

高知県海洋深層水研究所の 養殖施設から採集した付着珪藻

Attached diatoms occurring in the aquaculture facility
in Kochi Prefectural Deep Seawater Laboratory

鈴木 秀和¹・阿部 祐子²・藤田 大介¹・南雲 保³

Hidekazu SUZUKI, Yuko ABE, Daisuke FUJITA, Tamotsu NAGUMO

Abstract

The attached diatom flora in the aquaculture facility, Kochi Prefectural Deep Seawater Laboratory, Muroto, Japan, in which Pacific deep seawaters (DSW) were pipelined from depths of 320 m and 341 m, was studied using light microscopy. A total of 37 species in 21 genera were recorded from the tanks (10-16°C). The popular identified species were *Navicula agnita*, *Craspedostauros decipiens*, *Nitzschia laevis*, *Gomphoseptatum aestuarii*, *Diploneis papula*, *Tabularia fasciculata* and *T. investiens*; among them, *C. decipiens*, *G. aestuarii* and *D. papula* recorded the highest relative frequency rank (> 50%) in at least one sample. Some diatom species were previously reported from aquaculture facilities in Toyama prefecture, Sea of Japan coast, in which colder (< 10°C) DSW is used. Among six examined tanks, one tightly covered outdoor tank was prepared for the present study by running DSW for forty days before sampling. Two samples collected from a wall and detached colonies floating in the tank, included only 4 species, showing the cleanliness of DSW. Other samples were collected from five tanks of a variety of size, period and cultured organisms. Five samples collected from a wall or other substrata in three abalone (two outdoor and one indoor) tanks included 12 to 24 species; the richest flora (24 species) was recorded from a net cage in the indoor tank in which surface seawater (SSW) was also mixed for adjusting water temperature. The other two samples, collected from one outdoor kelp tank and one indoor shrimp tank (with some seaweed), included 8 and 4 species, respectively. We concluded that the inclusion of organisms, particularly abalone, as well as mixing of SSW increase the species richness of attached diatoms in DSW and that diatom species occurring in high frequency are adequate for high production in culture in DSW.

Key Words: attached diatom, flora, aquaculture facility, deep seawater, abalone

要 旨

高知県海洋深層水研究所内の養殖施設（水温 10～16°C）の 6 水槽 9 試料に出現した付着珪藻を光学顕微鏡で調べ、21 属 37 種の出現を確かめた。主要種は、*Navicula agnita*, *Craspedostauros decipiens*, *Nitzschia laevis*, *Gomphoseptatum aestuarii*, *Diploneis papula*, *Tabularia fasciculata* および *T. investiens* で、このうち *C. decipiens*, *G. aestuarii* および *D. papula* は少なくとも 1 試料で相対頻度の最高ランク (> 50%) を示した。低温（10°C 以下）の海洋深層水（DSW）が利用されている富山県内の 2 養殖施設で報告された種も確認された。DSW を 40 日間かけ流しただけの覆い付き屋外水槽では 4 種しか出現せず、DSW の清浄性が確かめられた。アワビ養殖の

¹東京海洋大学海洋科学部（〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7）

²高知県海洋深層水研究所（〒781-7101 高知県室戸市室戸岬町 7156）

³日本歯科大学生命歯学部（〒102-8159 東京都千代田区富士見 1-9-20）

3 (屋外2, 屋外1) 水槽には12-24種が出現し, 特に表層海水を混ぜた屋内水槽で種数が最も多かった。屋外コンブ水槽から8, 屋内エビ水槽から4種が出現した。以上, 生物 (特にアワビ) の飼育や表層海水の混入がDSW中の付着珪藻の種数を増やし, 相対頻度の高い種はDSWでの培養有望種として期待できると結論した。

キーワード: 付着珪藻, フロラ, 室戸海洋深層水, 養殖施設, アワビ

1. 緒 言

海洋深層水は, 低温かつ清浄な海水として多方面に利用されているが, 無機栄養塩が多いために付着珪藻が自然繁茂しやすい (藤田・高橋, 2006)。付着珪藻は, アワビ, サザエ, ウニなどの着底幼生の種苗生産を行う際の初期餌料として重要である (伊藤, 1987, Suzuki *et al.*, 1987, 藤田・鴨野, 1998) が, 培養生物や水槽の汚損の原因ともなり (藤田・高橋, 2006), 各地に建設された海洋深層水の利用施設でどのような付着珪藻が出現し繁茂するかは, 珪藻の利用の面だけでなく, 施設の維持管理の面からも興味を持たれる。先に, 著者らは, 日本海固有水を取水している富山県水産試験場 (滑川市) と入善町海洋深層水利用施設 (入善町) の水槽に自然繁茂する付着珪藻の種類を明らかにした (鈴木ら, 2000, 2005) が, 今回, 太平洋側の海洋深層水を取水している高知県海洋深層水研究所でも養殖水槽に出現する珪藻について調べたので報告する。

2. 材料および方法

本研究で用いた試料は, 2004年3月26日, 高知県海洋深層水研究所 (取水水深320mと341m) の6 (屋外4, 屋内2) 水槽から採集した (Table 1)。各水槽の水温は概ね10~16°Cで, 屋外水槽では屋内水槽よりも変動が大きい傾向にあった。なお, 各試料コードは, 水槽番号, 飼育生物および採集箇所を並べて構成した。以下に, 各水槽の詳細を述べる。

屋外水槽1 (50ℓ容) では, 海洋深層水のみを40日間かけ流し (水温15°C), 生物を収容せずに, ビニールカバーを被せ, 壁面群落および浮遊してい

た剥離群落から採集し, 各試料をO1W, O1FDとした。他の屋外水槽3基も海洋深層水のみをかけ流しているが, いずれも1年以上用いているほか, 以下のように飼育生物や扱いが異なる。屋外水槽2は, 徳島県で種苗生産されたメガイアワビ *Nordotis gigantea* を飼育している1トン容水槽で, 壁面および波板の各群落から採集し, 各試料をO2AW, O2APとした。屋外水槽3は, 3年間, 特に掃除せずに由来や種の不明なアワビを飼育しているストック用1トン容水槽 (ただし, 2003年11月以前は海藻や魚類の培養水槽の排水が混入) で, 壁面および水面に浮かべていたペットボトルの表面の各群落から採集した試料をO3AW, O3AFBとした。屋外水槽4は種苗生産したコンブを培養している寒冷紗付き1トン容水槽で, 壁面の群落から採集した試料をO4KWとした。

