

報 告

北部フォッサマグナ新生界の粗粒堆積物の堆積システムと後背地*

立石 雅昭**・高野 修***・高島 司****・黒川 勝己*****

(Received October 24, 1996; accepted November 27, 1996)

Depositional system and provenance of Cenozoic
coarse sediments in Northern Fossa Magna

Masaaki Tateishi, Osamu Takano, Tsukasa Takashima and Katsuki Kurokawa

Abstract: Studies of stratigraphy and sedimentary system for Cenozoic sequence in the Northern Fossa Magna have progressed in these two decades. Especially a regional stratigraphical correlation using volcanic ash markers has remarkably progressed, and contributed markedly in the geological studies of the Northern Fossa Magna. The Upper Miocene to Pliocene sequence has been so far correlated on the basis of zoning of benthonic foraminifera in the petroleum geology. However, the stratigraphic correlation on the basis of this paleontological zoning is not consistent with the stratigraphical correlation using the volcanic ash markers. The contradiction between these stratigraphic correlations was examined in this study.

The geohistorical change of depositional system and tectonic evolution of the Northern Fossa Magna were discussed on the basis of sedimentary facies analysis and sedimentary petrography. Five geohistorical stages, namely pre-rift, rift, stable, conversion, and deformation stages, were consequently distinguished in the Cenozoic of the Northern Fossa Magna.

Key words: Fossa Magna, stratigraphy, depositional system, sedimentary petrography

1. はじめに

震探ならびに坑井資料の解析に基づくシーケンス層序学的研究が進展し、ここ数年石油技術協会や日本地質学

会でシンポジウムが重ねられてきた(石技誌, 59巻 1号, 1994; 地質学論集, 45号, 1995)。震探層序学的ならびに坑井地質学的資料の解析の精度と表層に分布する地層の解析の精度はおのずと異なるものである。堆積盆の形成・埋積と碎屑物の供給・定着のシステム, 変形の進行過程の理解のためには両者の相補的な研究の進展が必要である。

筆者らはここ数年, 石油公団, 地質調査所燃料資源部・地質部および信州大学理学部地質学教室の研究者も含めた「北部フォッサマグナの地質を語る会」を不定期ながら開催し, 研究成果や情報を交換し, 今後の研究課題などを討論してきた。北部フォッサマグナ新生界の層序学的・堆積学的研究は, 地表調査ならびに基礎試錐資料の解析の進展によって, ダイナミックな解析が可能なレベルに到達しつつある。同時に, よりダイナミックな堆積盆の発展と堆積システムの解析に必要な今後の課題も明確になっている。以下, 3つの項に分けて, この間

* 平成 8 年 6 月 5 日, 平成 8 年度石油技術協会春季講演会 地質・探鉱部門シンポジウム「石油地質学に対する基礎試錐の貢献」における講演

This paper was presented at the 1996 JAPT Geology and Exploration Symposium entitled "MITI Exploratory Drilling Program-Their contribution to new exploration technology" held in Akita, Japan, June 5, 1996.

** 新潟大学理学部地質科学教室 Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

*** 石油資源開発株式会社 JAPEX Research Center, Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

**** 帝国石油㈱ Teikoku Oil Co., Ltd.

***** 新潟大学教育学部地学教室 Department of Earth Science, Faculty of Education, Niigata University

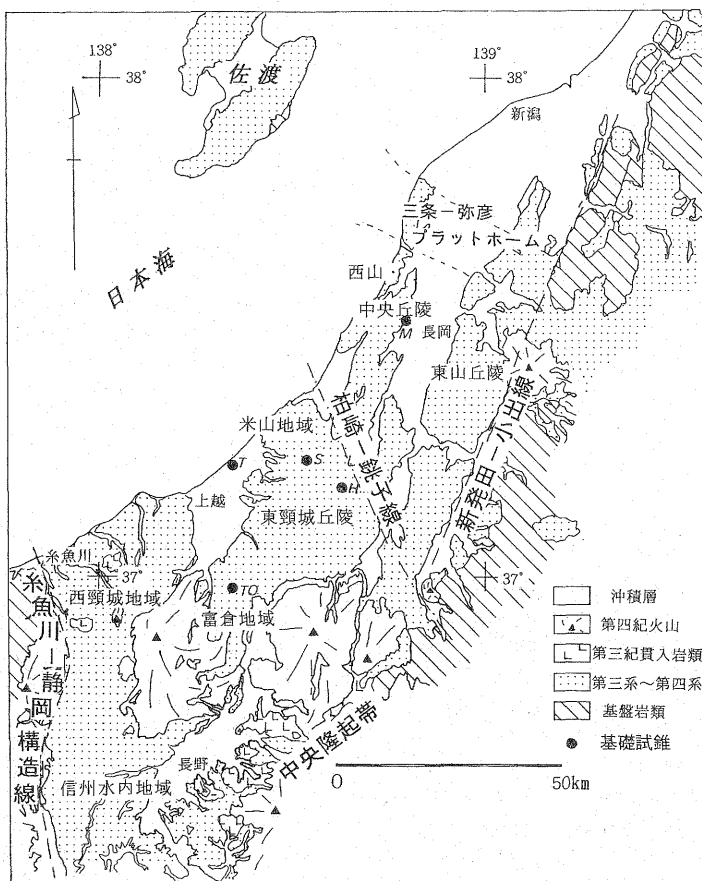


図1 北部フォッサマグナの位置ならびに基礎試錐

T：基礎試錐「高田平野」(昭和61年度)，M：「三島」(平成3年度)，S：「新米山」(平成2年度)，H：「東頸城」(平成2年度)，TO：「富倉」(平成6年度)

の解析の成果と今後の課題を述べる。ここでいう北部フォッサマグナとは西を糸魚川-静岡構造線，南東を中央隆起帯北縁，北東を三条-弥彦プラットフォームで囲まれた地域を便宜的に呼ぶ(図1)。

