

제주도에서 산출되는 화강암에 관한 연구

안건상* · 이현구** · 임현철***

A Petrological and Geochemical Study of Granites in the Cheju Island

Kun Sang Ahn*, Hyun Koo Lee** and Hyun Cheol Lim***

ABSTRACT: A granite drilling core (-1200 m) obtained near the Majang cave in east part of the Cheju island. The rock is pinkish in color and has mirolitic cavities. It is coarse-grained rock and consists of quartz, plagioclase, alkali feldspar, biotite and magnetite. The rock shows characteristically micrographic texture. The alkali feldspar is subhedral to anhedral and generally interstitial grains and forms micrographic texture. K/Ar age of alkali feldspar in the core specimen is 58.14 ± 1.4 Ma (early Tertiary). The age, rock features and whole rock chemistry of the rock has strong resemblance to micrographic granites, so called "masanite", in southeastern part of the Korean peninsular. The granitic fragments from drilling core (-920 m) obtained in Jungmun area in south part of the Cheju island consist of quartz, plagioclase, alkali feldspar and biotite. The fragments in the Jungmun area are similar to granitic xenolith near the Cheju city for the absence of micrographic texture and different alkali feldspar.

서론

제주도의 하부 기반암에 대한 연구는 1931년 Haraguchi (原口九萬)가 제주시 부근의 별도봉에서 응회암내에서 화강암력을 발견하여 이를 제주도의 기반암으로 기재한 것이 그 효시로 볼 수 있다. 하부기반암에 대한 연구는 화강암력이 불국사화강암류에 대비된다는 지적이 있었을 뿐, 그 이래 큰 진척이 없었다. 그러다 본격적인 논의는 1990년대에 들어와 이동영 등에 의해 재개되었다. 이동영 등은 심부 시추결과 및 우도 동해안 절벽의 응회암 내에 백악기 응회암이 포획암으로 산출하는 것을 근거로 제주도의 기반암이 응회암류도 있음을 확인했다(원종관 외, 1993). 또한 제주도 서부에 있는 송악산 절벽이나 수월봉 해안 절벽에서는 편암류의 역도 확인되어, 제주도의 하부 지질은 백악기 응회암류, 화강암류 및 변성암류로 구성되어, 한반도 남부와 서남부 해안의 지질과 유사한 것으로 해석하였다(이문원, 1994).

하부 기반암의 구성암으로 생각되는 화강암류에 대하여, 이동영 외(1994)는 북제주군 구좌읍 종달리의 시추공에

대한 감마선검층 결과로부터 심도 660 m 이하의 구간에서 화강암이 분포한다고 해석하였으나 이 때까지만 해도 시추코어를 확인하지 못하였다. 1994년 이래 많은 시추공들의 시추코어가 감정되어 남부의 중문단지 내에서(-805 m), 북부의 신제주에서(-231 m)에서 화강암류가 분포하는 것을 확인하였다. 현재는 만장굴 근처에서는 지열이용을 목적으로 러시아인들이 1500 m 이상을 시추하고 있는데, 약 -960 m 심도에서도 화강암류가 산출되고 있다.

이 연구는 만장굴 근처의 심부 시추공에서 나온 화강암 시추코어를 암석학적, 지구화학적 측면에서 기재하여 제주도 및 한반도의 지체구조를 이해하는 기초자료를 제공하고자 하는데 목적이 있다. 또한 북부의 제주시 부근의 화강암력, 남부의 서귀포 근처 심부 시추공에서 얻은 화강암 분쇄물 자료와 함께 토의하고자 한다. 금번 조사에서는 이문원(1994)가 제시한 송악산(대정읍) 근처에서의 화강암력을 수집하지 못하였다. 이렇게 수집된 자료들과 관입시기, 광물조성, 광물조직이 유사한 남한의 화강암을 지역적 분포를 고려하여 비교 검토하고자 한다.

