房総半島南部江見海岸における江見層群の 地質構造

小川 勇二郎* 石丸 恒存**

Geologic Structures of the Emi Group on the Coast of the Emi
Area Southern Part of the Boso Peninsula, Central Honshu

Yujiro OGAWA * and Kohson ISHIMARU **

Abstract

The Early to Middle Miocene Emi Group is well exposed along the coast line in the Emi area, southern part of the Boso Peninsula. It is composed mainly of tuffaceous siltstone with tuffaceous and volcanoclastic sandstones. The strata are highly faulted, folded and disrupted. The minor structures were analyzed by precise mapping and careful observation of various styles of deformations under semi-lithified conditions.

First, dish structures and other dewatering structures including web structures were formed. Next, bedding parallel or slightly oblique thrust faults occurred to make a possible duplex structures. Abundant thrust faults cut the previous structures to bring all the strata horizontally shortened. Assuming the thrusting occurred when the bedding was still nearly horizontal, NW-SE horizontal compression was inferred. Strike slip faults of NE trend at last occurred.

Such series of deformation indicate that the Izu forearc tuffaceous sediments were accreted along the proto-Sagami trough during Early to Middle Miocene subduction of the Philippine Sea plate to Honshu.

I. はじめに

房総半島の嶺岡帯のすぐ南側には、東西に幅約 5 km で中・下部中新統が分布していて、江見層群(河井, 1957)と呼ばれている。この地層群は細粒の凝灰質シルト岩を主とし、嶺岡帯以北の下部中新統の保田層群とは、より細粒である点、時代が中部中新統に及ぶ点などから、別の堆積体であろうと考えられる。江見層群は、最近、中嶋ほか(1981)によって新第三系全体に及ぶ安房層群

の一部として一括された。しかし、彼らの安房層群が一連の堆積体として層序的にまとめられるかは疑問であり、今後の検討が必要である。

江見層群の時代は沢村・中嶋(1980)の珪質鞭毛藻によって、表 1 のように対比されている。江見の海岸沿いの構造については、小池(1949)による簡単な報告があるが、筆者らは、凝灰岩および火山質砂岩鍵層を用いて新たに岩相図を作成し、その層序と構造を調べ、興味深い事実を見いだした。それは、伊豆弧の前弧域に堆積したものが、

* 九州大学理学部地球惑星科学教室

** 動力炉核燃料事業団中部事業所

* Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

** Chubu Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, Japan

表 1 房総半島南部の下部～中部新統の層序
河井(1957)に基づく。

Table 1 Stratigraphy of the Lower to Middle Miocene section in the southern part of the Boso Peninsula, based on Kawai (1957)

Age	Group		Formation
Miocene	Middle	and	Ichiihara
			Nabuto
		Emi	Emi
			Utono
	Co		Sorogawa
	Lower	Hota	Takazuruyama Furubo

本州弧側に付加したものとして説明可能である。

II. 大構造と層序

本地域には1703年の元禄地震と1923年の関東地震によって、それぞれ数m 隆起した海食台が発達していて、そこには江見内遠野から吉浦、太夫崎、天面、仁右衛門島、太海へいたるほぼ完全な連続露頭が見られる。地層は凝灰質シルト岩を主として、凝灰岩、凝灰質砂岩、火山質砂岩を挟む。地層の連続性は著しく悪く、一見カオティックな

様相を呈するが(図 1)、あとに述べるようにそれは地層の構造的な分断によるものであり、丁寧に鍵層を追跡することにより、構造を知ることができる。その結果層序を知ることができる。

江見漁港の南の前島と炭焼島には、北方上位の塊状の火山質粗粒砂岩が分布し、西方へ内遠野方面へ延びている。この地層を内遠野層と呼ぶ。この地層の中にはあとで述べるように、珪質岩の大小のブロックを主とする異質岩片が含まれている。その北側には東西の走向を示す凝灰質シルト岩があり、その中部に白色の明瞭な凝灰岩(曲がり松凝灰岩: 沢村・中嶋, 1980)が挟まれる。それより下位を波太層、それを含んで上位を江見層と呼ぶ。これらの3層の名称は河井(1957)に従った。後2者は中規模の褶曲を繰り返して、海岸沿いに延々と北東方へ連続的に分布する(図 2)。

この図で見られるように、江見層群の露頭での傾斜はかなり急であるが、大局的には地層の褶曲波面はほとんど水平であることが分かる。一方、内陸部の地層の露出は断片的であり、構造を詳しく知ることは難しいが、露頭での傾斜は一般に非常に急である。しかし、地層は褶曲や断層で繰り返していることが、同一の地層の分布から推定される。

図 1 江見海岸東方の海食台における江見層群の典型的な露頭状況
見かけのカオティックな様相は小断層による。

Fig. 1 Typical feature of the outcrop of the Emi Group on the bench to the east of the Emi harbor
Apparent chaotics feature is by means of small faults.

