

昭和63年度
技術情報提供活動促進業務年度報告書

平成元年 3 月

国際協力事業団

JR

国際協力事業団

19013

190/3

JICA LIBRARY



1073377[2]

ま え が き

本報告書は、昭和63年度の林業協力分野国内委員会における技術情報提供活動の内容を取りまとめたものである。

技術情報提供活動は、林業協力プロジェクト等からの技術的質問事項を受け、国内委員会が回答を作成して迅速に現場にフィードバックし、プロジェクトの効果的な推進を図ることを目的としている。

本年度の質問事項は、平成元年2月に東京で行われたプロジェクト・リーダー会議等において提出された。これら質問事項については、同じ時期に開催された国内委員会の林業研究、林産研究、森林造成および林業訓練の4分科会において、委員とリーダーとの間でプロジェクトの実態、質問の背景および趣旨等について情報交換が行われた。

質問に対する回答案は、3月下旬開催された分科会の上部委員会である林業協力委員会に提出されたが、時間的制約もあり個々の質問事項についての回答内容の検討は困難であった。しかしながら、現地の専門家は迅速な回答を希望していることから、とりあえず回答案を印刷製本して現地に送付することとした。

なお、技術情報提供活動は今回初めての試みであり、質問の背景等を十分把握した上でとりまとめたものでないため、回答内容が不十分であることも考えられる。今後は国内委員会委員を巡回指導調査団員として派遣する必要があるとの意見もあるとおり、質問の背景等の把握方法について十分検討することとしたい。

本報告書を取りまとめるにあたり、委員その他関係者から賜った御支援と御指導に深く感謝申し上げます。

平成元年3月31日

国際協力事業団
林業水産開発協力部
部長 近江 克幸

[目 次]

I. 【ブルネイ林業研究計画】	1
[質問事項]	1
[回答]	5
1. 熱帯林生物資源の保全利用に関する研究戦略について	5
II. 【インドネシア熱帯降雨林研究計画】	31
[質問事項]	31
[回答]	33
1. マイコリーザ	33
2. 組織培養	41
3. 熱帯樹木の成長解析	55
4. フタバガキ科樹種について	82
III. 【タイ造林研究訓練計画】	83
[質問事項]	83
[回答]	86
1. チークの定性的・定量的間伐に関する資料	86
(「チーク人工林の間伐木からの間伐後の側枝の発生」を含む)	
2. 海外仕様のマイコン、ソフトウェア一覧	107
3. マングローブ林の天然更新技術	110
4. 樹下植栽について	118
(1) 樹下植栽方法の基礎になる経済樹種等について	118
(2) 下木植栽試験あるいは事業	118
5. 萌芽更新について	119
IV. 【中国黒竜江省木材総合利用研究計画】	121
[質問事項]	121
[回答]	123
1. 研究協力における評価方法のあり方	123
2. 結束方法	131
3. 床材	133
4. ポプラ家具材の表面硬化塗装処理技術	192
V. 【フィリピン・パンタバンガン林業開発計画】	193
[質問事項]	193
[回答]	198
1. 特殊な造林手法を必要とする風衝地、崩壊危険地を特定する基準 の作成手法について	198
2. 「適地適木判定基準」の作成について	200

3. 社会林業プロジェクトにおける国、地方公共団体等外部からの技術・資金等支援のあり方について	209
4. 河川中流部での簡易かつ廉価な河床工作物等により濁流内の土砂流下を抑制し中流部での貯砂を促進する手法について	232
VI. 【マレーシア、サバ州造林技術開発訓練計画】	235
[質問事項]	235
[回答]	238
1. Acacia mangium の天然更新施	238
2. 技術者養成	242
VII. 【パラグアイ・中部パラグアイ森林造成計画】	253
[質問事項]	253
[回答]	255
1. 種子の保管法	255
2. 種子の成熟度検査	257
3. 播種前の種子の処理	259
4. 挿し木の発根法	261
VIII. 【インドネシア南スラウエシ治山計画】	267
[質問事項]	267
[回答]	271
1. 治山造林樹種の決定にあたっての基準	271
2. 治山造林樹種選定の実験方法	274
3. 治山造林適用樹種の根系発達特性について	276
IX. 【ケニア社会林業訓練計画】	277
[質問事項]	277
[回答]	279
1. 乾燥害及び白蟻害について	279
(1) 乾燥害について	279
(2) 白蟻害について	280
2. 「草の根」レベルに対する社会林業訓練の有効化を図るための方策について	297

以上

I. ブルネイ林業研究計画

〔質問事項〕

I. [ブルネイ林業研究計画]

1. 熱帯林生物資源の保全利用に関する研究戦略について

(ア) 背景

最近、東南アジア駐在のジャーナリストの中から熱帯林の急速な減少に対処して我が国の技術協力の中に熱帯林生物資源の保全・利用に関する研究協力案件を提起すべきだという意見が熱帯降雨林が豊富に分布しているブルネイ国駐在の日本大使館及び当プロジェクトに寄せられた。当プロジェクトでは、生態部門の一課題として熱帯樹林の遺伝資源保全に関する研究テーマは含まれているが、樹木以外の生物は対象としていない。しかし大使館当局としては、林業研究プロジェクトとは別の案件として新規の提案ができないかどうか検討するよう当プロジェクトに要請してきた。

(イ) 具体的内容

一般論としての熱帯林生物資源の保全に関する論説は多く発表されているが、具体的な方策については、未だ研究の段階にあり、各国の森林保全施策に直接貢献するまでのものは見あたらない。そこで、現地関係者の間ではまずは熱帯林の生物資源に関する研究所の設立に寄与するという構想をまとめることとなろう。その内容は次の項目である。(詳細別紙)

- ① 主旨
- ② 研究所設立の背景
- ③ 期待される研究成果
- ④ 研究内容
 - (ア) 対象地域及び生物種
 - (イ) 課題
 - 探索・固定の方法論確率
 - インベントリーシステム
 - 収集・保全技術 (in situ, ex situ)
- ⑤ ブルネイ国に設立する理由
- ⑥ 日本の協力形態

(ウ) 期待する回答

前項の構想を補強するための資料または文献集について情報支援を希望する。ことに④の研究内容については、具体的な研究成果及び研究戦略について世界各国の動向を含めて情報提供をお願いしたい。

なお、コピーできる資料があったら現物を提供していただきたい。また、JICAの植物遺伝資源の保全に関する資料及び国内の識者から本案件に対する意見も得られれば幸いである。

热带林生物资源研究(計画)所(案)

Institute of Biological Resources
In Tropical Forest (Draft)

一 主旨

地球規模での天然資源保全利用政策の一環として、熱帯林に賦存するすべての生物資源を開発に伴う減少から防ぎ、これら資源の検索、同定、保全を行ない、併せて、その利用について総合的な研究を行なうため、ブルネイ国政府の協力を得て研究所を設立し、将来全人類の生活向上及び福祉のために有効な研究を行なう。

二 設立の背景

熱帯林は、地球上の陸地の7%を占めるに過ぎないが、最も豊かな生態系を持ち、世界の動植物500~1000万種といわれる中で、その約半分が棲息しているといわれている。しかし、現在まだその20%に満たないものしか同定(確認; identify)されていない。これらの森林は木材生産のためのみならずむしろ農作物及び工芸作物発生の起源地であるため、その収量の増大、維持のための育種用遺伝資源の宝庫であることが、より重要な意義をもつとされている。

一方、近代医学で用いられている医薬品は、約50%が天然界から得られているが、今後人類が必要とする麻酔薬、抗生物質、抗ガン剤など未知の医薬品が、無限に存在する可能性がある(抗ガン性をもつ熱帯植物は2000種以上ある—U. S. A 国立ガン協会の報告)。このように熱帯林は、食糧以外の医薬など人類に必要な資源としても重要視されている。

しかし、現在熱帯地域では750万haの閉鎖林と780万haの疎林が毎年失われ、その面積はジャワ島の面積に相当するといわれている。このような森林の減少は、無数の生物が、人類に確認されることなく、地球上から亡失することを意味する。

三 期待される研究成果

関係各国が、前記の主旨にもとづいて、適切な森林施策を遂行するために必要な、下記の具体的な技術課題を解明することができる。

- 1, 森林生物資源の把握。
- 2, 有効な生態系の分布状況調査。
- 3, 保全方法の確立。
- 4, 資源のデータベース化
- 5, 資源活用技術の開発。

四 研究内容

1, 対象地域及び生物種

主として熱帯降雨林を対象に、植物、動物及び微生物の3部門を扱う。

2, 課題

1) 資源探索同定のための方法論確立。

2) インベントリーシステムの確立。

3) 収集、保全技術の開発。

1, *in situ* (現地保全)

生態系の抽出と保全施行

2, *ex situ* (現地外保全)

胚原種、種子、成体、集団、生態系、

五 ブルネイ国に設立する理由

1, 最も豊富な生物資源をもつといわれている熱帯雨林が、比較的良好な自然度を保って保全されているので、研究対象が豊富であり、しかも研究現場へのアクセスが極めて容易である。

2, 国家経済的にみて、近い将来多くの森林が伐採され輸出されることなく、また移動農業もおこなわれていないことから、天然林の存続が容易である。また、ブルネイ政府も森林の保全による木材生産以外の公益的利用を重要政策としてとりあげている。

3, 熱帯雨林の豊富なボルネオ島にあり、マレーシア領サバ州、サラワク州、インドネシア領カリマンタン及び半島マレーシアへの交通が至便であり、研究対象をこれらの地域に拡大することができる。

4, 研究施設維持のための電気、水道、石油などの供給体系が確立している。

5, 英語の普及率が高く、研究所維持のための人材確保が容易である。

6, 交通、通信の便がよく、生活水準も高く、しかも治安もよく保たれているところから、外国人研究者の居住に適している。

六 日本の協力形態

1) ブルネイ国への援助

2) 多国籍間、例えばアセアン6カ国などのある機関への援助

3) 多国籍間協力という方法での協力—例えばIRRIのような形態

〔回答〕

I. [ブルネイ林業研究計画]

1. ブルネイにおける森林研究の方向性についての問題点

・緒言

ブルネイはボルネオの北西岸、熱帯多雨林気候の中心に位置する面積5765km²、人口22万人の小国である。東南アジアのシンガポールを除くどの国とくらべてもその面積の小ささは特異である。にもかかわらず、この小面積の中に熱帯多雨林の各森林型がそろっていることは、森林研究の場としてきわめて適当であることを示している。海岸からマングローブ、泥炭湿地林、淡水湿地林、混交フタバガキ林、クランガス林、山地林と、石灰岩植生を除いて、ここではすべての森林型が比較的手付かずの状態に残っている。

そして、これらの森林型へのアプローチが短期間のうちにおこなえることは、研究遂行上、非常に優的である。現在、JICAプロジェクトの中心となるスケイリアンから国境の森林まで、すべて日帰りが可能な短距離内にある。飛地のテンブロンは別にステーションを設ければ、これもカリマンタンやスマトラでアプローチに苦勞するようなことはない。これらの2条件、すなわちアプローチのよいところに熱帯多雨林の各種森林型が原生林状態で残存していることは、現在のJICAプロジェクトが始められた大きな条件であった。

さらに、国が安定し、しかも裕福なため、下部構造の不安がなく、実験設備を含めて安定した状態で研究活動ができることも強い背景となって、プロジェクトは発足し、現在3年を経過している。

最大の難点は、人材ということであったが、森林局はこの点に関しても積極的に努力してきていて、国全体として少ない人材の中から定員をふやし、外国からの経験豊かな人材をも導入している。

もともと、現在のJICAプロジェクトが目指したものは、当面はローカルな研究所として、しかし将来は、国際的に通用する多雨林研究の中心となることであった。さまざまな方針の変更がその後みられたが、もし今後ASEANあるいは国際的な仕事の場となるためには、どのようなことをしなければならないか、以下に述べてみたい。

・方向性

1. ブルネイ国内のコンセンサス

まず、最も大事なことはブルネイ政府の意向である。森林局はもちろん、その上部機関からサルタンに至るまで、一つの案件をクリアーすることはかなりの努力を要する。また、今までの経験から、割合と簡単に方針が変化することが多い。長期的なプロジェクトとなる場合には、とりわけこのコンセンサスが大事である。

2. ASEAN 内部の位置付け

ブルネイはASEANの一国であり、独立後も数々のASEANに関連する会議をおこなってきている。ブルネイがイニシアチブをとれる分野は、しかし、多くはない。こと森林研究に関してブルネイが本当に適当かどうかは大いに不実のあるところである。多雨林研究ではもっとも進んでいるマレーシア、広大な面積を持つインドネシアなどは、多雨林地帯の研究の中心は自分たちの国であると主張するであろうし、大陸部ではタイが長年のマツ、チークなどの実績をもっている。これらにくらべて、ブルネイはいかにも弱いといわなければならない。もし、ASEANプロジェクトの一部という形をとる場合には、実績が必要となる。

