

디셉션 섬에서 발견된 심성암편의 K-Ar 연령과 지질학적 의미

박주언¹ · 박계현^{1,*} · 이종익² · 박병권²

¹부경대학교 환경·해양대학 환경지질학과, ²한국해양연구원 부설 극지연구소

K-Ar Age of the Plutonic Rock Fragments Discovered from the Deception Island and Its Geologic Implication

Joo Un Park¹, Kye-Hun Park^{1,*}, Jong Ik Lee², and Byong-Kwon Park²

¹Department of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Korea Polar Research Institute, Incheon 406-840, Korea

요약: 디셉션 섬에서 다수의 산성 심성암류 암편들을 발견하였다. 이 중 두 표본에 대한 K-Ar 연대측정 결과 62.5 ± 1.2 Ma와 140.7 ± 2.7 Ma의 결과를 구하였다. 이러한 결과는 수면 위에 돌출된 디셉션 섬의 대부분을 이루는 화산암들이 최근의 화산활동으로 생성되었으며 최대 20만년 이하의 연령을 갖는 것으로 알려져 있는 것과 배치된다. 한편 디셉션 섬의 북쪽과 남쪽에 위치한 남셰틀랜드 제도와 남극반도에서는 중생대-신생대 기간 동안에 섭입작용과 관련된 활발한 화성활동이 보고되었으며 다양한 종류의 화강암질 심성암들이 넓게 분포하고 있다. 따라서 디셉션 섬의 화강암질 심성암 암편들은 디셉션 섬에서 최근 활동한 화산작용시 마그마의 분화에 의해 생성된 것이 아니라, 그 이전에 만들어져서 현재 노출된 화산체의 하부 놓여있는 화강암질 지각물질이 화산활동시 포획되어 지표로 분출하게 된 것으로 해석된다. 연령과 암종으로 보아 이 심성암들은 인접한 남셰틀랜드 제도 및 남극반도와 마찬가지로 화산호환경에서 생성되었을 가능성이 크다고 생각된다.

핵심어: 디셉션 섬, K-Ar, 심성암, 브랜스필드 분지, 남셰틀랜드 제도, 남극

Abstract: Many plutonic rock fragments of granitic composition were collected from the Deception Island. We obtained K-Ar ages of 62.5 ± 1.2 Ma and 140.7 ± 2.7 Ma from the two samples. Such result contradicts the general belief that most of the volcanic rocks of Deception Island are products of very recent activities and their maximum age does not exceed 200 ka. On the other hand, Mesozoic to Cenozoic rocks produced by subduction-related active magmatism have been reported from both South Shetland Islands and Antarctic Peninsula, located to the north and south of the Deception Island respectively. Also, various kinds of plutonic rocks with granitic composition are distributed widely. Therefore, plutonic rock fragments with granitic composition discovered from the Deception Island seem to indicate their derivation by capturing granitic crustal material underlying volcanic edifice during the volcanic activities, instead of differentiation from magmas related with recent volcanism. Ages and rock types of the plutonic rock fragments suggest arc-related origin just as adjacent South Shetland Islands and Antarctic Peninsula.

Key words: Deception Island, K-Ar, plutonic rock, Bransfield basin, South Shetland Islands, Antarctica

서론

디셉션 섬은 남극반도의 끝부분과 평행한 배열을 하고 있는 남셰틀랜드 제도의 남쪽에 자리잡고 있는 화산섬이다(Fig. 1). 디셉션 섬과 북동쪽의 브릿지맨 섬 사이에는 해저 화산체들이 남셰틀랜드 제도의 남쪽 연

변부에 대체로 평행하게 선상으로 배열하고 있다(Fig. 1B). 디셉션 섬을 포함하여 이 화산체들은 북쪽의 남셰틀랜드 제도가 주로 중생대-제3기초의 연령을 보이는 것과는 달리 역사분출을 포함하는 매우 젊은 화산활동 시기를 보이며, 이들의 생성은 브랜스필드 해협 안에 자리 잡은 확장중심과 관련이 있는 것으로 알려

*Corresponding author: Tel. 82-51-629-6629, Fax. 82-51-629-6623, E-mail. khpark@pknu.ac.kr

져 있다(Grad *et al.*, 1992).

디셉션 섬의 화성활동이 역사분출을 포함하여 최고 20만년 이내의 아주 젊은 화산암들로 이루어진 것으로 알려져 있으나(Hawkes, 1961; Baker *et al.*, 1975; Smellie, 2001) 화산활동 시작시기에 대한 정밀한 연대 측정 결과가 보고되지 않았으며, 화산활동의 지구조적 환경 및 근원물질에 대한 보다 정밀한 연구가 필요하여 야외조사를 수행하게 되었다. 이를 위하여 2006년 12월중에 디셉션 섬을 방문하였다. 그러나 전적으로 화산암으로 구성되었을 것으로 예상했던 디셉션 섬의 야외조사중 상당수의 화강암질 암편들을 발견하였다.

야외조사 직후의 문헌 재조사를 통해 Risso and Aparicio(2002) 역시 디셉션 섬으로부터 20여개의 심성암질 암편들을 발견하여 발표하였음을 알게 되었다. 이들은 지화학적 분석을 수행하였으며, 탄성과 속도구조에 근거하여 Grad *et al.*(1992)가 제시한 해석을 근거로 이러한 심성암편이 마그마에 잡혀 포획암으로 올라왔으며, 디셉션 섬의 하부에는 이전에 형성된 변성암 또는 화강암질 기저가 놓여있다는 해석을 지지한다고 하였다.

