자원환경지질, 제34권, 제1호, 55-70, 2001
Econ. Environ. Geol., 34(1), 55-70, 2001

영광-김제 지역 화강암류의 암석화학적 연구

박영석* · **김종균** · **김 진**
조선대학교 자원공학과, 501-759 광주광역시 동구 서석동 375

Petrochemistry of Granitoids in the Younggwang-Kimje area, Korea

Young Seog Park*, Jong Kyun Kim and Jin Kim
Department of Mineral Resource Engineering, Chosun University, kwangju 501-759, Korea

Granitoids in the Younggwang-Kimje area can be divided into two types of granite. One is foliated granite (Cheongup and Kochang foliated granites) developed along the NE-SW direction kwangju fault system and the other is undeformed granite (Kimje and Younggwang granites) developed in the western part of the area. SiO_2 content of study area, Younggwang granite is 62.8~74.0%, Kochang foliated granite is 64.5~74.4%, Cheongup foliated granite is 64.5~70.2%, Kimje granite is 63.4~72.0%. The result indicated that these granitoids belong to the intermediate and acidic rock. In Harker's diagram, as SiO_2 increases, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, TiO_2, P_2O_5 and MnO decrease, but K_2O increases. In AFM diagram, Younggwang granite, Kochang foliated granite, Cheongup foliated granite and Kimje granite belong to calk-alkaline rock series. And in triangular diagrams of normative Qz-Or-Pl and An-Ab-Or, they are located in granodiorite and granite region. On the co-variation diagrams of trace elements with silica, Ba, Co, Li, Nb, An, Rb elements show increasing patterns. The diagrams of ACF and Na_2O vs. K_2O ratios indicate that granitoids of the study area belong to I-type.

Key words : Younggwang granite, Kimje granite, Kochang foliated granite, Cheongup foliated granite, I-type

영광-김제 지역에는 두 가지 형의 화강암류가 분포한다. 하나는 NE-SW방향의 광주단층계에 연하여 발달된 정읍, 고창엽리상화강암이고, 다른 하나는 광주단층계의 서편으로 발달된 변형 되지 않은 김제화강암과 영광화강암이다. SiO_2의 함량은 영광화강암은 62.8~74.0% 고창엽리상화강암은 64.5~74.4%, 정읍엽리상화강암은 64.5~70.2% 김제화강암은 63.4~72.0% 으로, 이들 화강암류는 중성암과 산성암 영역에 포함된다. 하커의 변화도에서 SiO_2의 증가에 따라 Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, TiO_2, P_2O_5, MnO는 감소하는 경향을 보이고 K_2O는 증가하는 경향을 보이는데, 이와 같은 결과는 화강암류에서 보이는 정상적인 분화경향을 나타낸다. AFM 삼각도에서 보면 각 화강암류는 칼크-알칼린계열에 속함을 알 수 있다. 화강암류들을 norm값으로 구분한 Qz-Or-Pl 삼각도와 An-Ab-Or삼각도에 도시해보면, 각각에서 화강섬록암과 화강암의 영역에 도시됨 을 알 수 있다. 미량성분은 SiO_2의 증가에 따라 Ba, Co, Li, Nb, Zn, Rb는 증가하는 경향을 보여주고, ACF diagram 과 Na_2O vs K_2O 변화도 에서 연구지역의 화강암류는 I-type에 속함을 알 수 있다.

주요어 : 영광화강암, 김제화강암, 고창엽리상화강암, 정읍엽리상화강암, I-형

1. 서 론

영광-김제지역은 옥천지향사대 중앙대(Lee, 1971; 진명식, 1981; 이대성과 김용준, 1985; 이병주 등, 1997; 김용준 등, 1998)남서부에 해당하는 지역으로 한반도에서 고생대와 중생대에 있었던 지각변동인 칼레도니안-송림-대보운동 등에 의해 형성되었거나, 변형 받은 암석들이 분포되어 있으며, 선캠브리아기 편마암류와 이들을 관입하는 쥬라기화강암류, 그리고 백악기 화산암류가 분포하며, 일부 심성암류는 중생대에 활발하였던 지구조운동에 영향을 받아, 소규모 엽리상화강암류가 분포되어있다.

*Corresponding author: yspark@chosun.ac.kr

이 지역에 대한 연구들로는 엽리상화강암이나 화강암질심성암에 대한 연구(박희인, 1966; 이대성과 김용준, 1985; Hong and Lee, 1989)와 지구조 연구(김옥준 등, 1980; 장태우 등, 1984; 권성택과 이진한, 1997), 변성작용 연구(오창환 등, 1995), 그리고 암석화학적 연구(김용준 등, 1991, 1998)등이 있으며, 동위원소 연구(백광호, 1979; 김용준 등, 1989, 1998; Na, 1994; 나춘기 등, 1997)에서 K-Ar법이나 Rb-Sr법에 의해 일부 암체에 대한 관입정치시기 등이 보고되어 있다.

본 연구에서는 영광-김제지역을 중심으로 분포하는 화강암류에 대하여 암석 및 암석화학적 연구를 수행함으로써, 이들 화강암류의 암석화학적 특성을 밝히고자 한다. 즉 연구지역에는 변형을 받은 화강암류(foliated granitoids)인 고창엽리상화강암과 정읍엽리상화강암, 그리고 변형을 받지않은 화강암류(non-foliated granitoids)인 영광화강암과 김제화강암이 분포하여 있는데, 이들 화강암류들이 암석 및 암석화학적으로 각각 어떤 다른 특성을 가지고 있는지 밝히고자 한다. 이 목적을 위해 이들 지역에 대한 정밀야외지질조사와 각 암상에 대한 암석시료 채취, 암석박편 제작 및 관찰, 그리고 채취된 시료의 전암화학분석(주성분원소, 미량성분원소, 희토류원소)을 실시하여 그에 따른 암석 및 암석화학적 특징을 비교 검토하였다.

2. 지질개요

영광-김제지역은 선캠브리아기의 편마암 복합체와 변성퇴적암류를 기저로 하여, 이를 관입한 쥬라기의 엽리상화강암류와 화강암류가 분포하여 있고, 이들 화강암류를 백악기의 화산암류(안산암질암, 응회암, 유문암질 및 맥암류)들이 관입 하거나 부정합으로 덮고 있다(홍만섭 등, 1966; 박희인, 1966).

김용준 등(1991, 1998)은 이 지역의 화성심성암류를 대보운동에 따른 변형여부에 따라, 변형을 받은 선캠브리아기 화강편마암류와 변성퇴적암류 및 트라이아스기-쥬라기 엽리상화강암류, 그리고 변형 받지 않은 송림화강암류의 일부와 대보화강암 및 백악기 불국사화강암류로 구분하였다.

화강편마암류는 선캠브리아기의 정편마암류로써 엽리상화강암류와 송림-대보-불국사화강암류에 의해 관입된다(김용준 등, 1991). 그리고 이 암류의 관입정치 시기는 태백산지역의 정편마암류보다 얼마간 더 오래된 것으로 보았다(김용준과 이대성, 1983; 김용준 등,

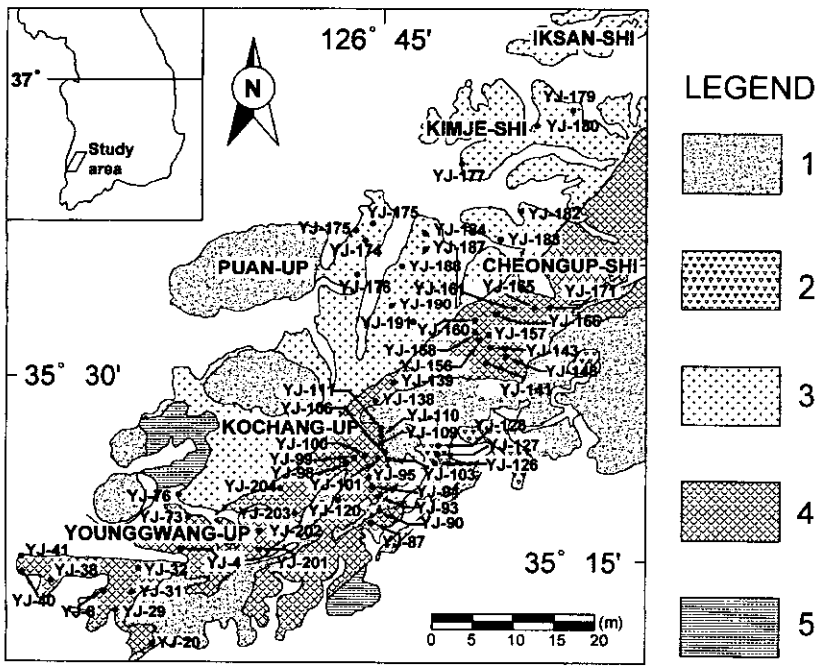

Fig. 1. Geological and sampling site map of the Younggwang-Kimje area. 1: Cretaneous acidic volcanics, 2: Cretaneous intermediate volcanics, 3: Jurassic granite, 4: Jurassic foliated granite, 5: Precambrian granitic gneiss

1994; 주승환과 김성재, 1986; 김용준 등, 1989, 1991).

화강암류는 저반상의 관입암체로 북동-남서향의 분포특징을 보이며, 대보조산운동에 따른 변형을 받은 엽리상화강암류와 변형을 받지 않은 화강암류로 구분된다. 김용준 등(1991, 1998)은 전주-정읍지역의 엽리상화강암류를 구성광물에 따라 엽리상흑운모화강섬록암, 엽리상반상화강섬록암과 엽리상복운모화강암으로 구분하고, 이들 암류의 관입-정치-고결 시기를 개략적으로 페름기말에서 트라이아스기말-쥬라기초에 해당하는 것으로 해석하였으며, 변형 받지 않은 화강암류를 흑운모화강섬록암과 반상화강섬록암으로 구분하였다.

