

## 안동지역 사문암광상의 구성광물 및 성인에 관한 연구

황진연\* · 김정진\* · 옥수석\*

### Genesis and Mineralogy of the Serpentinite Deposits in the Andong Area, Korea

Jin Yeon Hwang\*, Jeong Jin Kim\* and Soo Seok Ock\*

**ABSTRACT:** The Andong serpentinite body is distributed along the Andong fault, and shows an elliptical shape. The serpentinite is composed of serpentine minerals and other various minerals such as forsterite, pyroxene, talc, tremolite, chlorite, prehnite, calcite and dolomite. The serpentine minerals consist primarily of lizardite with minor chrysotile. Antigorite rarely occurs in some veins.

The serpentinite is largely divided into two alteration zones by the occurrence and mineral assemblages. One of the alteration zones is composed of a large amount of serpentine minerals. The other is characterized by tremolite and chlorite. The alteration zone composed of tremolite and chlorite seems to have been formed by hydrothermal alteration after the formation of serpentinite. It is considered that the serpentinite have been formed by alteration of the ultramafic rock such as peridotite.

## 서 론

경북 안동군 풍천면에 사문암화 되어 있는 암체가 넓게 분포하고 있다. 이 암체 내에서 사문암을 채굴하고 있는데 현재는 안동광산과 풍천광산의 두 광산명으로 두 곳으로 나누어져 채굴작업을 행하고 있다. 이들 광산에서 채굴되는 사문암은 주로 제철회사의 철용제로써 이용되고 있다.

안동지역의 사문암에 대한 광상학적 및 광물학적 연구는 지금까지 거의 행해지지 않았다. 광상에 대해서는 광업진흥공사(1988)에 의한 몇몇 간단한 조사가 있다. 사문암의 주 구성광물인 사문석(serpentine)은 Mg를 함유하는 층상규산염광물로서 점토광물의 일종이다. 최근들어 우리나라에서는 점토광물을 주 구성성분으로 하는 비금속광상에 대해 많은 관심을 갖고 많은 연구가 행해지기 시작하는 추세에 있다. 이것은 이들 광물자원들이 많은 분야의 산업에 그 이용도가 높아지고 그 중요성이 증대되었기 때문으로 생각된다. 사문암에 대해서도 자원의 효과적인 활용의 측면에서 보다 많은 기초적인 연구가 필요하다.

이 논문에서는 사문암체의 구성광물성분, 화학성분, 광물조합의 분포상태 및 구성광물의 광물학적 특성 등을 X-선분말회절분석 등에 의해 연구한 결과를 기술하고자 한

다. 또한 사문암체의 형성과정에 대해서도 약간의 고찰을 행한다.

## 사문암광산 주변의 지질

사문암광산 주변 일대지역의 지질에 대한 보고로서는 1:50,000의 안동도폭(김봉균 외, 1988)과 예천도폭(윤석규 외, 1988)이 있다(Fig. 1). 광산주변 지역에는 잘 알려진 안동단층이 가로질러져 있다. 본 지역에는 시대미상의 편마암류와 이를 관입한 주라기의 흑운모화강암이 안동단층을 경계로 북부지역에 분포되어 있다. 이들 암층을 부정합으로 덮고있는 백악기 경상누층군의 퇴적암류가 넓게 분포하며 이를 관입한 사문암이 나타난다.

연구지역에 나타나는 시대미상의 편마암류는 반상변정질편마암, 호상편마암, 화강암질편마암 등으로 구성된다. 주라기의 흑운모화강암은 육안으로 흑운모가 많이 관찰되나 부분적으로 흑운모가 적게 나타나고 백운모가 관찰되는 곳도 있다. 또 곳에 따라서는 장식의 큰 반정이 잘 나타나기도 한다. 백악기 퇴적암류로서는 하부로부터 신동층군에 속하는 하산동층과 진주층이 있고, 하양층군에 속하는 일직층이 있다. 하산동층은 주로 역암, 역질사암, 알코스사암, 자색셰일로 구성된다. 진주층은 흑색 및 회색 셰일, 사암, 역질사암, 역암, 실트암 등으로 구성된다. 진

\* 부산대학교 지질학과 (Department of Geology, College of Science, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea).

