

学 位 論 文 題 名

低層湿原植生の変動機構に関する研究

学位論文内容の要旨

湿原は過湿な環境によって特徴付けられる土地であり、そこに成立している植生は、過湿な環境に関連する様々なストレス（酸素不足、有毒な還元物質の生成など）に対する適応性をもった種によって構成される。さらに湿原内では、微妙な立地環境（例えば水位、pH、栄養塩類、攪乱頻度など）の違いに対応して、生育している種が異なっていることが知られている。そのため湿原植生の分布は、湿原内での立地環境の違いによって決定されていると考えられており、植生変化の原因を解明する研究の多くは、立地環境の変化に注目してきた。その方法は、植生変化のあった地点と植生変化のなかった地点における植生と立地環境の対応関係を比較検討することで、原因を推定するというもので、実際に環境の変化が起こったのか否かを実証した研究は殆どない。またこれまでの湿原植生の変化に関する研究は、外的要因（立地環境など）との関係から議論するものが多く、植生の内的要因（構成個体の生長など）に起因する変化についての研究は殆どなされていない。

そこで研究の対象として、北海道東部に位置する釧路湿原において、近年急速にハンノキ林の面積が拡大している現象を取り上げ、その原因を解明することを通じて、（１）植生変化のおきた地点において、実際に立地環境が変化していたのかを実証すること、および（２）植生の内的要因による変化として、ハンノキ林における個体の生長に伴う林分構造の変化を明らかにし、さらに湿地林が維持・更新される機構を明らかにすることを目的に以下の研究を行った。

（１）立地環境の変化に起因する植生変化の実証的研究

数年代の空中写真をもとに 1967 年以降に草本群落からハンノキ林へ変化した地点とハンノキ林から草本群落へ変化した地点および植生変化のみられなかった地点を抽出し、それらをそれぞれ含むように 37 調査区を設定した。各調査区において現存植生と立地環境を調査し、現存植生と立地環境の対応関係を明らかにした。さらに植生変化のあった地点における立地環境の特徴を明らかにすることで、植生変化の原因となった立地環境の変化についての仮説を導いた。次に火山灰や放射性同位体を利用しての年代特定を伴う土壌調査を行うことで、植生変化があった地点において実際に環境の変化があったのかを検討した。

その結果以下のことが明らかとなった。ハンノキ林は周辺に成立している他の群落に比較して、水位変動（変動の頻度や季節的な変動）が小さい地点に成立していること、河川近傍の群落の立地と比較すると土壌の有機物含量が高く、また含有する鉍物質の粒径が細く、かつ水位が高い地点に成立していることが明らかになった。一方、後背湿地に成立している数タイプのハンノキ林と湿生草本群落とを比較した場合には、ハンノキ林は水位変動に関する違いを除いて、多様な立地に成立しており、他の群落との違いは明瞭ではなかった。

植生変化のあった地点における立地環境の特徴をみると、近年新たにハンノキ林となった地点は、現在ハンノキ林が成立している地点のなかでも、粘土・シルトなど細粒質（粒径 0.02mm 未満）な鉍質物に富み、かつ砂（粒径 0.02mm 以上）含量の少ない地点に集中して分

布していた。このことからハンノキの侵入あるいは定着に細粒質鉱質物の流入堆積が寄与していると考えられた。またハンノキが近年になって消失した地点は、水位が低くかつ土壌中の有機物含量が少なく、砂含量が多い地点であることがわかった。このことから河川による強度の攪乱（水位の上昇と砂の堆積、それに続く相対的な水位低下など）によってハンノキ林が消失したと考えられた。

