

北海道のマリモ①-阿寒湖



若菜 勇 (わかな いさむ)

釧路市世界自然遺産推進員・大型球状マリモ再生オフィサー、理学博士

岩手県花巻市出身。北海道大学大学院理学研究科で藻類学を修めた後、1991年から阿寒町教育委員会(2005年から釧路市教育委員会)で特別天然記念物「阿寒湖のマリモ」の保護・研究・教育にあたる。世界各地のマリモ湖沼を踏査して神秘の生物マリモの生態解明につくす。2018年に釧路市教委を定年退職後、釧路市世界自然遺産推進室を拠点に阿寒カルデラ地域の世界自然遺産登録を目指した研究・普及活動にも携わっている。

マリモとは何なのか

マリモはアオサ藻綱アオミソウ科に属する藻類の一種で、大型生物としては極めて珍しい集合体(図1-C)と呼ばれる塊を形成することでよく知られています。ユーラシア大陸や北米大陸など北半球の高緯度地方の湖沼や河川に広く分布し(図2)、わが国では20の湖沼で生育が知られています(図3)。

マリモは、その特異な形態と名称(毬藻:マリのよう形の藻類)から球形の生物と思われがちですが、ひとつの個体は糸状体と呼ばれる長さ3~4cmの枝分かれした灌木あるいはマツの葉のような形をしています(図1-D)。

これが仮根と呼ばれる付着器によって岩石や貝類の殻上に付着したり、あるいは付着物から剥がれて落ちて綿くず状になり、湖底を漂ったりして生活しています。前者は着生糸状体(図1-A)、後者は浮遊糸状体(図1-B)と呼ばれます。

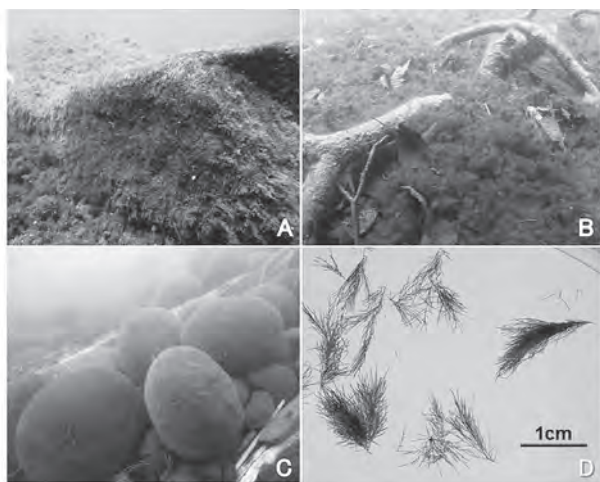


図1 阿寒湖で見られるマリモの多様な形状(位置については図5参照)。A:着生糸状体(ヤイタイ島の対岸)、B:浮遊糸状体(滝口近くの小湾)、C:集合体(チュウレイ湾)、D:糸状体(Bを顕微鏡下で拡大したもの)

このような形態は、糸状の体形をした他の藻類と大きく異なるものではありません。しかし、マリモは何年にもわたって生きられる多年生であるのに加えて、弱い光の環境下でも生存・生長できる特性を有しているため、太陽光が届きにくい深所や、たくさんの浮遊糸状体が厚く堆積して下層まで十分に光が届かない条件でも生活することが可能となります。

特に、こうした性質は糸状体が多数絡み合って集合体を形成する場合には重要で、光の届きにくい内部の糸状体が長期にわたって枯死を免れることで、マリモが球状形態に発達し、さらに長期にわたって球状形態を維持するための基盤となっています。

マリモは北半球に広く分布すると言いながら、球化するためには後述する特別な環境が必要なため、球状のマリモを産する湖は限られています。さらに球体が直径10cmを超える大きさに発達し、それが重なり合って群生する例は、世界でも阿寒湖とアイスランドのミーヴァトン湖しか知られていませんでした。けれども、ミーヴァトン湖では2014年に集団が消滅してしまい、阿寒湖が世界で唯一残された大型球状マリモの群生地となっています。



