

## 木崎湖における車軸藻類の分布 (2001 ~ 2002)

樋口澄男\*・北野 聡\*\*・近藤洋一\*\*\*・野崎久義\*\*\*\*・渡邊 信\*\*\*\*\*

ソウギョ *Ctenopharyngodon idells* の放流により 1980 年代後半に水草帯が全滅した木崎湖において、2001~2002 年に潜水調査を主体にして、車軸藻類および大型水生植物の分布調査を行った。抽水・浮葉植物は主に北岸で回復が始まっていた。沈水植物はセキシヨウモ *Vallisneria asiatica* Miki, コカナダモ *Elodea nuttallii* (Planch.) St. Jhon, ヒメフラスコモ *Nitella flexilis* (Linnaeus) Agardh var. *flexilis* が主要種として多くの調査地点で観察された。ヒメフラスコモは西岸の広い面積において車軸藻帯を形成していた。過去に広く分布していたシャジクモ *Chara braunii* Gmelin は観察されなかった。絶滅した固有種車軸藻キザキフラスコモ *Nitella minispora* Imahori の埋没卵胞子の回収のため、木崎湖底質を採取し、発芽試験を試みたが、発芽は認められなかった。

キーワード：木崎湖，車軸藻類，復元，ヒメフラスコモ，潜水調査

### 1. はじめに

湖沼の大型水生植物（以下、水草）帯は湖沼生態系における生物種多様性の維持や汚濁物質の分解など、多様な機能を有しており、湖沼の水環境を保全する上で、水草帯の復元・保全は重要である<sup>1)</sup>。車軸藻類は水草帯の深部でしばしば車軸藻帯を形成するが<sup>2)</sup>、水底で育成するため透明度の低下による生育環境悪化等の影響を受けやすい<sup>3)</sup>。車軸藻類は近年、著しく分布が減少しており、国内に分布する殆どの種が絶滅～絶滅危惧 I 種に選定されている<sup>4),5)</sup>。しかし長野県内で車軸藻を対象にした分布調査は少なく、現況を把握することは急務である<sup>2),4),6)</sup>。

長野県北部の大町市に位置する木崎湖は標高 764 m、面積 1.4 km<sup>2</sup>、最大水深 29.5 m の中栄養湖である<sup>7)</sup>。長野県を代表する湖沼の 1 つとして大正期以来、水質や生物の分布についての記録があり、1970 年代までは 30 種類前後の水草が記録されている<sup>8)~11)</sup>。1956 年には車軸藻を対象にした調査が行われており、その分布域や固有種キザキフラスコモが記録された<sup>6)</sup>。1980 年以降は湖沼生態系の変動が著しく、富栄養化の進行<sup>12)</sup>、淡水赤潮の発生<sup>13)</sup>などが続いた。1980 年代初頭には外来植物コカナダモが著しく増殖し、その抑制を目的に放流されたソウギョにより、水草帯は壊滅的な被害を受け、1980 年

代末には木崎湖内で水草は殆ど観察されなくなった<sup>14),15)</sup>。しかし、1990 年代中頃にはソウギョの摂食圧が低下したと推定され、水草が再び観察されるようになり、1999 年の調査では水草が増加していることが示された<sup>11)</sup>。これらの調査では、主にアンカー型水草採取器による沈水植物を採取する方法により、分布の確認を行ってきた。

ソウギョの放流により水草帯が全滅した長野県北部の野尻湖では<sup>15)</sup>、1995 年から野生絶滅車軸藻ホシツリモ *Nitellopsis obtusa* Groves の復元を中心に、水草帯復元のための実験が行われている。実験ではスキューバ潜水により生物相互の関係が直接視認され、ホシツリモの湖内での復元には水草帯など共存生物を含めた生育環境全体の復元が必要であることが推定された<sup>16)</sup>。

水草の回復の兆しが見え始めた木崎湖で車軸藻類の分布調査を行うことは、全滅状態からの車軸藻類の回復過程を把握すること、および野尻湖など同様な問題を抱える湖沼において車軸藻類や水草帯を復元するための直接的な参考例として役立つと考えられる。そこで 2001~2002 年に木崎湖においてスキューバ潜水を主体にした車軸藻類および水草の分布調査を行ったので報告する。

\* 長野県環境保全研究所 環境保全チーム，〒380-0944 長野市安茂里米村 1978

\*\* 長野県環境保全研究所 自然環境チーム，\*\*\* 野尻湖ナウマンゾウ博物館，

\*\*\*\* 東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻，\*\*\*\*\* 国立環境研究所，

## 2. 材料と方法

### 2.1 調査期間

潜水調査および船上からの目視調査を2001年9月18日、2002年8月1日および8月27日に実施した。また2001年9月19日および2002年8月24日に陸上からの目視調査を行った。2002年8月1日に埋没卵胞子調査のための底質を採取した。

