

北の森だより

Vol.8 平成24年3月

目次



研究紹介

1. クロテンとニホンテンは写真で識別可能か？

平川 浩文・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

2. スズメバチに寄生する線虫の分布・寄主範囲・感染経路

佐山 勝彦、小坂 肇、神崎 菜摘、牧野 俊一・・・ 4

3. 森林・林業再生プランと先進ハーベスタを活用した木材生産システム

佐々木 尚三・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6



報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

- ・ 第2回森林講座
- ・ 第3回森林講座
- ・ 研究成果発表会



独立行政法人 森林総合研究所 北海道支所
Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

1. クロテンとニホンテンは写真で識別可能か？

森林生物研究グループ 平川浩文

はじめに

北海道には2種のテンが生息します。クロテン *Martes zibellina* とニホンテン *M. melampus* です。クロテンは北海道の在来種です。ニホンテンは本州から毛皮生産のために持ち込まれ、太平洋戦争（1940-1945）末期に、破綻した養殖場から野外に放されたのが起源とされます。その後、ニホンテンは道南西部で分布を拡大し、1990年代に行われた調査によれば、石狩低地帯より西側のほとんど全域に生息するに至っています。一方で、クロテンはこの地域からほとんど姿を消しています。このため、ニホンテンがクロテンを駆逐している可能性が疑われ、ニホンテンのさらなる分布拡大によるクロテンへの影響も懸念されます。

最近自動撮影が哺乳類調査によく使われるようになってきました。この2種を写真で識別できれば、自動撮影は2種の分布調査に有効な手段となり、クロテンの保全対策にも活用できると考えられます。しかし、この2種は姿形がよく似ていることに加えて、それぞれ毛色変異の幅が大きいので、写真による2種の識別の有効性・信頼性については議論が分かれていました。



自動撮影装置

こうした中、道内各地で自動撮影による哺乳類調査を行ってきた平川は、2種は写真で明確に区別できると考えるようになりました。本研究はまず、熟練者、平川の識別がどの程度信頼できるかの客観的な検証を試みました。次に、

2種の識別に使えるような特徴を抽出して識別ガイドを作成し、これを使って識別初心者がどの程度、2種のテンを識別可能かを調べました。以下、その結果を紹介し、最後に簡単な識別点を付記します。

なお、この報告は、次の論文の内容を紹介するものです。

平川浩文・車田利夫・坂田大輔・浦口宏二 2010. 北海道に生息する在来種のクロテンと外来種のニホンテンは写真で識別可能か？ 哺乳類科学 50: 145-155.

共著者の所属（当時）は次の通りです。

車田利夫：北海道環境科学研究センター、坂田大輔：北海道大学環境科学院、浦口宏二：北海道立衛生研究所

研究方法と結果

1) 熟練者の識別試験

熟練者の識別試験は、車田が道内各地12ヶ所で撮影したテン類の写真134枚を熟練者である平川が識別し、その結果を撮影地点に落として、既知の分布情報と比較する方法で行いました。中には、体の一部しか写っていないような写真もありましたが、識別の結果、ニホンテンとされた74枚はすべて北海道南西部から得られたもので、クロテンとされた60枚はすべて残りの調査地から得られたものでした。これは、既知の分布情報と矛盾するところがなく、熟練者の識別はすべて正しかったと判断されました。

2) 識別点の抽出と識別ガイドの作成

できるだけ少ない識別点で2種が効率的に識別できるように、種内で共通性が高く互いになるべく違いの大きい特徴が抽出されました。その際、言葉による伝えやすさを特に考慮しました。結果として4つの識別点が抽出されました。

3) 識別ガイドの評価試験

識別ガイドの適格性・有用性を検討するため、識別初心者16名によるテストを行いました。自動撮影調査で得られた693枚のテン類の写真（平川判定でクロテン246枚、ニホンテン447枚）を使用し、被験者の負担を考慮してこの中から最低100枚の識別を試みるよう依頼しました。恣意性を避けるために、写真はランダムに並べ、判定すべき写真の選択は被験者に任せました。回答手順に問題のある5人を除くと、識別率は88-100%、正答率は95-100%でした。

この研究でわかったこと

熟練者の識別試験は、写真によるテン2種の識別に信頼性があることを示しました。その結果、2種は種間の類似性と種内の大きな変異幅にもかかわらず全体として相互に識別可能な特徴を持ち、そうした特徴が少なくとも熟練者には写真上で認識可能なことが明らかとなりました。熟練者は写真を多く見ることによって、無意識に2種それぞれが持つ多様な特徴を関連づけて認識し、その結果、ごくわずかな特徴だけでも識別が可能になったと思われます。

