

## 中国山地, 大佐山産ローソン石青色片岩中のスティルプノメレンK-Ar年代測定: 予報

辻森 樹<sup>1,\*</sup>・板谷徹丸<sup>1</sup>・岡田利典<sup>2</sup>

平成14年10月31日受理

## Stilpnomelane K-Ar age dating for the lawsonite blueschist from the Osayama serpentinite melange in Chugoku Mountains, Southwest Japan: A preliminary report

Tatsuki TSUJIMORI<sup>1,\*</sup>, Tetsumaru ITAYA<sup>1</sup> and Toshinori OKADA<sup>2</sup>

## Abstract

K-Ar age determination was made on stilpnomelane of the late Paleozoic lawsonite-blueschist from the Osayama serpentinite melange, Southwest Japan. The stilpnomelane K-Ar age is  $92.0 \pm 2.1$  Ma ( $K = 1.09 \pm 0.02$  wt.%) absolutely younger than phengite K-Ar ages (ca. 320 Ma) of the Osayama blueschists. This young age may be explained by partial Ar loss from stilpnomelane in original rocks of 320 Ma during the oxidation from ferrostilpnomelane to ferristilpnomelane.

**Key words:** stilpnomelane; K-Ar; lawsonite-blueschist; Osayama serpentinite melange

## はじめに

スティルプノメレン族鉱物はバンペリー石-アクチノ閃石相・緑色片岩相・青色片岩相程度の低温の広域変成岩, 特に全岩のFe/(Fe+Mg)比が高い変成岩に普遍的に産し, カリウムを含む造岩鉱物である(例えば, Hashimoto, 1969; Brown, 1971; Miyano and Klein, 1989; Currie and Van Stall, 1999; Li et al., 2000). スティルプノメレン族鉱物には,  $Fe^{2+}$ に富むferrostilpnomelane  $[(K, Na, Ca)_4(Fe^{2+}, Mg, Mn, Zn)_{48}(Si, Al)_{72}(OH, O)_{216} \cdot nH_2O]$ ,  $Fe^{3+}$ に富むferristilpnomelane  $[(K, Na)_x(Fe^{3+}, Mg, Fe^{2+})_{48}(Si, Al)_{72}(O, OH)_{216} \cdot nH_2O]$ , Mgに富むlennilenaite  $[K_{6-7}(Mg, Mn, Fe, Zn)_{48}(Si, Al)_{72}(O, OH)_{216} \cdot 16H_2O]$ , Mnに富むfranklinphillite  $[(K, Na)_4(Mn^{2+}, Mg, Zn)_{48}(Si, Al)_{72}(O, OH)_{216} \cdot \sim 10H_2O]$ の4つの鉱物種が知られている(例えば, Dunn et al., 1984; 1993). いずれも八面体層が変調四面体層によって区切られた変調2:1構造をもつ層状珪酸塩鉱物である(Guggenheim and Eggleton, 1987). 一方, Eggleton and Chappell (1978)はスティルプノメレンに対して $K_{0.6}(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+})_6Si_8Al(OH, O)_{27} \cdot 2 \cdot 4H_2O$ の構造式を提案している. 通常1~4wt.%程度の $K_2O$ を含み, K-Ar法が適用可能な造岩鉱物の1つである. しかし, 閉止温度についての理解が乏しく, 酸化(フェロスティルプノメレンのフェリスティルプノメレン化)によるカリウムの溶脱などの問題があり, K-Ar法による年代測定がほとんど適用されてこなかっ

た. 今回, 中国山地の大佐山蛇紋岩メランジュ産ローソン石青色片岩の1試料からスティルプノメレンを分離し, K-Ar年代測定を試みた. その結果青色片岩類のフェンジャイトの古生代後期のK-Ar年代より著しく若い白亜紀後期の年代が得られた. 本論では, 得られたスティルプノメレンK-Ar年代の地質学的解釈について予察的に議論する.

