

富士北麓，精進湖に生育するフジマリモの分布状況

Present distribution status of *Aegagropila linnaei* var. *yamanakaensis* in
Lake Shoji at the northern foot of Mt. Fuji, central Japan.

芹澤 如比古

Yukihiko SERISAWA

金原 昂平

Kohei KIMBARA

芹澤（松山）和世

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA

富士北麓，精進湖に生育するフジマリモの分布状況

Present distribution status of *Aegagropila linnaei* var. *yamanakaensis* in Lake Shoji at the northern foot of Mt. Fuji, central Japan.

芹澤 如比古

金原 昂平¹

Yukihiko SERISAWA

Kohei KIMBARA¹

芹澤 (松山) 和世²

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA²

要約：精進湖では2012年にフジマリモが発見されたが，湖内での分布状況は未解明であった。そこで，精進湖におけるフジマリモの分布状況を詳らかにすることを目的に，潜水による生態調査を行った。2014年9月に精進湖の全域を網羅するよう計15定点を設け，各定点でフジマリモの生育の有無を垂直的に目視確認し，着生状況をCR法で評価し，一部を採集した。検鏡により，採集した藻体は不定根を持つこと，細胞，葉緑体，ピレノイドの形態的特徴からフジマリモと同定された。大礫または岩盤上に着生した糸状体は全15定点で確認され，緩い集塊状の藻体も認められたが，基質から遊離した藻体は少なく，球状体などの集合体は全く確認されなかった。各定点で最も繁茂していた水深の評価はCC（極普通）が9定点，C（普通）が4定点，R（稀）が2定点であり，CCの定点が多かった。全定点を総括すると本種は水深2～7mの範囲で確認され，概略的な確認頻度・被度は調査した水深7mまでの範囲で概ね深さに従って増加していた。なお，水深2mでは着生藻体が少なく短いため肉眼では確認が困難であり，礫の検鏡によってのみ生育が確認できた。また，フジマリモが最も繁茂していた水深は定点により異なっており，水深2.8～6.8mであった。精進湖ではフジマリモが水深3m以深の大礫や岩盤上に普通に着生していたが，基質から遊離した藻体が少なかったことや光環境が悪いことなどから球状体などの集合体は生育していない可能性が高いと推察された。

I 緒言

富士山の北麓に存在する五つの山岳湖沼群として名高い富士五湖の中で，最も小さい精進湖は湖面標高901m，面積0.51km²，湖岸線延長6.4km，最大水深15.2m，平均水深7.0mで，富栄養湖にカテゴライズされている堰き止め湖であり（環境庁自然保護局 1993），富士箱根伊豆国立公園の特別地域内（環境省国立公園HP 2016）に位置している。精進湖は西湖や本栖湖とともにかつて割の海（せのうみ）と呼ばれる一つの大きな湖として連続していたとされ，まず本栖湖が4500年前に分断され（濱野 1989），その後864～866年の貞観噴火に伴う青木ヶ原溶岩流により精進湖と西湖が分断されたという（濱野 1989，小山 2002）。これら三湖の湖面標高は現在でもほぼ同じであり，溶岩堆積物の下を地下水が流動していると考えられている（濱野 1989）。このうち，西湖ではいち早く1993年にはフジマリモが発見されており（若菜ら 1994），同年に山梨県教育委員会は山中湖や河口湖など湖沼単位での天然記念物指定をいったん解除し，これら三湖を一括して「フジマリモおよび生息地」として県の天然記念物に追加指定した（西湖フジマリモ調査会 1995，山梨県HP 2016a）。また，精進湖では2012年に，本栖湖では2013年

