

学位論文題名

Ecological gradients of north Japanese mires
on the basis of hydrochemical features
and nitrogen use traits of *Carex* species

（水文化学環境とスゲ属植物の窒素利用様式からみた

北日本湿原植生の生態学的特性）

学位論文内容の要旨

北半球の冷温帯から亜寒帯域に発達する湿原景観は、ヨシや大型のスゲが優占しミズゴケを欠く fen と、ミズゴケが地表面を覆い矮小なスゲ等が優占する bog によって特徴づけられる。これらの湿原は近年の開発や環境変化によって急激に失われつつあるが、それらの環境保全をはかるための基礎的な研究は十分ではない。本研究は欧米に比べて生態学的研究が遅れている北海道の代表的な低地湿原（浅茅野湿原、サロベツ湿原、濤沸湿原、風蓮川湿原、生花苗周辺の湿原、勇払周辺の湿原）を対象に、湿原植生を特徴づける主要なスゲ属植物 6 種（ヤラメスゲ、オオアゼスゲ、ムジナスゲ、ツルスゲ、ホロムイスゲ、ヤチスゲ）が表す北日本湿原植生の生態学的特性について、(1) 水文化学的な分布環境特性、及び(2) 生態生理学的な植物の挙動特性の 2 つの論点から解析した。

はじめに、水文化学的アプローチとして、正準判別分析によってこれらスゲ属 6 種間の生育環境の違いを特徴づける環境要因の抽出を行った。その結果、土壌水の pH が種間の分布環境の違いを区別する最も重要な要因であり、次いで土壌水の全溶存態窒素 (TDN) 濃度が pH とは独立に種の判別に貢献していることが示された。これら 2 つの環境傾度に沿った各スゲの分布パターンは、(1) 土壌水の pH の変異と対応する fen と bog の植生景観的な違い、及び(2) TDN 濃度の変異と対応する fen 内、bog 内にそれぞれ生育するスゲ属種間における生産性の違いの二つの生態的傾度と対応した。すなわち弱酸性環境では、生産性の低いスゲ属種群によって優占される fen から生産性の高い種によって優占される fen が窒素環境に沿って連続的に分布した。強酸性環境においても同様な分布傾向が認められたが、生産性の高い種によって優占される bog は存在しなかった。fen と bog 間の TDN 濃度差は認められず、土壌水の窒素環境は fen-bog 区分とは無関係であることが示された。このような、pH による fen-bog 区分と、窒素環境によるそれらの下位区分とからなる湿原生態系の二次元的な構造は、欧米の湿原で報告されている pH と肥沃度に沿った植生分布パターンときわめて良く一致し

た。しかし北日本の湿原では、Ca, Mg 濃度が pH の値にかかわらず全体的に極めて低く、それらの濃度変異が立地の pH を強く制限している欧米の湿原とは pH 維持機構において大きく異なることが示された。北日本の湿原における pH の変異は、Ca, Mg のような塩基性物質濃度の変異よりも有機酸等の酸性物質濃度の変異による影響を欧米よりも強く受けている可能性が推察されたことから、これまで欧米において pH を規定する要因として重視されてきた Ca や Mg の濃度は、fen-bog 区分をうまく反映する環境変数として必ずしも適切ではなく、それらの濃度とは独立に pH そのものが最も重要な環境変数であることが明らかとなった。

次に、生態生理学的アプローチとして湿原植生を特徴づける植物の養分利用を評価するために、植物体地上部の窒素利用特性に注目し、近年植物の養分利用戦略を表す指標として用いられることの多い以下の 3 つのパラメータに関する挙動を明らかにした。

- (1) 窒素利用効率: 植物体枯死による体外への窒素排出 (ロス) 量に対する乾物生産性の大きさ
- (2) 窒素滞留時間: 植物体内における窒素の滞留時間
- (3) 窒素生産性: 植物体内の窒素プール量に対する乾物生産性の大きさ

これら 3 つのパラメータにおける各スゲ属種内の変異はいずれも小さく土壌水の TDN 濃度と全く相関しなかったが、それぞれのパラメータにおける各種の平均値 (種間変異) については有意な差が認められた。一般に肥沃度と正の相関を示すと考えられていた窒素生産性では、各スゲ種間の変異は土壌水の pH, TDN 濃度に対し有意な関係を示さなかった。一方、肥沃度と負の相関があると考えられてきた植物体内における窒素滞留時間と窒素利用効率では、弱酸性環境である fen での種間変異が土壌水の TDN 濃度と負の相関関係を示したが、強酸性環境である bog において TDN 濃度に関わらず長い窒素滞留時間と高い窒素利用効率をもつ種のみが優占し、pH 環境の違いによって全く異なる挙動を示した。また、bog に生育する植物では、夏期の植物体地上部の窒素含有量が土壌水の TDN 濃度にかかわらず fen に生育する植物に比べて低かった。これは、bog では低い pH によって植物の窒素吸収が生理的に阻害されていることを示唆するものと考えられた。以上のことから、貧栄養な fen 及び、土壌水の窒素濃度にかかわらず吸収できる窒素量が制限される bog では、長い窒素滞留時間と高い窒素利用効率を持つことが優占分布の必要条件であると考えられた。また、湿原生態系における植物の窒素利用特性は窒素養分環境傾度との対応においてこれまで一般に言われてきたトレードオフ仮説とは一致せず、それらの関係は pH によって強く制限されていると考えられた。

