

富山湾深層水で自然繁茂する付着珪藻

鈴木秀和*・南雲 保**・藤田大介***

(2000年3月25日受理)

Attached diatoms blooming in the deep-sea water pumped from Toyama Bay

Hidekazu SUZUKI*, Tamotsu NAGUMO** and Daisuke FUJITA***

Abstract

Attached diatoms blooming in the deep-sea water pumped from Toyama Bay have been, used in seed production of the abalone, *Nordotis discus hannai*, and the horned turban, *Turbo cornutus*. A floristic study revealed the presence of 20 species of diatoms (including 4 unidentified taxa) in 13 genera. Short taxonomic data were obtained for 8 taxa as follows: *Achnanthes longipes*, *Achnanthes punctifera*, *Cocconeis scutellum* var. *scutellum*, *Cocconeis* sp. 1, *Cocconeis* sp. 2, *Navicula directa*, *Parlibellus delognei*, *Tabularia investiens*.

Key words: abalone, attached diatom, deep-sea water, horned turban, marine diatom, Toyama Bay

日本海の300m以深には、深層水と呼ばれる低温、清浄で栄養塩豊富な日本海固有の水塊が広く存在する。富山県水産試験場では、富山湾より汲み上げられた深層水を利用し、水槽内に自然繁茂した付着珪藻を餌料として、エゾアワビ*Nordotis discus hannai*の養殖試験やサザエ*Turbo cornutus*放流用種苗の大型化試験が行われている。国内におけるアワビ、サザエ、ウニ、ナマコなどの種苗生産では、透明塩化ビニール製波板（以下波板と略す）に付着珪藻を主体とする微生物フィルムを繁殖させ、これらの浮遊幼生の変態誘導を行うとともに、その後の初期餌料として用いている（Suzuki *et al.*, 1987 など）。しかし、海産付着珪藻は、利用面で重要性が認識されている割に分類学的知見が少ないのが現状である。近年、南雲・田中（1994）や鈴木他（1999）により海藻着生珪藻の植生および分類学的研究が行われているが、本邦沿岸に生育する付着珪藻の分類や生態に関する包括的議論にはさらに多くの調査・研究を要する。今回、富山県深層水利用施設内のエゾアワビやサザエの飼育水槽内に自然繁茂する付着珪藻について、優占する分類群の形態と分類学的知見を報告する。

*青山学院高等部 (Aoyama Gakuin Senior High School, Shibuya, Tokyo 150-8366, Japan)

**日本歯科大学生物 (Department of Biology, The Nippon Dental University, Chiyoda, Tokyo 102-8159, Japan)

***富山県水産試験場 (Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

材料および方法

観察に用いた材料は、富山県水産試験場深層水利用研究施設内のエゾアワビおよびサザエ稚貝の飼育水槽に設置された波板より採集した。生細胞の観察は、波板を小片に切り取り、光学顕微鏡 (LM) を用いて行った。種の同定、被殻形態および微細構造の観察は、着生被殻を波板表面からこすり取り、ブリーチ法 (Nagumo & Kobayasi, 1990) による処理を行い、LMおよび走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて行った。SEMはHITACHI S-4000およびS-5000 (日本歯科大学) を使用した。

結果と考察

調査の結果、次の13属16種、4未同定分類群の出現を認めることができた (Figs 1-46)。

Achnanthes longipes Agardh; *Achnanthes punctifera* Hustedt; *Amphora exilitata* Giffen; *Amphora helenensis* Giffen; *Amphora* sp.; *Bacillaria paxillifer* (O. F. Müller) Hendey; *Cocconeis scutellum* Ehrenberg var. *scutellum*; *Cocconeis* sp.1; *Cocconeis* sp. 2; *Glyphodesmis acus* Mann; *Gomphonemopsis pseudexigua* (Simonsen) Medlin; *Melosira nummuloides* (Dillwyn) Agardh; *Navicula directa* (W. Smith) Ralfs; *Navicula salinicola* Hustedt; *Navicula* sp.; *Odontella aurita* Agardh; *Parlibellus delognei* (Van Heurck) Cox; *Pseudogomphonema kamtschaticum* (Grunow) Medlin; *Pseudoleyanelle lunata* Takano; *Tabularia investiens* (W. Smith) Williams et Round.

