

## 포천-의정부 일대에 분포하는 화강암류의 산상과 암석화학

윤 현 수

한국자원연구소

**요 약** : 연구지역은 서울에서 포천 북부일대에 분포하며 경기 편마암 복합체를 관입한 대보 화강암질 저반의 중부에 해당한다. 주요 구성암상은 조립질 흑운모 화강암과 세립질 흑운모 화강암이다. 전자는 대체로 주변부와 중앙부를 이룬 회색 화강암(Gg)과 담홍색 화강암(Gp)로 각각 구분되며, 세립질 화강암은 소규모의 암주상으로 Gg를 관입하였다. Gg는 회색을 띠는 각섬석 흑운모 화강암으로서 염기성 분결체(basic clot)와 변성암류의 포획체가 자주 발달하며, Gp는 연한 담홍색을 띠는 석류석 흑운모 화강암으로 산점상의 석류석과 간혹 염기성 분결체를 수반함이 일반적인 특징이다. 이들은 모두 모우드 분석에서 화강암에 도시되며 티탄철석 계열이나 자철석 계열에 해당한다. 흑운모 연령측정(K/Ar 법)결과 Gg와 Gp는 166와 165 Ma, 세립질 화강암은 133 Ma로 각각 주라기 중기와 백악기 초기에 해당한다. 이들은 뚜렷한 분화경향을 보이는 일부 저(met-)와 과알루미나암질(peraluminous)로서, 칼크-알칼리 계열에 속한다. 광물학적 및 지구화학적 특징에 의하면 이들은 S-형(티탄철석 계열)과 일부 I-형(자철석 계열)에 속하며, 섭입과 관련된 대륙 주변부의 마그마 호의 지구조적 환경에서 비교적 고정된 근원성분의 용융으로 형성된 암체이다.

**핵심어** : 조립질 흑운모 화강암(Gg, Gp), 세립질 흑운모 화강암, 연령측정(K/Ar 법), 지구조적 환경

### 서 언

연구지역은 경기육괴 분포지인 포천-의정부사이로서, 주변의 편마암 복합체를 관입하였고 서울에서 포천북부 일대에 분포하는 대보 화강암질 저반의 중부에 해당한다. 이 곳은 광주산맥의 지맥으로서, 편마암류 분포지인 북부, 남서부와 남동부에서는 해룡산(660.7 m), 467.7 m 고지와 죽엽산(600.6 m) 등이 발달하여 높은 산세를 이룬다. 화강암류 분포지의 중앙부는 칠봉산(506.1 m), 천보산(336.8 m)과 불국산(460 m) 등이 반월형의 고지형을 이루며, 주변부는 대체로 낮은 산세나 능선지를 이룸이 일반적인 특징이다(Fig. 1).

이 연구에서는 미발간 도폭인(1/5만) 포천과 의정부사이에 분포하는 변성암류와 화강암류의 지질경계와 산출상태 등을 암석학적으로 연구하였다. 주라기의 대보조산 운동기의 산물로 알려진 화강암체는 암색, 입도, 포획체, 염기성 분결체(mafic clot) 및 구성 광물 등에 의해 분포특성과 암석명을 정하였다. 그리고 관입관계 및 지질시대를 알기위해 대표적인 화강암류의 K-Ar 흑운모 연령을 측정하였다. 또한 가능

한한 신선한 암석시료를 채취하여 주원소 및 미량원소에 의한 지화학적 특성, 성인분류와 지구조적인 환경 등을 연구하였다.

이 지역과 관련된 연구로는 경기육괴의 광역변성 작용(Na, 1978), 화강암질 저반의 암석학 및 지구화학적 연구(Kwon *et al.*, 1994) 그리고 저반의 남부인 서울 화강암의 Rb/Sr 전암연령과 지구화학적 연구(Park, 1972; Hong, 1984) 등이 수행된 바 있다. 그러나 포천-의정부일대에 대한 지질, 구성암상의 분류와 분포경계, 산출특성과 관입관계 등에 대한 자세한 연구는 미약한 편이다.

연구에 이용된 주원소는 습식분석법, 미량원소는 각각 ICP(Inductively coupled argon plasma spectrometer)법 그리고 K/Ar 연령은 질량분석법(Nuclide)에 의해 자원연구소에서 분석되었다. 주원소는 한국공업규격(KS L2101과 KS E3806, 7)에 의해 분석되었으며, 이들의 오차범위(%)는 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 각각 0.5와 0.3, Na<sub>2</sub>O와 K<sub>2</sub>O와 CaO가 0.01-0.25, 기타성분이 0.01-0.04이다. 미량원소의 오차범위(%)는 Y과 Li이 0.5, Ba과 Sr과 Th이 15, Rb이 5, Nb이 10 그리고 Sc이 7이다. 그리고 미량원소와 연

령측정의 참고시료(Reference sample)는 각각 KG-1, 2와 KGB-1이다.

### 암석 기재

이 곳에는 대체로 선캠브리아기의 편마암류, 쥐라기 중기의 조립질 흑운모 화강암류, 백악기 초기의 세립질 흑운모 화강암 그리고 백악기의 반암류와 암맥류가 분포한다(Fig. 1).

### 편마암류

이 편마암류는 호상 편마암, 안구상 호상 편마암, 화강암질 편마암, 반상변정 화강암질 편마암, 흑운모

편암 등으로 구성되며, 이 중 호상 편마암이 우세하다. 이 암류는 경기 육괴의 기반암인 편마암 복합체에 해당한다(GMIK, 1973; Na, 1978, 1979).

이 암류는 연구지역의 북부, 남서부 및 남동부에서 분포하며 지역별 산출특성은 다음과 같다. 북부는 호상 편마암과 반상 변정 화강암질 편마암으로 구성되며, 후자에는 규암, 석영장석질 편마암과 흑운모 편암 등의 포획체가 산출된다. 남서부는 호상 편마암과 화강암질 편마암으로 구성되며 일부 규암류의 포획체를 가진다.

남동부는 호상 편마암, 화강암질 편마암과 규암 등으로 구성된다. 편리는 여러 방향을 이루며 그 중 N 20°, 50°, 72°E, 및 NS 등이 잘 발달한다. 국부적으로 소규모의 단층이 N50°W 방향으로 발달한다. 화강암

