玉川大学農学部研究教育紀要　第10号：49–55（2025）
Bulletin of the College of Agriculture, Tamagawa University, 10, 49–55（2025）

【研究報告】

屈斜路湖に分布するマリゴケを構成している植物体とその生育状況について

金藤有沙[1]・諏訪沙耶香[1]・府川真子[2]・南　佳典[1]

要　約

屈斜路湖に分布するマリゴケは，1969年7月11日に弟子屈町の天然記念物に指定されている．しかし，以前酸性であった湖は時が経つにつれて中性化し，生育する植物が変化したことで，マリゴケを構成する植物もウカミカマゴケからクロカワゴケに変化した．そこで本研究では，マリゴケの現状，形成場所や環境の把握，構成種と考えられるコケ類の生育環境や状況を明らかにし，マリゴケの分布域やマリゴケを構成するコケ類の生育環境を保全するための一助とすることを目的とする．調査は，湖底植物の採集やマリゴケの構造の観察，水質，表層水流を測定した．採集した湖底植物の多くはクロカワゴケであったが，一部の地点では採集された植物体にウカミカマゴケが含まれていた．また，湯川を流れる温泉水の影響により，地点Dの湖水は酸性であり，ウカミカマゴケの生育に適した環境であった．屈斜路湖の大半は中性化しているが，一部は過去の水質が保たれている．以上のことより，現在生育が確認されている湖底コケ類の保全のために，人の侵入を減らすことや人工物を構築しないこと，とくに湖底植物が生育する場所への立ち入りの禁止を提案したい．

キーワード：水質，生育立地，ウカミカマゴケ，クロカワゴケ

緒言

屈斜路湖に分布するマリゴケは，1969年7月11日に弟子屈町の天然記念物に指定されている（北海道　弟子屈町ホームページ，2025）．マリゴケとは，一般的に水面近くまたは湖沼の水中に繁茂しているコケ類が水や波によって削られたり，ちぎれたりしたものが水底で回転するうちに球や楕円になって岸辺に打ち上げられているものを指す（馬場・岩月，1973）．英語ではMoss ballまたはLake ballと呼ばれている（Luther，1979）．日本では北海道の屈斜路湖，また今は絶滅したと考えられているが猪苗代湖のマリゴケが有名である（馬場・岩月，1973；岩月，1991）．岩月ら（1983）の屈斜路湖での調査では，マリゴケの構成種として，*Drepanocladus fluitans* var. *kutcharokensis* Kanda，イナワシロウロコゴケ（*Jungermannia exsertifolia* Steph.= *Aplozia nipponica* Sak. et Takahashi）などが報告されている．阿寒湖のマリモと異なり，マリゴケは解明されていないことが多く，岩月ら（1983）の40年前に行った調査を最後に詳しい研究は行われていない．

屈斜路湖では，川湯温泉の温泉廃水に由来する鉄やアルミニウムの硫酸塩により，湖水のpHが低下した時期がある（橋本，1989）．湖水の主な水質の変遷状況は，1929年から1968年の間に複数地点で複数回調査が行われ，調査を始めたころは，pH 4.3からpH 5.5の範囲であったが，1968年は，pH 3.3からpH 4.4の範囲であった（橋本，1989）．種々の動植物が生存していたが，湖水の酸性化により，単純な生物相となった．その後，屈斜路湖では，1980年代から中性化し始め，2004年にはpHが7.0を越えている（田中，2004）．

以上のことより本研究では，マリゴケの現状，形成場所や環境の把握，構成種と考えられるコケ類の生育環境や状況を明らかにすることで，マリゴケの分布域やマリゴケを構成するコケ類の生育環境を保全するための一助とすることを目的とする．

[1] 玉川大学大学院農学研究科資源生物学専攻　東京都町田市玉川学園6–1–1
[2] 玉川大学環境農学科生態系科学領域　東京都町田市玉川学園6–1–1
責任著者：南　佳典　950475@eve.tamagawa.ac.jp

方法

調査地

調査地は，北海道川上郡弟子屈町の北西部に位置している屈斜路湖（北緯43° 36′, 東経144° 19′）である（図1）.



