

1. はじめに

北海道は未開発の湿原が点在し、古環境復元に適した地域である。北海道太平洋沿岸部では澤井・三塩（1998）において過去 3000 年間の旧汀線高度変化の復元がなされている。また澤井（2007）では道東太平洋沿岸地域で 4 回の海水準低下イベントがあったことを指摘している。これらの研究の問題点としては詳細な海水準変動の変化が不明瞭な点、現生珪藻データの高環境復元への応用が中途半端な点が挙げられる。そこで本研究では北海道東部太平洋側に位置する厚岸地方（図 1 参照）に注目し、以下の 2 点を目的として行った。

- (a) 厚岸地方に見られる現生珪藻の分布
- (b) コア試料中の珪藻遺骸群集と現生珪藻の対比（環境変遷）

2. 調査地

現地調査は 2014 年 10 月 20 日から 30 日にかけて行った。別寒辺牛湿原でのコアの掘削に加えて、現生珪藻を別寒辺牛湿原、厚岸湖、藻散布沼で表層堆積物などを採取した。掘削調査にはロシアンピートサンプラーを用いた。表層堆積物のうち表泥に関しては基準点を設け、1 m 間隔で藻散布沼では 30 m（計 30 点）、厚岸湖畔では 10 m（1 m 地点では表泥の採取が困難であったため計 9 点）採取した。その他にも表層水や水草など 11 点を採取した。

3. 研究方法

I. 現生試料

表層水に関しては採取時に水質（塩分、pH、電気伝導度）の測定を行った。

- 1) 表層水はエタノールを加えて一晩静置し、珪藻類を沈殿させた。水草や海藻などの試料は蒸留水でもみ洗いし、懸濁液を作成した。
- 2) 10%過酸化水素水（90℃）で酸処理を行った。
- 3) 手回し遠心分離器を用いて遠沈洗浄を 3 回行った。
- 4) ホットプレート上のカバーガラス（22×22 mm）に試料約 1 ml 滴下し、乾燥させた。
- 5) 乾燥後、マウントメディア（和光純薬）を用いて封入した。

II. コア試料

別寒辺牛湿原（AK14-01 地点、AK14-02 地点）でボーリングを行った。AK14-01 は全長 315 cm、AK14-02 は全長 265 cm であった。上部では火山灰層が確認できた。本研究ではコア AK14-01 について珪藻分析を行った。

- 1) 10 cm 間隔で、つまようじを用いて試料を適量スライドガラスに採った。
- 2) 蒸留水を用いて試料を延ばし、カバーガラスをホットプレートに乗せた。

3) 乾燥後、マウントメディア（和光純薬）で封入した。

III. 検鏡

作成したプレパラートは、光学顕微鏡（1000倍）で渡辺（2005）、小林ほか（2006）により属の同定を行った。その後100個体を目安にカウントを行った。

IV. クラスタ分析

コア、現生試料で類似するサンプルを見つけるために CONISS（Grimm, 1987）による Q モードクラスタ分析を行った。優占する属の比重を下げるためにパーセントデータは解析前に平方根でべき変換した。非類似度の距離計算は Edwards and Cavalli-Sforza chord distance を用いた。これは優占する種よりも次に優先する複数の種の比重を高め、ノイズの比重を最小化するのに適している（Overpeck *et al.*, 1985）。

V. 主成分分析

同じ傾向を示す種や、サンプルの珪藻群集と個々の種の相関を見つけるために、CANOCO version 5（Ter Braak and Smilauer, 2012）のソフトウェアを用いて共分散行列に基づく主成分分析を行った。パーセントデータは解析前に平方根でべき変換した。

4. 結果

I. 現生珪藻

(a) 藻散布沼

藻散布沼は植生部と泥質部の凹凸が点在する汽水湖である。*Navicula* 属、*Staurosira* 属が主として見られた。植生部と泥質部が各々小さなクラスターを形成することから属レベルでも群集に差が見られた。

(b) 厚岸湖畔

厚岸湖では湖畔の海藻が繁茂する地域でサンプリングを行った。*Nitzschia* 属や海藻に付着して生息する海生種の *Cocconeis* 属が主として見られた。これに加えて標高の高い部分（標高 52 cm）では *Amphora* 属、低い部分（標高 12 cm）では海水～汽水生種の *Biddulphia* 属が優占した。

(c) 別寒辺牛湿原

湿原内を流れる川から採取した現生試料について。地点 1 で採取した MZ1、CO1 では付着生の *Navicula* 属や *Bacillaria* 属、*Nitzschia* 属、浮遊生の *Melosira* 属が見られた。地点 2 で採取した MZ2、CO2 では付着生の *Navicula* 属や *Staurosira* 属、浮遊生の *Aulacoseira* 属が見られた。

II. コア試料

(a) コアの層相

コア AK14-01 は泥炭層と泥層の繰り返しが見られた。深度 28 cm の部分で火山灰層が 1 層だけ確認できた。先行研究（Sawai, 2001b）からこの火山灰層は樽前火山の Ta-a (A.D.1739)、Ta-b (A.D.1677)、駒ヶ岳の Ko-c2 (A.D.1694) のいずれかである。

(b) 珪藻分析

コア試料は大まかな傾向として深度 80 cm 付近を境界に下部が海水生種、上部で淡水生種となっている。深度 185 cm 以深では浮遊性の *Cyclotella* 属が産出する。深度 100-110 cm の泥炭層では泥炭の指標種である *Pinnularia* 属や *Eunotia* 属の増加が確認できなかった。深度 86-103 cm では *Nitzschia* 属、*Cocconeis* 属、*Staurosira* 属が急激に減少し、淡水生種の増加が見られた。86 cm より上部では泥炭指標種の *Pinnularia* 属が見られた。

III. クラスタ分析

コア試料および現生試料から得られた珪藻のデータを基にクラスタ分析を行った (図 3)。藻散布沼および別寒辺牛湿原内を流れる川から採取した現生珪藻はコア試料中に見られた珪藻群集とは異なる結果となった。厚岸湖畔に見られた現生珪藻はコア試料中の深度 90 cm 以深の泥層に見られる珪藻群集との類似性が見られた。別寒辺牛湿原奥部の表層試料で見られた珪藻群集はコア試料中 160 cm および 90 cm 以上の泥炭層に見られる珪藻群集との類似性が見られた。

5. 考察

I. 現生との対比

クラスタ分析の結果を基に環境区分を行った。環境 A はコア試料中どの深度の珪藻群集とも類似性が見られなかった環境で、藻散布沼に見られる塩性湿原や、別寒辺牛湿原内部を流れる川が例として挙げられる。環境 B はコア試料中主に泥層との類似性が見られた環境で、厚岸湖畔から採取した珪藻群集との類似性が見られたことから海藻の繁茂する内海環境である。環境 C は主に泥炭層との類似性が見られた環境で、別寒辺牛湿原奥部との類似性が見られたことから淡水の湿原環境である。

この環境区分を基に、コア試料を 4 つの Zone に分けた (図 4)。Zone1 (深度 167-310 cm) および Zone3 (深度 86-155 cm) は海藻が繁茂する内海の環境 B に、Zone2 (深度 155-167 cm) および Zone4 (深度 0-86 cm) は湿原の淡水環境となった。

II. 古環境変遷

Zone1 は深度 185 cm 以深で浮遊生の *Cyclotella* 属が産出することからある程度水深のある環境であった。また海藻などに付着して生息する海生種の *Cocconeis* 属が優占することや環境区分 B にあてはまることから海藻の繁茂する内海であった可能性がある。しかしコアの層相が泥層であることから *Cocconeis* 属がその生態の特徴から異地性の化石として運ばれてきた (Sawai, 2001a) として、Zone1 の環境は藻場近くの海水に浸った環境 (干潟) であった。