識別点の抽出過程で、ニホンテンは頭部・尾部両方に特徴を持つことが明らかとなりました。一方、クロテンは体の一部にそれと識別できるような特徴はなく、体全体の配色パターンに特徴がありました。

初心者試験からは、顔や尾・四肢の先などの色合いが体幹部と大きく異なる場合、輪郭がつかみにくいことも明らかとなりました。実際、熟練者には識別点の特徴がはっきりわかる写真でも、被験者にはそれが認識できず、誤答となった例がいくつかありました。

初心者の誤答の原因のほとんどは識別ガイドに示された識別点そのものではなく、間違った解釈と画像認識の難しさにありました。このため、識別ガイドの表現を改善し、さらに、識別点の把握法、対照種との類似点・相違点について注記しました。間違いやすい事例についても解説を加えました。

初心者による識別ガイドの評価は、識別点に基づく識別の有効性を示すと同時に、その限界も示しました。識別点によってある程度識別は可能なものの、限られた識別点に頼らざるを得ない初心者にとっては、写真の質が悪く、識別点の認識が難しくなると、それがそのまま識別率や正答率の低下に結びつくようです。しかし、その一方で、正答率が100%の被験者も2人いたことは、質の悪い写真でも識別点さえうまく認識できると、それだけでかなりの写真を正しく識別できることを示しました。この研究は質に大きなばらつきがある自動撮影の写真を用いておこなわれましたが、全身像の鮮明な写真に限れば、識別ガイドの適用によって2種のテンを明確に識別できると考えられます。

まとめ

北海道に生息するテン2種（クロテンとニホンテン）は写真で識別可能で、識別ガイドを利用すれば、熟練者だけでなく初心者もある程度の信頼性をもって識別を行うことができると考えられます。このことは、北海道に生息するテン2種の生息・分布調査に自動撮影が有効であるといえるでしょう。

「北海道に生息するクロテンとニホンテンの識別ガイド」を次のサイトに作成しました。

<http://cse.ffpri.affrc.go.jp/hiroh/2Martes/index.html>

----- 2種の識別点（概要） -----

[識別点1] 尾の先が基部に比べて淡色であれば、ニホンテンです。ただし、該当しない個体もあります。クロテンに類似する特徴はありません。

[識別点2] 顔に真っ黒な部分があれば、ニホンテンです。ただし、該当しない季節もあります。クロテンにも顔にすこし暗めの毛を持つ個体があるので、注意が必要です。

[識別点3] 冬、顔全体が白く、四肢の先を除いて首筋から尾端まで全身明るい黄色であれば、ニホンテンです。一部地域で顔から尾・四肢の先まで全身淡色のクロテンが観察されていますが、明るい黄色ではありません。

[識別点4] 首筋から尾端にかけて色が濃く変化すれば、クロテンです。ただし、その色合いや変化のパターンはさまざまです。また全身淡色型の例外があります。ニホンテンでも部分的には似た配色パターンを持つ場合があるので、注意が必要です。



ニホンテン



クロテン

2. スズメバチに寄生する線虫の分布・寄主範囲・感染経路

森林生物研究グループ 佐山勝彦 / 九州支所 小坂 肇 /
森林微生物研究領域 神崎菜摘 / 研究コーディネータ 牧野俊一

はじめに

本誌の前身誌である「森林総合研究所北海道支所研究レポート」No.99⁽¹⁾において、スズメバチの女王を不妊化する寄生線虫の発見についてご紹介しました。その後、財団法人北海道科学技術総合振興センターと独立行政法人日本学術振興会から研究費の支援を受けて研究を続け、寄生線虫の国内分布や寄主範囲、さらに感染経路なども明らかにすることができました。そこで今回は、それらの研究成果についてご紹介します。

スズメバチの女王を不妊化する寄生線虫

近年、私たちはスズメバチに寄生する新種の線虫を発見し、スズメバチタマセンチュウ (*Sphaerularia vespae*) と名付けました。また、越冬を終えて活動を開始したキイロスズメバチの女王を捕獲し、約 70%の女王がこの線虫に寄生されていること、さらに、線虫に寄生された女王は卵巣が発達せずに不妊化することを明らかにしました。卵巣が発達しなければ、女王は巣作りを行うこともないので、線虫に寄生された女王の数だけ巣の数も減っていると推測されました。スズメバチの巣の数を減らすことは、刺傷事故数の減少に貢献すると考えられます。そこで、この線虫を利用したスズメバチの生物的防除の可能性を探るため、この線虫について、さらに詳しく調べることにしました。

