関東山地三峰地域, 南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの変成年代: 千枚岩中のイライトの K-Ar 年代

Metamorphic age of the Southern Chichibu and Shimanto accretionary complexes in the Mitsumine district of the Kanto Mountains, central Japan: K-Ar ages of illite from phyllite

Abstract

原 英俊* 久田健一郎**

Hidetoshi Hara*

and Ken-ichiro Hisada**

2004年8月18日受付.

2005年2月21日受理.

* 産業技術総合研究所地質調査総合センター
Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba,
Ibaraki, 305-8567, Japan

** 筑波大学生命環境科学研究科
Graduate School of Life and Environmental Sci-
ences, University of Tsukuba, Ibaraki, 305-8572,
Japan

Corresponding author: H. Hara, hara-hide@
aist.go.jp

K-Ar ages of illite-rich fraction have been determined for phyllite from the Southern Chichibu and Shimanto accretionary complexes in the Mitsumine district of the Kanto Mountains, central Japan. The K-Ar ages indicate 71.74 and 76 Ma from the Nippara Formation of the Southern Chichibu accretionary complex. In the Shimanto accretionary complex, the K-Ar ages present 65 and 76 Ma from the Futase Unit, 49 Ma from the Kawamata Unit. In addition, phyllite deformed by pressure solution cleavage with shear is collected from Futase Unit, which indicates the K-Ar age of 50 Ma. It is concluded that the Southern Chichibu and Shimanto accretionary complexes underwent the metamorphism simultaneously during 65-76 Ma in the latest Cretaceous time.

Key words: K-Ar age, phyllite, Southern Chichibu accretionary complex, Shimanto accretionary complex, Mitsumine district, Kanto Mountains

はじめに

関東山地三峰地域には, 南部秩父帯 (松岡ほか, 1998) と四万十帯に属する付加コンプレックスが分布する (Fig. 1). これらの付加コンプレックスは, 緑色片岩相に相当する変成作用を受けている (藤本ほか, 1950). 近年, 付加コンプレックスの泥質岩中に自生するイライトや白雲母から, K-Ar 年代が求められている. そしてその K-Ar 年代は, 変成年代に近似され, 付加・変成履歴の解明や地体構造区分に対し新知見を与えている (西村ほか, 1989; 磯崎・板谷, 1990; Mackenzie et al., 1990; 鈴木ほか, 1990; 栗本, 1993; Takami and Itaya, 1996; 高見ほか, 2001 など). しかし付加コンプレックスにおける K-Ar 年代測定は, 碎屑性白雲母の存在によって実際の年代値より古い年代を示すこと (高見ほか, 1993; Itaya and Fukui, 1994), 接触変成作用などの後生的な二次加熱, また延性ないし脆性変形によって Ar の逸脱が生じ若い年代値を示すこと (Itaya and Takasugi, 1988; 平島ほか, 1992; 高見ほか, 1993; Itaya and Fukui, 1994) などの問題が指摘されている (板谷, 1998; 高見, 2000). そのため試料採取に関して, 岩相や状態について十分な注意を払わなければ, K-Ar 年代の持つ意味が失われてしまう可能性がある. 一方これらを考慮すれば, 付加コンプレックスの変成年代を知る手段としては K-Ar 年代は有効である.

小論では, 関東山地三峰地域の南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの変成年代を明らかにするため, 千枚岩中の

イライトを分離し K-Ar 年代の測定を行った. その測定結果とともに千枚岩の岩石記載を示し, さらに南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスが受けた変成作用について考察を行う.

地質概略

K-Ar 年代の検討を行った関東山地三峰地域 (Fig. 2) には, 荒川と大血川流域に南部秩父帯付加コンプレックスの浦山層群日原層 (以下秩父帯日原層) が, 秩父湖周辺や中津川流域に四万十帯付加コンプレックスの大滝層群二瀬ユニット (以下四万十帯二瀬ユニット) が, 入川・滝川にかけて大滝層群川又ユニット (以下四万十帯川又ユニット) が分布する (久田, 1984; Hara and Hisada, 1998). この南部秩父帯と四万十帯付加コンプレックスは仏像線を介して接する. 荒川流域の仏像線は, 秩父帯日原層の石灰岩の分布によって, 比較的緩い傾斜が推定される. なお荒川の北側で, 仏像線はほぼ東西走向で急傾斜な白泰断層 (秩父地質研究グループ, 1965) によって切断される. 白泰断層の北側には, 南部秩父帯浜平層群両神層 (Ueno et al., 1990; Hisada et al., 1992) が分布する.

