

平成 22 年度海外林木育種事情調査

オーストラリア林木遺伝資源施設及び育種事情調査報告概要

(調査期間:平成 22 年 4 月 10 日～18 日)

南オーストラリア州、ニューサウスウェールズ州、ヴィクトリア州といったオーストラリア南部では、民間企業等が出資する共同組合により先進的な林木育種が行われています。本調査では、このオーストラリア南部において林木育種事業や研究の事情を調査しましたので、その概要を報告します。

独立行政法人 森林総合研究所林木育種センター

遺伝資源部長 栗延 晋

遺伝資源部探索収集課主任研究員 宮本尚子

海外協力部海外育種情報主幹 大門誠

訪問先と主な活動

調査の前半でオーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO) Plant Industry Division(写真 1)及びオーストラリア林木種子センター(ATSC)(写真 2)とその遺伝資源保存園(写真3)を訪問し、主に林木遺伝資源関係の調査を、後半でオーストラリア南部育種協会(STBA)(写真4)とその管理下にある林業樹種遺伝資源センター(NGRC)(写真5), STBA からライセンスを付与されて産業造林用の種子を生産・販売している seedEnergy(写真6)を訪問し、主に林木育種事業の状況の調査をそれぞれ実施した。



写真 1: (CSIRO) Plant Industry Division
(キャンベラ)



写真 2: オーストラリア林木種子センター(ATSC)
(キャンベラ)



写真 3: ATSC 遺伝資源保存園
(ニューサウスウェールズ州)



写真 4: オーストラリア南部育種協会(STBA)
(南オーストラリア州)



写真 5: 林業樹種遺伝資源センター(NGRC)
(南オーストラリア州)



写真 6: seedEnergy
(南オーストラリア州)

調査結果概要

1. オーストラリアの森林・林業の概要

オーストラリアの森林面積は 1 億 6,440 万 ha で 国土の 21%が森林。内訳は、天然林が 1 億 6,270 万 ha , 人工林が 197 万 ha。人工林は、ラジアータマツ等の softwood が 1.01 百万 ha, ユーカリ, アカシア等の hardwood が 0.96 百万 ha。hardwood の面積は過去 10 年間でほぼ 3 倍になっている(図 1)。

人工林(立木)の所有形態は面積で民間所有が 61%, 州政府等の公有が 33%, 官民共有が 6%。投資類型別では、州政府系の資金が 37%, 投資企業による投資が 34%, 退職者年金の運用資金が 11%となっている。

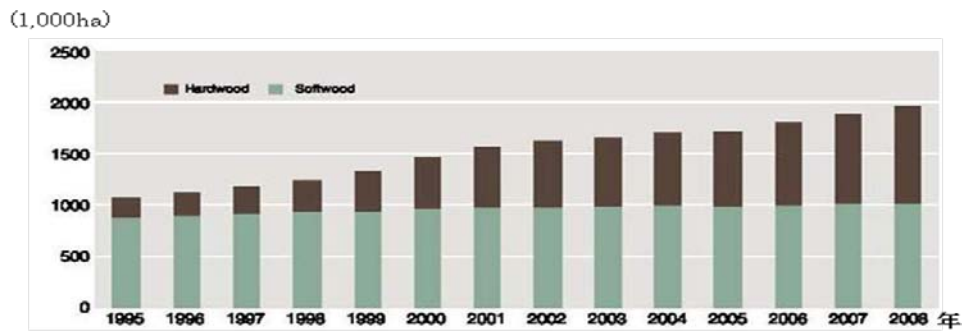


図1 オーストラリアの人工林面積

資料：Department of Agriculture, Fisheries and Forestry of Australia 「Australia's Plantation」

2. 林木育種事業と研究の実施状況

オーストラリア南部では、育種事業は民間(STBA)が主体となりラジアータマツ(*Pinus radiata*)とブルーガム(*Eucalyptus globules*)等の育種プログラムを実施している。これに連邦産業科学研究省からの情報(研究の成果など)面での支援, また連邦農林水産省からの資金面での支援が行われている(図2)。