2. 北部フォッサマグナの地質層序

北部フォッサマグナの地表に分布する新生界についてはそれぞれの地域ごとに岩相層序区分が行われてきた。一方，生層序学的には北部フォッサマグナ地域の中新統～下部鮮新統は浮遊性有孔虫化石の産出が部分的であり，浮遊性有孔虫化石分帯(米谷，1978)を広く適用することができず，底生有孔虫化石分帯(Matsunaga, 1963)が用いられてきた(渡辺，1983)。80年代に入って，火山灰鍵層を精度よく追跡することによって，地表に分布する鮮新-更新統に関しては従来の岩相を中心とした層序区分が大規模な指交関係にあることが明らかに

された(安井ほか，1983；菊池ほか，1984)。火山灰鍵層による地層対比がさらに下位の層準まで広げられる中で，上部中新統～鮮新統も岩相層序および底生有孔虫層序が指交関係にあることが明らかになりつつある(黒川ほか，1994)。

2.1 火山灰鍵層を主とする対比

この間，北部フォッサマグナ地域において掘削された基礎試錐や坑井では，下部寺泊階の下部層準における示準的な指標として，*Globorotalia rikuchensis* bedや“Blue Zone”，および物理検層によるhigh GR(ガンマー線) zoneなどが有効であることが確かめられてきた。ここでは北部フォッサマグナ新第三系の層序を対比する上で重要な広域的な火山灰鍵層を中心に，基礎試錐などの坑井資料も考慮して，指標となる層を下位からまとめる。図2に下部寺泊層最上部から西山層に相当する層準の層序対比を示す。

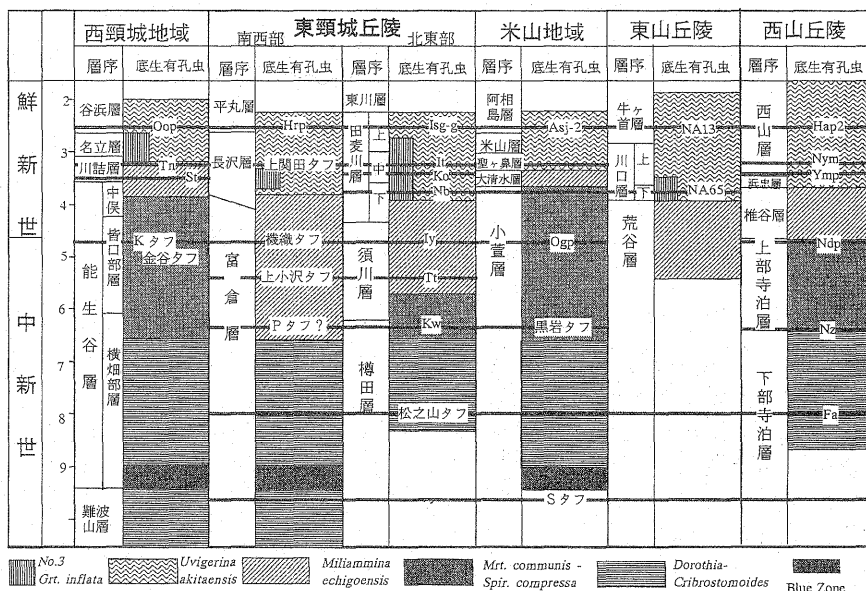


図2 北部フォッサマグナ新生界の火山灰鍵層ならびに底生有孔虫化石群集による層序対比
火山灰鍵層の略号は本文参照

Globorotalia rikuchuensis bed (津田, 1992): 基礎試錐「新米山」「高田平野」および「富倉」などにおいて下部寺泊層(底生有孔虫化石分帯 *Dorothia* spp.-*Cribrostomoides* spp. subzone)の下部層準に浮遊性有孔虫化石 *Globorotalia rikuchuensis* を特徴的に産する微化石マーカーとして認められる。地表では西頸城の前沢層(米谷ほか, 1986)や佐渡の鶴子層(渡辺, 1983)からも報告されている。

High GR zone (津田, 1992): 基礎試錐「高田平野」および「富倉」で *Globorotalia rikuchuensis* bed のやや上位に認められている。周囲に比して高いガンマー線検層値を示すことを特徴とする。

T タフ: 柏崎-銚子構造線以西の基礎試錐「新米山」「高田平野」「富倉」などの坑井において下部寺泊層上部の層準に認められる凝灰質砂岩およびこれに挟在する凝灰岩のゾーンである。地表では難波山層 H 部層の砂岩優勢フリッシュ型互層に対比される。

S タフ: 基礎試錐「三島」「東頸城」「新米山」「高田平野」「富倉」などの坑井において下部寺泊層上部の中部層準にフリッシュ型砂岩泥岩互層中の凝灰質砂岩として広く認められる。本層と次の Q タフとの間の層準に認められる, *Cassidulina norcrossi* など石灰質の底生有孔虫が多産する Blue zone (渡辺, 1976) との組み合わせで, 重要な鍵層となっている。地表では難波山層最上位の J 部層に対応すると考えられる。

松之山タフ: 東頸城地域松之山温泉周辺の松之山ドーム状背斜の軸部および安塚町小黒川流域の朴ノ木背斜の軸部に分布するパミス質凝灰岩とデイサイト質凝灰角礫岩の互層で, 層厚 180~240 m 以上である。その産状・岩質から西山丘陵の下部寺泊層中の層厚約 5 m の Fa 凝灰岩に対比される。基礎試錐「三島」「東頸城」「高田平野」などの坑井において下部寺泊層上部に認められる Q タフに対応すると考えられているが, 柏崎-銚子線以北で Q タフとされている層準はほとんど砂層からなり, その対比にはまだ問題が残されている。

野積タフ (Nz): 寺泊町大河津分水沿いの寺泊層模式ルートにおいて上部寺泊層下部に産し, 全層厚 4.3 m。白色粗~細粒で堅硬なパミス質凝灰岩と凝灰岩礫や泥岩礫を含んだ細粒凝灰岩からなる。黒雲母を多く含むことによって特徴づけられ, 東頸城地域の樽田層と須川層の境界の木和田原タフ (Kw) や須川層下部の谷タフ, および米山地域の小萱層最下部の黒岩タフに対比される(黒川ほか, 1995)。基礎試錐「東頸城」「高田平野」において上・下部寺泊層の境界の P タフに対比されてきたが, その対比にはまだ問題が残されている。

