

멜버른 화산지대 화산 분화 특성 및 화산  
물질 운반/퇴적 기작 연구

A study of the eruption characteristics and  
transport/deposition processes of volcanic materials  
in Melbourne Volcanic Field



경상대학교 산학협력단

# 제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “ 지구내부물질, 기반암, 화산을 통한 남극종단산맥의 형성과 진화 연구” 과제의 위탁연구 “멜버른 화산지대 화산 분화 특성 및 화산 물질 운반/퇴적 기작 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.



총괄연구책임자 : 이 미 정  
위탁연구기관명 : 경상대학교 산학협력단  
위탁연구책임자 : 손 영 관  
위탁참여연구원 : 고 선 영  
“ : 손 찬 우

## 보고서 초록

위탁연구과제명	멜버른 화산지대 화산 분화 특성 및 화산 물질 운반/퇴적 기작 연구				
위탁연구책임자	손 영 관	해당단계 참여연구원수	4	해당단계 연구비	50,000,000원
연구기관명 및 소속부서명	경상대학교 산학협력단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)				보고서 면수	21p
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 빙하저 화산의 특성과 형성과정 이해를 목적으로 장보고 기지 주변의 Shield Nunatak에 대한 야외기재와 실험분석 진행</li> <li>- 야외관찰을 통해 빙하저 화산(tuya)의 특징적인 퇴적학적, 층서학적 구조 파악 및 시료 확보</li> <li>- 채취된 시료에 대한 11개의 박편과 1개의 슬랩 제작 후 전계방출형 주사전자현미경(FE-SEM)을 이용한 미세조직 관찰 및 조성 파악, FE-SEM 기기에 부착된 에너지 분산분광기(EDS)를 이용한 구성 광물 동정 실시</li> <li>- Shield Nunatak의 야외 노두에서 관찰된 구조, 입자 크기, 조성에 따라 주요 암상(lithofacies)을 총 10가지로 분류</li> <li>- 퇴적상 분류를 바탕으로 Shield Nunatak의 층단위 구분               <ul style="list-style-type: none"> <li>Unit 1) 괴상 혹은 층상의 유리쇄설암과 페퍼라이트 외피를 갖는 곡선상의 관입체</li> <li>Unit 2) 로브 형태의 용암류와 유리쇄설암의 교호</li> <li>Unit 3) 용결된 분석 및 라바스페터와 괴상 혹은 층상의 응회암</li> </ul> </li> <li>- 최종적으로 Shield Nunatak의 3단계 화산분화 과정 제시               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 두꺼운 빙하 아래에서 물과 마그마의 혼합작용이 제한돼 비폭발적인 용암분출로 시작 이후 점차 빙하가 녹으면서 호수환경 생성 및 폭발적인 섯치형 화산분화로 전이</li> <li>2) 폭발적인 화산분화와 비폭발적인 화산분출이 교대로 발생</li> <li>3) 대기하에서 용암분출을 형성하는 화산분화와 수증기-마그마성 화산활동</li> </ul> </li> <li>- 멜버른 화산지대 내 Shield Nunatak의 화산 분화 특성 및 화산물질의 운반/퇴적기작 이해를 통해 극지의 화산활동 특성 이해, 국내의 화산연구 역량 강화 도움</li> </ul>					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	빙하저 화산, 빙하-마그마 상호작용, 분화사, 쉴드누너택, 멜버른 화산지대			
	영 어	Tuya, Ice-magma interaction, Eruptive history, Shield Nunatak, Melbourne Volcanic Field			

# 요 약 문

## I. 제 목

빙하저 화산의 특성과 형성과정

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

멜버른 화산지대 내 Shield Nunatak의 화산 분화 특성 및 화산물질의 운반/퇴적기작 이해를 통해 극지의 화산활동 특성과 남극대륙의 지질학적 진화과정을 파악함.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

장보고 기지 주변 Shield Nunatak에 대한 야외관찰을 실시하고, 채취된 시료에 대한 미세조직 및 입자조성 분석을 수행함. 이와 더불어, 화산쇄설암의 퇴적상 분석을 통해 운반/퇴적과정을 이해하고 최종적으로 빙하저 화산의 생성 모델을 제시함.

## IV. 연구개발결과

Shield Nunatak은 3단계의 화산분화 과정을 통해 형성된 것으로 해석됨. 두꺼운 빙하 아래에서 물과 마그마의 혼합작용이 제어돼 비폭발적인 용암분출로 시작되었음. 이후 점차 빙하가 녹으면서 호수환경이 만들어짐과 동시에 압력이 더욱 해제되어 물과 마그마의 혼합작용이 활발히 일어나 폭발적인 섯치형 화산분화로 전이가 일어남. 다음으로는 폭발적인 화산분화와 비폭발적인 화산분출이 교대로 발생하는 단계가 발생하였고, 마지막으로 대기하에서 용암분출을 형성하는 화산분화와 수증기-마그마성 화산활동을 끝으로 분화가 종료되었음.

# S U M M A R Y

## I. Title

Characteristics and eruptive history of tuya

## II. Purpose and Necessity of R&D

A study on volcanic activity and geological evolution process of Antarctica through understanding about eruptive characteristics and transport/deposition processes of volcanic materials at Shield Nunatak in Melbourne volcanic field

## III. Contents and Extent of R&D

We conducted outcrop observation/description of Shield Nunatak near the Jangbogo Antarctic Research Station, and carried out micro-texture observation and componentry analysis. In addition, it understood the transport/deposition processes through facies analysis of pyroclastic rocks and finally suggested a model for the eruptive history of subglacial volcano.

## IV. R&D Results

Shield Nunatak was interpreted as being formed through the three-stage eruptive process. Stage 1 was started effusive eruptions underneath an ice sheet and sublacustrine surtseyan-style explosive eruptions. Stage 2 was changed alternating effusive/explosive eruptions in a transitional setting. Stage 3 occurred subaerial lava-fountaining eruptions and phreatomagmatic activities.

