

## 富士北麓、本栖湖の水草・大型藻類と光環境

著者	中村 誠司, 上嶋 崇嗣, 佐野 英樹, 田口 由美, 渡邊 広樹, 芹澤 (松山) 和世, 芹澤 如比古
雑誌名	富士山科学研究所
巻	11
ページ	11-22
発行年	2017-09-04
URL	<a href="http://doi.org/10.24769/00000040">http://doi.org/10.24769/00000040</a>

## 富士北麓、本栖湖の水草・大型藻類と光環境

中村誠司<sup>1</sup>・上嶋崇嗣<sup>1</sup>・佐野英樹<sup>2,3</sup>・田口由美<sup>2,4</sup>・渡邊広樹<sup>1,5</sup>・  
芹澤（松山）和世<sup>6</sup>・芹澤如比古<sup>6</sup>

(2016 年 10 月 31 日受付 2017 年 9 月 4 日受理)

Aquatic Plants, Macroalgae and Light Environment of Lake Motosu at  
the northern foot of Mt. Fuji, central Japan.Seiji NAKAMURA<sup>1</sup>, Takatsugu UEJIMA<sup>1</sup>, Hideki SANO<sup>2,3</sup>,  
Yumi TAGUCHI<sup>2,4</sup>, Hiroki WATANABE<sup>1,5</sup>,  
Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA<sup>6</sup>, Yukihiko SERISAWA<sup>6</sup>

## 要 旨

本栖湖の水生植物の種組成と分布について明らかにすることを目的に湖内に 4～12 定点を設定し、2013 年（6～12 月）と 2014 年（3～12 月）には毎月、2015 年には 9 月に採集器と徒手により、2013 年 11 月と 2014 年 9 月には潜水による徒手を加えて水草・大型藻類の採集を行った。また、本栖湖の光環境を詳しくすることを目的に湖内の 1 定点で 2013 年 1 月～2016 年 4 月まで毎月、セッキ透明度、表層水の濁度、水深別の光量を測定した。調査期間中に水草 9 種、大型藻 9 種（うち車軸藻類 3 種）の計 18 種が確認され、そのうちセキシヨウモ、クロモ、エビモとセンニンモの交雑種は出現頻度が高く、優占種と判断された。また、エビモとセンニンモの交雑種、センニンモ、ホザキノフサモ、ヒメホタルイ、オオカナダモ、シャジクモ、ヒメフラスコモ、ホシミドロ属の一種、クレブソルミディウム属の一種、アオミドロ属の一種、ヒビミドロ属の一種の計 11 種を本栖湖の新産種として確認できた。さらに、南岸西部の 1 定点で 1 辺 50cm の方形枠を用いた水深別の現存量調査を実施したところ、総現存量は水深 2.5m で最大の 21.8g d.w./m<sup>2</sup>、次いで水深 5m で 11.9g d.w./m<sup>2</sup>、水深 7.5m で 10.8g d.w./m<sup>2</sup>であったが、現存量が最大となる水深が 2.5m でない種も認められた。また、水草と大型藻を併せた出現種数は水深が深いほど増加していた。調査期間中の透明度は 10.0～24.5m で平均 15.4m、濁度は 0.02～0.69NTU で平均 0.31NTU、消散係数は 0.127～0.198 で平均 0.154 であった。また、3 年間（2013 年 1 月～2015 年 12 月）の相対光量の平均値は水深 1m で 52.3%、5m で 29.6%、10m で 17.2%、15m で 10.0%、20m で 5.9%であった。本栖湖では 1991 年以降水質が改善傾向にあることが報告されており、今回の調査でもその傾向が継続していることがわかった。今回の調査で新たに外来種のオオカナダモの侵入が確認されたことから、今後も本栖湖において本種の広がりを含めて水生植物の分布や種組成の変化を注視していく必要がある。

キーワード：富士五湖、山岳湖沼、湖水環境、水中光量、淡水藻

Key words : Fuji Five Lakes, mountain lakes, water environment, underwater light intensity,  
freshwater algae

## I 緒言

富士五湖は富士北麓に位置する本栖湖、精進湖、西湖、山中湖、河口湖により構成される 5 つの山岳湖沼群の総称である。富士山および富士五湖が位置

するエリアは 1936 年 2 月には富士箱根国立公園に指定され、伊豆半島が編入されたことにより 1955 年 3 月には富士箱根伊豆国立公園に名称変更された（環境省自然環境局 2004）。また、富士五湖は 2011

1. 山梨大学大学院教育学研究科修士課程 2. 山梨大学教育人間科学部 3. 現所属：東京都産業労働局森林事務所

4. 現所属：富士宮市立芝川中学校 5. 現所属：韮崎市立韮崎西中学校 6. 山梨大学教育学部

Corresponding author: Yukihiko SERISAWA E-mail: yserisawa@yamanashi.ac.jp

年9月には国の名勝に指定され（文化庁 2016a）、2013年6月には「富士山—信仰の対象と芸術の源泉—」の構成資産として富士山とともに世界文化遺産に登録された（文化庁 2016b）。

現在、日本産の水草の約40%（角野 2014）、車軸藻類の約80%（坂山 2012）が絶滅の危機に瀕しており、陸水環境における生態系の維持や生物多様性の保全が緊急の課題となっている。世界文化遺産に登録されたことにより観光客や観光開発の増加が予想される富士五湖の中で、最も透明度が高く特に優雅な風致景観を誇る本栖湖（文化庁 2016b）では近年キャンプやカヌー、ウインドサーフィン等のレジャースポットとしても注目を集めており、生態系や生物多様性に対する人為的な攪乱が増加している可能性がある。したがって、現時点で本栖湖において生態系を支えている一次生産者である水草・大型藻類の多様性や現存量を可視化することは重要な研究課題と考えられる。

本栖湖は西湖や精進湖とともにかつて割の海（せのうみ）と呼ばれる大きな湖であったが、4500年前に始まった富士山の噴火により割の海から切り離され、その後、864年の富士山の大規模な噴火による青木ヶ原溶岩流で割の海が西湖と精進湖に分断された（濱野 1988）。そのため、これら三湖の湖面標高はほぼ同じであり（環境庁自然保護局 1993）、水位変動も同様の傾向を示すことが知られている（山梨県 2016a）。本栖湖は湖面標高901m、面積4.70km<sup>2</sup>、湖岸線延長11.30km、最大水深121.6m、平均水深67.9m、透明度11.2mの貧栄養湖である（環境庁自然保護局 1993）。本栖湖の東側以外は急な斜面を持つ標高1000～1800mの山地に囲まれているが、東側のなだらかな地形はかつて青木ヶ原溶岩が流れた地域であり、水深40mまでアア溶岩（鈹滓状溶岩）が分布しているという（濱田ほか 2012）。