これらのうち優占した分類群および特徴的な分類群について形態や分類の知見を以下に報告する。

1. *Achnanthes longipes* Agardh, 1824, Systema Algarum, p.1. (Figs 7-9, 31-34)

被殻は縦溝殻 (Fig. 33) と無縦溝殻 (Fig. 32) からなり、「く」の字に曲がる (Figs. 7, 31)。殻は幅広く、中央部でややくびれ、両殻端は鈍角となる。葉緑体は円盤状で細胞全体に散在する。いくつかの細胞が殻面で結合し群体を形成し、殻端から分泌する粘液 (Figs. 9, 34, 矢印) によって石や海藻などに着生する。今回の調査では、エゾアワビやサザエの摂食がない波板に多量に着生して、立体的な群落を形成していた。

2. *Achnanthes punctifera* Hustedt, 1955, Bull. Duke Univ. Mar. Sta. 6: p. 18, pl. 5, figs 26-28. (Figs 17, 35-37)

被殻は縦溝殻 (Fig. 36) と無縦溝殻 (Fig. 35) からなるが、前種のように「く」の字には曲がらない。殻は薄く、小型で長楕円形。殻長7.0-18.0 μ m, 殻幅3.5-5.5 μ m。縦溝殻の中心域に遊離点が1つある。本種は *Cocconeis* 属のように縦溝殻面で基物に着生する。今回の調査では、波板の表面だけでなく、*Odontella aurita* や *Bacillaria paxillifer* にも着生していた (Figs. 17, 37)。本種は Hustedt (1955) が Beaufort Sea で採集した底泥より新種記載された。本邦では高野 (1996) が愛知県渥美湾で採集している。

3. *Cocconeis scutellum* Ehrenberg var. *scutellum*, 1837, Abh. k. Akad. Wiss. Berlin. 1837: p. 173; 1838, Infus. p. 194. pl. 14, fig. 8. (Figs 42, 43, 46)

殻面は楕円形あるいはやや丸みを帯びた皮針形。殻長は14.0-35.0 μ m, 殻幅は8.5-25.0 μ m。縦溝殻 (Fig. 42) の殻面はややへこむ。縦溝は真っ直ぐで, 末端は両殻端および中心域でそれぞれ広がる。無縦溝殻 (Fig. 43) の殻面は台形に盛り上がる (Fig. 46)。本種は海産付着珪藻として代表的なもので, さまざまな基質上に出現するが, 特に海藻上に多く観察される。鈴木ら (1999) は, 本種を伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリ *Plocamium telfairiae* 上の優占種として報告している。また, Takano (1961, 1962) は, 新潟県産の紅藻テングサをはじめ, 北海道産のホンダワラ類 *Sargassum* sp., 石川県産のウガノモク類 *Cystophyllum* sp., 兵庫県産のウミトラノオ *Sargassum thunbergii* など, 本邦各地の様々な海藻上に豊富に出現しているのを観察している。

4. *Cocconeis* sp. 1 (Figs 11, 38-41)

殻面は楕円形。殻長は13.0-18.0 μ m, 殻幅は7.5-10.0 μ m。縦溝殻の殻面はややへこみ (Fig. 38), 無縦溝殻の殻面は台形に盛り上がる (Fig. 39)。縦溝は真っ直ぐで, 末端は両殻端および中心域でそれぞれ広がる。条線は縦溝殻, 無縦溝殻ともに2列の胞紋列からなり, 各々は腎臓形をした2つの胞紋とそれらに挟まれた円形の胞紋から成る。葉緑体は *Cocconeis* 属に特徴的なC字形である (Fig. 11)。本種は *C. costata* Gregory (Romero & Rivera, 1996) や *C. pseudocostata* Romero (Romero, 1996) によく似ている。

5. *Cocconeis* sp. 2 (Figs 11, 44-46)

殻面は楕円形。殻長は23.0-55.7 μ m, 殻幅は14.5-42.0 μ m。縦溝殻の殻面はややへこみ, 無縦溝殻は凸状に盛り上がるが, 殻外面でわずかにへこむ (Fig. 46)。縦溝は真っ直ぐで, 末端は両殻端および中心域でそれぞれ広がる。殻端にはやじり形の無紋域を生じる。葉緑体は *Cocconeis* 属に特徴的なC字形であるが, 縁は浅裂する (Fig. 11)。本種の縦溝殻は *C. shmidtii* Heiden (Simonsen, 1992) に, 無縦溝殻は *C. placentula* Ehrenberg (Lange-Bertalot & Krammer, 1989) に似る。

6. *Navicula directa* (W. Smith) Ralfs, 1861, In Pritchard, A., Infusorial, p. 906.

(Figs 10, 23-26)

殻面は皮針形で, 殻套が発達する。殻長57.0-90.0 μ m, 殻幅8.0-9.5 μ m。縦溝は真っ直ぐで, 中央末端には内部から生じた突起が見える (Fig. 23)。一方, 極裂は著しく鉤状に曲がる (Fig. 26)。条線は中央付近から殻端までほぼ平行で, 縦長の短いスリットからなる (Fig. 23)。細胞中央部の核の両側には, 2個の大きな油滴が発達する (Fig. 10)。

7. *Parlibellus delognei* (Van Heurck) Cox, 1988, Diat. Res. 3: p. 19-21, figs 1, 2, 11, 15.

