

低温領域の熱年代学とthermo-kinematicモデルに基づいた赤石山脈北部の隆起・削剥史

Uplift and denudation history of the Akaishi Range based on low-temperature thermochronology and thermo-kinematic model

*末岡 茂¹、池田 安隆²、狩野 謙一³、堤 浩之⁴、田上 高広⁴、Kohn Barry⁵、長谷部 徳子⁶、田村 明弘⁶、荒井 章司⁶、柴田 健二⁷

*Shigeru Sueoka¹, Yasutaka Ikeda², Ken-ichi Kano³, Hiroyuki Tsutsumi⁴, Takahiro Tagami⁴, Barry P. Kohn⁵, Noriko Hasebe⁶, Akihiro Tamura⁶, Shoji Arai⁶, Kenji Shibata⁷

1. 日本原子力研究開発機構、2. 東京大学、3. 静岡大学、4. 京都大学、5. メルボルン大学、6. 金沢大学、7. 九電産業
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Tokyo Univ., 3. Shizuoka Univ., 4. Kyoto Univ., 5. Melbourne Univ., 6. Kanazawa Univ., 7. Kyuden Sangyo Co., Ltd.

赤石山脈は、東北日本弧と西南日本弧の会合部付近に形成された日本アルプスの一部であるとともに、伊豆-ボニン弧と本州弧の衝突帯である南部フォッサ・マグナ地域にも含まれ、その隆起過程の解明は島弧会合部のテクトニクス理解に有用である。本研究では、赤石山脈北部の熱年代を基に、thermo-kinematicモデル (Pecube ver. 3; Braun et al., 2012) を用いて以下を検討した：1) 赤石山脈北部の隆起と糸静線断層帯南部の活動の関係、2) 糸静線断層帯南部の地下形状や変位速度、3) 赤石山脈北部の隆起・削剥史。

利用した熱年代データはSueoka et al. (2012, abst. AGU) が報告したもので、山地横断方向（東西方向）にアパタイトフィッシュン・トラック (AFT) 年代、ジルコン(U-Th)/He (ZHe) 年代、ジルコンフィッシュン・トラック (ZFT) 年代、ジルコンU-Pb年代が得られている。AFT年代、ZHe年代、ZFT年代には、概して山地の東側で若くなる傾向が見られた。すなわち、山地東部でより多くの削剥が生じており、山地全体は西に傾動隆起していると考えられる。また、最も若いAFT年代とZHe年代は約3Maだが、これは曙礫岩層の堆積開始年代から推定された赤石山脈の隆起開始時期（約3.3Ma；狩野，2002）と一致する。ただし、最も若い年代は白州～鳳凰山断層の西側で得られており、その東側から下円井～市之瀬断層の間では、岩体の形成年代である約16Maより有意に若い年代は得られなかった。すなわち、赤石山脈北部を隆起させたのは主に白州～鳳凰山断層で、それ以東の山地では、約16Ma以降の削剥量は2～3km未満となる。下円井～市之瀬断層は赤石山脈と甲府盆地の現地地形境界をなすが、赤石山脈の隆起開始以降に活発化した断層群と考えれば、上記の結果と矛盾しない。この考えは、更新世に逆断層frontの盆地側へのmigrationが起こったとする田力 (2002) の推測とも一致する。

以上の年代測定結果・解釈を踏まえ、白州～鳳凰山断層の活動で赤石山脈北部の隆起を説明できるか、thermo-kinematicモデルによる検証を試みた。すなわち、単純なflat-ramp構造（2枚の矩形の断層面からなる純粋な逆断層）で近似した白州～鳳凰山断層の活動で山地が隆起した時に、地表で見られる熱年代の理論値を求め、実測値と比較した。その結果、変位速度が5～10mm/yr、rampの傾斜が27～45°、デコルマの深度が20～25kmの時、実測値と最も良く一致した。また、変位速度とrampの傾斜から、赤石山脈北部の基盤隆起速度は約4mm/yrと計算できるが、基盤隆起速度と削剥速度の動的平衡を仮定すれば、削剥速度も約4mm/yrとなる。この値は、ダムの堆砂速度や宇宙線生成核種法から推定された、より短期間の削剥速度（例えば、藤原ほか，1999; Korup et al., 2014）とほぼ一致しており、動的平衡の仮定共々妥当と考えられる。また、上記で推定した断層パラメータも、地下構造探査や地球物理学的観測などの結果（例えば、Ikeda et al., 2009; Panayotopoulos et al., 2010; 浅野ほか，2010）と矛盾しない。以上から、上記のパラメータを有した白州～鳳凰山断層の約3.3Ma以降の活動により、赤石山脈北部は隆起したと結論付けられる。

これらの結果に基づけば、赤石山脈北部の隆起・削剥様式は、Sueoka et al. (2012) のモデルのう

ち、simple tilted upliftモデルで良く説明できる。すなわち、片側の断層（ここでは白州～鳳凰山断層）の活動で傾動隆起した非対称な山地横断面形を持ち、断層側に向かって基盤隆起速度・削剥速度ともに増加する。ただし、同じモデルが赤石山脈の南部にも当てはまるかどうかは議論の余地がある。Yamagiwa (1998MS) が報告したAFT年代は約1Maを示すなど、北部とは異なる熱年代の分布を示す。また、南部では山地側に隆起をもたらす活断層の分布が不明瞭であるうえ、山地の幅が広く、断層運動による短波長の変形で説明できるかどうかは不明である。赤石山脈南部の隆起の原因については、約1Ma以降の伊豆ブロックの衝突なども考慮する必要がある（例えば、Hashima et al., 2016）。なお、FT年代やHe年代が若返るにはkmオーダーの削剥が必要のため、赤石山脈で見られる侵食小起伏面や山頂の定高性は、隆起前の準平原地形の遺物というよりは、山体重力変形や周氷河作用などの隆起開始後のプロセスで形成されたと考えられる。

キーワード：赤石山脈、糸魚川-静岡構造線断層帯、低温領域の熱年代学、thermo-kinematicモデル、arc-arc衝突帯

Keywords: Akaishi Range, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line fault zone, low-temperature thermochronology, thermo-kinematic modeling, arc-arc collision zone

「名倉玄武岩層」中の火山岩類の地球化学的性質

Geochemical characteristics of Miocene volcanic rocks in “Nagura Basalt formation”

*向山 岳士¹

*Takeshi Mukouyama¹

1. 東京都市大学

1. Tokyo City University

南部フォッサマグナ地域、丹沢北部に分布する「名倉玄武岩層」に存在する玄武岩質火山岩類(以下名倉玄武岩)14試料について、地球化学的な視点から、成因の検討を行い、また調査地域周辺の新第三紀中新世火山岩類(日向安山岩, 大島塩基性火山岩体)や、現在の伊豆-小笠原弧の火山岩類、東北日本弧の火山岩類との比較を行った。

その結果、名倉玄武岩は現在の伊豆-小笠原弧や調査地域周辺の火山岩類と同様にLow K tholeiiteに分類され、また東北日本弧の火山岩類と異なる化学組成であること、現在の伊豆小笠原弧の火山岩類や周辺の火山岩類と比べて高いFeO*/MgO, を持つことが分かった。

名倉玄武岩は、現在の伊豆-小笠原弧の火山岩類のようなバイモーダルな組成を示さず、分化した組成であることから、圧縮場における火山活動の産物である可能性がある。

キーワード：玄武岩、化学組成、伊豆-小笠原弧

Keywords: Basalt, chemical composition, Izu-Bonin arc

上越沖-北部フォッサマグナ地域における後期新生界の褶曲-断層帯の構造と形成史

Late Cenozoic structure and evolution of fold and thrust belts, Off-Joetsu and Northern Fossa Magna, central Japan

*池口 直毅¹、佐藤 比呂志¹

*Naoki Ikeguchi¹, Hiroshi Sato¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute University of Tokyo

東北日本と西南日本の境界部に位置する上越沖-北部フォッサマグナ地域は、日本海の拡大によってリフト盆地が形成され、その後、大規模な短縮変形を被った地域である。リフト盆地においては厚い堆積物が複雑な褶曲-断層帯を形成しているが、震源断層を含め褶曲-断層帯の形成を幾何学的な合理性のもとに説明したモデルは提案されていない。また、北米/ユーラシアプレート境界とされる糸魚川-静岡構造線の意味づけについても不明な点が多い。このような背景から、地質・地球物理学的データを用いて、この地域の三次元的な地質構造形成プロセスモデルを構築することを目的として、研究を行った。

地質構造の解析にあたって、地表地質データ・反射法地震探査データ・坑井データ・重力異常データ・地震波速度構造データを取りまとめ、調査地域における地質構造図を作成し、調査地域を網羅する五本の断面線において地質断面図を作成した。構造解釈の妥当性の検討と短縮変形の定量化にはバランス断面法を用いた。

解析の結果、複雑な断層関連褶曲の形成プロセスを説明することができる三次元断層モデルを構築することに成功した。この地域においては、リフトの縁辺部と、リフト内の大陸性地殻が想定される地域に震源断層の存在を推定した。リフト下の下部地殻のP波速度構造は、リフト軸の方向で高速度帯を形成していることから、大量の苦鉄質岩が上昇していると判断され（佐藤, 2013）、この苦鉄質岩が卓越する領域と大陸性地殻との物質境界が震源断層となっていると考えられる。これらの震源断層は盆地内では四つの断層系を構成しており、鮮新世以降の北西-南東方向の短縮変形により、分岐し・折れ曲がり・交差しながら、ウェッジ構造・ポップアップ構造・thrust-front-migrationによって複雑な褶曲帯を形成している。短縮変形は、リフトの縁辺部からリフト内の大陸性地殻が想定される地域に乗り上げる紫雲谷断層と妙高断層に集中したのち、リフト内の大陸性地殻が想定される地域を震源断層とする「西頸城断層系」および中央隆起帯近辺の断層へと分散した。バランス断面法から、総短縮量は約35 km、平均歪速度は約10 mm/年と算出された。

キーワード：断層関連褶曲、北部フォッサマグナ、バランス断面図、中絶リフト盆地、地質構造形成プロセスモデル

Keywords: Fault-related-fold, Northern Fossa Magna, Balanced cross section, Failed rift basin, Kinematic model of the formation of the geological structure

富山トラフおよび周辺海域の構造発達史

Geotectonic evolution in and around Toyama Trough, Japan Sea

*竹内 章¹

*Akira Takeuchi¹

1. 富山大学理学部

1. Faculty of Science, University of Toyama

日本海盆南東部・大和海盆東部・富山トラフを含む日本海東縁海域における、海底地形観測、資源探査ならびに地殻構造探査の成果をコンパイルした。結果、両海盆における２段階の背弧拡大過程を裏付ける新しい知見が得られた。

1) 当該海域では、活動を停止した正断層、反転構造をもつ逆断層、および活断層など、断層の時空分布に明瞭な区域性がみられる。

2) 富山トラフの断層群のうち、南北走向の断層群は、大和海盆および大和海嶺の東縁まで追跡され、早期に形成された大規模な右ずれ剪断帯をなす。

3) 大和海盆では前段の東西系拡大軸とそれ以降のNE-SW系拡大軸の２段階で拡大が行われた。このとき狭長な南北剪断帯はNW-SE系左ずれ断層を伴う開口変位を生じ、富山トラフを形成した。