Zone2 は一時的に泥炭指標種である *Pinnularia* 属や *Eunotia* 属が増加し、*Cocconeis* 属が減少していること、環境区分 C であることから湿原の環境に近かった。しかし主成分分析において Zone4 に相当するコア深度と離れた位置にあることから Zone2 は Zone4 とは少し異なる環境であった。

Zone3 は再び環境区分 B の海藻が繁茂する内海になる。特に深度 100-110 cm で泥炭層が形成されることから Zone1 とは異なり、藻場の環境であった。

Zone4 では淡水生種が増加していることや環境区分 C に該当する点、さらに深度 50 cm で泥炭指標種の *Pinnularia* 属が増加することから現在の湿原が形成し始めたと考えられる。

III. 問題点

クラスター分析の結果をもう少し細かく見ると、環境区分 B に関しては試料 A 10m と 190 cm の境界部、環境区分 A では 10 cm と 70 cm の境界部で環境を細分化することもできた。これは今回の調査結果で現生試料が足りなかったために生じた。そこで今後の課題としては現生試料の追加が挙げられる。また現生珪藻のデータはある時間断面における群集であることから、継続して現生珪藻のデータを集める必要がある。

6. まとめ

(a) 藻散布沼で標高（植生の有無）による現生珪藻の群集変化は見られたが、厚岸湖畔では標高差による現生珪藻の群集変化はそれほど見られなかった。

(b) 対比の結果、コア掘削地点は海水環境、一度淡水環境を経て、再び海水環境となり、現在の淡水環境となった。具体的には干潟環境を基準として、一度淡水環境を経て、再び藻場のある海水環境となり、その後徐々に淡水化し現在の湿原が形成された。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、九州大学理学研究院の鹿島薫先生にご指導いただいた。また大学院博士課程、修士課程の院生、学生には様々な意見をいただいた。現地調査の際は厚岸水鳥観察館の澁谷辰生氏に大変お世話になった。以上の方々に記して厚くお礼申し上げる。

本研究は高千穂奨学資金および厚岸湖・別寒辺牛湿原学術奨励補助金の助成を受けたものである。

引用文献

小林弘・真山茂樹・長田敬五・出井雅彦・南雲保 (2006). 小林淡水珪藻図鑑〈第一巻〉. 内田老鶴圃.

澤井祐紀・鹿島薫 (1996). 珪藻遺骸群集から見た北海道厚岸地方における完新世後半の相対的海水準変動と古環境の復元. 化石. 61: 21-31.

澤井祐紀・三塩和歌子 (1998). 北海道東部厚岸湿原における過去 3,000 年間の海進・海退. 第四紀研究. 37: 1-12.

Sawai, Y. (2001a). Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan: relations to taphonomy. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 173: 125-141

Sawai, Y. (2001b). Episodic Emergence in the Past 3000 Years at the Akkeshi Estuary, Hokkaido,

- Northern Japan. *Quaternary Research*. 56: 231-341.
- 澤井祐紀 (2007). 珪藻化石群集を用いた海水準変動の復元と千島海溝南部の古地震およびテクトニクス. *第四紀研究*. 46: 363-383.
- Grimm, E. (1991) *TILIA and TILIAGRAPH*. Springfield. IL.
- Grimm, E.C. (1987) CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by incremental sum of squares. *Computers and Geosciences*. 13: 13-55.
- Overpeck, J.T., Webb, T. III., Prentice, I.C. (1985) Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coef. cients and the method of modern analogs. *Quaternary Research*. 23: 87-108.

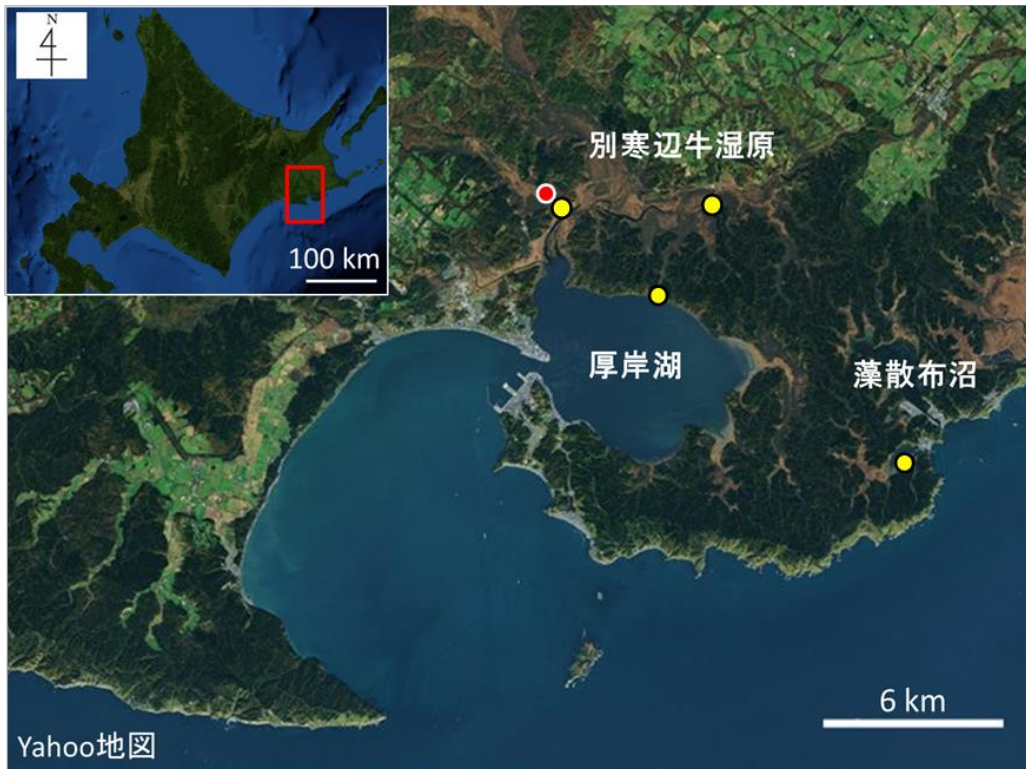


図 1: 調査の大まかな地点（上、Yahoo 地図）と詳細な地点（下、Google マップ）
 赤で示した場所がコア掘削地点（AK14-01）、黄色が現生試料採取地点

