

学位論文題名

Vegetation dynamics after peat mining on
Sarobetsu Mire, northern Japan

(北海道サロベツ湿原における泥炭採掘跡地の植物群集動態)

学位論文内容の要旨

ミズゴケ泥炭地は、特異な生物相を有した生態系であり、北半球冷温帯域に広範に分布するが、その面積は、耕地化や採掘という人為攪乱により大きく減少している。そのため、泥炭地生態系の復元が、欧州や北米で試みられつつある。しかし、攪乱前後の物理的・化学的環境の劇的な変化と、環境要因間の時間・空間スケールを介した相互作用のため、復元手法には多くの問題点が指摘されている。日本においても、泥炭地は広範に分布し、泥炭採掘も行われているが、その復元に関する研究は見られない。そこで、本研究は、北海道サロベツ泥炭採掘地において、永久調査区を用いたモニタリングと窒素施肥実験により、(1) クロノシーケンス法および永久調査区方を併用することにより遷移パターンを実証する、(2) 物理的要因として水位を、化学的要因として水質を取り上げ、それらと群集構造との対応関係を得ることで群集発達に関与する主要な環境要因を特定する、(3) 採掘後に増加傾向にあった窒素に対する植物の応答を検証することを主な目的として行った。

サロベツ湿原では、1970年から毎年数ヘクタールの泥炭採掘が行われている。そこで、1970年から1994年の間で採掘年代の異なる8年代の採掘跡地と対照区として未採掘地に、それぞれ調査区を設置し2002年から6年間に渡りモニタリングを行った。測定項目は、植物群集構造として総植被率、出現種の各被度を、環境要因として地下水位変化と地下水中の栄養塩量を植物成育期間中に測定した。地下水の化学特性としては、pH、電気伝導度、全窒素、全リン、および9種類のイオンを選んだ。これらの植物群集と環境との対応関係と年変動パターンを一般化線形混合モデル、正準対応分析等の多変量解析を用いて解析した。さらに、窒素による富栄養化が植物群集の発達過程に与える影響を検証するために、採掘跡地にある4群集(裸地・ミカヅキグサ群集・ヌマガヤ群集・ミズゴケ群集)に対して、窒素濃度の変えた施肥実験を行い、3年間に渡り群集の変化を調査した。実験終了時に、植物体地上部を刈り取り、バイオマスを測定した。これらの結果をもとに窒素濃度への植物の応答を評価した。

未採掘地の植物群集は、イボミズゴケとホロムイスゲの優占度が高いミズゴケ群集であった。採掘跡地の地下水中の栄養塩類は、未採掘泥炭地に比べて NH_4^+ 、 K^+ 、

全窒素の濃度が高く富栄養化傾向を示していた。放棄年数が経過すると、これらのイオン濃度は減少傾向が見られるが、未採掘地における栄養塩濃度よりは高かった。さらに、採掘地により水位が異なっており、高い水位の地域ほど、栄養塩類は少ない傾向にあった。

植被率・種数は放棄年が進むにつれ増加したが、いずれも未採掘地より低い状態であった。採掘地において遷移初期段階にある裸地では、ミカヅキグサの侵入と優占が認められた。放棄からの経過年が15年よりも短い採掘地では、ミカヅキグサの優占度が調査期間を通じ増加していたが、25年以上経過した採掘地ではミカヅキグサの優占度は低下傾向となった。これらのことから、採掘跡地には、まずミカヅキグサが侵入し、25年程度で衰退していくことが明らかとなった。ミカヅキグサの衰退に呼応して、イネ科のヌマガヤとヨシの優占度が高くなる傾向が認められ、ミカヅキグサ群集はヌマガヤ・ヨシ群集へ推移していくことが示された。傾向化除去対応分析からは、ヌマガヤ・ヨシ群集は、安定した群集ではなく、今後異なる群集に推移するものと判断できたが、ミズゴケ群集へ向かう傾向は認められなかった。さらに、採掘地におけるミズゴケの定着は限られた採掘年代の地域でのみ認められ、全体としては、ミズゴケ湿原への回復の可能性は低かった。

採掘跡地でミズゴケの定着がみられた地域では、平均地下水位が高い傾向があったが、採掘後30年経過した地域ですら未採掘地のミズゴケ量には達していなかった。一方、ヌマガヤ・ヨシ群集の発達は、平均水位よりも水位変動により強く規定されていた。

正準対応分析からは、採掘跡地内では、平均水位や水位変動幅といった物理的要因が群集構造に強い影響を与えているが、未採掘地と採掘跡地における群集構造の相違は、第一にpHや全窒素のような化学的要因の相違に起因し、ついで水位が関与していることが示された。これらのことは、採掘跡地へのミズゴケの侵入には、水位が直接的に関与し、高い水位を維持することが必要不可欠であることを示している。さらに、未採掘地に見られるミズゴケ群集を形成する際には、化学的要因が水位よりも重要となることが示唆された。

植被が高い地域では窒素施肥量に対する植物の応答が顕著で、施肥濃度を増加させるにつれ、植被率や種数は減少した。さらに、ミカヅキグサ群集とミズゴケ群集では、施肥量の増加につれ被度も減少した。未採掘地のミズゴケ群集では、維管束植物、特に、ホロムイスゲのバイオマスは施肥量が多いほど高くなった。ミズゴケは、未採掘地、採掘跡地ともに、窒素施肥によりバイオマスを減少させた。採掘跡地では、ミカヅキグサ群集において窒素施肥により、優占種であるミカヅキグサが減少し群集構造をもっとも変化させていた。したがって、採掘跡地では、窒素量を増加させるとミズゴケが減少し、イネ・スゲ類が優占し、富栄養化が進めばミズゴケ泥炭地の再生はより困難となることが示唆された。

