



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위논문

영남육괴 남서부지역의 순창, 남원 및
대강 화강암류에 대한 지구화학적 연구



2007년 7월

부경대학교 교육대학원

지구과학교육전공

손 경 한

교육학석사학위논문

영남육괴 남서부지역의 순창, 남원 및 대강 화강암류에 대한 지구화학적 연구

지도교수 박 계 현

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함.



2007년 7월

부경대학교 교육대학원

지구과학교육전공

손 경 한

손경한의 교육학석사 학위논문을 인준함.

2007년 7월



주 심 이학박사 송 용 선 (인)

위 원 이학박사 백 인 성 (인)

위 원 이학박사 박 계 현 (인)

목 차

<i>List of Figures</i>	<i>iii</i>
<i>List of Tables</i>	<i>v</i>
<i>Abstract</i>	<i>vi</i>
I. 서언	1
II. 지질 개요	3
1. 대강화강암.....	4
2. 순창화강암.....	5
3. 남원화강암.....	6
III. 관입연대에 대한 기존연구.....	8
1. 대강화강암.....	9
2. 순창화강암.....	10
3. 남원화강암.....	12
IV. 암석 기재.....	15
1. 시료 채취.....	15
2. 대강화강암.....	17
3. 순창화강암.....	21
4. 남원화강암.....	25
V. 지구화학.....	29
1. 주원소.....	29
가. TAS 도형에 의한 암석 분류.....	30

나. <i>AFM</i> 삼각도에 의한 암석분류	32
다. 알루미나 포화도와 <i>ACF</i> 삼각도를 이용한 유형 분류	34
라. 하커 도형을 이용한 분화 패턴	37
2. 미량원소	45
가. 희토류 원소	45
나. 조구조 판별도를 이용한 암석 분류	48
<i>VI.</i> 지구조적 환경	55
<i>VII.</i> 결론	57
참고 문헌	59
요약	63



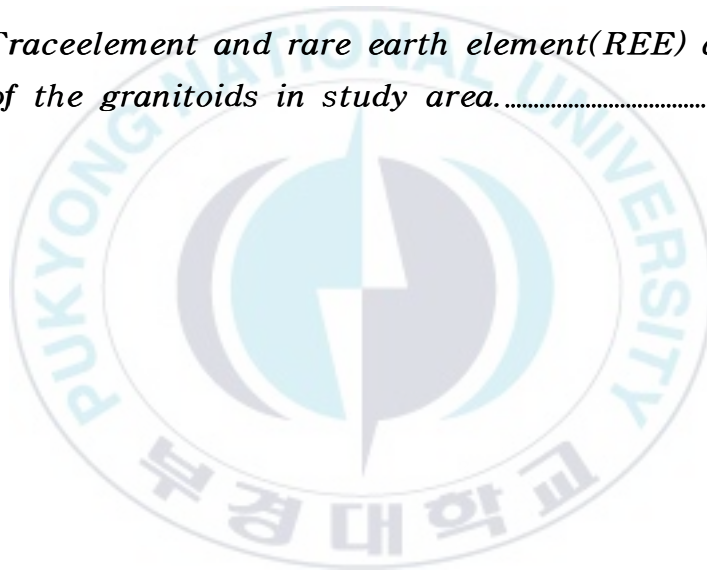
List of Figures

<i>Fig. 1. Geologic map and sample locations of the study area.....</i>	<i>7</i>
<i>Fig. 2. QAP diagram of the granitoids in study area.</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 3. Photographs of the Daegang granites.....</i>	<i>19</i>
<i>Fig. 4. Photomicrographs of the Daegang granites in study area.....</i>	<i>20</i>
<i>Fig. 5. Photographs of the Sunchang granites in study area.</i>	<i>23</i>
<i>Fig. 6. Photomicrographs of the Sunchang granites.....</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 7. Photographs of the Namwon granites.</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 8. Photomicrographs of the Namwon granites.....</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 9. Harker diagrams for major element of the granitoids in study area.</i>	<i>31</i>

<i>Fig. 10. Total-alkali versus silica(TAS) diagram showing alkaline and subalkaline granitoids in study area.</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 11. Ternary AFM diagram of the granitoids in study area.</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 12. Morar $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ vs $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$ diagram and ACF diagram(molar ratio) of the granitoids in study area.</i>	<i>39</i>
<i>Fig. 13. Tectonic discrimination diagrams of the granitoids in the study area.</i>	<i>47</i>
<i>Fig. 14. C1 chondrite-normalized REE patterns of the granitoids in study area.</i>	<i>49</i>

List of Tables

<i>Table 1. Data of the Rb-Sr, Ar-Ar, K-Ar, U-Pb and CHIME ages of the granitoids in study area.</i>	<i>14</i>
<i>Table 2. Major element composition and CIPW norm of the granitoids in the study area.....</i>	<i>40</i>
<i>Table 3. Traceelement and rare earth element(REE) abundances of the granitoids in study area.....</i>	<i>50</i>



**Geochemical studies on the granitoids in the Sunchang, Namwon and
Daegang areas of the southwestern Yeongnam Massif**

Kyong-Han Son

*Graduate School of Education
Pukyong National University*

Abstract

In order to understand the genesis and tectonic environment Daegang, Sunchang and Namwon granites distributed along the boundary between the Yeongnam massif and Okcheon metamorphic belts, petrography and geochemistry of them were compared with the reported data including their geologic ages. Based on modal analysis from 37 samples, the Daegang granite is plotted within the alkalic granite field, whereas the Sunchang and Namwon granites are plotted over the indicate from monzo granite to granodiorite fields.

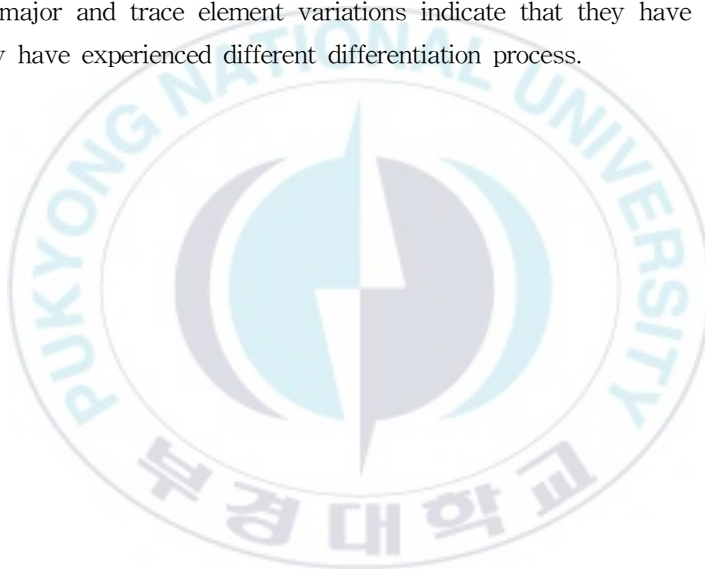
Major element compositions plotted on TAS diagram show most of the samples of three granites belong to sub-alkali field. Triangular AFM diagram reveals that Daegang granite has a differentiation pattern different from Sunchang and Namwon granites. On the triangular ACF diagram most of the Sunchang and Namwon granites are plotted within the I-type field. However, Daegang granite has A-type affinity as reported by Kim et al.(1988) suggesting different tectonic environment Sunchang and Namwon granites. In Harker diagram, Sunchang and Namwon granites show tendency of decreasing major element abundances with increasing SiO₂ except for Na₂O and K₂O, but Daegang granite shows contrasting variation trends for many major elements, such as MgO, CaO, K₂O, P₂O₅ and so on. It means that Daegang granite has different origin magma as compared with Sunchang and Namwon granites.

C1 chondrite normalized REE patterns show that LREE are enriched much more than HREE[(La/Yb)_N = Daegang granite(7.2~69), Sunchang granite(7.7~49.4), Namwon granite(15~64.2)] and abundances of HREE are relatively low. The three granites parallel patterns internally, but they cross each other. Daegang granite shows strong Eu(-) anomaly, but Sunchang and Namwon granites have weak Eu(-) anomalies. Suggesting that Daegang granite experienced fractionation of plagioclase and

Sunchang and Namwon granites did not experienced such plagioclase fractionation.

On the Y-Nb and Rb/(Y+Nb) tectonic discrimination diagrams, Daegang granite is plotted the field of within-plate granite and Sunchang and Nawon granites are plotted on the field of volcanic-arc granite, suggesting that the Sunchang and Namwon granites are related to orogenic process but Daegang granite bears no relation to orogeny.

Geochemistry indicates that Daegang granite was created under the within-plate geotectonics environment, independent from any orogenic activities, where tensional stress was prevailed. Sunchang and Namwon granites have generally similar geochemical characteristics, but there variation tendency of REE distribution tendency and slight differences in major and trace element variations indicate that they have different origins magma or they have experienced different differentiation process.



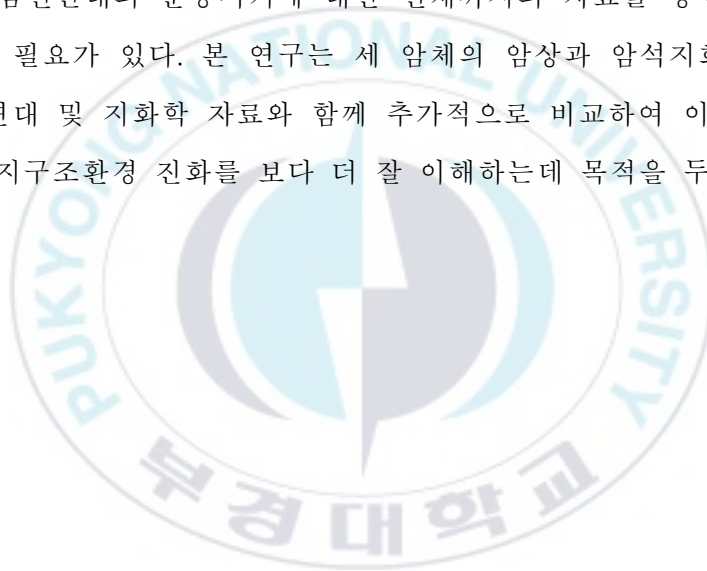
I. 서 언

영남육괴와 옥천변성대의 경계는 옥천변성대의 남동변을 따라 북동에서 남서방향으로 문경-화순-강진을 잇는 평안누층군의 분포로 추적할 수 있으며, 이와 평행하게 호남전단대가 발달하고 있다. 대강화강암, 순창화강암 및 남원화강암은 영남육괴와 옥천변성대의 남서쪽 경계부 주변에 관입하고 있는 중생대 초기의 암체들이며, 호남전단대의 발달시기의 규명과 관련하여 주목을 받아왔다. 세 암체는 대강화강암, 순창화강암, 남원화강암의 순서로 차별적인 전단운동의 영향을 보이고, 대강화강암과 순창화강암은 압쇄엽리가 매우 잘 발달되어 있지만 남원화강암은 압쇄엽리의 발달이 미약하다. 이와 같이 이 세 화강암체의 압쇄엽리 발달 정도의 차이와 관입관계 및 절대연령이나 암석지화학적 특징을 이용하여 호남전단대의 운동 시기를 제한하는 연구가 진행되었다(김옥준, 1971; 주승환과 김성재, 1986; 김용준, 1986; 김용준과 김정빈, 1988; 김용준과 이창신, 1988; 홍영국과 이병주, 1989; 김용준 외 1991a, 1994; 나춘기 외, 1994, 1997; Kim and Turek, 1995; 남기상과 조규성, 1995; Cho et al., 1999; 조동룡 외, 2003; Sagong et al., 2005, Cheong et al, 2005). 그러나 여러 번의 전단작용으로 인한 광물의 재결정화 작용이나 주위 암맥들의 관입으로 인한 후기 열수변질 작용으로 인해 암체들의 정확한 절대연령을 측정하는데 어려움이 따르며, 이는 앞에 제시된 연구자들에 의해 보고된 절대연령의 값이 분산되는 것으로 잘 나타난다. 한편 순창화강암과 남원화강암의 관입시기에 대하여 Cluzel et al.(1991)과 Kim and Turek(1995)은 엽리가 발달한 순창화강암은 전단운동 이전에 관입하였으며, 엽리가 미세한 남원화강암은 전단운동 이후에 관입된 것이라고 보고하였다. 그러나 김용준과 이창신(1988), Cho et

al.(1999), Sagong et al.(2003)은 절대연령을 토대로 남원화강암이 순창화강암보다 먼저 관입되었다고 보고하였다.

또한 대강화강암은 김용준 외(1988)에 의해 알칼리 함량이 풍부한 A-type 화강암으로 순창화강암과 남원화강암과는 다른 지구조환경에서 생성되었음을 보고했다. 이렇듯 이 지역에 분포하는 화강암체들의 생성 지구조 환경에 크게 차이가 나는 이유에 대해서도 살펴볼 필요가 있다.

따라서 현재까지 보고된 연대 자료들을 종합 검토하여 각 화강암체들의 관입시기와 호남전단대의 운동시기에 대한 현재까지의 자료를 종합적으로 검토하여 정리할 필요가 있다. 본 연구는 세 암체의 암상과 암석지화학적 자료를 기 보고된 연대 및 지화학 자료와 함께 추가적으로 비교하여 이 세 암체들의 생성환경과 지구조환경 진화를 보다 더 잘 이해하는데 목적을 두고 있다.



II. 지질 개요

본 연구지역의 화강암체들은 영남육괴와 옥천대 경계부근으로 옥천대의 남동 경계부로서 한반도 남서부에 위치하는 주구조선중 하나인 호남 전단대 내의 순창전단대 부근에 위치한다. 선캠브리아 지리산 편마암복합체를 기반암으로 하며, 상부에 시대 미상으로 표시된 변성퇴적암류가 분포한다. 이 변성퇴적암류는 용암산층, 설옥리층, 오음리층, 함탄층, 천운산층 순서로 구성되어 있다. 이들은 연구지역내의 1 : 50,000 지질 도폭에서 북쪽으로는 전주도폭, 진안도폭에서 남쪽으로 갈담도폭, 오수도폭, 순창도폭, 남원도폭, 창평도폭에 연장 분포하며, 연구지역내의 화순탄전 지역의 조사(유익규, 1964)에서 층 명이 채택되었다(박희인, 1966; 홍만섭 외, 1966; 김규봉 외, 1984; 김동학과 이병주, 1984; 손치무와 김수진, 1966). 이 시대미상의 변성퇴적암류들은 평안누층군의 일부에 대비되는 것으로 여겨져 왔으나 이를 확정지을 만한 결정적 근거는 제시되지 못하였다. 그러나 최근에 들어 박수인(1993, 1996)은 화순 지역에서 변성퇴적암내 협재된 석회암에서 코노돈트 연구를 통해 오르도비스기 시대의 화석과 오음리층 내의 석회암에서 석탄기 후기의 화석을 발견하였다. 그 이후 김유봉(2001, 2002)에 의해 설옥리층은 변성퇴적암류가 아닌 전단작용에 의해 형성된 화강편암임을 밝히고 보성지역의 명봉층 대비시켜 함탄층의 시대를 폐름기로 보고하였다. 이렇듯 영남육괴와 옥천변성대내에는 고생대 초에서 고생대 말까지의 변성퇴적암류들이 분포한다. 그리고 그 상부를 중생대 화강암인 대강화강암, 순창 화강암 및 남원 화강암이 관입하고 백악기 퇴적암과 화산암이 피복한다(김용준 외, 1998)(Fig. 1). 연구 대상인 대강화강암, 순창화강암 및 남원화강암의 지질개요는 다음과 같다.

1. 대강화강암

남원군 대강면 일원에 잘 발달되는 암체로 북쪽 오수부근에서 남쪽 남원 서부에 걸쳐 남원도폭의 서쪽을 중심으로 북북동 방향으로 분포한다(김동학과 이병주, 1984). 이 화강암은 시대미상의 변성퇴적암류를 관입하고 있으며 남원 화강암에 의해 관입 당한다. 북쪽으로 오수도폭(김규봉 외, 1984)에서 서쪽으로 순창도폭(박희인, 1966)과 남서쪽으로 창평도폭(손치무와 김수진, 1966), 남쪽으로는 구례도폭(홍승호와 황상구, 1984)에 걸쳐 연장 분포하고 있는 암주상 관입체이다. 이 화강암은 창평 도폭에 ‘편상 화강암’, ‘편마상 화강암’, ‘화강편마암’으로 명명 되었는데 남원도폭에서 ‘대강엽리상화강암’으로 명명되었다. 김규봉 외(1984)는 이 암체의 분포지가 본역의 지질구조를 지배 하는 전단대의 동쪽 경계부에 위치하고 있어 심하게 변형되어 있고, 엽리를 잘 발달시키고 있으며 엽리의 주향이 분포형태와 거의 비슷한 것은 이들이 관입 후에 강력한 전단력을 받아 변형되었음을 나타내는 것이라고 하였다. 그리고 엽리의 발달이 뚜렷하여 전반적으로 화강편마암상을 하고 있으며, 풍화되어 거의 편암의 형태를 보이고 있다(김규봉 외, 1984). 그러나 이들을 엽리상화강암으로 기재한 것은 남원도폭에서는 이 암체의 연장이 전단대를 벗어나면서 화강암상 형태를 가지기 때문이라고 보고하였다(김규봉 외, 1984).

2. 순창화강암

순창을 중심으로 진안 남부에서 광주 동부지역에 걸쳐 분포하는 암체로 1:50,000 순창도폭의 중앙부에 북동-남서 방향으로 분포한다(박희인, 1966). 암체의 동쪽 경계부는 시대미상의 변성퇴적암류를 관입하고 있고 서쪽 경계부는 백악기 퇴적암류에 의해서 덮여있다(박희인, 1966; 홍만섭 외, 1966; 김규봉 외, 1984; 김동학과 이병주, 1984; 손치무와 김수진, 1966). 이 화강암체는 북쪽의 갈담도폭(홍만섭 외, 1966)과 북동쪽의 오수도폭(김규봉 외, 1984)에서 서쪽으로 남원도폭(김동학과 이병주, 1984)을 지나 남쪽으로 창평도폭(손치무와 김수진, 1966)에 걸쳐 긴 대상형의 저반상 관입체이다. 이 암체는 시대미상의 ‘순창편상화강암’이라 명명하고 있다. 김규봉 외(1984)는 이 화강암체에서 발달하는 엽리는 조구조운동에 의한 압쇄엽리로 화강암의 관입시 관입 경계부 근처에 발달하는 것과는 구분된다고 하였다. 그리고 변성퇴적암류와 인접부에서는 엽리가 강하게 발달되며, 단층이나 압쇄대 부근에서도 엽리의 발달은 뚜렷하다. 반면 엽리의 발달이 뚜렷하지 못한 곳도 있는데 이러 한 곳은 조구조 운동을 상대적으로 덜 받았기 때문이라고 하였다(김규봉 외, 1984). 김정빈과 김용준(1984)은 암상을 각섬석흑운모화강섬록암상과 반상화강섬록암상으로 나누고 암체의 북부인 오수 이북지역에는 각섬석흑운모화강섬록암이 우세하고 암체의 남부인 순창부근에는 반상화강섬록암상이 우세하며 후자가 전자를 관입한다고 하였다.