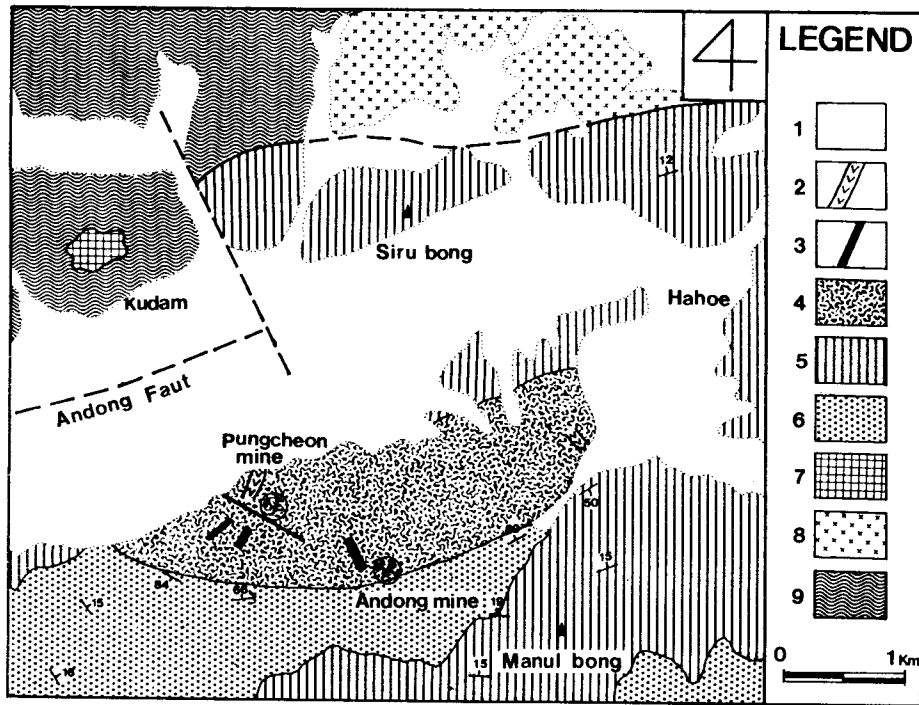


Fig. 1. Geologic map of the Andong mine area. 1; Alluvium, 2; Acidic dyke, 3; Basic dyke, 4; Serpentinite, 5; Ilgic Formation, 6; Chinju Formation, 7; Hasandong Formation, 8; Biotite granite, and 9; Gneiss.

주층의 일반적인 주향은 N30-70W이고 경사는 10-35NE 인데 사문암과의 접촉부 부근에서는 약 60-80도의 급경사를 보이고 있다. 이는 사문암의 관입에 의해 지층이 교란된 탓으로 생각된다. 일직층은 주로 역암, 사암, 셰일 등으로 구성된다.

사문암체는 안동단층에 연하여 거의 같은 방향으로 길게 분포한다. 이러한 분포형태로 보아 사문암체는 안동단층과 관계가 있을 것으로 생각된다. 즉 단층구조대를 따라 사문암체가 관입한 것으로 볼 수 있다. 이 사문암체의 길이는 약 3.5 km이고, 폭은 약 1.2 km에 이른다. 이 사문암의 분포지역은 안동도폭에서는 반려암으로 기술되어 있다. 그러나 조사결과 이 암석은 거의 전부 상당량의 사문석을 함유하고 있음이 밝혀져 이 암체를 사문암으로 기술한다. 뒤에 설명하겠지만 본 사문암의 여러 암석시료를 화학분석한 결과  $\text{SiO}_2$ 가 약 38~40%의 범위를 나타내고, 원암의 구성광물이 대부분 감람석이고 사장석은 거의 없는 것으로 보아서 이 암석은 반려암은 아니며 초염기성암에 해당되는 것으로 생각된다.

이 사문암체내에는 산성암맥으로 반화강암이 소규모로 사문암을 관입하여 나타난다. 이 이외의 관입상으로 담록

색의 조립질암석과, 암회색의 세립질암석 등이 관찰된다. 이 두 암석은 녹니석, 투각섬석 등의 변질광물이 많이 포함되어며 전체적으로 변질이 되어있다. 이들 관입암은 심하게 변질되어서 본래의 암석종을 정확히 알기 어려우나 구성광물성분 및 암상으로보아 중성 내지 염기성의 암석으로 생각된다. 본 사문암체 내에는 암맥 이외에도 많은 세맥들과 부분적으로 변질되어 녹색의 점토화된 부분들이 곳곳에 나타나고 있다. 이들은 주로 소단층이나 절리면을 따라 발달되어 있다. 특히 안동광산의 채굴장에서는 N50 W의 방향으로 단층이 발달되어 이를 따라 녹색의 점토화된 부분이 잘 관찰되고 있다. 이것은 단층인 구조선을 따라 열수변질작용이 일어난 것으로 생각된다.

#### 구성광물의 조합 및 분포

본 사문암체의 구성광물을 검토하기 위해서 사문암체의 분포지역의 여러 곳에서 약 300여 개의 암석시료를 채취하였다. 이들 암석시료를 모두 X-선분말회절분석을 실시하여 구성광물을 식별하고 광물조합을 검토하였다. X-선분말회절분석은  $\text{CuK}\alpha$ 선으로 행하였다. 본 사문암체내에

서 발견되는 광물들은 사문석광물을 비롯하여 투각섬석, Mg-감람석 (포오스테라이트), 활석, 휘석 (주로 augite), 녹니석, 프리나이트 (포도석), 방해석, 돌로마이트 등의 광물들이다. 본 사문암체내에 관찰되는 광물조합들을 사문석광물의 함유량에 따라 구분하여 보면 다음과 같다. 여기서는 국부적인 세맥 등에 대한 광물조합은 포함되지 않는다.