# 목 차

제 1 장 서론

제 2 장 연구지역 및 지질개요

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 6 장 참고문헌

## 제 1 장 서론

남극 빅토리아랜드에 위치한 멜버른 화산지대(Melbourne Volcanic Field)에는 해발고도 약 2,700m의 성층화산(stratovolcano)인 멜버른산(Mt. Melbourne)을 중심으로 다양한 규모, 시기, 암상의 소규모 단성화산들이 분포하고 있다. 이 지역에 해당 단성화산들의 층서 및 활동 연대에 대한 연구에 따르면 남쪽의 Cape Washington의 분화활동이 가장 오래되었으며, 이후 화산지대 북부와 남부의 다발적 소규모 분화 단계를 거쳐 최종적으로 중앙부 멜버른산이 형성된 것으로 알려져 있다. 멜버른 화산지대를 구성하는 단성화산들은 분화 당시에 존재하던 빙하로 인해 중·저위도 지역 화산들과는 극도로 이질적인 분화 특성 및 화산물질 운반/퇴적 프로세스를 보인다. 이러한 이질성으로 인해 남극의 단성화산들은 그 연구 가치가 매우 높지만 제한적 접근성으로 인해 심도 있는 연구가 드문 실정이다. 뿐만 아니라, 북반구 아이슬란드 및 캐나다 브리티시 컬롬비아 지역의 다양한 빙하화산체(glaciovolcanic edifice)들을 대상으로 수행된 연구들(예: Russell et al., 2014)과 유사한 수준의 화산물질과 빙하의 상호작용에 대한 연구가 남극에서도 이루어질 필요가 있다. 이러한 점에서 우리의 연구에서는 남극 멜버른 화산지대의 빙하저 화산 중 하나인 Shield Nunatak을 대상으로 하여 빙하 환경에서 생성된 화산의 분화 특성 및 화산물질의 운반-퇴적 기작에 대해 살펴보는 것을 목적으로 한다.

극지연구소

## 제 2 장 연구지역 및 지질개요

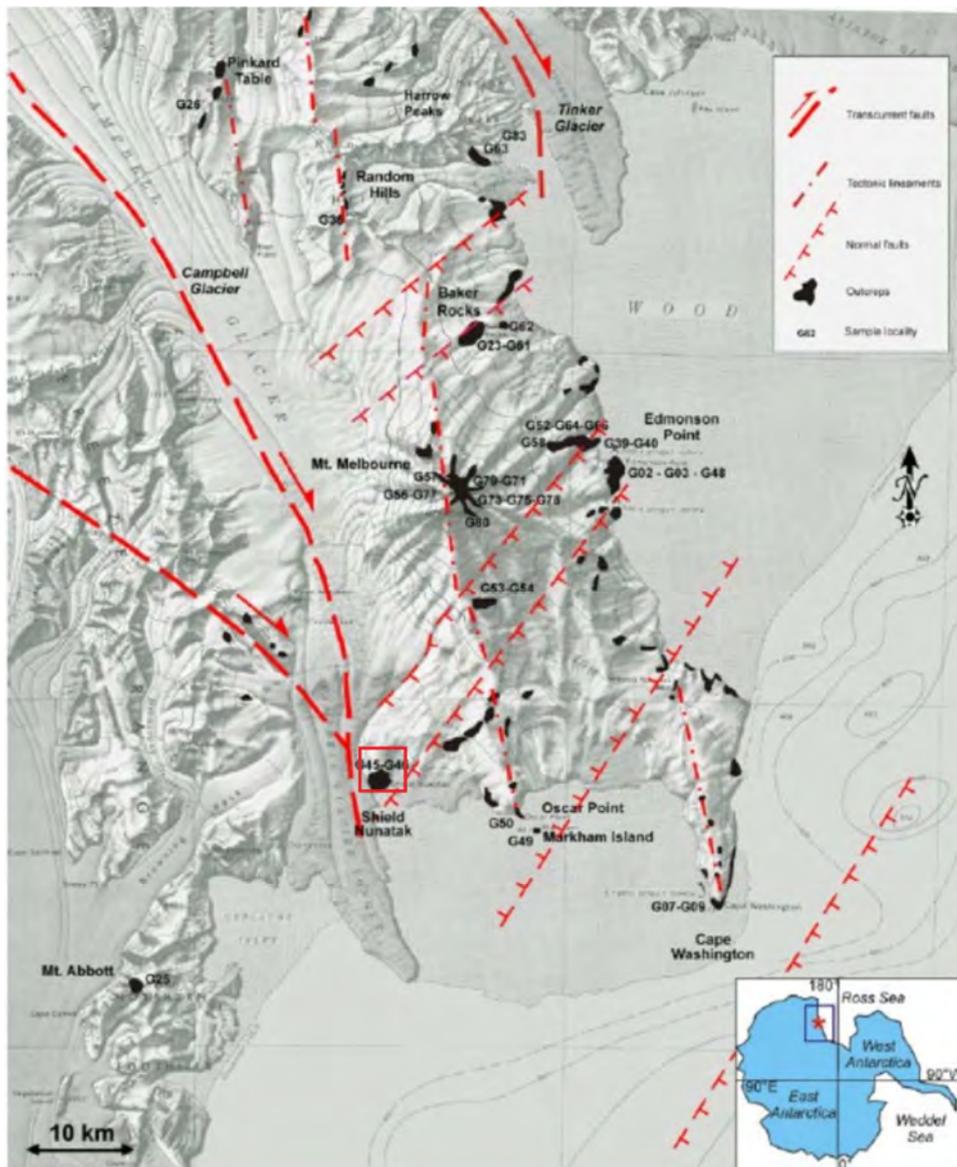
### 1. 멜버른 화산지대(Melbourne volcanic field)

남극의 신생대 후기 화산들은 맥머도화산층군(McMurdo Volcanic Group)으로 명명되어 있다. 이 화산들은 판내부(intraplate) 화산들로서 서남극열곡계(West Antarctic Rift System)와 같은 열곡대와 관련되어 형성되었다(Behrendt, 1999). 이 화산들은 대체로 알칼리 마그마 계열의 화산들로서 현무암에서 포놀라이트 및 조면암의 조성을 지니며 비폭발적인 분출이 우세하였으나 마그마-빙하 상호작용이 있었거나 진화한 마그마가 분출한 경우에는 폭발적인 분출도 발생하였다. 맥머도화산층군의 화산들은 분석구와 같은 단성화산과 용암류 그리고 이들에 비해 규모가 큰 순상화산 및 성층화산들로 이루어져 있다(LeMasurier & Thomson, 1990). 성층화산들은 상대적으로 더 진화한 조면암 및 포놀라이트로 이루어져 있다. 현세에 플리니형(Plinian) 분출을 일으켰거나 향후 폭발적으로 분출할 가능성이 있는 화산으로는 Mt. Takahe, Mt. Berlin, Mt. Melbourne, Mt. Rittman가 있다 (LeMasurier & Thomson, 1990).

맥머도화산층군은 화산들의 공간적 분포, 지구조환경, 그리고 암석학적 특징에 따라 북에서 남으로 Hallett, Melbourne, 그리고 Erebus 화산구(volcanic province)로 나뉘어진다(Kyle & Cole, 1974). 멜버른 화산구/화산지대는 남극횡단산맥-로스해 분지 시스템의 확장적(transensional) 지구조 진화와 관련하여 만들어진 것으로 해석되고 있다(Salvini et al., 1997; Rossetti et al., 2000, 2003). 멜버른 화산지대는 남극횡단산맥을 가로지르는 북동 방향의 우수향 주향이동단층과 로스해 분지의 남북 방향 정단층과 관련하여 형성되었다(Rossetti et al., 2000). 멜버른 화산지대에는 조면암질 암석으로 이루어진 몇 개의 커다란 성층화산이 나타나며, 주요 화산들로는 Malta Plateau, The Pleiades, Mount Overlord, Mount Melbourne이 있다. 멜버른 화산지대의 화성활동은 로스해 분지의 확장과 관련하여 50 Ma경부터 시작되었으며, 단층대가 재활성된 30 Ma 이후 활동이 증가하였다.

