

富士北麓、西湖のフジマリモとその生育地の光環境の現状

芹澤 (松山) 和世¹・瀬子義幸¹・小佐野親¹・安田泰輔¹・中野隆志¹・
早川雄一郎²・神谷充伸²・芹澤如比古³

Present situation of *Aegagropila sauteri* var. *yamanakaensis* and photoenvironment of their habitat in Lake Sai at the northern foot of Mt. Fuji.

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA¹, Yoshiyuki SEKO¹, Shitashi OSANO¹,
Taisuke YASUDA¹, Takashi NAKANO¹, Yuichiro HAYAKAWA²,
Mitsunobu KAMIYA² and Yukihiko SERISAWA³

要 旨

西湖北岸、西の越地先において、フジマリモの生育状況と生育地の光量などの環境要因の調査を2009年8月12日に行った。フジマリモは明らかに湧水があると考えられる礫底に水深8mから出現し、マット状、またはゆるい集塊を成しており、水深9-13mでは密に湖底一面を覆っていた。表層のpHは7.7、水温は25.5℃であり、水深10m以深では水温が10℃以下に急激に低下した。透明度は7.7m、相対光量は水深8mでは12.9%、フジマリモの分布中心と考えられる水深11mでは7.0%であった。西湖ではフジマリモ群落とその生育環境が維持されていることが明らかとなった。

はじめに

マリモはシオグサ科に属する淡水産緑藻で、枝を持つ糸状藻であり、しばしば特徴的な不定根を出して絡まり合い、球状の集合体を形成する (ex. 芹澤 (松山) ほか 2009 a)。その球状体は注目を集め、「阿寒湖のマリモ」は1952年に国の特別天然記念物に指定され、富士五湖の毬藻は1993年に「フジマリモ及び生息地」として山梨県の天然記念物に指定された。

富士五湖の毬藻は山中湖で1956年に発見され (杉浦 1956)、マリモの一変種、フジマリモとして1957年に記載された (Okada 1957)。河口湖で見つかった毬藻も1979年にフジマリモであると確認され (阪井 1980; 安原・新崎 1980)、その後、西湖でも1993年に湖北部の桑留尾沖合で漁をしていた三浦嘉吉氏の漁網に集塊20-30個が偶然混入したことにより発見された (若菜ほか 1994)。その後、西湖では数回の学術調査によって桑留尾の西縁に位置する西の越の水深7-17mにフジマリモが群生することが明らかとなった (若菜ほか 1994; 西湖フジマリモ調査会 1995)。

西湖は富士山の火山活動によって生じた堰止湖であり、東西に長く、西側の一部はくびれている。面積は2.12km²で、湖岸は概ね急深であるが、北岸の一部と東岸には緩やかな傾斜もあり、最大水深は73.2mと富士五湖の中では本栖湖に次ぐ深さである (環境庁自然保護局 1993)。流入河川は5本あり、そのうちの4本は北岸に流入しており、

山中湖や河口湖と同様に湧水の存在が知られている (西湖フジマリモ調査会 1995; 富士北麓生態系調査会 2007)。

環境庁自然保護局 (1993) によると、西湖は貧栄養湖であり、自然湖岸・半自然湖岸が95.7%で、湖岸の土地利用は自然地在が82.2%、市街地・工業地・その他が17.7%であることが報告されている。一方、中栄養湖の山中湖は自然・半自然湖岸が79.3%で、湖岸の土地利用は自然地在が44.6%、市街地・工業地・その他が55.3%、富栄養湖の河口湖は自然・半自然湖岸が73.8%で、湖岸の土地利用は自然地在が41.8%、市街地・工業地・その他が48.9%であるという。湖岸の土地利用において市街地や工業地などの少ない西湖周辺の環境は、山中湖や河口湖に比べて自然に近い状態で維持されていると言える。しかし、西湖の水環境に関する知見は乏しく (若菜ほか 1994; 有泉・吉澤 2002)、フジマリモの調査も2005年以降は行われていない (三富 2007)。山中湖では近年湖水の水質の悪化に伴ってフジマリモが激減し、その絶滅が危惧されており (富士北麓生態系調査会 2007; 芹澤 (松山) ほか 2009 a)、河口湖においてもフジマリモの分布範囲や生育量は1979年の調査と比べると (山梨県教育委員会 1981) 1993年には大きく減衰している (若菜ほか 1994)。著者らは教育・研究のためのフジマリモの展示を山梨県環境科学研究所で行うため、山梨県よりフジマリモの採集許可を得て、西湖においてフジマリモの生育状況とその生育環境、特に光環境についての調査を行ったので報告する。