### 2.2 調査地点

調査地点を図1に示す。ここでは沿岸部の地形からA-Eの調査区間を設定した。潜水調査は11箇所(図1, ①~⑪)で実施した。埋没卵胞子調査は1956年のキザキフラスコモ分布地と推定される地点(図1のA区間Nm地点)で実施した。底質採取地点は図1のNm地点を中心に水深1~5mの範囲の18地点とした(図2)。

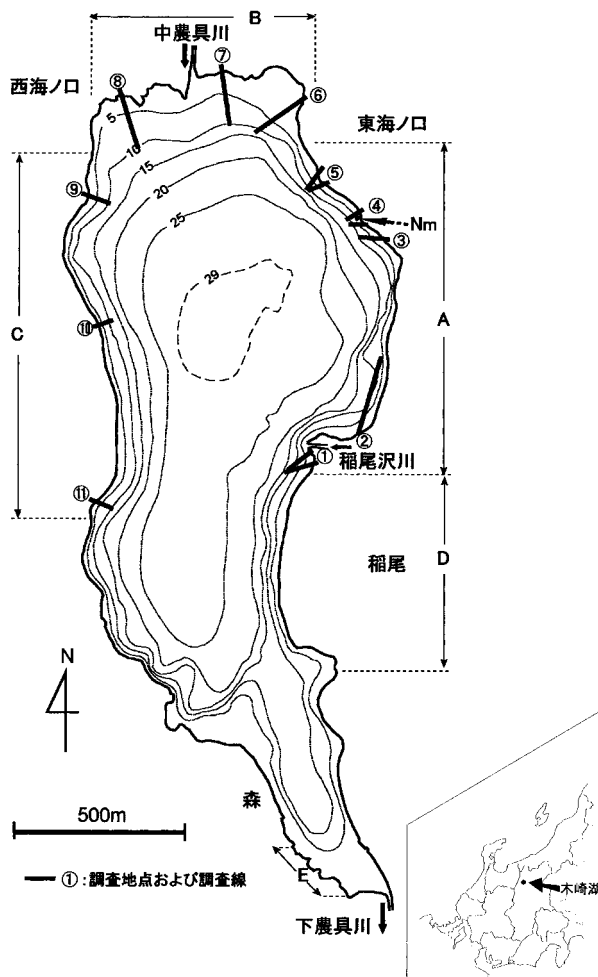


図1 調査地点 A~Eは調査区間  
(井内<sup>17)</sup> から再描画・加筆)

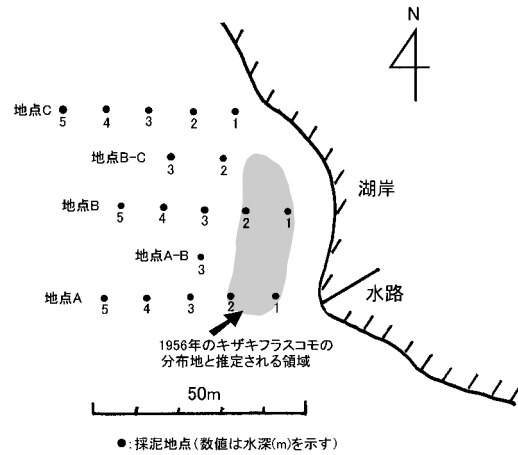


図2 埋没卵胞子調査地点概略  
(図1 A区間Nm地点を拡大)

### 2.3 調査方法

#### 2.3.1 目視調査

船上から目視により湖岸付近の抽水および浮葉植物の観察を行った。東岸(D区間)および西南部湖岸(E区間)については湖岸道路および船上から抽水・浮葉植物の目視調査を行った。これらの植物の分類は日本水草図鑑<sup>18)</sup>に拠った。

#### 2.3.2 潜水調査

調査担当者がスキューバ潜水を行い、水中ビデオカメラを用いて水中の沈水植物を撮影し、画像に記録した。水中ビデオカメラはデジタルビデオカメラレコーダー(ソニー製DCR-TRV17K, 同DCR-TRV50)に水中ハウジング(MPK-DVF4)を装着して用いた。ライン・トランセクト法に準じて各調査地点の湖岸線に出来るだけ直角に調査線を設定し、これを中心に所定の水深までジグザグに進んでそのほぼ全行程の湖底を撮影した。調査水深を記録するため、必要に応じて水深計の表示値を撮影した。撮影した画像を後日再生し、文献<sup>18), 19)</sup>により出現した植物を分類した。

#### 2.3.2 埋没卵胞子調査(底質の発芽試験)

底質はスキューバ潜水により採取した。採取容器は上面23cm四方、高さ35cmのプラスチック容器を用い、約5lの底質を採取して容器内の底質の厚さが約10cmになるように調節した。この容器を環境保全研究所建物北側の半日陰になる屋外に置き、容器上部まで水道水を加えた。陸上植物種子の混入防止や光量調整を目的に、2重の白色寒冷紗を用いて容器をテント状に覆い、静置した(図3, 4)。冬季を除いて月1回の観察を行い、発芽した植物を同定した。容器内で生育する巻き貝は藻類の食害を防