멜버른 화산(Mount Melbourne)은 Wilson Terrane에 포함된 선캠브리아-오르도비스기의 관입 및 변성 기반암 위에 형성되었다. 암석들은 바사나이트, 알칼리현무암, 하와이아이트, 조면암의 조성을 지니고 있으며, 육상 및 수저/빙하저 환경에서 일어난 폭발적/비폭발적 분출에 의해 형성되었다(Worner & Viereck, 1989). 화산암의 연대측정 결과 멜버른 화산 북쪽의 단성화산들은 마이오세-플라이오세(12~3 Ma; Armienti et al., 1991)의 연대를, 화산 남쪽의 Cape Washington 순상현무암은 2.7~1.67 Ma(Kreutzer, 1988, unpublished data)의 연대를, 멜버른 화산과 그 이외의

단성화산들은 모두 제4기의 연대를 지니고 있는 것으로 확인되었다(Kyle, 1990).



**Fig. 1.** Shaded topography of the Mt. Melbourne volcanic region (Giordano, 2012). The red square is study area.

## 2. 멜버른 화산 주변의 단성화산군

멜버른 화산으로부터 10~25 km 주변에는 Baker Rocks, Shield Nunatak, Oscar Point, Markham Island 등의 단성화산군이 나타난다. 이 화산들은 모두 알칼리현무암질의 조성을 지닌다. 이 중 Baker Rocks, Shield Nunatak, 그리고 Oscar Point 서쪽의 해안절벽은 황갈색의 현무암질 응회암이 주요 암상으로 나타나며 그 내부에는 불규칙한 형태의 암맥과 관입암체(apophyses)들이 나타나고 상부에는 분석구와

용암류가 나타나는 특징을 보인다. 연구 지역인 Shield Nunatak을 비롯한 이러한 화산들은 빙하저 또는 수저환경에서 일어난 수증기-마그마성 화산분출에 의해 만들어졌으며, 분출 후기에 마그마성 화산활동을 일으켜 분석구와 용암이 만들어진 것으로 해석된다(Worner and Viereck, 1989). Shield Nunatak은 약 40만년 전 형성되었으며(Giordano et al., 2012), 윗면은 평평하며 측면은 가파른 특징적인 화산형태를 보인다(Fig. 2). 또한, Shield Nunatak은 동쪽으로 약 8° 기울어진 불규칙한 형태의 기반암 위에 놓여있으며, 기저 부분은 서쪽 절벽을 따라 관찰되는 mugearite 용암류의 상부에 침식면으로 노출되어 있다(Worner and Viereck, 1987).



**Fig. 2.** Overview of Shield Nunatak showing flat-topped, step-sided volcanic edifice.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 1. 연구방법 및 내용

Shield Nunatak으로부터 잘 노출된 야외노두에 대한 자세한 관찰 및 기재를 통해 빙하저 화산(tuya)의 특징적인 퇴적학적, 층서학적 구조를 파악하고 미세조직 관찰을 위한 시료를 수집하였다. 채취된 시료 중 미고결된 응회암 시료들은 절삭 및 연마 가공하는 과정에서 연약한 부분의 조직 파괴를 막기 위한 사전 작업으로 시료들을 레진에 담귀 형태를 고정시켰다. 레진에 고정된 미고결 시료 및 단단한 암석 시료는 박편 칩으로 제작한 후 Struers사의 EcoMet 250 연마기를 이용하여 연마분말 입도 환산 #1500에 해당하는 단계까지 표면을 연마하였다. 이후 추가 레진 도포 및 진공함침 작업을 거친 칩 시료를 슬라이드 글라스에 부착한 뒤 Buehler사의 Petrothin 정밀 절단/연마기를 이용하여 절단 및 연마 가공하였다. 연마된 박편을 다이아몬드 및 알루미늄 분말액에서 차례로 20분씩 표면 광택작업을 수행하여 박편을 최종적으로 완성하였다. 이러한 작업을 통해 11개의 박편을 제작한 뒤 전계방출형 주사전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 미세조직을 실시하였다. FE-SEM 기기에 부착된 에너지 분산분광기(EDS)를 이용한 구성 광물 동정도 함께 실시하였다. 또한, 입자구성 파악을 통해 중·저위도 지역 화산들과 남극 빙하저 화산의 내부구조 차이를 조사해보았다. 최종적으로 야외관찰을 통해 촬영한 사진 자료와 채취한 시료의 미시적 관찰 내용을 종합하여 화산쇄설암의 퇴적상 분석을 실시하고 빙하저 화산의 생성 모델을 제시하였다.

### 2. 연구결과

#### 1) 야외 기재(field description) 및 퇴적상 분석

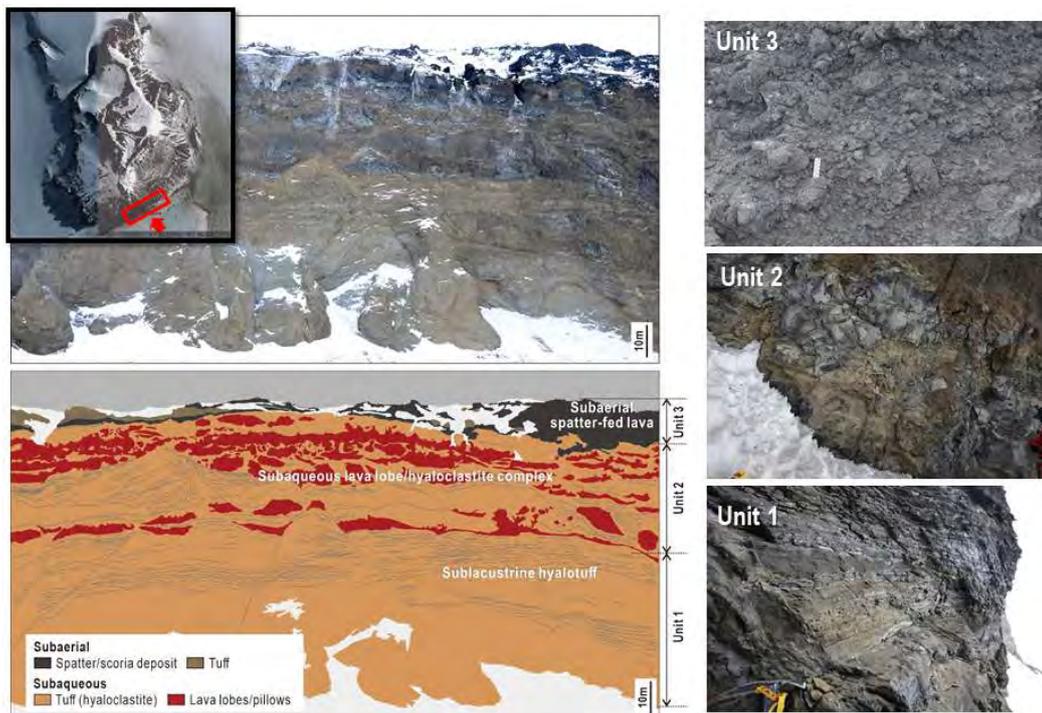
Shield Nunatak을 구성하는 주요 암상(lithofacies)은 야외 노두에서 관찰된 구조, 입자 크기, 구성에 따라 총 10가지로 분류할 수 있었다(Table 1). Shield Nunatak의 암상으로는 1)용암류(lava flows); blocky-jointed lava flows, pillow lava, agglutinated lava flows, unconfined lava lobe, 2)유리쇄설암질 화산력응회암/응회암(hyaloclastite lapilli tuffs); massive hyaloclastite lapilli tuff, stratified hyaloclastite lapilli tuff, 3)화산력응회암/응회암(lapilli tuff/tuff); massive lapilli tuff/tuff, cross-stratified lapilli tuff/tuff, stratified lapilli tuff/tuff, 4)관입체(Intrusion); dike-like bodies가 있다.

