

소백산육괴 서남부의 잔류반상 화강편마암의 암석학적 연구

이춘희^{1,*} · 이상원² · 옥수석³ · 송용선⁴

¹부산대저고등학교, 618-807 부산광역시 강서구 대저2동 2038

²부산대학교 지구과학교육학과, 609-735 부산광역시 금정구 장전동 산 50

³경성대학교 자연과학부, 608-020 부산광역시 남구 대연동 110-1

⁴부경대학교 환경지질학과, 608-810 부산광역시 남구 대연3동 599-1

Petrology of the Blastoporphyrific Granite Gneiss in the Southwestern Part of the Sobaegsan Massif

Choon-Hee Lee^{1,*} · Sang-Won Lee² · Soo-Seck Ock³ · Young-Sun Song⁴

¹Pusan DaeJeo High School, Pusan, 618-807, Korea

²Department of Earth Science, Pusan National University, Pusan, 609-735, Korea

³Division of Natural Science, KyungSung University, Pusan, 608-020, Korea

⁴Department of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Pusan, 608-810, Korea

Abstract: The blastoporphyrific granite gneiss (BPGN) including much alkali-feldspar megacrysts occurs in Jiri mountains area, southwestern part of Sobaegsan massif, Korea. The BPGN is formed gneiss complexes with other gneisses in Precambrian. The BPGN was named as *porphyroblastic gneiss with porphyroblasts of alkali-feldspar megacrysts* by other researchers, but the BPGN includes of euhedral alkali-feldspars (microcline), and the boundary with the granitic gneiss represents sharp contact as intrusive relationship. The BPGN mainly composes of alkali-feldspar megacrysts, quartz, plagioclase, K-feldspar and biotite some almandine and accessory minerals are muscovite, chlorite, apatite, zircon and opaques. The alkali-feldspar is microcline with perthitic texture. An content of plagioclases show 30 to 40. Biotites occur two type, one is Brown biotite which shows compositional ranges of Mg/Fe+Mg ratios from 0.38 to 0.52, the other is Green Bt. which is retrograde product. Garnets to be various sizes and shapes have composition of almandine with 73 to 80 mole percent, but represent retrogressive zoning from core (X_{pyr} : 15.9~20.8) to rim (X_{pyr} : 13.7~15.9) to be evidence of retrograde metamorphism. Megacrysts of alkali-feldspar in the BPGN show rectangular shape of euhedral and some become ellipsoidal or spheroidal in shape and the average size up to 20 cm long. The megacryst includes of biotite, plagioclase and quartz, and rarely euhedral apatite as inclusions. In petrochemistry the BPGN represents granodiorite composition, characteristics of peraluminous S-type granitoid and calc-alkaline features.

Key words: Blastoporphyrific Granite Gneiss (BPGN), orthogneiss, calc-alkaline magma, alkali-feldspar megacrysts

요약: 소백산 육괴 서남부에 분포하는 지리산 지역에는 알칼리장석이 거정으로 산출되는 편마암이 광범위하게 분포한다. 본 연구는 기존의 반상변정질 편마암을 그 기원과 조직 특성에 따라 잔류반상 화강편마암(blastoporphyrific granite gneiss)으로 명명하였다. 화강암질 편마암을 관입하고 있고 포획암을 함유하며 잔류반상 화강편마암과 화강암질 편마암 경계에서 알칼리장석 거정의 유·무를 뚜렷이 확인할 수 있는 등의 야외 증거는 잔류반상 화강편마암이 펠트 기원임을 밝혀준다. 잔류반상 화강편마암에서 거정으로 나타나는 알칼리장석의 형태는 주로 장방형이며, 타원형 내지 원형을 이루기도 한다. 알칼리장석 거정들의 평균 장경은 2.2에서 6.5cm(평균 4.3cm)이지만, 큰 거정(크기로 상위 30%)들은 7.9cm(평균 5.2cm)에 달한다. 잔류반상 화강편마암의 흑운모 조성은 에스토나이트와 시데로필라이트의 중간 성분으로 구성되어 있다. 잔류반상 화강편마암에서 산출되는 석류석은 그 성분이 알만딘으로 중심부는 파이로프 성분이 풍부한데 비하여 주변부로 가면서 파이로프 성분이 급격히 감소하고 알만딘 성분이 풍부해지는 전형적인 후퇴변성의 누대 구조를 이루고 있다. 알칼리장석 거정의 분석 결과는 결정의 주변부로부터 중심에 이르기까지 그 조성의 변화가 없었다.

알칼리장석 거정에 석영, 흑운모, 사장석, 세립의 미사장석 등이 포함되어 있다. 잔류반상 화강편마암의 사장석은 안데신의 조성을 나타낸다. 주성분 산화물의 변화 경향에서 잔류반상 화강편마암은 체계적인 변화를 보이며, 분화 경향에 의하면 마그마의 결정분화에 의해 생성되었음을 알 수 있다. 전암 화학조성에 의하면 잔류반상 화강편마암은 화강섬록암 영역에 도사되며 칼크알칼리 계열의 파알루미나질 S-타입화강암이 기원암이다.

주요어: 잔류반상 화강편마암, 정편마암, 칼크-알칼리 마그마, 결정분화작용, 알칼리 장석 거정

서 론

최근까지 지리산 지역의 편마암류는 대부분이 준편마암류로 구성되어 있고 정편마암류는 일부 지역에 국한되어 산출되는 것으로 알려져 왔으며, 최소한 3회 이상의 변성작용을 경험한 것으로 연구된 바 있다(이상만, 1980; 이상만 외, 1981; 송용선, 1981; 이상원, 1984a, b, 1985). 그러나 최근 연구에 의하면 많은 부분이 정편마암으로 밝혀졌고, 여태까지 기재되지 않았던 암석들이 확인되었다(이상원, 1997; 이상원 외, 1997, 1999; 정중호, 1997; 김동연, 1999; 송용선, 1999).

본 연구대상 암체인 잔류반상 화강편마암은 기존의 도폭조사(김옥준 외, 1964; 손치무 외, 1964; 최유구 외, 1964; 김남장·광필중, 1965; 남기상 외, 1989)에서 반상변정질 편마암으로 기재된 이래 현재까지 준편마암으로 알려져 왔으나(이상만, 1980; 이상만 외, 1981; 이상원, 1985, 이상원·이혁우, 1990; 정윤기·이상원, 1994), 지리산 북부의 마천 지역에서 동일한 잔류반상 화강편마암이 화강암질 편마암을 뚜렷이 관입하고 있어 관입체임을 지시하며(정중호, 1997; 이상원 외, 1999), 지리산 동부에 분포하는 잔류반상 화강편마암에서 엽기성 그레놀라이트가 포획암으로 산출, 보고된 바 있다(송용선, 1999). 이들 화강암질 편마암과 잔류반상 화강편마암의 두 암체는 지리산 지역에 넓은 분포 면적을 차지하고 있는 대규모의 관입암체로서 Turek and Kim(1995, 1996)은 저어콘 연대측정에 의해 소백산육괴 지리산 지역의 화강암질 편마암과 잔류반상 화강편마암이 각각 21억년과 19억년 전에 관입한 것으로 해석하였다.

지리산 일대에는 본 연구대상 암체에서 알칼리장석이 거정으로 산출되는 잔류반상 화강편마암이 광범위하게 분포하고 있다. 알칼리장석 거정과 같은 큰 결정들은 원래 기원암의 유형을 결정하고 변성과정의 역사를 규명하는 데 유용한 지시자이다. 그럼에도 불구하고 지금까지 이 지역의 잔류반상 화강편마암을

단순히 조직적 특성에 근거하여 반상변정질 편마암으로 기재하고, 거정질 알칼리장석을 변성기원의 반상변정으로 언급한 채로 변성작용에 대한 연구가 수행되었을 뿐이다.

그러므로 본 연구는 기존의 반상변정질 편마암을 그 기원과 조직 특성에 따라 잔류반상 화강편마암(blastoporphyratic granite gneiss: 이하 BPGN으로 표기)으로 명명하며, 암석의 야외산상, 광물조성 및 기재적 특징을 상세하게 기술하고, 주성분원소, 미량원소 및 희토류원소의 암석화학적 특성을 밝히는 목적으로 수행되었다. 본 연구의 결과는 한반도 기저의 일부인 소백산육괴의 지각진화와 선캠브리아기의 화성활동을 이해하는데 기초자료를 제공할 것이며, 아울러 앞으로 한반도에서 일어났던 선캠브리아기의 화성활동과 암석학적 특성 및 구조적 관련성, 그리고 지각발달사 연구에 대한 새로운 관점에서의 고찰과 연구를 기대한다.

일반지질

소백산육괴는 주로 선캠브리아기 변성암류가 넓은 분포면적을 차지하고 있으며, 중생대 삼척기~쥬라기 화강암류와 백악기말 불국사 화강암류가 이들 변성암류를 관입하며 광범위하게 분포하고 있다. 백악기말의 불국사 화강암류는 소규모의 암주상으로 소백산육괴의 주 분포방향에 사교하는 방향으로 관입하였다. 소규모의 백악기 퇴적암류와 화산암이 부정합으로 변성암류를 덮고 있으며 각종 암맥류가 북동-남북방향의 구조선들을 따라 발달되어 있다(Fig. 1).

지리산 일대의 선캠브리아기 변성암류 중 이질 및 사질기원의 준편마암류인 변성니질암은 최고기의 암석으로 추정되며 서부의 구례와 동부의 하동 일부 지역에 분포하고, 주로 잔류반상 화강편마암과 화강암질편마암에 포위되어 나타난다. 도처에서 화강암질 편마암과 잔류반상 화강편마암에 변성퇴적암들이 포획 또는 잔류(?)되어 나타난다. 하동 동부에서 남북

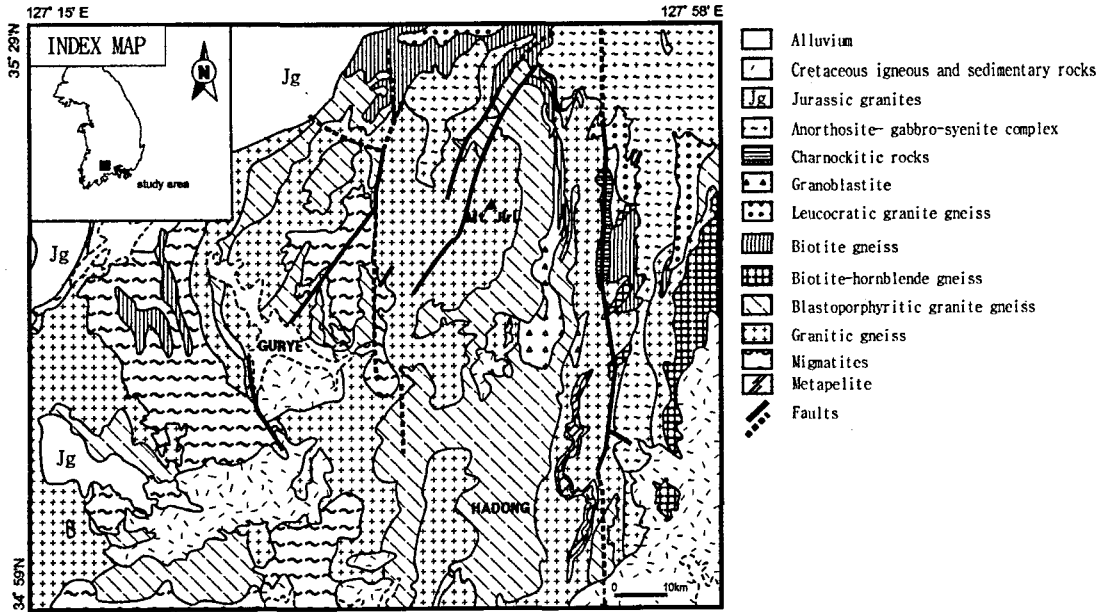


Fig. 1. Simplified geological map of the study area (modified after Lee *et al.*, 1981, 1997, 1999; Kim *et al.*, 1998)

방향으로 'S'형으로 출현하는 변성니질암은 대체로 연속성이 좋고 편마암화되어 있으나 주위 암석과 점 이적인 관계라고 기재되어 왔다(김남장·강필중, 1965; 이상만, 1980). 그러나 최근에 구례 지역(섬진강변)에서 그레놀라이트상에 해당하는 변성니질암이 확인되었고(송용선·이상원, 1993; 이상원, 1997; 정중호, 1997), 같은 지역에서 변성니질암의 일부가 화강암질 편마암에 포획체로 발견되었다(이상원 외, 1999). 하동 지역의 변성니질암을 섬진강변의 변성니질암과 동시기의 암석으로 간주한다면, 변성니질암과 주위 암석과의 관계는 관입접촉으로 보는 것이 타당하다. 특히 하동 지역 변성니질암의 주위 암석이 화강암질 편마암과 잔류반상 화강편마암이므로, 이들 변성니질암은 관입암체의 생성 이전에 존재했던 초기의 퇴적기원암으로 해석된다.