屋内水槽1 (Indoor 1) は, 海洋深層水と表層水を混合してかけ流し, 徳島県で種苗生産されたメガイアワビを飼育している1トン容水槽で, アワビを収容しているネット籠の表面に形成された群落から採集した試料をI1ANとした。また, 屋内水槽2は, 海洋深層水のみをかけ流してイバラモエビ科のエビを飼育している30ℓ水槽で, 壁面に形成された群落から採集した試料をI2SWとした。

珪藻類の種の同定, 被殻形態の観察は, 試料を長田・南雲 (2001) と鈴木ら (2005) に準拠して処理し, 光学顕微鏡 (LM) を用いて行った。また, 各試料における珪藻各種の多寡は, 鈴木ら (2005) の報告と同基準の5段階 (rr, 極めて少ない, 7%以下; r, 少ない, 8-14%; +, ふつう, 15-29%; c, 多い, 30-49%; cc, 非常に多い, 50%以上) の相対頻度で表示した。本研究で用いた述語は小林ら (2006) に準拠した。

Table 1. Profile of samples and culture tanks where attached diatoms were sampled.

Sample Code	Tank* (Volume)	Cultured organism	Place of Colony	Remarks
O1W O1FD	Outdoor 1 (50 l)	None	Wall Floating (Detached)	DSW was run for 40 days in the tank covered with vinyl chloride sheet.
O2AW O2AP	Outdoor 2 (1 ton)	Abalone	Wall Plate	
O3AW O3AFB	Outdoor 3 (1 ton)	Abalone	Wall Floating Bottle	Never cleaned for three years.
O4KW	Outdoor 4 (1 ton)	Kelp	Wall	
I1ANC	Indoor 1 (1 ton)	Abalone	Net cage	SSW has been mixed with DSW.
I2SW	Indoor 2 (30 l)	Shrimp	Wall	Seaweed has been placed as a nursery.

*Water temperatures in the tanks were largely 10–16°C.

3. 結 果

今回、明らかにできた6水槽9試料中の付着珪藻と相対頻度（5段階表示）はTable 2に示した通りで、21属37種が認められた。参考のために主要種の光学顕微鏡写真を図1–40に示した。なお、この写真はTable 2に示した分類表の順に並べてある。

属別では *Cocconeis* 属と *Nitzschia* 属が各5種で最も多く、*Navicula* 属4種、*Achnanthes* 属3種がこれに次いだ。また、最も多くの試料で認められたのは *Navicula agnita* Hustedt (Figs. 27–29) と *Nitzschia* sp. 1 (Figs. 32–34) で、いずれも9基質中8試料から出現し、このほかに広く出現が確認された種としては、*Craspedostauros decipiens* (Hustedt) E. J. Cox (Figs. 19, 20) と *Nitzschia laevis* Hustedt (Figs. 30, 31) (以上、7試料から出現)、*Achnanthes* sp. 1 (Figs. 5–7)、*Gomphoseptatum aestuarii* (Cleve) Medlin (Figs. 23, 24) (以上、5試料から出現)、*Diploneis papula* (A. Schmidt) Cleve (Figs. 21, 22)、*Amphora helenensis* Giffen (Figs. 11, 12)、*Navicula* sp. 1 および *Tabularia investiens* (W. Smith) Williams & Round (Figs. 38, 39) (以上、4試料から出現) があった。

また、水槽（および採集場所）別にみると、出現分類群数が多かったのはアワビを飼育している水槽で10–24種が出現し、特に、表層水を混合してかけ流した屋内水槽2のネット籠（試料I1AN）では、最大の17属24種を確認した。逆に、出現分類群

