

경기북부지역 정수장 및 약수터의 미네랄성분 분포 연구

송희일 · 임한수 · 박경수 · 박현구 · 이현진 · 조미현 · 김영연 · 오조교 · 윤미혜
북부지원 먹는물검사팀

A Study on the 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, Jo-Gyo Oh and Mi-Hye Yoon
Drinking Water Analysis Team in North Branch

Abstract : The purpose of this study was to investigate the distribution of major mineral components in 9 water supply plants, 172 spring waters in northern Gyeonggi area and 20 bottled water that evaluated the healthy(K) and taste(O) index indicated by Hashimoto. 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. As a result of healthy index(K-index) of spring waters, there were 5 sites of the top 10 spring waters for healthy index were located in Paju city. Namyang of spring water showed highest K-index located in Namyangju city. In case of taste index(O-index), Muletgol(sang) of spring water was ranked as the most delicious water with the highest value of O-index in Pocheon city. There were 3 sites of the top 10 for taste index located in Paju city. 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, III for 44.0%, 46.3% that mineral composition and balance were different between tap water and spring water.

Key Words : Mineral, Water supply plant, Spring water, K-index, O-index

요약 : 본 연구는 경기북부지역 내 9개 수계 정수장과 172개 약수터에 대한 주요 미네랄의 분포를 조사하고 이들에 대한 건강지수(K-index)와 맛지수(O-index)를 통한 평가를 수행하였다. 조사 결과 정수장, 약수터, 먹는샘물의 미네랄 평균농도는 $Ca > Na > Mg > K$ 의 순서로 나타났다. 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 나타났다. 경기북부지역 약수터 중 남양주시의 남양약수터는 K-index가 가장 좋게 나타났으며, 상위 10개 약수터 중 파주시의 약수터가 5개소로 가장 많았다. 또한 O-index가 가장 좋은 약수터는 포천시의 무렛골(상) 약수터였으며, O-index에서도 파주시의 약수터가 3개소로 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 미네랄균형이 서로 다른 특징을 나타내었다.

주제어 : 미네랄, 정수장, 약수터, 건강지수, 맛지수

1. 서 론

우리 몸의 50 ~ 70%는 수분으로 구성되어 있어 물만 잘 마셔도 무병장수할 수 있을 정도

로 우리 몸에서 건강을 위한 물의 섭취는 중요한 요소이다.

좋은 물이란 안전하고 깨끗하면서 인체에 유익

한 미네랄 성분이 풍부하며 균형 있게 포함된 물을 의미하는데, 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 취향이나 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 수돗물은 소독을 해야 하는 수돗물의 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 수돗물을 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⁾

약수터 물을 찾는 많은 사람들은 산속의 오염되지 않은 물로서 건강에 좋은 물일 것으

로 기대하는 경향을 가지고 있는데 그 이유 중 하나로 다른 물에 비해 건강에 좋은 미네랄이 더 많이 포함되어 있을 것으로 생각하기 때문이다.

본 연구에서는 경기북부지역의 정수장과 약수터 물을 통해 얻을 수 있는 대표적인 미네랄 성분의 분포 특성을 조사하고 이를 바탕으로 물맛과 건강지수를 평가함으로써 수돗물과 약수터의 건강하고 맛있는 물을 선택하는데 기여하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 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 있는 약수터로 172개소(지정 약수터 116, 비지정 약수터 56개소)를 대상으로 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.

Table 1. The sampling site 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 site
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

2.2 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 3120⁵⁾을 F⁻, SO₄²⁻는 먹는물수질공정시험기준⁶⁾에 따라 분석하였으며, Table 3에 시험방법과 분석기기를 나타내었다.

Table 3. The analytical methods and instruments

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

또한 ‘맛있고 건강한 물의 미네랄 균형지표’에서 미네랄 균형이 물맛과 건강에 영향을 줄 수 있다고 보고한 일본 오사카대학의 하시모토 교수의 건강지수(K-index)와 맛지수(O-index)에 근거한 정수장과 약수터 물에 대한 평가를 위해 식1, 2 그리고 Table 4를 이용하여 평가하였다.⁷⁾

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

$$O \text{ Index} = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4) \dots\dots\dots(2)$$

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

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

3. 결과 및 고찰

3.1 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.⁸⁾

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 정수예선 평균 5.88 mg/L, 6.85 ~ 23.30 mg/L의 범위이고, 약수터예선 시·군별로 평균 12.50 mg/L, 7.66 ~ 18.64 mg/L의 농도 범위로 조사되었다. 이와 같은 조사 결과는 수도물이나 약수터 등 먹는물예선 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)⁹⁾ 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 칼슘농도가 풍부한 것으로 조사되었다.

3.2 칼륨

칼륨은 나트륨의 흡수를 억제하고 배출을 촉진하여 고혈압을 예방하며 세포 내·외 체액의 균형(삼투압)을 조절한다.¹⁰⁾ 또한, 생물권에서 중

Table 5. The analytical results of drinking water from water supply plants (Unit : mg/L)

Plants		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	1.7
	TP	ND	21.80	3.93	2.63	9.75	4.34	13.85	13.3	1.6
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	7.77	1.29	1.46	3.98	11.28	5.29	4.3	2.8
	TP	ND	13.09	1.73	2.51	5.39	8.17	9.36	8.4	1.9
Jeil	SW	ND	13.58	1.83	2.47	4.62	7.73	9.77	9.6	1.9
	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