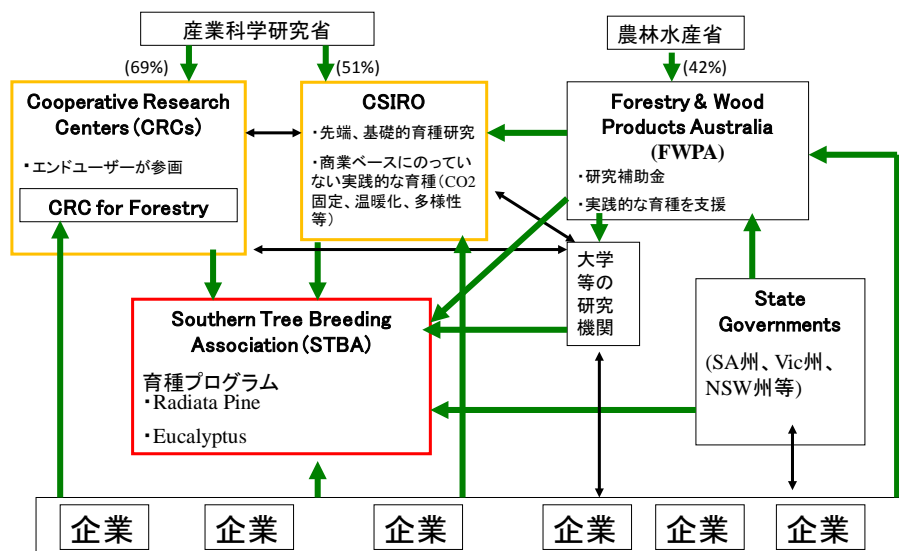


図2 オーストラリア南部の林木育種の実施形態

凡例：
 → 資金の流れ
 (%) 運営費に占める政府資金の割合
 ⇄ 資金の流れはないが研究協力等の関係がある
 □ 林木育種研究の主体
 □ 林木育種事業の主体

・連邦政府の関与

産業科学研究省は、関連団体の Cooperative research centre for forestry (CRC)に研究助成金を供与して林木育種にかかる研究を支援している。こうした助成金は STBA のような育種事業実施機関に直接供与されることはないが、CRC が STBA のリサーチメンバーになり STBA の関心のある研究(材質試験など)を行い、研究成果を STBA にフィードバックする形となっている。また、同省が所管する CSIRO では、林木育種に関する基礎的、先端的研究が行われている。

連邦農林水産省は、関連団体の Forestry and Wood Products Australia (FWPA)を通じて CSIRO 等の研究機関や STBA 等の育種事業を行っている機関に研究助成金(Research Grant)を供与しており、産業造林を前提とした実践的な林木育種にかかる研究等に活用されている。こうした助成金は、例えば STBA においては TREEPLAN®, MATEPLAN®, SEEDPLAN®(後述)の開発に活用されている。

・州政府の活動

ニューサウスウェールズ州、ヴィクトリア州、南オーストラリア州等のオーストラリア南部の各州政府は、自州の森林・林業政策、土地利用政策に基づき、独自の活動(研究プログラムへの参加、企業と共同出資しての採種園造成等)を行っている。また、自州内の木材資源の市場へのアクセスの確保などのための FWPA への

拋出や林木育種研究のため STBA へ参画したりしている。

3. CSIRO Plant Industry Division

CSIRO では、林木育種に関する研究は主として Plant Industry Division で行われている。環境保全や木材確保のため、従来からの方法に加えて分子メソッドを使用し、オーストラリアにおける林木の育種、遺伝資源保全に関する研究が行われている。ユーカリとラジアータマツが主な育種対象樹種であり、ユーカリでは乾燥地域への植林や地球温暖化への対応のための分子育種の導入を開始しており、ラジアータマツでは、民間(STBA)等と連携して量的形質に関する研究が行われている。

ATSC はオーストラリアの樹木の遺伝資源の収集、保存、配布を目的とする CSIRO の施設として 1962 年に設立された。ユーカリやアカシアの天然集団からの種子の採取、配布を主な業務とするが、主要造林樹種(ラジアータマツやユーカリグロブルス等)以外の将来利用が見込まれる種や絶滅が危惧される種の採種園を造成し、そこから生産する育種種子の生産、販売配布も行っている。

ATSC では、研究目的の種子配布希望者はウェブ上から種子をリクエストすることができる。ウェブ上から希望する種の数量を指定すると単価が掛けられて金額がわかるようなシステムになっており非常に簡単に購入ができる。

