

(様式2)

## 学位論文の概要及び要旨

氏名 加藤 伸悟 印

題 目 流域負荷特性に応じた細菌動態が湖沼水質におよぼす影響  
に関する数値的研究 — 今後の湖沼流入負荷管理に向けて —

本研究では、細菌を含む微生物食物連鎖と生食連鎖を踏まえた食物網モデルを構築し、モデルにおける細菌の存在が食物網動態におよぼす影響および微生物食物連鎖のはたす役割を把握すること、また、流域汚濁負荷変化と湖水中有機物量の関係を考察することを目的とした。

本研究では、水界食物網の代表的な役割を担う基礎生産者（マイクロ植物プランクトン、ナノ・ピコ植物プランクトン）、捕食者（メソ動物プランクトン、マイクロ動物プランクトン、原生生物）、分解者（細菌）、および生産者基質（炭素、リン）をモデル要素として、生食連鎖および微生物食物連鎖によって構成される食物網モデルを構築した。本モデルは、細菌が利用する基質、細菌が絡む被捕食関係、高次従属生物間の被捕食関係、生物による排出等に関する既存研究を整理したうえで、各生物の主な機能と各生物サイズに基づく関係を考慮した概念的な食物網モデルである。

構築された食物網モデルに対して、様々な濃度の系外リン負荷および炭素負荷を流入させ、その計算結果と様々な栄養塩段階における観測事象との比較によりモデルの検証を行った。T-P濃度によりランク分けされる各栄養塩段階ごとに平均集計された本モデル計算結果は、バイオマスとその構成比の栄養塩段階に応じた変化、植物プランクトン1次生産、生食連鎖と微生物食物連鎖のエネルギーフローの関係、従属栄養生物のリン再生速度について、実水域における観測事象の特徴を捉えられており、本食物網モデルが、水温等の環境因子による影響を排除した条件下において、栄養塩段階ごとに異なる食物網動態を表現しうるものであることが示された。

生食連鎖に加えて微生物食物連鎖をモデルに考慮すること、および、細菌が食物網動態におよぼすインパクトを見いだすことを目的として、生食連鎖モデルと本食物網モデルの結果の違いについて考察した結果、栄養塩段階ごとのバイオマスとその変化、種間優占関係に大きな違いが生じ、その根底には細菌の存在が不可欠であることが示された。具体には、モデルにおける細菌の存在は栄養塩段階に応じたリン再生速度の変化として現れ、それがトータルバイオマスに影響をおよぼす、また、細菌を出発点とするエネルギーの流れは、水界食物網内の適切なバイオマス構成に寄与していることが示された。このことで、細菌が食物網全体におよぼすインパクトを概念的に把握できたと考えられる。

実水域における微生物食物連鎖の役割を把握することを目的として、富栄養湖である鳥取県 湖山池に対して本食物網モデルを適用した結果、年間の水温変化のなかで、微生物食物連鎖を形成する原生生物と細菌バイオマスは、優占する植物プランクトン種の変化に応じてトータルバイオマスの2割～4割程度を占めた。上位栄養段階生物へのエネルギーフローは、植物プランクトンの優占状態によって生食連鎖と微生物食物連鎖の優位性が変化し、ナノ・ピコ植物プランクトン優占期間は微生物食物連鎖からのフローが大きく、特にリンについてはその重要性が増している、またそのフローにおいては下位栄養段階からのエネルギーを上位に効率的に伝達する原生生物の存在が重要であることが示された。また、解析結果にみる湖山池の特徴として、細菌等のC:P比が高いために、原生生物からのリン排出が比較的少ないことがわかった。

実水域に見られる流域汚濁負荷量の削減傾向と湖内水質改善傾向の乖離状況を念頭に、流域負荷量と湖水中有機物量の関係について考察を行った。

食物網モデルの生物的炭素収支「1次生産－呼吸による生分解」は系外からのリン負荷の増減に対して比較的単調な関係にあるが、炭素負荷の増減は細菌の基質C:P比を変化につなぎ、水中炭素収支を複雑に変化させ、それにより水中TOCの蓄積されやすさ（1次生産と生分解の収支関係）が異なることが示された。湖水中TOCは水界生物の生産と呼吸分解の関係とそれらの活性状態から、系外負荷に対して複雑な変化形態をとり、貧栄養段階におけるリン負荷削減は食物網全体の不活性化から系外炭素負荷の水中蓄積によるTOC増加につながる可能性があり、富栄養段階では水中TOCの減少に対する系外炭素負荷削減の効果は比較的小さく、リン負荷削減が肝要であることが示された。このことから、流域汚濁負荷量変化と湖水中TOC変化の関係は一義的ではないと考えられる。また、将来の気候変動による湖沼への炭素負荷量増加は、貧栄養水域においてその影響が顕著に現れるものと考えられた。琵琶湖流域の易分解性有機炭素負荷およびリン負荷の経年推移とモデル結果の関係を考察した。モデルから、経年的な流域負荷削減により湖水中の易分解性TOCは一貫した減少傾向にあるとの結果が得られたが、その減少はリン負荷削減によるものであり、炭素負荷変化は湖水中TOCに影響を与えていないことが示された。モデルにみる易分解性TOCの減少傾向と、観測により得られているTOCの変化停滞傾向は、琵琶湖においては難分解性炭素の湖内蓄積が進んできたことを示唆するものである。また、琵琶湖の有光層と無光層とでは、有光層では難分解性炭素の流入や湖内生成、無光層では細菌の不活性化という異なるメカニズムが炭素収支に寄与していることが示唆された。

貧栄養段階の湖沼における流入水質の変化と生物生産性の変化の関係について考察を行った。貧栄養段階における流入水質の変化は生物生産性の変化に強く結びついていることが示された。流入リンの変化は優占する植物プランクトン相の変化をさかいにして、生物生産性に不連続な変化をもたらす可能性が示された。流入炭素の変化は、細菌の活性状態を変化させることで微生物食物連鎖のエネルギーフローを変化させた。また、流入炭素変化は水中の有機物および溶存無機態リンを含めた細菌の基質C:P比をさせ、それにより食物網内でのリン循環の形態および細菌と植物プランクトンの競合関係が変化した。それら変化は生物生産性の変化にも連鎖することが示された。従来からの流入負荷削減によって水質が貧栄養段階程度にまで改善されつつある湖沼については、湖内水質および水域の生物生産性の面で、今後の流入負荷管理方策は転機を迎えており、流入負荷の削減一辺倒ではなく、水域ごとの目指すべき姿に応じた適切な流入負荷量の管理が必要になってくると考えられた。