(Figs 4, 5, 27-28)

細胞は舟形で, 殻帯片がよく発達する。殻長24.0-57.0 μ m, 殻幅12.0-18.0 μ m。殻の条線は明瞭な点紋からなり, 10 μ mに18-20本ある。葉緑体は2個あり板状, 帯面観でX字形をしている (Figs 4, 5)。粘液質の鞘に入った群体を形成し, その中を活発に動いていた。本属は, Cox (1988)

が、本種をタイプ種として*Navicula*属から新属に組み替えたものである。

8. *Tabularia investiens* (W. Smith) Williams et Round, 1986, Diat. Res. 1: p.324, figs 39-45. (Figs 18-20)

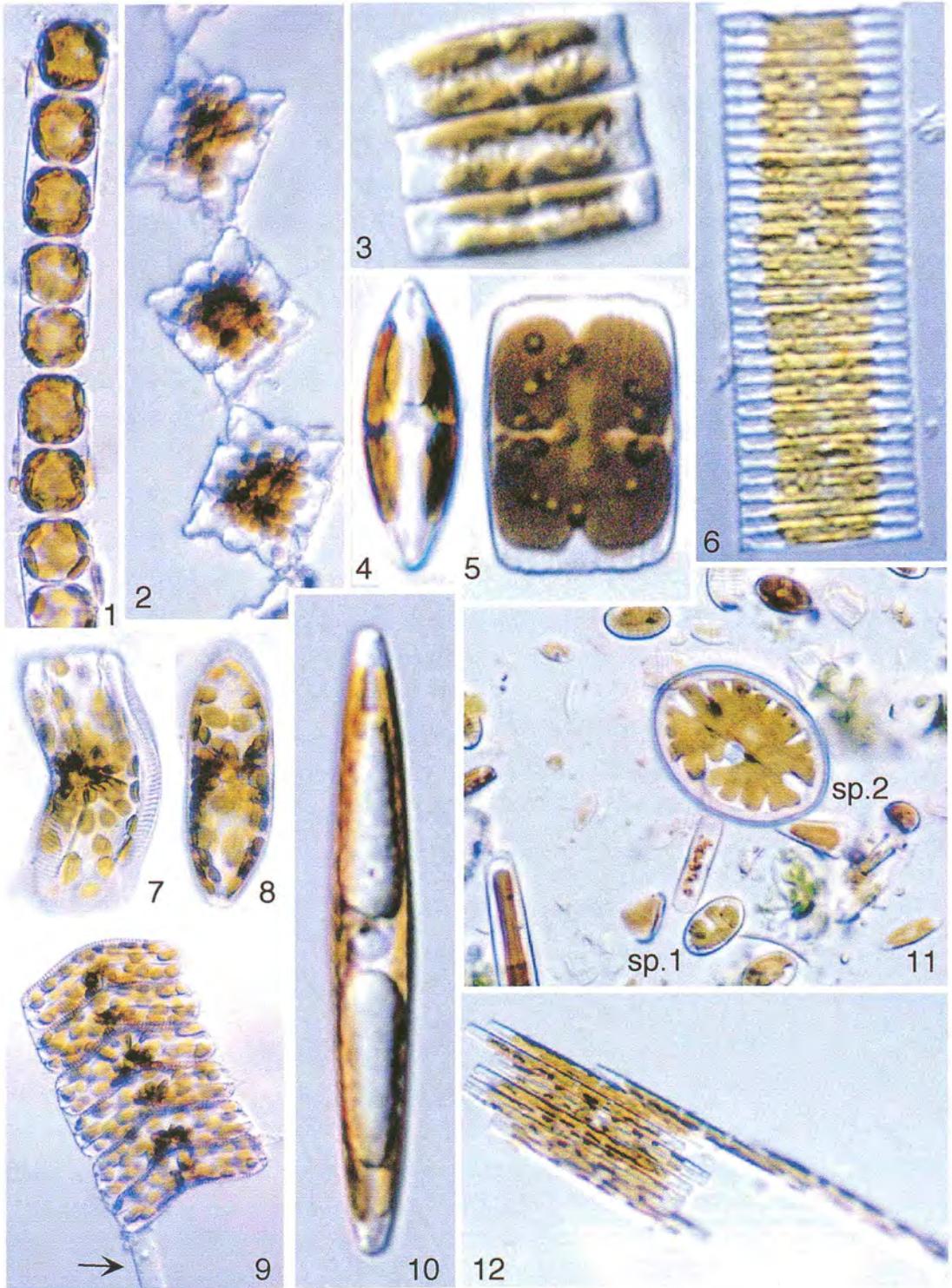
殻面は真っ直ぐな皮針形で、先端は丸みを帯びる。殻幅は3-4 μm だが、殻長は28.0-149.5 μm と変化に富む。条線は10 μm に11-12、殻面から殻套まで連続する1個の胞紋となる。その形は楕円形で、縦の小肋が顕著な師板によって閉塞される。軸域は非常に幅広く、両殻端には、顕著な大きな殻端眼域が観察される (Fig. 18, 矢印)。この*Tabularia*属は、Kützing (1844) が設立した*Synedra*属の亜属に由来し、Williams & Round (1986) が*Synedra barbatula* Kützingをタイプ種として属のランクに組み換えたものである (出井・南雲, 1997)。本邦では南雲・田中 (1994) が北海道産のクシベニヒバ*Ptilota filicina*上に、鈴木ら (1999) が伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリ上に出現したことを報告している。