그러나 Risso and Aparicio(2002)은 심성암질 암편들에 대한 연령자료를 제시하지 않았으며, 이들의 근원물질에 대해서도 명확한 논의가 이루어지지 않았다. 비록 화강암질 심성암 중에서 현무암질 마그마의 분화로 만들어진 것으로 밝혀진 것은 그 수가 많지는 않지만

디셉션 섬과 같이 상당히 분화된 마그마들도 산출되는 경우 화강암질 암편들이 최근의 마그마활동의 산물일 가능성을 전적으로 배제할 수는 없다. 한편 중생대-신생대에 화산호 환경에서 활발한 화강암질 마그마활동이 있었던 남쉐틀랜드 제도가 디셉션 섬이 포함된 브랜스필드 분지지역의 바로 북쪽에 자리잡고 있기 때문에 오래된 지각의 일부가 디셉션 섬의 하부에 존재하고 있을 가능성도 제기될 수 있다. 이 연구에서는 이러한 가능성들 중 어느 것이 사실인지를 알아내기 위하여 디셉션 섬에서 채취한 화강암질 암편들 중 두 표본에 대한 K-Ar 연대측정을 수행하였으며, 그 결과를 보고하고, 주변 지역의 기존 연대자료와 비교하여 토의한다.

지질개요

디셉션 섬의 지질에 대한 소개에 앞서 주변지역의 지구조적 진화와 현재의 상황과 간략하게 기술한다. 남미 대륙의 남단과 남극대륙 사이에 위치한 드레이크 해협은 남쪽에 남쉐틀랜드 제도가 자리잡고 있으며, 남쉐틀랜드 제도와 남극반도 사이에는 브랜스필드 해협이 존재한다(Fig. 1). 동서방향으로 자리잡고 있는 남쉐틀랜드 제도는 북쪽의 남쉐틀랜드 해구를 따라 남동방향으로의 섭입작용으로 만들어진 중생대-신생대의 화산호환경에서 생성되었다(Baker, 1982; Baker *et al.*,

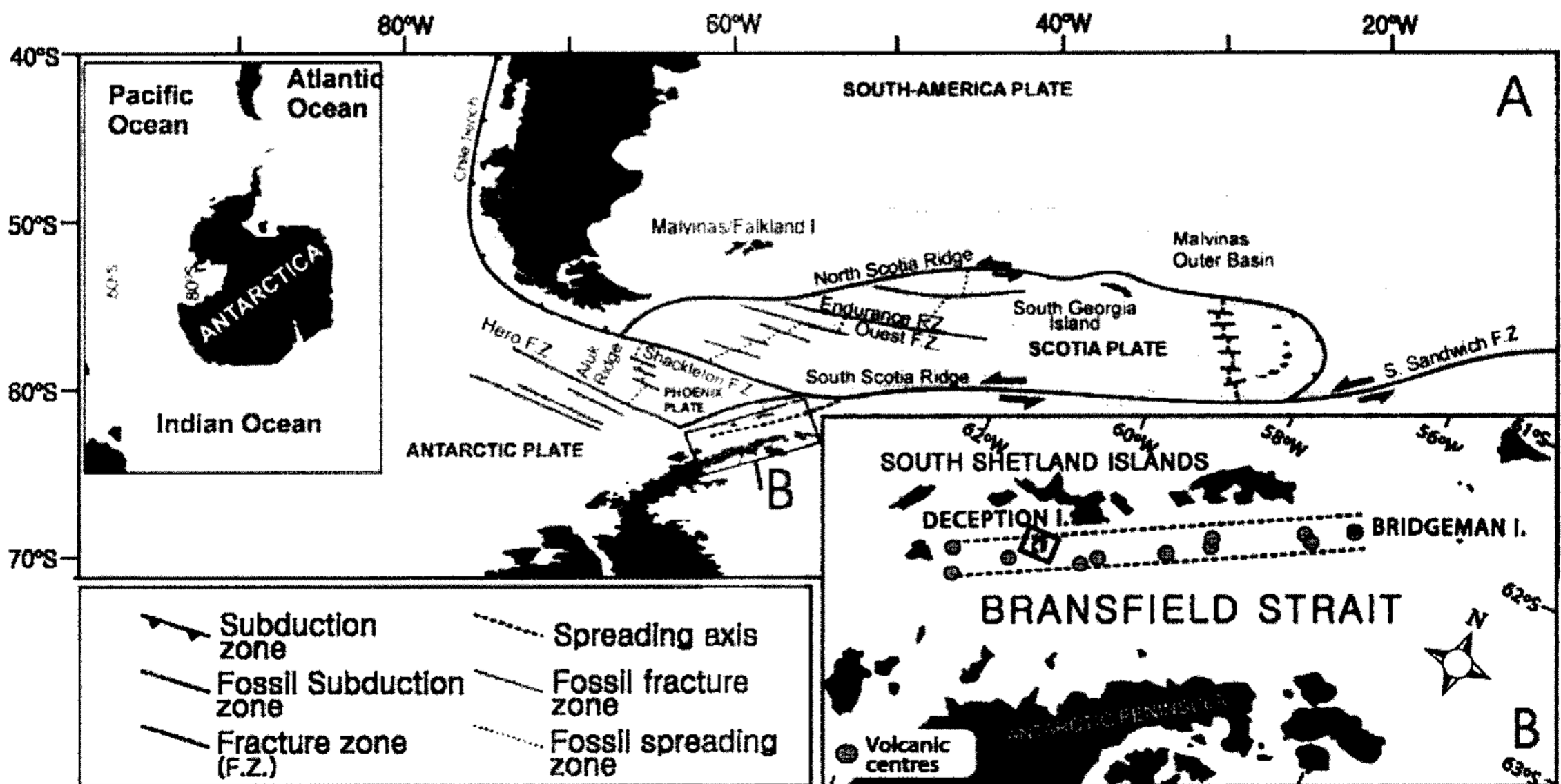


Fig. 1. (A) Regional tectonic map showing major convergent and divergent plate boundaries of the Scotia Sea between South America and Antarctic Peninsula. (B) Location of Deception Island, Bridgeman Island and other submarine volcanic centers in Bransfield Strait between them. These maps are adapted from Somoza *et al.* (2004).