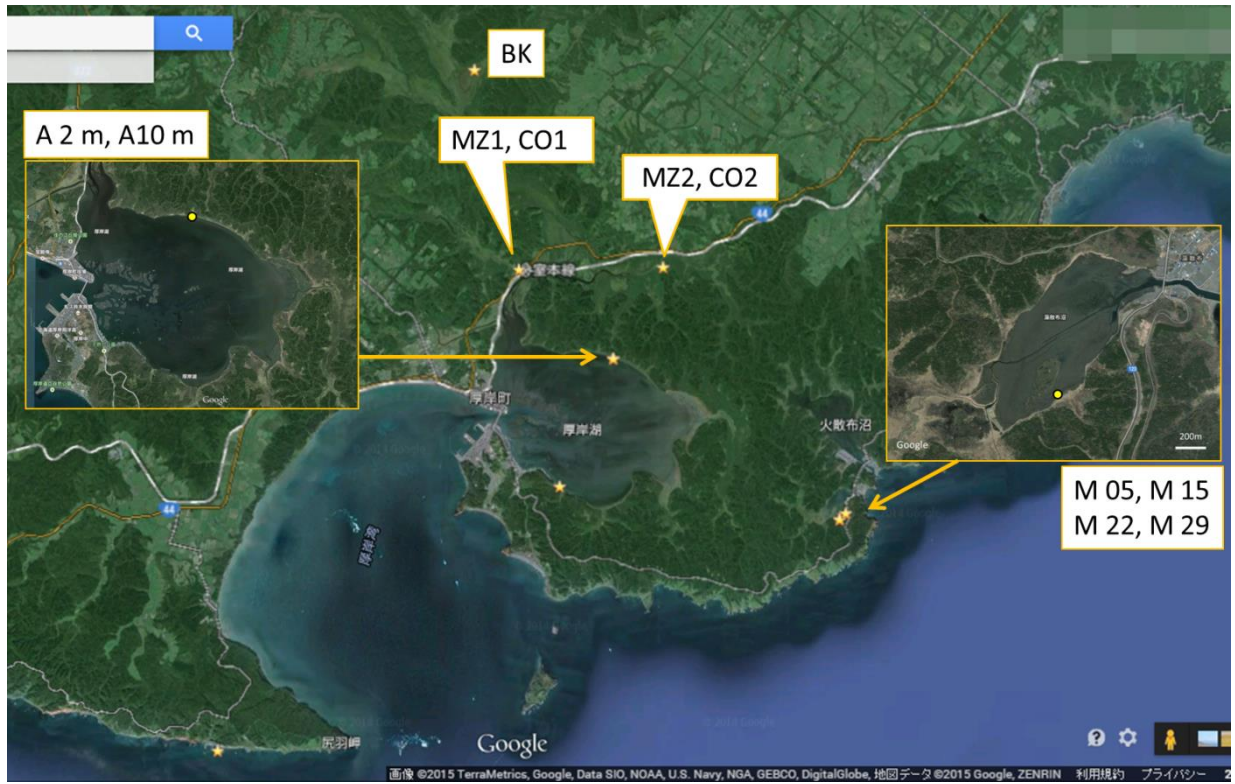


図 2:分析に用いた現生試料の採取場所とその略記号

表 1: 現生試料とその略記号および水質の簡易測定結果

番号	サンプル名	採取地点	略記号	pH	塩分 (%)	電気伝導度
1	泥	地点 1	CO1	—	—	—
2	表層水	〃	MZ1	7.31	0	348 μ S
3	水草	地点 2	CO2	—	—	—
4	表層水	〃	MZ2	7.53	0	116 μ S
5	表泥	地点 3	—	—	—	—
6	海藻	〃	—	—	—	—
7	泥	〃	—	—	—	—
8	表泥	〃	M 5, M15 M 22, M29	—	—	—
9	表層水	〃	—	7.94	30.0	—
10	海藻	地点 4	—	—	—	—
11	表層水	〃	—	7.92	0	—
12	水草	地点 5	—	—	—	—
13	表層水	〃	—	8.33	27.2	—
14	表泥	地点 6	A 2 m, A 10 m	—	—	—
15	表泥	地点 7	BK	—	—	—