## 地質概説

大佐山蛇紋岩メランジュ(辻森, 1998)は, 中国山地中央部の大江山帯の超マフィック岩体群の1つ大佐山岩体の構造的低位を占める蛇紋岩メランジュユニットである(Fig. 1). この蛇紋岩メランジュユニットは, 大江山帯の中程度に枯渇した溶け残りかんらん岩を起源とする蛇紋岩をマトリクスに蓮華帯の青色片岩類のブロックを含む(Fig. 2). 青色片岩類はマフィック片岩の鉱物組み合わせを基準にローソン石-バンペリー石帯と緑れん石帯に区分され, いずれも約320 MaのフェンジャイトK-Ar年代を示す(Tsujimori and Itaya, 1999). 蛇紋岩メランジュユニットはその構造的上位の塊状のかんらん岩ユニット(大佐山超マフィック岩体)とともに周防帯の緑色片岩類の構造的上位を占める. 塊状のかんらん岩ユニットの大部分は西部に貫入する白亜紀後期の花崗岩類の接触変成作用によって著しく再結晶し(Nozaka and Shibata, 1995), 蛇紋岩メランジュユニット西部にも部分的に接触変成の影響が

<sup>1</sup>岡山理科大学自然科学研究所 〒700-0005 岡山市理大町1-1  
Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, Okayama 700-0005, Japan

<sup>2</sup>海洋科学技術センター 〒237-0061 横須賀市夏島町2-15・IFREE  
IFREE, Japan Marine Science & Technology Center, Yokosuka 237-0061, Japan