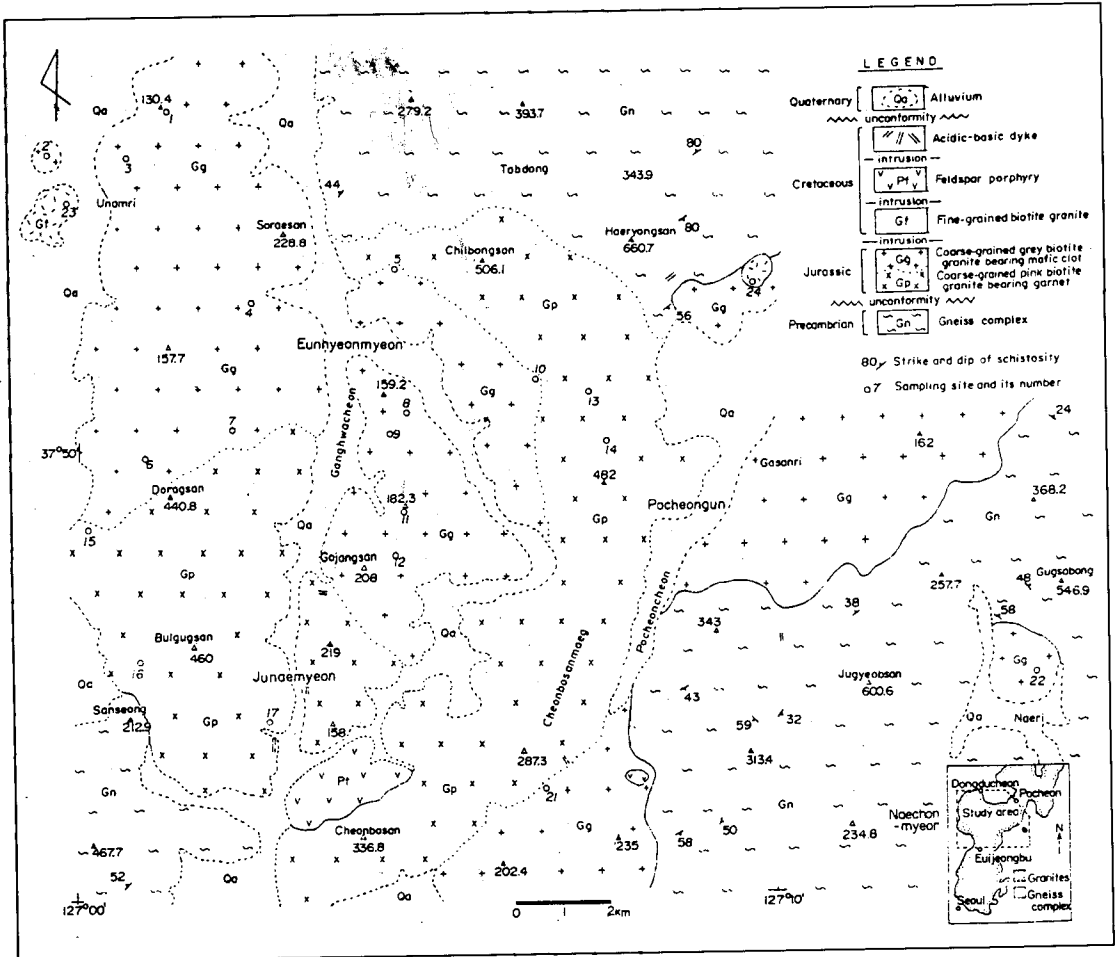


Fig. 1. Geologic map and sampling sites in the Pocheon-Euijeongbu area.

질 편마암은 곳에 따라 호상 편마암을 관입 또는 포획한다. 호상 편마암과 화강암질 편마암은 각각 석영-사장석-미사장석-흑운모-백운모-석류석과 석영-사장석-페다이트-흑운모-백운모 등의 광물조합을 이루어 각섬암상에 해당된다.

**조립질 흑운모 화강암**

이 암석은 조립질이 우세한 쥬라기의 흑운모 화강암류로서 전반적으로 담홍색 화강암과 회색 화강암으로 구분될 수 있다. 담홍색 화강암(Gp)은 대체로 이 암체의 중심부를 이루는 석류석 흑운모 화강암으로 칠보산, 천보산맥 및 불국산 일대에 분포하며 비교적 높은 산세를 이룬다. 담홍색이 우세하며 산점상의 석류석이 미립으로 자주 발달하고 간혹 작은 크기의 염기성 분결체를 가진다. 불국산 일부에서 섬록암류의 포획체를 가지나 그 외는 포획암의 산출이 드문 것이 특징이다. 국부적으로 페그마타이트질부와 거정의 복운모를 수반한다. 한편 Kwon *et al.*(1994)은 경기육괴 북부인 입진강대 근처에서도 함석류석 화강암의 산출을 보고한 바 있다.

회색 화강암(Gg)은 Gp의 주변부를 이루는 각섬석 흑운모 화강암으로서, 회색이 우세하며 간혹 미립의 석류석을 수반하며 반상조직화되는 경향을 보이기도 한다. 이들 Gg와 Gp는 그 경계부에서 매우 점이적인 관계를 이룬다. Gg는 이 지역 동부인 내촌면과 일부 지역에서 작은 암주나 암맥상으로 주변의 편마암류를 관입하였다. Gg에는 염기성 분결체(basic clot)가 자주 발달하며 또한 편마암류와 일부 규암등의 포획체가 종종 함유된다. 이 염기성 분결체는 타원형을 이루며, 그 크기는 수cm-30 cm 정도에 이르며, 독립된 작은 암주에서 크기와 빈도수가 더 증가되는 경향을 보인다.

**세립질 흑운모 화강암**

이 화강암은 소규모 암주나 맥상을 이룬다. 전자는 이 지역 북서부인 운암리와 북동부인 선단리에 분포한다. 운암리에서는 Gg를 관입하였으며, 그 접촉부에서는 석영과 장석반정이 발달한다. 간혹 호상 편마암, 흑운모 편마암과 일부 석영장석질 편마암류의 포획

체가 10 cm 이하의 크기로 산출한다. 일부 절리면을 따라서는 방해석맥이 발달한다. 선단리에서는 편마암류를 관입하였으며, Gg를 포획하였다. 맥상은 이 지역 남부인 무림리에서 수 m 폭을 이루며 Gg를 관입하였다. 세립질 흑운모 화강암에는 곳에 따라 페그마타이트, 애프라이트, 석영맥 등이 발달되며 간혹 염기성 분결체가 3 cm의 크기로 발달한다.

**반암류와 암맥류**

반암류인 장석 반암은 소암주를 이루며 이 지역 동부 우금리에서 변성암류를, 남부의 마전리와 산북리에서 조립질 흑운모 화강암을 각각 관입하였다. 반정은 홍색을 띤 알칼리 장석으로서 1-3.5 cm의 크기를 이룬다. 암맥류에는 장석 반암, 석영-장석 반암, 그리고 도처에서 산출되는 페그마타이트, 애프라이트, 규암 및 석영맥 등이 있다. 염기성 암맥은 이 지역 남부인 축석령과 마전리에서 조립질 흑운모 화강암을 N40°W, 무봉리에서 화강암질 편마암을 NS 방향으로 각각 관입하였다.

**화강암류의 K/Ar 연령**

화강암류의 지질시대 및 관입관계 등을 알기위해 조립질 흑운모 화강암인 Gg와 Gp 에서 각각 1개 그리고 세립질 흑운모 화강암에서 1개 등 모두 3개의 대표적 시료를 채취하여 K/Ar 흑운모 연령을 측정하였다(Table 1).

조립질 흑운모 화강암의 K/Ar 흑운모 연령은 Gg가 165.8±6.6 Ma, Gp가 164.5±2.4 Ma로서 거의 비슷한 값을 가지며 모두 쥬라기 중기에 해당한다. 포천지역의 Rb/Sr 화강암 전암연령은 165±30 Ma이고, 포천남부인 의정부에 분포된 홍색 장석 흑운모 화강암의 K 장석 연령은 157 Ma이다(Ueda, 1969; 김옥준, 1971). 이 중 홍색 장석 흑운모 화강암은 연구지역의 Gp에 속한다고 해석된다. 한편 Kwon *et al.*(1994)은 예비결과로서 석류석 흑운모 화강암의 Rb/Sr 연령을 172 Ma로 보고한 바 있으나, 이는 경기육괴 북부의 것으로 보인다.