寄生線虫の国内分布と寄主範囲

スズメバチタマセンチュウは最初、北海道札幌市のキイロスズメバチ（北海道ではこれまでケブカスズメバチと呼ばれてきました）(*Vespa simillima*) から発見されました。その後、道内では、江別市など札幌市周辺からも見つかっています。また、本州以南では、関東（茨城県など）と九州（熊本県）から見つかりました。まだ分布の確認されていない地域がありますが、北は北海道から南は九州まで広く分布している可能性が高いと考えられます。

北海道ではキイロスズメバチのほか、チャイロスズメバチ (*V. dybowskii*) に寄生していることがわかりました。関東ではキイロスズメバチとオオスズメバチ (*V. mandarinia*) に、そして九州ではオオスズメバチに寄生していました⁽²⁾。日

本には大型のスズメバチ類 (*Vespa* 属) が 7 種いますが、そのうちの 3 種が寄主として利用されていることになります。

寄主への感染経路

この線虫は、キイロスズメバチ女王の腹部内から見つかりました。女王のほか、働きバチやオスを解剖して、線虫が寄生していないかどうかを調べてみましたが、線虫に寄生されていたのは、すべて女王でした。この線虫は、どうも女王だけに寄生するようです。それでは、いったいどのようにして寄主であるスズメバチの女王に寄生するのでしょうか。その手がかりが同じ属のマルハナバチタマセンチュウ (*S. bombi*) にありました。この種はマルハナバチ類 (*Bombus* 属) の寄生虫として有名で、土の中で越冬している女王に感染することが知られていました。

そこで、朽ち木の中で越冬しているキイロスズメバチ女王を掘り出して、線虫に感染しているかどうかを調べてみました。すると、まだ生殖器官を発達させていない線虫（メス成虫）に寄生されている女王が見つかりました。寄主が越冬する「朽ち木」が感染場所であることがわかったのです。

それでは、朽ち木の中で寄主に感染した線虫は、いったいどこからやってきたのでしょうか。この手がかりもまた、マルハナバチタマセンチュウにありました。越冬から覚めたマルハナバチの女王は、しばらくすると巣作りを始めるのですが、線虫に寄生された女王は、越冬場所を訪れ、土の中に潜り込む行動をさかんに繰り返すというのです。そして、潜り込んだ土の中で線虫を放出していると考えられています。北海道では、越冬から覚めたスズメバチの女王が飛び始めるのは、だいたい 5 月のゴールデンウィーク前後です。ゴールデンウィークが終わってから、半信半疑のまま林床の朽ち木の周りで、線虫に寄生されたスズメバチの女王が飛んでくるのをひたすら待ち続けました。観察を始めてから 1 ヶ月半くらい経った 6 月下旬ごろ、とうとうキイロスズメバチの女王が朽ち木に飛んできました。そして、なんと朽ち木にあって穴に入り込んだのです。女王は穴に入ると、静止してしまいました。すると、女王の腹部の先から白いものが出てきました。線虫が束になって



図－１ スズメバチタマセンチュウの感染経路

寄主の女王から脱出していたのです。白い束となった線虫が朽ち木に到達すると、線虫は朽ち木に染み込むように見えなくなりました。寄主から脱出した線虫はまだ幼虫で、朽ち木の中で成虫になることもわかりました。こうして、スズメバチタマセンチュウは朽ち木に寄主を誘導して寄主の体内から脱出し、新たな寄主（新女王）がその朽ち木に飛来して越冬に入るのを待つ、ということがわかったのです⁽³⁾（図－１）。

生物的防除素材としての利用と課題

スズメバチタマセンチュウはスズメバチの女王から女王へ感染し、その感染場所として、寄主の越冬が行われる朽ち木が利用されていました。寄主から脱出し朽ち木に到達した線虫は、その時点ではまだ幼虫です。朽ち木の中で成虫になったあと交尾し、越冬中の新女王に侵入します。したがって、寄主に侵入する段階（感染態）の線虫を簡単に大量増殖させることができれば、必要に応じて必要な場所に線虫を導入することができます。線虫の導入場所は、新女王の越冬しそうな林床の朽ち木に限られますが、あらかじめ感染態の線虫が潜む朽ち木を、新たに林内などに設置することもひとつの方法かもしれません。