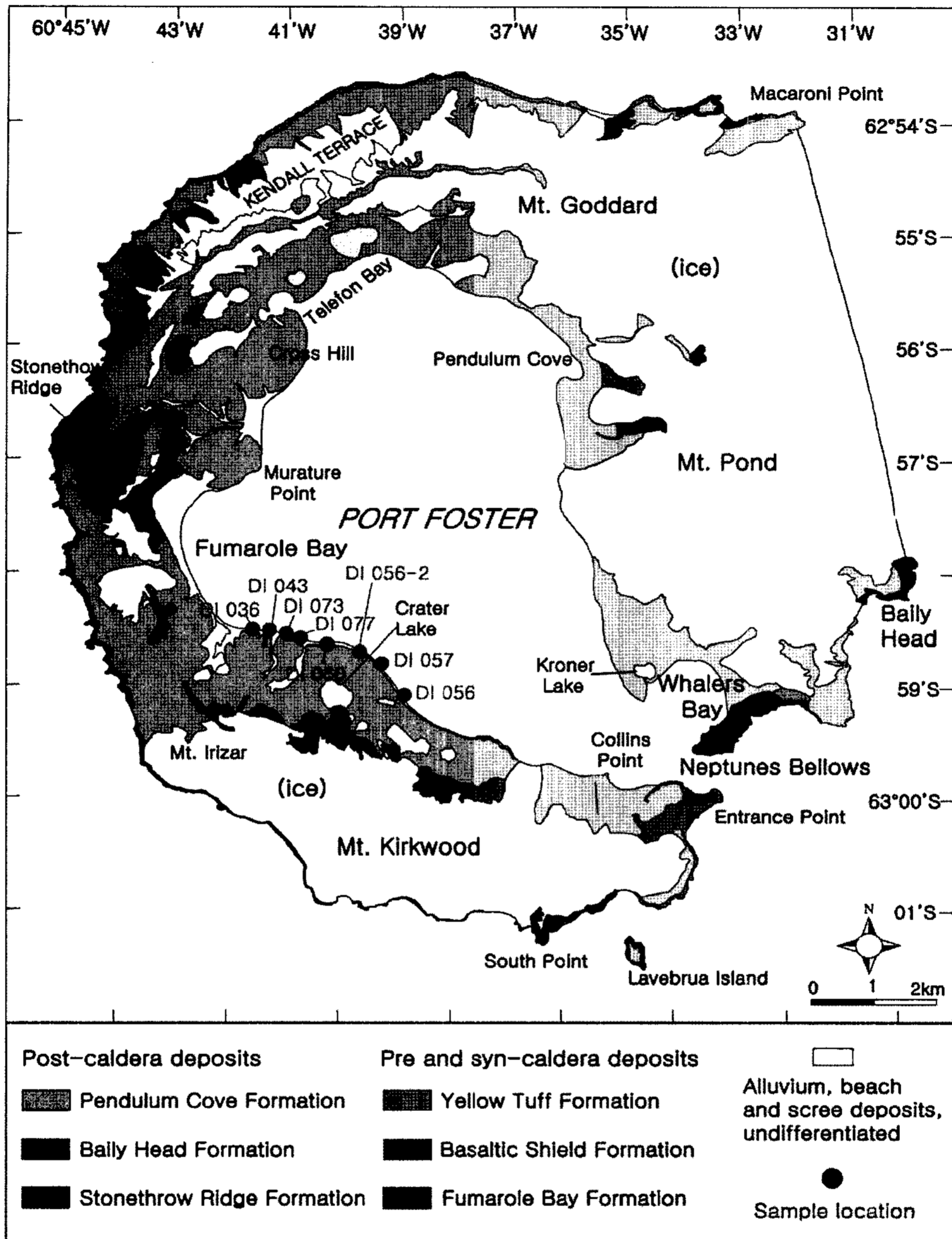


Fig. 2. Geologic map of Deception Island (Smellie and López-Martínez, 2000) and sample locations of granitic rock fragments collected for this study.

1991; Machado *et al.*, 2005a,b; Fig. 1). 섭입퇴적물의 변형과 지진관찰을 통해 현재도 이러한 섭입작용이 지속되고 있는 것으로 알려져 있다(Pelayo and Wiens, 1989; Maldonado *et al.*, 1994). 그러나 3.3 Ma 이전에 피닉스판의 확장이 멈추고 사실상 남극판과 합쳐지면서 이러한 섭입도 끝났다는 주장도 있다(Lawver *et al.*, 1995; Livermore *et al.*, 2000).

남쉐틀랜드 제도와 남극반도 사이에 자리 잡은 약 500 km 길이의 브랜스필드 분지의 지구조환경에 대해서는 상반되는 견해가 존재한다. 첫 번째 가설은 남쉐틀랜드 제도 북쪽에서의 해구의 롤백현상이 일어나 남쉐틀랜드 화산호가 북서쪽으로 이동하면서 만들어진 배호분지 환경이라는 것이다(Smellie *et al.*, 1984; Maldonado *et al.*, 1994; Lawver *et al.*, 1995, 1996). 다

큰 가설은 스코시아와 남극반의 좌수향 전단응력 체계 아래서 남스코시아 해령 전체를 따라 일어난 현상이라는 것이다(Prieto *et al.*, 1998; González-Casado *et al.*, 2000; Giner-Robles *et al.*, 2003).

