

光珠内季報

- ・海岸浸食による海岸林の被災

真坂 一彦 …… 1

- ・天然林におけるエゾシカの影響を簡易に評価する

明石 信廣 …… 5

- ・根釧地域におけるトドマツ第二世代精英樹の選抜

石塚 航
今 博計
来田 和人 …… 9

地方独立行政法人

北海道立総合研究機構

森林研究本部 林業試験場

NO. 176
2015. 9

海岸浸食による海岸林の被災

真坂一彦

北海道における海岸浸食による海岸林の被災事例(むかわ町晴海, 浦河町東栄, 大樹町旭浜)を紹介し, 北海道の海岸侵食の現状と海岸侵食の発生要因について説明する。

天然林におけるエゾシカの影響を簡易に評価する

明石信廣

幹の樹皮剥ぎや角こすり, 樹木の枝葉やササの食痕, 調査地周辺におけるシカ道, 糞, 足跡の有無などのシカの痕跡について, 簡易なチェックシートを用いて調査することにより, 北海道全体の天然林におけるエゾシカの影響レベルを大まかに把握できるようになった。

根釧地域におけるトドマツ第二世代精英樹の選抜

石塚 航・今 博計・来田和人

根釧(釧路根室)地域に設定されたトドマツ検定林を対象として成長と材質を調査し, 個体別に各形質の育種価を算出した。得られた結果や諸被害有無等を加味し, 第二世代精英樹の候補として, 優れた遺伝的特性を有する45個体を選抜した。

海岸侵食による海岸林の被災

真坂一彦

はじめに

砂浜が失われるという現象が日本各地の海岸線で起きています。砂浜が波によって削られて流出し、陸地がなくなる現象を海岸侵食といいます。侵食を受けた海岸線では、高潮によって波が内陸深くまで押し入るようになり、道路や建物などが波を被って倒壊することがあります。当然、飛砂をおさえ潮風をやわらげる目的で海浜地域に造成された海岸林もその被災対象の例外ではありません。

しかし、海岸林造成に携わる人々は、往々にして陸地側からの視点でしか海岸林の状況をみないため、海岸侵食を受けて高潮によって被災したとしても、それは、まれにみる強力な低気圧によってもたらされた高潮による被害、と受け取る場合がままあるようです。海岸侵食が進行している中で被災地を修繕したとしても、近い将来、ふたたび高潮害を繰り返し受けることは目に見えています。海岸林を管理するうえで、海岸侵食の実態を理解することが必要です。

ここでは、北海道における海岸侵食による海岸林の被災事例を紹介し、北海道の海岸侵食の現状と海岸侵食の発生要因について説明します。

被災事例 1 (むかわ町晴海)

太平洋にそそぐ一級河川の鶴川河口には、かつて複雑なかたちの砂嘴（さし）が発達して湿地や沼が広がり（図1）、渡り鳥の重要な中継地になっていました。鶴川という地名の語源となったアイヌ語「ムカ・ペツ」または「ムッカ・ペ」には、「ふさがる川」や「川尻のたえず動く川」という意味があるそうです。その砂嘴と周辺の砂浜が、近年、どんどん縮小して晴海に造成されたクロマツ海岸林が波を被るようになりました（写真1）。この海岸林の造成の初期に携わった方の話しによると、当時は砂丘が何列もあって、造成地から海は見えなかったとのことでした。

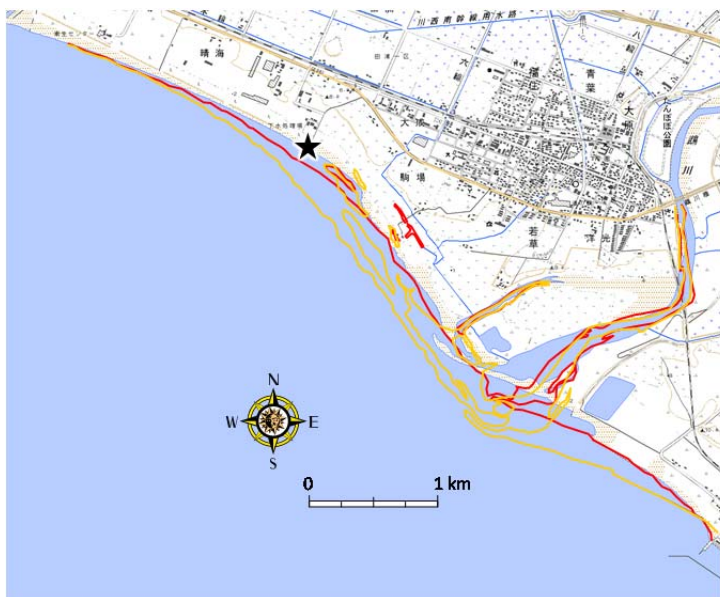


図1 鶴川河口付近における汀線の変化

背景の地図は 2006 年発行の地形図、赤線は 1994 年発行の地形図上での汀線、黄線は 1983 年発行の地形図上での汀線（国土地理院発行 25,000 分の 1 地形図を使用）。地図中の★印が晴海の海岸林造成地（写真1）。



写真1 むかわ町晴海における海岸侵食の進行
 (左上) 造成地内のクロマツ樹冠が赤変している (2001年日高振興局撮影)。
 (左下) 海岸林造成地内に砂が流入し、造成地前面の道路が消失し、黒い河口構造物が波に洗われている (2004年日高振興局撮影)。
 (右下) 造成地の前面付近まで波が押し寄せ、高さ1.8mある防風柵が埋没するほど砂が堆積した (2006年10月8日)。



被災事例2 (浦河町東栄)

浦河町東栄の砂浜は、ポケット・ビーチと呼ばれる小さな入り江になっています。ポケット・ビーチでは、汀線が季節風によってシーソーのように大きく振動することがあり、この東栄でも汀線の季節変化がみられます (図2)。しかし砂浜自体がどんどん縮小しており、汀線が内陸側に大きく傾いた際に、クロマツ海岸林が高潮によって被災するようになりました (写真2)。なお、この造成地では、クロマツ苗が土壌凍結による冬季乾燥害のために多数枯死している様子も観察されているため、造成にあたっては冬季乾燥害を受けにくい落葉樹を用いるなど、樹種選定にも気を付けなくてはなりません。



図2 GPSによって測量した汀線の季節変化
 国土地理院発行25,000分の1地形図を使用。



写真2 高潮によって倒壊した防風柵
 支柱や根が浮いている (2008年4月15日)。

被災事例3 (大樹町旭浜)

