

여수 지역에 분포하는 백악기 화강암류에 대한 지화학적 연구

위수민^{1,*} · 김은효²

¹한국교육대학교 지구과학교육과, 363-791, 충북 청원군 강내면 다락리 산 7

²소래고등학교, 429-835, 경기도 시흥시 은행동 108-8

Geochemical Study of the Cretaceous Granitic Rocks in Yeosu Area

Soo Meen Wee^{1,*} and Eun-Hyo Kim²

¹Department of Earth Science, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

²Sore High School, Gyeonggi 429-835, Korea

Abstract: Cretaceous intrusive and extrusive rocks are widely distributed in the southern part of the Korean peninsula, possibly the result of intensive magmatism which occurred in response to subduction of the Pacific plate beneath the northeastern part of the Eurasian plate. Geochemical and petrological study on the Cretaceous granitic rocks of the Yeosu area were carried out in order to constrain the petrogenesis of the granitic rocks and to establish the paleotectonic environment of the southwestern part of the Korean peninsula. Igneous rocks of the Yeosu area consist of diorite, hornblende biotite granite and micrographic granite. Chondrite normalized REE patterns show generally enriched in LREE ($(La/Lu)_{CN}=4.2-13.3$). Diorites show flat to slight negative Eu anomalies while micrographic granites have strong negative Eu anomalies. The Σ REE of the granites are 76.2-235 ppm, which corresponds to the range of the continental margin granite. Whole rock chemical data of the granitic rocks from the Yeosu area indicate that the rocks have characteristics of calc-alkaline series in the subalkaline field. On the ANK vs. ACNK and tectonic discrimination diagrams, parental magma type of the granites corresponds to I-type and volcanic arc granite (VAG). Interpretations of the chemical characteristics of the granitic rocks favor their emplacement in a compressional tectonic regime at continental margin during the subduction of Pacific plate.

Keywords: REE, I-type, calc-alkaline, granite, Yeosu area

요약: 한반도 남부 지역은 태평양(Pacific)판의 섭입에 의한 화성활동이 매우 활발했던 지역으로 백악기 화강암류와 이와 성인적으로 밀접한 관련이 있는 것으로 추정되는 화산암류가 넓게 분포하고 있다. 여수 지역 백악기 화강암류를 형성시킨 마그마의 특성 및 지구조적 환경을 규명하고자 주성분 원소, 미량원소에 대한 지화학적 연구를 시도하였다. 연구 지역의 화성암류는 섬록암, 각섬석 흑운모 화강암, 미문상 화강암류로 구성되어 있다. 연구지역의 화강암은 칼크-알칼리(calc-alkaline) 계열로, A/NK vs. A/CNK 도에 점시해 본 마그마의 특성은 대부분 중알루미나(metaluminous)에 해당하고 I-type으로 나타난다. 암석기재학적 특징으로 본역의 암석은 천소에 관입 정치된 화강암류의 암석으로, 지구조판별도에 의하면 압축장이 작용하는 판의 경계부 즉, 화산호화강암(VAG)에 해당된다. 희토류원소의 패턴은 경희토류원소(LREE)가 중희토류원소(HREE)보다 부화된($(La/Lu)_{CN}=4.2-13.3$) 백악기 화강암류의 전형적인 패턴과 일치하며 미문상화강암은 섬록암에 비해 Eu(-) 이상이 뚜렷하게 나타난다. 총희토류원소(Σ REE) 함량은 76.2-235 ppm으로 본 연구지역의 화강암류들은 대륙연변부에서 나타나는 화강암류의 희토류원소 총합량 범위에 해당된다. 위의 지화학적 자료를 종합해 보면 여수 지역 화강암류들은 태평양판의 섭입에 의한 압축장이 작용하는 대륙 연변부에서 생성되었음을 알 수 있다.

주요어: 희토류원소, I-type, 칼크-알칼리, 화강암, 여수지역

*Corresponding author: weesm@cc.knue.ac.kr

Tel: 82-43-239-3741

Fax: 82-43-232-7176

서 론

한반도 남부는 중국 남동부에서부터 러시아 추콧(Chukot) 반도를 잇는 중생대에서 신생대에 걸친 코딜레라형(Cordilleran-type) 조산벨트의 동쪽 확장부로서 백악기에서 제3기에 걸쳐서 관입한 I-형 칼크 알칼리 계열의 화강암류가 광범위하게 분포하고 있으며(진명식, 1980; Kagami et al., 1992; Nakajima, 1996; Cheong et al., 2002), 이들의 성인은 이자나기(Izanagi)판의 섭입과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다(이상만 외, 1987; Maruyama et al., 1997, Cheong et al., 2002; Choi et al., 2005; Oh, 2006). 연구지역인 여수 일대에 분포하는 백악기 화강암류는 전형적인 칼크-알칼리계열로 I-type의 자철석계열의 성격을 나타낸다. 이 지역의 화성활동은 태평양(Pacific)판의 섭입에 의한 것으로 알려져 왔으며, 판의 운동방향에 따라 화성활동의 형태 및 지역적인 지질활동의 특징을 나타낸다. 백악기 화강암류들은 방향성을 가지고 대상으로 분포하는 쥐라기의 대보 화강암체들과는 달리 주로 암주상의 형태로 산재하여 분포하며, 연구지역에 분포하는 화강암류는 미문상 조직 및 정동구조 등 천소 관입의 특징을 보이는 미문상 화강암이 주로 분포하고 있다.

최근 한반도 남서부 지역의 영암(김정빈 외, 1994; 이창신과 김정빈, 1996), 완도(신인현, 1994; 신인현 외, 1994), 해남(김용준 외, 1993; 신인현과 남기상, 1993; 김용준 외, 1994), 장흥(김희남 외, 1997), 벌교(김정빈과 박영석, 1996), 고흥(박영석 외, 1997; 윤정환 외, 1999), 순천-광양(이창신 외, 1992; 박천영 외, 1993), 여수 둘산 지역(김희남 외, 1994)의 화성암류에 대한 지역적인 지화학적 연구는 이루어졌으나 둘산을 제외한 여수 지역 일대 화성암류에 대한 지화학적 연구가 거의 이루어지지 않았기에 본 연구에서는 여수 일대의 야외 지질 조사를 통해 총 35개의 암석 시료를 채취하여 현미경 관찰, 모드 분석을 실시하고, 그 중에서 신선한 시료 25개를 골라서 주원소, 미량원소 및 희토류원소에 대한 지화학적 분석을 실시하였다. 이를 통해 여수 일대의 알칼리장석 화강암을 세분하여 분포양상과 주변 지역과의 상호관계를 밝히고 화강암류에 대한 암석학 및 지화학적 특성을 통해 본 역에 정지된 화강암질 마그마의 분화 과정, 성인 및 지구조적인 환경을 규명하는데 그 목적이 있다.

일반지질 및 암석기재

본 연구지역은 경상분지 남서쪽에 위치하며 백악기 경상누층군의 신동층군과 유천층군에 속하는 각종 화산암류와 퇴적암, 그리고 이를 관입한 불국사 화강암류와 그 위를 부정합으로 덮고 있는 제 4기 충적층으로 구성된다(Fig. 1). 신동층군에 속하는 하산동층은 여수반도의 북측 해안가에 소규모로 산출되며 우백색에서 담회색의 중립 혹은 조립 사암과 적색 이암의 교호층으로 이루어진다. 유천층군은 여수반도 대부분을 차지하며 이들은 하부로부터 옹방산층, 신성리층, 봉화산 용결 응회암, 월내리 화산암으로 세분된다(장기홍 외, 1989).

후기 백악기 관입암류로서 알칼리장석화강암이 있는데 이는 여수반도 북동부의 상암동과 호명동 일대, 남부의 장수리 일대에 분포하며 유천층군을 관입하고 있다. 실내 조사 결과 연구지역 일대의 알칼리장석화강암은 각섬석 흑운모화강암, 미문상화강암, 섬록암으로 구분할 수 있다. 이들의 광물 조성의 모달분석을 실시하여(Table 1) 석영-정장석-사장석 삼각도에 도시해본 결과 섬록암은 대부분 석영몬조섬록암, 석영섬록암, 섬록암 영역에, 각섬석 흑운모화강암은 화강암, 몬조니암, 화강섬록암 영역에, 그리고 미문상화강암은 화강암과 몬조니암 영역에 각각 도시되었다(Fig. 2).

섬록암

본 역 북동부의 호랑산과 천성산의 북측에 주로 분포하며 천성산 남측의 일부 노두에서는 미문상화강암체 내에 포획되어 나타나기도 한다. 지질도 상에는 기재되지 않았으나 봉암동 봉장리에도 소규모의 섬록암체가 발달되어 있다. 주로 사장석으로 구성되어 있으며 그 외 석영과 정장석, 흑운모, 각섬석이 나타나며 아주 소량의 휘석도 관찰된다. 변질광물로는 견운모, 녹니석, 녹염석 등이 관찰된다. 석영은 소량으로 대부분 타형으로 나타나며 사장석은 안데신(장기홍 외, 1989)에 속하며 자형으로 누대구조가 두드러지게 발달한다. 거정의 사장석은 포이킬리틱 조직을 보이며 포획광물은 흑운모, 인회석 등으로 되어 있다. 일부 심하게 변질을 받은 사장석은 견운모로 교대되어 있다. 각섬석과 흑운모는 거의 같은 함량을 보이며 뚜렷한 벽개와 쌍정이 발달하고 자형의 결정이 잘 관찰된다.

