

熱帯林の再生について

——熱帯林再生実験林プロジェクト——

小林紀之^{*1}・曽田 良^{*2}・佐々木恵彦^{*3}

1. はじめに

熱帯林の減少が世界的関心事となり数年が経つ。昨年6月の地球サミット(UNCED)でも重要なテーマとして取り上げられ、緊急な対応が国際的課題となっている。

熱帯林の保全と再生への取り組みが様々なレベルで推進されているが、各国の複雑な事情もあって問題が山積みしており、国際協力による地球的規模での解決が必要と考えられる。取り組みには技術面に加え、社会・経済面での対応が求められており、推進に当たっては国連や政府ベースに加え民間(NGOや企業)の積極的な参画が不可欠とされている。

わが国では昭和51年以来林野庁を中心に国際林業協力が推進されているが、産業界の参画も「熱帯林再生技術研究組合」の設立を契機に促進され、産・学・官による取り組みとして国際的にも評価されている。FAO, ITTO等国際機関を通じた協力も積極的に推進されており、国際林業研究所(CIFOR)の設立にもわが国は重要な役割を果たしている。

又、大学と産業界による研究活動もいくつか推進されているが、本稿では住友林業(株)と東京大学によるインドネシア・東カリマンタンの実験林での共同研究活動を中心に紹介し、熱帯林再生に关心を持たれる方々の参考したい。

わが国は国際社会に於ける地位に応じた国際貢献が求められているが地球環境問題への貢献が最もふさわしいと思われる。なかでも世界的緊急課題である熱帯林問題への国際協力は最も力が發揮でき、各国の期待に応えられる分野と

KOBAYASHI, Noriyuki, SODA, Ryo & SASAKI, Satohiko : Project for Rehabilitation of Tropical Forest

*¹, *² 住友林業株式会社, *³ 東京大学農学部

考えられる。

2. 热帯林再生技術研究組合の設立

1990年5月に発表された「熱帯林問題に関する懇談会」の中間報告で熱帯林の保全と再生の国際協力に民間活力を生かす事が提言されている。具体策の一つとして実現したのが林野庁所管の同研究組合である。熱帯林再生に关心を持つ多くの企業の参加を得て、技術開発委員の指導で活発な研究活動が推進されている。同組合の設立は企業の取り組みに重要な役割を果たしたと考えられる。参加企業は住友林業(株), 王子製紙(株), トヨタ自動車(株), コマツ(株), 日商岩井(株), (株)岐阜セラック, 東洋紡(株), 三井農林(株), 石巻合板(株), (株)関西総合環境センターの10社である。現地適応試験地は、各社が現地政府・大学等と協力してインドネシア, マレーシア, タイ, ベトナム, パプアニューギニアに数か所設けられている。同時に広範囲な活動が展開出来たのは、まさに民間活力が生かされた結果と言えよう。

本年9月インドネシアのジョクジャカルタで開催されるユフロ・SPDCの活動の一環であるバイオリフォルの研究発表会には、同組合メンバー及び技術開発委員が多数参加を予定している。

この様に、熱帯林再生に産・学・官協力体制で取り組むのは地球環境時代の企業の役割として価値ある事と思われる。(尚、同組合の活動については香山疆氏が熱帯林業(新)27:23~27に報告されている)

3. 热帯林再生実験林プロジェクト

1) KTI スブル実験林の

概要

本プロジェクトは山火事や焼畠跡地を元の生態系に少しでも近い形に戻す事を主眼とした熱帯林再生の技術協力を目的としている。

実験林はサマリンダよりマハカム川の上流約60kmのスブル地区に位置している。同地区は、住友林業(株)の合弁会社

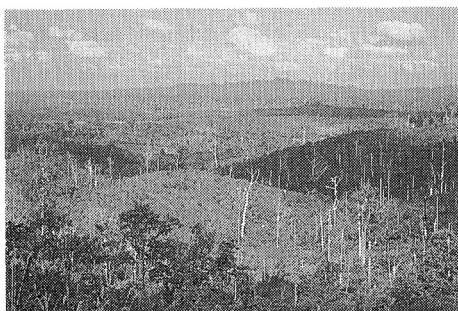


写真-1 スブル実験林現況

である P. T. KUTAI TIMBER INDONESIA (KTI 社) が 1970 年代に森林開発事業に着手し、同社のジャワ島の合板工場に原木を供給していた。

