

氏名(本籍)	呂志江(中国)
学位の種類	博士(生物工学)
学位記番号	博甲第6529号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	水生生物を活用した浄化・資源循環及び生態リスク評価に関する研究

主査	筑波大学教授	農学博士	杉浦則夫
副査	筑波大学教授	博士(農学)	張振亜
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	内海真生
副査	筑波大学准教授	博士(生物工学)	楊英男

### 論文の内容の要旨

生態工学を活用した自然浄化機能の強化は、自然生態系の健全化やバイオマスの変換によって自己完結的な物質循環システムを形成し、人間も含めた持続的発展の可能な環境形成が期待できる手法である。この中で重要な役割を担うのが水生植物の存在である。生態工学による沈水植物植栽浄化技法は、それらを工学的にコントロールすることで、生産、分解、吸収、浄化といったそれぞれの機能を高めながら効率的に行い、緩衝帯の環境の保全および修復を図る技術である。本研究では、沈水植物生態系における、植物種による浄化等特性への影響の比較解析を実施すると、同時に、水生生態系構成者である栄養塩類の吸収・固定化を行う藻類、藻類やデトリタス捕食者の巻貝類・二枚貝類・魚類・エビ類等の存在の有無が浄化特性に及ぼす影響を検討した。得られた結果より、沈水植物の植物種による明確な浄化能の違い、藻類およびデトリタス捕食者が生態系に及ぼす役割および浄化能向上への寄与を明らかにした。

一方で、こうした浄化システムに対する化学物質の流入に起因するリスク評価手法を確立するために、沈水植物と魚類・底生動物を共存させた大型水生動植物生態系モデルを構築し、水圏生態系に大きな影響を及ぼす化学物質である非イオン界面活性剤を対象として環境リスク評価を実施した。なお、P/Rは生産と呼吸の比率である、生産と呼吸は、水圏生態系を維持する上での重要な環境指標である。この環境指標に着目して解析したが、その結果、P/R比とDOパターンを指標とすることで、水生生物の個体数を計測することなく生態環境リスクを評価できるという新規性・独創性のある方法を開発できた。また、同時に派生する刈り取り、回収した沈水植物の畑作における緑肥効果を解析し、その有効性を明らかにした。具体的には、化成肥料施用区を対照とした比較検証により、緑肥施用区で対照区よりも適正pHが維持されやすく、土壤微生物の活性を高める効果のあることが示唆された。また、温室効果ガス発生特性について、CH<sub>4</sub>の発生は対照区と差違なく、N<sub>2</sub>O(亜酸化窒素)はクウシンサイ緑肥施用区で対照区に比較し低く維持することが可能であることを明らかにした。なお、緑肥は一般的にリン含量が低く窒素・リン比の調和をとりにくい特性を有するが、外来種オオカナダモを用いた場合、緑肥のみでも施肥効果が高かったことから、外来種の水域からの除去により発生した回収植物体の有効活用法のひとつと成り得ることを見いだした。回収した沈水植物の有効利用のもう一つの方法として、メタン発酵の有効性を検討した。沈水植物種ごとにメタン発酵の実験を

行ったが、回収植物体バイオマスは発酵に時間がかかるものの、生ごみと同様にメタン発酵によりエネルギー回収可能であることを明らかにした。また、水生植物からのメタンガス回収量は、中温発酵（35℃）に比較して、高温発酵（55℃）で高いこと、水生生物のメタン発酵特性は、植物種の相違が大きく影響を及ぼすこと等を明らかにした。

水生生物を活用した浄化・資源循環および生態リスク評価に関する研究において、水生生物の適正な活用により、自然の水環境保全再生だけでなく、環境基本法の理念である「環境リスク評価」「資源循環」「共生」「参加」を反映する技術として、浄化・資源循環及びエネルギーへの変換にも応用可能でことが分かった。本研究の成果は、日本国のみならず、中国等のアジア地域におけるこれからの環境保全再生のための有効な技法としての展開が期待される。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、日本国のみならず開発途上国等における湖沼の富栄養化が著しく加速している問題を背景として、この進行を抑制するために湖沼の水環境保全及び修復を図る技術としての沈水植物植栽浄化技法の技術開発と導入の促進を目指し、同技術の浄化能・資源循環および湖沼生態系リスク評価を総合的に行ったものである。

沈水植物植栽浄化技法による浄化能評価においては、沈水植物、栄養塩類の吸収・固定化を行う藻類、藻類やデトリタス摂食者の巻貝類・二枚貝類・魚類・エビ類等の存在の有無が、栄養塩類の除去能に及ぼす影響について解析し、それら全てが備わった生態系が最も高い浄化能力を示すことを明らかにした。有機物および懸濁物質の除去能は、生物膜を構成する分解者の微小動物、デトリタス摂食者および濾過摂食者の二枚貝類、魚類、甲殻類等の捕食作用によるもので、その過程により排泄される窒素・リンは沈水植物や藻類により吸収されることを明らかにした。化学物質の生態系リスク評価においては、沈水植物、魚類、貝類、甲殻類等により構成したモデル生態系を用いた実験により、水圏生態系を維持する上での重要な指標である。P/R（生産/呼吸）比およびDOパターンに着眼した解析により、これらは、安定的な生態系を構築するための指標として利用できることを明らかにした。また、これらの環境指標を用いて、水圏生態系に影響を及ぼさないAE濃度の無影響濃度を明らかにした。更に、水生植物刈取りによる二次汚染の問題を回避のため、適切な処分方法として緑肥化とメタン発酵を検討した結果、水生植物の回収体の畑作への導入による作物生産性は化学肥料と同等であるとの有効性に関する知見および水生植物は、汚泥・生ごみ等の有機性廃棄物と同等のメタンガスエネルギー回収ポテンシャルを有することを明らかにした。

平成25年1月21日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（生物工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。