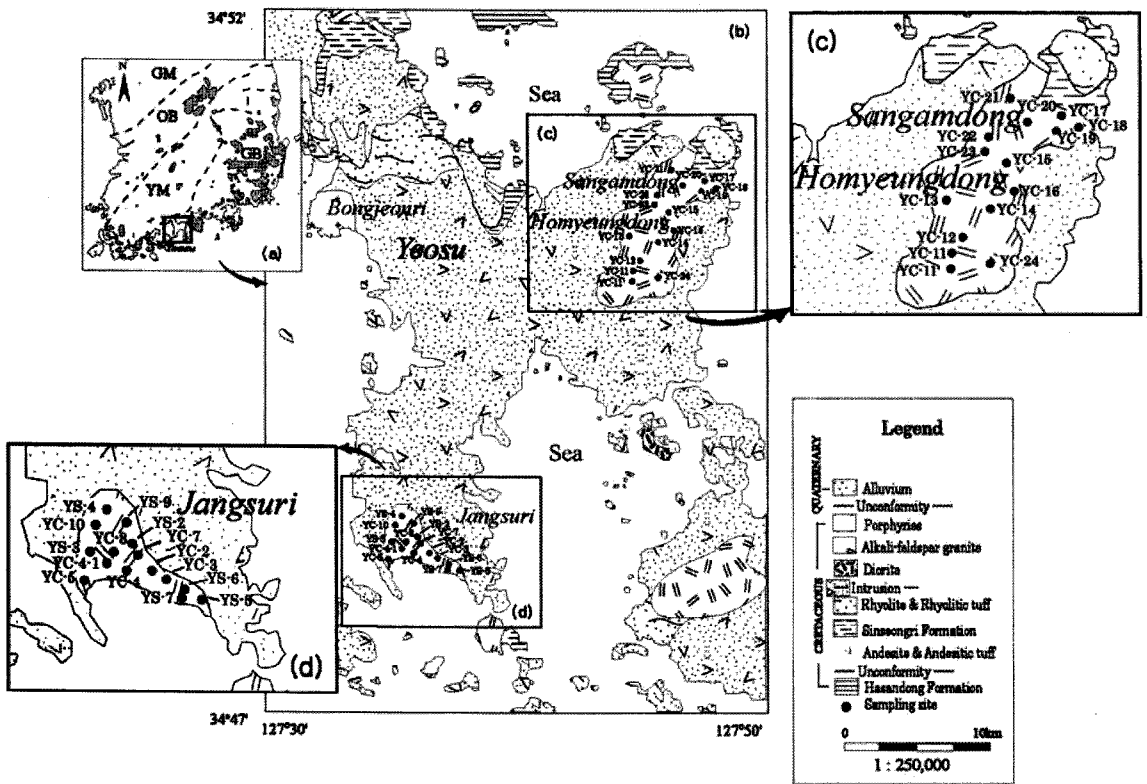


Fig. 1. Geological map of Yeosu area (after Choi et al., 2002) and sampling locations. In the inset diagram the tectonic provinces of southern part of the Korean peninsula are shown. Abbreviations: GM=Gyeonggi Massif, OB= Ogcheon Basin, YM=Yeongnam Massif, GB=Gyeongsang Basin.

각섬석 흑운모화강암

여수반도 북동부의 호랑산 일대와 남부의 장수리 일대에 주로 분포하며, 조립 내지 중립질로서 유색광물의 함유 정도에 따라 담회색 내지 회색을 나타낸다. 주 구성광물은 석영, 정장석, 사장석, 흑운모, 각섬석 등이며 소량의 저어콘과 불투명 광물을 수반한다. 부분적으로 석영과 K-장석이 미문상 조직을 나타낸다. 미문상 조직이 30% 이하로, 미문상화강암과 구분하였다(Lee, 1997). 사장석은 칼스바드와 알바이트 쌍정, 누대구조가 뚜렷하게 나타나며 부분적으로 견운모화 되었다. 각섬석은 갈녹색의 주상 결정으로 쌍정을 이루기도 하며 두 방향의 벽계가 뚜렷하게 발달하며 흑운모의 일부는 녹니석화 되었다.

미문상화강암

경남 마산 부근에 분포한 소위 마산암으로 불리는 암석과 동일한 것으로 여수반도 북동부의 상암동과 장수리 일대의 심성암체에서 나타난다. 특히 장수리

일대의 해안가와 상암동 석현리 지역에 미문상화강암체가 잘 발달해 있다. 지질도 상에는 기재하지 않았으나 마래산 쓰레기 매립장과 하동, 수문동 일대에 소규모의 미문상화강암체가 발달해 있으나 변질의 정도가 매우 심하다. 전체적으로 홍색을 띠고 중립 내지 세립질암으로서 자형 내지 반자형의 장석반정을 갖는 반상 조직을 보이기도 한다. 각섬석은 2%미만으로 유색광물의 함량이 적은 우백질암으로 나타난다. 주 구성광물은 석영, 사장석, 정장석, 각섬석 및 흑운모이며 견운모, 녹엽석, 녹니석, 불투명 광물 등이 소량 함유되어 있다. 석영은 알칼리 장석과 함께 대부분 미문상 조직을 이룬다. 자형으로 발달하는 사장석은 반정을 이루며 누대구조와 쌍정이 뚜렷하고 일부는 견운모화 되었다. 사장석의 양에 비해 정장석의 양이 월등하다. 흑운모와 각섬석은 녹니석으로, 장석류는 견운모로 부분적으로 교대되어 있으며 불투명 광물은 사장석이나 흑운모에 포획되어 나타난다. 전체적으로 세리에이트 조직으로 입자의 크기가 다양하

Table 1. Modal compositions of the plutonic rocks from the Yeosu area (in vol. %)

Sample	Qt	Kf	Pl	Cpx	Hb	Bt	Epi	Chl	Sr	Oq	micro-graphic texture
YC2	29.8	11.8	45.4	-	1.5	2.5	0.8	4.4	1.3	2.6	-
YC3	28.2	21.7	36.3	-	1.3	4.1	0.7	4.6	1.2	1.8	2.4
YC4	24.3	20.9	37.1	-	6.3	8.1	0.3	0.6	0.3	2.1	5.6
YC7	34.2	33.3	27.9	-	0.9	1.1	0.3	1.6	0.1	0.6	-
YC9	47.6	31.8	14.7	-	1.1	1.8	0.3	1.6	0.8	0.2	-
YC10	31.5	19.5	36.0	-	0.6	4.1	0.6	3.5	1.8	2.5	5.7
YC16	3.5	0.9	71.1	0.1	4.6	5.9	1.9	7.3	1.9	2.8	-
YC17	27.3	26.9	31.3	-	1.5	0.6	1.6	6.0	1.5	3.2	68.3
YC18	39.0	32.4	17.4	-	0.4	0.6	0.8	3.0	1.6	4.9	63.2
YC20	34.4	21.3	33.7	-	0.5	1.4	0.4	2.6	0.8	5.1	43.1
YC21	5.5	1.8	77.3	0.1	4.9	3.6	0.3	1.1	0.4	5.2	-
YC22	9.0	4.4	66.6	0.1	3.5	7.6	1.1	2.9	0.8	4.0	-
YC23	11.8	0.9	68.2	0.1	1.5	5.8	2.5	5.7	0.5	3.1	-
YC24	41.5	34.4	18.5	-	0.4	0.6	0.6	1.2	0.4	2.2	67.5
YC26	10.5	2.9	63.9	0.3	5.1	8.7	1.7	4.0	0.5	2.4	-
YC27	10.5	6.4	59.9	0.2	4.3	8.0	2.2	4.2	0.8	3.5	-
YS2	40.2	19.5	29.6	-	4.4	3.3	0.2	0.7	0.5	1.5	2.1
YS4	42.0	19.5	31.1	-	1.6	1.9	1.0	0.9	0.3	1.7	14.4
YS6	33.8	20.0	26.5	-	4.2	2.3	3.6	4.7	1.5	3.4	12.0
YS7	31.3	16.0	42.7	-	1.3	2.2	1.4	2.4	1.0	1.8	8.5
YS8	32.7	19.1	31.7	-	1.3	3.0	2.7	5.9	1.6	2.1	2.3

Qt=Quartz, Kf=K-feldspar, Pl=Plagioclase, Cpx=Clinopyroxene, Hb=Hornblende, Bt=Biotite, Epi=Epidote, Chl=Chlorite, Sr=Sericite, Oq=Opaque mineral)

고 미문상 조직이 전체 30% 이상을 차지하며 정동 구조를 보이기도 한다.

