

광양-승주지역에 분포하는 화강암류의 암석화학

이창신* · 김용준** · 박천영* · 이창주*

Geochemistry of Granitoids in the Kwangyang-Seungju Area

Chang Shin Lee,* Yong Jun Kim,** Cheon Young Park*
and Chang Ju Lee*

ABSTRACT : The pluton rocks in Kwangyang-Seungju area consist of two mica granite, hornblende diorite, Rimunri quartz diorite, gndiorite porphyry and granophyre.

The analysis of the geochronological data by the methods of K-Ar for the hornblende from Rimunri quartz diorite and hornblende diorite show that the ages are found to be 86 ± 3.3 Ma and 108 ± 4 Ma, respectively, and K-Ar age for chlorite from the altered two mica granite which intruded by the hornblende diorite of the Bonjeong mine shows 108 ± 4 Ma; K-Ar age for sericite from the greisenized hornblende diorite, which is closely associated with the Bonjeong ore deposits, is dated as 94.2 ± 2.4 Ma. They correspond to the igneous activity of the Bulgusa Disturbance periods in the area.

In chemical feature for oxides versus silica and AFM triangular diagrams of the pluton rocks in the study area, there is a suggestion of the possibility that these rock facies area a Calc-alkali series of differentiated products by low-pressure crystal fractionation processes in SiO_2 -undersaturated suites.

Compared with hornblende diorite, andesite and granodiorite porphyry, two mica granite, Rimunri quartz diorite and granophyre exhibit a wider range of normalized REE abundance and negative Eu anomalies. Such anomalies imply more extensive feldspar fractionation during crystallization.

The Rimunri quartz diorite and hornblende diorite occurring in the margin of four mines (Bonjeong, Okdong, Soungchei and Saungyeul) of this area have high contents of As, Sb, Cu and Zn which have been shown as the best indicators in hypogene gold deposits and low contents of Ba, Cr served as more sensitive indicators. And the granitoids are regarded as the rocks associated with gold and sulfide mineralization of the area.

서 언

이 연구지역은 광범위하게 분포하는 지리산 편마암복합체를 기저로하여 이를 관입 및 부정합의 관계로 덮는 암층들로 구성되어 있으며 특히 편마암복합체와 화강암이 접하는 지역에서는 금속광상이 배태되어 있다. 이들 광상들은 광양지역에서 각섬석섬록암체 주위에 4개의 금은광상을 그리고 승주지역에서 석영섬록암체 주위에 2개의 광산을 가행케한 바 있으나 이들 광산들은 현재 대부분 휴광상태에 있어 향내조사에 많은 어려움이 있었다. 그러나 이 지역은 금속광상에 있어 빈광대인 남한의 남서부 지역에서는 드물게도 금속광상이 밀집되어 있는 곳으로

*조선대학교 자원공학과(Dept. of Min. and Petrol. Eng. Chosun Univ. Kwangju 501-759, Korea).

**전남대학교 지질학과(Dept. of Geol. Chonnam Nat. Univ. Kwangju 500-757, Korea).

금속광상이 풍부치 못한 우리에게는 이들 광체에 대한 지화학적 특징과 성인에 대한 규명은 앞으로 새로운 광체에 대한 탐사방향의 설정을 위해서도 매우 중요하다고 생각되어 진다.

본 연구에서는 이들 화강암류 지화학적 특성과 성인 규명을 위하여 주성분원소, 미량성분원소 및 희토류원소에 대한 화학분석을 그리고 광상 성인과 연관된 화성활동이나 광화시기를 알기 위하여 관계화성암류에 대한 K-Ar법에 의한 광물년령을 결정하였다.

이 연구지역에 대한 기초자 자료는 광양지질도폭(박희인, 박용안과 정지곤, 1989), 하동지질도폭(남기상, 유환수와 이종덕, 1989) 및 괴목지질도폭(유환수, 김용준과 박배영, 미발간)등의 지질도폭조사와 이들 지역에 대한 암석지화학적 연구나 광물학적 연구(황덕환외, 1980; 박영석외, 1984; 김희남, 1987)가 수행된 바 있으나 광체 주변의

화강암체나 변질대에 대한 지질시대 결정과 회토류원소에 대한 연구는 수행된 바 없다. 따라서 이 연구에서는 연구 목적을 광화대 주변에 위치하는 화강암류에 대한 완전 화학분석과 K-Ar 연령 측정을 통하여 이들 화강암류와 광상에 대한 성인, 지질시대와 광화작용과의 관계를 검토하는데 있다.

이 연구를 수행하기 위하여 화학분석은 캐나다의 Activation Lab. LTD에서 그리고 K-Ar 연령은 Krueger Enterprise Inc. 에서 실시되었다.

이 연구는 한국과학재단 연구비에 의하여 이루어졌으며 연구비를 지원해준 과학재단에 감사드립니다.

일반지질

이 연구지역의 지질은 선캠브리아기에 속하는 지리산 편마암복합체를 기반으로하여 이를 부정합의 관계로 덮는 경상누층군의 퇴적암류와 화산암류 그리고 이들 모두를 관입하는 불국사 화성암류로 구성되어 있다. 이 지역의 지질계통은 Table 1과 같다.

지리산편마암복합체는 화강편마암, 반상변정질화강편마암과 우백질화강편마암으로 된 정편마암류와 화강암질편마암으로 구성되어 있다. 전자는 편암과 규암등을 포획하며 화강암질편마암과의 접촉부에서는 급냉에 의한 세립질 연변상이 형성되어 있으며 후자는 곳에 따라 많은 편암과 규암을 협재하고 있다.

경상누층군은 역질사암, 적색세일, 적색사암 및 응회질 역암과 사암으로 된 하산동층과 신성리층 그리고 대부분 화산암류로 이루어진 화산암류인 휘석안산암과 유문암으로 구성되며 이들 암층 모두가 이 지역의 기반암류인 지리산 편마암복합체를 부정합적 관계로 덮는다.

심성-반심성암류는 복운모화강암, 각섬석섬록암, 리문리 석영섬록암 및 미문상화강암과 반암류로 구성되며 이들 중 리문리 석영섬록암과 미문상화강암은 상기 모든 암층을 관입하나 복운모화강암과 각섬석섬록암은 화산암류에 의해 덮인다(Fig. 1).

