

宮城県～福島県沖阿武隈リッジと周辺海域の地質構造および東北日本弧の地体構造との関連性 Tectonic features around the Abukuma ridge and their relationship with tectonic framework of the Northeastern Japan Arc

荒戸 裕之^{1*}; 千代延 俊¹
ARATO, Hiroyuki^{1*}; CHIYONOBU, Shun¹

¹ 秋田大学 国際資源学部

¹ Faculty of International Resource Sciences, Akita University

阿武隈リッジは、北海道中軸部から下北・北上沖を経て常磐沖へとつづく前弧堆積盆地の最南部において、その東縁を画する隆起帯である。その構造地質学的な特徴や形成機構は、東北日本弧の地体構造および日本海北部の形成過程を議論するうえで重要な情報となるであろう。その議論を進めるために、阿武隈リッジならびに周辺海域に伏在する断層群や褶曲構造、削剥面の分布の特徴を理解するとともに、地表で認められた東北日本弧の地体構造が大陸棚～陸棚斜面にどのように延長・連続するかを明らかにする必要がある。

そこで発表者等は、基礎物理探査「阿武隈リッジ南部 3D」、基礎物理探査「南三陸～鹿島沖」の再解釈を進めている。基礎物理探査「阿武隈リッジ南部 3D」は、2009年、福島県沖海域における石油および天然ガスの探査を目的として経済産業省によって収録・処理された約 2,000km² の三次元地震探査である。基礎物理探査「南三陸～鹿島沖」は、1986年、当時の通商産業省によって収録・処理された測線長約 2,500km の二次元地震探査である。

さらに当該海域には、通商産業省によって掘削された基礎試錐「気仙沼沖」、「相馬沖」および「常磐沖」のほか、民間企業による試掘井も掘削されている。1984年に掘削された基礎試錐「気仙沼沖」では厚い上部白亜系が掘り抜かれ、2,027mの掘止深度で前期白亜紀の花崗岩を確認した。1990年に掘削された基礎試錐「相馬沖」では新第三系、古第三系を掘り抜き、2,450m以深掘止 3,500mの区間で上部白亜系を確認した。1991年に掘削された基礎試錐「常磐沖」では掘止深度 3,170mまでの区間で、厚い下部中新統と上部白亜系を掘進した。これらの坑井の地質学的な情報は、地震探査データ解釈における年代層序学および岩相層序学的なコントロールとなる。

これまでの検討の結果、i) 当該前弧堆積盆地は横ずれ成分を有する幾筋かの構造線によって分断されたこと、ii) したがって、南北性の伸長方向を有する単純な形態をもつわけではないこと、iii) その構造線の性格には不明の点も多いが、その発達位置および方向性からみて、東北日本の陸域で確認されている構造線や地質学的なギャップに連続する可能性があること、ならびに iv) 阿武隈リッジでは複数のグループに分類可能な多数の断層群が認められており、それらは各地質時代における応力場の変遷を記録している可能性があることが明らかになってきた。

キーワード: 阿武隈リッジ, 宮城県沖, 福島県沖, 東北日本弧

Keywords: Abukuma ridge, offshore Miyagi Prefecture, offshore Fukushima Prefecture, Northeastern Japan Arc

白亜紀前弧海盆堆積物におけるテフラの対比とテフロクロロジー Tephrochronology in the Cretaceous forearc basin, northern Japan

高嶋礼詩^{1*}; 桑原里²; 西弘嗣¹
TAKASHIMA, Reishi^{1*}; KUWABARA, Sato²; NISHI, Hiroshi¹

¹ 東北大学学術資源研究公開センター, ² 東北大学大学院理学研究科

¹The Center for Academic Resources and Archives, Tohoku University, ²Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University

1. Introduction

Tephrochronology is useful method for basin analysis because tephra provide isochronous horizons across the different facies. Although numerous studies of tephra correlations have long been conducted on the Quaternary strata, there are much fewer attempts to correlate pre-Quaternary tephra because most of the pre-Quaternary tephra are not appropriate for applying conventional tephrochronological methods on account of alteration of glass. On the other hand, several studies based on the heavy mineral chemistry of tephra have been successful in identifying and correlating highly altered tephra (e.g., Sell and Samson, 2011a, b). Detailed tephra correlations by these studies solved various controversies on the Euro-American Ordovician biostratigraphy, biogeography and sequence stratigraphy. Consequently, prevailing tephrochronologic study of the pre-Quaternary strata appears to bring significant progress in the various field of earth sciences because it can provide a much higher precision of chronostratigraphic correlation than that of the radiometric dating in both local and regional scale.