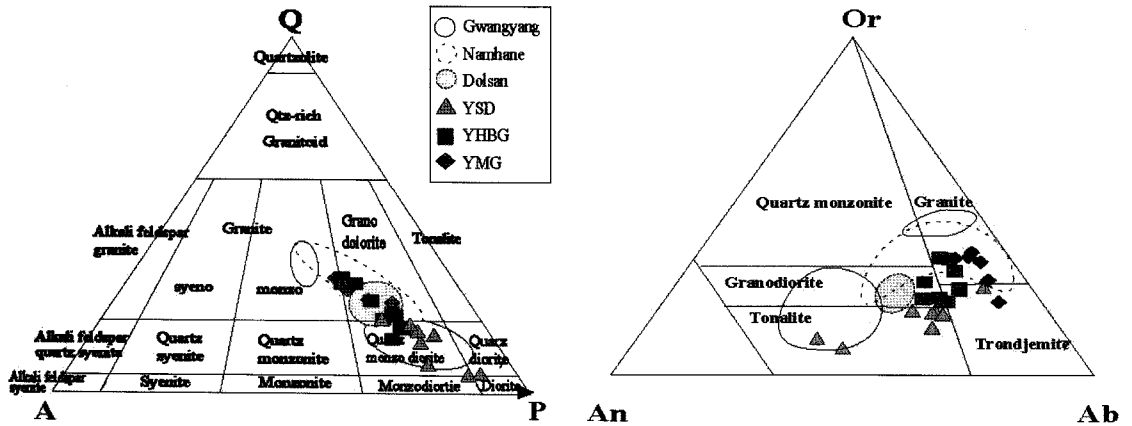
지구화학

본 연구지역에 분포하는 백악기 심성암류의 암석화학적 특성을 밝히기 위해 총 33개의 시료를 채취하여 신선한 25개의 시료를 캐나다에 소재하는 Activation Laboratories Ltd.에 의뢰하여 주원소, 미량원소 및 희토류원소에 대해 분석을 실시하였다. 주원소와 몇 가지 미량원소(Ba, Sr, Y, Sc, Zr)는 XRF를 사용하였고, 나머지 미량원소 및 희토류원소는 ICP-MS를 사용하여 분석하였다. 분석오차를 살펴보기 위해 몇 개의 국제 표준시료와 같이 분석하였으며, 주원소의 분석 오차의 한계는 5%미만, Tb, Tm, Lu(<10%)을 제외한 대부분의 미량원소 및 희토류원소의 오차한계는 6%미만으로 나타났다. 여수지역의 심성암류와 인접한 돌산(김희남 외, 1994), 광양(박천영 외, 1993), 남해(박천영 외, 1993; 김희남과 박천영, 1995)등의 화강암류에 대한 기 발표된 지화학적인 자료와 비교

분석을 통해 본 역에 정치된 화강암질 마그마의 분화과정특성과, 성인 및 지구조적인 환경 등을 논의하고자 한다.

주원소

본 연구지역의 주원소의 화학조성은 Table 2에 제시하였으며 화성암류의 분화에 따른 주원소의 변화 경향을 알아보기 위해 SiO₂의 함량에 대한 각 산화물의 변화도를 나타내었다(Fig. 3). 연구지역의 심성암류의 SiO₂의 함량은 섬록암(51.8-67.4 wt.%), 각섬석 흑운모화강암(61.4-71.2 wt.%), 미문상화강암(70.7-74 wt.%)의 범위를 나타낸다. 연구지역의 심성암류는 전체적으로 SiO₂의 함량이 증가함에 따라 TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, P₂O₅는 감소하고 K₂O는 증가하나 Na₂O는 뚜렷한 경향성을 보이지 않지만 대체로 일반적인 화강암류의 분화 경향과 유사하며(Fig. 3), 화강암류의 분화에 따른 성분 변화가 연속적인 경향을 보여주는 것은 본 연구 지역의 암석이 모두 동원마그마로부터 분화되었을 가능성을 시사한다. 인접지역 화강암류의 SiO₂함량의 범위는



Diorite(▲), Hornblende–Biotite granite(■), Micrographic granite(◆),
Dolsan granite(⊖), Gwangyang granite(○), Namhae granite(⊙).

Fig. 2. Normative Q-A-P and Ab-Or-An triangular diagrams. Data from Dolsan (Kim et al., 1994), Namhae (Park et al., 1993; Kim and Park, 1995) and Gwangyang (Park et al., 1993) are plotted for comparison.

광양이 52-78 wt.%로 가장 넓은 분포를 나타내고, 남해(57.3-77.5 wt%), 돌산(64-71 wt.%) 등도 중성에서 산성암에 해당하는 범위를 보인다. K₂O vs. SiO₂ 상

관도에서 다소 분산되기는 하였으나 여수 섬록암이 중칼륨(medium-K)에 속하고, 여수의 각섬석흑운모 화강암과 미문상화강암, 남해의 화강암류가 고칼륨

Table 2. Major element compositions (wt.%) of the plutonic rocks in the Yeosu area

	Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total
Hornblende Biotite gr.	YC3	66.05	0.49	15.25	2.25	2.26	0.08	1.02	3.30	4.50	2.57	0.14	1.18	99.09
	YC4	67.46	0.47	15.00	2.06	2.01	0.07	1.04	3.15	3.98	3.02	0.14	0.69	99.08
	YC5	64.82	0.57	15.77	1.08	3.50	0.10	1.32	3.67	4.27	2.54	0.19	1.36	99.18
	YC9	71.31	0.36	13.91	0.95	1.67	0.07	0.63	1.83	4.21	3.30	0.09	0.74	99.18
	YC10	71.56	0.35	13.85	0.48	2.10	0.06	0.65	2.00	3.86	3.76	0.10	0.80	99.57
	YC11	63.34	0.77	15.38	0.94	4.12	0.12	1.56	3.70	4.66	2.48	0.30	1.28	98.64
	YC12	61.43	0.93	15.05	0.70	4.73	0.17	1.39	3.05	4.84	2.91	0.33	3.81	99.33
	YC13	66.30	0.67	15.57	1.58	2.26	0.14	0.88	2.34	4.91	3.01	0.17	1.04	98.87
	YC14	63.38	0.95	15.55	2.28	2.62	0.19	1.61	3.35	4.78	2.51	0.35	1.55	99.12
	YC25	71.18	0.40	14.46	1.78	1.24	0.08	0.59	1.80	3.83	3.57	0.17	0.99	100.09
	YS2	70.95	0.36	13.81	1.53	1.83	0.06	0.68	1.80	3.82	3.58	0.10	0.73	99.25
Micrographic gr.	YC1	71.12	0.36	13.94	1.83	1.34	0.06	0.38	1.31	5.13	3.22	0.08	0.82	99.57
	YC17	74.01	0.30	13.29	1.28	1.30	0.07	0.31	0.99	4.24	3.93	0.06	0.58	100.35
	YC19	73.03	0.35	13.46	0.88	1.67	0.09	0.39	1.19	4.27	3.76	0.07	1.05	100.20
	YC24	71.55	0.40	13.60	0.71	2.04	0.09	0.46	0.99	4.58	3.68	0.07	1.50	99.66
	YS3	70.70	0.39	14.03	1.37	2.25	0.07	0.49	1.61	5.57	2.45	0.09	0.62	99.63
	YS5	71.89	0.32	13.89	-	2.66	0.03	0.49	1.57	4.03	3.73	0.09	0.58	99.27
Diorite	YC6	62.24	0.65	15.93	2.97	2.85	0.12	1.74	4.50	4.14	2.13	0.23	1.59	98.91
	YC15	57.14	1.02	15.82	4.18	4.10	0.16	2.90	4.07	4.62	2.17	0.34	1.88	98.40
	YC16	67.43	0.57	15.80	1.85	1.30	0.07	0.66	1.57	5.38	3.10	0.12	1.12	98.98
	YC21	62.20	0.94	16.82	2.91	2.46	0.13	1.55	4.18	4.97	1.67	0.32	1.10	99.25
	YC22	60.43	0.92	15.84	1.14	5.46	0.16	2.02	4.64	4.57	2.08	0.46	1.52	99.24
	YC23	64.10	0.84	16.49	2.83	1.65	0.10	1.39	3.66	5.05	2.16	0.29	1.02	99.58
	YC26	52.58	0.88	17.42	4.20	5.14	0.15	4.56	7.76	3.28	0.84	0.22	2.20	99.22
	YC27	51.82	0.74	16.77	3.70	5.40	0.16	5.78	8.38	2.62	1.08	0.15	1.86	98.47