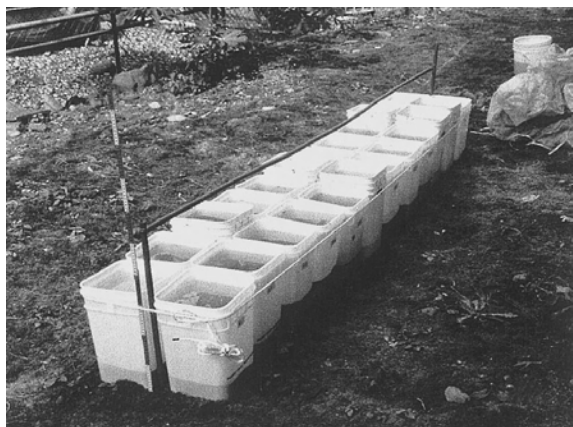


図3 埋没卵胞子調査 (底質からの発芽試験 容器)

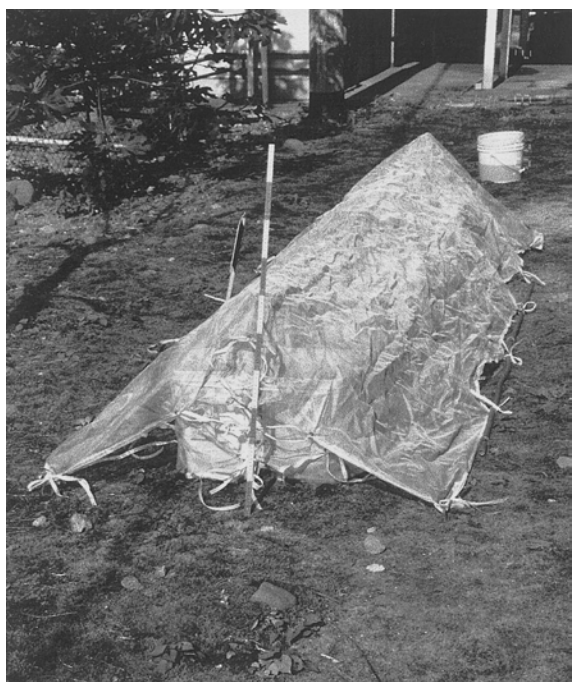


図4 埋没卵胞子調査 (底質からの発芽試験 全景)

止するため除去した。観察は2003年10月までの2シーズンにわたり実施した。2003年4月には発芽促進を目的に底質を攪拌した。

### 3. 調査結果

#### 3.1 調査地点の地形の概況および抽水・浮葉植物の分布

A・D区間：この区間は木崎湖東部の堆積湖岸で、湖底は主に砂および直径10cm程度以下の小さな礫であった。湖岸の大部分はコンクリートあるいは石積み護岸であり、抽水・浮葉植物帯が形成された部分は少なかった。一部の湖岸では護岸に沿って沖出し幅1m前後のヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. またはツルヨシ *Phragmites japonica* Steud.

の群落が分布していた。湾状の湖岸部分ではヨシの他にマコモ *Zizania latifolia* Turez., アサザ *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze が分布していた。D区間の稲尾地区では湖岸から離れた水面下にコウホネ *Nuphar japonicum* DC. の沈水葉および沈水植物ヒロハノエビモ *Potamogeton perfoliatus* L. が観察された。D区間南部の湾状湖岸部分ではヨシ、マコモ、ウキヤガラ *Balboschoenus fluviatilis* (Torr.) T. Koyama subsp. *Yagara* (Ohwi) T. Koyama, ヒメホタルイ *Schoenoplectus lineolatus* (Fr. et Sav.) T. Koyamaの抽水植物帯が形成され、その沖側にはヒルムシロ *Potamogeton distinctus* A. Benn., アサザの小規模な浮葉植物帯が形成されていた。

B区間：この区間は木崎湖北部に位置し、中部農具川下流部の沖積地の地先であり、遠浅の湖底は細礫が混じる砂泥が主体であった。北側の陸上部は海ノ口の水田地帯で、小さな段差の石積み護岸を介して湖水面に連なる地形になっていた。湖岸付近はヨシ、マコモ、ウキヤガラ、ヒメホタルイを主体とした密度が高く、広い抽水植物帯が形成されていた。その沖側の一部にコウホネ、アサザの群落が形成されており、抽水・浮葉植物帯の湖岸線からの沖出し幅は、東北側の最奥部で最大20m以上に達していた。