이러한 퇴적상 분류를 바탕으로 총 3가지의 상호합을 제시하였다(Fig. 3). 각 상호합을 살펴보면, 가장 하부에 위치한 Unit 1은 괴상 혹은 층상의 유리쇄설암과

**Table 1.** Major lithofacies of the Shield Nunatak

Lithofacies		Code	Description
Intrusion	Dike-like bodies	D	dike-like basaltic intrusions; mostly sub-vertical; angular to conchoidally-jointed;
Lava flows	Blocky-jointed lava flows	Lb	blocky, columnar-jointed; tabular shaped; partly alternation of hyaloclastite lapilli tuff and lava; irregular-shaped upper surface and planar-shaped lower surface of alternated lava;
	Pillow lava	Lp	concentric to irregular shaped; glassy selvedge; radial and concentric cooling joint; intercalated in stratified layers; locally occurred; variably welded; complex and overlapping layers; associated with spatter and scoria; vesiculated interiors; only occurred at the uppermost;
	Agglutinated lava flows	La	pod-like or lenticular; discontinuous; cooling joint at the surface; partly concentrated breccia layer; intercalated in massive or stratified tuff;
	Unconfined lava lobe	Lu	mostly vitric clasts; variable % of lava fragments; commonly fine-ash coated grains; palagonized; jigsaw-fit; very poorly sorted; layers of fine-grained laminated hyaloclastite between individual mass flow units; reddish matrix at the contact surface with Lb;
Hyaloclastite lapilli tuffs	Massive hyaloclastite lapilli tuff	Hm	mostly vitric clasts; variable % of lava fragments; commonly fine-ash coated grains; palagonized; very poorly sorted; typically alternation of very fine ash to medium lapilli layers;
	Stratified hyaloclastite lapilli tuff	Hs	massive or disorganized; angular vitric fine ash to medium lapilli; matrix-supported; poorly sorted; irregular patches of dark-gray agglomerates; partly accretionary lapilli;
Lapilli tuff/Tuff	Massive Lapilli tuff/Tuff	LTm	low-angle cross-stratified; well-sorted; dominantly angular vitric fine ash; partly soft sediment deformation;
	Cross-stratified Lapilli tuff/Tuff	LTx	parallel to slightly wavy; dominantly angular vitric fine ash; typically alternation of very fine ash to fine lapilli layers; well-sorted; well defined bed boundaries; partly soft sediment deformation; normal to reverse grading;
	Stratified Lapilli tuff/Tuff	LTs	

페퍼라이트 외피를 갖는 곡선상의 관입체로 구성되며, 이는 수증기-마그마성 화산 분화로 생성된 입자들이 호수 환경에서 생성되었던 것으로 해석된다. 그 위를 덮고 있는 Unit 2는 가장 자리에 급냉 조직과 소규모 주상 절리를 포함한 용암류가 로브 형태로 존재하면서 유리쇄설암과 교호되어 나타나며, 이는 수중 환경에서 수증기-마그마성 분화와 마그마성 분출로 생성된 물질이 교호되어 퇴적되었음을 지시한다. 마지막으로 Unit 3은 용결된 분석 및 라바스패터와 괴상 혹은 층상의 응회암으로 구성되는데, 이는 Unit 2에서의 분출 및 분화가 지속되는 과정 중 공급된 쇄설물이 점차 쌓여 물 밖으로 노출되면서 대기 하에서 퇴적되었던 것으로 해석된다.



**Fig. 3.** Photograph and sketch of Shield Nunatak. The outcrop is divided into three units.

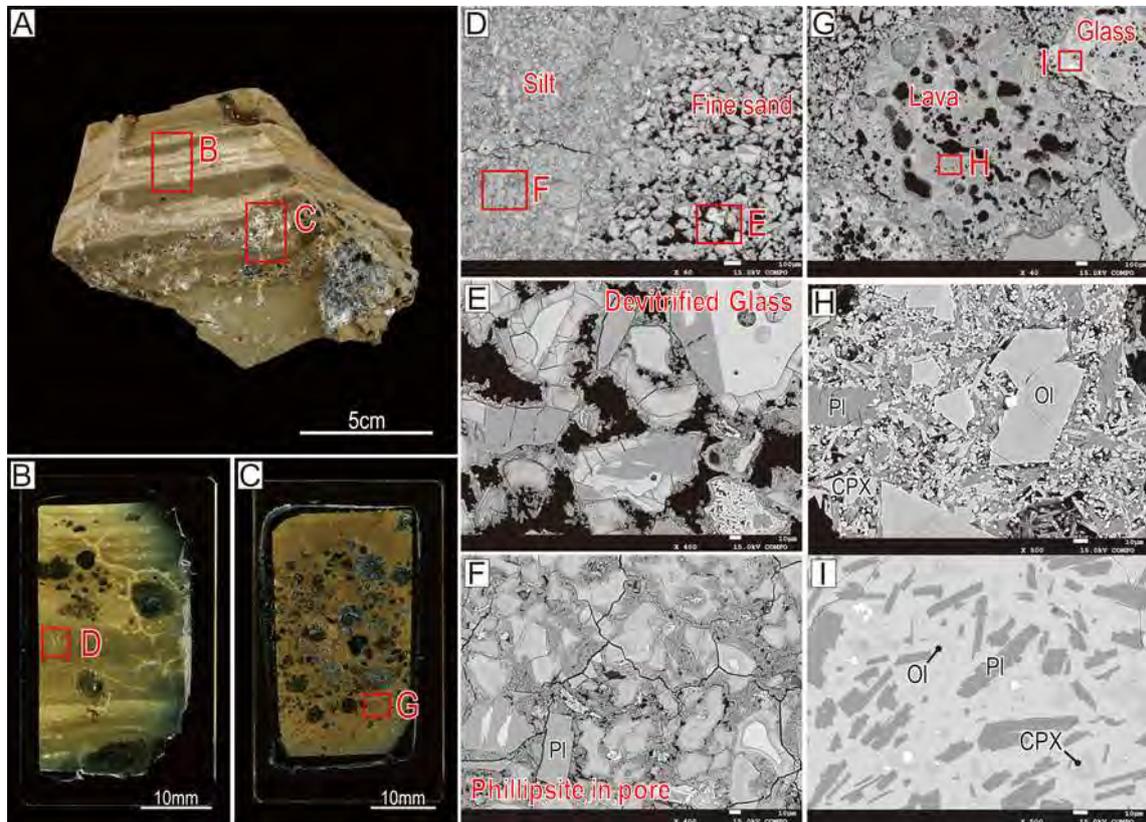
## 2) 조성 분석과 미시적 관찰(componentry, micro-texture observation)