1. 山梨県環境科学研究所
2. 福井県立大学海洋生物資源学部
3. 山梨大学教育人間科学部

Corresponding author : Kazuyo Matsuyama-Serisawa
E-mail : shiwogusa@ybb.ne.jp

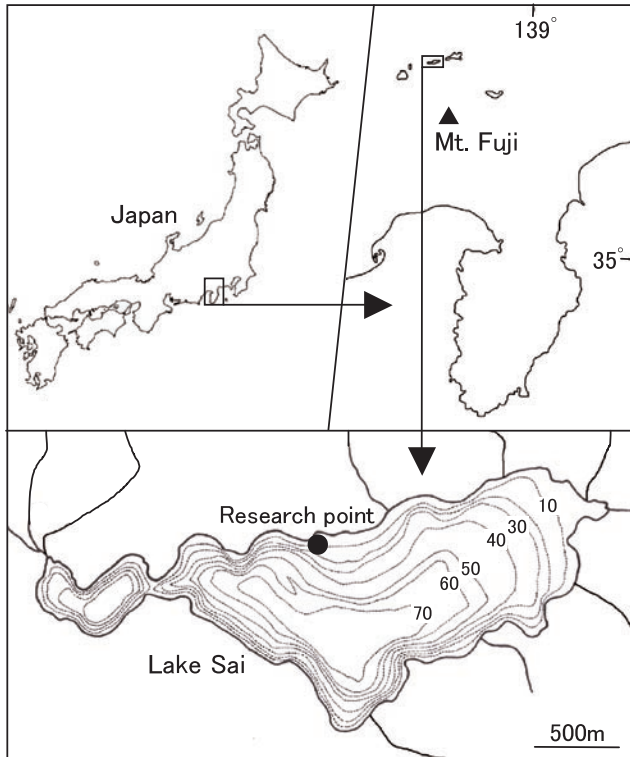


図1 調査地点.

方法

調査は西湖の北岸、西の越地先において（図1）、2009年8月12日に行った。湖岸から沖合に向けてスキューバ潜水を行い、フジマリモが最も繁茂している湖底からフジマリモの緩い塊を5個程度採集した。また、フジマリモの生育水深を水深計（Aqua Lung社）で測定した。採集したフジマリモは保冷しながら山梨県環境科学研究所に運び、水道水で泥や付着物を落とした後、藻体を軽く手でまとめ、展示用水槽に移した（図2a）。また一部は生物顕微鏡で藻体の観察を行った後、核DNAを抽出し、SSU rRNA 遺伝子の塩基配列の解析を行った。環境測定は手漕ぎの小型船舶（ゴムボート）を用いて、水深12mのマリモ生育地の直上付近で行った。表層水の水温とpHは棒温度計とコンパクトpHメーター（HORIBA社）により測定した。透明度はセッキ透明度板を、光量は2組のLi-Cor社製ライトメーターLi-250と光量子センサーを用いて測定した。光量（光量子束密度）の測定は一方のセンサーを水中用アンカーに固定し、水上（湖面上）と水中で同時に行い、相対光量を求めた。測定水深は湖面下約10cm、水深1-11mまで1m毎と、湖底付近の水深11.5mとした。なお、光量測定は日が高い11-12時の間に行った。