- 1) 사문석이 많이 함유된 암석
  - 가. 사문석
  - 나. 사문석+녹니석
  - 다. 사문석+포오스테라이트
  - 라. 사문석+방해석
  - 마. 사문석+녹니석+방해석
  - 바. 사문석+녹니석+활석
- 2) 중간정도의 사문석이 함유된 암석
  - 가. 사문석+포오스테라이트+녹니석
  - 나. 사문석+포오스테라이트+투각섬석
  - 다. 사문석+포오스테라이트+투각섬석+녹니석
  - 라. 사문석+포오스테라이트+투각섬석+녹니석+방해석
  - 마. 사문석+포오스테라이트+투각섬석+녹니석+활석
  - 바. 사문석+투각섬석+녹니석+방해석
  - 사. 사문석+투각섬석+방해석
- 3) 사문석의 함량이 적은 암석
  - 가. 사문석+포오스테라이트+투각섬석+휘석
  - 나. 사문석+포오스테라이트+투각섬석+휘석+녹니석
  - 다. 사문석+포오스테라이트+투각섬석+휘석+녹니석+활석
- 4) 사문석이 나타나지 않는 암석
  - 가. 녹니석+투각섬석
  - 나. 녹니석+방해석
  - 다. 녹니석+활석+방해석
  - 라. 녹니석+활석+투각섬석
  - 마. 녹니석+프리나이트
  - 바. 녹니석+투각섬석+프리나이트

이들 중에서 주로 많이 나타나는 대표적인 암석시료의 X-선회절선을 Fig.2에 나타냈다. 이 그림에서와 같이 1) 사문석이 다량으로 함유되어 있고 그외에 포오스테라이트, 녹니석, 방해석 및 활석 등이 시료에 따라 극소량 수반되는 광물조합, 2) 사문석, 포오스테라이트, 투각섬석, 녹니석의

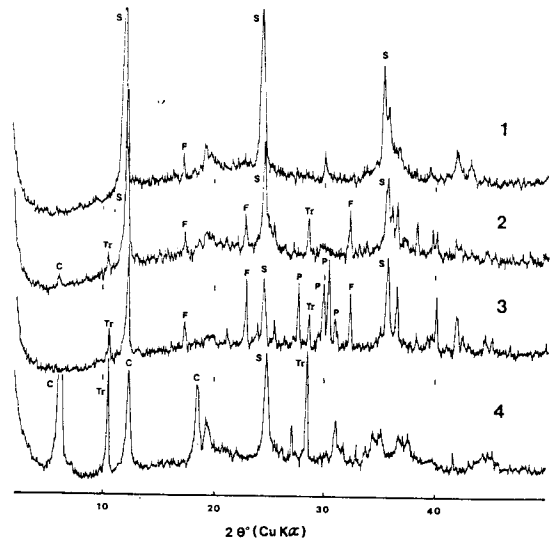


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of representative rocks in the Andong serpentinite. S; serpentine, F; forsterite, Tr; tremolite, C; chlorite, and P; pyroxene.

광물조합, 3) 사문석, 포오스테라이트, 투각섬석, 휘석의 광물조합, 4) 사문석광물이 포함되지 않고 주로 녹니석 및 투각섬석으로 구성된 광물조합 등이 주로 관찰된다. 이들 광물조합 이외에 국부적으로 활석, 프리나이트, 방해석, 돌로마이트 등은 주로 작은 세맥상으로 산출되는 경우가 많다.

본 사문암체의 사문암화작용의 정도 및 기타 변질작용에 대한 변질대를 검토하기 위해서 구성광물조합에 따른 분포상태를 표시하여 보았으나 뚜렷한 구분이 잘 되지 않았다. 여러 광물조합들이 아주 국부적으로 불규칙적으로 분포되어 있으며, 한지점에 있어서도 여러 광물조합이 관찰된다. 예를들면 암석의 절리면 부분과 절리면으로 구획된 코어의 부분에서도 광물조합이 다르고 또 절리면을 따라 침투된 세맥물질의 분포상황에 따라서도 광물조합이 다르게 나타나기도 한다. 이러한 경향은 전 사문암체에 걸쳐서 비슷하게 나타났다. 그래서 본 사문암체 전체에 대한 광물조합의 분포도는 별 의미가 없으므로 이를 나타내지 않았다.

사문암은 괴상으로 암회색 내지 흑색을 나타내는데 불규칙한 세맥상의 사문구조는 육안으로 뚜렷이 보이는 것은 극히 드물고 대부분은 사문구조가 없든지 아주 미약하게 나타나는 특징이 있다. 고품위의 광석으로 이용되는 사문석광물의 함유량이 많은 암석은 아주 치밀한 조직을 나타낸다. 상기한 본 사문암체 중의 주요한 광물조합 중에서