秩父帯日原層は, 混在岩を主体とし, 異地性岩体として多量の石灰岩を含むことによって特徴づけられる (久田, 1984). また砂岩・チャート・玄武岩・淡緑色凝灰岩の岩体も含む. 日原層は, 奥多摩地域の御前山層 (高島・小池, 1984; 酒井, 1987) に対比される. 御前山層の形成年代は, 頁岩から産す

Fig. 1. Index map showing accretionary complexes distributed in the Outer Zone of central Japan (a), and simplified geological map of central part in the Kanto Mountains (b).

Fig. 2. Geologic map of the study area and sampling localities of phyllite for K-Ar dating. Modified from Hara and Hisada (1998).

る放散虫化石により中期ジュラ紀の後半～前期白亜紀の Valanginian とされる (高島・小池, 1984). また石灰岩は、黒色～暗灰色のミクライトであり、ペルム紀のフズリナ化石を産出する (久田, 1984; 酒井, 1987). 秩父帯日原層は、松岡ほか (1998) の三宝山ユニットに属する. 三宝山ユニットは、南部秩父帯付加コンプレックスの中では、覆瓦構造の構造的最低位の地質体であり、その形成年代は南部秩父帯の中

で最も若い.

四万十帯二瀬ユニットは、主に千枚岩・砂岩・淡緑色凝灰岩・混在岩からなり、玄武岩・チャート・石灰岩の岩体を含む (Hara and Hisada, 1998). 一方、川又ユニットは、主に千枚岩・砂岩からなり、玄武岩・チャート・石灰岩の岩体をわずかに含む (Hara and Hisada, 1998). 二瀬・川又ユニットからは化石の産出報告はなく、その形成年代は不明である.

四万十帯大滝層群の南には、ほぼ東西走向の断層を介して、小河内層群が分布する (Hara and Hisada, 1998). 小河内層群は、奥多摩地域に広く分布し、その形成年代は Albian ~ Campanian (Maastrichtian ?) を示す (Iyota et al., 1994). 大滝層群の形成年代は、少なくともこの範囲に収まると推定される。

なお四万十帯大滝層群は、藤本ほか (1950) により基本的に北方上位の同斜構造が、渡部ほか (1958) により川又地域を中心とした複背斜構造が示されている。さらに高橋・石井 (1992) では、低角な断層を介して地質体が累重するナップ構造が示されている。一方、Hara and Hisada (1998) では、従来定義されていた大滝層群の南半部にて北上位の覆瓦構造を見だし、さらにこの覆瓦構造を構成する地質体は、小河内層群の各地質体と岩相対比が可能であるとした。また久田ほか (2004) では、Hara and Hisada (1998) の区分に基づき関東山地四万十帯付加コンプレックスを再区分し、西南日本に広く分布する四万十帯付加コンプレックスとの対比を示した。小論では Hara and Hisada (1998) に従い、大滝層群の中では最も変成度が高い分布域最北部の地域から試料採取を行った。

採 取 試 料

K-Ar 年代測定用の試料として、秩父帯日原層から 3 試料 (NP1, NP2, NP3), 四万十帯二瀬ユニットから 3 試料 (FT1, FT2, FT3), 川又ユニットから 1 試料 (KW1) の千枚岩を採取した。

千枚岩は、千枚岩・淡緑色凝灰岩互層から、凝灰岩を含まない部分を採取した (Fig. 3.a). 採取した千枚岩は黒色を呈し、層理面に平行ないし斜交する片理が発達している。また片理に斜交するスレート劈開ないしちりめんじわ劈開やキンクバンドが認められる。鏡下では、定向配列をなす粘土鉱物 (主にイライト・緑泥石) と黒色不透明なシームからなる圧力溶解劈開が認められる (Fig. 3.b). シルトサイズ (径 $50 \mu\text{m}$ 以下) の石英粒子と長石粒子がわずかに含まれ、これらの粒子は片理面に沿って引き延ばされている。また再結晶した微細な石英からなるセグリゲーションが認められる。このセグリゲーションと粘土鉱物および黒色不透明なシームが、約 0.3 mm 以下の幅で繰り返して平行配列し、これらが千枚岩の片理を形成する。

なお四万十帯二瀬ユニットから得られた FT3 は著しく変形を受けた千枚岩 (以下変形千枚岩) である。変形千枚岩 (FT3) は、千枚岩・淡緑色凝灰岩互層中の千枚岩であるが、他の千枚岩に比べ剪断変形やちりめんじわ褶曲が著しく発達する。鏡下では、黒色不透明なシームとして認められる圧力溶解劈開の発達が顕著であり、粘土鉱物の定向配列は千枚岩に比べ弱い (Fig. 3.c). また石英のセグリゲーションも発達する。剪断変形としては、全般に S-C 構造、石英のセグリゲーションに σ タイプの非対称流動組織 (asymmetric tail) が観察される (例えば、Bartlett et al., 1981; Rutter et al., 1986).

