

常磐地域及びその周辺の第三系の地質と年代層序

須藤 齋¹・柳沢幸夫²・小笠原憲四郎³

Itsuki Suto, Yukio Yanagisawa and Kenshiro Ogasawara (2005) Tertiary geology and chronostratigraphy of the Joban area and its environs, northeastern Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 56(11/12), p.375 - 409, 9 figs, 2 tables, 4 plates.

Abstract: Tertiary lithostratigraphy and diatom biostratigraphy are investigated for the lower Miocene sequence distributed in Iwaki-Taira district of the Joban area, Northeast Japan. In addition, chronostratigraphy and paleoenvironmental change of the Tertiary deposits in the Joban area and its environs are established on the basis of various microfossil and megafossil data sets along with radiometric ages. The Tertiary deposits in this area are composed of the Shiramizu Group of the latest Eocene to earliest Oligocene in age, the lower Miocene Yunagaya, Shirado and Takaku Groups, the middle to upper Miocene Taga Group, and the Pliocene Sendai Group in ascending order, with each group bounded by unconformity. The Mizunoya and Honya Formations of the Yunagaya Group are correlative with the early Miocene diatom zone NPD 2B, and the Minamishirado Formation of the Shirado Group and the Kamitakaku Formation of the Takaku Group are correlated to the upper part of zone NPD 3A. A floral and faunal change recognized in the lower part of the Iwaki Formation of the Shiramizu Group may possibly correspond to the global cooling event Oi-1 around the Eocene/Oligocene boundary, an event caused by the first establishment of ice cap in Antarctica. Paleobathymetric change throughout the Neogene period is reconstructed using various micro- and megafossils reported previously from the Neogene sequence in the Joban area. Moreover, paleoclimatic change during the early to earliest middle Miocene is established on the basis of molluscs, plants and various microfossil records.

Keywords: chronostratigraphy, diatom, microfossil biostratigraphy, paleoenvironment, Tertiary, Paleogene, Neogene, Joban, Fukushima, Japan

要 旨

常磐地域いわき平地区に分布する第三系の岩相層序と珪藻化石層序を検討した。また、さまざまな化石及び放射年代に基づき、常磐地域及びその周辺の第三系の年代層序と古環境変遷を総括した。常磐地域及びその周辺の第三系は下位より、最上部始新統 - 最下部漸新統の白水層群、下部中新統の湯長谷・白土・高久層群、中部・上部中新統の多賀層群及び鮮新統の仙台層群からなり、各層群は不整合で画される。従来、湯長谷層群「平層」の1部層とされた「上矢田砂岩層」は特に部層として区分する必要はないことがわかった。湯長谷層群の水野谷層と本谷層は、前期中新世の珪藻化石帯NPD 2Bに、白土層群の南白土層と高久層群の下高久層は珪藻化石帯NPD 3Aの上部に対比されることが明らかになった。また、白水層群の石城層の下部に認められる動植物群集の冷涼化は、南極大陸に最初に

氷床が成立し世界的に冷涼化した始新世/漸新世境界の Oi-1 イベントに対応する可能性が高いことが判明した。種々の化石記録を総合して新第三紀における常磐地域の古水深変化が明瞭に復元できた。前期中新世の古気候変遷については、20 Ma頃に亜熱帯、19~18 Ma頃に暖温帯 - 中間温帯、17.5 Maに熱帯 - 亜熱帯、そして16.4 Maに冷温化したことが明確になった。

1. はじめに

茨城県北東部 - 福島県南東部の海岸沿いにあたる常磐地域には、上部白亜系 - 第三系が分布しており(第1図)、これらは、仙台沖 - 常磐沖に発達する後期白亜紀から完新世の前弧堆積盆である「常磐沖堆積盆」(岩田, 1995)の西縁の堆積物が地表に露出したものである。常磐沖堆積盆は、鹿島沖からサハリンにいたる「蝦夷堆積盆」と総称される長大な堆積盆の南端部を占める

¹独立行政法人国立科学博物館PD学振特別研究員 (JSPS Research Fellow, National Science Museum of Japan, Shinjuku, Tokyo, 169-0073, Japan)

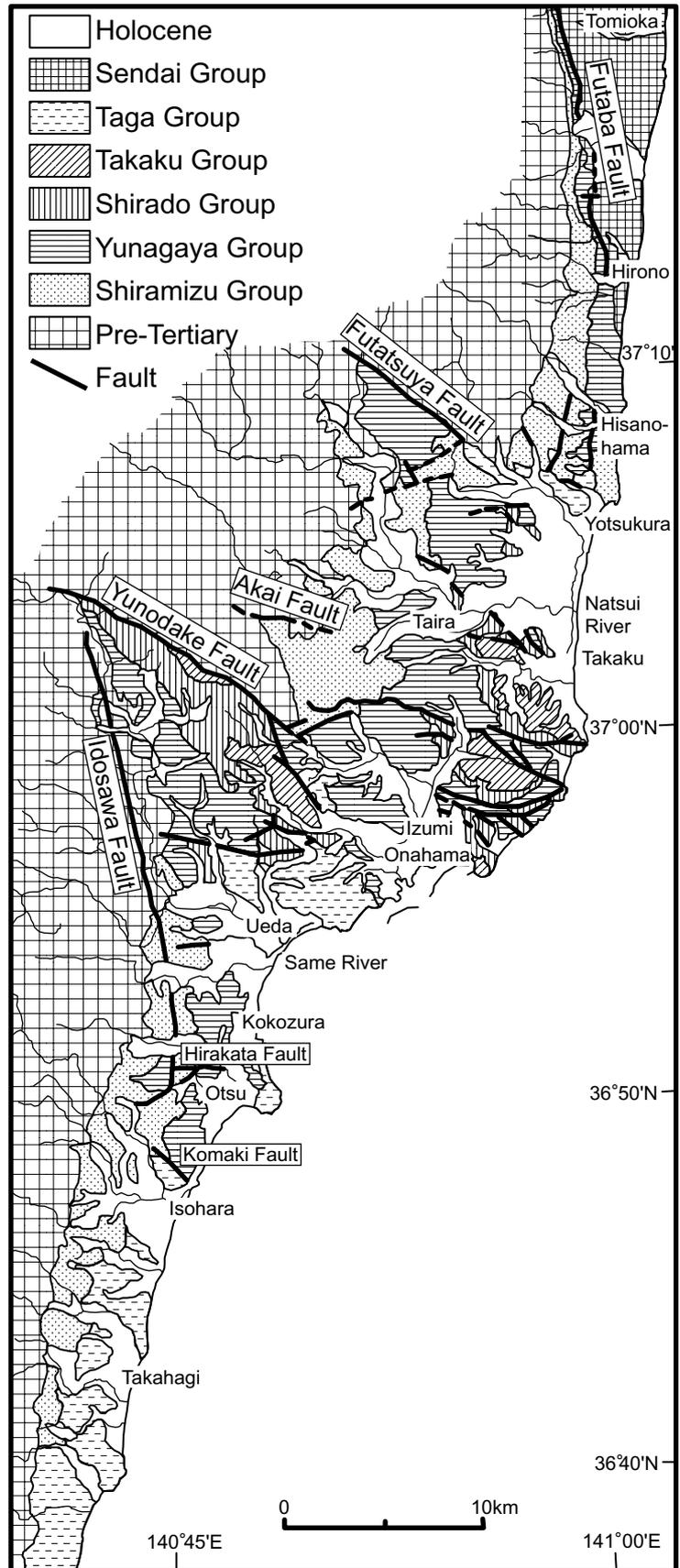
²地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ)

³筑波大学大学院生命環境科学研究科 (Graduate School of Life and Environmental Sciences, the University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan)

(Ando, 2003; 安藤, 2005). 蝦夷堆積盆の堆積物は、北部の三陸沖以北では後期始新世-漸新世や中新世において激しい構造運動を被っている(大澤ほか, 2002). しかし、南部の常磐沖堆積盆での構造運動は比較的弱く、変形作用や続成作用が全体に微弱である(小松, 1979; 岩崎, 1992; 船山, 1993; 岩田ほか, 2002). また、常磐沖堆積盆では地温勾配が1.8 °C/100 m程度と島弧としては小さく(岩田ほか, 2002), 特に陸上の常磐地域は堆積盆の縁辺にあたり、地層の層厚も小さいために続成作用が弱く、化石記録を含めて良好な地質記録が地層中に保存されている. このため、常磐地域及びその周辺に分布する第三系は、東北日本の前弧地域の地質変動や環境変動を詳細に復元する上で極めて重要である(保柳ほか, 2003).

本地域の第三系については、中村(1913)の研究以来数多くの研究がなされてきた. 特に古第三系中には稼行可能な石炭層を挟むことから石炭開発に関わる調査研究も数多く(Watanabe, 1926; 徳永, 1927; 渡辺・佐藤, 1937; 紺野, 1938; 三田, 1951; 須貝・松井, 1953など), その成果は半沢(1954), 須貝ほか(1957), 平山(1960, 1961)及び岩生・松井(1961)などとして総括されている. 更に各層準から豊富に産する各種動植物化石に関する研究も多数あり、例えば貝類化石についてはKamada(1962)にまとめられている. また、こうした研究を基にした構造地質学的研究もなされている(Mitsui, 1971など).

その後、1970年代後半以降急速に進歩しつつあった浮遊性微化石層序の視点から、常磐地域の第三系の年代層序の見直しが進み、各種放射年代測定も含めて、数多くの研究が継続的に行われてきた(加藤, 1979; Kato, 1980; 小泉, 1981, 1986; Maruyama, 1984; 竹谷ほか, 1986, 1990; 柳沢・鈴木, 1987; 柳沢ほか, 1989, 2004; 柳沢, 1990, 2000; 竹谷, 1995; 久保ほか, 1994, 2002). また、これと並行して、5万分の1地質図幅の作成も進み、いわき市北部から福島県の浜通り地域を経て仙台に至る海岸部の地質図幅はほぼ完成している(生出・藤田, 1975; 北村ほか, 1986; 藤田ほか, 1988; 久保ほか, 1990, 1994, 2002; 柳沢ほか, 1996). 更に、最近では鮮新統に挟在する多数のテフラ層の詳細な年代層序及び岩石学的検討によって広域テフラ層が見出され、常磐地域内ばかりでなく他地域の鮮新統との精密対比が可能となった(柳沢ほか, 2003; 高橋ほか,



第1図 常磐地域の地質概略図. 須貝ほか(1957)などに基づく.
Fig. 1 Geologic map of the Joban area (after Sugai *et al.*, 1957).

2003; 長橋ほか, 2004). その結果, 常磐地域の第三系については, 現在では他に例を見ないほど精密な年代層序が確立した. 更に, 最近では堆積学的な研究も開始され, 各地層の堆積相と堆積環境の変遷が明らかにされつつある(小松原, 1997; 安藤, 2002; 上田ほか, 2003, 2005).

しかし, 第三系のなかで下部中新統については, 微化石層序の研究が少なく, 一部年代に曖昧な点を残している. 特に, 常磐地域の中心に位置する福島県いわき市平地区(第2, 3図)は, 常磐地域第三系の多くの地層の模式地が存在する重要な地域であるにも関わらず, 微化石層序の研究に乏しかったため, 地域内での対比にも問題があった. そこで, 本研究では平地区に分布する第三系のうち, 特に下部中新統を中心に野外調査を実施し, 地質図を作成して地層の分布・層序を再検討した. また, 下部中新統からの珪藻化石の検出を試み, 同地域における下部中新統の対比と年代を検討した. 更に, 今回得られたデータを含めて, これまでの年代資料を総合し, 現時点での常磐地域第三系の年代層序を総括するとともに, 本研究で得られた貝類化石を含めて各種化石資料を検討し, 本地域の第三紀における古海洋・古気候変遷についても現時点での総括を行った.

2. 調査地域及び方法

常磐地域の第三系は阿武隈山地東縁の海岸地域に帯状に分布し, 標高約200 m以下のゆるやかな丘陵地を呈している(第1図). 丘陵地の西縁は比較的急な斜面で西側の山地に移り変わり, 第三系及び下位の白亜系堆積岩類が, 阿武隈変成岩類及び花崗岩類と接する(第4図). 常磐地域は, WNW-ESEまたはNW-SE方向の比較的大きな断層, すなわち北より二ッ箭断層, 湯の岳断層, 及び井戸沢断層によって4つのブロックに分断されており, それぞれのブロックで地層の発達状態が異なる. 今回調査したいわき市平地区は, このうち, 二ッ箭断層と湯の岳断層に挟まれたブロックに属し, 北はいわき市平南白土から南は泉町本谷まで, 東は平上高久から西は内郷傾城までの南北およそ10 km, 東西およそ10 kmの地域である(第2, 3図). 本研究では主なルート(第2図)に沿って地質柱状図を作成し, 層序の把握に努め地質図を作成した(第3, 5図). ただし, この地区はいわき市の中心である平市街に近接して市街化が著しく, 工業団地や住宅団地などの造成により人工改変地が多くなっているため, 地層を観察できない地域が多かった(第3図). このため, 地質図の作成にあたっては, 一部既存の地質図(須貝ほか, 1957; 岩生・松井, 1961)を参考にした.

また, 各地層から合計130個の試料を採取して, 珪藻化石層序の検討を行った.

3. 常磐地域及びその周辺の第三系の層序と地質

常磐地域及びその周辺の第三系は, 下位より古第三系の白水層群, 新第三系の湯長谷, 白土, 高久, 多賀及び仙台の各層群に区分され, それぞれ不整合関係にある(第4図; 須貝ほか, 1957; Mitsui, 1971; 柳沢ほか, 1989; 竹谷ほか, 1990; 根本ほか, 1996; 久保ほか, 2002). このうち, 平地区に分布するのは, 古第三系の白水層群と, 新第三系の湯長谷, 白土及び高久層群のみであり, 多賀層群と仙台層群は平地区には分布しない. 今回の調査地域では全層群は, ほぼNW-SE方向の走向と, 東方向に約10~20°緩傾斜した同斜構造を呈している(第3図).

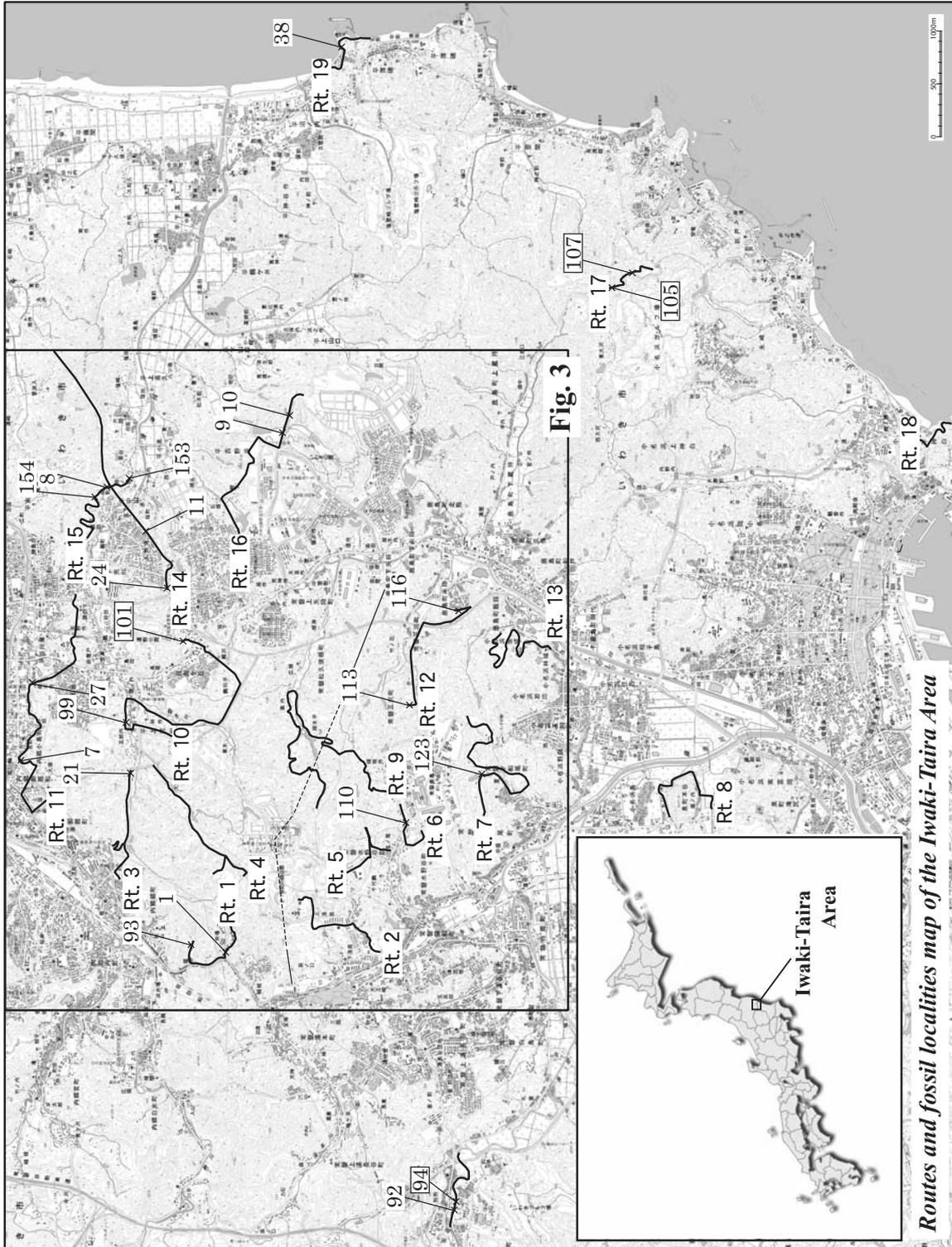
以下, 常磐地域及びその周辺の第三系の層序を記述する. 本研究で検討した平地区に分布する地層については, 地質調査の結果に基づいてやや詳細に岩相を記載し, それ以外の地層に関しては既存の研究に基づいて概要を記した. なお, 平地区における湯長谷層群の中上部の層序に関しては, 須貝ほか(1957)を一部修正したので, その点については別項で述べる.

3.1. 白水層群

白水層群は陸成層に始まり上位に向かって海成層に変化する海進的な堆積相を示し, 須貝ほか(1957)により, 下位より石城層, 浅貝層, 白坂層に区分される. 上部白亜系の双葉層群及びそれより下位の変成岩類, 堆積岩類及び花崗岩類を不整合に覆う.

石城層は, 礫岩・砂岩・泥岩・石炭層からなる. 常磐地域北部の双葉地域では, 石城層下部は河川成堆積物からなり(小松原, 1997), 特徴的な輪廻層が発達する(江口・庄司, 1953; 江口ほか, 1953; 根本・大原, 1996, 2001). また, 上部は海生貝類化石を含む砂岩を主とする. 平地区における本層は, 主に細粒の青灰色砂岩よりなり, ときおりコンクリーションを挟む. 本地域の調査では, 露出状況が悪く, かつて常磐炭田主要部で報告されているような炭層は観察されなかった. 上位の浅貝層との漸移部分と思われ, 極細粒砂岩に移行変化する付近を上限として浅貝層との境界とした(第5図). 一方, 南部の茨城県北茨城市付近では, 石城層は湿地の卓越するエスチュアリー~内湾の環境と砂質河川の環境が識別され, 本層内で内湾相から河川相が2回繰り返している(上田ほか, 2003). このように本層の岩相・堆積相は常磐地域の各地で相当異なるようである.

