

平成 20 年度海外林木育種事情調査報告書

ニュージーランド

独立行政法人 森林総合研究所 林木育種センター
育種部 育種第一課 基盤技術研究室 中田了五
育種部 育種第二課 育種研究室 三浦真弘

はじめに

森林総合研究所林木育種センターでは、これまでも海外林木育種事情調査を行って、海外の育種事情の情報収集およびその成果の公表を行ってきた。平成20年度からは、林木育種事情調査をさらに充実させ、特に育種先進国の育種プログラムの実際について、より詳細かつ具体的な調査を集中的に行う必要があると認識し、実行することとした。

平成20年度の調査には、これまでの育種事情調査や共同研究実績のあるニュージーランド(以下、NZ)を選んだ。平成 21(2009)年 2 月 9 日～2 月 14 日にかけて、NZ 南島の中心 Christchurch を中心として、NZ 最大の林木種子生産会社である Proceed New Zealand Limited(以下、Proseed)、NZ 唯一の総合的林学部門をもつ University of Canterbury(以下、カンタベリー大学)を訪問して、NZ の林木育種プログラムの実態および周辺事情を調査した。

本報告では、NZ 林業概説、訪問の詳細に引き続き、調査目的である NZ 育種の進め方および育種成果の普及の仕方を調査前後の文献調査からの情報も含め報告する。



NZ 林業をとりまく現状概説

NZ においては、人工林施業による林業は投資であり事業体による経営そのものである。さらに、NZ は小国（人口約 420 万人（NZFOA 2007））でありその経済活動は常に外向きで、隣国オーストラリアを始めとする海外諸国（特に英語圏）との経済的結びつきが非常に強い。よって、NZ 国内ならびにグローバルな経済状況によって林業を巡る状況も大きく変化する。原稿執筆時は 2009 年 2 月であり、サブプライムローンに端を発する世界経済の凋落、原油価格の下落、急速な円高ユーロ安の影響が見えてきた段階であり、2、3 年先の状況は大きく変化していると考えられる。

過去 10 年ほどの NZ 林業をとりまく状況の変化を二つ挙げる。一つは新規造林の減少であり、もう一つは森林所有者の変遷である。

NZ では 1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて、林業ブームが押し寄せ、綿羊牧場の人工林化を始めとした新規造林面積の急激な増加が認められた。この背景には、それまで形成してきた森林資源の収穫とその輸出が好調で、林業への投資の利回りに大きな期待が寄せられていたことが挙げられる。1990 年代前半に新植面積は激増し、1994 年には 10 万 ha に迫る勢いであった（Proseed 2007）。ところがその後、新植面積は減少し、2004 年には 1 万 ha を切るようになってしまった（Proseed 2007）。なお、再造林は 1994 年 3 万 ha から 2004 年 4 万 ha と増加している（Proseed 2007）。この背景にはいろいろな原因があるが、そのひとつと考えられるのが、乳製品産業（dairy product industry）の好調である。従来から NZ では、オーストラリア・北米・ヨーロッパ向けに乳製品の輸出は重要な産業であったが、近年では中国・東南アジア向けの輸出が好調である。ごく最近では、人工造林地の乳牛用牧草地への転換が増加している。主要輸出物の転換（羊毛から乳製品）が同じ輸出物生産産業である林業に大きな影響を与えているわけである。乳製品輸出の好調

