 15개 정수장을 취수원에 따른 동일한 취수원인 경우 같은 수계로 묶어 9개 수계로 평균한 자료를 표기하였다. 정수장 정수에선 평균 5.88, 6.85~23.30 mg/L의 범위이고, 약수터에선 시·군별로 평균 12.50, 7.66~18.64 mg/L의 농도 범위로 조사되었다. 이와 같은 조사 결과는 수도물이나 약수터 등 먹는물에선 별도의 수질 기준이 없기 때문에 한국인 영양섭취기준의 일일 미네랄 권고량과 물 섭취 기여율 등을 고려하여 K-water에서 연구자료로 제안한 먹는물 중 미네랄 권고 수준(안)¹¹⁾ 중 칼슘농도(10~85 mg/L)와 비교하여, 영평천(6.85 mg/L)과 제일저수지(8.15 mg/L)를 제외한 7개(77.8%) 수계의 정수장이 권고 수준(안)에 포함되었다. 그러나 약수터는 172개 약수터 중 90개소(52.3%)가 권고 수준(안)에 포함되지 않았지만 남양주시의 남양약수터(60.96 mg/L), 고양시의 유곽골(57.47 mg/L)과 동산(49.80 mg/L)약수터의 순으로 칼슘 농도가 풍부한 것으로 조사되었다.

2. 칼륨

칼륨은 나트륨의 흡수를 억제하고 배출을 촉진하여 고혈압을 예방하며 세포 내·외 체액의 균형(삼투압)을 조절한다.¹²⁾ 또한, 생물권에서 중요한 원소로 지표수 내의 자연 함량은 제한되지만, 농업용 비료 등에 널리 사용되어 하천수 내에서 더 높게 나타나게 된다.¹³⁾ 조사 결과 정수장은 0.74~3.93 mg/L의 범위로 평균은 1.89 mg/L, 약수터에선 0.70~1.33 mg/L와 0.97 mg/L로 나타나 칼륨의 권고 수준(안)인 1.0~90.0 mg/L와 비교하였을 때, 정수장은 영평천(0.74 mg/L)를 제외하고는 8개의 정수장이 권고 수준(안)을 충족하였으나, 약수터는 43.6%(75개소)만이 권고 수준(안)을 충족하여 하천 수계가 원수인 정

수장이 약수터 보다 더 높은 것을 알 수 있었다. 가장 높은 칼륨 농도를 나타내는 곳은 한강 수계의 정수장이 3.93 mg/L, 양주의 중흥약수터가 3.37 mg/L로 가장 높게 조사되었다.

3. 마그네슘

마그네슘은 칼슘과 함께 뼈와 치아의 구성 성분으로 300종류 이상의 효소반응에 관여한다.¹⁰⁾ 자연에서는 마그네사이트, 백운석, 활석 등에 주로 존재하여, 지각에 산화물(MgO) 기준으로 2.2% 정도 함유된다. 화성암내 MgO 세계 평균함량은 현무암(7.5%) 내에 가장 많이 함유되며 화강암(0.3%)에는 매우 적게 함유된 것으로 알려져 있다.¹³⁾ 경기북부의 한탄강 유역의 기반암은 변성암류로 장탄리 현무암이 백악기층을 덮고 있으며, 현무암이 분포되어 있는 지역은 낮은 구릉지나 저지대를 형성하고 있다.¹⁴⁾ 조사 결과 정수장의 정수는 0.75~6.50 mg/L로 조사되었으며, 약수터는 1.19~6.24 mg/L의 농도 분포로 고양시의 약수터가 6.24 mg/L, 파주시가 3.28 mg/L로

시·군별 약수터에서 높은 지역으로 나타났으며, 고양시의 동산(29.23 mg/L)과 신원당약수터(20.30 mg/L) 그리고 파주시의 제3평굴약수터(17.15 mg/L)가 북부지역 약수터 중엔 가장 높은 결과를 보인 약수터들이다. 조사 결과에 대해 권고 수준(안)인 3.0~20.0 mg/L와 비교하였을 때, 정수장은 팔당 수계 정수장을 포함하여 44.4% (4개 수계)의 정수장이 권고 수준(안)을 충족하였지만, 약수터는 30.2%만이 권고 수준(안)을 충족한 결과이다. 정수장에서 특이 할 만한 사항은 칼슘, 칼륨의 분포 경향과는 달리 한탄강 수계 정수장의 평균 농도가 6.50 mg/L으로 가장 높은 것으로 나타났다는 점이다. 이는 한탄강 상류 지역이 다른 지역과 다른 현무암 지대이기 때문으로 판단된다.

