

波浪卓越沿岸の堆積相 —北部フォッサマグナ中期中新世の礫質堆積物から—

西村瑞恵*・渡辺大輔・保柳康一

信州大学理学部地質学教室

(1994年12月28日受理)

はじめに

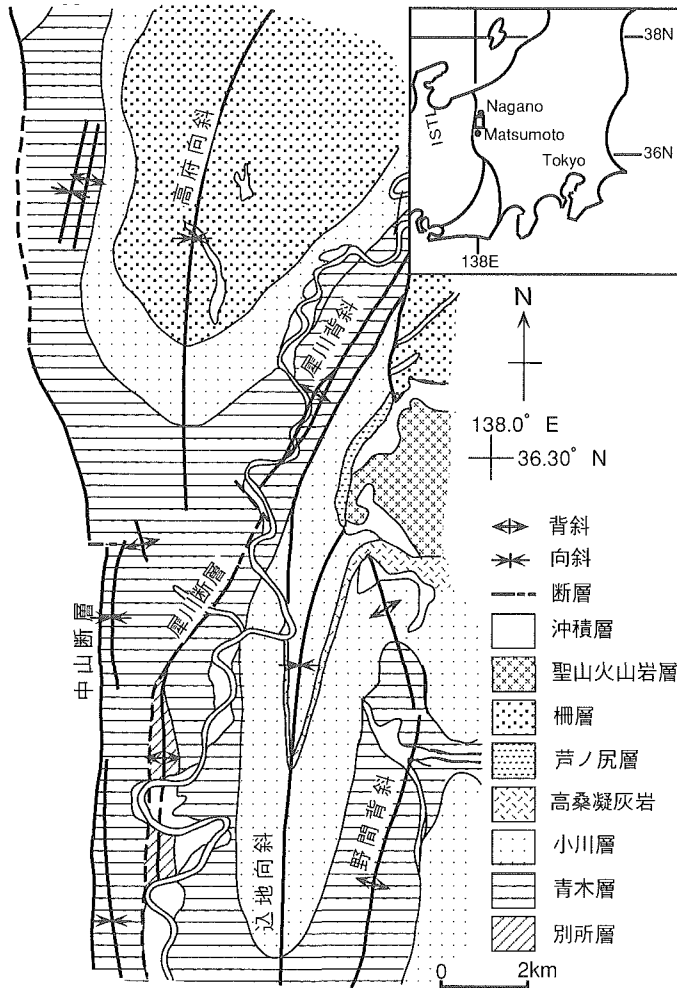
海岸から陸棚の上に堆積した地層は波の営力がその特徴を決定している。北部フォッサマグナ地域に分布する青木層・小川層中に観察される堆積構造から堆積時の波浪エネルギーを推定し、堆積相と古水深の関係について考察した。この小論では北部フォッサマグナ地域に分布する青木層最上部から小川層にかけての陸棚から沿岸で堆積した地層を例に、堆積相と推定される水深の関係をまとめた図(第2図)を作成した。ここで明らかにした海底地形と水深に対応した堆積物の分布は、変動地域の礫質堆積物から堆積相解析を進める基本として利用できると思われる。

堆積環境の概要

青木層・小川層は泥岩・砂岩泥岩互層・砂岩・礫岩などからなる地層で、中期中新世に長野県北部に広がっていた日本海を埋積した地層である。そのうち込地向斜地域に分布する青木層上部と小川層(第1図)は、砂岩や礫岩を主体に構成される堆積物で、陸棚から礫質な海岸にかけて堆積したと考えられている(西村・保柳, 1992; Hoyanagi and Nishimura, 1994)。この込地向斜と北西に隣接する高府向斜の同層準の堆積物については、ファンデルタの南から北への前進によって堆積したと考えられている(渡辺・保柳, 1993)。

