

## 호남 전단대내에 분포하는 엽리상화강암류의 지질시대와 생성과정에 관한 연구\*

김용준\*\* · 박영석\*\*\* · 강상원\*\*

### The Study on Geochronology and Petrogenesis of Foliated Granites in the Honam Shear Zone, South Korea\*

Yong-Jun Kim\*\*, Young-Seog Park\*\*\* and Sang-Won Kang\*\*

**ABSTRACT:** Honam Shear Zone is a mylonite zone approximately parallel to the NE-SW trend located southern part of Korea peninsula. Geologic ages and petrogenesis of foliated granites in this zone are as follows: Igneous rocks of this zone are composed of granite gneiss, Paleozoic granites, Songrim granites, Jurassic granites and Cretaceous granites. Foliated granites show deformed phase of Paleozoic and Songrim granites during Daebou Orogeny. And isotopic ages obtained from foliated granites are early Permian to late Triassic period (276~200 Ma). Most of foliated granite masses are igneous complex consisting of a series of differential product of cogenetic magma. The individual rock mass of foliated granites plotted on Harker diagram shows mostly similar trend of calc-alkali series. REE diagram indicates that LREE amount of foliated granites are more enriched than HREE and negative Eu anomalies of them are weaker than those of the other granites. From these data, we suggest the rocks are generated from continental margin under syntectonic environment. Original magma type of foliated granites correspond to I-type, syn-collision type and Hercynian type. In compressive stress field between Ogcheon folded belt and Youngnam massif, foliated granites had formed due to mylonitic deformation. Those facts indicate that magma of foliated granites would had been generated by melting in lower crust or contamination in upper mantle.

### 서 언

한반도 남부에 위치하는 호남전단대는 남한의 주구조선의 하나로서 북동-남서향의 중국방향에 거의 평행하게 달리는 비교적 규모가 큰 우수향이동단층대로서 그 범위는 목포에서 영주에 이르는 길이 약 400 km와 폭 약 100 km에 달하는 넓은 구역이다 (Yanai et al., 1985; 김용준 외, 1991). 이 전단대는 쥐라기 대보운동과 동시기성구조운동 (Synchronous tectonic movement)으로 발생한 강한 변형운동을 받아 형성된 연성변형암체대로서 암쇄암류에 속하는 엽리상화강암류가 분포하고 있는 곳이다.

한반도에서 화강암질심성암체의 관입과 강한 변형-변성작용을 수반한 지각변동은 특히 중생대에 있었던 세차체의

지각변동으로서 이들은 삼첩기말 송림화강암을 형성시킨 송림변동, 쥐라기 대보화강암을 관입-정지시킨 대보화강암, 그리고 백악기말에 불국사화강암을 들 수 있다. 송림변동은 한반도 북부와 호남전단대에서 그리고 대보운동은 중부와 남부에서 강하였다. 대보운동에 의한 변형은 특히 남부에서 강하였기 때문에 선쥐라기 암층의 분포를 중국방향으로 배열시켰고 또 암석내에 엽리를 형성시켰다.

이 연구의 목적은 호남전단대내에 분포하는 엽리상화강암류의 화학적 특성과 관입-정지-고결 시기 및 엽리상화강암류가 형성되는 과정을 고찰하는데 있다.

### 호남전단대의 지질개요

호남전단대는 중국방향에 평행하게 달리는 쥐라기 대보화강암류의 동남연변부를 따라 분포하며 경상누층군의 퇴적암류에 부정합의 관계로 덮이거나 불국사화성암류에 의하여 관입된다. 이 전단대내에 분포하는 암쇄-변성암류와 이를 관입하는 후기 화성심성-관입암류 중에서 변성-

\* 이 연구는 1992년 과학재단 핵심연구과제 (921-0500-006-2)로 이루어졌습니다.

\*\* 전남대학교 지질학과 (Dept. of Geology, Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea)

\*\*\* 조선대학교 자원공학과 (Dept. of Min. and Petrol. Eng. Chosun Univ., Kwangju, 500-759, Korea)

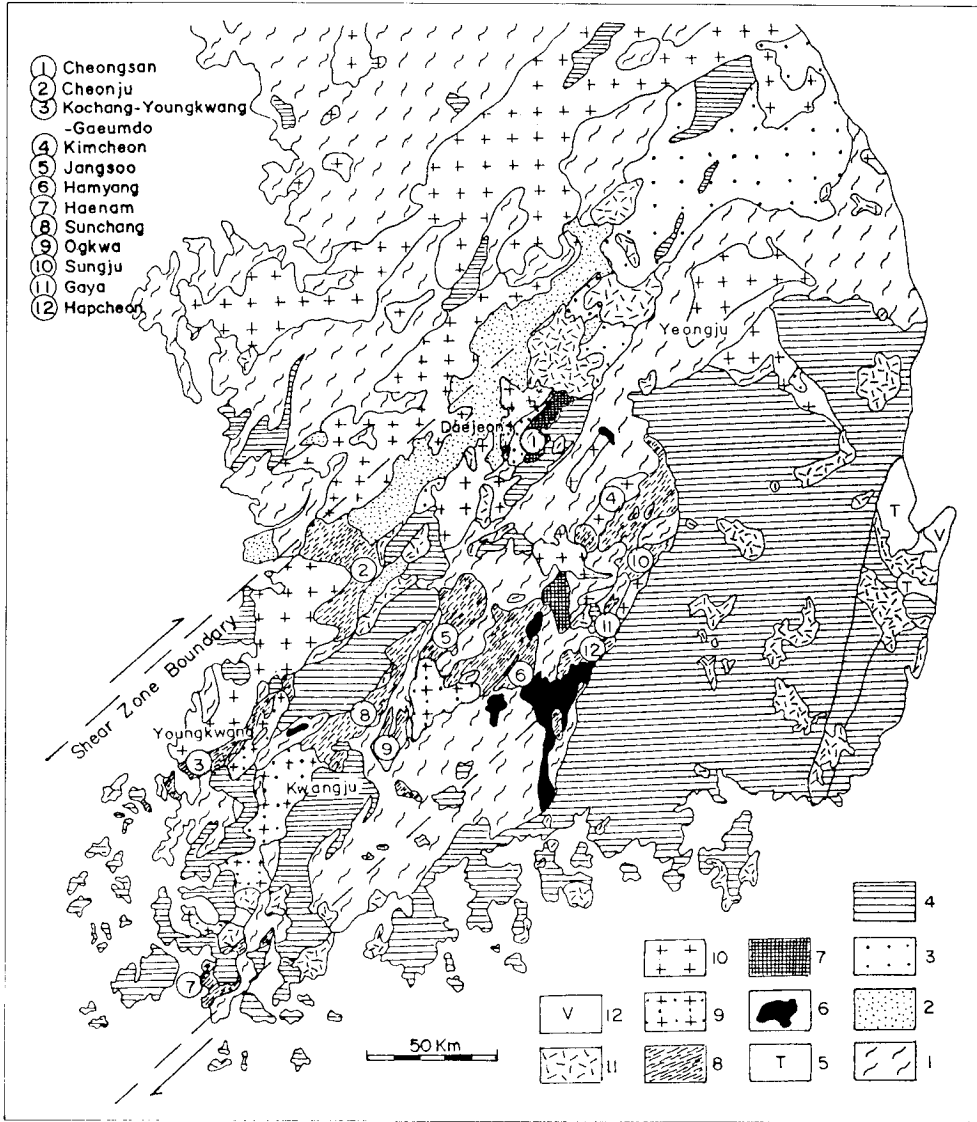


Fig. 1. Geological map of southern part of Korean peninsula, simplified mainly from the map (1/1,000,000) by Um and Chun (1981). (1) Pre-Cambrian groups, (2) Ogcheon system, (3) Paleozoic groups, (4) Mesozoic groups, (5) Tertiary groups, (6) Basic and Intermediated Plutons, (7) Paleozoic granites, (8) Foliated granites, (9) Songrim granites, (10) Jurassic granites, (11) Cretaceous granites, (12) Tertiary volcanic rocks.

변형작용을 받아 만들어진 암쇄암류는 암쇄엽리가 보이는 다양한 방향성이나 암상으로 미루어 이 전단대가 수차례에 걸친 화성활동과 지각변동을 받은 산물임을 지시해 준다.

호남전단대의 남북한계는 암쇄강도가 변형구역과 비변형구역 사이에 점이적인 변화를 보이기 때문에 명확히 하기는 곤란하나 북쪽한계는 대보화강암의 저반이 분포하는 강릉-대전-이리선 이북지역에서는 암쇄변형을 받은 명확한 증거가 없어 이 저반 남연부로 정했으며, 남쪽한계는 지

리산지역에 열리상화강암이 분포하므로 지리산지역 남연부를 경계로 잡았다. 호남전단대는 한반도의 기저를 이루는 선캠브리아기의 육괴내에 위치하며 그 규모가 수cm에서 수백m에 이르는 수많은 작은 암쇄대들 (mylonite zones)로 이루어진 연성전단대 (ductile shear zone)로서 이곳에 분포하는 암쇄암류는 약암쇄암 (Proto-mylonite)에서 초암쇄암 (Ultra-mylonite)까지 다양한 변화를 보여주는 암쇄암류가 발달되어 있다. 이들 암쇄암류는 특징적

인 압쇄엽리 때문에 비교적 오래전 실시된 지질조사에서는 편상화강암 (schistose granite), 혼성암질편마암 (migmatitic gneiss) 또는 혼성암 (migmatite)으로 기재되어 있는 경우가 많으나, 이들 암석명을 준 암상의 대부분이 전형적인 압쇄암류에 해당한다 (Yanai et al., 1985). 이 전단대에서의 변성조건은 주변성작용과 연속된 변성작용이 녹색편암상-각섬암상의 변성전이상에서 일어났으며 이어서 압쇄변형작용이 뒤따랐다. 압쇄변형작용은 녹니석의 안정조건과 유사한 온도-압력 (P-T field)하에서 일어났으며, 이 압쇄전단대에서의 변성조건은 중온-중압 (약 섭씨 400도와 3 K bar) 이하에서 형성되었다 (Kim, 1973).

호남전단대에 분포하는 화성암류는 대보운동에 의하여 변형을 받았는지 여부에 따라 구분해보면 변형받은 화강편마암류와 열리상화강암류, 그리고 변형받지 않은 송림화강암류의 일부와 대보화강암류 및 불국사화강암류를 들 수 있다 (김용준 외, 1991a).

화강편마암류는 선캠브리아기의 정편마암류로서 열리상화강암류와 변형 받지않은 송림-대보-불국사 화강암류에 의해 관입된다 (김용준 외, 1991a). 이 암류의 관입-정지 시기는  $1330.2 \pm 1.5 \sim 2230 \pm 50$  Ma로서 태백산 지역의 정편마암보다 얼마간 더 오랜 지질시대를 보여준다 (김용준과 이대성, 1983; 김용준 외, 1984; 조등룡, 1984; 주승환과 김성재, 1986; 김용준, 1988; 김용준 외, 1991a).

