

紀伊半島東部, 三重県多気郡大台地域における 三波川帯-秩父帯境界

青矢睦月^{1,*}

Mutsuki Aoya(2010) Boundary between the Sambagawa and Chichibu belts in the Odai area, Mie Prefecture, eastern Kii Peninsula, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 61 (5/6), p. 195-202, 6 figs.

Abstract: The Sambagawa and Chichibu pelitic rocks are in direct contact in Kohtaki outcrop, which has been found out in field studies carried out in the Odai area, eastern Kii Peninsula. In the Kohtaki outcrop, it is suggested that difference in degree of metamorphic recrystallization between the two lithologies can be recognized by naked eyes, i.e. the Sambagawa pelitic phyllite is more highly recrystallized than the Chichibu pelitic mixed rock. In addition to this observation, overall difference in their constituent protolith was used to determine the boundary between the Sambagawa and Chichibu belts. The result suggests that the pelitic mixed rock in the Chichibu belt overlies pelitic phyllite in the Sambagawa belt with a moderately south dipping tectonic boundary, in contradiction with a previous study. It is also discussed that the juxtaposition of the two belts already completed by the end of the Sambagawa main deformation stage, Ds, which is associated with regional-scale E-W stretching. The Kohtaki outcrop likely preserves original structural relationships between the Sambagawa and Chichibu belts.

Keywords: field study, Sambagawa belt, Chichibu belt, tectonic boundary, degree of recrystallization, Odai area

要 旨

紀伊半島東部, 三重県多気郡の大台地域において三波川帯と秩父帯の境界部の野外調査を行った。この調査で三波川帯の泥質岩(泥質千枚岩)と秩父帯の泥質岩(泥質混在岩)が直接する露頭(神滝露頭)が見出され, 泥質千枚岩が泥質混在岩よりも高い結晶化度を示すことが肉眼観察から示唆された。このような泥質岩の見かけ結晶化度の差に加え, 大局的な原岩組み合わせの相違をも用いて三波川帯-秩父帯境界を決定した結果, 従来の見解と異なり, 秩父帯泥質混在岩は南傾斜の構造境界面を介して三波川帯泥質千枚岩の上位に位置することが示唆された。また神滝露頭での変形構造観察から, 両帯の定置は, 東西伸長を伴う三波川帯の主変形期, Ds 期の最終期に既に完了していたことが推論された。神滝露頭は三波川帯と秩父帯の初生的な構造関係を保存した露頭であろうと推察される。