3. JICA内のプロジェクトとしての位置

JICAの林開部のプロジェクトの中で、遺伝資源問題を本格的にあつかったものはない。国際的にはFAOやIBPが中心となって、すでにかんりの実績があり、ASEANに関してはニュージーランド、オーストラリア、カナダなどが地道な仕事をつづけている。その中で日本は、明らかに遅れているといわねばならない。

・具体的な方向性

以上みてきたように、遺伝資源問題を中心にした場合、国際的に評価されるためには、少なくとも10年の実績が必要であろうと思われる。したがって、今後10年以内にどのような方向性をもったプロジェクトをくみこんでいくかの問題となる。

(1) 現地保全地域の設定

遺伝資源問題でもっともむつかしいのは、現地保全だといわれる。とりわけ熱帯地域では、たとえ厳正保護区を指定しても、周辺住民の侵入により破壊される例が跡をたたない。ブルネイは、しかし別である。おそらく、東南アジアの中でもっともよく現地保全ができるのはこの国であろうと思われる。なぜならば、周辺住民が豊かであり、指定された地域内への侵入はありえないと考えられるからである。

候補地としては、Andnlau 保護林内のK7、K8の現在Virgin Jungle Reserveとなっている地区、ラビのマレーシアとの国境に接する地域およびテンプロンの中央部が混交フタバガキ林は、東南アジアでもっとも大面積をしめ、かつ最も重要なフタバガキ科を産する森林であるから、これはもっとも優先しなければならない。

ついで、バダスの泥炭湿地林である。これはサラワク、ブルネイのみにみられるきわめて特殊な森林であり、とりわけアランを中心とした混交泥炭湿地林から、アランバツ、アランブンが、バダンアランに至る一つづきの森林は残す必要があるだろう。この候補地はすでにAndersen & Marsdenが地図上に指示している。

アガチスを中心にしたクランガス林は少面積であるがバダスにあり、これから限定湿地林への移行帯は大事にしたいものである。淡水湿地林はウルブライトにあり、これとそれから国境にかけてのバダンクルントウムは、保護すべきである。マングローブと山地

林はテンブロンにある。

以上の現地保全地域は、まずVirgin Jungle Reserve としてかこいこみ、同時に遺伝資源保存林としての格付けをする。そして、大事なことは、それをそのままほっておくのではなく、その中で、大面積にわたる調査をおこなうことである。この調査はまず、植生調査からはじまる。最近、Ashtonらは50ha級の大面積にわたって直径1cm以上の木本の測定と固定をおこなっているが、これは参考になるだろう。そして代表的な樹種については定期的に植物季節の観察を行ない、繁殖様式の研究までふみこめればいうことはない。これに関連する研究はアメリカが主流で東南アジアでは数少ない。

現地保全に必要な面積は大きいにこしたことはなく、2000ha以上が好ましいが、たとえば、バグスのアガティスなどは、より少面積であってもとにかく残すべきであろう。樹種、地形および林分の現況から、任意な保存面積を考え、そのそれぞれに対する確実な対策が必要である。

植生調査がおわった時点で、優良木の位置を地図上に書き、その継続調査をおこなう。フタバガキ科については、市場価値の高い優良樹種を優先し、同一樹種より、最低10個体を選ぶ必要があるだろう。樹種の選択にあたっては、軽軟材から重硬材まで幅広く考えまた、天然更新にすぐれた樹種も一つの目安になる。(ブルネイ森林造成協力基礎二次調査報告書[昭和57年6月]にこれらの樹種のリストをあげておいた。)

現地保全で重要なことは、単に保全地区として指定するだけでなく、常に地区内で研究者が仕事をしつづけることである。植物季節や稚樹の更新などは定期的におこなえる調査であり、また豊作時には種子の採取など次の現地外保全のための仕事も必要となる。

(2) 現地外保全

現地外保全には、種子貯蔵庫、樹木園、採取園、クローン果植所、植物園など、大小の施設が考えられるが、当面、ブルネイで考えられるのは、既存の施設を充実さし、新たに確実にできるものだけを少しずつみあげていくことであろう。

① 既存施設の整備

ブルネイには、すでに錯葉標本、材鑑、種子および植物体保存室などは、現在の建物とは別のものが望ましい。現在の建物は当初は研究センターであったが現在は事務行政部門も入った混成のものとなっており、研究遂行上、無理が多い。種子貯蔵室では発芽試験などもできる設備が苗畑と共用が必要である。当面、高度な技術を要する化学分析機器は、カウンターパートのレベルに応じて考えるべきであろう。

② 野外保存林

現在あるアンドラウ樹木園は、より整備して、樹種名などの標識をはっきりさせると共に別に、有用樹種の樹木園を周辺に作成したい。種子による更新の困難な樹種については、採穂園の造成も試みる価値がある。一般教育的には世界各国から植物を集めて植物園をつくることも考えられる。このためには森林局だけではなく、農業省や大学との協

力および諸外国との交流が必要となる。

・おわりに

以上のような方向性で事を進めるには、生態学、遺伝育種学、生態遺伝学および天然有機化学などの分野の協力が必要となる。熱帯で、遺伝資源の仕事が困難であるだけに、ブルネイのような好条件下で試みることは価値あることであろう。問題はブルネイの特殊性をいかに克服するかであり、とりわけ、現地のカウンターパートの問題へのとりくみいかんによるだろう。

私の観測では、ブルネイ森林局がどれだけの人材を投入し、森林局の方向と一致させていくかが鍵となると思われる。そしてプロジェクト期間中にできることは、現地保全地域の一部の調査と、現地外保全における現在ある施設の充実と、野外保存林の基礎づくりであろう。それが成功裡に動けば、その後これらの成果をふまえて、より大きく広く発展していく可能性があると思われる。

参考文献

FAO 1983

Forest Genetic Resources information-No.12

79pp

FAO

FAO 1984

A guide to in situ conservation of genetic resources of tropical woody species

196pp

FAO

FAO 1985

Forest Genetic Resources information -No.13

79pp

FAO

FAO 1985

Forest Genetic Resources information-No.14

74pp

FAO

FAO 1987

Forest Genetic Resources information-No.15

95pp

FAO

Foegri, K. and van der Pijl 1979

The principles of pollination ecology

Third Revised Edition

Pergamon Press 244pp

Ford, E.B. 1979

Ecological genetics

Fourth ed. Science Paperback

442pp

Chapman and Hall, London

Frankel, O.H. 1970b
Genetic conservation in perspective
In : Frankel, O.H. and Bennett, E. 1970
pp469-489

Frankel, O.H.(ed.) 1973
Survey of Crop Genetic Resources in their Centres of Diversity
FAO/IBP Rome

Frankel, O.H. 1977
Philosophy and strategy of genetic conservation in plants
In : Third world consultation on forest tree breeding Document Vol.1
ppl-11, CSIRO, Canberra, Australia

Frankel, O.H. and E. Bennette 1970
Genetic Resources 7-17
In "Genetic resources in plants-their exploration and conservation" ed. by
O.H. Frankel and E.Bennett. IBP handbook
No.11 Blackwell 554pp

ヘンリー・ホブハウス著 阿部三樹夫・森仁史 英訳 1987
歴史を変えた種
406pp
パーソナルメディア
Henry Hobhouse
Seed of change 1985
Sidgwick & Jackson Ltd.

岩佐俊吉 1984
熱帯の果物誌 233pp
古今書院

Joner, G.E. 1987
The conservation of ecosystems and species
Groom Helm, London 277pp

Jong, K., B.C. Stone and E. stepadmo 1973
Malaysian Tropical Forest : An Underexploited
Genetic Reservoir of Edible-fruit tree species
Proc. Sym. Biol Res. & Nat. Dev. 113-121

Keiding, H. and R.H. Kemp 1977
Exploration, collection and investigation of gene resources : Tropical pines and
teak.
Third World Consultation on forest tree breeding Camberra, Australia 13-31

Kemp, R.H.
Exploration, utilization and conservation of genetic resources 10-16
Unasylyva Vol 30. No.119-120

Kemp, R.H. L. Roche and R.L. Willan 1976
Current activities and problems in the exploration and conservation of tropical
forest gene resources.
In "Tropical trees" Academic Press
223-233

Kittinanda, S. 1972
Forest Tree Improvement plans in Thailand
JFRO Genetic-Sabrao joint symposia, Tokyo

国際協力事業団 1983
熱帯造林計画基準 182pp

小山鐵夫 1984
資源植物学 198pp
講談社

Lamb., A.F.A. and E.N.G.Cooling 1967
FAO technical conference on exploration utilization and conservation of plant
gene resources
Rome, 30pp

Libby, W.J. Kafton, D. and Fins, L. 1975

California conifers

In : The methodology of conservation of forest genetic resources.
pp41-55 FAO, Rome

Lieth, H. 1974 (Ed.)

Phenology and seasonality modeling Springer-Verlag. Berlin 444pp

Namkoong, G. 1984

A control concept of gene conservation

Silvae Genetica 33, 4-5, 160-163

Namkoong, G., Barnes, R.D. and Burley, J. 1980

A philosophy of breeding strategy for tropical forest trees.

Tropical Forestry Papers No.16

Univ. of Oxford

Namkoong, G., Barnes, R.D. and Burley, J.

A Philosophy of breeding strategy for trees

Tropical Forestry Papers No.16

Univ. of Oxford

Namkoong, G., Barnes, R.D. and Burleys, J.

A philosophy of breeding strategy for Tropical Forest trees

Tropical Forestry Papers No.16

Commonwealth Forestry Institute, Oxford U.K. (5)

National Academy of Science 1979

Tropical legumes : Resources for the future

Washington, D.C. 331pp

約 203の主要なLegumes をあつかう

Root crops, Pulses, Fruits, Forages, Fast growing species, (Acacia Auriculiform-
is, Albizia spp, Sesbania Grandiflora 他), Luxury timber (Afrormosia, Intsia sp
p, Pterocarpus spp, Rosewoods), Micellaneous.

National Academy of Sciences 1975

underexploited tropical plants with promising economic value . 186pp

National Academy of Sciences, Washington

National Academy of Sciences 1977

Lencaena-Promising forage and tree crop for the tropics. 115pp

National Academy of Sciences.

National Academy of Sciences 1980

Firewood Crops

Shrub and tree species for energy production. 237pp

National Academy of Sciences, Washington.

National Academy of Sciences 1981 six printing.

吉田よし子、吉田昌一訳 S. 58 ナショナル・アカデミー・サイエンス編

21世紀の熱帯植物資源

Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value.

楽游書房 158pp

Nikles, D.G., J. Burley and R.D. Barnes. 1978

Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. Vol.1/2.

1066pp

Commonwealth Forestry Institute, Univ. of Oxford

農林省熱帯農業研究センター 1974

東南アジアの果樹

熱帯農業技術叢書第8号 525 pp

農林統計協会

農林省熱帯農業センター 1978

熱帯の有用樹種 666 pp

熱帯林業協会

大庭喜八郎 1977
フィリピンの材木育種
日林九州支部研究論文集30号、3~9.

大庭喜八郎、河崎久男 1981
材木の遺伝資源保全
昭和55年度業務報告資料
林試造林部1981. 2月

Ohba, K. & Zabala, N.Q. 1976
Recommendations for forest tree breeding in the Philippines. Mimeo.

Ooi Jin Bee(ed.) 1983
National resources in tropical countries.
Singapore University Press. 549 pp.

Real, L 1983
Pollination biology 338 pp.
Academic Press, London.

Richards, A.J. (ed.) 1978
The pollination of flowers by insects.
213 pp.
Academic Press.

Richardson, S.D. 1970
Gene pools in forestry
In: Frankol, O.H. and Bennett, E. 1970. pp.353-365.

Roche(ed.) 1975
The methodology of conservation of forest resources.
FAO

Roth, I. 1987

Stratification of a tropical forest as seen in dispersal types. 324 pp.
Dr. W. Junk Publishers., Dordrecht.

坂口勝美 1988

熱帯の飼料木－フォター木とブラウズ木－国際農林業協力協会 115 pp

酒井寛一（編）1982

生態遺伝と進化

裳華房 547 pp.

裳華房 1983

遺伝 Vol 40, No.10. 112 pp

裳華房

Skerman, P.J. 1977

Tropical forage legumes.

FAO, Rome 609 pp.

Soule, M.E. (ed.) 1987

Viable populations for conservation.

p.b. £9.95.

187 pp.

Stanton, W.R. and M. Flach, eds 1980

Sago-the equatorial swamp as a natural resource. 244 pp.

Martinus Nijhoff Publishers, Harge.

Norman Taylor 著 難波恒雄・洋子訳注 1972

世界を変えた薬用植物 438 pp.

創元社

Norman Taylor 1965

Plant drugs that changed the world.

Dodd, Meade & Company, New York.

Turnbull, J.W. 1977

Exploration and conservation of Eucalypt gene resources.