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	4.1
GP	ND	8.55	0.84	2.23	3.04	12.41	4.87	5.9	3.6
GR	ND	10.99	1.25	2.81	6.22	22.57	7.79	5.6	3.5
GY	ND	16.86	1.08	6.24	8.70	23.43	10.63	9.3	3.0
NY	ND	13.70	1.33	2.72	6.29	21.80	6.76	8.2	4.2
PC	ND	13.83	0.92	1.99	10.36	19.13	7.43	4.8	4.7
PJ	ND	18.13	0.92	3.28	4.39	20.01	6.54	14.3	4.7
UJB	ND	7.66	0.72	1.19	5.15	19.05	11.89	3.2	3.0
YC	ND	18.64	0.70	2.99	3.37	13.94	8.57	15.7	3.1
YJ	ND	8.57	0.90	1.35	5.05	20.43	7.78	4.2	3.8
Average	ND	12.50	0.97	2.65	5.69	18.99	7.79	7.6	3.8

ND : Not Detected

요한 원소로 지표수 내의 자연 함량은 제한되지 만, 농업용 비료 등에 널리 사용되어 하천수 내에서 더 높게 나타나게 된다.¹¹⁾ 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 정수장이 약수터 보다 더 높은 것을 알 수 있었다. 가장 높은 칼륨 농도를 나타내는 곳은 한강 수계의 정수장이 3.93 mg/L, 양주의 중흥 약수터가 3.37 mg/L로 가장 높게 조사되었다.

3.3 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 평균 함량은 현무암(7.5%) 내에 가장 많이 함유되며 화강암(0.3%)에는 매우 적게 함유된 것으로 알려져 있다.¹¹⁾ 경기북부의 한탄강 유역의 기반암은 변성암류로 장탄리 현무암이 백악기층을 덮고 있으며, 현무암이 분포되어 있는 지역은 낮은 구릉지나 저지대를 형성하고 있다.¹²⁾ 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 나타났다. 고양시의 동산(29.23 mg/L)과 신원당 약수터(20.30 mg/L) 그리고 파주시의 제3땅굴약수터(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.

3.4 나트륨

나트륨은 칼륨과 함께 신경이나 근육에 자극을 전달하며, 혈액이나 세포외액 등 체액의 균형(삼투압)을 조절한다. 주로 식염의 형태로 음식물을 통해 섭취하는데 우리나라의 경우 식생활에서 나트륨이 부족할 일은 거의 없으며 오히려 과다 섭취에 주의해야 한다.¹⁰⁾ K-water의 권고 수준(안)은 0.5 ~ 10.0 mg/L이지만 먹는물 기준은 별도로 설정되어 있지 않다. 일본의 경우엔 식수에서 200 mg/L이하로 규정하고 있지만, WHO는 식수에서 200 mg/L를 초과하는 경우에는 수용할 수 없는 맛을 일으킬 수 있다고 한다.¹³⁾ 조사 결과 Table 5 및 6과 같이 정수장 원수는 평균 5.48 mg/L, 2.17 ~ 9.65 mg/L의 범위를 그리고 정수는 평균 6.53 mg/L, 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 나타났으며, 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.

3.5 불소

불소는 형석이나 인회석과 같은 광물로 존재하다가 풍화를 받으면 분리되며, 물속에서 F⁻으로 산출되어 자연수 내에선 일반적으로 1.0 mg/L 이하이다. 불소가 많이 함유된 음용수를 유아가 장기 복용하면 반상치(mottled enamel)를 일으키며, 적당량(0.5 ~ 1.0 mg/L) 함유되어 있으면 치아부식방지에 도움을 준다.^{13,14)} 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 평균은 모두 불검출로 나타났지만, 포천시의 덕제골약수터와 관음산약수터가 0.44 mg/L와 0.43 mg/L로 미량 검출 되었으며, 정수장도 대부분 불검출이었으나 영평천 수계의 정수장만이 원수와 정수에서 0.27 mg/L, 0.33 mg/L로 나타나, 수질기준(1.5 mg/L) 이하이면서 치아부식 및 예방과는 관련이 없는 물로 조사되었다.

3.6 미네랄 분포 비교

정수장(Table 6)과 약수터(Table 7)의 미네랄을 시중에서 판매되고 있는 국내산 먹는샘물과 비교하고자 20개의 먹는샘물에 대한 분석 결과를 Table 7에 나타내었다. 미네랄 분포를 비교해 보면, 10개 수계의 정수장 정수 중에서 임진강 수계 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 순서로, 정수장과 약수터 그리고 먹는샘물의 미네랄 함량 순서는 동일하게 조사되었

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

으나, 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 나타났다.

3.7 맛 지수와 건강 지수

일본 오사카대학의 하시모토 교수는 음용수 중의 Ca, Na, K, Mg 및 SiO₂의 함량과 성분비 사이에 맛과 건강에 관련된 상관관계에서, Na 이 작을수록, Ca이 클수록 건강에 좋은 물이며 Ca, K, SiO₂가 맛을 좋게 하고 Mg과 SO₄가 맛을 나쁘게 한다고 보고하였다.⁷⁾ 또한 많은 연구자들이 수중의 미네랄이 맛에 영향을 주는 것으로 보고하고 있다.^{15,16)}

수계별 정수장의 K-index와 O-index는 Table 5에 나타내었으며, 정수장 중에 팔당 수계의 정수장이 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 그리고 전체 결과는 부록 1에 나타내었는데, 경기북부 약수터에서 K-index가 가장 좋은 상위 10개 약수터 중 첫 번째는 남양주시

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	Baeri	31.4
7	Paju	Jeungsanmaeul	30.2
8	Paju	Sugokcheon	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	Gapyeong	Garugae	7.9
6	Yangju	Silbawi	7.7
7	Paju	Aeryong	7.5
8	Paju	Saemugol	7.4
9	Uijeongbu	Saemugol	7.3
10	Yangju	Honggol	7.3

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)

의 남양약수터였으며, 파주시의 약수터가 제3땅굴 약수터를 비롯해 5개소로 가장 많았다. 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 Ca 이 많아 건강지수가 높은 Group I의 비율이 높은 반면에 약수터는 SiO₂가 많아 맛지수가 높은 Group III의 비율이 많은 것으로, 정수장과 약수터의 미네랄 균형이 서로 다른 특징을 가지고 있는 것으로 나타났다.

