

富士北麓，精進湖における水草・車軸藻類と  
環境の 2015 年までの変遷

Transition of Aquatic plants, Charales and Water Quality until 2015 in Lake Shoji at  
the northern foot of Mt. Fuji

中村 誠司      上 嶋 崇 嗣

Seiji NAKAMURA    Takatsugu UEJIMA

芹澤(松山) 和世      芹 澤 如 比 古

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA    Yukihiko SERISAWA

# 富士北麓，精進湖における水草・車軸藻類と 環境の2015年までの変遷

Transition of Aquatic plants, Charales and Water Quality until 2015 in Lake Shoji at  
the northern foot of Mt. Fuji

中村 誠司<sup>1</sup>                      上嶋 崇嗣<sup>1</sup>

Seiji NAKAMURA      Takatsugu UEJIMA

芹澤(松山) 和世<sup>2</sup>                      芹澤 如比古

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA      Yukihiro SERISAWA

**要約:** 精進湖の水草・車軸藻類と湖水環境の変遷について明らかにすることを目的に、精進湖で2015年9月に自作採集器による採集調査と2014年9月のスキューバ潜水で採集した標本の精査を行うとともに、水草・車軸藻類についての既往資料と本研究の方法および結果の比較と山梨県の水質測定データを使用した6項目(セッキ透明度、懸濁物質質量、化学的酸素要求量、全窒素量、全リン量、クロロフィルa量)の変動傾向解析を行った。本研究により精進湖で水草6種とシャジクモの計7種が確認され、オオササエビモとイバラモ属sp.を新産種として確認できた。本研究による確認種数はこれまでで最多であり、クロモとフジエビモ(仮称)の出現頻度(確認定点数/総定点数×100)は増加していることが判明した。素潜りやスキューバ潜水を用いた調査では確認種数が多かったことから、これまでのような湖岸や湖上からの採集では沈水植物を見落とし続けていた可能性が考えられた。また、多くの項目で長期的にも短期的にも水質の改善傾向が認められたことから、精進湖では湖底に届く光量が増加した結果、水生植物の生育可能面積が増加していると考えられ、そのことが影響して水草・車軸藻類の種数の増加や分布域の拡大が生じていると推察された。

## I 諸言

現在、日本に生育する水草の約40%(角野 2014)、車軸藻類の約80%(Kato et al. 2014)が絶滅危惧種であり、湖沼やため池等の生物多様性の保全が重要な課題となっている。また、特に湖沼では水草・車軸藻類が魚類の産卵場所や生息地を提供するとともに他の付着生物の付着基質として重要な役割を果たしている(山口 1943, 花里ら 2001)。したがって、高標高域に位置する富士五湖においても生態系を支えている一次生産者である水草・車軸藻類の多様性や分布状況を可視化することは重要な研究課題と考えられる。

富士五湖は富士北麓に位置する本栖湖、精進湖、西湖、河口湖、山中湖の五つの山岳湖沼群の総称である。富士五湖および富士山が位置するエリアは富士箱根伊豆国立公園(環境省自然環境局 2004)や国の名勝(文化庁 2017a)に指定されており、世界文化遺産にも登録されている(文化庁 2017b)。しかし、富士五湖では観光客や観光開発の増加により生態系の攪乱や生物多様性の減少が生じている可能性があり、富士五湖の中で最も面積の小さい精進湖では特にその影響が懸念される。

精進湖は標高901m、面積0.51km<sup>2</sup>、湖岸線延長6.4km、最大水深15.2mの堰止湖である(環境庁自然保護局 1993)。これまでに精進湖の水草・車軸藻類については延原ら(1971)、富士北麓生態系調査会(2007)、芹澤ら(2016a)によって計7種が確認されている(表1)。また、精進湖の湖水環境につい

<sup>1</sup>教育学研究科修士課程    <sup>2</sup>教育学域協力研究員

表1 精進湖において本研究とこれまでの調査で確認された水草・車軸藻類とその優占種および調査方法の比較。○は確認種, ◎は優占種.

