

北の森だより

Vol.15 平成 28 年 1 月

一 目 次



平成 27 年度森林総合研究所北海道地域研究成果発表会 発表集

1. 樹木に肥料を撒くと成長は良くなるか？ 相澤 州平 2
2. マスティング（一斉開花）の謎と意義 韓 慶民 3
3. 花が咲かねば苗木ができない ー樹木の着花をコントロールするー
福田 陽子 4
4. 空から森林を測る 古家 直行 5

研究紹介

- ・エゾマツとトドマツの結実を開花から予測する 関 剛 6



活動報告 8

- ・平成 27 年度一般公開を開催
- ・伐採・造林一貫システムの現地検討会と講演会を開催
- ・天然更新の活用現地検討会を開催



平成 27 年度森林総合研究所北海道地域研究成果発表会 発表集

1. 樹木に肥料を撒くと成長は良くなるか？

植物土壌系研究グループ 相澤 州平

1950 年代から 1970 年代にかけて、森林に肥料を撒いて収穫量を増やす目的で林地肥培研究が盛んに行われていました。森林総合研究所北海道支所（当時は林業試験場北海道支場）でも林木の成長や養分循環に対する施肥の効果を調べるため、1973 年に林地肥培モデル実験林を設定し、現在も施肥を継続しています。この試験地での 40 年に及ぶ研究でわかってきたことを紹介します。

試験の方法

このモデル実験林は札幌市街地の南東端の丘陵に位置する北海道支所構内に設定され、1973 年にトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツが、翌年にウダイカンバが植栽されました。樹種毎に施肥区と無施肥区を 2 区ずつ設定し、1978 年に施肥を開始しました。写真－1 は植栽後 11 年目の状態で、施肥により樹高が増大していることがわかります。2 つの施肥区のうちの片方は 6 年間で施肥を中止し（6 年施肥区）、もう片方は施肥を継続しています（連年施肥区）。樹高、直径の毎木調査と表層土壌採取を定期的に行っています。



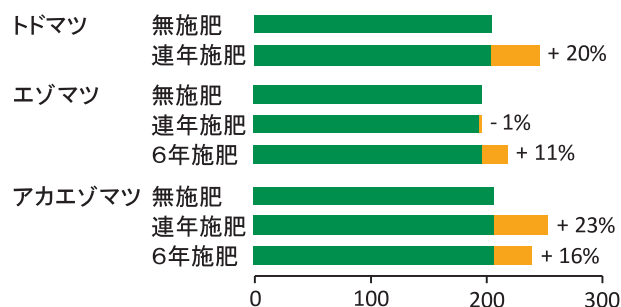
写真－1 施肥開始後 6 年のトドマツ(11 年生)
(左側:施肥区、右側:無施肥区 積雪 90cm)

成長量の増加と土壌の酸性化

施肥開始後 17 年間のトドマツの成長を解析した結果、直径、樹高とも施肥により増加しましたが、連年施肥区と 6 年施肥区では成長に大きな差はありませんでした。葉の養分濃度の変化も含めて考察すると、施肥により初期の樹高成長が増大するため他の植物から早く抜け出して十分に陽光を受けられる利点があると考えられました。

植栽後 40 年経った 2013 年に、施肥区、無施肥区で各樹種 5 本ずつ、重量を測定しました。毎木調査の結果とあわせて試験区全体の幹の重量を計算したところ、どの樹種も無施肥区では 1 ha あたり 200 t 前後であり、施肥による増加量は、連年施肥区では 20～23%、6 年施肥区では 11～16%でした（図－1）。ただしエゾマツの連年施肥区では重量増加は見られませんでした。

一方、植栽後 20 年間の土壌の変化を調査した結果、樹木の成長に伴って表層土壌の pH が低下している（酸性化している）こと、また、施肥をすると pH がさらに低下することがわかりました。pH 低下の程度は樹種によって異なり、アカエゾマツが最大で、ウダイカンバはあまり低下しませんでした。



