

서부 캐롤라인 해령과 압 해구-열도계의 해저 현무암질암에 대한 암석 기재 및 광물화학

박준범 · 권성택 · 안중호* · 강정극*

연세대학교 지질학과

*한국해양연구소 해양광물자원연구실

요 약: 이 연구는 서 태평양의 서부 캐롤라인 해령과 압 해구-호상열도계에서 준설된 대표적인 13개 해저 현무암류의 암석기재 및 광물화학적 특징을 보고하고, 단사회석 반정의 화학성분을 이용하여 암석의 화학적 특징 및 지구조 환경을 추론하는 기초 자료를 제공한다. 감람석 반정은 분석된 시료에 따라 약간의 차이는 있지만 $Fe_{0.86-0.80}$ 의 성분을 가지며, 사장석 반정은 전체적으로 An_{90-55} 의 바이토나이트-라브라도라이트에 해당한다. 단사회석 반정은 아톨-기요 시료에서 티탄살라이트, 트라프-뱅크 시료에서 투회석-보통회석, 해구-호상열도 시료에서 엔다이움사이드에 해당되어 산출 지역에 따라 각기 성분이 다름을 보인다. 이들 단사회석의 성분으로 부터 암석의 화학적 특징 및 지구조 환경을 유추하면 (Leterrier *et al.*, 1982): (1) 서부 캐롤라인 해령의 아톨-기요 시료는 판내부 환경의 알칼리암의 특징을 가져, 이는 열점과 관련되어 형성된 동부 캐롤라인 해령의 연장에 해당함을 의미하고, (2) 현재 화성활동이 없는 압 해구-호상열도 시료는 전형적인 조산대 솔리아이트에 속하여 고기의 호상열도의 형성과 관련된 마그마 활동이 있었음을 나타낸다. 그러나, (3) 트라프-뱅크 시료는 단사회석의 성분을 이용한 지구조 분류도에서 서로 중첩되어 정확히 구분하기 어려운데, 이는 이들의 성인이 복잡함을 시사하는 것으로 여겨진다.

핵심어: 서부 캐롤라인해령, 압 해구-열도계, 해저현무암, 광물화학

서 언

현무암질암에서 결정의 화학성분은 마그마의 화학성분, 분별결정순서, 온도, 압력, 냉각속도 등에 의해 좌우되는데, 그 중에서 주로 마그마 성분과 밀접한 관계를 가진다 (Hess, 1989). 일반적으로 알칼리 마그마 기원의 단사회석은 솔리아이트질 마그마의 그것에 비해 Cr_2O_3 , SiO_2 함량이 낮고, Na_2O 와 Al_2O_3 , TiO_2 함량이 높은 것이 특징적이다 (Fodor *et al.*, 1975; Schweitzer *et al.*, 1979). SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 함량의 차이는 알칼리 현무암질 마그마의 낮은 SiO_2 활동도 (activity)로 인해 정출되는 단사회석의 사면체 자리를 채우는 Si의 함량이 낮은 반면, Al 함량이 높으며, 또한 원자가 균형을 이루기 위해 보완적으로 팔면체 자리의 Ti 함량이 증가하기 때문이다.

이처럼 마그마 성분에 따라 정출되는 단사회석 성분의 차이는 마그마와 단사회석 사이의 원소 분배에 의한 것으로, Nisbet and Pearce (1977)와 Leterrier *et al.* (1982)는 단사회석의 성분으로 부터

80% 이상의 신뢰도를 가지고 마그마의 화학적 특징 및 지구조 환경을 유추하는 방법을 제안하였다. 현무암질암의 전암 화학성분과 이들의 지구조적 관계는 비교적 잘 알려져 있으나 (Wilson, 1990), 정치후의 변질작용 (예, 해수와의 반응)은 때로 이러한 관계 해석을 모호하게 할 수 있다. 현무암의 조암 광물 중 특히 단사회석은 다른 광물보다도 화산암이 분출된 이후에 겪게 되는 변질과정에도 저항력이 강하여 비교적 원래의 조성을 잘 보존하고 있는 것으로 알려져 있다 (Vallance, 1974). 변질된 현무암질암의 경우 암석의 화학적 특징을 유추하기 위해 REE, Nb, Y과 같은 비유동적인 미량원소 자료가 가장 흔히 이용되고 있지만 (Floyd and Winchester, 1975; Pearce and Norry, 1979), 단사회석의 위와 같은 성질은 광물 분석만으로도 암석의 화학적 특징 및 지구조 환경을 유추하게 해 주는 장점이 있기 때문에, 변성 혹은 변질된 현무암질암에도 적용될 수 있다 (Nisbet and Pearce, 1977; Leterrier *et al.*, 1982).

한국해양연구소는 망간각 및 열수광상등의 심해저

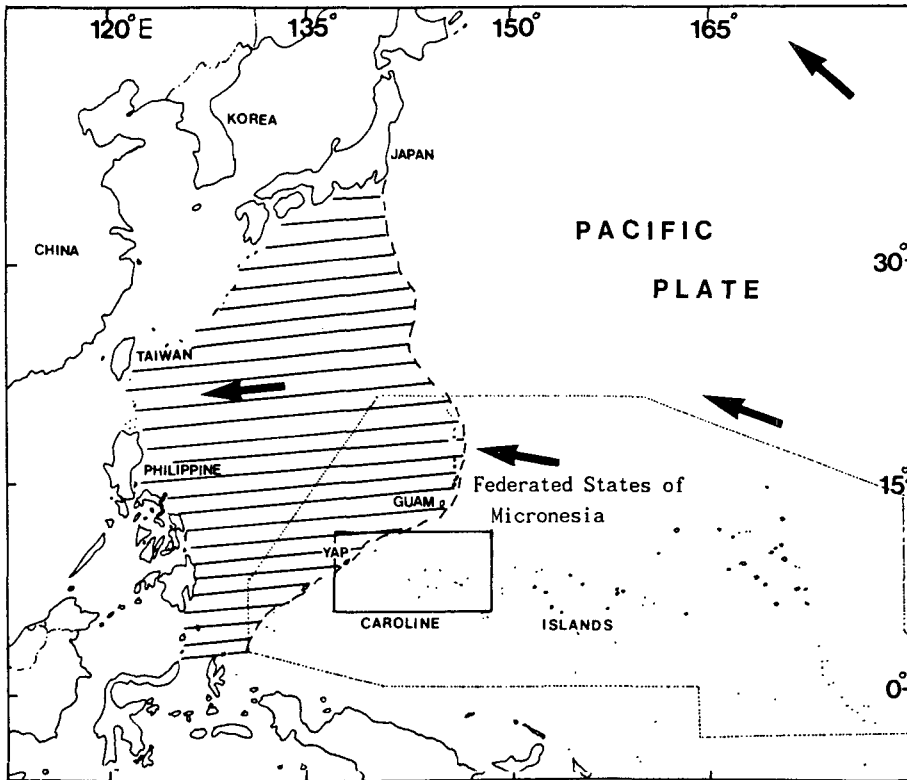


Fig. 1. The physical provinces of the studied area. Dashed curve, andesite line; hatched field, Philippine sea plate; arrows, general plate movement directions; dotted field, the area of Federated States of Micronesia. Box area (solid field) represents the studied area.

자원탐사과정의 일부로서 미국 지질조사소와 공동으로 2년간 (1990-91년) 해양 탐사선 파넬라를 이용하여 캐롤라인 (Caroline) 해령 주변의 해저산 (seamount)과 얍 (Yap), 팔라우 (Palau) 지역의 호상열도 및 해구 등 40여개소에서 준설 (dredge) 방법으로 심해저의 다양한 암류 (현무암질암, 반력암질암, 화산성 각력암, 쇠설암, 사문암, 각섬석 편암, 석회암 등)를 채취하였다. 이 연구는 탐사지역 중 대표적인 해저 지형에 대해 선정된 13개의 대표적 해저 현무암류에 대한 암석기재적 특징 및 광물화학을 보고한다. 특히 이 지역은 아직까지 그 성인에 대해 잘 알려져 있지 않기 때문에, 단사회석의 광물성분을 이용하여 이 지역의 현무암류의 화학적 특성과 지구조 환경을 유추하고자 하였다.

