

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 中田 達

湿原・湿地は、陸上生態系と水圏生態系の接点として変化に富んだ環境条件から、水質浄化機能や高い生物多様性などの生態系サービスの価値が高いとされている。河畔（または湖畔）の湿地は、河川（湖）との間の水の流入・流出とこれに伴う栄養塩類の流入・流出が水質浄化機能を規定するとともに、湿原内の生態系を条件づける。本研究で対象とする妙岐ノ鼻湿原は、霞ヶ浦の湖畔に唯一残っている湖岸湿原であり、湿原内には、絶滅危惧種が 19 種確認されているが、近年、植生の変化が進行し、湖や河川からの水や栄養塩類が湿原内の生態系に影響を及ぼしている可能性がある。本論文は、この湿原において現地観測によってと河川（湖）との間で交換される水・窒素の量を算定して水質（窒素）浄化機能を定量化するとともに、水理モデルに基づく解析によって、湖の水位変動に応答した湿原内部の水・物質動態を解明した。

第 1 章では、前述の背景と研究の目的を述べた。

第 2 章では、研究対象地である茨城県霞ヶ浦湖岸の妙岐ノ鼻湿原に関する、地形的特徴、植生の分布状況、湿原内での人間活動について説明した。

第 3 章では、湿原内の水位・気象観測を行い、妙岐ノ鼻湿原内での水収支から湖と湿地との間の水交換量を算定した。水位変化については、1 年間で 3-5 回程度、河川（湖）からの氾濫が生じ、その際には平水時から 600 mm 程度水位が上昇し、大きな水位上昇は、主に湖・河川からの流入によるものであると確認された。観測期間 3 年間で平均した年間の水収支の結果は、降雨量 1111 mm、蒸発散量 839 mm、湖・河川からの総流入は 3295 mm（うち、氾濫時の流入 1200 mm）、流出は 3567 mm となった。この結果から、湖・河川との間の水の交換が湿原内の物質循環にも影響が大きいと示唆された。

第 4 章では、湿原内外の水質を観測し、窒素濃度について時間的・空間的な比較を行った。河川水は  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度が高く、湿原内は有機態窒素が主で、 $\text{NO}_3\text{-N}$  はほとんど 0 に近い値であった。また、3 章で得られた水収支を用いて窒素収支を算定した。湿原北西部では、萱材の利用のために地上植生の刈り出しが毎年行われており、河川水の水質の影響を受けない区域でもあるため、植生の刈り出しの有無に分けて窒素収支を算定した。植生の刈り出しがない区域での窒素収支は、降雨 6.4、湖・河川からの流入 47.4、湖・河川への流出  $31.7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  となった。湿原内の窒素貯留量の変化は、季節変動するものの 1 年単位で見れば流出・流入量に比べて十分に小さいとみなせるので、窒素収支の残差として、湿原から大気へのフラックス（「脱窒－生物的窒素固定」で表されるネット値）が求められ、刈り出しがない区域では、大気放出として  $22.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  となった。刈り出しがある区域での植生持ち出し量は  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$  と算定され、大気へのネットフラックスは  $-43.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$

で大気から湿地に向かうフラックスとなり生物的窒素固定が脱窒より卓越し、インプットの多くを占めた。

第 5 章では、湖・河川からの流入水の水質が及ぶ範囲と程度を明らかにすることを目的とし、氾濫時の湿原内を踏査して EC (電気伝導度) 分布を測定した。湿原の奥の北西部では、河川から流入した水がもともとあった水を押しながら水位上昇させた結果、氾濫が生じても降雨と同様の低 EC ( $0.1 \text{ dS m}^{-1}$ ) を維持し、河川からの栄養塩類供給の影響をほとんど受けない区域であることがわかった。低 EC が維持される区域は、萱の刈り出しが行われている区域と一致し、貧栄養な環境と人的攪乱が保全上重要な種の生育適地となっていることが確認された。

第 6 章は、氾濫時の水移動・溶質移動の現象を、物理モデルを構築して解析した。流量は地表面流を Manning 式、地下水流をダルシー式で与え、連続式と連立させ、水移動を計算した。溶質移動は移流拡散方程式で表した。水移動は陰的差分により水位  $h$  と流量ベクトル  $q$  を計算し、溶質移動は陽解法にて溶質濃度  $C$  を求めた。湿原北西部では河川水の水質の影響を受けないことが確認され、5 章で実測した EC 分布とよく対応していた。

第 7 章は、湖岸湿原の窒素除去機能発揮のメカニズムと湿原の水・物質循環が生態系に及ぼす影響について一般的に考察した。河川や湖から流入する水の量が大きく、その窒素濃度が高いほど湿地が発揮する河川下流や湖に対する水質浄化機能は大きいはずである。また植生の刈り出しや野焼きは脱窒量を減らし生物的窒素固定を増加させる。河川・湖からの流入水が生態系に及ぼす影響の範囲と程度は湿原の地形 (地盤標高の分布) と河川・湖の水位によって決まり、水・物質移動の水理モデルによって具体的に表現できる。

以上、本研究は、算定が容易でない自然湿原における窒素収支をもとめ、湿原の窒素浄化機能を定量化するとともに湿原の内部で保全上重要な種の維持に必要な貧栄養な水環境が形成されるメカニズムを現地観測とモデル解析の両面から明らかにしたものである。このように、湖岸湿原の水・物質循環を明らかにしたことは学術上、応用上貢献するところが大きい。よって、審査委員一同は、本論文が博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認めた。