4. 나트륨

나트륨은 칼륨과 함께 신경이나 근육에 자극을 전달하며, 혈액이나 세포외액 등 체액의 균형(삼투압)을 조절한다. 주로 식염의 형태로 음식물을 통해 섭취

Table 5. The analytical results of drinking water over the river basin (Unit: mg/L)

River basin		F	Ca	K	Mg	Na	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	K-index	O-index
Bukhan	SW	ND	12.12	1.72	2.60	4.26	6.14	7.30	8.4	2.0
	TP	ND	12.62	1.89	2.62	6.64	6.29	8.00	6.8	2.0
Han	SW	ND	22.20	4.00	2.60	7.72	4.43	13.67	15.5	1.9
	TP	ND	21.80	3.93	2.63	9.75	4.34	13.85	13.3	1.8
Hantan	SW	ND	14.38	1.74	6.49	9.65	20.09	10.93	6.0	2.1
	TP	ND	15.01	1.76	6.50	10.20	20.05	11.17	6.1	2.1
Imjin	SW	ND	16.05	1.29	4.05	2.75	4.48	6.53	13.7	2.1
	TP	ND	16.18	1.30	4.05	3.06	3.92	6.84	13.5	2.0
Jojong	SW	ND	13.58	1.83	2.47	4.62	7.73	9.77	9.6	1.9
	TP	ND	13.09	1.73	2.51	5.39	8.17	9.36	8.4	1.9
Jeil	SW	ND	7.77	1.29	1.46	3.98	11.28	5.29	4.3	3.0
	TP	ND	8.15	1.28	1.42	3.87	10.57	5.71	4.8	2.8
Miwon	SW	ND	19.35	1.42	3.70	6.18	11.98	9.22	14.0	2.5
	TP	ND	19.92	1.60	3.77	8.08	11.99	9.06	12.9	2.6
Paldang	SW	ND	23.40	2.71	4.18	7.96	4.69	14.11	16.5	1.7
	TP	ND	23.30	2.78	4.20	8.38	4.44	14.73	16.0	1.6
Yeongpyeong	SW	0.27	5.18	0.70	0.68	2.17	8.73	4.90	3.3	2.6
	TP	0.33	6.85	0.74	0.75	3.40	9.98	5.19	3.9	3.0
Average	SW	ND	14.89	1.86	3.14	5.48	8.84	9.08	10.1	2.2
	TP	ND	15.21	1.89	3.16	6.53	8.86	9.32	9.5	2.2

SW: source water, TP: tap water, ND: Not Detected

취하는데 우리나라의 경우 식생활에서 나트륨이 부족할 일은 거의 없으며 오히려 과다 섭취에 주의해야 한다.¹²⁾ K-water의 권고 수준(안)은 0.5~10.0 mg/L이지만 먹는물 기준은 별도로 설정되어 있지 않다. 일본의 경우엔 식수에서 200 mg/L 이하로 규정하고 있지만, WHO는 식수에서 200 mg/L를 초과하는 경우에는 수용할 수 없는 맛을 일으킬 수 있다고 한다.¹⁵⁾ 조사 결과 Table 5 및 6과 같이 정수장 원수는 평균 5.48, 2.17~9.65 mg/L의 범위를 그리고 정수는 평균 6.53, 3.06~10.20 mg/L의 범위를 보였다. 또한 약수터는 평균농도가 5.69 mg/L, 농도범위는 3.04~10.36 mg/L로 조사되었다. 조사 정수장 중에는 가장 많은 농도로 조사된 한탄강 수계(10.20 mg/L) 정수장이 권고 수준(안) 보다 약간 높은 것으로 나타났다. 원수에 비해 정수에서 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 정수의 미생물에 대한 안전성을 확보하기 위한 소독과정에 사용되는 차아염소산나트륨에서 기인한 것으로 판단된다. 약수터에서는 포천시의 무랫골(하)(64.81 mg/L), 고양시의 유곽골(40.72 mg/L), 남양주시의 남양약수터(16.65 mg/L) 등 8개의 약수터를 제외하고 167개소(95.3%)가 권고 수준(안)을 충족하였다.