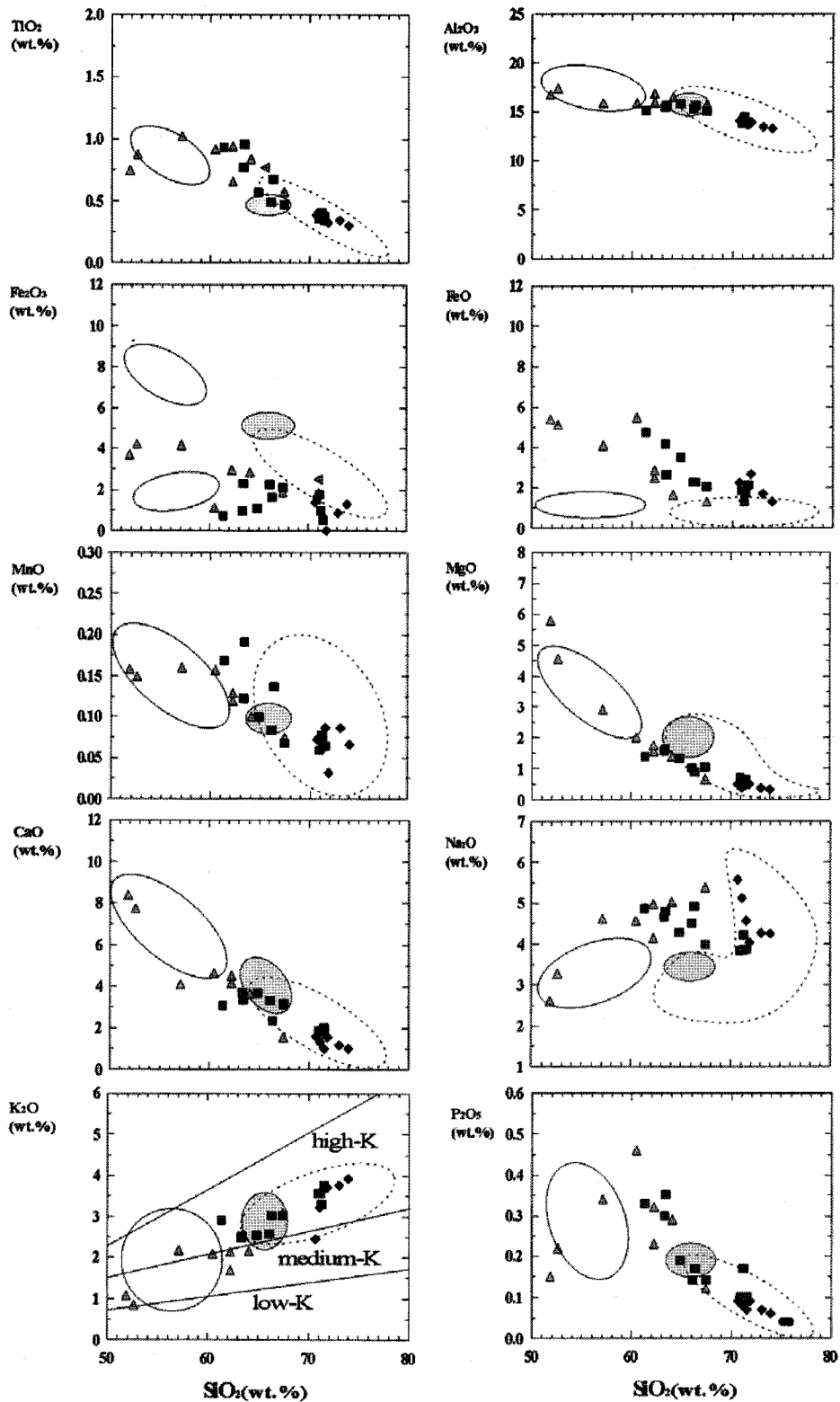


Fig. 3. Harker diagrams of major elements for the plutonic rocks. The K₂O vs. SiO₂ diagram after Le Maitre (1989) with line separating low-K, medium-K, and high-K granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

Table 3. Trace and Rare Earth element compositions (ppm) from the plutonic rocks in the Yeosu area

	Sample	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	Pb	Zn	Cu	V	Hf	Cs	Sc	Ta	Co	U	Ge
Hornblende Biotite gr.	YC3	683	75	297	30.3	216	10.7	8.30	12.0	51	11	48	6.1	1.4	11	0.56	7	-	1.5
	YC4	686	69	265	23.3	188	8.7	8.26	9.0	36	-	45	5.4	1.7	10	0.48	6	-	1.3
	YC5	631	58	309	26.9	204	8.0	7.32	7.0	-	19	51	5.6	1.3	13	0.48	6	1.59	1.0
	YC9	856	82	170	28.3	213	9.4	9.77	18.0	-	-	24	5.8	2.9	6	0.65	3	1.65	1.3
	YC10	1040	77	198	16.6	194	6.2	7.93	33.0	-	-	23	5.2	1.6	7	0.40	3	1.74	-
	YC11	527	73	378	29.2	177	10.3	7.59	11.0	-	-	52	5.3	1.3	14	0.55	4	-	1.2
	YC12	605	72	258	32.7	201	10.7	7.48	18.0	93	-	39	5.3	3.9	18	0.64	4	1.53	1.0
	YC13	970	74	330	30.7	283	11.8	9.02	15.0	57	-	22	6.8	2.0	14	0.66	3	1.56	1.2
	YC14	782	56	469	34.7	194	10.4	7.19	11.0	60	-	42	5.1	1.5	19	0.65	3	1.36	-
	YC25	766	121	259	24.5	225	12.2	14.10	1.1	56	-	20	6.3	2.5	7	0.84	2	-	1.4
YS2	817	92	184	28.3	175	8.9	12.10	9.0	-	-	29	5.7	2.0	7	0.65	5	-	1.2	
Micrographic gr.	YC1	865	81	170	49.2	264	12.7	9.03	6.0	-	-	11	7.1	0.6	11	0.60	2	-	1.6
	YC17	833	120	108	35.2	237	13.6	12.80	25.0	51	-	9	6.9	3.0	8	0.89	1	-	1.6
	YC19	812	105	153	35.2	257	13.9	13.40	8.0	39	-	10	7.5	1.5	8	0.95	1	-	1.2
	YC24	886	99	162	35.5	260	12.8	12.50	19.0	-	27	-	7.1	1.9	10	0.78	-	2.38	1.1
	YS3	774	56	167	36.1	259	10.1	9.40	-	-	-	-	7.4	0.7	11	0.54	-	-	1.2
	YS5	874	80	182	31.7	217	9.9	11.60	5.0	-	-	21	6.8	0.9	7	0.70	3	-	1.4
Diorite	YC6	600	59	328	28.6	203	8.1	6.67	-	-	-	80	5.3	1.0	15	0.35	7	-	1.1
	YC15	947	73	665	24.2	147	6.9	4.30	7.0	35	-	142	3.9	3.4	25	0.35	10	0.83	1.6
	YC16	1150	66	309	25.2	246	12.2	8.48	12.0	-	-	17	5.8	1.6	11	0.71	2	1.62	1.2
	YC21	541	34	486	30.7	246	13.1	5.76	7.0	65	21	35	6.1	0.8	18	0.62	4	-	1.5
	YC22	548	42	439	30.9	78	9.5	6.26	-	1220	-	59	2.7	1.0	18	0.45	4	1.11	1.4
	YC23	582	40	435	32.4	223	10.8	6.32	15.0	41	-	27	5.6	1.0	17	0.60	2	1.06	1.5
	YC26	335	20	497	19.7	80	4.7	3.02	16.0	90	58	180	2.9	0.8	28	0.13	21	-	-
	YC27	268	34	435	16.5	74	3.7	3.02	6.0	91	33	183	2.3	1.9	28	0.17	33	-	1.3

(high-K)에 해당한다(Fig. 3).

주원소의 함량을 Le Maitre(1976)의 화강암류 및 섬록암의 세계 평균값과 비교해 보았을 때 미분상화강암은 화강암류의 세계 평균값보다 SiO₂, FeO, MnO, Na₂O, TiO₂는 더 높게 나타나고, Fe₂O₃는 평균값과 일치한다. 각섬석 흑운모화강암은 SiO₂, K₂O를 제외한 모든 값들이 평균값보다 더 높게 나타나며, 섬록암은 섬록암의 세계 평균값보다 SiO₂, K₂O, Fe₂O₃, MnO, Na₂O의 값이 더 높게 나타난다.

미량원소 및 희토류원소

연구지역 내에 분포하는 화강암류에 대한 미량원소의 분석치는 Table 3과 같고, SiO₂ 함량에 따른 미량원소의 변화를 성분변화도(Fig. 4)에 도시하였다. SiO₂의 함량이 증가함에 따라 Ba, Rb, Y, Zr과 Nb는 증가하고 Sr, V, Sc, Co는 감소하고 경향을 보이나 다른 원소들은 상관관계를 보이지 않는다. 본 역의 화강암류에 대한 미량원소들의 평균 함량을 Taylor (1965)가 제안한 화강암 및 섬록암의 평균치와 비교하고 미량원소들의 특성에 따라 친석원소, 친동원소,

철·마그네슘 계열 원소, 고장력(High Field Strength) 원소 및 희토류원소로 구분하여 논하였다.

친석원소(Ba, Rb, Th, Sr): Ba의 평균 함량은 각섬석 흑운모 화강암 760 ppm, 미분상화강암 840 ppm, 섬록암 621 ppm은 Taylor(1965)가 제시한 화강암류의 평균값(600 ppm)에 비해 부화되어 있고, 섬록암은 세계 평균값(650 ppm)보다 다소 결핍되어 나타난다. Rb의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암 77.2 ppm, 미분상화강암 90.2 ppm, 섬록암 46 ppm으로 화강암류의 평균값(150 ppm), 섬록암의 평균값(70-100 ppm)과 비교해 보면 모두 다소 결핍되어 있다. Th의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암이 9 ppm, 미분상화강암이 11.5 ppm, 섬록암이 5.5 ppm으로 나타났다. Sr의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암 283 ppm, 미분상화강암 157 ppm, 섬록암 449 ppm으로 화강암류의 평균값(285 ppm), 섬록암의 평균값(450 ppm)과 비교했을 때 각섬석 흑운모화강암과 섬록암은 거의 유사하게 나타나며, 미분상화강암은 약간 결여되어 나타남을 볼 수 있다. Ba, Rb 및 Th는 분화가 진행됨에