竹所タフ (Tt): 東頸城地域の須川層の上部に挟まれる。層厚約 2 m で, 白色, 中~細粒のガラス質結晶凝灰岩, 有色鉱物はわずかである。全体に平行葉理が発達する。重鉱物は鉄鉱物に富み, ほかに黒雲母, ジルコンを含む。ガーネットをわずかに含む。産状と重鉱物組成

から東頸城丘陵南西部の富倉層上部中の上小沢タフに対比されると考えられる。

金谷タフ (Kn) : 西頸城地域の能生谷層中部の金谷凝灰岩は全層厚 30 m, 下位から泥岩礫を含む粗粒パミス質凝灰岩, 砂粒サイズの結晶質凝灰岩, 凝灰質砂岩と泥岩の互層からなる。本凝灰岩は黒川ほか (1994) によって西山丘陵の寺泊層最上部の夏戸パミス質タフ (Ndp), 米山地域の小萱層中の小萱パミス質タフ (Ogp), 東頸城丘陵田麦川層最下部の入山川タフ (Iy) に対比された。ユニット構成の特徴や黒雲母に富み, ホルンブレンド・鉄鉱物のほかカミングトン閃石と高温石英を特徴的に含むことから東頸城丘陵南西部の富倉層最上部の機織タフ, 同西部須川層下部の Tt4 タフもこれに対比される。さらに信州水内地域の裾花タフ上部および高桑タフに対比される (黒川ほか, 1994, 1995)。基礎試錐「高田平野」など上越から中越地域にかけての坑井における K タフに対比されてきた。

名平タフ (Nb) : 東頸城地域の田麦川層下部に挟まれる層厚約 2 m の白色～乳白色, 細粒でガラス質もしくはパミス質の凝灰岩である。重鉱物の含有率が低い。鉄鉱物のほか, 斜方輝石, ホルンブレンド, 黒雲母を含む。東山丘陵の NA65 に対比されている (三浦・黒川, 1995)。

瀬戸タフ (St) : 本凝灰岩は西頸城地域の川詰層下部に発達し, 層厚 20 m, 全体にパミス質で成層した白色細粒～粗粒凝灰岩である。産状や重鉱物組成から, 東頸城丘陵田麦川層中部の上岡タフ (Ko), 西山丘陵の西山層下部の山田パミス質火山灰 (Ymp) に対比された (黒川・金子, 1992)。

綱子タフ (Tn) : 西頸城地域の川詰層中部の本凝灰岩は白色粗粒のパミス質凝灰岩で, 層厚は 7 m 以上, ホルンブレンド, 黒雲母, 斜方輝石に富む。東頸城地域の田麦川層中部の板山タフ (It), 東頸城丘陵南西部の長沢層中の上関田タフ, 西山丘陵の西山層中部の西山ミガキ砂火山灰 (Nym) に対比された (黒川・金子, 1992)。

大菅パミス質火山灰 (Oop) : 西頸城地域の谷浜層基底の本凝灰岩は層厚 1~20 m の, 白色パミス質火山灰で, 粗粒砂サイズから細粒砂サイズへと級化するユニットが複数重なる。黒雲母に富み, ジルコンを含む。ジルコンのウラン含有量が高いのが特徴である。東頸城丘陵西部牧村の田麦川層上部の菅タフ, 北部高柳町の田麦川層上部の石黒川 g タフ (Isg-g), 南部松之山町の上蝦池パミス質火山灰 (Kap), 南西部の富倉背斜地域では平丸層中部の平丸パミス質火山灰 (Hrp), 米山地域の阿相島層中の阿相島 II タフ (Asj-II), 東山丘陵南部の

NA13 火山灰, 西山丘陵の西山層中の八石山パミス質火山灰 2 (Hap-2) と, 広く対比される (黒川ほか, 1993; 三浦・黒川, 1995; 青木・黒川, 1996)。

なお, ここでとりあげた個々の火山灰鍵層の層序ならびに記載については以下の文献で取り上げられている。西頸城地域 (赤羽・加藤, 1989; 青木・黒川, 1996), 東頸城丘陵 (新潟大学東頸城地域地質調査グループ, 1987; 高野ほか, 1989; 竹内・加藤, 1994; 黒川ほか, 1995; 風岡, 1988), 米山地域 (米山団体研究グループ, 1973; 村松, 1988), 東山丘陵 (徳橋, 1985; 三浦・黒川, 1995), 西山丘陵 (宮下・三梨, 1974; 沢栗・黒川, 1986; 黒川ほか, 1987)。

2.2 鍵層対比と化石分帯による層序区分

上述した火山灰鍵層による地表セクションの層序対比は, 主として底生有孔虫分帯に基づく坑井における上部中新統～下部鮮新統の層序区分とは非調和的である。渡辺 (1976) は西頸城地域ならびに東頸城丘陵の地表に分布する上部新生界の底生有孔虫層序区分を検討している。以下, この底生有孔虫分帯と赤羽・加藤 (1989), 新潟大学東頸城地域地質調査グループ (1987), 竹内・加藤 (1994), および米山団体研究グループ (1973) の層序区分をあわせ検討する。

西頸城地域綱子川ルートでは能生谷層最下部に Blue zone が認められている。能生谷層の中部に標準層序の下部寺泊層 (*Dorothia* spp.-*Cribrostomoides* spp. subzone) と上部寺泊層 (*Spirosigmoilinella compressa*-*Martinottiella communis* subzone) の境界があり, 金谷タフはこの上部寺泊層に挟まれる。能生谷層の最上部から川詰層の上部にかけては *Miliammina echigoensis* zone に, 川詰層の最上部は *Uvigerina subperigrina* zone に属する (図 2)。また, 米山地域柿崎ルートでも金谷タフに対比される小萱パミス質タフ (Ogp) は標準層序の寺泊層 *Spirosigmoilinella compressa* zone に属する。上位の清水層が *Miliammina echigoensis* zone に属する (図 2)。一方, 東頸城丘陵の高谷川ルートでは樽田層は標準層序の下部寺泊層 (*Dorothia* spp.-*Cribrostomoides* spp. subzone) に, 須川層下部は標準層序の上部寺泊層 (*Martinottiella communis*-*Spirosigmoilinella compressa* subzone) に, そして竹所タフ (新潟大学東頸城地域地質調査グループ, 1987) を挟む須川層上部や金谷タフに対比される入山川タフ (Iy) を挟む田麦川層最下部は標準層序の椎谷層 (*Miliammina echigoensis* zone) に相当する (図 2)。基礎試錐「富倉」では下部寺泊層 *Dorothia* spp.-*Cribrostomoides* spp. subzone の上に, 椎谷層 *Miliammina echigoensis* zone が直接重なり, あたかも上部寺泊層が欠如してい

