

石川県輪島市(能登半島)に分布する中新統から産出した珪藻化石

柳沢幸夫^{1,*}

Yukio Yanagisawa (2017) Diatoms of the Miocene sediments in Wajima City, Noto Peninsula, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 68 (4), p. 141-153, 3 figs., 2 tables, 2 plates.

Abstract: Diatoms of the Miocene Wajima and Tsukada formations distributed in Wajima City (Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture) were examined. Non-marine lacustrine diatoms are found in the uppermost part of the Wajima Formation. The Tsukada Formation contains middle Miocene diatom assemblages which can be placed between the biohorizons D53 (12.3 Ma) and D54 (11.6 Ma) of the *Denticulopsis praedimorpha* Zone (NPD5B). An unconformity at the base of the Tsukada Formation ranging from ca. 16 Ma to 12.3 Ma indicates that a land area might be present in the western part of Noto Peninsula during the early Middle Miocene.

Keywords: diatom, biostratigraphy, marine, diatomite, Miocene, Tsukada Formation, Wajima, Noto, Ishikawa Prefecture, Japan

要 旨

石川県輪島市(能登半島)の市街地周辺に分布する中新統の輪島層と塚田層の珪藻化石分析を行い、層序・年代及び古地理に関する新たな知見が得られた。輪島層からは湖沼生の珪藻化石が産出し、輪島層の一部に湖沼成堆積物が存在することが明らかとなった。塚田層からはNPD5B帯上部に属する海生珪藻化石が産出し、本層の年代が12.3-11.6 Maであることが判明した。塚田層の基底には明瞭な不整合が存在し、輪島層と塚田層の堆積期の間、輪島市の内陸を含む能登半島西部には陸域が存在していたと推定される。

1. はじめに

石川県輪島市(第1図)で生産される輪島塗は、その優美さとともに、長期間の使用に耐えうる堅牢性でよく知られている。この堅牢性の秘密は、輪島市街の通称小峰山から産出する珪藻土を数百℃で焼成し粉碎・篩い分けして作られる「地の粉」と呼ばれる粉末を生漆・米糊と混ぜて下地を厚く何層も塗ることにある。

「地の粉」の原料となる珪藻土は中新統の塚田層に属し、含有される珪藻化石については、すでに市川・粕野(1963)や奥野(1973)によって詳しく研究されている。また、塚田層の地質年代については、小林ほか(2005)が報告している1試料の珪藻年代データと、柳沢(2012)が「地の粉」

の原料の試料を分析した珪藻データがある。しかし、塚田層全体の年代範囲は曖昧なままであった。

2013年11月17日と18日の両日、輪島市において、漆サミット2013 in 輪島(主催:漆サミットin輪島実行委員会・漆サミット実行委員会)が開催され、漆や漆芸に関するさまざまな研究発表が行われた。著者はこのシンポジウムの招待講演者として「地の粉」の原料となる珪藻土に関する講演を行った(柳沢, 2013)。シンポジウム終了後、若干の時間があり、塚田層とその下位の輪島層について地質調査と珪藻試料の採取を行う機会を得た。調査時間が無く十分な調査はできなかったため、層序や地層分布については疑問が残ったままであるが、採取した試料の分析結果は輪島地域の地質に関する今後の研究において重要と判断されるので、ここに簡単に報告する。

