

周北性珪藻 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. 特に点紋について

福島 博^{1*}・木村 努¹・小林艶子¹・吉武佐紀子²・E.V. Lepskaya³

Circumboreal diatom *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk., especially on lineolae

Hiroshi Fukushima^{1*}, Tsutomu Kimura¹, Tsuyako Ko-Bayashi¹,
Sakiko Yoshitake² and E.V. Lepskaya³

(2012 年 3 月 30 日受付; 2012 年 6 月 22 日受理)

Abstract: *Navicula streckeræ* was recorded in two locations of northern Germany and the Arctic Ocean. According to the findings of this taxon from Lake Khovsgol (Mongolia) and Kamchatka (Russia) by our investigations, this taxon distributed northward from latitude 50°N. on the Eurassian Continent and is considered to be a circumboreal diatom. This taxon is divided into three types, namely the Arctic Ocean type, the Weser River type and the Kinzig River type according to the valve morphology. In this study we compare these three types in the samples from Europe and Kamchatka focusing on the valve form and sizes. Though the density of lineolae composing striae is one of the important characteristics to classify the species, there are few records of this point. We investigate this point in detail in the specimens from Europe and Kamchatka. Consequently the two extreme values, short striae forming the central area and the area including Voigt discontinuities, should be excluded when measuring the density of lineolae to obtain a stable value.

要旨: *Navicula streckeræ* はドイツ北部の 2 地点と北極海で記録されている種であるが、今回フブスグル (Khovsgol) 湖 (モンゴル) とカムチャッカで見出した (図 1)。本種はユーラシア大陸の北緯 50 度以北に分布する周北性珪藻である。また、本種はその形態より北極海型、Weser 川型、Kinzig 川型に 3 区分できる。ヨーロッパとカムチャッカの三つの型について形態と計測値の比較を行う。

条線を構成する点紋の密度は 1980 年代に入ってから種を区分する特徴の一つとして重要視されてきた。しかし、珪殻の部位による点紋密度の変化の調査はどの種についても行われていないようである。今回ヨーロッパとカムチャッカ産の試料で詳しく調査を行った結果、中心域を形成する短い条線と先端部、Voigt の欠落付近の点紋密度の変化は大きく、その他では比較的安定していることが判明した。点紋密度の計測はこの部分で行うべきである。

¹ 藻類研究所. Institute of Phycology, Uraga 2-3-10, Yokosuka 239-0822.

² 湘南短期大学. Guest Professor of Shonan Junior College, 82 Inaoka-cho Yokosuka 238-8580.

³ Institute for Fisheries Research and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683000.

* Corresponding author. Fax. 046-843-9771

1. はじめに

Lange-Bertalot & Witkowski は Breitzbach (ドイツ) の試料中の珪藻を新種と認め、*Navicula streckeræ* という種名で初発表文を記した (Witkowski *et al.*, 2000). その中に Weser 川産と北極海産の顕微鏡写真をそれぞれ 5 枚と 3 枚示している. 次に, Lange-Bertalot (2001) は Kinzig 川 (ドイツ) の個体群の顕微鏡写真 7 枚と共に上記の写真を再録し, さらに Weser 川産の写真 1 枚を追加している. それらの 3 箇所の産地によって形態はかなり異なっている. 本種の分布は, 上記の北緯 50 度以北のドイツの 2 地点と北極海の計 3 地点だけである. Szabó *et al.* (2005) は Tisza 川 (ハンガリー) で本種を記録している. 示している電子顕微鏡写真を見ると, 外形は似ているが, 中心域は夾雑物のため不鮮明ではあるが大きすぎる. この写真を計測すると, 殻長: 24 μm , 殻幅: 6 μm で, 殻幅が初発表文の 8–10.5 μm より狭いようである. また, 条線密度は 16–18 本/10 μm , 点紋密度は 26–30 個/10 μm で, 初発表文に示されたおのおの 9–10 本/10 μm , 18–20 個/10 μm より密であり, 本種と同定するには無理がある. さらに Bahls (2005) は米国モンタナ州で得た本種の 2500 倍の顕微鏡写真を示している. 計測値は

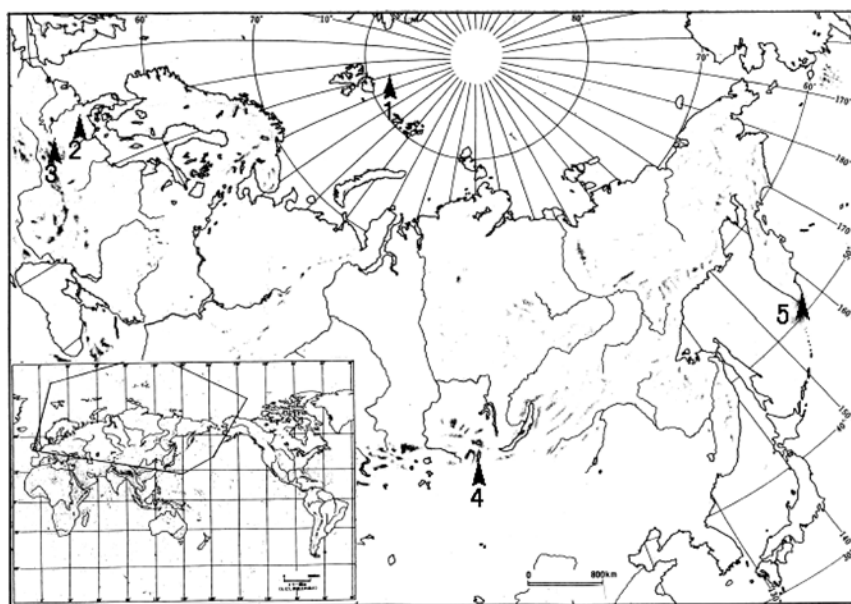


図 1 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. の分布図

1. 北極海 (Witkowski *et al.*, 2000, Lange-Bertalot, 2001)
2. Weser 川 (Witkowski *et al.*, 2000, Lange-Bertalot, 2001)
3. Kinzig 川 (Lange-Bertalot, 2001)
4. フブスグル湖
5. カムチャッカ郊外

Fig. 1. Map of the distribution of *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk.

1. Arctic Ocean (Witkowski *et al.*, 2000, Lange-Bertalot, 2001)
2. Weser River (Witkowski *et al.*, 2000, Lange-Bertalot, 2001)
3. Kinzig River (Lange-Bertalot, 2001)
4. Lake Khovsgol
5. Petropavlovsk-Kamchatsky.

Nav. streckeræ にほぼ適合するが、殻長に比較して殻幅が少し大である点、中心域が大きい点で同種と同定するには無理がある。したがって、本種の分布は北極海と北ドイツの2地点だけである。本種はこれまで北極海と北緯 50 度以北のユーラシア大陸の西部にのみ見出されていただけであったが、今回ユーラシア大陸東端のカムチャッカと中央近くのカズベク湖で得たので、北緯 50 度以北のユーラシア大陸に分布していると推定できるようになった。この新試料について分類学的検討を行う。

2. 材料と方法

2005 年 8 月に井上源喜教授が採集されたカズベク湖岸 (51°N, 101°E) の石礫付着藻中に本種を見出した。カムチャッカの試料は 2005 年 8 月, Petropavlovsk-Kamchatsky (ロシア, カムチャッカ) (55°N, 150°E) 郊外の河口付近 (塩分 0.1%) の川底の砂上に褐色の藻被を形成していた本種を, 吉武佐紀子と E.V. Lepskaya が採集した中に認められた。カズベク湖の試料では本種は稀にしか見出されなかったもので、顕微鏡写真を 1 枚示すだけである (図版 7, Fig. 84)。カムチャッカの試料では多量に見出されたので、強酸でクリーニングして作成したプレパラートから約 280 珪殻を 2000 倍の写真にして形態変異を調べ、ユーラシア大陸西端産の個体群との比較を行う。

さらに、点紋密度は珪藻の種の特徴として重要視されているので、次に記す手順で計測を行い、ユーラシア大陸西端産の報告と比較を行う。今回用いる点紋計測法は以下のとおりである。

- ① 点紋が明瞭に写っている写真を選び、2 千～2 万倍に拡大し、distaff side が右になるように縦長に配置する (図 2)。
- ② distaff side 側の条線に上から下方に連番を打ち、続けて staff side 側の条線に上から連番を打つ (図 2)。ただし、ゴミなどの付着があり、条線を形成する点紋が不明瞭な写真は選択しない。また、条線を形成する点紋が三つ以上の条線を選び、点紋が二つ以下の条線は計数の対象としない。
- ③ 条線を構成する点紋数とその距離を計測し、計算により 10 μm 中の点紋数を算出し、点紋密度とする。

次いで珪殻中央部から先端部にかけて、点紋密度がどのように変化するかを調査する。作図の手順は以下のとおりである。

- ④ 上に記した点紋密度を中央から先端に向かって表 1 のように並べ替える。すなわち、第 1 列は中央から先端に向け abc 順に配列し、第 2 列は distaff side 上半部の中央から先端に向けての条線番号、第 3 列はその点紋密度、4, 5 列は distaff side 下半部の条線番号と点紋密度、6, 7 列は staff side 上半部の条線番号と点紋密度、8, 9 列は staff side 下半部の条線番号と点紋密度の順番に並べたものである。

