

# 大洞沢、貝沢の付着藻類植生

吉武佐紀子\*・坂本照正\*

## Attached algae in small streams, Ohborasawa and Kaisawa, Kanagawa Prefecture

Sakiko YOSHITAKE and Terumasa SAKAMOTO

### 要 旨

かながわ水源環境保全・再生5か年計画の一環として大洞沢、貝沢が相模川水系の対照流域法のフィールドとして選ばれた。我々はその生物調査、とくに付着藻類について調査した。ここでは主に植生と細胞密度の変動について調査した結果を報告する。両溪流は流速が大であることから水流に対し適応した特殊な種類しか生育できず生物の多様性も低い。また、細胞密度も非常に低くその原因として流速、光量子の不足、浮遊砂泥による藻類フィルムの剥離、河床の不安定性などが考えられる。またC<sub>18</sub>法による群落構造の比較から藻類群落が微環境の変化に強く影響されることが明らかになった。生物の多様性を高めるためには溪流の安定した環境を保持せねばならず、そのためには溪畔林の保全対策が必要であることが付着藻類の側面からも明らかになった。

キーワード：付着藻類、細胞密度、藻類植生

### I はじめに

神奈川県民の利用する上水道の約9割は相模川と酒匂川の2水系から供給されているが、それらの水源開発にはダムの建設が大きな役割を果たしている。このダムに貯えられる水の量および質はダムの上流域の森林や河川などの水源地域の環境と深く関連している。良質な水、安定した水量はこれらの水源地域の環境の保全がなくては得られない。神奈川県では20年間の取り組みを視野に入れた「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」を策定した。さらにこの施策を実施するため「かながわ水源環境保全・再生5か年計画」が立案された。この計画の一環として水源地域ダム上流の生態系調査のモニタリング調査が実施されることとなった。この水環境モ

ニタリング調査の方法として対照流域法が採用された。この方法では地形その他の自然環境が似ている隣接した流域を選定し、それぞれ異なる森林施策を行いその変化を比較するものである。相模川水系で今回選定されたのは、丹沢大山地域で中津川上流の溪流である大洞沢と相模湖に流入する溪流の貝沢である。

大洞沢の水域においてはシカによる森林への影響が深刻であることから、林床植生の回復と光環境の改善のための施策として植生保護柵と森林整備を行う。これにより安定した水量と良質な水質の保全につながることを目指す。

貝沢においては森林整備の施策という観点から溪流環境の変化を調査していく。一方、対照流域として設定した流域と実施流域とは必ずしも同一の環境条

\* 湘南短期大学 (〒238-8580 横須賀市稲岡町82番地)

件ではない場合もあり、施策実施前に各流域の特性を事前に十分調査しておく必要がある。本調査はそのような視点に立って、付着藻類の側面から調査を実施した。

## II 調査方法

### 1 調査の時期

2007年から2010年まで4年にわたって調査をおこなった。2008年7月（大洞沢、貝沢）、10月（貝沢）、2009年2月（貝沢）の調査結果を一部取り入れながら、本報告は四季ごとに調査が実施できた2009・2010年度のデータを基に報告する。調査日は以下のものである。大洞沢においては2009年11月8日（秋季）、2010年2月16日（冬季）、2010年4月29日（春季）、2010年8月4日（夏季）に実施した。また貝沢においては2009年11月7日（秋季）、2010年2月15日（冬季）、2010年4月28日（春季）、2010年8月3日（夏季）に実施した。

### 2 調査地点

大洞沢は丹沢山を主稜とする山地の一角から発する布川の左岸に位置する沢である。境沢、地獄沢と合流して布川となり、塩水川、本谷川、唐沢川と共に中津川となり他の多くの支流と合流して宮ヶが瀬ダムを経て相模川となる。流域面積は48haで標高は最高878m、最低435mである。流域の平均傾斜は $36.1^{\circ}$ である。周囲はスギ、ヒノキ林を主に広葉樹が混交している。実施流域（St.1：上流部、St.2：下流部）、対照流域（St.3：上流部、St.4：下流部）の計4地点で調査を実施した（図1）。

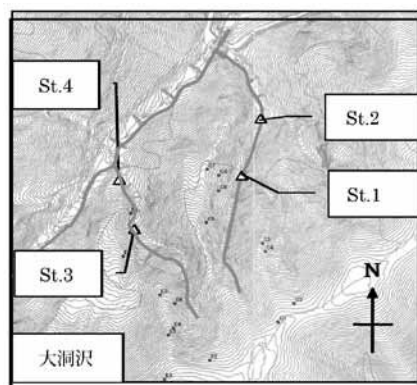


図1 大洞沢調査地（自然環境保全センター資料より引用）

貝沢は相模湖の北面に位置し相模湖に直接流入する沢である。流域面積は約96haで標高は最高633m、最低170mで標高差463mである。流域の平均傾斜は $22.4^{\circ}$ で大洞沢より緩い。周囲はスギ林、ヒノキ林を主にマツ林、広葉樹が混交している。上流部の2地点、実施流域（St.1）、対照流域（St.2）で調査を実施した（図2）。

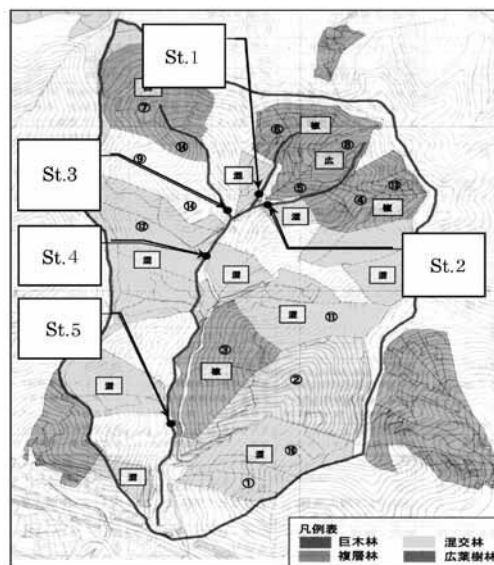


図2 貝沢調査地点（自然環境保全センター資料より引用）

調査地点の川幅は季節、降雨の有無によってかなり異なるが四季の平均は大洞沢においては実施流域では36cm、対照流域では99cmであった。また貝沢では実施流域では59cm、対照流域では49cmであった。

### 3 環境因子の測定（表1）

環境因子として水温、気温、pH、電気伝導率を測定した。水温および気温は棒状温度計および携帯型デジタル温度計を利用した。pHはガラス電極式ツインメーターを使用した。電気伝導率はポケット型電気伝導率計で測定した。

### 4 試料の採取

付着藻類の採取は溪流の瀬で常に安定した水位の水域からこぶし大程度の石礫なるべく表面が平らなものを選びその表面に生育している付着藻類を採取した。

定量的解析のため石礫表面 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の方形枠内

表1 大洞沢、貝沢の環境因子

| 調査年月日             | 調査地点        | 水温(°C) | 気温(°C) | pH  | 電気伝導率<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|-------------------|-------------|--------|--------|-----|--------------------------------------|
| 2009・11/8<br>(秋季) | 大洞沢<br>実施流域 |        |        |     |                                      |
|                   | St.1 (上流部)  | 11.8   | 13.2   | 7.3 | 87                                   |
|                   | St.2 (下流部)  | 11.7   | 12.2   | 6.6 | 89                                   |
|                   | 対照流域        |        |        |     |                                      |
|                   | St.3 (上流部)  | 12.6   | 15.0   | 7.6 | 116                                  |
| 2010・2/16<br>(冬季) | St.1        | 3.5    | 1.0    | 6.8 | 74                                   |
|                   | St.2        | 4.0    | 0.2    | 6.4 | 80                                   |
|                   | St.3        | 8.8    | 2.0    | 7.5 | 108                                  |
|                   | St.4        | 7.8    | 1.3    | 7.7 | 108                                  |
|                   | St.4        | 7.8    | 1.3    | 7.7 | 108                                  |
| 2010・4/29<br>(春季) | St.1        | 11.0   | 13.0   | 7.5 | 65                                   |
|                   | St.2        | 11.5   | 15.0   | 7.0 | 83                                   |
|                   | St.3        | 11.5   | 12.0   | 7.9 | 85                                   |
|                   | St.4        | 11.5   | 12.0   | 7.9 | 95                                   |
|                   | St.4        | 11.5   | 12.0   | 7.9 | 95                                   |
| 2010・8/4<br>(夏季)  | St.1        | 17.0   | 23.0   | 6.4 | 99                                   |
|                   | St.2        | 18.0   | 22.5   | 7.3 | 125                                  |
|                   | St.3        | 14.5   | 22.5   | 7.3 | 124                                  |
|                   | St.4        | 16.0   | 25.0   | 7.3 | 120                                  |
|                   | St.4        | 16.0   | 25.0   | 7.3 | 120                                  |

| 調査年月日             | 調査地点       | 水温(°C) | 気温(°C) | pH  | 電気伝導率<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|-------------------|------------|--------|--------|-----|--------------------------------------|
| 2009・11/7<br>(秋季) | 貝沢<br>実施流域 |        |        |     |                                      |
|                   | St.1       | 12.0   | 13.8   | 6.8 | 168                                  |
|                   | 対照流域       |        |        |     |                                      |
| 2010・2/15<br>(冬季) | St.2       | 11.5   | 12.0   | 6.8 | 112                                  |
|                   | St.2       | 11.5   | 12.0   | 6.8 | 112                                  |
| 2010・4/28<br>(春季) | St.1       | 3.5    | 5.2    | 7.3 | 210                                  |
|                   | St.2       | 3.2    | 5.0    | 7.6 | 126                                  |
| 2010・8/4<br>(夏季)  | St.1       | 10.2   | 12.5   | 6.8 | 72                                   |
|                   | St.2       | 10.0   | 11.6   | 7.5 | 68                                   |
| 2010・8/4<br>(夏季)  | St.1       | 20.5   | 27.8   | 7.2 | 124                                  |
|                   | St.2       | 20.0   | 26.2   | 7.2 | 138                                  |

の藻類を剥離採集し、試料は現地でホルマリン固定した。その後、光学顕微鏡を用いて種の同定、定量的計数を行った。細胞密度の測定は基本的には細胞数に基づいて行ったが、細胞数の計数が困難な糸状藍藻については糸状体数を計数した。特に珪藻については正確な同定のために硫酸または次亜塩素酸ナトリウムおよび苛性ソーダーを主成分とする液で有機物を分解し珪藻殻だけにした。その後精製水で分解液を洗浄し、フレオラックスで封じ永久プレパラートを作成し光学顕微鏡撮影した写真を基に同定した。珪藻の種名同定は主に Hustedt, F. 1930, Krammer, K. & Lange-Bertalot, H., 1986, 1988, 1991a, 1991b, Smith, G. M., 1950, 渡辺仁治 (編) 2005 に基づいて行った。

### Ⅲ 調査結果

#### 1 環境因子

##### (1) 気温・水温 (表1)

気温、水温は測定時刻、天候が影響をおよぼすが、調査対象の2流域は隣接しているので実施流域と対

照流域の測定時刻にはおおきな隔たりはない。そのような状況下の季節ごとの気温、水温の変化は以下のようなものである。

大洞沢の気温は 0.2°C ~ 25.0°C、水温は 3.5°C ~ 18.0°C の範囲にあった。水温の季節ごとの変化をみると秋季は St.1 から St.4 の平均は 12.2°C、冬季は 6.0°C、春季は 11.4°C、夏季は 16.4°C で、さらに実施流域と対照流域では大きな相違は認められなかった。なお冬季には多量の積雪があり調査流域に残存していた。

貝沢の気温は 5.0°C ~ 27.8°C、水温は 3.2°C ~ 20.5°C の範囲にあった。水温の季節ごとの変化は秋季は 11.8°C (St.1 と St.2 の平均水温、以下同様)、冬季は 3.4°C、春季は 10.1°C、夏季は 20.3°C で、実施流域と対照流域では大きな相違は認められなかった。また、大洞沢と貝沢においても両流域間に大きな差はない。

##### (2) pH、電気伝導率 (表1)

大洞沢の pH は 6.4 ~ 7.9 で、地点的には対照流域が高い傾向があり季節的には春季が少し高い傾向であるが有意差は認められない。電気伝導率は 65

～125  $\mu\text{S}/\text{cm}$  に分布し、地点的には対照流域が実施流域より高い傾向が見られ、季節的には秋季、夏季がやや高い傾向が認められた。四季をつうじて対照流域のほうがpH、電気伝導度ともに高い傾向が確認された。原因として降雨や森林土壌からの影響が考えられるが、この点のデータが不足しているので推察の域を出ない。