Third world consultation on forest tree breeding, Canberra, Australia. 33-44 pp.

Unesco 1978

Tropical forest ecosystem.

683 pp.

Unesco

Van der Pijl, L. 1982

Principles of dispersal in higher plants 3rd ed. 215 pp.

Springer-Verlag; Berlin.

渡辺桂 1982

熱帯林はどういうスピードで減りつつあるのか？

林業技術 1982 / No. 484・7 7-11 pp.

Whitmore, T.C. (ed.) 1972

Tree Flora of Malaya 1.

Kuala Lumpur & London: Longman.

Whitmore, T.C. 1975

S.E. Asian forests as an unexploited source of fast growing timber.

In: South East Asian plant genetic resources. pp. 205-212. LIPI, Bogor.

Whitmore, T.C. 1977

A first look at Agathis.

Tropical Forestry Papers, No. 11.

CFI. University of Oxford. 54 pp.

Whyte, Roald Julen, G. (1963)

Proceeding of a technical meeting on plant exploration and introduction.

Genetic Agraria 17. 573 pp.

Wiersum, K.F. (ed.) 1984

Strategies and designs for afforestation, reforestation and tree planting. 432pp
Pudoc Wageningen.

山口彦之 1982

作物改良に挑む 230 pp.

岩波

山田勇 1982. 6

熱帯林木育種の視点

材木の育種 No. 124, pp.19-21.

山田勇 1982 C.

南スマトラおよび西ジャワにおける熱帯林保全の問題点

1981年度日本生態学会関東地区会 1982. 2月

Yeatman, C.W. 1972

Gene pool conservation for applied breeding and seed production.

In: (Proc. Joint Symp. for the Advancement of For. Tree Bre.)

Iufro Genetics-Sabrao joint symposia, Tokyo

pp.:B-8(V)1-6

Zobel, B 1978

Gene conservatio-as viewed by a forest tree breeder.

Forest ecology and management 1, pp.339-344

Royal Forest Department 1980

Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and Seed
Procurement Cooperative Programme"

Royal Forest Department, Bangkok.

World Bank & FAO 1981

Forestry research needs in developping countries-Time for a reappraisal ?

56 pp. Mimeo.

Myers, N. 1979

The sinking ark

Pergamon Press, Oxford.

邦訳

N. マイアース著、林雄次郎訳

沈みゆく箱舟一種の絶滅についての新しい考察

岩波 1981. 12月 348 pp.

FAO 1982

Conservation and development of tropical forest resources. 122 pp.

FAO Forestry paper 37.

FAO, Rome.

FAO 1973/1

Forest Genetic Resources Information. 38 pp.

FAO Forestry Occasional paper 1973/2.

FAO 1968

Report of the first session of the panel of experts on forest gene resources.

Rome, Italy 1968.

Lanly, J.P. 1982

tropical forest resources.

FAO. 106 pp.

Richards, P.W. 1964

The Tropical Rain Forest.

Cambridge University Press. 450 pp.

Frankel, O.H. and Bennett, E. (ed.) 1970

Genetic resources in plants-their exploration and conservation. 554 pp.

Blackwell Scientific Publication, Oxford and Edinburgh.

Callahan, R.Z. 1970

Geographic variation in forest trees. pp.43-47

In:Frankel & Bennett(ed.) "Genetic resources in plants-their exploration and conservation" IBP Handbook No.11. Blackwell. 554 pp.

Zobel, B. 1970

Mexican pines,367-37

In:"Genetic resources in plants-their exploration and conservation" ed. by O.H.Frankel and E.Bennett. 554 pp.

Larsen, E. and D.A.N. Cromer 1970.

Exploration, evaluation, utilization and conservation of Eucalypt gene resources 381-388 pp.

IBP Handbook 11.

Frankel, O.H. 1970

Genetic conservation in perspective 469-489

IBP Handbook "Frankel & Bennett 1970 eds." Genetic resources in plants-their exploration and conservation. Blackwell 554 pp.

Boulvarel LP, 1970

The conservation of gene resources of forest trees. 523-529 pp.

In:IBP Handbook.

Frankel, O.H. and Hawkes, J.G. (ed.) 1975

Crop genetic resources for today and tomorrow. IBP2.

Cambridge University Press. 492 pp.

Bradshaw, A.D. 1975

Population structure and the effects of isolation and selection 37-51.

In: Crop genetic resources for today and tomorrow" Cambridge Univ. Press.

Eds. by Frankel, O.H. and J.G.Hawkes 1975. 492 pp.

Bennett, E. 1970

Adaptation in wild and cultivated plant populations. 115-128

In: IBP Handbook 11.

Marshall, D.R. & A.H.D. Brown 1975

Optimum sampling strategies in genetic conservation. 53-80

In: "Crop genetic resources for today and tomorrow" Cambridge Univ. Press. Eds.

by Frankel, O.H. and J.G. Hawkes 1975. 492 pp.

Frankel, O.H. 1975

Genetic resources survey as a basis for exploration.

In: "Crop genetic resources for today and tomorrow" 99-109 pp.

Synge, H. 1980

The biological aspects of rare plant conservation.

John Wiley & Sons, Chichester. 558 pp.

endangered species の Symposium の Proceedings.

Norton, B.G. (ed.) 1986

The preservation of species.

Princeton Univ. Press, Princeton. 305 pp.

動物の種のPres.

Frankel, O.H. and Soule, M.E. 1981

Conservation and evolution. 327 pp.

Cambridge University Press. 1981

邦訳

監訳・三菱総合研究所

遺伝子資源—種の保全と進化—

家の光協会. 404 pp. 1982

Ford-Lloyd B. & Jackson, M. 1986

Plant genetic resources.

Edward Arnold. 146 pp.

植物全般を扱っているが第8章に森林の遺伝資源をコンパクトにまとめている。

Williams, J.T., C.H. Lamoureux & Wulijarni-Soetjipto 1975
South East Asian Plant genetic Resources.
IBPGR/SEAMEO/LIPI Bogor. 272 pp.

Thanom Premrasmi 1980

Proposal for the establishment of "South East Asian Tree Improvement and Seed Procurement Cooperative Programme" 13-18

In Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and seed procurement cooperative programme"

Royal Forest Department, Bangkok.

Keiding, H. 1980

Constraints and Prospects in International Cooperation on Tree Improvement and Seed Procurement. 20-30

In Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and Seed Procurement Cooperative Programme"

Royal Forest department, Bangkok.

Nikles, D.G. 1980 a.

A S.E. Asian Regional (International) Programme and Relation to a global structure for genetic improvement of tropical forest trees. 31-47

In Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and Seed Procurement Cooperative Programme"

Royal Forest department

Nikles, D.G. 1980 b.

Role of international cooperation in establishing and improving the genetic foundations of forest plantations in the tropics. 48-53

In Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and Seed Procurement cooperative programme"

Royal Forest Department, Bangkok.

FAO 1981

Report on FAO/UNEP Expert Consultation on in situ conservation of forest genetic resources, held in Rome, Italy 2-4 December 1980. FAO, Rome, Italy 34pp.

Roche, L. and Dourojeanni M.J. 1984

A guide to in situ conservation of genetic resources of tropical woody species.
FAO, Rome. 196 pp.

Ingram, G.B. 1984

In situ conservation of genetic resources of plants: The scientific and
technical base.
FAO, Rome 1984, 58 pp.

FAO 1984

In situ conservation of wild plant genetic resources: A status review and
action plan. 83 pp.

Palmberg, Christel 1987

Conservation of genetic resources of woody species. 16 pp.
FAO

FAO 1975

The methodology of conservation of forest genetic resources.
Report on a pilot study. 127 pp.

Richards, p.w. 1971

Some problems of nature conservation in the tropics.
Bull. Jard. Bot. Belg. 41:173-187

Van Steenis, C.G.G.J. 1971

Plant conservation in Malaysia.
Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 41:189-202

Hadberg, I. & Hadberg, O. 1968

Conservation of the vegetation in Africa south of the Sahara.
Acta Phytogeogr. Suec. 54

Shanklin, J.P. 1951

Scientific use of natural areas.

J. For. 49:793-794

Franklin, J. and Trappe, J.M. 1967

Natural areas : needs concepts and criteria.

J. For. 66 : 456-461

Azhton, P.S. 1976

Factors affecting the development and conservation of tree genetic resources in South-east Asia

Tropical Trees. 189-198

SEA のgene consv. のためのminimum size 2000ha 土地利用のパターンなどを示す。

Stern, K., and Roche, L (1974)

Genetics of Forest Ecosystems.

Springer-Verlag. 330pp.

Koski, V. 1974

Effective population size in a really continuous forest.

Proc. of the joint meeting of IUFRO Working Parties on Population Genetics and Breeding Theory. Stockholm.

Tóda, R. 1965

Preservation of gene pool in forest tree populations

Pro. IUFRO Working Party, Zagreb.

Franklin, I.R. 1980

Evolutionary change in small populations.

In M.E. Soule' and B.A. Wilcox(Eds.)

Conservation Biology. Sinauer associates, Massachusetts. 395pp.

Frankel, O. and Soule' M.E. 1981

Conservation and evolution.

Cambridge University Press. 327pp.

Burley and Namkoong 1980

Conservation of forest genetic resources.

Paper for 11th Commonw. For. Conf., Trinidad.

Marshall D.R. and Brown, A.H.D. 1975

Optimum sampling strategies in genetic conservation.

In Crop genetic resources for today and tomorrow. O.H. Frankel and J.W. Hawkes
(Eds.) 53-80, Cambridge University Press.

Roche, L.R. 1975

Guidelines for the methodology of conservation of forest genetic resources

In: The methodology of conservation of forest genetic resources.

pp107-113, FAO. Rome.

山田 勇 1982 の熱帯林の現状からみた林木育種のあり方

林木の育種特別号 昭和56年度林木育種研究発表会

講演集11-13 林木育種協会

朝日新聞科学部 1985

新食糧革命 207 pp.

朝日新聞社

アメリカ合衆国政府／逸見謙三・立花一雄監訳 1981

西暦2000年の地球 1・2 環境編

家の光協会 526 pp.

The global 2000 report to the President-Entering the Twenty-First Century-

Biotrop 1988

The application of tissue culture techniques in economically important tropical
trees.

biotrop Special Publication No.35. 229 pp.

SEAMEO-BIOTROP

ルシール・H・ブロックウェイ 小出五郎訳 1983
グリーンウエボン—植物資源による世界制覇 275 pp.
社会思想社

Lucile H. Brockway 1983
Science and Colonial expansion
The role of the British Royal Botanic Gardens.
Academic Press, New York.

Barley, J. & B.T. Styles 1976
Tropical Trees
Academic Press 243 pp.

Chijicke, E.O. 1980
Impact on Soils of fast-growing species in lowland humid tropics.
FAO Forestry Paper 21.
FAO, Rome. 111 pp.

Chin, H.F., Enoch, I.C. ed. R.M. Raja Harum 1977
Seed technology in the tropics. 304 pp.
Universiti Pertanian Malaysia.

Clements, R.J. & Cameron, D.G. 1980
Collecting and testing tropical forage plants. 154 pp.
CSIRO, Melbourn.

Evans, J. 1982
Plantation Forestry in the Tropics.
Clarendon Press, Oxford. 472 pp.

Faegri, K. and L. van der Pijl 1979
The principles of pollination ecology 3rd ed. 244 pp.
Pergamon Press, Oxford.

FAO 1971

Report of the second session of the panel of experts on forest gene resources.
Macon, GA, USA 1971.

FAO 1972

The collection, evaluation and conservation of plant genetic resources.
The Beltsville Report PAB:1AR/72/11 TAC.Rome.

FAO 1973/2

Forest Genetic Resources information-No.2.

FAO 66 pp.

Forestry Occasional Paper 1973/2.

FAO 1974

Proposal for a global programme for improved use of forest genetic resources.
Document FAO, Misc./74/15 Rome.

FAO 1974

Report of the third session of the FAO panel of experts on forest gene resources
FO: FGR/3/Rep. Rome, FAO.

FAO 1974/1

Forest Genetic Resources information-No.3. 47 pp. 1974 FAO.

Forestry Occasional Paper 1974/1.

FAO 1975/1

Forest Genetic Resources information-No.4. 68 pp. FAO.

Forestry Occasional Paper 1975/1.

FAO 1976/1

Forest Genetic Resources information-No.5. 38 pp. FAO.

Forestry Occasional Paper 1976/1.

FAO 1977

Forest Genetic Resources information-No.6. 57 pp. FAO.
Forestry Occasional Paper 1977/1.

FAO 1977

Report of the Fourth Session of the FAO Panel of Experts on Forest Gene
Resources, Camberra, Australia.1977 Mar. 75 pp. FAO

FAO 1978/1

Forest Genetic Resources information-No.7. 50 pp.
Forestry Occasional Paper 1978/1.