지질개요

서 태평양의 마이크로네시아 연방 (Federated

States of Micronesia)의 경제배타수역 (Exclusive Economic Zone)은 서북서 방향으로 움직이는 태평양 판내의 마셜 (Marshall) 군도 및 캐롤라인 군도를 포함한 캐롤라인 해령과, 태평양 판이 필리핀해 판 밑으로 섭입하여 형성된 마리아나 (Mariana)-얍-팔라우 해구-호상열도계를 포함한 지역이다 (Fig. 1). 연방의 서부 지역은 캐롤라인 해령과 작은 규모의 해저산과 트라프 (trough), 마리아나-얍 해구-호상열도계, 그리고 이우이픽 라이즈 (Eauipik Rise)와 무쏘 (Mussau) 트라프 등의 지역으로 이루어져 있다 (Fig. 2).

캐롤라인 해령지역은 크게 동부, 중부 및 서부로 세분될 수 있는데, 연구 대상지역인 해령의 서부는 이팔릭 아톨 (Ifalik Atoll)-타랑 뱅크 (Tarang Bank) 사이 지역에서 얍 해구까지 이어지는 지역으로 대개 수심이 2,500 m 이하이며, 해저 지형에 따라 아톨-기요 (guyot), 뱅크, 주향이동단층과 정단층에 의해 형성된 페이스 (Fais) 트라프, 소롤 (Sorol) 트라프

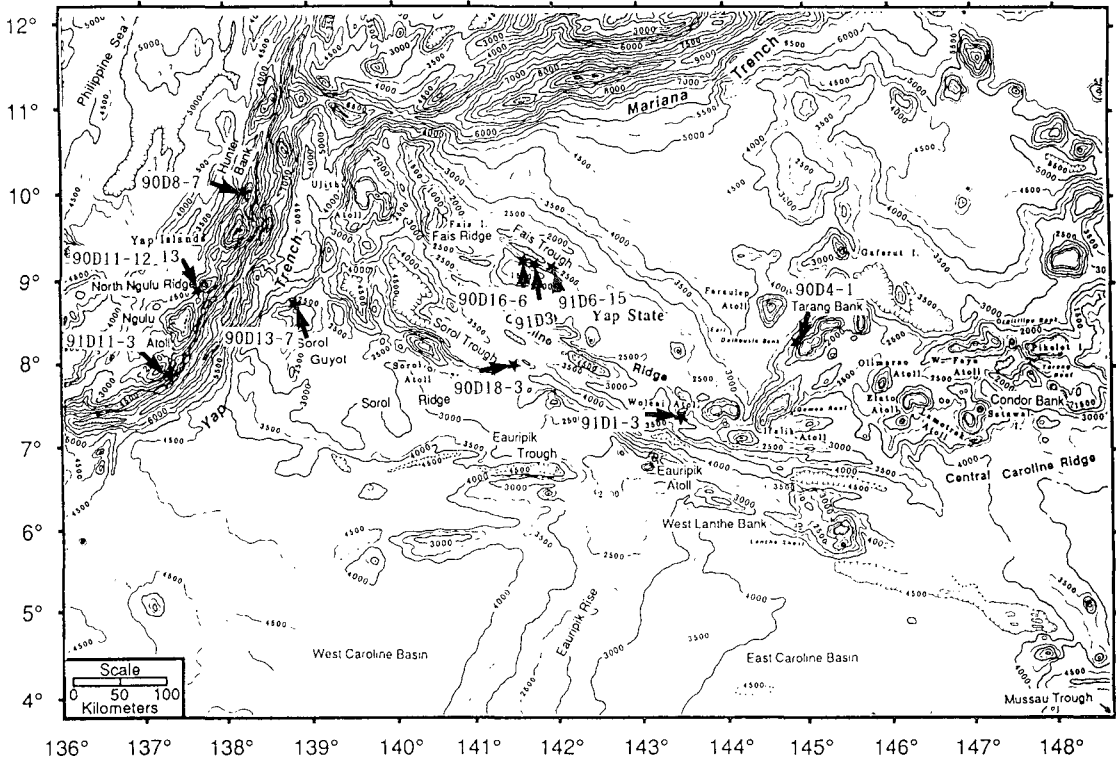


Fig. 2. Atoll, island, and seamount names within the Exclusive Economic Zone of the western Federated States of Micronesia, including the Yap Trench and the west and central Caroline Ridge. Hatched lines are basins. Contour interval=500 m, quoted from Hein *et al.* (1991). Arrows and stars indicate dredge sites.

들로 이루어져 있다 (Hein *et al.*, 1992) (Fig. 2). 해령의 동부지역인 캐롤라인 군도는 열점 작용에 의해 14 Ma이래로 형성된 알칼리 화산섬으로 알려져 있다 (Mattey, 1982; Keating *et al.*, 1984). 그러나 중앙 및 서편 지역은 석회암내 미화석에 의해 올리고세에 형성된 것으로 생각되나, 그 성인에 대해서는 아직 정확히 알려져 있지 않다 (Hein *et al.*, 1992).

얕 해구-호상열도는 태평양 판이 필리핀해 판 아래로 섭입하면서 발달된 것으로 생각되는 호상열도의 일부로 마리아나와 팔라우 호상열도와 연결되는 중간 지점에 위치하나 (Fig. 2), 호상열도의 다른 부분과 달리 현재 화산활동이 없으며 주로 변성암으로 구성되어 있는데, 제 3기 중 (마이오세말)에 섭입이 중단됨에 따라 서편의 필리핀해 판이 충상 단층작용으로 화산대 위로 올라가 형성된 것으로 생각되고 있다 (Hawkins and Batiza, 1976). 해구의 안쪽 벽에서 준설된 시료는 대개 녹색편암에서 각 석암상의 변성암류 (Shiraki, 1971), 해양지각에서

유래한 것으로 생각되는 화산암류 (Hawkins and Batiza, 1977)와 칼크 알칼리 및 호상열도 솔리아이트 계열의 화산암류 (Crawford *et al.*, 1986) 등으로 이루어져 있다.

분석방법

주구성광물의 성분은 연세대학교 지질학과에 설치되어 있는 파장분산형의 JEOL JX-733 EPMA를 이용하여 정량분석을 하였다. 분석조건은 시료전류 15 nA, 가속전압 15 kV, 빔 직경 10 μm , 점분석시 측정시간은 피크인 경우 10초간 3회, 그리고 백그라운드인 경우 5초간 2회이다. 각 원소의 분석결과는 산화물의 무게비 (wt%)로 나타내었는데, 이 과정에서 Bence and Albee (1968)의 보정방법이 이용되었다. 또한 분석시 정밀도를 점검하기 위해 조성이 알려진 표준시료 (사장석, 감람석, 투휘석, 커수타이트)를 시료와 함께 분석하였다. 이들 표준시료에 대해 반복된 분석치는 평균적으로 원소의 함량이 5

Table 1. Summary for the descriptions about dredged sites and representative samples from Micronesia (KORDI 1990'-91' cruise report)

Sample number ¹	Dredged site	Water depth of recovery (m)	Dredged rock type
	West Caroline Ridge		
90D13-7	Sorol Guyot	3000-2700	basalt, gabbro
91D1-3	Woleai Atoll	2140-2000	basalt
90D18-3	Sorol Trough	2950-2600	basalt, green metaigneous rock
90D16-6	Fais Trough	1950-1385	basalt, siltstone
91D3-4B, 6, 7B	Fais Trough	2400-1900	basalt, silt-mudstone
91D6-15	Fais Trough	2200-2000	basalt, turbidite, limestone
90D4-1	Tarang Bank	2900-2774	basalt
	Yap Trench-Arc		
90D8-7	Hunter Bank	2000-1500	basalt, breccia, gabbro
90D11-12, 13	North Ngulu Ridge	2300-2280	breccia, basalt, serpentinite, skarn, metamorphic rocks
91D11-3	Ngulu Atoll	2650-2450	ooze, andesitic rock (greenschist-facies)

1; the representative samples used in this study.

wt% 이상일 때는 2% 미만, 1-5 wt%에서는 5% 미만, 0.1-1 wt% 은 10% 미만, 0.1 wt% 미만인 경우는 20% 미만의 상대오차(1 σ)를 각각 보인다. 단사회석의 단성분 계산시 일반적으로 사용되는 방법을 이용하여 (Wass, 1979), 전체 철 함량을 FeO로 가정하여 산소 6개에 대한 구조식으로 계산하였고, 분석 자료는 산화물의 무게비 합이 100 \pm 2 wt%, 사면체 자리의 양이온 (Si, ^{IV}Al) 합이 2, 팔면체 자리의 양이온 (Mn, Fe, Mg, Ti, Cr, ^{VI}Al) 합이 0.98 이상, M2 자리의 양이온 합이 1.0 \pm 0.02, 총 양이온 합이 4.00 \pm 0.02인 조건에 합당한 지를 점검하여 선정하였다.