図 2 江見海岸における江見層群の構造略図
Fig. 2 General structural traces of the Emi Group, Emi coast

図 3 には江見漁港から江見吉浦にかけての岩相分布図、断面図および模式柱状図を示す。ここではいくつかの鍵層を示したが、それらは断層によって著しく分断して、数10メートル以上側方に追跡することが難しい。断層面の多くは癒着していて、その面を出すことも難しい。後に述べるように5つの断層の系統が認められ、最後のもの以外はすべて堆積後間もない時期に形成されたものである。最後のものは全体の構造を切って発達しており、大小の入り江はその断層の現われである。

地層の上下判定は砂岩や凝灰岩の級化層理やその他の堆積構造から容易に知ることができる。図 3 にはそれを矢印で示した。それによると、東西に長軸を持つドーム・ベースン構造がこの地域の大構造であることがわかる。しかも、その中に同一の地層が何回も繰り返している。

図 4 には、江見漁港東方の平面露頭のスケッチと模式断面図を示した。これでわかるように、厚さ10m 程度の地層が層理面とほぼ平行な断層および高角で斜交する断層により、何度も繰り返していることがわかる。この模様は図 4 で示

した凝灰岩鍵層のうち calc (石灰質) としたものが4回, twin (二枚組) とした層が3回, coarse (粗粒) としたものが4回繰り返している。また、上位の BS (黒色砂岩), TC (三色旗) および MG (曲がり松) としたものは2ないし3回繰り返している。この繰り返しは基本的には最初は泥質岩中の層理に平行な断層で繰り返し、後に高角で斜交する断層でさらに変位したものであることが分かる。前者の断層は、一見葉理のように見えるミリメートル幅の暗色の面として認識できる。それは、走向は地層にほぼ平行で、傾斜は地層とほぼ同じか若干ゆるやかであることが多い。多くの場合、南フェルゲンツの逆断層として形成されたものであることが露頭の観察からわかる。地層が褶曲していると、それをなぞってこの断層面も褶曲している。

一方、地層と高角で斜交する断層は、露頭では北西走向、左横ずれに数cm から数10cm の見かけの変位を示すが、地層が水平であった時にできたと考えると、それらはすべて逆断層であり、上に述べた層理に平行の断層を切っている。それは西フェルゲンツの場合が多い。

図 3 A : 江見漁港から吉浦にかけての岩相図。同一の鍵層が何回も繰り返すことに注意。

B : A-B 及び C-D に沿う断面図

C : 吉浦付近の海食台における江見層群の代表的柱状図

Fig. 3 A : Lithologic distribution from the Emi harbor to Yoshiura. Note that the same key beds are repeated many times.

B : Cross sections along A-B and C-D

C : Representative columnar section of the Emi Group on the bench around Yoshiura

図 4 江見漁港東方の平面図

いくつかの鍵層が断層によって繰り返すことを示す。

Fig. 4 Plan view to the east of the Emi harbor, showing repetition of several key beds by faults

それらのすべてを変位させる別系統の水平ずれ断層があり、それは地層が水平であったとすると、正断層であったり、逆断層であったりする。このような色々のステージの断層を表 2 にまとめた。

類似の構造は江見の海岸以外の江見層群でも普通に観察される。内陸部では例は少ないが、地層に平行な断層と高角で斜交する断層が発達することが観察される。

III. 堆積直後に形成された構造

江見層群には様々な構造が認められるが、その

うち堆積直後に形成されたと考えられるものを記述する。最も普通に認められるものは、くもの巣状構造 (web structure) (図 5-1~3), 皿状構造 (dish structure) (図 5-4), 水圧破碎 (図 6-1), 注入れき岩 (図 6-2) および 砂質岩の流動化による堆積構造の消失 (図 6-3) である。

砂質岩 (凝灰岩を含む) の流動化による構造は、皿状構造の形成や堆積構造の消失として認められる。後者は内遠野層に普通に認められる。ここでは砂粒は円磨がよいが淘汰は悪い。その中に大小様々の珪質の凝灰岩質の角れき状のブロックが多

