남극 장보고기지 주변지역 지질도작성

Geological mapping around the Jang Bogo Station

KOPRI
극지연구소

한국지질자원연구원

KOPRI
극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “남극 빅토리아랜드 지역 지각진화 및 행성형성과정 연구”과제의 위탁연구“남극 장보고기지 주변지역 지질도작성”과제의 최종보고서로 제출합니다.

KOPRI
극지연구소

2019. 7.

(본과제) 총괄연구책임자 : 이 종 익

위탁연구기관명 : 한국지질자원연구원

위탁연구책임자 : 김 현 철

위탁참여연구원 : 고 희 재

“ : 이 승 렬

KOPRI
극지연구소

보고서 초록

<table>
<tr><td>위탁연구과제명</td><td colspan="5">남극 장보고기지 주변지역 지질도작성</td></tr>
<tr><td>위탁연구책임자</td><td>김 현 철</td><td>해당단계
참여연구원수</td><td>2명</td><td>해당단계
연구비</td><td>240,000,000원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">한국지질자원연구원
국토지질연구본부</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 :　　상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서
면수</td><td>116</td></tr>
<tr><td colspan="6">지질도작성 조사지역은 남극 북 빅토리아랜드에 위치한 장보고기지 주변지역으로 하부로부터 흑운모편암, 혼성편마암, 엽리상 장석 반정 흑운모화강암, 우백질 화강암, 섬록암, 흑운모화강암으로 구성됨. 흑운모편암은 회색의 세립질-중립질 석류석-흑운모편암으로 석회규산염암과 각섬암이 협재하며 쇄설성 저어콘 연대에 의한 퇴적시기는 ca. 700 Ma 이후로 추정됨. 혼성편마암은 중립질-조립질 석류석-흑운모 편마암과 혼성암으로 구성되며, 부수적으로 고철질 편암과 장석쇄정 흑운모편마암을 포함. 쇄설성 저어콘 연대와 우백질 화강암의 관입 연대를 고려할 때 퇴적시기는 ca. 550-498 사이로 제한할 수 있음. 엽리상 장석반정 흑운모 화강암은 미약-보통 정도의 엽리가 발달하는 중립질-조립질 암체로, 혼성 편마암과 달리 우백대-우흑대가 관찰되지 않고 우백질 화강암에 의해 관입 되지 않음. 우백질 화강암은 괴상-미약한 엽리가 발달하는 중립질-조립질 석영-장석 화강암으로 괴상의 K-장석 거정 우백질 화강암은 특징적으로 근청석과 석류석 반정을 포함. 석영-장석 화강암, K-장석 거정 우백질 화강암, 엽리상 우백질 화강암의 관입 연대는 497.7±4.4 Ma, 482.1±8.3 Ma, 479.7±4.3 Ma 임. 섬록암은 암녹회색 괴상의 세립질-중립질 섬록암-반려암으로 관입 연대는 479.6±4.5 Ma 임. 흑운모화강암은 괴상-미약한 엽리가 발달하는 중립질-조립질 암체로 흔히 섬록암과 혼성 편마암 포획물을 함유함. 흑운모화강암의 관입 연대는 472.1±2.5 Ma이나 K-장석 반정을 함유하는 암체의 관입 연대는 463.4±7.6 Ma 임.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td colspan="4">남극, 북 빅토리아랜드, 장보고기지, 지질도, 저어콘 연대</td></tr>
<tr><td>영어</td><td colspan="4">Antarctic, North Victoria Land, Jang Bogo Station, Geologic map, Zircon Age</td></tr>
</table>

KOPRI
극지연구소

요 약 문

Ⅰ. 제목 : 남극 장보고기지 주변지역 지질도작성

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

○ 남극 장보고기지 주변지역에 대한 지질도작성

2. 연구개발의 필요성

○ 장보고 과학기지가 건설됨에 따라 기지주변을 포함하는 빅토리아랜드 지역에 대한 지질과학 분야의 연구가 일부 진행 중이며, 향후 다양한 지질과학 분야의 연구 수요가 증가할 것으로 예상됨

○ 지질도는 공공적 활용가치가 높은 기초지질정보를 체계적으로 확보하는데 있어 가장 기초적이면서 필수적인 자료이며, 학술적 연구에 있어서도 가장 핵심적인 지표 자료로서 그 가치를 인정받을 뿐만 아니라 자원탐사, 잠재적 지질재해의 근본원인 규명, 지질환경 관리 및 보전 등의 분야에서 기반정보로 광범위하게 활용됨

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

○ 암층의 분류, 공간적 분포 및 지층경계 추적

○ 지질구조 해석 및 층서 설정

○ 지화학분석 및 절대연령측정으로 지구조환경 추정 및 형성-변성 시기 규명

○ 1:12,500 축척 지질도 및 영문 설명서 작성

Ⅳ. 연구개발결과

○ 조사지역은 남극 북 빅토리아랜드 동부에 위치하며, 윌슨 변성 복합체인 고생대 변성퇴적암 기원의 편암과 편마암, Granite Harbour Igneous Complex의 화강암류와 암맥, 그리고 제4기 빙하퇴적물 구성됨

○ 조사지역에 분포하는 암체는 하부로부터 흑운모편암, 혼성편마암, 엽리상 장석반정 흑운모화강암, 우백질 화강암, 섬록암, 흑운모화강암, 암맥, 빙하퇴적물로 구성됨.

○ 흑운모편암은 회색의 세립질 내지 중립질 석류석-흑운모편암으로 석회-규산염암과 각섬암이 협재하며 쇄설성 저어콘 연령에 의한 퇴적시기는 ca. 700 Ma 이후로 추정됨.

○ 혼성편마암은 주로 중립질 내지 조립질 석류석-흑운모 편마암과 혼성암으로 구성되며, 부수적으로 고철질 편암과 장석쇄정 흑운모편마암을 포함. 우백질 화강암이 편암과 편마암의 엽리에 평행하게 또는 사교하며 관입하고 있어 외관상 복잡한 관계를 보임. 쇄설성 저어콘 연령에 의한 퇴적시기는 ca. 550 Ma 이후로 추정되나 우백질 화강암의 관입시기가 497.7±4.4 Ma로 나타나 퇴적시기를 ca. 550-498 사이로 제한할 수 있음.

○ 엽리상 장석반정 흑운모 화강암은 미약 내지 보통 정도의 엽리가 발달하는 중립질 내지 조립질 암체로, 혼성 편마암과 달리 우백대-우흑대가 관찰되지 않고 우백질 화강암에 의해 관입되지 않음

○ 우백질 화강암은 괴상 내지 미약한 엽리가 발달하는 중립질 내지 조립질 석영-장석 화강암으로 괴상의 K-장석 거정 우백질 화강암은 특징적으로 근청석과 석류석 반정을 포함하고 있으며, 석영-장석 화강암의 관입 시기는 497.7±4.4 Ma, K-장석 거정 우백질 화강암의 관입시기는 482.1±8.3 Ma, 엽리상 우백질 화강암의 관입시기는 479.7±4.3 Ma 임

○ 섬록암은 암녹회색 괴상의 세립질 내지 중립질 섬록암 내지 반려암으로 관입시기는 479.6±4.5 Ma 임

○ 흑운모화강암은 괴상 내지 미약한 엽리가 발달하는 중립질-조립질 암체로 흔히 섬록암과 혼성 편마암 포획물을 함유함. 흑운모화강암의 관입시기는 472.1±2.5 Ma이나 K-장석 반정을 함유하는 암체의 관입시기는 463.4±7.6 Ma 임.

○ Granite Harbour Igneous Complex의 섬록암과 흑운모화강암은 모든 도표에서 화산호 화강암영역에 도시됨.

○ 조사지역에서 3개의 주요 변형작용이 인지됨. D1은 습곡축면이 NW-SE 방향인 등사습곡과 뿌리 없는 습곡으로 인지되며, 습곡축이 지표와 고각으로 경사하는 반시계방향의 전단감각을 보임. D2는 습곡축이 거의 수평인 타이트 내지 등사습곡으로 인지되며, 습곡축면은 광역엽리를 정의하고, 상부가 남동쪽으로 이동한 전단감각을 보임. D1과 D2는 연성 변형작용으로 윌슨변성복합체의 변성암에 한정되어 나타남. D3는 변성암과 후기 관입암 모두에서 관찰되는 쇄성 구조의 형성과 관계되며, 노두 규모의 단층과 현미경하에서 관찰되는 미세 균열과 광물변형조직으로 인지됨.

KOPRI 극지연구소

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

○ 장보고기지 주변지역에 대한 지질과학 관련 지식기반 구축

○ 빅토리아랜드 지각진화 모델을 통해 남극내륙 미노출지 암석특성 예측 및 5억년 전 남극대륙과 초대륙의 고지리 복원 기초자료로 활용

○ 지질과학 분야의 연구를 위한 기초지질정보로 학술적 연구뿐만 아니라 자원탐사, 잠재적 지질재해의 근본원인 규명, 지질환경 관리 및 보전 등의 분야에서 기반정보로 광범위하게 활용됨

○ 미래 개발시대를 대비한 남극대륙 부존자원, 에너지자원 등의 탐사 및 개발 등을 위한 기초자료 활용

KOPRI
극지연구소

KOPRI
극지연구소

S U M M A R Y

I. Title: Geological mapping around the Jang Bogo Station

II. Purpose and Necessity of R&D

1. Purpose of R&D

○ Geological mapping around the Jang Bogo Station, Antarctica

2. Necessity of R&D

○ Due to the construction of Jang Bogo Station, some researches on geological science are being conducted on the Victoria Land area including around the Jang Bogo Station, and it is expected that the demand of research in various geological science fields will increase in the future.

○ The geological map is the most basic and essential data to systematically acquire basic geological information with high public utility value. It is the most important index data for academic research as well as its value, It is widely used as base information in the fields of clarifying the orogin, geological environment management and conservation.

III. Contents and Extent of R&D

○ Classify the lithologic units, and trace the spatial distribution and geological boundary of the units

○ Interpret the geological structures and define the stratigraphic sequences

○ Suggest a tectonic settings as well as timing of the formation and/or metamorphism through the geochemical and geochronologic analyses

○ Geological mapping

IV. R&D Results

- The mapping area, located in the eastern part of northern Victoria Land, Antarctica, mainly consists of early Paleozoic meta-sedimentary schists and gneisses of the Wilson Metamorphic Complex, granites and dikes of the Granite Harbour Igneous Complex, and Quaternary glacial sedimentary deposits.
- Biotite schist is gray-colored and fine- to medium-grained garnet-biotite schist intercalated with minor calc-silicate and amphibolite. The youngest sedimentation age of the schist is ca. 700 Ma based on detrital zircon ages.
- Migmatitic gneiss is medium- to coarse-grained garnet-biotite gneiss and migmatite, together with minor mafic schist and feldspar porphyroclastic biotite gneiss. These schist and gneiss are intruded by leucocratic granite either concordant or discordant to the foliation, which yielded complicated appearances of the rocks. The sedimentation age of the gneiss is confined to ca. 550-498 Ma.
- Foliated feldspar phenocryst biotite granite is weakly to moderately foliated and medium- to coarse-grained. This rock unit is distinguished from the migmatitic gneiss by the lack of metamorphic differentiation forming leucocratic and melanocratic layers, as well as the leucocratic granite intrusives.
- Leucocratic granite is massive to weakly foliated, medium- to coarse-grained, quartz-feldspar granite and massive K-feldspar megacryst leucocratic granite characteristically contain cordierite and garnet phenocrysts. The quartz-feldspar granite, K-feldspar megacryst leucocratic granite, foliated leucocratic granite are dated at 497.7±4.4 Ma, 482.1±8.3 Ma, 479.7±4.3 Ma, respectively.
- Diorite is dark greenish gray, massive and fine- to medium-grained dioritic to gabbroic rocks. This unit is dated at 479.6±4.5 Ma.
- Biotite granite is massive to weakly foliated and medium- to coarse-grained. This granite commonly contains xenoliths of diorite and migmatitic gneisses, and is dated at 472.1±2.5 Ma, whereas K-feldspar porphyry biotite granite is dated at 463.4±7.6 Ma.
- Diorite and biotite granite of Granite Harbour Igneous Complex are belonged

to volcanic arc-granite regime in tectonic setting division plots.

- Three major phases of deformation are recognized in the mapping area. The first deformation, D1, is recognized as isoclinal to rootless folds whose fold axial planes show a NW-SE trend. The D1 folds define counter-clock-wise sense of shear, with their fold axes plunging high angles to the surface. The second deformation, D2, is recognized as tight to isoclinal folds with sub-horizontal fold axes. Fold axial planes represent the regional foliation. The vergence of D2 folds indicates the top-to-the-NE sense of shear. Both D1 and D2 denote ductile deformation events, and are restricted to the metamorphic rocks of the Wilson Metamorphic Complex. The third deformation, D3, is responsible for the formation of brittle (micro-) structures observed in both metamorphic and intrusive rocks. The D3 has occurred at shallow depths, and is recognized as the fault in outcrops, and micro-fractures and mineral deformation textures under microscope.

V. Application Plans of R&D Results

- Establishment of knowledge-based geological sciences around Jang Bogo Station
- Predict the lithologic features of unexposed areas in the Antarctic inland by using the Victorian Land crustal evolution model, and use it as basic data for restoring paleogeographic relation between Antarctic continent and Super continent after 500 Ma
- Use as basic geological information for the study of geological science, not only academic research but also widely used as base information in resource exploration, clarifying the cause of potential geological disaster, geological environment management and conservation
- Use as basic data for the exploration and development of resources and energy resources in Antarctic against the future development era.

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

목 차

제 1 장 서론 15
제 2 장 국내외 기술개발 현황 16
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 17
1절 서언 17
2절 지형 19
3절 지질각론 21
1. 운모편암류 21
2. 혼성편마암류 24
3. 엽리상 장석반정 흑운모편마암 30
4. 우백질 화강암류 33
5. 섬록암 37
6. 흑운모화강암 40
7. 암맥류 43
8. 모레인 45
9. 변형 작용 47
4절 전암 지화학, 연대측정, 동위원소분석 50
1. 전암지화학 분석 및 해석 50
2. 연대측정 62
3. Sr-Nd 동위원소분석 84
제 4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도 85
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 87
제 6 장 참고문헌 88
제 7 장 부록 89
1. 암석시료 채취 위치도 89
2. 채취 암석시료 목록 90
3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과 98
4. SHRIMP 저어콘 U-Pb 연대측정 결과 107
5. LA-MC-ICP-MS 저어콘 U-Pb 연대측정 결과 112
6. 전암 Sr-Nd 동위원소 분석결과 116

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

제 1 장 서론

남극 대륙에 장보고 과학기지가 건설된 이후, 기지주변 지역을 포함하는 빅토리아랜드 지역에서 다양한 지질과학 분야의 연구들이 수행되고 있다. 이 연구는 그 중의 하나로 장보고기지 주변지역의 지질도를 작성하는 것이다.

지질도는 공공적 활용가치가 높은 기초지질정보를 체계적으로 확보하는데 있어 가장 기초적이면서 필수적인 자료일 뿐만 아니라 학술적 연구에 있어서도 가장 핵심적인 지표 자료로서 그 가치를 인정받는다. 지질도작성을 위한 과제수행하면서 확보한 야외조사, 지화학분석, 동위원소분석, 절대연령측정 자료들과 작성된 지질도로부터 조사지역의 지질과학 관련 지질기반 정보를 축적 및 구축할 수 있다. 이렇게 축적 및 구축된 정보는 자원탐사, 잠재적 지질재해의 근본원인 규명, 지질환경관리 및 보전 등과 같은 다양한 지질과학 분야에 대한 연구 수요가 증가할 때 기초기반정보로 광범위하게 활용된다.

장보고기지가 위치하고 있는 빅토리아랜드의 지체구조에 대한 기본적인 연구는 미국, 이태리 지질학자들에 의해 진행되었지만 광대한 영역과 극한 환경으로 연구가 제한되었다. 장보고기지 주변지역에 대한 정밀 지질도를 작성함으로써 기지 주변지역에 대한 지질기반 정보를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 지질과학 관련 지식기반을 구축할 수 있다. 또한 장보고기지 주변을 포함하는 빅토리아랜드의 형성과정과 곤드와나 초대륙의 형성과 분리를 수반한 전지구적 지체구조 연구의 기초자료로 활용될 수 있다.

지질도는 암석의 종류와 산상, 공간적 분포, 지질구조, 층서, 지질시대, 부존자원 등과 같은 다양한 지질정보를 포함하는 것으로 지질과학의 여러 분야에 대한 지식을 기반으로 야외현장조사로 수집한 자료와 다양한 실험 분석으로 확보한 자료들을 통합하여 작성된다.

남극 하계연구 기간 동안 장보고기지 주변지역 현장지질조사를 수행하여 빙하들 사이로 노출된 암석들의 암상특징을 관찰하고 분류하여 암상별 분포범위와 경계를 결정하고 필요한 경우 암석시료 채취를 한다. 채취한 암석시료는 국내로 반입하여 박편관찰, 전암 지화학분석(주원소, 미량원소, 희토류원소), 절대연령측정 등의 실험에 활용하여 암석의 지층구분, 화학적 분류, 형성 지구조환경을 추정하고 형성(관입 및 퇴적 상한) 및 지구조운동(변성) 시기를 추정한다. 현장지질조사 자료와 실험 분석 자료를 통합하여 최종적으로 지질도를 작성한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

장보고기지가 위치한 북빅토리아랜드(Northern Victoria Land)의 윌슨터레인(Wilson Terrane)은 녹색편암상에서 상부 각섬암상에 이르는 저압-고온의 변성작용을 경험하였다(Grew and Sandiford, 1984; Palmeri, 1997). 해양성부가대인 윌슨터레인과 바워스터레인(Bowers Terrane) 사이에는 섭입한 해양지각의 일부가 존재하고, 초고철질 암석과 고압-초고압 변성상의 에크로자이트(eclogite)가 산출하는 것으로 보고 되었다(Di Vincenzo et al., 1997, Palmeri et al., 2007).

남극종단산맥(Transantarctic Mountains)에서 산출하는 퇴적암의 쇄설성 저어콘은 육괴기원(>1.4 Ga), 그렌빌 조산운동(Grenville Orogeny, ca. 1.1 Ga), 로스 조산운동(Ross Orogeny, 600-500 Ma)의 연령분포를 보인다(Goodge et al., 2004). 윌슨터레인 변성퇴적암의 기원지에 대한 자세한 연구결과를 찾을 수 없으나, 빅토리아랜드 지역에서는 그렌빌 조산운동에 해당하는 저어콘 기원지는 보고되지 않았다. 윌슨터레인 변성퇴적암은 약 700 Ma부터 초기 캠브리아기에 퇴적된 것으로 추정된다.

남극대륙의 지질에 대한 연구는 대륙기지 부지선정을 위한 기초조사와 현재 수행중인 본 과제 이외에는 거의 전무한 실정이다. 남극대륙 지질연구를 위한 현장지질조사와 채취한 암석시료에 대한 정밀분석기술은 국내 지질관련 연구기관인 한국지질자원연구원, 한국극지연구소, 한국기초과학지원연구원에서 확보하고 있다. 지질관련 기초지질조사 능력은 세계적 수준에 접근한 상태이지만, 남극대륙과 같은 극한의 환경에서의 지질조사를 위한 보급/캠프운영 등을 고려한 종합적인 능력은 미국, 이태리, 독일(BGR) 등 남극탐사 선진국과 비교하면 많이 미흡하다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1절 서언

장보고기지 주변지역에 대한 지질도작성을 위한 지질조사는 해양수산부 연구개발과제인 '남극 빅토리아랜드 지역 지각진화 및 행성형성과정 연구'의 일환으로 2016년 6월 1일부터 2018년 5월 31일까지 2년간 수행되었다. 조사지역의 범위는 WGS84 좌표기준으로 S74°33'00" E163°56'40" - S74°38'40" E163°56'40" - S74°38'40" E164°17'20" - S74°33'00" E164°17'20"로 북빅토리아랜드 윌슨변성복합체(Wilson Metamorphic Complex)의 남동 끝단에 속한다. 조사지역의 북서쪽은 Browning Pass, 동쪽은 Campbell Glacer tongue, 남쪽은 Gerlache Inlet으로 경계지워진다(그림 3-1).

지질도작성을 위한 현장지질조사는 2016. 10. 28 - 2016. 12. 02, 2017. 10. 31 - 2017. 12. 08 기간에 수행하였다. 조사지역은 변성암류와 화성암류가 분포하는 것으로 알려져 있으나 많은 부분이 빙하로 덥혀있고 노출된 암석이 많지 않아 암상구분과 연속성 추적에 어려움이 많았다. 조사지역에 분포하는 암상의 특징을 파악하기 위하여 암석 노출이 좋은 해안절벽과 빙하 또는 눈이 녹아 암석이 노출된 산정을 중심으로 지질조사 수행하였다. 지질조사는 도보로 수행하였으나 이동거리가 멀거나 접근하기 어려운 지역은 스키두를 이용하거나 설상차 또는 헬기의 지원을 받았다.

지질조사를 수행하면서 114 사이트에서 암석들의 종류와 분포범위를 확정하고 155개의 암석시료를 채취하였다(부록 8-1, 8-2). 채취한 암석시료는 국내로 반입하여 박편관찰, 전암 지화학분석(주원소, 미량원소, 희토류원소), 절대연령측정 등의 실험에 사용하고, 그 결과를 이용하여 암석의 지층구분, 화학적 분류, 형성 지구조환경을 추정하고 형성(관입 및 퇴적 상한) 및 지구조운동(변성) 시기를 추정하였다.

조사지역에는 윌슨변성복합체의 변성퇴적암류와 혼성편마암류, Granite Harbour 화성복합체(Granite Harbour Igneous Complex)의 화강암류가 분포한다. 화석증거에 의한 변성퇴적암의 기원암 연대 추정은 논란의 소지가 있으나(Ribecai, 1991; Casnedi and Pertusati, 1991), U-Pb 저어콘 연대와 Ar-Ar 쇄설성 백운모 연대가 620-510 Ma에 집중되어 나타나는 것으로 미루어보아 변성퇴적암은 캠브리아기 초에 퇴적된 것으로 추정된다(Chen and Liu, 1996; Flottman et al., 1998; Calonaci et al., 2002). 변성암을 관입하고 있는 화강암류는 U-Pb 저어콘 연대측정 결과 508-481 Ma에 관입한 것으로 보고되었다(Bomparola et al., 2007).

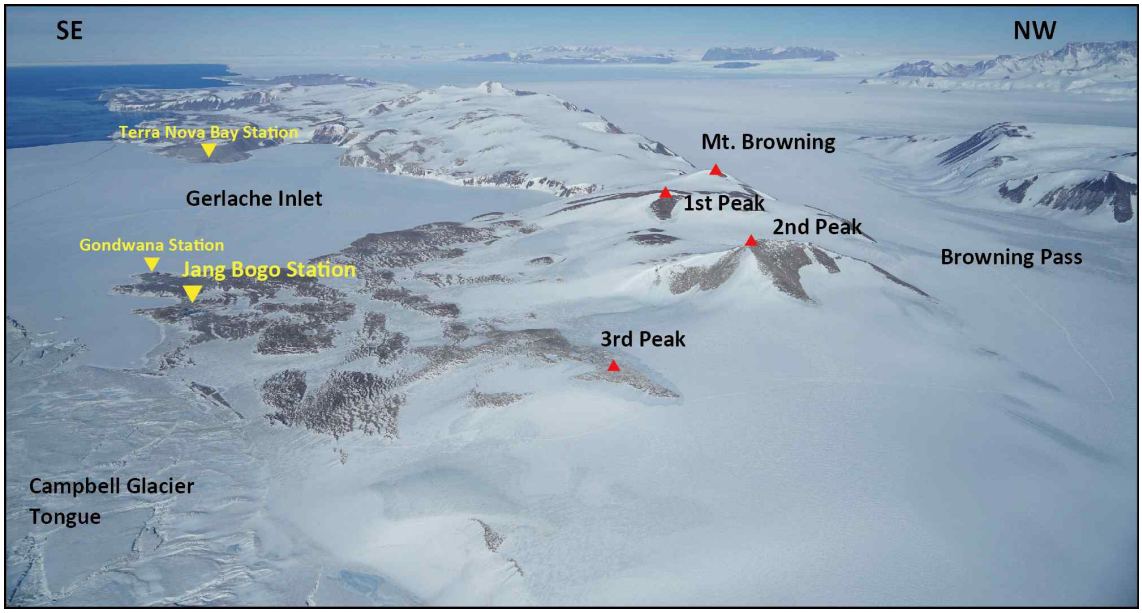


그림 3-1. 조사지역 항공사진.

KOPRI
극지연구소

2절 지형

조사지역은 장보고기지를 포함하는 약 10×10 km 면적으로, 북서쪽은 Browning Pass, 동쪽은 Campbell Glacer tongue, 남쪽은 Gerlache Inlet이 있다(그림 3-1, 3-2). 장보고기지는 조사지역 남동쪽 해안가 작은 곶에 위치한다. 장보고기지 남쪽 약 1.5km 지점에 독일 곤드와나기지(Gondwana Station)가, Gerlache Inlet 건너 약 20km 지점에 이태리 Zucchelli 기지가 위치한다(그림 3-1).

조사지역의 북동-남서 대각선 방향을 따라 수 백 미터 높이의 봉우리들을 포함하는 구릉지가 발달한다(그림 3-1, 3-2). 북동-남서 방향의 구릉지는 남동 방향으로는 비교적 완만하게 경사하지만 북서 방향으로는 상대적으로 급하게 경사한다. 조사지역의 북-서 지역은 많은 부분이 빙하로 덮혀 있어 현장 지질조사가 수행된 범위는 Browning Pass 남동부로 제한되었다.

조사지역에는 브라우닝산(Mt. Browning)을 포함하여 4개의 봉우리가 있다. 가장 높은 봉우리가 브라우닝산이며, 나머지 세 개의 봉우리는 공식적인 지명이 없다. 이 보고서에서는 편의상 세 봉우리에 대하여 서쪽에서부터 제1봉(1st Peak), 제2봉(2nd Peak), 제3봉(3rd Peak)으로 각각 명명하여 설명한다(그림 3-1).

KOPRI 극지연구소

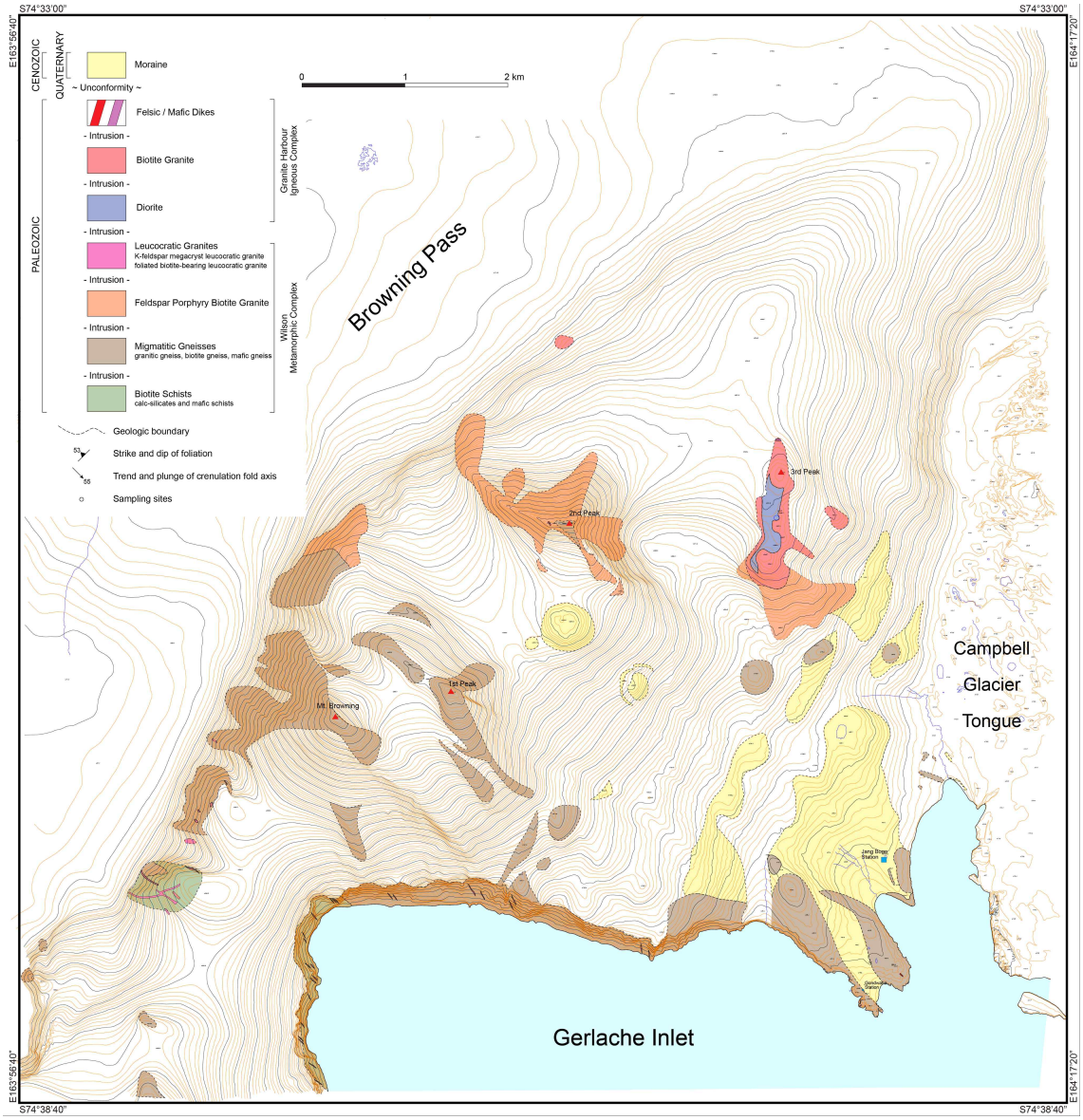


그림 3-2. 조사지역 지질도

3절 지질각론

조사지역은 하부로부터 고생대 흑운모편암류, 혼성 편마암류, 엽리상 장석반정 흑운모화강암, 우백질 화강암류, 섬록암, 흑운모화강암, 암맥류, 모레인을 포함하는 4기 퇴적층으로 주로 구성된다(그림 3-2).

1. 운모편암류

조사지역 최하부 지층인 흑운모편암은 Gerlache Inlet 서쪽 해안절벽과 Browning Pass 남쪽 남동 사면에 분포한다(그림 3-2, 3-3a). 기존에 발간된 지질도에 따르면 윌슨변성복합체의 각섬암상에 해당하는 암체와 대비된다.

흑운모편암류는 주로 흑운모편암과 석류석-흑운모편암(그림 3-3b)으로 구성되지만 협재하는 석회규산염질 편암(그림 3-3c)과 염기성 편암(각섬암)(그림 3-3d)을 포함한다. 흑운모편암은 관통상의 조밀한 엽리가 발달하고 석류석을 함유하는 세립질 편암으로 구성광물의 분포가 균질한 특징을 보인다(그림 3-3). 흑운모편암의 엽리면을 따라 또는 엽리면과 사교 내지 고각으로 렌즈 또는 부딘(boudinage) 형태의 우백질 화강암류가 관입하고 있다.(그림 3-3e, f).

엽리면은 NW 주향과 SW 경사를 갖는다. 흑운모편암은 곤드와나기지 주변에 분포하는 혼성편마암과 구성광물의 입자크기와 변성도의 차이가 있으나 노두규모에서 주요 암상특징과 구성광물들의 종류와 조직이 유사한 것으로 미루어 보아 동일한 암체인 것으로 추정된다.

흑운모편암의 주 구성광물은 석류석, 흑운모, 사장석, 석영과 소량의 백운모이며, 흑운모와 백운모의 방향성 배열에 의한 엽리가 정의된다(그림 3-4a, b). 석영입자는 0.1-0.5mm 크기이며 파동소광을 보인다. 석류석 반정변정 주변에서 엽리가 굴곡 되는 것으로 미루어 보아 석류석은 엽리가 형성되기 이전 내지 동시기에 성장한 것으로 판단된다(그림 3-4c, d). 석회규산염암은 투휘석, 규회석, 방해석, 석영으로 구성되며, 이들 광물들의 방향성 배열로 정의되는 엽리가 발달하다(그림 3-4e, f). 각섬암은

그림 3-3. 흑운모편암 노두사진. (a) Gerlache Inlet 해안절벽에 노출된 흑운모편암. (b) 엽리면이 조밀하고 구성광물의 분포가 균질한 흑운모편암(Gerlache Inlet 해안절벽). (c) 흑운모편암 내에 협재하는 석회규산염암(Browning Pass). (d) 염기성편암(Browning Pass).(e) 흑운모편암의 엽리면에 평행 또는 고각으로 사교하며 우백질 화강암류가 관입하고 있음(Gerlache Inlet 해안절벽). (f) 부딘화(boudinaged)된 우백질 화강암과 이를 고각으로 교차하며 관입하고 있는 우백질 암맥(Gerlache Inlet 해안절벽).

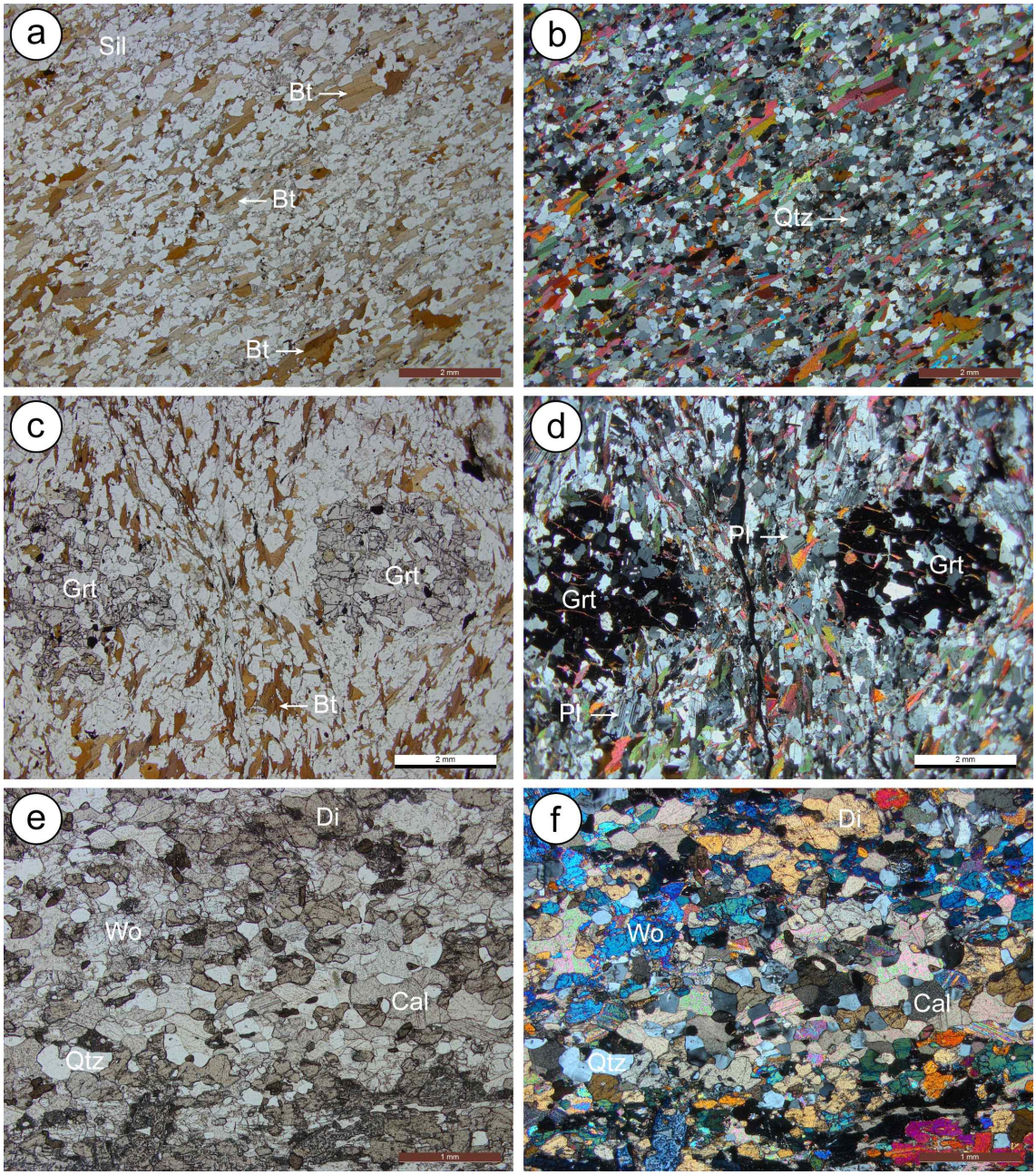


그림 3-4. 흑운모편암류의 편광현미경사진. (a-b) 엽리면에 평행하게 배열한 흑운모와 세립질의 석영입자로 구성됨. (c-d) 석류석 반상변정을 함유하는 흑운모편암. 석류석 반상변정은 주엽리면 형성 이전에 성장함. (e-f) 투휘석-규회석-방해석-석영의 광물조합을 갖는 석회규산염암. 좌측 사진은 개방니콜, 우측 사진은 교차니콜 사진임. Bt; 흑운모, Cal; 방해석, Di; 투휘석, Grt;석류석, Pl;사장석, Qtz;석영, Wo;규회석.

