



한국 溫泉水의 水質的 特性(Ⅲ) Characteristics of Mineral and Thermal Waters in South Korea(Ⅲ)

본 원고는 지난 2000년 2월호
(VOL.33 NO.1) 기술사지에 게재되었
던 원고에 이어지는 내용입니다.

글 | 林正雄

(Lim, Jeong Ung)

응용지질기술사,
전 한국자원연구소 환경지질연구부장,
세기종합기술공사 고문.
E-mail: JEUNLIM@expoapt.net



7. 한국온천의 泉質 기준

온천의 삼대 요소는 앞서도 언급된 바와 같이, 온도와 수질 그리고 수량이다. 이들의 중요성을 논하기 위해서는 각각의 기준이 필요하다. 온도와 수량의 문제는 아직도 많은 문제점을 가지고 있기는 하지만, 법과 시행령에서 그의 범위가 어느 정도 정해져 있다. 수질에서도 어느 기준이 있어야만, 수질에 의한 온천의 우열이 가려질 수 있을 것이다.

수질의 기준을 정할 때는, 그의 목적과 방법에 따라 두 가지로 접근할 수 있다. 그의 하나는 온천지질학적 방법으로, 온천수를 보통의 물과 구분하는 방법이다. 이는 온천의 산출상태의 특수성을 연구하여 일반 지하수와 구분하는 것으로, 대체로 고온의 열수가 형성될 때, 함께 용존되어지는 물질이 온천수의 특성으로 나타나는 특성을 이용한다. 이러한 열수가 지하로부터 상승하는 과정에서 냉각되어, 지하수와 같은 수온을 갖는 경우라 할 지라도, 그의 수질은 특수한 성분을 유지하는 성

질이 있다.

다음으로는 의학적인 방법이 있다. 이 경우는 온천수의 성분이 어느 선 이상이 되면, 보양이나 요양 그리고 치료에 대하여 효용적 가치가 있을 것인가라는 관점에서 기준을 정하는 것이다. 경우에 따라서는 온천지질학적인 성격이 아닌 다른 성분에 의하여 효용가치가 정해 질 수도 있지만, 대체로 동일 방향으로 생각하는 것이 관례이다.

여기서는 전자의 방법인 온천 지질학적인 접근에 의하여 설정되는 수질의 기준만을 정하고자 한다. 의학적인 방법은 필자의 소관 밖으로, 이에 대하여서는 의학적인 분야에서 취급될 것으로 생각한다.

온천의 수질 기준은 독일의 Nauheim 기준이나, 일본 온천법의 기준이 있다. 이들도 대체로 전자의 방법에 의하여 당초에 설정되었으며, 그 뒤 후자의 방법을 적용하기 위한 연구가 계속되어 온 것으로 추정되고 있다.

수질 기준 설정의 기본은 우선 독일과 일본의 기준을 기간으로 하여, 이에 가장 근접하도록 노



력하였다. 각 항목 별로 독일이나 일본의 泉質 기준치를 열거하고, 한국 온천의 수질을 여기에 적응시켰을 때, 일어나는 여러 가지의 문제점을 검토하여 최종으로 가장 합당한 수치를 정하도록 노력하였다.

7.1 총고형물(TDS)

Grunhut는 일반 지하수와 광천의 구분 기준을 1,000ppm으로 정하였으며, 이 기준이 독일의 Nauheim 결의에 의하여 療養泉의 기준이 되었다. 일본의 온천법이나 療養泉의 기준에서도 모두 독일의 기준을 따르고 있다. 이와 같이 1,000 ppm의 기준은 鑛泉水와의 구분을 위한 기점으로 통용되고 있는 것이다.

그러나 한국 기준 온천의 TDS(총고형물)가 보통 200 내지 300 ppm 범위에 머물고 있고, 최고의 경우도 800 ppm을 넘지 않아, 위의 규정에 의할 때는 단 1 개의 온천도 이에 포함되지 아니한다. 전부가 불합격되는 규정은 그대로 적용하기는 어렵다는 것이 지금까지의 견해였다. 그러나 그의 대상을 온천에서 鑛泉까지로 넓혀보면 상당수가 여기에 포함되어진다. 이와 같이 대상을 넓히는 것이 금번 연구의 중요한 목적중의 하나가 될 것이다.