제주도 화강암의 암석학적 특징

만장굴 근처의 시추코어

이 화강암질암은 제주도 북제주군 구좌읍의 만장굴 근

* 조선대학교 사범대학 지구과학과 (Dept. of Earth Science, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea)

** 충남대학교 자연과학대학 지질학과 (Dept. of Geology, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

*** 한국자원연구소 환경지질부 (Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Taejon 305-350, Korea)

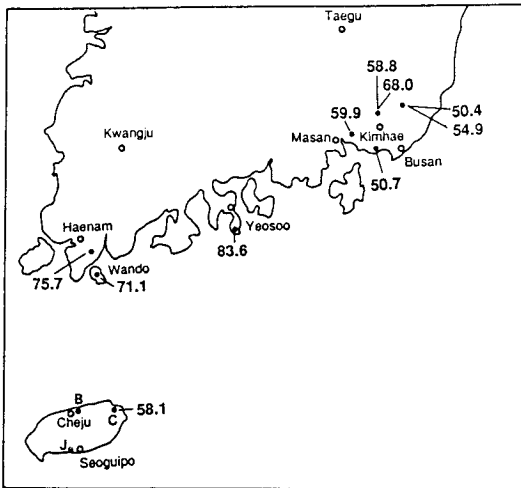


Fig. 1. Locations and ages of the Cheju granitic rocks (C) and other micrographic granites of southeastern part of the Korean peninsula. B: the Beoldobong near the Cheju city, J: Jungmun near the Seoguipo city (refer to Lee 1991, Shin *et al.*, 1994, Kim *et al.*, 1994).

처에 위치한 시추공에서 채취한 시추코아이다(Fig. 1, C지점). 이 시추코아는 해수면 이하 1200 m에서의 암석으로, 직경 약 10 cm, 직경 약 25 cm이다. 이 암석은 다량의 담홍색 알칼리장석으로 인하여 전체적으로 담홍색을 나타내며, 다양한 크기(최대 2 cm)의 정동구조가 특징적으로 관찰된다. 육안상으로는 담홍색 암석에 자형 내지 반자형의 사장석과 석영이, 침상 내지는 주상(때로는 판상)의 유색광물이 혼재되어 나타난다. 여기서 사장석은 1 mm 이하에서부터 최대 5 mm까지의 백색의 단결정으로 보이며, 때로는 집합되어 1 cm 정도의 크기를 보이는 것도 있다. 회색의 석영은 1 mm 이하에서 최대 3 mm까지의 다양한 크기를 보여준다(Fig. 2-A).

현미경하에서 전형적인 미문상조직이 나타나며, 주 구성광물은 석영, 사장석, 알칼리장석, 흑운모이며, 인회석, 불투명광물을 수반한다. 장석들은 상당 부분 변질되어 걸운모화되어 있으나, 신선한 것은 누대구조를 보인다. 흑운모 역시 변질되어 녹니석화되어 나타난다(Fig. 2-B).

Lee(1991)은 미문상화강암에 대한 정의를 미문상조직이 차지하는 비율이 임상질암에서는 전체적의 30% 이상, 반상질암에서는 석기의 30% 이상일 때로 정하고 있다. 본 화강암 시료에서 미문상조직이 차지하는 비율은 전체의 30% 이상이다. 또한 남해안 지역에서 산출하는 미문상화강암의 육안적, 현미경적 특징과 유사한 점으로볼 때, 만장굴 근처의 시추코아인 화강암은 미문상화강암으로 분류할 수 있다.



Fig. 2. A: Granite drilling core (-1200 m) obtained near the Majang cave in east part of the Cheju island. B: Photomicrograph of the granite drilling core in the Cheju island. C: Photomicrograph of the granite fragments in the Jungmun area.

중문단지 내의 화강암 분쇄물

이 화강암질 시료는 서귀포시 색달읍(중문관광단지, Fig. 1, J지점)에 신축중인 서라벌호텔 내의 세개의 시추공에서 채취한 시추코아로서 입경 1~3 mm를 갖는 분쇄물이다. 이들 시추공에서는 해수면 이하 약 800 m 근처부터 약 50 m 간격으로 시료를 채취하였다. 이 분쇄물을 구성하는