これまでに本栖湖では水草・車軸藻類の調査が1969年8月と1970年7月（延原ほか 1971）、2005年7、10月（富士北麓生態系調査会 2007）、大型藻類の調査が2005年7、12月（富士北麓生態系調査会 2007）に行われており、著者らのフジマリモ調査（芹澤（松山）ほか 2015）を加えると水草4種（セキショウモ *Vallisneria asiatica*、クロモ *Hydrilla verticillata*、コカナダモ *Elodea nuttallii*、エビモ *Potamogeton crispus*）、大型藻6種（カタシヤジクモ *Chara globularis*、フジマリモ *Aegagropila linnaei*

var. *yamanakaensis*、ヒザオリ属の一種 *Mougeotia* sp.、カエトフォラ属の一種 *Chaetophora* sp.、ブルボケーテ属の一種 *Bulbochaete* sp.、*Aphanochaete polychaete*）の計10種が確認されている（表1）。しかし、それらの調査は夏季や秋季など限られた時期にのみ行われた断片的な調査に基づいており、山中湖では冬季など限られた時期にのみ出現する種も確認されていることから（芹澤ほか 2013）、本栖湖でも周年を通じた調査を行う必要があると考えられる。また、本栖湖では山梨県により透明度や懸濁物質を含むいくつかの水質項目の測定結果が1973年度分から公開されているが（山梨県 2016b；中村ほか 2016）、水草・大型藻類の生育に特に影響を与えると考えられる水中光量については知見が乏しいのが現状である。そこで、本研究では本栖湖において周年にわたる調査を行い、光環境や水草・大型藻類の種組成とその分布状況を詳らかにすることを目的とした。

## II 材料及び方法

調査は山梨県富士河口湖町と身延町に跨る本栖湖で2013年1月～2016年4月まで概ね毎月1回行った。調査日は2013年1月30日、2月22日、3月12日、4月18日、5月9日、6月18日、7月16日、8月2日、9月12日、10月28日、11月16日、12月9日、2014年1月14日、3月25日、4月24日、5月22日、6月19日、7月14日、8月7日、9月2日、10月7日、11月5日、12月3日、2015年1月13日、3月14日、4月25日、5月22日、6月23日、7月15日、8月27日、9月14日、9月20日、10月27日、11月21日、12月16日、2016年1月14日、2月23日、3月30日、4月27日である。なお、2014年と2015年の2月については降雪等のために調査を実施できなかった。また、光環境の調査は2015年9月14日を除いた各月に、採集調査は2013年6～12月と2014年3～12月の毎月と2015年の9月14日に行った。

水草・大型藻類の採集は2013年6～12月と2014年3月には湖南岸と西岸にそれぞれ2定点ずつの計4定点で胴付き長靴を着用して岸からの徒手と15mロープを付けた自作の採集器を湖内に投げ入れて湖底を引き摺る方法で行い、2014年4～12月には湖北岸に3定点と東岸に2定点を追加した計9定点で、2015年9月にはさらに南岸、西岸、東岸にそれぞれ1定点ずつを追加した計12定点で、

小型船舶により 30m ロープを付けた自作の採集器を湖内に投げ入れて水深 15m 程度まで湖底を引き摺りながら曳航する方法を主として不定期に湖岸からも徒手により行った (図 1)。また、2013 年 11 月および 2014 年 9 月には潜水による徒手採集を行った。なお、2013 年 11 月の水深 22m までの潜水によるフジマリモ生育確認調査については既に芹澤 (松山) ほか (2015) で報告しているため、本稿ではその詳細については省略する。採集した水草・大型藻類についてはクーラーボックスに入れて保冷して研究室に持ち帰り、種または属レベルの同定後、大型の種は押し葉標本を作製し、微細な種はホルマリン入りの水飴で封入したプレパラート標本にして研究室の標本庫に収蔵・保管した。なお、押し葉標本については標本の作製前後に標本写真を撮影し、プレパラート標本については封入前に顕微鏡写真の撮影を行った。2014 年 9 月の潜水調査では水草・大型藻類が湖内で最も繁茂していた南岸西部の St.3 (図 1) で一辺 50cm の方形枠を用いた 3 枠の刈り取り採集を水深 2.5、5.0、7.5m で行った。採集したサンプルは種毎に分別した後、恒温乾燥機で 80℃、48 時間以上乾燥させ、水深および種毎に乾燥重量を測定した。

光環境の測定は東岸南部の沖、水深約 25m に 1 定点を設定し (図 1)、船上からセッキ板を用いた透明度 (2015 年 6 月以降は風波の影響を削減す

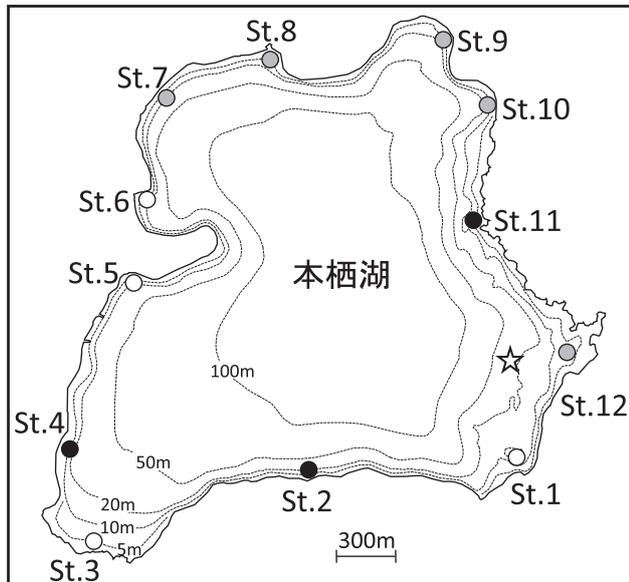


図 1 本栖湖における調査定点。白丸：2013 年 6～12 月と 2014 年 3～12 月と 2015 年 9 月の採集定点，灰色丸：2014 年 4～12 月と 2015 年 9 月の採集定点，黒丸：2015 年 9 月のみの採集定点，星印：2013 年 1 月～2016 年 4 月の光環境の測定定点。

るために箱メガネを使用) と濁度計 (EUTECH 社製 TN-100) を用いた表層水の濁度の測定を行うとともに、光量子計 (Li-Cor 社製ライトメーター LI-250 と水中光量子センサー LI-192SA) 2 組を用いて水面上と同時に水深 0.1m および水深 1m より 1m 毎に水深 20m までの光量子束密度の測定を行った。また、水中光量を水面上の光量で除して 100 を乗じた水深別の相対光量を求め、水深-相対光量曲線を指数回帰 ( $I_d = I_0 \exp^{-kd}$ ) することで消散係数  $k$  を算出した。なお、光が空気中から水中に入射する際には水面で約 7% が反射されることが報告されているため (Campbell & Aarup 1989)、本研究では  $I_0$  を 93 とした。透明度と濁度、透明度と消散係数、濁度と消散係数の間に相関関係があるか否かを検証するため、マイクロソフト社製の表計算ソフトエクセルを用いて相関係数  $r$  を算出し、併せて回帰分析を行った。また、透明度、濁度、消散係数について調査期間中の平均値を算出し、全相対光量値を水深毎にプロットして同様に指数回帰した消散係数を求めた。

