

## 京畿陸塊內 春川花崗岩體의 生成年代와 熱史

陳明植 · 辛性天 · 金星載 · 朱昇煥

韓國資源研究所 資源探查研究部 (大田直轄市 儒城區 柯亭洞 30 (305-350))

**요 약 :** 先캄브리아紀의 京畿陸塊內 春川花崗岩에 대하여 Rb-Sr, K-Ar 그리고 ھି트선티랙 등 세 가지 방법으로 全岩石과 광물의 연령을 측정된 結果를 가지고 다음과 같은 熱史를 규명하였다. 11개의 全암석시료의 Rb과 Sr의 同位素를 측정하여 얻은 等時線 年齡은  $196 \pm 9$  Ma이고, Sr 初생치는 0.7159로 확인되었다. 8개의 광물시료를 K-Ar 및 ھି트선티랙법으로 연령측정한 結果, 각각의 年齡保存溫度에 따른 각각 다른 광물 연령을 얻었다. 이들 연령측정자료로 이 암체의 成因과 암체의 熱史를 해석한 結果는 다음과 같다. 春川花崗岩은 트라이아스기말-쥬라紀初(약 210 Ma경)에 地殼物質의 부분용융을 받아서 만들어진 "S-형의 마그마, 또는 맨틀기원의 "I-型" 마그마와 지각물질의 심한 混和作用에 의해 만들어진 마그마가 地殼 深部(mesozone 또는 katazone; 약 7-9 km)에 關입하였으며, 이때 關입체와 주변 선캄브리아기 암석과의 溫度差 때문에 약 300°C 까지는 평균 약 10°C/Ma의 냉각률로 비교적 빨리 냉각되었다. 쥬라紀 中期(170 Ma경)부터 백악기 말까지는 주위 암석들과 熱的인 平衡을 유지하면서 지각의 풍화에 따른 삭박작용으로 평균 약 1°C/Ma의 냉각률과 약 30 m/Ma의 上昇률로 3-4 km 서서히 상승하였다. 백악기 말(70 Ma경)부터 현재까지는 평균 3°C/Ma의 냉각률과 약 85 m/Ma의 상승률로 약 4-5 km 상승하면서 냉각된 것으로 해석되어 白堊紀末부터 현재까지의 상승이 그 이전 보다 훨씬 빨리 상승한 것으로 생각된다.

**핵심어 :** 京畿陸塊, 熱史, 春川花崗岩, 同位素年齡, 年齡保存溫度

### 서 언

春川花崗岩體는 先캄브리아기의 京畿 變成岩複合體의 동쪽에 발달되어 있는 화강암질 암체로서 1:1,000,000 지질도(국립지질조사소, 1956; 한국동력자원연구소, 1981)와 1:50,000 春川도폭(李大聲 외, 1974), 內坪도폭(朴喜寅 외, 1974)과 洪川도폭(孫致武 외, 1975) 지질설명서에는 白堊紀 또는 쥬라紀 화강암체로 설명되어 왔으며, 最近 陳明植 외(1986)에 의해 이 화강암체의 암석학적 및 지화학적인 연구가 보고된 바 있다. 이 논문은 그 연구의 일부인 春川 화강암체에 대한 여러 가지 연령측정자료를 더 보충하여, 그 암체의 生成年代와 熱史를 규명한 것이다.

### 일반지질

이 지역의 地質은 先캄브리아기의 變성암류와 이를 關입한 쥬라기의 春川화강암으로 구성되어 있다. 이 春川花崗岩體와 접하고 있는 先캄브리아기의 變성암류는 크게 용두리 편마암 복합체(李大聲 외, 1974; 朴喜寅 외, 1974)와 의암층군으로 구성되어

있으며, 또 前者는 주로 춘천화강암체의 서쪽, 북서쪽, 동쪽 및 동북쪽에 분포되어 있으며, 後者는 주로 이암체의 남동 또는 남서쪽에 분포되어 있다.

앞서 말한 용두리 편마암복합체 중, 춘천화강암체의 서쪽 또는 북서쪽에는 주로 석류석-흑운모 편암과 미그마타이트질 縞狀 흑운모 편마암이 우세하게 발달되어 있고(李大聲 외, 1974), 동북쪽과 동쪽에는 호상 흑운모 편암과 흑운모 편암이 우세하게 분포되어 있다(朴喜寅 외, 1974).

또 春川화강암체의 동쪽에는 선캄브리아기의 각 섬석-흑운모 편암, 규암 또는 복운모 편암 등으로 구성되어 있는 신리리층과 규암, 석회암 및 흑운모 편암으로 구성되어 있는 평촌리층, 그리고 이들 두 신리리층과 평촌리층은 구봉산층군에 속하며, 이 구봉산층군을 關입하고 變성된 각섬암이 단층 또는 關입상으로 접하고 있다(朴喜寅 외, 1974).

