

【話 題】

国際会議「IUFRO Seed Orchard Conference 2017」について

松下 通也<sup>\*1</sup>・松永 孝治<sup>2</sup>・田村 明<sup>1</sup>

はじめに

2017年9月4日から6日にわたり、北欧スウェーデン南部に位置する首都ストックホルム郊外のBålsta市内Aronsborg Conference Hotel (図-1A)にて、採種園に関する国際会議「IUFRO Seed Orchard Conference 2017」が開催された。本会議はIUFRO (国際森林研究機関連合)のDivision 2のWorking Unit 2.09.01の公式会議として位置づけられている。2007年以降、隔年開催され、過去の韓国やトルコでの開催を経て今回スウェーデンで開催された。本大会では、世界21国・地域から110名を

超える研究者が参加し、6つのセッション (Management for Productivity、Pests and Pathogens、Cone and Seed Health and Development、Impact on Forestry and Society、Design and Strategy、Genetic Diversity and Fertility Variation)で基調講演9件、口頭発表26件、ポスター発表22件が行われた。日本からの参加者である松下、田村は、本州および北海道のカラマツ属の繁殖の年変動に影響する気象条件の解析結果についてポスター発表し、松永は日本におけるマツノザイセンチュウ抵抗性育種の取り組みについてポスター発表した (図-1B)。著者らが注目した発表および採種園でのエクスカージョンについて紹介する。

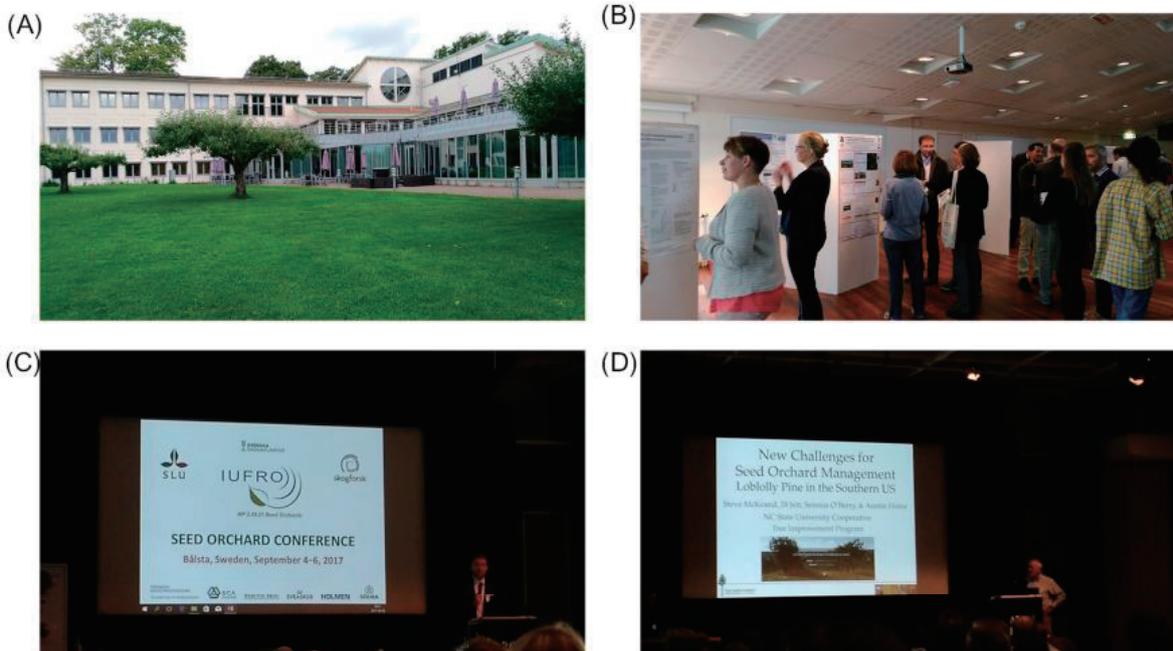


図-1 会場となった Aronsborg Conference Hotel (A) と、ポスター会場の様子 (B)、本大会のオーガナイザーである Tomáš Funda 氏による開演の挨拶 (C)、Steve McKeand 教授による基調講演 (D)