図2 世界のマリモの分布



図3 日本のマリモ生育湖沼とその成因
(*火山堰き止め湖、†海跡湖、‡その他)

マリモがすむ湖

また、マリモの分布には偏りがあって、ヨーロッパのバルト海周辺とヨーロッパアルプス、そして日本列島が、マリモ湖沼が集中する地域になっています(図2)。

このうち日本列島における分布の特徴は、同一の水系に属する湖沼が多いことです。例えば阿寒地域では、パンケトー、パンケトー、阿寒湖、太郎湖の順に上流から下流に向けて河川を介してマリモ湖沼が連なっています。これらの湖は、およそ5,000~2,500年前に古阿寒湖と呼ばれる大きな湖の底から現在の雄阿寒岳が噴出して湖を細かく堰き止め、分断したことで成立しました。

また、釧路湿原の東部に点在するシラルトロ湖、塘路湖、達古武沼の場合は、いずれもが釧路川の支流となっています。これらの湖沼は、約7,000年前の気候が現在よりも温暖で海水面が3~4 m高かった時代、古釧路湾と呼ばれる大きな内湾の一部でした。それが3,000年ほど前に気候が寒冷化して海水面が低下すると、湾口が堆積物によって閉じられるとともに、湾内が埋め立てられ、水質が淡水化して湖沼となりました。

このような湖沼は海跡湖と呼ばれ、青森県の太平洋岸のマリモ湖沼も同様の歴史を有しています。また、上述した阿寒の湖沼群と同様、富士五湖も火山噴火による堰き止めによって生じており、分布は離れていても成因を同じくすることが、もう一つの特徴になっています(図3)。

マリモは汽水の生物?

藻類を扱った図鑑などでは、マリモは淡水生物と説明されています。ところが面白いことに、糸状体を様々な濃度に希釈した海水で培養してみると、1/20に希釈した条件でよく育つのです。マリモが低濃度のミネラルを含む汽水的な環境を好む藻類であるなら、分布が過去に海であった海跡湖やバルト海に集中する話とつながってきます。

釧路湿原や青森県の手跡湖の多くは、かつて海水をたたえていた内湾であったとはいえ、現在の水質は淡水となっています。しかし、小川原湖と姉沼(図3)では、満潮時に海水が湖内に遡上する汽水域にもマリモが生育しています。また、釧路湿原のシラルトロ湖(図3)では、古い時代の海水が地層の隙間などに閉じ込められた化石海水と推定される高塩分の水が湖底から湧出していることが確認されており、そこで浮遊糸状体が群生しています。

では、火山の堰き止めによって生じた阿寒湖はどうでしょう。湖内一円で湖底湧水を探索してみたところ、あちらこちらにナトリウムやカルシウム、マグネシウム



図4 帯状に広がる阿寒湖西部
シリコマベツの湖底湧水

を含んだ塩分濃度の高い温泉や冷泉が存在し(図4)、その近傍で岩石に付着する着生糸状体が確認されました。内陸の湖でありながら、おそらく火山活動の影響によって湖内に汽水的な環境が備わっていることがマリモの生育を可能にしているのだと考えられます。

何がマリモの形状を多様化させるのか

前述したようにマリモの形状は多様であるため、かつては球を形成するマリモの他に、形状の違いによって多くの種、品種、変種が認められていました。こうした分類は20世紀の終わりに登場した遺伝子の塩基配列を使った分子系統学と呼ばれる研究によって一新され、球を形成するかどうかに関わらず、マリモもしくは近縁のタテヤママリモのいずれかであることが明ら

かになりました。けれども、なぜマリモの形状が多様化するのかという問題は未解決のままでした。

その後の調査研究によって、マリモが着生糸状体、浮遊糸状体、集合体のいずれの形状になるかは、生育場所の底質（湖底の物理的な状態）、湖水流動、水深、湖底に到達する日射に大きく影響されることが分かってきました。

