笹嶋貞雄*・平島崇男*・下西繁義**・本田輝政***・井本伸広****:

丹波帯の枕状溶岩の K-Ar 年代とその意義

Sadao SASAJIMA, Takao HIRAJIMA, Shigeyoshi SHIMONISHI, Terumasa HONDA and
Nobuhiro IMOTO: K-Ar age of a pillow lava from the Tamba belt and its significance.

はじめに

丹波・美濃帯を構成するかなりのメンバーが、古赤道帯付近の海山・海台列を中心とした海洋性の地殻から由来したことを古地磁気学的データは支持している。また大陸性起源の碎屑岩類とこれらが複雑に混合して、最終的には飛騨外縁帯に対して構造的に付加コンプレックスの形をとったとの仮説がある。(e.g., 勘米良, 1980; SHIBUYA & SASAJIMA, 1980; 笹嶋, 1982, 1983; HATTORI, 1982; MIZUTANI & HATTORI, 1983; HIROOKA *et al.*, 1983)。

一方、美濃帯では珪質頁岩、チャートの放散虫年代と放射性年代との比較によって、この問題にアプローチする新しい試みもみられる(SHIBATA & MIZUTANI, 1980, 1982)。丹波帯では放射年代測定に供しうる適当な火成岩試料を見出すことが困難であり、その実測例が見当たらない。何れにせよ、放射年代資料は生層序年代のみならず基本的に重要であることはいうまでもない。

今回、古地磁気測定(KATSURA *et al.*, 1980)と平行して実施した枕状溶岩の K-Ar 年代の結果が得られたので、この年代とそれに関連した考察とを報告する。

試料

試料は、京都市北区大森町の北東約 20 km の長谷川に沿う林道南側に、約 30 cm にわたって露出する緑色岩露頭から採取された。付近の地質図(丹波地帯研究グループ, 1974)と採取地点のスケッチマップは第1図に示すとおりである。

本緑色岩層は、丹波地帯研究グループ(1974)により、丹波層群 *h*-シャールスタイン層とされたもので、50~300 m の層厚をもつ。試料を採取した層準は、本層の最上位に位置する。露頭は、暗緑色の枕状溶岩と、みかけの上位に断層で接する褐色のハイアロクラスティック・ブレッチャからなる。枕状溶岩部は、長径 30~70 cm の枕状団塊が密集しており、発泡の顕著なものが多い。団

塊の間隙は、通常、ハイアロクラスタイトで充填されているが、石灰質岩石が充たす場合もある。その中で最も見掛上新鮮な長径 50 cm, 短径 35 cm の枕状団塊の中心部を年代測定に供した。

本緑色岩層の上位に整合的に重なる *i*-チャート層(第1図参照)の一部から、ISHIGA *et al.* (1984) によって、*Ozarkodina expansa*, *Idiognathoides* sp. などのコノドント化石及び *Pseudoalibaillella annulate*, *Ps. u-forma* morphotype I などの放散虫化石が得られており、その地質年代は、ペルム紀ウルフキャンプ世最古期とみなされている。従って、緑色岩層の年代は、ペルム紀最古期またはそれ以前と判断される。なお丹波帯西部の兵庫県多紀郡篠山町付近の、*i*-チャート層相当層からは、石炭紀後期を示すコノドントや放散虫の産出が報告されている(ISHIGA, 1982)ところから、本緑色岩層の時代についても、石炭紀後期に及ぶ可能性がある。

岩石記載

玄武岩の主要な構成鉱物は単斜輝石・斜長石・不透明鉱物であり、少量の緑泥石と炭酸塩鉱物も含まれている。鏡下では、長径 0.5~1 mm 程度の単斜輝石と長径 0.5~3 mm 程度の斜長石がサブオフィティック組織をなす。細粒の緑泥石結晶は密集して長径 0.5~1 mm に達する不規則な外形の集合体を形成している(第2図)。この緑泥石は初生ガラスかカンラン石を置換して成長したと考えられる。