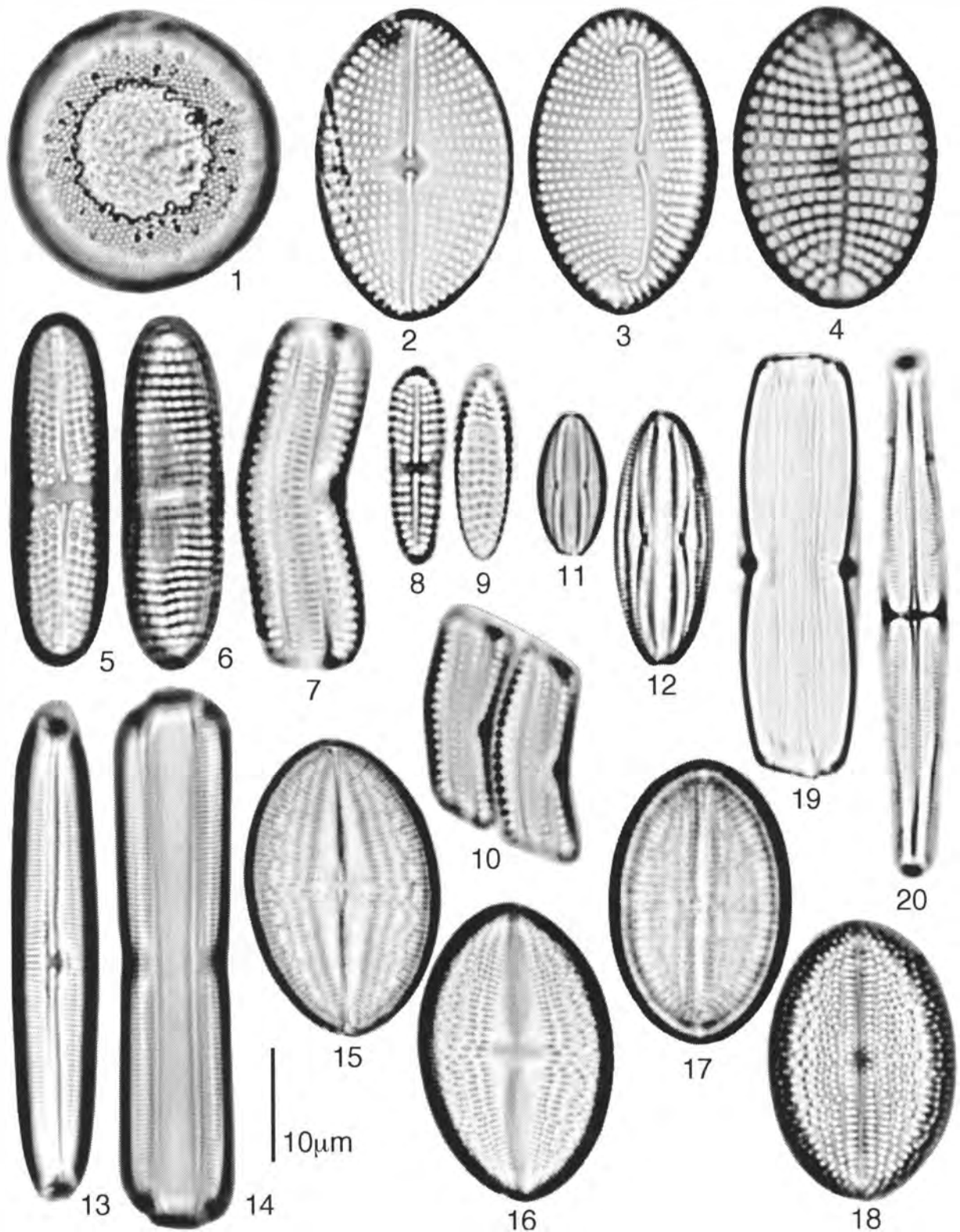
数が最も少なかったのは、生物を収容せずに深層水のみをかけ流したビニールカバー付きの屋外水槽1で、水槽の壁面（試料O1W）では2属2種、浮遊していた群落（試料O1F）を含めても、わずかに3属4種が出現しただけであった。

出現種のうち、少なくとも1試料において「普通：+」（15–29%）、「多い：c」（30–49%）、「極めて多い：cc」（50%以上）のいずれかにランクされたのは、*Craspedostauros decipiens*, *Diploneis papula*, *Gomphoseptatum aestuarii*, *Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow (Figs. 25, 26), *Navicula agnita*, *Nitzschia laevis*, *Tabularia fasciculata* (J. Agardh) Williams & Round (Figs. 36, 37) および *T. investiens* の8種であった。これら8種および *Cocconeis* 属の注目すべき2種の形態観察結果および従来の分類学および生態学的知見を以下に述べる。

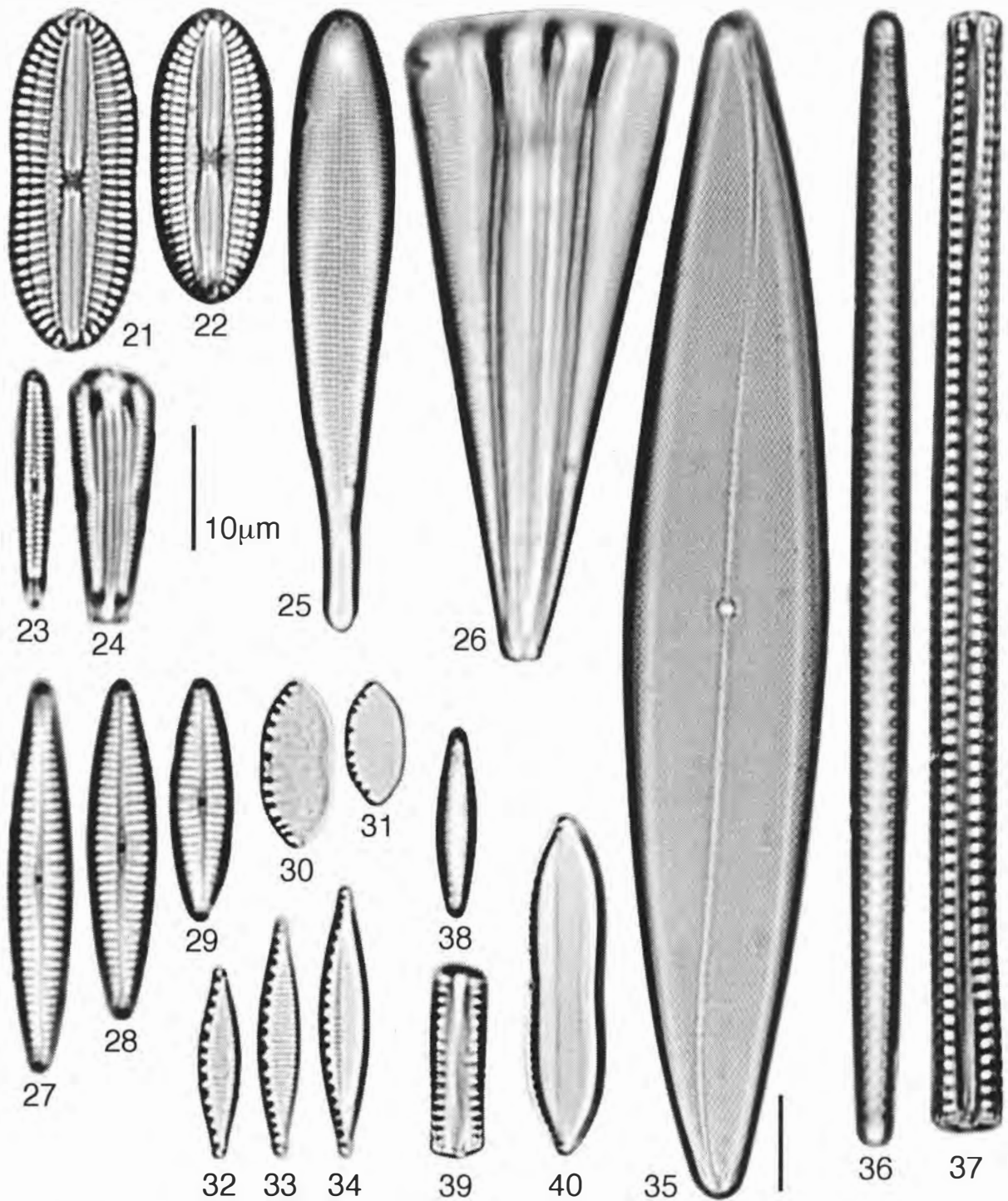
***Craspedostauros decipiens* (Hustedt) E. J. Cox**, 1999, Eur. J. Phycol. 34: 142–143; Simonsen, 1987, Hustedt's Diatom Types, 1: 463, 3: pl. 691, figs. 19–26.