また、導入にあたっては、地元の線虫を増殖させて利用するように心がける必要があります。同じ種といっても、線虫は分布している場所ごとに遺伝的に少しずつ異なっている（遺伝的多様性）からです。別の場所の線虫を導入すると、在来線虫の遺伝的な固有性を損なう（遺伝的

攪乱）ことにつながります。さらに、いったん線虫を導入したら、導入以前の状態に戻すことは、たいへん困難であることも忘れてはいけません。線虫の導入後、その場所の、寄主となるスズメバチの種が絶滅し、生態系のバランスが崩れる可能性もありうるからです。今後、線虫を簡単に大量増殖させる技術確立するとともに、その利用にあたって注意すべき点をまとめた指針（ガイドライン）の作成が必要になってきます。

引用文献

- (1) 佐山勝彦・小坂肇・牧野俊一（2008）スズメバチの女王を不妊化する寄生線虫。森林総合研究所北海道支所研究レポート、99: 1-4.
- (2) 小坂肇・佐山勝彦・加藤一隆・神崎菜摘・牧野俊一（2011）スズメバチの手強い寄生天敵スズメバチタマセンチュウー寄生されるハチの種類と国内分布が明らかに。森林総合研究所平成 23 年版研究成果選集、64-65.
- (3) 小坂肇・佐山勝彦・神崎菜摘・牧野俊一（2011）生物的防除素材としてのスズメバチタマセンチュウの評価。森林総合研究所第 2 期中期計画成果集、8-9.

3. 森林・林業再生プランと先進ハーベスタを活用した木材生産システム

地域研究監 佐々木 尚三

はじめに

私たちの先人がこれまで営々と作り守ってきた国内 1,000 万 ha の人工林は現在成熟期を迎えており、その蓄積は 44 億 m^3 に達しています。これは森林王国として名高いフィンランドの 2 倍であり、毎年の成長量も 1 億 m^3 以上と同国の 4 割増しのペースで増加し続けています。日本国内にある森林は、資源としても世界に誇れるものです。

平成 22 年度に政府によって策定された「森林・林業再生プラン」はこの資源を有効に使い、わが国の成長戦略の柱の一つにしようとするものです。プランでは、2020 年までに木材の自給率を 50%まで引き上げ、そのことによって山村など過疎が進んでいる地域に経済効果や雇用を生み出すとしています。全ての経済活動や人の動きが大都市中心に動いている現在、山村経済を活性化させようとするこのプランが実現すれば、地域への波及効果は数値以上に大きいと考えられています。

林業は森林が年間に生長する量を超えない範囲で木材利用をすることが大原則です。しかし利用が少なすぎる場合、使われなかった森林の資源は価値を失います。現在わが国で利用されているのは 2 千万 m^3 に満たない程度であり、必要な管理が十分に行われていない状態です。国内の資源は充実してきているのに、海外から木材を大量に輸入し続けており、自給率は 26%にとどまっているのが現状なのです。

このことの原因の一つとして木材生産コストの問題があげられます。わが国の木材生産コストは海外の林業先進国と比べて非常に高く、最も生産性の高い北欧諸国の 1 m^3 当たり 1,300~1,500 円と比べて 5~6 倍の 7,000~8,000 円となっています。この高コスト体質を海外の林業先進国と競争できるようになるまで改善しなければ、自給率を高めることができません。その対策の一つとして森林林業再生プランでは、森林路網の整備と作業システムの構築による林業の低コスト化の実現が重要としています。

CTL システムとは

北欧諸国では、その平坦な地形条件等を活かすことでハーベスタとフォワーダによる全て機械化された作業が実現しています。その高度化さ

れた伐採システムは CTL (Cut To Length=短幹集材) と呼ばれ、現在世界で最も生産性が高く、労働安全性にも優れた作業システムと考えられています。さらにこの作業システムは生産性が高いばかりでなく、機械に GIS、GPS や情報伝達機能が搭載されており、作業オペレータは常に自分の位置、林分の情報などから作業の進行をモニターして適正な作業が行われていることを確認するとともに、需要側がどのような木材を必要としているかなどの情報を木材生産現場でリアルタイムに受け取り、より必要性の高い製品生産を行ったり、流通を合理化したりするなど、これまでの素材生産を一変させる可能性を持っています。

