貧腐水～ β -中腐水性種 *Navicula subalpina* var. *schweigeri* の新ランク・新組み合わせ

Taxonomical Study of *Navicula subalpina* var. *schweigeri*
(oligosaprobic～ β -mesosaprobic diatom)

福島 博、木村 努、小林艶子

藻類研究所／〒239-0822 横須賀市浦賀2-3-10

HIROSHI FUKUSHIMA, TSUTOMU KIMURA, and TSUYAKO KO-BAYASHI
Institute of Phycology/Uraga 2-3-10, Yokosuka 239-0822, Japan

Abstract

Many taxa similar to *Navicula subalpina* Reichardt var. *subalpina* which was represented as a valid publication by F. Reichardt (1988) were recorded and such taxa with different species name were recognized in Japan. On the other hand *Navicula schweigeri* Bahls (2012) was a taxon of valid publication recently. We research morphological variability of above two taxa in addition to the specimens from the Sagae River and the Kiso River. Approximately 260 valves were analyzed morphologically on the light photomicrographs from the samples collected from the two rivers referring to the photomicrographs and descriptions in the two taxa including holotype. As a result we suggest new rank and new combination as *Navicula subalpina* var. *schweigeri* (Bahls) H.Fukush., Kimura & Ts. Kobay. While this taxon is considered to be a indicator species of oligosaprobic～ β -mesosaprobic waters.

Key words: indicator alga, *Navicula subalpina* var. *schweigeri*, stat. nov., comb. nov.

1. はじめに

Navicula subalpina はオーストリア Walchsees の底泥より得られた標本を holotype として 1988 年の国際珪藻学会誌 (Diatom Research) に Reichardt が正式発表をした種である¹⁾。アルプス山脈の石灰岩地帯の貧栄養湖から α -中栄養湖に普通に生息し、サプロビ指数は貧栄養から β -中腐水性とされている^{2),3)}。これに似た種として寒河江川産 (山形県) の種を、*Navicula subalpina* var. *gassanensis*⁴⁾ として発表されたが、これは裸名である。

Bahls (2012)⁵⁾ は米国の Mineral Creek (Gracier Natural Park, Montana) で得た標本を holotype として *Navicula schweigeri* Bahls という新種発表を行った。その初発表文には *Navicula arkona*, *Navicula capitatoradiata*, *Navicula*

krammerae, *Navicula subalpina* との相違点も簡単に記している。本種は日本にも広く分布し、時に多量に出現し、木曽川産の種を *Navicula cryptocephala* var. *intermedia* [福島・木村・小林 (1973)]⁶⁾、桧原湖産などの種を *Navicula* sp. [Shiono・Jordan (1995)]⁷⁾ などの異なった種名で記録されていることもある。寒河江川、木曽川で写した多量の顕微鏡写真と、発表されている近似種の顕微鏡写真と記載文の比較を行ったところ、*Navicula schweigeri* は *Navicula subalpina* の変種に新ランク、新組み替えを行うことが、より自然であるとの結論に達した。

2. 材料と方法

2004 年 8 月、寒河江ダム (月山湖) の約 1 km 下流に

ある寒河江川の月岡橋付近の河床の礫に付着していた藻類を採集し、ホルマリン固定した。その後、硫酸と過酸化水素水でクリーニングした後、Pleuraxで封入し、永久プレパラートを作成した。その中の222珪殻と、木曽川各地より得た34珪殻の2000倍の光学顕微鏡写真、および29珪殻のSEM写真について観察、解析を行った。

3. 結果と考察

3. 1 珪殻の形態的特徴

3. 1. 1 珪殻の変異性

本種の外形は披針形をしており、ずんぐり型からすらり型まで種々の形態を観察することができる。殻長/殻幅の値が4.4以下の形態を仮にずんぐり型と仮定すると、この型 (Fig. 3: 1-6) に属するのは寒河江川産で29.7%、木曽川産で47.0%である。殻長/殻幅の値が5.1以上のものを仮にすらり型と呼ぶと、この型 (Fig. 3: 7-12) の頻度は寒河江川産で27.5%、木曽川産で11.8%である。羽状珪藻は一般に殻長の変異の巾は大きい、殻幅の変異の巾は殻長の変異巾より小さく、同一種で大型の個体はすらりとして、小型の個体はずんぐりしているのが普通