한편 의암층군은 주로 호상 편마암과 규암 등으로 구성되어 있는 창촌리층, 주로 편마암으로 구성되어 있는 방곡리층, 주로 眼球狀 편마암으로 구성되어 있는 구곡리층, 그리고 규암층인 강촌층이 春川화강암체의 남서쪽에 분포되어 있고(金玉準 외, 1974), 남동쪽에는 흑운모 편마암과 편암이 우세한 창촌리

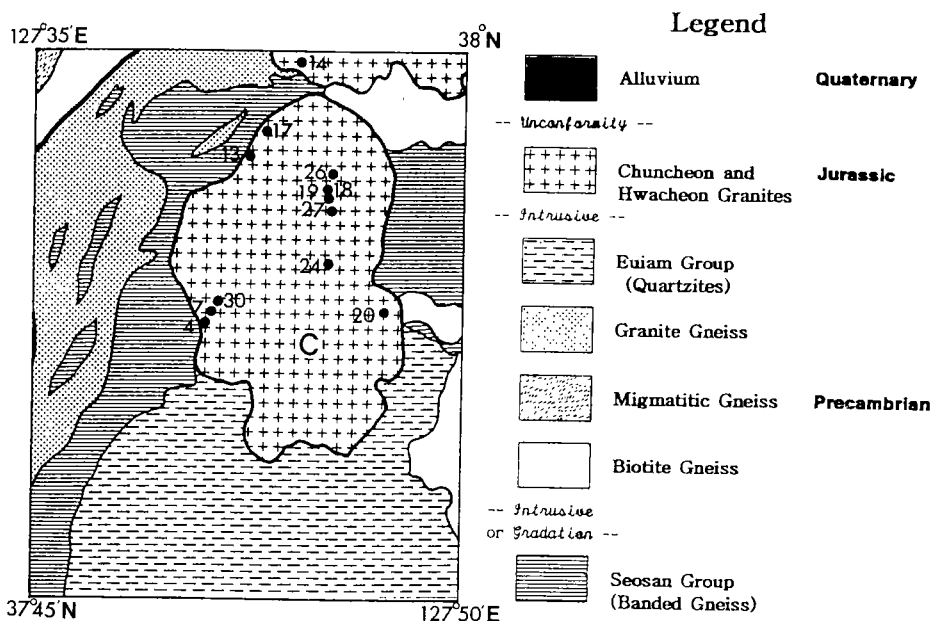


Fig. 1. Map showing the general geology of the Chuncheon Granites and its vicinity (after Geological and Mineral Institute of Korea, 1973). Numbers with solid circles indicate sampling sites. C=Chuncheon City.

층이 분포되어 있다(孫致武 외, 1975).

이 지역에 분포하는 변성암류의 葉理는 대개 N2°-50°E의 방향을 가지며, 경사는 30°-60°SE를 갖는다. 특히 미그마타이트질 흑운모 편마암에서는 석영과 장석으로 구성된 優白質 부분과 주로 흑운모로 구성된 優黑質 부분이 뚜렷하게 交互되며, 프티그마틱(Ptygmatic) 구조를 보여주는 것이 특징적이다.

春川화강암체는 남북 長徑이 약 16 km, 동북 短徑이 약 8 km인 타원형의 저반 또는 암주상 산출 상태를 보여주며 전체적으로는 중립질 흑운모-화강암이다. 대개 풍화에 약해서, 신선한 노두는 거의 없고 대부분 殘留 土壤의 낮은 구릉을 이루거나 층적층을 이루고 있다.

春川화강암체 연변부의 일부인 남서부와 남동부에서는 微量의 각섬석을 함유하여 섬록암질 연변상을 보여주며, 春城郡 東面 栗文里 일대에서는 각섬석과 사장석이 주성분 광물인 섬록암상의 세립질 암석이 발견되는데, 이는 화강암체의 緣邊相이라기 보다는, 春川화강암체 동쪽에 광범위하게 분포되어 있는 각섬암(Amphibolite)의 일부가 이 화강암질 마그마의 관입 당시에 마그마내에서 동화된 것이 아닌가 추측된다.

春川화강암체의 동부(만천리일대)에서는 흑운모

화강암이 소량의 세립질 백운모를 함유하여 복운모 화강암으로 분화한 양상도 보여 섬록암상에서 화강 섬록암, 흑운모화강암, 복운모화강암으로 결정분화했음을 보여준다. 또 이 春川화강암체의 서부 및 남부에서는 數條의 반화강암(Aplite)맥이 후기에 관입하였고, 春川화강암체의 남부, 춘성군 서면 현암리일대에는 직경 수 cm-1.5 m 정도의 크기를 갖는 규암질 포획암(Quartzitic xenoliths)이 야외에서 관찰되기도 하며, 주변 모암의 열리구조를 따라 조화적으로 관입하였고, 북쪽 春川湖 아래쪽의 편마암에서는 미그마타이트질 양상을 보여준다.