5. 불소

불소는 형석이나 인회석과 같은 광물로 존재하다가 풍화를 받으면 분리되며, 물속에서 F⁻로 산출되어 자연수 내에선 일반적으로 1.0 mg/L 이하이다.

불소가 많이 함유된 음용수를 유아가 장기복용하면 반상치(mottled enamel)를 일으키며, 적당량(0.5~1.0 mg/L) 함유되어 있으면 치아부식방지에 도움을 준다.^{15,16)} Table 5는 경기북부지역 정수장에서의 원수와 정수의 분석결과이며, Table 6은 경기북부지역 10개 시·군의 분석결과이다. 정수장 원수와 정수는 각각 ND~0.27 mg/L와 ND~0.33 mg/L, 약수터는 파주시의 어머니샘약수터가 0.53 mg/L일뿐, 시·군별 평균은 ND~검출한계(0.15 mg/L) 이하인 불검출로 나타났다. 정수장도 대부분 불검출이었으나 영평천 수계의 정수장만이 원수와 정수에서 0.27, 0.33 mg/L로 나타나, 수질기준(1.5 mg/L) 이하이면서 치아부식 및 예방과는 관련이 없는 것으로 조사되었다.

6. 미네랄 분포 비교

정수장(Table 5)과 약수터(Table 6)의 미네랄을 시중에서 판매되고 있는 국내산 먹는샘물과 비교하고자 20개의 먹는샘물에 대한 분석 결과를 Table 7에 나타내었다. 미네랄 분포를 비교해 보면, 9개 수계의 정수장 정수 중에서 임진강수계 정수장이 Na (3.06 mg/L) < Mg (4.05 mg/L)인 것을 제외하고, 평균농도가 Ca (15.21 mg/L) > Na (6.53 mg/L) > Mg (3.16 mg/L) > K (1.89 mg/L)의 순서로 나타났으며, 10개 시·군의 약수터에서는 Ca (12.50 mg/L) > Na (5.69 mg/L) > Mg (2.65 mg/L) > K (0.97 mg/L)의 분포 순서로 나타났다. 먹는샘물에서도 Ca (21.27 mg/L) > Na (6.89 mg/L) > Mg (3.56 mg/L) > K (1.26 mg/L)의

Table 6. The analytical results of spring water (Unit: mg/L)

Region	F ⁻	Ca	K	Mg	Na	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	K-index	O-index
DD	ND	8.12	1.01	1.73	4.31	17.09	5.66	4.4	3.5
GP	ND	8.55	0.84	2.23	3.04	12.41	4.87	5.9	3.1
GR	ND	10.99	1.25	2.81	6.22	22.57	7.79	5.6	3.3
GY	ND	16.86	1.08	6.24	8.70	23.43	10.63	9.3	2.5
NY	ND	13.70	1.33	2.72	6.29	21.80	6.76	8.2	3.9
PC	ND	13.83	0.92	1.99	10.36	19.13	7.43	4.8	3.6
PJ	ND	18.13	0.92	3.28	4.39	20.01	6.54	14.3	4.0
UJB	ND	7.66	0.72	1.19	5.15	19.05	11.89	3.2	2.1
YC	ND	18.64	0.70	2.99	3.37	13.94	8.57	15.7	2.9
YJ	ND	8.57	0.90	1.35	5.05	20.43	7.78	4.2	3.3
Average	ND	12.50	0.97	2.65	5.69	18.99	7.79	7.6	3.2

ND: Not Detected

순서로, 정수장과 약수터 그리고 먹는 샘플의 미네랄 함량 순서는 동일하게 조사되었으나, 4종류(Ca, K, Mg, Na)의 총 미네랄 농도는 정수장 정수의 평균농도가 26.79 mg/L, 약수터는 21.81 mg/L, 먹는샘물이 32.94 mg/L로 약수터의 미네랄 함량이 제일 작은 것으로 나타났으며, 특히 칼륨은 정수에 비해 약수터가 51.3%의 낮은 농도를 보였다.

