

湿原植物の分布特性と窒素吸収形態に関する研究

平成 22 年 3 月 31 日

東京農業大学 生物産業学部

中村 隆俊

目次

1. 緒言	3
2. 方法	
2-1. 調査地	5
2-2. 水質調査	5
2-3. 実生苗の生産と現地移植	5
2-4. 窒素同化酵素活性・窒素含有量の測定	6
2-5. 相対成長速度・全窒素吸収速度・全無機態窒素同化活性の算出	7
3. 結果および考察	
3-1. 土壌水環境	8
3-2. 相対成長速度	8
3-3. 全窒素吸収速度	8
3-4. 無機態窒素同化活性	9
3-5. 全窒素吸収速度に対する全無機態窒素同化活性の関係	9
3-6. まとめ	10
4. 引用文献	12
5. 図表	

1. 緒言

冷温帯から亜寒帯域に発達する湿原生態系は、ヨシや大型のスゲが優占しミズゴケを欠く高生産性の fen と、ミズゴケが地表面を覆い矮小なスゲ等が優占する低生産性の bog によって大きく区分される(Wheeler & Proctor 2000)。これら 2 つの主要な湿原生態系と水文化学環境要因との関係については、古くから欧米を中心に多くの議論がなされてきた。そして、2000 年以降、多数の湿原群を対象とした、様々な環境・植生データの同時比較がヨーロッパ(Wheeler & Proctor 2000)や北日本(Nakamura et al. 2002a)などで行われ、グローバルな傾向がみいだされつつある。それらの報告では、fen と bog の違いが土壌水 pH の変化と最も密接に関連しており、欧・米・アジアに関係なく pH5~6 を境界として、強酸性環境に bog、弱酸性~中性環境に fen が分布する傾向が明らかにされている。しかし、これらの傾向は、環境と植生分布の対応関係を示しているだけに過ぎず、pH 環境の違いがどのように両湿原生態系の維持・発達に関与しているのか、その因果関係について検討した研究は、国内においても海外においても認められない。

一方、湿原に分布する植物の生育特性や生理生態的挙動に関しては、fen と bog で大きく異なることがいくつか明らかにされている。bog に生育する植物群は、fen の植物群よりも明らかに窒素吸収量が少ないため、生産性は低く、吸収した窒素についても無駄なく効率よく利用する傾向にある(Nakamura et al. 2002b)。これらの傾向は、窒素に乏しい環境が bog での植物生育・分布に対する制限要因となっていることを予想させる。ところが、植物が利用可能な窒素量の指標として用いられる土壌水の溶存態全窒素濃度は、bog と fen 間で明瞭な違いがない(Nakamura et al. 2002b)。従って、bog では、周囲に窒素が存在するにもかかわらず、窒素の吸収が強く制限されている状態であると考えられる。また、fen と bog で pH 環境が明瞭に異なることを考慮すると、そのような窒素環境と植物の窒素吸収・利用特性には、pH 環境の違いが密接に関わっている可能性がある。

一般に、酸性環境下では、土壌から溶出したアルミニウム、マンガンや水素イオンにより、根の伸長阻害や成長阻害等がみられる。しかし、湿原生態系は鉍物性物質に極めて乏しい有機質土壌で占められるため、強酸性環境である bog であっても、アルミニウム等の鉍物性イオンはほとんど検出されない。さらに著者は先行研究として、fen や bog を特徴付ける数種の植物を用いた水耕実験を行ったところ、塩酸による強酸性処理下(pH3.5)でも、成長量や無機態窒素(硝酸アンモニウムとして与えられた)の吸

収量は大きく低下せず、水素イオンそのものによる直接的な影響は小さいことを確認している(未発表)。これらの知見は、酸性土壌と植生分布・植物生育にみられる一般的なメカニズムが、湿原生態系ではうまく当てはまらないことを示唆している。

そこで本研究では、fenとbogにおける窒素の存在形態の違い(硝酸態、アンモニア態、有機態)と、植物におけるそれら窒素の吸収特性の違いに着目した。植物遺体の分解や硝化を担う微生物の活性は、温度や土壌水分だけでなく pH 環境によっても大きく左右される。従って、pH 環境が明瞭に異なる fen と bog では、硝酸態窒素・アンモニア態窒素・有機態窒素の利用しやすさ(アベイラビリティ)や存在比が大きく異なっている可能性がある。湿性環境に分布する種の多くは、硝酸態窒素よりもアンモニア態窒素を好むことが古くから知られているが、湿性植物であっても硝酸態窒素とアンモニア態窒素のどちらでも吸収・生育可能な種も報告されている(Munzarova et al. 2006)。また、近年の研究では、極北地方の針葉樹林帯やツンドラにおいて、有機態窒素であるアミノ酸を積極的に利用する種も確認されている(Bennett & Prescott 2004)。このような窒素吸収形態における選好性の違いは、乏しい窒素資源の奪い合いを回避するための適応であるとみなすこともでき、様々な生態系における種の共存・競争・分布機構に重要な役割を果たしていると考えられている(Harrison et al. 2007)。以上のことから、各窒素形態に対する利用特性が種によって異なるならば、pH 環境軸に沿った各窒素のアベイラビリティや存在比の違いに応じて種組成は変化することが予想される。こうした仮説は、上述した両湿原生態系における pH や窒素に関するこれまでの知見を矛盾なくカバーすることができる。