시료 및 암석기재

연구 지역은 그 해저 지형에 따라 차이는 있으나 수심은 해저 약 3000 m에서 1500 m에 해당하며, 준설했던 시료는 대개 현무암질 및 반려암질암이 주를 이루고 그외 사문암, 녹색편암, 각섬암을 포함하는 변성암류, 이암과 사암류, 응회암류 그리고 탄산 연니로 구성된다 (Table 1). 이 연구의 시료로 40여 개소의 탐사지역 중 캐롤라인 해령의 7개 지역, 압의 3개 지역에서 13개를 선정하였는데, 캐롤라인 해령 지역은 해저지형에 따라 아틀-기요, 트라프, 벵크로 세분하여 기술한다 (Table 1과 Fig. 2). 이들 시료의 암석기재는 Table 2에, 모드분석 결과는 Table 3에 나타나 있다.

시료 중 화산암류는 대개 세립에서 중립의 입도를 가지며, 비교적 신선한 것도 있으나, 일반적으로 미약하게 변질되었다 (Table 2). 이들은 전반적으로 사장석과 단사회석이 우세하며 드물게 감람석을 반정 광물로 함유하는 현무암질암으로 (Fig. 3A와 3B), 지역에 따른 차이에 관계없이 시료에 따라 반정 함량 및 조직의 차이를 보인다. 즉, 30-45 vol%의 사장석과 단사회석 (혹은 \pm 감람석)이 취반상 혹은 입간상 조직을 이루는 경우, 10 vol% 내외의 사장석 (혹은 \pm 단사회석)이 취반상 조직을 이루는 경우, 그리고 드물게 3 vol%의 반정 (사장석+ 단사회석+ 감람석)을 가지는 경우로 구분된다 (Table 3, Fig. 4). 석기부분은 사장석 미정과 타형의 단사회석, 티탄철석 미정질 결정이 오피틱 혹은 입간상 조직을 가지는 경우와 유리질 조직이 주를 이룬다. 유리질 조직의 석기는 대부분 산화되거나 변질되어 있지만 아주 드물게 담갈색의 신선한 경우 (91D6-15)도 산출된다. 압 지역의 두 시료는 반려암질암으로 중립의 완전질 입상조직이나 감람석 우세 부분과 사장석, 단사회석 (드물게 산출하는 사방회석 포함) 우세 부분이 서로 중첩되어 미약한 층상조직 (layered texture)을 가지며 감람석은 균열을 따라 대부분 사문석화되어 있다 (Table 7과 Fig. 3C). 연구 시료 중 특히 90D18-3, 90D8-7, 91D11-3 시료인 경우는 각섬석, 녹색석, 방해석의 광물조합을 가져 녹색편암상의 변성작용을 받았음을 지시해준다. 그러나 전체적으로 변질을 받은 경우에도 단사회석의 잔류광물은 흔히 관찰된

Table 2. Summary of petrographic descriptions of the dredged basaltic rocks in Micronesia

Sample No.	Grain size	Degree of weathering	Petrography
A) West Caroline Ridge Samples			
90D13-7	F	M	vesicular, cpx+pl-porphyritic texture, and intergranular groundmass (pl+cpx+opaque)
91D1-3	F	W	intergranular (ol+pl+cpx)
90D18-3	M	M	intergranular (ol+cpx+pl) and secondary (ch+ep+serp)
90D16-6	M	W	pl-glomeroporphyritic texture and intergranular groundmass (pl+cpx+opaque)
91D3-4B	F	W	pl-glomeroporphyritic
91D3-6	M	W	pl+ol-glomeroporphyritic texture and ophytic groundmass (pl+cpx)
91D3-7B	F	W	vesicular and pl-glomeroporphyritic
91D6-15	F	F	ol+pl-porphyritic texture and ophytic groundmass (pl+cpx)
90D4-1	F	W	vesicular (filled with Cc+ch) and pl+cpx-glomeroporphyritic.
B) Yap Trench-Arc Samples			
90D8-6	F		pyroclastic (cpx+ol+opx+carbonate+vitric fragment)
90D8-7	F-M	M	intergranular (pl+cpx+opx) and secondary (ch+qz+Cc)
90D11-12	M	W	gabbroic, granular (pl+cpx+opx+ol), and secondary (amph+bi+ch+serp)
90D11-13	M	W	cumulate mela-gabbro and granular (ol+cpx+pl)
91D11-3	F	M	ophytic (pl+cpx) and secondary (ch+amph+Cc)

Abbreviations: F; fine, M; medium, W; weak, M; moderate, pl; plagioclase, ol; olivine, cpx; clinopyroxene, opx; orthopyroxene, ch; chlorite, Cc; calcite, ep; epidote, qz; quartz, bi; biotite, serp; serpentine, amph; amphibole.

Table 3. Modal compositions of selected sample from dredged basaltic rocks in Micronesia

Sample No.	OL	CPX	OPX	PL	OPQ	GDM	AM ³	2nd.min
91D1-3	2.8	9.2		24.0	0.2	63.9		
90D13-7		8.0		4.2		87.8		
90D16-6				13.3		86.7		
90D18-3		19.8		3.8		64.7		11.7
91D3-4B				9.2		90.8		
91D3-6	1.7	19.8		24.0		54.5		
91D3-7B				10.7		89.3		
91D6-15	0.2	0.5		2.1		97.2		
90D4-1		10.4		24.2		65.4		
90D8-7		5.1		9.3		45.3		40.3
90D11-12 ¹	1.4	23.0	2.0	51.3			19.0	3.3
90D11-13 ¹	57.7 ²	16.6	1.1	23.4			1.1	
91D11-3	n.a.							

Abbreviations: OL; olivine, CPX; clinopyroxene, OPX; orthopyroxene, PL; plagioclase, OPQ; opaque oxides, GDM; groundmass, AM; amphibole, 2nd. min; secondary minerals (ex. chlorite, serpentine), n.a.; not analyzed. 1; gabbroic rocks, 2; including serpentine, 3; origin not clear.

다 (Fig. 3D).

광물 성분

각 시료에서 조암광물의 성분은 약간의 누대구조

를 가질때도 있지만 거의 동일하므로, Table 4, 5, 6과 7에서 주요 광물의 성분에 대한 평균치를 나타내었다.

