

サラワク泥炭湿地における造林造成技術

北 岡 顕

1. はじめに

私は1997年4月～2001年7月の4年3ヶ月をマレーシア連邦サラワク州のシブという町で駐在員として過ごし、熱帯林の植林研究に従事する機会に恵まれた。この研究結果は既に成果報告書（熱帯林再生技術研究組合編，2001）として発表されているが，このたび本誌にて概略を報告できる機会をいただいた。研究結果の概略と共に現地での経験も交えて報告させていただきたい。

地球環境問題の一環として熱帯雨林の破壊減少が注目されてから既に久しいが，熱帯雨林の再生は困難との認識が一般的であったと思われる。私の所属する石巻合板工業（株）では1991年に新規設立された熱帯林再生研究組合に加入し，「熱帯広葉樹の挿し木による増殖」をテーマに5年間の活動を展開，また1996年から2000年には熱帯林再生技術研究組合と改称され，継続研究として「熱帯広葉樹の挿し木苗等による泥炭湿地の森林造成技術の開発」をテーマにフィールドでの植林試験に挑んだ。研究対象樹種は，東南アジアにおける熱帯雨林を代表するフタバガキ科の中でも，純林形成という特殊性を有し特に挿し木発根が困難と言われていたセンガワン（現地名アラン *Shorea albida*）（Kondo *et al.* 1988），材がきれいなクリーム色で歪がなく加工性や着色性に優れていることから日本国内では絵筆の柄やモルディング等に利用されているラミン（*Gonystylus bancanus*）および竜脳樹と呼ばれ独特の芳香を有し耐久性にも優れる湿地性カプール（*Dryobalanops rappa*）であった。これらの中で最も力を入れたのがセンガワンで，研究開始の初年度には挿し木発根率は0%であったが試行錯誤の中で22年目には僅かながらも発根させることに成功し，

Akira Kitaoka : Reforestation Technique on Peat Swamp Land in Sarawak, Malaysia.

石巻合板工業株式会社サラワクプロジェクトチーム植林研究担当

更なる諸条件の改良の結果、1996年には50%から時には90%に迫る発根・得苗率の達成が可能になった。更にこの挿し木法によって増殖された挿し木苗により、泥炭湿地での植林試験を1997年より実施した。本報告の中ではセンガワンをメインに既述させていただきたい。

2. 背 景

弊社は国内合板業界の中でも最若手として、創業以来東南アジアをはじめとする南洋広葉樹材を利用してきた。その中でもセンガワンは通直性、加工性の良さなどから弊社にとって非常に有用な原料として重宝してきた。しかし、開花結実が不規則かつ20～30年に一度と言われる長周期で天然更新は非常に困難である（山田1984, 小林1988）。また熱帯雨林においては非常に希な純林形成種であることから、近年では重機によって強度に伐開される事が多く、更に伐採後の林地は泥炭湿地の形成過程で残留した硫化物のため再び林地としての利用が望まれている（T.C. Whitmore 1993）が、現実問題としては困難な状況であった。そこで現地に対し何らかの形で恩返しできないかという視点から、1990年よりその可能性の模索を開始した。そのような折、熱帯林再生研究組合より新規創設時点からの加入を勧められた。熱帯林業第32号にも投稿させていただいた当時の担当者、内村洋一はそれまで全く未経験でそのような大役が務まるのかやや及び腰であったが、折角なら最初から参加した方が良いとのアドバイスを受け活動が開始された。開始当初はいかに挿し穂を発根させるかという点が大きな課題であった。

樹種の選定にあたっては内村がサラワク州知事ダトー・タイプ・マムート氏と接見し、同州としては植林に用いられやすい早生樹ではなく在来固有種の方を望む事が明らかになった。その上でサラワク州森林研究所（同州クチン市）、同州シブ森林研究所（同州シブ）との交渉の末、現地での活動開始が可能となった。

造林の実施に当たって、基本的かつ最重要な事項は植栽苗の確保であろう。最も簡便な手段としては林内より採取した種子や天然実生を育成して再び森に戻す方法が挙げられるが、センガワンの様に天然更新の困難な樹種では適用できなかった。有性繁殖が困難な場合には組織培養や挿し木など無性繁殖法の利用となるが、前者では衛生的かつ多くの資材やエネルギーを要する施設、熟練技術者が必要であり、電力も水供給も不安定な我々の現場には不適と考えられた。また本研究の目的は、最終的に現地に在来固有種苗の生産および植林技術