図1　調査地である屈斜路湖周辺の地形および調査地点
地点Aは碁石浜，地点Bはスワン，地点Cはマリゴケ浜，地点Dはつつじが浜，地点Eは和琴半島東岸，地点Fはコタンである．この図は国土地理院（2025）より改変したものである．

屈斜路湖は，阿寒摩周国立公園の中にある3つのカルデラの1つである屈斜路カルデラの中に存在する湖であり，日本一大きなカルデラ湖である（環境省　阿寒摩周国立公園管理事務所，2020）．南北約20 km，東西約26 kmで日本の湖沼では6番目の面積であるが，平均水深は28.4 mとカルデラ湖としては浅い方である（弟子屈なび，2023）．調査は，図1に示した地点A-Fにおいて，2021年から2023年，2025年に行った．

調査方法

湖底植物，マリゴケ，および漂流物の構成種

湖底植物は湖底の岩礫などに着生しているコケ類を，漂流物は水の中に漂っている，あるいは岸辺に打ち上げられた比較的大きいコケ類のことをそれぞれ示す．

2021年から2023年の調査では，無人航空機（DJ社製，Mavic 2 Pro）を用いて湖底植物の分布を把握した．湖底植物の分布が多く確認されたところで，ボートに乗りマニピュレータを用いて湖底植物の採集を行った．また，地点Cの湖岸でマリゴケおよび漂流物の採集を行った．2025年の調査では，地点B，C，Dの湖岸で確認されたマリゴケおよび漂流物の採集を行った．種の同定は国立極地研究所名誉教授の神田啓史博士に依頼した．種の学名は，岩月（2001）に従った．

マリゴケの構造

地点Bと地点Cで採集したマリゴケ4個を中心部分で切断し，内部の構造を観察した．また，切断後にマリゴケを外側から分解し，湖底植物とそのほかの材質に分類した．

水質

2025年6月に屈斜路湖の地点A，B，C，D近くの湖水のpHを計測した．pHの計測にはpHメーター（HORIBA, LAQUAtwin-pH-11B）を使用した．調査方法は，湖水をpHメーターですくいとり，pHメーターの蓋を閉めて，計測を行った．

2021年の5月，9月，11月と2022年の5月に，地点Bから地点C付近，地点Eおよび地点Fで任意のサンプル数を100 ml広口ポリビンに採水し，冷凍で宅配後，実験室の冷蔵庫で解凍した．その後，実験室でオートアナライザー（ビーエルテック，QuAAtro）を使用し，栄養塩の分析を行った．項目はNO_2+NO_3-N（mg L^{-1}），NH_4-N（mg L^{-1}），PO_4-P（mg L^{-1}）およびNO_2-N（mg L^{-1}）である．栄養塩の値でPCA解析（PC-ORD ver. 7.08, McCune and Mefford 2018）を行い，各地点を序列化した．

表層水流

地点Cで湖底植物群落がある場所を始点とし湖面に浮子（図2A）を流下した．1日の調査につき，浮子をまとめて流下する観測を3回行った（図2B）.