브랜스필드 분지 내에는 브릿지맨 섬으로부터 디셉션 섬 사이에 여러 해저 화산들이 북동-남서 방향으로 뚜렷한 선상배열을 보이고 있으며 모두 신생대 말에 만들어진 것으로 알려져 있다(Muñoz-Martín *et al.*, 2005). 디셉션 섬을 포함하는 이러한 선상 배열의 화산체들은 초기의 확장중심을 나타내는 것으로 알려져 있으며(Grad *et al.*, 1992; Smellie, 2001), 지화학적 유사성은 화산호와 비슷한 것과 중앙해령현무암질인 것이 함께 나타난다(Keller and Fisk, 1992; Fisk, 1990).

중앙 칼데라의 형성으로 독특한 고리모양의 섬모양을 하고있는 디셉션 섬은 물에 잠긴 기저부의 직경이 약 30 km인 순상화산체이며(Smellie, 1989). 바닷물이 들어와 있는 중앙 칼데라는 8~10 km의 직경을 갖는다. 바닷물 위에 드러난 디셉션 섬은 성층화산의 양상을 보이며 여러 화구로부터의 연속적인 분출물들에 의해 만들어졌다. 화산암층은 칼데라의 형성 이전 내지 동시성인 층들과 그 이후의 층들로 크게 나눌 수 있다(Baraldo *et al.*, 2003). 화산분출물의 종류는 현무암질 용암류 및 스킨리아, 특징적으로 노란색을 띠는 팔라고나이트화된 라필리 응회암을 포함하는 화쇄류층 등 다양하다(Martí and Baraldo, 1990). 초기의 수중활동 뒤에 디셉션 섬의 화산작용을 폭발적인 대기중 활동으로 바뀌었으며, 선사 및 역사분출들은 주로 후자의 형태로 많은 소규모의 응회질 화산체, 응회환 및 마르들을 만들었고, 어떤 경우에는 작은 용암류도 연관된다(Smellie *et al.*, 2002). 디셉션 섬 화산암의 지구화학적 특징은 칼크알칼리 계열과 비슷하며(Hawkes, 1961) 초기 단계에서는 솔레아이트적 성질을 보인다. 화산암의 조성은 감람석 현무암에서 데사이트까지이며, 역사분출에서는 주로 중간정도의 칼륨 함량을 보이는 안산암이다. 화산활동 산물의 대부분은 염기성 및 중성암들이다.

지난 수세기 동안의 역사분출들(Pallás *et al.*, 2001)을 제외하고는 디셉션 섬의 분출시기에 대한 자료는 많지 않다. 고지자기 측정결과는 현재와 같은 정자극기에 해당하며, 가장 오래된 분출의 시기가 75만년 이내임을 나타낸다(Valencio *et al.*, 1979). 한편 정밀하지 못한 K-Ar 전암연령이 150 ± 50 ka로 보고되었으며(Keller *et al.*, 1992), 오차 감안시 최대 20만년의 연령을 나타낸다(Smellie, 2001). 역사분출은 1842, 1967, 1969 및 1970에 일어났다(Hawkes, 1961; Baker *et al.*, 1975).

Risso and Aparicio(2002)에 의하면 디셉션 섬의 심성암질 포획암의 존재는 1990년에 스페인 언어로 처음으로 발표되었다. Risso and Aparicio(2002)는 짧은 논문으로 이들이 채취된 화산암질 및 반려암질 포획암들에 대한 간략한 기재와 지화학 분석자료를 포함하고 있다. 이들은 20개 이상의 심성암질 암편들이 채집되었으며, 암종은 화강섬록암, 석영섬록암, 토날라이트, 그리고 반려암을 포함한다. 이들은 발견된 심성암질 암석중 반려암질 포획암은 이들을 포함하는 화산암과 동일 마그마 기원, 그리고 다른 심성암 암편들 외래암편일 가능성을 언급하였다. Risso and Aparicio(2002)에 의하면 심성암 조직을 갖는 포획암들이 포함된 화산쇄설암들이 몇 곳에서 발견되기도 하였지만 대부분의 심성암 암편들은 주로 디셉션 섬의 내부해안을 따라 분포한다.

2006년 12월에 수행한 디셉션 섬의 야외조사시에 발견한 심성암 내지 반심성암질 암편들의 수는 50여개이며 이 중에서 화강암질의 심성암 암편이 40여개이다. 채취한 표품들 중에서 반려암질의 심성암 조직을 보이는 것은 대부분 화산암 내에 포획암으로 산출되는 것이다. 그러나 화강암질 조직을 보이는 표품들은 모두 고리모양을 하고 있는 디셉션 섬의 안쪽 해안에서 개별적으로 산재하는 암편으로 산출되는 것을 채취하였다. 이 번 조사시에는 화산암 내에 포획암으로 산출되는 화강암질 암편을 발견하지는 못하였지만 Risso and Aparicio(2002)의 조사시 포획암으로 산출되는 것을 발견하였고, 이들이 채취한 대부분의 화강암질 심성암 암편들을 발견한 장소와 이 연구에서의 표품 채취위치가 동일하다. 따라서 이 화강암질 암편들 역시 화산분출시 포획암의 형태로 잡혀 올라온 것으로 판단된다.

표품기재 및 분석

디셉션 섬에서 채취된 화강암질 암편들은 모드 분석 결과 QAP 도형에서 전형적인 화강암의 영역에 도시된다. 유색광물은 대부분의 표품에서 흑운모로 관찰되며, 일부 표품에서는 각섬석이 나타난다. 연대측정에 사용된 두 표품은 모두 조립질의 분홍색 알칼리 장석이 두드러지게 관찰되는 암편이며, 흑운모를 유색광물로 갖는다. 현미경하에서 관찰하면 상당수의 흑운모 입자들이 벽개면을 따라 녹니석으로 변질되었음이 관찰된다.

