

보 고

제 7 차 국제 에클로자이트 회의(International Eclogite Conference) 참가 보고:  
오스트리아 알프스(Hohe Tauern) 야외답사

조 문 섭

서울대학교 자연과학대학 지구환경과학부

2005년 7월 4일(월)부터 8일(금)까지 오스트리아의 라이프니츠시 세가우 성(城)에서 열린 제7차 국제 에클로자이트 회의(IEC)와 3일간의 학회후 야외답사에 참가하였기에 간단히 보고한다. 이번 회의는 세계 20십여개국에서 약 150명 정도의 학자가 참가하여 지난 2003년 노르웨이에서 열렸던 필드 심포지움에 이어 성황을 이루었다. 우리나라에서는 필자와 김윤섭 박사과정 학생이 참가했으며, 중국의 참가자는 10여명, 타이완 5명, 일본 5명으로 아시아권 참가자도 꽤 있었다. IEC회의는 워크샵 형태로 한 개 발표장에서만 구두발표를 진행하고, 모든 참가자가 같은 호텔과 식당에서 먹고 자기 때문에 회의장 바깥에서도 같이 대화를 나눌 수 있는 큰 장점이 있다. IEC위원회는 매년 늘어나는 참가자들을 분산시키는 방법의 일환으로 매 2년마다 공식회의를 개최하기로 결정했다. 따라서 공식회의와 번갈아 개최되던 필드 위주의 심포지움은 2007년 스코틀랜드에서 마지막으로 열릴 예정이다. 2009년 IEC회의는 중국의 시안(西安)에서 열리고 회의 직후의 필드는 최근 초고압 광물을 포함하는 에클로자이트가 보고된 바 있는 Qaidam 조산대에서 8일간 열릴 예정이다. 한편 2011년 IEC회의의 개최지는 체코로 결정되었다.

3일간의 학술발표회를 통해 66편의 구두 발표와 99편의 포스터 발표가 소개되었고, 각 주제별로 초청강사들의 주제발표가 30분에 걸쳐 제공되었다. 요일별 발표주제와 초청강사 성명 및 소속은 아래와 같다.

1. Understanding the collision process (I): Rheology-Tectonics-Models (Stockhert, B., Rhur Univ.; Hartz, E.H., Oslo Univ.)
2. Understanding the collision process (II): Geochronology-Geochemistry (Thoni, M., Univ. Vienna); Petrology (van Roermund, H., Utrecht Univ.)
3. Fluids and melts (Philippot, P., Institute of Physics du Globe de Paris); Methods (Chakraborty, S.,

Rhur Univ.; Smith, D.C., Univ. Paris VI); Diamonds

가장 격론을 불러 일으켰던 발표는 지구조적 과압력(tectonic overpressure)에 대한 내용으로 많은 토의가 있었으나 합의에 이르기에는 어려움이 커 보였다. 코어 사이트와 같은 초고압광물을 갖고 있는 에클로자이트가 약 100 km 이상의 맨틀 깊이에서 만들어졌다기 보다는 지구조적 과압력(tectonic overpressure)에 의한 현상이라고 자신있게 주장하던 초청강사 Hartz 교수는 기껏해야 40세쯤 되어 보였다. 반면 60대 중반에 들어선 타이완 지구과학연구소의 B.-M. Jahn 소장은 각종 동위원소 측정 결과들을 비교 분석함으로써 다비-친링 지역의 변성시기가 트라이아스기에 국한됨을 명쾌하게 주장하여 인상적이었다. 일본 교토 대학의 Hirajima 교수는 Sulu 조산대의 Yangkou 감람암에서 Ye *et al.* (2000)이 Nature 논문에서 제안한 바와는 달리 마조라이트질(majoritic) 석류석이 불안정함을 강력히 주장하였다. 2009년 IEC회의를 책임 맡을 중국과학원의 젊은 Ye 교수는 어떤 과학적 반론을 제기할지 궁금해진다. 석류석 내 용리 광물을 이용해 초고압을 추정하는데 상당히 주의가 요구됨을 지적한 셈이다.