図－1 2013 年の試験区毎の幹重量 (t/ha)
(右の数字は無施肥区を 100%とした場合の増加量)

施肥と林業

この試験地では、6 年間の施肥により 40 年後の収穫量（幹重量）が 15% 程度増加したことになります。必要な肥料代は現在の価格で 1 ha あたり約 90 万円でした。人件費等の肥料代以外にかかる経費や、初期成長増加により下刈り回数が減ることによる経費節減の効果を検証しないと確実なことはいえませんが、肥料代だけで見ると現在の材価では元を取るのには難しそうです。土壌酸性化の危険も考慮すると、通常の林業においては施肥はあまり有効ではないと考えられます。

施肥により樹木の成長は増加しましたが、一方では土壌の酸性化が進行しています。土壌と植物の応答を実証的に研究する場として、今後も当試験地を活用していきたいと考えています。

平成 27 年度森林総合研究所北海道地域研究成果発表会 発表集

2. マスティング（一斉開花）の謎と意義

CO₂ 収支チーム長 韓 慶民

未知のメカニズム

マスティングとは、何年かの間隔で多数の植物個体が一斉に開花する現象です。タケやササに見られる数十年周期の一斉開花・枯死や、ブナ科やマツ科など林業上重要な樹種の数年周期の開花・結実量の変動などがよく知られています。

マスティングは、その植物の更新ばかりでなく、種子を餌とする動物などを通じて森林の生態系全体に影響を及ぼすため、古くから様々な研究が行われてきました。

「なぜマスティングが起こるのか?」、言い換えれば「マスティングにはどんな有利性があるのか?」については、進化的な視点からいろいろな仮説が提唱され、実証されてきました。一方、「どのようにしてマスティングが生じるのか?」という現象のメカニズムについては、樹体内の貯蔵資源（炭水化物）の蓄積と枯渇のバランスが原因とするモデル（資源収支モデル）が広く受け入れられていましたが、その正否は不明のままでした。そこで私たちはブナを用いて、この問題に挑みました。

種子生産の炭素源

栄養成長と繁殖の両方に利用される炭素資源は、上記の貯蔵炭水化物とその年の光合成生産物との二つに分けられます。しかし、繁殖年齢に達した樹高数十メートルの高木では、種子生産にどちらの炭素資源が使われるのかを調べるのはきわめて困難です。そこで、スイスのバーゼル大学と共同で、貯蔵炭水化物を安定同位体でラベリングし、当年の光合成生産から区別できるように工夫しました。その結果、種子生産の炭素源が貯蔵炭水化物ではなく、その年の光合成生産であることが初めて実験的に明らかになりました。

不作の原因は窒素不足

この結果は、資源収支モデルの仮定に反して、貯蔵炭水化物は結実豊凶を直接引き起こす資源ではないことを示しています。では何がその引き金になるのでしょうか? 種子生産に大きく貢献するその年の光合成生産は、葉の窒素濃度と正の相関を持つことから、窒素資源が結実豊凶を制限する要因ではない

かと疑われます。種子を作るにはまず花芽の分化が必要ですが、1 個の花芽を作るには、葉芽の 2 倍以上の窒素資源が必要です（図-1）。

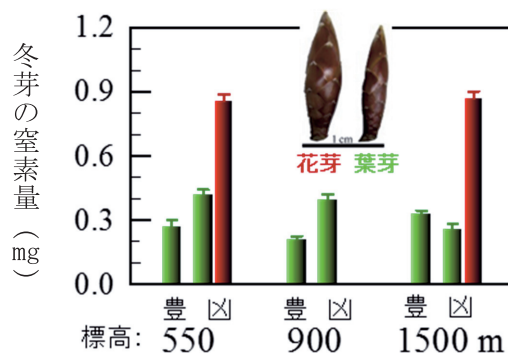


図-1 花芽と葉芽の窒素量

また豊作の 2005 年には、落葉の窒素量が落果の窒素量とほぼ同量で、種子生産に大量の窒素が消費されるとわかりました（図-2）。つまり、豊作年には窒素資源が優先的に種子生産に配分され、花芽分化に必要な窒素資源が不足するため、翌年に凶作になることが解明されました。