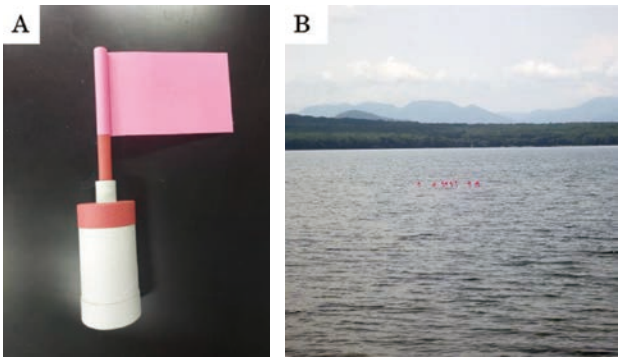


図2　表層水流調査に用いた浮子（A）および流下後の様子（B）
浮子は高さ14.7 cm，直径6.5 cm，旗（棒）の高さ18.0 cm，旗の縦10.0 cm，旗の横14.0 cmのものを使用した．

流下する始点まではカヌーで移動し，流下後10分経過した際には浜にたどり着かなかった場合でも回収し

た．浮子の動きは無人航空機（DJ社製，Mavic 2 Pro）で高度100 mの地点から動画で撮影し，たどり着いた位置，経路などを記録した．なお，浮子自体は湖面を吹く風の影響を受けにくい構造となっている．調査は，2022年5月16日，8月24日，10月13日，2023年5月23日，7月20日の午前中に行った．なお，2023年の調査では5分後に回収した．

結果

湖底植物，マリゴケ，および漂流物の構成種

各調査地から採集されたマリゴケ等を構成している主なコケ類を表1に示す．

地点A-Fのうちで，地点B，C，Dのみでしかマリゴケやマリゴケ等を構成している主なコケ類は確認されなかった．地点Bや地点Cでは，クロカワゴケが多く確認された．ウカミカマゴケも確認されたが，湖底植物群落には，認められなかった．コケ類以外には，シャジクモ科Characeae spp.なども含まれていることが確認された．地点Dでは，ウカミカマゴケが多く確認された．

マリゴケの構造

マリゴケを切断し，分解した結果を図3に示す．

切断時は，硬くてなかなか切ることができず，細かいコケやごみの破片がこぼれていた．マリゴケの中心は，枯れた植物体の茎やごみなどがぎっしりと詰まっており空洞は存在しなかった．強く絡まっていたことから中心から分解することはできなかったが，外側からはほどくように分解することができた．マリゴケを構成している素材は，植物体の茎の他に鳥の羽，木の破片などであった．また，1個ではあるが，釘が含まれていた．

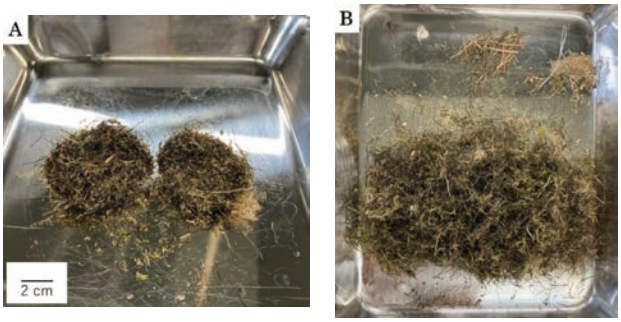


図3　マリゴケ切断後の断片とマリゴケの構成素材
Aは切断したマリゴケの断面，Bは分解したマリゴケの構成素材を示す．

水質調査

地点B，C，DでpHの計測を行った．地点Bではp H 7.5，地点Cではp H 6.8，地点Dではp H 4.0，3.3，2.9となり強い酸性を示した．

水質による主成分分析結果を図4に示す．

2021年5月の地点Bの2箇所（s2105-3，s2105-4）でNH_4－Nの値が高く，2021年の地点Cの2箇所（m2105-1，m2105-2）でNO_2＋NO_3－Nが高く，さらに2022年5月の地点Bの2箇所（s2205-1，s2205-3）でPO_4－Pの値が他よりも高かった．