총 299 개의 분석 자료 중에서 TDS(총고형물)가 분석된 295 개의 자료를 광온천별에 따른 농도로 분류하여 <표 7-1>에 실었다. TDS가 1,000 ppm를 넘는 것은 탄산천에서 27 개로 전체 41 개의 65.9%를 차지하며, 광천의 경우는 13 개 중 12 개가, 그리고 식염천에서는 19개중 18개가 이 기준에 포함된다.

그러나 고온, 중온 및 저온 온천들에서는 1,000 ppm이상의 높은 TDS(총고형물) 값은 보이지 않으며, 최고가 500 ppm~1,000 ppm의 범위에

포함될 뿐이다. 온도에 의하여 분류된 온천들에서, 고온일수록 TDS(총고형물)의 농도가 높게 나온다. 결국 TDS(총고형물)는 온천의 성질을 결정하는 요인이 되어진다.

<표 7-1> 총고형물(TDS)의 광온천별 농도

| | 탄산천 | 광천 | 식염천 | 고온온천 | 중온온천 | 저온온천 | 계 |
|----------|-----|----|-----|------|------|------|-----|
| 500ppm미만 | 6 | 1 | 0 | 29 | 156 | 28 | 220 |
| 500~1000 | 8 | 0 | 1 | 3 | 6 | 0 | 18 |
| 1000이상 | 27 | 12 | 18 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 계 | 41 | 13 | 19 | 32 | 162 | 28 | 295 |

TDS(총고형물) 기준을 외국과 같이 1,000 ppm을 기준으로 한다면, 전체 295개 중 57 개가 기준에 합격되어, 19.3%를 점하게 된다. 물론 이들은 탄산천, 광천 및 식염천에 편중되지만, 온천의 대상 범위가 넓어진다는 측면도 있다.

7.2 유리탄산(Free CO₂)

Nauheim 결의나 일본 온천법에서는 250 ppm을 기준으로 정하고 있으나, 일본의 요양천에서는 1,000 ppm으로 기준을 정하여 다른 것보다 훨씬 높다. 한국에는 탄산천의 용출이 자연 용출하던 온천보다 훨씬 많아, 탄산천은 풍부하다고 볼 수 있으며, 유리탄산(Free CO₂)의 함량도 비교적 높은 경향을 보인다. 탄산천은 온천의학에서도 많은 관심을 갖는 광천으로 알려지고 있다.

<표 7-2> 탄산천의 유리탄산(Free CO₂) 농도

| Free CO ₂ 농도 | 개수 |
|-------------------------|----|
| 250ppm 미만 | 2 |
| 250~500ppm | 11 |
| 500~1000ppm | 20 |
| 1000ppm 이상 | 8 |
| 총 계 | 41 |



탄산천의 분석 자료는 모두 41 개가 수집되었다. 이들의 유리탄산(Free CO₂) 함량은 200 ppm에서 1,216 ppm 사이이며, 평균값은 736.4 ppm으로 계산되어져 매우 높다(표 7-2). 독일의 요양천이나 일본 온천법의 기준인 250 ppm 이상의 농도를 기준으로 할 때는 합격률이 너무 높으며, 일본 요양천의 기준인 1,000 ppm인 경우는 8 개/41개로 매우 낮다. 여기서 이들 2 개 값의 중간선인 500 ppm 이상을 기준으로 정한다면, 탄산천중의 68.3% 정도가 합격할 수 있을 것으로 보이며, 전체 299 개에 대하여서는 9.4%의 율이 된다. 앞으로 전국의 탄산천이 모두 조사된다면 80 개 정도의 탄산천중 50 개 정도가 규정에 합격할 수 있는 선에 들것이다. 결국 유리탄산(Free CO₂)의 기준은 500 ppm이 합당할 것으로 본다.

7.3 Li

Li 함량은 독일의 기준과 일본 온천법에서는 모두 1.0 ppm으로 기준을 정하고 있으나, 일본 요양천에서는 기준이 없다. 보통 온천이나 지열의 탐사에서 Li은 지열의 지시 성분으로 흔히 쓰고 있는 바, 이는 Li 성분의 함량이 많을수록 심부 열원에 관계되는 것으로 보고 있기 때문이다.

〈표 7-3〉 Li의 광온천별 농도

| | 탄산천 | 광천 | 식염천 | 고온온천 | 중온온천 | 저온온천 | 계 |
|----------|-----|----|-----|------|------|------|-----|
| 0.3ppm미만 | 17 | 10 | 4 | 28 | 151 | 24 | 234 |
| 0.3~0.5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 7 | 2 | 21 |
| 0.5~1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 4 | 2 | 20 |
| 1이상 | 13 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 계 | 41 | 13 | 19 | 32 | 162 | 28 | 295 |

Li이 분석된 295 개의 분석 자료(〈표 7-3〉)에 의하면, 고농도의 것은 탄산천과 식염천에서 많

고, 고온, 중온 및 저온온천에서는 1.0 ppm 이상의 고농도의 것은 없다.