ファンデルタは山が海岸に接するところにある扇状地で、河川からの多量の粗粒堆積物の流入によって海岸線が海側へ移動していく。ファンデルタは一般的なデルタと同じように、陸側からデルタプレーンもしくはトップセットと呼ばれる地形的に平坦な部分、その沖のファンデルタフロントもしくはフォアセットと呼ばれる礫や砂などが堆積して斜面を形成している部分、さらにその沖のやや平坦なプロデルタとに分けられる(Wescot and Ethridge, 1983)。ただし、ファンデルタは陸棚のほとんどない急峻な地形上に形成されることが多いので、プロデルタ部分が平坦でなく陸棚斜面となっている場合が多い。この場合は、プロデルタを欠いて、かわりにデルタスロープがファンデルタの沖に存在し、海底扇状地堆積物につながると考えられている(Wescot and Ethridge, 1983)。このようにファンデルタはその中心部分では河川によってもたらされた粗粒な堆積物からなる急な

*石油資源開発株式会社技術研究所



第1図 込地向斜・高府向斜地域の地質図（渡辺ほか編図，1995）

斜面を持っているが、その縁辺部には河川の影響の少ない波浪の影響が卓越する堆積物が形成される。そこでは、波浪卓越沿岸の特徴的堆積物が形成され、波浪のエネルギーが水深によって異なるため、堆積深度ごとに碎屑物の粒度や堆積構造が決定される。

沿岸地形区分

海岸から陸棚にかけての地形は、陸側から後浜・前浜・上部外浜・下部外浜・内側陸棚・外側陸棚に分けられる（斎藤，1989）。前浜は平均高潮位線と平均低潮位線の間で、海側に数度傾いた面をなす。後浜は前浜の背後の陸側に緩く傾斜した部分で、暴浪時にのみ波が到達する。晴天時の波が海底に届く限界の深さを晴天時波浪限界と呼び、日本近海で

は水深約20mと見積られる(斎藤, 1989)。外浜は平均低潮位線からこの晴天時の波浪限界までで、波の侵食力によってきつい傾斜を持つ。外浜はさらに上部外浜と下部外浜とに分けられる。上部外浜は、水深6~7mで沿岸砂州(logshore bar)の形成される水深までで、それより深い外浜を下部外浜と呼ぶ。晴天時波浪限界以深の緩やかな傾斜を持つ海底面を陸棚と呼ぶが、暴風時の波が海底に届く限界の深さすなわち暴風時波浪限界(水深約80-100m)を境にして陸側を内側陸棚と沖側を外側陸棚に分ける(第2図)。

堆積物と沿岸地形区分・堆積深度の関係

一方、波浪の影響の到達度すなわち水深により海底で形成される地層の粒度や堆積構造などの性格は異なってくる。そこで、地層中の堆積物の粒度と残された堆積構造からその堆積した深度を求めることが可能となる。その関係をまとめたのが第2図である。その関係を外側陸棚から浅いほうへ向かって述べる。

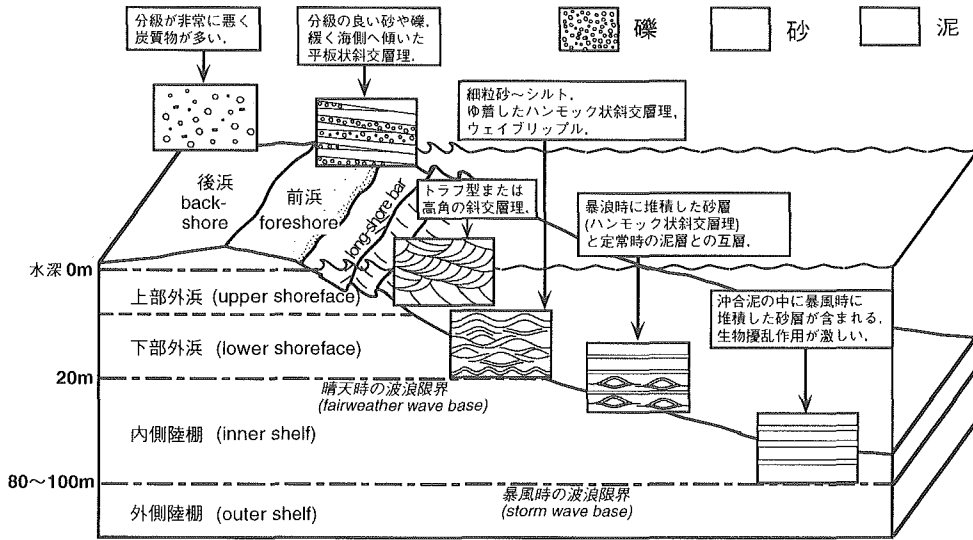
外側陸棚(水深約200~80m): 波の力は海底面に届かないので波による堆積構造はつくられず泥がほとんどで、時折細粒砂が堆積し葉理泥岩を形成する。葉理泥岩中の極細粒砂ないし細粒砂のつくる平行ラミナは、ストーム時に海岸から侵食され沖合いに運ばれた砂の懸濁物が波のエネルギーの減衰に伴い、晴天時に泥が堆積している沖合いに降下してできたもの(Reineck and Singh, 1972)もしくは混濁流や地衡流から堆積した薄層である(Cheel and Leckie, 1993)と考えられている。この環境の泥の中には生物が活動していることが多いので、堆積物中で活動した生物の這い跡(生物擾乱作用)がみられる。