3. 남원화강암

남원시를 중심으로 발달하는 이 암체는 남원도폭 중앙부에서 동쪽으로 흑운모 편마암 및 엽리상화강섬록암을 관입하며, 서쪽으로 대강엽리상화강암과 변성퇴적암류를 각각 관입한다(김동학과 이병주, 1984). 이 화강암은 북쪽으로 오수도폭(김규봉 외, 1984)에서, 남쪽으로 구례도폭(홍승호와 황상구, 1984) 및 동쪽의 운봉도폭(김옥준 외, 1964)에 한하여 분포하는 면적 약 530 Km^2 의 저반체이다(김동학과 이병주, 1984). 남원도폭에서 남원시를 중심으로 분포함에 ‘남원화강암’이라 명명하였다. 김동학과 이병주(1984)는 이 암체에 발달하는 엽리구조는 인접하는 다른 엽리상화강암류들과는 그 성인을 달리 한다고 하였다. 이 암체의 엽리는 암체 연변부에 국한되어 발달하지만, 조구조 운동이나 압쇄작용에 의해 생성된 엽리는 대체로 광물입자들이 신장되거나 파쇄되어 있고 또 재결정화되어 나타난다.(홍세선 외, 1988) 그러나 남원화강암 동쪽 연변부에 발달되어 있는 엽리는 단순히 유색광물만이 엽리방향에 따라 배열되어 있으며 무색광물이 파쇄되어 있지 않은 점으로 보아 화강암의 관입시 암체 연변부를 따라 형성되는 엽리구조라고 생각한다.(홍세선 외, 1988) 즉 순창화강암이나 대강화강암은 조구조 운동에 영향을 받아 압쇄엽리구조를 가지지만 남원화강암의 연변부에 발달하는 엽리는 관입시 발생한 엽리구조로서 조구조 운동에 영향을 받지 않았다는 것이다. 홍세선 외(1988)는 이 화강암체를 동일 마그마의 분화에 의해 생성된 4개의 암상인 각섬석 흑운모화강섬록암, 반상화강섬록암, 흑운모화강섬록암, 복운모화강암으로 구분하였다. 본 연구에서는 남원화강암 분포지 중에서 넓은 부분을 차지하는 흑운모화강섬록암을 대상으로 조사하였다.

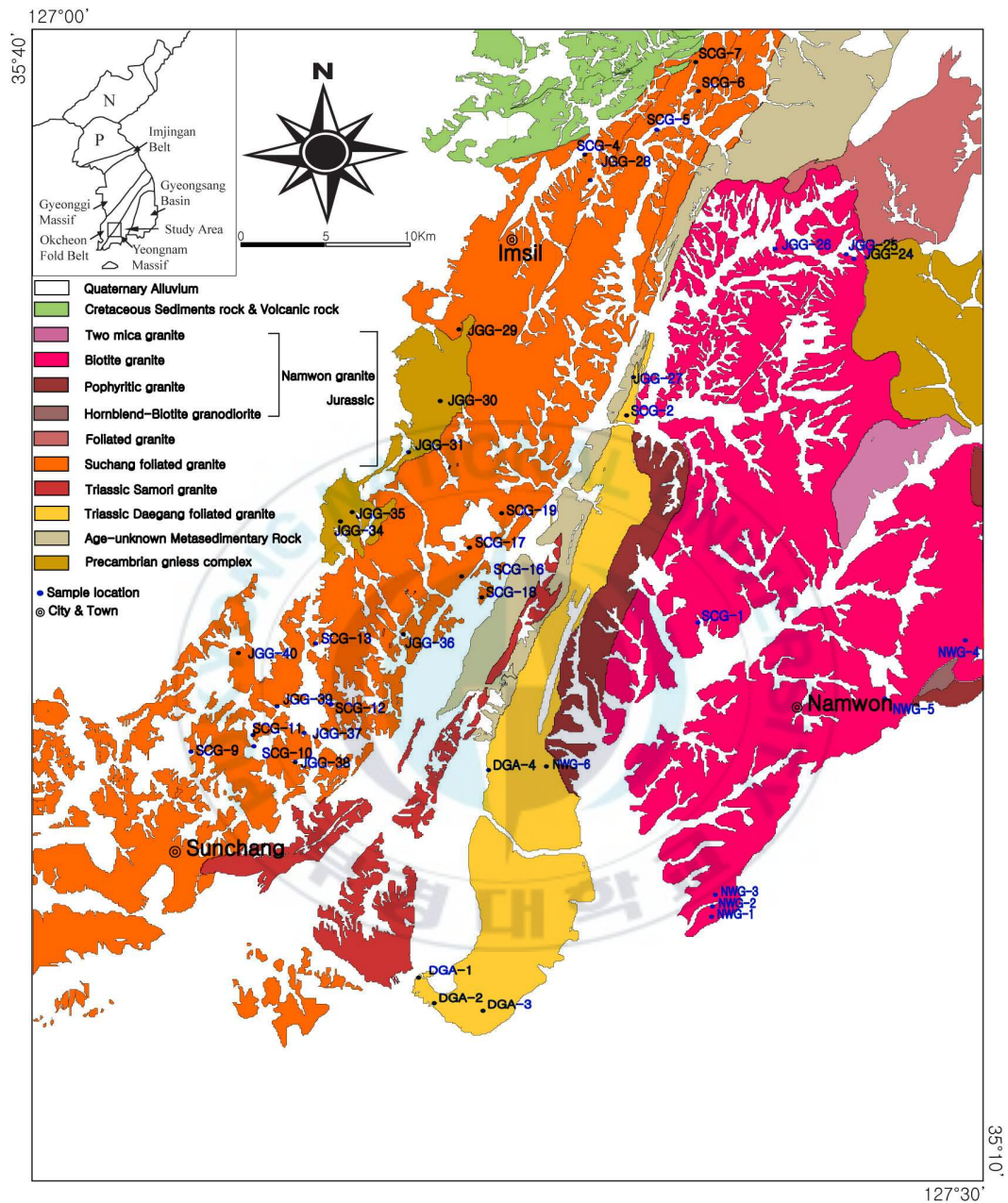


Fig. 1. Geologic map and sample locations of the study area modified from Park(1966), Hong et al.(1966), Son and Kim(1966), Kim et al.(1984), Kim and Lee(1984), Hong and Hwang(1984).

III. 관입연대에 대한 기존 연구

호남전단대 전단대 내에 위치하는 대강화강암, 순창화강암 및 남원화강암 세 암체의 관입연대를 결정하기 위해 많은 연구자들에 의해 연대측정 결과들이 보고되었다. 1:50000 순창도폭(박희인, 1966), 갈담도폭(홍만섭 외, 1966) 및 창평도폭(손치무와 김수진, 1966)에는 대강화강암과 순창화강암은 시대미상의 화강암체로 표시 되어있다. 그 이후 오수도폭(김규봉 외, 1984) 남원도폭(김동학과 이병주, 1984)의 조사자들은 김옥준(1971)의 K-Ar 흑운모 연대측정 결과를 토대로 유라기 중기 이전의 관입체일 것이라고 하였으며, 대강화강암과 순창화강암이 변형을 거의 보이지 않는 남원화강암에 의해 관입 된다고 하였다. 이후 많은 연구자들에 의해 관입시기를 결정하기 위한 추가적인 절대연령측정이 시도 되었다. Rb-Sr 전암 연대측정(주승환과 김성재, 1986; 나춘기 외, 1994, 1997)과 Ar-Ar 흑운모, 백운모 연대(김용준, 1986), K-Ar 흑운모 연대(김옥준, 1971; 김용준과 이창신, 1988) 결과들에 의하면 세 암체가 대강화강암, 순창화강암, 남원화강암의 순서로 트라이아스기에 관입한 것으로 나타난다. 그러나 최근에는 관입연대 결정에 보다 더 신뢰성을 가지는 U-Pb 저어콘 연대(Kim and Turek, 1995; 조등룡 외, 2003)와 CHIME 모나자이트 연대(Cho et al., 1999), U-Pb 스피넬 연대(Sagong et al., 2005)들이 보고되었으며, 그 결과를 종합하면 대강화강암은 트라이아스 후기에 관입되었고, 순창화강암과 남원화강암은 유라기 초에 관입된 것으로 나타났다.

1. 대강화강암

대강화강암에 대한 Rb-Sr 전암연대로 주승환과 김성재(1986)의 228 ± 10 Ma와 나춘기(1994)가 208 ± 7 Ma의 연대를 보고하였다. Kim and Turek(1995)은 212 ± 8 Ma의 U-Pb 저어콘 연대를 보고 하였다. 상대적으로 정밀도가 떨어지고 큰 오차를 가진 자료에 바탕하는 주승환과 김성재(1986)의 자료를 제외하면 나춘기(1994)의 Rb-Sr 연대는 저어콘 U-Pb 연령보다 다소 젊은 연대를 가리키며 이는 연대 측정법 간의 폐쇄온도 차이에 기인하는 것으로 해석된다. 가장 최근에 절대연령 분석 결과 중 일반적으로 가장 높은 신뢰성을 가진 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대 219.6 ± 1.9 Ma의 결과가 조등룡 외(2003)에 의해 보고 되었으며 대강화강암의 관입 연령을 가장 잘 나타내는 것으로 해석된다. 이와 다르게 Cho et al.(1999)은 대강화강암에 대하여 178 ± 2 Ma의 CHIME 모나자이트 연대를 보고하였으며, 이결과는 함께 보고한 순창화강암 및 남원화강암체와 거의 동시기이다. 또한 Cho and Susuki(1999) 역시 대강화강암으로부터 183.4 ± 3.4 Ma의 CHIME 저어콘 연대를 보고하였다. 이와 같이 저어콘 및 모나자이트에 대한 CHIME 연령이 TIMS 나 SHRIMP 에 의한 저어콘 U-Pb 연령에 비해 훨씬 젊게 측정된 이유는 명확하지 않다.

2. 순창 화강암

순창화강암은 뚜렷한 엽리구조를 발달시킬 정도로 변형되어 있으며 분석 방법과 분석광물의 차이에 따라 다양한 연대가 보고되었다. 김옥준(1971)은 K-Ar 흑운모 연대를 159 Ma로 보고하였으며, 김용준(1986, 1988)은 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 백운모 연대 179.2 ± 0.5 Ma, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 흑운모 연대 179.2 ± 0.9 Ma, K/Ar 각섬석 연대 198.7 ± 9.9 Ma 를 보고하였다. K/Ar 및 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 연대측정의 경우 백운모나 흑운모의 폐쇄온도가 낮아 후기의 열 변성작용에 의한 영향을 쉽게 받을 수 있기 때문에 실제 관입 연령보다 더 젊은 연령을 가질 가능성이 크다.

관입연대 추정에 보다 신뢰성을 가질 수 있는 Rb-Sr 전암 연대가 주승환과 김성재(1986)에 의해 222 ± 5 Ma로 보고되었으나 주승환과 김성재(1986)의 절대연령 측정은 정밀도가 떨어지는 동위원소 분석 자료에 근거하며 표준물질의 분석값과 분석절차 등에 대한 자료제시가 미비하여 신뢰도 평가가 곤란하다. 나춘기 외(1997)는 보다 정밀한 동위원소 분석 자료를 바탕으로 순창화강암이 Rb-Sr 전암 연대가 152 ± 17 Ma와 178 ± 16 Ma인 동쪽과 서쪽의 두 암체로 구분된다고 보고하였다. 즉 순창화강암이 서로 다른 시기에 관입한 2개의 암체로 구성되어 있을 수도 있다는 점을 시사하고 있다(권성택과 이진한, 1997). 나춘기 외(1997)에 의하면 녹니석이나 견운모 등 열수변질 광물들이 다량 존재하고 있다는 사실로 보아 후기 열수변질작용에 의해 심하게 영향을 받았을 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 전암과 광물의 Rb-Sr 등시선이 거의 일치하는 경향을 보이고 있다. 이는 광물적 차원뿐만 아니라 전암적 차원에서도 Rb-Sr계가 교란되었음을 나타내 주고 있어 순창화강암체에서 얻은 Rb-Sr 전암 연대는 후기 화성활동의 영향으로 재평형화된 연령임을 입증하고 있다. 최근 Cheong et al.(2005)는 Rb-Sr 흑운모 연대 162 ± 11 Ma를 통해 관입연령을 추정 하는게 아니라 호남전단대의 연성 전단 운동에 의한 변형시기를 추정하는데 이용했다.

Kim and Turek(1995)은 U-Pb 저어콘 연대를 183 ± 8 Ma로 보고하였다. Cho et

al.(1999)은 CHIME 모나자이트 연대를 178.5 ± 2 Ma로 보고하고 있으며, Sagong et al.(2005)은 U-Pb 스피넬 연대를 175 ± 1.9 Ma로 보고하였다. 이러한 연대 자료들을 종합하면 순창화강암은 약 175~180 Ma의 정치 연대를 갖는 것으로 해석된다.



3. 남원화강암

남원화강암체는 기존의 보고된 연대를 서로 비교하기가 쉽지 않다. 남원화강암이 네 개의 심성암체인 각섬석 흑운모 화강섬록암, 반상 화강암, 흑운모 화강암, 복운모 화강암으로 이루어져 있기 때문이다(홍세선 외, 1988). 암체 별로 보고된 연대를 먼저 남원화강암체에서 가장 오래 되었다고 생각하는 각섬석흑운모화강섬록암(홍세선 외, 1988)에 대해서는 김용준과 이창신(1988)이 203.3 ± 10 Ma의 K-Ar 각섬석 연대를 보고하였으며, 그 이후 Kim and Turek(1995)이 176 ± 2.8 Ma의 U-Pb 저어콘 연대를 보고하였다. 가장 최근에 Sagong et al.(2005)는 183.1 ± 1.6 Ma의 U-Pb 스핀 연대를 보고하였으며, Kim and Turek(1995)의 저어콘 연대측정 결과와 일치하지 않는 이유는 단지 3 자료점에 근거한 불일치선(discordia)의 잘못된 책정에 근거한다고 에서 기술하였다.

남원화강암체에서 가장 넓은 분포를 보이는 흑운모화강섬록암을 대상으로는 Rb-Sr 전암 연대 211 ± 3 Ma(주승환과 김성재, 1986)와, Rb-Sr 흑운모 연대 $154 \sim 170$ Ma(나춘기 외, 1994)가 보고되었다. 앞에서도 말했듯이 주승환과 김성재(1986)의 분석절차 등의 자료제시가 미비하여 신뢰도 평가가 곤란하다. 나춘기 외(1994)의 흑운모화강암체의 전암 자료 역시 등시선을 잘 형성하지 않고 분산되어 분명한 연대를 얻을 수 없다. 따라서 Rb-Sr 법에 의해 보고된 흑운모 화강암의 연대는 분명하게 정치 연령을 지시하지 않는다(권성택과 이진한, 1997). 그 이후 Cho et al.(1999)은 CHIME 모나자이트 연대를 180 ± 3 Ma로 보고 하였다.

남원화강암체에서 가장 나중에 관입한 복운모화강암을 대상으로 나춘기 외(1994)는 Rb-Sr 흑운모 연대를 $152 \sim 168$ Ma, 백운모 연대를 $161 \sim 171$ Ma를 보고하였다. 권성택과 이진한(1997)은 위의 흑운모 화강암의 흑운모 연대인 $154 \sim 170$ Ma와 복운모 화강암의 흑운모 연대인 $152 \sim 168$ Ma 가 유사한 것으

로 보아 두 암체의 관입시기는 유사하다고 해석하였다. 그 이후 Cho et al. (1999)은 CHIME 모나자이트 연대를 180 ± 10 Ma로 보고하였다.

이상의 자료를 종합하여 가장 신뢰도가 높은 자료를 정리하면 각섬석흑운모 화강섬록암은 Kim and Turek(1995)의 U-Pb 저어콘 연대 176 ± 2.8 Ma와 Cho et al.(1999)의 CHIME 모나자이트 연대 180 ± 6 Ma 및 Sagong et al.(2005)의 U-Pb 스피넬 연대 183.1 ± 1.6 Ma로 측정되었으며, 가장 넓은 분포를 보이는 흑운모화강섬록암의 CHIME 모나자이트 연대는 180 ± 3 Ma(Cho et al., 1999), 가장 후기로 알려진 복운모화강암의 CHIME 모나자이트 연대 183.3 ± 9.5 Ma(Cho et al., 1999)로 보고되었다. 따라서 남원화강암은 암상에 따라 큰 차이를 보이지 않고 약 180 Ma의 전후시기에 정지한 것으로 해석된다.

한편 반상화강암을 대상으로 김용준(1986)은 반상화강암내 발달하는 압쇄대에서 추출된 각섬석 Ar-Ar 연대를 190.5 ± 1.5 Ma와 195.5 ± 2.4 Ma로 보고하였다. 그 이후 Cho et al.(1999)은 CHIME 모나자이트 연대를 180 ± 6 Ma로 보고하였다. Cho et al.(1999)의 연대는 남원화강암의 다른 암상들과 유사한 값을 나타내며 반상 화강암 역시 거의 동시기에 관입한 것으로 해석 할 수 있다. 그러나 김용준(1986)이 보고한 190~196 Ma의 연대는 북동쪽에 분포하는 함양-장수 지역의 엽리상 화강암과 매우 비슷한 연대(박계현 외, 2005, 2006)이며, 반상화강암이 함양지역 화강암체의 연장부에 해당할 가능성을 배제 할 수 없다.

Table 1. Data of the Rb-Sr, Ar-Ar, K-Ar, U-Pb and CHIME ages of the granitoids in study area

Rock name	Area or Rock type	Age*(Ma) Initial ratio	Geologic period	Reference
Daegang granite	Southwestern part of Namwon	Rb-Sr WR 228±5 Ma	Triassic	Choo and Kim(1986)
	Dundog-ri	CHIME monazite 178±2 Ma	Jurassic	Cho et al.(1999)
	Dunnam-myon	CHIME zircon 183.4±3.4 Ma	Jurassic	Cho and Susuki (1999)
	Southwestern part of Namwon	U-Pb zircon 212±8 Ma	Triassic	Kim and Turek(1995)
		SHRIMP U-Pb zircon 219.6±1.9 Ma	Triassic	Cho et al.(2003)
Sunchang granite	Vicinity of Osu	K-Ar biotite 159 Ma	Jurassic	Kim(1971)
	Western of part Jangsu	K-Ar hornblende 198.7±9.9 Ma	Jurassic	Kim and Lee(1988)
	Western part of Jangsu	Ar/Ar muscovite 179.2±0.5 Ma	Jurassic	Kim(1986)
		Ar/Ar botite 179.2±0.9 Ma	Jurassic	Kim(1986)
	Northeastern part of Damyang	Rb-Sr WR 222±5 Ma	Triassic	Choo and Kim(1986)
	Vicinity of Sunchang	0.7163±0.0002		
		Rb-Sr WR 178±16 Ma	Jurassic	Na et al.(1997)
		0.7163		
	Vicinity of Osu	Rb-Sr biotite 162±11 Ma	Jurassic	Cheong et al.(2005)
		0.7143±0.0012		
	Vicinity tooman-ri	CHIME monazite 179±2.0 Ma	Jurassic	Cho et al.(1999)
	Osu-myon	U-Pb zircon 183±8 Ma	Jurassic	Kim and Turek(1995)
	Vicinity of Sunchang	U-Pb sphen 174.9±1.9 Ma	Jurassic	Sagong et al.(2005)
Namwon granite	Namwon hornblend biotite granodiorite	K-Ar hornblende 203±10 Ma	Jurassic	Kim and Lee(1988)
		U-Pb zircon 176±2.8 Ma	Jurassic	Kim and Turek(1995)
		U-Pb sphene 183.1±1.6 Ma	Jurassic	Sagong et al.(2005)
	Namwon porphyritic granite	Ar-Ar hornblend 190.5±1.5 Ma	Jurassic	Kim(1986)
		CHIME monazite 181±6Ma	Jurassic	Cho et al.(1999)
	Namwon biotite granite	Rb-Sr WR 211±3 Ma	Triassic	Choo and Kim(1986)
		0.7186±0.0004		
		Rb-Sr biotite 154~170 Ma	Jurassic	Na et al.(1994)
		CHIME monazite 180±3 Ma	Jurassic	Cho et al.(1999)
	Namwon two mica grnite	Rb-Sr biotite 152~168 Ma	Jurassic	Na et al.(1994)
		Rb-Sr muscovite 161~171 Ma	Jurassic	Na et al.(1994)
		CHIME monazite 180±10 Ma	Jurassic	Cho et al.(1999)

IV. 암석기재

1. 시료채취

1: 25,000 지형도를 기본으로 대강화강암, 순창화강암, 남원화강암의 지질조사 및 시료 채취가 이루어졌다. 대강화강암을 대상으로 5개의 시료를 채취했고, 순창화강암을 대상으로 25개 시료를 채취했으며, 그리고 남원화강암을 대상으로 7개의 시료를 채취했다.

