

海産底生珪藻 *Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki (珪藻綱) の形態

鈴木秀和^a, 花井孝之^b, 南雲 保^c, 田中次郎^a

^a東京海洋大学海洋科学部 108-8477 東京都港区港南 4-5-7

^b静岡県水産技術研究所浜名湖分場 431-0214 静岡県浜松市西区舞阪町弁天島 5005-1

^c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

Morphology of Marine Benthic Diatom *Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki (*Bacillariophyceae*)

Hidekazu SUZUKI^a, Takayuki HANAI^b, Tamotsu NAGUMO^c, Jiro TANAKA^a

^aDepartment of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology,
4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477 JAPAN;

E-mail: hsuzuki@kaiyodai.ac.jp

^bShizuoka Prefectural Research Institute of Fishery, Hamanako Branch,
5005-1, Bentenjima, Maisaka-cho, Nishi-ku, Hamamatsu, 431-0214 JAPAN;

^cDepartment of Biology, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo,
1-9-20, Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8159 JAPAN

(Received on April 27, 2009)

Fine structure of *Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki collected from the Suruga Bay deep seawater pumped from a depth of 397 m at Shizuoka Prefectural Research Institute of Fishery, Japan has been examined by light (LM) and electron microscopies (SEM and TEM). The following morphological features of the species are revealed through the present study; 1) two chloroplasts positioned in diagonally opposite, 2) the central nodule with a bumpy thickening externally, 3) the areola occluded by hymen with regularly scattered perforation, and 4) the girdle bands distinguishable into three types mainly on the basis of the structure of pars exterior.

Key words: Fine structure, marine diatom, morphology, *Nitzschia amabilis*.

本研究で観察を行った分類群は, Hustedt (1939) により北海沿岸のドイツ・ライブフット湿地のハンブルガー砂州の試料から新種 *Nitzschia laevis* Hustedt として記載されたものである。Frenguelli (1923) はアルゼンチンのコルドバから得たこれとは全く異なる分類群に対して, 記載文中 (Frenguelli 1923, p. 91) で *Nitzschia levis* と命名し, 図版 (Frenguelli 1923, pl. 8, fig. 3) には *N. laevis* と記して新種記載を行っていた。これに気がついた

VanLandingham (1978) は, 混乱を解決するため, Frenguelli (1923) の記載種を *Nitzschia levis* Frenguelli とし, Hustedt (1939) の *Nitzschia laevis* は後続同名 later homonym であるとしたが, 後者に対して新名を与えなかった。そこで筆者ら (Suzuki et al. in press) は両種の原記載を再検討し, *Nitzschia laevis* Hustedt に対して新名 *Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki を与えた。

Nitzschia amabilis は, Hustedt の記載 (1939)

以降, *Nitzschia laevis* の名で, 世界各地からの報告がある (cf. Medlin 1978, Lee et al. 1980, Lange-Bertalot and Krammer 1987). 本邦でも Kuriyama et al. (2006) による神奈川県横浜市海の公園および千葉県館山市沖の島周辺に生育する海草アマモ *Zostera marina* L. 葉上からの報告があり, また筆者らは富山県入善町 (鈴木ほか 2005) や三重県尾鷲市 (未発表) の海洋深層水利用施設内で深層水掛け流し水槽中に多量に自然繁茂することを確認している. これらの報告に見られるように, 本分類群は海産底生珪藻の中でも汎布種として扱われて良いが, これまで殻微細構造の詳細は十分に解明されていない.

本研究では静岡県海洋深層水施設から採集した個体群とその単種培養株に基づいて, 光学顕微鏡 (LM) 観察, 透過型および走査型電子顕微鏡 (TEM と SEM) 観察を行い, 葉緑体の形態や配置, 細胞の運動, 被殻 (frustule) 断面の形態, および縦溝 (raphe), 胞紋 (areolae), 帯片 (band) の微細構造に関する新たな知見が得られたのでここに報告する.

材料と方法

顕微鏡観察に使用した細胞は, 静岡県水産技術研究所駿河湾深層水水産利用施設 (陸上給水施設) で沖合約 3 km, 水深 397 m より汲み上げられた海洋深層水を, ポリカーボネート製透明容器内に入れ, 温度 20°C, 光強度約 $13.5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 12–12 時間の明暗周期の条件下で自然繁茂させた付着藻類の中から寒天平板法 (培地には規定濃度の 1/2 の PESI 培地添加) で単離した培養細胞 (登録コード 397-1) である. 単離した本株は, ろ過滅菌した 397 m 深層水のみ (栄養塩類の添加なし) で継代培養した. 容器は蓋付き試験管を用い, 培養条件は温度 20°C, 光強度約 $6.8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 8–16 時間の明暗周期とした. 植え継ぎは月に 1 回行った.