不透明鉱物をエネルギー分散型マイクロプローブ(日立-S 550+Kevex-Si(Li) 検出器)を用いて調べた。自形性がよく粗粒なものは硫化鉄鉱(不透明鉱物全体の約 15%)であり、細粒であったり樹枝状の形態を示すものは鉄酸化物であった(約 85%)。鉄酸化物には TiO_2 が 7~50 wt% までの様々な割合で含まれている。 TiO_2 を 50 wt% 前後含む鉱物は MnO を約 9 wt% 含むイルメナイトである。熱磁気分析では純粋なマグネタイトの存在が明らかにされたが、この分析では確認できなかった。おそらく、径が $1 \mu\text{m}$ オーダーの超微粒の粒子が結晶間隙か斑晶中に含まれているものと考えられる。

1984年1月12日受付。1984年4月9日受理。

* 京都大学理学部・地質学鉱物学教室

** 大阪府立森口東高校

*** 同志社香里中・高校

**** 京都教育大学

第1図

I : 緑色岩試料採集地点付近の地質図。丹波地研究グループ(1974)帯の地質図を簡略化。

II : 試料採集地点付近のスケッチマップ。

い。また年代誤差は各成分の分析誤差の総合で示すことになっているが、本試料には Ar^{40} が十分含まれていて再現性もよいから、その場合の最小誤差の見積りとして5% が付け加えられている。

生層序年代から間接的に推定される枕状団塊の年代は少な目に見積っても 280 Ma を下らない。測定値はそれに対し、約半分の値を示すに過ぎない。これは厳密な年代測定の解釈で律することができないことを示している。単純なこの年代値の解釈としては、溶岩の固結以後、測定値の時点に何等かの化学的再配分がおり、新しく化学的閉鎖系が成立したものと解釈することである。この場合、年代値は、もちろん、その事件の起った年代を指示することになる。具体的にこれに関する周辺現象を次に考えることにする。

考察

放射年代の若返りについてよく取り上げられることは、火成岩体の上昇運動にともなう、 Ar^{40} ガスの閉鎖温度を通過する時期に関する問題である。しかし、この議論には今回の場合はもちろん当らない。

本測定値の若返りに対しては、1) 造岩鉱物の続成作用や海底変質作用に伴う岩体内部の問題と、2) 褶曲・断層を伴う激しい造山運動による熱的影響の両側面を考える必要がある。火成岩の進入による熱的影響に関しては特に問題とする地質学的な根拠は認められない。

1) 美濃帯・飛騨金山の珪質頁岩の Rb-Sr 及び K-Ar

K-Ar 年代測定

年代測定は TELEDYNE ISOTOPES 社によるもので、K および Ar の定量はそれぞれ2回全岩石試料について行われた。その結果を第一表に示す。K および Ar^{40} の2回の分析誤差が5% を越えた場合は、その誤差を記録する規定になっているが、本件については5% 以下の再現性のよい結果が得られたから記録されていない。

Sample	Age (Ma)	Ar ⁴⁰ _{rad} (10 ⁻⁵ ccSTP/g)	Rad. Ar ⁴⁰ (%)	K (%)
TBB-1	144 ± 7	0.125	44.8	0.21
		0.126	44.3	0.22

第1表：測定結果

$\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-11} \text{ yr}^{-1}$, $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-11} \text{ yr}^{-1}$
 $K^{40} = 1.161 \times 10^{-4}$ atom per atom of natural potassium.

第2図：年代測定試料の顕微鏡写真（オープン・ニコル）。スケールは 0.25 mm. Px：単斜輝石，Ch：緑泥石，Pl：斜長石，Il：イルメナイト，Py：硫化鉄鉱

の両年代が、放散虫による化石年代 (lower Tithonian) より約 20 Ma 若く、128 Ma 前後になった理由として、SHIBATA & MIZUTANI (1980) は堆積後、化学的に閉鎖系をとるまでに進行した続成作用の継続時間を強調している。また、K-Ar 年代は Rb-Sr 年代より構造運動などの影響を鋭敏に受けて、年代値が見掛上若返り易いことを指摘している。そして、例えば鵜沼のトリアス紀・層状チャートの K-Ar 年代が Rb-Sr 年代より若くなった理由を構造的運動に起因するとみなしている (SHIBATA & MIZUTANI, 1982)。

