

阿寒カルデラ湖沼群の類い希な生態系が明らかに

～様々な栄養段階に発達した水質と植生は湖沼生態遷移の標本庫～

【研究のねらい】

釧路市ならびに釧路国際ウェットランドセンター 阿寒湖沼群・マリモ研究室の若菜勇室長・神戸大学大学院理学研究科の角野康郎名誉教授・東北大学大学院生命科学研究所の占部城太郎 教授を中心とする研究グループは、マリモを育む阿寒湖および周辺地域の世界自然遺産登録を目指し、同地域の自然環境が有する顕著で普遍的な価値を科学的に検証すべく、環境省や周辺自治体、関係機関等の協力を得て調査研究活動に取り組んできました。このほど、その成果がまとまり、陸水・海洋生物学の専門誌に発表されました。

【研究の概要】 ※資料最後に用語説明があります。

目的と方法

- 変化に長い時間を要するため継続的な観察が不可能と言われてきた湖沼の生態遷移¹⁾を可視化する試みとして、雄阿寒岳の噴火によって古阿寒湖が分断されて生成した阿寒カルデラ内の10湖沼²⁾で地形、水質、水草の植生を調査しました。

結果と考察

- 一帯の噴火史から、これらの湖沼は形成時期や初期環境が類似していると考えられるにも関わらず、水質の栄養状態は多様で、湖沼型は、貧栄養、中栄養、富栄養、および腐植栄養に分類されました³⁾。また、栄養状態の指標となる全リン濃度は、湖沼の大きさ（面積および容積）に対する積算集水域面積の比と正の相関がありました⁴⁾。
- 湖沼の生態遷移を進める富栄養化の速度は、原理的に、湖沼の大きさと集水域の面積および肥沃度によって決まると言われます。しかし、富栄養化の速度は様々な要因によって変化するため、世界には数え切れないほどの湖沼がありながら、これまで実証されたことはありませんでした。阿寒カルデラは陸上環境が比較的均一で自然度も高く、集水域の肥沃度は大きく違わないと見られ、今回得られた全リン濃度と湖沼の大きさに対する積算集水域面積比との相関は、富栄養化速度が湖沼の大きさと集水域の面積によって決まることを示した初めての例となります。
- 他方、水草は7湖沼で21種が確認され、種数は湖沼の規模が大きくなるにつれて直線的に増加しました⁵⁾。また、水草の分布の様態には、種によって貧栄養湖、中栄養湖、腐植栄養湖のいずれかに分布する場合と、貧-中栄養湖、貧-中-富栄養湖に広く分布する場合があります。各湖沼における種構成は、これらの組みあわせによって決まっていました⁶⁾。

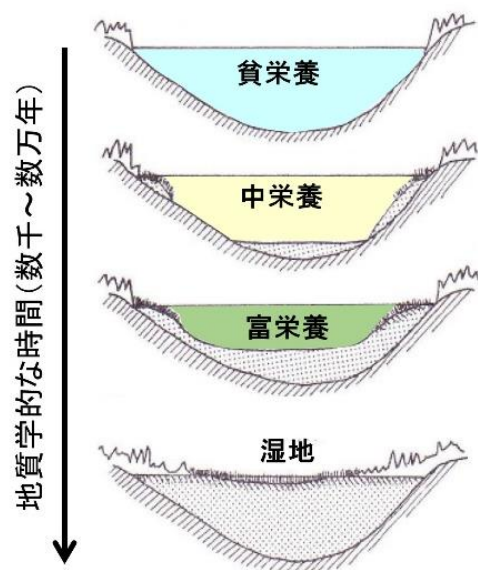
- 水草の種構成の決定機構については、従来、栄養状態の違いを始めとする様々な環境要因に影響されると考えられてきましたが、今回の結果は、同一水系に属する湖沼群の多様な栄養状態（湖沼型）と水草の固有な栄養要求性が整然と対応している点で極めて特異的であり、この知見も過去に例がありません。

まとめと今後の展望

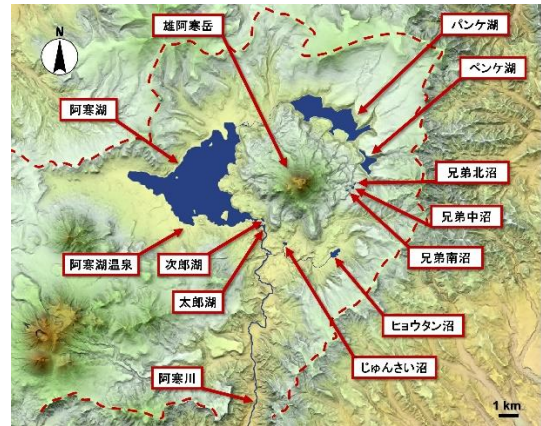
- 一般に、自然環境の構成要素は多元的であるため、例えば今回取り上げた湖沼の富栄養化機構や、そこに生育する水草の分布機構を単純・明瞭に表示することは容易ではありません。この点で、阿寒カルデラ湖沼群の事例は、カルデラという環境が比較的均一な巨大な入れ物を火山噴火によって大小の集水域や水域に分断し、数千年かけて進化した湖沼の現状を示す大規模な実験に例えることができ、さらに湖沼生態遷移の過程が系列として揃っている点で、淡水生態系の標本庫と捉えることができます。
- このような特徴は、世界自然遺産に要求される登録基準（クライテリア）IX生態系の「陸上・淡水域・沿岸・海洋の生態系や動植物群の進化発展における、重要な進行中の生態学的・生物学的過程を表す顕著な見本であること」に該当する可能性が高く、当該地域の生態系を始めとする自然環境について、さらに理解を深めてゆくことが必要です。
- また、今回の成果は、湖沼研究に起源と生成時期を同じくする湖沼群の比較研究という新規なアプローチをもたらしたことに加え、生態学の研究・教育のフィールドとして、阿寒地域が極めて優れたポテンシャルを持っている可能性を示しました。今後は、こうした観点からも、阿寒の自然環境に秘められた「顕著で普遍的な価値」を見出し、磨き上げてゆくことが大切です。