7. 맛 지수와 건강 지수

일본 오사카대학의 하시모토 교수는 음용수 중의 Ca, Na, K, Mg 및 SiO₂의 함량과 성분비 사이에 맛과 건강에 관련된 상관관계에서, Na이 작을수록, Ca이 클수록 건강에 좋은 물이며 Ca, K, SiO₂가 맛을 좋게 하고 Mg과 SO₄가 맛을 나쁘게 한다고 보고하였다.⁷⁾ 또한 여러 연구자들이 수중의 미네랄이 맛이나 건강에 영향을 주는 것으로 보고하고 있다.^{17,18)}

수계별 정수장의 K-index와 O-index는 Table 5에 나타내었으며, 정수장 중에 팔당 수계의 정수장이

Table 7. The major minerals of bottled water (Unit: mg/L)

Bottled water	Ca	K	Mg	Na
A	23.33	1.57	3.65	15.40
B	37.63	1.76	4.50	14.66
C	12.29	1.46	1.95	5.28
D	29.91	1.40	6.39	3.89
E	20.89	0.86	2.29	6.63
F	14.83	0.63	1.37	4.55
G	14.86	0.67	2.07	5.49
H	15.09	0.66	2.05	5.52
I	39.33	1.27	3.54	9.13
J	32.76	0.74	4.47	9.43
K	3.71	2.08	2.64	4.37
L	16.49	0.81	2.81	4.88
M	17.92	0.91	1.75	4.23
N	46.05	1.53	9.78	9.07
O	15.44	0.84	5.14	1.64
P	29.33	1.63	3.41	4.00
Q	11.35	1.05	1.26	3.55
R	14.97	1.07	1.44	3.82
S	24.06	0.59	6.41	15.62
T	5.06	2.70	4.37	6.76
Average	21.27	1.21	3.56	6.89

Table 8. The top 10 spring water with high value of K-index

Rank	Region	Spring water	K-index
1	Namyangju	Namyang	46.5
2	Paju	Je-3ttanggul	43.5
3	Goyang	Dongsan	41.0
4	Yangju	Jungheung	38.3
5	Paju	Sicheong	37.2
6	Paju	Sotumul	31.4
7	Paju	Baeri	30.2
8	Paju	Josanmaeul	28.8
9	Goyang	Sinwondang	27.5
10	Uijeongbu	Sugokcheon	26.0

Table 9. The top 10 mineral spring water with high value of O-index

Rank	Region	Spring water	O-index
1	Pocheon	Muretgol (sang)	12.4
2	Paju	Bapjae	10.5
3	Namyangju	Seokgogae	8.3
4	Dongducheon	Boeun	8.2
5	Yangju	Silbawi	7.7
6	Gapyeong	Garugae	7.6
7	Paju	Ohyeon	7.5
8	Paju	Aeryong	7.4
9	Yangju	Honggol	7.2
10	Uijeongbu	Saemugol	7.1

Table 10. The number of sampling sites classified by K and O-index

Group	No. of water supply plants (%)	No. of spring water (%)
I	3(33.3)	77(44.8)
II	4(44.4)	6(3.5)
III	2(22.2)	78(45.3)
IV	0(0.0)	11(6.4)

K-index가 16.0으로 가장 좋은 결과를 보였으며, O-index는 영평천 수계 정수장이 3.0으로 가장 좋게 나타났다. 약수터에 대한 K-index와 O-index는 시·군별 평균 결과는 Table 6에 나타내었다. 경기북부 약수터에서 K-index가 가장 좋은 상위 10개 약수터 중 첫번째는 남양주시의 남양약수터였으며, 파주시의 약수터가 제3땅굴 약수터를 비롯해 5개소로 가장 많

았다. 또한 O-index가 가장 좋은 약수터는 포천시의 무렛골(상) 약수터였으며, O-index에서도 파주시의 약수터가 밥재를 비롯해 3개소로 가장 많은 지역으로 나타났다. Table 10은 Table 4의 분류에 따른 요약결과로 수계별 정수장은 K-index와 O-index가 Group II (44.4%) > Group I (33.3%) > Group III (22.2%) > Group IV (0.0%)의 분포를 보인 반면, 약수터는 Group III (46.3%) > Group I (44.0%) > Group IV (6.3%) > Group II (3.5%)의 분포를 보였다. 이와 같이 결과는 정수장은 Ca이 많아 건강지수가 높은 Group II의 비율이 높은 반면에 약수터는 SiO₂가 많아 맛지수가 높은 Group III의 비율이 많은 것으로, 정수장과 약수터의 미네랄 균형이 서로 다른 특징을 가지고 있는 것으로 나타났다.

