

日本列島古生代前期変成岩-深成岩複合岩体の年代学と地球化学 Geochronology and geochemistry of the early Paleozoic metamorphics-igneous complexes of Japan

宮下 敦^{1*}; 堤 之恭²; 佐野 貴司²; 板谷 徹丸³
MIYASHITA, Atsushi^{1*}; TSUTSUMI, Yukiyasu²; SANO, Takashi²; ITAYA, Tetsumaru³

¹ 成蹊高校, ² 国立科学博物館, ³ 岡山理科大学

¹Seikei High School, ²National Museum of Nature and Science, Tokyo, ³Okayama University of Science

古生代前期の変成岩-深成岩複合岩体は、日本列島の各地に点在している。本報告では、このうち、長崎県野母崎角閃岩-変斑れい岩複合岩体、埼玉県木呂子角閃岩、岩手県宮守-母体の変成岩-フィオライト複合岩体について、全岩組成分析、ジルコン U-Pb 年代、角閃石 K-Ar 年代等のデータを得た。古生代前期変成岩-深成岩複合岩体の分布において、野母崎岩体は西端に、木呂子岩体は中間に、宮守-母体岩体は北東端に、それぞれ位置している。

これらの岩体群は、530-400Maの角閃石 K-Ar 年代を持つ角閃岩と 480Ma 前後のジルコン U-Pb 年年代を持つ変斑れい岩を含む点で共通している。

角閃岩と斑れい岩の全岩化学組成は、カルクアルカリ系列-ソレイト系列境界付近にプロットされ、その他の地球化学図も原岩となった火成岩類が島孤的であることを支持する。角閃岩は、ざくろ石等を伴わず、高压型の証拠がない。このことは、この変成岩類が古い海洋プレートの沈み込みによる冷却の影響が小さい収束境界で形成されたことを示唆する。また、同じ年代の花崗岩質岩類(例えば氷上花崗岩類)が小規模であることも、長い沈み込み期間を経験した成熟した島孤ではないことと調和的である。これらの特徴を総合すると、530-400Maの年代を持つ変成岩-深成岩複合岩体は、海洋性島孤/残存島湖が付加したものである可能性が示唆される。

引用文献:

- Isozaki et al. (2010) *Gondwana Res.*, 18, 82 - 105.
- 竹内・牧本, (1995), *地調月報*, 46, 419 - 423.
- Ozawa (1984) *Jour. Geol. Soc. Japan*, 90, 697 - 716.

キーワード: 古生代前期, 変成岩-深成岩複合岩体, ジルコン U-Pb 年代, K-Ar 年代, 全岩化学組成
Keywords: early Paleozoic, metamorphics-igneous complex, zircon U-Pb age, K-Ar age, bulk rock chemistry

秋吉台地下掘削試料の鉄炭素含有物岩脈を示す破碎過程の研究 Study of brecciated process of iron and carbon-bearing veins of the Akiyoshi-dai drilled samples

三浦 保範^{1*}
MIURA, Yasunori^{1*}

¹ 山口市、客員 (国内外大学)
¹ Yamaguchi, Visiting Univ.(In & Out)

1. 日本列島の特徴：日本列島には堆積岩が約六割分布して多起源から移動した集合基盤からなり、若い現地火山性岩石の割合は列島にしては少ない。それは古生層石灰岩の多くが、日本列島の若い形成期 (15Ma) よりかなり古くから残存して島弧列島に分布して含まれ、列島浮上前から古生層以降の基盤岩が海底の集合体として特徴的に残存していることを示す。

2. 秋吉台石灰岩台地の特徴：日本列島は地質的に最近海底から浮上して南北弧状に曲がって、広大で古い秋吉台の堆積岩 (石灰岩) が台地上に現存する。これは本州 (西部) 形成において、混在した地質岩塊が海底移動で堆積し日本海形成時に地上露出したことを示す。

3. 秋吉台地下掘削石灰岩試料 (粉末) の研究成果：秋吉台科学博物館採取の地下掘削 (帰り水、地下 250m) の提供を頂き、粉末試料中の方解石鉱物の物性変化 (構造・ESR 信号等) と XRF バルク組成分析などから [1-5]、化石分布 (逆転) に沿った物性変化と地下試料最下部で地表堆積起源と異なる元素組成 (親鉄元素) が得られた。掘削試料は、破砕的で再結晶方解石以外に微量の長石・石英成分を含む。地下破砕部 (243m) と地表の有色大理石に Fe 含有量が富むのが特徴である [4]。