3.8 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℃와 20℃로 맞춘 후 시료 번호를 A, B, C, D로 부여한 후 실험실에서 20명에 대해 눈가림 테스트를 실시하였다. Table 12와 같이 4℃에서 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.

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℃	20℃
	Respondent(%)	Respondent(%)
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)

20℃에서 실험한 결과는 시료A, B, D를 각각 15%(3명)의 참여자가 맛있다고 선택하였으며, 20.0%(4명)의 참여자가 맛 지수만 높은 물인 시료C를 선택하였다. 그러나 35.0%(7명)의 참여자는 4℃의 시료보다 청량감이 없다는 응답과 함께 맛을 구별할 수 없다는 응답이 가장 많았지만 4℃에서 실험했을 때보다 시료 A, B, C, D를 선호하는 이유로 맛을 구체적으로 표현하는 응답이 더 많았다. 즉,
시료 A : 수돗물 맛, 괜찮은 맛, 깨끗한 맛

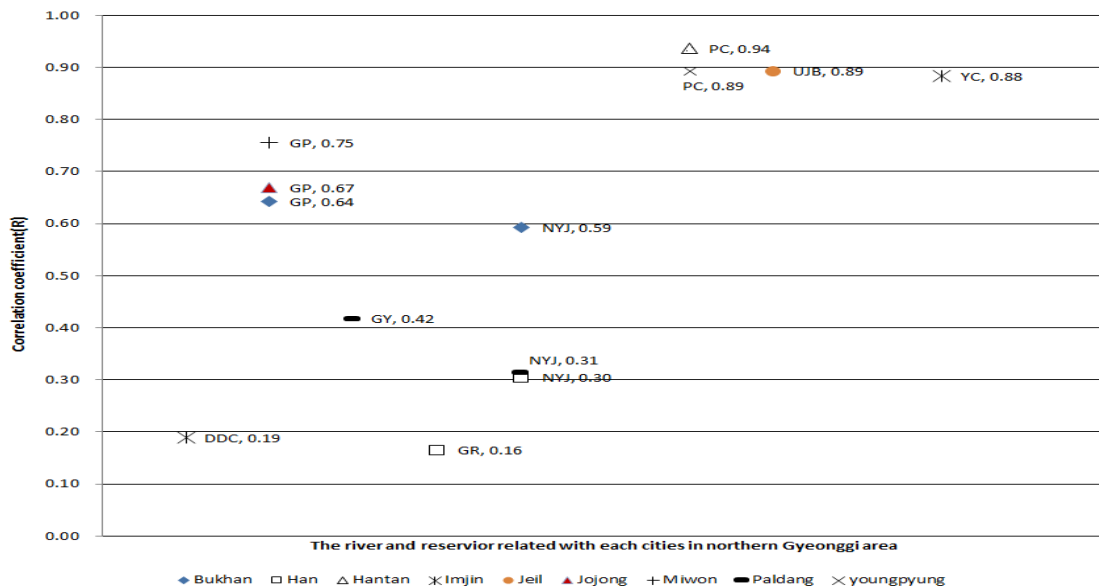


Fig. 1. The correlation coefficients between source water of water supply plants and spring water.

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.

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 인자 등이 종합하여 미각을 자극하는 것일 뿐만 아니라 물맛에 대한 개인적인 기호가 다른 것이 가장 큰 원인으로 사료된다.

3.9 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 엑셀 함수에서 상관관계수(Correlation coefficient : r)를 산출하여 Fig. 1에 나타내었다. 산출 결과 포천시의 약수터와 포천시에 위치한 한탄강 수계 정수장의 상관관계수가 0.94, 영평천 수계의 정수장이 0.89로 높은 상관성을 보였듯이, 지방상수도로 동일한 지역에 약수터와 정수장인 의정부시의 약수터와 제일저수지, 연천군 약수터와 임진강, 가평군 약수터와 미원천 수계의 정수장 사이의 상관관계수가 0.75 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 다른 지역에 있어 지역적인 연관성이 없는 경우의 상관관계수는 0.16 ~ 0.42로 낮은 상관성을 보여주어 미네랄 등의 수질은 지질의 영향에 따른 지역적인 상관관계가 큰 것으로 사료된다.

4. 결 론

2018년 경기북부지역의 9개 수계 정수장과 172개 약수터의 미네랄성분에 대하여 조사한 결과는

아래와 같다.

1. 정수장 정수에서 칼슘 15.21 mg/L, 칼륨 1.89 mg/L, 마그네슘 3.16 mg/L, 나트륨 6.53 mg/L의 농도로 미네랄 권고 수준(안)과 비교하여 대부분 양호한 결과로 나타났다.

2. 약수터에서는 칼슘 12.50 mg/L, 칼륨 0.97 mg/L, 마그네슘 2.65 mg/L, 나트륨 5.69 mg/L의 농도로 칼륨과 나트륨이 미네랄 권고 수준(안)과 비교하여 미흡한 결과로 나타났다.

3. 먹는샘물과 비교하여 임진강 수계 정수장이 Na(3.06 mg/L) < Mg(4.05 mg/L)인 것을 제외하고, 평균농도가 Ca > Na > Mg > K의 순서로 나타났으며, 10개 시·군의 약수터에서도 Ca > Na > Mg > K의 분포 순서로 나타났다. 이는 먹는샘물과도 같은 결과이다.