貝沢のpHは6.8～7.6の範囲にあり、若干St.1(実施流域)が酸性に傾いているが有意差は認められない。一般的に嫌気分解が進んでいるような水域ではpHの低下はしばしば観察される現象であり、森林土壌(微生物)の浄化機能が低下しつつある兆候を示している可能性もあるので、間伐後も含めて今後の観察の継続と原因の究明が必要と考えられる。電気伝導率は68～210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  の範囲にある。また冬季においてはSt.1が他の季節に比べて著しく高い値を示している。春季の調査は降雨直後であったが、そのような場合には電気伝導率は低下する傾向が認められた。

## 2 付着藻類細胞密度の変動

### (1) 大洞沢(表2、図3)

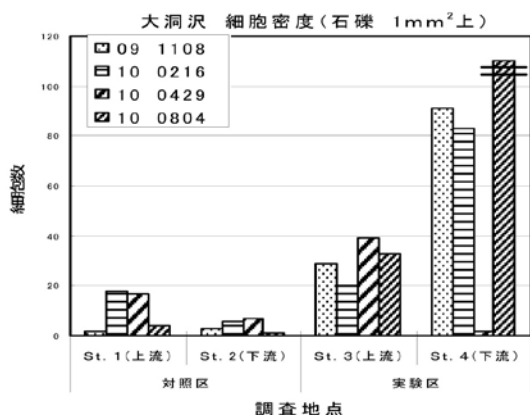


図3 大洞沢付着藻類密度

実施流域(St.1, 2): 2009年11月は上流(St.1)、下流部(St.2)における2地点の細胞密度の平均は2.4細胞/ $1\text{mm}^2$ であった。2010年2月の平均は12.2細胞であった。両季節とも対照流域と比較すると細胞密度は低い値を示している。11月に非常に低い値を示しているのは、藻類の付着基盤となっている石礫が落葉により被覆されていたのが一因と考えられる。2010年4月、8月の上、下流部

の平均はそれぞれ11.8細胞、2.4細胞であった。8月に低い密度がみられるのは溪畔林の樹冠完成期のため透過光量の減少によるものであろう。調査した4季節を通して対照流域と比較すると細胞密度は実施流域の4季節の平均が7.2細胞であるのに対し対照流域は124.6細胞であり、大きな差が認められる。実施流域では溪流の両側からの土砂の流入が考えられ付着藻類にとって光条件、剥離作用など不安定な河床状態になることが一因であると考えられる。

対照流域(St.3, 4): 2009年11月は上流(St.3)、下流部(St.4)における2地点の細胞密度の平均は60.2細胞であった。2010年2月の平均は51.8細胞であった。両季節とも細胞密度に大差はなくSt.3の上流部のほうが両季節とも低い値を示している。下流部は藍藻の*Chamaesiphon minutus*、*Homoeothrix janthina*が群体で出現していることによるものである。2010年4月、8月の上、下流部の2地点の平均はそれぞれ20.5細胞、265.9細胞であった。8月に細胞密度が高いのは群体を形成する藍藻の*Chamaesiphon minutus*が生育していた影響である。対照流域においては8月のSt.4を例外として全般的に上流部のほうが4季節を通して細胞密度は低い値を示している。

### (2) 貝沢(表3、図4)

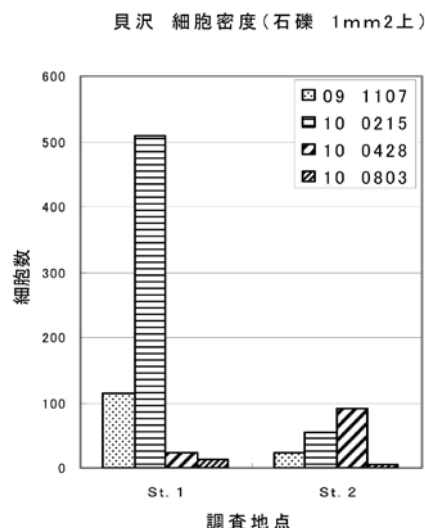


図4 貝沢付着藻類密度

実施流域(St.1): 2009年11月は113.9細胞、2010年2月は509.8細胞で、この地点は叢状に群体を形成して生育する藍藻の*Homoeothrix janthina*の出現が細胞数密度を高める作用をしている。2010

表 2-1 大洞沢－出現種の個体数（石礫 1mm<sup>2</sup> 上）と出現率

|    | 大洞沢                                              | 2009 11/8             |       |                       |       |                       |       |                       |       |
|----|--------------------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| 分類 | 生物種名                                             | St1                   |       | St.2                  |       | St.3                  |       | St.4                  |       |
|    |                                                  | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     |
| 藍藻 | <i>Chamaesiphon minutus</i>                      |                       |       |                       |       |                       |       | 63.7                  | 70.0% |
|    | <i>Homoeothrix janthina</i>                      |                       |       |                       |       | 0.5                   | 1.7%  | 9.4                   | 10.4% |
| 紅藻 | <i>Audouinella</i> sp.                           |                       |       | 0.2                   | 6.2%  |                       |       |                       |       |
| 緑藻 | <i>Chlamydomonas</i> sp.                         |                       |       | 0.1                   | 4.6%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Scotiella nivalis</i>                         | 0.0                   | 1.4%  |                       |       |                       |       |                       |       |
| 珪藻 | <i>Achnanthes japonica</i>                       | 0.1                   | 5.6%  | 0.1                   | 4.6%  | 3.1                   | 10.6% | 2.8                   | 3.0%  |
|    | <i>Ach. lanceolata</i>                           | 0.6                   | 29.2% | 0.6                   | 24.6% | 1.6                   | 5.5%  | 3.9                   | 4.3%  |
|    | <i>Ach. minutissima</i> var. <i>gracillima</i>   |                       |       | 0.0                   | 1.5%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Ach. minutissima</i> var. <i>minutissima</i>  | 0.0                   | 1.4%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Ach. subhudsonis</i>                          | 0.1                   | 2.8%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Cocconeis placentula</i>                      | 1.3                   | 58.3% | 1.6                   | 63.1% | 23.6                  | 80.5% | 10.6                  | 11.6% |
|    | <i>Cymbella sinuata</i>                          | 0.0                   | 1.4%  |                       |       | 0.2                   | 0.7%  |                       |       |
|    | <i>Cym. silesiaca</i>                            |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.3%  |
|    | <i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>pectinalis</i> |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.3%  |
|    | <i>Gomphonema clevei</i>                         |                       |       |                       |       | 0.1                   | 0.3%  | 0.2                   | 0.3%  |
|    | <i>Nitschia inconspicua</i>                      |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.7%  |                       |       |
|    | <b>total</b>                                     | 2.1                   |       | 2.6                   |       | 29.3                  |       | 91.0                  |       |

|    | 大洞沢                                                   | 2010 2/16             |       |                       |       |                       |       |                       |       |
|----|-------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| 分類 | 生物種名                                                  | St.1                  |       | St.2                  |       | St.3                  |       | St.4                  |       |
|    |                                                       | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     |
| 藍藻 | <i>Chamaesiphon minutus</i>                           |                       |       |                       |       | 10.4                  | 51.6% | 42.9                  | 51.4% |
|    | <i>Homoeothrix janthina</i>                           |                       |       |                       |       | 0.8                   | 4.0%  | 16.6                  | 19.9% |
| 緑藻 | <i>Ulothrix</i> sp.                                   |                       |       | 4.3                   | 71.7% |                       |       |                       |       |
| 珪藻 | <i>Achnanthes japonica</i>                            | 3.6                   | 19.6% | 0.1                   | 1.7%  | 0.3                   | 1.6%  | 2.2                   | 2.6%  |
|    | <i>Ach. lanceolata</i>                                | 2.7                   | 14.7% | 0.4                   | 6.7%  | 1.6                   | 7.9%  | 1.3                   | 1.6%  |
|    | <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> | 1.3                   | 7.1%  | 0.3                   | 5.0%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Ach. min.</i> var. <i>scotica</i>                  | 0.2                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Ach. pyrenaica</i>                                 | 0.4                   | 2.2%  |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.4%  |
|    | <i>Cocconeis placentula</i>                           | 2.9                   | 15.8% | 0.4                   | 6.7%  | 6.1                   | 30.2% | 17.6                  | 21.1% |
|    | <i>Cymbella minuta</i>                                |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.4%  |
|    | <i>Cym. turgidula</i> var. <i>nipponica</i>           | 0.2                   | 1.1%  |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.4%  |
|    | <i>Diatoma mesodon</i>                                |                       |       |                       |       | 0.6                   | 3.2%  |                       |       |
|    | <i>Eunotia bilunaris</i>                              | 0.2                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Gomphonema clevei</i>                              | 5.4                   | 29.3% | 0.2                   | 3.3%  | 0.3                   | 1.6%  | 1.0                   | 1.2%  |
|    | <i>Hantzschia amphioxys</i>                           |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.4%  |
|    | <i>Navicula bryophila</i>                             | 0.2                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nav. tridentula</i>                                |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.4%  |
|    | <i>Nav. ventralis</i>                                 |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.4%  |
|    | <i>Nav. sp.</i>                                       |                       |       | 0.3                   | 5.0%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nitschia inconspicua</i>                           | 1.3                   | 7.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <b>total</b>                                          | 18.4                  |       | 6.0                   |       | 20.2                  |       | 83.4                  |       |

表2-2 大洞沢－出現種の個体数（石礫 1mm<sup>2</sup> 上）と出現率

|    | 大洞沢                                                   | 2010 4/29             |       |                       |       |                       |       |                       |       |
|----|-------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
|    | 生物種名                                                  | St.1                  |       | St.2                  |       | St.3                  |       | St.4                  |       |
|    |                                                       | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     |
| 藍藻 | <i>Chamaesiphon minutus</i>                           |                       |       | 0.2                   | 2.3%  |                       |       | 0.0                   | 2.0%  |
|    | <i>Homoeothrix janthina</i>                           |                       |       | 0.3                   | 4.5%  |                       |       | 0.3                   | 13.4% |
|    | <i>Phormidium</i> sp. A                               |                       |       | 0.0                   | 0.6%  |                       |       |                       |       |
| 緑藻 | <i>Ulothrix</i> sp.                                   |                       |       | 4.4                   | 66.7% |                       |       | 0.2                   | 11.4% |
| 珪藻 | <i>Achnanthes japonica</i>                            | 0.6                   | 3.7%  |                       |       | 0.7                   | 1.7%  | 0.0                   | 2.0%  |
|    | <i>Achnanthes lanceolata</i>                          | 10.5                  | 61.9% | 0.1                   | 1.7%  | 23.7                  | 60.7% | 0.3                   | 14.9% |
|    | <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> | 3.3                   | 19.6% | 0.4                   | 5.7%  | 9.7                   | 24.9% | 0.5                   | 26.4% |
|    | <i>Ach.min.</i> var. <i>scotica</i>                   | 0.1                   | 0.5%  | 0.1                   | 1.2%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Achnanthes subhudsonis</i>                         | 0.1                   | 0.5%  |                       |       |                       |       | 0.0                   | 2.0%  |
|    | <i>Amphola pediculus</i>                              |                       |       |                       |       | 0.9                   | 2.3%  |                       |       |
|    | <i>Cocconeis placentula</i>                           | 0.5                   | 2.6%  | 0.3                   | 5.1%  | 0.9                   | 2.3%  | 0.4                   | 20.9% |
|    | <i>Cymbella silesiaca</i>                             |                       |       | 0.0                   | 0.6%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Diatoma mesodon</i>                                | 0.2                   | 1.1%  | 0.2                   | 2.9%  | 2.0                   | 5.2%  |                       |       |
|    | <i>Fragilaria vaucheriae</i>                          |                       |       | 0.1                   | 1.2%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Gomphonema clevei</i>                              | 0.2                   | 1.1%  | 0.2                   | 3.5%  | 0.5                   | 1.2%  |                       |       |
|    | <i>Gomphonema micropus</i>                            | 0.5                   | 3.2%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Gomphonema parvulum</i>                            | 0.7                   | 4.2%  | 0.2                   | 3.5%  | 0.5                   | 1.2%  | 0.1                   | 4.0%  |
|    | <i>Navicula contenta</i>                              | 0.2                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nav. cryptotenella</i>                             |                       |       |                       |       |                       |       | 0.0                   | 2.0%  |
|    | <i>Navicula decussis</i> ?                            | 0.1                   | 0.5%  | 0.0                   | 0.6%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nitzschia dissipata</i>                            |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.6%  |                       |       |
|    | <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>                       |                       |       |                       |       |                       |       | 0.0                   | 2.0%  |
|    | total                                                 | 17.0                  |       | 6.6                   |       | 39.1                  |       | 2.0                   |       |

