

26- 湿原生態系および生物多様性保全のための湿原環境の管理および評価システムの開発に関する研究

担 当 機 関 農林水産省 独立行政法人農業技術研究機構北海道農業研究センター 竹中 眞
独立行政法人農業工学研究所

重点強化事項 自然環境 研究期間 平成10年度～平成14年度
研究予算総額 83,424千円

研究の背景と目的

世界的な自然環境の破壊と悪化が問題となっているなか、近年、湿原のもつ貴重な動植物の遺伝子源のプール、炭素のシンク、環境浄化、都市や農村における多様な自然環境の担い手などの機能の重要性が認識されつつある。しかし、開発で消失した湿原は膨大であり、また、湿原はきわめて微妙な立地環境のバランスの上に成立しているため開発の影響を特に受けやすく、水文環境の悪化が湿原の消失や縮小に拍車をかけている。

湿原には生態学的に様々なタイプが存在し、荒廃要因も種々存在するため負荷軽減手法が確立されていない。また、希少野生生物やその生息地の自然環境を維持・復元する手法はまだ確立されていない。さらに、生物多様性を保持し、しかも周辺環境に調和する湿原の管理手法やその評価手法も定まっていない。これらの問題を解決するため、本研究では、湿地の立地環境と生息生物の多様性の評価、及び湿地生態系保護のための環境管理手法の開発に関して、農林水産省の研究グループと環境省の研究グループが連携をとりつつ研究を実施してきた。農林水産省研究グループでは、主に湿原の外部からの負荷が、立地環境や植生に与える影響の解明とその評価法の開発、及び負荷低減のための対策技術の開発を実施した。

研究の成果

1. 地下水位低下の湿原への影響評価と保全的管理手法の開発

(1) 湿原の乾燥化による植生の退行遷移及び原植生の解明と評価手法の開発

大規模な排水の影響で地下水位が低下し、乾燥化が指摘されている道北及び南西部の湿原において植生と環境の現状調査を行い、湿原の乾燥化による植生の退行遷移系列を解明し、地下水位低下が湿原植生に及ぼす影響を評価した。静狩湿原及び石狩泥炭地の残存湿原では8タイプの群落型が識別され、植生と水文・土壌環境が大きく変化していることを明らかにした。サロベツ湿原では水生植物群落を除く湿原植生の群落型は22タイプが識別された。1/20,000現存植生図を作成し、広域的踏査による植生調査資料から類型化された植物群落の空間分布を明らかにするとともに、1970年代の既報文献と比較し、最近の植生変化を検討した。これらの結果と、地下水位低下の指標種であるササの地形分布や成長と地下水位変動との関係の解析及び泥炭構成遺体の分析結果を総合して、地下水位低下に伴うサロベツ湿原の植生退行遷移系列を考察した(図1)。

(2) 湿原における地下水環境制御技術の開発

道東の涛釣沼においては、調査及び数値計算を行うことで湿原域における水文特性を明らかにした。涛釣沼に流入する河川には約70%と非常に高い割合で地下水が含まれることが水収支モデル及びラドン質量収支式により明らかとなった。また涛釣沼の水位変動には排水河川からの逆流現象が影響していることが明らかとなり、この特徴を用いることで排水河川の水位を調整するという湿原環境保全

手法を開発・提案した(図2)。美唄湿原においては、地下水位調査及び解析を行った。遮水シート内外の地下水位を比較し、遮水シートは地下水上昇時には排水抑止効果があり、地下水位下降時には排水抑止効果が期待できないことがわかった。また、湿原の地下水面下に存在するガス分布より、地下に蓄積されているメタンガスを中心としたガスが地下水流動に影響を及ぼしていることが予想された。