Table 3. Continued

	Sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE
Hornblende Biotite gr.	YC3	36.9	73.6	8.29	31.3	6.31	1.41	5.55	0.97	5.56	1.15	3.77	0.586	3.82	0.558	178.2
	YC4	33.5	65.6	7.32	26.8	5.22	1.27	4.49	0.77	4.35	0.89	2.88	0.439	2.86	0.440	155.6
	YC5	36.5	73.5	7.96	30.9	6.11	1.46	5.34	0.93	5.17	1.04	3.19	0.500	3.21	0.478	174.9
	YC9	39.7	75.9	7.83	28.7	5.30	0.98	4.48	0.83	4.74	0.95	3.07	0.508	3.40	0.510	175.6
	YC10	37.7	66.4	6.48	22.4	3.65	1.14	3.10	0.50	2.75	0.56	1.82	0.295	2.00	0.315	148.3
	YC11	32.4	66.8	8.08	31.6	6.97	1.76	6.15	1.01	5.74	1.16	3.53	0.523	3.22	0.458	167.9
	YC12	36.2	75.8	8.87	37.3	8.00	2.25	7.39	1.17	6.55	1.30	3.97	0.584	3.67	0.532	191.8
	YC13	44.3	85.2	9.48	37.5	7.34	2.03	6.29	0.99	5.86	1.15	3.52	0.548	3.58	0.524	206.8
	YC14	36.0	75.3	8.76	37.9	8.10	2.25	7.48	1.18	6.75	1.33	4.05	0.609	3.80	0.529	192.3
	YC25	41.2	79.6	8.68	30.1	5.72	1.19	4.57	0.77	4.38	0.92	2.88	0.450	2.90	0.436	182.6
	YS2	38.2	74.6	8.32	29.0	5.71	0.95	4.77	0.83	4.90	1.01	3.30	0.528	3.54	0.521	174.8
Micrographic gr.	YC1	47.7	90.7	11.40	43.8	9.19	1.93	8.53	1.48	8.54	1.76	5.47	0.811	5.13	0.749	234.9
	YC17	45.0	89.3	10.30	37.1	7.67	1.21	6.55	1.12	6.60	1.35	4.29	0.672	4.34	0.637	214.4
	YC19	48.5	96.0	10.80	39.3	7.90	1.35	6.57	1.14	6.49	1.37	4.37	0.683	4.36	0.638	227.7
	YC24	43.5	83.0	9.54	36.8	7.38	1.51	6.69	1.14	6.48	1.31	4.07	0.626	4.07	0.609	205.0
	YS3	39.3	79.4	9.51	35.4	7.47	1.50	6.59	1.15	6.60	1.34	4.32	0.654	4.13	0.632	196.2
	YS5	34.9	78.4	8.22	29.6	6.12	1.05	5.13	0.94	5.52	1.19	3.83	0.589	3.84	0.587	178.4
Diorite	YC6	28.7	60.1	7.23	27.9	6.00	1.47	5.59	0.96	5.25	1.09	3.48	0.536	3.46	0.494	150.8
	YC15	20.3	44.4	5.43	23.8	5.53	1.65	5.19	0.84	4.75	0.91	2.70	0.402	2.51	0.363	117.5
	YC16	38.7	74.0	8.13	32.5	6.26	2.09	5.45	0.83	4.67	0.96	2.90	0.434	2.87	0.435	179.0
	YC21	35.8	71.2	8.51	30.1	5.72	1.19	4.57	0.77	4.38	0.92	2.88	0.450	3.13	0.472	168.9
	YC22	31.7	66.8	7.94	33.8	7.39	1.99	6.84	1.10	6.01	1.17	3.49	0.509	3.25	0.461	170.8
	YC23	37.7	73.9	8.45	35.1	7.31	2.13	6.77	1.10	6.26	1.25	3.80	0.574	3.61	0.526	186.8
	YC26	17.1	37.3	4.69	19.4	4.55	1.32	4.26	0.71	3.99	0.82	2.45	0.362	2.24	0.340	98.5
	YC27	13.0	28.9	3.57	15.0	3.49	1.07	3.27	0.56	3.18	0.65	1.97	0.292	1.83	0.257	76.2

따라 증가하는 경향을, Sr의 평균 함량은 분화가 진행될수록 감소하는 관계를 나타내며 이는 사장석의 분별정출에 의한 것으로 사료된다.

친동원소(Zn, Pb): Zn의 평균 함량은 각섬석 흑운모 화강암 58.8 ppm, 미문상화강암 45 ppm, 섬록암 256.7 ppm으로 Taylor가 제시한 화강암류의 평균값(40 ppm), 섬록암의 평균값(75 ppm)보다 부화되어 있으며, Zn의 평균 함량은 분화가 진행될수록 증가하는 상관관계를 보인다. Pb의 평균함량은 각섬석 흑운모 화강암이 13 ppm, 미문상화강암이 10.5 ppm, 섬록암이 7.9 ppm의 값을 나타낸다.

철·마그네슘계열 원소(Co, V, Sc): Co의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암 4.2 ppm, 미문상화강암 1.8 ppm, 섬록암 10.4 ppm으로 Taylor(1965)가 제시한 화강암류의 평균값(1ppm), 섬록암의 평균값(9 ppm)에 비해 모두 부화되어 있으며, 분화가 진행됨에 따라 부(-)의 상관관계를 보인다. Sc의 평균 함량은 각섬석 흑운모 화강암 11.5 ppm, 미문상화강암 9.5 ppm, 섬록암 20

ppm으로 나타났다. 화강암류 평균값(5 ppm)과 섬록암 평균값(10 ppm)에 비해 모두 부화되어 있으며, Sc는 분화가 진행되면서 점차 감소하는 상관관계를 보인다. V의 평균 함량은 각섬석흑운모 화강암 32 ppm, 미문상화강암 12.8 ppm, 섬록암 90.4 ppm으로 화강암류의 평균값(20 ppm), 섬록암 평균값(100 ppm)에 비해 각섬석 흑운모 화강암만 약간 부화되어 있으며, 분화가 진행됨에 따라 부(-)의 상관관계를 보여준다.

고장력원소(Zr, Nb, Y, Hf): Zr의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암 206 ppm, 미문상화강암 249 ppm, 섬록암 162.1 ppm으로 Taylor(1965)가 제시한 화강암류 평균값(180 ppm), 섬록암의 평균값(140 ppm)보다 부화되어 나타나며, 분화가 진행됨에 따라 Zr의 함량은 증가하는 상관관계를 나타낸다. Nb의 평균 함량은 각섬석 흑운모 화강암 9.8 ppm, 미문상화강암 12.2 ppm, 섬록암 8.6 ppm으로 화강암류 평균값(20 ppm), 섬록암의 평균값(20 ppm)보다 결여되어 나타나며, 분화가 진행됨에 따라 Nb의 함량은 증가하는 상관관계를 나타낸다. Y의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암

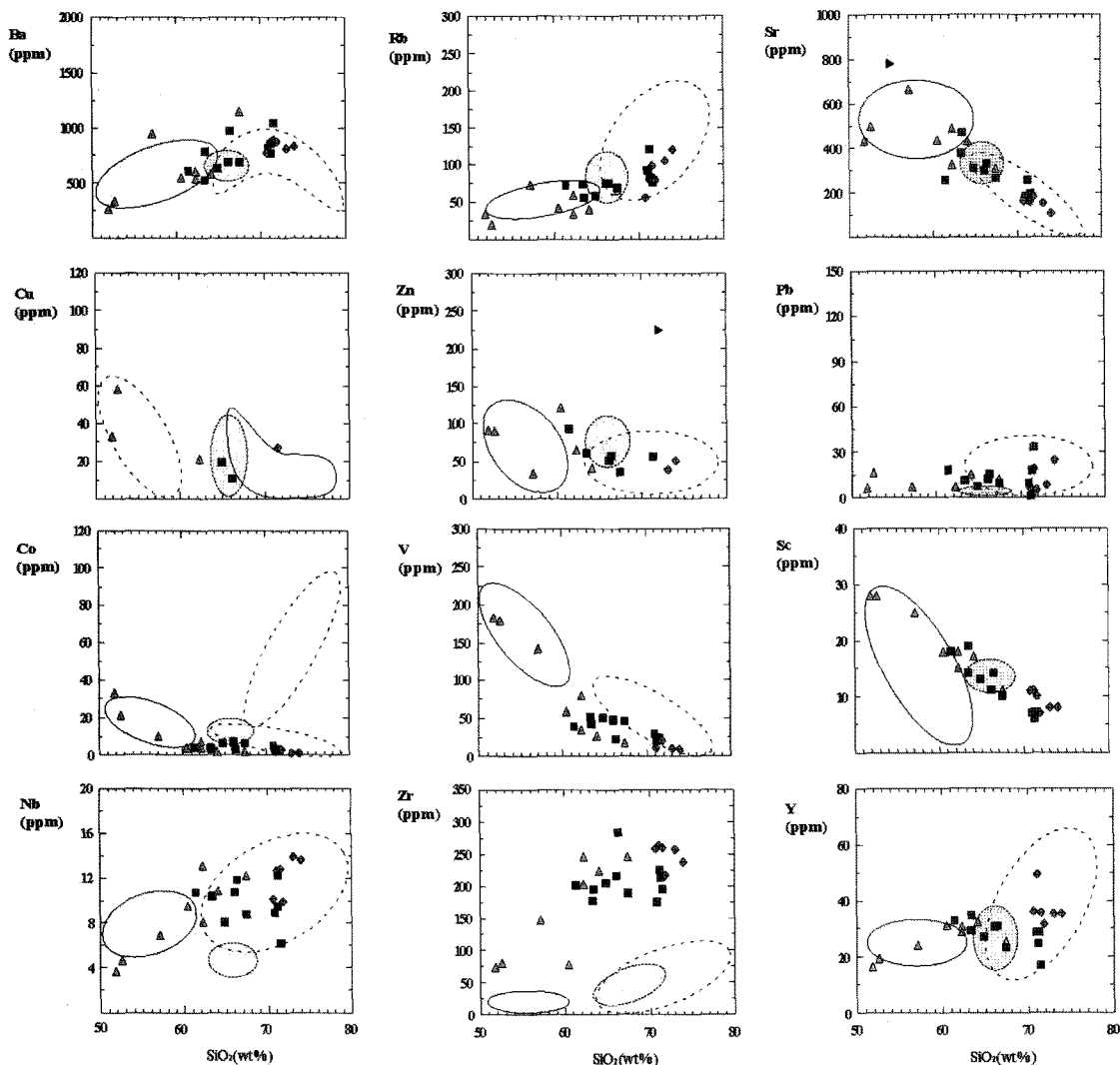


Fig. 4. Trace elements variation diagrams of the plutonic rocks. Symbols are the same as in Fig. 2.

27.8 ppm, 미문상화강암 37.2 ppm, 섬록암 26 ppm으로 화강암류 평균값(40 ppm), 섬록암 평균값(30 ppm)에 비해 모두 결여되어 있으며, 분화가 진행됨에 따라 Y의 함량이 증가하다가 SiO₂ 함량이 65% 이상에서 감소한다. Hf의 평균 함량은 각섬석 흑운모화강암 5.7 ppm, 미문상화강암 7.1 ppm, 섬록암 4.3 ppm으로 나타나며, 분화가 진행됨에 따라 점점 증가하는 상관관계를 보인다.

