



한국 溫泉水의 水質的 特性(II)

Characteristics of Mineral and Thermal Waters in South Korea(II)



글 | 林正雄

(Lim, Jeong Ung)

응용지질기술사,

전 한국자원연구소 환경지질연구부장,

세기종합기술공사 고문.

E-mail: JEUNLIM@hotmail.com

299 chemical analyses are used to study the characteristics of mineral and thermal waters in South Korea. Even though the concentration of chemical components in thermal waters are generally very low, mineral waters having components more than 1,000 ppm of dissolved total solid(TDS) are reached up to 19% of total analyses data. In Germany, Japan or some other countries, mineral and thermal waters are detined not only by water temperature, but also by chemical components. The principle of Law in Japan is also almost same with the German regulations.

However, the Law for thermal spring In Korea permit thermal water to be qualified only by water temperature. For including chemical characters into the regulations or Law of thermal spring, the limit values of TDS and other 9 micro components related to mineral and thermal waters was selected through this study.

본 원고는 지난 1999년 12월호 본지 기획특집분문에 게재되었던 원고에 이어지는 부분입니다.

5. 수질에 의한 한국 온천의 분류

심부로 들어간 지하수가 열과 화학성분을 공급 받아 지표로 상승하면서 온천수가 형성되는데, 이러한 온천수의 성분은 온천수가 형성되는 심도에서의 암석 성분과 온도 그리고 반응시간에 따라 결정된다. 균열성 온천이 형성되는 3000~4000m의 심도와 심부 지하수형 온천이 형성되는 1000m미만의 심도 사이에는 온도와 시간의 차이가 크기 때문에 수질 농도에 상당한 차이를 보인다. 결국 심부에서 형성되는 균열성 온천의 수질 농도가 지하수형 온천의 수질 농도보다 높게 나타난다. 그러나 최근 굴진심도가 계속 증가함에 따라, 균열성 온천과 심부 지하수형 온천의 수질도

비슷해져 가는 경향을 보인다. 최근 심도와 수질 농도의 관계를 연구한 결과, 심도가 깊어짐에 따라 성분의 증가가 거의 규칙적으로 나타나고 있음이 밝혀졌다. 결국 균열성 온천과 심부 지하수형 온천 사이에는 점이적인 관계로 나타난다.

온천수가 보통 지하수와 다르다는 점은 무엇보다도 수질에 있다. 온도의 관점에서 보면, 온천수가 식으면 지하수와 같아 질 수 있으나, 수질은 같아질 수 없기 때문이다. 온천수는 일반 지하수에 비하여 용해물질이 많으며, 그 중에는 특이한 성분이 함유되기도 한다. 이들 온천수의 수질특성은 온천의 지질적 특성이나 지열적 특성을 연구함에 있어서 중요한 역할을 하게되며, 이와 아울러 온천의 요양이나 보양 분야에 대한 비중도 더욱 증가할 것이다.

한국 온천의 수질 특성을 밝히기 위하여, 온천과 광천의 분석치를 광범위하게 수집하여 그 중



299개를 최종으로 선정하였다. 온천개발을 위한 굴착공의 수질 분석치를 비롯하여, 기존 온천의 분석치, 그리고 자연용출의 탄산천이나 광천의 수질까지 포함시켰다. 이들 분석치는 화학 성분과 온도에 의하여 6종류로 분류하였다. 화학적 성분에 의하여 탄산천, 광천 및 식염천으로, 그리고 온도에 의하여 고온, 중온 및 저온 온천으로 분류하였다.

온천의 고온, 중온 및 저온의 분류는 특수한 성분의 함유는 기대할 수 없고, 단지 온도에 의하여 온천으로 분류된 것들이다. 고온 온천은 32°C 이상으로, 중온 온천은 25°C에서 32°C까지를, 그리고 저온 온천은 25°C이하로 우선 분류하였다. 32°C란 기준은 어떤 특별한 뜻을 갖고 있는 것은 아니고, 전체적인 숫자를 고려하여 정한 값일 뿐이다.