珪藻試料は定法 (南雲 1995, 長田・南雲 2001) に従って処理した後, LM, TEM (JEOL-2000EX), および SEM (HITACHI-S-4000 と S-5000) で観察した. また被殻の断面構造

の観察は, 集束イオンビーム加工装置 (FIB, HITACHI-FB-2100) を用いて試料作製後, SEM で観察した. 本稿で用いた珪藻の形態に関する術語は小林ほか (2006) に準拠した.

結果および考察

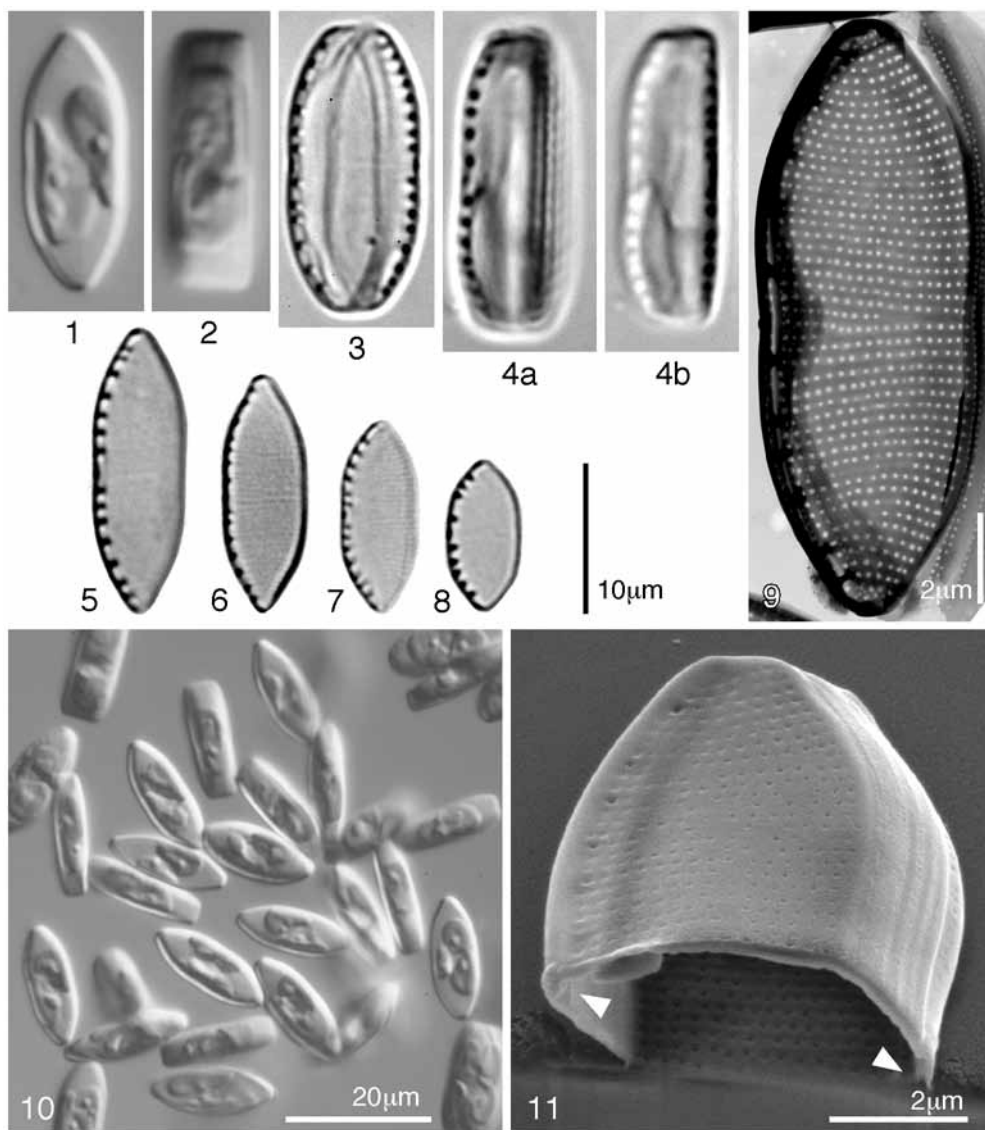
***Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki in Diatom Res. (in press).**

Nitzschia laevis Hustedt in Abh. Nat. Ver. Bremen 31: 662, figs. 116–118 (1939); Simonsen. Hustedt's Diatom Types 1: 261, 2: pl. 385, figs. 10–18 (1987); non *Nitzschia levis* Frenguelli in Bol. Acad. Nac. Cienc. Córdoba 27: 91, pl. VIII, fig. 3 (1923), ut 'laevis'.