調査期間中の水位については山梨県の HP で公開されている「富士五湖の過去の水位」(山梨県 2016a) を参照し、調査期間中の水位変動について解析した。

### III 結果

調査期間中に本栖湖で確認された水草・大型藻類を定点別に出現頻度 (出現定点数 / 総定点数 × 100) とともに表 1 に示す。本調査により本栖湖において水草 9 種、大型藻 9 種 (うち車軸藻類 3 種) の合計 18 種が確認された (図 2-1、2-2)。出現定点数とその出現頻度は水草ではセキショウモが 12 定点と 100%、クロモが 11 定点と 92%、エビモとセンニンモの交雑種 *P. crispus* × *P. maackianus* が 9 定点と 75%、センニンモ *P. maackianus* とエビモが 8 定点と 67%、ホザキノフサモ *Myriophyllum spicatum* とコカナダモが 5 定点と 42%、ヒメホタルイ *Schoenoplectus lineolatus* とオオカナダモ *Egeria densa* が 1 定点と 8%、大型藻ではシャジクモ *C. braunii* とヒメフラスコモ *Nitella flexilis* が 6 定点と 50%、カタシャジクモが 2 定点と 17%、ホシミドロ属の一種 *Zygnema* sp.、クレブソルミディウム属の一種 *Klebsormidium* sp.、アオミドロ属の一種 *Spirogyra* sp.、ヒビミドロ属の一種 *Ulothrix* sp.、フジマリモ、ブルボケーテ属の一種がそれぞれ 1 定点と 8% で

あった。出現種数が最も多かった定点は St.6 の 14 種（水草 8 種、大型藻 6 種）、次いで St.3 の 12 種（水草 8 種、大型藻 4 種）、St.10 の 10 種（水草 7 種、大型藻 3 種）であった。一方、出現種数が最も少なかった定点は St.2 の水草 1 種、次いで St.4 と St.11 の水草 2 種であった。なお、オオカナダモは St.6 で採集調査を行っていた際にその場でレジャーダイビングをしている方から湖底に生えていたものを採集いただき生育が確認された。また、アオミドロ属の一種、ヒビミドロ属の一種、ブルボケーテ属の一種の 3 種はフジマリモの潜水調査時に採集した溶岩礫にフジマリモとともに着生していた。

2014 年 3 月以降の 11 回の調査での種別の定点別確認頻度（その定点での確認回数 / 調査回数）を図 3 に示す。3 段階（0.1% 以上 20% 未満、20% 以上 60% 未満、60% 以上）で評価した確認頻度が 60% 以上であった定点の数はセキシウモとクロモが 5 定点と最も多く、次いでエビモとセンニンモの交雑種とセンニンモが 2 定点、エビモとカタシャジクモが 1 定点であった。また、St.3 では確認頻度が 60% 以上の種が 6 種と多く、次いで St.10 と St.9 の 3 種、St.5 と St.12 の 2 種であった。なお、St.2、St.4、St.11 では 2015 年 9 月の 1 回の調査のみであったため、確認頻度は算出しなかった。同様に、アオミドロ属の一種、ヒビミドロ属の一種、フジマリモ、ブルボケーテ属の一種についても生育が確認されたのは 2013 年 11 月の潜水調査のみであったため、確認頻度は算出しなかった。

湖内で水草・大型藻類が最も繁茂していた St.3 における水深別の現存量を図 4 に示す。現存量は水深 2.5m が 21.8g d.w./m<sup>2</sup> と最大であり、水深 5m が 11.9g d.w./m<sup>2</sup>、水深 7.5m が 10.8g d.w./m<sup>2</sup> と水深に伴って減少した。また種毎に見ると、種によって現存量の最も大きい水深は異なっており、セキシウモ、クロモ、ヒメホタルイは水深 2.5m で、エビモとセンニンモの交雑種とカタシャジクモは水深 5m で、センニンモ、ヒメフラスコモ、シャジクモは水深 7.5m で現存量が最大であった。セキシウモは水深 2.5 ~ 7.5m で確認され、水深に伴って減衰したものの全ての水深帯で高い現存量（2.5m : 10.1g d.w./m<sup>2</sup>、5m : 7.0g d.w./m<sup>2</sup>、7.5m : 4.4g d.w./m<sup>2</sup>）を示した。クロモは水深 2.5 ~ 5.0m で確認され、2.5m では 8.9g d.w./m<sup>2</sup> であった。ヒメホタルイは 2.5m のみで確認され、現存量は 2.8g d.w./m<sup>2</sup> であった。エビモとセンニンモの交雑種、カタシャジクモ、

センニンモは水深 5 ~ 7.5m で確認され、水深 5m でのエビモとセンニンモの交雑種、カタシャジクモの現存量はそれぞれ 3.1g d.w./m<sup>2</sup> と 1.3g d.w./m<sup>2</sup> であり、水深 7.5m でのセンニンモの現存量は 5.1g d.w./m<sup>2</sup> であった。ヒメフラスコモとシャジクモは水深 7.5m でのみ確認され、現存量はそれぞれ 0.36g d.w./m<sup>2</sup>、0.01g d.w./m<sup>2</sup> であった。センニンモは偶発的に水深 9m で生育していることが確認され、シャジクモは方形枠外では他の水深帯でも偶発的に確認されたが、水深 10m 以深ではいずれの水草・大型藻類の生育も認められなかった。St.3 の方形枠内で確認された種数は水深 2.5m では 3 種、水深 5m では 4 種、水深 7.5m では最大の 6 種であった。

なお、山梨県（2016a）のデータを参照して解析した結果、現存量調査日（2013 年 11 月 16 日）の水位は +0.15m（量水標 0m の標高 899.233m）であった（図 5）。また、調査期間中の本栖湖の水位は -1.13m（2013 年 9 月 3 日）~ +1.02m（2014 年 10 月 23 日）で変化し、水位変動幅は 2.15m、平均水位は -0.05m であり、2013 年と 2015 年は秋季に高い傾向が見られたが、2014 年は夏季から秋季にかけて高かった。

調査期間中の本栖湖の透明度、濁度、消散係数の月変化を図 6 に示す。透明度は 10.0（2014 年 7 月）~ 24.5m（2015 年 11 月）で平均は 15.4m であり、調査期間を通して有意な上昇傾向が認められた（ $p < 0.01$ ）。濁度は 0.02（2015 年 8 月）~ 0.69NTU（2014 年 5 月）で平均は 0.31NTU であり、調査期間を通して有意な下降傾向が認められた（ $p < 0.01$ ）。消散係数は 0.127（2013 年 8 月）~ 0.198（2016 年 1 月）で平均は 0.154 であり、調査期間中に有意な変化傾向は認められなかった（ $p = 0.58$ ）。また、透明度と濁度の間（ $r = -0.44$ 、 $p < 0.01$ ）には有意な負の相関が認められたが、透明度と消散係数の間（ $r = -0.25$ 、 $p = 0.14$ ）および濁度と消散係数の間（ $r = -0.08$ 、 $p = 0.62$ ）には有意な相関が認められなかった。