|    | 大洞沢                                                   | 2010 8/4              |       |                       |       |                       |       |                       |       |
|----|-------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
|    | 生物種名                                                  | St.1                  |       | St.2                  |       | St.3                  |       | St.4                  |       |
|    |                                                       | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     |
| 藍藻 | <i>Chamaesiphon minutus</i>                           | 1.1                   | 29.6% | 0.2                   | 21.7% | 29.6                  | 91.1% | 489.6                 | 98.1% |
|    | <i>Oscillatoria</i> sp. A                             |                       |       | 0.0                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Oscillatoria</i> sp. B                             |                       |       |                       |       |                       |       | 0.5                   | 0.1%  |
| 紅藻 | <i>Audouinella</i> sp.                                | 0.1                   | 1.8%  |                       |       |                       |       |                       |       |
| 珪藻 | <i>Achnanthes japonica</i>                            | 0.3                   | 6.6%  | 0.0                   | 3.3%  | 0.9                   | 2.6%  | 0.5                   | 0.1%  |
|    | <i>Achnanthes lanceolata</i>                          | 0.2                   | 5.8%  |                       |       | 0.3                   | 1.0%  | 0.9                   | 0.2%  |
|    | <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>gracillima</i>  |                       |       | 0.0                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> | 0.3                   | 6.6%  |                       |       |                       |       | 2.6                   | 0.5%  |
|    | <i>Achnanthes subhudsonis</i>                         |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.1%  |
|    | <i>Amphola pediculus</i>                              |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Cocconeis placentula</i>                           | 1.8                   | 46.4% | 0.7                   | 72.8% | 1.7                   | 5.2%  | 0.7                   | 0.1%  |
|    | <i>Cymbella microcephala</i>                          | 0.0                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Diatoma mesodon</i>                                |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Eunotia minor</i>                                  | 0.0                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Fragilaria capitellata</i>                         |                       |       |                       |       |                       |       | 1.2                   | 0.2%  |
|    | <i>Fragilaria vaucheriae</i>                          |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Frustulia vulgaris</i>                             |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Gomphonema clevei</i>                              |                       |       |                       |       |                       |       | 1.2                   | 0.2%  |
|    | <i>Nav. cryptocephala</i>                             |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Navicula ventralis</i>                             |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Nitzschia linearis</i>                             |                       |       |                       |       |                       |       | 0.2                   | 0.0%  |
|    | <i>Nitzschia frustulum</i>                            | 0.0                   | 1.1%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Synedra unla</i> var. <i>ulna</i>                  |                       |       |                       |       |                       |       | 0.7                   | 0.1%  |
|    | total                                                 | 3.8                   |       | 0.9                   |       | 32.5                  |       | 499.3                 |       |

表3 貝沢－出現種の個体数（石礫 1mm<sup>2</sup> 上）と出現率

| 分類 | 貝沢<br>生物種名                                                           | 2009 11/7             |       |                       |       | 2010 2/15             |       |                       |       |
|----|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
|    |                                                                      | St.1                  |       | St.2                  |       | St.1                  |       | St.2                  |       |
|    |                                                                      | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     | cells/mm <sup>2</sup> | %     |
| 藍藻 | <i>Homoeothrix janthina</i>                                          |                       |       |                       |       | 40.0                  | 7.8%  |                       |       |
|    | <i>Oscillatoria</i> sp.                                              | 1.6                   | 1.4%  |                       |       | 1.7                   | 0.3%  |                       |       |
| 珪藻 | <i>Phormidium</i> sp.                                                |                       |       | 0.2                   | 0.8%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Achnanthes japonica</i>                                           | 2.2                   | 1.9%  | 0.2                   | 0.8%  | 5.2                   | 1.0%  | 0.3                   | 0.6%  |
|    | <i>Ach. lanceolata</i>                                               | 10.3                  | 9.0%  | 1.5                   | 6.7%  | 60.9                  | 11.9% | 20.8                  | 38.5% |
|    | <i>Ach. min.</i> var. <i>minutissima</i>                             |                       |       |                       |       | 3.5                   | 0.7%  |                       |       |
|    | <i>Ach. pyrenaica</i>                                                |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.6%  |
|    | <i>Ceratoneis recta</i>                                              |                       |       |                       |       | 5.2                   | 1.0%  |                       |       |
|    | <i>Cocconeis placentula</i>                                          | 99.4                  | 87.2% | 12.9                  | 56.7% | 393.2                 | 77.1% | 32.3                  | 59.8% |
|    | <i>Cymbella minuta</i>                                               |                       |       | 0.2                   | 0.8%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Navicula capitata</i> var. <i>capitata</i>                        | 0.5                   | 0.5%  |                       |       |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nav. gregaria</i>                                                 |                       |       | 3.2                   | 14.2% |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nav. tridentula</i>                                               |                       |       | 2.9                   | 12.5% |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nitzschia fonticola</i>                                           |                       |       | 1.1                   | 5.0%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Nitz. palea</i>                                                   |                       |       | 0.4                   | 1.7%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Synedra pulchella</i> var. <i>lanceolata</i> f. <i>constricta</i> |                       |       | 0.2                   | 0.8%  |                       |       |                       |       |
|    | <i>Synedra ulna</i> var. <i>oxyrhynchus</i>                          |                       |       |                       |       |                       |       | 0.3                   | 0.6%  |
|    | <b>total</b>                                                         | 113.9                 |       | 22.8                  |       | 509.8                 |       | 54.1                  |       |

|    | 貝沢<br>生物種名                                      | 2010 4/28 |       |          |       | 2010 8/3 |       |          |       |
|----|-------------------------------------------------|-----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
|    |                                                 | St.1      |       | St.2     |       | St.1     |       | St.2     |       |
|    |                                                 | cells/mn  | %     | cells/mn | %     | cells/mn | %     | cells/mn | %     |
| 藍藻 | <i>Chamaesiphon minutus</i>                     |           |       | 22.9     | 25.3% | 5.5      | 47.7% |          |       |
|    | <i>Clastidium setigerum</i>                     |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Homoeothrix janthina</i>                     | 3.4       | 14.2% |          |       |          |       |          |       |
|    | <i>Oscillatoria</i> sp. A                       |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 2.4%  |
|    | <i>Oscillatoria</i> sp. B                       |           |       |          |       | 0.2      | 1.8%  | 0.9      | 22.8% |
|    | <i>Oscillatoria</i> sp. C                       |           |       |          |       | 0.1      | 0.9%  |          |       |
|    | <i>Phormidium</i> sp. A                         |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Phormidium</i> sp. B                         |           |       | 3.8      | 4.2%  |          |       | 0.4      | 9.5%  |
| 緑藻 | <i>Oedogonium</i> sp.                           |           |       | 1.0      | 1.1%  |          |       |          |       |
| 珪藻 | <i>Achnanthes japonica</i>                      | 0.5       | 2.3%  | 1.0      | 1.1%  | 0.1      | 0.9%  |          |       |
|    | <i>Achnanthes lanceolata</i>                    | 1.5       | 6.3%  | 27.8     | 30.7% | 0.2      | 1.8%  | 0.1      | 2.4%  |
|    | <i>Ach. minutissima</i> var. <i>minutissima</i> | 0.1       | 0.6%  | 12.8     | 14.2% | 0.1      | 0.9%  | 0.2      | 4.8%  |
|    | <i>Ach. min.</i> var. <i>scotica</i>            |           |       | 0.7      | 0.8%  |          |       |          |       |
|    | <i>Achnanthes pyreneica</i>                     |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Achnanthes subhudsonis</i>                   |           |       | 0.7      | 0.8%  |          |       |          |       |
|    | <i>Amphora pediculus</i>                        |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Celaphora japonica</i>                       |           |       |          |       | 0.1      | 0.9%  | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Cocconeis pediculus</i>                      |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Cocconeis placentula</i>                     | 17.0      | 71.0% | 4.9      | 5.4%  | 4.9      | 42.3% | 1.2      | 31.0% |
|    | <i>Cymbella silesiaca</i>                       |           |       | 0.7      | 0.8%  |          |       |          |       |
|    | <i>Cymbella sinuata</i>                         |           |       | 0.4      | 0.4%  |          |       |          |       |
|    | <i>Diatoma mesodon</i>                          |           |       | 1.0      | 1.1%  |          |       |          |       |
|    | <i>Eunotia minor</i>                            | 0.1       | 0.6%  | 0.4      | 0.4%  |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Gomphonema angustum</i>                      |           |       | 0.4      | 0.4%  |          |       |          |       |
|    | <i>Gomphonema clevei</i>                        | 0.1       | 0.6%  | 0.4      | 0.4%  |          |       |          |       |
|    | <i>Gomphonema micropus</i>                      |           |       | 0.7      | 0.8%  |          |       |          |       |
|    | <i>Gomphonema parvulum</i>                      | 0.3       | 1.1%  | 4.5      | 5.0%  |          |       |          |       |
|    | <i>Navicula contenta</i>                        |           |       | 0.4      | 0.4%  |          |       |          |       |
|    | <i>Navicula cryptotenella</i>                   | 0.1       | 0.6%  | 0.4      | 0.4%  |          |       |          |       |
|    | <i>Navicula decussis</i> ?                      | 0.1       | 0.6%  |          |       |          |       |          |       |
|    | <i>Navicula menisculus</i>                      | 0.3       | 1.1%  |          |       | 0.1      | 0.9%  |          |       |
|    | <i>Navicula veneta</i>                          |           |       |          |       |          |       | 0.1      | 1.3%  |
|    | <i>Nitzschia dissipata</i>                      |           |       | 0.4      | 0.4%  |          |       |          |       |
|    | <i>Nitzschia linearis</i>                       |           |       |          |       | 0.1      | 0.9%  | 0.1      | 2.4%  |
|    | <i>Nitzschia rumpens</i>                        |           |       | 1.7      | 1.9%  |          |       |          |       |
|    | <i>Synedra ulna</i> var. <i>oxyrhynchus</i>     | 0.3       | 1.1%  | 3.8      | 4.2%  | 0.1      | 0.9%  | 0.5      | 14.3% |
|    | <b>total</b>                                    | 24.0      |       | 90.6     |       | 11.5     |       | 3.8      |       |

年4月は24.0細胞、8月は11.5細胞で11月、2月に比して密度は低くなっている。溪畔林の樹冠完成期のための透過光量の減少が一因であると考えられる。

対照流域 (St. 2) : 2009年11月は22.8細胞、2010年2月は54.1細胞である。いずれもSt. 1と比較すると低い値である。4月は90.6細胞、8月は3.8細胞で4季節中、最も低い値を示している。

細胞密度はSt. 1では冬季、St. 2では春季に高い傾向がみられる。両流域とも共通して夏季に減少している。この傾向はクロロフィルaとも共通している。樹冠形成に伴う光量不足が一因であると考えら

れる。

### 3 付着藻類植生および優占種

(1) 大洞沢 (表2、表4、図5)

実施流域 : 2009年11月はSt. 1では珪藻7種、St. 2では紅藻1種、緑藻1種、珪藻4種の合計6種が出現した。St. 1、St. 2ともに *Cocconeis placentula* — *Achnanthes lanceolata* が優占しておりこの2種で付着藻類群落の9割近くを占めている。2010年2月はSt. 1では珪藻11種、St. 2は緑藻1種、珪藻6種の合計7種が出現した。St. 1の優占種は *Gomphonema clevei* — *Achnanthes japonica* 群

