

## 学 位 論 文 題 名

# The mechanisms of seedling establishment and seedbank formation along successional sere in disturbed wetlands (攪乱後の湿原における遷移系列に沿った実生定着およびシードバンク形成機構)

## 学位論文内容の要旨

植生遷移機構を解明することは、生態学の中心的な課題の一つであり、生態系の変動予測や保安全管理への応用上も重要である。大規模攪乱後の植生発達には、種子移入・種子発芽・実生生存・実生成長など複数の加入段階を経て進行する。さらに、移入種子の一部は、環境に応じて未発芽のまま生存し、将来の加入に寄与する可能性を持つシードバンクを形成する。植生は環境形成作用を持つため、種子や実生が経験する環境条件は植生発達とともに変化する。よって、遷移機構の解明には、植物-環境間相互作用の時間的・空間的変化を考慮した上で、各植物種のシードバンク形成を含めた加入システムを明らかにする必要がある。そこで、本研究では、攪乱履歴と遷移系列が明らかな北海道サロベツ湿原泥炭採掘跡地において、実生定着とシードバンク形成に対する規定要因の時間的・空間的変化機構を、野外調査と実験から明らかにした。

まず、遷移系列に沿った優占種の実生定着パターンを調査した(第1章)。その結果、先に定着した種の植生が、環境の変化を介し後続種の実生定着を規定することが明らかとなった。採掘跡地では、多年生単子葉植物であるミカヅキグサ、ヨシ、ヌマガヤの3種が優占し、ミカヅキグサは遷移初期に、ヨシやヌマガヤは遷移後期に優占している。そこで、遷移系列に沿った、裸地・ミカヅキグサ草地・3種混交草地・ヌマガヤ草地の4植生において、相対光合成有効放射量(PAR)、地温、泥炭含水率を測定した。ついで、それぞれの植生において3種の種子を播種し、植生が実生の発芽・生存・成長に与える影響を定量化した。裸地は強光、高温、低含水率に特徴づけられ、いずれの種の実生定着も制限されていた。発芽できた実生については、ミカヅキグサは強光下でより高い成長量を示した一方、被陰の強いヌマガヤ植生下では生存率・成長量ともに著しく低下した。ヌマガヤ実生は、裸地と比較すると、強光が軽減され地温の低いミカヅキグサ草地で生存率・成長量は高くなり、ヌマガヤ植生下でも成長量を維持した。ヨシは、播種から2年以内に全個体が死亡し、種子ではなく栄養繁殖による定着の可能性が示唆された。本実験により、裸地にミカヅキグサが先に侵入定着し植被を形成することで後続種の実生定着が促進されること、また、ヌマガヤ植生下では強い被陰によりミカヅキグサの実生定着が制限されることが明らかとなった。

ついで、初期定着種であるミカヅキグサの植被による実生定着促進機構を野外環境操作実験により明らかにした(第2章)。すなわち、実生定着は被陰に加え水分条件にも左右されるため、実験的に水位勾配を形成し、被陰と水位の実生定着に対する相互作用を検証した。裸地において微地形を改変することで水位を調節し、乾燥区・湿潤区・対照区を設けた。ついで、各水位処理区の半数に対してミカヅキグサ植被を模した被陰を行った。これらの調査区において、ミカヅキグサとヌマガヤの播種実験を行った。その結果、被陰は、両種実生の生存・成長を促進することが明らかとなった。さらに、ミカヅキグサ実生に対する被陰の定着促進効果は水位勾配にかかわらず一定だったのに対し、ヌマガヤ実生に対する効果は乾燥下でより強く作用することが示された。ヌマガヤは被陰がない場合、乾燥区における生存率が4%未満と極めて低かった。これらのことは、ミカヅキグサ植被による被陰は、同種実生には水位と独立に定着に作用するのに対し、ヌマガヤ実生には水ストレスを緩和することで水位と相互作用的に定着を促進していることを示唆している。

