

熱帯造林の技術的な諸問題

浅川 澄彦

熱帯の造林に関わって30年を数える。ほとんど経験も蓄積もないような状況でのスタートであったが、先輩、同学の方々の暖かなご支援をいただきながら精一杯努力してきた。この間のことを振り返ってみると大小いろいろな問題があったが、その多くは現在でも解決されていない。押し付けがましいと思うが、過ぎ越し30年を振り返って、今後の熱帯造林に向けての問題点を整理し、新たな世紀の植林を推進する参考にしてもらえたらと考えた。網羅といえるほどでもないし、精粗もあることは承知しているが、今後の方向付けのお役に立てば幸いである。なお筆者が直接活動に参加できたのは、初期の非常に限られた期間で、しかもどちらかというと乾いた条件での造林が主体であったことを予めお断りしておきたい。

1. 植栽樹種を選択について

樹種はまず造林の目的によって選択されるが、熱帯造林でも当初は用材を生産することが優先され、用材を大規模に生産するための樹種が選択された。1980年代に入るとこれらは林業用樹種と呼ば分けられるようになり、もちろん重要な植栽樹種群には入れられたが、プライオリティは低くなった。1970年代の後半になり、森林造成が社会林業的手法に依存する度合いが大きくなると、植栽樹種を選ぶ際にはまず果樹、飼料や燃料などに用いられる樹種、いわゆる多目的樹種から選ぶのが普通なことになった。果樹とは食用となる果実をつける樹木と定義されている（世界有用植物事典1989）が、この定義では果実を食用に供することができる樹木はすべて果樹ということになる。FAOはすでに1980年代の初めにこのような樹木群を取り上げ、それらの特性解説を試みている

る。筆者の知る範囲では、これらには3冊（FAO Forestry Paper No. 44/1, 2, 3）あり、いずれも殆どは精細な図版入りである。例えば1984年に刊行されたNo. 44/2のFood and fruit-bearing forest species 2: Examples from South-eastern Asiaには、34科52属の70種が含まれており、フィリピン天然資源省の森林研究所（当時）が担当して作成された。採択された樹種は、植物名、地方名はもちろん、精細な図版がつけられ、一部には写真も添えて、生態、分布、養分などの性質について解説されている外に、すでに普及されている樹種については簡単な栽培法も記載されている。このシリーズは東アフリカの事例を収載したNo. 44/1（1983）が最初のものらしく、この場合にもタンザニアの天然資源省森林局造林研究所（当時）が25属40種の情報を収載している。シリーズの3冊目はラテンアメリカの事例で、52属74種を収載して1986年に刊行されているが、これらはマナウスの国立アマゾン研究所（略称INPA）が解説を担当している。またFAO Conservation Guide 19としてNon-timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa（1988）も刊行され、25属27種が記載されているが、これはむしろ後段の多目的樹種のデータベースの一環と考えるほうがよいかもしれない。

この外にも、FAOはNon-Wood Forest ProductsとしてTechnical Papersを刊行しており、2002年現在11冊が出版されているらしいが、国際緑化推進センターにあるものは下記の3冊だけである。Wickens, G.E. (1995) Edible nuts. Non-Wood Forest Products 5, 198pp.; Leakey, R.R.B. *et al.*, ed. (1996) Domestication and commercialization of non-timber forest products in agroforestry systems. Non-Wood Forest Products 9, 297 pp.; Bodeker, Gerard (1997) Medicinal plants for forest conservation and health care. Non-Wood Forest Products 11, 158 pp.