浅貝層は主に分級の良い塊状, 無層理の青灰色, または黒灰色細粒・極細粒砂岩によって構成されている. 最下部は下部の石城層から漸移する細粒砂岩で, 上部に向かって粒度は細くなり, 塊状細・極細粒砂岩を経て, 最上部の砂質シルト岩へ漸移する. 堆積環境は上部外浜・内側陸棚の環境が推定される(上田ほか,



第2図 いわき平地区における調査ルート及び試料採取位置図。四角に囲まれた数字は珪藻化石産出地点を示す。地形図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「常磐湯本」、「平」、「磐城泉」、及び「小名浜」を使用。

Fig. 2 Map showing studied routes and sample locations in the Iwaki-Taira area. Squared numbers indicate the fossil diatom occurrence points. Topographic maps "Joban-Yumoto", "Taira", "Iwaki-Izumi" and "Onahama" at 1:25,000 in scale by Geographical Survey Institute of Japan.

Age	Group	Formation	Columnar section	Thickness (m)	Lithology	Radiometric age (Ma) FT: Fission track ☉ Mollusca ☉ Plant fossil	Microfossils								
							Diatom	Radiolaria	Silicoflagellate	Nannofossil	Foraminifera	Dinoflagellate	Pollen		
NEOGENE	PLIOCENE	Sendai Group	Dainenji F.		350	Mudstone Sandy mudstone Sandstone	☉ Dainenji Fauna								
			Mukaiyama F.		30-40	Mudstone, lignite Pumice tuff Conglomerate	☉ 3.56±0.5 (FT)								
			Tatsunokuchi Formation		60	Mudstone Sandstone	☉ Tatsunokuchi Fauna								
			Kameoka F.		10-40	Mudstone, lignite, tuff Conglomerate	☉ 5.6±0.5 (FT)								
	MIOCENE	MIDDLE	Taga Group		330+	Mudstone and sandy mudstone Sandstone									
				Takaku Group	Shimotakaku F.		130	Mudstone							
					Numanouchi F.		70	Sandstone							
					Kamitakaku F.		70	Sandstone Conglomerate							
		EARLY	Shirado Group	Minamishirado Formation		220+	Sandstone Mudstone and andstone	☉ Kadonosawa-type ☉ 15.9±0.7 (FT) ☉ Daijima-type							
				Yoshinoya F.		70	Tuffaceous mudstone Volcanic conglomerate	☉ Daijima-type							
			Yunagaya Group	Misawa F.		200+	Sandstone and conglomerate Sandstone and mudstone	☉ Daijima-type							
				Honya F. ISM		150-220	Mudstone Andesite Sandstone tuff breccia	ISM: Ishimoriyama M.							
Kamenoo F.					100-120	Laminated mudstone	☉ Aniai-Daijima mixed								
Mizunoya F.					50-90	Mudstone									
Yunagaya Group	Goyasu F.		50-120	Sandstone	17.4±1.0 (FT)										
	Kunugidaira F.		65-160	Mudstone and sandstone Tuff Conglomerate	☉ Akeyo-type ☉ Daijima-type										
PALEOGENE	EOCENE - OLIGOCENE	Shiramizu G.	Shirasaka F.		40-240	Mudstone	29.1 (FT)								
			Asagai F.		40-180	Sandstone	☉ Asagai Fauna								
			Iwaki Formation		10-60	Sandstone and conglomerate									
					10-200	Conglomerate, sandstone and mudstone with coal seams									
CRETACEOUS	Cenomanian - Santonian	Futaba G.	Tamayama F.		280	Sandstone									
			Kasamatsu F.		110-120	Interbedded sandstone and mudstone									
			Ashizawa F.		100-120	Sandstone and sandy mudstone Conglomerate									
	Hauterivian		granitic rocks volcanic rocks			Granodiorite Andesite volcaniclastics									

第4図 常磐地域の第三系層序の総括図。

Fig. 4 Stratigraphy of the Tertiary sediments in the Joban area.

2003). また本層は風化すると黄土色を呈し、全域にわたって層状の石灰質のコンクリーションを含有する。

白坂層は下位の浅貝層と漸移する関係にあり、海成の青灰色-灰色を呈する塊状無層理シルト岩よりなる。本層のシルト岩は湯長谷層群の水野谷層のシルト岩に似るが、後者のほうが雲母片に富むことで区別される。なお、鎌田(1972)で報告されたような凝灰角礫岩は本研究では確認できなかった。

3.2. 湯長谷層群

湯長谷層群は下位の白水層群を不整合に覆い、下位より柵平層、五安層、水野谷層、亀ノ尾層、本谷層、三沢層がそれぞれ整合に累重する。柵平層は白水層群を不整合に覆うが、本調査地域を含む一部の地域で柵平層を欠き、五安層が直接白水層群を不整合に覆う。その初期と末期に白水層群堆積時にはほとんど見られなかった火成活動が認められる。また、白水層群や多賀層群と異なって、海退期の堆積相である三沢層が不整合による侵食からまぬがれて残っている。

柵平層は礫岩・砂岩及び泥岩からなる陸成-汽水成層で、流紋岩凝灰岩を挟む(鎌田, 1972)。本層は平地区には分布していない。柵平層下部からは、台島型植物群に類似した温暖な植物群が産出する(矢部ほか, 1995a; 植村, 2001)。また、上部からは、明世型動物群に対比される *Vicarya* を含む亜熱帯潮干帯貝類化石群集が産出する(矢部ほか, 1995a; 小笠原, 2000)。

五安層は白坂層を不整合に覆い、上位の水野谷層に漸移する。五安層は海成の青灰色細粒砂岩で、これにアルコース質の灰白色粗粒-極粗粒砂岩及び礫質砂岩を挟む。基底礫岩層の厚さは本調査地域では1~2mであり、砂岩層の下部は偽層の発達した黄褐色-淡褐色の含礫粗粒砂岩で不規則な層理を示すが、中-上部にかけて次第に細-中粒の均質な石英質砂岩に移化する。本層の厚さは本調査地域のいわき市常磐付近で50~80mである。

水野谷層は下位の五安層と漸移整合関係にあり、灰色を呈する塊状無層理のシルト岩と、分級の良い雲母片に富む中粒砂との砂泥互層から構成される。本層下部は主に砂質シルト岩から成り、黒灰色の塊状シルト岩や柔らかいシルト岩を挟み、風化すると灰褐色を呈する。本層中部はシルト岩と砂岩の互層で上部ほど砂岩が優勢になる。上部は厚さ数-数十cmの級化層理が認められる粗-中粒砂岩層を挟む。シルト岩中に挟まれる砂岩は級化層理が認められ、タービダイト性の砂岩が卓越する。本調査地域内での層厚は約80mである。

亀ノ尾層は薄葉理が発達した海成泥岩からなり、厚さ数-数十cmの級化層理が認められる粗-中粒砂岩層を挟むことがある(Iwai, 1950; 根本・大原, 1998)。薄葉理泥岩は本調査全域で明瞭であり、常磐地域全域での一種の鍵層相となっている。本層下部ではルート10

や11で見られるような薄い凝灰岩が見られる。Kano(1986)は本層から磷酸塩ノジュールを報告している。層厚は本調査地域では約100mである。

本谷層は青灰色泥岩よりなり、本層の上部では薄い凝灰質砂岩が挟まれている場合もある。本調査地域での層厚は約80mである。ルート11の内郷小島町根木作付近では玄武岩礫が産出する。この礫は、調査地域北方のいわき市石森山付近に分布し、本谷層の泥岩中に挟在する凝灰角礫岩(石森山凝灰角礫岩部層)の層準に相当するものと思われる。なお、本層の最下部には厚い砂岩層が発達し、須貝ほか(1957)では「上矢田砂岩層」とされている(第6図)。この地層の取り扱いに関しては、別項で詳述する。本谷層の厚さは調査地域内では50~60mである。

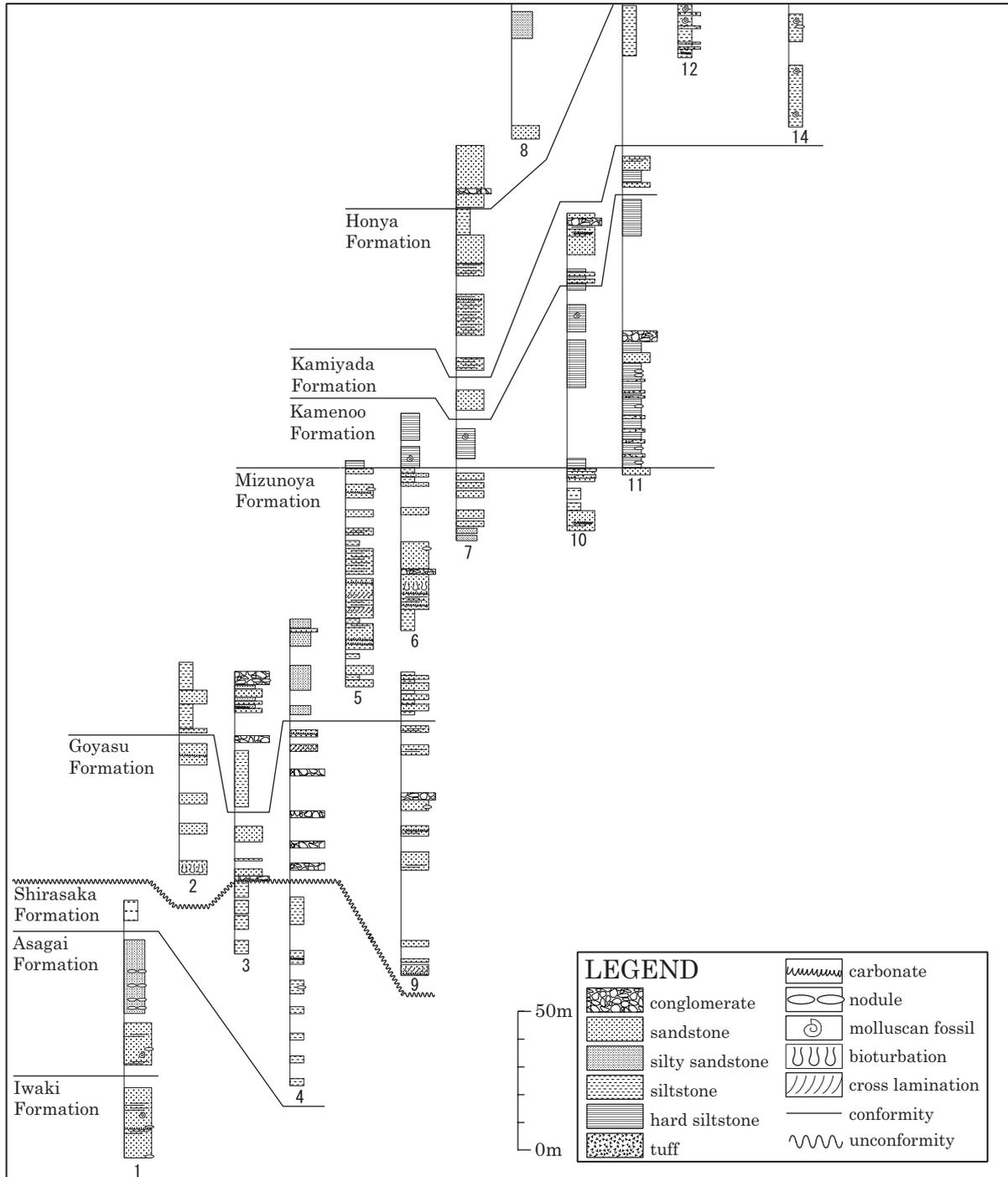
三沢層は本谷層を整合に覆い、下部が海成の砂岩泥岩互層、上部は陸成の礫質の極粗-粗粒砂岩からなり、上位に向かって海退的な層相を示す。本調査地域では、本層の下部は雲母質の灰色-黄褐色の礫質中-粗粒砂岩と青灰色シルト岩との互層からなり、タービダイト相を示す。本層上部は黄褐色の石英質粗粒砂岩からなり、一部で平行層理や斜交層理が発達する。本調査地域での本層の厚さは80~120mである。

3.3. 白土層群

須貝ほか(1957)は下部の「吉野谷礫岩砂岩部層」と上部の「南白土凝灰岩部層」に区分したが、根本ほか(1996)は、常磐地域での他の層群区分との整合性を考慮して、これらの2つの部層を「層」に昇格し、それぞれを吉野谷層と南白土層とした(第6図)。下位の湯長谷層群との関係は、海岸部では整合的に見えるが、須貝ほか(1957)によれば、常磐炭田西部地域(いわき市上遠野地域など)では北西に進むに従い、湯長谷層群の三沢層から五安層まで順次下位の地層を不整合に覆う。

吉野谷層は下部が礫岩と凝灰質泥岩、上部が凝灰質泥岩砂岩互層からなる陸成層であり、全体として凝灰質である。吉野谷層堆積時の火山活動は、下部が安山岩質、上部が流紋岩質であることが特徴である。本調査地域の本層は下位の三沢層に整合に重なっている。しかし、他の分布地域では一部不整合に覆っている(竹谷ほか, 1990)。本層は主に、円礫岩質、凝灰岩質な黄褐色の中-粗粒砂岩からなるが、これらの礫岩質砂岩は本調査地域ではあまり卓越していない。また、一部で斜交層理が発達することもある。調査地域内での厚さは20~30mである。

南白土層は主に、凝灰質砂質シルト岩、凝灰質粗粒砂岩及び凝灰岩からなる。本層下部は青灰色浮石質凝灰岩から、中-上部は青灰色-灰色砂質シルト岩-極細粒砂岩からなる。また、数枚の薄い凝灰岩を挟んでいて、これが鍵層となる。本層は下位の吉野谷層を漸



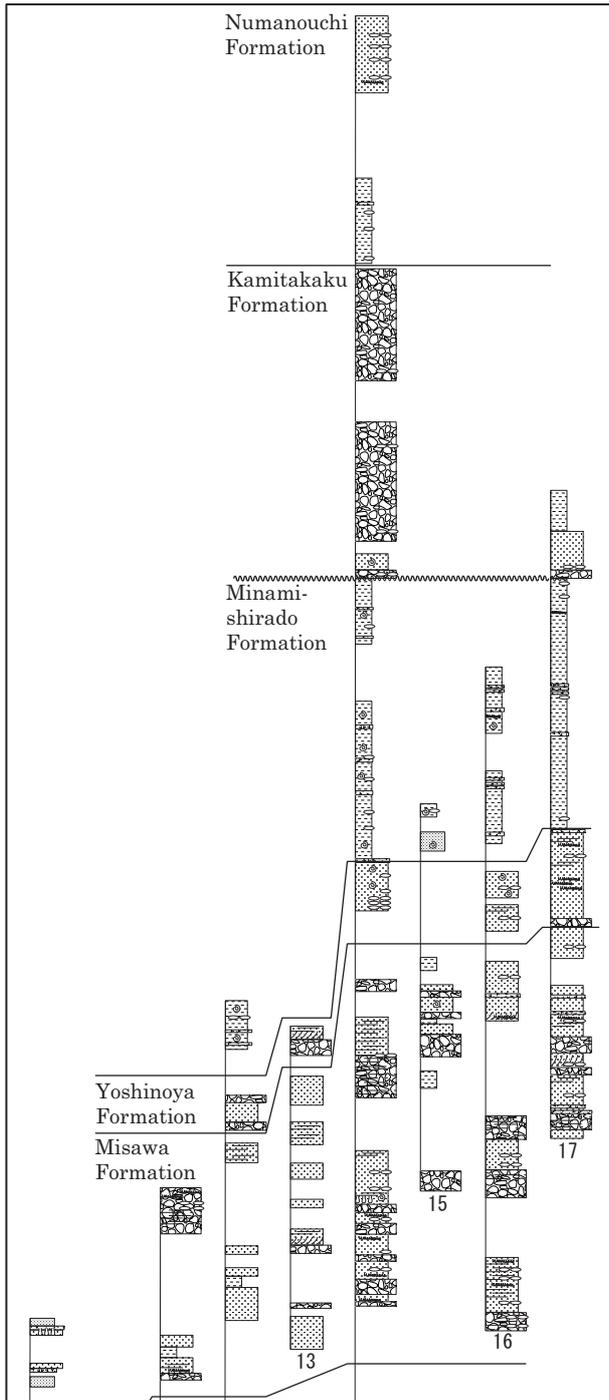
第5図 いわき平地区における地質柱状図.

Fig. 5 Stratigraphic columnar of the Iwaki-Taira area. Numbers show the studied routes indicated in Fig. 2.

移して覆う。南白土層下部からは珪藻化石が産出し、淡水性から汽水性へと環境が変化したことが読みとれる(久保ほか, 2002)。一方、本層上部の砂岩は海成層で、礫質細 - 粗粒砂岩から上方に細粒化して塊状細粒砂岩となる。調査した範囲では厚さは80~90 mである。

3.4. 高久層群

高久層群は下位の白土層群を不整合に覆うが、微化石年代層序から推定される時間間隙が極めて小さいので、この不整合は軽微なものと考えられる。上位の多賀層群とはおそらく傾斜不整合の関係にあるものと思われる。本層群の分布はいわき市東部と上遠野区域に



第5図 続き.

Fig. 5 Continued.

