

上東地域 선캄브리아 花崗岩類의 K-Ar 白雲母 年齡測定

尹 顯 秀*

K-Ar Muscovite Dating for Precambrian Granites in the Sangdong Area

Hyun Soo Yun*

ABSTRACT: The studied Nonggeori and Naedeogri granites in the Sangdong area intruded into the Precambrian metasedimentary rocks of the Yulri Group. The Cambro-Ordovician Choseon Supergroup overlies unconformably upon the Yulri Group. Pegmatitic dykes injected into the Yulri Group and the granites, but not in the Choseon Supergroup. Field relationships suggest approximate ages of the intrusive rocks in the studied area belong to the Precambrian. Extremely pure concentrates of muscovites(40-80#) were obtained from the granites by conventional isodynamic magnetic separators. The contents of K and ^{40}Ar in the muscovites show 8.60-8.78% and 98.52-99.11%, respectively. From the potassium contents of the muscovites and the approximate ages, the sample amounts for argon analyses are average of 0.00371gr. The K-Ar ages on the muscovites were revealed as Proterozoic ($1673 \pm 22 \sim 1802.5 \pm 17.5$ Ma).

序 言

이 研究에서는 咸白盆地的 基盤地域인 江原道 上東一帶에 비교적 작은 岩柱狀으로 분포된 花崗岩類에 대한 野外精密調査로 부터 그 地質時代를 推定하였다. 또한 이들 岩類의 白雲母에 대해 실시한 Ar의 質量分析으로 부터 K-Ar 鑛物 年齡測定法の 原理와 裝置, 正確한 資料를 얻기 위해 많은 시간과 주의가 요구되는 高純度 鑛物の 일반적 分離過程, 試料의 K 含量 分析과 推定 地質時代에 따른 理想的인 質量分析 試料量과 測定 有效鑛物等에 관해 논하였다. 그리고 이로 부터 얻어진 年齡測定 資料를 地化學적으로 해석하였다.

推定 地質時代

이 研究地域은 嶺南陸塊와 沃川褶曲帶가 접하는 곳으로, 대체로 太白山-壯山-每峰山을 기준하여, 그 남쪽인 咸白盆地的 基盤岩類에는 선캄브리아의 變成堆積岩類인 栗里層

群과 이를 貫入한 농거리 花崗岩, 내덕리 花崗岩과 페그마타이트質脈이, 그 북쪽에는 栗里層群과 不整合 關係인 캄브로-오오도비스기의 朝鮮累層群이 西南西-東南東向으로 길게 對稱분포된다(Yun and Lee, 1986).

變成堆積岩類는 일부 지역에 발달된 片麻岩類外에는 대부분 片岩類로 구성되며 綠色 片岩과 角閃石 片岩相의 變成帶를 이룬다(Yun, 1988). 페그마타이트 質脈은 栗里層群 분포지 도처에 산출되며, 細-中粒의 粒狀組織을 이루고 複雲母인 농거리 花崗岩과 내덕리 花崗岩을 貫入하였으나 朝鮮累層群에는 연장 발달되지 않는다. 이런 野外調査의 相互 關係로 부터 이들 농거리와 내덕리 花崗岩 그리고 페그마타이트의 推定 地質時代는 선캄브리아로 해석된다.

K-Ar 地質年齡 測定

研究對象인 농거리와 내덕리 花崗岩의 鑛物年齡(apparent age)을 얻기위해 室內 研究作業에서 얻어진 高純度의 白雲母중 K 含量은 同一試料를 두번分析(Beckman Flame Photometer)하여 그 평균치를 취하였다. 地質 年齡測定에 이용되는 ^{40}K 은 다음 두가지의 一定比率로 崩壞된다(Dalrymple and Lanphere, 1969). 1) $^{40}\text{K} + \beta$ particle \rightarrow ^{40}Ar

*한국동력자원연구소 (Korea Institute of Energy and Resources, 71-2, Jangdong, Daejeon 302-343, Korea)

과, 2) $^{40}\text{Ar} \rightarrow \beta \text{ particle} + ^{40}\text{Ca}$ 이다.