2．土砂流入増加の湿原への影響評価と保全的管理手法の開発

(1) 土砂流入の増加が湿原の土壌環境および植生に及ぼす影響の解明と評価

近年、道東の低層湿原ではハンノキ林の拡大が問題になっている。釧路湿原においても1970年代以降ハンノキ林が拡大しており、その原因として土砂流入の増加や乾燥化、富栄養化などが想定されているが、実態は明らかになっていない。そこで、空中写真の解析や年輪調査などから過去の植生変化を解明するとともに、泥炭土壌に刻まれた過去の堆積状況を推定する手法を適用し、湿原への土砂流入増加が湿原植生に及ぼす影響について検討した。釧路湿原におけるハンノキ林の調査の結果、久著呂川流域で近年拡大したハンノキ林は新たに侵入・定着したものであり、それは安定的に萌芽更新しているハンノキ林とは異なることが示された。また、植生調査と同じ地点で未攪乱土壌を採取し、深さ毎に、炭素含量や堆積時期の指標となる ^{137}Cs 濃度を分析した結果、ハンノキ林が拡大している地点では表層の土砂割合が増加しており、土砂割合の増加部分は1960年代以降に堆積したことが判明したので(図3)、ハンノキ林の拡大要因の一つに土砂流入増加があることが示された。

(2) 湿原における土砂流入制御技術の開発

乾燥化が進む湿原として茨城県水海道市菅生沼を選定し減少状況を調査したところ、1947年から1995年の間に72.5%の開水面積が消失したことが明らかになった。D-GPSを用いた堆砂形状の測定と堆積土砂の物理性の調査より、河川より流入した掃流砂は流速が減少する流入部付近に堆積し、浮遊砂は沼内で循環し中心付近に堆積する傾向にあることがわかった。この結果と過去の水文資料を分析した結果、沼水位が5m以上増加した1998年9月の台風4号、5号の影響により沼中心付近で30cm以上の堆積厚の増加が認められた。また、植生を利用した土砂捕捉技術の湿原への適用の検討のために、水理模型実験、数値解析を行った。その結果、植生群の配置間隔の散在化が土砂堆積を促進することを明らかにした(図4、5)。また、土砂の輸送に影響を及ぼす運動量輸送は自然に存在する植生の密生度より高い密度で最大値を示すことを明らかにした。

3．富栄養化の湿原への影響評価と保全的管理手法の開発

(1) 農地からの栄養塩類が湿原の水質及び植生に及ぼす影響解明と評価

北海道内各地の湿原の概況調査から、富栄養化の危険性のある湿原として北オホーツク海沿岸モクウニ沼湿原を選定し、水生植物群落の調査を行った。群落の類型化と主成分分析による群落の分布と水質との関係を解析した結果、11タイプの群落が識別され、ドクゼリ-ウキクサ群落やドクゼリ-オオカサスゲ群落が富栄養化の指標となりうることが明らかになった。このような群落の出現は、周辺農地から水路へ流入した窒素等の栄養塩類の影響と考えられる。ただし、窒素負荷の高い水路では脱窒活性が高く、植物への窒素の影響は脱窒により一部緩和されていると考えられる。一方、水路を経由せず周辺からの負荷が流入する湿原縁辺部の湿原植生は、生長増大と単純化という形で周辺農地からの影響を受け、ヨシの生長量や窒素吸収量が富栄養化の指標となる可能性がある(図6)。以上より、周辺農地からの養分負荷が高い場合、本湿原ではウキクサ、ドクゼリ、オランダガラシの異常増殖とオオカサスゲ、ミクリ、コウホネの旺盛な成長が富栄養化を指標するものと考えられた。

(2) 都市近郊型湿原における有機化学的指標を用いた湿原環境の類型化と評価

神戸市近隣のため池を用いて水中の腐植物質による池沼の類型化を試みた。池沼水からメタノール

を用いた迅速、簡便な可溶性高脂肪族性腐植物質（DHLOM）の精製法を開発し、この腐植物質の¹H NMR スペクトル測定により、腐植物質の化学構造の特性を明らかにした。また、DHLOMのIR、元素組成からアミド基に富んだグループの存在を確認した。その結果、腐植物質は化学構造的にHが多いグループとHおよびHOMEの割合が高いグループに大別できた。元素組成からはアミド基の量を評価した。一方、SSのメタノール抽出物の¹H NMR スペクトルにより内分泌攪乱物質（環境ホルモン）の一種であるフタル酸 2-エチルヘキシル(DEPH)が多いことを確認した。池沼水のDHLOMはフタル酸エステル全含量から、その含量が多いグループと少ないグループの二つのグループに分類できた。これらの高脂肪族腐植物質の性質と量の組み合わせ方法により、新たな池沼水の類型化を試みた。