감람석의 화학성분은 Table 4에 나타나 있다. 반상조직을 보이는 캐롤라인 해령의 아틀 및 페이스

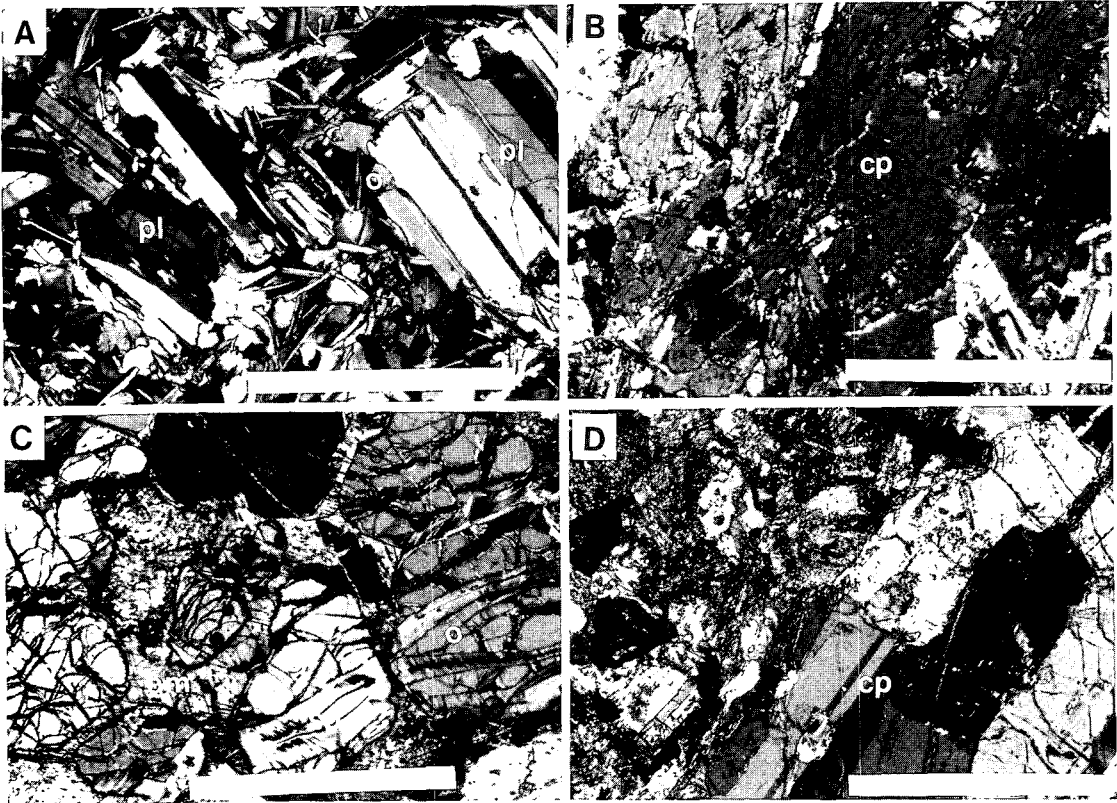


Fig. 3. Photomicrographs of the dredged basaltic rocks showing various textures. A; Plagioclase (pl) phenocrysts and clinopyroxene (cp), plagioclase, and olivine (o) groundmass minerals show porphyritic texture. B; Ophytic texture, large clinopyroxenes (cp) are bisected by plagioclase (pl) laths. C; The specimen showing cumulated gabbroic texture mainly consists of olivines (o), which are serpentinized (sp) along the cracks and rimmed with anhedra amphibole (am) and clinopyroxenes (cp). D; Altered porphyritic texture showing relic clinopyroxene (cp) glomero-phenocrysts. Scale bars are 0.5 mm.

트라프 시료에서, 아틀 시료 (91D1-3)의 석기 (FO_{71})를 제외하고는 반정 혹은 석기에 관계없이 FO_{83-80} 의 균질한 성분을 보인다. 입상 조직을 가지는 압 시료 역시 캐롤라인 시료와 유사한 FO_{86-82} 의 값을 가진다. 이들 감람석 성분은 분석된 시료들이 현무암질암임을 지시한다.

사장석의 성분은 전반적으로 $An_{90-55}Or_{0-2}$ 의 바이토나이트-라브라도라이트에 해당하여 (Table 5, Fig. 5), 그 성분으로 미루어 분석된 시료가 감람석의 결과에서와 같이 현무암질암임을 시사하며 (Hyndman, 1985), 반정에 비해 석기의 성분에서 An 함량이 감소하고 Ab 및 Or 함량이 증가하는 일반적인 경향을 보인다. 사장석의 성분에 대한 An-Or 단성분 상관 관계를 Fig. 5에 나타내었다. 이 그림에서 해양성 반려암-중앙해령 현무암의 사장석 반정 성분을

다른 현무암의 그것과 구분할 수 있는데 (Fodor and Vandermeyden, 1988), 특징적으로 트라프 시료는 해양성 반려암-중앙해령 현무암 영역에 속하지만, 그외 시료들은 이 영역 바깥에 접시된다. 캐롤라인 해령 지역의 아틀-기요 시료는 Or 성분이 0.5 이상으로 다른 시료들에 비해 크며, 전형적인 열점 화산활동의 산물인 하와이섬의 알칼리현무암과 하와이아이트의 사장석 성분범위 (Fodor and Vandermeyden, 1988)와 유사하다. 특히, 하와이아이트 영역에 속하는 아틀 시료 (91D1-3)는 $Or_{2}An_{57}$ 의 성분을 가진다. 그러나 아틀-기요 시료 이외의 다른 모든 시료에서 Or 함량이 0.5 이하의 값을 가지는데 이는 전암 (whole rock)의 K_2O 함량이 낮음을 반영한다 (Perfit and Fornari, 1982). 벵크 시료는 해양성 반려암-중앙해령 현무암 영역의 오른쪽 경계 부근에

Table 4. Average chemical compositions of olivines from the dredged basaltic rocks in Micronesia

Sample No.	Caroline Ridge					Yap Trench-Arc			
	90D1-3		91D3-6		91D3-7B	91D6-15		90D11-12	90D11-13
	P(7)	G(3)	P(5)	G(5)	G(5)	P(10)	G(4)	GL(8)	GL(11)
SiO ₂	40.83	38.16	40.63	40.02	40.28	40.28	40.29	40.04	41.05
FeO(T)	15.69	26.09	17.09	18.87	16.18	16.65	17.51	17.02	13.08
MnO	0.27	0.50	0.29	0.36	0.27	0.27	0.27	0.27	0.22
MgO	44.43	35.57	42.98	41.77	44.08	43.86	43.06	42.84	46.30
CaO	0.21	0.37	0.31	0.39	0.36	0.36	0.37	0.08	0.03
Total	101.43	100.69	101.30	101.41	101.17	101.42	101.50	100.25	100.68
Mg/(Mg+Fe)	0.83	0.71	0.82	0.80	0.83	0.82	0.81	0.82	0.86

Total Fe as FeO(T). Abbreviations: P-phenocryst, G-groundmass, GL-granular. Number in parenthesized unit indicates number of discrete analyses.

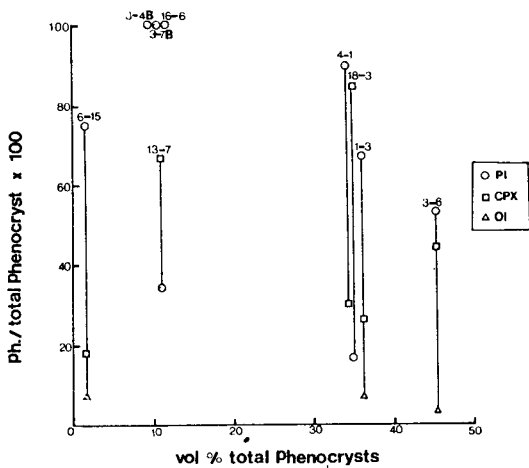


Fig. 4. Modal proportion plot from the dredged basaltic rocks in Micronesia. This shows each phenocryst (plagioclase, clinopyroxene and olivine) content variations relative to total phenocrysts content (vol%).

적하여, 트라프 시료와 유사함을 보인다. 압 해구호상열도의 시료 중 반력암질암 (90D11-12, -13)의 시료는 해양성 반력암-중양해령 현무암 영역 위쪽에 찍히며 (An₈₇₋₈₅), 용암류인 91D11-3 시료는 이 영역 아래 쪽에 찍힌다 (An₆₇). 분석된 시료들은 일반적으로 반정 성분이 거의 일정하여 누대조직을 가지지 않으나, 예외적으로 호상열도 시료인 91D11-3과 기요 시료인 90D13-7은 반정의 코아 (각각 An₆₇과 An₇₂)에서 주변부로 갈수록 An 함량이 감소하는 누대구조를 보여 반정의 주변부에서의 성분은 석기

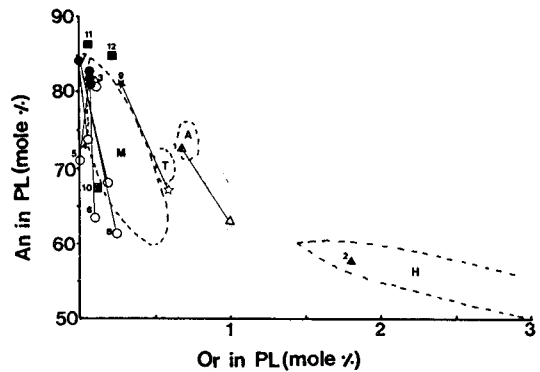


Fig. 5. End-member An vs. Or diagram of the average compositions of plagioclase phenocrysts and groundmass from the dredged basaltic rocks in Micronesia. Dotted fields (after Foder and Vandermeyden, 1988) : M-oceanic gabbro and MORB field, A and T-average compositions of plagioclase in alkali basalt and in tholeiite from Maui, Hawaii and H-compositions of plagioclase in hawaiite from Mauna Kea, Hawaii. Symbols : triangle; atoll-guyot, star; bank, circle; trough, square; trench-arc. Groundmass compositions are shown as open symbols and tielines connect the compositions of coexisting phenocryst and groundmass phases. Sample numbers (small numbers) are same as Table 5.