이 변성니질암과 동시기 내지 이후의 준편마암으로 추정되는 미그마타이트질 편마암은 주로 화계 서쪽 지역에 넓게 분포한다. 이 암체는 변성시질암을 부분 용융 잔류물 형태로 다량 함유하고 있으며, 사질암 내지 규장질 화성암에서 볼 수 있는 단순한 광물조성을 함유하고 있어 변성니질암과 대조적이다.

정편마암류는 지리산 동부에서 대체로 남북방향의 분포를 나타낸다. 우백질 화강편마암은 육괴 서측부에서 경상누층군의 최하부 퇴적층과 접하며 북동 방

향으로 길게 연장하여 산출되고, 잔류반상 화강편마암은 주로 선캠브리아기 편마암복합체와 주라기 화강암에 접하며 지리산 주위에 넓게 나타난다. 흑운모-각섬석편마암, 흑운모편마암 및 우백질화강편마암은 산청도폭(김옥준 외, 1964), 단성도폭(최유구 외, 1964) 및 진교도폭(김남장·강필중, 1965)에서 이들 화강암질 편마암과 잔류반상 화강편마암을 관입한 것으로 기재하였으며, 화성암의 잔존구조, 즉 잔류반상조직(blastoporphyritic texture)을 잘 보여주므로 관입 기원암인 것이 확실하다(정중호, 1997). 이들은 하동-산청 지역에 분포하는 회장암질암에 의해 관입당하였다(김옥준 외, 1964; 최유구 외, 1964). 회장암질암의 동위원소 연대가 약 17억년 전이므로(권성택·정지곤, 1990), 앞선 관입체들은 최소한 동시기 내지 그 이전이 될 것이다. 이들 정편마암류는 관입 후 일련의 광역변성작용을 받았으며, 넓은 지역에 걸쳐서 후차적으로 동력변성작용을 받아서 압쇄구조, 안구상 또는 몰타르조직이 현저하게 발달하였다(송용선, 1981; 정중호, 1997). 이러한 동력변성작용은 인접한 회장암질암에도 영향을 미쳐서 압쇄된 사장석에 압쇄균열이 생겨 있고 이 균열부를 따라서 녹니석 등이 채우고 있다.

지리산 일대의 편마암류를 삼척기와 주라기의 화강암류가 대·소규모로 관입하여 있고, 백악기 퇴적암이 연구지역 동부에 넓게 그리고 구례 일대에 소규모로

퇴적암과 화산암들이 부정합으로 피복하고 있다.

본 연구 지역에는 대·소규모의 단층이 남북 또는 북동-남서 방향으로 분포하는데, 이 단층을 따라서 암석들이 파쇄 또는 마일로나이트화되어 나타난다.

잔류반상 화강편마암의 산상과 기재

야외 산상

잔류반상 화강편마암은 지리산 일대 전역에 대규모에서 소규모까지 넓게 노출되어 있으며 크게 남북방향의 분포패턴을 가진다. 이전의 연구자들은 이 암석을 퇴적기원의 준편마암으로 분류하였으나 야외에서 화강암질 편마암을 관입하거나 포획암을 함유하고 있어 멜트 기원이 확실하다(Fig. 2). 그리고 거정의 알칼리장석을 멜트의 정출작용의 산물로 해석하여 이 암석명을 최초로 명명하였다. 광물조성과 기질부의 조직은 화강암질 편마암과 매우 유사하지만, 거정의

알칼리장석을 다량 함유하고 있어 다른 편마암류와는 뚜렷이 구별된다. 거정은 미사장석이며 주로 장방형을 나타내지만 타원형 내지 원형을 이루기도 한다. 또한 알칼리장석 거정이 국부적으로 안구상구조를 이루기도 한다. 이들 거정이 장방형인 경우 장축의 길이는 5 내지 12cm이고, 장축은 대개 엽리가 있는 경우 평행하거나 사교하기도 한다. 간혹 거정 주위로 흑운모가 둘러싸고 있으며, 거정들은 대개 일정한 방향으로 배열되기도 한다. 석기는 중립 내지 조립질이다.

지리산 지역 잔류반상 화강편마암의 시료 위치를 Fig. 3에 나타내고, 잔류반상 화강편마암의 특징적인 야외산출 상태를 상세히 기재한다.

송주군 남원면 낙안 민속촌을 지난 지점의 노두(시료 S-08)는 암쇄엽리를 보여주며 전단대가 나타난다. 페그마타이트가 관입되어 있으며, 거정이 밀집되어 맥상을 이루는 부분이 나타난다. 이러한 경우, 자세한 논의는 다음 장에서 다루어지는 알칼리장석 거정

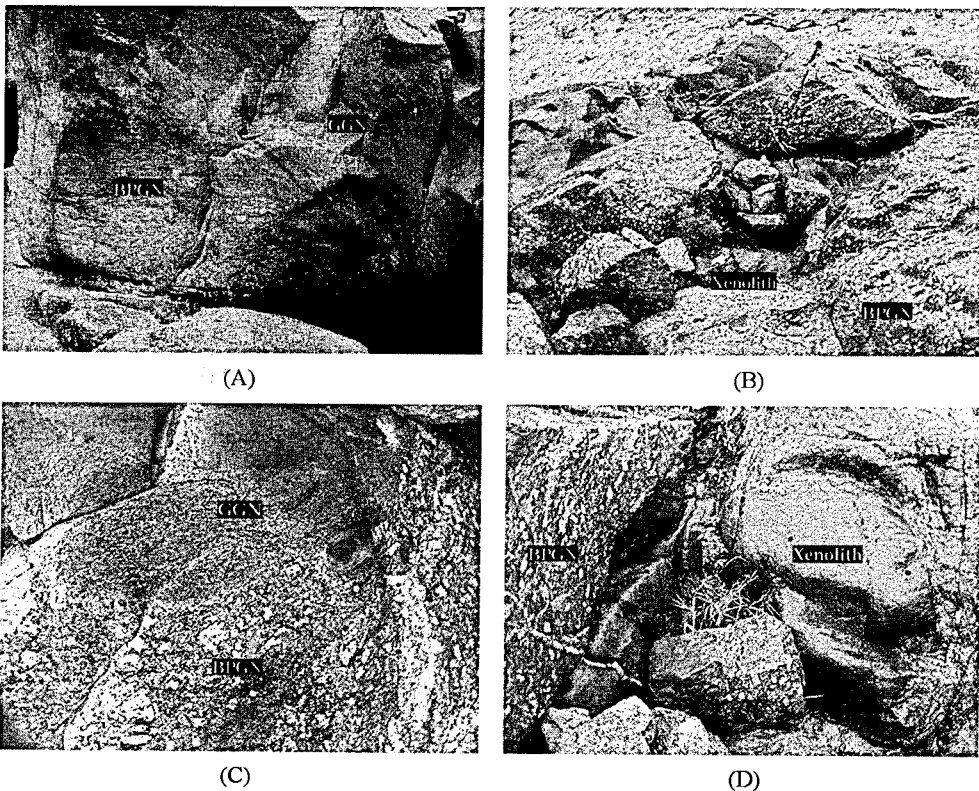


Fig. 2. Photographs of outcrops of the BPGN at Yongyudam, Jiri mountain. (A) The BPGN intrudes into the granitic gneiss (GGN). (B) Sharp contact between the BPGN and the granitic gneiss, and xenolith in the BPGN. (C) Sharp contact between the BPGN and the granitic gneiss (GGN). Note the presence of megacryst in the BPGN but absence in the granitic gneiss. (D) Xenolith in the BPGN.

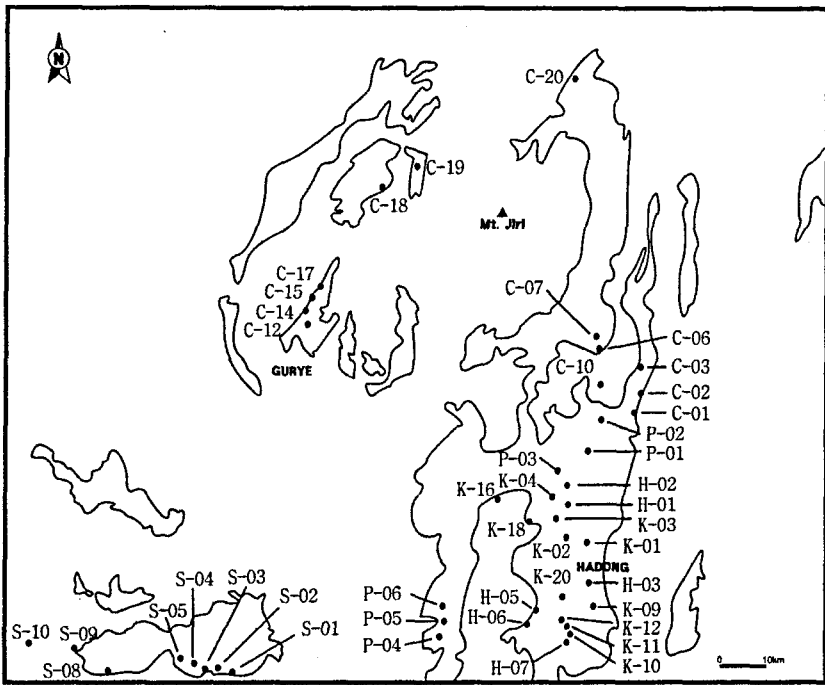


Fig. 3. Map of the distribution and sample localities of the porphyroblastic gneiss from the SW Sobaegsan massif (C-10, K-16, S-09, S-10: Granitic gneiss).

의 기원에서 논의될 것이나, 알칼리장석 거정이 반정임을 시사하는 것으로 추정된다.

하동군 청암면 학동의 노두(시료 C-06)의 일부분에 니질 포획체가 두께 20cm 내외, 길이 3m로 나타나며, 다량의 석류석이 흑운모와 함께 농집되어 있다. 알칼리장석 거정의 형태는 장방형, 난형, 타원형으로 다양하다. 장방형을 제외한 난형이나 타원형 거정에 세립의 석류석, 흑운모 그리고 가끔 백운모가 함유되어 있다. 이러한 양상은 원래의 거정이 성장하면서 석류석을 포획하였을 것으로 추정된다. 한편, 흑운모 함량이 화성기원으로 보기에 너무 많은 편이다. 그러므로 니질암이 배태된 변성퇴적암이거나 S-type 화강암질암의 변성을 추정할 수 있다. 또한 석류석이 니질기원 암석 부분에 농집되어 엽리에 나란히 배열되는 것은 화강암질 용융체의 기원암이 변성퇴적암일 것이라 암시한다고 해석할 수 있다. 거정의 크기는 장방형인 경우 단경 2~6.5cm, 장경 8~10cm이며, 난형과 타원형인 경우 10cm 내외이다. 거정이 다수 결합되어 대단히 큰 크기의 거정을 이루기도 하지만, 거정들의 접촉 경계면에서 서로 간섭하지 않는다. 석류석이 풍부하며 0.5~1cm(간혹 2cm)의 큰 크기를

갖는다. 거정의 함량은 평균 15%이다. 암흑색의 규암 포유체가 분포한다.

하동군 청암면 청학동 민속 박물관 입구에 있는 노두(시료 C-07)의 포유체는 연속성이 없고 상·하로 N80W, 32NE의 엽리를 갖는 잔류반상 화강편마암에 의해 둘러싸여 있다. 그리고 엽리에 평행한 얇은 렌즈상의 규암을 보유하고 있다(Fig. 4). 잔류반상 화강편마암과 포유체 모두 석류석을 함유하고 있다. 그리고 포유체에는 니질 잔존물로 추정되는 흑운모를 다량 함유하는 부분이 포함되어 있다. 잔류반상 화강편마암에는 알칼리장석 거정이 다량 분포하지만 포유체와 니질잔존물에는 알칼리장석 거정이 분포하지 않으므로 알칼리장석 거정이 변성기원이 아니라 벨트에 의해 생성되었음을 추정할 수 있다. 노두 전체에서 거정의 함량이 급변하나 평균 함량은 16%이다.