¹教育学研究科修士課程（現所属：静岡県富士市立吉原第一中学校）

²本学部協力研究員

に著者らの潜水調査によりフジマリモが発見されている (芹澤 (松山) ら 2015)。

淡水産の枝を持つ糸状緑藻であるマリモ *Aegagropila linnaei* は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 (毬藻) を形成して注目を集め、1952 年には国の特別天然記念物にも指定されている (文化庁 HP 2016a)。フジマリモ (富士毬藻) は富士五湖の一つ、山中湖で 1956 年に発見され (杉浦 1956)、その翌年にマリモの一変種 *Aegagropila sauteri* var. *yamanakaensis* として記載され (Okada 1957)、1958 年に山梨県の「フジマリモ及び生息地」として天然記念物に指定された (山梨県 HP 2016a)。河口湖は Okada (1957) によりフジマリモの第 2 の産地として挙げられたが、その詳細については記載されなかった。1979 年 1 月に河口湖で大量に打ち上げられた毬藻がフジマリモであることが確認されたことから (阪井 1980, 安原・新崎 1980)、河口湖のフジマリモは広く知られることとなり (山梨県教育委員会 1981)、1983 年に「河口湖のフジマリモ」として山梨県の天然記念物に指定された (西湖フジマリモ調査会 1995)。なお、Niiyama (1989) は形態の比較から、羽生田・植田 (1999) と Hanyuda et al. (2002) はリボソーム DNA の比較から、マリモに品種や変種を認めないとする見解を示しているが、山中湖のフジマリモは阿寒湖のマリモほど剛直でなく、柔らかいとされており (Okada 1957)、フジマリモとマリモの先端細胞の形態や基部から第一分岐までの細胞数では差異が示されている (杉浦 1992) ことなどから、本稿ではフジマリモを記載論文に従ってマリモの一変種として扱った。

上述の様にフジマリモは山中湖と河口湖では古くからその存在が認められており (杉浦 1956, Okada 1957, 阪井 1980, 安原・新崎 1980)、近年になって西湖でも発見され (若菜ら 1994, 西湖フジマリモ調査会 1995)、分布調査も行われてきた (山梨県教育委員会 1981, 安原・新崎 1977, 山中湖村教育委員会 1985, 若菜ら 1994, 西湖フジマリモ調査会 1995)。また最近、著者らによりフジマリモが精進湖や本栖湖からも発見され、富士五湖全てにフジマリモが生息していることが明らかとなった (芹澤 (松山) ら 2015)。しかし、精進湖や本栖湖におけるフジマリモの分布状況は未解明なままであり、最近の山中湖、河口湖、西湖におけるフジマリモの分布状況についても情報が乏しい。そこで本研究では、まず富士五湖の中で湖の面積が最も小さい精進湖において潜水調査を行い、フジマリモの分布の現状について詳らかにすることを目的とした。

II 材料及び方法

山梨県南都留郡富士河口湖町の西部に位置する精進湖において、湖の全域を網羅するように湖岸や中州に 2014 年 9 月 1 日には 5 定点、9 月 3 日には 10 定点の計 15 定点を設け (図 1)、各定点で大礫 (径が 64~256mm のもの) や岩盤を観察し、フジマリモと現場で判断された場合はその一部を採集した。また、それが生育していた水深とその前後の水深で、生育量の概略的な指標として CR 法を用いて、便宜的に頻度・被度が 0.1% 以上 5% 未満を RR (極稀に生育, 非常に少量), 5% 以上 20% 未満を R (稀に生育, 少量), 20% 以上 60% 未満を C (普通に生育, 普通に繁茂), 60% 以上を CC (極普通に生育, 非常に繁茂) の 4 段階で評価した。なお、着生藻体は確認されるものの、現場でそれがフジマリモかどうか判断できない場合は礫ごと採集するか、摘み採れる場合は藻体を採集した。採集物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、実体顕微鏡や生物顕微