内側陸棚(水深約80~20m): 暴浪時波浪限界と晴天時波浪限界の間では、嵐の時には強い陸からの流れで砂が運ばれ堆積し、晴天時には泥が静かにふりつもって堆積する。このようにして、砂岩と泥岩の互層が形成され、浅くなるに従って砂岩の比率が増す関係にある(図版—6)。また、暴浪時に運搬され堆積した砂岩部には、平行葉理や強い波の振動でできるハンモック状斜交層理(Harms et al., 1975; 西村・横川, 1991)、それよりはやや弱い波でできるウェーブリップルが残され、その上位を晴天時に泥が堆積しておお(Dott and Bourgeois, 1982)。

下部外浜(水深約20~6m): 晴天時波浪限界より浅いので常に波が海底の砂を動かし、軽い泥は洗い流され淘汰の良い細粒砂が集まる。泥岩層のはさみは見られず、癒着したハンモック状斜交層理(図版—5)が特徴的である(Dott and Bourgeois, 1982)。

上部外浜(水深約6~0m): 岸に平行な高まりである沿岸砂州とその陸側の水路の地形が特徴的で、沿岸砂州に平行に流れる海浜漂流・沿岸流(longshore current)と沿岸砂州の切れ目からは沖に向かう離岸流(rip current)が存在する。ここではこれらの流れと強い波の営力の下で堆積した、砂礫からなるトラフ型または高角の平板状斜交層理(図版—4)や礫からなるウェーブデューンもしくは対称大型リップル(図版—3)ができる(Leckie, 1988; Bourgeois and Leithold, 1984)。

前浜: ここでは碎波した波のエネルギーが堆積物に強く作用する。したがって、砂や礫はよく分級され泥はほとんど含まれず、淘汰も良い。また、寄せる波と引く波は、砂浜の面上で砂粒の往復運動を起こし、砂浜の断面に見られるくさび形平行葉理(図版—1)をつくる(Harms et al., 1975; 横川, 1988)。背後に山地をひかえた海岸では、嵐の時など



第2図 波浪卓越の礫質海岸から陸棚の堆積相分布モデル

強い波で小石が打ち上げられるので、前浜でつくられる地層は粒度の良く揃った砂と礫とが交互に重なって配列する(図版-2)とされる(Maejima, 1982; 1983)。また、しばしば径数 mm の斑点状の生痕が残されている。

後浜：嵐の時にしか波が届かないことと、陸に近いこともあり、地層でも泥や砂や小石が混ざっていて炭質物が多い。

まとめ

堆積物中から堆積環境の変遷を読みとることは、そこに記録されている地球の変動の解析の第一歩である。この小論では、変動帯に一般的な礫質海岸から陸棚にかけての堆積物の配置を北部フォッサマグナに分布する地層から復元してみた。現世堆積物の研究では手にとって調べることが出来ない海底堆積物についても、このように地層からの研究アプローチが出来る。ただし、この小論で扱った地層は、ファンデルタ縁辺に位置し、河川による影響が少ないと考えられる部分で、波の営力による堆積物の配置が堆積物の特徴を決める最も大きな因子として考えられる場所である。しかし、変動帯では、ファンデルタのように河川の営力が海成の堆積物の特徴を支配していることが多い。このような場所ではより複雑な堆積相の分布となっていると考えられる。その点に注意が必要である。