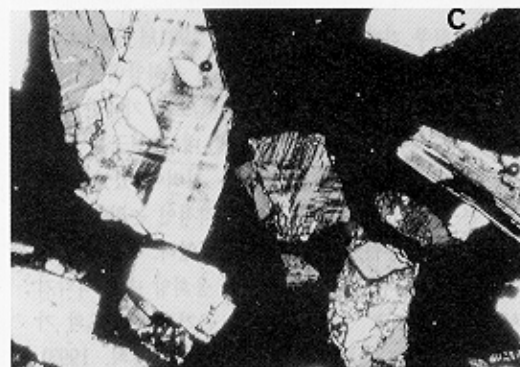
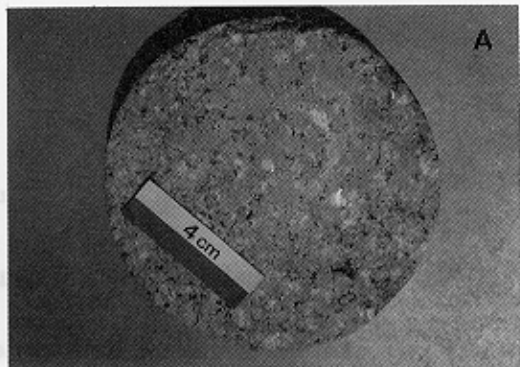


Fig. 2. A: Granite drilling core (-1200 m) obtained near the Majang cave in east part of the Cheju island. B: Photomicrograph of the granite drilling core in the Cheju island. C: Photomicrograph of the granite fragments in the Jungmun area.

광물은 담홍색의 알칼리장석, 사장석, 석영과 흑운모이다. 분쇄물이므로 암상과 조직은 확인할 수 없었다. 그러나 분쇄물을 수지로 고정된 후, 박편을 만들어 확인한 결과 미문상조직은 확인할 수 없었다(Fig. 2-C). 또한 미사장석이 상당량 관찰되는 점을 볼 때, 만장굴 근처의 시추코아와는 약간 다른 화강암으로 추측되며, 오히려 다음에 설명할 제주시 근처의 화강암력과 유사해 보인다.

별도동 근처의 화강암질 포획암

이 화강암력들은 제주시에서 동쪽으로 떨어진 별도동 (Fig. 1, B지점) 근처 해안절벽에서 응회암에 포획되어 나타난다. 이 역은 제주시에 있는 자연사박물관에도 전시되어 있다. 화강암력은 옅은 홍색을 나타내는 알칼리장석이 4~5 cm 크기로 반정을 이루는 반상질암석이다. Haraguchi(1931)는 이들 화강암력 이 10~20 cm의 크기를 가졌으며, 암편의 주변부가 열변성을 받은 흔적이 있고, 화산회로 열게 파괴되어 있는 점으로 보아 주변에서 운반되어 왔다고 보다는 지하에서 화산작용에 의해 직접 유도된 것으로 해석하였다. 화강암력을 구성하는 주성분광물은 석영, 미사장석, 사장석, 각섬석, 백운모이며, 부성분광물은 자철석, 인회석, 갈엽석, 녹염석 등이다. 박준범(1994)이 제시한 현미경 박편 사진에서는 석영, 사장석, microperthite가 관찰된다.

화강암류의 절대연대와 지구화학적 특징

분석방법

Haraguchi(1931)은 제주시 근처의 화강암질 포획암에 대하여 화학분석을 실시하였는데, 기재되지 않은 않았으나 습식분석에 의한 것으로 추측된다. 이 연구에서는 만장굴 근처의 시추코아인 화강암에 대하여 화학조성과 광물의 절대연령을 측정하였다.

만장굴 근처의 화강암 코아에 대한 주성분원소와 미량 성분원소 분석은 Canada의 Activation Laboratories LTD에서 ICP방법으로 이루어졌다. 암석의 절대연령 측정은 분리된 알칼리장석의 K-Ar연대법으로, 일본의 岡山 (Okayama) 理科大学에 설치되어 있는 원자흡광분석계와 질량분석기를 이용했으며, 분석방법, 계산방법 등은 Nagao *et al.*(1984)과 Nagao and Itaya(1988)가 제시한 방법에 따라 수행하였다. 시료준비에 대하여는 이현구 외 5인 (1992)에 자세히 기재되어 있다.

Table 1. Mineral age of the Cheju granite core and ages of micrographic granites in southeastern part of the Korean peninsular (refer to Lee 1991, Shin *et al.*, 1994, Kim *et al.*, 1994).