種名	学名 調査定点(線)	文献	富士北麓生態系調査会(2007)	芹澤ら(2016a)	本研究
		延原ら(1971)	2005年7, 10, 12月	2012年4~12月	2014年9月, 2015年9月
クロモ	<i>Hydrilla verticillata</i>	○		◎	◎
フジエビモ(仮称)	<i>Potamogeton</i> sp.			◎	◎
コカナダモ	<i>Elodea nuttallii</i>		◎	◎	◎
センニンモ	<i>Potamogeton maackia</i>	○		◎	○
オオササエビモ	<i>Potamogeton anguillanus</i>				○
エビモ	<i>Potamogeton crispus</i>	○	○	○	
イバラモ属sp.	<i>Najas</i> sp.				○
オオカナダモ	<i>Egeria densa</i>		◎		
シャジクモ	<i>Chara braunii</i>			○	○
	計	3	3	6	7

ては山梨県によりいくつかの水質項目が測定されており(山梨県 2017), 2013年までの結果については著者らにより解析されている(中村ら 2016)。しかしながら, 山中湖では数年といった短期間でも水草・大型藻類の種組成や生育量が変化していることが報告されており(芹澤ら 2013), 精進湖においても最近の水生植物の生育状況を調査し, 植生や分布域の過去からの変遷を可視化する必要がある。そこで本研究では, 精進湖における水草・車軸藻類と湖水環境の2015年までの変遷を詳らかにすることを目的とした。

## II 方法

精進湖における水草・車軸藻類の調査は2015年9月14日に行った。調査定点は芹澤ら(2016a)を参考にした5定点に, 新たに2定点を追加した計7定点とした(図1)。各定点で25mロープを付けた自作の採集器を小型船舶から湖内に投げ入れ, 低速で湖底を10m程度引き摺る方法で採集を行った。採集したサンプル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, 種の同定を行った後, 押し葉標本を作製する前後に標本写真を撮影した。また, 2014年9月に行ったフジマリモの潜水分布調査(芹澤ら 2016b)の際に採集された標本の精査を併せて行った。

精進湖で確認された水草・車軸藻類の変遷を明らかにするため, 延原ら(1971), 富士北麓生態系調査会(2007), 芹澤ら(2016a)および本研究で, 確認種, 優占種, 調査期間および調査方法を比較した。優占種はそれぞれの調査で定点別の出現頻度(出現定点数/総定点数×100)が60%以上の種とした。また, 分布域の変遷を可視化するため, それぞれの調査で各種が確認された定点を精進湖の地図上にプロットした。なお, 延原ら(1971)に記載されている地図は現在の精進湖の形と異なる部分があり, 定点調査ではなく定線調査を行っていたため, 比較しやすいように現在の精進湖を基準として, 湖内の9定

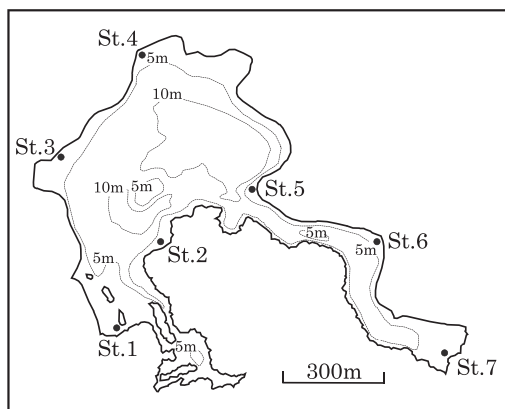


図1 精進湖における本研究の調査定点.

表2 本研究で精進湖の各定点で確認された水草・車軸藻類とその出現頻度.