미량원소의 함량은 전반적으로 상당히 부화되어 있는 양상을 나타내며 원시맨틀값에 표준화한 거미그림(Fig. 5)에서와 같이 함수유체에서 유동성이 높은 원소들(Rb, Ba, Th)은 부화되어 나타나는 반면, 고장력

원소인 Nb, Y과 같은 유동성이 낮은 원소들은 결핍된 양상을 보여준다.

희토류원소: 여수 지역 심성암류의 희토류원소의 함량은 Table 3과 같으며, 콘드라이트 값에 표준화한 희토류원소의 패턴은 경희토류원소가 중희토류원소보다 부화(LREE/HREE=5.7-46.8)되어 나타나며(Fig. 6), 이는 남한의 백악기 화강암류의 전형적인 패턴과 유사하다(Jin, 1988). 사장석의 분별 과정을 지시하는 Eu(-) 이상이 섬록암에서는 거의 나타나지 않고 각섬석 흑운모화강암, 미문상화강암의 순으로 Eu(-) 이상이 점차로 증가하는 것으로 보아 섬록암은 사장석에 의한 분별

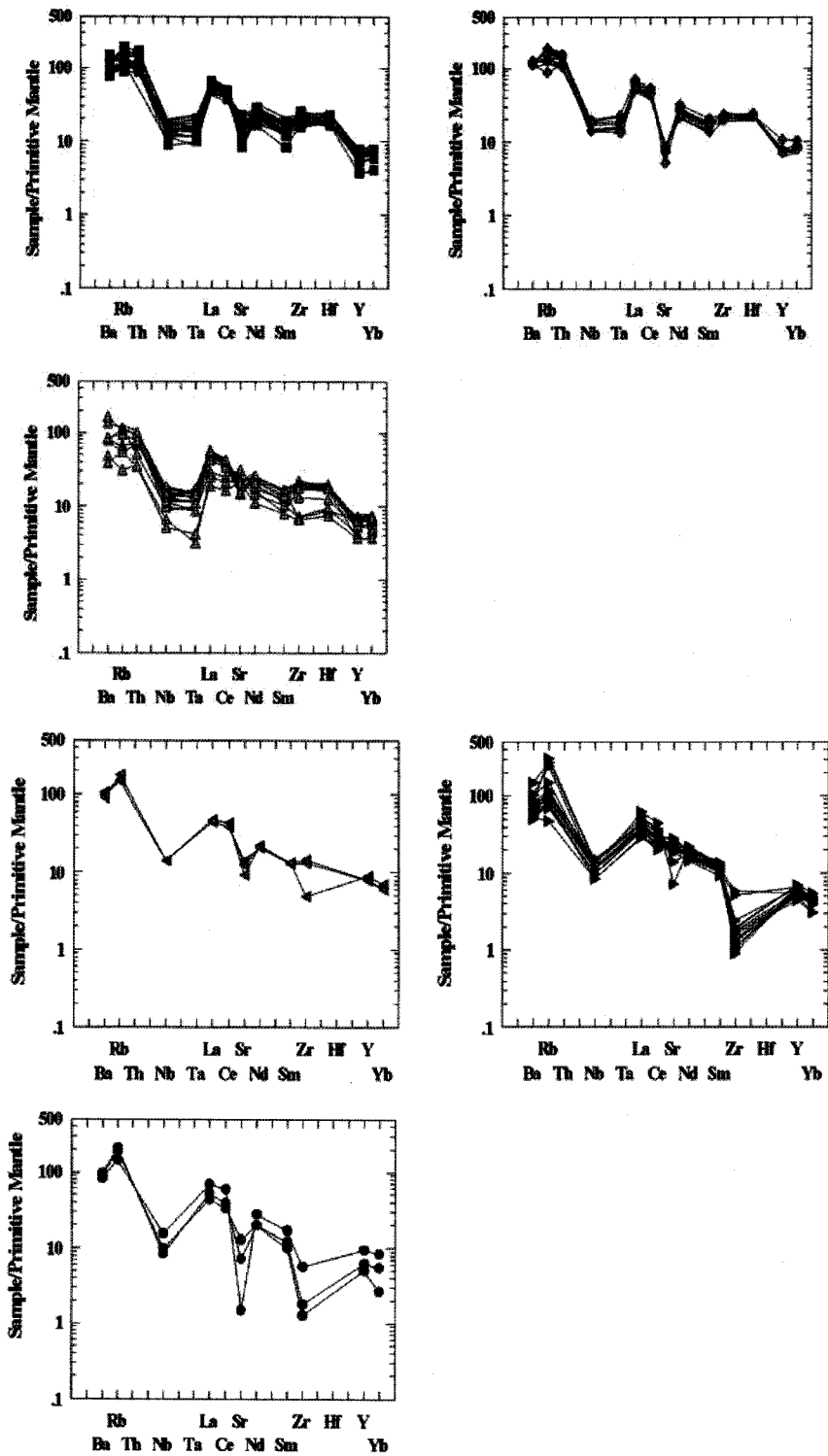


Fig. 5. Primitive mantle-normalized trace element abundance patterns of the plutonic rocks. Data from Dolsan (Kim et al., 1994), Namhae (Park et al., 1993; Kim and Park, 1995) and Gwangyang (Park et al., 1993) are plotted for comparison. Normalizing factors after Sun and McDonough (1989). Symbols are the same as in Fig. 2.

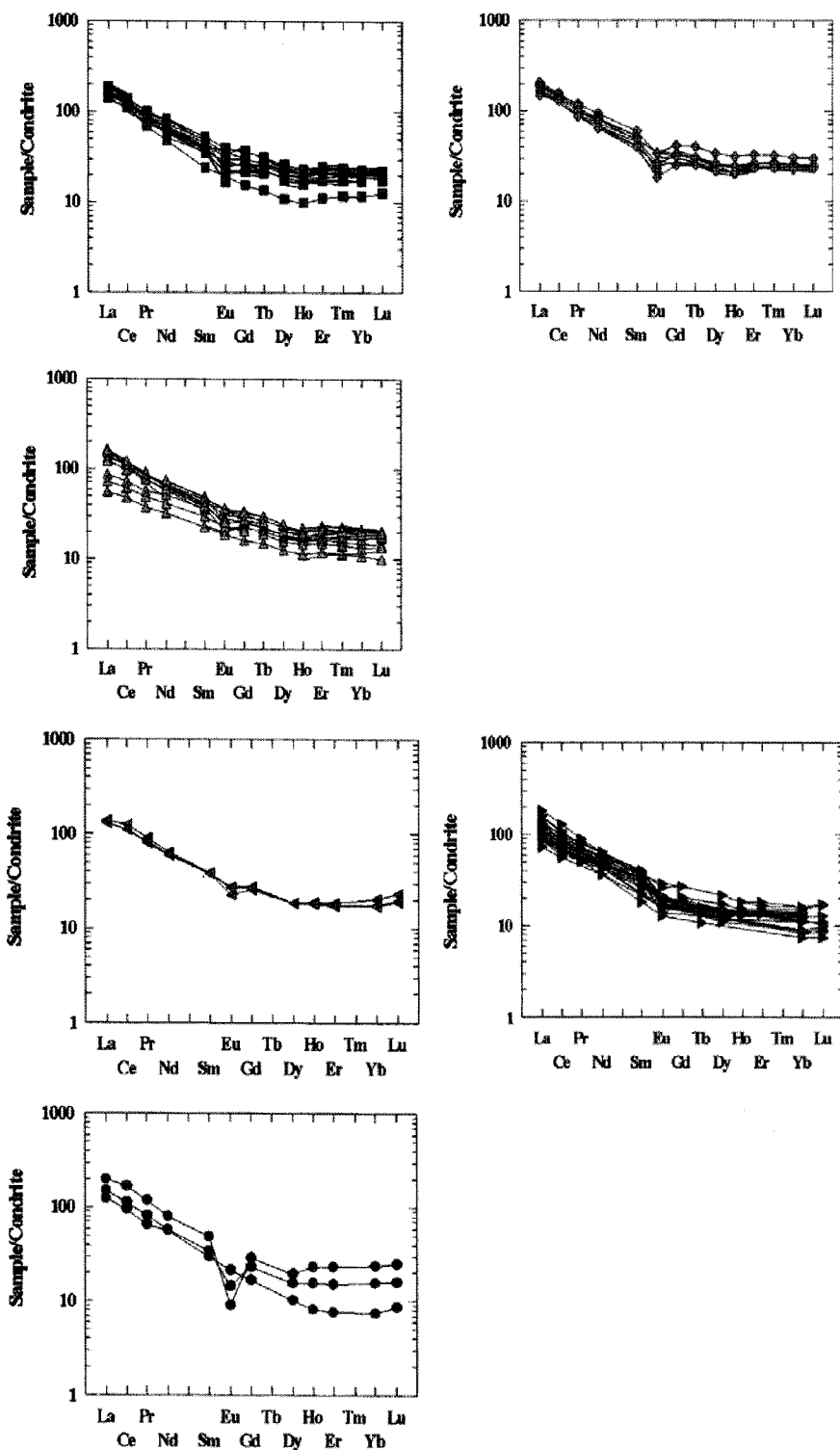


Fig. 6. Chondrite-normalized REE patterns of the granitic rocks in the study area. Data from Dolsan (Kim et al., 1994), Namhae (Park et al., 1993; Kim and Park, 1995) and Gwangyang (Park et al., 1993) are plotted for comparison. Normalizing factors after Sun and McDonough (1989). Symbols are the same as in Fig. 2.

