

釧路湿原に成立する堤内ハンノキ林の動態に関する研究

学位論文内容の要旨

日本最大の湿原である釧路湿原では、近年急速な森林の拡大が報告されている。その結果、草原に適応した種が減少し、種多様性が低下する危険性がある。湿原生態系を保全するためには、この要因を明らかにし、必要に応じ適切な対処方法を検討すべきである。既存研究により、洪水時の湿原内への土砂や濁水の流入が森林拡大の一因と推察されている。しかし森林拡大は堤防が建設され洪水が起こらなくなった場所でも認められ、この要因は明らかになっていない。森林拡大の要因を明らかにするためには、森林を構成する主要な種の分布とサイズの変化(動態)が、どのような条件によって起きているのかを知る必要がある。釧路湿原の湿地林を構成する主要な樹種はハンノキであり、他の湿生植物と同様に水位・水質が分布やサイズを規定する要因と推定される。また種子散布源である母樹の分布状態、発芽・定着が可能なセーフサイトの多寡、成長速度などによりハンノキ林の分布が変化すると考えられる。以上のことを踏まえ、洪水が起こらない場所におけるハンノキ動態の把握とそれを規定する要因の解明を本研究の目的とした。調査地は釧路湿原南東部に位置する広里地区である。この場所は新釧路川の堤内地であり、樹高 9m 以下のハンノキ林とヨシ・スゲ草原が分布している。

ハンノキの分布に対する水位・水質ならびに過去の分布状態の影響を解析した。144ha の範囲で、2002 年の樹冠の三次元的な分布を空中写真とレーザー測量により把握した。また 1977 年の樹冠の水平分布を空中写真により把握した。さらに 2002 年に 29 地点で水位を 6 回、水質(EC、pH、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、TDN、TDP) を 2 回測定した。調査地を 3,601 個のメッシュに分割し、それぞれに樹冠占有率と樹冠高及びクリギング法による水位・水質の補間値を与えた。これらのデータを用いて、25 年間の樹冠分布の変化を把握するとともに、2002 年の樹冠占有率及び樹冠高に対する水位・水質条件および 1977 年の樹冠分布状態の影響を、一般化線形モデルを用いて解析した。1977 年から 2002 年にかけて、水平分布拡大域は主に 1977 年の分布域の辺縁部に偏っていたが、多くのメッシュで樹冠占有率も増加した。地下水位はその平均値が地表面よりわずかに下にあり、その変動は小さく、塩分濃度が高かった。樹冠占有率は水位変動が小さく、平均水位、塩分濃度、養分濃度、酸性度が低く、過去に樹冠が分布していた場所で大きかった。樹冠高は、水位変動が大きく、塩分濃度、養分濃度、酸性度が低く、過去の樹冠占有率が大きい場所で高かった。以上のようにハンノキの分布に関係する水位・水質条件が特定され、ハンノキ林の発達が過去の分布に強く影響されていることが明らかになった。

種子散布から実生定着に至るステージに着目し、実生定着を成功させる要因を検討した。湿原では凹凸微地形(ハンモックとホロー)がしばしば形成されることに着目し、ハンモック調査区をハンノキ林から 20 箇所、ヨシ・スゲ草原から 10 箇所選出した。またこれらの近くにある比較的面積の大きいホロー調査区をハンノキ林内及びヨシ・スゲ草原から 10 箇所ずつ選出した。調