植生変化が起きた時期の前後に、実際に立地環境の変化が生じたかどうかを検討したところ、1960年代以前よりハンノキ林であった地点は、鉱質物の含量が少ない状態を200年以上（1739年降灰の火山灰が堆積した層を基に判断）継続している地点から、鉱質物の多い土壌環境が長く続いている地点まで様々であった。1960年代以降新たにハンノキ林となった地点では、ハンノキが侵入定着したと考えられる時期（1970年代）に先立ち、有機物に富み鉱質物の少ない土壌環境から鉱質物の多い土壌環境に変化していたことが判明した。このことから新たにハンノキ林となった地点において、鉱質物の流入堆積が実際に起きていたことが実証され、細粒質鉱質物がハンノキの侵入・定着に寄与するとの仮説が支持された。

ハンノキ林が消失した地点の立地環境の変化についてみると、ハンノキ林の消失とほぼ同時期に急激な水位の上昇が起きていたことが明らかとなった。急激な水位の上昇は河川による攪乱によって引き起こされていることから、ハンノキ林の消失には河川による攪乱が寄与していることが確かめられた。

（2）内的要因による植生の変化 一 個体の生長に伴う林分構造の変化と更新機構 -

ハンノキ林の林分構造の発達に関しては、まず9年代の空中写真および現在の林分を構成している幹の年輪数を基に、構造的に変化の少ない安定した状態の林分を抽出し、その特徴をまず明らかにした。さらに安定した林分としての特徴を示さない林分において、林齢の増加に応じた構造の変化を見出し、それを個体の生長に応じた林分構造の変化と解釈して検討した。結果、ハンノキ林は林分成立後約25年目までは、個体の生長に伴い個体および幹の密度を減少させていくこと、25年目以降約40年目までは密度一定のまま個体の生長が継続すること、40年目から約50年目までは密度一定のまま地上部現存量が減少すること、50年目以降は構造的に変化の少ない安定した状態になり、ほぼ完全に萌芽によって個体群を維持していることが判明した。また湿原内では林分構成個体の樹高の最大サイズが9m程度に制限されていることが判明し（種としての最大サイズは樹高20mを越す）、それは立地環境によって制限されていると考えられた。ハンノキ属はサイズが大きくなると萌芽する能力が低下すると考えられることから、最大サイズが小さい水準に制限されていることが、かえって萌芽による個体維持および個体群の維持を可能にしていることが示唆された。また同時にハンノキのサイズを小さい水準に制限している立地環境が他樹種の侵入を阻害し、他樹種を主体とする湿地林へと変化することを止めていると考えられた。

これらの結果から、近年の釧路湿原におけるハンノキ林の拡大は、ハンノキの侵入・定着を助長するような細粒質土砂の流入が、ハンノキ林の消失が生じにくい地点、すなわちハンノキが個体群を維持することができ、かつ河川による攪乱を受けにくい地点に広がったためであることが明らかになった。本研究を通じて、低層湿原植生（植物群落）の変化が立地環境の変化によって引き起こされていたことが実証された。また湿地林における構造変化について、成立から安定した段階にいたるまでの全過程が初めて明らかにされた。その中でも特に個体の最大サイズが小さい水準に抑制されていることが、かえって個体群の維持を可能にしているという結果は、高ストレス下に成立している他の森林の動態を考える上でも重要な知見と考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査	助教授	富士田 裕 子
副 査	教 授	高 橋 英 樹
副 査	教 授	中 村 太 士
副 査	助教授	井 上 京

学 位 論 文 題 名

低層湿原植生の変動機構に関する研究

本論文は 8 章からなり、図 17、表 10、引用文献 109 を含む総頁数 123 頁からなる和文論文である。他に参考論文 1 編が添えられている。

湿原では、植生と立地環境の対応関係が明瞭にみられることが知られてきた。そのため湿原植生の動態は立地環境に強く影響されると考えられており、植生変化の原因は植生と立地環境の対応関係をもとに推定されてきた。しかし植生が変化した地点・時点において、実際に立地環境が変化していたことを証明した研究は殆どなされていない。またこれまでの湿原植生の変化に関する研究は、外的要因（立地環境など）との関係から議論するものが多く、植生の内的要因（構成個体の生長など）に起因する変化については殆ど知られていない。本研究は、北海道東部に位置する釧路湿原において近年ハンノキ (*Alnus japonica*) 林の面積が拡大している現象を取り上げて、(1) 植生が変化した地点・時点において、実際に立地環境が変化していたことを実証し、また (2) 植生の内的要因による変化として、ハンノキ林における個体の生長に伴う林分構造の変化を明らかにしたものである。