Locality	Specimen	Method	Age (Ma)	Reference
Cheju	alkali-feldspar	K/Ar	58.1± 1.4	this study
Masan 1	alkali-feldspar	K/Ar	50.7± 0.7	Lee, 1991
Masan 2	alkali-feldspar	K/Ar	59.9± 0.8	Lee, 1991
Kimhae	hornblende	K/Ar	58.8± 1.1	Lee, 1991
	whole-rock	K/Ar	68.0± 1.5	Lee, 1991
Busan	alkali-feldspar	K/Ar	50.4± 0.8	Lee, 1991
	whole rock	K/Ar	54.5± 0.9	Lee, 1991
Haenam	whole rock	Rb/Sr	75.7± 7.2	Shin, 1994
Wando	whole rock	Rb/Sr	71.1± 3.1	Shin, 1994
Yeosoo	whole rock	Rb/Sr	83.6± 4.7	Kim, 1994

절대연령

화강암 시추코아에서 분리된 알칼리장석의 K-Ar 연대는 58.14± 1.40 Ma로 신생대 제 3기 초엽에 해당한다. 그러나 이 값은 광물연대로 전암의 연대와 10 Ma 정도는 차가 있을 수 있는 점을 고려할 때 백악기 말엽에서 신생대 초엽에 걸쳐 관입한 것으로 판단된다. 비교를 위해 유사한 연령을 가진 남해안의 미문상화강암들과 함께 Table 1과 Fig. 1에 나타냈다.

남해안 지역에 분포하는 미문상화강암들의 절대 연대 값은 Table 1에서 보듯이 약 50 Ma에서 약 80 Ma까지이다. Fig. 1에서 보면, 전체적으로 서에서 동으로 갈수록 젊어지는 경향을 보인다. 제주도 시추코아의 연대는 대략 남해안의 동측, 즉 김해-마산 지역의 그것과 유사함을 보인다. 남해안 지역에 분포하는 미문상화강암류가 주위의 화강암체의 분화물이라는 해석과 관련시켜보면, 제주도 하부를 구성하는 화강암류는 경남 남해안의 화강암과 유사한 시기에 관입 정지된 것으로 해석할 수 있다.

지구화학적특징

제주도 시추코아에 대한 주성분 및 부성분원소는 Table 2에 나타냈으며, Haraguchi가 분석한 화강암질 포획암의 전암성분을 첨부하였다. 제주도에서 산출하는 화강암류의 SiO₂ 함량은 시추코아가 75.26 wt.%이며, Haraguchi가 제시한 포획암은 70.88 wt.%로서 전자가 좀더 분화된 마그마에서 생성되었음을 의미한다. 또한 시추코아는 암상이 비슷한 남해안 지역의 미문상화강암류, 즉 해남지역(약 72~75%), 완도지역(약 74~78%), 마산지역(약 75~77%),

Table 2. Chemical compositions of major and trace elements and REE concentrations of the Cheju granite core.

Major Elements (wt.%)	xenolith		Trace(core)		Rare Earth(core)		
	core	ppm	ppm	ppm	C.N.		
SiO ₂	70.88	75.26	Ba	801	La	33.2	100.61
TiO ₂	0.39	0.14	Co	<1	Ce	58	65.91
Al ₂ O ₃	14.19	13.32	Cr	7	Nd	18	30
Fe ₂ O ₃	1.05	1.65	Cu	9	Sm	3.4	18.78
FeO	1.03	—	Li	—	Eu	0.5	7.25
MnO	0	0.05	Nb	—	Tb	0.5	10.64
MgO	0.37	0.17	Ni	77	Yb	1.9	9.50
CaO	3.32	0.77	Sc	2.6	Lu	0.3	8.82
Na ₂ O	4.78	4.39	Sr	140			
K ₂ O	2.50	4.24	V	2			
P ₂ O ₅	0.13	6.04	Y	20			
H ₂ O ⁺	0.80	—	Rb	135			
H ₂ O ⁻	0.47	—	Zr	118			
LOI	—	0.59	Pb	27			
Total	99.91	100.63					

Chondrite normalized value by Haskin *et al.* (1968).

부산지역(약 76~78%)의 범주에 속함을 알 수 있다. 포획암의 SiO₂ 함량 역시 해남지역의 반상흑운모화강암(약 71~72%) 및 흑운모화강암(약 71~73%)과 마산지역(약 68~72%), 진해지역(약 69~72%), 김해지역(약 69~71%)의 범주에 속함을 볼 수 있다. 특히 정장석, 석영, 미사장석과 각섬석이 주성분광물인 후자는 김해지역의 화강암류와 그 광물조성 및 주성분 원소의 함량이 아주 유사하게 나타난다.