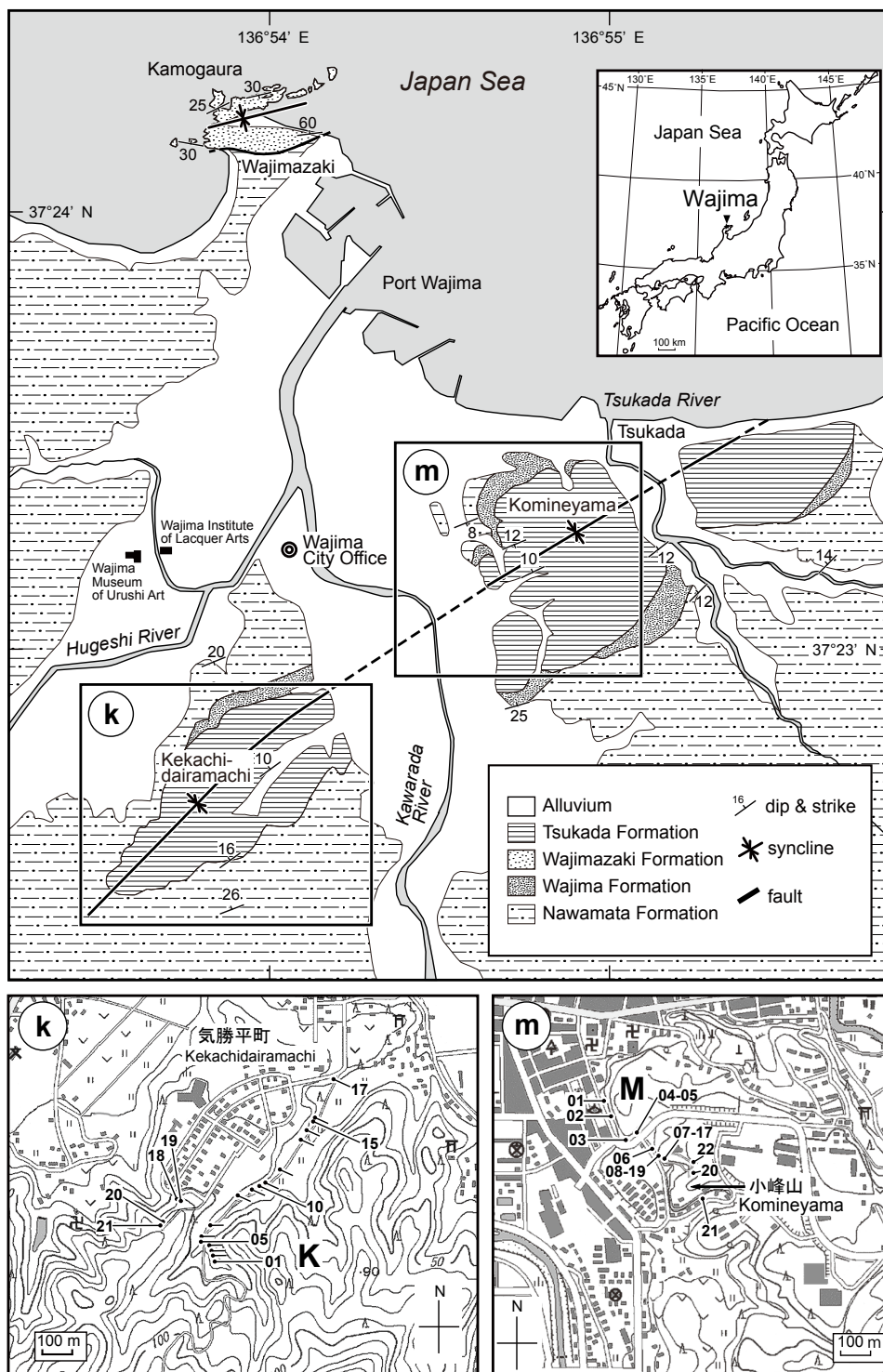
2. 地質概説

輪島市市街地付近に分布する中新統は、粕野(1965, 1993), Fuji (1972)及び小林ほか(2005)によって調査・研究がなされている。ここでは能登半島全域を総括している粕野(1965, 1993)の層序を暫定的に使用する。ただし、これらの報告では、地層区分や地層名が異なるだけでなく、地層分布にも大きな食い違いがあり、輪島地域の新第三系については岩相層序の基本的な枠組みを含めた再検討が必要であろう。

粕野(1965)によれば、輪島市付近の中新統は、下位

¹産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

*Corresponding author: Y. Yanagisawa, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan, Email: y.yanagisawa@aist.go.jp



第1図 輪島地域の地質図と試料採取位置図。地質図はFuji (1972), 粕野(1993), 小林ほか(2005)を基に本研究の調査結果を加えて編纂。気勝平町(k : K01-K21)と小峰山(m : M01-21)における試料採取位置図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「輪島」を使用。試料採取位置図におけるKとMは試料番号の頭文字を示す。

Fig. 1 Geologic map of the Wajima area, Ishikawa Prefecture, Japan based on Fuji (1972), Kaseno (1993), Kobayashi *et al.* (2005) and this study, with location maps of samples. Geographical map of “Wajima” (1: 25,000 in scale) of Geospatial Information Authority of Japan is used. Characters K and M in sample location maps indicate the initials of sample numbers.

より縄又層、輪島層及び塚田層からなる(第1図)。なお、粕野(1965)では、これらの地層をそれぞれ「縄又層」または「縄又互層」、「輪島互層」及び「塚田泥岩層」と呼んでいるが、ここでは日本地質学会の地層命名の指針に従って、縄又層、輪島層及び塚田層という地層名で統一する。また、粕野(1993)及び小林ほか(2005)では、本報告の輪島層を「東印内層」と呼んでいるが、輪島は東印内層の模式地とは遠く離れており、輪島層とした地層が模式地の東印内層に対比できるかどうか確実ではないので、ここでは輪島層の地層名を使用する。

縄又層は砂岩、泥岩及び礫岩からなる陸成層である。本層の主体は網状河川の堆積物と考えられるが、一部で保存不良の湖沼生珪藻化石が産出することなどから、湖沼成堆積物も含まれていると推定される(小林ほか, 2005)。

輪島層は砂岩・砂質泥岩・礫岩及び凝灰岩からなる。本層からは、*Anadara* sp., *Batillaria* sp. などのArcid-Potamid群集と思われる貝類化石と、*Pecten* sp., *Chlamys* sp. などのPectinid群集に相当する貝類化石、それに*Operculina*や*Miogyopsina*などの大型海生有孔虫が産出している(粕野, 1965)。また、後述するように本調査において本層から淡水湖沼生の珪藻化石群集が産出した。以上の産出化石から、本層は淡水陸成堆積物、Arcid-Potamid群集を産する内湾・潮間帯を含むエスチュアリー堆積物、そしてPectinid群集や大型有孔虫化石を産する外洋性浅海成堆積物からなることが推察されるが、これら堆積環境の異なる岩相の相互の関係は現状では不明である。輪島層と下位の縄又層との層序関係は不整合と推定されているが(粕野, 1965)、その根拠は確かではない。塚田層は無層理の珪藻質泥岩からなる海成層である。下位の輪島層とは不整合関係にあると考えられてきたが、その証拠は示されていない(粕野, 1965, 1993)。

このほか、本調査範囲からははずれるが、輪島港北西の輪島崎町鴨ヶ浦付近には、輪島崎層が分布する(第1図；粕野, 1965)。小林ほか(2005)は輪島崎層と縄又層の関係を不整合としているが、粕野(1965, 1993)及び上ほか(1981)は輪島崎層と縄又層は断層で接するとしている。本層の主体は石灰質砂岩からなり、各種貝類化石のほか、ウニの破片、こけ虫、有孔虫及び石灰質ナノ化石を産する。本層の最上部約5 mは細粒の海緑石砂岩からなる。

3. 試料・方法

珪藻化石試料の採取は、「地の粉」を採掘している輪島漆器商工業組合の地の粉工場がある小峰山周辺(第1図m)と、河原田川を挟んで対岸にあたる気勝平町周辺(第1図k)で行った。小峰山ルートではM01-M22の22個、気勝平町ルートではK01-K21の21個の試料を採取した。

試料の処理は、Akiba (1986)のunprocessed strewn slide

の作成方法で行った。乾燥試料は新聞紙でくるみ、ハンマーで砕いた後、約1gを100 mlピーカーに入れ、試料が浸る程度に純水を注ぎ入れ、一昼夜放置する。この過程で試料はほとんど泥化する。次にピーカーに純水を加えて約100 mlの懸濁液とし、約20秒間放置して粗粒物が底に沈むのを待ち、上澄みの懸濁液からマイクロピペットで0.5 mlを取り出し、18 x 18 mmのカバーガラスに滴下する。これをホットプレートで加熱・乾燥後、アルコールで薄めたPleurax(封入剤)をカバーガラスに滴下し、さらに加熱・乾燥させてアルコール分を蒸発させる。最後に、このカバーガラスをホットプレートで温めたスライドガラスに貼付する。

