

中国地方における低度変成岩のK-Ar全岩年代

於保幸正*¹ 平山恭之*¹ 河本直実*² 鈴木峰央*²

*¹ 広島大学大学院総合科学研究科

*² 広島大学総合科学部

K-Ar whole-rock ages of low-grade metamorphic rocks in Chugoku, Southwest Japan

Yukimasa Oho*¹, Yasuyuki Hirayama*¹, Naomi Kawamoto*² and Mineo Suzuki*²

*¹ Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Kagamiyama 1-7-1, Higashihiroshima, Japan

*² Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Kagamiyama 1-7-1, Higashihiroshima, Japan

Abstract

K-Ar whole-rock ages are obtained from the low-grade metamorphic rocks of the Misumi Group, the Jurassic Chizu Formation, the Jurassic Tsunotani Formation and the Permian Maizuru Group. The low-grade metamorphic rocks are distributed adjacent to the high P/T Sangun metamorphic rocks in the Chugoku district. There are quite differences in small-scale structures between the low-grade metamorphic rocks and the Sangun metamorphic rocks. In the low-grade metamorphic rocks, two generations of penetrative foliation and associated structures can be recognized: slaty cleavage and crenulation cleavage. On the other hand, three generations of foliation are developed in the Sangun metamorphic rocks: schistosity and two stages of crenulation cleavage. Obtained K-Ar whole-rock ages are nearly 170-190 Ma. This indicates that slaty cleavage in the low-grade metamorphic rocks have been formed in Middle Jurassic time, and that the Sangun memtamorphic rock has been formed before 170-190 Ma.

1. はじめに

三郡変成岩の放射年代の測定から、三郡変成岩は形成時期や形成場の異なる複数の地質単位であるという考えが生まれている（早坂，1987；柴田・西村，1989）。早坂（1987）は、三郡変成岩類として一括されてきたものは、いくつかの異なる時期に形成された変成岩類の集合であることを指

摘している。即ち、三郡変成岩類は広島から津和野に分布する丹波層群相当層によって、北東ユニットと南西ユニットとに区分され、それぞれのユニットでは変成岩類の放射年代や線構造の方向などが異なっており、変成作用の終結の時期が異なる可能性を指摘している。ただ、北東ユニットの変成岩類の一部には、南西ユニットの変成岩類と同じ起源の岩相を原岩とするものが含まれる可能

性があるとしている。柴田・西村（1989）は、早坂（1987）に従い、北東ユニットを智頭地帯、南西ユニットを周防地帯と呼び、智頭地帯は約180Maの放射年代で、また、周防地帯は約220Maの放射年代で特徴づけられるとしている。ところで、柴田・西村（1989）が呼んでいる智頭地帯および周防地帯では、岩石の微小構造の異なる2種類の変成岩が存在することが明らかになっている（平山・於保，1990；Oho and Hirayama, 1991a, 1991b；Hirayama, 1992）。一つは三郡変成岩プロパーと呼べるものであり、重複変形を受け片理面以外に複数の面構造が観察される。他の一つは、層理面に斜交したスレートへき開が発達する低度変成岩である。柴田・西村（1989）の智頭地帯において三郡変成岩が重複変形を受け（Oho, 1988, 1989），さらにこの地帯には三郡変成岩と異なる低度変成岩が存在することを考慮に入れると（Oho and Hirayama 1991a, 1991b），この地帯の三郡変成岩は本当に約180Maに三郡変成作用を受けたか否か疑問が生じる。このことを検討するために、低度変成岩の放射年代を求めた。以下、その結果について報告する。

2. 地質概要および測定試料

中国地方には、先白亜系として三郡変成岩や非

変成中古生層と共に、弱い変成作用を受けた岩石が分布する。それらの岩石としては、西から東へ、島根県三隅地域に分布する三隅層群、山口県錦地域に分布する二畳系錦層群、岡山県津山地域や鳥取県若桜地域に分布するジュラ系智頭層および相当層、京都府舞鶴から岡山県井原地域に分布する二畳系舞鶴層群、などがあげられる（図1）。低度変成岩にみられる微小構造の特徴は、泥質岩中に層理面と斜交してスレートへき開がよく発達することである。また、場所によってはスレートへき開と斜交したちりめんじわへき開も観察される（Oho and Hirayama, 1991b）。即ち、低度変成岩では2種類の面構造がみられるのが一般的である。一方、三郡変成岩では3種類の面構造が一般的に発達する。それらは片理と2種類のちりめんじわへき開である（Oho, 1988, 1989；平山・於保，1990；Hirayama, 1992；Oho and Hirayama, 1994）。なお、中国地方以外に分布する九州北部でも三郡変成岩は同じ様な面構造をもつことが知られている（Oho, 1993）。