和名	学名	調査定点							出現頻度(%)
		St.1	2	3	4	5	6	7	
クロモ	<i>Hydrilla verticillata</i>	○	○	○	○		○	○	86
フジエビモ(仮称)	<i>Potamogeton</i> sp.	○		○	○	○	○		71
コカナダモ	<i>Elodea nuttallii</i>	○		○	○	○		○	71
センニンモ	<i>Potamogeton maackianus</i>	○		○	○		○		57
オオササエビモ	<i>Potamogeton anguillanus</i>	○							14
イバラモ属sp.	<i>Najas</i> sp.	○							14
シャジクモ	<i>Chara braunii</i>					○			14
水草種数		6	1	4	4	2	3	2	
車軸藻類種数		0	0	0	0	1	0	0	
計		6	1	4	4	3	3	2	

線のみを12定点に読み換え、湖外の3定線については除外した。

湖水環境については山梨県が精進湖の湖心で測定し、HP上で公開している富士五湖の公共用水域水質測定結果(山梨県 2017)のうち、湖沼の富栄養化の指標としてよく用いられ、水生植物の生育に関連すると考えられるセッキー透明度(Tr)、懸濁物質量(SS)、化学的酸素要求量(COD)、全窒素量(TN)、全燐量(TP)、クロロフィルa量(Chl. a)についてのデータを引用し、変動傾向の解析を行った。なお、データは年間を通して測定が行われている1973年以降で2015年までデータが連続している期間(Tr, SS, CODは1974年以降、TNは1978年以降、TPは1983年以降、Chl. aは1991年以降)に限定して使用した。6項目について上記の期間で各年の年平均値を算出し、長期的および短期的な一次回帰分析をマイクロソフト社製の表計算ソフトExcelを用いて行った。なお、中村ら(2016)と同様に同じ月にデータが2つあった場合にはその平均値を使用し、欠測月があった場合には過去5年間の同じ月のデータの平均値で補完した。

### III 結果

精進湖において本研究とこれまでの調査で確認された水草・車軸藻類とその優占種および調査方法を表1に示す。既往資料と本研究を比較した結果、精進湖における水草・車軸藻類の確認種数と優占種は、1969年8月と1970年7月の調査(9定線と現在は湖外となっている3定線で自作採集器を10m引きずる採集)では水草3種と優占種なしであり(延原ら 1971)、2005年7, 10, 12月の調査(11定点で引き籠を10m引きずる採集)では水草3種とオオカナダモ・コカナダモであり(富士北麓生態系調査会 2007)、2012年4~12月の毎月の調査(5定点で自作採集器を10m引きずる採集および素潜り徒手採集)では水草5種とシャジクモの計6種とコカナダモ・クロモ・センニンモ・フジエビモ(仮称)であり(芹澤ら 2016a)、本研究(7定点で自作採集器を10m引きずる採集およびスキューバ潜水での徒手採集)では水草6種とシャジクモの計7種とクロモ・フジエビモ(仮称)・コカナダモであった。

精進湖においてこれまでの調査で確認された水草・車軸藻類の分布域の変遷を図2に、本研究で精進湖の各定点で確認された水草・車軸藻類とその出現頻度を表2に示す。各調査での確認種とその確認定点数(出現頻度)は、延原ら(1971)ではクロモが7定点(58%)、センニンモが1定点(8%)、エビモが6定点(50%)であり、富士北麓生態系調査会(2007)ではコカナダモとオオカナダモが10定点(91%)、エビモが6定点(55%)であり、芹澤ら(2016a)ではクロモ、フジエビモ(仮称)、コカナダモ、センニンモが3定点(60%)、エビモが1定点(20%)、シャジクモが2定点(40%)であった。本研究ではクロモが6定点(86%)で最大、次いでフジエビモ(仮称)とコカナダモが5定点(71%)、センニンモが4定点(57%)、オオササエビモ、イバラモ属sp., シャジクモが1定点(14%)であった(表2)。