본 연구에서는 분포지역에 따라 엽리상화강암류를 정읍 엽리상화강암(전주 엽리상화강암의 일부지역)과 고창 엽리상화강암으로 구분하였으며, 변형 받지 않은 화강암류를 김제 화강암과 영광 화강암으로 구분하였다. 이들 중 영광 화강암에는 많은 절리가 발달 되어 있고, 절리면의 방향과 일치하는 엽리구조가 잘 발달된 암상들이 관찰되며, 이병주 등(1997)에서는 이를 엽리상화강암류로 분류 하였으나, 김정빈과 김용준(1984, 1990), 김용준 등(1994), Kim *et al.*(1997) 등에서 연구되어진 대강리 엽리상화강암류나 순창 엽리상화강암류 및 본 연구지역에서의 정읍(전주) 엽리상화강암류, 고창 엽리상화강암류가 보이는 특징적인 압쇄엽리와는 다르다고 생각되기 때문에 이를 엽리상화강암류로 분류하지 않았다.

화강암류중에서 엽리상화강암류에 발달된 특징적인 압쇄엽리는 호남전단대(Yanai *et al.*, 1995)의 압쇄변형운동과 깊은 관계가 있으며, Kim(1973)에 의하면, 변형운동에 수반된 광물의 변형-변질과 재결정작용으로부터 추정된 변성조건이 녹니석의 안정조건과 유사한 중온-중압의 약 400°C와 3 Kbar이하의 조건으로 보았다. 백악기 화성암류는 주로 응회암류로 이루어진 화산암류와 안산암질암, 중성 및 산성맥암류가 분포되어 있다(Fig. 1). 나춘기 등(1997)은 연구지역내 전주 엽리상화강암은 전암에서 284±12 Ma, 광물에서 112~140 Ma, 순창엽리상화강암은 전암에서 243 Ma의 연대측정 결과를 얻은 바 있다.

3. 화강암류에 대한 암석기재

영광-김제지역은 전주와 정읍을 연결하는 북동-남서향의 광주단층계가 발달되어 있으며, 광주단층계에 연하여 엽리상화강암류인 정읍 엽리상화강암과 고창 엽리상화강암이 분포하고, 광주단층계의 서부지역에 김제 화강암과 영광 화강암이 분포한다.

채취한 화강암류의 시료중 야외관찰 및 육안관찰의 결과에서 변질의 정도가 적다고 판단되는 신선한 시료 85개(영광화강암 21개, 김제화강암 24개, 고창엽리상화강암 25개, 정읍엽리상화강암 15개)를 선정하였다. 이들의 암석박편을 제작하고 현미경하에서 관찰하여, 각각의 화강암류에 대한 암석학적 특성을 파악하였다.

3.1. 정읍 엽리상화강암

나춘기 등(1997)에서 제시한 전주 엽리상화강암의 일부 분포지역으로, 정읍동부지역 내장산에서 칠보면 사이에 개설된 도로 절개면을 따라 노출된 노두에서 무수히 많이 발달된 전단면과 함께 압쇄엽리를 관찰 할 수 있다. 김용준 등(1998)은, 엽리상화강암류가 엽리와 대개 일치하는 방향의 장축을 갖는 타원상의 암주상 암체들로 분포하며, 소위 광주단층계부근에서는 압쇄엽리의 발달이 뚜렷해지고 압쇄도도 증가하는 것으로 보았다. 또한, 이 암이 전단면과 인접한 지역에서는 강압쇄암이나 압쇄암이 발달하고, 전단면에서 멀어질수록 압쇄도가 감소하여 저압쇄암을 거쳐 거의 변형되지 않은 원암상으로 관찰되므로, 이들 엽리상화강암류의 압쇄엽리 생성이 단층운동과 수반된 압쇄작용에 의한 것으로 보았다. 본 암은 엽리상흑운모화강암상이 대부분이나, 부분적으로 반상조직이 발달된 곳이 있으며, 2차 백운모가 발달된 부분도 있다. 현미경하에서 관찰하면, 석영은 대부분이 반자형 내지 타형 결정들로, 방향성 있게 신장되어 있거나, 심하게 파쇄 되어 있으며, 강한 파동소광을 보인다. 장석은 주로 사장석으로 휘어져 있거나, 심하게 깨어져 있고, 녹니석화한 부분이 많다.

3.2. 고창 엽리상화강암

고창읍의 동남부지역인 장성군 북이면, 황룡면, 서삼면 일원에 걸쳐, 북동-남서방향으로 약 20 km, 그리고 여기에 직교하는 방향으로 약 12 km범위에 걸쳐서 분포한다. 정읍엽리상화강암과 암상이 유사하며, 역시 광주단층계에 연하여 전단면이 발달되어있고, 엽리의 방향은 전단면의 방향과 일치하는 이차엽리의 발달을 볼 수 있다. 그리고 장성군 북일면 일원에서는 4~10 mm 크기의 사장석 반정이 발달된 엽리상반상화강암상과 변질에 영향을 받아 이차적으로 형성된, 백운모의 발달로 엽리상복운모화강암상으로 분포하는 곳도 있다. 본 암은 세립질 내지 조립질로 소규모의 압쇄대와 페그마타이트질 세맥이 발달된 곳이 많다. 주 구성광물은 석영, 정장석, 미사장석, 사장석 및 흑운모이며, 간혹 백운모

가 발달된 곳도 있다. 부구성광물은 인회석, 루틸, 저어콘 및 불투명광물이다. 정장석은 퍼싸이트 조직을 보여주기도 하며, 대부분이 변질을 받아 견운모화 하였다. 석영은 미르메카이트 조직을 보이기도 하며, 미사장석내에 포유물로 산출되기도 한다. 흑운모는 반자형으로 벽개를 따라 깨지면서 밀리거나 구부러져 있기도 하며, 변질에 의해 녹니석화한 부분이 많다.

3.3. 김제 화강암

익산-김제-부안에 이르는 북동-남서방향으로 약 60 km, 그리고 여기에 직교하는 방향으로 약 30 km범위에 걸쳐서 분포하는 저반상 관입암체로, 풍화에 의해 준평원의 지형적 특징을 이루며 분포하고 있다. 선캠브리아기의 화강편마암과 변성퇴적암류를 관입하고 있으며, 백악기의 안산암질암에 의해 관입당하고 있다. 본 암은 조립질 내지 중립질의 흑운모화강암으로, 정장석이나 사장석 반정이 5~30 mm크기로 발달되어 있기도 하며, 부분적으로 자형의 각섬석이 발달된 화강섬록암상으로 분포하는 곳도 있다. 현미경하에서 관찰하면 석영은 약하게 파동소광을 하며, 정장석은 퍼싸이트 조직과 미르메카이트 조직을 보여주며, 석영과 미문상조직을 이루기도 한다. 사장석은 자형 내지 반자형으로 Michel-Levy방법에 따르면, 대부분이 알바이트이고, 곳에 따라 안데신이 발달된 곳도 있다. 정장석과 사장석은 변질되어 견운모화한 부분이 많고, 흑운모는 녹니석화 하거나 펜니나이트(penninite)화한 부분이 많다. 부성분광물은 녹염석, 스핀, 저어콘, 불투명광물이 발달되어 있으며, N50°W~N20°E방향의 수직절리가 잘 발달된 곳도 있다.

3.4. 영광 화강암

영광읍 남서부에서 북동-남서방향으로 약 25 km, 그리고 여기에 직교하는 방향으로 약 15 km범위에 걸쳐서 저반상으로 분포한다. 최위찬 등(1986)은 본 암류를 구성광물과 조직에 따라 각섬석 · 흑운모화강암, 흑운모화강암, 반상흑운모화강암, 복운모화강암 및 세립백운모화강암등 으로 분류하였다. 각섬석 · 흑운모화강암상은 영광에서 광주쪽 밀재 부근에서 흑운모와 각섬석이 발달하며 분포하나, 서쪽으로 가면서 점점 각섬석 함량이 줄어들면서 흑운모화강암으로 전이된다. 흑운모화강암은 광주광역시 광산구 임곡동과 함평군 월야면, 해보면 및 영광군 번량면, 불갑면, 대마면과 고창군 대산면 지역 및 무안군 일원에 걸쳐서 넓게 분포하고 있다. 본 암은 화강암질편마암과 변성퇴적암류를 관입하고 있으며, 남쪽에서는 북동-남서방향으로 압쇄엽리가 발달되어 있다. 본 암은 주변부로 가면서 각섬석이 점차 많아지면서 각섬석 · 흑운모화강암상으로 전이하거나, 정장석 반정이 발달하여 반상흑운모화강암으로 전이하는 것을 볼 수 있다. 흑운모화강암상은 조립질의 과상암체로 주로 석영, 정장석, 사장석, 흑운모 등으로 구성되고, 각섬석, 스핀, 저어콘, 인회석, 자철석등이 소량 들어 있다. 석영은 파동소광을 하며, 전단면이 잘 발달된 곳에서는 깨지고 재배열되어 압쇄엽리의 특징을 보이는 곳도 있다. 절리면은 N50°~80°W와 N20°~EW의 두 방향성이 곳에 따라 더 우세한 특징을 보여주고 있다. 정장석은 퍼싸이트 조직, 미르메카이트 조직과 미문상 조직을 보여주며 칼스바드쌍정이 관찰되고, 벽개가 잘 발달되거나, 변질되어 견운모화된 부분이 많다. 사장석은 주로 알바이트이며, 누대구조의 특징이 발달 되어있다. 흑운모는 벽개면을 따라 심하게 밀리고 구부러져서 압쇄엽리의 특징을 보이는 곳이 많고, 녹니석으로 변질된 것을 볼 수 있다. 반상흑운모화강암상은 주로 함평군 월야면과 영광군 본량면, 삼서면, 삼계면, 동화면, 황룡면, 불갑면, 번량면에 걸쳐 분포하며, 본 암상의 남동측에 연하여 발달된 단층선을 따라서 화강편마암류나 변성퇴적암류와 접하고 있다. 이 경계면 에서부터 1.0~2.0 km범위까지는 압쇄엽리가 발달되어 있는데, 압쇄엽리의 방향은 N10°~30°E 방향과 N70°~90°E 방향의 압쇄엽리가 발달되어 있으며, 전단면은 30~200 cm간격으로 평행하게 잘 발달되어 있어서, 몇 군데 석산 개발현장에서는 20~40 m높이의 평행한 수직절리면(연성전단면)을 관찰할 수 있다. 반상흑운모화강암상은 5~30 mm크기의 정장석 또는 일부 사장석반정이 발달된 점이 흑운모화강암상과 다르며, 암체의 중심으로 갈수록 점점 반정의 발달이 적은 흑운모화강암상으로 전이된다.