大樹町旭浜の砂浜に降りると、高さ4～5メートルほどのコンクリート製の大きな建造物が点在しているのが見られます(写真3)。太平洋戦争末期、米軍の上陸に備えて造られたトーチカ群です。もともとトーチカは、標的にならないように外部から見えにくくするために地面に埋まっているはずですが、旭浜では1970年代後半から海岸侵食が始まり、このトーチカ群は周囲の土壌が波によって流出し、人の目にさらされるようになったのです。旭浜にはグイマツやカシワによる海岸林が造成されていますが、海岸侵食によって低い土地に造成された区画に高波が押し入り、塩害で枯れてしまいました(写真4)。



写真3 破壊された防風柵と砂浜上のトーチカ
侵食による浜崖が観られる(2007年10月4日)。



写真4 塩害で枯死したグイマツ
波が流れ込んだ痕跡もあった(2012年7月20日)。

北海道における海岸侵食の現状

北海道において海岸侵食を受けている海岸は、上記三件の事例だけではありません。たとえば、おたるドリームビーチや稚内市浜勇知はテレビでも何度か報道されています。浜勇知は希少植物のネムロコウホネが隔離分布するコウホネ沼があるため、環境省が護岸対策をとっていることはよく知られています。また日高地方は日本でもっとも海岸侵食が激しい地域ともいわれており、新冠町節婦に置かれた石碑には、昭和初期に撮られた旧節婦小学校の写真とともに、「その校舎のあったところは、海岸侵食によって今はもう見ることはできません」と刻まれています。海に目を転じると、そこにはホントに砂浜があったのかと目を疑うばかりの海原が広がっています。今回、1番目の事例としてあげた鵠川河口付近では、最大で500メートルほども陸地が消失していることを考えると、海岸侵食の凄まじさが実感できるでしょう。ほかにも、苫小牧から白老にかけての国道36号線は、砂浜の消失などによる越波によって交通規制がしかれることがあるため、離岸堤の設置など砂浜の再生事業が行なわれています。知内町森越でも海岸侵食対策で離岸堤の設置などが行なわれています。例を挙げれば枚挙にいとまがありません。

海岸侵食の発生原因

砂浜のかたちは変わらないように思われがちですが、砂浜を構成する砂はずっと同じ場所にとどまっているわけではなく、海流によって絶えず移動しています。海流にたまたま砂を沿岸漂砂といいます。いまある砂が去れば別の砂がもたらされる。外見が変わらないのに中身が入れ替わる状態を動的平衡と呼びます。海岸侵食が発生するのは、この動的平衡が何らかの理由によってくずれ、砂が去った後に別

の砂が補填されないからに他なりません。それではなぜ砂が補填されないのでしょうか。その原因について、海岸侵食研究の第一人者である宇田氏による分類を要約すると、以下の二点のようになります。

①防波堤など、海中への構造物の設置による沿岸漂砂の遮断

②河川などからの土砂供給量の減少

沿岸の海流が防波堤によって流れを遮られれば、当然、防波堤の下手側に砂が運ばれなくなります。たとえば二本の防波堤に囲まれた港では、一方の防波堤の外側に砂浜が三角形に大きく発達し、もう一方の防波堤の外側の砂浜が細っている様子がみられることがよくあります(図3)。図では砂が堆積した側が海流の上手になります。砂が堆積して陸地化する面積には、防波堤の長さや水深がおおきく影響するため、おのずと上限があります。砂は港を越えて下手側に供給されることはほとんどありません。そのため、上手側の堆積量と、下手側の砂の消失量とを面積ベースでくらべると、圧倒的に消失量の方が多くなります。

二点目の河川などからの土砂供給量の減少についてですが、河川内で砂利を浚渫(しゅんせつ)したり、あるいは河川上流にダムが設置されるなどして下流への土砂の移動が止められたりすることで、海への土砂の供給が減少します。沿岸漂砂の砂がそもそもどこから来るかという点、ほとんどは河川によって内陸から海に供給されたものです。そのため、河川からの土砂の供給がとどこおれば、たちどころに砂浜が細ることになります(図3)。保全生態学や漁業の立場から、土砂が海へ流入することを問題視する風潮もありますが、砂浜の維持には、ときに山地の土砂崩れさえ必要と指摘されていることは理解しておくべきではないでしょうか。

おわりに

海岸侵食によって高潮に被災するようになった海岸林造成地を場当たりに補修しても、樹木にとってもはや生育不適地になっているため、海岸林造成の目的はすでに適えられない段階に進んでいます。それは誰にとっても如何ともしがたい状況です。造成地として成り立たないのに、保安林に指定されているから補植・改植を続けなくてはならないという理由は、一般社会には通用しません。海岸林が何のために造られているのか、まずは海岸林造成の原点に戻って今後の方針を検討すべきです。冒頭で、「海岸林造成に携わる人々は、往々にして陸地側からの視点でしか海岸林の状況をみない」と述べましたが、それは海岸林を管轄する部局と海浜を管轄する部局がそもそも異なり、他局が管轄する海浜環境をよく把握できていないことに起因します。海浜を管轄する部局はすでに海岸侵食の実態を十分に把握しています。海岸林の管理を担当する人は、他局と連携して海岸侵食に対応する必要があります。

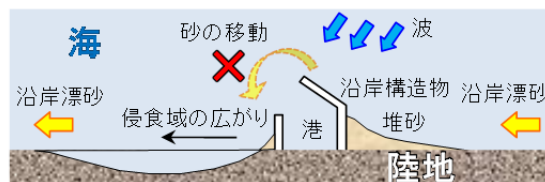
(森林環境部環境G)

【参考文献】

宇田高明(1997)日本の海岸侵食. 山海堂.

宇田高明(2004)海岸侵食の実態と解決策. 山海堂.

①海中への建築物の設置による沿岸漂砂の遮断



②河川などからの土砂供給量の減少

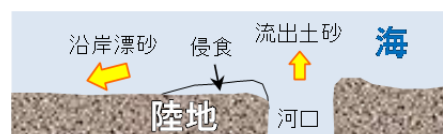


図3 海岸侵食の模式図

宇田(1997, 2004)から作図.