である。殻長のヒストグラム (Fig. 1: a) を見ると木曽川の個体群は殻長の小さい方に集中する傾向が強い。このことはずんぐり型の頻度が寒河江川より木曽川の方が大きいことで証明される (Fig. 1: f)。なお、本種と形態が一番よく似ているReichardt (1988)¹⁾の*Navicula subalpina*の初発表文の写真は上の仮定に従うとずんぐり型が多く、Lange-Bertalot (2001)²⁾が示している同種の顕微鏡写真はすらり型が多い傾向があり、両者とも大型の個体はすらり型、小型の個体はずんぐり型が多い傾向は共通している。Bahls (2012)³⁾に示している*Nav. schweigeri*の顕微鏡写真にずんぐり型は含まれていない。

珪殻の両端部は突出するが、Fig. 4: 13-18に示す程度のもを仮に突出が弱い、Fig. 4: 19-24に示す程度のもを突出が強いとすると、前者は寒河江川産で7.2%、木曽川産で8.8%、後者は寒河江川産で25.7%、木曽川産で55.9%で木曽川の個体群は両端部の突出が強い個体が多くなっている。Reichardt (1988)¹⁾の*Navicula subalpina*の初発表文の珪殻、およびLange-Bertalot (2001)²⁾の写真の珪殻では寒河江川産より突出する個体が多く、木曽川産以上に突出する個体が多い。Bahls (2012)³⁾の*Nav. schweigeri*の初発表文の写真は6枚共に今回の中間に属

Table 1 The relative frequencies (%) of the main characteristics of the valve

Sampling sites		The Sagae River	The Kiso River
Number of valves observed			
Morphological characteristics		%	%
Valve form			
	thick	29.7	47.0
	thin	27.5	11.8
	intermediate	42.8	41.2
Protrusion of the valve ends			
	weak	7.2	8.8
	remarkable	25.7	55.9
	intermediate	67.1	35.3
Size of the central area			
	very small	17.6	23.5
	small	21.6	29.4
	intermediate	60.8	47.1
Size and shape of the central area at both sides of the valve			
	almost same	42.3	32.4
	different	57.7	67.6
Arrangement and length of three or four striae composing the central area at both sides of the valve arrangement			
length	one side	the other side	
	s-l-s	s-l-s	57.2
	l-s-l	l-s-l	3.6
	s-l-s	l-s-l	31.1
	l-s-l	s-i-l	1.8
	l-s-l	s-l-l-s	1.8
	others		4.5
			47.0
			5.9
		26.5	
		5.9	
		2.9	
		11.8	

Abbreviations s: short, l: long, i: intermediate

するもので、この点では寒河江川産に近い。

中心域の大きさは大変小さい (Fig. 5: 25~30)、小さい、大きくない (Fig. 5: 31~36) に3分すると、それぞれの頻度は寒河江川産で17.6%、60.8%、21.6%、木曽川産では23.5%、47.1%、29.4%で、いずれにしても中心域が小さい個体が殆どである。この傾向は Reichardt (1988)¹⁾、Lange-Bertalot (2001)²⁾ の *Nav. subalpina* Bahls (2012)⁵⁾ の *Nav. schweigeri* の結果とほぼ同じである。

中心域を構成する条線の配列が両側縁とも短長短型 (Fig. 6: 37~42、68)、片方短長短、他方長短長型 (Fig. 6: 43~48、67)、両方とも長短長型 (Fig. 7: 49~50)、その他 (Fig. 7: 51~54) に分類すると、それぞれの頻度が寒河江川産で57.2、31.1、3.6、8.1%、木曽川産で47.0、26.5、5.9、20.6%となっている。その値に多少の差はあるが、大きい差は認められない。すなわち、寒河江川と木曽川の日本の2地点では中心域を構成する条線は左右両側短長短型がほぼ1/2を占め、ほぼ1/4が片側短長短、他方長短長型である。Reichardt (1988)¹⁾ の原因図での傾向は日本の場合とかなりよく似るが、Lange-Bertalot (2001)²⁾ では第2位の型は見られない。Bahls (2012)⁵⁾ でも中心域を構成する条線は短長短型が最も多い。今回の2地点と Reichardt (1988)¹⁾、Lange-Bertalot (2001)²⁾、Bahls (2012)⁵⁾ の3論文の図での観察では、中心域を構成する条線の型は左右とも短長短型をほぼ50%の個体が示す傾向はすべてで共通している。