細胞は通常単体で生育し, 前後, 旋回等の活発な滑走運動をする. 多数の細胞が塊り (Fig. 10), フィルム状に基質面を被うこともあるが, その付着力は弱い.

殻面観 (valve view) の殻形は幅の広い披針形, 殻端はくさび形, 殻の中央部分でややくびれることもある (Figs. 1, 5–9). 帯面観 (girdle view) は長方形 (Figs. 2, 4a, b). 葉緑体は板状で 1 細胞当たり 2 個. 長軸に対して斜め対称に位置する (Figs. 1, 10). 殻長 10.0–19.0 μm , 殻幅 4.5–6.0 μm . 条線 (stria) はきわめて微細で LM レベルの観察は困難である. 縦溝 (raphe) は殻縁に偏在し, 上殻と下殻で反対の位置関係をなす (Figs. 3, 4a, b). 小骨 (fibula) 点は 10 μm 当たり 8–12 個, 殻の中央部では 1–2 個分空く. LM で観察できるこれらの形質は, 原記載 (Hustedt 1939, p. 662, figs. 116–118) および Simonsen (1987) が提示している Hustedt のタイプ標本の写真 (pl. 385, figs. 10–18) とよく一致した.

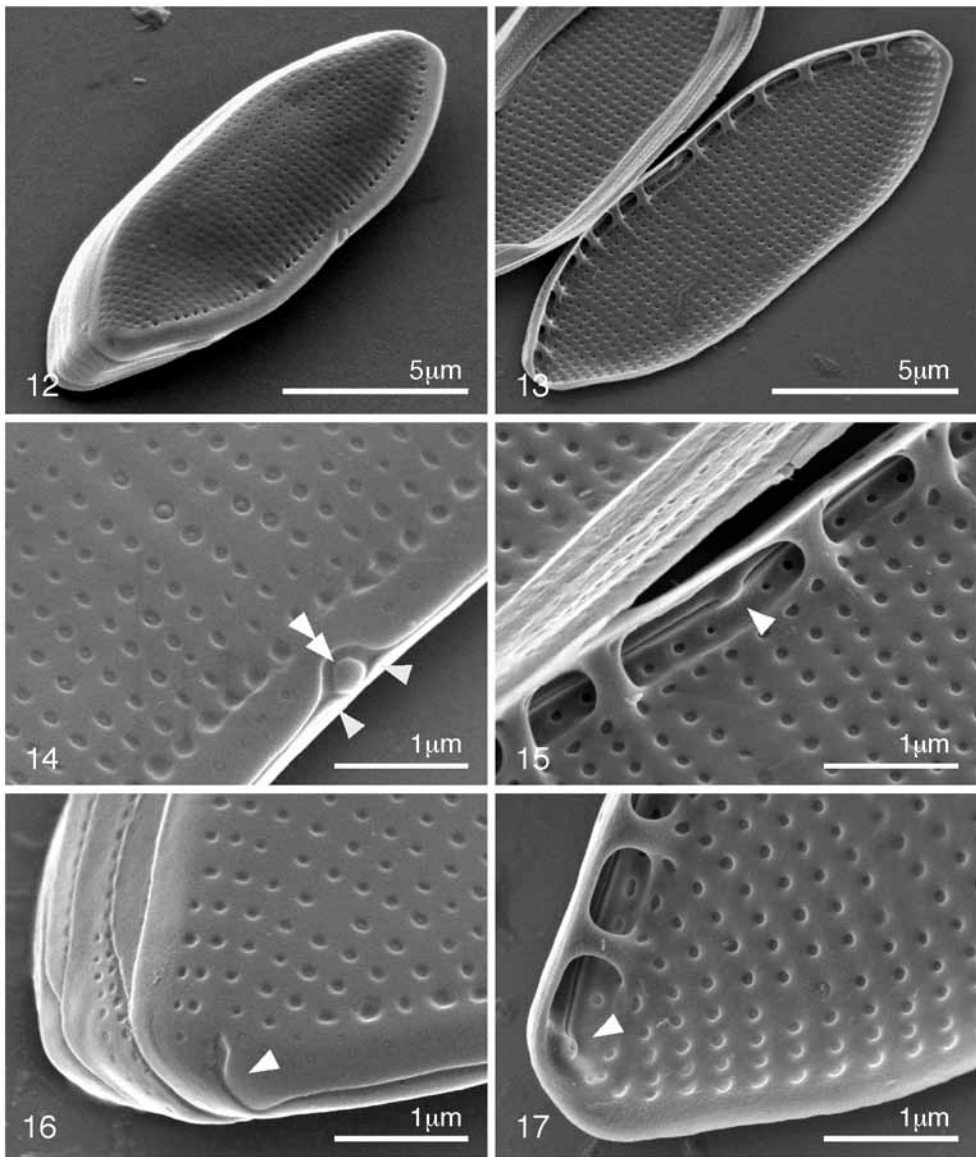
殻横断面は平行四辺形 (Fig. 11), そのため LM による殻面観では上殻と下殻がずれて重なっているように見える (Figs. 3, 4a, b). 殻表面は内外面ともほぼ平らで, *Tryblionella* や *Psammodictyon* (Round et al. 1990) のように波打つことはない (Figs. 12, 13). 条線は 10 μm 当たり 30 本の割合で配列し, 殻の中央部では平行, 殻端に近くなるにしたがい湾曲する (Fig. 9). 条線は, それぞれ 1 列の胞