FAO 1979/1

Forest Genetic Resources information-No.9. 55 pp. FAO.
Forestry Occasional paper 1979/1

FAO 1981

Forest Genetic Resources information-No.10. 55 pp. FAO.

FAO 1982

Forest Genetic Resources information-No.11. 69 pp. FAO.

Guldager, P.1975

Ex situ conservation stands in the tropics.
In: The methodology of conservation of forest genetic resources. pp.85-92.
FAO, Rome.

Wang, B.S.P. 1975.

Tree seed and pollen storage for genetic conservation: possibilities and
limitations.
In: The methodology of conservation of forest genetic resources. pp. 93-103

Sasaki, S. 1976

The physiology, storage and germination of timber seeds.
In "Seed Technology in the Tropics"111-115. Univ. Pertanian Malaysia.

Ng, F.S.P. 1976

The problems of forest seed production with reference to Dipterocarps.
In "Seed Technology in the Tropics" 181-186, Univ. Pertanian Malaysia.

Roche 1976

Davidson, J. 1977

Exploration, Collection, Evaluation, Conservation and Utilization of the gene
resources of tropical *Eucalyptus deglupta* Bl.

Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra 1977. 75-102

Rumphius, G.E. 1743

Herbarium Amboinensis 3: 122

Blume, C.D. 1849

Eucalyptus deglupta. Bl.

Mus. Bot. Ludg-Bat. 1: 83-84

Turnbull, J.W. 1972

Pinus Kesiya Royle ex Gordon (syn. *P. Khasya* Royle; *P. insularis* Endlicher) in the
Philippines. Distribution, characteristics and seed sources.

In: "selection and breeding to improve some tropical conifers" 43-53

Armitage, F.B. and Burley J. 1980

Pinus Kesiya.

Tropical Forestry Papers No.9.

Commonwealth Forestry Institute ,

University of Oxford. 199 pp.

Cooling, E.N.G. 1972

Nomenclature of *pinus merkusii*

Jungh ed de Vriese and *P. merkusiana*

Cooling and Gaussen

In "Selection and breeding to improve some tropical conifers"

Eds. by J. Burley and P.G. Nikles. 89-97

Cooling, E.N.G. and Gaussen H. 197

In Indochina: *Pinus merkusiana* sp. nov. et non *P.merkusii* Jungh et de Vriese.
Tran. Lab. For Toulouse Tome 1, 8, art 7.

Burley, J. and E.N.G.Cooling 1972.

Status of the C.F.I. International provenance trial of *Pinus merkusii* jungh al
de Vriese, September 1970.

In "Selection and breeding to improve some tropical conifers"Eds. by Burley and
Nikles. 193

Keiding, H. 1972

Collection of pine seed in Southeast Asia with emphasis on provenance sampling.
In "Selection and Breeding to improve some tropical conifers" 17-28

Cooling, E.N.G. 1968

Pinus merkusii.

Comm. For. Inst. Oxford. 169 pp.

Turnbull 1972

前出

Kemp, R.H. 1972

Seed sources and seed procurement of low-altitude tropical pines in Central
America.

In "Selection and breeding to improve some tropical conifers" 9-16

Kemp, R.H., L.Roche and R.L.Willan 1976

Current activities and problems in exploration and conservation of tropical
forest gene resources.

In "Tropical trees" Academic Press. 223-233

II. インドネシア熱帯降雨林研究計画

(質問事項)

II. [インドネシア熱帯降雨林研究計画]

1. マイコリーザ

- (1) 研究の現状、(日本及び世界の研究の進捗状況、研究段階か応用段階か)
- (2) 研究の今後の課題、林業分野における応用の可能性
- (3) 主な文献紹介

2. 組織培養

- (1) 林木の組織培養技術の現状
 - ① 林木の組織培養の研究の現状
 - ② 林木の組織培養技術の事業化の現状
 - ③ 組織培養に必要な薬品、機材の概要
- (2) 林木の組織培養の課題と林業における可能性
- (3) 主な文献紹介

3. 熱帯樹木の成長解析(年齢の推定)

- (1) 熱帯樹木の成長解析法研究の現状
 - ① 成長解析手法の開発の現状
 - ② 同研究の応用例、実用例題
- (2) 成長解析研究の今後の課題、展望
- (3) 主な文献紹介

4. フタバガキ科樹種について

- (1) カリマンタンにあるフタバガキ科樹種は約250種と推定している。
本プロジェクトへ我々日本人が乗り込んで来て、フタバガキ科樹種のサンプル(苗木、植栽木、林木、タネ、写真等)を示して、UNMUL研究者に樹種名を尋ねると、大抵答えてくれる。しかし、それを繰り返していくうちに、次第におかしいことに気が付いてきた。

要するに、UNMUL教官の中の一番樹種に詳しい人でも、高々30種程度しか分かっていない。他の教官は誰かに教えられた名前(間違っていることが多いのに)をそのまま信じて使っている。

UNMUL HERBARIUMのフタバガキ科の全標本を写真にとらせて貰ったが、樹種数約35種であった。(これ以外のものは殆どわかっていないごとくである。)

一方、林業省が15年の歳月をかけて(1967~82), field survey 及び156の書籍、報告書から調べ上げた東カリマンタンの樹種一覧によれば、フタバガキ科の学名(full name)の分かっているものは約70種、属名しか判明していないものが約32種である。(上記一覧では、学名のほか商業名、地方名及び材性について2~3のデータが示されている。)

ボゴールへ行ったところで、東カリマンタンのフタバガキ科樹種名はせい

せい上記の範囲のもの程度しか教えて貰えないみたいである。

樹種名もろくろく分かっていなくては研究の大きな進展は無理と考える。

(2) 世界のフタバガキ科樹種約550種の学名総覧と個々の樹種についての分類上の説明書を手に入れないか。

(3) 熱帯降雨林に関心を持つ樹木分類の先生のプロジェクト参加は期待できないか。

〔回答〕

II. [インドネシア熱帯降雨林研究計画]

1. Mycorrhiza菌根

ア. 研究の現状

菌根、植物根と糸状菌との共生、に関する研究は19世紀末頃からヨーロッパ、とくにイギリスやドイツ、北欧などで始まった。研究の方向は研究対象によって異なっており当時ヨーロッパで盛んになったラン栽培をきっかけにして、ランを材料にした内生菌根の研究が始まり、トリフの栽培を足がかりにして外生菌根の研究が始まった。その後、ランの菌根の研究は人工培地で芽生えが育つことがわかって下火になり、逆に外生菌根に関する研究は南半球や亜寒帯、荒地などへの植林が盛んになるにつれて進歩した。一方、根粒による窒素固定の発見に刺激されて、ツツジ科植物の内生菌根が研究されるようになったが、内生菌に空中窒素固定能がないことから、最近まで研究が中断していた。現在、世界中で注目されているVA菌根の研究は根に寄生する病原菌の研究から始まったが、長い間、菌が固定されなかったこともあって、1970年代に入るまで、藻菌類がつくる内生菌根の一種として片付けられていた。なお、菌根、Mycorrhiza という名称は1865年、Frank が樹木の外生菌根に対してつけたものである。以下に各種の菌根の概略を紹介しておく。

菌(myco)+根(rhiza)=菌根(mycorrhiza)

菌根というのは文字通り菌と根が合体したもので、マイコリーザの直訳である。ただし、ひとくちに菌根といっても、そのなかには形態だけでなく、菌と植物との組合せの異なるものが含まれており、その内容は複雑である。一応、現在の分類に従って、それぞれの特徴を述べておこう。

VA 菌根 (Vesicular-Arbuscular mycorrhiza, VAM) : VA 菌根というのは根の中に入った菌糸が

第1表 菌根の種類と特徴.

		菌 根 の 種 類						
		VA 菌根	外生菌根	内外生菌根	Arbutoid	Monotro- poid	Ericoid	ランの菌根
菌	隔膜ありなし	-	+	+	+	+	+	+
菌糸の細胞侵入		+	-	+	+	+	+	+
菌糸の有無		-	+	+または-	+	+	-	-
ハルタイヒネットの有無		-	+	+	+	+	-	-
細胞中の菌糸のとぐろ		+	-	+	+	-	+	+
吸器分枝ありなし		+	-	-	-	-	-	-
細胞または組織中の嚢状体		+(または-)	-	-	-	-	-	+
葉緑素の有無		+(または-)	+	+	+(または-)	-	+	-
菌根の分類群		接合菌	担子菌 子囊菌 接合菌	担子菌 子囊菌?	担子菌	担子菌	子囊菌 (担子菌)	担子菌
宿主の分類群		コケ類, 裸子植物,	シダ類, 被子植物	裸子植物 被子植物	裸子植物 被子植物	ツツジ目	イチヤク ソウ科	ツツジ目 ラン科

(Harley and Smith, 1983)

細胞の中でベシキユール（^の殻状体）とアーブスキュール（樹枝状体）をつくることから、その頭文字をとってつけたものである。胞子から発芽した菌糸は植物の細根の表皮を通して侵入し、外層の皮層細胞に入って、とぐろをまきながら広がり、さらに内側に入ると細胞内に樹枝状体をつくる。その先端は植物細胞の原形質膜と密着し、植物から含水炭素をもらい、土の中に伸ばした菌糸が水にとけたリンや窒素、ミネラルなどを吸収して送りこみ、物質の交換を行なっている。吸収されたリンなどは菌糸の中にリン脂質の形でたくわえられ、必要に応じて使われる。また、植物のホルモンやその他の生理活性物質も生産されるらしく、菌糸や樹枝状体のある細胞内には油滴や顆粒が多い。なお、VA 菌根ができて植物根はほとんど変形も変色もしないので、いちいち根を染色検鏡してその有無を判定しなければならない。

VA 菌根をつくる菌は下等なかび、接合菌の Endogonales, Endogonaceae に属しており、明らかに VA 菌根をつくとされているのはその中の 4 属にすぎない。ただし、このグループはほかの接合菌と違って、ほとんど接合胞子をつくらず、土の中に大きな偽接合胞子（10~300 μm）や厚膜胞子をつくる。菌糸の量が少なく、胞子ができるとき以外は菌糸に隔膜がなく、胞子の数も少ない。この菌根が農作物や果樹、林木などにできると、生長がよくなり、土壌病害が抑制されるというので、今、世界的に注目されているが、人工培養できないために利用が遅れている。この菌は人工的な培地上では菌糸も増殖せず、胞子もつからない。

VA 菌根をつくる植物はシダ類から木本、草本植物におよんでおり、水生植物を含むいくつかの科や属とほかの種類菌根をつくる植物以外のすべてのものがこのタイプの菌根をつくとされている。VA 菌根植物は地球の全域に分布しているが、どちらかといえば、熱帯、亜熱帯や南半球に多い。

外生菌根 (Ectomycorrhiza) : VA 菌根について多いのが樹木の根に主としてきのこ類がつくる外生菌根である。この菌根では菌糸が根をおおうのが普通で、根も多くの場合さまざまな形に変形するので、外見からも容易に判別できる。菌根の形や色、菌糸の侵入状態などは菌と植物との組合せによって異なっているが、菌の方が主導的で、属の単位で形

第2表 VA 菌根をつける植物の科名 (属名、略) (前掲、1954改定)。

<u>Pteridophyta</u>		
Marattiaceae	Capparidaceae	Trapaceae
Ophioglossaceae	Droseraceae	Araliaceae
Hymenophyllaceae	Crassulaceae	Umbelliferae
Cyatheaceae	Saxifragaceae	Cornaceae
Plagiogyriaceae	Pittosporaceae	
Polypodiaceae	Hamamelidaceae	Diapensiaceae
Parkeriaceae	Spiraeaceae	Clethraceae
Gleicheniaceae	Malvaceae	Pirulaceae
Lygodiaceae	Rosaceae	Ardisiaceae
Osmundaceae	Amygdalaceae	Primulaceae
Lycopodiaceae	Leguminosae	Ebenaceae
Selaginellaceae	Geraniaceae	Symplioaceae
Psilotaceae	Oxalidaceae	Styracaceae
	Linaceae	Oleaceae
<u>Spermatophyta</u>	Rutaceae	Loganiaceae
<u>Gymnospermae</u>	Sinarubaceae	Gentianaceae
Cycadaceae	Meliaceae	Menyanthaceae
Taxaceae	Polygalaceae	Apocynaceae
Podocarpaceae	Euphorbiaceae	Asclepiadaceae
Cephalotaxaceae	Buxaceae	Convolvulaceae
Cryptomeriaceae	Empetraceae	Polemoniaceae
Sciadopityaceae	Anacardiaceae	Borraginaceae
Cunninghamiaceae	Aquifoliaceae	Verbenaceae
Cupressaceae	Celastraceae	Labiatae
Juniperaceae	Staphyleaceae	Solanaceae
	Icacinaceae	Scrophulariaceae
<u>Angiospermae</u>	Aceraceae	Bigoniaceae
<u>Dicotyledoneae</u>	Hippocastanaceae	Cyrtandraceae
Casuarinaceae	Sapindaceae	Gesneriaceae
Saururaceae	Balsaminaceae	Acanthaceae
Chloranthaceae	Rhamnaceae	Phrymaceae
Myricaceae	Vitaceae	Plantaginaceae
Juglandaceae	Elaeocarpaceae	Rubiaceae
Ulmaceae	Tiliaceae	Caprifoliaceae
Moraceae	Malvaceae	Adoxaceae
Cannabinaceae	Sterculiaceae	Valerianaceae
Proteaceae	Actinidiaceae	Dipsacaceae
Santalaceae	Thraceae	Cucurbitaceae
Oleaceae	Clusiaceae	Campanulaceae
Asaraceae	Hypericaceae	Goodeniaceae
Aristolochiaceae	Violaceae	Compositae
Trochodendraceae	Flacourtiaceae	
Eupteleaceae	Stachyuraceae	<u>Monocotyledoneae</u>
Cercidiphyllaceae	Passifloraceae	Pandanaceae
Ranunculaceae	Caricaceae	Bambusaceae
Lardizabalaceae	Begoniaceae	Poaceae
Berberidaceae	Opuntiaceae	Coryphaceae
Nandinaceae	Daphnaceae	Croomiaceae
Menispermaceae	Elaeagnaceae	Stemonaceae
Paeoniaceae	Lythraceae	Liliaceae
Magnoliaceae	Punicaceae	Amariyllidaceae
Calycanthaceae	Alangiaceae	Dioscoreaceae
Lauraceae	Combretaceae	Iridaceae
Papaveraceae	Myrtaceae	Musaceae
	Melastomataceae	Zingiberaceae
		Cannaceae
		Burmanniaceae