지리산 북서부 함양군 마천면 용유담 노두(시료 C-20)에서는 잔류반상 화강편마암이 화강암질 편마암을 뚜렷이 관입하여 노출하고 있다. 알칼리장석 거정의 형태는 장방형과 난형이며, 장방형이 우세하다. 거정의 크기는 장방형인 경우 단경 1.5~3cm, 장경 4~6cm이며, 난형인 경우 최대 크기가 5.7cm이다. 직

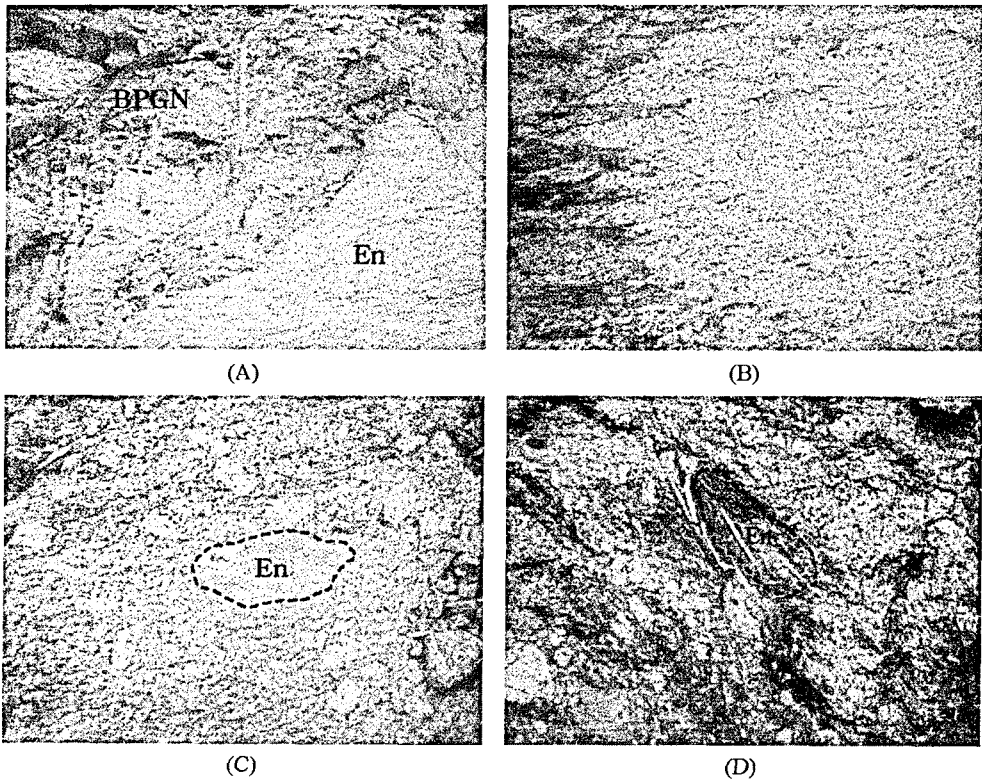


Fig. 4. Photographs of outcrops showing: (A) Metasediment enclave surrounded by the BPGN; (B) Close-up of the enclave in photo (A) showing no megacryst of alkali feldspar. (C), (D) Small enclaves of metasediment included in BPGN from Hakdong. En: enclave of metasediment.

경 1.5m 정도의 포획체를 가지는데, 포획체는 석류석-흑운모를 다량 함유한 편마암이다. 이곳의 '노두'에서 관입접촉 관계를 확실하게 관찰할 수 있으며, 잔류반상 화강편마암과 화강암질 편마암 경계에서 알칼리장석 거정의 유·무를 뚜렷이 확인할 수 있다. 즉 전자에는 거정의 알칼리장석이 다량 함유되어 있지만 후자에는 나타나지 않는다. 이런 접촉 경계의 특성과 거정의 존재 유·무는 잔류반상 화강편마암이 관입기원 암체이며, 거정이 변성작용의 결과가 아니라 멜트에서 결정화되었음을 보여주는 중요한 증거가 된다.

잔류반상 화강편마암의 기재

현미경 관찰에서 잔류반상 화강편마암의 주구성 광물은 석영, 알칼리장석, 사장석, 흑운모이며, 석류석과 소량의 백운모를 함유한다. 부성분 광물은 녹니석, 인회석, 저어콘 및 불투명 광물이다. 화강암질 편마암(시료 C-10, K-16, P-02, S-09)의 구성 광물은 거의 잔류반상 화강편마암과 비슷하지만, 일부 암석에

규선석이나 근청석이 소량 함유되어 있다.

알칼리장석은 거정으로 산출될 뿐만 아니라 석기에서도 나타난다. 거정의 큰 입자와 석기의 작은 입자에 이르기까지 알칼리장석의 입자 크기는 다양하다. 거정은 주로 자형의 미사장석이며 격자쌍정을 보여주며, 퍼다이트조직을 이루기도 한다. 일부 미사장석에 석영, 흑운모, 사장석, 세립의 미사장석 등이 포함되어 있으며, 이러한 포유물들은 거정의 내부에 분산되거나 또는 성장면을 따라 분포하고 있다. 또한 일부 거정에는 석영-사장석-흑운모의 조합물을 갖는 집합체를 포유하기도 한다. 이럴 경우 석기를 구성하는 광물조합과 다른 조합을 나타내는 경우도 있고, 조직의 차이를 보여주기도 한다.

사장석은 자형 내지 반자형이며, 누대구조가 뚜렷하고, 알바이트 쌍정, 알바이트-칼스바드 쌍정 또는 페리클린 쌍정을 보여준다. 사장석의 주변에서는 미르메카이트 조직을 보이기도 한다.

흑운모는 자형 내지 반자형이고, 현미경하에서 흑운

Table 1. Continued.

Specimen	S-04A		S-04B					
	Grain	Core	Rim	Ind	Rim	Core	Rim	Ink
SiO ₂	35.02	35.30	34.67	34.95	34.91	35.07	34.56	
Al ₂ O ₃	18.56	18.82	18.45	18.21	18.13	18.29	18.29	
TiO ₂	3.58	3.08	3.70	3.92	3.80	3.49	2.82	
FeO*	20.84	20.10	20.66	21.43	21.04	20.29	21.34	
MnO	0.03	0.08	0.10	0.18	0.12	0.12	0.16	
MgO	7.52	7.51	7.61	7.56	7.77	7.87	7.76	
CaO	0.05	-	0.01	-	0.04	-	0.03	
Na ₂ O	0.14	0.10	0.12	0.12	0.16	0.11	0.08	
K ₂ O	9.20	9.62	9.26	9.26	9.40	9.46	9.49	
Total	94.94	94.61	94.58	95.63	95.37	94.70	94.53	
Cations on the basis of 22 oxygens								
Si	5.39	5.44	5.36	5.36	5.37	5.41	5.38	
Al	3.37	3.42	3.36	3.29	3.29	3.32	3.35	
Ti	0.41	0.36	0.43	0.45	0.44	0.40	0.33	
Fe ^(II)	2.68	2.59	2.67	2.75	2.71	2.62	2.78	
Mn	-	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	
Mg	1.72	1.72	1.75	1.73	1.78	1.81	1.80	
Ca	0.01	-	-	-	0.01	-	0.01	
Na	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	
K	1.81	1.89	1.83	1.81	1.84	1.86	1.88	
Total	15.44	15.46	15.46	15.46	15.49	15.47	15.57	
X _{Mg}	0.39	0.40	0.40	0.39	0.40	0.41	0.39	
X _{Ti(VI)}	0.07	0.06	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	
X _{Al(VI)}	0.14	0.15	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	
Symbol	○	○	○	○	○	○	○	

*: Fe as total FeO.

Core: composition of core part of a grain. Rim: composition of rim part of a grain. IncG: vicinity of a garnet. IncP: vicinity of a plagioclase, IncK: vicinity of a alkali-feldspar.

○: BPGN, †: Granitic gneiss, ●: Cheongsan porphyritic granite.

X_{Mg} = Mg/(Mg + Fe), X_{Ti(VI)} = Ti/(Al^{VI} + Ti + Fe + Mn + Mg), X_{Al(VI)} = Al/(Al^{VI} + Ti + Fe + Mn + Mg).

모의 엽리가 일부 암체에서 미약하게 발달되어 있다.

석영은 타형이며 파동 소광을 보이며, 압쇄작용을 받은 암체에서는 엽리방향으로 신장되거나 파쇄되어 나타난다.

석류석들은 외관상 거정 형태의 큰 입자로 보이며, 경하에서는 발달된 균열사이에 미립의 갈색 내지 녹색의 흑운모 또는 녹니석 등과 같은 다른 광물이 교대되어 있다. 지역에 따라 석류석의 함량에 변화가 심하며 형태와 입자크기 또한 다양하다. 암석에 따라 차이가 있으나 반자형 조립질 결정에서 타형의 세립 석류석이 나타나며 이들 극소량의 세립 타형 석류석은 용융잔류물일 가능성을 암시한다. 조립질 석류석 주위에 접촉하고 있는 적갈색 흑운모는 두 광물이

상당히 안정된 공생관계를 보여주지만 대부분 균열면을 따라 녹색 흑운모나 녹니석으로 교대변질되어 있어 후퇴변성작용을 경험했음을 지시한다.

알칼리장석 거정은 자형의 인회석을 포유물로 갖는다.

잔류반상 화강편마암의 광물조성

지리산 지역의 잔류반상 화강편마암의 주요 구성광물의 화학조성을 기초과학연구원 연구소의 전자현미분석기(Cameca 모델 SX-50)를 사용하여 분석하였다. 분석시 가속전압과 전류는 50Kev, 10µA, 조건은 검출한계 100ppm(15kV, 20nA), 정밀도는 주성분 원소에 대하여 ±0.5%, 빔(beam) 직경은 1µm, 측정 시간은 정점(peak)에서 10초였다. 광물분석에서 알바이트(Na, Si), 페리클레이스(Mg), 강옥(Al), 인회석(P), 정장석(K), 규회석(Ca), MnTiO₃(Ti, Mn), Cr₂O₃(Cr) 등과 같은 천연광물과 합성 물질을 표준 물질로 사용하였다.

흑운모 조성은 시료 내의 분석 위치나 입자간에 미약한 성분차를 보이며, 평균 Mg/Mg+Fe 비가 0.38 ~ 0.52이다(Table 1). 누대구조의 경향이 뚜렷하지는 않지만 석류석에 인접한 부분은 0.45 ~ 0.52로 약간 높은 값을 보인다. C-06E의 석류석 내에 포획되어 있는 흑운모는, 석류석 주변부의 흑운모에 비해 Fe과 Ti의 양이 적고 Mg과 Al의 양이 많다. 이는 흑운모의 생성시기 또는 변성조건에 차이로 부터 기인한다고 판단된다(이광진 · 조문섭, 1992). 포유물로 산출되는 흑운모의 평균조성이나 주변부의 조성 역시 기질부의 것과 동일하여 이러한 성분경향이 후퇴시의 확산에 의한 것으로 해석된다.

잔류반상 화강편마암 내의 석류석은 알만딘 성분이 73 ~ 80mol%이다(Table 2). 석류석은 중심부에서 주변부로 가면서 Fe과 Mn의 양이 증가하고 Mg의 양이 감소하는 경향을 보여주는데, 이는 후퇴변성작용의 결과로 해석할 수 있다(Tracy and Robinson, 1976). 석류석들은 현저한 누대구조의 특성을 보이는 알만딘으로, 중심부는 X_{PY} = 15.9 ~ 20.8로 파이로프 성분이 풍부한데 비하여 주변부로 가면서 파이로프 성분(X_{PY} = 13.7 ~ 15.9)이 급격히 감소하고 알만딘 성분이 풍부해지는 전형적인 후퇴변성의 누대구조를 이루고 있다.