K-Ar 전암분석을 위해 암편을 조분쇄기(Jaw crusher)로 파쇄한 다음 표준망체를 이용하여 60~100메쉬에 해당하는 부분을 분리하여 탈이온수로 세척하고 오븐에

서 약 70°C로 건조시킨 후 실체현미경 하에서 흑운모를 골라내었다.

K-Ar 연대측정은 한국기초과학지원연구원에서 수행하였다. K 함량은 원자흡광분석기(Atomic Absorption Spectrometer, Unicam 989 모델)를 이용하여 분석하였고, Ar은 불활성기체의 동위원소 조성을 분석하는 고정진공 질량분석기(Static Vacuum Mass Spectrometer, VG 5400 모델)를 이용하여 분석하였다. 한국기초과학지원연구원의 기기를 이용한 K-Ar 분석법에 대한 보다 상세한 내용은 김정민(2001)에 기술되어 있다.

결과 및 토의

디셉션 섬의 심성암 표본 두 개에 대한 K-Ar 연대 측정 결과 제3기인 62.5 ± 1.2 Ma와 백악기초인 140.7 ± 2.7 Ma로 각각 다른 시기의 연령을 얻었다(Table 1). 분석된 K 함량은 일반적인 흑운모에 비해 상당히 낮은 값을 보인다. 이는 표본 기재에서 밝힌 것과 같이 흑운모의 상당부분이 녹니석으로 변질되었기 때문으로 해석된다. 또한 한 표본(DI-056)의 Ar 중 대기 Ar 비율이 66.7%로 매우 높은 값을 이기 때문에 이 표본의 정확한 연대를 알기 위해서는 저콘을 분리하여 U-Pb 연대측정을 실시하여야 할 것으로 판단된다. 하지만 디셉션 섬의 화산암들은 1970년에 관찰된 것을 비롯하여 최근까지 활동을 보였으며, 가장 하부의 화산활동 역시 20만년을 넘지 않을 것으로 해석되고 있기 때문에 이러한 흑운모의 변질에 기인하는 오차를 감안한다 하더라도 이번에 분석한 표본들을 포함하는 디셉션 섬의 화강암질 심성암편들은 이와 같은 훨씬 젊은 화산암류로부터 분화된 암석으로 볼 수는 없다. 따라서 디셉션 섬의 기저부에 존재하던 이전에 만들어진 지각물질들이 화산폭발시 함께 상승한 것으로 해석하는 것이 타당하다고 판단된다.

디셉션 섬 주변 지역 화성활동의 시기와 지구조환경

디셉션 섬의 화강암질 심성암 암편들이 이전부터 존재하던 지각물질로부터 유래하였다면 주변지역에도 유

사한 암체들이 분포하고 있을 가능성이 높다. 디셉션 섬의 주변지역에 분포하는 화강암질 암석들의 생성시기 및 지구조적 환경을 알아보기 위하여 디셉션 섬의 북쪽에 위치한 남쉐틀랜드 제도와 남쪽의 남극반도 여러 지역으로부터 보고된 자료들을 살펴보았다.

남쉐틀랜드 제도

남쉐틀랜드 제도의 화성활동에 대한 연구는 리빙스턴섬과 킹조지섬등 큰 섬에 집중되어 있다. Machado *et al.*(2005a,b)에 의하면 남쉐틀랜드 화산호의 중생대-신생대 마그마활동은 143-44 Ma의 기간에 걸쳐 일어난 것으로 보고되었으며, 이 논문에 포함되지 않은 자료들의 결과도 대부분 이 범위에 속하는 값을 보인다(예: Park, 1989; 박병권과 좌용주, 1991; Smellie *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 2000). 그러나 일부 연구결과들은 화성활동 연령의 범위를 더 젊은 쪽으로 약 30 Ma까지 확장시키고 있다(이종익 외, 1998; Zheng *et al.*, 2003). 화성활동은 지역에 따라 단속적으로 일어난 것으로 보고되고 있다. 예를 들어 Kim *et al.*(2000)은 킹조지섬 바톤 반도의 화산암과 심성암들에 대한 ^{40}Ar - ^{39}Ar 및 K-Ar 연대측정 결과 48-74 Ma와 119-120 Ma의 두 기간에 일어난 화성활동 시기를 구할 수 있었다. 박병권과 좌용주(1991)은 킹조지섬 필데스반도 화산암에 대한 K-Ar 연대측정을 수행하여 53-61 Ma의 연령을 구하였으며, 이 지역의 화산활동이 백악기말 또는 제3기초에 시작한하여 팔레오세 및 에오세 동안 활발했던 것으로 해석하였다.

리빙스턴섬 폴스만 일대의 화강암류들은 모두 칼크-알칼리 계열이며, 화산호 환경의 지구화학적 특징을 보인다(이종익 외, 1998). 좌용주와 이종익(1992)은 남쉐틀랜드 화산암들이 도호환경에서 상부맨틀의 부분용융으로 생성된 솔레아이트질 마그마의 결정분화작용으로 만들어졌다고 해석하였다. Machado *et al.*(2005a,b)은 남쉐틀랜드 제도의 여러 섬들이 백악기로부터 제3기에 걸쳐 피닉스판이 남극판 아래로 섭입하는 동안 형성되었으며, 이 지역 화성암은 적어도 4wt%의 퇴적물 혼합이 필요한 섭입성분을 포함하여 만들어졌다는 모델을 제시하였다.

Table 1. K-Ar ages of the mafic fractions from granites of Deception Island.

