

インドネシアにおけるユーカリ・ペリタの育種

栗延 晋^{*1}・ブディ ラクソノ^{*2}

はじめに

ユーカリ・ペリタ (*Eucalyptus pellita*) は、インドネシアの産業造林においてアカシア・マンギウム、アカシア・クラシカルパに次ぐ3番目の樹種として、その造林地が拡大しつつある。1990年代にはアカシア・マンギウム一辺倒であった産業造林は、同種の根腐病の被害が深刻なスマトラのリアウ州を中心に、そのリスクが少ないユーカリ・ペリタに切り替える動きが本格化している。しかし、ユーカリ・ペリタの造林面積の増加は、こうした消極的な理由だけでなく、従来、アカシア・マンギウムに比べて劣るとされていた林分生産性¹⁾が、育種による改良やクローンの利用により格段に向上した点も見逃せない。

1992年に開始したJICAのインドネシア林木育種計画プロジェクトでは、当初からユーカリ・ペリタをアカシア・マンギウムに次ぐ2番手の育種対象樹種として、同国内の数か所に実生採種林を造成し、二世代にわたる改良を進めてきた²⁾。共著者は、上記プロジェクトのC/Pとして同樹種の育種プログラムを推進するとともに、その経過と分析結果を学位論文にまとめた³⁻⁵⁾。この報告では、その主な成果を紹介するとともに、インドネシアで急速に進みつつあるユーカリ・ペリタの雑種の利用やクローン造林の一端についてもふれたい。

ユーカリ・ペリタ選定の経緯

インドネシアで1990年頃から本格化した産業造林を支援する目的で開始した林木育種プロジェクトでは、既に大規模な造林が開始されていたアカシア・マンギウムを育種対象樹種の一番手として選定した。そして、将来のリスクに備えて、全くタイプの異なるユーカリを二番手に据えることとし、成功の可能性の高い樹種として選んだのがユーカリ・ペリタであった。ユーカリ・ペリタは、オーストラリア北部だけでなくパプアニューギニアやイリアン・ジャヤにも天然分布することから、生育条件が類似するインドネシアの造林に適する可能性を有するユーカリとして注目され始めていた。

インドネシアの産業造林の中心であるスマトラとカリマンタンは、赤道に近く雨季と乾季が明瞭でない湿潤熱帯に属するが、この地域の低地に適応するユーカリは意外に限られる。世界中で広く利用されているユーカリ・カマルドレンシスやグランディスの成長は、この地域ではふるわない。インドネシア各地に試験植栽された地元産のユーカリ・ユーロフィラも、樹高成長が良好なのは最初の2年程度で、立派に成林した林分を目にすることは無かった。そうした中で、比較的良好な生育を示したユーカリがペリタとデグルプタであった。育種プロジェクトでは、両樹種について種子調達の難易度を比較検討して、オーストラリアのCSIROから比較的容易に個別種子を調達でき、パルプの他、製材品や

Susumu Kurinobu and Budi Leksono : Forest Tree Improvement for *Eucalyptus pellita* in Indonesia

^{*1} (独) 森林総合研究所林木育種センター, ^{*2} Forest Biotechnology and Tree Improvement Center in Indonesia

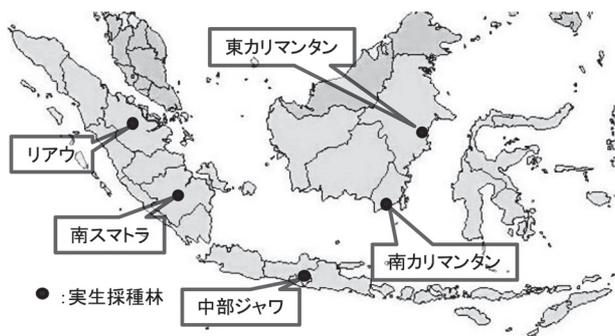


図1 ユーカリ・ペリタの実生採種林の位置

繊維板の原料としても評価の高いユーカリ・ペリタを育種対象樹種に選定した。

実生採種林の造成

育種プロジェクトでは、ユーカリ・ペリタの実生採種林をインドネシア国内の5箇所に設定した(図1)。1994年1月に南カリマンタン、1995年に南スマトラと中部ジャワ、1996年には東カリマンタンとスマトラのリアウに造成した。中部ジャワの実生採種林はプルフトニの土地を用いた直轄試験地であるが、他は林業会社との共同試験地である。