に加え、近年の NZ ドルの高値傾向が林業には災いした面もあり、新規造林という形での投資が林業から離れてしまった。

森林所有形態の変化については、二大林産企業の撤退と投資ファンドの進出を挙げる必要がある。1997 年には、Carter Holt Harvey (以下、CHH) と Fletcher Challenge Forests (以下、Fletcher) という二大企業が NZ 人工林 (154 万 ha) のそれぞれ 22% と 19% を保持していた (NZFOA 1997)。CHH と Fletcher は林業 (造林・保育・伐採) 部門と林産 (製材・加工・パルプ) 部門の両方をもつ総合林産企業であった。二社はそれぞれ育種研究に投資して別々に優良系統の育成を行うなど、育種にも積極的に関わっていた (後述)。2-10 万 ha をもつ 10 社ほどがそれに続いていたが、これらの多くは林業・林産企業であった。それから 10 年後の現在では、Fletcher や CHH は林業から撤退し、それぞれの所有していた森林は他の企業に転売された。ここ 5 年ほどでの所有者の変遷は大きく、現在では Hancock Natural Resource Group (以下、HNRG) が人工林面積が 182 万 ha の 16% を超える森林所有者である (NZFOA 2007)。二大林業会社の撤退の後、投資ファンドが既存の森林に積極的投資を行っている (ペン 2006、矢野 2008)。HNRG 社もアメリカベースの森林投資ファンドである。投資ファンドは森林を所有するが、施業は別の林業会社が請け負う。投資ファンドにとっては森林は資産なので、容易に売買する。すなわち、所有形態だけではなく、経営形態も変わってきている。もう一つの森林所有・経営形態の変化が farm forestry である。1990 年代の造林ブームで、小面積の土地に新規造林することが流行した。この結果、現在、NZ の森林所有者約 15000 のうちの 90% 以上が 100ha 以下の所有者であり、これらの小規模森林所有者の全人工林に占める面積割合は 20% である (NZIF 2008)。

ニュージーランドの林業を語る時に radiata pine (*Pinus radiata* 以下、ラジアータパイン) の広大な人工林について語られることが多いが、実際、人工林面積の 89% がラジアータパインであり、実際上 NZ 林業はラジアータパイン林業である。しかしながら、6% のダグラスファー (*Pseudotsuga menziesii*)、2-3% のユーカリ (主として *Eucalyptus nitens*)、サイプレス (*Cupressus lusitanica*, *C. macrocarpa* など)、レッドウッド (*Sequoia sempervirens*) などについても植栽・人工林経営・育種がおこなわれている。なお、現在では天然林からの木材生産はほとんどなく、NZ 林業はほぼ 100% 人工林による林業であると考えて差し支えない。



訪問概要

Proseed New Zealand Ltd

Proseedはクライストチャーチから北に約 50kmのAmberley郊外にある、種子生産会社である。現在では、NZのみならず、オーストラリアとニュージーランドあわせて最大の林木種子生産事業体となっている。前述のNZ新植面積の減少にも関わらず、オーストラリア等への種子輸出が伸びているため、成長意欲が高い。



Amberleyに 150haの土地を所有し、うち 70haがラジアータパインの自然交配(以下、OP)採種園、70haが人工交配(以下、CP)採種園、5haがダグラスファー、2haがサイプレス(*Cupressus macrocarpa*, *C. lusitanica*)のOP採種園である。また少し離れた所にユーカリ(*Eucalyptus nitens*, *E.*

fastigata)の採種園(未訪問)も所有している。なお、ごく最近土地を買い増して、ちょうど新規造成の設計をやっていた。

6名のフルタイムと6名ほどのパートタイムによって運営されているが、交配や種子採取最盛期には臨時従業員を最大100名雇用する。トータルで223クローン10万個体のラジアータパインを保有している。しかし、いいプロダクションクローンは30程度とのことである。この内訳は第一世代クローンは3で、残りは1.5世代選抜によるものだというのである。また、OP採種園は22クローンで構成されている。人工交配種子は1984年から生産している。昨年の交配は296,000個の交配袋、50リットルの花粉を使用し、80交配組合せで実施した。

OP・CP両採種園で類似の樹型誘導をおこなっていた。作業を全て地上から行えるように剪定し、樹型は低く保っている。ダグラスファーについても同様の樹型誘導を行っていた。採種木の配置は、OP採種園では除草・剪定・種子採取作業が行いやすい4x2m間隔で植栽していた。CP採種園では面積あたりの植栽本数を増やすために2x2m間隔植栽していたが、作業性が悪いので、2x2mを二列とって二列ごとにスペースをあけるようにしようと考えていた。ブロックの地番表示はおこなっているものの、植栽クローン表示ラベルは設置しておらず、コンピュータデータベースによって管理しているとのことであった。CP採種園は1クローン1ブロック植栽としてあった。花粉親も1クローンとし、その花粉を1ブロック全個体に交配する。こうすることによって作業効率を上げ、交配ミスを減らすようにしている。