【図版】

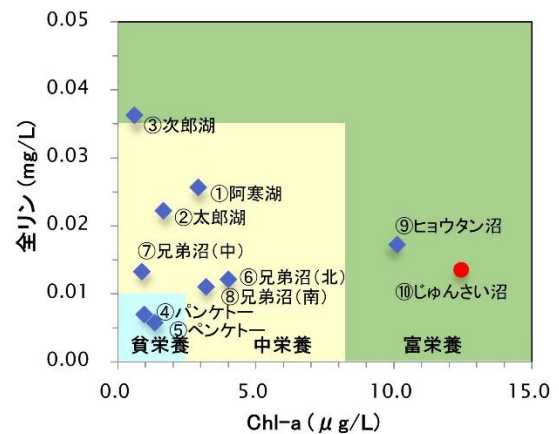
- 1) 湖沼における生態遷移の過程。水質の富栄養化が進むとともに土砂堆積による浅化によって湖盆は浅くなり、最終的には湿地となる。この過程は、生物学の教科書に掲載されるなど一般に広く知られているが、実際には長い時間がかかるため継続的に観察することは困難である。



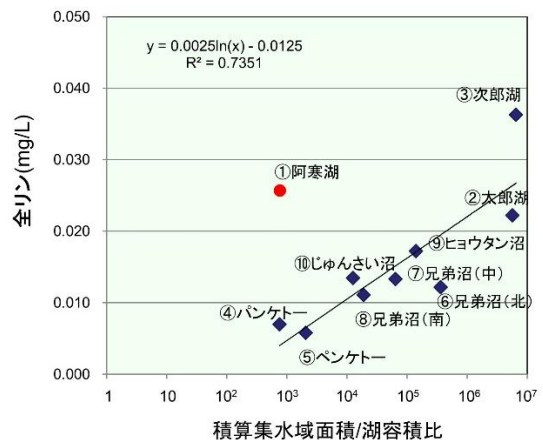
2) 阿寒カルデラ湖沼群. カルデラ内の雄阿寒岳を囲むように大小 10 個の湖沼が点在する. 集水域は赤い点線で示したカルデラ壁によって隔絶されている. 南北2つの水系は河川や伏流水によってつながっており, 雄阿寒岳の南山麓で合流したのちカルデラ南部の渓谷を通過して排出される. 陸域は阿寒湖温泉を除いてほとんどが亜寒帯林で覆われている.



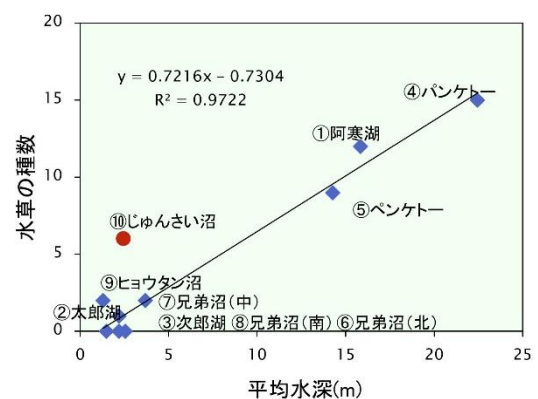
3) 阿寒カルデラ湖沼群の栄養状態と湖沼型. 湖沼型の類型は経済協力開発機構 (OECD) のクロロフィル a (Chl-a) と全リン (TP) による基準に従った. 湖の起源と形成時期に大きな違いがないにも関わらず, 湖沼型は貧栄養 (2 湖沼), 中栄養 (5 湖沼), 富栄養 (3 湖沼) に分けられた. じゅんさい沼は湖水が褐色を呈するとともに, 全チッ素, 溶存有機炭素 (DOC), Chl-a が特異的に高く, 腐植栄養型の水質特性を示した.



4) 積算集水域面積/湖容積比と全リンとの関係. 積算集水域面積/湖容積比と積算集水域面積/湖面積比は, 全リン (TP) との間で強い相関を示した. 阿寒湖が外れ値となったのは, 20 世紀後半に人為的な富栄養化の影響を受けて TP が上昇したためと考えられる.



