

## 유성북부지역 심부시추코아의 단열대에 따른 변질작용 및 단열충전광물

김진영\*, 고용권, 배대석, 박경우  
한국원자력연구소 (kimgy@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

고준위방사성폐기물의 심지층 처분개념에 있어서 불투성인 암반을 처분장으로 할 경우 암반에 분포하는 단열 또는 단열대는 지하수 유동로로서의 잠재성을 지니고 있다. 따라서 이와 관련된 단열광물의 광물학적 및 지화학적 특성연구가 방사성폐기물 처분장 안정성 평가에 중요한 과제중의 하나이다 (한국원자력연구소, 2003). 이에 대하여 한국원자력연구소에서는 대전유성 북부지역을 연구지역으로 선정하여 이 지역의 화강암반에 대한 심부 시추조사 및 장기적 지화학 모니터링을 수행하고 있다. 아울러 한국원자력연구소 부지내에 지하처분 실증시설을 계획하여 최근에 기공식을 가짐으로써 앞으로 국내 고준위폐기물처분연구에 있어서 새로운 전기를 맞이하게 되었다. 이번 연구는 연구지역내의 심부 시추공에서 분석된 단열대 및 이와 연관된 변질작용에 의한 원소의 거동에 대한 예비결과이다.

### 2. 시료 및 분석

연구지역내에는 200~500m 심도의 심부시추공이 총 9개 설치되어 있으며 이 중 3개공에 대해서는 다중패커시스템이 설치되어 장기적 지화학 모니터링이 수행중이다. 모든 공에 대해서는 공내검층이 수행되어 단열체계가 분석되었고, 시추코아에 대한 로깅작업이 완료되었다. 이 중 YS-01과 YS-04공의 시추코아에 대하여는 단열대 분석결과에 따라 세부적인 광물학적 연구가 수행중이다. 이를 위하여 시추공에서 회수된 시추코아에 대해 심도별로 신선한 암석과 단열대를 중심으로 단열충전광물 및 변질암석을 채취하였다. 암석 및 단열충전광물에 대해 편광현미경 관찰과 X-선 회절분석(XRD)으로 광물감정을 하였다. X-선 회절분석은 한국원자력연구소(KAERI)의 X-선 회절분석기(SIEMENS D5000)를 이용하여 분석하였다. 광물의 화학분석은 기초과학지원연구소의 전자현미분석기 CAMECA SX50을 이용하여 분석하였다. 암석 시료의 주원소 및 미량원소 함량은 기초과학지원연구소의 유도결합플라즈마 방출분석기(ICP-AES, Shimadzu ICPS-11000Ⅲ)와 유도결합플라즈마질량분석기(ICP-MS, FISIONS PlasmaTrace)로 분석하였다.

### 3. 결과 및 토의

#### 3.1. 단열분포 및 단열충전광물

연구지역은 경기변성암 복합체 내에 위치하며 주로 선캠브리아기의 편마암류와 중생대의 심성암과 맥암류로 구성되어 있다 (박희인 외, 1977). 시추위치의 지질은 중립질 내지 조립질의 복운모화강암으로 이루어져 있으며 국지적으로는 미약하나마 편상조직을 보이기도 하나 연구지역 남서부에 분포하는 편상화강암과의 관계는 불명확하다.

심부 시추공자료에 의하면 지표에서부터 심부에 이르기까지 크고 작은 단열대가 다수 발달하여 3개 조의 고경사각 단열조(NW, NS)와 1개 조의 저경사각 단열조로 구성된다. 단열빈도는 조사방향에 따른 오차 보정 후 약 3.9 개/m이며, NW방향으로 가장 우세하게 발달되어 있다. 전체적으로 심도의 증가에 따라 단열빈도의 감소경향은 뚜렷하지는 않으나,

160m 하부에서 감소하다가 400m 부근에서 다시 증가하는 경향을 미약하게 보이며, GL.-100m와 GL.-400~500m 부근에서는 밀집되어 발달되어 있다. 특히 104m ~ 120m 부근에서 교차되는 단열대와 그 주변의 damaged zone은 연구지역의 단열 발달 양상을 대표하고 있다.