잔류반상 화강편마암의 사장석 조성은 X_{an} = 30 ~ 41 정도로 안데신 조성을 나타낸다(Table 3). 분석된 각각의 시료에서 사장석 결정의 중심부로부터 주변부로 갈수록 An 함량이 뚜렷이 감소하는 조성적 누대

구조를 보여준다.

잔류반상 화강편마암에서 거정으로 산출되는 알칼리장석의 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 잔류반상 화강편마암 알칼리장석의 성분은 매우 potassic(예, Or₈₈ ~ Or₉₆)하다. 각각의 시료에서 알칼리장석 결정의 주변부로 부터 중심 사이에서 그 조성의 변화가 거의 없음을 확인할 수 있다. 비록 거정 내부의 성장면과 그 주위에 사장석, 흑운모 등의 포유물이 관찰되지만, 성장면을 경계로 조성의 변화는 나타나지 않는다. 이 결과는 비교 암체인 청산지역 반상화강암(사공희·좌용주, 1997)에서 산출되는 알칼리장석 거정의 분석결과와 일치한다.

잔류반상 화강편마암의 암석화학

주성분원소

주성분원소의 분석은 기초과학지원센터 서울분소의 XRF [PW1480(Phillips) X-ray Fluorescence Sequential Spectrometer]를 이용하였으며, 분석시 측정강도를 얻

기 위한 전압과 전류조건은 Max. X-ray power 3.0KW (max. 60kV, 75mA)이다. 분석의 정확성을 위해서 각 표본에 대해 3회씩 분석하여 그 평균치를 이용하였다.

잔류반상 화강편마암의 주성분 화학조성의 분석결과와 계산된 CIPW 노옴 값을 Table 5에 제시하였다. Fe은 total Fe₂O₃로 분석되었고, CIPW 노옴은 Middlemost(1989)의 Fe₂O₃/FeO 비에 근거하여, 측정된 전체 Fe₂O₃로부터 FeO와 Fe₂O₃를 재계산하여 구하였다. SiO₂의 함량은 62.10%에서 69.73%의 범위이다.

연구지역의 잔류반상 화강편마암들을 화학조성에 따른 암석분류도에 적용시켜 보면, TAS도(Cox et al., 1979)에서 화강섬록암 영역에 점사된다(Fig. 5).

마그마 분화과정의 차이를 이해하기 위해 주성분원소를 Harker 변화도(Fig. 6)에 도시해 보면, SiO₂가 증가함에 따라 CaO, Fe₂O₃, MgO, MnO, TiO, P₂O₅ 등은 감소하는 경향을 보이고, K₂O는 증가하는 경향을 보인다. Al₂O₃는 거의 비슷한 함량이거나 완만한 감소를 나타낸다. 즉 분화가 진행됨에 따라 잔류반상 화강편마암의 각 주성분원소 함량은 비교적 체계적인

Table 2. Representative chemical compositions and structural formulae of garnets.

Specimen	C-07B		C-06			C-06Incb	C-06D			C-06E		
	Ga(InC)	Ga(rim)	Ga(rim)	Ga(core)	Ga(rim)	Ga(rim)	Ga(rim)	Ga(core)	Ga(rim)	Ga(rim)	Ga(core)	Ga(rim)
SiO ₂	37.96	37.90	37.78	37.85	37.30	38.03	37.79	37.84	37.85	37.67	37.73	37.80
Al ₂ O ₃	21.52	21.57	21.41	21.31	21.16	21.20	21.49	21.35	21.59	21.30	21.22	21.67
TiO ₂	0.04	0.06	0.03	0.03	-	0.05	0.02	0.05	0.05	0.03	0.06	0.05
FeO*	32.48	32.47	32.90	33.43	35.16	33.15	33.11	33.06	33.10	33.27	33.63	33.12
MnO	1.22	1.18	1.06	1.05	1.07	1.13	1.09	1.08	1.04	1.15	1.05	1.06
MgO	5.22	5.19	4.54	4.45	3.63	4.44	4.49	4.81	4.68	4.52	4.40	4.63
CaO	1.32	1.40	1.77	1.47	1.17	2.07	1.81	1.63	1.66	1.68	1.80	1.66
Na ₂ O	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	-	-	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01
K ₂ O	0.01	0.01	-	0.02	-	-	0.03	0.03	-	-	0.01	-
Total	99.81	99.79	99.50	99.63	99.52	100.07	99.83	99.87	100.00	99.65	99.91	100.00
Cations on the basis of 12 oxygens												
Si	2.973	3.003	3.011	3.018	3.004	3.019	3.006	3.007	3.002	3.005	3.007	2.998
Al	1.989	2.015	2.012	2.003	2.009	1.984	2.015	2.000	2.019	2.003	1.993	2.026
Ti	0.001	0.004	0.002	0.002	-	0.003	0.001	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003
Fe ^(M)	2.155	2.152	2.193	2.229	2.368	2.201	2.202	2.197	2.196	2.220	2.241	2.197
Mn	0.053	0.079	0.072	0.071	0.073	0.076	0.073	0.073	0.070	0.078	0.071	0.072
Mg	0.674	0.613	0.539	0.529	0.436	0.525	0.532	0.570	0.553	0.537	0.523	0.547
Ca	0.185	0.119	0.151	0.126	0.101	0.176	0.154	0.139	0.141	0.144	0.154	0.141
Na	-	0.002	0.002	0.003	0.005	-	-	0.003	0.005	0.005	0.002	0.002
K	-	0.001	-	0.002	-	-	0.003	0.003	-	-	0.001	-
Total	7.988	7.982	7.983	7.996	7.984	7.984	7.99	8.00	7.99	7.99	8.00	7.99
Xalm	72.64	72.62	74.21	75.45	79.52	73.87	74.34	73.77	74.18	74.52	75.00	74.30
Xpy	20.81	20.69	18.25	17.90	14.64	17.66	17.97	19.13	18.70	18.05	17.49	18.52
Xgr	3.78	4.01	5.12	4.25	3.39	5.92	5.21	4.66	4.77	4.82	5.14	4.77
Xsp	2.76	2.67	2.42	2.40	2.45	2.55	2.48	2.44	2.36	2.61	2.37	2.41
X _{Mg}	0.24	0.22	0.20	0.19	0.16	0.19	0.19	0.21	0.20	0.19	0.19	0.20

Table 2. Continued.

Specimen	C-17C			K-11B		K-11
	Ga (rim)	Ga (core)	Ga (rim)	Ga (rim)	Ga (core)	Ga (rim)
Grain						
SiO ₂	37.51	37.55	37.76	37.48	37.61	37.69
Al ₂ O ₃	21.43	21.38	21.48	21.28	21.26	21.32
TiO ₂	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.05
FeO*	33.57	33.45	33.34	34.16	34.10	34.22
MnO	1.94	1.79	1.85	1.35	1.23	1.28
MgO	3.94	4.17	3.95	3.40	3.99	3.70
CaO	1.29	1.23	1.55	2.02	1.59	1.55
Na ₂ O	0.01	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02
K ₂ O	-	-	0.02	0.03	0.01	-
Total	99.73	99.62	100.00	99.75	99.87	99.83
Cations on the basis of 12 oxygens						
Si	3.002	3.004	3.009	3.007	3.006	3.014
Al	2.022	2.017	2.018	2.013	2.003	2.010
Ti	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003
Fe ^(M)	2.247	2.238	2.222	2.292	2.279	2.289
Mn	0.131	0.121	0.250	0.092	0.083	0.087
Mg	0.470	0.497	0.938	0.406	0.475	0.441
Ca	0.111	0.105	0.265	0.174	0.136	0.133
Na	0.002	0.006	0.009	0.003	0.006	0.003
K	-	-	0.004	0.003	0.001	-
Total	7.99	7.99	8.72	7.99	7.99	7.98
X _{Alm}	75.93	75.56	75.36	77.33	76.64	77.60
X _{Py}	15.89	16.79	15.92	13.72	15.99	14.96
X _{Gr}	3.74	3.56	4.49	5.86	4.58	4.50
X _{Spl}	4.44	4.10	4.24	3.10	2.80	2.94
X _{Mg}	0.17	0.18	0.30	0.15	0.17	0.16

*: Fe as total FeO.

X_{Mg}: Mg/(Mg + Fe).

감소 내지 증가의 경향을 보인다. 이는 잔류반상 화강편마암이 마그마의 관입과 결정화작용에 의해서 생성되었다는 산출상태와 부합된다.

잔류반상 화강편마암의 모암의 암석계열을 알아보기 위하여 각 분류도에 접시해 보았다. AFM 삼각도(Fig. 7)에서 잔류반상 화강편마암들은 칼크-알칼리 계열에 접시된다. 잔류반상 화강편마암을 생성시킨 마그마의 특성을 알아보기 위한 Maniar and Piccoli(1989)의 A/NK-A/CNK 관계도(Fig. 8A)에서 잔류 반상 화강편마암은 과알루미나질 암석임을 나타낸다. 화학조성과 광물조성에 근거하여 화강암류를 세분한 Chappell and White의 I-타입 및 S-타입 화강암질암 분류도에서 잔류반상 화강편마암은 S-타입 화강암질암의 영역에 도시된다(Fig. 8B).

미량성분원소

지리산 지역 잔류반상 화강편마암에 대한 미량원소

는 한국기초과학지원연구원의 Fisions PQ3 STE 유도 결합플라즈마 질량분석기(ICP/MS)로 분석하였으며, 분석 결과를 Table 6에 제시하였다. 암석에 함유되어 있는 미량원소는 전하와 원소의 이온반경의 차이에 의해 주성분원소를 함유하는 광물의 결정격자 내에 포획(captured), 허용(admitted), 또는 위장(camouflaged)되어 함유된다(Goldschmidt, 1937; Mason and Moore, 1982). 지리산 지역 잔류반상 화강편마암의 실리카에 대한 미량원소의 변화는 SiO₂의 함량이 증가함에 따라 Cr, Ni, Co, Sc, Cu, Th, Nb, Y 및 Zn의 함량은 감소하는 경향을 보여주고, Ba, Pb, 의 함량은 증가하는 반면에 Ta, Rb의 함량은 변화가 없으며 Sr, Zr, Cs, U, Li, Hf 및 Nb의 함량은 분산된다.

미량원소를 초기멘틀(primitive mentle) 값에 표준화한 패턴을 Fig. 9에 도시하였다. 미량원소 중 연구 지역 잔류반상 화강편마암에 함유된 Rb과 Sr은 상호 대조적인 경향을 보여주며 뚜렷이 반비례한다(Fig. 10A), Rb/Sr-Rb 변화도에서 Rb 함량이 증가함에 따라 Rb/Sr비는 정비례 관계를 잘 나타내고 있다(Fig. 10B). Ba, Rb, Sr은 장석의 분별정출작용과 밀접한 관계를 가지므로 K₂O와 CaO의 함량변화에서 상대적인 패턴을 잘 파악할 수 있다(Fig. 11). K₂O와의 관계도(Fig. 11A)에서 K₂O의 함량이 증가함에 따라 Rb 함량은 현저하게 증가하는 경향을 보여주고, Ba 함량도 증가하는 경향인데 비해, Sr 함량은 감소하는 특성을 나타내고 있다. CaO와의 관계도(Fig. 11B)에서는 반대로 CaO 함량이 증가함에 따라 Sr 함량은 미약하게 증가하는 경향인데 비하여, Rb과 Ba 함량은 감소하는 경향을 보여준다. 이것은 사장석 및 알칼리장석의 정출과 직접적인 관련이 있음을 지시하는 것이다. 즉 Sr은 사장석이 정출할 때에 주로 허용되어 사장석의 결정 내에 들어가고, Rb과 Ba은 후기에 알칼리장석이 결정화 할 때 결정격자 내에 들어갔음을 의미한다.

희토류원소

지리산 지역 잔류반상 화강편마암에 대한 희토류원소는 한국기초과학지원연구원의 Fisions PQ3 STE 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP/MS)로 분석하였으며, 분석결과를 Table 7에 제시하였다. 연구지역 희토류원소들의 함량은 SiO₂가 증가함에 따라 대체로 감소하는 경향이다. 희토류원소들은 불호정성 원소(in-compatible element)들로서 광물보다는 마그마의 유체

Table 3. Representative chemical compositions and structural formulae of plagioclases.