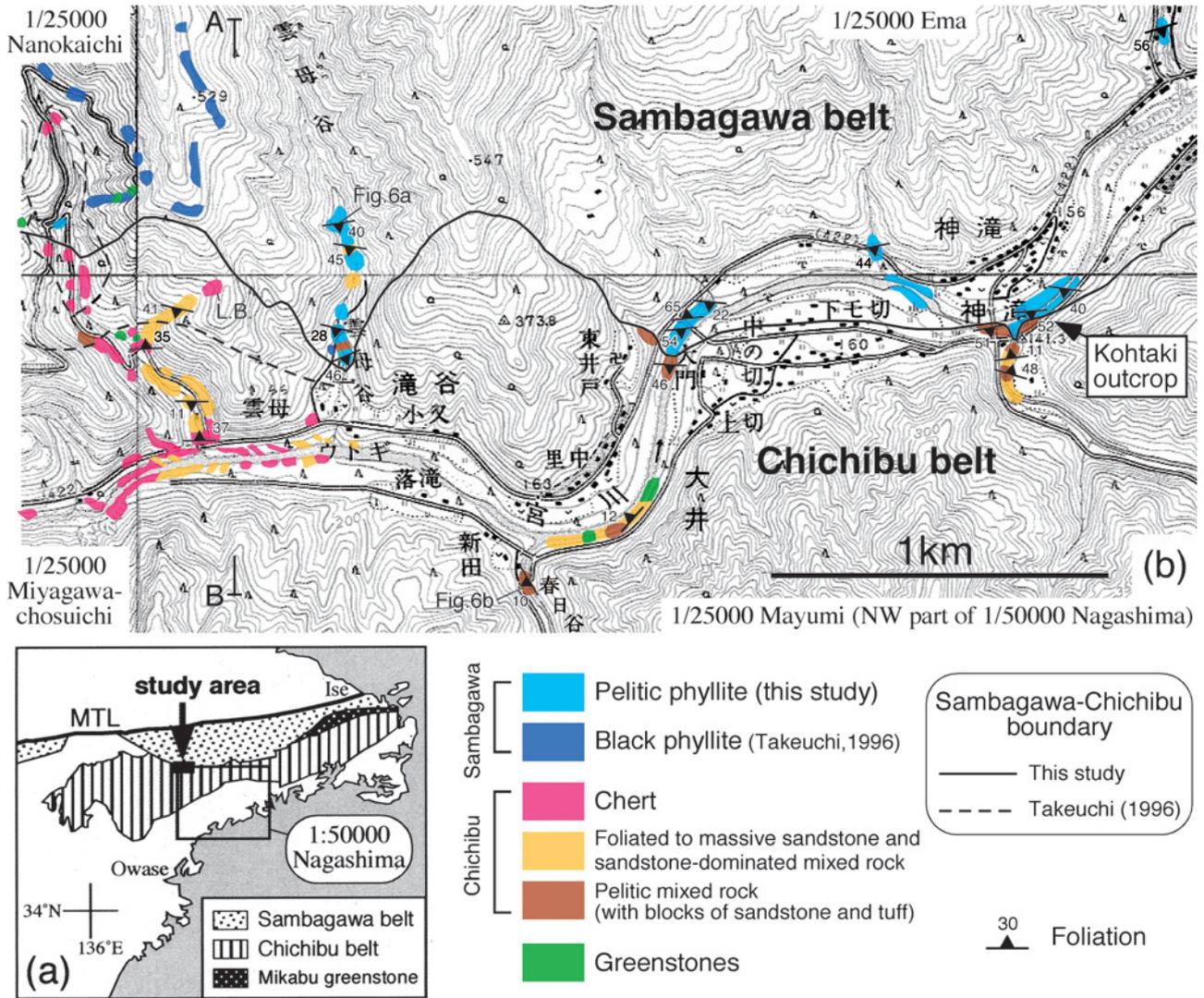
1. はじめに

5 万分の 1「長島」図幅における三波川帯の分布範囲を特定し, 三波川変成岩類の岩相記載を行う目的で, 三重県多気郡大台町(旧宮川村。以下, 大台地域)に

における野外調査を行った。大台地域の三波川変成岩類は, 巨視的に見ると紀伊半島東部三波川帯の南端部に当たり, より南に位置する秩父帯と接している(第 1 図 a)。したがって, 大台地域において三波川変成岩類の分布範囲を特定するには, 秩父帯と三波川帯の境界を認識する必要がある。大台地域の秩父帯では, 珪質泥岩から中期ジュラ紀アーレニアン期の放散虫化石が報告されており(柏木, 2002), この時期に海溝付近で堆積した原岩からなる付加コンプレックスであることがわかる。一方, 高压型変成作用によって再結晶化の進んだ三波川変成岩から同定可能な化石を見出すことは困難である。つまり, 堆積年代を基準として三波川帯と秩父帯の区分を行うことはできない。紀伊半島東部の三波川変成岩から得られている白雲母 K-Ar 年代(78-71Ma: 後期白亜紀)は変成作用の年代であり(高木ほか, 1989), 堆積年代はそれ以前ということしかわからない。そこで, 本研究では秩父帯の岩石と三波川変成岩類を区別する基準として, 大局的な岩相(原岩)組み合わせの相違, 及び露頭での肉眼観察による結晶化度(あるいは固結度)の差異を用いた。以下, 大台地域における三波川帯-秩父帯境界の認定基準を述べ, 両帯構成岩類の構造関係, 及び両者の境界のテクトニクな意義を考察する。

¹地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

* Corresponding autor: M. AOYA, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: aoya.m@aist.go.jp



第1図 (a) 紀伊半島東部における三波川帯と秩父帯の分布。産業技術総合研究所地質調査総合センター(2002編)に基づく、5万分の1「長島」図幅の範囲と本研究の調査地域(三重県多気郡大台町内)を併せて示した。(b) 調査地域のルートマップ。チャート・砂岩類の岩相分布は竹内(1996)の第18図のデータも含めた。また、竹内(1996)の黒色千枚岩(本研究の泥質千枚岩)の分布は独立の凡例で示した。竹内(1996)で頁岩、片状混在岩とされた岩相は本研究の岩相区分における帰属が不明なため、図には示していない。神滝(Kohtaki)露頭の位置、及び第4図の断面線(A-B)も示した。基図として国土地理院発行2万5千分の1地形図「江馬」「間弓」「七日市」「宮川貯水池」を用いた。L.B.: 転石群。

Fig. 1 (a) Distribution of the Sambagawa and Chichibu belts in eastern Kii Peninsula. The quadrangle of 1:50000 'Nagashima' and the studied area of this contribution (Odai area, Mie prefecture) are also shown. (b) Route map of the studied area compiled based on this study and Takeuchi (1996). Distribution of chert and sandstones includes data from Takeuchi (1996). Black phyllite of Takeuchi (1996) is shown independently. 'Shale' and 'sheared mixed rock' of Takeuchi (1996) are not presented because their attribution is unclear in the lithological classification of this study. Locality of the Kohtaki outcrop and cross-sectional line for Fig. 4 (A-B) are also shown. 1:25000 topographical maps by Geographical Survey Institute, 'Ema', 'Mayumi', 'Nanokaichi' and 'Miyagawa-chosuichi', are used as base maps.