화성암류에 대한 암석기재

연구지역에 분포하는 화성암류는 화산암류와 심성-반심성암류로 구분된다. 이 연구지역에서 전자는 후자보다 넓게 분포하고 또 분포면적에서 우세하나 암체수에서는 열세이며 광화작용도 후자보다 깊은 관계가 없는 것으로

Table 1. Geologic sequence of Kwangyang area.

Quat.	Alluvium ~ ~unconformity~ ~ Granophyre and granodiorite porphyry ---intrusion---
	Rimunri quartz diorite ---intrusion---
	Shinsongri formation
Cret.	Rhyolite Pyroxene andesite ---intrusion or extrusion---
	Hornblende diorite and diorite porphyry ---intrusion---
	Two mica granite ---intrusion---
	Hasandong formation ~ ~unconformity~ ~
Pre-camb.	Jirisan gneiss complex

사료된다.

화산암류

이 지역의 용암류는 휘석안산암과 유문암으로 구성되며 모두 지리산 편마암복합체를 부정합으로 덮고 그 분포도 광양시 구산리 동부지역과 익신리-용강리 서부지역에 소규모로 분포할 뿐이다. 휘석안산암은 이 연구지역 서부에 위치하는 웅반산 부근에 널리 분포하며 자색을 띠고 장석과 휘석류를 반정으로 포함하고 부분적으로는 안산암 각력을 함유하는 각력암상을 보임이 특징이다. 휘석안산암의 주조성광물은 사장석, 자소휘석(hypersthene), 녹니석 등으로 그리고 부조성광물은 인회석, 견운모, 방해석 및 불투명광물로 구성되며 얼마간의 사장석 및 휘석 반정에 의해 반상조직을 보인다. 유문암은 수암산 頂部에 분포하며 잘 발달된 유상구조와 구과상(spherulitic)구조를 보이고 반정은 매우 드물게 관찰된다. 유문암의 주조성광물은 반정으로 사장석과 석영이, 그리고 석기는 은미정 결정과 유리질 물질로 구성되며 대상구조와 유상구조는 크기를 달리하는 미정질과 유리질 물질이 고호하여 나타난다.

심성암류

이 암류는 복운모화강암, 각섬석섬록암(혹은 섬록반암), 리문리석영섬록암과 미문상화강암(혹은 화강섬록반암)으로 구성되며 소규모 암체에서도 분화상으로 생각되는 다

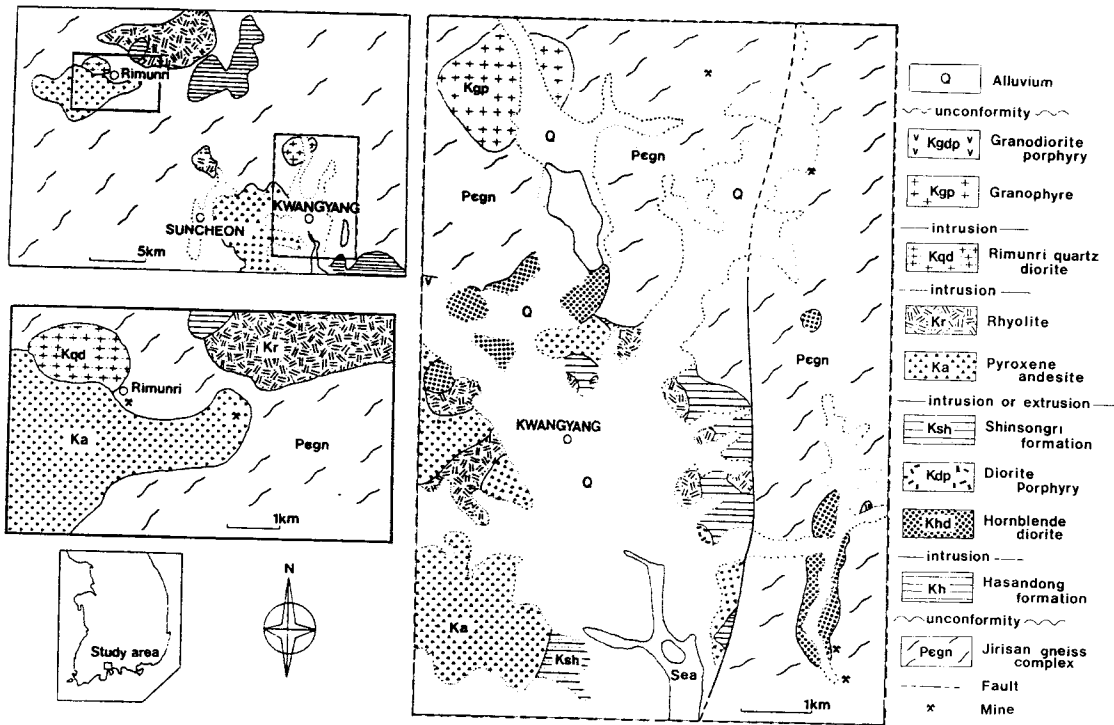


Fig. 1. Geologic map of Kwangyang and Rimunri area.

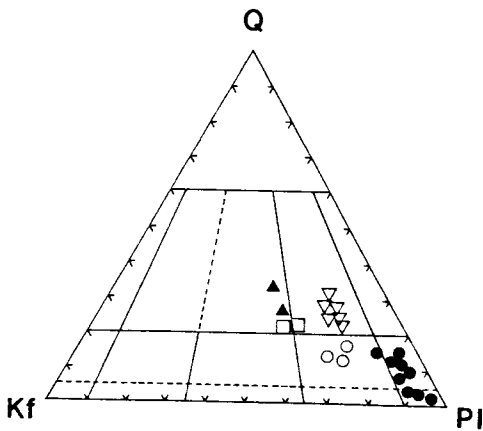


Fig. 2. Modal QAP diagram for two mica granited(▲), hornblende-diorite(◊), Rimoonri quartz diorite(●), granophyre(r) and granodiorite porphyry(v) in Kwangyang-Seungju area.

양한 암상을 보임과 타암체와의 접촉부에 혼화대를 이룸이 특징이다. 이들 암상의 모드 분석결과는 Fig. 2와 같다.