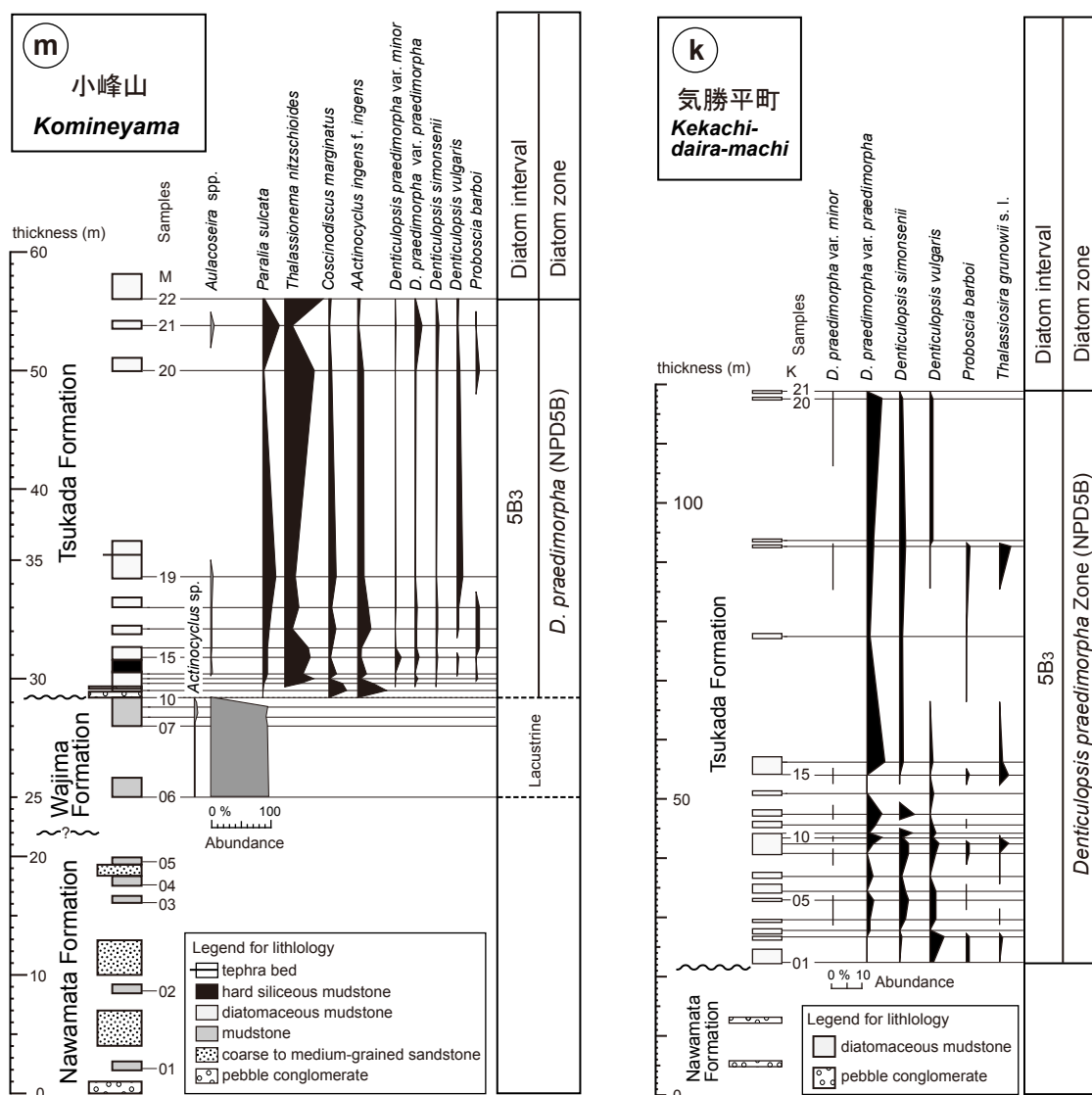
珪藻殻の計数は、生物顕微鏡600倍の倍率下で、*Chaetoceros*属の休眠胞子を除いて、観察されたすべての種の蓋殻が50になるまで行った。その後、さらにカバーガラスの幅5 mmの範囲を走査して、その過程で新たに認められた種、及び破片としてのみ認められた種はpresent (+)として記録した。休眠胞子については、上記蓋殻計数時に認められた総数を別途記録した。

珪藻化石帯区分はAkiba (1986)とYanagisawa and Akiba (1998)の新第三紀北太平洋珪藻化石帯区分を適用し、化石帯はNPDコード、生層準はDコード(D10-D120)を用いた。珪藻年代はWatanabe and Yanagisawa (2005)を用いて修正し、Gradstein *et al.* (2012)の地磁気極性年代尺度に合わせて調整した。なお、記載を簡便にするため、ここでは珪藻化石帯のNPD5B帯を、生層準を基準にして暫定的に5B1, 5B2, 5B3, 5B4の4区間に分けた。

4. 結果

4.1 小峰山ルート

このルートは、下位より縄又層、輪島層及び塚田層からなり、全体の層厚は約60 mである(第2図m)。小峰山ルートの縄又層は、層厚約20 mで、青灰色塊状泥岩、斜交層理の発達した中～粗粒砂岩の繰り返しを主とし、小礫からなる礫岩層が挟まる。このルートの輪島層は、層厚は最大4 m程度で塊状ないし不明瞭な葉理のある青灰色泥岩からなる。下位の縄又層との層序関係は露出不良で確認できない。塚田層は塊状の珪藻質泥岩からなる。基底には厚さ30 cmの中礫岩層があり、下位の輪島層の泥岩を不整合に覆うのが観察できる。その上位には厚さ5 cmほどの礫岩層を挟み、一部軽石片が散在する珪藻質泥岩(厚さ70 cm)があり、さらにその上に硬質泥岩(厚さ60 cm)が重なる。その上位は塊状の珪藻質泥岩からなるが、基底から約6 mの層準には葉理のある白色ガラス質珪長質火山灰層(層厚5 cm)が挟在する。採取した22試料のうち、縄又層の泥岩試料(M01-05)からは珪藻化石は産出しなかった。輪島層の試料M06-10では、M10からは珪藻が検出されなかったが、残り



第2図 輪島市小峰山ルート(m)及び気勝平町ルート(k)での主な珪藻種の層序的分布. 小峰山ルートにおける層厚のスケールは、25–36 mの区間のみ2倍に拡大している.