ように見える(図2)。このように底生有孔虫層序と上述の火山灰層序を比較すると、坑井地質において広く用いられてきた標準層序の上部寺泊層(*Martinottiella communis*-*Spirosigmoinella compressa* subzone)と椎谷層(*Miliammina echigoensis* zone)という底生有孔虫化石分帯に基づく層序区分はかなりの時間にわたって指交すると考えざるをえない(図2)。坑井では薄い凝灰岩を同定することは困難を伴う。まず、地表セクションで火山灰層序と放散虫・珪藻・石灰質ナノ化石を含む生層序の関係をより精度高く解明することが重要である。その上で地域ごとの坑井の層序学的枠組みに基づいて、広域的な層序対比と地質構造の解析を進めることが必要である。

3. 堆積システムの発展様式とその規制要素

3.1 北部フォッサマグナ新生界の堆積システム

北部フォッサマグナの新生界堆積システムは海底扇状

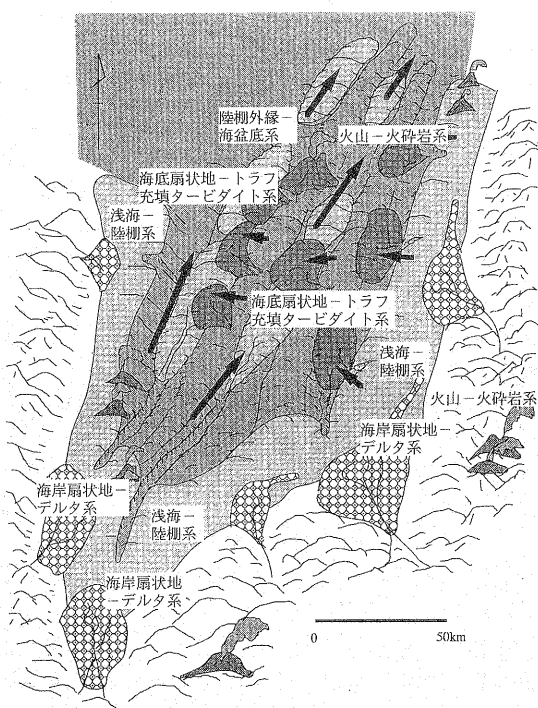


図3 北部フォッサマグナ新生界堆積システムの模式的概念

各堆積システムは系として表現されている。北北東-南南西に延び、北方に広がる舟状海盆を形成している。中央に海盆の軸方向に延びる高まりで北西側と南東側の2系統のトラフに分かれる。矢印は主要な碎屑物の供給方向を表すが、南西からの軸流と南東～東からの側方流がある。

地-トラフ充填タービダイトシステム、陸棚外縁-海盆底システム、浅海-陸棚システム、海岸扇状地-デルタシステム、沖積扇状地-沖積平野システム、火山-火砕岩システムに分けられる。碎屑物は大きくNNE-SSW方向にのびたトラフ堆積盆に主に南西方向からの軸流と南東からの側方流によって供給された(図3)。NNE-SSW方向に延びた堆積盆は大きくは北西側の西頸城-柏崎沖系列と南東側の富倉-東頸城系列の2系列に分かれている。

堆積システムの概要は次のようにまとめられる。

海底扇状地-トラフ充填タービダイトシステム：タービダイト層は堆積盆が拡大・深化する七谷期から下部寺泊期にかけてと、堆積盆が埋積され、浅化する椎谷期から西山期にかけて顕著に発達する。これらの堆積相はそれぞれの時期の広域的応力に応じた堆積盆の形状に規制されて海底扇状地堆積様式とトラフ充填堆積様式をとっている(高野, 1990; 立石ほか, 1992b)。それぞれ、海底扇状地タービダイトシステムとトラフ充填タービダイトと呼ばれる。

陸棚外縁-海盆底システム：急激な沈降によって形成された広い堆積盆底や陸棚斜面、埋積されて浅化する堆積盆、構造運動による堆積盆の差別的昇降運動によってできた相対的高まりあるいは凹地に堆積する半遠洋性の泥質堆積物である。一部ディスタルなタービダイトを含む。さまざまな層準や地域に発達する。東北日本内帯にしばしば認められる珪藻質泥岩は北部フォッサマグナ地域では少ない。

浅海-陸棚システム：波浪の卓越する浅海から内側陸棚の堆積物で、東頸城地域から魚沼丘陵地域においては鮮新世後期～更新世前期にかけて、海水準の変動に伴う堆積相の周期的変化として発達する(風岡, 1988)。同様の堆積相の周期的変化は信州水内地域でより古期に認められる(西村・保柳, 1992)。

海岸扇状地-デルタシステム：安定した堆積盆が構造運動で変動期に移り、プログラデーションが急速に進み、堆積盆が急速に埋積されていく後期中新世から鮮新世にかけて発達する。河川からの粗粒堆積物の供給が卓越し、礫質網状河川堆積物からなる扇状地相や炭質泥質堆積物の優勢なデルタ頂置相、砂・シルトの優勢なデルタ前置相・底置相からなる(高野, 1995)。

沖積扇状地-沖積平野システム：堆積盆が消滅する過程の更新世前期～中期にかけて、礫質網状河川および砂礫質蛇行河川堆積様式が卓越する。砂礫層から砂・シルト層を経て泥炭～褐炭層へと至る周期的な堆積サイクルを特徴とする(風岡, 1988)。