天然林におけるエゾシカの影響を簡易に評価する

明石信廣

はじめに

エゾシカの増加によって、人工林の被害だけでなく、天然林への影響も広がっていると考えられます。しかし、北海道の天然林には落葉広葉樹林や針広混交林、若い二次林や老齢林などさまざまなタイプの森林が含まれます。エゾシカの影響も、枝葉の採食によって小径木が枯死して本数が減少したり、樹皮剥ぎによって樹木が枯死したり、角こすりによって幹が傷付けられ、そこから腐朽がすすむなどさまざまです。このように多様な影響を簡便に評価する手法が確立されていなかったため、天然林におけるエゾシカの影響の程度やその広がりとは明らかになっていませんでした。

北海道森林管理局では、天然林におけるエゾシカの影響を把握するため、調査区における食痕などの詳細な調査に加え、2010年度から北海道内の国有林において、簡易チェックシートを用いたエゾシカによる天然林への影響評価手法について検討してきました。林業試験場では、このデータをもとに、天然林におけるエゾシカの影響を点数化する手法を開発しました(明石ほか 2013)。2014年度から、北海道森林管理局、北海道、北海道立総合研究機構が共同で調査と解析を行い、全道の天然林におけるエゾシカの影響を示す地図が公表されています。この評価手法について紹介します。

エゾシカの影響を把握するためのチェックシート

チェックシートは、調査の専門家ではなく森林官などの職員が、通常の業務のなかで調査できるものを作りたい、という北海道森林管理局の意向によって作成されました。そのため、植物の種を同定したり、調査区を設定して直径を測定したり、といった作業はありません。評価したい天然林で、エゾシカのさまざまな痕跡の有無を記録するだけです。重視しているのは、枝葉やササの食痕の有無です。天然林でエゾシカの影響が長く続くと、後継樹となる稚樹や小径木が無くなってしまいます。その前にエゾシカの増加を把握して対策を講じるには、影響が軽微な段階でも把握できる手法が必要になります。食痕の増加は稚樹や小径木の減少の兆候を示すと考えられます。

主なチェック項目は、1) 幹の樹皮剥ぎや角こすり、2) 樹木の枝葉の食痕、3) ササの食痕、調査地周辺における4) シカ道、5) 足跡、6) 糞の有無です(表-1)。林道からではなく、森林内に立ち入って、周辺を観察し、当てはまる選択肢をチェックします。

エゾシカの痕跡の分布

2014年度には、北海道森林管理局が国有林内の天然林で1096件、北海道が民有林で354件、北海道立総合研究機構が民有林で43件の調査を行いました。このほか、民間事業者が国有林で調査した44件のデータも合わせて、集計作業を行いました。

チェックシートには、調査地点の林班と小班が記録されているので、地理情報システム(GIS)の林班、小班の情報と結合することにより、チェックシートで記録された内容を地図上に表示させることができます(図-1)。

もっとも多くの地点で記録された痕跡は、エゾシカの足跡で、ほぼ全道で記録されました。樹皮剥ぎや枝葉、ササの食痕が記録された地点は、足跡に比べると少なくなります。日高地方など近年エゾシカの影響を強く受けていると思われる地域では、ほとんどの地点で記録されました。釧路、根室地方などエゾシカの影響を長期間受けてきた地域には、枝葉の食痕を調べようとしても、エゾシカが届く高さ

表-1 チェックする項目と多重対応分析に基づく点数

項目	点数	
樹皮剥ぎ	新しい被害木がある	16
	新しい被害木はないが、古い被害木がある	15
	被害木はみられない	0
枝葉の食痕	ある	18
	ほとんどない	0
	わからない	4
	枝葉がない	2
ササの食痕	多い	23
	わずかにある	15
	ほとんどない	0
	わからない	3
シカ道	ササがない	8
	ある	16
	ない	0
足跡	ある	13
	ない	0
糞	ある	14
	ない	0

2m以下の枝葉が消失し、「枝葉がない」と報告された地点があります。枝葉がない地点は、エゾシカが比較的少なく積雪の多い道北地方や日本海側にも多くみられ、ここではエゾシカの影響ではなく、高密度に生育するササの影響によって、下層に稚樹や枝葉がみられない状態になっていると考えられます。

チェックされた内容を点数化する

それぞれの項目ごとに回答された結果から、エゾシカの影響をわかりやすく示すために、多重対応分析によって分析しました。多重対応分析は、複数の項目からなる回答内容の傾向を、少数の数値で要約しようとするものです。それぞれの選択肢が数値化され、項目ごとに得られた数値を平均したものが各調査地点の点数となります。

分析の結果、多重対応分析の第1軸では、エゾシカの影響が強いと考えられる回答に大きな数値が与えられました。すなわち、この数値はエゾシカの影響の強さを示すと考えられます。そこで、この数値をわかりやすくするために100点満点に換算しました(表-1)。ある地点の回答について、チェックする6個の項目の点数を合計したものが、その調査地点の得点です。エゾシカの痕跡がない場合は0点、すべての食痕や痕跡などがみられた場合は100点となります。

評価結果を地図化する

簡単な6項目だけの調査ですから、偶然に足跡や糞が見つかった調査地点で高い点数になるなど、近くの調査地でも異なった結果になることがあります。また、調査をしていない地域では情報は得られません。そこで、GISによって北海道の森林全体について予測を行いました(図-2)。ここで用いた「クリギング」という方法は、予測しようとする地点について、周辺の調査地点の結果を距離で重み付けして得点を計算します。複数の調査が行われた地域では、周辺の調査地点の結果から平均的な影響の度合いを示すこととなります。

この結果、日高地方で強い影響が生じているほか、1990年代から高密度状態が継続している釧路地方でも広い範囲で影響が生じていることが示されました。また、オホーツク地方、宗谷地方、留萌地方にも強い影響が出ている地区が示されています。これまでの現地調査の結果と比較すると、黄～赤色の地域ではすでに稚樹や小径木が消失しており、緑色の地域でも影響が出始めていると考えられます。このように、簡単なチェックシートから、おおむね北海道全体の天然林におけるエゾシカの影響が示されました。