(1) 立地環境の変化に起因する植生変化の実証的研究

まず現時点における植生と立地環境の対応関係をもとに、植生変化の原因と考えられる立地環境の変化を推定した。すなわち数年代の空中写真をもとに 1967 年以降新たにハンノキ林となった地点、および植生変化のなかった地点を抽出し、さらに現在の植生と立地環境（水位・水質・土壌）の対応関係を解析した結果、ハンノキ林は多様な立地環境に成立していることが明らかになった。一方で、その中の新たに成立したハンノキ林は、粘土やシルトなどの細粒質鉱物に富む土壌環境に限って成立していることが明らかとなった。つまり、ハンノキが個体群を維持することができる環境は多様である一方で、ハンノキの侵入・定着に粘土やシルトの増加・鉱質土壌の形成が、大きく貢献することが推定された。

次に新たにハンノキ林となった地点において、ハンノキ林成立時に土壤環境が鉱物に富む土壤へ変化していたのかを、植生変化の無かった地点を対照として検討した。方法として未攪乱土壤を深度別に採取し、それぞれ炭素含量を計測することで土壤環境の変化を把握し、さらに環境変化の年代特定を、 ^{137}Cs （放射性同位体：1963年の堆積面を推定できる）と火山灰層（1739年降灰の樽前-a層）を利用して行った。その結果、現在ハンノキ林である地点は炭素含量が高い（有機質土壤）状態を長期間継続している地点から、炭素含量が低い（鉱質土壤）状態を長期間継続している地点まで多様であった。一方で、新たにハンノキ林となった地点では、1963年前後に炭素含量が高い状態から低い状態へと変化していたことが確認された。同時に行った年輪数調査の結果、この地点におけるハンノキの侵入定着は、1970年代と考えられたことから、ハンノキの侵入定着に先立って、土壤環境が有機質土壤から鉱質土壤へと変化していたことが実証された。

（2）内的要因による植生の変化 -個体の生長に伴う林分構造の変化-

ハンノキは萌芽更新を行うこと、および小さいサイズで長期更新を繰り返す可能性があることから、樹齢や林齢といった林分の発達について知るために不可欠な情報を知ることが困難であった。そこで複数年代の空中写真と現在の林分を構成している幹の年輪数を基に、構造的に変化の少ない安定した状態の林分を抽出し、その特徴をまず明らかにした。さらに安定した林分としての特徴を示さない林分において、年輪数の増加に応じた構造の変化を見出すことで林分構造の発達様式を検討した。結果4つの段階を認めた。すなわち①個体の生長に伴い個体および幹の密度を減少させていく段階（-25年目まで）、②密度一定のまま個体の生長が継続する段階（25-40年目）、③密度一定のまま地上部現存量が減少する段階（40-50年目）、構造的に変化が少ない安定した段階（50年目以降）である。また安定した段階においてはほぼ完全に萌芽によって個体群が維持されていることが明らかとなった。

以上のように本研究は、(1) 植生変化の原因と考えられる立地環境の変化が、実際に生じていたことを実証し、また (2) 立地環境の変化によらない植生変化として、低層湿原の湿地林における林分構造の変化を明らかにした。特に植生と立地環境の変化を時間軸にそって明らかにした点、および林分構造の発達を樹齢や林齢を知ることが困難な樹種よりなる森林について明らかにした点は、学術的に高く評価されると共に、他の植生変化に関する研究にも応用可能な手法を提示するものである。

よって、審査員一同は、藤村善安が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。