

氏名	北村 立実		
学位の種類	博 士 (農学)		
学位記番号	博 甲 第 7775 号		
学位授与年月日	平成 28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	霞ヶ浦における窒素動態に関する研究 —直接流入負荷の実態解析並びに脱窒による窒素除去の定量評価—		
主査	筑波大学准教授	博士 (理学)	内海 真生
副査	筑波大学教授	理学博士	中村 幸治
副査	筑波大学教授	博士 (学術)	中島 敏明
副査	筑波大学准教授	博士 (生物工学)	楊 英男

## 論 文 の 要 旨

国内第2位の面積を持つ霞ヶ浦は1970年代に窒素やリン濃度が上昇し富栄養化したことで植物プランクトンの異常増殖（アオコ）が発生するなどの水質汚濁が問題となった。そこで富栄養化改善の為に底泥浚渫などの負荷削減対策を実施してきているが、近年の窒素濃度は1970年代とほとんど変わっていない。これまで霞ヶ浦湖沼水質計画で富栄養化対策を検討する際、霞ヶ浦の窒素収支は検討されてきたが、湖岸の水田やハス田地帯からの直接流入負荷量の実態把握不足や、霞ヶ浦全域の底泥脱窒量を一部水域の測定値をもとに推計するなどの課題があった。そこで、これら課題を解決し霞ヶ浦の窒素収支を定量的に明らかにし、霞ヶ浦の窒素負荷に影響を与えている要因を詳細に検討することを目的に、湖岸水田やハス田からの負荷量の調査と解析、霞ヶ浦全域の底泥を用いた脱窒速度の測定から脱窒量の算出を行うことで霞ヶ浦における窒素動態について研究を行った。

まず、灌漑期を対象に霞ヶ浦湖岸水田地帯の水収支、窒素収支を調査し、湖岸水田地帯からの直接流入窒素負荷量を算出した。その結果、用排水機場が稼働する昼間は地区排水を湖水と共に揚水しており揚水量の57%を地区排水が占めていること、しかし、夜間は地区排水が数 $\text{mm s}^{-1}$ の微流速で霞ヶ浦に流出していること、が判明した。調査した地区の差し引き排出負荷量は全窒素 (T-N) で $-7.6 \text{ kg ha}^{-1}$ と吸収型を示し、湖岸水田地帯は灌漑期、窒素浄化に資する働きを持つことが明らかとなった。この理由として、窒素濃度の高い霞ヶ浦湖水や地区排水を揚水しているため、調査地区への流入負荷量が流出負荷量を上回ったためと考えられた。また、一般的に行われている灌漑、循環灌漑、堤脚水路の底泥を浚渫した後の循環灌漑の3パターンで窒素負荷量を算出した。その結果、全てのパターンで吸収型となったが、負荷量は循環灌漑が最大で、底泥浚渫後の循環灌漑が最小であった。この理由として、循環灌漑で堤脚水路に排水を貯留した際に懸濁物質等が沈降し、降雨の際それらが流出することで流出負荷量を増加させたことが考えられた。従って、循環灌漑実施の際には、排水を貯留する堤脚水路の底泥浚渫などの管理が必要といえる。

次に湖岸ハス田地帯の水収支、窒素収支を1年間調査し、ハス田地帯からの直接流入窒素負荷量を算出した。その結果、代かき植え付け期で負荷量が最大となることが判明し、年間の差し引き排出負荷量はT-Nで $2.97 \text{ kg km}^{-2} \text{ d}^{-1}$ と排出型を示すことを明らかにした。

最後に、霞ヶ浦全域から採取した底泥を用い、脱窒しやすい条件下で培養実験を行い脱窒ポテンシャル

ル（脱窒活性）を把握し、現場環境を模した条件での脱窒量（脱窒速度）を測定することで霞ヶ浦での脱窒量を定量的に算出した。その結果、脱窒活性は土浦入や高浜入、鉾田川河口など、霞ヶ浦上流域で高いことが判明した。脱窒速度も同様の分布を基本的に示したが、麻生沖や爪木沖など霞ヶ浦湖尻域で極めて小さかった。この理由として、湖水中の硝酸態窒素濃度の分布と変化が影響していることが考えられた。霞ヶ浦全体では、脱窒速度は西浦よりも北浦が大きく、湖全域の脱窒量は982 kg d<sup>-1</sup>となった。

他の文献データも加え平成21年度の霞ヶ浦の全窒素収支を算定した結果、流入負荷は河川流入負荷が最大で約84%を占め、流出負荷は常陸川水門からの流出が最大で73%を占めることが判明した。脱窒の窒素除去への寄与は約5%であり、総流入負荷の約61%の窒素が湖内に蓄積していることも明らかになった。霞ヶ浦湖内の窒素濃度を低下させるためには、流入負荷低減が最も重要であり、底泥浚渫等で湖内に蓄積した窒素を除去することも行う必要があると言える。

## 審 査 の 要 旨

本論文は霞ヶ浦における窒素動態に関する研究—直接流入負荷の実態解析並びに脱窒による窒素除去の定量評価—と題して、これまで不正確な部分もあった窒素負荷量の定量把握に必要な各種パラメータを観測実験および室内実験を通じて算出し、霞ヶ浦全域の窒素動態を定量的に研究したものである。人間活動の増大に伴い世界中で問題が顕在化している窒素動態の定量的把握は、世界的に非常に重要度の高い研究課題である。

著者は、霞ヶ浦湖岸で代表的である水田地帯およびハス田地帯を調査研究地点に選定し、流量や栄養塩濃度など各種環境因子を詳細に測定することで湖と水田、ハス田との窒素収支を定量的に算出している。また、これまで少ない測定値で全域の値を概算していた底泥からの脱窒量について、初めて西浦、北浦全域の試料を使用し、通年で実験を行うことで、霞ヶ浦全域の脱窒量の詳細な定量化を行っている。そして最後に自身が得たデータと既存データを組み合わせ、霞ヶ浦の1年間の窒素収支の定量化に成功した。このように多くの成果が得られているが、特に、灌漑期の水田地帯が霞ヶ浦では窒素の吸収源として働いていること、底泥の脱窒活性が場所や季節により大きく変化していること、など、今後の霞ヶ浦の流域窒素削減対策に資する非常に重要で新規の知見を多く含む成果であると言える。

平成28年1月25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（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。