このように 2 世紀以上にわたり神秘のベールに包まれていた結実豊凶現象は、近年の研究で次第に明らかになりつつあります。この研究成果は、ブナなど堅果類樹木の結実間隔や着果量の予測だけでなく、今後の気候変動に対応したブナ林の天然更新や保全技術の開発、さらにはクマなどブナの結実に依存する野生生物の保護管理手法の策定など、幅広い分野に応用できます。

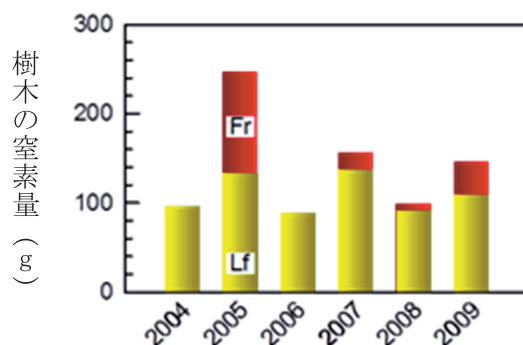


図-2 落葉(Lf)と落果(Fr)に含まれる窒素量

3. 花が咲かねば苗木ができない

ー樹木の着花をコントロールするー

北海道育種場 育種研究室 福田 陽子

樹木の着花（着果）は年によって大きく変動することが多く、林業上重要なカラマツやグイマツ、トドマツ、アカエゾマツにおいても顕著な年変動があります。造林のニーズに対応して安定的に種苗生産をするためには、種子の豊凶を気象要因から予測する手法や人工的に着花を促進する方法を確立し、種子生産性を向上させる必要があります。

樹木の着花促進技術

樹木の着花促進法には、環状剥皮（幹や枝の樹皮を剥ぐ）や根切り、スコアリング（幹や枝に鋸目を入れる）など、幹や枝、根を傷つける刺激による方法と、植物ホルモンを利用する方法があります。スギやヒノキでは、植物ホルモンの一種であるジベレリン(GA_3)を利用した着花促進が実用化されており、処理の時期を変えれば雄花と雌花どちらかを選んで着花を促進することも可能です。

北方樹種の着花促進はまだ研究の途上ですが、グイマツではスコアリング（枝に傷をつける）の効果が大きく、ジベレリン($GA_{4/7}$)処理を併用することによって、さらに着花を促進できる可能性が出てきました。処理の時期やジベレリン濃度などを詳細に検討し、効果の高い着花促進法を確立したいと考えています。



写真-1 注射によるジベレリン処理

着花の遺伝性と着花促進の効果

樹木の着花量には年変動だけではなく、クローン（品種）間での差もあるので、遺伝的な要素も関係しています。それでは、着花促進の効果についてはどうでしょうか。着花促進をすれば、どんなクローンでも着花させることができるのでしょうか。

ヒノキについて、ジベレリン処理をした場合としない場合の着花量を4年間調査したところ、両者には相関関係があり、自然着花量の少ないクローンは着花促進しても着花量が少なく、一方で自然着花量の多いクローンは着花促進によってより着花量が多くなる傾向がみられました（図-1）。したがって、種子生産の向上には、着花量の多いクローンを利用することも重要だと考えられます。また、スギの着花に関する研究では、着花特性は親から子へ受け継がれる遺伝的な形質であることも明らかにされています。