例えば、糸状体が基物に付着するためには、^{されき}砂礫（砂や小石）や岩石のような一定の大きさをもつ底質が必要になります。これに対して、底質が泥のように細かくなると、糸状体が付着できずに流動状態となって、浮遊糸状体もしくは集合体でないと存在することができなくなってしまいます。

また、同じ着生糸状体でも、波浪などによって湖水流動が激しくなると、砂のような粒径の小さな底質だと動かされやすいため、付着基物としては不安定となり、大きな礫や岩でないと着生状態を維持し続けることができなくなってしまいます。

このため阿寒湖では、波当たりがやや激しくて底質が溶岩の塊やその破砕物からなっている東岸の雄阿寒岳山麓の湾入部、および湖底が尾根状の地形をしていて湖水の流れが速まりやすく、底質が砂礫からなっている南岸および北西岸に点在する岬の沖合の浅所が、着生糸状体が高密度で生育する水域となっています（図5）。

これに対して、綿くず状になる浮遊糸状体は、湖水流動が激しいと容易に流され、多くの場合、流動環境の穏やかな深所に運ばれてしまいます。阿寒湖で浮遊糸状体が群生しているのは、チュウレイ湾の沖合と大島東岸の沖合です。また特異な例として、水深が浅く

でも閉鎖的な地形を備えていて波浪の起こりにくい南東部の滝口付近にも浮遊糸状体が群生しています。

最後の集合体、いわゆる球状マリモは、北部のチュウレイ湾とキネタンペ湾の浅瀬および上述した滝口の湾の波打ち際近くに生育していますが、形態と生成過程は大きく異なります。

2 タイプの球状マリモ

チュウレイ湾とキネタンペ湾で見られる集合体は放射型と呼ばれ、たくさんの糸状体を中心から外に向けて放射状に配列した構造を有しています（図6-A）。集合体の表面に位置する糸状体が日光を浴びて光合成を行い、外側に向けて伸長生長すると同時に、波動を受けて頻繁に回転し、全体が満遍なく生長することによって球状形態に発達します。

阿寒湖の放射型集合体は、表面の糸状体が、「ビロード状」と称される毛足が短く緻密に揃った美しい表面観を有するのが特徴であり（図1-C）、また、直径が30 cmを超えるまでに巨大化する例は世界でも阿寒湖でしか知られていません。

一方、滝口の湾で見られる集合体は^{てんめん}纏綿型と呼ばれ、浅瀬に群生する浮遊糸状体が波動によって相互に絡み合い、球状化したものです。このため、内部は糸状体が無秩序に配列した構造となっています（図6-B）。

纏綿型の最大直径は15 cmほどで、放射型に比べると分布はごく狭い範囲に限られ、数もわずかしかなりません。放射型と纏綿型の集合体が同一の湖に産する例はめずらしく、マリモの球状化現象を研究するためのフィールドとして貴重な存在となっています。