Specim	C-01		C-07B		C-17A		C-17B		K-11	K-02		
	Rim	Core	Rim	Core	Rim	Core	Rim	Core	Rim(IncK)	Core(IncK)	Rim	Core(IncK)
SiO ₂	59.12	58.23	59.50	58.97	58.86	58.58	58.52	57.64	58.80	58.94	58.03	58.43
Al ₂ O ₃	25.84	26.51	25.48	25.77	25.85	26.27	26.20	26.58	25.84	25.62	26.11	25.76
TiO ₂	-	0.01	0.03	0.01	0.05	-	0.02	0.01	-	0.05	-	-
FeO*	0.08	-	0.06	-	0.04	1.00	0.05	0.03	-	-	0.14	0.03
MnO	-	0.03	-	0.01	0.07	0.02	-	0.02	-	-	-	0.02
MgO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaO	7.13	7.68	7.37	8.01	7.45	7.93	7.59	8.33	7.00	7.77	8.09	8.20
Na ₂ O	7.42	7.14	7.23	6.95	6.89	7.00	7.09	6.70	7.23	7.12	7.07	6.73
K ₂ O	0.08	0.10	0.20	0.22	0.54	0.17	0.14	0.15	0.40	0.11	0.22	0.13
P ₂ O ₅	0.05	0.09	0.09	0.13	0.10	0.06	0.07	0.15	0.19	0.15	0.09	0.10
Total	99.72	99.79	99.96	100.07	99.85	101.03	99.68	99.61	99.46	99.76	99.75	99.40
Cations on the basis 8 oxygens												
Si	2.644	2.608	2.656	2.636	2.636	2.606	2.622	2.593	2.642	2.641	2.608	2.628
Al	1.362	1.400	1.341	1.358	1.365	1.378	1.384	1.409	1.369	1.353	1.383	1.366
Ti	-	-	0.001	-	0.002	-	0.001	-	-	0.002	-	-
Fe ^(II)	0.003	-	0.002	-	0.001	0.037	0.002	0.001	-	-	0.005	0.001
Mn	-	0.001	-	-	0.003	0.001	-	0.001	-	-	-	0.001
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	0.342	0.369	0.353	0.384	0.358	0.378	0.364	0.401	0.337	0.373	0.390	0.395
Na	0.643	0.620	0.626	0.602	0.598	0.604	0.616	0.584	0.630	0.619	0.616	0.587
K	0.005	0.006	0.011	0.013	0.031	0.010	0.008	0.009	0.023	0.006	0.013	0.007
Total	4.999	5.004	4.990	4.993	4.994	5.014	4.997	4.998	5.001	4.994	5.015	4.985
X _{Or}	0.46	0.57	1.15	1.26	3.13	0.97	0.81	0.87	2.32	0.63	1.24	0.75
X _{Ab}	65.02	62.36	63.23	60.32	60.64	60.90	62.32	58.76	63.64	61.99	60.50	59.31
X _{An}	34.52	37.07	35.62	38.42	36.23	38.13	36.87	40.37	34.05	37.38	38.26	39.93

** : Cheongsan porphyritic granite.

* : Fe as total FeO.

Core: composition of core part of a grain. Rim: composition of rim part of a grain. IncG: vicinity of a garnet. IncP: vicinity of a plagioclase. IncK: vicinity of an alkali-feld.

내에 잔류하는 것을 선호하므로 분화가 진전된 암석 속에 많이 함유되어 나타난다. Fig. 12는 희토류원소 함량을 콘드라이트 값(CI Condrite)으로 표준화한 REE 함량패턴을 보여준다. 본 연구지역의 잔류반상 화강편마암은 LREE가 상대적으로 HREE에 비하여 더 부화된 패턴을 보여주고, Eu '부 이상'(negative Eu anomaly)을 보여준다. 본 연구에서 분석된 지리산 지역의 화강암질 편마암의 희토류 원소들의 REE 패턴도 잔류반상 화강편마암과 거의 유사하다. 희토류 원소 함량을 콘드라이트로 표준화시켜 도시한 그림에서 상대적으로 HREE가 결핍된 패턴을 보여주는 암석들은 그렇지 않은 암석들에 비하여 석류석이 결여되었거나 소량 함유하는 경우이다. HREE의 부화는 상대적으로 석류석의 함유량과 직결된다고 해석할 수 있다.

석류석은 상대적으로 HREE가 부화되어 있다. 그러므로 잔류반상 화강편마암의 REE 패턴에서 HREE

가 결핍된 시료는 석류석이 함유되어있지 않거나 극소량을 포함하는 경우이다. 화강암질 편마암에서도 같은 패턴을 볼 수 있다. 즉 석류석을 함유하지 않는 시료(P-02)에서 가장 HREE가 결핍된 패턴을 나타내고 석류석을 함유하는 화강암질 편마암(S-09, C-10)에서 상대적으로 HREE가 부화된 것으로 도시된다. 이러한 결과는 상대적으로 HREE가 결핍된 것이 암석 내에 어느 다른 요소보다 석류석의 부재에 기인되었음을 지지하는 것이다.

논의 및 결론

연구대상 암체인 잔류반상 화강편마암은 알칼리장석 거정을 다량 함유하고 있으며, 선캠브리아기의 다른 편마암류와 함께 소백산육괴 서남부의 지리산 일대에 편마암복합체를 형성하며 넓게 분포하고 있다. 과거의 연구에서 이 암체는 반상변정질 편마암으로

Table 4. Representative chemical compositions and structural formulae of alkali feldspars.

Specimen	C-01A												
Grain	K-f(1)	K-f(2)	K-f(3)	K-f(4)	K-f(5)	K-f(6)	K-f(7)	K-f(8)	K-f(9)	K-f(10)	K-f(11)	K-f(12)	
SiO ₂	63.87	64.06	64.24	63.98	63.98	63.86	63.94	64.16	63.61	63.67	63.64	63.81	
Al ₂ O ₃	18.79	18.61	18.77	18.81	18.79	18.77	18.86	18.64	18.91	18.85	18.93	18.77	
TiO ₂	-	0.04	0.01	0.03	-	0.06	0.05	0.01	0.02	0.01	-	0.03	
FeO	-	-	0.04	0.06	0.03	-	0.03	0.04	0.05	-	-	-	
MnO	0.03	0.04	0.05	0.06	0.03	0.01	0.05	-	-	-	0.05	-	
MgO	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-	0.01	0.02	0.01	-	
CaO	0.02	-	0.02	0.02	0.18	0.03	0.04	-	0.02	-	0.01	-	
Na ₂ O	0.57	0.68	0.68	0.70	0.73	0.69	0.52	0.80	0.75	0.44	0.61	0.63	
K ₂ O	15.90	15.63	15.75	15.60	15.51	15.56	15.78	15.54	15.71	15.92	15.80	15.80	
P ₂ O ₅	-	0.01	-	0.03	0.05	0.09	0.07	0.04	0.12	0.15	0.07	0.06	
BaO	0.49	0.66	0.44	0.52	0.50	0.50	0.60	0.63	0.57	0.54	0.58	0.64	
Total	99.67	99.73	100.00	99.81	99.80	99.58	99.95	99.86	99.77	99.60	99.70	99.74	
Cations on the basis of 8 oxygens													
Si	2.972	2.979	2.976	2.971	2.971	2.971	2.969	2.979	2.961	2.967	2.964	2.970	
Al	1.031	1.020	1.025	1.030	1.029	1.030	1.032	1.020	1.038	1.036	1.039	1.030	
Ti	-	0.001	-	0.001	-	0.002	0.002	-	0.001	-	-	0.001	
Fe ^(m)	-	-	0.002	0.002	0.001	-	0.001	0.002	0.002	-	-	-	
Mn	-	0.002	0.002	0.002	0.001	-	0.002	-	-	-	0.002	-	
Mg	-	-	-	-	-	0.001	0.001	-	0.001	0.001	0.001	-	
Ca	0.001	-	0.001	0.001	0.009	0.001	0.002	-	0.001	-	-	-	
Na	0.051	0.061	0.061	0.063	0.066	0.062	0.047	0.072	0.068	0.040	0.055	0.057	
K	0.944	0.927	0.931	0.924	0.919	0.924	0.935	0.920	0.933	0.946	0.939	0.938	
Ba	0.009	0.012	0.008	0.009	0.009	0.009	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011	0.012	
Total	5.008	5.002	5.006	5.003	5.005	5.000	5.002	5.004	5.015	5.000	5.011	5.008	
X _{Or}	94.74	93.80	93.75	93.52	92.48	93.54	95.04	92.74	93.14	95.97	94.41	94.29	
X _{Ab}	5.16	6.20	6.15	6.38	6.62	6.30	4.76	7.26	6.76	4.03	5.54	5.71	
X _{An}	0.10	-	0.10	0.10	0.90	0.15	0.20	-	0.10	-	0.05	-	
Na/K	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.08	0.07	0.04	0.06	0.06	
Specimen	C-01B					C-07B		C-10B**			H-01		
Grain	K-f(1)	K-f(2)	K-f(3)	K-f(4)	K-f(5)	K-f(rim)	K-f(core)	K-f(rim)	K-f(core)	K-f(rim)	K-f(rim)	K-f(core)	K-f(rim)
SiO ₂	63.95	63.98	64.07	63.93	64.04	64.96	64.50	63.65	64.03	63.59	64.29	64.32	63.76
Al ₂ O ₃	18.74	18.77	18.79	18.81	18.61	18.11	18.28	18.60	18.76	18.67	18.47	18.68	18.59
TiO ₂	0.01	-	0.03	0.01	0.03	-	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.01	-
FeO	0.15	0.14	0.09	0.07	0.10	0.07	-	-	0.01	-	0.01	0.05	0.03
MnO	-	0.03	0.02	0.03	0.05	-	-	0.03	0.05	0.03	-	0.02	-
MgO	-	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	-	0.04	-	0.05	0.07	0.05	0.06	-	0.01	-	-
Na ₂ O	0.37	0.35	0.44	0.29	0.31	0.93	0.95	0.65	0.73	0.63	0.52	0.62	0.78
K ₂ O	16.15	16.22	16.04	16.17	16.10	14.90	15.23	15.57	15.64	15.46	15.52	15.67	15.29
P ₂ O ₅	-	-	-	-	0.02	-	0.04	0.07	0.06	0.05	0.14	0.08	0.02
BaO	0.32	0.10	0.21	0.43	0.25	0.78	0.85	0.76	0.59	1.04	0.49	0.68	1.31
Total	99.69	99.59	99.69	99.79	99.51	99.80	99.98	99.44	99.96	99.50	99.47	100.13	99.78
Cations on the basis of 8 oxygens													
Si	2.975	2.975	2.976	2.973	2.981	3.008	2.991	2.973	2.972	2.972	2.990	2.980	2.975
Al	1.028	1.029	1.029	1.031	1.021	0.989	0.999	1.024	1.026	1.029	1.013	1.020	1.023
Ti	-	-	0.001	-	0.001	-	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	-	-
Fe ^(m)	0.006	0.005	0.003	0.003	0.004	0.003	-	-	-	-	-	0.002	0.001
Mn	-	0.001	0.001	0.001	0.002	-	-	0.001	0.002	0.001	-	0.001	-
Mg	-	-	-	0.001	-	-	0.001	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	0.002	-	0.002	0.003	0.003	0.003	-	-	-	-
Na	0.033	0.032	0.040	0.026	0.028	0.083	0.085	0.059	0.066	0.057	0.047	0.056	0.071
K	0.959	0.962	0.950	0.959	0.956	0.880	0.901	0.928	0.926	0.922	0.921	0.926	0.910
Ba	0.006	0.002	0.004	0.008	0.005	0.014	0.015	0.014	0.011	0.019	0.009	0.012	0.024
Total	5.007	5.006	5.004	5.004	4.998	4.979	4.997	5.004	5.007	5.001	4.981	4.997	5.004
X _{Or}	96.64	96.82	96.00	97.15	97.16	91.10	91.02	93.80	93.10	94.17	95.11	94.33	92.80
X _{Ab}	3.36	3.18	4.00	2.65	2.84	8.64	8.63	5.95	6.60	5.83	4.84	5.67	7.20
X _{An}	-	-	-	0.20	-	0.26	0.35	0.25	0.30	-	0.05	-	-
Na/K	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.09	0.09	0.06	0.07	0.06	0.05	0.06	0.08

Table 4. Continued.