限られる。下位から上高久層，沼ノ内層，下高久層が整合に重なる。

上高久層は海成の礫岩及び砂岩からなり，上方へ向かって細粒化する。主として黄褐色礫質粗粒砂岩からなり，基底には貝化石の破片を含むことがある。基底の礫岩を構成する礫には，径5～10 cmの良く円磨

されたものが多く，砂岩は黄色 - 灰褐色を呈し，しばしばコンクリーションを含む。厚さは約90 mである。

沼ノ内層は主として多少凝灰質の塊状の海成泥質青灰色細粒砂岩からなり，風化すると淡黄灰色となる。一般に層理の発達が悪いが，浮石粒が集まって層理を示しているところもある。また，砂岩中に泥灰質のコンクリーションが含まれることもある。本層は下位の上高久層から漸移して，上位の下高久層に整合に覆われる。須貝ほか(1957)によれば，本層の層厚は約70 mである。

下高久層は海成の泥岩からなるが，本層中部において暗灰色の泥岩から暗緑灰色の珪藻質泥岩へと変化し，上位の多賀層群と類似した岩相となる。須貝ほか(1957)によれば，本層の層厚は約130 mである。

3.5. 多賀層群

中部 - 上部中新統の多賀層群は，下位層を不整合に覆う泥岩を主とする単調な堆積物の総称である。多賀層群は今回調査した平地区には分布しないので，以下柳沢ほか(1989, 2004)及び柳沢(1996, 2000)に基づいて記述する。

多賀層群については，常磐地域内の各地で累層区分がなされているが，岩相に特徴がないために相互の対比が難しく，全体の層序は未だ確立していない。これまで，下位の高久層群との層序関係についてさまざまな議論が行われてきたほか(松井, 1953; 半沢, 1954; 大森, 1954; 須貝ほか, 1957; 鈴木, 1958; Kamada, 1962; 三井, 1972)，本層群中の不整合(ハイエイタス)の存否についても，見解に相違があつて確定していなかった(大森・鈴木, 1950; 大森ほか, 1953; 鈴木・大森, 1953; 鈴木, 1952, 1954a, 1954b, 1958; 須貝ほか, 1957; 三井・大内, 1971; Mitsui and Ouchi, 1972; Mitsui, 1973; Mitsui *et al.*, 1973)。しかし，ここ20年あまりの詳細な微化石層序の検討(Kato, 1980; Maruyama, 1984; 竹谷ほか, 1986, 1990; 高柳ほか, 1988; 丸山ほか, 1988; 柳沢ほか, 1989, 2004; 柳沢, 1996, 2000)によって，各地に分布する多賀層群の対比が行われ，いわゆる多賀層群は，高久層群の上位にあり，層群中には多くの堆積間隙が存在することが確実であることがわかってきた(第8図参照)。しかし，まだその実体は不明の部分がある。岩相は主に珪藻質泥岩からなるが，一部砂質泥岩となったり，ところどころに軽石片，貝殻片及び木片を混じえる粗粒砂岩を挟む(栗原・柳沢, 2002)。

3.6. 仙台層群

仙台層群は下位の多賀層群を不整合に覆う鮮新統の堆積物である。模式地は宮城県仙台市にあるものの，その分布域は福島県浜通り地域に拡がっており，分布の南端部は常磐地域北部の双葉郡広野町に達している(第1図)。しかし，今回調査した平地区には分布しない

須貝ほか (1957)			本研究			
層群	層	部 層	層群	層	部 層	
多賀層群			多賀層群			
高久層群	下高久層		高久層群	下高久層		
	沼ノ内層			沼ノ内層		
	上高久層			上高久層		
白土層群	中山層	南白土凝灰岩層	白土層群	南白土層		
		吉野野礫岩砂岩層		吉野野層		
湯長谷層群	平層	三沢砂岩層	湯長谷層群	三沢層		
		本谷泥岩層		本谷層		石森山凝灰角礫岩部層
		石森山凝灰角礫岩層				
		上矢田砂岩層				
	亀ノ尾層		亀ノ尾層			
	水野谷層		水野谷層			
	五安層		五安層			
	滝 層		櫛平層			

第6図 下部中新統の地層名対比表.

Fig. 6 Correlation of the lower Miocene stratigraphic units between Sugai *et al.* (1957) and this study.

ので、以下久保ほか (1990, 1994, 2002) 及び 柳沢ほか (1996) に基づいて層序と岩相を記述する。

仙台層群は下位より亀岡・竜の口・向山・大年寺層の4層からなる (北村ほか, 1986)。このうち、竜の口層と向山層の間には顕著な不整合があり、これにより本層群は下部と上部に分けられる。なお、いわき市より南方の常磐地域南部に分布する鮮新統は、北部の仙台層群とは層相が異なり、むしろ下位の多賀層群と岩相上区別が難しいことから、広義の多賀層群に含まれている。

亀岡層は泥岩・亜炭からなる陸成層である。

竜の口層は亀岡層を整合に覆う泥岩からなる内湾性の海成層で、*Fortipecten takahashii* を含む竜の口動物群を産することで有名である。亀岡・竜の口両層からなる仙台層群下部の主要な分布域は、宮城県から岩手県にかけての丘陵部であり、常磐地域では原町市西部が分布の南限である (久保ほか, 1990)。

向山層は竜の口層を不整合に覆う陸成から汽水成の堆積物で、礫岩・砂岩・泥岩・亜炭及び珪長質凝灰岩

(広瀬川凝灰岩部層) からなる。下部は河川成堆積物を主体とするが、上部は汽水性の環境で堆積した泥岩からなり、一部で貝化石を含む (久保ほか, 1990; 柳沢ほか, 1996)。

大年寺層は下部が砂岩、上部が泥岩からなる海成層で、浜通り地域に広く分布する。向山層を整合に覆い、上部の泥岩からは外洋性の珪藻化石が多産する。また、泥岩中に挟在する浅海からの流れ込みの粗粒砂岩からは、豊富な貝類化石や脊椎動物化石が見つかる (根本・大原, 1979, 1988; 久家, 1981; Kohno and Yanagisawa, 1997 など)。

4. 上矢田砂岩層の層序学的扱いについて

「上矢田砂岩層」は、須貝・松井 (1953) によりいわき市上矢田を模式地として定義された層厚20~30 mの砂岩層で、亀ノ尾層と本谷層との間に介在する (第6図)。須貝ほか (1957) は、「上矢田砂岩層」、「本谷泥岩層」及び「三沢砂岩層」、それに「石森山凝灰角礫岩層」を合わせて、湯長谷層群最上部を占める「平層」を定義した (第6図)。

須貝ほか (1957) は、これら岩相の全く異なる地層が1つの「平層」としてくられるべき根拠を明示的には示していない。しかし、その記述から判断すると、「本谷泥岩層」と「三沢砂岩層」が同時異相であることが大きな理由であると思われる。すな

わち、須貝ほか (1957) は、地質図を図示して (彼らの第16図)、いわき市久ノ浜町末続南方において「本谷泥岩層」と「三沢砂岩層」が大きく同時異相関係にあることを示した。

しかし、久保ほか (2002) はこの付近を精査し、「三沢砂岩層」の下部が大規模なスランプ相となっていて、「三沢砂岩層」の基底が大きく「本谷泥岩層」を削り込んでおり、一部では「本谷泥岩層」の基底まで削り込みが及んでいることを明らかにした (久保ほか, 2002, 第63図)。このため、地質図では見かけ上、「三沢砂岩層」の砂岩が地層の走向方向に「本谷泥岩層」の泥岩に変化するので、両者は同時異相のように見える。しかし、このような現象が見られるのはこの付近だけであり、その他の地域では「本谷泥岩層」と「三沢砂岩層」は上下関係にあって整合一連である。

以上のように、「本谷泥岩層」と「三沢砂岩層」は同時異相関係にはないことが明らかになり、これら2つの部層を含めた「平層」を定義する理由は失われた。そ

ここで、久保ほか(2002)は、「本谷泥岩層」と「三沢砂岩層」を格上げして独立の地層とし、それぞれ「本谷層」と「三沢層」とした。しかし、「平層」を構成していた残りの2つの部層は、久保ほか(2002)が調査した地域には分布しないため、これら2つの部層の帰属や位置づけは曖昧なまま残されていた。

「上矢田砂岩層」は主に淡褐色中-粗粒砂岩からなり、青灰色シルト岩の薄層を頻繁に挟む。それぞれの砂岩層は、厚さが数十cmから3mであり、下部には級化層理が、上部には平行層理やリップル斜交層理が発達し、タービダイト砂岩であると考えられる。

「上矢田砂岩層」は厚さはわずか20~30mであるが、本調査地域では数10mの細い帯状で分布する。しかし、平地区以外の常磐地域では本部層は認められない(須貝ほか, 1957)。ただし、いずれの地域でも亀ノ尾層と本谷層の境界付近の層準に、厚さ数十cm以上の比較的厚いタービダイト砂岩層が挟まれることが多い(例えば、久保ほか, 2002)。以上のことを考慮すると、「上矢田砂岩層」は、亀ノ尾層と本谷層の境界層準に発達するタービダイト砂岩が特に厚く発達したものに過ぎないと考えられる。したがって、この砂岩層に特に部層名を与える必要はないと判断される。また、その帰属は挟在する泥岩が塊状で本谷層の泥岩に類似することから、本谷層の最下部とするのが妥当である。

なお、「石森山凝灰角礫岩層」は、平地区北方のいわき市石森山を模式とする紫蘇輝石普通輝石安山岩、紫蘇輝石安山岩及び普通角閃石安山岩からなる海底火山噴出物である。本部層は本谷層の下部に挟在しているので、ここで本谷層に属する部層として「石森山凝灰角礫岩部層」を再定義する。

5. 珪藻化石層序

この研究では、これまで曖昧であった平地区の下部中新統の年代層序を明らかにするため、珪藻化石層序の検討を行った。約130個の試料を採取して処理したが、そのうち同定可能な珪藻化石が産出したのは、水野谷層、本谷層、上高久層が各1個、南白土層が2個の計5個のみであった(第1表)。このうち、水野谷層と本谷層は石灰質コンクリーションの試料である。平地区の下部中新統のほとんどの試料から珪藻化石が産出しなかったのは、おそらくこの地区での続成作用が、常磐地域の他の地域と比較して相対的に進んでいるためと思われる。

試料の処理はAkiba(1986)のunprocessed strewn slideの方法で行い、珪藻化石の算定は生物顕微鏡600倍の倍率下で行った。珪藻殻の算定は、*Chaetoceros*属の休眠胞子を除いて、観察された全ての種の蓋殻が100(蓋殻が少ないサンプルno. 107については計30殻)になるまで行った。その後、更にカバーガラスの幅5mm

の範囲を走査して、その過程で新たに認められた種はpresent(+)として産出表に記録した。また、破片としてのみ認められた種も同様にした。なお、休眠胞子化石については、上記100蓋殻算定時に認められた総数を別途記録した。珪藻の保存状態は、殻の破損・溶解の程度や、頑丈な殻を持つ珪藻の頻度などを総合的に判断して、G(good), M(moderate), P(poor)の3段階に分けて表示した。珪藻殻の産出量の評価は、広視野光学顕微鏡600倍の下で、カバーガラス上で100蓋殻に至るまでの走査線の数によって、次の3段階に分けた。A(abundant)=走査線1以下、C(common)=走査線1~3、R(rare)=走査線3以上。珪藻化石の産出結果を第1表に示す。珪藻化石帯区分は、Yanagisawa and Akiba(1998)の北太平洋中-高緯度珪藻化石帯区分のNPDコード番号を用いた。

渡辺町泉田萱落の水野谷層の試料(94)と自由ヶ丘の本谷層の試料(101A)は、*Actinocyclus ingens*を産しないこと、また*Thalassiosira fraga*も含まないことから、Yanagisawa and Akiba(1998)のNPD 2B帯と判断される。

小名浜ゴルフ場横の廃棄物処理場周辺の南白土層の試料(107)と小名浜ゴルフ場入り口付近の上高久層の試料(105-1, 105-2)は、いずれも*A. ingens f. ingens*, *A. ingens f. planus*を含み、*Denticulopsis*属を欠くことから、NPD 3A帯に属する。3試料はともに、*C. kanayae*を含まないことから、*C. kanayae*の終多産出層準(LCO)より上位、すなわち、この化石帯の上部に位置づけられる。

本谷層からはこれまで確実な珪藻化石の産出は報告されていなかった。本研究により、本谷層がNPD 2B帯に属することが判明し、湯長谷層群中部の年代をより限定することができた。また、南白土層と上高久層については、小泉(1986)と竹谷ほか(1990)の報告があり、今回の結果はこれら既存の研究の結果とは基本的に一致する。なお、珪藻化石年代の議論は、年代層序の項で総合的に行う。

6. 貝類化石群集

本研究で産出した貝類化石を第2表に示す。また主な化石を図版1~4に図示する。

白水層群では、いわき市傾城付近で石城層から*Clinocardium* sp.を確認したほか、平赤井付近でも保存は悪いが貝類化石が多数確認された。浅貝層からは浅貝動物群と呼ばれる軟体動物群(Makiyama, 1934; Hirayama, 1955; Kanno, 1961; Kamada, 1962; 根本・大原, 1979など)が知られている。本調査では、ルート1のいわき市堀坂付近の浅貝層より、保存の良い貝化石や魚鱗化石が産出した。白坂層は貝類化石が非常に乏しく、本調査地域からは産出がなかった。ただし、

第1表 いわき平地区の珪藻化石産出表.

Table 1 Occurrence chart of diatom species in the Iwaki-Taira Area. Formation, Mz: Mizunoya Formation, Ho: Honya Formation, Km: Kamitakaku Formation, Mn: Minamishirado Formation; Preservation, G: good, M: moderate, P: poor, VP: very poor; Abundance, A: abundant, C: common, R: rare; Occurrence, +: present.

Formation	Mz	Ho	Km	Km	Mn	
Diatom zones	NPD	2B	2B	3A	3A	3A
Sample number	94	101A	105-1	105-2	107	
Preservation	P	G	M	M	VP	
Abundance	R	A	C	C	PD	
<i>Actinocyclus</i> cf. <i>curcatus</i> Janisch	-	+	-	-	-	
<i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Ratray) Whiting et Schrader	-	-	16	21	2	
<i>A. cf. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Ratray) Whiting et Schrader	-	1	-	-	-	
<i>A. ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader	-	-	3	6	-	
<i>A. cf. ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader	-	1	-	-	-	
<i>A. octonarius</i> Ehrenberg	-	-	3	2	-	
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	2	1	6	3	+	
<i>A. vulgaris</i> Schmann	-	-	-	+	-	
<i>Aulacoseira</i> sp.	1	-	+	-	-	
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell	-	-	-	1	-	
<i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims	-	-	2	-	-	
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams	-	2	+	+	-	
<i>C. linearis</i> (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa	-	-	+	-	-	
<i>C. miocenica</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	-	+	-	-	-	
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	-	-	2	-	4	
<i>Delphineis miocenica</i> (Schrader) Andrews	-	-	2	1	-	
<i>D. penelliptica</i> Andrews	-	-	-	+	-	
<i>Denticula norwegica</i> Schrader	-	+	-	-	-	
<i>Eucampia</i> sp. a (= <i>Hemiaulus polymorphus</i>)	-	3	-	-	-	
<i>Hemiaulus bipons</i> (Ehrenberg) Grunow in Heurck	-	+	-	-	-	
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	-	-	+	-	-	
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	3	-	-	-	-	
<i>Kisseleviella carina</i> Sheshukova-Poretzkaya	6	12	3	-	-	
<i>Odontella aurita</i> (Lyngby) Agardh	-	3	-	-	-	
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	2	3	10	8	5	
<i>Proboscia interposita</i> (Hajós) Jordan et Priddle	-	-	+	-	-	
<i>Pseudodimerogramma elliptica</i> Schrader	+	1	-	+	-	
<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell	1	-	-	-	-	
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims	-	1	-	-	-	
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	-	1	-	-	-	
<i>Stephanopyxis</i> spp.	82	6	22	15	7	
<i>Stictodiscus kittonianus</i> Greville	-	+	-	-	-	
<i>Thalassionema</i> cf. <i>hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	-	1	-	-	-	
<i>T. nitzschoides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo	1	54	29	39	12	
<i>Thalassiosira mizunamiensis</i> Yanagisawa	-	+	1	2	-	
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	-	+	-	+	+	
<i>Triceratium condecorum</i> Brightwell	2	+	-	1	-	
<i>Trochosira spinosa</i> Kitton	-	10	1	1	-	
Total number of valves counted	100	100	100	100	30	
Resting spore of <i>Chaetoceros</i>	328	66	35	17	7	

Kamada (1962) によると, *Periploma* (*Aelga*) *besshoense*, *Lucinoma acutilineata*, *Liocyma furtiva* などが産出する。

湯長谷層群の五安層からは, 浅海性の貝類化石が報告され (O'Hara and Nemoto, 1982, 1984 など), Kamada (1962) や平山 (1981) では, *Crassostrea gravitesta* や *Lucinoma acutilineata* などが報告されている。しかし, 本層は全般に産出する化石に乏しく, 本調査では化石は認められなかった。水野谷層では, 常磐藤原町藤原川河床で非常に保存の良い貝類化石が多産した。亀ノ尾層は

貝類化石が多産するものの, 種類は少なく, 本研究でもルート7, 10, 11から *Portlandia tokunagai*, *Cyclocardia* sp., *Lucinoma* sp. 等が産出したのみである。これらは板状シルト岩の層理面に圧縮されて平行に入っているが, 合弁や表面彫刻が残っているものも多数存在する。本谷

常磐地域の第三系の地質と年代層序(須藤ほか)

第2表 いわき平地区の貝化石産出表.

Table 2 Occurrence chart of molluscan species in the Iwaki-Taira Area.