現在の中央日本で、東西日本にまたがるひずみ集中帯が観測されることは、西南日本弧と東北日本弧が合体し、本州弧が復活した状態と見做せる。

キーワード：日本海、富山トラフ、アムールプレート、ネオテクトニクス、反転テクトニクス

Keywords: Japan Sea, Toyama Trough, Amur Plate, neotectonics, tectonic inversion

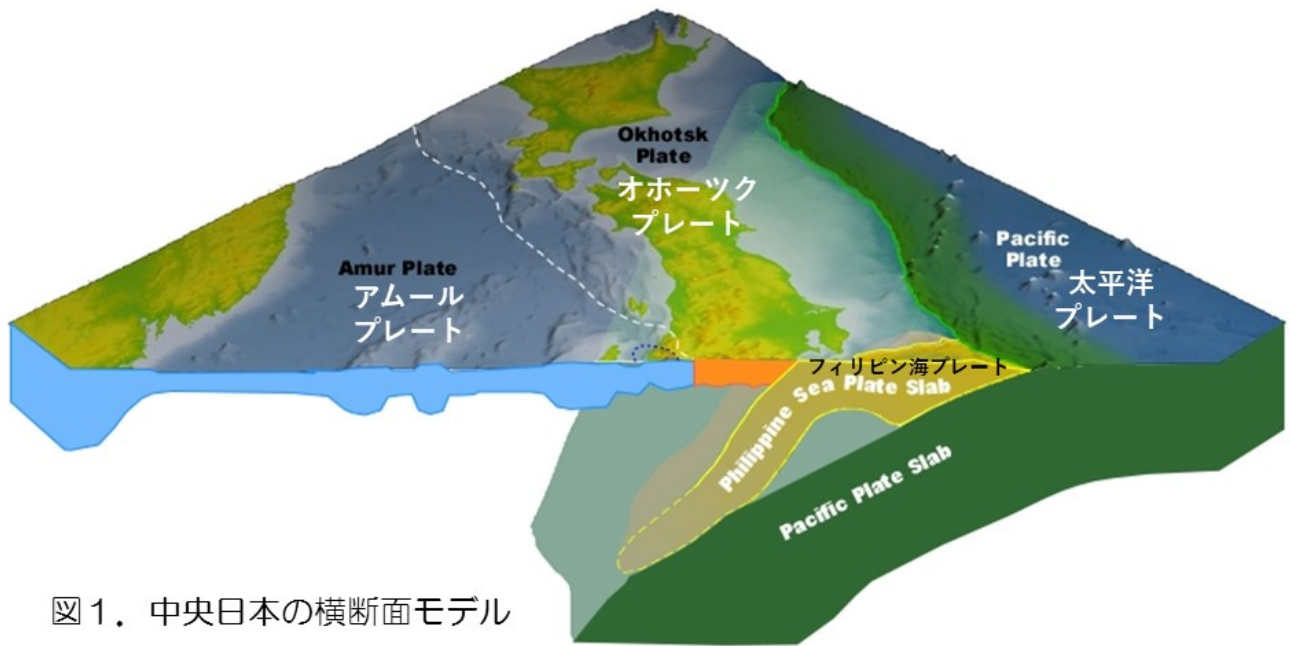


図1. 中央日本の横断面モデル

Stratigraphy and geological structure of Goto Group in the Narujima Island, Goto Islands, Nagasaki Prefecture, West Japan

*金子 大作¹、清川 昌一¹

*Daisaku Kaneko¹, Shoichi Kiyokawa¹

1. 九州大学

1. kyushu university

The Narushima Island, central part of Goto Islands, contains early Middle Miocene Goto Group with several intrusion and 2 type deformations. Goto Group is sediment of expansion time of Japan sea. In the Narushima Island, There may be the evidence of the times change of the lift zone. This study settles a geological feature of the Narushima Island as a stage before finding out the evidence. In this study area strikes NW in the south part and NE in the north part and dips 0-60°N. Northern area is well preserved drag fold which down to northwest (Type1). Northwest to southeast faults are well exposed 3 places with brecca zone (Type2). The Narushima Island is divided into 4 blocks by NNW-SSE trend extensional strike-slip fault with thick brecciated zone.

Stratigraphy of this sequence is divided 3 formations in ascending order, as follows: A formation (40m thick) is characterized by alternating beds of pyroclastic rock and tuffaceous sandstone. Pyroclastic rock in A formation contains 1-3 cm elongated lapilli oriented with their long axes parallel to bedding. B formation (350m thick) is composed of mudstone-dominant alternating beds of sandstone and mudstone, and subdivided 3 members. Lower Member (90m thick) is characterized by mudstone-dominant alternating beds of sandstone and mudstone, Middle Member (140m thick) by sandstone-dominant alternating beds sandstone and mudstone, and Upper Member (110m thick) by mudstone-dominant alternating beds of sandstone and mudstone. Sandstones of B formation exhibit a variety of depositional structures. Sandstones of Lower Member are normally graded and of Middle Member sometimes show internally climbing ripple lamination and trough and planar cross bedding. Fossils of mud snails occur in Middle Member. C formation (500m + thick) consists of thick sandstone and thin mudstone. Sandstone of C formation exhibits internally thick cross bedding.

It is thought that pyroclastic rocks of A formation are deposited as volcanogenic mud flow sediments, normal graded sandstones of the B formation are turbidity current deposits, and thick sandstones which exhibit cross bedding in the C formation are sediments near estuary. And In B formation, limnetic fossils occur. Therefore this stratigraphic change indicates rifted volcanic event, lake sediment and river-delta sequence at the rift zone of Japan sea. Type 1 deformation may be related by opening face of Japan sea. Northwest to southeast trend Type 2 deformation might be related rifting of north Okinawa Trough.

白亜紀期前期の日本弧における後背地の経年変化：西南日本の上部ジュラ -下部白亜系前弧砂岩の碎屑性ジルコン年代

Secular change in provenance of Early Cretaceous Japan arc: detrital zircon geochronology of fore-arc sandstones

*長谷川 遼¹、磯崎 行雄¹、堤 之恭²、中畑 浩基¹

*Ryo Hasegawa¹, Yukio Isozaki¹, Yukiyasu Tsutsumi², Hiroki Nakahata¹

1. 東京大学大学院総合文化研究科、2. 国立科学博物館

1. Univ. Tokyo, 2. National Mus. Nat. Sci

弧-海溝系で形成される造山帯産物（付加体、高圧変成岩、弧花崗岩など）は古期のものほど断片化され、残存しにくい。現在の日本には、領家花崗岩（火成弧）や三波川変成岩（沈み込み帯深部）など白亜紀の構成要素が比較的よく残されている。当時の弧-海溝系の表層における碎屑物の移動／分配パターンを解明するため、演者らは西南日本のジュラ-白亜系砂岩中の碎屑性ジルコンU-Pb年代測定を進めており、検出した碎屑性ジルコンの流入パターンの違いに基づき白亜紀当時の前弧／弧内／背弧盆地の分化過程が明らかにされつつある（中畑ほか, 2015, 2016a, 2016b）。さらに九州西部球磨山地、四国中部、および紀伊半島の秩父累帯に産する前弧盆地に堆積したジュラ紀後期-白亜紀前期の浅海／汽水性砂岩について、碎屑性ジルコンのU-Pb年代をLA-ICPMSを用いて測定した結果、いずれの試料も化石が示す堆積年代と調和的な年代スペクトルが得られ、以下のことが考察される。ジュラ紀後期-白亜紀前期の西南日本の地殻表層には、現在の日本には極めて稀な古生代末から中生代の花崗岩、とくにジュラ紀前期のものが広範に露出していた。大陸由来あるいはリサイクルされた先カンブリア時代の碎屑粒子も少量ながら定常的に前弧域に運ばれていたが、白亜紀前期 Hauterivian以降には、前弧域に到達しなくなった。このような碎屑性ジルコン年代スペクトルの経年変化は、白亜紀前期のアジア東縁における活動的な弧-海溝系で、弧地殻が大きく成長したことを反映している。新しい花崗岩類が大量に火山弧の地下で定置されると、表層では隆起がおきて、古期花崗岩の露出／浸食、および大陸由来碎屑物の流入を阻止する明瞭な地形的障壁が出現したと推定される。

キーワード：白亜紀、弧-海溝系、碎屑性ジルコン、ウラン-鉛年代、西南日本、後背地

Keywords: Cretaceous, arc-trench system, detrital zircon, U-Pb age, SW Japan, provenance

中新世における西南日本の時計回り回転：レビュー

Miocene clockwise rotation of Southwest Japan: a review

*星 博幸¹

*Hiroyuki Hoshi¹

1. 愛知教育大学

1. Aichi University of Education

中新世の日本海拡大時、西南日本と東北日本はそれぞれ時計回り、反時計回りに回転した。30年ほど前に提案された15 Ma高速回転モデルは現在も日本列島の地質学研究に大きな影響を与えている。今回筆者は、西南日本の時計回り回転に焦点を絞り、この四半世紀に報告された古地磁気と年代のデータをレビューする。このレビューで得られる重要な結論は、西南日本の回転時期が25年前に考えられていたよりも200万年ほど前の18~16 Maであったということだ。西南日本が東西縁辺部を除き剛体的に回転したと仮定すると、その時計回り回転量は $41.7 \pm 5.4^\circ$ と見積もられる。

キーワード：日本海拡大、中新世、古地磁気、回転運動、西南日本

Keywords: Japan Sea opening, Miocene, paleomagnetism, rotation, Southwest Japan

20万分の1日本シームレス地質図V2版の公開

Release of Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) V2

*齋藤 眞¹、西岡 芳晴¹、水野 清秀¹、宮崎 一博¹、石塚 吉浩¹、工藤 崇¹、坂野 靖行¹、宝田 晋治¹、内野 隆之¹

*Makoto Saito¹, Yoshiharu Nishioka¹, Kiyohide Mizuno¹, Kazuhiro Miyazaki¹, Yoshihiro Ishizuka¹, Takashi Kudo¹, Yasuyuki Banno¹, Shinji Takarada¹, Takayuki Uchino¹

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

2006年に脇田ほかによって、20万分の1日本シームレス地質図(全国版)が公開された。この地質図は1992年に刊行された100万分の1日本地質図第三版の凡例を基本にしており、凡例数が基本版で194で、岩相区分を加えた詳細版では凡例数386である。

今回、著者らが中心となって、新凡例を用い、既存の20万分の1地質図幅をベースとして新たに完全に再編纂した20万分の1日本シームレス地質図V2版を作成し、2017年5月10日(地質の日)に公開した。この編集のために、岩石の種類と岩相による区分と、時代による区分を組み合わせた約2500の凡例を作成した。この凡例は構造化されており、より簡素化された区分を用いた凡例を簡単に作ることができることが特徴である。

キーワード：地質図、デジタル、シームレス

Keywords: geological map, digital, seamless

The new tectonic division of basin in Eastern Shandong and its adjacent South Yellow Sea, China

*Feifei Liu¹, Yaoqi Zhou¹, Hong Liu², Baojing Yue²

1. UPC, 2. QIMG

The new discovered Offshore rift basin in Eastern Shandong according to the field investigation is one of Mesozoic and Cenozoic rift basin in Eastern North China, which break traditional view for tectonic framework of basin in Eastern Shandong and its adjacent South Yellow Sea. Therefore, the tectonic framework and units of basin in the study area were redivided through the method of wavelet multi-scale decomposition of gravity anomaly, which has important meaning for the study of Mesozoic basin evolution in Eastern North China. In this paper, the method of wavelet multi-scale decomposition is used to separate bouguer gravity anomaly data, extracting first to forth order wavelet transform detail, which reflects gravity anomalies produced by anomalous density bodies varying from surface to Moho. The results showed that the faults in the study area developed, with different tendencies intermeshed and crossed mutually, indicating that there was multi-stage tectonic activity. The distribution of deep faults has a significant effect on the positive and negative gravity anomaly zones corresponding the uplift and depression. With obvious division characteristics of gravity field, the study area is divided into four subregions under boundary of the Tanlu fault zone, Wulian-Qingdao fault and Jimo-Muping fault zone, Qianliyan fault, the southern margin fault of Qianliyan uplift, from north to south, which is Jiaolai Basin, Offshore rift basin, Qianliyan uplift and South yellow sea basin, respectively. Combined with the seismic data, the tectonic units in Offshore rift basin is mostly analyzed. It is a NE-SW trending strip-shaped feature, with alternative depression and uplift. And for the first time, the subsidence center of Offshore rift basin is discovered.