1982～'83 年のカリマンタンでの歴史的な山火事で大被害を受け、終山のやむなきに至り、林区権は政府に返還した。実験林はこの旧林区の一部 3,000

ha が対象であり、山火事と焼畑の跡地が主で、尾根筋に一部焼け残った疎林がある。本プロジェクトは KTI 社とインドネシア林業省との共同事業として推進しており、両者が共同で運営に当たっている。住友林業（株）が資金、技術面で協力し、学術的には東大農学部造林学研究室との共同研究で進めている。又、同プロジェクトの一部は前出の熱帯林再生技術研究の現地適応試験地として利用されている。一企業が推進しているささやかなプロジェクトだが、産学官が共同で取り組む国際的な研究開発事業であると言えよう。

スブル集落より約 1 km の所にクリーンルーム等研究設備、10 数名分の宿舎、苗畑、職員住宅のあるベースキャンプを設け、約 10 名の KTI 職員が家族と共に居住し、研究、管理、運営に当たり、30～40 人の作業員が育苗・植林・育林等を行っている。実験林は研究交流の場ともなっており、日・イ両国の研究関係者も多数実験林に訪れている。インドネシア林業省からはスジャディハルトノ森林研究開発庁長官や多くの関係者の訪問をはじめ、前出研究組合関係では林野庁、技術開発委員の方々による現地検討会も 2 回持たれている。又、東洋紡（株）の現地適応試験にも協力している。

2) 東京大学・造林学研究室—住友林業（株）共同研究

両者は「熱帯降雨林の再生技術の開発に関する研究」を研究題目として共同研究を推進しており、本実験林を研究場所としている。

住友林業（株）では熱帯林プロジェクトを有意義に遂行する為、学術的指導を必要としていた。一方、東大造林学研究室では地球環境の保全で社会的要請の強い上記課題の研究に現地の森林を対象とした本格的試験研究を必要としていた。しかし、この様な試験研究を大学独自で行う事は困難であり、住友林業（株）と共同研究を行うのが有効であると判断した。この様に両者の意向が一致

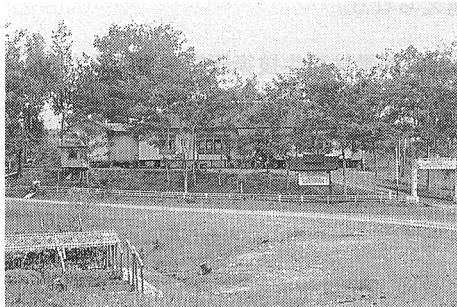


写真-2 スブル実験林ベースキャンプ

し共同研究が1992年5月にスタートした。

実験林では住友林業筑波研究所、東大造林学研究室の研究者が長期出張で滞在し、KTIの研究者と共に研究活動を推進している。KTI社では泉谷社長はじめスタッフが研究活動を全面的にバックアップしており、研究者にとって大きな力となっている。同実験林は若手研究者にとって貴重な研究活動のフィールドであり、出来るだけ多くの参加を基本としており、これまで現地に滞在した両者の研究者は20数名に及んでいる¹⁾。

共同研究検討会は東大造林学研究室と住友林業（株）の研究関係者が各教官出席のもとに月に2~3回開いており、名実共に共同研究として順調に進んでいる。インドネシア林業省に提出する第1回研究報告書も7月末に完成した。