4. 암석화학

영광-김제지역에 분포하는 화강암류의 암석화학적 특성을 밝히기 위하여, 지역별로 구분하여 영광화강암 21개, 고창엽리상화강암 25개, 정읍엽리상화강암 15개, 김제화강암 24개등 총 85개의 대표적인 시료를 선정하여 주성분원소, 미량성분원소등의 전암분석을 실시하였으며, 8개의 시료에 대해서 희토류원소 분석을 함께 실시하였다. 화학분석은 영국 Royal Holloway and Bedford New College에서 ICP-AES와 AAS를 이용하여 분석하였다.

Table 1. Major elements composition and normative minerals of granitoids in the Younggwang-Kimje area.

Type	Younggwang granite																	
	YJ 4-1	YJ 4-2	YJ 4-3	YJ 4-4	YJ 8-1	YJ 8-2	YJ 12	YJ 20	YJ 29	YJ 31-1	YJ 31-2	YJ 31-3	YJ 31-4	YJ 32	YJ 38-1	YJ 38-2	YJ 38-3	YJ 40
SiO_2 (wt.%)	69.60	71.92	70.23	72.44	73.43	73.56	73.15	71.81	73.15	73.81	73.58	72.80	73.95	71.76	70.84	71.74	73.2	66.12
TiO_2	0.28	0.19	0.24	0.19	0.16	0.12	0.14	0.14	0.09	0.06	0.06	0.06	0.12	0.19	0.22	0.22	0.30	0.60
Al_2O_3	14.95	13.91	14.67	13.77	13.29	13.25	13.42	14.38	13.73	13.61	13.78	14.21	13.20	14.26	14.33	14.08	14.07	14.97
Fe_2O_3*	2.08	1.48	1.95	1.45	1.23	1.41	1.58	1.14	1.10	0.68	0.67	0.69	0.88	1.58	1.80	1.70	2.35	5.31
MnO	0.03	0.02	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.07
MgO	0.45	0.29	0.43	0.28	0.22	0.23	0.21	0.22	0.10	0.07	0.07	0.07	0.11	0.27	0.43	0.34	0.66	1.08
CaO	1.78	1.18	1.77	1.26	1.03	0.83	0.91	0.95	0.47	0.83	0.85	0.83	0.91	0.96	1.30	1.44	2.59	2.29
Na_2O	3.80	3.37	3.68	3.54	3.37	3.42	3.42	3.64	3.62	3.49	3.61	3.66	3.26	3.42	3.49	3.37	0.14	2.92
K_2O	3.92	4.55	3.90	3.94	4.17	4.07	4.04	4.62	4.66	4.34	4.28	4.58	4.49	4.45	4.46	3.99	3.53	3.45
P_2O_5	0.11	0.09	0.10	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.10	0.10	0.12	0.19
Qz	28.13	32.02	29.57	33.72	35.34	36.01	35.60	30.64	33.12	35.06	34.32	32.14	35.67	32.42	30.16	33.41	52.60	29.82
Or	23.22	26.96	23.11	23.35	24.71	24.14	23.95	27.39	27.62	25.79	25.43	27.21	26.60	26.37	26.44	23.65	20.93	20.47
Ab	32.15	28.51	31.14	29.95	28.51	28.94	28.94	30.80	30.63	29.53	30.54	30.97	27.58	28.94	29.53	28.51	1.18	24.71
An	8.55	5.66	8.53	6.08	5.07	3.95	4.30	4.51	2.21	3.85	3.95	3.86	4.56	4.63	6.15	6.80	12.19	10.38

*Total Fe as Fe_2O_3

Table 1. Continued.

Type	Kochang foliated granite																	
	YJ 41	YJ 73-1	YJ 76	YJ 87	YJ 90	YJ 93	YJ 94-1	YJ 94-2	YJ 95	YJ 98	YJ 99	YJ 100	YJ 101-1	YJ 101-2	YJ 103	YJ 108	YJ 109	YJ 110
SiO_2 (wt.%)	67.48	72.99	62.84	70.9	71.09	70.85	70.03	68.63	66.56	68.50	69.31	69.08	69.53	70.50	70.20	69.75	70.61	71.65
TiO_2	0.43	0.22	0.63	0.28	0.29	0.30	0.42	0.44	0.54	0.46	0.44	0.44	0.35	0.20	0.28	0.36	0.25	0.18
Al_2O_3	15.15	13.17	15.54	13.76	13.55	14.49	14.31	14.99	14.76	14.19	14.55	14.56	14.78	15.06	14.83	14.69	14.71	14.26
Fe_2O_3*	3.18	1.73	7.49	2.46	2.38	1.89	2.58	2.96	4.03	3.38	2.84	2.76	2.23	1.31	1.81	2.38	1.83	1.35
MnO	0.05	0.03	0.07	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
MgO	1.08	0.43	2.29	0.30	0.25	0.45	0.64	0.72	0.50	0.38	0.63	0.63	0.54	0.32	0.38	0.55	0.41	0.28
CaO	2.83	1.34	1.49	1.31	1.12	1.42	1.54	1.82	1.69	1.32	1.58	1.61	1.59	1.42	1.04	1.54	1.47	1.16
Na_2O	3.61	3.14	2.62	2.36	2.51	3.11	3.10	3.36	3.05	2.46	2.98	2.82	2.98	3.18	2.80	2.92	3.01	2.72
K_2O	3.05	3.87	3.91	5.46	5.69	4.35	4.17	3.84	5.66	6.11	4.44	4.91	4.80	4.89	5.50	4.64	4.58	5.27
P_2O_5	0.14	0.08	0.12	0.14	0.08	0.12	0.17	0.21	0.16	0.13	0.18	0.16	0.17	0.11	0.14	0.16	0.11	0.11
Qz	27.40	36.48	26.25	33.29	32.06	32.58	32.13	29.88	23.13	27.67	31.03	29.81	29.94	29.94	30.32	31.21	31.99	32.95
Or	18.08	22.94	23.18	32.35	33.71	25.81	24.74	22.79	33.53	36.18	26.36	29.13	28.46	28.99	32.63	27.52	27.17	31.24
Ab	30.54	26.57	22.17	19.97	21.24	26.31	26.23	28.43	25.81	20.81	25.21	23.86	25.21	26.91	23.69	24.71	25.47	23.01
An	13.42	6.43	6.84	5.80	5.20	6.53	6.76	7.85	7.53	5.89	6.88	7.15	7.04	6.57	4.44	6.80	6.78	5.21

*Total Fe as Fe_2O_3

Table 1. Continued.

Type	Kochang foliated granite										Cheongup foliated granite							
	YJ 111	YJ 112	YJ 125	YJ 127-2	YJ 128-1	YJ 128-2	YJ 128-3	YJ 133	YJ 135	YJ 139-1	YJ 141	YJ 143	YJ 148	YJ 156	YJ 157-1	YJ 157-2	YJ 157-4	YJ 158-1
SiO_2 (wt.%)	73.38	70.36	74.30	64.53	72.72	72.43	72.78	74.39	69.40	70.46	65.51	66.11	67.01	65.20	65.84	64.61	65.08	65.43
TiO_2	0.27	0.13	0.09	0.54	0.14	0.13	0.14	0.16	0.38	0.23	0.56	0.60	0.60	0.66	0.60	0.66	0.71	0.66
Al_2O_3	13.58	15.38	12.75	16.13	13.27	13.55	13.39	12.25	14.72	14.82	16.38	15.85	15.47	16.09	15.94	16.42	15.92	16.1
Fe_2O_3*	1.72	1.41	1.39	3.96	1.79	1.81	2.76	1.83	2.48	1.91	3.01	3.28	3.16	3.33	3.30	3.43	3.61	3.30
MnO	0.02	0.02	0.02	0.06	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
MgO	0.41	0.29	0.07	1.49	0.19	0.18	0.26	0.09	0.58	0.39	0.92	1.07	1.00	1.04	1.10	1.21	1.16	1.09
CaO	2.66	0.88	0.30	3.54	1.18	0.95	0.14	0.40	1.43	0.95	3.45	3.29	3.04	3.50	3.29	3.45	3.49	3.56
Na_2O	3.95	3.19	3.23	3.46	3.01	3.20	2.64	2.35	2.72	3.04	3.94	3.90	3.83	3.76	3.85	3.89	3.71	3.90
K_2O	0.85	5.17	4.82	3.11	4.63	4.67	4.82	5.46	5.15	5.05	3.01	2.67	2.66	3.20	2.84	3.09	3.08	2.73
P_2O_5	0.16	0.17	0.02	0.19	0.06	0.05	0.05	0.05	0.13	0.13	0.18	0.19	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19
Qz	41.23	30.08	36.33	23.04	34.76	33.70	38.34	38.90	30.17	31.08	22.64	24.92	26.90	22.37	24.27	21.33	22.86	23.40
Or	5.06	30.66	28.54	18.43	27.43	27.66	28.55	32.36	30.53	29.97	17.83	15.81	15.75	18.95	16.83	18.31	18.25	16.18
Ab	33.42	26.99	27.33	29.27	25.47	27.07	22.34	19.88	23.01	25.72	33.34	33.00	32.41	31.81	32.57	32.91	31.39	33.00
An	12.26	3.36	1.40	16.77	5.60	4.52	0.52	1.70	6.48	4.00	16.38	15.54	14.31	16.61	15.48	16.30	16.54	16.87

*Total Fe as Fe_2O_3

Table 1. Continued.