交配方法は日本と同様に、袋掛けで花粉を噴霧する。かつて大きな研究プログラムを走らせていた、花粉を水に溶かして無袋での交配の交配を行う方法(liquid pollination)は実験的には今でもやっているが、生産規模では行っていない。この理由はliquid pollinationはコンタミネーション(目的外の花粉による遺伝子汚染)が多くなるからとのことである。

ラジアータパインの種子はkg単位で販売され、未改良はNZ\$250/kg、GF16はNZ\$800、GF19はNZ\$1150、人工交配種子はNZ\$3400-3800の価格がついている。なお、GFとは遺伝的向上の度合いを示すシステムであり、詳細は後述する。



Proseedで所有している採種園産の種子としては、*E. nitens*をNZ\$10-15/1000 個で販売している。ダグラスファーは豊凶が激しく、現在採種園産種子の在庫がない。別の場所の採種林産のストックを販売している。ただし、今年はとれたようで、ちょうど訪問時に球果採取を行っていた。サイプレス採種園もまだ稼働していないようで、検定林から収集した種を販売している。

Proseedのカタログには多様な樹種(約 400 種)が掲載されている。これらの多くは種子採取の契約をいろんな企業・個人としているようで、NZのさまざまな場所から、また海外(アメリカが多い。ユーカリはオーストラリア)から輸入してストックしている。これらの種子は樹種によって違うが 50g程度の単位で販売しており、1-3gのNZ\$12 パックというお試しパックも全ての樹種で販売している。



The New Zealand School of Forestry, University of Canterbury

School of Forestryはニュージーランドの大学の中では唯一の林業を専門的総合的に扱う部門である。現在は工学部(College of Engineering)の一部門となっているが、歴史的経緯もあり、他の学科(Department)よりも名目上 1 ランク上の部門単位(School)となっている。ここでは、林木育種を専門としているDr Apiolazaとの面会で得られた情報を主として報告する。Dr Apiolazaは 2006 年からカンタベリー大学のSenior Lecturerを勤めているが、チリ、オーストラリア、ニュージーランドで林木育種に関わり、現在ではニュージーランドおよびオーストラリアの林木育種の第一人者といっても過言ではない。

Dr Apiolazaは現在NZの 60 検定林の 200 家系 10000 個体のデータを用いて、遺伝と環境の交互作用(以下、GxE)の研究を行っている。また第二世代に相当する 500 個体の選抜木の 10 検定林程度のデータから個体の育種価を算出し、地域性を考慮しながら選抜を進める方法を検討している。

Dr ApiolazaはASRemlというソフトウェア(<http://www.vsni.co.uk/software/asrem/>)を利用したBLUP法を林木育種に利用することを強く勧めている。上記のGxE交互作用についての研究も含め、日本の林木育種への適用を図って行く上で、Dr Apiolazaに指導を仰ぎ、共同研究などを実施することが期待される。

ニュージーランドの育種の進め方

ニュージーランドのラジアータパインの育種は、1950年代に本格的に始まり、NZ国内のland raceからplus treeが選抜された。1950年代選抜木は850シリーズと呼ばれている(850の8はシリーズ番号、50は選抜年を示す)。Plus tree本体から採取した種子とクローン採種園の人工交配種子で検定林が作られた(Burdon 2008、および本調査での聞き取り)。なお、850シリーズ選抜とそれからの採種園設定時には、北島-Nelson(南島北方地域)とCanterbury-Southland(南島南方地域)は別々の選抜と採種園設定がなされた。育種区概念が存在していたわけである。1960年代後半には、約600個体のplus tree選抜がもう一度行われた。これを268シリーズと呼ぶ。268シリーズについては、育種区を設定せず、全国一律に育種を推進することとし、選抜や採種園設定が行われた。これはNZにおいては遺伝と環境の交互作用が小さいと考えられたためで、以後の検定林の結果からもそれが支持された(Burdon 2008)。850シリーズと268シリーズは基本的に関係がない。主としてこの二つのシリーズで採種園は構成されている。1960年代後半には*Dothistroma* (needle brightをもたらし病原菌)抵抗性についての選抜が既存林分で行われた。主として268シリーズの後代からさらに選抜が行われている。選抜やplus tree間の交配については、Jayawickrama et al.(1997)が詳しい。

