



기술 자료

# 한국 溫泉水의 水質的 特性(Ⅳ)

## Characteristics of Mineral and Thermal Waters in South Korea(Ⅳ)

본 원고는 지난 1999년 12월호, 2000년 2, 4월호 기술사지에서 이어지는 내용이며 이 원고를 끝으로 연재를 마칩니다.

글 | 林正雄  
(Lim, Jeong Ung)  
응용지질기술사,  
전 한국자원연구소 환경지질연구부장,  
세기종합기술공사 고문,  
E-mail: JEUNLIM@expoapt.net



### 7.8 SiO<sub>2</sub>

규산은 보통 지열의 지시 성분으로, 그의 함량의 다소에 따라 지열의 강약을 표현하고 있다. 예로써 지하 온도를 추정키 위한 Geothermometer의 계산에서 Trusdell이나 Fournier 등은 규산을 이용하여 지하의 평형 온도를 계산하기 위한 계산식을 만들었다. 즉 어떤 지열수에서 SiO<sub>2</sub> 함량이 많으면, 지하의 평형 온도는 높아진다는 말이 된다. 이러한 계산식은 우리나라의 온천수에서도 잘 맞아들고 있어, 지열이나 온천연구에서 흔히 이용되고 있다. 한편 온천 의학적으로도 규산은 많은 흥미를 갖고 있는 성분으로 알려지고 있다. 즉 규산의 피부 침투는 체내의 온도 보호에 상당한 역

〈표 7-8〉 SiO<sub>2</sub>의 광온천별 농도

구분	탄산천	광천	식염천	고온온천	중온온천	저온온천	계
40>	15	7	17	21	155	27	242
40-60	5	2	1	9	5	1	23
60-80	17	1	1	2	2	0	23
80<	8	3	0	0	0	0	11
계	45	13	19	32	162	28	299

활을 하는 것으로 알려지고 있다고 한다.

SiO<sub>2</sub>의 함량은 탄산천에서 가장 높은 값을 보이며, 전체적으로는 최저 8.6 ppm으로부터 최고 122 ppm까지의 범위에 있다. 탄산천에서의 평균 값은 56.7 ppm으로 다른 종류의 것보다 높다. SiO<sub>2</sub>의 농도를 광온천별로 분류 표시한 것이 표 7-8이다. 80 ppm 이상은 탄산천과 광천에서 나타나 그 외는 전연 없다.

온도에 의하여 구분된 온천들의 SiO<sub>2</sub> 분포를 보면, 온도가 높을수록 농도도 높다는 것을 쉽게 알 수 있다.

독일의 요양천 기준이나, 일본의 요양천 기준에는 규산의 기준이 없다. 그러나 일본 온천법에는 H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>의 기준으로 50 ppm으로 정하고 있다. 이를 환산하면, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>가 50 ppm일 때는 SiO<sub>2</sub>는 38.476 ppm가 된다.

SiO<sub>2</sub>의 기준을 40 ppm으로 정하여 현재의 분석치를 검토할 때, 탄산천에서는 30/45 즉 66%, 광천에서는 6/13 즉 46%, 식염천에서는 2/19인 10.5%가 합격선에 들것이다. 그러나 고온온천



에서는 34%, 중온온천에서는 4.3%, 저온온천에서는 5.5% 정도가 기준 이상으로 합격선에 들 것이다. 전체적으로는 57/299 즉 19.0%가 된다.

결론적으로 SiO<sub>2</sub> 기준치는 40 ppm으로 정하는 것이 합리적이다.

### 7.9 Na

Na는 지열의 지시 성분으로 알려져 있으며, 지온계의 계산식에서도 Na는 절대적인 항목으로 포함된다. 여기서는 Na의 광온천별에 따른 농도의 분포를 검토하여 온천의 기준 성분으로써의 가치를 밝혀내고, 그의 합당한 기준치를 정하고자 한다.

299 개의 분석치에 대한 광온천별의 농도 관계를 표 7-9에 정리하였다. 농도의 구분은 50 ppm 으로부터 200 ppm까지로 하였으나, 실제상으로는 구간밖에 상당한 분포를 보인다. 이는 Na 값의 분포는 넓은 범위에 걸치고 있음을 의미한다.