春川화강암의 주성분광물은 석영, 알카리장석, 미사장석, 사장석, 흑운모, 각섬석, 백운모 등이며, 부성분광물은 스펀, 저콘, 인회석과 불투명 광물 등이고, 녹니석, 방해석, 견운모 등 이차광물이 함유된다. 물론 각섬석이 함유된 부분에서는 백운모가 함유되지 않으며, 백운모가 함유된 부분에서는 각섬석이 함유되지 않는다.

### 암석의 광물기재

春川화강암은 전체적으로는 중립질-세립질 등립상의 화강섬록암-화강암으로(그림 2), 구성광물은

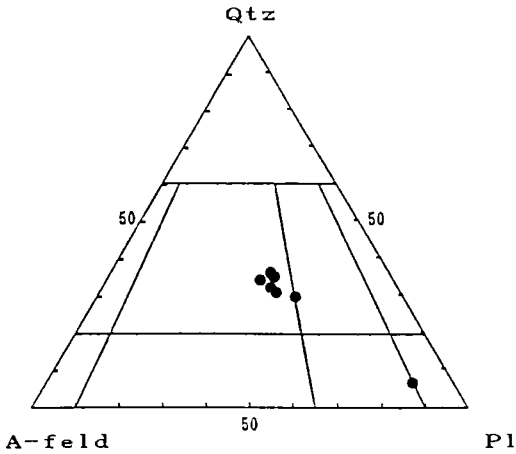


Fig. 2. A triangular diagram for the modal plagioclase-alkalifeldspar-quartz of the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif, South Korea.

석영, 사장석, 알카리장석(정장석, 페다이트, 엔티페다이트, 미사장석 등을 포함), 흑운모, 각섬석, 백운모 등 주구성 광물과 스피넬, 저콘, 인회석, 불투명 광물 등 부성분 광물과 녹니석, 녹염석, 견운모 및 방해석 등 이차광물들이 함유된다. 현미경하에서의 이들 광물의 특징은 각각 다음과 같다.

**석 영**

세립질-중립질로서, 대개 타형이며, 대부분 후기에 생성되었으며, 기존 광물(주로 정장석, 사장석 등)을 교대하여 산출되는 것도 있다.

**사장석**

세립-중립질이고, 대개 자형-반자형이고 누대조직(Zonal texture)을 보여주는 것도 많다. 누대조직을 보여주는 사장석 결정의 석회질인 중앙부가 대개 부분적으로 견운모화되어 있고, 연변부는 후기의 석영에 의해 교대되어 버미상(Vermiform) 또는 밀메키틱(Myrmekitic texture) 조직을 이룬 것도 있다. 또 신선한 사장석은 유색 규산염광물(Mafic silicates)인 흑운모, 녹니석, 각섬석 등과 스피넬, 인회석 등을 함유하고 있는 결정도 있다.

**알카리長石**

대부분 세립질-중립질이며, 부분적으로 조립질인

것도 있으며 반자형-타형이 보통이다. 정장석과 더불어 미사장석, 페다이트 등이 함유되며, 페다이트는 대개 관입형(Stringlet type or Veinlet type)이거나 패취형(Patch type)의 페다이트이다. 신선한 미사장석에는 흑운모, 사장석, 불투명광물, 인회석, 등의 작은 결정들이 함유되는 것도 있고, 후기의 석영에 의해 교대되어 문상조직을 보여주는 것도 있다.

**흑운모**

대개 중립질-세립질이며, 자형 또는 반자형이 보통이다. 세립질의 흑운모는 대개 조립질 알카리장석에 함유되어 있는 경우가 많다. 중립질 흑운모는 미약한 엽리를 보여주며 산출되는 경우가 대부분이다. 그러나 조립질 알카리 장석의 주위에서는 이 결정면에 평행하게 흑운모가 발달되어 있는 경우가 있다. 이는 후기에 알카리가 富화된 규산염 마그마 내에서 알카리長石의 결정 성장속도가 빨라짐에 따라 먼저 결정된 흑운모를 밀어 내면서 결정된 결과로 생각된다. 흑운모의 신선한 결정은 쪼개짐 면을 따라서 스피넬, 또는 불투명 광물 등이 발달되어 있고, 이차광물로 녹니석, 녹염석, 견운모 등이 발달되어 있다. 또 인회석이나 저콘 등은 쪼개짐 면과 관계없이 흑운모내에 함유되는 것이 보통이다.