本研究では、北日本の fen および bog の植生景観を特徴づけるヤラメスゲとホロムイスゲを用いて、実生苗による fen と bog への相互移植実験を行った。それらの実験により、全窒素吸収速度、硝酸態窒素同化速度、アンモニア態窒素同化速度、有機態窒素への吸収依存特性をそれぞれ明らかにし、各移植地における土壌水の窒素・pH 環境との関係について解析を行った。これらの結果をもとに、窒素吸収特性の違いからみた fen と bog の成立・維持機構について、生態生理学的解釈を試みた。

2. 方法

2-1. 調査地

調査地は、北海道厚岸町に位置する別寒辺牛湿原とした。別寒辺牛湿原は、人為的な影響をほとんど受けておらず、十分な規模の fen と bog を有する湿原であることから、本研究には最適な調査地であると判断された。ホロムイヌゲが優占する典型的な bog と、ヤラメスゲが優占する典型的な fen、ムジナスゲが優占する fen と bog の中間的な湿原(中間湿原)を対象として、各サイト 10 カ所ずつ合計 30 カ所の調査定点を設置した(図 1)。

2-2. 水質調査

各調査定点にて地下 10cm~20cm の根圏土壌水を土壌水採取用ポーラスカップにより採取した。2009 年 7 月 16 日、8 月 5 日、8 月 20 日の 3 回採水を行い、現場にて pH をポータブル水質計(TOA HM-12P)で測定した。採取されたサンプルは 0.45 μ m メッシュのメンブランフィルターで濾過を行った後、NO₃-N および NH₄-N をイオンクロマトグラフィー法(Dionex DX-500)により測定し、全溶存態窒素(TDN)をアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウム分解-紫外線吸光光度法で測定した。水質データの解析では、3回の採水で得られた各測定値の平均値を用いた。

2-3. 実生苗の生産と現地移植

植物による窒素吸収速度を評価するには、植物体地下部を含めた 1 個体あたりのデータが必要となる。しかし、湿原で生育する植物の多くは地下茎でつながるクローンであり、根が極めて緊密に絡み合うため、地下部を含めた 1 個体のサンプリングは非常に困難となる。そこで本研究では、実生苗をプランクtonネット袋(透水性かつ根は通さない構造)ごと現地へ移植し、一定期間後に回収することで移植前後の窒素含有量変化を推定する方法を用いた。

実験対象種は、ホロムイヌゲ(主として bog に分布)、ヤラメスゲ(主として fen に分布)の 2 種とした。2008 年秋に道東地域で採取した 2 種の種子を用いて、2009 年 2 月にバーミキュライトを充填した苗床へ播種し、約 1 ヶ月の低温湿性処理を行った。その後、ガラス温室にて 5cm ほどに成長させた個体を現地移植に用いた。移植時における各個体の初期値を把握するため、現地移植用の全個体について、

移植前日に生重を測定した。また、それらの移植時生重から乾燥重量および窒素濃度を推定するための換算式を得るため、両種ともに移植直前の 20 個体を苗床よりサンプリングするとともに、地上部・地下部について生重・乾重を測定し、それぞれ窒素濃度分析に供試した。現地移植は 2009 年 7 月 15 日に行われ、両種ともに各調査定点あたり 4 個体の実生苗が移植された(1 種あたり合計 120 個体)。各個体は地下部のみをプランクトンネット袋(幅 10cm 深さ 15cm、上部のみ開口)に入れた状態で、袋ごと土壌へ垂直に挿入した。各プランクトンネット袋には、それぞれ 4 個体ずつ実生苗がセットされた。また、移植に際しては、冠水環境を避け、各調査定点間の水位環境にできるだけ差が生じないように注意を払った。

2-4. 窒素同化酵素活性・窒素含有量の測定

動物により攪乱された中間湿原の 5 個体を除き、全ての移植個体は 2009 年 8 月 20 日にプランクトンネット袋ごと回収され、約 5°C の低温状態を維持したまま直ちに研究室へ移送された。研究室にて、全個体の地上部と地下部を分離するとともにそれぞれ生重をすみやかに測定した後、両種ともに各調査定点につき 3 個体を窒素同化酵素活性測定用のサンプルとし、1 個体を窒素含有量測定用のサンプルとして無作為に選別した。窒素同化酵素活性用のサンプルは直ちに液体窒素で冷凍し、分析に供試されるまで -80°C で保管した。窒素含有量測定用のサンプルは、約 70°C の乾燥器にて 48 時間以上乾燥させた後、地上部・地下部それぞれの乾重測定を行い、粉砕し分析に用いた。