〈표 7-9〉 Na의 광온천별 농도

구분	탄산천	광천	식염천	고온온천	중온온천	저온온천	계
50ppm)	17	5	0	17	97	20	156
50-100	9	1	0	9	38	3	60
100-200	6	2	0	4	25	5	42
200ppm 이상	13	5	19	2	2	0	41
total	45	13	19	32	162	28	299

일본의 온천법과 요양천 규정에는 NaHCO<sub>3</sub>을 온천성분의 규정으로 정하고, 그의 기준을 340mg/l로 정하고 있다. NaHCO<sub>3</sub>이 340 ppm 인 경우의 Na 값을 계산하면 93 ppm이 된다. 여기서 Na의 온천 기준으로 100 ppm이상으로 정하여 검토하기로 한다. 100 ppm이상을 기준으로 정할 때, 탄산천에서는 42%가 합격되며, 광천과 식염천에서도 매우 높다. 온도에 의한 온천들은 100 ppm이상의 농도를 갖는 것들은 17 내지

19%의 낮은 범위에 있다.

결국 Na의 농도를 100 ppm 기준으로 한다면, 전체의 27.7%가 이 기준에 포함되어진다. 그러나 Na는 해수의 영향이 강한 지역이나 또 다른 요인에 의하여 높아질 수 있기 때문에 충분한 연구가 필요하다.

그 외의 성분으로 일본이나 독일의 기준에 있는 Cu, Ba, I, Br 등은 한국의 온천에서는 거의 나타나고 있지 않다.

### 7.10 온천 기준 성분의 종합

이상에서 온천의 수질 기준으로 선택될 수 있는

〈표 7-10〉 온천 수질 기준의 비교

온도 혹은 물질	독일 Nauheim Geschlossen	일본 온천법	일본 요양천	한국온천 기준안
용존물질	1,000mg/kg	1,000mg/kg	1,000mg/kg	1,000mg/kg
Free CO <sub>2</sub>	250 "	250 "	1,000 "	500 "
Li	1 "	1 "	-	1 "
Sr	10 "	10 "	-	10 "
Ba	5 "	5 "	-	-
Cu	-	-	1 "	-
Fe <sup>+2</sup> 혹은 Fe <sup>+3</sup>	10 "	10 "	20 "	10 "
Mn	(10 ")	10 "	-	-
H	1 "	1 "	1 "	-
Br	5 "	5 "	-	-
I	1 "	1 "	-	-
F	2 "	2 "	-	10 "
HAsO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1.3 "	1.3 "	-	-
HAsO <sub>2</sub>	1 "	1 "	-	-
총유황(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> +HS <sup>-</sup> +H <sub>2</sub> S에 대응하는 것)	1 "	1 "	2 "	1 "
HBO <sub>2</sub>	5 "	5 "	-	-
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	-	50 "	-	40* (SiO <sub>2</sub> 로써)
NaHCO <sub>3</sub>	-	340 "	-	100* (Na로서)
염의의 Alkali도	4mval(NaHCO <sub>3</sub> mg/kg에 상당)	-	-	-
Rn	3.5 mache/l	3.5 mache/l	8.2mache/l	-
Ra	-	1x10 <sup>-8</sup> mg/kg	-	-
Al <sup>3+</sup>	-	-	100 mg/kg	-
온도	20°C	25°C	25°C	25°C



성분으로 9 개의 성분을 선정하였다. 일본이나 독일의 기준들이 20 개 정도의 성분을 기준으로 선정하고 있는 것에 비하여, 약간 빈곤하다. 이들 한국 온천의 특성이 낮은 농도에 있고, 마그마로부터 성분의 공급이 거의 없기 때문에 일어난 결과로 본다.

