

포항지역 지열수에 대한 지화학적 고찰

김통권 · 이진수 · 이승구 · 송윤호

한국지질자원연구원 (tkkim@kigam.re.kr)

<요약문>

To investigate the evidence for the influence of sea water on Pohang geothermal groundwater, the chemical data for geothermal groundwaters from which are pumped during 48 hours and other hot groundwaters, another groundwater on the well for the purpose of agriculture, were considered. And to predict possible the secondary mineral which are easily to make the clogging, geochemical modeling was carried out using EQ3NR equilibrium solubility code. The results are that 1.4%~3.3%(bulk composition) of sea water were mixed with geothermal groundwater. From the well logging data, when the level of groundwater is draw down, the conductivity is increased in the geothermal groundwater, the existence of transition zone are recognized in the well. The predicted possible secondary minerals are Antigorite [$Mg_48Si_{24}O_{85}(OH)_{62}$], Chrysotite [$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$], Cristobalite, Dolomite, Talc, Tremolite. The recommended cooling temperture of best condition to minimize the production of secondary minerals is same as temperature of geothermal water pumped from the well.

key word : geothermal groundwater, transition zone, secondary mineral

1. 서론

최근 지질자원연구원에서는 대체에너지 개발사업의 일환으로 경북 포항지역에서 지열자원의 활용을 위한 연구사업을 수행중이다. 유가 상승으로 인해 대체에너지 개발이 시급한 이때에, 포항지역에서 개발하고자 하는 지열수의 활용은 매우 의미 있는 일이라 볼 수 있다. 이 연구에서는 지열수의 양수에 따른 화학성분 변화와 주변 온천수에 대한 지화학적 특성, 농업용수를 위해 개발된 인근관정의 수질 특성자료를 토대로, 포항 지열수의 지구화학적 특성을 밝혀내고자 하였다. 그리고 조사공내 온천수의 전기전도도를 비롯한 Cl과 Na의 고농도는 해수의 영향일 가능성이 있기 때문에, 이를 지화학적으로 밝혀내고자 한다. 그리고 평형모델링에 의해 지열 사용 후 냉각에 따른 2차 침전 광물의 종류를 예측하였다. 뿐만 아니라 지열수 활용에 따른 clogging을 최소화 할 수 있는 냉각 온도를 예측하고자 시도하였다.

2. 시료 채취 및 연구방법

포항지역 지열수를 얻기 위한 과정 중에 지하 1300m까지 굴진한 후 48시간동안 양수실험을 수행하

였다. 양수실험을 하면서 총 12개의 시료를 채취하여 현장에서 온도, pH, 전기전도도, Eh, DO, HCO₃, CO₂ 함량을 측정하였다. 실내 분석을 위한 물 시료는 현장에서 pore size가 0.45 μ m인 여과지로 부유물을 제거한 후, 각각 100ml 용량씩 2개의 폴리프로필렌병에 담아 밀봉 운반하였다. 이 때 1개의 시료는 고 순도의 진한 질산으로 처리하여(pH 2이하) 주로 양이온과 금속이온의 분석에 사용하였고, 다른 하나는 산처리를 하지 않고 실내 음이온의 분석에 사용하였다.