3) 研究テーマ

研究中のテーマと目的は次の通りである。

a. 総合的森林育成技術の開発

熱帯林再生の為に最も適した植栽樹種や植栽方法、保育方法を研究し、天然更新も含めた総合的な森林育成技術の開発を目指す。

b. 微生物等を利用した育苗方法等の開発

現地で入手可能な材料を用い、育苗用資材・培養土を開発し、幼苗の成長促進、育苗期間の短縮、活着率の向上を目指す。

c. 栄養繁殖による苗木の増殖方法の開発

日本及びスブルでフタバガキ科樹木の組織培養法、挿木法による増殖技術を確立する事により苗木の安定供給を図る。

d. 热帯果樹混植林の造成技術の開発

熱帯林減少の一因である現地住民の焼畑への依存を軽減し、森林が存在する事による住民の利益を考え、果樹等の混植による森林再生を試みる。こうした住民を考慮した森林の再生が重要な課題である。

e. 土壌の物理性と化学性の分析

植栽地、天然更新地の土壤の性質と特長を明らかにし、樹種による土壤適性、生長への影響等を調査する。

f. フタバガキ科樹種の生理的特性

フタバガキ科苗木、稚樹の成長と光、水分、養分との関係を明らかにし、苗木の生産技術の向上を図る。

g. フタバガキ科樹種の天然更新

天然更新における稚樹の成長と環境要因との関係を明らかにする。

h. 热帯二次林の生産力の評価

炭素の吸収源として評価されていなかった焼畑跡地の現存量と生産量を調べ、立地条件との関係を明らかにする。

これ等の研究テーマは前出の研究組合及び東京大学・住友林業共同研究の両テーマが含まれている。

4) 研究の現状

a. 総合的森林育成技術の開発

在来樹種であるフタバガキ科、経済性に重点を置く早生樹、地元民の生活に役立つ果樹等々の植栽試験を実施している。社会林業的考え方を入れた多面的な取り組みで熱帯林再生の実用的技術開発を目指したいと考えている。

植栽は雨季(11~3月頃)を狙ってフタバガキ科を主に早生樹、果樹等を第1回目は'91.1~'93.2に7,000本、第2回は'92.11~'93.3に約50,000本を20ha、50試験区に実施した。また今年11月から来年3月にかけ、35haに約70,000本を植える予定で育苗、地拵え作業を進めている。

フタバガキ科の樹種のうち、11種を試験的に植栽した。第1回植栽の実績を見ると月平均3~4cm成長し、早いものは14か月で樹高2.3mにも達している。早生樹としてファルカタ(*Paraserianthes falcataria*)、スンカイ(*Peronema canescens*)、マンギウムアカシア(*Acacia mangium*)等を植えているが、ファルカタは最も成長が良く月平均23cm伸び、高さが4m以上に達している。

植栽試験として一斉植栽、ラインプランティング、ギャッププランティング、樹下植栽、混植試験、密度試験等、50試験区で実施している。又スタンププランティングで*Dryobalanops lanceolata*を3試験区に植栽した。

フタバガキ科の活着率に影響を与える要因として、植栽後2~3か月間の降雨量、実生苗と山引き苗の苗木の質の差等が考えられる。

b. 育苗に関する諸問題

植栽の主対象としているフタバガキ科樹木の養苗について述べたい。

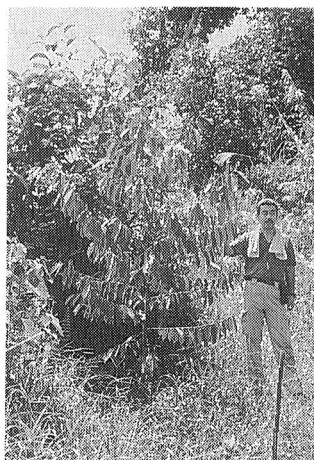


写真-3 植栽後14か月の *Shorea leprosula* (樹高230cm)

b-1. 苗の入手方法

フタバガキ科苗育成方法としては種子からの実生、山引き苗、挿木がある。又、組織培養の研究も行っている。

(ア) 山引き苗の入手

苗の生産に当たっては実生による育苗に勝るものはないが、対象地の東カリマンタン、スブル地区では'91年3月以来結実していない。従って現時点では山引き苗が最大の供給源である。しかしながら、スブル地区では母樹は盗伐でほとんどなく、稚樹は焼畑によって焼失しているという状態になっている。山引き苗の採取可能な森林は近くても50km以上離れており確保は困難である。従って、現在、共同研究相手先である林業省のWANARISETから種名の明らかなものを購入しているが品質のバラツキが大きい。これらは山引き苗の樹勢の違い以外に養苗時の根系の発達に由来するものもあり、山取り時の根の切り方や育苗用土が一定でないことも原因と思われる。