(표 5-2) 광온천별 분석치의 통계

	탄산천	광천	식염천	고온 온천	중온 온천	저온 온천	계
분석치 자료	45	12	19	32	162	29	299

5.1 탄산천

우리 나라에는 상당수의 탄산천이 용출하고 있으나, 전국적 규모가 어느 정도인지 정확히 모르는 상태이다. 단지 전국을 통하여 60~80 지구로 추정될 뿐이다. 이들의 거의 대부분은 미개발 상태로 방치되어 있으며, 몇 개만이 온천이나 탄산천으로 이용되고 있다.

탄산천의 분포는 경북의 동남지역인 영덕, 영천, 경주 일대, 강원도의 북동지구인 정선, 평창 및 인제 일대, 그리고 충북의 충주 양성으로부터 증평, 초정, 청주를 거쳐 부강과 금남까지 뻗은 일대 등으로 넓다(그림 5-1). 수질 분석 결과의 자료중, 20개는 온천조사과정에서 얻어진 자료이며, 그 외는 대체로 자원연구소의 지열조사에서

얻어진 것이다.

탄산천의 천온은 자연용출상태에서 14 내지 16°C로 매우 낮다. 탄산천의 천온이 낮은 것은 탄산가스의 휘발성 때문으로, 가스가 방출할 때 기화열을 빼앗기 때문으로 본다. 그러나 탄산천지대에서 450 내지 800m의 심부 굴착으로 26~27°C 정도의 양수온도가 확보되어 온천으로 허가 받은 것이 상당수에 달하며, 경우에 따라서는 30°C 이상의 높은 용출 온도를 보이는 경우도 있다.

탄산천의 수질은 일반적으로 높은 성분 농도를 보이는데, TDS(총고형물)는 평균값 1,847 ppm과 최고치 8,130 ppm를 보인다. 이러한 값은 독일 요양천이나 일본의 온천법 기준인 1,000 ppm의 거의 2배에 가까운 값이다. TDS(총고형물)가 1,000 ppm미만의 탄산천은 전체의 1/3 밖에 되지 않으며, 이들의 상당 부분도 지하 천부에서 지하수와 혼합에 의하여 감소된 것으로 추정되어진다.

탄산천의 유리탄산(Free CO₂) 함량은 최저 195 ppm, 최고는 1,217 ppm로 41개의 평균치는 736.4 ppm이 된다. 대체로 자연상태에서 용출하는 탄산천은 용출 과정에서 탄산이 방출하기 때문에 함량이 매우 낮게 나타나나, 굴착에 의하여 용출되는 탄산천은 비교적 높은 함량을 보이고 있다. 이는 굴착공의 경우 상부 수백 미터가 케이싱에 의하여 차단되어 있기 때문으로 본다. 지표부근에서의 값이 낮아도 지하 심부로 들어가면, 대체로 Free CO₂ 함량은 800내지 1,000 ppm 정도로 상승할 것이다.

양이온 중에서 특징적인 것은 Ca 성분이다. Ca의 농도는 최저 3.0 ppm에서 최고 588 ppm(평균값은 256.5 ppm)로 양이온의 주성분이다. 음이온에서는 Cl이 낮은 반면, SO₄는 평균값이 267 ppm로 매우 높다. 특히 탄산 계통의 용천수임으로 HCO₃이 1,373 ppm의 평균치를 보여 대단히



높다.

한편 pH는 온천에서는 9.0이상의 알칼리성을 보이는데 반하여, 탄산천에서는 5.4~6.5의 범위를 보여 산성에 가까워지고 있다. 지열의 지시 성분으로 알려지고 있는 SiO₂는 보통 50 내지 120 ppm으로 보통의 온천보다 훨씬 높다. 특히 SiO₂의 농도는 반응 온도가 높은 경우에 높아지기 때문에, 높은 농도의 SiO₂는 지하 심부에 고온이 있음을 시사한다.

한국 탄산천의 대부분은 Ca-HCO₃의 수질조성을 보여, 일반 온천의 Na-HCO₃와는 대조적인 관계를 보인다.

탄산천의 성인이 심부형이나 혹은 천부형이나 하는 것은 아직 명확하게 밝혀지고 있지 않으나, 적어도 고온온천의 생성 심도보다 더 깊은 곳에서 생성되고 있는 것으로 추정된다. 일반적으로 총 용존물질의 농도(TDS)가 높다는 것, 그리고 SiO₂가 고온온천의 35.2 ppm에 비하여 훨씬 높은 57.1 ppm의 평균값을 보인다는 것들을 보아도 심부형일 가능성이 크다.