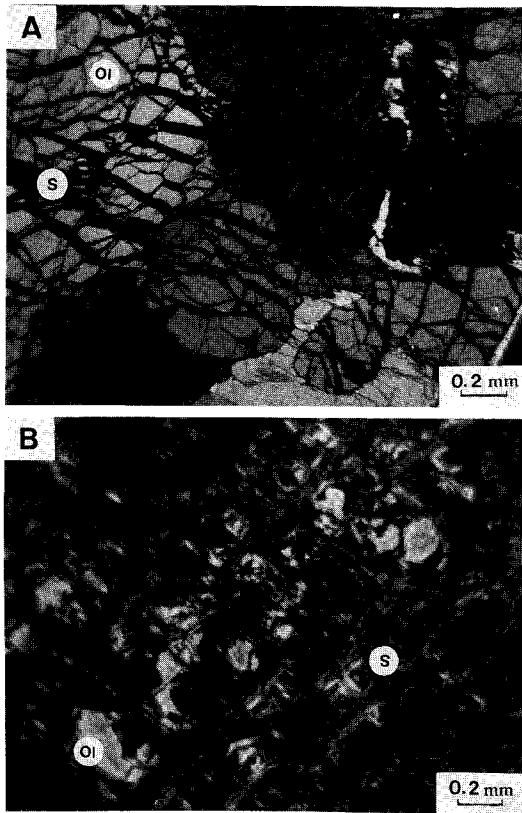


Fig. 3. Photomicrographs of serpentinite. Crossed nicols. Ol; olivine and S; serpentine.

1), 2) 및 3)의 광물조합은 암회색 내지 흑색을 나타내는 사문암 중에 나타난다. 이들은 사문암화의 정도에 따른 것으로 3), 2), 1)의 순으로 사문석의 함량이 증가하여 사문암화가 더 많이 진행된 것으로 생각된다. 1)의 광물조합을 가지는 암석은 비교적 치밀한 조직을 나타내고, 반면에 3)의 광물조합을 가지는 암석은 거칠게 보이는 조립질의 조직을 나타내는 경향이 있다. 3)의 광물조합을 가지는 암석은 편광현미경하에서 본래 근원암의 조직이 잘 관찰되고 있다 (Fig. 3). 이 3)의 광물조합을 가지는 암석은 괴상체로 나타나며 전체 사문암체에 있어서 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 1)의 광물조합의 암석들은 불규칙하게 부분적으로 산출하는데 주로 소단층 및 절리 등이 발달된 주변에 나타난다. 2)의 광물조합을 가지는 암석들은 1)과 2)광물조합의 암석의 중간적인 산상을 보인다.

사문석광물이 검출되지 않고 녹니석과 투각섬석을 주성분으로하는 4)의 광물조합의 암석들은 대부분 담록색

내지 녹색을 띠는 것이 많다. 이들은 단층이나 절리면으로 발달된 점토질의 변질대에 주로 나타나고 있다. 특히 안동광산에서는 단층을 따라 폭넓게 이러한 광물조합이 관찰된다. 또 반화강암의 관입체 인접부에서도 사문석광물을 포함하지 않는 이러한 광물조합이 잘 나타난다. 그리고 담록색의 조립질인 관입상의 암석도 이 광물조합에 속한다. 4)의 광물조합에서는 녹니석과 투각섬석이 주로 구성되나 곳에 따라 방해석, 활석, 프리나이트 등의 광물들도 소량 수반되는 곳도 있다. 본 사문암체의 대부분은 1), 2), 3)의 광물조합을 가지는 암석으로 구성되어 있고, 이 암체 중에 발달된 단층이나 절리의 부분에 있어서만 4)의 광물조합을 가지는 암석이 배태되어 있다. 이 광물조합을 가지는 것은 그 산출상태로 보아 주사문암화 작용의 이후에 열극을 따라 이동한 열수에 의해 형성된 것으로 생각된다.

## 구성광물의 특성

### 사문석광물

본 사문암체의 암석에는 사문석광물이 비교적 많이 포함되어 있다. 이들 사문석광물의 광물종 및 그 결정구조적 특성을 주로 X-선분말회절분석으로 검토하였다. 사문석광물을 다량 함유하는 대표적 시료의 X-선회절선의 형태를 Fig. 4에 나타냈다. V-1, V-2, V-3의 시료는 세맥상으로 산출하는 것으로 X-선회절선의 형태로 보아 다른 광물이 포함되지 않은 거의 순수한 사문석광물만으로 되어 있는 시료이다. V-1시료는 안동광산에서 단층을 따라 녹니석 및 투각섬석을 함유하는 변질대의 외측에 나오는 세맥상의 담록색 경질부의 물질이다. V-2시료는 흑색의 치밀한 사문암 중에 발달된 세맥상으로 산출하는 것으로 담록색을 띠고 지방감을 나타내는 물질이다. V-3시료는 풍천광산에서 사문암중의 세맥상으로 산출되는 것으로 담청색을 띠며 침상의 결정집합체로 나타나는 것이다. 이와같이 본 사문암체내에서는 순수한 사문석광물로만 되어 있는 부분은 모두 세맥상으로만 나타나고 담록색 내지 담청색을 띠고 있다. Fig. 4에서 B-1의 시료는 암회색 내지 흑색을 띠는 보통의 사문암중에서 사문석의 함량이 아주 많은 시료이다. 이 시료는 흑색의 치밀한 사문암의 것으로 포오스테라이트가 소량 포함되어 있다. 이들 4개의 시료에 대한 X-선회절선의 형태를 보면 V-3의 시료의 것이 약간 특이하나 다른 것들은 서로 거의 비슷하게 나타난다. B-