4. オーストラリア南部育種協会(STBA)及び seedEnergy

オーストラリア南部における育種事業の主体で、1983 年に設立された非営利の協同組合(cooperative)。会員が育種プロジェクトと関連する研究への投資を分担している。国家の育種プログラムで *Pinus radiata*, *Eucalyptus globules*, *Eucalyptus nitens* の3樹種を扱っている。ローリングフロント, DATAPLAN®, TREEPLAN®等の最先端手法・ツールで育種を行っている。

ローリングフロントは、ヘクタール当たりの純利益(NPV\$)の高い個体を採種園構成クローンや人工交配親に選定して、目的に合致した系統をどんどん交配することにより NPV\$のレベルを絶え間なく高めていこうとする考え方である。現在のローリングフロントの手法に至るまでの育種の歴史の概要について、ラジアータマツを例に図3に示しておく。

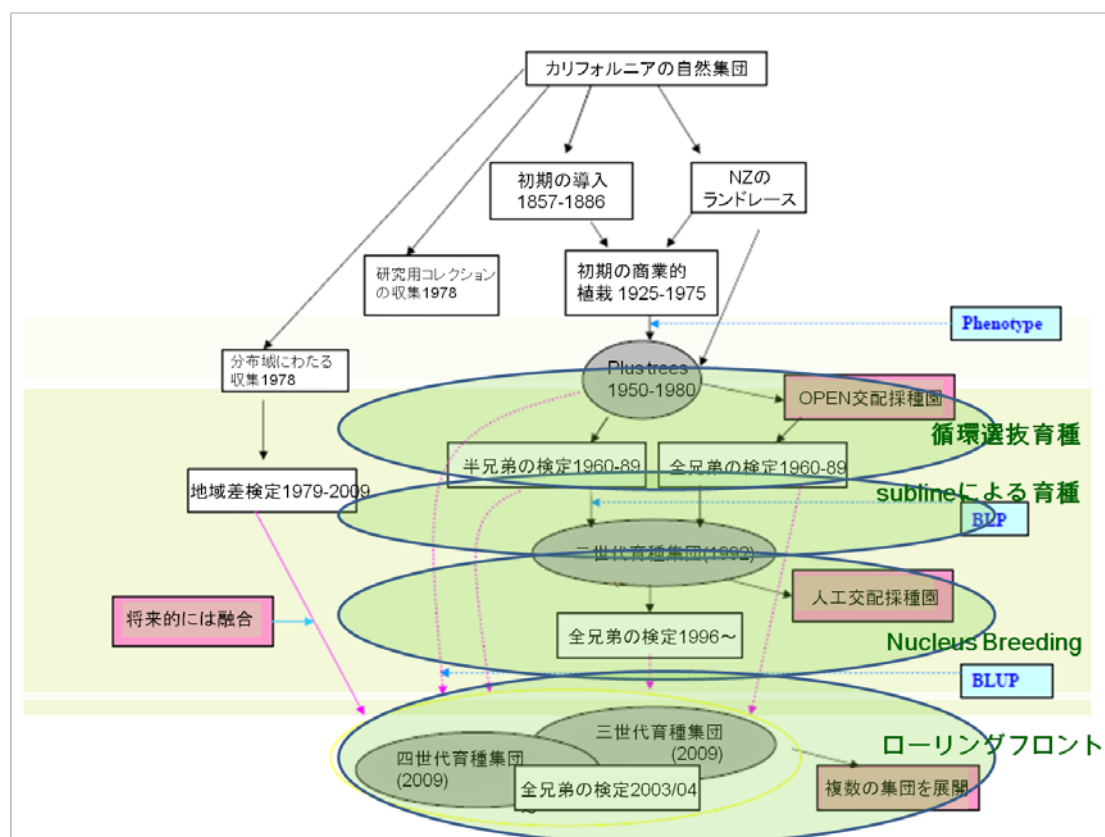


図3 オーストラリアにおけるラジアータマツの育種の歴史

ツールとしては、多世代で比較可能な育種価が予測できる BLUP 法(最良線形不偏予測値:Best Linear Unbiased Prediction)を使用している。BLUP 法は、個体の形質データと血縁データをベースに、環境の影響を統計的処理によって除去し、個体の育種価を予測する方法で、データを取った時期、場所にかかわらず、多世代の育種素材のデータがすべて使用できる特長を有する。STBA では、ローリングフロントを行うためのツールとして DATAPLAN®, TREEPLAN®, MATEPLAN®, SEEDPLAN®という 4 つのソフトウェアを開発している(図4)。