を移転する事であったため、より単純な後者を選択した。

3. 試験地概況

試験苗畑はマレーシア連邦サラワク州シブ(図1)から同州でも有数の大河であるラジャン河を水上バスで30分ほど下った所にある弊社との合弁企業、サンヤンウッドインダストリーズという合板工場の敷地内に約2,500m²の土地を借りて建設された。植栽試験地



図1 試験地概略

は同州シブ近郊に位置し、試験苗畑からは船外機付き小型ボートで約50分の所に位置するナマン保全林(Naman Forest Reserve, 面積約7,350ha)内に設定された。この保全林は1970年代前半に制定され、林内には幾つもの河川・小川が流れているが本試験地は幅10~20mのアッサン川近くに決定された。同地はサラワク州森林局の管理下にあり、シブ森林研究所や猫の街として有名な州都クチンの森林研究所などを訪問・説明した結果、植林研究を目的として1996年より無償で18haを借用する事が可能になり現在も育林試験を継続中である。2000年より2haの拡張が認められた。

ナマン保全林の制定以前には、泥炭湿地性混交フタバガキ科樹種を対象とした商業伐採が入っており、1960年代後半まで流域には伐採キャンプの貯木場や製材所などが存在していた。現在でも林内にはトロッコのレール跡があり、その枕木の中には現在も殆ど腐朽していない高耐久材もあり当時の原本事情の豊かさが想像される。このレール跡は、一歩足を踏み入ると現地人でも方向感覚を失い易いジャングルの中での貴重なランドマークであり、我々が実際に道を見失い帰路を求めていた最中に発見した時には非常に大きな安心感を覚えた。

現在でも植栽地の中にはメランティ類をはじめとする母樹が所々に残されている。これらは当時まだ商品価値が低く、またクダクダ(人馬)と呼ばれる労働力による操業であった事から運良く残されたと思われる、そのお陰で現在でも林床には種々の天然実生が発見され得る。特にカプールは雨季の終盤になると、その実生が絨毯のように密に発生する様子がほぼ毎年観察された。ラミンにおいても、カプールほどの集中発生は見られなかったが、林内に天然の若木を探すことは困難ではなく、調査時に植栽木との見分けに苦労する事もしばし

ばであった。しかしセンガワン稚樹は皆無であった。

4. 育苗

4.1 挿し木苗の生産

挿し木苗の生産に関わる基本的な技術開発は1991年から1995年までの5年間で実施された。挿し木増殖法の詳細については前述の熱帯林業第32号をご参照いただきたい。

苗は熱帯地域にて一般的なポット苗を使用した。挿し穂の発根後はポリバッグに移植したが、この大きさにも考慮した。健全苗の育成には根系の発達が必要であり、この観点からはポット容量は大きな方が良いと考えられた。しかし養生・育苗スペースやアクセスの悪い植栽地への運搬等の事情を勘案すると手の平に軽く乗る程度の大きさが望ましく、通常では折り畳み時6×8インチ（容量約342ml）のものを使用した。しかし特に根系の発達しやすい樹種では一回り大きいポットを使用した。苗の育成には、挿し木開始から発根までに約3ヶ月、ポットに移植後養生期間として約1ヶ月、さらに育苗期間として半年以上と合わせて約1年間に要した。この期間を短縮するために施肥や遮光試験などの各種試験を実施した。

4.1.1. 苗畑生産施設

挿し木発根苗の生産に際し、研究初期には木製の挿し箱を使用した。大量生産用に施設を増築した際に透明シートで覆いミストスプレー装置を内蔵したコンクリート製の挿し床を増設した。このミストスプレーはコンピュータによる自動噴霧および手動により操作した。気密性が高ければ月に数度の灌水でも充分であった。

4.1.2. 挿し床培地

挿し床の培地として、有機物を極力取り除き淡水で洗浄した川砂を用いた。試験の過程では粒度の異なる川砂とココナツや粃殻の燐炭を異なる混合比率で加えるなど種々試みたが、北緯2度の熱帯における密閉式挿し床では寒冷紗の透過光でも内部温湿度は非常に高くなり、有機物の混合はカビや腐敗の原因として挿し穂の枯死に大きく関わっていると考えられた。そのため前述の川砂を用いたのだが、それでも数回繰り返し使用すると苔類やカビなどが培地表面を覆い尽くす事があり、6～9ヶ月に一度定期的に川砂を洗浄した。