以上をまとめると以下ようになる。殻長は寒河江川産で28.5~51.5 μm、最頻値は35 μm、木曽川産で27.5~42 μm、最頻値は34 μmである。木曽川産の方が寒河江川産より小さい個体が多い傾向が認められる (Fig. 1:a)。殻幅は寒河江川産、木曽川産ともに7.0~8.5 μm、平均値はおおよそ7.6、7.8 μmである (Fig. 1:b)。殻長、殻幅を Reichardt (1988)¹⁾ は21.5~39、5.0~7.0 μm、Lange-Bertalot (2001)²⁾ は20~52、5.0~7.0 μm、Bahls (2012)⁵⁾ は36~49、7.5~8.6 μmとしており、Bahls (2012)⁵⁾ と今回の試料はともに殻幅の値が大きいのが目立つ。殻長/殻幅の値をもって比較すれば、木曽川産は寒河江川産よりずんぐり型が多いようである (Fig. 1:f)。

条線は中央部は放射状で両端部で収斂する。その密度は寒河江川産では中央部で12.5~15/10 μm、先端部で14~17/10 μmである。木曽川産ではそれぞれ13~14.5、14.5~16/10 μmである (Fig. 1:c)。Reichardt (1988)¹⁾ と Lange-Bertalot (2001)²⁾ の記載ではともに14~17/10 μmであるがそれぞれの写真について計測すると、Reichardt (1988)¹⁾ 中央部15~16/10 μm、両端部16~17/10 μm、Lange-Bertalot

(2001)²⁾ 中央部14~16/10 μm、両端部15~17/10 μm、Bahls (2012)⁵⁾ 中央部11~14/10 μm、両端部14~15/10 μmでいずれもほぼ似ている。本 taxon は中央部では若干粗い傾向が認められる (Fig. 1:e)。

条線を構成する点紋は寒河江川産が中央部31~39/10 μm、先端部31~50/10 μm、木曽川産ではそれぞれ30~39、33~41/10 μmで (Fig. 1:d)、Reichardt (1988)¹⁾、Lange-Bertalot (2001)²⁾ と Bahls (2012)⁵⁾ の記載ではそれぞれ35、30~33、32~36/10 μmである。日本の試料には点紋の密な個体も存在するが、Reichardt (1988)¹⁾ らの記載とほぼ一致すると考えられる。

3. 1. 2 *Navicula subalpina* Reichardt 1988との相違点

Navicula subalpina Reichardt 1988との差異を明確にするため、計測値を比較した。Reichardt (1988)¹⁾ が示した *Nav. subalpina*、Bahls (2012)⁵⁾ が示した *Nav. schweigeri*、および寒河江川と木曽川で得た試料の計測値を比較し、Fig. 2に示した。Fig. 2:a (殻長の頻度分布) では明瞭ではないが、Fig. 2:b (殻幅の分布)、Fig. 2:c (殻長と殻幅の相関) Fig. 2:d、(殻長/殻幅と殻長の相関)を見ると、*Nav. subalpina*の方が*Nav. schweigeri*より小形のものが多いように見える。また、寒河江川産と木曽川産の本種を比べると寒河江川産の方に大きい個体が多いように見える (Fig. 2:a, b, c)。

3. 1. 3 その他の形質

Fig. 7: 55~59に原形質が入った細胞の写真を示す。葉緑体は殻面から見てH型と言える構造を成し、Cox (1996)⁸⁾ が云う「大きな葉緑体の1裂片を帯面に平行に持ち、対をなすもう一つの裂片と狭い地峡部でつながる一つの葉緑体を持つ型」である。

Fig. 8: 60~69にSEM写真を示す。条線の傾きは中央部で放射状、先端部で弱い収斂と云える (Fig. 8: 60, 69)。縦溝は中央部、先端部ともstaff side側へ曲がる (Fig. 8)。その曲がり方は中央部、先端部ともRound et al. (1990)⁹⁾ が云う「強い鈎状」である (Fig. 8: 61~68)。

3. 2 近似種との比較

Navicula aquaedurae Lange-Bert. 1993¹⁰⁾ はやや小形で殻幅が特に狭く (殻長: 14~30 μm、殻幅: 4.3~4.5 μm)、また、syntype (Lange-Bertalot 1993, Pl.47 Figs 17~19) の写真によると中心域が大きい点で区別が可能である。

Nav. arkona Lange-Bert. 2001²⁾ は殻長: 50~60 μm、殻

Fig. 1 The relative frequency histograms of the main characteristics of the valve in *Navicula subalpina* var. *schweigeri*.