그리고 Ar定量은 매우 예민하므로 同位元素 稀釋法(isotope dilution)에 의해 계산되었다. 즉 $^{40}\text{Ar} M = ^{40}\text{Ar} \text{ rad} + ^{40}\text{Ar} A + ^{40}\text{Ar} T$, $^{38}\text{Ar} M = ^{38}\text{Ar} A + ^{38}\text{Ar} T$, $^{36}\text{Ar} M = ^{36}\text{Ar} A + ^{36}\text{Ar} T$ (M =number of atoms in the mixture, A =atmospheric, T =tracer)이다. 여기서 트레이서와 大氣알곤은 알고 있기때문에 $^{40}\text{Ar} \text{ rad}$ 는 쉽게 구해진다.

이 연구에서 이용된 알곤의 抽出 및 淨化裝置(pyrex line)는 Fig. 1과 같다. 그림의 CT(Christmas Tree)에는 7개의 測定對象 試料과 그 兩端에 2개의 標準試料가 들어가며 V10(valve)에서 質量分析機로 연결된다. 標準試料인 白雲母로는 B4M(Bern Univ.)이 이용되었다. 알곤 含量은 VG-1200 質量分析機(MM 1200 Static Vacuum Mass Spectrometer)로 측정되었고(Flish, 1982) K-Ar 年齡은 IUGS 公認 常數에 의해 계산되었다(Steiger and Jäger, 1977).

年齡測定 鑛物分離와 K含量에 의한 質量分析試料量

年代測定用 鑛物은 高純度(high purity of mineral concentrates)일수록 보다 精確한 分析資料를 얻을수 있으며

로, 鑛物分離에는 비교적 많은 시간과 세심한 주의가 요구된다. 이 研究에 이용된 鑛物의 일반적 分離過程을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 野外에서 精密調査와 함께 신선한 시료를 鑛物分離에 충분한 양만큼 채취한후 岩石試料는 조크러셔(jaw crusher)에 맞도록 적당한 크기로 파쇄한다. 2) 조크러셔로 破碎한 후 디스크(disk) 分碎機로 粉末化하나 지나친 微分碎는 測定對象 鑛物量을 減少시킨다. 3) 이 粉末 試料를 물로 깨끗이 행구면서 점토광물을 제거하여 대상광물을 합지질(panning)한다. 4) 이 鑛物을 에타놀과 함께 몰타 아게이트(mortar agate)에 담그고 3-5분씩 그라인딩(grinding)한다. 5) 여러 차례 그라인딩과 에타놀로 행구면서 變質鑛物部位 등이 完全 分離(splitting)되도록 입체현미경하에서 관찰한다. 6) 점토성분등이 완전히 빠지도록 에타놀로 충분히 행군후 보다 빠른 乾燥를 위해 아세톤으로 최종 행군다. 7) 粒度別(40, 60, 80#등)로 체질하고 체(sieve)는 1회용(nylon) 또는 철제(stainless steel)를 쓰며, 後者는 철제솔(brush)과 콤프레셔(air compressor)로 완전 세척하여 汚染(contamination)을 방지한다. 8) 핸드 마그네트(hand magnet)로 이들 粒度別 試料內의 磁鐵石等을 제거한다. 9) 振動磁