表 2 江見海岸で観察される 4 段階の断層系の性質
Table 2 Characteristics of the four stages of the fault systems observed on the Emi coastal line

stage	1	2	3	4
strike and type	NE or NW, reverse or normal	EW or NE low angle, reverse	EW or NE high angle, reverse	NE, strike-slip
characteristics	healed	healed	healed	not healed
displacement	little	large	medium	large
associated structure	dewatering cataclasis, web	stacking of strata duplex (?)	disruption of strata	dislocation of all deformations

図 5 脱水脈とくもの巣状構造 (1 ~ 3) 及び皿状構造 (4)。ペンの鋭った先は北を指す。
Fig. 5 Dewatering vein and web structures (1 to 3), and dish structures (4)
The acute side of the mechanical pencil indicated the north.

図 6 水圧破砕(1), 角礫の注入 (2, 矢印で示す), 及び堆積構造の消失と泥質堆積物の注入 (3)

Fig. 6 Hydraulic fracturing (1), injection of breccia (2, indicated by an arrow), and diminishing of sedimentary structure and injection of muddy sediments (3)

数含まれている。そのなかに、ゼオライトや緑泥石が変質鉱物として含まれているものがある。これらの角れきは岩脈状の産状を呈することがある。ブロックとして含まれる珪質凝灰岩は、この付近の地層に見られない岩相である。これらは砂岩の流動化や注入現象に伴って、比較的深所から持ち上げられて来た可能性がある。また堆積構造（層理面など）の消失に伴って、まわりの泥質岩が砂

質岩に注入したり砂質岩が凝集したりしていることがある（図 6-3）。この場合くもの巣状構造の発達した砂岩が曲面を持って塊状になり、間に泥質岩が注入している。くもの巣状構造が流動化よりも後に生じていることがわかる。

皿状構造や堆積構造の消失で特徴づけられる流動化は、地層が未固結で、著しい強度を保持していない時に間隙水圧力が上昇し、それによって生じたものである（辻・宮田, 1987）。また、くもの巣状構造 (Byrne, 1984) は、そのような流動化の後にやや強度を増した砂岩に変位と細粒化が生じることによって形成されたものである。後者は変位を持つ面構造すなわち断層であるが、その面が比較的不規則な方向を持つことで特徴づけられる。それは層理面に高角な逆断層のことが多いが、また層理面にほとんど平行であることも多い（図 5）。この逆断層は分岐・合流を繰り返すことがあり、あたかも脱水時に形成されたことをうかがわせる（図 5-1~3）。層理面に高角な断層は、層理面に平行な同様な面を切ったり、それに切られたりしていることがある（図 5-3）。これらのことは、断層には層理に平行なものと逆断層とがあること、脱水と変位がほぼ同時に生じたことを示している。層理に平行な断層は皿状構造が形成される時期に、高い間隙水圧の発生した面に平行に変位が生じた事によって形成されたのかもしれない。このような小断層は砂岩にのみ発達している。一方、層理に平行な断層は泥質岩のみに発達しており、極めて平面的であり、それに沿っての変位は数m から数10m 以上に及び、やがて層理を切って上方へ移り、逆断層となって、地層の繰り返しを生じさせている。

凝灰岩のあるものは石灰質になっており、そのなかには著しい破断面の発達しているものが見られる（図 6-1）。これは高角に交わる二方向の明瞭な平面的な面からなっている。破断面の所々に細粒化が見られることがある。破断面に囲まれたれき状のものが周辺の地層に注入していることがある。このような角れき岩の注入は、直下の地層の分断、角れき化したものが、上方へまた側方へ注入していることが多い（図 6-2）。このような

ことから、これらの破断面は間隙水圧の上昇による水圧破碎によって生じ、れき状化したものがさらに注入を起こしたのであろうと推定される。

IV. 構造の解釈とその意義

以上に述べたように、本地域の江見層群の構造は、ほぼ水平な面内に層理面にほぼ平行な断層によって複雑に繰り返す地層が、さらに後期の断層や褶曲によって変位しているといえることができる。堆積直後の流動・脱水を伴う断層なども、これらの構造をとる地層に普通に含まれる。それらの形成の前後関係は、露頭での観察により、次のようなステージに区分される。