Specimen	H-03-2			K-11			K-11			
	K-f(rim)	K-f(core)	K-f(rim)	K-f(1)	K-f(2)	K-f(3)	K-f(4)	K-f(5)	K-f(6)	K-f(7)
SiO ₂	64.51	64.36	64.45	64.03	64.06	64.63	64.09	64.40	63.92	63.78
Al ₂ O ₃	18.40	18.66	18.15	18.64	18.59	18.52	18.73	18.43	18.55	18.87
TiO ₂	0.04	-	0.02	0.01	-	-	-	0.03	0.03	0.02
FeO*	0.01	-	-	0.02	0.03	-	0.01	0.04	0.01	-
MnO	-	-	-	-	-	-	0.01	0.04	-	-
MgO	0.02	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	0.02	-	-
CaO	0.01	-	0.04	-	0.05	0.02	0.01	0.05	0.07	0.06
Na ₂ O	0.76	0.66	0.82	0.76	0.90	1.14	0.74	1.13	0.99	1.11
K ₂ O	15.41	15.61	15.20	15.37	15.33	14.84	15.70	14.68	15.36	15.07
P ₂ O ₅	0.01	-	0.04	0.11	0.11	0.09	0.12	0.07	0.10	0.12
BaO	0.52	0.37	0.51	0.86	0.72	0.74	0.66	0.64	0.73	0.60
Total	99.69	99.67	99.24	99.80	99.79	99.99	100.08	99.53	99.76	99.63
Cations on the basis of 8 oxygens										
Si	2.993	2.985	3.001	2.977	2.977	2.989	2.973	2.989	2.974	2.965
Al	1.006	1.020	0.996	1.022	1.019	1.010	1.024	1.008	1.018	1.034
Ti	0.001	-	0.001	-	-	-	-	0.001	0.001	0.001
Fe ^(m)	-	-	-	0.001	0.001	-	-	0.002	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-
Mg	0.001	0.001	0.001	-	-	0.001	0.001	0.001	-	-
Ca	-	-	0.002	-	0.002	0.001	-	0.002	0.003	0.003
Na	0.068	0.059	0.074	0.069	0.081	0.102	0.067	0.102	0.089	0.100
K	0.912	0.924	0.903	0.912	0.909	0.875	0.929	0.869	0.912	0.894
Ba	0.009	0.007	0.009	0.016	0.013	0.013	0.012	0.012	0.013	0.011
Total	4.990	4.996	4.987	4.997	5.002	4.991	5.006	4.988	5.010	5.008
X _{Or}	92.98	93.96	92.23	93.01	91.58	89.45	93.27	89.30	90.76	89.66
X _{Ab}	6.97	6.04	7.56	6.99	8.17	10.44	6.68	10.45	8.89	10.04
X _{An}	0.05	-	0.20	-	0.25	0.10	0.05	0.26	0.35	0.30
Na/K	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.07	0.12	0.10	0.11

*: Fe as total FeO.

명명되었으며, 거정의 알칼리장석은 변성작용으로 생성된 반상변정으로 기재되었다. 그러나 이 암체의 알칼리장석 거정은 상당량의 장방형의 자형 결정으로 출현하고 있고, 화강암질 편마암과의 경계가 매우 뚜렷하여 관입접촉 관계를 보여준다. 이런 관입접촉 관계는 두 암체의 저어콘 동위원소연대 연구 결과와 잘 부합한다. 그러므로 본 연구에서 이 암체를 변성 퇴적암들이 고변성작용 과정에 재용융되어 만들어진 아나텍틱 용융체에서 기원된 화강암질암이 후기에 다시 변성되어 형성된 잔류반상 화강편마암으로 기재한다. 이것은 암석화학 조성에서 본 암체가 화강섬록암의 조성을 가진 S-형 화강암질암에 해당하는 점과 잘 부합된다.

잔류반상 화강편마암은 거정의 알칼리장석을 함유하는 것이 특징이며, 주요 구성광물로 석영, 사장석, 흑운모를 함유한다. 지역적으로 차이가 있으나 알만단 조성의 석류석을 포함하고 있다. 부성분 광물은

백운모, 녹니석, 인회석, 저어콘 및 불투명광물이다. 알칼리장석은 거의 순수한 K-장석에 해당하며, 사장석은 An₄₀ 내외의 안테신이며 일부는 연변부의 조성이 소덕해지는 경향이 있다. 흑운모는 보편적인 고용체의 조성을 나타내며, 석류석은 다양한 크기와 형태를 가진 알만단 조성을 보여준다. 일부 석류석은 외곽부에서 Fe 함량이 증가하고 Mg 함량이 감소하는 후퇴변성의 누대를 나타낸다.

알칼리장석 거정은 장방형의 자형 결정 외에 타원형, 원형 등의 형태를 보여주며, 크기는 장경이 5~7cm인 것이 우세하고 최대 10cm 이상의 것도 관찰된다. 거정은 한 개의 결정 외에 2개 또는 3개 이상이 결합하고 있어 원형이나 다소 불규칙한 형태의 거정은 이런 범주에 해당한다. 거정의 내부에 흑운모, 사장석, 석영 등의 결정을 포유하며 자형의 인회석 결정을 함유하기도 한다. 포유된 석영은 다소 음식된 형태나 둥근 형태를 보여주며, 일부는 후기에 침투된

Table 5. Major elements composition and calculated CIPW normative mineral compositions of the blastopphyritic granite gneiss.

Sample	C-01	C-07	C-15	C-17	C-19	H-01	H-03	H-06	K-02	K-03
SiO ₂	62.32	64.86	65.96	65.43	62.94	65.65	68.11	69.73	63.79	69.37
TiO ₂	0.88	0.64	0.68	0.00	0.72	0.58	0.50	0.40	0.87	0.46
Al ₂ O ₃	16.51	17.42	16.22	16.08	16.69	16.52	15.86	15.17	16.57	15.65
Fe ₂ O ₃ *	7.95	5.12	5.88	6.41	7.43	5.33	4.48	3.97	6.92	4.50
MnO	0.10	0.05	0.08	0.08	0.12	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07
MgO	2.24	1.60	1.80	1.93	2.13	1.52	1.23	0.99	2.07	1.13
CaO	3.58	3.44	3.07	3.40	3.12	2.15	2.83	2.05	3.38	3.34
Na ₂ O	2.77	3.04	2.81	2.83	2.75	2.06	2.54	2.14	2.68	2.87
K ₂ O	2.38	3.25	2.80	2.32	3.18	5.06	3.63	4.63	2.97	2.05
P ₂ O ₅	0.23	0.13	0.14	0.17	0.16	0.19	0.10	0.14	0.17	0.14
LOI	1.04	0.39	0.56	0.61	0.70	0.81	0.71	0.80	0.48	0.45
Total	100.00	99.95	99.98	99.98	99.95	99.92	100.06	100.07	99.97	100.01
Normative minerals										
Q	25.30	24.43	28.97	29.25	23.85	27.08	31.09	33.46	25.73	35.56
C	3.47	2.98	3.35	3.17	3.48	4.25	2.87	3.28	3.24	2.99
Or	14.28	19.36	16.70	13.85	19.02	30.27	21.66	27.63	17.72	12.20
Ab	23.80	25.92	23.99	24.19	23.55	17.64	21.69	18.28	22.89	24.45
An	16.51	16.34	14.45	15.92	14.61	9.54	13.51	9.35	15.80	15.76
Hy	9.71	6.45	7.46	8.08	9.36	6.52	5.36	4.58	8.50	5.19
Mt	4.68	2.99	3.44	3.76	4.36	3.13	2.62	2.32	4.05	2.36
Il	1.70	1.22	1.30	1.38	1.38	1.11	0.96	0.77	1.67	0.88
Ap	0.55	0.31	0.33	0.41	0.38	0.46	0.24	0.33	0.41	0.33
Symbol	●	●	†	●	●	●	○	†	●	○
Sample	K-11	p-04	s-04	s-05	s-08	C-10**	K-16**	p-02**	s-09**	
SiO ₂	62.10	68.56	65.26	66.42	62.93	63.47	65.56	68.97	63.50	
TiO ₂	0.99	0.53	0.62	0.75	0.84	0.84	0.79	0.60	0.80	
Al ₂ O ₃	16.75	15.58	16.59	15.22	16.69	16.64	15.67	15.65	16.79	
Fe ₂ O ₃ *	7.94	4.36	5.52	6.53	7.21	7.28	6.56	4.24	6.81	
MnO	0.08	0.05	0.06	0.07	0.08	0.12	0.07	0.03	0.08	
MgO	2.41	1.36	1.57	1.78	2.16	2.05	2.07	1.09	2.16	
CaO	3.62	2.54	2.85	2.57	2.94	3.33	3.11	1.38	3.08	
Na ₂ O	2.78	2.58	2.61	2.20	2.66	2.53	2.76	2.47	2.71	
K ₂ O	2.53	3.75	3.92	3.57	3.63	2.23	2.64	4.57	2.95	
P ₂ O ₅	0.24	0.13	0.16	0.18	0.21	0.21	0.16	0.09	0.17	
LOI	0.53	0.59	0.68	0.68	0.69	1.30	0.65	0.80	0.68	
Total	99.96	100.02	99.86	99.98	100.03	100.00	100.03	99.88	99.73	
Normative minerals										
Q	24.11	31.40	26.14	31.19	23.28	29.47	28.95	32.31	25.94	
C	3.47	3.00	3.29	3.53	3.58	4.59	3.03	4.40	4.00	
Or	15.11	22.35	23.44	21.34	21.69	13.41	15.76	27.33	17.68	
Ab	23.77	22.01	22.34	18.82	22.75	21.78	23.59	21.14	23.24	
An	16.56	11.85	13.25	11.70	13.36	15.42	14.53	6.33	14.37	
Hy	9.87	5.53	6.72	7.73	9.00	8.91	8.40	4.64	8.83	
Mt	4.65	2.55	3.24	3.83	4.23	4.30	3.84	2.49	4.00	
Il	1.90	1.01	1.19	1.44	1.61	1.62	1.52	1.15	1.54	
Ap	0.57	0.31	0.38	0.43	0.50	0.51	0.38	0.22	0.41	
Symbol	○	●	●	†	†	△	△	†	▲	

*: Fe as total FeO.

** : Granitic gneiss.

BPGN: Garnet rich ○ Garnet common ● Garnet free † Granitic gneiss: Garnet common △ Garnet free ▲.

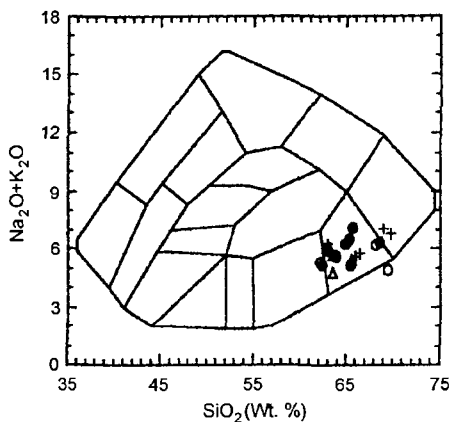


Fig. 5. TAS (from Cox *et al.*, 1987) diagram. Symbols are the same as those in table 5.

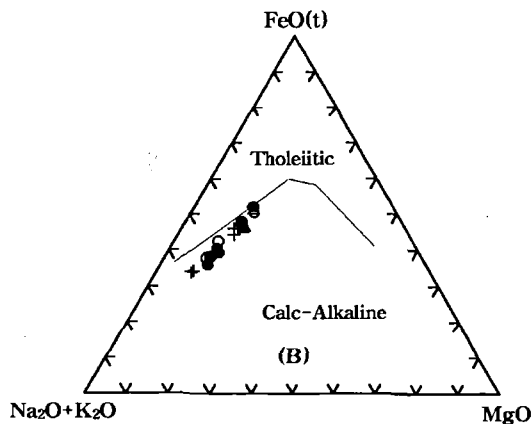


Fig. 7. AFM ternary (from Irvine and Baragar, 1971). Symbols are the same as those in table 5.