低度変成岩としてK-Ar全岩年代を測定した試料は、三隅地域における三隅層群の泥質岩、津山市北西方の鏡野地域の智頭相当層の泥質岩、明延地域における舞鶴層群の泥質岩および若桜地域に分布する角谷層の中の泥質基質の多いスランプ礫岩である。島根県の三隅地域に分布する三隅層群は、かつて三郡変成岩と考えられていた地層であるが、

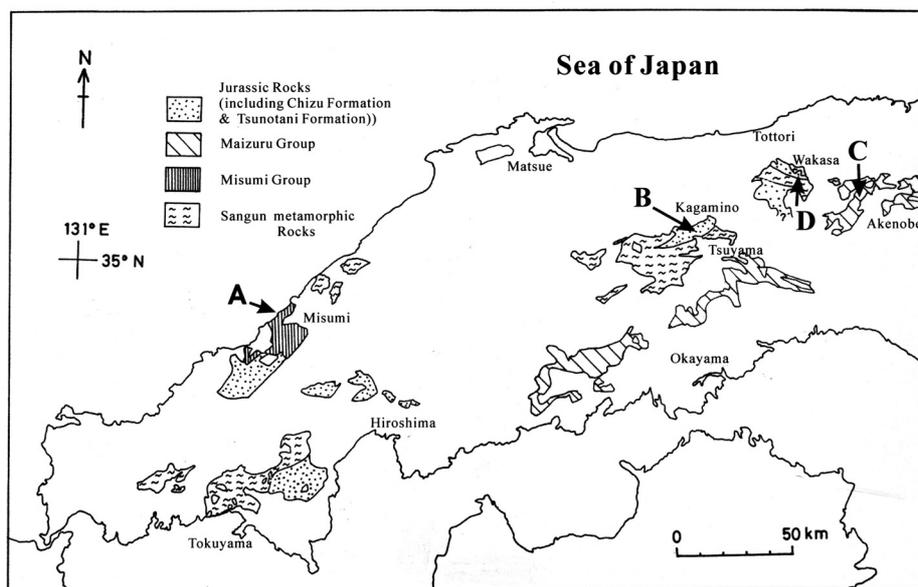


図1. 中国地方における先白亜系の地質概略図。
A—Dは第4図の位置をそれぞれ示す

小構造および微小構造の観察から、これは三郡変成岩ではなくスレートへき開の発達する低度変成岩の可能性が高いことが報告されている (Oho and Hirayama, 1991a). 三隅層群中には、波長数cmから数mの閉じた褶曲が発達し、褶曲軸面へき開として層理面と斜交したスレートへき開が観察される。スレートへき開は東北東から西北西の走向をもち、北へ10 - 70° 傾斜することが多い。スレートへき開形成後には波長200 μm - 10 cmの緩やかな褶曲が形成され、この褶曲軸面へき開としてちりめんじわへき開が発達している。岡山県の鏡野地域には、智頭層の南西延長に当たると考えられる地層が分布する (Otoh, 1987)。この地層は主に泥質岩、砂質岩、泥質の基質をもつスランプ礫岩およびチャートからなる地層である。泥質岩中には層理面と斜交したスレートへき開と、スレートへき開を曲げるちりめんじわへき開が観察される。明延地域に分布する舞鶴層群では、泥質岩層や砂質岩層が波長数10 mの閉じた褶曲をつくり、この褶曲軸面へき開としてスレートへき開が発達している。スレートへき開の一般走向は北東 - 南西であるが、後の褶曲のために場所により北西 - 南東方向を向く所もある。スレートへき開の傾斜は40° - 70° NWであることが多い。顕微鏡下では、泥質岩中にcleavage domains (Durney and Kisch, 1994) の平行配列と共に、イライト・緑泥石などの板状鉱物の平行配列が観察される。鳥取県若桜地域にはジュラ系の智頭層と角谷層とが分布する (早坂, 1987; Otoh, 1987)。両層は主にスランプ礫岩からなり、智頭層中にはチャート層がみられる。スランプ礫岩は泥質の基質と砂岩、チャートのクラストから構成される。基質部ではイライト、緑泥石の平行配列で特徴づけられるスレートへき開が発達する (Oho and Hirayama, 1991b)。また、スレートへき開を曲げるゆるやかな褶曲に伴ってちりめんじわへき開が形成されている。なお、以上の地層にみられるちりめんじわへき開では、それに平行で新しく再結晶した板状鉱物は観察されなかった。