1. 流動化による皿状構造や堆積面の消失
2. くもの巣状構造、水圧破碎
3. 地層面に平行ないし、やや斜交する南フェルゲンツの逆断層
4. 地層面に高角で斜交する NW 方向の逆断層
5. 地層面に高角で斜交する正断層
6. 東西方向に長軸を持つドーム・ベースン構造
7. NE, NW 方向の高角の水平ずれ断層

1, 2, 3, 4などの構造は堆積物の圧密が完了していない時点でのものであり、多くは間隙水圧の高い条件下でのものである。そのため断断面の多くはその後癒着し、露頭で面として明瞭には認めにくい状況になった。そのため江見層群に見られる露頭での複雑な有様が生じたのであろうと考えられる。このような構造は堆積速度が非常に速い場合、または上方に急激に荷重がかかった場合によく見られるものである。これらの構造はどのようなテクトニクス上の意義があるのであろうか。

まず、江見層群の堆積域であるが、本層群は凝灰質物質のみからなり、大陸地殻由来のものを一切含まない。また、その火山物質は組織から島弧の火山から由来したものであることがわかる。溶岩などの火山本体からのものや、大洋底のものと考えられる火山岩は一切含まれない。これらのことから、江見層群は伊豆弧のような火山性の島弧の前弧域の堆積物であろう。砂岩の中で堆積構造

が残っているものには級化層理が見られるので、それらは重力流堆積物であろう。なお、江見層群とほぼ同様の岩相を示す三浦半島における相当層である武山層(杉村, 1974)も、大陸地殻由来のものを含まない。一方、その北側に分布するほぼ同時代の葉山層群には、まれではあるが花崗岩質岩のれきを含む(小川, 未発表試料)。また、石英や長石質の砂岩を所々に挟む。これらのことから、江見層群は現在の伊豆弧の前面に類似の場所で堆積し、その北側には現在の相模トラフに類似のプレート境界が存在していて、そこには葉山層群が堆積したと推定される。しかし、嶺岡帯周辺での東西方向の断層に沿う水平ずれはかなりの程度に及ぶと考えられるので、南北方向での地層の対比は必ずしも簡単ではない。

江見層群には所々に石灰質のコンクリーションが見られる。それは、砂岩の中に珪質のブロックを含む個所に見られることが多い。それらを除くと江見層群の地層はすべて石灰質ではない。むしろ珪質化石を含む堆積物であるといえることができる。これらのことより江見層群は CCD 以深の、火山弧前面の海溝斜面上の堆積物であろうと考えられる。また、流動化を生じた砂岩や注入岩に含まれる角れき状珪質岩ブロックの存在から、江見層群の下位にはそのような岩石が含まれる可能性がある。

次に、構造形成の場についてであるが、このような堆積物が堆積直後の間隙水圧の上昇により流動化し、その後 2, 3 段階の逆および正断層をへて分断化し、固結した。最初の逆断層は地層にほぼ平行に形成された。その断層は側方に地層面を低角に切り、これにより地層は何回も繰り返すことになった。これらは主として南フェルゲンツである。これが上方へ開くいわゆる“インブリーケイトファンスラスト”なのか、それとも上下を滑り面で境されるいわゆる“デュプレックス構造”の一部なのかは十分にはわからない。地層がある部分では幾重にも重なりあい、またある部分では単一であり、それらが側方へ移り変わっていることがある。どちらの場合でもそのような構造をとらう。今までの所、我々は上下をそれぞれフロア

図 7 吉浦の海食台における模式的断面図
地層の繰り返しがデュプレックス構造によるものか、インベリケイト ファンスラストによるものかは確かではない。

Fig. 7 Schematic cross section at the bench, Yoshiura
It is not exactly certain whether the repetition is due to a duplex structure or imbricate fan thrusts.

スラストとルーフスラストによって挟まれた典型的なデュプレックス構造の断面を確認してはいない。また、それらが単なる逆断層の組み合わせなのか、付加作用に特徴的なオフスクレーピングやアンダープレATINGに際して形成されたものなのかについても、にわかには断じがたい。一般に、海岸沿いの露頭には平面的なものが多いので、以上のような議論に決着をつけるためには三次元的な露頭が望まれる。

しかし、吉浦の露頭では地層面に平行な断層が50m 以上も追跡され、その上下になんとも同じ地層が繰り返す構造が追跡されるので(図2)、上下に断層を従えたデュプレックス構造の見込みも強い。そのような予想をもとに本地域の模式的な断面図を図7のように推定してみた。この堆積物が本来伊豆弧のものであるとすると、それが現在本州弧側にあることは、三浦層群で議論されたように(Ogawa *et al.*, 1985; Ogawa and Taniguchi, 1988) 現在の相模トラフ類似の沈み込み境界において、付加作用によって本州弧側に付加したものの可能性がある。高い間隙水圧に起因する種々の脱水構造が発達することも付加体に最も一般に見られることなので、その見込みも強い。