Basionym: *Stauroneis decipiens* Hustedt, 1959, Kies. 2: 827, fig. 1170. (Figs. 19, 20)

殻面は狭被針形で、末端は鈍頭状、殻の中央部でわずかにくびれる (Fig. 20)。殻長 31.0–47.0 μm 、殻幅 5.0–7.0 μm 。条線は 10 μm に 20–22 で、殻面全体に平行に並ぶ。縦溝は直線状で、軸域は狭い。中心域は条線 2–3 列分の幅で横に広がり、十字節



Figs. 1-20. Diatom species occurring in a culture facility using the deep seawater off Muroto, Kochi Prefecture. Fig. 1. *Hyalodiscus scoticus*. Figs. 2-4. *Achnanthes St. Pauli*. Fig. 2. Raphid valve. Fig. 3. Internal valve. Fig. 4. Araphid valve. Figs. 5-7. *Achnanthes* sp. 1. Figs. 5, 6 Raphid valve (left) and araphid valve of a frustule. Fig. 7. Girdle view of a frustule. Figs. 8-10. *Achnanthes* sp. 2. Figs. 8, 9. Raphid valve (left) and araphid valve of a frustule. Fig. 10. Girdle view of two frustules. Figs. 11, 12. *Amphora helenensis*. Figs. 13, 14. *Caloneis linearis*. Fig. 13. Valve view. Fig. 14. Girdle view. Figs. 15, 16. *Cocconeis delicata*. Raphid valve (left) and araphid valve of a frustule. Figs. 17, 18. *Cocconeis shikinensis*. Raphid valve (left) and araphid valve of a frustule. Figs. 19, 20. *Craspedostauros decipiens*. Fig. 19. Girdle view of a frustule. Fig. 20. Valve view.



Figs. 21-40. Diatom species occurring in a culture facility using the deep seawater off Muroto, Kochi Prefecture. Figs. 21, 22. *Diploneis papula*. Figs. 23, 24. *Gomphoseptatum aestuarii*. Fig. 23. Valve view. Fig. 24. Girdle view. Figs. 25, 26. *Licmophora gracilis*. Fig. 25. Valve view. Fig. 26. Girdle view. Figs. 27-29. *Navicula agnita*. Figs. 30, 31. *Nitzschia laevis*. Figs. 32-34. *Nitzschia* sp. 1. Fig. 35. *Pleurosigma barbadense*. Scale bar = 10 μ m. Figs. 36, 37. *Tabularia fasciculata*. Fig. 36. Valve view. Fig. 37. Girdle view. Figs. 38, 39. *Tabularia investiens*. Fig. 38. Valve view. Fig. 39. Girdle view. Fig. 40. *Tryblionella* sp.

Table 2. Relative abundance of diatom species occurring in a culture facility using the deep-sea water off Muroto, Kochi Prefecture. The symbols are: rr; very rare (-7%), r; rare (8-14%), +; common (15-29%), c; abundant (30-49%), cc; very abundant (50%-).

Species	Sample code*									
	O1W	O1FD	O2AW	O2AP	O3AW	O3AFB	O4KW	I1AN	I2SW	
Centrales										
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow					rr	rr				
<i>Trigonium formosum</i> (Brightwell) Cleve								rr		
Pennales										
<i>Achnanthes St. Pauli</i> (Kolbe) Kobayasi & Sawatari					rr	rr				
<i>Achnanthes</i> sp. 1			rr	r	rr	rr		rr		
<i>Achnanthes</i> sp. 2				rr	rr	rr				
<i>Amphora helenensis</i> Giffen				rr		rr		rr	rr	
<i>Amphora</i> sp.								rr		
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müller) Hendey								r		
<i>Caloneis linearis</i> (Grunow) Boyer								r		
<i>Cocconeis delicata</i> A. Schmidt					rr	rr				
<i>C. neothumensis</i> Krammer var. <i>marina</i> Stefano, Marino et Mazzella								rr		
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve			rr	rr						
<i>C. shikinensis</i> Hid. Suzuki								rr		
<i>C. stauroneiformis</i> (Rabenhorst) Okuno								rr	rr	
<i>Craspedostauros decipiens</i> (Hustedt) E.J. Cox	cc	cc	r	+	rr	+	rr			
<i>Diploneis papula</i> (A. Schmidt) Cleve					rr	rr		rr	cc	
<i>Donkinia</i> sp.								rr		
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg								rr		
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing								rr		
<i>Gomphoseptatum aestuarii</i> (Cleve) Medlin				rr	cc	rr	rr	rr		
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow			c	rr						
<i>Navicula agnita</i> Hustedt	rr	rr	+	rr	rr	rr	c	rr		
<i>N. salinicola</i> Hustedt			rr	rr		rr				
<i>Navicula</i> sp. 1.			rr	rr		rr	r			
<i>Navicula</i> sp. 2.						rr				
<i>Nitzschia dubiiformis</i> Hustedt					rr	rr	r			
<i>N. laevis</i> Hustedt		rr	r	rr	rr	+	+	rr		
<i>N. valdestriata</i> Aleem & Hustedt			rr							
<i>Nitzschia</i> sp. 1.		rr	rr	rr	rr	rr	r	r	rr	
<i>Nitzschia</i> sp. 2.								rr		
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J. Cox								rr		
<i>Planothidium haukianum</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova						rr		rr		
<i>Pleurosigma barbadense</i> Grunow								r		
<i>Pleurosigma</i> sp.								r		
<i>Tabularia fasciculata</i> (J.Agardh) Williams & Round				+		r		r		
<i>T. investiens</i> (W. Smith) Williams & Round			rr		+		r	rr		
<i>Tryblionella</i> sp.			rr							
Total number of taxa	2	4	12	13	13	18	8	24	4	

