

安定同位体比から読み解く南極湖沼生態系

～光環境が決定する湖底の光合成活性～

2013年3月 自然環境構造学分野 47-106628 堀 誠
指導教員 教授 山室 真澄

キーワード:安定同位体比、紫外線、シアノバクテリア、光合成

1.はじめに

南極大陸の昭和基地がある宗谷海岸には、大陸氷床に覆われていない場所がわずかに存在し、露岩域と呼ばれている (Fig.1)。宗谷海岸の露岩域はおよそ2万年前に氷床が後退してできたと考えられており、それに伴ってできた湖沼が多数存在している。湖の成り立ち・サイズ・集水域・水深・水質は様々であるが、淡水湖沼においては貧栄養であることが共通している。また、集水域は小さく水深も10m未満の浅い湖が多い。湖水の流出入もほとんどなく、一年の大半を氷に閉ざされている。しかし、湖底には藻類やシアノバクテリア・コケ類が優占し、複合したマット状の植物群落が広がっている。湖沼同士は近傍近似環境にありながら、この湖底マットの様子は湖沼間で大きく異なっており、その維持・成長をコントロールする環境要因は不明である。そこで本研究では、宗谷海岸の露岩域にある17湖沼を対象として湖沼環境が湖底マットにどのような影響を与えているのかを検討した。調査項目として2009年12月～2010年2月にかけて、各湖沼の湖心部において多項目水質計 (YSI-6600V2, YSI, USA) によって、水温 [°C]・pH・クロロフィル a 濃度 [mg/L]・濁度 [NTU] を水面から湖底にかけて鉛直的に測定した。また2009年12月～2010年2月にかけて、各湖沼の湖心部において、圧力センサー付きの光放射スペクトル計 (RAMSES-UV/VIS, TriOS, Germany) を用いて、280～700 nm 波長域の光スペクトル、および、水深の測定を行った。湖水および堆積物間隙水については溶存無機栄養塩類 (アンモニウムイオン: NH_4^+ , 亜硝酸イオン: NO_2^- , 硝酸イオン: NO_3^- , リン酸イオン: PO_4^-) の分析を行った。堆積物試料については炭素安定同位体比を分析した。

2.湖底マットに供給される栄養塩と光合成活性

植物が光合成を行うに当たっては適度な温度・栄養・光が重要である。南極湖沼が置かれる環境は非常に低温であり、外部入力の窒素に乏しい。このため、湖底マットの光合成は特に栄養塩条件に依存していることが予想された。水温・湖水・間隙水に着目して炭素安定同位体比との関係を検討した結果、いずれも炭素安定同位体比と有意な相関関係があるとはいえなかった。このような結果が得られた原因としてシアノバクテリアの存在が考えられる。シアノバクテリアは貧栄養環境下では光合成のエネルギーを利用して窒素固定を行うことで知られる。これによって湖底マットは必要十分な窒素を得ている可能性がある。つまり、湖底マットは貧栄養な環境下におかれながらマット内部は潤沢に栄養が蓄えられており、光合成の律速に影響していないと考えられた。

3.湖底マットに降り注ぐ光エネルギー量と光合成活性

各湖底に到達する光エネルギーを成分ごとに分け(紫外線:UV、光合成有効放射:PAR、全光エネルギー:UV+PAR)、炭素安定同位体比との関係について検討した。どの光エネルギー成分も炭素安定同位体比と有意に非常に高い負相関を示したが、中でも紫外線が最も強い相関を示した(相関係数-0.84)(Fig.2)。これは紫外線が強いほど光合成活性が低くなっていることを示している。光環境の差をもたらした原因として、紫外線と水深の比較において、水深が浅いにも関わらず紫外線が低い湖が3つ確認できた(Fig.3)。この3湖沼は、いずれも今回対象とした湖沼の中で集水域が非常に大きいものであった。これに関して、対象としたすべての湖について湖沼の光環境と集水域を比較したところ、優位に負相関を示した。つまり、集水域には光環境に障害を及ぼす何らかの要因が含まれていると考えられる。以上の結果から、集水域が大きいほど湖への流入量が増加し、特に溶存有機物が増えることによって光環境に負の影響を与えることが考えられる。このようにして、流入量が増加して湖底に照射される紫外線量が減少し、湖底マットの光合成活性が上がると考えられた。

炭素安定同位体比は植物の種類による光合成経路の違いや二酸化炭素に対する親和性の差などによって値が変わる。湖内での光合成が活発化すると湖水 pH は増加する。湖水 pH の増加に伴って、湖水に溶け込む二酸化炭素の状態は $H_2CO_3 \rightarrow HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-}$ と変化する。湖水 pH が 10 以上の湖もあるが、そのような湖は溶け込んでいる二酸化炭素がコケが利用しづらめしくは利用できない HCO_3^- 態になっている可能性がある。一方、藻類は二酸化炭素の取り込みに際して特殊な機構を持ち HCO_3^- 態が利用可能で、二酸化炭素分圧の低下に対しても強い。このようにして、光環境が変化することで湖内環境が変化し、湖底マットの群集構造まで決定されている可能性がある。

溶存有機物は溶存有機炭素として定量的に評価することができる。今後、集水域ではなく直接の流入量の測定を行い溶存有機炭素の測定をすることで、湖底マットに与える影響に関わるパラメータのさらなる解明が進むことが期待される。また、流入水や間隙水などに含まれる窒素の安定同位体比を測定し、正確な窒素源の把握をすることで、南極湖沼生態系の物質循環を解明できると考えられる。

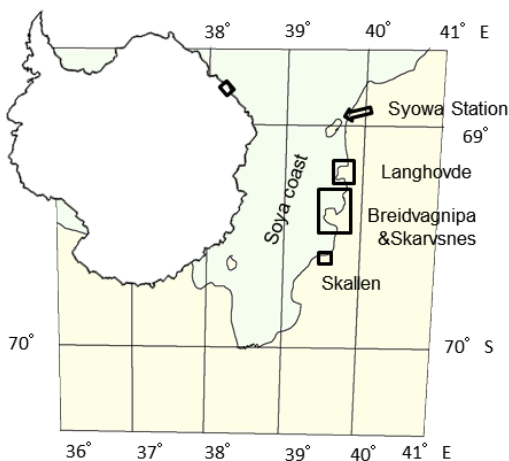


Fig.1 宗谷海岸の露岩域

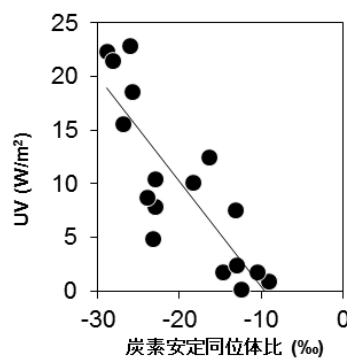


Fig.2 紫外線と炭素安定同位体比の関係

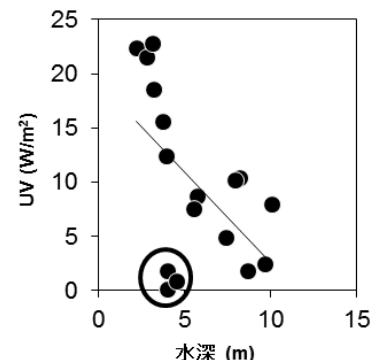


Fig.3 紫外線と水深の関係