4. 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 나타났다.

5. 경기북부 약수터에서 K-index가 가장 좋은 상위 10개 약수터 중 첫 번째는 남양주시의 남양약수터였으며, 파주시의 약수터가 제3땅굴 약수터를 비롯해 5개소로 가장 많았다. 또한 O-index가 가장 좋은 약수터는 포천시의 무렛골상 약수터였으며, O-index에서도 파주시의 약수터가 밥재를 비롯해 3개소로 가장 많은 지역으로 나타났다.

6. 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 나타내었다.

7. 수계별 정수장 원수와 시·군 약수터 사이의 상관성은 포천시의 약수터와 포천시에 위치한 한탄강 수계 정수장처럼 취수원과 약수터가 동일

한 지역에 있는 경우의 상관계수가 0.75 ~ 0.94로 높은 것으로 나타났으며, 동두천시 약수터와 임진강 수계의 정수장처럼 지역적인 연관성이 없는 경우의 상관계수는 0.16 ~ 0.42로 낮아 미네랄 등의 수질은 지질의 영향에 따른 지역적인 상관관계가 큰 것으로 사료된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 김현원(2006), 생명의 물, 우리 몸을 살린다. ㈜고려원박스.
2. 환경부(2017), 환경통계연감, p137
3. 김남진 등 13인(2015), 아리수 등 먹는물 수질 특성에 관한 연구-미네랄 함량을 중심으로, 서울워터 2015, 서울물연구원, pp. 109-148.
4. 문화재청(2011). 보도자료, 오색약수 등 3건 천연기념물 지정.
5. Standard Methods 3120, 2005, Metals by plasma emission spectroscopy.
6. 환경부(2017). 먹는물수질공정시험기준.
7. 橋本獎(1988), おいしく健康な水のミネラルバランス指標, 化学と生物, 26(1), pp. 65-68.
8. 박덕음(2011), 비타민과 미네랄 & 떠오르는 영양소, 서영.
9. K water(2017), 수돗물의 건강증진 방안 심층연구.
10. 노구찌 데쓰노리(2010), 내 몸을 살리는 미네랄 백과사전, 아르코나인.
11. 한국지질자원연구원(2001), 경기도 지구화학지도책 : 한국지구화학지도책(1 : 700,000), 제 1집.
12. 김주환(2000), 한탄강 일대의 지형정보에 관한 연구, 지리연구원, 제34권 3호, pp 137-150.
13. WHO(2011), Guidelines for drinking-water quality, fourth edition.
14. 한정상, 한찬(2015), 지하수의 물리화학적

특성, 내하출판사.

15. Welton. AJ. et al(2007), Minerals in drinking water : Impacts on taste and importance to consumer health, *Water Science and Technology*, 55(5) : pp. 283-291.
16. Monique van der Aa(2003), Classification of mineral water types and comparison with drinking water standards, *Environmental Geology*, 44, pp. 554-563

Appendix 1. The analytical results of spring water

(Unit : mg/L)