복운모화강암은 본정광산 항내에서 관찰되는 담회색 내지 담녹색을 띤 중립내지 조립질화강암으로서 섬록암에

의하여 관입된 변질대에서는 심하게 녹니석화 되어 있고, 또 광염상의 황철석이 함유되어 있음이 관찰된다. 이 암석의 변질대에 함유되어 있는 녹니석의 K-Ar 연령은 108 ± 4 Ma로서 백악기초에 해당되며(Table 2) 이 시기는 복운모화강암을 관입하는 각섬석섬록암의 관입시기와 일치함을 보여준다. 복운모화강암의 주요성광물은 석영, 사장석, 피다이트, 백운모이고 부조성광물은 스펀, 저어콘과 인회석이며 변질대에서는 흑운모가 녹니석으로 변질되어 있다. 각섬석섬록암은 광양읍 북부 백운저수지 입구와 본정마을 부근에 소규모 암주상으로 출현하며 지리산 편마암복합체, 복운모화강암과 경상누층군의 퇴적암류를 관입한다. 각섬석섬록암의 K-Ar 각섬석 연령은 108 ± 4 Ma로서 백악기초에 해당하며 이 암석내에 배대되어 있는 본정광산의 광맥에서 분리한 견운모의 K-Ar 연령은 94.2 ± 2.4 Ma로 백악기중기를 보여준다(Table 2). 각섬석섬록암의 주요성광물은 사장석, 흑운모, 각섬석과 석영이며 부조성광물은 녹염석, 스펀, 인회석과 불투명광물 등이다. 사장석은 안데신(An_{35-43})에 속하며 알바이트와 알바이트-칼스바트 쌍정을 보이고 흔히 누대구조를 갖는다. 흑운모와 각섬석은 거의 같은 함량을 가지며 두 광물 모두 갈색의

Table 2. Analytical data and K-Ar age on major minerals of igneous rock and ore vein from the Kwangyang area (analyzed by Geochron Lb. of Krueger enterprises).

Sample No.	Rock name	Material analyzed	$^{40}\text{Ar}^*$ (ppm)	% $^{40}\text{Ar}^*$	%K	$^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{K}$	Isotopic age(Ma)
FL-166	Rimun-ri quartz diorite	Hornblende	.02818	.225	0.417	.005165	86.8 ± 3.3
			.002106	.157	0.386		
			.002498	.216			
KY-174	Ore vein in Hornblende-diorite	Sericite	.02694	.805	4.073	.005617	94.2 ± 2.4
			.02454	.765	3.878		
			.02844	.747			
KY-300	Hornblende-diorite	Hornblende	.004501	.400	0.583	.006495	108 ± 4
			.004418	.228	0.568		
KY-301	Alteration zone of two mica granite	Chlorite	.002020	.238	0.258	.006477	108 ± 4
			.001867	.261	0.245		

다색성을 보인다.

리문리석영섬록암은 승주군에 분포하는 암주상 관입체로서 지리산 편마암복합체와 휘석안산암을 관입하며 중립질 내지 세립질의 암상을 보인다. 리문리 석영섬록암의 관입-정지 시기는 K-Ar 각섬석 연령이 86.8 ± 3.3 Ma로서 백악기 말기에 해당하며 (Table 2) 이는 전형적인 불국사 관입암류에 속하는 암상으로 사료된다. 이 암상의 주조성 광물은 사장석, 석영, 흑운모, 각섬석과 휘석으로 그리고 부조성광물은 모나자이트, 녹니석, 견운모, 저어콘, 녹염석 및 불투명광물로 구성되어 있다. 사장석은 안데신(An_{30-34})에 해당하며 뚜렷한 알바이트와 페리크린 쌍정을 보이고 누대구조가 발달되어 있다. 석영은 간극충진상 타형으로 소량(1-2.5 Vol.%) 함유되어 있다. 각섬석은 결정 중심부나 결정 내부에 휘석의 잔존물이 남아 있는 우라나이트(Uralite)로 되어 있으며 휘석은 대부분 자소휘석이다.

화성암류에 대한 암석화학

연구지역에 분포하는 화성암류의 암석화학적 특성을 알아보기 위해 복운모 화강암 2개, 화강섬록반암 2개, 리문리석영섬록암 3개, 각섬석섬록암 7개, 안산암 3개, 미문상 화강암 1개 등 총 17개의 암석시료를 선택하여 주 성분 원소 12 성분, 미량성분 30 성분 그리고 희토류 원소 8 성분을 캐나다 Activation Lab. LTD에 의뢰하여 분석하였으며 각 성분의 화학분석 결과는 Table 3, 4에 표시하였다.

주 성분 원소

SiO_2 에 대한 산화물과의 변화도(Fig. 3)에서 Al_2O_3 , CaO,

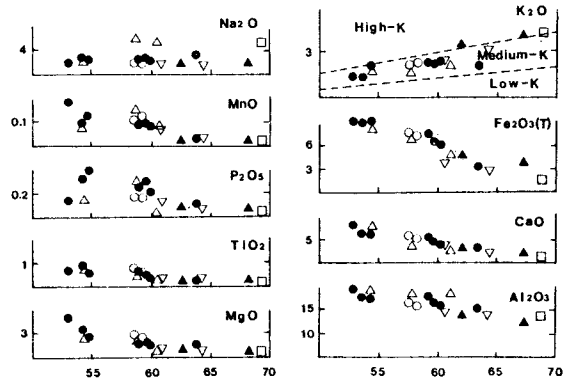


Fig. 3. Major elements oxides versus SiO_2 content (wt%) for the igneous rocks ▲: Two mica granite △: Rimun-ri quartz diorite ●: Hornblende diorite ○: Andesite ▽: Granodiorite porphyry □: Granopyre.

MnO , P_2O_5 , $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{T})$, MgO 등은 부의 관계로 SiO_2 가 증가함에 따라 이들 산화물이 감소하는 경향을 보이며, K_2O 는 정의관계로 SiO_2 가 증가함에 따라 K_2O 의 양도 증가하는 경향이 있다. 그러나 Na_2O 는 거의 상관성이 없게 나타난다. 이러한 변화 경향은 SiO_2 undersaturated 계열에서 감람석, 휘석, 사장석, 각섬석, Fe-Ti 산화물을 수반하는 저압력 분별결정작용에 의해 분화된 것으로 간주된다 (Nicholls & Whitford, 1976, 1983; Foden, 1983, 1986; Wheller and Varne, 1986).

AFM삼각도(Fig. 5)에서 보는 바와 같이 본 지역 화성암류는 Low California Batholith와 유사한 Calc-alkali rock series의 분화 경향을 보여주어 SiO_2 - K_2O 의 관계도 (Fig. 3)에서 Medium-K 영역에 분포하는 것과 잘 일치한다.