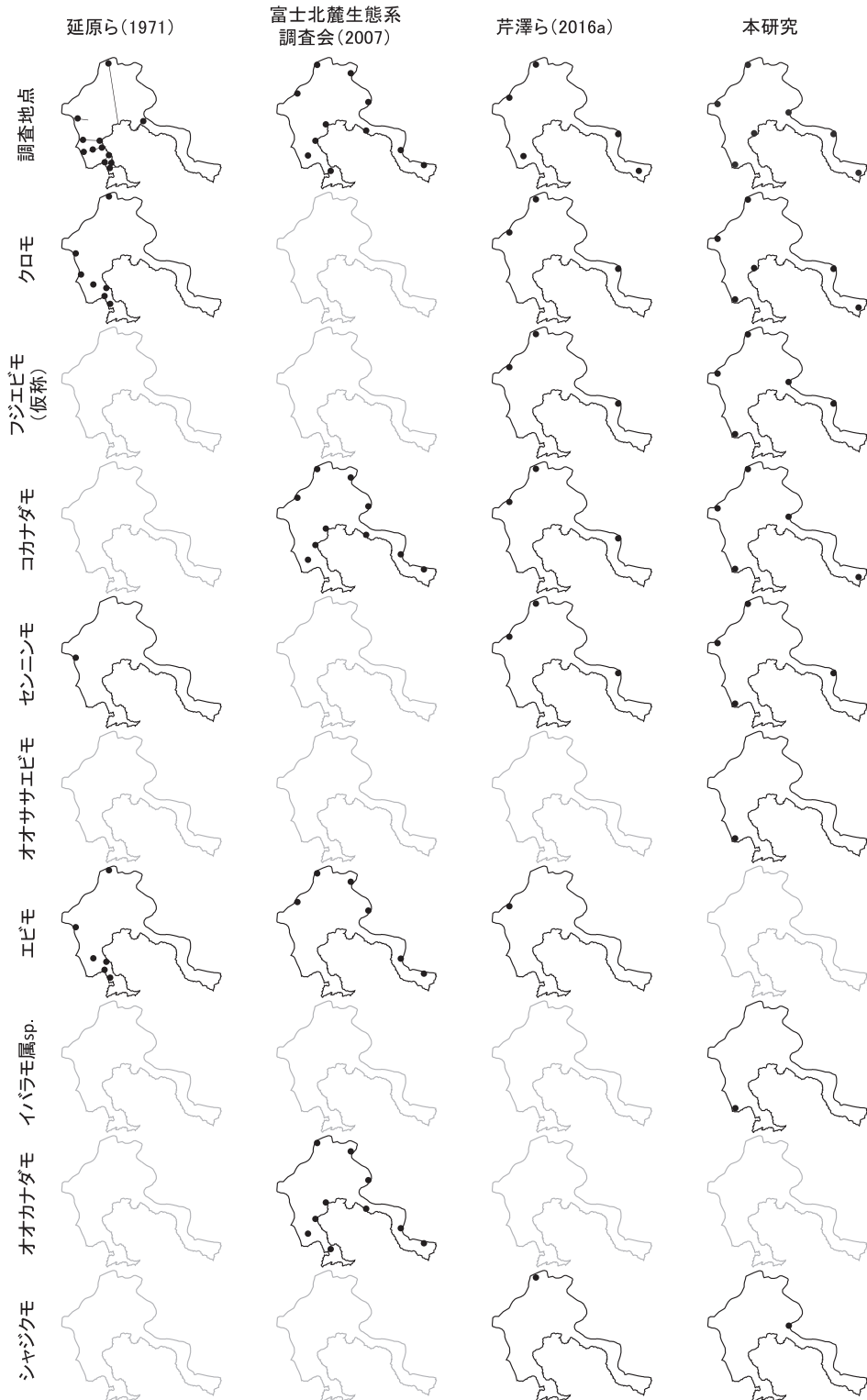


図2 精進湖で確認された水草・車軸藻類の調査期間ごとの分布状況.