最初に設定した南カリマンタンの採種林には、ニューギニアの3産地(South Kiriwo: 48家系, North Kiriwo: 39家系, Serissa Village: 34家系)にオーストラリア産を加えた155家系を用いた。一方、南スマトラ、リアウ及び東カリマンタンには、ニューギニアの3つの産地毎に採種林を造成した。採種林は、各家系5本の自然受粉苗を1プロットに植栽した10~12反復の乱塊法の設計である。植栽時の間隔は家系内を1.5m、家系間は4.0mの列植えとし、2~3回の間伐によりプロット当たり1本の採種木を残して種子を生産する予定であった。

これらの実生採種林では、年に2回程度、樹高、胸高直径及び通直性を測定した。樹高は年平均3mを上回る成長を示したが、直径成長はアカシアに比べて明らかに劣った(写真1)。先に述べた5箇所の実生採種林のうち、東カリマンタンに設定した採種林は1997年の森林火災で焼失した。



写真1 南カリマンタンのユーカリ・ペリタの実生採種林。植栽後6年半、平均樹高22m、胸高直径16cm、第1回間伐済み。

実生採種林の間伐

実生採種林では、家系別に植栽した個体を生育段階に応じて間伐淘汰して、優良な家系の優れた個体だけを残すことにより、採種林から生産される種子の遺伝的な素質の向上を図る。この「優良な家系の優れた個体の中身は必ずしも明確ではなく改良目的や樹種により異なるが、実際には間伐の際にどの形質に注目して選木したかを明らかにすることにより推測できる。そこで、採種林における最初の間伐であるプロット内選抜において、どの形質を重視した選木が行われたのかを調べた³⁾。

南スマトラの実生採種林3箇所における2度のプロット内選抜の際の選木傾向を図2に示す。ユーカリ・ペリタでは、直径が最も重視され、次いで第1回目は樹高、第2回目は通直性の順であった。南カリマンタンの採種林でも同様に成長形質を重視する傾向が認められており、単幹性や通直性を重視するアカシア類の選木とは明らかに異なる。このプロット内選抜による胸高直径の遺伝獲得量は5%程度と予測された。したがって、実生採種林方式の育種は、ユーカリ・ペリタの欠点とされる成長量の改善に有効であることが確認された。

遺伝と環境の交互作用

生育環境が異なると適応する系統も異なるので、

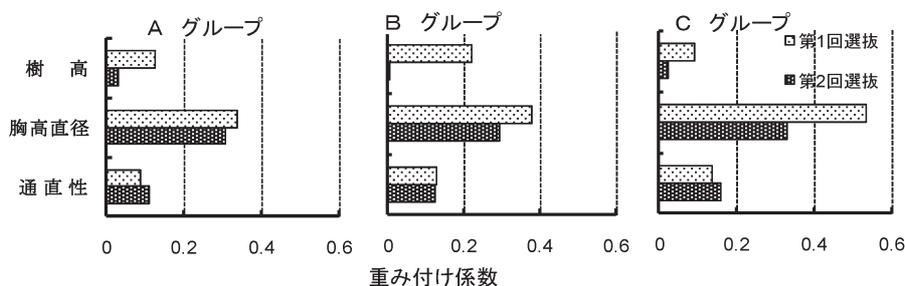


図2 ユーカリ・ペリタの実生採種林のプロット内選抜における選木の傾向

それぞれの場所の実生採種林から生産される改良種子はどの範囲に普及できるのかを予め把握しておくことが望ましい。ユーカリ・ペリタの場合は、当時の主要な産業造林地を網羅的にカバーする5箇所にほぼ共通な家系構成を有する採種林を設定した(図1)。これらのうち、南カリマンタン、南スマトラ及びリアウの採種林からは解析に耐えるデータを得たので3地域間の遺伝と環境との交互作用を分析した。

3地域相互間の解析では、スマトラ島内のリアウと南スマトラとの交互作用は小さいが、スマトラとカリマンタンとの間に顕著な交互作用が認められた。そして、改良種苗の効果は両島間の移動により半減すると予測された。両地域間に気候的な違いは少ないことから、この交互作用は土壌の違い、スマトラはアルティゾル(Ultisols)、カリマンタンはオキシゾル(Oxisols)によるものと推論した。

その後、南カリマンタンの実生採種林からプラス木を選抜し、その自然受粉後代を用いた第二世代採種林を南カリマンタンとスマトラのリアウに2箇所ずつ造成した。これらの採種林から得た3年次までのデータからは、第一世代の採種林のような顕著な交互作用は認められていない。また、後述する実現された遺伝獲得量についても、南カリマンタンとリアウで異なる傾向もない。これらのことから、現地での選抜・淘汰を経ることにより、集団全体の適応性が高まったと推測される。したがって、熱帯地方での遺伝と環境の交互作用に関する問題は、世代毎の改良が進むにつれて相対的には軽減されると思われる。

