

氏名	キム 金 喆 九
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第3053号
学位授与の日付	平成18年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科生物科学専攻
学位論文題目	Biogeochemical Cycling of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in the Hypolimnion of Lake Biwa (琵琶湖の深水層における炭素, 窒素, リンの生物地球化学的循環に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 永田 俊 教授 北山 兼弘 助教授 永益 英敏

### 論 文 内 容 の 要 旨

大型湖の深水層における有機物の分解は、湖生態系の構造と機能を明らかにする上できわめて重要なプロセスである。しかし、深水層への有機物の供給と分解にかかわる生物地球化学的な循環の支配機構については不明の点が多く残されている。本研究では琵琶湖主湖盆の深水層における炭素、窒素、リンの生物地球化学的循環に焦点をあわせ、溶存態有機物の輸送・分解と、有機物分解を駆動する加水分解酵素の活性に関する研究を行った。

まず、深水層における炭素、窒素およびリンの年間無機化量に対して、溶存態有機物(DOM)の無機化がどの程度寄与するのかを評価した。湖盆規模でDOM濃度を季節的に測定した結果、成層期には、溶存態有機炭素と溶存態有機窒素の濃度は表水層で高く、深水層で低いことが明らかになった。一方、全循環期(2月)には全層で一様の分布を示した。成層期間中、深水層でのDOM濃度の減少から見積もったDOMの無機化速度は、全炭素無機化速度の8%、全窒素無機化速度の30%に相当した。このことから、有機炭素と窒素の鉛直輸送において、DOMの寄与が無視できないことが明らかになった。深水層で無機化されたDOMの炭素：窒素比は4.2と見積もられ、湖水中に存在するDOMや懸濁態有機物の炭素：窒素比より著しく低かった。したがって、窒素を豊富に含むDOMが、栄養塩回帰に対して大きく寄与していることが示唆された。リンについては、通年的に濃度が低く、顕著な鉛直分布パターンは見られなかった。DOMの炭素：リン比と窒素：リン比は深度や季節にかかわらず極めて高かった。このことから、DOMを媒体とした、深水層へのリンの効率的な輸送が阻害されているものと推察された。

次に、深水層におけるリン循環におけるアルカリ性ホスファターゼ(APase)の役割を追求した。APaseは有機態リンから溶存態無機リンを遊離し、生態系でのリンの生物地球化学的循環において重要な役割を果していることが知られている。しかし、大型湖の深水層におけるAPaseの活性についての情報は乏しい。本章では、琵琶湖の深水層におけるリンの無機化に対するAPase活性の寄与を明らかにすることを目的とした。深水層におけるAPaseの活性分布とリン循環過程を調べたところ、以下の結果が得られた。1)湖底近傍に発達する高濁度層において、APaseが著しく高い潜在活性を示した。2)APase量と溶存態無機リン濃度の間には有意な正の相関がみられた。3)湖底高濁度層では、APase活性によるリンの遊離速度がバクテリアのリンの取り込み速度を上回った。4)湖底高濁度層で採取した試料水の培養実験の結果、懸濁態有機リンから、溶存態無機リンが活発に溶出される現象が見られた。以上の結果から「湖底近傍の高濁度層中に集積したAPaseが、リンの無機化を活発に駆動することで、琵琶湖生態系のリン循環の重要な制御因子として働いている」という新たな仮説を提案した。

以上の結果を総合し、琵琶湖深水層における生態系物質代謝の制御機構に関する新たな概念モデルを提案した。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、大型湖深水層における生態系物質代謝に焦点を合わせ、炭素・窒素・リンの生物地球化学的な循環機構の解明

を試みたものである。湖盆規模での観測的研究を中心に、そこに実験的な解析をくわえることで、有機物の輸送・分解機構を新たな視点から追及した点に特色がある。本研究では、「炭素・窒素無機化における溶存有機物の役割」と「リン無機化における細胞外アルカリ性ホスファターゼの役割」という2つの側面において、以下に示す重要な知見を得ることに成功した。

1) <溶存態有機物の役割>従来の湖沼生態系モデルでは、表水層から深水層への有機物供給の主要経路は、粒子状有機物の沈降による有機物鉛直輸送であると考えられてきた。一方、冬季対流混合による溶存有機物(DOM)の鉛直輸送の重要性については、その可能性は指摘されてきたものの、これまで、実証的な証拠はまったく得られていない。本研究は、冬季対流混合によるDOM輸送と、夏季成層期における深水層中でのDOM分解を、現場観測結果に基づき量的に評価し、生態系物質代謝における寄与を見積もった初めての研究例である。さらに、化学量論的な解析に基づき、輸送・分解に関与するDOMが、窒素に富んだ有機物であるという、興味深い現象を見出すことにも成功している。一方、リンについては、通年的に濃度が低く、同時に、炭素：リン比や窒素：リン比が著しく高いことから、DOMを媒体とした輸送が起こりにくいと結論付けられている。以上の結果は、大型湖沼生態系における炭素と窒素の循環にかかわる重要な知見であると判断された。

2) <アルカリ性ホスファターゼの役割>有酸素深水層における溶存無機リンの蓄積には、嫌氣的低泥からのリンの溶出と深水層の水柱中でのリン回帰の両方が関与する可能性がある。このうち水柱中でのリン回帰の機構については不明の点が多く残されてきた。本研究はリン回帰にかかわる加水分解酵素であるアルカリ性ホスファターゼ(APase)の活性に着目し、湖盆規模での分布調査を行った。その結果、湖底近傍に発達する高濁度層中において、APase活性のピークが全湖盆規模で現れるという顕著な現象を初めて見出した。APaseによる加水分解速度と細菌によるリン取り込み速度を実験的に比較した結果、高濁度層中では、加水分解が取り込みを上回ることが明らかになった。さらに、懸濁態物質の分解に伴い溶存無機リンが大量に放出されることも示した。以上の結果に基づき、高濁度層に局在するAPaseが、有酸素深水層水柱中でのリン回帰に寄与するという新しい仮説を導くとともに、APaseの起源に関して考察を加えた。

上記の研究成果は、大型淡水湖生態系の生物地球化学的な循環の理解の深化に大きく貢献するものであると判断された。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。