### 미시적 관찰

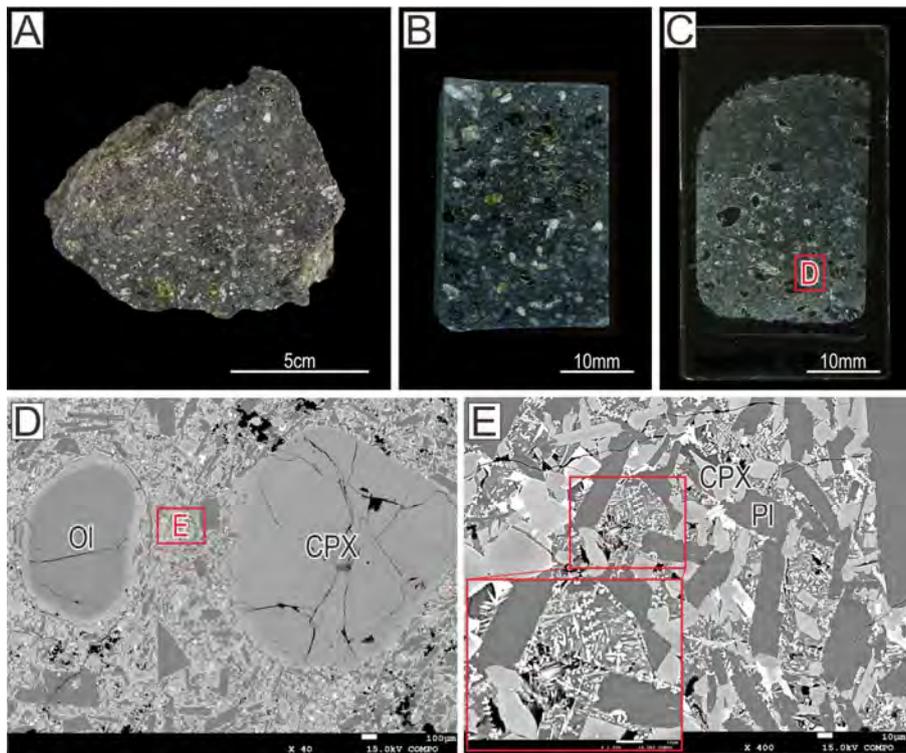
Unit 1의 유리쇄설암(hyaloclastite)은 2가지 유형의 입자를 포함하고 있었다(Fig. 4). 하나는 입자 내부에 기공이 존재하고 장식, 휘석, 감람석 결정들을 포함하는 입자 (Fig. 4D, 4E, 4I)로 수증기-마그마성 분화로부터 생성된 것으로 해석되었다. 또 다른 입자는 비교적 큰 사장석, 휘석, 감람석 결정들을 포함하고 있으며 기질이 보이지 않을 정도로 결정들이 치밀하게 채우고 있는데, 이는 용암류로부터 기원된 입자

로 판단되었다(Fig. 4G, 4H). 입자 간 공극은 phillipsite의 2차광물이 채우고 있었다(Fig. 4f). 유리쇄설암 외에 Unit 1에서 관찰된 관입체(Fig. 5)는 자형 내지 반자형의 감람석, 휘석, 장석이 차지하고 있으며 이러한 결정 입자들 사이에는 침상의 산화물이 발달되어 치밀하게 채우고 있었다. 일부 감람석과 휘석은 용식 조직을 보여주었다.

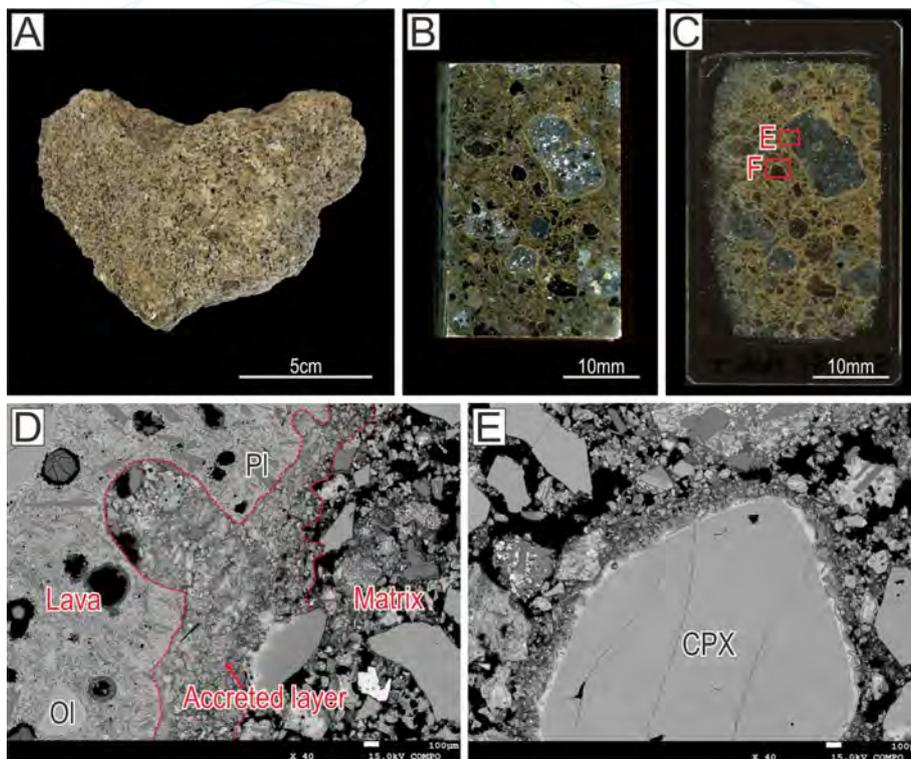
Unit 2와 Unit 3에서도 Unit 1과 유사한 유리쇄설암 및 용암류 입자 조직이 관찰되었으며(Fig. 6, 7, 8, 9), 유리쇄설암을 구성하는 일부 입자는 주위로 세립질 입자들이 둘러붙어 응집층을 이루고 있었다(Fig. 6D, 8D). 용암류(Fig. 7)와 라바스패터(Fig. 9)의 조직은 유사하게 관찰되는데, 라바스패터 내 관찰된 휘석결정의 크기가 더 크고 함량이 높게 나타났다.