무엇보다 필자의 관심을 끈 발표는 우리나라에서 최초로 발견된 에클로자이트에 대한 두 편의 논문이었다 (Guo *et al.*, 2005; Zhai and Guo, 2005). Guo *et al.* (2005)의 논문은 이미 발표된 Oh *et al.*(2005)의 논문 내용과 크게 다를 바 없었으나, Zhai and Guo(2005)는 홍성 근처 비봉 에클로자이트로부터 분리한 저어콘의 SHRIMP(고감도-고분해능 이온현미분석기) 연대가 231.2 ± 3.3 Ma임을 보고한 점이 새로웠다(Fig. 1a). 우리나라의 고압변성작용이 중국에서 보고된 대륙충돌 사건과 시기적으로 다를 바 없음을 시사한다. 이들은 또한 에클로자이트에 수반된 감람암의 전암분석을 통해 대륙 맨틀 기원임을 제안하였으며, 필자도 이번 회의에서 유

\*Corresponding author: Tel: 82-2-880-6732, E-mail: moonsup@snu.ac.kr

구감람암에 대해 엇비슷한 내용을 발표하였다. 훌륭한 구두발표를 통해 시선을 끈 Zhai 교수 팀의 연구 결과는 회의참가자들의 관심을 불러일으켰고, 결국 “한국의 지질학자들은 지금까지 왜 에클로자이트를 못 찾았었냐”는 고통스러운 질문으로 이어졌다. 그러나 조그만 노두에서 중국 팀이 보고한 에클로자이트만으로 모든 것이 해결될 수는 없으며, 특히 에클로자이트와 관련해 적절한 지구조적 해석을 하기 위해서는 보다 자세한 학제간 공동연구가 필수적인 것이다. 앞으로 우리나라 학계와 젊은 학생들 사이에서 우리나라의 에클로자이트와 트라이아스기 대륙충돌대에 대해 보다 많은 관심을 갖게 되길 기대한다.

학회 중간에 있었던 야외학술답사는 이틀에 걸쳐 당일 행사로 진행되었다. 답사지역은 Koralpe와 Saualpe 지역으로 두 곳 모두 오스트리아 동알프스에서는 에클로자이트의 산출지로 유명한 곳이다. Koralpe의 경우 인상적인 점은 에클로자이트의 모암인 변성반려암이 화성암으로 보여질 정도로 거의 원형 그대로 보존되어 있다는 사실이다(Fig. 1b). 비가 많이 오던 탓에 방문 예정지 대신 들린 채석장에서는 멋진 화강암질-페그마타이트질 압쇄암을 볼 수 있었다(Fig. 1c). 오스트리아는 수도 빈에서부터 우리가 들렀던 몇 도시에서는 모두 압쇄암을 도로의 포장재로 흔히 볼 수 있어, “압쇄암의 나라”로 불려도 되겠다 싶을 정도이었다. 엄청난 규모의 알프스 조산운동이 만들어낸 압쇄암이 우리나라에서 본 전형적인 것들과 대동소이한 것도 새롭게 다가왔다. 또한 압쇄암이 거의 수평으로 누워 있어 쉽게 드러스트 나페구조를 연상시킨다는 점도 이채로왔다. Saualpe에서는 남정석 에클로자이트가 특징적으로 산출하며(Fig. 1d), 이들을 끊는 페그마타이트질 맥암에서는 조이사이트 결정이 발견된다. Saualpe는 오스트리아의 광물수집가인 Siegmund von Zois의 이름을 딴 조이사이트의 표식지이기도 하다.

학회 후에 열린 3일간의 야외답사는 지질학계에 Tauern Window로 잘 알려져 있는 Hohe Tauern 국립공원 내에서 있었다. 라이프니츠 시에서부터 한번도 쉬지 않고 거의 너댓 시간을 운전해 도착한 이곳은 스키를 타기 위해 많은 사람들이 방문하는 유명한 관광지이기도 하다. 답사 지역은 Tauern Window에서는 드물게 에클로자이트가 넓게 분포하는 소위 “에클로자이트 대”에 속하는, 전형적인 동알프스의 험준한 산자락이었다.