각 성분의 기준치는 가능하면 일본이나 독일의 기준에 맞추도록 노력하였으나, 한국의 실정과 너무 동떨어진 경우는 기준치의 값을 약간 수정하여 정하도록 하였다. 이 기준은 가능하면 전체에 대한 비율을 고려하여 정하였기 때문에, 편중되는 결과는 없을 것으로 본다. 299 개의 전체 분석 자료 중에서 합격될 수 있는 수는 원칙적으로 10-20% 선에 놓이도록 정하였기 때문에, 약간 낮게 평가

되었다고 생각할지 모른다. <표 7-10>은 이상에서 선정된 온천의 기준치를 일본이나 독일의 기준치와 비교하여 함께 실은 것이다.

<표 7-11>은 각 성분의 기준치 산출 근거를 종합한 것이다. 합격률은 대체로 10~20%선에 머물도록 하였음은 앞서서도 언급한 바 있다. 여기서는 이러한 원칙으로 선정된 온천수들이 어떤 수질 특성을 가지느냐는 것을 검토하였다.

TDS(총고형물)의 경우, 1,000 ppm을 기준으로 정하였을 때, 식염천, 광천 및 탄산천 등은 합격될 가능성이 높지만, 일반 온도의 온천에서는 매우 낮다. 유리탄산(Free CO<sub>2</sub>)의 경우는 일본의 기준치 250 ppm보다 높은 500 ppm을 기준으로 정하였다. 따라서 전체의 확률은 9.3%로 낮지만, 아직도 미조사로 남아 있는 탄산천 약 80 개가 조사된다면 약 50 개정도가 합격권에 들것임으로 확률은 16.7% 정도로 상승할 것이다.

Li의 경우는 전체의 확률은 6.8%로 매우 낮으며, Sr의 경우도 Li와 성격이 비슷하여 4.4%의 낮은 비율을 보인다. 이들의 기준을 그 이상 하향 조정한다는 것은 무리이다. Fe의 경우도 탄산천과 광천에서만 나타나며, 그 외의 광온천에서는 없다.

위로부터 5 가지의 성분들, 즉 TDS(총고형물), CO<sub>2</sub>, Li, Sr 및 Fe 등의 성분은 탄산천, 광천 및 식염천에서만 합격되는 것이 나타난다. 이들은 서로 겹치고 있기 때문에 전체적인 합격률은 증가하지 않을 것이다.

그러나 불소(F)의 경우는 화강암에 그의 기원을 두고 있어, 특수 성분에 의하여 결정되는 탄산천과 광천 등에서는 매우 약하다. SiO<sub>2</sub>의 농도는 온도에 의하여 결정되기 때문에, 심부에서 형성된 탄산천이나 광천 같은 심부형에서 높게 나타나며, 온도에 의한 분류에서는 고온일수록 높다.

<표 7-11> 기준 성분의 산출 근거

성분		탄산천	광천	식염천	고온 온천	중온 온천	저온 온천	전체
TDS	1000ppm 이상	27/41	12/13	18/19	0/32	0/162	0/28	57/295
TDS	%	65.8	92.3	94.7	0	0	0	19.3
CO <sub>2</sub>	500ppm 이상	28/41	0	0	0	0	0	28/299
CO <sub>2</sub>	%	68.3	0	0	0	0	0	9.3
Li	1ppm 이상	13/41	1/13	6/19	0	0	0	20/295
Li	%	31.7	7.7	31.6	0	0	0	6.8
Sr	10ppm 이상	5/41	0/11	8/19	0	0	0	13/293
Sr	%	12.2	0	42.1	0	0	0	4.4
Fe	10ppm 이상	17/36	3/13	0	0	0	0	20/290
Fe	%	47.2	23.1	0	0	0	0	6.9
F	10ppm	1/35	1/13	1/19	10/32	35/162	4/28	52/289
F	%	2.9	7.7	5.3	31.2	21.6	14.3	18.0
H <sub>2</sub> S	1ppm 이상	0/24	0/9	2/19	4/24	6/162	1/28	13/244
H <sub>2</sub> S	%	0	0	10.5	16.6	37.0	3.6	5.3
SiO <sub>2</sub>	40ppm 이상	30/45	6/13	2/19	11/32	7/162	1/28	57/299
SiO <sub>2</sub>	%	66.6	46.1	10.5	34.3	4.3	3.8	19.06
Na	100ppm 이상	19/45	7/13	19/19	6/32	27/162	5/28	83/299
Na	%	42.2	53.8	100	18.8	16.7	17.9	27.7