次に、遷移系列に沿ったシードバンク発達パターンとその規定要因の特定を行った(第3章)。遷移系列に沿った4植生下において植生調査を行い、ついで泥炭・リター中の種子の発芽試験により植生構造とシードバンク構造の対応関係を調べた。その結果、総植被率とシードバンクの種子密度には正の相関があり、植生とシードバンクは並行して発達していることが明らかとなった。一方、種組成では、遷移後期になるにつれシードバンク中に植生中には見られない種が増す傾向が検出された。シードバンクの垂直分布を調べた結果、遷移に伴いリターの堆積量が増え、そのリターが移入種子をトラップすることでシードバンク形成に大きく関与していることが示唆された。

そこで、リター堆積がシードバンク形成に与える影響を、種子サイズの異なる4種を用いて調査した(第4章)。遷移系列に沿ったリター堆積量の異なる3植生において、種子の移動および生存を測定した。リター堆積のない裸地では、種子サイズによらず、ほとんどすべての種子が移出し、仮に滞留したとしても1年以内に発芽した。リター堆積量の増加に伴い、モウセンゴケ・サワギキョウなどの小さな種子は、リターにトラップされた後に、リターをすり抜け泥炭層へ移動する確率が増した。また、これらの種子の泥炭表層での生存確率は、リター量の増加とともに上昇した。よって、これらの種では、リターの堆積に伴い持続的シードバンクを形成する傾向が強くなると考えられた。一方、ヌマガヤなどの大きな種子はリター中に長期間滞留する確率が高く、さらにリター中に滞留した種子は1年以内に発芽した。よって、シードバンクが形成されても一時的なものであることが示唆された。

本研究の一連の結果より、攪乱後の実生定着およびシードバンク形成機構と、その機構が時間的・空間的に変化することが明らかになった。裸地では種子の移出が多く、実生定着が制限され遷移が滞るが、初期種が植被およびリターを形成すれば、後続種の実生定着が促進され、さらにシードバンク形成も始まるため、遷移は加速すると考えられた。植被・リターが発達した遷移後期になると、地上部植生から初期種をはじめとする耐陰性の低い種が消失するが、それらの種の種子サイズが小さければ、シードバンクとして群集内にとどまる可能性も示された。以上の知見は、さまざまな攪乱地における遷移に適応可能であり、生態系復元などにも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 教 授 露 崎 史 朗

副 査 教 授 田 中 俊 逸

副 査 教 授 大 原 雅

副 査 准教授 根 岸 淳二郎

副 査 教 授 原 口 昭 (北九州市立大学大学院国際環境工学研究科)

## 学 位 論 文 題 名

### The mechanisms of seedling establishment and seedbank formation along successional sere in disturbed wetlands

(攪乱後の湿原における遷移系列に沿った実生定着およびシードバンク形成機構)

遷移機構を解明することは、生態学の中心的な課題の一つであり、生態系の変動予測や保全管理への応用上も重要である。大規模攪乱後の植生発達には、種子移入・種子発芽・実生存・実生成長など複数の加入段階を経て進行する。さらに、移入種子の一部は、環境に応じシードバンクを形成する。遷移機構の解明には、植物-環境間相互作用の時間的空間的変化を考慮した上で、各植物種のシードバンク形成を含めた加入経路を明らかにする必要がある。そこで、攪乱履歴と遷移系列が明らかとなっている北海道サロベツ湿原泥炭採掘跡地において、実生定着とシードバンク形成に対する規定要因の時間的空間的変化機構について、野外調査と実験を行い、以下の知見を得た。