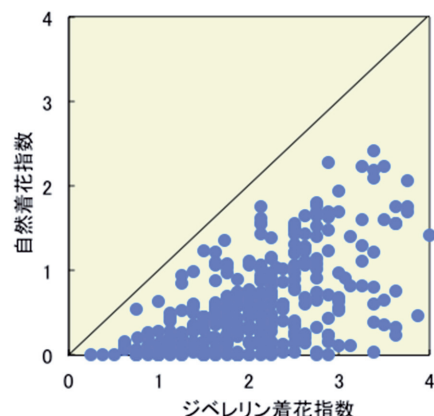


図-1 自然着花量とジベレリン処理による着花量の関係。各点は各クローンの4年間の着花指数の平均値。指数が大きいほど着花量が多い。

種苗の安定供給に向けて

これまで、林業樹種の品種改良は成長や材質に主眼をおいて進められてきました。これらの特性の重要性はもちろんですが、種子生産を考慮すると着花性の改良も重要な課題です。種子生産性の向上に向けて、着花促進処理技術の改良と併せ、着花性も視野に入れた育種を進めたいと考えています。

平成 27 年度森林総合研究所北海道地域研究成果発表会 発表集

4. 空から森林を測る

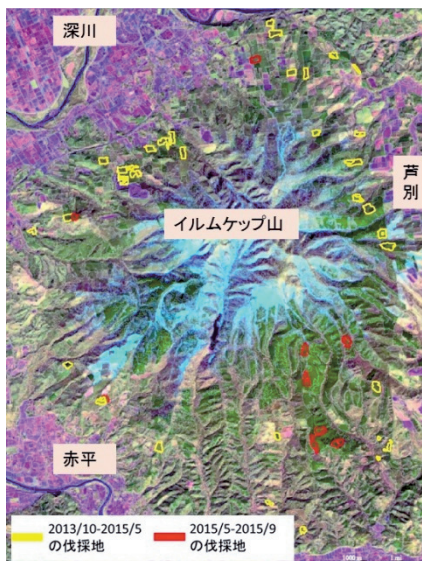
北方林管理研究グループ 古家 直行

空から森林を測るとは？

広域に広がる森林を効率よく観測（モニタリング）するために、「空から森林を測ること」が必要となります。空から、そして宇宙からと、観測は様々な方法を利用して実施されています。ランドサットという衛星は約 700km 離れた宇宙から、代を変えながら 1970 年代から観測を継続している一方、より詳細な 30cm の解像度で地上を観測する衛星もあります。また、国内では航空機による空中写真撮影が第二次大戦以降継続的に実施されています。森林のように長期間の変化を捉える必要がある時、このデータの継続性は非常に重要です。

広域解析も手軽に

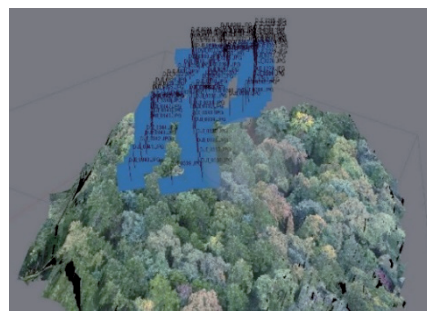
広域解析を目的に自動解析による効率作業が期待されますが、「自動」にこだわらなくても、「判読」といった作業を重ねることで解決できることも多くあります。例えば、25,000ha の伐採地調査（芦別イルムケツ山周辺）を例にとりあげます。インターネット経由で無償にて入手可能な 3 時期のランドサット画像を利用しました。異なる時期に撮影された画像を比較し、境界線を引けば、伐採地調査はできてしまいます。決して狭くない範囲ですが、2 年間に伐採がどこでどのように行われたか一目瞭然です（図－1）。このような作業は、現場レベルの通常業務に組み込むことが十分可能と思われる。