本栖湖の東岸南部沖における調査期間中の水深別の相対光量の最小、最大、平均値を表 2 に、2013 年 1 月 ~ 2015 年 12 月までの 3 年間の平均相対光量 - 水深曲線を図 7 に示す。調査期間中の相対光量の最小値は 2016 年 1 月に、最大値は 2013 年 8 月に測定された水深が多かった。また、調査期間中及び 3 年間の相対光量の平均値は水深 1m で 51.9% と 52.3%、5m で 29.3% と 29.6%、10m で 16.9% と 17.2%、15m で 9.9% と 10.0%、水深 20m で 5.8%



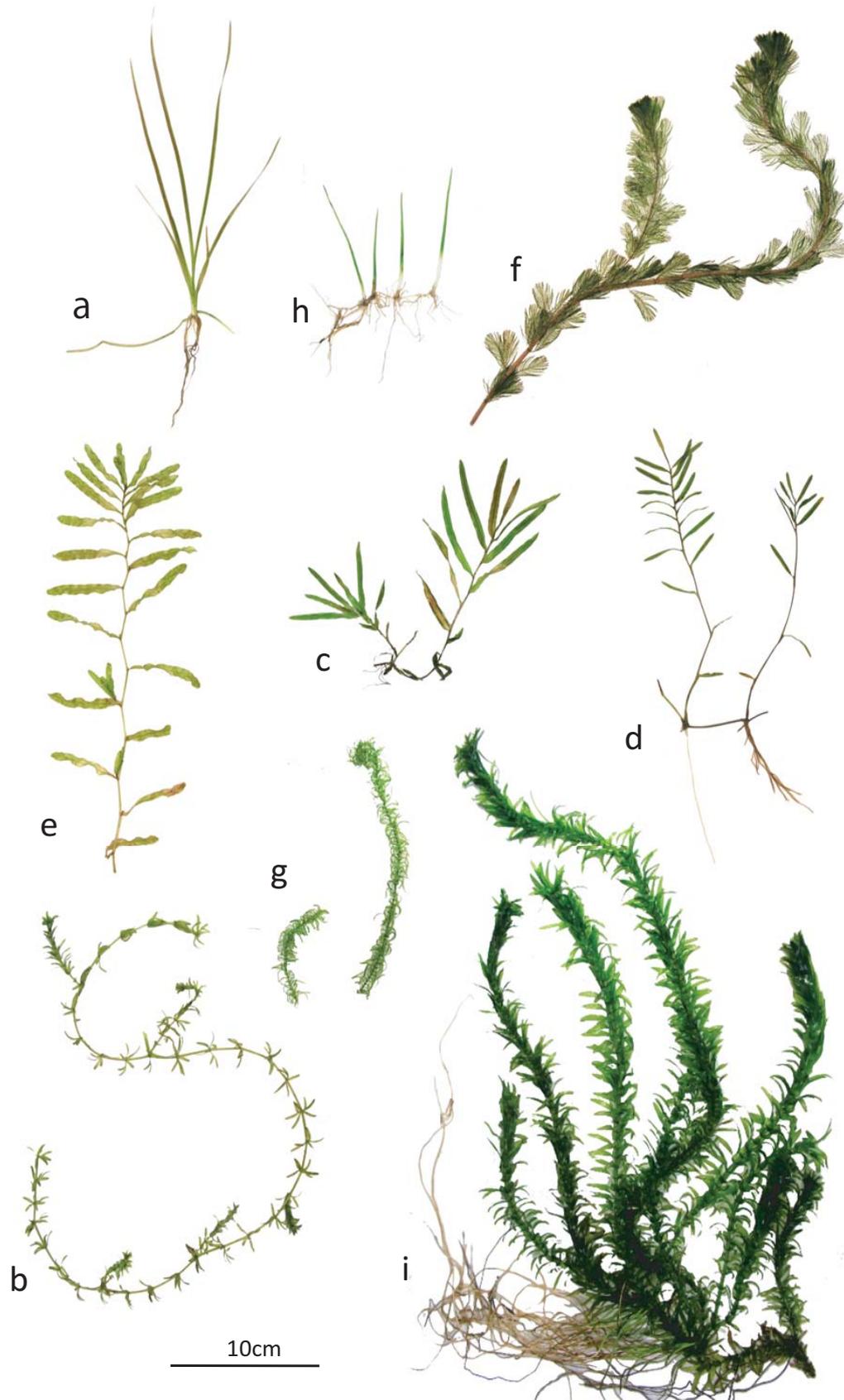


図 2-1 本栖湖で採集された水草. a, セキショウモ *Vallisneria asiatica*; b, クロモ *Hydrilla verticillata*; c, エビモとセンニンモの交雑種 *P. crispus* × *P. maackianus*; d, センニンモ *Potamogeton maackianus*; e, エビモ *Potamogeton crispus*; f, ホザキノフサモ *Myriophyllum spicatum*; g, コカナダモ *Elodea nuttallii*; h, ヒメホタルイ *Schoenoplectus lineolatus*; i, オオカナダモ *Egeria densa*.