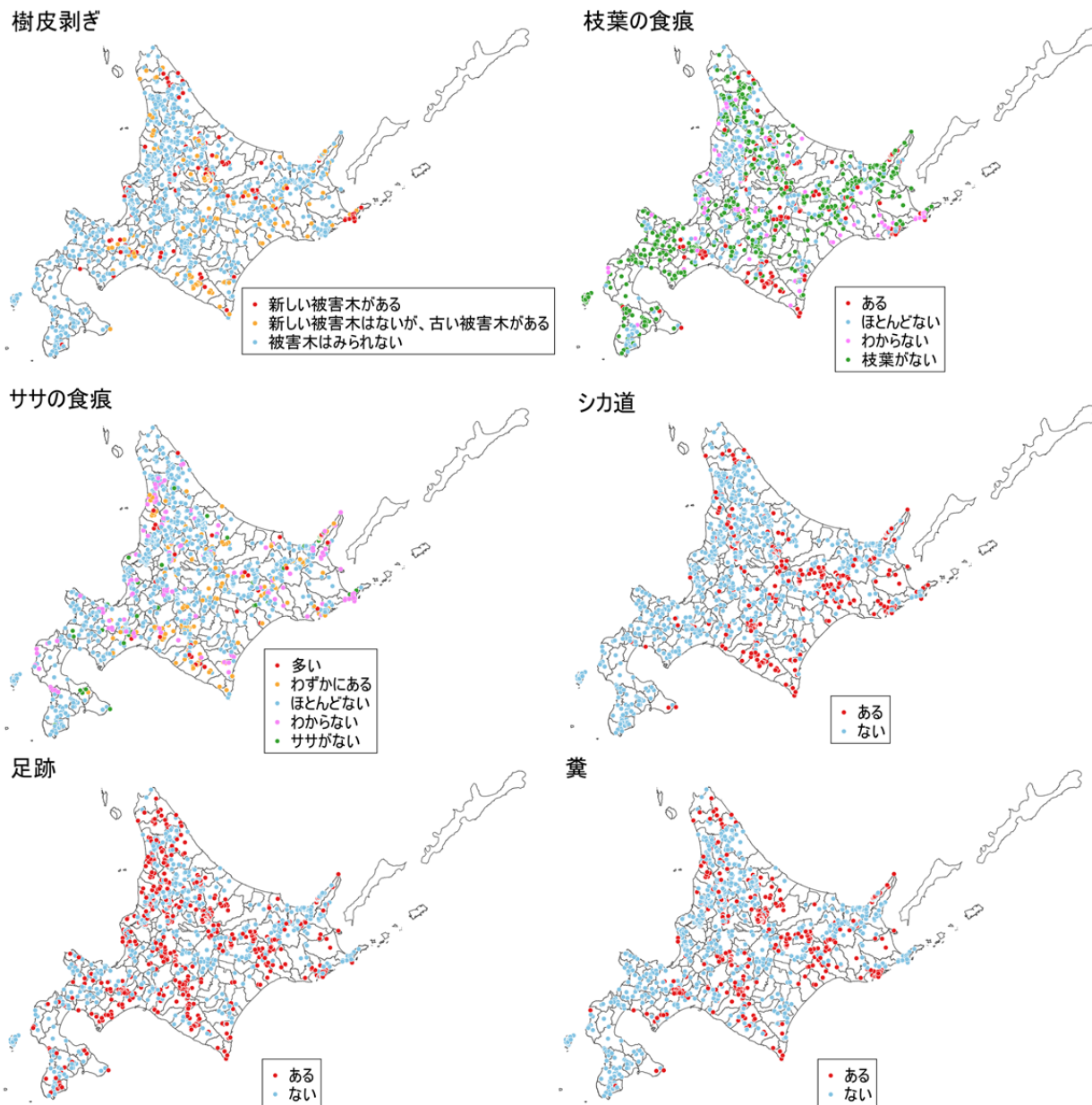


図-1 エゾシカの痕跡の分布

適切な評価のために

チェックシートによる評価は、調査区を設定したり毎木調査をしたりする必要がなく、1地点を数分で実施することができますが、適切にエゾシカの食痕を記録することが重要です。森林官とエゾシカの食痕調査について経験を積んだ技術者による調査結果を比較すると、森林官による調査のほうが食痕ありとする回答が少ない傾向がありました。また、野ウサギや野ネズミの食痕とエゾシカの食痕を正しく見分ける知識も必要です。このような調査を継続するとともに、研修会などの場で情報が共有されることにより、調査に関わる関係者の経験が蓄積され、技術力が高まることが期待されます。

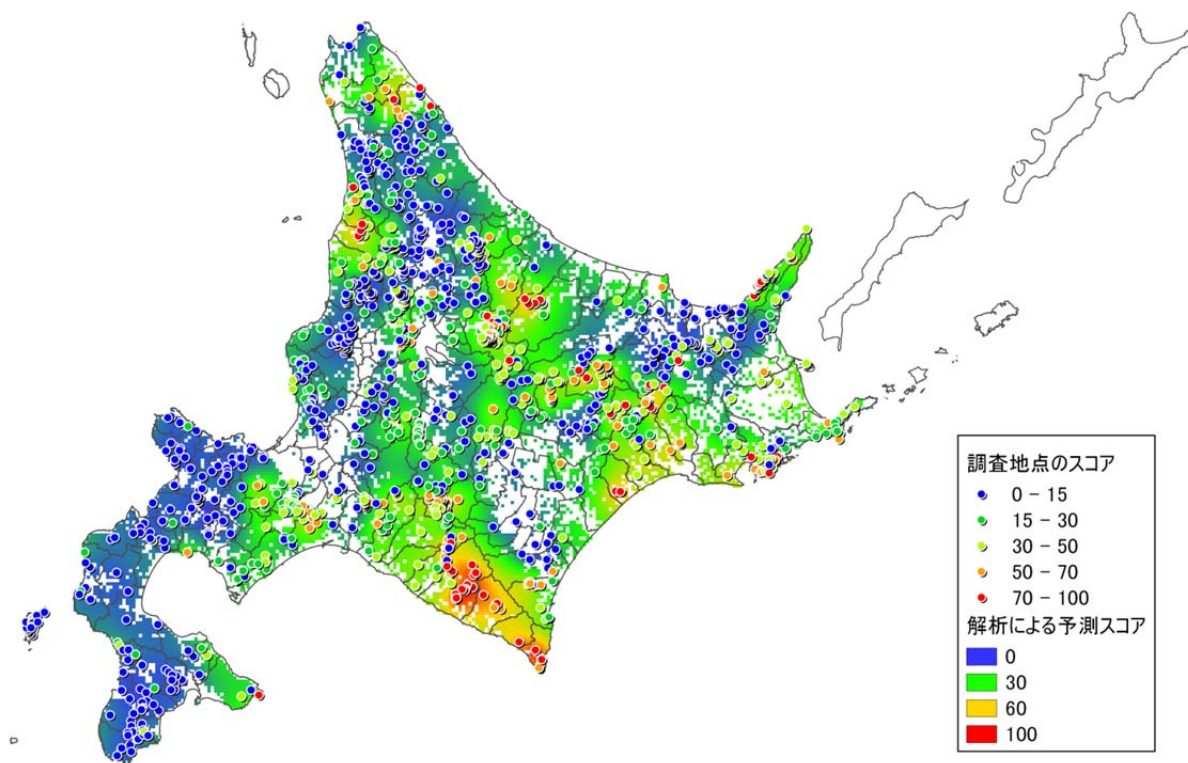


図-2 簡易チェックシートによる天然林の評価結果

この調査は、1地点だけの調査で正確な評価ができるものではなく、多地点での調査結果をもとに、その地域の状況进行评估するのが適切です。特別な道具を必要としない調査方法ですから、森づくりに関わる多様な関係者が調査を行う仕組みができれば、エゾシカの影響をより良く把握できるようになると思われます。