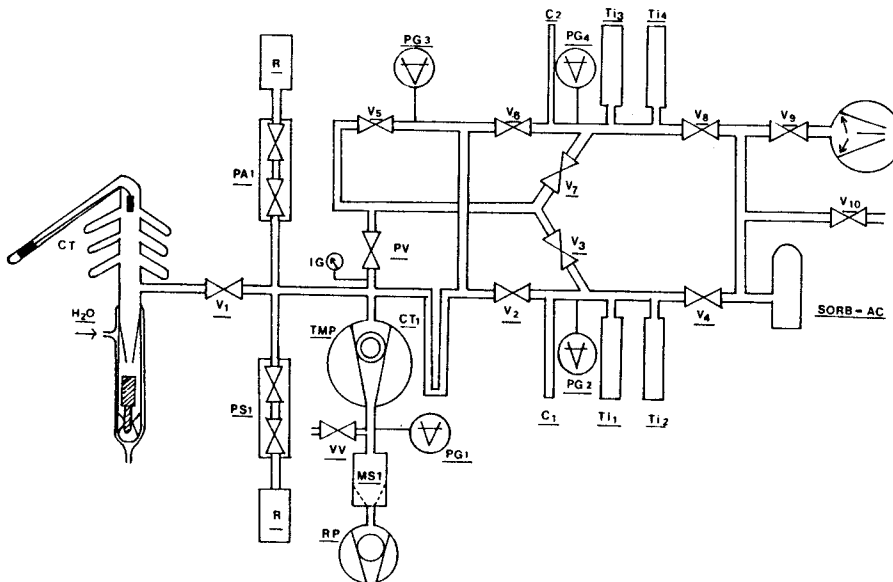


Fig. 1. Line of extraction and purification system at Bern Univ. in Switzerland. PA1; pipette air inlet, PS1; pipette spike inlet, PG; pirani gauge, IG; ion gauge, PV; pneumatic valve, VV; ventilation valve, MS1; molecular sieve, TMP; tubermolecular pump, RP; rotary pump, CT1; cooling trap, C1, C2; charcoal finger, Ti1, 2, 3, 4; titanium getter, and SORB-AC; getter.

Table 1. Ideal sample weight for age dating by K contents and approximately geologic age.

*Ma \ **K	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10
0.5	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	-	1.00	1.00	1.00	.80	.53	.40	.32
15	1.00	1.00	1.00	.53	.27	.18	.13	.11
30	1.00	1.00	.80	.40	.20	.13	.10	.079
60	1.00	1.00	.53	.26	.13	.088	.066	.053
100	1.00	.62	.31	.16	.078	0.52	.039	.031
200	1.00	.30	.15	.076	.038	.025	.019	.015
300	.98	.20	.098	.049	.025	.016	.012	.0098
400	.72	.14	.072	.036	.018	.012	.0090	.0072
550	.50	.10	.05	.025	.012	.0083	.0062	.0050
750	.35	.069	.035	.017	.0086	.0038	.0043	.0035
1000	.24	.048	.024	.012	.0060	.0040	.0030	.0024
1500	.14	.027	.014	.0069	.0034	.0023	.0017	.0014
2500	.059	.012	.0059	.0030	.0015	.0010	.00074	.00060

* Ma ; approximate age
 **K ; % K (gram)

性分離機(isodynamic magnetic separator)로 測定對象 鑛物
 의 純度를 높이며 變質鑛物等이 혼재되면(黑雲母 分離時의
 綠泥石) 再分離한다. 10) 측정대상광물의 K含量과 推定 地
 質時代(approximate age)에 따라 이상적인 測定 試料量을
 저울질(weighing)한다. 11) Ar의 抽出 및 淨化裝置를 거쳐
 40Ar을 분석측정한다.

이 연구에서 採取選別된 試料數는 농거리와 내덕리 화강
 암체에서 각각 6개와 4개이고, 상기 鑛物分離過程을 거쳐
 K分析和 質量分析測定에 이용된 시료는 白雲母이다. 이는
 黑雲母와 함께 深成岩 造岩鑛物中 K-Ar 측정에 유효하다고
 인정되고 있다 (Dalrymple and Lanphere, 1969). 이 白雲母
 는 농거리와 내덕리 花崗岩에서 平均 모드값이 7.37과 6.52

로서, 黑雲母의 2.37과 1.59보다 훨씬 많은 함량을 가진다
 (Yun & Lee, 1986).

Table 1은 스위스 베른大學 同位元素 地質研究所에서 이
 용되고 있는 K-Ar年齡測定時 推定地質時代와 對象鑛物의
 K含量에 따른 Ar 分析試料의 이상적인 weighing量이다. 본
 역의 농거리와 내덕리 花崗岩은 그 推定 地質時代가 先캄
 브리아紀이고 白雲母중 K含量(wt. %)이 8.56-8.78이었다.
 그리고 質量分析을 실시한 試料의 weighing量은 0.00162-
 0.00491(平均 0.00371)g이었다(Table. 2).