**각섬석**

이 암체의 남쪽 연변부 및 춘성군 동면 울문리 일대에서 산출된 화강암체에서는 자형의 각섬석이 상당량 함유되어 있다. 중립질-세립질로서 자형-반자형이 보통이고, 부분적으로 녹니석, 녹염석, 방해석 또는 견운모로 변질되어 있는 것도 있다. 신선한 각섬석에는 스피넬, 저콘, 인회석 등이 수반되며, 녹니석으로 변질된 결정 주위에는 불투명 광물이 수반되는데, 이것은 각섬석이 녹니석으로 변질될 때 형성된 것으로 생각된다.

**백운모**

전체적으로 春川화강암체에는 백운모가 함유되지 않으나, 春川화강암체의 동부 춘성군 동면 만천리의 온천담사 시추공(지하 450미터)에서 채취된 시료에는 세립의 백운모가 함유되어 있다. 대개 세립질이며,

**Table 1.** Modal mineral compositions of the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif, South Korea

	CC-2	CC-4	CC-7	CC-13	CC-17	CC-18	CC-20
Quartz	32.6	31.4	27.8	31.3	30.6	4.8	28.1
K-feld.	24.4	27.6	22.4	23.5	26.7	6.8	25.4
Plagio	35.2	32.7	42.5	32.6	36.4	60.1	36.2
Biotite	5.2	4.3	5.6	8.1	4.7	2.5	5.8
Hornbl.	—	0.4	0.3	0.5	—	21.3	—
Access.	2.6	3.6	1.4	4.0	1.8	4.5	4.5

자형 또는 반자형이 대부분이다. 그러나 춘천화강암체의 북쪽에 발달되어 있는 화천화강암체의 남부, 즉 춘천화강암체와 인접하는 부분에서는 세립 또는 중립질의 백운모가 흑운모와 거의 같은 함량으로 함유되는 백운모 화강암이 분포되어 있다. 따라서 춘천화강암과 화천화강암은 동원화강암질 마그마에서 분화한 것이 아닌가 생각한다.

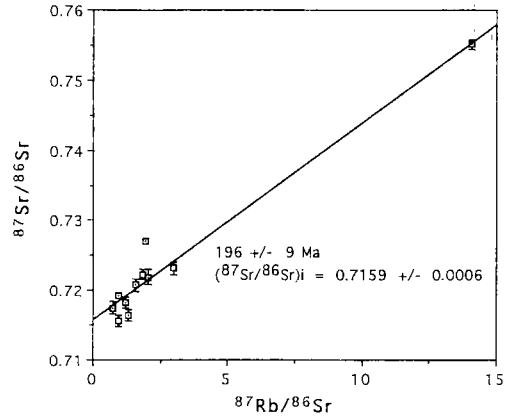
**암석광물의 연령측정**

採取된 試料는 韓國資源研究所의 岩石年齡測定팀에서 수행하고 있는 Rb-Sr법, K-Ar법 그리고 희선트랙법 등의 연령측정 裝置를 사용하여 年齡을 測定하였다. 採取된 모든 암석試料는 破碎와 粉碎를 한 후, 광물을 분리하여 Rb, Sr 등의 同位元素 分離 및 定量에 이르기까지 세심한 주의와 잘 洗滌된 器具를 使用, 이미 確立된 試料調製方法(朱昇煥, 1983; 金星載, 1987; 辛性天, 1987; 陳明植과 辛性天, 1987)에 따라 처리되었다.

<sup>87</sup>Rb과 <sup>40</sup>K의 崩壞率과 同位元素 稀釋法에 적용한 物理常數는 모두 새 常數(Steiger and Jäger, 1977)를 使用하였다.

**Rb-Sr 전암법에 의한 암석의 연대측정**

Rb-Sr 연령측정시에는 實驗室의 化學處理 系統을 再檢하고, 測定結果의 精密度를 확보하기 위하여 NBS-607(K-feldspar), U.S.G.S의 GSP-1 및 BCR의 標準試料를 使用하여 확인하였다. 質量分析器의 同位體 測定比에 대한 精密度를 유지하기 위하여 同位體의 標準物質로는 NBS<sup>987</sup>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=0.71014) 및 NBS<sup>607</sup>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=1.2004)를 使用하였다. 스파이크는 NBS-987 및 ORNL(Oak Ridge National Labora-



**Fig. 3.** A Rb-Sr isochron for the Chuncheon granite obtained from whole rocks. An isochron age of 196±9 Ma was given with an initial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratio of 0.7159 ± 0.0006.

tory, U.S.A)를 使用하였다. 質量分析器 Th-5를 이용, 同位元素 稀釋法으로 Sr과 Rb의 同位元素를 分析하였다. 이온計數에 使用된 計數管은 Faraday Cup을, 出力자료는 디지털볼트미터(digital voltmeter; Prema 5040)로 處理하여, 자체개발한 전산프로그램을 使用하여 출력시켰으며, 測定誤差는 0.1% 미만으로 유지하였다. 等時線의 파라미터는 최소자승법(Wendt, 1976)으로 계산하였다.