5.2 광천

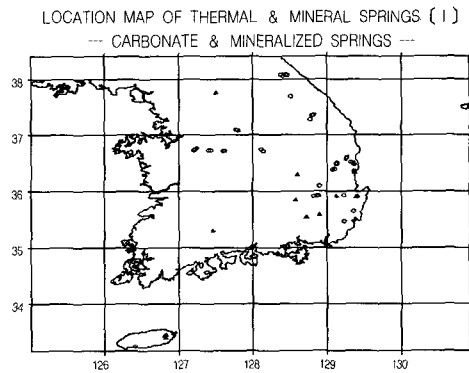
특수한 광물질이 함유된 용천을 광천으로 분류하여, 그의 기준을 TDS(총고형물) 1,000 ppm 이상으로 정하였다. 그러나 Free CO₂가 함유된 것은 탄산천으로, Na-Cl이 주성분인 것은 식염천에 분류시켰다. 이러한 조건을 갖는 용천수를 선정하였던 바, 모두 12개의 분석치가 여기에 포함되어졌다. 여기서 말하는 광천이란 일본 鑛泉과 같이 명확한 정의가 확립된 것은 아니다.

13개중 4개는 광화대의 침출수로 볼 수 있을 정도로 금속성의 용해가 강한 것들이며, 7개는 온천개발을 위한 탐사에서 얻어진 광천수이다. 이들 광천수의 수질 특성은 Ca-SO₄가 지배적이며, 그 외로 Na-HCO₃, Na-Cl의 형태가 있다.

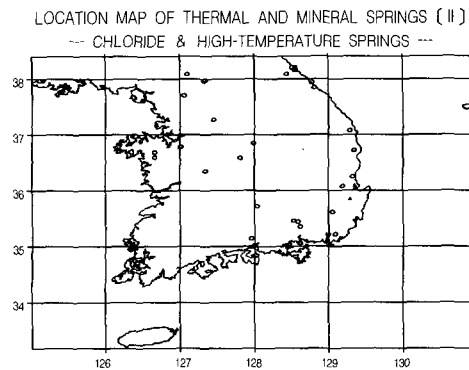
현재까지 알려진 바에 의하면, 전자의 광천들은 경북의 동남부, 영천, 경주, 포항 일대에서 자연 용출로 나타나며, 이들 광천은 광화대의 광화물질과 밀접한 관계를 갖는 것으로 추정되어 심부성일 가능성은 적다. 이들은 대개가 굴착한 흔적도 없이 자연용출 상태이기 때문에, 수량이 많지 않을 가능성이 크다.

후자의 심부 굴착공들은 가평과 대구, 및 의성에서 각각 1 개씩, 그리고 밀양 2 개공이 알려지고 있다. 제주도의 내륙지방에 있는 심부공 3 개공이 모두 여기에 속하는데, 이들은 대체로 Na-HCO₃형을 보인다.

광천의 TDS(총고형물)는 모두 1,000 ppm을 넘고 있어, 일본이나 독일의 요양천 기준에 포함시킬 수 있으며, 이에 따라 천질의 분류도 가능하다.



(그림 5-1) 광온천 분포도(탄산천 O, 광천 ▲)



(그림 5-2) 광온천 분포도(고온온천 O, 식염천 ▲)



5.3 식염천

해안가에 위치하여 해수 침투의 영향을 받고 있는 것들을 식염천으로 분류하였는데, 이의 기준은 수질조성 형태가 Na-Cl형이고, TDS(총고형물)가 1,000 ppm 이상인 것으로 하였다. 해수의 영향을 받고 있는 이들 온천의 수질은 TDS(총고형물)의 농도가 매우 높은 것은 당연하다. 그러나 그의 근원이 해수라 할지라도 장시간에 걸쳐 지층과 접촉하면서 지표로 상승하기 때문에, 수질은 해수와 상당한 차이를 보이는 것이 일반적인 현상이다.

19개의 분석치를 검토한 바, TDS(총고형물)의 평균치는 8,131 ppm으로 높다. Na와 Cl이온은 해수의 영향을 받아 당연히 높아, 1,913.6 ppm와 3,993 ppm의 평균값을 보인다. 이들의 값은 고온온천의 20 내지 30배에 달한다. Ca, Mg, Li, Sr 및 SO₄등도 함께 높은 값을 보이나, F, HCO₃, SiO₂등은 비교적 낮다. 이는 직접적으로 해수에 관계되는 성분이 아니면, 일반적으로 낮은 값을 보인다는 해석이 된다.