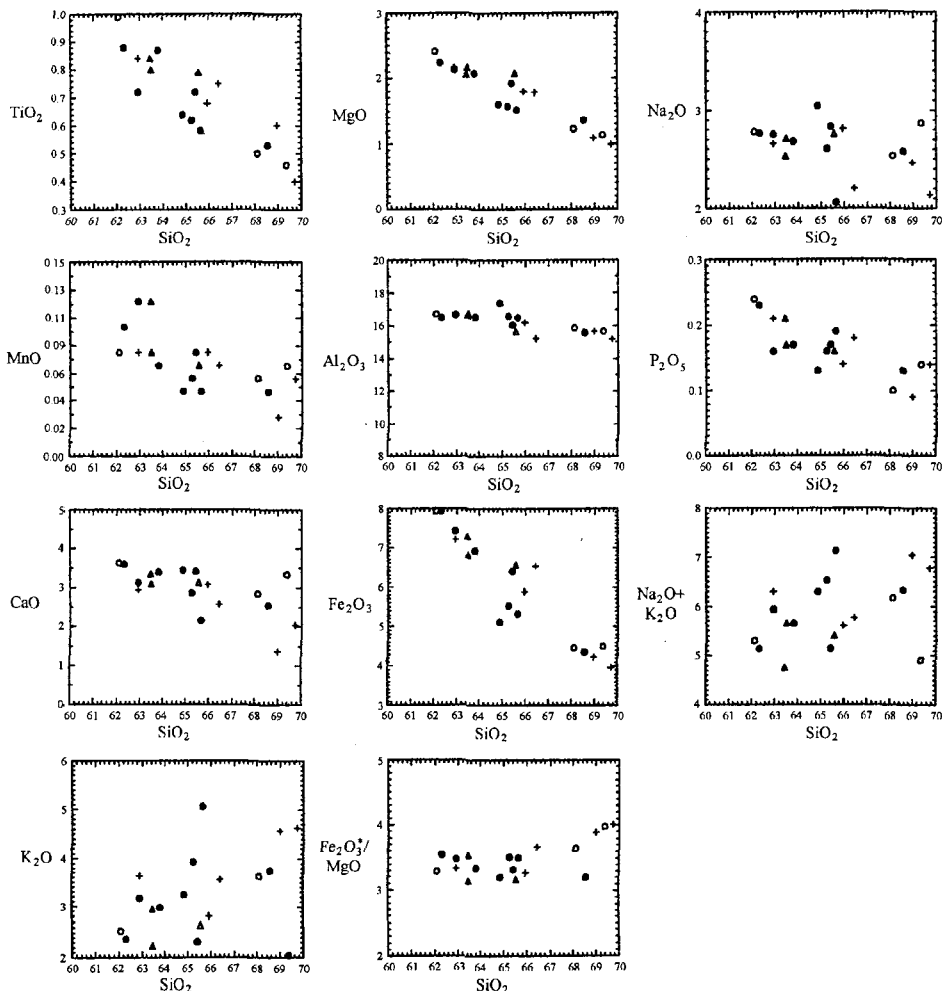


Fig. 6. The Harker diagrams showing the variation of major oxides in the BPGN. Symbols are the same as those in table 5.

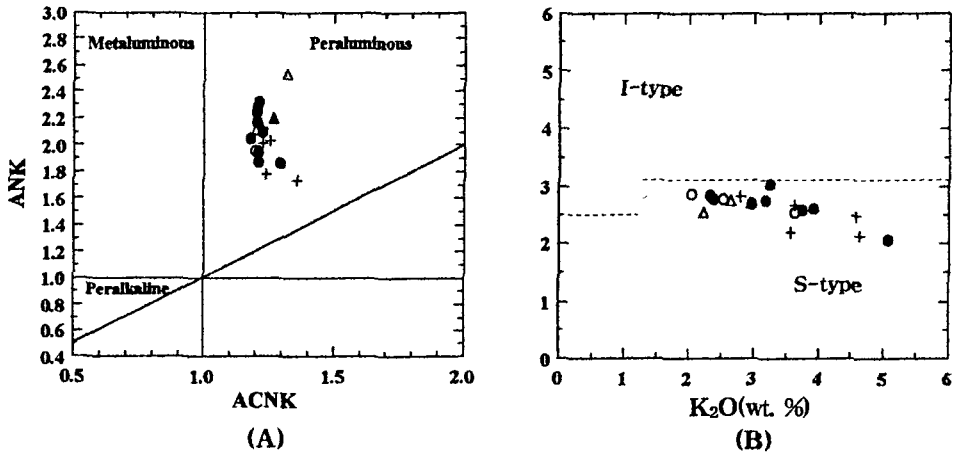


Fig. 8. Diagrams of (A) A/NK-A/CNK (from Maniar and Piccoli, 1989) and (B) Na₂O-K₂O (from White and Chappell, 1977). Symbols are the same as those in table 5.

것으로 추정된다. 거정의 내부와 2개 이상의 결합된 경계부에 포유된 사장석은 형태가 둥근 타형의 결정으로, 거정의 외곽부에 포유된 사장석은 반자형 내지 자형으로 나타난다. 야외산상에서 잔류반상 화강편마암은 거정의 알칼리장석을 함유하지만 이 암체와 접하는 화강암질 편마암에는 전혀 알칼리장석 거정

이 출현하지 않는다. 알칼리장석 거정은 균일한 조성을 보여주지만 BaO 함량은 불규칙적인 성분변화를 나타낸다. 지역에 따라 알칼리장석 거정들이 장방향의 자형 결정으로 장축방향으로 평행배열되어 나타나고, 또 조직에서 미사장석의 단순쌍정과 퍼어다이트를 나타내며, 일부 알칼리장석 거정의 성

Table 6. Trace elements abundance of the blastoporphyrictic granite gneiss.

Sample	C-01	C-07	C-15	C-17	C-19	H-01	H-03	H-06	K-02	K-03	K-11	p-04	s-04	s-05	s-08	C-10*	K-16*	p-02*	s-09*
Cr	63	45	38	43	61	36	32	17	60	44	24	35	47	35	60	30	59	26	55
Ni	24	21	21	23	25	9	15	10	29	21	13	14	19	22	23	15	24	14	22
Co	61	103	71	55	49	37	43	40	93	69	101	58	59	59	55	55	76	53	50
Sc	22	12	14	16	25	12	10	10	17	15	11	9	16	15	15	22	12	11	15
V	82	59	61	63	68	52	42	29	87	74	34	42	61	63	66	52	71	38	74
Cu	41	31	28	31	39	26	21	19	38	31	22	18	27	33	34	31	29	19	29
Pb	22	33	28	25	24	42	35	38	22	26	21	37	29	27	29	24	26	41	28
Zn	82	62	67	69	83	57	48	41	97	87	42	50	72	80	88	46	80	79	78
Ba	407	1009	684	419	657	1408	990	972	416	679	272	1197	853	751	837	716	335	376	814
Rb	107	127	112	107	135	132	117	160	121	103	93	123	131	153	167	101	150	204	103
Sr	203	300	247	234	240	225	214	187	209	229	177	254	230	181	232	272	219	129	260
Cs	2.7	2.8	3.6	3.6	4.1	2.6	2.5	3.3	4.0	3.0	2.5	3.9	3.9	5.9	5.5	2.5	5.7	7.5	6.1
Li	35.0	22.0	30.0	31.0	38.0	24.0	20.0	23.0	35.0	31.0	25.0	27.0	36.0	86.0	34.0	50.0	39.0	41.0	35.0
Ta	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.2	1.6	1.3	1.3	0.6	1.4	1.1	1.6	1.5	1.1	1.6	1.3	1.3
Nb	19.4	15.4	14.4	15.7	15.9	14.9	10.6	12.4	19.3	16.9	8.9	13.7	14.3	17.8	21.4	18.6	17.2	20.5	15.1
Hf	1.3	1.7	1.0	0.8	1.2	2.0	1.2	0.7	2.9	1.1	0.5	1.3	0.7	1.0	0.5	0.9	3.1	0.8	0.8
Zr	48	60	33	26	42	68	37	24	123	45	19	42	27	33	17	33	104	23	25
Y	63.9	23.4	34.1	36.8	45.3	31.6	33.0	37.2	35.4	28.7	37.8	11.4	27.6	25.7	24.2	61.0	16.4	11.0	21.5
Th	37.5	20.2	26.7	32.8	22.6	29.4	27.0	26.2	35.8	27.2	20.3	20.5	27.0	31.5	27.2	34.7	27.1	25.3	28.2
U	1.6	1.6	1.9	2.2	1.8	1.8	1.3	2.8	2.6	1.7	1.6	2.9	1.5	2.5	1.8	1.4	3.2	5.0	2.2
Rb/Sr	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.9	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.7	0.4	0.7	1.6	0.4
Symbol	●	●	†	●	●	●	○	†	●	○	○	●	†	†	▲	△	△	†	▲

*: Granitic gneiss.

Symbols are the same as those in table 5.

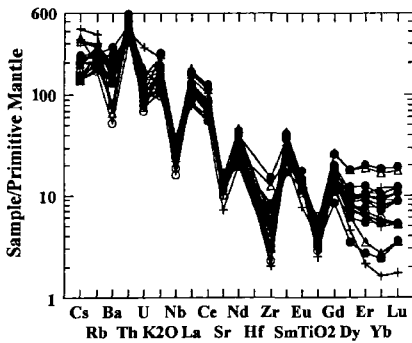


Fig. 9. Spider diagrams of primitive mantle-normalized trace element abundance patterns for the BPGN. Symbols are the same as those in table 6.

장면을 따라 기질부의 결정들이 배열되어 포유되어 있다.

잔류반상 화강편마암의 화학조성에 따르면, 이 암석은 화강섬록암의 조성을 가지며 과알루미나질의 S-형 화강암질암의 특성을 보여주고 칼크-알칼리 계열의 특징을 나타낸다. 지리산 일대에 미그마타이트 질 편마암(다량의 변성사질암이 잔류)이 넓게 분포하고 있고, 미그마타이트 구조는 고온의 변성작용에서 부분용융의 결과로 해석되었다. 그러므로 잔류반상 화강편마암은 변성퇴적암(아마도 변성사질암이거나 일부 니질암이 협재된 변성사질암)이 고온의 변성작용을 받으면서 미그마타이트질 편마암보다 하부의

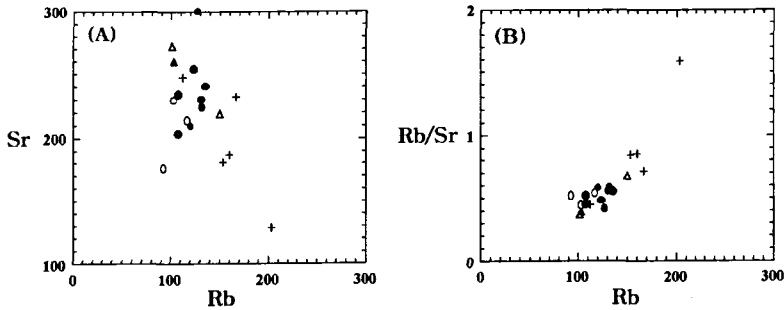


Fig. 10. Relationships of (A) Sr-Rb and (B) Rb/Sr-Rb for the BPGN of showing negative relation of Sr and positive Rb/Sr against to Rb. Symbols are the same as those in table 6.

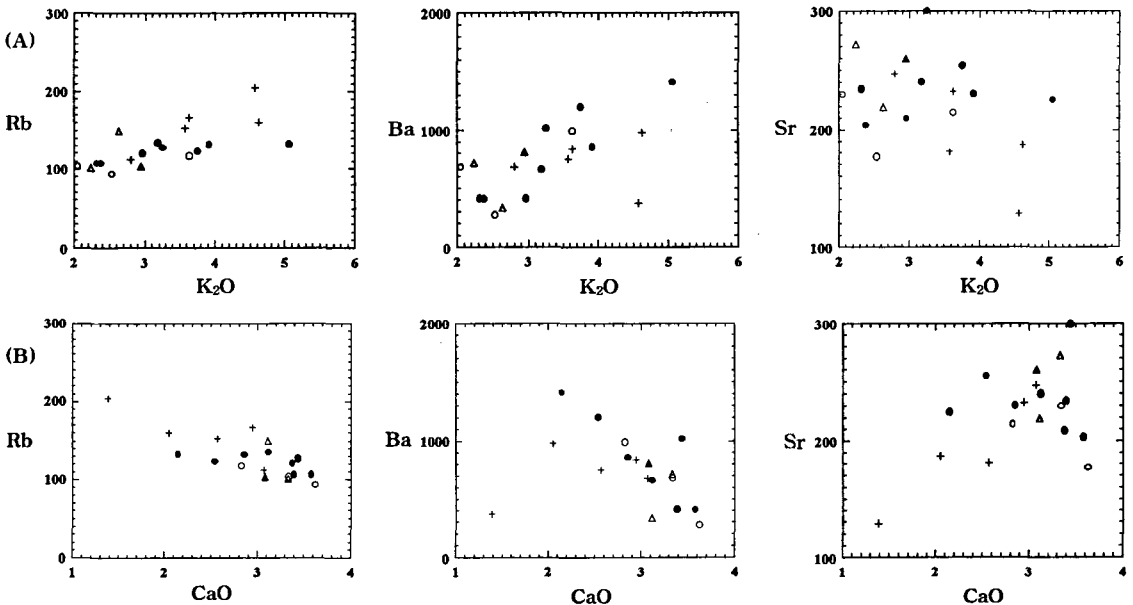


Fig. 11. Variation diagrams of (A) Rb, Ba and Sr vs. K₂O (wt.%) and (B) CaO (wt.%) for the BPGN. Symbols are the same as those in table 6.