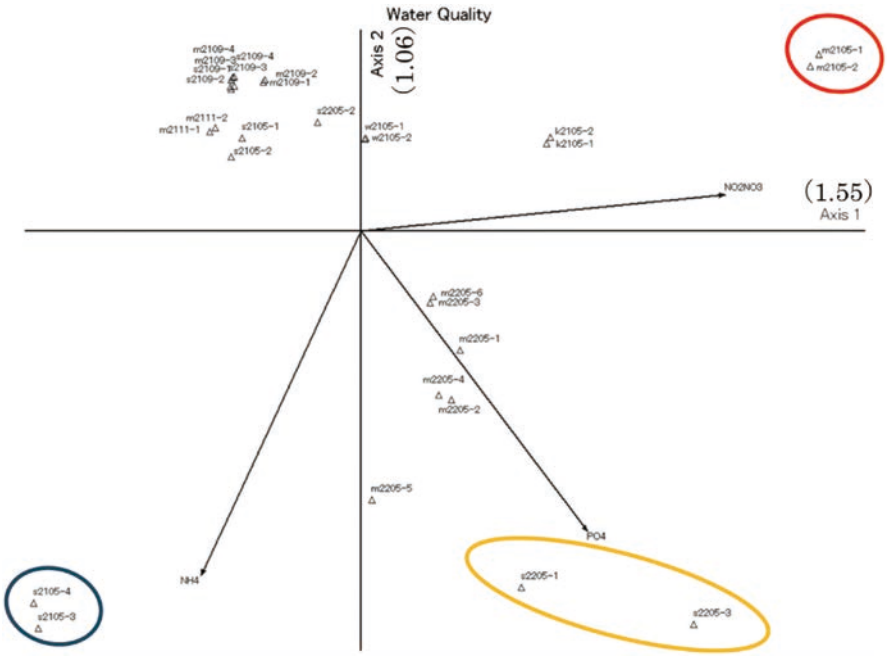
表層水流

浮子を流下した場所から約1分ごとの浮子の動きを図5に示す．

2022年5月は，各回異なる方向へ移動した．8月は，すべて東の湖岸方向へ移動した．10月は，各回南から北に移動していた．2023年の5月は，各回異なる方向へ移動した．2023年7月は，すべて岸に吸い寄せられるように北東方向に直線的に移動した．

表1　採集物の主なコケ植物

学名	和名	地点B		地点C		地点D	
		マリゴケ	漂流物	マリゴケ	漂流物	マリゴケ	漂流物
Drepanocladus fluitans (Hedw.) Warnst. var. *fluitans* (Hedw.) Warnst.	ウカミカマゴケ	○		○	○	○	○
Drepanocladus fluitans (Hedw.) Warnst. var. *kutcharokensis* Kanda	クッチャロウカミカマゴケ			○			
Fontinalis antipyretica Hedw.	クロカワゴケ	○	○	○	○		



採水年月	採水地点	通し番号
2021年5月	地点B	s2105-1
	地点B	s2105-2
	地点B	s2105-3
	地点B	s2105-4
	地点C	m2105-1
	地点C	m2105-2
	地点E	w2105-1
	地点E	w2105-2
	地点F	k2105-1
	地点F	k2105-2
2021年9月	地点B	s2109-1
	地点B	s2109-2
	地点B	s2109-3
	地点B	s2109-4
	地点C	m2109-1
	地点C	m2109-2
	地点C	m2109-3
	地点C	m2109-4
2021年11月	地点C	m2111-1
	地点C	m2111-2
2022年5月	地点B	s2205-1
	地点B	s2205-2
	地点B	s2205-3
	地点C	m2205-1
	地点C	m2205-2
	地点C	m2205-3
	地点C	m2205-4
	地点C	m2205-5
	地点C	m2205-6