上述の 7 試料の千枚岩は、X 線解析によれば、いずれも同

Fig. 3. Phyllite for K-Ar dating. (a): Photograph of representative outcrop of phyllite for K-Ar dating (NP1). The outcrop is composed of interbedded phyllite (black part) with light green tuff (white-gray part). The specimen for K-Ar dating is collected from phyllite part without deformation. (b): Photomicrograph of suitable phyllite for K-Ar dating (FT1, plane polarizer). The preferred orientations of mica clay minerals are developed continuously with black seam and segregation of quartz. (c): Photomicrograph of deformed phyllite (FT3) (plane polarizer). Pressure solution cleavages are developed with shear deformation. AT: asymmetric tail, S: S surface of S-C fabric, C: C surface of S-C fabric.

様な回折パターンが得られ、主にイライト・石英・緑泥石から構成され、わずかに長石を含む (Fig. 4).

K-Ar 年代

千枚岩からイライトの分離は、以下の様に行った。なお千枚岩から完全にイライトを分離することは難しく、実際は石英などを含むイライト濃集試料である。まずジョークラッシャーとディスクグラインダーを用いて試料を粉碎し、120 ~ 200 メッシュ ($\phi 75 \sim 100 \mu\text{m}$) の粒子を集めた。超音波

Fig. 4. XRD pattern showing 2-50 ° 2θ from phyllite for K-Ar dating (FT1). chl: chlorite, qtz: quartz.

洗浄機を用い試料を洗浄後、ピーカー壁面を利用し粗分けを行った。粗分けした試料から、磁気分離と一部ヨードメチレンを用いた重液分離を併用し、イライトを濃集させた。その後、温浴上で塩酸処理を施し、緑泥石を除去した。年代測定はMass Spec Services社（旧Teledyne社）に、アグレニー・テクノロジーズ・ジャパン（株）を通して依頼した。年代値の算出には、Steiger and Jäger（1977）の壊変定数 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/y$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10}/y$, $^{40}K/K = 1.167 \times 10^{-2}$ atom %を用いた。またKおよびArの定量は、全試料について2回行われた。以下、2回の測定値の平均値をK-Ar年代とする。

測定結果をTable 1に示す。秩父帯日原層からは、 75.5 ± 1.9 Ma (NP1) と 74.1 ± 1.9 Ma (NP2) および 70.8 ± 1.8 Ma (NP3) のK-Ar年代が求められた。四万十帯二瀬ユニットからは、 64.6 ± 3.2 Ma (FT1) と 75.7 ± 1.9 (FT2) および 49.9 ± 2.5 Ma (FT3) が、川又ユニットからは 49.2 ± 2.5 Ma (KW1) のK-Ar年代が求められた。

考 察

1. 変形千枚岩における K-Ar 年代の評価

四万十帯二瀬ユニットにおいて、千枚岩中のイライトから求められた K-Ar 年代は、約 65 Ma (FT1) と約 76 Ma (FT2) を示す。一方変形千枚岩 (FT3) では、約 50 Ma を示す。変形千枚岩は千枚岩より若い K-Ar 年代を示す。変形によって、試料からアルゴンの逸脱が引き起こされ、K-Ar 年代の若返りが生じることが、三波川変成岩での検討で指摘されている (Itaya and Takasugi, 1988; 平島ほか, 1992; Itaya and Fukui, 1994)。しかし一般に低変成度（緑色片岩相以下）の付加コンプレックスにおける K-Ar 年代では、そのような事例はまだ報告されていない。変形千枚岩 (FT3) は、千枚岩 (FT1, 2) に比べ、黒色不透明なシームからなる圧力溶解劈開の発達が著しく、剪断変形も強く受けている (Fig. 3.c)。そのため FT3 に関しては、強い変形を受けたことにより、千枚岩より若い K-Ar 年代を示している可能性が高い。すなわち付加コンプレックスにおいても、著しい圧力溶解劈開の発達や剪断変形が認められる試料は、K-Ar 年代測定において若い年代を示す可能性が高い。このため小論では、変形千枚岩 (FT3) の K-Ar 年代を變成年代としては採用しない。