이러한 단열대에서는 다양한 변질양상을 관찰할 수 있으며, 주로 방해석, 불석 및 녹염석 세맥이 발달해 있다. 일부구간의 신선한 화강암 부분을 제외하고는 일반적으로 장석이 견운모화되어 있는 양상을 보이며, 일부 석영맥이 산출되는 구간에서는 방연석 및 황철석 등의 광석광물이 산출되는 것으로 보아 국지적인 광화작용이 있었던 것으로 판단된다. 이런 부분은 화학분석시 Co, Ni, Zn 등의 금속함량이 수십 ppm까지 함유된다. 시추코아에서 확인된 단열충전광물은 불석 광물(로몬타이트, 홀란다이트), 방해석, 일라이트 ( $2M_1$ 과  $1M_d$ ), 녹니석, 녹염석 등이다. 이 중 로몬타이트와 홀란다이트 같은 불석 광물들과 방해석이 가장 흔하게 관찰되는 단열충전광물이며 이들은 흔히 서로 intergrowth된 상태로 약 1~2mm 두께의 맥상으로 결정화 되어있거나 단열 표면 코팅이나 미세 균열을 충전하는 형태로 산출된다. 일라이트와 녹니석 또한 양적으로는 많지 않으나 전 시추심도에 걸쳐 관찰된다. 녹염석은 매우 미세한 균열을 충전하는 형태로 산출되며 흔히 녹니석이나 일라이트와 함께 존재한다. 이밖에 소량의 카올린 광물이나 clinozoisite가 존재하기도 하며 특징적으로 황철석이나 몰리브데나이트 등의 광석광물이 산출되기도 한다.

### 3.2. 변질대에서의 원소거동특성

연구지역의 시추코아에서는 단열과 관련되어 다양한 정도의 변질 양상을 보여주며, 특히 일부구간에서는 세립의 황철석 및 금속광물과 함께 열수변질양상이 관찰된다. 단열대를 따르는 지하수 유동에 의한 물-암석 반응 및 열수변질의 중첩에 의한 단열대에서의 원소거동을 알아보기 위하여 isocon 도시법 (Grant, 1986)을 이용하였다. 단열대의 화학분석결과로부터  $Al_2O_3$ 를 immobile element로 하여 isocon을 도시한 결과, 대부분  $SiO_2$ 도 immobile 한 것으로 나타났으며, 특히 로몬타이트와 방해석이 충전된 단열대는 CaO의 함량이 명확히 증가되었다. 일라이트가 산출되는 단열대는  $K_2O$ 의 증가와  $Na_2O$ 와 CaO의 감소가 함께 나타나기 때문에 대부분의 일라이트는 사장석의 변질로 생성되었음을 알 수 있다. 그러나 소량의 일라이트, 녹니석, 카올리나이트 등의 단열충전광물이 생성된 단열대는 대부분의 원소들이 일련의 isocon상에 도시되어 원암이 외부로부터의 원소의 추가나 제거 없이 변질되었음을 지시한다. 전체적으로 YS-01공은 변질정도에 따라 -13~+13%의 질량변화가 있었고 YS-04공은 -29~+28%의 질량변화가 있었다.

## 4. 참고문헌

- 박희인, 이준동, 정지근 (1977) 한국지질도 유성도폭 (1:50,000) 및 도폭설명서, 자원개발연구소, 21p.
- 한국원자력연구소 (2003) 고준위폐기물처분기술개발, KAERI/RR-2333/2002, 과학기술부, 589p.
- Grant, J. A. (1986) The isocon diagram - a simple solution to Gresens' equation for metasomatic alteration. *Econ. Geol.*, 81, 1976-1982.