Type	Cheongup foliated granite							Kimje granite										
	YJ 158-3	YJ 160-1	YJ 160-3	YJ 161-2	YJ 165-1	YJ 166-1	YJ 171	YJ 173	YJ 174-1	YJ 174-2	YJ 175-4	YJ 176-1	YJ 176-2	YJ 177	YJ 179-1	YJ 179-2	YJ 180-1	YJ 182
SiO_2 (wt.%)	65.74	64.50	64.62	64.56	64.63	69.78	70.18	70.23	63.93	71.95	70.86	69.10	69.95	63.74	67.71	68.56	68.36	63.40
TiO_2	0.62	0.66	0.65	0.63	0.63	0.25	0.23	0.31	0.71	0.19	0.24	0.36	0.27	0.66	0.37	0.36	0.35	0.57
Al_2O_3	15.94	16.40	16.41	16.58	16.55	15.22	14.58	14.53	16.22	13.97	14.23	14.72	14.58	16.21	15.68	15.34	15.46	16.80
Fe_2O_3*	3.30	3.44	3.45	3.25	3.26	1.91	1.81	2.01	4.30	1.34	1.82	2.47	1.88	4.21	2.30	2.25	2.19	3.68
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.06	0.02	0.03	0.03	0.05
MgO	1.07	1.11	1.13	1.09	1.09	0.43	0.58	0.44	1.20	0.24	0.36	0.55	0.44	1.51	4.47	0.49	0.48	1.12
CaO	3.28	3.67	3.31	3.48	3.49	2.02	1.77	1.76	3.23	1.45	1.65	2.15	1.77	3.86	1.97	2.03	1.98	3.15
Na_2O	3.78	3.90	3.91	3.91	3.89	3.56	4.06	3.46	3.98	3.34	3.29	3.72	3.52	3.70	3.58	3.76	3.74	3.56
K_2O	3.03	3.10	3.30	3.26	3.23	3.7	3.68	4.11	3.18	4.43	4.42	3.79	4.46	2.87	4.77	4.06	4.29	4.48
P_2O_5	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.11	0.10	0.11	0.21	0.07	0.10	0.13	0.11	0.19	0.13	0.13	0.12	0.18
Qz	23.91	20.77	20.79	20.58	20.86	30.08	27.96	30.11	20.27	32.15	30.87	27.72	28.09	21.08	23.84	26.24	25.37	17.42
Or	17.95	18.36	19.56	19.31	19.13	21.93	21.80	24.37	18.84	26.27	26.21	22.47	26.44	17.02	28.28	24.09	25.45	26.55
Ab	31.98	33.00	33.08	33.08	32.91	30.12	34.35	29.27	33.67	28.26	27.84	31.47	29.78	31.31	30.29	31.81	31.64	30.12
An	15.42	17.45	15.69	16.56	16.61	9.69	8.45	8.30	15.22	7.03	7.80	10.21	8.44	18.28	9.46	9.62	9.45	14.97

*Total Fe as Fe_2O_3

Table 1. Continued.

Type	Kimje granite												
	YJ 182-2	YJ 183-1	YJ 183-3	YJ 183-4	YJ 184-1	YJ 184-2	YJ 186-1	YJ 186-2	YJ 187-1	YJ 187-2	YJ 189-1	YJ 190	YJ 191
SiO_2 (wt.%)	69.10	69.03	69.21	64.03	70.37	70.35	65.28	68.9	65.35	68.93	70.00	70.23	68.85
TiO_2	0.3	0.30	0.33	0.62	0.24	0.23	0.63	0.32	0.60	0.37	0.28	0.29	0.38
Al_2O_3	14.98	15.06	14.90	16.24	14.58	14.54	15.97	15.03	15.94	14.91	14.60	14.58	14.92
Fe_2O_3*	2.16	2.13	2.14	3.95	1.86	1.91	3.68	2.17	3.73	2.51	2.08	2.21	2.59
MnO	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04
MgO	0.51	0.50	0.48	1.32	0.37	0.38	1.05	0.62	1.03	0.57	0.45	0.47	0.63
CaO	2.04	2.06	2.10	3.49	1.87	2.04	3.30	2.35	3.12	2.27	1.89	2.25	2.32
Na_2O	3.43	3.48	3.48	3.56	3.48	3.37	3.82	3.32	3.83	3.34	3.31	3.30	3.55
K_2O	4.34	4.30	4.20	3.55	4.09	4.04	3.01	4.14	3.15	3.92	4.24	3.54	3.59
P_2O_5	0.11	0.11	0.12	0.20	0.10	0.10	0.21	0.12	0.20	0.14	0.11	0.11	0.14
Qz	27.53	27.30	27.83	20.65	30.03	30.47	23.32	27.93	23.18	29.00	29.92	32.10	28.77
Or	25.74	25.50	24.91	21.05	24.25	23.96	17.85	24.54	18.68	23.23	25.14	20.98	21.28
Ab	29.02	29.44	29.44	30.12	29.44	28.51	32.32	28.09	32.41	28.26	28.01	27.92	30.04
An	9.78	9.87	10.01	16.47	8.99	9.80	15.41	11.31	14.57	10.74	9.06	10.86	10.99

*Total Fe as Fe_2O_3

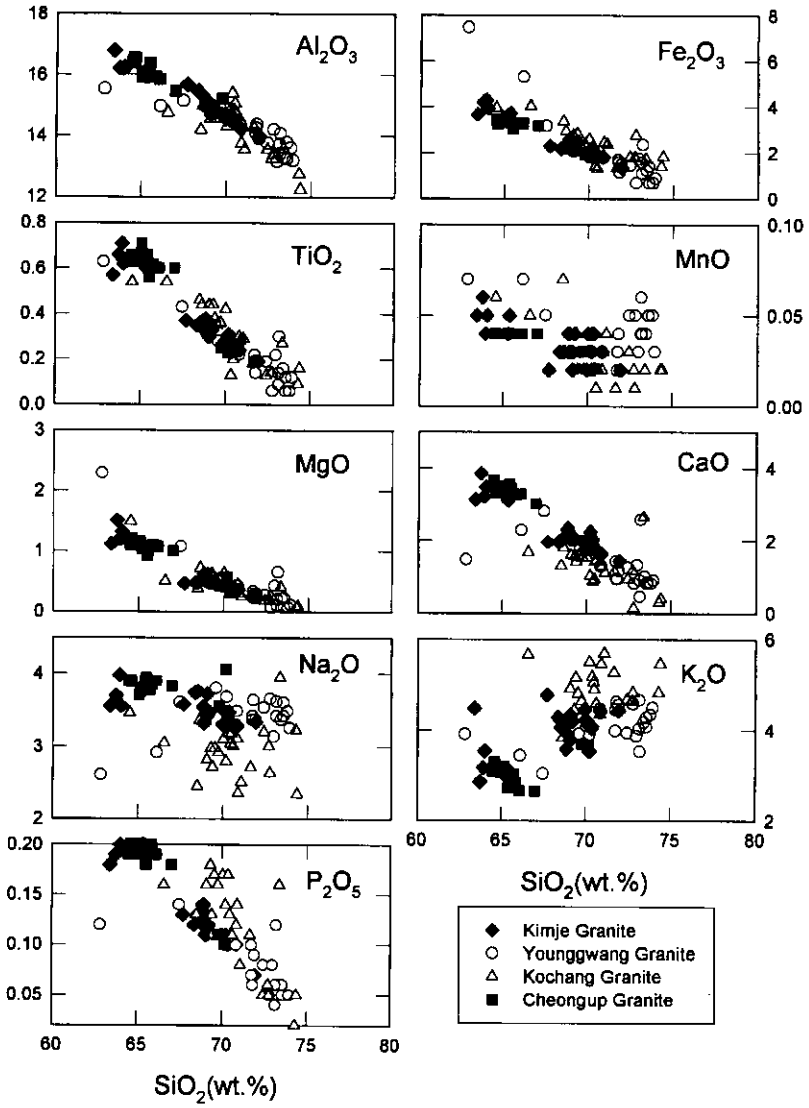

Fig. 2. Harker's variation diagram of granitoids in the Younggwang-Kimje area.

4.1. 주성분 원소

각 지역별 주성분원소 분석결과는 Table 1과 같고, SiO_2함량은 영광 화강암 62.8~74.0%, 고창 엽리상화강암 64.5~74.4%, 정읍 엽리상화강암 64.5~70.2%, 김제 화강암 63.4~72.0%의 함량을 보이고 있어, 모든 암체가 중성암과 산성암(SiO_2>66(%))영역에 해당됨을 알수 있다(Hyndman, 1972).

Harker 변화도는 Fig. 2에 도시하였고, SiO_2가 증가함에 따라 Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, TiO_2, P_2O_5, MnO는 감소하는 경향을 보이고, K_2O에서는 증가하는 경향을 보이는데, 이와 같은 결과는 화강암류에서 보이는 정상적인 분화경향을 나타내며, 특히 Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, TiO_2, P_2O_5등에서 반비례하는 경향이 두드러지는 것을 볼 수 있다. 화강암체를 CIPW norm값으로 구분한 Qz-Or-Pl삼각도(Fig. 3)와 An-Ab-Or삼각도(Fig. 4)를 도시하여 보면, 각각에서 화강섬록암과 화강암의 영역에 도시됨을 알 수 있다.