CTL システムはこれまで平坦で大規模な伐採が行われる場合の作業システムと考えられてきました。しかし近年ではその有効性が広く認識されて、中程度の傾斜地における小規模伐採までその適応条件を広げる試みが、北欧からドイツ・オーストリアなどの中欧諸国でも始まっています。しかし一方でこの作業システムは、大型機械が林内を直接走行して作業を行う仕組みであり、やはり架線やウインチシステムなどと比べると地形、気象や土壌条件など立地条件に制約を受けやすいと考えられます。そのため適用できる林分条件、基盤となる路網の整備指針や間伐の選木方針と作業方法などについては CTL システムに適したものとなるように慎重に決定される必要があります。とくに細かい尾根や谷が入り組んで複雑な地形であることの多いわが国の山岳林では、条件変化に柔軟に対応できるシステム選択指針が必要と考えられます。

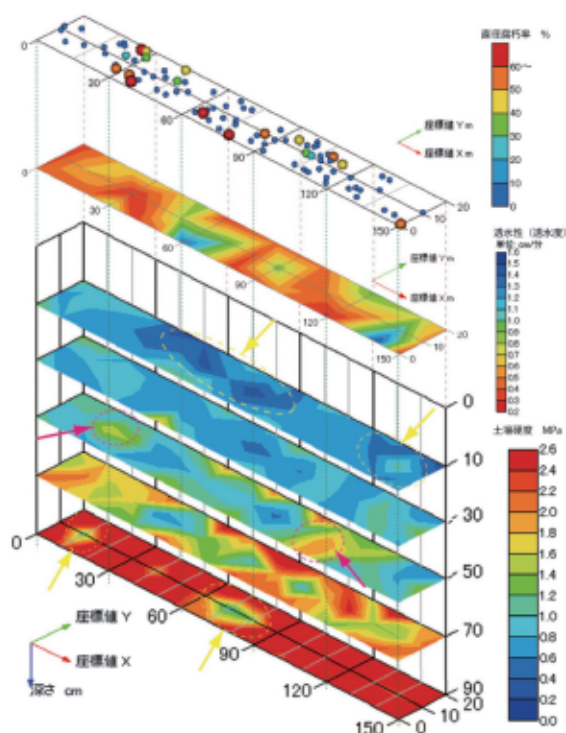
プロジェクト研究「緩中傾斜地に適した低コスト生産システムの開発」について

以上のような背景のもと、北海道支所では、伐採の生産性・安全性に関して、現在最も進歩している CTL システムを、わが国の緩中傾斜地に本格的に導入するためのシステムや路網整備技術の開発と関係する諸問題の解決を目標として、「緩中傾斜地に適した低コスト生産システムの開発」というプロジェクト研究を今年度から開始しました。具体的には、(1) CTL システムの適用条件と生産性・コスト、(2) CTL システムに適合する路網配置のあり方、(3) ハーベスタ等が林内走行

することによる環境負荷、を明らかにすると共に、(4)将来にわたりハーベスタを利用した高度機械化施業を実施するための育林体系を提示し、(5)ハーベスタが持つIT機能を活用することで、素材生産のさらなる高付加価値化を図るものです。

1年目を終えて現在のところの結果は非常に限定的ですが、以下のようなことがわかってきました。

1) 機械走行によって土壌が締固められる問題は、作業前の土壌物理性の違いによって大きく異なりました⁽¹⁾。今後はどのような土壌条件で締固めが生じるかを明らかにしていきます。



図－1 土壌硬度、透水性と腐朽木の分布

上段は健全木・腐朽木の立木位置、球の直径と色で直径腐朽率を示す。中段は透水性の平面分布。下段の5枚の図は深さ別の土壌硬度を示す。

2) 土壌硬度や透水性が立木の腐朽病害にどのように影響するか調べた結果、カラマツの根株腐朽木は、土壌硬く透水性が悪い場所に集中する傾向が見られました(図－1)。またトドマツの林分には、過去の林業機械走行から1m以内のごく近傍にある伐根には腐朽が多く発生していることが見られました。これらのことから土壌硬度や透水性がカラマツやトドマツの根株腐朽被害の発生に関与する可能性が考えられます⁽²⁾ので、今後データを増やして確認を続けます。