エゾアワビの種苗生産における稚貝の飼育板上では、摂食により繁茂していた珪藻がほとんど消失するが、*Cocconeis*属は摂食されず優占種となり、アワビ稚貝の摂食下でむしろ密度が増加するという傾向が観察されている (Suzuki *et al.*, 1987)。今回の調査でも、エゾアワビやサザエを飼育している波板において、*Cocconeis*属が波板全面に優占的に着生しているのが観察された。一方これらの動物を飼育していない波板や水槽壁面には*Achnanthes*属や*Tabularia*属および*Melosira*属など立体的な群落を形成する種類が観察された。本報告では富山湾の深層水を利用した種苗生産施設に繁茂する付着珪藻類の種組成とその分類学的知見を述べたが、今回観察された珪藻類が増大胞子などの形で深層水中に含まれていたものか、陸上に汲み上げられてから混入したものか、明らかにすることができなかった。今後は、富山湾域の表層と深層にまたがる付着珪藻の生活史や動態を総合的に検討する必要がある。

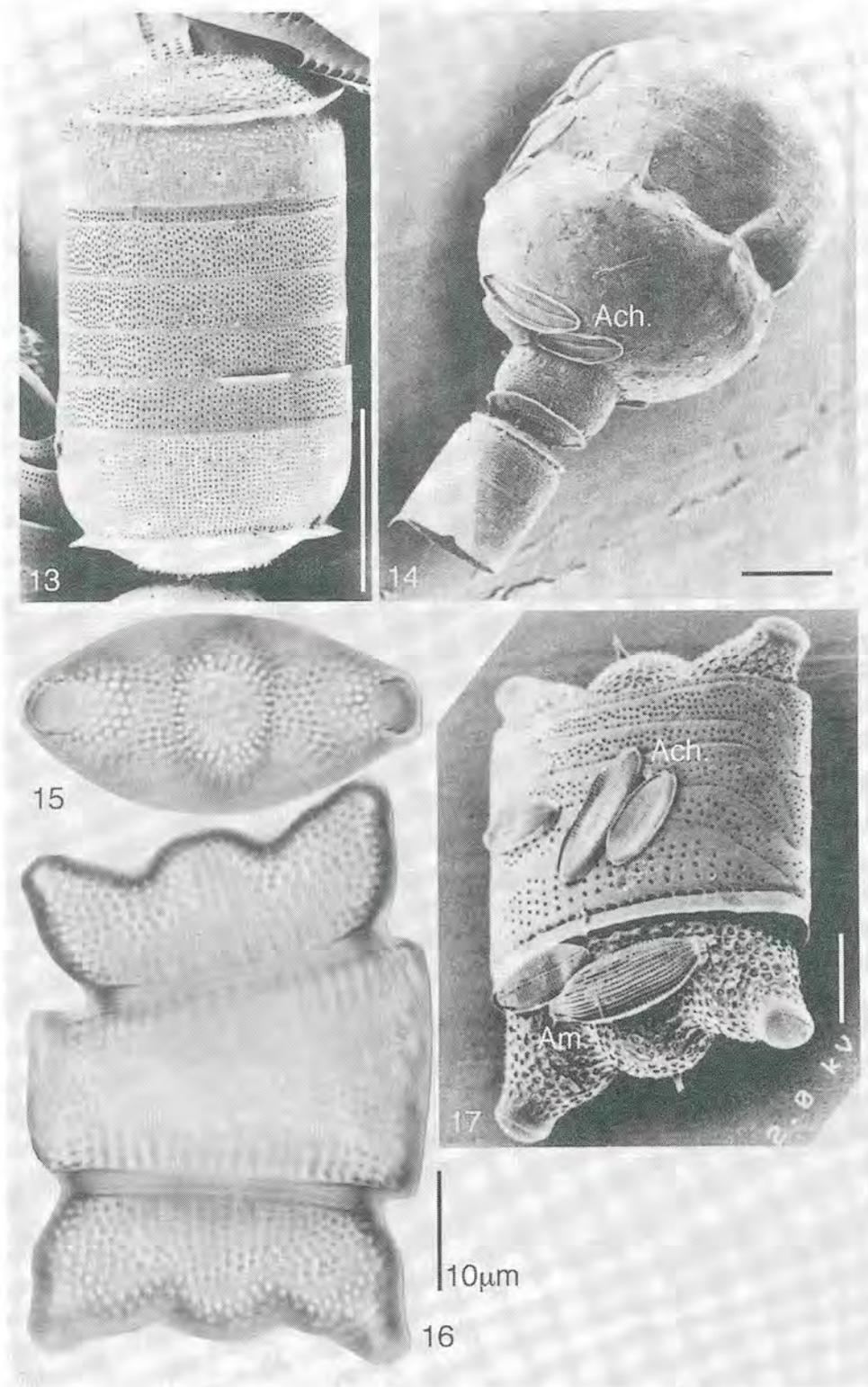
文 献

- Cox, E. J. 1988. Taxonomic studies on the diatom genus *Navicula* V. The establishment of *Parlibellus* gen. nov. for some members of *Navicula* sect. *Microstigmaticae*. *Diatom Research*, 3: 9-38.
- Hustedt, F. 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. *Bulletin of Duke University Marine Station*, 6: 1-67, 16pls.
- 出井雅彦・南雲 保 1997. 無縦溝珪藻*Synedra*属 (狭義の) とその近縁属. *藻類*, 45: 163-174.
- Kützing, F. T. 1844. *Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen. W. Kohne. 152pp.
- Lange-Bertalot, H. & Krammer, K. 1989. *Achnanthes* eine Monographie der Gattung. *Bibliotheca Diatomologica*, 18: 1-393.
- Nagumo, T. & Kobayasi, H. 1990. The bleaching method for gently loosening and cleaning a single diatom frustule. *Diatom*, 5: 45-50.