Normative Q-Or-Pl 삼각도 (Fig. 4)에서 복운모 화강암과 미문상화강암은 화강암에 화강섬록반암은 화강섬록

Table 3. Major element analyses for the igneous rocks in the Kwangyang-Seungju area(wt/ %).

	Hornblende diorite																			
	Tmg			K-1 to K-6						K-7 to K-12						Rqd			Gdp	
	K-11	K-12	K-1	K-2	K-3	K-14	K-15	K-16	K-17	K-4	K-7	K-19	K-8	K-9	K-10	K-5	K-6	K-18		
SiO ₂	67.12	62.69	63.31	54.89	54.00	58.04	60.30	58.76	53.17	57.08	54.38	61.23	57.35	58.09	71.89	64.98	61.42	68.89		
TiO ₂	0.55	0.44	0.46	0.96	1.01	0.75	0.74	0.80	0.81	0.74	0.95	0.38	0.82	0.80	0.29	0.50	0.49	0.25		
Al ₂ O ₃	14.07	15.38	15.86	17.44	17.40	17.38	16.42	16.89	17.80	17.50	18.11	18.17	16.27	16.16	13.57	15.63	15.20	15.60		
Fe ₂ ~2O ₃	0.23	1.24	3.72	4.97	3.86	2.11	2.70	2.24	1.40	2.73	1.55	1.25	1.46	3.86	0.40	0.82	1.56	0.47		
FeO	3.53	3.09	0.69	2.74	3.78	4.46	3.15	3.92	6.10	3.60	4.92	3.37	4.86	2.62	1.17	2.03	2.03	2.03		
MnO	0.04	0.03	0.05	0.16	0.11	0.12	0.11	0.10	0.21	0.14	0.09	0.10	0.12	0.11	0.03	0.03	0.08	0.06		
MgO	1.82	1.74	1.79	2.79	3.13	2.78	2.42	3.00	4.39	2.65	2.89	1.34	3.38	3.28	0.64	1.08	1.25	0.68		
CaO	2.34	3.23	4.05	6.46	5.94	5.69	5.07	5.41	7.96	4.34	7.91	4.30	6.34	6.20	1.52	3.04	4.06	1.98		
Na ₂ O	2.38	2.38	3.91	3.71	3.65	3.95	3.78	3.77	2.97	6.28	3.20	5.10	2.90	2.94	2.10	2.72	2.94	4.68		
K ₂ O	3.76	3.68	2.68	2.20	1.38	2.14	2.74	2.28	1.38	1.70	1.92	2.72	2.32	2.36	6.60	3.14	2.82	3.76		
P ₂ O ₅	0.14	0.14	0.18	0.42	0.26	0.26	0.20	0.22	0.14	0.30	0.16	0.028	0.18	0.16	0.08	0.14	0.18	0.08		
LOI	2.27	4.79	1.66	0.71	3.83	0.76	0.75	0.93	1.33	3.25	1.38	1.33	1.46	1.78	0.94	4.96	6.12	0.61		
Total	98.25	98.83	98.36	97.45	98.35	98.44	98.38	98.32	97.66	100.31	97.46	99.318	97.46	98.36	99.23	99.07	98.15	99.09		
Q	27.07	23.82	19.69	9.10	9.39	9.47	13.65	11.38	4.82	1.20	6.62	8.76	11.73	15.23	29.76	28.38	22.69	20.88		
Or	22.21	21.77	15.87	13.03	8.13	12.64	16.20	13.47	8.13	10.02	11.36	16.09	13.69	13.97	39.02	18.54	16.65	22.21		
An	10.68	15.11	17.81	24.40	27.04	23.40	19.73	22.45	31.13	14.55	29.38	18.64	24.54	23.93	7.04	14.16	18.95	9.26		
Ab	20.14	20.14	33.09	31.42	30.89	33.41	31.99	31.89	25.23	53.13	27.06	43.16	24.55	24.86	17.78	23.02	24.86	39.60		
D. I	71.42	65.73	68.65	53.56	48.96	55.53	61.84	56.74	38.18	64.35	45.04	68.01	49.97	54.06	86.56	69.94	64.20	82.69		

K-5, K-10, K-12: Altered samples, Tmg=Two mica granite, Rqd=Rimunri quartz diorite, Gdp=Granodiorite pophyry, and Gp=Granopyre.

Table 4. Trace element analyses for the igneous rocks in the Kwangyang-Seungju area (in ppm).