Table 2. Analytical data and K-Ar muscovite ages of granites in Sangdong area.

Sample no	mesh size	K%	wt(gr)	% ⁴⁰ Ar rad	age(Ma)
N-2	40-60	8.78	0.00414	98.52	1761.3 ± 18
-6	〃	8.68	0.00491	98.79	1736.3 ± 16.5
-8	〃	8.61	0.00162	97.70	1767 ± 37
-10	〃	8.70	0.00473	98.88	1757 ± 16.9
-11	〃	8.65	0.00198	98.59	1776.7 ± 31
-12	〃	8.64	0.00454	99.11	1802.5 ± 17.5
C-7	〃	8.70	0.00385	99.06	1787 ± 19.1
-8	60-80	8.60	0.00413	99.10	1779.7 ± 18.3
-9	40-60	8.69	0.00433	99.13	1772.9 ± 17.9
-15	〃	8.56	0.00285	98.70	1673 ± 22

N ; Nonggeori granite and C ; Naedeogri granite.

年齡測定資料의 解析

이 研究地域 농거리와 내덕리 花崗岩中 分析 및 質量分析에 이용된 白雲母의 粒度는 거의가 40-60#(mesh size)이다. 이 鑛物의 K含量과 Ar40rad의 含量(%)은 농거리가 8.61~8.78과 97.70~99.11이고 내덕리가 8.56~8.70과 98.70~99.13의 값을 가지며 測定된 年齡은 $1673 \pm 22 \sim 1802.5 \pm 17.5$ Ma로서 先캄브리아紀에 해당된다(Yun, 1983; Yun and Lee, 1986; Table 2).

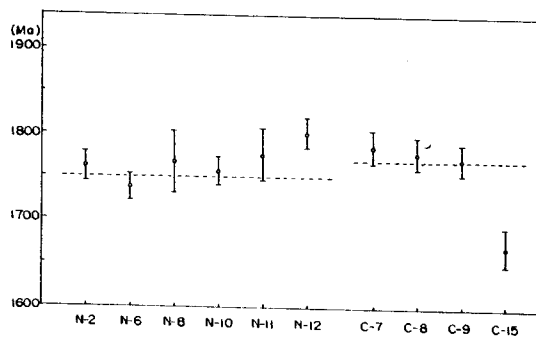


Fig. 2. Error limits of K-Ar muscovite ages on the Nonggeori(N-2~12) and Naedeogri(C-7~15) granites in Sangdong area.

岩石鑛物의 年齡이란 마그마가 冷却되어서 결정된 鑛物의 年齡으로서 K-Ar法으로 측정된 白雲母의 年齡은 白雲母의 閉鎖溫度(blocking temperature)가 $350 \pm 50^\circ\text{C}$ 이므로 그 形成 年齡과는 다르며 이 閉鎖溫度보다 낮은 溫度였을 때 부터의 年齡으로 정의된다(Faure, 1977; Jäger, 1977; Gale, 1982). 따라서 이 地域 花崗岩類에서 測定된 白雲母 年齡은 프로테로조익(Proterozoic)에 해당되나 이들 岩體와 鑛物은 이보다 더 오래 전에 형성된 것이다. 그리고 각 岩體의 年齡資料中 誤差限界(error limit)를 벗어난 試料(N-12, C-15)를 제외하면, 그 年齡은 농거리가 $1736.3 \pm 16.5 \sim 1776.7 \pm 31.1$ Ma이고, 내덕리가 $1772.9 \pm 17.9 \sim 1787.7 \pm 19.1$ Ma이다(Fig. 2). 이는 내덕리 花崗岩이 농거리 花崗岩보다 다소 빨리 栗里層群 淺部로 貫入하여 細粒質化(Yun, 1988) 및 冷却되어 약간 높은 年齡을 가졌다고 해석된다.