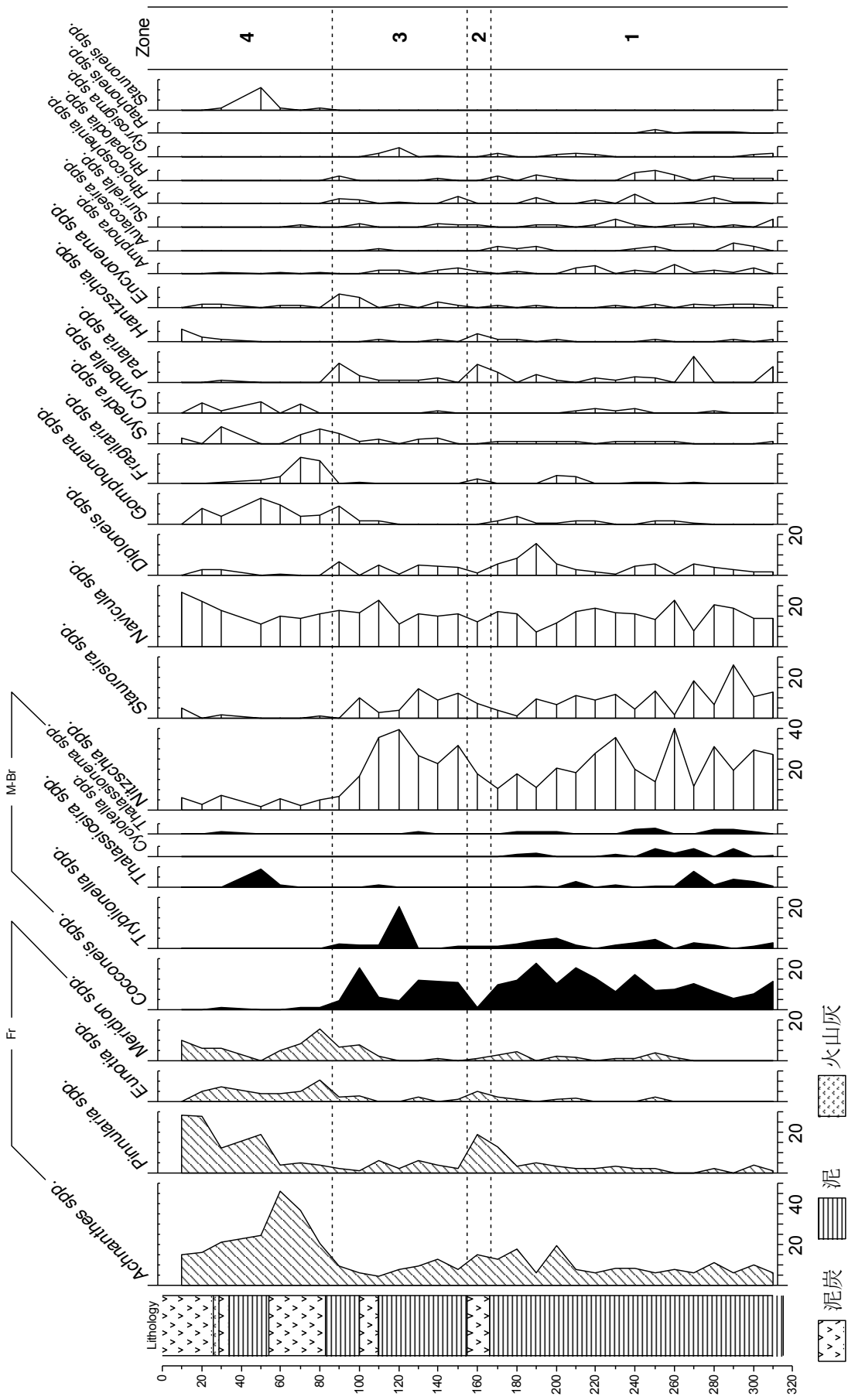


図4: コア AK14-01 に見られる産出珪藻化石の構成比変化および区分

Fr: 淡水生種、 M-Br: 汽水～海水生種

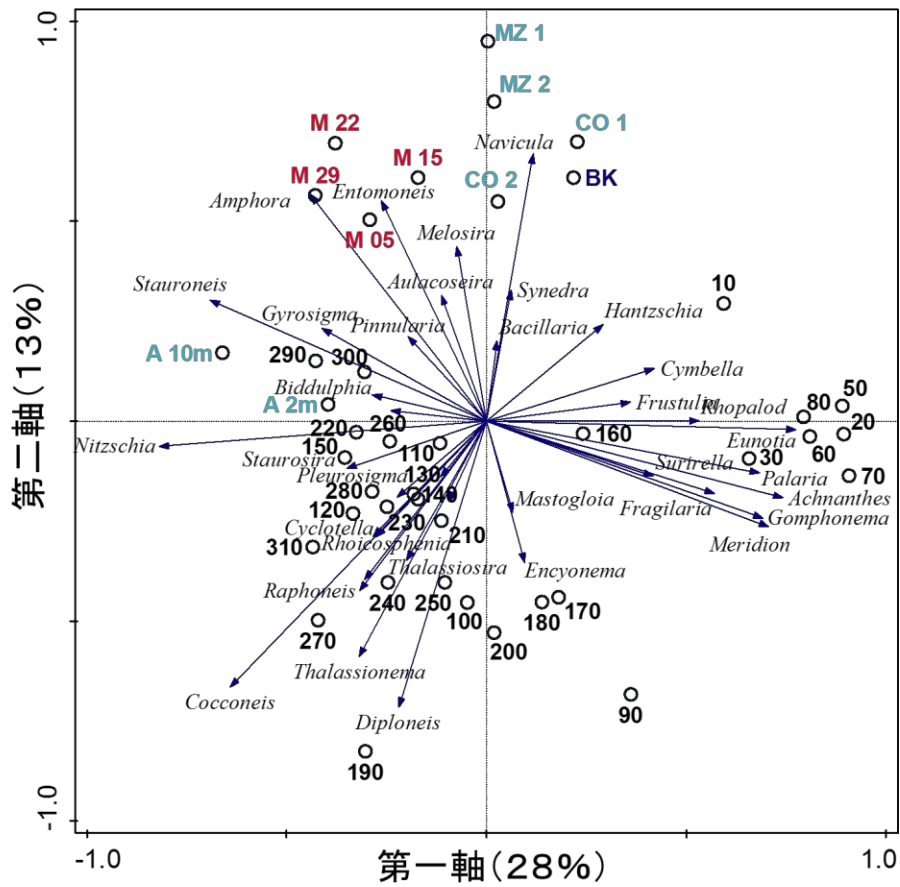


図 5: 主成分分析結果

第一軸は塩分、第二軸は海藻の量を説明している。

第二軸に関しては全情報量のうち 13%を説明しており、この数字は低い値であるためそれほど重要ではない。

珪藻図版

Plate 1

1. *Melosira* sp
2. *Aulacoseira* sp
3. *Aulacoseira* sp
4. *Aulacoseira* sp
5. *Cyclotella* sp
6. *Cyclotella* sp
7. *Stephanodiscus* sp?
8. *Thalassiosira* sp
9. *Thalassiosira* sp
10. *Thalassiosira* sp
11. *Actinoptycus* sp

Plate 2

1. *Palaria* sp
2. *Palaria* sp
3. *Hydrosera* sp
4. *Hydrosera* sp
5. *Meridion* sp
6. *Fragilariforma* sp
7. *Tabellaria* sp
8. *Tabellaria* sp
9. *Fragilaria* sp
10. *Fragilaria* sp
11. *Synedra* sp

Plate 3

1. *Eunotia* sp
2. *Eunotia* sp
3. *Eunotia* sp
4. *Eunotia* sp
5. *Eunotia* sp
6. *Cocconeis* sp
7. *Cocconeis* sp
8. *Cocconeis* sp

9. *Tryblionella* sp
10. *Achnanthes* sp
11. *Achnanthes* sp
12. *Achnanthes* sp
13. *Achnanthes* sp

Plate 4

1. *Gyrosigma* sp
2. *Gyrosigma* sp
3. *Diploneis* sp
4. *Diploneis* sp
5. *Diploneis* sp

Plate 5

1. *Navicula* sp
2. *Navicula* sp
3. *Navicula* sp
4. *Navicula* sp
5. *Navicula* sp
6. *Navicula* sp
7. *Navicula* sp
8. *Navicula* sp
9. *Navicula* sp
10. *Navicula* sp

Plate 6

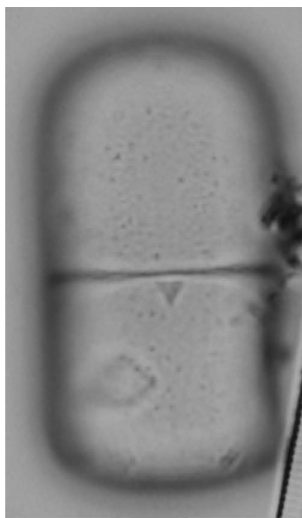
1. *Pinnularia* sp
2. *Pinnularia* sp
3. *Pinnularia* sp
4. *Pinnularia* sp
5. *Pinnularia* sp
6. *Amphora* sp
7. *Encyonema* sp
8. *Cymbella* sp

Plate 7

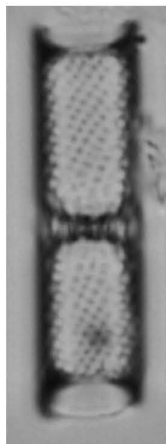
1. *Gomphonema* sp
2. *Gomphonema* sp
3. *Gomphonema* sp
4. *Epithemia* sp
5. *Rhopalodia* sp
6. *Rhopalodia* sp

Plate 8

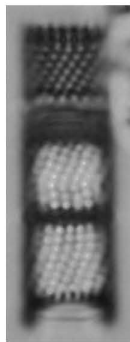
1. *Nitzschia* sp
2. *Nitzschia* sp
3. *Nitzschia* sp
4. *Nitzschia* sp
5. *Nitzschia* sp
6. *Nitzschia* sp
7. *Nitzschia* sp
8. *Hantzschia* sp
9. *Hantzschia* sp
10. *Surirella* sp