*See Table 1

(*stauros*, cf. 小林ら, 2006, p. 29, 35) を形成する。被殻の帯面観はほぼ長方形で、中央でわずかにくびれる (Fig. 19)。葉緑体は板状で2個ある。海洋深層水をかけ流しただけの屋外水槽1で顕著に認められ、基質上を盛んに滑走運動するのが観察された。

本種は、記載後も帰属が変わり混迷していたが、Cox (1999) が *Craspedostauros* 属を設立した際に組み替えられ、現在に至っている。本種の分布は広く、本邦では (旧学名での取り扱いも含む、以下同様)、大阪府淀川の河口域 (後藤, 1979)、新潟県佐渡島の加茂湖 (長谷川・濁川, 1993)、富山県入善町の海洋深層水アワビ養殖施設 (鈴木ら, 2005) および神奈川県横須賀市天神島産のホソエダアオリ *Enteromorpha crinita* (Roth) Nees 藻体上 (鈴木, 2005) から、海外では、南アフリカの Province 岬の St. Helena 湾沿岸の小さなタイドプール内の砂上からの報告がある (Giffen, 1973)。

***Cocconeis delicata* A. Schmidt**, in A. Schmidt *et al.*, 1894, Atl. taf. 196, figs. 23, 24.

(Figs. 15, 16)

殻面は楕円形。菱形をした軸域と殻の長軸がわずかにずれているのが特徴である。殻長は 22.5~31.0 μm 、殻幅は 13.0~21.0 μm 。本種の縦溝はやや S 字状になる。条線は縦溝殻 (Fig. 15) と無縦溝殻 (Fig. 16) とともにスリット状の胞紋からなる。9 試料中、屋外水槽 3 (アワビ飼育) の 2 試料のみから出現した。

本種は Schmidt (1894) が神奈川県横浜市で採集した試料をもとに新種記載した後、Meister (1935) が長崎県から得た試料より報告しているが、本邦では希産である。

***Cocconeis shikinensis* Hid. Suzuki**, in Suzuki *et al.*, 2001, Phycol. Res. 49: 137-144, figs. 1-31.

(Figs. 17, 18)

殻は楕円形。殻長は 15.5~25.0 μm 、殻幅は 10.0~15.5 μm 。縦溝は直線状。条線は縦溝殻 (Fig. 17) では小さな点紋、無縦溝殻 (Fig. 18) はスリット状の胞紋からなる。9 試料のうち表層水を

混合した屋内水槽 1 (アワビ飼育) のみから認められた。

本種は Suzuki *et al.* (2001) が伊豆諸島式根島産の緑藻スリコギズタ *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *laete-virens* (Montagne) Weber van Bosse の藻体表面から得た試料より新種記載した種であるが、分布は広く、神奈川県小田原産の紅藻カギバラノリ *Hypnea japonica* Tanaka の藻体表面 (Suzuki *et al.*, 2001) や三重県銚子川河口域の石上 (阿部ら, 2003)、富山県水産試験場および同県入善町の海洋深層水利用施設 (鈴木ら, 2000, 2005) などから報告されている。

***Diploneis papula* (A. Schmidt) Cleve**, 1894, Kongl. Svenska. Vetensk. -Akad. Hanal. 26: 85. Basionym: *Navicula papula* A. Schmidt, 1885, Atl. taf. 7, figs. 45-47. (Figs. 21, 22)

殻の外形は、側面が真っ直ぐな楕円形。大きい細胞では殻の中央でわずかにくびれる。殻長 23.0~27.0 μm 、殻幅 8.0~10.0 μm 。条線は 10 μm に 10~12 で、殻面の中央で平行またはわずかに放射状、殻端にいくにしたがい放射状に配列する。軸域は広く、殻内部には本属の特徴である縦走管 (longitudinal canal) が存する (cf. Round *et al.*, 1990, p. 563, fig. I; 小林ら, 2006, p. 38, 図 57)。縦溝は直線状。本分類群の殻微細構造に関しては Gerloff & Helmcke (1975) があり、今回の観察結果もそれとよく一致した。本研究では試料 I2SW で特に優占が認められたが、本種は沿岸域に広く分布し、岩盤や砂泥上に生育する。

***Gomphoseptatum aestuarii* (Cleve) Medlin**, in Medlin & Round, 1986, Diat. Res. 1: 212, 214, figs. 16-18, 55-59.

Basionym: *Gomphonema aestuarii* Cleve, 1893, Diatomiste, p. 55, pl. 3, fig. 4. (Figs. 23, 24)

殻面は狭い棍棒状 (Fig. 23)、帯面はくさび形 (Fig. 24)。殻長 12.0~22.0 μm 、殻幅 2.5~3.0 μm 。軸域は狭い。中心域は長方形で明瞭。帯面観で明瞭な頭部殻端の隔壁 (cf. 小林ら, 2006, p. 39, 図

