



서울대학교

# 보도자료

서울대학교	배 포 일	2015. 4. 13.(월)	매 수	8매
연구처 연구지원과	담당과장	김광현(880-5581)	배포부서	기획처 홍보팀(880-5054)
	자료문의	서울대 지구환경과학부 정해명 교수(880-6733) 이메일: <a href="mailto:hjung@snu.ac.kr">hjung@snu.ac.kr</a>		

## 지각하부 지진파 이방성의 원인 규명

### 고압고온 실험으로 생성된 각섬석 광물의 세 가지 선호방향 발견

Crystal preferred orientation of an amphibole experimentally deformed  
by simple shear

□ 연구진: 고병관, 정해명

서울대학교 자연대 지구환경과학부 정해명 교수 (교신저자)

서울대학교 자연대 지구환경과학부 고병관 석사졸업 (제1저자)

□ 내용 및 의의

지구내부의 지각(지구 속 30km 깊이 이내)에서 지진파의 전파속도와 지진파의 이방성에 크게 영향을 줄 수 있는 중요한 요인을 고압고온 각섬암 변형실험을 실시하여 서울대 지구환경과학부 정해명교수의 실험실에서 처음으로 밝혀냈다.

**\*\* 이방성(anisotropy): 물질의 물리적 성질이 그 물질의 방향에 따라 다를 때 그 물질이 이방성을 가지고 있다고 한다.**

지구내부로 들어가면 압력과 온도가 높아져서 우리가 쉽게 접근할 수 없다. 그래서 지구 내부 구조를 밝혀내기 위해 주로 사용하는 방법은 지진발생시 나오는 지진파의 전파속도 변화와 지진파의 이방성을 가지고 이뤄져 왔다. 지각의 중·하부에 각섬암이 상당한 양으로 존재가능하고 이 암석내부의 각섬석이 탄성적으로 매우 비균질하다고 이전 연구에 의해 보고된 바 있다.

각섬암의 변형실험은 압력이 1 GPa (1만 기압), 온도가 섭씨 480 - 700 °C 에서 서울대 지구환경과학부 정해명 교수 실험실(지체구조물리학 연구실)에서 전단변형 실험으로 수행되었는데, 각섬암 내부의 주요광물인 각섬석이 온도와 응력에 따라 3개의 선호방향을 가짐을 처음으로 발견해 냈다. 각섬암의 전단변형 실험은 세계 최초로 수행되었으며, 그 결과 생성

된 3개 타입의 각섬석 선호방향은 지진파의 전파속도와 지진파의 이방성에 크게 영향을 줄 수 있음을 처음으로 실험을 통해 입증했다.

지금까지 미국, 호주, 독일, 중국, 티벳 등 세계 여러 나라의 지각 중·하부에서 발견되는 지진파의 이방성은 원인이 어디에 있는지 명확하지 않았는데, 이번 연구 결과는 그 원인이 각섬석의 선호방향이 될 수 있음을 지시해 주고 있어 지각의 내부구조를 이해하는데 있어 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 섭입대의 맨틀웨지에서 나타나는 이례적인 지진파의 이방성 또한 각섬석의 선호방향으로 인해 발생할 수 있음이 이번 연구에 의해 밝혀졌다. 이번 연구 결과는 앞으로 지진학·구조지질학·지구내부 동역학 연구 분야에서 지체구조 연구 및 해석에 커다란 반향을 불러일으킬 것으로 보인다.

고압고온 실험기기는 정해명 교수가 서울대에 부임하여 새로 만든 세계적인 암석변형기를 사용하였으며, 석사과정으로 들어온 고병관 학생을 지도하여 얻은 결과이다. 고병관 학생은 서울대에서 2014년 8월 석사학위를 마치고, 미국 아리조나주립대 유학중(박사과정)인 학생으로 장래가 촉망되는 학생이다.

위의 연구내용은 국제적 저명학술지 Nature Communications에 2015년 4월 10일(금) 발표되었고, 연구의 중요성을 인정받아 Article로 출판되었다.

#### □ 연구진 소개

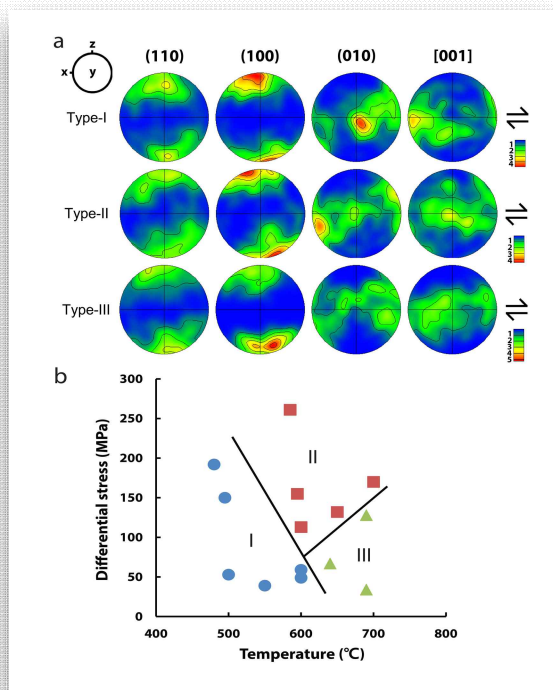
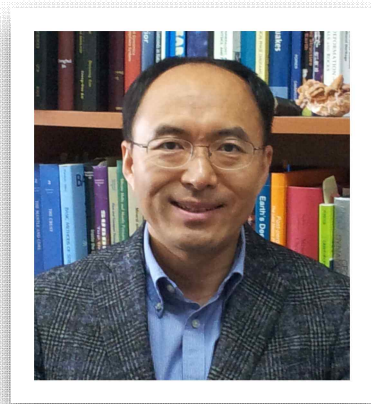
서울대학교 자연대 지구환경과학부 정해명 교수  
서울대학교 자연대 지구환경과학부 고병관 석사졸업.