AFM(Na_2O+K_2O-Fe*O-MgO)삼각도(Fig. 5)에서 영광-김제화강암체는 Irvine and Baragar(1971)가 구분한 솔레아이트 계열과 칼크-알칼린 계열중 칼크-알칼린 계열의 분화경향을 보이며 화강암체들간의 분화의 연속성도 보여주고 있다.

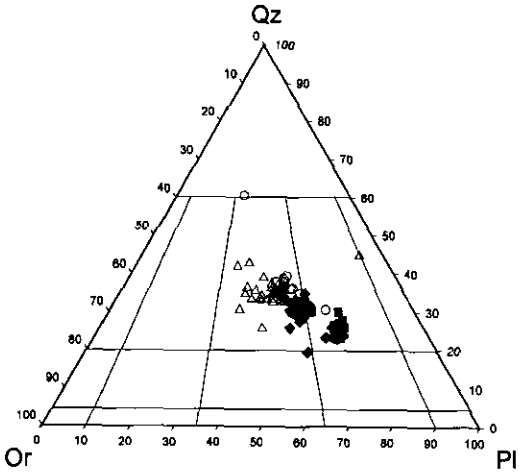

Fig. 3. Triangular diagram of normative quartz-orthoclase-plagioclase for granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2.

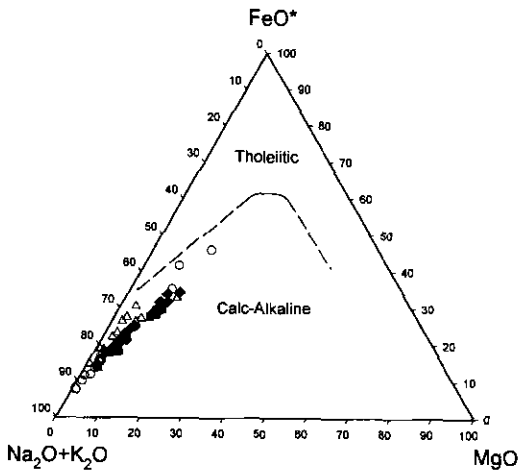

Fig. 5. AFM (Na_2O+K_2O-FeO*-MgO) diagram for granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2.

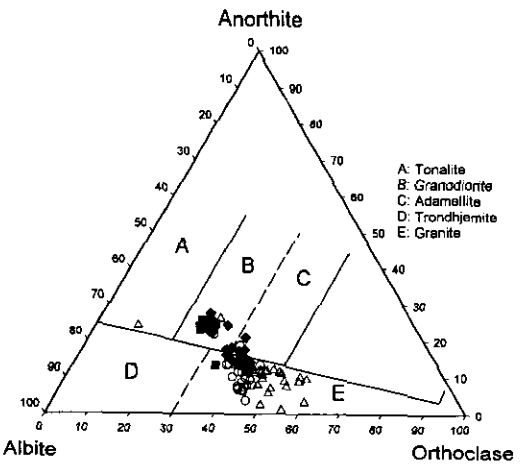

Fig. 4. Triangular diagram of normative Ab-Or-An for granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2.

4.2. 미량성분원소

영광-김제지역 화강암류의 시료에 대한 미량성분원소의 분석결과는 Table 2와 같고 SiO_2를 분화상수로 이용하여 분화가 진행됨에 따라 미량성분원소의 변화를 알아보기 위한 변화도는 Fig. 6에 도시하였다. SiO_2가 증가함에 따라 Ba, Co, Li, Nb, Zn, Rb 등은 증가하는 경향을 보여주고 Sr, Cr, Cu 등은 감소하는 경향을 보여준다. 화강암의 분화과정을 미량원소인 Rb, Sr, Ba의 함량에 의해 알아보고자 Rb-Ba-Sr 삼각도에 도시하여 보았다(Fig. 7). 정읍엽리상화강암과 김제화강암은 화강섬록암과 섬록암 영역에 도시되고 영광화강암과 고창엽리상화강암은 비정상적인 화강암영역에서부터 상당히 분화된 화강암영역에 걸쳐 산만하게 분산되어 분포한다.

4.3. 희토류원소

희토류원소는 물리화학적 성질이 매우 유사하여 암석학적 또는 광물들의 분결 과정에 따라 서로 다른 거동을 가지므로 지각 또는 맨틀의 부분용융, 분결작용 및 마그마의 혼화와 같은 과정을 포함하는 화성암류의 분화과정을 밝히는데 매우 중요하게 이용된다.

영광-김제지역의 희토류원소에 대한 분석값은 Table 3에 나타냈으며, Nakamura(1974)운석값에 의해 표준화된 희토류원소의 분포경향을 알아보기 위해 Fig. 8에 각각의 희토류원소들을 원자번호순서로 표준화된 값을 도시하였다.

영광-김제지역 화강암류는 Nakamura(1974)에 의한 운석의 희토류함량에 비해 LREE는 대체적으로 40~100배 범위를 보여주고, HREE는 2~4배의 범위를 보여주는데, 영광 화강암중에서 시료번호 YJ-31-1인 홍색사장석이 발달한 조립질 흑운모 화강암시료(영광군 군남면 남창리 석정부락 뒤쪽 구 레미콘공장 석산현장)만 LREE는 16~50배 범위이고, HREE는 10배 정도로 농집된 다른 양상을 보이는데, 이는 변질작용에 기인한 것으로 본다.

Eu 이상은 상기한 YJ-31-1시료에서만 강한 Eu 부의 이상이 보이고, 고창 엽리상 화강암에서 약한 Eu 부의 이상이 보이는 것 외에는, 연구지역 화강암류는 대부

Table 2. Trace element concentrations of granitoids in the Younggwang-Kimje area.

Type	Younggwang granite																	
	YJ 4-1	YJ 4-2	YJ 4-3	YJ 4-4	YJ 8-1	YJ 8-2	YJ 12	YJ 20	YJ 29	YJ 31-1	YJ 31-2	YJ 31-3	YJ 31-4	YJ 32	YJ 38-1	YJ 38-2	YJ 38-3	YJ 40
Ba (ppm)	989	944	882	972	1006	658	469	493	422	126	124	153	1083	806	845	680	257	767
Co	32	22	26	33	33	26	29	35	39	35	33	27	35	30	28	22	18	31
Cr	5	4	5	3	3	4	5	4	3	3	3	2	3	4	5	4	6	28
Cu	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	4	3	2	14
Li	42	31	44	41	26	34	21	26	16	119	131	104	31	39	26	27	41	34
Nb	9	7	8	11	11	13	16	9	12	23	22	20	9	10	8	8	11	17
Ni	7	5	9	4	4	5	6	7	5	5	5	4	6	4	7	7	11	20
Sc	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2	3	3	4	12
Sr	496	378	449	242	294	135	130	164	76	67	70	78	210	320	345	356	150	159
V	20	14	19	8	5	7	8	10	3	2	2	1	3	10	18	17	23	31
Y	8	7	8	10	8	8	10	8	13	11	8	8	6	8	10	9	13	26
Zn	60	41	54	22	36	30	43	27	26	27	26	26	23	50	42	55	67	57
Zr	23	18	18	54	52	37	39	29	35	37	34	37	51	52	17	15	20	9
Rb	141	171	138	168	166	210	197	228	205	364	356	360	171	145	199	167	170	201

Table 2. Continued.

Type	Kochang foliated granite																	
	YJ 41	YJ 73-1	YJ 76	YJ 87	YJ 90	YJ 93	YJ 94-1	YJ 94-2	YJ 95	YJ 98	YJ 99	YJ 100	YJ 101-1	YJ 101-2	YJ 103	YJ 108	YJ 109	YJ 110
Ba (ppm)	549	700	627	656	430	627	597	457	534	525	583	541	707	605	554	558	525	456
Co	29	40	33	37	26	22	33	23	25	30	22	27	30	25	23	33	27	22
Cr	10	5	139	7	5	8	13	8	5	5	10	8	9	5	5	10	5	6
Cu	4	3	25	5	4	2	3	4	5	5	4	3	4	3	3	4	2	3
Li	39	37	32	29	38	70	54	55	29	39	67	90	41	36	56	40	38	33
Nb	10	9	21	10	13	14	18	20	22	22	25	20	16	10	16	20	16	12
Ni	12	6	68	8	8	7	8	9	8	7	10	10	7	8	7	7	8	6
Sc	5	3	13	4	8	3	5	5	6	7	5	5	4	2	3	4	3	2
Sr	388	325	176	125	133	290	205	195	135	134	164	167	221	227	140	166	171	132
V	42	17	85	9	9	11	18	20	21	14	19	19	15	8	9	15	11	6
Y	17	8	17	31	29	8	13	15	35	19	21	17	12	6	10	16	8	5
Zn	58	50	100	25	50	44	54	63	59	54	70	62	52	35	38	57	46	33
Zr	21	18	7	6	29	38	49	64	34	33	31	32	60	31	55	51	39	37
Rb	136	180	195	212	216	253	254	245	192	181	297	283	243	221	330	261	251	236

분 Eu 부의 이상을 보이지 않는다.

이는, 박영석 등(1995, 1996)에서 인근한 광주-나주 지역과 남원지역 화강암류에 대한 연구결과에서도 Eu 부의 이상이 약하거나, 거의 없었던 것과 잘 일치하며 이는 국내에서 산출되는 대부분의 쥬라기나 트라이스기 화강암류에 Eu 부의 이상이 거의 없는것과 유사한 경향을 보인다.