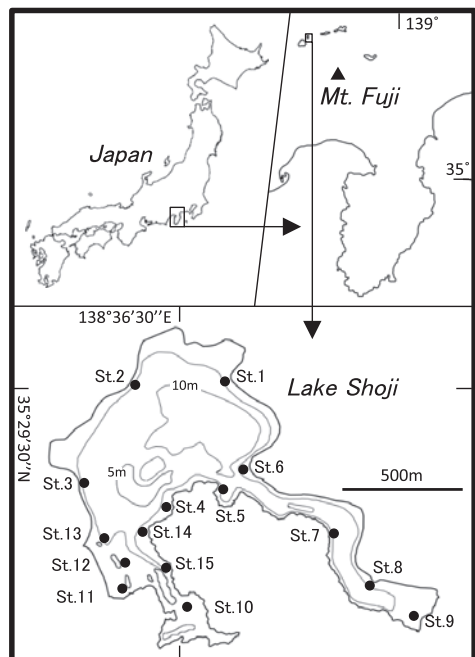


図 1. 精進湖における調査定点。

鏡を用いてフジマリモであるかを確認するとともに、現場で着生藻体がフジマリモか判断できなかった礫についても検鏡により確認した。

なお、精進湖が国の名勝天然記念物に指定されていることから（文化庁HP 2016b）、フジマリモ及び礫の採集は文化庁及び山梨県より現状変更の許可を得て行った。また、調査日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HP 2016b）を参照した。

III 結果

精進湖における定点別のフジマリモの確認水深帯と最も繁茂していた水深および調査した水深の範囲を図2に示す。調査期間中に精進湖の全15定点の大礫または岩盤上でフジマリモの着生が確認できた。なお、表面が滑らかな礫にはフジマリモの着生がほとんど認められなかったのに対し、表面の凹凸が著しい溶岩礫の多くにはフジマリモの着生が認められた。また、いくつかの定点では一部が基質に着生した緩い集塊状の藻体が確認され、基質から遊離した藻体も確認されたものの、球状体などの集合体はいずれの定点でも確認できなかった。各定点で最も繁茂していた水深における概略的な生育量の評価はCCが9定点，Cが4定点，Rが2定点であり，CCの定点が多かった。全定点を総括すると本種は水深2～7mの範囲で確認され，定点により湖底の深さが異なるものの，調査を行った深さの範囲では（最大調査水深7m），概略的な被度・頻度は概ね深さに従って増加していた。なお，水深2mでは糸状藻の着生が認められたが，それが肉眼ではフジマリモかどうかの確認は困難であった。そこで，糸状藻の着生したいくつかの大礫を持ち帰って検鏡したところ，フジマリモの着生を確認できた定点もあった。フジマリモが最も繁茂していた水深は定点により異なっており，水深の深い本湖エリアで深かったが，全定点で見ると水深2.8～6.8mの範囲にあった。いずれの定点でも藻体上には浮泥の付着が認められ，水深の深い場所でもより顕著であった。以下に定点毎の調査結果の概要を記す。

調査日：2014年9月1日（雨時々曇）湖西岸域 調査日の水位：+0.80m（量水標0mの標高899.233m）

- St.11（中州1西岸）：この定点の湖底の最深部である水深3mの大礫や岩盤に少量のフジマリモの着生が確認された（R）。
- St.12（中州2東岸）：水深3～4mの大礫や岩盤に多く着生している様子が確認された（CC）。この定点の湖底の最深部である水深4mでは緩い集塊状の藻体が認められ，水中で礫を持ち上げて浮泥を払うように揺ると遊離する藻体も認められたが，基本的に藻体の一部は礫に付着していた。分布中心は水深3.5mであった。
- St.13（中州3東岸）：岸辺まで中州となっている岩礁帯が続く場所であった。フジマリモは大礫や岩盤に着生する様子が水深3mから確認され（C），特に水温が急に低くなる水深4～5mでは多く着生していた（CC）。この定点の湖底の最深部は水深5mであり，分布中心は水深4.5mであった。
- St.14，15：水深2mの大礫や岩盤に着生するフジマリモは藻体が少なく短いため肉眼ではほとんど確認できなかったが，採集した大礫を検鏡した結果，フジマリモのわずかな着生が確認された（RR）。水深3～4mの大礫や岩盤にはフジマリモが普通に着生していた（C）。これらの定点の湖底の最深部は水深約4mであり，分布中心は水深3.5mであった。

調査日：2014年9月3日（曇時々晴）本湖エリアと湖東岸域 調査日の水位：+0.78m

- St.1：水温が急に低くなったと感じられる水深4m以深の大礫に普通に着生していた（C）。水深7mまでの範囲を潜水した結果，生育量は深くなるほど多くなっており，水深6.8mでは大礫の全面を覆っているフジマリモが認められた（CC）。なお，視界が悪かった水深7m以深では，安全上の配慮から調査を実施しなかった。
- St.2：水深4.2mの大礫上にフジマリモの生育がわずかに確認された（R）。水深5～6mに斜面に横たわる木造の沈没船上にフジマリモが密生している様子が確認され，水深6mでより多く着生しており，