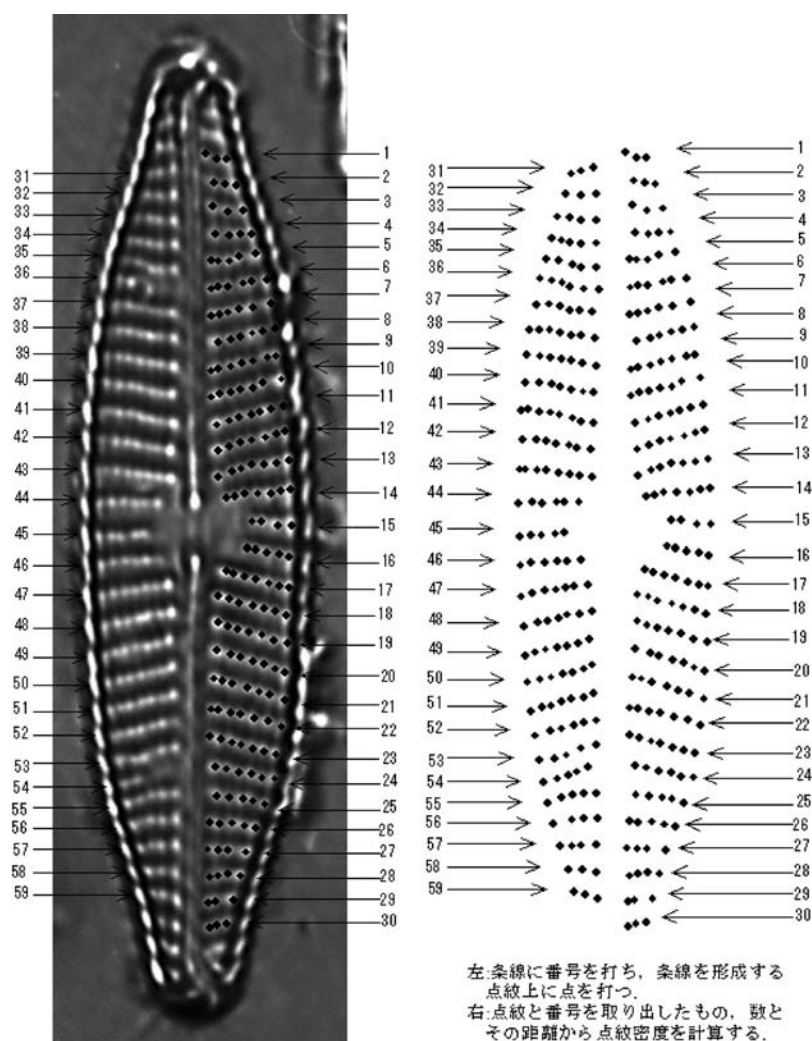


図 2 条線番号の付け方と点紋の打ち方

Fig. 2. Number of each stria and lineolae.

⑤ これを作図し、近似直線を加えたものが図3である

このようにして描いた珪殻の部位による点紋密度の変化図を図7～図9に示す。

3. 結果と考察

3.1. 形態記述

Navicula streckeriae Lange-Bert. & Witk. in Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin (2000), *Iconographia Diatomologica* 7: p. 307, pl. 118, figs 8–15.; Lange-Bertalot (2001), *Diatoms of Europe*

表 1 カムチャッカ産 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. の点紋密度
Table 1. The density of lineolae in each stria in the specimens from Kamchatka.

	distaff side				staff side				平均
	条線番号	upper	条線番号	under	条線番号	upper	条線番号	under	
a中央部	14	24.2	15	19.7	44	20.7	45	23.1	21.9
b	13	21.7	16	24.5	43	25.2	46	20.6	23.0
c	12	22.4	17	24.2	42	22.7	47	23.1	23.1
d	11	22.5	18	21.9	41	24.8	48	22.5	22.9
e	10	21.7	19	21.6	40	22.8	49	23.8	22.5
f	9	23.7	20	21.7	39	22.5	50	23.3	22.8
g	8	22.2	21	21.1	38	24.0	51	24.3	22.9
h	7	21.2	22	21.5	37	23.0	52	20.7	21.6
i	6	23.0	23	23.1	36	21.7	53	17.6	21.4
j	5	22.6	24	21.9	35	20.8	54	22.2	21.9
k	4	22.1	25	21.4	34	23.3	55	20.7	21.9
l	3	16.7	26	22.9	33	20.0	56	17.3	19.2
m	2	23.3	27	20.1	32	16.7	57	21.7	20.4
n	1	24.1	28	26.3	31	22.2	58	19.0	22.9
o			29	21.3			59	21.5	21.4
p先端部			30	25.6					25.6

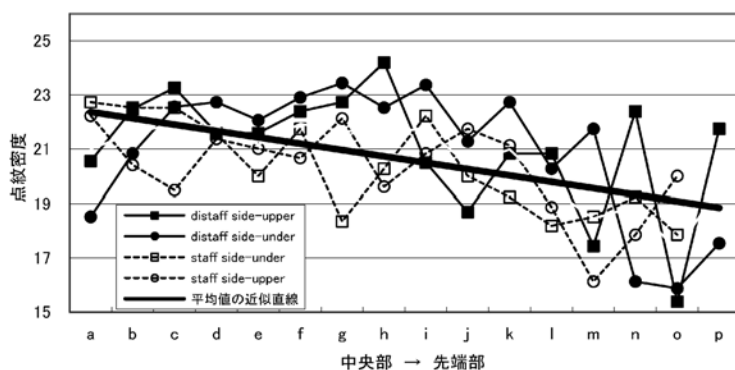


図 3 カムチャッカ産 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. の点紋密度分布図
Fig. 3. Distribution of lineolae density by position of the valve in the specimens from Kamchatka.

2: p.70, pl. 14, figs 15-22, pl. 44, figs 8-15. (図版 1~7, figs 1-84)

新和名: ストレッカーフネケイソウ

珪殻の外形は披針形から線状披針形で、両側縁が弧状に張り出すものからほとんど張り出さない幅広い線状形まである。両端部は楔(くさび)状に徐々に細くなり、ほとんどの場合、やや嘴(くちばし)状に突出する。先端はほぼ広円状である。殻長: 21-55 μm , 殻幅: 7-10.5 μm . 軸域は狭く、先端から中心部に向かって徐々に幅広くなる。中心部の大きさもかなり変異があり、小型のものもあるが中位の大きさのことが多い。staff side と distaff side で大きさが異

なるのが普通で、その外形は横長四角形、楕円形、菱形などである。条線は明瞭な点紋で形成され、珪殻の中央部は強い放射状配列で、両端部に近付くにつれ平行になり収斂する。条線密度は 8.5–10.5 本/10 μm 、点紋密度は 15–26 個/10 μm であるが、21–24 個/10 μm が普通である。

タイプ標本は 1993 年 8 月 4 日に、Dr. Susanne Strecker が汽水域の珪藻の博士論文用の試料として Hassia (ドイツ) で採集したもので、種形容語は同博士を記念して付けられた。生態・分布は、電解質が多い水域で、汽水域、海洋にも出現する。

本種の初発表文に示された syntype (等価基準標本) の外形は両側縁が弧状に膨出し、両端部が垂嘴状に突出したやや小さめのものから、両側縁がやや強く張り出し、両端部が嘴状に突出した大型のものまで含まれる。前者を Weser 川型、後者を北極海型と称する。その後 Lange-Bertalot (2001) はこの二つの型と共に新しい型を発表した。これは両側縁が平行に近く、両端部は先端がほとんど突出しない楔形の個体群で、一般的に先の二つの型より小型である。この型を Kinzig 川型と称する (図版 7, Figs 81–83)。

3.2. 近似種との相違点

Navicula bourrellyivera Lange-Bert., Witk. & Stachura (1998)

Lange-Bertalot (2001) は、*Nav. streckeræ* に最も似ているのは *Nav. bourrellyivera* であると記し、両種の区別は珪殻の外形により可能で、後者の先端の突出部は狭く、先端はより尖円(せんえん)状を成し、点紋は前種 18–21 個/10 μm 、後種 20–21 個/10 μm で密であるとしている。著者がカムチャッカで得た *Nav. streckeræ* の点紋を計測した結果は、点紋密度: (20) 21–25 (26) 個/10 μm 、平均 23 個/10 μm であり、点紋密度は両種を区別するにはあまり重要視できないと言える。両種の区別には殻幅を加えることが必要で、*Nav. streckeræ* は 7–10.5 μm に対し、*Navicula bourrellyivera* は 10–12 μm である。さらに *Nav. bourrellyivera* のほうが中心域がやや大きい傾向がある。

Navicula hintzii Lange-Bert. (1993)

少し小型(殻長: 30–38 μm 、殻幅: 6.5–8.5 μm)で、珪殻の外形は披針形から線状披針形で先端部は突出せず尖円状、条線が密(12–13 本/10 μm)である。中心域の形は披針形。

Navicula iserentantii Lange-Bert. & Witk. (2000)

珪殻は大型(殻長: 60–71 μm 、殻幅: 14–16 μm)で、特に殻幅が大きい。条線は粗(5.5–7 本/10 μm)である。

Navicula jakovljevicii Hust. (1945)

珪殻先端部の突出がやや弱く、条線が密(14–17 本/10 μm)で、中心域が小さい点で異なる。

Navicula radiosiola Lange-Bert. (1993)

珪殻先端の突出部の幅は狭く、先端も狭い。殻幅はやや細めで、条線、点紋とも密(条線:

12–13 本/10 μm , 点紋: 約 36 個/10 μm) である.

Navicula rhynchocephala Kütz. (1844)

本種は中心域が大きめで, 条線密度, 点紋密度とも密 (条線: 10–12 本/10 μm , 点紋: 約 25 個/10 μm) である.

Navicula riediana Lange-Bert. & Rumrich (2000)

殻幅が狭く (6.5–7.5 μm), 条線, 点紋とも密 (条線: 10.5–11.5 本/10 μm , 点紋: 40–44 個/10 μm) である.

Navicula slesvicensis Grunow (1880)

珪殻は線状あるいは線状披針形で, 両側縁の中央部はより平行に近く, 両端部は通常幅広く突出する. 条線は粗 (8–9 本/10 μm) で, 点紋は密 (約 25 個/10 μm) である.

Navicula splendicula VanLand. (1975)

中心域がやや小さく, 条線, 点紋とも密 (条線: 12–16 本/10 μm , 点紋: 約 25 個/10 μm) である.

Navicula vaneii Lange-Bert. (1998)

珪殻先端部の突出が全般的に弱いことで区別が可能である. 珪殻は大きめ (殻長: 40–80 μm , 殻幅: 11–13 μm), 条線はやや密 (約 8 本/10 μm) で, 中心域は少し大型の個体が多い.

Navicula viridulacalcis Lange-Bert. (2000)

珪殻の外形は線状で, 両側縁が平行な個体が多い. 中心域が大きく, 点紋が少し密 (21–25 個/10 μm) である.