遷移系列に沿った優占種の実生定着パターンを調査し、採掘跡地では、多年生単子葉植物であるミカツキグサ、ヨシ、ヌマガヤの3種が優占し、ミカツキグサは遷移初期に、ヨシやヌマガヤは遷移後期に優占することを明らかとした。そこで、遷移系列に沿った裸地・ミカツキグサ草地・3種混交草地・ヌマガヤ草地の4植生において、相対光合成有効放射量(PAR)、地温、泥炭含水率を測定し、ついで各植生において3種の種子を播種し、植生が実生の発芽・生存・成長に与える影響を定量化した。裸地は、他植生と比べ、強光、高温、低含水率であり、全種の実生定着を制限していた。しかし、ミカツキグサ実生は強光を利用し高い成長量を示し、裸地にもっとも適した特性を有していた。ミカツキグサ植被下では、全種で裸地と比べて実生出現数が増加した。被陰の強いヌマガヤ植生下ではミカツキグサ実生の生存率・成長量ともに著しく低下した。本実験により、裸地にミカツキグサが先に侵入定着し植被を形成することで後続種の実生定着が促進されること、ヌマガヤ植生下では強い被陰によりミカツキグサの実生定着が制限されることが明らかとなった。

ついで、初期定着種であるミカツキグサの植被による実生定着促進機構を操作播種実験により明らかにした。実生定着は光と水分の両方に左右されるため、実験的に水位勾配を形成し、被陰と水位の実生定着に対する相互作用を検証した。裸地において微地形を改変するこ

とで水位を調節し、乾燥区・湿潤区・対照区を設け、各水位処理区の半数に対してミカツキグサ植被を模した被陰を行った。これらの実験区に、ミカツキグサとヌマガヤを播種した。その結果、被陰は、両種実生の生存・成長を促進することが明らかとなった。さらに、ミカツキグサ実生に対する被陰の定着促進効果は水位勾配にかかわらず一定だったのに対し、ヌマガヤ実生に対する効果は乾燥下でより強く作用していた。これらのことは、ミカツキグサ植被による被陰は、ミカツキグサ実生には光は水位と独立に定着に作用するのに対し、ヌマガヤ実生には水ストレスを緩和することで水位と相互作用的に定着を促進していることを示唆している。

遷移系列に沿ったシードバンク発達パターンとその規定要因の特定を行った。遷移系列に沿った4植生下において植生調査を行い、ついで泥炭・リター中の種子の発芽試験により植生構造とシードバンク構造の対応関係を調べた。その結果、総植被率とシードバンクの種子密度には正の相関があり、植生とシードバンクは同調して発達していることが明らかとなった。一方、種組成は、遷移後期になるにつれシードバンク中には植生中に見られない種が増す傾向が検出された。シードバンクの垂直分布を調べた結果、遷移に伴いリターの堆積量が増え、そのリターが移入種子をトラップすることでシードバンク形成に大きく関与していることが示唆された。

リター堆積がシードバンク形成に与える影響を、種子サイズの異なる4種を用いて調査した。遷移系列に沿ったリター堆積量の異なる3植生において、種子の移動および生存を測定した。リターのない裸地では、種子サイズによらず、ほとんどの種子が移出し、仮に滞留したとしても1年以内に発芽していた。リター堆積量の増加に伴い、小さな種子は、リターにトラップされた後に、リター中を経由して泥炭層へ移動する確率が増していた。これらの種子の泥炭表層での生存確率は、リター量の増加とともに上昇した。よって、小さな種子は、リターの堆積に伴い持続的シードバンクを形成する傾向が強くなると考えられた。一方、大きな種子は、リター中に長期間滞留する確率が高く、さらにリター中に滞留した種子は1年以内に発芽しており、シードバンクが形成されても一時的なものであることが示された。

申請者は以上をもとに、攪乱後の実生定着およびシードバンク形成機構と、その機構が時間的空間的に変化することを示した。裸地では種子の移出が多く、実生定着が制限され遷移が滞っている。しかし、初期種が、一度、植被およびリターを形成すれば、後続種の実生定着とシードバンク形成が促進され、遷移は加速的に進むと考えられた。植被・リターが発達した遷移後期になると、地上部植生から初期種をはじめとする耐陰性の低い種が消失するが、それらの種の種子サイズが小さければ、シードバンクとして群集内にとどまる可能性も示された。これらの遷移メカニズムに関する知見は、さまざまな攪乱地における遷移に適応可能であり、生態系管理や群集動態予測モデルなどにも応用できる展望を得た。

審査委員一同は、これらの成果を評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士(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。