植物の窒素利用を制限する要因として pH が最も強く作用するという本研究の結果は、湿原生態系における最も主要な区分といわれる fen と bog の植生景観的な違いと最も密接に対応する pH と、その主要区分内での植物の生産性傾度と対応する下位区分要因としての窒素環境との位置づけを裏付けるものである。すなわち、土壌水の窒素環境と植物による窒素吸収との関係は pH によって大きく変化し、それに対応・適応した生産性や窒素利用戦略の必然性が結果として、水文化学環境に対する種の分布パターンや湿原植生区分における決定因子のひとつとして非常に重要な役割を果たしていると考えられる。

学位論文審査の要旨

主査 教授 小池 孝 良
副査 教授 大崎 満
副査 教授 中村 太 士
副査 助教授 植村 滋
副査 教授 甲山 隆 司 (地球環境科学研究科)

学位論文題名

Ecological gradients of north Japanese mires on the basis of hydrochemical features and nitrogen use traits of *Carex* species

(水文化学環境とスゲ属植物の窒素利用様式からみた
北日本湿原植生の生態学的特性)

本研究は61ページの英文論文で図 8 枚、表8枚、引用文献56から構成され、他に参考論文が6編添えられている。

冷温帯から亜寒帯域に発達する湿原景観は、ヨシや大型のスゲが優占しミズゴケを欠く fen と、ミズゴケが地表面を覆い矮小なスゲ等が優占する bog により特徴づけられる。これらの湿原は開発や環境変化により急激に失われつつあるが、それらの環境保全のための基礎的研究は十分ではない。本研究は北海道の代表的な低地湿原を対象に北日本湿原植生を特徴づける主要なスゲ属植物が表す生態学的特性について(1)水文化的な分布環境特性、(2)植物の生態生理学的応答から解析した。

水文化学的アプローチとして、正準判別分析によってスゲ属 6 種間の生育環境の違いを特徴づける環境要因の抽出を行った結果、土壤水 pH が種間の分布環境の違いを区別する最も重要な要因であり、次いで土壤水の全溶存態窒素(TDN)濃度が pH とは独立に種の判別に貢献した。これら 2 つの環境傾度に沿った各スゲの分布パターンは、pH 変異と対応する fen と bog の植生景観的な違い、及び TDN 濃度変異と対応する fen 内、bog 内でのスゲ属種間における生産性の違いの二つの生態的傾度と対応した。即ち弱酸性環境では生産性の低いスゲ属種群が優占する fen から生産性の高い種が優占する fen が窒素環境に沿って連続的に分布した。強酸性環境では生産性の高い種が優占する bog は存在せず、fen と bog 間の TDN 濃度差はなかった。このような pH による fen-bog 区分と窒素環境によ

るその下位区分とからなる構造は、欧米の湿原で報告されている pH と肥沃度に沿った植生分布パターンとよく一致した。しかし、北日本の湿原では Ca, Mg 濃度が pH の値にかかわらず極めて低く、欧米の湿原とは pH 維持機構が異なることが示された。北日本の湿原における pH 変異は、Ca, Mg 濃度の変異よりも有機酸等の酸性物質濃度の変異による影響を強く受けていると推察されたことから、pH 規定要因とされてきた Ca, Mg 濃度は、fen-bog 区分を反映する環境変量として必ずしも適切ではなく、それらの濃度とは独立に pH 自身が最も重要な変量であることが明らかとなった。

次に、生態生理学的アプローチとしてスゲ属植物の窒素利用戦略を評価するために、植物の窒素利用特性を表す指標として近年注目されている以下の 3 つのパラメータに関する挙動を明らかにした。(1)窒素利用効率:植物体枯死による体外への窒素排出(ロス)量に対する生産性の高さ。(2)窒素滞留時間:植物体内における窒素の滞留時間。(3)窒素生産性:植物体内の窒素プール量に対する生産性の高さ。これらのパラメータにおける各スゲ属種内の変異はいずれも小さくパラメータ間における各種の平均値(種間変異)については有意差が認められた。窒素生産性では、各種間の変異は土壌水の pH, TDN 濃度に対し有意な関係を示さなかった。一方、肥沃度と負の相関があるとされてきた植物体内の窒素滞留時間と窒素利用効率では、弱酸性環境である fen での種間変異が TDN 濃度と負の相関を示したが、強酸性環境の bog では TDN 濃度に関わらず長い窒素滞留時間と高い窒素利用効率をもつ種のみが優占し、pH 環境の違いによって全く異なる挙動を示した。また、bog に生育する植物では、夏期植物体の窒素含有量が土壌水の TDN 濃度にかかわらず fen に生育する植物に比べて低かった。これは bog では低い pH によって植物の窒素吸収が生理的に阻害されていると考えられた。以上から、貧栄養な fen 及び、窒素環境にかかわらず窒素吸収量が制限される bog では、長い窒素滞留時間と高い窒素利用効率を持つことが優占分布に必要であると考えられた。また、湿原生態系における植物の窒素利用特性と養分環境傾度との対応関係はこれまでの仮説と一致せず、それらの関係は pH によって強く制限されていると考えられた。

植物の窒素利用を制限する要因として pH が最も強く作用するという本研究の結果は、湿原生態系における最も主要な区分とされる fen と bog の植生景観的な違いと対応する pH と、その主要区分内での生産性傾度と対応する下位区分要因としての窒素環境との位置づけを裏付けるものである。即ち、土壌水の窒素環境と植物の窒素吸収との関係は pH によって大きく変化し、それに対応・適応した生産性や窒素利用戦略の必然性が結果として、水文化学環境に対する種の分布パターンや湿原植生区分における決定因子のひとつとして重要な役割を果たしていると考えられる。

以上のように、本研究はスゲ属6種の窒素利用特性を手がかりに湿原の環境保全技術の向上を生態学的に解明しようとしたものである。得られた成果は学術上貴重なものであり、生態系の保全に重要な基礎資料として高く評価される。よって審査員一同は中村隆俊が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。