Navicula witkowskii Lange-Bert., Iserentant & Metzeltin (1998)

両端の突出の幅が狭く, 条線, 点紋とも密 (条線: 10–12 本/10 μm , 点紋: 約 33 個/10 μm) で, 中心域がやや大である.

3.3. 類型区分

Witkowski *et al.* (2000) は *Navicula streckeræ* の初発表文に Weser 川の syntype 5 個体の写真 [Pl. 118, Figs 11–15] と北極海の 3 個体の写真 [Pl. 118, Figs 8–10] を示している. 前者は小型 (殻長: 22–42 μm , 殻幅: 8.5–9 μm) で珪殻側縁中央部の湾曲が弱い部分が長く, 先端部の突出が弱く, 殻幅に対し殻長が短いのでずんぐりした印象を受ける. この型を Weser 川型と呼ぶ (図版 7, Figs 77–80). 後者は前者より大型 (殻長: 50–55 μm , 殻幅: 10–10.5 μm) で, 珪殻中央部の湾曲が強く, 先端部の嘴状突出が強いので前者よりすらりとした型に見える. この型を北極海型と呼ぶ (図版 7, Figs 73–76). Lange-Bertalot (2001) は *Navicula streckeræ* の上記 8 枚の写真 [Pl. 44, Figs 8–15] と共に全く新しい形の写真 [Pl. 14, Figs 15–22] を示している. これは先の二つの型より小型 (殻長: 22.5–28.5 μm , 殻幅: 8–9 μm) で両側縁中央部はほぼ平行, 両端部は楔形, 先端は鈍円で両端部が突出しない型である. この型は syntype の採

集地, すなわち Weser 川型の産地より約 300 km 上流に当たる Kinzig 川 (Hessen, ドイツ) で採集されたものであるため Kinzig 川型と呼ぶ (図版 7, Figs 81–83). Lange-Bertalot (2001) はこの型は独立したある種, または *Navicula streckerae* の矮小型エコデーム (ecodeme: 特定の生態的地位を占める集団) かと注記を付けて *Navicula streckerae* の種名を記している [Pl. 14, Figs 15–22]. また, Weser 川河口で得られたやや大きく (殻長: 32 μm , 殻幅: 10 μm), 先端部がやや突出気味のものも本種に含めている [Pl. 14, Fig. 22].

羽状珪藻の中には小型化すると突出部が弱くなり, 外形もすっきりとした形からずんぐりした形になり, さらに楕円に近い形になるものがある. このような過程を記述した論文もある (Ko-Bayashi, 1963, 1965; Fukushima *et al.*, 1997; 福島ほか, 2012). 以上のように, *Navicula streckerae* はユーラシア大陸西部のドイツと北極海産のものでは, 北極海型, Weser 川型, Kinzig 川型の三つの型に区分でき, 文献上では多少混在する場合もあるが, 生育環境で型が異なっているようである. ユーラシア大陸の中央に近いフズスグル湖の本種は 2 個体の写真しかないが, その大きさは殻長: 34 μm , 35 μm , 殻幅: 8 μm で, Lange-Bertalot (2001) によると大きさ, 珪殻の外形とも Weser 川型と言える. 殻長は Witkowski *et al.* (2000), Lange-Bertalot (2001) の写真を計測した値の中に入っているが, 殻幅は 1 μm 狭い.

ユーラシア大陸の東端に近いカムチャッカでは次節に記すように, 三つの型が多数混在している.

3.4. カムチャッカ産の形態変異

ヨーロッパ産の本種の変異が大きいことは前節に見たとおりである. カムチャッカ産にも同様の変異が見られる. 珪殻の両側縁がほぼ平行 (図版 1, Figs 1–6) なものと, 張り出すもの (図版 1, Figs 7–12) に分けると, 前者は 25.2%, 後者は 74.8% である. 前者には Kinzig 川型 (図版 7, Figs 81–83) が入り, 後者には両側縁が弱く張り出す Weser 川型 (図版 7, Figs 77–80: 41.6%) と, 若干強く張り出す北極海型 (図版 7, Figs 73–76: 33.2%) が含まれる (表 2).

両端部が突出しないもの (図版 2, Figs 13–18) と突出するもの (図版 2, Figs 19–24) に区分すると, 前者が 2.4% で Kinzig 川型がこれに入り, 後者が 97.6% で Weser 川型と北極海型

表 2 *Navicula streckerae* Lange-Bert. & Witk.
3 類型のカムチャッカにおける出現頻度
Table 2. The relative frequencies (%) of 3 types of
Navicula streckerae Lange-Bert. & Witk.
in Kamchatka.

類型	頻度 (%)
北極海型	33.2
Weser川型	41.6
Kinzig川型	25.2

表 3 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. 諸形質の出現頻度
Table 3. The relative frequencies (%) of the main characteristics of the valve.

	形 質	頻度 (%)
両側縁	ほぼ平行	25.2
	弱く張り出す	41.6
	張り出す	33.2
両端部	ほとんど突出しない	2.4
	わずかに突出する	9.8
	嘴状に突出する	87.8
中心域の大きさ	小	32.9
	中	60.5
	大	6.6
中心域の形と大きさ	staff side と distaff side はほぼ同じ	7.7
	staff side と distaff side で異なる	92.3
中心域の形	楕円形	27.3
	横長四角形	26.9
	菱形	38.1
	キノコ形	7.7

がこれに入る。突出するものはわずかに突出するもの (Weser 川型, 9.8%) と, 嘴状に突出するもの (北極海型, 87.8%) に区分できる。

中心域の大きさを見ると, 小さいもの (図版 3, Figs 25–30) 32.9%, 中位あるいは大きいもの (plate. 3, Figs 31–36) に分けられる。

中心域の形と大きさが staff side と distaff side でほぼ似ているものは少なく (図版 4, Figs 37–42: 7.7%), 異なるもの (図版 4, Figs 43–48: 92.3%) が多い。

中心域の形は楕円形 (図版 5, Figs 49–54: 27.3%), 横長四角形 (図版 5, Figs 55–60: 26.9%), 菱形 (図版 6, Figs 61–66: 38.1%), キノコ形 (図版 6, Figs 67–72: 7.7%) に区分することができる。(表 3)

3.5. 計測値

今回計測を行ったのは殻長, 殻幅, 条線密度については 280 個体, 点紋密度は 9 個体, 476 条線である。殻長: 21–51 μm , モード 34 μm , 平均 34.3 μm , 殻幅: 7.5–10.0 μm , モード 8.5 μm , 平均 8.5 μm , 条線密度: 8.5–10.5 本/10 μm , モード 9 本/10 μm , 平均 9.5 本/10 μm , 点紋密度: 16–29 個/10 μm , モード 22 個/10 μm , 平均 22.6 個/10 μm , 95% は 18–25 個/10 μm の間にあり, (16) 18–25 (29) 個/10 μm のように記述することが適当である。Witkowski *et al.* (2000) および Lange-Bertalot (2001) では本種の計測値を殻長: 26–55 μm , 殻幅: 8–10.5 μm , 条線密度: 9–10 本/10 μm , 点紋密度: 18–20 個/10 μm としている。両計測値は点紋密度を除いて大差はない (図 4)。点紋密度はカムチャッカの計測値のほうが密な傾向が認められるが, 値の幅が重なる部分が多くあり, ほぼ似た値と言える。

本種は北極海型, Weser 川型, Kinzig 川型にその形態から区別が可能であるが, 珪殻の大

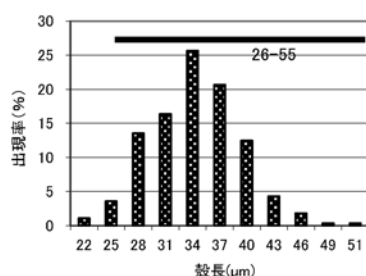


Fig.4-1 殻長の分布

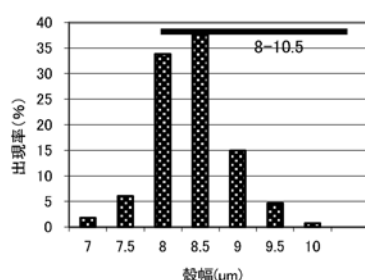


Fig.4-2 殻幅の分布

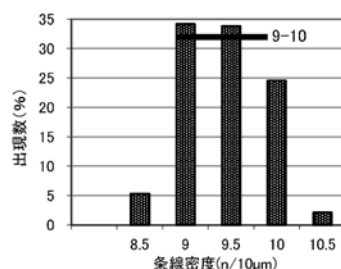


Fig.4-3 条線密度の分布

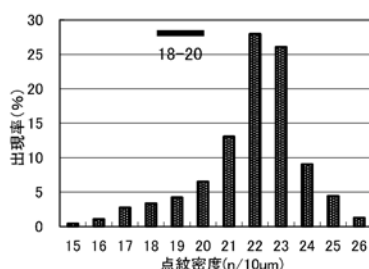


Fig.4-4 点紋密度の分布(9個体, 476条線)

図 4 カムチャッカ産 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. の計測値
 殻長, 殻幅, 条線密度の計測数は 280 個体, 図中の横線は Lange-Bertalot (2001)
 が示した計測値の範囲.

Fig. 4. The relative frequency histograms of measurements of parts of the valve.