火山-火砕岩システム：陸上火山活動と海底火山活動に区分される。陸上での火山活動は大きく2つの時期に

認められる。堆積盆形成期に相当する暁新世～漸新世から前期中新世にかけての時期と、堆積盆の埋積が進み、消滅していく過程にあたる鮮新世末から更新世にかけての時期である。形成期にはデイサイト～安山岩質の陸上火山活動が佐渡島や津川-会津区など、東北日本内帯の堆積盆縁辺部で発生している。堆積盆の浅化・陸化の時期には堆積盆の南東縁辺部（中央隆起帯）などを中心に各地に安山岩質の火山活動がおこる。一方、海底火山活動は前期中新世末から鮮新世にかけて堆積盆各地に広く起こる。特に前期中新世末から中期中新世初頭にかけてのバイモダルな海底火山活動による膨大な火山岩類は探鉱の主要ターゲットとしてその分布と性状の解析が進められている。

3.2 堆積システムの変遷

鈴木（1989）はフォッサマグナ最北部を含めた東北日本内帯の堆積システムについて論じた。また、新潟・長野地域の新生代堆積盆地の変遷と構造運動については第6次5カ年計画までの基礎調査の成果の上に立って津田（1992）によってまとめられている。ここではさらにその後の層序学的成果と堆積システムの解析をもとに、堆

積システムの変遷と構造運動の枠組みについて検討する。

北部フォッサマグナ新生界の堆積システムは沈降運動とユースタシー、気候と地形に規制されて、アグラデーションあるいはプログラデーションを引き起こしながら堆積盆を埋積してきた。東北日本内帯の南部に位置する新潟北部地域の新生代地史も考慮すると、新生代の北部フォッサマグナ堆積盆の発展史はプレリフト期（暁新世～前期中新世）、リフト期（前期中新世末～中期中新世初期：津川-七谷期）、安定期（中～後期中新世：寺泊期）、転換期（後期中新世～鮮新世：椎谷-西山期）、隆起変形期（更新世：小国期）の5つの時相に区分される（図4）。

プレリフト期は佐渡島および新潟北部で一部水底噴出を含む陸上でのデイサイト質～安山岩質火山活動が活発に起こった。これらの火山岩類が北部フォッサマグナ堆積盆中心部の基底に分布するかどうかは確かめられていない。これらの火山活動に先行、あるいは伴って隆起が引き起こされたと考えられる。

リフト期は東北日本内帯から北部フォッサマグナにかけて、先行するマグマ性隆起に伴う断裂に沿って、膨大なバイモダルな火山活動が起こるとともに、北北東-南南西のトラフ状堆積盆が形成され、急激に沈降した時期に相当する。堆積盆の沈降運動と汎世界的海水準上昇があいまって、堆積システムは海岸扇状地-デルタシステムから陸棚外縁-海盆地システムへと急速に変化する。海岸扇状地-デルタシステムは佐渡島の下戸層や中央隆起帯沿いの城内層群など堆積盆の縁辺部での礫岩および粗粒砂岩相に認められる。縁辺部ではこの粗粒岩相は陸棚斜面から海盆地で堆積した七谷頁岩相に覆われる。堆積盆の中心部分では粗粒岩相は貧弱で、七谷頁岩相が火山-火砕岩システムの産物と指交する。本期末にはフォッサマグナの西縁では海底扇状地堆積システムとしての難波山海底扇状地（遠藤・立石、1990）の堆積が始まっている。

安定期は緩慢な沈降運動にほぼ釣り合った碎屑物の供給が行われ、海底扇状地タービダイトシステムと陸棚外縁-海盆地システムの卓越する時期である。南西部～西部では青木層（鈴木、1977）、難波山層（遠藤・立石、1990）、真川層（柿崎ほか、1992）の海底扇状地タービダイト相が堆積し、中心部分ではディスタルなタービダイト相である寺泊相、柏崎-銚子線以北の佐渡の鶴子層や中山層、北蒲原地域の寺泊層など縁辺部分では湧昇流による珪藻質泥岩相が堆積する。その後期には信州水内地域で海岸扇状地-デルタシステムと浅海-陸棚システムのプログラデーションが顕著となる（西村・保柳、

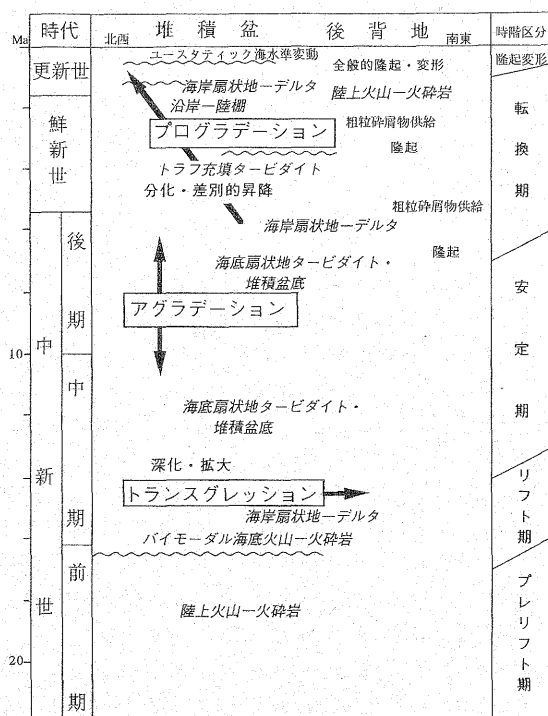


図4 北部フォッサマグナの新生代堆積システム変遷の時階区分

波線：不整合；矢印：堆積システムの全体的変化；斜体：堆積システム；ローマン体：堆積盆および後背地の運動

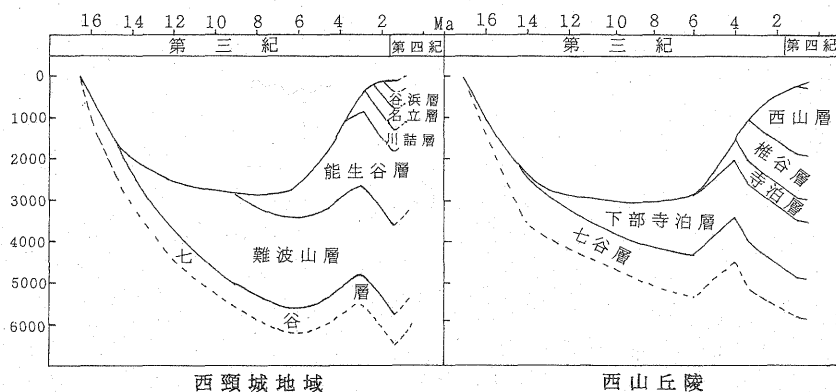


図5 西頸城地域ならびに西山丘陵における新生界地史学姿態曲線

堆積深度は底生有孔虫による分析に基づいているが、必ずしも正確なものではない。層厚のデータは赤羽・加藤(1988)ならびに小林ほか(1994)による。圧密補正は行っていない。従って、堆積盆の底の変化は本図より大きくなると想定される。