C区間：木崎湖西側の山地が急傾斜で木崎湖に落ち込む地点に位置する浸食湖岸で、湖底は人頭大以上の大きな岩を主体としたガレ場となっていた。その岩の間に砂泥が堆積し、汀線付近に貧弱なツルヨシ群落が分布していた。

E区間：ヨシ、ガマ、ヒメホタルイが分布していた。

#### 3.2 沈水植物および車軸藻類の分布

潜水調査により観察された沿岸部湖底の沈水植物および車軸藻類の分布は、沖積湖岸のAおよびB区間と、浸食湖岸のC区間との間で、植物の分布水深に差が見られた。

なお潜水調査で分布が確認された車軸藻類は、主軸の節間細胞および小枝の長さおよび太さの特徴からヒメフラスコモとした<sup>5), 19)</sup>。

AおよびB区間：この区間における代表的な車軸藻類および水草の分布モードとして、調査地点⑤の垂直分布を図5に示す。湖岸部の抽水・浮葉植物帯の外側から水深2m付近まではセキショウモが優占してマット状の密な単一群落を形成し、一部にパッチ状のコカナダモ群落が形成されていた。セキショウモ群落の発達著しく、葉の長さは50cmを超えるも



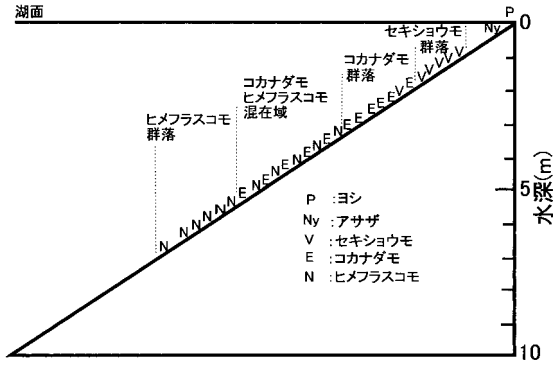


図5 調査地点⑤における植物の垂直分布の概略

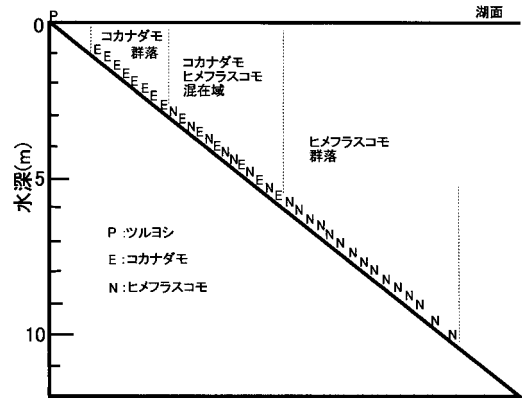


図6 調査地点⑩における植物の垂直分布の概略

のもあり、多数の花茎を水面に伸ばしていた。水深約2～4mではコカナダモが優占し、高さ約20～30cm程度のマット状の群落を形成していた。コカナダモ群落中には僅かであるがクロモ *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle が混在していた。水深約3～4.5mではコカナダモとヒメフラスコモが混在し、水深約4.5～5.5mでは高さ約30cm前後のヒメフラスコモ群落を形成されていた。水深6m以深ではヒメフラスコモは減少し、水深7m以深には車軸藻類および他の水草の分布は認められなかった。

⑥および⑦地点では湖底の勾配が⑤地点と異なるものの、車軸藻類および水草の垂直分布はほぼ同様であり、水深6m付近でヒメフラスコモが単一群落を形成していた。

③④および⑧地点では地点によって量の違いはあるものの、何れも浅い部分にセキシウモが分布し、その沖側にコカナダモが分布していた。またヒメフラスコモは少ないか、あるいは観察されなかった。

②地点では水深5m付近で少量のヒメフラスコモの分布が観察された。湾状湖岸の①地点では湾内にセキシウモ、コカナダモが分布するが、全体的に植物の分布は少なかった。

C区間：地点⑩の垂直分布を図6に示す。汀線から水深1mの間は沈水植物の分布は見られなかった。水深1～5.5mはコカナダモの分布範囲であり、水深約1～3mで高さ20～30cmのマット状の単一群落を形成していた。水深3～5.5mはコカナダモとヒメフラスコモが混在しており、水深が増すと共にヒメフラスコモが増加した。水深5.5～10.5mはヒメフラスコモが高さ約30～40cmの単一群落を形成していた。中でも水深6m～9mではヒメフラスコモの生育密度が高く、また等水深線方向に高さ40cm程度の群落が続いている様子が記録された。

水深9m以深では次第に減少し、水深10.5m以深では車軸藻類および水草の分布は認められなかった。コカナダモとヒメフラスコモの混在域を図7に、ヒメフラスコモの群落を図8に示す。

⑨地点における水草の分布は⑩地点と類似しているが、水深0～1mの間にセキシウモ群落が分布し、また水深6m以深のヒメフラスコモは⑩地点に比べて少なかった。⑪地点では⑩地点とほぼ同じ垂直分布であった。