きさでも区別し得ることはすでに記した。その根拠となったのは, Witkowski *et al.* (2000) および Lange-Bertalot (2001) の著書に示された顕微鏡写真を著者が計測した結果である。その計測値を表 4 に示す。北極海型は殻長: 50–55 μm, 殻幅: 9.5–10.5 μm, Weser 川型は殻長: 28–42 μm, 殻幅: 8–9.5 μm, Kinzig 川型は殻長: 22–32 μm, 殻幅: 8–9 μm である。北極海型は Weser 川型より大きいという従来の報告は, 今回の調査でカムチャッカの試料でも確かめられた。その計測値は北極海型が殻長: 39–51 μm, 殻幅: 8–10 μm, Weser 川型は殻長: 27–47 μm, 殻幅: 7.5–10 μm, Kinzig 川型は殻長: 21–39 μm, 殻幅: 7.5–9.5 μm である。

3.6. 点紋密度

種を特徴付ける要素の一つに点紋密度がある。点紋密度は条線を形成する点紋を 10 μm 中の数で表現したものであり, この形質が珪藻の種の分類に重要視され始めたのは比較的近年になってからである。1930 年頃の著書 (Hustedt, 1930) では少数の種にしか記されていない。電子顕微鏡の発達もあり, 1980 年頃から点紋密度も種を区別する重要な特徴と位置付けられたが, 1970 年代に出版された図鑑 (Schoemann and Archibald, 1976–1980) では少数の種に記されているだけである。しかし, 1986 年発行の Krammer and Lange-Bertalot の著書 (Krammer

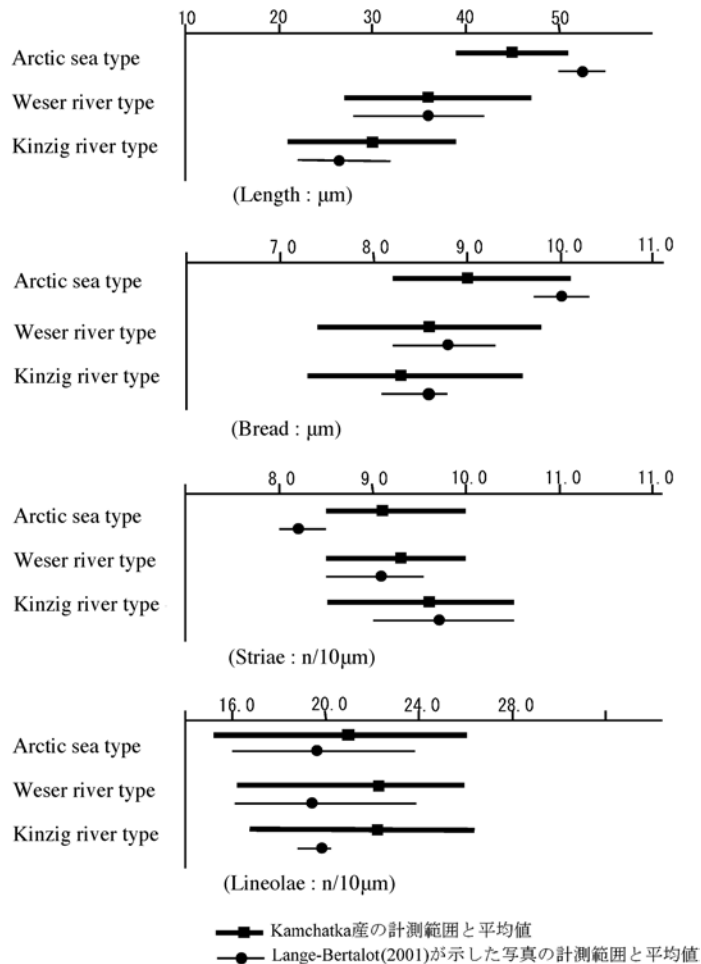


図 5 ヨーロッパ産とカムチャッカ産 3 型の計測範囲と平均値の比較

Fig. 5. Measurement of parts of the valve in specimens from Kamchatka and Europe (photographs by Lange-Bertalot, 2001).

and Lange-Bertalot, 1986) では多くの種について記されている。

Navicula streckeræ の点紋密度は Witkowski *et al.* (2000) および Lange-Bertalot (2001) は 18–20 個/10μm と記している。本種は形態変異が大きく、三つの型に分けられ、産地はすでに記したようにヨーロッパ、ユーラシア大陸の中程、東端と離れたところに生育しているので、その型や生育地による変異の状態を検討する。

図 7 (7-1~7-8) は Witkowski *et al.* (2000) が示した北極海型の 3 枚の写真と Weser 川型の 5 枚の写真 (syntype) について、第 2 章に記した方法で作図したものである。これらの図を検討すると、左端部 (珪殻中央部) と右端部 (珪殻先端部) およびその間に値の乱れが大き

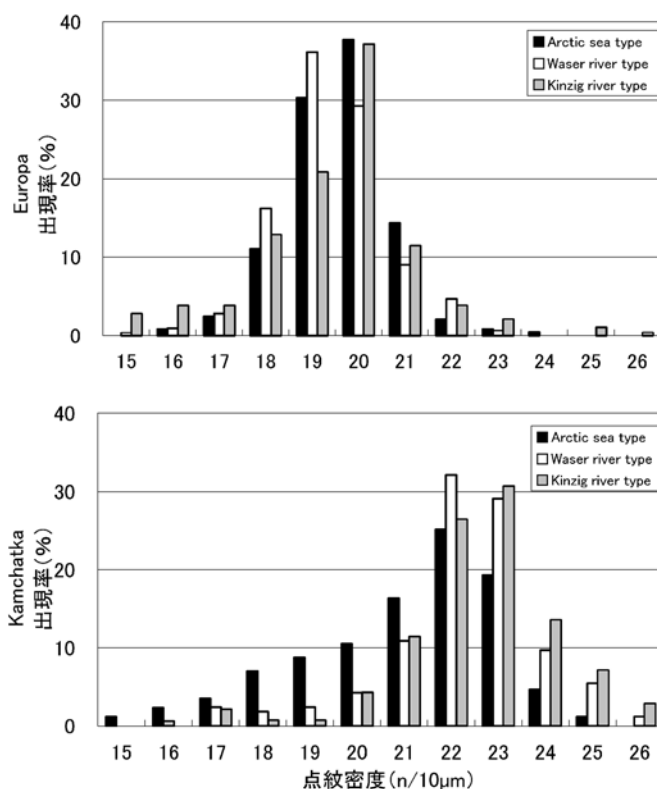


図 6 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. 3 型の点紋密度の比較
 Fig. 6. Comparison of lineolae density among three types of *Navicula streckeræ*.

表 4 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. 計測値の産地間の比較
 Table 4. Measurement of the parts of the valve in the specimens from Europe and Kamchatka.

		ヨーロッパ産				カムチャッカ産			
		最大値	最小値	平均値	計測数	最大値	最小値	平均値	計測数
殻長 μm	北極海型	55	50	53	3	51	39	42	21
	Weser川型	42	28	36	5	47	27	36	159
	Kinzig川型	32	22	26	8	39	21	30	100
	全体	55	22	34	16	51	21	34	280
殻幅 μm	北極海型	10.5	9.5	10.0	3	10.0	8.0	9.0	21
	Weser川型	9.5	8.0	9.0	5	10.0	7.5	8.5	159
	Kinzig川型	9.0	8.0	8.5	8	9.5	7.5	8.5	100
	全体	10.5	8.0	9.0	16	10.0	7.5	8.5	280
条線 no/10μm	北極海型	8.5	8.0	8.0	3	10.0	8.5	9.0	21
	Weser川型	9.5	8.5	9.0	5	10.5	8.5	9.5	159
	Kinzig川型	10.5	9.0	9.5	8	10.5	8.5	9.5	100
	全体	10.5	8.0	9.0	16	11.0	8.5	9.5	280
点紋 no/10μm	北極海型	23.8	15.9	19.5	244	25.0	15.2	21.0	171
	Weser川型	23.3	15.3	19.4	321	26.0	16.1	22.2	165
	Kinzig川型	26.0	15.0	19.5	288	26.3	16.7	22.5	140
	全体	26.0	15.0	19.5	853	26.3	15.2	21.9	476

い部分があり、その乱れは珪殻中央部より先端部の方が大きい。この傾向は Lange-Bertalot (2000) に示された顕微鏡写真について著者らが計測した図 8 (8-1~8-8) でも、カムチャッカの試料について計測した図 9 (9-1~9-9) においても同様である。左端部の乱れの大きい部分は中心域を形成する条線が短い部分で、右端部は珪殻先端部で条線が短くなっている。また、Voigt の欠落付近の点紋密度は乱れる傾向があるので、これら 3 部位は計測から除外することが望ましい。よって、*Navicula streckeræ* の点紋密度の計測は中心域を形成しない条線で、中心域に近い条線について行うべきである。

珪殻の中央部からほぼ同間隔の位置にある 4 条線 (distaff side 上, 下, staff side 上, 下) を形成する点紋密度について、平均値の線形近似を図 7~図 9 に加えて示した。

この直線が右肩上がりの個体は、先端に行くにつれ、点紋密度が高くなることを示している。右肩下がりの個体は先端に行くにつれ点紋密度が低くなることを示しており、水平な個体は中央から先端まで点紋密度に変化がないことを示している。直線の勾配が強いほど中央部から先端部にかけての点紋密度の変化が大きいことを表し、同時に近似直線の係数 (勾配) が大きいことを表している。計測した個体の数式の一覧を表 5 に示す。勾配が大きいのは図 8-1, 図 8-7, 図 9-3 等の個体である。勾配は $+2.8/10 \sim -2.6/10$ の間にあり、勾配 $+2.8/10$ とは右肩上がりで、中央部から先端部へ向かって 10 個離れた条線間に点紋密度で 2.8 の差があることを表している。勾配の強い個体を詳しく見てみると、先端部の点紋密度に勾配は大きく影響されていることが分かる。そこで、中央部から先端部にかけ、同間隔にある 4 条線とも点紋密度が計測されている条線までで勾配を求めると、勾配の範囲は $+1.4/10 \sim -1.9/10$ と狭くなり、勾配の平均は $-0.3/10$ である。このことから、珪殻先端部での計測は避けたほうがよいと言える。

次に、三つの型の間および産地間に点紋密度の差があるか否かについて検討を行う。表 4, 図 6 に示したように、北極海型, Weser 川型, Kinzig 川型の点紋密度のレンジはヨーロッパ産の Kinzig 川型で $15\text{--}26$ 個/ $10\mu\text{m}$ と最大値が大きいことが目立つが、図 6 から分かるように、25, 26 の値は例外的な値である。同じく平均値はヨーロッパ産で 19.5 個, 19.4 個, 19.5 個/ $10\mu\text{m}$, カムチャッカ産で 21.0 個, 22.2 個, 22.5 個/ $10\mu\text{m}$ であり、三つの型の間に差異は認められない。