結果と考察

西の越地先においてフジマリモは水深8mから出現し、水深9-13mでは密に湖底一面を覆っており（図2b）、分布中心は水深11m程度であると考えられ、水深14m

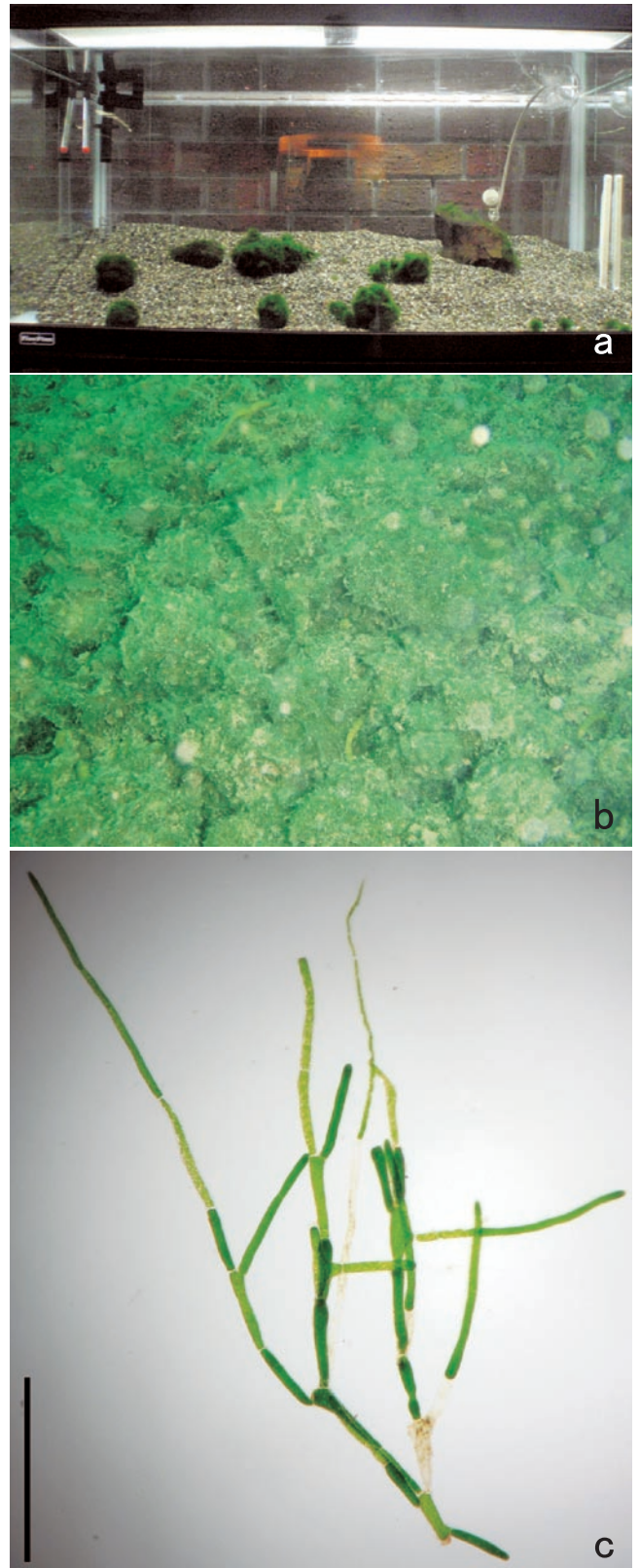


図2 西湖のフジマリモ. a, 展示された様子. b, 繁茂地の様子. c, 糸状体の顕微鏡写真（スケールバーは1mm）.

では生育量が若干減少していた。フジマリモが生育していた場所は礫底であり、そこには明らかに湧水があると考えられ、糸状藍藻類も繁茂していた。礫に着生しているフジ

マリモは粗または密なマット状であったが、礫に着生せずにゆるい集塊を成して湖底に積もっているものも多かった。水深 14 m 以深にもフジマリモは生育しているようではあったが、潜水開始時に岸辺では 26℃程度であった水温がマリモ生育帯では急激に低下して 10℃を切ったので、安全上の理由から生育限界水深の確認は行わなかった。本調査とほぼ同地点におけるフジマリモの分布調査は 1993、1994、2005 年の 3 回行われており、その際に確認された本種が出現し始める水深は 7 - 9 m であった（若菜ほか 1994；佐野ほか 1995；三富 2007）。また、若菜ほか（1994）は水深 20 m でも本種の生育を確認している。いずれの調査でも分布限界水深は明言されていないが、フジマリモの分布の中心は水深 10 - 12 m であることが報告されている（若菜ほか 1994；佐野ほか 1995；三富 2007）。したがって、フジマリモの生育水深帯は発見当初からほとんど変動していないものと推察された。ところで、佐野ほか（1995）ではフジマリモのゆるく絡み合った集合体だけでなく、一部で緻密に絡み合った集合体も確認されているが、本調査では緻密に絡み合った集合体は見られなかった。山中湖ではすでにフジマリモの集合体は確認されなくなっており（芹澤（松山）ほか 2009 a）、山中湖におけるフジマリモ群落の衰退から考えると（Okada 1957；安原・新崎 1977；山中湖村教育委員会 1985；若菜ほか 1994；三富 2007；芹澤（松山）ほか 2009 a）、本調査において西湖で緻密な集合体を確認されなかったことはフジマリモの減衰の兆候である可能性がある。