謝辞：信州大学理学部地質学教室の村越直美先生には、この小論を校閲していただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- Bourgeois, J. and Leithold, E.L. (1984) Wave-worked conglomerates—depositional processes and criteria for recognition. *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **10**, 331–343.

- Cheel, R.J. and Leckie, D.A. (1993) Hummocky cross-stratification. *Sediment. Rev.*, 1, 103-122.
- Dott, R.H. Jr. and Bourgeois, J. (1982) Hummocky stratification: Significance of its variable bedding sequences. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 663-680.
- Harms, J.C., Southard, J.B., Spearing, D.R. and Walker, R.G. (1975) Stratification and sequence in prograding shoreline deposits. In Harms, J.C., Southard, J.B., Spearing, D.R. and Walker, R.G. eds.: *Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Short Course, 2, 81-102.
- Hoyanagi, K. and Nishimura, M., (1994) Slope-shelf-nearshore depositional sequences with transgressive conglomerate in the Miocene back-arc and arc-junction setting, central Japan. *Sediment. Geol.*, 93, 247-260.
- Leckie, D. (1988) Wave-formed, coarse-grained ripples and their relationship to hummocky cross-stratification. *Jour. Sed. Petrol.*, 58, 607-622.
- Maejima, W. (1982) Texture and stratification of gravelly beach sediments, Enju Beach, Kii Peninsula, Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, 25, 35-51.
- Maejima, W. (1983) Prograding gravelly shoreline deposits in the early Cretaceous Yuasa Formation, Western Kii Peninsula, Southwest Japan. *Jour Geol. Soc. Japan*, 89, 645-660.
- 西村瑞恵・横川美和 (1991) ハンモック状斜交層理. 地球科学, 48, 69-70.
- 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.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B. (1972) Genesis of laminated sand and graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud. *Sedimentology*, 18, 123-128.
- 斎藤文紀 (1989) 陸棚堆積物の区分と暴風型陸棚における堆積相. 地学雑, 98, 164-179.
- 渡辺大輔・保柳康一 (1993) 前進するファンデルタシステムの堆積相—北部フォッサマグナ犀川背斜地域の上部中新統と鮮新統. 堆積学研究会報, 39, 15-25.
- 渡辺大輔・西村瑞恵・保柳康一 (1995) 相対的海水準変動に支配されたファンデルタシステムの堆積シーケンス—北部フォッサマグナ長野県地域の中新統・鮮新統. 地質学論集, 44, 印刷中.
- Wescott, W.A. and Ethridge, F.G. (1983) Eocene fan delta-submarine fan deposition in the Wagwater Trough, east-central Jamaica. *Sedimentology*, 30, 235-247.
- 横川美和 (1988) 前浜堆積物の粒子配列—茨城県鹿島郡荒野海岸での観察例—. 月刊地球, 10, 798-809.

**Sedimentary facies and environment of the Middle Miocene
coarse-grained and storm dominated coastal sediments
in the Northern Fossa Magna region**