幅：9.5-10.5 μm 、条線11-12/10 μm で、今回のtaxonより大形で条線も粗である。

Nav. broetzi Lange-Bert. & Reichardt 1996¹¹⁾は、やや大形の個体を含むこと（殻長：38-70 μm 、殻幅：6.5-9.0 μm ）、条線が少し粗である（11-13/10 μm ）こと、珩殻の先端が突出しないことから今回の種と区別が可能である。渡辺仁治ら（2005）¹²⁾は*Nav. cf. broetzi*の写真5枚を示している（pl. II B₃-33:7-11）。この中のfig. 9を除く4個体は両端部が弱く突出し*Nav. subalpina*

var. *schweigeri*に近い外形である。

Nav. capitatoradiata H. Germ. 1981¹³⁾は珩殻の両端の突出が強いこと、殻幅がやや大であることで区別が可能である。

Nav. chiarae Lange-Bert. & Genkal 1999¹⁴⁾は殻幅が狭く（5.5-6.0 μm ）、中心域が大きいことで区別できる。

Nav. clagesii Gerd Moser, Lange-Bert. & Metzeltin 1998¹⁵⁾は殻長、殻幅、条線数を40-45 μm 、7.5-9.5 μm 、10-11/10 μm と記し、珩殻が少し大形で、条線が粗、

Fig. 2 Comparison between *Navicula subalpina* and *Navicula subalpina* var. *schweigeri*.

中心域が大である。なお、Manguin (1962)¹⁶⁾は本種を *N. viridula* Kütz. と同定したほど中心域が大きい。

Nav. delicatilineolata H. Kobayasi & Mayama 2003¹⁷⁾は珪殻の先端部が殆ど突出せず、条線は密 (15-16/10 μm) である。なお Mayama (2003)¹⁷⁾は Fig. 15 に中心域の形を図示しているが、これに似た形は寒河江川産で13.1%、木曾川産で17.6%出現した。

Nav. densilineolata (Lange-Bert.) Lange-Bert. 1993¹⁸⁾は条線が粗 (10-13/10 μm) である点で区別が可能であるが、本種は全般的に殻幅が狭い (6.0-7.5 μm) 傾向がある。

Nav. germainii J. H. Wallace 1960¹⁹⁾は中心域が大きいこと、それを形成する条線に長短の差が明瞭でないものが多い点で異なる。

Nav. gottlandica Grunow 1880²⁰⁾は珪殻の先端の突出が強く、殻幅が大 (8.0-12 μm)、条線が密 (16-18/10 μm) で、条線を構成する点紋が粗い (約25/10 μm)。

Nav. grasmueckii Lange-Bert. 1993¹⁰⁾は珪殻がやや大形 (40-65 × 8.5-11 μm) で、殻幅が明らかに大きい。中心域が披針形である。条線密度が粗 (11-12.5/10 μm) で、珪殻先端部の収斂が弱い。

Nav. hintzii Lange-Bert. 1993¹⁰⁾は珪殻の外形が厳密な披針形ではなく、線状披針形から線状、楕円状披針形で、

珪殻の先端部は嘴状突出はしない。中心域が少し大きく、条線は粗 (12-13/10 μm) である。

Nav. hofmaniana Lange-Bert. 1993¹⁰⁾の原記載文と Syntype の顕微鏡写真 (Lange-Bertalot 1993, P.116, Plate 48, Figs 12~18, Plate 49, Figs 1, 2) によると、本種は珪殻の両端部の突出が強く、中心域が大きく、中心域を構成する条線の長さが揃っており、条線が粗 (13-14/10 μm) である。また、珪殻先端部の条線は放射状か弱い収斂である特徴があり、今回の taxon と異なる。