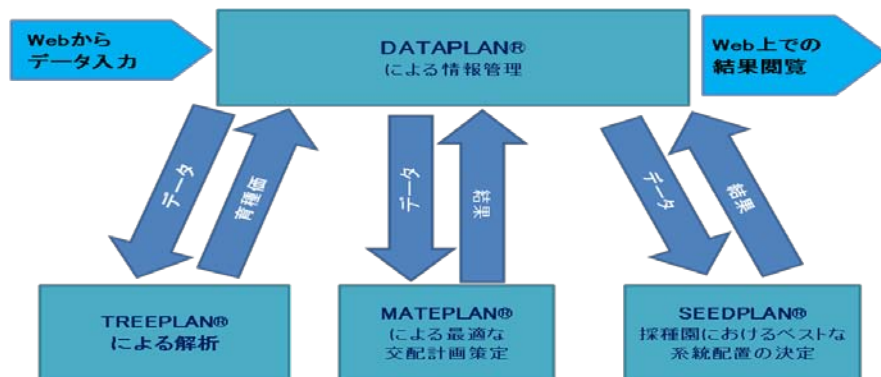


図4 DATAPLAN®, TREEPLAN®, MATEPLAN®, SEEDPLAN®を利用した育種価の評価, 交配計画策定, 採種園設計の流れ

ラジアータマツについて見ると、無選抜集団の伐期年平均成長量は 22.6m^3 で ha 当たりの純利益(NPV\$)は17,561 豪ドルであったのに比べ、第一世代, 第二世代, 第三世代の集団平均の遺伝獲得量はそれぞれ約 2.3%, 4.6%, 16.8%となる。世代当たりの伐期における遺伝獲得量は、世代間で大きく変動するものの、平均的には 5% 強増加したとみなせる。各世代の上位 20 個体の平均は、15.1%, 18.2%, 25.1%の増加となり、3世代の改良による成果は総計で 30%に達していない。我が国の育種効果を試算して評価する際の参考になると思われる。

seedEnergy は、STBA からライセンスを得て、その育種素材を使用し、産業造林用に遺伝的に改良された種子の生産、販売を行う企業で、本部はマウントガンビアにあり、タスマニアに支所をもつ。

生産・販売している種子の樹種は *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus*, *E. nitens*, *E. dunnii*, *E. cladocalyx*, *E. saligna*, *E. smithii*, *Corymbia maculate* の 8 つで、いずれも、乾燥地域(年間降雨量 600–800mm)での造林向けと湿潤地域(800mm 超)での造林向けを生産している。

Pinus radiata, *Eucalyptus globulus*については、STBA の TREEPLAN®による育種価がつけられる。その育種価をもとに MATEPLAN®で交配親を選び、毎年 300 組合せ(4,000 袋)の交配を実施するとともに、原種の供給を行っている。また、140ha の採種園は、毎年 10ha 程度を SEEDPLAN®を用いて更新している。この採種園の更新には、世代区分をしないローリングフロントの手法を用いて実質的に第三世代までの育種素材を用いている。

総括及び考察

1. オーストラリアでは、産業造林と木材加工産業の成長戦略「Plantations 2020」において 1996–2020 年の期間に産業造林面積を3倍にする目標を掲げ、同国内外からの造林投資を呼び込む政策を積極的に展開している。人工林面積はこの14年間で約2倍の2百万 ha に達した。この急激な人工林面積増加の過半は、パルプ材として評価の高いブルーガム等のユーカリ造林地の新規造成によって占められるが、マツ等の人工林も 10%程度増加している。オーストラリアのラジアータマツの人工林は 75 万 ha で、面積は隣国ニュージーランドの約半分にとどまるうえ、生育も概して劣るため伐期が長くなる不利もある。このため、市場に近い利点を活かして対抗する他、育種による成長や材質の改良にも期待が寄せられている。また、ユーカリの造林地の増加に伴い、*Eucalyptus globulus* や *E. nitens* を対象とする育種も積極的に進められている。

2. オーストラリア林木種子センター(ATSC)は 1962 年に CSIRO の施設として設立され、オーストラリア固有のユーカリをはじめアカシア、メルルーカ、モクマオウ等について、国内ならびに近隣諸国における探索・収集を行