## 8. 천질 기준에 의한 한국온천의 분류

### 8.1 온천의 수질조성 형태

물 속에 용해되어 있는 화합물은 4 가지의 양이온과 4 가지의 음이온에 의하여 조성되어진다. 이들 이온이 결합하여 화합물이 만들어지는데, 그의 종류는 최대 9 가지이나, 보통 6 가지 정도만이 존재한다. 음과 양의 이온 중에서 epm 값이 가장 높은 성분을 주성분이라고 하며, 주성분으로 표시되는 화합물이 그 물의 성질을 지배하는 대표가 된다.

〈표 8-1〉은 한국 온천수질 299 개의 온천 분석치를 주성분에 의하여 분류하여 정리한 것으로, 양이온은 Na, Ca 및 Mg의 3 가지, 음이온에서는 Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> 및 CO<sub>3</sub>의 4 가지가 나타난다. 이들 이온에 의하여 조성되고 있는 화합물은 8 가지로, 이는 수질조성이 8 개의 형태로 되어 있음을 말한다.

Na-HCO<sub>3</sub>형은 고온, 중온 및 저온 온천에서 절대적인 위치를 차지하나, 탄산천, 광천 그리고 식염천에서는 빈약하다. 화강암 지대의 온천 수질 특성이 Na-HCO<sub>3</sub>으로 나타나기 때문에, 우리나라 온천의 거의 대부분이 여기에 속하게 된다. 고온온천의 경우, 전체의 78%가 Na-HCO<sub>3</sub>형이며, 중온과 저온온천에서는 모두 67%에 머물고 있음은, 고온일수록 Na-HCO<sub>3</sub> 형의 수질 형태가 많아진다는 것을 말한다.

Na-Cl형의 수질조성을 보이는 것의 절대적인 것은 식염천이다. 식염천은 Na-Cl의 수질조성을 보이고 TDS(총고형물)가 1000 ppm이상의 것으로 정의한 것이 때문이다. 이들은 해안에 위치하여 해수의 영향을 받고 있는 것들이 대부분이나, 중온온천이나 고온온천에서 해안으로부터 멀리 떨어져 있는 온천들에서 나타나는 것이 있다. 고온의 동래온천이나 마금산 등이 Na-Cl형에 속하

며, 중온온천에서도 내륙지방에서 몇 개가 보인다. 중온온천에서는 물론 Na-HCO<sub>3</sub>이 절대로 우세하고 그 외로 Na-Cl도 상당히 있지만, Na-SO<sub>4</sub>, Ca-HCO<sub>3</sub> 및 Ca-SO<sub>4</sub>형태의 수질 등이 다양하게 나타난다.

〈표 8-1〉 광온천별의 수질조성 분포(주성분 기준)

구분	탄산천	광천	식염천	고온온천	중온온천	저온온천	계
Na-HCO <sub>3</sub>	8	2	0	25	108	19	162
Na-Cl	0	2	19	6	23	2	52
Na-SO <sub>4</sub>	3	1	0	1	10	0	15
Ca-HCO <sub>3</sub>	32	1	0	0	14	7	54
Ca-Cl	0	1	0	0	1	0	2
Ca-SO <sub>4</sub>	1	6	0	0	6	0	13
Mg-HCO <sub>3</sub>	1	0	0	0	0	0	1
	45	13	19	32	162	28	299

Ca-HCO<sub>3</sub>의 경우는 보통 천부 지하수의 영향이 큰 경우나 혹은 탄산천의 경우에 잘 나타나는 형태이다. 그러나 이들 두 형태의 성인이나 산상은 전연 다르다. 중온이나 저온온천과 같이 온도가 낮은 경우에는 Ca-HCO<sub>3</sub>형이면 천부 지하수의 영향을 받을 가능성이 크다는 것을 의미한다.