態がほぼきまっている。

菌糸は寄主植物の根に沿って伸び、若い根の発根を刺激し、根が出ると、すぐその表面をおおい、菌糸の膜、菌鞘をつくって側根をすっぽり包む。菌糸はさらに表皮細胞の間から侵入し、皮層細胞の細胞

間隙に達すると変形し、ハルティヒ ネットと呼ばれる構造をつくる。このハルティヒ ネットは皮層細胞をほぼ完全にとりまいてるので、植物の細胞は菌糸によってばらばらにされていることになる。このように菌糸がよく侵入するので、表皮や皮層細胞にはタンニンなどがたまることもあるが、根の細胞が死ぬことはない。むしろ、菌がつかなかった側根よりも長持ちするといわれている。VA 菌根と同様、外生菌根もリンなどの養分吸収を助けており、根を病害や乾燥、凍結などから守っている。以上が典型的な外生菌根の例だが、くわしくみると、寄生性の強いものから絶対共生と思われるもの、任意共生のようなものまで変化に富んでおり、形だけでなく、その働きについても簡単に定義しきれないほど、その内容は複雑である。外生菌根の分類については最近新しい試みがなされている (Ogawa, 1985; Agerer, 1987)。

外生菌根をつくる菌は接合菌や子囊菌の中にもあるが、大部分は担子菌に属しており、なかでもマツタケ目のものに多い。これらの菌の菌糸は土壌中に大きな菌糸の塊であるシロや菌糸束および内部構造のよく発達した根状菌糸束を形成して広がり、大量の菌根をつくって大きな実体、いわゆる、きのこを発生させる。このグループの菌は北半球、とくに温帯以北に多く、寄主植物とともに分布している。VA 菌根菌ほどではないが、数種類の植物を寄主とするものが多く、分布範囲の広いものも多い。

一方、外生菌根をつくる植物は主として、マツ科、ブナ科、カバノキ科、ヤナギ科、フタバガキ科などの植物に限られている。これらの植物はおもに北半球に分布し、熱帯や亜熱帯では高地に広がっており、きびしい環境下で生育するものや先駆植物はいずれも外生菌根をつけている。樹種によって共生する菌の種類がかなり異なっており、ヨーロッパアカマツやアカマツなどでは 100 種をこえる菌が菌根をつくるものと思われる。また、一本の根の上に数種類の菌が同時につくのも珍しいことではない。

内外生菌根 (Ectoendomycorrhiza) : 外見は外生菌根に似ているが、菌糸が細胞の中まで侵入して変形し、外生と内生双方の特徴をそなえているものである。菌は担子菌類、植物は木本植物である。

Arbutoid 菌根 : ヒースの類の灌木、*Arbutus* の根に担子菌がついてできるもので、菌糸には隔膜が

第3表 外生菌根をつける植物の科名と属名。

Gymnospermae	
Pinaceae	Urticales
<i>Abies</i>	Ulmaceae
<i>Cathaya</i>	<i>Ulmus</i>
<i>Cedrus</i>	Guttiferales
<i>Keteleeria</i>	Dipterocarpaceae
<i>Larix</i>	(no special genus mentioned)
<i>Picea</i>	Rosales
<i>Pinus</i>	Rosaceae
<i>Pseudolarix</i>	<i>Crataegus</i>
<i>Pseudotsuga</i>	<i>Malus</i>
<i>Tsuga</i>	<i>Pyrus</i>
Cupressaceae	<i>Sorbus</i>
<i>Cupressus</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)
<i>Juniperus</i>	<i>Azalia</i>
Angiospermae	<i>Anthoantha</i>
Juglandales	<i>Brachystegia</i>
Juglandaceae	<i>Gilbertiolemdron</i>
<i>Carya</i>	<i>Julbernardia</i>
<i>Juglans</i>	<i>Monopetalanthus</i>
Salicales	<i>Paramacrolobium</i>
Salicaceae	Sapindales
<i>Populus</i>	Sapindaceae
<i>Salix</i>	<i>Allophylus</i>
Fagales	Aceraceae
Betulaceae	<i>Acer</i>
<i>Alnus</i>	Malvales
<i>Betula</i>	Tiliaceae
<i>Carpinus</i>	<i>Tilia</i>
<i>Corylus</i>	Myrtiflorae
<i>Ostrya</i>	Myrtaceae
<i>Ostryopsis</i>	<i>Eucalyptus</i>
Fagaceae	Ericales
<i>Castanea</i>	Ericaceae
<i>Castanopsis</i>	<i>Arbutus</i>
<i>Fagus</i>	
<i>Lithocarpus</i>	
<i>Nothofagus</i>	
<i>Psunia</i>	
<i>Quercus</i>	
<i>Trigonobalanus</i>	

あり、菌鞘とハルティヒ ネットをつくるが、外見は外生菌根と異なる。また、菌糸が細胞内に侵入してとぐろをまく点は内外生菌根にも似ている。

Monotropoid 菌根 : ギンリョウソウなど、*Monotropa* の植物の根に子囊菌か担子菌がついてくるもので、うすい菌鞘とハルティヒ ネットがある点は外生菌根に似ている。

Ericoid 菌根 : ツツジ科植物の細い根に、子囊菌か担子菌がついてつくる内生菌根で、多い場合は皮層細胞の大部分が菌糸で充満している。野生のシャクナゲやツツジの根にはことに菌根が多い。

ランの菌根 : ラン科植物は例外なく、かびやきのこと内生菌根をつくって共生している。種子が発芽すると同時に腐生性のかび、*Rhizoctonia* やきのこの菌糸が細胞内に侵入し、ランに養分を与えて育てる。根の皮層細胞に侵入した菌糸は毛糸玉のようになつてふえ、しばらくすると、植物の細胞に吸収

されてつぶれてしまう。その様子はランの細胞が菌糸を食べているように見えるが、オニノヤガラやムヨウランなどの葉緑素のない植物では一生を通じて菌を食べてくらしている。ランの種類によって菌糸の入り方や共生する菌の種類が異なっており、細胞内での菌糸の消化の様子も違っている。

第4表 外生菌根をつくる菌類(きのこ)の科名と属名.

<u>Basidiomycetes</u>	担子菌類	<u>Gasteromycetes</u>	腹菌類
Agaricaceae	<i>Lepiota</i>	Hymenogastraceae	<i>Alpova</i>
Amanitaceae	<i>Amanita</i>		<i>Rhizopogon</i>
	<i>Amanitopsis</i>	Geastraceae	<i>Geastrum</i>
Boletaceae	<i>Boletinus</i>		<i>Astraeus</i>
	<i>Boletus</i>	Lycoperdaceae	<i>Calvatia</i>
	<i>Fistulinella</i>		<i>Lycoperdon</i>
	<i>Gyromon</i>	Phallaceae	<i>Clathrus</i>
	<i>Gyroporus</i>		<i>Phallus</i>
	<i>Krombholzia</i>	Pisolithaceae	<i>Pisolithus</i>
	<i>Leccinum</i>	Sclerodermataceae	<i>Scleroderma</i>
	<i>Suillus</i>		
	<i>Tilapia</i>	<u>Ascomycetes</u>	子実菌類
	<i>Xerocomus</i>	Balsamiaceae	<i>Balsamia</i>
Cortinariaceae	<i>Aleicola</i>	Elaphomyetaceae	<i>Elaphomyces</i>
	<i>Cortinarius</i>	Genaceae	<i>Genca</i>
	<i>Hebeloma</i>	Geoglossaceae	<i>Cudonia</i>
	<i>Inocybe</i>		<i>Spathularia</i>
	<i>Rozites</i>	Helvellaceae	<i>Helvella</i>
Gomphideaceae	<i>Gomphidius</i>	Hydnotryaceae	<i>Bassia</i>
Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus</i>		<i>Choiromyces</i>
Paxillaceae	<i>Paxillus</i>		<i>Hydnotrya</i>
Rhodophyllaceae	<i>Clitopilus</i>	Otidaceae	<i>Otidia</i>
	<i>Rodophyllus</i>	Pyronemaceae	<i>Genpora</i>
Russulaceae	<i>Laetarius</i>		<i>Lachnea</i>
	<i>Russula</i>		<i>Sepultaria</i>
Strobilomycetaceae	<i>Boletellus</i>	Rhiziniaceae	<i>Gyromitra</i>
	<i>Strobilomyces</i>	Terfeziaceae	<i>Mukomyces</i>
Tricholomataceae	<i>Laccaria</i>		<i>Picua</i>
	<i>Leucopaxillus</i>		<i>Terfezia</i>
	<i>Lyophyllum</i>		<i>Tirmania</i>
	<i>Tricholoma</i>		
Cantharellaceae	<i>Cantharellus</i>	<u>Phycomycetes</u>	藻菌類
Hydnaceae	<i>Hydnum</i>	Endogonaceae	<i>Endogone</i>
Thelephoraceae	<i>Corticium</i>		
	<i>Thelephora</i>	<u>Imperfecti</u>	不完全菌類
			<i>Cenococcum</i>

菌根はその対象となる植物と菌の多さだけでなく、養水分吸収や根面の保護という機能的な役割の重要性もあって、現在ではよく知られたものとなっている。とくに、VA菌根は世界的に広がる塩類障害や土壌病害をさけるものとして、農業分野で注目を集めており、外生菌根は針葉樹や広葉樹を南半球と熱帯地域などに造林する際に必要なものとして林業で重視されている。VA菌根と外生菌根を通じて共生する菌、菌根菌が植物の水分吸収やリン、カリ、マグネシウム等のミネラルを吸収するのに役立っていることは十二分に証明されており、生理的現象に関する研究は1970年代に終了している。病原菌との拮抗現象についても研究されてきたが、抗生物質などを生産するものは少なく、その働きは生態的な予防効果が主になるものとされている。外生菌根菌の生態や野外での菌根の分布、植生との関係、遷移における役割などについても近年では研究が進み、酸性雨やマツ枯損との関係についてもよく研究されている。VA菌根菌の植物との親和性や分布、耕作や施肥、農薬散布との関係についても研究がすすんでおり、作物や果樹に対する効果や重要性が汎世界的に認識されるようになった。ただし、我国では特殊な分野、例えばマツタケとその増殖方法やきのこの生態、VA菌根の炭化物による増殖技術の開発などを除いて、大幅に研究開発がおくられており、一般にも知識が普及していない。ごく最近、マツの枯損の拡大や連作障害の進行のために農林業で注目されるようになったが、いぜんとして菌根の研究者は少ない。菌根が重要な働きをすることは十分知られているが、菌が培養しにくく、純粋培養で胞子や子実体をつくらせることができないために利用の途がとざされている。現在利用されている技術について以下に述べる。

外生菌根

主として南米、東南アジアなどで用いられている方法の内、もっとも実用性が高いのは育苗用培土に既成の森林の表土、A層土壌を20~30%混合する方法である。多くの地域でマツ科やフタバガキ科、ユーカリなどに用いられている。但し、土壌の保存や採取する土壌が不適當なために成功していない例も多い。子実体が大量に発生する所では子実体を磨碎して液にとかし、育苗ポットに散布する方法が用いられている。コツブタケなどはこの方法で菌根を形成させることが可能である。