図4　水質による主成分分析の結果

図中右の表は，採水年月と採水地点，サンプル名（通し番号）を示したものである．

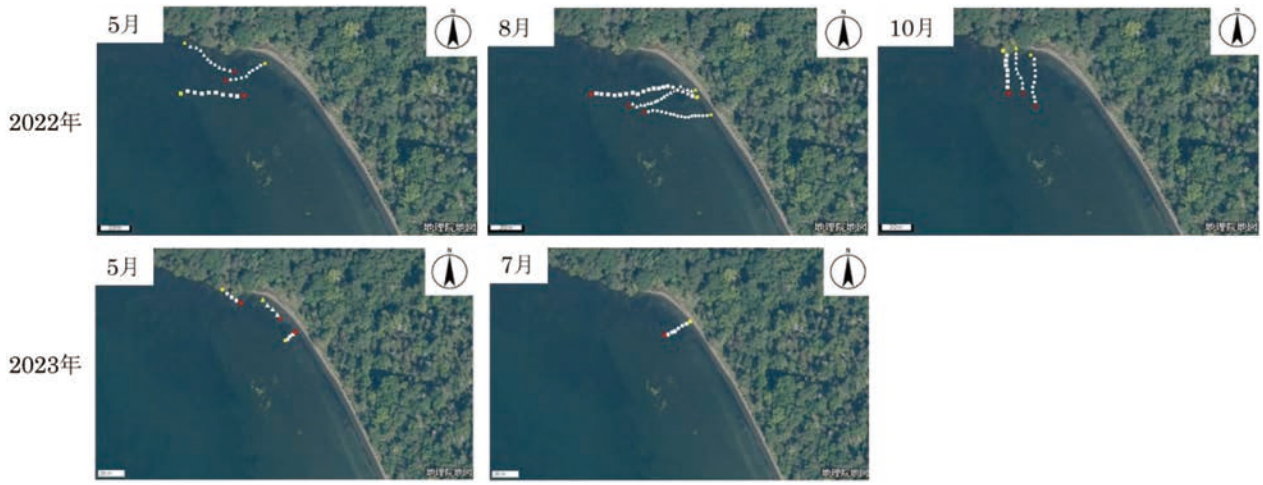


図5　地点Cにおける2022年5月，8月，10月，2023年5月および7月の浮子の動き

赤い印は始点，黄色い印は終点を示す．流下開始1分毎にポイントで浮子の場所を示す．

考察

マリゴケは岩月ら（1983）の調査では屈斜路湖の北東部から南西部に広く確認されており，構成種も *Drepanocladus fluitans* var. *kutcharokensis* Kanda，イナワシロウロコゴケ（*Jungermannia exsertifolia* Steph.= *Aplozia nipponica* Sak. et Takahashi）であることが報告されている．また，2003年の調査では屈斜路湖の北東部から南西部にかけてマリゴケが確認されたという記述がある（佐藤ら，2023）．しかし，今回の調査では，以前マリゴケが確認された場所に分布しない，あるいは分布していても数が減少している可能性があった．また，構成種もクロカワゴケが多く確認されたことから（表1）．過去のマリゴケ構成種に適した環境ではなくなったことが示唆された．

マリゴケ構成種が変化した理由は様々な要因が考えら

れる．要因のひとつには湖の中性化が考えられる．屈斜路湖では，1980年代から中性化し始め，2004年にはpHが7.0を越えている（田中，2004）．過去にマリゴケが確認された猪苗代湖では，1996年以降pHが5.0付近から急激に上昇し2018年にはpHが7.0となり中性化が進んだ（会津若松市ホームページ，2021）．ウカミカマゴケは強酸性の水中を好み，温泉や鉱泉に起因する水中に生育する種である（岩月，2001）が，近年の屈斜路湖は急激な湖水の中性化によりウカミカマゴケの好む酸性環境ではなくなっている（田中ら，2008）．一方，地点DはpHが低く，ウカミカマゴケの生育に適した環境である．屈斜路湖の大半は中性化しているが，湯川を流れる温泉水の影響により一部は過去の水質が保たれている．

ウカミカマゴケは水の流れがほとんどない場所に多く生育するが（樫村，1988），クロカワゴケは礫や流木があり流速が早い場所や湧水がある場所を好んで生育する（乙幡，2021）．地点Bや地点Cでは湖底から湧水が確認されていることから，流れや湧水を好むクロカワゴケの生育適地となっていると考えられる．