Keywords: framework, Gravity Anomaly, Wavelet Multi-Scale Decomposition, Eastern Shandong



Late Paleozoic to Early Mesozoic magmatism in Linxi area, Inner Mongolia: Implications for the tectonic evolution of the Xing'an–Mongolia Orogenic Belt

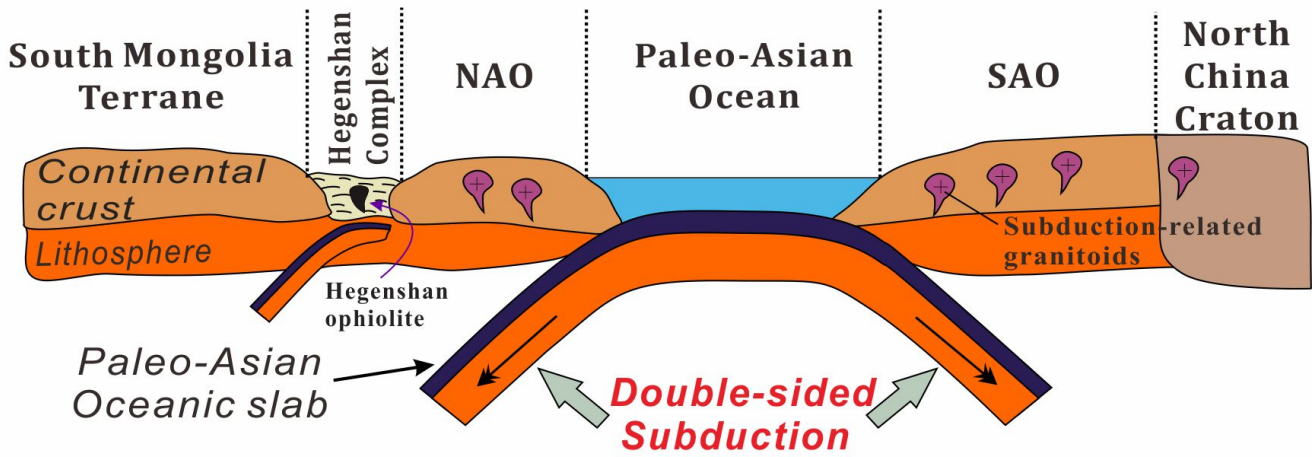
*Qiuming Pei^{1,2}, Ken-ichiro Hayashi¹

1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan, 2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

The Central Asian Orogenic Belt (CAOB) is one of the world's largest site of juvenile crustal growth in the Phanerozoic era (Sengor et al., 1993). The southeastern segment of the CAOB is called Xing'an–Mongolia orogenic belt (XMOB, Ren et al., 1980). Numerous fundamental problems are still unsettled, especially when it comes to the tectonic evolution of the XMOB during Late Paleozoic to Early Mesozoic (e.g. Jian et al., 2010; Tong et al., 2015; Xiao et al., 2003; Zhou et al., 2015). The study area (Linxi area, Inner Mongolia), located in the core region of the Solonker–Xra Moron suture (Han et al., 2012; Pei et al., 2017), is undoubtedly the significant region to investigate the tectonic evolution of the XMOB. Here we present new zircon U–Pb ages, whole-rock major and trace element compositions and coupled with Hf isotopes of the representative samples in Linxi area of the XMOB. This work evaluates their petrogenesis and tectonic implications and also provides new constraints on the tectonic evolution of the XMOB. The representative rock samples analyzed in detail during this study were collected from four plutons in the midwest of the Linxi area, namely the BS, BSFZ, HD and XNG plutons. The BSFZ and XNG plutons consist mainly of granodiorite, granodiorite porphyry and monzogranite, which are belong to I-type granitoids. The BS and HD plutons are mainly composed of granite and monzogranite, which are classified as typical A-type granites. Zircon U–Pb age dating indicates the intrusions were emplaced in two stages: (1) during Late Permian to Early Triassic (the BSFZ and XNG plutons, 252 ± 3 – 246.3 ± 3.3 Ma); (2) Late Triassic (the BS and HD plutons, 220.8 ± 2.7 – 211.4 ± 2.6 Ma). According to their geochemical characteristics and Hf isotope compositions, as well as Nd isotope published recently in this region, we argue that the investigated granitoids share the similar magma sources which were derived from the partial melting of juvenile lower crust materials. It is notable that the BS and HD A-type granites experienced higher degree of magmatic differentiation compared to the BSFZ and XNG I-type granitoids. Crustal growth and tectonic evolution of orogenic belts could be deciphered by the accompanied magmatism (Wu et al., 2011). In order to get a more comprehensive understanding of magmatism, here we integrated 95 recently-published single-zircon U–Pb ages of granitoids in adjacent areas. According to these precise geochronological data, four main periods of granitic magmatic activity can be distinguished in this area: Late Carboniferous (330–300 Ma), Early Permian (290–270 Ma), Late Permian–Late Triassic (260–220 Ma) and Late Jurassic–Early Cretaceous (150–110 Ma). The occurrence of the youngest age group is triggered by the Pacific plate subduction (e.g., Ouyang et al., 2013; Wilde, 2015). Other age groups are most likely controlled by the subduction–collision processes driven by the closure of the Paleo-Asian Ocean (e.g., Eizenhöfer et al., 2014; Li et al., 2016). There is a broad consensus that the final closure of the Paleo-Asian Ocean took place along the Solonker–Xra Moron suture zone, which was marked by melanges, blueschists and the Solonker–Sonidyouqi–Kedanshan–Xingshuwa ophiolite belts. Based on these new data and previous studies, we predict three stages of tectonic evolution during the Late Paleozoic–Early Mesozoic in the XMOB: (1) Late Carboniferous–Early Permian (330–270 Ma): double-sided subduction of the Paleo-Asian Ocean; (2) Middle Permian–Middle Triassic (270–237 Ma): the closure of the Paleo-Asian Ocean and subsequent continent–continent collision between the North China Craton and the South Mongolia Terrane. (3) Late Triassic (237–211 Ma): post-collisional extension.

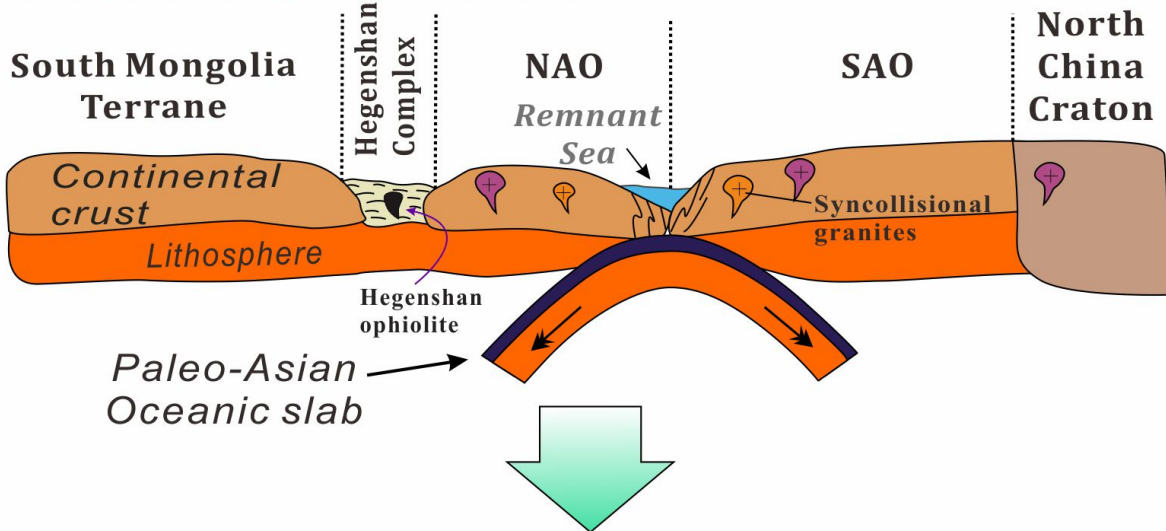
Keywords: tectonic evolution, CAOB, U-Pb-Hf isotopes, magmatism, Linxi

(1) Subduction of the PAO (330–270 Ma)

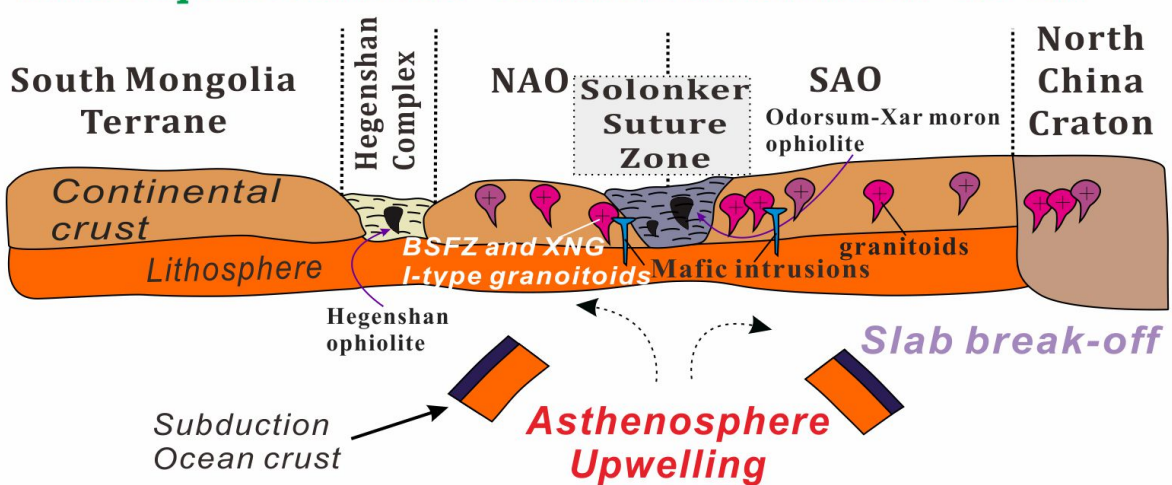


(2) Collisional orogeny (270–237 Ma)

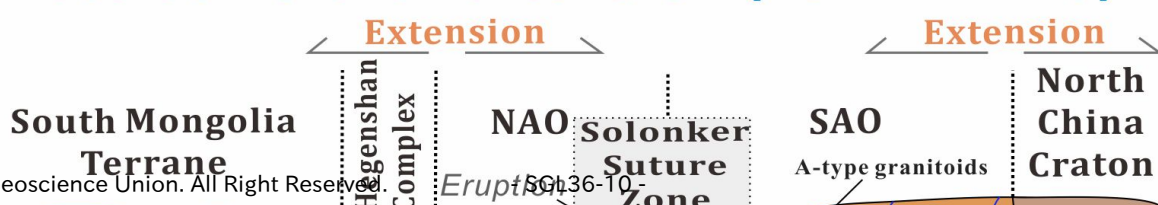
a. Initial collision: 270–260 Ma



b. Subsequent continent–continent collision: 260–237 Ma



(3) Post-collisional extension (237–211 Ma)



INTEGRATED INTERPRETATION OF HIGH SENSITIVITY MARINE MAGNETIC DATA AND MARINE SEISMIC DATA IN IZMIT BAY, TURKEY

Ahmet Sinan Demirel¹, Mustafa Karakurt¹, *Denizhan Vardar¹, Fatih M. Adatepe¹

1. Institute of Marine Sciences and Management, Istanbul University,

In this study, we have compared high resolution marine magnetometer data and marine seismic data. In this way, we have aimed to create the model map of active tectonic structures in Izmit Bay that located in the east of the Marmara Sea. Izmit Gulf, has attracted the attention of local and international researchers after the earthquake of 17 August 1999. From that time until today, there have been several geological and geophysical studies. Mainly shallow marine seismic studies have been carried out in the region. However, there is no high resolution marine magnetic data history of national or international literature. After the earthquake in Golcuk, the deep seismic reflection data on a total of 64 lines were collected by research vessel MTA Seismic 1 in September, 1999. In this study, only 10 of these lines that NS direction have been used. Air gun was used as the energy source. Seismic lines has 1 ms sampling interval and 1,5 s record length. About 1000 km in length data has been collected with SeaSpy Marine Magnetometer which belongs to Istanbul University Institute of Marine Sciences and Management in Izmit Bay. The collected raw data has been converted to Excel format. Firstly, noise generated by human-induced structure are fixed as observational. Then, the daily change occurring in the magnetic field is corrected. Daily data has been taken on the basis of minutes from Iznik station which belonging to Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. Correction of the measured values has been performed by application that we made. Modeling has been performed by Geosoft Oasis Montaj application by using this data. Two fault map is created by using high resolution marine seismic data and marine magnetic data. These two maps are verifying each other greatly. North Anatolian Fault; passing within 750 m of the Hersek nose at West of Izmit Bay. In middle of Izmit Bay, NAF protect distance from shoreline from offshore of Karamursel to offshore of Degirmendere. In the East of Izmit Bay; NAF passing through Golcuk and Derince and lies on the eastern basin.

Keywords: Izmit Bay, High Resolution Marine Magnetics, North Anatolian Fault

Late Pleistocene and Holocene stratigraphy of the Gulf of Saros; new Chirp seismic data

*Bedri Alpar¹, Denizhan Vardar¹, Hakan Alp²

1. Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, 2. Istanbul University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering

The Gulf of Saros is located at the eastern margin of the North Aegean Trough (NAT), which is a right-stepping horsetail structure developed at the western termination of the North Anatolian Fault (NAF). Its evolution started in the Middle to Late Miocene, under the NW–SE compression caused by the counterclockwise movement of the Thrace and Biga peninsulas along the Thrace Fault Zone. This presentation presents the stratigraphic setting in this active gulf region, depending on the available seismic data sets and as well as new 300 km-line high-resolution shallow chirp data collected at the eastern margin of the gulf. The shear deformations confirmed that the right-lateral North NAT fault zone (NNAT) and left-lateral South NAT fault zone (SNAT) are the most significant structural elements controlling the NW–SE compression deformation. The Neogene sediments overlie the pre-Early Miocene basement on land. The erosion unconformity between these formations forms a characteristic key surface area on all of the marine seismic records, implying a long hiatus from Miocene to Pleistocene, and with some local erosions.