Fig. 2 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Komineyama (m) and Kekachidairamachi (k) routes, Wajima City. Scale bar of thickness between 25 m and 36 m in the Komineyama route is exaggerated twice.

の試料からは珪藻化石が産出した(第1表). 浮遊性の *Aulacoseira* spp. (94–98%)と *Actinocyclus* sp. (2–6%) が優占し、これに1%以下の底生種 *Tetracyclus* sp. *Epithemia* sp.及び *Eunotia* sp.などを伴う. いずれの種も淡水生であり、浮遊性種が優占することから、このルートの輪島層の泥岩は湖沼で堆積したものと推定される.

塚田層の試料M11–22からは海生の珪藻化石が産出した. ただし、最下位のM11は珪藻の含有量が小さく、プレパラート全面を走査しても珪藻蓋殻は20個に留まり、珪藻化石帯の認定はできなかった. 残りのM12–22からは珪藻化石が豊富に産出した(第1表). 産出した

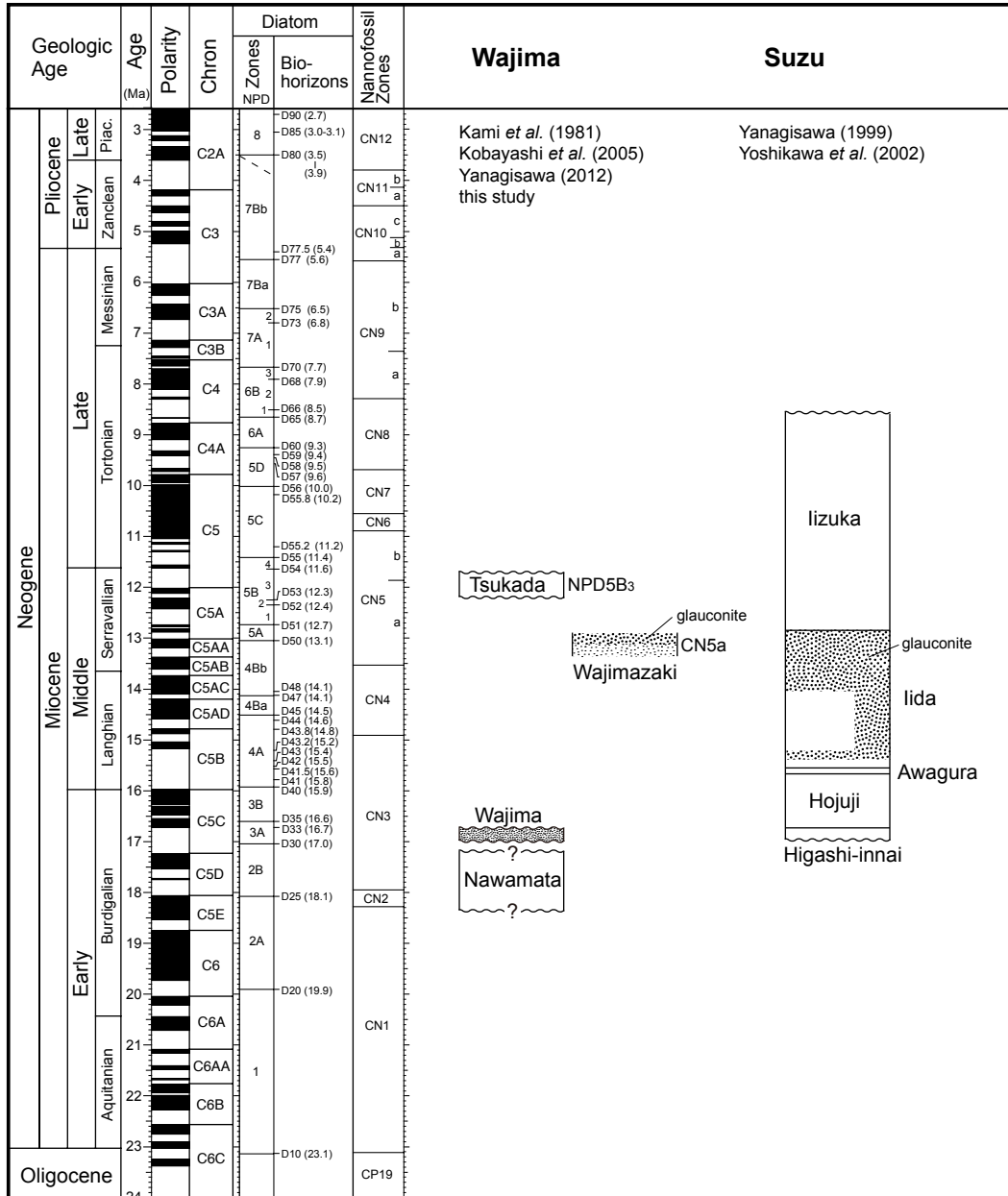
主な珪藻は、*Actinocyclus ingens* f. *ingens*, *Coscinodiscus marginatus*, *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor*, *D. praedimorpha* var. *praedimorpha*, *D. simonsenii*, *D. vulgaris*, *Paralia sulcata*, *Proboscia barboi*, *Thalassionema nitzschioides*などである. これらの種のうち、珪藻化石層序の年代指標となるのは、*D. praedimorpha* var. *praedimorpha*である. このタクソンは生層準D53 (*D. praedimorpha* var. *praedimorpha*の初産出層準)で出現し、D55 (*D. praedimorpha*の終産出層準)で絶滅する. また、このルートでは生層準D54 (*D. praedimorpha* var. *robusta*の初産出層準)で出現する *D. praedimorpha* var. *robusta*は

輪島市に分布する中新統から産出した珪藻化石 (柳沢)

第1表 輪島市小峰山ルートに産出した珪藻化石産出表。

Table 1 Occurrence chart of diatoms in the Komineyama route, Wajima City.