図3 本研究により精進湖で確認された水草・車軸藻類の標本写真 a, クロモ *Hydrilla verticillata*;  
 b, フジエビモ (仮称) *Potamogeton* sp.; c, センニンモ *Potamogeton maackianus*;  
 d, オオササエビモ *Potamogeton anguillanus*; e, コカナダモ *Elodea nuttallii*; f, イバラモ属sp. *Najas* sp.;  
 g, シャジクモ *Chara braunii*.

本調査によりクロモ、フジエビモ (仮称)、コカナダモ、センニンモ、オオササエビモ、種子が未発達のため種皮を確認できなかったがトリゲモと思われるイバラモ属sp. の水草6種とシャジクモの計7種が確認された (表1, 2, 図3)。なお、イバラモ属sp. とシャジクモについては2014年9月のフジマリモのスキューバ潜水による分布調査 (芹澤ら 2016b) で採集された標本の中から確認された。定点別確認種数はSt.1が6種と最大、次いでSt.3とSt.4が4種、St.6とSt.5が3種、St.7が2種で、St.2が1種と最小であった。

精進湖における透明度、懸濁物質質量、化学的酸素要求量、全窒素量、全磷量、クロロフィルa量の解析期間中の各年の平均値を長期的・短期的な回帰分析とともに図4に示す。透明度は1.5m (1981年)