The deposits above the acoustic basement are divided into four distinctive seismic units. The bottommost unit U1d overlies the pre-Early Miocene basement, and accumulated from the onset of coastal transgression until the time of maximum transgression of the coast, with sediments onlap the underlying erosional truncation surface. The unit U1c comprises fluvial sigmoidal reflections with sediments downlap the underlying unit and show highstand - lowstand period. The unit U1b comprises marginal marine and fluvial sediments deposited during the lowstand period. Finally, the topmost unit U1a and its parallel inner reflections represent the last transgression.

Two different depositional characteristics have been defined in the gulf, as they are separated by an actual fault system. On the southern margin, the transgressive deposits of unit U1a lie directly above the pre-Early Miocene basement while fluvial sigmoidal deposits of the unit U1c and marginal marine and fluvial deposits of the unit U1b can be seen on the northern margin, and they form 30-ms (tw) thick sedimentation deposited under the control of northerly riverine inputs during highstand to lowstand periods. The stratigraphic setting in the gulf supports a dextral movement along the NNAT. The unit U1c is widely distributed in the middle of the studied area. Some buried channel geometries of the rivers, which transported the sediments of unit U1c, have been outlined at the northern sector. In addition, some characteristic sand deposits, equivalent with the unit U1d, were defined at the northern sector of the gulf. All these findings show that the northern margin is under the influence of river aggradation whilst the southern margin was an erosional platform during the last glacial maximum.

Keywords: seismic stratigraphy, Chirp seismic, Aegean Sea

A new tectonic model and fault segmentation controlling the evolution of the inner margin of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea

*Denizhan Vardar¹, Hakan Alp², Bedri Alpar¹, Sinan Demirel¹

1. Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, 2. Istanbul University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering

This study is focused on the definition of tectonic elements in the Gulf of Saros, a highly active seismic region within the North Anatolian Fault Zone. The previous reflection seismic studies trying to characterize the structural setting of the gulf were not presenting sufficient and efficient seismic data at the inner part of the gulf, so we studied this part in detail. For this purpose, we have collected more than 350 km-line high-resolution seismic data by a small research vessel at the inner side in May 2016. All of the obtained seismic profiles were interpreted on a workstation using the commercial software packages known as Kogeo and Kingdom. The Ganos fault, that generated the 9 August 1912 earthquake ($M_w=7.2$) in western Turkey, enters into the Gulf of Saros from the east, cuts the southern margin of the gulf forming a valley which is deepening westward. The deepest part of this valley cuts into the basement surface and divides the gulf into two. The seismic data revealed that the fault was not a single segment or a pair of border faults bordering the valley. According to the seismic images of the fault segments, the emanating earthquake energy will possibly be carried by two different fractures; the Ganos and Saros segments. The Ganos segment controls the northern margin of the valley while the recently defined Saros segment will control the centre of the valley. This segment causes the development of a new active basin and forms the deep canyon structure through the main valley structure. The new fault map defined using the new seismic data confirms a tectonic escape model for the gulf, which was also proposed by some of the previous geophysical researches. The Saros fault, which is a more active one if compared to the Ganos Fault, developed due to southwest movement of the gulf block. Such a kinematical model causes the deepening canyon structure.

Keywords: Gulf of Saros, Ganos fault, NE Aegean Sea

高分解能反射法音波探査データから推察する上総海盆の発達過程

The developmental process of the Kazusa basin inferred by high-resolutional seismic reflection data

*古山 精史朗¹、佐藤 智之¹

*Seishiro Furuyama¹, Tomoyuki Sato¹

1. 産業技術総合研究所

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

房総半島中部に分布する上総層群は、鮮新世後期から更新世前期にかけて海盆底から沿岸域に至る環境で堆積した地層で構成されており、その最大層厚は3000 m以上である (Ito and Katsura, 1992)。上総層群が堆積した前弧海盆は「上総海盆」と呼ばれ (渡部ほか, 1987)、時代とともに北西へ移動したと考えられているが (三梨, 1990)、その具体的な要因についてはあまり議論されていない。そこで本研究では房総半島東部沿岸域で取得した高分解能反射法音波探査データに基づき、上総海盆北西移動の構造地質学的背景について考察する。

本研究の調査海域は九十九里浜沖合の北緯35度10分～35度50分、東経140度20分～141度10分の範囲 (九十九里沖) で、総測線長は約1,100 kmである。調査は小型船に搭載した発振装置ブーマーを音源として使用し、高分解能反射法音波探査を行った。受波用のストリーマーケーブルのチャンネル数は24で、チャンネル間隔は3.125 mである。データはParallel Geoscience Corporation社のデータ解析ソフトSPWを用いて処理を行い、海底下100 m程度の反射断面を得た。

九十九里沖では明瞭な不整合が認められ、この不整合を境に九十九里沖の地層を、上位から九十九里沖A層、九十九里沖B層、九十九里沖C層と層序区分した。これらのうち九十九里沖に最も広く分布する九十九里沖B層は、石灰質ナノ化石 (西田ほか, 2016) から上総層群に対比されることがわかった。この九十九里沖B層中には、陸棚縁付近でおおよそ南北走向の背斜構造が、茂原市から太東崎の沖合で東落ちの南北性正断層群がそれぞれ認められる。これらの地質構造により九十九里沖B層は、成層した地層が明瞭に傾斜または変形する音響的層相を示す。また海域の正断層群は、上総層群に発達する正断層の特徴とよく一致する。これらの正断層群の一部は西落ちとなっており、これにより九十九里町の沖合ではグラーベンが発達する。

本研究から、九十九里沖は圧縮応力場で形成される背斜構造と引張応力場で形成されるグラーベンが近接する複雑なテクトニクスであったことが明らかになった。この背斜構造が外縁隆起帯として機能したことにより、上総海盆は北西へ移動したと考えられる。

キーワード：反射法音波探査、上総層群、テクトニクス

Keywords: Seismic reflections, the Kazusa Group, tectonics

房総半島中部に分布する安房層群天津層上部における古地磁気学的研究と新第三紀回転運動

Paleomagnetism and Neogene tectonic rotation of the upper Amatsu Formation, the Awa Group, distributed in the Boso Peninsula, central Japan

*霜多 由夏¹、岡田 誠²

*Yuka Shimota¹, Makoto Okada²

1. 茨城大学大学院理工学研究科、2. 茨城大学理学部理学科

1. Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 2. Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University

本州中部に位置する南部フォッサマグナは、本州弧-伊豆・小笠原弧衝突帯であり、中新世～更新世の間に多数の地塊がフィリピン海プレートに乗って衝突・付加した結果、形成されたと考えられている

(Amano, 1991)。これら微小地塊の衝突により、南部フォッサマグナ周辺地域では構造回転運動が起こった(小竹ほか, 1995等)。岡田・岡村(2005)では、房総半島嶺岡山地北側で安房層群の古地磁気学的研究を行い、天津層上部から約50°の東偏の古地磁気方位を得た。この東偏の古地磁気方位から、嶺岡山地北側では約5Maに起きた丹沢地塊衝突によって時計回り回転した可能性が高いと推定した。しかし、天津層で得た古地磁気方位は二次磁化が残っている可能性がある。そのため、初生磁化を保存している可能性のある地域における再調査、および測定方法の再検討をする必要がある。そこで本研究では、房総半島西部から東部にかけて天津層上部においてより信頼できる古地磁気記録を得て、新第三紀回転運動の詳細な復元を目的とする。

霜多ほか(2016)では千葉県富津市稲子沢付近の志駒川流域の天津層上部を対象に古地磁気学的研究を行った。逆転テスト(McFadden and McElhinny, 1990)の結果より、古地磁気方位は初生磁化であると判断でき、全平均偏角は $29.5 \pm 9.3^\circ$ であった。これは岡村・岡田(2005)で得られた東偏より20°程度小さい結果であった。したがって、霜多ほか(2016)の調査地域は岡村・岡田(2005)が対象としている地域より西側に位置していることより、地域によって異なる大きさの構造回転が起こった可能性が示唆される。原因として、房総半島中部全体で多数の短軸褶曲や断層、撓曲の発達によって複雑な地質構造をしており(小玉ほか, 1990)、それぞれの作用によって異なるブロック回転をしたと考えられる。

上記のことを議論するために、本発表ではより西側の千葉県富津市竹岡地域の相川流域、東側の同県鴨川市加茂川水系の金山川流域の2ルートにおいて天津層上部を対象に野外調査、古地磁気試料採取を行った。そして鍵層を基に各地域の古地磁気方位の検討を行った結果を報告する。

【参考文献】

Amano, 1991, *Modern Geology*, 15, 315-329. 小玉ほか, 1990, *地質学雑誌*, 34, 105-115. 小竹ほか, 1995, *地質学雑誌*, 7, 515-535. McFadden and McElhinny, 1990, *Geophys. J. Int.*, 103, 725-729. 岡田・岡村, 2005, *地質学会112会演旨*, 214. 霜多ほか, 2016, *地質学会123会演旨*, 212.

キーワード：天津層、古地磁気学、新第三紀回転運動

Keywords: The Amatsu Formation, Paleomagnetism, Neogene tectonic rotation

西日本島根半島に発達する東西走向断層系の分布および発達過程の解明 Distribution and evolution process of E-W strike fault system in Shimane Peninsula, western Japan

*今村 泰基¹、向吉 秀樹¹

*Taiki Imamura¹, Hideki Mukoyoshi¹

1. 島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域

1. Department of Geoscience Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University

島根県島根半島に発達する宍道断層（鹿島断層）は島根県恵曇から美保湾にかけて延びるE-W走向の断層である。中田・後藤（1998）は宍道断層のうち地質断層と活断層である断層の区別を行うため、宍道断層のうちの活断層を鹿島断層と呼んでいる。近年の調査により、鹿島断層は長さ約25kmの右横ずれを伴う活断層であるとされており（中国電力, 2016）、平均的な横ずれの速度は0.4-0.6m/千年程度、最新の活動時期は奈良時代(710-794)以後、鎌倉時代(1185-1333)以前の可能性があるとして報告されている（地震調査委員会, 2016）。

鹿島断層の西端とされる鹿島町南講武の地域では地形に明瞭なリニアメントや断層地形がみられる。一方、鹿島断層の東端では明瞭な断層地形などは見られないとされてきた。鹿島断層の東端付近においては剥ぎ取り調査やトレンチ調査、ボーリング調査などが行われた。その結果第四紀層に断層の活動が認められないということからそれ以東に存在する地質断層は活断層ではないとされている。しかしながら、活断層と認定されている鹿島断層の東端以東において弱いリニアメントが確認できる。また、既存の文献では地質断層である宍道断層東部には派生する多数の断層の存在が報告されている(鹿野・吉田, 1996)。このようなことから、鹿島断層の東端の位置については様々な見解があり、それらの断層の詳細な分布や発達過程についてはよくわかっていない。

そこで本研究では島根半島東部の松江市美保関町下宇部尾から森山地域12km²の地域を対象に地表地質踏査による地質構造解析、断層分布の解明および、断層岩の構造記載を行うことを目的とした調査を行った。

研究地域である島根半島東部には新第三紀前期中新世から中期中新世にかけて堆積した古浦層、成相寺層が広く分布する(鹿野・吉田, 1996)。地表地質踏査は地形判読より、リニアメントが確認できた範囲を中心に行った。本研究では現在までの調査において古浦層と考えられる礫質な砂岩と成相寺層と考えられる流紋岩溶岩を隔てた鹿島断層に相当する大規模な断層露頭を確認することができた。また、近辺には他にも小断層がいくつか認められた。確認した断層の走向・傾斜はN80°E74°Nである。また、断層には厚さ約5cmのガウジが認められる。断層周辺には流紋岩の貫入も確認することができる。

本発表では、断層の分布および断層岩の構造および貫入岩と断層との切断関係について報告する。

キーワード：宍道断層、鹿島断層

Keywords: Shinji Fault, Kashima Fault

埼玉県笠山一堂平山地域のみかぶスラスト

The Mikabu thrust of the KasaYama-DodairaYama area in the northern part of the Kanto Mountains

*小野 晃

*Akira Ono

三波川帯みかぶユニットと秩父帯柏木ユニットが関東山地北東部の笠山一堂平山地域に分布している（添付図 E）。ユニット境界の基本は低角断層（みかぶスラスト）で、その露頭は数か所で見出されている。スラストではみかぶ緑色岩類の構造的上位に柏木ユニットのジュラ紀後期から白亜紀初期の珪質凝灰岩やチャートが重なっている [1]。スラストでの変成温度の急変が示唆されている [2]。今回は、小川町栗山北方の帯沢と萩平に認められるスラスト [1, 3] やスラストから約 2 m 以内の変成岩を調査した。ユニット間での変成度の差異については、岩石試料の数を増やして検討した。