한편 서울지역에서는 Rb/Sr 전암연령이 160±10 Ma 그리고 관악산의 백운모 연령(K/Ar)이 171 Ma

**Table 1.** Isotopic ages of the granites in the Seoul granitic batholith.

Sp. no.	Mineral	Method	K (%)	40Arrad (nmol/g)	40Ar (%)	Age (Ma)	Locality
12	Biotite	K/Ar	6.61	1.975	94.93	164.53±2.42	Pocheon
14	"	"	3.49	1.051	92.45	165.77±6.59	"
23	"	"	6.52	1.556	94.90	132.63±1.92	"
(1)	K-feldspar	"				157	Euijeongbu
	Muscovite	"				171	Gwanagsan
(2)	Whole rock	Rb/Sr				165±30	Pocheon
	"	"				202±15	Seoul
	Feldspar	K/Ar				65	"
(3)	Whole rock	Rb/Sr				160±10	"

(1): Kim(1971), (2): Ueda(1968), (3): Park(1972).

로 연구보고되었다(Park, 1972; 김옥준, 1971). 또한 Ueda(1969)는 서울 불암산의 전암연령(Rb/Sr)과 장석연령(K/Ar)을 각각  $202 \pm 15$  Ma와 65 Ma로 보고한 바 있다. 장석연령은 이차적인 지질연령(resetting)으로도 해석되며, 전기한 여러 측정값과는 큰 차이를 보인다. 서울 화강암은 서브솔브스의 몬조 화강암으로서 조직과 구성광물이 거의 균일한 암체로 연구된 바 있다(Hong, 1984). 한편 세립질 흑운모 화강암의 흑운모 연령(K/Ar)은  $132.6 \pm 1.9$  Ma로서 백악기 초기이다. 이 값은 Gg 및 Gp의 연령보다 후기로서 아의 조사의 결과와도 일치한다. 포천남부의 저반은 모두 주라기 중기에 해당하며 포천-의정부의 소규모 암주는 백악기 초기에 속하나, 이들은 일련의 대보조산 운동기에 해당된다고 해석된다. Reedman and Um(1975)은 대보 조산운동을 133-170 Ma로 보고한 바 있다.

## 화강암류의 광물 조성

### 조립질 흑운모 화강암

이 화강암의 모우드 값(%)은 Gg와 Gp가 석영 29.5-41과 25.9-40.7, 알칼리 장석 18.9-46.5와 30.1-50.6 그리고 사장석 17.2-38.1과 14.1-26.1로서, 이 중 특히 알칼리 장석은 Gp에서, 사장석은 Gg에서 그 값이 각각 증가된다(Table 2). QAP(quartz-alkali feldspar-plagioclase) 삼각도에서는 모두 화강암 영역에 도시되며, 그 중 Gg는 거의가 몬조 화강암에,

Gp는 섬장-몬조 화강암에 각각 해당된다(Fig. 2; Streckeisen, 1976).

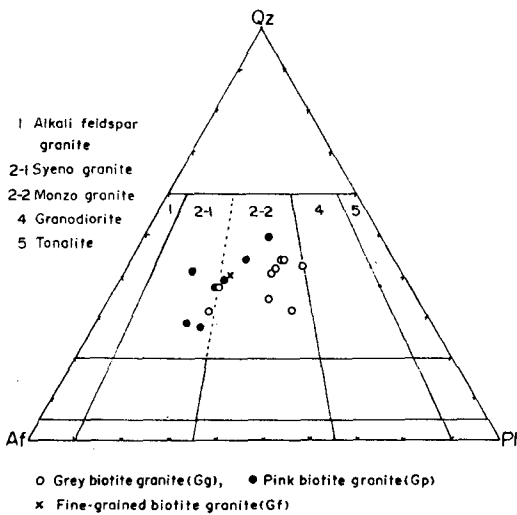
Gg는 석영, 알칼리 장석, 사장석, 흑운모, 각섬석, 백운모, 녹니석, 인회석, 스피넬, 저어콘, 녹염석, 갈염석과 불투명 광물 등으로 구성된다. Gp는 석영, 알칼리 장석, 사장석, 흑운모, 백운모, 녹니석, 인회석, 스피넬, 저어콘, 석류석과 불투명 광물 등으로 구성된다. 석류석은 대부분 미립의 산점상을 이루며 포유물이 없어 마그마 기원으로 해석된다(Allan and Clarke, 1981). Gg와 Gp는 각각 각섬석-흑운모-스피넬과 흑운모-석류석을 수반함이 대체적인 특징이며, 이 중 석류석은 Gg에서도 간혹 산출된다. Kwon *et al.* (1994)에 의하면 전자는 흑운모 화강암과 각섬석 흑운모 화강암에, 후자는 석류석 흑운모 화강암에 해당되는 것으로 해석된다.

구성광물 중 석영은 파동소광이나 모자이크구조를 보이며 국부적으로 평행한 쪼개짐이 발달한다. 알칼리 장석은 미사장석, 퍼다이트, 마이크로 퍼다이트와 일부 정장석이다. 부분적으로 미르메카이트 및 그래픽 조직을 이룬다. 사장석은 알바이트, 칼스바스-알바이트, 페리크린 쌍정을 이루고 곳에 따라 뚜렷한 동심원적 누대구조를 이룬다. 소광각은 Gg와 Gp가 6°-15°와 6°-9°로서 각각 알바이트-올리코크레이스와 알바이트에 해당한다. 흑운모는 벽개가 뚜렷하고 부분적으로 녹니석화되며 불투명 광물이 자주 수반된다. 각섬석은 부분적으로 뚜렷한 벽개와 자형을 이루며 미사장석이나 퍼다이트에 함유되기도 한다. 백운모는 흑운모와 접하여 입상을 이루거나, 석

**Table 2.** Modal composition of the granites in the Pocheon-Eujeongbu area.

Sp. no.	Qz	Kf	Pl	Bt	Hb	Mu	Ch	Ap	Sp	Zr	Gt	Op	Ep	Al
1	29.5	26.3	38.1	4.9	0.4	0.2	0.3	tr	0.2	tr	-	0.3	tr	-
3	39.7	18.9	34.4	5.7	0.2	0.1	-	tr	0.5	0.1	-	0.4	-	tr
4	29.8	43.5	21	4.9	-	0.5	0.1	-	0.1	0.1	-	0.1	-	-
5	34.6	46.5	17.2	1.6	-	tr	0.1	-	tr	tr	-	tr	-	0.1
6	35.4	37.7	20.6	5.2	-	0.3	0.3	0.1	-	tr	-	0.4	-	-
8	30.6	28.1	30.6	8.5	1.9	0.1	tr	0.1	0.1	tr	-	0.1	-	-
12	41	22.2	30.3	4.9	0.4	-	0.9	-	tr	tr	-	0.1	tr	0.1
13	27.9	50.6	19	2.3	-	2	-	-	tr	tr	-	tr	-	-
14	37.8	37.2	20.9	3.8	-	0.1	0.1	tr	-	tr	0.1	tr	-	-
15	25.9	46.9	21.9	3.5	-	0.9	0.7	-	-	tr	-	0.1	-	-
16	42	30.1	23.9	1.1	-	1.9	0.4	-	-	tr	0.7	tr	-	-
18	36.6	45.3	15.7	0.2	-	0.9	1.2	-	-	-	-	0.2	-	-
19	40.7	43.8	14.1	0.7	-	0.3	0.2	-	-	tr	0.2	tr	-	-
20	48.2	22.6	26.1	2.4	-	0.7	tr	-	tr	tr	-	0.1	-	-
21	35.8	24.5	26.8	12.4	0.1	-	0.1	tr	-	tr	-	0.1	-	0.1
22	37.5	24	27.9	10.1	-	0.3	0.1	0.1	tr	tr	-	tr	-	0.1
23	37.8	35.5	21.2	4.7	-	0.5	0.4	-	-	tr	-	0.2	-	-

Qz: quartz, Kf: alkali feldspar, Pl: plagioclase, Bt: biotite, Hb: hornblende, Mu: muscovite, Ch: chlorite, Ap: apatite, Sp: sphene, Zr: zircon, Gt: garnet, Op: opaque, Ep: epidote, Al: allanite, Gg: 1-12, 21, 22, Gp: 13-20, Gf: 23.