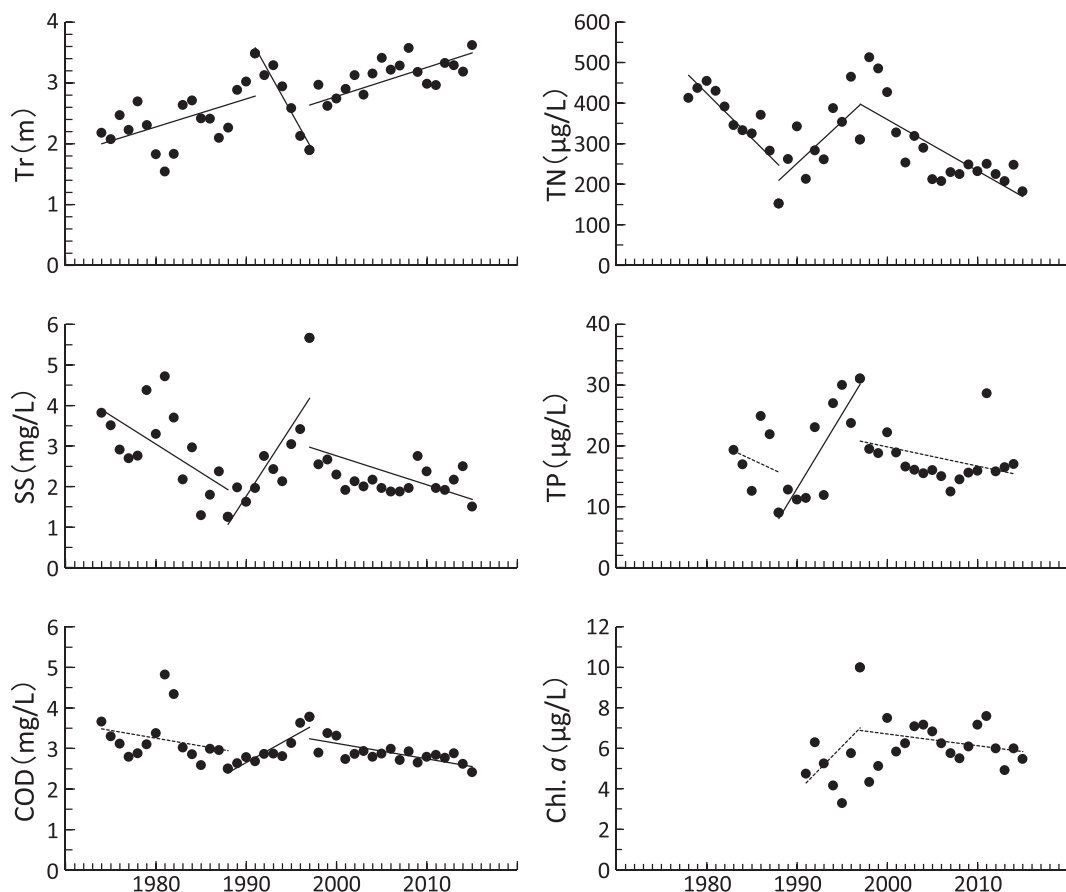


図4 山梨県のデータより解析した精進湖における水質項目（透明度，懸濁物質質量，化学的酸素要求量，全窒素量，全燐量，クロロフィルa量）の長期的・短期的な変動. 実線は有意，破線は有意でないことを示す.

～3.6 m（2008，2015年）の範囲で変化し，長期的には有意な上昇傾向を示し（ $p < 0.05$ ），短期的には1991年と1997年を境に有意な上昇，下降，上昇傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）。懸濁物質質量は1.3mg/L（1985，1988年）～5.7mg/L（1997年）の範囲で変化し，長期的には有意な下降傾向を示し（ $p < 0.05$ ），短期的には1988年と1997年を境に有意な下降，上昇，下降傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）。化学的酸素要求量は2.4mg/L（2015年）～4.8mg/L（1981年）の範囲で変化し，長期的には有意な下降傾向を示し（ $p < 0.05$ ），短期的には1988年までは有意でない下降傾向（ $p = 0.32$ ），それ以降，1997年までは有意な上昇傾向，1997年以降は有意な下降傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）。全窒素量は151.9 $\mu$ g/L（1988年）～512.5 $\mu$ g/L（1998年）の範囲で変化し，長期的には有意な下降傾向を示し（ $p < 0.05$ ），短期的には1988年と1997年を境に有意な下降，上昇，下降傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）。全燐量は9.0 $\mu$ g/L（1988年）～31.1 $\mu$ g/L（1997年）の範囲で変化し，長期的には有意な傾向を示さなかったが（ $p = 0.68$ ），短期的には1988年までは有意ではないが下降傾向（ $p = 0.67$ ），その後1997年までは有意な上昇傾向（ $p < 0.05$ ），1997年以降は有意ではないが下降傾向が認められた（ $p = 0.08$ ）。クロロフィルa量は3.3 $\mu$ g/L（1995年）～10.0 $\mu$ g/L（1997年）の範囲で変化し，長期的には有意な傾向を示さなかったが（ $p = 0.35$ ），短期的には1997年を境に有意でない上昇（ $p = 0.31$ ），下降傾向が認められた（ $p = 0.29$ ）。

#### IV 考察

本研究により精進湖から2014年9月にイバラモ属sp. を、2015年9月にオオササエビモを新たに確認することができた。オオササエビモが確認された定点はこれまでに調査の行われていない定点であったため、本種が昔から生育していたのか、近年移入したのかは不明である。一方、イバラモ属sp. が確認された定点はこれまでも調査が行われていた定点であった。両種は1定点でのみ発見され、少数個体しか確認されていない。本調査時にも確認された群体動物のオオマリコケムシは精進湖で1972～1973年に突如出現し、人為的な物資の移動または渡り鳥により偶発的に運ばれた可能性が指摘されており (Oda 1974)、食植性の水鳥が摂食し、糞として排出した水草の種子が発芽することも報告されていることから (Charalambidou et al. 2003)、両種は鳥類によって精進湖に移入された可能性が高いと考えられる。ところで、イバラモ属sp. やシャジクモが確認された定点では2015年9月にもボート上からの採集を行っているものの両種とも採集されなかった。これら2種は精進湖では他の沈水植物に比べて植物体のサイズが小さく、生物量が少ないため、採集器を使用した調査では確認することが難しいのかもしれない。