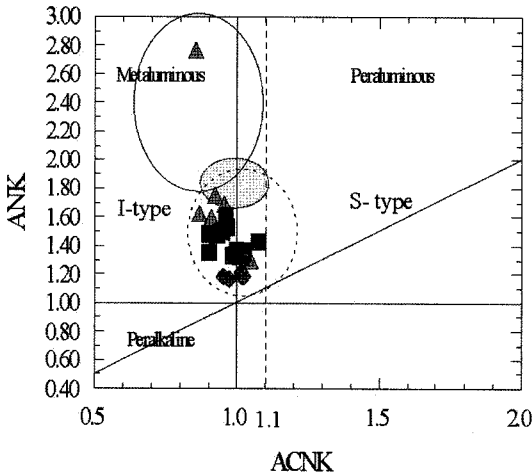


Fig. 7. Molar ANK $[Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)]$ vs. ACNK $[Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)]$ variation diagram (Maniar and Piccoli, 1989). Symbols are the same as in Fig. 2.

정출의 영향이 매우 적었음을 알 수 있으며, 미분상화강암이 분화가 더 진행되었음을 알 수 있다. 희토류원소의 총합량(ΣREE)은 섬록암이 124 ppm, 각섬석 혹은 모화강암 157 ppm, 그리고 미분상화강암 183.9 ppm으로 대륙주변부 환경에서 생성된 화강암(60-499 ppm)의 범위에 일치한다(Culler and Graf, 1984).

화강암류의 성인

마그마의 유형과 특성

연구지역의 화강암류는 비알칼리 영역의 칼크알칼리 계열로서, I-type에 해당됨을 알 수 있으며, 마그마의 특성은 중알루미나질(metaluminous)에 속하며 분화가 진행됨에 따라 고알루미나(peraluminous) 영역까지 점시된다(Fig. 7). 마그마의 분화와 밀접한 관계가 있는 Ba vs. Sr의 평균비는 섬록암 1.49, 각섬석 혹은 모화강암 2.99, 미분상화강암 5.5으로 미분상화강암이 분화가 더 진행된 마그마임을 나타내며 이는 주성분 원소의 경향과도 일치한다. 마그마의 분화 경향을 살펴보기 위해 본 역의 화강암류를 K_2O/P_2O_5 vs. SiO_2 변화도에 도시한 결과, 광양과 여수의 섬록암에서 점차 여수의 각섬석 혹은 모화강암, 미분상화강암, 남해화강암류로 분화경향이 나타남을 볼 수 있다(Fig. 8). Ba-Rb-Sr 삼각도(Fig. 9)에서 또한, 광양 섬록암과 여수 섬록암 등이 주로 granodiorites에 점시되고, 점차 남해화강암류의 일부와 여수의 각섬석

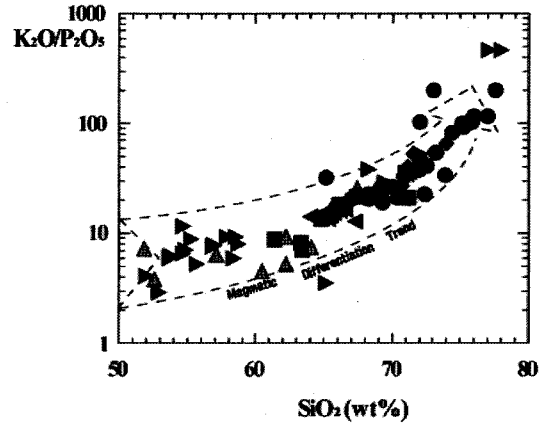


Fig. 8. K_2O/P_2O_5 vs. SiO_2 variation diagram represents a fractionation trend of the plutonic rocks. Symbols are the same as in Fig. 2.

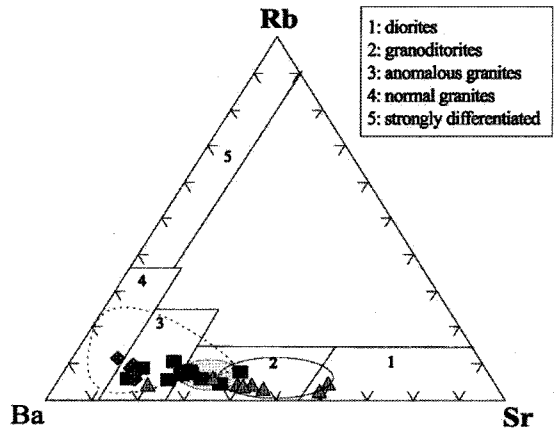


Fig. 9. Triangular diagram of Rb-Ba-Sr system (Bouseily and Sokkary, 1975) Symbols are the same as in Fig. 2.

혹은 모화강암과 미분상화강암이 anomalous granites에, 나머지 남해 화강암류가 normal granites에 점시되어 광양-여수-남해 순으로 분화의 정도가 많이 진행되었음을 볼 수 있다.

일반적으로 대륙 환경에서 유래된 화강암류의 경우 해구에서 멀어지면서 호의 성숙도에 따른 지구화학적 특징이 달라진다고 알려져 있다(Brown et al., 1984). 즉 호가 미성숙된 단계에서는 초생적인 calcic 마그마가 만들어지고 호의 성숙도가 증가하면서 대륙 지각에서 유래되는 친석원소의 부화를 겪게 되며 더 성숙하게 되면 대륙지판 내 맨틀 암석권으로부터의 고장력 원소의 부화를 겪게 됨으로, 친석원소와 고장력 원소의 농도와 비는 호의 성숙도, 즉 기원 물질의

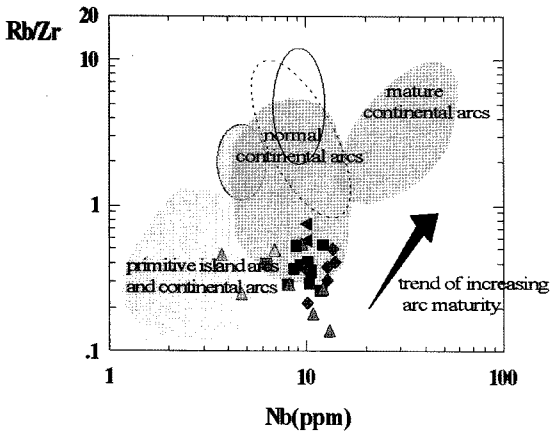


Fig. 10. Rb/Zr vs. Nb diagram showing arc maturity of modern subduction-related igneous suites (Brown et al., 1984). Symbols are the same as in Fig. 2.

특징을 반영할 수 있다는 것이다. Fig. 10은 Rb/Zr 비의 증가에 따른 Nb의 함량 증가에 의한 상관도이며, Nb의 함량과 Rb/Zr비에 따라 원시적 도호 및 대륙호, 정상적 대륙호와 성숙된 대륙호로 구분되어 지는데(Brown et al., 1984), 본 역의 화강암류는 일반적인 대륙호 영역에 점시되어져 대륙주변부에서 생성되었음을 지시한다. 여수의 섬록암과 돌산 화강암류가 광양과 남해에 비해 미성숙된 환경에서 유래했음을 알 수 있다.

지구조 환경

화성암을 이루는 화학조성의 특성을 근거로 화강암

의 마그마 작용과 관련한 지구조적 환경을 규명하려는 연구가 활발히 이루어져 왔다(Petro et al., 1979; Iddings, 1982; Pearce et al., 1984). Petro et al. (1979)은 칼크-알칼리(calc-alkaline) 지수가 60-64인 고알루미나(peraluminous) 화강암은 압축장 환경(compressional tectonic setting)에서 생성되고, 칼크-알칼리 지수가 50-56인 고알칼리(peralkaline) 화강암은 신장장 환경(extensional tectonic setting)에서 생성된다고 하였다. 그러나 주성분 원소에 의해 지구조적 환경을 구분하는 것은 일반적으로 몇 개의 변수에만 의존하기 때문에 그 분별도가 낮아서 미량원소의 거동이 중요하게 이용된다(Pearce et al., 1984). Pearce et al.(1984)은 화강암질암을 미량원소의 거동을 이용하여 ORG(Oceanic Ridge Granite), VAG(Volcanic Arc Granite), WPG(Within Plate Granite), syn-COLG(syn-Collision Granite)의 4가지로 구분하였다. 본 연구지역에 분포하는 화강암류들의 지화학적 특성을 이용하여 화강암질 마그마의 생성 환경을 알아보기 위해 지구조 판별도에 점시해본 결과, Y 대 Nb 상관도(Fig. 11a)를 보면 본 연구 지역의 화강암류들이 대부분 VAG+syn-COLG 영역에 도시되며, Rb 대 Y+Nb 상관도(Fig. 11b)에서는 VAG 영역에 도시된다. 이는 고흥, 해남, 완도 및 광양 지역에 분포하는 백악기 화강암류의 지구조적 특성과도 유사하다(박천영 외, 1993; 신인현 외, 1994).