**Fig. 2.** Triangular diagram of modal composition for the granites.

영이나 사장석내에 미립으로 산출되며 Gg에서는 이차광물로도 해석된다. 스피넬은 타형-자형을 이루며, 인회석과 저어콘은 흑운모내 미립으로 함유된다. 갈염석과 녹염석은 각각 누대구조와 미립의 타형으로 발달한다.

**세립질 흑운모 화강암**

이 화강암의 모우드 값(%)은 석영 37.8, 알칼리 장석 35.5, 사장석 21.2이며, QAP 삼각도에서 몬조 화강암에 해당된다(Table 2; Fig. 2). 구성광물은 석영, 알칼리 장석, 사장석, 흑운모, 백운모, 녹니석, 저어콘과 불투명광물 등이다. 석영은 파동소광을 보인다. 사장석, 알칼리 장석 및 흑운모는 간혹 반정으로 발달된다. 이중 퍼다이트는 간혹 사장석을 함유하며 정장석은 뚜렷한 칼스바드 쌍정을 이룬다. 사장석은 알바이트, 칼스바드-알바이트 쌍정과 부분적인 누대구조를 이룬다. 소광각은 15°로서 올리고크레이스에 해당한다. 흑운모는 짙은 갈색을 띠며 방사성 색운을 가진 저어콘과 불투명 광물을 함유한다. 백운모는 사장석내에 미립으로 발달되기도 한다.

이들 조립질과 세립질 화강암류는 I-형(자철석 계열)과 S-형(티탄철석 계열)의 수반광물인 각섬석과 스피넬, 백운모와 석류석 등을 수반하며, 또한 Af+Qz 대 Op의 상관도에서 티탄철석 계열과 일부 자철석 계열에 도시된다(Fig. 3). Ishihara(1977)와 Jin(1980)은 대보화강암의 대부분이 티탄철석 계열이라

고 보았으며, 조동룡과 권성택(1994)은 자철석 계열과 티탄철석 계열이 공존하며 전자가 약간 우세하다고 보고하였다.

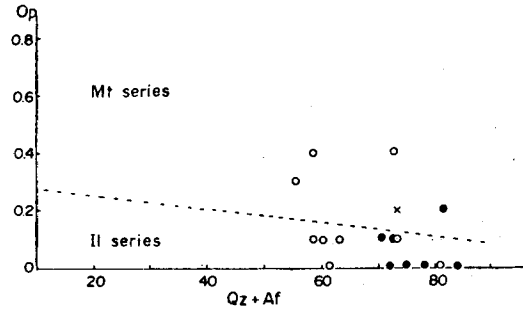


Fig. 3. Modal opaques against modal alkali feldspar plus quartz for the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

암석 화학 및 지구조적 생성환경

연구지역의 화강암류는 다음과 같은 암석 화학적 특성을 가진다(Table 3; Fig. 4). SiO<sub>2</sub>의 함량증가에 따라 TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO (t), MgO, CaO 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 감소하며 MnO, Na<sub>2</sub>O와 K<sub>2</sub>O는 변화 없는 분화경향을 가진다. 조립질 흑운모 화강암의 SiO<sub>2</sub> 값은 67.89-76.56의 값을 가져 비교적 제한된 범위의 값을 가지며, 주변부인 Gg는 67.89-75.17이고 중심부인 Gp는 71.10-76.56으로서 후자가 약간 더 산성암질이다. 분화지수는 Gg가 78.4-90이고 Gp가 87.9-94.3으로서 역시 후자에서 증가한다. 이런 화학성분은 암석 포획체의 영향을 받지 않는다(Chappel *et al.*, 1987). Na<sub>2</sub>O는 3.44-4.68로 비교적 높은 편이다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/

Table 3. Major element oxides and normative minerals of the granites.

Sp. no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	68.93	69.80	71.30	75.17	72.30	73.26	72.30	70.20	69.63	71.85	70.60
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.05	0.42	0.21	0.20	0.24	0.21	0.42	0.41	0.22	0.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.97	17.04	13.79	12.81	14.41	13.69	15.11	14.61	14.48	14.57	14.82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00	0.40	0.83	0.17	0.09	0.20	0.24	1.45	2.04	0.74	0.93
FeO	2.37	2.08	2.32	1.51	1.72	1.87	1.58	1.54	1.43	1.29	1.02
MnO	0.08	0.06	0.07	0.04	0.06	0.05	0.06	0.06	0.08	0.06	0.04
MgO	0.94	0.71	1.05	0.27	0.32	0.37	0.32	1.00	0.94	0.38	0.70
CaO	2.37	2.25	2.64	1.09	1.20	1.45	1.20	2.76	2.37	1.21	2.22
Na <sub>2</sub> O	3.81	3.26	3.60	3.63	4.02	3.69	4.02	3.74	3.81	3.81	3.43
K <sub>2</sub> O	3.98	3.95	3.13	4.22	4.30	4.17	4.30	3.45	3.98	4.46	5.44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.04	0.16	0.08	0.06	0.10	0.06	0.15	0.13	0.06	0.11
L.O.I.	0.40	0.35	0.48	0.64	0.24	0.62	0.40	0.06	0.28	0.30	0.24
Sum	99.39	99.99	99.79	99.84	98.92	99.71	99.80	99.44	99.88	98.95	99.86
CIPW norm											
q	24.02	28.37	30.23	34.32	28.27	31.10	28.45	27.83	26.27	28.93	24.34
c	0.38	3.42	0.05	0.49	1.09	0.70	1.79	0.09	0.00	1.41	0.00
or	23.55	23.33	18.48	24.94	25.39	24.66	25.39	20.38	23.55	26.33	32.12
ab	32.26	27.59	30.47	30.73	34.04	31.21	34.04	31.63	32.26	32.26	29.00
an	10.93	10.88	12.07	4.84	5.59	6.57	5.59	12.66	10.63	5.65	9.01
di-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.75
di-hd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.25
hy-en	2.34	1.77	2.62	0.67	0.79	0.92	0.79	2.49	2.24	0.94	1.40
hy-fs	3.00	3.51	3.01	2.36	2.85	2.96	2.47	1.03	0.39	1.50	0.54
mt	1.46	0.58	1.20	0.25	0.14	0.30	0.35	2.11	2.96	1.07	1.34
il	0.77	0.09	0.80	0.39	0.38	0.46	0.39	0.80	0.77	0.42	0.59
ap	0.30	0.10	0.37	0.20	0.13	0.24	0.13	0.37	0.30	0.13	0.27
D.I.	79.83	79.29	79.18	89.99	87.70	86.97	87.88	79.84	82.08	87.52	85.46

Table 3. continued.