現地では水の供給が不安定だったため、雨水タンクを4基、容量約6トンを確認して苗畑施設の用水をしのぐという状況であった。川砂の洗浄後、自然乾

表 1 寒冷紗枚数による遮光効果

	遮光なし	1 枚	2 枚	3 枚
照度 (klux)	122	50	17	9
遮光度 (%)	0	59	86.1	92.6

測定日：2000 年 12 月 19 日正午

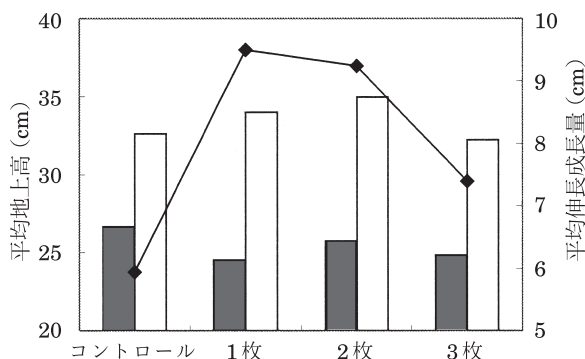


図 2 センガワン挿し木苗の遮光と伸長成長
 黒：開始前平均値，白：終了後平均値，折れ線：
 平均伸長量

乾燥した場合には約 1 ヶ月を要した他、一旦苔やカビの発生した培地では洗浄後も完全に除去しきれないという問題が残った。原因としては川砂そのもの、タンク内に溜まっていた、または周辺より飛来したと考えられる孢子や種子などが考えられたが、主要因を特定する事は困難であり、いずれにしても問題の解決を図るため、約 1×2 m の鉄板上での強制加熱乾燥という手法を試みた。

結果としては若干の軽減を達成したものの、依然として問題の発生する挿し床もあって決定打とはなり得ず、培地の表面を除去する必要がある。現地で粒のそろった川砂を採取できる所は限られており、交換用培地の確保には苦労した。またアリの営巣による培地の乾燥害、ムカデ類による挿し穂地際部への食害などの虫害も発生し、予期せぬ出来事の連続であった。

4.2 育苗試験

4.2.1 挿し木苗の遮光試験

非常に強い熱帯地域の直射であるが、過度の蒸散を防ぐために短時間で気孔を閉じることから実際に熱帯植物が光を光合成に有効利用できる時間は異外と

少ない(松本ら, 2000)。移植した挿し木発根苗を健全かつ早期に育成するのに最適な光強度を把握するため, 減光度 50% の寒冷紗を 0~3 枚重ね前後左右および天井を覆った縦×横×高さ=3×3×2 m の遮光スペースの中央付近に苗を置き, 2000 年 8 月 28 日~2001 年 1 月 16 日の約 3 ヶ月半に渡って試験を実施

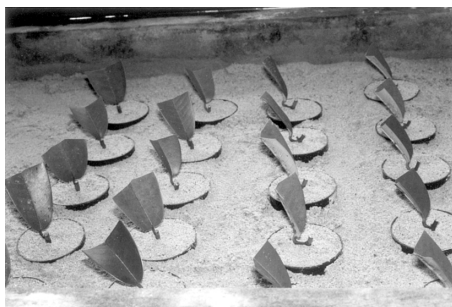


写真 1 センガワンのポット挿木生産

した。苗は全て前述の標準サイズのポットを使用し, 育苗の全行程に於いて施肥から隔離したもの各 30 個体ずつを試験に供した。各条件の遮光度を表 1, また各条件における地上高, 伸長生長量を図 2 に示す。

試験終了後, 枯死個体はコントロールでの 5 個体のみで, 遮光条件下では全て生存した。外見上では 2 枚の条件が葉の色, 生長量の点から最適と思われた。しかしポリバッグを破り全個体の地下組織を観察した結果, コントロールの場合では地上部には枯死に近いと感じるほどの疲弊が認められたのに, 根系は非常に発達していることが明らかになった。しかし枯死個体が発生するほどの過酷な条件では苗の歩留りにも影響すると思われ, 伸長成長量および順化处理効果を考慮すると寒冷紗 1 枚の条件が最適と考えられた。

4.2.2 苗の移植作業上の注意

苗の生産実務の上で少量生産の場合には丁寧な作業が可能であるが, 大量生産の場合には意欲向上のため従業員給与に歩合制を盛り込む必要があり, そうした場合には往々にして品質低下が付き物と考えられる。その一例として, 発根苗をポットに移植する際の問題を取り上げたい。本来ならば鉛直に移植する筈の根系を, 作業効率を向上しようと予めポットの半分まで満たしておいた培地上に植えたため, 根系が直角に曲げられた状態のまま養生され, いわゆる鳥足苗となった。植栽試験開始後しばらくこの問題は露呈しなかったが, 1999 年 8 月に初めて問題が発覚した。試験苗畑内に予備植栽されたセンガワンの枯死個体を調査のため掘り返した所, 樹高は 2 m 近かったにも関わらず根系は非常に貧弱で, 特に挿し穂の下端から直角に折れ曲がっており養生時のポットのサイズとほぼ変化のない直径約 9 cm のコイル形状であった。細根も殆どなく, 樹体の支持のみならず成長に十分な吸収能も発揮できなかったと推測された。