The Yezo Group, exposed in Hokkaido, Japan, is represented by the mid-Cretaceous – Paleocene marine sequences which were deposited in a fore-arc basin along east of the active Asian continental margin. This group contains abundant macro- and microfossils as well as felsic tuffs. However, it has been very difficult to correlate between shallow and deep sea facies in detail because of difference in fossil fauna and sedimentary facies. In order to establish detailed depositional model in such old basin, we establish the Cretaceous tephrochronology in the Yezo Group based on the heavy mineral chemistry of phenocrysts within the tuffs.

2. Method

We collected 30 tuff samples from the whole horizons of the Yezo Group in Tomamae, Oyubari and Urakawa areas. The samples were separated into light and heavy fractions using sodium polytungstate. The separated heavy fraction was collected and handpicked under a binocular microscope to collect the apatite and biotite grains. 20 biotite phenocrysts per sample were analyzed major elements at the Department of Earth Science, Tohoku University using a JEOL 7330. 20 apatite phenocrysts per sample were analyzed major and minor elements at the Institute for Material Research, Tohoku University using a JEOL 8530F. Apatite analyses followed the method described in Gross et al. (2013).

3. Result and discussion

Apatite is one of the most common accessory mineral in the volcanic rocks, and is highly resistant to weathering, diagenetic alteration and diffusion processes. Furthermore, apatite shows a wide variety of trace-element compositions because the structure of apatite is highly tolerant of structural distortion and chemical substitutions. Therefore, chemical fingerprinting of apatite is ideal method to discriminate the altered tephra. Each tuff exhibits unique trend in Cl, Mg, Fe, and Mn concentrations in apatite, which demonstrates that apatite chemistry is useful for discriminating tuffs in the Yezo Group. Although biotite is one of major phenocrysts in the tuffs of the Yezo Group, it is less useful than apatite because of its weakness against diagenesis and weathering. However, Mg number and TiO₂ content of biotite are most effective discriminator of the tuffs in the Yezo Group, and each tuffs are distinguishable on the bivariate plot of the Mg number and TiO₂ contents.

Based on the above result, we correlated tuffs of the Yezo Group among the Tomamae area and the other areas in Hokkaido. As a result, we confirmed that at least 3 tuffs (tuffs at Lower Cenomanian, Turonian/Coniacian boundary and Santonian/Campanian boundary) can be traced widely (more than 100 km distance) throughout Hokkaido and across the different sedimentary facies.

キーワード: 白亜紀, テフロクロロジー, アパタイト, 蝦夷層群
Keywords: Cretaceous, Tephrochronology, Apatite, Yezo Group

前弧堆積盆の形成と沈み込み帯との関係 Formation of forearc basins and its relationship to subduction zone dynamics

野田 篤^{1*}
NODA, Atsushi^{1*}

¹ (独) 産業技術総合研究所

¹ Geological Survey of Japan, AIST

沈み込み帯の前弧域に発達する前弧堆積盆は、地球表層の物質輸送プロセスの記録を保存している上に、海底資源、防災の観点からも重要な研究対象である。しかし、前弧堆積盆の発達様式、例えば、前弧堆積盆はどのように成長するのか、同時代の付加体の盛衰とどのような関係にあるのか、など十分に理解されていない問題が多く残されている。そこで、本研究では、前弧堆積盆と外側ウェッジ（前縁プリズムと中間プリズム）の地質学的・地形的特徴の観点から前弧堆積盆の発達・埋積過程を理解することを試みた。

前弧堆積盆は、付加体の陸側に形成される堆積盆であり、付加体の海側への成長にともなって堆積中心が海側に移動する堆積盆 [1]、または外縁隆起帯の隆起にともなって堆積中心が陸側へ移動（堆積盆が陸側へ傾動）する堆積盆 [2] として提唱された。しかし、構造侵食が卓越する沈み込み帯には、付加体が存在しないにもかかわらず、正断層による前弧堆積盆が発達すること [3]、さらに付加体の成長/衰退や構造侵食の進行には沈み込み帯における土砂収支が重要な役割を果たしていること [4] が分かってきた。これらのことから、前弧堆積盆の発達様式は沈み込み帯における土砂収支の影響を受けて変化することが予想される。実際、各地の前弧堆積盆の沈降曲線は、その他の構造性堆積盆（前縁堆積盆・横ずれ堆積盆・リフト堆積盆）の沈降曲線よりも多様であり、単一の傾向を示さないことが指摘されている [5]。