Specific name	Formation name					
	Asagai	Mizunoya Kamenoo	Honya	Minami-shirado	Kami-takaku	Numano-uchi
GASTROPODA						
<i>Calliostoma (Calotropis) simane</i> Nomura et Hatai				+		
<i>Turritella (Hataiella) omurai</i> Kanehara		+		+		
<i>T.</i> sp.	+		+			
<i>Cerithidea</i> sp.		+				
<i>Crepidula nidatoriensis sogabei</i> Kamada				+	+	
<i>Tectonatica</i> sp.		+				
<i>Sinum yabei</i> Otuka						+
<i>Euspira meisensis</i> (Makiyama)				+		
<i>E.</i> sp.			+			
<i>Ampullina asagaiensis</i> Makiyama		+				
<i>Neverita coticaeze</i> Nomura					+	
<i>Boreotrophon</i> sp.				+		
<i>Nassarius kometubus</i> Otuka			+	+	+	
<i>Nassarius simizui</i> Otuka						+
<i>Ancistrolepis eguchii</i> Kamada			+	+		
<i>Buccinum kurodai</i> Kanehara				+		+
<i>B.</i> sp.		+		+		
<i>Cymatosyrinx (Splendrillia) atsukoae</i> (Kamada)			+	+		+
<i>Punctoterebra</i> sp.						+
<i>Megasurcula yokoyamai</i> (Otuka)				+		+
<i>Fulgoraria tokunagai</i> (Kanehara)				+	+	
<i>Eocylichna habei</i> Itoigawa				+		
SCAPHOPODA						
<i>Dentalium</i> sp.			+			
<i>Fissidentalium yokoyamai</i> (Makiyama)				+		
BIVALVIA						
<i>Achalar (Solemya) tokunagai</i> (Yokoyama)				+		
<i>Ennucula praenipponica</i> Kamada				+		
<i>Acila (Acila) divaricata submirabilis</i> Makiyama				+		+
<i>Portlandia (Portlandia) enaensis</i> Kamada			+			
<i>P. (Megayoldia) yotsukurensis</i> Uozumi	+					
<i>P. (Hataiyoldia) tokunagai</i> (Yokoyama)		+	+	+		
<i>P.</i> sp.			+	+		
<i>Yoldia omorii</i> Aoki				+		
<i>Anadara watanabei</i> (Kanehara)				+		+
<i>Mizuhopecten kimurai</i> (Yokoyama)			+	+	+	
<i>M. kobiyamai</i> Kamada			+	+	+	
<i>Kotorapecten</i> sp.			+			
<i>Crassostrea gravitesta</i> (Yokoyama)				+		
<i>C.</i> sp.				+		
<i>Modiolus (Modiolus) yasuiro</i> Kamada						
<i>Conchocele bisecta</i> (Conrad)	+	+		+		
<i>C.</i> sp.			+			
<i>Lucinoma acutilineata</i> (Conrad)		+	+	+		
<i>L. otukai</i> Hatai et Nisiyama			+			
<i>L.</i> sp.	+	+				
<i>Cyclocardia siogamensis</i> (Nomura)			+	+	+	+
<i>C. tokunagai</i> (Yokoyama)	+					
<i>C.</i> sp.		+				
<i>Adulomya chitanii</i> Kanehara			+			
<i>Clinocardium asagaiensis</i> Makiyama	+					
<i>C. shinjiense</i> (Yokoyama)				+		
<i>Dosinia (Phacosoma) nomurai</i> Otuka				+		+
<i>Clementia papyracea</i> Gray				+		
<i>Mactra nakayamaensis</i> Kamada				+		
<i>Macoma izurensis</i> (Yokoyama)					+	
<i>M. optiva</i> (Yokoyama)					+	
<i>M.</i> sp.		+				
<i>Solen</i> sp.				+		
<i>Cultellus izumoensis jobanicus</i> Kanno				+		+
<i>Mya (Arenomya) grewingki</i> Makiyama	+					
<i>Panopea nomurae</i> Kamada				+	+	
<i>Periploma (Aelga) besshoense</i> (Yokoyama)	+					
<i>P. (Aelga) pulchellum</i> Hatai et Nisiyama			+			
<i>Periploma</i> sp.				+		

層は非常に保存の良い貝類化石に富み、本調査地域ではルート12の常磐三沢町付近やルート14の平下荒川郷ヶ岡から *Lucinoma acutilineata*, *Portlandia enaensis*, *Mizuhopecten kimurai*, *Dentalium* sp.等が多量に産出した。三沢層では、ルート14では *Dosinia* sp.の破片が確認できたのみである。

白土層群の吉野谷層からはほとんど化石は産出しないが、ルート16の吉野谷で *Crassostrea* sp.の破片が産出した。南白土層は全般的に保存の良い現地生と思われる化石が多産し、*Vicarya yokoyamai*などを含む門ノ沢型貝類化石物群 (Kamada, 1962; 高橋, 1984)、上部からは浅海帯の貝類化石群が産する (根本ほか, 1998)。本調査地域でもルート12の鹿島町米田、ルート14の中山柳町、ルート15の中山柿ノ目、ルート16の吉野谷大日如来、ルート18の小名浜ゴルフ場横の廃棄物処理場で多種の貝化石が産出した。

高久層群の上高久層からは、ルート14の本層の基底礫岩中に貝類化石やウニ化石 *Keiwa minoensis*が多数産出した。また、その上位の沼ノ内層は豊富な海生貝類化石を産し (根本ほか, 2001)、本調査地域ルート19の平沼ノ内付近の露頭中から随所に保存の良い貝化石が「化石密集層状」を成し、ときに散点して多産した。

7. 常磐地域第三系の年代層序の総括

次に、本研究で得られた資料も含めて既存の年代資料を総括して、常磐地域の第三系の年代層序をまとめる。なお、久保ほか (2002) でも、多賀層群を除く常磐地域の第三系の年代層序をまとめているが、その後、化石帯区分や年代層序との対比が改訂され (例えば、Kurita, 2004; Watanabe and Yanagisawa, 2005)、更に本研究により新たな珪藻化石年代資料が得られたので、ここで改めて常磐地域の第三系の年代層序を総括する。

珪藻化石帯は漸新世は Gladenkov (1998) を、新第三紀は Yanagisawa and Akiba (1998) の北太平洋珪藻化石帯区分を用いたが、年代は Watanabe and Yanagisawa (2005) を用いて一部修正した。また、一部では低緯度

珪藻化石帯区分 (Barron, 1985) も用いた。放散虫化石帯は、Kamikuri *et al.* (2004) 及び Motoyama *et al.* (2004) と Sanfilippo and Nigrini (1998) を接合したものを使用した。また、浮遊性有孔虫化石帯は Blow (1969)、石灰質ナンノ化石帯は Okada and Bukry (1980)、珪質鞭毛藻化石帯は Bukry (1974)、そして渦鞭毛藻化石帯は Kurita (2004) を用いた。古地磁気年代層序は最近新たな古地磁気年代層序 (Gradstein *et al.*, 2004) が公表されたが、新第三紀についてはまだ評価が定まっていない部分があるので、ここでは従来の Cande and Kent (1992, 1995) 及び Berggren *et al.* (1995) をとりあえず使用することにする。したがって、本論で言及した数値年代は今後多少修正されることがありうる。

7.1. 白水層群の年代

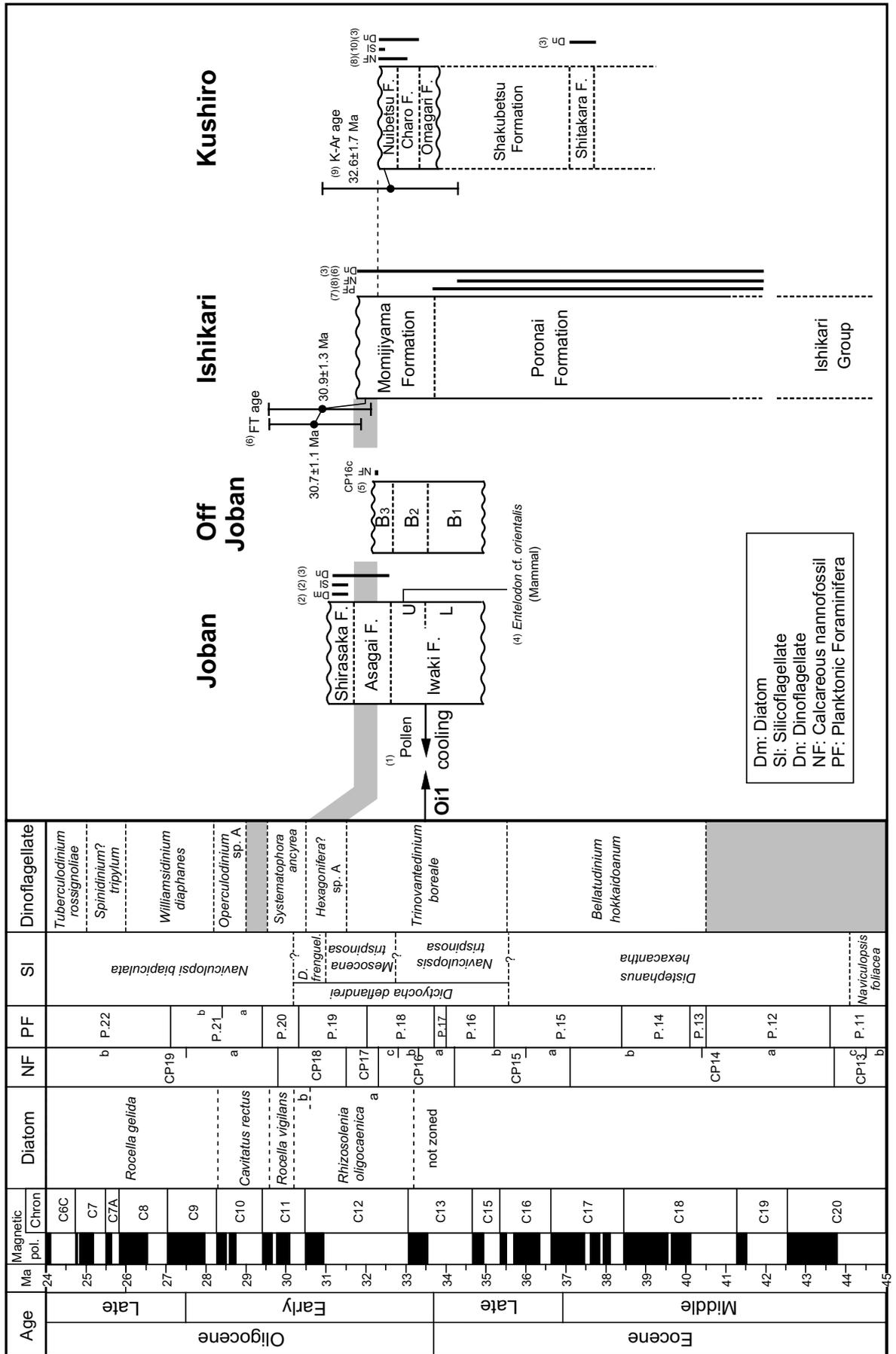
これまでの年代データから、白水層群は全体として後期始新世末から前期漸新世の前期にかけての堆積物であり、始新世/漸新世境界は石城層中にあると推定される (第7図)。

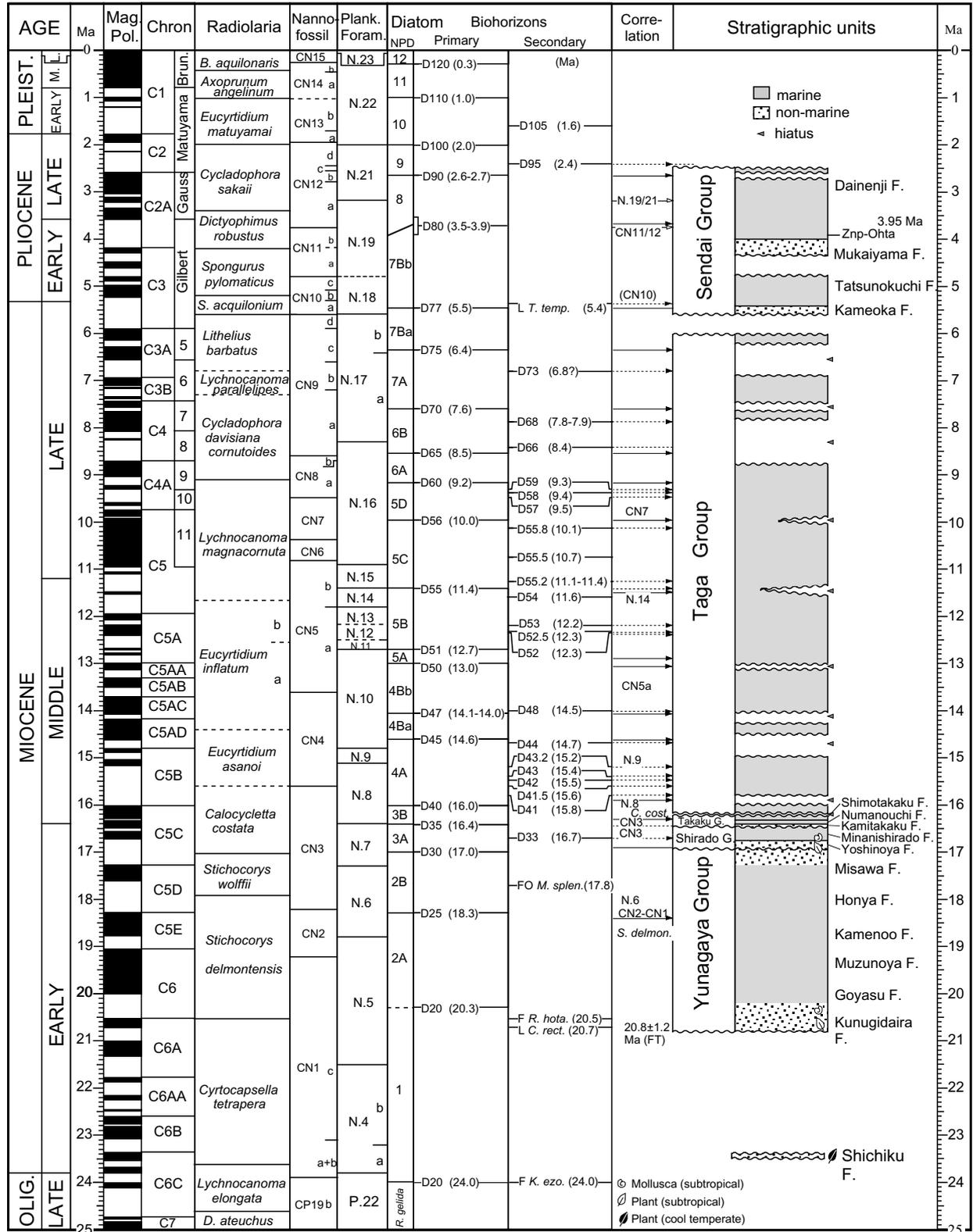
まず、年代決定に有用な海生浮遊性微化石は、白坂層と浅貝層から産出する。白坂層から産出する浮遊性の珪藻化石群集 (柳沢・鈴木, 1987; 柳沢ほか, 1989) は、*Rhizosolenia oligocaenica*を産出し、*Cavitatus jouseanus*を欠くことから、前期漸新世初期とされる *R. oligocaenica*帯のa垂帯に対比される (Gladenkov, 1998)。また、白坂層の珪質鞭毛藻化石群集は *Dictyocha deflandrei*と *Mesocena apiculata*を含むので、前期漸新世初期の *D. deflandrei*帯の *M. apiculata*垂帯に対比される (柳沢・鈴木, 1987; 柳沢ほか, 1989)。一方、常磐沖堆積盆北部で掘削された基礎試錐「相馬沖」では、白水層群の相当層はB1, B2, B3の3層に区分されており、そのうちB3層の上部からCP16c帯に対比される石灰質ナンノ化石が産出する (加藤ほか, 1996)。一方、釧路地域の縫別層からは、白坂層と同じ *D. deflandrei*帯の *M. apiculata*垂帯に対比可能な珪質鞭毛藻化石群集が産出する (沢村, 1984)。また、縫別

→

第7図 白水層群の年代層序と石狩炭田及び釧路炭田地域との対比。地質年代: Berggren *et al.* (1995); 地磁気極性年代尺度: Cande and Kent (1992, 1995); 放散虫化石帯区分: Sanfilippo and Nigrini (1998); 石灰質ナンノ化石帯区分: Okada and Bukry (1980), 年代は Berggren *et al.* (1995); 浮遊性有孔虫化石帯区分: Blow (1969), 年代は Berggren *et al.* (1995); 珪質鞭毛藻化石帯区分: Bukry (1974); 渦鞭毛藻化石帯区分: Kurita (2004); 珪藻化石帯区分: Gladenkov and Barron (1995), Gladenkov (1998)を一部改訂。基礎試錐「相馬沖」は加藤ほか (1996, 1997) に基づく。(1) 佐藤 (1989); (2) 柳沢・鈴木 (1987), 柳沢ほか (1989); (3) Kurita and Matsuoka (1994); (4) Tomida (1986); (5) 加藤ほか (1996); (6) 栗田・三輪 (1998); (7) Kaiho (1984); (8) Okada and Kaiho (1992); (9) 柴田・棚井 (1982); (10) 沢村 (1984)。

Fig. 7 Chronostratigraphy of the Shramizu Group in the Joban area. Geological age: Berggren *et al.* (1995); Magnetic polarity/Chron: Cande and Kent (1992, 1995); Radiolarian zonation: Sanfilippo and Nigrini (1998); Nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980), Ages are after Berggren *et al.* (1995); Planktonic foraminiferal zonation: Blow (1969), Ages are after Berggren *et al.* (1995); Silicoflagellate zonation: Bukry (1974); Dinoflagellate zonation: Kurita (2004); Diatom zonation: Gladenkov and Barron (1995), Gladenkov (1998). Offshore Soma well: Kato *et al.* (1996, 1997). (1) Sato (1989); (2) Yanagisawa and Suzuki (1987), Yanagisawa *et al.* (1989); (3) Kurita and Matsuoka (1994); (4) Tomida (1986); (5) Kato *et al.* (1996); (6) Kurita and Miwa (1998); (7) Kaiho (1984); (8) Okada and Kaiho (1992); (9) Shibata and Tanai (1982); (10) Sawamura (1984).





第8図 常磐地域新第三系の年代層序。地質年代：Berggren *et al.* (1995); 地磁気極性年代尺度：Cande and Kent (1992, 1995); 放散虫化石帯区分：Sanfilippo and Nigrini (1998), Kamikuri *et al.* (2004); 石灰質ナノ化石帯区分：Okada and Bukry (1980), 年代は Berggren *et al.* (1995), 斎藤 (1999); 浮遊性有孔虫化石帯区分：Blow (1969), 年代は Berggren *et al.* (1995); 珪藻化石帯区分：Yanagisawa and Akiba (1998), 年代は Watanabe and Yanagisawa (2005) により一部改訂。

Fig. 8 Neogene chronostratigraphy in the Joban area. Geological age: Berggren *et al.* (1995); Magnetic polarity/Chron: Cande and Kent (1992, 1995); Radiolarian zonation: Sanfilippo and Nigrini (1998) and Kamikuri *et al.* (2004); Nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980), Ages are after Berggren *et al.* (1995), Saito (1999); Planktonic foraminiferal zonation: Blow (1969), Ages are after Berggren *et al.* (1995); Diatom zonation: Yanagisawa and Akiba (1998) partly revised by Watanabe and Yanagisawa (2005).

層下部とその下位の茶路層は石灰質ナンノ化石帯のCP16帯の中に入り、縫別層上部はCP16帯最上部に対比される (Okada and Kaiho, 1992). 更に縫別層中の安山岩のK-Ar年代として 32.6 ± 1.7 Ma (柴田・棚井, 1982) が報告されている. 以上の年代データから、白坂層の年代は前期漸新世初期と推定される.

浅貝層と白坂層からは渦鞭毛藻化石が産出し (Kurita and Matsuoka, 1994; 栗田・三輪, 1998), 浅貝層下部は *Trinovantedinium boreale* 帯に、浅貝層の中上部は *Hexagonifera?* sp. A 帯に、そして白坂層は *Systematophora ancyrea* 帯に対比される (Kurita, 2004). *Hexagonifera?* sp. A 帯の群集は石狩炭田の紅葉山層からも産出し、浅貝層の中上部は紅葉山層の「上部帯」と対比される (栗田・三輪, 1998). この紅葉山層の下位に位置する幌内層の中下部は、Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯区分のP.13帯からP.17帯の区間に当たる (Kaiho, 1984). また、石灰質ナンノ化石では、幌内層の群集のうち最も若いものはCP15b帯の上限直下に、最も古いものはCP14a帯にかかる (Okada and Kaiho, 1992). 以上のことは、幌内層の上位の紅葉山層が、石灰質ナンノ化石帯区分のCP16帯かそれより新期に対比されることを示す. 既述のように、白坂層はCP16帯に対比される可能性が高く、その下位の浅貝層中上部と紅葉山層の「上部帯」が渦鞭毛藻により対比されるので、紅葉山層は全体がCP16帯の年代範囲に収まる. したがって、紅葉山層に対比される浅貝層もCP16帯の年代範囲の中に入ると推定される. なお、紅葉山層の「上部帯」からは、 30.9 ± 1.3 Maと 30.7 ± 1.1 Maのフィッシュトラック年代が得られている (栗田・三輪, 1998). この年代は微化石年代よりもやや若い誤差の範囲では微化石年代と矛盾しない. また、浅貝層を特徴づける浅貝型貝類群は、漸新世の群集であるとされる (Mizuno, 1964). 更に、底生有孔虫化石からも浅貝層は紅葉山層に対比され、浅貝層の時代は漸新世とされている (Asano, 1949b; 浅野, 1962; Asano and Takayanagi, 1965).