水質は地点Bおよび地点Cで顕著な数字が出ており，2021年5月の地点Bの2箇所（s2105-3，s2105-4）でNH_4－Nの値が高く，2021年の地点Cの2箇所（m2105-1，m2105-2）でNO_2＋NO_3－Nが高かった（図4）．これらのことは，解氷後に漂流物が漂着した浅瀬で，水中の有機物の分解が活発に行われていることを示している（日本陸水学会東海支部会，2014）．すなわち，周辺の水域の植物プランクトンや藻類などの重要な栄養源になっているといえる．5月はNH_4－Nの値が高かったが，9月と11月の値は低かった（図4）．これは，解氷時に起こる栄養塩類の動きにより説明できる（辻・鈴木，2021）．まず，湖が結氷すると成層化（密度差による層構造）が弱くなり，撹拌も抑えられる．底層では酸素が減少しやすく，底泥からリン（PO_4^{3-}）やアンモニア態窒素（NH_4^+）が溶出しやすくなり，この状態のまま栄養塩は底層にためこまれた形になる．次に，氷が解けると撹拌が復活し，水柱全体が循環する．これにより，冬季に底層へ蓄積していた窒素やリンが表層まで移動して放出されたように見える．解氷後に太陽光が急増するため，再分配された栄養塩が植物プランクトンの急増につながる．以上から，NH_4－Nの上昇が5月頃に特有の一時的な現象であると考えられる．

マリゴケの構成種の変化の他に，マリゴケの構造の変化も確認された．岩月ら（1983）以前のマリゴケは中心を通る面で切断すると，中心部は疎であるが，表面近くは密で固く，植物体が同心円状にからみ合っていた．しかし，本研究で切断したマリゴケは，枯れた植物体の茎やごみなどがぎっしりと詰まっており空洞は存在しなかった．また，中心部分は植物体が強く絡まっていた．このような構造の変化も構成種の変化によるものなのではないかと考えられる．

マリゴケが形成されなくなった要因として，湧水や水の流れの変化があると考えられる．ほとんどの浮子は岸へ移動していることから，水の流れはマリゴケが形成されなかったことに大きく影響を及ぼしているとは考えにくい．したがって，湧水が関係していると考えられる（図5）．

湧水と地質には密接な関係があり，地点Aは低位湖岸段丘堆積物の礫・砂・粘土および泥炭の層で形成されており，地点Bおよび地点C周辺は沖積層の礫・砂・粘土および泥炭の層となっている（財団法人前田一歩園，1994；図6）．

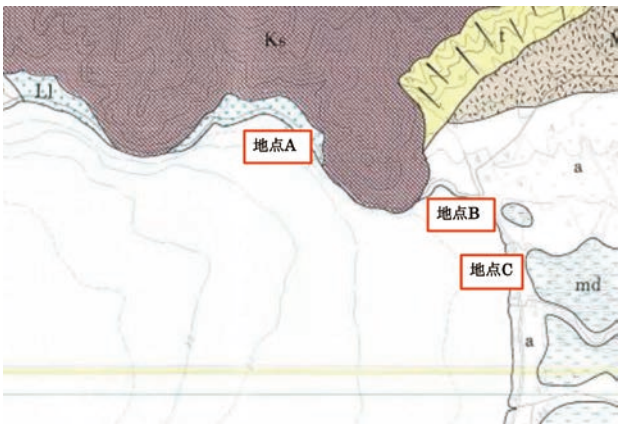


図6　地点A-C周辺の地形図および凡例

地点A-C周辺の地質および地形を示している（財団法人前田一歩園，1994より改変）．
Llは低位湖岸段丘堆積物をあり，礫，砂，粘土および泥炭を含んでいる．aは沖積層であり，礫，砂，粘土および泥炭を含んでいる．
Ksは屈斜路外輪山溶岩であり，輝石安山岩およびかんらん石輝石玄武岩を含んでいる．