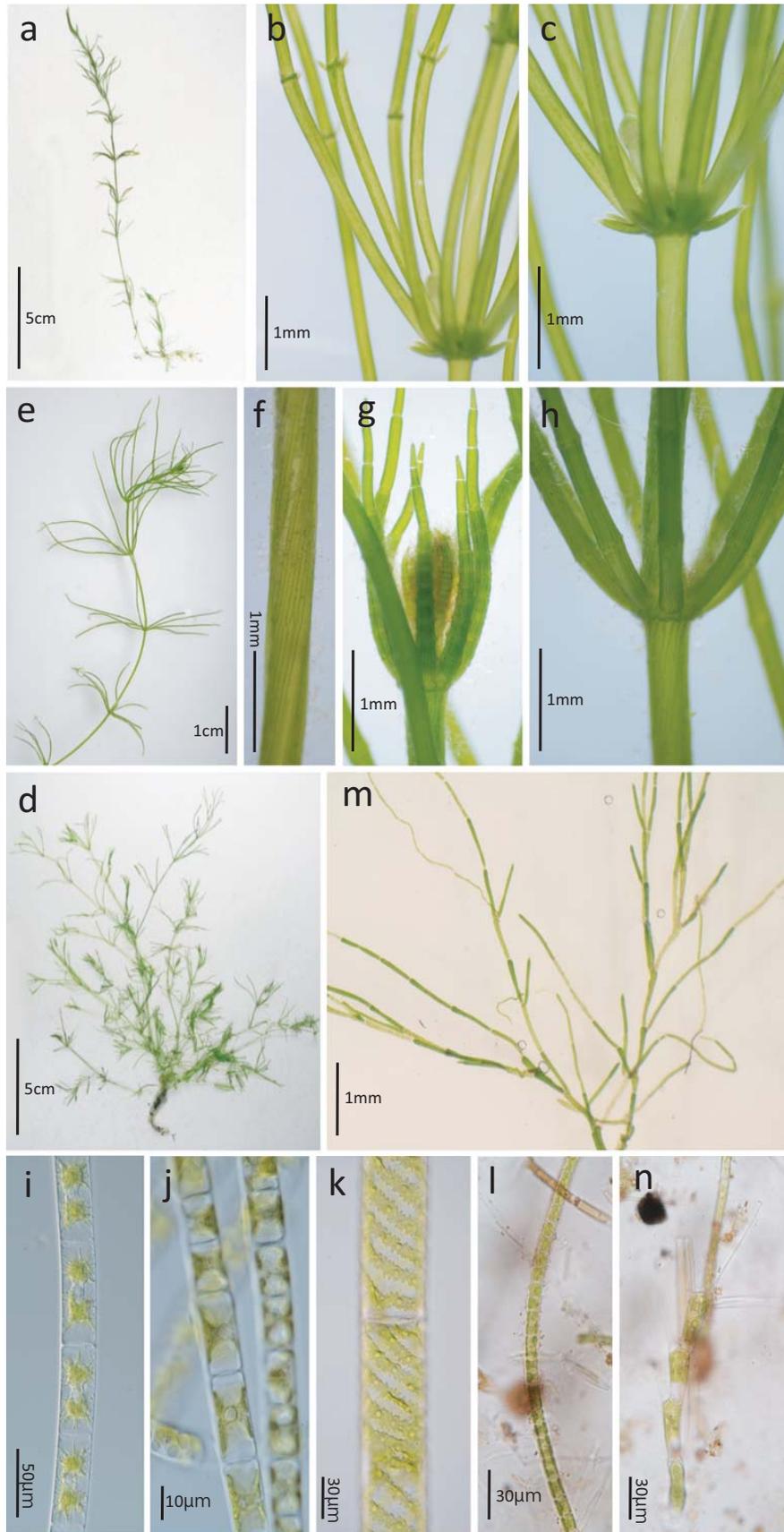


図 2-2 本栖湖で採集された大型藻. a-c, シャジクモ *Chara braunii* (a 外観, b 輪生枝と苞, c 輪生枝基部と托葉冠); d, ヒメフラスコモ *Nitella flexilis*; e-h, カタシャジクモ *Chara globularis* (e 外観, f 皮層に覆われた主軸, g 最終枝, h 輪生枝基部); i, ホシミドロ属の一種 *Zygnema* sp.; j, クレブソルミディウム属の一種 *Klebsormidium* sp.; k, アオミドロ属の一種 *Spirogyra* sp.; l, ヒビミドロ属の一種 *Ulothrix* sp.; m, フジマリモ *Aegagropila linnaei* var. *yamanakaensis*; n, ブルボケーテ属の一種 *Bulbochaete* sp.

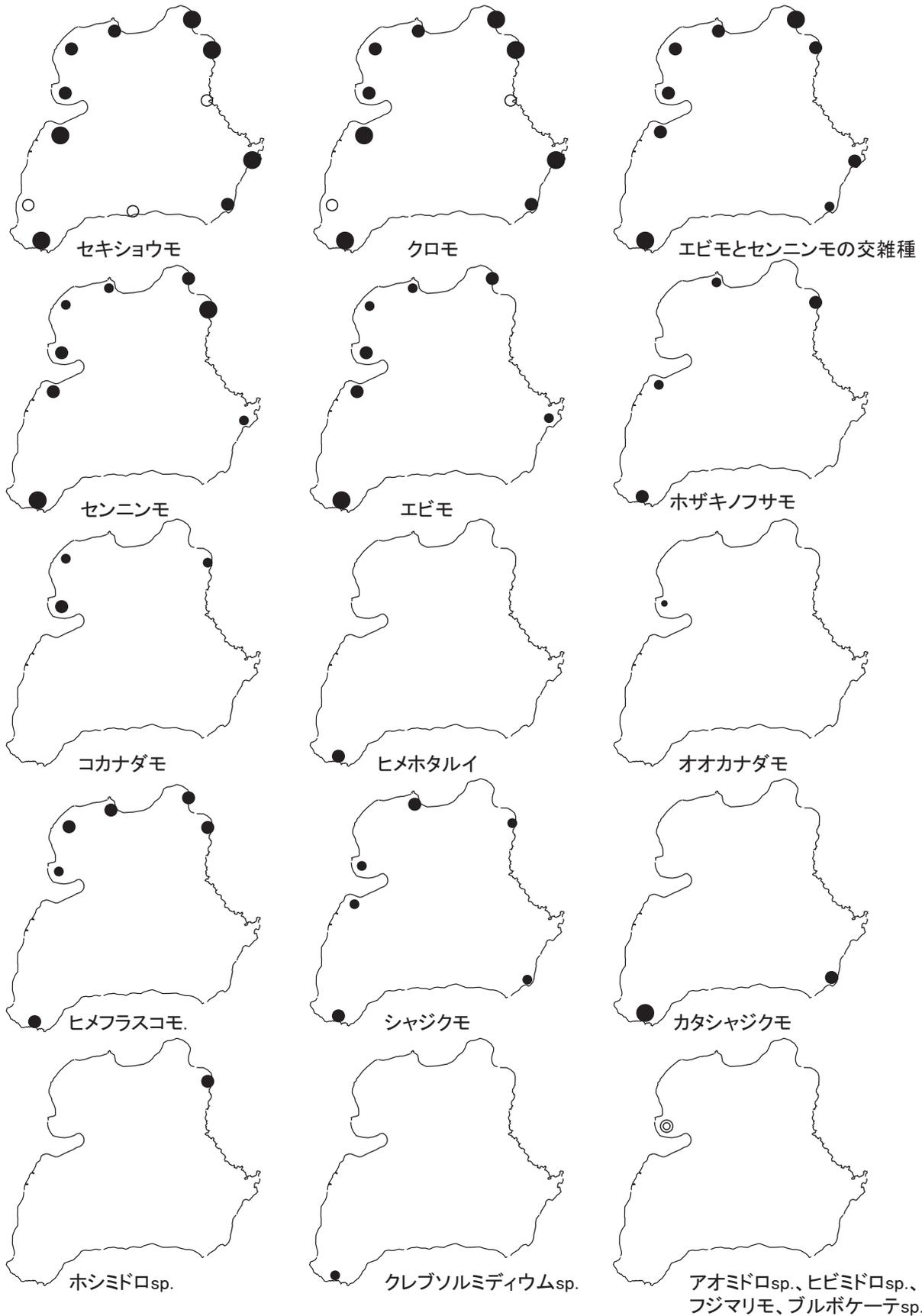


図3 本栖湖における水草・大型藻類の確認定点と定点別確認頻度（確認回数 / 調査回数）。●：0.1%以上 20%未満，●：20%以上 60%未満，●：60%以上，○：2015年9月のみ，◎：2013年11月の潜水調査のみ。