본 연구지역 화강암류들의 미량원소의 함량은 전반적으로 상당히 부화되어있는 양상을 나타낸다. 원시 맨틀 값에 표준화한 거미그림에서 함수유체에서 유동

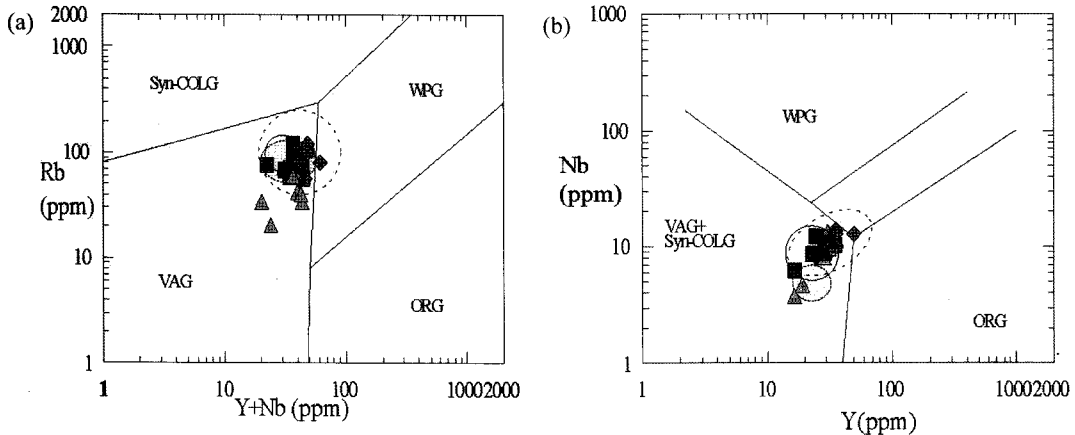


Fig. 11. (a) Rb vs. Y+Nb discrimination diagram and (b) Nb vs. Y discrimination diagram for the granitic rocks in the study area (Pearce et al., 1984). Symbols are the same as in Fig. 2.

성이 높은 원소들(Rb, Ba, Th)은 부화되어 나타나는 반면, 고장력원소인 Nb, Y과 같은 유동성이 낮은 원소들은 결핍된 양상을 보여주는데, 이는 섭입대와 관련되어 생성된 칼크-알칼리계열 암석의 특징을 잘 나타낸다(Fig. 5). 위와 같이 미량원소에 의한 암석학적 특성에 따라 본 연구 지역 화강암류의 마그마 관입의 지구조적 환경은 중생대 백악기 태평양판의 섭입과 관련되어 관입한 대륙연변부 환경에서 형성되었으며, 칼크알칼리계열의 마그마가 천부까지 상승하여 정치되어 생성된 관입암류임을 시사한다.

결론

여수지역에 분포하는 심성암류에 대한 연구결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 연구지역에 분포하는 심성암류는 섬록암, 각섬석 흑운모 화강암, 미문상화강암으로 구분되며, 칼크알칼리 계열의 분화과정을 거친 I-type 화강암류이다.
2. 희토류원소의 패턴이나 성분변화도에 의한 산화물의 변화 경향으로 미루어 섬록암, 각섬석 흑운모화강암, 미문상화강암은 동일 마그마 기원일 가능성이 높으며, 이들 중 미문상화강암이 최종 분화산물로 사료된다.
3. 희토류원소의 패턴은 경희토류원소가 중희토류원소보다 부화(LREE/HREE=5.7-46.8)되어 나타나며, 이는 남한의 백악기 화강암류의 전형적인 패턴과 일치한다. 또한, 함유수체에서 유동성이 높은 원소들(Rb, Ba, Th, Sr)은 부화되어 나타나는 반면, HFSE(Ti, Nb, Y)와 같은 유동성이 낮은 원소들은 결핍된 양상을 보여주는데, 이는 섭입대와 관련되어 생성된 칼크알칼리암의 특징을 잘 나타낸다.
4. 지구조 판별도에 점시해본 결과 본역의 화강암류는 환산호화강암(VAG)영역에 해당되며, 대부분의 암체들은 중생대 백악기 태평양판의 섭입과 관련되어 관입한 대륙연변부 환경에서 생성된 천부관입암임을 시사한다.

참고문헌

김용준, 오민수, 강상원, 1994, 해남-강진 지역에 분포하는 화성암류에 대한 암석화학적 연구. 한국지구과학회지, 15, 341-355.
 김용준, 오민수, 박재봉, 1993, 나주-해남지역에 분포하는 화성암류의 암석화학. 한국지구과학회지, 14, 300-315.

김정민, 박영석, 1996, 벌교지역에 분포하는 심성암류의 암석화학과 지질시대에 대한 연구. 한국지구과학회지, 17, 227-240.
 김정민, 윤정한, 김정택, 박재봉, 강상원, 김동주, 1994, 월출산지역에 분포하는 중생대 화강암류에 대한 암석화학적 연구. 자원환경지질학회지, 27, 375-385.
 김희남, 박천영, 1995, 남해지역에 분포하는 화강암류의 암석지화학적 및 광물 화학적 특징과 광화작용과의 관련성 연구. 한국지구과학회지, 16, 522-535.
 김희남, 신인현, 안건상, 1994, 들산지역에 분포하는 화강암체의 암석 지화학적 특징과 광화작용과의 관련성 연구. 한국지구과학회지, 15, 439-451.
 김희남, 신인현, 안건상, 박운선, 이창신, 1997, 강진-강홍지역 화강암류의 암석화학 및 Sr-Nd 동위원소 조성. 한국지구과학회지, 18, 433-442.
 박영석, 김정민, 윤정한, 안건상, 1997, 고흥지역에 분포하는 백악기 심성암류의 지질시대와 암석화학적 연구. 한국지구과학회지, 18, 70-83.
 박천영, 윤정한, 박영석, 1993, 순천-광양 지역에 분포하는 화성암류에 대한 Rb-Sr 동위원소 및 암석 지구 화학적 연구. 한국자원공학회지, 30, 53-65.
 신인현, 1994, 해남-완도 지역의 백악기 화강암류에 대한 암석화학적 연구. 전북대학교 박사학위 논문, 171 p.
 신인현, 남기상, 1993, 해남지역에 분포하는 백악기 화강암류의 암석학적 및 지화학적 연구. 한국지구과학회지, 14, 75-88.
 신인현, 남기상, 김희남, 박영석, 안건상, 1994, 완도지역에 분포하는 미문상화강암에 대한 암석화학적 연구. 자원환경지질학회지, 27, 181-190.
 윤정한, 김정민, 오근창, 1999, 고흥 마복산 부근에 분포하는 심성암류의 암석 지구화학과 금합량. 자원환경지질학회지, 32, 585-597.
 이상만, 김상욱, 진명식, 1987, 남한의 백악기-제 3기 화성활동과 지구조적 의의. 지질학회지, 23, 338-359.
 이창신, 김용준, 박천영, 이창주, 1992, 광양-승주지역에 분포하는 화강암류의 암석화학. 광산지질, 25, 51-60.
 이창신, 김정민, 1996, 월출산 지역에 분포하는 중생대 화강암류에 대한 미량원소와 희토류원소의 특성. 자원환경지질학회지, 29, 293-304.
 장기홍, 이영길, 김규한, 1989, 남해·서상 도폭 지질 보고서. 한국동력자원연구소, 28 p.
 진명식, 1980, 남한의 유라기 화강암질암과 백악기 화강암질암의 지질학적 및 동위원소 비교. 지질학회지, 16, 205-215.
 최범영, 최현일, 황재하, 기원서, 고희재, 김유봉, 이병주, 송교영, 김정찬, 최영섭, 2002, 목포·여수 도폭 지질보고서(1:250000), 한국지질자원연구원.
 Bouseily, A.M. and Sokkary, A.A., 1975, The relation between Rb, Ba, and Sr in granitic rocks. Chemical Geology, 16, 207-219.
 Brown, G.C., Thorpe, R.S., and Webb, P.C., 1984, The Geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. Journal of Geo-

- logical Society of London, 14, 413-426.
- Cheong, C.S., Kwon, S.T., and Sagong, H., 2002, Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic investigation of Triassic granitoids and basement rocks in the northern Gueongsang basin, Korea: Implications for the young basement in the East Asian continental margin. *Island Arc*, 11, 25-44.
- Choi, S.G., Ryu, I.C., Pak, S.J., Wee, S.M., Kim, C.S., and Park, M.E., 2005, Cretaceous epithermal gold-silver mineralization and geodynamic environment, Korea. *Ore Geology Review*, 26, 115-135.
- Culler, R.L. and Graf, J.L., 1984, Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: Intermediate and silicic rocks ore petrogenesis. In Henderson, P., *Rare earth elements geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 275-316.
- Iddings, J.P., 1982, The origin of igneous rocks. *Philosophical Society of Washington Bulletin*, 12, 82-213.
- Kagami, H., Iijumi, S., Tainosho, Y., and Owada, M., 1992, Spatial variations of Sr and Nd isotope ratios of Cretaceous-Paleogene granitoid rocks, southwest Japan arc. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 112, 165-177.
- Lee, J.I., 1997, Trace and rare earth elements geochemistry of granitic rocks, southern part of the Kyeongsang Basin. *Journal of Geoscience Korea*, 1, 167-178.
- Le Maitre, R.W., 1976, The chemical variability of some common igneous rocks. *Journal of Petrology*, 17, 589-637.
- Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989, Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 635-643.
- Maruyama, S., Isozaki, Y., Kimura, G., and Terabayashi, M., 1997, Paleogeographic maps of the Japanese Island: Plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present. *Island Arc*, 6, 121-142.
- Nakajima, T., 1996, Cretaceous granitoids in SW Japan and their bearing on the crust-forming process in the eastern Eurasian margin. *Geological Society of America Special Paper*, 315, 183-191.
- Oh, C.W., 2006, A new concept on tectonic correlation between Korea, China and Japan: Histories from the late Proterozoic to Cretaceous. *Gondwana Research*, 9, 47-61.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Petro, W.L., Vogel, T.A., and Wilband, J.T., 1979, Major element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. *Chemical Geology*, 26, 217-235.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D. and Norry, M.J. (eds), *Magmatism in the ocean basins*. Geological Society Special Publication, 42, 313-345.
- Taylor, S.R., 1965, The application of trace elements data to problems in petrology. *Physics and Chemistry of Earth*, 6, 133-213.

2009년 4월 27일 접수
 2009년 6월 3일 수정원고 접수
 2009년 6월 16일 채택