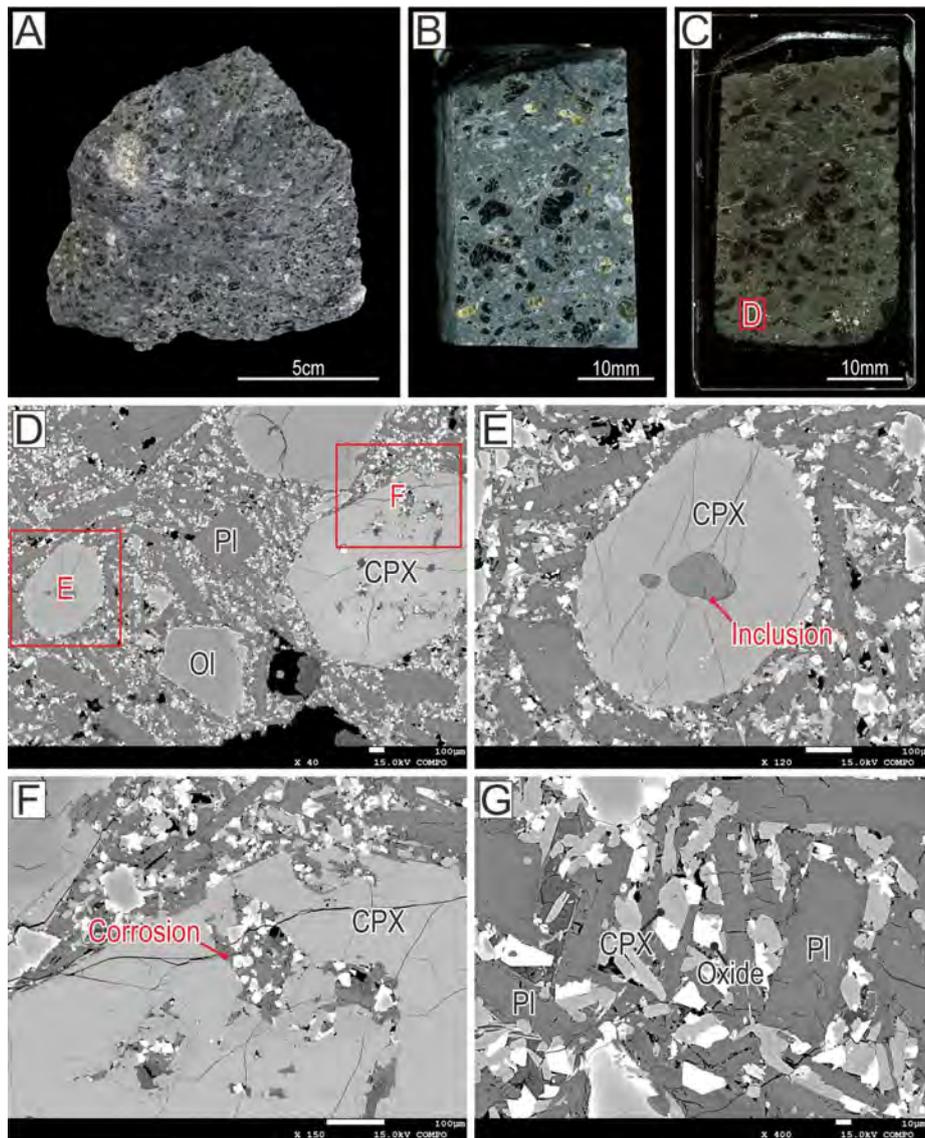
**Fig. 4.** Sample photograph and thin section images and back-scattered electron images of hyaloclastite at Unit I.



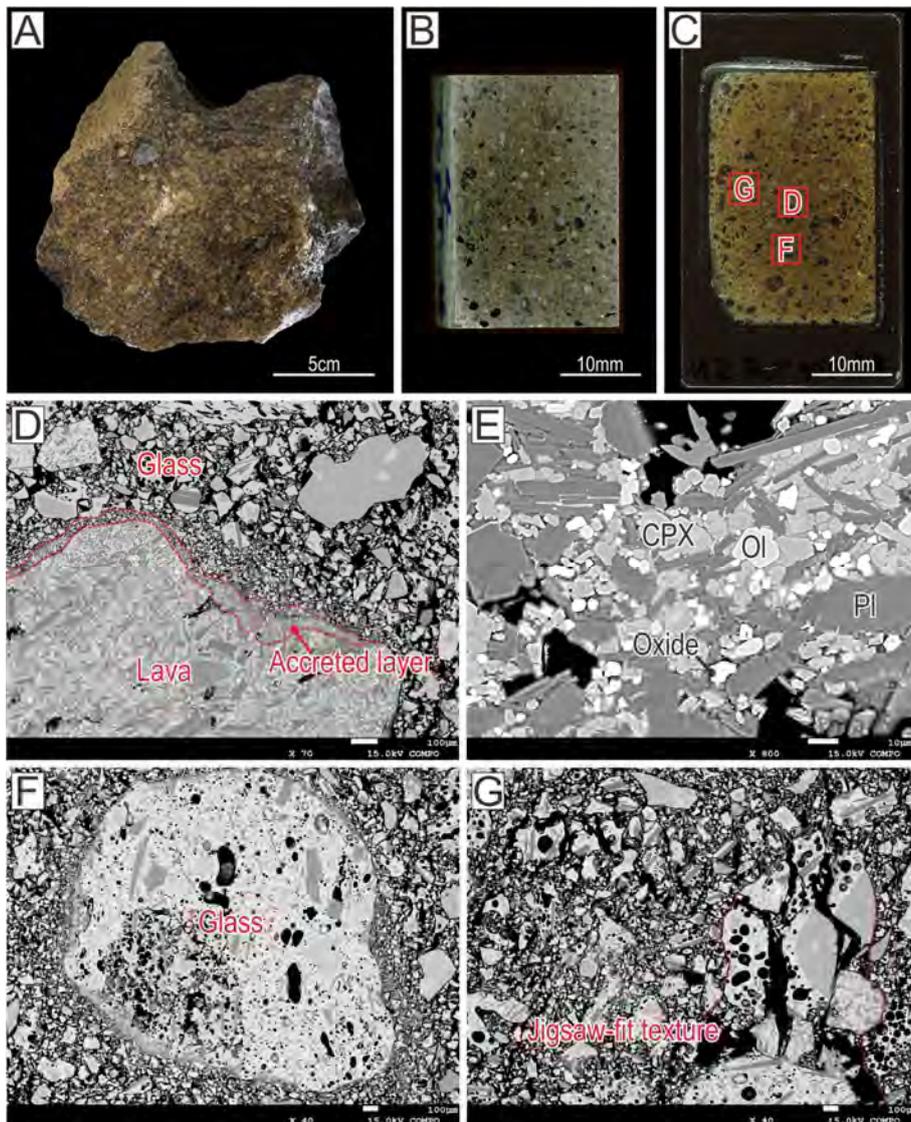
**Fig. 5.** Sample photographs and thin section image and back-scattered electron images of intrusion at Unit I.