의 성분 (각각 An₄₂과 An₆₃)과 일치한다. 한편, 변질의 증거 (스필라이트화)를 보이는 90D8-7 시료의 석기부 사장석은 알바이트 (An₁)에 해당한다 (Table 5과 Fig. 3D).

단사회석의 성분은 Table 6에 나타나 있으며, 이들

Table 5. Average chemical compositions of plagioclases from the dredged basaltic rocks in Micronesia

Sample No.	Caroline Ridge											
	1 ^a		2		3		4		5		6	
	90D13-7		91D1-3		90D16-6		90D18-3		91D3-4B		91D3-6	
	P(2)	G(4)	P(7)	P(5)	G(3)	P(4)	G(4)	P(8)	G(3)	P(5)	G(3)	
SiO ₂	50.38	52.59	55.12	48.39	48.86	48.36	50.54	48.29	50.26	48.67	52.49	
Al ₂ O ₃	30.87	28.72	28.78	31.83	31.89	32.62	31.30	33.12	31.15	32.95	29.31	
Fe ₂ O ₃	0.47	0.73	0.53	0.61	0.64	0.73	0.91	0.54	0.72	0.51	0.84	
CaO	14.74	12.90	12.12	16.58	16.42	17.06	15.24	17.33	15.34	16.91	13.80	
Na ₂ O	3.04	4.06	4.75	2.06	2.15	1.78	2.95	1.96	3.39	2.21	4.36	
K ₂ O	0.12	0.17	0.30	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	
Total	99.62	99.17	101.60	99.48	99.98	100.55	100.95	101.25	100.86	101.26	100.82	
% Or	0.68	0.99	1.71	0.07	0.11	0.00	0.07	0.06	0.00	0.07	0.11	
Ab	27.04	35.93	40.79	18.35	19.10	15.88	25.87	17.02	28.60	19.06	36.32	
An	72.28	63.08	57.50	81.58	80.79	84.12	74.06	82.92	71.41	80.87	63.57	

Sample No.	Caroline Ridge						Yap Trench-Arc				
	7		8		9		10		11	12	13
	91D3-7B		91D6-15		90D4-1		91D11-3		90D11-12	90D11-13	90D8-7
	P(8)	G(2)	P(8)	G(4)	P(7)	G(3)	P(4)	G(3)	GL(10)	GL(6)	G(5)
SiO ₂	48.45	52.68	48.30	53.64	48.84	52.04	51.67	58.63	46.86	46.75	67.50
Al ₂ O ₃	32.81	29.68	32.17	28.69	31.69	28.94	30.54	26.86	33.04	32.97	20.06
Fe ₂ O ₃	0.61	0.83	0.59	0.94	0.72	0.88	0.68	0.26	0.53	0.41	0.39
CaO	17.53	14.42	16.62	12.39	16.26	13.54	14.38	9.59	17.62	17.97	0.75
Na ₂ O	1.84	3.61	1.93	4.27	2.10	3.60	3.84	7.14	1.51	1.74	11.22
K ₂ O	0.01	0.03	0.01	0.04	0.05	0.11	0.02	0.06	0.01	0.04	0.09
Total	101.25	101.25	99.62	99.97	99.66	99.11	101.13	102.54	99.57	99.88	100.01
% Or	0.04	0.17	0.03	0.24	0.29	0.62	0.11	0.32	0.06	0.23	0.48
Ab	15.92	31.10	17.33	38.31	18.93	32.30	32.55	57.21	13.44	14.85	95.97
An	84.05	68.73	82.64	61.45	80.78	67.07	67.34	42.47	86.50	84.92	3.55

Total Fe as Fe₂O₃. Abbreviations: P-phenocryst, G-groundmass, GL-granular, Number in parenthesized unit indicates number of discrete analyses. a; sample numbers are used in Fig. 5.

성분을 휘석 분류도 (Fig. 6)에 표시하였다. 일반적으로 반정에 비해 석기는 철 성분이 많지만 (Table 6), 반정 혹은 석기에 관계없이 아틀-기요 시료는 TiO₂ 함량이 3 wt% 이상인 티탄 살라이트 (Deer *et al.*, 1963), 트라프-뱅크 시료는 투휘석-보통휘석, 해구-호상열도 시료는 엔다이옵사이드로 각각 지역에 따라 분명한 성분의 차이를 보인다. 아틀-기요 시료는 다른 지역의 시료에 비해 Si, Cr, Mg 이 낮은 반면 Ti, Al, Na 성분이 높은 특징을 보이고, 트라프-뱅크 시료는 해구-호상열도 시료에 비해 Ti, Fe는 높고 Mg는 낮은 성분을 가진다 (Table 6). 분석된

단사휘석 성분은 연구 지역에서의 기존 연구 자료와 잘 일치한다. 즉, 아틀-기요 시료는 캐롤라인 군도의 알칼리 현무암 (Keating *et al.*, 1984)의 단사휘석 성분범위와, 뱅크-트라프 시료는 소롤 트라프의 슬리아이트 (Perfit and Fornari, 1982)와, 그리고 해구-호상열도 시료는 압 해구의 슬리아이트 (Crawford *et al.*, 1986)의 성분 범위와 거의 일치한다 (Fig. 6).

압 해구-호상열도의 시료 중 중립의 안정질 입상 조직을 갖는 반려암질암 (90D11-12과 90D11-13)에서는 암석 내에 사방휘석 및 각섬석이 산출된다. 이 사방휘석은 단사휘석과 공존하여 소량 산출되며 Wo

Table 6. Average chemical compositions of clinopyroxenes from the dredged basaltic rocks in Micronesia

Sample No.	Caroline Ridge											Yap Trench-Arc																	
	1 ^v	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	P(3)	G(5)	P(8)	G(6)	P(5)	G(2)	P(9)	G(2)	P(8)	G(2)	P(9)	G(3)	GL(7)	P(6)	G(3)			
	90D13-7	91D1-3	90D16-6	90D18-3	91D3-6	91D6-15	90D4-1	91D11-3	90D11-12	90D11-13	90D8-7																		
SiO ₂	45.48	45.29	47.84	47.84	52.67	51.92	51.92	49.88	51.51	50.19	50.98	49.34	53.24	53.14	52.79	54.12	53.35												
TiO ₂	3.23	3.46	4.22	4.22	0.57	0.53	0.68	1.81	0.78	1.72	0.73	1.72	0.31	0.20	0.25	0.06	0.09												
Al ₂ O ₃	6.86	6.45	5.63	2.33	2.92	2.33	2.92	3.84	4.07	4.81	3.45	4.39	2.50	1.92	2.61	0.77	1.38												
Cr ₂ O ₃	0.08	0.02	0.04	0.11	0.26	0.03	0.81	0.12	0.37	0.10	0.37	0.10	0.31	0.37	0.51	0.45	0.22												
FeO(T)	9.41	10.86	8.20	6.75	7.10	12.64	6.16	9.37	5.82	10.02	4.86	3.98	4.34	3.97	6.04														
MnO	0.17	0.20	0.17	0.20	0.18	0.32	0.15	0.23	0.13	0.23	0.13	0.23	0.13	0.15	0.15	0.14	0.26												
MgO	11.44	10.76	12.40	16.10	16.33	13.28	16.01	14.33	16.02	14.48	17.63	17.44	17.44	17.44	17.25	19.11	18.02												
CaO	22.37	22.10	21.80	21.39	20.12	18.35	20.77	19.75	21.97	19.65	21.19	21.54	21.19	21.54	21.79	20.48	19.41												
Na ₂ O	0.61	0.67	0.88	0.22	0.41	0.43	0.26	0.37	0.31	0.33	0.19	0.21	0.19	0.21	0.29	0.09	0.10												
Total	99.65	99.81	101.18	100.11	100.38	100.58	100.52	100.89	99.78	100.26	100.36	98.95	99.98	99.19	98.87														
% Wo	49.02	48.50	47.97	42.24	41.61	39.3	43.39	42.01	45.02	41.29	42.81	44.05	44.30	40.83	39.46														
En	34.89	32.88	37.95	46.93	46.92	39.6	46.56	42.42	45.68	42.31	49.54	49.60	48.81	53.00	50.96														
Fs	16.09	18.62	14.09	10.83	11.47	21.1	10.05	15.56	9.30	16.40	7.65	6.35	6.88	6.17	9.59														
Mg/(Mg+Fe)	0.68	0.64	0.73	0.81	0.80	0.65	0.82	0.73	0.83	0.72	0.87	0.89	0.88	0.90	0.84														