2. 혼성 편마암류

혼성 편마암류는 중립 내지 조립질 혼성 흑운모편마암 내지 화강암질 편마암으로 주로 구성되며, 브라우닝산과 제1봉을 중심으로 Browning Pass의 남동 사면, Gerlache Inlet 북쪽 해안절벽, 장보고기지-곤드와나기지 주변에 노출되어 있다(그림 3-2). 기존에 발간된 지질도에 따르면 윌슨변성복합체의 혼성 편마암에 대비된다(Tessensohn and Roland, 1987; Rocchi et al., 2003; Pertusiti et al., 2012). 혼성 편마암류는 조사자에 따라 Tera Nova Formation(Tessensohn and Roland, 1987), Muchison Formation(Pertusiti et al., 2012)의 지역이름(local name)으로 명명하기도 한다.

혼성 편마암류는 혼성 흑운모편마암(그림 3-5a, b, d), 염기성암(그림 3-5b, e), 장석쇄정 흑운모편마암(그림 3-7)으로 구성되어 있다. 염기성암은 염기성 편암(엽리상 각섬암)과 각섬석-사장석 편마암으로 구분되며 혼성 흑운모편마암과 구성광물이 달라서 쉽게 구분된다. 장석쇄정 흑운모편마암은 특징적으로 장석쇄정이 관찰되기 때문에 일반적인 혼성 흑운모편마암과 구분되나 노두의 노출이 좋지 않은 경우에는 혼성 흑운모편마암과 구분이 모호하다. 혼성 흑운모편마암 내에 흑운모편암과 염기성암이 포획된 조직이 관찰되나 혼성 흑운모편마암과 두 암체는 점이적인 접촉관계를 보인다(그림 3-6a, b).

혼성 편마암류는 우백질 화강암류에 의하여 중첩 관입되어 복잡한 암상 구조를 보인다(그림 3-5b, c). 우백질 화강암류는 혼성 편마암의 엽리와 사교하며 또는 평행하게 관입하고 있으며, 혼성 흑운모편마암의 우백대와 우백질 화강암류의 세맥이 서로 연결되어 나타나는 경우도 있다. 우백질 화강암의 영향을 받은 혼성 흑운모편마암류의 입자 크기가 증가하는 경향이 있다. 우백질 화강암류는 부분적으로 흑운모 모드값 변화가 있어 암상이 불균질한 특징을 보이며, 정장석 거정만으로 구성되는 경우도 있다. 장석 거정 우백질 화강암이 맥 또는 주머니 형태로 혼성 흑운모편마암의 엽리와 사교하며 관입하고 그 주변으로 흑운모가 농집된 셀비지(salvage)가 관찰되기도 한다(그림 3-6c, d).

장석쇄정 흑운모편마암은 엽리가 발달하는 중립질 내지 조립질 흑운모화강암질 편마암으로 곤드와나기지 북북서 방향 약 2km 지점 해안절벽에 노출되어 있다(그림 3-7a, b). 기존에 발간된 지질도에 따르면 윌슨변성암복합체의 혼성편마암에 대비된다(Tessensohn and Roland, 1987; Rocchi et al., 2003; Pertusiti et al., 2012). 이 암체는 특징적으로 장석쇄정을 함유하고 있어 이번 조사를 통하여 혼성 흑운모편마암과 구분하려고 하였으나, 노두의 연속성이 좋지 않아 분포범위를 정의할 수 없어서 혼성 흑운모편마암류에 포함시켰다. 흔히 석류석을 포함하고 있고(그림

3-7d), 강한 변형작용으로 노두에서 장석 쇄정이 흔히 관찰되며(그림 3-7b) 조립질 암체에서는 석영리본(Quartz ribbon)이 관찰된다(그림 3-7c).

혼성 흑운모편마암의 주 구성광물은 규선석, 근청석, 석류석, 흑운모, 백운모, 사장석, 정장석, 석영이고 드물게 첨정석(spinel)이 관찰된다(그림 3-8).

장석쇄정 흑운모편마암은 흑운모, 사장석, 석영으로 주로 구성되며 흑운모의 정향배열로 정의되는 미약한 엽리가 발달한다(그림 3-8b). 석류석은 1-5mm 크기의 타형 내지 반자형 반상 변정으로 산출하며, 엽리와의 관계로 미루어보아 엽리 형성 이전부터 형성 이후에 걸쳐 성장한 것으로 보인다(그림 3-8a, c). 규선석은 침상으로 산출하며 흑운모, 근청석, 사장석, 정장석 등의 광물을 치환하며 성장한 조직을 보인다(그림 3-8c, d). 근청석은 흔히 관찰되며, 후퇴변성작용 동안피나이트화(pinitization) 작용을 받아 부분적으로 백운모와 녹니석으로 치환되었다(그림 3-8e). 첨정석은 타형의 잔류 광물형태로 근청석 내에서 관찰된다(그림 3-8f).

KOPRI
극지연구소

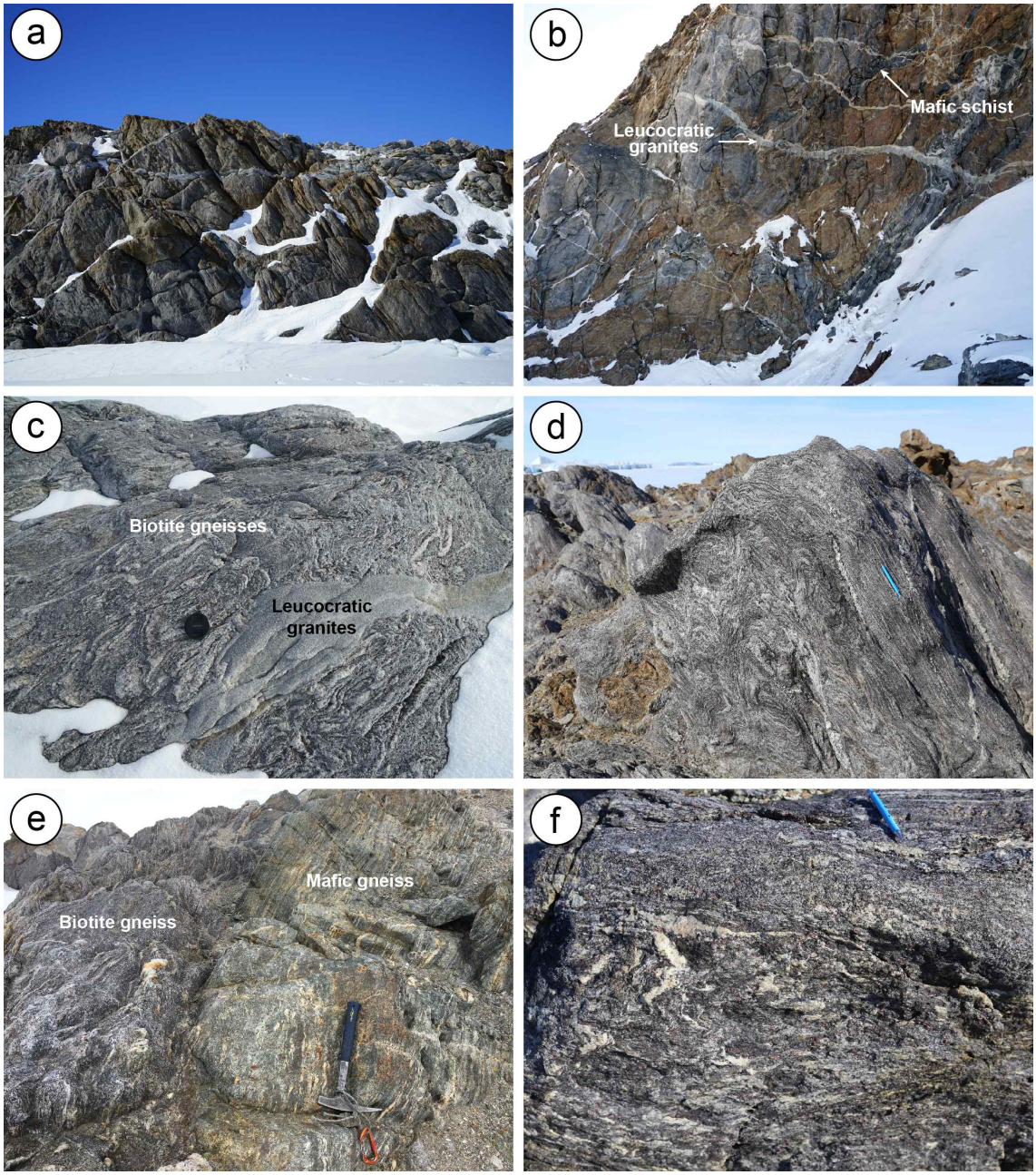


그림 3-5. (a) 혼성 편마암의 노두사진(곤드와나기지 남쪽 해안절벽). (b) 혼성 편마암과 염기성 편암의 엽리에 고각으로 관입하고 있는 우백질 화강암류. (c) 혼성 흑운모편마암의 엽리를 절단하며 관입하고 있는 우백질 화강암. (d) 티그마틱 습곡을 보이는 혼성 흑운모편마암. (e) 혼성 흑운모편마암 내에 협재하는 중성-염기성 편마암. (f) 혼성 흑운모편마암 내의 석류석 반상변정.

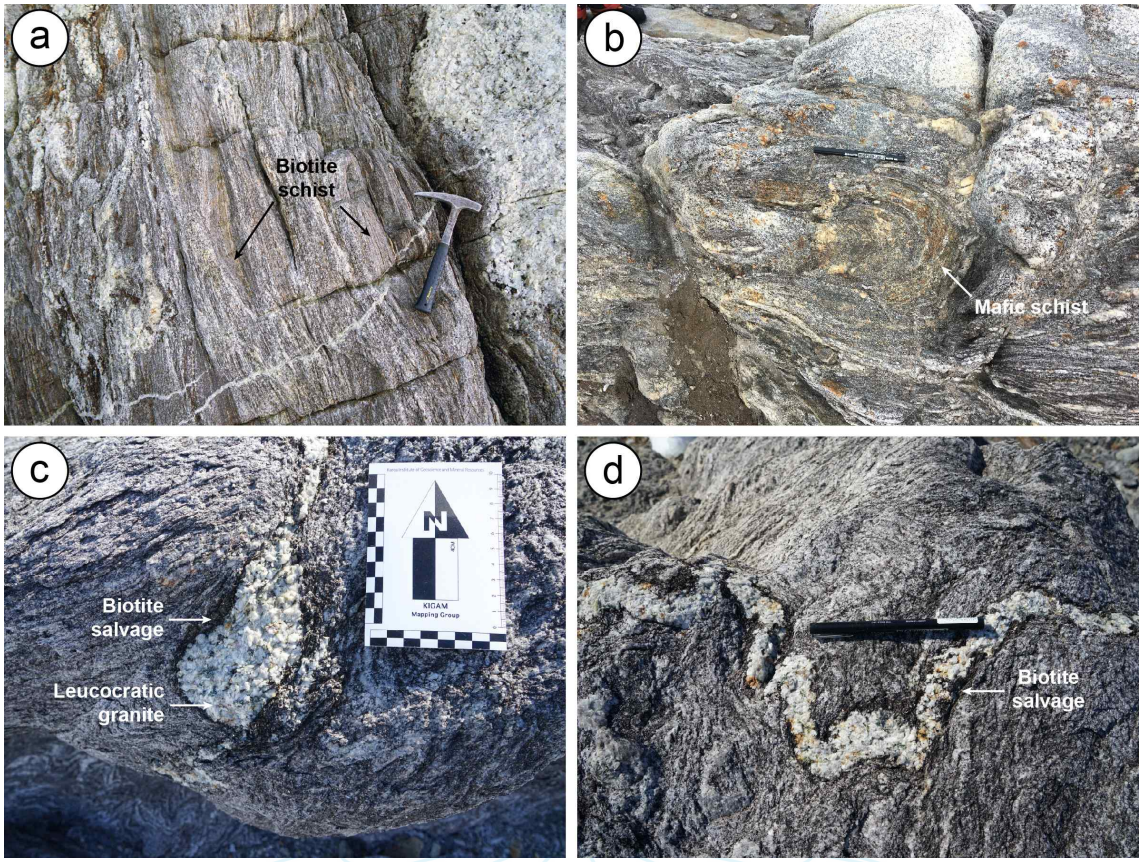


그림 3-6. 혼성 흑운모편마암에 포획(?)된 (a)흑운모편암과 (b)염기성암. (c-d)혼성 흑운모편마암을 관입한 장석 거정 우백질 화강암과 그 주변에 성장한 흑운모 셀비지(salvage).

극지연구소

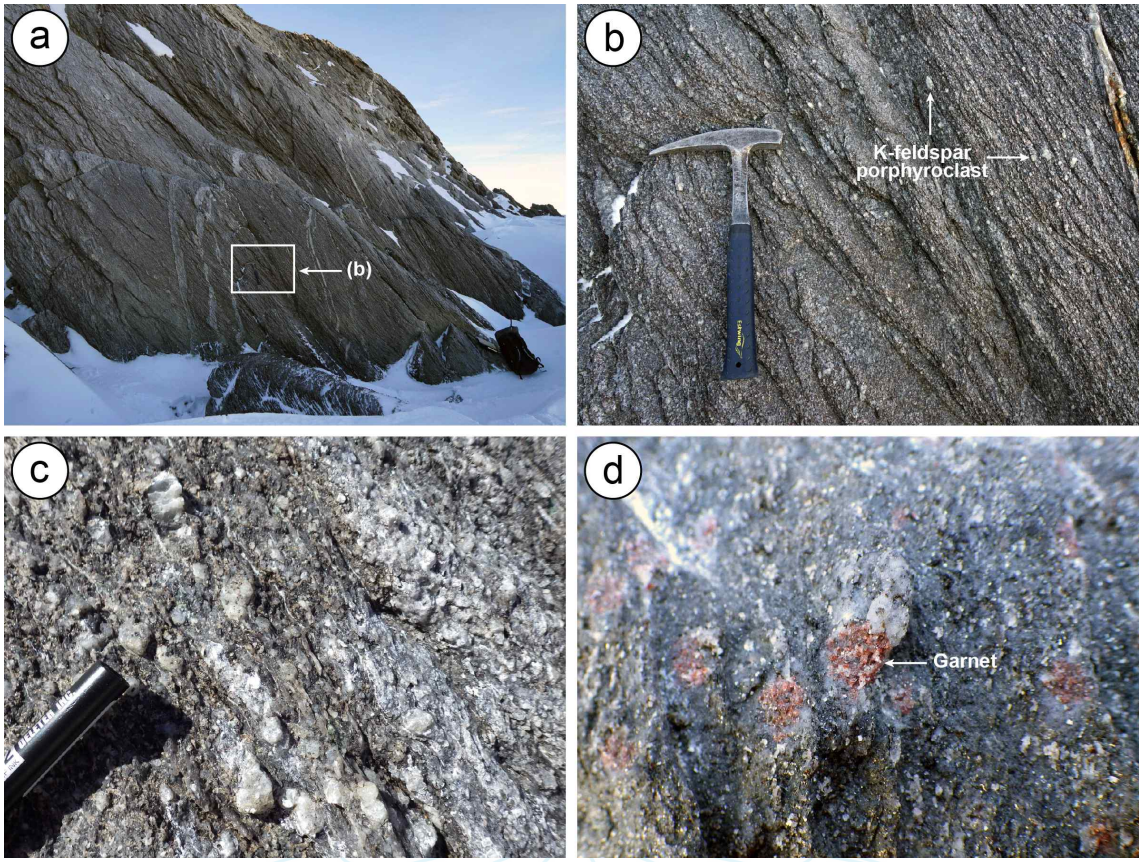


그림 3-7. (a) Gerlache Inlet 해안절벽에 노출된 장석쇄정 흑운모편마암. (b) 장석쇄정이 특징적으로 관찰됨. (c) 장석쇄정 주변에 석영 입자들이 신장된 리본조직을 보임. (d) 장석쇄정 흑운모편마암에서 관찰되는 석류석 반상변정.

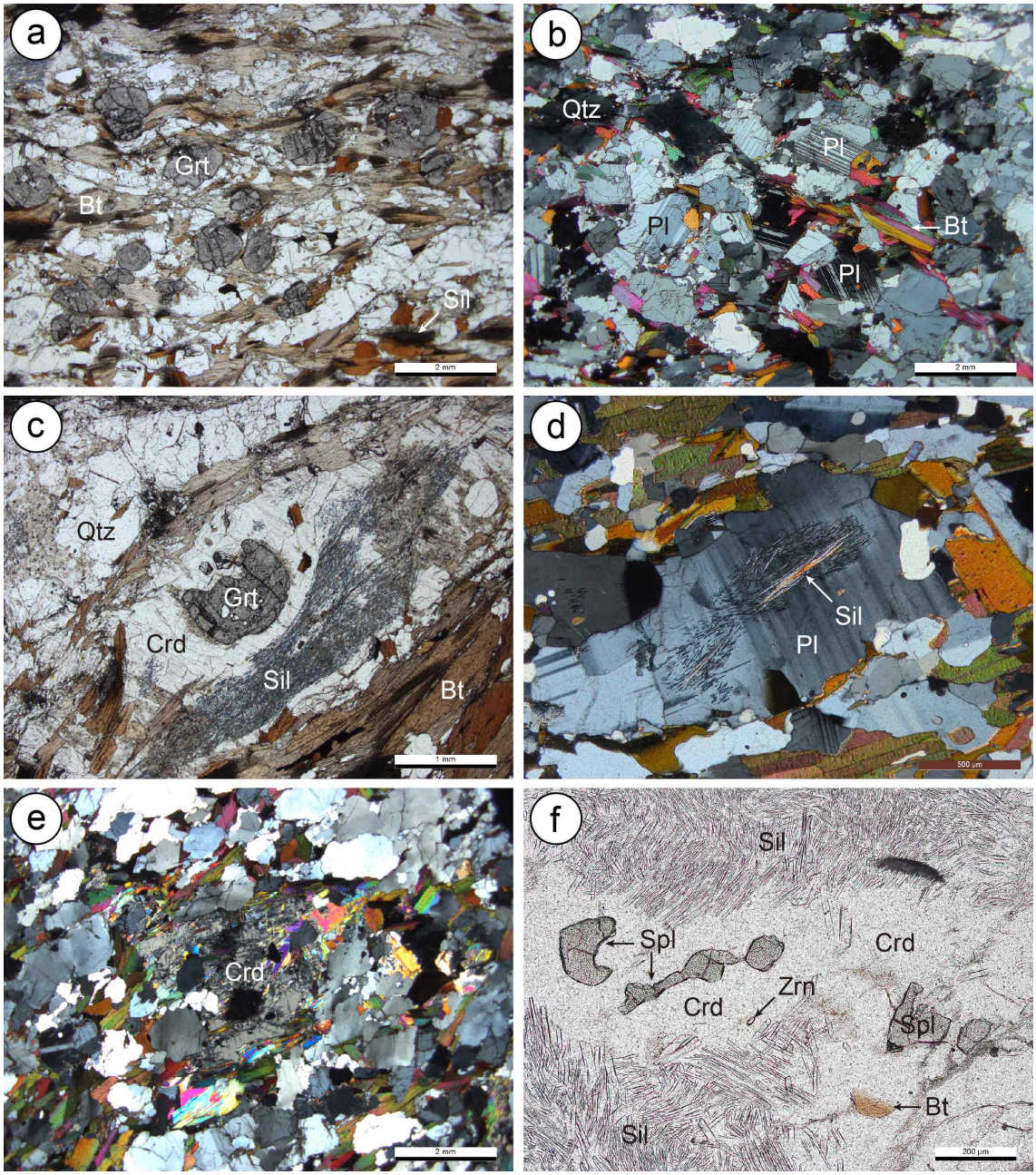


그림 3-8. (a) 반자형 내지 타형의 석류석이 규선석과 흑운모로 정의되는 엽리를 끊으며 성장하고 있음. (b) 장석쇄정 흑운모편마암의 석영입자들이 봉합상조직과 파동소광을 보임. (c) 용식된 타형의 석류석 주변으로 근청석이 둘러싸고 있고 그 외곽의 규선석과 흑운모로 정의되는 엽리가 굴곡되어 있음. (d) 사장석 내에 침상으로 성장한 규선석. (e) 피나이트작용 (pinitization)을 받은 근청석이 부분적으로 백운모로 치환됨. (f) 근청석에 잔류상으로 보이는 타형의 첨정석이 있고, 그 외곽에 규선석이 성장하고 있음. Bt; 흑운모, Crd; 근청석, Grt; 석류석, Kfs; 알카리장석, Ms; 백운모, Pl; 사장석, Qtz; 석영, Sil; 규선석, Spl; 첨정석.

3. 엽리상 장석반정 흑운모편마암

엽리상 장석반정 흑운모화강암은 자형의 장석반정이 엽리면에 평행하게 배열한 흑운모화강암으로, 주로 제2봉 정상의 능선과 북쪽 경사면을 따라 노출되어 있고, 제2봉의 서쪽 브라우닝 패스와 제3봉 남단에 소규모 분포한다(그림 3-2, 3-9a).

변성작용에 의한 우백대와 우흑대의 분화와 우백질 화강암류의 관입이 거의 관찰되지 않는 비교적 균질한 광물분포를 갖는 점에서 혼성 편마암류와 구분된다. 엽리는 비교적 강하게 발달하나(그림 3-9b, c), 곳에 따라 미약하거나 괴상으로 나타나기도 한다(그림 3-9d).

장석반정은 약 10-30mm 크기의 자형 내지 반자형으로 산출한다. 흑운모의 모드가 동일 노두에서도 변화가 있어 구성광물들의 분포가 균질하지 않은 부분도 있다. 엽리상 또는 괴상의 고철질 포획암을 함유하고 있으며, 엽리가 있는 포획암은 흑운모가 농집된 편암 내지 편마암의 잔유물로 보인다.

엽리상 장석반정 흑운모편마암은 흑운모, 사장석, 정장석, 석영으로 구성되어 있다. 석영은 봉합상 입자경계를 보이며 부분적으로 아입자화 되어 있다. 사장석과 정장석과 같은 큰 입자에서는 깨짐조직이 잘 관찰된다(그림 3-10).

KOPRI 극지연구소

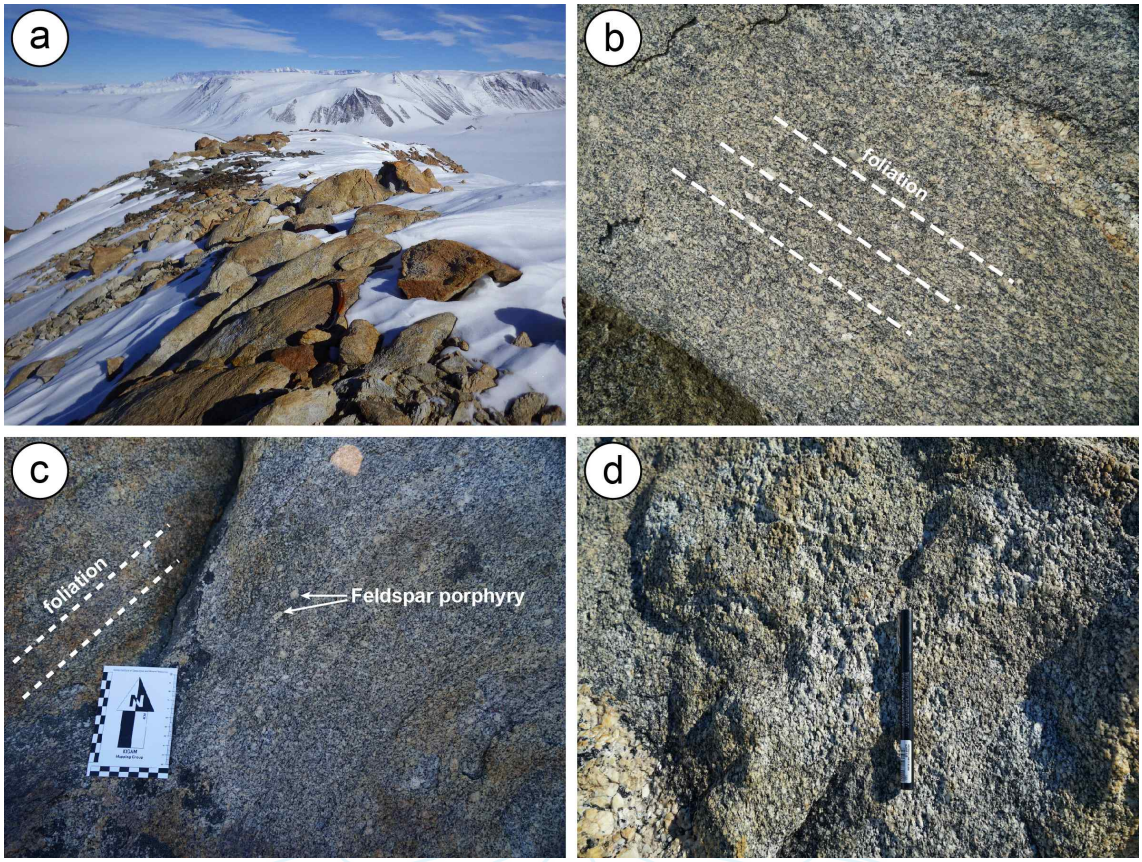


그림 3-9. 엽리상 장석반정 흑운모화강암의 노두사진. (a) 제 2봉 정상과 능선을 따라 노출된 엽리상 장석반정 흑운모 화강암. (b, c) 흑운모와 자형 내지 반자형 장석의 배열로 정의되는 엽리가 발달함. (c) 미약한 엽리가 상하 방향으로 발달함.

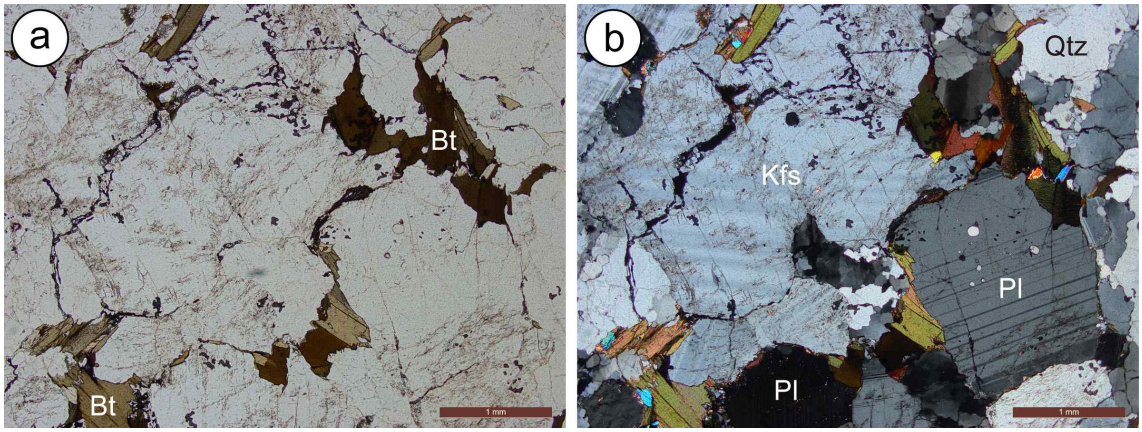


그림 3-10. 엽리상 장석반정 흑운모화강암의 편광현미경사진. 석영은 봉합상 경계면을 보이며 부분적으로 아입자화 되었으나 그 이외의 광물에서는 변형의 증거가 관찰되지 않음. Bt; 흑운모, Kfs; 정장석, Pl; 사장석, Qtz; 석영.

KOPRI
극지연구소

4. 우백질 화강암류

우백질 화강암류는 중립 내지 조립질 또는 정장석 거정질 화강암류로 조사지역 변성암류를 수 cm 내지 수 m 폭의 암맥으로 관입하며 광범위하게 분포한다(그림 3-2). 이 암체들은 변성암류의 엽리에 평행하게 관입하여 렌즈 또는 부딘 형태를 보이나(그림 3-3e, f) 엽리와 고각으로 사교하면서 관입하기도 한다(그림 3-5b). 일부 우백질 화강암이 주 엽리를 고각으로 관입하고 있지만, 주 엽리에 수직한 절단면에서 흑운모의 정향배열로 정의되는 미약한 엽리가 주 엽리와 평행하게 발달하기도 한다. 우백질 화강암이 엽리와 고각을 이루며 관입하고 있는 경우에는 엽리에 평행한 습곡축면을 갖는 습곡구조를 보이기도 한다.

우백질 화강암류는 소량의 흑운모를 포함하는 우백질 화강암과 정장석 거정으로만 구성된 정장석 거정 우백질 화강암으로 구분하였다. 우백질 화강암의 산출 빈도는 정장석 거정 우백질 화강암보다 높으나 그 규모는 작다. 우백질 화강암류는 특징적으로 근청석과 석류석을 함유하고 있으며(그림 3-11a, f) 엽리상 장석반정 흑운모화강암을 관입하고 있는 브라우닝패스 인근의 암맥은 전기석을 함유하고 있다(그림 3-9d).

우백질 화강암은 세립 내지 중립의 등립질 괴상 내지 엽리상 암체로 부분적으로 흑운모와 석류서을 함유하며, 엽리에 평행하게 근청석이 성장하고 있다(그림 3-11a). 우백질 화강암이 흑운모편암류와 혼성 편마암류의 엽리를 따라 주입된 조직이 흔히 관찰되는데 이런 경우 우백질 화강암 세맥은 주변암의 석영-장석 우세 영역과 서로 연결되어 점이적인 경계를 보인다.

흑운모를 함유하고 있는 우백질 화강암(함 흑운모 우백질 화강암)은 세립 내지 중립의 괴상 또는 엽리상 암체로 곤드와니기지 남동부와 그 해안 절벽에 혼성 편마암류의 엽리를 절단하며 관입하는 양상으로 분포한다(그림 3-11c-e). 이 암체는 흑운모 모드 값이 곳에 따라 변하여, 흑운모가 관찰되는 곳에서 엽리의 인지가 쉬운 반면 흑운모의 모드가 낮거나 없는 곳에서는 엽리의 인지가 어려워 괴상의 암체로 인지되는 것으로 생각된다.

노두에서 관찰되는 함 흑운모 우백질 화강암의 엽리가 주변 혼성 편마암의 광역엽리와 주향과 경사가 달라, 함 흑운모 우백질 화강암의 엽리가 구조운동에 의해 생성된 것이 아니라 화성기원의 가능성을 의 엽리일 가능성을 생각했으나 박편관찰 결과 구조운동에 의해 형성된 엽리로 해석하였다(그림 3-12e).

정장석 거정 우백질 화강암은 10-50mm 크기의 정장석 거정으로 구성된 괴상 암체로 근청석이 흔히 관찰되며 드물게 석류석과 거정의 흑운모가 관찰된다(그림 3-11b, c, e, f). 정장석 거정 우백질 화강암은 Terra Nova Station 인근에 분포하는

Granite Harbour Igneous Complex의 정장석 거정 흑운모 화강암과는 다른 암체로, 혼돈을 피하기 위하여 '우백질' 이라는 수식어를 넣어 명명하였다.

정장석 거정 우백질 화강암은 혼성 편마암의 엽리와 사교하며 소규모 맥상 또는 주머니상으로 관입하여 조립 내지 거정질의 장석류와 근청석을 정출하고, 혼성 편마암과의 경계부에 흑운모가 농집된 셀비지를 형성하였다(그림 3-6c, d). 소규모 맥상으로 관입한 경우 흔히 습곡된 양상을 보이나 맥 내부에서 변형의 증거는 관찰되지 않는다(그림 3-6d).

우백질 화강암과 장석 거정 우백질 화강암의 선후 관계는 서로 상반되는 양상이 관찰되어 명확히 설정하기 어렵다. 그러나 정장석 거정 우백질 화강암이 엽리상 흑운모화강암을 관입하고 있는 것으로 미루어 보아 엽리상 흑운모화강암이 상대적으로 선행한 관입암체인 것으로 판단된다(그림 3-c, e).

정장석 거정 우백질 화강암은 흑운모, 사장석, 정장석, 석영의 일반적인 화강암 광물조합을 갖는다(그림 3-12a). 석영입자는 미약한 파동소광을 보이며, 구성광물 전체에서 깨짐 조직이 관찰된다. 우백질 화강암은 사장석, 정장석, 석영으로 주로 구성되며 흑운모, 근청석, 석류석, 백운모가 흔히 관찰된다(그림 3-12b). 석류석은 반자형 내지 자형으로 산출하며, 석류석 주변부 및 음영대에 백운모가 성장하고 있고(그림 3-12c, f), 백운모를 따라 규선석이 성장하기도 한다(그림 3-12c). 엽리가 발달한 우백질 화강암은 석영-사장석-정장석의 배열로 정의되는 면구조가 박편에서 잘 관찰되며 운모류를 제외한 대부분의 구성 광물들이 입자들에서 깨짐 조직이 관찰된다(그림 3-12d). 함 흑운모 우백질 화강암은 세립질 운모류의 배열로 정의되며(그림 3-12e), 자형의 결정면을 갖는 석류석의 음영대에 백운모가 성장하고 있다(그림 3-12f).

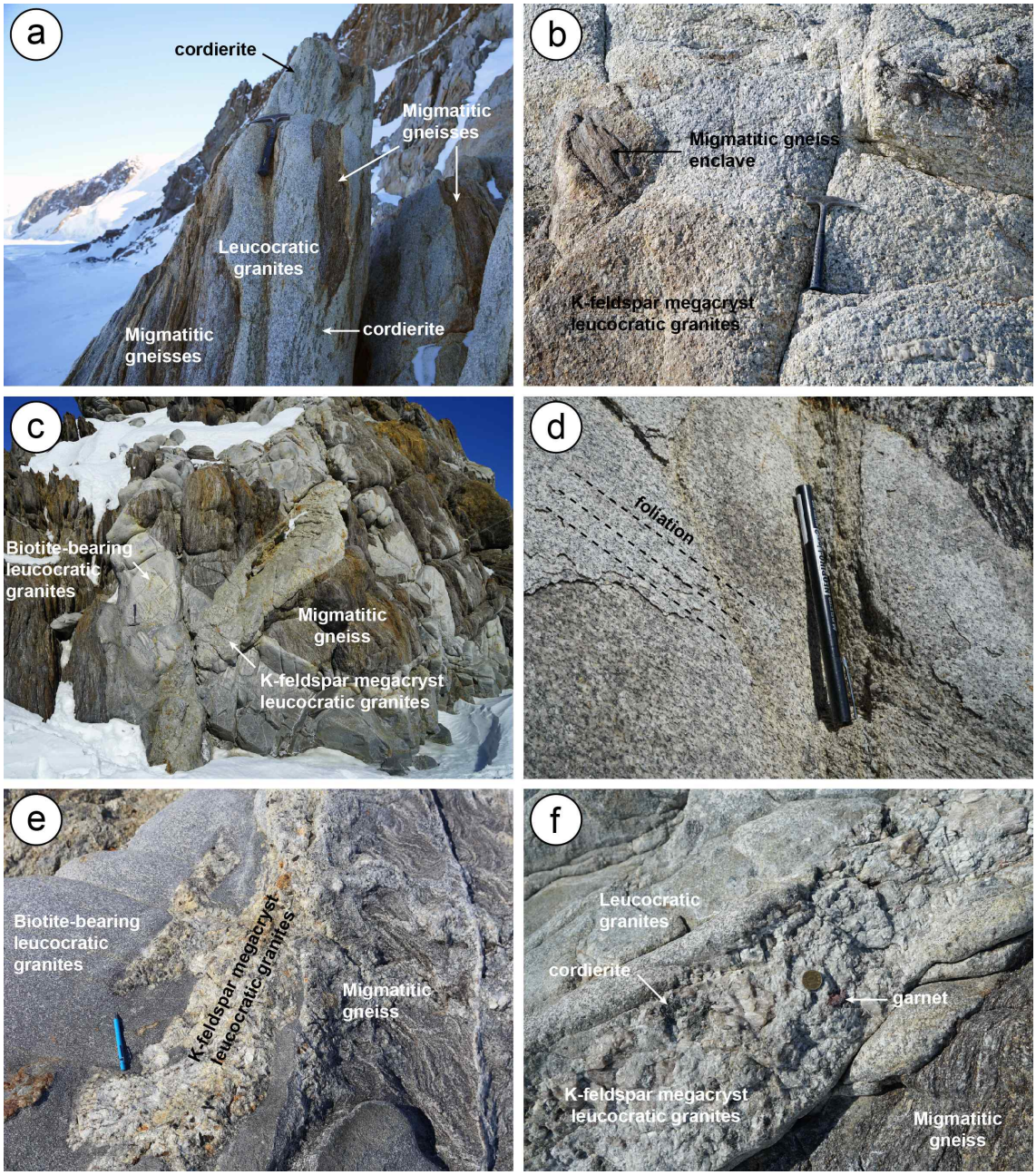


그림 3-11. 우백질 화강암류의 노두사진. (a) 우백질 화강암이 맥상으로 혼성편마암의 엽리면과 평행하게 관입하고 있음. 우백질 화강암의 엽리와 평행하게 산출하는 근청석과 포획된 혼성 편마암. (b) 정장석 거정 우백질 화강암에 포획된 혼성 편마암. (c) 혼성 편마암을 관입한 우백질 화강암과 정장석 거정 우백질 화강암. (d) 우백질 화강암과 혼성 편마암의 엽리가 사교함. (e) 혼성 편마암과 명확한 관입경계를 보이는 함 흑운모 우백질 화강암과 이들 경계를 따라 관입한 정장석 거정 우백질 화강암. (f) 혼성 편마암을 관입한 우백질 화강암 내부의 정장석 거정 우백질 화강암. 두 우백질 화강암의 경계부가 점이적임.

