

P2. 愛媛県城川町に分布する黒瀬川帯の起源 Origins of The Kurosegawa Belt in Shirokawa-city, Ehime Prefecture

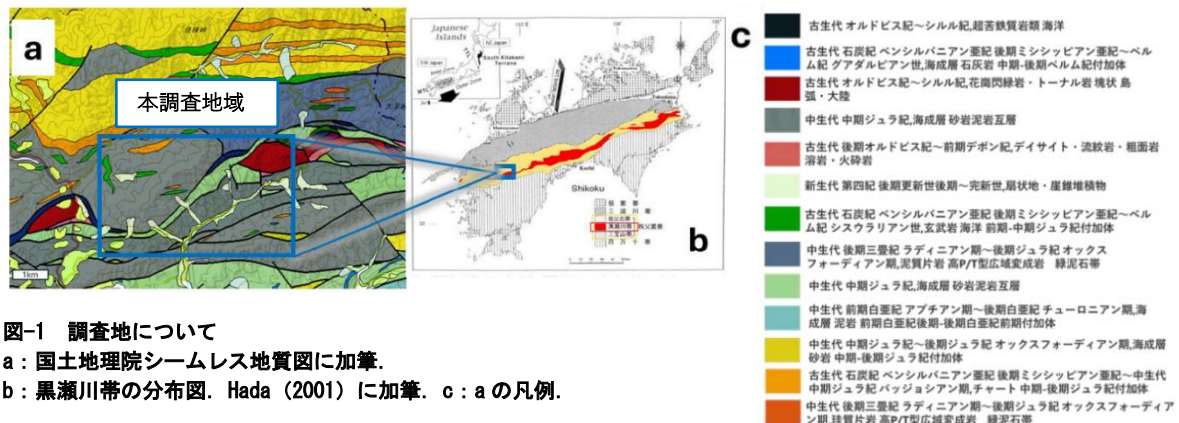
○小田結子 (㈱荒谷建設コンサルタント)

辻智大 (山口大学)

1. はじめに

黒瀬川帯は、ジュラ紀付加体である北部秩父帯の間に、1,000km以上にわたって日本列島の広い範囲に細長く帯状に分布する地質帯である。愛媛県西予市城川町は黒瀬川帯の模式地とされており、研究がなされてきたが、当地の堆積岩については詳細な年代測定が行われていないため、当地では詳細な地質分布に関する情報が不十分であり、堆積岩のユニット区分が不完全な状況にある。そこで本研究では、同地における現地踏査および年代測定結果等の最新の調査結果に基づいて考察を行い、ユニット区分や定置プロセスに関する新しい見解を示す。

なお、本調査地域のいくつかの露頭は四国西予ジオパーク（愛媛県西予市）のジオサイトに指定され、保全や教育、観光など積極的に進められている。



2. 黒瀬川帯の概要

西日本外帯の黒瀬川帯は、約 4.4 億年前の放射年代を持ち、ゴンドワナ大陸に起源をもつ火成岩類やペルム紀の付加体、および中・古生代の堆積岩類など、様々な時代・場所で形成された岩石で構成され、東西延長約 1000 kmにわたって秩父帯に挟まれるように分布するため、周囲から独立した異質な構造体であるとされている。

黒瀬川帯の定置プロセスについて、現在「クリッペ説」と「左横ずれ説」の2つの説が存在し、対立している。「クリッペ説」は秩父帯の上位に、黒瀬川帯がクリッペを形成して乗っているという考えである。かつて北中国地塊に位置していた黒瀬川帯は、低角度の断層つまりクリッペとして現在の秩父帯の上に衝上し、その後削剥や浸食を受けた結果、現在のような分布を示すとされており（磯崎・板谷 1991）、北部秩父帯との境界は低角南傾斜であるとされている。「左横ずれ説」は黒瀬川帯が北部秩父帯に挟まれるようにして分布するという考えである。かつて南中国地塊の東縁に位置していた黒瀬川帯が大規模な横ずれ断層運動によって北上し秩父帯内に挟まれたとされており（平ほか, 1981）、北部秩父帯との境界は高角北傾斜であるとされている。つまり、両説の相違点は、黒瀬川帯の中・古生代の堆積岩の堆積場が北中国地塊の東縁か南中国