4. 秋吉台地下掘削石灰岩試料 (薄片・塊状粒子) の電顕観察の研究：破砕状亀裂や岩脈の多い地下薄片試料を米国施設に依頼作成して、高分解能分析走査顕微鏡 FE-ASEM とラマン測定などから次のことがわかった。1) 地下浅部 (50m) の薄片試料は、方解石分解が微少で炭素化がない。2) 地下中部 (160m) から深部 (217m と 243m) 試料には、方解石からの分離マイクロ炭素粒子と再結晶方解石そして海水関与の岩塩のナノ微結晶が介在している。3) 別の塊状試料のその場観察により、分離したナノ炭素 (Ca 微量残存、高圧系炭素のラマンピーク観測) と極限状態分離時に加水 (海水) 条件を示す平板状ナノ方解石 (人工実験や天然物との対比確認) の生成している [3-5]。

5. 海外の古い石灰岩との対比：欧米の石灰岩の現地調査の一部と対比する。米国カールスバッド石灰岩 (New Mexico) は、約 3 億年前の珊瑚礁起源で地下深く洞窟で残存する。シエラ・マデラ石灰岩 (Texas) は、隕石衝突破砕石灰岩と親鉄元素を含む。アラモ破砕岩 (Nevada) は 3.67 億年前の破砕岩、衝撃変成石英・溶融岩と微細方解石を残存すが明確な衝突地形は現存しない。サンタフェ破砕岩 (New Mexico) は 3.5 億年万年前の衝撃変成石英と石灰岩が流体状に分離した微細炭素を含み衝撃時の流体固化を示す [5]。

6. 秋吉台石灰岩の形成の特徴：秋吉台帰り水の地下 243 m の破砕帯は単なる地質堆積活動ではなく、親鉄・白金族元素と石灰岩衝撃分離の炭素粒子を含み、二種類の方解石 (空隙状再結晶組織とナノ微細結晶) を残存する衝撃起源物質からなり、一般的な火山や地震等の衝撃過程では説明できない特徴的な衝撃過程 (海底地下残存、地上上昇風化) を示す [4, 5]。

7. まとめ：海底での集合岩帯からなる日本列島では、異なった時代と場所で形成され残存した古生代の秋吉台石灰岩帯が広く分布する。その地表と地下掘削試料では、多様な有色石灰岩と特徴的な微細組織と鉱物・組成を示し、一般的な地表の衝撃過程 (火山や地震) とは異なる組成・鉱物・組織を示す。本件では秋吉台の古い石灰岩を欧米の石灰岩調査結果と対比的に考察した結果、複雑な日本列島のでき方をよく記憶することがわかった。

引用文献：[1] Miura Y. (1985): ESR Dating & Dosimetry (Ionics, Tokyo), 1, 499-507. [2] Miura Y. (1986): Bull. Akiyoshi-dai Museum of Natural History (Yamaguchi), 22, 1-22. [3] 三浦保範 (1996)：衝撃波ハンドブック (SV 東京), p.1073-1209. [4] 三浦保範 (2006)：日本地質学会講演会要旨集 (高知大学), 158. [5] Miura Y. (2012, 2014)：日本地質学会講演会要旨集 (大阪府大、鹿児島大), pp.1.

キーワード: 秋吉台石灰岩, 掘削試料, 鉄炭素粒子, 高圧炭素, 親鉄元素, 再結晶方解石

Keywords: Akiyoshi-dai limestone, Drilled samples, Iron-carbon grains, High-pressure carbon, Shiderophiles, Re-crystallized calcite

秩父帯北帯における海山起源石灰岩の定置過程: 関東山地叶山石灰岩を例に Emplacement process of oceanic seamount origin limestone in the Northern Chichibu Belt

富永 紘平^{1*}; 久田 健一郎¹; 上野 勝美²; 谷口 英嗣³; 安川 和孝⁴; 町田 嗣樹⁵; 加藤 泰浩⁶
TOMINAGA, Kohei^{1*}; HISADA, Ken-ichiro¹; UENO, Katsumi²; TANIGUCHI, Hidetsugu³;
YASUKAWA, Kazutaka⁴; MACHIDA, Shiki⁵; KATO, Yasuhiro⁶

¹ 筑波大・地球, ² 福岡大・理学部, ³ 城西大・理学部, ⁴ 東大・工・システム創成, ⁵ 早稲田大・創成理工, ⁶ 東大・エネルギー・資源フロンティアセンター