(イ) 種子の入手

前述のように'91年3月以来結実がなかったが今年4~5月にかけて天然更新試験地のなかにあった*Hopea nervosa* 1本が結実し、約1,500本の苗を得ることが出来た。しかし、母樹の絶対数が僅かで散在している現実からすると今

後の安定供給は期待できない。KTI社や種苗会社等の国内に広がる情報網を活用し結実情報を得て大量の種子を確保したいと考えている。

b-2. 育苗方法

育苗方法において留意すべき点は育苗用土やポットを含む資材、施肥方法、光のあて方である。又、フタバガキ科樹木には共生菌として外生菌根菌がつくことがよく知られている。育苗時にはこれら共生菌を短期間で接種、発達させ、有効に機能させることも考慮に入れておかなければならない。

(ア) 育苗資材

我々が対象としている東カリマンタン、スブル地区の土壤はほとんどが粘土質であり、なかには石炭層及びその上下のパイライトを



写真-4 苗畑で育成中の *Shorea ovalis* 苗

含む岩層が混入している所もあり、育苗用土の選択には注意が必要である。現在育苗用土として暫定的に森林表土3, 付近にあるケランガス地の石英砂1, 牛ふんを堆積して土化したもの1の混合土を用いている。基本土が粘土質のため、乾燥すれば非常に堅く、過湿になれば通気性に乏しい。そのため現地で入手可能な育苗用資材を用いて育苗実験を行い、最も適した組合せを早急に絞り込む必要がある。本年5月より木炭施用試験等を行っている。又、育苗ポットの大きさについては育苗面と植付け作業面から最適なサイズを決める必要がある。

(イ) 外生菌根菌接種とその効果

フタバガキ科の外生菌根菌についての接種方法やその効果、フィールドでの消長等の研究はまだ少ない²⁾。事業的規模を考えると対象とする苗の数は少なく見積もっても数万～数十万本になるのであまり手間のかかる方法は現実的ではない。育苗時に効果の大きい菌を安価、容易、確実に接種することが要求される。苗畠のフタバガキ科の苗の根を洗ってみると、1本の苗に黄、白、茶色の少なくとも3種の菌根を形成していることもあった。効果の大きい種の検索と、それを特異的に感染維持させる方法は今後の研究を待つとして、当面以下の項目について明らかにする必要があろう。

①人工接種する場合、その方法ごとの菌根形成時期と形成量、効果及び無接種区との比較。

②育苗資材の違いによる菌根形成量、感染時期及び施用効果。

③菌根形成量及び接種の違いが植栽後の活着率、成長量に与える影響。

これらの実験にはすでに菌に感染している山引き苗を材料に用いる訳にいかないので、少なくとも種子を入手し、種子発芽時に実験を開始しなければならない。

本年5月に開始した方法を簡単に述べておくと、まず、接種方法としては既に *Scleroderma* 属と思われる属に感染している苗木をそばに置き、それらの苗から伸長した菌糸が他の苗に感染することを期待している。住友林業筑波研究所の温室での実験では感染源と思われる苗から放射状に菌糸が伸長し、その内側ではほとんどの苗が菌根を形成していた。本方法は安価、容易である。短期間に確実に接種するための接種源苗の大きさ、配置方法が残された課題である。活着率の向上に与える因子でまだ解明されていない因子、例えば植え穴の大きさ、有機物の量、植え方、マルチング、水分条件、日照時間等の影響についても検討する。

