충남, 청양 구봉광산일대의 중열수 금-은석영맥 광상에서 산출되는 유체포유물의 Chronology와 P-V-T-X 연구

이현구[1] · 유봉철[2]

1. 서론

연구지역은 천안광화대의 서부지역에 속하며 과거 남한 최대규모의 금광상으로 알려진 구봉광산이 위치하고 있다. 구봉광산일대에는 과거 채굴흔적이 남아 있는 많은 갱들이 분포한다. 이들 갱들은 선캠브리아기의 변성퇴적암류내에 발달된 구조대에 배태되며 높은 CO_2, CH_4, N_2 함량을 갖는 고온, 고압형의 특성을 갖는다. 이런 특징을 갖는 것들은 일반적으로 단순한 광물조성과 매우 높은 금함량으로 인하여 상대적으로 경제성이 매우 높은 광상으로 잘 알려져 있다.

이 많은 갱들중 대사갱, 봉암2갱, 봉암1갱 및 군량갱만이 광석시료를 채취할 수 있다. 대사갱은 구봉광산의 주작업장이었으며 맥의 주향과 경사는 EW 내지 N30-60° E, 20-50° S, 평균맥폭은 1-1.5m이다. 봉암2갱은 대사갱에서 북동방향으로 1km 떨어진 곳에 위치하며 노두에서 관찰되는 맥폭은 1.5m이다. 이 맥의 주향과 경사는 N45° E, 25° SE이다. 봉암1갱은 봉암2갱으로부터 북동방향으로 1km 떨어진 곳에 위치하며 맥의 주향과 경사는 N50-70° W, 25° SW이다. 군량갱은 대사갱에서 북동쪽으로 4km 떨어진 곳에 위치하며 맥의 주향과 경사는 N70° E, 25° SE이다. 대사갱, 봉암2갱 및 군량갱은 주향과 경사가 비슷하나 봉암1갱은 전혀 다른 방향의 주향과 경사를 갖는다. 이러한 서로 다른 방향성을 갖는 맥들이 동일 기원에서 유래되었는지 아니면 서로 다른 기원에서 유래되었는지는 야외에서 직접 맥의 연장성을 확인하지 않고는 알 수가 없다. 그러나 야외에서도 맥의 연장성을 확인하기란 매우 곤란하므로 이들 갱의 물리화학적 생성환경을 밝힘으로써 간접적으로 맥의 생성환경 및 기원을 해석할 수 있을 것이다. 필자들은 이미 이들 갱에 대한 광물조합 및 광물화학에 대해 발표(이현구와 유봉철, 1998)한 바 있으나 유체포유물에 대한 자세한 연구는 발표하지 않았다.

따라서 이번 연구에서 대사갱, 봉암2갱, 봉암1갱 및 군량갱에 대한 지질 및 광상뿐만 아니라 주로 유체포유물의 상대적 생성시기(chronology)에 따른 산출형태 및 P-V-T-X 연구를 실시함으로서 이들 갱의 광화유체의 물리화학적 성질을 규명코자 한다.

2. 유체포유물 기술 및 실험

대사갱, 봉암2갱, 봉암1갱 및 군량갱의 석영맥들은 회색석영, 백색석영 및 투명석영으로 구성된다. 이 석영맥들은 괴상구조, 각력구조, 정동구조등이 관찰되며 구조운동에 의해 심하

주요어 : 유체포유물, 상대적인 생성시기, 균일화온도, 몰체적, 밀도, 압력

1) 충남대학교 지질학과(phklee@cuvic.cnu.ac.kr)
2) 충남대학교 지질학과(s_chbong@hanbat.cnu.ac.kr)