Sample	K (wt%)	error (1 σ)	^{40}Ar radiogenic (10 $^{-8}$ ccSTP/g)	error (1 σ)	^{36}Ar (10 $^{-10}$ ccSTP/g)	error (1 σ)	Age (Ma)	error (1 σ)	Air (%)
DI-056	1.18	0.03	290.7	0.5	196.6	0.2	62.5	1.2	66.7
DI-058-2	3.78	0.08	2149.3	1.8	89.1	0.1	140.7	2.7	10.9

남극반도

남극반도 역시 남쉐틀랜드 제도와 시기적으로나 지 구조 환경으로나 대체로 비슷한 화성활동이 중생대-신생대 기간에 있었다. 주라기 중기에는 섭입작용의 영향으로 만들어진 규질 화성암들의 활동(171-168 Ma)과 현무암질 용암의 분출(175-168 Ma)이 거의 동시기에 있었다(Riley and Leat, 1999; Riley et al., 2003). Riley et al.(2003)은 백악기 연령 (126-106 Ma)의 시원조성을 갖는 고철질 암맥 역시 섭입에 의해 성분이 변화된 맨틀의 부분용융 산물로 해석하였다. Vaughan et al. (2002)는 남극반도의 미화강암(microgranite) 암맥으로부터 분리한 저콘에 대한 SHRIMP U-Pb 연대분석을 통해 106.9 ± 1.1 Ma의 정출연대를 내놓았다. Leat et al. (2002)는 126-106 Ma의 Ar-Ar 및 K-Ar암맥 연령을 보고하였으며, 백악기중반 동안 화산호의 광역적인 압축력 작용동안 관입한 것으로 해석하였다. Scarrow et al. (1997)는 백악기와 제3기의 135-55 Ma 사이에 남극반도에 조성이 다양한 마그마들의 활동이 있었다고 주장하였으며, 이러한 변화는 해구와 해양 확장중심의 충돌에 기인한다고 설명하였다. 그 결과로 칼크알칼리 마그마작용은 화산호에서 먼쪽에서는 주향이동과 연관된 쇼쇼나이트 마그마활동으로, 화산호에 가까운 쪽에서는 인장과 연관된 솔레아이트질 마그마활동으로 대체되었다고 한다.

디셉션 섬 화강암질 심성암편 생성시기의 의미

이상에서 살펴본 것과 같이 디셉션 섬의 북쪽에 위치한 남쉐틀랜드 제도와 남쪽의 남극반도 모두 중생대-신생대 기간동안에 활발한 화성활동을 기록하고 있는 반면에 브랜스필드 분지 내의 화산체들은 모두 신생대에 만들어진 것으로 보고되고 있다. 따라서 디셉션 섬에서 발견된 화강암질 심성암 암편들이 백악기와 제3기초의 연령을 보이는 것은 이러한 시기에 만들어진 화강암질 지각이 디셉션 섬 화산체의 하부에 존재함을 나타낸다. 즉, 디셉션 섬의 기저부는 바로 북쪽에 위치한 남쉐틀랜드 제도와 마찬가지로 섭입환경에서 만들어진 지각이 존재함을 나타낸다. 뚜렷이 구분되는 두 시기의 K-Ar 연령은 이러한 화강암질 지각이 백악기초와 신생대초의 적어도 2회의 생성시기를 암체로 구성되어 있음을 시사한다. 그러나 이 연구에서 K-Ar 연대측정에 사용한 표품의 경우 흑운모가 녹니석으로 상당히 변질되어 있기 때문에 정확한 연령분포는 저콘 U-Pb 분석등을 통해 확인할 필요가 있다.

디셉션 섬의 생성과 지각구조

Grad et al.(1992)은 굴절파의 전파시간 해석에 기초하여 디셉션 섬 주변 상부지각 구조에 대한 1-2차원 탄성과 모델을 제시하였다. Grad et al.(1992)은 디셉션 섬의 북동에서 남쪽구역에 5.5-5.7와 6.4-6.7 km/s의 속도를 갖는 두 탄성파층이 각각 2-4 km와 5-7 km의 깊이에서 나타난다고 하였다. Grad et al.에 따르면 퇴적물 덮개 아래에서 관찰된 속도인 5.5-5.7 km/s는 산성의 결정질 또는 변성암의 전형적인 값이다. 이러한 결과는 디셉션 섬에서 발견한 화강암질 심성암 암편들이 유래한 구역을 나타내는 것으로 해석된다.

결 론

디셉션 섬에서 다수의 산성 심성암류 암편들에 대한 K-Ar 연대측정 결과가 62.5 ± 1.2 Ma와 140.7 ± 2.7 Ma를 나타내는 것은 이들이 디셉션 섬의 수면 위 화산암들과는 달리 최근에 만들어진 마그마의 분화물이 아님을 나타낸다. 따라서 디셉션 섬의 화강암질 심성암 암편들은 현재 노출된 화산체의 하부 놓여있는 과거에 만들어진 화강암질 지각물질이 화산활동시 포획되어 지표로 분출하게 된 것으로 해석된다. 이러한 해석은 Grad et al.(1992)의 굴절파 탐사자료에 의한 지각단면 모델과도 합치하며, 디셉션 섬에서 먼저 화강암질 암편들을 발견하였으나 연대측정 자료를 제시하지 못한 채 오래된 화강암질 지각의 존재를 시사한 Risso and Aparicio(2002)의 견해를 지지한다. 디셉션 섬의 북쪽과 남쪽에 위치한 남쉐틀랜드 제도와 남극반도에는 이 연구에서 구한 K-Ar 연령과 중첩되는 시기인 중생대-신생대 기간 동안에 섭입작용과 관련된 활발한 화성활동이 기록되고 있으며 다양한 종류의 화강암질 심성암들이 넓게 분포하고 있다. 이러한 점을 감안하면 이 심성암들은 인접한 남쉐틀랜드 제도 및 남극반도를 구성하는 암석들과 함께 화산호환경에서 생성되었을 가능성이 높다고 판단된다.