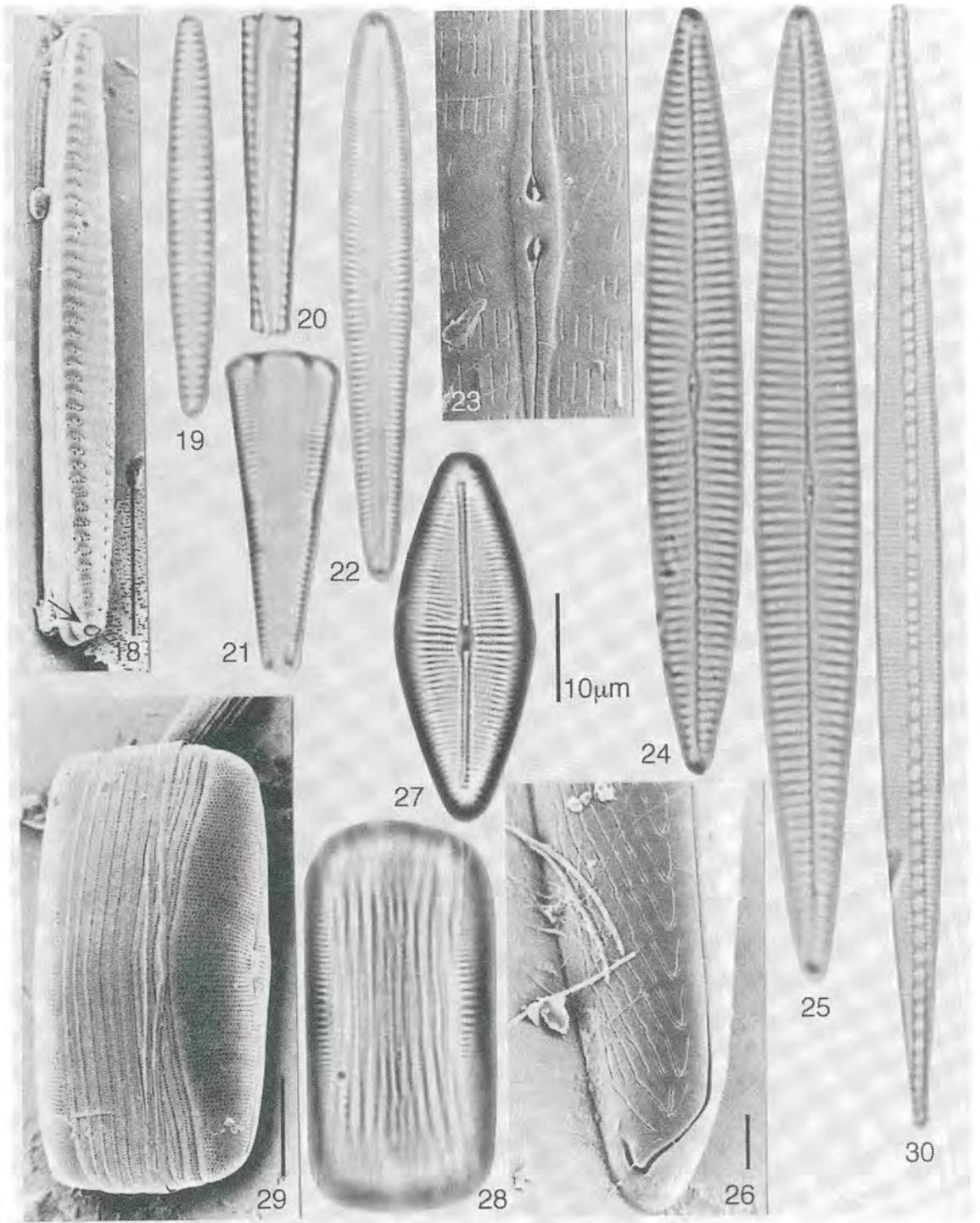
- 南雲 保・田中次郎 1994. 北海道産の紅藻クシベニヒバ着生珪藻類. 国立科学博物館専報, 27: 43-53.
- Romero, O. E. 1996. Ultrastructure of four species of the diatom genus *Cocconeis* with the description of *C. pseudocostata* spec. nov. *Nova Hedwigia*, 63(3-4): 361-396.
- Romero, O. E. & Rivera, P. 1996. Morphology and taxonomy of three varieties of *Cocconeis costata* and *C. pinnata* (Bacillariophyceae) with considerations of *Pleuroneis*. *Diatom Research*, 11: 317-343.
- Simosen, R. 1992. The diatom types of Heinrich Heiden in Heiden & Kolbe 1928. *Bibliotheca Diatomologica*, 24: 1-100, 86 pls.
- Suzuki, H., Ioriya, T., Seki, T. & 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・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.
- Takano, H. 1961. Epiphytic diatoms upon Japanese agar sea-weeds. *Bull. Tokai Reg. Fish. Research Lab.*, 31: 269-274, 2pls.
- Takano, H. 1962. Notes on epiphytic diatoms upon sea-weeds from Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 18(1): 29-33.
- 高野秀昭 1996. 珪藻綱. 千原光雄・村野正昭(編)日本産海洋プランクトン検索図説. 169-260, 東海大学出版会. 東京.
- Williams, D. M. & Round, F. E. 1986. Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Research*, 1: 313-339.