계 파쇄되어 있다. 대사갱, 봉암2갱 및 봉암1갱은 백색석영내의 열극을 따라 투명석영이 관찰되나 군량갱은 단일백색석영으로 구성되어 있다. 유체포유물의 측정에는 백색석영과 투명석영을 대상으로 하였다. 이 갱들에서 관찰되는 유체포유물의 종류는 I형 포유물(CO_2(L, V)), II형 포유물(H_2O(L) + CO_2(L, V)), IV형 포유물(H_2O(L)) 및 V형 포유물(H_2O(L) +H_2O(V))이 있으며 군량갱에선 III형 포유물(H_2O(L) + CO_2(L) + CO_2(V))도 관찰된다. 유체포유물의 상대적인 생성시기(chronology)는 I, II 및 III형 포유물은 V형 포유물에 의해 교차된다. 또한 V형 포유물은 봉합된 열극을 따라 여러번의 상대적인 생성시기를 갖는 포유물들이 관찰된다. 야외 및 실내에서 광석조직 및 광석광물의 공생관계를 통한 광화 작용과 유체포유물의 관계성을 기초로, 대사갱, 봉암2갱 및 봉암1갱은 I, II 및 III형 포유물이 주광화작용의 유체와 관계되며 V형 포유물은 광화작용 말기의 유체와 관련되며 군량갱은 I, II 및 III형 포유물이 주 광화작용의 유체와 관계된다. 이 V형 포유물은 가열시 액상으로 균일화되었다가 다시 새로운 상이 형성되어 최종적으로 기상으로 균일화된다. 이런 현상은 액상의 불혼합(unmixing)에 의해 <10% 정도의 새로운 immiscible 액상이 형성된 것을 의미한다. 그러므로 이것은 광화작용이 진행됨에 따라 H_2O-CO_2-CH_4-NaCl계 유체로부터 H_2O-NaCl계로 진행되었음을 시사한다. 냉각실험시, 각 갱별 Tm-carb., Th-carb. 및 Tm-clath.를 살펴보면, Tm-carb.는 봉암1갱이 대사갱, 봉암2갱 및 군량갱보다 높으며 Tm-clath.는 모든 곳에서 큰 차이가 없다. 유체포유물의 종류별 Tm-carb, Th-carb. 및 Tm-clath.를 살펴보면, I, II 및 III형 포유물의 Tm-carb.(℃)는 대사갱(-58.9 ~ -57.4, -60.9 ~ -56.8), 봉암2갱(-61.1 ~ -58.4, -61.8 ~ -57.6), 봉암1갱(-63.1 ~ -58.3, -63.7 ~ -58.0) 및 군량갱(-60.2 ~ -57.0, -63.2 ~ -56.2, -57.7 ~ -56.2)이며 Th-carb.(℃)는 대사갱(11.3 ~ 25.2, 4.0 ~ 21.3), 봉암2갱(2.2 ~ 17.4, 8.3 ~ 22.9), 봉암1갱(-9.9 ~ 16.2, 7.6 ~ 21.2), 군량갱(-1.3 ~ 28.4, -16.4 ~ 28.4, 18.8 ~ 28.4)로서 대사갱의 Tm-carb. 값이 다소 낮게 나타난다. 또한 Th-carb. 값은 봉암1갱과 군량갱이 다소 높게 나타난다. Tm-clath.(℃)는 모든 곳에서 유체포유물의 종류에 관계없이 차이가 관찰되지 않는다. V형 포유물은 40℃에서 V_{H2O}의 몰체적이 대사갱, 봉암2갱 및 군량갱에서 0.2 이하로 액상 충진형 유체포유물이나 봉암1갱에선 0.4 이하인 액상 충진형 유체포유물과 0.6 이상인 기상 충진형 유체포유물이 관찰된다. V형 포유물의 Ti-ice는 모든 광산 및 갱들에서 -26.6 ~ -15.7℃로서 주로 해리된 염이 NaCl과 KCl임을 알 수 있다. V형 포유물의 Tm-ice(℃)는 -18.7 ~ 0.0(대사갱), -11.2 ~ -0.2(봉암2갱), -13.7 ~ -1.2(봉암1갱), -13.1 ~ -0.2(군량갱)으로 대사갱이 높게 나타나며 상대적 생성시기에 따른 Tm-ice(℃) 값은 증감의 변화가 관찰된다. II, V 및 III형 포유물의 균일화온도(℃)는 264.5 ~ 432.1, 156.4 ~ 350.2(대사갱), 251.2 ~ 394.1, 147.5 ~ 298.4(봉암2갱), 244.3 ~ 384.1, 148.9 ~ 398.7(봉암1갱), 258.3 ~ 402.4, 130.2 ~ 272.2, 272.0 ~ 349.0(군량갱)로서 II형 포유물의 균일화온도는 비슷하나 V형 포유물의 균일화온도는 봉암1갱에서 높게 나타난다. V형 포유물의 상대적 생성시기에 따른 균일화온도 자료를 살펴보면, 후기로 감에 따라 온도가 감소하였음을 알 수 있다. 이 자료를 이용하여 광화작용과 관련된 유체포유물의 구성성분을 계산하면 다음과 같다. I형 포유물의 XCO_2와 XCH_4 값은 0.91 ~ 0.94, 0.06 ~ 0.09(대사갱), 0.82 ~ 0.93, 0.07 ~ 0.82(봉암2갱), 0.68 ~ 0.94, 0.06 ~ 0.32(봉암1갱), 0.66 ~ 0.98, 0.02 ~ 0.34(군량갱)으로 봉암1갱과 군량갱에서 XCH_4가 높게 나타난다. II과 III형 포유물의 XH_2O, XNaCl, XCO_2, XCH_4 값은 0.45 ~ 0.97, <0.01 ~ 0.01, 0.02 ~ 0.51, <0.01 ~ 0.07(대사갱), 0.63 ~ 0.84, <0.01, 0.13 ~ 0.33, <0.01 ~ 0.05(봉암2갱), 0.67 ~ 0.85, <0.01, 0.13 ~ 0.29, 0.02 ~ 0.05(봉암1갱), 0.51 ~ 0.98, <0.01 ~ 0.01, 0.01 ~