以下、各試料の顕微鏡下の観察結果について記載する。

三隅地域

8992902：泥質の基質をもち、楕円状の粒子から構成される。楕円状の粒子は幅20 - 100 μm 、長さ50 - 300 μm の大きさをもち、スレートへき開の方向に長軸を向けているものが多い。板状鉱物の平行配列は顕著であり、時には50 μm の大きさを持つ白雲母も観察される。大きな石英粒子に隣接するpressure shadowでは石英や白雲母が再結晶している。スレートへき開を曲げるちりめんじわへき開がみられる (図 2.a, 2.b)。

9032205：泥質の基質をもち、楕円状の粒子 (幅20 - 40 μm 、長さ30 - 100 μm) から構成される。板状鉱物は数 μm から50 μm の大きさをもち、平行配列している。この試料ではchlorite-mica stacksが観察され、その長軸はスレートへき開方向に伸びたものが多い (図 2.c, 2.d)。

鏡野地域

8741306：泥質の基質と20 - 70 μm の大きさをもつ粒子から構成される。数 μm の大きさをもつ板状鉱物は顕著に平行配列している。スレートへき開とは斜交してちりめんじわへき開が観察される (図 2.e, 2.f)。

9080701：泥質な部分の中に粗粒な部分 (大きさ250 - 500 μm) が混じっている。泥質な部分では泥質の基質の中に30 - 50 μm の粒子が存在する。スレートへき開の方向には数 μm から10 μm の大きさをもつ板状鉱物がよく平行配列している。粗粒な部分では板状鉱物の平行配列は顕著ではないが、cleavage domainsの平行配列が観察されることがある (図 2.g, 2.h)。

明延地域

9040407：20 - 50 μm の粒子と泥質な基質から構成される。Cleavage domainsで示されるスレートへき開は層理面とは斜交して発達する。Cleavage domainsと平行に板状鉱物 (大きさ2 - 3 μm) は平行配列をしているが、その程度はやや弱い (図 3.a, 3.b)。