窒素同化酵素活性は、硝酸態窒素同化速度をあらわす硝酸還元酵素活性(NRA)と、アンモニア態窒素同化速度をあらわすグルタミンシンテターゼ活性(GSA)を対象に測定を行った。両酵素活性の測定に関しては、既存の標準的な分析手法(植物栄養実験法編集委員会 1990)に準じて行った。硝酸態窒素の同化は植物体全体で行われるため、NRA については地上部・地下部の両方を対象としたが、根から吸収したアンモニア態窒素の同化はほとんどが根だけで行われるため、GSA については地下部のみを対象として分析を行った。各調査定点における 3 個体の酵素活性測定用サンプルは、地上部を 1 つにまとめ NRA 地上部の分析に供試するとともに、地下部を 1 つにまとめ液体窒素を入れた乳鉢で粉砕の後、二分して NRA 地下部・GSA 地下部の分析にそれぞれ供試した。分析データは、NRA、GSA ともに植物体生重 1g あたりに含まれる酵素が 1 時間で変化させる窒素量(酵素活性速度: μ mol-N/g·hr)を算出し、地上部全体の生重または

地下部全体の生重によって地上部・地下部あたりの活性値として表現された。

窒素含有量は、地上部・地下部それぞれの粉碎試料を用いて、C/N アナライザー(スミグラフ NC-220F)により測定された窒素濃度と乾重によって算出された。

移植時乾重・窒素含有量を推定するためにサンプリングされた両種の 20 個体についても、地上部・地下部それぞれ上述の手順・手法を用いて窒素濃度の測定が行われた。

2-5. 相対成長速度・全窒素吸収速度・全無機態窒素同化活性の算出

移植時における全個体の地上部および地下部の乾重や窒素含有量は、移植直前にサンプリングされた 20 個体の生重/乾重比、地上部乾重/地下部乾重比、窒素濃度の各平均値を用いて、各移植個体の生重からそれぞれ推定された。また、回収時における酵素活性測定用個体の地上部および地下部の乾重、窒素含有量は、同じ調査定点から回収した窒素含有量測定用個体における生重/乾重比、窒素濃度を用いて、各回収個体の生重からそれぞれ推定された。

以上のデータを用いて、相対成長速度(RGR)と全窒素吸収速度(NUR)を以下の式により、地上部・地下部・1個体でそれぞれ求めた。

$$RGR(g/g \cdot day) = (\ln \text{回収時乾重} - \ln \text{移植時乾重}) / \text{移植期間}$$

$$NUR(\mu \text{ mol-N/day}) = (\ln \text{回収時 N 含有量} - \ln \text{移植時 N 含有量}) / \text{移植期間}$$

それぞれの調査定点における各4個体の酵素活性速度は、同じ調査定点内のサンプルで測定された GSA、NRA と全て同様の値とした。また、以下の式により、回収時1個体あたりの全無機態窒素同化活性(INAR)を全個体について求めた。

$$INAR(\mu \text{ mol-N/plant} \cdot \text{hr}) = \text{地下部生重} \times \text{GSA} + \text{地上部生重} \times \text{NRA}$$

硝酸態窒素の同化過程では、NRA を介した硝酸還元経路の後必ず GSA を介したグルタミン合成経路を通るので、地下部の GSA は硝酸態窒素同化のための活性も含んだ値となる。また、上述のように地上部ではアンモニア態窒素の同化はほとんど行われず。従って、INARは地下部全体のGSAに地上部全体のNRAを加えた値とした。

3. 結果および考察

3-1. 土壌水環境

pH 環境は、各サイト間で明瞭な違いが認められ、Fen では高く、Bog で低い値を示した(表 1)。窒素環境については、アンモニア態窒素濃度で Bog より Fen において僅かに高い値が示されたが、溶存有機態窒素濃度や全溶存態窒素濃度には Fen と Bog 間で違いが認められなかった。また、中間湿原では、アンモニア態窒素濃度、溶存有機態窒素濃度や全溶存態窒素濃度ともにやや低めの値が示された。硝酸態窒素は各サイトともにほとんど検出されなかった。また、各サイトともに、全溶存態窒素のうち約 8 割が溶存有機態窒素であることが明らかとなった。

Fen と Bog におけるこれらの水質特性は、既存の報告とほぼ同様な傾向を示している(Nakamura et al. 2002a)。すなわち、Fen では弱酸性、Bog では酸性を示すが、土壌水中の全窒素量は両者でほとんど差がみられない。また、各窒素形態の存在比についても、両湿原タイプ間でほとんど違いはみられないことが確認された。以上のことから、今回調査を行った Fen と Bog では、既存の報告と同様に、pH 環境は異なるが、窒素環境には違いが無いことが明らかとなった。

3-2. 相対成長速度

ヤラメスゲの相対成長速度は、植物体全体と地下部で各サイト間に違いは認められなかった(表 2)。しかし、地上部の成長速度は、Bog より Fen において明らかに高い傾向が示された。一方、ホロムイスゲでは、植物体全体と地上部において Bog で成長がより良好となった。従って、両種ともに本来分布する湿原タイプにおいて成長が良好となる傾向が得られた。また、ヤラメスゲの相対成長速度は、いずれのサイトにおいてもホロムイスゲより高いことが明らかとなった。