おわりに

北海道では、人工林については北海道と北海道森林管理局が食害の発生状況を地図化して公表しています。簡易チェックシートによって、天然林でもエゾシカの影響を大まかに把握できるようになりました。すでに稚樹が消失してしまった森林も少なくなく、その周辺には現在も稚樹が減少しつつある森林が広がっています。健全な天然林を維持するには、評価結果に基づいて、エゾシカの個体数管理を適切に実施することが重要です。

簡易チェックシートによる評価については、下記のウェブサイトで簡単に点数を計算することができますので、ご活用下さい。

http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/01sigen/deer_naturalforest.htm

(森林資源部保護グループ)

【引用文献】

明石信廣・藤田真人・渡辺修・宇野裕之・荻原裕 (2013) 簡易なチェックシートによるエゾシカの天然林への影響評価. 日本森林学会誌 95:259-266.

根釧地域におけるトドマツ第二世代精英樹の選抜

石塚 航・今 博計・来田和人

はじめに

より良い林をつくり、より良い林業を進めるためには、どんな木を植えるかが重要な検討事項になります。それには、たとえばトドマツか、カラマツ類か（本州ならばスギ・ヒノキなど）といった植栽樹種の選別に加え、同じ樹種を植える場合でも、どんな親木由来の苗木かといった種苗の選別が挙げられます。親の形質は子供へと遺伝するため、一般に、より優れた形質を持つ親からは優れた形質を示す子供が生まれると期待できます。したがって、成長が良い、病気に強いなど、優れた有用形質を示す（正確には、優れた遺伝子型を持つ）親木由来の苗木を植栽することは、より良い林づくりに貢献すると考えられます。このような考えのもと、過去50年以上にわたって林木育種事業が進められ、全国の様々な樹種を対象に、遺伝的に優れた個体を「精英樹」として選抜し、系統の管理がなされてきました。

そして現在、さらに遺伝的な改良を図るべく、検定林（形質等の評価用に造成された林）に植栽された精英樹の子供の中からさらに遺伝的に優れた個体を選抜するという取り組みが実施されています。これは、精英樹の次世代、すなわち第二世代における精英樹選抜であることから、「第二世代精英樹」選抜と呼ばれ、これまでよりも遺伝的改良を効率的に行うことができると考えられています*1。

本報告では、北海道の主要造林樹種であるトドマツについて、林業試験場で実施した第二世代精英樹選抜の取り組みを紹介します。

トドマツ第二世代精英樹の選抜にあたって

トドマツは日本では北海道にのみ自生する北方樹種です。道内全域の人工林に広く植栽され、通直なその材は建築材などに用いられています。これまでに、精英樹として指定された個体は782系統あり、全道に造成された精英樹検定林において、成長や材質の優劣といった精英樹の評価が進められてきました。その中で、トドマツの遺伝的変異は大きく、とくに自生する地域の気候環境とよく対応した遺伝的変異があるため、精英樹選抜地域と離れた地域への植栽は適さないことがわかってきました。このようなトドマツの地域変異の実態を鑑み、北海道におけるトドマツの育種区は道東、中部、西南の3育種区に区分されています。また、道有林の所管する採種園はさらに、根釧（釧路、根室）、道東（十勝、オホーツク）、日高・函館（渡島、胆振、日高）、道央（上川、宗谷、留萌）、道西南（空知、石狩、後志、檜山）の5地域区分を設け、それぞれの地域向けの種子を生産しています。

そのため、トドマツ第二世代精英樹を選抜する際には、単純にある検定林において成績の良い個体を選ぶのではなく、“植栽したい地域において”良い成績を示すか、という観点で個体を選抜する必要があります。つまり、各地域で造成した精英樹検定林それぞれで、その地域向けの種苗用の精英樹を選抜していく作業が必要です。このような方針にのっとり、道東、日高・函館、道央、道西南地域に関しては、林業試験場が森林総合研究所林木育種センター北海道育種場と協力し、第二世代精英樹候補木の選抜を進めてきました*2。今回、まだ選抜が実施されていない根釧地域を対象として、トドマツ第二世代精英樹の選抜を行うこととしました。

注釈 ※1；ただし、これまでの精英樹選抜では、検定林で精英樹の子の形質を調べ、子の優劣を評価基準として母親を選抜するという「母樹選抜」を行いました。第二世代精英樹選抜では、調べた中から優良な子そのものを精英樹として選抜するという「個体選抜」を行い、選抜方法には違いがあります。

精英樹候補木の評価と選抜

根釧地域におけるトドマツの第二世代精英樹選抜は、厚岸町に設定されたトドマツ検定林「A-38」にて行いました。気象庁データによると厚岸町は年平均気温が5.3℃とやや低く、最大積雪深が平均46cmと寡雪な地域です。対象とした検定林は1980年に設定され、全道各地で選抜された第一世代精英樹の次世代が1反復内に30本、計3反復植栽されています^{※3}。表-1に調査対象とした精英樹の系統一覧を示しました。選抜候補は47系統（以降、家系と呼びます）にのぼり、全道各地域に由来しています。検定林調査は植栽後35年が経過した2014年秋に、47家系の次世代700個体を対象として行いました。