図－1 簡易な判読による伐採照査の事例

ドローン空撮の可能性

ドローンは手軽さや撮影の自由度に特徴があります。森林を 50-100m といった低高度から撮影すれば、樹冠の様子を詳細に観測することが可能ですし、さらに空撮した大量の画像をもとに森林の三次元モデルを簡単に作成することができます（図－2）。こうした技術は森林資源調査や災害時の現場記録に有効と考えられます。また、樹冠の近接画像は着花調査など新たな活用も期待されます。



図－2 森林の三次元モデリング

図－3 はドローン空撮より作成された伐採地の地表面を表わす陰影図です。伐採地の伐根の分布、枝条の処理状況、微細な地形の凹凸など現場状況が詳細に表わされています。



図－3 伐採地の陰影図（点状に伐根が分布）

「グローバル・保全・計画」と「ローカル・利用・現場作業」の調和を目指して

「森林」を取り巻く環境は長い年月の間に変わります。空から森林を見守り柔軟に視点を変えながら、時に客観的な長い目で、時に現場目線で取り組む必要を感じます。ドローンの利用は若者に森林・林業に興味を持ってもらう良いきっかけとなるかもしれません。広大な森林を持つ北海道から、利用と保全の調和の取れた管理技術を発信していきたいものです。

研究紹介

エゾマツとトドマツの結実を開花から予測する

森林育成研究グループ 関 剛

結実と種子の豊凶

針葉樹の球果（いわゆるマツボックリ）は多数の種子を含みますが、球果も種子もその生産量は年によって顕著に変動します。北海道の森林を代表する針葉樹、エゾマツ、トドマツも例外ではありません。種子の豊作は、次世代の樹木が森林に新たに加わる第一段階です。そして人間にとっては、樹木の苗木生産に必要な種子の収集に好適な機会です。

分類学上、エゾマツとトドマツはマツとは異なる二つのグループに属します。化石によると、両者の祖先は恐竜が生息していた時代（白亜紀）にはすでに別のグループだったと考えられています。そのことを反映してか、両者の開花・結実にはいくつか異なる特徴があります。

エゾマツとトドマツの種子生産で共通するのは、全く種子が生産されない年があることと、発芽しない種子の割合が高い球果の多い年があることです。球果は雌花が成長したのですが、全く種子が生産されない年は、開花・結実の前年に花芽ができていない年です。残念ながら、年による花芽の数の変動を予測する技術は発展途上です。

一方、発芽しない種子の多い現象は、球果の数に対して雄花が少ない年に起こりやすいようです。種子生産の予測には花の数を早めに知る必要があります。ここでは雌雄の花の特徴をエゾマツとトドマツを比較しながら紹介します。

雌花の特徴

同じ場所であればエゾマツの方がトドマツより早く開花します。春の温度条件による変動がありますが、目安として、エゾマツは低地では5月中旬から、標高の高いところでは5月下旬から開花しま

す。トドマツの開花はおおむねその数日後です。

エゾマツとトドマツでは、雌花の位置が異なっています。エゾマツでは、雌花は枝の先も含めさまざまな位置で開花します（写真－1）。また、雄花が枯れるころ、若い球果は枝の下側に垂れ下がります（写真－2）。



写真－1 エゾマツの雌花



写真－2 エゾマツの若い球果 右下に茶色く見えるのは枯れた雄花

これに対し、トドマツでは、雌花は枝の上面で開花します（写真－3、4）。そして、若い球果は上方に成長します。樹木全体でみると、トドマツの雌花は相対的

に高い位置の枝に集中する傾向があります。

エゾマツの雌花は枝と明瞭に異なる色で目立ちますが（写真－１）、トドマツでは赤い雌花（写真－３）の他に黄緑色の雌花もあります（写真－４）。こうした特徴から、エゾマツの雌花は肉眼で確認しやすいのに対し、トドマツの雌花は離れた位置から双眼鏡等を使用しないと確認が困難です。