石城層の時代は、本層上部から哺乳動物化石“*Anthracothea*” *tsuchiyai* Takai (MS) が産出することから後期始新世とされ (Takai, 1961), 斎藤ほか (1984) でも始新世末とされた. しかし、Tomida (1986) はTakai (1961) の標本を *Entelodon cf. orientalis* と同定し、この属が前期漸新世に出現し、しかも *E. orientalis* がモンゴルの下部漸新統から産出することから、石城層上部の地質時代を前期漸新世とした. このほか、いわき市教育文化事業団 (1991) の報告した石城層上部産の多種類の鳥類化石群の知られている出現時代の多くは漸新世に集中し、始新世には及んでいない. このように、脊椎動物化石の記録は石城層上部の時代が前期漸新世であることを示唆する.

一方、別項の環境変化の項で詳述するように、大型植物化石、花粉化石及び貝類化石群集の変化から、石城層の下部と上部の間で、陸上及び海中気候が冷涼化したことが推察され、このイベントが始新世/漸新世境界の世界的な冷涼化に対応している可能性が高い. したがって、この対比が正しいとすると、石城層の年代は、下部が最後期始新世、上部が最初期漸新世となる.

7.2. 湯長谷層群の年代

櫛平層からは、K-Ar年代として20.9 Ma (木村, 1988), フィッシュトラック年代として 20.8 ± 1.2 Ma及び 17.4 ± 1.0 Ma (久保ほか, 1994, 2002) が得られている (第8図).

水野谷層及び亀ノ尾層からは、NPD 2B帯 (18.4~16.9 Ma) に認定される珪藻化石が産出する (久保ほか, 1990; 秋葉, 1985). また亀ノ尾層からは *Stichocorys delmontensis* 帯から *S. wolffii* 帯に対比される放散虫化石が産出する (竹谷ほか, 1990; 竹谷, 1995).

本谷層は、放散虫化石層序では *S. delmontensis* 帯から *S. wolffii* 帯に、石灰質ナンノ化石層序ではCN1帯あるいはCN2帯に対比され、浮遊性有孔虫化石層序ではN. 6帯よりも古い層準を示す化石が産出する (竹谷ほか, 1990; 竹谷, 1995). また、本研究により、模式地の本谷層からNPD 2B帯に相当する珪藻化石群集が産出した. このほか久保ほか (2002) は本谷層と推定される泥岩から同様の珪藻化石を報告している.

三沢層からは現在のところ、年代推定に利用できる微化石は産出していないので、本層群の上限の年代は不確実である. ただし、湯長谷層群の上位の白土層群から産出している前期中新世末を示す微化石が制限を与える. 以上のデータから、湯長谷層群の年代は前期中新世の後期であると言える.

なお、いわき市四倉町紫竹付近に分布する紫竹層 (Tanai and Onoe, 1959) は、五安層の直下に位置し、層序的には櫛平層と同じ層準に位置するが、23.4 Maのフィッシュトラック年代を示し (木村, 1988), 明らかに湯長谷層群最下部の櫛平層よりも古い年代を持つ. また、紫竹層は冷涼な気候を示す阿仁合型植物群を産し (Tanai and Onoe, 1959), 温暖な気候を示唆する台島型植物群に類似する植物群を産する櫛平層とは異なる植物群を産する. 以上の点から、紫竹層は湯長谷層群よりも古い地層であると考えられている (鈴木, 1989; 矢部ほか, 1995a, b; 小笠原, 2000; 小笠原ほか, 2001). この紫竹層の年代は、基礎試錐「相馬沖」で 24.2 ± 0.4 Maまたは23.6 Maのストロンチウム同位体年代を示すB4層 (加藤ほか, 1997) の年代に極めて近い.

7.3. 白土層群の年代

本層群下部の吉野谷層の凝灰岩からジルコンフィッ

シオントラック年代 15.9 ± 0.7 Maが報告されている(久保ほか, 2002). 一方本層群上部の南白土層からは, NPD 3A帯の上部(16.5~16.3 Ma)に相当する珪藻群集が産する(小泉, 1986). また, 竹谷ほか(1990)によれば, 本層は石灰質ナノ化石ではCN 3帯に, 放散虫化石では*Stichocorys wolffi*帯に, 浮遊性有孔虫化石ではN.10帯より下位に対比される. これらの微化石年代は, フィッシュントラック年代と誤差の範囲で矛盾せず, 本層の地質時代は前期中新世の末期と考えられる.

7.4. 高久層群の年代

上高久層及び沼ノ内層からNPD 3A帯の上部に属する珪藻化石群集が産する(久保ほか, 2002). また, Kato (1980), 小泉(1986)及び竹谷ほか(1990)によれば, 本層群最上部の下高久層は, 浮遊性有孔虫ではN. 8 - N.9帯, 珪藻ではNPD 3A帯からNPD 3B帯, 石灰質ナノ化石ではCN 3帯, 放散虫では*Stichocorys wolffii*帯から*Calocycletta costata*帯に対比される. したがって本層群の地質時代は前期中新世末から中期中新世初頭と言える.

7.5. 多賀層群の年代

多賀層群からは各種微化石が多産し, Kato (1980), Maruyama (1984), 竹谷ほか(1986, 1990), 柳沢ほか(1989, 2004), 柳沢(1996, 2000)及び柳沢・栗原(2002)などによって微化石層序の検討が行われてきた. その結果, いわゆる多賀層群の中には多くの堆積間隙が存在することがわかってきている(第8図).

多賀層群の最下部は, 珪藻化石帯のNPD 3B帯の上部にあたり, 下位の多賀層群最上部の下高久層と同じ珪藻化石帯に属するので, 高久層群と多賀層群との間の時間間隙は極めて小さいと考えられる. 一方, 多賀層群とされる堆積物のうち, 最も新しいものは, 珪藻化石帯のNPD 7Ba帯に属する. したがって, 多賀層群の年代範囲は約16 Maから約6 Maまでの1,000万年間に及ぶ. ただし, この間に連続的に堆積が起っていたわけではなく, 多賀層群中には少なくとも9回の時間間隙(hiatus)が認められる.

7.6. 仙台層群の年代

仙台層群下部の竜の口層は, 珪藻化石帯区分NPD 7Bb帯に対比できる(柳沢, 1990, 1998; 大石ほか, 1996). また, 層序学的に有効な生層準の1つである*Thalassiosira temperei*の終産出層準が本層最下部に存在する. Yanagisawa and Akiba (1998)によれば, *T. oestrupii*の初産出(D77)と*T. temperei*の終産出層準の年代は, それぞれ5.5 Maと5.4 Maである. また, 岩手県北上市で竜の口層の下位にあり, 亀岡層に相当する石羽根層に挟在する凝灰岩のジルコンフィッシュン

トラック年代は, 5.6 ± 0.5 Maである(大石・吉田, 1998). 以上のデータと, 仙台層群下部の層厚が全体でも数10 mにすぎないことを総合的に考慮すると, 仙台層群下部の年代は, 後期中新世末から前期鮮新世の初期と考えられる. ただし, 年代の誤差の範囲を考慮すると仙台層群の基底は, ほぼ中新世/鮮新世境界に一致する可能性もある.

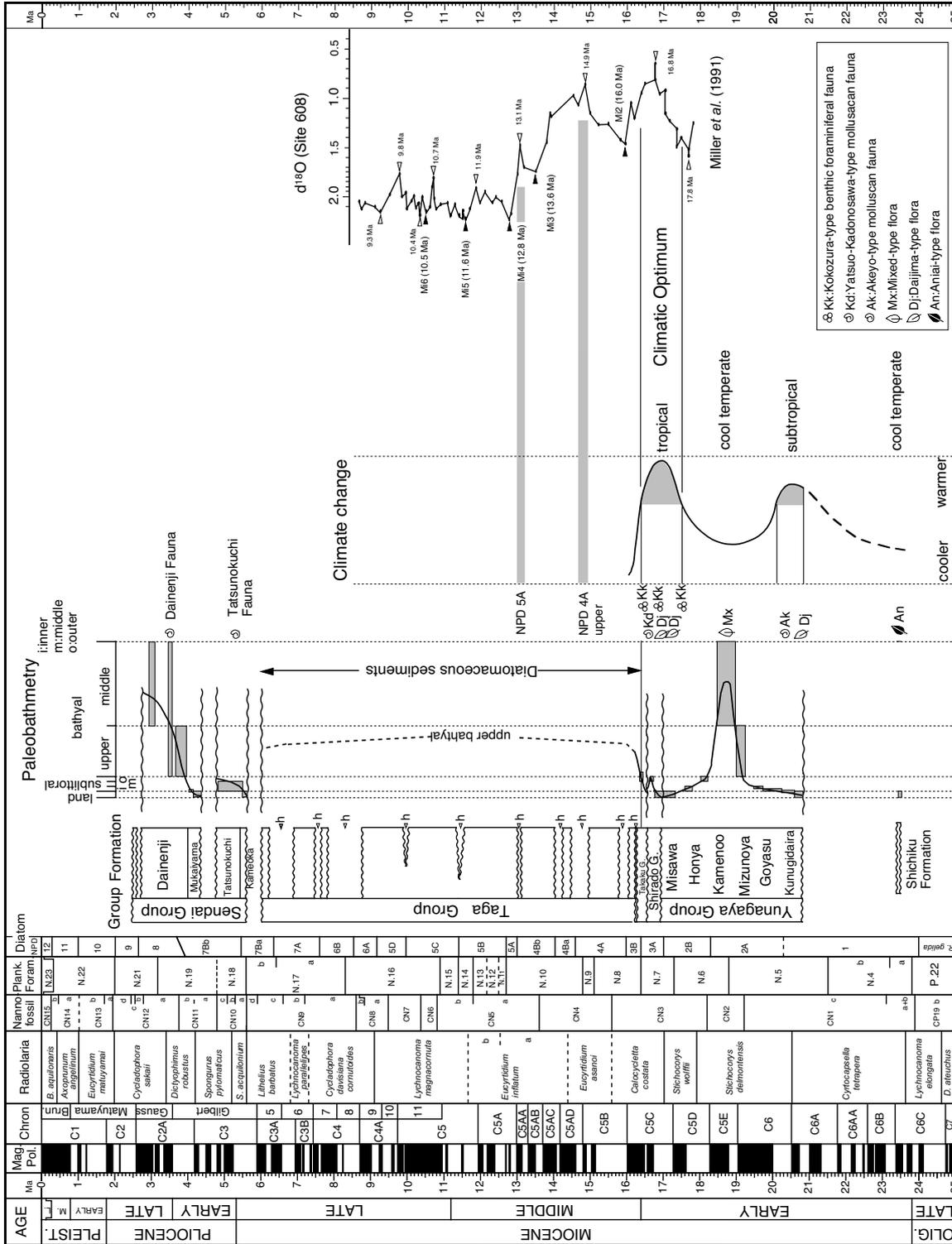
仙台層群上部の向山層については, 本層最下部に挟在する広瀬川凝灰岩部層のジルコンフィッシュントラック年代として 3.56 ± 0.5 Maが報告されている(檀原・岩野, 1995). また, 大年寺層の微化石層序の研究例は, Koizumi (1972), 竹谷ほか(1986), 柳沢(1990), 長谷川ほか(1993), 相田・竹谷(2001), 相田(2003)及び柳沢ほか(2003)など多数にのぼる. それらによれば, 大年寺層は, 北太平洋珪藻化石帯区分ではNPD 7Bb帯からNPD 8帯に, 低緯度珪藻化石帯区分(Barron, 1985)ではNTD 14 - 15A帯に相当する. また, 石灰質ナノ化石ではCN11 - CN12a帯に, 浮遊性有孔虫化石ではN.19 - N.21帯に, 放散虫化石層序では, Riedel and Sanfilippo (1978)の*Sphaeropyle langii*帯が確認されている(第8図). また, 大年寺層には大規模な海底地すべり跡があり, そこを埋積している部分は, 珪藻化石層序ではNPD 9帯及びNTD15B帯に対比される(柳沢, 1990; Kohno and Yanagisawa, 1997; 柳沢ほか, 2003). また, 大年寺層最下部には, 広域テフラ層であるZnp - 大田テフラ層(3.95 Ma)に対比されるSF 5テフラ層が挟在している(長橋ほか, 2004). 以上の微化石層序及びテフラ層序から, 仙台層群上部の時代は前期鮮新世末から後期鮮新世と推定される.

8. 常磐地域第三系の古環境の変遷と化石群の変遷

8.1. 白水層群下部の始新世/漸新世境界付近の冷涼化

石城層下部の植物化石群(横山, 1920; 遠藤, 1950; Huzioka, 1961)は, *Woodwardia*, *Onoclea*などのシダ植物の化石が含まれておらず, 釧路炭田の浦幌層群の雄別・尺別化石植物群に近似している(棚井, 1952, 1992). 一方, 花粉化石では, 石城層下部の群集は*Quercus*と温かい要素の花粉を多く含む*Tricolpate pollen*が群集の大半を占めて温暖な組成を示すのに対し, 石城層上部の群集は暖かい要素の*Quercus*と*Tricolpate pollen*が急減し, *Pinaceae*と*Taxodiaceae*が急増して温 - 冷温帯性の組成となり, これは浅貝層と白坂層の群集でも共通である(佐藤, 1989). このことは, 石城層の下部と上部の間で花粉群集が冷涼化したことを示す. 一方, 貝類化石群集は, 石城層下部の下半部ではまだ温暖な水塊の影響を受けているが, 石城層上部の中位より上位の群集は寒冷な水塊の影響を受けた環境に生息していた可能性が高く(根本・大原,

常磐地域の第三系の地質と年代層序(須藤ほか)



第9図 常磐地域新第三系の古環境変化。根本ほか (1996)、竹谷ほか (1986, 1990) を基にした。酸素同位体比曲線は Miller *et al.* (1991)、高橋 (2003) による。

Paleoenvironmental change of the Neogene sediments in the Joban area based mainly on Nemoto *et al.* (1986, 1990), Taketani *et al.* (1986, 1990) with oxygen isotopes curve proposed by Miller *et al.* (1991) and Takahashi (2003).

2001), 環境が冷涼化した層準は石城層上部の中位にある可能性がある。

こうした化石群集の変化から示唆される気候の冷涼化は、微化石による浅貝層及び白坂層の推定年代が始新世/漸新世境界に極めて近いことから、いわゆる“Terminal Eocene Event”(Wolfe, 1978など)に対比できるものと考えられる。このイベントは陸上気候ばかりでなく、酸素同位体記録に代表される海中気候にも顕著に現れるグローバルなイベント(Oi-1イベント)であり(Zachos *et al.*, 2001など)、その原因は南極周回流の成立によって南極大陸に最初に氷床が発達し始めたことにあると考えられる(Prothero and Berggren, 1992)。

日本でも、このイベントに対応する始新世末から漸新世初期における気温の低下が、北日本の古植物化石群集の変化の中でとらえられている(棚井, 1992)。このように、始新世末から前期漸新世初頭にかけての冷涼化イベントが、石城層の下部と上部の間での花粉群集の冷涼化や、石城層上部の中部での貝類化石群集の冷涼化に対比できるとすれば、始新世/漸新世境界は石城層下部と石城層上部の境界、あるいは石城層上部の中部にあるものと推定される。

なお、南極に氷床が発達すれば、海水がトラップされて海水準が下がることが予想されるが、実際には石城層下部から上部への岩相変化は海進的であり、その上位の浅貝層及び白坂層にかけても全体として海進的な岩相変化を示す。このことは、白水層群の堆積が、気候変動に伴うグローバルな静海水準変動に規制されているのではなく、むしろ地域的なテクトニクスによる堆積盆の沈降に支配されている可能性が高いことを示唆しているのかもしれない。

8.2. 新第三紀の古水深変化

新第三紀については、さまざまな化石資料から古水深の変化を復元できる(第9図)。以下、古水深の変化を、主に根本ほか(1996)のまとめと竹谷ほか(1986, 1990)のデータに基づいて概観してみる。

まず、前期中新世-中期中新世初期の湯長谷層群、白土層群及び高久層群堆積時の古水深変化については、根本ほか(1996)がまとめている。それによれば、この時期の堆積深度の変化は以下のとおりである。紫竹層と柵平層下部は、現地性樹幹化石を含むことや堆積相から陸成の河川性の環境が推定される。柵平層上部では、亜熱帯性の潮干帯を示す貝類化石群集を産し、この時期に海進が始まったことがわかる。その上位の五安層は浅海性の砂岩からなり、下部からはカキのような汽水ないし内湾性貝類化石、上部からは砂質底の浅海を示す貝類化石が産出し(O'Hara and Nemoto, 1984)、海進が更に進んだことが推定される。更に水野谷層から亀ノ尾層にかけては、亜浅海帯→上部漸深海

帯→中部漸深海帯へと急激に水深が深くなったことが、底生有孔虫群集の変化から示唆される(竹谷ほか, 1990)。これは亀ノ尾層の貝類化石が大陸棚外縁の200~400 m程度の深度を指示する非浅海の群集であることから支持される(小笠原・増田, 1989)。その上位の本谷層下部では、底生有孔虫化石群集は引き続き中部漸深海帯の深度を示すが、本谷層中部では中部漸深海帯を示す底生有孔虫群集と外部亜浅海帯を示唆する底生有孔虫群集が、地理的にも層準的にも近いところに産出しており、これは堆積盆全体の浅海化が始まり、早く浅海化した部分から浅海の底生有孔虫が深海へ間欠的に流れ込んだためと推定されている(竹谷ほか, 1990)。本谷層上部になると、底生有孔虫群集は内部亜浅海帯の組成に変化し、堆積深度が急激に浅海化したことを示す(竹谷ほか, 1990)。その上位の三沢層では砂岩が多くなって海退が進み、三沢層上部では礫質となり樹幹化石を産することから、この層準では陸成層となっていたと推定される。以上のように、湯長谷層群は海進海退の1つのサイクルをなし、その最大海進は亀ノ尾層の層準にあり、ここでは中部漸深海帯の深度の貧酸素ないし無酸素の状態では薄葉泥岩が堆積した。