1992)。

転換期は広域的応力場が圧縮に転じて、堆積物の変形が始まり、堆積盆の分化が著しく、トラフ充填タービダイト、陸棚外縁-海盆地、浅海-陸棚、海岸扇状地-デルタなどの堆積システムが堆積盆を埋積し、顕著なプログラデーションが進行する(小林ほか, 1988; 高野, 1995)。

隆起変形期は圧縮応力下で全般的な隆起と堆積物の変形が進行し、堆積盆は消滅する。中期更新世には東頸城丘陵から魚沼丘陵など、丘陵部の相対的隆起と変形が進行し、新潟平野から佐渡海盆にかけての相対的沈降との対立が顕著になる。堆積盆が発生・残存する地域では沖積扇状地-沖積平野、海岸扇状地-デルタ、浅海-陸棚の堆積システムが相対的海水準の変動に規制されて堆積する。

3.3 堆積システムの規制要素

前期中新世末～中期中新世初頭に始まった北部フォッサマグナ堆積盆の発達史は千数百万年オーダーのテクトニックな運動に大きく規制されながら、数百万年～数十万年の三～四次オーダー、さらにはより高次のユースタティックな海水準変動による堆積システムの変遷を記録している。東頸城丘陵と西山丘陵を例に描いた地史学姿態曲線を図5に示す。

リフト期から安定期にかけての堆積システムの変遷は主に堆積盆の急激な沈降と、その後の堆積盆底の熱的収縮によると考えられる緩やかな沈降というテクトニックな運動に規制されていると考えられる。ただ、これは安定期における新潟堆積盆縁辺部の堆積相がその後の変形・隆起削割で失われているために、相対的海水準変動

が認めにくいのかかもしれない。中新世末の縁辺相が卓越する信州水内地域ではこの期の後半に後背地の隆起を反映したプログラデーションが全体として進行するとともに、相対的海水準変動に規制された堆積相の周期的変化が報告されている(西村・保柳, 1992)。一方、テクトニックな運動の転換期から隆起・変形期には構造運動に起因する堆積盆底のブロック別差別的昇降が認められるが、堆積システムは全体として顕著なプログラデーションを示す。これは後背地の著しい隆起に起因する大量の粗粒碎屑物の供給を反映しているものと考えられる。堆積相、特に浅海-陸棚相から海岸扇状地-デルタ相に認められる堆積相の周期的変化はこうした一方的に進行するプログラデーションに対して、頻繁に生じたユースタティックな海水準変動を反映している(小林ほか, 1988; 高野, 1995; 卜部ほか, 1995)。

4. 後背地の運動像

地表セクションおよび試錐坑井試料の礫岩・砂岩などの粗粒碎屑物の礫種あるいは鉱物組成、および古流系から碎屑物を供給した後背地の位置と源岩構成ならびにその運動像が解明されてきた(徳橋, 1990, 1992; El Habab, *et al.*, 1991; 柿崎ほか, 1992; 立石ほか, 1992a)。北部フォッサマグナ地域の基盤岩類の分布を図6に示す。砂岩の鉱物組成からは安定期から転換期にかけて、すなわち寺泊層相当層から椎谷層相当層にかけて、全般的には単結晶石英に富んだ石質ワッケから岩片(特に火山岩片)に富んだ石質ワッケへの変化が読みとれ(図7)、古期堆積岩や変成岩、花崗岩類など基盤岩類を主とする後背地から、これらに島弧火山岩類を伴う後背

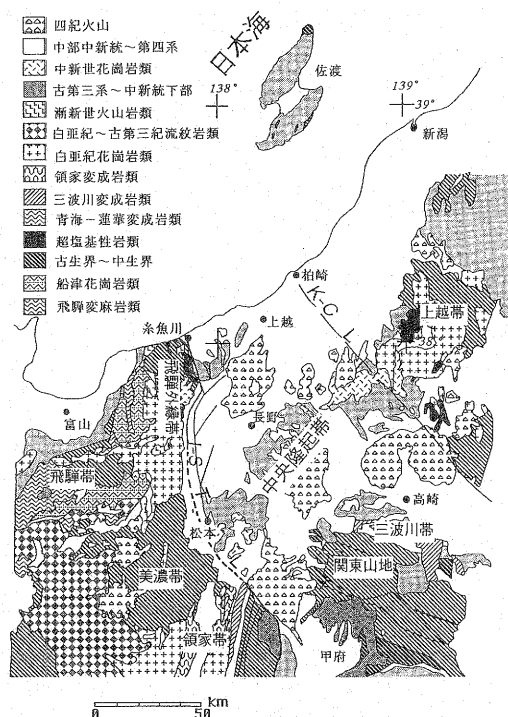


図6 新生界堆積盆周辺の基盤岩類の分布

本図には、中期中新世以降、碎屑物を供給しうる山地として、古第三系から下部中新統の分布も基盤岩類として表現した。

I-STL：糸魚川-静岡構造線；K-CL：柏崎-銚子構造線

地への時間的変遷を示す。重鉱物組成も一般的にはこの変化を支持する。すなわち安定期ではジルコン・ガーネット・トルマリンに富み、転換期になると角閃石や輝石の含有量が増加する（立石ほか，1992a）。基礎試錐「富倉」の重鉱物組成も同様である。