表4 優占的な出現種 (出現率約10%以上)

| 大洞沢               |      |                          |                           |                          |                          | 貝沢                     |                                                       |
|-------------------|------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|
|                   |      | 第1優占種                    | 第2                        | 第3                       | 第4                       | 第5                     | 第1優占種 第2                                              |
| 2008 7/16<br>7/15 | St.1 |                          |                           |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 52.4%<br><i>Cocco. plac.</i> 93.9 |
|                   | St.2 | <i>Stigeo. sp.</i> 88.9% | <i>Cocco. plac.</i> 11.1% |                          |                          |                        | <i>Ach. jap.</i> 14.3%                                |
|                   | St.3 |                          |                           |                          |                          |                        |                                                       |
|                   | St.4 | <i>Diat. mes.</i> 41.5   | <i>Syn. uln.</i> 31.1     |                          |                          |                        |                                                       |
| 2008 10/25        | St.1 |                          |                           |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 99.4<br><i>Cocco. plac.</i> 94.5  |
|                   | St.2 |                          |                           |                          |                          |                        |                                                       |
| 2009 2/7          | St.1 |                          |                           |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 85.1<br><i>Ach. minut.</i> 47.1   |
|                   | St.2 |                          |                           |                          |                          |                        | <i>Gom. clevei</i> 21.6                               |
| 2009 11/8<br>11/7 | St.1 | <i>Cocco. plac.</i> 58.3 | <i>Ach. lanceo.</i> 29.2  |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 87.2<br><i>Ach. lanceo.</i> 9.0   |
|                   | St.2 | <i>Cocco. plac.</i> 63.1 | <i>Ach. lanceo.</i> 24.6  |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 56.7<br><i>Nav. gregar.</i> 14.2  |
|                   | St.3 | <i>Cocco. plac.</i> 80.5 | <i>Ach. jap.</i> 10.6     |                          |                          |                        |                                                       |
|                   | St.4 | <i>Chamae. min.</i> 70.0 | <i>Cocco. plac.</i> 11.6  | <i>Homoeo. jan.</i> 10.4 |                          |                        |                                                       |
| 2010 2/16<br>2/15 | St.1 | <i>Gom. clev.</i> 29.3   | <i>Ach. jap.</i> 19.6     | <i>Cocco. plac.</i> 15.8 | <i>Ach. lanceo.</i> 14.7 |                        | <i>Cocco. plac.</i> 77.1<br><i>Cocco. plac.</i> 59.8  |
|                   | St.2 | <i>Uloth. sp.</i> 71.7   |                           |                          |                          |                        | <i>Ach. lanceo.</i> 11.9<br><i>Ach. lanceo.</i> 38.5  |
|                   | St.3 | <i>Chamae. min.</i> 51.6 | <i>Cocco. plac.</i> 30.2  |                          |                          |                        |                                                       |
|                   | St.4 | <i>Chamae. min.</i> 51.4 | <i>Cocco. plac.</i> 21.1  | <i>Homoeo. jan.</i> 19.9 |                          |                        |                                                       |
| 2010 4/29<br>4/28 | St.1 | <i>Ach. lanceo.</i> 61.9 | <i>Ach. minut.</i> 19.6   |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 71.0<br><i>Ach. lanceo.</i> 30.7  |
|                   | St.2 | <i>Uloth. sp.</i> 66.7   |                           |                          |                          |                        | <i>Homoeo. jan.</i> 14.2<br><i>Chamae. min.</i> 25.3  |
|                   | St.3 | <i>Ach. lanceo.</i> 60.7 | <i>Ach. minut.</i> 24.9   |                          |                          |                        |                                                       |
|                   | St.4 | <i>Ach. minut.</i> 26.4  | <i>Cocco. plac.</i> 20.9  | <i>Ach. lanceo.</i> 14.9 | <i>Homoeo. jan.</i> 13.4 | <i>Uloth. sp.</i> 11.4 |                                                       |
| 2010 8/4<br>8/3   | St.1 | <i>Cocco. plac.</i> 46.4 | <i>Chamae. min.</i> 29.6  |                          |                          |                        | <i>Chamae. min.</i> 47.7<br><i>Cocco. plac.</i> 31.0  |
|                   | St.2 | <i>Cocco. plac.</i> 72.8 | <i>Chamae. min.</i> 21.7  |                          |                          |                        | <i>Cocco. plac.</i> 42.3<br><i>Oscillat. sp.</i> 22.8 |
|                   | St.3 | <i>Chamae. min.</i> 91.1 |                           |                          |                          |                        |                                                       |
|                   | St.4 | <i>Chamae. min.</i> 98.1 |                           |                          |                          |                        |                                                       |

注) 日付の上段は大洞沢、下段は貝沢の調査日  
学名の下段の数字は出現率(%)

珪藻 *Ach. jap.* : *Achnanthes japonica*, *Ach. lanceo.* : *Achnanthes lanceolata*, *Ach. min.* : *Achnanthes n. Ach. subhud.* : *Achnanthes subhudsoni*s, *Cocco. plac.* : *Cocconeis placentula*, *Diat. mes.* : *Gom. clevei* : *Gomphonema clevei*, *Nav. gregar.* : *Navicula gregaria*, *Nav. trident.* : *Nav. Syn. uln.* : *Synedra ulna*, *Synedra ulna* v. ox. : *Synedra ulna* var. *oxyrhynchus*  
藍藻 *Chamae.* : *Chamaesiphon minutus*, *Homoeo. jan.* : *Homoeothrix janthina*, *Oscillat. sp.*  
*Phorm. sp.* : *Phormidium* sp.  
緑藻 *Stigeo. sp.* : *Stigeoclonium* sp. *Uloth. sp.* : *Ulothrix* sp.

落が 49% を占め *Cocconeis placentula* — *Achnanthes lanceolata* は約 31% を占めている。St. 2 は緑藻 1 種、珪藻 6 種の合計 7 種が出現した。緑藻の *Ulothrix* sp. が約 72% を占めている。*Cocconeis placentula* — *Achnanthes lanceolata* 群落は約 13% で上流部とは異なった様相を示している。4 月は St. 1 では珪藻 12 種を確認した。*Achnanthes lanceolata* — *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* 群落で約 82% を占めている。St. 2 では藍藻 3 種、緑藻 1 種、珪藻 10 種

の合計 14 種が確認できた。優占種は 2 月同様、緑藻の *Ulothrix* sp. が約 67% で第 2 優占種は出現頻度は低い *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* の約 6% である。8 月は St. 1 では藍藻 1 種、紅藻 1 種、珪藻 7 種の合計 9 種を確認した。第 1 優占種は *Cocconeis placentula* の約 46% で藍藻の *Chamaesiphon minutus* が 30% で第 2 優占種となっている。St. 2 は藍藻 2 種、珪藻 3 種の合計 5 種の出現が確認された。第 1 優占種は *Cocconeis placentula*

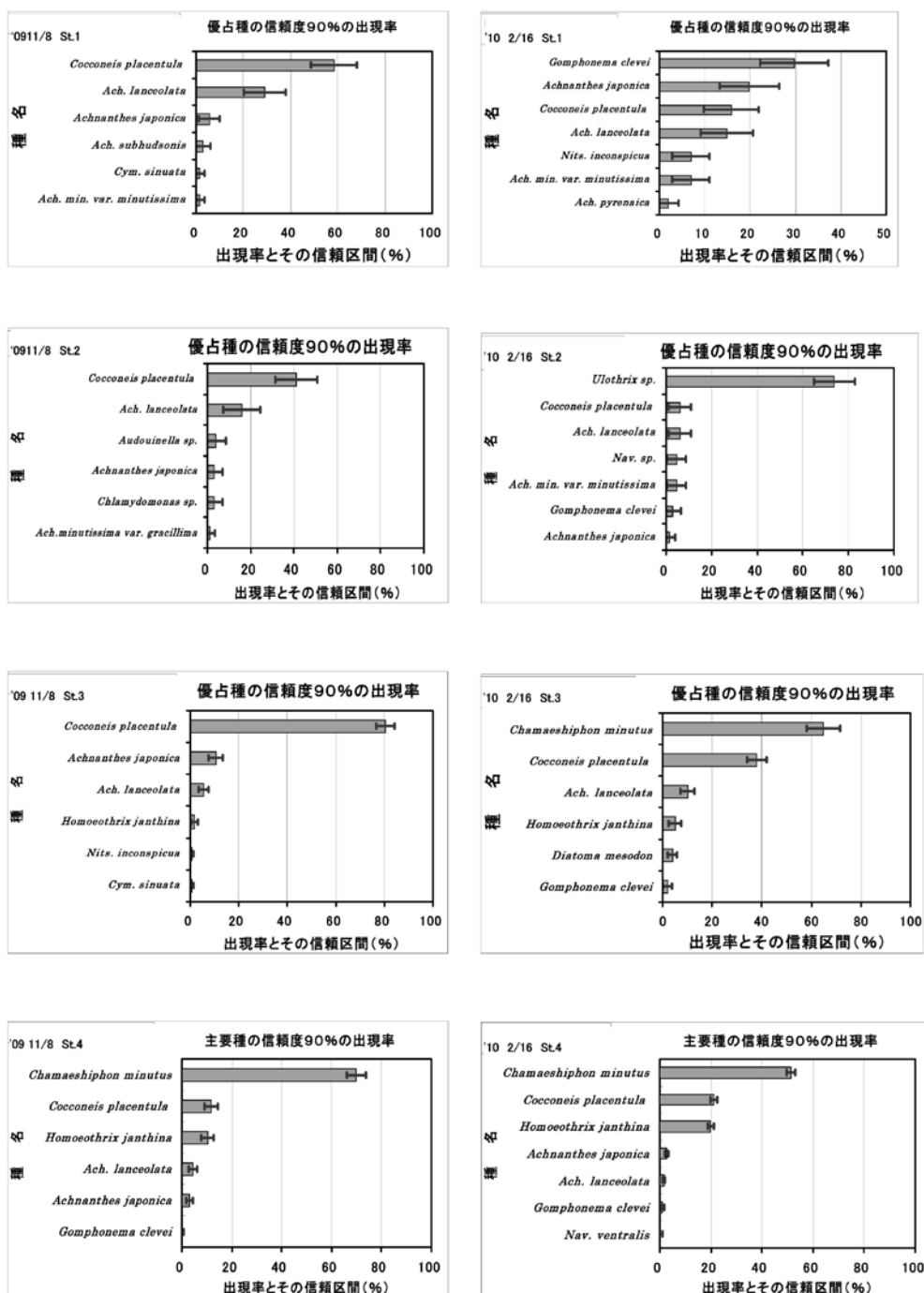


図 5-1 信頼度 90% の出現率 大洞沢 2009 11/8, 2010 2/16

の約73%、第2優占種は *Chamaesiphon minutus* の22%である。これは上流部のSt.1と類似した傾向を示している。

対照流域: 2009年11月はSt.3では藍藻1種、珪藻6種の合計7種が出現した。*Cocconeis placentula* — *Achnanthes japonica* 群落 が91%を占めている。St.4では藍藻2種、珪藻6種の合計8種が出現した。*Chamaesiphon minutus* — *Cocconeis placentula* 群落 が約82%を占めている。2010年2月はSt.3では藍藻2種、珪藻5種の合計7種が出現

した。*Chamaesiphon minutus* — *Cocconeis placentula* 群落 が約82%を占めている。St.4では藍藻2種、珪藻10種の合計12種が確認された。*Chamaesiphon minutus* — *Cocconeis placentula* 群落 が約72%を占めている。優占種の構成は上流部と類似している。4月はSt.3では珪藻9種が確認できた。*Achnanthes lanceolata* — *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* 群落 で約86%を占めている。St.4では藍藻2種、緑藻1種、珪藻8種の合計11種が確認できた。第1、第2優占種は *Achnanthes minutissima* var.