萩平のみかぶスラストについて、柏木ユニットのチャートや淡緑色珪質凝灰岩の層理面はほぼ一定の走向傾斜であるが、みかぶユニットの緑色岩の片理面はスラストと調和的に波打っている（添付図 A）。一部では cm オーダーの複雑な褶曲構造もみられる。断層ガウジはほとんど存在しない。スラスト近傍の緑色岩には著しいセリサイト化作用が認められる。帯沢のみかぶスラストは比較的平坦であるが、露頭中央部に 40 cm ほどの段差がある。チャート層は切断されているが、緑色岩は段差にかなり調和的に変形している。断層ガウジはほとんど存在しないが、一か所に粉碎された泥質岩が認められる。スラスト近傍のチャートや淡緑色珪質凝灰岩にはスティルプノメレンやアルカリ角閃石を含有するものがある。これらの岩石には粒径 5 μm 前後の石英が非常に多い。二次的な破碎作用や変質作用はほとんど認められない。スラスト近傍のみかぶ緑色岩には緑泥石とエピソードが多い。アクチノ閃石はかなり少なくしかも微細である。薄い石英脈や緑泥石脈が非常に多く、そのため緑色岩は細かく破碎されやすい。プレーナイト脈や方解石脈は認められていない。緑色岩には展張割れ目が発達し、割れ目をおもに緑泥石と非常に微細なアクチノ閃石が満たしている（添付図 B, C）。スラストから少し遠方のあまり破碎されていない緑色岩でも緑泥石が多く、アクチノ閃石は少量で微細である。セリサイト化作用を受けた緑色岩も存在する。

以上のように、みかぶスラスト近傍の緑色岩はスラストの形成時期に変形作用や変質作用を受けて、緑泥石、微細なアクチノ閃石、セリサイトなどが生成し、石英脈や緑泥石脈が形成されている。

笠山一堂平山地域の柏木ユニットには淡緑色の珪質凝灰岩、灰白色や白色の凝灰岩、黒色の泥岩、泥質チャート、千枚岩質層状チャート、千枚岩質泥質凝灰岩などが分布している。千枚岩質泥質凝灰岩は泥岩層と灰白色凝灰岩層が細かく互層している。凝灰岩層にはかなり粗粒のフェンジャイトが多く、千枚岩には光沢がある。泥岩層には粒径が 5 μm 前後以下の石英が多い。千枚岩質層状チャートは灰白色凝灰岩の薄層と厚さ約 1-2 mm のチャート層が互層している。チャート層の石英の粒径は場所による変化が著しく、径 20 μm 以上の石英も少なくないが、径 5 μm 前後の石英（添付図 D）は約 50% を占めている。

変成岩の原岩がみかぶスラストで変化しているためスラストでの変成温度の変化を推定できない。しかし、みかぶユニットには淡緑色や灰白色の凝灰質片岩、泥質片岩、砂質片岩、石英片岩などが少数ながら存在する（添付図 E, loc.4-8）。これらは柏木ユニットの類似の岩石よりも片理面の発達が良好である。添付図 F には岩石薄片中の石英の一般的粒径が提示されている。この図表では原岩が類似しているみかぶユニットと柏木ユニットの変成岩についてのデータが上下に配置されている。みかぶユニットの泥質片岩、フェンジャイト片岩、石英片岩などの石英は、多くの場合粒径が 5 μm 前後よりも大きく、柏木ユニットの類似の変成岩よりも粗粒である。フェンジャイトの粒度についても同様の結論が得られている。

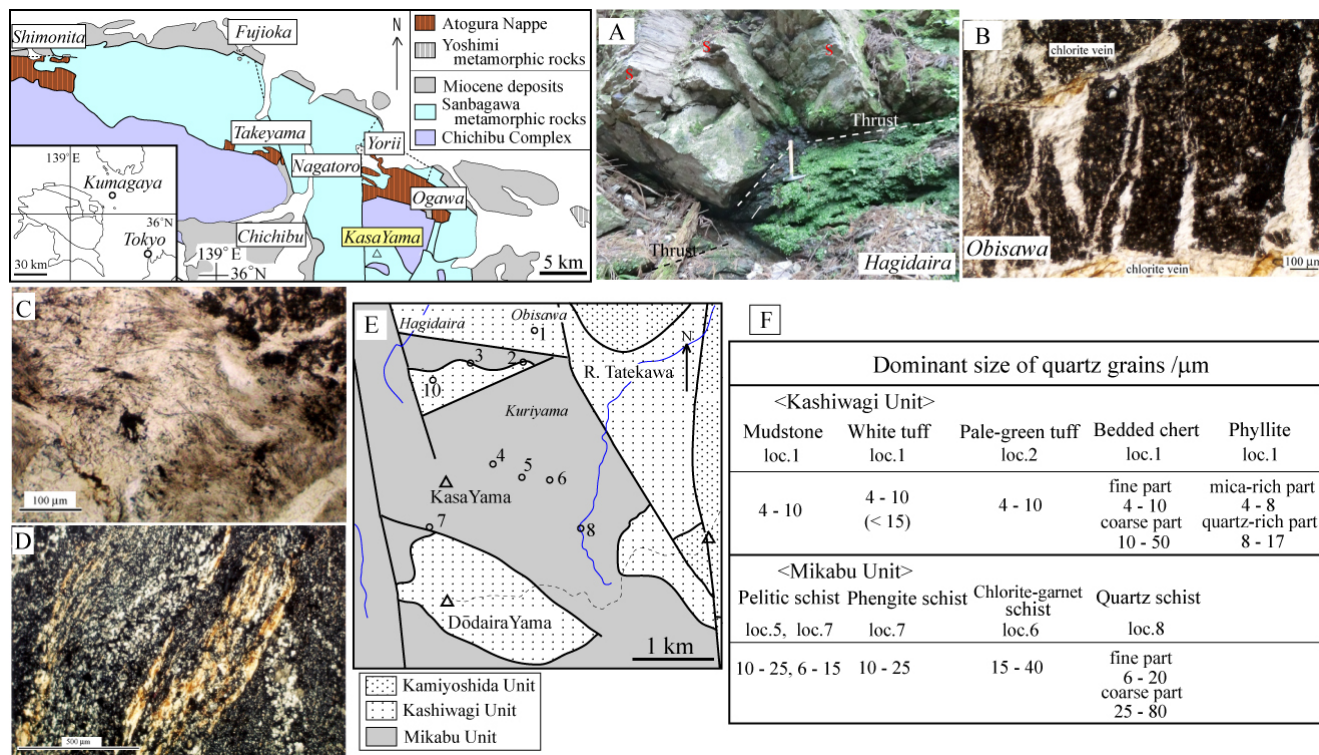
変形状況も柏木ユニットとみかぶユニットではかなり異なる。みかぶユニットの石英片岩では流動塑性変形が顕著であり、大小様々な石英プールが多数形成されている。剪断面に沿って薄く伸長した板状の小さい石英も多い。一方、千枚岩質層状チャートには石英脈は形成されているが、石英プールや板状の石英はほとんど形成されていない。なお、石英片岩 (loc.8) の K-Ar 全岩年代は 112 Ma である [2]。良好な再結晶作用と顕著な

剪断作用を考慮すると、年代値はほぼ変成年代と考えられる。

[1] 松岡, 2013, 地球科学, v. 67, 101-112. [2] 小野, 2015, 日本地質学会第122年学術大会講演要旨, p.215. [3] 豊原・小坂, 1981, 日本地質学会第88年学術大会巡検案内書, 103-120.

キーワード：みかぶユニット、柏木ユニット、みかぶスラスト、セリサイト化作用、石英の粒径

Keywords: Mikabu Unit, Kashiwagi Unit, Mikabu thrust, sericite, size of quartz grains



秩父帯北帯ジュラ紀付加体に付加した玄武岩類の起源とその変遷 Accretion History of Basaltic Rocks of the Jurassic Northern Chichibu Accretionary Complex in the Kanto Mountains, Central Japan

*富永 紘平¹、久田 健一郎²、町田 嗣樹⁵、安川 和孝^{3,4}、加藤 泰浩^{3,4,5}

*Kohei Tominaga¹, Ken-ichiro Hisada², Shiki Machida⁵, Kazutaka Yasukawa^{3,4}, Yasuhiro Kato^{3,4,5}

1. 筑波大学生命環境科学研究科、2. 筑波大学生命環境系、3. 東京大学大学院工学系研究科、4. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、5. JAMSTEC

1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, Univ. Tsukuba, 2. Faculty of Life and Environmental Sciences, Univ. Tsukuba, 3. School of Engineering, Univ. Tokyo, 4. ORCeNG, Chiba Institute of Technology, 5. JAMSTEC

ジュラ紀付加体中には玄武岩類のブロックが多く分布しており、これらは過去の海山や海洋の破片であると言われている。これらの玄武岩類を調べることにより、ジュラ紀付加体に付加した海山や海台が復元されてきたが (e.g. Ichiyama et al., 2008, Tatsumi et al., 2000, *Geology*)、これらの研究では巨大な玄武岩ブロックを含む特定の層準に焦点が絞られており、年代ごとの海洋プレートの変遷は論じられて来なかった。本研究では、関東山地の秩父帯北帯に属する付加年代の異なる複数の構造層序ユニットにおいて、玄武岩の起源を推定しジュラ紀付加体形成時に付加した海洋地殻や海山を復元する。

関東山地には、構造的低位より秩父帯北帯ジュラ紀付加体の柏木(かしわぎ)・上吉田(かみよしだ)・住居附(すまいづく)・蛇木(へびぎ) (遊子川(ゆすがわ)) ユニットが分布している。これらのユニットの付加年代はそれぞれ、後期ジュラ紀-前期白亜紀、中期ジュラ紀、前期ジュラ紀-中期ジュラ紀、前期ジュラ紀である (松岡ほか, 1998, *地質雑*)。野外地質調査を行い地質図を作成した結果、秩父帯北帯の各ユニットにおいて以下のような特徴が観察された。柏木ユニットは主に淡緑色の珪質粘板岩からなるが、それ以外のユニットは頁岩の基質中に、チャート、玄武岩、石灰岩、砂岩のブロックが含まれる混在岩であり、住居附・蛇木ユニットは激しくせん断変形を受けている。上吉田ユニットの低位では玄武岩ブロックが卓越しているが、上部では砂岩ブロックに富んでいる。住居附ユニットは、玄武岩・チャートのブロックが多く分布し、叶山・二子山石灰岩を含んでいる。柏木ユニットと上吉田ユニットの玄武岩は、石灰岩を伴っており、斑晶鉱物としてTiに富む単斜輝石 (cpx) を含む。化学組成にもとづくと、不適合元素に富むプレート内玄武岩 (WPB) に判別される。一方で、住居附ユニットの玄武岩は、チャートのブロックと密接に関わっている。斑晶鉱物としては緑泥石に置換されたかんらん石を含み、自形の斜長石の間をcpxが埋める。化学組成では、不適合元素が少なく中央海嶺玄武岩 (MORB) に判別されるものとOIBに判別されるものがある。蛇木ユニットは、玄武岩の産出に乏しく1試料だけであるが、全岩組成ではMORBに判別される。

以上の玄武岩の産状・地球化学的特徴から、柏木・上吉田ユニットの玄武岩は海山を起源としており、住居附・蛇木ユニットは海洋底玄武岩と海洋島玄武岩の両方を含むことが明らかとなった。これまでの関東山地以外の地域での玄武岩の報告例と比較してみると、上吉田ユニットではOIBが (Fujinaga et al., 2006, *Resource Geol.*; 梅木・榊原, 1998, *地質雑*)、住居附・蛇木 (遊子川) ユニットではMORBおよびOIBが (Nozaki et al., 2005 *Resource Geol.*; 梅木・榊原, 1998, *地質雑*) 報告されており、本研究によって明らかになった岩石学的・地球化学的特徴は秩父帯北帯のジュラ紀付加体に共通したものである可能性がある。以上の玄武岩の産状・各ユニットの付加年代に基づくと、秩父帯北帯への玄武岩の付加は、1) 前期-中期ジュラ紀における、主として海洋底玄武岩の付加 (住居附・蛇木ユニット)、2) 中期ジュラ紀における、石炭紀-ペルム紀の海山群の付加 (上吉田ユニット)、3) 後期ジュラ紀-前期白亜紀における、三畳紀の海山群の付加 (柏木ユニット) という3つのプロセスにまとめられる。本研究の結果は、パンサラッサ海における火成活動の詳細を理解する手掛かりとなりうる。

キーワード：秩父帯、ジュラ紀付加体、海洋島玄武岩、海洋底玄武岩、関東山地

Keywords: Chichibu Belt, Jurassic Accretionary Complex, Ocean island basalt, Ocean floor basalt, Kanto Mountains