2. 南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの變成年代

三峰地域の南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの變成相については、藤本ほか (1950) が初めて報告し、緑色岩よりアクチノ閃石・緑簾石・緑泥石・曹長石からなる鉱物組合わせを見だし、緑色片岩相に相当する變成作用を示唆した。また四万十帯大滝層群に関しては、Ogawa et al. (1988) が、緑色岩から高圧力を示すマグネシオリーベック閃石の産出を報告した。原ほか (1998) によるイライト結晶度 (IC) の解析では、本地域の秩父帯日原層と四万十帯大滝層群はと

Table 1. K-Ar ages of illite-rich fraction from the Southern Chichibu and Shimanto accretionary complexes in the Mitsumine district of the Kanto Mountains.

sample number	lithology	⁴⁰ Ar (10 ⁻⁵ sec/gm)	⁴⁰ Ar (%)	K (wt. %)	isotopic age (Ma)	average (Ma)
Nippara Formation, Southern Chichibu accretionary complex						
NP1	phyllite	1.11	90.1	3.66	76.2±1.9	75.5±1.9
		1.09	94.0	3.68	74.3±1.9	
NP2	phyllite	0.904	93.7	3.08	74.1±1.9	74.1±1.9
		0.903	90.7	3.07	74.0±1.9	
NP3	phyllite	0.847	93.9	3.00	71.3±1.8	70.8±1.8
		0.834	89.1	2.99	70.3±1.8	
Otaki Group, Shimanto accretionary complex						
FT1	phyllite	0.826	92.1	3.22	64.5±3.2	64.6±3.2
		0.827	94.0	3.25	64.6±3.2	
FT2	phyllite	0.897	92.0	3.02	75.0±1.9	75.7±1.9
		0.915	92.4	3.01	76.4±1.9	
FT3	deformed	0.916	95.5	4.65	50.0±2.5	49.9±2.5
	phyllite	0.913	94.8	4.65	49.8±2.5	
KW1	phyllite	0.626	87.9	3.19	49.2±2.5	49.2±2.5
		0.625	90.7	3.27	49.1±2.5	

もに epizone ($IC=0.25 \Delta^\circ 2\theta$ 以下) を示す。epizone は緑色片岩相ないしパンペリー石〜アクチノ閃石相の変成作用に相当し、300℃以上の古地温度が示唆されている (Kisch, 1987; 原・木村, 2003)。白雲母の閉止温度は $350 \pm 50^\circ\text{C}$ であることから (Jäger, 1979)、秩父帯日原層と四万十帯大滝層群は少なくとも、閉止温度以下の温度条件で変成されたと考えられる。すなわち両地質体から求められた K-Ar 年代は、変成年代を示しているとみなせる。

三峰地域から奥多摩地域にいたる南部秩父帯と四万十帯付加コンプレックスのイライト結晶度は、仏像線を挟んで同様の値を示し、さらに北西に向かい結晶度が増す同一の傾向を示す (原ほか, 1998)。そのため両コンプレックスの古地温度構造は、同じ変成作用によって形成されたと考えられている。また複数のステージで形成された鉱物脈中の流体包有物の解析により、古地温度構造形成前すなわち変成作用を受ける前に、南部秩父帯が四万十帯付加コンプレックスに対して、仏像線を介して衝上したことが示唆されている (原・木村, 2001)。今回の測定結果から、秩父帯日原層については、およそ 71 ~ 76 Ma の変成年代が、また四万十帯二瀬ユニットについては、約 65 Ma・76 Ma の変成年代が求められた。以上のことから、南部秩父帯と四万十帯付加コンプレックスは、ほぼ同時期に同じ変成作用を受けているといえる。そしてその年代は白亜紀終わりの頃で、およそ 65 ~ 76 Ma であると判断できる。