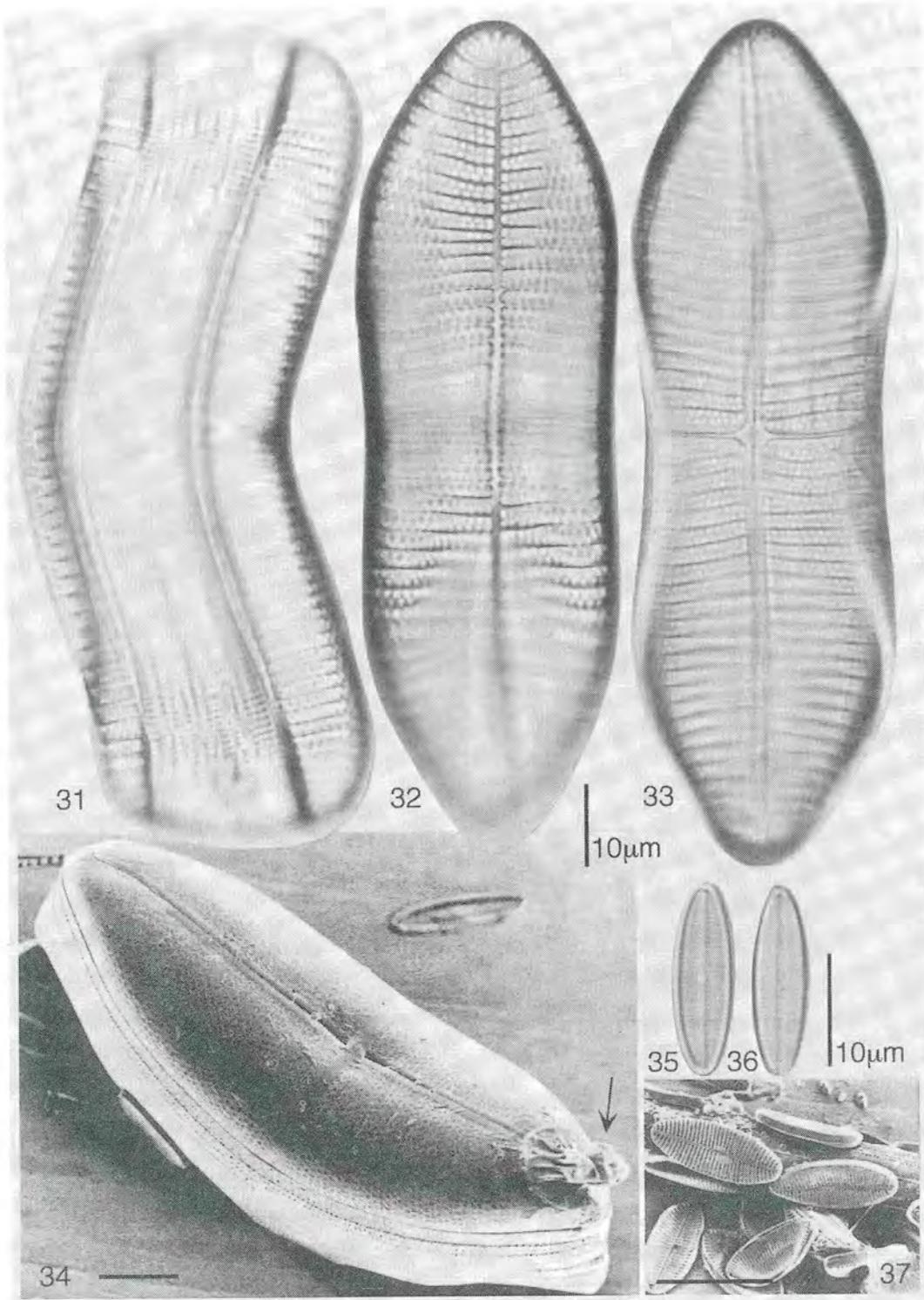
Figs 1-12 Living cells of attached diatoms blooming in the deep-sea water pumped from Toyama Bay. Fig. 1 *Melosira nummuloides*. Fig. 2 *Odontella aurita*. Fig. 3 *Pseudoleyanella lunata*. Figs 4, 5 *Parlibellus delognei*. Fig. 6 *Glyphodesmis acus*. Figs 7-9 *Achnanthes longipes* (arrow; mucilage stalk). Fig. 10 *Navicula directa*. Fig. 11 *Cocconeis* sp. 1 and *Cocconeis* sp. 2. Fig. 12 *Bacillaria paxillifer*.