白土層群の吉野谷層は凝灰質の陸成層であり、海岸部では湯長谷層とは整合的な関係にあるが、内陸部では明らかに不整合の関係にあることから、吉野谷層堆積前に内陸部は陸化し浸食が起こっていたことがわかる。南白土層下部からは珪藻化石が産出し、淡水性から汽水性へと環境が変化したことが読みとれる(久保ほか, 2002)。この時期には河川性から汽水性のラグーンが発達していたと推定される。南白土層上部では、その下部の層準から *Vicarya* を含む亜熱帯性の潮干帯を示す貝類化石群集(高橋, 1984)、上部層準では亜沿岸帯を示す底生有孔虫化石が産出することから(竹谷ほか, 1990)、更に海進が進んだことがわかる。

高久層群の上高久層は、下位の南白土層を軽微な不整合で覆うので、両層の間に短期間常磐地域は陸化し、陸上での浸食が起こったことが示唆される。上高久層は、礫岩や粗粒砂岩を主とする海成層で、浅海での堆積が推定される。その上位では、沼の内層の細粒砂岩から下高久層の泥岩へと粒度が細粒化してゆくこと、更に下高久層からは上部漸深海帯を示す底生有孔虫群集が検出されることから、急激な海進が起こったことがわかる(竹谷ほか, 1990)。

多賀層群からは、底生有孔虫群集の産出は少ないものの、すべて上部漸深海帯の深度を示しており(竹谷ほか, 1990)、本層群堆積中の常磐地域は終始この堆積深度に置かれていたものと推定される。したがって、多賀層群中に見られる堆積間隙は海底で生じたハイエイタスであると考えられる。こうしたハイエイタスは海域でも認識されているが(亀尾・佐藤, 1999)、その成因は

まだ明らかにされていない。なお、多賀層群中部では、Pectinidaeを主とする浅海性の貝類化石群集を含む粗粒砂岩がある(栗原・柳沢, 2002), これは浅海からの流れ込みであると考えられる。

鮮新世の仙台層群は、竜の口層と向山層の間の顕著な不整合により下部(亀岡層, 竜の口層)と上部(向山層, 大年寺層)の2つのサイクルに分けられ、いずれのサイクルも海進的である。下部のサイクルは河川成堆積物の亀岡層から始まり、海進して内湾性の竜の口層となる。上部のサイクルはこれを不整合に覆い、やはり河川成の向山層から海成堆積物の大年寺層に変化する。大年寺層は内湾性の竜の口層と異なり、外洋性であって最も深い部分では中部漸深海帯に及んでいるものと推定される(竹谷ほか, 1986)。

8. 3. 前期中新世-中期中新世の古気候変化

次に、前期中新世-中期中新世の湯長谷、白土、高久層群の古気候変化を、植物、貝類、有孔虫及び珪藻化石群集の変化から総括する(第9図)。

23.4 Maのフィッシュントラック年代を示す紫竹層(木村, 1988)は阿仁合型植物群を産するので、この時期には冷涼な気候が示唆される(Tanai and Onoe, 1959)。柵平層では、模式地の柵平層からいわゆる温暖な台島型植物群に類似する植物群を産する(矢部ほか, 1995a; 植村, 2001)。また、柵平層模式地において上部から*Vicarya*を含む亜熱帯性の貝類化石群(矢部ほか, 1995a)、山田町付近では*Vicarya* sp.のほかに*Nipponomarcia nakamurai*, *Dosinia* sp., *Cyclina lunulata*, *Hiatula minoensis*など門ノ沢地域の四ツ役層に対比できる貝類群集を産する(矢部ほか, 1995b)。これらの柵平層貝類化石群集は*Vicarya*属の種は産するものの*Hataiarca*属(arcids)の種を欠いており、前期中新世の明世動物群(Itoigawa, 1988)に対比される(小笠原, 2000)。このことから、紫竹層から柵平層にかけて気候が温暖化し、一部亜熱帯性の気候になっていたことがわかる。

一方、その上位の五安層からは北海道の築別動物群に特徴的な*Spisula onnechiuria*, *Platyodon* cf. *nipponica*, *Penitella* cf. *kotakae*及び*Mytilus tichanovitchi*が産している(O'Hara and Nemoto, 1982, 1984)。この*Mytilus tichanovitchi*はサハリンの下部中新統から記載された種で関東地域では秩父や下仁田、更に房総半島の青木山層など、ほぼ18 Ma頃の下部中新統から産出が記録されている(Ogasawara et al., 2003)。これら、これまでに報告されている五安層の貝類化石群集は、少なくとも温帯性種属が卓越しており、この年代に日本列島全域にわたる冷温化事件が起こったことを示している(小笠原, 2000; Ogasawara et al., 2003)。

その上位の亀ノ尾層の貝類化石は、*Portlandia tokunagai*や*Cyclocardia* sp., *Lucinoma* sp. など、大陸棚外縁の

200~400 m程度の深度を指示する非浅海の群集であり(小笠原・増田, 1989), これらから当時の浅海域の海洋気候を推測することは困難である。しかし、亀ノ尾層の薄葉理泥岩からは植物化石が産出し、その組成は台島-阿仁合混合型と認定され(鈴木, 1989)、柵平層に比べ気候が冷涼であることが示唆されるので、引き続きやや冷涼な古気候であったと思われる。

なお、こうした湯長谷層群中部の泥岩相中の海生化石群集に見られる冷涼化は、海進が進んで古水深が深くなったために、深層に存在するやや冷たい水塊の性質を見ている可能性もある。しかし、光合成を必要とし表層に生息する浮遊性珪藻群集の組成は、指標種である暖流系種*Crucidenticula sawamurae*の産出が散点的であり、むしろ寒流系と推定される*Kisseleviella carina*が多産する。常磐地域より明らかに高緯度にあるODP Site 887では、*C. sawamurae*が連続多産している状況(Watanabe and Yanagisawa, 2005)を考慮すると、この時期の常磐地域の海洋表層はやはりやや冷涼であったと判断される。

しかし、本谷層上部からは、温暖な九面(ここづら)型底生有孔虫群が産出し始める(竹谷ほか, 1990)。この群集は、Asano (1949a)がいわき市九面付近(第1図)に分布する九面層(高久層群相当層)から報告した底生有孔虫群で、熱帯-亜熱帯の古水温を示唆するとされ、いわゆるMid-Neogene climatic optimumに相当する(Nemoto and Hasegawa, 1991)。したがって、本谷層上部堆積期には再び古気候が熱帯-亜熱帯へ温暖化したことがわかる。このことは、上位の三沢層から台島型の植物化石が産することからも支持される(鈴木, 1989)。

なお、本邦下部中新統に特徴的なホタテガイ類である*Mizuhopecten kobiyamai*は三重県の一志層群や能登半島の下部中新統、渡島半島の吉岡層中部などから知られているが、その完模式標本は四ツ倉地域の本谷層から産出しており(Kamada, 1954)、今回の年代学的再検討でその年代が明らかになり、本種が下部中新統の温暖海域の特徴種であることも明瞭になったといえる。

白土層群からは、台島型の植物化石が報告されている(須貝ほか, 1957)。また、南白土層下部から、*Vicarya yokoyamai*などを含む熱帯-亜熱帯の古気候を示す典型的な八尾-門ノ沢型貝類群が(高橋, 1984)、更に、南白土層上部からは熱帯-亜熱帯を示唆する九面型底生有孔虫化石も産出する(竹谷ほか, 1990)。以上のことから白土層群堆積期は、湯長谷層群最上部に引き続き、熱帯-亜熱帯の温暖な古気候下にあったものと推定される。

高久層群では、その最上部の下高久層で九面型底生有孔虫化石が消滅し、替わって多賀層群に見られる*Cibicides subdepressus-Nodogenerina lepidula*群集が現れる(竹谷ほか, 1990)。また、珪藻群集でも下高久層上部で中-高緯度に起源し寒流系と推定される

*Denticulopsis*属が出現し、以後上位の多賀層群で多産するようになる(柳沢ほか, 1989; 竹谷ほか, 1990)。また、泥岩の岩相も下高久層上部から珪藻質に変化する。これらのことから、Mid-Neogene climatic optimumは下高久層の層準で終了し、中期中新世の寒冷化が始まったと考えられる。したがって、Mid-Neogene climatic optimumは本谷層上部から下高久層下部までの区間であることがわかる。本谷層上部の年代は必ずしも明確ではないが、微化石年代層序を総合すると17.5 Ma前後であり、下高久層上部の*Denticulopsis*属の出現(*D. praelauta*の出現、生層準D40)は16.4 Maなので、Mid-Neogene climatic optimumは約110万年程度継続したものと思われる。これは、北大西洋の酸素同位体比の記録(Miller *et al.*, 1991)と極めて調和的である。

これより上位の多賀層群堆積期では、北大西洋の酸素同位体比記録(Miller *et al.*, 1991)で15 Ma前後と13 Ma前後に一時的な温暖期が記録されている。常磐地域の化石記録ではこれらの温暖期は、それぞれ珪藻化石帯のNPD 4A帯上部、及びNPD 5A帯に存在する暖流系珪藻の*Crucidentricula*属の多産層準に対応しているのかもしれない(柳沢, 1996, 2000)。しかし、珪藻化石以外の記録ではこれらの温暖期は明瞭ではない。

以上のように、常磐炭田地域の中新統を模式的例として、柵平層(20 Ma)と南白土層(17.0~16.4 Ma)の2層準に*Vicarya*を含む貝類群集が認識されることが明白となった。更にこれら前期中新世の古気候的な変遷についても、既にOgasawara *et al.* (2003)で指摘したが、今回さまざまな化石記録を総合した結果、20 Ma頃に亜熱帯、19~18 Ma頃に暖温帯-中間温帯、17.5 Maに熱帯-亜熱帯、そして16.4 Maに冷温化したことが明確になった。また、特に、Mid-Neogene climatic optimumの開始年代(17.5 Ma)、終了年代(16.4 Ma)と継続期間(110万年間)が明瞭となった。

9. まとめ

本研究では、年代に曖昧な点を残していた下部中新統を中心に、常磐地域のいわき市平地区の野外調査と珪藻化石層序の研究を行い、第三系の分布、層序区分及び年代を再検討した。更に、本研究で得られた成果と既存のデータを総合し、現時点での常磐地域第三系の年代層序と古環境変遷について総括した。

- (1)従来の「平層」の1部層とされた「上矢田砂岩層」は特に部層として区分する必要はないと判断された。
- (2)平地区の水野谷層及び本谷層は珪藻化石帯のNPD 2B帯に、また、南白土層及び上高久層はNPD 3A帯の上位に属することが明らかになった。
- (3)白水層群下部の石城層中に認められる古気候の冷涼化イベントは、南極氷床の成立に伴う始新世/漸新世境

界のグローバルな冷涼化に対応する可能性が高い。

- (4)種々の化石記録を総合して新第三紀における常磐地域の古水深変化が明瞭に復元できた。
- (5)前期中新世の古気候変遷については、20 Ma頃に亜熱帯、19~18 Ma頃に暖温帯-中間温帯、17.5 Maに熱帯-亜熱帯、そして16.4 Maに冷温化したことが明確になった。

謝辞: 本研究に当たり、筑波大学生命環境化学研究科の菊地芳文博士には、貝化石の写真撮影の指導とウニ化石の鑑定をしていただいた。また、埼玉県立自然史博物館の栗原行人博士、地質情報研究部門の中島 礼博士、並びに筑波大学地層学研究室の皆様方には野外調査他多くの助言をしていただいた。更に、地質情報研究部門の吉川敏之編集委員には査読を通じて貴重なコメントをいただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

文 献

- 相田 優 (2003) 福島県双葉地域南部に分布する鮮新統の浮遊性有孔虫生層序. 日本地質学会2003年会予稿集, 78.
- 相田 優・竹谷陽二郎 (2001) 福島県内に分布する海成新第三系の微化石調査資料. 福島県立博物館調査報告集, no. 36, 1-53.
- 秋葉文雄 (1985) 亀ノ尾層(下部中新統)の珪藻化石群集: いわゆる *Kisseleviella carina* Zoneと *Thalassiosira fraga* Zoneの再検討. 日本珪藻学会第6回大会講演要旨, 18.
- Akiba, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. *In* Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T., *et al.*, *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., **87**, 393-480.
- 安藤寿男 (2002) 茨城県北部~福島県南部太平洋岸地域における常磐堆積盆の地質学的研究-文献リストと研究概観. 茨城県自然博物館研究報告, no. 5, 81-97.
- Ando, H. (2003) Stratigraphic correlation of Upper Cretaceous to Paleocene forearc basin sediments in Northeast Japan: cyclic sedimentation and basin evolution. *Jour. Asian Earth Sci.*, **21**, 921-935.
- 安藤寿男 (2005) 東北日本の白亜系-古第三系蝦夷前弧堆積盆の地質学的位置づけと層序対比. 石油技誌, **70**, 24-36.
- Asano, K. (1949a) New Miocene foraminifera from Japan. *Jour. Paleont.*, **23**, 423-430.

- Asano, K. (1949b) Foraminifera from the Asagai Formation (Tertiary) of Fukushima Prefecture, Japan. *Jour. Paleont.* **23**, 473-478.
- 浅野 清 (1962) 有孔虫化石群からみた日本の古第三系. 東北大理地質古生物邦文報告, no. 57, 1-32.
- Asano, K. and Takayanagi, Y. (1965) Stratigraphic significance of the planktonic foraminifera from Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Second Ser. (Geol.)*, **37**, 1-14.
- Barron, J. A. (1985) Miocene to Holocene planktic diatoms. In Bolli, H. M., Saunders, J. B. and Perch-Nielsen, K. eds., *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 763-809.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III and Aubry, M.-P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *SEPM Spec. Publ.*, no. 54, 129-212.
- Blow, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H. H. eds., *Proc. First Intern. Conference on Planktonic Microfossils*, **1**, 199-422. Leiden, Netherlands.
- Bukry, D. (1974) Stratigraphic value of silicoflagellates in nontropical regions. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **85**, 1905-1906.
- Cande, S. C. and Kent, D. V. (1992) A new geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **97**, 13917-13951.
- Cande, S. C. and Kent, D. V. (1995) Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- 檀原 徹・岩野英樹 (1995) 火砕流堆積物のFT年代測定—仙台層群広瀬川凝灰岩層の場合—。フィッシュン・トラックニュースレター, **8**, 25-34.
- 江口元起・庄司力偉 (1953) 常磐炭田における炭層堆積状態の研究(その1)—茨城県磯原町付近—。地質雑, **59**, 99-108.
- 江口元起・庄司力偉・鈴木舜一 (1953) 常磐炭田における炭層堆積状態の研究(その2)—福島県双葉郡廣野町付近—。地質雑, **59**, 544-551.
- 遠藤誠道 (1950) 常磐炭田白水層産化石植物群(要旨)。地質雑, **56**, 277-278.
- 藤田至則・加納 博・滝沢文教・八島隆一 (1988) 角田地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 99p.
- 船山政昭 (1993) 磐城沖ガス田。最近の我が国の石油開発, 18-19. 石油技術協会。
- Gladenkov, A. Y. (1998) Oligocene and lower Miocene diatom zonation in the North Pacific. *Stratigraphy and Geological Correlation*, **6**, 150-163.
- Gladenkov, A. Y. and Barron, J. A. (1995) Oligocene and early middle Miocene diatom biostratigraphy of Hole 884B. In Rea, D. K., Basov, I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F. eds., *Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Results*, College Station TX (Ocean Drilling Program), **145**, 21-41.
- Gradstein, F., Ogg, J. and Smith, A. (2004) A Geologic Time Scale, 589p. Cambridge Univ. Press.
- 半沢正四郎 (1954) 東北地方。日本地方地質誌, 344p. 朝倉書店。
- 長谷川善和・大石雅之・竹谷陽二郎・丸山俊明 (1993) 福島県双葉町より産出した鯨類化石。福島県立博物館調査報告, no. 23, 1-44.
- Hirayama, K. (1955) The Asagai Formation and its molluscan fossils in the northern region Joban Coal-field, Fukushima Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C.*, **4**, 49-130.
- 平山勝美 (1960) 阿武隈山地東縁地域に分布する第三系の地質学的研究(I) —特に層序及び構造発達史について—。立教大研報(自然), no. 7, 11-65.
- 平山勝美 (1961) 阿武隈山地東縁地域に分布する第三系の地質学的研究(II) —特に層序及び構造発達史について—。立教大研報(自然), no. 8, 19-45.
- 平山勝美 (1981) 常磐炭田地方の第三紀貝類化石群。貝類の研究(大森昌衛教授還暦記念論文集), 265-270.
- 保柳康一・荒戸裕之・栗田裕司・柳沢幸夫・亀尾浩司 (2003) 後期新生代の気候変動・海水準変動・海洋循環と北西太平洋縁辺の関係解明をめざす前弧陸棚トランセクト掘削。月刊地球(号外), no. 40, 281-285.
- Huzioka, K. (1961) A new Paleogene species of the genus *Comptonia* from Joban coal-field, with reference to the stratigraphical consideration of the Tertiary *Comptonia* in northeastern Japan. *Jour. Min. Coll. Akita Univ.*, (A), **1**, 60-68.
- Itoigawa, J. (1988) The Miocene Kadonosawa Fauna of Japan. Saito Ho-on Kai Spec. Pub. (Prof. T. Kotaka Commem. Vol.), 397-403.
- Iwai, J. (1950) Kamen-o Formation (Tertiary) of the Joban coal-field. *Short Papers IGPS*, no. 1, 59-77.
- 岩生周一・松井 寛 (1961) 5万分の1地質図幅「平・川前(付井出)」及び同説明書, 地質調査所, 103p.
- いわき市教育文化事業団 (1991) 石城層動物化石発掘調査報告。いわき市教育委員会, 17p.
- 岩崎哲治 (1992) 第IV編2-3 常磐・鹿島沖。改訂版日本の石油・天然ガス資源, 205-211. 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会。
- 岩田尊夫 (1995) 常磐沖堆積盆における下部中新統のシーケンス層序解析。地質学論集, no. 45, 223-237.
- 岩田尊夫・平井明夫・稲場土誌典・平野真史 (2002) 常磐