採種園産のOP種子の最初の生産は1966年だが、種子生産が国内需要を満たせるようになったのが1986年であった(Jayawickrama & Carson 2000)。この間、ラジアータパインの原産地から改めて採種して産地試験地を設定し、NZやオーストラリアのland raceと比較することが行われた。NZのland raceが原産地からの採種に比べて良い成績であったが、5つの原産地のうち、Guadalupe産のものについては着目され、現在でも少量ながら通常のラジアータパイン系統とGuadalupe産の交配種子が手に入る(Proseed 2008 参照)。ラジアータパイン原産地の産地試験については、Burdon & Moore(1997)のTaxonomy and provenance variation section(pp 9-69)に詳しい。

1987年にNew Zealand Radiata Pine Breeding Cooperative(NZRPBC)が結成され育種事業を行うこととなった。その後2001年にNZRPBCはRadiata Pine Breeding Company(RPBC)となり、現在林業会社などが株主としてRPBCの活動に参画するようになった。最近では株主として、NZだけではなく、オーストラリアの林業会社がメンバーとなった。現在ではNZ15社、オーストラリア2社が

RPBC の株主である。

1990 年代後半には、さし木生産法の確立、不定胚を利用した貯蔵→検定→選抜→苗木生産法の発展があった。これらから、CHH や Fletcher など大企業によるクローン林業への指向が大きくなり、NZRPBC で得られた成果を元にして、各企業が独自のライン→クローンを保有して増殖利用する、という傾向が認められるようになった。しかしながら、二大林業企業の撤退に伴ってこの状況はまた変化している。育種は育種専門家である RPBC が行うというのが現在の状況のようである。もっとも、苗木生産会社の中には育種を行っているところもあるようで、二大林業会社の資産を受け継いだ ArborGen Australasia(以下、ArborGen 詳細は後述)が活動しているし、Forest Genetic CellFor(以下、FGC 詳細は後述)のように「production variety」と名付けてクローンを販売しているところもある。

検定林の定期調査は、胸高直径、直幹性、枝性などで、胸高直径以外は定性的なスコアでの調査である。なお、樹高測定はコストが高く、精度が低く、胸高直径との相関が高いという理由で定期調査では行っていない。一部の検定林の一部の系統では、密度、繊維傾斜、ヤング係数などの調査もおこなっている。検定林は OP 実生によるものと CP 実生によるものの両方があり、クローンも若干あるようである。なお、FGC のクローン苗のようにクローン検定が必要な会社では、RPBC と別にクローン検定をおこなっているようである。検定林の設計は検定林毎に異なっているが、多くは家系 5 個体列植と単木混交のようである。検定林の配置状況は北島に偏っていて、南島特に Canterbury 周辺には極めて少ない。これは GxE 交互作用が小さいと考えられたことが影響しているだろう。

検定林での選抜はこれまでの研究結果から、多くの形質で 8 年で行っている。この 8 年という期間は共通認識となっているようで、多くの人の口から聞かれたし、育種プログラムの改定でも引き続き 8 年で設定しているようである。なお、現在の伐期は 28—35 年である。

育種プログラムの詳細(選抜法・検定法・交配計画など)は、RPBC の Technical Committee の提案を受けて RPBC が決定するようである。今回の調査でも訪問したカンタベリー大学の Dr Apiolaza や Scion のスタッフも Technical Committee に入っている。