#### □ 연구비 지원 프로그램

미래창조과학부의 기초연구지원사업 도약과제 (정해명) NRF (3345-20100013, 3345-20130011 and 3345-20140009), 그리고 BK 프로그램의 부분지원(고병관 석사과정)에 감사한다.

#### □ 관련사진(연구책임자 및 연구관련 사진)

연구책임자 정해명 교수

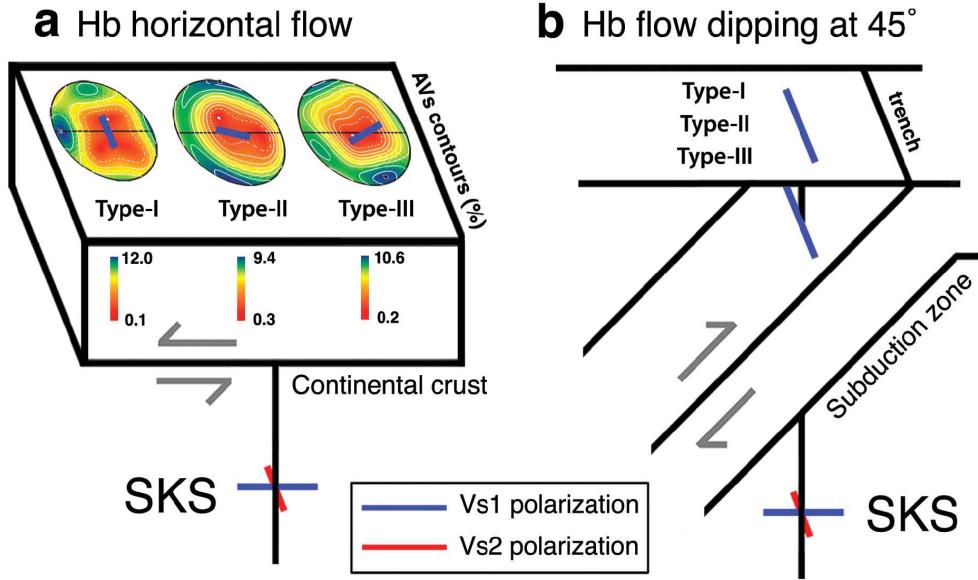


각섬암이 고압고온에서 변형될 때 각섬석의 배열이 온도와 응력의 세기에 따라 세 가지 타입(type-I, -II, -III)으로 나타남을 각섬암 변형실험을 통해 발견하였다. 압력 = 1 GPa (지하 30 km 깊이의 압력), 온도 = 480 – 700 °C.

**Pole figures and a fabric diagram of hornblende.** (a) Pole figures of three types of crystal preferred orientations (CPOs) of the deformed hornblende and (b) their fabric diagram. The x- and z-directions correspond to the shear direction and the shear plane normal, respectively. The arrows indicate the sense of shear. The pole figures are presented in equal-area and lower-hemisphere projection with a half-width of 20°. The contours indicate the multiples of uniform distribution (m.u.d.) for the density of poles. (Type-I) Sample JH54, P = 1 GPa, T = 480 °C, n = 202. (Type-II) Sample JH46, P = 1 GPa, T = 600 °C, n = 206. (Type-III) Sample JH74, P = 1 GPa, T = 640 °C, n = 216. n: number of measured grains. (Ko and Jung, 2015, *Nature Communications*)

그림 7.

\*\* 이방성(anisotropy): 물질의 물리적 성질이 그 물질의 방향에 따라 다를 때 그 물질이 이방성을 가지고 있다고 한다. \*\* SKS: S-파가 외핵을 맞고 올라온 S-파.



a. 각섬석(Hb)이 대륙지각에서 평행하게 회색 화살표방향으로 변형되어 흘러갈 때, 각각 세 개 타입의 각섬석 배열로 인해 나타나는 지진파 S-파의 이방성이 도시되어 있다. 동그라미(stereonet) 안의 파란색은 이방성이 큰 부분을, 빨간색은 이방성이 작은 부분을 보여준다. 각섬석의 type-I 배열의 경우 S-파의 이방성이 암석이 흘러가는 방향에서 제일 크게 나타나는 반면에, type-II 와 -III 배열의 경우 암석이 흘러가는 방향에 거의 수직으로 S-파의 이방성이 크게 나타남을 발견하였다. 파란색 막대기는 빠른 S-파의 편광방향(Vs1 polarization)을 나타낸다.