Total Fe as FeO(T). Abbreviations: P-phenocryst, G-groundmass, GL-granular. Numbers in parentheses indicate number of analysis. a; sample numbers are the same as in Fig. 6.

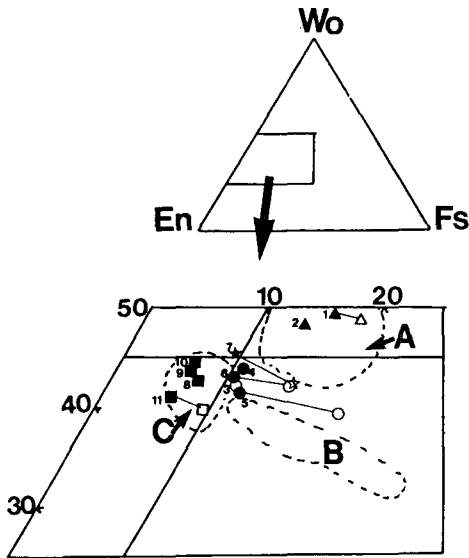


Fig. 6. Mole percent Ca-Mg-Fe plot of the average compositions of clinopyroxene phenocrysts and groundmass from the dredged basaltic rocks in Micronesia. Dotted fields: A; data from Caroline Islands (Keating *et al.*, 1984), B; data from Sorol trough (D21, Perfit and Fornari, 1982), C; data from Yap-Mariana trench (1438C, Crawford *et al.*, 1986). Symbols are same as in Fig. 5, and tielines connect the compositions of coexisting phenocryst and groundmass phases. Sample numbers (small numbers) are same as Table 6.

3 En82 Fs15의 브룬자이트에 해당한다 (Table 7). 시료 90D11-13에서 감람석 및 단사휘석 결정사이를 채워서 나타나는 타형의 각섬석 (Fig. 3C)은 Spear (1981)의 분류에 의하면, 회각섬석군의 파가사이트질 각섬석에 해당한다 (Table 7).

단사휘석의 지구조적 의미

앞서 본 것처럼 단사휘석은 산출되는 지역에 따라 그 성분이 다름을 보이는데, 다음에서는 Nisbet and Pearce (1977)와 Leterrier *et al.* (1982)이 제안한 단사휘석 성분에 의한 마그마의 화학적 특징 및 지구조 환경 분류도를 이용하여 연구지역의 현무암 질암의 그것을 유추하고자 한다.

Nisbet and Pearce (1977)의 TiO_2 -MnO- Na_2O 삼각도 (Fig. 7)에서 아틀-기요 시료는 판내부 환경의 알칼리암 영역에 속하여 이들이 캐롤라인 해령의 열점기원 마그마 (Perfit and Fornari, 1982)와 관

Table 7. Average chemical compositions of orthopyroxene (Opx), serpentine (Serp) and amphibole (Amp) from gabbroic rocks in the dredge 90D11

Sample No.	Opx	Serp	Amp
	D11-12 (2)	D11-13 (2)	D11-13 (2)
SiO ₂	55.56	40.77	43.41
TiO ₂	0.17	0.01	2.81
Al ₂ O ₃	1.14	0.18	11.24
Cr ₂ O ₃	0.10		
FeO(T)	9.80	3.76	6.59
MnO	0.25	0.04	0.04
MgO	30.21	39.28	16.62
CaO	1.29	0.02	12.03
Na ₂ O	0.02	0.01	2.78
K ₂ O	0.00	0.00	0.02
Total	98.54	84.07	95.54
% Wo	2.52		
En	82.48		
Fs	15.00		
Mg/(Mg+Fe)	0.85	0.95	0.85

Total Fe as FeO(T). Numbers in parentheses indicate number of analysis.

련된 것임을 시사하는 반면, 그의 시료인 경우 서로 중복된 특징을 갖는 영역에 점시되어 생성환경 유추가 약간 모호하다.

Leterrier *et al.* (1982)은 Nisbet and Pearce (1977)가 사용한 단사휘석의 성분 중 Mn과 Na가 대개 0.3 wt% 이하의 함량을 가지기 때문에 오차가 크다고 지적하고, 좀 더 많은 자료를 이용하여 Ca, Ti, Al, Cr, Na 성분을 이용한 새로운 분류방법을 제시하였다. 즉, 암석의 지구조적 환경에 따라 우선 판내부 환경의 알칼리 계열과 그외의 비알칼리 계열로 구분하고, 다시 비알칼리 계열을 다시 호상열도 및 대륙 연변부의 환경에 해당하는 조산대 계열과 중앙해령, 열곡대나 해양 화산도의 비조산대 계열로 구분하였으며, 조산대 계열은 다시 칼크알칼리 계열과 솔리아이트 계열로 구분하였다.

Leterrier *et al.* (1982)의 알칼리-비알칼리 계열을 구분하는 (Ca+Na)-Ti 분류도 (Fig. 8A)에서 아틀-기요 시료는 판내부 환경의 알칼리암에, 트라프와 압 지역의 시료는 비알칼리암에 속한다. 그러나 뱅크 시료는 두 영역이 중복되는 전이대에 속하여 단사휘석의 성분으로는 그 해석이 모호하다. 비알칼리

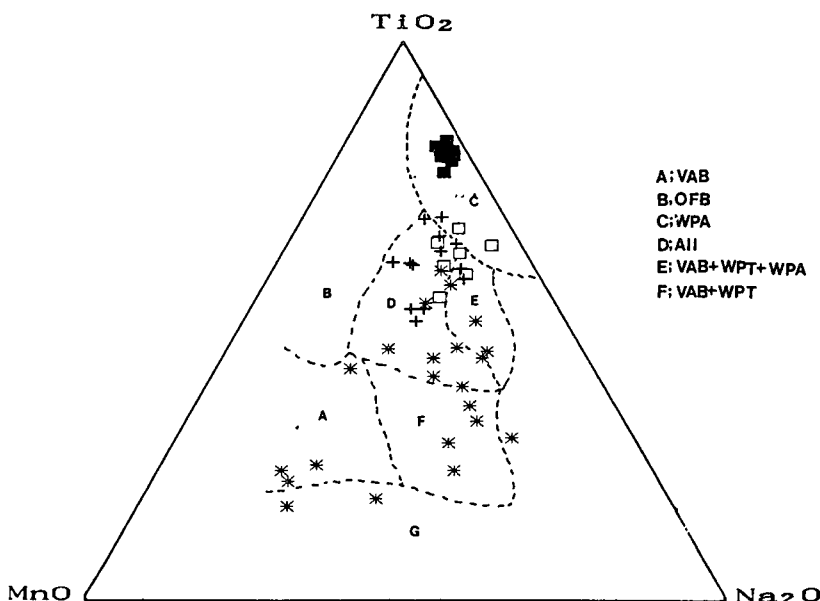


Fig. 7. TiO_2 - MnO - Na_2O plot of clinopyroxene phenocrysts from dredged basaltic rocks in Micronesia. Boundaries (dotted fields) discriminating different magma types are from Nisbet and Pearce (1977). Abbreviations : VAB, volcanic arc basalt; WPA, within plate alkali basalt; OFB, ocean floor basalt; WPT, within plate tholeiite. Symbols : solid square, atoll-guyot; open square, bank; plus, trough; asterisk, trench-arc.