(2) 湿原流入水の水質制御技術の開発

酪農家から排出されるパーラー洗浄排水の水質を調査した。また、循環培養装置に掘り取り直後の草地表層を浸漬し、無機態窒素の水溶液を循環させる実験を行ったところ、浸漬した草地表層により無機態窒素が循環水より除去されることが確かめられた。コンテナ（内寸 59.7cm×39.7cm×深さ 44.7cm）を3個連結し、水深 10cm となるように底土として黒色火山性土を約 30cm 充填した人工浅池を作成し、パーラー洗浄排水の代わりに市販牛乳を希釈して汚水を流し込み、汚水の滞留日数、濃度、湿地植生について検討した。流出水を採取して全窒素、全リン濃度を測定し、投入した汚水から見かけ上取り除かれた全窒素全リン量を見積もった。幅 3m、長さ 8m、水深 0.25m の池を3個連結し、ガマを栽植した酸化地を造成し、根釧農試の牛舎より排出された雑排水を1番地に投入し、流出水の濃度、水量を測定したところ、非凍結期間は酸化地が牛舎より排出された雑排水の全窒素及び全リンを浄化することが示された（表1）。しかしながら、冬期間の凍結に対する対応、酸化地の耐用年数などについては未検討である。

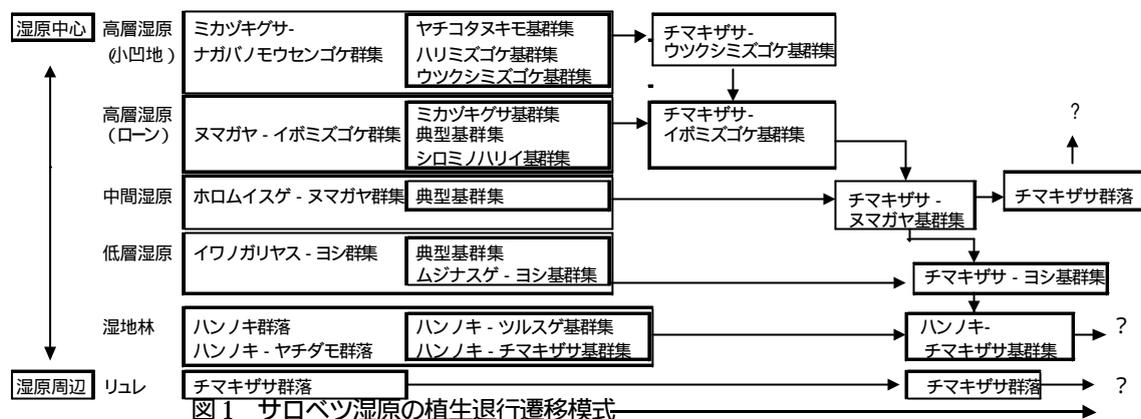
4．外部負荷の湿原への影響評価と保全的管理手法のシステム化

湿原の主要な荒廃要因として、地下水位の低下、土砂流入の増加、富栄養化が明らかとなり、本プロジェクト研究で得られた、各種湿原の荒廃要因と植生との関係、また荒廃要因を軽減する対策技術に関する成果を中心に一覧できる形式にまとめた（表2）。