고생대화강암류는 고생대 지각변동사가 거의 밝혀지지 않은 한반도에서는 확인된 바 없었다 (김용준, 1982). 그러나 최근에 발표된 암석의 절대연령 자료를 보면 홍제사화강암류의 한 암형인 편마상복운모화강암 (김용준과 이대성, 1983)의 K/Ar 흑운모 연령이  $384 \pm 19$  Ma로서 초기 데본기에, 거창화강암의 Rb/Sr 전암연령이  $276 \pm 33 \sim 370 \pm 30$  Ma (주승환, 1986; 박영석 외, 1993)로서 초기 데본기 내지 초기 페름기에, 그리고 청산화강암체의 Rb/Sr 전암연령이  $258 \pm 12$  Ma (주승환과 김성재, 1985)와 K/Ar 각섬석연령  $262 \pm 8$  Ma로서 초기 페름기에 해당한다. 이와같이 현재까지 발표된 자료만 보아도 고생대 말기에 있었던 세계적인 지각변동인 바리스크안 변동 (Variscan orogeny)기에 한반도 남부에서도 얼마간의 화성활동이 있었음을 보여준다.

열리상화강암류는 특징광물, 조직 및 관입시기에 따라 5가지 암형으로 구분할 수 있다. 이 암류는 암체별로 열거하여 보면 개략 북동-남서 방향으로 3열의 분포를 보인다. 이들을 북쪽에서부터 살펴보면 옥천지향사대 중앙대 (Lee, 1971; 이대성과 김용준, 1985)에 속하는 청산-전주-영광을 잇는 선상에 분포하는 암체들, 동남대 중앙부에 위치하는 김천-함양-광주-해남을 잇는 선상에 암체들,

그리고 동남대 남연부 즉 성주-합천-산청-괴곡을 잇는 선상에 암체들이다 (김용준 외, 1989a, 1991b). 이 암류의 관입-정지-고결 시기는 개략 페름기말 내지 삼첩기말에 해당한다 (김용준 외, 1991b).

송림화강암류는 지금까지 발표된 삼첩기에 해당하는 지질시대를 정리하여 보면 (주승환과 김성재, 1985, 1986; 김용준, 1986; 김용준과 이창신, 1988) 열리상화강암류의 대부분과 광주화강암체와 남원화강암체의 일부 암상들이 여기에 속한다. 열리상화강암류와 광주-남원화강암류 사이에 차이는 전자가 특징적인 압쇄엽리를 보이는데 반하여 후자는 암체 연변부에서 부분적인 1차엽리를 보여줄 뿐이다. 이같이 송림화강암류중에서도 선택적인 변형을 받아 만들어진 2차 압쇄엽리의 발달 유무는 아직 정확히 그 원인을 해석할 수 없으나 Hafner (1951)에 의해 제안된 지구조운동시에 발생하는 의력 (stress)의 분포 관계에서나 화강암체를 둘러싸고 있는 기반암이나 기존 구조선등과 관계에 따라 변형의 유무가 결정되고 또 변형을 받더라도 변형 정도에 차이가 생기는 것으로 생각된다. 광주화강암류 (김용준 외, 1993a, 1993b)와 남원화강암류 (홍세선 외, 1988)는 각각 네 암형으로 구분된다. 그리고 이들 암체들의 관입-고결 시기는 전자에서 각암형에 따라  $223.7 \pm 7 \sim 196 \pm 3$  Ma (주승환과 지세정, 1990; 김종환 외, 1993)이고 후자에서 각섬석흑운모화강섬록암이  $211 \pm 3 \sim 203.9 \pm 10.2$  Ma (주승환과 김성재, 1986; 김용준과 이창신, 1988)으로 대부분의 암형이 삼첩기말에 해당된다.

쥬라기화강암류는 비교적 큰 저반이나 암주상 관입체로 산출되는 화성암복합체로서 북동-남서향의 배열을 보이며 주구성 암형은 각섬석흑운모화강섬록암과 반상화강섬록암이다. 이들의 관입-고결 시기는  $172 \sim 190$  Ma (주승환, 1986; 주승환과 김성재, 1985; 김용준 외, 1989a)으로 쥬라기 중기에 해당한다.

불국사화강암류는 대부분 방향성이 결여된 자유형의 암주로서 산출되며 구성암형은 반상화강암이 가장 우세하나 반화강암이나 반암류도 빈번히 출현한다.

### 열리상화강암류의 암체별 특성과 암석기재

호남전단대내에 분포하는 열리상화강암류는 개략 북동-남서 방향으로 삼열의 배열을 보인다. 가장 북쪽열 즉 옥천대 중앙대에 속하는 암체들은 청산암체, 전주암체와 고창-영광-가음도암체가, 둘째열 즉 동남대 중앙부에는 김천암체, 함양암체, 장수암체, 순창암체, 옥과암체, 해남암체와 화산-송지암체가, 그리고 셋째열인 동남대 남연부에는 성주암체, 합천암체와 가야암체가 있다.

청산암체는 청산읍을 중심으로 북동-남서향의 장축을 갖는 타원형 저반상 관입체로서 세가지 암형으로 구성되어 있다. 이들 암형은 소위 청산화강암이라고 불리는 열리상반상화강섬록암이 암체 중간부에서 가장 넓은 분포를 보이나, 암체 북부와 남부에는 각섬석흑운모화강섬록암이, 그리고 암체 남서부에는 소규모로 분포하는 불규칙한 형태의 복운모화강암체가 있다. 이들 암형중에서 열리상반상화강섬록암은 평균 약 5 내지 6cm 정도의 장석반정의 장축 방향이 지역에 따라 얼마간 차이가 있으나 개략 동서방향으로 배열되어 있어 마그마의 관입시 주입 및 이동방향을 지시하여 준다. 또 이 열리를 보이는 암형은 각섬석흑운모화강섬록암과 접하는 북부 경계를 따라 발달되어 있는 단층대 부근에서 연성변형을 받아 심하게 압쇄암화 되어 있다. 열리상반상화강섬록암의 주조성광물은 석영, 미사장석, 사장석과 흑운모이고 부조성광물은 저어콘, 견운모, 인회석 및 불투명광물 등이다. 각섬석흑운모화강섬록암은 중립 내지 세립질 반자형 입상조직을 보이는 소규모 저반상 관입체로서 평안누층의 하부사암대를 관입하며 열리상반상화강섬록암과 단층 접촉을 이루며 동북부에서는 반암류에 의하여 관입된다. 각섬석흑운모화강섬록암의 주조성광물은 사장석, 미사장석, 흑운모, 각섬석이고 부조성광물은 견운모, 스펀, 녹염석, 인회석과 불투명광물 등이다. 복운모화강암은 불규칙한 형태의 중립 내지 조립질 압주상 관입체로서 흑운모의 불균질한 함량과 방향성 있는 배열로 부분적으로 우백질 암상이나 미약한 편리를 보이기도 한다. 복운모화강암의 주조성광물은 석영, 정장석, 미사장석, 사장석, 흑운모와 백운모이고 부조성광물은 견운모, 고능석 및 불투명광물 등이다.

전주암체는 전주 부근에 분포하는 북동-남서향의 저반상 화성암복합체로서 선캄브리아계 (편마암복합체와 옥천층군)를 관입하며 류라기화강암류와 반암류에 관입되고 경산누층에 의하여 부정합의 관계로 덮힌다. 이 암체는 주로 열리상반상화강섬록암과 열리상흑운모화강섬록암으로 이루어져 있으나 이들 암형을 관입하는 열리상우백질화강암도 맥상이나 소규모 압주로서 출현한다. 이 암체에서 보여지는 열리도 압쇄열리로서 연성전단대나 단층대 부근에서는 보다 압쇄도가 높고 이에서 멀어질수록 약해지는 경향을 보인다. 열리상반상화강섬록암의 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석과 흑운모이고 부조성광물은 스펀, 저어콘, 인회석 및 불투명광물 등이다. 미사장석 반정은 압쇄작용을 받은 후에 급성장한 결정으로 변형을 받지 않았으나 주위에서 반정과 직접 접하는 변형받은 사장석과 반응하여 밀메카이트 (myrmekite)를 형성하고 있다. 흑운모는 세립의 섬유상 결정들이 압쇄된 미립의 석영-장

석편들과 같은 방향으로 배열되어 뚜렷한 열리조직을 형성시켰다. 열리상흑운모화강섬록암의 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석과 흑운모이고 부조성광물은 녹니석, 스펀, 저어콘과 불투명광물 등이다. 열리상반상화강섬록암과 열리상흑운모화강섬록암 사이에는 점이적인 변화를 보이며 이는 양자가 거의 유사한 암상을 갖는 흑운모화강섬록암으로 출발 하였으나 압쇄작용을 받은 후 전자는 주위암으로부터 카리성분을 공급받아 카리반정을 생성시킨 데 반해 후자는 성분상의 변화가 없었던 결과로 생각된다. 열리상우백질화강암의 주조성광물은 석영, 미사장석, 사장석과 백운모이고 부조성광물은 견운모 및 불투명광물 등이다.

고창-영광-가음도암체는 고창 동편에서 영광 남부 불갑사 부근까지 북동-남서 방향으로 뻗어 오다가 불갑사 서편에서 가음도까지 동-서 방향으로 뻗어 있다. 이와같이 압쇄대의 분포와 열리 방향이 북동-남서에서 동-서로 바뀌는 현상을 김동학과 이병주 (1990)는 연성주향이동단층 운동 (ductile strike slip movement)에서 주향이동성분 (strike slip component)과 총이동성분 (net slip component)이 동시에 작용하여 남쪽 지괴가 확장형사교이동-기외형부채꼴 (extensional oblique slip-imbricate fan)을 형성하여 만들어진 결과로 해석했다. 이 암체는 암체 길이가 약 50여 km에 달하는 긴 대상형 저반으로서 열리 강도에 있어서 주향방향으로는 연속성이 좋으나 주향의 직각 방향으로는 대단히 불균질하며 이는 열리의 생성이 연성전단대나 단층대와 밀접한 관계를 가지기 때문으로 해석된다. 이 암체의 구성 암형은 암상에 따라 구분해 보면 주로 열리상흑운모화강섬록암이 우세하나 비교적 압쇄강도가 높은 지역에서는 열리상반상화강섬록암이 분포하며 이는 압쇄작용과 카리교대작용은 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 이들 압쇄암화된 모암은 송림화강암류에 속하는 광주화강암류의 분화 초기상인 각섬석흑운모화강섬록암이나 흑운모화강섬록암으로 추정된다. 열리상 (반상)흑운모화강섬록암의 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석과 흑운모이고 부조성광물은 녹염석, 견운모, 스펀, 녹니석, 저어콘, 인회석 및 불투명광물 등이다.