三つの型のヨーロッパ産とカムチャッカ産との間の点紋密度を比較すると、3 型ともレンジは似ているが、平均値は 3 型ともヨーロッパ産よりカムチャッカ産のほうが点紋数で 1.5~3, 密な方へ偏っている (表 4, 図 5)。3 型を区別しない全体の点紋密度を見てもレンジは $15\text{--}26$ 個/ $10\mu\text{m}$ でヨーロッパ産とカムチャッカ産に変化はないが、平均値では、ヨーロッパ産 19.5 個/ $10\mu\text{m}$, カムチャッカ産 21.9 個/ $10\mu\text{m}$ で、明らかにカムチャッカ産のほうが密である。

種の分類にかなり重要視されている特徴の点紋密度が、産地間でどれほどの差があるかを検討した報文が見当たらないため、これは重要なデータと言える。

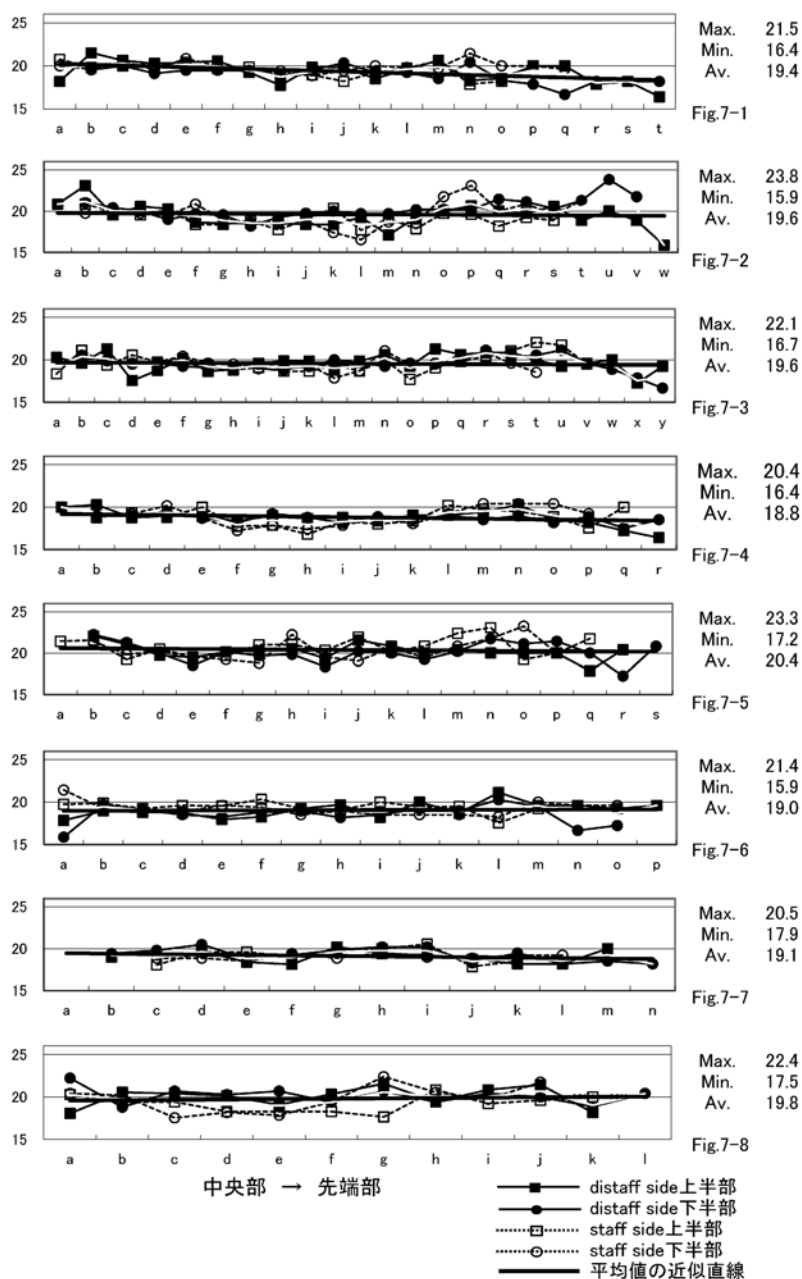


図 7 点紋密度の部位による変化 (1)

Figs 7-1~7-3: Arctic sea type

Figs 7-4~7-8: Weser river type

(Iconographia Diatomologica 7: 2000, pl. 118)

Fig. 7. Variation of lineolae density by position of the valve (1).

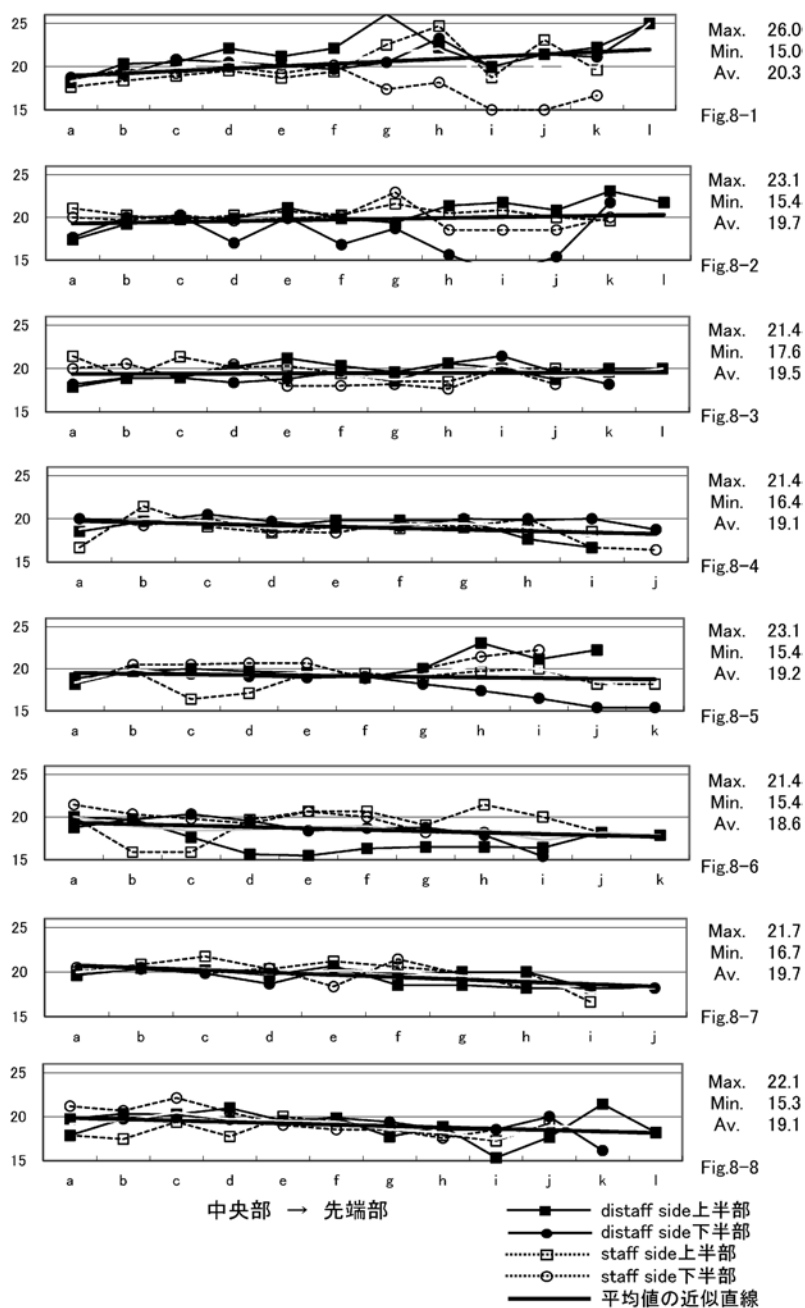


図 8 点紋密度の部位による変化 (2)

Figs 8-1~8-8: Kinzig river type

(Diatoms of Europe 2: 2001. Pl. 14)

Fig. 8. Variation of lineolae density by position of the valve (2).

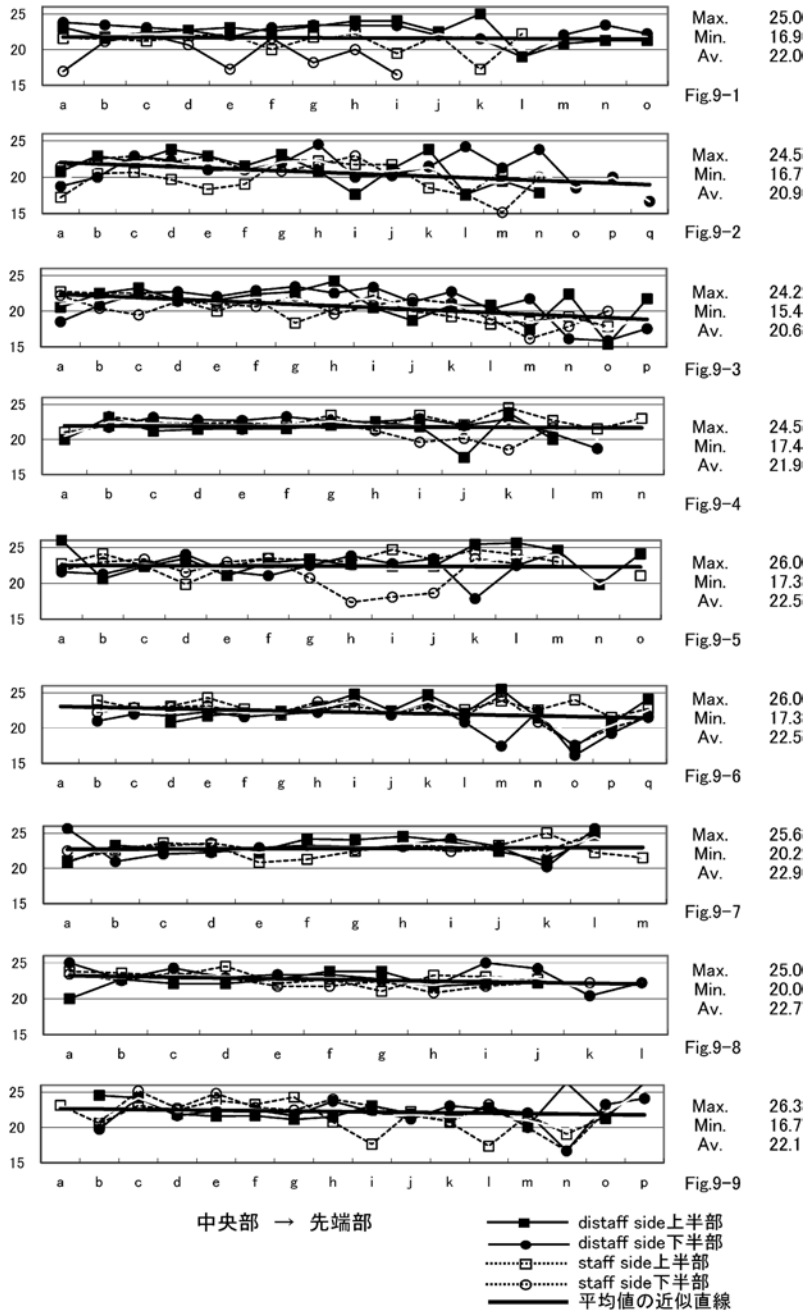


図 9 点紋密度の部位による変化 (3)

Figs 9-1~9-3: Arctic sea type

Figs 9-4~9-6: Weser river type

Figs 9-7~9-9: Kinzig river type

(カムチャッカ産)

Fig. 9. Variation of lineolae density by position of the valve (3).