Mizue NISHIMURA*, Daisuke WATANABE and Koichi HOYANAGI

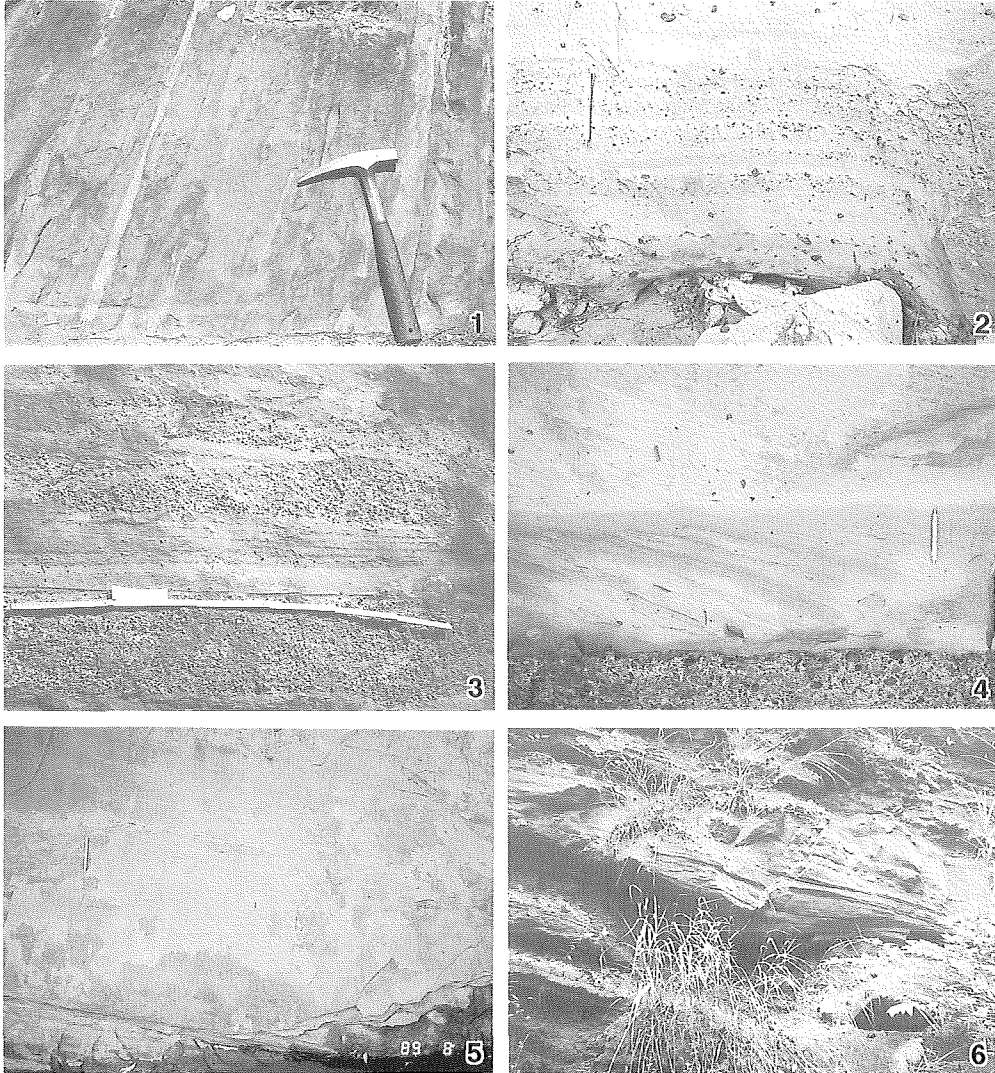
Department of Geology, Faculty of Science,
Shinshu University

(Received December 28, 1994)

Abstract

As wave pass across the shallowing profile of the shelf to beach face they interact with the sediment surface and transformed, producing a series of hydrodynamic zones aligned approximately parallel to the shoreline. The sedimentary facies is determined for each hydrodynamic zone. We propose the sedimentary facies model for storm dominated shelf which is illustrated from the Middle Miocene coarse-grained sedimentary rocks in Northern Fossa Magna region. These sedimentary facies considered to have been distributed in the margin of a fan delta system, where the coarse grained sediments are mainly transported by wave and nearshore currents.

*JAPEx Research Center



図版1. 前浜の堆積相

2. 礫質の前浜堆積相
3. ウェーブデューンをもつ上部外浜の堆積相
4. 大型斜交葉理を持つ上部外浜の堆積相
5. ハンモック状斜交葉理を持つ下部外浜の堆積相
6. ハンモック状斜交層理を持つ内側陸棚の堆積相