4.4. 주성분과 미량성분원소

화강암류의 마그마 분화경향을 알아보기 위한 SiO_2에 대한 Na_2O+K_2O의 변화도는 Fig. 9에, 마그마의 유형과 형성과정을 고찰하고자 ACF삼각도는 Fig. 10에, Na_2O에 대한 K_2O의 상대적인 변화를 보여주는 변화도는 Fig. 11에, 그리고 Nb에 대한 Y과 Rb에 대한(Y+Nb)의 변화는 Fig. 12에 도시하였다.

Fig. 9에서 연구지역의 화강암류는 비알카리영역에 표시되고, Fig 10, 11에서 연구지역의 화강암류는 I-type의 영역에 도시되었으며, Fig. 12에서 연구지역의 화강암류는 syn-COLG형이나 VAG형에 속함을 보여준다(Pearce, *et al.*, 1984).

Table 2. Continued

Type	Kochang foliated granite										Chengup foliated granite							
	YJ 111	YJ 112	YJ 125	YJ 127-2	YJ 128-1	YJ 128-2	YJ 128-3	YJ 133	YJ 135	YJ 139-1	YJ 141	YJ 143	YJ 148	YJ 156	YJ 157-1	YJ 157-2	YJ 157-4	YJ 158-1
Ba (ppm)	94	286	112	838	355	349	508	114	624	355	687	791	649	904	794	848	1052	757
Co	47	27	28	27	31	35	24	30	22	28	26	27	27	31	28	27	22	29
Cr	5	5	2	20	5	5	4	3	9	8	6	6	6	11	7	7	9	7
Cu	3	2	3	12	2	2	4	8	3	3	5	4	3	5	4	5	6	5
Li	51	41	8	39	17	24	48	30	46	35	39	40	30	45	45	42	51	71
Nb	12	12	8	11	10	10	11	14	16	17	9	8	9	10	8	9	10	9
Ni	9	6	4	15	6	6	5	5	8	7	10	10	9	33	9	11	11	10
Sc	3	2	2	8	2	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Sr	230	95	24	615	112	100	80	47	177	119	681	684	626	673	672	719	677	675
V	16	6	3	57	8	8	9	4	16	9	37	42	39	44	44	46	49	44
Y	17	8	7	17	8	6	8	23	10	12	8	8	8	10	8	8	11	8
Zn	52	36	29	76	37	37	49	34	46	60	68	70	69	69	73	76	79	74
Zr	18	33	40	14	36	40	34	24	49	48	9	9	10	10	9	9	17	10
Rb	93	277	138	139	158	151	162	240	248	324	105	74	72	101	106	110	121	109

Table 2. Continued

Type	Cheongup foliated granite							Kimje granite										
	YJ 158-3	YJ 160-1	YJ 160-3	YJ 161-2	YJ 165-1	YJ 166-1	YJ 171	YJ 173	YJ 174-1	YJ 174-2	YJ 175-4	YJ 176-1	YJ 176-2	YJ 177	YJ 179-1	YJ 179-2	YJ 180-1	YJ 182
Ba (ppm)	797	848	959	979	983	918	787	597	1144	646	576	826	784	612	1309	876	891	1132
Co	29	24	22	27	27	36	20	37	32	26	39	23	30	32	32	27	27	32
Cr	6	6	6	6	6	6	5	5	8	4	5	5	4	14	5	5	5	10
Cu	4	6	6	5	5	3	3	4	9	3	3	6	4	6	3	3	3	5
Li	87	53	70	70	69	46	32	21	32	15	42	30	14	39	46	58	56	38
Nb	8	9	10	8	9	9	8	10	11	7	7	9	6	12	10	11	11	10
Ni	11	9	10	11	11	9	10	7	11	6	8	9	7	13	7	9	9	11
Sc	4	4	4	4	4	3	3	3	4	2	2	3	2	6	2	2	2	4
Sr	662	707	683	740	744	394	307	382	652	318	318	482	464	562	510	471	465	571
V	44	46	45	43	43	10	10	19	61	16	16	27	21	54	21	22	21	51
Y	8	10	10	8	8	8	7	4	10	5	4	8	5	12	7	12	8	10
Zn	70	74	73	73	74	55	47	56	93	26	64	35	35	79	68	68	65	70
Zr	9	12	9	9	9	30	30	14	14	36	31	8	9	22	31	19	28	22
Rb	114	111	150	112	106	159	138	152	102	234	221	159	200	140	176	176	236	181

5. 토의 및 결론

영광-김제지역의 화강암류에 대한 정밀지질조사와 암석 및 암석화학적 특징을 분석한 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 본 연구지역에 분포하는 화강암류는 북동-남서향으로 발달된 광주단층계에 연하여 압쇄엽리가 잘 발달된 정읍(전주)엽리상화강암과 고창엽리상화강암이 분포하며, 광주단층계의 서부지역에 변형되지 않은 김제화강암과 영광화강암이 분포한다. 물론 김제화강암이나 영광화강암에도 일부 전단면(압쇄엽리)이 발달된 부분도 있으며, 중심부의 조립질흑운모화강암상에서 동쪽으로 광주단층계에 가까워질수록 부분적으로 반정이 발달된 반상화강암상이나, 각섬석 결정이 발달된 화강섬록암상으로 발달하기도 한다.

2. SiO_2함량은 영광 화강암 62.8~74.0%, 고창 엽리상화강암 64.5~74.4%, 정읍 엽리상화강암 64.5~70.2%, 김제 화강암 63.4~72.0%의 함량을 보이고 있으며, 모든 암체가 중성암과 산성암(SiO_2>66(%))영역에 해당된다. SiO_2 함량이 전체적인 함량범위에서는 유사한 것

Table 2. Continued

Type	Kimje granite												
	YJ 182-2	YJ 183-1	YJ 183-3	YJ 183-4	YJ 184-1	YJ 184-2	YJ 186-1	YJ 186-2	YJ 187-1	YJ 187-2	YJ 189-1	YJ 190	YJ 191
Ba (ppm)	861	802	845	930	845	768	714	925	745	847	949	998	847
Co	34	34	25	30	29	25	29	29	31	35	24	26	25
Cr	6	5	5	11	4	4	7	6	8	6	4	6	5
Cu	3	3	3	13	3	3	7	3	6	4	4	3	6
Li	47	43	45	61	40	43	44	30	49	37	43	17	35
Nb	10	11	11	11	12	11	14	10	14	9	11	9	11
Ni	8	8	9	11	7	9	9	10	11	7	9	10	8
Sc	2	2	2	5	2	2	4	3	4	3	2	2	3
Sr	398	404	408	668	365	355	551	496	534	454	409	452	562
V	21	20	20	56	13	14	49	21	48	23	17	15	25
Y	7	10	7	13	11	11	15	13	14	4	11	8	13
Zn	50	50	48	73	58	58	79	50	78	59	59	63	71
Zr	38	35	29	17	28	26	17	14	18	21	26	20	19
Rb	229	126	128	101	213	206	152	183	154	148	198	116	108

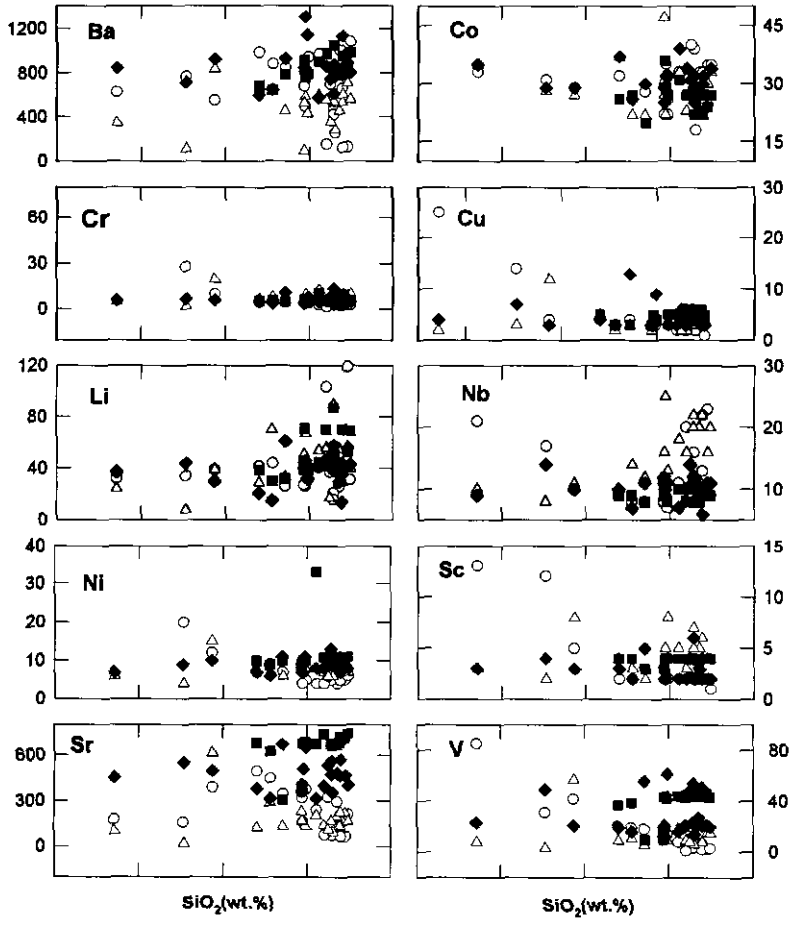

Fig. 6. Variation diagram of trace elements with silica contents for granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2.