Formation	Wajima F.				Tsukada Formation											
Diatom zones	lacustrine				<i>Denticulopsis praedimorpha</i> Zone (NPD5B)											
Sample number (M)	06	07	08	09	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Original sample number (Noto)	1368	1377	1376	1375	1373	1372	1371	1370	1379	1378	1380	1369	1367	1386	1366	1365
Preservation	P	P	M	M	P	P	P	P	M	P	P	P	P	M	M	M
Abundance	A	A	A	A	R	R	C	R	R	R	C	R	C	C	C	C
Marine diatoms																
<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Ratray) Whiting et Schrader	-	-	-	-	10	26	5	15	6	7	22	18	11	10	2	4
<i>A. octonarius</i> Ehr.	-	-	-	-	-	5	1	1	2	7	6	7	-	-	1	-
<i>A. sp. A</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehr.) Ehr.	-	-	-	-	-	2	2	1	1	2	5	1	2	3	3	2
<i>Arachnoidiscus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) P.A.Sims et G.A.Fryxell	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	2	-	1	-	-	-
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams	-	-	-	-	-	-	-	2	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	+	+	-	1	-	-	+	-	-	+	-
<i>Cocconeis californica</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>C. curviritunda</i> Brun et Temp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>C. scutellum</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>C. vitrea</i> Brun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehr.	-	-	-	-	6	23	1	13	3	6	12	5	13	5	2	4
<i>C. radiatus</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>C. spp.</i>	-	-	-	-	-	-	5	7	-	1	-	-	-	-	2	-
<i>Delphineis biseriata</i> (Grunow) G.W.Andrews	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Denticulopsis praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	+	1	-	10	1	-	1	1	-	1	+
(Closed copula)	-	-	-	-	-	-	2	4	6	3	1	3	3	2	1	2
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba	-	-	-	-	-	1	5	+	7	3	3	4	1	2	12	1
(Closed copula)	-	-	-	-	-	+	5	3	7	2	8	5	1	2	15	13
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	+	1	1	3	2	3	3	1	3	5	1
<i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	-	2	1	+	3	3	3	-	3	+	-
S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group	-	-	-	-	-	+	1	1	-	2	6	4	+	4	2	1
<i>Diploneis bombus</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>D. smithii</i> (Bréb.) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	1	1	1	1	3	1
<i>Eucampia</i> sp. A	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Goniothecium rogersii</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Grammatophora</i> spp.	-	-	-	-	-	+	+	+	1	-	+	1	1	-	+	+
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	-	-	-	-	-	1	1	2	1	2	1	2	4	3	5	2
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira sol</i> (Ehr.) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	3	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia heteropolica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	1	-	1	+	-
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	-	-	-	-	1	2	6	8	8	8	11	15	22	2	28	4
<i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	3	3	10	5	2	3
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. miocenica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>R. styliformis</i> Brightw.	-	-	-	-	-	1	3	2	5	1	-	1	-	1	-	2
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	2	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.	-	-	-	-	3	6	1	-	-	1	1	1	2	4	-	1
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	4	1	5	4
Non-marine diatoms																
<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. Perag. et Perag.	-	-	-	-	-	27	49	31	43	40	13	24	18	50	13	64
<i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	2	4	1	-	4	2	-	-	1	-	1
<i>T. praenidulus</i> Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus</i> sp.	2	2	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira</i> spp.	98	96	94	96	-	-	-	3	1	2	2	2	4	-	6	-
<i>Epithemia</i> sp.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetracyclus</i> sp.	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of valves counted	100	100	100	100	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Resting spore of <i>Chaetoceros</i>	0	0	0	0	0	37	77	51	24	71	52	43	65	76	92	22



第3図 塚田層の年代と珠洲地域の地層との対比。珪藻化石層序はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及び Watanabe and Yanagisawa (2005) に基づく。珪藻生層準の年代は Gradstein *et al.* (2012) の地磁気極性年代尺度との対比に基づいて算定。

Fig. 3 Age of the Tsukada Formation and correlation to the Miocene sequence in the Suzu area, Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture. Diatom biostratigraphic zonation used in this paper is that proposed by Akiba (1986), and modified by Yanagisawa and Akiba (1998) and Watanabe and Yanagisawa (2005). Ages of marker diatom biohorizons are calibrated by correlation to a geomagnetic time scale of Gradstein *et al.* (2012).

産出ししない。以上のことから、小峰山ルート of 塚田層は、*Denticulopsis praedimorpha*帯 (NPD5B帯) に属し、さらにその上部の生層準 D53 (12.3 Ma) と D54 (11.6 Ma) の間、すなわち区間 NPD5B3 に位置づけられる (第3図)。

4. 2 気勝平町ルート

試料は気勝平町団地の南東の沢沿いで採取した K01-17 と、団地南西端の潮見台公園付近で採取した K18-21 である (第1図k)。このルートは縄又層と塚田層からなる。縄又層は小礫大の円礫ないし亜角礫からなる礫支持

の礫岩である。塚田層は塊状の珪藻質泥岩からなる。

採取したすべての試料から保存のよい海生珪藻化石が産出した(第2表)。ほぼ連続して産出したのは *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor*, *D. praedimorpha* var. *praedimorpha*, *D. simonsenii*, *D. vulgaris*, *Proboscia barboi*, *Thalassiosira grunowii* s. l. などである(第2図k)。このうち、珪藻化石層序の年代指標となるのは、*D. praedimorpha* var. *praedimorpha*であり、小峰山ルートと同様に気勝平ルートの塚田層は、*D. praedimorpha*帯(NPD5B帯)の区間NPD5B3に対比できる。

5. 考察

5.1 塚田層の年代と対比

小峰山ルート及び気勝平ルートにおける塚田層は、どちらも珪藻化石層序区分のNPD5B帯の区間NPD5B3(12.3–11.6 Ma)に対比できる。また、柳沢(2012)が報告した「地の粉」の原料となった、小峰山で採掘された風化珪藻質泥岩の試料も全く同じ区間に含まれる。以上のことから、塚田層の年代は12.3 Maから11.6 Maの間にあると考えられる(第3図)。

ところで、輪島市東方の能登半島北東端にあたる珠洲地域に分布する海成中新統の層序及び珪藻化石層序については非常に詳しい研究が行われ、正確な年代が判明している(柳沢, 1999; 吉川ほか, 2002)。その結果と今回の成果を比較すると、輪島地域の塚田泥岩層の試料は、珠洲地域の飯塚層最下部に対比できる(第3図)。