3-3. 全窒素吸収速度

ヤラメスゲの全窒素吸収速度は、植物体全体・地上部・地下部ともに Bog において著しく低下した(表 3)。Bog では植物体全体の全窒素吸収速度がほぼゼロに近い値を示しており、ほとんど窒素を吸収できない状況にあったことが示された。また、地上部に関しては、Bog で負の値を示していることから、地上部の窒素が地下部へ転流していることが示唆された。

ホロムイスゲでは、Bog においても全窒素吸収速度は全く低下せず、地上部の

吸収速度はむしろ Fen よりも Bog で高くなった。Bog における植物体全体の全窒素吸収速度は、Fen におけるヤラメスゲの吸収速度には及ばないものかなり高い値が示され、Bog においても多くの窒素を獲得していることが示唆された。しかし、中間湿原では、植物体全体・地上部ともに全窒素吸収速度は負の値を示した。中間湿原では、多くの移植個体において動物による攪乱が認められたことや、増水による短期間の水没が生じていた。ホロムイスゲはヤラメスゲよりも基本的に小型であることから、これらの攪乱要因が中間湿原での窒素吸収に大きく影響を与えたものと考えられる。

以上のことから、本来 Fen に分布するヤラメスゲは Bog への移植によって著しい窒素吸収阻害が生じるのに対し、本来 Bog に分布するホロムイスゲでは Fen・Bog 間で全窒素吸収速度に大差は生じないことが明らかとなった。

3-4. 無機態窒素同化活性

ヤラメスゲの全無機態窒素同化活性は、Fen よりも Bog でやや高い値が示された(表 4)。各サイトともに NRA はほとんど検出されず、GSA のみが高い値をとったことから、全無機態窒素同化活性はほぼアンモニア態窒素の同化活性で占められていることが示された。従って、ヤラメスゲでは Fen よりもむしろ Bog でアンモニア態窒素の同化を盛んに行っていることが明らかとなった。

ホロムイスゲでは、全無機態窒素同化活性に各サイト間の違いは認められなかった。NRA においてサイト間の有意差が認められたが、いずれも非常に低い活性レベルでの違いであり、GSA の値は NRA よりも 2 オーダー程度高い値を示した。よって、ホロムイスゲにおいても、無機態窒素同化のほとんどはアンモニア態窒素の同化で占められていることが明らかとなった。また、ホロムイスゲの全無機態窒素同化活性は、いずれのサイトにおいてもヤラメスゲより低い値を示した。

これらのことから、両種ともに無機態窒素同化のほとんどをアンモニア態窒素で賄っていることが明らかとなった。さらに、両種ともに Bog での無機態窒素同化活性は Fen と比べて同等かそれ以上の値を示しており、無機態窒素に関しては Bog での吸収阻害がほとんど生じていないと考えられた。

3-5. 全窒素吸収速度に対する全無機態窒素同化活性の関係

ヤラメスゲにおける全窒素吸収速度と全無機態窒素同化活性の関係では、Fen と Bog における窒素吸収特性の違いが明瞭に示された(図 2)。Fen では Bog

よりも全無機態窒素同化活性あたりの全窒素吸収速度が明らかに高くなった。また、全無機態窒素同化活性の値が Fen よりも Bog でやや高い傾向にあるにもかかわらず(表 4、図 2)、Bog では全窒素吸収速度がゼロ近辺に集中した。無機態窒素同化活性は一般に無機態窒素吸収速度と強い正の相関をもつことを考慮すると、これらの傾向は無機態窒素の吸収量が全窒素吸収量にほとんど貢献していないことを示唆している。従って、Fen では無機態以外の窒素吸収が全窒素吸収速度の上昇に極めて強く貢献したと考えられ、逆に Bog では、無機態以外の窒素吸収が強く抑制されたため全窒素吸収速度が著しく低下したと思われる。一般に、植物にとって無機態窒素以外の窒素源はほとんどが有機態窒素であると考えられることから、Fen と Bog におけるこのような窒素吸収特性の違いは、有機体窒素のアベイラビリティの違いが生じた結果である可能性が高い。すなわち、ヤラメスゲは Fen で有機態窒素に強く依存した窒素吸収特性を維持しているが、Bog では有機態窒素をほとんど利用できなくなり全窒素吸収量が激減したのではないかと推察される。

ホロムイスゲは、攪乱が生じたと思われる中間湿原でやや全窒素吸収速度/全無機態窒素同化活性が低い傾向を示したが、Fen と Bog 間で明瞭な違いは認められなかった(図 3)。従って、ホロムイスゲの窒素吸収特性は Fen と Bog 間でほとんど変化がなかったと考えられる。

以上のことから、本来 Fen に分布するヤラメスゲでは Fen と Bog への相互移植によって窒素の吸収特性が大きく変化するのに対し、本来 Bog に分布するホロムイスゲでは相互移植による窒素吸収特性の変化はほとんど生じないことが明らかとなった。また、ヤラメスゲにおける窒素吸収特性の変化は、無機態窒素以外の窒素(有機体窒素)吸収に変化が生じたことによるものであることが示唆された。