与論島に分布する緑色片岩

Green schist facies metamorphic rocks in the Richo formation, Yoron-jima, Ryukyu Islands, Japan

*笠原 慎平¹、北村 有迅²

*Shimpei Kasahara¹, Yujin Kitamura²

1. 鹿児島大学理学部、2. 鹿児島大学大学院理工学研究科

1. Faculty of Science, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

与論島は琉球弧を形成する琉球列島のほぼ中央部、沖縄島の北東約20 km、沖永良部島の南西約27 kmに位置する島である。与論島には常流河川は無く、また段丘地形が発達しており、2つの活断層に起因し、南北および東西方向に断層崖が形成され、地形的に与論島は3つの地域に分断されている。2つの活断層の関係については、島の中央部を南西また北北西-南南東に走る辻宮断層が、東西方向の朝戸断層を切っていると現在解釈されている（太田・堀、1980；活断層研究会、1980）。これらの活断層が、どれくらい活動していたかについては現在も議論されているところである。与論島は、南北約5 km、東西約6 km、面積20.82 km²の小さな島で、最高所は約97.2 mである。島の周辺は一部を除きサンゴ礁の裾礁・堡礁が発達しており、ほぼ完全に島を囲んでいる。島の大部分が第四紀の石灰岩（サンゴ礁や有孔虫殻由来のもの）と基盤岩由来の礫質部によって形成されている琉球層群によって覆われており、島の中南部および南東部の一部の地層には琉球層群の下位に存在する基盤岩である立長層が露出している。中川（1967）によれば、立長層は石灰岩・粘板岩・珪岩・砂岩・凝灰岩によって成り、一般的に変成作用を受けて千枚岩状を呈し、石英脈・方解石脈を伴うとされている。琉球層群に関しては、小田原・井龍（1999）によって層序が確立されているが、基盤岩である立長層に関しては不明瞭な部分が多い。また本層は、大庭（1955）で古生界と推定して以降、年代についての議論はない。しかし、小田原・井龍（1999など）は、中生界と推定している。

本研究では、今まで議論があまりされてこなかった与論島の基盤岩である立長層の帰属の判定と地質年代の推定を行う事を目的とし、研究手法として野外調査と野外調査時に採取した岩石試料を用いた鏡下観察・X線回折での室内実験を行った。また帰属の推定については、与論島と最も近い沖縄島を比較対象とし、中江（2007, 2010）の記述を基に推定した。

その結果、地質調査で確認できる基盤岩の露出範囲は先行研究と変わらなかったが、基盤岩を形成する岩石としては、緑色片岩・石灰岩の露頭が認められ、与論島の基盤岩は緑色片岩層程度の変成作用を受けている事が推定される。またX線回折による鉱物組成分析の結果と沖縄島の地質を比較した際に、立長層は沖縄北部に位置する本部ユニットと構成岩石および構成鉱物が酷似していることから、与論島は秩父帯に属し、地質年代は下部白亜系と推定した。

キーワード：琉球列島、秩父帯、沖縄島

Keywords: Ryukyu arc, Chichibu belt, Okinawa-jima

EPMAを用いた重鉱物の存在比・化学組成分析による後背地解析の試み：中部日本・屏風山断層の例

Estimation of provenance rocks of the Toki Sand and Gravel Beds, the Tokai Group, based on EPMA analyses of the heavy minerals –a case study of the Byobuyama fault

*清水 麻由子¹、佐野 直美¹、植木 忠正¹、安江 健一¹、丹羽 正和¹、鈴木 和博²

*Mayuko Shimizu¹, Naomi Sano¹, Tadamasa Ueki¹, Ken-ichi Yasue¹, Masakazu Niwa¹, Kazuhiro Suzuki²

1. 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター、2. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所

1. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

重鉱物の化学組成は、岩体ごとに固有の値を示すことが多いため、重鉱物の種類や存在比に加えて化学組成を知ることにより、後背地解析に活用できる可能性がある。(Takeuchi, 1994)。従来の偏光顕微鏡を用いた重鉱物同定法では、鉱物粒子の化学組成を別途測定する必要がある。本研究では、清水ほか(2016)のEPMAを利用した鉱物の定量分析法を、活断層である屏風山断層(活断層研究会, 1991)周辺の露頭から採取した堆積物試料に適用し、鉱物種の同定や存在比の計測を実施して後背地の推定を試みた。後背地解析を行う上では短時間にできるだけ多数の重鉱物粒子のデータを取得できることが理想であるので、本研究では測定精度よりも迅速さを優先し、1スポットの測定時間を約3分半とした。

対象とした試料は、屏風山断層の断層露頭(香取ほか, 2015, 2016)付近の砂礫層露頭で採取した4試料(By-M1, By-M2, By-M3, By-M4)である。断層露頭では北西側の東海層群土岐砂礫層(新第三紀鮮新世)に南東側の伊奈川花崗岩(白亜紀後期)が乗り上げている。By-M1は、断層から西側に5m程度離れた土岐砂礫層(主な礫種は濃飛流紋岩と美濃帯堆積岩類)に挟在中粒砂層より採取した(露頭1)。By-M2, By-M3, By-M4の採取位置は、露頭1から北に10m程度沢を下った場所に位置する露頭(露頭2)で、未固結で白色の砂層が卓越しており土岐砂礫層よりも新しい時代の堆積物と考えられる。この堆積物は中粒砂が主体で、その中に細かい美濃帯堆積岩類の礫を含む部分が存在する。

By-M1~M4の4試料に高速定量分析法を適用したところ、いずれの試料にもチタン鉄鉱(Ilmenite)、金紅石(Rutile)、ジルコン(Zircon)が含まれ、重鉱物組成には試料間で大きな差異は見られなかった。本地域の基盤岩である、苗木・上松花崗岩と濃飛流紋岩はチタン鉄鉱の割合が最も多いのに対し、伊奈川花崗岩では普通角閃石(Hornblende)の割合が突出して多い(清水ほか, 2016)。しかしながら、普通角閃石は風化により消失する可能性があることから、普通角閃石の量比に基づき堆積物の供給起源を判断するのは難しい。一方、どの分析試料にも含まれているチタン鉄鉱やジルコンは、風化に強いため化学組成を基盤岩と対比することで後背地岩体を推定できる可能性がある。そこで、チタン鉄鉱中のMnO量およびジルコン中のY₂O₃量に着目し、それぞれについてヒストグラムを作成し比較を行った。その結果、4試料ともほぼ同様のパターンとなり、チタン鉄鉱中のMnO量は約1 wt.%と約3 wt.%のバイモーダル分布を示し、ジルコン中のY₂O₃量は0~0.5 wt.%の粒子が突出して多い傾向を示した。これらの組成データについても本地域の基盤岩の測定値と比較すると、チタン鉄鉱中のMnO量は苗木・上松花崗岩や伊奈川花崗岩よりも濃飛流紋岩の測定値に近い。ジルコン中のY₂O₃量については、苗木・上松花崗岩に特徴的な3 wt.%以上の粒子(Suzuki and Yogo, 1986)が見られず相対的に濃飛流紋岩に近い。このことは、砂礫層の礫種が花崗岩を欠き、円磨度の比較的高い濃飛流紋岩または美濃帯堆積岩類を主体とすることと整合的である。また、露頭2の新しい堆積物

(By-M2, By-M3, By-M4)は土岐砂礫層と同様の重鉱物を含むことから、土岐砂礫層の再堆積を示唆する。

屏風山断層露頭周辺は伊奈川花崗岩が広く分布し、南側が高い地形であることを考えると、砂礫層に伊奈川花崗岩由来の碎屑物が含まれる可能性が高いにもかかわらず、より遠方に分布する濃飛流紋岩由来と考えられ

るものが含まれている。すなわち、土岐砂礫層が堆積した際には現在高くなっている南側の山地は低く、土岐砂礫層を構成する礫などの堆積物を運搬した河川は濃飛流紋岩や美濃帯の堆積岩類が分布する北～北東側から流れていたが、屏風山断層の活動に伴って山地の高度変化が起こり、現在の地形が形成されたと推測される。

以上より、砂や細かい礫で構成され肉眼観察による記載だけでは後背地岩体を推定することが難しい地層でも、EPMAによる高速定量分析法に基づいて重鉱物を同定し、特定の重鉱物の元素比率を指標として基盤岩と対比することにより供給源を推定でき、後背地解析のツールとなることが示された。この手法は、地層処分における地質環境の長期予測・影響評価モデルの開発に重要な、山地の形成過程の把握に有効と考えられる。

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「地層処分技術調査等事業（地質環境長期安定性評価確証技術開発）」の成果の一部である。

引用文献

- Takeuchi (1994), *Sedimentary Geology*, 93, 85-105.
清水ほか (2016), 日本地質学会第123年学術大会講演要旨, R8-P-8.
活断層研究会編 (1991), 新編 日本の活断層, 東京大学出版会.
香取ほか (2015), 日本地球惑星科学連合2015年大会, SSS29-P06.
香取ほか (2016), 日本地球惑星科学連合2016年大会, SCG63-P17.
Suzuki and Yogo (1986), *Bull. Nagoya Univ. Mus.*, 2, 27-53.

キーワード：電子プローブマイクロアナライザ、重鉱物、後背地解析
Keywords: EPMA, heavy mineral, provenance analysis

U-Pb zircon ages of the Nakanogawa Group in the southern Hidaka Belt, northern Japan: Implications for its depositional age and provenance

*七山 太¹、高橋 浩¹、山崎 徹¹、中川 充¹、岩野 英樹²、檀原 徹²、平田 岳史³

*Futoshi Nanayama¹, Yutaka Takahashi¹, Toru Yamasaki¹, Mitsuru Nakagawa¹, Hideki Iwano², Tohru Danhara², Takafumi Hirata³

1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、2. 京都フィッショントラック、3. 東京大学
1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Kyoto Fission-Track Co. Ltd., 3. University of Tokyo

We measured zircon U-Pb ages of the Nakanogawa Group in the Hidaka Belt, Hokkaido to estimate its depositional age and to investigate the development of the Paleo-Japan and Paleo-Kuril arc trench systems in the Hokkaido Central Belt, northeast Japan. Two acidic tuff samples from both the top and bottom horizons and two turbidite sandstone samples were used. The depositional age of the base of the Nakanogawa Group was determined to be 57 Ma by date of homogeneous zircon from acidic tuff. On the other hand, the youngest zircon groups indicated 55 Ma for sandstone from the upper part and 58 Ma for acidic tuff from the uppermost part, both of which are significantly older than the published zircon fission-track ages (50–48 Ma). This inconsistency probably resulted from U-Pb ages of detrital (reworked) grains, therefore these showed the maximum depositional ages. We estimate the depositional age of the Nakanogawa Group between 57–48 Ma. The resulting U-Pb age distribution of all data from the Nakanogawa Group has most of ages clustering younger than 80 Ma with a main peak at 60 Ma. This implies volcanic activities had occurred mainly after 80 Ma around Hokkaido. We also found some older grains dated to be 120–80 Ma, 180–140 Ma, 240–220 Ma, 340–320 Ma and much older (2.6 and 1.8 Ga), giving an information about the provenance of the Hidaka Belt. We also infer that the Nakanogawa Group is the protolith of the upper sequence of the Hidaka metamorphic rocks. Therefore, the depositional age of the upper sequence is the same as the depositional age of the Nakanogawa Group between 57–48 Ma.

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant-in-Aid for Scientific Research (C) Number 16K05585.