研究のまとめ

北海道を中心とする湿原の主な荒廃要因を、高層湿原では地下水位の低下、中、低層湿原では、土砂流入の増加と富栄養化物質の流入であると類型化した。これらの影響のある湿原として高層湿原としては道北のサロベツ湿原、道南の静狩湿原等、土砂流入の増加が影響している湿原としては釧路湿原、富栄養化物質の流入している湿原としては道北のモケウニ沼湿原を選定し、荒廃要因が植生に及ぼす影響に関して解析を進め、指標植物等の選定を行った。高層湿原では、ササの葉面積指数などの成長指数、富栄養化物質の流入では水路のドクゼリなど水生植物が指標生物としての可能性が示された。また、低層湿原の釧路湿原では、ハンノキ林の拡大と土砂流入が関係あることを示した。また、都市近郊の湿地、ため池における人為インパクトの指標として池沼水中の高脂肪族性腐植物質やフタル酸ジエステルが有望であることを示した。

一方、各荒廃要因の対策技術としては、地下水位の低下に対しては、ラドン等を用いた湿原での水収支とモデル化を行い、水位調節法を提案した。また遮水シートの水位調節機能と問題点を明らかにした。土砂流入に関しては、実態調査や水理模型実験から流入河川の植生が散在化させることで土砂堆積を促進できることを明らかにした。さらに、畜舎等からの富栄養化物質の流入を防ぐためには、人工湿地が有望であることを示した。これらをまとめて表2に示した。