表 5 中央から先端にかけての点紋密度の変化

Table 5. Variation of lineolae density from center to end of valve.

型別	図番	回帰式 (全条線)	回帰式 (揃4条線)
北極	7-1	$Y = -0.1 X + 20.3$	$Y = -0.05 X + 20$
北極	7-2	$Y = -0.02 X + 19.8$	$Y = -0.02 X + 19.8$
北極	7-3	$Y = -0.01 X + 19.7$	$Y = +0.03 X + 19.3$
Weser	7-4	$Y = -0.05 X + 19.2$	$Y = -0.02 X + 19$
Weser	7-5	$Y = -0.02 X + 20.6$	$Y = -0 X + 20.5$
Weser	7-6	$Y = +0.01 X + 19$	$Y = +0.03 X + 18.9$
Weser	7-7	$Y = -0.05 X + 19.5$	$Y = -0.02 X + 19.3$
Weser	7-8	$Y = +0.04 X + 19.5$	$Y = +0.08 X + 19.4$
Kinzig	8-1	$Y = +0.28 X + 18.7$	$Y = +0.11 X + 18.4$
Kinzig	8-2	$Y = +0.09 X + 19.2$	$Y = +0.01 X + 19.5$
Kinzig	8-3	$Y = +0.02 X + 19.4$	$Y = +0 X + 19.4$
Kinzig	8-4	$Y = -0.16 X + 19.9$	$Y = -0.11 X + 19.7$
Kinzig	8-5	$Y = -0.08 X + 19.6$	$Y = +0.14 X + 18.7$
Kinzig	8-6	$Y = -0.16 X + 19.5$	$Y = -0.16 X + 19.5$
Kinzig	8-7	$Y = -0.26 X + 21$	$Y = -0.14 X + 20.6$
Kinzig	8-8	$Y = -0.16 X + 20$	$Y = -0.19 X + 20.2$
北極	9-1	$Y = -0.02 X + 21.8$	$Y = -0.03 X + 21.9$
北極	9-2	$Y = -0.19 X + 22.2$	$Y = -0.11 X + 21.7$
北極	9-3	$Y = -0.23 X + 22.6$	$Y = -0.11 X + 22$
Weser	9-4	$Y = -0.02 X + 22$	$Y = -0.02 X + 22$
Weser	9-5	$Y = -0.02 X + 22.5$	$Y = +0.02 X + 22.3$
Weser	9-6	$Y = -0.1 X + 23.2$	$Y = -0.1 X + 23.1$
Kinzig	9-7	$Y = +0.02 X + 22.7$	$Y = +0.06 X + 22.6$
Kinzig	9-8	$Y = -0.1 X + 23.3$	$Y = -0.06 X + 23.1$
Kinzig	9-9	$Y = -0.06 X + 22.7$	$Y = -0.16 X + 23.3$
	Max.	+ 0.28	+ 0.14
	Min.	- 0.26	- 0.19
	Av.	- 0.05	- 0.03

おわりに

ドイツ北部の2箇所と北極海にのみ知られていた種をカムチャッカとフズスグル湖で見出した。ユーラシア大陸の西端で知られていたが、東端にも分布していることが分かり、その中間に近いフズスグル湖からも見出した。これらの生育地はいずれも北緯50度以北である。ヨーロッパの試料はかなりの多くの顕微鏡写真が発表されているため、それらを計測した。珪殻の形態と大きさから、ヨーロッパ産、カムチャッカ産共に北極海型、Weser川型、Kinzig川型に区別が可能である。カムチャッカの試料は280珪殻を2000倍の写真にして諸項目の計測を行った。殻長、殻幅、条線密度を比較すると、多少のずれはあるが大きな差とは言えない。1980年頃より種の分類に重要視されてきた点紋密度の計測場所を検討した。中心域を構成する条線、先端部の条線、Voigtの欠落付近の条線を形成する点紋密度は変異が大きい。中心域を構成する条線より2、3本離れた条線で点紋密度を計測すると、比較的安定した値が得られる。ヨーロッパ産よりカムチャッカ産のほうが3型ともレンジ、平均値共2、3のずれで密になっている。これは、それぞれの地域個体群を別種と考えるより、同一種の地域による変異と考えたほうが適切である。点紋密度を種の特徴として用いるには、以上のよう

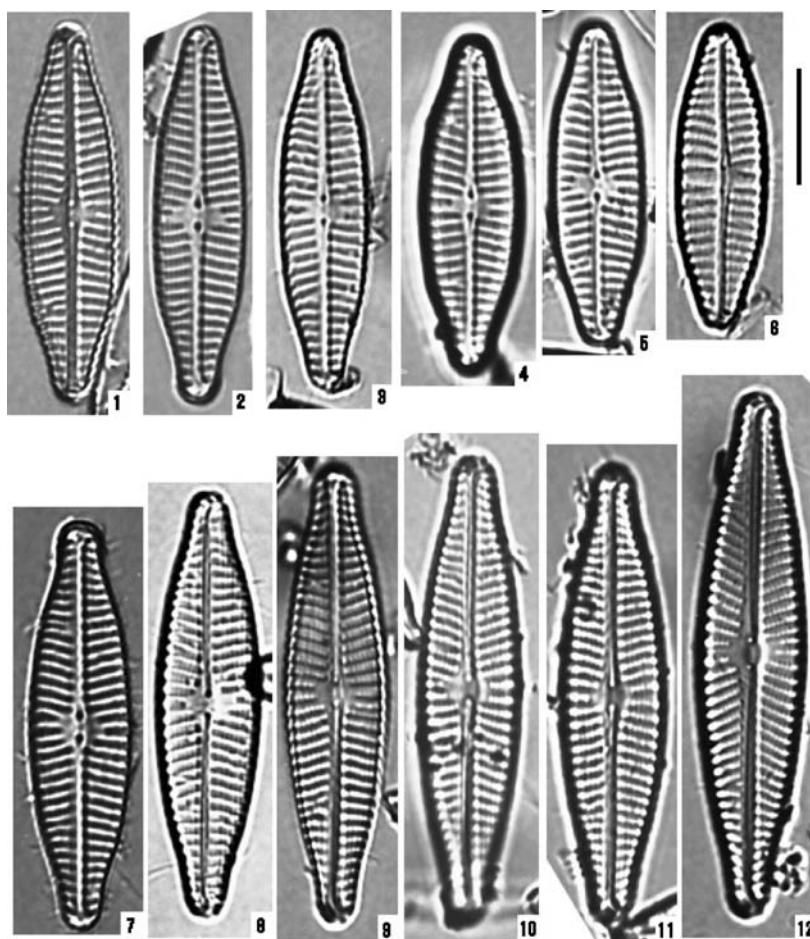
に産地によって多少の差があることも理解しておくべきである。

謝 辞

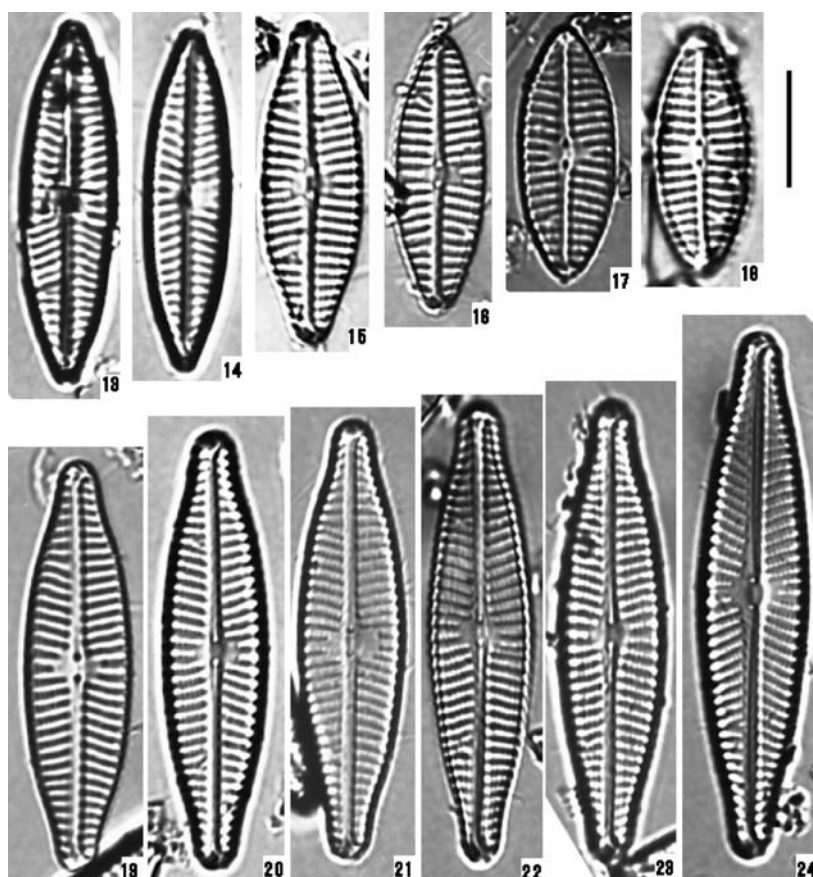
フブスグル湖の試料は、大妻女子大学教授井上源喜博士が採集し、提供下さったものである。同博士に感謝する。