一方、多目的樹種についても例えばICRAF（現WAC）のマニュアル（本誌25号図書紹介参照）では、他目的樹種として飼料、燃材、樹脂、薬用、木材などいくつかの利用法を記載し、さらに肥料木などの治山用樹種なども含めている。1991年版のマニュアルには1,093種が記載されているが、種の特徴を知るプロフィールにはまだまだ精粗があり、果樹の場合と同じで、これからの探索によっては多目的に使える樹木がもっと増えることは十分に考えられる。しかも、新しい潮流に従って植栽樹種の候補は、それらの情報から選択されることが多くなってきている。

植栽樹種の選択にあたっては、これらのデータベースを参考にし、植栽地の

自然条件にあったものを選択しなければならないので、これらの樹種をできるだけ試植しておくことが望ましい。造林に関わる国際協力プロジェクトでは、いろいろな手だてを講じてこのような試植を行っている。できるだけ多くの樹種について遺伝子保存林のような集植園を造成しておくことも重要であるが、これまでのところまだまだ十分とは言い難い。将来栽培が可能になりそうな樹種群をできるだけ多く収集し、それらを増殖しておくことが強く望まれる。これは単に多様な個体群を増殖するというだけでなく、将来の遺伝的な強さを確保するという意味でも非常に大切なことである。JICA の殆どのプロジェクトでも、十分とは言えないまでも、各種の遺伝資源の収集に努めている。このことに関連して、先駆的 NGO の一つである「緑のサヘル」が、乏しい予算の中で、プロジェクト開始後間もなくから遺伝資源の収集に努めており、それらの集植地を造成していることは注目に値するが、予算の制約の中でどこまでこの遺伝子プールを維持あるいは発展させてゆくことができるものか気懸かりである。遺伝資源の収集だけでなく、必要に応じて NGO の活動が国や大きな企業によって支援されることを願ってやまない。

2. 造林用種子について

本誌の No. 13 (1988)～No. 18 (1990) で熱帯造林に関係したシードバンクについて、それらの活動の概要が紹介されているが、それからすでに 10 年余、いろいろな情報が増えるにつれて、もっと多くの国々で種子調達の仕組みが作られ、改善されていることが分かってきた。このような論議をしている間にも新しいバンクや類似の仕組みが整備される一方で、折角作られたシステムが、予算の不足やインフラの欠陥などで機能を停止するのやむなきに至っているところもあり、また長期にわたって整備されたシステムが、その国の事情によるものであろうか、十分に活用されていないという実態もみられる。何故このような状況が起きているのか、とくにタイにおける初期の林木育種事業の動きを知る筆者には考えがたいことであったが、森林局の施策の変更やもっと広く国の植林政策や世界の植林の潮流の影響を受けているのかも知れないと感ずるこの頃である。

林木種子は寿命の長短や含水率の多少によって、短命種子(高含水率種子/休眠種子が多い)と長命種子(低含水率種子/休眠種子が多い)に 2 大別される(中山 1960, 森林科学用語集 2001)。英語では、種子を乾燥し、低温下おけば活力を長く維持できるという普通の貯蔵原理に従う種子(長命種子)は ortho-

dox seed とよばれ、短命樹種、すなわち乾燥、低温下では活力を失う種子を recalcitrant seed とぶ (Gordon 1992)。熱帯樹種の種子には、recalcitrant seed が多くと考えられてきたが、幅広い樹種の造林が進むにつれて、orthodox seed の存在が注目されるようになっていく。とくに先駆樹種に属するものには orthodox seed を含む種が多いようである。一方、乾燥地向けの樹種、例えば *Melia volkensii* や *Azadirachta indica* の種子は、これまでのところ乾いた状態で長く貯蔵することができないとされており、おそらくいわゆる recalcitrant seeds の仲間に入るものであろう。IUFRO Seed Physiology and Technology 2002 Newsletter No. 58 によれば、USDA Agricultural Handbook 721 として The Tropical Tree Seed Manual の English version が 2002 年の終わり頃までには刊行されるとのことで (編集部注: 2002.10 に出版済み, pp 899)、種子の特性、採取、貯蔵、休眠、発芽、民族植物学的または生態学的情報などの情報を含み、樹種数は数百を数えると紹介されている。このような本から種子の基本的性質に関する情報を迅速的確に入手して、育苗・造林計画を立てることが望ましい。