3-6. まとめ

一般に、Bog に生育する植物群は、Fen の植物群よりも明らかに窒素吸収量が少なく、生産性も低い傾向にある(Nakamura et al. 2002b)。これらの既存傾向からすると、Fen 優占種であるヤラメスゲを Bog へ移植したことによる著しい窒素吸収阻害は、矛盾の無い結果といえる。また、本来 Bog 適応するホロムイスゲでは、Fen と Bog で窒素吸収特性はほとんど変化しなかったが、Fen ではヤラメスゲよりも全窒素吸収速度が低い値であったことについても、上述の傾向に反しない結果であるといえる。さらに、Fen と Bog で pH 環境には大きな違いがみられたが、土壌

水の全溶存態窒素濃度には違いが無かったことについても、これまで報告されてきた事例と完全に一致した。

本研究では、FenとBogで全窒素濃度環境が同じであるにもかかわらずなぜ生育する植物の窒素吸収量が大きく異なるのかについて、次の二つの仮説に着目した:①FenとBogで各窒素形態の存在比に違いが生じている、②FenとBogで窒素のアベイラビリティに違いが生じている。前者についてはその可能性がほぼ棄却されたが(表1)、後者についてはかなり可能性が高いと考えられる(表1, 3、図2, 3)。本研究における興味深い結果として、FenとBogでは無機態窒素のアベイラビリティの違いはみられないものの、無機態以外の窒素として有機態窒素のアベイラビリティに大きな違いが生じている可能性が示唆された。そして、このようなアベイラビリティの違いは、Fen 優占種にとって顕著にあらわれるが、Bog 優占種ではほとんどみられないことも明らかにされた。FenとBogの環境特性はpH環境によって最も明確に特徴付けられるため(Nakamura et al. 2002a)、Fen 優占種にみられたBogでの有機態窒素のアベイラビリティ低下は、強酸性環境への適応能力と密接な関係にあると推察される。

以上のことから、Bogでは酸性環境下でも有機態窒素を確実に利用することができる種のみが優占し、窒素吸収阻害が生じないFenでは高い窒素吸収速度を発揮できる大型の競争種が優占する傾向にあると考えられる。これらの知見は、湿原生態系における植生分布メカニズムの理解において非常に重要な示唆を与えるものと思われるが、pH環境の違いによる有機態窒素吸収への影響については、室内実験によるアプローチ等でさらに検証する必要があるだろう。

4. 引用文献

- Bennett, J. N. & Prescott, C. F. (2004) Organic and inorganic nitrogen nutrition of western red cedar, western hemlock and salal in mineral N-limited cedar-hemlock forests. *Oecologia*, 141, 468-476.
- Harrison, K. A. Bol, R. & Bardgett, R. D. (2007) Preferences for different nitrogen forms by coexisting plant species and soil microbes. *Ecology*, 88, 989-999.
- Munzarova, E.a , Lorenzen, B.b , Brix, H.b , Vojtiskova, L.a & Votrubova, O. (2006) Effect of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ availability on nitrate reductase activity and nitrogen accumulation in wetland helophytes *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. *Environmental and Experimental Botany*, 55, 49-60.
- 植物栄養実験法編集委員会. (1990) 植物栄養実験法. 博友社. 東京.
- Nakamura, T., Uemura, S. & Yabe, K. (2002a) Hydrochemical regime of fen and bog in north Japanese mires as an influence on habitat and above-ground biomass of *Carex* species. *Journal of Ecology*. 90, 1017-1023.
- Nakamura, T., Uemura, S. & Yabe, K. (2002b) Variation in nitrogen-use traits within and between five *Carex* species growing in the lowland mires of northern Japan. *Functional Ecology*, 16, 67-72.
- Wheeler, B.D. & Proctor, M.C.F. (2000) Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *Journal of Ecology*, 88, 187-203.

表1. 各湿原タイプにおける土壌水のpHおよび窒素環境(平均±標準誤差)

	Fen	中間湿原	Bog
pH	5.91 ± 0.03 a	5.72 ± 0.02 b	5.25 ± 0.02 c
NH ₄ -N(mg/L)	0.49 ± 0.02 a	0.19 ± 0.03 c	0.39 ± 0.02 b
NO ₃ -N(mg/L)	0.02 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a
DON(mg/L)	1.60 ± 0.14 a	1.25 ± 0.08 a	1.52 ± 0.12 a
TDN(mg/L)	2.08 ± 0.15 a	1.45 ± 0.07 b	1.88 ± 0.14 ab
Number of samples	10	10	10

DON: 溶存有機態窒素、TDN: 全溶存態窒素

表2. 各湿原タイプにおける移植個体の相対成長速度(平均±標準誤差)

		Fen	中間湿原	Bog
ヤラメスゲ	全体RGR(mg/g-day)	28.2 ± 0.9 a	28.1 ± 1.0 a	26.4 ± 0.9 a
	地上部RGR(mg/g-day)	22.4 ± 1.2 a	20.8 ± 1.1 ab	17.5 ± 1.1 b
	地下部RGR(mg/g-day)	33.1 ± 1.0 a	34.2 ± 1.0 a	33.6 ± 1.0 a
	Number of samples	40	40	40
ホロムイスゲ	全体RGR(mg/g-day)	7.0 ± 1.8 b	9.9 ± 2.0 ab	14.4 ± 1.8 a
	地上部RGR(mg/g-day)	6.2 ± 2.1 b	7.6 ± 1.9 b	16.6 ± 2.1 a
	地下部RGR(mg/g-day)	7.1 ± 1.8 a	10.5 ± 2.3 a	11.4 ± 2.2 a
	Number of samples	40	35	40