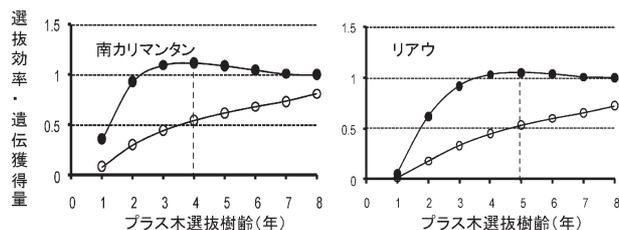


図3 ユーカリ・ペリタの実生採種林におけるプラス木の最適選抜樹齢

注) 胸高直径の遺伝獲得量を白丸で結んだ線、選抜効率を黒丸で結んだ線で表し、最適選抜樹齢をタテの点線で表示した。

最適選抜樹齢の検討

林木の育種では、伐期以前にプラス木を選抜して次世代の育種母集団を育成する。このプラス木の選抜樹齢は、早すぎると伐期の成績との相関が低くなり十分な遺伝獲得量を期待できなくなる半面、遅すぎると年当たりの遺伝獲得量が低下するので非効率的である。ユーカリ・ペリタの伐期を8年と想定して、最大の選抜効率が期待されるプラス木の選抜樹齢を調べた⁴⁾。

南カリマンタンとリアウの実生採種林から得たデータを用いて、プラス木選抜の最適樹齢を検討した結果を図3に示す。遺伝獲得量は伐期に近いほど大きくなるものの増加率が低下するため、年当たりの遺伝獲得量は4~5年で最大となり伐期における年当たりの遺伝獲得量を上回る。したがって、いずれの地域でも伐期以前にプラス木を選抜する方が効率的であり、南カリマンタンでは4年目、リアウで

は5年目が最適選抜樹齢となった。ただし、ユーカリ・ペリタの開花・結実は5年目頃から始まるので、1世代の育種サイクルには5~6年を要すると見込まれる。

実現された遺伝獲得量

実現された遺伝獲得量は、第二世代の実生採種林において改良集団と未改良集団を同じ条件で植栽して、両集団の差を算出することにより把握できる。南カリマンタンとリアウの各2か所の第二世代実生採種林には、南カリマンタンの第一世代採種林から選抜したプラス木の自然受粉後代49家系とともに第一世代の未改良家系10系統を対照として植栽した。したがって、実現された遺伝獲得量は、それぞれの採種林におけるプラス木の後代と対照の3年次までのデータを用いて算出した⁵⁾。

実現された遺伝獲得量は、いずれの採種林でもかなり大きいことが明らかとなった。遺伝獲得量は2地域4採種林の平均で樹高16%、直径19%となり、3年間を通じてほぼ一定である。一般に林齢が高くなるにつれてこの比率は低下するが、この事例は例外的とも思われるほどの遺伝獲得量が持続されている。実生採種林を造成して選抜を行うことによって、ユーカリ・ペリタの成長量は大きく改良されたと言える。また、幹の通直性の実現された遺伝獲得量は、植栽後に集約的な施業が行われたリアウで21%と大きかったが、南カリマンタンでは4%にとどまった。改良の度合いは直径、樹高、幹の通直性の順となり、先に述べたプロット内選抜の際の形質別順位ともよく対応した結果となった。

しかし、この実現された遺伝獲得量は、第一世代の育種における選抜の効果だけによるものではない。ユーカリ・ペリタの天然林から採取した自然受粉種子の他殖率は0.5前後ときわめて低いことが報告されている¹⁾。このため、実生採種林を造成して豊作年に種子を採取すれば、他殖率が高まることによって、採種園産種子の品質面での向上も期待できる。今回の実現された遺伝獲得量には、多分にこの品質面での改善による寄与が含まれていたものと

推測される。

雑種とクローンの利用

他のユーカリと同様に、ユーカリ・ペリタの天然生個体から採種した家系にも自然交雑種が見出される。南カリマンタンの実生採種林では2年生前後からユーカリ・ブラシアーナ (*E. brassiana*) との種間雑種がペリタ純粋種の成長を明らかに上回るようになった (図4)。雑種の葉はやや長く、樹皮が薄く白いので容易に識別できる。同採種林での雑種の出現頻度は0.5%程度であるが、20家系に雑種が認められた。この雑種の成長は総じて良好であり、かつ林齢の増加とともにペリタとの成長の差は拡大している。特に雑種の上位5個体の胸高直径の平均は、ペリタを60%前後上回る。