b. 각섬석(Hb)이 섭입대(subduction zone: 해양판이 대륙판과 부딪혀 지하로 들어가는 부분; 예, 일본 동쪽)에서 해양판이 45도로 땅속으로 들어가는 경우, 지진파의 빠른 S-파의 편광방향(Vs1 polarization)을 파란색 막대개로 표시하였다. 타입에 관계없이 빠른 S-파의 편광방향이 해구(trench)에 평행하게 배열되는 것을 발견했다. 이러한 현상은 세계 여러 나라(미국, 일본, 뉴질랜드, 알래스카, 페루, 이탈리아 등)의 섭입대에서 발견되는 해구와 평행한 빠른 S-파의 편광방향이 각섬석의 배열에 의해 야기될 수 있음을 고압고온 실험으로 입증한 최초의 결과이다. 위의 결과들은 지각과 맨틀의 유동/동역학을 이해하는데 지체구조학적으로 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

Figure 7 | Seismic signatures produced by hornblende. Seismic signatures from three different CPO types are shown in the (a) continental crust and (b) subduction zones. (a) For horizontal flow, the anisotropy contours of the S-waves (AVs) show that the orientation of high anisotropy depends on the CPO types of amphibole. (b) For the flow dipping at  $45^\circ$ , seismic anisotropy is strong, and the Vs1 polarization direction (blue bar) is parallel to the trench for all three CPO types of amphibole for a vertically propagating S-wave (SKS). The blue and red bars indicate the polarization directions of the fast shear wave (Vs1) and slow shear wave (Vs2), respectively. Hb, hornblende.

관련 자료

지각하부 지진파이방성의 원인 규명  
고압고온 실험으로 생성된 각섬석 광물의 세 가지 선호방향 세계 최초  
발견  
Crystal preferred orientation of an amphibole experimentally  
deformed by simple shear

2015. 4. 13

서울대학교

Title: Crystal preferred orientation of an amphibole experimentally deformed by simple shear

## 1. 연구배경 및 현황

지구내부로 들어가면 압력과 온도가 높아져서 우리가 쉽게 접근할 수 없다. 그래서 지구내부 구조를 밝혀내기 위해 주로 사용하는 방법은 지진발생시 나오는 지진파의 전파속도와 지진파의 이방성을 가지고 이루어져 왔다. 지각의 중·하부에 각섬암이 상당한 양으로 존재가능하고 이 암석내부의 각섬석이 탄성적으로 매우 비균질하다고 이전 연구에 의해 보고된 바 있다.

지금까지 미국, 호주, 독일, 중국 등 세계 여러 나라의 지각 중·하부에서 발견되는 지진파의 이방성은 그 원인이 어디에 있는지 명확하지 않았다. 또한, 섭입대의 맨틀웨지에서 나타나는 이례적인 지진파의 이방성의 원인이 무엇인지 잘 모르고 있었다.

## 2. 연구내용 및 결과

각섬암의 변형실험은 압력이 1 GPa (1만 기압), 온도가 섭씨 480 - 700 °C 에서 서울대 지구환경과학부의 정해명교수의 실험실(지체구조물리학 연구실)에서 전단변형 실험으로 수행되었는데, 각섬암 내부의 주요광물인 각섬석이 온도와 응력에 따라 3개의 선호방향을 가짐을 세계 최초로 발견해 냈다. 각섬암의 전단변형 실험은 세계 최초로 수행되었으며, 그 결과 생성된 3개 타입의 각섬석 선호방향은 지진파의 전파속도와 지진파의 이방성에 크게 영향을 줄 수 있음을 세계 최초로 고압고온 실험을 통해 입증했다.

## 3. 연구성과 및 향후 계획

### 연구성과:

지금까지 미국, 호주, 독일, 중국, 티벳 등 세계 여러 나라의 지각 중·하부에서 발견되는 지진파의 이방성은 그 원인이 어디에 있는지 명확하지 않았는데, 이번 연구 결과는 그 원인이 각섬석의 선호방향이 될 수 있음을 지시해 주고 있어 지각의 내부

구조를 이해하는데 있어 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 그리고, 섭입대의 맨틀웨이지에서 나타나는 이례적인 지진파의 이방성 또한 각섬석의 선호방향으로 인해 생성될 수 있음이 이번 연구에 의해 밝혀졌다. 앞으로 지진학·구조지질학·지구내부 동력학 연구 분야에서 지체구조의 연구 및 해석에 커다란 반향을 불러일으킬 것으로 보인다.

위의 연구내용은 국제적 저명학술지 Nature Communications에 2015년 4월 10일에 발표되었고, 연구의 중요성을 인정받아 Article로 출판되었다.

### 향후계획

앞으로 후속연구로 압력의 변화가 각섬석의 선호방향에 어떤 영향을 주는지, 그리고 이로 인해 지진파의 전파속도와 지진파의 이방성에 어떤 영향을 주는지에 대해 연구를 수행할 예정이다.