文 献

- Bahls, L.L. (2005): Northwest Diatoms, A photographic catalogue of species in the Montana diatom collection, **2**, 1–114, *Hannaea Montana*.
- Fukushima, H., Ko-Bayashi, T and Yoshitake, S. (1997): Morphological variability of *Gomphonema christensenii* R.L. Lowe & Kociolek from Kirishima Heights, southern Japan. *Diatom*, **13**, 39–48.
- 福島 博・木村 努・小林艶子・福嶋 悟・吉武佐紀子 (2012): カナダ北極圏沿岸の陸水域で得た珪藻 *Navicula* sensu lato の分類学的検討. 南極資料, **56**, 1–56.
- Van Heurck, H. (1880–1885): Synopsis des diatomées de Belgique. Anvers, Édité par l'auteur, 3 v.
- Hustedt, F. (1930): Bacillariophyta (Diatomeae). Jena, G. Fischer, 466 p. (*Süßwasser-Flora von Mitteleuropa*; Heft **10**)
- Hustedt, F. (1945): Diatomeen aus Seen und Quellgebieten der Balkan-Halbinsel. *Arch. Hydrobiol.*, **40**, 867–973. Taf. 31–43.
- Ko-Bayashi, T. (1963): Variations on some pennate diatoms from Antarctica 1. *JARE Scientific Reports. Ser. E*, **18**, 1–20, pl. 1–16.
- Ko-Bayashi, T. (1965): Variations on some pennate diatoms from Antarctica 2. *JARE Scientific Reports. Ser. E*, **24**, 1–28, pl. 1–28.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986): *Naviculaceae*. Stuttgart, G. Fischer, xvi, 876 p. (*Süßwasserflora von Mitteleuropa*/begründet von A. Pascher; hrsg. von H. Ettel *et al.*; Bd. **2**. Bacillariophyceae, Teil **1**).
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991): *Achnanthaceae*, kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis. Stuttgart, Gustav Fischer, 436 p. (*Süßwasserflora von Mitteleuropa*/begründet von A. Pascher; herausgegeben von H. Ettel *et al.*; Bd. **2**. Bacillariophyceae, Teil 4).
- Kützing, F.T. (1844): Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen, W. Köhne, 152 p., 30 leaves of plates.
- Lange-Bertalot, H. (1993): 85 neue taxa: und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. Berlin, J. Cramer, 2 v. (xxiii, 454 p., 134 plates) (*Bibliotheca Diatomologica*; **27**)
- Lange-Bertalot, H. (2000): Transfer to the generic rank of *Decussata* Patrick as a subgenus of *Navicula* Bory sensu lato. Ruggell, A.R.G. Guntner, 670–673 (*Iconographia diatomologica*; **9**).
- Lange-Bertalot, H. (2001): *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato, *Frustulia*. Ruggell, A.R.G. Guntner, 526 p., Pl. 14 (*Diatoms of Europe: diatoms of the European inland waters and comparable habitats*; **2**).
- Schoeman, F.R. and Archibald, R.E.M. (1976–1980): The diatom flora of Southern Africa. Pretoria, National Institute of Water Research, Council for Scientific and Industrial Research (CSIR special report, WAT; **50**). (Loose-leaf).
- Szabó, K., Kiss, K.T., Taba, G. and Ács, É. (2005): Epiphytic diatoms of the Tisza River, Kisköre Reservoir and some oxbows of the Tisza River after the cyanide and heavy metal pollution in 2000. *Acta Bot. Croat.* **64**, 1–46.
- VanLandingham, S.L. (1967–1979): Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms: a revision of F.M. Mills "An index to the genera and species of the diatomaceae and their synonyms." *Lehre*, J. Cramer, 8 v.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. and Stachura, K. (1998): New and confused species in the genus *Navicula* (Bacillariophyceae) and the consequences of restrictive generic circumscription. *Cryptogamie Algol.*, **19**, 83–108.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. and Metzeltin, D. (2000): Diatom flora of marine coasts I. Ruggell, A.R.G. Guntner, 925 p. (*Iconographia diatomologica*; v. **7**).



図版 1 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)
 Figs 1-6. 両側縁ほぼ平行 (25.2%). Figs 7-12. 両側縁張り出す (74.8%).
 (Figs 1-83: カムチャッカ産, Fig. 84: フズグル湖産)
 Plate 1. *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)
 Figs 1-6. Specimens with nearly parallel margins (25.2%)
 Figs 7-12. Specimens with convex margins (74.8%)
 (Figs 1-83: from Kamchatka, Fig. 84: from the Lake Khovsgol)



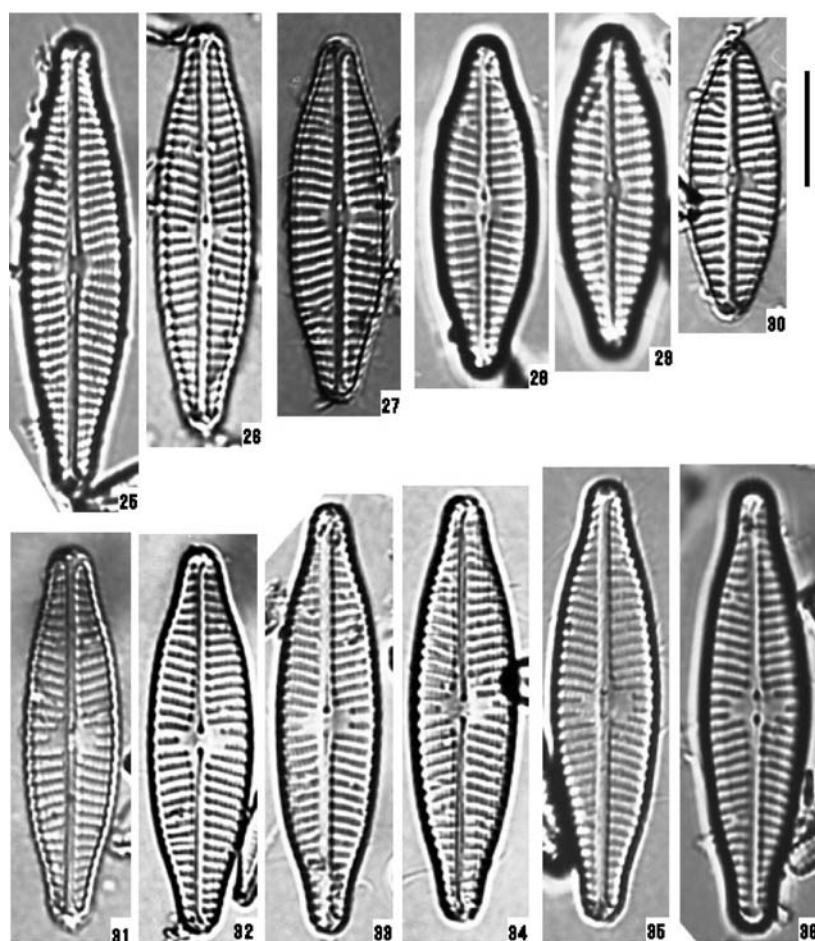
図版 2 *Navicula streckeriae* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 13–18. 両端部は突出しない (2.4%). Figs 19–24. 両端部は突出する (97.6%).

Plate 2. *Navicula streckeriae* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 13–18. Specimens without protruding ends (2.4%)

Figs 19–24. Specimens with protruding ends (97.6%)



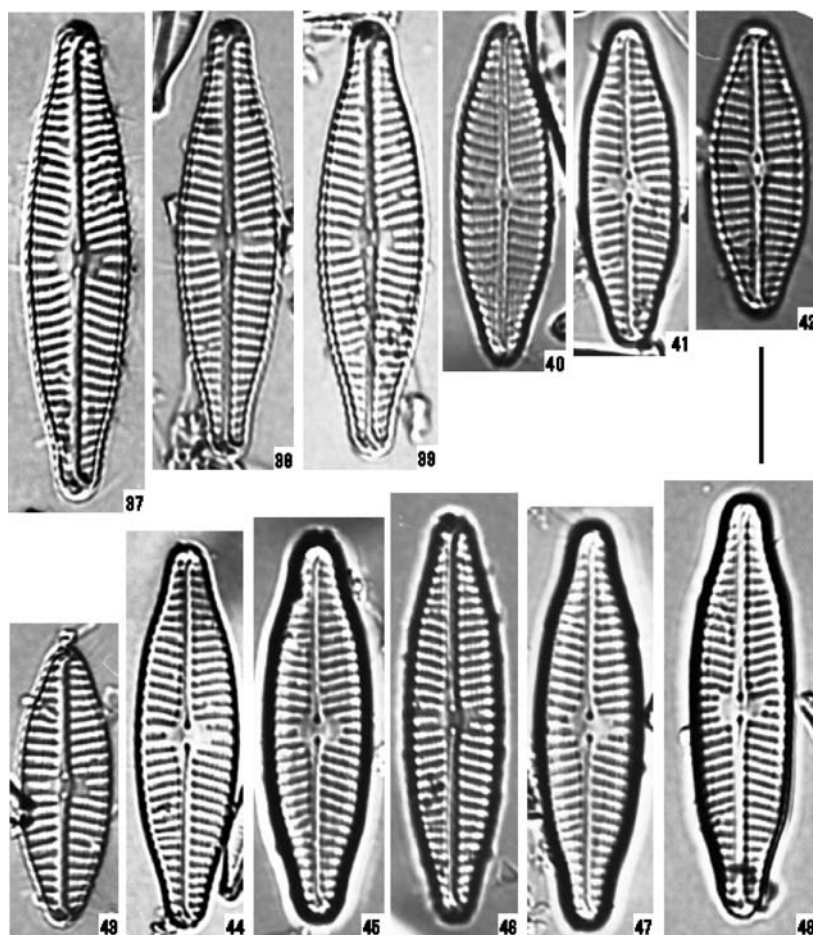
図版 3 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 25–30. 中心域小さい (32.9%). Figs 31–36. 中心域は中位あるいは大きい (67.1%).