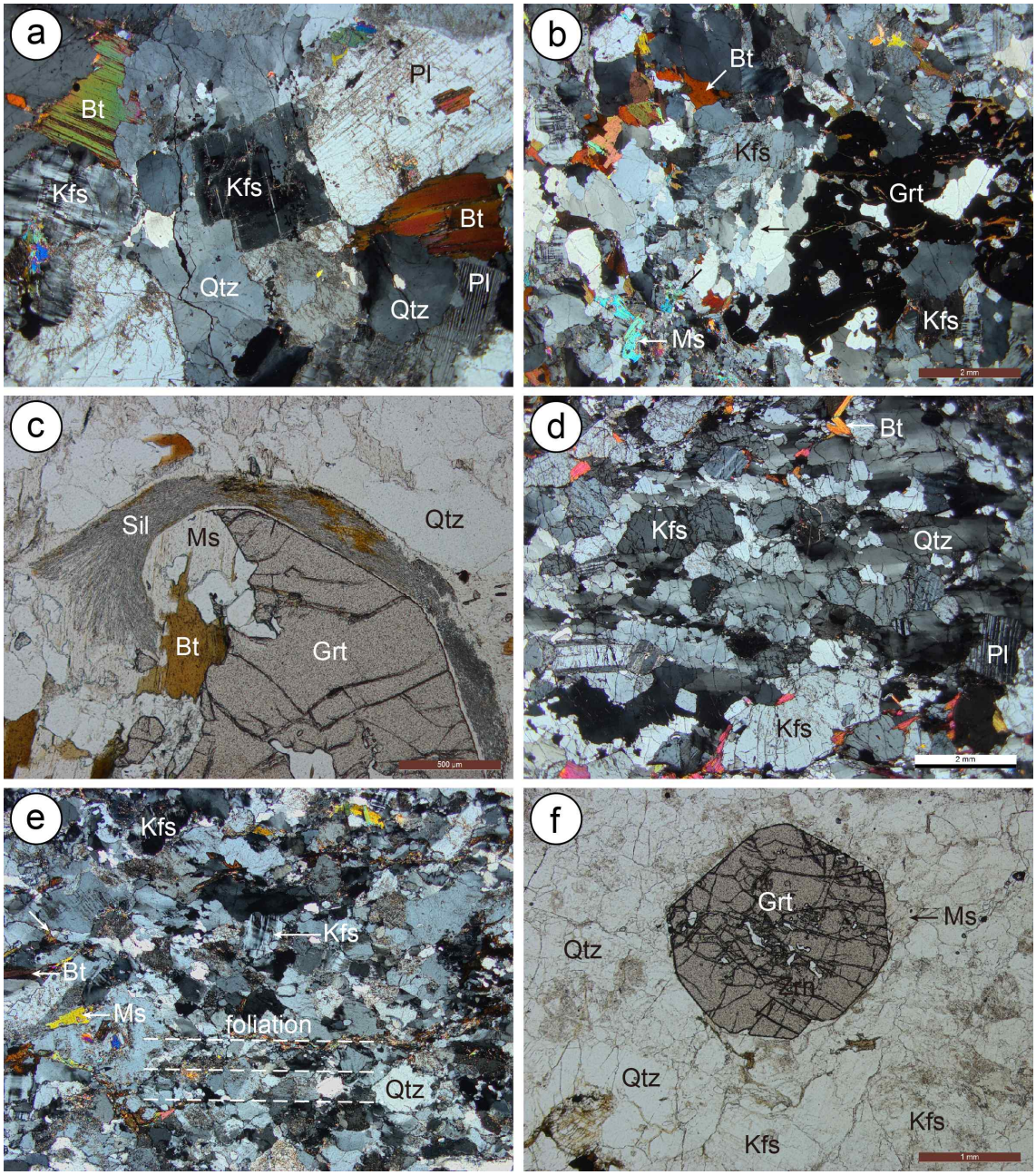


그림 3-12. (a) 전체적으로 깨짐 조직이 발달하며 파동소광을 보이는 석영을 함유하는 정장석 거정 우백질 화강암. (b) 석류석을 함유하는 우백질 화강암. (c) 석류석 주변의 백운모를 따라 성장하고 있는 규선석. (d) 석영-사장석-정장석의 배열로 정의되는 엽리가 발달하는 우백질 화강암. (e) 운모류의 배열로 정의되는 엽리가 발달하는 함 흑운모 우백질 화강암. (f) 자형의 결정면이 발달하는 석류석과 그 주변 음영대에 성장한 백운모(함 흑운모 우백질 화강암). Bt; 흑운모, Grt; 석류석, Kfs; 정장석, Ms; 백운모, Pl; 사장석, Qtz; 석영, Sil; 규선석.

5. 섬록암

섬록암은 괴상의 세립질 내지 중립질 암체로 장보고기지 북쪽 제3봉을 남쪽으로 주로 분포하며(그림 3-13a, b), 기지 남서쪽에 소규모 맥상으로 산출한다(그림 3-13c, d; 그림 3-2). 섬록암은 기존에 발간된 지질도에 따르면 Granite Harbour Intrusives (Tessensohn and Roland, 1987) 또는 Granite Harbour Igneous Complex의 Granite Harbour Granodiorite and Granite (Pertusati et al., 2012)에 대비되나, 이번 조사를 통하여 흑운모화강암과 구분하여 표시하였다.

제3봉 정상 부근에 분포하는 섬록암은 흑운모화강암 내부에 분포하는 양상을 보이며(그림 3-2), 흑운모화강암 내에 섬록암 포획체가 관찰되기도 한다(그림 3-15b, c). 섬록암과 흑운모화강암의 경계를 노두에서 확인하기 어려우나 고철질 광물을 많이 함유하고 있는 섬록암 분포지가 상대적으로 어두운 색을 보이기 때문에 두 암체의 경계를 인지할 수 있다(그림 3-13a; 그림 3-15a).

섬록암은 각섬석, 흑운모, 사장석, 석영 등으로 주로 구성되며 제3봉에 분포하는 섬록암에서는 티타나이트가 흔히 관찰된다(그림 3-14).

KOPRI 극지연구소

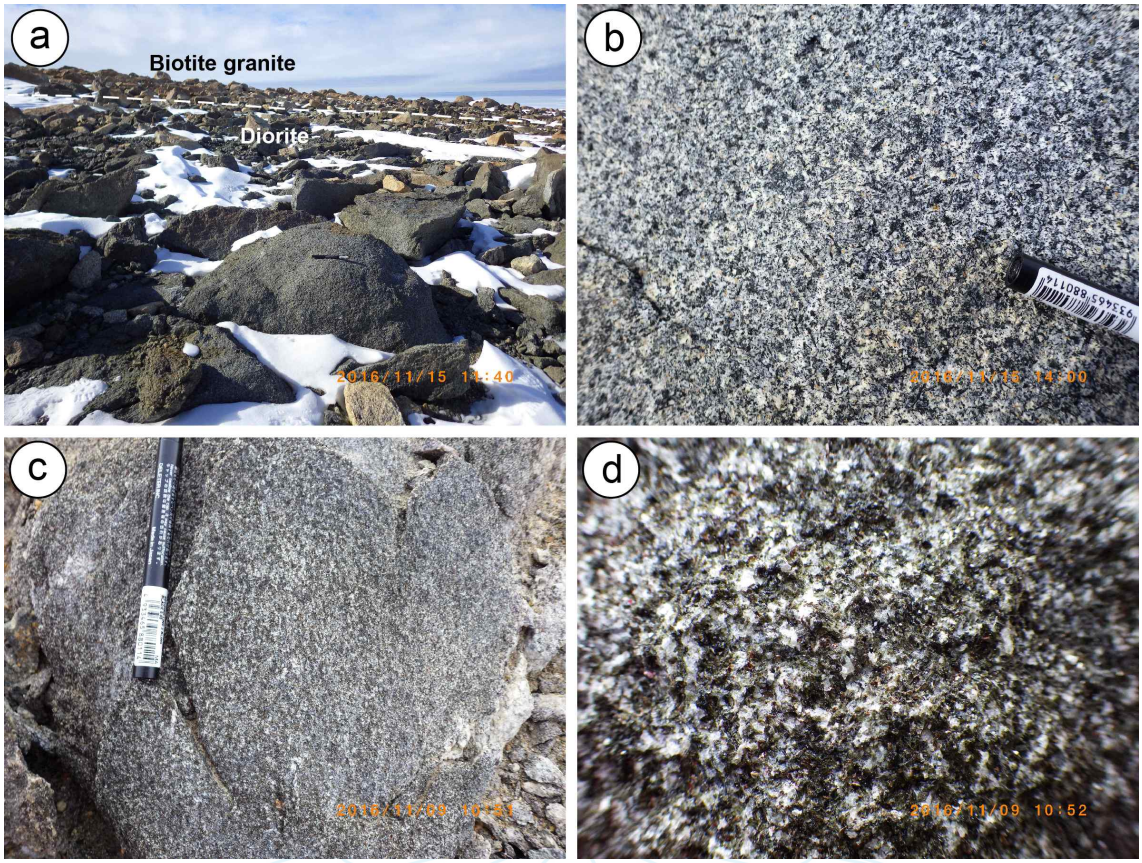


그림 3-13. 섬록암 노두사진. (a) 제3봉 정상부에 분포하는 섬록암과 흑운모화강암. (b) 괴상의 섬록암 내에 방향성 없이 산출하는 각섬석과 흑운모. (c, d) 장보고기지 남서쪽에서 맥상으로 노출되어 있는 섬록암.

극지연구소

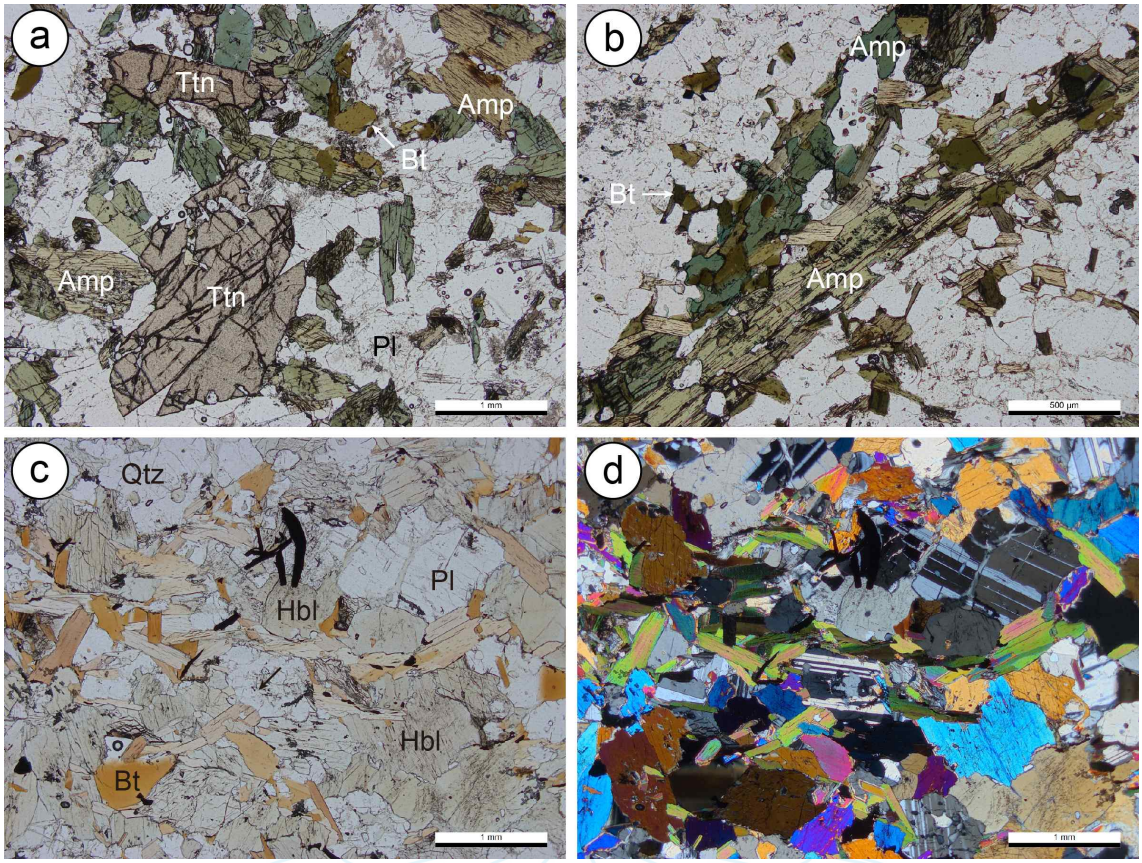


그림 3-14. 섬록암의 편광현미경사진. (a, b) 제3봉에 분포하는 섬록암. (c, d) 장보고기지 남서쪽 맥상 섬록암. Amp; 각섬석, Bt; 흑운모, Hbl; 각섬석, Pl; 사장석, Qtz; 석영 Ttn; 티타나이트.

6. 흑운모화강암

흑운모화강암은 괴상 내지 미약한 엽리상 중립질 암체로 제3봉을 중심으로 분포한다(그림 3-2). 흑운모화강암은 기존에 발간된 지질도에 따르면 Granite Harbour Intrusives (Tessensohn and Roland, 1987) 또는 Granite Harbour Igneous Complex의 Granite Harbour Granodiorite and Granite (Pertusati et al., 2012)에 대비되며 이번 조사를 통하여 섬록암과 구분하여 표시하였다.

흑운모화강암과 섬록암의 접촉경계는 확인할 수 없으나 섬록암의 분포지가 상대적으로 어두운 색을 보이고 지표면에 큰 암석들이 분포하는 빈도가 낮은 특징을 보인다(그림 3-15a). 이 암체는 정장석 반정과 미약한 화성기원의 엽리가 특징적으로 관찰되기도 하며(그림 3-15b), 다양한 암상(섬록암, 혼성편마암 등)의 포획체들을 함유하고 있다(그림 3-15b, c).

흑운모화강암은 흑운모, 백운모, 사장석, 정장석(미사장석), 석영과 소량의 갈렴석, 티타나이트로 구성된다(그림 3-16). 사장석과 정장석의 내부는 벽개면을 따라 변질되어 견운모가 성장하고 있다(그림 3-16b). 석영 입자는 봉합상 경계를 보이지 않지만 파동소광을 보인다(그림 3-16a, b).

KOPRI 극지연구소

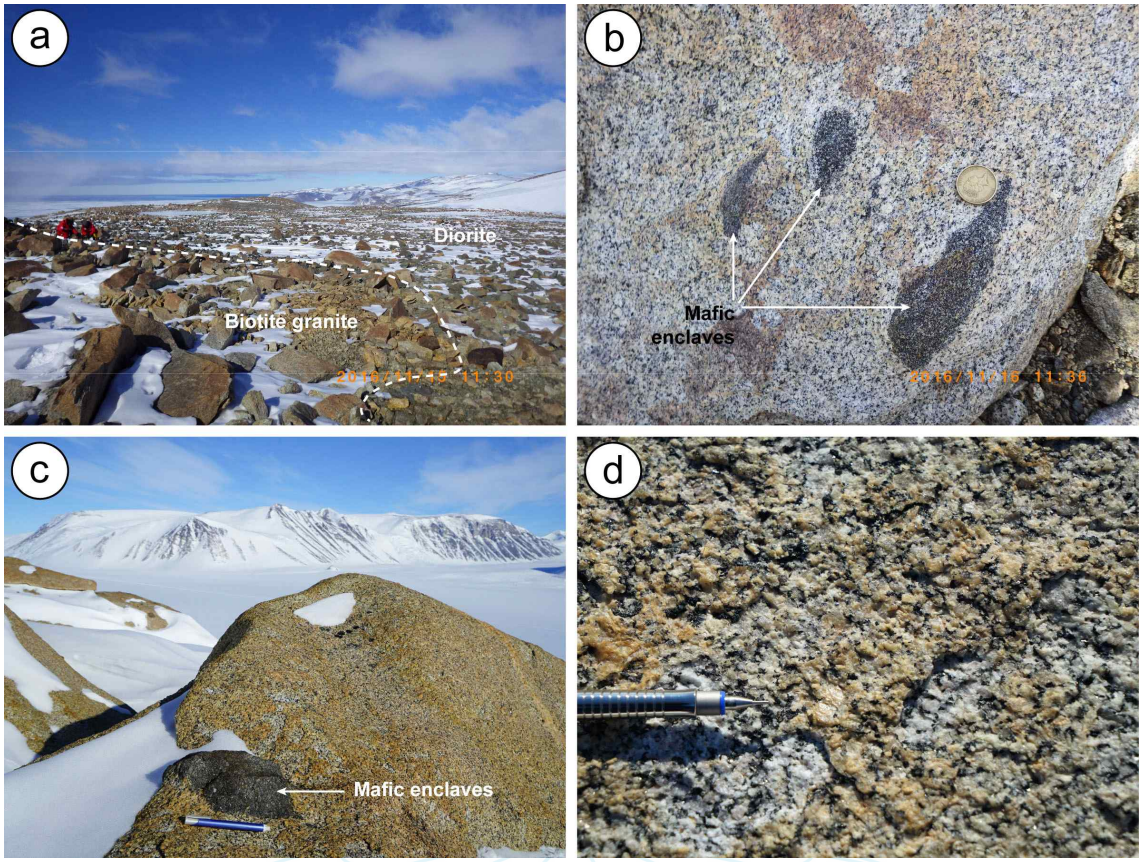


그림 3-15. (a) 제3봉 정상에 분포하는 흑운모화강암과 섬록암의 추정 지질경계. 흑운모화강암의 분포지가 상대적으로 밝은 색을 보이고 지표면에 큰 암석들이 분포하는 빈도가 높음. (b) 흑운모의 배열로 정의되는 엽리가 발달함. 흑운모화강암과 섬록암 포획체가 점이적인 경계를 보임. (c, d) Browning Pass 인근에 노출되어 있는 괴상 조립질 흑운모화강암으로 제3봉 정상에 분포하는 암체보다 흑운모 구성비가 높음.

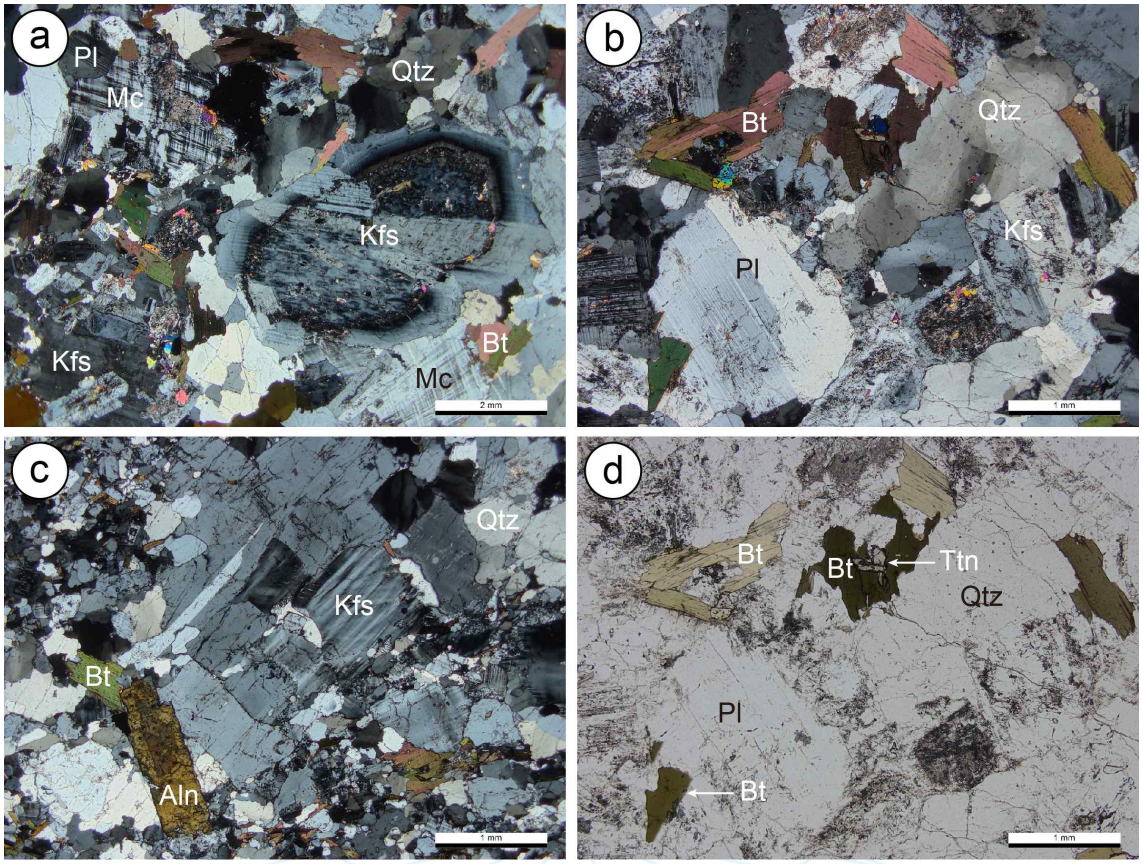


그림 3-16. 흑운모화강암의 편광현미경사진. Aln; 갈렴석, Bt; 흑운모, Kfs; 알카리장석, Mc; 미사장석, Pl; 사장석, Qtz; 석영, Ttn; 티타나이트.

극지연구소

7. 암맥류

암맥류는 괴상 세립질 반상 흑운모화강암으로 혼성 편마암, 엽리상 장석반정 흑운모화강암, 흑운모화강암을 관입하며 산출한다(그림 3-17a). 암맥류는 2-5mm 크기의 장석 반정을 함유하며, 흑운모, 사장석, 정장석으로 주로 구성된다(그림 3-17b). 장석류의 중심부는 변질되어 견운모와 녹염석이 성장하고 있다.

KOPRI
극지연구소

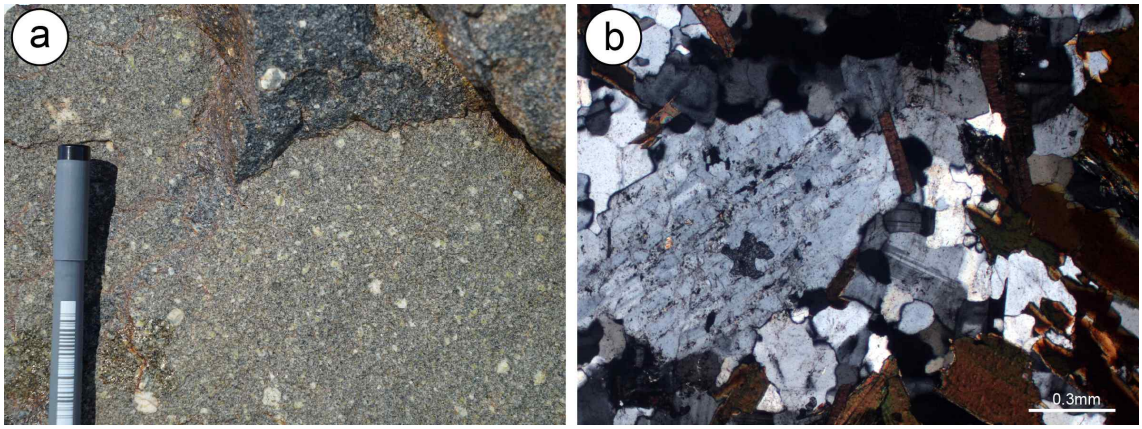


그림 3-17. (a) 세립질 기질에 장석 반정이 분포하고 있음. (b) 정장석 반정 주변으로 방향성 없는 흑운모가 분포하고 있음.

KOPRI
극지연구소

8. 모레인

모레인은 조사지역 남동부의 경사가 완만하고 빙하가 아닌 눈으로 피복된 지역에 분포한다. 주로 장보고기지 남서쪽 간헐천을 중심으로 해발 150m 이하의 지역에 가장 넓게 분포한다. 모레인을 구성하는 암상은 조사지역을 구성하는 편암류, 편마암류, 섬록암, 화강암류와 조사지역에서 노두로 발견되지 않은 괴상의 정장석 거정 흑운모 화강암류가 있다.

KOPRI
극지연구소

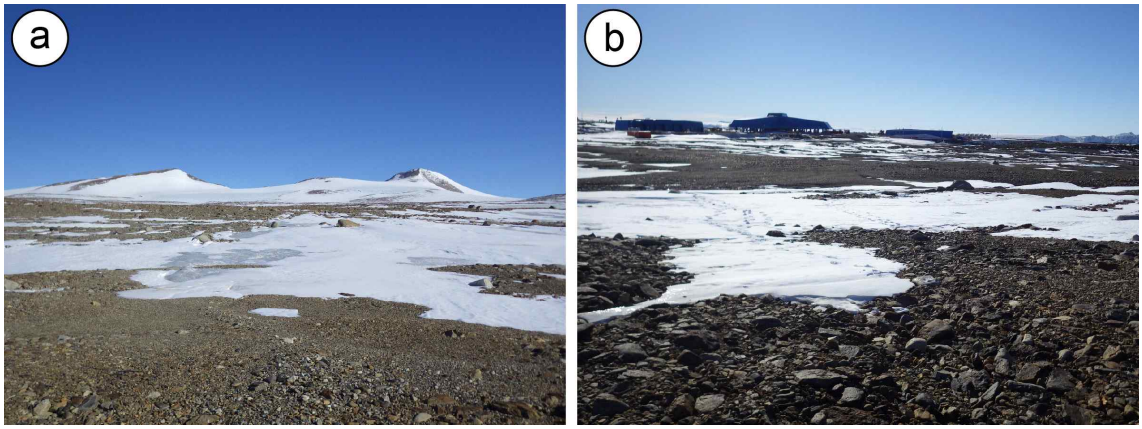


그림 3-18. (a) 제1봉과 제2봉 남동 방향으로 분포하는 모레인. (b) 장보고기지 남쪽으로 분포하는 모레인.

KOPRI
극지연구소

9. 변형 작용

조사지역의 광역엽리는 거의 일정하게 NW 주향과 SW 경사가 우세하게 나타나며, 엽리면에서 관찰되는 신장 선구조는 남남서 내지 서남서 방향으로 경사(plunging)한다(그림 3-19).

조사지역에는 최고 변성작용과 수반된 변형작용 이후에 저온에서 쇄성 변형작용을 받았다(그림 3-20). 편광현미경을 이용한 암석시료의 박편관찰에서 석영입자의 파동소광과 운모류를 제외한 구성광물들의 깨짐(fracture)이 관찰된다. 쇄성 변형작용이 강하게 나타나는 시료에서는 석영이 아입자(subgrain) 조직과 봉합상 입자경계(sutured boundary)를 보이며, 석영리본이 발달하기도 한다(그림 3-20c, d). 쇄성 변형작용은 주로 혼성 편마암류에서 잘 관찰되며, 특히 곤드와나기지 주변의 석영-장석질 편마암과 고철질 편마암에서 잘 인지된다.

KOPRI
극지연구소

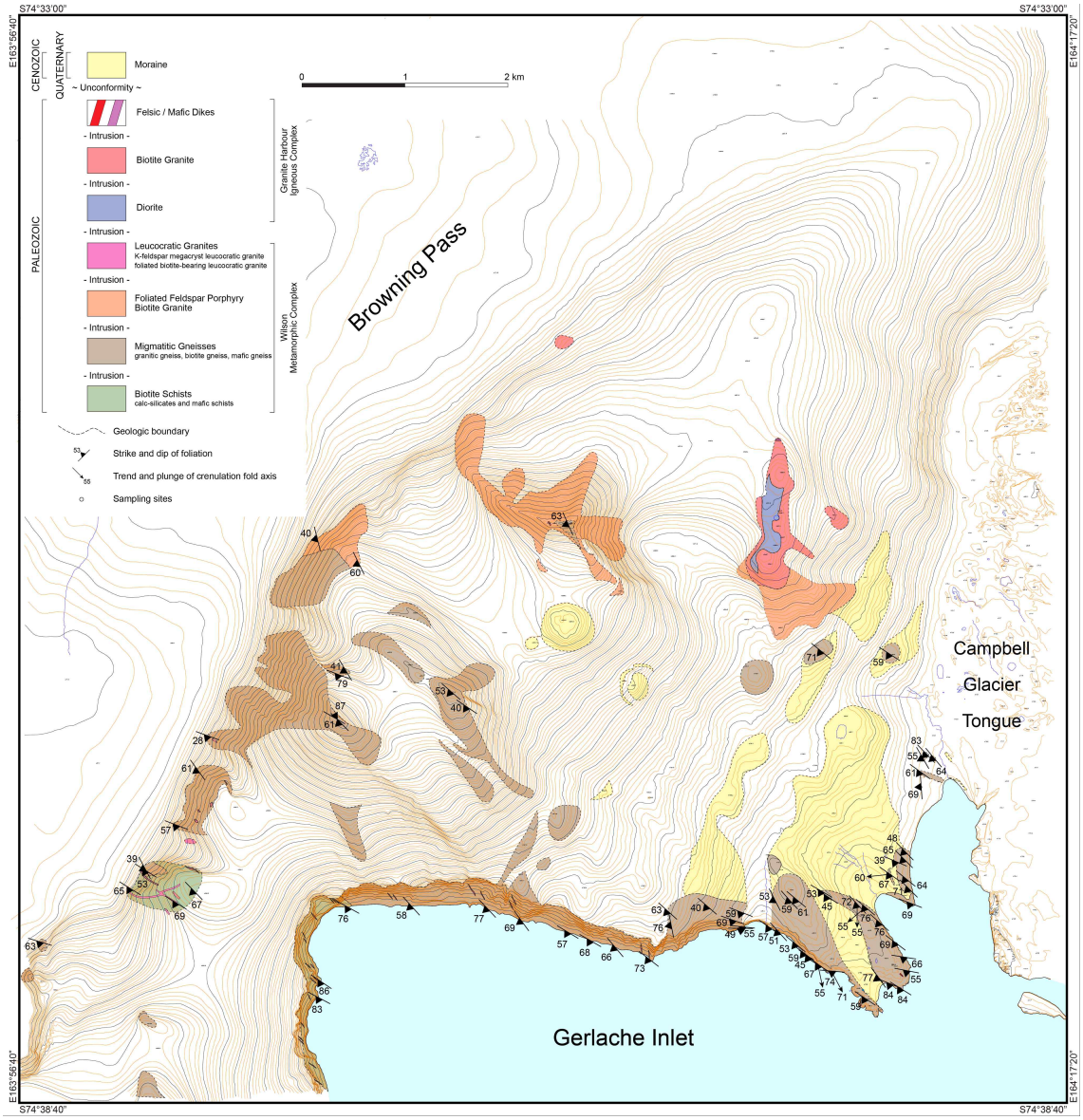


그림 3-19. 조사지역 면구조 및 선구조 도.

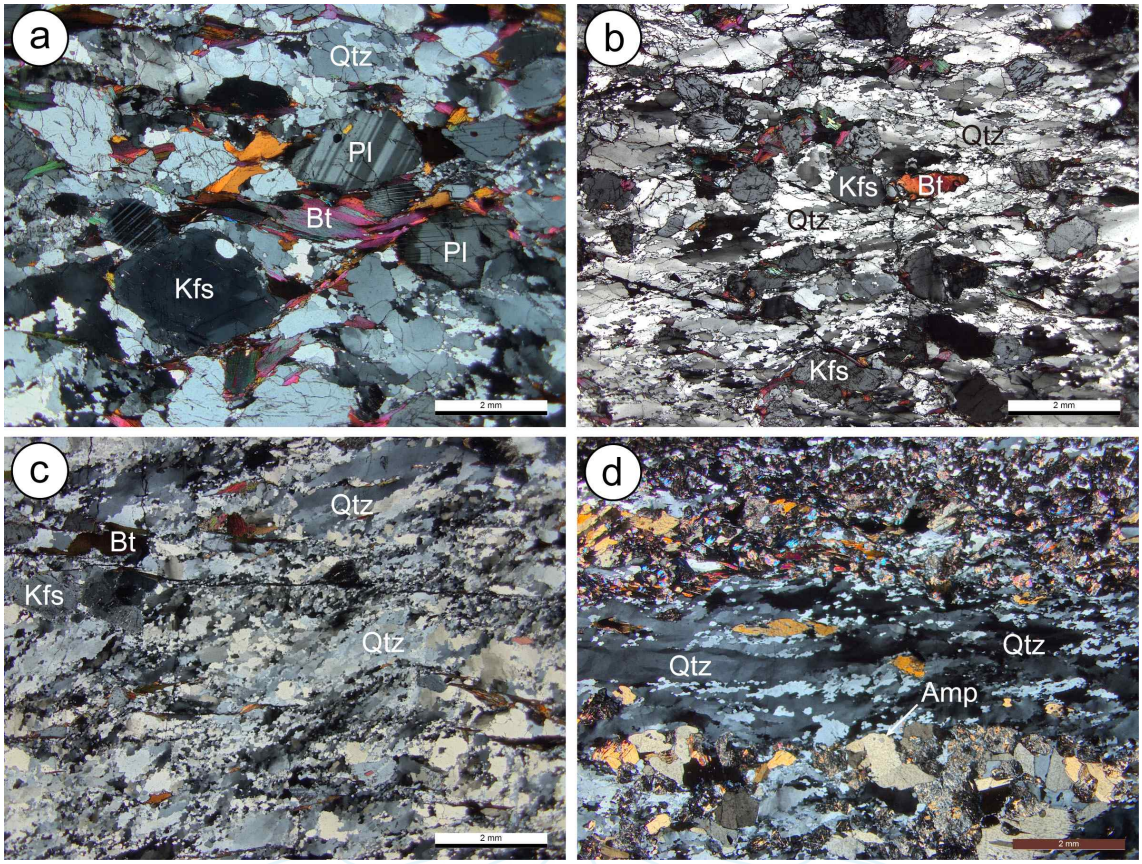


그림 3-20. 쇄성 변형작용을 받은 (a-c) 혼성 편마암과 (d) 고철질 편마암. Amp; 각섬석, Bt; 흑운모, Kfs; 알카리장석, Pl; 사장석, Qtz; 석영.

극지연구소

4절 전암 지화학, 연대측정, 동위원소분석

조사지역에 분포하는 고생대 화강암류들의 화학적 암석분류, 생성 지구조환경, 지화학적 특성을 밝히기 위하여 5개 암체의 37개 시료에 대하여 주원소, 미량원소, 희토류원소 분석을 실시하였다. 또한 화성암류의 형성시기 및 변성암류의 변성시기를 규명하기 위하여 3개 암체 3개 시료에 대하여 LA ICP-MS(Laser Ablation Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) 저어콘 U-Pb 연대측정을 실시하였다, 전암시료에 대한 주원소 분석은 한국지질자원연구원 분석센터에 의뢰하였고, 미량원소, 희토류원소, 저어콘 U-Pb 연대측정은 한국지질자원연구원 지질연구센테의 LA ICP-MS 장비를 이용하였다. 전암지화학 분석 및 저어콘 U-Pb 연대측정 결과를 부록 3과 부록 4에 정리하였다.

1. 전암지화학 분석 및 해석

분석된 혼성 편마암류의 장석쇄정 흑운모편마암과 우백질 화강암은 ACNK[=$Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ vs. $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$] 도표에서 과알루미나(peraluminous) 영역에 도시되며 2개의 우백질 화강암 시료를 제외하고는 S-type 화강암 영역에 도시된다(그림 3-21). 엽리상 장석 반정 흑운모화강암의 화강암 조성 시료는 과알루미나 S-type 화강암 영역에 도시되는 반면, 섬록암 조성 시료는 메타알루미나(metaluminous) I-type 화강암 영역에 도시된다. 섬록암은 분석된 모든 시료가 메타알루미나 I-type 화강암 영역에 도시되는 반면, 흑운모화강암은 과알루미나-메타알루미나 I-type 화강암 영역에 도시된다.