Fig. 3는 절대연대가 유사한 경남 남해안지역의 화강암류에 대한 Harker diagram(Lee, 1991)에 제주지역의 시료를 점시한 것이다. 이 그림에서 제주지역의 시료들은 주성분 원소 대부분이 남해안 지역의 화강암류가 나타내는 경향선(trend) 내에 점시됨을 볼 수 있으나, 포획암은 MgO가 약간 결핍되고, P₂O₅는 부화되어 나타난다. 포획암보다는 시추코아쪽이 더 분화된 암석으로 보여진다.

미량성분의 특성을 살펴보면, Y이나 Zr과 같은 HFS원소(high field strength elements)의 함량이 김해-부산지역 보다는 낮아 마산-진해 지역과 유사한 양을 나타낸다. 분석한 시료가 하나 뿐으로 어떤 경향을 말하기는 어렵지만, 마산-진해 지역에서 분화말기의 산물인 미문상화강암의 그 값들과 아주 유사함을 보여준다. 마산-진해 지역에 분포하는 화강암류의 미량원소들은 SiO₂의 함량이 증가함에 따라 Rb, Th 함량은 증가하며, Sr, V, Y, Nb, Zr, Sc 함량은 일정하게 감소하는데, 여기에서 시추코아의 미량원소들을 점시하여 보면 같은 영역에 속한다.

시추코아의 화강암이 함유한 희토류원소들의 함량은

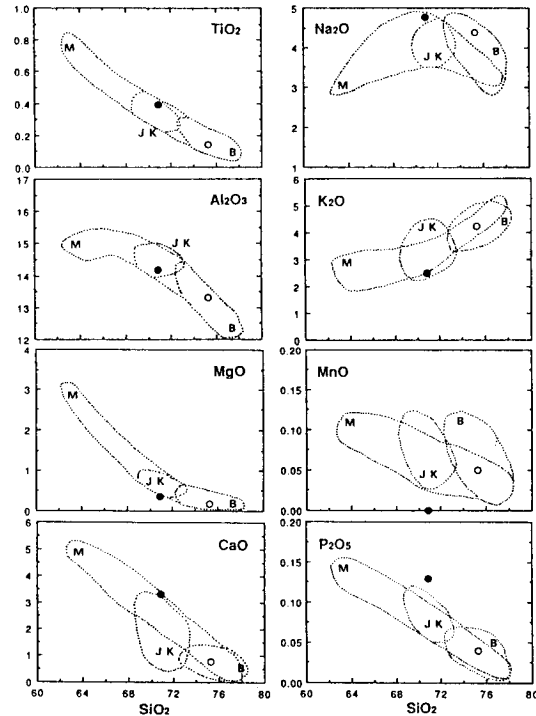


Fig. 3. Oxide vs. SiO₂ variation diagram of the core (open circle) and xenolith and granites of the Masan (M), Jinhae-Kimhae (JK) and Busan (B) area (Lee, 1991).

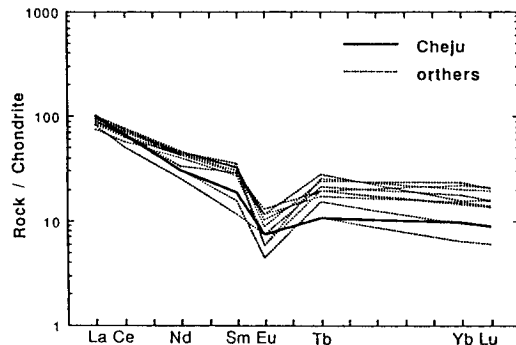


Fig. 4. Chondrite-normalized REE patterns of the Cheju granite core and the micrographic granites of the Masan, Kimhae and Busan area (refer to Lee 1991).

Table 2에 나타냈으며, 이 값들은 Haskin *et al.*(1968)의 콘드라이트 값으로 표준화하였다. Fig. 3은 남해안 지역의 화강암류들과 함께 이 시료의 REE 패턴을 보여준다. 표준화된 희토류원소들은 전체적으로 마산이나 부산지역의 미문상화강암류와 유사하며, 김해지역 보다는 약간 결핍되어 나타난다. EU의 부(-) 이상은 마산지역과 유사하게 나타난다. 시추코아의 (La/Lu)CN비는 11.40으로 마산지

역의 화강암류와 유사하며, 진해, 김해, 부산지역의 그것 보다는 크다.