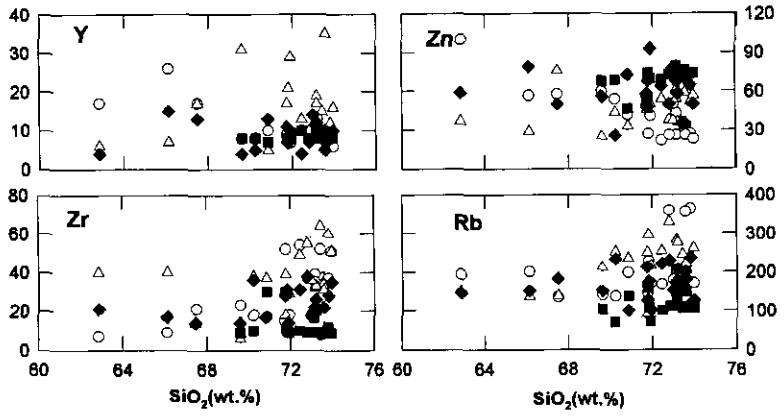

Fig. 6. Continued.

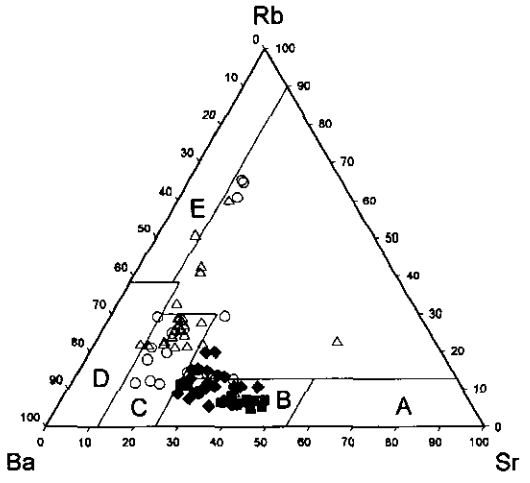

Fig. 7. Triangular diagram of Rb-Ba-Sr for granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2. A: Diorite, B: Granodiorite and diorite, C: Anomalous granite, D: Normal granite, E: Strongly differentiated granite

같지만, 영광화강암(○표시)과 고창엽리상화강암(△표시)은 SiO_2함량 70%이상이 대부분이고, 김제화강암(◆표시)과 정읍엽리상화강암(■표시)은 SiO_2함량 70% 이하가 대부분임을 알 수 있다(Fig. 2 참조).

이를 시기적으로 더 오래된 변형받은 암석과 나중인 변형받지 않은 암석으로 구분하고, 인접하여 분포하는 점을 감안하여 본다면, SiO_2함량이 낮은 김제화강암에서 SiO_2함량이 높은 영광화강암으로의 분화정출 가능성을 고려할 수 있다. 마찬가지로 SiO_2함량이 낮은 정읍엽리상화강암에서 SiO_2함량이 높은 고창엽리상화강암으로의 분화정출을 가정하여 볼수있으나, 이는 각각의 암체에 대한 절대연대의 결과등에 의해서 보다 구체화 될 수 있을 것이다.

3. Harker변화도에서 SiO_2의 증가에 따라 Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, TiO_2, P_2O_5, MnO는 감소하는 경향을 보이고, K_2O에서는 증가하는 경향을 보이는데,

Table 3. Rare earth elements data of granitoids in the Younggwang-Kimje area.

	Sample No.		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
Young gwang granite	YJ	ppm	44.4	86.83	9.68	31.2	4.61	0.96	3.06	1.67	0.27	0.59	0.53	0.08
	4-1	C.N	134.5	100.4	79.3	49.5	22.7	12.5	11.1	4.9	3.6	2.6	2.4	2.2
	YJ	ppm	15.3	30.05	3.39	10.9	2.77	0.26	3.06	3.62	0.7	2.16	2.31	0.35
	31-1	C.N	46.4	34.7	27.7	17.3	13.6	3.4	11.1	10.6	9.2	9.6	10.5	10.2
	YJ	ppm	41.3	81.26	9.1	29.4	4.43	0.85	3.27	1.89	0.3	0.73	0.63	0.1
	38-1	C.N	125.2	93.9	74.6	46.7	21.8	11	11.9	5.5	3.9	3.2	2.9	2.9
Kochang foliated granite	YJ	ppm	50.6	101.23	11.12	35.3	5.24	0.72	3.57	1.9	0.27	0.51	0.4	0.06
	93	C.N	153.3	117	91.2	56	25.8	9.4	13	5.6	3.6	2.2	1.8	1.7
	YJ	ppm	76.6	155.39	17.09	53.9	7.6	0.85	4.69	2.39	0.38	0.78	0.77	0.12
	101-1	C.N	232.1	179.6	140.1	85.6	37.4	11	17	7	5	3.5	3.5	3.4
	YJ	ppm	31	68.81	8.22	28.1	5.16	0.09	3.87	1.93	0.3	0.76	0.68	0.11
	125	C.N	93.9	79.5	67.4	44.6	25.4	1.2	14.1	5.6	3.9	3.4	3.1	3.2

Table 3. Continued.

	Sample No.		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
Cheongup foliated granite	YJ 165-1	ppm	38.1	78.37	9.24	30.9	4.52	1.27	3.23	1.83	0.3	0.64	0.54	0.09
		C.N	115.5	90.6	75.7	49	22.3	16.5	11.8	5.4	3.9	2.9	2.5	2.6
	YJ 174-1	ppm	50.4	100.43	11.28	38.2	5.68	1.43	3.92	2.04	0.31	0.62	0.53	0.07
		C.N	152.7	116.1	92.5	60.6	28	18.6	14.2	6	4.1	2.7	2.4	2
Kimje granite	YJ 177	ppm	36.7	77	8.71	30	4.76	1.18	3.47	2.22	0.36	0.84	0.77	0.11
		C.N	111.2	89	71.4	47.6	23.4	15.3	12.6	6.5	4.7	3.8	3.5	3.2
	YJ 179-2	ppm	38.1	75.91	8.49	28.2	4.65	0.96	3.48	2.25	0.35	0.82	0.78	0.11
		C.N	115.2	87.8	69.6	44.8	22.9	12.5	12.7	6.6	4.6	3.7	3.5	3.2

C.N.: Normalized values by Nakamura (1974).

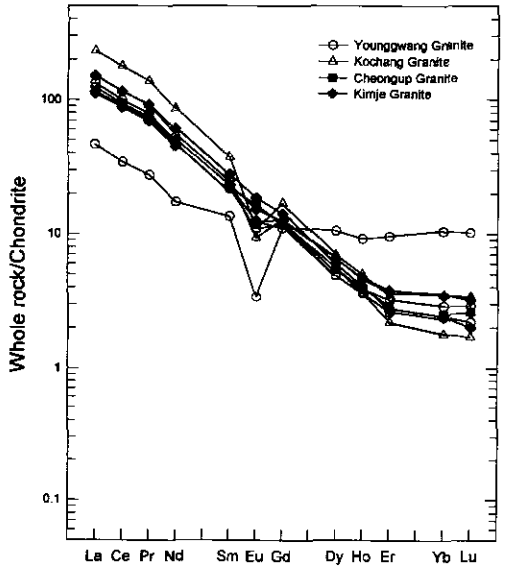

Fig. 8. Chondrite normalized REE patterns of granitoids in the Younggwang-Kimje area (Normalized values by Nakamura, 1974).

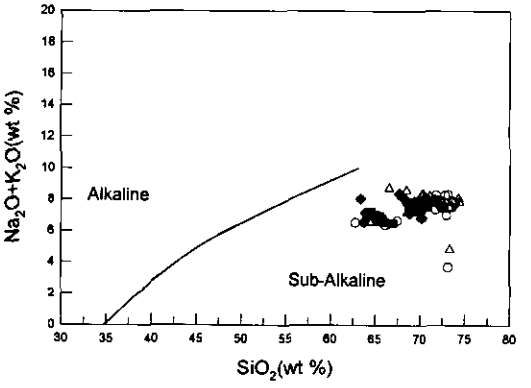

Fig. 9. Diagram of Na_2O+K_2O (wt.%) vs. SiO_2 (wt.%) for granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2.

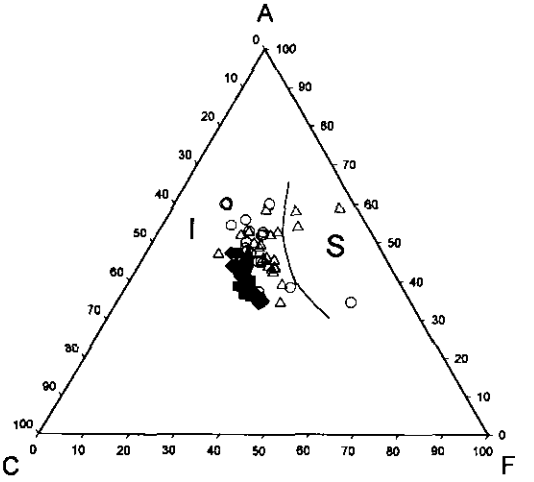

Fig. 10. ACF diagram for the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2. A: Al_2O_3-Na_2O-K_2O, C: CaO, F: FeO+MgO

이와 같은 결과는 화강암류에서 보이는 전형적인 분화 경향을 나타낸다.

4. AFM삼각도에서 영광화강암, 고창엽리상화강암, 정읍엽리상화강암, 김제화강암은 칼크-알칼린계열에 속하며, Qz-Or-Pl삼각도에서 김제화강암과 정읍엽리상화강암은 화강암과 화강섬록암 영역에 해당하고, 영광화강암과 고창엽리상화강암은 화강암 영역에 해당한다.

An-Ab-Or삼각도에서 김제화강암과 정읍엽리상화강암은 화강암과 화강섬록암 영역에 해당하고, 영광화강암과 고창엽리상화강암은 화강암 영역에 해당한다.

5. 연구지역의 화강암류들의 SiO_2증가에 따른 미량성분의 변화는 Ba, Co, Li, Nb, Zn, Rb 등은 증가하는 경향을 보여주고 Sr, Cr, Cu 등은 감소하는 경향을 보여준다.