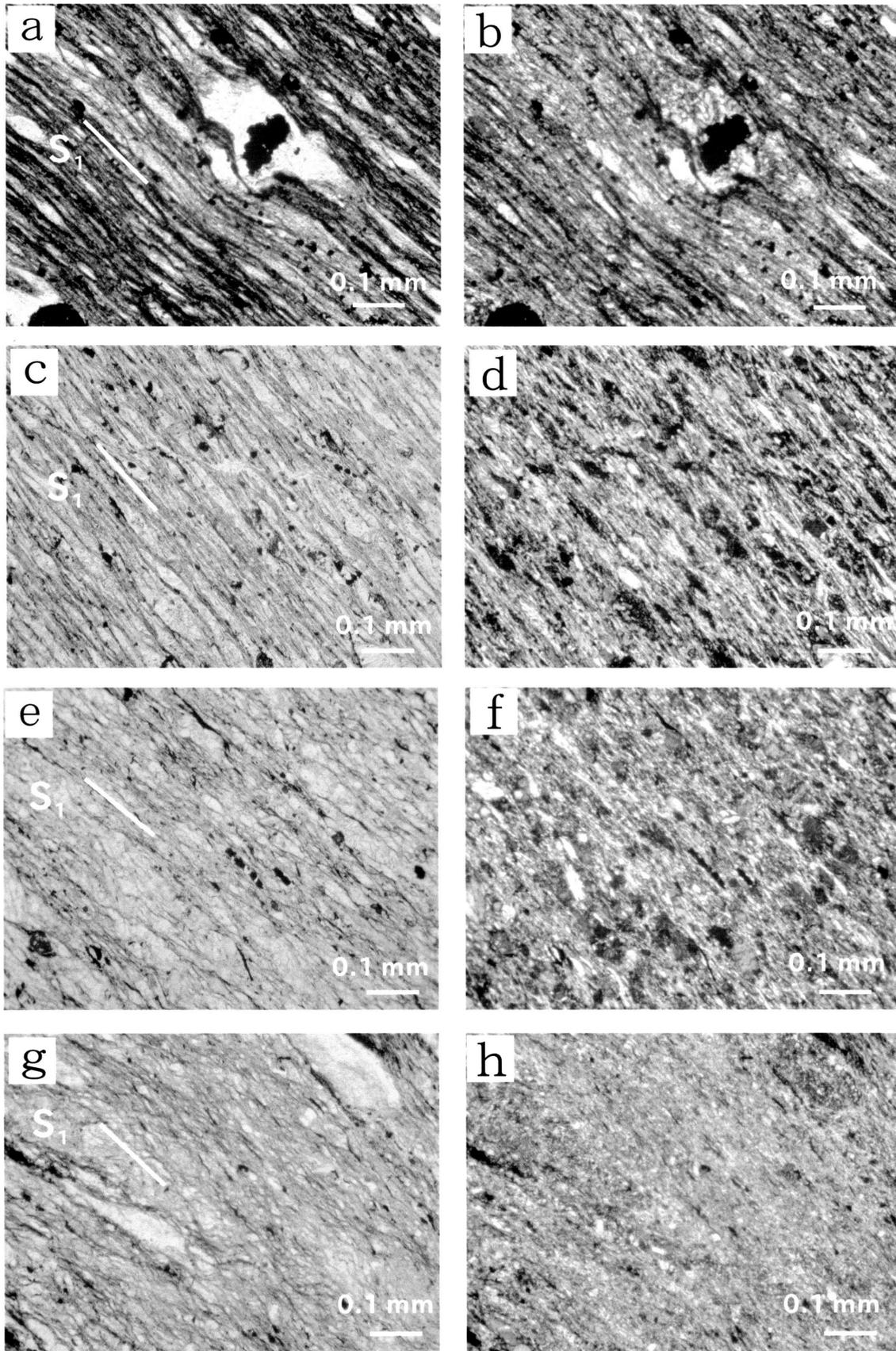


図2. 三隅，鏡野地域における試料の顕微鏡写真。S₁はスレートへき開の方向を示す。
 a, b : 8992902 ; c, d : 9032205 ; e, f : 8741306 ; g, h : 9080701 ; a, c, e, f :
 平行ニコル ; b, d, f, h : 直交ニコル