古流系（図3）と合わせ考えれば、これらの碎屑物を供給した後背地は糸魚川-静岡構造線以西の飛騨・美濃山地などとともに、南東の越後・三国山地に求められる。砂岩の主要造岩鉱物組成および重鉱物組成から推定される両地域の古期基盤岩類の類縁性（立石ほか，1992a）や群馬県水上地方の中部中新統栗沢層中の変成岩礫（吉村・市橋，1966）、後閑層中のオーソコーツァイト礫（長濱・高橋，1989）の産出は北部フォッサマグナの基盤を推定する上で重要である。また、これらの山地の隆起削剥過程は礫岩の礫種組成や砂岩の鉱物組成の時間的変遷に反映している。例えば、難波山層におけるパイロップ成分に富むアルマンディンの量的変化は、中期中新世には美濃帯ジュラ系相当層が越後山地にも広く分布していたが、後期中新世にはその大部分が削剥されてし

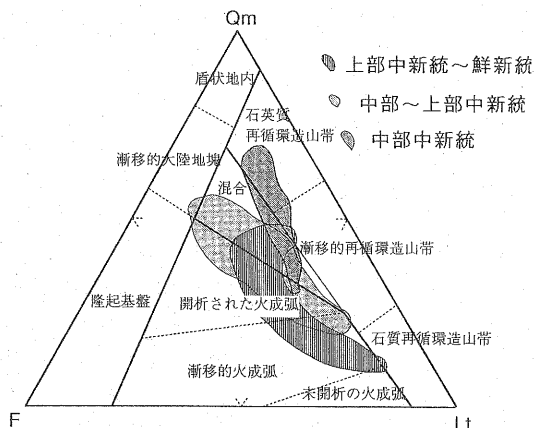


図7 頸城地域の第三系砂岩の主要造岩鉱物組成の変化（El Habab, et al. 1991；柿崎ほか，1992；立石ほか，1992a などから作成）

Qm：単結晶石英，F：長石，Lt：複結晶石英を含む岩片

中部中新統：西頸城山地の難波山層；中部～上部中新統：小谷地域の能生谷層相当層；上部中新統～鮮新統：川詰層および田麦川層

まったことを示す（立石ほか，1992a）。

後背地に関連して、堆積盆中央部の粗粒碎屑物の組成についてすでに知られている次のような事実については、その後背地の位置と隆起・削剥過程が未解明である。すなわち、西山・中央油帯の椎谷砂岩からの藍閃石や褐色ホルンブレンドの産出（鈴木・吉村，1966）、米山山塊周辺の上部中新統～鮮新統の吉尾礫岩からの各種変はんれい岩や基質の砂からのアクチノ閃石やクリノゾイサイトなど変成鉱物の産出（米山団体研究グループ，1976）などである。これらは位置的には堆積盆の中心にありながら、岩相上は極めて粗粒であることとあわせ、特に転換期における堆積システムを考える上で今後解決されなければならない点の1つである。これに関連して、基礎試錐「高田平野」では安定期でも角閃石・輝石に富む層準が挟まれ、また、「東頸城」、「新米山」においては、安定期のどの層準でも角閃石や輝石に富んでいる事実も重要である。地表の難波山層の鉱物組成を検討した層準が限られていることを考えても、これらの地域、特に基礎試錐「東頸城」「新米山」地域における安定期の粗粒碎屑物の後背地は北部フォッサマグナ新生界堆積盆内部もしくは北方の基盤の高まりを示唆している可能性がある。

5. まとめ

基礎試錐を中心とする坑井地質ならびに表層地質にお

ける北部フォッサマグナ地域の新生界層序と堆積システムに関する研究成果について概要を報告した。北部フォッサマグナでここ数年掘削された基礎試錐は深い深度の地質を解明する上で大きな貢献をなしてきた。しかし、特にこの十数年における地質学的研究において北部フォッサマグナの地質に関する最も重要な貢献は表層地質で進められた火山灰鍵層の広域対比に関する研究である。後期中新世から鮮新世にかけての地層の層序区分において、坑井地質を中心に広く用いられてきた底生有孔虫化石分帯による層序区分はこの火山灰鍵層による対比と矛盾している。シーケンス層序学的解析をはじめ、堆積システムに関する解析も部分的には進んだが、こうした解析をフォッサマグナ新生界堆積盆の広域的なシステムの解析に生かしていくためにも、火山灰鍵層による広域対比と生層序学的区分との精度の高い相補的研究の進展が求められている。