第二世代精英樹選抜にあたっては、成長に加えて材質についても遺伝的改良を試みることにしました。トドマツには心材の生材含水率が高い「水食い」がしばしば認められ、製材時の乾燥など利用上の課題とされていますが、若齢時での評価が困難な形質であるため、遺伝的改良の取り組みは後回しにされています。そこで、成長に関しては材積を、材質に関しては、材の容積密度（比重）と水食いに深く関連する心材生材含水率の2つを選抜の対象形質としました。さらに、将来の健全なトドマツ人工林育成のため、生物害・気象害を含む諸被害抵抗性、遺伝的多様性についても評価を行い、選抜項目に加えることにしました。これによって、根釧地域に適した遺伝的特性を有するトドマツ第二世代精英樹候補木を選抜することを目指しました。図-1に、今回の選抜のフローをまとめました。

まず、検定林での測定データをもとに選抜対象形質の評価を行います。「材積」には、胸高直径（DBH）と樹高から算出した個体の幹材積（m³）を用いました。材質の対象形質の1つである材の容積密度には、「材密度指標」としてピロディン陥入深を、もう1つの心材生材含水率には、「材含水率指標」として

表-1 検定林（A-38，厚岸町，1980年造成）に植栽された精英樹の系統一覧

	精英樹	由来地域		精英樹	由来地域		精英樹	由来地域
1	厚岸 101	根釧	17	池田 102	東部	33	浦河 6	日高・函館
2	厚岸 107	根釧	18	池田 111	東部	34	浦河 8	日高・函館
3	厚岸 110	根釧	19	池田 116	東部	35	浦河 103	日高・函館
4	厚岸 115	根釧	20	池田 117	東部	36	浦河 106	日高・函館
5	厚岸 116	根釧	21	浦幌 101	東部	37	興部 1	道央
6	厚岸 117	根釧	22	北見 1	東部	38	興部 3	道央
7	厚岸 119	根釧	23	北見 5	東部	39	興部 4	道央
8	厚岸 121	根釧	24	北見 6	東部	40	名寄 8	道央
9	厚岸 123	根釧	25	北見 7	東部	41	名寄 11	道央
10	厚岸 125	根釧	26	北見 105	東部	42	美深 8	道央
11	池田 20	東部	27	北見 107	東部	43	美深 9	道央
12	池田 29	東部	28	北見 110	東部	44	苫小牧 101	西部
13	池田 33	東部	29	浦河 1	日高・函館	45	苫小牧 106	西部
14	池田 34	東部	30	浦河 3	日高・函館	46	岩見沢 101	西部
15	池田 38	東部	31	浦河 4	日高・函館	47	留萌 2	西部
16	池田 40	東部	32	浦河 5	日高・函館			

注釈 ※2；森林総合研究所林木育種センター 平成23年版年報，平成24年版年報，平成25年版年報にて選抜結果が公開されています（web上で閲覧可能）。

※3；検定林の植栽木は第一世代精英樹の自然交配種子に由来します。そのため、母親は精英樹そのもの、父親（花粉親）は精英樹選抜林分内のトドマツと見られますが特定はできない、という特徴も有しています。

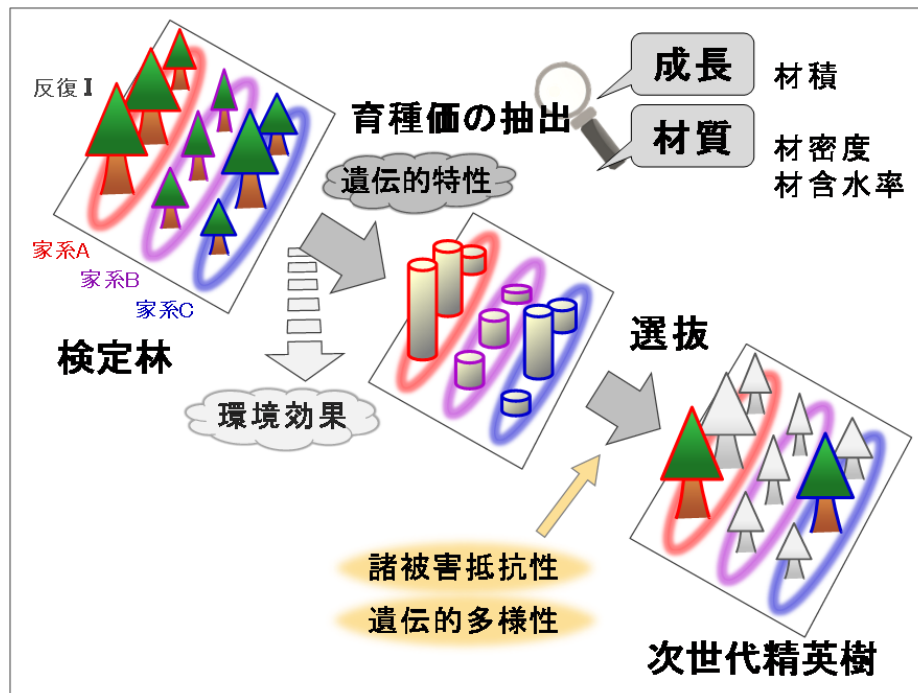


図-1 第二世代精英樹選抜のフロー

df 値（横打撃共振周波数 (f) と胸高直径の積）を用いました。これらの指標は木材試験機（ピロディン Forest 6J, 富士テック社）、加速度分析器（FFT アナライザー SA-78, リオン社）によって非破壊的に得ることができます。材密度指標が大きかったり、材含水率指標が小さかったりする個体は、材が柔らかい、もしくは水食い材の懸念がありますので、こういった個体を選抜しないようにする必要があります。表-2 には、それぞれの選抜対象形質についてまとめた値を載せました。

これらの値は、遺伝的特性、すなわち遺伝子型の効果のほか、どの反復、どの位置に植栽されていたかといった、植栽環境に由来する効果によっても変動することが知られています。そこで、成長と材質に関する遺伝的特性を正確に評価するために、遺伝子型以外の影響を取り除いた「育種価」を抽出しました（表-2）。育種価は、次世代に伝わる遺伝子型の効果によって、次世代の形質値が現在の集団平均からどれだけ変わるかを表す期待値で、統計学的手法に基づいて推定されます。育種価の大きな個体は遺伝的に優れた形質を有していることを示しています。なお、育種価の推定にあたり、各形質の遺伝率も同時に計算することができます。遺伝率とは、次世代の形質値がどれだけ親世代の遺伝子型で説明できるかを表した値で、遺伝率が大きいほどその形質が遺伝しやすく、環境の影響を受けにくいことを意味します。材積、材密度指標、材含水率指標の遺伝率はそれぞれ 39.9%、62.5%、31.4%でした。