2. 三波川帯-秩父帯境界の認定基準

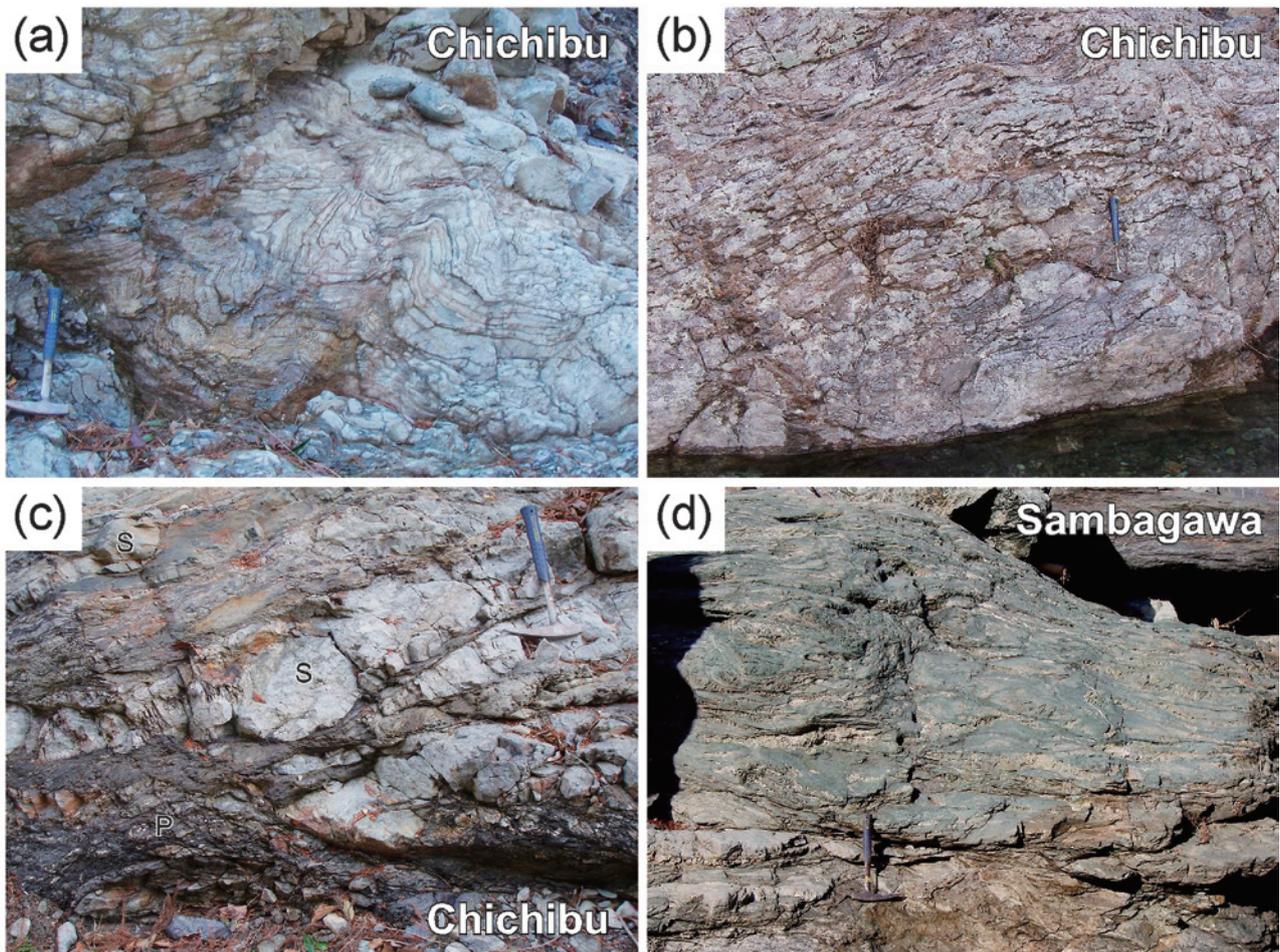
竹内(1996)は紀伊半島東部の三波川帯について岩相記載と地質ユニット区分を行っている。本調査地域(第1図a)の三波川帯変成岩類は、このユニット区分における飯高層の南半部に相当する。泥質変成岩の鉱物

組み合わせによる変成分帯(例えば、東野, 1990)では、最も変成度の低い緑泥石帯に相当する。竹内(1996)によれば、この地域には黒色千枚岩(black phyllite)が卓越する。本研究の岩相区分における泥質千枚岩(第1図b)は竹内(1996)の黒色千枚岩に対応し、三波川帯に属するものと考えられる。一方、三波川帯との

境界付近の秩父帯では松田 (1984) が岩相記載を行っており、主にチャート、砂岩・砂岩泥岩互層、及び泥質基質のスランプリズ岩が分布するとしている。そして、これらはそれぞれ、本研究の岩相区分 (第1図b) におけるチャート (第2図a)、片状ないし塊状砂岩・砂岩優勢の混在岩 (第2図b, c)、及び泥質混在岩 (第3図b) に対応すると考えられる。合わせると、大台地域において秩父帯は三波川帯よりも多様な岩相を含み、複合岩体の様相を呈する。特に、チャートや砂岩が優勢の岩相はほぼ秩父帯に特有のため、局在的なものを除き、大部分は秩父帯に属するものと判断した (第1図b)。

一方、竹内 (1996) も記述した通り、三波川帯飯高

層の黒色千枚岩 (本研究の泥質千枚岩) は砂岩レンズや酸性ないし塩基性の凝灰岩レンズをしばしば含む (第3図a)。そのため、原岩の観点からは、秩父帯の構成要素と思われる泥質混在岩 (第3図b) と区別がつかない。どちらも泥質の基質とレンズ状の砂質岩・凝灰岩からなる変形岩だからである。ところが、本研究による野外調査でこれら二つの岩相が接している露頭 (第1図の神滝露頭) が発見され、両岩相が結晶化度 (あるいは固結度) によって区別される事が示唆された (第3図)。神滝露頭において、この結晶化度の違いは次のように認識できる: (1) 泥質千枚岩の基質部には石英の白脈群 (第3図a) や小断層 (第3図c) など、脆性破断の証拠が頻繁に見られるが、泥質混在岩の基質部