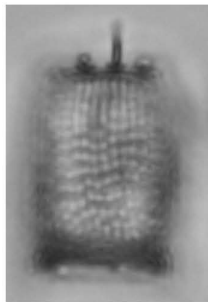
1



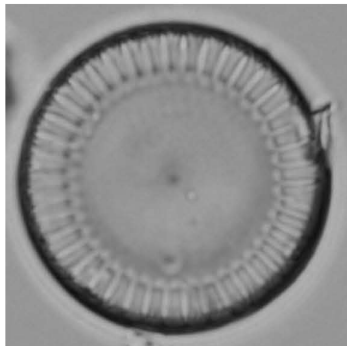
2



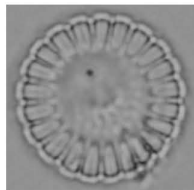
3



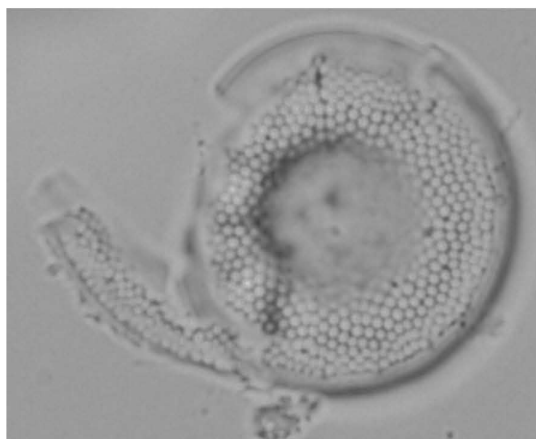
4



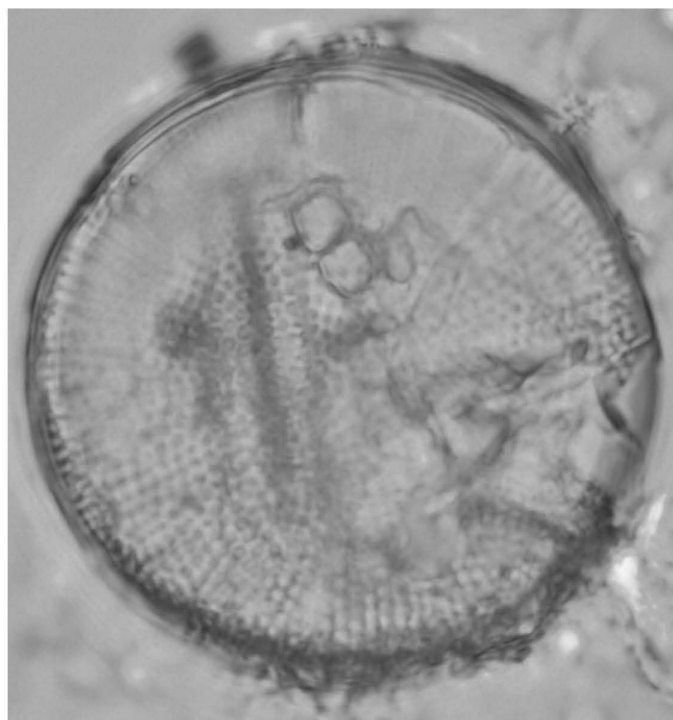
5



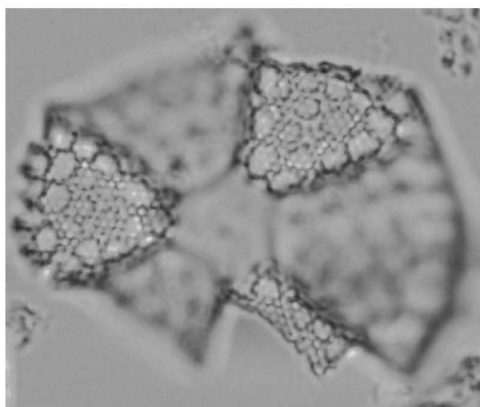
6



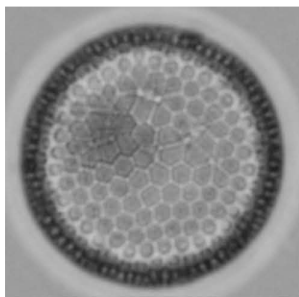
7



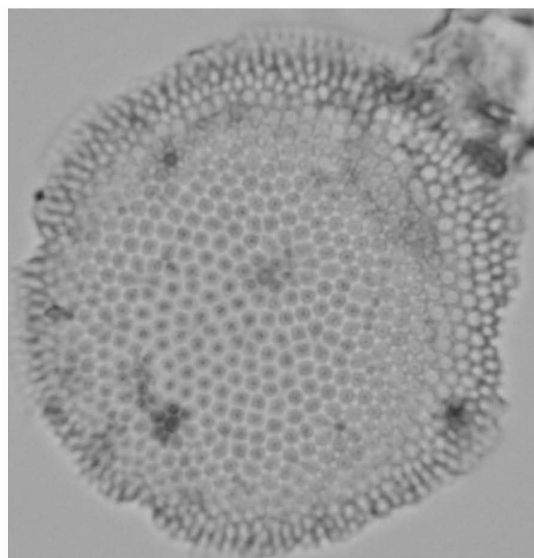
8



11

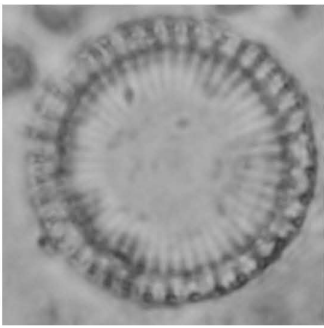


9

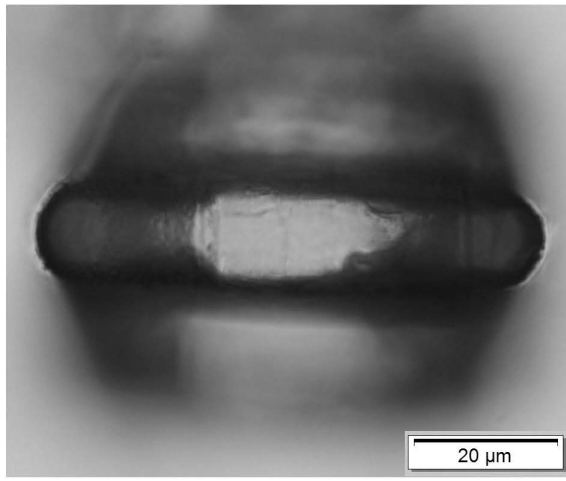


10

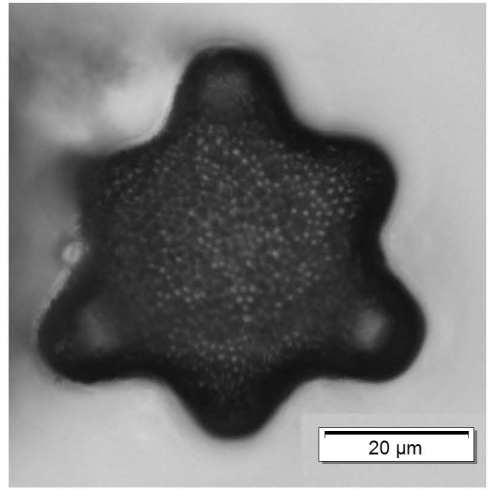
10 μm



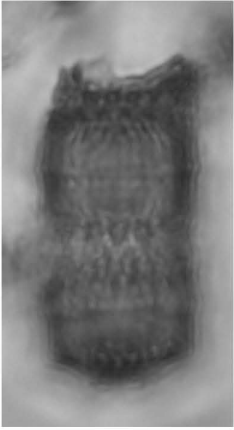
1



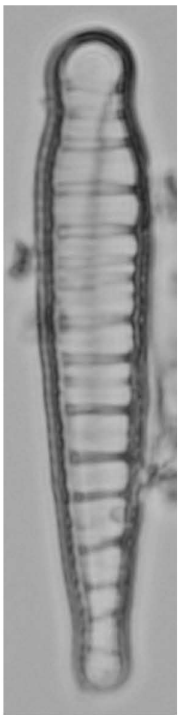
3



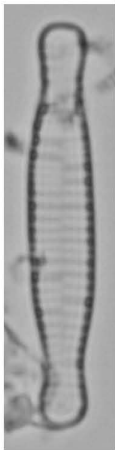
4



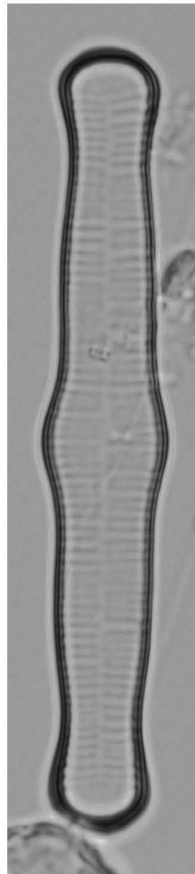
2



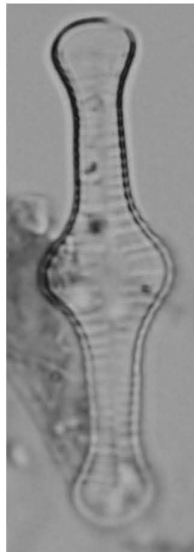
5



6



7