以上のことから、攪乱地内という局所スケールでの群集発達規定要因としては、水位とその変動が群集を発達させる直接要因として重要であるが、非攪乱地を含めた広域スケールでは、栄養塩類、特に、窒素量がミズゴケ定着を規定する重要な要因と

なることが示された。水位は、直接的に栄養塩濃度と植物定着を規定し、さらに、間接的に栄養塩濃度の操作を介してミズゴケ定着を促進あるいは阻害していると考えられた。これらのことから、スケール依存的な要因が直接的・間接的に群集発達に関与していることが明らかとなり、今後の攪乱地における生態系の保全と修復に応用できる展望を得ることができた。

学位論文審査の要旨

主 査 准教授 露 崎 史 朗
副 査 教 授 田 中 俊 逸
副 査 教 授 大 原 雅
副 査 教 授 原 口 昭 (北九州市立大学

国際環境工学部)

学 位 論 文 題 名

Vegetation dynamics after peat mining on Sarobetsu Mire, northern Japan

(北海道サロベツ湿原における泥炭採掘跡地の植物群集動態)

ミズゴケ湿原は、特異な生物相を有した生態系であり、北半球冷温帯域に広範に分布するが、その面積は、人為攪乱により大きく減少している。そのため、湿原生態系の復元が、欧州や北米で試みられつつある。しかし、攪乱前後の物理的・化学的環境の劇的な変化と、環境要因間の時間・空間スケールを介した相互作用のために、復元手法には多くの問題点が指摘されている。日本においても、ミズゴケ湿原は広範に分布し、ミズゴケからなる泥炭の採掘も行われているが、その復元に関する研究は見られない。そこで、本研究は、北海道サロベツ泥炭採掘地において、永久調査区を用いたモニタリングと窒素施肥実験を継続的に行い、以下の知見を得た。

サロベツ湿原では、1970年から毎年数ヘクタールの泥炭採掘が行われている。そこで、1970年から1994年の間で採掘年代の異なる8年代の採掘跡地と未採掘地(対照区)に、それぞれ調査区を設置し2002年から6年間に渡りモニタリングと地下水位変化と地下水中の栄養塩類量の測定を行った。さらに、富栄養化が植物群集の発達過程に与える影響を検証するために、4つの群集(裸地・ミカヅキグサ群集・ヌマガヤ群集・ミズゴケ群集)に対して、窒素濃度を変えた施肥実験を行い、3年間に渡り群集の変化を調査し、窒素濃度への植物の応答を評価した。

未採掘地の植物群集は、イボミズゴケとホロムイヌゲが高い優占度を示すミズゴケ群集であった。採掘跡地の地下水中の栄養塩類は、未採掘泥炭地に比べて富栄養化傾向を示し、放棄年数の経過に伴い栄養塩類濃度は減少傾向が

見られた。さらに、採掘地により水位が異なり、高水位の地域ほど、栄養塩濃度は低い傾向にあった。採掘跡地には、まずミカヅキグサが侵入し、25年程度経過すると衰退していくことを示した。さらに、ミカヅキグサの減少に呼応して、イネ科のヌマガヤとヨシの優占度が高くなり、ミカヅキグサ群集はヌマガヤ・ヨシ群集へ推移していくことが示された。しかし、ヌマガヤ・ヨシ群集は、安定した群集ではなく、異なる群集に推移するものと予測されたが、ミズゴケ群集へ向かう傾向は認められず、ミズゴケ湿原への回復は困難であると結論できた。さらに、採掘地におけるミズゴケの侵入は、平均地下水位が高い地域に限られていた。一方、ヌマガヤ・ヨシ群集の発達は、平均水位よりも水位変動により強く規定されていた。よって、採掘跡地内では、平均水位や水位変動幅といった物理的要因が群集構造の発達に強い影響を与えている。

一方、未採掘地と採掘跡地における群集構造の相違は、第一にpHや全窒素のような化学的要因の相違に起因し、ついで水位が関与していることが示された。これらのことは、採掘跡地へのミズゴケの侵入には、水位が直接的に関与し、高い水位を維持することが必要不可欠であることを示された。さらに、未採掘地に見られるミズゴケ群集を形成する際には、化学的要因が水位よりも重要となることが示唆された。

植被が高い地域では窒素施肥量に対する植物の応答が顕著で、施肥濃度の増加につれ、植被率や種数は減少した。さらに、ミカヅキグサ群集とミズゴケ群集では、施肥量の増加につれ被度も減少した。未採掘地のミズゴケ群集では、維管束植物、特に、ホロムイソグのバイオマスは施肥量が多いほど高くなった。ミズゴケは、未採掘地、採掘跡地ともに、窒素施肥によりバイオマスを減少させた。採掘跡地では、ミカヅキグサ群集において窒素施肥により、優占種であるミカヅキグサが減少し、群集構造をもっとも変化させていた。したがって、採掘跡地では、窒素量を増加させるとミズゴケは定着できず、イネ・スゲ類が優占し、富栄養化が進めばミズゴケ泥炭地の再生はより困難となることが示された。

申請者は、以上の成果をもとに、局所スケールと地域スケールでの群集発達規定要因が異なること、さらに、それらの規定要因間のスケール依存関係を示すことができた。即ち、ミズゴケ湿原復元には、第一に、適切な水位の誘導により植物の侵入を促し植被の形成を行い、ついで栄養塩の操作によりミズゴケ群集を誘導できる可能性を示すことができた。この成果は、攪乱地における生態系の保全と修復に応用できるものであり、植物生態学研究を含めた地球環境科学研究に大きく寄与するものと確信する。

審査委員一同は、これらの成果を評価し、研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。