식염천에서 1.0 ppm 이상의 고농도가 31%인 6 개나 있는 것은 해수의 Li 함량에 상당한 원인이 있다고 보여진다. 물론 해수의 Li 농도가 0.25 ppm밖에 되지 아니하여 1.0 ppm보다는 훨씬 낮지만, 이들이 농축되어질 가능성도 없지 않다.

독일의 요양천과 일본의 온천법 기준인 1.0 ppm 이상을 기준으로 정할 때, 전체 295 개의 분석치중 20 개가 해당되며, 이는 6.8%가 된다. 그러나 앞으로 탄산천의 조사가 진행된다면, 이 값은 10% 정도로 증가할 가능성이 있다.

해수의 Li 농도가 0.25 ppm이란 점을 고려할 때, 기준치를 너무 낮추는 것은 어렵다. 결국 기준치는 독일이나 일본의 1.0 ppm을 그대로 답습해야 할 것으로 본다.

7.4 Sr

Sr의 근원은 보통 심부 기원에 있다고 보고 있으며, 지열이나 온천조사에 있어서 지시 성분으로 사용하기도 한다. 독일 요양천이나 일본의 온천법에서의 기준은 모두 10 ppm 이상이다.

온천 수질의 분석치중에서 Sr이 분석된 293 개를 통계 처리하여, Sr의 농도 분포를 검토하였다. 탄산천이나 광천 그리고 식염천 등과 같은 특이한 수질을 갖는 광온천에서는 비교적 높게 나타나고 있으나, 온도에 의하여 고온, 중온 및 저온으로 분류한 온천에서는 거의 나타나지 않는다(〈표 7-4〉). 이러한 사실은 앞의 Li이나 TDS(총고형물) 등에서도 비슷하게 나오는 성질이다. 한국에서 Sr의 고농도 값은 식염천에서 10~54 ppm의 것이 몇 개 보인다.

독일과 일본의 Sr 기준치인 10 ppm 이상을 보이는 것은 탄산천의 5 개와 식염천의 8 개 뿐



〈표 7-4〉 Sr의 광온천별 농도

| | 탄산천 | 광천 | 식염천 | 고온 온천 | 중온 온천 | 저온 온천 | 계 |
|----------|-----|----|-----|----------|----------|----------|-----|
| 1.0ppm미만 | 15 | 8 | 7 | 32 | 153 | 28 | 243 |
| 1~5ppm | 17 | 2 | 2 | 0 | 9 | 0 | 30 |
| 5~10ppm | 4 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 10ppm이상 | 5 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 계 | 41 | 11 | 19 | 32 | 162 | 28 | 293 |

으로, 모두 합하여 13개뿐이다. 이는 전체로 보아 4.4% 밖에 되지 않는다. 만일 기준 농도를 5 ppm까지 낮춘다고 할 때도 합격선은 전체의 6.8%에 머물러 큰 차이가 보이지 않는다. 더구나 바닷물 속에 용존되어 있는 Sr이 8 ppm이기 때문에, 적어도 해수의 농도보다는 높게 책정해야 하는 문제가 발생한다. 결국 10 ppm 이하로 기준치를 낮추기는 문제가 있다.

7.5 Fe

독일 요양천과 일본 온천법에서는 Fe^{++} 혹은 Fe^{+++} 의 기준 값을 10 ppm이상으로 정하고 있으며, 일본 요양천에서는 기준이 20 ppm이다.

한국의 일반 온천에서는 철분 함량이 극소하여, 보통 거의 무시되고 있다. 그러나 탄산천이나 광천 등에는 눈에 떨 만큼의 철분이 있음은 널리 알려져 있다. 보통 탄산천의 용출지 부근이나 목욕탕에는 철분으로 인한 산화철이 세멘트나 타일에 붙어 전체가 붉게 물들어 있어 청소에 애를 먹고 있는 것이 사실이다.