3. 育苗について

ポット苗: わが国の森林造成でも 1960 年代に一時ポット苗の導入が検討されたが、山出しを中心とした苗木の輸送が容易でないこと、乾燥があまり大きな問題にならないことなどから、結局、数年の試験期間のあとはポット苗は広く普及しなかった。米国でも、筆者が留学した 1957~'58 年代には、北米でもまだ裸根苗が中心であったように思うが、それから間もなくした 1960 年代にはポット苗が注目を浴びはじめてきた。何故このような変化がおきたものかよく分からないが、植林の大規模化と機械化が前提にされたものと思われる。この新しい方向が、熱帯造林用の苗木の生産において主流となってきた理由は、ポット苗の研究、実用化の歴史をとくに追ったことはないが、次のように考えられる。1970 年代には欧米先進国において、苗木はポット化の傾向が強まり、熱帯地域にも植林を主導した先進国の技術が導入されたもようで、植栽用苗木もポットによるものが圧倒的に多くなったようである。ただしポットの種類は極めて多様で、形態も素材もまちまちであった。現在もっとも普通に用いられているのはポリエチレンフィルムでできた袋またはチューブである。利点は安価なことであるが、樹種によっては、錯綜した根系がポット内で旋回し、仮に当面は活着しても、後年絡まりあった根系がもとで根元の主根が変形し、それ

がもとで倒伏することもあるとされている。

近年注目されているのは硬質のプラスチックや発泡スチロールでできた育苗箱や根系が絡まないように縦溝が入った硬質ポットが利用される。前述のような根系の問題がなく、いわゆるプラグ苗を生産し、山出しもたやすいとされている。欠点は価格が高いことであるが、丁寧に使えば少なくとも5回は使え、この方式で育成される苗木のほうがかえって安いという説もある (Josiah and Jones 1992)。

しかしながら、後述する硬化処理などが不十分な徒長苗では、逆に根系の発達が悪くて、根鉢が形成されず、移植時にポットを剥がすと裸根同然となるような不健全苗木が山出しされる場合もあることに注意する必要がある。苗畑では、光、水分、肥料条件が調節できるので、植栽予定地の諸条件と樹種特性を十分に考慮して、健全な苗木を育てることが肝要である。

苗木の硬化処理：苗木づくりの最後の仕上げ工程ともいうべき硬化処理 (Hardening) は、とくに乾いたサイトで植栽する苗木にとって極めて重要な工程とされている。この工程は、とくに半乾燥地に植える苗木には不可欠の工程として、熱帯造林用の苗木の仕立て方には必ず記載されている。実際に半乾燥地の苗畑で育苗工程を尋ねると、当然のこととして苗木の硬化 (あるいは順化) をはかるための処理を行っているという答えが返ってくる。しかしながら、筆者が、東南アジアの季節林地帯のみならず、近年、半乾燥地における植林を積極的に進めているアフリカの多くの国々で、いろいろなレベルの苗畑を訪ねる機会があったが、それらの苗畑で実際の育苗過程を観察し、また現地の育苗マニュアルを見ての実感として、ほんとに硬化処理が適切に行われているものかどうか疑問を持つことが多かった。何故適切な硬化処理が行われていないのか？ それにはいくつかの理由があると思われるが、一つは硬化処理の具体的な方法が定量的に示されていないことである。いくつかの例で、山出しの1~2か月前からは灌水量を減らしたり、灌水頻度を減らすという指示があるが、灌水量をどのくらいに減らし、頻度をどのように減らすのかが示されていない。筆者の知る限りでは、これまでのところ、それぞれの経験をもとに、限界に近いところまで灌水量を減らしている。ここで灌水量というのは、1回の灌水容量と灌水回数あるいは頻度を掛け合わせたもので、両者を加減することによって全体の灌水量を減らすことができる。しかし、実際にやってみると回数を減らすほうが確実に実行できるように思われる。実際、灌水は苗畑の担当作業員が行うので、灌水量を加減するのは必ずしも容易でなく、灌水の時間を指示し