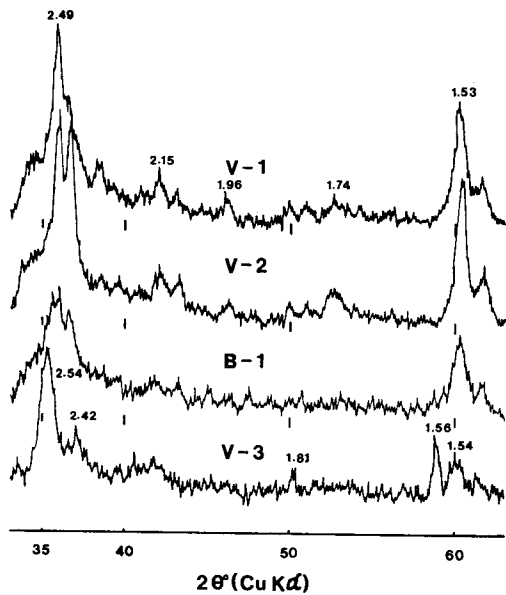


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of serpentines.

1의 시료는 다른 순수한 시료에 비해서 회절선의 백그라운드가 비교적 높게 나타난다. 이것은 사문석광물의 광물 종 및 화학성분에 의한 것 보다는 다른 불순성분에 의한 것으로 생각된다. 이 4개의 시료에 대한 X-선회절선의 d치 및 강도에 대한 자료를 Table 1에 서로 비교하여 나타냈다. 여기서 V-1, V-2, B-1 시료들의 회절선은 서로 비슷하게 나타난다. 아주 작은 회절선의 불일치를 감안하면 거의 같다. 특히 B-1시료는 불순광물의 함유 때문에 작은 회절선이 자세히 일치하지는 않으나 V-1 및 V-2의 시료와 거의 같은 반사를 나타낸다. 사문석광물은 많은 다형이 나타나지만 서로 비슷한 X-선회절선을 가지므로 이들의 정확한 식별이 어려울 때가 많다. 그래서 이들 시료에 있어서 다른 사문석광물종이 혼합되는 경우가 많고 회절선의 분리가 좋지 않아서 다형에 대한 검토는 되지 않았다. Whittaker and Zussman (1956)에 따르면 안티고라이트의 (330)반사의 1.56~1.57Å의 회절선은 특징적인 것으로 다른 광물종에는 나타나지 않는 것으로 되어있다. 본 지역의 V-3의 시료에 1.567Å의 회절선이 뚜렷이 나타나고 있다. 또 Nemezc (1981)는 안티고라이트와 리짜르다이트와의 구별에 대해서 안티고라이트는 2.53Å에 특징적인 강한 회절선이 나타나는데 이는 리짜르다이트의 2.50Å 이하의 강한 회절선과는 뚜렷이 구분된다고 했다. V-3의 시료에서도 2.538Å의 회절선이 잘 나타나고 있으며, 다른 시료에서는 2.49Å, 2.51Å 등의 회절선이 나타난다. 리짜르다

Table 1. X-ray data of serpentines

| V-1   |                  | V-2   |                  | B-1   |                  | V-3   |                  |
|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| d(Å)  | I/I <sub>o</sub> | d(Å)  | I/I <sub>o</sub> | d(Å)  | I/I <sub>o</sub> | d(Å)  | I/I <sub>o</sub> |
| 7.369 | 10               | 7.369 | 10               | 7.338 | 10               | 7.293 | 10               |
|       |                  |       |                  |       |                  | 6.320 | <1               |
| 4.560 | 4                | 4.537 | 3                | 4.556 | 1                | 4.619 | 1                |
|       |                  |       |                  |       |                  | 4.227 | 1                |
|       |                  |       |                  |       |                  | 3.917 | <1               |
| 3.922 | <1               | 3.922 | 1                |       |                  | 3.631 | 10               |
| 3.660 | 10               | 3.652 | 10               | 3.665 | 4                | 3.504 | <1               |
|       |                  | 2.914 | <1               |       |                  | 2.933 | <1               |
|       |                  |       |                  |       |                  | 2.668 | 1                |
| 2.597 | <1               | 2.597 | <1               |       |                  |       |                  |
| 2.496 | 4                |       |                  | 2.519 | 3                | 2.538 | 3                |
| 2.456 | 4                | 2.440 | 4                | 2.453 | 2                |       |                  |
|       |                  |       |                  |       |                  | 2.422 | 1                |
| 2.333 | <1               | 2.342 | 1                |       |                  |       |                  |
| 2.279 | <1               | 2.293 | <1               |       |                  |       |                  |
| 2.914 | <1               |       |                  |       |                  | 2.220 | 1                |
| 2.149 | 1                | 2.149 | 1                | 2.167 | <1               | 2.168 | <1               |
| 2.093 | 1                | 2.071 | 1                | 2.099 | <1               |       |                  |
| 1.966 | 1                | 1.965 | 1                | 2.013 | 1                |       |                  |
| 1.829 | <1               | 1.828 | <1               | 1.906 | 1                |       |                  |
|       |                  |       |                  |       |                  | 1.814 | <1               |
| 1.795 | <1               | 1.796 | <1               |       |                  |       |                  |
| 1.742 | 1                | 1.739 | <1               |       |                  |       |                  |
|       |                  |       |                  |       |                  | 1.567 | 2                |
|       |                  |       |                  |       |                  | 1.543 | 1                |
| 1.535 | 3                | 1.536 | 3                | 1.536 | 2                |       |                  |
|       |                  |       |                  |       |                  | 1.512 | 1                |
| 1.504 | 1                | 1.504 | 1                |       |                  |       |                  |
|       |                  |       |                  |       |                  | 1.449 | <1               |
| 1.414 | 1                | 1.416 | <1               |       |                  | 1.420 | <1               |