Table 7. Rare earth elements abundance of the blastoporphyratic granite gneiss.

Sample	C-01	C-07	C-15	C-17	C-19	H-01	H-03	H-06	K-02	K-03
La	89	63	67	91	69	46	68	56	87	71
Ce	175	107	121	172	119	92	113	95	161	127
Pr	22.5	13.6	15.8	21.7	15.8	11.8	15	12.7	20.8	16.8
Nd	70.1	40.9	48.3	65	47.2	35.8	45	38.3	65.1	49.8
Sm	14.4	8	8.9	12.7	9.3	7.8	8.3	7.7	12.9	9.8
Eu	1.7	2.3	1.8	1.8	1.7	1.6	1.9	1.6	1.5	1.6
Gd	11.8	5	6.5	8.5	7.4	6	6.4	6.3	9.2	7.3
Tb	2.09	0.79	1.06	1.39	1.33	1.08	1.03	1.1	1.51	1.15
Dy	10.4	3.4	5.1	5.6	7	5.1	5	5.6	6.2	4.8
Ho	2.8	0.9	1.3	1.5	1.8	1.3	1.3	1.4	1.4	1.1
Er	7.6	2	3.9	4	4.7	3.7	3.4	3.8	3.4	2.6
Tm	1.2	0.3	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4
Yb	6.9	2	4.4	3.9	3.8	3.5	3	3.4	2.6	2.2
Lu	1.1	0.3	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3
Total REE	416.6	249.5	286.5	390.5	289.4	216.9	272.4	234.0	373.6	295.9
La/Lu _(CN)	8.7	22.5	10.3	13.9	10.6	8.2	14.6	12.0	18.6	25.4
Eu/Sm	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
Symbol	●	●	†	●	●	●	○	†	●	○
Sample	K-11	p-04	s-04	s-05	s-08	C-10*	K-16*	p-02*	s-09*	CHON
La	58	48	64	79	71	96	60	44	70	0.2370
Ce	103	79	110	146	125	177	107	79	123	0.6120
Pr	13.8	10.4	14.3	18.9	16.2	23.7	14.4	10.9	16.5	0.0950
Nd	41.2	30.9	44	56.8	50.2	74	42.6	32.6	50.1	0.4670
Sm	8.2	6	8.2	11.2	9.9	15	8.7	7.9	9.3	0.1530
Eu	1.5	1.6	1.6	1.5	1.7	2	1.4	1	1.6	0.0580
Gd	7	3.9	6.2	7.6	6.8	12.3	6.5	6	6.9	0.2055
Tb	1.18	0.58	1.03	1.21	1.12	2.14	1.14	0.96	1.09	0.0374
Dy	5.8	2	4.4	4.7	4.3	10.2	3.5	2.6	4	0.2540
Ho	1.5	0.4	1.1	1	1	2.6	0.6	0.4	0.9	0.0566
Er	3.7	1	2.9	2.4	2.3	7.1	1.3	0.8	2.3	0.1655
Tm	0.6	0.1	0.5	0.3	0.3	1	0.2	0.1	0.3	0.0255
Yb	3.3	0.9	2.9	2	1.8	6.3	1	0.6	2.1	0.1700
Lu	0.6	0.2	0.5	0.3	0.3	1	0.2	0.1	0.3	0.0254
Total REE	249.4	185.0	261.6	332.9	291.9	430.3	248.5	187.0	288.4	
La/Lu _(CN)	10.4	25.7	13.7	28.2	25.4	10.3	32.2	47.2	25.0	
Eu/Sm	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	
Symbol	○	●	●	†	†	△	△	†	▲	

Symbols are the same as those in table 5.

*: Granitic gneiss.

암석들이 일부 재용융되어 만들어진 용융체에서 유래된 것으로 추정된다. 이러한 추정은 한편, 알칼리장석 거정은 지금까지 변성작용의 생성물인 반상변정으로 해석하는 경향이 있다. 그러나 야외산상에서 접촉하고 있는 화강암질 편마암이나 포유체로 남아있는 변성퇴적암에 알칼리장석 거정이 전혀 출현하지 않는 것은 이들 거정을 변성작용으로 생성된 반상변정으로 해석하기를 거부하게 한다. 또한 자형의 알칼리장석 거정이 생성될 수 있는 공간 문제도 변성기원으로 해석하기엔 곤란한 점이다. 알칼리장석 거정을 알

칼리 교대작용의 생성물로 보는 견해도 있다. 그러나 이온확산과 같은 기구로 이러한 대규모의 암체에서 알칼리장석 거정이 다량 생성되는 것은 불가능한 일이다. 또 다량의 액체가 주입되면서 교대작용이 일어날 수 있을 것이지만, 이것 역시 암체 내부에 액체가 주입됐다는 증거가 없으며, 암체 내에 점이적인 성분 변화나 교대조각이 발견되지 않는다. 본 연구 결과에 의한 관점으로 다음 연구에서는 본 암석이 함유하고 있는 거정의 알칼리장석을 반상변정이 아닌 화강암질 암의 반정으로 고려하여 그 기원을 논하고, 이 암체

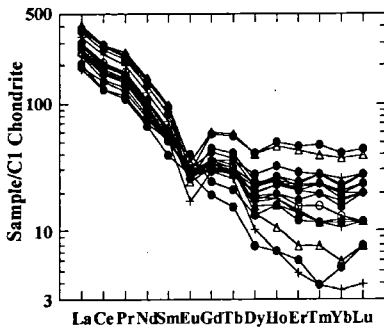


Fig. 12. Chondrite-normalized rare earth element abundance patterns of the BPGN. Symbols are the same as those in table 7.

를 형성시킨 용융체의 특성을 밝힐 수 있는 암석화학적 특성에 대해 논의되어야 할 것이다.

참고문헌

권성택 · 정지근, 1990, 하동-산청 회장암질암의 Sr-Nd 동위원소 연구: 그 성인과 선클브리아기 지체구조에 대한 고찰. 지질학회지, 26(4), 341-349.

김남장 · 강필중, 1965, 진교 지질도폭 및 설명서. 국립지질조사소, 1-33.

김동연, 1999, 지리산 동부지역에 분포하는 차노카이트의 암석학, 지구화학 및 지구연대학. 부경대학교 대학원 석사학위논문, 79 p.

김옥준 · 홍만섭 · 박희인 · 박양대 · 김기태 · 윤선, 1964, 산청 지질도폭 및 설명서 국립지질조사소, 1-22.

남기상 · 유환수 · 이종덕, 1989, 하동 지질도폭 및 설명서. 한국동력자원연구소, 1-24.

사공희 · 좌용주, 1997, 청산일대에 분포하는 화강암류의 광물조성과 주성분원소 지구화학. 암석학회지, 6, 185-209.

손치무 · 이상만 · 원종관 · 장기홍 · 김영주, 1964, 화개 지질도폭 및 설명서. 국립지질조사소, 1-25.

송용선, 1981, 하동-산청지역에 분포하는 변성암류의 변성작용에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1-45.

송용선, 1999, 소백산육괴 서남부 지리산 지역의 반성변성암질 편마암에서 산출되는 백립암질 포회암. 암석학회지, 8(1), 34-45.

송용선 · 이상원, 1993, 소백산육괴 남동부지역에서의 미그마타이트의 구조와 성인. 한국과학재단 연구보고서, 1-79.

이광진 · 조문섭, 1992, 가평-청평 지역 경기육괴의 변성작용. 암석학회지, 1(1), 1-24.

이상만, 1980, 지리산(하동-산청) 지역의 변성니질암의 변성작용에 관한 연구. 지질학회지, 16(1), 1-15.

이상만 · 나기창 · 이상현 · 박배영 · 이상원, 1981, 소백산육

괴(동남부)의 변성암복합체에 대한 변성작용에 관한 연구. 지질학회지, 17(3), 169-188.

이상원, 1984a, 소백산 육괴 서남부(구례-곡성-남원)의 편마암복합체의 변성작용에 관한 연구. 부산대학교 사대논문집, 8, 285-303.

이상원, 1984b, 지리산지역 편마암류의 변성작용에 관한 연구. 부산대학교 사대논문집 자연과학편, 9, 53-59.

이상원, 1985, 소백산 육괴 서남부의 편마암복합체의 변성작용에 관한 연구. 부산대학교 사대논문집, 10, 229-255.

이상원, 1997, 소백산육괴 서남부의 변성암복합체에 대한 광역변성작용과 동위원소연대에 관한 연구. 논문문화재단 연구보고서, 1-46.

이상원 · 이혁우, 1990, 지리산편마암복합체의 지온 및 지압계에 관한 연구. 부산대학교 사대논문집, 21, 247-273.

이상원 · 정중효 · 이춘희, 1997, 하동-산청 지역의 차노카이트질암. 한국지구과학회 추계학술발표회 초록집, 1-68.

이상원 · 정중효 · 이춘희 · 이영택, 1999, 지리산 지역 편마암류의 암석학 및 동위원소연대에 대한 연구: 1. 산청지역에 분포하는 정편마암류의 암석학 및 암석화학적 연구. 부산대학교 사대논문집, 37, 187-227.

정윤기 · 이상원, 1994, 섬진강 남부의 백운산지역에 분포하는 준편마암류의 변성작용. 부산대학교 사대논문집, 19, 153-178.

정중효, 1997, 하동-산청 지역의 정편마암류에 대한 암석학적 연구. 부산대학교 교육대학원 석사학위논문, 81 p.

최유기 · 정창희 · 이대성 · 김서운 · 김수진, 1964, 단성 지질도폭 및 설명서. 국립지질조사소, 1-28.

Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, R.J., 1979, The Interpretation of Igneous Rocks. Allen and Unwin, London; Allen and Unwin, 1-450.

Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1982, I- and S-type granites in the Lachlan fold belt, southeastern Australia: Geology of granites and their metallogenetic relations. Proceeding of the international symposium, Nanjing University, Nanjing, China, 87-101.

Goldschmidt, V.M., 1937, The principles of the distribution of chemical elements in minerals and rocks, Journal of Chemical Society, 655-673.

Harker, A. and Marr, J.E., 1891, The Sharp Granite, and the associated igneous and metamorphic rocks. Journal of Geology Society London, 47, 266-328.

Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science, 8, 523-548.

Maniar, P. and Piccoli, P.M., 1989, Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society America Bulletin, 101, 635-643.

Mason, B. and Moore, D.B., 1982, Principles of geochemistry (4ed). John Wiley & Sons, 1-344.

Middlemost, E.A.K., 1989, Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. Chemical of Geology, 77, 19-29.

Tracy, R.J. and Robinson, 1976, Garnet composition and zoning in the determination of temperature and pressure of metamorphism, central Massachusetts. *American Mineralogist*, 61, 762-775.

Turek, A. and Kim, C.B., 1995, U-Pb zircon ages of Mesozoic plutons in the Damyang-Geochang area, Ryeong-

nam massif, *Korean Geochemical Journal*, 29, 243-258.

Turek, A. and Kim, C.B., 1996, U-Pb zircon ages for Precambrian rocks in southwestern Ryeongnam and southwestern Gyeonggi massifs, *Korean Geochemical Journal*, 30, 231-249.

2001년 9월 11일 원고 접수
2001년 11월 26일 수정 원고 접수
2001년 12월 1일 원고 채택