引用文献

- 赤羽貞幸・加藤碩一, 1989: 高田西部地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 89 p.
- 青木豊樹・黒川勝己, 1996, 新潟県西頸城地域の鮮新統～下部更新統の火山灰層とその対比。地球科学, 50, 341-361.
- El Habab, A. A. A., M. Tateishi and M. Shimazu, 1991: Textural and mineralogical properties of turbidite sandstone of Upper Miocene to Pliocene Tamugigawa Formation in the Niigata Basin. *Jour. Japn. Assoc. Petrol. Technol.*, 56, 123-134.
- 遠藤正孝・立石雅昭, 1990: 北部フォッサマグナ, 中新世の難波山海底扇状地の復元。地質雑, 96, 193-209.
- 柿崎 聰・東 将士・立石雅昭, 1992: 北部フォッサマグナ小谷-笹ヶ峯地域の第三系堆積岩類の後背地と堆積盆地。地質論集, 38, 191-204.
- 風岡 修, 1988: 新潟県東頸城丘陵東部の魚沼層群の層序と層相。地球科学, 42, 61-83.
- 菊池かおる・黒川勝己・丸山直子・落合浩代・小林巖雄, 1984: 新潟油田地域, 灰爪層・西山層と魚沼層群の火山灰層による対比。地質雑, 90, 101-115.
- 小林巖雄・立石雅昭・風岡 修, 1988: 新潟地域における第四紀層-とくに魚沼層群とその相当層について。地質論集, 30号, 77-90.
- 小林巖雄・立石雅昭・植村 武, 1993: 出雲崎地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 91 p.
- 黒川勝己・金子 顕, 1992: 新潟地域における上岡凝灰岩および板山凝灰岩の対比について-上越地域から下越地域まで海底を流走した火山灰の検証-。新潟大地鉦研報, 7, 57-72.
- 黒川勝己・尾澤増美・富田裕子・三浦光代・渡邊春美, 1993: 新潟県東頸城丘陵東部における鮮新統の火山灰層序-とくに上部浅海～陸成層堆積域の前進的拡大について-。新潟大教育紀要 (自然科学編), 35, 35-77.
- 黒川勝己・高橋浩代・青野直子・阿部祐子・飯塚絹子・菅原直美・地野加津子, 1987: 新潟県西山油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ。新潟大教育紀要 (自然科学編), 29, 1-14.
- 黒川勝己・青木豊樹・潤間新一・高野 修, 1995: 新潟地域の上部中新統 (上部寺泊層相当層) 中の広域火山灰の設定。日本火山学会1995年秋季大会講演要旨, 50.
- 黒川勝己・潤間新一・佐藤正隆・吉田裕介・島田律子・富田裕子, 1994: 新潟地域における金谷凝灰岩の対比-西頸城地域から中越地域にわたる寺泊層最上部層準の指標-。新潟大教育紀要 (自然科学編), 35, 155-178.
- 米谷盛壽郎, 1978: 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序。池田展生教授記念論文集「日本の新生代地質」, 35-60.
- 米谷盛壽郎・一ノ関鉄郎・栗田裕司・加藤邦弘・武富浩・木幡信弘, 1986: 北部フォッサマグナ西頸城-小谷・姫川地域に分布する新第三系の有孔虫層序と新潟県標準層序との対比について。石技誌, 51, 346.
- Matsunaga, T., 1963: Benthonic smaller foraminifera from the oil fields of northern Japan. *Sci. Rept. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, 35, 67-122.
- 三浦光代・黒川勝己, 1995: 小千谷市野辺川ルートにおける珪長質火山灰鍵層とその対比-新潟堆積盆における広域対比の検討-。地球科学, 49, 45-60.
- 宮下美智夫・三梨 昂, 1974: 寺泊地区の地質層序について。地調報告, 250-1, 51-66.
- 村松敏雄, 1988: 米山周辺に分布する凝灰岩のフィッシュン・トラック年代。新潟県地学教育研究会誌, 22, 70-74.
- 長濱裕幸・高橋雅紀, 1989: 群馬県水上地域に分布する中新統中のオーソコーツァイト礫。地球科学, 43, 290-296.
- 新潟大学東頸城地域地質調査グループ, 1987: 新潟県東頸城地域の中新-鮮新統の層序。地球科学, 41, 165-181.
- 西村瑞恵・保柳康一, 1992: 陸棚斜面-陸棚-沿岸の堆積システムの変遷と相対的海水準変動-北部フォッサマグナ地域中新統青木層・小川層のシーケンス層序学-。地質雑, 98, 337-354.
- 沢栗美香子・黒川勝己, 1986: 水底堆積テフラからみた鮮新・更新世火山活動の変遷-新潟堆積盆小国地域の例-。地球科学, 40, 177-191.
- 鈴木一久, 1977: 北部フォッサ・マグナ地域中央部における新第三系, 青木・小川・棚累層の古流系と堆積相。地質雑, 83, 783-793.
- 鈴木 実・吉村尚久, 1966: 新潟県西山および中央油帯新第三紀層の鉱物組成。地質ニュース, 143, 13-15.
- 鈴木宇耕, 1989: 日本海東部新第三系堆積盆地の地質。地質論集, 32, 143-183.
- 高野 修, 1990: 北部フォッサマグナ新第三系田麦川累

- 層のトラフ充填タービダイトの形成過程. 地質雑, 96, 1-17.
- 高野 修, 1995: 北部フォッサマグナ堆積盆浅海相前進ステージにおけるデルタ～陸棚システムと堆積シーケンス-東頸城地域鮮新統東川累層・奈良立累層の例-. 地質論集, 45, 170-188.
- 高野 修・村松敏雄・小林巖雄, 1989: 新潟県東頸城地域北部の中新-鮮新統の層序と年代. 石技誌, 54, 269-280.
- 竹内圭史・加藤碩一, 1994: 高田東部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 67 p.
- 立石雅昭, アデルエルハバブ, 島津光夫, 1992a: 北部フォッサマグナ頸城地域の中新-鮮新統タービダイト砂岩の源岩. 地質論集, 38, 181-190.
- 立石雅昭・柿崎 聡・高野 修・東 将士・杉山和稔・遠藤正孝, 1992b: 堆積相と構造運動-北部フォッサマグナ頸城-小谷地域のタービダイト堆積盆-. 地質論集, 37, 249-259.
- 徳橋秀一, 1985: 新潟県東山南部に分布するタービダイト砂岩の予察的研究. 地調月報, 36, 611-635.
- 徳橋秀一, 1990: 新潟県東山南部に分布する砂岩の堆積学的・鉱物学的研究-野辺川に分布する砂岩の重鉱物組成-. 地質雑, 96, 745-758.
- 徳橋秀一, 1992: 新潟県東山南部に分布する砂岩の堆積学的・鉱物学的研究-海底扇状地タービダイト砂岩と陸棚タービダイト砂岩の堆積学的関係-. 地質雑, 98, 355-372.
- 津田宗茂, 1992: 3. 新潟・長野地域. 改訂版「日本の石油・天然ガス資源」編集委員会編, 改訂版日本の石油・天然ガス資源, 81-127. 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会.
- ト部厚志・立石雅昭・風岡 修, 1995: 魚沼層群にみられる海成層の堆積サイクルと相対的海水準変動. 地質論集, 45, 140-153.
- 渡辺其久男, 1976: 新潟県頸城地域の含油新第三系の有孔虫化石層序. 新潟大地鉱研報, 4, 177-190.
- 渡辺其久男, 1983: 東北日本油田地域の年代層序の現状. 石技誌, 48, 88-92.
- 安井 賢・小林巖雄・立石雅昭, 1983: 新潟県八石油帯・中央油帯南部に分布する魚沼層群の層序. 地球科学, 37, 22-37.
- 米山団体研究グループ, 1973: 新潟県米山地域における新第三系. 地球科学, 27, 1-18.
- 米山団体研究グループ, 1976: 米山層直下の礫岩層 (吉尾礫岩層) 及びそれにまつわる造構運動について. 地質論集, 13, 105-116.
- 吉村尚久・市橋紘一, 1966: 群馬県水上町に分布する栗沢層 (新第三系) 中の変成岩礫. 新潟大理地鉱研報, 1, 97-104.