대강화강암체로부터 채취된 시료(DGA 1~3)들은 대강화강암체의 남서쪽에 해당하며 1:50,000 창평도폭(손치무와 김수진, 1966)에 화강암질 편마암으로 표시되어 있는 암석이다. DGA-4는 대강화강암체의 중앙부에 해당하며, 순창도폭에 화강암질편마암으로 표시되어 있는 암석이다. 그리고 SCG 2는 대강화강암체의 북쪽에 해당하며 오수도폭(김규봉 외, 1984)에 대강엽리상화강암으로 표시된 암석이다.

순창화강암체로부터 채취된 시료(SCG 3~19, JGG 29, JGG 36~40)들은 1:50,000 갈담도폭(홍만섭 외, 1966), 오수도폭(김규봉 외, 1984), 순창도폭(박희인, 1966), 남원도폭(김동학과 이병주, 1984)에 순창편상화강암으로 표시된 암석이다. JGG(30~35)들은 갈담도폭과 순창도폭에 화강암질편마암을 표시된 암석이다.

남원화강암체로부터 채취된 7개의 시료들은 1:50,000 남원도폭(김동학과 이병주, 1984)에 남원화강암으로 표시된 암석으로 남원화강암체에 가장 넓게 분포하는 흑운모 화강섬록암에 해당하는 암석이다.

연구 지역에 분포하는 대강화강암, 순창화강암, 남원화강암을 대상으로 육안적 특징과 현미경하에서 관찰되는 광물의 특징과 조직에 대해 조사하였으며, IUGS 분류방법(Streckeisen, 1976)으로 암석명을 분류하였다.

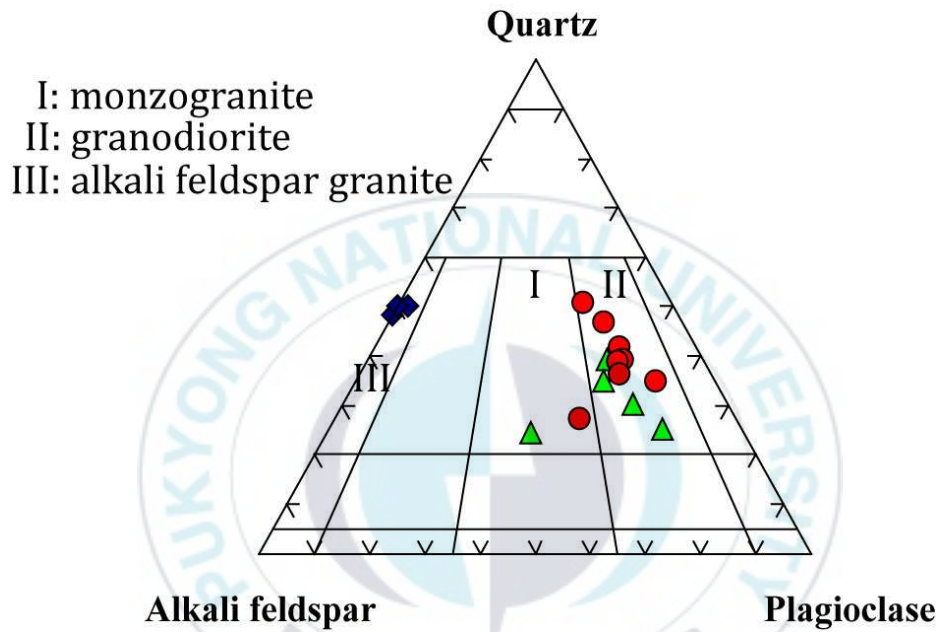


Fig. 2. QAP diagram of the granitoids in study area. Daegang granites: solid diamonds, Sunchang granites: solid circles, Namwon granites: solid triangles.

2. 대강화강암

암색은 담회색으로 대체적으로 조립질을 띠지만 부분적으로 압쇄암화 된 곳에서는 세립질화 되어 있으며, 유색광물에 의해 엽리가 발달하는 엽리상화강암이다. 암상이 조립질인 곳에서는 알칼리장석 반정의 크기도 비교적 크고 유색광물의 양이 적으나, 압쇄암화가 심하고 세립질인 곳에서는 반정이 작은 반면 유색광물은 증가한다. Fig. 3은 대강화강암의 노두사진과 대표적인 암상을 나타내는 시료들로서 (a)와 (c)는 대강암체의 남쪽지역에서 채취한 시료이고 (b)는 대강화강암의 중앙부의 서쪽 연변부에서 채취한 시료이다. 육안으로 관찰 할때 (a)가 대강화강암의 일반적인 암상이며, (c)는 (a)와 인접해 있지만 알칼리장석 반정에 의해 짙은 분홍색을 띠는 것으로 보아 주변의 페그마타이트나 열수광물의 주입이나 다른 원인 등으로 인해 알칼리 장석 반정이 생성되는 메커니즘을 제공 하였을 것이라고 생각된다.(Fig. 3) 그리고 (b)는 (a)와 거의 유사한 암상을 가지고 있으나 전단대 근처에 위치하고 있어 전단작용에 의한 엽리가 많이 발달된 것을 볼 수 있다(Fig. 3).

Fig. 4는 대강화강암의 현미경하에서 관찰되는 특징을 보여준다. 주구성광물은 알칼리장석, 석영, 흑운모, 각섬석으로 부구성광물은 사장석, 인회석, 저어콘, 불투명광물로 구성된다. 알칼리장석은 1~2mm 정도로 장석의 대부분을 차지하며, 사장석(albite)이 용리되어 평행한 연정을 이루는 퍼싸이트 중에서 용리된 사장석이 거의 알칼리장석과 같은 양으로 섞인 메소퍼싸이트(meso-perthite)로 나타난다. 석영은 파쇄되거나 재결정화 작용을 받아 아입자(sub-grain)화 되어있고 파동소광을 하며 엽리에 평행하여 신장되어 있다. 유색광물은 주로 흑운모가 대부분을 차지하며 크기는 1~2 mm의 타형으로 각섬석과 연정을 이루며 엽리방향으로 길게 신장되어 나타나는 전형적인 압쇄조직을 보인다. (a)와(c)는 암석의 대부분을 차지하는 메소퍼싸이트(meso-perthite)와 재결정화

되어 입자가 아입자화 된 석영의 형태를 잘 보여준다. 그리고 (e)는 대강화강암이 조구조 운동이나 전단작용으로 신장된 흑운모와 이차적인 변질로 재결정화 되어 생성된 녹염석과 석영이 전체적인 엽리방향이 이루는 방향에 지배되는 것을 보여준다. 모드분석 결과 알칼리 장석 화강암 조성을 가진다(Fig. 2).



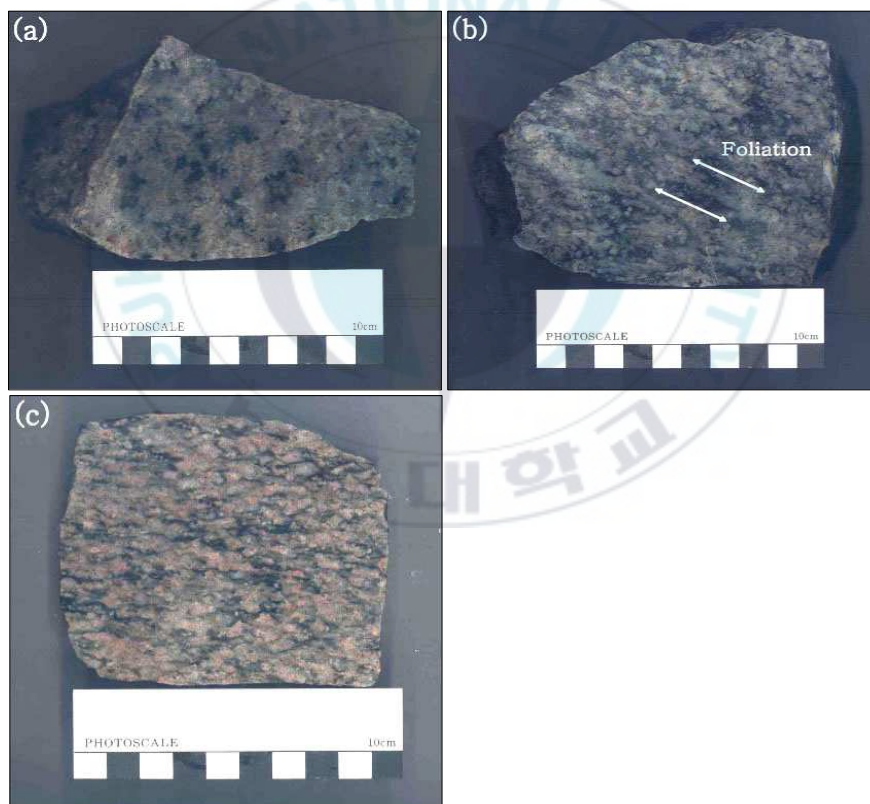
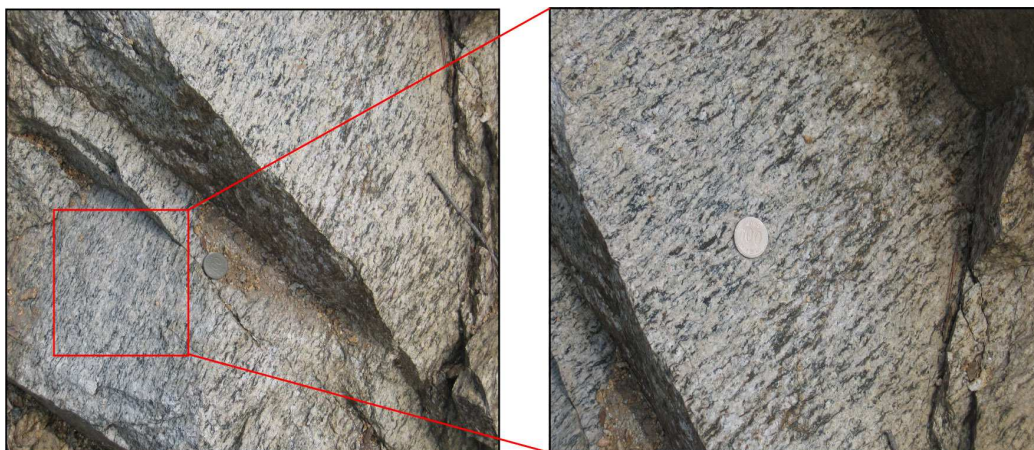


Fig. 3. Photographs of the Daegang granites in study area.

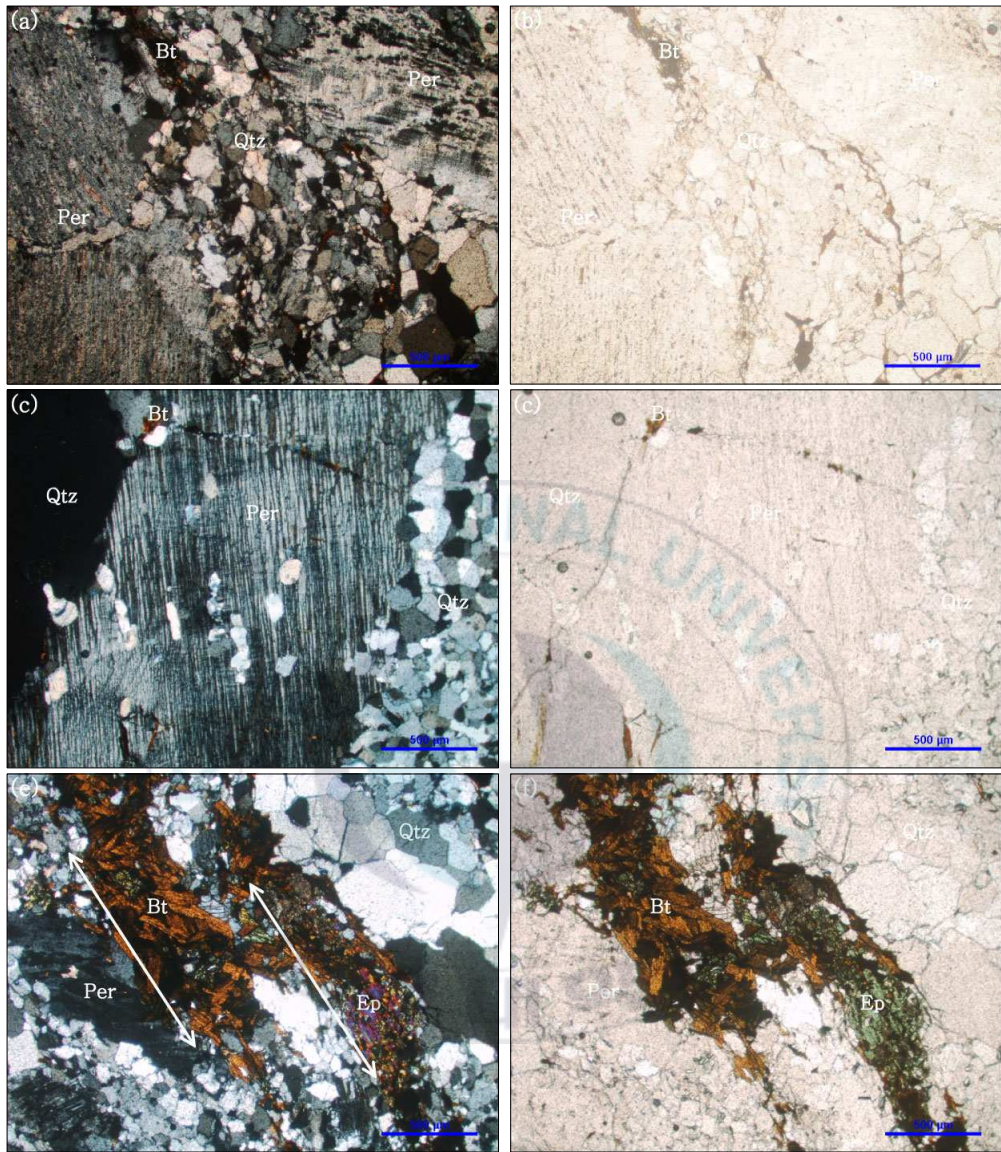


Fig. 4. Photomicrographs of the Daegang granites in study area. (a),(c): Photomicrographs showing mesoperthite and sub-grain quartz. (e): Photomicrographs showing foliation. Qtz: quartz, Per: Perthite, Bt: biotite, Ep: epidote. (a,c,e), open nicols; (b,d,f), cross nicols.

3. 순창화강암

암색은 암회색으로 비교적 어두운색의 암석으로써 중·조립질의 유색광물의 배열에 의해 뚜렷한 엽리를 보이는 엽리상 화강암이다. Fig. 5는 순창화강암의 노두사진과 대표적인 암상을 나타내는 시료들으로써 (a),(b)는 순천 부근의 즉 순창암체의 동쪽 지역, (c),(d)는 순창암체의 서쪽 지역에서 채취한 암석시료이다. 그리고 (e),(f)는 오수 북쪽에 분포하는 즉 순창암체의 북쪽에 분포하는 암석시료이다. 김정빈과 김용준(1984)은 오수 이북지역인 순창암체 북쪽은 각섬석흑운모화강섬록암상이 대부분을 차지하고 순창부근인 순창암체 남쪽은 반상화강섬록암상이 대부분을 차지한다고 하였다. 그러나 육안으로 관찰되는 암상의 특징들은 각섬석의 유무의 차이점은 가지지만 지역별로 명확히 구분되어 있지 않는 유사한 암상을 가진다.

Fig. 6은 순창화강암의 현미경하에서 관찰되는 특징을 보여준다. 주구성광물은 사장석, 석영, 알칼리장석, 흑운모이며 부구성광물로는 녹염석, 녹니석, 스피인, 인회석, 백운모, 각섬석 및 불투명광물로 구성된다. 사장석과 미사장석이 반정으로 나타나며, 사장석은 1~3 mm로 알바이트(albite)쌍정을 이루며 대부분 건운모화 되어 있고 미르메카이트(myrmekite) 조직이 나타난다. 알칼리장석은 주로 1~5 mm의 미사장석으로 나타나며, 반정 내에 미립의 유색광물과 사장석이 포함된 포이킬리틱(poikilitic) 조직을 이룬다. 석영은 파쇄되거나 재결정화 작용으로 아입자(sub-grain)화 되어 있고 엽리방향에 평행하게 신장되어 있다. 유색광물은 흑운모가 대부분을 차지하며, 크기는 1~2 mm로 거의 타형으로 엽리방향에 평행하게 신장된 전형적인 압쇄조직을 보이며 이차적인 변질로 인해 대부분 녹염석이나 녹니석화 되어있다. (a)와 (g)는 순창화강암의 주구성광물인 사장석, 석영, 미사장석, 흑운모와 부구성광물인 녹염석, 녹니석, 인회석, 스피인이 잘 나타난다. 그리고 (c)는 조구조운동이나 전단작용으로 유색

광물이 신장되어 전체적인 엮리방향이 이루는 방향에 지배되어 지는 것을 보여준다. 끝으로 (e)는 미사장석 반정 안에 녹니석, 녹염석등 유색광물과 사장석을 포획하는 포이킬리틱 조직을 보여준다. 순창화강암의 모드분석 결과 화강암~화강섬록암 조성을 가진다(Fig. 2).