純粋培養菌糸をバーミキュライトなどを支持体として培養液を与えて増殖させ、これを種菌として苗の根に接種する方法がある。各地で用いられているが、経費と手間がかかるために大面積を対象とする場合には問題が多い。コツブタケについてはすでに実用的な方法が確立している。

単に菌体や胞子を接種するだけでなく、それらの菌を増殖させる物質を使用する方法もある。ひとつはリン酸肥料を与えて菌根菌を増殖させる施肥法であり、もうひとつは木炭粉などの多孔質体、とくにアルカリ性のものを用いて、特殊な菌根菌をふやす方法である。木炭粉によって増殖するのはショウロ、キツネタケ、コツブタケなどで、今後実用化されるものと思われる。

V A 菌根

熱帯や南半球に分布する植物には V A 菌根をつけるものが多く、V A 菌根菌も多い。造林されるアカシア類にも根粒と同時に V A 菌根が形成されている。ただし、現在のところはまだ十分利用されておらず、試験的なもの以外、育苗に用いた例もない。V A 菌根の場合も外生菌根と同様、表層土壌を培土に混合するとよく形成され、木炭粉などが有効に働くことが知られている。V A 菌根は不良な土壌条件で樹木を育てるのに必須のものであり、実用化の研究が必要と考えられる。

イ. 研究の今後の課題

有用な微生物を培養してそれを植物に接種するというのが一般的な考え方である。しかし接種した菌が野外で充分生育し、根を保護し、成長を促進してくれなければならない。そのためには単に菌を接種する技術だけでなく、造林地で定着させる必要があり、さらに成立の遷移で菌の種類をふやし、増殖させる必要がある。

外生菌根菌植物に関する課題

① 従来のように単一の菌でなく、複数の菌を選択し、接種すること。② 植物に対する親和性が高く、熱帯の気象、土壌条件に適応した菌を選抜すること。③ 胞子または菌糸を固定化し、確実に根に菌根を形成する固定化技術をつくること。④ 育苗時に菌根が形成されやすくなる条件、例えば培土および温度条件などや、菌根形成を促進する添加物、粉炭等の量と質を検討すること。⑤ 定植後、菌根菌が消失しないよう、植穴へ入れる肥料、資材等について検討すること。⑥ 対象樹種によって取扱いが異なるので、マツ科、フタバガキ科など、それぞれについて上記の方法を完成させること。

V A 菌根植物に関する課題

① 対象樹種に必要な V A 菌根菌や根粒菌を採集、選択すること。② 育苗ポットに入れる客土を選抜すること、および粉炭、肥料等の調整方法を検討すること。③ V A 菌年菌の保存および増殖法を検討すること。例えば客土用の雑草等の多い草地を造成するなど。

以上は育苗の段階で菌根菌を選抜、接種する方法であるが、実用的には客土と増殖材の混合が主となる。さらに造林地に共生微生物を導入し、増殖させるための研究が必要となる。例えば、アカシア類を造成する場合には在来のマメ科植物を林床に植えたり、マメ科または V A 菌根植物を栽培するなどの方法がある。外生菌根植物を植栽する場合にも単一樹種による造林をさけ、外生菌根菌をもった樹種、例えばマツ類とユーカリ、フタバガキとマツなどを混植する方法がある。ティークの場合にも類似の V A 菌根菌をつけるタケ類を混植するのが望ましい。

単に菌を接種するだけでなく、造林樹種の組み合わせ、林床植生の調節、落葉層の調節

など、育林技術をあわせて考える必要がある。 林業分野、とくに熱帯の造林には菌根菌を含めた森林生態に関する研究を進めなければならない。

ウ. 主な文献

熱帯における菌根の研究は、P.Mikolaによって1980年にまとめられており、各地の事例が紹介されている。 ただし、熱帯における菌根の研究は少なく、今後さらに進展するものと思われる。 以下に菌根に関する代表的な文献をあげた。

- ATKINSON, D. et al ed. 1983. Tree root systems and their mycorrhizas. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Pub.
- AKKERMANS, A. D. L. et al eds. 1984. *Frankia* symbioses. Development in plant and soil sciences Vol. 12, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Pub. *Bridge Cooke, W.* 1979. The ecology of fungi, CRC.
- ALLEN, O. N. and ALLEN, E. K. 1981. The Ieguminosae. The Univ. of Wisconsin Press.
- 中根圏 1 次 2 次 3 次 根圏学 地成社
- CONWAY, L. P. and BAGYARAJ, D. J. 1984. VA mycorrhiza. CRC.
- GORKON, J. C. and WHEELER, C. T. eds. 1983. Biological nitrogen fixation in forest ecosystem: Foundations and applications. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Pub.
- GRANHALL, U. 1978. Environmental role of nitrogen-fixing Blue-green algae and asymbiotic bacteria. Ecological bulletins No. 26, NFR.
- HARLEY, J. L. and SMITH, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press.
- MARKS, G. C. and KOZLOWSKI, T. T. Ectomycorrhizae. Academic Press.
- MIKOLA, P. ed. 1980. Tropical mycorrhiza research. Clarendon Press.
- 小川眞 一九七六 トンタケの生物学 緑地造園
- 小川眞 一九八〇 菌を種として採る観察 創文
- 小川眞 一九八七 植物と菌の共生 創文
- SANDERS, F. E. et al eds. 1975. Endomycorrhizas. Academic Press.
- SCIENCK, N. C. 1982. Methods and principles of mycorrhizal research. The Am. Phytopathol. Soc.

(回答)

2. 組織培養

ア. 林木の組織培養技術の現状

① 林木の組織培養の研究の現状

林木の組織培養を利用した研究は様々なものが行なわれているが、特に育種及び物質生産の部門で応用がめざましい。木本植物の組織培養は、1934年世界で最初にカエデの形成層の培養がフランスのGautheretによって手掛けられて以来、数多くの樹種で試みられてきた。1968年には、ポプラのカルスからの植物体分化に成功し、1980年代にはミカン科で体細胞雑種が作出されるまでに発展した。林木の組織培養の育種的な研究への利用については、増殖技術が中心となる。これまで試験管内培養で植物体が再生され増殖された林木は、広葉樹で200種、針葉樹で50種、単子葉木本植物で20種以上の報告がある。それらは、直接植物の生長点を用いるもの、新たに不定苗条を誘導するもの、不定胚経由のものに分けられる。供試材料は幼若な胚や芽生え、苗木が主に用いられるが、センペルセコイア、チーク、ラジアークマツなどのように、50年生以上の林木からも組織培養が成功した例もある。また林木の種子は長い期間休眠状態にあり、発芽し難いものが多いのでこのような樹種での胚の培養による初期の増殖技術は評価されるべきものであろう。

日本産の林木については、スギの芽生え1本から平均11本の苗木を、ヒノキの芽生え1本から18ヶ月で平均100本の苗木を、クヌギの芽生え上胚軸1個から24ヶ月で平均400本の苗木を、シラカンバの葉柄1個から4ヶ月で100本の幼植物体を得た例などがある。一度脱分化したカルスから新たに芽や根を分化させる増殖法は、常に形質の変異の問題が心配であるが、ユーカリのように10年間のカルス培養後も核の倍数性に異常がなかった例もある。不定胚経由での増殖研究は広葉樹ではウマグリ、ユーカリ、ユリノキ、ビャクダン等で針葉樹では、トウヒ類、マツ類、トガサワラ類の一部で成功例が報告されている。

特に液体培養物から胚を誘導すると、数グラムの組織から何万個もの不定胚が得られ増殖率が飛躍的に上昇することから、この胚を人工種子と呼ばれるゲル包封粒として直接育苗に播種する技術と組み合わせる研究が進展している。

リンゴ、バナナ、ミカン、イチジク、モモ等の果木では、生長点培養や、微小接ぎ木の手法を用いて、ウィルス病に罹病していない個体の作出に成功しているが、このウィルスフリー株の増殖に関する研究の一般林木への応用についてはまだ報告例が無い。

林木はヘテロ接合性や他殖性が高く、一世代が長期にわたるため、交配の繰り返しでは純系を得ることは不可能に近い。この事は、組織培養によって半数体を作成してコルヒチン処理で倍数化することによって解決されるので、林木育種上重要である。これまでに、ウマグリ、ネムノキ属、シラカンバ属、バラゴムノキ、クロポプラ等で半数体林木が得られた。

育種にとって豊富な遺伝資源を確保しておく事は大事であるが、現在開発に伴い急速に

絶滅しようとしている樹種が熱帯林を中心に多くなっている。林木の場合、普通保存林分や種子での保存が行なわれるが、広大な面積を必要としたり、発芽活性が貯蔵中落ちるなどの問題が多い。そこで、一部の樹種で組織や細胞での長期保存の研究が行なわれている。これまでに、オウトウやポプラ、ナツメヤシでカルスで、シカモアカエデでは培養細胞で冷凍保存が、リンゴ、ミカン、ココヤシでは芽や胚での冷凍保存の研究が行なわれた。冷凍保存は普通 -196°C の液体窒素を用いる。

交雑育種においては、遠縁間での交雑不和合性を打破するために、細胞壁を取り除いた細胞（プロトプラスト）の融合による新種の育成に関する研究が行なわれている。果樹ではオレンジとカラタチやネーブルと温州ミカン等で細胞融合による雑種が得られた。ポプラとケナフの融合細胞からも植物体の再生の報告がある。耐病性、窒素固定能の獲得、光合成能の向上等の目的で現在様々な樹種で、細胞融合の基礎となるプロトプラストの培養の研究が行なわれている。コウゾやユリノキではプロトプラストの培養によって植物体を再生できた。ハンノキ、ジャイアントイビリイビル、テグマツ、フランス海岸松ダグラスモミ、ニレ、ユーカリ等でコロニーやカルスへの培養に成功している。

培養組織に根頭がん種病菌 (*Agrobacterium tumefaciens*) や毛根病菌 (*A. rhizogenes*) を感染させ各種プラスミドにより宿主植物の染色体 DNA を組換える方法によりポプラの除草剤抵抗性の個体が作出された。現在この遺伝子組換えの方法によりダグラスモミ、ヨーロッパカラマツ、リンゴ、シラカンバ、ハンノキ、ヤナギなどで、カルスでの形質転換が報告されているが、ポプラ以外ではまだ物体にまで再生して遺伝子を発現させた例はない。

組織培養におけるカルスやプロトプラストでの変異を積極的に活用して、新たな変異株を創出しようという研究では、ゴムノキ、ビャクダン、ポプラ等で異数染色体の植物が再生されている。

林木の組織培養による有用物質生産に関する研究では、ハナキリンやブドウの培養細胞でのアントシアニン系の赤色色素の生産、サボジラの培養細胞でのチクル成分の生産、ユーカリの培養細胞でのフェノールやステロール物質の生産等での報告がある。

② 林木の組織培養技術の事業化の現状

林木の組織培養技術を事業的に利用した例は林業会社が山出し苗の増殖に用いたもの、園芸業者が園芸樹種の増殖に用いたものなどがある。

ニュージーランドのトップライン種苗会社やタスマン林業会社が行なっているラジアータマツの組織培養による苗木生産では、子葉に不定芽を多数誘導する方法で1984年にすでに54000本の植物体を得ており、その後年間200万本の苗木を生産していると思われる。ここでは全種苗の1割を組織培養苗で供給するであろう。

米国では、IPC、バックヤセルローズ会社、北カロライナ大学が協力して、テグマツ

について成熟胚に多数の不定芽を誘導させる方法で増殖し、1980年時点で2000本の増殖体を得ている。

同じくウェアハウザー会社はダグラスモミの優良交配種子の成熟胚を用いて、1980-1982年に1万本近い組織培養による増殖個体を再生し、検定林を作って一時事業的に苗木生産を始めたが、2年生の時点で、一般実生苗と比べて生育が悪いものがあった。その後組織培養での増産の詳細は不明である。ただし、フランスのAFOCELでの、ダグラスモミでの増殖では、3-4年生になると一般実生苗と差のない生育を示した。

米国のジョージア・パシフィック木材会社では、センベルセコイアの萌芽枝の茎を用い組織培養により増殖し、1984-1985年で、3000本/月の苗木の生産を事業的に行なう計画である。フランスのAFOCELでは同じくセンベルセコイアの組織培養による増殖で、5万本の個体を得、1本あたりのコストは50セント（1984年当時のUS\$）であった。