이트와 크리소스타일의 구별에서도 크리소스타일에 나타나지 않는 약 3.90Å 부근의 회절선이 리짜르다이트에 나타난다고 한다 (Nemezc, 1981). V-1, V-2의 시료에서 3.92Å의 회절선이 나타나므로 리짜르다이트의 성분이 있는 것으로 볼 수 있다. 여러 많은 자료들을 본 시료들과 비교해 본 결과 V-1, V-2, B-1는 리짜르다이트의 성분이 우세하고 또 크리소스타일도 소량 포함되는 것으로 판단된다. 그러나 V-3의 시료는 안티고라이트가 주성분인 것으로 생각된다. 상기한 4개의 시료에 대해 투과전자현미경의 관찰을 행하여 사문석결정의 형태를 검토하였다. 투과전자현미경은 Jeol사제 JEM120EX2를 사용하여 80 KV로 관찰하였다. 각 시료에 대한 전자현미경의 사진은 Fig. 5에 나타났다. 담록색의 세맥상으로 산출하는 V-1은 작은 판상의 결정 형태로 나타나고 침상의 형태는 거의 관찰되지 않는다. 이러한 형태로 볼 때 이 사문석은 거의 리짜르다이트에 해당되는 것으로 생각된다. 역시 세맥상으로 나타나는 V-

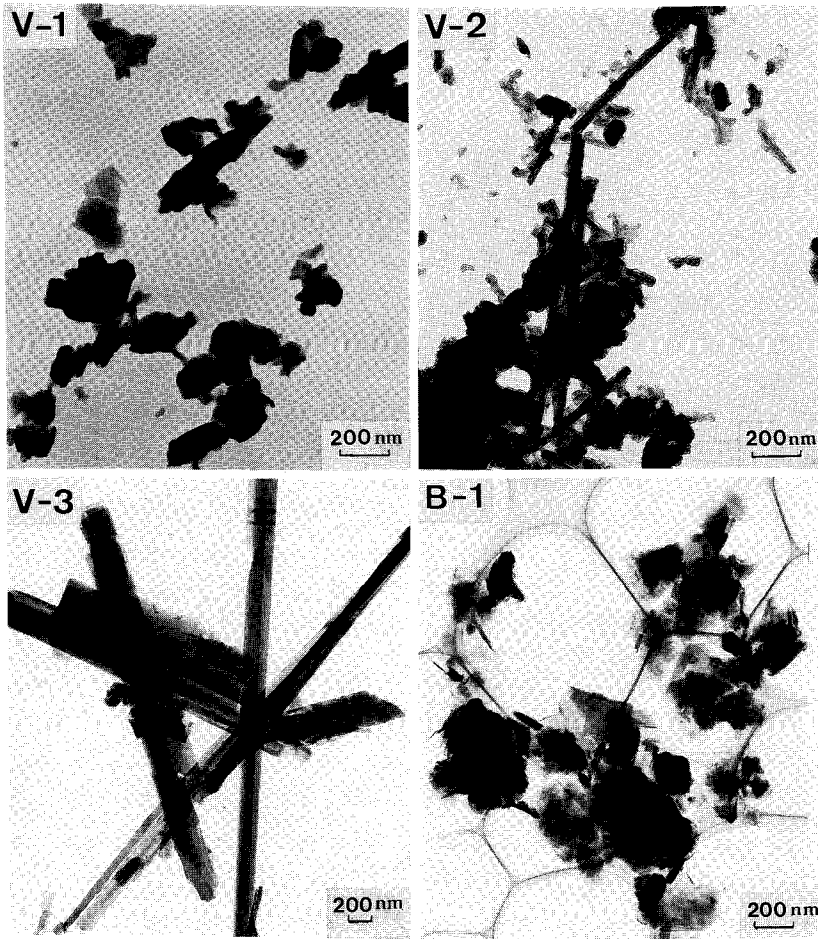


Fig. 5. Transmission electro-photomicrographs of serpentine specimens.

2의 시료는 판상 내지 lath상의 형태도 많이 있고, 더불어 길쭉한 침상의 결정도 잘 나타나 보인다. 이러한 침상의 결정은 전술한 X-선회절분석의 결과와 같이 생각해 보면 크리스탈린인 것으로 생각된다. 즉 이 시료에는 리짜르다이트와 함께 크리스탈린도 함유되어 있음을 알 수 있다. 암흑색의 세립질로 나타나는 B-1시료에는 판상의 결정형태가 나타나고 침상의 것은 거의 나타나지 않는다. 즉 리짜르다이트가 우세한 것으로 생각된다. 담청색을 띠며 세맥상으로 산출하는 V-3시료는 다른 시료의 것과는 달리 침상의 형태만 관찰된다. 전술한 X-선회절분석의 결과와 이러한 형태를 보아서 이결정은 안티고라이트인 것으로 생각된다. 이러한 결과로 볼 때 담록 내지 담청색의 세맥상으로 산출하는 사문석광물은 시료에 따라 크리스탈린 및 안티고라이트를 함유하는 경우가 있으나, 암회색을 띠

는 일반적인 사문암에는 대부분 리짜르다이트가 우세하게 나타남을 알 수 있다.