本研究では、世界各地の沈み込み帯から 37 の前弧堆積盆を抽出し、音波探査記録をもとに堆積盆と外側ウェッジの地質学的・地形的特徴を比較した。また、前弧堆積盆の幅 (W_{basin}) と厚さ (T_{basin})、外側ウェッジの幅 (W_{wedge}) と角度（外側ウェッジの斜面角 α ・海洋プレートの沈み込み角 β ）、海溝に直交する方向への海洋プレート沈み込み速度 (V_{orth})、海溝充填堆積物の厚さ (T_{trench}) などを計測し、それぞれの相関を調べた。

その結果、前弧堆積盆を 5 つの型（圧縮性/引張性付加体型・圧縮性/引張性横ずれ型・非付加体型）に区分した。圧縮性付加体型では、背面衝上断層 (backthrust) や分枝断層 (splay fault) をともなう外縁隆起帯の隆起により、前弧堆積盆は陸側へ傾動し、その堆積中心は陸側へ移動する。堆積盆の発達は、ウェッジの自己相似的成長または内部（底面）摩擦角の増加にともなうウェッジ斜面角 α の増加に起因すると推測される。引張性付加体型では、外縁隆起帯が重力によって海側へ移動することにより、前弧堆積盆中に正断層が形成される。デコルマ付近の底面摩擦またはウェッジの内部強度が低く、ウェッジの形状を維持できていないと推測される。非付加体型では、明瞭な外縁隆起帯は存在せず、堆積盆内に正断層が発達してリフト堆積盆に似た埋積様式を示す場合と、堆積盆の海側への傾動にともない堆積中心が海側へ移動する場合とがある。前者は中間プリズム下部における底面侵食、後者は前縁侵食に起因すると考えられ、両者が共存する場合も存在する。横ずれ型は付加体型と非付加体型の中間的な性質を示し、堆積中心は海側へも陸側へでもなく、海溝と平行な方向に移動することがある。さらに、同一の堆積盆であっても、非付加体型から付加体型（または付加体型から非付加体型）への変化を示すことがある。

ウェッジの幅 W_{wedge} は海溝における土砂収支の目安となる T_{trench}/V_{orth} と正の相関を示し、土砂収支がウェッジの成長に重要であることを示唆する。 T_{basin} は、付加体型では W_{basin} と正の相関を示すのに対し、非付加体型では W_{basin} に無関係にほぼ一定である。また、付加体型では W_{basin}/T_{basin} 比は W_{wedge} に関わらずほぼ一定、非付加体型では両者には負の相関がある。また、すべての堆積盆型において、 T_{basin} は W_{wedge} 及び T_{trench} と正の相関を示した。

沈み込み帯における土砂収支の増減が付加体の成長/衰退に影響を与えることにより、前弧堆積盆の型も変化させ、場合によっては堆積盆内に不整合面を形成する可能性も考えられる。例えば、付加体型から非付加体型への変化では、造構侵食による外縁隆起帯の沈降が堆積空間を消失させ、不整合面形成の後に、正断層をともなう W_{basin}/T_{basin} 比の大きな堆積盆が形成される。一方、非付加体型から付加体型への変化では、非付加体型前弧堆積盆の一部が隆起して外縁隆起帯となり、その陸側に新しい堆積盆が形成されると考えられる。

[1] Karig, D.E., 1974, *Ann Rev Earth Planet Sci* 2, 51–75; [2] Seely, D.R., 1979, *AAPG Memoir*, 29, 245–260; [3] von Huene, R. and Lallemand, S., 1990, *GSA Bull.*, 102, 704–720; [4] Clift, P.D. and Vannucchi, P., 2004, *Rev Geophys.*, 42, RG2001; [5] Xie, X. and Heller, P.L., 2009, *GSA Bull.*, 121, 55–64.

キーワード: 前弧海盆, 沈み込み帯, 土砂収支, 付加体, 堆積盆

Keywords: forearc basin, subduction zone, sediment flux, accretionary prism, sedimentary basin

東北日本中新世盆地形成トレンドとフィールドスケールの堆積サイクル・地質構造の関連性—新潟県津川地域の例—
Relationship between trends in Miocene basin development and outcrop-based depositional cycles and geological structures

成沢 紗也佳^{1*}; 栗田 裕司²
NARISAWA, Sayaka^{1*}; KURITA, Hiroshi²

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科, ² 新潟大学理学部

¹Graduate School of Science and Technology, Niigata University, ²Faculty of Science, Niigata University