RGR: 相対成長速度

表中の異なるアルファベットは湿原タイプ間に5%水準の有意な差が認められたことをあらわす(Scheffe's multiple-comparison testsによる)

表3. 各湿原タイプにおける移植個体の全窒素吸収速度(平均±標準誤差)

		Fen	中間湿原	Bog
ヤラメスゲ	全NUR(μ mol-N/plant·day)	1.17 ± 0.10 a	0.58 ± 0.09 b	0.06 ± 0.08 c
	地上部NUR(μ mol-N/shoot·day)	0.73 ± 0.13 a	0.02 ± 0.11 b	-0.58 ± 0.10 c
	地下部NUR(μ mol-N/root·day)	1.93 ± 0.09 a	1.51 ± 0.09 b	1.06 ± 0.10 c
	Number of samples	40	40	40
ホロムイスゲ	全NUR(μ mol-N/plant·day)	0.47 ± 0.15 ab	-0.33 ± 0.18 b	0.79 ± 0.15 a
	地上部NUR(μ mol-N/shoot·day)	0.18 ± 0.17 b	-0.74 ± 0.19 c	0.82 ± 0.16 a
	地下部NUR(μ mol-N/root·day)	0.90 ± 0.14 a	0.09 ± 0.25 b	0.47 ± 0.24 ab
	Number of samples	40	35	40

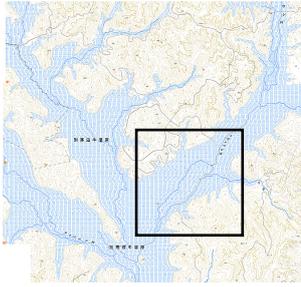
NUR: 全窒素吸収速度

表中の異なるアルファベットは湿原タイプ間に5%水準の有意な差が認められたことをあらわす(Scheffe' s multiple-comparison testsによる)

表4. 各湿原タイプにおける移植個体の無機態窒素同化活性(平均±標準誤差)

		Fen	中間湿原	Bog
ヤラメスゲ	INAR(μ mol-N/plant·hr)	3.70 ± 0.23 b	5.90 ± 0.47 a	6.33 ± 0.57 a
	地上部全NRA(μ mol-N/shoot·hr)	0.01 ± 0.00 b	0.02 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 b
	地下部全NRA(μ mol-N/root·hr)	0.01 ± 0.00 b	0.02 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 b
	地下部全GSA(μ mol-N/root·hr)	3.69 ± 0.23 b	5.88 ± 0.47 a	6.32 ± 0.57 a
	Number of samples	40	40	40
ホロムイスゲ	INAR(μ mol-N/plant·hr)	2.24 ± 0.17 a	3.03 ± 0.30 a	2.53 ± 0.31 a
	地上部全NRA(μ mol-N/shoot·hr)	0.01 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b
	地下部全NRA(μ mol-N/root·hr)	0.02 ± 0.01 b	0.04 ± 0.01 a	0.03 ± 0.01 ab
	地下部全GSA(μ mol-N/root·hr)	2.24 ± 0.17 a	3.03 ± 0.30 a	2.53 ± 0.30 a
	Number of samples	40	35	40