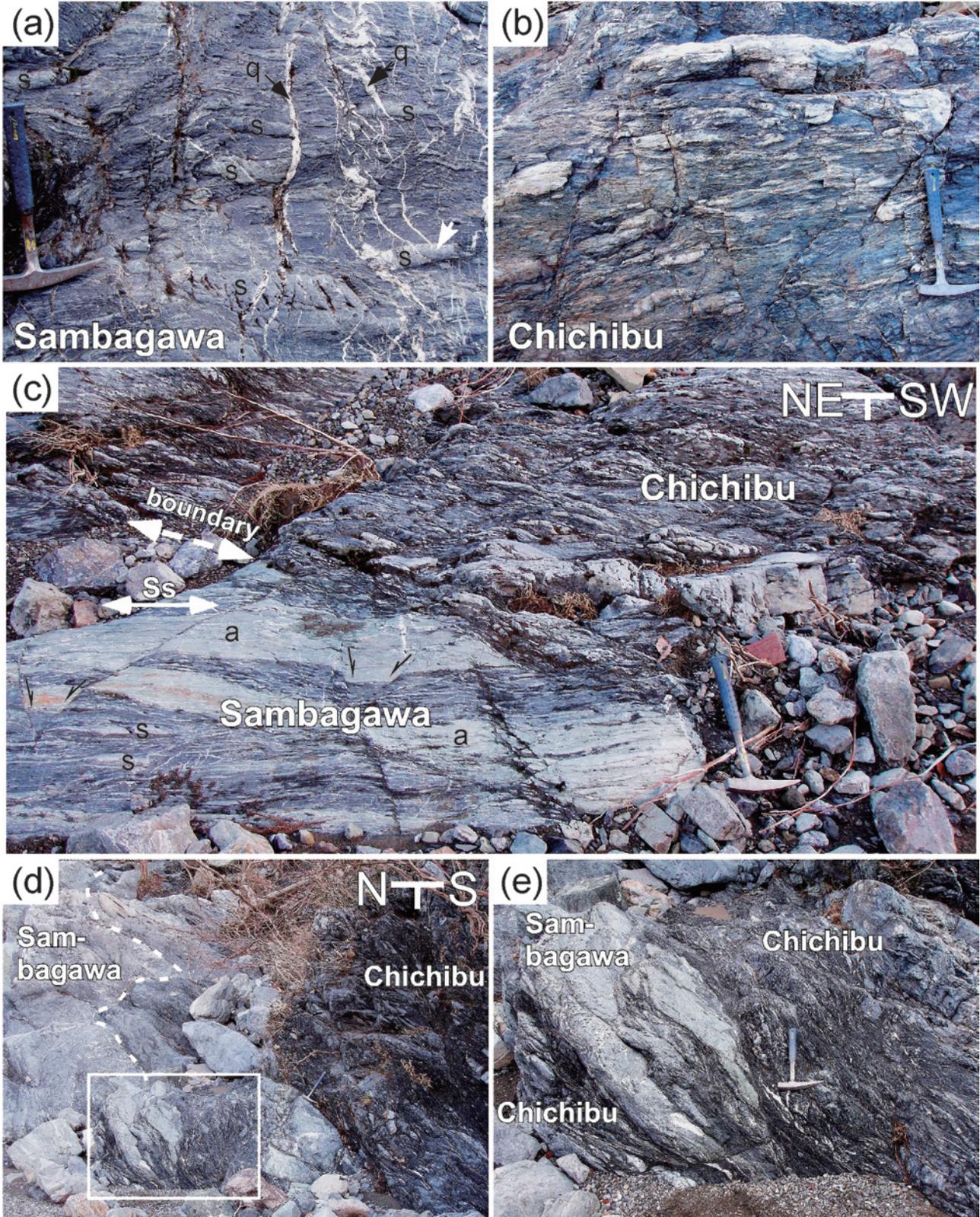


第2図 大台地域に産する諸岩相の露頭写真。本研究の解釈による三波川帯 (Sambagawa)、及び秩父帯 (Chichibu) への帰属を示した。ハンマーの長さは33cm。(a) チャート。雲母西方の沢沿い、標高170m付近。南東を向いて撮影。北傾斜の軸面を持つ褶曲が発達する。(b) 片状砂岩。里中南方の宮川沿い。(c) 砂岩優勢の混在岩。雲母西方の沢沿い、標高170m付近。S: 砂質部、P: 泥質部。(d) 緑色岩。雲母谷沿いの標高190m付近。弱い片理が発達する。主な構成鉱物は曹長石・緑泥石・緑簾石・炭酸塩鉱物・パンペリー石である。

Fig. 2 Outcrop photos of lithologies in Odai area. Classification into the Sambagawa or Chichibu belt is shown for each figure based on interpretation of this study. Length of the hammer is 33cm. (a) Chert, located along the stream to the west of Kirara (170m above sea level). Folds with north-dipping axial planes are developed. (b) Foliated sandstone, located along Miyagawa river to the south of Satonaka. (c) Sandstone-dominated mixed rock, located along the stream to the west of Kirara (170m above sea level). S: sandstone, P: pelitic part. (d) Weakly foliated greenstone, located along the Kirara river (190m above sea level). The main constituent minerals are albite, chlorite, epidote, carbonates and pumpellyite.

にはまれにしか見られない；(2) 泥質千枚岩ではレンズと基質の癒着度が高く、岩肌が滑らかな産状を示す（第3図 a, c）のに対し、泥質混在岩では泥質基質が

もろく浸食されやすいため、砂岩レンズが突出し、岩肌が全体としてでこぼこしている（第3図 b, c）。したがって、硬堅で結晶化度がより高いと思われる泥質千



枚岩 (第3図 a) は三波川帯に、結晶化度が低いと思われる泥質混在岩 (第3図 b) は秩父帯に属するものと判断した (第1図 b)。ちなみに、神滝露頭と同様の関係、すなわち三波川泥質千枚岩の上に秩父泥質混在岩が直接する関係 (第3図 c, d) は、神滝露頭の北東約 4km に位置する唐櫃谷と宮川の合流点付近 (第1図 b の範囲外) でも観察できる。