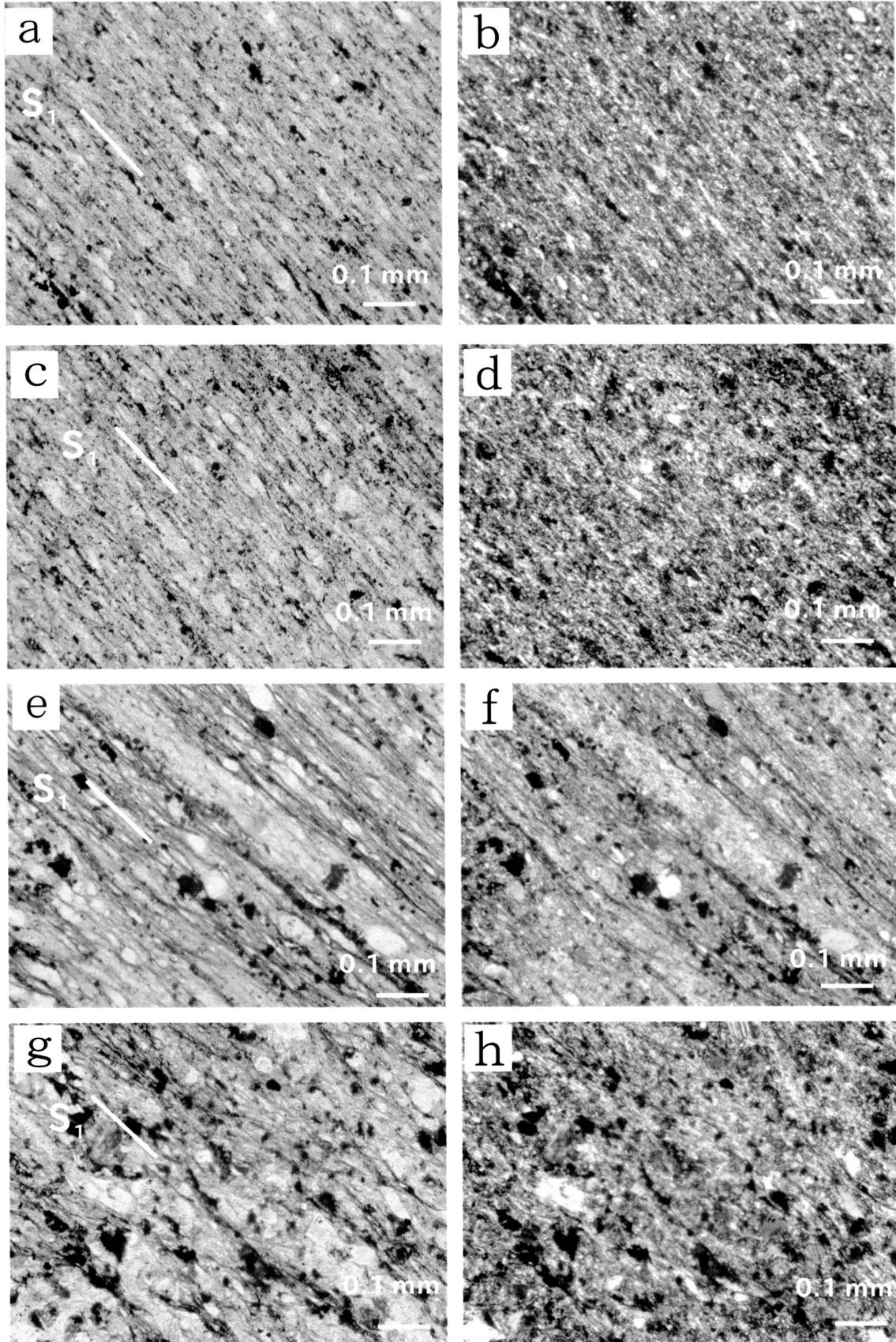


図3. 明延, 若桜地域における試料の顕微鏡写真. S_1 はスレートへき開の方向を示す
 a, b : 9040407 ; c, d : 9051507 ; e, f : 89Y0506 ; g, h : 9072401 ; a, c, e, f :
 平行ニコル ; b, d, f, h : 直交ニコル

9051507: 泥質の基質をもち、30 - 50 μm の粒子から構成される。数 μm から10 μm の大きさをもつ板状鉱物の平行配列が顕著である。Cleavage domainsに沿って、不透明鉱物(大きさ10 - 50 μm)が並んで観察される。なお、大きな粒子に隣接したpressure shadowには、再結晶している白雲母が観察される(図3.c, 3.d)。

若桜地域

89Y0506: 泥質な部分に粗粒な部分(大きさ1.5 - 5 mm)が混じっている。泥質な部分では、50 - 100 μm の大きさをもつ粒子が存在し、板状鉱物の平行配列は顕著である(図3.e, 3.f)。

9072401: 泥質な部分に粗粒部分(大きさ0.5 - 1.5 mm)が混じっている。泥質な部分では30 - 100 μm の粒子があり、板状鉱物(大きさ数 μm - 10 μm)は網目状に平行配列している。30 - 100 μm の大きさをもつ不透明鉱物がcleavage domainsに沿って並んでいるのがよく観察される(図3.g, 3.h)。

3. 放射年代

放射年代の測定はテレダイン・アイソトープ社に依頼し、Dalrymple and Lanphere (1969)に従ってK-Ar全岩年代を求め、キャリブレーションはFlish (1982)によった。測定値および定数は表1に示すとおりであり、年代は次の式によって求めた。

$$T = 1804.08 \times \log e \left[\left(\frac{{}^{40}\text{Ar}^*}{K} \times 0.1426 \right) + 1 \right]$$