船内には浮遊糸状体も認められた (CC)。なお、視界が悪かった水深6m以深では安全上の配慮から調査を実施しなかった。

- St.3: 水深3.7mからフジマリモの生育が稀に確認され (R), 水深7mまでの範囲を潜水した結果, 生育量は深くなるほど多くなっており, 水深6.8mでは大礫を覆っている様子も認められた(CC)。なお, 視界が悪かった水深7m以深では安全上の配慮から調査を実施しなかった。
- St.4: 水深4.6mで大礫に着生するフジマリモが多く確認され (CC), 藻体が2~3cm立ち上がっている様子も認められた。なお, 調査時間の都合上, フジマリモの確認だけにとどめた。
- St.5: 水深4.8~5.9mで大礫に着生するフジマリモが普通にまたは極普通に確認された (C~CC)。分布中心は水深5.5mであった。なお, 調査時間の都合上, 水深4~6mでのフジマリモの確認だけにとどめた。
- St.6: 水深3mまではクロモやエビモとセンニンモの交雑種などの水草が密生しており, 3m以深でフジマリモを確認した (C)。水深5.2~6.1mではフジマリモは大礫上に密生しており (CC), 礫から離れたフジマリモ浮遊体が窪みなどに堆積している様子や, 緩い集塊状の藻体も確認された。なお, 視界が悪く暗かった水深6.1m以深では安全上の配慮から調査を実施しなかった。
- St.7: 水深3.7mの岩盤上にフジマリモが普通に確認された (C)。また, 水深5.1mでは大礫上や岩盤上に極普通に生育していた (CC)。なお, 視界が悪かった水深6m以深では安全上の配慮から調査しなかった。
- St.8: 水深4~4.5mで普通に大礫や岩盤上に着生している様子が確認され (C), 水深4.5mで最も繁茂していた。なお, この定点では調査時間の都合上, フジマリモの確認だけにとどめた。
- St.9: 水深2mの巨礫 (径が256mmより大きい) 上に立ち上がった緑色の生物が確認され, 海産緑藻のミルに似た形態をしていたが, 持ち帰って観察したところ, 淡水産の海綿動物であることが判明した。フジマリモは水深2.8mの大礫上に稀に生育していたが (R), 浮泥が多く堆積しており, 水中でそれがフジマリモと判別することは困難であった。この定点の湖底の最深部である水深3mまでの範囲でクロモが密生している場所があった。

