

Title	水域の栄養塩循環系における非線形解析と最適化
Author(s)	松村, 利夫
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33232">https://hdl.handle.net/11094/33232</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	まつ 松	むら 村	とし 利	お 夫
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	5685	号	
学位授与の日付	昭和57年3月25日			
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	水域の栄養塩循環系における非線形解析と最適化			
論文審査委員	(主査) 教授	坂和 愛幸		
	(副査) 教授	鈴木 良次	教授	須田 信英

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、水域の富栄養化を防止することを目的として、水域の栄養塩循環系の制御について研究したものである。水域環境の有効な利用および保全のためには、栄養塩循環系のシステムの研究が重要である。研究内容を2章に分け、第1章では栄養塩循環系の数学的モデルを提案し、その非線形解析を行なっている。第2章では水域に流入する栄養塩濃度の最適制御問題を研究している。

第1章では、水域の富栄養化のモデルとして、植物プランクトン、動物プランクトンおよび窒素栄養塩から成る窒素循環系の数学的モデルを構成している。システムの外部環境要因として、水温、日照量、日照時間および流量などを考慮している。また、動物プランクトンの捕食には飽食効果があることを考慮し、その捕食率を Michaelis-Menten 型の飽和型非線形特性で表わしている。外部環境要因が一定の下で、このモデルの平衡状態の安定性を調べることにより、システムに流入する窒素栄養塩濃度がある値以上に大きくなるとモデルの平衡状態はすべて不安定となり、limit cycle が生じることが示されている。また、Hopf 分岐の理論を用いてこの limit cycle が安定であるための十分条件を求めている。

第2章では、窒素の外にリンを考慮した栄養塩循環系における最適化問題を扱っている。窒素栄養塩、リン栄養塩、植物プランクトンおよび動物プランクトンから成る栄養塩循環系の数学的モデルをまず構成している。ここでは、システムの外部環境要因は時変パラメータとして考慮されている。水域の富栄養化を抑えるために、システムに流入する窒素とリンの栄養塩濃度をシステムの制御変数と考え、流入栄養塩の規制に関する最適制御問題を考察している。すなわち流入栄養塩濃度には上限と上限があり、かつ数年間のそれぞれの流入総量が一定という制約条件の下でその間の植物プランクト

ンの総量を最小化することが問題である。琵琶湖における観測データに基づき、パラメータ最適化の手法を用いて、このモデルのシミュレーション結果が観測データに合うように、モデルに含まれる種々のシステムパラメータの値を決定している。また、最大原理と非線形計画の手法を用いて、このモデルに対する最適制御問題の解を具体的に得ている。この結果から、琵琶湖における窒素とリンの流入濃度に関する環境規制は夏期には厳しくする必要があるが、冬期には緩め得ることを明らかにしている。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は、水域の富栄養化を防止することを目的として、水域の栄養塩循環系のモデル解析および制御に関する理論的研究をまとめたものである。

本論文前半では、まず窒素栄養塩、植物プランクトン、および動物プランクトンから成る窒素循環系の非線形常微分方程式モデルを提案し、このモデルの解析を行っている。システムの定常状態に対応するモデルの特異点は最大3個存在し、システムの外部要因によってこれら特異点の安定性は変化するが、流入栄養塩濃度が大きくなるとすべての特異点は不安定になりリミット・サイクルが発生することを示し、これによって赤潮の発生を説明している。本論文後半では、窒素の外に磷を考慮に入れたモデルについて、水域に流入する窒素と磷の濃度をシステムの制御変数と考えて、流入栄養塩の規制に関する最適制御問題を考察している。琵琶湖をモデルとした計算結果から、窒素と磷の流入濃度に関する規制は夏期には厳しくする必要があるが、冬期には緩め得るという結論を得ている。

以上のシステム理論的研究は水域の富栄養化問題に新しい知見を与えるものであり、博士論文として価値あるものと認める。