#### 그 외의 광물

사문석광물 이외에도 많은 광물들이 산출되는데 그 중에서 몇몇 광물에 대해 그 특성을 검토해 본다. 감람석은 사문석과 공존하며 사문석이 함유되지 않는 암석에서는 감람석은 검출되지 않았다. 감람석은 X-선회절선으로 보아 모두 포오스테라이트에 해당되는 것이다. Yoder and Sahoma (1957)와 Agterberg (1964)에 의한  $d(130)$  측정 방법으로 감람석 중의 포오스테라이트의 함유량을 검토하였다. 본 사문암 내에서 산출하는 감람석의  $d(130)$ 치는 모든 시료에 있어서 2.778~2.773의 좁은 범위내에서 비







산출되지 않는데 이것은 사문석이 다시 열수와 반응하여 녹니석이나 투각섬석으로 변질되었기 때문으로 생각된다.

일반적으로 사문암화작용은 상당한 부피의 팽창이 일어난다는 것이 알려져 있다 (Hostetler et al., 1966; Page, 1969; Suzuki and Suzuki, 1970; Vance and Dungan, 1977). 이들의 연구에 의하면 부피팽창에 의한 산출상태의 특징으로서 1) 압체가 지표에 타원에 가까운 형태로 노출되는 것과, 2) 주변암체와의 경계가 불규칙한 오철의 단층면으로 나타나고, 3) 사문암체내에 많은 소단층과 그 슬리켄사이드가 발달하며, 4) 접촉부의 주변암이 접촉변성작용을 받은 흔적이 없고, 5) 사문암체가 지표면상에서 분출상의 형태로 나타나는 것 등이 있다고 한다. 안동사문암체는 전술한 바와 같이 거의 타원상의 분포를 하고 있다. 사문암체는 불규칙하게 많은 절리들이 나타나고, 또 소단층이 많이 발견되며 그 단층면에 슬리켄사이드가 잘 관찰된다. 사문암체 주변의 백악기 퇴적암과의 직접적인 접촉부는 관찰되지 못하였으나 그 인접부의 암석에는 접촉변성작용을 받은 흔적은 전혀 나타나지 않는다. 광업진흥공사 (1988)에 의한 안동사문암광산의 중심부에서 시추한 자료에 의하면 약 60 m 까지는 사문암이 분포하지만 그 아래에는 백악기퇴적암인 사암 및 셰일이 나타난다. 이것은 사문암화작용에 의한 부피팽창으로 지표부근에서 깔대기 모양의 측면으로 확장된 산출상태를 나타낸 것으로 해석할 수도 있다. 이상의 여러 사실들로 미루어 보아 본 안동사문암체는 지하심부의 초염기성암이 구조적으로 상승하는 동안에 열수작용을 받아 사문암화가 진행되고 그에 따른 부피팽창도 가미되어 현재의 형태로 된 것으로 생각된다.

안동사문암체는 비교적 규모가 작은 관입체로서 나타나고 이 암체 인접부에 변성암이 나타나지 않는 것 등으로 보아 광역변성작용에 의한 사문암화가 일어난 것은 아닌 것으로 생각된다. 그래서 초염기성암의 형성후에 열수작용에 의해 사문암화가 형성된 것으로 생각된다. 열수변질작용으로서는 초염기성암의 형성후의 자변질작용과 그 이후의 주변암에서 공급된 열수작용을 생각해 볼 수 있다. 현재로서는 어느 쪽에 영향을 받았는 지는 알 수 없다. 그러나 본 사문암체에 인접하여 반화강암의 관입암체가 있고 이 관입암체 주위에 녹니석 및 투각섬석의 변질대가 나타나는 것으로 보아서 이런 관입암에 의한 변질작용도 관여된 것으로 생각된다. 본 사문암체내의 변질대를 크게 나누어 보면 사문석이 상당량 함유되는 사문암화된 변질대와, 단층을 따라 국부적으로 발달하고 관입암의 주위에

나타나는 녹니석과 투각섬석의 변질대로 구분할 수 있다. 즉 사문암체내의 변질작용은 기원암의 대부분이 고르게 사문암화가 진행되고, 그 뒤의 계속적인 변질작용에 의해 녹니석과 투각섬석으로 구성되는 변질대가 형성된 것으로 생각된다.

안동사문암체는 이미 필자들이 연구한 바 있는 울산사문암체의 것 (최수용 외, 1990)과 비교해 볼 때 암체의 산출상태, 구성광물, 광물조합, 변질대의 분포 및 성인 등이 유사한 것으로 생각된다.