E地点：船上からの目視によりセキシウモ、コカナダモ、ヒロハノエビモの分布が認められた。

以上の潜水調査全体を通じてヒメフラスコモ以外の車軸藻類の分布は認められなかった。

### 3.3 埋没卵孢子調査

調査開始前の湖底の観察では、過去のキザキフラスコモの分布地と推定される地点でセキシウモおよびコカナダモのマット状群落を確認された。車軸藻類の分布は認められなかった。18調査地点で採取した20試料を2年間静置して観察した結果、車軸藻類の発芽は認められず、セキシウモ3株、ヒメホタルイ1株の発芽が観察された。

### 3.4 出現生物一覧

A～E区間で視認された植物および水中ビデオカメラに記録された動植物を表1、表2に示す。植物は15種、動物は8種が確認された。



図7 ヒメフラスコモ・コカナダモ混在域



図8 ヒメフラスコモ群落 (コカナダモが僅かに混在)

表1 本調査で確認された植物

和名	学名	絶滅危惧ランク	
		環境省 <sup>(5), 20)</sup>	長野県 <sup>(21)</sup>
沈水・浮葉植物			
シャジクモ科			
ヒメフラスコモ	<i>Nitella flexilis</i> (Linnaeus) Agardh var. <i>flexilis</i>	CR+EN	
トチカガミ科			
クロモ	<i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle		CR
コカナダモ*	<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) St. John		
セキショウモ	<i>Vallisneria asiatica</i> Miki		EN
ヒルムシロ科			
ヒロハノエビモ	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.		VU
ヒルムシロ	<i>Potamogeton distinctus</i> A. Benn		
イトモ	<i>Potamogeton pusillus</i> L.		VU
ミツガシワ科			
アサザ	<i>Nymphoides peltata</i> (Gmel.) O. Kuntze	VU	EN
抽水植物			
イネ科			
ツルヨシ	<i>Phragmites japonica</i> Steud.		
ヨシ	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.		
マコモ	<i>Zizania latifolia</i> Turcz.		
ガマ科			
ガマ	<i>Typha latifolia</i> L.		
カヤツリグサ科			
ウキヤガラ	<i>Bolboschoenus fluviatilis</i> (Torr.) T. Koyama subsp. <i>Yagara</i> (Ohwi) T. Koyama		
ヒメホタルイ	<i>Schoenoplectus lineolatus</i> (Fr. et Sav.) T. Koyama		
スイレン科			
コウホネ	<i>Nuphar japonicum</i> DC.		NT

\* : 国外外来種

表2 潜水調査で確認された動物

カンテンコケムシ*	<i>Asajirella gelatinosa</i>
カワナ科の一種	Pleuroceridae sp.
タニシ科の一種	Viviparidae sp.
テナガエビ	<i>Macrobrachium nipponense</i> (De Haan)
トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OR
オイカワ	<i>Zacco platypus</i>
オオクチバス**	<i>Micropterus salmoides</i>
コクチバス**	<i>Micropterus dolomieu</i>

\* : 準絶滅危惧 (NT)<sup>(22)</sup>      \*\* : 国外外来種

## 4. 考察

### 4.1 抽水・浮葉植物の分布

抽水・浮葉植物帯の回復状況は各調査区間で異なっていた。

AおよびD区間では、湾状湖岸部分で沖出し幅数mの抽水・浮葉植物帯が復元されつつある。しかし大部分の湖岸では抽水・浮葉植物帯は無く、僅かな部分に沖出し幅1m程度のヨシ帯が分布するのみであり、回復は遅れている。木崎湖全体では人工湖岸は80%以上に達するが<sup>7)</sup>、この区間はほぼ全面的に石積み等による人工湖岸であり、湾状湖岸部分以外は波の影響等により抽水・沈水植物帯の形成が阻害されていると推定された。

B区間は木崎湖では過去に最も水草帯が発達していた場所である<sup>10)</sup>。本調査では沖出し幅が20mを越える抽水・浮葉植物帯の形成が観察されるなど、水草帯の回復が進みつつあった。

この区間では1979年にはコウホネの著しい減少が見られ、その主な原因は冬季の湖水位低下による地下茎の凍結・枯死と考えられた<sup>23)</sup>。しかし本調査では比較的大きな群落を観察され、このようなコウホネの回復は、近年実施されている水位変動幅縮小化への取り組みの効果とも推定される<sup>24)</sup>。

C区間は1980年代の水草の全滅前から水草の分布が少ない場所ではあるが、過去に6種類の抽水・浮葉植物が記録されている<sup>10)</sup>。本調査では汀線付近に貧弱なツルヨシ群落を観察されたのみで、回復は遅れている。