地塊の東縁かという点、および北部秩父帯と黒瀬川帯の境界が低角北傾斜か低角南傾斜かという点の2点に集約される。現在、両者の説に関して、これまでの研究では決定的な証拠が得られていないため、正しい定置プロセスは今なお解明されていない。

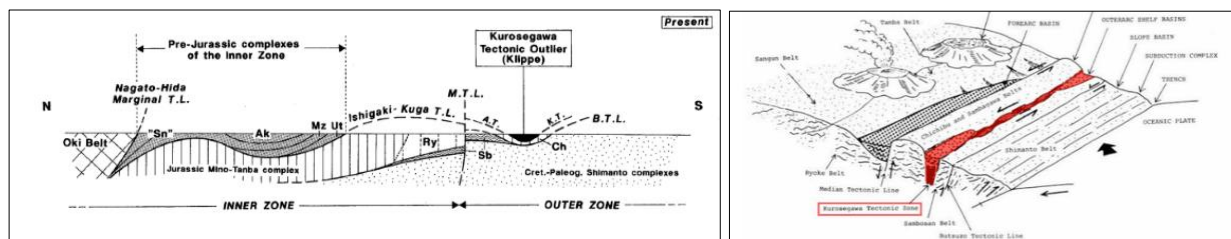


図-2 (左) 西南日本の模式的な構造断面図 (磯崎・板谷, 1991)。

(右) 黒瀬川帯の分布図。西南日本における弧-海溝系の復元。Taira et al (1981) に加筆。

3. 調査方法

本研究では地表地質踏査によるルートマップ作成により、本地域の岩相分布を詳細に把握し、ユニット区分を考慮した詳細な地質断面図を作成することで北部秩父帯と黒瀬川帯の境界構造を推定した。黒瀬川帯構成ユニットに区分するとした堆積岩相について U-Pb ジルコン年代測定を行い、堆積年代を測定した。加えて測定ジルコン粒子のカソードルミネッセンス像の観察を行った。そして、以上のデータから得られる考察を行い、黒瀬川帯の定置プロセスの検証を行った。

4. 結果

ルートマップ作成 (図-3) により地質図の作成を行った結果を図-4 に示す。北から付加体 i, 付加体 ii, 成穂層, 堆積岩層 I, 付加体 iii が分布し、走向傾斜データから各ユニットは北傾斜で累重することがわかった。北東部の三滝花崗岩が周囲の岩相と断層をなして分布する。

(1) 付加体 i

本層は、砂質準片岩・泥岩準片岩・酸性凝灰岩・チャートからなる。ユニットは弱変成を受けており、片理面が発達している。

(2) 付加体 ii

本層は、砂岩・泥岩・酸性凝灰岩・チャートからなる。泥岩についてはチャートをブロック状に含む泥質メランジュであった。

(3) 成穂層

本層は、砂岩・泥岩・礫岩からなる。産出した砂岩を薄片観察したところ、自形の円磨された粗粒石英に富み、長石・堆積岩の粒子を少量含んでいた。礫岩について、円礫を含み、淘汰が悪く、礫支持、基質は砂岩であった。礫種については花崗岩礫が主体であった。円礫岩の存在から陸棚起源であることが推察されるため、この礫岩の基質部分の砂岩を用いて U-Pb ジルコン年代測定を行った。後述するように、堆積年代はジュラ紀下部統に相当するため、成穂層であるとした。