定点別の出現種とその出現頻度や確認頻度から本栖湖における現在の優占種はセキショウモ、クロモ、エビモとセンニンモの交雑種の3種であると判断された(表1、図3)。また、今回の調査で外来種としてオオカナダモが1定点で初確認され、コカナダモは5定点で確認された(表1)。これまでにオオカナダモおよびコカナダモの侵入とその旺盛な繁茂により琵琶湖をはじめとする日本各地で在来種の現存量が大幅に減少したことが報告されており(e.g. 角野 1994; Nagasaka 2004; 芳賀ほか 2006)、本栖湖でもこれらの種の繁茂状態を含め、水生植物相の変化を継続的に注視していく必要がある。

本栖湖の湖底は富士山の噴火による溶岩流が流れ込んだ部分が多く(濱田ほか 2012)、湖底に根を張る水草や車軸藻類の分布可能域は制限されている。東岸中部(St.11)(表1、図1)では底質が青木ヶ原溶岩流による部分が多いことが影響して定点別の確認種数が最も少なく、出現種の確認頻度も小さかったものと推察された。また、同様に確認種数が少なく出現種の確認頻度が小さい南岸中部(St.2)では底質だけでなく、南側に山を背負っていることにより生育に必要な光を十分に得ることができないことが影響している可能性がある。一方、現存量調査を行った南岸西部の定点(St.3)では遠浅であり、水草・車軸藻類が根を張ることができる砂泥質の湖底の面積が湖内で最も広い。Vestergaard & Sand-Jensen (2000)は水生植物の生育可能な面積が大きいほど種数が多くなることを報告しており、St.3ではその面積が湖内で最大であるため水草・車軸藻類の種数が多かった(表1、図1)ものと推察された。

山中湖において本研究と同じ一辺50cmの方形枠を用いて測定された水深別の現存量の最大値は、北岸のママの森地先では水深3mで約40g d.w./m<sup>2</sup>(芹澤(松山)ほか 2009)、北岸の長池親水公園地先で

は水深3-4mで約2.4kg w.w./m<sup>2</sup>であったことが報告されている(芹澤ほか 2014)。山中湖の全域において船上から採集器を用いて行った採集でも、現存量の最大は北岸、南岸ともに水深3mであり、透明度の低い平野ワンドでは分布下限水深が浅く、水深1mで現存量が最大となっていたものの(芹澤ほか 2014)、山中湖において水生植物の現存量が最大となる水深は約3mであると考えられる。本研究では水深2.5m以浅の現存量は測定していないが、船上から箱メガネを用いた観察と、潜水による目視確認では岸边近くでの水生植物の繁茂は確認されていないことから、本栖湖における水生植物の現存量が最大となる水深は2.5m付近にあり(図4)、山中湖とほぼ同じであると推定された。水生植物の現存量は水中光量が大きい浅部ほど大きくなることが予想されるが、本栖湖では調査期間中の水位変動幅が2.15mであり(図5)、水深1m前後では水位低下により干出したり、水位上昇により陸地が水面下に没したりする不安定な環境である上に風波による攪乱も大きいため、それ以深で現存量が大きくなったものと推察された。

本研究により明らかにされた本栖湖での水生植物の最大現存量は21.8g d.w./m<sup>2</sup>であり(図4)、上述の山中湖での測定結果よりも小さい値であった。山中湖で現存量が測定されたのは日光が良く差し込む南側が開けた北岸域であったが、本研究で現存量を測定した本栖湖南岸西部(St.3)では南岸中部(St.2)ほどではないものの南側の山の影響を受けて1日当たりの積算光量が若干不足している可能性があり、水生植物の生産力に影響を与える日積算光量の違いが両地の現存量の差となった可能性もある。また、湖水の栄養塩濃度を比較すると本栖湖と山中湖のTNには大きな差が認められないものの、本栖湖のTPは山中湖の半分以下と小さいことが報告されて

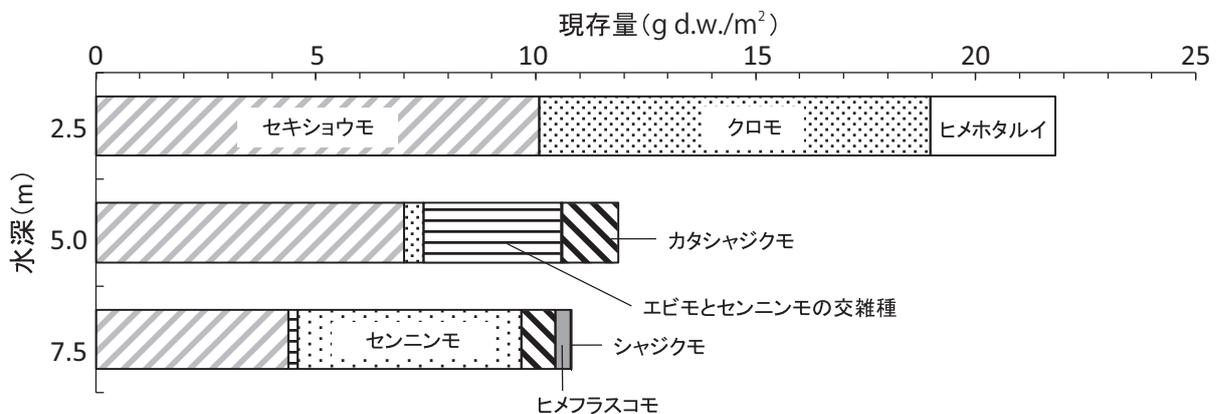


図4 本栖湖南岸西部(St.3)における水深別の水草・大型藻類の現存量。

おり (e.g. 有泉・吉澤 2002; 中村ほか 2016)、湖水の栄養塩濃度の違いも両地の現存量に影響を与えているかも知れない。

一方、本栖湖では出現種数が水深の増加にしたがって増加したことは大変興味深い (図 4)。山中湖ではそのような傾向は認められてないことから (芹澤 (松山) ほか 2009; 芹澤ほか 2014)、これは本栖湖の水質環境が極めて良好であること (e.g. 有泉・吉澤 2002; 中村ほか 2016) などの環境の特異性や、今回の調査が水深 2.5m 間隔と広がったことに起因するのかもしれない。今後、水深 1m 間隔での現存量調査を行って種数が水深にしたがって増加しているかを検証する必要がある。

これまでに本栖湖において水草・大型藻類が確認された最大水深は延原ほか (1971) では水深 12m、富士北麓生態系調査会 (2007) では水深 3m と報告されていたが、本研究の潜水調査では St.3 でセンニンモが水深 9m、St.6 でフジマリモが水深 22m (芹澤 (松山) ほか 2015) まで生育していることを確認することができた。これは、山中湖における水草とフジマリモの分布下限水深である 5m (芹澤 (松山) ほか 2009、芹澤ほか 2014) より明らかに深い。芹