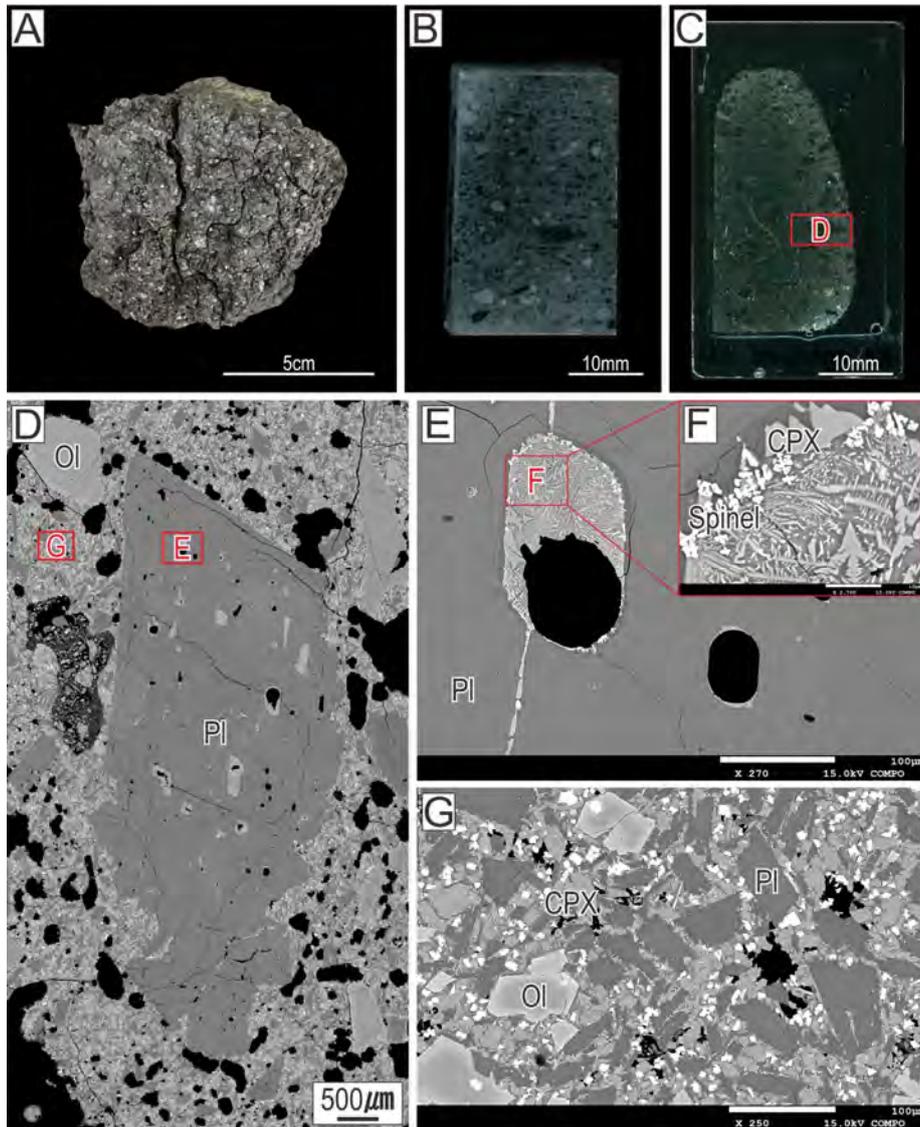
**Fig. 6.** Sample photographs and thin section image and back-scattered electron images of hyaloclastite at Unit II.



**Fig. 7.** Sample photographs and thin section image and back-scattered electron images of lava at Unit II.



**Fig. 8.** Sample photographs and thin section image and back-scattered electron images of tuff at Unit III.



**Fig. 9.** Sample photographs and thin section image and back-scattered electron images of agglutinate at Unit III.

#### 조성 분석

Shield Nunatak 화산쇄설물의 조성상의 특성을 규명하기 위해 후방산란전자이미지 분석을 실시하였고, 개별 입자가 갖는 모양, 색상, 기공의 분포 및 형태, 구성 광물의 종류 및 양적 특성을 기준으로 입자들을 크게 초생 물질(juvenile clasts)과 이질 물질(accidental materials)로 분류하였다. 초생 물질은 분화 당시에 공급된 마그마가 상승 및 파쇄를 겪으면서 형성되어 동시 산출되는 입자를 말한다. 이질 물질은 초생 물질을 제외한 나머지 물질들을 통칭하며 기반암이나 분화 이전에 존재하고 있던 주위 물질들이 이에 해당된다.

이러한 기준을 바탕으로 Shield Nunatak 시료들의 입자조성(componentry)을 살펴본 결과, 초생물질인 유리입자가 대부분을 구성하고 있었으며 이질물질로는 용암류로부터 기원된 입자가 일부 관찰되었다. 하지만, 용암류 입자는 Shield Nunatak의 기반암으로 알려진 musearite의 조직과 동일한 조직을 보이는 입자는 관찰되지 않았다. 이는 화산분화 과정 중 중·저위도 지역 단성화산들과 같이 지하내부로 굴착되면서 만들어지는 깔때기 형태의 다이아트림 구조를 가지지 않았을 가능성을 지시해 준다.