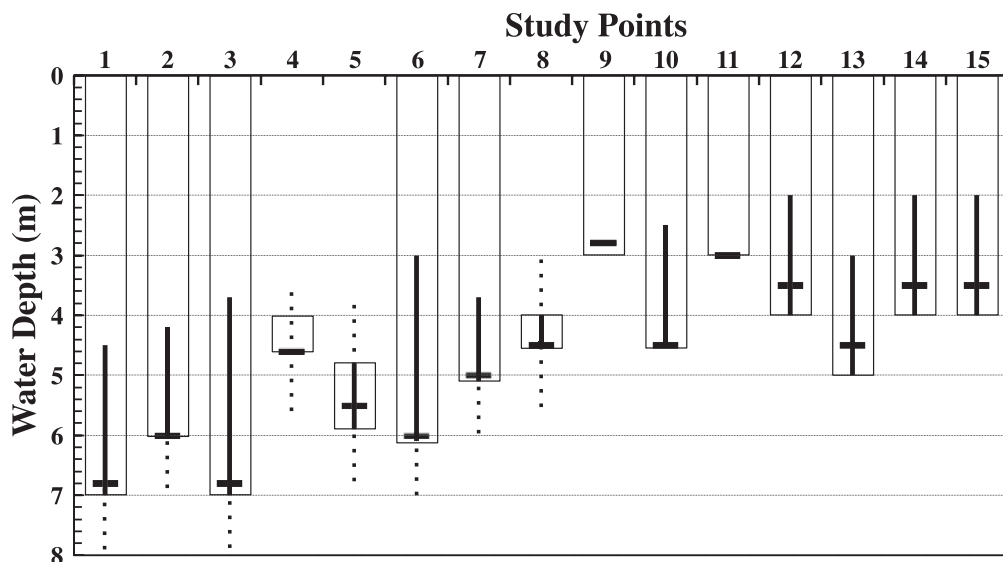


図2. 精進湖におけるフジマリモの定点別の確認水深帯(黒の縦線)と最も繁茂していた水深(黒の横線)および調査範囲(黒枠). 点線はより深部または浅部にも分布している可能性を示す。

St.10：水深2.7mの砂礫底に直径0.5～2cm，多くが1cm以下の球状の藻類を発見し，フジマリモの球状体を疑ったが，近づいて手に取ると藍藻であることが判明した。フジマリモは岩盤上や大礫上に認められ，水深2.5mでは稀に生育していたが（R），この定点の湖底の最深部である水深4.5mでは普通に生育していた（C）。

IV 考察

St.12は過去の調査により水深5m付近からフジマリモの生育が確認されていたエリアであり（芹澤（松山）ら 2015），やや濁水していた事前の素潜り調査では水深2m以深の大礫や岩盤に着生するフジマリモを確認していた場所である（未発表）。当初，この付近にしかフジマリモが生育していないと考え，調査初日にSt.12を中心とする西岸南部エリア（St.11～15）を重点的に潜水調査したところ，エリア内のどの定点でもフジマリモが確認された。そこで探査エリアを湖全域に広げたところ，フジマリモは精進湖に広く分布していることが明らかとなった。

山中湖ではフジマリモ発見当初は北岸のママの森地先でのみ球状体が確認され，糸状体はその場所を含めた北岸の3ヶ所，南岸の2ヶ所，平野ワンドの1ヶ所といった比較的広い範囲で確認されていたが（Okada 1957，安原・新崎 1977），1984年の調査では球状体が発見されていた場所以外ではフジマリモが確認されず（山中湖村教育委員会 1985），2004～2005年の調査ではその場所でも生育が確認されなかった（富士北麓生態系調査会 2007）。山中湖の水質は一時悪化傾向を示していたが，最近になって改善傾向にあることが報告されており（中村ら2016），芹澤（松山）ら（2009）は2007年に山中湖のママの森地先と平野ワンドの2ヶ所でフジマリモ糸状体を再発見し，北岸中部（長池親水公園地先，かつて糸状体を確認されていた場所）でも糸状体が2008年に再確認されている（芹澤ら2014）。河口湖でも1979年の調査では本湖エリアの鵜の島西部，奥河口湖エリアの小湖（こうみ）地先，船津エリアの産屋ヶ岬（うぶやがみさき）地先の3ヶ所でフジマリモの球状体などの集合体が大量に分布していたことが報告されているが（山梨県教育委員会 1981），1993年の調査では鵜の島北西岸では集合体は全く確認されず，浮遊糸状体や着生糸状体のみが確認され，小湖地先でも礫上に着生する糸状体がわずかに確認されたのみとなった（若菜ら 1994）。西湖では1993年の調査で桑留尾（くわるび）地先において球状体を含む集合体，浮遊糸状体，着生糸状体が多く生育していたことが報告されており，1994年の調査では56地点中15地点で着生糸状体を確認されていた（西湖フジマリモ調査会 1995）。しかし，2009年の調査では桑留尾地先において緩い集塊状の浮遊糸状体や着生糸状体は確認されたものの，球状体は確認されなかった（芹澤（松山）ら 2010）。このように最近の富士五湖では，光要求性の高い球状体のフジマリモ（吉田ら 1994）はほとんど見つかっておらず，着生糸状体や浮遊糸状体が辛うじて生育している状態であった。