(4) 堆積岩相 I

本層は砂岩・泥岩・礫岩からなる。産出した砂岩を薄片観察したところ、石英に富み、長石を

わずかに含む、基質が比較的多く、粒間に黒雲母を含んでおり、さらに黒雲母が変形または折れているという圧碎の特徴が確認できた。この砂岩層には玄武岩体の貫入が確認され、この貫入岩体は東西 25m ほどの幅を持ち、急冷周縁相や砂岩ブロックの捕獲岩も確認できたことから貫入関係を判定した。礫岩について、円礫～亜円礫を含み、淘汰が悪く、基質支持、基質は砂岩・泥岩であった。礫種については花崗岩礫が主体であった。

(5) 付加体 iii

本層は酸性凝灰岩・砂岩・チャートをブロック状に含む泥質メランジュや塊状砂岩・圧碎組織を持つ火成岩からなる。産出する砂岩を薄片観察したところ、円磨された石英と斜長石を含み、火山岩の岩片を特徴的に含んでいた。

(6) 三滝花崗岩

本層は圧碎や変質を受けており、岩相は細粒な部分から粗粒な部分そして優白質な部分から暗緑色な部分が数 m スケールで変化するといったものであった。北端は断層を挟んで堆積岩と接していた。この断層について、境界沿いに破碎組織が確認でき、破碎組織は 1 cm 程の破碎幅を持っていた。破碎帯内部では泥岩が破碎して破碎組織を形成していた。断層の走向傾斜は N60° W 75° N であった。さらに付加体 ii と堆積岩の境界に位置する 2 地点で蛇紋岩が産出した。

(7) U-Pb ジルコン年代測定結果

測定したすべてのジルコン粒子 60 個がコンコードアントと判断されるが、コンコーディア曲線上での粒子年代分布は、280~170 Ma の若い集団と、1800~1700 Ma の古い集団に 2 分された (図-6)。コンコードアントが得られた粒子のうち、最若粒子の絞り込みを行うと、190.0~176.0 Ma 間の 17 粒子が該当した。この 17 粒子の加重平均値を算出すると、 182.2 ± 1.3 Ma となる。したがって、本砂岩の堆積年代値は 182.2 ± 1.3 Ma であると判断される。 182.2 ± 1.3 Ma は地質年代で言うと前期ジュラ紀に相当する。つまりこのユニットは黒瀬川帯の中・古生代陸棚堆積層に分類されるもので、ジュラ紀下部統の成穂層 (Hada et al., 1992) であると推定した。

(1)–(5) に示した地質ユニットは、岩相や U-Pb ジルコン年代測定結果 (7) より、付加体 i、付加体 ii が北部秩父帯の構成ユニットであり、成穂層、堆積岩層 I、付加体 iii、三滝花崗岩が黒瀬川帯の構成ユニットであると判断した。断面図作成により北部秩父帯と黒瀬川帯の境界は N60° E 22° N であり、低角な北傾斜である (図-5) という結果となった。