사 사

이 연구는 한국해양연구원 부설 극지연구소의 연구비 지원으로 의해 수행되었으며 이에 감사드린다. 디셉션섬의 야외조사시 많은 도움을 준 스페인기지 관계자들에게도 감사드린다. 여러 가지로 부족한 원고를 읽

고 많은 비평을 아끼지 않은 심사위원들에게도 감사드린다. 과제명: 남극브랜스필드 배호분지열수시스템에 대한 선도적 연구(PG07020).

참고문헌

- 김정민, 2001, 한국기초과학지원연구원에 도입된 K-Ar 연대 측정 시스템: 개요 및 성능. 암석학회지, 10, 172-178.
- 박병권, 좌용주, 1991, 남극 킹조지섬 필데스반도의 화산암의 K-Ar 방사성 연대. 지질학회지, 27, 409-415.
- 이종익, 김현철, 이미정, 강천운, Keisuke Nagao, 1998, 남셰틀랜드 군도 리빙스턴섬 폴스만 일대의 화강암류에 대한 K-Ar 연대측정 및 지구화학적 연구. 마그마 발생과 관입활동의 시-공간적 변화에 대한 응용. 지구과학회지, 19, 194-209.
- 좌용주, 이종익, 1992, 남극 킹조지섬 필데스반도의 화산암류에 대한 지구화학적 연구. 지구과학회지, 13, 200-211.
- Baker, P.E., 1982, The Cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: Ridge crest-trench interactions. Jour. Geol. Soc. London, 139, 787-801.
- Baker, P.E., Dalziel, I.W.D. and Storey, B.C., 1991, Tectonic development of Scotia Arc region. In Tingey, R.J., ed. Antarctic geology, Oxford: Oxford University Press, 215-248.
- Baker, P.E., McReath, M.A., Harvey, M.R., Roobol, M.J. and Davies, T.G., 1975, The geology of the South Shetland Islands: V. Volcanic evolution of Deception Island. British Antarctic Survey, Scientific Reports, 78, 81p.
- Baraldo, A., Rapalini, A.E., Böhnell, H. and Mena, M., 2003, Paleomagnetic study of Deception Island, South Shetland Islands, Antarctica. Geophys. Jour. Int., 153, 333-343.
- Fisk, M.R., 1990, Volcanism in the Bransfield Strait, Antarctica, Jour. South Am. Earth Sci., 3, 91-101.
- Giner-Robeles, J.L., González-Casado, J.M., Gumiel, P., Martín, S. and García, C., 2003, A kinematic model of Scotia plate (SW Atlantic Ocean). Jour. South Am. Earth Sci., 16, 179-191.
- González-Casado, J.M., Giner, J. and López-Martínez, J., 2000, Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: not a normal backarc basin. Geology, 28, 1043-1046.
- Grad, M., Guterch, A. and Sroda, P., 1992, Upper crustal structure of Deception Island area, Bransfield Strait, West Antarctica. Antarctic Sci., 4, 469-476.
- Hawkes, D.D., 1961, The geology of the South Shetland Islands, II. The geology and petrology of Deception Island. Falkland Islands Dependencies Survey. Sci. Rep., 27, 1-43.
- Keller, R.A. and Fisk, M.R., 1992, Quaternary marginal basin volcanism in the Bransfield Strait as a modern analogue of the southern Chilean ophiolites, in Ophiolites and Their Modern Oceanic Analogues, edited by Parson, L.M., Murton, B.J. and Browning, P., Geol. Soc. Spec. Publ., 60, 155-170.
- Keller, R.A., Fisk, M.R., White, W.M. and Birkenmajer, K., 1992, Isotopic and trace element constraints on mixing and melting models of marginal basin volcanism, Bransfield Strait, Antarctica. Earth Planet. Sci. Lett., 111, 287-303.
- Kim, H., Lee, K.I., Chose, M.Y., Cho, M., Zheng, X., Sang, H., and Qiu, J., 2000, Geochronologic evidence for Early Cretaceous volcanic activity on Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. Polar Res., 19, 251-260.
- Lawver, L.A., Keller, R.A., Fisk, M.R. and Strelin, J.A., 1995, Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: active extension behind a dead arc. In Taylor, B., ed. Backarc basins: Tectonic and magmatism. Plenum Press: Amsterdam, 315-342.
- Lawver, L.A., Sloan, B. J., Baker, D.H.N., Ghidella, M., Von Herzaen, R.P., Keller, R.A., Klinkhammer, G.P. and Chin, C.S., 1996, Distributed, active extension in Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: evidence from multi-beam bathymetry. GSA Today, 6-11, 1-6.
- Leat, P.T., Riley, T.R., Wareham, C.D., Millar, I.L., Kelley, S.P., and Storey, B.C., 2002, Tectonic setting of primitive magmas in volcanic arcs: an example from the Antarctic Peninsula. Jour. Geol. Soc. London, 159, 31-44.
- Livermore, R., Balanya, J.C., Maldonado, A., Martínez, J.M., Rodríguez, J., Sanz de Galdeano, C., Galindo, J., Jabaloy, A., Barnolas, A., Somoza, L., Hernandez, J., Surinach, E. and Viseras, C., 2000, Autopsy on a dead spreading center: the Phoenix Ridge, Drake Passage, Antarctica. Geology, 28, 607-610.
- Machado, A., Chemale, F., Jr., Conceição, R.V., Kawaskita, K., Morata, D., Oteiza, O., and Van Schmus, W.R., 2005a, Modeling of subduction components in the Genesis of the Meso-Cenozoic igneous rocks from the South Shetland Arc, Antarctica. Lithos, 82, 435-453.
- Machado, A., Lima, E.F., Chemale Jr., F., Morata, D., Oteiza, O., and Almeida, D.P.M., A.M.G. Figueiredo, F.M. Alexandria, J.L. Urrutia, 2005b, Geochemistry constraints of Mesozoic-Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica. Jour. South Am. Earth Sci., 18, 407-425.
- Maldonado, A., R. Larter, D., and Aldaya, F., 1994, Forearc tectonic evolution of the South Shetland margin, Antarctic Peninsula. Tectonics, 13, 1345-1370.
- Martí, J. and Baraldo, A., 1990, Pre-caldera pyroclastic deposits of Deception Island (South Shetland Islands). Antarctic Sci., 2, 345-352.
- Muñoz-Martín, A., Catalán, M., Martín-Dávila, J. and Carbó, A., 2005, Upper crustal structure of Deception Island area (Bransfield Strait, Antarctica) from gravity