(ウ) 光のあて方

熱帯のフタバガキ科稚樹は裸地では育たないとされていたが、我々の苗畑では山引き苗搬入後、約1か月かけて徐々に寒冷紗を開け最終的には直射日光下で育成している。

特に日光に弱いと思われたのは、*Shorea seminis* と *S. pauciflora*, *Dryobalanops lanceolata* であるが、種の特性なのか、それ以前の育苗時の環境のせいなのかは不明である。日焼けし、枯れしていく葉が多数出るが、苗木本体が枯れる事はない。

昨年度植栽した苗の活着率は明らかに実生苗の方が山引き苗よりも高かった。しかしながら種子の入手が困難である現実からすれば山引き苗の養成方法、育苗用土等について更に詳しい実験と調査が必要である。

c. フタバガキ科の組織培養、挿木

住友林業筑波研究所において組織培養による増殖の研究を行っている。幼植物体の再生までに至っていないが、いくつかの知見が得られた。要約すればショート伸長培地はサイトカイニンとして 4PU [N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea] を 0.5~1 ppm, オーキシンとして IBA を 0.002 ppm 含む WP 培地 (Woody Plant Medium) が適していた。葉の展開が得られたが、発根には至っていない。現在発根条件について検討中である。又、葉の一部をつけたままの枝を表面殺菌し、殺菌済バーミキュライトに挿したところ 6 週間後、腋芽の伸長が確認され、更に 5 週間後に発根が確認された。この無菌の植物体からは実験材料としての新鮮な腋芽が採取できる。又、これに菌根菌を接種する事で特定の菌が感染した植物体を得る事が出来るので、菌と植物の相互関係を解明できるものと思っている。

スブルで行った土挿し挿木実験の結果では *Dryobalanops lanceolata*, *Shorea leprosula*, *S. ovalis*, *S. johorensis*, *S. pauciflora* の 5 種において用いた培地の砂、煉瓦細片、鹿沼土の間では明確な差が認められなかった。*S. ovalis* は比較的発根率が悪く、*D. lanceolata* が比較的発根率が高かった。しかし、いずれの発根もヒゲ根状で種子から発根するようなものが得られていない。この様な根が育苗から植栽にかけてどのような影響があるか不明であるので今後、追跡調査をする予定である。

d. 热帯果樹等の植栽試験

マンゴー、ドリアン数種とカポック（綿の木）を数百本植栽試験している。フタバガキ科等と混植すると共にベースキャンプ付近にマンゴーの試験林を設

置している。又、ドリアンの優良品種を接木増殖すべく 120 本を採穂用として苗畑周辺に植栽している。

これ等の苗木は全てジャワ島で優良種を購入し、KTI 社の自社船で輸送したもので、地元では成果が非常に期待されている。

e. 土壌の物理性と化学性の分析

スブル実験林内に分布する土壌の特性を明らかにする為に、尾根部にフタバガキ科樹木の大木が残存し、林床にフタバガキ科樹木の稚樹が更新している二次林と焼畑跡地の人工植栽地の土壌の断面形態及び理化学性を調べた。

表層から下層までのいずれの層位の土壌も、空気と水とが占めている孔隙の割合が 40~50% 程度と小さく、しかも粗孔隙が少ない特徴が認められた。粗孔隙量が少ない性質は、透水速度の小さい事と対応しており、その為地表流が発生し易く、降雨による表層土壌の流亡が起こり易い土壌と言える。この様な性質は、二次林に比べて焼畑跡地の人工植栽地の土壌で顕著であり、A 層土壌厚が二次林の 14~20 cm に対して、焼畑跡地の人工植栽地で 8~9 cm と薄いのも表層土壌の流亡によるものと推測された。

調査地点の土壌の多くは、土壌の酸性度 pH (H_2O) が 5 前後、塩基置換容量



写真-5 天然更新試験地上木伐採後の PLOT, *Hopea nervosa* の稚樹 (4~5 万本/ha ある)

