# 하동 상촌리 회장암 모암의 열수광맥형 금광상에 대한 반응 경로 모델링 연구

박맹언[1] · 성규열[1] · 윤성택[2]

## 1. 서 언

광화유체는 냉각, 비등 및 암석과의 반응에 의해 화학적 특성이 변화되고, 그 결과 각종 광석광물과 맥성광물이 침전된다. 그러나 열수용액에서의 반응 특성은 그 양상이 다성분·다상의 불균질 매체에 대한 것이기 때문에 자연현상과 동일 조건의 재현실험에 의해 파악하는데는 한계가 있다. 이러한 실험적 연구방법의 난점을 극복하고 유용광물의 침전 메카니즘을 정량적으로 파악하는 방법은 암석의 화학조성과 자연에서 유사하게 조성된 용액(열수 및 지표수)을 설정하여 열역학 데이터에 의한 수치 반응 모델링을 이용하는 연구가 효과적이다. 모암규제에 의한 금·은 광상성인을 규명하기 위해 열역학 데이터를 이용한 지구화학적 수치 반응 모델링을 수행하여, 상이한 모암의 종류에 따른 열수계의 진화양상과 그에 따른 엘렉트럼과 황화광물의 침전 기구 및 엘렉트럼 성분에 영향을 주는 요인 등을 규명하고, 그 결과를 야외조사 및 실험결과와 대비하였다.

## 2. 공생광물

상촌광산은 회장암내의 남북방향으로 발달된 단층 파쇄대를 충진한 함금 열수 석영맥광상으로서, 열수맥은 견운모+석영±카오리나이트±녹니석의 넓은 변질대(약 2m)를 형성한다. 광화작용은 각력화, 절단관계 및 공생광물군을 달리하는 2회의 광화시기로 구분된다. 광화 제 1기는 강한 모암변질을 수반한다. 주로 석영과 황철석으로 구성되며 소량의 황동석, 방연석, 섬아연석 등이 공생한다. 광화 제 2기는 전기와 같은 황화광물을 비롯하여 엘렉트럼과 아칸다이트가 수반된다. 엘렉트럼의 Au/Ag 값(wt. %)은 0.84~2.32의 범위를 나타낸다. 유체 포유물에 대한 연구결과, 엘렉트럼을 수반하는 광화 제 2기에서 비등현상이 관찰되며, 균질화 온도는 140° ~ 310℃, 염농도(NaCl 상당농도)는 1.2~7.5wt. %이다.

## 3. 반응 경로 모델링

실험적 방법에 의해 밝혀진 자료를 바탕으로 회장암과 열수간의 반응, 광화유체의 단순 냉각 및 비등을 수반한 냉각에 대한 각각의 수치 반응 모델링 연구를 수행하였다. 그 결과, 비등에 의한 모델링 결과가 황화광물 및 변질광물의 침전, 엘렉트럼의 Au/Ag 값 등에서 실

---

**주요어: 열수 금광맥, 반응 경로 모델링, 상촌광산, Au/Ag 비, 냉각 및 비등**

1) 부경대학교 환경지질과학과 (mepark@pknu.ac.kr, sungky@mail1.pknu.ac.kr)
2) 고려대학교 지구환경과학과 (styun@kuccnx.korea.ac.kr)

험적 연구결과와 가장 일치되는 양상을 보여준다. 회장암과 열수간의 적정반응은 주로 백운모, 석영을 형성하고 소량의 황철석이 수반되는 모암의 변질 특성을 반영한다. 단순 냉각에 대한 모델링 결과는 300° ~ 250℃로 냉각되는 과정에서 백운모, 석영 및 황철석을 형성하나, 250℃이하에서 pH가 감소됨에 따라 카오리나이트, 황동석, 섬아연석 및 방연석이 침전된다. 또한 초기 높은 Au/Ag 값을 갖는 엘렉트럼이 냉각과 함께 그 값이 감소되며, 특히 아칸다이트의 침전과 더불어 최소값을 나타낸다. 유체포유물 실험 결과 250℃이하에서 비등에 의한 특징이 관찰되기 때문에 수치 모델링에서도 동일한 열수를 250℃까지 냉각한 후, 250℃ 이하에서는 비등을 수반한 냉각 계산을 실시하였다. 그 결과 황화광물과 카오리나이트는 냉각과 함께 단계적으로 침전함량이 변화하며, 특히 250° ~ 240℃ 범위내에 가장 많은 엘렉트럼 침전량을 나타내었다.

지구화학적 수치모델링은 광화유체의 화학적 변화를 연속적으로 파악하고 엘렉트럼 침전 조건을 정량적으로 규명할 수 있기 때문에, 연구 결과는 유사형태의 열수계에서 형성된 열수기원 금·은 광상의 성인과 탐광을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다. 특히 회장암 모암의 열수맥형 광상의 변질 특성과 열수계의 단순냉각 및 비등에 따른 금·은 광상의 침전 메카니즘을 해석하는데 매우 유용한 자료가 된다.

## 참고문헌


1. 박맹언, 최인식, 김진섭, 1992, 유문암-열수 반응과 유광 견운모 광상의 성인, 광산지질, 제25권, pp. 225-232.
2. 최인식, 박맹언, 1990, "하동 상촌 금광상의 성인에 관한 연구", 제23차 대한광산지질학회 발표논문집, 대한광산지질학회, 고려대학교, 1990년 4월 20일, 서울, p. 12.
3. Gammons, C.H., and Williams-Jones, A.E., 1997, "Chemical Mobility of Gold in the Porphyry-Epithermal Environment", *Economic Geology*, Vol. 92, pp. 45-59.
4. Plumlee, G.S., 1994, "Fluid Chemistry Evolution and Mineral Deposition in the Main-Stage Creede Epithermal System", *Economic Geology*, Vol. 89, pp. 1860-1882.
5. Reed, M.H., 1982, "Calculation of Multicomponent Chemical Equilibria and Reaction Processes in Systems involving Minerals, Gasses and Aqueous Phase", *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 46, pp. 513-528.
6. Spycher, N.F, and Reed, M.H., 1989, "Evolution of a Broadlands-Type Epithermal Ore Fluid along Alternative P-T Paths: Implications for the Transport and Deposition of Base, Precious, and Volatile Metals", *Economic Geology*, Vol. 84, pp. 328-359.
7. Spycher, N.F., and Reed, M.H., 1998, "Soltherm Data Base for Program Soveq, Minsolv, Chiller, Geocal and Kcal" (*Personal Communication*).