査区に生育するハンノキの当年生実生の数を 2006 年 7~8 月に数え、微環境条件として地表面の日射量、リター被覆率、土壌水分、土壌 pH 及び散布種子密度を測定した。さらにハンノキの発芽特性を知るために発芽実験を行った。2007 年 11 月に採取した種子を用い、約 4 ヶ月間 0°C の湿潤状態で保存した後、3 種類の光条件（14/10 時間ごとに明暗切り替え、発芽確認時以外暗、常時暗）と 14/10 時間ごとに温度が変わる 3 条件（20/15°C、15/10°C、10/5°C）を設定し、45 日間の実験を行った。実生密度と微環境条件及び散布種子密度との関係は一般化線形モデルを用いて解析した。微地形と植生タイプの組み合わせを予測変数としたモデルを作成し、AIC によるモデル選択を行うことで微地形と植生タイプによる違いを検出した。一方発芽に関しては、発芽の有無を応答変数、光条件と温度条件及びそれらの交互作用を予測変数、各ペトリ皿を変量効果とした一般化線形混合モデルを用いて解析した。当年生実生はハンノキ林のハンモックのみで確認された。微地形と植生タイプで共に差があった微環境条件はリター被覆率と土壌酸性度であり、ハンノキ林のハンモックではリター被覆率が低く土壌酸性度が高かった。散布種子密度はハンノキ林のほうがヨシ・スゲ草原よりも著しく高かった。またハンノキ種子は光があたる条件でもあたらぬ条件でも発芽したが、高温及び高温でかつ光があたる条件で発芽が促進された。リターが少ない場所は成長と発芽の両面で実生定着を促進しうするため、リターの堆積が少ないハンモックはハンノキのセーフサイトとなり、このような場所に十分な種子が散布されることで実生定着が起こりやすくなると考えられた。

ハンノキは立地条件によって更新パターンを変える可能性があるが、その実態は不明である。ハンノキの更新パターンを明らかにし、その上で成長速度を推定し、立地条件との対応関係を検討した。樹高 1.6m 以下のハンノキ林に 50m² の調査区を設定し、生育する個体を樹高測定後掘り取って持ち帰った。髓の有無を手がかりに幹と根の境界部を特定し、その部位及び最も高い幹（以降主幹という）の基部の年輪計数を行いそれぞれの齢を明らかにした。また幹と根の境界部の地表面からの高さを算出した。齢と樹高との関係を、樹高を応答変数、個体齢、主幹齢及び幹と根の境界部の高さを予測変数とした一般化線形モデルを複数作成して AIC によるモデル選択を行った。個体の齢は 13~48 年で平均は 25 年であった。一方主幹の齢は 1~24 年で平均は 9 年と個体の齢よりも著しく小さく、10 年以降は顕著に減少した。すなわち主幹は個体の齢とは独立に比較的最近伸長したものが多かった。最良モデルでは、樹高に対して個体齢・主幹齢・幹と根の境界部の高さが全て影響しており、また個体齢と主幹齢の対数変換値とが相乗的に影響していた。このモデルは、主幹齢が増加するにつれて樹高の増加が小さくなることと、個体齢の直線的な増加に伴って同齢あたりの主幹の伸長量が大きくなることを示した。また幹と根の境界部が高くなるほど樹高が低くなる弱い傾向があった。すなわち、対象としたハンノキ個体は 10 年前後で主幹を入れ替えているものが多く、萌芽更新により個体を維持していた。その樹高成長速度は遅く、立地条件が成長を制限していることが示唆された。

堤内では洪水が起こらないため、水位が安定し、泥炭の堆積により土壌酸性度が高まる。また、水による種子散布の機会が減少し、土砂堆積などの攪乱の機会が減少する。安定した水位のために実生定着が起こりやすくなり、高い土壌酸性度のために成長速度が低下し、風散布により母樹の辺縁を中心とする分布拡大が起こり、死亡機会及びセーフサイトとなる裸地の発生機会が共に減少するだろう。調査地におけるハンノキの動態はこれらの全ての要因に規定されているが、地表面付近での安定した水位条件下で多くの個体が定着したことにより、ハンノキ林の拡大が顕著に現れたと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 太 士
副 査 教 授 近 藤 哲 也
副 査 准教授 富士田 裕 子
副 査 講 師 森 本 淳 子

学 位 論 文 題 名

釧路湿原に成立する堤内ハンノキ林の動態に関する研究

本論文は、図 9、表 11 含む総頁数 81 の和文論文であり、他に参考論文 5 編が添えられている。

日本最大の湿原である釧路湿原では、急速な森林の拡大が報告されている。湿原生態系を保全するためには、この要因を明らかにし、適切な対処方法を検討すべきである。しかし、洪水が起こらなくなった堤内区域における拡大メカニズムについてはほとんど解明されていない。森林拡大の要因を明らかにするためには、森林を構成する主要な種であるハンノキの分布とサイズの変化（動態）が、どのような条件によって起きているのかを知る必要がある。本論文では、堤内区域におけるハンノキ動態の把握とそれを規定する要因の解明を目的とした。