\* E-mail: matsushita@affrc.go.jp

1 まつした みちなり、たむら あきら 森林総合研究所林木育種センター  
2 まつなが こうじ 森林総合研究所林木育種センター九州育種場

## 基調講演および口頭発表

### Management for Productivity

McKeand S. 教授による基調講演では、Loblolly pine (*Pinus taeda*) 採種園における近年の動向が紹介された (図-1D)。アメリカ南部では遺伝的に改良された苗木が年40万ha植栽されており、大半が採種園産である。しかし10年ほど前から、より遺伝的価値の高い種苗に投資することが林業利益向上に重要であると強く認識されるようになり、造林地の約15%において遺伝的に管理された人工交配家系の種苗(11,600万本)が利用されている。通常自然受粉による採種園産種苗は1,000本で50ドル、一方遺伝的に高い性能が期待される交配家系の苗は同本数で229ドルと4倍以上の価格の違いがあり、性能に応じた価格設定がされている。従来採種園における自然交配種子生産に比べて、人工交配による種子生産は手間と作業コストがかかるが、効率的な種子生産のために同じクローンを小ブロック単位(8本程度)にまとめて植栽する採種園設計や、高接ぎ(Top grafting)によって採種木の早期更新を図る等、作業効率を向上させつつ採種園種苗の遺伝的価値を最大化するよう、採種園設計や管理手法の改良が常になされている。

Austin Heine は、人工交配のさらなる効率向上のための新たな交配袋の開発について発表した。Loblolly pine では、高所作業車を用いた大規模な人工交配が事業的に行われており、日本のものより大きな交配袋を用いて、輪生枝全体をワイヤーで固定して一つの袋に入れている。また除雄の必要がない樹冠上部の枝のみを利用することで高所作業車での作業効率を向上させている。従来、専門技術者二人一組で袋かけ数400袋/日程度であったものが、袋の改良により800袋/日程度まで向上したとのことである。

Ruotsalainen S. 氏は、フィンランドにおける Scots pine (*Pinus sylvestris*) 採種園の genetic thinning (遺伝的間引きによる改良) について紹介した。フィンランドの多くの採種園は民間企業等が所有しており、所有者が Luke (フィンランド自然資源研究所) に対して、採種園から得られる種苗のどの形質を重視するのか・将来的な管理(間伐後の植栽密度等)をどのようにしたいかを相談するところから採種園設計は始まる。Luke は、樹高や材質等の育種価や雌雄の開花量の特性評価をもとに各クローンの総合指数値を算出し、将来的に採種園から生産される種苗のパフォーマンスを最大化するプランをいくつか提案する。この際、自殖リスクや種苗の遺伝的多様性(status number)も所有者へ説明し、十分に討議

した上で所有者が納得できる間伐方法で genetic thinning が行われる。

### Pests and Pathogens

基調講演2件と口頭発表6件がなされ、健全な種子生産の安定化のためペストコントロールが非常に重要なテーマとして認識されているという印象を受けた。Kaiteira J. の発表では、*Picea* 球果のさび病についてレビューを行い、最も深刻な病原体 *Thekopsora areolata* は、時にノルウェーの採種園産種子に50~100%もの損失を引き起こすと報告していた。

Lofstedt C. や Svensson G.P. らは、農薬使用規制の厳しいEUにおける低環境負荷の総合的害虫管理の一手法として、性ホルモンを用いて害虫の繁殖サイクルを攪乱し害虫個体群を管理しようとする研究について発表した。従来の化学農薬等と比較して、性フェロモンは、無毒で自然分解が容易・種特異的で少量で効果を発揮・害虫の抵抗性進化リスクが低いといった利点がある。彼らは、性フェロモンの同定という基礎生物学的な研究からスタートし、より応用的・実証的なフェロモントラップを用いた野外での害虫個体群のモニタリング、そして人工散布による交配攪乱の効果検証という3段階で研究を展開していた。実用化のためには基礎研究に基づく害虫個体群動態のさらなる理解が不可欠であると感じたが、農薬低減に向けて真摯に取り組む姿勢に好感を持った。