表-2 精英樹選抜の対象とした3形質の要約統計量と育種価（カッコ内）

対象	選抜対象形質	個体数	平均	標準偏差	最小値	最大値
成長	材積 (m ³)	697	0.36	0.14	0.06	0.96
			(0.0032)	(0.0585)	(-0.1234)	(0.2884)
材質	材密度指標	699	25.0	2.41	17.8	32.5
	ピロディン陥入深 (mm)		(-0.0324)	(1.5043)	(-4.675)	(4.723)
材質	材含水率指標	685	24.3	2.60	14.8	37.7
	df 値 (cm・kHz)		(-0.0081)	(0.8831)	(-3.076)	(4.244)

材含水率指標がおよそ 18 を下回る場合には水食い材が懸念されると指摘されている。なお、欠損値を除いて解析したため、個体数は調査数の 700 には満たない。



写真－1 現地での選木の様子

左右の写真ともに、画面中央のトドマツが第二世代精英樹の候補木。現地にて諸被害の有無や幹曲がり等を確認している。矢野慶介氏（森林総合研究所林木育種センター）提供。

続いて、育種価をもとに第一段階の選抜を実施します（図－1）。これまでに行われてきた選抜実施要領に則って、育種価で材積が特性値4以上（平均+0.5×標準偏差以上）、もしくは平均の1.4倍以上、また、材密度指標、材含水率指標が特性値3以上（平均以上）という選抜基準を設定しました。3形質すべての選抜基準を満たす個体を抽出することで、成長に優れ、かつ、材質に欠点のない個体を第一段階の選抜で残しました。

第二段階の選抜では、病徴や腐り、エゾシカ等の獣害、雪害、凍裂といった諸被害や幹曲がりを現地で確認し（写真－1）、評価項目中1つでも引かなかった個体を不合格とします。これによって、根釧地域へ植栽しても健全に成長することができる個体を抽出しました。さらに、選抜の第三段階として、家系の重複を考慮しました。選抜される精英樹が同じ家系の子供ばかりで構成されてしまうと、遺伝的な偏りによる遺伝的多様性の低下が懸念されます。そこで、選抜される精英樹の遺伝的多様性を十分に保つことができるよう、選抜数の上限値を設け、家系あたり3個体としました。選抜の際には、育種価を総合的に見た上で家系内の不合格個体を決めました（家系の重複を考慮すると、選抜例を示した図－1に示されるように、反復Iの家系Aにおいて2番目に優良な個体が選抜されない場合も生じます）。

選抜結果

三段階の選抜を経て、計45個体を第二世代精英樹候補木として選抜することができました。これは全測定個体の6%強にあたります。全候補木の系統名、母親、形質のリストは表－3の通りで、候補木には第二世代精英樹系統名を付与しました。ちなみに、選抜の第一段階では58個体が候補として残ったものの、うち13個体が続く選抜で不合格となりました。第二世代精英樹候補木は総じて、優れた材積成長を示し、材密度指標や材含水率指標において劣ることなく、また、雪害や虫害、獣害といった諸被害がみられないとまとめられます。したがって、今回、根釧地域での生育に適した遺伝的特性を有する次世代を選抜することができたといえるでしょう。

表-3 選抜されたトドマツ第二世代精英樹候補木の測定値ならびに育種価

	第二世代精英樹 系統名	親精英樹 (家系)		材積		材密度指標		材含水率指標			
		DBH	H	測定値	育種価	測定値	育種価	測定値	育種価		
1	トドマツ優良木-53	池田	34	30.2	16.8	0.539	0.10	21.63	1.36	26.27	0.27
2	トドマツ優良木-54	池田	33	28.7	15.9	0.459	0.08	24.25	0.17	24.11	0.06
3	トドマツ優良木-55	池田	33	26.3	15.8	0.388	0.05	22.50	1.29	25.51	0.44
4	トドマツ優良木-56	池田	29	29.0	17.6	0.527	0.07	23.25	0.75	25.52	0.54
5	トドマツ優良木-57	池田	20	31.5	18.8	0.667	0.13	22.38	1.45	24.57	-0.42
6	トドマツ優良木-58	池田	20	30.1	16.9	0.539	0.07	22.13	1.86	27.99	0.53
7	トドマツ優良木-59	厚岸	110	33.5	18.2	0.723	0.16	24.50	-0.07	25.46	0.43
8	トドマツ優良木-60	厚岸	110	30.5	17.2	0.566	0.09	22.13	1.42	26.54	0.71
9	トドマツ優良木-61	厚岸	115	33.1	18.4	0.715	0.19	24.38	-0.38	24.83	-0.07
10	トドマツ優良木-62	厚岸	116	30.6	18.3	0.611	0.10	24.00	0.05	25.09	0.09
11	トドマツ優良木-63	厚岸	117	29.1	18.6	0.566	0.12	23.63	0.32	24.44	-0.15
12	トドマツ優良木-64	厚岸	119	28.8	16.8	0.493	0.06	23.13	1.00	25.34	0.52
13	トドマツ優良木-65	厚岸	119	29.1	17.6	0.531	0.08	23.38	0.81	27.65	1.15
14	トドマツ優良木-66	厚岸	123	30.6	16.6	0.547	0.10	22.75	1.05	26.01	1.17
15	トドマツ優良木-67	厚岸	123	29.1	16.5	0.492	0.08	23.13	0.86	24.74	0.82
16	トドマツ優良木-68	厚岸	101	29.5	18.0	0.559	0.06	24.38	0.47	24.49	0.10
17	トドマツ優良木-69	厚岸	110	29.3	19.8	0.617	0.09	22.38	1.60	24.32	0.13
18	トドマツ優良木-70	厚岸	117	29.7	18.4	0.581	0.07	24.50	0.45	25.25	-0.24
19	トドマツ優良木-71	厚岸	119	30.6	18.6	0.623	0.10	20.88	2.72	25.40	0.59
20	トドマツ優良木-72	厚岸	123	30.1	18.4	0.595	0.09	23.25	0.67	25.89	1.15
21	トドマツ優良木-73	厚岸	125	29.4	18.9	0.588	0.06	23.13	1.40	25.87	0.37
22	トドマツ優良木-74	厚岸	125	30.4	17.9	0.588	0.06	21.25	2.52	25.23	0.18
23	トドマツ優良木-75	浦河	4	30.7	16.4	0.543	0.09	23.88	0.55	25.48	0.59
24	トドマツ優良木-76	浦河	103	27.4	18.1	0.490	0.06	24.38	0.27	23.56	0.32
25	トドマツ優良木-77	浦河	103	34.3	19.2	0.800	0.19	24.50	0.21	27.10	1.27
26	トドマツ優良木-78	美深	9	31.7	18.0	0.644	0.09	22.38	2.32	28.21	0.99
27	トドマツ優良木-79	名寄	11	32.5	16.2	0.602	0.11	24.88	-0.35	24.38	-0.39
28	トドマツ優良木-80	北見	105	28.6	18.4	0.541	0.06	24.13	0.18	25.45	0.40
29	トドマツ優良木-81	池田	20	25.4	18.7	0.443	0.04	20.38	3.38	28.45	0.54
30	トドマツ優良木-82	池田	29	29.6	18.0	0.562	0.08	24.63	0.73	26.64	0.88
31	トドマツ優良木-83	池田	33	27.1	17.8	0.471	0.07	25.50	0.13	27.10	0.97
32	トドマツ優良木-84	厚岸	101	25.5	16.5	0.385	0.06	24.75	0.46	24.23	0.07
33	トドマツ優良木-85	厚岸	115	32.1	15.8	0.572	0.13	24.25	0.38	27.29	0.45
34	トドマツ優良木-86	厚岸	125	27.1	16.8	0.441	0.04	20.63	3.44	27.64	0.83
35	トドマツ優良木-87	厚岸	117	27.4	17.1	0.459	0.07	24.00	0.64	27.67	0.43
36	トドマツ優良木-88	浦河	1	27.9	14.2	0.382	0.05	22.13	2.55	26.51	0.82
37	トドマツ優良木-89	美深	8	27.0	16.8	0.438	0.07	23.38	1.19	27.81	1.07
38	トドマツ優良木-90	美深	8	26.2	16.0	0.391	0.05	21.50	2.37	24.10	0.06
39	トドマツ優良木-91	美深	9	26.5	17.7	0.449	0.07	24.38	0.57	25.71	0.05
40	トドマツ優良木-92	浦河	5	29.0	18.9	0.573	0.05	23.25	1.04	24.36	-0.43
41	トドマツ優良木-93	浦河	4	25.6	18.4	0.441	0.04	22.00	1.50	28.67	1.40
42	トドマツ優良木-94	浦河	4	30.1	18.3	0.592	0.09	23.63	0.73	24.08	0.13
43	トドマツ優良木-95	浦河	1	32.1	18.5	0.680	0.10	23.88	0.70	26.96	0.98
44	トドマツ優良木-96	浦河	106	29.4	18.2	0.562	0.07	17.75	4.72	25.28	0.37
45	トドマツ優良木-97	浦河	106	30.9	19.1	0.654	0.11	24.63	0.50	25.96	0.56