1. ハンノキ林の拡大パターン及び分布を規定する要因

2002 年ハンノキ分布に対する水位・水質ならびに過去の分布の影響を解析した。144ha の範囲で、2002 年の樹冠の三次元的な分布を空中写真とレーザー測量により、また 1977 年の樹冠の水平分布を空中写真により把握し、2002 年には水位、水質を測定した。1977 年から 2002 年にかけて、ハンノキは主に 1977 年の分布域の辺縁部に拡大していたが、同時に樹冠占有率も増加していた。地下水位はその平均値が地表面よりわずかに下にあり、その変動は小さく、塩分濃度が高かった。樹冠占有率は水位変動が小さく、平均水位、塩分濃度、養分濃度、酸性度が低く、過去に樹冠が分布していた場所で大きかった。樹冠高は、水位変動が大きく、塩分濃度、養分濃度、酸性度が低く、過去の樹冠占有率が大きい場所で大きかった。以上の結果から、ハンノキの分布に関係する水位・水質条件が特定され、ハンノキ林の発達が過去の分布に強く影響されていることを明らかにした。

2. ハンノキ実生定着のセーフサイトの条件

種子散布から実生定着に至るステージに着目し、実生定着を成功させる要因を検討した。ハンノキ林及びハンノキ林に隣接するヨシ・スゲ草原にハンモック調査区とホ

ロー調査区を設定した。ハンノキの当年生実生を計数し、微環境条件として地表面の日射量、リター被覆率、土壤水分、土壤 pH 及び散布種子密度を測定した。さらにハンノキの発芽特性を知るために、光条件と温度条件を 3 水準ずつ設定し発芽実験を行った。その結果、当年生実生はハンノキ林のハンモックのみで確認され、ハンノキ林のハンモックではリター被覆率が低く土壤酸性度が高く、また散布種子密度はハンノキ林のほうがヨシ・スゲ草原よりも高いことが明らかになった。さらにハンノキ種子は光があたる条件でもあたらない条件でも発芽したが、高温及び高温でかつ光があたる条件で発芽が促進された。以上の結果から、リターが少ないハンモックは、発芽とその後の成長の両面で実生定着を促進しうるため、ハンノキのセーフサイトとなり、このような場所に十分な種子が散布されることで実生定着が起こりやすくなると結論づけた。

3. 立地環境に適応したハンノキの更新パターンと樹高成長

ハンノキの更新パターンを明らかにし、その上で成長速度を推定し、立地条件との対応関係を検討した。樹高 1.6m 以下のハンノキ林に 50m² の調査区を設定し、生育する個体の髄の有無を手がかりに幹と根の境界部を特定した。次に、その部位及び最も高い幹（以降主幹という）の基部の年輪計数を行い、また幹と根の境界部の地表面からの高さも算出した。その結果、個体の齢は 13~48 年、一方主幹の齢は 1~24 年で個体の齢よりも著しく小さく、10 年以降は顕著に減少した。主幹齢が増加するにつれて樹高の増加は小さくなる一方、個体齢の増加に伴って主幹の伸長量は大きくなっていった。また幹と根の境界部が地表面から高くなるほど樹高が低くなる弱い傾向があった。すなわち、対象としたハンノキ個体は 10 年前後で主幹を入れ替えているものが多く、萌芽更新により個体を維持しており、その樹高成長速度は遅く、立地条件が成長を制限しているとした。

堤内では洪水が起こらないため、水位が安定し、泥炭の堆積により土壤酸性度が高まる。また、水による種子散布の機会が減少し、土砂堆積などの攪乱の機会が減少する。これらの要因は、ハンノキの定着や成長に対して正負の影響を及ぼすが、特に地表面付近での安定した水位条件が多く、個体定着を促し、ハンノキ林が拡大したと結論した。

以上のように本論文は、水位、水質、微地形及び種子散布源である母樹の分布に着目して、堤内区域におけるハンノキの定着と成長を規定する要因を明らかにした。立地環境と樹木個体の空間的な分布を考慮した解析手法、及び詳細な年輪判読で得られた個体齢を用いた解析は学術的に高く評価されるものであり、明らかにされたハンノキの生態学的知見は湿原生態系の保全に大きく寄与すると考えられる。よって審査員一同は、志田祐一郎が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認めた。