5.2 輪島地域の中新統の年代層序のまとめ

輪島地域に分布する中新統の年代分布は第3図のようにまとめられる。

縄又層からは広い意味での台島型植物群が産出する(鮎野, 1965; Fuji, 1972; 小林ほか, 2005)ため、その年代は前期中新世であると推定されるが、具体的な数値年代を示すデータは得られていない。

輪島層からは、*Anadara* sp. や *Batillaria* sp. などの Arcid-Potamid 群集に属する貝類化石と、*Pecten* sp. や *Chlamys* sp. などの Pectinid 群集に相当する貝類化石のほか、*Operculina* や *Miogyopsina* などの大型海生有孔虫が産出している(鮎野, 1965)。これらは、広い意味での八尾-門ノ沢動物群に属し、珠洲地域の東印内層と共通する。東印内層の上位の法住寺層の下限は、珪藻化石帯 *Crucidentacula kanayae* 帯(NPD3A帯)上部の生層準D33(16.7 Ma)付近に位置する(柳沢, 1999; 吉川ほか, 2002)。したがって、東印内層は16.7 Maより古いことは確かであるが、下限の年代は不確かである。ただし、東印内層は層厚が数十m以下と薄く、かつ本層が河川成ないしエスチュアリー堆積物などの堆積速度が速いと思われる堆積物からなることから、その堆積時間は比較的短

いと推定され、吉川ほか(2002)では東印内層の下限年代を約17 Maとしている。東印内層に対比される輪島層も東印内層と同程度の年代である可能性が高い。

塚田層は既述のように *Denticulopsis praedimorpha* 帯(NPD5B帯)の区間NPD5B3(12.3–11.6 Ma)に相当するので、その堆積年代はこの年代区間に収まる。

輪島崎層は、上ほか(1981)によれば Okada and Bukry (1980)の石灰質ナノ化石帯区分のCN5a帯に対比できるとされており、年代は13.55–12.85 Maの区間内にあると言える。本層は孤立して分布するため、塚田層との上下関係は不明であるが、輪島崎層の最上部に発達する海緑石砂岩層が、珠洲地域の飯塚層最上部の海緑石砂岩層に相当するとみられることから、おそらく塚田層よりは古い堆積物と思われる(第3図)。この対比案は従来の見解(鮎野, 1965; 小林ほか, 2005)と同じである。

5.3 塚田層基底の不整合の意義

塚田層は下位の輪島層を不整合に覆うとされてきた(鮎野, 1965)。小林ほか(2005)も輪島市久手川町で輪島層に属する亜炭層を挟む砂岩礫岩互層を塚田層が直接不整合に覆う露頭を確認している。本研究でも、小峰山ルートにおいて、輪島層の湖沼成泥岩を塚田層が直接覆う露頭が観察された(第2図)。基底に礫岩層を伴い、基底面に凹凸もみられるので、この不整合は陸上浸食によって形成された可能性が高い。このことから、輪島層堆積後から塚田層堆積前の時期(約16–12 Ma)に、輪島地域の内陸部は陸化して浸食を受けていたと推定できる。これに対して、海岸部の輪島崎では、この時期に少なくとも浅海の石灰質砂岩層からなる輪島崎層が堆積していたことから、海陸境界は小峰山と輪島崎の間に存在したと思われる。一方、輪島東方の珠洲地域では、この時期には連続して海成層が堆積しており(第3図)、一貫して海域であったことを示している。したがって、陸域は能登半島の西部にのみ存在していたものと思われる。

6. まとめ

本研究では、石川県輪島市(能登半島)の市街地周辺に分布する中新統の珪藻化石分析を行った。その結果、本地域の中新統の層序と年代及び古地理に関する新たな知見が得られた。

(1) 縄又層からは珪藻化石は産出しなかったが、輪島層からは *Aulacoseira* spp. 及び *Actinocyclus* sp. を主とする湖沼生の珪藻化石が産出し、輪島層の一部に湖沼成堆積物が存在することが明らかとなった。

(2) 塚田層からは *Denticulopsis praedimorpha* 帯(NPD5B帯)上部の区間NPD5B3に属する海生珪藻化石が産出することから、本層の年代は12.3–11.6 Maと推定される。

(3) 塚田層の基底に明瞭な不整合が存在し、輪島層と

第2表 輪島市気勝平町ルートの珪藻化石産出表。

Table 2 Occurrence chart of diatoms in the Kekachidairamachi route, Wajima City.