〈표 7-5〉는 분석 자료 290 개에 대한 Fe 농도와 광온천별 관계를 표시한 것이다. 36 개의 탄산천중 10 ppm 이상이 17 개로 47.2%를 접하며, 그 중 20 ppm을 넘는 것도 4 개나 되어 철분의 함량이 많은 편이다. 광천에서는 13 개의 분석치 중에서 10 ppm이상이 3 개이다.

그러나 일반 온천은 고온이던 중온이던 그리고 저온이던, 모두가 철의 함량은 거의 없다. 이들의 평균값은 0.02 ppm에서 0.03 ppm으로 매우 낮은 편이다. 이들의 값들은 탄산천의 평균값인 10.4 ppm과 비교할 때, 거의 1/1000에 가까운 차이가 있다. 결국 Fe 값의 분포는 극과 극에 놓여 있다고 할 수 있다.

이와 같은 Fe 값의 분포를 볼 때, 기준치를 아무리 조정해도 기준치의 범위에 포함되는 것과 포함되지 아니하는 것은 언제나 그 수는 같다는 결과를 만든다. 이러한 경우는 차라리 국제 관례를 따르는 것이 좋다는 결론을 얻게된다. 결국 철분의 기준은 10 ppm으로 정하는 것이 타당할 것이다.

〈표 7-5〉 Fe의 광온천별 농도

| | 탄산천 | 광천 | 식염천 | 고온 온천 | 중온 온천 | 저온 온천 | 계 |
|---------|-----|----|-----|----------|----------|----------|-----|
| 5ppm미만 | 13 | 9 | 19 | 32 | 162 | 28 | 263 |
| 5~10ppm | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 10이상 | 17 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 계 | 36 | 13 | 19 | 32 | 162 | 28 | 290 |

그러나 여기서 주의해야 할 것은 일본이나 독일의 기준치는 Fe^{++} 나 혹은 Fe^{+++} 로 정해져 있어, 어느 것이던 하나가 10 ppm을 넘어야 한다는 말이다. 그러나 우리의 경우는 2 가와 3 가의 철을 모두 합한 것이기 때문에, 독일이나 일본의 기준과 맞추려면 기준치는 실제로 더 높아져야 할 것이다. 그러나 우리나라의 경우는 철분의 함량이 탄산천과 광천에 한정되어, 그 수가 매우 적기 때문에 기준치의 값을 오히려 낮추려는 것이다.

7.6 F

독일 요양천이나 일본의 온천법 모두 기준치는



2 ppm이다. 불소는 보통 화강암 같은 화성암의 지하수에 많은 양이 포함되기 때문에, 한국의 온천에서는 그의 함량이 높게 검출된다.

그러나 한국에서는 불소의 함량이 너무 많기 때문에 오히려 골치를 앓는 경우가 많다. 특히 음용 기준에서 불소는 과다하게 함유될 때, 치과계통에 문제가 발생되기 때문에 음용수의 기준에는 불소의 양을 규제하고 있다. 우리나라의 음용수 기준에는 불소의 양을 1.0 ppm으로 정하고 있으나, 최근 미국에서 1.5 ppm까지 기준을 상향조정하고 있기 때문에 우리나라에서도 개정을 추진하고 있다. 그러나 온천의 요양이나 보양에서는 음용하는 것이 아니기 때문에 문제가 다르다.

한국 온천의 불소 함량을 해석하기 위하여 다음의 <표 7-6>과 같이 정리하였다. 독일과 일본의 기준 값인 2 ppm을 하한으로 하여 15 ppm까지 농도를 구분한 바, 탄산천, 광천 및 식염천에서는 대부분의 분석치들이 낮은 농도의 범주에 속하고 있다.

<표 7-6> F의 광온천별 농도

| | 탄산천 | 광천 | 식염천 | 고온 온천 | 중온 온천 | 저온 온천 | 계 |
|----------|-----|----|-----|-------|-------|-------|-----|
| 2ppm미만 | 26 | 5 | 11 | 5 | 44 | 15 | 106 |
| 2~5ppm | 6 | 6 | 4 | 6 | 35 | 5 | 62 |
| 5~10ppm | 2 | 1 | 3 | 11 | 48 | 4 | 69 |
| 10~15ppm | 0 | 1 | 1 | 7 | 14 | 2 | 25 |
| 15ppm이상 | 1 | 0 | 0 | 3 | 21 | 2 | 27 |
| 계 | 35 | 13 | 19 | 32 | 162 | 28 | 289 |

그러나 고온, 중온 및 저온의 온천들에서는 고농도의 불소가 많이 나타난다. 10 ppm이상의 함량을 갖는 시료는 고온에서 31%, 중온에서 21% 그리고 저온에서는 16%가 나타난다. 여기서 고온에서 저온으로 내려갈 동안 고농도에 속하는 시료의 비율은 감소하나, 2 ppm이하의 저농도 값

은 증가한다. 이는 온천의 온도가 높으면, F의 함량은 증가하고 있음을 말해준다.