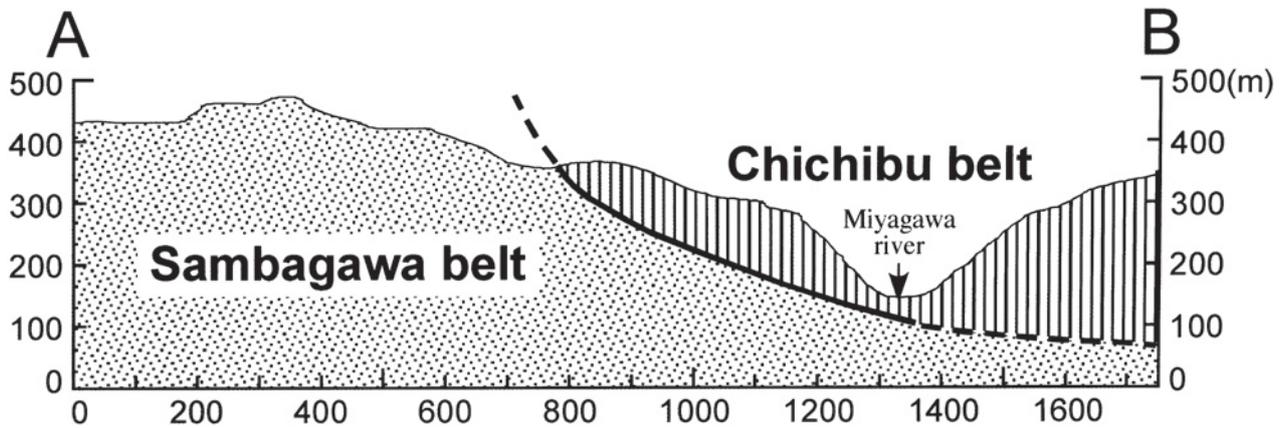
調査地域では緑色岩類 (第2図 d) は比較的まれであり、小規模のものが散在するのみである (第1図 b)。野外調査においては、緑色岩は秩父帯と三波川帯を区別する鍵とはならなかった。なお、竹内 (1996) で頁岩、片状混在岩とされた岩相は本研究の岩相区分における帰属が不明なため第1図 b には示していない。

3. 三波川帯と秩父帯の巨視的な構造関係

神滝露頭での観察を参考にして、より西方の大門や雲母谷周辺でも、泥質千枚岩と泥質混在岩の区別まで含めた岩相区分を行った結果、(1) 大門付近の宮川河

床部に三波川帯と秩父帯の境界が追い込めること、(2) 雲母谷河床の標高 185 m よりも上流部では三波川泥質千枚岩が優勢なこと、(3) 雲母谷西方の尾根を西側の沢から登ると、少なくとも標高 350m 付近の尾根筋まで秩父帯の岩石、すなわち砂岩類やチャートが連続して分布すること、などが判明した (第1図 b)。竹内 (1996) によって雲母谷西方の尾根筋の標高 460m 付近に黒色千枚岩、つまり三波川変成岩が記載されていることも合わせると、調査結果と相容れるような三波川帯-秩父帯境界面のトレースは、第1図 b のようになる。この境界面はほぼ東西走向で 20 度から 60 度程度の南傾斜を持つ。したがって、南側に分布する秩父帯構成岩は、北側に分布する三波川帯構成岩の上ののっていることになる (第4図)。この境界面の方位と上下関係は、神滝露頭周辺で観察される三波川泥質千枚岩と秩父泥質混在岩の位置関係 (第3図 c, d) と調和的である。

竹内 (1996) は雲母の西方を南北に流れる沢の周辺を調べ、この沢沿いの標高 230~330m の範囲に露出するチャート群を秩父帯の地窓と解釈した (第1図 b)。



第4図 調査地域西部、雲母谷付近の南北断面図。断面線の位置は第1図 b に示した。

Fig. 4 N-S cross-section in the western part of the study area. Line for the cross-section is shown in Fig.1b.

← 第3図 神滝露頭周辺の露頭写真。本研究での解釈に従い、泥質千枚岩には「Sambagawa」、泥質混在岩には「Chichibu」と表示した。ハンマーの長さは 33cm。s: 砂質ないし酸性凝灰質のレンズ、q: 石英脈、a: 酸性凝灰質片岩層、Ss: Ds 片理面。(a) レンズを多量に含む泥質千枚岩。(b) レンズ (白色部) を多量に含む泥質混在岩。(c) 泥質千枚岩 (左下) と泥質混在岩 (右上) の接触部。両岩相の境界面 (矢印付き点線) はほぼ南方向に傾斜し、その上位に秩父帯の泥質混在岩が累重する。三波川帯の酸性凝灰質片岩層はこの境界によって切られ、また三波川帯内に発達した共役の小正断層によっても切られている。小断層のずれのセンスは黒矢印で示した。(d) 泥質千枚岩 (左下) と泥質混在岩 (右上) の接触部。両岩相の境界面 (点線) はほぼ南方向に傾斜し、その上位に秩父帯が累重する。境界付近の秩父帯側には三波川帯の岩石のレンズが含まれる (白線の枠内)。(e) (d) の白線枠部の拡大写真。

Fig. 3 Outcrop photos around the Kohtaki outcrop. Classification into the Sambagawa or Chichibu belt is shown based on interpretation of this study. Length of the hammer is 33cm. s: lens of sandstone or acidic tuff, a: layer of foliated acidic tuff, Ss: Ds foliation. (a) Pelitic phyllite with abundant lenses. (b) Pelitic mixed rock with abundant lenses (white part). (c) Contact of pelitic phyllite (lower left) and pelitic mixed rock (upper right). Boundary of the two lithologies (traced by arrowed dashed line) dips south, with the Chichibu pelitic mixed rock overlying the Sambagawa pelitic phyllite. Layers of the Sambagawa foliated acidic tuff are cut by this boundary and also by small normal faults developed in the Sambagawa side. Senses of displacement for the normal faults are shown by black arrows. (d) Contact of pelitic phyllite (lower left) and pelitic mixed rock (upper right). Adjacent to the boundary of the two lithologies (dashed line), in the Chichibu pelitic-mixed-rock side, lenses of the Sambagawa pelitic phyllite are contained. (e) Close-up photo of (d).