\* e-mail: tatsukix@rins.ous.ac.jp

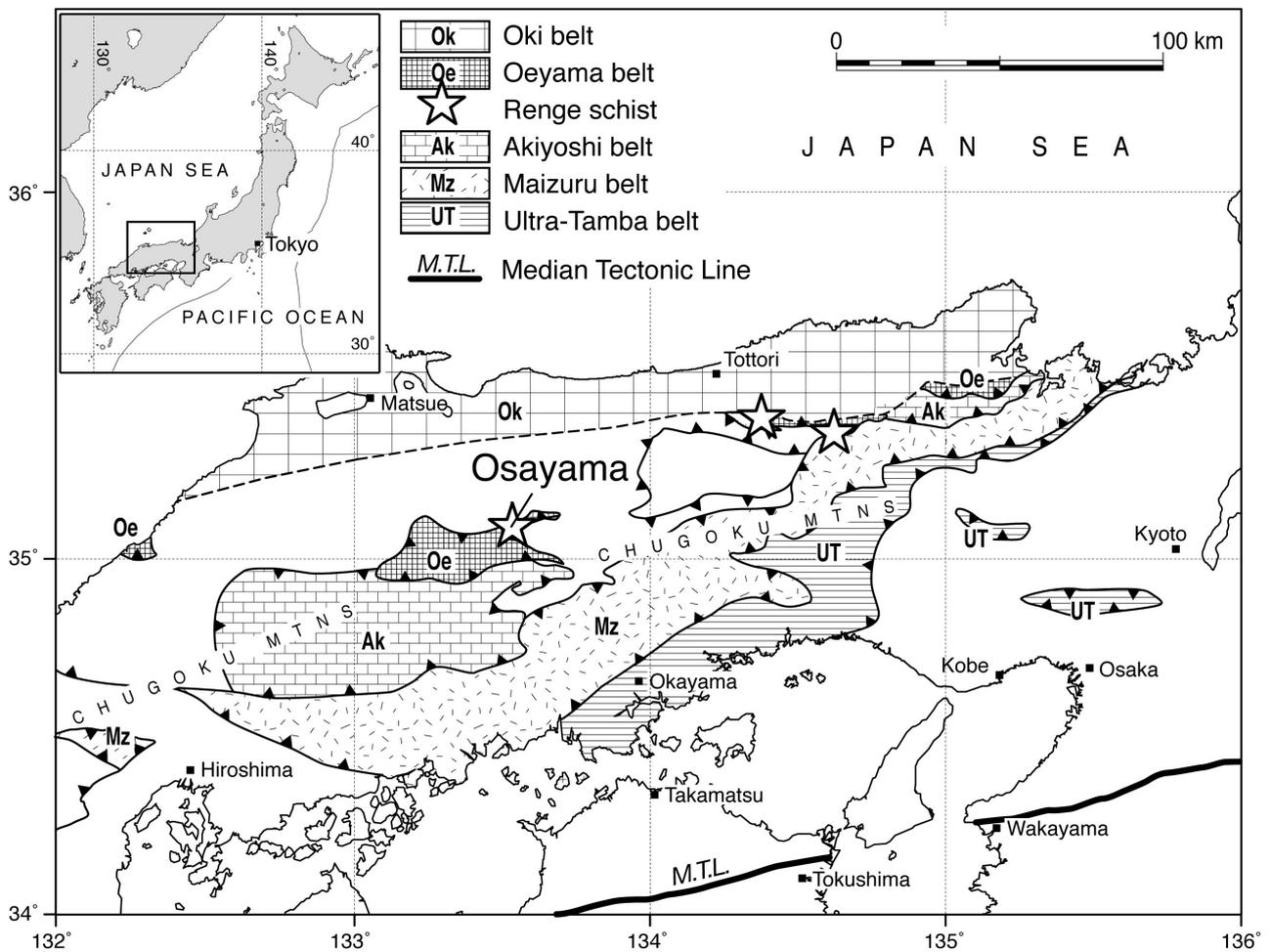


Fig. 1. Simplified map of the Chugoku Mountains, showing various petrotectonic units and the locality of the Osayama Mtn.

認められる。蛇紋岩メランジュユニットは下部ジュラ系山奥層（小西，1954）の非海性～浅海性砂岩頁岩互層と高角度の断層で接し，白亜紀前期の関門層群相当相の京見山礫岩が部分的に蛇紋岩メランジュユニットを被覆する。

#### K-Ar年代測定

年代測定用試料は蛇紋岩メランジュユニットの東部に産するローソン石-パンベリー石帯のスティルブノメレンを含むマフィック片岩（177-S）である（Fig. 2）。やや面構造の発達した細粒のローソン石青色片岩で，主としてローソン石，石英，フェロ藍閃石，パンベリー石，少量のアルバイト，チタナイトを含む。スティルブノメレンは淡黄色～淡橙（X），濃橙～濃褐色（Y=Z）の多色性を示すフェリスティルブノメレンである。スティルブノメレンは板状で，面構造とは無関係にランダムに配列し，放射状の集合体として産することが多いが，しばしばパンベリー石を密接に伴う。

岩石試料はジョウクラッシャー及びハンマーを用いて粉碎した後，使い捨てナイロンメッシュで150～200#フラクシヨ

ンをふるい分けた。アイソダイナミック・セパレーターとハンド・ピッキングの方法でスティルブノメレン（150～200#）を分離濃集した。スティルブノメレン濃集試料を希塩酸処理し，その後，約80℃に加熱した蒸留水を用いて十分な洗浄を行った。

カリウムの定量分析は岡山理科大学自然科学研究所の原子吸光分析装置を用い，測定時に共存元素の干渉を制御するため2000 ppmのCsを用いた。試料は2回分析し，その平均値を年代計算に用いた。アルゴンの測定には岡山理科大学自然科学研究所のAr専用質量分析計（HIRU）を用い， $^{38}\text{Ar}$ スパイクによる同位体希釈法で定量した。年代計算にはSteiger and Jager (1977)の壊変定数と $^{40}\text{K}/\text{K}$ 比（ $\lambda_{\beta}=4.962 \times 10^{-10}/\text{y}$ ， $\lambda_{\epsilon}=0.581 \times 10^{-10}/\text{y}$ ， $^{40}\text{K}/\text{K}=0.01167 \text{ atom\%}$ ）を用いた。カリウム及びアルゴンの各定量分析と年代計算の詳細は，いずれも長尾ほか（1984），長尾・板谷（1988），Itaya et al. (1991)に従った。年代誤差は2 $\sigma$ である。測定結果をTable 1に示す。カリウム含有量 $1.09 \pm 0.02 \text{ wt.}\%$ ，放射性アルゴン $398 \pm 5 \times 10^{-8} \text{ ccSTP/g}$ ，K-Ar年代 $92.0 \pm 2.1 \text{ Ma}$ （大気混入率18.5%）である。