첫째 날은 전체적인 오스트리아 알프스의 전경을 보여주기 위한 코스로 이곳에서 제일 유명한 Glogglöckner 빙하 지역을 방문하였으나, 워낙 흐린 날씨여서 구름 저편으로의 멋진 풍경을 머릿속으로 상상해야만 했

다. 그러나 곡빙하를 끼고 1시간 30분 정도 도보로 올라오는 동안 거의 완벽한 노두를 볼 수 있었다. 대부분 회색 내지 갈색의 석회질 운모편암으로 구성되어 있으나, 간혹 석류석을 포함하는 편암이 층상으로 관찰되었다. 이들 편암류는 모두 단조로운 주향과 경사를 보이는 듯 했으나, 자세히 보면 곳곳에 드러스트 단층이 소규모로 발달하고, 드물게는 규암 층이 멋진 횡와습곡을 보이며 남쪽에서 북쪽으로 이동한 나페구조를 가르쳐주고 있었다(Fig. 1e). 장시간의 산행을 거쳐 도달한 에클로자이트 노두는 규모가 작았지만(Fig. 1f), 자세한 연구가 이루어진 곳이었다. 특히, Dachs and Proyer(2002)는 석류석의 성분 누대구조로부터 확산모델을 적용해 석류석이 약 1.2 Ma 기간 동안 수십 마이크로 이상 덧자랐음을 주장하였고, 그 결과 알프스에서 구한 용기속도로는 가장 빠른 수 cm/yr의 값을 얻었다. 이처럼 빠른 용기속도는 최근 대륙충돌에 따른 조산대에서는 보편적 사실로 받아들여지고 있다. Papua New Guinea의 현생조산대에서 Baldwin *et al.*(2004, 2005)이 보고한, 약 4 Ma 밖에 안 된 초고압 코어사이트-에클로자이트 역시 역동적인 조산운동을 대변해주고 있다.

우리나라에서는 동화책이나 나올 법한 멋진 자그마한 호텔에서 하룻밤을 묵고, 둘째 날 야외답사를 시작하였다. 오전 중에 약 2,100 m 고지에 있는 Johannishtutte 산장 부근의 에클로자이트 노두와 주변암인 석영질 편암과 대리암을 관찰하였다. 에클로자이트 층이 청색편암과 각섬암 층으로 전이되는 모습이 특징적이었다. 개인적으로 보다 더 눈길을 끈 것은 석류석을 갖고 있는 석영-운모 편암의 산출 양상이었다. 여러모로 임진강대에서 흔히 보이는 남정석 편암들과 비슷해 놀라울 따름이었다. 오후에는 마지막 날의 고지대 답사를 위해 Eisseehutte 산장(해발고도 2500 m)까지 가야 했기 때문에 2시간 가까이 산행을 해야만 되었다. 비교적 평탄한 산길이었음에도 불구하고, 산소 부족으로 인해 금방 지치는 느낌이 다가오곤 했다. 개인적으로 재작년인가 백두산 산행에서 시료채취를 하다가 갑자기 경험했던 산소부족 현상을 상기시켜 주는 바로 그 느낌이었다. 이번에는 유경험자라 무리하지 않고 천천히 오른 탓에 숨 넘어 가는 듯한 경험은 못 했지만, 약 500 m 높이를 오르는 동안 눈앞에 펼쳐졌던 알프스 산자락은 숨을 죽이게끔 만드는 절경의 연속이었다. 백두산 주변 풍경의 확대판처럼 생각되었다.