Sp. no.	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24
SiO <sub>2</sub>	70.62	74.98	73.36	73.24	71.10	76.56	67.97	67.89	70.84	68.69
TiO <sub>2</sub>	0.37	0.02	0.05	0.01	0.05	0.01	0.35	0.41	0.05	0.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.68	14.20	12.58	15.66	14.98	12.70	15.34	15.17	16.94	14.95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.26	0.10	0.51	0.02	0.39	0.25	0.62	1.00	0.36	0.91
FeO	1.43	1.20	1.36	1.44	2.80	1.08	3.73	3.16	1.44	2.22
MnO	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.03	0.08
MgO	0.93	0.14	0.16	0.21	0.16	0.02	0.55	1.08	0.17	1.03
CaO	2.80	0.76	0.34	1.09	0.34	0.38	2.25	2.16	1.52	2.72
Na <sub>2</sub> O	3.88	3.56	4.68	3.61	4.68	3.85	3.69	3.44	3.50	3.97
K <sub>2</sub> O	3.17	4.58	4.44	4.26	4.44	4.36	4.38	4.50	4.67	3.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.02	0.02	0.04	0.02	0.05	0.13	0.13	0.10	0.14
L.O.I.	0.07	0.02	0.34	0.27	0.58	0.36	0.56	0.38	0.01	0.32
Sum	99.41	99.61	97.89	99.89	99.59	99.68	99.64	99.40	99.63	99.05
CIPW norm										
q	28.47	33.98	25.57	32.21	23.77	35.94	21.79	22.74	28.30	23.59
c	0.15	2.04	0.00	3.24	1.91	1.09	0.75	1.02	3.59	0.00
or	18.76	27.06	26.22	25.16	26.24	25.78	25.89	26.61	27.61	21.32
ab	32.83	30.11	39.60	30.52	39.60	32.57	31.21	29.11	29.63	33.62
an	12.85	3.70	0.22	5.12	1.56	1.53	10.32	9.88	6.90	12.30
di-di	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
di-hd	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
hy-en	2.32	0.35	0.30	0.52	0.40	0.05	1.37	2.69	0.42	2.52
hy-fs	1.07	2.14	1.56	2.69	4.83	1.86	5.88	4.45	2.31	2.74
mt	1.83	0.14	0.74	0.02	0.57	0.37	0.90	1.46	0.53	1.32
il	0.70	0.05	0.09	0.02	0.09	0.02	0.67	0.77	0.09	0.77
ap	0.37	0.03	0.03	0.10	0.05	0.13	0.30	0.30	0.24	0.34
D.I.	80.06	91.15	91.39	87.89	89.61	94.29	78.89	78.46	85.54	78.53

Gg: 1-12, 21, 22, Gp: 13-17, Gf: 23, 24.

(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO)의 몰비는 0.95-1.25로서 과알루 미나암질(peraluminous)이 대부분이며 일부 저알루 미나암질(metaluminous)에 해당한다.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/total FeO의 평균값은 Gg와 Gp가 각각 0.25와 0.13으로서 후자에서 증가되며, 이들 값은 티 탄철석 계열의 평균값인 0.2에 가깝다(Ishihara, 1977). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 대 FeO의 상관도에서는 S-형과 일부 I-형에 도시된다(Fig. 5; Hine *et al.*, 1978). 따라서 이 곳의 화강암류는 S-형(티탄철석 계열)과 일부 I-형(자철석 계열)에 해당한다(Chappel and White, 1974; Chappel, 1978; White and Chappel, 1983; Ishihara, 1977). 이는 Hong(1984)에 의한 서울 화강 암의 성인연구와 일치한다.

Gg와 Gp의 K<sub>2</sub>O/CaO는 1.1-3.9와 3.9-13.1로서 각 각 석영 몬조니암-화강암과 화강암에 속하고, 세립질

흑운모 화강암의 값은 1.3-2로서 화강암에 해당한다 (Putman and Burnham, 1963). 이 화강암류는 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 대 SiO<sub>2</sub>의 관계도에서는 준알카리 영역에 도 시된다(Fig. 6; Irvine and Baragar, 1971). 또한 AMF(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, MgO, total FeO) 삼각도에서는 칼크-알칼리 계열로서 Gp가 Gg보다 약간 분화된 경 향을 가진다(Fig. 7; Table 3). 이들 암류의 CaO/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 대 SiO<sub>2</sub>의 지수는 62정도로서 com-pressional한 지구조적 환경에서 생성되었음을 반영 한다(Fig. 8; Petro *et al.*, 1979).

이 화강암류의 미량원소는 다음의 지화학적 특성 을 가진다(Table 4; Fig. 9). Y은 1-18(평균 11) ppm의 값을 가지며, 이 원소의 농집광물인 인회석은 경하에서 극미량 관찰된다. Ba과 Sr은 각각 94-747(평균 335)ppm과 12-951(평균 302)ppm의 넓은

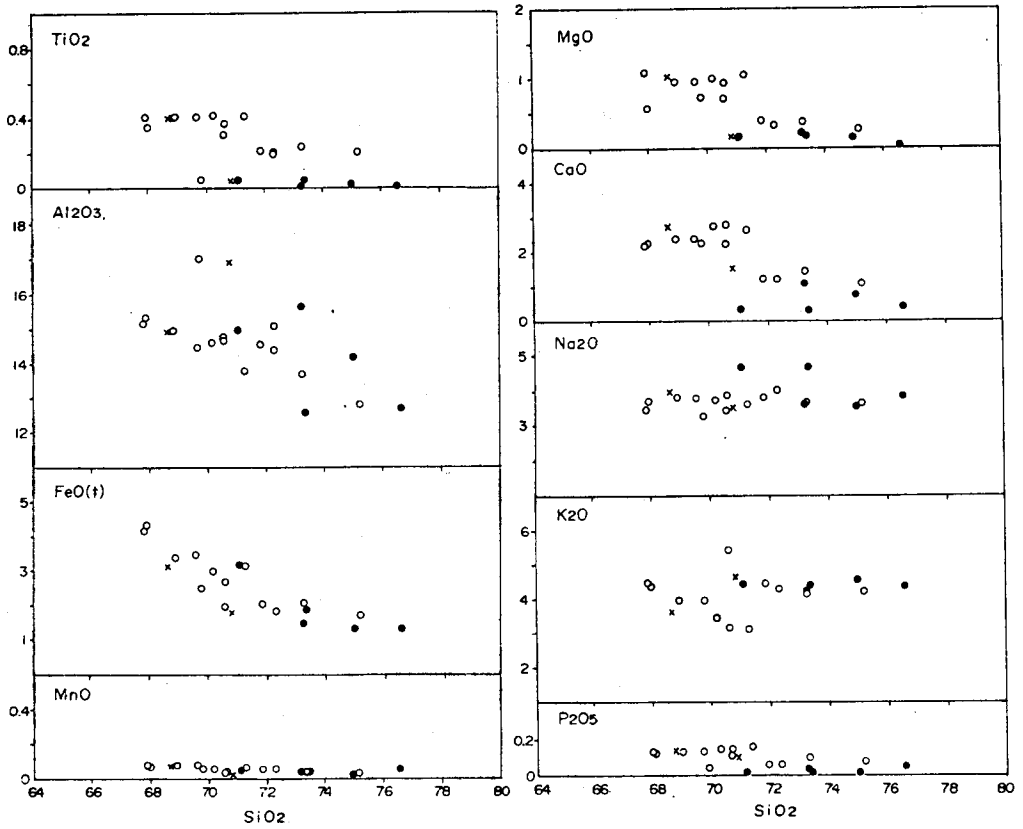


Fig. 4. Harker diagram for major element oxides of the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

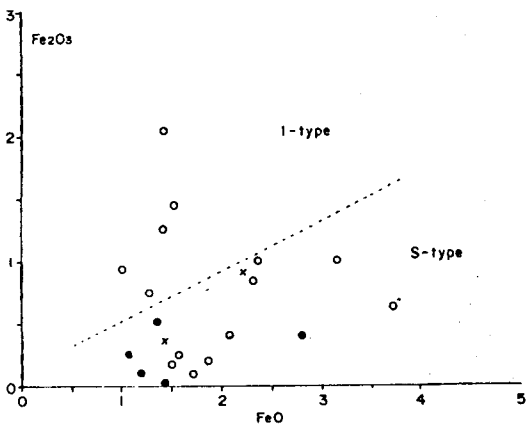


Fig. 5. Plots of  $Fe_2O_3$  vs.  $FeO$  of the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