3. 결과 및 토의

분석결과 지하수의 형태(그림a)는 Na-Cl-HCO₃이며 현장 지열수의 온도는 47.5 $^{\circ}$ C에서 45.3 $^{\circ}$ C까지 감소하였다. 수소이온농도는 7.9에서 8.2로 증가하였으며 Eh는 87mV에서 184mV까지 증가하다가 -30mV로 다시 감소하였다. 중탄산이온의 양은 903mg/L에서 1,129mg/L로 증가하였으며 free CO₂의 양은 48mg/L에서 24mg/L로 감소하였다. 양이온의 함량변화는 양수할수록 대부분의 원소들이 감소하는 특성을 보이며 특히 Na성분은 1200mg/l에서 611mg/L로 급격히 감소한다. 마찬가지로 음이온의 함량도 양수할수록 감소하는 경향을 보여준다. 이러한 사실은 양수할수록 심부지하수보다 천부의 지하수가 유입된다고 볼 수 있다. Aquachem program에 의하면 이들 지열수의 해수 함량 비는 1.4%~3.3%(bulk composition)로 나타났다. 또한 EQ3NR program에 의한 지열수의 포화광물은 Antigorite [Mg₄₈Si₂₄O₈₅(OH)₆₂], Chrysotite [Mg₃Si₂O₅(OH)₄], Cristobalite, Dolomite, Talc, Tremolite로 예측되었다. 여기서 1.4%~3.3%의 해수에 함유된 Mg성분과 비교해 볼 때 지열수내의 Mg 함량은 아주 작은 값이지만 여전히 Mg 함유광물이 포화된다는 사실은 특이한 현상이다. 그리고 본 지열수공의 대수층의 특성을 알기 위해 물리검층 자료를 검토하였다. 장기 양수실험에 의해 지하수의 수위가 150m 하강했을 때의 전기전도도 값이 550 μ s/cm에서 1500 μ s/cm으로 950 μ s/cm만큼 감소하였다. 이런 현상은 담수층과 해수층이 혼합되어 형성되는 전이대(transition zone)의 존재를 말해준다. 한편 지열수를 활용한 후 온도가 떨어졌을 때 생성되는 2차 침전물을 최소화하는데 적당한 최적의 냉각온도는 EQ6 reaction path program에 의해 예측되지 못하였다. 이는 지열수가 냉각될수록 2차 침전광물이 더 많이 형성됨을 의미한다.

4. 결론

포항지역의 지열수의 지화학적 특성은 해수성분이 양수초기에는 3.3%를 함유하며 양수 종료시점의 지열수에는 1.4%의 해수 혼합율을 보여주며 물리검층 자료에 의하면 지하수수위 하강에 따른 전기전도도가 감소하는 사실은 전이대(transition zone)의 존재를 나타낸다. EQ3NR program에 의한 지열수의 포화광물은 Antigorite [Mg₄₈Si₂₄O₈₅(OH)₆₂], Chrysotite [Mg₃Si₂O₅(OH)₄], Cristobalite, Dolomite, Talc, Tremolite로 예측되었다. EQ6 reaction path program에 의해 지열수 활용 후 최적 냉각온도는 예측하고자 했으나 냉각할수록 2차 침전광물의 수가 증가되는 모사결과를 얻었다.

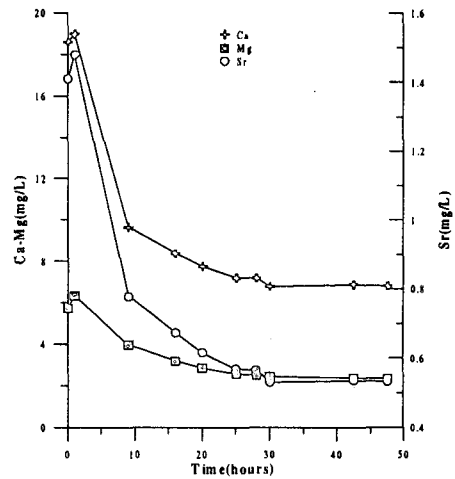
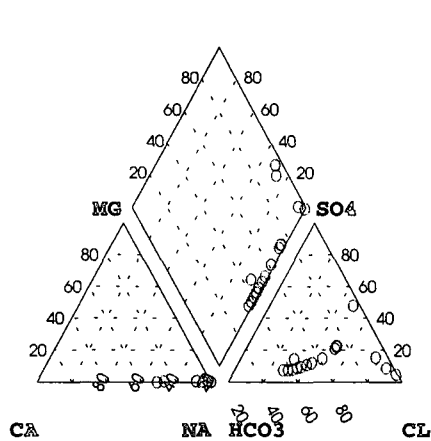


그림. Piper diagram(a) and variation chemical components vs pumping time(b).

5. 참고문헌

- 1) 문상호 이철우 성기성 김용제, 온천공조사보고서(포항성곡지구), 한국자원연구소 2000. 62p
- 2) 김통권 이현구 김용욱 신현모 조춘희 영광 백수지역의 해수영향에 의한 수리지화학적 특성 한국 자원환경지질학회, 대한지질학회 춘계공동학술발표회 2002. p89-90
- 3) Wolery, T. J. EQ3NR, Acomputerprogram for geochemical aqueous speciation-solubility calculations: User's Guide and documentation, NNLN, CA. UCRL-53414, 1983
- 4) Wolery, T. J. EQ6, Acomputerprogram for reaction-path modeling of aqueous geochemical systems: User's Guide and documentation, NNLN, CA. UCRL-53415, 1985