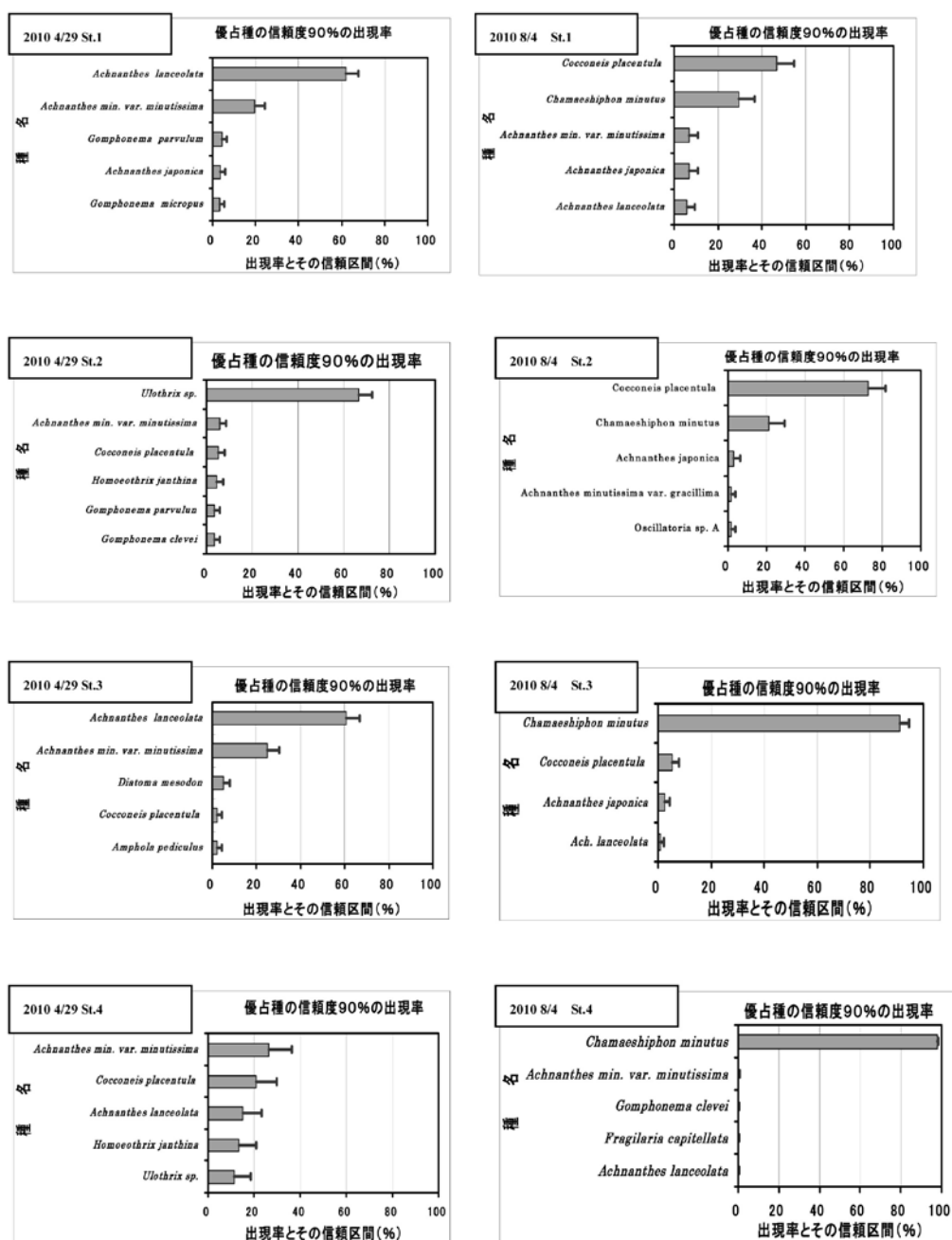


図5-2 信頼度90%の出現率 大洞沢 2010 4/29, 2010 8/4

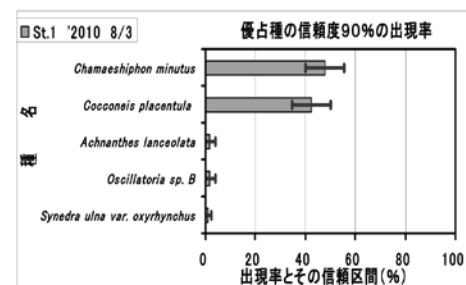
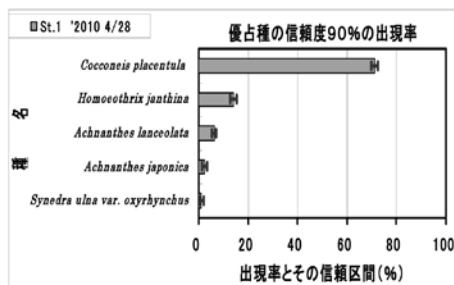
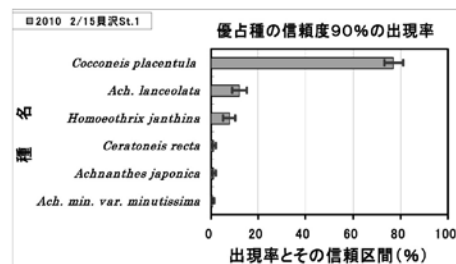
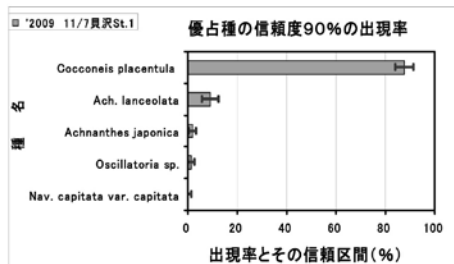
*minutissima* — *Cocconeis placentula* 群落で約 47 % を占めている。8 月は St. 3 では藍藻 1 種、珪藻 3 種の合計 4 種が確認できた。藍藻の *Chamaesiphon minutus* が 91% を占め、第 2 優占種として *Cocconeis placentula* が約 5% 出現している。St. 4 では藍藻 2 種、珪藻 15 種の合計 17 種が確認できた。付着藻類群落の大部分は藍藻の *Chamaesiphon minutus* で占められており (約 98%)、珪藻は出現種類数が多いが細胞

密度は非常に低い。

## (2) 貝沢 (表 3、表 4、図 6)

実施流域 (St. 1) : 2009 年 11 月は藍藻 1 種、珪藻 4 種の合計 5 種が出現した。*Cocconeis placentula* — *Achnanthes lanceolata* 群落 が約 96 % を占めている。2010 年 2 月は藍藻 2 種、珪藻 5 種の合計 7 種が確認できた。*Cocconeis placentula* — *Achnanthes lanceolata* 群落 が約 89 % を占めている。4 月は

### St.1



### St.2

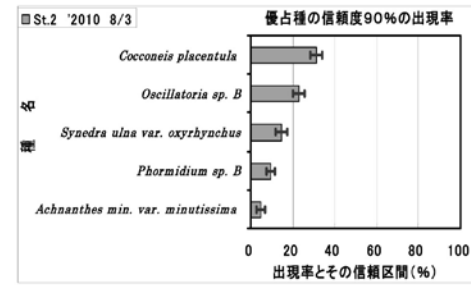
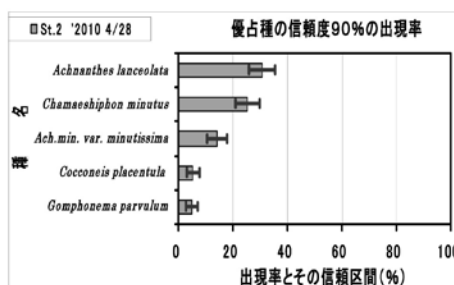
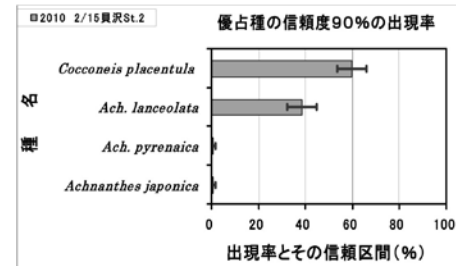
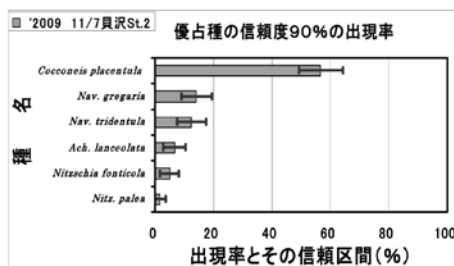


図 6 信頼度 90% の出現率 貝沢 2009 11/7, 2010 2/15, 4/28, 8/3

藍藻1種、珪藻11種の合計12種が確認できた。*Cocconeis placentula*—*Homoeothrix janthina* 群落は約85%を占めている。8月は藍藻3種、珪藻8種の合計11種を確認した。*Chamaesiphon minutus*—*Cocconeis placentula* が90%を占めている。この地点は調査した4季節を通して主として珪藻の*Cocconeis placentula*が優勢に生育している。また2008年7月、2008年10月、2009年2月の調査時においても本種が優占種として出現している(表4)。

対照流域(St.2): 2009年11月は藍藻1種、珪藻9種の合計10種が出現した。*Cocconeis placentula*—*Navicula gregaria* 群落は約71%を占めている。2010年2月は珪藻5種が確認できた。*Cocconeis placentula*—*Achnanthes lanceolata* 群落は約98%を占めている。両季節とも付着藻類群落は50%以上が珪藻の*Cocconeis placentula*によって構成されている。4月は藍藻2種、緑藻1種、珪藻19種の合計22種が確認できた。*Achnanthes lanceolata*—*Chamaesiphon minutus* が56%を占めている。8月は藍藻5種、珪藻11種の合計16種が出現した。*Cocconeis placentula*—*Oscillatoria* sp. B 群落は約54%を占めている。

今回の4季節の調査では対照流域、実施流域を通して両溪流とも付着藻類群落は主に*Cocconeis placentula*によって構成されている。本種は珪藻の中でも付着基盤への付着力が強く剥離作用に対して抵抗性を有している。換言すれば本種のような特性を持った種しか生育できない環境であると考えられることとできる。

#### IV 考 察

水源環境保全のための施策のための基礎資料として対照流域法により大洞沢、貝沢の付着藻類を指標生物として選定し事前調査を行った。出現した種類数(表5)は4から22種類で大洞沢の平均は9種、貝沢は11種で両沢とも非常に少ない。珪藻の出現が多く両沢とも優占種は珪藻の*Cocconeis placentula*が季節を問わず第一優占種となっている地点が多い(表4)。調査した2溪流は流速が早く流速の変化は付着藻類の構成と密度に影響を及ぼす。この状

表5 大洞沢、貝沢の付着藻類の出現種類数

| 調査日               | 調査地点 | 大洞沢 | 貝沢 |
|-------------------|------|-----|----|
| 2009、11/8<br>11/7 | St.1 | 7   | 5  |
|                   | St.2 | 6   | 10 |
|                   | St.3 | 7   |    |
|                   | St.4 | 8   |    |
| 2010、2/16<br>2/15 | St.1 | 11  | 7  |
|                   | St.2 | 7   | 5  |
|                   | St.3 | 7   |    |
|                   | St.4 | 12  |    |
| 4/29<br>4/28      | St.1 | 12  | 12 |
|                   | St.2 | 14  | 22 |
|                   | St.3 | 9   |    |
|                   | St.4 | 11  |    |
| 8/4<br>8/3        | St.1 | 9   | 11 |
|                   | St.2 | 5   | 16 |
|                   | St.3 | 4   |    |
|                   | St.4 | 17  |    |

注) 日付の上段は大洞沢、下段は貝沢の調査日

況をMcIntire (1966, 1968) や Zimmerman (1961) は人工水路によって確認している。同様な結果は野外でも観察されている(Jones 1951, Gruntow 1955, Whitford 1956, Blum 1960, Reisen and Spender 1970, Keithan and Lowe 1985)。Mark & Rex (1987) は珪藻を付着基質への付着パターンで分類し流速との関係を観察している。その報告によると流速が早い場合には基質に密着するタイプと直立から側生タイプが適応する。今回の調査で一番出現率が高かった*Cocconeis placentula*はこのタイプにはいる。Stevenson (1966) は流れが速いときには細胞の長軸を付着させる付着性の小型の珪藻が出現すると報告している。今回優占種として出現した*Achnanthes lanceolata* や *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*、*Achnanthes japonica*などはこの範疇に入る。McIntire (1968) は人工水路を使った実験で底生藻類の構造的特性を調べ、珪藻の*Nitzschia linearis*、*Achnanthes lanceolata*、*Navicula cryptocephala*、*Navicula minima*、*Navicula seminulum*、*Synedra ulna*、*Gomphonema parvulum*、*Gomphonema angustatum*、*Cocconeis placentula*が流れが急なところ(35 cm/s)で増殖しているのを観察している。さらにPatrick (1964) は流速の速いところでは*Achnanthes*、*Cocconeis*が見られると報じている。今回出現した珪藻は*Synedra ulna* var. *ulna* および *Synedra ulna* var. *oxyrhynchus* や *Nitzschia linearis* は比較的大型の珪藻であるが全般的に小型の珪藻が多い。流れが急なところに生育する珪藻の特徴と考えられる。流れが急なところで生育可能な種に限定さ

れたことが出現種類数の減少の一因として考えられる。また多様性の面から考えてみると特殊な生育環境で限定された種しか増殖できないことを考えると当然高い多様性は考えられない。多様性指数は群集を形成している種類の豊富さや多様性の比較ができるとされている。一つの場所の諸条件に、より多くの変化があるほどそこに生育する生物群集を構成する種類数は多い。またその場所の諸条件が最適条件から遠ざかるほど生物を構成する種は少なくなり、かつそこに残る種の個体数は多くなる（ティーンマンの法則）。これによると清浄な水域には豊かな種が個体数に極端な差がなく生育しており特定の種のみが異常に個体数が多いということはない。このことは群集の多様性が高く群集に安定性があることを示している。水質の汚濁など環境が特殊になると種類数が減少し、少数の種の個体数が極端に多くなる。したがって多様性が低く群集の安定性が悪い。今回