김천암체는 김천 동부지역을 지나는 북동-남서 방향으로 분포하는 누에형의 저반상 화성암복합체로서 지리산편마암복합체를 관입하며 산성-염기성 맥암류에 의해 관입되어 있다. 이 암체는 김천 부근과 북부지역에서는 흑갈색을 띠는 몬조니암이나 섬강암이 우세하나 김천 남부지역에서는 석영-각섬석섬록암이나 각섬석-흑운모화강섬록암이 우세해 진다. 이 암체가 지리산편마암복합체와 접하는 부분에서는 약한 1차 열리를 보여주기에도 하나 (이대성 외,

1989) 이 암체 남부인 지례 부근에 분포하는 각섬석-흑운모화강섬록암의 대부분은 북동-남서 방향의 뚜렷한 압쇄열리를 보이는 열리상각섬석흑운모화강섬록암으로 되어 있다. 열리상각섬석흑운모화강섬록암의 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모와 각섬석이고 부조성광물은 녹염석, 저어콘 및 불투명광물 등이며, 특히 각섬석은 각암형마다 또 같은 암형내에서도 그 함량이 일정치 않다. 그리고 김천 부근에서 우세해지는 몬조니암이나 섬장암 내에는 각섬석의 결정 중앙부에 자소휘석(hypersthene)이 함유 되어있는 부분도 관찰된다.

장수암체는 장제와 장수를 잇는 길이 약 30 km 폭 약 4 km에 달하는 북동-남서향의 대상형의 저반상 화성관입체로서 비교적 균질한 열리상각섬석흑운모화강섬록암상으로 이루어져 있다. 이암체는 루펜다트(roofpendant)로 해석되는 편마암복합체와 변성퇴적암류로 순창암체와 분리되어 있으나 순창암체 북부에 분포하는 암상과 거의 유사함을 보여준다(김용준과 이창신, 1988). 이 암체는 편마암복합체와 변성퇴적암류를 관입하며 남원화강암류, 각섬석섬록암과 반암류에 의하여 관입된다(김용준과 이창신, 1988). 이 암체의 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모와 각섬석이고 부조성광물은 녹니석, 견운모, 스펀 및 티탄철석 등이다. 전반적으로 압쇄열리가 잘 발달되어 있으며 석영과 장석들이 비교적 큰 결정편(porphyroclast)으로 재결정화 된 미립의 석영들에 의하여 둘러싸여 있고 흑운모는 휘거나 파쇄되어 있다.

함양암체는 거창 서부에서 운봉북부까지 연장되는 개략 북동-남서향의 불규칙한 형태를 갖는 저반상 화성암복합체로서 다른 열리상화강암체와 유사한 네가지 암형으로 이루어져 있다. 이 네 암형은 암체의 대부분을 차지하는 열리상반상화강섬록암과 열리상각섬석흑운모화강섬록암 그리고 이들 보다 후기 분화상인 열리상흑운모화강섬록암과 열리상우백질화강암으로 이루어져 있다(박재봉 외, 1990). 열리상각섬석흑운모화강섬록암에서 주조성광물은 사장석, 석영, 피다이트, 흑운모와 각섬석으로, 부조성광물이나 이차광물은 녹염석, 스펀, 녹니석, 견운모와 불투명광물 등으로 이루어져 있으며, 사장석은 안데신(An31-37)에 속하고 흔히 누대구조와 알바이트-칼스바트 쌍정을 보인다. 열리상반상화강섬록암에서 반정은 자형의 장방형 내지 정방형의 피다이트나 미사장석으로 이루어져 있으며, 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 피다이트와 흑운모로, 부조성광물은 견운모, 녹염석 및 불투명광물로 구성되어 있다. 석영은 심한 파쇄소광을 보이며 사장석과 미사장석이 접하는 부분에서는 교대작용에 의하여 형성된 밀메카이트를 쉽게 관찰할 수 있다. 열리상흑운모화강섬

록암과 열리상우백질화강암에서 주조성광물은 모두 석영, 사장석, 미사장석과 흑운모로 구성되어 있으나 전자가 후자보다 사장석의 함량이 훨씬 많으며 오리고클레스(An24-30)에 속하고, 부조성광물은 전자에서는 견운모, 녹염석, 저어콘, 석류석, 스펀 및 불투명광물이 그리고 후자에서는 백운모, 밀메카이트 및 불투명광물로 양자 사이에 상당한 차이가 있다.

순창암체는 진안 남부에서 광주 동부에 이르는 길이 약 60 km 폭 약 5~12 km에 달하는 긴 대상형의 저반상 관입체로서 동편 경계는 변성퇴적암류로, 그리고 서편 경계는 경상누층의 퇴적암류로 둘러 싸여있다. 또 삼오리-대강리-차일봉열리상화강암으로 구성된 옥과암체와는 변성퇴적암류가 두 암체 사이에 놓여있어 양 암체를 구분 짓는다. 이 암체를 구성하는 암형은 소위 '순창편상화강암'으로 1/50,000 지질도폭조사에서 명명되었으며(박희인, 1966; 손치무와 김수진, 1966) 구성암상은 열리상각섬석흑운모화강섬록암상과 열리상반상화강섬록암상이 대부분을 차지하나, 열리상각섬석흑운모화강섬록암상은 오수 이북지역에서 그리고 열리상반상화강섬록암상은 암체 남부 즉 순창 부근에서 우세하며, 후자가 전자를 관입한다(김정빈과 김용준, 1984). 열리상각섬석흑운모화강섬록암의 주조성광물은 사장석, 석영, 미사장석, 흑운모와 각섬석으로, 부조성광물은 녹염석, 견운모, 스펀, 인회석 및 불투명광물로 이루어져 있으며 전반적으로 미약한 압쇄열리가 발달되어 있다. 열리상반상화강섬록암의 조성광물은 석영, 사장석, 미사장석과 흑운모가 주를 이루며 그밖에 녹니석, 녹염석, 견운모, 스펀, 저어콘, 인회석과 불투명광물이 미량 함유되어 있다. 반정은 보통 4~10 mm의 사장석 단결정으로 되어지나 심하게 변형된 부분에서는 세립의 석영이나 사장석의 집합체로 구성된 부분도 발견된다. 사장석은 오리고클레스(An26-32)에 해당하고 심하게 견운모화 되어 있으며 변형받은 부분에서는 쌍정면이 휘어져 있는 부분도 발견된다.

옥과암체는 순창암체와 변성퇴적암류에 의하여 분리되어 있으며 소위 '삼오리편상화강암, 대강리편상화강암과 차일봉편상화강암'(박희인, 1966; 손치무와 김수진, 1966)으로 구성된 화성암복합체이다. 이들 편상화강암류는 최근에 보다 합리적인 암석명인 열리상화강암류로 개칭되었다. 삼오리열리상화강암은 약한 열리를 갖고 유백색을 띠는 조립질화강암으로서 부분적으로는 전기석등을 함유하는 페그마타이트질 암상을 보여준다. 삼오리열리상화강암은 설옥리층의 편리를 따라 주입하며 변성퇴적암류와 인접한 지역에서는 백운모의 양과 결정 크기가 급증하는 경향을 보이고, 이의 주조성광물은 석영, 미사장석, 사장석,

Table 1. Rock properties of foliated granite masses in Honam shear zone, South Korea.

Rock mass	Rock type	Texture	Occurrence of mass	Major composition												
				Q	Pl	Kf	Bi	Hb	Mv	Ep	Ch	Sp	Ap	Zr	Op	et
Cheongsan	F-por-grd	F, Por	Batholith	*	*	+	*	+	-	n	n	n	-	-	-	n
	Hb-bi-grd	M		*	*	*	*	+	n	-	n	-	-	n	-	n
	Tm-gr	M		*	*	*	+	n	*	n	n	n	n	n	-	n
Cheonju	F-por-grd	F, Por	Batholith	*	*	+	*	-	-	n	n	-	-	-	-	n
	F-bi-grd	F		*	*	+	*	-	-	n	-	-	n	-	-	n
	F-leuco gr	F		*		*	-	n	*	n	n	n	n	n	-	n
Kochang-Youngkwang-Gaeumdo	F-hb-bi-grd	F	Batholith	*	*	+	*	+	n	-	-	-	-	-	-	n
	F-bi-grd	F		*	*	+	*	-	-	-	-	-	-	-	-	n
Kimcheon	F-hb-bi-grd	F	Batholith	*	*	+	*	+	n	-	-	-	-	-	-	n
	Monzonite	M		*		*	*	*	n	n	-	-	-	-	-	n
	Syenite	M		*		*	+	*	n	n	n	-	n	-	-	n
Jangsoo	F-hb-bi-grd	F	Batholith	*	*	+	*	+	n	n	-	-	n	n	-	il
Hamyang	F-hb-bi-grd	F	Batholith	*	*	+	*	+	n	-	-	-	n	n	-	n
	F-por-grd	F, Por		*	*	+	*	-	-	-	n	-	n	n	-	n
	F-bi-grd	F, fine		*	*	*	*	-	-	n	-	-	-	-	-	n
	F-leuco gr	F,		*	*	*	-	n	*	n	-	n	-	-	-	ga
Sunchang	F-hb-bi-grd	F	Batholith	*	*	+	*	+	n	-	-	-	-	-	-	n
	F-por-grd	F, Por		*	*	+	*	-	-	-	-	-	-	-	-	n
Ogkwa	Daegang f-gr	F	Batholith	*		*	-	ri	-	n	n	-	n	n	-	ga
	Samori f-gr	F, Peg		*		*	-	n	*	-	n	n	n	n	-	ga
	Chailbong f-gr	F		*		*	-	n	-	n	n	-	-	-	-	n
Haenam	F-hb-bi-grd	F	Stocks	*	*	+	*	+	-	n	n	-	-	-	-	n
	F-bi-grd	F		*	*	+	*	-	-	n	n	-	-	-	-	n
Hwasan-Songji	F-por-grd	F, Por	Stocks	*	*	+	*	-	-	-	n	n	n	-	-	n
Sungju	F-bi-grd	F	Batholith	*	*	+	*	-	-	-	-	n	-	-	-	n
Hapcheon	F-leuco gr	F	Batholith	*		*	+	n	*	-	-	n	-	-	n	n
Gaya	F-por-grd	F, Por	Stock,Dike	*	*	+	+	+	n	n	n	-	-	-	-	n

\*main major, + major, - accessory, n; none, Q; quartz, Pl; plagioclase, Kf; k-feldspar, Bi; biotite, Hb; hornblende, Mv; muscovite, Ep; epidote, Ch; chlorite, Sp; sphene, Ap; apatite, Zr; zircon, Op; opaque, ri; riebeckite, ga; garnet, il; ilmenite, f; foliated, por; porphyritic, peg; pegmatite.