Formation	Tsukada Formation																				
	Denticulopsis praedimorpha Zone (NPD5B)																				
Sample number (K)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Original sample number (Noto)	1359	1358	1357	1356	1355	1354	1353	1352	1351	1350	1349	1348	1347	1346	1344	1345	1360	1361	1362	1363	1364
Preservation	M	M	M	M	M	P	G	M	M	M	M	M	M	P	M	M	M	P	P	M	M
Abundance	C	C	A	C	C	R	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Marine diatoms																					
<i>Actinocyclus ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	4	3	+	1	-	2	+	10	8	+	+	2	6	17	4	3	+	2	8	4	2
<i>A. octonarius</i> Ehr.	-	+	1	1	-	-	-	-	-	1	-	3	1	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>A. sp. A</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	+	-
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehr.) Ehr.	1	1	1	-	+	1	+	+	1	+	+	4	-	1	2	2	3	4	1	2	3
<i>A. vulgaris</i> Schum.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arachnoidiscus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) P.A.Sims et G.A.Fryxell	3	6	1	6	2	1	1	+	-	1	1	2	-	1	1	1	2	2	-	-	+
<i>A. cf. nodulifera</i> (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell et P.A.Sims	-	+	-	-	-	1	+	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims	16	+	2	1	2	-	-	-	1	+	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis californica</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. costata</i> Greg.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. scutellum</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>C. vitrea</i> Brun	+	-	-	-	-	3	+	+	-	+	-	+	+	-	-	1	-	-	6	-	+
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehr.	+	1	1	+	1	1	1	1	1	2	5	2	3	3	1	2	1	+	2	5	2
<i>C. sp.</i>	+	1	-	+	-	-	2	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Cymatosira debyi</i> Temp. et Brun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>C. sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Delphineis surirella</i> (Ehr.) G.W.Andrews	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Denticulopsis hyalina</i> (Schrader) Simonsen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa et Akiba (Closed copula)	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba (Closed copula)	-	-	-	1	2	+	2	+	2	5	1	3	5	-	-	6	1	2	2	5	-
	+	+	+	+	1	+	+	+	2	10	2	1	1	+	1	7	8	+	1	9	1
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	+	1	+	2	3	2	1	3	3	1	4	-	5	-	+	1	1	2	2	1	+
<i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba	1	5	+	2	2	2	+	2	3	1	2	1	+	1	+	1	-	+	1	1	+
S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group	1	1	1	4	4	6	2	4	8	3	7	1	3	-	1	1	+	+	1	1	-
<i>Diploneis bombus</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+
<i>D. smithii</i> (Bréb.) Cleve	-	-	1	-	1	-	1	-	+	1	-	+	1	-	+	-	+	1	+	1	1
<i>Goniothecium rogersii</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
<i>Grammatophora</i> spp.	+	-	+	+	-	+	1	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	+	1	-	+	1	2	3	+	-	+	1	+	-	1	+	1	5	1	2	-	+
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	-	5	-	-	-	+	1	+	-	-	-	-	2	-	-	-	3	-	+	-	-
<i>Mastogloia splendida</i> (Grev.) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira sol</i> (Ehr.) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	1	2	+
<i>Navicula</i> spp.	-	-	1	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Nitzschia grunowii</i> Hasle	-	-	+	-	-	+	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>N. heteropolica</i> Schrader	+	+	+	+	-	+	+	+	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. rolandii</i> Schrader emend. Koizumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	1
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	3	3	4	+	2	1	6	1	5	18	9	15	9	7	3	7	9	5	6	12	23
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Greg.) Heib.	-	-	-	1	-	-	-	+	-	-	1	-	3	1	-	1	-	+	-	2	-
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundstöm	-	-	1	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	1	1	-	-	+	+	-	1	1	-	-	+	-	-	1	-	+	1	-	-	-
<i>Pseudodimerogramma elliptica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhabdonema japonicum</i> Temp. et Brun	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	+	2	+	-	-	1	+	+	1	-	-	-	-	-	1	1	3	+	-	-	-
<i>R. miocenica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. styliformis</i> Brightw.	+	1	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1
<i>R. sp. C</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rouxia californica</i> Perag.	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>R. peragari</i> Brun et Hérib.	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims	+	+	2	-	1	+	-	1	+	+	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	+	+	+	-	+	1	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1	+	1	-	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.	-	+	1	-	1	-	-	-	-	2	1	1	1	1	2	2	+	+	3	+	2
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	1	+	9	5	14	8	10	4	-	+	-	-	1	+	-	1	-	2	2	-	-
<i>T. nitzschoides</i> (Grunow) H. Perag. et Perag.	19	17	16	20	5	16	13	18	8	10	3	10	6	11	22	16	16	17	7	3	4
<i>T. nitzschoides</i> (heteropolar)	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa	+	1	-	+	-	-	+	+	3	+	-	-	-	-	3	1	-	3	-	-	-
<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et G.A.Fryxell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	+	-	+	-	-	+
<i>T. praenidulus</i> Akiba	-	-	-	4	-	-	-	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Triceratium condecorum</i> Brightw.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Non-marine diatoms																					
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira</i> spp.	+	+	5	+	9	2	3	4	2	1	11	4	2	4	1	-	4	3	3	2	11
Total number of valves counted	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Resting spore of <i>Chaetoceros</i>	19	23	34	11	15	34	17	10	12	39	11	11	12	2	24	9	14	26	25	18	18

塚田層の堆積期の間、輪島市の内陸を含む能登半島西部は陸域が存在していたと推定される。

謝辞：漆サミット in 輪島実行委員会・漆サミット実行委員会の関係各位には、輪島市訪問の機会を与えていただいた。また査読者及び担当編集委員には、丁寧に原稿を読んでいただき、たいへん有益なコメントをいただいた。ここに深謝の意を表す。

文 献

- 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.*, *Initial Report of Deep Sea Drilling Project*, **87**, 93–480.
- Fuji, N. (1972) Fossil spores and pollen grains from the Neogene deposits in Noto Peninsula, central Japan – IV A palynological study of the Late Miocene Tsukada Member. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 86, 295–318.
- Gradstein, F., Ogg, J. Schmitz, M. D. and Ogg, G. M. (2012) *A Geologic Time Scale 2012*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1144p.
- 市川 渡・粕野義夫(1963) 能登半島の珪藻土. 石川県, 45p.
- 上 俊二・加藤道雄・田口恭子・高山俊昭(1981) 能登半島に分布する石灰質砂岩層の地質年代. 金沢大学教養部論集 自然科学篇, **18**, 47–63.
- 粕野義夫編(1965) 第1部 能登半島の地質. 能登半島学術調査報告書, 石川県, 1–93.
- 粕野義夫編著(1993) 石川県地質誌. 石川県・北陸地質研究所, 321p.
- 小林博文・山路 敦・増田富士雄(2005) 能登半島輪島地域の中新統の層序・堆積環境・テクトニクス. 地質学雑誌, **111**, 286–299.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, **5**, 321–325.
- 奥野春雄(1973) 1 ケイ藻・ケイ藻土・地の粉. 輪島市史：資料編, 725–782.
- Watanabe, M. and Yanagisawa, Y. (2005) Refined Early Miocene to Middle Miocene diatom biochronology for the middle- to high-latitude North Pacific. *Island Arc*, **14**, 91–101.
- 柳沢幸夫(1999) 能登半島珠洲地域の中新統の珪藻化石層序. 地質調査所月報, **50**, 167–213.
- 柳沢幸夫(2012) 石川県輪島市(能登半島)に分布する中新統塚田泥岩層の珪藻化石. 地質調査総合センター研究資料集, no. 567, 1–9.
- 柳沢幸夫(2013) 輪島塗の下地に使用される珪藻土の秘密. 漆サミット実行委員会編, 漆サミット2013in輪島—漆文化と漆産業の再興を目指して—, 9.
- 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. *Journal of Geological Society of Japan*, **104**, 395–414.
- 吉川敏之・鹿野和彦・柳沢幸夫・駒澤正夫・上嶋正人・木川栄一(2002) 珠洲岬, 能登飯田及び宝立山地域の地質. 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, 76p.