マリゴケが多く確認された地点C周辺の沖積層は，最も新しい未固結の堆積物のため土の圧密や締め，固めが十分に進行しておらず，水を多く含み湧水が確認されている（日本応用地質学会，2023）．そのような地点に豊富な群落があり，湧水がコケの生育に影響を与えていることが考えられるため，湧水の水量や水質等についてさらなる調査が必要である．

マリゴケは弟子屈町の天然記念物に指定されており，保全対象であるため，マリゴケやマリゴケ構成植物が分

布しやすい環境をより詳細に把握し，保全していくべきである．一般的には，観光のために整備をしたい．快適な環境を作りたいという理由で環境が破壊されているのが現状である（荒木，2011）が，現在，生育が確認されている湖底のコケ類の保全のためにも，地点Dへの人の侵入を極力少なくすることや人工物を構築しないこと，とくに湖底植物が生育する場所への立ち入りの禁止を提案したい．加えて，湯川に含まれる温泉水の量の維持も大切である．まだ知られていないことが多いため，今後コケ類の生育地保全，マリゴケの形成地を保全するためにさらなる調査が必要である．

謝辞

本論文を執筆するにあたり，多くの方のご協力やご支援をいただきました．玉川大学北海道弟子屈農場の横倉啓技術指導員，金子貴一技術指導員，金井秀明元技術指導員，藏崎恒寛氏，磯里隆氏には許可申請や現地での調査などでご支援いただきました．弟子屈町教育委員会の片岡佑平氏には調査にあたり便宜を図っていただきました．生産農学科の吉川朋子名誉教授には有益なご助言をいただきました．マリゴケ構成種およびコケ類の同定には国立極地研究所名誉教授神田啓史博士に多大なご協力をいただきました．環境農学科生態系科学領域環境動態学分野の皆さんには現地での調査の手伝いや情報提供，卒業論文作成の中で多大なご支援をいただきました．本研究にご協力いただいたすべての方々に，心から深く感謝申し上げます．本研究は，弟子屈町教育委員会の助成（弟子屈町文化財屈斜路湖マリゴケ植生調査に係る共同研究）を受けて実施した．

文献

会津若松市ホームページ．2021．猪苗代湖．
https://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2012092800046/#gaiyou（アクセス日時：2025年9月5日）

荒木光．2011．環境問題の根本原因と環境教育．京都教育大学環境教育研究年報 19：27–42.

馬場義仲，岩月善之助．1973．猪苗代湖のマリゴケ．蘚苔地衣雑報 6：117–119.

橋本進．1989．温泉廃水による環境破壊―Ⅱ　川湯温泉の廃水汚染が釧路川水系の魚類に及ぼす影響．北海道さけ・ますふ化場研究報告 43：39–51.

北海道　弟子屈町ホームページ．2025．文化財．
https://www.town.teshikaga.hokkaido.jp/kurashi/soshikiichiran/kyoikuiinkai_shakaikyoikuka/2/2/658.html（アクセス日時：2025年10月12日）

岩月善之助．1991．マリゴケ数種について．日本蘚苔類学会会報 5：183.

岩月善之助．2001．日本の野生植物　コケ．平凡社 355p.

岩月善之助，滝田謙譲，J. M. Glime. 1983．屈斜路湖のマリゴケ．蘚苔地衣雑報 9：199–201.

環境省　阿寒摩周国立公園管理事務所．2020．阿寒摩周国立公園　トレイルガイド．23p.

樫村利道．1988．裏磐梯五色沼の植生．地学雑誌 97：362–367.

Luther, H. 1979. Aquatic moss balls in southern Finland. Annales Botanici Fennici 16: 163–172.