Spring water	Location	F ⁻	Ca	K	Mg	Na	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	K-index	O-index
가루개	가평군 청평면 청평리 586	ND	5.60	0.43	0.76	3.11	15.58	2.09	2.9	7.6
경춘도로	가평군 가평읍 읍내리 산6-1	ND	11.50	0.68	3.37	2.56	12.43	3.18	9.3	3.8
다락터	가평군 하면 상판리 571-10	ND	15.60	2.35	2.91	6.63	13.92	10.89	9.8	2.3
동막골	가평군 가평읍 달전리 산33	ND	7.37	0.57	1.75	4.75	22.47	3.23	3.2	6.1
방아재	가평군 가평읍 대곡리 399	ND	31.30	1.66	4.30	6.94	19.42	4.79	25.3	5.8
범바위	가평군 북면 목동북지로	ND	5.21	0.57	1.50	1.72	11.40	2.01	3.7	4.9
보납산1	가평군 가평읍 읍내리 산80	ND	1.19	0.40	0.58	0.95	5.20	13.08	0.4	0.5
보납산2	가평군 가평읍 읍내리 산80	ND	4.27	0.42	1.06	0.99	4.28	4.79	3.4	1.5
수덕산	가평군 북면 제령리 산150	ND	4.04	1.00	1.63	2.15	10.34	2.83	2.2	3.5
우무예	가평군 청평면 하천리 산6-91	ND	3.02	0.52	2.28	1.06	5.57	2.74	2.1	1.8
청평유원지	가평군 청평면 청평리	ND	5.41	0.59	4.64	1.90	9.81	3.67	3.8	1.9
큰갈월	가평군 청평면 대성리 한열산 기도월	ND	8.09	0.96	2.02	3.75	18.48	5.11	4.8	3.9
관산	고양시 덕양구 관산동 산73-3	ND	6.97	0.79	2.63	5.15	21.78	4.13	2.5	4.4
골안	고양시 덕양구 대자동 114	ND	11.43	1.11	3.18	7.21	25.83	7.98	5.2	3.4
국사봉	고양시 덕양구 화정동 258-1	ND	10.14	0.96	3.25	6.81	26.72	8.43	4.2	3.2
꽃마을	고양시 덕양구 화정동 78-12	ND	14.16	1.21	4.99	8.73	26.74	7.20	6.6	3.5
꽃샘	고양시 일산 동구 중산동 1575	ND	7.16	0.84	3.34	4.35	22.59	13.88	3.4	1.8
능안골	고양시 일산동구 식사동 425-3	ND	13.17	1.02	3.66	6.53	25.69	2.81	7.5	6.2
대궐고개	고양시 덕양구 주교동 산 44-1	ND	7.30	0.90	3.87	4.90	20.34	6.26	3.0	2.8
덕산1	고양시 덕양구 향동동 산 14	ND	20.12	1.01	6.30	9.60	24.63	21.93	11.8	1.6
덕산2	고양시 덕양구 향동동 80-26	ND	19.02	0.83	6.34	9.08	24.91	22.26	11.1	1.6
동산	고양시 덕양구 동산동 산22-2	ND	49.80	1.57	29.23	10.06	18.55	26.39	41.0	1.3
마두	고양시 일산동구 마두동 1121	ND	8.89	0.95	2.87	5.93	22.31	7.55	3.7	3.1
명봉	고양시 덕양구 내유동 산18-1	ND	12.68	1.59	4.00	7.61	28.24	5.50	6.1	4.5
법룡골	고양시 일산서구 탄현동 산15-13	ND	10.87	1.02	4.25	5.47	20.60	4.31	6.1	3.8
봉산(옹화정)	고양시 덕양구 용두동 31-1	ND	11.52	0.74	3.96	5.39	20.11	9.17	6.8	2.5
봉산(용두샘)	고양시 덕양구 용두동 31-1	ND	8.20	0.54	2.83	4.43	19.31	8.92	4.3	2.4
성라공원	고양시 덕양구 성사동 산69	ND	15.09	1.17	4.86	9.11	25.72	7.78	7.2	3.3
성불사	고양시 덕양구 향동동 산14	ND	10.54	0.84	3.11	6.47	22.02	8.02	4.9	3.0
수연	고양시 일산동구 성석동 산66-12	ND	10.45	0.99	4.21	6.92	25.04	6.99	4.4	3.3
신원당	고양시 덕양구 성사동 729	ND	38.85	1.57	20.30	13.06	23.68	25.40	27.5	1.4
유곽골(화전)	고양시 덕양구 덕은동 산2-1	ND	57.47	2.10	11.81	40.72	20.87	13.29	22.0	3.2
중산마을	고양시 일산동구 중산동 138-14	ND	12.09	1.00	4.33	6.20	24.32	7.33	6.7	3.2
천일	고양시 덕양구 원흥동 산 16	ND	20.10	1.33	6.59	9.35	25.57	8.25	12.0	3.2
큰골	고양시 덕양구 오금동 산 126-7	ND	11.84	0.85	3.55	6.91	23.31	10.73	5.8	2.5
강변	구리시 교문동 산89-1 외2필지	ND	14.69	1.53	3.84	6.23	21.62	11.55	9.3	2.5
강신	구리시 아천동 산49-1	ND	14.19	1.35	3.67	6.97	21.54	13.12	8.1	2.2
달동네	구리시 인창동 산 2-84	ND	9.72	1.17	2.69	5.47	23.05	6.06	5.0	3.9
동락천	구리시 교문동 산84-2	ND	9.86	1.36	2.56	6.46	25.63	6.72	4.2	4.0
동사골	구리시 아천동 330	ND	15.30	1.75	4.02	7.81	25.62	8.81	8.5	3.3
동원천	구리시 교문동 산 143-8	ND	11.29	1.18	2.39	6.17	22.05	4.33	5.9	5.1
동화천	구리시 교문동 산143-1	ND	9.87	1.14	2.64	6.54	23.00	5.69	4.2	4.1
두레	구리시 교문동 산160-1	ND	9.96	1.18	2.68	5.16	20.26	8.25	5.5	2.9
엄마	구리시 교문동 347-9	ND	7.15	0.74	1.62	5.28	20.03	5.25	2.6	4.1
형제	구리시 교문동 산89-1	ND	7.85	1.06	1.97	6.11	22.93	8.07	2.5	3.2
가운	남양주시 가운동 산50-1	ND	10.15	1.33	2.63	8.62	23.79	7.83	2.6	3.4
경동빌라	남양주시 퇴계원면 퇴계원 산 23-5	ND	14.97	0.94	4.45	4.00	15.10	7.98	11.5	2.5
남양 농내 (봉선사)	남양주시 호평동 산5-32	ND	60.96	3.05	10.65	16.65	26.81	11.20	46.5	4.2
대궐터 (봉영사)	남양주시 진접읍 부평리 255	ND	10.86	1.38	1.54	5.68	26.53	6.07	5.9	5.1
무대	남양주시 진접읍 내각리 141	ND	10.79	1.17	1.71	5.43	26.09	6.47	6.1	4.7
백봉산	남양주시 금곡동 518	ND	10.44	1.40	1.52	4.48	20.11	8.31	6.5	3.3
	남양주시 평내동 산119	ND	8.78	1.27	1.46	4.37	19.12	7.03	5.0	3.4

Appendix 1. The analytical results of spring water

(Unit : mg/L)