- 沖堆積盆における石油システム. 石油技誌, **67**, 62-71.
- Kaiho, K. (1984) Paleogene foraminifera from Hokkaido, Japan. Part. 1. Lithostratigraphy and biostratigraphy including description of new species. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Second Ser. (Geol.)*, **54**, 95-139.
- Kamada, Y. (1954) *Patinopecten kobiyamai*, a new Miocene scallop from the Joban Coal-field, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 15, 173-178.
- Kamada, Y. (1962) Tertiary marine mollusca from the Joban Coal-Field, Japan. *Spec. Papers. Palaeont. Soc. Japan*, no. 8, 1-187.
- 鎌田泰彦 (1972) 常磐炭田における櫛平層の設立と滝夾炭層の層位的位置. 岩井淳一教授記念論文集, 389-402.
- 亀尾浩司・佐藤時幸 (1999) 石灰質ナンノ化石層序の最近の知見とその応用 一特に常磐海域坑井の新第三系・第四系層序について一. 石油技誌, **64**, 16-27.
- Kamikuri, S., Nishi, H., Motoyama, I. and Saito, S. (2004) Middle Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the Northwest Pacific Ocean, ODP Leg 186. *The Island Arc*, **13**, 191-226.
- Kanno, S. (1961) On some consideration of the molluscan fauna from the Asagai Formation. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, no. 42, 73-78.
- Kano, K. (1986) Phosphatic nodules from the early Miocene Kamenoo Formation near Nakoso, Joban Coal Field, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **37**, 455-465.
- 加藤道雄 (1979) 常磐地域 (2) 高萩, 磯原, 高久, 四倉. 土 隆一 (編). 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料, 36-43.
- Kato, M. (1980) Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Takaku and Taga Groups in the Joban Coal Field, Northeast Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **50**, 35-95.
- 加藤 進・秋葉文雄・守屋成博 (1996) 相馬沖海域における上部白亜系・新生界の層序と地質構造. 地質雑, **102**, 1039-1051.
- 加藤 進・田澤孝一・中野孝教 (1997) 基礎試錐「相馬沖」における新生代ストロンチウム同位体層序. 地質雑, **103**, 1046-1052.
- 木村勝弘 (1988) 油田地域における基盤の地史的な構造変化の研究. 石油公団石油開発技術センター年報, 昭和62年度, 14-16.
- 北村 信・石井武政・寒川 旭・中川久夫 (1986) 仙台地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 134p.
- Kohno, N. and Yanagisawa, Y. (1997) The first record of the Pliocene Gilmore fur seal in the western North Pacific. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. C (Geol. & Paleont.)*, **23**, 119-130.
- Koizumi, I. (1972) Marine diatom flora of the Pliocene Tatsunokuchi Formation in Fukushima Prefecture. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 86, 340-359.
- 小泉 格 (1981) 常磐地域 (1) 高萩, (2) 磯原, (3) 泉・植田, (4) 四倉. 土 隆一編, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料, 18-27.
- 小泉 格 (1986) 常磐炭田新第三系の珪藻年代層序一湯長谷・白土・高久層群一. 北村信教授記念地質学論文集, 175-191. 北村信教授退官記念事業会.
- 小松直幹 (1979) 常磐・北上沖の堆積盆地について. 石油技誌, **44**, 268-271.
- 小松原純子 (1997) 常磐炭田石城層の流路充填堆積物. 堆積学研究, no. 45, 29-36.
- 紺野芳雄 (1938) 常磐炭田第六区磐城国雙葉郡久ノ浜町附近地質図ならびに説明書. 地質調査所, 1-21.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・山元孝広・滝沢文教 (1990) 原町及び大甕地質の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 155p.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・高橋 浩 (1994) 浪江及び磐城富岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 104p.
- 久保和也・柳沢幸夫・利光誠一・坂野靖行・兼子尚知・吉岡敏和・高木哲一 (2002) 川前及び井出地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 136p.
- 久家直之 (1981) 福島県双葉郡広野町の「多賀層群」の貝類化石. 貝類の研究 (大森昌衛教授還暦記念論文集), 259-264.
- 栗原行人・柳沢幸夫 (2002) 常磐地域高萩地区の中部中新統多賀層群下手綱層のイタヤガイ類化石群集と珪藻化石年代. 地質雑, **108**, 421-434.
- Kurita, H. (2004) Paleogene dinoflagellate cyst biostratigraphy of northern Japan. *Micropaleont.*, **50**, supplement no. 2, 3-50.
- Kurita, H. and Matsuoka, K. (1994) *Trinovantedinium boreale* Bujak-dominant dinoflagellate assemblages in Eocene-Oligocene stratified water in northern Japan. *Review of Palaeobot. Palynol.*, **84**, 129-153.
- 栗田裕司・三輪美智子 (1998) 北海道夕張炭田地域, 漸新統紅葉山層の渦鞭毛藻化石層序と年代. 地質雑, **104**, 56-59.
- 横山次郎 (1920) 常磐石炭層の時代. 地質雑, **27**, 103-110.
- Makiyama, J. (1934) The Asagaian Molluscs of Yotukura and Matchigar. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B*, **10**, 121-167.
- Maruyama, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 2). *Sci.*

- Rep. Tohoku Uni., Second Ser. (Geology)*, **55**, 77-140.
- 丸山俊明・並川貴俊・高柳洋吉 (1988) 常磐炭田南部に分布する多賀層群の珪藻化石層序と古海洋事件. 日本地質学会東北支部会報, no. 18, 22-24.
- 松井 寛 (1953) いわゆる多賀層群について. 地理学, **1**, 65-75.
- Miller, K. G., Wright, J. D. and Fairbanks, R. G. (1991) Unlocking the ice house: Oligocene-Miocene oxygen isotopes, eustasy, and margin erosion. *Jour. Geophys. Res.*, **96**, 6829-6848.
- 三田正一 (1951) 常磐炭田双葉地区北部地質調査報告. 地調報告, no. 140, 1-44.
- Mitsui, S. (1971) Studies on the mechanism of deformation of sedimentary rocks in the Iwaki Area of Joban Coal-Field, Fukushima Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd Ser. (Geol.)*, **42**, 199-272.
- 三井 忍 (1972) 常磐炭田の地質構造に関する2・3の問題. 岩井淳一教授退官記念論文集, 87-96.
- Mitsui, S. (1973) On the Taga Group in the Yotsukura district of the Joban Coal-field, Fukushima Prefecture. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **79**, 513-519.
- 三井 忍・大内啓司 (1971) 常磐炭田泉地区の“多賀層群”について. 高知大学術研究報告, 自然科学, **21**, 171-177.
- Mitsui, S. and Ouchi, K. (1972) On the so-called Taga Group in the Izumi-Ueda district of the Joban Coal-field, Fukushima Prefecture. *Res. Rep. Kochi Univ., Nat. Sci.*, **21**, 147-157.
- Mitsui, S., Ouchi, K. and Endo, S. (1973) Stratigraphy and geological age of the Taga Group in the Joban Coal-field of Fukushima and Ibaraki Prefectures. *Res. Rep. Kochi Univ., Nat. Sci.*, **22**, 103-124.
- Mizuno, A. (1964) Summary of the Paleogene molluscan faunas in North Japan. *Rep. Geol. Surv. Japan*, no. 207, 1-28.
- Motoyama, I., Niitsuma, N., Maruyama, T., Hayashi, H., Kamikuri, S., Shiono, M., Kanamatsu, T., Aoki, K., Morishita, C., Hagino, K., Nishi, H., Oda, M. (2004) Middle Miocene to Pleistocene magneto-biostratigraphy of ODP Sites 1150 and 1151, northwest Pacific: Sedimentation rate and updated regional geological timescale. *The Island Arc*, **13**, 289-305.
- 長橋良隆・高橋友啓・柳沢幸夫・黒川勝己・吉田武義 (2004) 福島県太平洋岸の鮮新統大年寺層に挟在する広域テフラ層. 地球科学, **58**, 337-344.
- 中村新太郎 (1913) 常磐炭田第壹区磐城国岩城郡湯本付近地質図. 地質調査所, 46p.
- Nemoto, N. and Hasegawa, S. (1991) Faunal changes of Neogene benthic foraminifera and paleo-environment in Joban district, Northeast Japan. *V-CPNS 246 Abstract Vol.*, 80-81.
- 根本直樹・竹谷陽二郎・柳沢幸夫・相田 優 (1996) 常磐地域の第三系. 森 啓・長濱裕幸編, 日本地質学会第103年学術大会見学旅行案内書, 仙台, 139-153.
- 根本修行・大原 隆 (1979) 常磐炭田双葉地区の浅貝層の貝化石. 千葉大教養研究報告, **B-12**, 45-60.
- 根本修行・大原 隆 (1988) 多賀層群ニツ沼砂層産イタヤガイ科化石. 平地学同好会会報, no. 17, 13-31.
- 根本修行・大原 隆 (1996) 常磐炭田双葉地区に分布する白水層群の堆積サイクル. 平地学同好会会報, no. 21, 21-25.
- 根本修行・大原 隆 (1998) 下部中新統・亀ノ尾層の縞模様と堆積環境. 平地学同好会会報, no. 22, 35-43.
- 根本修行・大原 隆 (2001) 常磐地方北部地域の白水層群にみられる貝化石群集と堆積環境. 平地学同好会会報, no. 23, 21-51.
- 根本修行・佐藤 篤・大原 隆 (1998) 常磐地方の模式中山層から産した貝化石とその堆積環境. 地学同好会会報, no. 22, 3-25.
- 根本修行・佐藤 篤・大原 隆 (2001) 常磐地方高久層群沼ノ内層から産出した貝化石とその堆積環境. 平地学同好会会報, no. 23, 53-65.
- 小笠原憲四郎 (2000) 東柱類の古地理と北西太平洋地域第三紀地史事件. 足寄動物化石博紀要, no. 1, 25-34.
- 小笠原憲四郎・増田孝一郎 (1989) 東北地方新第三系貝類化石群の古水深指標とその適応. 地質学論集, 第32号, 217-227.
- 小笠原憲四郎・久田健一郎・中野孝教・植村和彦 (2001) 本州下部中新統の堆積環境復元と今後の課題. 本州下部中新統の堆積環境復元(平成11年度~12年度科学研究費補助金研究成果報告書), 38-43.
- Ogasawara, K., Ugai, H. and Kurihara, Y. (2003) Short-term early Miocene climatic fluctuations in the Japanese Islands. *Proceedings of the 8th International Congress on Pacific Neogene Stratigraphy, Chiang Mai, 2003*, 181-190.
- O'Hara, S. and Nemoto, N. (1982) Molluscan fossils from the "Goyasu Formation" in the Futaba district of the Japan Coalfield. *Jour. Coll. Art. Sci. Chiba Univ., Ser. B*, **15**, 57-64.
- O'Hara, S. and Nemoto, N. (1984) Molluscan fossils from the type Goyasu Formation of the Joban Coalfield. *Jour. Coll. Art. Sci. Chiba Univ., Ser. B*, **17**, 45-61.
- 生出慶司・藤田至則 (1975) 岩沼地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 27p.
- 大石雅之・吉田裕生 (1998) 北上低地帯中流域の鮮新・更新統のフィッシュン・トラック年代. 岩手県立博物館調査研究報告書, **14**, 55-59.

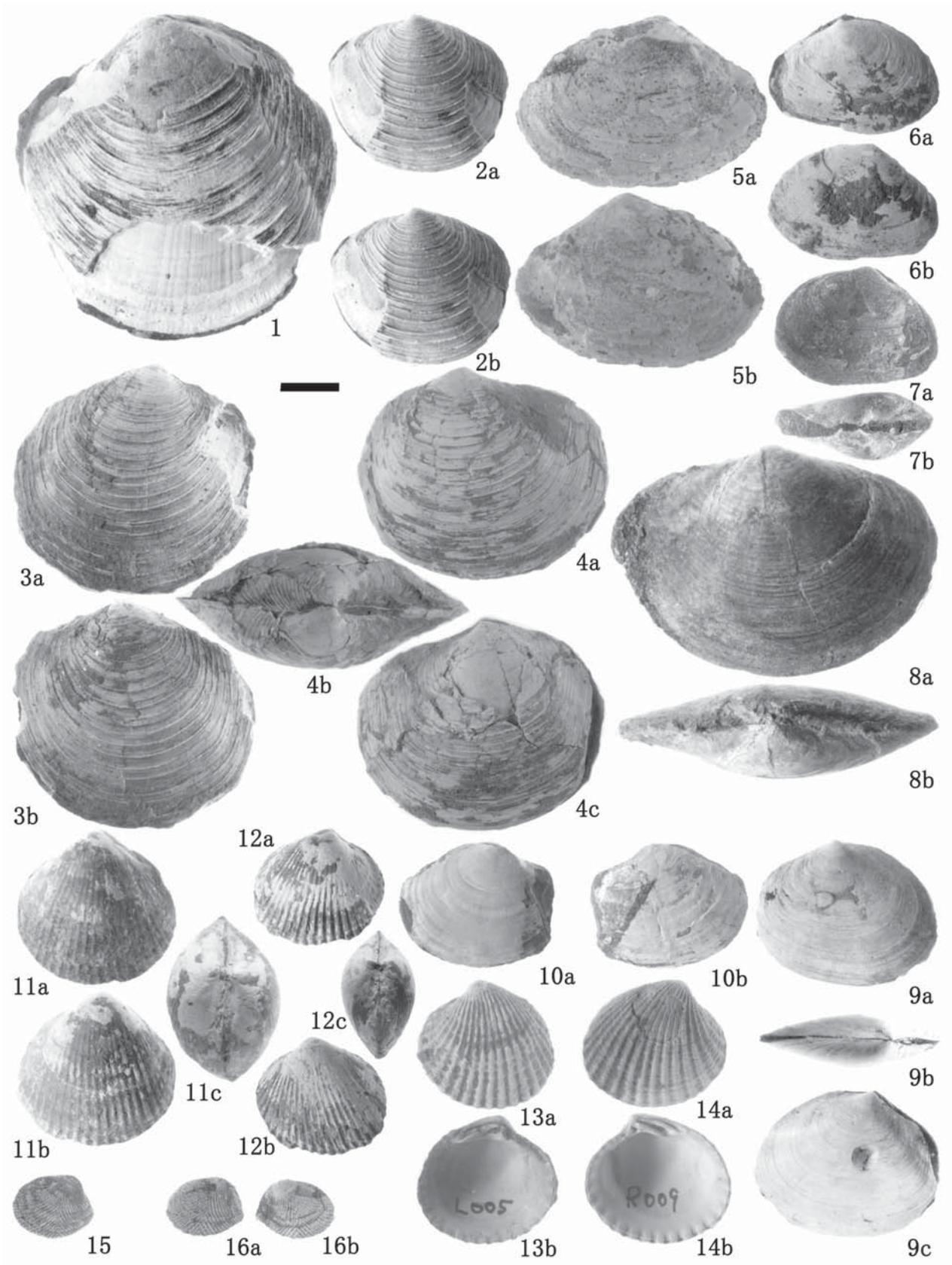
- 大石雅之・吉田裕生・金 光男・柳沢幸夫・杉山了三 (1996) 北上低地帯西縁に分布する鮮新-更新統の地質と年代：いわゆる“本畑層”の再検討。地質雑，**102**, 330-345.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude cocolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1975). *Mar. Micropaleont.*, **5**, 321-325.
- Okada, H. and Kaiho, K. (1992) Paleogene calcareous nannofossils from Hokkaido, Japan. In Ishizaki, I. and Saito, T. eds., Centenary of Japanese Micropaleontology, Terra Scientific Publ. Co., Tokyo, 461-471.
- 大森昌衛 (1954) 常磐炭田の構造発達史についての一解釈—特に、多賀層群と高久層群との関係について—。東京教育大理地質鉱物研究報告, no. 3, 75-83.
- 大森昌衛・鈴木康司 (1950) 阿武隈台地の南縁(日立市付近)に分布する多賀統の層序学的研究—阿武隈台地の西南縁に分布する新生界の地史学研究 その1—。地質雑，**56**, 369-378.
- 大森昌衛・堀越和衛・鈴木康司・藤田至則 (1953) 阿武隈山地西南縁の棚倉破碎帯について—阿武隈山地西南縁の新生界の地史学研究(その3)—。地質雑，**59**, 217-223.
- 大澤正博・中西 敏・棚橋 学・小田 浩 (2002) 三陸～日高沖前弧堆積盆の地質構造・構造発達史とガス鉱床ポテンシャル。石油技誌，**67**, 38-51.
- Prothero, D. R. and Berggren, W. A. eds. (1992) Eocene-Oligocene climate and biotic evolution. Princeton Univ. Press, 568p.
- Riedel, W. R. and Sanfilippo, A. (1978) Stratigraphy and evolution of tropical Cenozoic radiolarians. *Micropaleont.*, **23**, 61-96.
- 斎藤常正 (1999) 最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序。石油技誌，**64**, 2-15.
- 斎藤常正・岡田尚武・海保邦夫 (1984) 日本の古第三系の生層序と国際対比。山形大学，137p.
- Sanfilippo, A. and Nigrini, C. (1998) Code numbers for Cenozoic low latitude radiolarian biostratigraphic zones and GPTS conversion tables. *Mar. Micropaleont.*, **33**, 109-156.
- 佐藤誠司 (1989) 常磐炭田第三系の花粉層序学的研究。地質雑，**95**, 171-187.
- 沢村孝之助 (1984) 北海道東部の津別層群における珪質鞭毛藻化石による漸新・中新両統の境界。石油資源開発株式会社技術研究所研究報告, no. 1, 68-71.
- 柴田 賢・棚井敏雅 (1982) 北海道第三紀火山岩類のK-Ar年代。棚井敏雅編，北海道新第三系生層序の諸問題，75-79.
- 須貝貫二・松井 寛 (1953) 常磐炭田湯本東部地区調査報告。地調報告, no. 157, 58p.
- 須貝貫二・松井 寛・佐藤 茂・喜多川庸二・佐々木実・宮下美智夫・河内英幸 (1957) 常磐炭田地質図ならびに説明書。日本炭田図I, 地質調査所, 143p.
- 鈴木敬治 (1989) 東北本州弧南部における中～下部中新統の植物化石層位について。地質学論集, no. 32, 197-205.
- 鈴木康司 (1952) いわゆる多賀統(常磐炭田第三系)の地層名について。地質雑，**58**, 476.
- 鈴木康司 (1954a) 阿武隈山地南端の那珂湊町付近の新生界の研究—阿武隈山地の南西縁に分布する新生界の地史学研究 その4—。東京教育大理地質鉱物研究報告, no. 3, 85-96.
- 鈴木康司 (1954b) 常磐炭田南部の新第三系にみられる、地層の堆積形態の研究。資源科学研究所彙報, no. 35, 14-27.
- 鈴木康司 (1958) 常磐炭田の地質構造についての一考察—“いわゆる多賀統”の成因について—。藤本治義教授還暦記念論文集, 170-182.
- 鈴木康司・大森昌衛 (1953) 茨城県太田町付近に分布する第三系の層序学的研究—阿武隈台地の西南縁に分布する新生界の地史学研究 その2—。地質雑，**59**, 35-46.
- 高橋宏和 (1984) 常磐炭田上遠野地域の中新統中山層産貝化石群集。化石，**36**, 1-17.
- 高橋雅紀 (2003) Cande and Kent (1995)の地磁気極性年代尺度に基づいて再計算した19-8 Maの酸素同位体比変動曲線。石油技誌，**69**, 83-93.
- 高橋友啓・長橋良隆・柳沢幸夫・吉田武義・黒川勝己 (2003) 福島県太平洋岸に分布する鮮新統大年寺層のテフラ層—その2。記載岩石学的特徴—。地調研報，**54**, 365-393.
- Takai, F. (1961) A new Anthracothere from the Shiramizu Group in the Joban Coal-Field, Japan with notes of its geological age. *Proc. Japan Acad.*, **37**, 255-266.
- 高柳洋吉・丸山俊明・本田信幸・嶋村 清・船山政昭・長谷川善和・國府田良樹 (1988) いわき市四倉町産鯨類化石の産出層準と地質年代について。いわき市教育文化事業団研究紀要, no. 1, 23-55.
- 竹谷陽二郎 (1995) 常磐炭田地域に分布する下部中新統湯長谷層群の放散虫化石。国立科学博物館専報, no. 28, 47-58.
- 竹谷陽二郎・相田 優・岡田尚武・尾田太良・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹 (1986) 福島県双葉地域の多賀層群より産する微化石調査報告。福島県立博物館調査報告, no. 12, 1-53.
- 竹谷陽二郎・相田 優・小野俊夫・岡田尚武・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹・栗原宗一郎・高柳洋吉 (1990) 常磐炭田に分布する新第三系の地質時代と堆積環