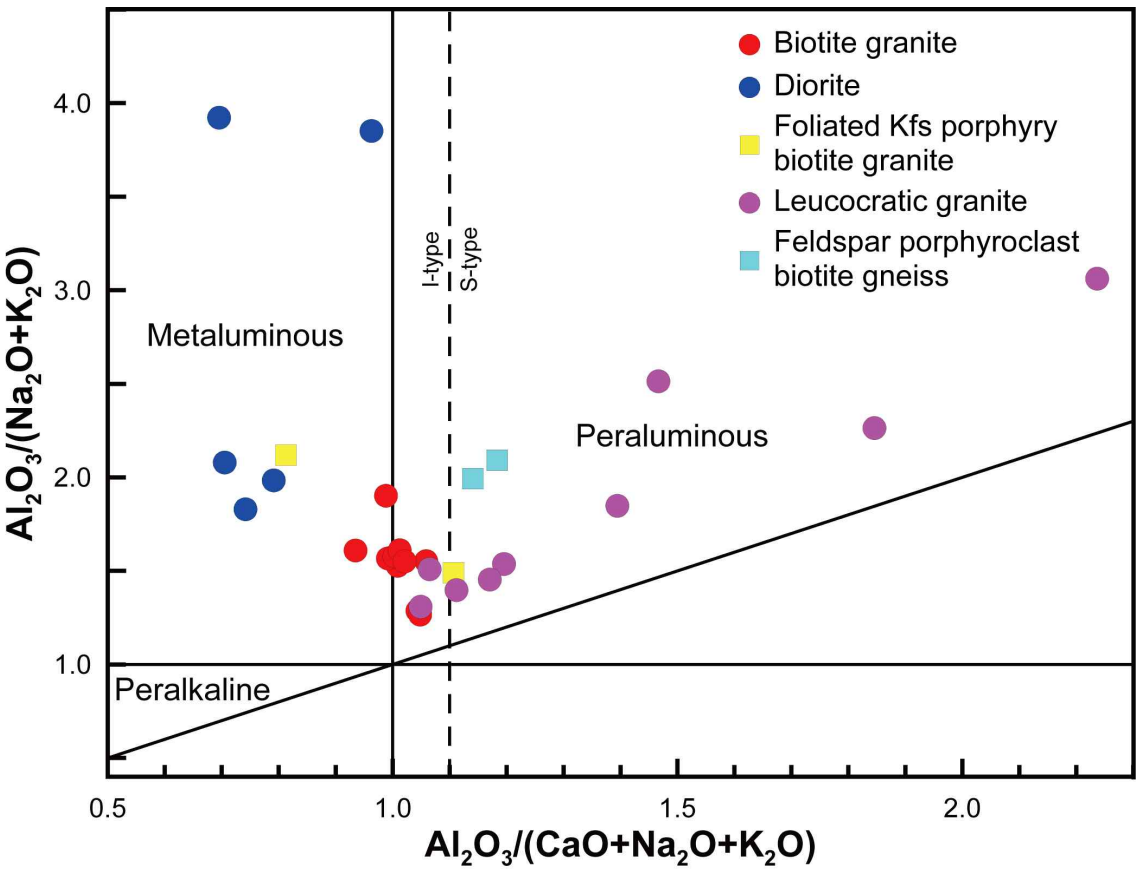


그림 3-21. ACNK[=$Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ vs. $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$] 도표.

극지연구소

암석의 화학적 분류를 위하여 분석한 시료들을 R1[=4Si-11(Na+K)- 2(Fe+Ti)] vs. R2(=Al+2Mg+6Ca) 도표에 도시하였다(그림 3-22). 도표 영역 밖에 도시되는 분석 자료들은 나타내지 않았다. 우백질 화강암은 화강섬록암-화강암 영역에 도시되고, 엽리상 장석 반정 흑운모화강암은 화강암과 섬록암 영역에 도시된다. 제3봉 주변에 분포하는 섬록암은 반려암-섬록암 영역에 도시되며, 장보고기지 주변에 노출된 섬록암은 개브로노라이트(gabbronorite) 영역에 도시된다. 흑운모화강암은 대부분 화강섬록암 영역에 도시되며 두 개의 시료는 화강암-섬장화강암(syenogranite) 영역에 도시된다.

섬록암과 흑운모화강암의 알카리 함량은 각각 2.81-5.81 wt.%와 5.81-8.02 wt.%로(부록 3), 섬록암이 흑운모화강암보다 낮은 전체 알카리 함량을 보인다. 우백질 화강암과 엽리상 장석 반성 흑운모화강암의 알카리 함량은 각각 1.95-8.69 wt.%와 5.15-7.40 wt.%로(부록 3) 3개의 우백질 화강암 시료에서 다소 낮은 값을 보인다(1.95-3.50 wt.%)갖는다. 이것은 일부 우백질 화강암 시료에서 알카리 원소의 손실이 발생했기 때문인 것으로 판단되어 향후 논의에서 제외하였다.

KOPRI
극지연구소

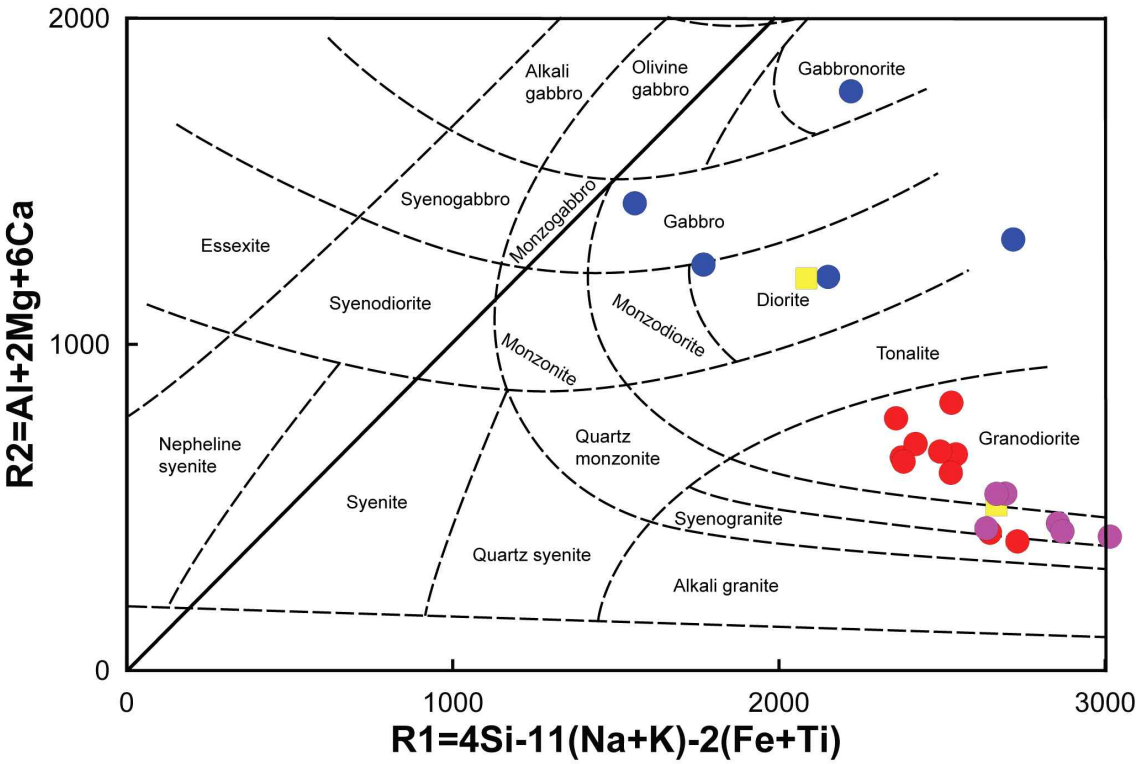


그림 3-22. 심성암류의 화학적 분류를 위한 R1[=4Si-11(Na+K)- 2(Fe+Ti)] vs. R2(=Al+2Mg+6Ca) 화강암 분류 도표. 심볼은 그림 3-21과 동일.

극지연구소

분석 시료들의 SiO_2 변화에 따른 주성분원소의 변화 경향을 Harker 도표에 나타내었다(그림 3-23). 모든 화강암 시료에서 SiO_2가 증가함에 따라 Na_2O와 K_2O를 제외한 주성분원소가 감소하는 경향을 보인다. 섬록암은 Al_2O_3와 SiO_2의 함량 변화가 상관관계를 보이지 않는다. K_2O는 SiO_2 변화에 따른 상관관계를 보이나 Na_2O는 SiO_2 변화에 따른 상관관계를 보이지 않는다.

KOPRI
극지연구소

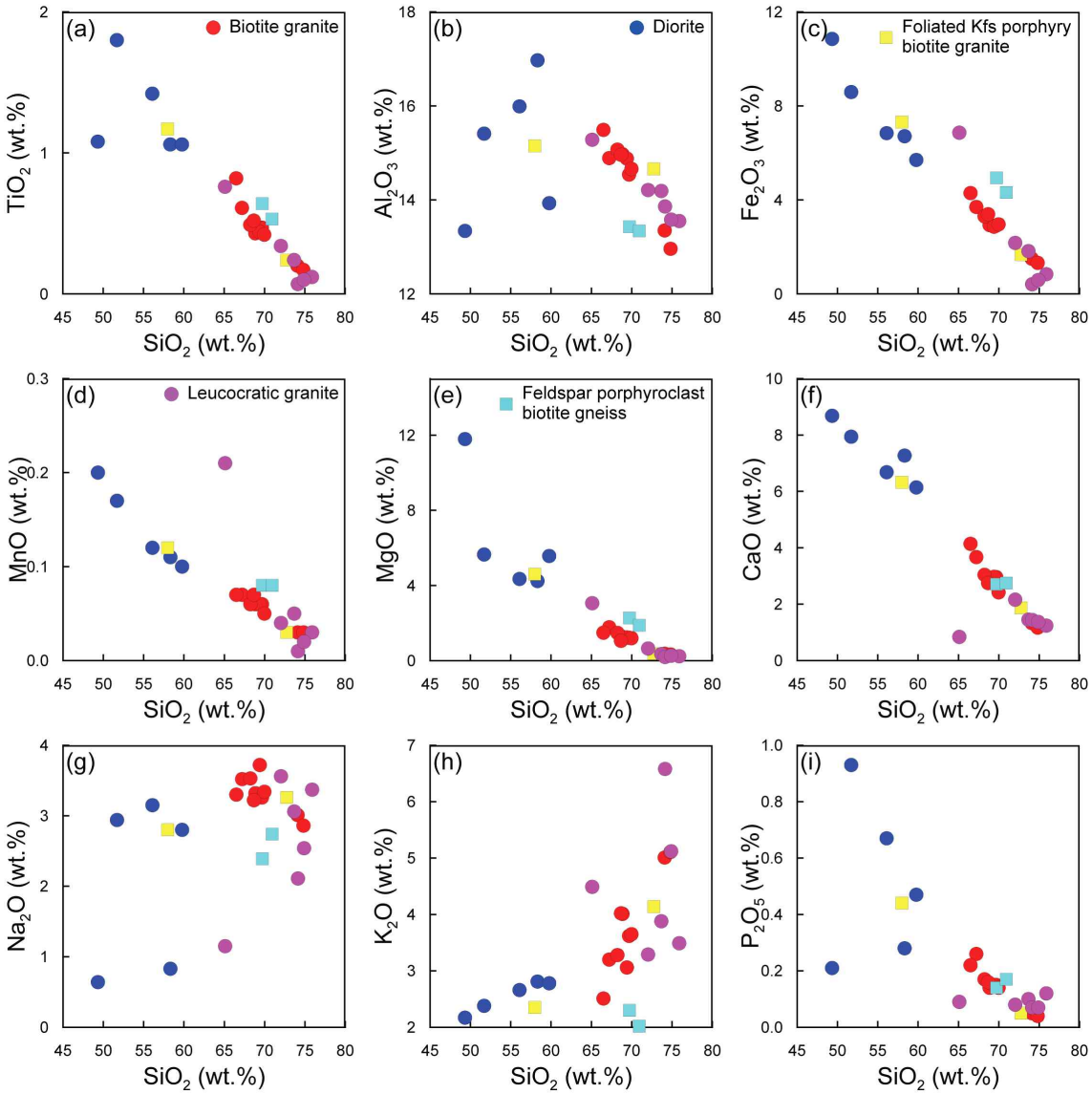


그림 3-23. SiO_2에 대한 주원소 변화를 나타낸 Harker diagrams.

조사지역에 분포하는 화강암류들이 형성된 지구조환경을 알아보기 위하여 Y-Nb-Rb와 Yb-Ta-Rb 지구조환경 구분도에 도시하였다(그림 3-24). 지구조환경 구분도를 적용할 수 있는 화학조성 범위을 갖는 시료들을 선택하여 도시하였다.

Granite Harbour Igneous Complex의 흑운모화강암과 섬록암은 모든 도표에서 화산호 화강암영역에 도시된다. 윌슨변성복합체의 화강암과 편마암도 대부분 화산호 화강암 영역에 도시되나 Rb와 Ta의 농도가 높은 두 개의 시료는 도표에 따라 화산호 화강암 또는 충돌동시성 화강암 영역에 도시된다. 해양 열곡 화강암 또는 판내부 화강암 영역에 도시되는 한 개의 우백질 화강암 시료는 석류석의 모드가 높아 HREE 원소가 부화된 양상을 보이고, Yb 농도가 높기 때문인 것으로 해석된다(그림 3-26c).

KOPRI
극지연구소

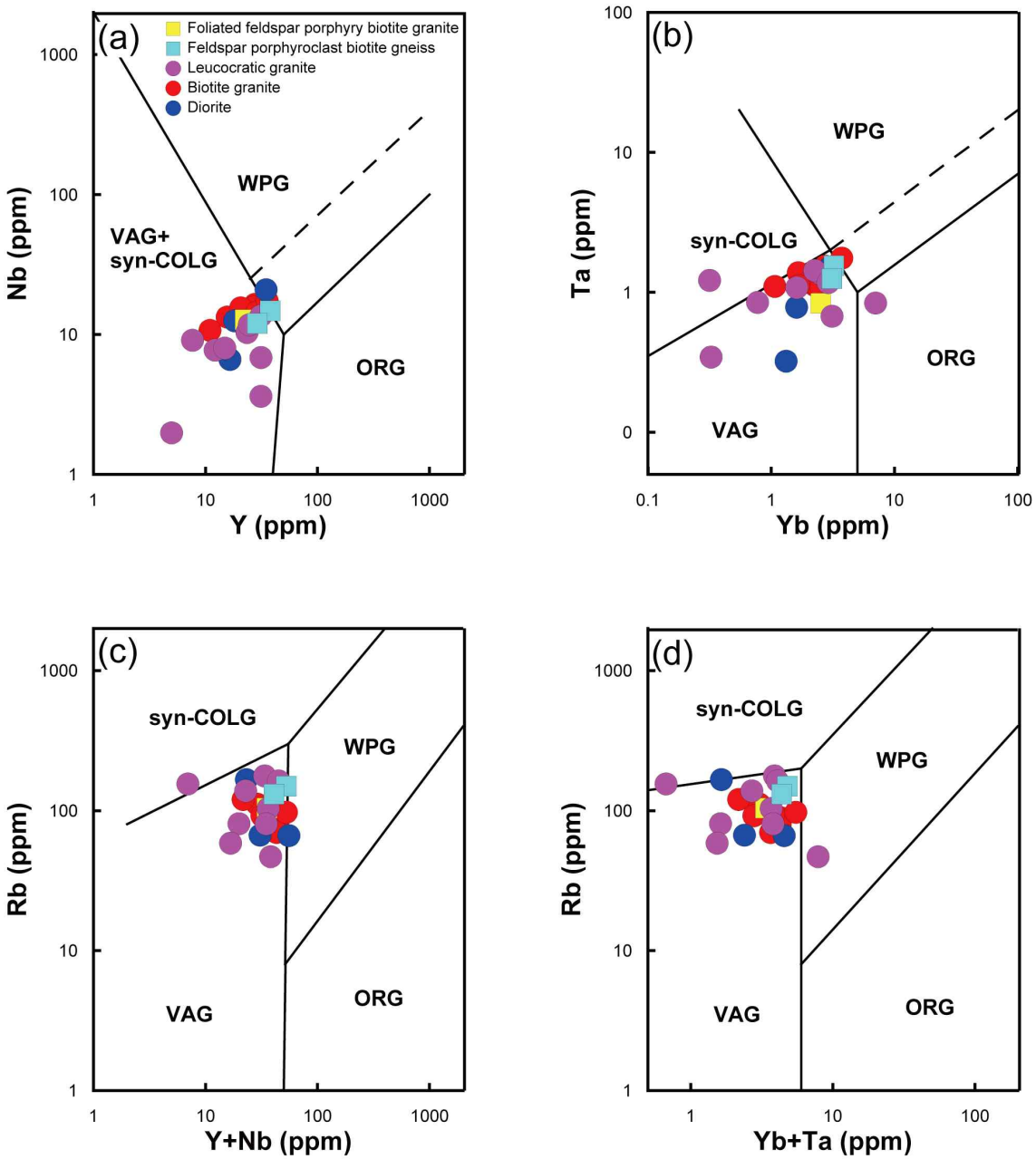


그림 3-24. Y-Nb-Rb와 Yb-Ta-Rb 화강암 지구조환경 구분도. ORG; Ocean-ridge granite, Syn-COLG; syn-collisional granite, VAG; volcanic arc granite, WPG; within plate granite.

흑운모편암과 혼성 흑운모편마암 시료를 포함한 분석한 모든 시료들의 미량원소 변화양상을 그림 3-25에 나타내었다. 흑운모화강암은 현저한 Ba(-), Nb(-), P(-), Ti(-) 이상(anomaly)을 보이고 미약한 U(-), Zr(-) 이상을 보인다(그림 3-25a). Dy, Y, Yb, Lu는 거의 평탄하거나 미약한 음의 기울기는 보인다.

섬록암과 엽리상 장석 반정 흑운모화강암은 거의 유사한 변화양상을 보인다(그림 3-25b). 섬록암 중에서 반려암 성분을 갖는 두개의 시료는 미량원소 함량이 전체적으로 낮아 섬록암 성분의 시료들보다 아래쪽에 도시되나 변화 양상은 나머지 시료들과 거의 유사하다. 이들 암체는 흑운모화강암과 마찬가지로 Ba(-), Nb(-), P(-), Ti(-) 이상을 보이나 그 정도는 미약한반면, 흑운모화강암과 달리 Ta(-), U(+) 이상이 나타난다.

우백질 화강암, 장석 쇄정 흑운모편마암, 흑운모편암, 혼성 흑운모편마암은 거의 유사한 미량원소 변화양상을 보인다(그림 3-25c, d). 이들 암체들은 흑운모화강암과 유사하게 Ba(-), Nb(-), P(-), Ti(-) 이상을 보이나 Sr(-)을 보이는 점에서 흑운모화강암과 차이가 있다(그림 3-25 a, c, d). Dy, Y, Yb, Lu와 같은 원소들의 변화는 일정하지 않은 것은 분석한 시료에 석류석과 같이 HREE 원소 함량이 높은 광물의 모드가 다르기 때문인 것으로 해석된다(그림 3-25c, d).

KOPRI 극지연구소

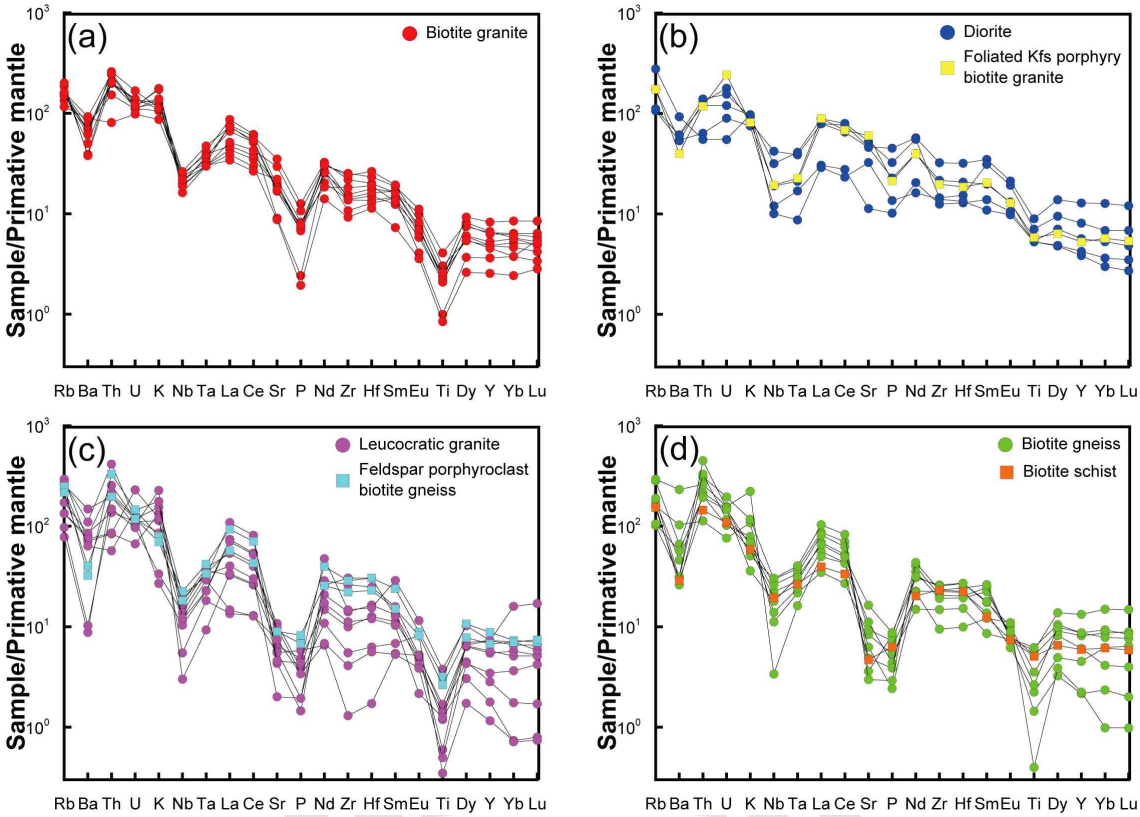


그림 3-25. 미량원소 변화 도표. (a) 흑운모화강암. (b) 섬록암과 엽리상 장석 반정 흑운모화강암. (c) 우백질 화강암과 장석 쇄정 흑운모편마암. (d) 흑운모편암과 흑운모편마암.

극지연구소

흑운모편암과 혼성 흑운모편마암 시료를 포함한 분석한 모든 시료들의 희토류원소 변화양상을 그림 3-26에 나타내었다. 분석 시료에 따라 희토류원소의 절대양은 다소 차이가 있지만, 대부분의 시료들은 LREE(light rare earth elements)가 부화되고 HREE(heavy rare earth elements)가 결핍된 음(negative)의 변화곡선을 보인다(그림 3-26).

흑운모화강암은 Eu(-) 이상과 LREE가 음의 기울기를 보이는 반면 HREE는 거의 일정하거나 미약하게 감소하는 경향을 보인다(그림 3-26a). 섬록암과 엽리상 장석 반정 흑운모화강암은 Eu(-) 이상이 미약하거나 보이지 않고, LREE에서부터 HREE까지 전체적으로 감소하는 완만한 음의 변화곡선을 보인다(그림 3-26b).

우백질 화강암, 장석 쇄정 흑운모편마암, 흑운모편암, 혼성 흑운모편마암은 대부분 Eu(-) 이상과 LREE가 음의 기울기를 보이고 HREE는 거의 일정하거나 감소하는 경향을 보인다(그림 3-26c, d). 그러나 일부 우백질 화강암 시료는 Eu 이상을 보이지 않고, LREE와 HREE가 분화하지 않은 거의 일정한 변화 양상을 보이거나 HREE가 증가하는 변화 양상을 보인다(그림 3-26c). 이것은 우백질 화강암이 구성광물의 분포가 불균질하고, 석류석의 모드 차이에 기인한 것으로 해석된다.

KOPRI
극지연구소

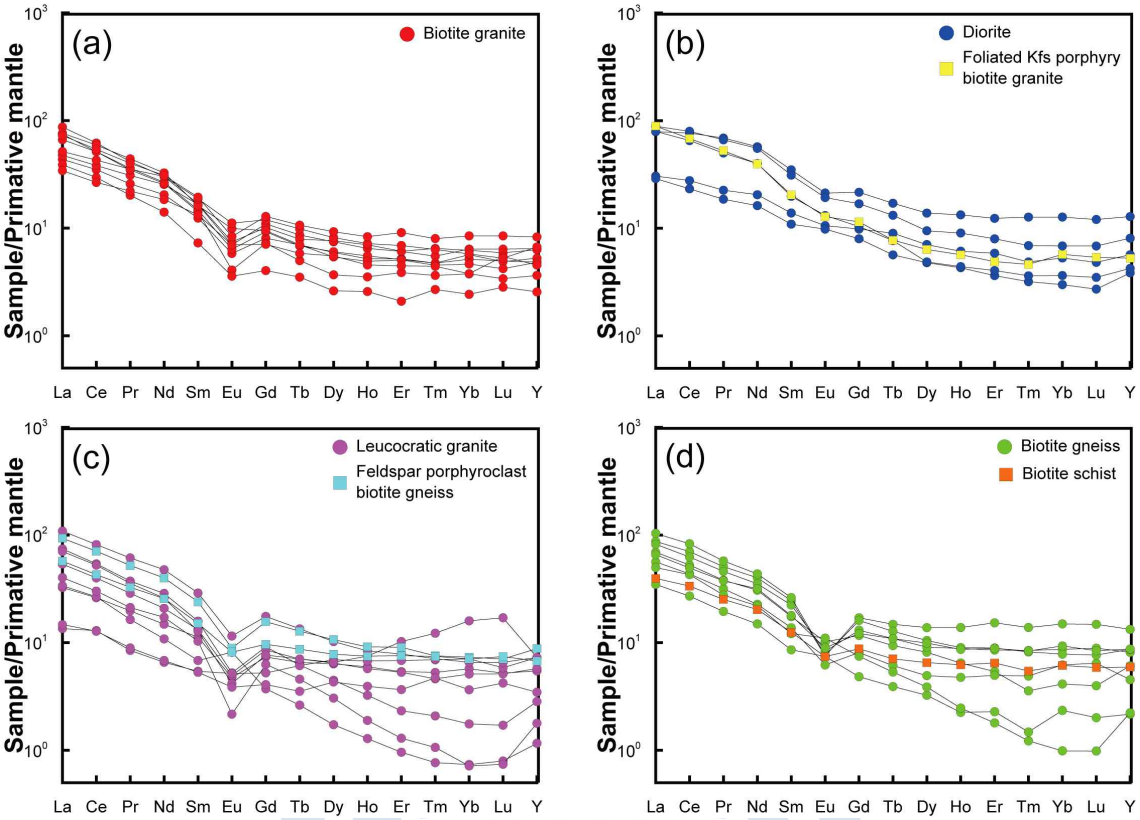


그림 3-26. 희토류원소 변화 도표. (a) 흑운모화강암. (b) 섬록암과 엽리상 장석 반정 흑운모화강암. (c) 우백질 화강암과 장석 쇄정 흑운모편마암. (d) 흑운모편암과 흑운모편마암.

극지연구소

2. 연대측정

가. 석류석-흑운모 편암(흑운모편암)

석류석-흑운모 편암의 저어콘 입자들은 원마도가 좋은 아원형 타형 내지 반자형으로, 음극선발광(Cathodoluminescence, CL) 영상에서 다양한 형태의 내부구조가 발달한다(그림 3-27). 일부 저어콘 입자들은 CL영상에서 밝게 발광하는 상속핵을 갖고 있다. 저어콘의 U과 Th 농도는 각각 92-836ppm, 9-351ppm 이고 Th/U 비는 0.01-1.31이다(부록 4). 쇄설성 저어콘의 주요 연령(n=19)은 1774 Ma, 1675 Ma, 1537 Ma, 1331 Ma, 1270 Ma, 1125 Ma, 945 Ma, 700 Ma로 나타나 흑운모편암의 퇴적시기는 700Ma 이후로 제한된다(그림 3-27).

그림 3-27. 흑운모편암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

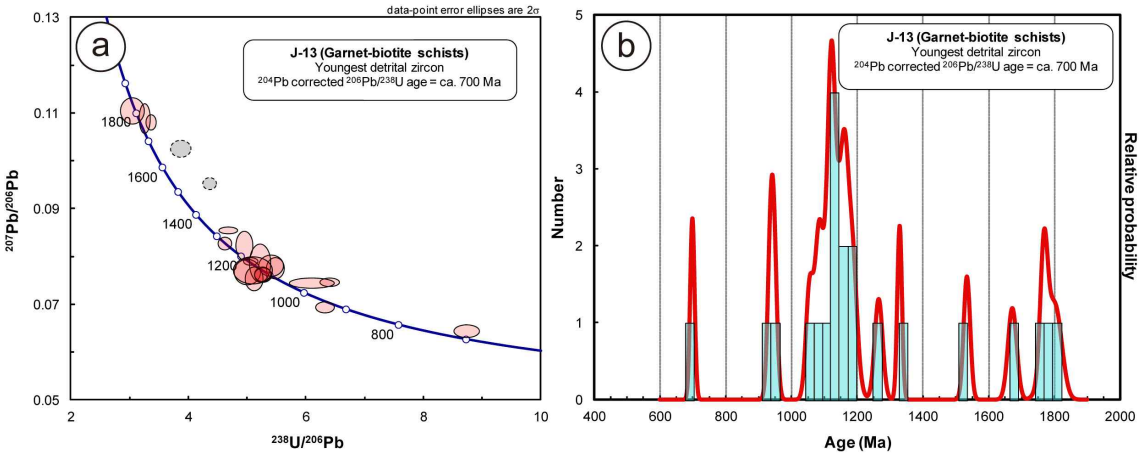


그림 3-28. (a) 석류석-흑운모 편암에서 분리한 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 연대측정 결과의 확률분포도. 회색 점선 타원; 불일치도 > 10%(확률분포도에서 고려하지 않음)

KOPRI
극지연구소

나. 각섬석-사장석 편암(혼성 편마암)

각섬석-사장석 편암의 저어콘 입자들은 원마도가 좋은 아원형 타형 내지 반자형으로, 음극선발광(Cathodoluminescence, CL) 영상에서 다양한 형태의 내부구조가 발달한다(그림 3-29). 일부 저어콘 입자들은 CL영상에서 밝게 발광하거나 영역누대가 발달하는 다양한 내부 조직을 보이는 상속핵을 갖고 있다. 일부 입자들의 주연부는 암회색 덧성장 띠가 발달하는데 그 두께는 입자에 따라 크게 다르다.

저어콘 상속핵의 U과 Th 농도는 각각 57-1174ppm, 26-1744ppm 이고 Th/U 비는 0.11-1.84이다(부록 4). 저어콘 주연부 암회색 덧 성장띠의 U과 Th 농도는 각각 40-2725ppm, 1-76ppm 이고 Th/U 비는 0.01-0.06이다(부록 4).

상속핵에서는 다양한 연령이 인지되는데(n=12), 그 중에서 가장 젊은 연대인 약 552 Ma가 각섬석-사장석편암의 퇴적시기를 제한한다(그림 3-30). 각섬석-사장석편암이 퇴적된 이후에 발생한 변성작용과 관련되어 덧 성장한 암회색 주연부 14개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균연령은 510±13 Ma 이다(그림 3-30). 따라서 각섬석-사장석편암의 퇴적시기는 550-510 Ma 사이로 제한될 수 있다.

KOPRI
극지연구소

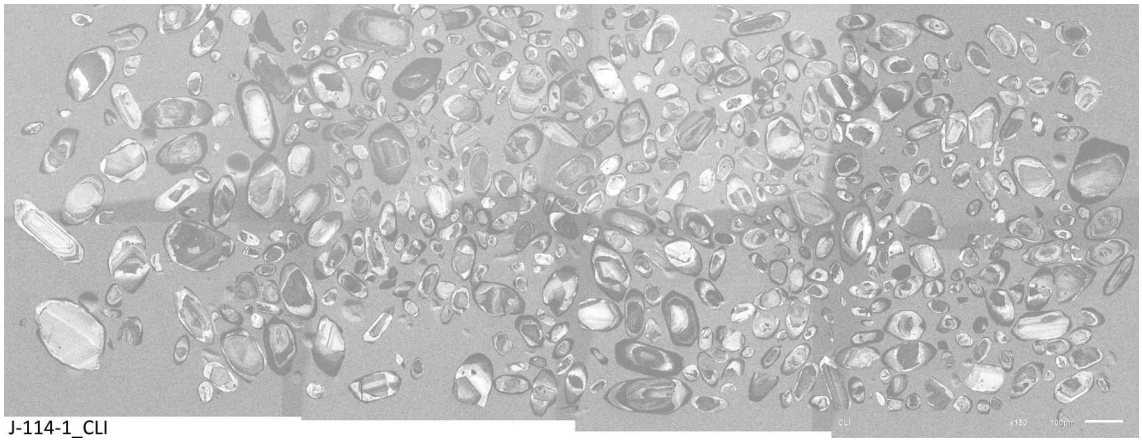


그림 3-29. 각섬석-사장석편암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

KOPRI
극지연구소

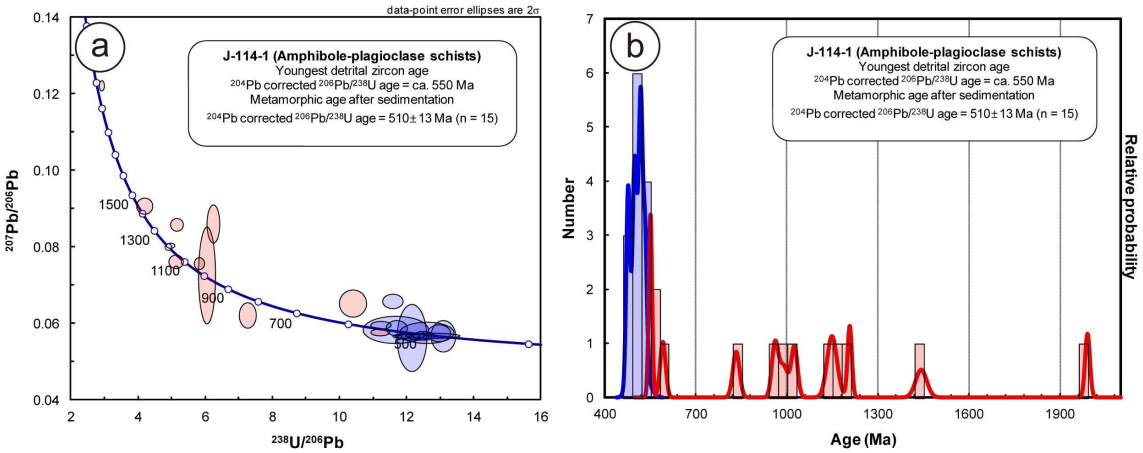


그림 3-30. (a) 각섬석-사장석 편암에서 분리한 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 연대측정 결과의 확률분포도. 빨간색; 퇴적시기 제한 분석점, 파란색; 퇴적후 변성작용 시기.

KOPRI
극지연구소

다. 우백질 화강암(혼성 편마암)

우백질 화강암의 저어콘 입자들은 막대형대의 자형입자로, 음극선발광(Cathodoluminescence, CL) 영상에서 회색 내지 암회색을 띠며 진동누대가 발달한다(그림 3-31). 일부 저어콘 입자들은 CL영상에서 밝게 발광하는 상속핵을 갖고 있다.

저어콘 상속핵의 U과 Th 농도는 각각 234-839ppm, 97-298ppm 이고 Th/U 비는 0.22-0.73이다(부록 5). 저어콘 주연부의 U과 Th 농도는 각각 681-15453ppm, 23-2041ppm 이고 Th/U 비는 0.02-0.51이다(부록 4)로 U 농도가 매우 높다.

상속핵은 약 1100-950 Ma의 분산된 연령을 보인다(그림 3-32a). 암회색 주연부 27개 분석점 중에서 통계적으로 버려진 5개 분석점을 제외한 22개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균연령은 497.7±4.4 Ma (n=22) 이다(그림 3-32b).

KOPRI 극지연구소

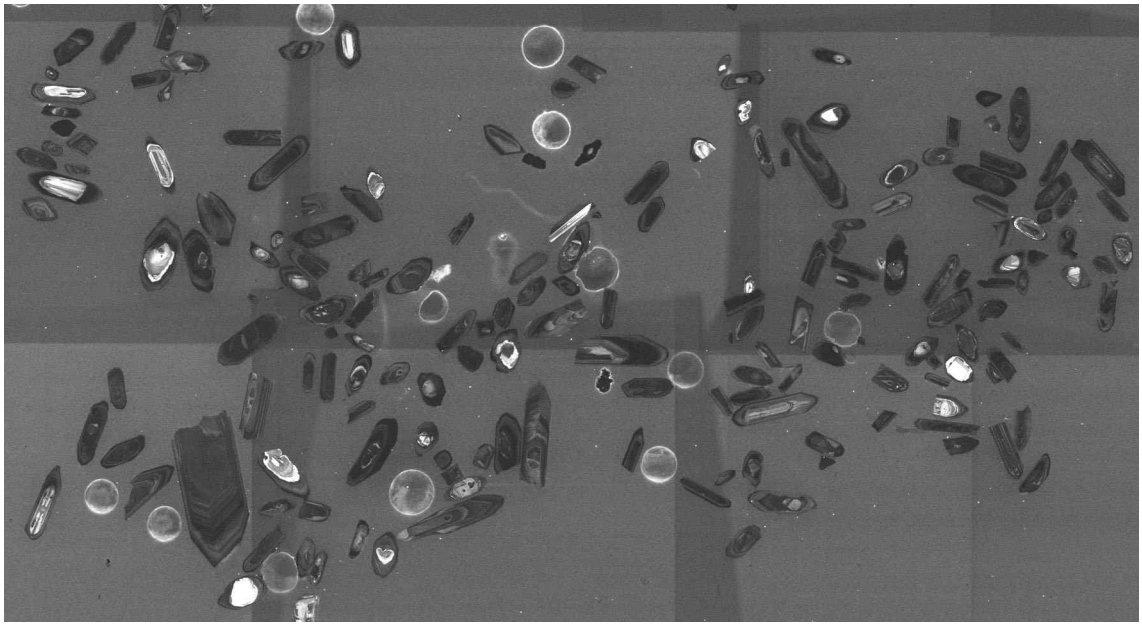


그림 3-31. 우백질 화강암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

KOPRI
극지연구소

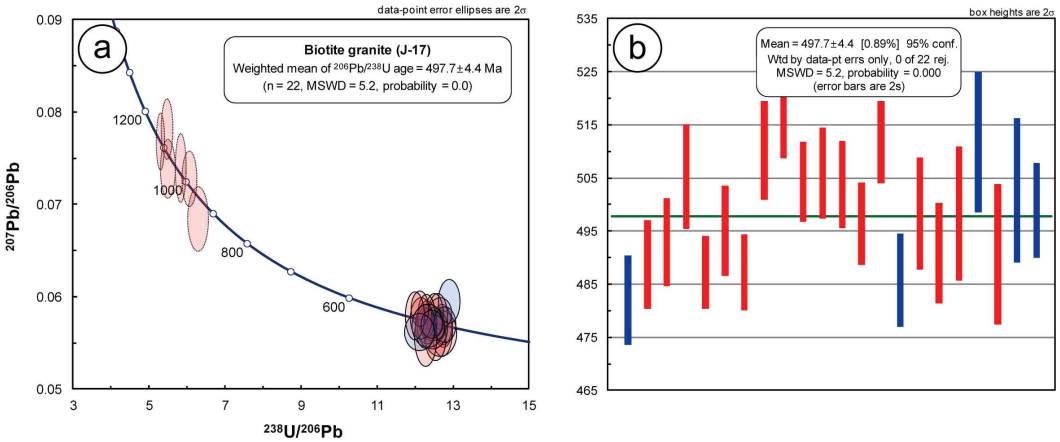


그림 3-32. (a) 우백질 화강암 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 저어콘 주연부 분석결과의 가중평균 연대. 빨간색; 가중평균 계산에 포함된 자료, 파란색; 가중평균 계산에서 제외한 자료.