地下水位低下による乾燥化

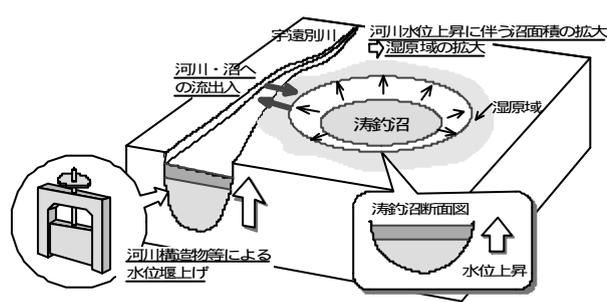


図2 宇遠別川水位上昇による水鏡沼水位制御手法

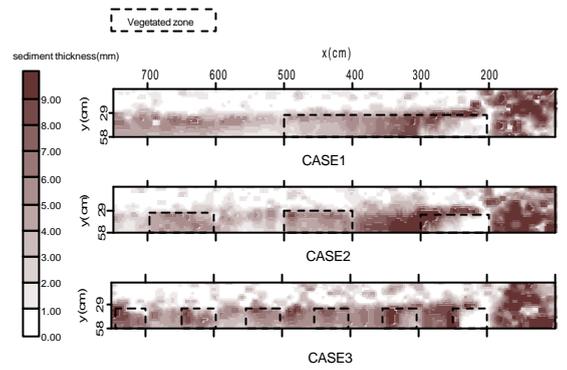


図4 配置形状毎の土砂堆積厚の平面分布

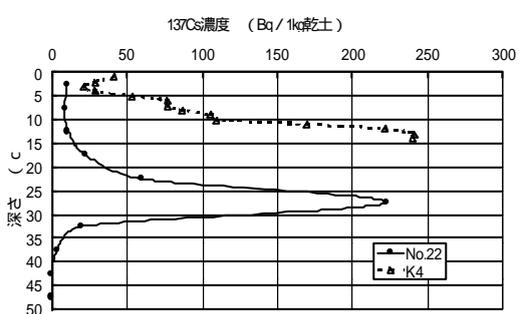


図3 久著呂川流域ハンノキ増加地点および自然堤防の深度別土壤中 ¹³⁷Cs 含量

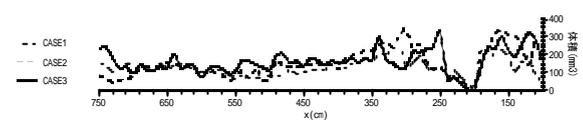


図5 植生帯側の土砂体積量の比較

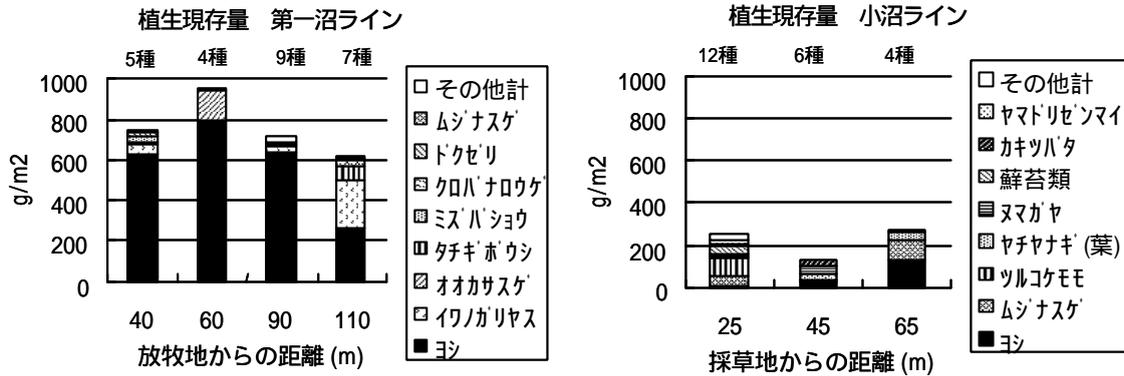


図6 後背地からの距離と植生との関係

表1 水および養分収支 (H14年 6月21日 ~ 11月13日)

| 研究 | | 水量 (m ³) | 養分濃度 (mg/L) | | 養分量 (kg) | | 発表 |
|--------|-------|-------------------------|-------------|------|----------|------|----|
| | | | TN | TP | TN | TP | |
| Input | 投入水 | 84 | 45.6 | 17.5 | 3.92 | 1.50 | |
| | 降雨 | 59 | 0.5* | - | 0.03 | - | |
| | 計 | 143 | - | - | 3.95 | 1.50 | |
| Output | 流出水 | 126 | 10.9 | 2.7 | 1.52 | 0.36 | |
| | 蒸発散** | 22 | - | - | - | - | |
| | 計 | 148 | - | - | 1.52 | 0.36 | |
| 減少率*** | | - | - | - | 62% | 76% | |