ここで、 T は放射年代(百万年)、 K はカリウムの重量%、 ${}^{40}\text{Ar}^*$ は 10^{-5} scc/gである。

得られた値は、三隅地域の三隅層群で 154 ± 8 Ma, 168 ± 8 Ma, 鏡野地域の智頭層相当層で 177 ± 9 Ma, 191 ± 10 Ma, 明延地域の舞鶴層群で 182 ± 7 Ma, 143 ± 7 Ma, 若桜地域の角谷層で 171 ± 9 Ma, 142 ± 7 Ma, である(図4, 表1)。

4. 考察とまとめ

スレートのような変成度の低い岩石についてのK-Ar年代については、砕屑性の雲母の影響などの問題があげられているが、ほぼスレートへき開形成に伴う再結晶の時期を示すことが知られている(例えば, Harper, 1964; Adams et al, 1975)。ここで得られた放射年代は全岩年代であり、白雲母を分離して得られたものではないのでその精度はやや劣るが、柴田・西村(1989)が智頭地帯の三郡変成岩で報告した170 - 190 Maの値とほぼ同じ年代を示している。ただ、この年代より若い値を示すものが三隅層群、舞鶴層群および角谷層でそれぞれ1試料みられる。これが花崗岩による熱的影響で若返りを示しているか否かについては現在のところ分からない。多くの試料が示す170 - 190 Maは、恐らく低度変成岩にみられるスレートへき開形成に伴う白雲母の再結晶の時期を示すものと推定される。ところで、岩石の微小構造についてみると、三郡変成岩では3種類の面構造(片理と2方向のちりめんじわへき開)がみられるのに対して、低度変成岩では2種類の面構造(スレートへき開とちりめんじわへき開)が発達し、スレートへき開に平行にイライトや緑泥石などの板状鉱物が再結

Sample No.	Group or Formation	Age (Ma)	${}^{40}\text{Ar}$ radiogenic (10^{-5} scc/g)	Radiogenic Argon (%)	K (wt.%)
8992902	Misumi Gp.	168 ± 8	2.56	96.9	3.78
9032205	Misumi Gp.	154 ± 8	2.08	97.7	3.31
8741306	Chizu Fm.	177 ± 9	2.36	94.7	3.27
9080701	Chizu Fm.	191 ± 10	2.02	95.0	2.58
9040407	Maizuru Gp.	143 ± 7	1.27	94.9	2.20
9051507	Maizuru Gp.	182 ± 9	2.43	96.5	3.26
89Y0506	Tsunotani Fm.	142 ± 7	1.64	96.1	2.85
9072401	Tsunotani Fm.	171 ± 9	2.54	96.4	3.65

$$\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} / \text{year}; \lambda_{\epsilon} = 0.581 \times 10^{-10} / \text{year}; 40\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-2} \text{ atom\%}$$

表1 低度変成岩のK-Ar放射年代測定値

晶している。また、三郡変成岩中にみられるちりめんじわへき開のうち、最初に形成されたものに沿っては片理と斜交した白雲母の配列がみられる(Oho, 1988, 1989)。これらのことから、柴田・西村(1989)が報告した三郡変成岩についての170 - 190Maの放射年代は三郡変成作用の時期を示すものではなく、スレートへき開を形成する板状鉱物

の再結晶の時期を示す可能性が高い。即ち、三郡変成岩は変成作用の後、さらに再結晶作用を伴う変形を受けており、この影響によって放射年代の若返りが起きていると考えられる。今後、三郡変成岩の放射年代を詳細に調べるためには、170 - 190Maの変形の影響を十分に考慮する必要がある。