KOPRI
극지연구소

라. K-장석 거정 우백질 화강암(혼성 편마암)

K-장석 거정 우백질 화강암의 저어콘 입자들은 원마도가 좋지 않은 반자형 내지 타형 입자로, 음극선발광(Cathodoluminescence, CL) 영상에서 회색 내지 암회색 주연부와 다양한 밝기와 조직을 갖는 상속핵이 발달한다(그림 3-33).

저어콘 상속핵의 U과 Th 농도는 각각 326-647ppm, 102-1098ppm 이고 Th/U 비는 0.21-1.81이다(부록 4). 저어콘 주연부의 U과 Th 농도는 각각 622-1863ppm, 8-21ppm 이고 Th/U 비는 0.01-0.03이다(부록 4).

상속핵은 약 1100-950 Ma의 분산된 연령을 보이며(그림 3-34a), 가장 젊은 연대가 ca. 581 Ma인 것으로 미루어 보아 이 암체의 기원암은 581 Ma 이후에 형성된 퇴적암인 것으로 추정된다. 기원암의 변성시기 또는 우백질 화강암의 형성시기를 지시하는 암회색 주연부 15개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균연령은 482.1±8.3 Ma 이다(그림 3-34b).

KOPRI 극지연구소

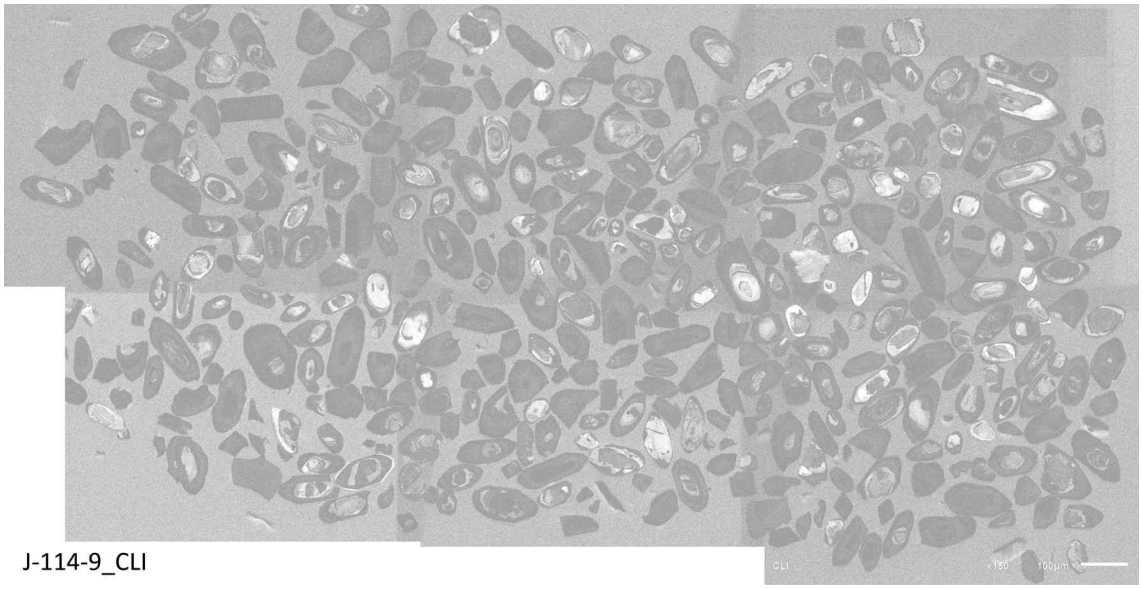


그림 3-33. K-장석 거정 우백질 화강암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

KOPRI
극지연구소

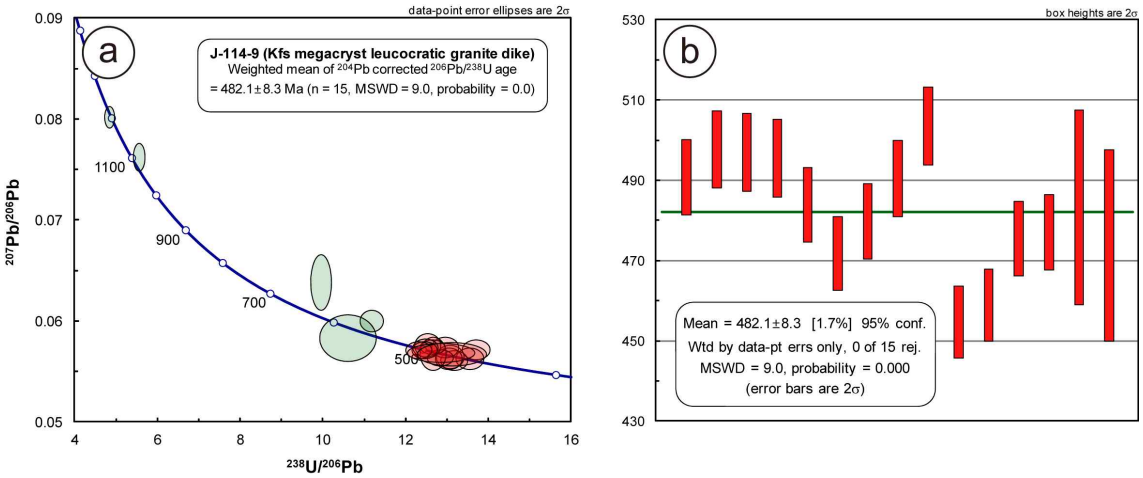


그림 3-34. (a) K-장석 거정 우백질 화강암 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 저어콘 주연부 분석결과의 가중평균 연대. 빨간색; 가중평균 계산에 포함된 자료, 녹색; 상속핵 연령으로 가중평균 계산에서 제외한 자료.

KOPRI
극지연구소

마. 엽리상 우백질 화강암(혼성 편마암)

엽리상 우백질 화강암의 저어콘 입자들은 자형 내지 원마도가 좋지 않은 반자형 입자로, 음극선발광(Cathodoluminescence, CL) 영상에서 회색 내지 암회색 주연부와 다양한 밝기와 조직을 갖는 상속핵이 발달한다(그림 3-33). 덧 성장 띠의 두께는 입자마다 다르며, 덧 성장 띠가 주로 자형의 결정면을 구성하나 일부 입자에서는 둥근 타형의 결정면을 형성하기도 한다.

저어콘 상속핵의 U과 Th 농도는 각각 523-3978ppm, 14-659ppm 이고 Th/U 비는 0.02-0.17이다(부록 4). 저어콘 주연부의 U과 Th 농도는 각각 57-3732ppm, 37-196ppm 이고 Th/U 비는 0.01-1.19이다(부록 4).

상속핵 3개 분석점에 대한 가중평균 연대는 524±18 Ma이며, 우백질 화강암의 형성시기를 지시하는 주연부 7개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균연령은 479.7±4.3 Ma 이다(그림 3-36b).

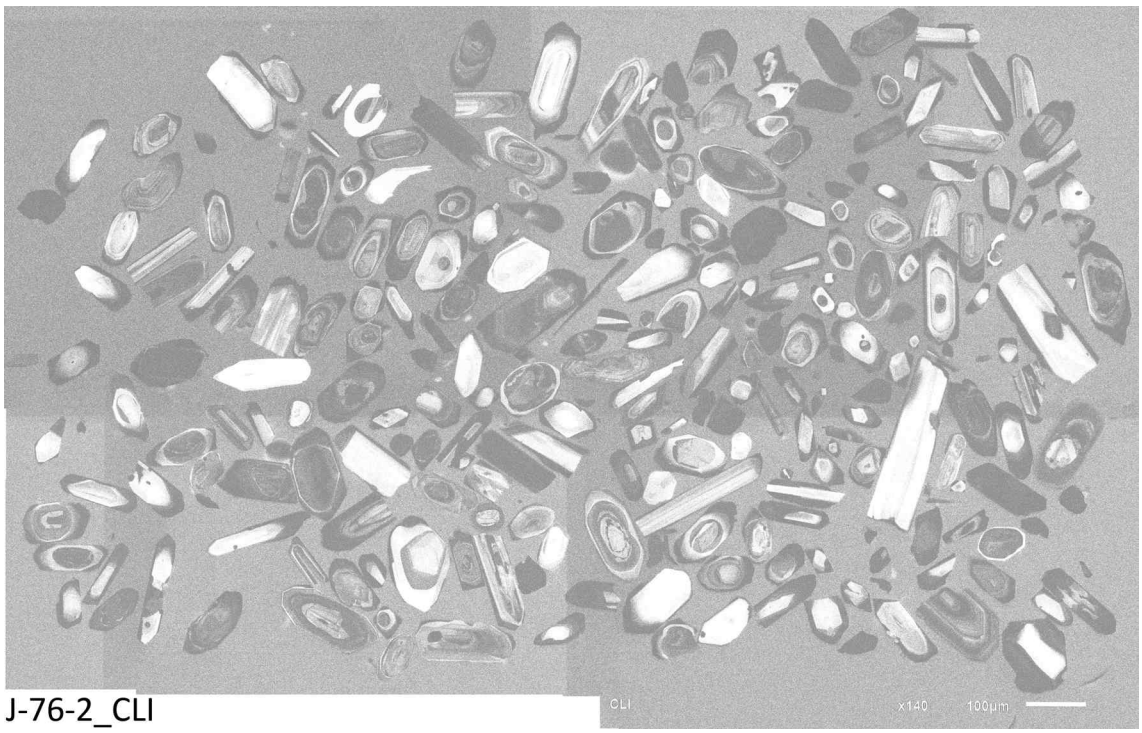


그림 3-35. 엽리상 우백질 화강암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

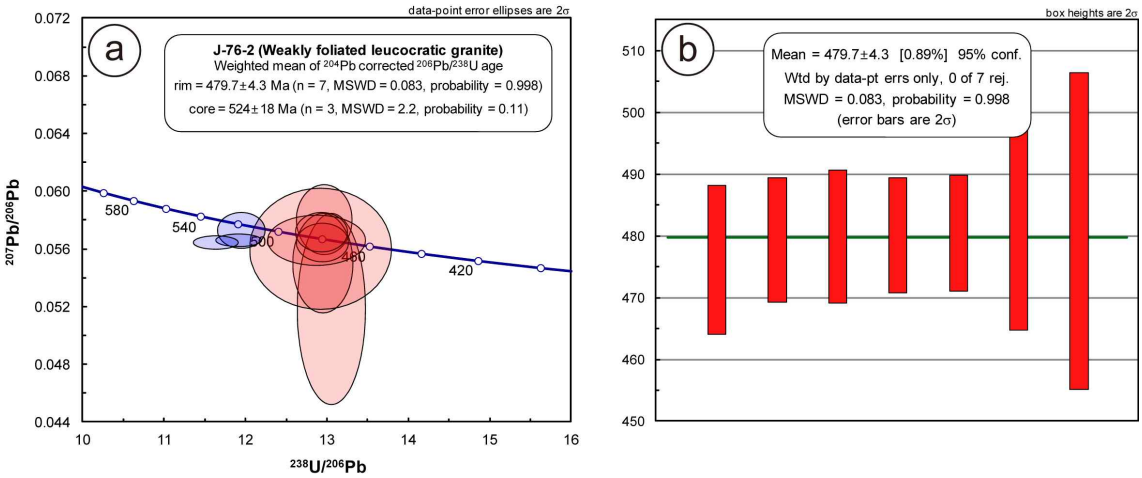


그림 3-36. (a) 엽리상 우백질 화강암 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 저어콘 주연부 분석결과의 가중평균 연대. 빨간색; 가중평균 계산에 포함된 자료, 파란색; 가중평균 계산에서 제외한 자료.

KOPRI
극지연구소

바. 섬록암

반려암 성분을 갖는 섬록암에서 분리한 저어콘은 일반적인 화성기원의 중성 내지 석영-장석질 암석과 달리 반자형 내지 타형의 결정외형을 갖으며, CL 영상에서 줄무늬 형태의 독특한 형태의 내부조직을 보인다(그림 3-37). 분리한 모든 저어콘 입자에서 상속핵은 관찰되지 않는다.

저어콘의 U과 Th 농도는 각각 76-1371ppm, 38-968ppm 이고 Th/U 비는 0.06-2.14이다(부록 5). 서로 다른 저어콘의 20개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균 연령은 479.6±4.5 Ma (n=20) 이다(그림 3-38).

KOPRI 극지연구소

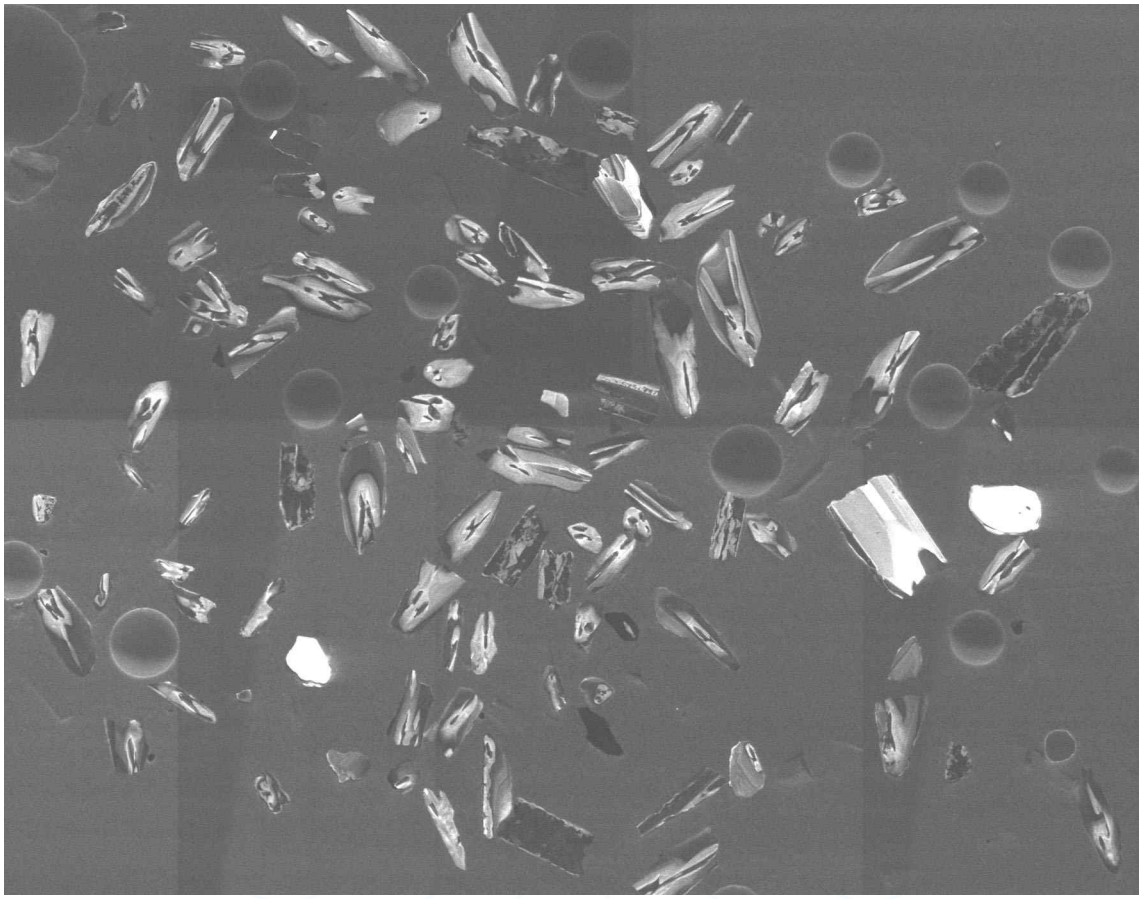


그림 3-37. 섬록암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

극지연구소

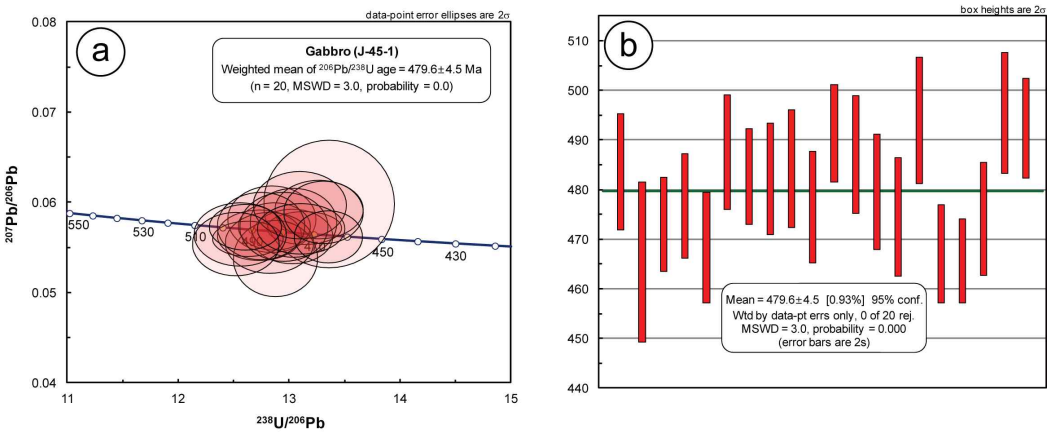


그림 3-38. (a) 반려암 성분의 섬록암에서 분리한 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 저어콘 분석결과의 가중평균 연대.

KOPRI
극지연구소

사. 흑운모화강암

흑운모화강암에서 분리한 저어콘 입자는 막대모양의 자형 입자로 CL영상에서 전형적인 화성기원의 진동누대가 발달하나 일부 입자에서는 복잡한 내부조직이 관찰되기도 한다(그림 3-39). 분리한 모든 저어콘 입자에서 상속핵은 관찰되지 않는다.

저어콘의 U과 Th 농도는 각각 144-4275ppm, 83-4111ppm 이고 Th/U 비는 0.21-3.07이다(부록 5). 서로 다른 저어콘 입자의 60개 분석점 중에서 통계적으로 버려진 14개 분석점을 제외한 46개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균연령은 472.1±2.5 Ma (n=46)로 반려암 성분의 섬록암보다 약 7 Ma 젊은 연대를 보인다(그림 3-40).

KOPRI
극지연구소

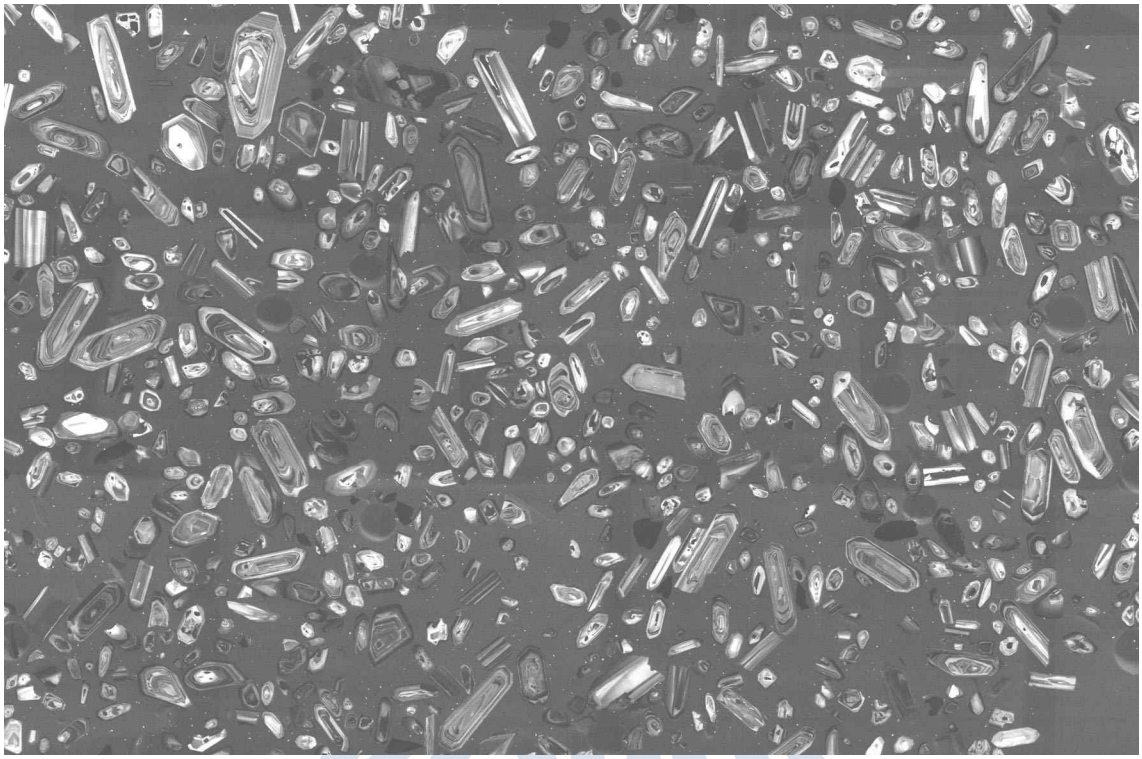


그림 3-39. 흑운모화강암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

KOPRI
극지연구소

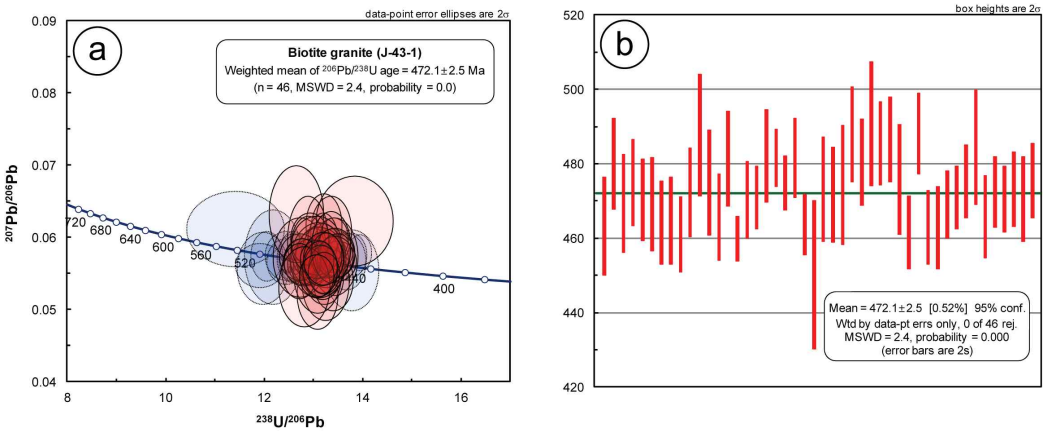


그림 3-40. (a) 흑운모화강암에서 분리한 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. 빨간색; 가중평균 계산에 포함된 자료, 파란색; 가중평균 계산에서 제외한 자료. (b) 저어콘 분석결과의 가중평균 연대.

KOPRI
극지연구소

아. K-장석 반정 흑운모화강암(흑운모화강암)

K-장석 반정 흑운모화강암에서 분리한 저어콘 입자는 막대모양의 자형 입자로 CL영상에서 전형적인 화성기원의 진동누대가 발달하나 일부 입자에서는 복잡한 내부조직이 관찰되기도 한다(그림 3-41). 분리한 모든 저어콘 입자에서 상속핵은 관찰되지 않는다.

저어콘의 U과 Th 농도는 각각 34-607ppm, 44-409ppm 이고 Th/U 비는 0.30-1.46이다(부록 4). 서로 다른 저어콘 입자의 19개 분석점 중에서 통계적으로 버려진 2개 분석점을 제외한 17개 분석점에 대한 $^{206}Pb/^{238}U$ 가중평균연령은 463.4±7.6 Ma로 조사지역에서 가장 젊은 암체로 해석된다(그림 3-42).

KOPRI
극지연구소

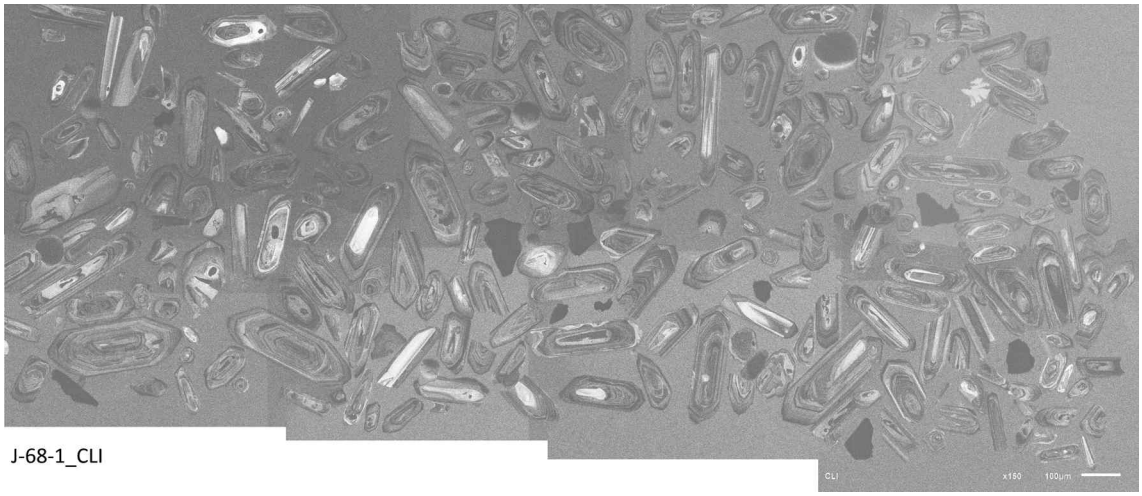


그림 3-41. K-장석 반정 흑운모화강암에서 분리한 저어콘의 음극선발광영상.

KOPRI
극지연구소

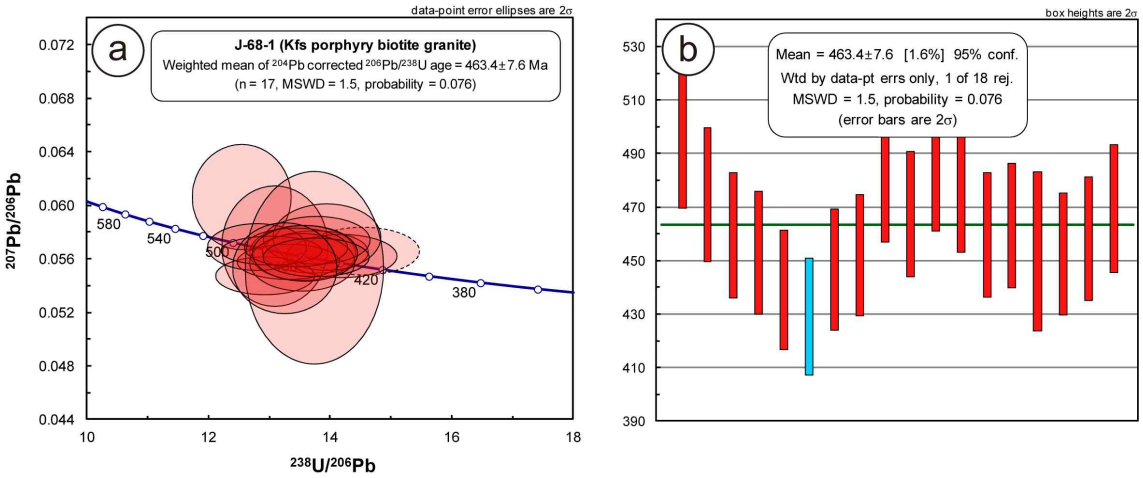


그림 3-42. (a) K-장석 반정 흑운모화강암 저어콘의 U-Pb 연대측정 결과를 Tera-wasserburg 도표에 도시한 그림. (b) 저어콘 주연부 분석결과의 가중평균 연대. 빨간색; 가중평균 계산에 포함된 자료, 파란색; 가중평균 계산에서 제외한 자료.

KOPRI
극지연구소

3. Sr-Nd 동위원소분석

채취한 시료들 중에서 편광현미경관찰, 전암 지화학분석, 절대연령측정 결과들을 고려하여 흑운모화강암, 섬록암, 엽리상 장석반정 흑운모화강암, 편암 및 편마암 10개의 시료를 선택하여 Sr-Nd 동위원소 분석을 실시하였다(부록 6).

흑운모화강암은 514.0±6.7 Ma (n=2)의 등시선 연대를 보이는 반면 다른 암체들은 의미있는 등시선 연대를 보이지 않는다.

저어콘 U-Pb 연대를 이용한 eNd(t) 값은 -8.2~-20.6의 넓은 변화 범위를 보이는 것으로 미루어 보아 화강암 형성 또는 관입 과정에 지각물질의 영향을 받았을 것으로 해석된다.

KOPRI
극지연구소

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

구분	성과목표	성과지표	목표치	가중치 (%)	설정근거	평가기준 (측정산식 등)	달성치
최종목표	야외 현장 지질 조사	야외 현장 지질 조사	50 개	30	지질도 작성을 위한 지질조사 필수	채취시료	100
	시료분석	암석기재	50 개	15	층서상의 암상 구분을 위하여 박편관찰 및 지화학분석 자료 필요	분석시료개수	100
		광물화학분석	8개				
		전암성분	60 개				
	연령측정	저어콘 U-Pb 연령	15 개	15	층서상의 위치 설정을 위하여 절대연령측정 필요	분석시료개수	100
	지질도작성	지질도작성	100%	40	지질조사, 시료분석, 연령측정 자료들을 반영한 지질도 작성	전체 조사지역 면적대비 조사면적	100
3차년도 (2016년)	야외 현장 지질 조사	야외 현장 지질 조사	30 개	30	지질도 작성을 위한 지질조사 필수	채취시료	100
	시료분석	암석기재	30 개	15	층서상의 암상 구분을 위하여 박편관찰 및 지화학분석 자료 필요	분석시료개수	100
		전암성분	10 개				
	연령측정	저어콘 U-Pb 연령	5 개	15	층서상의 위치 설정을 위하여 절대연령측정 필요	분석시료개수	100
	지질도작성	지질도작성	50%	40	지질조사, 시료분석, 연령측정 자료들을 반영한 지질도 작성	전체 조사지역 면적대비 조사면적	100
4차년도 (2017년)	야외 현장 지질 조사	야외 현장 지질 조사	20 개	30	지질도 작성을 위한 지질조사 필수	채취시료	100
	시료분석	암석기재	20 개	15	층서상의 암상 구분을 위하여 박편관찰 및 지화학분석 자료 필요	분석시료개수	100
		전암성분	20 개				
	연령측정	저어콘 U-Pb 연령	5 개	15	층서상의 위치 설정을 위하여 절대연령측정 필요	분석시료개수	100
	지질도작성	지질도작성	50%	40	지질조사, 시료분석, 연령측정 자료들을 반영한 지질도 작성	전체 조사지역 면적대비 조사면적	100
5차년도 (2018년)	변성암 및 화성암류의 암상 및 지화학 특징 규명	현미경관찰	10	50	암상구분 및 생성지구조환경 추정에 필요한 자료	분석시료개수	100
		전암 지화학, 동위원소	30				
	정량적 변성조건, 시기, 진화사 규명	광물화학분석	8	50	형성 및 변성 시기 및 정량적인 변성 온도-압력 조건 추정을 위해 필요한 자료	분석시료개수	100
		광물 연대측정	5				

남극 장보고기지 주변지역 지질조사를 수행하면서 114개 사이트에서 155개 암석시료를 채취함으로써 당초 목표인 50개 시료채취를 2배 이상 초과 달성하였다. 채취한 암석시료의 박편을 200개 이상 제작하여 편광현미경 관찰을 통한 암상기재

를 함으로써 당초 목표인 50개를 4배 이상 초과 달성하였다. 전암 지화학 분석은 주원소 40개, 미량원소 40개 희토류원소 40개, Sr-Nd 동위원소 10개를 각각 분석하여 당초 목표인 60개를 2배 이상 초과 달성하였다. 당초 예상보다 많은 수의 암석시료를 채취하였고 이들 시료에 대한 기초자료를 확보하는 것이 중요하다고 판단하여 광물화학분석이 수행되지 않은 점은 아쉽다.

채취한 암석시료의 절대연령측정을 위하여 저어콘을 분리하고 시료 상태 및 목적에 따라 SHRIMP 또는 LA-(MC)-ICP-MS를 이용하여 분석하였다. 당초 목표로 했던 15개 이상의 시료에 대하여 저어콘 분리를 수행하고, 그 중 5개 고철질 암석시료를 제외한 10개 변성퇴적암, 편마암, 화성암류에서 저어콘을 분리하여 연대측정을 실시하였다. 이 연구이 가장 중요한 결과물인 1:2.5만 축척 지질도와 영문설명서를 인쇄하여 제출하였다.

KOPRI
극지연구소

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

이 연구의 최종 결과물인 장보고기지 주변지역 1:2.5만 지질도는 남극 지질과학 분야의 연구를 위한 기초지질정보로 장보고기지가 위치하고 있는 빅토리아랜드 지각진화 모델을 통해 남극대륙 미노출지 암석특성 예측 및 약 5억년 전 남극대륙과 초대륙의 고지리 복원과 같은 학술적 연구에 활용될 수 있다.

이러한 기초지질정보는 미래 남극 자원개발 시대를 대비한 남극대륙 암석 및 자원 분포에 대한 기초자료로 활용되어 남극 자원탐사뿐만 아니라 잠재적 지질재해의 근본원인 규명, 지질환경 관리 및 보전 등의 분야에서 기반정보로 광범위하게 활용될 수 있다.

KOPRI
극지연구소

제 6 장 참고문헌

Tessensohn, F. and Roland, N.W. (Eds), 1987, Geological Map of North Victoria Land, Antarctica, 1:500,000—Explanatory Notes, German Antarctic North Victoria Land Expedition 1982/83. Geologisches Jahrbuch, 66, 7-79.

Pertusati, P.C., Musumeci, G., Carosi, R., Meccheri, M., Baroni, C., Capponi, G., Carmignani, L., Castelli, D., Colombo, F., Crispini, L., Di Vincenzo, G., Ghezzo, C., Gosso, G., Lomardo, B., Montomoli, C., Montrasio, A., Oggiano, G., Perchiazzi, N., Ricci, C.A., Rocchi, S., Salvini, F., Skinner, D.N.B., Talarico, F., Tessensohn, F., 2012, Mount Melbourne Quadrangle (Victoria Land), Geological 1:250,000 Map Series. GIGAMAP (German-Italian Geological Antarctic Map Program, Pertusati, P.C. and Tessenshon, F., Coord), Museo Nazionale dell'Antartide, Siena (Italy).