8. 맛 지수와 관능 시험

관능 시험으로 맛이 좋다고 느끼는 물과 이론상의 건강지수(K-index)와 맛 지수(O-index)가 높은 물에 대한 블라인드 테스트를 수행하였다. 실험에 사용한 시료는 Table 11과 같은 K-index와 O-index의 특징을 갖는 약수를 일반적인 냉·온수기의 냉수와 온수의 수온인 4°C와 20°C로 맞춘 후 시료 번호를 A, B, C, D로 부여한 후 실험실에서 20명에 대해 눈가림 테스트를 실시하였다. Table 12와 같이 4°C에서 실험한 시료 중 A와 B가 가장 맛있다는 응답이 5.0% (1명), C와 D가 맛있다는 응답이 10.0% (2명) 그리고 70.0% (14명)의 참여자가 대부분의 시료가 차가움과 청량감을 주어 특별한 맛 차이를 느낄 수 없다는 응답으로 맛에 거부감보다는 시원한 맛을 느낀다고 답했다. 20°C에서 실험한 결과는 시료 A, B, D를 각각 15% (3명)의 참여자가 맛있다고 선택하였으며, 20.0% (4명)의 참여자가 맛 지수만 높은 물인 시료 C를 선택하였다. 그러나 35.0% (7명)의 참여자는 4°C의 시료보다 청량감이 없다는 응답과 함께 맛을 구별할 수 없다는 응답이 가장 많았지만 4°C에서 실험했을 때보다 시료 A, B, C, D를 선호하는 이유로 맛을 구체적으로 표현하는 응답이 더 많았다. 즉, 시료 A: 수돗물 맛, 팬찮은 맛, 깨끗한 맛
시료 B: 진한 맛, 무거운 맛
시료 C: 상큼한 맛, 단 맛, 한약 맛, 고로쇠 맛
그리고 시료 D는 생수 맛, 뒤 끝이 좋음 등 시료 A부터 시료 D까지 다양한 맛 선호도가 나왔다.

Table 11. The indices of samples using blind test

Sample	K-index	O-index
A	9.6	4.6
B	12.0	1.8
C	1.7	8.3
D	0.1	1.0

Table 12. Result of blind test

Sample	4°C	20°C
	Respondents (%)	Respondents (%)
A	1(5.0)	3(15.0)
B	1(5.0)	3(15.0)
C	2(10.0)	4(20.0)
D	2(10.0)	3(15.0)
Not distinguish	14(70.0)	7(35.0)

이와 같이 맛 지수(O-index)가 높은 물에 대해 좋아하는 물맛을 구별하기가 쉽지 않고 맛에 대한 선호도가 하나의 시료에 치우치지 않은 이유는 물맛은 미네랄뿐만 아니라 수온, pH, 유리탄산 등 많은 인자들이 종합하여 미각을 자극하는 것일 뿐만 아니라 물맛에 대한 개인적인 기호가 다른 것이 가장 큰 원인으로 생각한다.

9. 상관관계

수계별로 정수장 원수와 인접한 시·군 약수터의 분석 결과를 비교해 보면, 정수장과 약수터 물 사이의 연관성이 어느 정도인지 파악 될 것으로 보인다. 분석 항목인 Ca, K, Mg, Na, SiO₂, SO₄²⁻와 그리고 K-index, O-index를 엑셀함수에서 상관계수(Correlation coefficient: r)를 산출하여 Fig. 1에 나타내었다. 산출 결과 포천시의 약수터와 포천시에 위치한 한탄강 수계 정수장의 상관계수가 0.95, 영평천 수계의 정수장이 0.89로 높은 상관성을 보였듯이, 지방상수로 동일한 지역에 약수터와 정수장인 의정부시의 약수터와 제일저수지, 연천군 약수터와 임진강, 가평군 약수터와 미원천 수계의 정수장 사이의 상관계수가 0.77 이상을 보여 주었다. 그러나 광역상수도의 취수원으로 여러 지역의 물이 합쳐진 팔당 수계, 한강 수계의 정수장과 고양시, 남양주시, 구리시의 약수터 그리고 동두천시 약수터와 임진강 수계의 정수장처럼 취수원과 약수터가 연관성이 떨어지거나 서로 다