採集されたフジマリモ糸状体を生物顕微鏡で観察したところ、その細胞は円筒形で、棍棒状を成すものもあり、分枝は体下部では対生、体上部では互生または偏生のものが多く見られ、不定根の発出が確認されるなど、外形態はフジマリモに関するこれまでの報告と一致した（Okada 1957；Sakai 1964；阪井 1980；安原・新崎 1980 ほか）。また、細胞内には葉緑体が密に配列しており、糸状体は緑色から明るい緑色であったことから、藻体の状態は良好であることが確認された（図 2 c）。DNA 解析の結果、本研究で採集された藻体の SSU rRNA 遺伝子の塩基配列と登録されていた阿寒湖のマリモの配列（ab062698；Hanyuda *et al.* 2002）の違いは 1 塩基であることがわかった。羽生田・植田（1999）は両者の核 DNA の ITS 領域の塩基配列を比較し、ほとんど違いが見られないと報告しており、マリモとフジマリモが非常に近縁であることが再確認された。

光量測定中の天候は曇りで、湖面上の光量は水深 10 cm - 10 m の測定時には 786 - 1059 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の範囲であったが、水深 11 - 11.5 m の測定時には日が差したため、1582 - 1824 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ と増加した（図 3）。水中の光量はフジマリモが出現し始める水深 8 m では 124 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、分布中心と考えられる水深 11 m では 127 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、水深 11.5 m では 92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ であった。また、相対光量は水深 8 m では 12.9%、水深 11 m では 7.0%、水深 11.5 m では 5.8% となり、水

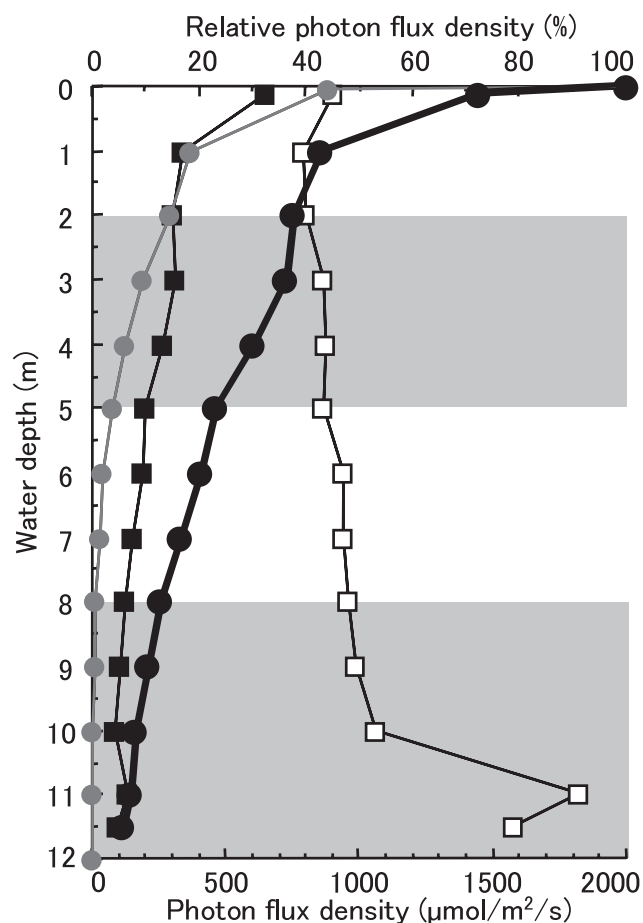


図 3 西湖における相対光量および水上と水中の光量. 黒丸：西湖の相対光量, 灰色丸：山中湖の相対光量（芹澤（松山）ほか 2009 b より引用）, 白四角：西湖の水上の光量, 黒四角：西湖の水中光量, 灰色部分：上段が山中湖, 下段が西湖のフジマリモ生育水深帯.