범위값을 가지며  $SiO_2$  증가에 따라 전반적으로 감소되는 경향을 가진다. Ba 대 Sr의 관계는 한개의 선상에 놓이는 분별결정작용의 경향을 보이며 이는 마그

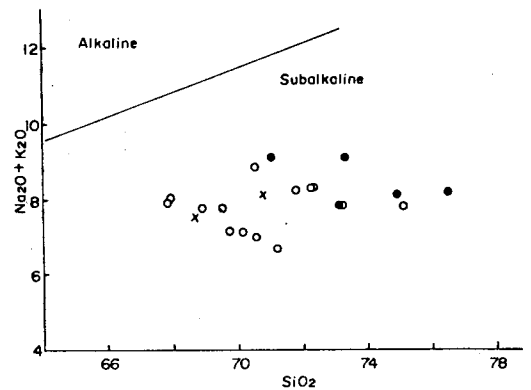


Fig. 6. Plots on alkalis vs. silica for the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

마에서 사장석의 감소에 기인한다(Fig. 10; Turekian and Wedepohl, 1961; Handerson, 1978). Rb은 114-205(평균 159) ppm의 값을 가져 화강암의 평균 값 150 ppm과 거의 같은 값을 가진다(Taylor, 1965).



한편 Kwon *et al.*(1994)에 의한 흑운모 화강암과 석류석 흑운모 화강암을 함께 도시한 Rb/Sr 대 K/Rb의

관계도에서, 이 곳의 화강암류는 일부 상이한 근원성분보다는 대부분 고정된 근원성분의 용융에 의해 형

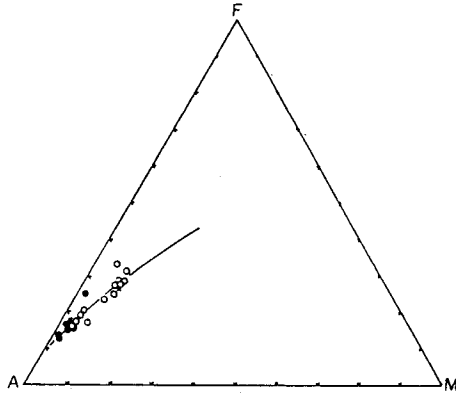


Fig. 7. AMF(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, MgO, total FeO) triangular diagram for the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

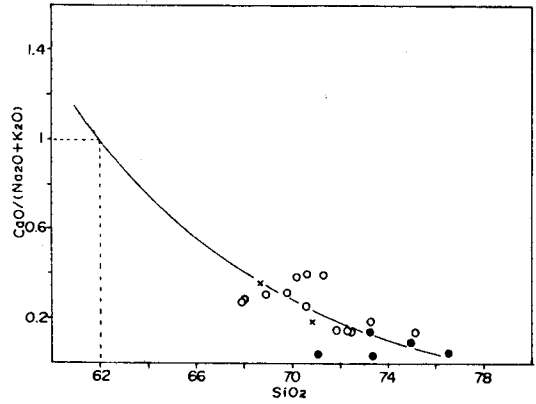


Fig. 8. Variation for calcium/alkalis vs. silica of the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

Table 4. Trace element contents for the granites.

Sp. no.	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
Y	11.9	11.2	11.2	9.8	10.5	9.6	8.9	9.7	11.2	10.9
Ba	340.1	343.1	352.1	346.5	272.5	382.0	346.0	485.3	94.9	767.3
Sr	410.5	394.1	383.9	267.2	165.8	320.1	252.1	466.1	63.7	950.3
Rb	140.3	129.8	150.6	168.6	143.6	164.1	175.9	138.4	159.8	114.0
Li	37.1	37.2	26.4	32.6	19.6	46.7	41.9	29.6	16.1	28.9
Nb	10.5	10.2	11.1	12.3	12.2	10.9	12.1	9.6	12.6	4.1
Th	21.1	32.2	38.1	27.6	27.9	24.5	19.1	70.3	22.2	12.6
Sc	3.7	3.6	2.9	2.6	2.7	2.7	2.5	4.1	2.6	6.8
Rb/Sr	0.34	0.33	0.39	0.63	0.51	0.51	0.7	0.3	2.51	0.12
K/Rb	235.2	252.6	172.6	207.6	248.6	210.8	203	206.6	231.5	395.6

Table 4. continued.

Sp. no.	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24
Y	1.0	12.4	12.4	11.1	16.1	17.0	17.3	12.1	7.0	10.2
Ba	329.0	143.2	172.4	316.4	37.5	13.3	746.4	377.0	501.1	324.5
Sr	373.8	89.0	95.3	234.8	26.8	12.3	406.2	264.7	429.1	433.1
Rb	130.8	152.5	177.5	166.0	204.6	241.4	149.9	178.8	168.8	128.2
Li	40.9	17.8	15.6	26.7	22.3	27.9	27.7	31.6	39.1	40.5
Nb	4.7	12.1	12.3	12.0	13.7	17.9	15.7	14.4	10.7	8.7
Th		23.5	13.7	22.2	25.2	7.9	39.7	39.9	19.1	22.7
Sc	3.4	2.5	2.5	2.4	2.4	2.9	5.2	4.7	2.3	4.0
Rb/Sr	0.35	1.71	1.86	0.71	7.63	19.63	0.37	0.68	0.39	0.3
K/Rb	201.1	249.2	207.3	212.7	180	150	242.2	208.6	230	234

Sample number is the same as in Table 3.

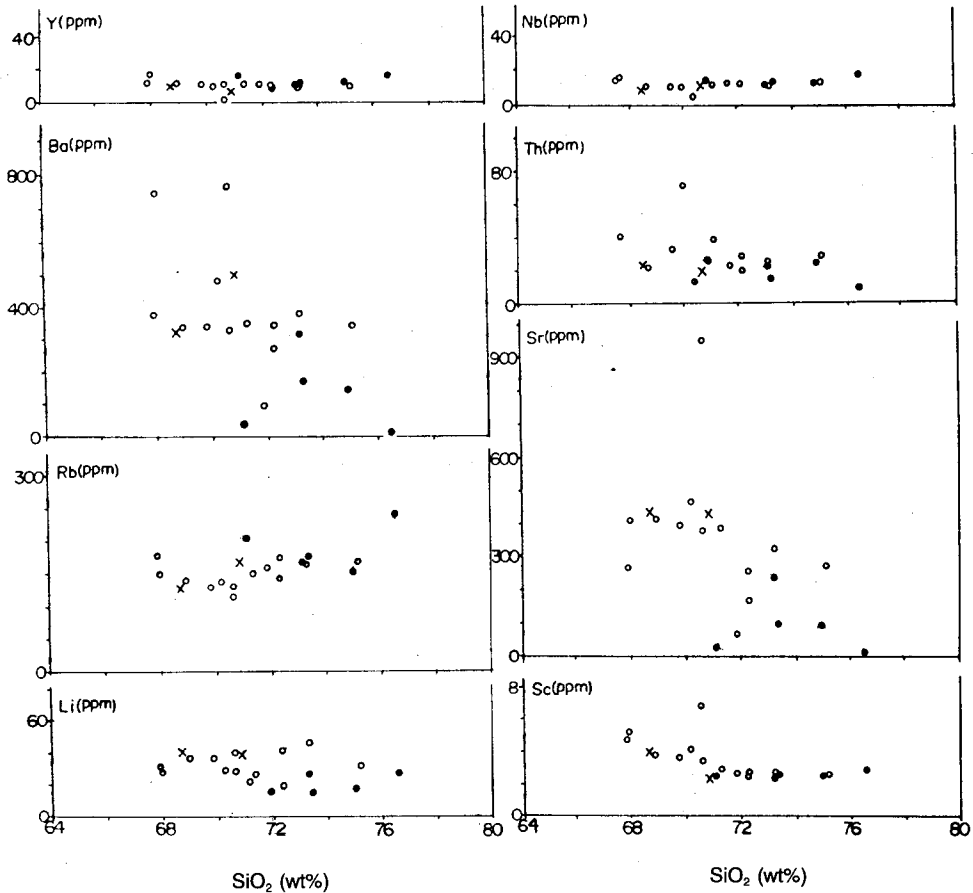


Fig. 9. Variation diagrams of trace elements with silica contents for the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

성된 것으로 해석된다(Fig. 11; Strong and Hanmer, 1981).