### Cone and Seed Health and Development

McCartain S.A. 博士の基調講演では、苗木生産のさらなる歩止まり向上やコスト削減のため、適切な種子精選・温度処理による発芽率の向上や、発芽促進による苗木成長期間の長期化への取り組みが重要であることを報告した。Akhter S. 氏ら (Swedish University of Agricultural Sciences) による Norway Spruce (*Picea abies*) の雌花形成に関わる突然変異体を用いたトランスクリプトーム解析の研究には、質疑を含め活発な議論が展開された。ジベレリン処理による球果発達誘導におけるマーカー候補として *PaMADSX* に着目しているという。また Katri Himanen 氏らは、採種園における Norway spruce の種子成熟の過程が、球果の含水率からある程度推定できることを発表した。しかし、同程度の含水率でも発芽率に大きなクローン間差が存在するため、球果採取時期の最適化・苗木生産の効率化に向けたさらなる知見の蓄積が重要と認識しているようである。

### Impact on Forestry and Society

El-Kassaby Y.A. 教授 (University of British Columbia) による「Tree Improvement in the Genomics Era」と題した基調講演では、Genomic selection による高速な育種への潮流について発表がなされた。従来の循環選抜育種は選抜 Selection・育種 Breeding・検定 Testing のサイクルで構成されているが、近年の分子生物学的手法の進展により、Breeding を省略する Breeding without Breeding (BwB)、更に Testing も省略する Genomic Selection (GS) という育種概念を説明し、GS によって表現型を遺伝情報で高精度に予測できるようになれば、市場や環境の急激な変化にも迅速に対応可能となると論じた。また GS による高速育種に適応した新たな採種園設計・管理の在り方が問われているというメッセージが提示された。引き続き口頭発表では、オーストリアでの European larch における Breeding without Breeding (BwB) のプログラム“XXLarch”について研究紹介がなされ、すでに第二世代の採種園の一部は BwB で設定されていることが紹介された。また気候変動による旱魃の耐性系統の MAS (Marker assisted selection) に取り組んでいることが発表された。

### Genetic Diversity and Fertility Variation

このセッションは発表題目が最も多く、Jaroslaw Burczyk 教授、Xiao-Ru Wang 教授による基調講演のほか、採種園における花粉流動や繁殖変動に関する内容を中心に8件の口頭発表があった。J. Burczyk 教授 (Kazimierz Wielki University) は、採種園における交配パターンのモニタリング研究より得られた知見からの管理への方策について紹介した。交配様式のモニタリングには遺伝マーカーによる遺伝子型の評価 (ジェノタイピング) が必須であるがエラーが生じる可能性がある。このジェノタイピングエラーの発生を確率的にモデルに組み込んで解析する研究手法の発展について議論がなされた。また採種園の外部花粉の混入率を推定することは重要であり、その評価には十分に注意すべきである点が強調されていた。また2つの研究事例を紹介して採種園における交配パターンの研究が採種園設計にどう寄与できるかについてメッセージが示された。

X.-R. Wang 教授 (Umeå University) は、将来の気候変動下における採種園および育種種苗の適応性に関する研究の方向性について発表がなされた。屋内採種園を用いた研究プロジェクト (Tent Project, 2009-2014) の紹介がなされ、人工的に管理された集団である採種園は遺伝的バックグラウンドが既知であり、樹種の交配特性や適応性を研究する上で強力なツールとなりえる。さらに

現在進行中の研究プロジェクト (A systematic investigation into the function of pine and spruce seed orchards, 2016 – 2018) の紹介では、気候変動に対する採種園のパフォーマンスを把握するため、地理的に異なる採種園由来の苗に対する大規模なジェノタイピングとフェノタイピングを実行し、適応性 (例えば、耐凍性) 評価を実施しているとのことであった。そして、環境 (E)・形質 (P)・遺伝 (G) に関する知見を蓄積・統合しデータベース化する“Digital seeds”のコンセプトによって、気候変動に対抗的な採種園の設計に寄与できるというメッセージが印象的であった。