- and magnetic modelling. *Antarctic Sci.*, 17, 213-224.
- Pallás, R., Smellie, J.L., Casas, J.A. and Calvet, J., 2001, Using tephrochronology to date temperate ice: correlation between ice-tephras on Livingston Island and eruptive units on Deception Island volcano (South Shetland Islands, Antarctica). *The Holocene*, 11, 149-160.
- Park, B.-K., 1989, Potassium-argon radiometric ages of volcanic and plutonic rocks from the Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. *Jour. Geol. Soc. Korea*, 25, 495-497.
- Pelayo, A.M., and Wiens, D.A., 1989, Seismotectonics and relative plate motions in the Scotia Sea region, *Jour. Geophys. Res.*, 94, 7293-7320.
- Prieto, M.J., Canals, M., Ercilla, G., and de Batist, M., 1998, Structure and geodynamic evolution of the Central Bransfield Basin (NW Antarctica) from seismic reflection data. *Marine Geology*, 149, 17-38.
- Riley, T.R. and Leat, P.T., 1999, Large volume silicic volcanism along the proto-Pacific margin of Gondwana: lithological and stratigraphical investigations from the Antarctic Peninsula. *Geol. Mag.*, 136, 1-16.
- Riley, T.R., Leat, P.T., Kelley, S.P., Millar, I.L., and Thirlwall, M.F., 2003, Thinning of the Antarctic peninsula lithosphere through the Mesozoic: evidence from Middle Jurassic basaltic lavas. *Lithos*, 67, 163-179.
- Risso, C. and Aparicio, A., 2002, Plutonic xenoliths in Deception Island (Antarctica). *Terra Antarctica*, 9, 95-99.
- Scarrow, J.H., Vaughan, A.P.M., and Leat, P.T., 1997, Ridge-trench collision-induced switching of arc tectonics and magma sources: clues from Antarctic Peninsula mafic dykes. *Terra Nova*, 9, 255-259.
- Smellie, J.L., 1989, Deception Island. (In Dalziel, I.W.D., ed. *Tectonics of Scotia arc, Antarctica*. 28th International geological Congress, Field Trip Guidebook T180. Washington, D.C., American Geophysical Union, 146-152.)
- Smellie, J.L., 2001, Lithostratigraphy and volcanic evolution of Deception Island. *South Shetland Islands. Antarctic Sci.*, 13, 188-209.
- Smellie, J.L. and López-Martínez, J., 2000, Geologic map of Deception Island. BAS GEOMAP series, Sheet 6-a, 1:25.000, with supplementary text. Cambridge: British Antarctic Survey.
- Smellie, J.L., López-Martínez, J., Headland, R.K., Hernandez-Cifuentes, F., Maestro, A., Millar, I.L., Rey, J., Serrano, E., Somoza, L., Thomson, J.W. and Thomson, M.R.A., 2002, Geology and geomorphology of Deception Island. BAS GEOMAP Series, Sheet 6-a and 6-b, 1:25.000, with supplementary text. Cambridge: British Antarctic Survey, 77pp, 3 sheets.
- Smellie, J.L., Pallás, R., Sàbat, F., and Zheng, X., 1996, Age and correlation of volcanism in central Livingston Island, South Shetland Islands: K-Ar and geochemical constraints. *Jour. South Am. Earth Sci.*, 9, 265-272.
- Smellie, J.L., Pankhurst, R.J., Thomson, M.R.A., Davies, R.E.S., 1984, The geology of the South Shetland Islands, VI, Stratigraphy, geochemistry and evolution, *Br. Antarct. Surv. Sci. Rep.*, 87, 85 pp.
- Somoza, L., Martínez-Frías, J., Smellie, J.L., Rey, J., and Maestro, A., 2004, Evidence for hydrothermal venting and sediment volcanism discharged after recent short-lived volcanic eruptions at Deception Island, Bransfield Strait, Antarctica. *Marine Geol.*, 203, 119-140.
- Valencio, D.A., Mendia, J.E. and Vilas, J.F., 1979, Palaeomagnetism and K-Ar age of Mesozoic and Cenozoic igneous rocks from Antarctica. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 45, 61-68.
- Vaughan, A.P.M., Pankhurst, R.J., and Fanning, C.M., 2002, A mid-Cretaceous age for the Palmer Land event, Antarctic Peninsula: implications for terrane accretion timing and Gondwana palaeolatitudes. *Jour. Geol. Soc. London*, 159, 113-116.
- Zheng, X., Kamenov, B., Sang, H., and Monchev, P., 2003, New radiometric dating of dykes from the Hurd Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. *Jour. South Am. Earth Sci.*, 15, 925-934.

2008년 2월 26일 접수

2008년 2월 28일 심사개시

2008년 3월 7일 채택