後期漸新世から中期中新世にかけての日本海拡大期には、日本海の拡大に伴い広範囲に背弧盆地が形成された。新潟堆積盆地はこの当時形成された日本海沿岸地域における主要な盆地のひとつであり、これまでその発達過程において様々な議論がなされている。中でも、島津（1973）が津川—会津区と呼んだ地域は、日本海拡大期に発生した新潟堆積盆地全体の初期発達過程を解明するための重要な地域とされてきた。豊島（2014）によると、新潟を含む東北日本の中新世以降の地質構造は、NNE—SSW方向を示す新潟方向と、NW—SE～WNW—ESE方向を示す横断方向、NNW—SSE～N—S方向を示す棚倉方向といった複数の方向性が相互に関連して形成されたものとされているが、これまで津川—会津区を含む新潟堆積盆地の盆地形成トレンドと盆地発達、とくにフィールドスケールの埋積過程・地質構造発達過程との関連性について詳細な検討はなされていない。

そこで、本研究では野外調査に基づき、津川—会津区内の三川盆地および津川盆地を対象として、堆積相解析・地質構造解析から、地層のサイクル性や堆積盆地形態を考察し、新潟を含む東北日本における盆地発達史を検討する。本研究の対象地域である新潟県阿賀町津川地域は、規模の異なる複数の盆地群からなり、西側では三川盆地、東側では津川盆地が分布する。この津川盆地東部八木山地域で中新統津川層～野村層を対象に野外調査を行い、堆積環境の垂直変化を推定した。

三川盆地、津川盆地という異なる Sub-basin 間でサイクル性の地域間対比を検討すると、三川地域と八木山地域のサイクルの数に大きな差は見られないことがわかった。また、同時に本研究では主に NNW—SSE～N—S 方向の地質構造が卓越する三川地域と、NW—SE 方向が卓越する八木山地域について断層解析を行い、断層の方向性からも盆地形成過程を追っていく。

キーワード: 中新世, 背弧, 東北日本, 堆積相, 断層

Keywords: Miocene, back arc, Northeast Japan, sedimentary facies, fault

反射法地震探査から見る能登半島西方沖～大和海盆の地殻構造 Crustal structure off western Noto Peninsula to the Yamato Basin observed by seismic reflection survey

野 徹雄^{1*}; 佐藤 壮¹; 小平 秀一¹; 三浦 誠一¹; 石山 達也²; 佐藤 比呂志²
NO, Tetsuo^{1*}; SATO, Takeshi¹; KODAIRA, Shuichi¹; MIURA, Seiichi¹; ISHIYAMA, Tatsuya²;
SATO, Hiroshi²

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学地震研究所

¹JAMSTEC, ²ERI

昨夏国土交通省などによる日本海の津波断層モデルの評価の結果が公表され(国土交通省, 2014)、既存地震探査データのデータベース化と再解析によって断層情報を統一的な基準で評価するプロジェクト(海域における断層情報総合評価プロジェクト)も始まり(高橋・他, 2014)、近年日本海でも震源断層を評価するためのプロジェクトが実施されている。しかし、能登半島沖以西や北海道西方沖の日本海においては地震津波ハザードを評価するための十分な観測が実施されておらず、そのためデータが非常に少ない。一方、日本海東部においては、「ひずみ集中帯の重点的調査・観測研究」によって、マルチチャンネル反射法地震(MCS)探査と海底地震計(OBS)による屈折法・広角反射法地震探査が実施されて、地震探査から得られた地殻構造と1983年日本海中部地震や1964年新潟地震など地震活動や短縮構造の分布との関係が見えてきた(e.g. No et al., 2014; Sato et al., 2014)。今後、海域の断層がどこに発達しているかを特定することも重要であるが、断層が発達している要因も重要であり、それは震源断層の大きさを検討する上でのポイントの一つと考えている。したがって、日本海における震源断層の研究の上では、日本海の形成過程と地殻構造の関係をより進展させる必要があり、そのためには日本海東部以外の海域の地殻構造データも重要となる。

そこで、昨夏、「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として、能登半島西方沖～大和海盆・大和堆の海域において、海洋研究開発機構の深海調査研究船「かいらい」を用いた地震探査を行った。本研究の調査海域では、過去にLudwig et al.(1975)、Katao(1988)やHirata et al.(1989)による地殻構造研究が実施されている。しかし、これらの研究は、地殻構造の空間方向の変化や能登半島沖に発達する活構造との関係を得ることができていない。そこで、近年「かいらい」で実施してきた地殻構造探査と同等の観測研究を行うことにより、先行研究の結果より詳細な地殻構造イメージングを得ることができ、調査海域の近傍で発生した2007年能登半島地震に隣接した活構造をはじめとする能登半島北方沖から西方沖に分布している活構造(岡村, 2013; 国土交通省, 2014; 高橋・他, 2014)と地殻構造の関係を研究する上で重要なデータとなる。さらに、探査を行った測線直下では、ODP Leg127 Site 797(Tamaki et al., 1990)が実施されているので、この掘削研究の結果との関係を検討することも、大和海盆の形成との関連性を研究する上で重要である。