셋째 날은 최악의 날이었다. Eisseehutte 산장에서 쭉 그리고 잠을 설친 보람도 없이 날씨가 따라주지 않았다. 아침에 일어나니 진눈깨비 같은 눈비가 부슬부슬

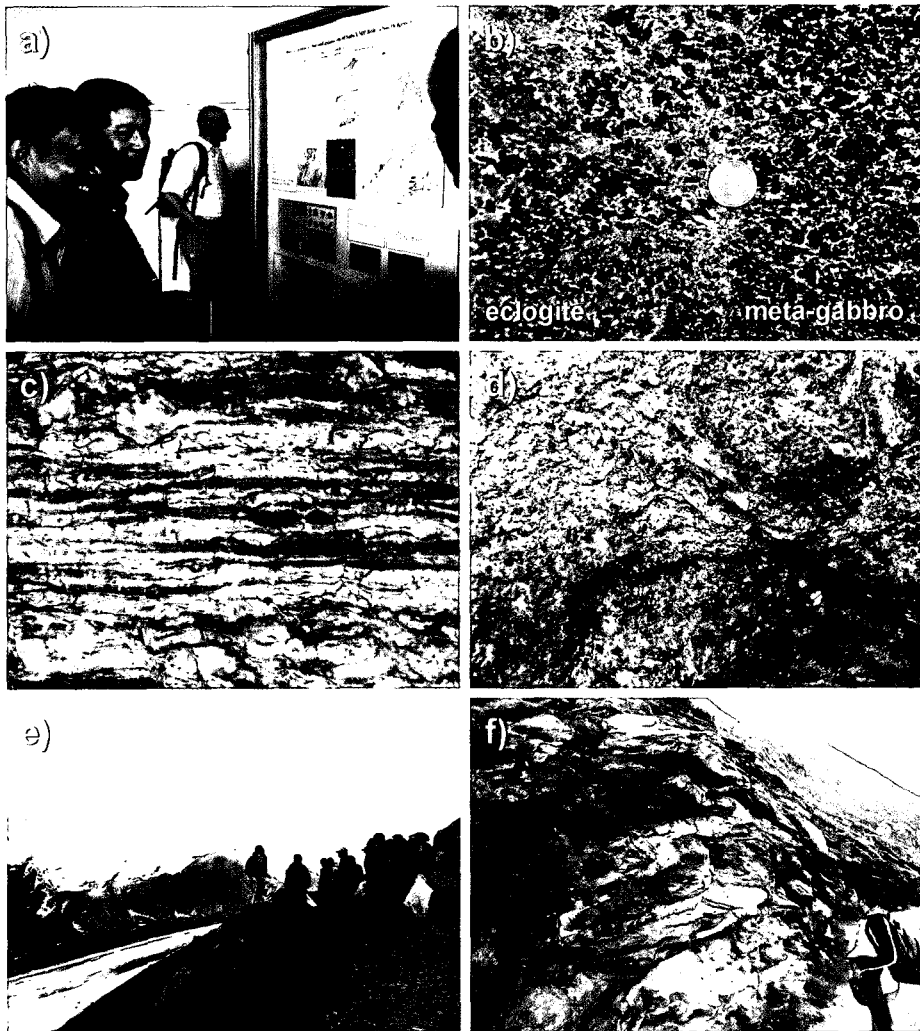


Fig. 1. (a) Prof. Jahn (second from left) and Prof. Zhai (leftmost) in front of the Zhai and Guo's (2005) poster. (b) Transition from meta-gabbro to eclogite in Koralpe. This photograph was taken from a polished rock displayed in the Geopark garden near Koralpe. (c) Pegmatitic mylonite in Koralpe. (d) Kyanite eclogite at Saualpe. Blue kyanite, ca. 1 cm in size, coexists with red garnet and green omphacite. (e) First-day field stop near the Großglockner glacier. (f) Iso-clinal recumbent fold revealed by quartzite layer intercalated with grey mica schist, Großglockner Hochalpenstraße, Hohe Tauern. Mr. Y. Kim for scale.