토 의

한반도에 분포하는 화강암류는 조산운동과 밀접하게 관련되어 산출되는 것으로 알려져 있다. 김옥준(1971), Lee (1974)에 의하면, 송림변동은 트라이아스기에서 유라기 초에 주로 한반도 북부지역에, 대보운동은 유라기에 중부 지역에, 불국사변동은 백악기에서 제 3기 초에 황강리와 속리산 지역을 제외한 남부와 남동부 지역에서 각각 화강암을 수반하며 일어났다. 일반적으로 불국사화강암으로 분류되는 화강암류는 연대가 젊어지는 순서로 진동화강암, 불국사화강암(좁은 의미) 및 마산암으로 나누어지는데 (Lee, 1974), 이들은 천소에 관입정지한 암상을 보이고, 광화작용과도 밀접한 관련이 있다(Lee, 1991).

Koto(1909)에 의해 정의된 마산암은 위의 세 암체 중에서 가장 높은 분화도를 갖지만, 불국사화강암과 마산암 사이의 기원 관계는 아직 분명치 않다. Lee(1974)은 마산암을 화강암질 암석을 후기에 관입한 것으로 주장하고 있으나, 진명식(1985)는 불국사화강암의 후기분화산물이라고 주장하고 있다. Lee(1991)은 마산에서 진해, 김해, 부산에 이르는 동남해안 지역에 분포하는 마산암류에 대하여 연구하였는데, 그는 마산암이란 용어 대신에 미문상 화강암이라는 용어를 사용하고 있다. 그는 위 지역에 분포하는 미문상화강암은 암석학적, 지구화학적 특성들로 보아 아주 천부에 정지된 마그마로 해석하였으며, 소위 마산암이라 불리는 이 암류는 별도의 심성암체가 아니라 주위의 화강암체와 밀접히 수반된 것으로 결론지었다. 신인현 등(1994)은 해남-완도지역에 분포하는 이 암류에 대하여 역시 후기 분화산물로 해석하고 있으며, 광주-영동 함몰대의 형성과 관련시켜 설명하고 있다. 김희남 등(1994)은 여수 지역에 분포하는 이 암류를 광화작용과 관련시켜 설명하고 있다. 제주도 하부에서 산출되는 미문상화강암은 육안상으로 정동 정동구조와 담홍색의 알칼리장석을 보이며, 현미경하에서 미문상조직을 나타내는 점으로 보아 남해안 일대에 분포하는 미문상화강암들과 아주 유사하다. 또한 절대연대, 주원소, 미량원소 및 희토류원소들이 나타내는 특징은 경남 남해안 지역의 미문상화강암들과 아주 유사하다. 따라서 제주도 하부 기반암을 구성하는 화강암류는 경남 남해안지역의 화강암류와 유사한 시기, 환경하에서 관입정지된 것으로 보여진다.

결 론

제주도 하부 기반암으로 추정되는 화강암을 채취하여 암석학적, 지구화학적인 연구를 실시하였다. 만장굴 근처의 해수면 이하 1200 m에서 채취한 시추코어는 다량의 담홍색 알칼리장석을 가지며, 다양한 크기(최대 2 cm)의 정동구조가 관찰된다. 현미경하에서 전형적인 미문상조직이 나타나며, 주 구성광물은 석영, 사장석, 알칼리장석, 흑운모이며, 인회석, 불투명광물을 수반한다. 중문단지 내의 화강암 분쇄물은 온천 굴착공(해수면 이하 약 920 m) 채취하였으며, 입경 1~3 mm이다.

이 시료의 구성광물은 담홍색의 알칼리장석, 사장석, 석영과 흑운모이다. 현미경하에서 미문상조직은 확인할 수 없었으며, 상당량의 미사장석이 관찰되는 점을 보아 만장굴 근처의 시추코어와는 약간 다른 화강암으로 추측되며, 별도동 근처의 화강암력과 유사하다. 별도동 근처의 화강암질 포획암들은 석영, 미사장석, 사장석, 각섬석, 백운모로 구성되어 있다.

만장굴 근처의 시추코어에서 분리된 알칼리장석의 K-Ar 연대는 58.14 ± 1.40 Ma로 신생대 초에 해당한다. 이 광물 연대는 경남 남해안 지역에 분포하는 미문상화강암들과 유사하다. 시추코어와 포획암의 전암성분, 시추코어의 미량성분, REE가 보여주는 특성들 역시 경남 남해안 지역의 화강암류와 유사 점으로 보아 제주도 하부 기반암을 구성하는 화강암류는 경남 남해안지역의 화강암류와 유사한 시기, 환경하에서 관입정지된 것으로 보여진다.