61) と基部殻端の偽隔壁 (cf. 小林ら, 2006, p. 31, 図 28) を有するのが特徴である。被殻の基部殻端から粘液柄を出し, 基物に着生する。本研究では特に試料番号 O3AW で優占的に出現した。

本種は Medlin & Round (1986) が *Gomphonema* 属から新属 *Gomphoseptatum* を設立した際に, タイプ種として記載した。タイプ地はイギリス南東部ドーバー海峡に近い Hastings であるが, 他にアメリカ西海岸や南アフリカから海藻着生種としての報告がある。本邦では北海道釧路町産の紅藻クシベニヒバ *Ptilota filicina* J. Agardh 上 (南雲・田中, 1994) のみから知られ, 冷水域に生育する種と思われる。

***Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow, 1867, Hedwigia, 6: 34. (Figs. 25, 26)**

殻面 (Fig. 25) は棍棒状で, 頭部殻端は鈍角的, 基部殻端はくちばし状に急に細くなる。殻長は 17.0~58.0 μm , 殻幅 6.0~9.0 μm 。軸域は狭い。条線は 10 μm に 18~20 で, 明瞭な点紋列からなり殻全体にわたって平行に配列する。帯面 (Fig. 26) はくさび形で, 接殻帯片の中脈 (cf. 小林ら, 2006) はわずかに湾曲する。本研究では試料番号 O2AW で優占的に出現した。

本種は, 本邦では後藤 (1979) が大阪府淀川汽水水域から報告している。近海では中国大連沿岸で採集された泥中 (Skvortzow, 1929) とウラジオストック海岸の杭 (Skvortzow, 1932) から出現報告がある。Skvortzow (1932) によれば, 本種は大西洋, アドリア海, 北海および地中海にも産するという。

***Navicula agnita* Hustedt, 1955, Bull. Duke Univ. Mar. Sta. 6: 27, pl. 9, figs. 13-16. (Figs. 27-29)**

殻面は皮針形で, 末端はしだいに細くなるが丸みを帯びる。殻長は 19.0~39.0 μm , 殻幅 4.0~6.0 μm 。縦溝は直線的。条線 10 μm に 12~14。明瞭で, 殻の中央ではわずかに放射状, 殻端にいくにしたがい平行になり, 末端で収れんする。本研究では試料 I2SW 以外のすべての試料で確認され, 特に試料

O4KW で優占的に出現した。

本種は Hustedt (1955) により, アメリカ North Carolina 州の Beaufort 海岸から新種記載された。本邦では北海道羅臼町産の紅藻フジマツモ *Neorhodomela aculeate* (Prestenko) Masuda (鈴木・小林, 2002), 神奈川県葉山町産の紅藻ピリヒバ *Corallina pilulifera* Postels et Ruprecht (鈴木・南雲, 2003), 千葉県館山市波左間産の海草アマモ *Zostera marina* L. (Kuriyama et al., 2006) の各藻 (草) 体のほか, 富山県入善町の海洋深層水アワビ養殖施設からも報告 (鈴木ら, 2005) がある。

***Nitzschia laevis* Hustedt, 1939, Adh. Naturw. Ver. Bremen, 31: 662, figs. 116-118; Simonsen, 1987, Hustedt's Diatom Types, 1: 261, 2: pl. 385, figs. 10-18. (Figs. 30, 31)**

殻面は幅の広い皮針形で, 殻端はくさび形状になる。殻長は 10.0~17.0 μm , 殻幅 4.5~6.0 μm 。条線は極めて微細で光学顕微鏡での観察は困難である。縦溝は殻縁に偏り, 数個の明瞭な小骨を伴う。本研究では前種同様, 多くの試料から観察され, 特に試料 O3AFB と O4KW では優占的に出現した。

本種は Hustedt (1939) により北海沿岸のドイツ Leybucht 湿地の Hamburger 砂州から新種記載された。本邦では富山県入善町の海洋深層水アワビ養殖施設 (鈴木ら, 2005) と千葉県館山市波左間産の海草アマモ藻体上 (Kuriyama et al., 2006) から報告があるが, 筆者らの本邦沿岸域の調査 (未発表) によれば汎存種と思われる。

***Tabularia fasciculata* (J. Agardh) Williams & Round, 1986, Diat. Res. 326-328, figs. 46-52.**

(Figs. 36, 37)

殻面は真っ直ぐな紡錘状皮針形で, 先端は丸みを帯びる (Fig. 36)。殻長は 84.0~93.0 μm , 殻幅は 4.0~5.0 μm で, 本属の中では大型種である。軸域は広い。殻帯面は狭い長方形 (Fig. 37)。条線は殻面と殻套にそれぞれ 1 個ずつある胞紋からなる。殻端から粘液物質を分泌し叢状の群体を形成して基物に着生する。本研究では試料番号 O2AP で優占的

に出現した。本邦では千葉県沿岸域からの報告（南雲ら, 1998）があるほか、各地から産出する。

***Tabularia investiens* (W. Smith) Williams & Round, 1986, Diat. Res. 1: 324, figs. 39–45.**

(Figs. 38, 39)

殻面は真っ直ぐな狭皮針形で、先端は丸みを帯びる (Fig. 38)。殻長は 15.0~41.0 μm 、殻幅は 3.0~4.0 μm 。軸域は広い。殻帯面は狭い長方形 (Fig. 39)。条線は 10 μm に 10~12 本で、殻面から殻套まで連続する 1 個の胞紋からなる。前種と同様、叢状の群体を形成する。本研究では試料 O3AW で優占的に出現した。

本種は北海道釧路町産の紅藻クシベニヒバ（南雲・田中, 1994）、同羅臼町産の紅藻フジマツモ（鈴木・小林, 2002）、伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリ *Plocamium telfairiae* (Hooker et Harvey) Harvey（鈴木ら, 1999）、同諸島八丈島産の紅藻ガキケノリ *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan（鈴木・南雲, 2004）等の藻体上から見つかっており、本邦各地に産する汎存種である。富山県水産試験場および同県入善町の海洋深層水利用施設（鈴木ら, 2000, 2005）にも優占的に産出した。