アララ・アバディ社は、この雑種の優れた成長に着目してクローン増殖技術を開発し、本格的なクローン造林を開始した。同社はスマトラのリアウ州で操業するAPP (アジア・ペーパー・アンド・パルプ) 傘下の製紙会社インダー・キアットの林業会社であり、2007年当時、60万haのコンセッションの80%に人工林を造成していた。リアウ州における同社の主要造林樹種は、乾地 (30%) でユーカリ・ペリタ、湿地 (70%) ではアカシア・クラシカルパであり、アカシア・マンギユウムは根腐れ病が蔓延したため造林していない。

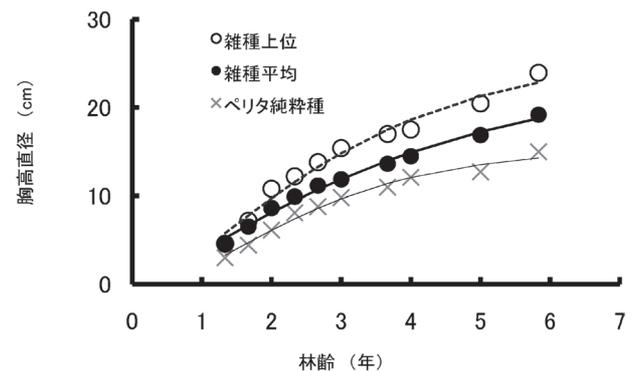


図4 南カリマンタンの実生採種林におけるユーカリ・ブラシアーナとの種間雑種の成長



写真 2 リアウの雑種クローンの試験植栽林。植栽後 4 年半、平均樹高 20m、胸高直径 15cm。先端は風により曲がっている。

同社では CSIRO 由来のユーカリ・ペリタの中から成長の良好な種間雑種を複数個体選抜し、数カ年のクローン検定により最良のクローンを選定して、2007 年には本格的な造林用クローン苗の生産体制を整えた。原木から採穂台木を増殖する過程では若返りのために組織培養を用いるが、大量の採穂台木を苗畑に定植した後は通常のさし木による造林用苗の生産を行う。写真 2 は、当時、最も高齢であったクローン試験植栽林である。樹高は既に 20m 近く、胸高直径は 15cm 程度であるが、2×3m の比較的狭い植栽間隔であった。同社では、アカシア（マンギウム及びクラシカルパ）では 25~30m³（/ha 年）止まりの MAI（Mean Annual Increment）を、このクローンを用いることによって 40m³ にまで向上できると見込んでいた。その後も新たなクローンの検定を続けており、最近では先の雑種に代わってペリタ純粋種がクローン造林に用いられ始めたとのこ

とである。

おわりに

その将来性が不透明な中で育種プログラムを開始したユーカリ・ペリタであったが、想定通りにアカシア・マンギウムの代替樹種としての役割を果たすとともに、育種による改良効果が著しいことも明らかにされて、当時の樹種選択は誤りではなかったことが実証された。最後にふれた種間雑種やクローンの利用は、育種成果に付加価値を与え普及を促進する上で有効な手段である半面、母体となる育種集団の改良を怠ると袋小路に陥る可能性もある。第三世代採種林造成へ向けた育種プログラムの地道な遂行が望まれる。

〔文献〕 1) Harwood CE, Alloysius D, Pomroy P, Robson KW, Haines MW (1997a) Early growth and survival of *Eucalyptus pellita* provenances in a range of tropical environments, compared with *E. grandis*, *E. urophylla* and *Acacia mangium*. *New Forests* 14 : 203-219. 2) 栗延 晋 (2003) インドネシアの林木育種プロジェクトについて 熱帯林業 No. 56 32-41. 3) Leksono B. and S. Kurinobu (2005) Trend of within family plot selection practiced in three seedling seed orchards of *Eucalyptus pellita* in Indonesia. *J. Tropical For. Science* 17 (2) : 235-242. 4) Leksono B., S. Kurinobu and Y. Ide (2006) Optimum age for selection based on a time trend of genetic parameters related to diameter growth in seedling seed orchards of *Eucalyptus pellita* in Indonesia. *J For. Res.* 11 359-364. 5) Leksono B., S. Kurinobu and Y. Ide (2008) Realized genetic gains observed in the second generation seedling seed orchards of *Eucalyptus pellita* in Indonesia. *J For. Res.* 13 110-116