キーワード：堆積年代、U-Pb年代、LA-ICP-MS、中の川層群、日高帯

Keywords: Depositional age, U-Pb dating, LA-ICP-MS, Nakanogawa Group, Hidaka Belt

飛騨外縁帯本郷－森部地域におけるペルム系の層序，砂岩組成および碎屑性ジルコンU-Pb年代

Stratigraphy, sandstone composition, and detrital zircon U-Pb ages of Permian strata in the Hongo-Moribu area of the Hida-gaien belt, central Japan

*鈴木 敬介¹、堀 達裕¹、栗原 敏之²、原 英俊³

*Keisuke Suzuki¹, Tatsuhiro Hori¹, Toshiyuki Kurihara², Hidetoshi Hara³

1. 新潟大学理学部地質科学科、2. 新潟大学大学院自然科学研究科、3. 産業技術総合研究所

1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

岐阜県高山市の本郷－森部地域には、飛騨外縁帯に属する浅海成層の中・古生界が分布する。本地域では、見かけ下位から、三疊系谷戸谷層、石炭系荒城川層、デボン系呂瀬層、ペルム系森部層が断層関係で接する複雑な地質構造をなす（東田ほか，1997；田沢ほか，2000など）。これらのうち、森部層は、森部谷川沿いを模式地とし、その北東に位置する呂瀬金山、さらに北方の本郷地域まで分布するとされ、模式地付近や呂瀬金山では中期ペルム紀の紡錘虫・腕足類・放散虫の産出が報告されている（礒見・野沢，1957；梅田・江崎，1997；田沢ほか，2000；Tazawa, 2001；丹羽ほか，2004など）。また、吉田・田沢（2000）により模式地の森部層は基底層～上部層に区分され、砂岩組成の検討が行われている。一方、本郷地域では化石の産出報告がなく、詳しい年代は明らかになっていない。今回、本郷－森部地域のペルム系を再検討し、層序と砂岩の特徴について新たな知見を得るとともに、模式地の森部層（中部層）の砂岩について碎屑性ジルコンのU-Pb年代を測定したので、それらの結果を併せて報告する。

本研究では、本郷地域の“森部層”を岩相の特徴に基づいて、下位からユニット1～4に区分した。ユニット1は石灰岩を挟む細粒～中粒の暗灰色砂岩、ユニット2～4は一部に頁岩を挟む細粒～中粒の暗灰色砂岩で特徴づけられる。ユニット1には模式地で見られる礫岩を含む基底層に相当するものは確認されなかった。これらの特徴は、模式地の森部層における下部層から上部層の一部によく類似する。砂岩組成の検討は、本郷地域で採取した10試料について行った。砂岩は長石質～石質ワッケに分類され、モード組成ではばらつきが大きい。Dickinson et al. (1983)の造構場識別図ではdissected arc～basement uplift領域にプロットされる。吉田・田沢（2000）によれば、模式地における森部層の基底層～中部層の砂岩はundissected arc～basement uplift領域にプロットされる組成的な特徴をもつとされており、本研究で得られた本郷地域の結果とはやや異なると言える。

碎屑性ジルコンのU-Pb年代を検討したのは、森部谷川流域の森部層中部層から採取した火山岩片に富む中粒の砂岩である。測定には新潟大学のLA-ICPMS (Agilent7500a)を用いた。この試料は最も若い年代ピークが明瞭であり、その加重平均値として 272.4 ± 2.6 Maが得られた。これは前期ペルム紀Kungurian後期～中期ペルム紀Roadian初期に相当し、堆積年代の下限と捉えると、これまで化石から推定されている年代と大きな矛盾はない結果と言える。

以上をまとめると、本郷地域の“森部層”は、岩相と層序の特徴から模式地の森部層の下部から上部層の一部に相当し、化石と碎屑性ジルコンの最若ピーク年代から中部層はKungurian後期～Roadian初期に堆積したことが推定できる。また、その後背地として、従来想定されているよりも、より花崗岩基盤の露出した開析された火成弧が広がっていた可能性がある。

キーワード：ペルム系、飛騨外縁帯、砂岩組成、碎屑性ジルコン、U-Pb年代

Keywords: Permian, Hida-gaien belt, sandstone composition, detrital zircon, U-Pb age

野母半島，長崎変成岩類（広義）の新たなジルコンU-Pb年代 New zircon U-Pb age data from “Nagasaki Metamorphic Rocks” (*sensu lato*) in the Nomo Peninsula, Southwest Japan

*長田 充弘¹、高地 吉一¹、山本 鋼志²、大藤 茂¹

*Mitsuhiro Nagata¹, Yoshikazu Kouchi¹, Koshi Yamamoto², Shigeru Otoh¹

1. 富山大学大学院理工学教育部、2. 名古屋大学大学院環境学研究科

1. Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 2. Graduate School of Department of Earth and Environmental Studies, Nagoya University

はじめに

長崎県西彼杵半島，野母半島および熊本県天草下島には長崎変成岩類と呼ばれる高圧変成岩類が分布する。野母半島の長崎変成岩類は，見かけ下位から三和層（＝三波川変成岩類），城山マイロナイト（＝肥後変成岩類），野母崎層（＝周防変成岩類），カンブリア紀野母変はんれい岩複合岩体からなる（宮崎・西山，1989；武田ほか，2002；猪木ほか，1979）。最近では，野母崎層および野母変はんれい岩複合岩体は長崎変成岩類から除外されている（Miyazaki et al., 2016）。筆者らは長崎変成岩類の地質構造発達史解明のため，野外調査およびジルコンU-Pb年代測定を行っている（高地ほか，2011；長田ほか，2014など）。今回は，野母半島の野母崎層などを含む広義の長崎変成岩類の調査結果について報告する（年代値については表参照）。

地質概説

三和層はザクロ石帯～黒雲母帯の泥質片岩主体で，苦鉄質片岩や珪質片岩を挟む。これまでに86-68 Maの白雲母K-Ar年代などが報告されている（例えば植田・大貫，1968）。結晶片岩の見かけ下位には蛇紋岩と交代岩が分布する。城山マイロナイトは高温型の砂泥質変成岩と花崗岩質のマイロナイトからなり，角閃石変はんれい岩～角閃岩を伴う（武田ほか，2002a, b）。砂泥質変成岩からは92 Ma，84 Maの白雲母K-Ar年代が報告されている（武田ほか，2002a, b）。野母崎層は緑泥石帯の泥質片岩と苦鉄質片岩からなり，一部に石灰岩レンズを含む。これまでに252-153 Maの白雲母K-Ar年代などが報告されている（例えばNishimura, 1998）。また，これらの変成岩と衝上断層を介して，野母変はんれい岩複合岩体と呼ばれる優白質～優黒質の変はんれい岩などが一部に分布する（猪木ほか，1979；豊原ほか，1992）。この岩体からは592-457 Maの角閃石K-Ar年代（猪木ほか，1979），526-474 MaのジルコンU-Pb年代が報告されている（長田ほか，2014，2015JpGU）。この岩体には石灰質～苦鉄質の変成岩ブロックもみられる。野母崎層には小規模に花崗岩ないしアプライトの貫入が認められ，野母崎層に接触変成を与えている（岩崎，1954；大島，1964など）。

採取試料・手法

野母半島から三和層泥質片岩1試料，角閃石変はんれい岩1試料，花崗岩質マイロナイト1試料，野母変はんれい岩複合岩体中の泥質変成岩ブロック1試料を採取した。抽出したジルコンのU-Pb年代を，名古屋大学環境学研究科設置のLA-ICPMSで測定した。

年代測定結果

三和層：ジルコンの存在比（%）は，後期白亜紀（6.7）前期白亜紀（4.4），ジュラ紀（48.9），三疊紀（8.9），ペルム紀（8.9），古原生代以前（22.2）であった。最も若いジルコン年代（YZ：²⁰⁶Pb/²³⁸U年代）は**90.3 ± 3.5 Ma (2σ)**となり，最も若いクラスタの加重平均年代値（YC：²⁰⁶Pb/²³⁸U年代）は**92.1 ± 1.8 Ma**となった。

角閃石変はんれい岩：33スポット測定し，16スポット（Th/U>0.1）から**113.5 ± 1.3 Ma**のコンコーディア

年代, 113.5 ± 1.4 Maの $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加重平均値年代を得た.

花崗岩質マイロナイト: 詳しくはポスターにて説明する.

泥質変成岩ブロック: ジルコンの存在比 (%) はオルドビス紀 (83.4), 新・中生代 (16.6) であった. YZは 444.3 ± 9.9 Maとなり, YCは 457.8 ± 6.2 Maとなった.

考察

三和層の泥質片岩はYZ, YCがともにTuronianを示し, 三和層の原岩はTuronian以降に堆積したと考えられる. 変成年代を示すK-Ar年代がSantonianからMaastrichtianと堆積年代より新しいため, 矛盾はない.

城山マイロナイトの角閃石変はんれい岩は約113 Maに形成されたと考えられる. これは四国西部の唐崎マイロナイトや大島変成岩類, 九州中部の肥後深成岩類, 天草下島に分布する長崎 (高浜) 変成岩類上部ユニットから得られているジルコンU-Pb年代 (坂島ほか, 1998; 坂島ほか, 2000; Sakashima et al., 2003; Miyazaki et al., 2013など) に近い. また, 関東の寄居複合岩体より得られているK-Ar年代にも近い. 従って, 城山マイロナイトは岩相や年代などを考慮すると, 寄居複合岩体, 唐崎マイロナイト, 大島変成岩類, 肥後深成岩類, 高浜変成岩類上部ユニットなどに対比が期待される.

野母変はんれい岩複合岩体中の泥質変成岩ブロックの堆積年代は, 野母変はんれい岩複合岩体中の変はんれい岩から得られている526–474 MaのジルコンU-Pb年代より若い (長田ほか, 2014, 2015JpGU). 両岩石は断層により画される. この泥質片岩のジルコン年代分布は, 蓮華変成岩類のそれ (高地ほか, 2013JpGU; 高地, 2015) に類似し, Tsutsumi et al. (2003) が報告している野母崎層のそれには類似しない. 従って, この変成岩は蓮華変成岩類に相当し, 断層によって野母変はんれい岩複合岩体中に取り込まれた構造岩塊と考えられる.

キーワード: ジルコン、長崎変成岩類、白亜紀、LA-ICPMS、西南日本

Keywords: Zircon, Nagasaki metamorphic rocks, Cretaceous, LA-ICPMS, SW Japan

Unit name	Lithology	Previous study		This study
		K-Ar age	Zircon U-Pb age	Zircon U-Pb (formation) age
Nomo metagabbro complex	metagabbro and amphibolite (phyllite blocks)	592–457 Ma	526–474 Ma	458 Ma or later
Nomozaki Formation	phyllite (chlorite zone)	252–153 Ma	238 Ma	
Joyama Mylonite	Hbl metagabbro–amphibolite granite mylonite			113.5 Ma 120–100 Ma
	high-T metamorphic rocks	92 Ma, 84 Ma		
Sanwa Formation	schist (garnet zone–biotite zone)	86–68 Ma		92 Ma or later
	serpentinite	(91 Ma)	(108–105 Ma)	

Pressure solution deformation and its chemical composition in the rocks from Kumage Group, Shimanto belt in Tanegashima, Japan

*酒本 直弥¹、北村 有迅²、川端 訓代²

*Naoya Sakamoto¹, Yujin Kitamura², Kuniyo Kawabata²

1. 鹿児島大学理学部地球環境科学科、2. 鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻

1. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

Along the Japanese island arc, there are outcrops of accretionary complex which have formed at various depths from the Paleozoic to the Quaternary in a relatively narrow range. Since 1980, various studies on accretionary complex of Japan have been conducted (Kano, 1998). The Kumage Group in Tanegashima belongs to the Southern Shimanto Belt and is composed of Nishi-no-omote Formation, Kadokurazaki Formation and Tateishi Formation. The geological age of the Kumage Group ranges from Middle to Late Eocene (Okada et al., 1982). Recently, Sakai (2010) proposed that the Kumage Group can be subdivided into Kumage Complex and Kadokurazaki Complex which are correlated with the geology in South Kyushu, the Hyuga Group and the Nichinan Group, respectively. The Kumage Complex is composed of turbidites deformed associated with accretion, where the Kadokurazaki Complex is of olistostrome that consists of various size of blocks in mudstone without clear bedding. Deeply buried subducting material is often suffered by sheare along the plate boundary. Pressure solution deformation has been observed in the Shimanto Belt in Shikoku (Kawabata et al., 2007), showing positive correlations between pressure solution seam (PSS) density and concentration of the immobile chemical component (TiO₂) and between PSS density and paleotemperature. This study aims to investigate relationship between development of pressure solution deformation and chemical composition in the Kumage Group of Tanegashima. We performed thin section observation, chemical component analysis using Electron Micro Probe (EMP), and examined data statistically using principal component analysis.

PSS was observed under optical microscope in the samples from middle (Kumage Complex) and southern (Kadokurazaki Complex) part of the island. In contrast, samples from northern part of the island (Kumage Complex) show almost no sign of pressure solution deformation. The results of the Electron Micro Probe (WDS area analysis) revealed positive Ti anomalies in the inner hinges of the micro-folded sandstone. The principal component analysis of the chemical composition data yielded principal components with major loading not only on Si component but also on Ti.

Our observation revealed pressure solution deformation was selectively developed along the boundary between sandstone and mudstone. As the samples from the Kadokurazaki Complex showed intense development of PSS, resulted probably from the higher content of sand/mud interface in the unit volume. Our results on the Electron Micro Probe (WDS area analysis) and principal component analysis confirmed that not only Ti but also other elements are capable of being the immobile reference and partially supports the validity of the work by Kawabata et al. (2007). Lower concentration of Ti in the PSS may be resulted from less shear stress compared to that of in the Kawabata et al. (2007)' s case from Shikoku.