このように、ラジアータマツを除いては、未だパイロット的な植林に利用されているのみであり、苗木の生産費も一般実生苗に比べると割高であるのが現状である。

一方、園芸樹木については、リンゴの矮性台木や、バラ属、ツツジ属等の花木の増殖に商業的に組織培養が利用されてはいる。

③ 組織培養に必要な薬品、機材の概要

組織培養は、無菌条件で行なうので、まず植物切片の表面の洗浄や殺菌用の薬品が必要となる。逆性石鹼、塩化ベンザルコニウム、エチルアルコール、過酸化水素水、次亜塩素酸ナトリウム、塩化第二水銀、サラシ粉、展着剤のTween 20などがある。そして培地の成分としては、多種類の薬品があるが、植物のエネルギー源としての糖類（ショ糖、ブドウ糖など）、例えばMS培地では無機成分として、硝酸アンモニウム、硝酸カリウム、塩化カルシウム、硫酸マグネシウム、リン酸ナトリウム、ホウ酸、硫酸マンガン、硫酸亜鉛、ヨウ化カリウム、モリブデン酸ナトリウム、塩化コバルト、硫酸銅、エチレンジアミンテトラ酢酸ナトリウム、硫酸鉄を、ビタミンやアミノ酸の有機成分として、ミオイノシトール、グリシン、塩酸ピリドキシン、ニコチン酸、塩酸チアミンを用いている。そして植物ホルモンとしては、6-ベンジルアミノプリン（BAP）、カイネチン、ゼアチン、インドール-3-酢酸（IAA）、2,4-ジクロロフェノキシ酢酸（2,4-D）、1-ナフタリン酢酸（NAA）、ジベレリン酸（GA₃）などが用いられる。

静置培養の時は、培地を固めるために、寒天やゲルライトが、そしてpHの調節用として塩酸や水酸化ナトリウムが用いられる。その他、目的によって、添加物として、カゼイン加水分解物、酵母抽出物、麦芽抽出物、ココナツミルクが用いられる時がある。

機材としては、培地作成、保存のために、上皿天秤、電子天秤、pHメーター、蒸留水製造装置、マグネチックスターラー、高圧蒸気滅菌釜（オートクレーブ）、イリガトルや分注器、メスシリンダー、洗浄ピン、メスピペット、マイクロピペット、コニカルピーカ

一、濾過滅菌器、冷蔵庫、冷凍庫が必要である。

培養用に必要な機器類をあげると、三角フラスコ、シャーレ、試験管、管ピン、培養フラスコ、シャーレ、試験管、管ピン、培養フラスコ、培養ピン等の容器、アルミ箔や蓋、ピンセット、メス、はさみ、手術用手袋、クリーンベンチ、培養庫、培養室、実体顕微鏡順化培養装置などがある。液体培養では、培養機器として振とう培養機、旋回培養機、旋回培養機、ジャーフェーマンタなどが必要である。

その他、観察記録用として、ルーペ、光学顕微鏡、写真撮影装置と写真機は備えておきたいものである。

そして、培養後の容器の洗浄用に、寒天融解機、自動洗浄機、超音波洗浄機、たわし、ブラシ類、乾燥機、乾燥棚、移植器具や、ガラス器具の滅菌用に、乾熱滅菌機を必要とする。

イ. 林木の組織培養の課題と林業における可能性

林木の組織培養で問題となってきた点は、一般に培養が難しい樹種が多いということである。一つには、これに関わる研究者が少なく実験データが多くなかったことによるが、一方林木特有のポリフェノール物質や有機酸が、組織から流れ出して培養に悪影響を与えたり、特に野外の材料を外植体とした時に、その効率的な表面殺菌技術が困難である点も原因になっている。

これまで林木の組織培養に供された材料をみると、胚、芽生え、数年性の実生などが多く、成木を対象にした場合の難しさがわかる。しかし、林木への組織培養の利用の意義は、検定済みの性質のはっきりした材料を用いる点にあるから、今後、何10年生の林木であっても組織培養を行なえるように、若返り法や培養法の検討が課題となる。

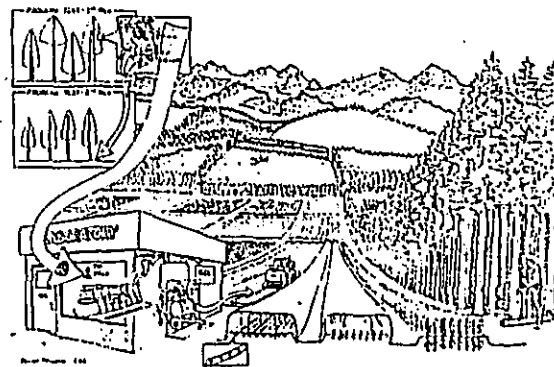
樹種についてもこれまでの温帯樹種から、広く熱帯地方や半乾燥地方の樹種についての培養技術の応用がなされなければならない。その過程では、これまで以上に、林木特有の諸問題が生じてくる可能性があるが、全く新しい培養法や培地組成の発見で一挙に応用範囲が広がることも期待される。

今後も、組織培養による増殖における効率化と人工種子技術の確立、窒素固定能や光合成能の付与や向上、各種耐性付与を狙った細胞融合法の確立、カルスからの分化の制御と変異株の利用、組織・細胞培養を利用した抵抗性個体などの有用育種母材の創出、培養組織を利用した遺伝子組換え、組織での遺伝資源の長期保存、胚培養による種間雑種の作出約培養による半数体の作出、林木特有の有用物質の培養による生産、細胞の固定化技術の開発など、力を注がなければならない課題は多い。この林木組織培養研究の流れは、この先も変わらないと思われる。

これらの中で、近未来の林業への組織培養の適用の可能性が一番高いのは、増殖と長期保存の領域であろう。増殖に関しては、すでに数例の応用が試みられている。そこで

問題となった苗木生産コストを低下させるために、培養過程のオートメーション化、簡素化、不定芽の誘導に代わる、タンクで培養された組織からの苗条原基や不定胚誘導による増殖率の飛躍的向上と、それらを人工種子化して直接播種することにより、途中の移植過程の大幅な省略が今後うまくなされれば、現在の主流の実生苗よりも安価で優良な形質を持った苗を大量に生産できる。組織培養による造林は基本的にはクローン林業であるから、現在すでに挿し木などの古典的なクローン林業が行なわれている、ブラジルやコンゴのユーカリ造林などで最初の大規模の組織培養による造林がなされる可能性がある。温帯地域においても、これまで採種園産の種苗を植林してきた地域の一部で、まず、組織培養により生産された優良種苗が用いられよう。これまで遺伝育種家からは、モノカルチャーによる森林の遺伝的脆弱化の危険が幾度となくいわれてきた。であるから、この組織培養によるクローン林業は、数種のクローンコンプレックスを用い、高度に管理された経済林のみに適用されるであろう。地球規模で森林、林業について考えてみると、開発途上国での人口圧、大陸内部の砂漠化、先進国の大気汚染による酸性雨、そして異常気象などの影響で森林資源は確実に減少している。特に、破壊の激しい熱帯林は毎分40haというスピードで消滅しており、このままでは人類は貴重な森林資源を永久に失ってしまう。

林木遺伝資源の保存は、保護林を設定して現地に保全したり、現地外に新たに移して樹木園などとして設定して保全するのが好ましいが、現在の開発の状況は、十分な保全を困難にしていると言える。これに対しては、熱帯林の研究に、より力を入れ、植生や生態の調査を行ない、保護林をできるだけ設定する努力をすると共に、より現実的には、遺伝資源銀行を作って種子、花粉、組織などの形で小面積の所に多量の資源を保存するしかないだろう。このまま世界の人口が増加し続ければ、将来は、地球以外の宇宙ステーションの中に森林遺伝資源を保存する時代がくる可能性もある。そこまでいかなくても、遺伝的多様性を保持した林業において大切な技術分野である。これからの林業は、生産性を重視した高度に管理された集約的林業と、遺伝的多様性や森林の保全を重視した、疎放的林業に2極化するものと思われるが、前者では、クローン増殖において、後者では遺伝資源の長期保存とその利用において、組織培養は重要な役割を果たすものと思われる（図参照）。



図： 21世紀の林業 - 組織培養の利用による集約的林業（近景）と疎放的林業（遠景）（P. Farnums, Science, 219より）

ウ. 主な文献紹介

(単行本)

- ・ J.M. Bonga "Tissue Culture in Forestry" Martinus Nijhoff/Dr. W.Junk Publisher 1982
- ・ J.H. Dodds "Tissue Culture of Trees" Croom Helm, 1983
- ・ R.R.Henke, K.W. Hughes, M.J. Constantin and A. Hollaender "Tissue Culture in Forestry and Agriculture" Plenum Press, 1985
- ・ Y.P.S. Bajaj "Biotechnology in Agriculture and Forestry 1. Trees 1" Springer Verlag, 1986
- ・ 農林水産省林業試験場バイオテクノロジー研究会編 "林業におけるバイオテクノロジー - 開発の現状と展望 -" 林業科学技術振興所、東京、 1986
- ・ 佐々木恵彦編著 "森林バイオテクノロジー入門"、創文、東京、 1987
- ・ J.M. Bonga and D.J. Durzan "Cell and Tissue Culture in Forestry" Vol 1, 2, 3. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 1987
- ・ J.W. Hanover and D.E. Keathley "Genetic Manipulation of Woody Plants" Plenum, 1988
- ・ M.R. Ahuja "Somatic Cell Genetics of Woody Plants" Kluwer Academic Publishers, 1988
- ・ 斎藤明編著 "木本植物の増殖と育種" 農業図書、 1989

(学会誌論文等)

- ・ P. Farnum, R. Timmis and J.L. Kulp, Biotechnology of forest yield, Science, 219: 694-702, 1983
- ・ 斎藤明、 林木育種とバイオテクノロジー、農業および園芸、60:193-199, 1985
- ・ 佐藤亨、 スギ稚苗の組織片からの不定芽の誘導による幼植物体の再生、日本林学会誌 68:389-392, 1988
- ・ K. Ishii, In vitro Plantlet formation from adventitious buds on juvenile seedling of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*), Plant Cell, Tissue and Organ Culture 7:247-255, 1986
- ・ 有吉邦夫、キハグの葉柄内芽を使った苗木養成、林木の育種、 No.138.24-26, 1988
- ・ S. Saito and Y. Ide, In vitro plantlet regeneration from adventitious buds induced by petiole culture in Japanese white birch, 日本林学会誌、 87:373-375, 1985
- ・ 佐藤亨、 森格良、 斎藤明、 クヌギ芽生えの上胚軸片からの幼植物体の再生、日本

- 林学会誌、 69:113-117, 1987
- ・ 大山勝夫、 樹木の組織・細胞培養、化学と生物、 25:808-816, 1987
 - ・ 斎藤明、 佐藤亨、 石井克明、 林木の増殖技術（Ⅰ）、農業および園芸、63:231-234, 1988
 - ・ 斎藤明、 佐藤亨、 石井克明、 林木の増殖技術（Ⅱ）、農業および園芸、63:297-300, 1988
 - ・ S. Arnold, Tissue culture methods for clonal propagation of forest trees, IAPTC Newsletter, 56:2-13, 1988

総説

[木材学会誌 Vol. 34, No. 7, p. 557-563 (1988)]

木本植物の組織培養^{*1}

福田 忠徳^{*2}

Tissue Culture of Woody Plants^{*1}

Tadanori FUKUDA^{*2}

Keywords : tissue culture, woody plants, micropropagation, protoplast, plantlet regeneration.

1. はじめに

この数年、バイオテクノロジーに関する記事に接する機会が多い。バイオテクノロジーの中で、組織培養は主要技術として位置づけられるが、必ずしも新しい技術ではない。木本植物を対象とした林木育種の面からの研究についてみても、すでに1920年代に半数体植物の作出や無性繁殖の効率化を追求した研究が行われている。無定形細胞の集合体であるカルスの無限繁殖がポプラ属¹⁾で成功して以来組織培養法に基づく研究は急速に進展を遂げたといえよう。

木本植物の組織培養の研究は大別すると(1)育種への利用のための研究と(2)有用物質生産への応用のための研究に分けられる。育種への利用・研究の課題としては優良形質個体の増殖(クローン増殖あるいはマイクロプロパゲーション)、雑種の育成、変異体の作出、抵抗性個体の作出、半数体の作出などがあげられる。とりわけクローン増殖(マイクロプロパゲーション)と細胞融合による雑種個体の育成への利用研究の意義は大きい。カルスから個体再生がほとんど不可能であろうといわれていた針葉樹においてさえ、最近幼植物体が再生できた²⁻⁶⁾。さらに細胞融合による雑種個体の出現として科学万博で有名になったポマト(ポテト+トマト、地上部にトマトの実をつけ、地下部に塊茎を作る)やハクラン(キャベツ+ハクサイ)に類する新植物の出現が今や木本植物においても夢ではなくなった。これらのこと

は数年前には予想だにできなかったことである。本稿では紙面の関係で育種面への利用研究に焦点をしばって概説を試みた。本課題に関連する研究報告は膨大で内容も日進月歩の勢いである。研究報告すべてを網羅することは到底不可能である。従って従来からの組織培養の内容について概説し、研究報告の文献はその一例を載せるだけに留めた。ただ最近の針葉樹を対象とした研究報告および文献についてはできるだけ言及したいと考えている。また、木本植物への遺伝子操作も広い意味で組織培養と関連するが、紙面の都合上割愛させていただいた。文献として挙げた成書⁷⁾を参照していただきたい。