たり、灌水の回数を決めるほうが対応しやすい。硬化処理は光の量を加減することでも可能であり、山出しに向けて遮光率を減らし、最終的には直射光に当たることによって硬化をはかる。実際には植栽樹種と植栽場所の環境条件に合わせて、灌水量と光量を調節するのが望ましい。硬化の程度は、通常苗木の主軸の色や硬さで判断しているが、残念ながらそれらの基準は明確でない。問題は、事業者は安上がりな方向に流れやすいので、硬化処理が十分に行われていない苗木を山だしする傾向にあることである。今後の硬化程度が判断できる定量的な指標の開発に期待したい。

4. スタンプ苗（または根株苗）

筆者が初めて東南アジアの森林造成の現場を見たのは1972年のことであるが、その時にタイで案内された苗畑でスタンプ苗をみて驚いたものである。その苗畑は王室林野局と並ぶ林産公社のもので、100万本のオーダーでチークの苗木を生産していたが、地上部を数cm、地下部を20cm前後に切り詰めた苗で、雨を避ける屋根の下に作られたコンクリート框の砂の中に層状に格納してあった。この方法で当時でも約半年は貯蔵が可能で、貯蔵スタンプからの発芽はむしろ促進されるという。スタンプ苗は山出し移植直後の蒸散作用が抑制されるために、乾燥しやすい植栽現場に応用可能な植栽方法である。ただし、ケニアでは、降雨が不規則かつ少ない地域、いわゆる半乾燥地では、山出し時期の判断が成否を分けるので、スタンプ苗といえども、植栽適期を慎重に決めることが不可欠である。

5. 植え穴について

初めて熱帯で植林に従事した折、すごく荒廃した硬い土壌だったため植え穴は大きくなければというので、大奮発して直径・深さとも25cm～30cmほどとした。それでも作業員が掘っている様子を見ると大変な労働量で、ほんとにこんなに大きな植え穴が必要だろうかと思ったものである。それから30年、植え穴のサイズ検討に関わる機会が何度かあったが、ケニア半乾燥地での経験では、45cmから60cmという大型植え穴のほうが安全だという意見であった。その後、ミャンマー中央部の乾燥地造林ではさらに大型の植え穴が掘られていたが、これも結局まだ科学的に適切なサイズを決める方式が確立していない。これも熱帯造林における大きなテーマの一つであり、その基準は土性によるのがよいが、簡便な土性の定量的判定法がないので、大きめなサイズにする

のが普通である。普通には 30 cm～45 cm の直径、深さを基準とすることが多いが、ミャンマーの乾燥地造林の例では、はるかに大型の植え穴が掘られている。マニュアルによって若干寸法が異なるが、1 例では縦 180 cm、横 45 cm、深さ 45 cm のトレンチを掘り、その中央に縦、横、深さがそれぞれ 30 cm ほどの穴を掘り下げている。同国の中央乾燥地帯ではどこでもこのサイズの植え穴を掘削しているのか、条件によって多少加減しているのか、詳しいことは分からないが、このサイズの植え穴を 1 日 5～6 個の割合で掘削しているとされている。このような超大型の植え穴は、穴内の土壌の保水力の向上、深層への根の伸長促進、そして植え穴への雨水の集水を組み合わせた効果ねらったものと考えられる。このような大型穴は人件費の安い途上国でなければできない方法でもある。

6. その他の造林方法

直播き植林：いろいろな樹種でいろいろな直播方法の例 (Evans, 1984) があるが、どこでも成功しているわけではなく、これまでのところそれほど大規模に実施されているとは言えない。この方法が最近注目されているのは、社会林業における植林の方法としていくつかの長所があるためである。屋敷周りなど管理が行き届く範囲であれば、雑草木との競合を抑えて活着させやすいし、かりに雨季初めの降雨が少なくて枯損してもすぐに播きつけることもできる。何よりの利点は、育苗にかける手数を含めた経費が節約できることである。