澤ほか (2016a) は山中湖における水草・大型藻類の分布下限水深である水深 5m での湖心を基準とした相対光量は約 7% であることを報告しており、本研究により平均相対光量が約 7% となるのは、本栖湖では水深約 18m であった (表 2、図 7)。したがって、両湖における分布下限水深の違いは上記のような光環境の違いに起因していると言えよう。また、上述のように今回の潜水調査でフジマリモと水草の生育深度が特定できた St.3 と St.6 では、その分布下限水深に大きな差が認められた。フジマリモは西湖では水深 20m 程度まで分布している場所があることが報告されており (若菜ほか 1994)、維管束植物である水草では生育水深に水圧の制限を受けることが報告されている (e.g. Hutchinson 1975)。両定点の分布下限水深の違いは光環境の差異に加え、藻類や水草といった生物群の違いが影響しているものと推察される。さらに、分布下限水深は相対光量だけでなく、山陰などに影響される日積算光量にも依存していると考えられるので、今後、同一種における定点間の分布下限水深に違いがあるかどうかを検証し、光環境との関係を探っていきたい。

調査期間中、消散係数は大きな変化を示さなかつ

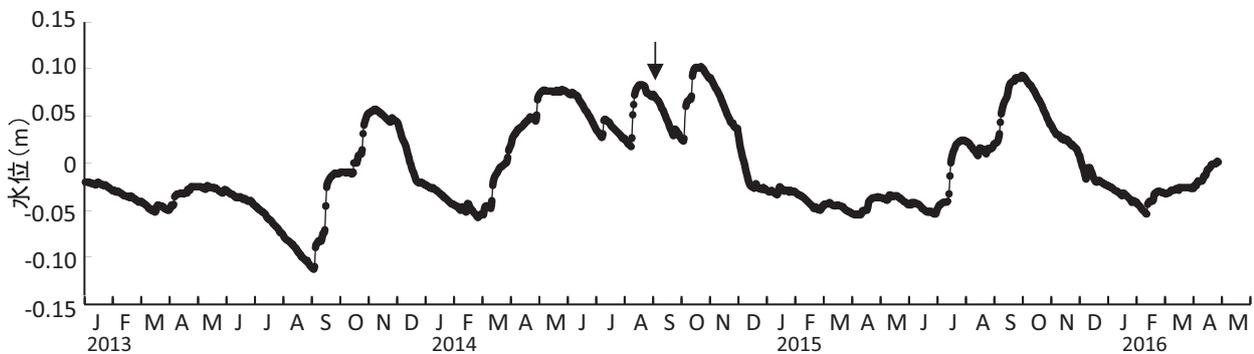


図 5 本栖湖における調査期間中の水位の変化。0m の標高 899.233m。矢印: 現存量調査日。山梨県 (2016a) よりデータを参照。

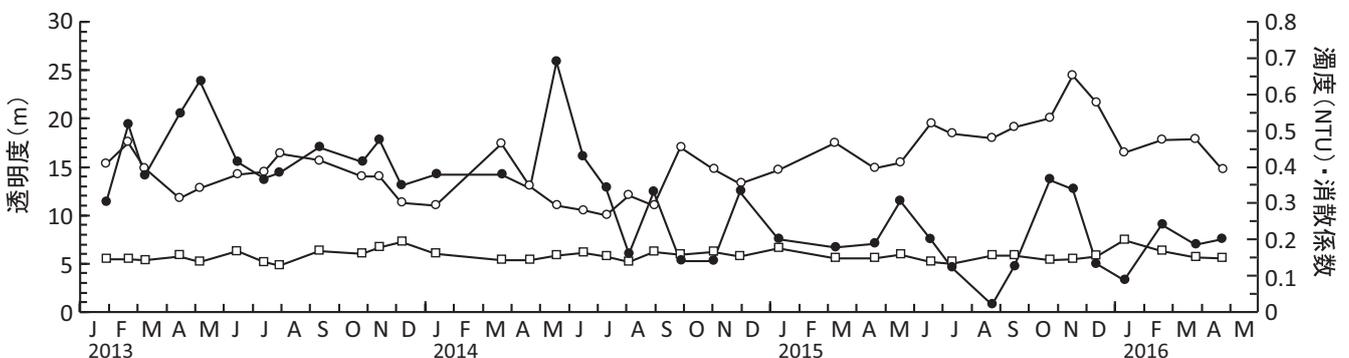


図 6 本栖湖における調査期間中の光環境の変化。白丸: セッキ透明度 (2015 年 6 月以降は箱メガネを使用), 黒丸: 濁度, 白四角: 消散係数。

たが、セッキー透明度は2015年6月以降に箱メガネを使用してはいるものの調査期間を通して上昇傾向が認められ、表層水の濁度も同様に減少傾向にあることが明らかとなった(図6)。本栖湖における

表2 本栖湖の東岸南部沖における水深別の相対光量の最小・最大値およびその測定月と、平均値。

Depth (m)	Min. (%)	month, year	Max. (%)	month, year	Average (%)
0.1	44.6	Mar., 2015	84.7	Jan., 2013	66.1
1	32.2	Mar., 2015	64.3	May, 2013	51.9
2	31.9	Dec., 2013	55.8	May, 2013	42.4
3	27.9	Oct., 2015	48.2	Jan., 2013	37.3
4	24.0	Jan., 2016	41.9	Aug., 2013	32.7
5	20.9	Jan., 2016	36.2	May, 2013	29.3
6	16.6	Dec., 2013	33.3	Aug., 2013	26.2
7	15.8	Jan., 2016	29.0	May, 2013	23.6
8	12.8	Dec., 2013	27.3	Aug., 2013	20.9
9	11.0	Dec., 2013	25.4	Aug., 2013	18.9
10	10.0	Jan., 2016	23.5	Aug., 2013	16.9
11	8.6	Dec., 2013	21.3	Aug., 2013	15.4
12	7.3	Jan., 2016	19.6	Aug., 2013	13.7
13	6.6	Jan., 2016	17.2	Aug., 2013	12.4
14	5.9	Jan., 2016	15.3	Jul., 2015	11.0
15	4.7	Jan., 2016	14.5	Aug., 2013	9.9
16	4.4	Jan., 2016	13.7	Jul., 2015	8.9
17	3.8	Jan., 2016	12.1	Aug., 2013	8.0
18	3.4	Jan., 2016	10.9	Aug., 2013	7.3
19	3.2	Jan., 2016	9.7	Aug., 2013	6.6
20	2.3	Dec., 2013	8.9	Aug., 2013	5.8