春川화강암에서 11개의 試料(그림 1)를 채취하여 Rb과 Sr의 同位元素를 精량한 結果(표 2), 春川화강암체의 연령은 196±9 Ma이고 Sr 초생치는 0.7159 ± 0.006으로(그림 3), 地殼物質起源이거나 또는 맨틀起源의 것과 많은 量의 지각물질이 混和되었음을 암시한다. K-Ar에 의한 광물의 연대측정 K-Ar 연령측정시, K의 精量은 IL-551 Atomic Absorption Spectrometer로, 알콘동위체비의 측정은 Nuclide사 제품 SGA 6"-60° Mass Spectrometer로 당연구소에서 시행하고 있는 방법(金星載, 1987)에 따라 실시하였으며, K의 분석, <sup>40</sup>Ar/<sup>38</sup>Ar 및 <sup>36</sup>Ar/<sup>38</sup>Ar는 각각 1-2%, 0.5%, 2%의 精確도로 精量되었으며, 스파이크檢定(spike calibration)은 1% 내외였다.

春川화강암은 대개는 중립질이므로 5개의 試料를 선택하여, -40-+60 메쉬의 크기로 분쇄하여, 各 試料 1개, 백운모 1개와 흑운모 3개를 분리하여 연령측정을 하였다(표 3). 各 試料는 210.5±5.0 Ma, 백운모는 179.1±3.7 Ma로 나타났으며, 흑운모는 각각 167.81±3.8 Ma, 169±3.8 Ma, 166.01±3.7 Ma로서 세 개의 K-Ar 흑운모 연령은 서로 오차의 범위에서

**Table 2.** Rb-Sr isotopic data of the whole rocks from the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif, South Korea

Sample No.	National Grid	Rock type	<sup>86</sup> Sr (ppm)	<sup>87</sup> Rb (ppm)	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr
CC-04	2595/4852	GR	17.13 8	31.80 10	0.7223 7	1.830 10
CC-07	2596/4867	GD	6.70 10	34.30 10	0.7219 11	2.030 20
CC-13	2608/4930	GR	13.76 7	27.08 8	0.7271 4	1.940 10
CC-14	2633/4989	GR	3.90 10	56.08 10	0.7551 7	14.06 3
CC-17	2618/4942	GR	31.90 20	24.26 8	0.7175 9	0.752 6
CC-18	2650/4915	DI	28.10 30	27.19 8	0.7193 3	0.950 10
CC-20	2689/4860	GR	27.30 30	43.60 20	0.7208 9	1.580 20
CC-24	2649/4879	GD	15.56 4	47.30 60	0.7232 9	2.99 3
CC-26	2651/4949	GD	21.50 9	26.50 20	0.7182 8	1.21 1
CC-27	2652/4907	GD	28.82 7	27.80 30	0.7156 8	0.95 1
CC-30	2598/4870	GR	2.36 2	3.13 1	0.7165 8	1.31 1

\*Di, GD and GR imply diorite, granodiorite and granite respectively.

**Table 3.** K-Ar age data for the rock forming minerals from the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif, South Korea

Sample No.	Nat'l grid	Rock type	Mineral dated	K (%)	<sup>40</sup> Ar Rad (Mol/G)	<sup>40</sup> Ar Rad (%)	Age × σ (Ma)
CC-019	2650/4916	DI	hornblende	0.68	2.633 × 10 <sup>-10</sup>	84.63	210.5 ± 5.0
CC-020	2689/4860	Gr	muscovite	7.97	2.602 × 10 <sup>-10</sup>	86.24	179.1 ± 3.7
CC-018	2650/4915	DI	biotite	5.83	1.722 × 10 <sup>-10</sup>	94.40	169.6 ± 3.8
CC-004	2595/4852	GR	biotite	6.03	1.839 × 10 <sup>-10</sup>	93.15	167.8 ± 3.8
CC-020	2689/4860	GR	biotite	4.92	1.484 × 10 <sup>-10</sup>	94.02	166.0 ± 3.7

\*DI, GD and GR imply diorite, granodiorite and granite, respectively.

**Table 4.** Fission-track age data of zircon and apatite from the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif, South Korea

Sample No.	Dated Mineral	ps(Ns) (× 10 <sup>6</sup> cm <sup>-2</sup> )	pi(Ni) (× 10 <sup>6</sup> cm <sup>-2</sup> )	pd(Nd) (× 10 <sup>6</sup> cm <sup>-2</sup> )	n	γ	P(χ <sup>2</sup> ) (ps/pi)	FT Age (± 1σ, Ma)
CC-19	Zircon	4.935(164)	5.838(194)	1.385(4,452)	2	1.0000	76	64.7 ± 7.1
CC-20	Zircon	5.674(815)	6.551(941)	1.441(4,634)	14	0.5065	75	69.0 ± 3.8
	Apatite	0.255( 52)	2.205(449)	5.304(5,117)	3	0.9781	(0.116)	34.0 ± 5.1

\*Ages were calculated with a zeta constant for the standard dosimeter glass CN1, viz. ζ<sub>CN1</sub> = 110.9 ± 2.7(2σ) (Shin and Nishimura, 1991) by the external detector method(geometry factor = 0.5).