4. 考 察

これまで、海洋深層水利用施設に出現する付着珪藻に関する知見は富山県の 2 施設（鈴木ら, 2000, 2005）に限られていたが、今回、太平洋側の施設についてもその一端を明らかにすることができた。

高知県海洋研究所の養殖施設内には多種多様な付着珪藻が出現し、出現種数（21 属 37 種）は、これまでに付着珪藻相が調べられている滑川市（富山県水産試験場, 13 属 20 種, 鈴木ら, 2000）、同じく入善町（アワビ養殖施設, 12 属 21 種, 鈴木ら, 2005）と比較しても多かった。これは、海洋深層水の由来や水温、飼育生物の種類や由来などが影響していると考えられる。

高知県で取水しているのは太平洋中層水、富山県で取水しているのは日本海固有水で、海洋深層水の由

来は異なるが、本研究では、富山県の 2 施設もしくはそのいずれかに共通する種が 11 種認められた (Table 3)。ただし、今回、富山県の 2 施設（3℃前後で取水し概ね 10℃以下で使用）の場合とは異なり、明らかに冷水性と考えられる種が目立たず、僅かに *Gomphoseptatum aestuarii* などとその片鱗を見るに過ぎなかった。また、3 施設に共通して出現した種は、今回は相対頻度+ランク以下の低頻度でしか出現しなかった。この理由としては、今回、調べた高知県の水槽の水温が 10~16℃と高かったことが大きな要因と考えられる。

一方、予想されたことではあるが、生物を收容せずに海洋深層水のみをかけ流した水槽（屋外水槽 1）で出現種数が最も少なく、表層海水を混入あるいは生物を收容した水槽で出現種数が増加したことから、付着珪藻の観点からも海洋深層水の清浄性が示された。生物を收容せずに海洋深層水のみをかけ流す試験は、先の富山県 2 施設での研究では行っていないので、今回、初めて確認できた。同時に、飼育生物や表層海水の存在により、水槽内の付着珪藻の種数が増えることも改めて示された。また、水槽内でも、採集場所によって多少の種組成の違いが認められ、今回のような観察を行う場合、複数タイプの群落から採集することが必要と思われた。

また、飼育期間や生物の由来などを無視して收容生物の異なる水槽の間で比較すると、アワビ飼育水槽では他の生物の入った水槽と比べて出現種数が多い傾向にあった。これは、アワビが付着珪藻を積極的に餌料としていること (Suzuki et al., 1987) に加え、付着珪藻の着生基質となりうる貝殻をもつことによると考えられる。アワビ水槽 3 基の中でも、特に屋内水槽で種類が際立ったのは、この水槽に表層海水が混ぜられていたことが最大の要因であろう。

単細胞生物たる珪藻の場合、ハンドリングなどの過程で例え 1 個体でも侵入すると増殖によって群落を形成する可能性があるため、今回、屋外水槽 1 で試料 O1W または O1FD に出現した珪藻 4 種が深層水取水管を通して入ってきたかどうか、あるいはその他の各水槽の出現種が表層海水もしくは飼育生物に由来するかどうかは検討の余地がある。しかし、

Table 3. Attached diatom species occurring in aquaculture facilities in Kochi Prefectural Deep Seawater Laboratory common with two aquaculture facilities (Toyama Prefectural Fisheries Research Institute in Namerikawa* and Abalone Culture Center in Nyuuzen**) in Toyama Prefecture, Sea of Japan Coast.

Species	Namerikawa	Nyuuzen
<i>Achnanthes St.Pauli</i> (Kolbe) Kobayasi & Sawatari		○
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O. F. Müller) Hendey	○	○
<i>Cocconeis shikinensis</i> Hid. Suzuki	○***	○
<i>Craspedostauros decipiens</i> (Hustedt) E. J. Cox		○
<i>Navicula agnita</i> Hustedt		○
<i>N. salinicola</i> Hustedt	○	○
<i>Nitzschia dubiiformis</i> Hustedt		○
<i>N. laevis</i> Hustedt		○
<i>N. valdestriata</i> Aleem & Hustedt		○
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E. J. Cox	○	
<i>Tabularia investiens</i> (W. Smith) Williams & Round	○	○

*Suzuki *et al.* (2000), **Suzuki *et al.* (2005). *** as *Cocconeis* sp.2 in Suzuki *et al.* (2000).

出現種の多寡は、水槽の利用期間や飼育生物の影響を受けている可能性があるものの、海洋深層水との相性（海洋深層水中での増えやすさ）を示している可能性が高いので、相対頻度の高かった種は、今後、水産餌料その他の利用のために積極的な培養を行う場合に注目すべき種といえる。

今回、認められた付着珪藻について、属別の出現状況および主要出現種の既往知見からみると、本邦あるいは世界の沿岸域にごく普通に認められる種が多く出現している反面、*Cocconeis delicata* のように稀産種と思われる種も出現している。このことから考えると、海洋深層水中に出現する付着珪藻の研究は、この分類群の形態学、分類学あるいは生理学にも大いに貢献すると期待される。