계열을 다시 조산대와 비조산대 계열로 구분하는 Ca-(Ti+Cr) 분류도 (Fig. 8B)에서 트라프 시료는 두 영역 모두에 속하지만, 뱅크 시료는 정의된 영역에는 속하지 않으나 경계선 근처의 비조산대 계열에 속한다. 구분이 불확실한 트라프 시료를 보다 자세히 살펴보면, 소롤 트라프 (90D18-3)는 조산대 영역에, 페이스 트라프는 비조산대 영역 (91D6-15) 및 중첩되는 영역 (91D3-6)에 동시에 점시되는데, 이는 각 트라프의 생성 환경이 다를 가능성을 시사한다. 한편, 압 시료는 조산대 계열로 분명히 구분된다.

조산대 현무암을 다시 칼크알칼리 계열과 솔리아이트 계열로 구분하는 Al(Ti)-Ti 분류도 (Fig. 8C)에서, 압 해구-호상열도 시료는 전형적인 조산대 솔리아이트에 속한다. 이는 현재 화성활동은 없으나 이 지역 호상열도의 형성과 관련된 고기의 마그마 활동이 있었음 (Hawkins and Batiza, 1977)을 나타낸다.

전암 성분과의 비교

다음에서는 이 연구의 단사휘석 성분에 의한 암

석의 화학적 특징 및 지구조 환경 유추를 기존 보고된 전암 분석자료 (Hein *et al.*, 1992 ; Crawford *et al.*, 1986 ; Perfit and Fornari, 1982)와 비교한다. 전암 성분에 의한 암석의 특징을 Fig. 9에 나타내었다.

Hein *et al.* (1992)의 자료는 이 연구에 사용된 시료와 동일한 6개로, 기요 시료 (90D13-7)는 알칼리 현무암에 해당하지만, 트라프 (90D18-5, -6, 90D16-3, -7)와 뱅크 시료 (90D4-1)는 비알칼리 계열의 솔리아이트에 해당한다. 이들은 위에서 본 단사휘석에 의한 특징과 전반적으로 잘 일치한다. 그러나, 단사휘석 성분으로 그 구분이 분명하지 않은 뱅크 시료가 전암 성분으로는 분명히 구분되는 것이 주목된다.

이 지역에서 기존의 연구를 통해 이미 알고 있는 전암 성분으로 부터 얻어진 단사휘석의 분석치, 즉 압 해구에서 채취된 Crawford *et al.* (1986)의 호상열도 솔리아이트 시료 (1438C)와 소롤 트라프에서 채취된 Perfit and Fornari (1982)의 판내부 솔리아이트 시료 (D21-Z,-R)를 같이 점시하였는데, 이들 인용된 단사휘석의 자료 역시 각각 압 시료는 조산대 솔리아이트 계열에 속하고 소롤 트라프 시료는 비조산대 솔리아이트 계열에 속하여, 전암 성분을 이

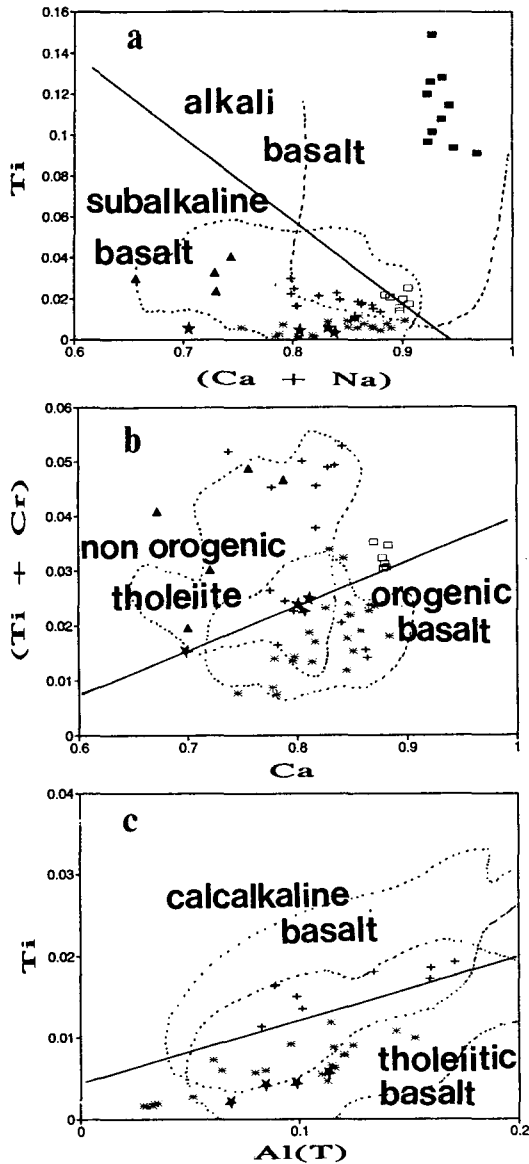


Fig. 8. Discrimination diagrams of clinopyroxene phenocrysts from dredged basaltic rocks in Micronesia. The dividing lines with more than 80% confidence and the outermost frequency contours (dotted line) are from Leterrier *et al.* (1982). A) Ti vs. (Ca+Na). B) Ca vs. (Ti+Cr) for non-alkali basalts. C) Ti vs. Al(T) for orogenic basalts. Symbols are same as in

용한 해석과 일치함을 보인다 (Fig. 8과 9).

이 연구에 사용된 시료에 대한 전암 및 단사휘석의 성분을 이용한 암석의 화학적 특징 및 지구조 환경 유추 결과로 미루어, 서부 캐롤라인 해령 주

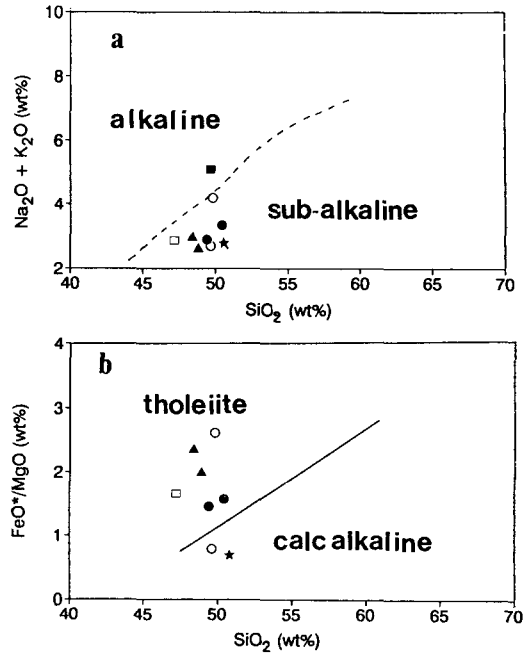


Fig. 9. Major oxide plots of some dredged basaltic rocks in Micronesia (XRF data quoted from Hein *et al.*, 1992). A) $(Na_2O + K_2O)$ vs. SiO_2 : dividing curve (dotted curve) is from Irvine and Baragar (1971). B) FeO^*/MgO (FeO^* is total Fe as FeO) vs. SiO_2 : dividing line is from Miyashiro (1974). Symbols: solid square, 90D13-7; circle, 90D18-5, -6; triangle, 90D16-3, -7; open square, 90D4-1; open circle, D21-R, -Z (15.5 wt% MgO) (Sorol trough sample from Perfit and Fornari, 1982); star, 1438C (Yap-Mariana trench sample from Crawford *et al.*, 1986).