Mg 광물에 허용되는 Li은 15-47(평균 30)ppm의 값을 가진다. Nb은 4-18(평균 11)ppm의 작은 값을 가지며 SiO<sub>2</sub> 증가에 관계없이 거의 균일한 분포경향을 가진다. 스피নে 수반되는 Th은 7-71(평균 27)ppm의 함량을 가진다. Sc는 2-7(평균 3.3)ppm의 함량을 가진다. 이들은 SiO<sub>2</sub> 증가에 따라 감소되는 경향을 보인다.

한편 이 화강암체의 생성환경을 알기위한 Nb 대 Y, Rb 대 Y+Nb의 상관도에서 전자는 모두 VAG+syn-COLG(volcanic arc, syn-collision granites) 영역에, 후자는 거의 모두가 VAG 영역에 도시된다(Figs. 12, 13; Pearce *et al.*, 1984). 따라서 이들은 지구구조적으로 섭입과 관련된 대륙주변부의 마그마

호의 환경에서 형성된 화강암류로 해석되며, 이는 Kwon *et al.*(1994)에 의한 서울 화강암질 저반의 연구결과와 일치한다.

### 결 론

연구지역은 선캠브리아기의 편마암 복합체, 류라기 중기와 백악기 초기의 화강암질 저반과 암주, 백악기의 반암류 및 맥암류로 구성된다. 복합체는 호상 편마암, 화강암질 편마암, 일부 편암과 규암류이며, 화강암질 편마암에서는 석영장석질 편마암, 흑운모 편암과 규암등의 포획체가 발달한다. 호상 및 화강암질 편마암은 각각 석영-사장석-미사장석-흑운모-백운모-석류석과 석영-사장석-퍼다이트-흑운모-백운모 등을 이루어 각섬암의 변성상에 해당한다.

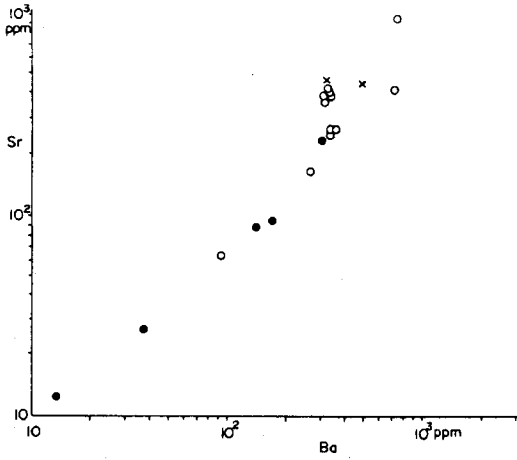


Fig. 10. Relationship of barium vs. strontium for the granites. Symbols are the same as in Fig. 2.

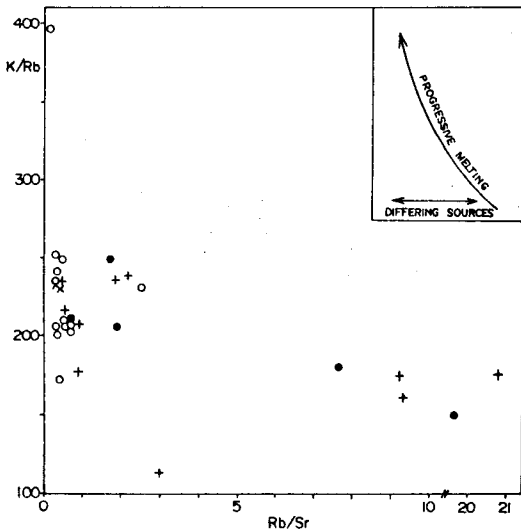


Fig. 11. Variation of K/Rb vs. Rb/Sr for the granites. Symbols are the same as in Fig. 2. +: biotite granite and garnet biotite granite (Kwon *et al.*, 1994).

저반상은 조립질 흑운모 화강암으로서 주변부를 이룬 회색 화강암(Gg)과 중앙부를 이룬 담홍색 화강암(Gp)으로 구분된다. 소규모의 암주상은 세립질 흑운모 화강암으로 조립질 화강암을 관입하였다. Gg는 회색을 띠는 각섬석 흑운모 화강암으로서 염기성 분결체와 변성암류의 포획체가 자주 발달한다. Gp는 미약한 담홍색을 띠는 석류석 흑운모 화강암으로 미립의 석류석과 간혹 염기성 분결체의 수반이 특징이다. 이들은 모두 드 분석에서 화강암에 해당하며 그리

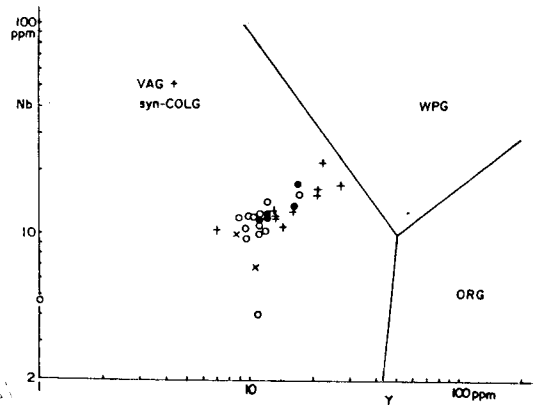


Fig. 12. Discriminant diagrams of niobium vs. yttrium for the granites. Symbols are the same as in Fig. 11.

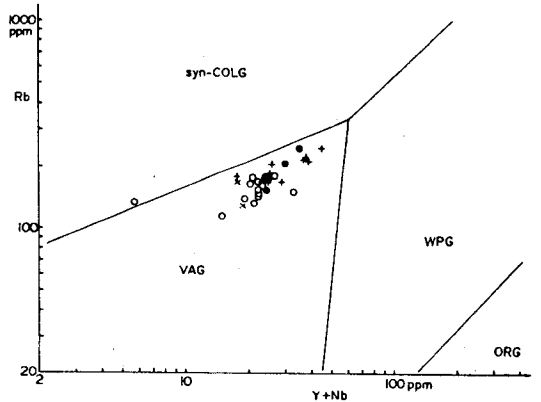


Fig. 13. Discriminant diagrams of rubidium vs. yttrium+niobium for the granites. Symbols are the same as in Fig. 11.

고 각각 각섬석과 흑운모와 스피넬, 석류석과 흑운모와 백운모 등을 수반한다.