文 献

- 阿部信一郎・井口恵一郎・松原尚人・淀 太我・田中次郎・南雲 保 (2003) 三重県銚子川河口域の付着藻類植生およびそこに生息するアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の消化管内容物における藻類組成。藻類, 51, 117-121.
- Cleve, P. T. (1893) Sur quelques espèces nouvelles ou peu connues. Le Diatomiste, 2, 55-59.
- Cleve, P. T. (1894) Synopsis of the naviculoid diatoms. Kongl. Svenska Vetensk. Akad. Handl., 26, 1-194.
- Cox, E. J. (1999) *Craspedostauros* gen. nov., a new diatom genus for some unusual marine raphid species previously placed in *Stauroneis* Ehrenberg and *Stauronella* Mereschkowsky. Eur. J. Phycol., 34, 131-147.
- 藤田大介・鴨野裕紀 (1998) 富山のサザエ, 富山県水産試験場, 滑川, 58 pp.
- 藤田大介・高橋正征 (2006) 海洋深層水利用学—基礎から応用・実践まで—, 成山堂書店, 東京, 209 pp.
- Gerloff, J. and Helmcke, J.-G. (1975) Der Feinbau der Schalen von *Diploneis papula* (A.S.) Cleve, *Diploneis smithii* (Bréb.) Cleve und *Diploneis parca* (A. S.) Boyer. Willdenowia, 7, 539-563.
- Giffen, M. H. (1973) Diatoms of the marine littoral of Steenberg's Cove in St. Helena Bay, Cape Province, South Africa. Bot. Mar., 16, 32-48.
- 後藤敏一 (1979) 淀川汽水域の付着珪藻類 II. 陸水学雑誌, 40, 191-200.
- Grunow, A. (1867) Diatomeen aus *Sargassum* von Honduras, gesammelt von Lindig. Hedwigia, 6 (1-3), 1-8, 33-37.
- 長谷川康雄・濁川明男 (1993) 新潟県佐渡島の加茂湖からえられた珪藻群集. Diatom, 8, 79-99.
- Hustedt, F. (1939) Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbemündung. I. Adh. Naturw. Ver. Bremen, 31, 572-677.
- Hustedt, F. (1955) Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. Bulletin, Duke University Marine Station, 6, 1-67.
- Hustedt, F. (1959) Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In "Dr L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, 7, Part 2", Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, pp. 737-845.

- 伊藤義信 (1987) ウニ類種苗生産における付着珪藻の役割. 梶原武編 水産学シリーズ 64 海産付着生物と水産増養殖, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 119-130.
- 小林 弘・出井雅彦・真山茂樹・南雲 保・長田敬五 (2006) 小林弘珪藻図鑑第1巻. 内田老鶴圃, 東京, 531 pp.
- Kuriyama, K., Kondo, T., Watanabe, T., Suzuki, H., Tanaka, J. and Nagumo, T. (2006) Attached diatom flora on *Zostera marina* from Chiba and Kanagawa Prefecture, Japan. Abstracts, 19th International Diatom Symposium. The Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, 28 August to 3 September 2006, p. 80.
- Medlin, L. K. and Round, F. E. (1986) Taxonomic studies of marine Gomphonemoid diatoms. *Diatom Res.*, 1, 205-225.
- Meister, F. (1935) Seltene und neue Kieselalgen. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, 44, 87-108.
- 南雲 保・長田敬五・出井雅彦 (1998) 海の藻類, 不等毛植物門, 珪藻綱. 千葉県の自然誌, 本編4, 千葉県の植物1, 県史シリーズ43 (千葉県史料研究財団編), 千葉県, 千葉, pp. 578-605.
- 南雲 保・田中次郎 (1994) 北海道産の紅藻クシベニヒバ着生珪藻類. 国立科学博物館専報, (27), 43-53.
- 長田敬五・南雲 保 (2001) 珪藻研究入門. 日本歯科大学紀要 (一般教育系), 30, 131-141.
- Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. (1990) *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- Schmidt, A. (*et al.*) (1874-1959) *Atlas der Diatomeenkunde*. R. Reisland, Aschersleben, Leipzig, 480 pls.
- Simonsen, R. (1987) *Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt*. J. Cramer, Berlin/Stuttgart, 1 (Catalogue), 525 pp., 2 (Atlas), 395 pls.
- Skvortzow, B. W. (1929) Marine diatoms from Dairen, south Manchuria. *Philipp. J. Sci.*, 38, 419-427, pls. 1-2.
- Skvortzow, B. W. (1932) Marine littoral diatoms from environs of Vladivostok. *Philipp. J. Sci.*, 47, 129-150, pls. 1-6.
- 鈴木秀和 (2005) 神奈川県天神島産の緑藻ホソエダオノリ *Enteromorpha crinita* (Roth) Nees に着生する珪藻類. 財団法人下中記念財団 2005 年報, 4-12.
- 鈴木秀和・藤田大介・南雲 保 (2005) 富山県入善町の海洋深層水アワビ養殖施設に出現した付着珪藻. 日本歯科大学紀要 (一般教育系), 34, 55-62.
- Suzuki, H., Ioriya, T., Seki, T. and Aruga, Y. (1987) Changes of algal community on the plastic plates used for rearing the abalone *Haliotis discus hannai*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 2163-2167.
- 鈴木秀和・小林 敦 (2002) 北海道産の紅藻フジマツモに着生する珪藻類. 青山学院高等部研究報告, 25, 62-77.
- 鈴木秀和・南雲 保 (2003) 神奈川県葉山産の紅藻ピリヒバに着生する珪藻類. 日本歯科大学紀要 (一般教育系), 32, 109-118.
- 鈴木秀和・南雲 保 (2004) 伊豆諸島八丈島産の紅藻カギケノリに着生する珪藻類. 日本歯科大学紀要 (一般教育系), 33, 61-71.
- 鈴木秀和・南雲 保・藤田大介 (2000) 富山湾深層水で自然繁茂する付着珪藻. 富山県水産試験場報告, 12, 33-42.
- Suzuki, H., Nagumo, T. and Tanaka, J. (2001) A new marine diatom, *Cocconeis shikinensis* sp. nov. (Bacillariophyceae) from Japan. *Phycol. Res.*, 49, 137-144.
- 鈴木秀和・田中次郎・南雲 保 (1999) 伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリに着生する珪藻類. 日本歯科大学紀要 (一般教育系), 28, 147-160.
- 寺坂 隆・田中次郎 (2007) 海産付着珪藻リクモフォラ属 *Licmophora* の形態と分布. 海洋と生物, 29, 133-139.
- Williams, D. M. and Round, F. E. (1986) Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diat. Res.*, 1, 313-339.

(2007. 7. 3 受付, 2007. 8. 31 受理)