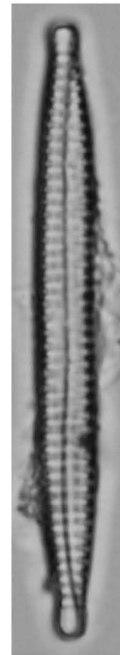
8



9

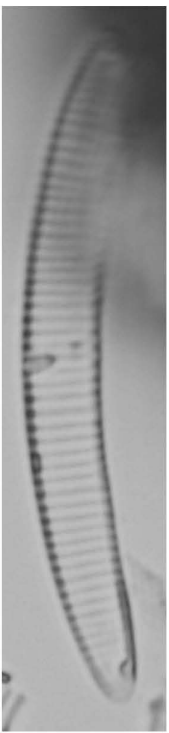


10

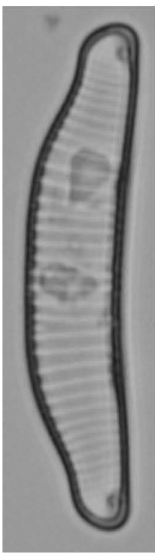


11

10 μm



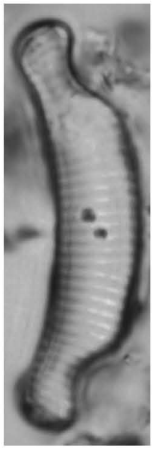
1



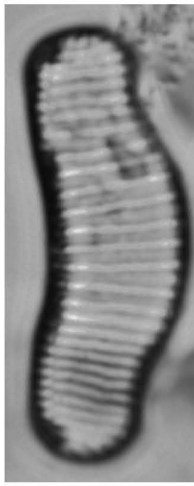
2



3



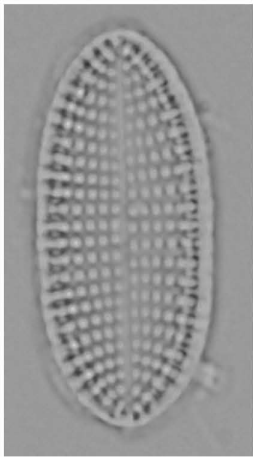
4



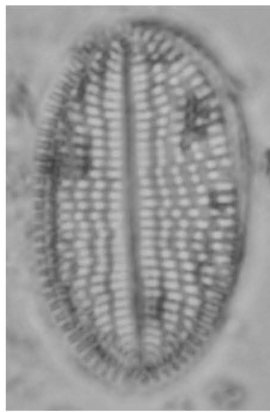
5



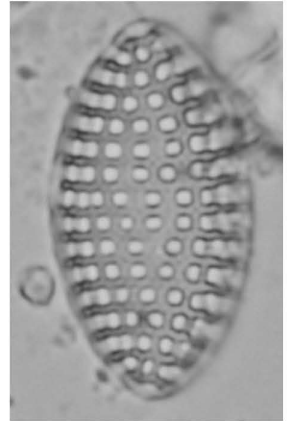
6



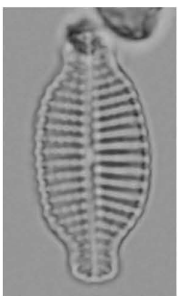
7



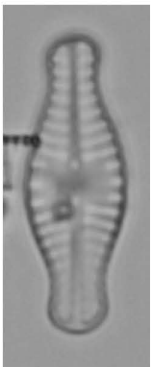
8



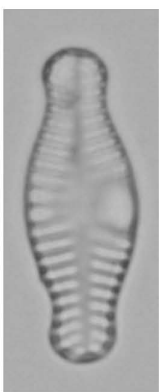
9



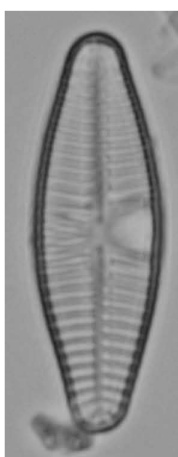
10



11

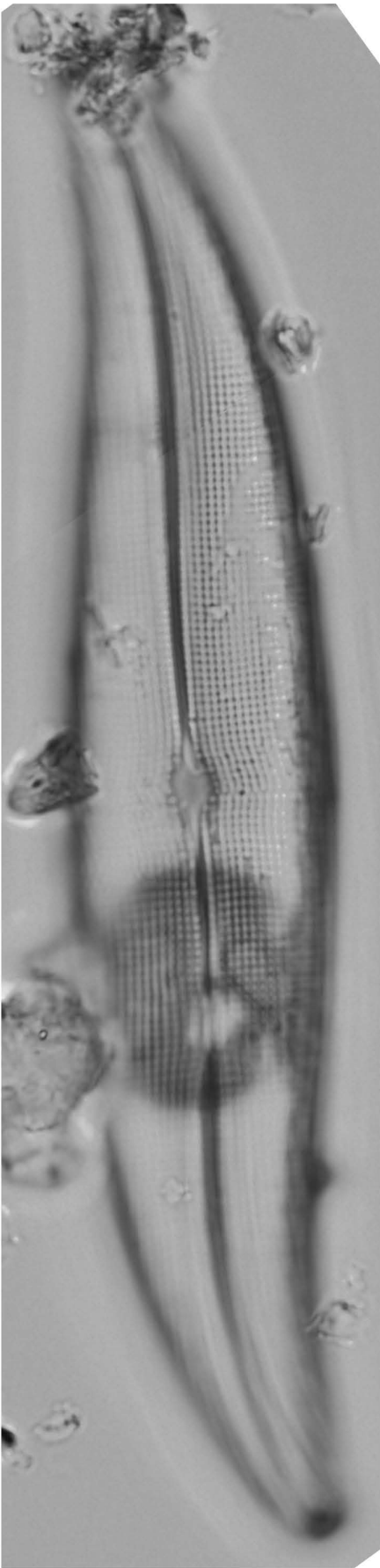


12

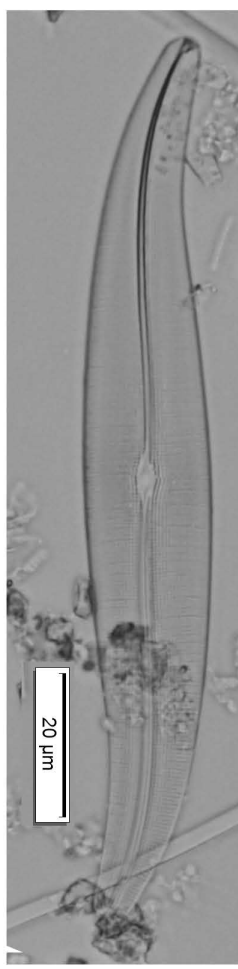


13

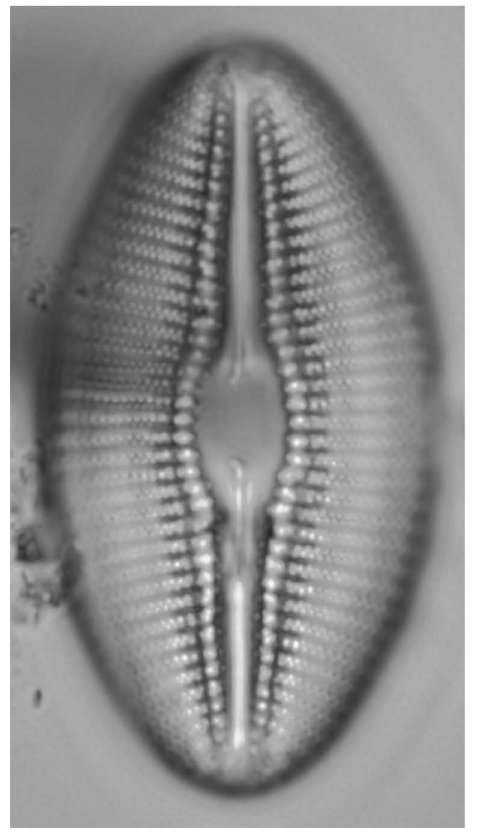
10 μm



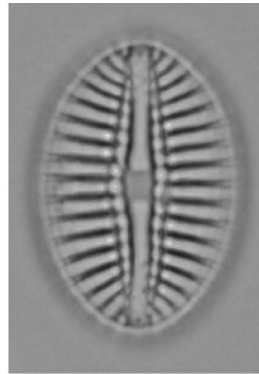
1