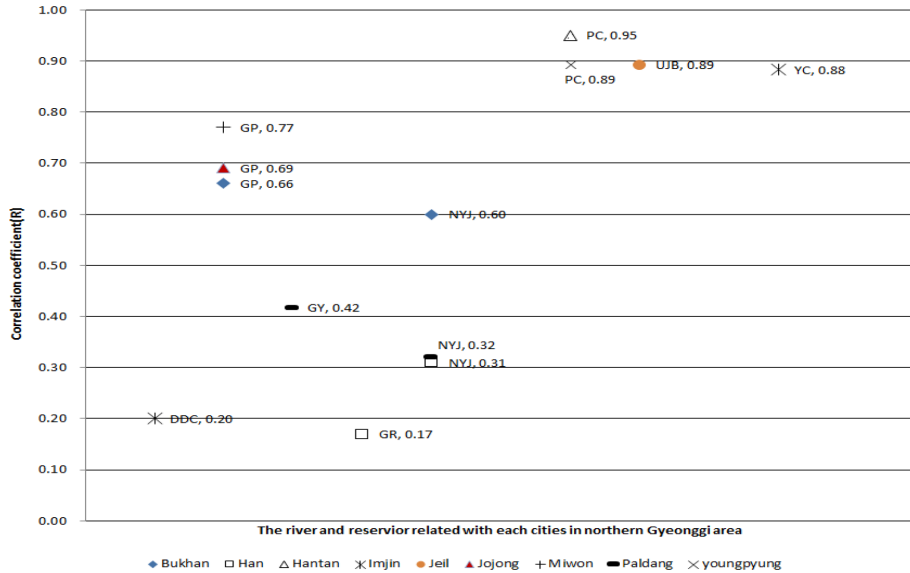


Fig. 1. The correlation coefficients between source water of water supply plants and spring water

른 지역에 있어 지역적인 연관성이 낮은 경우의 상관계수는 0.17~0.42로 상관성을 보여주어 미네랄 등의 수질은 지질의 영향에 따른 지역적인 상관관계가 큰 것으로 생각한다.

IV. 결 론

2018년 경기북부지역의 9개 수계 정수장과 172개 약수터의 미네랄 성분에 대한 조사 결과, 미네랄 권고 수준(안)과 비교하여 정수장 정수에서는 대부분 양호한 결과로 나타났지만, 약수터에서는 칼륨 0.97 mg/L 마그네슘 2.65 mg/L로 미흡한 결과로 나타났다. 임진강 수계 정수장이 Na (3.06 mg/L) < Mg (4.05 mg/L)인 것을 제외하고, 정수장과 약수터에서 평균 농도가 Ca > Na > Mg > K의 순서로 나타났으며, 이는 조사한 먹는샘물과도 같은 결과이다. 총(Ca, K, Mg, Na) 미네랄 농도는 정수장 정수의 평균농도가 26.79 mg/L, 약수터는 21.81 mg/L, 먹는샘물이 32.94 mg/L로 약수터의 미네랄 함량이 제일 작은 것으로 나타났다. 경기북부 약수터에서 K-index와 O-index가 가장 좋은 상위 10개 약수터 중 파주시의 약수터가 가장 많은 지역으로 나타났다. K-index와 O-index의 Group 별 분류에서 정수장은 Group I, II가 33.3%와 44.4%이었지만 약수터는 Group I, III이