5) 水草の種数に及ぼす平均水深の影響. 7 湖沼で 21 種の水草が確認され, 種数は平均水深の他, 最大水深, 湖岸長, 枝節量, 滞留時間といった湖沼の規模に関係する変数と高い相関があった. 外れ値のじゅんさい沼は水質が腐植栄養であるため, 沈水植物が優占するこれ以外の湖沼と異なり, 浮葉植物と浮遊植物が優占した.



水草の出現型	水草の種	湖沼型(湖水の栄養状態)			
		貧栄養	中栄養	富栄養	腐植栄養
貧栄養	バイカモ ホソバヒルムシロ イトイバラモ エソヒルムシロ ヒメミズニラ				
中栄養	エビモ エソノミズタデ				
貧-中栄養	センニンモ ホザキノフサモ クロモ エソヤナギモ リュウノヒゲモ マツモ				
貧-中-富栄養	イトモ ヒロハノエビモ				
腐植栄養	ジュンサイ ネムロコウホネ ヒツジグサ オヒルムシロ タヌキモ コタヌキモ				

6) 阿寒カルデラ湖沼群の栄養型に対応する水草種構成の決定モデル。個々の水草は、固有の栄養型と出現幅を有する5つの出現型のいずれかに属す。貧栄養、中栄養、および腐植栄養出現型の水草は、それぞれ貧栄養型、中栄養型、および腐植栄養型の湖沼にのみ分布している。一方、貧-中栄養、および貧-中-富栄養出現型の水草は、貧-中栄養型、および貧-中-富栄養型の湖沼に広く出現することが可能である。したがって、貧栄養型および中栄養型の湖沼における水草の種構成は、出現タイプ、すなわち貧栄養/貧-中栄養/貧-中-富栄養および中栄養/貧-中栄養/貧-中-富栄養の組み合わせによって決まる。貧-中-富栄養、および腐植出現型は、それぞれ富栄養湖と腐植栄養湖に分布する。

【用語】

生態遷移：ある一定の場所に存在する生物集団が時間軸に沿って次々に別の集団にかわり、比較的安定な相へ向かって変化していくこと。湖沼では、栄養塩が増加する富栄養化や堆積物の増加による湖底の浅化も含まれる。

湖型湖：湖沼における生物生産の類型。一般には生物生産を阻害する物質をほとんど含まない調和型と生物生産を阻害する物質を含む非調和型に分類され、前者はさらに貧栄養、中栄養、富栄養に、後者はさらに酸栄養、腐植栄養、アルカリ栄養に細分される。

富栄養化：湖沼や内湾で栄養塩や有機物の濃度が上昇すること。栄養段階に応じて、貧栄養、中栄養、富栄養に分類する。阿寒湖では20世紀後半に、観光施設などからの雑排水の流入によって湖水の富栄養化が進み、植物プランクトンが過増殖するアオコが発生するとともに、球状マリモが減少した。

肢節量：湖岸線がどの程度湾曲しているかを示す尺度。湖面積と湖岸長から求め、1より大きくなるほど湖岸線の屈曲の程度が増し、1に近づくほど円形に近くなる。

沈水植物・浮葉植物・浮遊植物：生活形の違いによって、植物全体が水中に沈むもの（クロモなど）を沈水植物、水面に葉を浮かべるもの（ジュンサイなど）を浮葉植物、根が水底に固着せず浮遊するもの（タヌキモなど）を浮葉植物とよんで区別する。

【論文情報】

論文名 Varying stages of ecological succession in lakes subdivided by volcanic eruptions at Akan Caldera, Japan (阿寒カルデラの火山噴火によって細分化された湖沼群における生態遷移の多様なステージ)

著者名 若菜勇 (釧路国際ウェットランドセンター)・角野康郎 (神戸大学大学院理学研究科)・占部城太郎 (東北大学大学院生命科学研究科)・田村由紀 (環境コンサルタント・株)・鈴木芳房 (海洋探査・株)・山田浩之 (北海道大学大学院農学研究院)・尾山洋一 (筑波大学生命環境科学研究科)・和田恵治 (北海道教育大学旭川校)・長谷川健 (茨城大学理学部)・大原雅 (北海道大学大学院地球環境科学研究院)

掲載誌 Hydrobiologia (オランダで発行されている陸水・海洋生物学の専門誌)

入手先 <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05231-5>

公表日 2023年4月23日 (オンライン公開)

【問い合わせ先】

論文の内容に関すること

釧路国際ウェットランドセンター阿寒湖沼群・マリモ研究室 室長 若菜勇

TEL：0154-23-5151 内 2298, FAX：0154-23-4651, e-mail：akantbe1@seagreen.ocn.ne.jp

世界自然遺産登録推進に関すること

釧路市総合政策部都市経営課 藤原良太・松澤めぐみ

〒085-8505 釧路市黒金町7丁目5番地

TEL：0154-31-4502, FAX：0154-22-4473, e-mail：to-kikaku@city.kushiro.lg.jp