その一方で、四万十帯川又ユニットから採取した千枚岩 (KW1) 中のイライトの K-Ar 年代は約 49 Ma と、秩父帯日原層や四万十帯二瀬ユニットに比べ若い年代を示す。南部秩父帯と四万十帯付加コンプレックスは、同じ変成作用下で同様の古地温度構造を形成したと考えられているため (原ほか, 1998)、川又ユニットの K-Ar 年代のみ若い年代を示すことは考えにくい。そのため何らかの若返りの影響を受けている可能性がある。K-Ar 年代の若返りは、接触変成作用などの後生的な二次加熱による影響が知られている (高見ほか, 1993)。三峰地域の南西には、中新世に貫入した花崗岩類 (柴田ほか, 1984; 角田ほか, 1992) が露出している (Fig. 1)。さらに四国や九州の四万十帯付加コンプレックスにおいては、約 50 Ma 以降に、海嶺ないし若く熱い海洋プレートの沈み込みが議論されている (Agar et al., 1989; Kiminami et al., 1994; Sakaguchi, 1996; Miyazaki and Okumura, 2002 など)。しかしこれらの熱イベントが、四万十帯川又ユニットに及ぼした影響は、現在のところ検証されていない。また四万十帯川又ユニットから得られた K-Ar 年代は 1 カ所のみであるため、年代値の精度も議論の余地がある。そのため小論では、得られた K-Ar 年代のみを示すこととし、変成年代についての検討には踏み込まない。

3. 南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの変成作用

南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスが受けた白亜紀終わり頃の変成作用 (65 ~ 76 Ma) について、他地域から得られている K-Ar 年代の比較から考察する。

四国西部の大洲―鹿野川地域では、北部秩父帯付加コンプレックス (肱川・鹿野川ユニット) から約 87 ~ 109 Ma の、

Fig. 5. Accretionary and metamorphic ages of the Chichibu and Shimanto accretionary complexes in the Kanto Mountains. Accretionary ages are based on Takashima and Koike (1984), Matsuoka (1996) and Iyota et al. (1994). K-Ar ages of the Northern Chichibu accretionary complex and the Sanbagawa metamorphic rocks are estimated by Hirajima et al. (1992).

南部秩父帯付加コンプレックス (大洲ユニット) から約 87 ~ 90 Ma の K-Ar 年代が求められ、ほぼ同様な年代を示す (榊原ほか, 1998)。さらに榊原ほか (1998) によれば、北部・南部秩父帯付加コンプレックスは、変成作用の性質やその時期から、三波川変成作用の影響による再結晶作用の影響を受けていると考えられている。なお大洲ユニットは、泥質片岩を主体とし、砂質片岩・塩基性片岩・珪質片岩および石灰質片岩を含むことで特徴づけられ (榊原ほか, 1998)、秩父帯日原層と同様に南部秩父帯三宝山ユニットに対比されている (松岡ほか, 1998)。その一方で、四国中央部の北部秩父帯付加コンプレックスからは、105 ~ 150 Ma 前後と幅広く K-Ar 年代が求められている (磯崎ほか, 1990; 河戸ほか, 1991; 鈴木・板谷, 1994)。これらのうち一部の古い K-Ar 年代に関しては、碎屑性白雲母の年代ないし三波川変成作用とは別の古い変成作用の年代が記録されていると解釈されている (河

戸ほか, 1991; 松岡ほか, 1998). このため北部秩父帯付加コンプレックスの K-Ar 年代に関しては, 2 種類の変成作用が記録されている可能性があり, その比較には注意を要する.

関東山地では, 北部秩父帯付加コンプレックスの柏木ユニット (松岡ほか, 1998) から, 1 カ所のみであるが約 117 Ma の K-Ar 年代が得られている (平島ほか, 1992). 柏木ユニットは, 主に千枚岩・凝灰岩・チャートからなり石灰岩・玄武岩を伴う地質体であり, その形成年代は後期ジュラ紀の後半とされる (松岡, 1996). 今回得られた南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの K-Ar 年代 (65 ~ 76 Ma) と比較すると, 有意に古い年代を示している. しかしその意味については, データが少ないこともあり議論の余地を残す. 一方, 関東山地における三波川変成岩の K-Ar 年代は, 黒雲母帯・ザクロ石帯・緑泥石帯の各変成相において, 砂質片岩・泥質片岩ないし塩基性片岩中の白雲母から求められている (平島ほか, 1992). このうち白雲母の閉止温度である 350 °C 以下の変成条件と考えられる緑泥石帯では, K-Ar 年代は 72 ~ 84 Ma の範囲を示す. 今回得られた K-Ar 年代と, 平島ほか (1992) により公表されている K-Ar 年代をまとめる (Fig. 5). 関東山地南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスに影響を及ぼした変成作用 (65 ~ 76 Ma) は, 三波川変成岩緑泥石帯の変成作用 (72 ~ 84 Ma) と近い年代を示している. このことは四国西部と同様に, 関東山地三峰地域における南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスが受けた変成作用と三波川変成作用が, 何らかの関連性を有している可能性がある. しかし南部秩父帯と四万十帯付加コンプレックスの変成作用については, その性格および特徴は十分に検討がなされておらず, 三波川変成作用との認定までには至っていない. また四国西部の秩父帯付加コンプレックスに記録された三波川変成作用と比較すると, 数 10 Ma 若い年代を示し, やや年代が異なる. 今後, 南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの変成作用の詳細な検討によって, 三波川変成作用との関係について明らかになることが期待される.