5.4 고온온천

온도에 의한 분류로써 고온, 중온 및 저온 온천 등이 있다. 온도에 의한 온천의 분류는 32°C 이상을 고온, 25°C에서 32°C사이의 온천을 중온, 그리고 25°C 이하의 것을 저온온천으로 정하였다.

32°C 이상의 고온온천은 모두 32개가 연구 대상으로 택해졌는데, 이들 중 몇 개는 최근 새로이 개발된 것도 포함되기는 하였으나, 거의 대부분은 균열성의 기존 온천들이 여기에 포함되었다. 해운대와 포항지역의 온천은 식염천에 포함시켰기 때문에 여기서는 제외되었다.

32°C 이상의 고온온천의 TDS(총고형물)는 최저 값인 116 ppm으로부터 최고 800 ppm의 범위를 보이며, 평균값은 263 ppm에 그치고 있다.

이 값들은 과거 온천 관계 연구논문에서 한국온천의 수질로 자주 거론되던 것들로, 한국의 온천의 수질이 저 농도라고 표현한 근거가 되는 부분이다.

TDS(총고형물) 값을 중온온천이나 저온온천과 비교해 볼 때, 온도에 따라 순차적으로 농도가 떨어지고 있다. 이는 수질 농도가 온도와 절대적인 관계를 갖고 있음을 잘 나타나고 있는 결과이다.

Na와 K의 값은 72.8 ppm와 1.7 ppm의 평균 값을 보여, 중온온천이나 저온온천에 비하여서는 약간 높다. Ca 함량은 동래, 마금산과 같은 Na-Cl형에서는 높아 47~48 ppm까지 올라가나, 그 외의 일반적인 Na-HCO₃형에서는 2 내지 10 ppm 정도로 극히 낮다. 여기서는 Ca와 온도는 역비례 관계를 보인다.

지하심부의 열을 추정할 수 있는 규산(SiO₂) 성분의 함량은 높은 것이 50 내지 60 ppm, 평균 값이 35.2 ppm으로, 중온온천에 비하여 높다.

고온온천의 수질조성 형태는 거의 대부분이 Na-HCO₃형으로 나타나지만, 남부지방의 몇 지역에선 Na-Cl형을 보인다.

독일 요양천 규정이나 일본 온천법에서는 TDS(총고형물) 값이 1,000 ppm 이하 일 때는 단순온천으로 표현하여야 한다. 이러한 규정에 따르면 중온온천이나 저온온천뿐이 아니고 고온온천에서도 모두 단순온천으로 분류되어져야 할 것이다.

5.5 중온온천

중온온천은 25°C에서 32°C의 범위에 있는 온천들이다. 온도의 하한을 25°C로 잡은 것은 현재의 온천법이 요구하는 온도가 25°C 이상이기 때문이다.

중온온천에 속하는 온천은 그 숫자가 어느 것보다도 많은데, 이는 온천을 목표로 하여 굴착을 할 때, 25°C의 기준 온도를 넘기면 대체로 굴착을 중단하기 때문에 일어나는 결과이다. 보통 심부 지



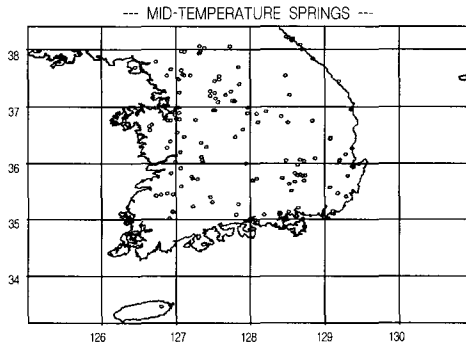
하수형의 온천은 굴진 심도가 깊어지기 때문에 작업의 위험 부담도 많아진다. 더구나 심부에서 물이 많이 나오는 맥을 만나면 굴진이 더욱 어려워진다. 이러한 이유로 말미암아 25°C 이상의 물이 나오면 굴진을 중단하는 것이 보통이다. 온천법이 정하는 합격선에 들면 그 이상의 굴진은 필요 없다는 생각에서 일어난 결과이다. 이러한 이유로 말미암아 대부분의 온천은 천온이 25°C를 약간 넘기는 선에 놓이고 있다. 25~32°C의 중온온천이 가장 많은 것도 이러한 이유 때문이다.