日本応用地質学会．2023．沖積層と洪積層の区別．
https://www.jseg.or.jp/chushikoku/assets/file/faq/1–08.pdf（アクセス日時：2023年12月22日）

日本陸水学会東海支部会．2014．身近な水の環境科学　実習・測定編．朝倉書店.

乙幡康之．2021．北海道十勝地方から確認されたカワゴケ属（カワゴケ科，蘚類）．ひがし大雪自然館研究報告 8：17–19.

佐藤広行，蜂谷衡，細川音治．2023．阿寒摩周国立公園の屈斜路湖におけるマリゴケの生育状況の記録．釧路市立博物館紀要 41：5–10.

田中敦．2004．屈斜路湖が自然に中性化した原因を探るには．国立環境研究所．
https://www.nies.go.jp/kanko/news/23/23–4/23–4–03.html（アクセス日時：2024年1月2日）

田中敦，濱田浩美，五十嵐聖貴，深澤達矢，藤江晋．2008．中性化した屈斜路湖に見られる近年の水質変化．日本陸水学会第73回札幌大会　発表要旨.

弟子屈なび．2023．屈斜路湖―全面結氷する国内最大のカルデラ湖．
https://www.masyuko.or.jp/enjoy/sightseeing/spot/kussharoko（アクセス日時：2023年12月12日）

辻盛生，鈴木正貴．2021．寒冷地の浅水富栄養化水域における水質の季節変動と結氷期の魚類斃死事故の要因解析．水環境学会誌　44：165–174.

財団法人前田一歩園．1994．阿寒国立公園の自然1993．財団法人前田一歩園　北海道 阿寒町　1290p.

The Plant Species Constituting Marigoke, the Moss Ball, and Their Current Condition, in Lake Kussharo

Arisa Kanetou[1], Sayaka Suwa[1], Mako Fukawa[2], Yoshi Minami[1]

Abstract

The moss balls distributed in Lake Kussharo were designated as a Natural Monument of Teshikaga Town on July 11, 1969. Lake Kussharo, which was previously acidic, has since shifted to a neutral pH. This change in water quality has led to a transformation in the composition of aquatic vegetation, including a shift in the moss species constituting the moss balls—from *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst. var. *fluitans* (Hedw.) Warnst. to *Fontinalis antipyretica* Hedw. The purpose of this study is to clarify the status of the moss balls, the specific locations, and environmental conditions in which they form, and the growth requirements of the moss species considered to be their constituents. These findings aim to contribute to the conservation of both the moss balls and the habitats of the mosses that compose them. The survey was conducted through the collection of lake-bottom plants, observation of moss ball structure, and measurements of water quality and surface water flow. Most of the collected lake-bottom plants were *F. antipyretica*, although *D. fluitans* were also found at several sites. At siteD, the lake water remained acidic due to the inflow of hot spring water from the Yukawa River, creating an environment suitable for the growth of *D. fluitans*. Although most of Lake Kussharo now exhibits neutral water conditions, some areas still retain characteristics of the former acidic environment. Based on these findings, the conservation of mosses growing on the lake bottom requires minimizing human disturbance, avoiding the installation of artificial structures, and prohibiting entry into areas where aquatic vegetation is actively growing. As many aspects remain unclear, further research is essential to preserve both the habitats of mosses and the areas where moss balls are formed.

Keywords: Water quality, habitat conditions, *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst. var. *fluitans* (Hedw.) Warnst., *Fontinalis antipyretica* Hedw.

[1] Biological Resources Major, Graduate School of Agriculture, Tamagawa University, 6−1−1 Tamagawagakuen, Machida, Tokyo, 194−8610, Japan

[2] Department of Agri-Environmental Sciences, College of Agriculture, Tamagawa University, 6−1−1 Tamagawagakuen, Machida, Tokyo, 194−8610, Japan

Corresponding Author: Yoshi Minami　950475@eve.tamagawa.ac.jp