ま と め

1) 関東山地三峰地域に分布する南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの千枚岩よりイライトを分離・濃集し K-Ar 年代を求めた. 南部秩父帯日原層からは 75.5 ± 1.9 Ma と 74.1 ± 1.9 Ma および 70.8 ± 1.8 Ma の, 四万十帯大滝層群二瀬ユニットからは, 64.6 ± 3.2 Ma と 75.7 ± 1.9 Ma および 49.9 ± 2.5 Ma の K-Ar 年代が求められた. 四万十帯大滝層群川又ユニットからは, 49.2 ± 2.5 Ma の K-Ar 年代が求められた.

2) 四万十帯大滝層群二瀬ユニットから採取した変形千枚岩の K-Ar 年代は 49.9 ± 2.5 Ma を示し, 千枚岩より若い年代を示す. これは圧力溶解劈開や剪断変形によってアルゴンの逸脱が生じ, 年代が若返った可能性が高い.

3) 関東山地三峰地域の南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスは, K-Ar 年代とイライト結晶度による古地温度構造の特徴 (原ほか, 1998) から, 白亜紀終わりの 65 ~ 76 Ma 頃の同時期に変成作用を受けている.

謝 辞

国立台湾大学 (National Taiwan Univ.) の Koen de Jong 博士と産業技術総合研究所地質調査総合センターの木村克己博士ならびに栗本史雄博士には, 試料採取・試料調整について御助言を頂き, さらに年代論に関して議論して頂いた. また原稿の改善にあたり, 京都大学の平島崇男教授および東京学芸大学の高橋 修助教授, ならびに編集委員の村田明広教授 (徳島大学) には大変貴重な御意見を頂いた. 以上の方々に深く感謝いたします. なお本研究は, 産業技術総合研究所地質調査総合センターの「島弧地質の研究」及び 5 万分の 1 地質図幅「三峰」の調査研究の一部である.