堆積岩の場合と本試料のような火山岩とでは、もちろん本質的な違いがあるが、海底下における続成作用の影響に関しては同様に考慮しなければならない。

海洋性玄武岩の初生的なチタノマグネタイトは一般にウルボスピネル成分を $62 \pm 5\%$ 程度含むとされているが (JOHNSON & HALL, 1978)，本試料のキュリー測定の結果では、純粋に近いマグネタイトが含有されている。この変化の過程は、赤色チャートの場合について論じられた (SASAJIMA, 1982) 変質過程に類似すると考えてよからう。つまり、初生チタノマグネタイトは海底で長年に低温酸化し (OZIMA *et al.*, 1974)，それがある段階でイルメナイトとマグネタイトに相分裂 (unmixing) したと解釈できる (O'REILLY & READMAN, 1971)。

他の二次鉱物である緑泥石は海底の続成作用によってガラスやオリビンから生成されたとみなせるが、例えば、柴田 (1980) によれば、緑泥石化の変質過程での年代

値は 12% 程度の若返りしか生じていない。硫化鉄鉱の生成環境が年代値に与える影響については分らないが、簡単のため上記すべての二次鉱物が同一の熱水変質によって生じ、それに伴って化学的閉鎖系が成立したものと仮定する。この温度はチタノマグヘマイトの転移温度から約 200°C が要請される。このような条件が成立する可能性を構造運動の背景から、検討してみる。

2) 試料採集地点の北方には、第1図Iに示すように、緑色岩層 (f-シャルスタイン層；丹波地帯研究グループ, 1974) が東西方向に分布している。この緑色岩層の基底に沿って、30°~60° で南に傾斜する衝上断層 (灰屋川断層；丹波地帯研究グループ, 1980) が確認されている。

最近、石賀 (1982, 1983) や井本・丹波地帯研究グループ (1982) は丹波帯の基本的構造を2組の地層群の“重ね合わせ構造”によって説明する考え方を提唱した。石賀 (1983) によれば、この積み重ね構造の形成時期は、下位のI型地層群が上部ジュラ系を含むことから、後期ジュラ紀以降と考えられるが、前期白亜紀の篠山層群堆積前か、どうかは未解決としている。篠山地域では黒井背斜部を構成する上部ジュラ系の上に、南域のペルム紀・チャート層 (篠山向斜北翼部) が大規模に衝上している。つまり、断層の形成期はジュラ紀後期のある時期より新しいことになる。この関係は東方の延長にあたる灰屋川断層の場合にも適用できるとみなしてよい (井本・丹波地帯研究グループ, 1982)。そうだとすれば、得られた見掛けの年代値、144 ± 7 Ma はこの基本構造の形成時期と誤差範囲でよく調和していることになる。

ヒマラヤ地域で得られた若い K-Ar 年代 (10~25 Ma) は造山運動最後の激変時階における上昇・衝上・ナッペの形成期を表わすものと解釈されている (METHA, 1977)。また、ニュージーランドのアルパイン断層では、断層からの距離が 30 km 離れる間に年代値が 4 Ma から 120 Ma に規則的に変る実測例が知られている (SHEPPARD *et al.*, 1975; SCHOLZ *et al.*, 1979)。この場合、断層から数 km の範囲では Ar⁴⁰ の逃脱が 90% にも及ぶが、本試料の採集地点は灰屋川断層から、最短距離が約 3 km にあることからして、この大スラストによる熱的影響は、熱水状態を含めて 200°C 程度に達したと推定されるかもしれない。結果論に過ぎないが、少なくとも

得られた年代値から逆に推測すると、一つの作業仮説として、今後検討する意義はあるものと思われる。

他方、丹波・美濃帯の付加テクトニクスを重視する立場からすると、あるいはこの測定年代値はそのクライマックスを反映していると読まれるかもしれない。今後益々放射年代データを増やすことによって、これらの推測を確かめることが大切である。