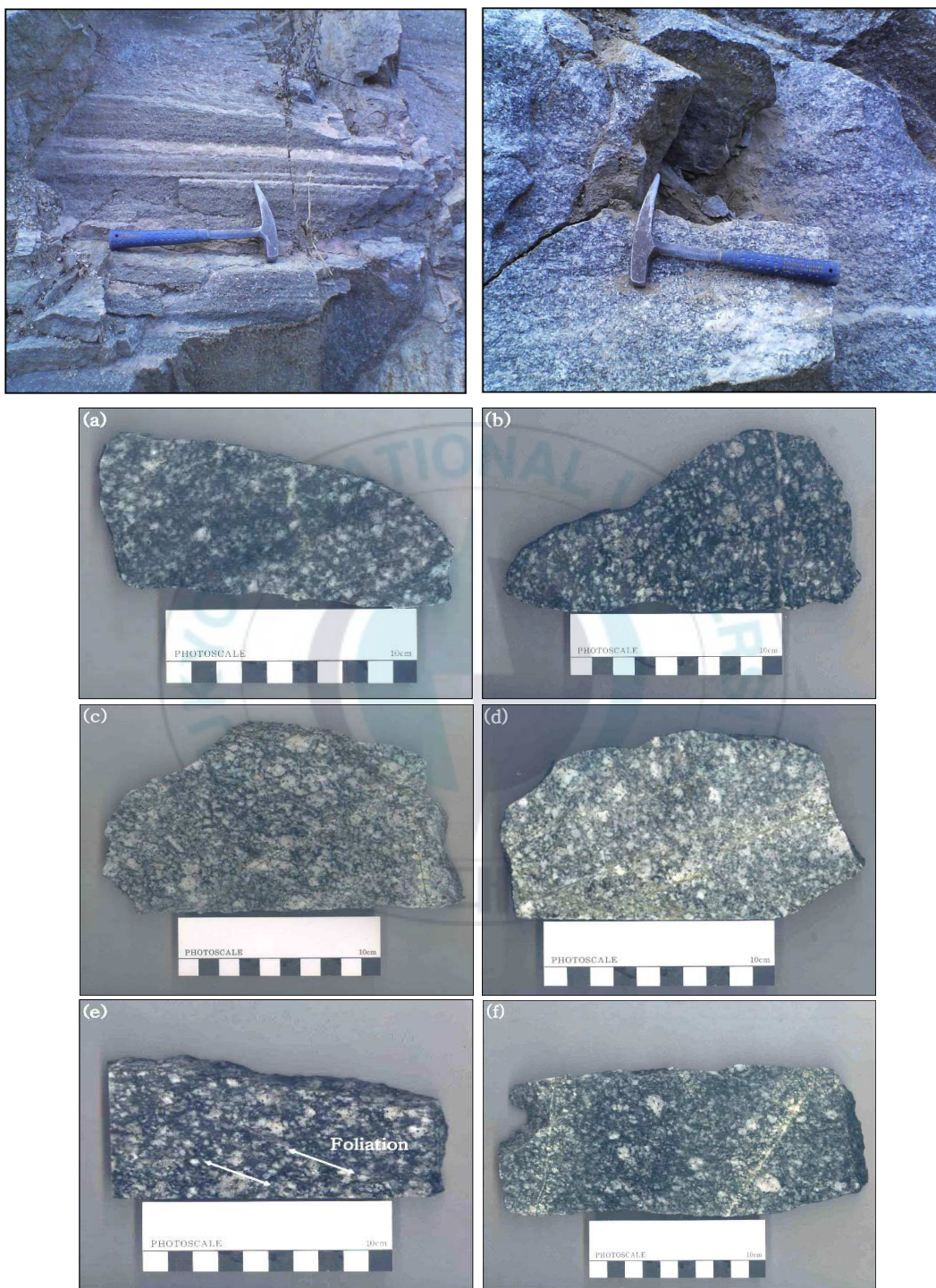


Fig. 5. Photographs of the Sunchang granites in study area.

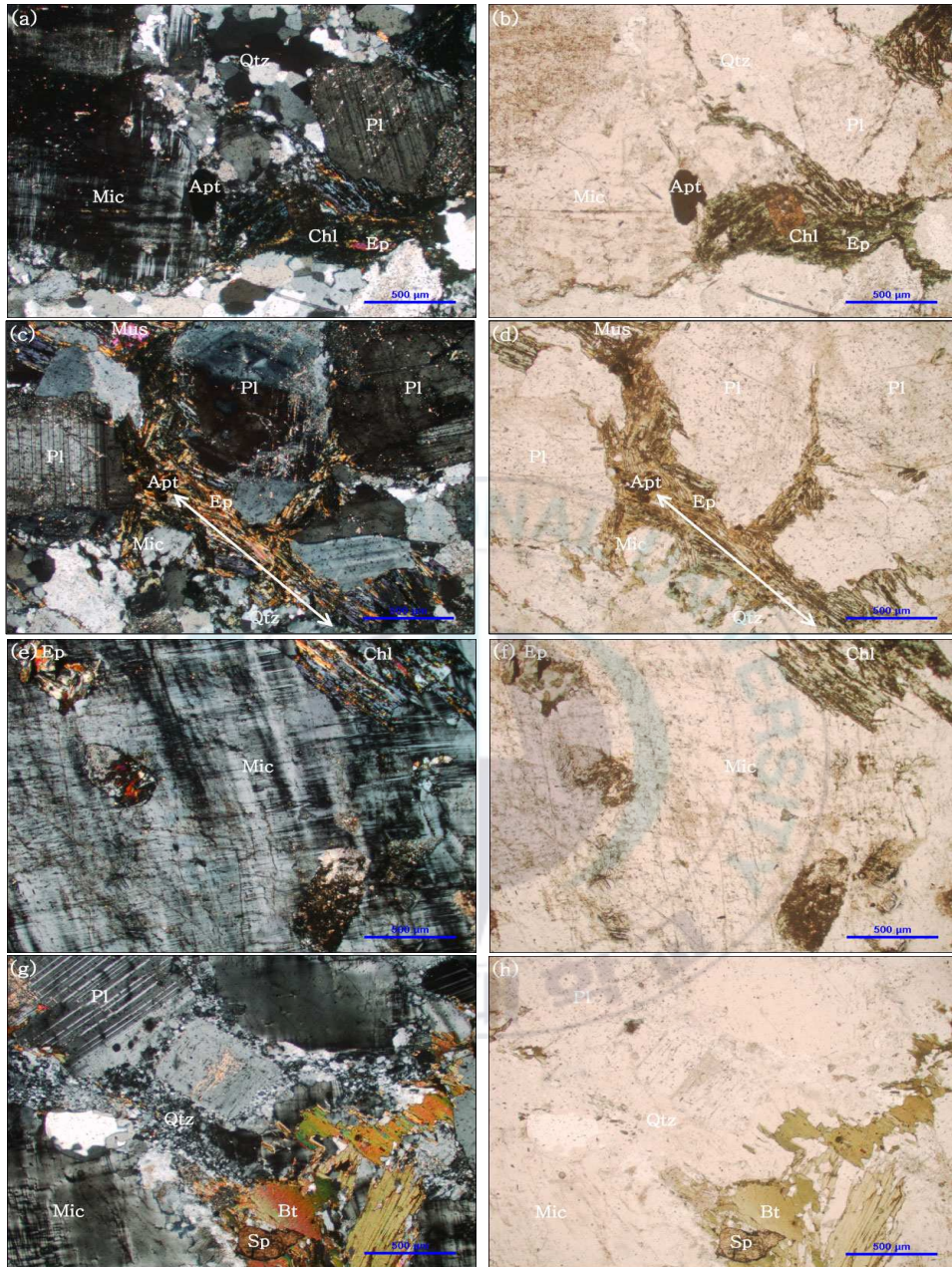


Fig. 6. Photomicrographs of the Sunchang granites in study area. (c): Photomicrographs showing foliation. (e): Photomicrographs poikilitic texture. (g): Photomicrographs showing sub-grain quartz. Qtz: quartz, Pl: plagioclase, Mic: microcline, Chl: chlorite, Apt: apatite, Mus: muscovite, Bt: biotite, Ep: epidote, Sp: spene (a,c,e,g), open nicols; (b,d,f,h), cross nicols.

4. 남원화강암

연구암체는 남원화강암체중 가장 넓은 분포를 가지는 흑운모화강섬록암으로써 암색은 회백색으로 비교적 밝은 색을 띠며, 간혹 분홍색의 알칼리 장석 반정을 포함하고 있어 분홍색을 띠기도 하는 중·조립질의 화강암이다. 전체적으로 엽리의 발달은 보이지 않으나 홍세선 외(1988)는 남원화강암체 동쪽 연변부에 국부적으로 발달하는 엽리는 발달방향은 비슷하지만 지구조운동에 의해 생성된 대강화강암과 순창화강암의 엽리와는 생성 성인이 다르다고 하였다. Fig. 7은 남원화강암체 중 흑운모화강섬록암의 노두사진과 대표적인 암상을 이루는 시료들으로써 (a)(b)(c)는 흑운모화강섬록암체 남쪽에서 채취한 표품이고 (d)(e)는 흑운모화강암체 동쪽에서 채취한 표품이다. 전체적으로 유사한 암상을 가지지만 앞의 대강화강암과 마찬가지로 알칼리 장석 반정으로 인해 일부 표품(a,b)가 분홍색을 띤다. (a)(b)와 (c)는 거의 인접한 지역에 위치하고 있는 표품인데 알칼리 장석 반정의 유무에 의해 암상의 차이가 생긴다. 이는 앞의 대강화강암의 경우와 같이 주변의 페그마타이트나 이와 유사한 열수암맥으로 인한 열수광물의 주입이나 다른 원인 등으로 인해 알칼리 장석 반정이 생성되는 메커니즘을 제공하였을 것이라고 생각된다. 그 증거로 (a)에 페그마타이트가 관찰된다.

Fig. 8은 남원화강암의 현미경하에서 관찰되는 특징을 보여준다. 주구성광물은 사장석, 석영, 알칼리장석, 흑운모이며 부구성광물은 백운모, 녹염석, 스피넬, 인회석, 저어콘, 각섬석 등으로 구성된다. 사장석은 간혹 자형으로 산출되며 누대구조와 알바이트(albite) 쌍정을 보이고 부분적으로 견운모화 되어 있으며 미르메카이트(myrmekite) 조각이 나타난다. 석영은 1~5 mm로 파동소광을 보이며, 대강화강암과 순창화강암과는 달리 재결정화로 인해 아입자(sub-grain)화 되어 있지 않다. 알칼리장석은 1~6 mm로 퍼싸이트와 미사장석 반정으로 나타나며, 퍼싸이트 반정 내에 미립의 유색광물과 사장석이 포함된 포이킬리틱

(poikilitic)조직을 이룬다. 유색광물은 주로 흑운모가 대부분을 차지하며, 1~3 mm로 자형에서 반자형으로 산출된다. (a)는 사장석 주위를 석영이 벌레가 갉아 먹은 모양으로 교대하는 미르메카이트 조직과 반자형의 흑운모를 보여준다. 그리고 (c)는 대강화강암과 순창화강암과 달리 퍼싸이트 반정안에 유색광물과 사장석이 포획된 포이킬리틱 조직을 보여준다. 끝으로 (e)는 재결정화 되지 않은 석영결정을 잘 보여준다. 모드분석 결과 화강암~화강섬록암 조성을 가진다 (Fig. 2).



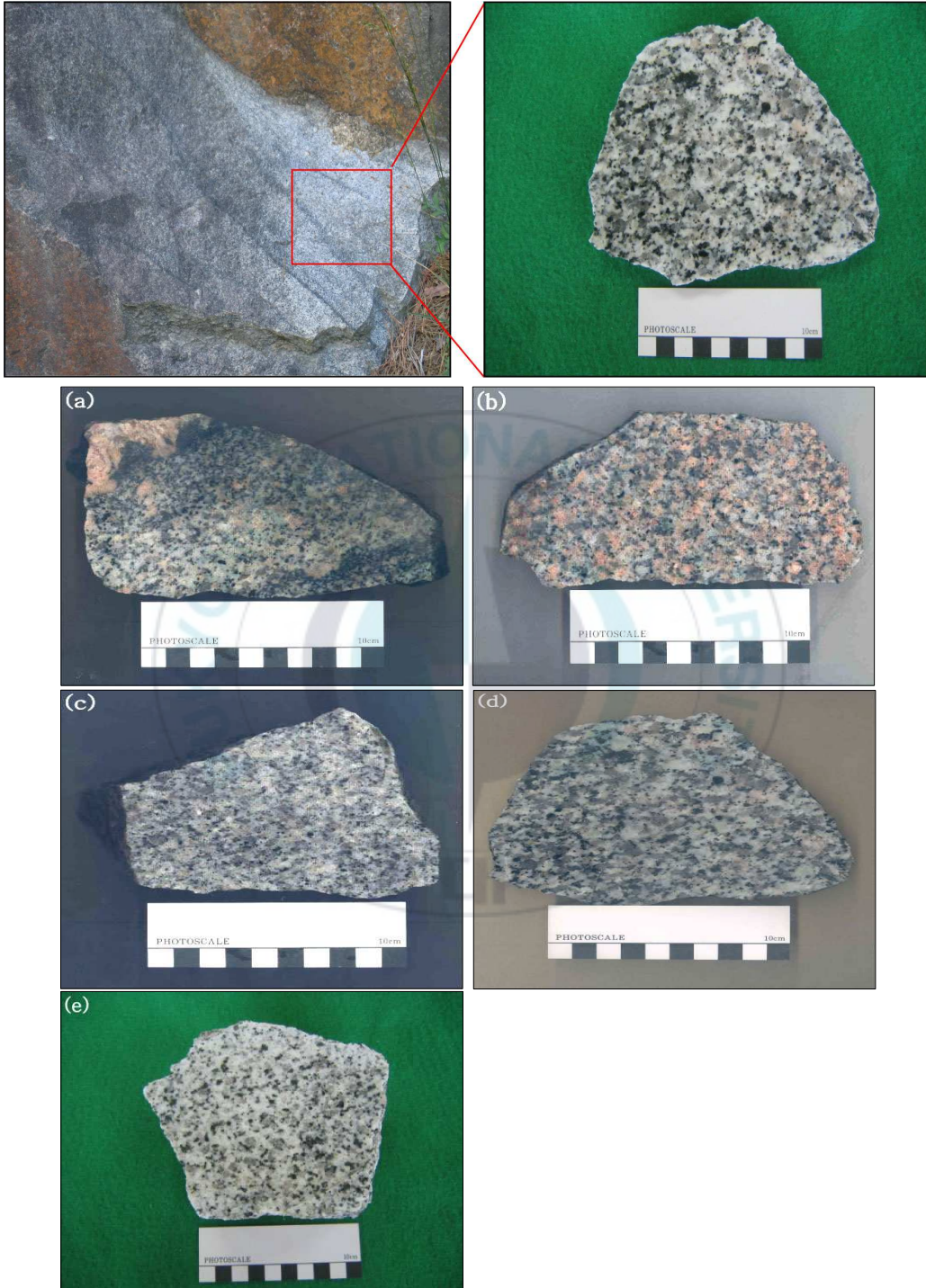


Fig. 7. Photographs of the Namwon granites in study area.

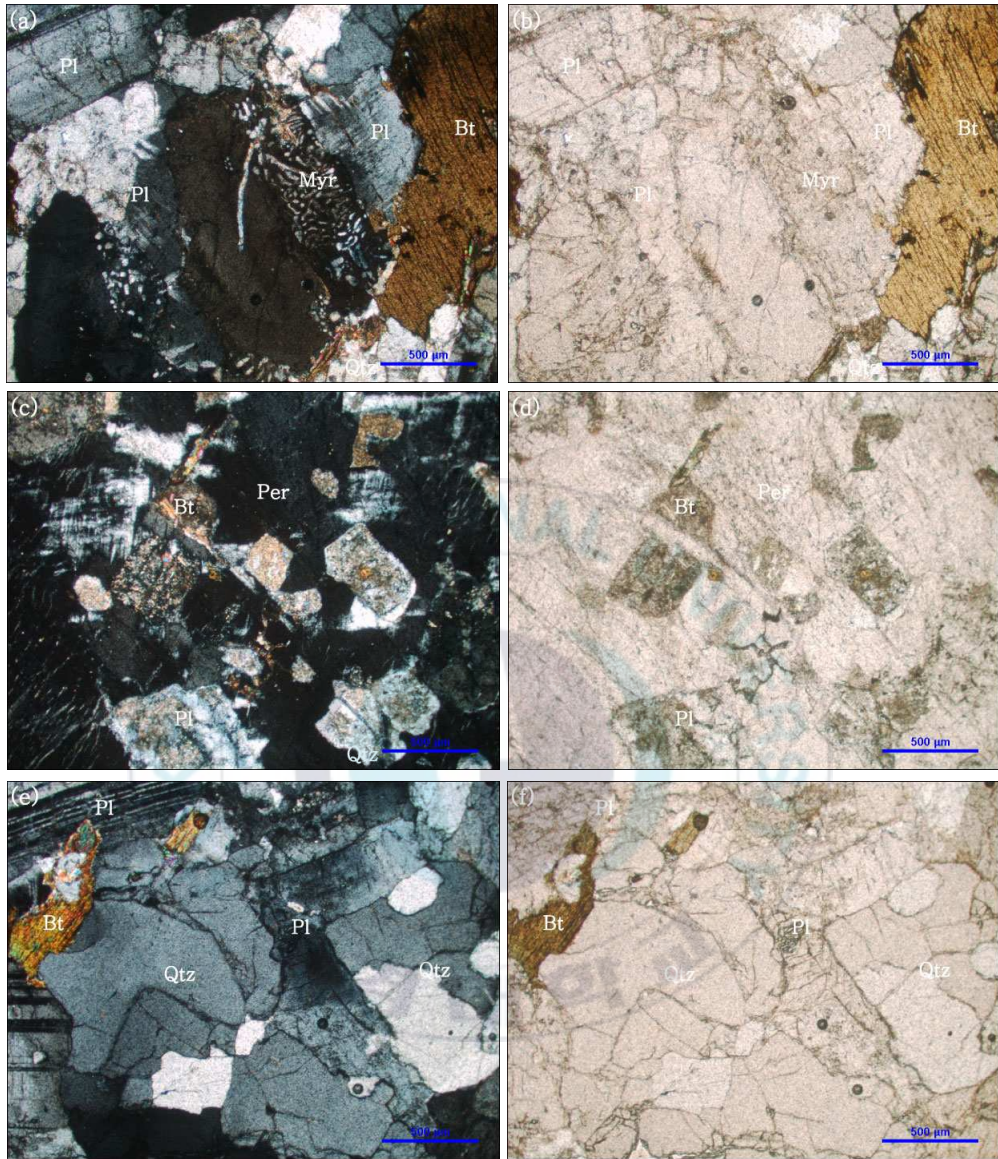


Fig. 8. Photomicrographs of the Namwon granites in study area. (a): Photomicrographs showing myrmekite. (c): Photomicrographs poi-kilitic texture. (e): Photomicrographs showing quartz crystal. Qtz: quartz, Pl: plagioclase, Myr: myrmekite, Per Perthite, Bt: biotite. (a,c,e,g), open nicols; (b,d,f,h), cross nicols.