수질 조성의 특성을 더욱 구체적으로 세분화하기 위하여, 성분을 주성분과 부성분을 함께 고려하는 경우도 있다. 수질 특성을 표현 할 때, 보통 mval% 값이 20%를 넘는 것을 포함하여 표현하는 것이 관례이다. 20%이상의 모두를 택하여 수질 조성을 나타낼 때, 성분이 주성분, 부성분 그리고 제 2의 부성분 등으로 3 가지가 나타나는 것이 상당수에 달한다. 주성분과 부성분, 즉 2 가지의 성분만으로 형태를 구분할 경우, 한국 온천은 모두 47 종의 수질 형태가 만들어진다.

### 8.2 온천의 泉質 분류

온천의 泉質분류에 대한 일본의 기본 방향은



앞에서도 설명되었다. 그리고 수질의 기준도 앞의 6 장에서 어느 정도 정해졌다. 일본의 방식을 그대로 적용하여 한국의 온천에 대한 천질 분류를 시도해 본다.

(1) 염류천

우선 TDS(총고형물)가 1,000ppm이상으로 염류천으로 규정할 수 있는 것은 299 개중에서 57 개로 19%정도이다. 이중 탄산천이 27 개, 광천이 12 개 그리고 식염천이 19 개다. 이들 57 개의 온천을 염류천에 의하여 분류하면, <표 8-2>와 같다. 탄산천에서는 나트륨-탄산수소천을 비롯하여 모두 4 종이 되며, 광천에서는 나트륨-염화물천을 비롯하여 5 종이, 그리고 식염천에서는 나트륨-염화물천 1 종이 포함된다.

<표 8-2> 염류천에 의한 한국온천의 분류

화학기호	천질명	탄산천	광 천	식염천	계
Na-HCO <sub>3</sub>	나트륨-탄산수소염천	5	0	0	5
Na-Cl	나트륨-염화물천	0	2	19	21
Na-SO <sub>4</sub>	나트륨-황산염천	3	1	0	4
Ca-HCO <sub>3</sub>	칼슘-탄산수소염천	18	2	0	20
Ca-Cl	칼슘-염화물천	0	1	0	1
Ca-SO <sub>4</sub>	칼슘-황산염천	0	6	0	6
Mg-HCO <sub>3</sub>	마그네슘-탄산수소염천	1	0	0	1
		27	12	19	58

(2) 특수성분을 함유하는 온천

일본의 천질 분류에서는 “특수 성분을 함유하는 요양천”이라고 되어 있다. 우리나라에서는 아직 요양천이란 개념이 확립되고 있지 않고, 지금 보양천이란 이름으로 법에는 제정되어 있으나, 시행령의 입법에서 난항을 겪고 있는 현실이다. 여기서는 온천이란 명칭을 사용하여, TDS(총고형물)가 1,000ppm미만이고 특수 성분을 기준치 이상 함유하는 것을 칭하기로 하였다.

(가) 단순 이산화탄소 온천

TDS(총고형물)가 1,000ppm미만이고 Free CO<sub>2</sub>가 500ppm이상인 것이 여기에 포함된다. 탄산천에서 Free CO<sub>2</sub>가 500ppm이상인 것은 모두 28 개이며, 그 중 TDS(총고형물)가 1,000ppm미만은 6 개다. 결국 18 개는 염류천에 속해지며, 6 개만이 단순 이산화탄소 온천이 된다.

(나) 단순 철 온천

총 Fe가 20ppm을 넘는 것은 탄산천에서 21 개 광천에서 3 개이나, 그 중에서 TDS(총고형물)가 1,000ppm미만인 것은 4 개와 0 개이다. 결국 단순 철 온천에 포함되는 것은 4 개뿐이다.

(다) 단순 유황 온천

유황온천의 기준인 H<sub>2</sub>S 1 ppm이상을 갖는 광온천은 모두 13 개이다. 그러나 그 중 2 개는 식염천에 속하여 염류천으로 분류되었다. 결국 단순 유황온천은 11 개로, 고온과 중온온천에 주로 속한다.