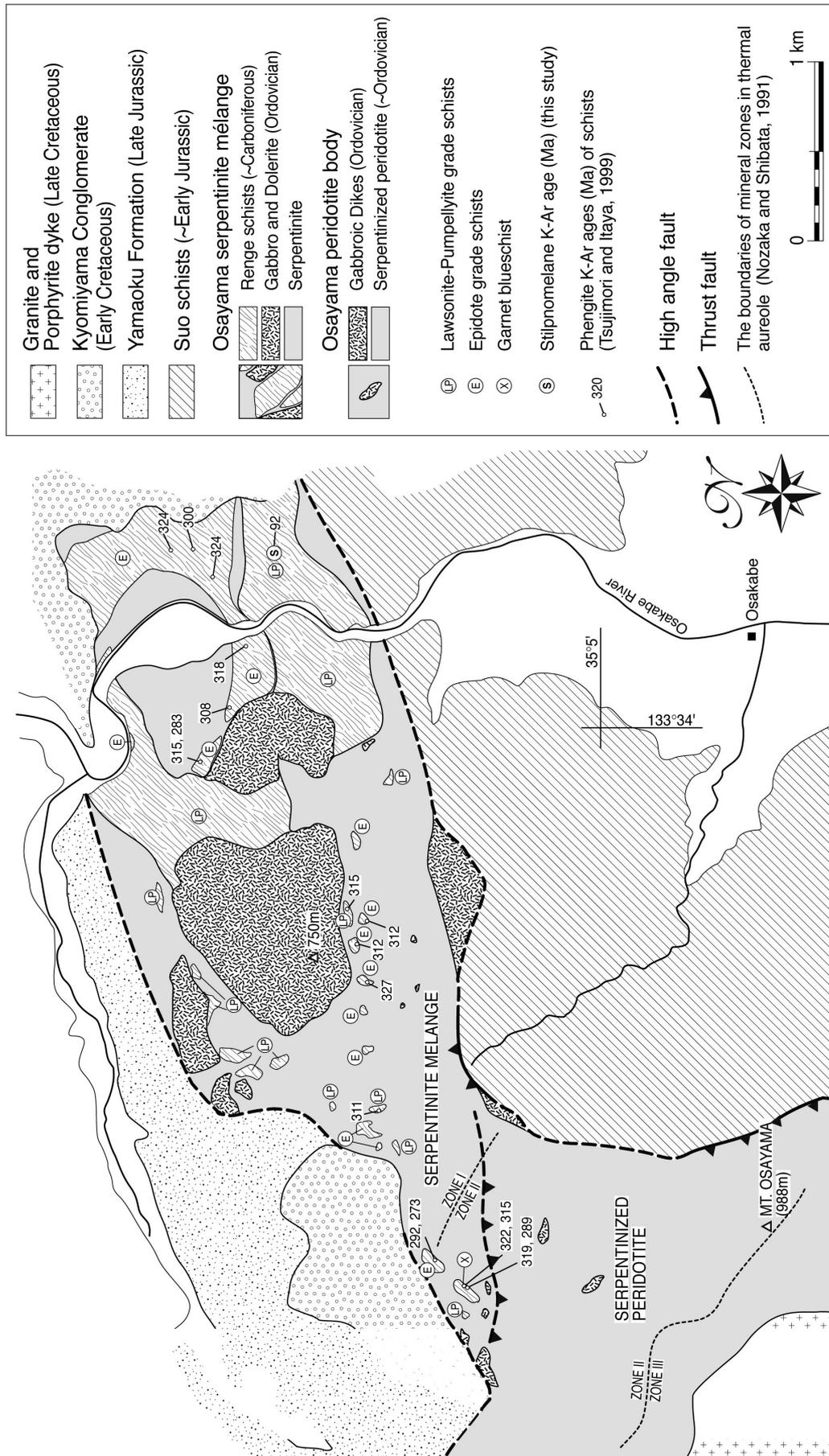


Fig. 2. Geologic map of the Osayama serpentinite mélangé (after Tsujiyori, 1998). Location of the sample dated is shown as a symbol S with the age of 92Ma.

Sample	K (wt.%)	Rad. <sup>40</sup> Ar (10 <sup>-8</sup> cc STP/g)	Non rad. Ar (%)	Age (Ma)
177-S	1.09 ± 0.02	398 ± 5	18.5	92.0 ± 2.1

Table 1. Stilpnomelane K-Ar age of a lawsonite blueschist (177-S) from the Osayama serpentinite melange.