	Homblende diorite												Andesite			Rqd			Gdp			Gp																								
	Tmg			K-3			K-14			K-15			K-16			K-17			K-4				K-7			K-19			K-8			K-9			K-10			K-5			K-6			K-18		
	K-11	K-12	K-1	K-2	K-3	K-14	K-15	K-16	K-17	K-4	K-7	K-19	K-8	K-9	K-10	K-5	K-6	K-18																												
Ba	628	661	759	536	522	588	671	734	289	770	430	959	635	638	3797	379	410	1065																												
Sr	214	253	542	781	653	648	598	613	420	787	491	612	386	374	302	249	435	275																												
Zr	198	160	143	188	167	152	188	130	174	140	220	220	165	202	119	160	256	235																												
Y	34	15	19	19	25	20	22	20	23	20	26	22	27	28	20	15	25	25																												
Al _{pphb}	<2	9	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	3	<2	<2	<2																												
As	1	1	2	5	1	<1	<1	<1	1	2	4	3	<1	3	2	100	4	<1																												
Br	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5																												
Co	7.6	3.0	5.0	10	13	10	8.6	11	19	10	10	5.1	14	14	2.1	6.2	5.5	1.2																												
Cr	42	3.0	3.5	5.7	7.5	5.2	3.4	9.0	38	1.7	14	4.5	28	28	3.3	6.3	7.5	<0.5																												
Cs	1.6	2.8	0.8	2.1	2.1	2.4	1.8	2.4	4.6	1.3	<0.2	4.8	1.3	1.3	2.1	6.0	6.2	1.8																												
Hf	4.9	3.5	2.9	2.9	3.6	3.5	3.3	3.2	2.8	3.1	3.0	4.4	3.7	3.7	3.5	3.6	3.6	4.7																												
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1																												
Ir _{pphb}	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1																												
Mo	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2																												
Rb	120	91	69	36	32	51	55	55	60	33	60	100	65	66	140	95	75	110																												
Sb	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	1.5	0.1	0.5	0.3	0.7	1.1	0.2	0.5	0.3	2.1	0.8	0.2																												
Sc	8.8	4.4	4.6	8.3	11	7.2	6.7	8.4	20	6.5	18	2.9	1.5	15	4.6	5.0	5.2	2.6																												
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5																												
Ta	0.8	0.6	<0.3	<0.3	0.6	<0.3	0.7	0.5	0.3	0.5	0.3	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5																												
Th	15	10	7.4	4.3	4.7	4.6	8.2	4.5	3.5	3.0	4.4	4.4	6.7	6.8	10	7.4	7.2	9.7																												
U	3.4	2.4	1.5	0.8	0.8	0.9	1.6	0.7	0.7	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.8	1.5	1.4	1.7																												
W	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1																												
Be	4	1	1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	1	1	3																												
Cu	10	20	85	<5	40	15	10	<5	<2.5	15	<5	5	5	15	35	<5	<5	<5																												
Ni	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10																												
Pb	50	<50	50	50	50	50	110	<50	50	50	50	50	50	50	<50	<50	<50	<50																												
V	100	74	82	110	140	110	110	120	150	110	210	22	140	150	22	38	66	14																												
Zn	35	15	50	45	25	45	45	20	90	65	130	20	45	35	15	15	20	25																												
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1																												
Nb	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30																												
La	33.90	13.60	23.60	21.70	23.30	20.80	21.90	26.00	17.10	22.10	21.00	32.10	29.40	24.70	27.80	29.40	29.30	30.00																												
Ce	65	25	42	43	46	42	42	47	34	41	42	58	50	48	53	53	53	54																												
Nd	28	11	17	21	23	20	20	22	17	18	22	24	23	24	23	21	21	24																												
Sm	5.10	2.20	2.80	3.90	4.10	3.40	3.50	3.30	3.30	3.40	4.30	3.90	4.60	4.60	4.00	3.20	3.20	3.70																												
Eu	0.98	0.67	0.75	1.22	1.22	1.02	0.91	0.95	0.91	0.99	1.15	1.20	1.06	1.05	1.05	0.79	0.83	0.66																												
Tb	0.70	0.30	0.40	0.60	0.60	0.50	0.50	0.50	0.60	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70	0.60	0.40	0.40	0.60																												
Yb	1.34	1.36	1.27	1.97	1.97	1.47	1.53	1.40	1.88	1.39	2.14	1.88	2.17	2.29	1.88	1.26	1.29	2.00																												
Lu	0.17	0.21	0.19	0.26	0.26	0.23	0.25	0.22	0.28	0.20	0.32	0.30	0.32	0.32	0.27	0.19	0.20	0.32																												

K-5, K-10, K-12: Altered samples, Tmg=Two mica granite, Rqd=Rimunri quartz diorite, Gdp=Granodiorite porphyry, and Gp=Granopyrite.

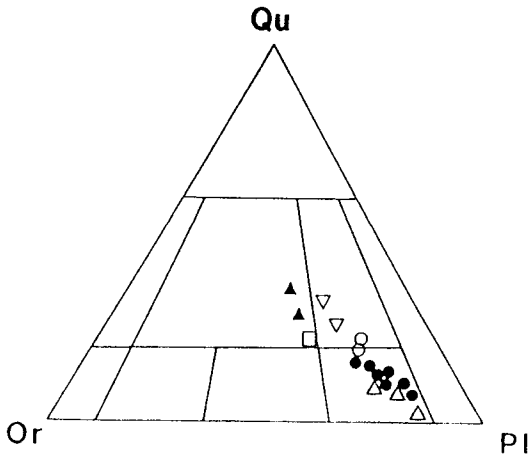


Fig. 4. Triangular diagram of normative Q-Or-Pl for the igneous rocks. Symbols as in Fig. 3.

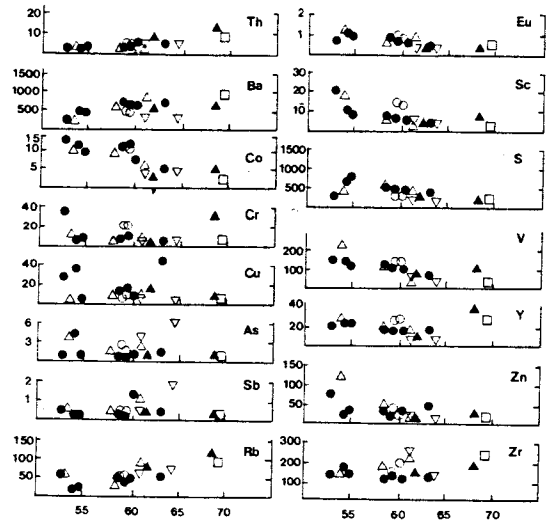


Fig. 6. Trace elements versus SiO_2 (wt%) for the igneous rocks. Symbols as in Fig. 3.

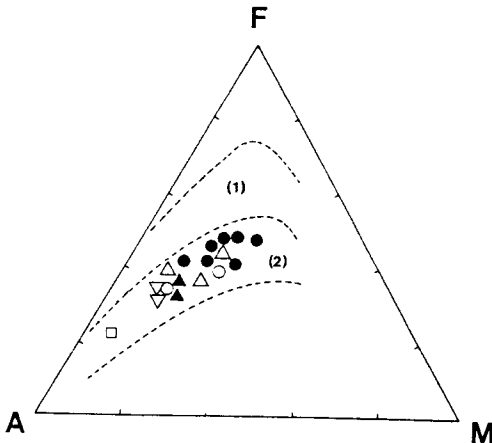


Fig. 5. AFM diagram showing characteristics of a calc-alkaline magma series. Symbols as in Fig. 3. (1)=the tholeiitic field (2)=the calc-alkaline field, according to Kuno(1968).

암에 각섬석섬록암과 안산암은 석영문조섬록암에 각각 해당되며, 리몬리석영섬록암은 화강섬록암과 석영문조섬록암 영역에 표시되어 Modal Q-Kf-P 삼각도(Fig. 2)와 비교해 보면 Mode 값이 Norm 값보다 사장석쪽으로 약간 편기하는 傾向을 보여준다. 이는 운모에 함유된 K_2O 가 Norm에서 정상석으로 계산된 영향으로 사료된다.

미량 원소 성분

미량성분 원소의 분석값은 Table 4에 표시하였다. SiO_2

와 미량성분 원소와의 변화도(Fig.6)에서 SiO_2 가 증가함에 따라 Co와 V는 뚜렷히 감소하며 Sr, Sc, An, Y, Eu, Cu도 감소하는 경향을 보이거나 Th, Ba, Rb, Zr은 증가하는 경향을 나타낸다. As, Sb, Cr은 불규칙한 변화를 보인다. 각 미량성분 원소들의 암석화학적 성질과 암석·광물의 원소 분배에 대한 특징은 다음과 같다.