また、これら候補木は評価対象とした家系の約半分にあたる 21 家系から選抜されていました。家系の由来地域ごとに、候補木の選抜個体数、構成家系数を集計すると、選抜のされやすさには由来地域による違いがあるようです（表-4）。今回の選抜では家系内の選抜数に上限を設け、候補木の遺伝的多様性についても配慮しましたが、それでもなお、検定林がある根釧地域、すなわち“地元”地域からより多くの家系が選抜され、同時により多くの第二世代精英樹候補木を産出していたことがわかりました。

選抜によって期待される改良効果は、材積で 23.7%、材密度指標で 4.4%、材含水率指標で 1.9%と算出されました。改良効果とは、選抜木の生産する種苗によってつくられた林が、選抜前の親世代の生産する種苗によってつくられた林と比べてどれだけ優れているかを表す指標です。改良効果は、選抜個体の育種価の平均を、今回調査した検定林の形質値の平均と比べることで算出することができます。今回、材質 2 形質（材密度指標、材含水率指標）よりも材積の選抜基準のほうが厳しく、成長に特化した選抜だったため、材積の改良効果が一番高いのは当然なのですが、次世代の材積が現在の 1.2 倍以上と見込まれる結果からは、選抜の効果が明瞭であったことがわかりました。根釧地域の気候は北海道内でも特徴的で、寡雪な冬期、日照が少なく低温な夏期を有します。このような地域に適した種苗を用いた造林がいかに重要か、それを示している値ともいえるでしょう。また同時に、材質 2 形質でもある程度の改良が見込まれることを示すことができました。両形質の遺伝率が高かったこともあり、改良効果は決して低くない値といえるでしょう。

選木された候補木は、DNA 鑑定を済ませ、認可に至ればトドマツ第二世代精英樹として登録されます。より良い種苗を実際に根釧地域へと流通させるためには、続いて、これら精英樹を増殖し、採種園へ植栽して親木として育成しなければいけません。通常長い時間がかかるこれらの工程をなるべく短くすべく、林業試験場と森林総合研究所林木育種センター北海道育種場とで連携してすでに増殖に取りかかっているところです。選抜されたトドマツの種苗が根釧地域へと植栽される日が待ち遠しいです。

表-4 母親家系（親精英樹）の由来地域ごとの集計

	根釧	東部	日高・函館	道央	道西南
選抜個体数	20	10	10	5	0
選抜個体の構成家系数 (構成家系割合, %)	8 (80)	5 (28)	5 (63)	3 (43)	0 (0)
家系あたり選抜数	2.5	2.0	2.0	1.7	0

構成家系割合は、選抜個体の構成家系数を各地域の家系全数で割って算出した。

謝辞

現地調査にあたり、釧路総合振興局森林室森林整備課にご協力いただきました。解析、選木、採穂に際しては、森林総合研究所林木育種センターの田村氏、矢野氏、西岡氏、上田氏にご協力いただきました。謝意を表します。

参照情報（さらに詳しく知りたい方へ）

解説記事；石塚航，精英樹選抜に向けた形質の測定と評価，

<http://sites.google.com/site/ishizukawebsite/home/archive/plustree> (2015 年 7 月 7 日) .

測定、選抜データ（アーカイブ）；Ishizuka Wataru (2015) Selection for 2nd generation plus tree in *Abies sachalinensis* in eastern Hokkaido, Japan. Zenodo, DOI: 10.5281/zenodo.19394

(<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.19394>, 2015 年 7 月 7 日) .

(森林資源部経営グループ)

光珠内季報 NO. 176

発行年月 平成27年9月

編 集 林業試験場刊行物編集委員会

発 行 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
森林研究本部 林業試験場

〒079-0198

北海道美唄市光珠内町東山

TEL (0126) 63-4164 FAX (0126) 63-4166

ホームページ <https://www.hro.or.jp/fri.html>