\*\*ps = spontaneous track density in mineral; pi = induced track density measured in the mica detector; pd = induced track density of the standard glass dosimeter CN1 measured in the external detector; Ns, Ni and Nd = number of tracks counted in determining ps, pi and pd, respectively; n = number of crystals dated; γ = correlation coefficient between individual track counts; P(χ<sup>2</sup>) = probability of obtaining observed χ<sup>2</sup> value for ν degrees of freedom, where ν = n - 1 (Galbraith, 1981); (ps/pi) = mean ratio of ps to pi for sample showing unacceptable [P(χ<sup>2</sup>) < 5%].

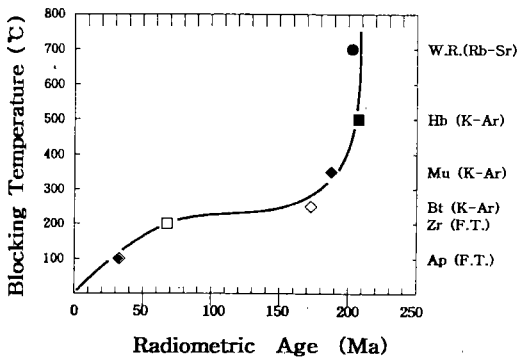


Fig. 4. Thermal history for the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif. Symbols denote age results from varying materials using different methods: ● = Rb-Sr whole rock isochron age; ■ = CC-19 K-Ar hornblende age; ◆ = CC-20, K-Ar muscovite age; ◇ = CC-4, 18, 20 K-Ar biotite ages; □ = CC-19, 20 FT zircon ages; ▣ = CC-20 FT apatite.

일치되는 연령을 얻었다.

Hits track에 의한 광물의 연대측정

Hits track 연령측정은 한국자원연구소에서 실시중 (辛性天, 1987; 진명식과 신성천, 1987)인 방법으로 측정하였으며, 이들 두 개 시료의 저온연령은 각각 64.7 ± 7.1 Ma, 69.0 ± 3.8 Ma, 그리고 인회석의 연령은 34.0 ± 5.1 Ma로 나타났다(표 4).

토의 및 결론

앞서 기술한 바와 같이, 춘천화강암체의 관입시기에 대한 언급은 1:1,000,000 韓國地質圖(국립지질조사소, 1956)에서 白堊紀라고 한 것이 최초였으며, 그 후 1:50,000 春川地質圖(이대성 외, 1974), 1:250,000 春川地質圖(국립지질광물연구소, 1973), 그리고 개정·보완된 1:1,000,000 대한지질도(한국동력자원연구소, 1981)에서도 이의 貫入時期를 주라紀로 표시하여 왔었다. 앞서 말한 바와 같이, Rb-Sr 全岩石 等時線연령에 의하여 춘천화강암체의 貫入時期가 196 ± 9 Ma인 것이 이번 연구에서 처음으로 확인되었고, 또 初生 <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比(0.7159 ± 0.0006)는 맨틀起源 岩石의 基準 初生值(<0.708; White and Chappell, 1975)보다 훨씬 높은 값을 보여주므로써, 이岩體를 만든 화강암질 마그마는 上部地殼(upper crust) 또는 堆積起源의 岩石이 部分熔融을 받아서

Table 5. Retention temperatures for whole-rock and minerals in isotopic geochronology (Dodson, 1973; Wagner et al., 1977; Nishimura and Mogi, 1986)

Materials	Rb-Sr	K-Ar	Fission-track
Whole rock	720 ± 100	500 ± 100	
Hornblende		500 ± 75	
Muscovite	500 ± 50	350 ± 50	
Orthoclase	360 ± 40	150 ± 30	
Microcline	340 ± 40	150 ± 30	
Biotite	310 ± 40	270 ± 40	
Plagioclase		260	
Sphene			290 ± 40
Zircon			200 ± 30
Apatite			110 ± 15

Table 6. Thermal history, Uplift rate and Cooling rate of the Chuncheon granites in the Gyeonggi Massif, South Korea

Geological Age(Ma)	Depth (km)	Temperature of the pluton (°C)	Uplift rate	Cooling rate
210-170	9-7	700-300	10°C /Ma	
170-70	6-4	300-200	30 m/Ma	1°C /Ma
70-35	3-1	200-100	85 m/Ma	3°C /Ma
35-present	1-0	100-15	85 m/Ma	3°C /Ma