백운모와 흑운모로, 부조성광물은 석류석과 녹염석 등으로 구성되어 있다. 미사장석은 비교적 큰 결정으로 나타나며 결정내에 교대되고 남은 사장석 결정들이 “섬과 바다”의 구조를 보여주며, 사장석과의 접촉부에는 교대작용에 의한 밀메카이트 연정을 형성 시켰다. 사장석은 알바이트 (An 8~12)에 해당하며 흔히 쌍정면이 변형되거나 견운모화 되어 있다. 석류석은 1~3 mm의 크기를 갖는 반정으로 출현하며 쉽게 변질되거나 풍화되어 녹니석이나 흑운모 등으로 변해 있다 (김정빈과 김용준, 1984). 대강엽리상 화강암은 뚜렷한 엽리를 갖고 변성퇴적암류를 관입하며 변형 정도는 변성퇴적암류와 접하는 북쪽에서 강하고 남

쪽으로 갈수록 감소하는 경향을 보인다. 대강엽리상화강암의 주조성광물은 석영, 퍼다이트와 미사장석이며 부조성광물은 석류석, 백운모, 흑운모, 스펀, 리베키이트 (riebeckite) 및 불투명광물 등으로 구성되어 있다. 퍼다이트는 파쇄되고 남은 결정편과 이들을 석영과 함께 둘러싸는 미세한 결정들 및 사장석을 교대해서 만들어진 비교적 큰 결정들로 되어 있다. 사장석은 미사장석으로 교대되고 남은 미사장석 결정내부에 희미하게 잔존하는 결정과 미립의 신선한 결정립으로 나타나는 두가지 종류가 있으며 전자는 카리교대작용에 의한 것이고 후자는 압쇄작용후 재결정화된 결정들이다. 차일봉엽리상화강암은 옥과 남부 검장

산-차일봉 지역에 남북 방향으로 길게 분포하는 암주상 관입체로서 편마암복합체와 변성퇴적암류를 관입하는 중립 내지 조립질암이나 부분적으로는 세립질이고 운모의 함량도 심한 변화를 보이는 비교적 불균질한 암상이 특징이다. 이 암석의 조성광물은 주로 미사장석, 사장석, 석영 및 흑운모로, 그리고 약간의 견운모, 저어콘과 녹니석으로 구성되며 전체적으로 플래서 (flaser)나 몰탈 (mortal)조직을 보여준다. 미사장석과 사장석은 큰 결정으로 되어서 미립의 등근 석영이나 작은 흑운모 결정을 함유한다. 석영은 대부분 압쇄되어 파동소광을 보이고 세립의 재결정화된 조직을 갖는다.

해남암체는 해남 동부지역의 옥천 북부와 동남부, 강진 서부 및 해남 남부에 흩어져 분포하는 세계의 소규모 암주상 관입체들로 구성되어 있으며 열리상각섬석흑운모화강섬록암과 열리상흑운모화강섬록암상의 두 암형으로 이루어져 있다. 양 암상 중에서 후자가 우세하며, 이들은 변성퇴적암류를 관입하며 주라기 섬록암과 화강암 그리고 백악기 화강암과 퇴적암류에 의하여 관입되거나 부정합의 관계로 덮인다. 열리상각섬석흑운모화강섬록암의 조성광물은 주로 사장석, 석영, 미사장석, 흑운모와 각섬석으로 그리고 약간의 녹염석, 저어콘과 불투명광물로 구성되며, 열리상흑운모화강섬록암상은 열리상각섬석흑운모화강섬록암 보다 미사장석의 함량이 많고 또 각섬석이 극미량 함유되거나 전혀 함유되어 있지 않다.

화산-송지암체는 남창 서편에 불규칙한 형태로 분포하는 암주상 관입체로서 편마암복합체를 관입하며 백악기 화산암류와 화강암에 의하여 덮이거나 관입된다. 이 암체는 열리상반상화강섬록암상으로 구성되어 있으나 반정을 이루는 사장석이나 미사장석은 그 함량에 있어서 변화가 심하다. 이 암체의 조성광물은 사장석, 미사장석, 석영과 흑운모가 주를 이루며, 약간의 견운모, 녹염석, 저어콘 등이 부조성광물을 이룬다.

성주암체는 성주 북부에 개략 북동-남서 방향으로 길게 대상분포를 보이는 중립 내지 세립 질 열리상흑운모화강섬록암으로 전반적으로 흑운모의 방향성 있는 배열과 석영-장석의 신장으로 특징적인 압쇄엽리를 갖는다. 이 암체의 조성광물은 중립의 반자형 내지 타형의 장석류와 미립의 흑운모 결정이 주가되며 약간의 녹니석, 녹염석과 저어콘 등을 함유한다.

합천암체는 합천 서부에서 동북동-남남서 방향으로 대상분포하는 열리상우백질화강암으로서 전반적으로 뚜렷한 엽리가 관찰된다. 그러나 전혀 엽리가 발달되어 있지 않은 부분도 관찰된다. 이 엽리의 주향은 대부분 북북동에 가까우며 이는 이 암체의 관입 방향과 대략 일치한다. 또

이 암체는 관입 접촉부에 규화작용을 주거나 세택을 발달시키고 있는 곳도 관찰된다 (장기홍, 1968). 이 열리상우백질화강암의 조성광물은 주로 석영, 퍼다이트와 미사장석이며 소량의 흑운모도 함유되어 있다. 이 암체 중앙부에서는 미사장석이 반정으로 들어 있어 반상조직을 보이기도 한다.

가야암체는 가야 동부에서 북동-남서 방향으로 관입한 암주상 또는 맥상 관입체로서 편마암복합체를 관입하며 전반적으로 심하게 압쇄되어 뚜렷한 압쇄엽리를 갖는다. 이 압쇄조직은 이 암체가 기존하는 단층을 따라 관입된 후 이 단층대가 다시 활동하므로서 형성된 것으로 사료된다. 이 암체는 압쇄엽리의 발달 정도와 유색광물의 함유량에 변화가 심하여 불균질하게 보이나 모드분석 결과는 대부분 화강섬록암에 해당된다. 이 암체의 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석과 흑운모이며, 부조성광물은 녹염석, 저어콘, 인회석과 불투명광물이다.

### 호남전단대내에 분포하는 화성암류의 지질시대

호남전단대에 분포하는 화성암류에 대한 지질연대는 Table 2에서 보여주는 바와 같이 여러학자들 (주승환과 김성재, 1985, 1986; 주승환, 1986; 김용준, 1986, 1988; 김용준과 이창신, 1988; 김용준 외, 1989; 박영석 외, 1993; 김중환 외, 1993; Turek and Kim, 1993)에 의하여 수행되었다.

화강편마암류는 정편마암류인 화강편마암과 반상변정질화강편마암으로 구성되어 있으며 이들의 지질시대는 화강편마암의 Rb/Sr 전암연령이  $2.230 \pm 50$  Ma, Ar/Ar 각섬석 연령이  $1,988 \pm 8.3$  Ma이고, Ar/Ar 백운모 연령이  $1,371 \pm 3.3$  Ma이며, 반상변정질화강편마암의 Rb/Sr 전암연령이  $2,090 \pm 60$  Ma 그리고 Ar/Ar 백운모 연령이  $1,330 \pm 1.5$  Ma으로 모두 선캠브리아기에 해당된다.

고생대화강암으로 확인된 암체로는 이 연구지역내에서는 거창화강암과 청산화강암체가 있다. 청산화강암체의 한 암형인 열리상반상화강섬록암은 옥천군 청성면 장수리 부근에서 평안계 마로리층에속하는 변질사암층에 의하여 부정합으로 덮여있다 (김동학과 이병주, 1986). 거창화강암의 Rb/Sr 전암연령은 370~276 Ma 그리고 청산화강암체의 한 암형에 속하는 열리상반상화강섬록암의 Rb/Sr 전암연령이  $258 \pm 12$  Ma 또 각섬석흑운모화강섬록암의 K/Ar 각섬석 연령이  $262 \pm 8$  Ma로서 이들두암체의 암석연령 모두가 데본기말에서 페름기 중기 사이에 해당하는 지질시대를 보여준다. 이들은 함경북도에 넓게 분포하는 페름기 화강암에 대비되는 화강암류이다.

Table 2. Isotopic age of igneous rocks in the Honam shear zone, South Korea.

Rock name	Area	Isotopic age(Ma) IR:initial ratio	Material analysed	Geologic period	Reference
Gr-gn	Songkwang-sa	1,988 ± 8.3(Ar/Ar)	Hb	Pre-Camb.	Kim, Y.J.(1988)
Gr-gn	S-Sapyeong	1,371 ± 3.3(Ar/Ar)	Mv	Pre-Camb.	Kim, Y.J.(1988)
Gr-gn	Jangheung	2,230 ± 50 (Rb/Sr) IR:0.7063 ± 0.0015	Wr	Pre-Camb.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1986)
Por-gr-gn	N-Jangheung	1,330 ± 1.5(Ar/Ar)	Mv	Pre-Camb.	Kim, Y.J.(1988)
Por-gr-gn	Bosung-Beolkyo	2,090 ± 60 (Rb/Sr) IR:0.7089 ± 0.0010	Wr	Pre-Camb.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1986)
Geochang gr (Two mica gr)	NW-Geochang	370 ± 30 (Rb/Sr) IR:0.7113 ± 0.0003	Wr	Late Dev.	Choo, S.H.(1986)
Geochang gr (Two mica gr)	N-Geochang	276 ± 33 (Rb/Sr) IR:0.71010 ± 0.00024	Wr	Early Perm.	Park, Y.S. et al(1993)
Hb-bi-grd	N-Cheongsan	262 ± 8 (K/Ar)	Hb	Early Perm.	this paper
F-por-grd	Cheongsan	258 ± 12 (Rb/Sr) IR:0.7150 ± 0.0003	Wr	Mid. Perm.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1985)
Daegang-f-gr	SW-Namweon	228 ± 5 (Rb/Sr) IR:0.7158 ± 0.0010	Wr	Mid. Tria.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1986)
Daegang-f-gr	SW-Namweon	212 ± 2 (U/Pb)	Zr	Late Tria.	A. Turek & Kim, C.B.(1993)
F-hb-bi-grd	W-Jangsoo	198.7 ± 9.9(K/Ar)	Hb	End of Tria.	Kim, Y.J. & Lee, C.S.(1988)
F-hb-bi-grd	Jirye	181 ± 9 (K/Ar)	Hb	Mid. Jura.	Kim, Y.J. et al(1989)
F-hb-bi-grd	W-jangsoo	187 ± 3 (U/Pb)	Zr	Early Jura.	A. Turek & Kim, C.B.(1993)
Sunchang gr (F-bi-grd)	Sunchang	222 ± 5 (Rb/Sr) IR:0.7163 ± 0.0002	Wr	Mid. Tria.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1986)
F-bi-grd	Hamyang	179.2 ± 0.5(Ar/Ar)	Mv	Mid. Jura.	Kim, Y.J.(1988)
F-bi-grd	hamyang	179 ± 0.9 (Ar/Ar)	Bi	Mid. Jura.	Kim, Y.J.(1988)
F-bi-grd	Sunchang	183 ± 8 (U/Pb)	Zr	Mid. Jura.	A.Turek & Kim, C.B.(1993)
F-por-grd	Hamyang	200 ± 5 (Rb/Sr) IR:0.7144 ± 0.0037	Wr	End of Tria.	Kim, Y.J. et al.(1989)
F-por-grd	W-Aneui	219.2 ± 2.9(U/Pb)	Zr	Mid. Tria.	A. Turek, & Kim, C.B.(1993)
Namweon gr (Hb-bi-grd)	W-Unbong	203.3 ± 10.2(K/Ar)	Hb	End of Tria.	Kim, Y.J. & Lee, C.S.(1988)
Namweon gr (Bi-grd)	S-Osu	211 ± 3 (Rb/Sr) IR:0.7186 ± 0.0004	Wr	Late Tria.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1986)
Namweon gr (Hb-Bi-grd)	NE-Namweon	176 ± 3 (U/Pb)	Zr	Mid. Jura.	A. Turek & Kim, C.B.(1993)
Kwangju gr (Hb-bi-grd)	W-Kwangju	222 ± 5 (Rb/Sr) IR:0.7020 ± 0.0005	Wr	Mid. Tria.	Choo, S.H. & Chi, S.J.(1990)
Kwangju gr (Hb-bi-grd)	S-Sungjeon	229.3 ± 3.6(K/Ar)	Hb	Mid. Tria.	Kim, J.H. et al.(1993)
Kwangju gr (Hb-bi-grd)	Nw-Sann	93.77 ± 1.43(K/Ar)	Bi	Late Cret.	Kim, J.H. et al.(1993)
Kwangju gr (Hb-bi-grd)	W-Moonjang	172 ± 5 (K/Ar)	Hb	Mid. Jura.	this paper
Kwangju gr (Bi-grd)	W-Kwangju	210 ± 3 (Rb/Sr) IR:0.7231 ± 0.0004	Wr	Late Tria.	Choo, S.H. & Chi, S.J.(1990)
Kwangju gr (Two mica gr)	Jangsung	196 ± 3 (Rb/Sr) IR:0.7202 ± 0.0006	Wr	Early Jura.	Choo, S.H. & Chi, S.J.(1990)
Kwangju gr (Two mica gr)	NW-Jangsung	166 ± 4 (K/Ar)	Mv	End of Jura.	this paper
Hb-gabbro	Gaya	204 ± 10 (K/Ar)	Hb	End of Tria.	Kim, Y.J. et al.(1989)
Hb-diorite (Hb-gabbro)	Palgongsan	180.7 ± 9.0(K/Ar)	Hb	Mid. Jura.	Kim, Y.J. & Lee, C.S.(1988)
Hb-diorite	W-Geochang	179.0 ± 9.0(K/Ar)	Hb	Mid. Jura.	Kim, Y.J. et al.(1989)
Hb-diorite	W-Geochang	177 ± 6 (U/Pb)	Zr	Mid. Jura.	A. Turek & Kim, C.B.(1993)
Macheon gb	Macheon	219 ± 3 (U/Pb)	Zr	Late Tria.	A. Turek & Kim, C.B.(1993)
Hb-bi-grd	SE-Moopoong	190 ± 70 (Rb/Sr)	Wr	Early Jura.	Choo, S.H.(1986)
Kimcheon gr	Kimcheon	172 ± 2.8Ma(Rb/Sr) IR:0.7095 ± 0.0010	Wr	Mid. Jura.	Choo, S.H. & Kim, S.J.(1985)
Kimcheon gr (Hb-bi-grd)	N-Jirye	181 ± 9 (K/Ar)	Hb	Mid. Jura.	Kim, Y.J. et al.(1989)
Hb-syenite	E-Geochang	178 ± 9 (K/Ar)	Hb	Mid. Jura.	Kim, Y.J. et al.(1989)
Mv-gr	W-Cheonju	164 ± 4 (K/Ar)	Mv	End of Jura.	this paper