216 ppm가 된다. 이 값은 고온온천의 263 ppm보다 약간 낮은 값이며, 저온온천의 평균값인 190 ppm보다는 약간 높다. 다른 성분에서도 이와 비슷한 현상을 나타내고 있다.

결국 고온, 중온 및 저온의 온천들은 수질이 형성되는 양상은 거의 같으나, 단지 생성시의 온도 차이에 의하여 약간의 차이가 나타나고 있음을 보여줄 뿐이다.

중온온천도 역시 모두 TDS(총고형물)가 1,000 ppm미만으로 외국 요양천의 기준에는 미달한다.

LOCATION MAP OF THERMAQL & MINERAL SPRINGS (III)



〈그림 5-3〉 광온천 분포도(중온온천 ○)

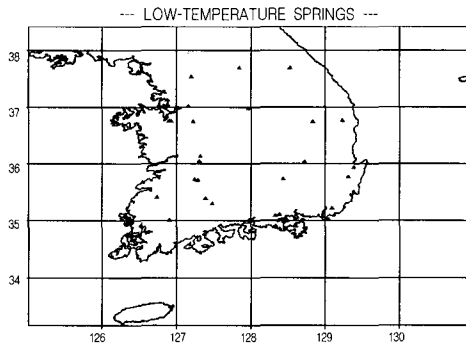
5.6 저온온천

여기서 저온온천이라고 하는 것은 온천법의 기준인 25°C가 되지 못하는 것을 말한다. 그러나 이들은 대체로 상당한 심도로 굴착하여, 25°C 이상의 온천수가 용출하는 것으로 판단하여 조사에 임하였으나, 온도 미달이 되었던 것들이다. 따라서 이들의 온도는 대체로 25°C를 약간 하회하는 것들이며, 전체적으로 보아 그 숫자는 많지 않다. 저온온천 28개가 본 연구를 위하여 택해졌다.

저온온천은 대체로 그들의 온도도 20~25°C 범위에 있기 때문에, 수질 특성은 중온온천과 약간의 차이가 있을 뿐이다. TDS(총고형물) 값이 중온에서 저온으로 오면서 감소하는 것은 앞에서 설명되었다.

Na 값은 중온에서 저온으로 오면서, 58.01ppm부터 47.85 ppm으로 낮아진다. 그러나 Ca는 14.49 ppm으로부터 15.40 ppm 증가하고 있다. 이들의 관계를 볼 때, 고온일 때는 TDS(총고형물)나 Na는 증가하고, Ca는 오히려 감소하는 것은 당연하다.

LOCATION MAP OF THERMAL & MINERAL SPRINGS (IV)



〈그림 5-4〉 광온천 분포도(저온온천 ▲)

중온온천의 수질 분석치 162개를 선정하여 해석하였다. 이들 분석치의 중요 성분 농도를 보면, TDS(총고형물)는 최저 66 ppm으로부터 최고 810 ppm까지의 분포를 보이며, 이들의 평균치는

SiO₂는 17.89 ppm으로 고온의 35.23, 중온의 21.42 ppm에 비하여 낮으며, 이들은 점진적으로 낮아지고 있다. 이와 같이 열과 관계되는 성분은 고온으로부터 중온으로, 그리고 저온으로 가면서



점진적으로 낮아지고 있는 것은 이론적으로도 타당하다.

5.7 각 광온천의 수질평균

앞에서 분류한 광온천별 6 종류의 수질특성을 알기 위하여, 각각의 평균치를 산출하여 <표 5-3>에 실었다. 이는 각 광온천의 수질적 특성을 파악하고, 이들의 수질을 상호 비교하기 위함이다. 여기에는 독일이나 일본의 療養泉 및 온천법의 기준을 함께 실어 비교토록 하였다. 물론 평균치를 기준치와 비교한다는 것은 무리일수도 있다.