Nav. kohlenbachii Lange-Bert. & Rumrich 2000¹⁹⁾は大形 (44-60 × 8.5-9.5 μm) で、条線が粗 (9.5-11/10 μm) であり、中心域が大きい点で区別できる。

Nav. krammerae Lange-Bert. 1996¹¹⁾は珪殻の先端部の条線が収斂でなく、ほぼ平行又は弱い収斂である点で区別できる。

Nav. kuseliana Lange-Bert. & Rumrich 2000²⁰⁾は珪殻が大形 (40-56 × 8.0-9.0 μm) で、特に殻幅が大である点で区別が明瞭である。さらに条線も粗 (11.5-12.5/10 μm) である。

Nav. leistikowii Lange-Bert. 1993¹⁰⁾は珪殻が少し小形 (17-30 × 5.2-6.5 μm) で、条線は粗 (12-13.5/10 μm) で、珪殻の先端の突出が弱い傾向がある。

Nav. mediocostata E. Reichardt 1988¹¹⁾は珪殻の両端部

の突出が弱く、条線が粗 (10-12/10 μm) である。

Nav. oetzvallensis Lange-Bert. 2004²⁰⁾ は条線が粗 (10.5-12.5/10 μm) で、条線を構成する点紋も粗 (28-30/10 μm) であり、中心域が大きい。

Nav. oligotraphenta Lange-Bert. & Hofmann 1993¹⁰⁾ は珪殻幅が大 (8.0-9.5 μm)、中心域が少し大きい点で区別が可能であるが、条線が殻端まで放射状である点が明瞭な区別点である。

Nav. podzorskii Lange-Bert. 1993¹⁰⁾ は少し大形 (40-60 $\times$ 8.0-10 μm) で、珪殻の先端部が突出せず、条線が粗 (12-13/10 μm) で、条線を構成する点紋も粗 (26-29/10 μm) であり、中心域も大形である。

Nav. radiosiola Lange-Bert. 1993¹⁰⁾ は珪殻の先端部の条線は平行か弱い収斂で、中心域が大きい点で今回の種と区別できる。

Nav. riediana Lange-Bert. & Rumrich 2000²¹⁾ は条線が粗 (10.5-11.5/10 μm) で、条線を構成する点紋が密 (40-44/10 μm) であり、中心域が大である。

Nav. senjoensis H. Kobayasi 1971²²⁾ は珪殻の中央部から先端部へかけ急に細くなり、先端部がやや頭部状になること、条線が粗 (12/10 μm) で、条線を構成する点紋が大変粗 (24/10 μm) であり、中心域が大きい点で異なる。

Nav. trivialis Lange-Bert. 1980²³⁾ は殻幅が大 (9.0-12.5 μm)、中心域が大、条線が粗 (11-13/10 μm) で、先端まで放射状である。

Nav. vandamii Schoeman & R. E. M. Archibald 1986²⁴⁾ は珪殻は小形、特に殻幅が狭い。殻長: 18.5-30.5 μm 、殻幅: 4.6-5.8 μm 。中央部条線は長短交互ではない。点紋は粗 (23-28/10 μm) である。

Nav. wildii Lange-Bert. 1993¹⁰⁾ は条線が粗 (11-12.5/10 μm) である。

Nav. zanonii Hust. 1949²⁵⁾、Siemonsen, R. 1987²⁶⁾ は殻幅が大 (7.0-11 μm) で、中心域が大きい。

3. 3 新ランク、新組み合わせ

Navicula subalpina Reichardt var. *schweigeri* (Bahls) H. Fukush., Kimura & Ts. Kobay. stat. nov. comb. nov.

Basionym: *Navicula schweigeri* Bahls in Nova Hedwigia, Beiheft. 141: 29, Figs 45-50 (2012)

Navicula cryptocephala Kütz. var. *intermedia* Grunow, sensu Fukushima & Kimura, in Jour. Yokohama City Univ. Biol. Ser., 3(2): 45, pl.16 Fig. D (1973)⁶⁾