Por; Porphyritic, F; Foliated, N; North, S; South, SE; Southeastern, SW; Southwestern, Wr; Whole rock, gr; granite, grd; granodiorite, gb; gabbro, gn; gneiss, Zr; zircon, bi; biotite, hb; hornblende, Mv; muscovite.



엽리상화강암류는 엽리상각섬석흑운모화강섬록암의 K/Ar 각섬석 연령이  $198.7 \pm 9.9$  Ma 그리고 U/Pb 저어콘 연령이  $186.9 \pm 2.6$  Ma으로, 엽리상흑운모화강섬록암의 Rb/Sr 전암연령이  $222 \pm 5$  Ma, U/Pb 저어콘 연령이  $182.6 \sim 183.5$  Ma, Ar/Ar 백운모 연령이  $179.2 \pm 159$  Ma 그리고 Ar/Ar 흑운모 연령이  $179 \pm 0.9$  Ma으로, 엽리상반상화강섬록암의 Rb/Sr 전암연령이  $258 \pm 12$  Ma 그리고 U/Pb 저어콘 연령이  $219.2 \pm 2.9$  Ma으로, 대강엽리상화강암의 Rb/Sr 전암연령이  $228 \pm 5$  Ma 그리고 U/Pb 저어콘 연령이  $211 \pm 1.9$  Ma으로, 그리고 엽리상복운모화강암의 Ar/Ar 백운모 연령이  $159 \pm 0.3$ 으로 엽리상화강암류의 지질시대는  $258 \sim 159$  Ma로 상당히 큰 변화폭을 가지나 여기서 Ar/Ar 연령을 뺀다면 나머지 연령들은  $258 \sim 198.7$  Ma로 대부분 삼첩기말이나 쥐라기초에 해당하는 지질시대를 보여준다.

송림화강암류는 특징적인 압쇄엽리를 보이는 엽리상화강암류의 대부분과 전혀 변형 받지않은 삼첩기화강암류로 구분될 수 있다. 여기서는 후자에 대하여만 기술하기로 한다. 후자의 대표적인 암체로는 남원화강암체와 광주화강암체가 있다. 남원화강암은  $211 \sim 203.3$  Ma로서 삼첩기말에 해당하고, 광주화강암은 복운모화강암의 K/Ar 백운모 연령을 제외 시키면  $223.7 \sim 196$  Ma로서 삼첩기 중기

에서 쥐라기초에 해당하는 지질시대를 보인다. 여기서 복운모화강암의 백운모 연령은 쥐라기말 대보운동기에 수반된 페그마타이트질 관입체에 의한 백운모의 재결정화된 시기를 나타낸다. 남원화강암체와 광주화강암체는 모두 암체 동쪽 연변부를 통과하는 단층에 의하여 얼마간 영향을 받아 부분적으로 압쇄암대를 형성했으나 전반적으로는 전혀 변형을 받지 않았다. 그리고 삼첩기말에 가야지역과 마천지역에서는 암주상의 반러암이 편마암복합체를 관입하고 있다.

• 쥐라기화성암류는 각섬석섬록암류와 쥐라기화강암류로 구성된다. 전자는 연구지역 도처에서 작은 암주상 관입체로 분포하나 모두 180 Ma 전후의 지질시대를 보임이 특징이다. 그러나 후자는  $190 \sim 164$  Ma로 쥐라기 초기부터 쥐라기 말기까지의 큰 지질시대의 차이를 보인다. 후자의 이와같이 큰 지질시대의 차이는 쥐라기화강암의 관입이 적어도 세차례 이상의 화성활동의 결과로 생성된 산물임을 시사해 준다.

**엽리상화강암류의 암석화학**

호남전단대에 분포하는 압쇄상화강암류의 지구화학적 특성을 알기 위하여 옥천지향사대의 중앙대, 동남대 중앙

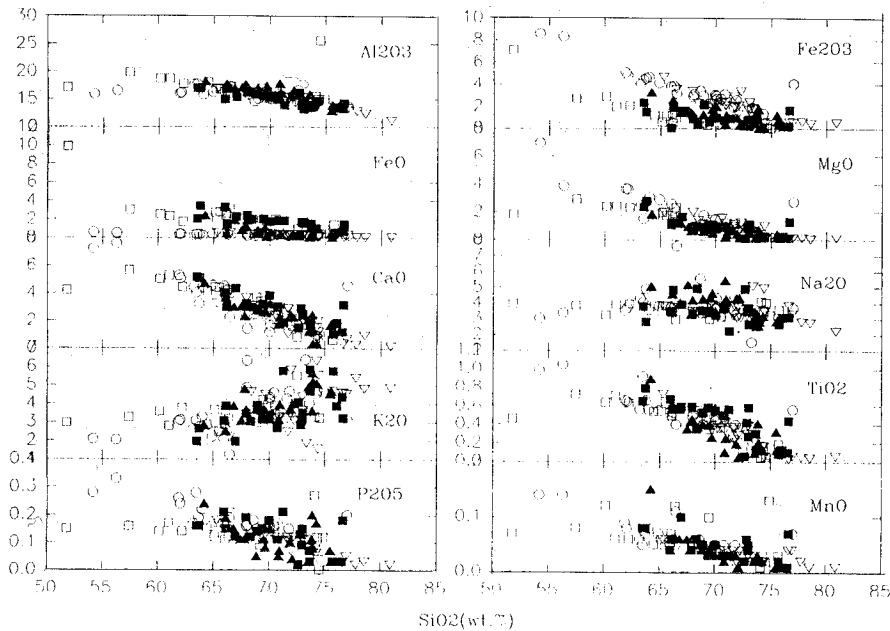


Fig. 2. Major element oxides (wt.%) versus SiO<sub>2</sub> (wt.%) for representative rock masses of foliated granites in the Honam shear zone, South Korea. Symbols of rock masses are Circle in Cheonju, Reverse triangle in Cheongsan, Square in Gaya-Hapcheon, Full square in Ilmyang and Full triangle in Gaya-Hapcheon.

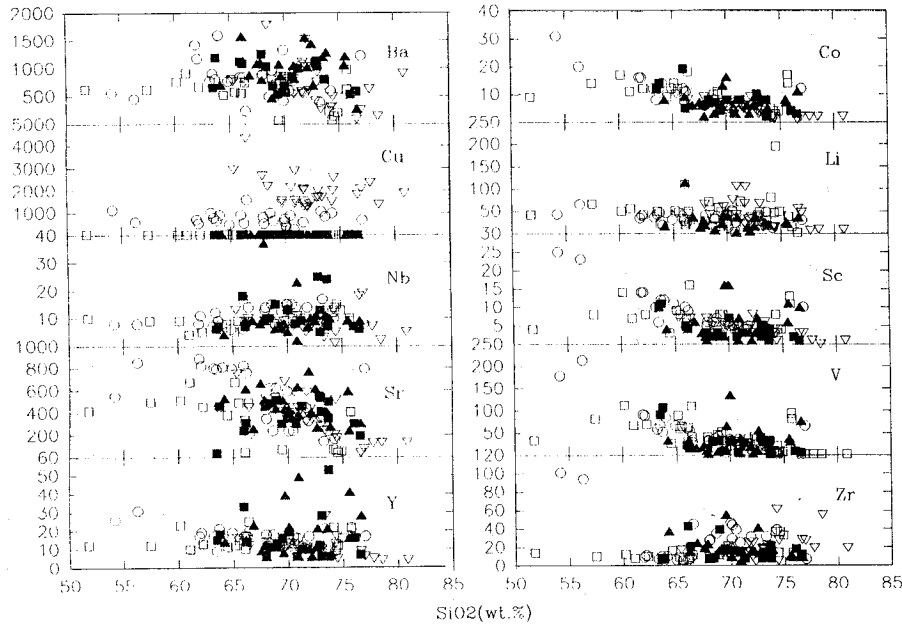


Fig. 3. Trace element oxides (ppm) versus  $\text{SiO}_2$  (wt.%) for representative rock masses of foliated granites in the Honam shear zone, South Korea. Symbols are the same as those as Fig. 2.