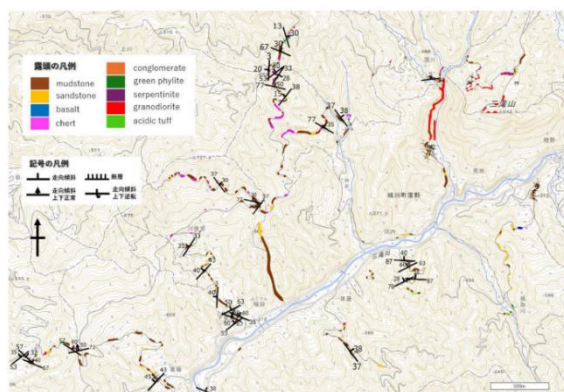


図-3 ルートマップ

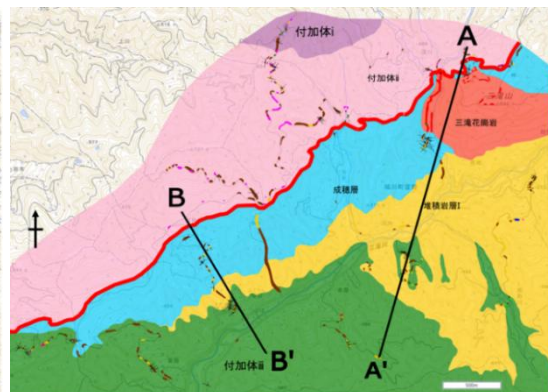


図-4 地質図及びユニット区分図

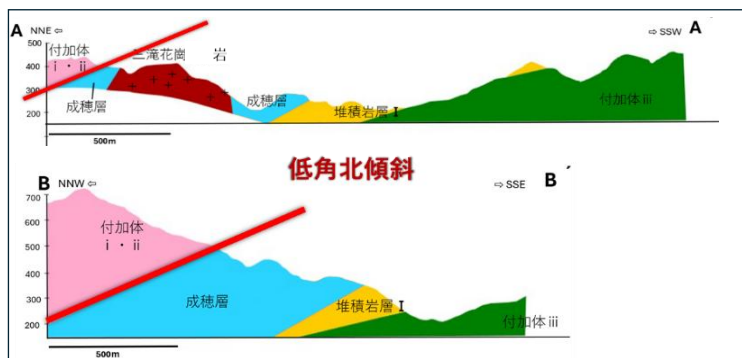


図-5 地質断面図 (A-A') 地質断面図 (B-B')

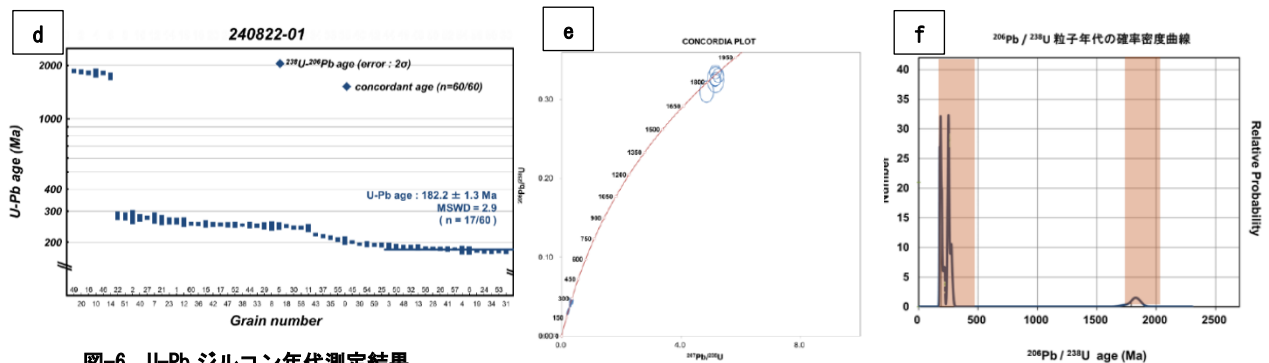


図-6 U-Pb ジルコン年代測定結果

d: 粒子年代一覧 e: コンコードディア図 f: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 粒子年代の確率密度曲線に加筆

5. 考察

まず、本調査地における北部秩父帯と黒瀬川帯の境界は低角北傾斜であり、境界を挟んで黒瀬川帯の上位に北部秩父帯が存在することから北部秩父帯の上に黒瀬川帯がのるというクリッペ説とは相反する。さらに横ずれ説では高角北傾斜といわれており、この説とも傾斜角が異なる。低角断層では横ずれ運動は起こりにくいと考えている。そのため、別のモデルを考える必要がある。辻 (2014) では、白亜紀後期以降に、地質体配列と直交する方向の著しい圧縮場において、北部秩父帯よりも北側から、三波川変成岩類を伴う深部物質が上昇することにより、南フェルゲンツの造山運動（北から南にかけて移動するセンスの運動）が生じ、この運動によって、三波川変成岩類および北部秩父帯が地表に露出し、北傾斜大規模転倒褶曲および低角北傾斜の逆断層が形成されるとされている。本調査地域の地質構造においても南フェルゲンツの構造運動が起きたとすると、この構造運動によって北部秩父帯および黒瀬川帯に圧縮の応力がかかったことで黒瀬川帯の上位に北部秩父帯低角北傾斜のスラストを使って押し上がったと推察できる。つまり、本調査地域の北部秩父帯と黒瀬川帯の境界は、黒瀬川帯定置時の境界を残した地質構造ではなく、定置後に改変を受けたことで形成された可能性がある。