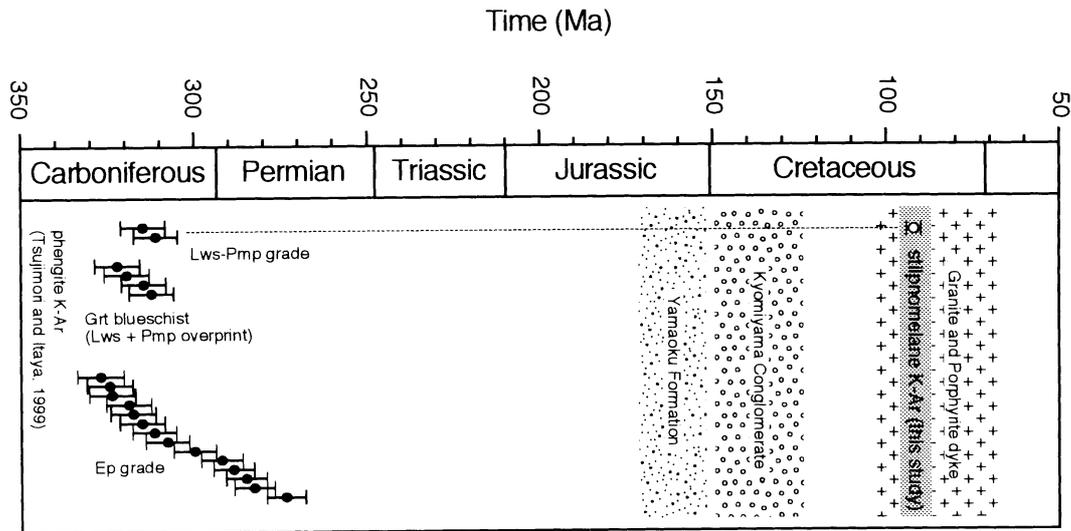


Fig. 3. Compilation of K-Ar age data associated with the Osayama blueschists. Geologic events at the Osayama area are also illustrated.

### 議論と結論

スティルプノメレンK-Ar年代の地質学的な意義を考察するため、得られた年代値を他の青色片岩類のフェンジャイトK-Ar年代 (Tsuji-mori and Itaya, 1999) と共にFig. 3に示した。また、大佐山地域における中生代の堆積岩層の堆積年代と花崗岩類の貫入年代のタイミングについても同図に示した。現時点で、スティルプノメレンK-Ar年代について次の4つの可能性が考えられる。(1) 花崗岩類の貫入による熱影響の時期；(2) 青色片岩中にスティルプノメレンが結晶した時期；(3) 青色片岩類の最終的な上昇時期；(4) スティルプノメレンの酸化及びカリウム溶脱の時期。

今回得られたスティルプノメレンK-Ar年代は中国山地中央部における花崗岩類の貫入年代とほぼ一致する。しかしながら、年代測定に用いた試料には花崗岩類による熱変成の影響は記載岩石学的には全く認められない。蛇紋岩に関連した交代作用により、しばしばスティルプノメレンが濃集した交代岩の形成が知られている (例えば、Feininger, 1984)。大佐山蛇紋岩メランジュでは青色片岩類は蛇紋岩に密接に伴うものの、スティルプノメレンはフェロ藍閃石 ( $X_{Mg} < 0.5$ ) を含むローソン石-パンペリー石帯及び緑れん石帯の青色片岩類に認められる (例えば、Tsuji-mori, 2001)。これはスティルプノメレ

ンの出現が全岩組成を反映していることを示唆し (スティルプノメレンは全岩Fe/(Fe+Mg)比が高い岩石に出現し易い)、蛇紋岩に関連した交代作用によって青色片岩類中にスティルプノメレンが形成したとは考えにくい。年代測定に用いた試料も含めて大佐山の青色片岩類に産するスティルプノメレンは面構造とは無関係に配列する場合が多く、スティルプノメレンは岩石の主変形後に形成したと考えられる。しかし、パンペリー石などを伴うことからその形成時期は蓮華変成作用の時期のイベントと考えられる。大佐山地域の白亜紀前期の礫岩層には超マフィック岩礫や結晶片岩礫が含まれる。つまり、少なくとも白亜紀前期には蓮華帯の結晶片岩は超マフィック岩とともに地表に露出し剝削されていた。もし、スティルプノメレンの閉止温度がフェンジャイト (白雲母) の約350~400℃より著しく低い場合、剝削による青色片岩類を含んだ蛇紋岩メランジュユニットの最終的な上昇の時期を記憶している可能性がある。スティルプノメレンの酸化変質によるカリウムの溶脱は一般的な現象としてよく知られている (例えば、Brown, 1971; Graham, 1976; Craw, 1981)。実際に、今回年代測定したスティルプノメレンについてもカリウムの溶脱の可能性はある。地表浅い部分では風化によるスティルプノメレンの酸化が促進され、カリウムの溶脱が普通に起こるかもしれない。このカリウムの溶脱に伴い結晶構造中からカリウ