Figs. 1–11. *Nitzschia amabilis*. Figs. 1–8, 10. LM. Fig. 9. TEM. Fig. 11. SEM. Figs. 1, 2, 10. Living cells. Figs. 1–4. Frustules. Figs. 1, 3, 5–9. Valve views. Figs. 2, 4. Girdle views. Figs. 4a, b. Same frustules shown at different focal planes. Fig. 10. Colony. Fig. 11. Transapical section of a frustule by FIB. Arrowheads indicate the position of raphe system.

紋 (areola) で構成されるが、殻の中央部ではとぎれる場合もある (Fig. 9)。各胞紋は直径 65–130 nm の円形の孔状胞紋 (poroid areola) で、規則的散在型配列 (regular scatter type: Mann 1981) の穿孔をもつ薄皮 (hymen) により閉塞される (Fig. 19)。縦溝は線状。外裂溝の中心側末端 (proximal raphe end) は先細りになり、両端とも殻套 (valve mantle) 側に小さ

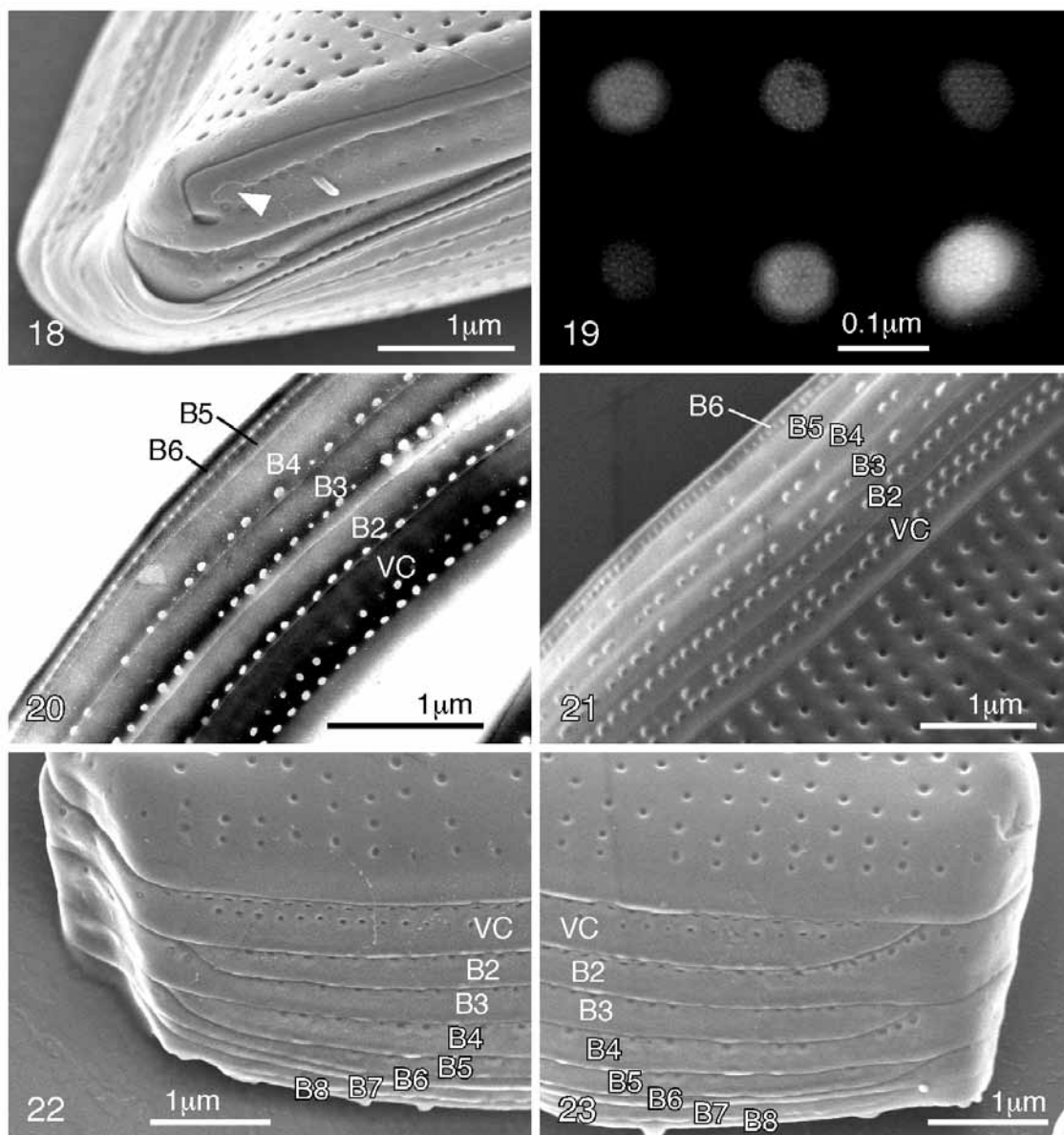
く曲がる (Fig. 14, 矢印)。極側末端 (terminal raphe end) は殻面側に大きく鉤状に曲がり、極裂 (terminal fissure) をなす (Fig. 16, 矢印)。まれに殻套側に曲がる殻も観察された (Fig. 18, 矢印) が、このような曲がり方は他の報告 (Lee et al. 1980, fig. 12, 鈴木ほか 2005, pl. 3, fig. 4) でも見られ、奇形ではないと考える。一方、内裂溝の中心側末端は直線状で、細く



Figs. 12–17. *Nitzschia amabilis*. SEM. Figs. 12, 14, 16. External views of valve. Figs. 13, 15, 17. Internal views of valve. Figs. 12, 13. Whole valves. Fig. 14. Proximal raphe ends (arrowheads) and a bunched thickening (double