부와 남연부에 분포하는 3열의 암체중에서 2암체씩을 선별하여 화학적 특성을 대표시켰다. 이들 선별된 암체는 청산-전주암체, 함양-순창암체와 합천-가야암체로서 청산-전주암체는 이 연구에서 새로이 화학분석 자료를 추가(별도 논문에 자료수록 예정)하였으며 나머지 암체에 대한 화학분석자료는 지금까지 이들 암체에 대하여 발표된 자료(김정빈과 김용준, 1984; 김용준 외, 1989a, 1990, 1991a; 박재봉 외, 1990)에서 발췌(전주암체 28개, 청산암체 28개, 순창암체 21개, 함양암체 20개 그리고 가야-합천암체 22개 총 119개 암체암 시료에 대한 분석자료)하여 사용하였다. 화학분석은 영국 런던대학 분석실에서 ICP를 사용하여 주성분, 미량성분 및 희토류원소에 대하여 실시되었으며,  $\text{SiO}_2$  정량과  $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3$  적정은 전남대학교 지화학실험실에서 별도로 실시하였다. 주성분원소의 산화물- $\text{SiO}_2$  변화도와 미량성분원소- $\text{SiO}_2$  변화도는 각각 Fig. 2와 Fig. 3에, AMF삼각도와 Ba-Sr변화도는 각각 Fig. 4와 Fig. 5에, 삼각도 normative Q-K-P와 normative Or-An-Ab는 Fig. 6(A)와 Fig. 6(B)로, 그리고 시리카에 대한  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  변화와 normative Pl에 대한  $\text{Al}_2\text{O}_3$  변화는 각각 Fig. 7(A)와 Fig. 7(B)에 표시하였다. 또 Nakamura의 희토류 함량으로 표준화한 희토류 모양(REE pattern)은 Fig. 8에, 삼각도 ACF는 Fig. 9에, 그리고 Pearce (1984)의 Nb- $\text{SiO}_2$ 와 Nb-Y 판별도는 각각 Fig. 10(A)와 Fig. 10(B)에 도시하였다.

주성분원소의 산화물- $\text{SiO}_2$  변화도 (Fig. 2)는 여섯개의

암체 모두가 이들 암체를 구성하는 암체들을 점시하여 보면 개략 Daly (1910)에 의한 화성암복합체들의 분화상들이 보이는 경향과 거의 일치한다. 그러나 암체별 특성을 살펴보면 고생대화강암류인 산청암체와 나머지 송림화강암류 사이에는 분화경향에 얼마간의 차이를 나타낸다. 즉  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ 와  $\text{TiO}_2$ 는 다른 암체들 보다 약간 적은 함량을 보이는데 반하여  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 와  $\text{MgO}$ 는 약간 많은 분화경향을 보인다. 그리고  $\text{K}_2\text{O}$ 는 비교적 다른 주성분원소에 비하여 분화경향이 뚜렷하지 않으며 이는 암체암류의 주구성 암체의 하나인 염리상반상화강섬록암의 반정을 이루는 장석 반정이 단순한 마그마의 분화과정에서 만들어지는 것이 아니라 암체암류가 관입하는 기반암의 화학성분과 밀접한 관계를 가짐을 지시해 준다. 즉 카리 성분을 많이 갖는 기반암을 관입시 혼화작용이 일어나거나 카리교대작용을 일으켜 알카리 성분이 많이 함유된 카리장석을 크게 성장시켜 염리상반상화강섬록암의 반정이 만들어졌기 때문에 사료된다. 미량성분원소의 산화물- $\text{SiO}_2$  변화도 (Fig. 3)는 주성분원소의 산화물 보다 는 뚜렷한 분화경향을 보이지 못하나 암체별로는 비교적 뚜렷한 경향을 보이며, 또 변화경향도  $\text{SiO}_2$ 의 증가에 따라 Ba, Cu, Nb과 Zr은 증가하는 경향을 그리고 Sr, Co, Sc과 V은 감소하는 경향을 보여 역시 이들 암체들이 적어도 암체별로는 분화산물들로 구성된 화성복합체임을 시사해 준다.

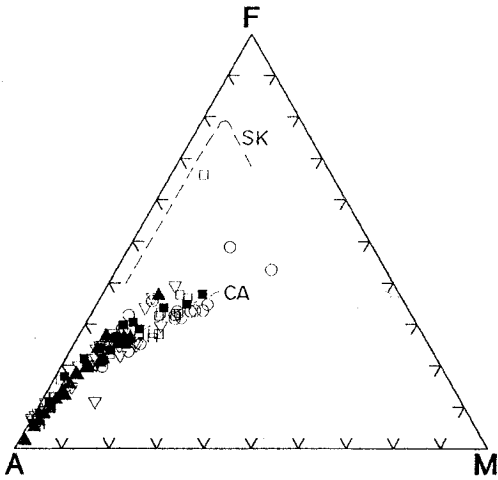


Fig. 4. AMF diagram of rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone, South Korea. Symbols are the same as those of Fig. 2.

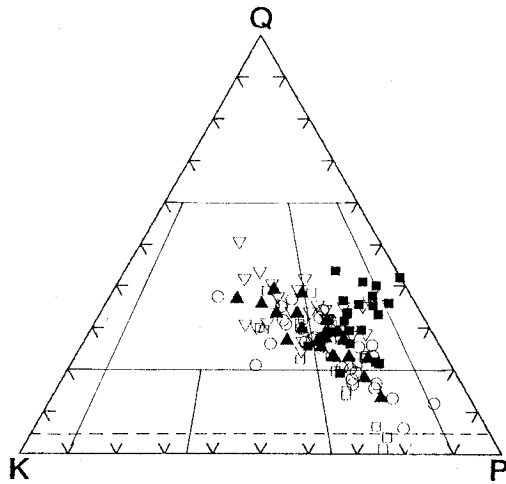


Fig. 6A. Triangular diagram of normative quartz (Q)-Alkali feldspar (K)-Plagioclase (P) for rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone, South Korea. Symbols are the same as those of Fig. 2.

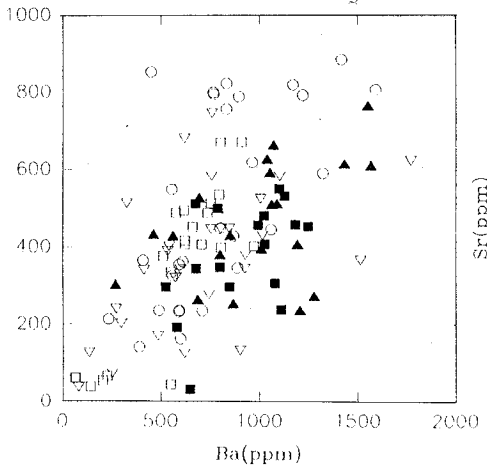


Fig. 5. Diagram on Sr (ppm) versus Ba (ppm) for rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone.

AMF삼각도 (Fig. 4)는 이들 엽리상화강암류가 조산운동과 깊은 연관을 갖는 칼크알카리암 계열에 속하는 분화산물임을 보여준다. 개략적으로 전주암체와 청산암체가 다른 나머지 암체들 보다 분화 초기산물로 구성 되어있고 가야합천암체가 가장 분화가 많이 진행된 산물들로 구성되어 있으나 이들 암체들의 모두가 여러 단계의 분화산물의 집합체로 구성된 화성암복합체이다. Sr-Ba변화도 (Fig. 5)는 역시 이들 엽리상화강암류가 뚜렷한 분화경향을 보이는 암체들로 이루어진 화성암복합체임을 보여준다.

삼각도 normative Q-Or-Pl (Fig. 6A)와 삼각도 normative Or-An-Ab (Fig. 6B)에서는 전자는 개략 모드결과와 잘

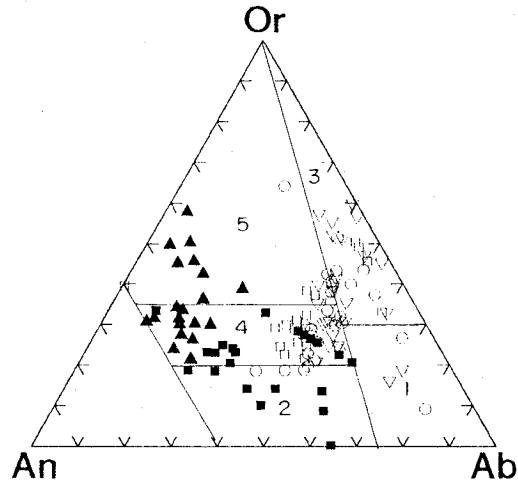


Fig. 6B. Triangular diagram of normative Alkali feldspar (Or)-Anorthite (An)-Albite (Ab) for rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone, South Korea.

일치하는 결과를 보인다. 즉 전자는 정장석 (Or)의 양이 모드분석 결과 보다 약간 증가한 것을 뺀다면 거의 모드 분석 결과와 일치하는 값인 화강암이나 화강섬록암 영역에 속한다. 후자는 화강섬록암과 화강암 영역에 대부분 점시되나 일부 시료는 토나라이트 (tonalite), 석영몬조니암과 트론제마이트 (trondhjemite) 영역에 점시되어 전자처럼 잘 일치하지 못함을 보여주나 큰범주 내에서는 대체로 일치하는 경향을 보인다.

알카리-시리카변화도 (Fig. 7A)는 호남전단대에 분포하

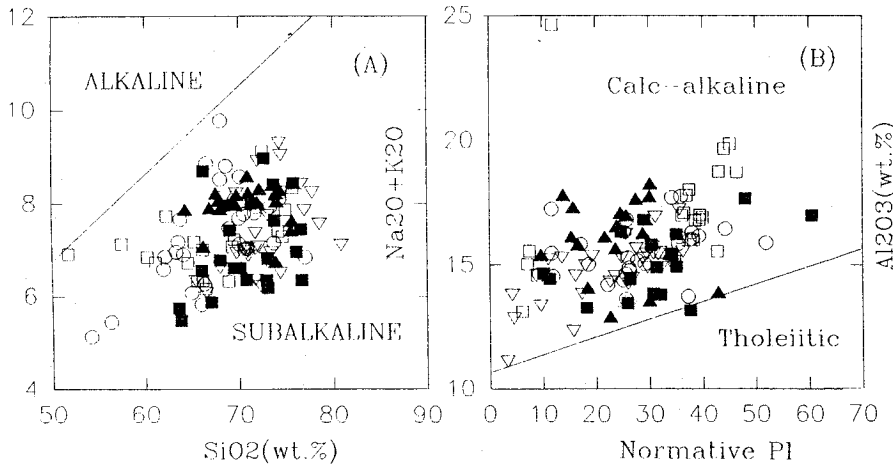


Fig. 7. (A) Diagram on Alkalis vs. Silica and (B)  $Al_2O_3$  (wt.%) vs. Normative Pl for rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone.

는 엽리상화강암류가 모두 subalkaline 영역에 속하며, 또  $Al_2O_3$ -normative Pl 변화도 (Fig. 7B)에서도 calc-alkaline 영역에 도시된다.