변지역은 열점과 연관된 알칼리암과 함께 해령계에서의 비알칼리암이 분포하고 있다고 여겨지며, 이는 Perfit and Fornari (1982)의 의견과 부합된다. 그렇지만, 단사휘석 및 전암 주성분원소 만으로는 아직 정확한 해석이 어려운 사항이 있는데, 첫째, 트라프뱅크 시료 중 비조산대 계열의 암석이 MORB와 관련된 것인지 혹은 캐롤라인 해령의 초기 마그마 활동으로 예상되는 열점 기원 솔리아이트와 관련된 것인지는 현재 확실하지 않다는 점이며, 둘째, 지금까지 소롤 트라프에서는 MORB형의 솔리아이트질 현무암 (Fig. 8의 삼각형 기호) 및 알칼리 현무암류가 보고되었는데 (Perfit and Fornari, 1982), 이 연구에서 얻어진 조산대 솔리아이트의 영역에 속하는 시료 (90D18-3)의 산출은 새로운 결과로서 이 지역의 성인이 복잡함을 시사한다.

결 언

마이크로네시아 해역의 서부 캐롤라인 해령 주변 지역과 압 해구-호상열도에서 선정된 화산암류는 감람석 반정 (F₀₈₆₋₈₀) 및 사장석 반정 (An₉₀₋₅₅)의 성분으로 이루어 이들이 현무암질암임을 의미한다.

특히 단사회석의 성분은 지역에 따라 차이가 나는데 그 성분을 이용한 지구조 분류도에서, 아틀기요 시료와 압 해구-호상열도 시료는 확실히 그 특징이 구분되어 각각 판내부 환경의 알칼리 계열과 조산대 솔리아이트 계열에 속한다. 그러나 뱅크 시료는 알칼리 계열과 비알칼리 계열이 중복되는 전이대에 속하여 단사회석의 성분으로는 그 해석이 모호하지만, 보고된 전암 성분에 의하면 비조산대 솔리아이트에 해당한다. 한편, 비알칼리 계열에 속하는 트라프 시료는 조산대 및 비조산대 영역에 동시에 점시되나, 기존 전암 자료와 함께 고려할 경우 두 가지 유형의 솔리아이트가 분포하고 있을 가능성을 시사한다.

결론적으로 이 연구의 단사회석 성분은 기존 전암성분과 함께 서부 캐롤라인 해령 지역이 열점 화성활동의 산물인 동부 캐롤라인 해령의 연장에 해당되나, 해령 주변의 구조인 뱅크 및 트라프는 구성 암석의 성분이 다양하여 그 성인이 복잡함을 시사한다. 한편 현재 화산활동이 없는 압 해구-호상열도 지역은 고 호상열도의 형성과 관련된 마그마 활동이 있었음을 나타낸다.

한편, 이 연구에서 단사회석의 성분을 이용한 현무암질암의 화학적 특징과 지구조 환경에 대한 해석은 알려진 전암 성분 자료와 비교했을때 대개 일치함을 보이나, 때때로 그 유용성이 분명하지 않을 경우도 있음을 보인다. 이는 Nesbit and Pearce (1977) Leterrier *et al.*(1982)가 보고한 분류 그림의 정확도가 통계적인 것임을 확인시켜 준다.

감사의 글

논문을 심사해준 노진환, 이문원 교수에게 심심한 감사사를 표한다.

참고문헌

과학기술처, 1991, 태평양 심해저 광물자원 개발연구 (심해저 광물자원 개발 광구 탐사). 해양연구소, 제

1차년도 년차 보고서, BSPG00118-369-5, 807-1101.
 과학기술처, 1992, 태평양 심해저 광물자원 개발연구 (심해저 광물자원 개발 광구 탐사). 해양연구소, 제 2차년도 년차 보고서, BSPG00143-2-452-5, 497-720.
 Crawford, A.J., Beccaluva, L., Serri, G. and Dostal, J., 1986, Petrology, geochemistry and tectonic implications of volcanics dredged from the intersection of the Yap and Mariana trenches. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 80, 265-280.
 Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J., 1963, Rock forming minerals. v.2 chain silicates. Longmans, 379 p.
 Floyd, P.A. and Winchester, J.A., 1975, Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27, 211-218.
 Fodor, R.V., Keil, K. and Bunch, T.E., 1975, Contributions to the mineral chemistry of Hawaiian rocks. IV. Pyroxenes in rocks from Haleakala and West Maui volcanoes, Maui, Hawaii. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 50, 173-195.
 Fodor, R.V. and Vandermeyden, 1988, Petrography of gabbroic xenoliths from Mauna Kea volcanic, Hawaii. *Jour. Geophy. Res.*, 93, 4435-4452.
 Hawkins, J. and Batiza, R., 1977, Metamorphic rocks of the Yap arc-trench system. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 37, 216-229.
 Hein, J.R., Ahn, J.-H. *et al.*, 1992, Geology, geophysics, geochemistry, and deep-sea mineral deposits, Federated States of Micronesia : KORDI-USGS, R.V. Farnella Cruise F11-90-CP. open file report 92-218, 191p.
 Hess, P.C., 1989, Origins of igneous rocks. Harvard University Press. 336p.
 Hyndman, D.W., 1985, Petrology of igneous and metamorphic rocks. 2nd. Ed., McGraw-Hill. 786p.
 Keating, H.B., Matthey, D.P., Hellsley, C.E., Naughton, J.J., and Epp, D., 1984, Evidence for a hot spot origin of the Caroline Islands. *J. Geophys. Res.*, 89, 9937-9948.
 Leterrier, J., Maury, R.C., Thonon, P., Girard, P. and Marchal, M., 1982, Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59, 139-154.
 Nisbet, E.G. and Pearce, J.A., 1977, Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, 149-160.
 Pearce, J.A. and Norry, M.J., 1979, Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69, 33-47.
 Perfit, M.R., Fornari, D.J., Mineralogy and geochemistry of volcanic and plutonic rocks from the boundaries of the Caroline plate : tectonic implications. *Tectonophysics*, 87, 279-313.
 Schweitzer, E.L., Papike, J.J. and Bence, A.E., 1979,

- Statistical analysis of clinopyroxenes from deep sea basalts. *Am. Min.*, 64, 501-513.
- Shiraki, K., 1971, Metamorphic rocks of Yap islands, western Pacific : possible oceanic crust beneath an island arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 13, 167-174.
- Spear, F.S., 1981, An experimental study of hornblende stability and compositional variability in amphibolite. *Am. Jour. Sci.*, 281, 697-734.
- Vallance, T.S., 1974, Pyroxenes and the basalt-spilite relation, in : *Spilites and Spilitic Rocks*, Amstutz, G.C. (ed.), Int. Union Geol. Sci. Ser. A., 4, Springer-Verlag, Heidelberg, 59-68.
- Wass, S.Y., 1979, Multiple origin of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks. *Lithos*, 12, 115-132.

(책임편집 : 노진환)

Petrography and Mineral Chemistry of Some Deep Sea Basaltic Rocks from the Western Caroline Ridge and Yap Trench-Arc System

Jun-Beom Park, Sung-Tack Kwon, Jung-Ho Ahn* and Jung-Keuk Kang*

Dept. Geology, Yonsei University, Shinchondong 134, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Korea

**Marine Mineral Resources Laboratory, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Ansan, Gyeonggi-do 425-600, Korea*

ABSTRACT : This paper reports the results about the petrography and mineral chemistry of 13 representative dredged basaltic rocks from the western Caroline Ridge (WCR) and Yap Trench-Arc system, and provides the chemical and tectonic informations based on the compositions of clinopyroxene phenocrysts. Compositions of olivine phenocrysts in some analyzed samples are FO_{86-80} . Plagioclase phenocrysts have variable compositions ranging from An_{90} to An_{55} . The compositions of clinopyroxene phenocrysts vary according to geological environments; titansalite in atoll and guyot of WCR, diopside-augite in trough and bank of WCR, and endiopside in Yap Trench-Arc system. Application of the discrimination schemes proposed by Leterrier *et al.* (1982) suggests : (1) the samples from atoll-guyot belong to within plate alkali basalt, implying that western CR could be the continuation of eastern CR formed by hot spot magmatism, (2) the samples from the Yap Trench-Arc system with no present-day magmatism clearly indicate the occurrence of orogenic tholeiites presumably related to early island arc magmatisms in this area, however, (3) the samples from the bank and trough do not provide definitive informations, which might indicate the complexity of their origins.

Key Words : Western Caroline Ridge, Yap Trench-Arc system, deep-sea basalt, mineral chemistry