ってきた。これら産地・系統の明らかな種子は、東南アジア、南アジア、アフリカ、北米及び中南米、中国に配布されて、各地域に採種源(採種林、採種園)の造成に用いられ、特に熱帯・亜熱帯地域の途上国における人工林の造成に多大の貢献をしてきた。この活動はACIARの支援のもと、ATSCからの種子配布を中核としつつ、CSIRO の研究者と連携した一連のプロジェクトとして実施された。具体的には、①配布種子を用いて採種源を造成し管理するための技術指導、②各地域で頻繁に開催されたワークショップや研究成果の出版による情報ネットワークの構築、さらには③当該分野の人材育成を目的とする留学生の受け入れ等を実施している。現在、こうした支援を受けたベトナム、タイ、インド等では、アカシアやユーカリの第二世代育種が現地スタッフ自身の手により進められている。一方、ATSC はこれら種子源からの生産種子の譲渡に関する特約を締結するとともに、成果の公表についてもCSIRO の研究者との協力関係が維持されている。我が国の遺伝育種分野における途上国援助のあり方として参考にすべき点は多い。

ATSC の種子採種・配布の対象は、東南アジアから中国やアフリカに移行しつつあり、南北アメリカを中心に類似の活動を行っているCAMCORE(熱帯・亜熱帯森林樹種の保全活動を行う非営利国際プログラム)との連携も始めたとのことである。また、これまでに委託整備した採種園から生産される国内用種子配布の割合が高まりつつある。ただし、ATSC の採種貯蔵・配布は、種子による貯蔵が容易なアカシアやユーカリを主体にしており、一部低温貯蔵施設は有するものの、維持コストをなるべく抑える方針で運営されている。また、採種・貯蔵・配布の一連の作業についても、殆どの工程(採種、精選、配布のためのWEB インターフェース作成、採種園等の造成・管理)で外部への委託を行っており、かなり徹底したコスト削減に努めているとの印象を受けた。

3. オーストラリア南部育種協会(STBA)は、1983 年に設立された非営利の協同組合である。この協議会は発足当初から、世界的な育種研究分野の権威を同地に招聘し、新しい育種の進め方や技術の導入を積極的に進めてきた経緯がある。1980 年代後半にはサブライン・システムや多集団育種の考えを取り入れるとともに、1990 年初頭にはBLPを導入しNucleus Breeding planを採用している。その後、1990 年代後半にはBLUP 法による個体の育種価を予測する手法の開発を進め、現在のPLAN シリーズを完成させローリングフロントの考えにもとづく育種を開始するに至った。特に1990 年代から導入を図ったBLP 及びBLUP 法やNucleus Breeding は、従来、家畜育種の分野で開発された技術や考え方である。同協議会のリサーチメンバーには、University of New England(UNE)のAnimal Genetics and Breeding Unit(AGBU)が加わっており、その技術面及び人脈面での貢献がSTBA の大きな特徴であると言える。ちなみに、現在のSTBA のリーダーのDr. McRae や系列会社(PlantPlan Genetics)のソフト開発を担当するスタッフは、UNE (AGBU)出身である。

STBA の事務局があるマウントガンビアは、はじめに述べたようにオーストラリア南部の木材産業の拠点であり、数年前まではCSIRO 林業部門の研究スタッフも駐在していた。このため、従来から企業の要望に即した経済的にペイする視点からの育種研究がSTBAとCSIRO の連携のもとに進められてきた。1980 年代の後半には、生産目的別の選抜指数式を開発するために、企業と連携した形質別の相対的経済効果の研究が行われており、それが近年の個体別NPV\$予測システムの開発につながっていると推察される。

STBA は、米国等の産学官育種協同組合と類似した形式をとっているものの、選抜、検定、交配、種子生産の主要な部分を協議会主導で実施している点で、米国の協同組合方式とは異なる。検定林の設定と調査は各企業が担うものの、調査結果の取りまとめや解析はSTBA の系列子会社(PlantPlan Genetics)が担当する。そして、選抜木の増殖、交配、育苗は、STBA からライセンスを受けたSeedEnergy が担っている。また、造林用種子の生産については、各企業が採種園を造成して自給することもあるが、SeedEnergy が生産販売するケースも少なくない。こうした役割分担の方が、メンバー企業の負担が少なくなるので、スムーズに育種世代促進が図れる点で有利であると考えられる。