の調査した二つの溪流は水質の汚濁という特殊環境ではないがこの例に入る。一方多様性が高いところが必ずしも水が清浄で低いところが汚濁しているとは一概に言えない（福島, 1968）。一般に多様性指数の算出にはシャノンの多様性指数 (bit) を用いるが、今回は第一優占種の百分率で算出する方法—純率（元村, 1943）を用いて付着藻類の多様性を推定してみた（図7、8）。この値とシャノンの多様性指数との間には強い負の相関関係がある（福島・小林・寺尾, 1980）。純率は値が低いほど多様性が高く、付着藻類の安定性が高いことを表す。大洞沢は26から98の間に分布しており実施流域の平均は62、対照流域の平均は64で有意の差は認められない。貝沢については31から99の間に分布しており実施流域の平均は74、対照流域の平均は59で若干対照流域のほうが多様性は高くなっている。多様性においては両溪流ともに高くなく、付着藻類植生は

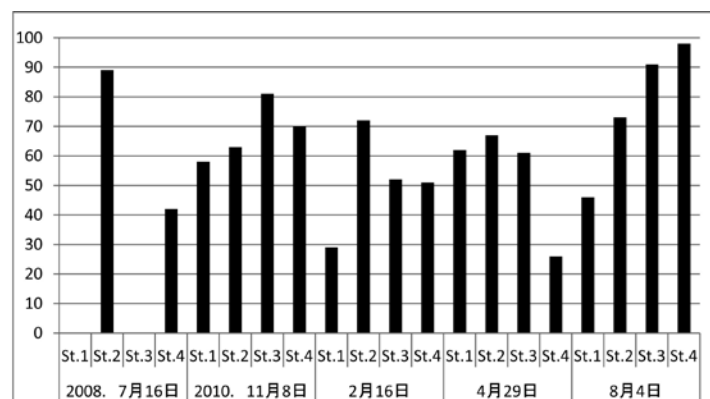


図7 付着藻類の多様性を示す純率—大洞沢

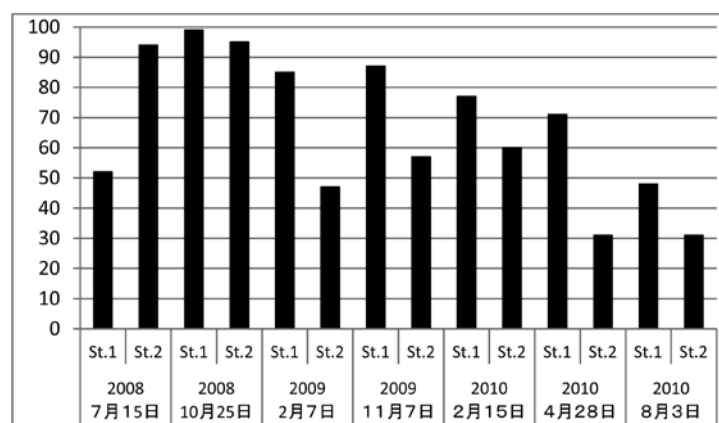


図8 付着藻類の多様性を示す純率—貝沢

安定性に欠ける。これには様々な要因が考えられるが、溪畔の林床からの土壌の流入、藻類の増殖に影響を与える光量子数、流速、森林を構成する樹種、栄養塩類などの問題が考えられる。付着微生物の剥離には河川の流速が大きく影響し、流速が早い場合には付着微生物は水流の掃流力が増加することにより強制的に剥離され下流部へ排出される。また、流水の掃流力だけでなく、河床上を移動する流砂が接触することによって、付着微生物の強制剥離はさらに促進されることが考えられる（山本等，2003）。この報告のように今回調査した流域はいずれも溪畔の林床が安定しておらず、流砂等が付着基盤の礫に衝撃を与え、このことが付着藻類のストレスとなっている。また、河床を構成し付着基盤となっている石礫が動くことも藻類の増殖を妨げる要因となっている。両溪流の付着藻類を細胞密度からみてみると非常に低い。糸状藍藻、緑藻が出現すると細胞密度は高く表示されるので珪藻だけで細胞密度を表すと表6のようになる。大洞沢での細胞密度の季節間の推移は春→冬→秋→夏の順に減少する。ただし春、冬、秋の値には有意の差は認められない。夏の低密度は溪畔林の樹冠完成期のため透過光量の減少が原因であると考えられる。大洞沢の実施流域の細胞密度の4季節の平均は5.8細胞であり対照流域は16.6細胞である。大洞沢の土壌は火山灰の影響を強く受けた脆

弱な地形であり、実施流域では溪流の両側からの土砂の流入が考えられ付着藻類にとって不安定な環境であることが一因であろう。貝沢では珪藻の細胞密度は冬→秋→春→夏の順に密度が低くなっている。この順位は藻類全体の順位と一致している。ほとんどの季節で珪藻が優占種となっているのが原因である。貝沢の実施流域の細胞密度の4季節の平均は151.7細胞であり、対照流域の平均は35.4細胞で実施流域のほうが高い細胞密度を示している。両流域は間伐工事作業に伴い河床が荒れてかく乱されており特に対照流域は溪流中への倒木も多くみられ、また溪畔林の林床の不安定さも確認できる。これらが付着藻類密度を減じる要因として働いているとも考えられるが、間伐の影響、効果をみるにはさらに調査をする必要がある。一方、全般的には大洞沢より貝沢のほうが細胞密度は高い傾向がある。日本の河川の付着藻類密度の平均的な値は2,000～6,000細胞/mm<sup>2</sup>とされているが、これからみると両溪流の密度は非常に低い値を示している。ただし今回調査した2溪流は河川上流部、源流部という特殊性もあり単純に日本の平均値と比較することはできない。

付着藻類群落構造の比較を森下のCλ法（Morishita, 1959）を用いて2溪流それぞれの季節間の比較および溪流間の比較を試みた。この値は1に近いほど比較する二つの群落構造が類似していることを示す。

大洞沢（表7）：同一流域における上流部と下流部の比較をしてみると高い類似性を示しているのは8ケース中4ケースで、同じ流域のわずかの距離を隔てたところでも類似性が低いところもあり溪流環境の不安定さを示唆している。同一季節の実施流域と対照流域を比較すると2009年11月のように *Cocconeis placentula* が優占している地点に高い類似性がみられたが、他の季節の付着藻類群落は両流域で類似性は低い。また同一地点における季節間の比較をするといずれも類似性は低い。出現種を考慮にのけると同じ種が出現してもその比率が季節ごとに異なっているということになる。

貝沢（表7）：同一季節の流域間を比較をしてみると秋季および冬季における群落構造は高い類似性を示している。しかし樹冠形成が発達し始める4月は

表6 大洞沢、貝沢の付着珪藻類細胞密度（cells/mm<sup>2</sup>）

|           |      | 大洞沢  |       | 貝沢    |       |
|-----------|------|------|-------|-------|-------|
|           |      | 珪藻   | 藻類全体  | 珪藻    | 藻類全体  |
| 2009 11/8 | St.1 | 2.1  | 2.1   | 112.3 | 113.9 |
|           | 11/7 | St.2 | 2.3   | 2.6   | 22.6  |
|           |      | St.3 | 28.8  | 29.3  |       |
|           |      | St.4 | 17.9  | 91.0  |       |
|           | 平均   | 12.8 | 31.3  | 67.5  | 68.4  |
| 2010 2/16 | St.1 | 18.4 | 18.4  | 468.1 | 509.8 |
|           | 2/15 | St.2 | 1.7   | 6.0   | 54.0  |
|           |      | St.3 | 9.0   | 20.2  |       |
|           |      | St.4 | 23.9  | 83.4  |       |
|           | 平均   | 13.3 | 32.0  | 261.1 | 282.0 |
| 2010 4/29 | St.1 | 17.0 | 17.0  | 20.6  | 24.0  |
|           | 4/28 | St.2 | 1.7   | 6.6   | 62.9  |
|           |      | St.3 | 39.1  | 39.1  |       |
|           |      | St.4 | 1.5   | 2.0   |       |
|           | 平均   | 14.8 | 16.2  | 41.8  | 57.3  |
| 2010 8/4  | St.1 | 2.6  | 3.8   | 5.7   | 11.5  |
|           | 8/3  | St.2 | 0.7   | 0.9   | 2.2   |
|           |      | St.3 | 2.9   | 32.5  |       |
|           |      | St.4 | 9.8   | 499.3 |       |
|           | 平均   | 4.0  | 134.1 | 4.0   | 7.7   |

注) 日付の上段は大洞沢、下段は貝沢の調査日

表7 C λ法による藻類群落構造の類似性 (値が1に近いほど類似度が高い)

## 大洞沢

## ・同一流域における上流部と下流部の比較

| 2009 11/8 |          |          |
|-----------|----------|----------|
|           | St.1(上流) | St.2(下流) |
| St.2      | 1.0      |          |
| 2010 4/29 |          |          |
|           | St.1(上流) | St.2(下流) |
| St.2      | 0.1      |          |
| 2009 11/8 |          |          |
|           | St.3(上流) | St.4(下流) |
| St.4      | 0.2      |          |
| 2010 4/29 |          |          |
|           | St.3(上流) | St.4(下流) |
| St.4      | 0.6      |          |

| 2010 2/16 |          |          |
|-----------|----------|----------|
|           | St.1(上流) | St.2(下流) |
| St.2      | 0.1      |          |
| 2010 8/4  |          |          |
|           | St.1(上流) | St.2(下流) |
| St.2      | 1.0      |          |
| 2010 2/16 |          |          |
|           | St.3(上流) | St.4(下流) |
| St.4      | 1.0      |          |
| 2010 8/4  |          |          |
|           | St.3(上流) | St.4(下流) |
| St.4      | 1.0      |          |

## ・対照流域と実施流域間の比較

| 実施流域      |      |      |  |
|-----------|------|------|--|
| 2009 11/8 |      |      |  |
|           | St.1 | St.2 |  |
| 対照流域 St.3 | 0.9  | 0.9  |  |
| St.4      | 0.2  | 0.2  |  |
| 2010 4/29 |      |      |  |
|           | St.1 | St.2 |  |
| St.3      | 1.0  | 0.1  |  |
| St.4      | 0.5  | 0.4  |  |
| 2010 2/16 |      |      |  |
|           | St.1 | St.2 |  |
| St.3      | 0.3  | 0.1  |  |
| St.4      | 0.2  | 0.0  |  |
| 2010 8/4  |      |      |  |
|           | St.1 | St.2 |  |
| St.3      | 0.5  | 0.3  |  |
| St.4      | 0.5  | 0.3  |  |

## ・同一流域の同一地点における季節間 (2009 11/8, 2010 2/16, 4/29, 8/4) の比較

|      | 2009.11 | 2010.2 | 2010.4 | 2010.8 |
|------|---------|--------|--------|--------|
| St.1 | 2009.11 | 0.5    | 0.5    | 0.8    |
|      | 2010.2  |        | 0.4    | 0.4    |
|      | 2010.4  |        |        | 0.2    |
| St.2 | 2009.11 | 0.1    | 0.1    | 0.9    |
|      | 2010.2  |        | 1.0    | 0.1    |
|      | 2010.4  |        |        | 0.1    |
| St.3 | 2009.11 | 0.5    | 0.1    | 0.1    |
|      | 2010.2  |        | 0.1    | 0.8    |
|      | 2010.4  |        |        | 0.0    |
| St.4 | 2009.11 | 0.9    | 0.2    | 0.9    |
|      | 2010.2  |        | 0.2    | 0.8    |
|      | 2010.4  |        |        | 0.0    |

## 貝沢

## ・同一季節の流域間 (St.1-St.2) の比較

| 2009 11/7 |      |      |
|-----------|------|------|
|           | St.1 | St.2 |
| St.1      |      | 0.9  |
| 2010 4/28 |      |      |
|           | St.1 | St.2 |
| St.1      |      | 0.2  |
| 2010 2/15 |      |      |
|           | St.1 | St.2 |
| St.1      |      | 0.9  |
| 2010 8/3  |      |      |
|           | St.1 | St.2 |
| St.1      |      | 0.6  |