여기서 불소 함량 기준의 상한을 10 ppm으로 정한다면, 고온온천에서는 31%가 기준치에 들어 합격된다. 그러나 기준을 15 ppm으로 정한다면, 기준에 합격되는 것은 10%내외로 머물게 된다. 이러한 문제는 전체적인 밸런스를 고려하여 정해야 할 것이다. 독일이나 일본의 기준이 2 ppm 이상이기 때문에 한국의 기준을 10 ppm이나 15 ppm으로 상향조정하는 것은 아무런 문제도 없을 것이다. 그러나 급작스러운 상향도 바람직하지 못하기 때문에 10 ppm정도가 적당할 것으로 본다.

7.7 유험

유험 성분의 함유는 독특한 냄새로 인하여 누구든지 쉽게 알 수 있다. 이러한 취각이나 피부에 대한 촉감으로 인하여, 한국 사람은 보통 유험 온천을 좋아하는 것 같다. 더구나 유험 성분은 목욕할 때, 피부하의 모세관 혈관을 통한 혈액 순환에 탁월하다는 연구 결과가 나오고 있어, 일본 등에서도 인기 있는 온천으로 알려지고 있다.

유험 성분의 기원이 마그마에 있어, 화산성 온천에서는 그의 농도가 높다. 그러나 우리나라와 같이 비화산성 온천에서는, 유험 수소의 근원은 대개 유험광물의 암석이 용해되어 이차적으로 용출되기 때문에 그의 농도는 매우 낮다.

결국 유험 수소의 생산은 매우 제한적이기 때문에, 약간의 과다 양수에도 천부 지하수의 혼합을 촉진시켜 유험 수소의 농도는 계속 떨어지게 된다. 이러한 경년적인 농도의 희석화는 모든 유험 온천에서 나타나고 있는 현상으로, 앞으로 과잉양수의 중단은 물론이고 온천자원의 적정한 이용 규제는 깊이 생각해야 할 문제이다.

온천수질 분석 결과 중에서 유험 성분이 나타나



는 것은 전부 37 개소이다. 여기에서 이용된 분석치의 대부분은 개발 초기의 분석치임으로 과잉 양수에 따른 유화 수소의 감소 등은 일어나고 있지 않는 것들이다. 그러나 고온온천의 경우는 초기 분석치가 없기 때문에 상당한 양수가 진행된 후의 분석치가 이용되었다.

유화수소를 분석한 266 개의 시료중, 검출된 것은 37 개다. 이들 분석 자료들을 정리한 결과, 1.0 ppm 이상을 보이는 온천은 13 개소이다. 이

들의 광온천별 분포는 <표 7-7>에서 볼 수 있는 바와 같이, 탄산천에서는 전연 없으나, 그 외는 비교적 고르게 나오고 있다.

독일이나 일본의 온천법에는 총 유황 성분이 1 ppm 이상으로 되어 있다. 이 기준에 따른다면 우리나라에서는 모두 13 개소가 이에 해당된다. 여기서 주의해야 할 것은, 일본이나 독일의 기준이 총 유황 성분으로 S + H₂S + HS로 되어 있으나, 한국에서는 유화수소가 주로 측정 분석되어 약간의 차이가 있다. 그러나 실제로 유화수소는 총 유황 성분에 비하여 당연히 적어져야하기 때문에 유화 수소만의 기준으로도 과대 평가되지는 않을 것이다.

결국 유황 성분에 대한 기준은 유화수소(H₂S) 1 ppm으로 정해야할 것으로 본다.

(원고 접수일 1999. 11. 11)

<표 7-7> H₂S의 광온천별 농도

| | 탄산천 | 광천 | 식염천 | 고온온천 | 중온온천 | 저온온천 | 계 |
|------------|-----|----|-----|------|------|------|-----|
| 0.5ppm미만 | 0 | 2 | 0 | 1 | 16 | 1 | 20 |
| 0.5~1.0ppm | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 4 |
| 1.0~3.0ppm | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 7 |
| 3.0ppm이상 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | 6 |
| 계 | 24 | 9 | 19 | 24 | 162 | 28 | 266 |