흑운모 연령측정(K/Ar)결과 Gg와 Gp는 각각  $165.8 \pm 6.6$ ,  $164.5 \pm 2.4$  Ma, 세립질 화강암은  $132.6 \pm 1.9$  Ma를 가져 주라기 중기와 백악기 초기에 해당한다. 이들은 저와 과알루미나암질로서 주원소와 미량원소 관계도 등에서 뚜렷한 분화경향을 보이는 단일암체로 해석된다. 분화지수는 78-95의 비교적 넓은 범위를 가지는 칼크-알칼리 계열의 암류로서, 중심부가 주변부보다 산성암질을 이룬다. 이들은 S-형(티탄철석 계열)이나 일부 I-형(자철석 계열)에 속하며, 섭입과 관련된 대륙 주변부의 지구조적 환경에서 비교적 고정된 근원성분의 용융으로 형성된 마그마 호의 화

강암류이다.

## 사 사

논문에 이용된 주원소, 미량원소와 K/Ar 연령측정에 수고해준 분석연구부의 여러분과 자원탐사부의 김성재 책임연구원에게 감사를 드린다. 연구진행에 많은 도움을 준 석재자원 연구그룹의 여러분, 진명식 박사님, 문건주 박사님과 조등룡 박사에게 감사를 표한다. 그리고 이 논문의 문체철을 자세히 지적해준 권성택 교수님, 좌용주 교수님, 김용준 교수님과 익명의 심사위원에게 감사를 드린다.

## 참고문헌

- 김옥준, 1971, 남한의 신기화강암류의 관입시기와 지각 변동. 광산지질, 4, 1-10.
- 조등룡, 권성택, 1994, 남한의 중생대 화강암의 Fe-Ti 산화광물에 대한 암석기재와 광물화학: 계열분류에 대한 재고찰. 암석학회지, 3, 1-19.
- 조등룡, 권성택, 1994, 남한의 중생대 화강암에 대한 각섬석 지압계와 지각두께의 진화. 지질학회지, 30, 41-61.
- Allan, B.D. and Clarke, D.B., 1981, Occurrence and origin of garnets in the South Mountain batholith, Nova Scotia. Can. Min., 19, 19-24.
- Chappel, 1978, Granitoids from the Moonbi district, New England batholith, eastern Australia. J. Geol. Soc. Australia, 25, 267-283.
- Chappel, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. Pacif. Geol., 8, 173-174.
- Chappel, B.W., White, A.J.R. and Wyborn, D., 1987, The importance of residual source materials (restite) in granitic petrogenesis. J. Petrol., 28, 1111-1138.
- GMIK, 1973, 1/250,000 geological map of Korea. Geol. Min. Inst. Kor., Seoul, Korea.
- Handerson, G.N., 1978, The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. In: Allegre, C.J. and Hart, S.R. (eds.), Trace elements in igneous petrology. Elsevier, 26-43.
- Hine, R., Williams, I.S., Chappel, B.W. and White, A.J.R., 1978, Contrasts between I- and S-type granitoids of the Kosciusko batholith. J. Geol. Soc. Australia, 25, 219-234.
- Hong, Y.K., 1984, Petrology and geochemistry of Jurassic Seoul and Anyang granites, Korea. J. Geol. Soc. Korea, 20, 51-71.
- Irvine, T.W., and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., 8, 523-542.
- Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Mining Geol., Japan, 27, 293-305.
- Jin, M.S., 1980, Geological and isotopic contrasts of Jurassic and Cretaceous granites in South Korea. J. Geol. Soc. Korea, 16, 205-215.
- Kwon, S.T., Cho, D.L., Lan, C.Y., Lee, T. and Mertzman, S.A., 1994, Petrology and geochemistry of the Seoul granitic batholith. J. Petrol. Soc. Korea, 3, 109-127.
- Mason, B. and Moore, C.B., 1982, Principles of geochemistry. John Wiley & Sons, 329 p.
- Na, K.C., 1978, Regional metamorphism in the Gyeonggi massif with comparative studies on the Yeoncheon and Ogcheon metamorphic belts (1). J. Geol. Soc. Korea, 14, 195-211.
- Na, K.C., 1979, Regional metamorphism in the Gyeonggi massif with comparative studies on the Yeoncheon and Ogcheon metamorphic belts (2). J. Geol. Soc. Korea, 15, 67-88.
- Park, B.K., 1972, Whole-rock rubidium-strontium age of the Seoul granite. J. Geol. Soc. Korea, 8, 156-161.
- Peacock, M.A., 1931, Classification of igneous rock series. J. Geol., 39, 54-67.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Twindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrol., 25, 956-983.
- Petro, W.L., Vogel, T.A. and Wilband, J.T., 1979, Major element chemistry of plutonic rocks from compressional and extensional plate boundaries. Chem. Geol., 26, 217-235.
- Putman, G.W. and Burnham, C.W., 1963, Trace elements in igneous rocks, northeastern and central Arizona. Geochim. Cosmochim. Acta, 27, 53-58.
- Reedman, A.J. and Um, S.H., 1975, The geology of Korea. GMIK, 139 p.
- Streckeisen, A.L., 1976, To each plutonic rocks and its proper name. Ear. Sci. Rev., 12, 1-33.
- Strong, D.F. and Hanmer, S.K., 1976, The leucogranites of Southern Brittany: Origin by faulting, frictional heating, fluid flux and fractional melting. Can. Min., 19, 163-176.
- Taylor, 1965, The application of trace element data to problems in petrology. Phy. Chem. Ear., 6, 133-213.
- Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H., 1961, Distribution of the elements in major units of the

- earth's crust. Geol. Soc. Amer. Bull., 72, 175-192.
- Ueda, N., 1969. Evolution of the continent in Northeastern Asia 1: Reconnaissance survey of the geochronology of the Korean peninsular. J. Korean Inst. Mining Geol., 2, 96-97. (in Korean).
- White, A.J.R. and Chappel, B.W., 1983, Granitoid types and their distribution in the Lanchlan fold belt, southeastern Australia. Mem. Geol. Soc. Amer., 159, 21-33.
- White, A.J.R., Holloway, J.R., Silver, L.T., Chappel, B.W., and Wall, V.J., 1986, S-type granites and their probable absence in southern North America. Geol., 14, 115-118.

(책임편집 : 김용준)

## Occurrence and petrochemistry of the granites in the Pocheon-Euijeongbu area

Hyun-Soo Yun

KIGAM (30 Gajeongdong, Yuseong Gu, Daejeon 305-350, KOREA)

**ABSTRACT :** The study area is located at the middle part of Daebo granitic batholith in the Gyeonggi massif. The geology of the area is mostly composed of Precambrian gneiss complex, coarse-grained middle Jurassic and fine-grained early Cretaceous biotite granites, and Cretaceous small stocks and dykes. The gneiss complex consists mainly of banded gneiss, granitic gneiss, some schist and quartzite. The coarse-grained granite can be divided into greyish granite(Gg) in the margin and slightly pinkish granite(Gp) in the center. The former is hornblende biotite granite characterized by basic clot and xenolith. The latter is generally garnet biotite granite containing only poor basic clot. The fine-grained granite intruded the coarse-grained granite. The K/Ar biotite ages from the granites belong to middle Jurassic and early Cretaceous. The K/Ar biotite ages and geochemical compositions indicate that Gg and Gp were differentiated from a single magmatic body. The granites are calc-alkali and metaluminous-peraluminous. They are S-type(ilmenite series) and partly I-type granites(magnetite series) formed by melting of relatively fixed source composition. Their tectonic settings belong to the compressional suits and VAG of continental margin.

**Key words :** coarse-grained biotite granite(Gg, Gp), fine-grained biotite granite, K/Ar ages, tectonic settings