arrowhead). Fig. 15. Proximal raphe ends and a central nodule (arrowhead). Fig. 16. Valve apex showing the terminal fissure (arrowhead) curved toward the valve face side. Fig. 17. Valve apex showing the raphe fissure terminating in a small helictoglossa (arrowhead).

浅くなる (Fig. 15). 極側末端は殻縁に沿って曲がり, 小さな蝸牛舌 (helictoglossa) で終わる (Fig. 17, 矢印). 軸域は幅が胞紋の2個分で明瞭. 天蓋構造 (canopy, cf. Mann 1986) はない. 内面には小骨をもち, 一般的な *Nitzschia* とほぼ同様な形態と分布様式を示す

(Round et al. 1990). すなわち中心域 (central area) では小骨を欠き, その両側および両殻端付近でやや密になる (Fig. 13). 竜骨 (keel) は殻横断面において平行四辺形の鋭角部に位置する (Fig. 11, 矢印) が, 縦溝管 (raphe canal) や翼 (wing) 構造 (cf. 小林ほか 2006; p.



Figs. 18–23. *Nitzschia amabilis*. Figs. 18, 21–23. SEM. Figs. 19, 20. TEM. Fig. 18. External view of valve apex showing the terminal fissure (arrowhead) curved toward the valve mantle side. Fig. 19. Areolae occluded by hymens with regularly scattered perforations. Figs. 20, 21. Internal views of cingulum composed of a valvocopula (VC) and five bands (B2–B6). Figs. 22, 23. External view of frustule pole showing the epicingulum composed of a valvocopula (VC) and seven bands (B2–B8). Fig. 23. Opposite pole.