내리고 있었다. Jahn 교수 부부를 비롯해 몇몇 사람들은 현장 답사를 포기했지만, 많은 참가자들이 따라 나섰다. 나도 생애 처음이자 마지막이 될 동알프스 산행 답사에 기꺼이 참가하기로 했다. 곡빙하를 직접 밟고 건너기도 하며 1시간 정도 준비를 해치고 오른 끝에, 드디어 목적지인 Eissee 빙하호(고도 2681 m)의 거친 자태를 볼 수 있었다. 그 주변에 나타난 에클로자이트는 변형작용을 받아 크게 휘어지고 끊어졌으며, 에클로자이트 부딘 사이에는 청색 납정석이 광채를 날리며

자라나고 있었다. 고압 각섬암상의 변성조건에서 일어난 단순전단운동의 산물이라고 하였다. 날씨 탓에 2950 m 고지에 있는 에클로자이트를 직접 볼 수 없었던 게 못내 아쉬웠지만, 하행 길 역시 만만치 않은 미끄러운 산길이라 하산을 재촉할 수밖에 없었다. 고산지대에서의 야외조사가 만만치 않다더니 직접 경험해 보고 나서야 그 어려움을 실감하게 되었다. 그래도 빙하호 옆에서 에클로자이트를 지키고 서 있던, 준비에 젖은 하얀 에델바이스는 지질학자의 발길을 다시 알프스로 돌

리기에 충분할 정도로 매혹적이었다.

이상으로 간단한 회의 참가보고를 맺는다. 좀 더 자세한 정보를 얻고 싶은 분은 <http://www.uni-graz.at/IEC-7/structure.html> 사이트를 방문해보길 권장한다. 귀국 길의 긴 여정동안 어찌하면 우리 학생들이 알프스처럼 멋진 곳을 방문해 지질학에 대한 큰 꿈을 키울 수 있을까 하는 생각이 자꾸 뇌리를 스쳤다. 여유가 닿으면 알프스로 배낭여행이라도 떠나길 권한다 -- 지도교수를 따라 나서는 공짜 여행이라면 제일 좋지만. 지질학을 공부하는 게 왜 멋진지 실감할 수 있으리라. 끝으로 김윤섭 군과 필자가 제7차 IEC회의에 참가할 수 있도록 재정적 도움을 준 서울대학교 지구환경과학부의 BK21 프로그램에 사의를 표한다.

### 참고문헌

- Baldwin, S.L., Monteleone, B.D., Webb, L.E., Fitzgerald, P., Grove, M. and Hill, J., 2004, Pliocene eclogite exhumation at plate tectonic rates in eastern Papua New Guinea. *Nature*, 431, 263-267.
- Baldwin, S.L., Webb, L.E. and Monteleone, B.D., 2005, Late Miocene-Pliocene eclogites of eastern Papua New Guinea: The youngest known HP/UHP terrance on Earth. *Mitt. Osterr. Miner. Ges.*, 150, 16.
- Dachs, E. and Proyer, A., 2002, Constraints on the duration of high-pressure metamorphism in the Tauern Window from diffusion modelling of discontinuous growth zones in eclogite garnet. *Jour. metamorphic Geol.*, 20, 769-780.
- Guo, J., Zhai, M., Oh, C.W. and Kim, S.W., 2005, 230 Ma eclogite from Bibong, Hongseong area, Gyeonggi Massif, South Korea: HP metamorphism, zircon SHRIMP U-Pb ages and tectonic implication. *Mitt. Osterr. Miner. Ges.*, 150, 47.
- Oh, C.W., Kim, S.W., Choi, S.G., Zhai, M., Guo, J. and Krishnan, S., 2005, First finding of eclogite facies metamorphic event in South Korea and its correlation with the Dabie-Sulu collision belt in China. *Jour. Geol.*, 113, 226-232.
- Ye, K., Cong, B. and Ye, D., 2000, The possible subduction of garnet-bearing ultramafic rocks and associated eclogites in the Su-Lu ultrahigh-P metamorphic terrane, eastern China. *Nature*, 407, 734-736.
- Zhai, M. and Guo, J., 2005, Discovery of eclogites and extension of Sulu UHP belt in South Korea. *Mitt. Osterr. Miner. Ges.*, 150, 172.

---

(2005년 8월 1일 접수; 2005년 8월 15일 채택)