また、随所に見られる石灰質コンクリーションは、本層群のテクトニクス上の意義を知る上できわめて興味深い。即ち内遠野のものは異質の角れき状ブロックを含み、注入したような産状を呈する。これはより深所からのダイアピリックな物質の上昇を示唆する。また、所々にパイプ状または球状のコンクリーションが見られる。これは、最近オレゴン沖(Kulm *et al.*, 1986; Ritger *et al.*, 1987; Kulm and Suess, 1990) や南海トラフ(小川ほか, 1992; Sakai *et al.*, 1991) での沈み込み境界付近で見いだされた石灰質コンクリーションや石灰岩に類似のものである。このことも江見層群が付加体を構成していたと考えるのに好都合である。今後はこのような観点からの検討も必要であろう。

謝 辞

研究費の一部には小川に与えられた文部省科学研究費と石丸に与えられた松本達郎教授奨学資金を用いたことを記し、当局と松本名誉教授に謝意を表す。野外における東京大学海洋研究所(現、海洋科学技術センター)の藤岡換太郎氏、日本大学文理学部の谷口英嗣氏、静岡大学理学部の徐 垣氏との議論は有益であった。記して謝意を表す。

文 献

- Byrne, T. (1984): Early deformation in melange terranes of the Ghost Rocks Formation, Kodiak Islands, Alaska. *Geol. Soc. Am. Mem.*, **198**, 21-51.
- 河井興三 (1957): 千葉県鴨川町付近の地質. 石油技術協会誌, **22**, 190-197.
- 小池 清 (1949): 房総半島中部の地質 (II). 東大立地研報告, **3**, 1-6.
- Kulm, L. D. and Suess, E. (1990): Relationship between carbonate deposits and fluid venting: Oregon accretionary prism. *Jour. Geophys. Res.*, **95**, 8899-8915.
- Kulm, L. D., Suess, E., Moore, J. C., Carson, B., Lewis, B. T., Ritger, S. D., Kadko, D. C., Thornburg, T. M., Embley, R. W., Rugh, W. D., Massoth, G. J., Langseth, M. G., Cochrane, G. R., and Scamman, R. L. (1986): Oregon subduction zone: venting, fauna, and carbonate. *Science*, **231**, 561-566.
- 中嶋輝充・牧本 博・平山次郎・徳橋秀一 (1981): 鴨川地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 107p.
- Ogawa, Y. and Taniguchi, H. (1988): Geology and tectonics of the Miura-Boso Peninsulas and the adjacent area. *Modern Geology*, **12**, 147-168.
- Ogawa, Y., Horiuchi, K., Taniguchi, H. and Naka, J. (1985): Collision of the Izu arc with Honshu and the effects of oblique subduction in the Miura-Boso Peninsulas. *Tectonophysics*, **119**, 349-379.
- 小川勇二郎・徐 垣・芦寿一郎・酒井 均・小林和男 (1991): KAIKO-NANKAI 計画で採集された "calcareous sandstone" について (予報). 堆積学研究会報, **34**, 131-133.
- 沢村孝之助・中嶋輝充 (1980): 房総半島中新統の珪質鞭毛藻化石群集による層序区分. 地調月報, **31**, 333-339.
- 辻 隆司・宮田雄一郎 (1987): 砂層中にみられる流動化・液状化による変形構造——宮崎県日南層群の例と実験的研究. 地質学雑誌, **93**, 791-808.
- Ritger, S., Carson, B. and Suess, E. (1987): Methane-derived authigenic carbonates formed by subduction-induced pore-water expulsion along the Oregon/Washington margin. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **98**, 147-156.
- Sakai, H., Gamo, T., Ogawa, Y. and Boulegue, J. (1991): Stable isotopic ratios and origins of the Carbonate crust collected from the subduction-induced cold seepage at the eastern Nankai trough. *Earth planet. Sci. Lett.* (in press)
- 杉村 新 (1974): 関東地震と活断層. 垣見俊弘・鈴木尉元編: 関東地方の地震と地殻変動. ラティス, 157-174.

(1991年2月18日受付, 1991年6月17日受理)