文 献

- Agar, S. M., Cliff, R. A., Duddy, I. R. and Rex, D. C., 1989, Accretion and uplift in the Shimanto Belt, SW Japan. *Jour. Geol. Soc. London*, **146**, 893-896.
- Bartlett, W. L., Friedman, M. and Logan, J. M., 1981, Experimental folding and faulting rocks under confining pressure. *Tectonophysics*, **79**, 255-277.
- 秩父地質研究グループ, 1965, 秩父演習林付近の地質—栃本より上流地域について—. 演習林, **16**, 73-85.
- 藤本治義・河田喜代助・宮沢俊彌・森川六郎・新井房夫・高野貞・吉田三郎・原 清文・田附治夫・間遠治孝, 1950, 奥秩父の地質学的研究. 秩父自然科博研報, **1**, 1-28.
- Hara, H. and Hisada, K., 1998, The Otaki and Ogochi Groups revised - Reconstruction of thermal structure of the Shimanto Supergroup in the Kanto Mountains, central Japan. *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, **19**, 43-60.
- 原 英俊・久田健一郎・木村克己, 1998, イライト結晶度からみた関東山地秩父帯・四万十帯の古地温構造. 地質雑, **104**, 705-717.
- 原 英俊・木村克己, 2001, 流体包有物とイライト結晶度から復元される付加体の温度圧力履歴. 月刊地球, 月号 no.32, 168-173.
- 原 英俊・木村克己, 2003, イライト結晶度測定における標準試料の提唱: 古地温度指標としての有効性. 地質調査研報, **54**, 239-250.
- 平島崇男・磯野玄伯・板谷徹丸, 1992, 関東山地三波川変成岩の白雲母の化学組成と K-Ar 年代. 地質雑, **98**, 445-455.
- 久田健一郎, 1984, 関東山地南部芦ヶ久保一鴨沢地域の中・古生層. 地質雑, **90**, 139-156.
- 久田健一郎・原 英俊・上野 光・一瀬めぐみ・奥澤康一・平内健一・伊與田紀夫・上川容市・八木信幸, 2004, 関東山地の秩父帯四万十帯付加体トラバース. 日本地質学会第 111 年学術大会見学旅行案内書. 17-33.
- Hisada, K., Ueno, H. and Igo, H., 1992, Geology of the Upper Paleozoic and Mesozoic sedimentary complex of the Mt. Ryokani area in the Kanto Mountains, central Japan. *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, **13**, 127-151.
- 磯崎行雄・板谷徹丸, 1990, 四国中央部および紀伊半島西部黒瀬川地帯北縁の弱変成岩類の K-Ar 年代—西南日本における黒瀬川地帯の広がりについて—. 地質雑, **96**, 623-639.
- 磯崎行雄・板谷徹丸・河戸克志, 1990, 秩父累帯北帯ジュラ紀付加コンプレックスの変成年代. 地質雑, **96**, 557-560.
- 板谷徹丸, 1998, 地質学に貢献する放射年代学. 地質学論集, no.49, 107-120.
- Itaya, T. and Fukui, S., 1994, Phengite K-Ar ages of schists from the Sanbagawa southern marginal belt, central Shikoku, southwest Japan: Influence of detrital mica and deformation on age. *Island Arc*, **3**, 48-58.
- Itaya, T. and Takasugi, H., 1988, Muscovite K-Ar ages of the Sanbagawa schists, Japan and argon depletion during cooling and deformation. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **100**, 281-290.
- Iyota, N., Hisada, K., Sashida, K. and Igo, H., 1994, The Ogochi Group of the Shimanto Terrane in the Kanto Mountains, central Japan. *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, **15**, 47-69.