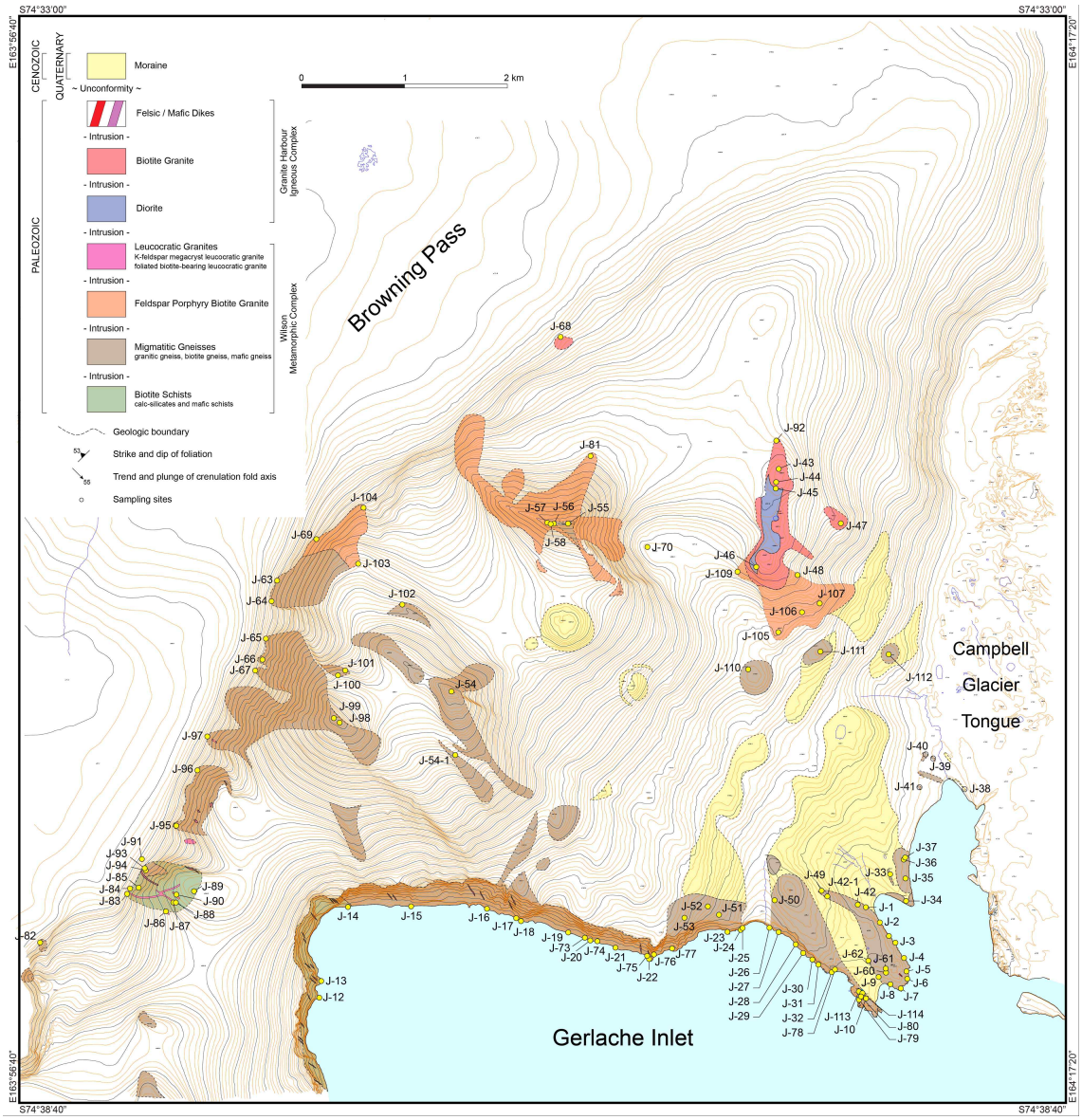
Carmignani, L., Ghezzo, C., Gosso, G., Lombardo. B.. Meccheri. M.. Montrasio, A.. Pertusati, P.C., and Salvini, F., 1988, Geological map of the area between David and Mariner Glaciers, Victoria Land, Antarctica. Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, CNR-ENEA.

Rocchi S., Di Vincenzo G., Ghezzo C., 2004, The Terra Nova Intrusive Complex, Victoria Land, Antarctica (with geopetrographic map at the scale of 1:50,000). Terra Antartica Reports, 10, 1-15.

KOPRI 극지연구소

제 7 장 부록

1. 암석시료 채취 위치도.



2. 채취 암석시료 목록.

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
1	J-3-1	Jang Bogo Station 74°37.884' S164°13.983'E	Granite gneiss
2	J-3-2	Jang Bogo Station 74°37.884' S164°13.983'E	Medium-grained biotite granite
3	J-5	Jang Bogo Station 74°38.032' S164°14.205'E	Garnet-biotite gneiss
4	J-7-1	Jang Bogo Station 74°38.126' S164°14.075'E	Biotite gneiss
5	J-7-2	Jang Bogo Station 74°38.126' S164°14.075'E	Foliated biotite granite
6	J-7-3	Jang Bogo Station 74°38.126' S164°14.075'E	Massive biotite granite
7	J-11-1	Jang Bogo Station 74°38.908' S164°03.406'E	Migmatite
8	J-11-2	Jang Bogo Station 74°38.908' S164°03.406'E	Mixed rock
9	J-11-3	Jang Bogo Station 74°38.908' S164°03.406'E	Garnet granite
10	J-12-1	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	Tonalite
11	J-12-2	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	Biotite granite
12	J-12-5	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	
13	J-12-6	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	
14	J-13-1	Jang Bogo Station 74°38.041' S164°02.641'E	Biotite schist
15	J-13-2	Jang Bogo Station 74°38.041' S164°02.641'E	Pegmatite
16	J-15-1	Jang Bogo Station 74°37.643' S164°04.436'E	Biotite schist
17	J-15-2	Jang Bogo Station 74°37.643' S164°04.436'E	Garnet granite
18	J-16-1	Jang Bogo Station 74°37.705' S164°06.176'E	Garnet-biotite gneiss
19	J-16-2	Jang Bogo Station 74°37.705' S164°06.176'E	Foliated garnet-biotite granite
20	J-17	Jang Bogo Station 74°37.720' S164°06.458'E	Biotite granite gneiss

KOPRI 극지연구소

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
21	J-18	Jang Bogo Station 74°37.744' S164°06.609'E	? (Garnet-biotite gneiss / granite)
22	J-21	Jang Bogo Station 74°37.887' S164°08.514'E	Foliated Garnet-biotite granite
23	J-23-1	Jang Bogo Station 74°37.816' S164°10.671'E	Garnet-biotite granite gneiss (mafic layer of basement gneiss)
24	J-23-2	Jang Bogo Station 74°37.816' S164°10.671'E	Garnet-biotitegranitegneiss (felsic layer of basement gneiss)
25	J-23-3	Jang Bogo Station 74°37.816' S164°10.671'E	Foliated biotite-rich granite
26	J-23-4	Jang Bogo Station 74°37.816' S164°10.671'E	Foliated biotite granite (less mafic)
27	J-23-5	Jang Bogo Station 74°37.816' S164°10.671'E	Massive biotite granite
28	J-26-1	Jang Bogo Station 74°37.795' S164°11.496'E	Garnet-biotite schist
29	J-26-2	Jang Bogo Station 74°37.795' S164°11.496'E	Foliated coarse-grained biotite granite (gneiss)
30	J-28	Jang Bogo Station 74°37.887' S164°12.037'E	Foliated feldspar porphyroclast biotite granite
31	J-30	Jang Bogo Station 74°37.970' S164°12.359'E	Migmatite zone(foliated feldspar porphyroclast coarse-grained biotite granite)
32	J-32	Jang Bogo Station 74°38.031' S164°12.727'E	Biotite granite gneiss
33	J-33-1	Jang Bogo Station 74°37.519' S164°13.871'E	Migmatitic biotite gneiss
34	J-33-2	Jang Bogo Station 74°37.519' S164°13.871'E	Coarse-grained biotite granite gneiss
35	J-34-1	Jang Bogo Station 74°37.662' S164°14.170'E	Migmatitic biotite gneiss
36	J-34-2	Jang Bogo Station 74°37.662' S164°14.170'E	Massive fine- to medium-grained biotite granite
37	J-37	Jang Bogo Station 74°37.439' S164°14.202'E	Migmatitic biotite gneiss
38	J-39	Jang Bogo Station 74°36.910' S164°14.782'E	Garnet-biotite migmatitic gneiss
39	J-42	Jang Bogo Station 74°37.689' S164°13.169'E	Garnet-biotite gneiss
40	J-43-1	Jang Bogo Station 74°35.393' S164°11.823'E	Medium grained massive Kfs porphyry biotite granite (biotite mode1)

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
41	J-43-2	Jang Bogo Station 74°35.393' S164°11.823'E	Medium grained massive Kfs porphyry biotite granite (biotite mode2)
42	J-43-3	Jang Bogo Station 74°35.393' S164°11.823'E	Medium grained massive Kfs porphyry biotite granite (biotite mode3)
43	J-43-4	Jang Bogo Station 74°35.393' S164°11.823'E	Medium grained massive Kfs porphyry biotite granite (biotite mode4)
44	J-43-5	Jang Bogo Station 74°35.393' S164°11.823'E	Medium grained massive Kfs porphyry biotite granite (biotite mode5)
45	J-43-6	Jang Bogo Station 74°35.393' S164°11.823'E	Medium grained massive Kfs porphyry biotite granite (biotite mode6)
46	J-44-1	Jang Bogo Station 74°35.465' S164°11.728'E	Massive biotite granite (feldspar porphyry)
47	J-44-2	Jang Bogo Station 74°35.465' S164°11.728'E	Massive biotite granite
48	J-45-1	Jang Bogo Station 74°35.487' S164°11.704'E	Biotite granite
49	J-45-2	Jang Bogo Station 74°35.487' S164°11.704'E	Diorite
50	J-45-3	Jang Bogo Station 74°35.487' S164°11.704'E	
51	J-46-1	Jang Bogo Station 74°35.914' S164°11.274'E	Magmatic foliated biotite granite
52	J-46-2	Jang Bogo Station 74°35.914' S164°11.274'E	Diorite
53	J-47-1	Jang Bogo Station 74°35.686' S164°13.014'E	Massive biotite granite (medium grained)
54	J-47-2	Jang Bogo Station 74°35.686' S164°13.014'E	Massive biotite granite (coarse grained)
55	J-54	Jang Bogo Station 74°36.543' S164°05.346'E	Biotite gneiss (Garnet-bearing?)
56	J-57	Jang Bogo Station 74°35.669' S164°07.280'E	Hornblende-bearing massive igneous rock
57	J-58	Jang Bogo Station 74°35.669' S164°07.334'E	Weekly foliated feldspar porphyroclast biotite granite
58	J-12B-1	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	Partial melt
59	J-12B-2	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	Massive garnet-bearing leucocratic granite
60	J-12B-3-1	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	Undeformed pegmatite vein

KOPRI 극지연구소

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
61	J-12B-3-2	Jang Bogo Station 74°38.130' S164°02.609'E	Garnet-biotite schist
62	J-13	Jang Bogo Station 74°38.041' S164°02.641'E	Garnet-biotite schist
63	J-17B-1	Jang Bogo Station 74°37.720' S164°06.458'E	Massive leucocratic granite
64	J-17B-2	Jang Bogo Station 74°37.720' S164°06.458'E	Foliated leucocratic granite
65	J-60	Jang Bogo Station 74°38.031' S164°13.795'E	Garnet-biotite migmatitic gneiss
66	J-61-1	Jang Bogo Station 74°38.025' S164°13.804'E	Foliated fine-grained biotite granite
67	J-61-2	Jang Bogo Station 74°38.025' S164°13.804'E	Massive leucocratic granite
68	J-62	Jang Bogo Station 74°37.986' S164°13.480'E	Massive coarse-grained biotite granite to gneiss
69	J-63-1	Jang Bogo Station 74°35.911' S164°01.952'E	Garnet-biotite gneiss
70	J-63-2	Jang Bogo Station 74°35.911' S164°01.952'E	Folding texture of biotite gneiss
71	J-63-3	Jang Bogo Station 74°35.911' S164°01.952'E	Garnet-bearing coarse-grained granite gneiss
72	J-63-4	Jang Bogo Station 74°35.911' S164°01.952'E	Foliated coarse-grained biotite granite
73	J-64-1	Jang Bogo Station 74°36.006' S164°01.753'E	Garnet-biotite gneiss
74	J-64-2	Jang Bogo Station 74°36.006' S164°01.753'E	Biotite gneiss (mafic or biotite-rich)
75	J-64-3	Jang Bogo Station 74°36.006' S164°01.753'E	Hornblende-biotite granite gneiss
76	J-64-4	Jang Bogo Station 74°36.006' S164°01.753'E	Foliated fine-grained biotite granite
77	J-65	Jang Bogo Station 74°36.225' S164°01.663'E	Migmatitic biotite gneiss
78	J-68-1	Jang Bogo Station 74°34.686' S164°07.525'E	K-feldspar porphyry biotite granite
79	J-68-2	Jang Bogo Station 74°34.686' S164°07.525'E	K-feldspar porphyry biotite granite (more biotite-rich)
80	J-68-3	Jang Bogo Station 74°34.686' S164°07.525'E	Mafic enclave (gabbro) in K-feldspar porphyry biotite granite

KOPRI 극지연구소

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
81	J-68-4	Jang Bogo Station 74°34.686' S164°07.525'E	Mafic enclave (diorite) in K-feldspar porphyry biotite granite
82	J-69	Jang Bogo Station 74°35.714' S164°02.744'E	Foliated feldspar porphyry biotite granite to granodiorite
83	J-70-1	Jang Bogo Station 74°35.793' S164°09.186'E	K-feldspar porphyry granite gneiss
84	J-70-2	Jang Bogo Station 74°35.793' S164°09.186'E	Massive medium-grained biotite granite
85	J-71	Jang Bogo Station 74°39.694' S164°03.697'E	K-feldspar megacryst biotite granite
86	J-72-1	Jang Bogo Station 74°38.812' S164°03.136'E	Garnet-bearing feldspar porphyry granite
87	J-72-2	Jang Bogo Station 74°38.812' S164°03.136'E	Garnet-bearing leucocratic granite
88	J-73-1	Jang Bogo Station 74°37.832' S164°07.839'E	Mafic enclave in K-feldspar porphyry coarse-grained pegmatite to granite
89	J-73-2	Jang Bogo Station 74°37.832' S164°07.839'E	K-feldspar porphyry leucocratic to biotite granite
90	J-76-1	Jang Bogo Station 74°37.925' S164°09.223'E	Dark gray massive intrusive rock
91	J-76-2	Jang Bogo Station 74°37.925' S164°09.223'E	Leucocratic granite (weakly foliated)
92	J-77-1	Jang Bogo Station 74°37.933' S164°09.582'E	Fine-grained garnet-biotite gneiss
93	J-77-2	Jang Bogo Station 74°37.933' S164°09.582'E	Coarse-grained garnet-biotite gneiss
94	J-77-3	Jang Bogo Station 74°37.933' S164°09.582'E	Partial melt patch with biotite
95	J-77-4	Jang Bogo Station 74°37.933' S164°09.582'E	Foliated mafic layer
96	J-77-5	Jang Bogo Station 74°37.933' S164°09.582'E	Light gray massive equigranular leucocratic granite in K-feldspar porphyry granite
97	J-78-1	Jang Bogo Station 74°38.019' S164°12.799'E	K-feldspar porphyry coarse-grained garnet-biotite gneiss
98	J-78-2	Jang Bogo Station 74°38.019' S164°12.799'E	Foliated mafic enclave 1
99	J-78-3	Jang Bogo Station 74°38.019' S164°12.799'E	Foliated mafic enclave 2
100	J-78-4	Jang Bogo Station 74°38.019' S164°12.799'E	Massive leucocratic granite

KOPRI 극지연구소

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
101	J-79-1	Jang Bogo Station 74°38.183' S164°13.251'E	Massive biotite granite
102	J-79-2	Jang Bogo Station 74°38.183' S164°13.251'E	Garnet-cordierite leucocratic granite
103	J-79-3	Jang Bogo Station 74°38.183' S164°13.251'E	Gray colored coarse-grained biotite granite gneiss
104	J-80-1	Jang Bogo Station 74°38.162' S164°13.292'E	Foliated biotite granite
105	J-81-1	Jang Bogo Station 74°35.311' S164°08.118'E	Foliated biotite granite gneiss
106	J-81-2	Jang Bogo Station 74°35.311' S164°08.118'E	Massive fine-grained gabbro
107	J-82	Jang Bogo Station 74°37.814' S163°57.126'E	Fine-grained biotite gneiss
108	J-83-1	Jang Bogo Station 74°37.553' S163°58.861'E	Gabbroic enclave in massive Kfs megacryst pegmatitic vein
109	J-83-2	Jang Bogo Station 74°37.553' S163°58.861'E	Dioritic enclave in massive Kfs megacryst pegmatitic vein
110	J-83-3	Jang Bogo Station 74°37.553' S163°58.861'E	Massive K-feldspar megacryst pegmatitic vein
111	J-84	Jang Bogo Station 74°37.543' S163°58.895'E	Foliated fine-grained biotite granite (or biotite schist)
112	J-85-1	Jang Bogo Station 74°37.522' S163°59.086'E	Calc-silicate in fine-grained biotite schist
113	J-85-2	Jang Bogo Station 74°37.522' S163°59.086'E	Biotite schist
114	J-86	Jang Bogo Station 74°37.630' S163°59.595'E	Garnet-biotite phenocryst in K-feldspar megacryst pegmatitic vein
115	J-88	Jang Bogo Station 74°37.619' S163°59.797'E	K-feldspar megacryst granite
116	J-89-1	Jang Bogo Station 74°37.560' S164°00.158'E	Biotite schist
117	J-89-2	Jang Bogo Station 74°37.560' S164°00.158'E	Biotite schist showing compositional layers
118	J-90	Jang Bogo Station 74°37.581' S163°59.815'E	Massive fine-grained biotite granite
119	J-91	Jang Bogo Station 74°37.385' S163°59.148'E	Layered meta-volcanics
120	J-92	Jang Bogo Station 74°35.244' S164°11.754'E	Massive gray colored feldspar phenocryst biotite granite (dike)

KOPRI 극지연구소

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
121	J-93-1	Jang Bogo Station 74°37.432' S163°59.203'E	Migmatitic biotite gneiss
122	J-93-2	Jang Bogo Station 74°37.432' S163°59.203'E	Melanosome of migmatitic biotite gneiss
123	J-93-3	Jang Bogo Station 74°37.432' S163°59.203'E	Leucosome (melt patch) of migmatitic biotite gneiss
124	J-94-1	Jang Bogo Station 74°37.449' S163°59.216'E	Biotite spotted biotite gneiss
125	J-94-2	Jang Bogo Station 74°37.449' S163°59.216'E	Weakly foliated quartz-feldspathic granite
126	J-94-3	Jang Bogo Station 74°37.449' S163°59.216'E	Layered meta-volcanics
127	J-96	Jang Bogo Station 74°36.933' S164°00.243'E	Garnet-biotite gneiss
128	J-97	Jang Bogo Station 74°36.758' S164°00.489'E	Biotite granite gneiss
129	J-98	Jang Bogo Station 74°36.695' S164°03.102'E	Cordierite-biotite gneiss
130	J-99-1	Jang Bogo Station 74°36.666' S164°02.979'E	Garnet-biotite gneiss
131	J-99-2	Jang Bogo Station 74°36.666' S164°02.979'E	Massive fine- to medium-grained biotite granite
132	J-102	Jang Bogo Station 74°36.079' S164°04.381'E	Mafic enclave (Epi-Cpx)
133	J-103-1	Jang Bogo Station 74°35.857' S164°03.503'E	Foliated K-feldspar porphyry biotite granite
134	J-108	Jang Bogo Station 74°35.857' S164°03.503'E	Foliated K-feldspar bearing biotite granite gneiss
135	J-110-1	Jang Bogo Station 74°36.438' S164°11.184'E	Biotite-rich gneiss
136	J-110-2	Jang Bogo Station 74°36.438' S164°11.184'E	Medium- to coarse-grained leucocratic granite gneiss
137	J-111-1	Jang Bogo Station 74°36.355' S164°12.563'E	Biotite-rich layer in fine-grained migmatitic biotite gneiss (mesosome)
138	J-111-2	Jang Bogo Station 74°36.355' S164°12.563'E	Migmatitic biotite gneiss with quartz-feldspathic layers (intrusion or in-situ melt)
139	J-111-3	Jang Bogo Station 74°36.355' S164°12.563'E	Foliated biotite granite gneiss (old granite) having higher biotite mode than J-111-4
140	J-111-4	Jang Bogo Station 74°36.355' S164°12.563'E	Massive biotite granite

KOPRI 극지연구소

2. 채취 암석시료 목록(계속).

SN	Sample No.	Longitude/Lattitude	Description
141	J-112	Jang Bogo Station 74°36.372' S164°13.893'E	
142	J-113	Jang Bogo Station 74°38.135' S164°13.263'E	
143	J-114-1A	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Layered amphibole-plagioclase schist to gneiss
144	J-114-1B	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Layered amphibole-plagioclase schist to gneiss
145	J-114-1C	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Layered amphibole-plagioclase schist to gneiss
146	J-114-2	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Biotite schist to gneiss
147	J-114-3	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Massive medium- to coarse-grained equigranular biotite granite gneiss
148	J-114-4	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Foliated biotite gneiss
149	J-114-5	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Massive to foliated Kfs porphyry coarse-grained granite
150	J-114-6A	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Massive coarse-grained biotite granite (biotite-rich part)
151	J-114-6B	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Massive coarse-grained biotite granite (quartz-feldspar-rich part)
152	J-114-7	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Massive to weakly foliated coarse-grained quartz-feldspathic rock
153	J-114-8	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Weakly foliated medium- to coarse-grained biotite-bearing quartz-feldspathic rock
154	J-114-9	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	K-feldspar megacryst dike
155	J-114-10	Jang Bogo Station 74°38.134' S164°13.321'E	Garnet

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과.

	Biotite Granite									
	J-43-1	J-43-2	J-43-3	J-43-4	J-43-5	J-43-6	J-44-1	J-44-2	J-47-1	J-47-2
SiO_2	68.86	69.67	69.40	69.97	74.09	74.82	67.21	68.23	66.49	68.67
TiO_2	0.43	0.47	0.44	0.42	0.20	0.17	0.61	0.49	0.82	0.52
Al_2O_3	14.97	14.54	14.88	14.66	13.35	12.96	14.89	15.07	15.49	14.96
Fe_2O_3	2.93	2.91	2.86	2.96	1.50	1.32	3.70	3.30	4.29	3.39
MnO	0.06	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03	0.07	0.06	0.07	0.07
MgO	1.27	1.22	1.24	1.20	0.37	0.33	1.78	1.48	1.49	1.06
CaO	2.77	2.96	2.97	2.42	1.33	1.17	3.67	3.04	4.14	2.75
Na_2O	3.32	3.26	3.72	3.34	3.01	2.86	3.52	3.53	3.30	3.22
K_2O	4.01	3.62	3.06	3.65	5.01	5.11	3.20	3.28	2.51	4.02
P_2O_5	0.14	0.15	0.15	0.14	0.05	0.04	0.26	0.17	0.22	0.16
LOI	0.84	0.74	0.82	0.90	0.76	0.78	0.73	0.90	0.79	0.92
Total	98.76	98.86	98.78	98.81	98.94	98.81	98.91	98.65	98.82	98.82
Ba	512	457	457	455	258	250	331	407	585	611
Rb	95.9	80.5	89.3	94.4	111	120	96.1	91.8	69.8	97.3
Sr	383	400	378	334	180	174	699	440	588	343
Cs	0.537	0.491	0.569	0.622	0.529	0.469	1.06	0.792	0.842	0.896
Ta	1.12	1.44	1.54	1.32	1.38	1.1	1.19	1.12	1.1	1.75
Nb	12.6	16.4	15.6	13.8	13.3	10.7	15.5	12.4	14.4	17.3
Zr	146	163	151	144	113	97.2	229	191	265	253
Y	20.8	27.8	27.1	22.6	15.6	11	20.6	19.5	28.7	35.6
Th	12.1	15.8	19.3	16.4	19.3	15.9	16.2	20.7	6.44	19.7
U	2.25	2.79	2.27	2.31	2.37	2.36	2.83	3.41	2	2.5
La	28.2	30.8	56.3	48.4	43	25.1	49.4	22.2	33.4	47.1
Ce	58.5	64	103	86	86	49.5	99	44.5	71.8	90.6
Pr	6.54	7.84	10.5	9.12	8.83	5.13	11.2	5.6	8.97	10.2
Nd	25.5	31.8	37.6	33.4	32.5	17.6	40.7	23	37.7	38.6
Sm	5.03	6.74	6.83	5.98	5.78	2.96	6.59	5.39	7.61	7.87
Eu	0.895	1.08	1.15	0.98	0.627	0.551	1.53	1.08	1.71	1.29
Gd	4.38	5.96	5.5	5.05	3.93	2.19	5.15	3.85	6.49	6.99
Tb	0.69	0.855	0.781	0.678	0.493	0.347	0.693	0.576	0.974	1.05
Dy	4	5.03	5.14	4.07	2.48	1.76	3.64	3.71	5.5	6.24
Ho	0.772	0.964	1.04	0.823	0.525	0.383	0.731	0.677	1.07	1.24
Er	2.27	2.66	2.67	2.23	1.69	0.916	2.21	1.96	3.02	3.98
Tm	0.321	0.373	0.44	0.321	0.247	0.183	0.307	0.301	0.431	0.544
Yb	2.27	2.82	2.74	2.49	1.66	1.07	2.04	1.66	2.54	3.73
Lu	0.334	0.431	0.398	0.33	0.229	0.191	0.283	0.368	0.355	0.571

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Biotite Granite									Diorite
								mafic enclave		
	J-68-1	J-68-2	J-70-2	J-79-1	J-80-1	J-90	J-92	J-68-3	J-68-4	J-33-2
SiO_2	69.73	67.09	74.85	73.98	73.85	72.87	65.43	50.92	60.25	49.33
TiO_2	0.42	0.62	0.15	0.15	0.17	0.34	0.68	1.83	1.06	1.08
Al_2O_3	14.70	15.10	13.19	13.68	13.62	13.14	15.49	17.79	15.59	13.34
Fe_2O_3	2.72	3.78	0.92	1.18	1.45	2.02	4.86	9.53	7.64	10.85
MnO	0.05	0.05	0.02	0.04	0.05	0.02	0.08	0.22	0.16	0.20
MgO	0.98	1.47	0.22	0.21	0.30	0.42	1.87	4.61	3.45	11.79
CaO	2.61	2.68	1.39	1.24	1.30	0.89	3.70	4.14	3.31	8.68
Na_2O	3.24	2.95	2.71	2.26	2.97	2.12	4.14	3.78	3.38	0.64
K_2O	4.31	4.76	5.46	6.06	4.73	6.69	2.09	4.31	3.30	2.17
P_2O_5	0.14	0.17	0.04	0.05	0.07	0.15	0.23	0.67	0.34	0.21
LOI	0.81	0.96	0.65	0.86	1.21	0.85	0.94	1.80	1.16	1.95
Total	98.90	98.67	98.95	98.85	98.51	98.66	98.57	97.80	98.48	98.29
Ba	539	790	339	552	464	366	292	192	313	359
Rb	99.6	97.6	136	155	140	249	92.2	234	176	104
Sr	344	390	206	155	189	86.7	484	243	257	225
Cs	0.75	0.755	1.42	2.75	2.84	4.57	1.05	2.52	1.58	6.34
Ta	1.06	1.35	1.28	1.03	2.2	0.663	0.804	3	0.556	0.628
Nb	13.6	16.3	15.3	9.32	16.3	13	12.9	46.3	17.9	7.9
Zr	171	220	79	96.6	104	222	221	380	203	131
Y	24.5	33	11.4	37	28.2	29.5	28.3	55.5	14.5	24.4
Th	18	14.5	18.2	12.2	13.8	42.5	9.19	9.01	11.4	5.05
U	1.25	1.21	12.5	3.26	4.4	3.38	1.58	1.43	0.712	1.82
La	78.9	63.2	8.05	27.4	32.1	66.8	39.8	32	51.5	19.8
Ce	141	120	52.7	53.5	62.4	136	77.2	89.4	92.2	46.4
Pr	14.5	13.4	2.1	6.08	6.54	16.3	9.08	12.9	9.31	5.73
Nd	50.3	50	7.19	22.8	22.2	61.6	36.6	56.7	32.9	25.6
Sm	8.29	9.77	1.53	5.63	4.77	12.5	7.26	12.1	4.79	5.62
Eu	1.12	1.56	0.473	0.91	0.695	0.768	1.24	2.39	0.699	1.63
Gd	6.18	7.45	1.61	5.23	4.22	10	5.96	10.1	3.47	5.35
Tb	0.848	1.07	0.287	0.944	0.707	1.38	0.911	1.63	0.39	0.889
Dy	4.6	6.48	2.18	6.51	4.79	6.47	5.11	9.41	2.49	4.75
Ho	0.875	1.28	0.393	1.35	0.979	1.15	1.06	1.92	0.452	0.911
Er	2.48	3.22	1.16	3.99	2.84	2.5	2.81	5.44	1.34	2.57
Tm	0.318	0.491	0.26	0.527	0.396	0.384	0.409	0.777	0.233	0.331
Yb	2.22	3.33	1.56	3.98	2.87	2.02	2.99	5.37	1.53	2.33
Lu	0.354	0.388	0.236	0.566	0.415	0.287	0.395	0.828	0.23	0.326

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Diorite				Foliated feldpar porphyry biotite granite					
										mafic enclave
	J-45-1	J-45-2	J-46-1	J-46-2	J-57	J-58	J-69	J-70-1	J-81-1	J-81-2
SiO_2	51.70	56.09	58.32	59.77	57.99	72.75	67.61	69.89	66.06	56.31
TiO_2	1.80	1.42	1.06	1.06	1.17	0.24	0.61	0.40	0.72	1.45
Al_2O_3	15.41	15.99	16.97	13.93	15.15	14.66	15.55	15.19	15.80	13.68
Fe_2O_3	8.59	6.84	6.71	5.70	7.32	1.67	3.94	2.78	4.18	7.23
MnO	0.17	0.12	0.11	0.10	0.12	0.03	0.05	0.05	0.06	0.14
MgO	5.65	4.35	4.24	5.57	4.60	0.37	0.89	0.68	1.41	6.63
CaO	7.94	6.68	7.27	6.14	6.32	1.87	3.53	2.37	3.48	7.62
Na_2O	2.94	3.15	0.83	2.80	2.80	3.26	2.96	3.41	3.29	2.93
K_2O	2.38	2.66	2.81	2.78	2.35	4.14	3.44	4.08	3.47	1.99
P_2O_5	0.93	0.67	0.28	0.47	0.44	0.05	0.20	0.07	0.19	0.78
LOI	2.05	1.59	1.12	1.18	1.25	0.71	0.87	0.69	0.97	0.84
Total	97.51	97.97	98.60	98.32	98.26	99.04	98.78	98.92	98.66	98.76
Ba	353	405	612	399	263	262	989	519	448	296
Rb	64	66.3	167	66.8	104	138	115	127	118	78.5
Sr	924	1047	647	915	1199	152	448	260	305	889
Cs	0.61	0.753	15.8	0.838	4.6	5.22	4.01	4.51	4.3	2.28
Ta	1.43	1.52	0.322	0.782	0.835	0.822	0.609	0.518	0.959	1.1
Nb	27.7	20.9	6.62	12.5	12.8	8.84	11.3	11.8	11.7	18.3
Zr	340	152	147	227	208	87.9	279	148	196	277
Y	55.2	34.8	16.5	18.2	22.7	5.11	6.85	4.83	14	23.6
Th	10.3	11.1	4.38	9.53	9.42	15.4	18.4	18	9.89	12.3
U	3.62	3.15	1.12	2.43	4.91	1.67	1.36	1.6	1.98	3.98
La	51.2	57.4	18.8	51.5	57.6	28.7	52.1	36	23.4	77.5
Ce	129	133	39	109	114	57.4	94.5	66	45	166
Pr	17.5	16.8	4.73	12.7	13.3	6.51	10.7	7.29	5.16	20.2
Nd	71.5	69.1	20.3	49.9	49.7	25.4	40.2	25.8	20.9	79.3
Sm	14.2	12.6	4.43	8.04	8.29	5.22	6.01	4.89	4.37	12
Eu	3.27	2.97	1.51	2.02	1.98	0.681	1.72	0.963	1.04	3.49
Gd	11.7	9.19	4.34	5.65	6.22	3.24	3.6	2.8	3.79	8.33
Tb	1.69	1.31	0.56	0.76	0.768	0.348	0.359	0.25	0.492	0.944
Dy	9.32	6.4	3.23	3.28	4.29	1.54	1.54	1.47	2.85	4.64
Ho	1.98	1.34	0.641	0.656	0.845	0.205	0.311	0.213	0.525	0.837
Er	5.42	3.49	1.59	1.77	2.14	0.375	0.627	0.527	1.37	1.95
Tm	0.863	0.47	0.217	0.246	0.315	0.061	0.049	0.03	0.212	0.331
Yb	5.6	3.02	1.32	1.6	2.52	0.198	0.404	0.404	1.21	2.17
Lu	0.814	0.462	0.184	0.236	0.363	0.018	0.049	0.039	0.177	0.31

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Leucocratic granites									
	J-3-2	J-7-2	J-7-3	J-12-2	J-15-2	J-17	J-18	J-23-5	J-34-2	J-12B-2
SiO_2	73.67	83.30	72.03	75.89	83.64	74.13	65.10	82.43	74.89	71.07
TiO_2	0.24	0.30	0.34	0.12	0.28	0.07	0.76	0.25	0.10	0.14
Al_2O_3	14.19	8.06	14.21	13.55	7.62	13.86	15.28	8.15	13.58	14.63
Fe_2O_3	1.82	1.87	2.17	0.84	2.93	0.41	6.86	2.90	0.59	1.09
MnO	0.05	0.03	0.04	0.03	0.15	0.01	0.21	0.05	0.02	0.02
MgO	0.35	0.85	0.65	0.24	0.88	0.20	3.06	1.53	0.27	0.32
CaO	1.45	0.78	2.16	1.24	1.19	1.44	0.84	0.54	1.37	1.61
Na_2O	3.06	1.02	3.56	3.37	1.33	2.11	1.15	0.98	2.54	2.95
K_2O	3.88	2.48	3.29	3.49	0.78	6.58	4.49	0.97	5.12	6.19
P_2O_5	0.10	0.04	0.08	0.12	0.03	0.07	0.09	0.04	0.07	0.60
LOI	0.96	0.10	1.04	0.83	1.00	0.77	1.80	2.00	0.96	1.08
Total	98.81	98.73	98.53	98.89	98.83	98.88	97.84	97.84	98.55	98.62
Ba	470	529	564	495	58	980	728	67.8	420	991
Rb	177	80.6	104	80.4	46.9	155	163	58.5	138	127
Sr	129	113	214	109	86	194	90.9	39.9	148	175
Cs	18.5	2.66	3.18	2.74	2.32	2.99	6.41	3.24	2.82	2.21
Ta	1.36	0.846	1.43	0.675	0.838	0.344	1.17	1.22	1.08	0.276
Nb	10.3	7.73	11.7	3.61	6.83	1.98	13.6	9.09	7.98	3.12
Zr	105	276	148	13.7	321	57.9	155	118	43.1	286
Y	23.5	12.2	24.6	31.3	31.3	4.99	31.3	7.66	14.9	34.8
Th	6.69	20.3	10.9	6.81	16.8	15.7	33.1	11.8	4.54	24.1
U	1.35	2.4	2.25	4.67	2.5	2.07	2.39	1.97	2.93	5.73
La	21.1	48.1	34.8	8.75	45.6	21.9	70.6	26	9.53	47.2
Ce	43.8	90.3	66.9	21.6	87.9	44.7	136	50.5	21.4	99.2
Pr	5.01	9.48	7.3	2.15	9.03	4.16	15.6	5.38	2.27	10.6
Nd	18.5	35.8	26.1	8.2	32.4	13.6	59.5	21.5	8.53	38.7
Sm	4.56	6.43	5.36	2.2	5.19	2.77	11.7	4.19	2.15	8.25
Eu	0.728	0.807	0.762	0.796	0.641	1.25	1.77	0.333	0.594	1.2
Gd	4	4.97	4.65	2.84	4.16	2.02	9.53	3.41	2.21	7.56
Tb	0.647	0.614	0.697	0.605	0.698	0.26	1.33	0.453	0.349	1.31
Dy	4.28	3.01	4.35	4.67	4.42	1.16	6.89	2.06	2.9	7.48
Ho	0.888	0.483	0.853	1.01	1.12	0.191	1.25	0.282	0.585	1.27
Er	2.35	1.02	2.32	2.99	4.48	0.419	3.43	0.566	1.6	2.98
Tm	0.359	0.142	0.314	0.471	0.831	0.052	0.481	0.072	0.32	0.378
Yb	2.52	0.774	2.25	3.11	7.03	0.325	2.9	0.315	1.61	2.24
Lu	0.352	0.115	0.346	0.394	1.15	0.054	0.443	0.05	0.284	0.292