TDS(총고형물)의 경우 독일이나 일본의 기준치는 1,000 ppm인데, 이 값에 들 수 있는 것은 탄산천, 광천 및 식염천뿐이며, 온도에 의하여 분류된 세 종류의 온천은 모두 이에 해당하지 못한다. 즉 현재 개발되고 있는 온천들은 모두 단순천에 해당될 뿐으로 泉質의 구분은 불가능해진다.

6. 한국 온천의 수질조성

지하수나 온천수와 같은 자연수는 양이온에서는 K, Na, Ca와 Mg, 음이온에서는 Cl, SO₄ 및 HCO₃와 CO₃의 8가지의 성분에 의하여 구성되어

진다. 그 외의 성분이 함유될지라도 그 양은 미미하기 때문에 큰 의의를 갖지 못한다. 이들 8가지의 구성비에 의하여 온천수의 수질 조성이 밝혀진다. 8가지의 성분을 epm 값으로 환산하였을 때, 양이온과 음이온의 합은 같아지게 된다. 이들 epm 값을 전체의 백분율로 표현하였을 때, 그 비율이 가장 높은 값을 보이는 것이 그 물의 성질을 지배하는 성분이 된다. 이 비를 쉽게 알기 위하여 Piper Diagram이 흔히 이용되어진다.

탄산천 : 탄산천의 수질을 Piper Diagram에 표시하면, 대부분 능형 다이아그램의 좌편 상부에 놓이게 되는데, 이는 음이온에서는 탄산계통(CO₃+HCO₃)이, 그리고 양이온에서는 Ca(혹은 Mg)가 지배적인 성분이 되어, 수질 조성은 Ca-HCO₃형이 된다. 그러나 경우에 따라서는 Ca 대신에 Na의 비가 높아지는 경우도 있는데, 이들은 강원도의 북부에 있는 귀둔, 오색등의 탄산천에서 나타나 Na-HCO₃형을 보인다. 이러한 형태는 고온 온천의 수질 형태와 비슷하다.

경남북 지방의 탄산천들은 대부분이 Ca-HCO₃형을 보이는 가운데, 곳에 따라서 SO₄가 지배적인 성분으로 나타난다. 이는 경남북지방에서 잘 나타나는 유화광물의 광화대와 어떤 관련을 갖고

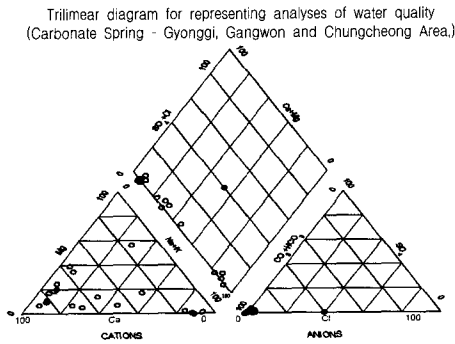
<표 5-3> 광온천별의 성분 평균치

	Depth (m)	Temp (°C)	pH (ppm)	EC(m, mho)	TDS (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Li (ppm)	Sr (ppm)	Al (ppm)	Br (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cl (ppm)	SO ₄ (ppm)	PO ₄ (ppm)	F (ppm)	HCO ₃ (ppm)	CO ₃ (ppm)	H-CO ₂ (ppm)	H ₂ S (ppm)	SiO ₂ (ppm)
탄산천	611	19.15	6.17	2114	1847	10.09	256.71	256.46	57.55	10.39	1.01	1.51	3.29	0.00	0.00	0.00	0.03	6.14	36.97	261.60	0.00	1.85	1409.92	0.13	736.36	0.00	57.10
광천	795	26.67	6.33	2556	1955	5.08	202.61	107.98	23.83	67.12	11.36	0.28	0.88	0.00	0.00	0.00	0.01	0.30	213.82	898.34	0.00	3.11	325.98	1.38	11.76	0.02	49.58
고온온천	637	40.82	8.82	387	263	1.70	72.97	8.82	0.47	0.02	0.00	0.11	0.05	0.01	0.00	0.00	0.05	48.29	21.80	0.00	7.41	80.07	9.43	0.55	0.80	35.23	
중온온천	653	26.99	8.91	352	216	1.10	58.01	14.49	1.28	0.03	0.01	0.09	0.22	0.00	0.00	0.00	0.08	30.56	28.46	0.00	6.82	90.56	10.25	1.41	0.12	21.42	
저온온천	561	19.62	8.54	288	190	1.30	47.85	15.40	1.53	0.03	0.01	0.10	0.07	0.01	0.00	0.00	0.23	15.62	19.23	0.00	4.38	108.92	9.29	2.51	0.06	17.89	
식염온천	649	31.25	7.74	10369	8131	16.85	1913.58	552.07	132.27	0.19	0.52	0.87	13.15	0.00	0.00	0.01	0.18	0.76	3993.5	626.01	0.00	2.75	151.91	0.62	6.26	0.33	21.82
독일療養泉	20.0				1000					10.00	10.00	1.00	10.00		5.00	-						2.00	-		250	1.00	-
일본温泉法	25.0				1000					10.00	10.00	1.00	10.00		5.00	-						2.00	<340>		250	1.00	50.00
일본療養泉	25.0				1000					20.00	-	-	-	100	-	1.00						-	-		1000	2.00	-