そのような中，富士五湖で最も水質環境が悪いとされる精進湖で（e.g.中村ら 2016），今回の調査によりフジマリモ糸状体が湖全域に広く分布していることが明らかとなったことは大変興味深い。精進湖では多くの場合，大礫や岩盤がフジマリモの着生基質となっていたが，表面が滑らかな礫よりも表面に凹凸のある溶岩礫により多くのフジマリモの着生が認められたことから，フジマリモの分布や生物量には底質も影響していると考えられた。また，今回の調査でほとんどの藻体に浮泥の付着が認められたが，藻体が長期間浮泥に覆われたままであるとフジマリモは死滅すると考えられるので，精進湖では湧水がある程度湧出しているものと推察された。さらに，今回の水深7mまでの調査では大礫や岩盤に着生する糸状体や一部が基質に着生した緩い集塊状の藻体，基質から遊離した藻体は確認されたものの，調査を行った水深7mを超える水深帯では視界が悪く，精進湖の水深7mでの相対光量（水中光量に対する湖面上の光量）は1%程度，水深10mでは0.1%程度と報告されているので（芹澤ら 2016），光要求性の高い球状体などの集合体（吉田ら 1994）は精進湖では生育していない可能性が高いと推察

された。今後は水中ライトなどを用いて水深の深い湖底の調査も行うことにより、フジマリモの生育限界水深を特定し、湖の深部に球状体などの集合体が本当にないのかを確かめる必要があろう。

V 謝辞

本研究を行うにあたり共に調査を行った水圏植物学(芹澤)研究室の学生、佐野秀樹、近山卓也の両氏に謝意を表す。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の助成を受けて行った。

VI 引用文献

- 文化庁HP (2016a)「阿寒湖のマリモ」史跡名勝天然記念物:特別天然記念物 国指定文化財等データベース http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys/index_pc.html
- 文化庁HP (2016b)「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:山梨県 国指定文化財等データベース http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys/index_pc.html
- 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, 山梨.
- 濱野一彦 (1989) 富士山—地質と変貌—. 鹿島出版会, 東京.
- 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.
- 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.
- 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.
- 環境省国立公園HP (2016)「国立公園 富士箱根伊豆国立公園」区域図:概略図 (縮尺1/200,000) 富士山・箱根地域 http://www.env.go.jp/park/fujihakone/intro/files/area_1.pdf
- 小山真人 (2002) 富士山貞観噴火・宝永噴火の推移. 消防科学と情報 70 : 23-28.
- 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.
- Niiyama Y (1989) Morphology and classification of *Cladophora aegagropila* (L.) Robenhorst (Cladophorales, Chlorophyta) in Japanese lakes. Phycologia 28:70-76.
- 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, 山梨.
- 阪井与志雄 (1980) 河口湖産フジマリモについて. 藻類 28 : 47-50.
- 芹澤 (松山) 和世, 安田泰輔, 中野隆志, 芹澤如比古 (2009) 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, 瀬子義幸, 小佐野親, 安田泰輔, 中野隆志, 早川雄一郎, 神谷充伸, 芹澤如比古 (2010) 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. 富士山研究 4 : 17-20.
- 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, 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，中村誠司，渡邊広樹，白澤直敏，芹澤（松山）和世（2016）富士北麓，西湖と精進湖の水草・大型藻類と光環境. 山梨大教育人間科学部紀要 17: 201-210.
- 杉浦忠睦（1956）フジマリモの発見. 採集と飼育 18(9):258-259, 269.
- 杉浦忠睦（1992）山中湖産フジマリモの特性. 水草研究会報 48:19-16.
- 若菜勇，佐野修，新井章吾，綿貫哲，荻野洸太郎，平田徹，御園生拓，大石豊，横浜康継（1994）富士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HP（2016a）「県指定天然記念物 6 フジマリモ及び生息地」山梨の文化財リスト（天然記念物）<https://www.pref.yamanashi.jp/gakujutu/bunkazaihogo/kinenbutsu.html>
- 山梨県 HP（2016b）富士五湖の過去の水位 https://www.pref.yamanashi.jp/chisui/113_006.html
- 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.
- 吉田忠生，長尾学，若菜勇，横浜康継（1994）マリモ大型球状体の光合成・呼吸特性. マリモ研究 3: 1-6.