NZ のラジアータパインの育種プログラムの方針については、これまでいくつか明文化されてきた。最初のものは 1956 年の Development Plan for Radiata Pine Breeding in New Zealand である(未入手 Burdon 2008 による)。1986 年には、新しい育種計画が Shelbourne et al.(1986)によって著された(未入手 Burdon 2008、Jayawickrama & Carson 2000 による)。次いで、1997 年から 1999 年にわたる見直しを経て、2000 年に Jayawickrama & Carson(2000)による育種戦略(この時は、「NZRPBC の育種戦略」とされている)についての論文が発表されている。2005 年にそれまで NZ のラジアータパイン育種を先導してきた人物である M Carson(現 FGC)をはじめとして、RPBC、Scion、CSIRO、CSIR(南アフリカの国営研究機関)、フロリダ大学、クイーンズランド大学、オーストラリア二つの州有林、Horison2(現 ArborGen)などによる育種戦略についてのワークショップが開

催された。この結果については、Dungey et al.により Silva Genetica に発表される予定 (accepted?) であるが、本報告書執筆時点ではまだ出版されていない。育種計画の詳細については、この新戦略の出版を待って検討するべきであろう。PPBC に対して、Proseed やオーストラリアからのメンバーの発言権が大きくなっているような印象をもった。Proseed および Dr Apiolaza 両者が、今後 GxE 交互作用についてより研究しなくてはならない、といていたが、この理由として NZ 国内でも交互作用が実は大きいということのほか、オーストラリアは場所による環境の差が NZ とくらべて著しく大きく、現在 RPBC の重要なメンバーであるオーストラリアの FNSW (ニューサウスウェールズ州有林) の影響があるものと推察された。

RPBC のプログラムは現在、backward selection ではなく、forward selection に向かおうとしている。すなわち検定林での検定結果を親の選抜に使うのではなく、検定林内の子供の選抜に使おうという考え方である。BLUP による育種価の算出を子供 1 個体ずつに行い、上位を選抜して次代集団を作る方向に向いているようである。

選抜は第三世代相当まで進んでいるようであるが、採種園での利用は 1.5 世代 (主として 268 シリーズの検定結果に基づく上位クローンの利用) にとどまっている。この原因としては、二大林業会社による独自の育種と二大林業会社の撤退が育種の進展を妨げた面があるのではないかと推察された。

その他の樹種については、ダグラスファー、サイプレス、ユーカリ、レッドウッドそれぞれ別々の育種プログラムが組合方式で走っていた。これらは近年、FFR (Future Forests Research Ltd) という組織で他の研究テーマとともにまとめて研究が行われることになった。

ニュージーランドにおける「品種」

NZ においては、林業用種苗について、「品種」の概念はほぼない (浸透していない) と考えるべきであろう。強いて挙げるならば、Guadalupe 産系統のラジアータパインやサイプレスの中での種間や交雑種それぞれが「品種」と考えられなくもない。

品種の概念などを用いずに、種子や苗木の遺伝的能力は GF と GF Plus レイティングシステムで示される。

GF は Growth and Form の略で、GF のスコアが高いほど遺伝的改良度が高いことを示す。現在では GF は OP 種子およびそれに由来した苗木に対して与えられる。育種の進み方と GF レイティングの関係は、850 シリーズ未改良 (未検定クローンの利用) 採種園が GF14、268 シリーズ未改良採

種園が GF16 に相当する。268 シリーズで top16 に入るようなクローンで構成された採種園が GF19 となる (Proseed の GF19 は 22 クローン構成)。

GF Plus は GF を拡張したシステムで、現在は CP 種子および苗木に対して与えられる。CP 種子はかつて GF20 以上のレイティングが与えられていた。GF Plus では、成長、直幹性、枝性、Dothistroma 抵抗性、木材密度、繊維傾斜の 6 形質についてそれぞれにスコアが与えられる。たとえば、パルプ用だと成長が一番重要視されスコアも高いが、直幹性や繊維傾斜のスコアは低い。

RPBC の株主は RPBC の検定結果などにアクセスできるのでクローンや個体ごとの育種価 (RPBC の資料では “genetic worth” となっている) を知ることができるが、RPBC 外部からはわからない。よって GF や GF Plus システムが用いられる。GF Plus では各形質がスコアで表され、交配組合せを混ぜたシードロット毎に各形質のスコアが表示される。採種年や親数組合せ数などとともに GF Plus スコアを表示した Certificate が各シードロットに添付されて販売される。なお、これらの種をベースにさし木で苗木生産を行う場合は RPBC から propagation license が発行される必要がある。