以上のように木崎湖の一部で水草帯の回復が始まっているものの、1979年に測定された抽水・浮葉植物帯の沖出し幅がA～D区間で最大30m以上、B区間で最大80m以上であったことと比較すると<sup>10)</sup>、未だ回復の初期段階に止まっているといえよう。

### 4.2 沈水植物および車軸藻類

木崎湖では1927年にフラスコモ属 *Nitella* sp. が記録され<sup>8)</sup>、以後行われた調査ではフラスコモ属<sup>9)</sup>、ヒメフラスコモ<sup>2),11)</sup>およびオオフラスコモ *Nitella flexilis* Agardh var. *longifolia* Braun<sup>6)</sup>の記録がある。また本調査では前述のとおりヒメフラスコモの分布が確認された。これまでの分布や形態の記録および近年の分布状況から、本考察では木崎湖に広く分布

していた主要なフラスコモ属はヒメフラスコモとして検討を進める。ただし明らかに形態が異なるキザキフラスコモはこれに含まれない<sup>6)</sup>。

本調査における沈水植物および車軸藻類の主要種はセキショウモ、コカナダモおよびヒメフラスコモであった。これらの垂直分布はA・B区間（地点⑤—⑦）、C区間共に基本的には湖岸側からセキショウモ—コカナダモ—ヒメフラスコモの順に連続して分布する型であり、コカナダモとヒメフラスコモ群落の間は両者の混在域となっていた（図5,6）。A・B区間ではC区間に比べてヒメフラスコモの分布水深が浅く、少ない傾向にあった。一方、C区間では湖岸部がガレ場の2地点でセキショウモ群落を欠いていたが、基本的に同一型と考えられる。

1956年における垂直分布では抽水・浮葉植物帯に続き、水深が増すとともに沈水植物のクロモ、マツモ *Ceratophyllum demersum* L. あるいはシャジクモ *Chara braunii* Gmelinが分布していた。次にこれらとヒメフラスコモの混在域が続き、更にヒメフラスコモの単一群落へ移行していた<sup>6)</sup>。また1979年にも同様な垂直分布が観察されている<sup>10)</sup>。

このように1956年および1979年のクロモ、マツモおよびシャジクモが分布していた領域が、本調査の時点ではコカナダモに置換されていた。この置換はコカナダモが侵入して間もない1980年代前半に生じている<sup>10)</sup>。

コカナダモは木崎湖に侵入して定着した1980年代初頭には、高い群落を形成し、他の沈水植物の成長を凌駕した<sup>14)</sup>。しかしコカナダモの成長は底質中の利用可能な栄養塩の量に依存するため<sup>25),26)</sup>、最近では高さ20～30cm程度の成長に留まっており、底質中の利用可能な栄養塩が減少していると推定される。このことにより、車軸藻類の中では大型のヒメフラスコモがコカナダモと同じ程度の高さとなり、光の競合でコカナダモに敗れることなく、両者が混在することが可能になったと考えられる。

なお本調査の結果では、ヒメフラスコモ群落は東岸に比べると西岸の方が深い位置に分布しているが（図5,6）、これは1956年と同様であり、その理由は明らかでない。

今回の潜水調査を行った区間において推定されるヒメフラスコモの水平分布を図9に示す。東北部の水深6m付近の分布は1999年に示された分布と同様だが、今回は西岸の水深5.5～9mで、大規模なヒメフラスコモ帯の存在が推定された。これらの分

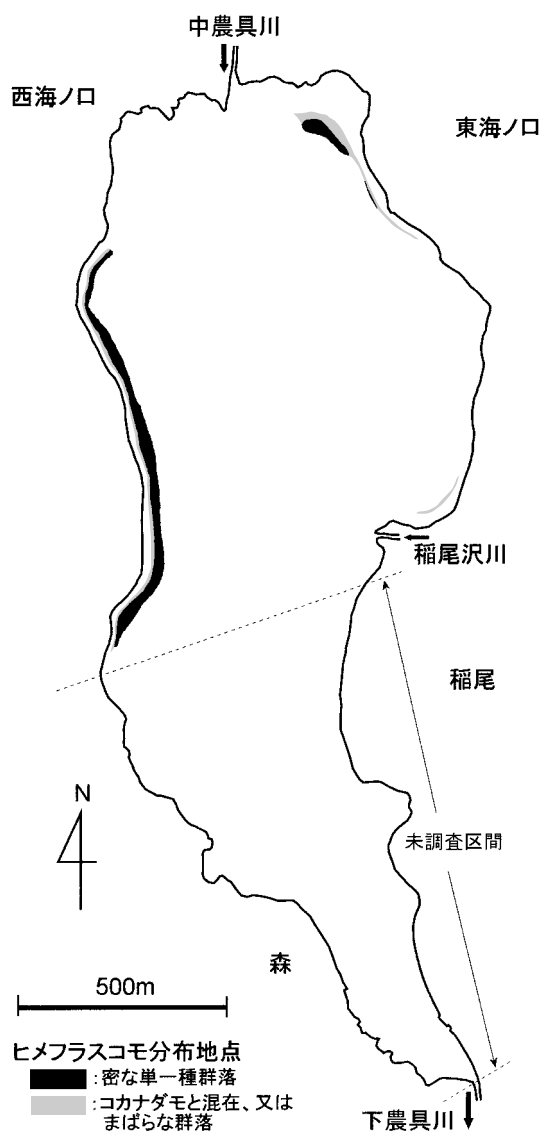


図9 木崎湖におけるヒメフラスコモの分布 (2001~2002)