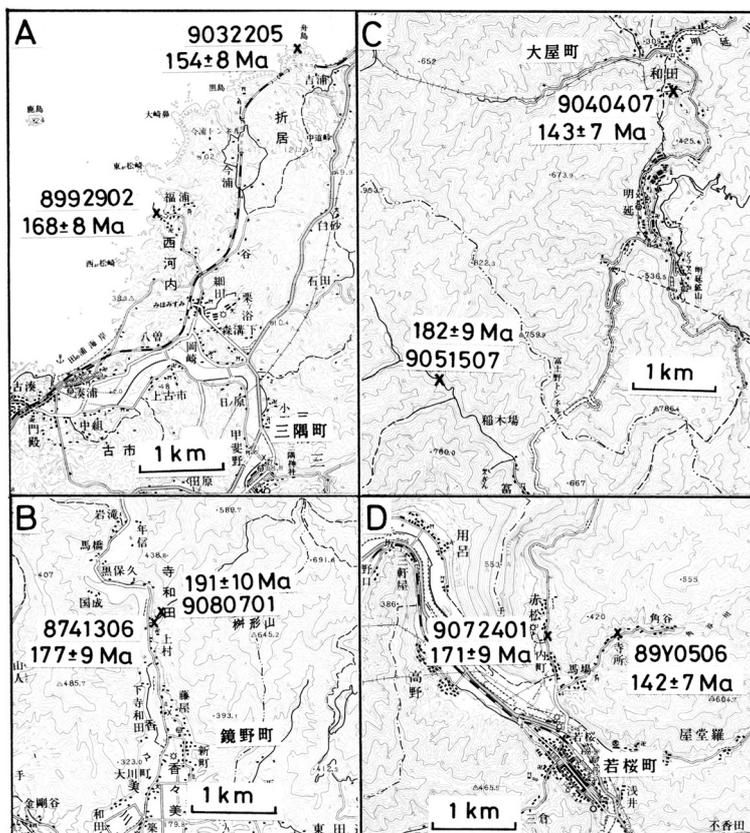


図4. 測定試料の位置図。

A : 三隅地域, B : 鏡野地域, C : 明延地域, D : 若桜地域. 地形図は国土地理院発行, 5万分の1地形図「益田」, 「津山西部」, 「大屋市場」, 「若桜」の一部を使用

5. 文献

- Adams, C. J. D., Harper, C.T. and Laird, M.G., 1975, K-Ar ages of low grade metasediments of the Greenland and Waiuta Groups in Westland and Buller, New Zealand. *N. Z. Journal of Geology and Geophysics*, 18, 39-48.
- Dalrymple, G.B. and Lanphere, M. A., 1969, Potassium-argon dating: principles, techniques, and applications to geochronology. W. H. Freeman and Co., 258 pp, San Francisco.
- Durney, D. W. and Kisch, H. J., 1994, A field classification and intensity scale for first-generation cleavages. *Jour. Aust. Geol. Geophys.*, 15, 257-295.
- Flish, M., 1982, Potassium-argon analysis, in Odin, G. S. ed., *Numerical Dating in Stratigraphy*. John Wiley and Sons, Ltd. New York.
- Harper, C. T., 1964, Potassium-argon ages of slates and their geological significance. *Nature*, 203, 468-470.
- 早坂康隆, 1987, 西南日本内帯西部地域における中・古生代造構作用の研究. *広島大地研報*, no. 27, 119-204.
- 平山恭之, 於保幸正, 1990, 徳山市須万地域における三郡変成岩の重複変形. *地質学雑誌*, 96, 903-913.
- Hirayama, Y., 1992, Deformational differences and geologic reraltion between the Sangun metamorphic rocks (Tsuno Group) and the low-grade metamorphic Permian rocks (Nishiki group) in the Suma area, Tokuyama City, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 98, 1009-1030.
- Oho, Y., 1988, Multiple deformations of the Sangun metamorphic rocks in the Asahi area, Okayama Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 94, 411-417.
- Oho, Y., 1989, Superimposed folds of the Sangun metamorphic rocks in the Ochiai-Asahi area, Okayama Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 95, 541-551.
- Oho, Y., Hirayama, Y., 1991a, Deformation features of the Misumi Group ("Sangun metamorphic rocks") in the Misumi area, Shimane Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 97, 791-797.
- Oho, Y., Hirayama, Y., 1991b, Microstructural difference between the Sangun metamorphic rocks and the Jurassic rocks in the Wakasa area, Tottori Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 97, 1001-1004.
- Oho, Y., 1993, Deformational structures of the Sangun metamorphic rocks in the Kurume-Joyou area, Fukuoka Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 99, 195-203.
- Oho, Y., Hirayama, Y., 1994, Deformational features of the Sangun metamorphic rocks in the Tokuyama area, Yamaguchi Prefecture, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 99, 195-203.
- Otoh, S., 1987, Late Paleozoic tectonic development in the northern part of the Chichibu geosyncline in the East Chugoku Mountains, Southwest Japan. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II*, 21, 379-415.
- 柴田 賢・西村祐二郎, 1989, 三郡変成岩の同位体年代. *地質学論集*, no. 33, 317-341.