左 : 1992 年 3 月の状況 ; 右 : 1993 年 6 月の状況

が 20 cmol(+) / kg 前後、塩基飽和度が A 層土壤で 30~50%、B 層土壤で 20% 以下であった。

全体として、本調査地の土壤理化学性は不良であるが、植栽木の成長が阻害され、森林再生が行えないほどの問題がある土壤とは思われない。又、各調査地点の土壤の化学分析結果から、土壤の性質、特に化学性に影響を与える土壤母材が、調査地によって又同じ調査地でも調査地点によって異なっている可能性が示唆された。実験林内に分布する土壤の性質を明らかにするためには、土壤母材となっている岩層の分布を把握する事が重要であり、現在調査を行っている。

f. フタバガキ科樹種の生理的特性

フタバガキ科は多くの樹種を含むグループで、その性質も種によって異なっている。形態や生態のデータは報告されているが、人工造林にとって重要な生理的性質が明らかになっていない。そこで、フタバガキ科樹種の生理的性質のうち、光・水分・養分といった環境に対する反応を明らかにし、育苗の改善を目指す。

今のところ実験準備の段階で *S. leprosula*, *S. ovalis*, *D. lanceolata* の実生苗を材料にして光反応の実験から開始する予定である。

g. フタバガキ科樹種の天然更新

実験林の中にフタバガキ科の母樹が残存し、稚樹が高い密度で存在している林の更新を図るため、稚樹の成長と環境との関係を明らかにする。1992年3月に、上層木あるいは競合する低木の伐採程度により光環境を変えた4つの試験区（約 20 m × 20 m）を設定し、稚樹の個体数・根元径・樹高・比葉面積と一部の稚幼樹の頂端部の相対日射量を数か月おきに測定している。又、葉分析により稚樹の栄養状態を評価した。試験区設定後 7か月の時点では、個体数の減少や葉やけなどの強光障害は認められなかった。同じ試験区内でも稚樹の個体ごとに光環境が異なっており、光の影響は樹高成長よりも直径成長により明らかにあらわれていた。

h. 热帯二次林の生産力の評価

実験林内の焼畑跡地を放棄後の年数・立地条件などにより区分して現存量を調べ、焼畑跡地の蓄積及び生産量の評価を行っている。焼畑跡地に 10 m × 10 m 程度のプロットをいくつか設け、地上部を刈り取り、葉（同化部）と幹・枝（非同化部）を分けて重量を測定した。その結果、焼畑放棄後 1 年目で 10 t / ha の成長をする場所もあり、焼畑跡地も 1 年から炭素のシンクとして機能すること

が分かった。今後、焼畑を行う前と後での土壤中の炭素量の変化を調べる予定である。

4. おわりに

本プロジェクトは熱帯林再生の技術開発を目的にしているが、日・イ両国の若い研究者の育成も重要な目的である。熱帯林の研究や事業に長年の経験を有する研究者と企業人が共に手を携え、若い世代にその経験を引き継ぎ、後世に残る実りある研究プロジェクトにしたいと考えている。

インドネシア林業省ジャマルディン大臣、ハラハップ前大臣、森林研究開発庁スジャディハルトノ長官、カドリ前長官及びわが国林野庁、文部省、熱帯林再生技術研究組合の本プロジェクトに対する深いご理解と多大なご支援に感謝の意を表し本稿を終わらせていただきたい。

1) 研究メンバー

[東京大学] : 佐々木恵彦、八木久義、丹下 健、小島克己、松根健二、正木 隆、
金坂基、益守眞也、則定真利子、阿部 真、斎藤直人、斎藤陽子、近藤秀樹、
三田林太郎、原田一宏、橋本 徹、

[住友林業] : 高原省吾、小林紀之、曾田 良、大友泰裕、VAARIO LU-MIN、

[KTI 社] : 泉谷洋光、IR. SUNYOTO、DRS. SYAMSUL EFFENDI、
H. IDRAMESYAH、佐藤 翼

2) (参考文献) 小川真 热帯林業 (新) 22: 29-38 (1991)