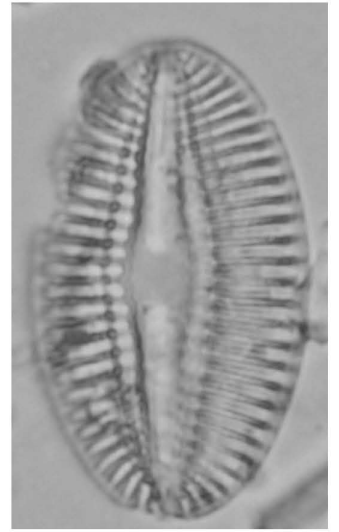
2



3

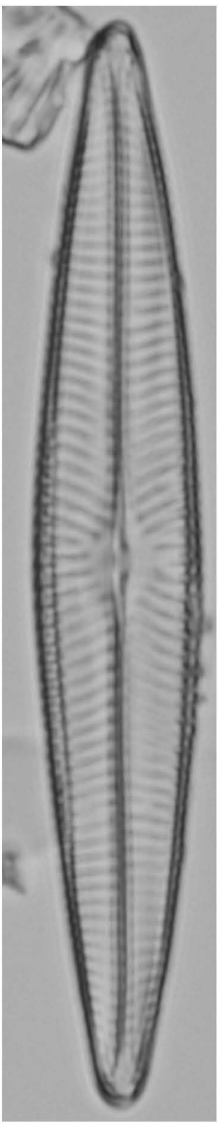


4

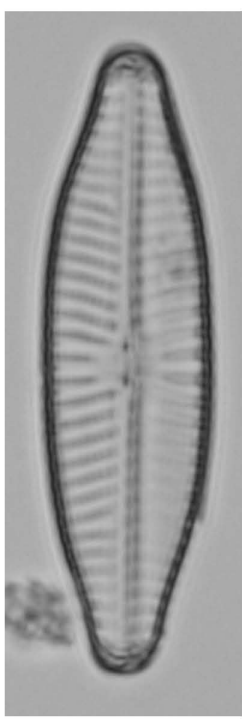


5

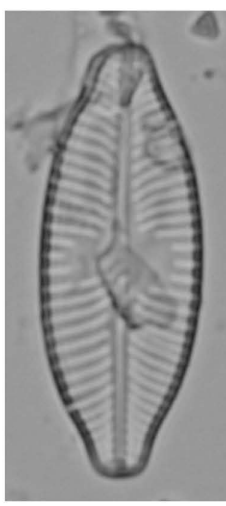
10 μm



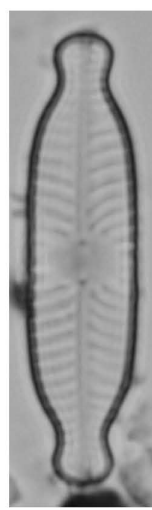
1



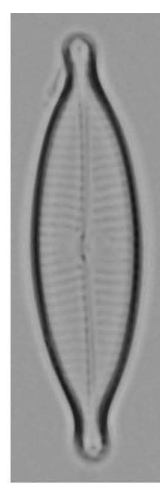
2



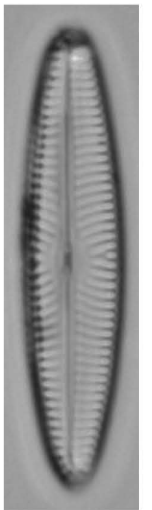
3



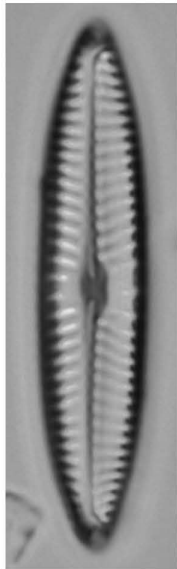
4



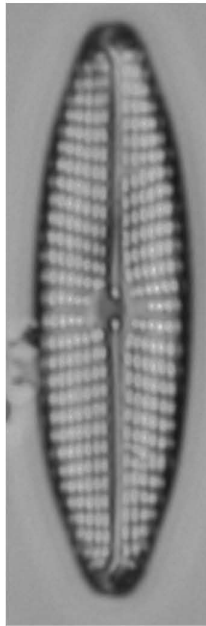
5



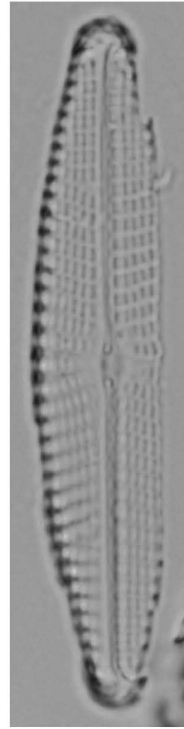
6



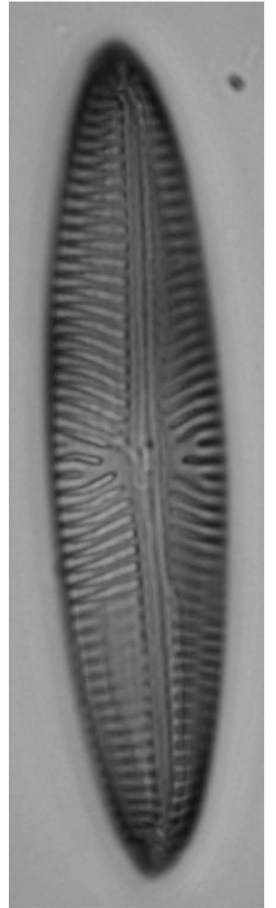
7



8

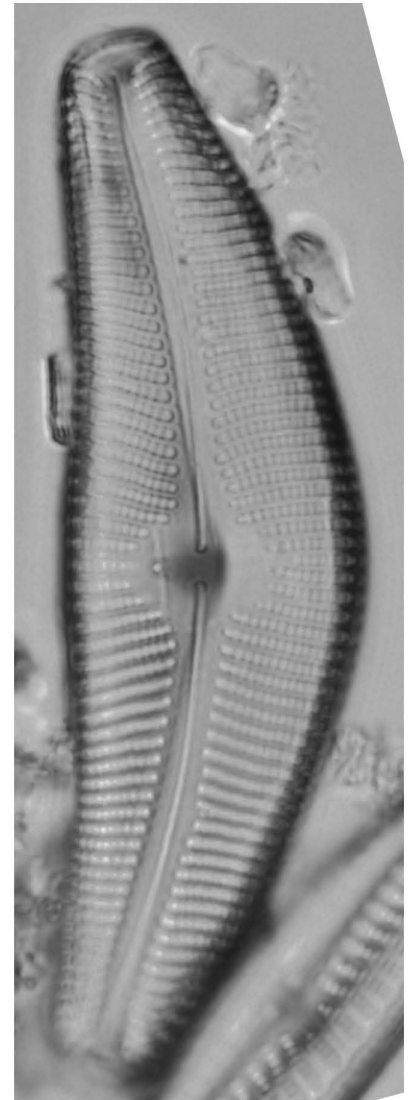
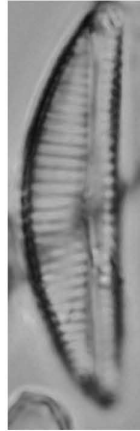
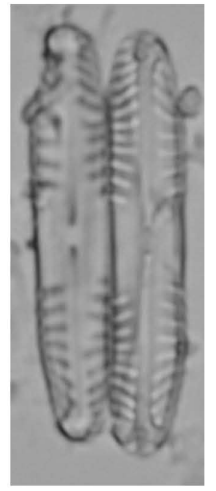
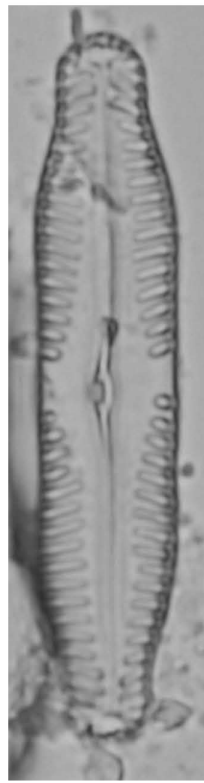
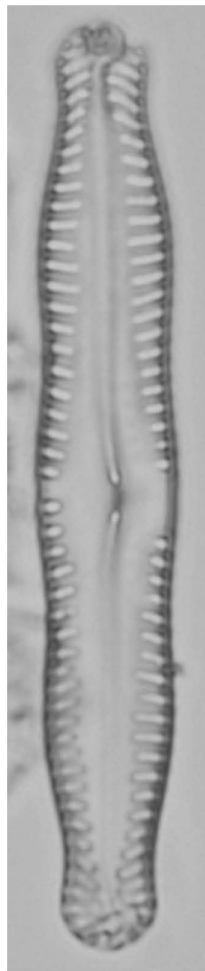
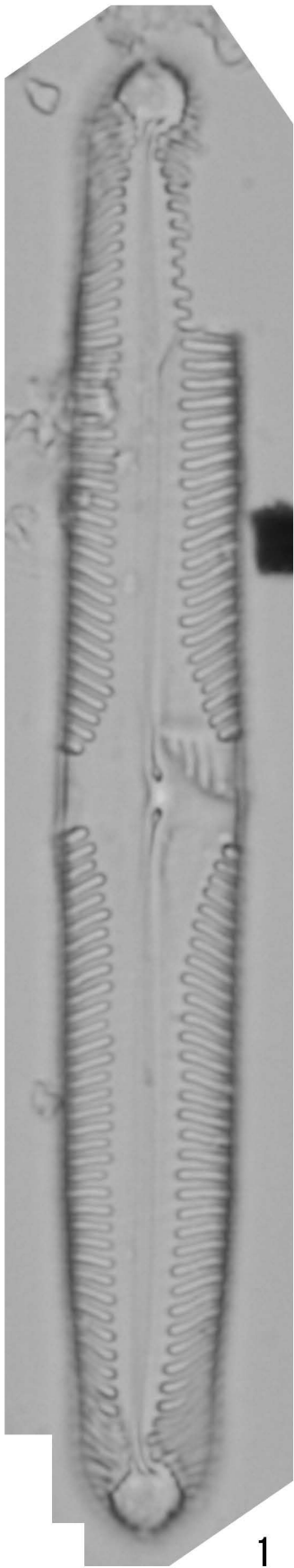