Ba의 평균함량은 각섬석섬록암 586 ppm, 리몬리석영섬록암 637 ppm, 화강섬록반암 395 ppm, 안산암 720 ppm, 복운모화강암 644 ppm, 미문상화강암 1065 ppm.으로 Turekian과 Wedepohl(1961) 값인 840 ppm과 비교해 보면 미문상화강암을 제외하고는 평균치보다 적게 함유되어 있어 이들 암체들이 광화되어 있음을 시사해 준다 (Lmeokparia, 1980).

Co와 V는 SiO_2 와의 상관도에서 뚜렷한 負(-)의 상관 관계를 보이는 데 이런 경향은 Co가 마그마의 결정작용이 일어나는 동안 Fe^{2+} 소모와 함께 Mg^{2+} 와 Fe^{2+} 위치에서 가려고하는 화학적 성질(Ringwood, 1955)에 기인한 것이고, V는 마그마에서 분화된 초기에 형성된 자철석내에 주로 농집되기 때문이다(Mason and Moore, 1982)

Cu의 평균 함량은 각섬석섬록암 26 ppm, 리몬리석영섬록암 18 ppm, 화강섬록반암 5 ppm, 복운모화강암 15 ppm, 안산암 8 ppm, 미문상화강암 5 ppm.으로 Turekian과 Wedepohl의 값인 30 ppm보다 적은 함량을 보이며 이같은 현상은 Cu^+ 는 Na^2 를 Fe^{2+} 는 Fe^{2+} 를 치환하거나 혹은 유화광물로서 존재하기 때문이다.

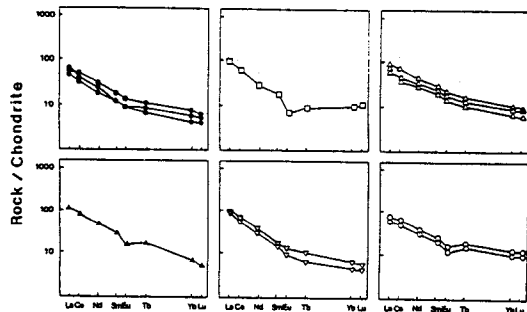


Fig. 7. Chondrite normalized REE abundance patterns illustrating the acid-intermediate rocks in the kwangyang-Seungju area. Symbols as in Fig. 3.

Sc는 각섬석섬록암 9.5 ppm, 리문리석영섬록암 11.5 ppm, 화강섬록반암 5.1 ppm, 복운모화강암 6.6 ppm, 안산암 9.1 ppm, 미문상화강암 2.6 ppm으로 SiO_2 가 증가함에 부(-)의 상관관계를 보이며 이는 Sc가 휘석, 각섬석, 혹은 운모와 같은 철, 마그네슘광물에 주로 濃集되기 때문이다 (Ringwood, 1955).

Sr은 SiO_2 가 증가함에 따라 감소하는 부(-)의 상관관계를 보이는 원소로서 그의 평균 함량은 각섬석섬록암 608 ppm, 리문리석영섬록암 348 ppm, 화강섬록반암 342 ppm, 안산암 630 ppm, 복운모화강암 233 ppm, 미문상화강암 275 ppm으로 대체로 염기성암이 산성암보다 높은 값은 보인다. 이는 Sr이 Ca^{2+} 이온과 잘 치환되기 때문이다 (Vlasov, 1966). Zr은 high field strength 원소로서 전하가 높고, 큰 이온 반경(0.79Å)을 가지므로 일반 조암광물에 함유되지 않고 저어콘에만 함유되며 일반적으로 분화 말기 생성물에 많이 함유되는 경향이 있다 (Mason & Moor, 1982).

Rb의 평균함량은 각섬석섬록암 51 ppm, 리문리석영섬록암 66 ppm, 화강섬록반암 85 ppm, 안산암 64 ppm, 복운모화강암 105 ppm, 미문상화강암 110 ppm으로 SiO_2 가 증가함에 따라 증가하는 정(+)의 상관관계를 갖는다. 이는 Rb이 지화학적으로 알칼리장석이나 운모 등에 수반되는 K함량에 영향을 받기 때문이다 (Heier and Adams, 1964).

희토류 원소

희토류 원소에 대한 분석결과는 Table 4와 같다. 각 암체별로 평균화한 희토류의 총량 ΣREE 은 석영섬록반암 109.3 ppm, 리문리석영섬록암 107.9 ppm, 안산암 101.0

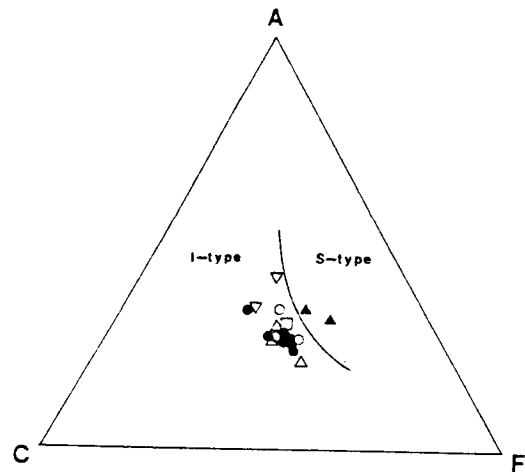


Fig. 8. ACF diagram for the igneous rocks in the kwangyang-Seungju area. Symbols as in Fig. 3.

ppm, 복운모화강암 94.8 ppm, 각섬석섬록암 91.2 ppm 순이며, Eu(-) 이상 $(\text{Eu}/\text{Sm})_{\text{m}}$ 은 안산암이 0.29, 각섬석섬록암이 0.28, 화강섬록반암이 0.25, 리문리석영섬록암이 0.24, 복운모화강암이 0.23, 미문상 화강암이 0.18로서 Hong (1983)의 백악기 팔공산 화강암 $(\text{Eu}/\text{Sm}) = 0.24$ 와 비교해 보면 리문리석영섬록암, 화강섬록반암 및 복운모화강암은 팔공산 화강암과 거의 일치하는 약한 부(-)의 Eu 이상을 보이나 각섬석섬록암과 안산암은 각각 0.28, 0.29로서 뚜렷한 Eu 이상을 보이지 않고 이들과 대조적으로 미문상 화강암은 0.18로 다소 큰(-)Eu 이상을 나타냄이 특징이다.