INAR: 全無機態窒素同化活性、NRA: 硝酸還元酵素活性、GSA: クルタミンシンターゼ活性



別寒辺牛湿原

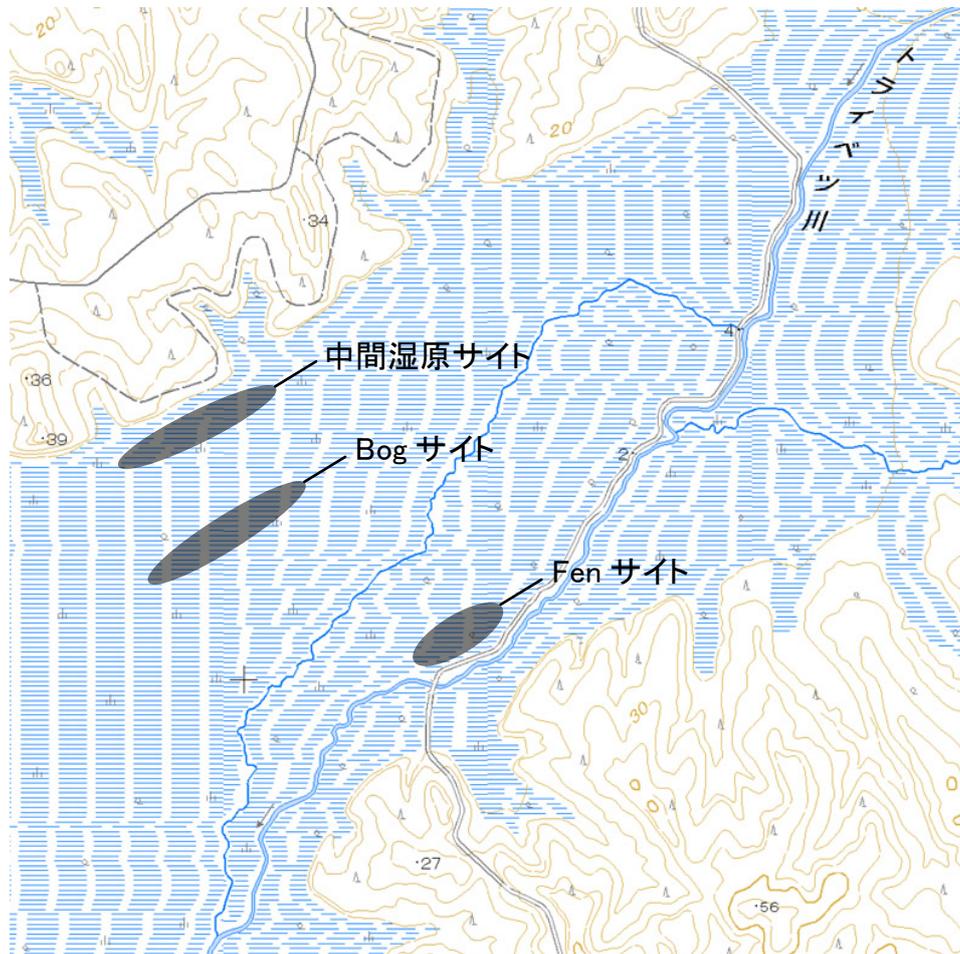


図 1. 調査地概要

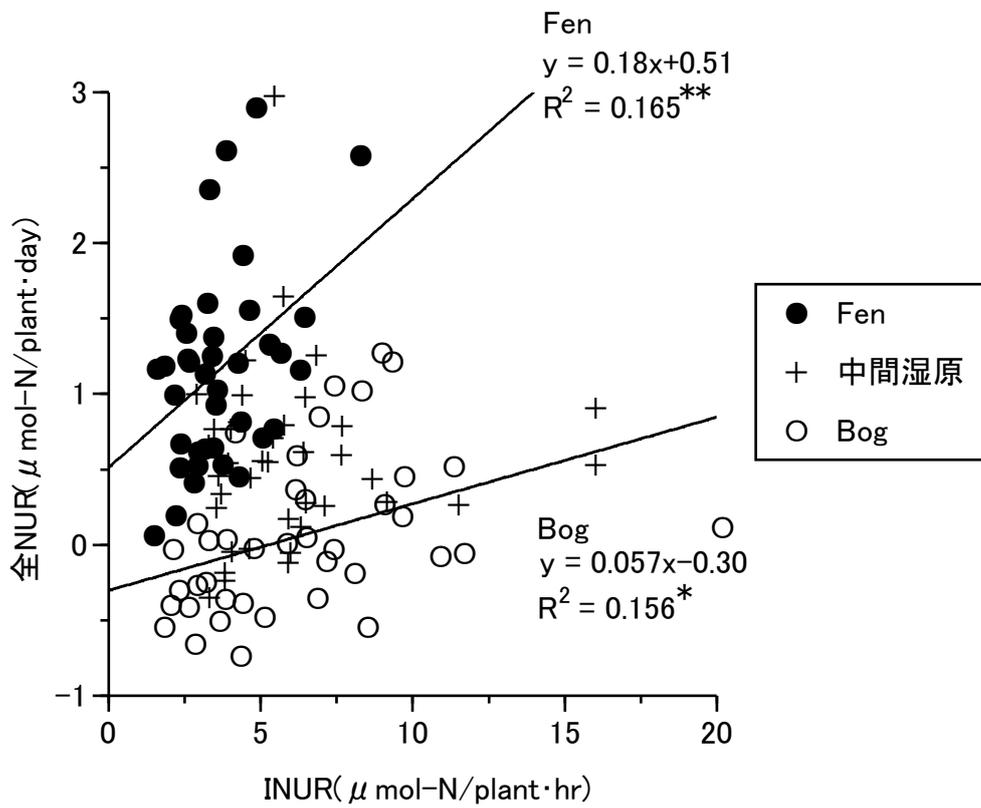


図2.ヤラメスゲにおける全窒素吸収速度(全NUR)と全無機態窒素同化活性(INUR)の関係

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

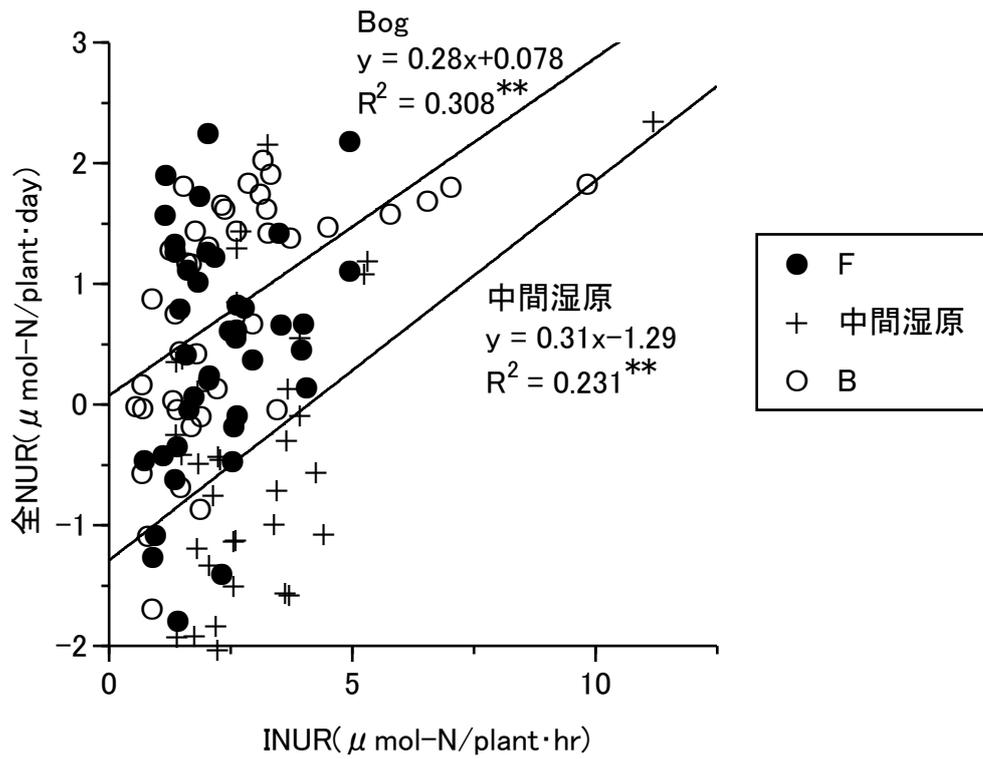


図3.ホロムイスゲにおける全窒素吸収速度(全NUR)と全無機態窒素同化活性(INUR)の関係

**： $p < 0.01$

湿原植物の分布特性と窒素吸収形態に関する研究

東京農業大学 生物産業学部 中村 隆俊

湿原は、ヨシや大型のスゲが生育するフェンと呼ばれるタイプの湿原と、ミズゴケが地表を覆い小型のスゲ等が生育するボグと呼ばれるタイプの湿原に大きく分けられます。この2つの湿原タイプの分布は、土壌中に含まれる水(土壌水)の酸性度(pH)と密接に関係しています。強酸性環境にはボグ、弱酸性～中性環境にはフェンが分布する傾向があります。しかし、なぜそのような関係が世界中で維持されているのか、詳しいことは解っていません。また、ボグの植物はフェンの植物よりも窒素養分の吸収量がずっと低いため、ボグは窒素養分に乏しい厳しい環境であると長い間考えられてきました。しかし、ボグとフェンの土壌水に含まれる窒素の全量を比べてみても、両者で明瞭な違いが認められるケースはほとんどありませんでした。このことから、ボグでは周りに窒素養分が存在していても、植物はその窒素をうまく吸収できていないのではないかと予想されています。