今回測定したジュラ紀の砂岩に含まれるジルコンについて、供給源に当たる大陸の推定を行った。今回測定した成穂層の砂岩中のジルコン粒子が示す確率密度曲線のピーク年代について、南中国地塊の Cathaysia 地塊内の northeastern Zhangping City で産出する砂岩に含まれるジルコンと一致した (Shoufa et al., 2023) (図-7)。さらに、Zhangping city の砂岩中ジルコンは、カソー

ドルミネッセンス (CL) 像の外形および内部構造においても、今回測定した成穂層の砂岩中のジルコンと共通する特徴を示す。このことは、成穂層の砂岩の碎屑粒子の供給源が南中国地塊にあることを示し、黒瀬川帯がかつて南中国地塊の一部であった可能性を強く支持する。そしてジュラ紀までは南中国地塊として存在していたと仮定すると、現在はその一部が西日本外帯に存在していることから、ジュラ紀以降にその一部が北上する運動が起きたことが示唆される。さらに古緯度変遷データ (Uno et al., 2011) から北上が確認でき、これは「左横ずれ」を示唆する。

また、三滝花崗岩と成穂層の関係については、両者が不整合ではなく断層で接していること、また成穂層には三滝花崗岩に由来するジルコンが含まれていないこと、そして三滝花崗閃緑岩は約 4.4 億年前に Gondwana 大陸北東部の大陸地殻で形成されたのに対し、ジュラ紀下部統にアジア大陸東縁で堆積したものであることから、両者は形成時期・場所が異なるといえる。したがって両者は形成後に移動し何らかの地質イベントを経て断層関係で接合したと考えられる。この事実は Gondwana 大陸地殻の変遷を理解するうえで重要な知見を提供する。

以上のことを踏まえると、本研究結果と左横ずれ説は調和的であると考えられるため、黒瀬川帯は左横ずれによって北上し、秩父帯内に挟まれたと推察される。よって本研究では左横ずれ説を支持する。つまり、四国西部城川町に分布する黒瀬川帯の起源は、南中国地塊 Cathaysia 地塊の northeastern Zhangping City にあり、ジュラ紀

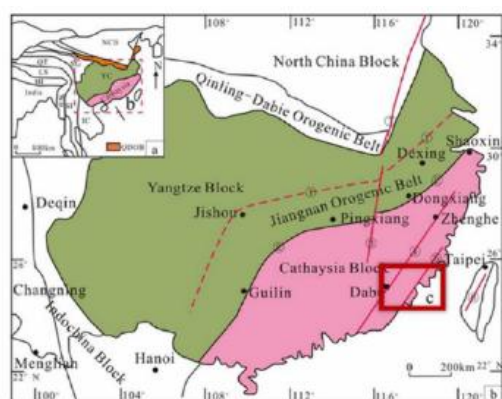


図-7 南中国地塊の Cathaysia Block の northeastern Zhangping city (赤枠で示す)。(Xu Zhongjie et al., 2020) に加筆。

後期以降の大規模な左横ずれによって北上し、西南日本外帯の秩父帯の間に挟まるように、定置したと考えられる。定置時の地質構造は不明であるが、白亜紀以降の、三波川帯の上昇による南フェルゲンツの構造運動 (辻, 2014) によって、現在のような低角北傾斜の境界を持つ地質構造が形成されたと考えられる。