0.46, <0.01 ~ 0.03(II형 포유물), 0.49 ~ 0.97, <0.01 ~ 0.01, 0.03 ~ 0.50, <0.01 ~ 0.02(III형 포유물)(군량갱)로서 XCO_2 값이 대사갱과 군량갱에서 높으나 XCH_4 값은 모든 갱에서 비슷하다. II, V 및 III형의 염농도(wt.%)는 1.2 ~ 6.8, 14.3 ~ 21.5(대사갱), 2.0 ~ 4.7, 8.8 ~ 15..2(봉암2갱), 1.2 ~ 11.2, 3.9 ~ 5.6(봉암1갱) 1.0 ~ 11.7, 2.2 ~ 10.3(군량갱)로서 II형 포유물의 염농도(wt.%)는 봉암1갱과 군량갱에서 높게 나타난다. V형 포유물의 염농도는 대사갱과 봉암2갱이 높게 나타난다. 또한 V형 포유물의 상대적인 생성시기에 따른 염농도(wt.%)는 시간이 지남에 따라 증감을 반복한다. I, II 및 III형 포유물의 Vbulk(cm^3/mol) 값은 55.61 ~ 134.2, 19.33 ~ 38.51(대사갱), 53.42 ~ 62.50, 24.51 ~ 41.00(봉암2갱), 51.88 ~ 114.20, 29.67 ~ 40.43(봉암1갱), 55.35 ~ 136.17, 19.51 ~ 37.10, 19.57 ~ 49.40(군량갱)로서 모든 갱에서 유체압력이 거의 비슷하였음을 보여준다. V형 포유물의 Vbulk(cm^3/mol) 값은 20.32 ~ 25.22(대사갱), 19.52 ~ 24.37(봉암2갱), 19.48 ~ 33.67(봉암1갱), 19.15 ~ 22.73(군량갱)로서 봉암1갱의 몰체적이 높게 나타난다. 또한 V형 포유물의 상대적인 생성시기에 따른 Vbulk(cm^3/mol) 값은 유체포유물의 몰체적이 시간이 경과됨에 따라 증감을 되풀이 한다. 유체포유물의 형성 최소압력은 구하는 공식에 따라 차이가 있다. 대사갱, 봉암2갱, 봉암1갱 및 군량갱의 I형 포유물의 형성 최소압력은 형성온도가 350℃로 가정하여 구하면 416 ~ 1640bar(대사갱), 1292 ~ 1819bar(봉암2갱), 536 ~ 1988bar(봉암1갱), 410 ~ 1627bar(군량갱)이며 II형과 III형 포유물의 최소압력(bar)은 636 ~ 3317(대사갱), 1694 ~ 2315(봉암2갱), 2335 ~ 2886(봉암1갱), 764 ~ 3153, 1135 ~ 3015(군량갱)로서 이런 유체압력의 큰 변화는 상분리의 원인이 되어진다.

3. 결론

이상의 실험 결과와 모암변질(규화작용, 견운모화작용, 녹니석화작용, 황철석화작용), 광석광물의 종류(유비철석, 자류철석, 황철석, 섬아연석, 황동석, 방연석등) 및 화학조성, 안정동위원소($\delta^{34}S$(‰) : 5.2 ~8.5(대사갱), 5.3 ~ 9.5(봉암2갱), 5.8 ~ 8.0(봉암1갱), 6.3 ~ 8.6(군량갱), $\delta^{18}O$(‰) : 12.2 ~ 13.6(대사갱), 13.5 ~ 14.3(봉암2갱), 12.1 ~ 13.6(봉암1갱), 12.1 ~ 13.6(군량갱), δD(‰) : -44 ~ -31(대사갱), -48 ~ -42(봉암2갱), -40 ~ -38(봉암1갱), -54 ~ -21(군량갱)자료를 종합하면, 대사갱, 봉암2갱, 봉암1갱 및 군량갱은 서로 다른 방향의 구조대에 배태되나 광화유체는 동일 기원으로 생각된다. 또한 대사갱, 봉암2갱, 봉암1갱 및 군량갱의 모암변질 및 주광화작용은 H_2O-CO_2- CH_4-NaCl계의 유체가 모암과의 반응에 의한 온도의 감소와 유체압력의 감소에 의해 기인된 불혼합(unmixing)에 의해 유래된 환원환경하의 광화유체로부터 있었으며 대사갱, 봉암2갱 및 봉암1갱의 광화작용 말기에 정출한 광물들은 계속적인 H_2O-NaCl계의 유체로부터 혼합(mixing)에 의한 온도의 감소에 의해 형성되었다.

참고문헌

이현구, 유봉철 (1998) 충남 청양 구봉광산일대의 금-은광화작용. 대한자원환경지질학회-(사)대한지하수환경학회 1998년도 공동학술발표회 발표논문 요약집, p.3