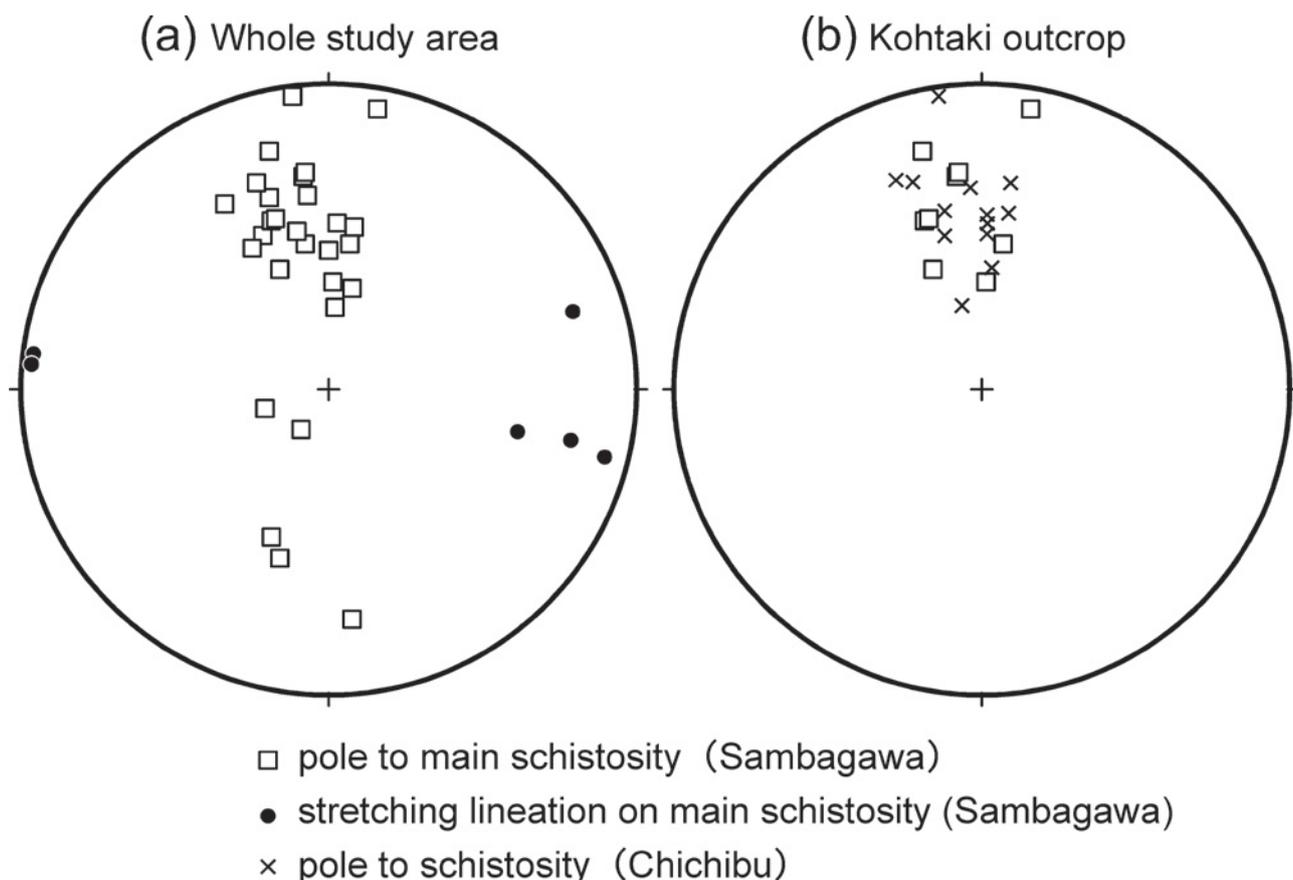
すなわち、本研究とは逆に、秩父帯構成岩は三波川帯構成岩の構造的な下位をなすものと考えた。しかし、前述の通り、雲母^{きらら}北方の尾根筋、標高350m付近まで砂岩やチャートが連続的に観察されることは、少なくとも竹内(1996)が示した三波川帯-秩父帯境界と矛盾している(第1図b)。

4. 三波川帯-秩父帯境界のテクトニックな意義

大台地域三波川帯の泥質千枚岩には一般に強い片理(以後、主片理と呼ぶ)が発達しており、片理面の方位はほぼ東西走向、30~60度程度の南傾斜が卓越する(第5図a)。主片理面上には、レンズ群の長軸の配列や、黄鉄鉱などの鉱物の圧影によって規定される引き伸ばし線構造が観察される事があり、その方位は東西方向の緩傾斜を示す(第5図a)。このように、巨視的な三波川帯の分布と平行に近い方向(orogen-parallel)の引き伸ばし線構造を伴うことから、大台地域三波川

帯の主片理を形成した変形段階は、三波川帯全体の主変形段階Ds(例えば、Fukunari and Wallis, 2007; Wallis *et al.*, 2009)に対応するものと考えられる。Dsは多くの三波川変成岩(エクロジヤイト相に達していた岩石を除く)において、それらの被ったピーク圧力条件から中部地殻程度の深さにまで上昇する過程、すなわち上昇最初期に起こった塑性変形段階である(例えば、Wallis, 1998)。神滝露頭において、三波川変成岩中に発達したDs片理面と、秩父帯泥質混在岩の基質部に発達した片理面(ないし劈開面)について、それぞれの方位を複数測定し、比較した結果、両者の方位分布はほぼ一致した(第5図b)。すなわち、泥質千枚岩と泥質混在岩は共通のDs変形を被ったと考えられる。

一方、神滝露頭における泥質千枚岩と泥質混在岩の境界が明らかに三波川帯側の酸性凝灰質片岩層を切っていることは(第3図c)、この境界が構造境界であることを示している。また泥質千枚岩と泥質混在岩の間に変成度のギャップが存在すると予想されることは、



第5図 変形構造方位を示した等面積下半球ステレオ投影図。(a) 調査地域全域の三波川変成岩に発達した主片理面の極、及び主片理面上に観察される引き伸ばし線構造。(b) 神滝露頭の三波川変成岩(泥質千枚岩・酸性凝灰質片岩)と秩父帯泥質混在岩に発達した片理面の極。

Fig. 5 Stereographic plot (equal-area lower-hemisphere projection) of orientation for deformational structures. (a) Pole to main schistosity and stretching lineation on the main schistosity for the whole study area. (b) Pole to schistosity from the Kohtaki outcrop, including those of the Sambagawa rock types (pelitic phyllite, foliated acidic tuff) and the Chichibu pelitic mixed rock.