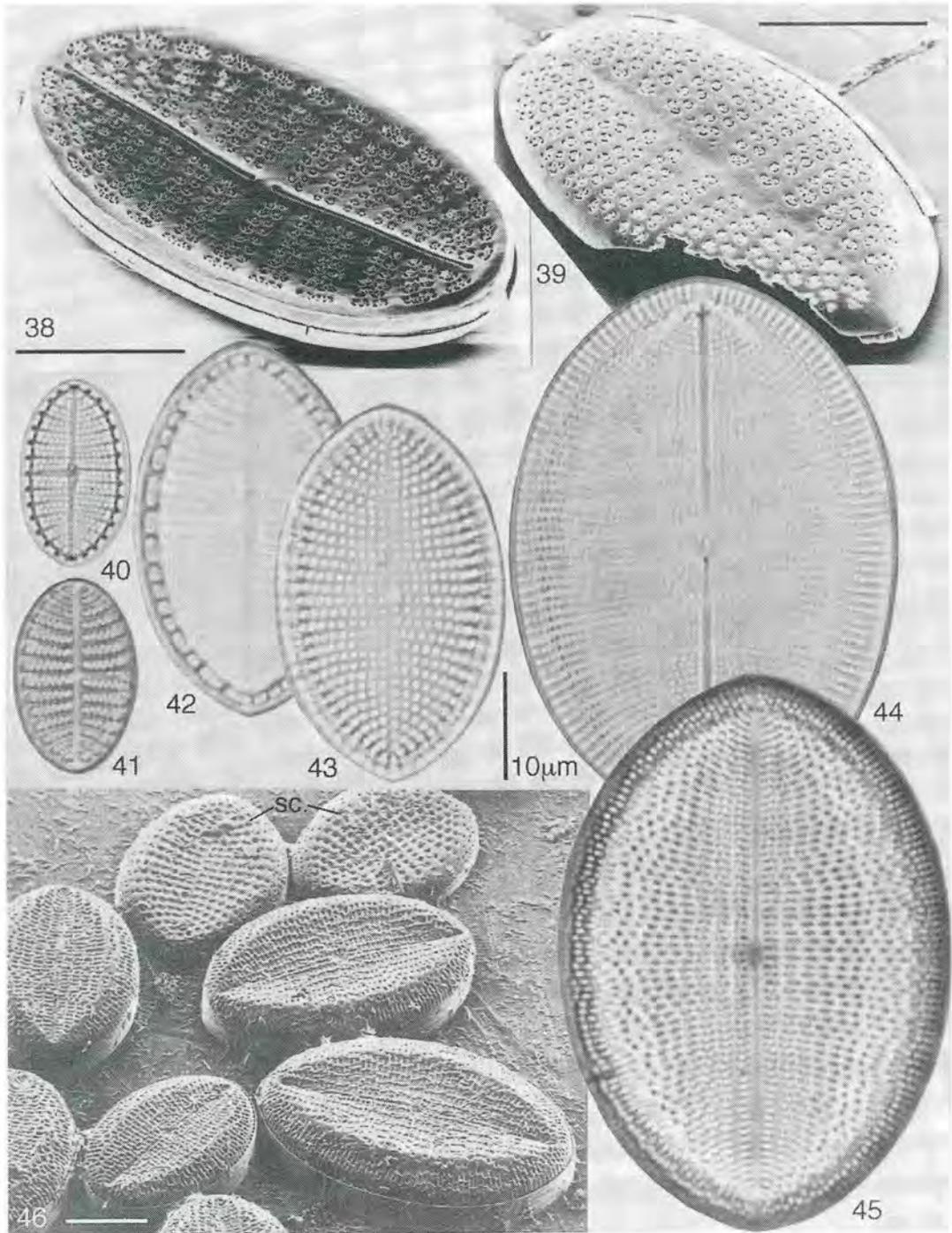
Figs 13, 14 *Melosira nummuloides*. Fig. 13 Vegetative cell. Fig. 14 Auxospore. (Ach.: *Achnanthes punctifera*). Figs 15-17 *Odontella aurita*. Fig. 15 Valve view. Fig. 16 Girdle view of a frustule. Fig. 17 External view of valve (Ach.: *Achnanthes punctifera*, Am.: *Amphora* sp.). LM; scale bar=10μm. SEM; scale bars (13, 14, 17)=10μm.



Figs 18-20 *Tabularia investiens*. Fig. 18 External view of a valve with ocellulimbus (arrow). Fig. 19 Valve view. Fig. 20 Girdle view of frustule. Figs 21, 22 *Pseudogomphonema kamtschaticum*. Fig. 21 Girdle view of a frustule. Fig. 22 Valve view. Figs 23-26 *Navicula directa*. Fig. 23 Central area. Figs 24, 25 Valve view. Fig. 26 Terminal area. Figs 27-29 *Parlibellus delognei*. Fig. 27 Valve view. Figs 28, 29 Girdle view of frustules. Fig. 30 *Bacillaria paxillifer*. Valve view. LM; scale bar=10µ m. SEM; scale bars (18, 29)=10µ m, (23, 26)=1µ m.



Figs 31-34 *Achnanthes longipes*. Fig. 31 Girdle view of a frustule. Figs 32, 33 Araphid valve and raphid valve of a frustule. Fig. 34 Frustule with mucilage stalk (arrow). Figs 35-37 *Achnanthes punctifera*. Figs 35, 36 Araphid valve and raphid valve of a frustule. Fig. 37 Frustules attached on *Bacillaria paxillifer* by raphid valves. LM and SEM (34, 37); scalebars=10 μ m.



Figs 38-41 *Cocconeis* sp. 1. Fig. 38 External view of raphid valve. Fig. 39 External view of araphid valve. Figs 40, 41 Raphid valve and araphid valve. Figs 42, 43, 46 *Cocconeis scutellum* var. *scutellum*. Figs 42, 43 Raphid valve and araphid valve of a frustule. Fig. 46 Frustules (sc.) attached on the plastic plate used for rearing the horned turban *Turbo cornutus*. Figs 44-46 *Cocconeis* sp. 2. Figs 44, 45 Raphid valve and araphid valve. Fig. 46 Frustules attached on the plastic plate used for rearing the horned turban *Turbo cornutus*. LM; scale bar=10µ m. SEM; scale bars (38, 39)=5µ m, (46)=10µ m.