만들어진 S-型이거나 맨틀起源의 마그마와 地殼物質의 심한 混和作用으로 만들어진 마그마로부터 結晶分化한 것으로 해석된다. 따라서 춘천화강암체를 형성한 마그마는 백악기에 관입한 경상분지의 화강암질 암석의 마그마(Jin, 1980; 1988)와는 성인적으로 전혀 다르며, 지리적으로 인접되어 있고 생성시기가 매우 비슷한 경기육괴의 洪川花崗岩體(左容周, 1988)나 옥천습곡대의 堤川花崗岩體(陳明植 외, 1992; 權成澤 외, 1992)를 만든 마그마와 매우 유사한 지화학적 특성을 갖고 있는 것으로 생각된다. K-Ar 광물연령은 각섬석(210 Ma) → 백운모(180 Ma) → 흑운모(170 Ma) 順이고, Hits track 광물연령은 저온(70 Ma) → 인회석(35 Ma)의 順으로 짧게 나타났다. 이것은 대체로 該當광물의 年齡保存溫度(표 5)의 순서에 따른 이 암체의 冷却과정(cooling path)을 제시하고 있음을 의미한다.

그러므로 춘천화강암체의 관입·정지된 연대는 Rb-Sr 전암연령과 K-Ar 각섬석 연령으로 추정할 수 있으며, 초기냉각기(白雲母와 黑雲母의 연령보존 온도까지)를 거칠때까지는 그 자리에 위치하고 있다가 그 후부터 상승하였다고 가정하고, Rb-Sr, K-Ar 및 F.T.의 광물연령을 x축에, 각각의 연령보존

온도를 y축에 각각 點示·종합하여 春川화강암체의 정치로부터 현재까지 전체적인 熱史를 지구조와 관련시켜 다음과 같이 해석하였다(표 6).

이 암체는 쥐라기 초기(~205 Ma)에 지하심부(katazone 또는 mesozone; 7-9 km의 地下; Buddington, 1957)에 관입하여 晶出하면서 약 300°C 까지는 주위 모암과의 溫度差로 급격한 초기냉각(10°C/Ma 이상)을 거쳐, 쥐라기 중기-백악기 중기(170-70 Ma) 중에는 경기육괴 지역에 발달되어 있는 두꺼운 상부지층(overburden)의 荷重에 의하여 오랜기간 동안 周圍의 母岩과 熱的 平衡을 維持하면서, 1°C/Ma의 냉각률과 30 m/Ma의 상승률로 34 km 서서히 상승한 것으로 해석된다.

그후 백악기 중기-신생대 중기(약 70-35 Ma)까지는 韓半島 地殼내의 광범위하고도 활발한 火成活動에 따른 地體構造運動과 암석의 빠른 침식에 의한 荷重의 감소로 약 200°C 부터 100°C 까지로서 평균 3°C/Ma의 냉각률과 85 m/Ma의 상승률로 이 암체가 3-4 km 융기 및 상승하였다. 제3기末(35 Ma) 이후-현재까지는 제삼기의 지체구조운동 등에 의해 3°C/Ma의 냉각속도와 85 m/Ma의 상승률로 약 1-2 km 상승·진화된 것으로 해석된다(표 6).

### 감사의 말

이 연구의 일부는 과학기술처의 1985년 基本研究課題의 연구비로 수행되었기에 적극적으로 지원해준 關係機關에 감사드리며, 이 논문의 원고를 세심하게 검토하여 더욱 좋은 논문이 되도록 협조해 준 韓國岩石學會 編輯委員會 심사위원들께 심심한 감사드립니다.

### 參考文獻

國立 地質調査所, 1956, 韓國地質圖(1:1,000,000).  
 國立 地質鑛物研究所, 1973, 春川地質圖(1:250,000).  
 權澤澤, 陳明植, 朱昇煥, 1992, 堤川花崗岩의 起源: 스톤치움 同位元素 자료의 再考. Jour. Petrol. Soc. Korea, 1, 132-137.  
 金星載, 1987, K-Ar法에 의한 岩石·鑛物의 年代測定. KR-86-2-17, 29-98, 韓國動力資源研究所.  
 金玉準, 金瑞雲, 柳炳和, 朴炳權, 1974, 加平도폭 지질 설명서, 국립지질광물연구소.  
 朴富寅, 章基弘, 池積蔓, 高仁錫, 1974, 內坪도폭 지질