V. 지구화학

연구 대상지역의 암체인 순창, 남원, 대강화강암의 화학적특성과 조구조적 위치, 성인을 밝히기 위해 채취한 시료중 신선한 46개의 시료를 선택하여 화학분석을 실시하였다. 주원소 분석은 부경대학교 공동실험실습관에서 Shimadzu (Japan)의 XRF-1700 X선형광분석기(XRF : X-ray Fluorescenc Spectrometer)를 이용하여 분석하였다. 그리고 미량원소와 희토류 원소의 분석은 한국기초과학지원연구원 대전본소의 Thermo Elemental사의 X5 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS : Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)로 분석을 하였다. 그리고 연구 지역을 대상으로 기존에 발표된 분석자료(홍세선 외, 1988; 홍국영과 이병주, 1989; 남기상과 조규성, 1995; 나춘기 외, 1997; 김용준 외, 1998)를 같이 첨부하여 비교하였다.

1. 주원소

주원소 분석에 의한 SiO_2 (wt%)함량은 대강화강암은 68.61~78.01 wt% 의 범위의 모두 산성암에 속한다. 순창화강암은 61.28~71.32 wt% 로 중성암에서 산성암까지의 범위에 속한다. 남원화강암은 64.85~79.89 wt% 범위로 일부암체가 중성암에 속하지만 거의 대부분 산성암에 속함을 알 수 있다.(Fig. 9) 세 암체 모두 비슷한 변화폭을 가지는 비교적 균질한 암체로써 육안으로 볼때 순창화강암체가 가장 어두운 색을 띠며, 대강화강암과 남원화강암은 비교적 밝은 색을 띤다.

가. TAS 도형에 의한 암석 분류

총알칼리-실리카(TAS : Total alkalis - silica) 도형에 의한 마그마 계열을 나타내었다. 세 암체의 암석계열을 TAS 도형에서 살펴보면, 대강화강암의 DG21E를 제외하고 세 암체 모두 비알칼리 계열에 속한다.



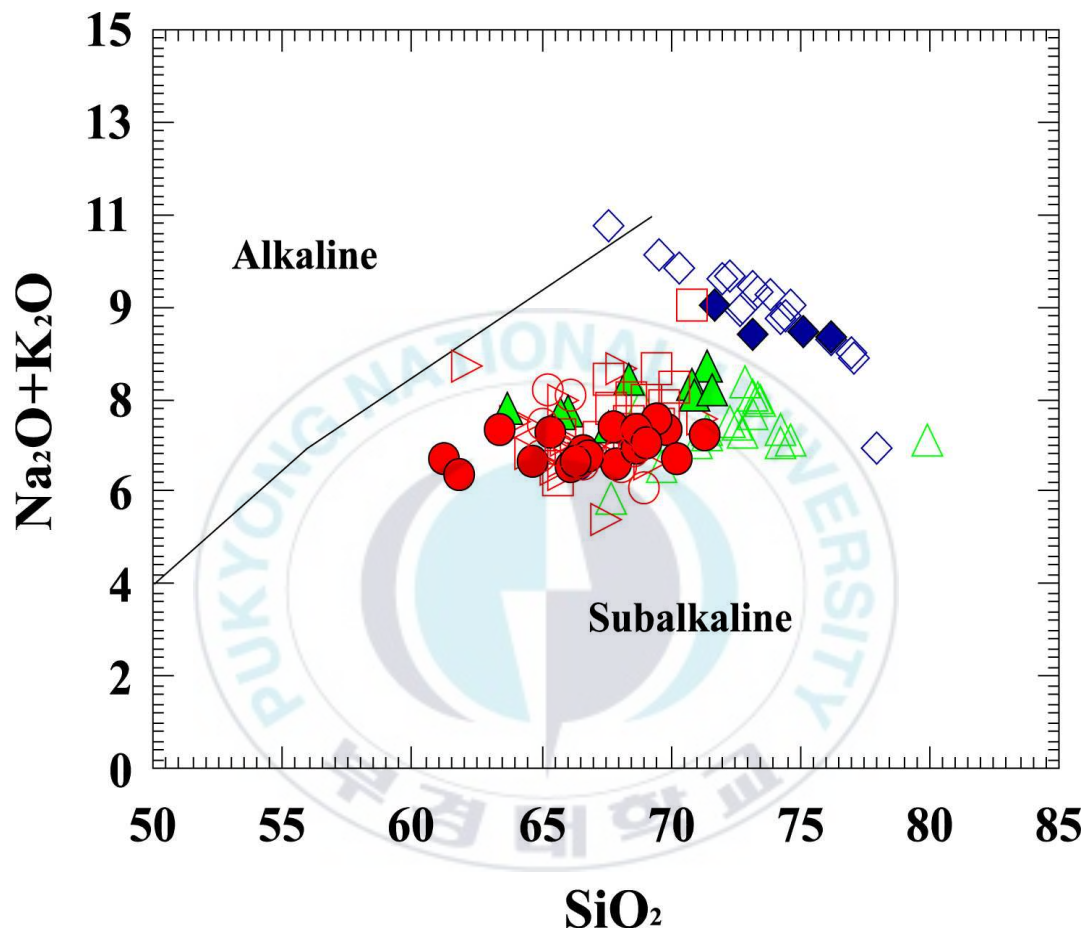
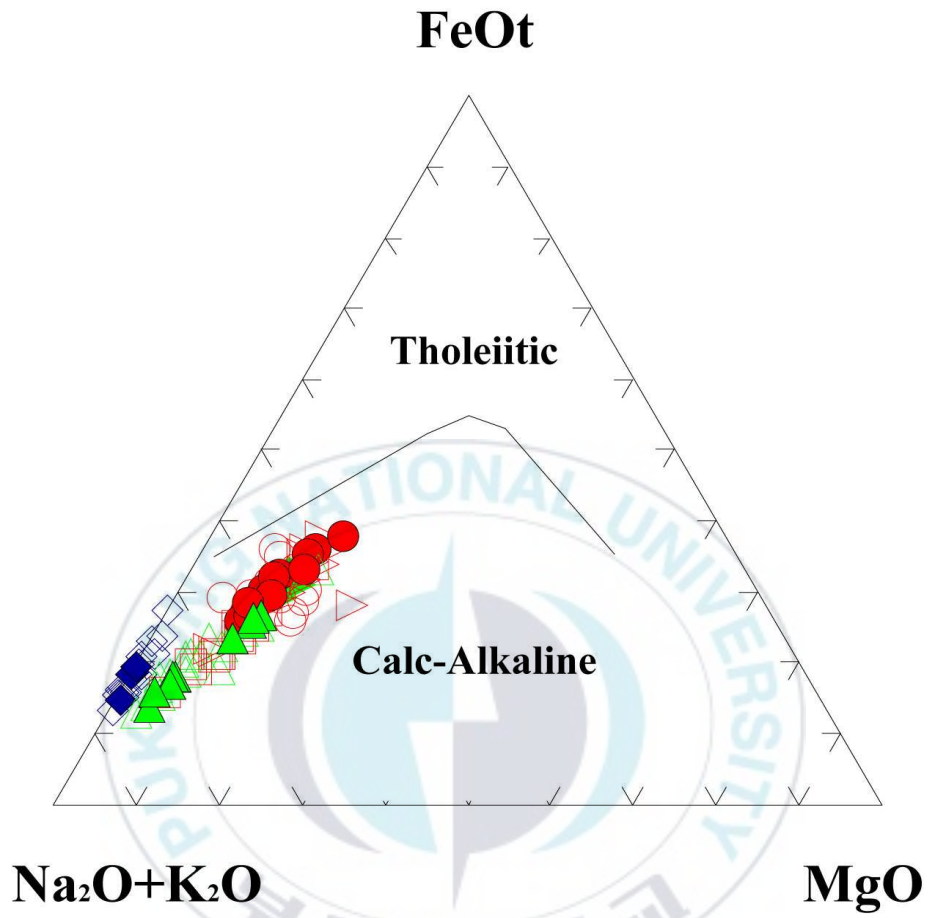


Fig. 9. Total-alkali versus silica(TAS) diagram showing alkaline and subalkaline granitoids in study area(after Irvine and Baragar, 1971). Dagang granite : solid diamonds(this study), open diamonds (Hong et al., 1988); Sunchang granite : solid circles(this study), open circles(Hong and Lee. 1989), open triangles(Nam and Cho, 1995), open squares(Na et al., 1997); Namwon granite : solide triangles(this study), open triangles(Hong et al., 1988)

나. *AFM* 삼각도에 의한 암석분류

세 암체의 화강암이 조산운동과 관련 깊은 칼크알칼리계열에 속하는 분화산물임을 나타낸다. 세 암체 모두 비교적 분화 후기산물로 구성되어 있으나 순창화강암에 비해 대강화강암과 남원화강암은 분화가 더 많이 진행된 산물들로 구성되어 있음을 알 수 있으며, 대강화강암은 순창화강암, 남원화강암과 구분되는 분화경로를 따른다.





*Fig. 10. ternary AFM diagram of the granitoids in study area.
A: Na₂O+K₂O, F: FeO_t, M: MgO. Symbols are the
same as in Fig. 9.*

다. 알루미늄 포화도와 ACF 삼각도를 이용한 화강암의 유형 분류

calk-alkaline 계열의 화강암류에 대해 그 지화학적 특징을 바탕으로 암석의 성인을 판별하고자 하는 연구가 오랫동안 진행되어 왔다. 그 중 가장 보편적으로 적용되는 분류법은 Chappell and White(1974)가 제시한 I/S type 분류법이다. 이 분류법은 화성암에서 기원하면 I-type 화강암으로 퇴적암이나 변성퇴적암에서 기원하면 S-type 화강암으로 분류하였다. 그리고 Takahashi et al.(1980)은 I/S 타입 분류기준으로서 ACF 삼각도가 가장 유효함을 밝혔다. 대강화강암은 Loisselle and Wones(1979)에 의해 제시된 지구조 운동과 전혀 상관없이 생성되며(atectonics), 알칼리 원소 함량이 높고(alkalic), 함수광물을 거의 포함하지 않는(anhydrous)의 특성을 가진 A-type 화강암으로 보고(김용준 외, 1998)되고 있어 I/S type의 분류에는 의미가 없다.

순창화강암은 기존의 많은 연구자들에 의해 I/S type 분류를 통해 마그마 유형을 나누는 연구가 진행되어 왔다(김용준 외, 1994; 남기상과 조규성, 1995; 나춘기 외, 1997). 김용준 외(1994)와 나춘기 외(1997)는 순창화강암을 I-type 화강암에 해당된다고 하였으나 남기상과 조규성(1995)은 S-type 화강암에 해당된다고 하여 견해의 차이가 있다.

세 암체의 알루미늄 포화도를 보면 대강화강암은 저알루미늄질(metaluminous)과 고알루미늄질(peraluminous) 그리고 고알칼리(peralkaline) 경계부에 도시되지만 거의 대부분 저알루미늄질에 도시된다. 반면 순창화강암 저알루미늄질(metaluminous)영역에 도시되는 몇 개의 시료를 제외하고 대부분이 고알루미늄질(peraluminous)에 도시되며 남원화강암은 모두 고알루미늄질 화강암에 도시된다(Fig. 12a).

Chappell and White(1974)에 의해 화강암의 마그마 기원을 전암화학 조성에 따라 I-type 과 S-type 으로 구분했다. 전암 화학 조성과 ACF 삼각도에 따르

면 순창화강암은 S-Type 영역에 도시되는 몇 개의 시료를 제외하고 거의 대부분이 I-type에 도시되며 남원화강암도 모두 I-type 에 도시된다(Fig. 12b).

두 분류기준에 나타난 결과 순창화강암과 남원화강암은 화성기원 마그마의 I-type 화강암에 해당함을 알 수 있다. 남기상과 조규성(1995)은 ACF 삼각도에 무게 백분율(Wt%)을 몰비(molar ratio)로 변환하지 않고 나타내어 S-type에 속하는 잘못된 결과가 나왔을 것으로 생각된다.



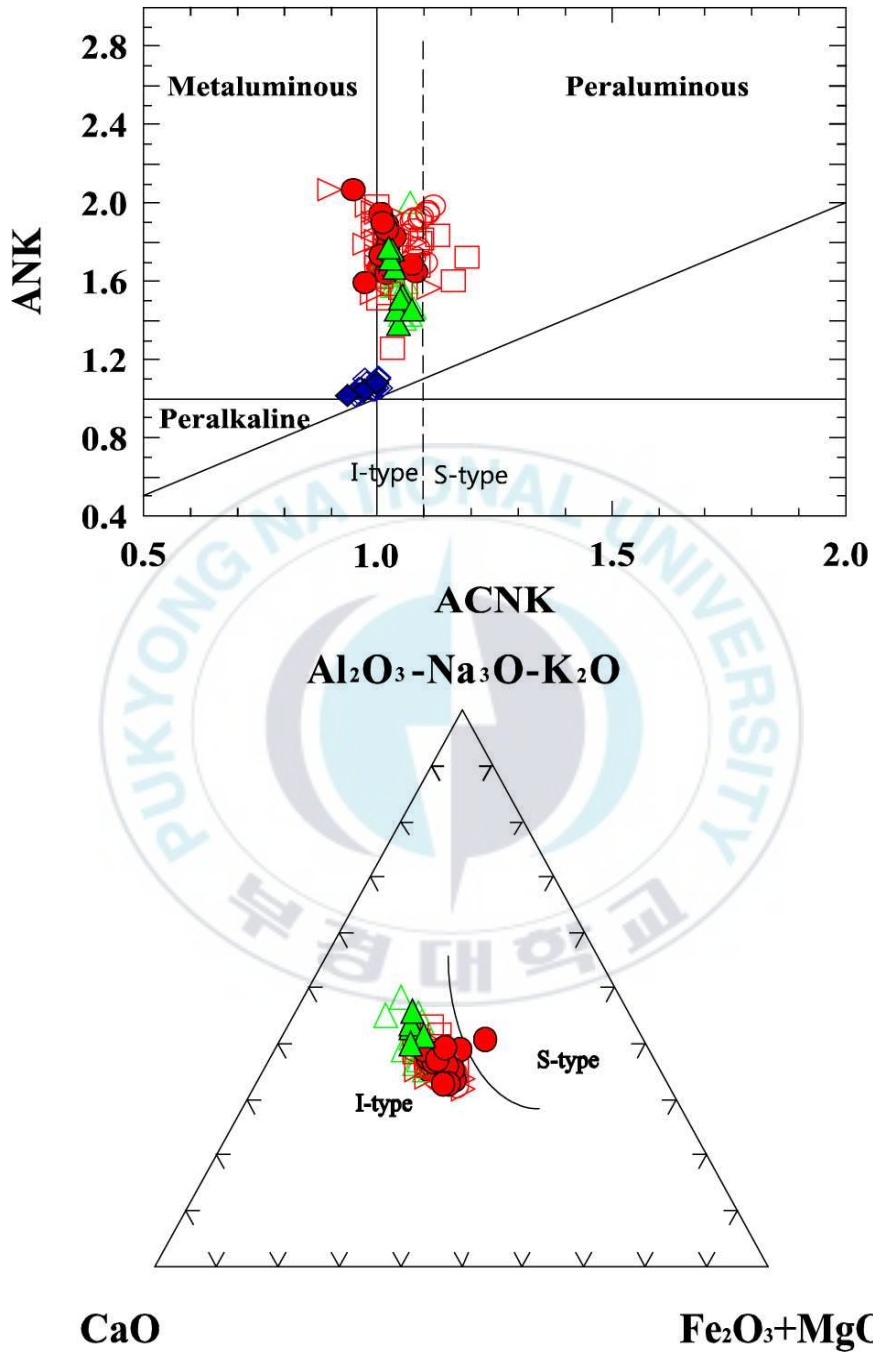


Fig. 11. (a) molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ vs $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diagram of the granitoids in study area. (b) ACF diagram (molar ratio, A: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$, C: CaO , F: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$). Symbols are the same as in Fig. 9.

라. 하커 도형을 이용한 분화 패턴

세 암체의 주원소 분석결과를 살펴보면 하커 도형에서 전체적으로 SiO_2 함량이 증가함에 따라, 즉 분화가 진행됨에 따라 각 화강암류의 주성분원소 함량은 비교적 체계적인 감소 내지 증가의 경향을 보이는 것으로 보아 각 암체는 마그마의 결정분화에 의해 생성되었음을 알 수 있다(Fig. 9).

세 암체의 SiO_2 변화에 따른 각 산화물의 변화도를 살펴본 결과이다.

Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO 함량은 순창, 남원, 대강화강암의 순서로 높은 값을 가지며, SiO_2 함량이 증가함에 따라 세 암체 모두 감소하는 경향을 보인다. Al_2O_3 는 분화가 진행됨에 따라 사장석의 분별정출 되었음을 지시하며, TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO 는 흑운모, 스피넬, 각섬석등의 유색광물의 분별정출이 있었음을 지시한다.

MgO , CaO 함량은 SiO_2 함량이 증가함에 따라 순창화강암, 남원화강암은 감소하는 경향을 보이며, 대강화강암은 SiO_2 함량의 증가에 관계없이 Mg , Ca 함량은 극히 낮은 값을 가진다. 이는 순창화강암과 남원화강암에서 MgO , CaO 를 함유하는 광물들이 분별정출 되었음을 지시한다.

Na_2O 함량은 대강화강암, 남원화강암, 순창화강암의 순서로 높은 값을 가지며 SiO_2 함량 증가와 관계없이 일정한 값을 가지는 수평한 패턴을 가진다.

K_2O 함량은 대강화강암의 가장 높은 값을 가지고 거의 일정한 값을 가지지만 SiO_2 함량이 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보인다. 순창화강암과 남원화강암은 거의 유사한 값을 가지지만 SiO_2 함량이 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 보인다. 이는 마그마 분화 후기에 정출하는 K 성분을 많이 함유하는 알칼리 장석의 분별정출을 지시한다.

P_2O_5 함량은 SiO_2 함량이 증가함에 따라 순창화강암은 감소하는 경향을 보인다. 이는 P를 많이 함유하는 광물인 인회석이 분별정출 되었음을 지시한다. 이

외 대강화강암과 남원화강암은 극히 낮은 값을 가지며 수평한 패턴을 가진다.

하커(Haker) 도형에서 전체적인 SiO_2 함량에 따른 주성분 원소들의 변화 패턴이 대부분 선형적 패턴을 보이는 것으로 보아 세 암체 모두 마그마의 결정분화에 의해 생성되었음을 지시한다. 그러나 순창화강암과 남원화강암은 대부분 원소들이 유사한 패턴을 가지지만 대강화강암은 MgO , CaO , K_2O , P_2O_5 등 여러 주원소의 변화경향이 순창화강암과 남원화강암과는 뚜렷이 구분되어 기원마그마가 다르다는 것을 알 수 있다.