また植栽試験地においても樹高4 m、胸高直径約4 cmまで成長した個体が突然倒伏するという現象が確認された。その根系は一方向に偏向しており、これを蝶番とする様に倒れていた。これらの事例から苗の植え替え作業の重要性が強く認識され、その後作業方法の遵守徹底を図った。多くの労働力で大量生産するには様々な場面で同様の問題が起り得る事から、普段からの注意が必要と考えられた。

4.2.3 ポット内での挿し木生産

苗の移植を不要とする方法として、挿し木開始時点からポット内で行えば自然な発根状態のまま植栽が可能と考え試験を実施した。挿し木法は全て従来通りとし、挿し床の一部を共有して条件面での差異も極力減らした。使用した硬質プラスチックポットは直径約8.7 cm×深さ約7.5 cmで、結果は発根率100% (10 個体)、その全てに自然な鉛直・水平根が発生していた。コストの問題は残るものの、培地から掘り起こしたポットをそのまま養生・出荷する事ができれば、より高品質な植栽苗の確保に役立つと考えられた (写真 1)。

4.2.4 苗の運搬方法

生産した苗を植栽地まで運搬する作業は、様々なプロジェクトにおいて程度の大小に関わらず問題であると思われるが、この試験においても例外ではなかった。苗の運搬や植栽作業には植栽地に近い集落の住民を日雇いで雇用したが、彼らの声および活着率調査の結果を分析すると、植栽後間もなく枯死した個体の原因の1つとして運搬中での苗の疲弊が挙げられた事から苗の運搬作業法についても改良を図った。

それまで通常の方法として、葉は落とさず樹高45~60 cm、葉の緑色が濃く健全そうな苗を選抜して植栽に供していた。植栽地への交通手段は小型ボートと人力頼みで、苗畑から船着き場までは幌なしトラックで約20分、そこで1本ずつ手作業で小舟にませ替え、約40分間の船旅でベースキャンプに到着した。そこから植栽現場までは更に背負子に積み替え、徒歩にて約30分を要した。その間に風や振動、ポリバッグの破れや培地の崩れなど、また葉が絡み合い時としてポリバッグから苗が抜けてしまう事もあり根系が空気に直接触れるなどした結果、苗の疲弊の原因となったと推測された。

そのため対策として植栽の約1ヶ月前から全ての葉を半分に切り、トラックの荷台にカバーをかぶせ直接風を防ぐなどの処置をとった。その結果、葉の絡み合いによる苗の損傷はほぼ皆無と言えるほど激減し、活着後に新たな葉が展開することで個体の活着が目に見える効果もあった。この結果から、現在でも

表 2 ギャップと筋刈り区での樹高成長の比較

	平均樹高	最大個体	最小個体
ギャップ	267.6±149.9 cm	885 cm	22 cm
筋刈り	192.2± 99.5 cm	450 cm	27 cm

表 3 植栽苗の樹種別平均樹高成長と標準偏差 (cm)

樹種	繁殖	1998 年 12 月	2000 年 1 月	2000 年 12 月	2001 年 5 月
<i>Shorea albida</i>	実生	120.9±56.1	134.5±94.7	221.3±128.3	255.4±145.6
	挿し木	87.6±40.5	106.5±69.5	158.0± 95.9	190.9±133.0
<i>Gonystylus spp.</i>	実生	70.2±26.5	95.4±32.6	115.1± 36.3	124.8±68.5
	挿し木	42.9±28.4	74.8±38.5	92.4± 59.1	105.0±123.0
<i>Dryobalanops rappa</i>	実生	117.3±50.1	181.3±80.7	230.7± 89.1	232.0±102.2

半葉切りの処理を継続している。

4.3 植栽試験

植栽試験は、「3. 試験地の概要」での記述通り、かつて分布していた熱帯泥炭湿地にて実施された。季節的な水位変動はあったものの、林地の殆どは常に滞水状態であった。参考までに林地内を流れる水の酸性度を測定したところ、pH 値が 4.0 前後とかなり強い酸性を呈していた。このような環境でも生育することができる熱帯泥炭湿地性樹種を保全する事は有効な土地利用という面からも十分に考慮されるべきであろうと考えられた。