GF でも GF Plus でもそのスコアは改良度合を表す数字で、なんらかの性能を直接表すものではない。GF16 は GF8 の倍早く成長するというのではない。GF Plus の何らかの形質で 23 とは、20 より優れていることはわかるが、この数字の違いがどのくらいの違いか、についてはこれだけではわからない。しかしながら、別の資料があつて、どのくらいいいかの情報はある程度得られるようになっている。Proseed のカタログには、GF Plus の「class」として、「Improved Density」、「All Rounder」、「Long Internode」、「Pulp Wood」が挙げられ、それぞれに GF Plus の形質毎のスコアが挙げられている。これらの class の名称は、その時のシードロットによって構成親などが異なり、スコアも多少変化するものの、種子の遺伝的性能を端的に示しており、品種と似たような意味をもたないこともない。

歴史的には、GF は 1987 年から導入され大きい成功を得た。GF Plus は 1998 年に導入された。近々ヤング係数、internal checking (材内の細かい放射割れ)、ヤニツボなどの形質についても GF Plus レイティングが開始される予定である。なお、OP 種子用の GF と同様のレイティングシステムに DR (Dothistroma 抵抗性) と LI (long internode) などがあるが、Proseed では現在は販売されていないようである。

Proseed では CP 種子生産や種子の保存は交配組合せ毎に行っているが、出荷時には複数混ぜ合わせている。これはそのシードロットの遺伝的多様性を保ち、多様性の低い造林のリスクを軽減するための他に、GxE 交互作用を軽減するためであると考えられる。同じような GF Plus レイティングをもつ複数交配組合せを混ぜることにより、たまたま発生する負の交互作用 (すなわちクレームの対象となる) の発生を軽減することができる。

FGC の web site では、クローン苗について、“production variety”を紹介している (後述)。FGC では、不定胚保存検定増殖システムを行っており、クローン検定の結果いい成績の 25 クローンほど

を“production variety”としているようである。これらの 1 クローンごとの性能は検定結果からある程度わかっていると思われる。production variety の実際の流通量などについてはわからない。

FGC の production variety を除くと、NZ のラジアータパインでは、他の多くの林業・育種先進地と同様に、品種の概念を利用していないと思われる。今回の調査においても、recurrent selection (循環選抜) への言及が多く、遺伝子の固定を伴う「品種」の形成は考えていないと判断できる。なお、FGC においても、さし木においての physiological age (後述) の問題もあり、生産クローンを (数年程度ならともかく) 固定するつもりはないと推察される。特定の「品種」の育成は行っていないので、現在のところ権利保護などもないと考えられる。

ニュージーランドの育種種苗普及の進め方

ここでは、育種種苗普及の実際について主として Proseed を例にとって述べる。

Proseed は NZ で最大の林木種子生産会社である。オーストラリアにおいてもラジアータパインについて最大の種子供給を行っている。これにより Proseed はオーストララシアで最大の林木種子会社となっている。NZ には他に 2 社ほどやや大規模に種子供給を行っている会社がある。これらの規模は Proseed に比べると小さくかつそれほどうまく事業がすすんでいないようである。かつてカインガロアにあった NZ 最大の採種園は閉鎖され伐採されて、球果が採取されて、全て Proseed の倉庫に到着していた。現状では、ラジアータパインについてかなりの種子は Proseed から供給されていると考えていいだろう。実際、Proseed の供給能力は NZ の全需要をまかなえるそうである。これにより、Proseed はオーストララシアにおける林木種子生産のリーダーであり、育種プログラムも Proseed の意向によって強く影響を受けると考えられる。Proseed では、「さし木が競争相手だ」といつていた。

Proseed では、OP 種子と CP 種子の両方を扱っている。

OP 種子は 22 クローンから構成される自社の採種園産の GF19 と旧カインガロア採種園産の GF16 を扱っている。旧カインガロア採種園産 GF16 は採種園が伐採されすべての球果が Proseed に送られたため、現在の在庫限りで供給がなくなる。kg 単位の種子の価格 (GF は NZ\$150 の RPBC へのローヤルティーを含み、消費税抜で) は、未改良 NZ\$250、GF16NZ\$800、GF19NZ\$1150 である。