44.0%와 46.3%로 정수장과 약수터의 미네랄 균형이 서로 다른 특징을 나타내었으며, 수계별 정수장 원수와 시·군 약수터 사이의 미네랄 등의 수질은 취수원과 약수터가 동일한 지역에 있는 경우의 상관계수가 0.75~0.95로 높은 것으로 나타나 지질의 영향에 따른 지역적인 상관관계가 큰 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 시·도 보건환경연구원 국고보조사업의 일환으로 진행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

1. Kim HW, Water of life, Cures our body. Seoul: Koreaonebooks; 2006. p. 113-128.
2. Ministry of Environment, 2017 Environment statistics yearbook, Sejong: 2018. p. 137.
3. Kim NJ, Song GI, Na MJ, Song MS, Jung IY, Lee GU et al. A Study on the Water Quality of Drinking Water such as Arisu-Focusing on the Mineral Content, *Seoulwater*. 2015; 109-148.
4. Designated as three natural monuments including Osaegyaksu. Available: <http://www.cha.go.kr/newsBbz/selectNewsBbzView.do?newsItemId=155696303&>

sectionId=b_sec_1&mn=NS_01_02 [accessed 18 July 2018]

5. Kim IS, Ha H, Seo WS, Bae JS, Mun H, Park CU. A Study of water quality characteristic of natural mineral water -in Chonnam area-, *Korean Journal of Environmental Health Society*, 1998; Vol.24(1): 87-97.
6. Kim GK, Lee JY. Geochemical characteristics of the mineral water in Taegu area. *Korean Journal of Environmental Health Society*, 1997; Vol. 23(3): 56-65.
7. APHA, AWWA, WEF; Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21st edition, 2005. p. 3.38-3.44.
8. Ministry of Environment. Water quality test standard for drinking water. 2017.
9. Hashimoto S, Fujita M, Furukawa K, Minami J. Indices of drinking water concerned with taste and health, *Journal of fermentation technology*. 1987; 65(2): 185-192.
10. Park DW, Vitamins and minerals & Rising nutrients. Seoul: Seoyeong; 2011. p. 160-161.
11. An In-depth Study for the Health Promotion Plan of Tap Water, Daejeon: K water; 2017. p. 393-397.
12. Noguchi T, The mineral dictionary to protect my body. Seoul: Arogo9; 2010. p. 70.
13. Geochemical Atlas of Gyeonggi Province, Korea: Geochemical Atlas of Korea (1:700,000), Series 1. Daejeon. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources: 2001. p.43-63.
14. Kim JH, A study on the information of landforms in the vicinity of the Hantan river. *The Geographical Journal of Korea*.2000; 34(3): 137-150.
15. WHO, Guidelines for drinking-water quality, fourth edition; 2011. p. 371.
16. Hahn JS, Hahn C(2015), Groundwater Management and Application, Seoul: Naeha Publisher, Korea. p. 55.
17. Welton. A.J, Dietrich A.M, Burilingame G.A, Schechs M, Duncan S.E, Minerals in drinking water: Impacts on taste and importance to consumer health, *Water Science and Technology*. 2007; 55(5): 283-291.
18. Stefan P, Veronica G, Ignacio F, Elena R, Ricard D, Roma T. Influence of minerals on the taste of bottled and tap water: A chemometric approach, *Water Research*. 2013; 47(2): 693-704.

<저자정보>

송희일(연구사), 임한수(팀장), 박경수(연구사), 박현구(연구사), 이현진(연구사), 조미현(연구사), 김영연(연구사), 오조교(지원장)

Appendix 1. A suggestion of recommended minerals intake in drinking water by k-water¹⁾

Items	The range of recommended intake	The reason of suggestion
Ca	10~85 mg/L	Main alkaline minerals in the body are considered as recommended daily mineral intake and water ingestion contribution rate (1.5~54%), adjust upper limit range to not exceed hardness (300 mg/L)
Mg	3~20 mg/L	Main alkaline minerals in the body are considered as recommended daily mineral intake and water ingestion contribution rate (1~10%), adjust upper limit range to not exceed hardness (300 mg/L)
K	1~90 mg/L	Main alkaline minerals in the body are considered as recommended daily mineral intake and water ingestion contribution rate (0.1~46%)
Na	0.5~10 mg/L	Major minerals in the body and food intake are high, recommended daily mineral intake and water intake contribution rate (0.1~1%) are considered