Spring water	Location	F ⁻	Ca	K	Mg	Na	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	K-index	O-index
석고개	남양주시 수동면 외방리 산1-1	ND	5.87	0.99	0.87	4.74	22.38	2.67	1.7	8.3
석수	남양주시 별내동 산3-12	0.06	14.71	1.09	3.95	5.02	18.48	5.08	10.3	3.8
안골(보광사)	남양주시 화도읍 가곡리 420-1	0.06	5.30	0.83	1.18	2.41	12.24	4.51	3.2	3.2
양골	남양주시 금곡동 187-7	0.07	13.96	1.40	2.78	7.15	28.35	11.20	7.7	3.1
윗용정	남양주시 진건읍 용정리 산122-4	0.06	10.29	1.35	2.54	7.25	22.21	6.44	4.0	3.8
청수대	남양주시 평내동 산82-1	0.07	4.58	0.96	0.85	5.67	20.38	4.64	-0.4	4.7
황골	남양주시 지금동 산103	0.08	10.10	1.43	1.97	6.58	23.56	5.28	4.4	4.8
담바위	동두천시 소요동 52-6	0.04	12.35	1.36	2.31	3.88	15.99	10.91	9.0	2.2
대도사	동두천시 송내동 32	0.13	9.04	1.28	1.65	6.61	21.99	7.98	3.3	3.4
만수	동두천시 상패동 산36	0.08	8.10	0.88	1.24	7.35	24.13	9.22	1.7	3.2
무지개	동두천시 안흥동 산71	0.05	4.87	0.69	1.08	4.34	15.85	2.82	1.1	5.5
보문사	동두천시 생연동 산15-5	0.10	13.62	1.31	2.07	4.18	15.34	4.66	10.0	4.5
보은	동두천시 안흥동 산70	0.08	2.68	0.67	0.72	4.63	19.66	2.18	-1.3	7.9
생골	동두천시 생연동 산70	0.07	6.11	0.85	1.44	4.92	17.98	7.13	1.8	2.9
소요산광장	동두천시 상봉암동 산1	0.08	9.00	1.07	2.29	2.05	7.41	4.88	7.2	2.4
소요산일주문	동두천시 상봉암동 산1	0.15	11.73	1.33	3.00	2.60	12.10	5.15	9.5	3.1
시민	동두천시 생연동 산70	0.09	3.61	0.61	0.72	4.06	20.39	3.42	0.1	5.9
신선	동두천시 안흥동 산70	0.11	5.95	0.95	1.26	5.31	18.79	4.45	1.3	4.5
창말	동두천시 동두천동 8	0.10	10.42	1.08	3.02	1.78	15.51	5.10	8.9	3.3
가재울	양주시 광적면 우고리 산14-3	0.06	9.73	1.29	2.43	5.61	25.53	4.45	4.8	5.3
감악산	양주시 남면신암리 산35-2	0.20	5.92	0.69	0.94	2.57	10.25	4.66	3.7	3.0
과골	양주시 회정동 산44-3	0.11	3.18	0.54	0.81	4.53	18.27	10.36	-0.8	2.0
극동	양주시 덕계동 산64	0.10	3.17	0.45	0.68	4.38	19.08	6.54	-0.6	3.1
도락산	양주시 은현면 용암리 산83-1	0.07	5.32	0.55	1.04	3.17	15.75	7.24	2.6	2.6
냉골	양주시 백석읍 가업리 산20	0.05	3.88	0.63	1.03	3.68	15.56	4.37	0.7	3.7
독점골	양주시 장흥면 삼하리 산97-1	0.06	14.22	0.96	3.87	9.67	27.11	11.12	5.8	2.8
명성	양주시 덕계동 707-25	0.14	6.58	0.46	0.77	5.92	20.89	8.86	1.4	2.9
배울	양주시 장흥면 삼상리 67	0.08	4.34	0.71	0.89	3.95	20.41	4.67	0.9	4.6
새남골	양주시 광적면 가납리 산70	0.10	2.96	0.36	0.40	3.40	14.83	4.43	0.0	3.8
송라	양주시 은현면 용암리 산15-1	0.24	13.55	0.44	1.71	8.55	28.06	18.07	6.1	2.1
송산	양주시 백석읍 복지리 산5-1	0.07	7.95	0.87	1.77	4.30	21.18	4.53	4.2	4.8
송천	양주시 은현면 하패리 산131	0.11	9.81	0.87	1.23	4.97	19.45	11.39	5.5	2.4
신지	양주시 백석읍 복지리 407-2	0.07	6.39	0.83	0.96	4.06	17.10	6.21	2.9	3.4
실바위	양주시 백석읍 가업리 산93	0.07	8.21	1.07	1.25	4.92	23.32	2.99	3.9	7.7
야촌(위)	양주시 삼송동 산123	0.12	4.57	0.52	0.71	4.16	16.69	6.56	1.0	3.0
연곡1리	양주시 백석읍연곡리 산55	0.09	11.47	1.24	1.93	5.44	25.72	5.39	6.7	5.3
옥천	양주시 덕계동 산139-9	0.14	5.64	0.40	0.70	4.63	20.27	8.81	1.6	2.8
옷물	양주시 은현면 봉암리 산42	0.15	17.10	1.41	2.64	5.84	20.46	19.29	12.0	1.8
작은산대	양주시 산북동 산53-10	0.09	5.73	0.66	0.90	5.04	20.21	5.63	1.3	4.1
중흥	양주시 고암동 584	0.18	46.45	3.37	5.10	9.34	23.75	22.73	38.3	2.6
지장사	양주시 덕계동 산71	0.27	6.18	0.41	0.71	3.86	18.23	6.49	2.8	3.4
천보산	양주시 광사동 산140-3	0.06	3.17	0.72	0.75	6.10	20.03	6.57	-2.1	3.3
호명산	양주시 백석읍 복지리 산45-3	0.08	7.64	1.03	0.97	4.19	17.54	7.39	4.0	3.1
홍골	양주시 백석읍 홍죽리 산31	0.06	8.30	1.04	1.20	5.76	23.97	3.46	3.3	7.2
홍북	양주시 백석읍 복지리 산61	0.05	6.88	0.76	1.26	4.39	18.82	3.69	3.1	5.3
회암사	양주시 회암동 산8-1	0.14	6.25	0.52	0.69	5.27	21.86	7.59	1.7	3.5
훈련장	양주시 광적면효촌리 산116-3	0.08	8.28	2.72	1.08	3.01	26.41	5.27	5.7	5.9
홍덕사	양주시 남면 구암리 6-1	0.11	5.59	0.56	0.82	5.69	21.72	6.74	0.6	3.7
말턱고개	연천군 청산면 초성리 산88	0.18	26.31	0.51	4.39	4.23	14.57	12.63	22.6	2.4
바래	연천군 청산면장 탄리 산27-2	0.15	14.74	0.86	2.34	2.83	14.12	6.56	12.3	3.3
북진(합수리)	연천군 중면 합수리 산130	0.11	12.91	1.01	1.96	2.45	14.31	4.77	10.8	4.2
신탄리	연천군 신서면 대광리 198	0.13	9.03	0.79	1.21	2.57	12.19	3.98	6.8	4.2
연천대광골	연천군 신서면 대광리 산60	0.17	26.64	0.50	4.21	4.47	14.39	12.03	22.8	2.6
옥수동	연천군 신서면 도신리 산9-1	0.21	25.67	0.45	4.50	3.96	14.69	13.20	22.2	2.3
옹달샘	연천군 미산면 아미리 전604	0.15	18.88	0.75	2.90	3.50	13.72	8.84	15.8	2.8
원압산	연천군 신서면 도신리 산58	0.14	15.85	0.79	2.55	2.93	13.72	7.03	13.3	3.2