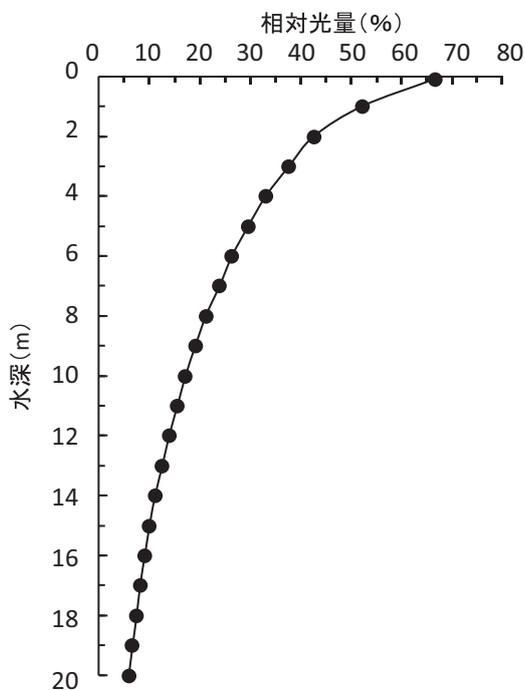


図7 本栖湖における水深別相対光量の2013年1月～2015年12月の平均値(2014年と2015年の2月は欠測, n=34)。

1974～2013年までの湖水環境データを解析した結果、透明度は1991年以降改善傾向にあることが報告されており(中村ほか2016)、今回の結果からもその改善傾向が継続していることが明らかとなった。割の海としてかつて本栖湖とつながっていた西湖と精進湖では透明度、濁度、消散係数の年平均値が5.7m、1.11NTU、0.330(2011年2月～2012年1月)と2.4m、2.23NTU、0.716(2012年4月～2013年3月)であることが報告されており(芹澤ほか2016b)、これらの湖の中で最も面積が大きく、水深が深い本栖湖の光環境(調査期間中の平均透明度15.4m、濁度0.31NTU、消散係数0.154)は際立って良好であることがわかった。また、本研究は富士五湖の中で最も水質環境が良好である本栖湖(e.g. 有泉・吉澤2002; 中村ほか2016)で水生植物の生育に特に大きな影響を与えていると考えられる水中光量に関する基礎データを示した最初の報告である。

最後に、本稿中でエビモとセンニンモの交雑種として扱った種については、フジエビモとして新種記載される予定となったことを付記する。

## V 謝辞

本研究を行うにあたり共に調査や標本作成を行った山梨大学教育人間科学部水圏植物学(芹澤)研究室の学生・院生諸氏に謝意を表す。本研究は平成26年度山梨大学教育人間科学部戦略プロジェクト、平成27年度山梨大学教育人間科学部戦略プロジェクトおよび科研費基盤研究(C)(16K00633)の助成を受けて行った。

## VI 引用文献

- 有泉和紀, 吉澤一家(2002) 富士五湖の水質. 山梨県衛生公害研究所年報 46:32-41
- 文化庁(2016a)「富士五湖 山中湖 河口湖 西湖 精進湖 本栖湖」史跡名勝天然記念物 国指定文化財等データベース <http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys/maindetails.asp>
- 文化庁(2016b) 富士山—信仰の対象と芸術の源泉 世界遺産(文化遺産)一覧 文化財の紹介 [http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/sekai\\_isan/ichiran/fujisan.html](http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/sekai_isan/ichiran/fujisan.html)
- Campbell J. W. & Aarup T. (1989) Photosynthetically available radiation at high latitudes. *Limnol. Oceanogr.* 34:1490-1499

- 富士北麓生態系調査会（2007）富士北麓水域の生態系の特徴と保全のための課題．富士北麓水域（富士五湖）における生態系多様性に関する調査報告書．富士北麓生態系調査会，pp.157-177
- 芳賀裕樹，大塚泰介，松田征也，芦谷美奈子（2006）2002年夏の琵琶湖南湖における沈水植物の現存量と種組成による違い．陸水学雑誌 67：69-79
- 濱野一彦（1988）16 富士五湖．富士山-地質と変貌-．鹿島出版，東京，pp.151-165
- 濱田浩美，勝又大樹，大八英夫（2012）本栖湖の水質・水質の季節変化と水収支．千葉大学教育学部研究紀要 60：459-468
- Hutchinson G.E. (1975) A Treatise on Limnology Vol.3, Limnological Botany. John Wiley & Sons Inc, New York
- 角野康郎（1994）日本水草図鑑．文一総合出版，東京
- 角野康郎（2014）日本の水草．文一総合出版，東京
- 環境庁自然保護局（1993）第4回自然環境保全基礎調査 湖沼調査報告書（全国版）．環境庁自然保護局，東京，p.141
- 環境省自然環境局 南関東地区自然保護事務所（2004）富士箱根伊豆国立公園箱根地域管理計画書，45pp.
- 延原 肇，岩田好宏，生嶋 功（1971）富士五湖の水草の分布．富士山総合学術調査報告．富士急行株式会社，pp.559-577
- 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
- 中村誠司，上嶋崇嗣，渡邊広樹，芹澤（松山）和世，芹澤如比古（2016）富士五湖における水質の周年変化と長期的変動．富士山研究 10：31-40
- 坂山英俊（2012）11．車軸藻類（鳥取県生物学会編）．レッドデータブックとっとり改訂版 鳥取県の絶滅のおそれのある野生生物．鳥取県生活環境部公園自然課，p.176
- 芹澤（松山）和世，吉澤一家，高橋一孝，中野隆志，安田泰輔，芹澤如比古（2009）山中湖における水草・大型藻類－2007年－．水草研究会誌 92：1-9
- 芹澤（松山）和世，金原昂平，米谷雅俊，渡邊広樹，白澤直敏，田口由美，神谷充伸，芹澤如比古（2015）富士北麓，精進湖と本栖湖におけるフジマリモの発見（予報）．富士山研究 9：1-6
- 芹澤如比古，佐藤裕一，深代牧子，土屋佳奈，芹澤（松山）和世（2013）富士北麓，山中湖に生育する水生植物の種組成と現存量の周年変化－2008～2010－．水草研究会誌 100：61-71
- 芹澤如比古，吉澤一家，高橋一孝，加藤 将，野崎久義，芹澤（松山）和世（2014）富士北麓，山中湖に生育する水生植物の水平・垂直分布－2008年－．富士山研究 8：7-14
- 芹澤如比古，上嶋崇嗣，芹澤（松山）和世（2016a）富士北麓，山中湖における水中光量と消散係数．富士山研究 10：23-29
- 芹澤如比古，上嶋崇嗣，中村誠司，渡邊広樹，白澤直敏，芹澤（松山）和世（2016b）富士北麓，西湖と精進湖の水草・大型藻類と光環境．山梨大教育人間学部紀要 17：201-210
- Vestergaard O. & Sand-Jensen K. (2000) Aquatic macrophyte richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57: 2022-2031
- 若菜 勇，佐野 修，新井章吾，綿貫 哲，荻野洗太郎，平田 徹，御園生拓，大石 豊，横浜康継（1994）富士山北麓の湖沼群におけるフジマリモの生育状況と生育環境特性．マリモ研究 3:31-50
- 山梨県（2016a）富士五湖の過去の水位 河川管理 河川・砂防・治山 まちづくり・環境 [https://www.pref.yamanashi.jp/chisui/113\\_006.html](https://www.pref.yamanashi.jp/chisui/113_006.html)
- 山梨県（2016b）公共用水域水質測定結果 公共用水域及び地下水の水質測定結果（常時監視）水質監視及び保全対策 水質・土壌・地盤 環境保全 まちづくり・環境 <http://www.pref.yamanashi.jp/taiki-sui/sokutei.html>