深の増加に伴って減衰した（図 3）。これまで、マリモの培養実験では 3000 lux が生長に最適とされており（館脇 1991）、一般にマリモは弱光を好むと考えられていたが、本調査から西湖のフジマリモは日中には 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を越える光に曝される場所で生育していることがわかった。1994 年に同地点で測定された相対光量は水深 11 m では 2%程度であったことが報告されている（若菜・寺脇 1995）。しかし、この報告によると調査の数日前に台風が通過したことにより調査当日は水中の懸濁物が増加したとあり、今回の結果との単純な比較は避けなければならない。2007 年に山中湖で行った光量調査では、相対光量は水深 11 m では 0.1%と低かったが、フジマリモの生育水深（2 - 5 m）では 3.7 - 14.7%であった（芹澤（松山）ほか 2009 b）。したがって、西湖と山中湖では同一水深における水中光量や相対光量に大きな隔たりがあるものの、フジマリモの生育水深帯における両湖の相対光量は近い値であることがわかった。このことから、フジマリモの分布水深を決定する要因として水中光量が大きく関わっていることが示唆された。

フジマリモ生育地の直上付近で測定した表層水の水温は 25.5℃、pH は 7.7 で、透明度は 7.7 m あった。同地で 1993 年 10 月に測定された pH は 7.8 で、透明度は 9.0 - 10.0 m であり（若菜ほか 1994）、これらの値は季節的にも変動するが、pH は本研究とほぼ同様の値であり、透明度は本研究の方が低い値であった。西湖の湖心で 1972 - 2001 年まで毎月測定された透明度の年度平均から、有泉・吉澤（2002）は 1992 - 2001 年の 10 年間では透明度が 8 m を超えた年度がそれ以前より少なく、透明度がやや低下傾向にあることを報告している。本調査の結果から、西湖のフジマリモ群落は発見当初と同じ水深帯に維持されていることがわかったが、今後もフジマリモ群落を保全するためには、水中光量を減衰させる湖水中の懸濁物を増やさず、西湖の透明度を低下させない努力が不可欠であろう。また、フジマリモの保護のためには、生育限界水深における光量や、光合成の測定による補償点光量、培養実験による生長の最適光量などを明らかにしていく必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、調査にご協力頂いた山梨大学の御園生拓、平田徹の両教授に深謝する。

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
- 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
- 羽生田岳昭，植田邦彦（1999）マリモはどこから来たのか？ 遺伝 53（7）：39 - 44
- Hanyuda T, Wakana I, Arai S, Miyaji K, Watano Y, Ueda K (2002) Phylogenetic relationships within Cladophorales (Ulvophyceae, Chlorophyta) inferred from 18S rRNA gene sequences, with special reference to *Aegagropila linnaei*. J Phycol 38:564-571
- 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 p.141
- 三富龍一（2007）潜水による富士五湖の観察記録．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.133 - 154
- Okada Y (1957) On a new variety of *Aegagropila sauteri* found in Lake Yamanaka. Bull Fac Fish, Nagasaki Univ 5:30-33
- 西湖フジマリモ調査会（1995）山梨県指定天然記念物「フジマリモ及び生息地」調査事業報告書．山梨県足和田村
- Sakai Y (1964) The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. Sci Pap Inst Algal Res, Fac Sci, Hokkaido Univ 1:1-104, plate 1-14
- 阪井与志雄（1980）河口湖産フジマリモについて．藻類 28：47 - 50
- 佐野 修，新井章吾，綿貫 哲，若菜 勇（1995）分布様式と生育環境の概要．山梨県指定天然記念物「フジマリモ及び生息地」調査事業報告書．山梨県足和田村 pp.34 - 42
- 芹澤（松山）和世，安田泰輔，中野隆志，芹澤如比古（2009 a）山中湖におけるフジマリモの再発見．富士山研究 3：13 - 18
- 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 b）山中湖における水草・大型藻類—2007年—．水草研究会誌 92：1 - 9
- 杉浦忠睦（1956）フジマリモの発見．採集と飼育 18（9）：258 - 259, 269
- 館脇正和（1991）マリモの室内培養による研究Ⅱ．平成2年度 阿寒湖のマリモ調査事業報告書 pp.10 - 14
- 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
- 若菜 勇，寺脇利信（1995）光環境．山梨県指定天然記念物「フジマリモ及び生息地」調査事業報告書．山梨県足和田村 pp.68 - 74
- 山中湖村教育委員会（1985）マリモ分布調査報告書．山中湖村教育委員会
- 山梨県教育委員会（1981）マリモ学術調査報告．山梨県教育委員会文化課
- 安原健允，新崎盛敏（1977）日本に産するマリモの研究Ⅶ—山中湖産フジマリモについて—．日本大学文理学部（三島）研究年報 25：9 - 14
- 安原健允，新崎盛敏（1980）日本に産するマリモの研究Ⅸ—河口湖産および再び山中湖産フジマリモについて—．日本大学文理学部（三島）研究年報 28：101 - 112