布域は1956年の分布図<sup>6)</sup>と比べやや水深が浅いものの、ほぼ同様であった。なお1999年には、ヒメフラスコモとコカナダモは共に西岸には分布していないことから<sup>11)</sup>、両種は1999年以後、急速に分布を拡大したものと推定される。

ここまでの経過から、最近の木崎湖ではヒメフラスコモ帯はセキシウモヤコカナダモとほぼ同時期に回復している。野尻湖における復元実験では車軸藻ホシツリモはセキシウモヤクロモが共存することにより良好な生育が可能になった<sup>27)</sup>。木崎湖ではセキシウモヤコカナダモがヒメフラスコモと同時期に回復し、連続的に分布することにより、ヒメフラスコモの急激な成長を可能にしたとも考えられる。本来、クロモヤマツモ群落が果たしていたこれらの役割をコカナダモ群落が置換してしまった可能性が

考えられる。

#### 4.3 埋没卵孢子調査

キザキフラスコモは1956年に湖内の木崎湖内の水深1~2m地点1箇所で見出されたが、翌年以後、分布が確認されていない謎の多い種である<sup>6)</sup>。

本調査は木崎湖底質中に埋没・休眠している絶滅車軸藻類キザキフラスコモの卵孢子を発芽させて復元する可能性を調べるために実施した。そのため過去の分布地において多くの調査地点を設定し、また底質の沖方向への移動も考慮して水深5mまで調査範囲を拡大した。しかし発芽試験では、発芽は認められなかった。

これまで本調査方法により、水草が全滅した野尻湖において、1997年、絶滅危惧I種のキヌフラスコモ *Nitella gracilens* Morioka 4株を回収した<sup>28)</sup>。また1998年には千葉県手賀沼においてこの方法が適用され、絶滅種テガヌマフラスコモ *Nitella frucata* Agardh var. *fallosa* (Morioka) Imahori が回収された<sup>29)</sup>。このように本調査方法は絶滅あるいは全滅した車軸藻の検索に有効であるとされている。

キザキフラスコモは分布の確認以来、約50年が経過しており、卵孢子の発芽能力の低下、極めて狭い生育地点の特定、湖外からの土砂の流入等、調査を困難にしている要因も多い。今回の発芽試験の結果は、キザキフラスコモの絶滅からの回復が極めて困難であることを改めて示した。

#### 4.4 本調査で確認された生物

植物については1999年の調査では22種類が確認されていたが<sup>11)</sup>、本調査では15種類が確認された(表1)。本調査では植物群落内の詳細調査等を行わなかったこともあり、出現数が少ないが、稀少な種を含み、現状の水草帯の主要な種は把握されていると考えられる。なお1979年以前と比較すると、センニンモ *Potamogeton maackianus* A. Benn., トリゲモ *Najas minor* L., マツモおよびシャジクモなどの沈水植物が欠落していることが特徴的である。今後の水草帯の回復過程においてこれらの種の復元が見られるかどうか注目される。

#### 5. まとめ

1980年代に水草帯が全滅した木崎湖において潜水調査により車軸藻類および水草の分布調査を行っ



た。その結果

1. 抽水・浮葉植物帯は北岸を中心に回復しつつあった。
2. 沈水植物の主要種はセキショウモ、コカナダモ、ヒメフラスコモで、多くの調査地点で観察された。
3. ヒメフラスコモは西岸で大きな車軸藻帯を形成していた。
4. 過去に分布していたシャジクモは検出されなかった。
5. 木崎湖底質の発芽試験を行い、絶滅した固有種キザキフラスコモの埋没卵胞子からの復元を試みたが、発芽は認められなかった。