CP 種子は Class “All Rounder” (全てにおいてそこそいい種子ロット) で NZ\$3400/kg (NZ\$300 ローヤルティー込み、消費税抜き) であり、かなり高い。これは生産コストからいっても当然であろう。Proseed では、CP 種子生産は以下のように行っている。CP 採種園は 1 区画に 1 クローンのみを

植栽する。花粉親も1クローンとし、その花粉を1ブロック全個体に交配する。こうすることによって作業効率を上げ、交配ミスを減らすようにしている。交配規模は昨年で50リットルの花粉を使用して80交配組合せをおこなった。交配組合せ毎に種子を精選・保管する。注文にあわせて、複数交配組合せを混ぜて種子ロットを作成する。このとき、交配親それぞれの各形質について育種価がわかっているため、交配組合せの種子の育種価が得られる。よって複数交配組合せを混ぜて作るロットについても育種価が得られる。この育種価をGF Plus システムの数値に置き換えて表示している。なお、育種価がわかるため、その数値を直接表示することは不可能ではないが、GF Plus システムではそれを行わない。育種価はあくまでも限定された検定林での成績に基づく数値で、全ての林地に適応できる訳ではないからである。Proseed では、単一交配組合せの種子を売ることはせず、かならず複数組合せを混ぜて販売しているようである。また、基本的に注文に応じて種子を混ぜるため、GF Plus レイティングの数字はロットによって異なるので、その旨カタログに記載してある。このようにして、種子の遺伝的能力について相対的なGF Plus レイティングを与えることができる。GF Plus レイティングが高い＝遺伝的改良度の高い種子や苗木は高い価格でもそれに見合う能力を持つと考えられる。Proseed で“*We sell genetic gain*”といていたのが非常に印象的であった。

Proseed の種子は定期的に第三者機関で検査されている。種子サイズ・重さ、14日および28日発芽率、テトラゾリウム染色テスト、切断テストが Agriquality (農業製品等の品質検査機関) でおこなわれ、また苗畑での実際の発芽率検査も Scion で行っている。人工交配種子について少量ではあるが花粉コンタミネーションについても Scion で DNA による検査をおこなっていた。

Proseed では、今後、OP 採種園産に GF Plus を適用して、CP よりも OP に力を入れたい意向をもっている。この理由は、OP 種子であっても構成クローンや検定林の成績や DNA によるテストで採種園産種子の遺伝的能力(育種価)がわかるので、経費が大きく価格の高い CP 種子よりも OP 種子で容易に多量の種子供給を行いたい、ということであった。

ラジアータパインでは、実生苗木の他、さし木苗木の生産も行われている。かつては Fletcher と CHH が大規模にさし木造林を行っていて、NZ 林業の特徴の一つとしてさし木林業が挙げられたことがあった。しかしながら、現在、二大林業会社の撤退により、さし木造林はそれほど受け入れられていないようである。この原因はコストにもあると考えられる。ラジアータパインのさし木は種から数えた年齢 (physiological age) が発根率や木の形態に大きく影響するので、さし木台木が利用できるのは2年ほどである。また、クローン検定を行った後にクローン増殖にかかるため、交配→種から組織培養で不定胚増殖→一部検定用に増殖一部冷凍保存→クローン検定→冷凍保存不定胚から増殖→さし穂台木→さし木で苗木生産、という過程が必要で、8-10年の期間と、クローン検定と冷凍保存コストがかかる。現在、FGC と ArborGen の二つの会社が大規模さし木生産を行っている。これらの二社は RPBC の株主であり、育種母集団は RPBC の育成集団だと考えられるが、実際の利用クローンの母集団については不明である。