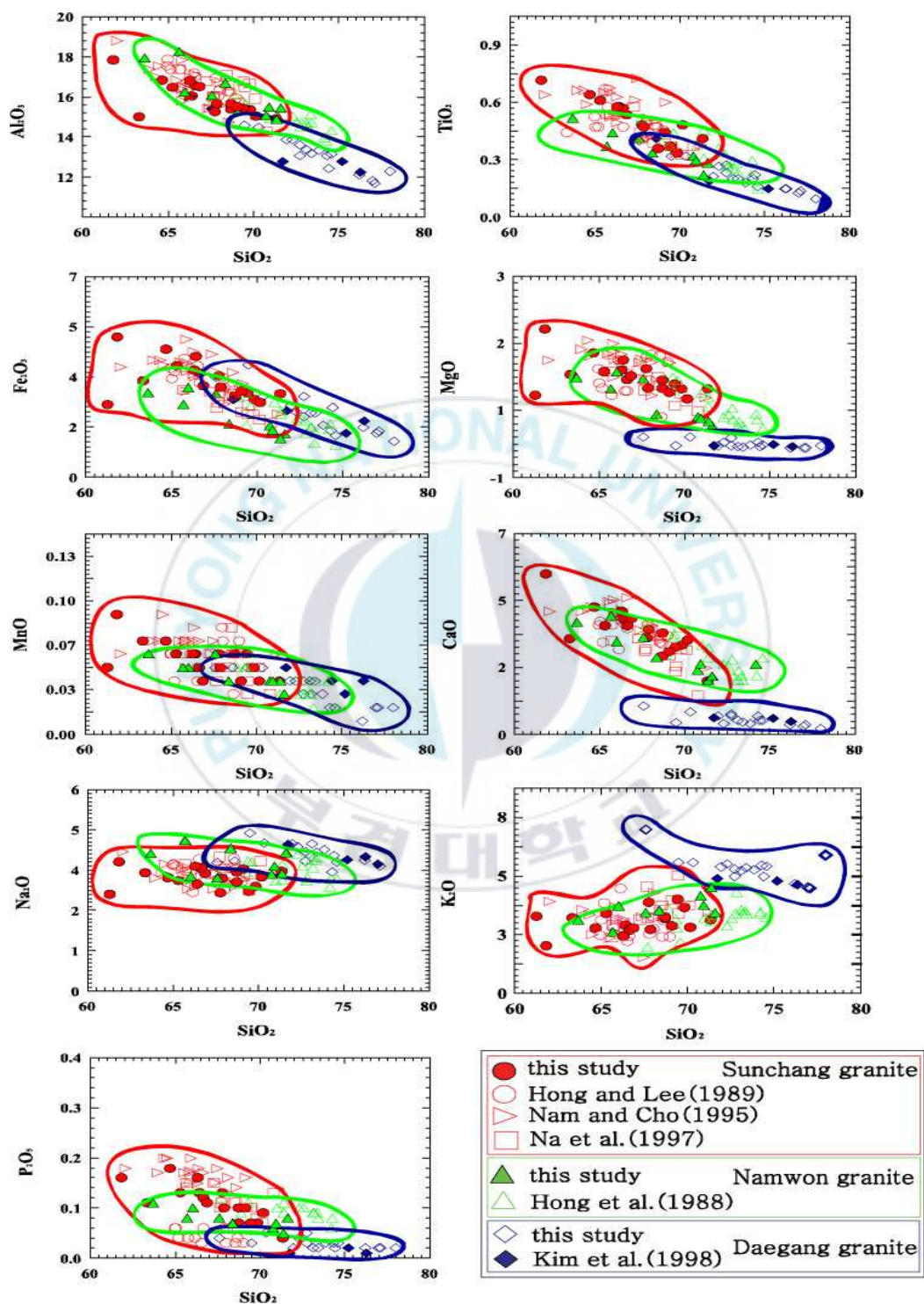


Fig. 12. Harker diagrams for major element the granitoids in study area.

Table 2. Major element composition and CIPW norm of the granitoids in the study area. (Wt%)

Name	Sunchang granite					
Sample	SCG 4	SCG 7	SCG 9	SCG 10	SCG 11	SCG 12
SiO ₂	70.19	61.82	69.08	65.32	66.66	68.7
TiO ₂	0.46	0.68	0.42	0.58	0.54	0.34
Al ₂ O ₃	15.07	17.84	15.51	16.5	16.56	15.65
Fe ₂ O ₃	2.62	4.88	3.02	3.9	3.63	2.83
MnO	0.04	0.09	0.04	0.06	0.05	0.06
MgO	0.87	2.09	0.98	1.35	1.21	1.19
CaO	3.29	5.59	2.88	3.78	3.79	2.73
Na ₂ O	3.4	3.86	3.64	3.3	3.68	3.55
K ₂ O	2.91	2.11	2.96	3.53	2.79	3.36
P ₂ O ₅	0.09	0.16	0.1	0.13	0.12	0.1
LOI	0.62	0.84	1.09	0.73	0.63	1.07
Total	99.55	99.96	99.72	99.17	99.65	99.56
CIPW norm(wt%)						
Q	31.51	17.14	29.63	23.2	25.22	28.26
Ab	29.04	32.91	31.19	28.33	31.41	30.46
An	15.97	25.3	13.9	18.28	18.29	13.16
Or	17.4	12.59	17.75	21.21	16.66	20.17
C	0.53	–	1.3	0.65	0.84	1.43
Di wo	–	0.73	–	–	–	–
Di en	–	0.63	–	–	–	–
Hy en	2.2	4.64	2.48	3.43	3.05	3.02
Mt	0.13	0.3	0.13	0.2	0.16	0.2
He	2.56	4.72	2.97	3.82	3.55	2.74
Ap	0.2	0.35	0.22	0.29	0.26	0.22
Total	99.54	99.32	99.57	99.41	99.46	99.66

Table 2. (continued)

Name	Sunchang granite					
Sample	SCG 13	SCG 16	SCG 17	SCG 19	JGG 29	JGG 30
SiO ₂	66.85	63.34	66.29	61.28	67.77	69.81
TiO ₂	0.51	0.42	0.55	0.36	0.46	0.32
Al ₂ O ₂	16.52	15.01	16.81	13.82	15.27	15.38
Fe ₂ O ₃	3.19	3.37	3.75	2.54	3.55	2.72
MnO	0.04	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05
MgO	1.27	1.29	1.37	0.93	1.4	1.04
CaO	4.04	3.33	4.28	2.82	3.37	3.11
Na ₂ O	3.5	3.52	3.71	2.89	2.92	3.11
K ₂ O	2.87	3.34	2.52	3.38	4	3.79
P ₂ O ₅	0.11	0.11	0.16	0.09	0.13	0.07
LOI	0.8	0.84	0.45	11.43	0.74	0.64
Total	99.69	94.63	99.97	99.58	99.66	100.03
CIPW norm(wt%)						
Q	25.53	22.87	24.4	27.61	26.79	29.37
Ab	29.91	31.72	31.51	27.71	24.95	26.44
An	19.63	16.26	20.41	15.28	16.14	15.12
Or	17.16	21.06	14.98	22.68	23.92	22.55
C	0.53	-	0.52	0.52	0.27	0.64
Di wo	-	0.28	-	-	-	-
Di en	-	0.24	-	-	-	-
Hy en	3.21	3.19	3.44	2.64	3.54	2.62
Mt	0.13	0.24	0.2	0.19	0.2	0.16
He	3.13	3.42	3.63	2.75	3.45	2.62
Ap	0.24	0.26	0.35	0.22	0.29	0.15
Total	99.48	99.55	99.45	99.59	99.54	99.68

Table 2. (continued)

Name	Sunchang granite					
Sample	JGG 31	JGG 34	JGG 35	JGG 38	JGG 39	JGG 40
SiO ₂	67.85	71.32	68.69	64.67	66.42	69.43
TiO ₂	0.45	0.39	0.34	0.61	0.55	0.35
Al ₂ O ₃	15.66	14.92	15.43	16.84	16.05	15.45
Fe ₂ O ₃	3.14	2.9	2.78	4.46	4.21	2.93
MnO	0.05	0.04	0.06	0.07	0.06	0.06
MgO	1.06	1.05	1.06	1.67	1.55	1.13
CaO	3.67	1.87	3.55	4.43	4.01	3.04
Na ₂ O	3.35	3.56	3.24	3.37	3.18	2.97
K ₂ O	2.82	3.24	3.29	2.87	3.01	4.12
P ₂ O ₅	0.1	0.04	0.07	0.18	0.13	0.07
LOI	1.18	0.87	0.97	0.79	0.45	0.52
Total	99.34	100.2	99.47	99.96	99.61	100.08
CIPW norm(wt%)						
Q	28.93	32.98	28.68	22.76	26.06	28.5
Ab	28.85	30.29	27.8	28.72	27.1	25.21
An	17.96	9.11	17.47	21.11	19.3	14.75
Or	16.99	19.29	19.75	17.12	17.95	24.48
C	0.63	2.24	0.22	0.5	0.53	0.71
Di wo	–	–	–	–	–	–
Di en	–	–	–	–	–	–
Hy en	2.7	2.64	2.69	4.21	3.91	2.84
Mt	0.17	0.13	0.2	0.23	0.2	0.2
He	3.08	2.83	2.68	4.34	4.11	2.81
Ap	0.22	0.09	0.16	0.4	0.29	0.15
Total	99.54	99.61	99.66	99.39	99.45	99.65

Table 2. (continued)

Name	Daegang granite			
Sample	DGA1-2	DGA2	DGA -3	DGA-4
SiO ₂	73.18	75.17	76.24	71.72
TiO ₂	0.22	0.14	0.14	0.18
Al ₂ O ₂	13.38	12.79	12.26	12.79
Fe ₂ O ₃	1.81	1.54	1.96	2.3
MnO	0.03	0.03	0.04	0.05
MgO	0.22	0.08	0.03	0.05
CaO	0.85	0.56	0.46	0.58
Na ₂ O	3.7	3.92	3.99	4.36
K ₂ O	5.14	4.95	4.79	5.04
P ₂ O ₅	0.04	0.02	0.01	0.01
LOI	0.53	0.25	0.36	0.43
Total	99.1	99.45	100.29	97.52
CIPW norm(wt%)				
Q	30.4	32.45	34.08	27.58
Ab	31.72	33.4	33.75	37.96
An	4.04	2.66	1.36	0.42
Or	30.84	29.51	28.36	30.71
C	0.26	-	-	-
Di wo	-	0.01	0.09	0.15
Di en	-	0.01	0.08	0.13
Hy en	0.56	0.19	-	-
Mt	0.1	0.1	0.13	0.17
He	1.77	1.48	1.87	2.25
Ap	0.09	0.04	0.02	0.02
Total	99.78	99.86	99.73	99.39

Table 2. (continued)

Name	Namwon granite			
Sample	NWG 1-2	NWG-4	NWG 5-2	scg 1
SiO ₂	68.36	65.7	67.59	71.6
TiO ₂	0.32	0.35	0.39	0.27
Al ₂ O ₃	16.72	18.29	16.08	15.44
Fe ₂ O ₃	1.86	2.54	2.9	1.52
MnO	0.04	0.05	0.06	0.03
MgO	0.61	1.05	1.22	0.41
CaO	2.69	4.13	3.4	2.04
Na ₂ O	4.26	4.49	3.37	4.13
K ₂ O	3.65	2.7	3.56	3.55
P ₂ O ₅	0.07	0.08	0.08	0.08
LOI	0.6	0.46	0.4	0.46
Total	99.18	99.84	99.08	99.56
CIPW norm(wt%)				
Q	23.48	19.19	25.82	29.51
Ab	36.52	38.18	28.87	35.23
An	13.13	20.16	16.63	9.75
Or	21.9	16.07	21.35	21.19
C	1.02	0.63	0.66	1.26
Di wo	-	-	-	-
Di en	-	-	-	-
Hy en	1.55	2.64	3.09	1.03
Mt	0.13	0.16	0.2	0.1
He	1.8	2.44	2.8	1.47
Ap	0.16	0.18	0.18	0.18
Total	99.68	99.65	99.61	99.73

2. 미량원소

가. 희토류 원소

희토류 원소들은 모두 지화학적으로 유사하여 암석학적이나 광물들의 분별정출 과정에 따라 서로 다른 거동을 가지므로 지각 또는 맨틀의 부분용융, 분별정출작용 및 마그마의 혼화와 같은 과정을 포함하는 화성암류의 분화 과정이나 암석 성인을 연구하는데 있어 매우 유용하게 이용된다(Henderson, 1984). 희토류 원소의 총합량 (ΣREE)은 대강화강암 207.02 ~ 327.91 ppm, 순창화강암 31.9 ~ 148.26 ppm, 남원 화강암 30.8 ~ 84.09 ppm 으로 나타난다. 남원화강암은 비교적 일정한 범위를 보이는데 반해 대강화강암과 순창화강암은 보다 분산된 범위의 함량분포를 보인다. 나춘기 외(1997)는 이처럼 분산된 범위의 REE 총합량 분포는 일반적으로 화강암류의 ΣREE 대부분이 갈럼석, 스핀, 저어콘, 인회석 등과 같은 부성분 광물에 함유되어 있다는 점으로 미루어 이런 부성분 광물의 불균질한 분포가 이런 결과를 반영했을 것으로 생각하였다. 그러나 세 암체의 ΣREE 는 SiO_2 함량변화와 특정한 상관성은 보이지 않는 경향을 가진다.

(희토류 원소 패턴)

세 암체의 C1 콘드라이트에 정량화 시킨 희토류원소 패턴을 보면 대강화강암의 LREE(경희토류 원소)와 HREE(중희토류 원소)가 순창화강암과 남원 화강암 보다 보통 3~4배 이상에서 많게는 25배 이상 부화된 값을 가진다. LREE와 HREE의 상대적 부화도를 나타내는 $(\text{La/Yb})_N$ 은 대강화강암(7.2~69), 순창화강암(7.7~49.4), 남원화강암(15~64.2)으로 세 암체 모두 LREE가 HREE에 비해 부화되어 있으며 순창화강암과 남원화강암은 매우 낮은 양의 HREE를 가진다. 즉 세 암체는 전반적으로 LREE 보다 HREE 쪽이 약간 결핍된 패턴을 보인다(Fig. 14).

세 암체의 Eu 이상치를 살펴보면 대강화강암은 매우 강한 음(-)의 이상치를 갖

는데 비해 이와는 대조적으로 순창화강암과 남원화강암은 $\text{Eu}(-)$ 의 이상치를 보이지 않거나 매우 미약하다. 일반적으로 Eu 은 Ca 를 치환하기 때문에 사장석의 정출에 의해 다른 희토류 원소보다 상대적으로 쉽게 흡수된다. 즉 사장석이 분별정출되거나 용액으로부터 제거되면, 잔류용액이나 이 용액에서 형성된 암석은 음($-$)의 Eu 이상을 야기시킨다. 이와는 반대로 분별정출된 사장석을 함유한 암석은 상대적으로 Eu 이 농집되는 경향이 있는데 이때는 양($+$)의 Eu 이상을 갖는다. 그러므로 대강화강암의 매우 강한 $\text{Eu}(-)$ 의 이상치는 사장석이 결핍된 마그마 또는 사장석이 분별정출되어 제거된 잔류마그마에서 생성되었음을 추측할 수 있다. 그러나 이와 대조적으로 순창화강암과 남원화강암은 사장석의 분별정출이 수반되지 않은 마그마에서 생성되었음을 추측할 수 있다.

홍세선 외(1988)는 대강화강암과 같은 부화된 LREE와 HREE 함량과 HREE 쪽이 약간 결핍된 희토류원소의 평탄한 변화 유형 및 Eu 의 강한 부 이상은 알칼리 화강암 및 A형 화강암의 전형적인 특징이며, 이는 결정화작용 초기에 피싸이트가 정출하여 빠져나가고 후기에 알칼리와 불소가 풍부한 저온의 멜트로부터 알칼리 감석석이 결정화되기 때문이라고 하였다(Bowden and Whitley, 1974; Collins et al., 1982; Whalen et al., 1987).

세 암체 모두 내부적으로 대체로 평행한 관계를 이루고 있으나 각 암체들이 서로 교차하는 양상을 가진다. 이는 세 암체가 기원마그마가 다르거나 각각 독립적 분화 과정을 겪었다는 것을 의미한다. 순창화강암과 남원화강암과 같이 낮은 $\text{Eu}(-)$ 의 이상은 대륙이나 대륙주변부와 같은 지구조적 환경에서 형성된 화성암류에서 자주 보고되고 있으며(Culler and Graf, 1984) 유라기 대보화강암의 REE 분포형태와 매우 유사하다(김규환과 신윤수, 1990).

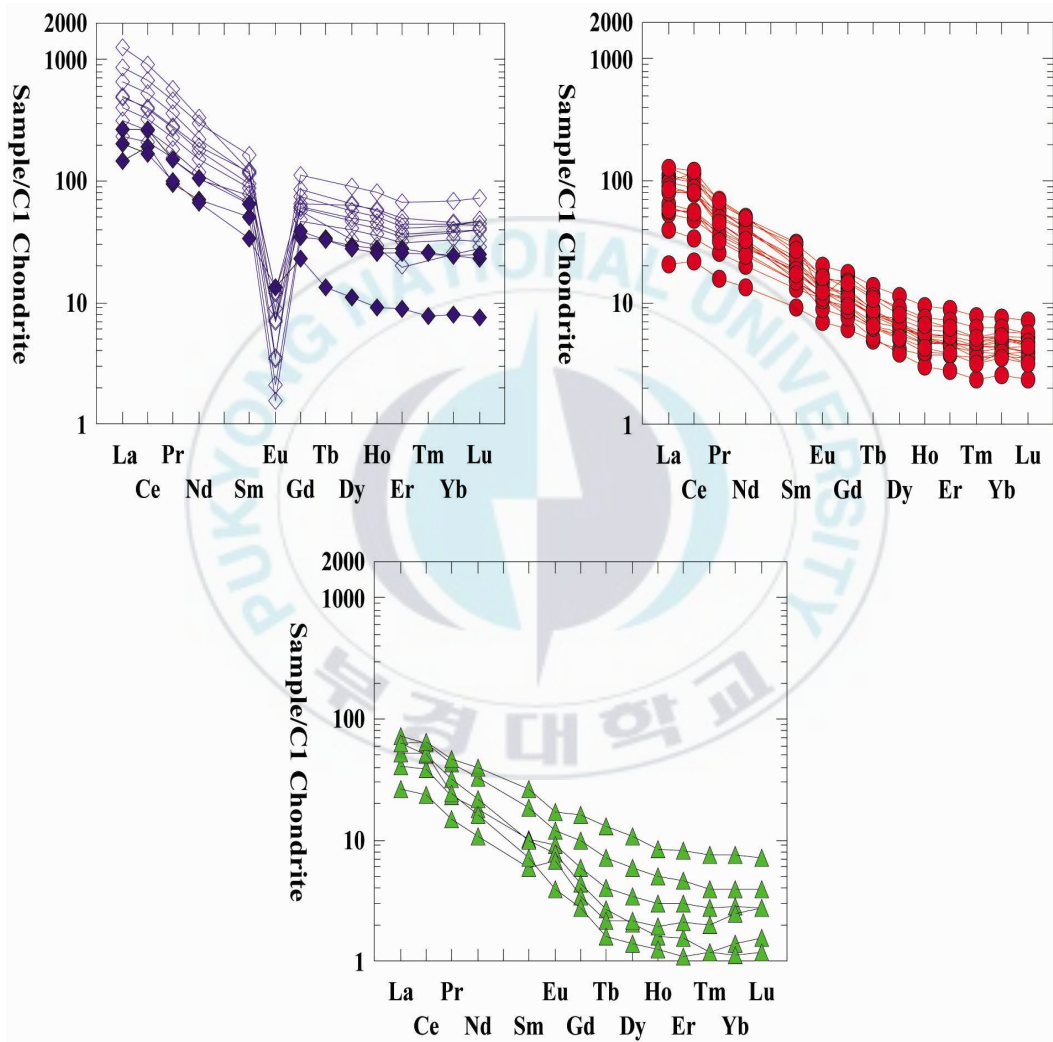


Fig. 13. C1 chondrite-normalized REE patterns of the granitoid rocks in study area. Symbols are the same as in Fig. 9.