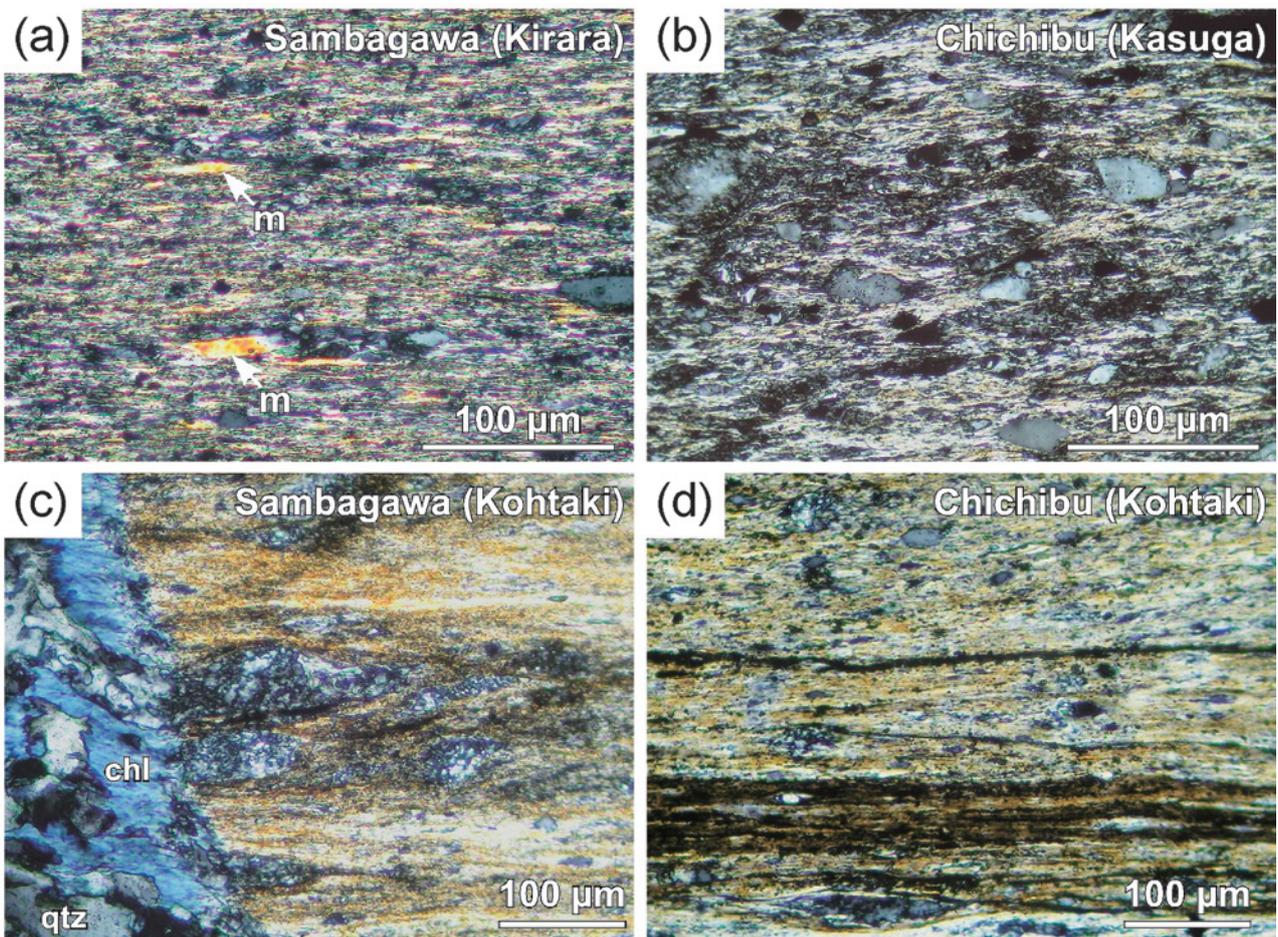
この構造境界に沿った変位がかなり大きなものであったことを示唆する。

さて、この構造境界は神滝露頭において主片理である Ds 片理 (Ss) をも切る (第 3 図 c)。つまり、構造境界の形成は Ds 変形と同時か、それより後ということになる。ところが、前述のように、泥質千枚岩と泥質混在岩は共に Ds 変形を被っているため、両者の定置は Ds 変形と同時かそれ以前でなくてはならない。これら 2 つの条件を満たすためには、構造境界の形成が Ds 変形と同時期であったと考えるしかない。つまり、大台地域の三波川帯 - 秩父帯境界は三波川帯の主変形 Ds の時期に形成したものであり、両帯の定置は Ds 期の東西伸長変形の最終期に起こったものと推測される。この事は、三波川帯と秩父帯の定置が三波川帯の初期の上

昇過程において既に達成されていたことを示す。神滝露頭は、そのような三波川帯と秩父帯の初生的構造関係を保存した露頭であろうと推察する。

5. 問題点など

本研究では、神滝露頭の例を前提とし、三波川帯と秩父帯の境界が露頭規模以下の比較的狭い領域に追い込めるという考えに立って議論を行った。つまり、三波川帯 - 秩父帯境界のトレースを地図上には線として描いた (第 1 図 b)。しかし、三波川帯と秩父帯の境界がある程度の厚さを持ったテクトニックメランジェ帯のようなものであることも否定はできない。例えば、神滝露頭においても、三波川帯 - 秩父帯境界周辺の秩