ムと共に放射起源のアルゴン40が失われる可能性がある。今後、スティルプノメレンの閉止温度を決定するためのアルゴンの脱ガス実験と、スティルプノメレンの酸化に伴うカリウムの溶脱現象の定量的な検討が必要である。

### 謝 辞

本研究の遂行には筆頭著者の日本学術振興会特別研究員研究奨励費を使用した。

### 文 献

- Brown, E.H., 1971. Phase relations of biotite and stilpnomelane in the greenschist facies. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **31**, 275-299.
- Currie, K.L. and Van Stall, C.R., 1999. The assemblage stilpnomelane-chlorite-phengitic mica: a geothermobarometer for blueschist and associated greenschist terranes. *Journal of Metamorphic Geology*, **17**, 613-620.
- Craw, D., 1981. Oxidation and microprobe induced potassium mobility in iron-bearing phyllosilicates from the Otago Schists, New Zealand. *Lithos*, **14**, 49-57.
- Dunn, P.J., Peacor, D.R. and Simmons, W.B., 1984. Lennilapeite, the Mg-analogue of stilpnomelane, and chemical data on other stilpnomelanes species from Franklin, New Jersey. *Canadian Mineralogist*, **22**, 2590-263.
- Dunn, P.J., Peacor, D.R. and Su, S.-C., 1992. Franklinphillite, the manganese analog of stilpnomelane, from Franklin, New Jersey. *Mineralogical Record*, **23**, 465-468.
- Feininger, T., 1984. Stilpnomelane in metasomatic rocks associated with steatite and in regional schists, Quebec Appalachians. *Canadian Mineralogist*, **22**, 423-435.
- Graham, C.M., 1976. A note on some Dalradian stilpnomelanes and their oxidation. *Mineralogical Magazine*, **40**, 467-472.
- Guggenheim, S. and Eggleton, R.A., 1987. Modulated 2:1 layer silicates: review, systematics and predictions. *American Mineralogist*, **72**, 724-738.
- Hashimoto, M., 1969. A note on stilpnomelane mineralogy. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **23**, 86-88.
- Itaya, T., Nagao, K., Inoue, K., Honjyou, Y., Okada, T. and Ogata, A., 1991. Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineralogical Journal*, **15**, 203-221.
- 小西健二, 1954. 山奥層 (岡山県北部のジュラ紀層). 地質学雑誌, **60**, 325-332.
- Li, G, Essene, E.J, Peacor, D.R and Coombs, D.S., 2000. Reactions leading to the formation and breakdown of stilpnomelane in the Otago Schist, New Zealand. *Journal of Metamorphic Geology*, **18**, 383-407.
- Miyano, T. and Klein, C., 1989. Phase equilibria in the system K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> and the stability limit of stilpnomelane in metamorphosed Precambrian iron-formation. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **102**, 478-491.
- 長尾敬介・板谷徹丸, 1988. K-Ar法による年代測定. 地質学論集, **29**, 5-21.
- 長尾敬介・西戸祐嗣・板谷徹丸・緒方惟一, 1984. K-Ar法による年代測定. 岡山理大蒜山研報, **9**, 19-38.
- Nozaka, T. and Shibata, T., 1995. Mineral paragenesis in thermally metamorphosed serpentinites, Ohsa-yama, Okayama Prefecture. *Earth Science Report of Okayama University*, **2**, 1-12.
- Steiger, R. and Jager, E., 1977. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letter*, **36**, 359-362.
- 辻森 樹, 1998. 中国山地中央部, 大佐山蛇紋岩メランジュの地質: 大江山オフィオライトの下に発達した320Ma青色片岩を含む蛇紋岩メランジュ. 地質学雑誌, **104**, 213-231.
- Tsujimori, T., 2001. Database on rock-forming minerals (1): Na amphibole from Renghe schist at Osayama, Wakasa, Oya, Hakogase and Omi areas, SW Japan. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science*, **27**, 37-92.
- Tsujimori, T. and Itaya, T., 1999. Blueschist-facies metamorphism during Paleozoic orogeny in southwestern Japan: phengite K-Ar ages of blueschist-facies tectonic blocks in a serpentinite mélange beneath Early Paleozoic Oeyama ophiolite. *The Island Arc*, **8**, 190-205.