## ・同一流域の同一地点における季節間 (2009 11/7, 2010 2/15, 4/28, 8/3) の比較

|      | 2009.11 | 2010.2 | 2010.4 | 2010.8 |
|------|---------|--------|--------|--------|
| St.1 | 2009.11 | 1.0    | 1.0    | 0.6    |
|      | 2010.2  |        | 1.0    | 0.6    |
|      | 2010.4  |        |        | 0.7    |
| St.2 | 2009.11 | 0.8    | 0.2    | 0.7    |
|      | 2010.2  |        | 0.4    | 0.6    |
|      | 2010.4  |        |        | 0.2    |

類似性は低くなり8月になると多少回復してくる。同一流域の季節間の比較をしてみるとSt.1は平均0.8であり、季節を通して藻類群落構造は類似していると考えられる。St.2は平均0.5で季節間でやや類似しているとみられる。

大洞沢および貝沢において類似性の低いところはいずれも叢状群体を形成する藍藻の *Chamaesiphon minutus* や *Homoeothrix janthina* および糸状体を形成する緑藻の *Ulothrix* sp. が優占的に出現している地点である。藻類群落が主に珪藻で形成されている地点の類似性は高くなる傾向がある。また出現種が類似していても各種の出現率が異なると群落構造の類似性は低くなる。その大きな原因が上記した群体形成する藍藻の出現である。このようなことにより両沢は微妙な環境の差異で藻類群落組成が変化し結果として類似性は低くなる傾向が生じる。

今回調査した大洞沢、貝沢のような山地溪流の源流部は水深も浅く川幅も狭く、環境の小さな変化にもそこに生育する底生生物は大きな影響を受ける。流速に関しては流速に応じて適応した藻類の発達が見られるが、多様性は低い。付着藻類細胞密度は極端に低い。これは流速の影響のみならず、浮遊砂による剥離、光量子の不足などが関係していると考えられる。今回の付着藻類の調査から対象とした2溪流は非常に不安定な環境下にあることが明らかになり、これらを解決するためには森林、特に溪畔林の整備、それに関係した林床環境の保全、特に大洞沢に対しては下草保全の対策が急務である。今後の課題としては、付着藻類は前述したように微環境の変化に影響をうけるので環境の指標生物としては優れているが、採集においては毎回統一した条件下で採集することが正確な解析に必要であると考ええる。

## V 謝 辞

本調査実施にあたり現場の詳細な情報を提供してくださった神奈川県自然環境保全センターの연구원の方々に感謝申し上げます。特に珪藻の同定に関しては藻類研究所の福島博博士には多大なるご助言をいただき厚くお礼を申し上げます。また、データ解析にあたりコンピュータソフトの開発およびデータの整理にご尽力下さった元湘南短期大学講師の高井耕一

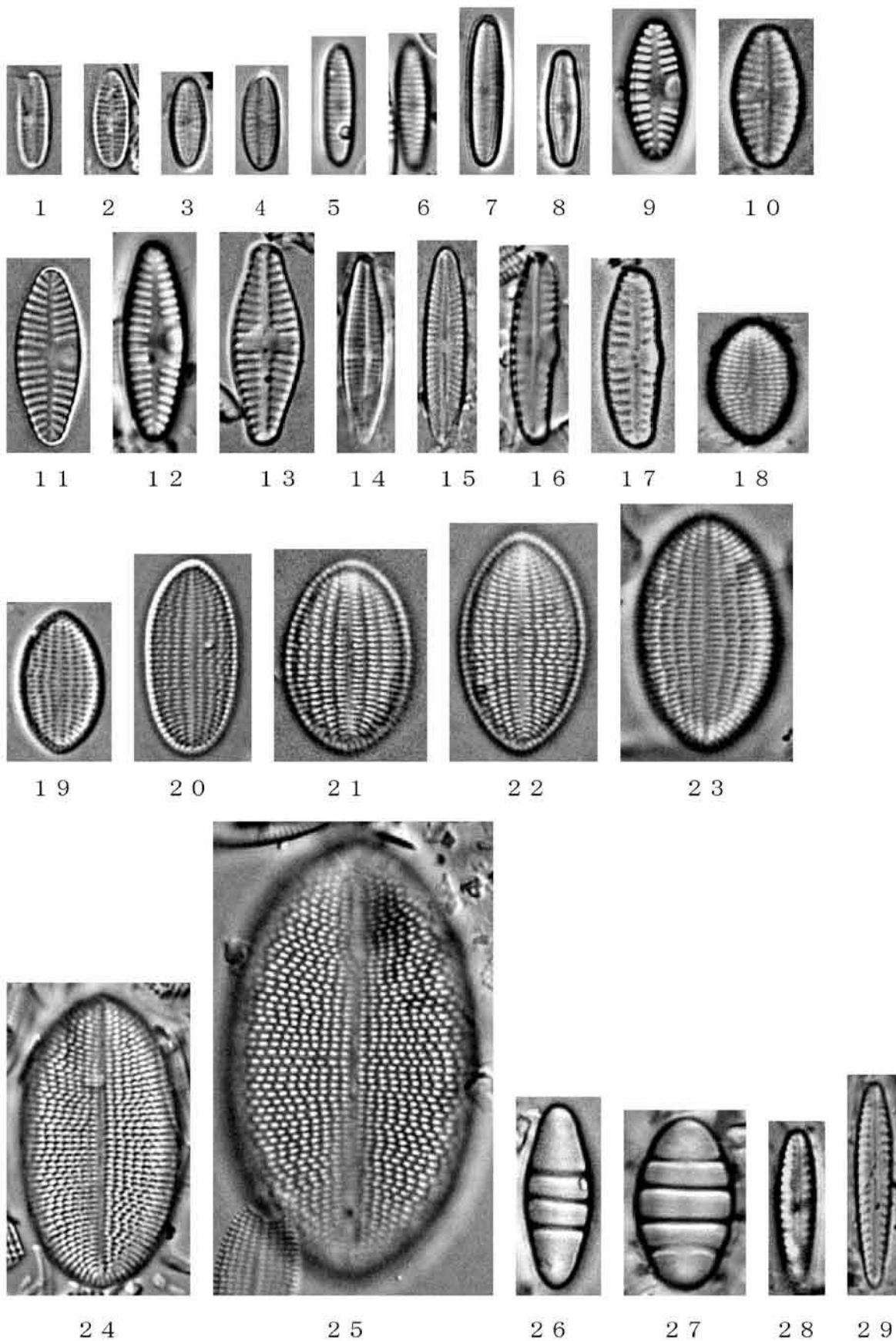
先生に感謝する。

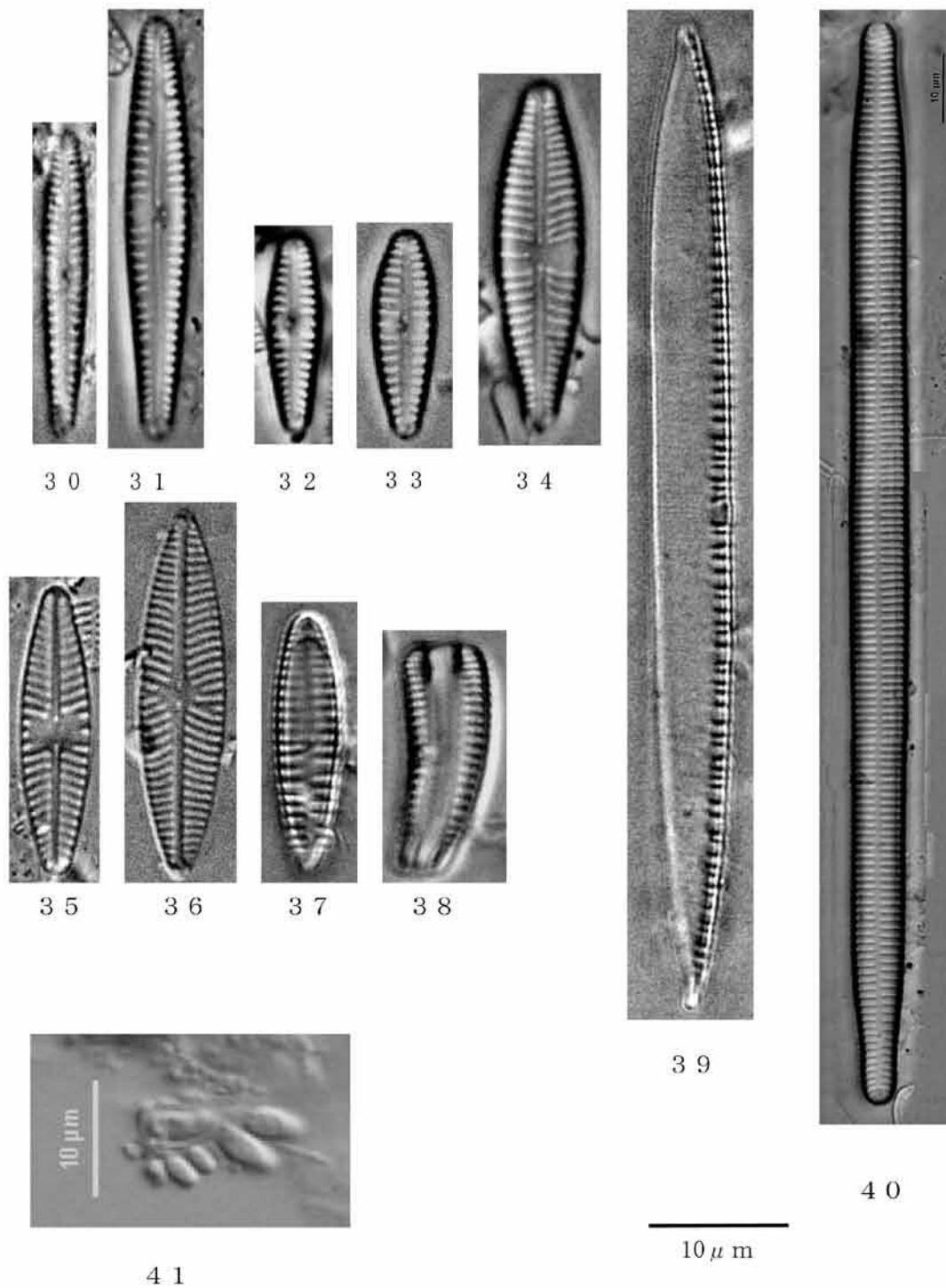
## VI 参考文献

- Blum, J. L. (1960) Algal population in flowing waters. Spec. Publs. Pymatuning Lab. Fld. Biol. 2:11-21.
- 福島博 (1968) 生物学的水質判定. 横浜市立大学論叢 自然科学系列 20 (1): 33-92.
- 福島博・小林艶子・寺尾公子 (1980) 付着藻の優占種と多様性指数、とくに優占種により群集構造を比較する方法. 日本水処理生物誌 12 (1・2): 30-32.
- Gumtow, R. B. (1955) An investigation of the periphyton in a riffle of the West Gallatin River, Montana. Trans. Amer. Microsc. Soc. 74:278-292.
- Hustedt, F. (1930) Bacillariophyta. In (Pascher, A. ed.) Süßwasser flora von Mitteleuropa. Heft 10. 466pp. Gustav Fischer, Jena.
- Jones, J. R. E. (1951) An ecological study of the River Towy. J. Anim. Ecol. 20:68-86.
- Keithan, E. D. and R. L. Lowe (1985) Primary productivity and spatial structure of phytolithic growth in streams in the Great Smoky Mountains National Park, Tennessee. Hydrobiologia 123:59-67.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986) Süßwasser flora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 1. Teil : Naviculaceae. 876pp. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1988) Süßwasser flora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 2. Teil : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 610pp. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991a) Süßwasser flora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 576pp. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991b) Süßwasser flora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 4. Teil : Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. 437pp. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

- Mark A. Lamb and Rex L. Lowe (1987) Effect of current velocity on the physical structuring of diatom (Bacillariophyceae) community. *Ohio J. Sci.* 87 (3) : 72-78.
- McIntire, C. D. (1966) Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams. *Hydrobiologia* 27: 559-570.
- McIntire, C. D. (1968) Structural characteristics of benthic algal communities in laboratory streams, *Ecology* 49: 520-537.
- Morishita, M. (1959) Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. (Biol.)*, 3 (1) : 65-79.
- 元村 勲 (1943) 群集の統計的取扱について (続報). *生態学研究* 9 (2) : 117-119.
- Patrick, R. (1964) Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. In D. Werner (ed.) *The biology of diatoms*. 284-356. Blackwell Sci. Pub.
- Reisen, W. K. and D. J. Spencer (1970) Succession and current demand relationships of diatoms on artificial substrates in Prater's Creek, South Carolina. *J. Phycol.* 6: 117-121.
- Smith, G. M. (1950) *The fresh-water algae of the United States*. 719pp. McGraw-Hill, New York.
- Stevenson, R. J. (1996) The stimulation and drag of current. In Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL (eds) *Algal ecology*. Academic Press, San Diego, pp321-340.
- Whitford, L. A. (1956) The communities of algae in the springs and spring streams of Florida. *Ecology* 37: 433-442.
- 渡辺仁治編著 (2005) 淡水珪藻生態図鑑、666pp. 内田老鶴圃、東京.
- 山本亮介・松梨史郎・下垣久 (2003) 移動粒子を伴う流れの付着藻類剥離効果. *水工学論文集* 47 : 1069-1074.
- Zimmerman, P. (1961) Experimentelle Untersuchungen über die ökologische wirkung der Stromgeschwindigkeit auf die Levensgemeinschaft des fliessenden Wassers, Schweiz. *Z. Hydrol.* 23: 1-81.