회토류원소는 이들 분석된 회토류원소의 분석치를 Nakamura의 회토류 함량으로 표준화하여 이 회토류원소의 변화양상을 Fig. 8에 표시하였다. 이 변화양상은 이 암류를 대표하는 암체들 모두가 미약한 (-)Eu 이상을 보이며 이는 옥과암체에 속하는 대강엽리상화강암과 삼오리화강암이 보이는 뚜렷한 (-)Eu 이상과 대조적이다. (-)Eu 이상을 나타내는 Eu/Sm 값은 화강섬록암계열과 화강암계열이 각각 0.23과 0.07로서 Henderson (1984) 0.20~0.38, Hong (1983) 0.24, 권치순 (1987)과 비교시켜 볼 때 얼마간 낮은 값을 보이며, Culler and Graf (1984)는 이와같이 낮은 값이 대륙이나 대륙연변부에서 지구조운동과 동시성화강암류 (syntectonic granites)에서 흔히 관찰되는 현상이라고 해석한 바 있다. 엽리상화강암류의 각 암형에 따른 회토류원소의 총함량은 엽리상각섬석흑운모화강섬록암 177.49 ppm, 엽리상흑운모화강섬록암 171.4 ppm, 엽리상반상화강섬록암 153.37 ppm, 대강엽리상화강암 94.87 ppm, 그리고 엽리상복운모화강암 83.27 ppm이다. 이들 값을 Henderson (1984)의 화성암류 분석치와 대비시키면 대강엽리상화강암과 엽리상복운모화강암은 문조화강암이나 섬장화강암 영역 (40~107.39 ppm)에 그리고 나머지 암형들은 화강섬록암 영역 (120~270 ppm)에 속한다 (김용준 외, 1991). 대강엽리상화강암과 삼오리엽리상화강암은 각각 이 연구에서 대표시킨 대부분의 암체들과는 다른 성인을 갖는 A형과 S형 화강암으로 추정되는 화강암류이므로 화강섬록암계열의 엽리상화강암류와는 상당한 차이를 예상하고

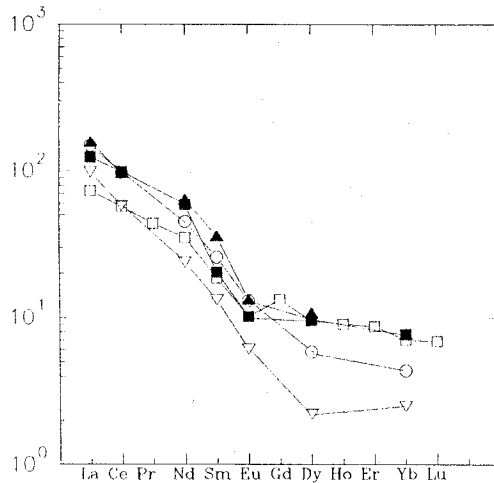


Fig. 8. Chondrite normalized REE patterns of rock masses of foliated granite in the Honam shear zone. Symbols are the same as those as Fig. 2.

있었으며 연구결과와 잘 일치한다.

### 엽리상화강암류의 생성과정

엽리상화강암류에 대한 연구는 호남전단대에 분포하는 엽리상화강암류에 대하여 암석-암석화학-구조질학적 연구로 여러 학자들 (김정빈과 김용준, 1984, 1990; 장태우와 황상구, 1984; 김규봉 외, 1984; Yanai et al, 1985; 최위찬 외, 1986; 홍승호와 윤욱, 1986; 홍세선, 1988; 김동학과 이병주, 1984, 1986, 1990; 김용준과 김정빈, 1988; 김용준과 이창신, 1988; 김용준 외, 1989a, 1989b, 1990, 1991a,

1991b)에 의하여 수행되었다.

엽리상화강암류에서 특징적으로 관찰되는 압쇄엽리는 전단파쇄대나 단층대 같은 구조선의 발달과 밀접한 관계를 보인다. 즉 이들 구조대에 접근할수록 엽리의 강도가 증가하고 역으로 멀어질수록 감소하는 변화를 보인다. 이는 이 특징적인 엽리가 구조운동에 수반된 지구조동시성조직임을 지시하는 것으로 점진적인 단순전단력 (simple shear)과 순수전단력 (pure shear)에 의하여 형성된 것이며 이렇게 만들어진 엽리상화강암류는 대부분 전형적인 S-C압쇄암류에 속한다 (Yanai et al., 1985; 김동학과 이병주, 1984, 1986; 김용준 외, 1989b, 1990, 1991a, 1991b).

엽리상화강암류를 생성시킨 마그마의 유형은 이 암류가 변형 받기전 화강암질암의 근원물질이 화성기원인지 퇴적기원인가에 따라 마그마의 유형을 나누는 연구가 여러 학자 (Chappel and White, 1974; Tsusue and Ishihara, 1974; Ishihara, 1977; Pearce et al, 1984; Pitcher, 1979)에 의하여 이루어졌다. Chappel and White (1974)는 화강암질암을 I형과 S형으로, Tsusue and Ishihara (1974) 그리고 Ishihara (1977)는 자철석계열과 티탄철석계열로 구분하였다. 호남전단대를 대표시킨 각암체들의 화학분석치를 ACF삼각도 (Fig. 9)에 도시하여 보면 대부분 I형 (자철석계열)에 속하나 청산암체와 순창암체의 일부가 S형 (티탄철석계열)에 도시된다. Pearce 외 (1984)는 화강암류를 Ocean Ridge Granite (ORG), Volcanic Arc Granite (VAG), Within Plate Granite (WPG) 및 Collision Granite (COLG)의 네가지 유형으로 나누었다. 호남전단대의 엽리상화강암류를 Nb-SiO<sub>2</sub>와 Nb-Y변화도에 점시하여 보면 모든 분석치가 각각 VAG+syn-COLG 영역과 VAG COLG

ORG 영역에 도시된다. 이는 엽리상화강암류가 영국 서남부 지역과 유사한 syn-collision 화강암에 속함을 지지해 준다. Pitcher (1979)는 조산운동과 화강암의 지질환경을 기준으로 화강암을 알피노형 (Alpino type), 안디노형 (Andino type)과 헤르시아노형 (Hercyano type)으로 구분했다. 이대성과 김용준 (1985)은 호남전단대에 속하는 옥천대 동북부에 분포하는 화강암류를 헤르시아노 조산운동의 화성활동 산물로 해석한바 있다.

호남전단대의 형성시기와 생성과정을 살펴보면 다음과 같다. 한반도는 선캄브리아기말부터 판의 확장으로 옥천

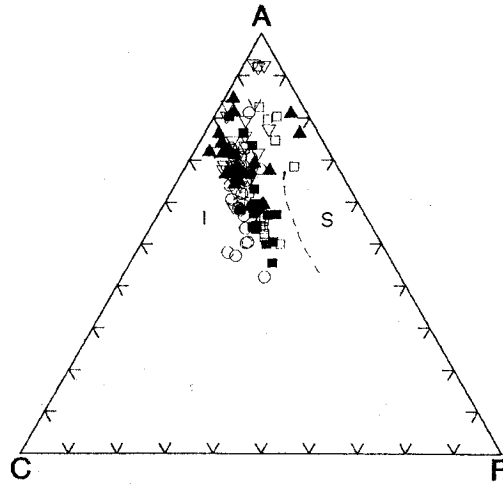


Fig. 9. ACF diagram (molar ratios, A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O; C=CaO; F=FeO+MgO) for rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone, South Korea.

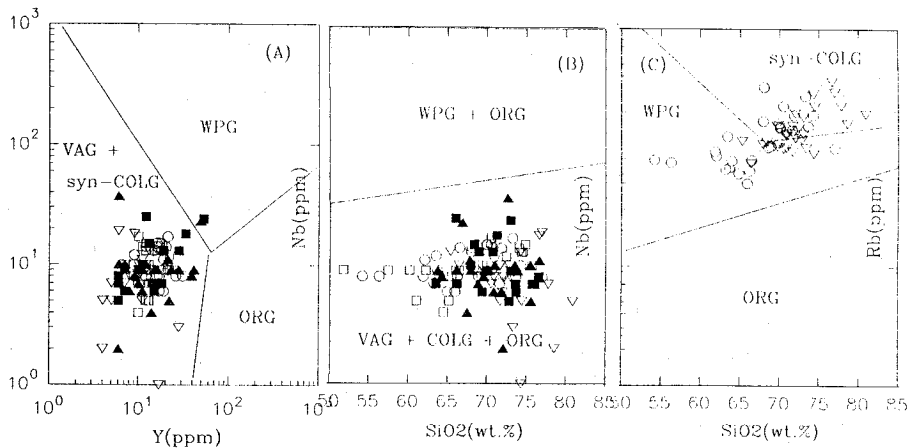


Fig. 10. (A) Nb vs. Y (B) Nb vs. Silica and (C) Rb vs. Silica discriminant diagrams for rock masses of foliated granites in the Honam Shear Zone.

지향사대를 사이에 두고 있는 두지괴가 분열되다가 석탄-데본기에 시작된 해양저의 수축운동으로 해양저가 닫히기 시작하면서 이들 두지괴 사이에서 영남육괴 방향으로 해구가 형성되어 갔고, 이 판의 운동으로 화성활동이 일어나 화산활동과 화강암체의 관입이 있었다. 삼첩기에는 두지괴가 충돌하면서 심한 응력장을 형성시켜 이로부터 주향이동단층과 트리스트단층운동을 일으켰다. 이 운동에 수반된 화성활동의 산물로는 송림화강암류인 열리상화강암류, 남원화강암류 및 광주화강암류가 있다. 이 송림화강암류는 유라기 초기와 중기초에 걸쳐 한반도 남부와 중국 양자지괴지역 등지에서 활발히 일어났던 지각변동인 연산-대보운동을 받아 북동-남서향의 구조선을 생성시켰으며 특히 한반도 서남부에서는 호남전단대를 형성시켰고 이 구조선을 따라서 동시성관입체인 유라기화강암의 관입을 받았다. 이 대보운동을 받은 결과로 호남전단대의 열리상화강암류는 특징적인 압쇄염리를 갖게 되었으나, 변형받지 않은 남원화강암류와 광주화강암류는 호남전단대에 불균질한 의력(stress)과 물을 많이 함유하여 유연성이 높은 변성퇴적층으로 둘러싸이므로서 거의 변형받지 않고 괴상으로 보존될 수 있었을 것이다.

## 결 론

호남전단대는 한반도 남부에 위치한 북동-남서향의 전단암체대로서 동구조성 우수향이동단층운동을 받아 형성된 특징적인 압쇄염리를 갖는 열리상화강암류가 분포하며, 이 암류의 지질시대, 암석화학 및 생성과정은 다음과 같은 특징을 보여준다.