- 境. 福島県立博物館調査研究報告, **20**, 99p.
- 棚井敏雅 (1952) 本邦炭の原植物の研究の総括. 炭田探査審議会報告, **II**, 61-83.
- 棚井敏雅 (1992) 東アジアにおける第三紀森林植生の変遷. 瑞浪化石博物館研究報告, no. 19, 12-16.
- Tanai, T. and Onoe, T. (1959) A Miocene flora from the northern part of Joban Coal Field. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **10**, 261-286.
- 徳永重康 (1927) 常磐炭田の地質. 早大理工紀要, no. 5, 1-316.
- Tomida, Y. (1986) Recognition of the genus *Entelodon* (Artiodactyla, Mammalia) from Joban Coalfield, Japan, and the age of the Iwaki Formation. *Bull. Natn. Mus., Tokyo. Ser. C*, **12**, 165-170.
- 上田庸平・安藤寿男・篠崎将俊 (2003) 茨城県北部の古第三系下部漸新統白水層群石城層から浅貝層にかけての堆積相と古地理的意義. 茨城県自然博物館研究報告, no. 6, 1-17.
- 上田庸平・ジェンキンス, ローバート G.・安藤寿男・横山芳春 (2005) 常磐堆積盆外側陸棚におけるメタン起源の炭酸塩コンクリーションと化学合成群集: 茨城県北部中新統高久層群九面層の例. 化石, no. 78, 47-58.
- 植村和彦 (2001) 前期中新世の植物群と古環境. 本州下部中新統の堆積環境復元 (平成11年度~12年度科学研究費補助金研究成果報告書), 30-36.
- Watanabe, K. (1926) Tertiary System. *Geol. Min. Resour. Japan Emp.*, 34-67.
- Watanabe, M. and Yanagisawa, Y. (2005) Refined Early to Middle Miocene diatom biostratigraphy for the middle- to high-latitude North Pacific. *The Island Arc*, **14**, 91-101.
- 渡辺萬次郎・佐藤源郎 (1937) 7万5千分の1勿来図幅及び同説明書. 地質調査所, 130p.
- Wolfe, J. A. (1978) A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. *Amer. Sci.*, **66**, 694-703.
- 矢部 淳・小笠原憲四郎・植村和彦・小布施明子 (1995a) 常磐炭田南部に分布する下部中新統櫛平層の植物及び貝類化石群. 地質雑, **101**, 532-548.
- 矢部 淳・小笠原憲四郎・植村和彦 (1995b) いわき市遠野町付近の古第三系と新第三系の層序関係. 国立科博専報, no. 28, 31-46.
- 柳沢幸夫 (1990) 仙台層群の地質年代 - 珪藻化石層序による再検討 - . 地調月報, **41**, 1-25.
- 柳沢幸夫 (1996) 茨城県北茨城市大津地区に分布する新第三系多賀層群の珪藻化石層序. 国立科学博物館専報, **29**, 41-59.
- 柳沢幸夫 (1998) 岩手県北上市西部に分布する新第三系竜の口層の珪藻化石層序. 岩手県立博物館調査研究報告書, **14**, 29-36.
- 柳沢幸夫 (2000) 珪藻 *Denticulopsis hustedtii* のアクメ・終産出イベントの生層序学的有効性 - 常磐地域中新統多賀層群の対比への適用 - . 地球科学, **54**, 167-183.
- Yanagisawa, Y., and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395-414.
- 柳沢幸夫・栗原行人 (2002) 宮城県南部・福島県北部に分布する中新統の珪藻化石と貝類化石. 地調研報, **53**, 635-643.
- 柳沢幸夫・鈴木祐一郎 (1987) 常磐炭田漸新統白坂層の珪藻及び珪質鞭毛藻化石. 地調月報, **38**, 81-98.
- 柳沢幸夫・中村光一・鈴木祐一郎・沢村孝之助・吉田史郎・田中裕一郎・本田 裕・棚橋 学 (1989) 常磐炭田北部双葉地域に分布する第三系の生層序と地下地質. 地調月報, **40**, 405-467.
- 柳沢幸夫・山元孝広・坂野靖行・田沢純一・吉岡敏和・久保和也・滝沢文教 (1996) 相馬中村地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 144p.
- 柳沢幸夫・高橋友啓・長橋良隆・吉田武義・黒川勝巳 (2003) 福島県太平洋岸に分布する鮮新統大年寺層のテフラ層 - その1. 年代層序 - . 地調研報, **54**, 351-364.
- 柳沢幸夫・田中裕一郎・高橋雅紀・岡田利典・須藤 斎 (2004) 常磐地域日立市に分布する中新統多賀層群の複合年代層序. 地球科学, **58**, 90-104.
- Zachos, J., Pegani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K. (2001) Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, **292**, 686-693. (受付: 2005年10月13日; 受理: 2006年1月26日)

図版1 いわき平地区の貝化石(1)。スケールは1 cm.

Plate 1 Molluscs in the Iwaki-Taira area. (1). Scale bar equals 1 cm.

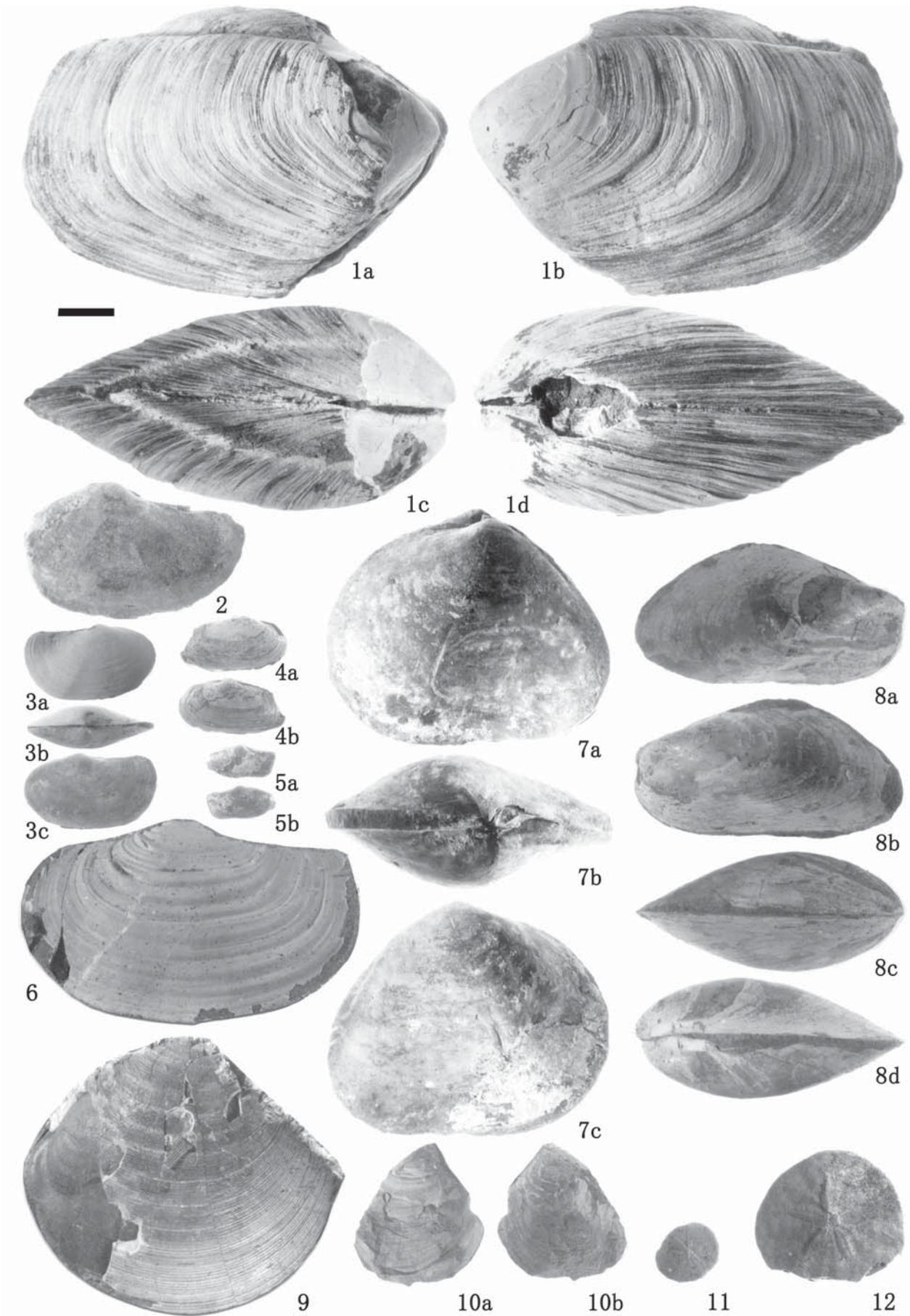
- Figs. 1-2b. *Lucinoma acutilineata* (Conrad), Loc. no. 92, Mizunoya Formation.
Figs. 3a-4c. *Lucinoma acutilineata* (Conrad), Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 5a-b. *Macoma izurensis* (Yokoyama), Loc. no. 8, Kamitakaku Formation.
Figs. 6a-b. *Macoma optiva* (Yokoyama), Loc. no. 92, Mizunoya Formation.
Figs. 7a-b. *Macoma optiva* (Yokoyama), Loc. no. 8, Kamitakaku Formation.
Figs. 8a-b. *Periploma (Aelga) besshoense* (Yokoyama), Loc. no. 93, Asagai Formation.
Figs. 9a-c. *Periploma (Aelga) pulchellum* Hatai et Nisiyama, Loc. no. 24, Honya Formation.
Figs. 10a-b. *Periploma (Aelga) pulchellum* Hatai et Nisiyama, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 11a-12b. *Clinocardium asagaiensis* (Yokoyama), Loc. no. 92, Asagai Formation.
Figs. 13a-14b. *Cyclocardia siogamensis* (Nomura), Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 15-16b. *Acila (Acila) divericata submirabilis* Makiyama, Loc. no. 38, Numanouchi Formation.



図版2 いわき平地区の貝化石 (2). スケールは1 cm.

Plate 2 Molluscs in the Iwaki-Taira area. (2). Scale bar equals 1 cm.

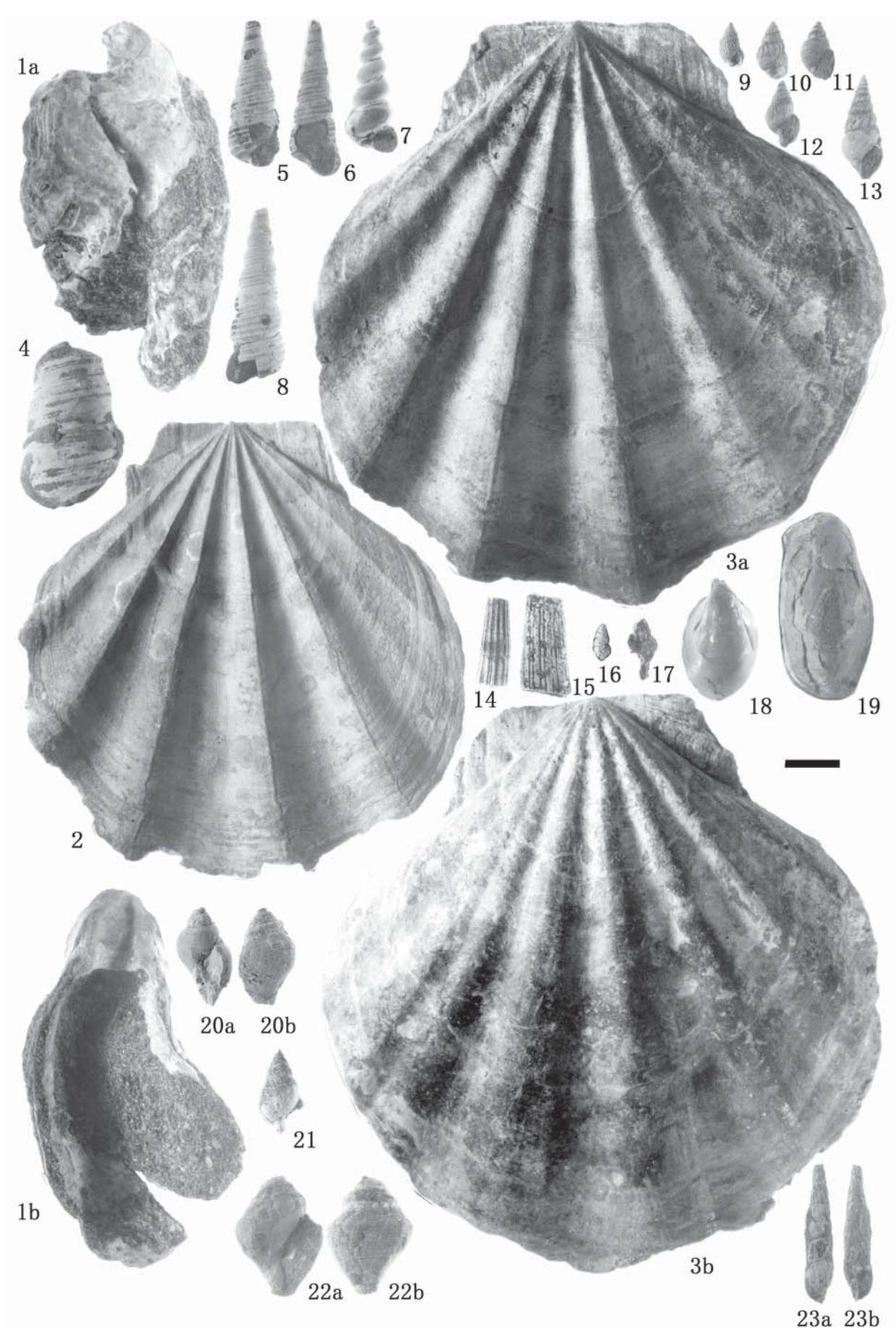
- Figs. 1a-d. *Conchocele bisecta* (Conrad), Loc. no. 92, Mizunoya Formation.
Fig. 2. *Portlandia (Hataiyoldia) tokunagai* (Yokoyama), Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 3a-b. *Portlandia (Hataiyoldia) tokunagai* (Yokoyama), Loc. no. 24, Honya Formation.
Figs. 4a-b. *Panopea* sp., Loc. no. 24, Honya Formation.
Figs. 5a-b. *Panopea nomurae* Kamada, Loc. no. 8, Kamitakaku Formation.
Fig. 6. *Panopea nomurae* Kamada, Loc. no. 153, Minamishirado Formation.
Figs. 7a-c. *Mya (Arenomya) grewingki* Makiyama, Loc. no. 92, Asagai Formation.
Figs. 8a-d. *Modiolus (Modiolatus) yasuiroi* Kamada, Loc. no. 38, Numanouchi Formation.
Fig. 9. *Dosinia (Phacosoma) nomurai* Otuka, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 10a-b. *Clementia papyraceae* Gray, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 11-12. *Kewia minoensis* (Morishita), Loc. no. 8, Kamitakaku Formation.



図版3 いわき平地区の貝化石 (3). スケールは1 cm.

Plate 3 Molluscs in the Iwaki-Taira area. (3). Scale bar equals 1 cm.

- Figs. 1a-b. *Crassostrea gravitesta* (Yokoyama), Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Fig. 2. *Mizuhopecten kobiyamai* (Yokoyama), Loc. no. 116, Minamishirado Formation.
Figs. 3a-b. *Mizuhopecten kimurai* (Yokoyama), Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Fig. 4. *Turritella* sp., Loc. no. 92, Mizunoya Formation.
Figs. 5-8. *Turritella* (*Hataiella*) *omurai* Kanehara., Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Fig. 9. *Nassarius kometubus* Otuka, Loc. no. 24, Honya Formation.
Figs. 10-12. *Nassarius kometubus* Otuka, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Fig. 13. *Nassarius simizui* Otuka, Loc. no. 38, Numanouchi Formation.
Figs. 14, 15. *Fissidentalium yokoyamai* (Makiyama), Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Fig. 16. *Cymatosyrinx* (*Splendrillia*) *atsukoe* Kamada, Loc. no. 24, Honya Formation.
Fig. 17. *Cymatosyrinx* (*Splendrillia*) *atsukoe* Kamada, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 18-19. *Crepidula nidatoriensis sogabei* Kamada, Loc. no. 8, Kamitakaku Formation.
Figs. 20a-b, 22a-b. *Megasurcula yokoyamai* (Otuka), Loc. No. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 21a-b. *Megasurcula yokoyamai* (Otuka), Loc. no. 38, Numanouchi Formation.
Figs. 23a-b. *Punctoterebra* sp., Loc. no. 38, Numanouchi Formation.



図版4 いわき平地区の貝化石 (4). スケールは1 cm.

Plate 4 Molluscs in the Iwaki-Taira area. (4). Scale bar equals 1 cm.

- Figs. 1a-b. *Acharax (Solemya) tokunagai* Yokoyama, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 2a-b. *Cultellus izumoensis jobanicus* Kanno, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 3a-b. *Cultellus izumoensis jobanicus* Kanno, Loc. no. 38, Numanouchi Formation.
Fig. 4. *Maetra nakayamaensis* Kamada, Loc. no. 155, Minamishirado Formation.
Fig. 5. *Kotorapekten* sp., Loc. no. 24, Honya Formation.
Figs. 6a-b. *Calliostoma (Calotropis) simane* Nomura et Hatai, Loc. no. 116, Minamishirado Formation.
Figs. 7a-b. *Buccinum kurodai* Kanehara, Loc. no. 24, Honya Formation.
Figs. 8a-b. *Buccinum kurodai* Kanehara, Loc. no. 38, Numanouchi Formation.
Figs. 9a-b. *Buccinum* sp., Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 10-11b. *Fulgoraria tokunagai* (Kanehara), Loc. no. 116, Minamishirado Formation.
Figs. 12-13b. *Ancistrolepis eguchii* Kamada, Loc. no. 8, Minamishirado Formation.
Figs. 14a-b. *Sinum yabei* Otuka, Loc. no. 8, Minamishirado Formation. Figs. 15a-b. *Sinum yabei* Otuka,
Loc. no. 38, Numanouchi Formation.
Figs. 16a-b. *Tectonatica* sp., Loc. no. 92, Mizunoya Formation.
Figs. 17a-18b. *Euspira meisensis* (Makiyama), Loc. no. 8, Kamitakaku Formation.