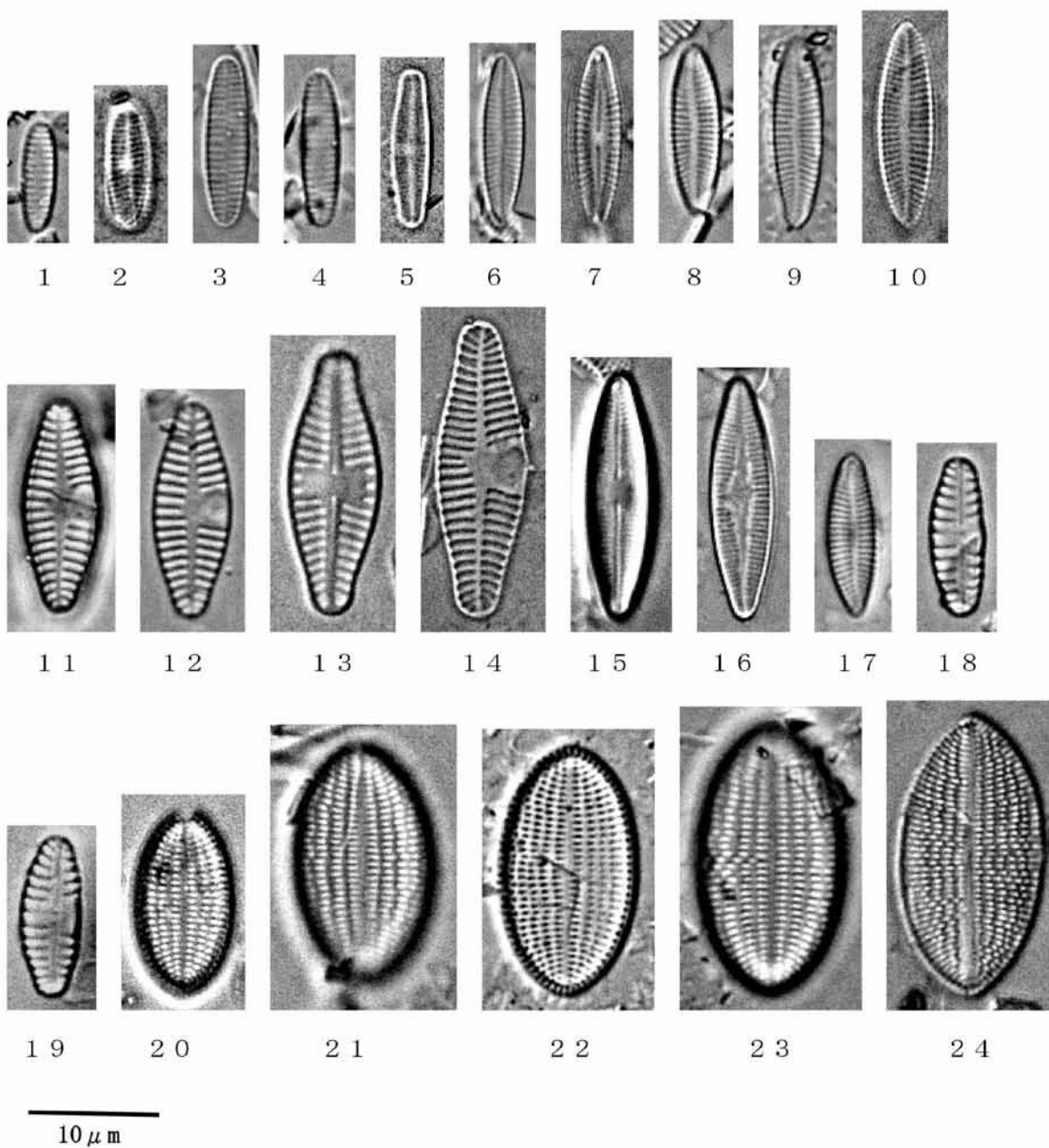
## 大洞沢に出現した主な付着藻類 (×2,000)



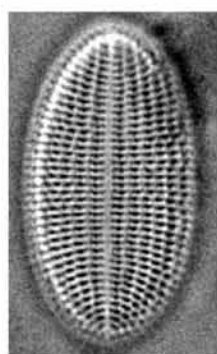


1-7: *Achnanthes japonica*, 8: *Ach. minutissima* var. *minutissima*, 9-13: *Ach. lanceolata*, 14-15: *Ach. subhudsonis*, 16-17: *Cymbella sinuate*, 18-23: *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, 24-25: *Cocconeis placentula* var. *lineata*, 26-27: *Diatoma mesodon*, 28-31: *Gomphonema* spp., 32-34: *Gomphonema parvulum*, 35: *Navicula veneta*, 36: *Nav. cryptotenella*, 37-38: *Rhoicosphenia abbreviata*, 39: *Nitzschia linearis*, 40: *Synedra ulna*, 41: *Chamaesiphon minutus*

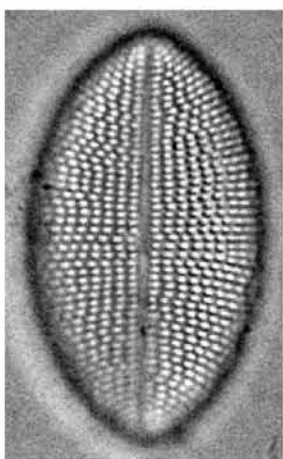
## 貝沢に出現した主な付着藻類 (×2000)



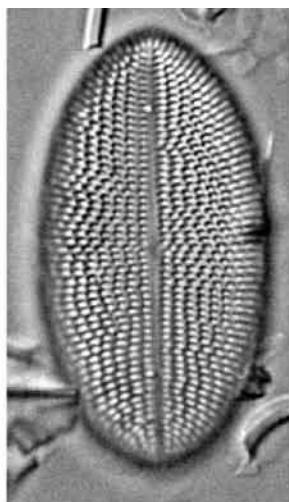
1-4: *Achnanthes japonica*, 5: *Ach. minutissima* var. *minutissima*, 6-10, 17: *Ach. subhudsonis*  
 11-14: *Ach. lanceolata*, 15-16: *Ach. lapidosa*, 18-19: *Cymbella sinuata*, 20-24: *Cocconeis*  
*placentula* var. *euglypta*



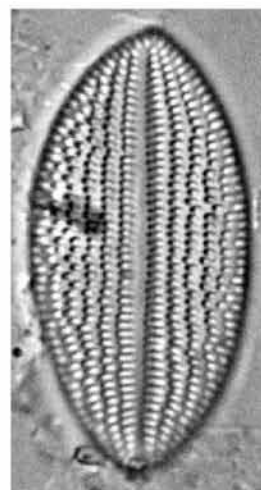
25



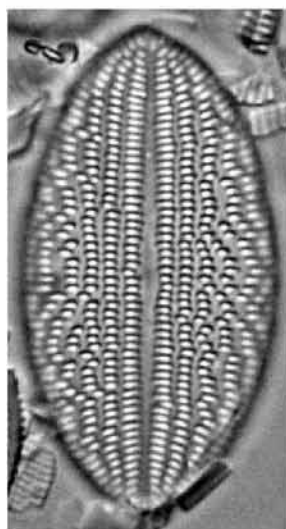
26



27



28



29



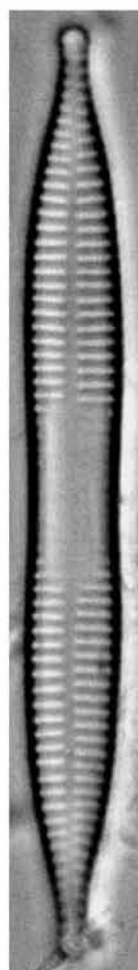
30



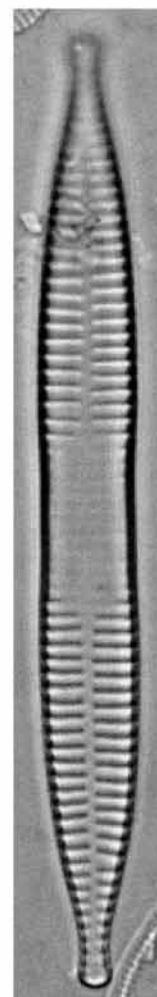
31



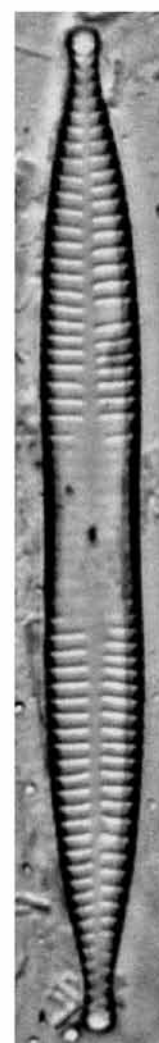
32



33



34



35

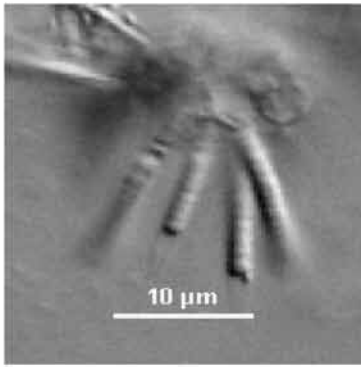
10  $\mu$  m

25-27: *Cocconeis placentula* var. *lineata*

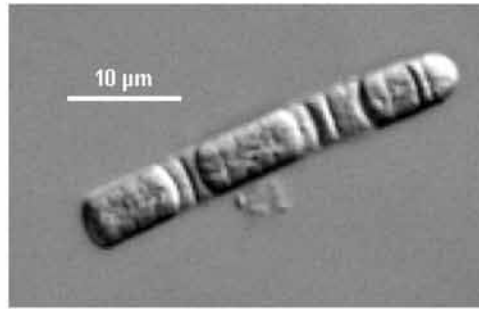
28-29: *Cocconeis placentula* var. *euglypta*

30-32: *Gomphonema parvulum*

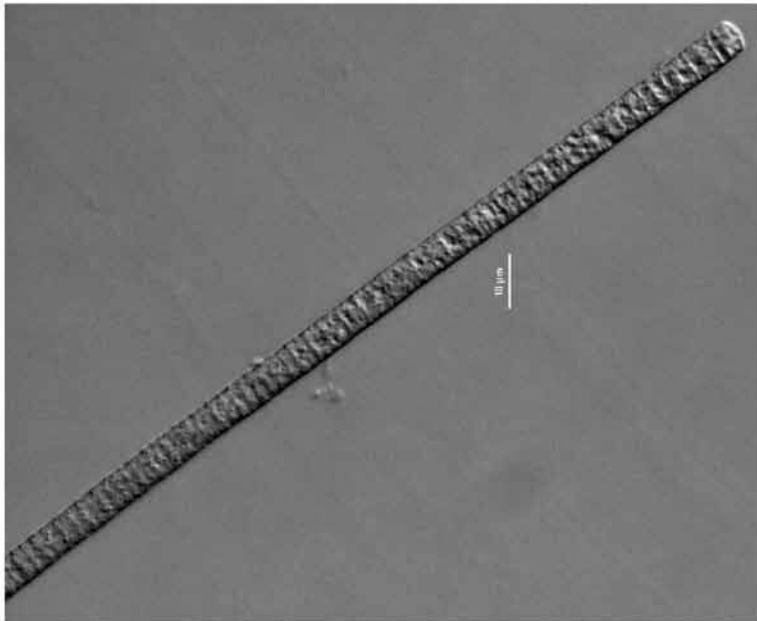
33-35: *Synedra ulna* var. *oxyrhynchus*



3 6



3 7



3 8

36: *Homoeothrix janthina*, 37-38: *Oscillatoria* sp.