나. 조구조 판별도

세 암체의 지체구조적 환경을 파악하기 위해 Pearce et al.(1984)의 조구조 판별도를 적용하였다. Fig. 13의 Y-Nb 판별도에서 순창화강암과 남원화강암은 화산도호 화강암(volcanic arc granite) 혹은 충돌성 화강암(syn-collisional granite)으로 분류되고(Fig. 13a), (Y+Nb)-Rb 판별도에서는 화산도호 화강암에 분류되어 대륙 연변부의 조산운동과 관련된 암체임을 알 수 있다(Fig. 13b). 반면에 대강화강암은 두 판별도에서 일부를 제외하고 거의 대부분이 판 내부 화강암(within plate granite)으로 분류되어 조산운동과는 관련이 없다는 것을 알 수 있다.



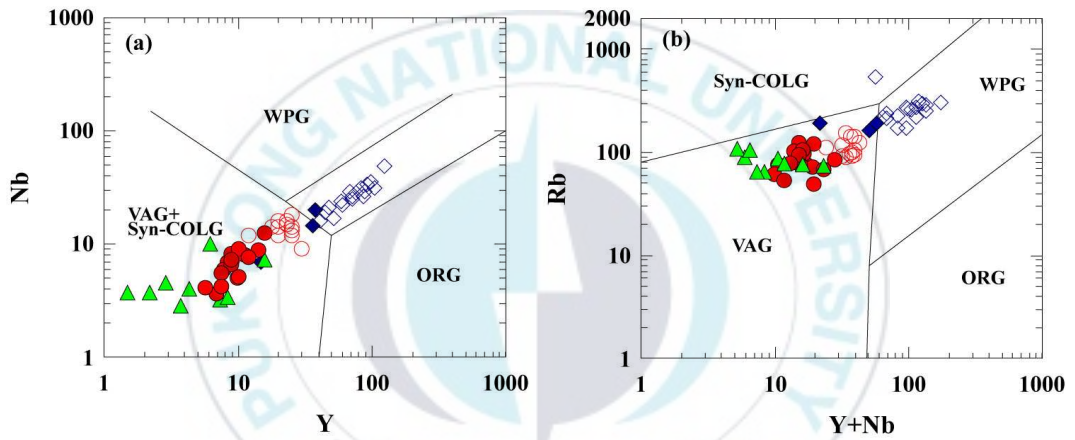


Fig. 14. Tectonic discrimination diagrams(Pearce et al., 1984) of the granitoids in the study area. Symbole are the same as in the Fig. 9. Syn-COLG: syn-collisional granite, VAG: volcanic arc granite, WPG: within plate granite, ORG: oceanic ridge granite.

Table 3. Trace element and rare earth element(REE) abundance of the granitoids in study area (ppm)

Name	Sunchang granite					
Sample	SCG 4	SCG 7	SCG 9	SCG 10	SCG 11	SCG 12
Ba	580.7	709.1	652.2	835.4	910.3	657.6
Sr	255.9	430.3	305.9	264.9	304.9	280.5
Ga	15.66	14.8	15.51	15.71	16.4	11.47
Li	31.81	38.98	16.67	22.69	23.43	10.31
Sc	2.17	4.68	3.03	2.88	2.68	2.7
V	23.8	61.15	37.03	34.66	30.69	33.54
Zn	65.8	73.7	26.13	75.96	70.23	40.77
Zr	107.8	25.71	57.99	75.62	82.65	55.76
Cr	4.58	15.9	4.97	4.35	4.87	5.42
Co	68.02	32.97	31.3	27.27	63.57	83.41
Ni	1.58	3.66	2.08	1.95	1.81	1.99
Cu	1.8	3.93	2.68	4.05	3.76	1.25
Rb	78.33	53.71	49.61	75.96	106.85	75.28
Y	7.53	7.48	12.01	8.88	8.94	6.84
Nb	5.55	4.25	7.61	6.56	7.18	3.63
Cd	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06
Sn	1.46	1.99	2.03	1.12	1.38	0.98
Sb	0.07	0.27	0.06	0.04	0.07	0.08
Cs	2.54	2.43	2.39	2.36	5.51	0.91
Hf	2.96	0.87	1.51	1.98	2.14	1.51
Ta	1.08	0.62	1.22	0.95	1.2	0.98
Pb	21.15	19.04	18.84	16.49	17.11	17.52
Th	7.98	10.53	17.42	14.19	11.74	3.34
U	3.25	1.38	4.32	1.52	2.33	0.91
La	13.63	20.31	30.59	23.84	22.74	4.95
Ce	33.36	49.43	74.87	70.07	53.37	13.36
Pr	3.04	4.27	6.53	5.29	4.92	1.49
Nd	11.49	15.17	23.29	19.01	17.81	6.18
Sm	2.25	2.62	4.09	3.37	3.29	1.4
Eu	0.64	0.71	0.93	0.74	0.81	0.4
Gd	1.78	1.93	2.99	2.5	2.38	1.23
Tb	0.23	0.24	0.4	0.33	0.31	0.18
Dy	1.27	1.32	2.03	1.62	1.61	1.05
Ho	0.22	0.24	0.37	0.29	0.28	0.21
Er	0.64	0.64	1.03	0.74	0.73	0.62
Tm	0.08	0.08	0.13	0.09	0.1	0.09
Yb	0.66	0.6	0.9	0.62	0.64	0.64
Lu	0.09	0.08	0.11	0.09	0.08	0.1
ΣREE	69.38	97.64	148.26	128.6	109.07	31.9

Table 3. (continued)

Name	Sunchang granite					
Sample	SCG 13	SCG 16	SCG 17	SCG 19	SCG 29	SCG 30
Ba	510.3	559.6	494.9	701.5	693	524
Sr	187.3	273.7	363	254.1	264	266
Ga	13.69	11.65	14.37	12.6	14.04	12.68
Li	6.65	24.2	102.88	54.9	47.56	40.06
Sc	1.63	3.79	3.25	2.86	4.69	3.44
V	21.09	38.64	36.46	29.58	42.91	30.12
Zn	40.86	55.88	70.87	52.35	63.86	50.69
Zr	87.98	60.87	38.91	42.29	60.56	70.73
Cr	2.99	5.11	3.66	4.52	6.23	4.77
Co	21.77	22.82	27.77	32.69	40.93	39.88
Ni	1.17	2.19	1.41	1.22	2.84	1.54
Cu	2.7	1.5	2.07	1.52	1.41	1.02
Rb	60.8	84.67	68.35	94.2	109.16	123.4
Y	5.65	9.83	14.08	10.07	8.73	8.32
Nb	4.15	5	8.96	5.16	6.55	6.94
Cd	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
Sn	1.23	1.36	1.65	1.25	1.68	1.43
Sb	0.1	0.04	0.04	0.1	0.08	0.04
Cs	2.58	2.82	3.75	5.17	2.67	2.59
Hf	2.41	1.73	1	1.14	1.6	2
Ta	0.53	0.75	1.48	0.86	0.34	0.84
Pb	18.26	21.35	14.66	19.68	22.89	26.2
Th	9.98	13.13	8.72	10.38	15.15	10.23
U	1.95	1.18	1.35	1.18	5.02	4.58
La	21.25	19	19.17	13.39	26.67	9.48
Ce	47.51	48.68	49.42	34.73	61.04	20.78
Pr	4.35	3.98	4.66	3.39	5.56	2.41
Nd	14.87	14.06	17.98	12.92	19.16	9.43
Sm	2.34	2.45	3.63	2.8	3.09	2.01
Eu	0.51	0.6	0.92	0.69	0.74	0.62
Gd	1.54	1.94	3.03	2.24	2.15	1.58
Tb	0.19	0.26	0.42	0.32	0.29	0.23
Dy	0.97	1.57	2.34	1.73	1.58	1.38
Ho	0.17	0.31	0.43	0.32	0.27	0.26
Er	0.45	0.88	1.19	0.88	0.78	0.79
Tm	0.06	0.12	0.16	0.12	0.11	0.11
Yb	0.43	0.91	1.07	0.84	0.72	0.81
Lu	0.06	0.13	0.14	0.12	0.11	0.12
Σ REE	94.7	94.89	104.56	74.49	122.27	50.01

Table 3. (continued)

Name	Sunchang granite					
Sample	JGG 31	JGG 34	JGG 35	JGG 38	JGG 39	JGG 40
Ba	679	544	433	723	783	655
Sr	367	184	269	460	361	246
Ga	17.44	14.42	14.1	17.39	17.07	12.78
Li	13.43	19.71	8.61	24.75	47.16	40.45
Sc	3.28	2.57	3.57	5.53	4.8	3.24
V	26.41	31.66	29.48	46.45	43.03	32.22
Zn	62.98	36.74	53.92	89.54	78.93	50.16
Zr	65.14	38.1	51.66	35.45	45.65	37.81
Cr	2.77	31.13	4.72	4.64	4.95	4.83
Co	36.22	40.49	18.41	22.21	31.31	33.51
Ni	1.21	12.65	1.36	1.69	1.97	1.42
Cu	1.21	1.9	1.3	1.44	2.18	0.82
Rb	75.39	121.56	71.52	84.95	98.52	102.66
Y	8.88	11.32	10.1	15.63	9.16	7.83
Nb	8.18	8.03	9.17	12.49	7.32	5.94
Cd	0.03	0.06	0.09	0.08	0.1	0.07
Sn	1.87	0.84	1.6	2.15	1.59	1.42
Sb	0.15	0.03	0.12	0.03	0	0.04
Cs	1.38	3.49	0.72	1.88	3.11	2.74
Hf	1.62	0.78	1.41	0.6	0.85	0.95
Ta	0.67	0.33	1.09	0.82	0.47	0.5
Pb	19.45	30.08	37.23	17.65	16.75	23.16
Th	13.54	16.52	10.52	10.8	6.42	16.03
U	2.27	1.5	2	1.94	2.77	2.62
La	30.35	24.77	14.49	19.84	15.19	12.68
Ce	64.17	58.94	32.06	47.54	34.3	29.47
Pr	6.59	6.2	3.56	5.25	3.67	3.21
Nd	23.35	22.8	13.28	20.98	14.24	11.84
Sm	3.85	4.74	2.74	4.56	2.89	2.29
Eu	0.97	0.65	0.7	1.16	0.83	0.63
Gd	2.65	3.45	2.12	3.56	2.2	1.74
Tb	0.32	0.43	0.3	0.51	0.3	0.24
Dy	1.7	2.17	1.85	2.88	1.67	1.45
Ho	0.29	0.4	0.34	0.53	0.3	0.26
Er	0.79	1.03	0.95	1.47	0.86	0.76
Tm	0.1	0.13	0.13	0.2	0.11	0.11
Yb	0.72	0.88	0.97	1.27	0.84	0.74
Lu	0.1	0.12	0.14	0.18	0.11	0.1
Σ REE	135.95	126.71	73.63	109.93	77.51	65.52

Table 3. (continued)

Name	Daegang granite				Namwon granite	
Sample	DGA1-2	DGA2	DGA -3	DGA-4	NWG 1-2	NWG-2
Ba	189	747.8	36.1	66.7	636	590
Sr	11.4	240.7	12.6	12.4	329	156
Ga	-	-	-	-	-	-
Li	17.1	102.7	14.8	17.3	71.6	48.5
Sc	0.87	6.5	1.2	1.75	2.23	1.61
V	6.44	43.4	0.59	0.81	35.2	19
Zn	26.9	61.9	76.7	68.8	71.7	41.7
Zr	134	111.3	227	187	147	74.1
Cr	1.5	13.5	0.3	1.3	1.6	1.4
Co	26.4	32.3	38.6	53.8	27.3	33.8
Ni	0.3	6.4	0.4	0.4	0.7	0.5
Cu	1.1	1.25	1.9	0.7	1.6	1.2
Rb	192	190.4	190	165	76	109
Y	11.6	14.9	37.7	36.1	6.2	1.5
Nb	3.3	6.89	20.1	14.5	10	3.7
Cd	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	-
Sb	0.03	0.24	0.04	0.04	0.08	0.05
Cs	1.35	14.5	4.68	6.92	4.86	3.42
Hf	4.8	4.92	7.3	6.2	4.8	2.6
Ta	0.1	2.98	0.5	1.7	0.3	0.4
Pb	20.9	25.8	22.7	14.8	21.3	23.5
Th	4.4	35.4	15.4	19.5	17.2	8.6
U	0.47	14.49	3.6	3.28	2.77	6.22
La	5.2	48	34.3	62.5	59.1	12.2
Ce	14.7	101.2	118.8	164.1	132.5	32
Pr	1.2	9.4	9	14.3	12.2	2.3
Nd	4.1	30.8	33.2	49.8	41.9	7.5
Sm	0.99	5.11	7.8	9.77	5.82	1.08
Eu	0.08	0.77	0.09	0.12	0.9	0.23
Gd	1.05	4.68	7.15	7.85	3.1	0.57
Tb	0.22	0.5	1.21	1.23	0.33	0.06
Dy	1.69	2.81	7.51	7.13	1.51	0.35
Ho	0.4	0.52	1.59	1.46	0.24	0.07
Er	1.36	1.48	4.55	4.25	0.6	0.18
Tm	0.24	0.2	0.65	0.64	0.08	0.03
Yb	1.76	1.36	4.13	4.13	0.54	0.19
Lu	0.26	0.19	0.58	0.63	0.09	0.03
Σ REE	33.25	207.02	230.56	327.91	258.91	56.79

Table 3. (continued)

Name	Namwon granite				
Sample	NWG 5-2	SCG 1	NWG 3-1	NWG 4	JGG 26-2
Ba	772	239.3	648	356	770.4
Sr	305	329.2	246	277	341.4
Ga	–	14	–	–	–
Li	57.3	64.09	58.2	63.5	40.4
Sc	3.06	6.57	1.48	2.2	6.4
V	41.5	63.76	21.3	40.5	37
Zn	44	85.48	43.7	43.8	61.3
Zr	45.8	37.63	80.6	71.7	45.3
Cr	3.8	6.84	1	3.4	6.4
Co	30.8	31.43	35.6	29.9	75.9
Ni	1.6	2.4	0.6	1.7	1.77
Cu	1.4	1.86	1	1.4	2.07
Rb	65.5	73.54	89.9	64.2	86.7
Y	4.3	15.81	2.2	2.9	7.4
Nb	4	7.28	3.7	4.5	3.2
Cd	–	0.08	–	–	–
Sn	–	1.54	–	–	–
Sb	0.17	0.07	0.03	0.1	0.26
Cs	2.62	4.5	3.06	4.18	6.04
Hf	1.5	1.9	2.8	2.3	2.01
Ta	0.2	0.77	0.2	0.3	1.58
Pb	21.5	13.83	24.8	23.1	28.3
Th	4.6	6.95	7.6	5	6.5
U	1.42	2.12	1.61	1.72	1.23
La	9.7	14.82	15	6.3	17.2
Ce	23.5	39.32	31.4	14.5	38.2
Pr	2.2	4.41	3	1.4	4.1
Nd	8.3	18.29	10.1	5	15.4
Sm	1.56	4	1.53	0.89	2.8
Eu	0.53	0.98	0.45	0.39	0.7
Gd	1.21	3.31	0.91	0.7	2.03
Tb	0.15	0.48	0.1	0.08	0.27
Dy	0.88	2.71	0.52	0.54	1.49
Ho	0.17	0.48	0.09	0.11	0.28
Er	0.49	1.37	0.26	0.35	0.76
Tm	0.07	0.19	0.03	0.05	0.1
Yb	0.48	1.29	0.24	0.42	0.66
Lu	0.07	0.18	0.04	0.07	0.1
ΣREE	49.31	91.83	63.67	30.8	84.09

VI. 지구조적 환경

순창화강암, 남원화강암과 대강화강암의 생성 및 관입시기

대강화강암

A-type 화강암은 알칼리 함량이 높은 알칼리 화강암으로 조구조 판별도에 판내부 화강암체 도식된다. 즉 지구조적 환경은 압축력이 작용하는 섭입대 환경이나 충돌대 환경이 아닌 조산운동과 관련 없는 판내부의 인장력이 작용하는 지구조 환경에서 생성되었을 것이다.

최근에 신뢰성이 높은 SHRIMP U-Pb 저어콘 연대가 219.6 ± 1.9 Ma로 보고(Cho et al., 2003)되었는데 이 시기에 한반도 지구조사에는 어떤 사건이 일어나고 있었는지를 추정 해보았다. 고생대 석탄기 이후 옥천대내에 평안누층군의 퇴적 이후 평안누층군의 퇴적말기인 트라이아스기 후기에 해성환경에서 육성환경으로 변화되었다. 즉 옥천대와 영남육괴 사이에 존재했던 석탄기-페름기의 퇴적분지가 트라이아스기 초에 압축력으로 폐쇄되었다. 이후 인장력이 작용하는 지구조 환경으로 변화되면서 판내부에서 생성된 A-type 화강암인 대강화강암이 생성되어 관입하였을 것이라고 추정할 수 있다.

남원화강암과 순창화강암

두 화강암체 모두 조구조 판별도에 화산호 화강암에 도식되고, 알루미늄 포화도와 ACF 삼각도에 도식한 결과 화성기원의 마그마에 의해 생성된 I-type 화강암이 도식되었다. 즉 두 화강암체가 섭입대의 영향으로 생성된 화성기원의 마그마에 의해 I-type 화강암이 생성되었을 것이라고 추측되고, 두 화강암

체는 대체로 비슷한 화학 조성을 가지고 있다. 그러나 REE 분포경향과 주성분 원소와 미량 원소의 변화 경향이 다소 다른 점으로 보아 두 화강암체는 기원 마그마가 다르거나 분화과정에서 차이가 있었음을 추정할 수 있다.

두 화강암체의 연대 측정 결과를 종합하면 주승환과 김성재(1986)의 Rb-Sr 전암 연대를 토대로 Cluzel et al.(1991)은 전단작용으로 인한 엽리가 발달하는 순창화강암이 엽리가 발달되지 않은 남원화강암보다 먼저 관입되었다고 보고하였다. 그 이후 Kim and Turek(1995)의 U-Pb 저어콘 연대 측정 결과 순창화강암 183 ± 10 Ma, 남원화강암 176 ± 2.8 Ma로 거의 비슷한 시기를 가지므로 순창화강암이 조금 먼저 관입했거나 동시기에 관입했다고 추정했다. 그러나 김용준과 이창신(1988)은 순창화강암의 K-Ar 흑운모 연대 198 ± 9.9 Ma(김용준, 1988)와 남원화강암의 K-Ar 각섬석 연대 203 ± 10 Ma로 트라이아스기 후기의 시기를 가지며 남원화강암이 먼저 관입되었다고 보고하였다. 이후 최근에 실시한 Cho et al.(1999)의 CHIME 모나자이트 연대는 순창화강암 179 ± 2 Ma, 남원화강암 180.8 ± 5.7 Ma와 Sagong et al.(2005)의 U-Pb 스피넬 연대인 순창화강암 174.9 ± 1.9 Ma, 남원화강암 183.1 ± 1.6 Ma의 결과를 토대로 관입연대를 추정하면 쥐라기 초기의 비슷한 시기를 가지지만 남원화강암이 순창화강암보다 먼저 관입했다는 것을 추정할 수 있다. 이는 순창화강암 전단작용 이전에 관입해서 엽리가 발달하였고 남원화강암은 전단운동 후에 관입하여 엽리발달이 미비하다는 것이 모순된 것임을 알 수 있다. 즉 남원화강암은 전단운동을 이 후에 관입하여 엽리가 발달되지 않은 것이 아니라 전단운동의 중심부가 순창화강암지역을 지나가기 때문에 비교적 전단대에서 떨어져 있는 남원화강암에 영향을 덜 주었다는 생각이 더 합리적 일 것이다. 이렇듯 대강-순창 지역에 전단운동이 집중되는 것은 아마도 영남육괴와 옥천대의 경계에 인접한 지역이기 때문이라고 생각된다.