第 6 図 大台地域に産する泥質岩の偏光顕微鏡写真。すべてクロスニコル。黄色系の色は主に白雲母類鉱物の干渉色を反映している。本研究での解釈に沿い、泥質千枚岩には「Sambagawa」、泥質混在岩には「Chichibu」と表示した。(a) 雲母谷の泥質千枚岩。採取位置は Fig.1b 中に Fig.6a として示した。m : 白雲母類鉱物の単結晶。(b) 春日谷の泥質混在岩。採取位置は Fig.1b 中に Fig.6b として示した。(c) 神滝露頭の泥質千枚岩。写真左端は石英 (qtz) と緑泥石 (chl) からなる脈。(d) 神滝露頭の泥質混在岩。

Fig. 6 Photomicrographs of pelitic rocks from the Odai area (crossed nicols). Yellowish colors mainly reflect presence of white mica crystals. Classification into the Sambagawa or Chichibu belt is shown for each figure based on interpretation of this study. (a) Pelitic phyllite from the Kirara river. The locality is shown in Fig.1b as Fig.6a. (b) Pelitic mixed rock from the Kasuga river. The locality is shown in Fig.1b as Fig.6b. (c) Pelitic phyllite from the Kohtaki outcrop. A vein composed of quartz (qtz) and chlorite (chl) is present on the left side of the photo. (d) Pelitic mixed rock from the Kohtaki outcrop.

父帯内に三波川泥質千枚岩のレンズが含まれていることがある(第3図d, e)。また雲母谷沿いには三波川帯とされる泥質千枚岩が卓越するものの、露頭規模の泥質混在岩や片状砂岩が含まれていることがある(第1図b)。また、神滝露頭のように泥質千枚岩と泥質混在岩が接している場合、両者の区別は比較的容易だが、これらが単独で露出する場合、特に露頭の風化が進んでいる場合には、両岩相の特定はかなり難しい。第1図bのルートマップには、このような肉眼鑑定上の限界を反映したある程度の不確実性が含まれることは認めざるを得ない。

第6図には調査地域から得られた泥質千枚岩及び泥質混在岩の薄片写真を示した。各試料の泥質基質は主に石英、曹長石、白雲母類鉱物(イライトないしフェンジャイト)、緑泥石、炭質物からなり、他に少量の緑れん石、スフェーン、方解石、電気石を含むことがある。三波川帯-秩父帯境界から十分に北に離れた雲母谷沿いの三波川帯泥質千枚岩(第6図a)では、長径数10 μ m程度の白雲母類鉱物の明瞭な単結晶がしばしば観察される。一方、境界から十分に南に離れた位置で採取した秩父帯泥質混在岩(第6図b)では、白雲母類鉱物はごく細粒で、主に緑泥石との細粒集合体をなしている。これらの観察は、少なくとも上記2つの試料には結晶化度の差違があることを示唆し、両地点の間の位置に三波川帯-秩父帯境界があることを支持している。ところが、神滝露頭の泥質千枚岩(第6図c)と泥質混在岩(第6図d)の薄片での産状を比べると、ほとんど差が見られない。すなわち、いずれの試料においても白雲母類鉱物はごく細粒で、目立った単結晶が見られない(第6図c, d)。つまり、顕微鏡観察からは結晶化度の差違が認識できないという結果となった。

ここまで述べたように、本研究が示した三波川帯-秩父帯境界には検証の余地が残されている。三波川帯と秩父帯のより確実な構造関係(上下関係)や三波川帯-秩父帯境界の性質(厚さを持ったテクトニックメランジェ帯か否か)を知るためには、尾根筋をも含めたより詳細な野外調査、及び該当する変成温度領域(300度前後)において変成度(結晶化度)の差違を認識するための定量的な方法論の確立が必要だろう。

謝辞: 産業技術総合研究所 地質情報研究部門の中江訓博士には、大台地域の野外調査の一部に同行頂き、また本研究の投稿を勧めていただいた。ここに記して感謝の意を表す。

文 献

- Fukunari, T. and Wallis, S. R. (2007) Structural evidence for large-scale top-to-the-north normal displacement along the Median Tectonic Line in southwest Japan. *Island Arc*, **16**, 248-261.
- 東野外志男(1990) 四国中央部三波川帯の変成分帯. 地質学雑誌, **96**, 703-718.
- 柏木健司(2002) 秩父累帯の帯状配列形成過程. 大阪市立大学大学院理学研究科平成13年度学位論文(博士論文), 70p.
- 松田文彰(1984) 紀伊半島中東部, 秩父帯の海底地すべりデッケ群とオリストストローム. 地質学雑誌, **90**, 245-260.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2002編) 200万分の1日本地質図第5版. 200万分の1地質編集図, no.4, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 高木秀雄・柴田賢・杉山雄一・内海茂・松本哲一(1989) 三重県粥見地域の中央構造線沿いに分布する諸岩相の同位体年代. 岩鉱, **84**, 75-88.
- 竹内 誠(1996) 紀伊半島三波川帯・秩父帯・四万十帯の地質-奈良県吉野地域及び三重県櫛田川地域-. 地質調査所月報, **47**, 223-244.
- Wallis, S. (1998) Exhuming the Sanbagawa metamorphic belt: the importance of tectonic discontinuities. *Journal of Metamorphic Geology*, **16**, 83-95.
- Wallis, S. R., Anczkiewicz, R., Endo, S., Aoya, M., Platt, J. P. and Thirwall, M. (2009) Lu-Hf dating of eclogite, ridge subduction and preservation of the Sanbagawa Belt, SW Japan. *Journal of Metamorphic Geology*, **27**, 93-105.

(受付: 2009年7月1日; 受理: 2009年11月4日)