結 言

本 上東地域은 咸白盆地와 그 基盤地域一帶로서 前者에는 캄브로-오오도비스기의 朝鮮累層群이 분포되며 後者에는 이와 不整合關係인 先캄브리아의 變成堆積岩類인 栗里層群이 놓인다. 이 栗里層群은 綠色片岩相과 角閃石片岩相의 變成帶를 이루며 농거리 花崗岩, 내덕리 花崗岩 그리고 페그마타이트 質脈에 의해 관입된다.

페그마타이트 質脈은 栗里層群 分布地의 도처에 산출되고 농거리와 내덕리 花崗岩을 관입하나, 朝鮮累層群에는 연장 발달되지 않으므로 이들 농거리와 내덕리 그리고 페그마타이트의 推定 地質時代는 先캄브리아기로 해석될 수 있다.

농거리와 내덕리 花崗岩中 정밀한 지표조사로서 채취된 신선한 岩石試料中 세심한 鑛物分離過程을 거쳐 高純度화된 白雲母中 年齡測定 對象粒度는 40-80#이었다. 이 鑛物은 K含量(wt. %)이 8.56-8.78로 거의 고른 값을 가지며, 이 값과 推定 地質時代에 의한 質量分析 試料量은 평균 0.00371gr이었다. 年齡測定된 白雲母는 ^{40}Ar rad含量이 97.70~99.11%의 범위 값을 가지며, 그 年齡은 $1673 \pm 22 \sim 1802.5 \pm 17.5$ Ma로 프로테로조익에 해당되나 이들 花崗岩體와 이 鑛物은 보다 오래 전에 형성된 것이다. 또한 각 岩體의 測定年齡中 誤差限界밖의 값을 제외하면 농거리와 내덕리 花崗岩이 각각 $1736.3 \pm 16.5 \sim 1776.7 \pm 31.1$ Ma와 $1772.9 \pm 17.9 \sim 1787.7 \pm 19.1$ Ma를 가진다. 이는 내덕리가 농거리 花崗岩보다 栗里層群 淺部로 다소빨리 貫入, 冷却되어 細粒質化 및 약간 높은 年齡을 보이는 것으로 해석된다.

REFERENCES

- Brownlow, A. H.(1979) Geochemistry. Prentice-Hall, Inc., p. 498.
- Dalrymple, G. B. and Lanphere, M. A.(1969) Potassium-argon dating. W. H. Freeman & Co., p. 258.
- Faure, G.(1977) Principles of isotope geology. John Wiley & Sons, p. 464.
- Flisch, M.(1982) Potassium-argon analysis. In: Odin, G. S. (ed), Numerical dating in stratigraphy. John Wiley & Sons, p. 151-158.
- Gale, N. H.(1982) The dating of plutonic events. In: Odin, G. S.(ed), Numerical dating in stratigraphy. John Wiley & Sons, p. 441-449.

- Jäger, E.(1977) Introduction to geochronology. In: Jäger, E. and Hunziker, J. C.(ed.), Lectures in isotope geology. Springer-Verlag, p. 1-10.
- Nier, A. O.(1950) A redetermination of the relative abundances of the isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, argon, and potassium. Phys. Rev., v. 77, p. 789-793.
- Purdy, J. W. and Jäger, E.(1976) K/Ar ages on rock-forming minerals from the Central Alps. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova. xxx, Italy.
- Steiger, R. H. and Jäger, E.(1977) Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology. Earth Planet. Sci. Letts, v. 36, p. 359-362.
- Yun, H. S.(1983) K/Ar ages of micas from Precambrian and Phanerozoic rocks in the northeastern part of the ROK. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., v. 63, p. 295-300.
- Yun, H. S.(1988) Metamorphic facies of Goseonri formation and petrogenetic comparison of granitic rocks in the Sangdong area. J. Geol. Soc. Korea, v. 24, p. 189-198.
- Yun, H. S. and Lee, D. S.(1986) Petrochemical study on the Precambrian granitic rocks in the basement area of Hambaeg Basin. J. Korean Inst. Mining Geol., v. 19, p. 35-55.

1990년 10월 15일 원고접수