감사의 글

시추코어를 제공해 준 김효경 사장과 화강암 분쇄물 채취를 도와 준 제주서라벌호텔 이종훈 차장에게 심심한 감사의 뜻을 전하고자 한다. 실내실험을 도와준 김상중, 유봉철 석사와 충남대 지질학과 광상학연구실의 학생들에게도 감사한다. 연구하는 과정에서 여러가지 도움과 충고를 아끼지 않은 한국자원연구소 임정웅 실장과 이철우 연구원께도 감사한다.

참고문헌

김옥준 (1971) 남한의 신기화강암류의 관입시기와 지각변동. 광산지질, 제 4권, 1호, pp. 1-10.
 박준범 (1994) 제주도 화산암의 지화학적 진화. 연세대학교 박사학위 논문, 290p.
 이문원, 손인석 (1983) 제주도는 어떻게 만들어진 섬일까? - 제주화산도의 지질과 암석 -. 도서출판 춘광, 134p.
 이문원 (1994) 제주도의 형성사와 지질구조. 전략광물자원연구센터 주최 - 제주도 지하수 자원의 환경학적 보전 개발 이용 심포지움 -, 대한지하수환경학회, 제 1권, pp 54-75.

- 원종관, 이문원, 이동영, 박계현 (1993) 성산도폭설명서, 제주도청.
- 이상만, 윤상규 (1974) 우리나라의 화성활동과 광화작용에 관한 관련성 연구. 과학기술처(MOST) R-74-48, 47p.
- 原口 九萬 (1931) 제주도의 지질, 조선총독부지질조사소, 조선지질조사요보, 제 10권, 1호, 72p.
- 윤상규, 한대석, 이동영 (1987) 제주도 남부지역의 제 4기 지질조사연구. 과학기술처, KR-86-2-(B)-2, 64p.
- 윤상규 외 27인 (1994) 제주도 지열자원탐사 및 최적활용 방안 연구(I). 상공자원부, 931K101-113AP1, 235p.
- 윤상규 외 27인, 1995, 제주도 지열자원탐사 및 최적활용 방안 연구(II). 통상산업부, 941K101-113AP1, 96p.
- 이현구, 문희수, 민경덕, 김인수, 윤혜수, 板谷徹丸 (1992) 포항 및 장기분지에 대한 고지자기, 층서 및 구조연구; 화산암류의 K-Ar 연대.
- 신인현 (1994) 해남-완도지역의 백악기 화강암류에 대한 암석학적 연구. 전북대학교 박사학위논문, 171p.
- 신인현, 남기상, 김희남, 박여석, 안건상 (1994) 완도지역에 분포하는 미문상화강암에 대한 암석화학적연구. 자원환경지질, 제 27권 2호, p. 181-190.
- 김희남, 신인현, 안건상 (1994) 돌산지역에 분포하는 화강암체의 암석지화학적 특징과 광화작용과의 연구. 지구과학회, 제 15권, 6호, p. 439-451.
- Haskin, L. A., Haskin, M. A., Frey, F. A. and Wildman, T. R. (1968) Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths: In origin and distribution of the elements, 1, (ed.) L.H. Ahrens. Pergaman, Oxford, p. 889-911.
- Lee, J. I. (1991) Petrology, mineralogy and isotopic study of the shallow-depth emplaced granitic rocks, southern part of the Kyoungsang basin, Korea. -Origin of micrographic granite-, Ph. D. thesis, Univ. of Tokyo, 197p.
- Lee, S. M. (1974) The tectonic setting of Korea with relation to plate tectonics. Jour. Geol., Soc. Korea, v. 10, p. 25-36.
- Nagao, K. and Itaya, T. (1988) K-Ar age determination. Mem. Geol. Soc. Japan, no 29, p. 5-21 (in Japanese with English abstract)
- Nagao, K. Nishido, H., Itaya, T., Ogata, K. (1984) K-Ar age determination method. Bull. Hiruzen Res. Inst., no. 9, p. 19-38 (in Japanese with English abstract).

1995년 8월 19일 원고접수