화강암류들은 REE 함량에 있어 상당한 차이를 보인다. 즉 각섬석섬록암, 안산암 및 화강섬록반암에 비하여 복운모화강암, 리문리석영섬록암, 미문상화강암은 넓은 범위의 REE 함량변화의 부(-)Eu 이상을 나타낸다 (Fig. 7). 이러한 현상은 결정분화작용 동안에 보다 심한 장석의 분별작용을 암시해 준다.

화성암류와 광화작용

본 연구지역에 분포한 광상은 본정, 점동, 중홍, 녹동, 상울, 송치광상 등인데 이중 송치 철광상을 제외하고 모두 금, 은 광상으로 등록되어 있다. 이들 광상 주위에 분포하는 화성암체를 보면 점동과 본정광상 주변에는 각섬석섬록암이, 상울과 송치광상 주위에는 리문리석영섬록암이 분포하고 있어 이들 암석과 광화작용과의 관계를 암석지구화학적 측면에서 검토해 보고자 한다. As, Sb, Ag, Bi,

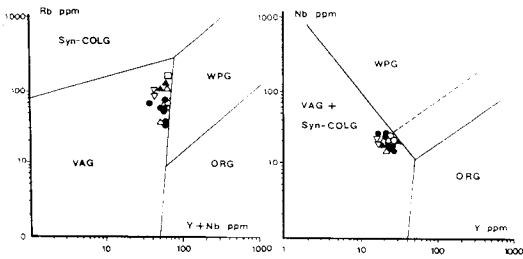


Fig. 9. Rb versus SiO₂ discriminant diagram for the igneous rocks. Diagram from Pearce and Tindle(1984). Symbols as in Fig. 3.

Hg, Cu, Zn 등이 금, 은 광상을 탐사하는데 있어서 일차 halo 조사시 이용될 가장 특징적인 지시원소로 알려져 있다.

이들 원소중 어떤 연구에서 Bi와 Te는 분석되지 않았고, Hg와 Ag는 검출한계 이하로 평균치와 비교할 수 없어 As, Sb, Cu, Zn에 대해서만 고찰해 보면, 광상주변에 분포한 각섬석섬록암과 리문리석영섬록암에서 As의 경우 각섬석섬록암 1.7 ppm, 리문리석영섬록이 2 ppm으로 Taylor값(1.5 ppm)보다 부화되었으며, Sb에서도 각섬석섬록암이 1.5 ppm, 리문리석영섬록암 0.3 ppm으로 평균치 0.2 ppm보다 높게 나타나며 Cu와 Zn도 각섬석섬록암이 각각 26 ppm, 46 ppm, 리문리석영섬록암이 각각 18 ppm, 32 ppm으로 Taylor값(Cu=10 ppm, Zn=40 ppm)와 비교해 리문리석영섬록암의 Zn치를 제외하고 모두 높은 부화 특징을 보이고 있어 상기 암체들이 이지역 광화작용과 관련있는 화성암체로 사료된다.

Okhapkin과 Bozin(1971)은 합금은 광상지역에서는 Cr의 함량이 낮아진다고 했으며 이는 금은탐광에 있어 하나의 기준이 된다고 했다. 본 지역에서 광화작용과 관련이 있다고 판단되는 각섬석섬록암체 주변 광체에서 채취한 시료 K-1, K-2, K-15의 평균 Cr량이 4.2 ppm으로 광체와 멀리 있는 시료 K-16, K-17의 평균 Cr의 양 24 ppm보다 5.6배 정도 낮게 나타나 부(-)의 이상치를 나타내어 Okhapkin의 기준과 잘 일치함을 보여준다.

논 의

이 연구지역에 분포하는 화성암류는 주성분원소를 Fig. 8인 ACF 삼각도(Ishihara외, 198)에 표시해 보면 변질 받은 복운모화강암을 제외하고 모두 I형에 속한다. 또 Pearce (1984)에 의한 화강암의 구조환경 판별도인 Rb/(Y+Nb)

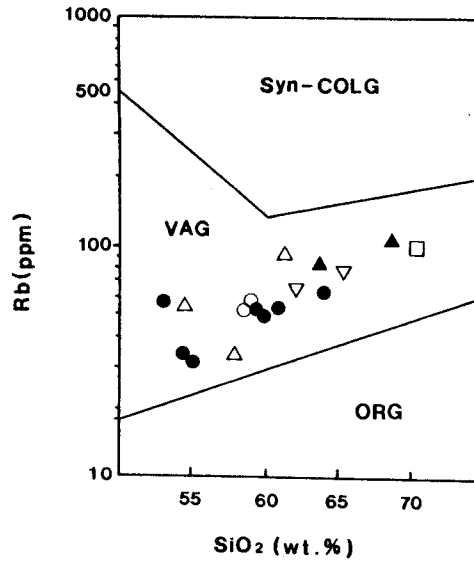


Fig. 10. Rb versus SiO₂ discriminant diagram for the igneous rocks. Diagram from Pearce and Tindle (1984). Symbols as in Fig. 3.

와 Nb/Y 그리고 Rb/SiO₂圖(Fig. 9와 10)에 표시해 보면 모두 VAG와 Syn-COLG 영역에 속하며, 이는 이 연구지역의 화강암이 백악기 중기 내지 말기에 걸쳐 Kula판(Uyeda & Miyashiro, 1974; 민경덕, 1980)이 유라시아 판과 충돌시에 형성된 張力場을 따라 관입한 화성암체들임을 시사해 주는 것으로 해석가능하나 이에 대한 보다 확실한 결론을 끌어내기 위해서는 보다 넓은 지역에 대한 연구가 수행되어 저야 할 것으로 사료된다.

결 론

1. 연구지역내의 지질은 선캠브리아기에 속하는 지리산 편마암복합체를 기저로 하여 이를 부정합관계로 덮은 경상누층군의 퇴적암류와 용암류 그리고 이를 관입하는 복운모화강암, 각섬석섬록암, 리문리석영섬록암, 화강섬록반암 및 미문상화강암으로 구성되어 있다.