¹Geoscience, Univ. of Tsukuba, ²Fac. Science, Fukuoka Univ., ³Fac. Science, Josai Univ., ⁴Sys. Innovation, Univ. of Tokyo, ⁵CSE, Waseda Univ., ⁶FR CER, Univ. of Tokyo

Limestone blocks in the accretionary complex can be regarded as accreted fragments of seamount capping atoll carbonate in origin. To discuss emplacement process of such limestone blocks into the accretionary complex is significant for understanding subduction zone tectonics, but it has not been fully discussed except for some works. This study examines Kano-yama limestone in the Jurassic accretionary complex, the Kanto Mountains, central Japan and documents imbricate structure developed in the gigantic limestone block.

Kano-yama limestone and other adjacent limestone blocks such as Tatoro-yama, Futago-yama, and Hakuseki-san are embedded in the strongly sheared zone along the boundary of the Northern Chichibu Belt and the Sanchu "Graben". This sheared zone comprises two formations: the Sumaizuku in the north and Hebiki formations in the south. The Sumaizuku Formation contains mainly chert and greenstone blocks whereas Hebiki Formation contains mainly sandstone blocks. Matsuoka et al. (1998) estimated accretion ages of the two formations to be Early to Middle Jurassic. Kano-yama limestone is accompanied by greenstones and volcanoclastic rocks. They are hyaloclastite and pillow lava, and according to chemical composition and petrology, they are N-MORB type basalt, except for one E-MORB. Thus, these greenstones are interpreted to have co-occurred tectonically with limestone, and almost all parts of volcanic body of a seamount seems to have subducted deeper.

Kano-yama limestone trends from WNW to ESE and is a limestone block 1 km × 200 m in size. The SW dipping bedding planes are observed in Kano-yama limestone, and on the basis of geopetal fabrics in boundstones, they represent normal sequence. Depositional facies of Kano-yama limestone are interpreted to be sand shoal and lagoon environment. Late Carboniferous to middle Permian fusulinacean genera are identified in Kano-yama limestone. Based on the fusulinacean age and lithology, Kano-yama limestone is divided into at least three units: Units 1, 2, and 3 in the seemingly descending order. Unit 1 contains components of sand shoal facies, and on the other hand, Units 2 and 3 contain both back reef and lagoon facies components. Fusulinacean age is younging upward within a single unit, but the older limestone overlies the younger limestone in a fault contact. They show totally imbricate structure. Limestone breccia is generally absent in Kano-yama limestone.

A lack of limestone breccia suggests that Kano-yama limestone is not an aggregate of redeposited collisional collapse products of oceanic reef complex at trench. Compared with sandbox experiment by Dominguez et al. (2000), a formative process of imbricate structure in the capping carbonate is rather explained by off-scrape of superficial part of a seamount. In conclusion, Kano-yama limestone was probably formed by off-scraping of back reef to lagoon deposits of cap carbonate, forming imbricate structure.

キーワード: 海山付加, 秩父帯北帯, 関東山地, 石灰岩, 緑色岩

Keywords: seamount accretion, the Northern Chichibu belt, the Kanto Mountains, limestone, greenstone

湘南姥島の三崎層中のデュプレックスを含む地質構造とその意義 Duplexes and other structures in the Misaki Formation of Shonan-Ubajima and their significance

森 慎一^{1*}; 野崎 篤²; 川上 俊介³; 小川 勇二郎⁴

MORI, Shin'ichi^{1*}; NOZAKI, Atsushi²; KAWAKAMI, Shunsuke³; OGAWA, Yujiro⁴

¹ 平塚市博物館, ² 横浜国立大学, ³ アサヒ地水探査(株), ⁴ 所属なし

¹Hiratsuka City Museum, ²Yokohama National University, ³Asahi Geo-Survey Co. Ltd, ⁴No affiliation

神奈川県相模湾の茅ヶ崎沖約2 kmにある姥島(うばじま)群島は大小30余りの島嶼からなる。その北西にある平島群島は、現在茅ヶ崎魚港の堤防と一部で繋がっている。これらの岩礁は三浦半島葉山から西北西へ連なる岩礁群の一部である。江ノ島はこの岩礁群の中に位置し、大部分が葉山層群であることがわかっている。姥島や平島群島の地質および構造についてはほとんど明らかにされておらず、姥島の層序およびナンノ化石が報告されているだけである(奥村ほか,1978; 相原・野木, 1985; 鈴木・蟹江, 2012)。