VII. 결 론

본 연구는 순창화강암, 남원화강암 및 대강화강암의 암상과 암석지화학적 자료를 기 보고된 연대 및 지화학 자료와 함께 추가적으로 비교하여 이 세 암체들의 생성환경과 지구조환경 진화를 보다 더 잘 이해하는데 목적을 두고 있다.

모드분석결과 대강화강암은 알칼리장석 화강암 영역에 도시되고 순창화강암과 남원화강암은 몬조화강암 영역에서 화강섬록암 영역까지 도시된다.

주원소 분석결과를 살펴보면 TAS 도형에서 모두 비알칼리 영역에 도시된다. AFM 삼각도표에 도시한 결과 대강화강암은 순창화강암과 남원화강암과 구분되는 분화 경향을 나타낸다. ACF 삼각도표에 도시한 결과 순창화강암과 남원화강암은 대부분 I-type에 도시되고 대강화강암은 김용준(1988)에 의해 A-type 화강암으로 순창화강암과 남원화강암과는 다른 지구조환경에서 생성되었음을 보고했다. 하커 도형에서 순창화강암과 남원화강암은 대부분 원소들이 Na_2O , K_2O 를 제외하고 감소하는 경향을 보이는 유사한 패턴을 가진다. 하지만 대강화강암과는 MgO , CaO , K_2O , P_2O_5 등 여러 주원소의 변화경향이 뚜렷이 구분되는 것으로 보아 대강화강암은 순창화강암과 남원화강암과는 기원마그마가 다르다고 판단 할 수 있다.

C1 콘드라이트에 정량화 시킨 희토류원소 패턴을 보면 세 암체 모두 LREE(경희토류 원소)가 HREE(중희토류 원소)에 비해 크게 부화되어 있으며 $[(\text{La}/\text{Yb})_N = \text{대강화강암}(7.2 \sim 69), \text{순창화강암}(7.7 \sim 49.4), \text{남원화강암}(15 \sim 64.2)]$ 순창화강암과 남원화강암은 매우 낮은 양의 HREE를 가진다. Eu 이상치는 대강화강암은 매우 강한 $\text{Eu}(-)$ 의 이상치를 갖는데 비해 순창화강암과 남원화강암은 $\text{Eu}(-)$ 의 이상치를 보이지 않거나 매우 미약하다.

조구조 위치 판별을 위해 미량원소 조성을 이용한 Y-Nb 와 $\text{Rb}/(\text{Y}+\text{Nb})$ 도형에서는 대강화강암은 판내부 화강암영역에 도시되고, 순창화강암과 남원화강암은 화산도호 화강암 영역에 도시된다.

최근까지 발표된 연대측정결과를 비교분석한 결과 대강화강암은 약 219.6 ± 1.9 Ma 의 트라이아스기 후기에 관입된 화강암체이고 순창화강암과 남원화강암은 180 Ma 전 후로 남원화강암이 순창화강암보다 선 관입체라고 규정할 수 있다.



참고문헌

- 권성택, 이진한, 1997, 호남전단대의 운동시기에 관한 소고. 지질학회지, 33권 p. 183-188.
- 김규봉, 최위찬, 황재하, 김정환, 1984, 한국지질도(1:50000), 오수도폭 지질보고서. 한국동력자원연구소.
- 김규한, 신윤수, 1990, 충주-월악산-제천 화강암류의 암석지화학적 연구, 광산지질, 23(2)권 p. 245-259.
- 김동학, 이병주, 1984, 한국지질도(1:50000), 남원도폭 지질보고서. 한국동력자원연구소.
- 김옥준, 1971, 남한의 신기화강암의 관입시기와 지각변동, 광산지질, 4권, p. 1-10.
- 김옥준, 홍만섭, 윤석규, 박희인, 박양대, 김기태, 이하영, 윤선, 1964, 한국지질도 (1:50000), 운봉도폭 지질보고서. 국립지질조사소.
- 김용준, 1986, 영남육괴에 분포하는 고기 화강암질암의 지질시대와 성인에 대한 연구. 광산지질 19권 특별호, p. 151-162.
- 김용준, 김정빈, 1988, 장계-임실간에 분포하는 화성암류에 대한 암석학적 연구. 지질학회지, 제 24권 특별호 p. 87-110.
- 김용준, 김정빈, 박재봉, 1991a, 호남전단대 내에 분포하는 엽리상 화강암류의 암석 지화학과 성인. 지질학회지, 27권, p. 52-63.
- 김용준, 박영석, 강상원, 1994, 호남 전단대 내에 분포하는 엽리상화강암류의 지질 시대와 생성과정에 관한 연구. 자원환경지질, 27권 p. 247-261.
- 김용준, 이창신, 1988, 장수-운봉 지역에 분포하는 화성암류와 화성활동에 대한 연구. 지질학회지, 24권 특별호 p. 151-162.
- 김용준, 조등룡, 이창신, 1998, 한반도 남서부 남원 일대에 분포하는 A형 대강 화강암의 암석학, 지화학 및 지구조적 의미. 자원환경지질, 31권 p. 399-413.
- 김유봉, 전희영, 임순복, 최현일, 이창범, 김복철, 2001, 해남 동남부지역의 변성퇴적암류에서 산출된 식물화석과 층서. 한국고생물학회지, 17권, p. 35-52.

- 나춘기, 이인성, 정재일, 1997, 전주 및 순창지역에 분포하는 엽리상화강암류의 성인에 대한 연구(I) 자원환경지질, 18권 p. 480-492.
- 나춘기, 이인성, 정재일, 1997, 전주 및 순창지역에 분포하는 엽리상화강암류의 성인에 대한 연구(II) 자원환경지질, 30권 p. 249-262.
- 남기상, 조규성, 1995, 임실-순창 일대에 분포하는 엽리상화강암에 대한 지구화학적 연구. 한국지구과학회지, 17권, p. 1-7.
- 박미령, 김규한, 1982, 남한에 분포하는 화강암류의 암석화학적 연구. 지질학회지, 18권 p. 132-148.
- 박수인, 1996, 전남 화순군 청풍-이양 지역의 상부 고생대층의 코노돈트에 관한 연구. 지질학회지, 32권, p. 302-312.
- 박희인, 1966, 한국지질도(1:50000) 순창도폭 지질보고서. 국립지질조사소.
- 손치무, 김수진, 1966 한국지질도(1:50000) 창평도폭 지질보고서. 국립지질조사소.
- 장태우, 이미경, 1996, 순창전단대내 화강분쇄암의 열구조 발달: 2. 열구조. 지질학회지, 32권 p. 500-508.
- 주승환, 김성재, 1986, 영남육괴 연대측정연구 II (지리산 서남부 일대 화강암질 편마암 및 편마상 화강암류) 한국동력자원연구소 KR-86-7, p 7-33.
- 홍만섭, 윤선, 길영준, 1966, 한국지질도(1:50000), 갈담도폭 지질보고서. 국립지질조사소.
- 홍세선, 김용준, 김정빈, 1988, 남원지역에 분포하는 남원화강암체에 대한암석지화학적 연구. 지질학회지, 24권 특별호, p. 132-146.
- 홍승호, 황상구, 1984, 한국지질도(1:50000) 구례도폭 지질보고서. 한국동력자원연구소 .
- 홍영국, 이병주, 1989, 옥천습곡대 남서부의 전단대에 분포하는 순창엽상화강섬록암의 지화학및 미구조 연구. 지질학회지, 25권 p. 294-311.
- Bowden, P. and Whitley, J.E.(1974) Rare earth patterns in peralkaline and associated granite. Lithos, vol. 7, p. 15-21.
- Cluzel, D., Lee, B. -j., and Cadet, J. P., 1991, Indosinian dextral ductile fault system and synkinematic plutonism in the southwest of the Ogcheon belt

- (South Korea). *Tectonophysics* 194, p. 131-151.
- Cho, K. -H., H. Takagi, and K. Suzuki, 1999, CHIME monazite age of granitic rocks in the Sunchang shear zone, Korea: Timing of dextral ductile shear. *J. Geosciences*, vol. 3, 1-15.
- Cheong, C. -S., Kee, W. -S., Jeong, Y. -J., Jeong, G. -Y., 2005, Multiple deformation along the Honam shear zone in southwestern Korea constrained by Rb-St dating of synkinematic fabrics: Implications for the Mesozoic tectonic evolution of northeastern Asia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 70, p. 4734-4749.
- Chappell, B. W. and White A. J. R., 1974, Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, Vol. 8, p. 173-174.
- Collins, W. J., Beams, S. D., White, A. J. R. and Chappell, B. W., 1982, Nature and origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia. *contrib. Mineral. Petrol.*, Vol. 80, p. 189-200.
- Culler, R. L. and Graf, J. L., 1984, Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust : intermediated and silicic rock. in *Rare Earth Element Geochemistry*(Henderson, 1984). p. 373-398.
- Henderson, P., 1984, *Rare Earth Element geochemistry*, Elsevier Science Pub, Co. Inc., p. 510.
- Hong, Y. -K., Geochemical characteristics of Precambrian, Jurassic and Cretaceous granites in Korea. *J. Korean Inst. Mining. Geol.*, vol. 20, p. 244-249.
- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, vol 8, p. 523-548.
- Jin, M. -S., 1981, *Petrology and Geochemistry of the Cretaceous granitic rocks in southern Korea*. ph. D thesis, Seoul National Univ., 144p
- Kim, C. -B., and Turek, A., 1995, U-Pb zircon ages of Mesozoic plutons in the Danyang-Geochang area, Ryongnam massif. *Geochemical Journal*, vol. 29, p.

234-258.

- Lee, S.-M., Lee, S.-H., 1982, Petrogenetic and Petrochemical approaches to ore genesis in Korea. *J. Geol. Soc. Korea.*, vol. 18, p 203-214.
- Loiselle, M.C. and Wones, D.R., 1979, Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geol. Soc. Am., Prog. Abstr.*, Vol. 18, P. 203-214.
- Na, C. -K., 1994, Genesis of granotoid batholiths of Okchon zone, Korea and its implications for crustal evolution. Ph. D. thesis, Univ of Tsukuba, p. 154.
- Pearce, J. A., Harris N. B. W. and Tindle A. G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock. *J. Petrol.*, vol. 75, P. 257-262
- Sagong, -H., Kwon, S. T., Ree, J. H., 2005, Mesozoic episodic magmatism in South Korea and its tectonic implication. *Tectonics*, vol. 24.
- Shimazaki, H., Lee, M. -S. 1981, Reconnaissance on I- and S-type granitoids in southern Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, vol 17, p. 189-193.
- Streckeekisen, A. 1976, To each plutonic rocks its proper name. *Earth Sci. Rew.*, vol. 12, p. 1-33
- Thakhashi, M., Aramaki, S. and Isihara, S., 1980, Magnetite ilmenite series vs I/S type. *Mining Geology, Special Issue*, p. 8, vol. 13-28.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. and Chappell, B.W., 1987, A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *contrib. Mineral. Petrol.*, vol. 95, p. 407-419.

요 약

본 연구는 영남육괴와 옥천변성대의 경계에 분포하는 대강화강암, 순창화강암, 남원화강암의 생성과 지구조환경을 보다 더 잘 이해하기 위해 암상과 암석지화학적 자료를 기 보고된 연대 및 지화학 자료와 함께 추가적으로 비교하여 고찰하였다. 연구 지역으로 부터 37개 시료의 모드분석결과 대강화강암은 알칼리장석 화강암 영역에 도시되고 순창화강암과 남원화강암은 문조화강암 영역에서 화강섬록암 영역까지 도시된다.

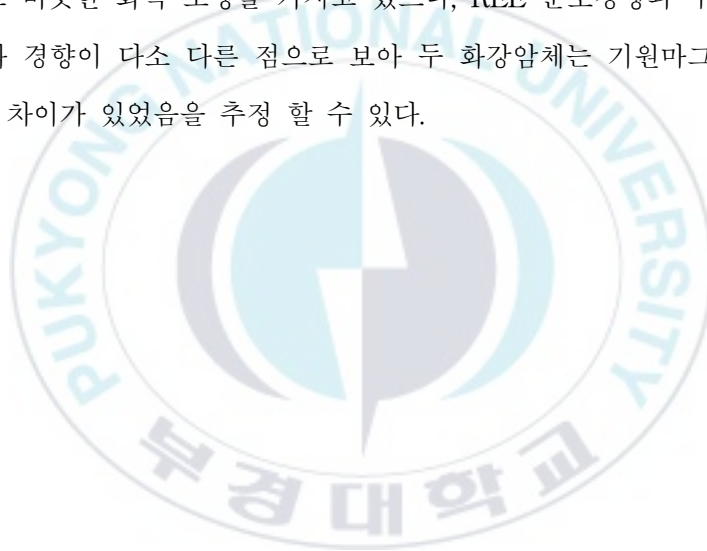
세 화강암체의 주원소 분석결과를 TAS 도형에 도시한 결과 모두 비알칼리 영역에 도시되며, AFM 삼각도표에 도시한 결과 대강화강암은 순창화강암과 남원화강암과 구분되는 마그마 분화 경향을 보인다. 또한 화강암의 기원마그마의 유형을 파악하기 위하여 ACF 삼각도표에 도시한 결과 순창화강암과 남원화강암은 거의 대부분이 I-type에 도시되며, 대강화강암은 김용준 외(1988)의 결과와 같이 A-type 화강암으로 순창화강암과 남원화강암과는 다른 지구조환경에서 생성되었다. 하커 도형에서는 순창화강암과 남원화강암은 대부분 원소들이 Na_2O , K_2O 를 제외하고 감소하는 경향을 보이는 유사한 패턴을 가지며, 대강화강암은 MgO , CaO , K_2O , P_2O_5 등 여러 주원소의 변화경향이 순창 및 남원 화강암들과는 뚜렷이 구분되는 것으로 보아 대강화강암은 순창화강암과 남원화강암과 기원마그마가 다르다는 것을 의미한다.

그리고 세 암체에 대한 C1 콘드라이트에 정량화 시킨 희토류원소 패턴을 보면 LREE가 HREE에 비해 크게 부화되어 있으며 $[(\text{La}/\text{Yb})_N = \text{대강화강암}(7.2 \sim 69), \text{순창화강암}(7.7 \sim 49.4), \text{남원화강암}(15 \sim 64.2)]$ 순창화강암과 남원화강암은 매우 낮은 양의 HREE를 가진다. 세 암체 모두 서로 내부적으로는 대체로 평행한 패턴을 가지고 있으나 다른 화강암체의 변화경향을 교차하는 양상을 띤다. 또한 대강화강암은 강한 $\text{Eu}(-)$ 이상을 보이며 순창화강암과 남원화강암은 미약한 $\text{Eu}(-)$ 를 보인다. 대강화강암의 매우 강한 $\text{Eu}(-)$ 의 이상치는 사장석이 결핍된 마그마 또는 사장석이 분별 정출되어 제거된 잔류마그마에서 생성된 것으로 해석 할 수 있

다. 이와 대조적으로 순창화강암과 남원화강암은 사장석의 분별정출이 수반되지 않은 마그마에서 생성된 것으로 추정된다.

조구조 위치 판별을 위해 미량원소 조성을 이용한 Y-Nb 와 Rb/(Y+Nb) 도형에서 순창화강암과 남원화강암은 화산도호 화강암 영역에 도시되어 대륙 연변부의 조산운동과 관련된 암체임을 알 수 있으며, 대강화강암은 판내부 화강암영역에 도시되어 조산운동과 관련이 없는 암체임을 알 수 있다.

지구화학 분석 결과 대강화강암의 지구조적 환경은 조산운동과 관련 없는 판내부의 인장력이 작용하는 지구조 환경에서 생성되었을 것이다. 그리고 순창화강암과 남원화강암은 대체로 비슷한 화학 조성을 가지고 있으나, REE 분포경향과 주성분원소와 미량원소의 변화 경향이 다소 다른 점으로 보아 두 화강암체는 기원마그마가 다르거나 분화과정에서 차이가 있었음을 추정 할 수 있다.



감사의 글

논문이 완성되기까지 많은 도움을 주신 분들께 이렇게 감사의 글을 남깁니다.
먼저 지금까지 저를 위해 더운 여름과 추운 겨울에도 고생하시며 뒷바라지 해주신 부모님과 항상 형 같은 동생 상훈이에게 감사드립니다.

부족한 저를 제자로 받아주시고 많은 가르침을 주신 박계현 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 필드에서도 많은 가르침을 주시고 논문을 심사해주신 송용선 교수님과 백인성 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

제가 지금까지 지질학이란 학문을 배울 수 있는 계기를 만들어 주신 경상대학교 좌용주 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 지구과학이란 학문에 있어서 많은 가르침을 주신 이병임 박사님과 강희철 박사님에도 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 타 학교에서 온 저를 따뜻하게 대해준 성규열 박사님, 김동환 박사님께도 감사의 말씀을 드립니다. 지금까지 항상 많은 도움을 주신 남훈 형님, 마음으로 힘이 되어주신 태연 형님, 필근 형님, 현민 형님께도 감사의 말씀 드리고 특히 티격태격 했지만 항상 힘이 되어준 지완 형님에게도 감사의 말씀 드립니다. 그리고 실험실에서 항상 부족한 저로 인해 힘들었을 나라, 주언, 희제, 명진, 선미에게도 감사의 말을 전하고 짧은 기간이었지만 많은 얘기를 나눈 친구 광민, 항상 격려를 해주었던 후배 의준, 윤정, 인수, 상근, 문호, 정운, 동해, 나영, 민주에게도 감사의 말을 전하고 싶습니다.

그리고 많은 격려 해 주신 김종선 박사님과 특히 저의 부족함에 항상 따끔한 충고를 해주고 힘들 때 마다 항상 어김없이 걱정해 주신 김건기 박사님께 감사의 말씀을 드리고 재환, 성철에게도 감사하다는 말을 전하고 싶습니다. 친형과 친누나 같이 생각하는 명재 형님, 익수 형님, 근양이 누나, 정숙이 누나, 선영이에게도 감사드리고 어릴 때부터 함께 항상 같이한 친구들 원주, 혁이, 성모, 근태, 우섭 이와 친동생 같은 동생들 백경, 노미, 종우, 미경, 은주에게도 감사하다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로 6년 동안 한번도 변하지 않고 저의 곁에서 항상 힘이 되어준 남조에게 고맙다는 말과 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.