珪殻は披針形で両端部は嘴状に突出する。その突出の程度に変異はあるが、突出の弱い個体の頻度は小さい。殻長: 27-52 μm 、殻幅: 7.0-8.6 μm 。軸域は狭い線状、中心域は縦長の披針形から菱形であるが、披針形の方が多く、staff side より distaff side²⁵⁾の方が大きい個体が多い。珪殻中央部の条線は放射状に配列し、両端部ではかなり強く収斂する。中央部条線は両側縁とも短長短型が多く、次いで片側が短長短型、他方が長短長型が多い。中央部の条線密度は12-15/10 μm である。条線を形成する点紋の密度は珪殻の中央部で31-39/10 μm である。

3. 4 近似種の検索表

本種は形態の似た種が多いので、主要な種について検索表を作ると以下ようになる。

I 珪殻先端部の突出がや、強い。

I) 点紋が密で35/10 μm 以上である。

(I) 中心域を形成する条線は長短交互型が多い。

Navicula capitatoradiata H. Germ. 1981

(II) 中心域を形成する条線の長短交互型はほとんど無い。

Navicula hofmaniae Lange-Bert. 1993

II) 点紋は上よりや、粗で28-31/10 μm である。

Navicula krammerae Lange-Bert. 1996

II 珪殻先端部の突出は強くない。

I) 珪殻は大形で殻長は50 μm 以上で、多くは50-60 μm である。

Navicula arkona Lange-Bert. & Witk. 2001

II) 殻長は大形の個体では50 μm を越すことがあるが、普通はそれ以下である。

(I) 条線は密で14-17/10 μm である。

Navicula subalpina Reichardt var. *subalpina* 1988

(II) 条線は少し粗で12-14/10 μm である。

1. 中心域は小さい。

Navicula subalpina Reichardt var. *schweigeri* (Bahls) H. Fukush., Kimura & Ts. Kobay. 2014

2. 中心域はや、大きい

1) 中央部条線の長短交互配列形成が強い。

Navicula zanonii Hust. 1949

2) 中央部条線の長短交互配列形成が弱い。

Navicula radiosiola Lange-Bert. 1993

Fig. 3 *Navicula subalpina* var. *schweigeri*.

Figs 1-6: Valve form, thick.

Figs 7-12: Valve form, thin. (Scale bar: 10 μ m)

Fig. 4 *Navicula subalpina* var. *scheigeri*.

Figs 13-18: Protrusion of the valve ends, weak.

Figs 19-24: Protrusion of the valve ends, remarkable. (Scale bar: 10 μ m)

Fig. 5 *Navicula subalpina* var. *schweigeri*.

Figs 25–30: Central area, very small.

Figs 31–36: Central area, small. (Scale bar: 10 μ m)

Fig. 6 *Navicula subalpina* var. *scheuergeri*.

Figs 37-42: Arrangement and length of three or four striae composing the central area at both sides of the valve, s-l-s at both sides.

Figs 43-48: Arrangement and length of three or four striae composing the central area at both sides of the valve, s-l-s and l-s-l. (Scale bar: 10 μ m)

Fig. 7 *Navicula subalpina* var. *schweigeri*.

Figs 49-50: Arrangement and length of three or four striae composing the central area at both sides of the valve, l-s-l at both sides.

Figs 51-54: Arrangement and length of three or four striae composing the central area at both sides of the valve, others.

Figs 55-59: Specimens of valve containing protoplasm. (Scale bar: 10 μ m)

Fig. 8 *Navicula subalpina* var. *schweigeri* (SEM).

Figs 60-68 surface side of valve.

Figs 61-66 end of raphe.

Figs 67,68 central area.

Fig. 69 revers side of valve.

(Figs 60,69: X4000

Figs 61-68: X8000

Scale bar: 5 µm)