Appendix 1. The analytical results of spring water

(Unit : mg/L)

Spring water	Location	F ⁻	Ca	K	Mg	Na	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	K-index	O-index
자작리	연천군 장남면 자작리 산106-3	0.17	17.13	0.65	2.69	3.33	13.49	8.10	14.2	2.9
좌찬이	연천군 연천읍 상리 265-1	0.16	19.20	0.69	3.11	3.40	14.21	8.58	16.2	2.9
금호16통	의정부시 금오동 산44-1	0.06	2.89	0.60	0.75	4.89	20.12	6.60	-1.4	3.2
기념비	의정부시 자일동 산92-3	0.08	17.15	0.89	2.46	5.00	18.25	12.67	12.8	2.4
만가대	의정부시 용현동 산61	0.09	3.20	0.45	0.62	1.91	9.13	5.53	1.5	2.1
만가대밀	의정부시 용현동	0.12	5.98	0.55	0.76	2.90	11.84	4.61	3.5	3.4
무지랭이	의정부시 낙양동 산38-1	0.08	8.54	1.23	1.40	3.83	17.73	7.44	5.2	3.1
바위샘	의정부시 장암동 산82-1	0.06	5.86	0.72	0.77	9.06	28.66	13.75	-2.0	2.4
본자일	의정부시 자일동 산48-3	0.09	8.95	0.63	1.56	4.92	21.50	9.04	4.7	2.9
북부출장소	의정부시 호원동 119-151	0.00	24.95	1.65	4.33	15.30	28.12	8.97	11.6	4.1
사패산	의정부시 가능동 산81-2	0.05	1.72	0.39	0.55	2.27	13.84	5.28	-0.3	2.7
새무골	의정부시 금오동 산14	0.13	2.05	0.65	0.38	5.20	25.25	3.54	-2.5	7.1
성불사	의정부시 가능동 산81-2	0.08	3.25	0.52	0.73	2.22	11.02	62.35	1.3	0.2
수곡천	의정부시 신평동 273-17	0.11	35.88	1.28	3.60	11.37	23.73	12.18	26.0	3.9
수락산	의정부시 장암동 19-2	0.18	4.14	0.56	0.84	4.05	15.40	7.30	0.6	2.5
수락산계곡	의정부시 장암동 19-1	0.10	2.86	0.51	0.80	2.38	10.64	6.43	0.8	1.9
신정	의정부시 의정부동 산11-6	0.09	2.44	0.35	0.53	3.63	18.05	7.83	-0.7	2.5
어룡	의정부시 송산1동 산10-1	0.08	8.41	0.72	1.26	5.18	21.77	7.10	3.9	3.7
영산법화사	의정부시 호원동 산92-15	0.08	5.40	0.67	0.80	4.97	19.37	44.95	1.1	0.6
용암	의정부시 호원동 304	0.27	6.86	0.59	0.91	5.74	24.84	7.03	1.9	4.1
입석	의정부시 가능동 산21-1	0.08	4.66	0.73	0.80	5.04	25.12	4.44	0.3	5.8
천보	의정부시 금오동 산45-1	0.09	3.40	0.72	0.58	6.20	23.19	6.73	-2.0	3.7
청룡	의정부시 금오동 산31-1	0.11	2.63	0.60	0.54	4.09	19.89	7.69	-0.9	2.8
회룡샘	의정부시 호원동 304	0.10	7.32	0.80	1.12	3.15	11.55	10.22	4.6	1.7
감사교육원	파주시 광탄면 기산리 산139-14	0.05	8.75	0.99	2.30	4.79	19.22	7.18	4.6	3.1
근창	파주시 광탄면 분수리 112-2 인근	0.04	5.22	0.63	1.44	6.19	23.61	7.47	-0.2	3.3
내화산	파주시 광탄면 신산리 496	0.12	13.10	1.33	2.83	6.72	25.79	6.80	7.3	4.2
늘노리	파주시 파평면 늘노리 산23-2 인근	0.07	18.05	1.07	4.49	3.69	16.49	4.14	14.8	4.1
대능	파주시 법원읍 대능리 63	0.08	4.93	0.84	1.12	2.36	15.05	2.35	2.9	6.0
대원	파주시 조리읍 대원리 218	0.06	9.17	1.19	3.64	6.08	29.63	7.24	3.9	3.7
도내2리	파주시 월롱면 도내리 555	0.08	17.14	0.62	6.01	5.17	23.08	5.09	12.6	3.7
도토리	파주시 문산을 이천리 366	0.10	18.97	0.80	1.55	3.28	18.69	4.84	16.1	6.0
두포	파주시 파평면 두포리 360-23	0.08	12.72	1.08	1.89	4.87	19.12	5.22	8.5	4.6
맥금	파주시 맥금동 161-1	0.13	21.63	0.71	2.04	2.53	14.34	4.68	19.4	5.5
묘지	파주시 광탄면 신산리244	0.06	18.13	0.72	3.86	2.46	10.40	5.08	16.0	3.3
밥재	파주시 적성면 식현리 141	0.04	7.49	0.90	2.29	5.60	27.15	1.11	2.6	10.5
배내	파주시 문산을 이천리 491-4	0.05	8.17	0.97	1.95	4.89	21.61	4.32	3.9	4.9
배리	파주시 조리읍 등원리 산35	0.07	33.46	0.70	4.58	3.70	21.62	4.18	30.2	6.4
새일	파주시 파평면 울곡리 434-2	0.08	14.03	0.73	0.82	1.88	13.53	4.00	12.4	5.9
식현리	파주시 적성면 식현리 산27-2	0.11	19.67	2.01	3.40	5.99	24.30	10.46	14.5	3.3
솔우물	파주시 월롱면 덕은리 178-3	0.11	33.79	0.75	2.34	2.72	14.62	5.25	31.4	6.5
시청	파주시 조리읍 등원리 산37	0.10	41.51	1.37	5.39	4.93	14.25	10.64	37.2	3.6
신호	파주시 광탄면 마장리 산79-3 인근	0.04	11.92	0.64	2.85	2.98	15.34	4.49	9.3	3.8
안용주골	파주시 파주읍 연풍리 산81-1	0.08	10.76	0.53	0.72	1.43	11.05	5.36	9.5	3.7
애룡	파주시 법원읍 삼방리 415 주변	0.06	8.79	0.54	1.62	2.07	11.74	1.23	7.0	7.4
어머니샘	파주시 법원읍 직천리 산124	0.53	20.20	0.92	2.44	3.94	14.10	15.61	16.8	2.0
오현	파주시 법원읍 오현리 283	0.13	15.22	0.63	1.53	1.93	26.64	4.16	13.5	7.5
월롱	파주시 월롱면 덕은리 산179	0.12	15.05	0.73	2.86	5.35	22.93	4.38	10.4	5.3
울곡	파주시 법원읍 동문리 18-3	0.10	16.49	1.41	2.20	4.13	24.77	4.03	12.9	6.8
제3땅굴	파주시 군내면 점원리 183	0.06	51.42	0.96	17.15	9.10	38.98	12.79	43.5	3.1
조산마을	파주시 조리읍 뇌조리 132-10 인근	0.15	32.45	0.97	5.68	4.18	21.08	18.44	28.8	2.3
천현	파주시 법원읍 법원리 376-1	0.06	31.99	1.27	4.40	9.32	18.72	14.09	23.9	2.8
한우물	파주시 광탄면 용미리 산93-11	0.05	5.51	0.75	1.88	5.05	22.47	5.06	1.1	4.1
각흘	포천시 영북면 운천리 산5	0.10	6.86	0.46	1.24	2.20	9.61	7.01	4.9	2.1
능원	포천시 영중면 양문리 산16-1	0.09	6.62	0.59	1.30	2.11	9.63	8.37	4.8	1.7
무렛골(상)	포천시 신북면 가채리 산45-11	0.11	7.26	0.46	0.41	3.27	18.64	1.72	4.4	12.4
무렛골(하)	포천시 신북면 가채리 산46-42	0.08	29.41	2.34	4.97	64.81	18.30	6.40	-27.0	4.4