6. おわりに

本研究の結果が示すように、黒瀬川帯は周囲の付加帯とは異なる異質な岩種・年代・分布形態を示すという特徴を有しており、これは Gondwana 大陸など超大陸との地史的なつながりを示唆している。よってこの地質帯は、現地での調査を通じて、Gondwana 大陸起源に関連する火成岩類、ペルム紀の付加体、中・古生代の堆積岩類など、多様な時代・環境で形成された岩石群を観察できる極めて優れたフィールドである。これにより、プレート運動による岩石の成り立ちを直感的に学び、地球史における壮大なテクトニクスを肌で感じる事が可能となる。さらに、黒瀬川帯には、その初期定置プロセスの詳細や、約 4.4 億年前に Gondwana 大陸で形成された三滝花崗閃緑岩とジュラ紀下部統の成穂層が断層で接合するに至った地質イベントの解明など、多くの未解明な謎が残されている。この謎に満ちた側面が、地質学への知的好奇心を強く刺激する。

以上のことから、黒瀬川帯は、地球規模の壮大なプレート運動の歴史を解明できる学術的に極

めて重要な地質遺産であり、子供から大人まであらゆる世代の知的好奇心を強く刺激するため、地学教育の普及や調査・研究活動を推進する上で最適な題材であると言える。

本研究の調査地であり、黒瀬川帯の模式地である城川町を含む愛媛県西予市は2013年9月に日本ジオパークに認定され、その拠点施設として四国西予ジオミュージアムも整備されている。本調査結果が四国西予ジオパークの活動推進の貢献一助となることを願う。

謝辞

本研究に当たり、U-Pb年代測定に関しては株式会社京都フィッシュン・トラックの岩野英樹氏に実施していただき、年代解析を檀原徹氏に実施していただいた。また、調査地での宿泊費用については、令和6年度西予市ジオパーク推進支援事業補助金の「ジオパーク学術研究支援事業」の補助を受けた。以上の方々および関係機関に深い感謝の意を表し、ここに記して謝辞とさせていただきます。

引用文献

- Hada, S., Sato, E., Takeshima, H. and Kawakami, A. (1992) Age of the covering strata in the Kurosegawa terrane: dismembered continental fragments in southwest Japan. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 96, 59-69.
- 市川浩一郎・石井健一・中川衷三・須鎗和巳・山下昇 (1956) 黒瀬川構造帯 (Die Kurosegawa-Zone). *地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan)*, 62, 82-103.
- 磯崎行雄・板谷徹丸 (1991) 四国中西部秩父累帯北帯の先ジュラ紀クリッペ-黒瀬川内帯起源説の提唱-. *地質雑誌*, 97, 431-450.
- 産総研地質調査総合センター20万分の1日本シームレス地質図(データ更新日:2025年1月30日), *地理院地図 / GSI Maps*|国土地理院
- Shoufa, L., Lijun, W., Wenjiao, X., Guangfu, X., Zhijun, N., Xilin, Z., Changqing, Y., Shuai, Z. and Hang, L. (2023) The early Paleozoic Wuyi-Yunkai orogeny in South China: a collisional orogeny with a major lag in time between onset of collision and peak metamorphism in subducted continental crust. *Supercontinents, Orogenesis and Magmatism*. Geological Society, London, Special Publications, 542, 619-641.
- 平 朝彦・斎藤靖二・橋本光男 (1981) 日本列島の形成の基本的プロセス. *科学*, 51, 516-523.
- 辻智大 (2014) 四国西部における北部秩父帯の地質学的研究：プレート収束帯の造山運動による付加体の造構的改変。愛媛大学大学院理工学研究科数理物質科，博士論文。
- Uno, K., Furukawa, K. and Hada, S. (2011) Margin-parallel translation in the western Pacific: Paleomagnetic evidence from an allochthonous terrane in Japan. *Earth and Planetary Science Letters*, 303, 153-161.
- Xu, Z., Kong, Jintao., Cheng, R., Lan, Yizhi. and Wang L. (2020) LA-ICP-MS U-Pb ages of detrital zircons from Middle Jurassic sedimentary rocks in southwestern Fujian: Sedimentary provenance and its geological significance. *Open Geosciences* 2020; 12: 958-976