Plate 3. *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 25–30. Specimens with small central area (32.9%)

Figs 31–36. Specimens with medium or broad central area (67.1%)



図版 4 *Navicula streckeriae* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

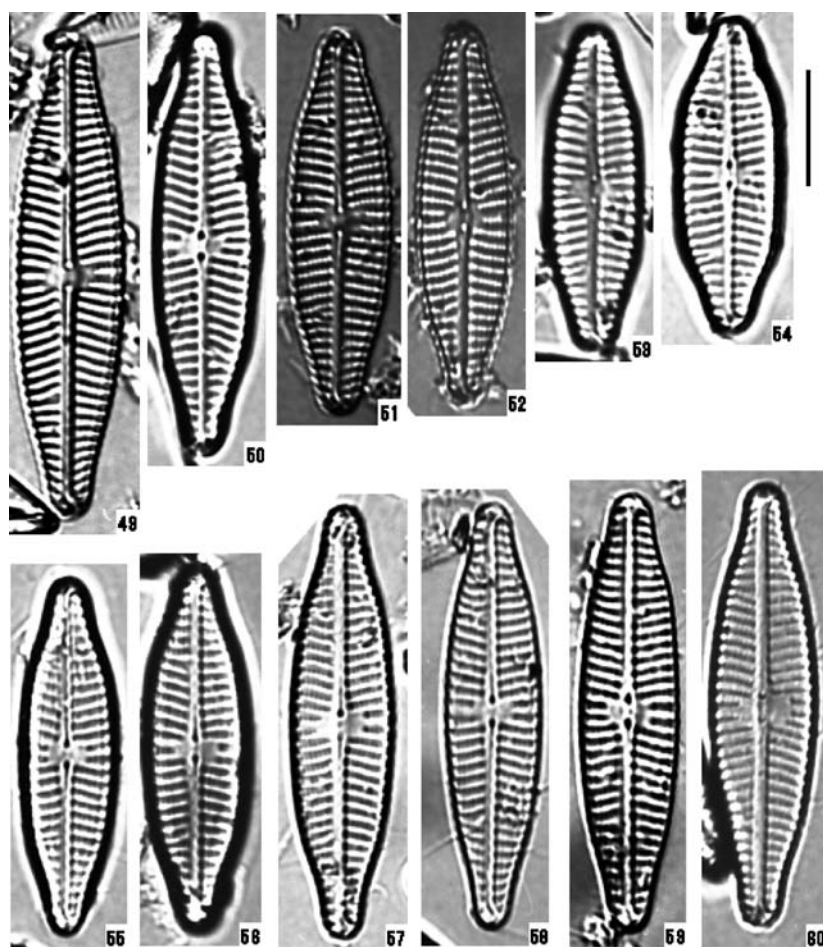
Figs 37–42. staff side と distaff side の中心域の形, 大きさとも似ている (7.7%).

Figs 43–48. staff side と distaff side の中心域の形, 大きさとも異なる (92.3%).

Plate 4. *Navicula streckeriae* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 37–42. Specimens with nearly same size and shape of the central area between staff and distaff sides (7.7%)

Figs 43–48. Specimens with different size and shape of the central area between staff and distaff sides (92.3%)



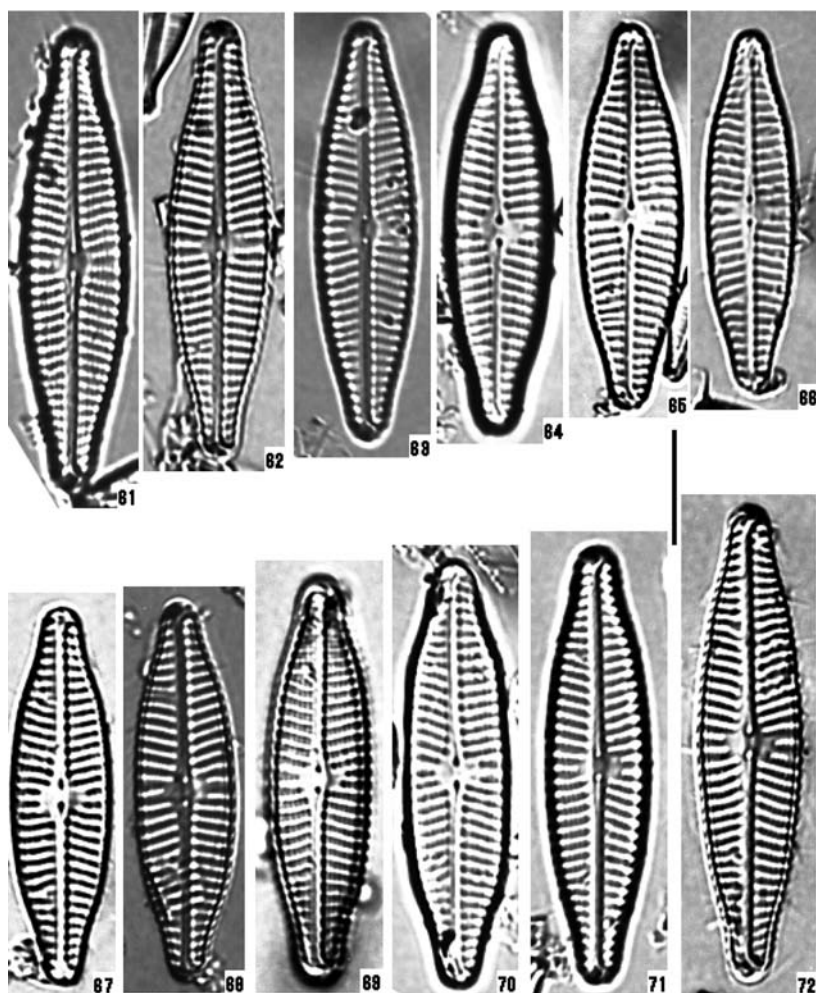
図版 5 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 49–54. 中心域は楕円形 (27.3%). Figs 55–60. 中心域は横長四角形 (26.9%).

Plate 5. *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 49–54. Specimens with elliptical central area (27.3%)

Figs 55–60. Specimens with oblong central area (26.9%)



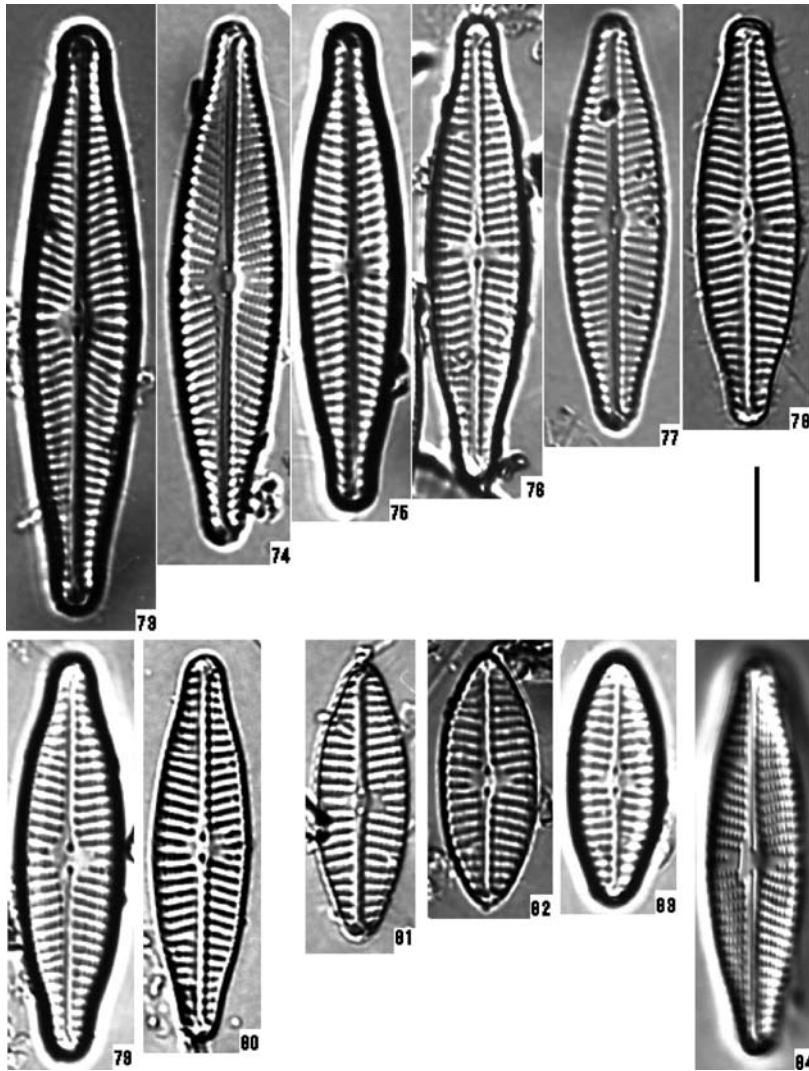
図版 6 *Navicula streckeriae* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 61–66. 中心域は菱形 (38.1%). Figs 67–72. 中心域はキノコ形 (7.7%).

Plate 6. *Navicula streckeriae* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 61–66. Specimens with rhombic central area (38.1%)

Figs 67–72. Specimens with mushroom-shape central area (7.7%)



図版 7 *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 73-76. 北極海型 (33.2%). Figs 77-80. Weser 川型 (41.6%).

Figs 81-83. Kinzig 川型 (25.2%). Fig. 84. Weser 川型: フブスグル湖産

Plate 7. *Navicula streckeræ* Lange-Bert. & Witk. (scale: 10 μ m)

Figs 73-76. The Arctic Ocean type (33.2%)

Figs 77-80. The Weser River type (41.6%)

Figs 81-83. The Kinzig River type (25.2%)

Fig. 84. The Weser River type: from the Lake Khovsgol