萌芽更新：育成樹種や品種・系統を変える場合はともかく、同じ樹・品種の林分を続けて育成してゆく場合、林分の再生は萌芽更新によるのがもっとも有利であるが、この方法は同じ遺伝的な形質を再現する利点があるだけでなく、根系を維持することによって林分地下部の土壌緊縛力が保持され、土壌の流亡や崩壊を食い止めることができる。もちろん萌芽力の強い樹種について最適な条件で更新させることが必要である。詳しい統計資料はないが、短伐期で更新を繰り返す樹種群、例えばほとんどのユーカリ類やアカシア類などを主とするマメ科樹木の更新は、萌芽によることが多い。一般に、萌芽更新を繰り返すと順次成長が衰えるので、パルプ用材などの産業植林地では、萌芽更新は 2 回までが多い。もっと大径材を生産する目的の場合には、親株のサイズによって次代のサイズが制約されるので、萌芽更新によることはできないことが多い。

広義では萌芽更新に含めうるが、pollarding (頭木更新)、lopping (枝払いまたは枝収穫) などと同じ原理を取り入れた森林再生法である。この方法によって萌芽枝葉を薪や飼料に長期に利用できるため、近年社会林業に取り入れ

られている再生法ということができる。また熱帯広葉樹には根萌芽をさかに行う樹種も多く含まれている。根萌芽の優れた樹種は親株の周囲に多くの萌芽個体を発生するので、除伐や刈り出しなどを行い、うまく管理してやれば、親株の周囲にパッチ状に更新させることが可能である。実際、筆者がアフリカでみた例では、センダン科の *Melia volkensis* や *Azadirachta indica*, ニガキ科の *Balanites aegyptiaca*, シクンシ科の *Terminalia sericea* など、2, 3の文献で調べただけでも可能性のある樹種は十指にあまる。この方法は極めて実用性が高く、とくに社会林業の中心をなす裏山の農地林では有用な更新法である。

7. 天然更新

この項目で強調したいのは、今や森林の再生は、単純に樹木を植え込んで、それらを育てるだけでなく、天然更新もいろいろな視点から、地域での森林再生の有力な手段となりつつあるということである。もちろん天然更新は決して容易な更新手段ではないが、地域の中でコンセンサスが得られれば、森林再生の重要な方法となりうる。とくにシルボパストラルでは、家畜の飼育の仕方によって成否が強く影響されるが、天然更新が成功している実例があることは確かである。天然更新の成功例には囲い込み (area enclosur) または単に (enclosure) あるいは中国における封山育林とよばれるものがあるが、この方法を成功させるには、地域の住民の間に強い連帯意識が存在することが必要である。それでもあらゆる場合に成功するとは限らないが、約束は守るという住民の連帯感が大前提である。筆者の乏しい体験によれば、比較的最近になって形成された寄り合い所帯の場合には、更新稚樹を守るのは無理なようである。

〔主な文献〕本文中に記載しなかった2, 3の文献を添える。Gordon, A.G. (1992). Seed Manual for Forest Trees. Forestry Commission Josiah, S.J. and N. Jones (1992) Root trainers in seedling production systems for tropical forestry and agroforestry. World Bank (1992) 中山 包 (1960) 発芽生理学 内田老鶴圃 林学会 (2001) 森林科学用語集 財法・林学会刊

(編集係注：本原稿は2002年6月に浅川澄彦氏より素稿として受けたものであるが、その後同氏の闘病生活が長引き、未定稿のまま今日に至ってしまった。本稿には、浅川氏の長年にわたる熱帯造林の経験から生まれた貴重な助言が含まれていると判断したので、内容的には若干古い情報に基づいている部分もあるが、あえて未改訂のまま掲載することとした。)