- Jäger, E., 1979, Introduction to geochronology. In Jäger, E. and Hunziker, J. C., eds., *Lectures in isotope geology*, Springer-Verlag, Berlin, 1-12.
- 河戸克志・磯崎行雄・板谷徹丸, 1991, 四国中央部における三波川帯・秩父累帯間の地体構造境界. 地質雑, **97**, 959-975.
- Kiminami, K., Miyashita, S. and Kawabata, K., 1994, Ridge collision and *in situ* greenstones in accretionary complexes: An example from the Late Cretaceous Ryukyu Islands and southwest Japan margin. *Island Arc*, **3**, 103-111.
- Kisch, H. J., 1987, Correlation between indicators of very low-grade metamorphism. In Frey M. ed., *Low temperature metamorphism*, Blackie and Son Ltd, Glasgow, UK, 227-300.
- 栗本史雄, 1993, 和歌山県北東部の三波川・黒瀬川・四万十帯構成岩類の K-Ar 年代. 地調月報, **44**, 367-375.
- Mackenzie, J. S., Taguchi, S. and Itaya, T., 1990, Cleavage dating by K-Ar isotopic analysis in the Paleogene Shimanto belt of eastern Kyushu, S. W. Japan. *Jour. Min. Petr. Econ. Geol.*, **85**, 161-167.
- 松岡 篤・山北 聡・榊原正幸・久田健一郎, 1998, 付加体地質の観点に立った秩父累帯のユニット区分と四国西部の地質. 地質雑, **104**, 634-653.
- 松岡喜久次, 1996, 埼玉県比企郡小川町, 秩父累帯北帯から産出したジュラ紀新世の放散虫化石. 地球科学, **50**, 251-255.
- Miyazaki, K. and Okumura, K., 2002, Thermal modelling in shallow subduction: an application to low P/T metamorphism of the Cretaceous Shimanto accretionary complex, Japan. *Jour. metamorph. Geol.*, **20**, 441-452.
- 西村祐二郎・板谷徹丸・磯崎行雄・亀谷 敦, 1989, 西南日本内帯 220 Ma 高压変成岩の原岩年代と変成英歴－山口県錦町地域の例－. 地質学論集, no.33, 143-166.
- Ogawa, Y., Hisada, K. and Sashida, K., 1988, Shimanto Supergroup in the Kanto Mountains -A review. *Modern Geol.*, **12**, 127-146.
- Rutter, E. H., Maddock, R. H., Hall, S. H. and White, S. H., 1986, Comparative microstructures of natural and experimentally produced clay-bearing fault gouges. *Pure and Appl. Geophys.*, **124**, 3-30.
- Sakaguchi, A., 1996, High paleogeothermal gradient with ridge subduction beneath the Cretaceous Shimanto accretionary prism, southwest Japan. *Geology*, **24**, 795-798.
- 酒井 彰, 1987, 五日市地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 75p.
- 榊原正幸・大山ゆかり・梅木美妙・榊原 光・正野英憲・後藤真一, 1998, 四国西部における北部秩父帯の地体構造区分と広域変成作用. 地質雑, **104**, 604-622.
- 柴田 賢・加藤祐三・三村弘二, 1984, 甲府市北部の花崗岩類とその関連岩の K-Ar 年代. 地調月報, **35**, 19-24.
- Steiger, R. and Jäger, E., 1977, Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 鈴木寿志・磯崎行雄・板谷徹丸, 1990, 四国東部における三波川変成帯と黒瀬川地帯との構造的累重関係－徳島県上勝町北東部に分布する弱変成岩類の K-Ar 年代－. 地質雑, **96**, 143-153.
- 鈴木寿志・板谷徹丸, 1994, 徳島県上勝町地域に分布する黒瀬川帯・秩父北帯・三波川帯の付加体. 地質雑, **100**, 858-899.
- 高橋 修・石井 醇, 1992, 関東山地四万十帯の大滝層群－関東山地四万十帯白亜系の変形過程とデュープレックス構造－. 埼玉自然史博研報, no.10, 11-28.
- 高見美智夫, 2000, K-Ar 年代に基づく弱変成付加体の年代学－南日本におけるジュラ紀-白亜紀初頭付加体の例－. 地質学論集, no.55, 27-41.
- 高見美智夫・磯崎行雄・西村祐二郎・板谷徹丸, 1993, 弱変成付加体の K-Ar 年代測定における碎屑性白雲母の混入と接触変成作用の影響－山口県東部ジュラ紀付加体の例－. 地質雑, **99**, 545-563.
- Takami, M. and Itaya, T., 1996, Episodic accretion and metamorphism of Jurassic accretionary complex based on biostratigraphy and K-Ar geochronology in the western part of the Mino-Tanba Belt, southwest Japan. *Island Arc*, **5**, 321-336.
- 高見美智夫・西村祐二郎・板谷徹丸, 2001, 岐阜県および沖縄県のジュラ紀-白亜紀初頭付加体に産する P-T 境界付近の遠洋性粘土岩の K-Ar 年代. 地質雑, **107**, 222-227.
- 高島清行・小池敏夫, 1984, 関東山地東南部, 御前山－五日市地域の中生界の層序と地質構造. 横浜国大紀要, Sec.2, no.31, 29-50.
- 角田謙郎・西戸裕嗣・清水正明, 1992, 甲府盆地周縁の花崗岩類に伴う鉱床の K-Ar 年代. 資源地質, **42**, 147-153.
- Ueno, H., Hisada, K. and Igo, H., 1990, Imbricate structure and exotic mass observed in the Ryokami area, Kanto Mountains. *Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, no. 16, 46-49.
- 渡部景隆・新井重三・深田守作・飯島 弘・新津 誠・新藤静夫, 1958, 奥秩父大滝層群 (中生界) の地質学的研究－主に片理と層理との斜交性について. 藤本治義教授還暦記念論文集, 113-123.

(要 旨)

原 英俊・久田健一郎, 2005, 関東山地三峰地域、南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの変成年代: 千枚岩中のイライトの K-Ar 年代. 地質雑, **111**, 217-223. (Hara, H. and Hisada, K., 2005, Metamorphic age of the Southern Chichibu and Shimanto accretionary complexes in the Mitsumine district of the Kanto Mountains, central Japan: K-Ar ages of illite from phyllite. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **111**, 217-223)

関東山地三峰地域に分布する南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスの千枚岩より、イライトを分離・濃集し K-Ar 年代を求めた。南部秩父帯日原層は約 71・74・76 Ma の、四万十帯大滝層群二瀬ユニットは約 65・76 Ma の、川又ユニットは約 49 Ma の K-Ar 年代を示す。また圧力溶解劈開が発達し剪断変形を受けた二瀬ユニットの 1 試料は、約 50 Ma の若い K-Ar 年代を示す。K-Ar 年代に基づく、三峰地域の南部秩父帯・四万十帯付加コンプレックスは、共に白亜紀終わりのおおよそ 65～76 Ma に変成作用を受けたといえる。