## 결 언

금번의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 안동사문암체의 기원암은 감람암 (peridotite)과 같은 초염기성암이다.
2. 사문암체의 사문석광물은 리짜르다이트가 대부분이며 소량의 크리스타일도 수반된다. 일부 지점의 세맥상 물질 중에는 안티고라이트도 나타난다.
3. 사문암체 내에는 사문석광물 이외에 포오스테라이트, 활석, 휘석, 녹니석, 투각섬석, 프리이나이트, 방해석 등의 광물도 나타난다. 사문암체의 대부분에서 사문석이 함유된 광물조합이 나타난다.
4. 사문석이 포함되지않는 광물조합이 나타나는 것은 반화강암질의 관입암의 주변과, 단층을 따라 발달된 점토질변질대이다. 이러한 곳에서는 녹니석, 투각섬석 및 활석이 주성분을 이루고 있다. 이러한 곳은 주 사문암화작용의 이후에 일어난 열수변질작용에 의한 것으로 생각된다.
5. 사문암체는 초염기성암이 구조적으로 상승하는 도중에 열수변질작용에 의해 사문암화가 진행된 것으로 생각된다.

## 사 사

본 논문은 1990년도 교육부 기초과학육성연구비 지원 (BSRI-90-503)에 의해 연구되었음을 밝힌다. 아울러 본 연구를 수행하는데 도움을 준 관계기관의 여러분께 감사사를 표한다.

## 참고문헌

김봉균, 이하영, 김수진, 정지곤 (1988) 한국지질도 (1:50,000)

- 안동도폭 지질도 및 설명서. 한국동력자원연구소.  
 대한광업진흥공사 (1988) 한국의 광상, 비금속편. 제 11호, 12  
 97-1299.
- 윤석규, 차문성, 김정진, 이종덕 (1988) 한국지질도 (1 : 50,000)  
 예천도폭 지질도 및 설명서. 한국동력자원연구소.
- 최수용, 황진연, 김정진, 이윤중 (1990) 울산사문암체의 광물  
 학적, 지구화학적 연구. 지질학회지, 26권, p. 105-118.
- Agterberg, F.P. (1964) Statistical analysis of X-ray data for  
 olivine. *Min. Mag.*, v. 33, p. 742-748.
- Hostettler, P. B., Coleman, R. G. and Mumpton, F. A. (1966)  
 Brucite in Alpine serpentinites. *Am. Miner.*, v. 51, p. 75-  
 98.
- Nemecz, E. (1981) Clay minerals. Akademiai Kiado, Buda-  
 pest, Hungary.
- Oinuma, K., Shimoda, S. and Sado, T. (1972). Triangular dia-  
 grams for surveying chemical compositions of chlorite.  
*Fac. of Sci., Tokyo Univ. of Edu.*, v. 15, p. 1-32.
- Page, N. J. (1967) Serpentinization at Burro Mountain, Califor-  
 nia. *Beitr. Mineralogie, U. Petrographie*, v. 14, p. 321-342.
- Suzuki, J. and Suzuki Y. (1970) Brucite serpentinite in Ya-  
 mabe district, Hokkaido. *J. Japan Assoc. Min. Petro. Econ.  
 Geol.*, v. 63, p. 123-145.
- Vance, J. A. and Dungan, M. A. (1977) Formation of peridotites  
 by deserpentinization in the Darrington area, Cascade  
 Mountains, Washington. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 88, p.  
 1497-1508.
- Whittaker, E. J. W. and Zussman, J. (1956) The characteriza-  
 tion of serpentine minerals by X-ray diffraction. *Min.  
 Mag.*, v. 31, p. 107-126.
- Yoder, H. S. and Sahama, T. G. (1957) Olivine X-ray determi-  
 native curve. *Am. Miner.*, v. 42, p. 475-491.

---

1992년 7월 25일 원고접수

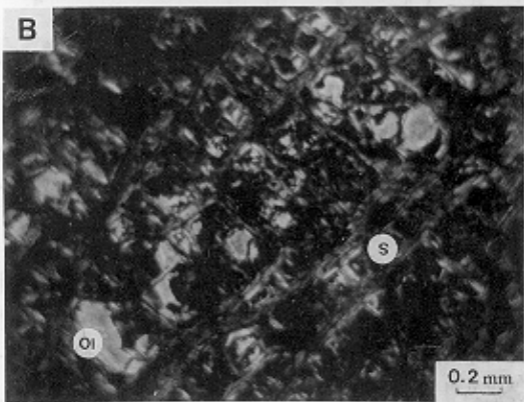
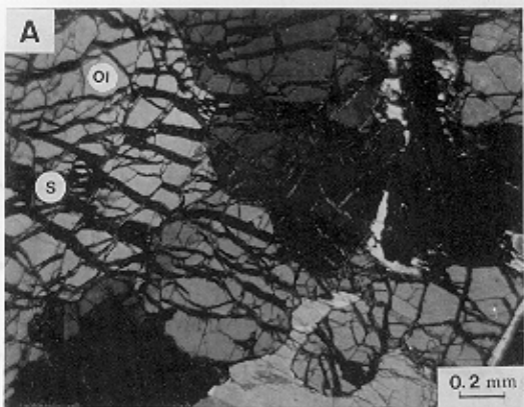


FIG. 3. Photomicrographs of serpentinite. Crossed nicols.