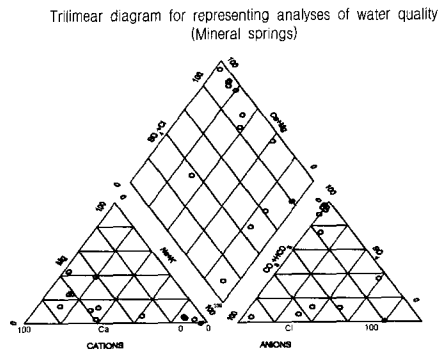
<단위> Depth : m, Temp : °C, 기타 : ppm



있는 것으로 보인다. 경남북 지역에서는 Na-HCO₃형은 나타나지 않는다.



〈그림 6-1〉 Piper Diagram(탄산천)



〈그림 6-2〉 Piper Diagram(광천)

탄산천의 수질 형태가 Ca-HCO₃형을 보이는 것과 비슷하게, 천부 지하수에서도 Ca-HCO₃형의 수질이 잘 나타나기 때문에 주의를 요한다. 이의 판단은 전체적인 용존성분과 심도 등의 검토로 가능하다. 〈그림 6-1〉은 Piper Diagram의 한 예로써 경기, 강원 및 충청 북의 탄산천들이다.

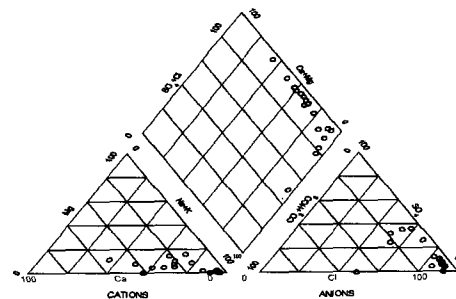
광천 : 광천들의 수질 조성 형태는 〈그림 6-2〉의 Piper Diagram에 실었다. 그래프에서 보면, 수질 형태는 크게 두 개의 그룹으로 분류되어진다. 하나는 Ca와 SO₄가 절대적인 위치를 차지하는 형태이며, 또 하나는 Na가 우세한 형태이다.

전자는 경북 지방의 광화대에서 볼 수 있는 것으로, 이들은 광화대 내에 부존하는 금속 광화물질로부터 침출되어 나온 지하수이다. 이들과는 기원이 다른 광천수가 비슷한 성질을 보이면서 나타나는데, 이들은 Ca의 함량비가 조금 떨어지는 것으로 대구의 두류, 밀양의 송백과 위량등의 심부공들이다. 그러나 이들 3개의 음이온 함량비는 위의 것들과 큰 차이가 없다. Na+K의 함량비가 80%를 넘는 것은 모두 4개로, 이들 광천은 의성의 봉양과 제주도 내륙 지방의 심부공들이다. 이들은 수질 형태가 고온 온천의 것들과 많이 닮고 있다.

식염천 : 수질조성의 형태는 거의 전부가 Na-Cl형인 것은 당연하다(그림 6-3). 그러나 Na와 Ca가 곳에 따라 치환하여 Ca-Cl의 형태를 보이는 것도 있으며, 이들의 관계는 점이적인 변화를 보인다.