설명서, 국립지질광물연구소.  
 孫致武, 金永琪, 金相旭, 金亨植, 1975, 洪川도폭 지질 설명서, 국립지질광물연구소.  
 李大聲, 南基序, 李河榮, 梁承榮, 1974, 春川圖幅 지질 설명서, 국립지질광물연구소.  
 陳明植, 朱昇煥, 金星載, 洪永國, 1986, 花崗岩의 定置와 鑛化作用과의 關聯性 研究, KR-86-(B)-10, 과학기술처, 68p.  
 陳明植, 辛性天, 1987, 隕선트랙法에 의한 年代測定 및 標準實驗. KR-86-2-17.  
 陳明植, 金星載, 辛性天, 朱昇煥, 池世定, 1992, 南韓의 沃川褶曲帶에 분포되어 있는 堤川花崗岩體의 열역사. Jour. Petrol. Soc. Korea, 1, 49-57.  
 韓國動力資源研究所, 1981, 大韓地質圖(1:1,000,000).  
 Buddington, A.F., 1959, Granite Emplacement with Special Reference to North America. Geol. Soc. Am. Bull., 70, 671-747.  
 Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite type. Pacific Geology, 8, 173-174.  
 Dodson, M.H., 1973, Closure Temperature in Cooling Geochronological and Petrological System. Cont. Mineral. Petrol., 40, 259-274.  
 Galbraith, R.F., 1981, On statistical models for fission track counts. Math. Geol. 13, 471-478.  
 Jin, M.S., 1980, Geological and Isotopic Contrasts of the Jurassic and the Cretaceous Granites in South Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, 16, 204-215.  
 Jin, M.S., 1988, Geochemistry of the Cretaceous to Early Tertiary Granitic Rocks in Southern Korea. Pt.II. Trace Elements Geochemistry. Jour. Geol. Soc. Korea, 24, Spec. Issue, 168-188.  
 Jwa, Y.J., 1988, Petrology, Geochemistry and Geochronology of the Granitic rocks in the Inje-Hongcheon district, South Korea. Ph.D. thesis in the University of Tokyo, 142p.  
 Nishimura, S. and Mogi, T., 1986, The Interpretation of Discordant Ages of Some Granitic Bodies. Jour. Geotherm. Res. Soc. Japan. 8, 145-164.  
 Shin, S.C. and Nishimura, S., 1991, Direct comparison of zeta calibration constants for fission-track dating by double-checking of two irradiation facilities with different degrees of neutron flux thermalization. Chemical Geol. (Isotope Geosci. Sec.) 87, 147-166.  
 Shin, S.C., 1987, Etching Characteristics of fission tracks in minerals, and fission track dating and calibration of zircon; J. Geol. Soc. Korea, 23, 11-34.  
 Steiger R.H. and Jäger, E., 1977, Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth Planet. Sci. Lett., 36, 359-362.  
 Wendt, I., 1976, Methods of statistical evolutions in geochronology. Proc.Sem.Isotope Dating. CCOP/TP. 3, 20-27, May 1975, Bangkok, Thailand.

(책임편집 : 권성택)

## Geochronology and thermal history of the Chuncheon granite in the Gyeonggi massif, South Korea

Myung-Shik Jin, Seong-Cheon Shin, Seong-Jae Kim, and Seung-Hwan Choo

*Korea Institute of Geology, Mining and Materials (KIGAM)*

*30, Kajung-dong, Yusong-ku, Taejon 305-350, Korea*

**ABSTRACT :** We report Rb-Sr whole rock, K-Ar and fission track mineral ages for the Chuncheon granite in the Precambrian Gyeonggi massif. The Rb-Sr whole rock define an age of  $196 \pm 9$  Ma with an initial ratio of  $0.7159 \pm 0.0006$ , suggesting that the granitic magma might have been generated from crustal sources (S-type), or probably mixed mantle and crustal materials, and emplaced into the massif in the late Triassic or the early Jurassic. K-Ar mineral ages of hornblende, muscovite and biotite are  $\sim 210$  Ma,  $\sim 180$  Ma and  $166-170$  Ma respectively, and fission track zircon and apatite ages are  $65-70$  Ma,  $\sim 35$  Ma respectively. These ages indicate that the granitic magma might have been emplaced at about 7 to 9 km from the paleosurface, and rapidly cooled down up to  $300^\circ\text{C}$  until middle Jurassic ( $\sim 170$  Ma) with a rate of about  $10^\circ\text{C}/\text{Ma}$ , due to thermal difference between the magma and the wall rock. During middle Jurassic to late Cretaceous (about  $170-70$  Ma), the granite pluton is assumed to have uplifted to 4 to 6 km level under the paleosurface with a rate of  $30$  m/Ma and slowly cooled down with a rate of about  $1^\circ\text{C}/\text{Ma}$  owing to relatively slow denudation of the massif. In late Cretaceous to the present, the pluton might have more rapidly uplifted to the present level with a rate of  $85$  m/Ma and rapidly cooled down with a rate of about  $3^\circ\text{C}/\text{Ma}$  compared to those of middle Jurassic to late Cretaceous time because of extensive igneous activities accompanied by tectonism in the Gyeonggi massif.

**Key Words :** Gyeonggi Massif, thermal history, chuncheon granite, isotopic ages, blocking temperature