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Leucocratic granites							Migmatitic gneisses		
								Biotite gneiss		
	J-17B-1	J-17B-2	J-72-2	J-77-5	J-78-3	J-79-2	J-83-3	J-3-1	J-16-1	J-16-2
SiO_2	74.76	72.17	61.31	75.48	74.97	74.13	73.88	75.20	57.34	69.39
TiO_2	0.02	0.07	0.92	0.14	0.02	0.08	0.05	0.29	1.17	0.71
Al_2O_3	13.84	14.91	16.69	13.02	14.21	13.76	14.33	12.15	17.65	13.72
Fe_2O_3	0.54	0.36	6.33	1.27	0.59	0.97	0.59	2.69	10.41	4.38
MnO	0.03	0.01	0.12	0.09	0.04	0.04	0.09	0.05	0.40	0.05
MgO	0.37	0.19	1.93	0.24	0.06	0.25	0.06	1.23	4.39	2.16
CaO	1.61	1.55	4.58	1.12	0.48	0.99	1.00	1.59	1.12	2.91
Na_2O	2.29	2.13	3.28	2.22	2.51	2.57	4.31	1.77	1.22	2.68
K_2O	5.14	7.55	2.06	5.15	5.44	5.48	4.31	3.13	3.39	1.86
P_2O_5	0.07	0.10	0.32	0.06	0.06	0.06	0.20	0.11	0.17	0.15
LOI	0.86	0.69	2.04	0.83	1.32	1.40	0.89	1.46	2.38	1.58
Total	98.67	99.04	97.54	98.79	98.38	98.33	98.82	98.21	97.26	98.01
Ba	733	1073	504	345	52.2	257	37.7	682	437	172
Rb	131	192	112	152	166	177	252	95.2	170	98.1
Sr	178	223	292	87.2	18.2	121	25.7	166	71.8	186
Cs	4.02	3.64	4.84	3.41	1.56	3.9	17.9	4.34	16.8	4.12
Ta	0.12	0.279	0.989	1.63	0.663	1.74	1.26	0.803	1.4	1.05
Nb	0.249	1.56	13.1	11.6	7.12	12.2	5.66	7.36	19.5	14.7
Zr	66.3	30.7	375	85	28.7	55.7	9.55	155	216	273
Y	6	4.55	40	42.6	23.5	24.3	6.99	9.3	57	26.2
Th	22.2	13.4	2.67	10.3	3.75	7.16	1.77	8.99	24.8	17.2
U	3.26	1.52	1.73	3.49	1.37	4.75	1.58	1.54	3.97	3
La	27.5	17.6	18.5	21.4	7.37	15.2	3.16	22.5	56.6	44.8
Ce	54.8	35.8	37.7	45.5	20	32.4	6.62	45.4	118	88.1
Pr	5.18	3.47	4.8	5.45	2.33	3.29	0.694	4.94	12.9	9.65
Nd	17.3	11.7	22.2	21.3	8.48	11.2	2.44	18.7	50.1	38.4
Sm	3.44	2.24	5.86	5.45	2.82	2.84	0.64	3.48	9.95	7.09
Eu	1.14	1.37	2.25	0.571	0.091	0.474	0.18	1.15	1.15	1.56
Gd	2.19	1.7	6.69	5.89	3.22	2.92	0.636	2.62	9.26	6.35
Tb	0.296	0.239	1.04	1.09	0.609	0.557	0.177	0.387	1.47	0.93
Dy	1.46	1.13	7.09	7.83	4.25	3.84	1.06	2.19	9.29	5.49
Ho	0.224	0.16	1.4	1.47	0.766	0.795	0.235	0.335	2.06	0.963
Er	0.476	0.404	4.5	4.53	2.17	2.63	0.848	0.999	6.69	2.36
Tm	0.05	0.042	0.63	0.74	0.325	0.373	0.151	0.1	0.939	0.243
Yb	0.387	0.302	4.25	5.48	2.16	2.74	1.29	1.03	6.59	1.82
Lu	0.064	0.044	0.609	0.794	0.27	0.369	0.186	0.136	0.999	0.269

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Migmatitic gneisses									
	Biotite gneiss									
	J-21	J-23-1	J-23-3	J-23-4	J-32	J-61-1	J-61-2	J-62	J-63-3	J-63-4
SiO_2	74.16	74.93	59.86	58.54	70.00	70.55	72.96	73.31	72.94	76.82
TiO_2	0.45	0.08	1.04	1.25	0.53	0.47	0.35	0.45	0.57	0.35
Al_2O_3	11.82	12.46	16.79	18.66	12.03	13.75	12.83	12.44	12.06	11.61
Fe_2O_3	3.84	0.75	9.31	9.24	4.50	4.32	3.63	3.53	4.84	2.29
MnO	0.11	0.01	0.19	0.18	0.09	0.08	0.07	0.05	0.31	0.06
MgO	1.68	0.16	4.29	5.26	3.27	2.21	1.92	1.53	2.03	1.09
CaO	1.81	0.77	1.53	0.59	6.34	1.79	1.91	1.55	0.36	1.24
Na_2O	1.90	1.56	1.68	0.89	0.44	1.88	1.79	1.94	0.79	2.00
K_2O	2.29	6.43	2.01	1.47	1.04	3.10	2.31	3.80	3.76	2.78
P_2O_5	0.05	0.09	0.08	0.06	0.18	0.10	0.11	0.11	0.07	0.06
LOI	1.67	2.53	3.34	4.03	1.25	1.44	1.65	0.83	1.90	1.25
Total	98.11	97.24	96.78	96.14	98.42	98.25	97.88	98.71	97.73	98.30
Ba	304	1533	202	208	376	543	379	585	760	436
Rb	105	176	114	61.3	63.4	124	96.1	137	161	101
Sr	125	222	97	59.3	326	152	131	170	92.6	157
Cs	3.68	2.35	3.95	4.33	3.44	6.07	4.7	10.7	8.41	4.93
Ta	0.895	0.599	1.25	1.49	1.15	0.836	0.885	1.11	1.05	0.792
Nb	9.13	2.23	17.2	20	11.8	10.7	8.28	10.8	13.1	7.09
Zr	236	99.4	201	243	266	201	167	208	103	171
Y	19.5	9.6	35	37.3	37.5	26.3	27.7	19	32.3	12.8
Th	15.9	20.8	26.3	35.7	15.5	19.8	17.3	14.9	13.9	13.1
U	2.07	3.19	2.37	3.11	2.97	2.72	3.11	8.65	3.11	2.66
La	36.4	32.3	53.1	67.1	42.5	42.5	38.8	36.2	33	33.2
Ce	72.9	71.8	105	139	82.8	85.5	77.4	69.9	68.8	63.9
Pr	8.03	7.02	11.7	14.6	9.55	9.43	8.63	7.91	7.13	7.07
Nd	28.3	27.4	44	54.4	39.5	36.1	32.3	29.1	25.5	25.1
Sm	5.58	4.92	9.07	10.6	7.25	6.93	6.55	5.27	5.07	4.59
Eu	0.955	1.7	1.28	1.17	1.38	1.19	0.931	1.08	0.787	0.953
Gd	4.41	4.07	7.09	8.74	6.61	5.56	5.56	4.4	4.01	3.99
Tb	0.606	0.528	1.08	1.26	1.08	0.825	0.816	0.692	0.745	0.506
Dy	3.32	2.61	6.12	7.06	6.67	4.64	4.68	4.04	5.25	2.76
Ho	0.709	0.367	1.31	1.34	1.29	1.03	1.02	0.773	1.16	0.447
Er	2.17	0.786	3.74	3.9	3.87	2.9	3.04	2.19	3.9	1.28
Tm	0.332	0.083	0.575	0.558	0.568	0.401	0.52	0.248	0.731	0.169
Yb	2.74	0.435	3.82	3.45	4.11	2.74	3.43	1.71	5.61	1.01
Lu	0.434	0.066	0.6	0.516	0.568	0.397	0.442	0.278	0.858	0.153

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Migmatitic gneisses									
	Biotite gneiss				Feldspar porphyroclast biotite gneiss					Granite dike
	J-65	J-78-1	J-82	J-93-3	J-26-2	J-28	J-72-1	J-73-2	J-79-3	J-76-2*
SiO_2	68.62	65.89	71.06	72.56	69.72	70.93	73.87	74.20	70.50	72.35
TiO_2	0.66	0.68	1.24	0.28	0.64	0.53	0.23	0.03	0.44	0.33
Al_2O_3	13.84	14.97	11.01	14.69	13.43	13.34	12.86	13.65	13.80	13.81
Fe_2O_3	5.29	5.24	7.09	2.75	4.94	4.32	1.44	0.08	3.80	2.29
MnO	0.10	0.09	0.06	0.05	0.08	0.08	0.02	0.01	0.08	0.06
MgO	2.57	2.35	2.40	1.63	2.27	1.88	0.50	0.04	1.79	0.53
CaO	2.51	3.00	0.99	1.16	2.71	2.75	0.65	1.19	1.63	1.64
Na_2O	2.43	2.89	1.49	2.20	2.39	2.74	1.36	2.30	1.84	2.81
K_2O	2.52	3.02	2.69	2.77	2.30	2.02	7.52	7.10	4.00	4.45
P_2O_5	0.14	0.13	0.13	0.08	0.14	0.17	0.12	0.17	0.07	0.09
LOI	0.98	1.28	1.55	1.35	1.02	0.88	1.15	0.86	1.72	1.32
Total	98.68	98.26	98.16	98.17	98.62	98.76	98.57	98.77	97.95	98.36
Ba	353	518	335	292	215	266	928	1058	622	497
Rb	143	140	119	80	150	131	169	182	136	158
Sr	208	235	96.3	87	179	178	191	199	160	114
Cs	5.86	6.77	5.57	2.38	6.06	11.8	1.77	5.52	4.44	5
Ta	1.15	1.19	0.973	0.438	1.55	1.25	0.397	0.5	0.836	1.94
Nb	15	15.2	13.7	3.37	14.8	12	4.06	0.447	9.57	17.7
Zr	236	217	263	102	302	232	135	18.9	196	210
Y	32	37.6	28.7	18.9	37.9	29	12.1	4.91	19.8	40.2
Th	18.6	11.2	14.7	5.26	26.3	15.7	32.8	38.3	28.2	16.6
U	3.06	1.81	2.58	2.19	2.98	2.41	3.95	0.65	3.41	4.15
La	48.3	32	30.9	14.2	60.5	37.1	50.2	2.3	58.5	43.2
Ce	97.5	60.4	64.9	26.7	118	71.9	112	4.45	117	88.9
Pr	11.1	6.87	7.81	2.8	13.2	8.3	12.4	1.1	13	10.8
Nd	39.1	26.6	30.7	11.8	49.9	32.1	48.3	1.51	46.9	41.9
Sm	8.04	5.11	5.96	2.26	9.71	6.14	11.3	0.485	8.8	9.11
Eu	1.29	1.21	1.33	0.62	1.37	1.25	1.57	1.26	1.27	0.809
Gd	6.6	4.45	5.39	2.36	8.52	5.25	9.2	0.723	6.59	8.07
Tb	0.891	0.848	0.827	0.375	1.26	0.859	0.959	0.114	0.83	1.23
Dy	5.87	5.83	5.27	3.19	7.19	5.26	3.77	0.746	4.16	7.5
Ho	1.21	1.42	1.09	0.648	1.36	1.12	0.382	0.194	0.752	1.48
Er	3.32	4.61	3.05	2.22	3.96	3.31	0.828	0.583	2.09	3.96
Tm	0.479	0.695	0.462	0.315	0.513	0.505	0.118	0.093	0.26	0.606
Yb	3.57	5.29	2.87	2.88	3.23	3.1	0.564	0.542	1.77	4.05
Lu	0.468	0.758	0.441	0.439	0.475	0.5	0.109	0.071	0.222	0.612

* Massive granite dike cross cut the major foliation of migmatitic gneisses

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Migmatitic gneisses								
	Partial melt		mafic enclave						
	J-12B-1**	J-77-3***	J-73-1	J-76-1	J-77-4	J-78-2	J-78-4	J-83-1	J-83-2
SiO_2	73.40	76.11	44.85	53.39	47.16	51.65	53.27	60.68	44.49
TiO_2	0.17	0.52	0.85	1.94	3.18	1.40	1.50	0.78	0.53
Al_2O_3	13.43	10.47	10.16	16.12	10.95	16.00	16.86	15.67	11.02
Fe_2O_3	2.78	3.77	11.13	9.99	12.78	9.94	9.31	6.86	3.70
MnO	0.10	0.08	0.19	0.16	0.24	0.18	0.14	0.04	0.08
MgO	0.80	1.74	19.37	5.39	10.30	5.81	5.31	3.37	3.35
CaO	0.89	1.86	8.21	8.01	12.58	8.33	7.21	2.04	23.40
Na_2O	3.00	2.06	0.75	0.61	0.50	0.50	0.47	1.92	1.05
K_2O	3.25	1.68	1.00	2.12	0.43	3.20	3.34	5.79	2.67
P_2O_5	0.15	0.06	0.16	0.60	0.55	0.29	0.32	0.16	0.18
LOI	1.56	1.18	3.75	1.28	1.64	2.33	1.81	2.31	9.82
Total	97.97	98.35	96.67	98.33	98.67	97.30	97.73	97.31	90.47
Ba	613	173	111	831	170	466	565	860	485
Rb	82.6	102	41.3	97.8	14.8	179	168	184	108
Sr	104	117	118	601	153	360	417	165	524
Cs	3.88	7.04	2.56	3.48	0.698	9.74	8.33	9.31	7.54
Ta	0.499	1.91	0.269	1.22	3.5	0.581	0.666	1.25	0.896
Nb	3.99	14.9	4.24	24.2	53	8.98	10.7	16.5	11.9
Zr	101	68.4	62.2	337	298	182	180	150	124
Y	16.3	8.52	16.2	35.3	28.3	29.8	23.7	28	25.3
Th	18.9	7.85	3.29	6.35	8.25	4.37	9.06	19.2	15.3
U	6.23	6.05	1.4	1.13	2.17	1.24	1.59	2.76	12
La	36.8	19.2	10.8	52.3	54.4	27.4	37.9	44.5	34
Ce	81.6	37.3	25.2	114	117	58.9	76.3	88.4	64.8
Pr	8.57	4.07	3.39	14	14.6	7.83	9.36	9.98	7.81
Nd	29.2	15.6	16.3	56.8	60.3	34.6	36.4	37.1	30.5
Sm	5.3	2.75	3.63	10.3	11.2	8.17	7.51	7.03	5.56
Eu	0.827	0.794	0.83	2.46	3.23	1.92	1.82	1.2	1.11
Gd	3.95	2.25	3.21	8.73	8.87	7.03	6.54	5.74	5.06
Tb	0.559	0.343	0.558	1.39	1.24	1.06	0.928	0.854	0.749
Dy	2.77	1.82	2.99	7.19	6.59	6.07	4.94	5.28	4.77
Ho	0.58	0.319	0.616	1.39	1.17	1.07	0.898	1.06	0.951
Er	1.71	0.857	1.58	3.6	2.81	3.07	2.54	3.17	2.85
Tm	0.262	0.128	0.234	0.479	0.344	0.364	0.264	0.421	0.379
Yb	1.95	0.738	1.37	3.2	2.15	2.51	2.42	3.12	2.3
Lu	0.315	0.131	0.211	0.447	0.271	0.321	0.301	0.43	0.344

** Partial melt intruding leucocratic granite

*** Partial melt in feldspar porphyroclast biotite gneiss

3. 전암 주원소, 미량원소, 희토류원 분석 결과(계속).

	Biotite schists		Other intrusive rocks		
		Biotite granite	mafic dike		Biotite granite
	J-12-1	J-11-3****	J-91	J-94-2	J-71*****
SiO_2	75.79	70.87	42.54	35.10	74.65
TiO_2	1.02	1.16	0.53	0.36	0.34
Al_2O_3	9.70	11.74	11.14	6.29	11.34
Fe_2O_3	5.70	6.47	3.57	2.75	3.04
MnO	0.10	0.06	0.08	0.12	0.04
MgO	1.80	1.81	3.30	1.99	0.27
CaO	1.70	2.14	24.37	32.21	1.06
Na_2O	1.40	1.69	1.29	0.74	1.95
K_2O	1.70	2.32	2.29	1.56	4.87
P_2O_5	0.13	0.12	0.18	0.18	0.07
LOI	0.67	1.43	11.00	19.11	2.07
Total	99.04	98.38	89.29	81.30	97.63
Ba	191	488	464	459	215
Rb	92.1	108	87.8	57.1	171
Sr	93.3	161	513	599	58.7
Cs	4.68	5.15	4.22	4.17	1.8
Ta	0.983	1.12	0.982	0.775	0.402
Nb	12.8	15	11.8	9.99	9.79
Zr	244	360	110	126	310
Y	25.5	12.5	25	36	19.6
Th	11.5	7.82	13.3	11.6	42.8
U	2.2	1.05	12.2	3.7	1.43
La	25.6	22.5	32.9	27.9	196
Ce	56.2	43.4	62.7	53.4	382
Pr	6.41	4.93	7.57	6.35	44.2
Nd	25.3	20	28.7	26.3	159
Sm	5.07	4.09	5.54	5.53	24.6
Eu	1.14	1.19	0.962	1.04	0.741
Gd	4.78	3.07	5.04	5.53	13.1
Tb	0.699	0.444	0.789	0.814	1.33
Dy	4.39	2.7	4.86	6.3	5.72
Ho	0.928	0.497	0.936	1.3	0.923
Er	2.84	1.32	2.56	3.88	1.91
Tm	0.37	0.182	0.382	0.621	0.235
Yb	2.71	1.29	2.37	3.94	1.48
Lu	0.396	0.206	0.353	0.532	0.211

**** Garnet-bearing biotite granite intruding biotite schists

***** K-feldspar megacryst biotite granite

4. SHRIMP 저어콘 U-Pb 연대측정 결과.

Spot	% $^{206}Pb_c$	ppm U	ppm Th	4-corr ppm $^{206}Pb^*$	4-corr ppm $^{208}Pb^*$	232Th /238U	±%	(1) 206Pb /238U Age	(2) 206Pb /238U Age	(3) 206Pb /238U Age	(1) 207Pb /206Pb Age	(1) 208Pb /232Th Age	(2) 208Pb /232Th Age	(3) 207Pb /206Pb Age	% Dis-cor-dant	(1) 238U /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /235U	±%	(1) 206Pb* /238U	±%	err corr
J-13_1.1	0.11	82	60	23.1	4.9	0.75	0.50	1837 ±44	1841 ±50	1841 ±48	1808 ±19	1794 ±53	1836 ±89	1845 ±28	-2	3.03	2.7	0.11053	1.0	5.025	2.9	0.3298	2.7	0.94
J-13_2.1	0.07	814	15	114.8	0.5	0.02	5.24	980 ±24	977 ±25	981 ±24	1055 ±11	796 ±99	-495 ±460	1067 ±11	+8	6.09	2.6	0.07452	0.6	1.687	2.7	0.1642	2.6	0.98
J-13_2.2	0.21	116	147	19.6	7.8	1.31	0.41	1158 ±29	1159 ±30	1158 ±35	1129 ±30	1155 ±33	1164 ±35	1140 ±89	-3	5.08	2.7	0.07730	1.5	2.096	3.1	0.1967	2.7	0.87
J-13_3.1	0.06	198	108	51	8.6	0.56	0.35	1680 ±16	1671 ±18	1678 ±17	1768 ±11	1717 ±24	1574 ±37	1742 ±14	+6	3.4	1.1	0.1081	0.58	4.44	1.2	0.2978	1.1	0.88
J-13_4.1	--	105	53	17	2.6	0.52	0.43	1082 ±12	1080 ±12	1082 ±13	1139 ±24	1092 ±22	1052 ±27	1124 ±28	+5	5.5	1.2	0.0777	1.20	1.96	1.7	0.1828	1.2	0.70
J-13_5.1	--	487	76	48	2.5	0.16	0.36	699 ±7	698 ±7	699 ±7	759 ±17	726 ±15	660 ±23	734 ±18	+8	8.7	1.0	0.0645	0.83	1.02	1.3	0.1146	1.0	0.77
J-13_6.1	0.01	657	128	112	6.9	0.20	0.33	1164 ±11	1164 ±11	1164 ±11	1175 ±9	1185 ±16	1164 ±32	1164 ±10	+1	5.1	1.0	0.0791	0.43	2.16	1.1	0.1979	1.0	0.92
J-13_7.1	0.11	198	130	44	9.1	0.68	1.89	1484 ±24	1467 ±25	1480 ±26	1672 ±13	1524 ±41	1327 ±44	1629 ±34	+13	3.9	1.8	0.1026	0.72	3.66	1.9	0.2588	1.8	0.93
J-13_8.1	0.00	836	9	154	0.5	0.01	0.77	1252 ±16	1247 ±17	1252 ±16	1330 ±7	1217 ±47	-2434 ±871	1330 ±7	+6	4.7	1.4	0.0856	0.36	2.53	1.4	0.2143	1.4	0.97
J-13_9.1	0.01	698	131	94	6.4	0.19	0.57	937 ±9	932 ±9	933 ±9	1062 ±10	1075 ±24	890 ±29	963 ±16	+13	6.4	1.0	0.0747	0.51	1.61	1.1	0.1564	1.0	0.90
J-13_9.2	0.10	253	118	41	5.9	0.48	0.35	1122 ±11	1123 ±12	1124 ±12	1107 ±17	1095 ±17	1107 ±22	1146 ±19	-2	5.3	1.1	0.0765	0.83	2.00	1.4	0.1902	1.1	0.79
J-13_10.1	0.27	98	82	17	4.4	0.86	0.39	1176 ±20	1179 ±21	1176 ±23	1120 ±29	1180 ±27	1207 ±30	1110 ±40	-6	5.0	1.9	0.0770	1.43	2.12	2.4	0.2002	1.9	0.79
J-13_11.1	0.03	361	115	57	6.2	0.33	1.13	1096 ±16	1094 ±17	1093 ±17	1152 ±22	1174 ±25	1111 ±39	1076 ±28	+5	5.4	1.6	0.0782	1.11	2.00	1.9	0.1854	1.6	0.82
J-13_12.1	--	92	56	16	3.3	0.64	0.44	1186 ±13	1182 ±14	1178 ±14	1256 ±29	1279 ±27	1232 ±29	1093 ±32	+6	4.9	1.2	0.0824	1.48	2.30	1.9	0.2020	1.2	0.63
J-13_13.1	0.01	370	351	50	15.4	0.98	0.71	948 ±9	949 ±10	945 ±11	917 ±14	964 ±13	973 ±14	846 ±43	-4	6.3	1.0	0.0696	0.70	1.52	1.2	0.1584	1.0	0.83
J-13_14.1	--	294	191	55	11.3	0.67	0.32	1266 ±12	1266 ±13	1263 ±13	1265 ±12	1296 ±17	1297 ±21	1215 ±19	-0	4.6	1.1	0.0828	0.62	2.48	1.2	0.2170	1.1	0.86
J-13_15.1	0.02	483	89	80	4.7	0.19	0.37	1130 ±15	1129 ±15	1129 ±15	1165 ±41	1170 ±21	1100 ±92	1144 ±42	+3	5.2	1.4	0.0787	2.06	2.08	2.5	0.1917	1.4	0.57
J-13_16.1	--	114	64	30	5.2	0.58	0.42	1735 ±18	1730 ±20	1736 ±19	1781 ±22	1728 ±28	1652 ±53	1786 ±24	+3	3.2	1.2	0.1089	1.18	4.64	1.7	0.3089	1.2	0.70
J-13_17.1	0.19	100	101	17	5.1	1.04	0.39	1151 ±13	1154 ±13	1157 ±15	1081 ±27	1112 ±26	1138 ±28	1205 ±76	-7	5.1	1.2	0.0755	1.34	2.03	1.8	0.1954	1.2	0.66
J-13_18.1	--	230	209	37	10.8	0.94	0.33	1121 ±11	1122 ±12	1119 ±13	1101 ±16	1130 ±20	1138 ±21	1073 ±46	-2	5.3	1.1	0.0762	0.79	2.00	1.3	0.1899	1.1	0.81
J-13_19.1	0.04	335	118	66	8.4	0.36	0.90	1334 ±13	1320 ±13	1324 ±13	1534 ±10	1542 ±25	1232 ±31	1387 ±16	+14	4.3	1.0	0.0953	0.53	3.02	1.2	0.2299	1.0	0.89

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb^* indicate the common and radiogenic portions, respectively.
Error in Standard calibration was 0.21% (not included in above errors but required when comparing data from different mounts).
(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.
(2) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-207Pb/235U age-concordance
(3) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-208Pb/232Th age-concordance

극지연구소

4. SHRIMP 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot	% $^{206}Pb_c$	ppm U	ppm Th	4-corr ppm $^{206}Pb^*$	4-corr ppm $^{208}Pb^*$	232Th /238U	±%	(1) 206Pb /238U Age	(2) 206Pb /238U Age	(3) 206Pb /238U Age	(1) 207Pb /206Pb Age	(1) 208Pb /232Th Age	(2) 208Pb /232Th Age	(3) 207Pb /206Pb Age	% Dis-cor-dant	(1) 238U /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /235U	±%	(1) 206Pb* /238U	±%	err corr
J-114-1_1.1	--	140	2	9.5	0.1	0.02	1.79	493 ±13	492 ±13	492 ±13	522 ±43	714 ±141	522 ±288	488 ±41	+6	12.58	2.7	0.05779	2.0	0.633	3.3	0.0795	2.7	0.81
J-114-1_2.1	0.02	2147	52	144.6	1.0	0.02	0.45	487 ±12	486 ±12	487 ±12	489 ±10	451 ±19	440 ±68	498 ±10	+1	12.76	2.6	0.05694	0.5	0.615	2.6	0.0784	2.6	0.98
J-114-1_2.2	0.07	274	78	76.4	7.2	0.29	1.02	1812 ±67	1743 ±72	1806 ±70	2286 ±9	1978 ±109	-121 ±256	2248 ±21	+24	3.08	4.2	0.14486	0.5	6.483	4.3	0.3246	4.2	0.99
J-114-1_3.1	--	232	26	19	0.9	0.11	3.21	592 ±9	588 ±9	588 ±9	785 ±46	819 ±64	573 ±79	600 ±57	+26	10.4	1.6	0.0653	2.21	0.87	2.7	0.0962	1.6	0.59
J-114-1_3.2	0.04	188	102	26	6.6	0.56	1.44	961 ±10	944 ±11	923 ±12	1342 ±46	1419 ±45	1199 ±49	203 ±115	+31	6.2	1.1	0.0862	2.40	1.91	2.7	0.1607	1.1	0.43
J-114-1_4.1	0.08	736	45	56	1.8	0.06	1.95	550 ±6	549 ±6	547 ±6	594 ±15	863 ±27	778 ±36	422 ±18	+8	11.2	1.1	0.0597	0.70	0.73	1.3	0.0891	1.1	0.83
J-114-1_4.2	0.16	121	68	25	4.1	0.58	0.41	1383 ±29	1378 ±32	1387 ±32	1442 ±18	1328 ±35	1268 ±47	1502 ±24	+5	4.2	2.4	0.0908	0.96	2.99	2.6	0.2392	2.4	0.93
J-114-1_5.1	0.11	250	445	37	20.3	1.84	0.31	1025 ±10	1022 ±11	1032 ±14	1089 ±17	1004 ±13	992 ±13	1243 ±139	+6	5.8	1.1	0.0758	0.84	1.80	1.4	0.1724	1.1	0.79
J-114-1_5.2	0.14	227	2	15	0.0	0.01	1.56	480 ±5	479 ±5	480 ±5	513 ±35	36.4 ±225	-354 ±358	552 ±28	+7	12.9	1.1	0.0576	1.58	0.61	1.9	0.0772	1.1	0.56
J-114-1_6.1	0.92	40	1	3	0.0	0.02	2.34	510 ±7	511 ±7	512 ±7	473 ±141	97.5 ±562	278 ±362	560 ±69	-8	12.1	1.5	0.0565	6.36	0.64	6.5	0.0824	1.5	0.23
J-114-1_6.2	0.05	1174	558	90	13.8	0.49	0.29	552 ±5	552 ±5	552 ±6	527 ±13	550 ±7	556 ±8	536 ±19	-5	11.2	1.0	0.0579	0.61	0.71	1.2	0.0893	1.0	0.86
J-114-1_7.1	--	187	115	31	6.9	0.63	1.83	1147 ±16	1137 ±16	1132 ±17	1338 ±15	1317 ±33	1191 ±33	1031 ±47	+16	5.1	1.5	0.0860	0.78	2.31	1.7	0.1947	1.5	0.88
J-114-1_7.2	0.12	2017	76	140	1.6	0.04	1.12	502 ±5	502 ±5	502 ±5	479 ±13	470 ±21	533 ±35	491 ±12	-5	12.4	1.0	0.0567	0.57	0.63	1.2	0.0810	1.0	0.87
J-114-1_8.1	0.00	994	1744	172	94.8	1.81	0.28	1183 ±11	1181 ±12	1180 ±15	1207 ±7	1191 ±13	1185 ±13	1160 ±76	+2	5.0	1.0	0.0804	0.36	2.23	1.1	0.2014	1.0	0.94
J-114-1_9.1	1.01	56	11	4	0.4	0.20	4.59	565 ±7	571 ±8	556 ±8	194 ±140	881 ±96	1087 ±98	-682 ±142	-200	10.9	1.4	0.0500	6.03	0.63	6.2	0.0917	1.4	0.22
J-114-1_10.1	0.02	244	98	72	8.8	0.42	0.36	1913 ±18	1902 ±20	1913 ±19	1990 ±8	1919 ±35	1685 ±65	1987 ±12	+4	2.9	1.1	0.1223	0.45	5.82	1.2	0.3455	1.1	0.92
J-114-1_10.2	--	239	6	18	0.3	0.03	2.34	535 ±6	530 ±6	532 ±6	803 ±24	1198 ±66	-134 ±145	671 ±27	+35	11.6	1.1	0.0659	1.17	0.79	1.6	0.0865	1.1	0.68
J-114-1_10.3	0.14	2051	40	141	0.9	0.02	0.48	496 ±5	496 ±5	496 ±5	493 ±18	483 ±80	502 ±71	495 ±13	-1	12.5	1.0	0.0570	0.80	0.63	1.3	0.0800	1.0	0.78
J-114-1_11.1	1.00	911	13	67	0.2	0.01	8.68	530 ±17	530 ±18	531 ±18	548 ±54	412 ±396	267 ±338	562 ±38	+3	11.7	3.4	0.0585	2.49	0.69	4.2	0.0858	3.4	0.81
J-114-1_11.2	0.00	163	72	48	6.2	0.46	0.92	1884 ±98	1821 ±108	1886 ±104	2290 ±85	1843 ±216	607 ±420	2303 ±94	+20	2.9	6.0	0.1452	4.95	6.79	7.8	0.3395	6.0	0.77
J-114-1_12.1	--	57	83	7	3.2	1.52	0.42	833 ±11	838 ±12	827 ±15	682 ±47	857 ±18	879 ±20	433 ±357	-24	7.2	1.4	0.0622	2.20	1.18	2.6	0.1380	1.4	0.54
J-114-1_12.2	0.03	2572	57	185	1.2	0.02	0.66	519 ±5	519 ±5	519 ±5	486 ±9	463 ±25	626 ±57	497 ±10	-7	11.9	1.0	0.0569	0.42	0.66	1.1	0.0838	1.0	0.92
J-114-1_13.1	0.00	2725	54	197	1.3	0.02	0.76	521 ±5	522 ±5	521 ±5	490 ±8	517 ±12	692 ±55	490 ±9	-7	11.9	1.0	0.0569	0.38	0.66	1.0	0.0843	1.0	0.93
J-114-1_13.2	--	176	70	30	3.8	0.41	0.39	1151 ±17	1153 ±18	1148 ±18	1101 ±18	1195 ±25	1242 ±35	1048 ±24	-5	5.1	1.6	0.0762	0.92	2.05	1.9	0.1955	1.6	0.87
J-114-1_14.1	0.06	1140	22	75	0.6	0.02	0.80	475 ±5	475 ±5	475 ±5	486 ±64	578 ±62	520 ±336	466 ±64	+2	13.1	1.2	0.0569	2.91	0.60	3.1	0.0765	1.2	0.37
J-114-1_14.2	0.02	386	41	62	1.9	0.11	2.42	1107 ±68	1116 ±72	1107 ±69	892 ±96	1055 ±95	1729 ±396	910 ±97	-26	5.3	6.7	0.0688	4.65	1.78	8.1	0.1873	6.7	0.82
J-114-1_16.1	0.09	2454	75	175	1.7	0.03	0.52	514 ±6	514 ±6	514 ±6	485 ±15	501 ±32	605 ±56	488 ±14	-6	12.1	1.1	0.0568	0.67	0.65	1.3	0.0830	1.1	0.86
J-114-1_16.2	0.32	590	33	43	0.8	0.06	1.52	529 ±6	529 ±6	529 ±6	566 ±29	559 ±45	484 ±47	551 ±22	+7	11.7	1.1	0.0590	1.32	0.70	1.7	0.0856	1.1	0.65
J-114-1_16.3	2.17	370	127	53	6.5	0.36	0.38	988 ±16	988 ±16	982 ±16	1006 ±145	1114 ±107	1099 ±79	836 ±88	+2	6.0	1.7	0.0727	7.12	1.66	7.3	0.1657	1.7	0.24

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb^* indicate the common and radiogenic portions, respectively.
Error in Standard calibration was 0.21% (not included in above errors but required when comparing data from different mounts).
(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.
(2) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-207Pb/235U age-concordance
(3) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-208Pb/232Th age-concordance

4. SHRIMP 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot	% $206Pb_c$	ppm U	ppm Th	4-corr ppm $206Pb^*$	4-corr ppm $208Pb^*$	232Th /238U	±%	(1) 206Pb /238U Age	(2) 206Pb /238U Age	(3) 206Pb /238U Age	(1) 207Pb /206Pb Age	(1) 208Pb /232Th Age	(2) 208Pb /232Th Age	(3) 207Pb /206Pb Age	% Dis-cor-dant	(1) 238U /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /235U	±%	(1) 206Pb* /238U	±%	err corr
J-114-9_1.1	--	1210	14	81.0	0.4	0.01	0.73	483 ±12	483 ±12	483 ±12	489 ±15	639 ±57	589 ±164	471 ±14	+1	12.84	2.6	0.05694	0.7	0.611	2.7	0.0779	2.6	0.97
J-114-9_1.2	0.26	283	115	23.0	3.0	0.42	0.39	581 ±15	582 ±15	582 ±16	545 ±35	571 ±19	582 ±20	581 ±38	-7	10.60	2.6	0.05839	1.6	0.760	3.1	0.0944	2.6	0.85
J-114-9_2.1	0.05	896	14	58.7	0.2	0.02	0.76	474 ±12	474 ±12	474 ±12	484 ±19	369 ±50	306 ±137	500 ±17	+2	13.11	2.6	0.05680	0.8	0.597	2.7	0.0763	2.6	0.95
J-114-9_3.1	0.05	934	15	61	0.3	0.02	0.64	472 ±5	472 ±5	472 ±5	459 ±15	412 ±38	489 ±93	469 ±14	-3	13.2	1.0	0.0562	0.70	0.59	1.2	0.0759	1.0	0.82
J-114-9_4.1	--	628	1098	48	27.2	1.81	0.60	553 ±5	552 ±6	554 ±8	606 ±16	551 ±7	547 ±7	648 ±187	+9	11.2	1.0	0.0601	0.75	0.74	1.3	0.0895	1.0	0.81
J-114-9_4.2	0.06	875	18	55	0.3	0.02	1.21	459 ±4	459 ±5	459 ±5	466 ±17	365 ±36	333 ±79	486 ±16	+2	13.5	1.0	0.0563	0.79	0.57	1.3	0.0738	1.0	0.79
J-114-9_5.1	0.02	776	15	49	0.3	0.02	0.63	455 ±4	454 ±5	455 ±5	501 ±16	481 ±25	262 ±78	495 ±16	+10	13.7	1.0	0.0572	0.71	0.58	1.2	0.0731	1.0	0.82
J-114-9_6.1	--	740	13	49	0.3	0.02	1.41	480 ±5	479 ±5	480 ±5	507 ±16	517 ±28	363 ±96	501 ±16	+6	12.9	1.0	0.0574	0.74	0.61	1.3	0.0773	1.0	0.81
J-114-9_7.1	0.03	639	14	42	0.3	0.02	0.66	476 ±5	476 ±5	476 ±5	473 ±19	463 ±33	475 ±85	476 ±18	-1	13.1	1.0	0.0565	0.84	0.60	1.3	0.0766	1.0	0.77
J-114-9_8.1	0.05	1863	15	127	0.3	0.01	0.75	491 ±5	491 ±5	491 ±5	509 ±11	400 ±60	163 ±157	516 ±11	+4	12.6	1.0	0.0575	0.52	0.63	1.1	0.0791	1.0	0.89
J-114-9_9.1	0.01	973	18	66	0.4	0.02	0.61	491 ±5	491 ±5	490 ±5	485 ±26	513 ±23	542 ±142	481 ±26	-1	12.6	1.0	0.0568	1.17	0.62	1.5	0.0791	1.0	0.66
J-114-9_9.2	0.04	470	427	84	23.4	0.94	0.61	1215 ±12	1216 ±12	1217 ±13	1203 ±10	1198 ±15	1204 ±17	1245 ±26	-1	4.8	1.0	0.0802	0.53	2.29	1.2	0.2074	1.0	0.89
J-114-9_10.1	0.01	1046	21	73	0.5	0.02	0.56	504 ±5	504 ±5	504 ±5	498 ±14	533 ±22	565 ±80	492 ±14	-1	12.3	1.0	0.0572	0.62	0.64	1.2	0.0813	1.0	0.85
J-114-9_10.2	3.72	88	3	5	0.0	0.03	1.54	432 ±12	432 ±12	433 ±12	395 ±268	153 ±605	251 ±474	499 ±129	-10	14.4	2.8	0.0546	12	0.52	12.3	0.0692	2.8	0.23
J-114-9_10.3	0.07	326	102	51	5.2	0.32	0.84	1069 ±10	1067 ±11	1067 ±11	1102 ±15	1119 ±20	1083 ±26	1052 ±19	+3	5.5	1.1	0.0763	0.74	1.90	1.3	0.1804	1.1	0.82
J-114-9_11.1	0.03	1131	10	78	0.2	0.01	0.76	498 ±5	498 ±5	498 ±5	498 ±14	455 ±51	454 ±164	502 ±13	+0	12.5	1.0	0.0572	0.62	0.63	1.2	0.0803	1.0	0.85
J-114-9_11.2	1.77	647	131	56	5.9	0.21	0.37	618 ±6	615 ±6	606 ±6	737 ±37	1000 ±28	915 ±18	65.4 ±29	+17	9.9	1.0	0.0639	1.75	0.89	2.0	0.1005	1.0	0.50
J-114-9_12.1	--	622	8	43	0.2	0.01	1.63	496 ±5	495 ±5	496 ±5	518 ±19	530 ±51	359 ±149	513 ±18	+4	12.5	1.0	0.0577	0.85	0.64	1.3	0.0799	1.0	0.77
J-114-9_13.1	0.02	961	9	66	0.2	0.01	0.76	497 ±5	497 ±5	497 ±5	508 ±14	460 ±42	345 ±155	511 ±14	+2	12.5	1.0	0.0574	0.63	0.63	1.2	0.0802	1.0	0.85
J-114-9_14.1	0.03	1311	19	88	0.4	0.01	0.58	484 ±5	484 ±5	484 ±5	471 ±13	430 ±30	522 ±95	479 ±12	-3	12.8	1.0	0.0565	0.58	0.61	1.2	0.0780	1.0	0.86
J-114-9_15.1	--	681	17	45	0.4	0.03	0.61	477 ±5	477 ±5	477 ±5	466 ±17	549 ±21	595 ±74	447 ±18	-3	13.0	1.0	0.0563	0.78	0.60	1.3	0.0768	1.0	0.80