精進湖の水草・車軸藻類は2005年以前には3種、2012年には6種、2014～2015年には7種と過去から現在にかけて確認種数が増加傾向にあり、調査期間により優占種にも若干の違いがみられた。本研究と芹澤ら (2016a) を比較するとクロモ、フジエビモ (仮称)、コカナダゴは確認定点数と出現頻度が、センニンモは確認定点数が増加していることが明らかとなった。また、調査定点や定点数が異なるため、水平的な分布域の変化はやや不明瞭ではあるが、2012年以降の調査ではそれ以前の調査と比較して確認種数が多かった。水生植物の種数は湖の生育可能面積の大きさに比例して増加することが指摘されており (Vestergaard & Sand-Jensen 2000)、精進湖の水質が長期的にも短期的にも多くの項目で改善傾向にあることは、より深い水深帯へ届く光量が増加していることを意味する。したがって、精進湖では水質の改善により水生植物の生育可能面積が増加していると考えられ、その影響で水草・車軸藻類の種数が増加し、分布域が拡大していると推察された。一方、水草・車軸藻類の群落は湖水の攪拌を低減させ、底泥の巻き上げを抑制するため、透明度の上昇といった湖水環境への効果があることも指摘されている (津田 1972, James et al. 2004)。精進湖における水生植物の分布域の拡大は湖水の光環境の改善を加速させているのかもしれない。

イバラモ属sp. やシャジクモは素潜りまたはスキューバ潜水を取り入れた調査でのみ確認されており、比較的水深の大きい精進湖ではこれまでの様な湖岸やボート上からの採集では沈水植物を見落としてしまっていた可能性がある。水深の大きい湖に生育する水生植物の種組成を詳細に記録するためには、実際に目視観察のできる潜水調査や定点数を充分増やす必要があると考えられる。今後も同湖における湖水環境と植生の変遷について注視し、詳細な植生調査を継続していきたい。

#### 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水圏植物学 (芹澤) 研究室の学生・院生の諸氏に謝意を表す。

#### VI 引用文献

- 文化庁 (2017a) 「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 (2017b) 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)
- Charalambidou I, Santamaria L, Langevoord O (2003) Effect of ingestion by five avian dispersers on the retention time, retrieval and germination of *Ruppia maritima* seeds. *Functional Ecology* 17(6):747-753



- 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
- 花里孝幸, 荒河 尚, 佐久間昌孝, 張 光玢, 沖野外輝夫(2001) 諏訪湖の動物プランクトン群集: 群集構造と生態系における役割. 陸水学雑誌62:151-167
- James W F, Barko J W, Butler M G (2004) Shear stress and sediment resuspension in relation to submersed macrophyte biomass. *Hydrobiologia* 515(1):181-191
- 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(2004) 富士箱根伊豆国立公園箱根地域管理計画書, 南関東地区自然保護事務所, p. 45
- Kato S, Kawai H, Takimoto M, Suga H, Yohda K, Horiya K, Sakayama H (2014) Occurrence of the endangered species *Nitellopsis obtusa* (Charales, Charophyceae) in western Japan and the genetic differences within and among Japanese populations. *Phycological research* 62(3):222-227
- 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
- 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
- Oda S (1974) *Pectinatella magnifica* occurring in Lake Shoji, Japan. *Proc Jap Soc Syst Zool* 10:31-39
- 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, 上嶋崇嗣, 中村誠司, 渡邊広樹, 白澤直敏, 芹澤(松山)和世(2016a) 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
- 芹澤如比古, 金原昂平, 芹澤(松山)和世(2016b) 富士北麓, 精進湖に生育するフジマリモの分布状況. 山梨大教育人間学部紀要 25:193-199
- 津田松苗(1972) 水質汚濁の生態学. 環境コミュニケーションズ, 東京, p. 11
- 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
- 山口久直(1943) 琵琶湖の水草. 陸水学雑誌 13 (2-3):92-104
- 山梨県(2017) 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>