(라) 단순 불소 온천

불소는 고온, 중온 및 저온 온천에 많다. 이들의 온천에서 불소 10ppm이상은 모두 49 개이다. 이들은 TDS(총고형물)가 1,000ppm미만으로 모두 단순 온천에 속하게된다. 그 외 탄산천, 광천 그리고 식염천에서도 각각 2 개씩 나타나, 이들은 TDS(총고형물)가 1,000ppm를 넘어 모두 염류천에 속하는 것들이다.

이외에도 기준 성분에 의하여 단순온천의 이름을 부여할 수 있다. 일본의 기준에서는 단순 냉천이란 이름의 다른 종별의 온천도 있다.



### 8.3 泉質의 결정

일본에서의 泉質 결정은 療養泉의 자격이 인정되고 난 후에 정할 수 있도록 하고 있다. 療養泉은 온도와 8 가지의 성분을 기준 요소로 정하여, 그 중 하나 이상이 합격되면 요양천으로 인정된다. 療養泉으로 인정되면, 그의 泉質을 분류하여 온천분석서에 기재하도록 되어 있다.

우리나라에서는 요양천 내지 보양온천에 대한 개념이 아직 확립되어 있지 아니하여, 泉質을 논하기는 이르다고 할지도 모른다. 그러나 엄밀한 의미에서 泉質은 온천수의 화학적 성격에 의하여 분류한 것이기 때문에, 일반온천에서도 적용할 수 있는 것이다. 여기서 泉質의 결정에 대하여 몇 가지의 방안을 생각하기로 한다.

첫째는 우리나라 보양온천에서 일본의 療養泉과 같은 기준 성분이 정해지고, 이에 따라 泉質이 정해질 수 있도록 하는 방법이다. 이 방법은 기본적으로 일본의 방향과 일치하는 것이다.

둘째는 앞에서 제안된 성분으로 온천을 인정될 때, 泉質도 함께 부여하는 방안이다. 원칙적으로 泉質의 분류는 온천수의 성질을 화학적 성격에 따라 분류하는 것이란 것은 앞에서 언급되었다. 물론 일본의 경우, 온천이 특별한 의학적인 효능을 갖는 것을 요양천으로 정한다고 하고 있기는 하지만, 일반 온천에 泉質을 부여할 때는 의학적인 개념은 제하면 된다. 사실 일본의 요양천에서도 의학적인 판단은 막연한 것으로 알고 있다.

온천의 泉質은 근본적으로 온천수의 수질을 화

학적 성질에 의하여 구분하는 것이기 때문에, 가능하면 모든 온천수에 부여 할 수 있어야 할 것으로 본다. 이러한 경우 온천을 泉質의 견지에서 서로 비교 할 수 있기 때문이다. 이러한 경우 앞의 <표 8-1>에 실은 수질 조성의 구분은 바로 泉質의 기본이 되어진다.

마지막의 방법으로, 성분에 의하여 온천을 결정하는 방법은 그대로 두고, 泉質의 결정에서는 농도의 기준을 낮추는 방법이 있다. 이는 주로 TDS에서 조정해야 할 것으로 보는데, 온천에 일단 합격된 것은 가능하면 모든 온천에 泉質을 부여하여 그의 성격을 밝힐 수 있도록 해 주려는데 있다. 이러한 문제를 최종적으로 결정하기 위해서는 문제를 공론화 시켜 종합적으로 검토해야 할 것으로 본다.

(원고 접수일 1999. 11. 11)

### 참고문헌

- 1) 임정웅 : 신규개발 온천의 특성, 1997.4.25, 21세기 지하수와 환경국제 심포지움, 한국자원연구소
- 2) 임정웅 : 한국의 지열 분포와 온천의 특성, 95.10.7, 21세기 지하수자원과 환경 한술 심포지움, 한국자원연구소
- 3) 益子 安 : Kurmittelとしての療養泉, 1987, FORUM'87 温泉と環境, 健康と温泉FORUM実行委員会
- 4) 湯原 浩三 : 温泉學, 1964, 地人書館.
- 5) 環境廳自然保護局 : 鑛泉分析法指針, 1978.
- 6) 平野 富雄 : 箱根二十湯- やさしい温泉入門-, 1994, 神奈川新聞社.