* :H9 ~ H11年の無機態窒素分析値

** :Thorntwaite法による

*** : (Input-Output) / Input (%)

表2 湿原植生の変化とその原因および対策技

| 湿原タイプ | 自然地の植生タイプ | 荒廃地の植生タイプ | | 荒廃要因 | 対策技術 |
|-------------------|--|---|--|-------------------|-------------------------------------|
| | | 中間段階の植生 | 最終段階の植生 | | |
| 高層湿原 (小凹地) | ミカヅキグサ -ナガバノモウセンゴケ群落 | チマキザサ-ウツクシミスゲ群落 | ? | 地下水位の低下 による乾燥化 | 遮水シート 堰上げ 水移動モデルによる 水位変動評価 |
| | ミカヅキグサ -オスバハナグサ群落 | ヌマガヤ-ミカヅキグサ群落 | ? | | |
| 高層湿原 (ローン) | ヌマガヤ -ホムミソグサ群落 | チマキザサ-イホミソグサ群落 ヌマガヤ-ミカヅキグサ群落 ヌマガヤ群落 | チマキザサ群落 ヤマウルシ-ヌマガヤ群落 ハンノキ・シラカバ -チマキザサ群落 シラカバ-チマキザサ群落 | 地下水位の低下 による乾燥化 | 遮水シート 堰上げ 水移動モデルによる 水位変動評価 |
| | | | | | |
| 中間湿原 | ヌマガヤ -ホムミソグサ群落 | チマキザサ-ヌマガヤ群落 ヌマガヤ群落 | チマキザサ群落 ヤマウルシ-ヌマガヤ群落 ハンノキ・シラカバ -チマキザサ群落 シラカバ-チマキザサ群落 | 地下水位の低下 による乾燥化 | 遮水シート 堰上げ 水移動モデルによる 水位変動評価 |
| 低層湿原 | ヨシ-イワナガサ群落 ヨシ群落 スゲ類群落 | チマキザサ-ヨシ群落 | チマキザサ群落 ハンノキ-チマキザサ群落 ハンノキ・シラカバ -チマキザサ群落 シラカバ-チマキザサ群落 | 地下水位の低下 による乾燥化 | 堰上げ 水移動モデルによる 水位変動評価 |
| | ヨシ-イワナガサ群落 ヨシ群落 スゲ類群落 | ハンノキ群落 | ハンノキ群落 | | |
| | ヨシ-イワナガサ群落 ヨシ群落 スゲ類群落 水生植物群落 | ヨシ群落 | ヨシ群落 | 富栄養化物質の流入 | 人工湿地造成による 養分流入の低減 |
| 沼沢湿原 | 水生植物群落 ヨシ群落 | ドクセリ群落、オランダガラシ群落 ヨシ群落 | ? | 河畔緩衝帯による浄化 | |
| 湿地林 | ハンノキ-ヨシ群落 ハンノキ-チマキザサ群落 ハンノキ-ヤチヤナギ(葉)群落 | ハンノキ-チマキザサ群落 | ハンノキ・チマキザサ群落 ヨシ・林群落 ヤチヤナギ群落 | 地下水位の低下 による乾燥化 | 堰上げ 水移動モデルによる 水位変動評価 |
| | | | | | |
| 都市近郊湿地 (ため池など) | 水生植物群落 | ? | ? | 富栄養化物質の流入 | 水質分析による原因 特定と原因の除去 |

| 発表題名 | 掲載法/学会等 | 発表年月 | 発表者 |
|--|---|---------|---|
| (誌上発表) | | | |
| ・ Land Use/Cover Changes in Sarobetsu Mire, Hokkaido, since circa 1900 | Reports of the Tai-setsuzan Institute of Science Vol.36 | 2002 | 周進 橘ヒサ子 |
| ・北海道東部の低層湿原の水循環 - 涛釣沼を例として - | 農業工学研究所技報 | 2003.3 | 土原、石田、二平、今泉 |
| ・泥炭土の透水性および保水性について - 美唄湿原地帯の土壌物理性() - | 土壌の物理性 | 2001.10 | 井本、宮崎、斉藤、中野 |
| ・水没した植生群が存在する開水路流れの平面二次元乱流計算モデル | 農業土木学会論文集, 第223号 | 2003.2 | 中矢哲郎 木ノ瀬弘一 |
| (口頭発表) | | | |
| ・釧路湿原における植生と土壌環境変動との関係解明 | 日本土壌肥料学会講要集 | 2002.4 | 加藤邦彦、竹中真、富士田裕子、藤村善安、早川嘉彦、金澤健二、柳谷修自、結田康一 |
| ・ Influence of nutrient inflow from dairy farm on the vegetation of Mokeuni-numa mire in northern Hokkaido | 農業地帯における河畔緩衝帯の水質浄化能の解析とその設置法に関する国際ワークショップ | 2001.11 | 加藤邦彦、竹中真、早川嘉彦、金澤健二、草場敬、橘ヒサ子、富士田裕子 |
| ・ Chemical characteristics contained in pond water around Kobe city, Japan | 第9回世界湖沼会議 | 2001.11 | 大塚敏雄、鈴木武志、高橋俊郎、奥津有紀、藤嶽楊英 |
| ・酸化池による酪農雑排水の浄化技術- 酸化地の造成と初年目の経過 | 2002年度日本土壌肥料学会名古屋大会 | 2002.4 | 木場稔信、三木直倫、三枝俊哉 |

工業所有権

| 特許等の名称 | 願書年月日 | 公告番号 | 公告期日 | 登録番号 |
|--------|------------|----------|------------|------------------|
| ・測定装置 | 平成12年1月20日 | 3348199号 | 平成14年9月13日 | 特願 2000 - 011906 |