1. 호남전단대에는 선캠브리아기에서 백악기 사이에 고생대화강암류, 송림화강암류, 유라기화강암류 및 백악기화강암류가 관입하였다. 열리상화강암류는 고생대화강암류와 송림화강암류가 호남전단대에서 대보운동을 받아 변형받아 만들어진 변형화강암류이다.
2. 열리상화강암류의 지질시대는 암형에 따라 276~200 Ma으로 다양하며, 이는 열리상화강암류가 주로 송림화강암의 변형물로 구성되나 얼마간의 고생대화강암도 변형되어 열리상화강암류를 이루기 때문이다.
3. 열리상화강암체는 일련의 분화산물들로 구성된 화성암복합체로서 칼크-알카리암계열에 속하고, 또 희토류원소는 LREE가 HREE보다 부화되고 (-)Eu 이상도 비교적 낮은 값을 보인다. 이들 값은 대륙이나 대륙연변부에서 구조운동시 생성된 화성암류가 보이는 특징의 하나이다.
4. 열리상화강암류는 지괴의 충돌로 형성된 응력장에서 유발된 지각변동으로 만들어졌으며 이때 형성된 마그마

유형은 I형(자철석계열), 동시충돌성화강암형(syn-COLG) 및 헤르시아노조산운동형(Hercyano type)에 속한다.

## 사 사

이 연구가 이루어질 수 있도록 야외지질조사에 도움을 준 전남대학교 지질학과와 유병욱군과 화학분석을 실시해 준 런던대학교의 Walch박사 그리고 K-Ar 연령을 측정한 Krueger Enterprise의 Geochron laboratory에 감사 드립니다. 그리고 이 연구를 수행할 수 있도록 연구비를 지원해 준 과학재단에 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- 권치순 (1987) 대전-공주간에 분포하는 화강암질암의 지질시대와 암석화학. 연세대학교 박사학위논문.
- 김규봉, 최위찬, 황재하, 김정환 (1984) 한국지질도, 오수도폭 지질보고서 (1/50,000). 한국동력자원연구소.
- 김규봉, 황재하 (1986) 한국지질도, 영동도폭 지질보고서 (1/50,000). 한국동력자원연구소.
- 김동학, 장태우, 김원영, 황재하 (1978) 한국지질도, 옥천도폭 지질보고서 (1/50,000). 자원개발연구소.
- 김동학, 이병주 (1984) 한국지질도, 남원도폭 지질보고서 (1/50,000). 한국동력자원연구소.
- 김동학, 이병주 (1986) 한국지질도, 청산도폭 지질보고서 (1/50,000). 한국동력자원연구소.
- 김동학, 이병주 (1990) 옥천대 서남부에 발달하는 호남암체대 연구(1). 과학기술처, 동자연보고서 KR-89-(B)-1, 35p.
- 김용준, 이대성 (1983) 석포-덕구간에 분포하는 소위 홍제사 화강암에 대한 지질시대와 생성과정에 관한 연구. 광산지질, 16권, p. 163-221.
- 김용준, 주승환, 조동룡 (1984) 삼척지역에 분포하는 우백질화강암류의 Rb-Sr연령에 관한 연구. 광산지질, 17권, p. 231-131.
- 김용준 (1986) 영남육괴에 분포하는 고기화강암질암의 지질시대와 성인에 대한 연구. 광산지질, 19 권 특별호, p. 151-162.
- 김용준 (1988) 보성-순천지역에 분포하는 정편마암류의 지질시대와 성인에 대한 연구. 광산지질, 21권, p. 69-83.
- 김용준, 이창신 (1988) 장수-운봉지역에 분포하는 화성암류와 그 화성활동에 대한 연구. 지질학회지, 24 권 특별호, p. 111-131.
- 김용준, 김정민 (1988) 장계-임실간에 분포하는 화성암체에 대한 암석지화학적 연구. 지질학회지, 24 권 특별호, p. 87-110.
- 김용준, 조동룡, 박영석 (1989a) 거창지역에 분포하는 중생대 화성암류의 K-Ar연령과 광물의 조성. 광산지질, 22 권, p. 117-127.
- 김용준, 박영석, 오민수, 주승환 (1989b) 옥천지향사대 동남대에서의 화성활동 (1): 상주-거창-남원지역을 중심으로. 광산지질, 22 권, p. 355-370.
- 김용준, 박영석, 주승환, 오민수, 박재봉 (1990) 옥천지향사대 동남대에서의 화성활동 (2): 진안-나주 사이 지역을 중심으로. 한국지구과학회지, 11 권, p. 120-138.
- 김용준, 김정민, 박재봉 (1991a) 호남전단대 내에 분포하는

- 염리상화강암류의 암석지화학과 성인. 지질학회지, 27 권, p. 52-63.
- 김용준, 박영석, 주승환, 오민수, 박재봉 (1991b) 옥천지향사대 동남대에서의 화성활동 (3): 나주-남창지역을 중심으로. 광산지질, 24권, p. 261-276.
- 김용준, 이창신, 강상원 (1991c) 영남육괴 지리산지구에 분포하는 중성-염기성 심성암류에 대한 암석지화학. 한국지구과학회지, 12권, p. 100-122.
- 김용준, 박재봉, 김정빈, 신상은 (1992) 운봉-아영지역의 암쇄상화강암류에 대한 화학성분의 변화. 지질학회지, 28권, p. 403-409.
- 김용준, 오민수, 박재봉 (1993a) 광주화강암체에 대한 암석화학적 연구. 광산지질, 26권, p. 83-96.
- 김용준, 오민수, 박재봉 (1993b) 나주-해남 지역에 분포하는 화성암류의 암석화학. 한국지구과학회지, 14권, p. 300-315.
- 김정빈, 김용준 (1984) 광주 북동부에 분포하는 소위 편상화강암에 관한 암석학적 연구. 광산지질, 17권, p. 197-214.
- 김정빈, 김용준 (1990a) 담양-진안 사이에 분포하는 염리상화강암류에 대한 지질시대와 성인에 관한 연구. 광산지질, 23권, p. 233-244.
- 김정빈, 김용준, 홍세선 (1990b) 담양-진안 사이에 분포하는 염리상화강암류에 대한 암석화학적 연구. 광산지질, 23권, p. 87-104.
- 김종환 외 8인 (1993) 화산원 천열수성 광상탐사 및 모델정립 (3). 과학기술처. KR-92 (T)-25, 209p.
- 박재봉, 김용준, 김정빈 (1990) 경남 함양지역에 분포하는 화성암류에 대한 암석지화학적 연구. 광산지질, 23권, p. 105-123.
- 박영석, 김용준, 권성택, 박재봉 (1993) 거창-고령 지역산 화성암류에 대한 Rb/Sr 동위원소연구. 한국지구과학회지, 14권, p. 32-43.
- 박희인 (1966) 한국지질도, 순창지질도폭 설명서 (1/50,000). 국립지질조사소.
- 손치무, 김수진 (1966) 한국지질도, 창평지질도폭 설명서 (1/50,000). 국립지질조사소.
- 이대성, 김용준 (1985) 옥천대에서의 화성활동-특히 옥천대 동북부에서의 화성활동. 광산지질, 18권, p. 23-39.
- 이대성, 나기창, 김용준 (1985) 옥천대의 지질 및 광물자원에 관한 연구. 광산지질, 18권, p. 381-397.
- 이대성, 유환수, 우영관, 김용준 (1989) 한국지질도, 옥산동도폭 지질보고서 (1/50,000). 한국동력자원연구소.
- 장기홍 (1968) 한국지질도, 합천도폭 지질보고서 (1/50,000). 국립지질조사소.
- 장태우, 황상구 (1984) 한국지질도, 가음도도폭 지질보고서 (1/50,000). 한국동력자원연구소.
- 조동룡 (1984) 강원도 임계지역에 분포하는 화강암 및 각섬암에 대한 암석학적 연구. 연세대학교 석사학위 논문.
- 주승환, 김성재 (1985) Rb/Sr법에 의한 영남육괴 년대측정연구 I (평해-분천-김천화강편마암류 및 화강암류). 한국동력자원연구소, KR-85-24, 7-40.
- 주승환, 김성재 (1986) 영남육괴의 년대측정연구 2 (지리산 서남부 일대 화강암질편마암 및 화강암류). 한국동력자원연구소, KR-86-7, 7-33.
- 주승환 (1986) 영남육괴의 Rb/Sr 년령측정 3 (제천-단양, 무주-거창 지역 화강암질편마암 및 화강암류의 Rb/Sr년대). 한국동력자원연구소, KR-86-2-17, 1-28.
- 주승환, 지세정 (1990) 광주화강암의 Rb-Sr년령측정 연구. 동자연보보고서 KR-90-1B-2, 3-54.
- 최위찬, 황상구, 김영범 (1986) 한국지질도, 영광도폭 지질보고서 (1/50,000), 한국동력자원연구소.
- 홍세선, 김용준, 김정빈 (1988) 남원지역에 분포하는 남원화강암체에 대한 암석지화학적 연구, 지질학회지, 24권, p. 132-146.
- 홍승호, 윤 옥 (1986) 한국지질도, 송정지질도 지질보고서 (1/50,000), 한국동력자원연구소.
- Chappel, B.W. and White, A.J.R. (1974) Two contrasting granite types. Pacific Geol. 8, p. 173-174.
- 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. 275-308.
- Daly, R.A. (1910) Average chemical composition of igneous rock types. Proc. Am. Acad. Arts Sci., v. 45, 211-240.
- Hafner, W. (1951) Stress distribution and faulting. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 62, p. 373-398.
- Henderson, P. (1984) Rare Earth Elements Geochemistry, Elsevier Sci. Pub. Co. Inc., 499P.
- Hong, Y.K. (1983) Petrology and Petrochemistry of Jurassic and Cretaceous granites, southern Korea. Unpubl. Ph.D. thesis, University of London, 365p.
- Isihara, S. (1977) The magnetite series and ilmenite series granite rocks, Mining geol., v. 27, p. 293-305.
- Kim, H.S. (1973) On Migmatite in the Jeonju-Mogpo Area, Korea. J. Geol. Soc. of Korea, v. 9, p. 207-234.
- Lee, D.S. (1971) Study on the Igneous Activity in the middle Ogcheon Geosynclinal zone. Jour. Geol. Soc. Korea, v. 7, p. 153-216.
- Miyashiro, A. (1981) Tectonic and Petrologic Aspects of Asia. Geol. Soc. of China, Memorir, p. 1-30.
- Nakamura, N. (1973) Deformation of REE, Ba, Fe, Mg, Na and Ca in carbonaceous chondrite, Geochim. Cosmochim. Acta, v. 38, p. 757-775.
- Pitcher, W.S. (1979) A commentary on the nature, ascent and emplacement of granitic magma. J. Geol. Soc. London.
- Pearce, J.A., Harris, N.B. and Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, J. Petrol., p. 956-986.
- Turek, A. and Kim, C.B. (1993) U-Pb zircon ages of Mesozoic plutons in the Damyang-Geochang area, Ryongnam massif, Korea. Lithos, v. 30 (in press).
- Tsuse, A. and Ishihara, S., The iron-titanium oxides in the granitic rocks of Southwest Japan, Mining Geol., v. 24, p. 13-39.
- Yanai, Shuichi, B.S. Park, Shigeru Otoh (1985) The Honam shear zone (South Korea): Deformation and tectonic imprecation in the Far East. Earth science and Astronomy (scientific paper, College of Art and Science), Univ. of Tokyo, v. 35, p. 180-210.