終わりに、年代試料の選定をはじめとして、京都大学の石坂恭二博士には終始有益な助言を受けた。記して厚く感謝する。

文 献

- HATTORI, I., 1982: The Mesozoic evolution of the Mino terrane, central Japan: A geologic and paleomagnetic synthesis. *Tectonophysics*, **85**, 313-340.
- HIROOKA, K., NAKAJIMA, T., SAKAI, H., DATE, T., NITAMACHI, K. and HATTORI, I., 1983: Accretion tectonics inferred from paleomagnetic measurements of Paleozoic and Mesozoic rocks in Central Japan. in "Accretion tectonics in the Circum-Pacific regions", eds. M. HASHIMOTO and S. UYEDA, Tokyo, 179-194.
- 井本伸広. 丹波地帯研究グループ, 1982: 丹波層群の層序と地質構造の再検討. 地質学会. 関西支部報, **92**, 6.
- 石賀裕明, 1982: 兵庫県篠山盆地北方の地質——とくに丹波層群と構成する2組の地層群について——. 同上, **92**, 5.
- ISHIGA, H., 1982: Late Carboniferous and Early Permian radiolarians from the Tamba Belt, Southwest Japan. *Earth Science(Chikyu Kagaku)*, **36**, 333-339.
- 石賀裕明, 1983: "丹波層群"を構成する2組の地層群について——丹波帯西部の例——. 地質雑, **89**, 443-454.
- ISHIGA, H., IMOTO, N., YOSHIDA, M. and TANABE, T., 1984: Early Permian radiolarians from the Tamba Belt, Southwest Japan. *Earth Science(Chikyu Kagaku)*, **38**, 44-52.
- JOHNSON, H. P. and HALL, J. M., 1978: A detailed rock magnetic and opaque mineralogy study of the basalts from the Nazka Plate. *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, **52**, 45-64.
- 勘米良亀齡, 1980: 地質構造とその発達. 地球科学講座 **15**, 岩波書店, 東京, 325-350.
- KATSURA, I., NISHIDA, J. and SASAJIMA, S., 1980: Paleomagnetism of Permian red chert in the Tamba belt, Southwest Japan. *Rock Mag. and Paleogeophys.*, **7**, 130-135.
- METHA, P. K., 1977: Rb-Sr geochronology of the Kulu-Mandi belt: Its implications for the Himalayan tectogenesis. *Geol. Rundsch.*, **66**, 156-175.
- MIZUTANI, S. and HATTORI, I., 1983: Hida and Mino: Tectonostratigraphic terranes in central Japan. In "Accretion tectonics in the Circum-Pacific regions". eds. M. HASHIMOTO and S. UYEDA, Tokyo, 169-178.
- O'REILLY, W. and READMAN, P. W., 1971: The preparation and unmixing of cation deficient titanomagnetites. *Zeit. Geophys.*, **37**, 321-327.
- OZIMA, M., JOSHIMA, M. and KINOSHITA, H., 1974: Magnetic properties of submarine basalts and the implications on the structure of oceanic crust. *J. Geomag. Geoelectr.*, **26**, 335-354.
- SASAJIMA, S., 1982: Magnetic properties of red cherts with special references to the associated greenstones, in Southwest Japan: A rock magnetic approach. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, **48**, 43-61.
- 笹嶋貞雄, 1982: 古地磁気からみたジュラ紀変動. 月刊地球, **4**, 420-427.
- 笹嶋貞雄, 1983: 古地磁気による東アジア大陸成長論——特に西南日本の地体構造の成り立ちと関連して——. 藤田和夫編「アジアの変動帯」, 239-256, 海文堂出版.
- SCHOLZ, C. H., BEAVAN, J. and HANKS, T. C., 1979: Frictional metamorphism, argon depletion and tectonic stress on the Alpine fault, New Zealand. *Geophys. Res.*, **84**, 6770-6782.
- SHEPPARD, D. S., ADAMS, C. J. and BIRD, G. W., 1975: Age of metamorphism and uplift in the Alpine schist belt, New Zealand. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **86**, 1147-1153.
- 柴田 賢, 1980: 絶対年代測定法の現状. 石油技協誌, **45**, 376-372.
- SHIBATA, K. and MIZUTANI, S., 1980: Isotopic ages of siliceous shale from Hida-Kanayama, central Japan. *Geochem. J.*, **16**, 235-241.
- SHIBATA, K. and MIZUTANI, S., 1982: Isotope ages of siliceous shale and Triassic bedded chert in Unuma, Central Japan. *Geochem. J.*, **16**, 213-223.
- SHIBUYA, H. and SASAJIMA, S., 1980: A paleomagnetic study on Triassic-Jurassic systems in Inuyama area, central Japan. (Part 1) *Rock Mag. and Paleogeophys.*, **7**, 121-125.
- 丹波地帯研究グループ, 1974: 丹波地帯の古生界(その3), 京都北方大森雲ヶ畑地域の古生層. 地球科学, **28**, 57-63.
- 丹波地帯研究グループ, 1980: 丹波地帯の中・古生界(その6), 京都府北桑田郡京北町東南部の地質. 地球科学, **34**, 200-204.