고온온천 : 고온온천의 수질 특성을 알기 위한 Piper Diagram은 〈그림 6-4〉에 실었다. 대부분의 수질은 다이어그램의 우측 하단에 놓여지는데, 이는 수질의 특성이 Na+K의 함량비가 80~90%를 넘고 있기 때문에 일어난 결과이다. 한국온천의 특성 중에서 Na(+K)의 함량비가 높

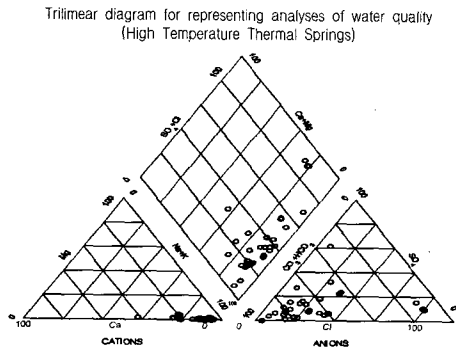
Trilinear diagram for representing analyses of water quality
(Chloride Thermal Water)



〈그림 6-3〉 Piper Diagram(식염천)



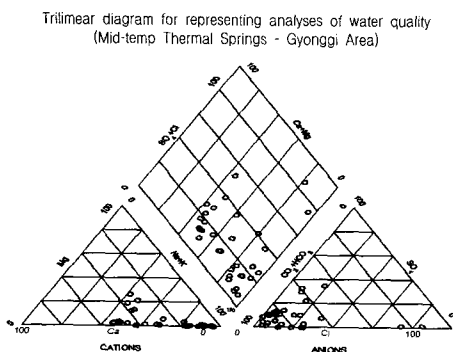
은 것일수록 온천의 온도가 높다. 여기서도 대체로 고온 온천일수록 Na비가 높다.



〈그림 6-4〉 Piper Diagram(고온온천)

여기에는 Na-Cl 형의 수질이 몇 개 포함된다. 이는 경남지방의 고온 온천으로 동래, 마금산 등으로, 해수와는 직접적인 관계는 없는 것들로 오히려 심부의 마그마에 기원을 두는 것으로 보인다.

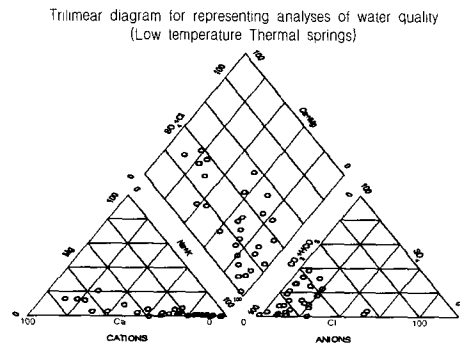
중온온천 : 162개에 달하는 중온온천의 수질조성을 알기 위한 Piper Diagram의 작성은 각 지역별로 작성되었지만, 여기서는 〈그림 6-5〉에 경기도지역의 것만 실었다. 전체적으로 보아 Na-HCO₃형이 우세하나, Ca의 비율이 고온 온천에 비하여 증가하여 Ca-HCO₃형을 보이는 것도 있



〈그림 6-5〉 Piper Diagram(중온온천 : 경기)

다. 이는 대체로 상부 지하수의 영향이 어느 정도 미치고 있는 것으로 보인다. 그러나 음이온에서는 HCO₃이 지배적인 것이 많으며, SO₄나 Cl의 함량 비율은 낮은 편이다.

다른 지역도 전체적으로 큰 차이 없이 Na-HCO₃형이 우세한 속에서 Ca의 함량 증가를 볼 수 있다. 특수한 경우로 Na-Cl형도 몇 개 있는데, 이는 대체로 해안에서 가까운 지역에서 해수의 영향이 약하게 미치고 있기 때문일 것으로 보인다.



〈그림 6-4〉 Piper Diagram(저온온천)

저온온천 : 저온온천의 수질조성은 그림 6-6에서 볼 수 있는 바와 같이, Na-HCO₃형으로부터 Ca-HCO₃형으로 점이적으로 변하고 있다. 이는 천부 지하수의 영향이 증가하고 있음을 의미한다. 온도에 의한 분류인 고온, 중온 및 저온의 온천들을 비교할 때, 고온일수록 양이온의 Na+K 비가 높으며, 온도가 낮아질수록 Ca가 증가하는 경향을 보인다. 이는 양이온의 함량비가 온도와 밀접한 관계를 갖고 있음을 의미한다.

〈다음호에 계속〉
(원고 접수일 1999. 11. 11)