この研究では、そうしたフェンとボグの窒素環境とそこに生育する植物の窒素吸収特性に着目し、なぜpH環境の違いとフェンとボグの分布が密接に関係するのかについて調べました。植物は、窒素養分としてアンモニア態窒素、硝酸態窒素に加え有機態窒素(アミノ酸等)を吸収できますが、種によってそれら各窒素形態に対する好みが変わるといわれています。本研究ではそうした窒素形態の違いと吸収特性の違いについて特に注目しました。別寒辺牛湿原のフェンとボグに、本来フェンに分布するヤラメスゲ(大型のスゲ)と本来ボグに分布するホロムイスゲ(小型のスゲ)をそれぞれ両方に相互移植し、両種がどのような窒素をどれだけ吸収したかを調べました。

本来フェンに分布するヤラメスゲでは、フェンとボグへの相互移植によって窒素の吸収特性が大きく変化しました。アンモニア態窒素や硝酸態窒素の吸収速度に変化はありませんでしたが、有機態窒素の吸収がボグで著しく抑制されたと思われるデータが得られました。結果的に、ボグに移植されたヤラメスゲでは、全窒素吸収量が非常に小さくなりました。一方、本来ボグに分布するホロムイスゲでは、相互移植を行っても窒素吸収特性にほとんど変化はなく、どちらの湿原でも各形態の窒素を比較的スムーズに吸収できることが明らかとなりました。しかし、フェンではヤラメスゲよりもやや低めの窒素吸収速度となりました。

以上のことから、ボグでは酸性環境下でも有機態窒素を確実に利用することができる種のみが分布し、窒素吸収阻害が生じないフェンでは高い窒素吸収速度を発揮できる大型の競争種が分布する傾向にあると考えられました。これらの知見は、湿原生態系における植物の分布メカニズムに深く関わる重要な発見かもしれませんが、pH環境の違いによって有機態窒素の吸収特性がなぜ・どのように変化するのか、さらに研究を進める必要があります。