32, 図 34, p. 37, 図 55) に発達しない。中心域の外面には瘤状突起があり (Fig. 14, 二重矢印), 内面ではわずかに肥厚する (Fig. 15, 矢印). 縦溝の中心側末端はそれに沿って曲がる (Fig. 14, 矢印). このような中心域の構造は *Psammodyctyon* では見られるが (Round et

al. 1990, p. 612, fig. c), *Nitzschia* では報告がなく, 本研究で初めて明らかになった.

半殻帯 (cingulum) は最多 8 枚の帯片をもつ (Figs. 20–23). 何れの帯片も胞紋列を伴った開放型帯片 (open band) で, 半殻帯の両極において開放端 (open end) と閉鎖端 (closed end)

が交互に配置する (Figs. 22, 23). 帯片の胞紋は円形または楕円形 (Fig. 20). これらの帯片はほぼ同様な構造ではあるが、微細構造によって以下の3タイプに区別できることが明らかになった。

タイプ1: 接殻帯片 (valvocopula). 3タイプの中でもっとも幅が広く厚い。胞紋が2列に並ぶが、次の帯片に接する側の胞紋は小さいか時に欠く。帯片内接部 (pars interior) は滑らかで、鋸歯状突起はない (Figs. 20–23, VC).

タイプ2: タイプ1とタイプ3の間の4–6枚。タイプ1の帯片と同様の形態の胞紋が1列並ぶ。その数は、内側の帯片ほど粗になる傾向がある (Figs. 20, 21, B2–B5; Figs. 22, 23, B2–B7).

タイプ3: 3タイプの中でもっとも幅が狭いが、表出部 (pars exterior) 側の縁はわずかに肥厚する。胞紋も小さく、1列に密に並ぶ (Figs. 20, 21, B6; Figs. 22, 23, B8).

FIBによる試料処理に当たっては(株)日立ハイテクノロジーズ那珂アプリケーションセンターの方々にご協力頂いた。本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金 (No. 20580197) の助成を受けたものである。記して感謝の意を表す。

引用文献

- Frenquelli J. 1923. Contribuciones para la synopsis de las diatomeas Argentinas. Bol. Acad. Nac. Cienc. Córdoba **27**: 13–119, pls. I–IX.
- Hustedt F. 1939. Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbemündung. I. Die Diatomeenflora in den Sedimenten der unteren Ems sowie auf den Watten in der Leybucht, des Memmert und bei der Insel Juist. Abh. Nat. Ver. Bremen **31**: 572–677.
- 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. 531 pp. 内田老鶴園, 東京.
- 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. 2006.
- Lange-Bertalot H. and Krammer K. 1987. *Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen und Ergänzungen zu den Naviculaceae. Bibl. Diatomologica **15**: 1–289.
- Lee J. J., McEnery M. E., Röttger R. and Reimer C. W. 1980. The isolation, culture and identification of endosymbiotic diatoms from *Heterostegina depressa* D'Orbigny and *Amphistegina lessonii* D'Orbigny (larger foraminifera) from Hawaii. Bot. Mar. **23**: 297–302.
- Mann D. G. 1981. Sieves and flaps: siliceous minutiae in the pores of raphid diatoms. In: Ross R. (ed.), Proceedings of the Sixth Symposium on Recent and Fossil Diatoms. pp. 279–300. Otto Koeltz, Koenigstein.
- Mann D. G. 1986. *Nitzschia* subgenus *Nitzschia*. In: Ricard M. (ed.), Proceedings of the Eighth International Diatom Symposium. pp. 215–226. Otto Koeltz, Koenigstein.
- Medlin L. K. 1978. The use of critical point drying for cleaned diatom valves. *Bacillaria* **1**: 169–172.
- 南雲 保 1995. 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom* **10**: 88.
- 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*. 747pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Simonsen R. 1987. Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. Vol. 1: Catalogue. 525 pp. Vol. 2: Atlas, Taf. 1–395. J. Cramer, Berlin.
- 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., Nagumo T. and Tanaka J. *Nitzschia amabilis* nom. nov., a new name for the marine species *N. laevis* Hustedt. *Diatom Res.* (in press).
- VanLandingham S. L. 1978. Catalogue of the Fossil and Recent Genera and Species of Diatoms and their Synonyms. Part VI, *Neidium* through *Rhoicosigma*, pp. 2964–3605. J. Cramer, Vaduz.