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb^* indicate the common and radiogenic portions, respectively.
Error in Standard calibration was 0.21% (not included in above errors but required when comparing data from different mounts).
(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.
(2) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-207Pb/235U age-concordance
(3) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-208Pb/232Th age-concordance

극지연구소

4. SHRIMP 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot	% $^{206}Pb_c$	ppm U	ppm Th	4-corr ppm $^{206}Pb^*$	4-corr ppm $^{208}Pb^*$	232Th /238U	±%	(1) 206Pb /238U Age	(2) 206Pb /238U Age	(3) 206Pb /238U Age	(1) 207Pb /206Pb Age	(1) 208Pb /232Th Age	(2) 208Pb /232Th Age	(3) 207Pb /206Pb Age	% Dis-cor-dant	(1) 238U /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /206Pb*	±%	(1) 207Pb* /235U	±%	(1) 206Pb* /238U	±%	err corr
J-76-2_2.2	0.83	2732	38	182	0.8	0.01	1.47	481 ±13	481 ±13	481 ±13	456 ±68	472 ±376	650 ±336	457 ±47	-6	12.9	2.8	0.0561	3.1	0.60	4.1	0.0774	2.8	0.67
J-76-2_4.2	--	448	181	30	4.0	0.42	0.60	481 ±5	480 ±5	480 ±5	500 ±22	492 ±8	487 ±10	451 ±28	+4	12.9	1.0	0.0572	0.99	0.61	1.4	0.0774	1.0	0.72
J-76-2_5.1	0.06	308	37	21	0.8	0.12	1.14	483 ±9	483 ±9	483 ±9	477 ±28	456 ±19	460 ±28	510 ±28	-1	12.9	1.9	0.0566	1.26	0.61	2.3	0.0777	1.9	0.84
J-76-2_5.2	0.02	3674	87	271	2.0	0.02	0.34	532 ±5	533 ±5	532 ±5	472 ±8	517 ±13	803 ±44	475 ±8	-13	11.6	1.0	0.0565	0.34	0.67	1.0	0.0860	1.0	0.94
J-76-2_6.1	0.73	57	66	4	1.4	1.19	0.42	476 ±6	479 ±6	478 ±8	281 ±119	468 ±13	483 ±13	412 ±213	-72	13.0	1.3	0.0519	5.20	0.55	5.4	0.0767	1.3	0.25
J-76-2_7.1	--	3978	659	287	15.2	0.17	0.26	520 ±5	521 ±5	520 ±5	477 ±7	515 ±6	544 ±8	484 ±9	-9	11.9	1.0	0.0566	0.32	0.66	1.0	0.0840	1.0	0.95
J-76-2_8.1	0.09	530	196	35	4.2	0.38	0.30	480 ±5	480 ±5	481 ±5	472 ±21	473 ±8	476 ±9	499 ±23	-2	12.9	1.0	0.0565	0.97	0.60	1.4	0.0773	1.0	0.72
J-76-2_9.1	0.23	104	98	7	2.1	0.97	0.37	480 ±5	481 ±5	479 ±6	414 ±57	486 ±10	493 ±11	344 ±101	-17	12.9	1.2	0.0550	2.56	0.59	2.8	0.0773	1.2	0.41
J-76-2_10.1	--	176	88	12	1.9	0.52	0.36	479 ±5	479 ±5	478 ±5	532 ±38	491 ±11	481 ±12	466 ±39	+10	13.0	1.1	0.0581	1.71	0.62	2.0	0.0772	1.1	0.54
J-76-2_10.2	0.06	523	14	38	0.3	0.03	1.65	519 ±5	519 ±5	519 ±5	504 ±19	446 ±38	508 ±78	522 ±18	-3	11.9	1.0	0.0573	0.88	0.66	1.3	0.0838	1.0	0.76

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb^* indicate the common and radiogenic portions, respectively.
Error in Standard calibration was 0.21% (not included in above errors but required when comparing data from different mounts).
(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.
(2) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-207Pb/235U age-concordance
(3) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-208Pb/232Th age-concordance

극지연구소

4. SHRIMP 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot	% $^{206}Pb_c$	ppm U	ppm Th	4-corr ppm $^{206}Pb^*$	4-corr ppm $^{208}Pb^*$	$^{232}Th/^{238}U$	±%	(1) $^{206}Pb/^{238}U$ Age	(2) $^{206}Pb/^{238}U$ Age	(3) $^{206}Pb/^{238}U$ Age	(1) $^{207}Pb/^{206}Pb$ Age	(1) $^{208}Pb/^{232}Th$ Age	(2) $^{208}Pb/^{232}Th$ Age	(3) $^{207}Pb/^{206}Pb$ Age	% Dis-cor-dant	(1) $^{238}U/^{206}Pb^*$	±%	(1) $^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	±%	(1) $^{207}Pb^*/^{235}U$	±%	(1) $^{206}Pb^*/^{238}U$	±%	err corr
J-68-1_1.1	--	190	148	13.0	3.3	0.81	0.39	495 ±13	493 ±13	494 ±14	627 ±57	503 ±17	485 ±16	562 ±68	+22	12.53	2.7	0.06066	2.6	0.667	3.7	0.0798	2.7	0.71
J-68-1_2.1	--	94	52	6.2	1.1	0.57	0.52	475 ±13	475 ±13	474 ±14	490 ±71	482 ±21	479 ±21	447 ±75	+3	13.08	2.7	0.05697	3.2	0.600	4.2	0.0764	2.7	0.65
J-68-1_3.1	0.06	286	169	18.1	3.3	0.61	0.64	460 ±12	459 ±12	462 ±13	471 ±33	434 ±13	433 ±14	636 ±46	+2	13.53	2.6	0.05646	1.5	0.575	3.0	0.0739	2.6	0.87
J-68-1_4.1	0.02	401	270	25.1	5.5	0.69	0.32	453 ±11	453 ±12	453 ±13	474 ±25	453 ±13	450 ±13	470 ±46	+5	13.74	2.6	0.05654	1.2	0.567	2.9	0.0728	2.6	0.92
J-68-1_4.2	0.02	375	326	22.7	6.1	0.90	0.32	439 ±11	439 ±11	442 ±13	462 ±26	419 ±13	416 ±14	675 ±70	+5	14.18	2.6	0.05625	1.2	0.547	2.9	0.0705	2.6	0.91
J-68-1_4.3	0.02	384	256	22.7	4.8	0.69	0.34	429 ±11	429 ±11	431 ±12	477 ±28	418 ±15	411 ±15	572 ±64	+10	14.52	2.6	0.05663	1.3	0.538	2.9	0.0689	2.6	0.90
J-68-1_5.1	--	136	182	8.4	3.5	1.38	0.30	447 ±11	446 ±11	453 ±15	517 ±39	424 ±17	419 ±17	877 ±343	+14	13.93	2.6	0.05766	1.8	0.571	3.2	0.0718	2.6	0.83
J-68-1_5.2	0.08	253	357	15.8	7.4	1.46	0.27	452 ±11	451 ±12	450 ±15	507 ±28	459 ±13	456 ±13	367 ±162	+11	13.76	2.6	0.05740	1.3	0.575	2.9	0.0727	2.6	0.90
J-68-1_5.3	0.20	543	157	36.2	3.2	0.30	0.70	481 ±12	482 ±12	482 ±13	405 ±24	457 ±14	483 ±16	479 ±26	-20	12.91	2.6	0.05481	1.1	0.586	2.8	0.0775	2.6	0.93
J-68-1_6.1	0.07	449	355	29.0	7.5	0.82	0.26	468 ±12	468 ±12	467 ±13	444 ±21	473 ±13	476 ±13	390 ±44	-5	13.29	2.6	0.05580	1.0	0.579	2.8	0.0752	2.6	0.94
J-68-1_6.2	--	313	253	21.1	5.6	0.84	0.29	486 ±12	486 ±12	485 ±14	488 ±28	494 ±14	493 ±14	412 ±52	+0	12.78	2.6	0.05690	1.3	0.614	2.9	0.0782	2.6	0.90
J-68-1_6.3	0.00	607	409	40.1	8.5	0.70	1.10	477 ±12	477 ±12	479 ±13	477 ±17	463 ±13	463 ±14	584 ±47	+0	13.02	2.6	0.05663	0.8	0.600	2.7	0.0768	2.6	0.96
J-68-1_7.1	0.22	272	149	17.2	3.1	0.57	0.31	460 ±12	460 ±12	460 ±13	444 ±35	458 ±14	460 ±14	457 ±43	-4	13.53	2.6	0.05578	1.6	0.569	3.0	0.0739	2.6	0.86
J-68-1_7.2	0.06	373	355	23.8	7.3	0.99	0.27	463 ±12	463 ±12	464 ±14	487 ±23	460 ±12	457 ±13	528 ±51	+5	13.42	2.6	0.05688	1.0	0.584	2.8	0.0745	2.6	0.93
J-68-1_7.3	0.38	34	44	2.1	0.9	1.34	0.50	453 ±15	454 ±15	456 ±19	428 ±118	443 ±20	445 ±20	607 ±344	-6	13.72	3.4	0.05539	5.3	0.557	6.3	0.0729	3.4	0.54
J-68-1_8.1	0.07	394	204	24.6	4.2	0.54	0.28	453 ±11	452 ±12	452 ±12	459 ±23	454 ±13	453 ±13	447 ±36	+1	13.75	2.6	0.05616	1.0	0.563	2.8	0.0727	2.6	0.93
J-68-1_9.1	0.11	220	152	13.9	3.1	0.71	0.31	458 ±12	458 ±12	458 ±13	471 ±33	458 ±13	456 ±14	473 ±51	+3	13.58	2.6	0.05647	1.5	0.573	3.0	0.0737	2.6	0.87
J-68-1_9.2	0.29	127	55	8.3	1.1	0.44	0.40	470 ±12	470 ±12	470 ±13	425 ±56	456 ±18	466 ±18	489 ±52	-11	13.23	2.6	0.05532	2.5	0.576	3.6	0.0756	2.6	0.73

Errors are 1-sigma; Pb_c and Pb^* indicate the common and radiogenic portions, respectively.

(1) Common Pb corrected using measured 204Pb.

(2) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-207Pb/235U age-concordance

(3) Common Pb corrected by assuming 206Pb/238U-208Pb/232Th age-concordance

극지연구소

5. LA-MC-ICP-MS 저어콘 U-Pb 연대측정 결과.

Spot no.	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$^{207}Pb^*/^{235}U$	2σ	$^{206}Pb^*/^{238}U$	2σ	Rho	$^{238}U/^{206}Pb$	2σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2σ	$^{206}Pb/^{238}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{235}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{206}Pb$ Age (Ma)
Sample J-17, Leucocratic granite, Wilson Metamorphic Complex															
J-17_1	3278	139	0.04	0.633	0.018	0.080	0.001	0.65	12.427	0.230	0.057	0.001	498.9 ± 8.9	498.1 ± 11.2	494.3 ± 24.0
J-17_2	1343	25	0.02	0.563	0.036	0.078	0.001	0.30	12.850	0.244	0.052	0.003	483.1 ± 8.8	453.4 ± 23.4	305.5 ± 69.6
J-17_4	3538	910	0.26	0.622	0.024	0.080	0.002	0.57	12.451	0.273	0.056	0.002	498.0 ± 10.5	490.9 ± 14.8	458.0 ± 34.6
J-17_7	248	97	0.39	1.857	0.199	0.182	0.004	0.22	5.482	0.132	0.074	0.008	1080.2 ± 23.9	1065.8 ± 70.8	1036.4 ± 105.6
J-17_8	2630	478	0.18	0.636	0.020	0.079	0.002	0.64	12.638	0.251	0.058	0.001	490.9 ± 9.4	499.6 ± 12.2	539.6 ± 25.8
J-17_11	1374	421	0.31	0.590	0.046	0.080	0.002	0.34	12.492	0.332	0.053	0.004	496.4 ± 12.7	471.1 ± 29.3	349.4 ± 82.4
J-17_12	594	206	0.35	1.554	0.112	0.165	0.005	0.39	6.076	0.170	0.068	0.005	982.1 ± 25.6	952.2 ± 44.5	883.6 ± 68.6
J-17_13	2258	170	0.08	0.641	0.026	0.083	0.002	0.67	12.104	0.324	0.056	0.002	511.7 ± 13.2	502.9 ± 15.8	462.7 ± 32.7
J-17_15	234	118	0.50	1.506	0.081	0.160	0.005	0.64	6.270	0.215	0.068	0.003	954.0 ± 30.4	932.9 ± 32.9	883.3 ± 42.9
J-17_18	1380	186	0.13	0.612	0.028	0.079	0.002	0.60	12.645	0.352	0.056	0.002	490.6 ± 13.1	484.7 ± 17.8	456.7 ± 40.9
J-17_19	452	298	0.66	1.858	0.086	0.182	0.005	0.65	5.482	0.165	0.074	0.003	1080.1 ± 29.9	1066.4 ± 30.6	1038.3 ± 35.6
J-17_20	1335	23	0.02	0.637	0.028	0.081	0.002	0.64	12.329	0.344	0.057	0.002	502.7 ± 13.5	500.3 ± 17.2	489.3 ± 37.0
J-17_21	8281	515	0.06	0.610	0.026	0.077	0.001	0.43	12.919	0.232	0.057	0.002	480.6 ± 8.3	483.5 ± 16.2	497.0 ± 42.0
J-17_22	1148	256	0.22	0.611	0.068	0.079	0.002	0.17	12.698	0.242	0.056	0.006	488.7 ± 9.0	484.5 ± 43.1	464.7 ± 122.1
J-17_23	1919	497	0.26	0.602	0.037	0.079	0.001	0.29	12.629	0.223	0.055	0.003	491.3 ± 8.3	478.3 ± 23.4	416.5 ± 65.7
J-17_24	681	344	0.51	0.626	0.032	0.082	0.002	0.40	12.265	0.247	0.056	0.003	505.3 ± 9.8	493.7 ± 19.8	440.5 ± 51.6
J-17_26	3475	656	0.19	0.606	0.027	0.078	0.001	0.33	12.751	0.186	0.056	0.002	486.7 ± 6.8	480.8 ± 17.2	452.7 ± 47.1
J-17_28	1502	245	0.16	0.578	0.043	0.080	0.001	0.24	12.574	0.229	0.053	0.004	493.3 ± 8.6	463.1 ± 27.9	315.9 ± 82.7
J-17_29	2584	337	0.13	0.615	0.021	0.079	0.001	0.43	12.736	0.191	0.057	0.002	487.3 ± 7.0	486.9 ± 13.5	485.3 ± 34.7
J-17_30	2257	466	0.21	0.628	0.033	0.082	0.002	0.37	12.177	0.231	0.055	0.003	508.8 ± 9.3	495.1 ± 20.3	432.0 ± 53.8
J-17_31	2169	741	0.34	0.655	0.037	0.083	0.001	0.31	11.983	0.209	0.057	0.003	516.7 ± 8.6	511.6 ± 22.4	488.9 ± 58.5
J-17_33	323	235	0.73	1.706	0.204	0.171	0.004	0.18	5.836	0.127	0.072	0.008	1019.6 ± 20.4	1011.0 ± 76.6	992.4 ± 119.6
J-17_34	839	186	0.22	2.009	0.073	0.190	0.003	0.44	5.275	0.084	0.077	0.003	1119.1 ± 16.4	1118.7 ± 24.7	1117.9 ± 32.7
J-17_35	1862	339	0.18	0.651	0.023	0.081	0.001	0.43	12.290	0.189	0.058	0.002	504.3 ± 7.4	509.1 ± 14.4	530.7 ± 35.8
J-17_36	1500	486	0.32	0.627	0.052	0.082	0.001	0.22	12.265	0.223	0.056	0.004	505.3 ± 8.8	494.1 ± 32.2	442.8 ± 89.3
J-17_37	2390	621	0.26	0.642	0.024	0.081	0.001	0.45	12.301	0.205	0.057	0.002	503.8 ± 8.1	503.8 ± 14.6	503.5 ± 36.2
J-17_38	2683	1025	0.38	0.640	0.036	0.080	0.001	0.29	12.493	0.205	0.058	0.003	496.4 ± 7.8	502.2 ± 22.4	528.7 ± 59.2
J-17_40	15453	2041	0.13	0.644	0.022	0.082	0.001	0.46	12.134	0.188	0.057	0.002	510.5 ± 7.6	504.7 ± 13.4	478.8 ± 33.1

5. LA-MC-ICP-MS 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot no.	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$^{207}Pb^*/^{235}U$	2σ	$^{206}Pb^*/^{238}U$	2σ	Rho	$^{238}U/^{206}Pb$	2σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2σ	$^{206}Pb/^{238}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{235}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{206}Pb$ Age (Ma)
Sample J-43-1, Biotite granite, Granite Harbor Igneous Complex															
J43-1_1	231	179	0.78	0.435	0.308	0.073	0.004	0.07	13.665	0.658	0.043	0.031	455.3 ± 21.2	366.4 ± 218.3	
J43-1_2	573	301	0.53	0.604	0.033	0.077	0.002	0.49	12.932	0.343	0.057	0.003	480.1 ± 12.3	479.8 ± 20.7	478.0 ± 52.0
J43-1_3	290	253	0.87	0.321	0.378	0.073	0.004	0.05	13.613	0.742	0.032	0.037	456.9 ± 24.1	282.6 ± 290.3	
J43-1_4	370	589	1.59	0.551	0.044	0.076	0.002	0.32	13.077	0.333	0.052	0.004	475.0 ± 11.7	445.4 ± 28.8	295.3 ± 86.3
J43-1_5	561	276	0.49	0.536	0.140	0.075	0.002	0.12	13.332	0.432	0.052	0.013	466.2 ± 14.6	435.8 ± 92.7	278.2 ± 297.1
J43-1_6	544	474	0.87	0.569	0.034	0.076	0.002	0.40	13.212	0.319	0.055	0.003	470.3 ± 10.9	457.4 ± 22.3	393.3 ± 62.4
J43-1_7	1214	586	0.48	0.586	0.071	0.075	0.002	0.23	13.397	0.366	0.057	0.007	464.1 ± 12.2	468.6 ± 45.5	490.8 ± 130.3
J43-1_8	1923	668	0.35	0.540	0.044	0.074	0.002	0.28	13.549	0.312	0.053	0.004	459.0 ± 10.2	438.7 ± 29.3	333.0 ± 89.4
J43-1_9	551	445	0.81	0.567	0.125	0.076	0.002	0.14	13.172	0.395	0.054	0.012	471.7 ± 13.6	455.9 ± 80.9	377.0 ± 245.3
J43-1_10	222	235	1.06	-0.083	-0.400	0.072	0.004	0.01	13.795	0.808	-0.008	0.040	451.1 ± 25.5		
J43-1_11	208	127	0.61	0.375	0.403	0.075	0.004	0.05	13.398	0.771	0.036	0.039	464.0 ± 25.8	323.2 ± 297.3	
J43-1_12	461	276	0.60	0.466	0.278	0.074	0.003	0.07	13.604	0.584	0.046	0.027	457.3 ± 19.0	388.3 ± 192.6	
J43-1_13	1451	1352	0.93	0.566	0.062	0.077	0.002	0.26	12.950	0.366	0.053	0.006	479.5 ± 13.1	455.6 ± 40.0	336.5 ± 119.1
J43-1_14	159	200	1.26	0.651	0.066	0.082	0.003	0.39	12.166	0.482	0.057	0.005	509.2 ± 19.4	508.8 ± 40.6	507.0 ± 102.6
J43-1_15	748	322	0.43	0.654	0.120	0.083	0.002	0.14	12.053	0.307	0.057	0.010	513.8 ± 12.6	511.1 ± 73.7	499.2 ± 200.0
J43-1_16	1703	1414	0.83	0.574	0.021	0.072	0.001	0.37	13.937	0.194	0.058	0.002	446.7 ± 6.0	460.6 ± 13.9	530.4 ± 38.1
J43-1_17	197	287	1.46	0.466	0.434	0.072	0.005	0.07	13.916	0.889	0.047	0.044	447.4 ± 27.6	388.4 ± 300.8	50.5 ± 1109.9
J43-1_18	187	158	0.84	0.589	0.405	0.077	0.004	0.08	13.046	0.739	0.056	0.038	476.1 ± 26.0	470.3 ± 259.1	441.8 ± 762.8
J43-1_19	1472	1495	1.02	0.580	0.042	0.074	0.001	0.19	13.541	0.191	0.057	0.004	459.3 ± 6.3	464.2 ± 27.0	488.6 ± 78.4
J43-1_20	542	764	1.41	0.579	0.140	0.075	0.002	0.12	13.312	0.376	0.056	0.013	466.9 ± 12.7	463.6 ± 89.8	447.0 ± 266.2
J43-1_21	902	192	0.21	0.503	0.116	0.075	0.002	0.10	13.378	0.311	0.049	0.011	464.7 ± 10.4	413.5 ± 78.7	136.6 ± 270.8
J43-1_22	4275	4111	0.96	0.574	0.035	0.073	0.001	0.31	13.650	0.253	0.057	0.003	455.8 ± 8.2	460.8 ± 22.5	486.0 ± 63.8
J43-1_24	181	118	0.66	0.227	0.449	0.074	0.004	0.03	13.498	0.809	0.022	0.044	460.7 ± 26.7	207.7 ± 371.8	
J43-1_25	2616	1764	0.67	0.615	0.023	0.078	0.001	0.45	12.889	0.215	0.057	0.002	481.7 ± 7.7	486.7 ± 14.4	510.4 ± 36.5
J43-1_26	1444	1601	1.11	0.601	0.024	0.076	0.001	0.40	13.080	0.205	0.057	0.002	474.9 ± 7.2	477.9 ± 14.9	492.1 ± 39.6
J43-1_27	1376	709	0.52	0.629	0.033	0.080	0.002	0.36	12.575	0.239	0.057	0.003	493.3 ± 9.0	495.5 ± 20.9	506.0 ± 54.7
J43-1_28	471	268	0.57	0.628	0.040	0.078	0.002	0.36	12.892	0.296	0.059	0.003	481.6 ± 10.7	494.8 ± 24.8	556.7 ± 64.5
J43-1_29	1090	3350	3.07	0.558	0.086	0.074	0.002	0.13	13.497	0.281	0.055	0.008	460.8 ± 9.2	450.3 ± 56.3	397.5 ± 171.8
J43-1_30	505	416	0.82	0.455	0.492	0.071	0.006	0.07	14.104	1.104	0.047	0.050	441.6 ± 33.4	381.1 ± 343.5	28.1 ± 1292.7

5. LA-MC-ICP-MS 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot no.	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$^{207}Pb^*/^{235}U$	2σ	$^{206}Pb^*/^{238}U$	2σ	Rho	$^{238}U/^{206}Pb$	2σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2σ	$^{206}Pb/^{238}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{235}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{206}Pb$ Age (Ma)
Sample J-43-1, Biotite granite, Granite Harbor Igneous Complex (continued)															
J43-1_31	445	239	0.54	0.562	0.138	0.076	0.003	0.14	13.190	0.460	0.054	0.013	471.1 ± 15.8	453.1 ± 89.8	362.8 ± 274.2
J43-1_32	213	255	1.20	0.326	0.278	0.074	0.003	0.05	13.588	0.595	0.032	0.027	457.8 ± 19.3	286.7 ± 213.0	
J43-1_33	263	241	0.92	0.263	0.280	0.073	0.004	0.05	13.615	0.663	0.026	0.028	456.9 ± 21.5	237.4 ± 225.2	
J43-1_34	750	594	0.79	0.622	0.033	0.079	0.002	0.51	12.717	0.345	0.057	0.003	488.0 ± 12.7	491.0 ± 20.8	505.5 ± 50.7
J43-1_35	730	597	0.82	0.638	0.036	0.080	0.002	0.50	12.435	0.350	0.058	0.003	498.6 ± 13.5	501.0 ± 22.2	511.6 ± 53.2
J43-1_36	583	363	0.62	0.490	0.128	0.076	0.002	0.11	13.140	0.384	0.047	0.012	472.8 ± 13.3	404.6 ± 87.6	31.5 ± 312.5
J43-1_37	994	432	0.43	0.602	0.076	0.084	0.003	0.27	11.967	0.413	0.052	0.006	517.4 ± 17.2	478.3 ± 48.1	295.1 ± 138.4
J43-1_38	241	234	0.97	0.643	0.052	0.084	0.003	0.44	11.960	0.425	0.056	0.004	517.6 ± 17.7	504.4 ± 32.1	444.6 ± 80.7
J43-1_39	187	282	1.51	0.691	0.065	0.079	0.003	0.38	12.639	0.446	0.063	0.005	490.9 ± 16.7	533.1 ± 38.8	718.3 ± 92.1
J43-1_40	869	1087	1.25	0.537	0.070	0.078	0.002	0.19	12.888	0.324	0.050	0.006	481.7 ± 11.7	436.4 ± 46.5	203.8 ± 149.2
J43-1_41	1065	1262	1.19	0.485	0.068	0.077	0.002	0.18	12.938	0.327	0.046	0.006	479.9 ± 11.7	401.7 ± 46.4	
J43-1_42	905	892	0.99	0.603	0.080	0.080	0.002	0.21	12.469	0.345	0.055	0.007	497.3 ± 13.3	479.0 ± 50.7	392.1 ± 145.5
J43-1_43	435	240	0.55	0.623	0.041	0.077	0.002	0.49	13.054	0.420	0.059	0.003	475.8 ± 14.8	491.8 ± 25.4	567.1 ± 61.6
J43-1_44	916	1094	1.19	0.502	0.077	0.073	0.002	0.16	13.612	0.324	0.050	0.007	457.0 ± 10.5	413.1 ± 51.9	174.9 ± 176.0
J43-1_45	734	442	0.60	0.599	0.084	0.079	0.002	0.18	12.716	0.316	0.055	0.008	488.0 ± 11.7	476.6 ± 53.1	421.8 ± 153.3
J43-1_46	470	461	0.98	0.573	0.036	0.073	0.002	0.38	13.658	0.323	0.057	0.003	455.5 ± 10.4	459.9 ± 23.0	481.6 ± 63.4
J43-1_47	877	1088	1.24	0.589	0.027	0.074	0.002	0.48	13.428	0.299	0.057	0.002	463.0 ± 9.9	470.1 ± 17.5	504.5 ± 44.9
J43-1_48	540	488	0.91	0.435	0.129	0.073	0.002	0.10	13.684	0.403	0.043	0.013	454.7 ± 12.9	367.0 ± 90.9	
J43-1_49	741	700	0.94	0.599	0.029	0.075	0.002	0.41	13.247	0.264	0.058	0.003	469.1 ± 9.0	476.9 ± 18.4	514.2 ± 48.4
J43-1_50	780	747	0.96	0.525	0.093	0.075	0.002	0.12	13.281	0.285	0.051	0.009	468.0 ± 9.7	428.5 ± 61.7	221.3 ± 202.7
J43-1_51	1182	671	0.57	0.602	0.026	0.077	0.002	0.49	13.069	0.279	0.057	0.002	475.3 ± 9.8	478.2 ± 16.7	492.2 ± 42.1
J43-1_52	592	522	0.88	0.621	0.113	0.079	0.002	0.14	12.592	0.322	0.057	0.010	492.6 ± 12.1	490.2 ± 70.9	478.6 ± 199.5
J43-1_53	144	83	0.58	0.573	0.052	0.078	0.003	0.36	12.810	0.425	0.053	0.005	484.6 ± 15.5	459.9 ± 33.7	338.8 ± 96.0
J43-1_54	473	364	0.77	0.607	0.044	0.075	0.002	0.34	13.344	0.328	0.059	0.004	465.8 ± 11.0	481.5 ± 27.9	556.8 ± 74.8
J43-1_55	1339	494	0.37	0.495	0.060	0.072	0.001	0.16	13.893	0.275	0.050	0.006	448.1 ± 8.6	408.5 ± 40.9	190.7 ± 139.5
J43-1_56	1060	1007	0.95	0.589	0.027	0.076	0.002	0.45	13.149	0.274	0.056	0.002	472.5 ± 9.5	470.3 ± 17.4	459.6 ± 45.9
J43-1_57	944	929	0.98	0.576	0.027	0.076	0.001	0.42	13.204	0.259	0.055	0.002	470.6 ± 8.9	461.6 ± 17.5	417.1 ± 48.0
J43-1_58	559	476	0.85	0.532	0.117	0.076	0.002	0.12	13.208	0.341	0.051	0.011	470.5 ± 11.7	432.8 ± 77.8	237.0 ± 252.9
J43-1_59	487	528	1.09	0.597	0.035	0.076	0.002	0.43	13.202	0.332	0.057	0.003	470.7 ± 11.4	475.3 ± 22.1	497.6 ± 57.8
J43-1_60	843	1335	1.58	0.578	0.028	0.077	0.002	0.45	13.062	0.287	0.055	0.002	475.5 ± 10.1	463.4 ± 18.2	403.6 ± 49.0

5. LA-MC-ICP-MS 저어콘 U-Pb 연대측정 결과(계속).

Spot no.	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	$^{207}Pb^*/^{235}U$	2σ	$^{206}Pb^*/^{238}U$	2σ	Rho	$^{238}U/^{206}Pb$	2σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	2σ	$^{206}Pb/^{238}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{235}U$ Age (Ma)	$^{207}Pb/^{206}Pb$ Age (Ma)
Sample J-45-1, Gabbro, Granite Harbor Igneous Complex															
J-45-1_1	264	282	1.07	0.422	0.249	0.076	0.003	0.07	13.133	0.510	0.040	0.024	473.1 ± 17.7	357.6 ± 177.7	
J-45-1_2	76	98	1.28	0.222	0.785	0.071	0.007	0.03	13.999	1.458	0.023	0.080	444.8 ± 44.8	203.5 ± 652.4	
J-45-1_3	1176	76	0.06	0.601	0.020	0.076	0.002	0.63	13.132	0.274	0.057	0.001	473.1 ± 9.5	477.6 ± 12.6	499.5 ± 28.4
J-45-1_4	452	968	2.14	0.586	0.156	0.077	0.002	0.11	13.040	0.384	0.055	0.015	476.3 ± 13.5	468.1 ± 99.9	428.2 ± 295.2
J-45-1_5	331	572	1.73	0.616	0.031	0.075	0.002	0.48	13.269	0.326	0.059	0.003	468.4 ± 11.1	487.3 ± 19.6	577.3 ± 48.2
J-45-1_6	457	203	0.44	0.602	0.131	0.078	0.002	0.13	12.740	0.367	0.056	0.012	487.1 ± 13.5	478.2 ± 82.8	435.6 ± 239.5
J-45-1_7	546	81	0.15	0.601	0.089	0.078	0.002	0.16	12.882	0.298	0.056	0.008	481.9 ± 10.7	477.7 ± 56.2	457.2 ± 161.4
J-45-1_8	176	70	0.39	0.359	0.295	0.076	0.003	0.05	13.194	0.561	0.034	0.028	470.9 ± 19.3	311.7 ± 220.5	
J-45-1_9	269	325	1.21	0.598	0.033	0.078	0.002	0.46	12.817	0.326	0.056	0.003	484.3 ± 11.9	475.9 ± 21.1	436.0 ± 54.9
J-45-1_10	231	288	1.25	0.612	0.036	0.077	0.002	0.41	13.033	0.320	0.058	0.003	476.6 ± 11.3	484.5 ± 22.9	522.4 ± 59.4
J-45-1_11	1371	141	0.10	0.611	0.047	0.079	0.002	0.27	12.626	0.269	0.056	0.004	491.3 ± 10.1	484.1 ± 29.9	450.0 ± 83.0
J-45-1_12	275	237	0.86	0.608	0.199	0.078	0.003	0.10	12.759	0.438	0.056	0.018	486.4 ± 16.1	482.1 ± 125.7	461.5 ± 361.0
J-45-1_13	319	417	1.31	0.539	0.164	0.077	0.002	0.10	13.051	0.413	0.051	0.015	475.9 ± 14.5	438.0 ± 108.4	243.5 ± 349.2
J-45-1_14	383	392	1.03	0.629	0.036	0.076	0.002	0.46	13.092	0.342	0.060	0.003	474.5 ± 11.9	495.6 ± 22.5	594.5 ± 55.3
J-45-1_15	274	235	0.86	0.621	0.036	0.080	0.002	0.47	12.556	0.338	0.057	0.003	494.0 ± 12.8	490.3 ± 22.4	473.2 ± 56.4
J-45-1_16	492	38	0.08	0.463	0.151	0.074	0.002	0.09	13.538	0.388	0.045	0.015	459.4 ± 12.7	386.0 ± 105.2	
J-45-1_17	609	324	0.53	0.581	0.027	0.075	0.001	0.41	13.348	0.251	0.056	0.002	465.7 ± 8.4	465.1 ± 17.3	461.9 ± 46.8
J-45-1_18	1052	138	0.13	0.601	0.028	0.076	0.002	0.52	13.102	0.325	0.057	0.002	474.1 ± 11.3	477.7 ± 18.0	495.1 ± 44.3
J-45-1_19	224	172	0.77	0.459	0.204	0.079	0.003	0.08	12.726	0.442	0.042	0.019	487.7 ± 16.3	383.6 ± 142.2	
J-45-1_20	661	127	0.19	0.627	0.026	0.079	0.002	0.51	12.598	0.267	0.057	0.002	492.4 ± 10.0	494.3 ± 16.4	503.2 ± 39.8

Errors are 2σ; Pb* denotes radiogenic Pb.

6. 전암 Sr-Nd 동위원소 분석결과.

Sample name	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	2s SE (1%)	$^{87}Sr/^{86}Sr$	2s SE	Sm(ppm)	Nd(ppm)	$^{147}Sm/^{144}Nd$	2s SE (1%)	$^{143}Nd/^{144}Nd$	2σ SE
J-43-5	111.26	178.52	1.80495	0.0180	0.717245	0.000012	5.71	34.18	0.10093	0.0010	0.512138	0.000007
J-44-1	96.42	667.69	0.41780	0.0042	0.707084	0.000009	6.72	43.31	0.09378	0.0009	0.512393	0.000007
J-45-1	67.01	891.97	0.21733	0.0022	0.706200	0.000009	14.07	76.78	0.11081	0.0011	0.512449	0.000006
J-46-1	167.84	608.00	0.79927	0.0080	0.715014	0.000008	4.37	21.40	0.12345	0.0012	0.512024	0.000007
J-57	106.40	1153.70	0.26677	0.0027	0.705749	0.000010	8.09	52.79	0.09269	0.0009	0.512401	0.000008
J-58	136.90	146.97	2.70148	0.0270	0.732299	0.000010	5.29	27.42	0.11659	0.0012	0.511921	0.000007
J-7-3	105.05	202.34	1.50378	0.0150	0.719052	0.000009	5.48	29.18	0.11344	0.0011	0.512045	0.000006
J-12-2	65.42	110.34	1.72002	0.0172	0.735458	0.000010	2.63	9.40	0.16922	0.0017	0.512104	0.000012
J-26-2	154.39	162.90	2.75044	0.0275	0.738528	0.000009	9.17	50.86	0.10899	0.0011	0.511811	0.000007
J-28	132.20	166.90	2.29805	0.0230	0.736266	0.000010	6.07	32.84	0.11170	0.0011	0.511808	0.000007

NBS987

$^{87}Sr/^{86}Sr$=0.710265±0.000004 (N=20, 2σ standard error)

Total procedural blank level was below 0.1ng for Rb, 0.6ng for Sr, 0.025ng for Sm, and 3ng for Nd.Sr.

JNdi-1

$^{143}Nd/^{144}Nd$ = 0.512099 ± 0.000003 (N=30, 2σ standard error)

Mass fractionation correction : $^{88}Sr/^{86}Sr$=8.375209, $^{146}Nd/^{144}Nd$=0.7219

Interference correction : $^{87}Rb/^{85}Rb$=0.385700, $^{147}Sm/^{144}Sm$=4.882730, $^{140}Ce/^{142}Ce$=7.95430

KOPRI
극지연구소

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소 위탁과제 연구결과보고서 입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 위탁연구과제로 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.