9

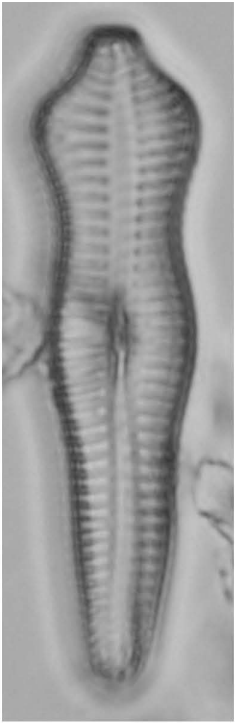


10

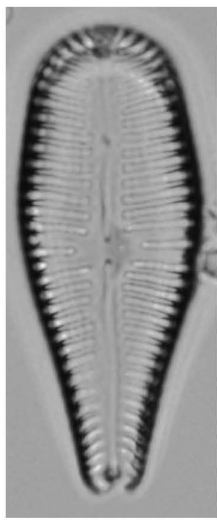
10 μ m



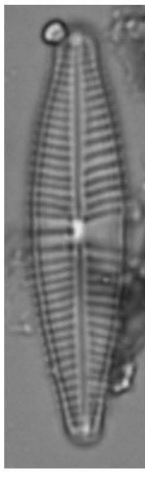
10 μ m



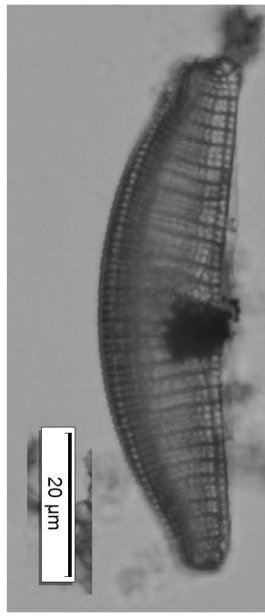
1



2

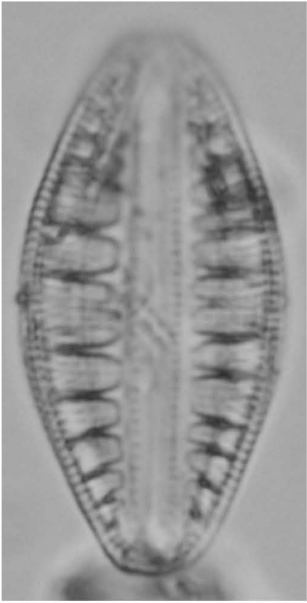


3

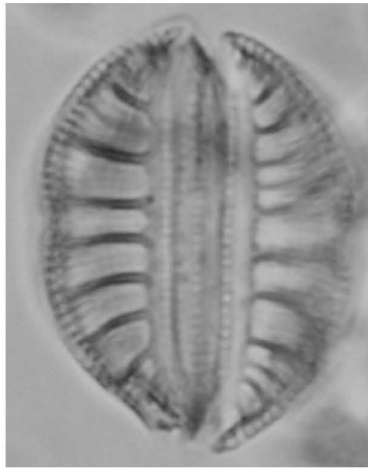


20 μ m

4



5

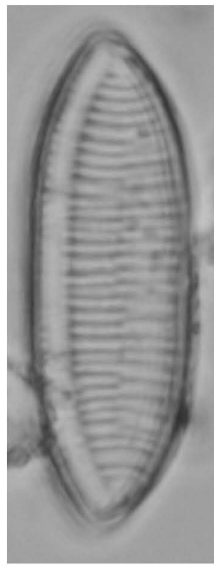


6

10 μ m



1



2



3



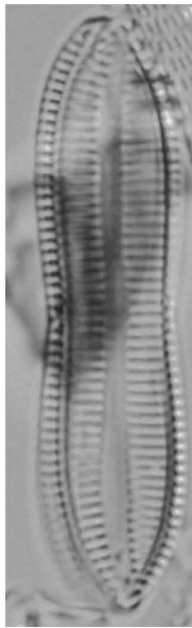
4



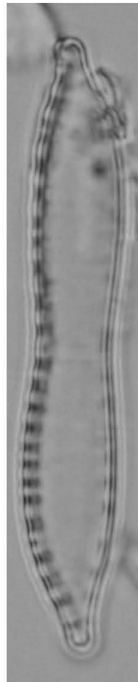
5



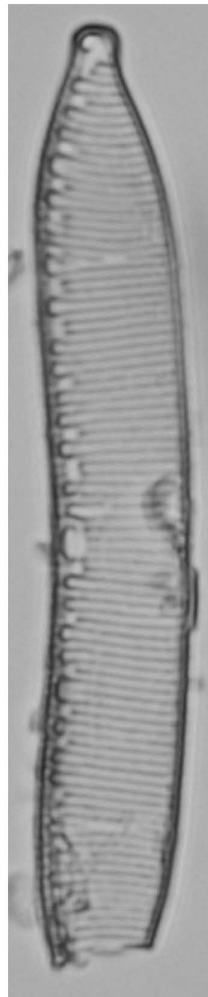
6



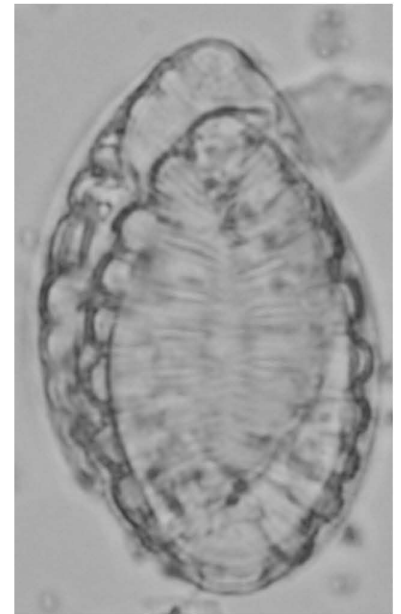
7



8



9



10

10 μ m