3) 導入された専用ハーベスタによる実証試験では、生産性が28.6 m³/時となり、日本国内においても北欧並の生産性を実現できる可能性が示されました(図－2)。



図－2 北海道に導入された専用ハーベスタ

4) 聞き取り調査から、CTLシステムは近年中欧諸国の20°以上の傾斜地への導入が多くなっており、傾斜線に沿った作業となるような路網計画と組み合わせることで安定した作業が行われていることがわかりました。

5) 傾斜地の路網配置については、等高線方向にmain roadを300m間隔、最急勾配方向にstrip roadを20m間隔とする路網配置が最も合理的とされていることがわかりました。今後路網のモデルなどによって、その合理性を検証していきます。

おわりに

CTLシステムではハーベスタの測尺機能が大きな役割を果たしています。この機能はハーベスタの付属機能でもあり、条件が整えばすぐに活用できる機能です。規定等により人手によって行われている検寸を、省力効果と精度の高いハーベスタ測定が使えるような条件整備を働きかけることも研究の役割の一つと考え、今後プロジェクトの中でできることを進めていきます。

引用文献

- (1) 橋本徹・相澤州平・伊藤江利子、ハーベスタ・フォワーダシステムでの間伐作業による林地土壌圧密の実態、北方森林学会論文集、60、2012
- (2) 山口岳広、カラマツ高齢林における根株腐朽被害と土壌硬度および透水性との関係-札幌羊ヶ丘での事例-、北方森林学会論文集、60、2012

◆第2回森林講座「樹木の病気のキホンの話」◆

平成 24 年 2 月 10 日(金)当所大会議室において、チーム長 山口岳広 が講師となり、第2回森林講座を開講しました(受講者数:55名)。

樹木の病気とはなにか、どうして起こるのか、どうやって診断するのか—などを、専門的な観点から解説し、樹木にもいろいろな種類の病気があり、またいろいろな症状があることを紹介しました。



◆第3回森林講座「ハリギリ(センノキ)の生態」◆

平成 24 年 2 月 24 日(金)、当所大会議室においてチーム長 飯田滋生 が講師となり、第3回森林講座を開講しました。(受講者数:40 名)

ハリギリが森の中でどのように成長し、種をつけ、子孫を増やしていくか—などについて、研究データを示しながら解説しました。



◆平成23年度 森林総合研究所 北海道地域研究成果発表会◆

平成 24 年 2 月 29 日(水)、札幌エルプラザ 男女共同参画センター ホールにおいて、「北の森(もり)のいまを知る」をテーマに4課題について発表を行いました。(受付者数:167 名)

1 番目に「ササの開花が同調する謎と林業への応用」と題し、旺盛な繁殖力で森を覆い尽くすササを、クローン単位で開花・枯死する性質を利用して刈払いを行うことで、林業の現場への応用の可能性について講演しました。

2 番目に「北限のブナの栄枯盛衰:どこから来てどこへ行くのか?—最近の植物学や遺伝学の研究成果から—」と題し、黒松内低湿地帯周辺を北限として分布しているブナは、約 1,000 年前にこの地に到着したと考えられていますが、どのように本州から北上し、その分布の過程やこれからについて講演しました。

3 番目に「食べるシカないっしょ!—シカ肉の資源活用拡大に向けて—」と題し、道内で増え続けているエゾシカを捕獲するだけではなく、食肉として利用すべく流通させるために、衛生管理に必要な体制整備について講演しました。

4 番目に「国内外におけるコンテナ苗生産の現況」と題し、現在注目されているコンテナ苗(プラスチック製のコンテナを使用して苗木を生産する方法)の導入の取り組みや今後の課題を、北欧の苗木生産現場における現況とあわせて紹介しました。



発表1(演者):北村 系子



発表2(演者):松井 哲哉



発表3(演者):松浦 友紀子



発表4(演者):竹田 宣明

森林総合研究所北海道支所研究情報誌 『北の森だより』Vol.8

編 集 ・ 発 行	独立行政法人森林総合研究所北海道支所 (担当:連絡調整室) 〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘 7 番地 TEL(011)851-4131 FAX(011)851-4167 URL http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp
印 刷	ひまわり印刷株式会社 〒053-0815 北海道苫小牧市永福町 2 丁目 1-4 TEL(0144)74-4500 FAX(0144)74-1151

2012 年 3 月30日発行

本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所北海道支所の許可を得て下さい。
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。