写真－３ トドマツの雌花（赤い雌花）



写真－４ トドマツの雌花（黄緑色の雌花）

雄花の特徴と探し方

雄花については、エゾマツでは個々に分散して開花する（写真－５）のに対し、トドマツでは小枝の下面で多数がまとまって開花します（写真－６）。花粉放出後のしおれた雄花は一気に脱落せず、褐色の枯れた雄花がしばらく残ります（例えば写真－２右下側）。また、いずれの種でも雄花は雌花よりも低い位置の枝で見ら

れます。この傾向はトドマツで顕著です。樹木全体では、雄花は、枝のある部分の中で少し低めの部分を目標に観察すると確認できます。地表に最も近い枝では、豊作の年でもほとんど見られません。

種子の豊作予測には開花期の雄花の量の確認が欠かせません。豊作年のエゾマツでは、地上から多数の樹木を対象に比較的短時間で雄花を観察できます。



写真－５ エゾマツの雄花（開花直前）



写真－６ トドマツの雄花（花粉放出後）

これに対しトドマツの豊凶予測では、雄花の多い樹木が林分内にどれだけの割合存在しているのかを把握するのが効率的です。森林で種子の豊凶予測の作業をする上では、高い位置の枝にある雌花を探すために樹木から離れるように動き回るよりも、やや低い位置の枝が確認できる場所から雄花を丹念に確認していく方が有効と考えられます。

活 動 報 告

◆平成 27 年度一般公開を 開催◆

平成 27 年 5 月 16 日（土）、当支所構内において一般公開を行いました。来場者数 174 人と大勢の方にお越しいただきました。一般の方が普段は立ち入れない実験林内で実験林ツアーや、普段からご利用いただいている樹木園のガイドでは、皆さんから多くの質問を受け、熱心にご参加いただきました。

また、会議室で行った森林講座では、森林生物研究グループの松浦主任研究員が「さわって学ぼう、エゾシカ講座」と題し講演を行いました。

皆様の協力のもと無事終了することができ、ありがとうございました。



実験林ツアーの様子

◆伐採・造林一貫システムの現地検討会と講演会を開催◆

- ・平成 27 年 7 月 3 日（金）下川町
- ・平成 27 年 11 月 17 日（火）厚真町

北海道支所は、下川町および下川町ふるさと開発振興公社と共同で、農林水産省の研究開発事業「先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる低コスト人工林管理技術の開発（H25～27）」を行っています。本事業は、トドマツ、カラマツ等の道産樹種の素材生産と、再造林とを一貫したシステムとして作り上げ、低コストで効率の良い北海道型林業を目指すものです。

本年度は本事業の最終年度に当たるため、研究成果を道内各地に普及することを目的として、現地検討会と講演会を行いました。

道内の林業事業体や森林組合を始めとして、道有林、国有林関係者、研究機関など多くの方にご参加いただきました。



下川町での現地検討会

◆天然更新の活用現地検討会を開催◆

平成 27 年 7 月 24 日（金）、上川北部森林管理署管内朝日国有林で天然更新の活用現地検討会を開催しました。北海道支所は北海道森林管理局森林技術・支援センターと共同で「天然林での樹種の多様化を図る更新方法の開発」に取り組んできました。本研究は、多様な樹種の天然更新を得るための更新補助作業として、択伐後の天然林内において小規模な地がきや根返しを実施し、その結果をもとに更新補助技術の開発を行うことを目的としており、平成 21 年に調査地を設定しその後毎年調査を行ってきました。本検討会では、昨年秋までに実施した 5 年間の調査結果をもとに、現地での説明を行いました。



現地検討会の様子

森林総合研究所北海道支所研究情報誌 『北の森だより』Vol.15

編集・発行	国立研究開発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.affrc.go.jp/hkd/
印刷	小南印刷株式会社 〒060-0009 札幌市中央区北 9 条西 23 丁目 2-5 TEL(011)641-5373 FAX(011)611-4343

2016 年 1 月 15 日発行

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