4.3.1 下刈り試験

下刈り試験は年間 3～4 回、定期的 to 実施した。下刈り方法は主に、①林冠層や有用樹を温存しつつ林床を刈り払う全刈り法、②一定幅で筋状に刈り払う筋刈り法からなり、筋刈り法では植栽初期には全て幅 1.5 m に設定したが、2000 年 9 月より後述の「筋刈り幅の拡幅試験」を実施した。試験地では林冠層は樹高 30 m を越える個体もあったが、平均的には 15～20 m 程度であった。また林床近くでは 1～2 m 程のシダや雑木、幼木が密生していた。植栽試験は数次に分けて実施されたため、初期に植栽された半径約 20 m のギャップ地と筋刈り区での樹高生長量の比較データを表 2 に示す。また参考のため、他樹種との比較データも表 3 に示す。その結果、センガワンはより強光条件であるギャップ地において優れた成長を示し、その陽樹性を証明する事となった。しかし同時

にギャップのシダやツタ、雑木などの繁茂は、初期生長量で明らかに劣る植栽木の被圧枯死の原因ともなっていた。

4.3.2 マルチング試験

植栽試験を通して、植栽初期より数年間は下刈り、引き起こしなど林内整備の重要性が明らかになった。本植栽地は地盤が弱く交通の便も非常に悪いため林内の整備作業は全て手作業であった。作業にはジャングルに強く防衛の意味も含めて前述の近隣住民を雇ったが、彼らの給賃も全て育林費用であり、また度重なる作業の為に歩行の跡が滞水状態の原因ともなり得たため、効果的な育林法の模索として植栽木の根元にマルチングシートを敷き、雑草の繁茂抑制を試みた（写真 2）。



写真 2 各種素材の被覆による雑草抑制試験

材料には半透明、赤、黒色のプラスチックシートおよび新聞紙を用いた。結果的に新聞紙は遮光性に優れていたが約 1 ヶ月で原型をとどめなくなるほど耐久性が少なく、赤色は約 1 ヶ月ではほぼ無色まで褪色した。また半透明では内部温度が約 45℃ 程度まで上昇し枯死個体も発生したが、黒色ではシート表面は 60℃ 近くまで上昇したもののシートと地面の空隙では約 40℃、地中約 5 cm の箇所では 27℃ と水温とほぼ差が無いことが分かった。黒色の場合には枯死個体も皆無であったことから、農業用に用いられるように黒色マルチングシートが最適であると考えられた。

4.3.3 筋刈り幅の拡幅試験

これまでの結果から光環境と植栽木および周辺植生の関係が明らかになり、植栽木の成長段階に合わせた適度な林冠調整法の把握が課題であることが分かった。全刈り法では光量過多、幅 1.5 m の筋刈り法では不足であったことから、適度な条件を探るための拡幅試験を 2000 年 9 月より実施した。幅は 5 m、10 m および 15 m の 3 種類、またこれら全てを含む処理区を設定した。まだ効果を測定するだけのデータを得られていないものの、数年後には最適条件が明らかになると大きく期待される。新たに結果が出た際には、何らかの形で発表したと考えている。

5. 最後に

これまで、熱帯雨林での植林は非常に困難との意見が一般的であったと思われる。しかし本活動を通じて、あくまで本試験の条件ではあるが、技術的には十分可能と思われた。ただし現実問題として、植林を取り巻く社会的状況が大きな障壁であり、現時点では困難な事には変わりはないとも言えよう。熱帯林の再生に対して、輸入側では経済政策の陰に埋もれており、原産国側では土地所有制度と利益性に対する不安・不信から盛り上がり欠けているのが実状と思われる。熱帯林の破壊が、将来的に人類にとって大きな負債となる事は目に見えており、一日も早く本格的な行動を開始できる事を強く望んでいる。

本報告では活動の概要を網羅する為、詳細がぼやけた文章となってしまった。詳細については熱帯林育成利用技術研究成果報告書（熱帯林再生技術研究組合編）をご参照いただきたい。熱帯林再生技術研究組合をはじめ、本研究を進めるにあたりご協力いただいた全ての方々に御礼申しあげます。

〔参考文献〕 山田 勇（1984）熱帯林業 1, P.44-48 小林繁男（1988）熱帯林業 11, P.17-23 T.C. Whitmore 著, 熊崎 実, 小林繁男監訳（1993）熱帯雨林総論, 築地書館 松本陽介, 丸山 温, Lai Hoe Ang（2000）TROPICS, 9（3）, P.195-209