Appendix 1. The analytical results of spring water

(Unit : mg/L)

Spring water	Location	F ⁻	Ca	K	Mg	Na	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	K-index	O-index
신읍4통	포천시 신읍동 산10-1	0.04	14.54	0.58	1.16	5.88	24.01	6.23	9.4	5.3
웃우물	포천시 소흘읍 송우리 641-4	0.09	32.81	1.26	5.56	11.97	26.93	24.56	22.4	2.0
청계	포천시 일동면 기산리 23-37	0.06	4.45	0.62	0.82	2.38	11.72	4.87	2.4	3.0
체육공원	포천시 군내면 하성북리 636-1	0.11	15.56	2.09	3.32	6.83	26.56	6.25	9.6	4.6
포천 덕제골	포천시 이동면 장암리 652-3	0.44	8.13	0.48	0.83	4.10	20.69	5.33	4.6	4.8
포천관음산	포천시 이동면 노곡리 산146	0.43	11.06	0.63	1.17	5.60	25.99	4.05	6.2	7.2
호병골	포천시 신읍동 산10-1	0.08	15.49	0.62	1.10	4.78	18.39	7.00	11.3	4.3

Appendix 2. A suggestion of recommended minerals intake in drinking water

Item	The range of recommended intake	The reason of suggestion
Ca	10 ~ 85 mg/L	체내 주요 알칼리성 미네랄로서 일일 미네랄 권고량 및 물 섭취 기여율(1.5 ~ 54%) 고려, 경도(300 mg/L) 초과하지 않도록 상한 범위 조정
Mg	3 ~ 20 mg/L	체내 주요 알칼리성 미네랄로서 일일 미네랄 권고량 및 물 섭취 기여율(1 ~ 10%)고려, 경도(300 mg/L) 초과하지 않도록 상한 범위 조정
K	1 ~ 90 mg/L	체내 주요 알칼리성 미네랄로서 일일 미네랄 권고량 및 물 섭취 기여율(0.1 ~ 46%) 고려
Na	0.5 ~ 10 mg/L	체내 주요 미네랄이나 식품 섭취량이 많은 항목으로 일일 미네랄 권고량 및 물 섭취 기여율(0.1 ~ 1%) 고려