図5 阿寒湖における着生糸状体、浮遊糸状体、集合体の分布

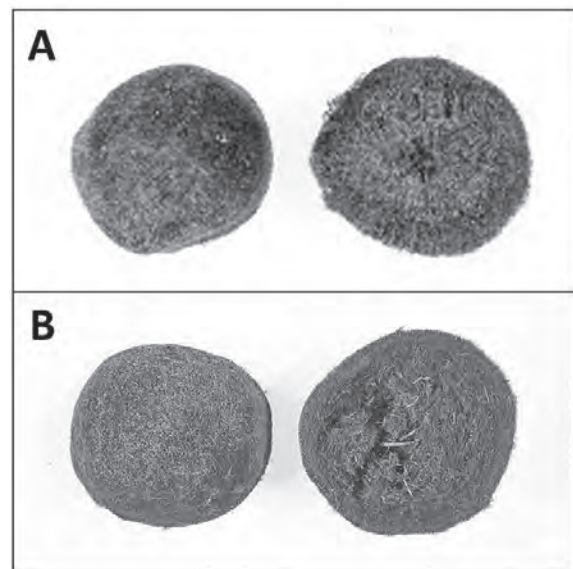


図6 放射型集合体（A）と纏綿型集合体（B）の表面観（左）と切断面（右）。直径はいずれも約7 cm

破損と再生を繰り返す放射型マリモ

表面観が美しく巨大化する放射型のマリモは古くから特別視され、1921年に天然記念物（1952年から特別天然記念物）に指定されるなど、保護の対象になってきました。このため、阿寒湖では20世紀半ばから調査研究が続けられており、生態の概要が明らかになっています。

放射型マリモの代表的な生育地であるチュウレイ湾では、波打ち際から沖合に向けての150m、湖岸幅200mほどの範囲に大小様々な大きさのマリモが生育しています。このうち水深1.5m前後の浅所に分布するものは、豊富な太陽光を利用して直径を年に2～4 cm増大させます。

こうして大きなマリモが数を増したタイミングで台風や嵐が襲来すると、強い北向きの波浪と湖水の流れによって大きなマリモは一斉に波打ち際まで運ばれ、一部は湖岸に打ち上げられてしまいます（図7）。

そして、マリモは波動によって壊され、小さな断片を多数生じます。その結果、サイズが小さくなるだけでなく、形が球状から扁平状に変化します。その結果、湖水の流れをやり過ぎやすくなり、波動や湖水流動が激しい浅瀬に留まれるようになります。そこは光環境が良好で、なおかつ波動によって頻繁に回転できるため、破壊断片は速やかに生長します。こうして大きくなると、沖合に移動して再び球体に発達すると考えられています。

湖岸への一斉打ち上げ現象は5～9年周期で発生しており、放射型のマリモは生長と打ち上げによる崩壊を繰り返しながら、集団を維持していると分かります。



図7 強風によって湖岸に打ち上げられたマリモ（2002年10月）

放射型マリモの生成メカニズム

「2タイプの球状マリモ」の節で、「マリモは波動を受けて頻繁に回転し、全体が満遍なく生長することによって球状形態に発達する」と述べました。近年、水中での微速度撮影によって、マリモは波動によって生じる振動流と呼ばれる陸側と沖側に行ったり来たりする小さな流れを使って、ほとんど同じ位置に留まったまま波の進行方向とは逆の向きにゆっくり回転している実態が明らかになっています。その様子は2014年にNHKスペシャルで放送されました。

さらに、回転することで2～3層に重なり合ったマリモ集団の上下が入れ替わったり、あるいはマリモが相互にこすれあって表面に付着した泥や藻類を掻き落としていたりしているなど、これまで推測の域を出なかった挙動も確認されています。

このマリモを回転させる波動をもたらすのは、初夏、阿寒湖の南側から吹き込む太平洋起源の海風です。阿寒湖で海風が吹くのは日中の昼前後に限られます。この季節はまた、日長と日射量が年間で最も大きくなり、水温も上昇して、マリモの光合成活動が活発になります。日中、盛んに光合成を行うと同時に、1日の一定時間を回転運動に割り当てる——こうしてマリモは「満遍ない放射生長」を可能にしているのです。

危機に瀕する放射型マリモ—おわりにかえて

2021年、チュウレイ湾の大型放射型マリモの集団が一斉に壊れて消失するというできごとが起きました。原因は、20世紀末に始まった水質浄化対策によって湖水の透明度が上昇し、水草がマリモ群生地の中合で繁茂するようになったことで、マリモを回転させる波動が弱まったためと考えられています。奇しくも、マリモは回転できなくなると球状形態を維持できなくなってしまうことを示す事例となりました。

世界で阿寒湖にしかない球状マリモの集団はこのまま失われてしまうのか。それとも、これまでに蓄積されてきた研究成果を活かして復活させることができるのか。マリモはいま、存続の危機に直面しています。