参考文献

- 1) Reichardt, E.: Neue Diatomeen aus den Bayerischen und Nordtiroler Alpengseen. *Diatom Research* **3**(2): 237-244 (1988)
- 2) Lange-Bertalot, H.: *Navicula* sensu stricto 10 genera separated from *Navicula* sensu lato *Frustulia*. *Diatoms of Europe* **2**: 1-526, pls 140. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell (2001)
- 3) Lange-Bertalot, H.: Diatomeen in Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. 1-908. Koeltz Scientific Books, Königstein (2013)
- 4) 福島博・木村努・小林艶子：環境指標種としての *Navicula capitatoradiata* Germainとその近縁種, 日本水処理生物学会誌 別巻25号：p.29 (2005)
- 5) Bahls L. L.: Seven new species in *Navicula* sensu stricto from the Northern Great Plains and Northern Rocky Mountains. *Nova Hedwigia*, Beiheft **141**, 19-36 (2012)
- 6) 福島博・木村努・小林艶子：木曾川のケイ藻, 横浜市立大学紀要生物学編, **3**(2): 1-156, pl.1-40 (1973)
- 7) Shiono, M. & Jordan, R. W.: Recent diatoms of Lake Hibara, Fukushima Prefecture. *Diatom* **11**: 31-63, pl.1-19 (1995)
- 8) Cox, E. J.: Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall, London. 1-158 (1996)
- 9) Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G.: The diatoms, 747, Cambridge University Press (1990)
- 10) Lange-Bertalot, H.: 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. **2**/1-4. Bibliotheca Diatomologica 27. 1-24 + 1-454, 134pls, J. Cramer, Berlin (1993)
- 11) Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D.: Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen Kalkreich-Oligodystroph-Schwach gepuffertes Weichwasser. *Iconographia Diatomologica* **2**: 1-390 (1996)
- 12) 渡辺仁治, 浅井一視, 大塚泰介, 辻彰洋, 伯耆晶子：淡水珪藻生態図鑑, 内田老鶴圃, 1-12 + 1- 666. 東京 (2005)
- 13) Germain, H.: Flore des diatomées eaux douces et saumâtres du Massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale. 1-444, pl.169, Boubée. Paris (1981)
- 14) Lange-Bertalot, H. und Genkal: I. Diatomeen aus Sibirien I. *Iconographia Diatomologica* **6**. 1-292 + 1-12, A. R. G. Gantner, Verlag (1999)
- 15) Moser, G., Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D.: Insel der Endemiten, Geobotanisches Phänomen Neukaledonien. *Bibliotheca Diatomologica* **38**. 1-464. Cramer J. Berlin (1998)
- 16) Manguin, E.: Contribution à la connaissance de la flore diatomique de la Nouvell-Calédonie. *Mémoires du Muséum National d'histoire Naturelle, nouvelle série. B Botanique* **12**/1: 1-40. 8pls (1962)
- 17) Mayama, S.: Observation of two new species of *Navicula*: *N. exiloides* and *N. delicatilineolata*. *Diatom* **19**: 17-22 (2003)
- 18) Lange-Bertalot, H.: 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. **2**/1-4. Bibliotheca Diatomologica **27**. 1-24 + 1-454, J. Cramer, Berlin (1993)
- 19) Wallace, J. H.: New and variable diatoms. *Notulae Naturae of the Academy of Natural Sciences Philadelphia*. **331**: 1-8 (1960)
- 20) Van Herck, H.: Synopsis des diatomées de Bergique. *Atlas Taf.* 1-132. Anvers (1880, 1881)
- 21) Rumrich, U. und Lange-Bertalot, H. & Rumrich, M.: Diatomeen der Anden. *Iconographia Diatomologica* **9**. 1-672. A. R. G. Gantner, Ruggell (2000)
- 22) 安藤一男・原口和夫・小林弘：埼玉県仙女ガ池のケイソウ, 秩父自然科学博物館研究報告16：57-79 (1971)
- 23) Lange-Bertalot, H.: Zur taxonomischen Revision einiger ökologisch wichtiger "*Naviculae lineolatae*" Cleve. Die Formenkreise um *Navicula lanceolata*, *N. viridula*, *N. cari*. *Cryptogamie: Algologie* **1**: 29-50 (1980)
- 24) Schoeman, F. R. & Archibald, R. E. M.: *Navicula vandamii* nom. nov., a new name for *Navicula acephala* Schoeman, and a consideration of its taxonomy. *Nova Hedwigia* **44**: 479-487 (1986)
- 25) Hustedt, F.: Süßwasser-Diatomeen aus dem Albert-Nationalpark in Bergisch-Kongo. *Exploration du Parc National Albert* **8**: 1-199 (1949)
- 26) Siemonsen, R.: Atlas and catalogue of the diatom types of Fledrich Hustedt 1-3, 1-525, Taf.1-395, Taf.396-772. J. Cramer, Berlin, Stuttgart (1987)

(受付 2014.3.25)

(受理 2014.5.13)