6. 희토류원소의 분석결과에서 국내에서 산출되는 대

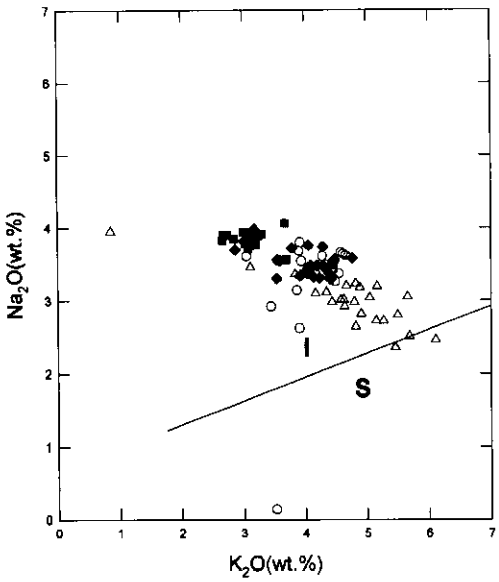

Fig. 11. Plot of Na_2O vs. K_2O in the Younggwang-Kimje granitoids. Symbols are the same as in Fig. 2.

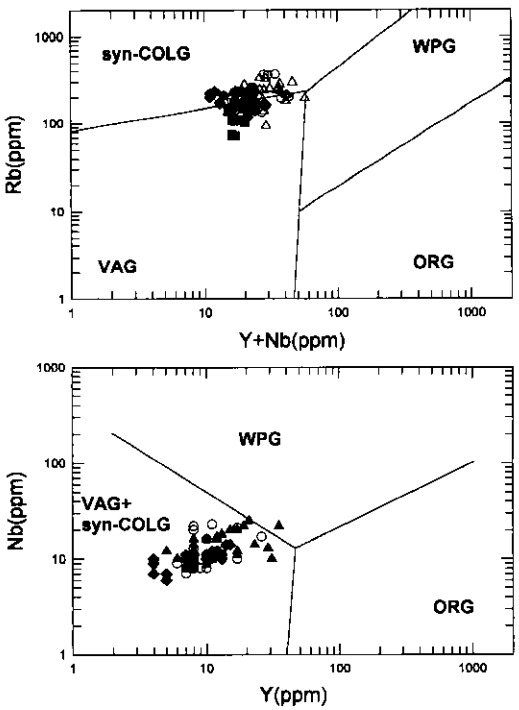

Fig. 12. Discriminant diagrams of granitoids in the Younggwang-Kimje area. Symbols are the same as in Fig. 2. syn-collisional (syn-COLG), volcanic arc (VAG), within plate (WPG), and oceanic ridge (ORG) granite (Pearce, 1984).

부분의 쥬라기나 트라이아스기 화강암류와 마찬가지로 연구지역의 화강암류도 Eu 부의 이상이 거의 없다.

7. ACF diagram 과 Na_2O-K_2O 상호변화도에서 이들 화강암류들이 모두 I-type에 속함을 알 수 있다.

8. 연구지역의 화강암류들은 Rb/Y+Nb 및 Nb/Y상호변화도에 도시하면, VAG+synCOLG영역에 해당된다.

이상과 같은 야외정밀조사와 암석 및 암석화학적 연구 결과로 서로 다른 저반상의 화강암체로 분류하여 왔지만, 김제화강암에서 영광화강암으로의 분화정출 가능성과 고창엽리상화강암에서 정읍엽리상화강암으로의 분화정출 가능성을 고려하여 볼수있으며, 이들 각각의 암체에 대한 절대연대 결과와 함께 이를 보다 구체화 할수 있다고 본다.

사 사

이 연구는 한국과학재단(과제번호: 961-0402-007-2)의 연구비지원을 받아 연구된 결과의 일부이며, 연구비를 지원해준 한국과학재단과 시료채취를 도와준 조선대학교 자원공학과 대학원 수료 이종표석사에게 감사 드린다. 그리고 논문을 읽고 세심한 수정과 보완의견을 주어 보다 나은 내용이 되도록 도와주신 이화여자대학교 김규한 교수님과 익명의 심사위원에게도 깊이 감사드립니다.

참고문헌

권성택, 이진한 (1997) 호남전단대의 운동시기에 관한 보고. 지질학회지, 33권, p. 183-188.

김옥준, 정봉일, 엄상호, 장기홍, 박봉순, 강필종 (1980) 한반도의 지진지체구조 분석에 관한 연구. 과학기술처, p. 1-59.

김용준, 이대성 (1983) 석포-덕구간에 분포하는 소위 홍제사화강암에 관한 암석학적 연구. 광산지질, 17권, p. 197-214.

김용준, 이창신, 김희남 (1998) 전주-정읍지역에 분포하는 화성심성암류의 암석화학과 성인. 한국지구과학회지, 19권, p. 56-77.

김용준, 박영석, 주승환, 오민수 (1989) 옥천지향사대 동남대에서의 화성활동 (I): 남원-거창-상주지역을 중심으로. 광산지질, 22권, p. 355-370.

김용준, 박영석, 강상원 (1994) 호남전단대에 분포하는 엽리상화강암류의 지질시대와 생성과 정에 관한 연구. 자원환경지질, 27권, p. 247-261.

김용준, 김정빈, 박제봉 (1991) 호남전단대에 분포하는 엽리상화강암류의 암석화학과 성인. 지질학회지, 27권, p. 52-63.

김정빈, 김용준 (1984) 광주 북동부에 분포하는 소위 편상화강암에 대한 암석학적 연구. 광산지질, 17권, p. 197-214.

김정빈, 김용준 (1990) 담양-진안사이에 분포하는 엽리상화강암에 대한 암석지화학적 연구. 광산지질, 23권, p. 223-144.

나춘기, 이인성, 정재일 (1997) 전주 및 순창지역에 분포하는 엽리상화강암류의 성인에 대한 연구 (II)-Sr 및 Nd동위원소적 특성을 중심으로. 자원환경지질학회지, 30권, p. 249-262.

박영석, 박천영, 김진, 류춘상, 김용준 (1996) 남원지역에 분포하는 화강암류의 Rb-Sr 및 Sm-Nd 동위원소 연구. 한국자원공학회지, 33권, p. 40-60.

박영석, 노영배, 이창신 (1995) 광주-나주 지역에 분포하는 화강암류에 대한 Rb-Sr동위원소 연구. 지구과학회지, 16권, p. 247-261.

박희인 (1966) 1/50,000 순창지질도폭 설명서. 국립지질조사소.

백광호, 윤건신, 김의홍, Freeland, M.H. (1979) 광주단층 일대의 지질과 지연대. 지질학회지, 15권, p. 201-208.

오창환, 김선태, 이정후 (1995) 옥천변성대 남서부 지역에서의 변성진화 과정. 지질학회지, 31권, p. 21-31.

이대성, 김용준 (1985) 옥천대에서의 화성활동-특히 옥천대 동북부에서의 화성활동. 광산지질, 18권, p. 23-39.

이병주, 김정찬, 김유봉, 조등룡, 최현일, 전희영, 김복철 (1997) 1/250,000 광주지질도폭. 한국동력자원연구소.

장태우, 황상구 (1984) 1/50,000 가음도 도폭 지질보고서. 한국동력자원연구소.

주승환, 김성재 (1986) 영남육괴의 Rb-Sr연대측정 연구 (II) : 지리산 남서부일대 화강편마암 및 화강암류. 국토기본지질조사, 연구보고서, KR-86-7, p. 1-7.

진명식 (1981) 남한의 백악기 화강암류에 관한 암석학적 지화학적 연구. 박사학위논문.

최위찬, 황상구, 김영범 (1986) 1/50,000 영광도폭지질보고서. 한국자원연구소.

홍만섭, 윤선, 길영준 (1966) 1/50,000 갈담지질도폭 설명서. 국립지질조사소.

Harker, A (1909) The natural history of igneous rocks. New York, Macmillan Publishing Co., Inc., p. 384.

Hong, Y.K. and Lee, B.J. (1989) Geochemical and microstructural studies on the sunchang foliated granodiorite at a shear zone in the SW part of the Ogcheon fold belt, Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, v. 25, p. 294-311.

Hyndman, D.W. (1972) Petrology of igneous and metamorphic rocks. McGgrow Hill Co., p. 533.

Irvine, T.N. and Baragar, W.R.B. (1971) A guide to chemical classification of the common igneous rocks. Can. Jour. Earth Sci., v. 8. p. 523-548.

Kim, C.B., Yoon, C.H. and Shin, I.H. (1997) The geochemical characteristics and geochronology of foliated granites in the Sunchang area, Chonbuk. Basic Science and Engineering, v. 1, p. 161-166.

Kim, H.S. (1973) On migmatite in the Jeonju-Mogpo area, Korea. J. Geol. Soc. Korea, 9, p. 207-234.

Lee, D.S. (1971) Study on the igneous activity in the middle Ogcheon geosynclinal zone, Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, v. 7, p. 153-216.

Na, C.K. (1994) Genesis of granitoid batholiths of Ogcheon Zone, Korea and its implications for crustal evolution. Ph. D. thesis, University of Tsukuba, p. 1-154.

Nakamura, N. (1974) Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary conndrites, Geochim. Cosmochim. Acta., v. 38, p. 757-775.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks. Jour. Petr., v. 25, p. 956-983.

Yanai, Shuichi., B.S. Park and Shigeru, Otoh. (1985) The Honam shear zone (South Korea) deformation and tectonic implication in the Far East. Earth Science and Astronomy (College of Art and Science), Univ. of Tokyo, v. 35, p. 180-210.

2001년 1월 3일 원고접수, 2001년 2월 9일 개재승인.