### 3) Shield Nunatak의 분화과정(eruptive history)

지금까지 진행한 Shield Nunatak에 대한 야외 기재 및 퇴적상 분석, 조성 분석, 미시적 관찰 내용들을 종합하여 Shield Nunatak의 화산분화 과정을 3단계로 재구성하였다. 처음에는 상부로 올라오던 마그마가 두꺼운 빙하로 인한 높은 압력의 영향으로 얼음 또는 물과의 폭발적인 상호작용이 억제되면서 비폭발적인 용암분출로 시작되었다. 이후 점차 마그마 열에 의해 빙하가 녹기 시작하면서 빙하 내부에 호수 환경이 조성되고 동시에 압력이 더욱 해제되어 물과 마그마의 폭발적인 상호작용이 활발히 일어나는 섯치형(surtseyan-style) 화산분화로 전이가 일어났다. 이후 수증기 환경에서 폭발적인 화산분화와 비폭발적인 화산분출이 교대로 발생하였다. 비폭발적인 화산분출로 공급된 용암은 로브 형태로 운반되었으며 차가운 물과 반응하면서 표면상에 냉각절리와 급냉조직이 생성되었다. 화산쇄설물의 퇴적이 계속 진행됨에 따라 수심이 점차 얕아졌고 결국 환경 변화를 가져왔다. 후기에는 대기하에서 용암분출(lava fountain)을 형성하는 하와이형(hawaiian) 화산분화와 수증기-마그마성 화산활동을 끝으로 분화가 종료되었다.

## 제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

우리는 멜버른 화산지대의 화산 분화 특성 및 화산물질의 운반/퇴적기작 이해를 통한 극지의 화산활동 특성과 남극대륙의 지질학적 진화과정 규명을 최종목표로 빙하저 화산의 특성과 형성과정에 대한 연구를 진행하였다. 장보고 기지 주변에 위치한 Shield Nunatak에 대한 야외관찰을 통해 빙하저 화산(tuya)의 특징적인 퇴적학적, 층서학적 구조를 파악하였고, 채취된 시료에 대한 미세조직 관찰과 입자조성 분석을 실시하였다. 또한, 화산쇄설암의 퇴적상 분석과 퇴적과정 해석을 통해 빙하내 화산물질의 운반/퇴적 작용 특성을 파악하고 빙하저 화산의 생성 모델을 제시하였다. 이러한 연구는 학술적인 측면에서 빙하저 화산활동의 연구경험 획득과 국내의 화산연구 역량 강화에 기여할 수 있다. 구체적으로는 소형 화산 연구를 통한 남극 고유의 빙하와 화산의 상호 작용에 대한 이해를 증진시키면서 상대적으로 연구가 덜 된 극지환경의 화산작용 연구를 통한 화산학 분야의 학술적 진보에 기여할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 국내에서는 연구가 불가능한 ‘subglacial volcanism’에 대한 연구 기반을 확보하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 한편, 경제적인 면에서는 화산재해 예측 및 대응능력 강화를 통해 화산분화에 따른 인적/물적 피해를 경감할 수 있을 것이다.



극지연구소

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

이번 연구에서는 빙하저 화산활동의 특성을 이해하기 위해 장보고 기지 주변에 위치한 Shield Nunatak을 대상으로 진행하였다. 하지만, 빙하저 화산의 분출 및 퇴적과정을 더 잘 이해하기 위해서는 멜버른 화산지대에 분포하는 Oscar point를 포함한 여러 지역의 화산쇄설층에 대한 야외관찰과 미세조직 및 입자조성 분석이 요구된다. 뿐만 아니라, 빙하저 용암의 정치과정에 대해서도 추가적인 연구를 진행한다면 빙하저 화산활동의 분화 특성 및 화산 물질의 운반-퇴적 기작을 이해하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

최종적인 목표인 멜버른 화산지대의 화산 분화 특성 및 화산물질의 운반/퇴적기작 이해를 통한 극지의 화산활동 특성과 남극대륙의 지질학적 진화과정 규명을 이루기 위해서는 멜버른 화산의 시공간적 진화과정 이해를 위한 연구가 필요하다. 구체적으로는 멜버른 화산 내륙 지역의 화산암에 대한 야외관찰과 함께 지화학 및 연대측정 자료를 종합하여 멜버른 화산의 통합층서를 제시하는 연구가 요구된다. 이와 더불어, 멜버른 화산의 화산활동 특성과 전세계 판내부 화산과의 특성 비교와 광역적 지구조 진화 및 제4기 환경변화와의 연관성 분석을 통한 멜버른 화산지대의 시공간적 진화과정 모델을 제시하는 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

극지연구소

## 제 6 장 참고문헌

- Armienti, P., Civetta, L., Innocenti, F., Manetti, P., & Tripodo, A. (1991). New petrological and geochemical data on Mt. Melbourne Volcanic Field, Northern Victoria Land, Antarctica.(II Italian Antarctic Expedition). *Memorie della Società Geologica Italiana*, (46), 397-424.
- Behrendt, J. C. (1999). Crustal and lithospheric structure of the West Antarctic Rift System from geophysical investigations—a review. *Global and Planetary Change*, 23(1-4), 25-44.
- Giordano, G., Lucci, F., Phillips, D., Cozzupoli, D., & Runci, V. (2012). Stratigraphy, geochronology and evolution of the Mt. Melbourne volcanic field (North Victoria Land, Antarctica). *Bulletin of volcanology*, 74(9), 1985-2005.
- Kyle, P. R., & Cole, J. W. (1974). Structural control of volcanism in the McMurdo Volcanic Group, Antarctica. *Bulletin volcanologique*, 38(1), 16-25.
- LeMasurier, W. E., Thomson, J. W., Baker, P. E., Kyle, P. R., Rowley, P. D., Smellie, J. L., & Verwoerd, W. J. (1990). *Volcanoes of the Antarctic Plate and Southern Ocean* (Vol. 48). American Geophysical Union.
- Rossetti, F., Storti, F., & Salvini, F. (2000). Cenozoic noncoaxial transtension along the western shoulder of the Ross Sea, Antarctica, and the emplacement of McMurdo dyke arrays. *Terra Nova*, 12(2), 60-66.
- Russell, J. K., Edwards, B. R., Porritt, L., & Ryane, C. (2014). Tuya: a descriptive genetic classification. *Quaternary Science Reviews*, 87, 70-81.
- Salvini, F., Brancolini, G., Buseti, M., Storti, F., Mazzarini, F., & Coren, F. (1997). Cenozoic geodynamics of the Ross Sea region, Antarctica: Crustal extension, intraplate strike slip faulting, and tectonic inheritance. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B11), 24669-24696.
- Wörner, G., & Viereck, L. (1987). Subglacial to emergent volcanism at Shield Nunatak, Mt. Melbourne volcanic field, Antarctica. *Polarforschung*, 57(1/2), 27-41.
- Wörner, G., & Viereck, L. (1989). The Mt. Melbourne Volcanic Field (Victoria Land, Antarctica). I: Field Observations. *Geologisches Jahrbuch. Reihe E, Geophysik*, (38), 369-393.

주 의

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