暫定的な解析結果ではあるが、MCS探査のイメージングから、能登半島北方沖から西方沖に分布している活構造に沿って、逆断層を伴った非対称な背斜が発達しており、基盤の変形も認められる。また、能登半島沖の七ツ島から舳倉島にかけては、堆積層が非常に薄い領域になっているが、舳倉島東方沖の海域には背斜の発達が認められる。能登半島沖大陸棚から大陸棚斜面にかけては、地形上平坦である領域でも、起伏の大きい基盤が形成されているところが多い。一方、大和海盆においては、往復走時約9秒前後にモホ面と推定される明瞭な反射面を同定することができる。堆積層の特徴は調査海域中では共通しており、大和海盆で指摘されているOpal A/CT 続成境界BSR(bottom simulating reflector)(Kuramoto et al., 1992)とみられる連続性の良い強い反射面がすべての測線で見られる。また、短縮した構造の発達は見つめられないが、一部の測線では地殻全体を横切るようなコヒーレントな反射面が確認できる。

キーワード: 日本海, 地震探査, 大和海盆, 能登半島沖, 大和堆, 震源断層

Keywords: Japan Sea, Seismic survey, Yamato Basin, off Noto Peninsula, Yamato Rise, source fault

重力異常および重力勾配テンソルを用いた堆積盆地の構造解析 Structural analyses of sedimentary basins using gravity anomaly and gravity gradient tensor data

楠本 成寿^{1*}
KUSUMOTO, Shigekazu^{1*}

¹ 富山大学大学院理工学研究部 (理学)

¹ Graduate School of Science and Engineering for Research (Science), University of Toyama

堆積盆地をはじめ、様々な地域の地下構造推定には、地震波探査や重力探査がよく用いられ、重力探査は、安価で広範囲の探査を行うことが出来るため、概査としてもよく採用されてきている。重力探査によって得られる重力異常の長所は、低重力異常地域には低密度あるいは厚い堆積層が存在するといった直感的な定性的解釈が容易であることである。定量解析を行うことで、詳細な地下の情報を得ることが可能であるが、解析には多くの時間と先験情報(基本的な構造や密度情報)が必要である。

このようななか、定量解析と定性的解釈の間ともいえる半自動解釈法というものがある。これは、地質学的、地球物理学的情報を与えずに、重力異常図から、構造境界の位置の情報を取り出す手法である。よく知られている手法は、水平一次微分や鉛直一次微分といった、ハイパスフィルターである。

近年は、航空機を用いた重力偏差計測も盛んに行われるようになり、重力偏差計によって得られる重力勾配テンソルを用いたフィルターや半自動解釈手法が開発されてきている。例えば、重力異常場の曲率を表す重力勾配テンソルの xy 成分を用いた Shape Index (e.g., Cevallos, 2013) や重力勾配テンソルの固有値を用いた Dimensionality Index (e.g., Pedersen and Rasmussen, 1990; Beiki and Pedersen, 2010), 固有ベクトルを用いた原因位置推定手法 (e.g., Beiki and Pedersen, 2010; Beiki, 2013) などがそれである。

重力勾配テンソルを用いた解析には、重力偏差計によるテンソル各成分の計測が必要であるが、フーリエ領域での積分と微分の組み合わせにより、既存の重力異常から重力勾配テンソルの全成分を計算することが可能である (e.g., Mickus and Hinojosa, 2001)。

本講演では、この手法を用いて重力異常から重力勾配全成分を計算し、重力勾配テンソルを北海道中部の堆積盆地群の構造解釈に応用した結果を報告する。

[文献]

Beiki, M., 2013, *Jour. Appl. Geophys.*, 90, 82-91. Beiki M., and Pedersen, L. B., 2010, *Geophysics*, 75, I37-I49. Cevallos, C., Kovac, P., and Lowe, S. J., 2013, *Geophysics*, 78, G81-G88. Mickus, K. L., and Hinojosa, J. H., 2001, *Jour. Appl. Geophys.*, 46, 159-174. Pedersen L. B., and Rasmussen, T. M., 1990, *Geophysics*, 55, 1558-1566.