2. 각섬석섬록암과 리문리석영섬록암의 관입-정지 시기는 K=Ar 각섬석 연령이 각각 108±4와 86.8±3.3 Ma로서 이들 암체가 전형적인 불국사 관입암류에 속하는 암상임을 시사한다. 그리고 복운모화강암의 변질대에서 산출된 녹니석과 각섬석섬록암의 변질대에 함유된 건운모의 K-Ar 연령은 각각 108±4와 94.2±2.4 Ma로 나타났다.

3. SiO₂-산화물 변화도와 AFM 삼각도에서 본역 심성-

반심성암류는 SiO_2 undersaturated 계열에서 저압력 분별 결정작용에 의해 분화된 Calic-alkali계 열의 산물이다.

4. 稀土類元素總量 (ΣREE)은 미문상화강암 115.28 ppm, 화강섬록반암 109.3 ppm, 리문리석영섬록암 107.9 ppm, 안산암 101.0 ppm, 복운모화강암 94.8 ppm, 각섬석섬록암 91.2 ppm 순이며, 안산암 및 화강섬록반암에 비하여 미문상화강암, 복운모화강암 그리고 리문리석영섬록암은 Eu (-) 이상을 나타내 결정작용 동안에 보다 심한 장석의 분별작용을 암시해 준다.

5. ACF 삼각도에서 본역 화성암류는 대부분 I-Type에 속하며, 화강암의 구조환경 판별도인 $\text{Rb}/(\text{Y}+\text{Nb})$, Nb/Y 및 Rb/SiO_2 관계도에서 모두 VAG와 Syn-GOLG 영역에 속해 이 지역의 화강암류들이 백악기 중기 내지 말기에 걸쳐 Kula판이 유라시아판과 충돌시 형성된 장력장을 따라 관입한 암체들임을 시사해 준다.

6. 화강암류와 광화작용과의 관계에서 광상주변에 분포한 각섬석섬록암과 리문리석영섬록암들에 함유된 미량원소 중 특히 광화작용과 관련하여 1차 분산됨으로서 부화된 As, Sb, Cu, Zn과 감소된 Ba, Cr 등이 이상 분포현상을 보여 생산성 심성암체로서의 지구화학적 특징을 보여준다.

참고문헌

- 김희남 (1987) 한반도 서남부지역에 분포한 화강암류에 대한 암석지구화학적 특징 및 금속광상에 관한 연구. 전남대학교 박사학위논문, p. 124.
- 남기상, 유환수, 이종덕 (1989) 하동지질도록. 한국동력자원연구소.
- 민경덕의 4인 (1980) 한국남부의 백악기말 이후의 화성활동과 광화작용에 대한 판구조론의 적용성 연구. 한국과학재단.
- 박노영, 화덕환, 서정률 (1980) 남해지역 광화대 조사연구, 자원개발연구소, 제8호, p. 49-70.
- 박영석, 신병우 (1984) 광양금광상, 고흥동광상의 광상생성과 암석학적 연구. 광산지질, 17권, p. 91-100.
- 박희인, 박용안, 정지곤 (1989) 광양지질도록. 한국동력자원연구소.
- 유환수, 김용준, 박천영 (1983) 괴목지질도록(비발간).
- Foden, Jd. (1983) The petrology of the calcalkaline lavas of Rindjani volcano, east Sunda arc: a model for island arc petrogenesis. J. Petrol., v. 24, p. 98-130.
- Foden, Jd. (1986) The petrology of Tambora volcano, Indonesia: a model for the 1815 eruption. J. Volcanol. Geotherm. Res., v. 27, p. 1-41.
- Heier, K.S. and Adams, J.A.S. (1963) The geochemistry of the alkali metals. Physics and Chemistry of the Earth, Pergamon Press, v. 5, p. 252-381.
- Hong, Y.K. (1983) Petrology and geochemistry of the cretaceous Plagonsan granite, Southern Korea. Jour. Koea Inst. Mining Geol., v. 2, p. 83-109.
- Imeokparia, E.G. (1980) Ore-bearing potential of granitic rocks from the Jos-Bukarn Complex, Northern Nigeria. Chem. Geol., v. 28, p. 69-77.
- Ishihara, S., Takahashi, M. and Aramaki, S. (1980) Magnetite-dseries/Ilmenite-series vs I-type/S-type granitoids. Mining Geology Special Issue. no. 8, p. 13-28.
- Kund, H. (1968) Differentiation in basaltic magmas. In Hess, H.H., and Poldervaart, A., eds., B-asalts: New York, Wiley Intersci., v. 2, p. 623-688.
- Mason, B. and Moore, C. B. (1982) Principles of geochemistry(4thed). John Wiley and Sons. Inc., p. 344.
- Nicholls, I.A. and Whitford, D.J. (1983) Potassium-rich volcanic rocks of the Muriah complex, Java, Indonesia: products of multiple magma sources? J. Volcano. Geotherm. Res., v. 18, p. 337-359.
- Nicholls, I.A., and Whitford, D.J. (1976) Primary magmas, associated with Quaternary volcanism in the western (editor), Volcanism in Australasia. Elsevier, Amsterdam, p. 77-90.
- Okhapkin, N.A. and Bozin, A.V. (1971) Trace elements as possible indicators of gold mineralization in the contact-tetrasomatic magnetite deposits of the Altai-Sayan folded region. Tr. Sib. Nauch. Issled. Inst. Geol. Seofix. Miner. Syrya, 70, 114, p. 16-23. (Chem. Abstr., V. 79, 68678p).
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination of granitic rocks. Journal of Petrology, v. 25, p. 856-983.
- Ringwood, A.E. (1955) The principles governing trace element distribution during magmatic crystallization part I: The influence of electro negativity. Geochim. Cosmochim. p. 189-202.
- Turekian, K.L., and Wedepohl, K.H. (1961) Distribution of the elements in some major units of earth crust. Geol. Soc. An. Bull., v.72, p. 641-664.
- Taylor, S.R. (1965) The application of trace element data to problems. Petrology, physics and chemistry of the earth, v.6, p. 133-213.
- Uyeda, S.D. Miyashiro, A. (1974) Plate tectonics and the Japanese Islands. A Synthesis, GSA Bull., v. 85, no.7.
- Valsov, K.A. (1966) Cadmium in geochemistry and mineralogy of rare element and genetic types of their deposits. Vol. I, Geochemistry of Rare Elements. Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, p. 397-688.
- Wheller, G.E. and Varne. (1986) Genesis of dacitic magmatism at Batur volcano, Bali, Indonesia: implication for the origins of stratovolcano calderas. J. Volcanol. Geotherm. Res., v. 28, p. 363-378.