(受 付 : 2017年1月30日 ; 受 理 : 2017年5月19日)
(早期公開 : 2017年6月29日)

図版1 輪島層から産出した非海生珪藻化石.

Plate 1 Non-marine diatoms from the Wajima Formation.

1-5: *Actinocyclus* sp.

1: M07 (Noto1377); 2, 4: M09 (Noto1375); 3, 5: M06 (Noto1368)

6: *Tetracyclus ellipticus* var. *lancea* f. *subrostrata* Hustedt

M07 (Noto1377)

7: *Tetracyclus* sp.

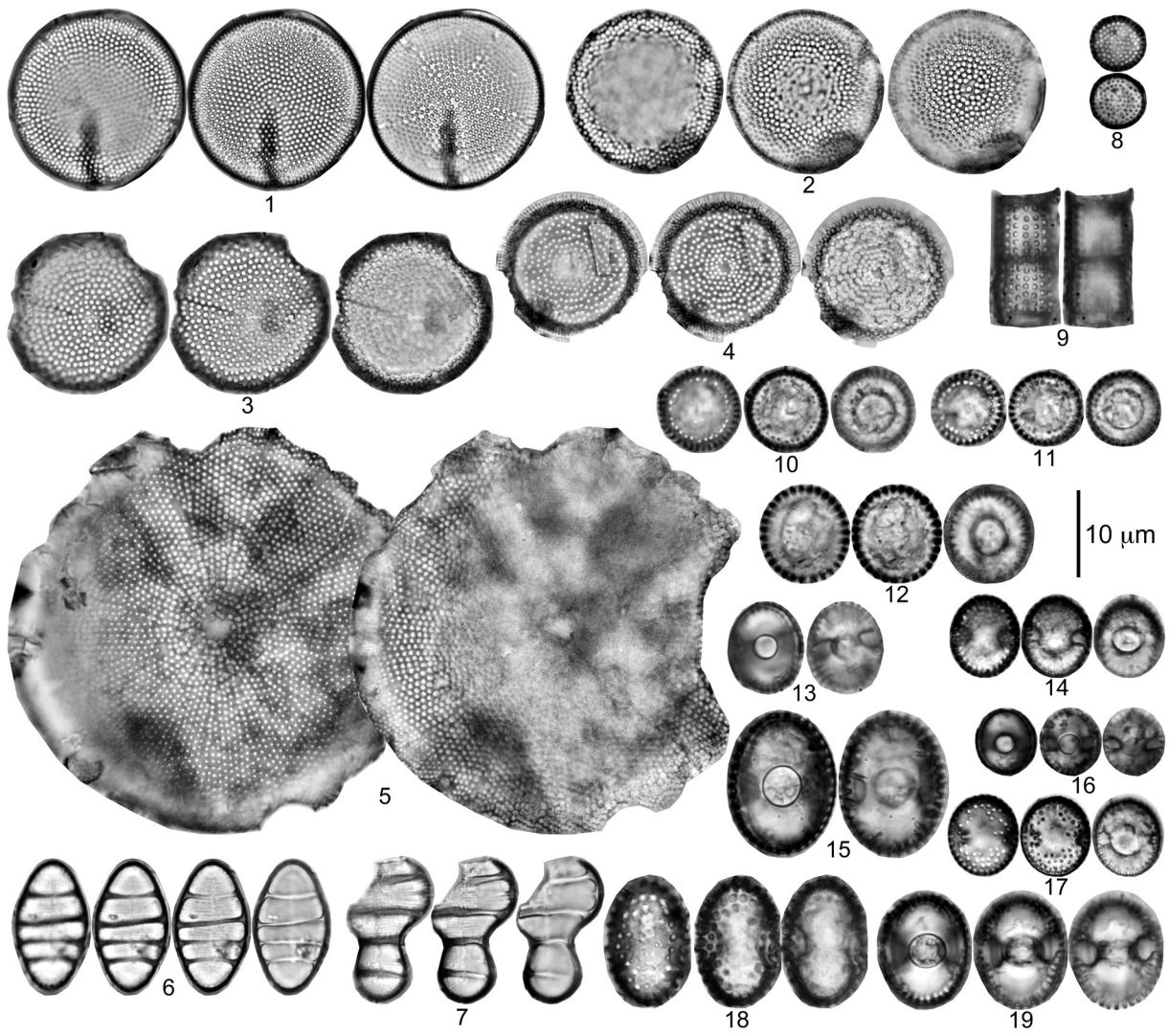
M06 (Noto1368)

8-12: *Aulacoseira* spp.

M09 (Noto1375)

13-19: *Aulacoseira hachiyaensis* H. Tanaka

13, 16: M09 (Noto1375); 14, 15: M07 (Noto1377); 17-19: M06 (Noto1368)



図版2 塚田層から産出した海生珪藻化石。スケールAは1-10に、スケールBは11-22に適用。

Plate 2 Marine diatoms from the Tsukada Formation. Scale bars A and B are for figs. 1-10 and 11-22, respectively.

- 1-3: *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Barron ex Akiba [valves], M21 (Noto1365)
- 4: *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa et Akiba [valve], K07 (Noto1353)
- 5, 6: *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa et Akiba [closed copula], M21 (Noto1365)
- 7, 8: *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Barron ex Akiba [closed copula], M21 (Noto1365)
- 9: *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba, K07 (Noto1353)
- 10: *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba, K07 (Noto1353)
- 11: *Proboscia alata* (Brightw.) Sundstöm, K07 (Noto1353)
- 12: *Rhizosolenia styliformis* Brighw., K07 (Noto1353)
- 13: *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* Gran, K07 (Noto1353)
- 14: *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, K07 (Noto1353)
- 15, 16: *Thalassionema hirosakiensis* (Kanaya) Schrader, K07 (Noto1353)
- 17: *Nitzschia heteropolica* Schrader, K07 (Noto1353)
- 18, 19: *Actinocyclus* sp. A, K07 (Noto1353)
- 20: *Azpeitia endoi* (Kanaya) P.A.Simis et G.A.Fryxell, K07 (Noto1353)
- 21: *Azpeitia vetustissima* (Pant.) P.A.Sims, K07 (Noto1353)
- 22: *Genus* et sp. indet., K07 (Noto1353)