不定胚を用いたクローン造林は、撤退した二大造林会社がかつて指向し、事業レベルでも開始し

ていたが、現在では FGC と ArborGen がそれぞれいくらかの大企業向け苗木供給契約をもっていて実行しているようで、farm forester 向けにはまだあまり出ていないと推察される。FGC のホームページには、現在の NZ でのシェアが OP 35%、CP 65%、Superior varieties (FGC が供給するクローン) が「Now on offer」とされている。

おわりに

今回収集した情報をもとに RPBC、ArborGen、FGC といった北島 Rotorua 周辺の育種実施機関や育種苗利用者(苗木生産者や造林を行っている企業など)の調査なども必要であると思われる。また、ラジアータパインに関しては、RPBC がオーストラリア南東部(主として NSW、ACT、Victoria)を、STBA (Southern Tree Breeding Association) が南部南西部の育種を行っており、オーストラリアにおける情報の収集も必要であろう。さらに、チリはラジアータパインのもう一つの生産・育種のものである。これら三か国はラジアータパインについて競争関係にあり、それぞれの育種戦略を比較検討することも重要であると考えられる。

引用文献

Apiolaza, L, Chauhan S, Walker J ed (2009) Revisiting Eucalypts 2009. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. (収集資料)

Burdon RD (2008) Breeding radiata pine -- historical overview. NZ J Forestry 52(4) 4-6

Burdon RD, Moore JM ed. (1997) IUFRO '97 Genetics of Radiata Pine. FRI Bulltin NO. 203, New Zealand Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand.

Gomide J (2009) Quality characteristics of elite Eucalyptus clones in Brazil. In Apiolaza et al. ed. Revisiting Eucalypts 2009. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 29-40

Jayawickrama JS, Carson MJ (2000) A breeding strategy for the New Zealand radiata pine breeding cooperative. Silvae Genetica 49(2) 82-90

Jayawickrama KJS, Carson MJ, Jefferson PA, Firth A (1997) Development of the New Zealand Radiata Pine Breeding Population. In Burdon RD, Moore JM ed. IUFRO '97 Genetics of Radiata Pine. FRI Bulltin NO. 203, New Zealand Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand.

規制改革会議 (2008) 規制改革推進のための第3次答申—規制の集中改革プログラム—. 平成20年12月22日 規制改革会議. <http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/publication/index.html#thirdreport> (Accessed 20 Feb 2009)

NZIF (New Zealand Institute of Forestry) (2008) Forests and forestry —an essential ingredient of new zealand's economy, society, environment— a briefing paper to the incoming government. NZIF. <http://www.nzif.org.nz/> (Accessed 20 Feb 2009)

NZFOA (New Zealand Forest Owners Association Inc.) ed. (1997) NZ forestry Facts & Figures '97. NZFOA and MOF (Ministry of Forestry)

NZFOA (2007) New Zealand Forest Industry Fact & Figures 2007/2008. NZFOA, WPA (Wood Processing Association) and MAF (Ministry of Agriculture and Forestry), http://www.nzfoa.org.nz/index.php?/File_libraries_resources/Facts_figures/Facts_Figures_2007_-_2008 (Accessed 20 Feb 2009)

ペン, ジェームス (2006) Sub:NZ、060306、変容する木材産業. <http://www.maff.go.jp/kaigai/2006/20060306newzealand61a.htm> (Accessed 20 Feb 2009)

Powell MB, McRae TA, Wu HX, Dutkowski GW, Pilbeam DJ (2004) Breeding strategy for Pinus radiata in Australia. 2004 IUFRO Joint Conference of Division 2 Forest Genetics and Tree Breeding in the Age of Genomics: Progress and Future, Charleston, South Carolina, USA. <http://www.stba.com.au/cms/doc?id=35742585> (Accessed 20 Feb 2009)

Proseed (2007) Forest Nursery Tour. A brochure provided by Proseed. (収集資料)

Proseed (2008) PROSEED Catalogue 2008. Proseed (収集資料)

Shelbourne CJA, Burdon RD, Carson SD, Firth A and Vincent TG (1986) Development Plan for Radiata Pine Breeding. New Zealand Forest Service, FRI Special Publication.

矢野俊夫 (2008) ニュージーランド林業の今. 森林技術 No.797: 12-18