筆者らは、この姥島と平島群島の地質調査を数年前からはじめ、姥島群島が付加体に特有のデュプレックスを含んだデコルマンゾーンからなり、スラスト・アンチクラインを伴う構造であることを見出した。要点は以下のようである。

1) 平島は江ノ島と極めて類似した凝灰質細粒砂岩からなり葉山層群大山層に対比される。姥島は層厚290 m以上の凝灰質泥質砂岩とスコリア層・軽石層との互層よりなり、烏帽子本島および大平(おおだいら)の中下部層から産出する放射状化石は*Stichocorys delmontensis*と*S. peregrina*が産出し*Cyrtocapsella japonica*を産出しないことから後期中新世(8.2~9.9 Ma)の年代を示し、三浦層群三崎層に対比される。

2) 姥島群島の構造は東部と西部に二分され、東部では概ね、南北性西傾斜を有し、西北西-東南東の軸をもつ背斜構造を呈する。一方、西部は概ね、東西ないし東北東-西南西の走向を有し、北傾斜の構造を示すが、中央部および南部に東西性走向のスラストを持ち、このスラストを境に構造および層序が大きく転位する。

3) 特に西部の大平に見られるスラスト南側は、北側よりメインシア部・褶曲部・シア部から構成され、デコルマンゾーンを構成する。このデコルマンゾーンには複数のデュプレックス構造やlayer-parallel faultを伴っている。スラスト北側は、西北西-南南東に軸を持つ背斜構造を呈し、スラストに対して乗り上げ、見かけ状左ずれを示し、複雑な地質構造を形成している。こうした構造はデコルマンゾーンにスラスト・アンチクラインを伴う構造であり、南海トラフ付加体前面などで知られている付加体前縁部の構造(Kawamura et al., 2009; Michiguchi and Ogawa, 2011)といえる。

4) これらの東西性スラスト構造やデュプレックスを切断して、北北西-南南東の正断層系が発達する。

5) こうした構造は、以下のような3 stageで形成されたと推定される。

① Stage 1: 南北性圧縮応力場のもとで上から下へと底付けが行われ、duplexの変形が進む(fault-bend fold 形成期)。

② Stage 2: 大規模な褶曲構造とそれに伴うスラスト運動による変形が生じる(fault-propagation fold 形成期)。これにより、西部の大平背斜、東部の平磯背斜、その間の鶴島向斜などが形成される。

③ Stage 3: 東西性伸張場で南北性正断層群が形成される。これは伊豆弧衝突による回転後の応力場の変化によるものと推定され、森ほか(2010)が示した相模湾における南北性正断層系に相当する。

6) 褶曲した層理面から求められる褶曲軸方位は、地層を水平に戻すと、平均N36° E(13° S)となる。よって北東-南西のσ₁が与えられるが、隣接する大磯丘陵の55度の時計回り回転(小山ほか,1986)を考慮して回転を戻すと、南北の圧縮応力場となる。これは南部フォッサマグナ地域の1Ma以前の応力場(森ほか,2010, 2012)と調和的である。

今後の課題としては、古地磁気測定による回転角の測定、三浦半島及び房総半島の同様な構造との比較、葉山・三浦層群の西方延長としての本地域の構造の意義などが、残されている。

[文献] Kawamura K. et al., 2009, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **121**, 1629-1646; 小山真人ほか, 1986, 月刊地球, **8**, 620-625; Michiguchi, Y. & Ogawa, Y., 2011, *Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, **8**, 229-246; 森 慎一ほか, 2010, 地学雑誌, **119**, 585-614; 森 慎一ほか, 2012, 岩石鉱物科学, **41**, 67-86; 鈴木 進・蟹江康光, 2012, 神奈川県立博物館調査研究報告, **14**, 65-74.

キーワード: 相模湾, 姥島, 三崎層, デュプレックス, スラスト・アンチクライン, 付加体

Keywords: Sagami Bay, Ubajima, Misaki Formation, duplex, thrust-anticline, accretionary prism

三浦半島南端部三崎層中のデュプレックスと地質構造再訪 Duplexes and other geologic structures in the Misaki Formation of the southernmost Miura Peninsula: Revisited

小川 勇二郎^{1*}; 森 慎一²; 野崎 篤³

OGAWA, Yujiro^{1*}; MORI, Shin'ichi²; NOZAKI, Atsushi³

¹ なし, ² 平塚市博物館, ³ 横浜国立大学大学院環境情報学府

¹No affiliation, ²Hiratsuka City Museum, ³Yokohama National University, Graduate School of Environmental and Information Science