Paleostress orientation estimated from microcracks in quartz grains of the Toki Granite using mixed Bingham distribution method

*Nurul BURHAN¹, Takuto Kanai¹, Hideo Takagi¹

1. Waseda University

Healed microcrack (HC) is a fluid inclusion plane which was healed by the same mineral as the host mineral whereas sealed microcrack (SC) is a microcrack sealed by secondary material. These cracks are preferably formed perpendicular to the minimum principal stress (σ_3) axis. In the previous study, only σ_3 orientation has been estimated using HC, SC and mesocracks from the JAEA borehole core (DH-15) in the Late Cretaceous Toki Granite, central Japan (Takagi et al., 2008). The microthermometry analysis for fluid inclusions constituting HCs in the Toki Granite suggests that the HCs were formed around 60 Ma (Takagi et al., 2008).

Recently, a new analytical method that can estimate the orientation of all principal stress (σ_1 , σ_2 , σ_3) axes was developed (Yamaji et al., 2010; Yamaji and Sato, 2011). Kanai et al. (2014) proposed a precise calibration method to estimate an orientation distribution of microcracks applying that new analytical method. In this study, we re-examine the previous data after Takagi et al., (2008) and comprehensively estimate the paleostress orientation using those new methods. Twenty oriented granite pieces from 200–1000 m depth were used and three orthogonal thin sections prepared for previous study were re-used to measure the microcracks in each sample. The distributions of HC and SC display one to three concentrations and those are commonly orthogonal each other. Since several paleostresses were detected from each sample, the paleostress that has σ_3 axis closest to the orientation of maximum density address as prominent stress in the sample at the timing of microcrack formation. Most of the prominent stress of the HCs show σ_3 axis trending E-W, subhorizontal, whereas σ_1 and σ_2 axes form a single girdle parallel to N-S orientation, in which σ_1 tends to be more horizontal than σ_2 . These results suggest that the HC is formed in NW-SE orientation before the rotation of the SW Japan together with the opening of the Japan Sea in 20-15Ma. This restored NW-SE compressive orientation is presumably because of the influence of the regional compression due to the Pacific plate subduction in early Paleogene. The paleostress orientations using SCs give quite different result from those using HCs. Most of the prominent stresses show N-S subhorizontal σ_3 axis, E-W subhorizontal and subvertical σ_1 axis, and E-W subhorizontal and vertical σ_2 axis. If the SCs were formed before the opening of Japan Sea, the results of σ_1 E-W axis trending should be NE-SW before the rotation of SW Japan. However, it seems difficult to consider that this orientation is related to orientation of the Oceanic plate subduction before the opening of Japan Sea (20-15Ma). This paleostress orientation using SCs is left as future's problem to be solved.

References:

Kanai, T., Yamaji, A. and Takagi, H., 2014. *Paleostress analyses by means of mixed Bingham distributions of healed microcracks in the Ryoke granites, central Japan. Jour. Geol. Soc. Japan*, **120**, 23–35.

Takagi, H., Miwa, S., Yokomizo, Y., Nishijima, K., Enjoji, M., Mizuno, T., and Amano, K., 2008, *Estimation of the paleostress field from the 3-D orientation distribution of microcracks and their geothermal conditions in the Toki Granite, central Japan. Jour. Geol. Soc. Japan*, **114**, 321–335.

Yamaji, A. and Sato, K., 2011. *Clustering of fracture orientations using a mixed Bingham distribution and*

its application to paleostress analysis from dike or vein orientations. Jour. Struct. Geol. **33**, 1148–1157.

Yamaji, A., Sato, K. and Tonai, S., 2010. *Stochastic modeling for the stress inversion of vein orientations: Paleostress analysis of Pliocene epithermal veins in southwestern Kyushu, Japan. Jour. Struct. Geol.*, **32**, 1137–1146.

Keywords: paleostress analysis, healed microcrack, sealed microcrack, Toki granite

Provenance of the Late Triassic Langjiexue Group south of the Yarlung-Tsangpo Suture Zone, southeastern Tibet

*Daren Fang^{1,2}, Genhou Wang¹, Ken-ichiro Hisada², Fanglin Han³

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan, 3. Institute of Geological Survey, Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Shaanxi 710065, China

The Upper Triassic flysch sequence of the Langjiexue Group in the Shannan area, southeastern Tibet, which was thrust northwards over the Yarlung-Tsangpo Suture Zone (YTSZ) by the Great Counter Thrust (GCT), was conventionally attributed to the typical Tethyan Himalayan Sequence (THS) and interpreted to be genetically related to the Indian origin. Recent results, mainly from analyses of detrital zircon age spectrums and Hf isotope signatures of the Triassic rocks in the southern Tibet, challenged this opinion and considered the Triassic sequences as a relatively independent tectonic unit from the THS. Our data, including detrital mode analysis, heavy mineral assemblage study, whole rock geochemistry and detrital zircon geochronology, provide new evidence to constrain the provenance of the Langjiexue Group. Domination of quartz grains and acid volcanic lithic fragments indicate recycled orogeny provenance. Stable heavy mineral assemblages with the majority of zircon and rutile reflect acid magmatic and continental metamorphic sources. Characteristic geochemical indicators (Al_2O_3/TiO_2 , Cr/V-Y/Ni, Co/Th-La/Sc, Eu/Eu⁺-Th/Sc, LREE enrichment, Th-Sc-Zr/10, Th-Co-Zr/10) point to felsic igneous sources in the tectonic setting of continental island arc or active continental margin. Three major age clusters from the detrital zircons were identified: 1150-850 Ma, 750-480 Ma and 300-200 Ma, among which the Neoproterozoic to Late Cambrian signal is the most remarkable exhibiting the Gondwana affinity for the Langjiexue Group. The youngest age peak is inconsistent with sources from any surrounding terranes, including the South Qiangtang, Lhasa terrane, Tethyan Himalayan Sequence (THS), Higher Himalayan Sequence (HHS), NW-W Australia and Banda Arc. We propose the Tasmanides, including the New England Orogen (300-230 Ma), along the eastern Australian margin as the supplier of magmatic materials for the Langjiexue Group. The age peak of 300-200 Ma of the Langjiexue Group can be correlated well with the widespread magmatism in the age ranging between the Late Paleozoic to Early Mesozoic from the Bird's Head (New Guinea) in the north to New Zealand in the south, which results from subduction of the Paleo-Pacific ocean beneath the eastern Australia. We conceive of such long-distance drainage system in the Late Triassic as similar to modern Yarlung-Tsangpo-Brahmaputra and Amazon rivers, which transport detritus from mountain chains to sedimentary basins for thousands of kilometers.

Keywords: Langjiexue Group, Late Triassic, Southeastern Tibet, Provenance

Sandstone petrology of the Permian Altan-Ovoo formation in the Hentey Range, central Mongolia

*Oyunjargal Luvsannyam¹, Jargal Luvsanchultem², Ken-ichiro Hayashi¹, Nansalma Dashpuntsag²

1. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Department of Geology and Geophysics, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia

The Permian Altan-Ovoo formation is the major member of the Hentey Range in the Central Mongolia. In this abstract we present geotectonic settings, source rocks, and its composition of the Altan-Ovoo formation. The Hentey Range is located in the northern part of the Adaatsag terrane and in the eastern part of Haraa terrane (Badarch, 2002), formerly known as Mongol -Okhotsk zone, is located in the central part of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB). Altan -Ovoo formation conformably overlies Carboniferous to Permian Gorkhi formation (Dorjsuren, 2012) and conformably covered by the Lower Triassic Orogchin Uul formation.

Samples collected from the study area include 56 sandstones, 17 siltstones and 24 gravelstones. We have examined sandstone samples under microscope. The size of mineral and rock fragments varies from 0.06 mm to 2.2 mm. Argillite, andesite, dacite, rhyolite particles are predominant among rock fragments, there are rarely noticed siltstone, tuff, schist fragments. These rock fragments show variable textures such as porphyritic, microlitic, microfelsitic, aleurolitic, microgranophyric and microgranolepidoblastic textures. Hornblende, quartz, plagioclase, K-feldspar are identified as mineral fragments. The feldspar clasts are altered into sericite, rarely epidote. Accessory apatite, sphene, zircon, monazite, tourmaline, allanite are found.

We have classified sandstones according to the methods of Folk (1968) and Dickinson (1985), and most of them fall in the fields of lithic arkose and arkose. The ternary Qt-F-L plot by Dickinson (1985) suggests that most samples of Altan-Ovoo formation were supplied from dissected arc and transitional arc. Result of major elements geochemical analysis of three samples suggests that they are from active continental margin.

It can be concluded that rock and mineral fragments of the Permian Altan-Ovoo formation were supplied from various source areas. Among them, arkose deposited in active continental margin originally supplied from volcanic rocks of the continental magmatic arc is significant.

Keywords: Altan-Ovoo formation, Mongolia, arkose, sandstone

Slow landslide induced by Typhoon Morakot in central Taiwan via PIV analysis

*Chih-Yen Tsao¹, Jyr-Ching Hu¹, Chia-Han Tseng², Hsi-Hung Lin³

1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taiwan, 2. Academia Sinica, Taiwan, 3. Central Geological Survey, MOEA, Taiwan

In 2009, Typhoon Morakot brought heavy rainfall and triggered at least 304 landslides in Yuchenliao, Meishan Township, central Taiwan. Typhoon Morakot produced copious amounts of rainfall, peaking at least 2,888 mm, far surpassing the previous record, 1,736 mm by Typhoon Herb in 1996. Throughout the disaster, various data indicates a great potential of multiple magnitude landslides in these areas. We analyzed three orthorectified aerial photographs of the Yuchenliao area, which were taken in January 2001, January 2007 and August 2009, using the Particle Image Velocimetry (PIV) technique. The sub-pixel correlation of PIV analysis in the Yuchenliao area covers a dimension of 2801×3001 pixels. Our results of the PIV analysis revealed that the maximum horizontal displacement of the landslide in the study area is up to 70 m towards south, and the dimension of the Yuchenliao landslide area is measured about 0.28 km². In spite of the shallow landslide, the results of PIV show bigger landslide area than the previous research estimated by the movement of characteristic geomorphological features from orthorectified aerial photographs before and after Typhoon Morakot. In addition, the PIV technique could provide the displacement field of slow landslide area which be used to inverse the slip distribution of sliding area to assessment the potential landslide hazard of this slow slide event.

Keywords: landslide, Morakot, Yuchenliao, Particle Image Velocimetry

Geochemistry of peridotite and basalts from Yap trench: implication for its tectonic evolution

*mei li Tang^{1,2}, Ling Chen^{1,2}

1. Key Laboratory of Submarine Geosciences, SOA, 2. Second Institute of Oceanography, SOA

On the east side of the diamond shape Philippine Sea Plate, it is the trench system which concludes Izu-Bonin-Mariana trench, Yap trench, Palau and Ayu trench, there is the deepest trench in the world. The Yap Trench, together with the Palau Trench, is located at the southern end of the long chain of trench-arc systems. At the ultra deepest bottom, there is not only unique depositional and diagenetic environment, but also frequent geologic activity caused by plate subduction such as serpentinization, gas release and volcanic earthquake. The Yap and Palau Trenches differ from the Izu-Bonin-Mariana (IBM) Trenches to the north. On seismology, it is markedly lower at Yap and Palau with no evidence of a Benioff zone compared with IBM which has well-developed Benioff zones. The distance between the arc and the trench axis is less than 50 km, much less than those found for other arc-trench systems and it lacks active arc volcanism, which maybe the consequence of the Cenozoic collision with the Caroline Ridge. Moreover, the Yap trench is very short which is from 7°30'N to 11°30', and there is a typical trench-trench junction existing near 11°7' where Mariana trench intersect as a perpendicular angle, and its northern part is the deep valley named North Yap Escarpment. Some researchers suggested that subduction at the Yap Trench may have been terminated by collision of the Caroline Ridge. However, recent studies suggest that the Yap subduction zone is still active. In the inner slope of the Yap Trench at about 6000m deep, ultramafic and gabbroic rocks were observed and considered as the similar one to those exposed in the Parece Vela basin. Since lower crustal and even upper mantle sections of the PSP are exposed on the inner slope of the Yap Trench, it is extremely important for correctly interpreting the petrological and chronological data collected along that arc. There are still very little samples and data from Yap trench, more are needed to understand the geology of it. In this paper, we will report some new samples and its petrology and geochemistry of new peridotite and basalts collected by manned submersible of China 'JiaoLong' at more than 6000m depth from the inner slope of Yap trench, and discuss its evolution implication for the PSP arc system.

Keywords: Geochemistry , Peridotite , Yap trench