## 文 献

- 1) 桜井善雄 (1988) 水辺の緑化による水質浄化、公害と対策, 24, 899-909.
- 2) Kasaki H. (1964) The Charophyta from the lakes of Japan, Journ. Hattori Bot. Lab. No. 27, 217-314.
- 3) Coops, H. & Doef R. D. (1996) Submerged vegetation development in two shallow, eutrophic lakes, Hydrobiologia, 340, 115-120.
- 4) 野崎久義 他 (1995) 日本の湖沼における車軸藻類(緑色植物)の分布の現状, 藻類, 42, 213-218.
- 5) 環境庁編 (2000) 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—9 植物Ⅱ (維管束植物以外), (財)自然環境研究センター, p 214-215, p 228, p 237-238, p 240.
- 6) Imahori K. & Suga H. (1960) Characeous Vegetation Study of Lake Kizaki, Japan, The Science Reports of the Kanazawa University, Vol. VII, No. 1, p 85-105.
- 7) 環境庁 (1993) 木崎湖, 第4回自然環境基礎調査 湖沼調査報告書, 北陸甲信越版, 20-139 ~ 20-147.
- 8) 中野治房 (1930) 仁科三湖の植物生態に就いて, 日本北アルプス湖沼の研究 (田中 編著), 信濃教育会北安曇部会, p 572-609.
- 9) Hogetu K. (1939) Untersuchungen über die Lage des Kompensationspunktes der Wasserpflanzen im Kizakisee, Botanical Magazine, LIII, 428-442.
- 10) 船越真樹 他 (1981) 木崎湖における水生植物の分布とその変動, 文部省特定研究「中部山岳フォッサマグナ地帯における生物相の生理・生態学的研究」, p 69-90.
- 11) Nagasaka M. Funakoshi M. & Hayashi H. (2001) Macrophyte, LAKE KIZAKI, Backhuys Publishers, p 231-241.
- 12) 樋口澄男 他 (1985) 仁科三湖における水質の季節変動, 用水と排水, 27 (6), 574 - 581.
- 13) Park H. D. (2001) Freshwater Red Tides of *Peridinium bipes*, LAKE KIZAKI, Backhuys Publishers, p 278-299.
- 14) Hayashi H. (2001) Disturbance of the lake ecosystem, LAKE KIZAKI, Backhuys Publishers, p 371-382.
- 15) 桜井善雄 (1985) 自然湖沼において水生植物の過繁茂を制御するためのソウギョの放流密度について, 水草研究会報, No 20, p 2 -7.
- 16) 樋口澄男 他 (2001) 野尻湖における車軸藻ホシツリモ・水草帯の復元活動と環境教育, 第9回世界湖沼会議発表文集 第4分科会, p 413-416.
- 17) 井内美郎 他 (1987) 青木湖における音響測深, 第4期学会講演要旨集, 17, p 116-117.
- 18) 角野康郎 (1994) 日本水草図鑑, 文一総合出版
- 19) 広瀬弘幸, 山岸高旺 (編) (1977) 日本淡水藻図鑑, 内田老鶴圃.
- 20) 環境庁編 (2000) 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック— 8 植物Ⅰ (維管束植物), (財)自然環境研究センター, p 660.
- 21) 長野県編 (2002) 長野県版レッドデータブック—長野県の絶滅のおそれのある野生生物—維管束植物編, 長野県自然保護研究所, p 297.
- 22) 環境省 (2000) 動物レッドリスト 甲殻類等 平成 12 年 4 月 12 日公表, [http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb\\_f3.html](http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f3.html).
- 23) 船越真樹 (1983) 水生植物の変遷と現状, 仁科三湖の環境保全をめざして (仁科三湖環境保全対策専門委員会), p 67-81.
- 24) 国土交通省千曲川河川事務所 (2005) 大町ダム試験放流資料 (高瀬川等水環境改善検討会).
- 25) Nagasaka M. (2004) Changes in biomass and spatial distribution of *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John, an invasive submerged plant, in oligomesotrophic Lake Kizaki from 1999 to 2002, Limnology, 5, 129-139.



- 26) 樋口澄男 他 (2004) 野尻湖における外来沈水植物コカナダモの増殖制限要因の検討, 陸水学会甲信越支部会報, **30**, p 30-31.
- 27) 樋口澄男 他 (2003) 野尻湖における野生絶滅車軸藻ホシツリモの復元, 東京大学大学院生物科学専攻公開ゼミナール「水辺の生き物」講演要旨集, p 9-10.
- 28) 樋口澄男 他 (1999) 野尻湖における車軸藻・水草帯の調査・復元活動と環境教育, 第14回全国環境・公害研究所交流シンポジウム予稿集, p 37-42.
- 29) 森島秀治 他 (2002) 絶滅日本固有車軸藻テガヌマフラスコモ *Nitella furcata* var. *fallosa* (シヤジクモ目) の手賀沼底泥からの回復, 植物研究雑誌, **77**, 139-142.

## Distributions of Charales in Lake Kizaki from 2001 to 2002

Sumio HIGUCHI\*, Satoshi KITANO, Yoichi KONDO,  
Hisayoshi NOZAKI and Makoto M. WATANABE

\* Nagano Environmental Conservation Research Institute, Environmental Conservation Team, 1978 Komemura, Amori, Nagano-shi, 380-0944 Japan.