神奈川県三浦半島南端部に位置する城ヶ島の地質構造は、小玉 (1968) の歴史的な論文以来、多くの人々によって研究されてきた。筆者らはこの 40 年来その周辺部を含む三浦層群三崎層相当層を調査してきた (Ogawa & Taniguchi 1988; Hanamura & Ogawa, 1993; Yamamoto et al., 2009 ほか) が、今般独自に再訪し、多くのデュプレックスなどの地質構造を観察した。論点は以下のようである。

1) 剣崎付近の背斜向斜は、そのまま城ヶ島 (通り矢) へ伸びるわけではなく、北西方へ杉型雁行状に配列する。それらの背斜は南翼が急傾斜、北翼が緩傾斜であり、雁行状配列とともに、南海トロフの付加体先端部付近の地質構造 (Kawamura et al., 2009; Anma et al., 2011) に類似する。

2) 通り矢背斜は南へ大きく転倒し、逆断層 (地層が水平時の形成を仮定) が南北両翼に数多く発達する。背斜南翼からさらにその南方への向斜へかけての安房崎では多くのデュプレックスや逆断層が発達し、大規模な断層伝播褶曲 (fault-propagation fold) ととらえられ、Yamamoto et al. (2005) の浅間スラストに比せられる。

3) 城ヶ島の西部、浜諸磯、宮川などでは、多くのスラストデュプレックスが発達する。しかし、すべてが南フェルゲンツとは限らず、北フェルゲンツのものもあり、これも南海トロフ付加体先端部に類似する。また、地層に低角の共役逆断層群も多い。それらの P 軸は見かけ上北西方を向き、地層が水平時の形成を仮定すると、ほぼ水平面上にある (Ogawa & Horiuchi, 1978)。

4) いくつかのデュプレックスは、三崎層の付加体形成の際の basal decollement から分岐するスラストに沿う、地層にほぼ平行なスリップによるものと考えられ、それ以前に、スランプあるいは液状化堆積物ないし泥ダイアピルの関連で発達するものもあり、デュプレックスの起源にはテクトニック以外のものも考えられる。

5) 安房崎では、三崎層が上位の初声層の土石流堆積物によって、斜交不整合状に 300 m 以上も削られている。ただし、地層に中庸で斜交する逆断層は、この削り込みをみずらしている。初声層は、安房崎の一部では急傾斜であるが、基本的に緩傾斜、浅海での堆積を示す (Stow et al., 1998)。しかし、下位層の三崎層がすでに 30 度以上の傾斜をしていたことから、通り矢背斜と関連する構造形成は、初声層堆積当初から始まっていたことが分かる。

6) 全体に、N-S ないし N30E 方向の左ずれの断層群がこれらの構造を切っており、三浦半島から相模トロフへかけての全体の構造に一致し、東京湾の形成 (森ほか, 2010) も、それに関連する。以上のように、三浦半島南端部は、房総半島南端部でのテクトニクス同様 (Yamamoto, 2005; Yamamoto et al., 2009; Michiguchi and Ogawa, 2011)、南海トロフ付加体との類似で議論される。

(文献) Anma et al. 2011 Springer Solid Earth 8, 169-196; Kawamura et al. 2009 GSAB 121, 1629-1646 doi: 10.1130/B26219.1; Hanamura & Ogawa 1993 IA 3, 126-141; 小玉, 1968 地質学雑誌 74, 265-278; Michiguchi & Ogawa 2011 Springer Solid Earth 8, 229-246; 2009; GSASP480 249-262, doi:10.1130/2011.2480(12); 森ほか 2010 地学雑誌 119, 585-614; Ogawa & Horiuchi 1978 Jour. Phys. Earth, 26, Suppl., S321-336; Michiguchi & Ogawa 2011 GSASP 480480, 249-262; Ogawa & Taniguchi 1988 Modern Geol. 12, 147-168; Stow et al. 1998 Sediment. Geol. 115, 351-381; Yamamoto et al. 2000 Tectonoph 325, 133-144; Yamamoto et al. 2005 Tectonics, 24, TC5008, doi:10.1029/2005TC001823; Yamamoto et al. 2009 Island Arc 18, 496-512.

キーワード: 城ヶ島, 三崎層, デュプレックス, スラストシステム, 断層伝播褶曲

Keywords: Jogashima Island, Misaki Formation, duplex, thrust system, fault-propagation fold