### Norway Spruce 採種園でのエクスカーション

会場近くの Norway spruce 採種園 (Albruna Norway spruce seed orchard) にて、エクスカーションが催された。この採種園は1987年に設定され、25 ha の敷地内に139クローンが植栽されている (7 × 4m 間隔)。エクスカーションでは、3組に分かれて、ジベレリン<sub>47</sub> 注入による着花促進、病害管理、および重機を用いた樹冠管理について説明がなされた。ジベレリンの幹への貫注による着花促進処理では、対象個体の状態 (樹齢・大きさ) と環境条件の好適さ (採種園の場所、気象条件) によって処理を実施するか否かを判断している。冷夏で翌年が不作と見込まれる、あるいは高温・高日照で翌年が大豊作と見込まれる場合には、処理による促進効果が十分でない判断している (図-2)。

樹冠管理では、スペーシング (植栽間隔) と断幹処理高の組み合わせによって、もっとも採種量が多くなる管理法について試験を実施した結果 (Almqvist and Jansson 2015) について紹介された。断幹および剪定処理には重機を活用しており (図-3)、採種効率を最適化しつつ、採種量をいかに最大化するかについて、採種園の管理に携わる多くの人々が真剣に検討している点が印象的であった。

### おわりに

御大 Dag Lindgren 氏によるクロージング講演にて、「Seed orchards are the cradle for the future. (採種園は将来へのゆりかご)」というメッセージが印象的であった。遺伝的に改良した育種種苗の役割は、その高い成長性による炭素固定能を発揮することで、気候変動を緩和すると

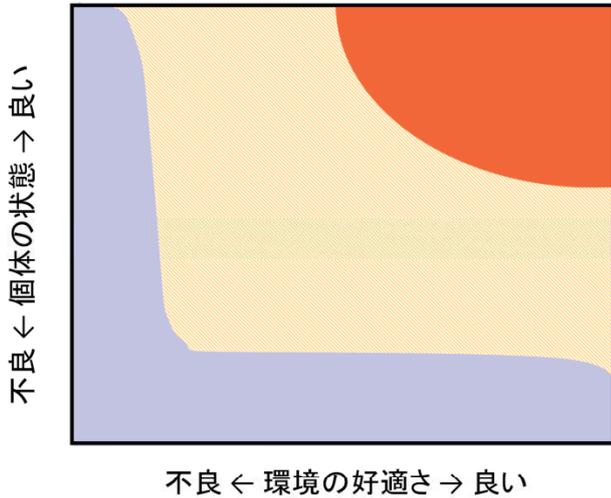


図-2 採種園における個体の状態（樹齢や大きさ）と気象や立地環境の好適さという二軸による着花促進処理を実施するか否かの判断の模式図。エクスカレーションでの説明資料をもとに描く。波線部分ではジベレリン貫注処理などの着花促進施行を実施する。しかし、花芽分化時期の気象が非常に良かった場合（例えば夏季が高温・長日照）には、促進処理の効果が不明瞭であるため実施しない。また気象条件が不適の場合には、促進処理をしても、それほど効果が見込まれないため実施しない。

いう世界的政策にとってますます重要な存在である。気候変動や消費者ニーズ、市場構造の変化に柔軟に対応し、育種によって改良された優良種苗を効率的かつ確実に生産して山に送り届けるため、森林管理の最初のステップとしての採種園の設計・管理は重要である。交配パターンを考慮した採種園設計、コストを考慮した適切な施肥、樹型誘導、病虫害管理、着花促進といった基礎的技術の高度化だけでなく、施設内採種園等の新たな採種園へのフレキシブルな取り組みの双方が重要なテーマであることを再認識させられた国際会議であった。

また、欧米諸国からの参加が多かった一方、韓国や中国、トルコ、インド等のアジア諸国の精力的な活動も印象的であった。彼らは自国の活動を積極的に紹介し、世界に対する自国の林業ブランド力を強化しようというモチベーションを感じた。世界的な木材需給トレンドの変化の中で、日本の活動も積極的に発信していくことが重要であろう。なお、次回の Seed Orchard Conference は、中国の南京で開催されることが決定された。

### 引用文献

Almqvist C, Jansson G (2015). Effects of pruning and stand density on cone and pollen production in an experimental *Pinus sylvestris* seed orchard. *Silva Fennica*: 49: ID1243, <https://doi.org/10.14214/sf.1243>.



図-3 エクスカレーション会場となった採種園における重機による断幹・整枝の様子