2. 木本植物の組織培養

組織培養法は一定の制御された環境の下で比較的均一な細胞集団を維持増殖させること、単細胞から極めて高次の構造体である完全な植物体を人為的に再生しうる可能性があること、などの利点から植物細胞の代謝の研究や細胞の発生・分化の問題を研究するための実験系として利用され、急速にその重要性が増大してきた。このような基礎的研究の分野ばかりでなく、応用的分野においても大いに利用されてきた。有用植物の大量増殖や、交配が不可能とされている種間での体細胞雑種の作成が先に述べたようにプロトプラストの融合により成功している。

2.1 マイクロプロパゲーション(試験管内大量増殖)

木本植物の中には種子結実の困難なもの、サシ木発根性の悪いもの、接木親和性の悪いものなどがあり、それらの増殖にマイクロプロパゲーションあるいはクローン増殖の技術が利用される。この技術は

*1. Received June 4, 1988

*2 名古屋大学農学部 Faculty of Agriculture, Nagoya University, Nagoya 464-01

選抜された優良個体や交配種子などの貴重な少数の個体からの増殖にも利用できる。この増殖法には大別すると次の2つがある。

(1) 分化した組織器官などの直接培養

試験管内サシ木法に相当するものである。その方法の一つは頂芽や腋芽などを直接培養することによって苗条体由来の幼植物体を作成する手法であり、他の一つは頂芽(生長点)、葉、枝条などの各組織片を培養した不定芽を多発させ、苗条体由来の幼植物体を作成する手法である。いずれの手法とも、その後得られた植物体の節間部を切り取って培養し増殖させる。さらに、生長点や葉柄などを培養することによって多くの苗条原基を形成し、不定苗条を経て植物体を作成する方法もある。この方法は一般に苗条形成の速度が早く、前二者の方法よりもクローン的大量増殖には有効な方法である。

(2) カルスからの不定胚形成および器官再分化

植物の各種組織からカルスを誘導し、得られたカ

ルスから不定胚を形成させるか直接器官の再分化をはかり、幼植物体を作成する方法である。この方法は変異を誘発し易いのでクローン増殖には適さない。従って遺伝的に安定な幼植物体の増殖は望めない。

(1)(2)いずれの方法も殺菌操作が繁雑であって特別な殺菌処理が必要となる。また、無菌苗の作成の歩留りが著しく低い場合があり、より簡単に効果的な無菌苗を作成する方法の開発が課題といえる。

現在までに組織培養によって増殖に成功した裸子植物の樹種を表1に示した。表から明らかなように、マツ属、トウヒ属に属する樹種を対象にした報告例が多い。

また、被子植物で増殖に成功した樹種の報告例はあまりにも多いので紙面の都合上表示しなかったが、ヤナギ科(ハコヤナギ属²⁵⁾、ミカン科(ミカン属²⁶⁾、サクラ科²⁷⁾、マメ科、ブナ科、ナシ科、フトモモ科(ユーカリ属²⁸⁾、バラ科(リンゴ属²⁹⁾など

表1 裸子植物でクローン増殖に成功した樹種

科 名	外 植 体	文 献
1. ナンヨウスギ科		
ナンヨウスギ属	各種器官	Haines and de Fossard (1977) ⁹⁾ Handro (1986) ³⁾
2. マツ科		
1) モミ属	成木の休眠芽など	Bonga (1982) ¹⁰⁾
2) トウヒ属	胚, 胚軸, 子葉など	Bonga (1977), ¹¹⁾ von Arnold (1982), ¹²⁾ Webb and Street (1977), ¹³⁾ von Arnold and Eriksson (1979), ¹⁴⁾ Campbell and Durzan (1976) ¹⁵⁾ Cheng and Voqui (1977) ¹⁶⁾
3) トガサワラ属	子葉	Cheng (1976) ¹⁷⁾
4) ツガ属	子葉	Sommer and Brown (1974), ¹⁸⁾ David and others (1978), ¹⁹⁾ Reilly and Washer (1977), ²⁰⁾ Smith and others (1982), ²¹⁾ von Arnold and Eriksson (1981), ²²⁾ Brown and Sommer (1977), ²³⁾ Minocha (1980), ²⁴⁾ Bornman and Jansson (1981), ²⁵⁾ Mott and others (1977), ²⁶⁾ Fukuda and others (1988), ²⁷⁾ / Kuromaru and others (1987) ²⁸⁾
5) マツ属	胚, 胚軸, 子葉など	
3. スギ科		
1) スギ属	胚, 胚軸, 子葉など	Ishikawa (1974), ²⁹⁾ Sato (1986), ³⁰⁾
2) セゴイア属	子葉その他	Ball (1978) ³¹⁾
4. ヒノキ科		
1) ヒノキ属	胚軸, 子葉	Ishii (1986), ³²⁾ Amano and others (1988) ³³⁾
2) クロベ属	子葉, 苗条頂端	Coleman and Thorpe (1977) ³⁴⁾

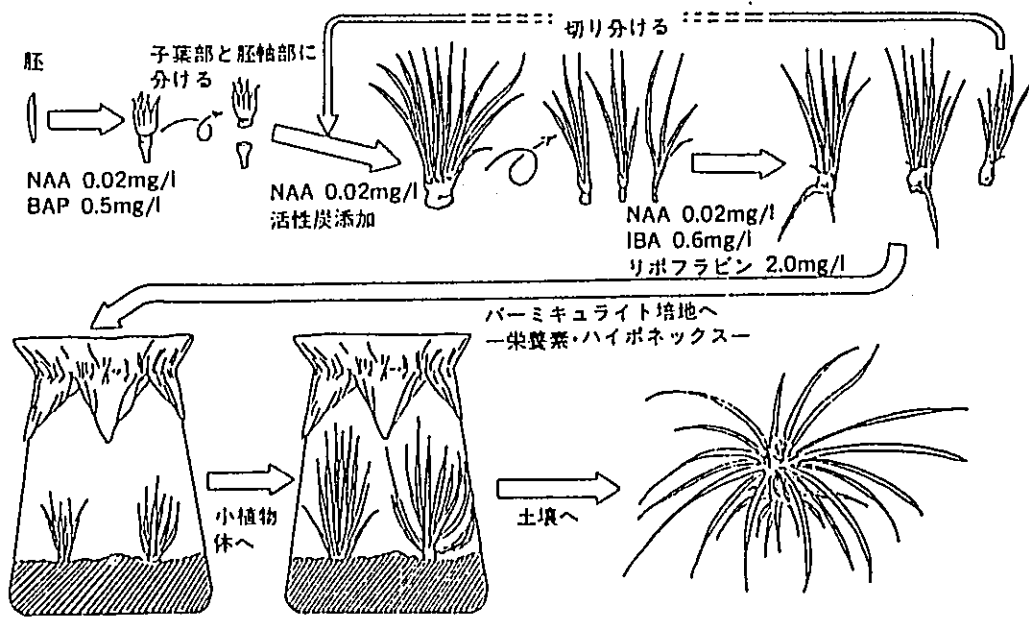


図1 植物体再生過程

での報告例が多い。文献に記載したものはその一例に過ぎない。クローン増殖の一例として著者ら²⁷⁾がマツの材線虫病に抵抗性のあるマツの苗木生産を目的に行なった研究結果を図1および写真で示した。図のように胚抽出→不定芽誘導→子葉増殖→発根誘導→植物体再生の過程に従って幼植物体を作出した。現在植木鉢に鉢上げし、温室内で栽培している(写真参照)。ただ得られた植物体(苗木)の材線虫病に対する抵抗性有無の検定が残された課題である。

2.2 細胞(カルス)培養

カルス培養は形成層などの組織の一部を含む小切片から細胞の集団であるカルスを作り、これを植物体にまで培養する方法である。この点で前述のクローン増殖(試験管内大量増殖)とは異なる。各種外植体からカルスを誘導し、個体を再生する方法を図2に示した。

この方法は、無菌的操作が可能であること、季節に左右されないで研究が進められること、また短期間に高い増殖率が得られる可能性を有していること、などの利点がある。しかし、脱分化細胞(カルス)から器官再分化の誘導が困難な樹種も存在するし、カルス経由で個体を作出すると変異体が誕生し易く/遺伝的安定性に欠ける難点もある。これらの問題を解決するための研究が今後の課題といえよう。

カルス経由で器官再分化に成功し、幼植物体を再生させた報告例は被子植物では多数見られる⁴⁰⁻⁴²⁾。従って現在では被子植物のほとんどの樹種で幼植物体の再生は可能であるといえよう。一方、裸子植物ではカルス経由で幼植物体を再生させるのは極めて困難であり、つい最近までほとんど報告例^{5,11,19)}がなかったが、昨年から急速に多数の報告例に遭遇している。幼植物体の再生を可能にした理由の一つに未成熟種子からの胚を材料に使用した点をあげることができる。未成熟種子の胚からカルスを誘導・増殖させ、再び胚を再分化させる方法(多

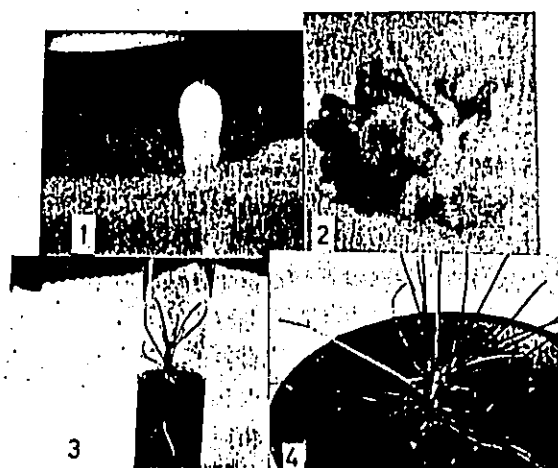


写真 クローン増殖法によるクロマツの組織培養
 1. 1週間経過した胚
 2. 培養1ヶ月後の胚(多数の不定芽が誘導)
 3. 活性炭添加培地での発根誘導
 4. 鉢上げ後3ヶ月経過した植物体

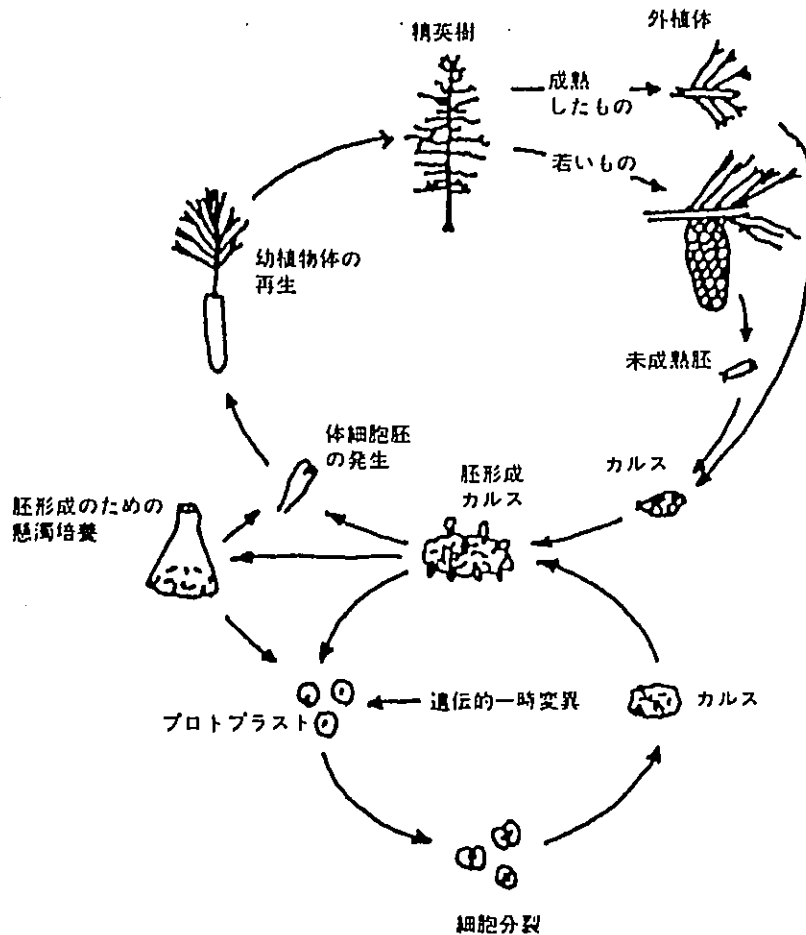


図2 外植体からのカルス経路による植物体再生法

胚形成法)が開発されたためである。その一例を紹介する。Becwarら³⁾はドイツトウヒの種子を1985年7月12日から1週間毎に8月16日まで6回採取した。種子から胚を摘出し、カルス誘導を行なった。培地は2,4-ジクロル酢酸(2,4-D) $10 \mu\text{M}$ 、ベンジルアデニン(BA) $5 \mu\text{M}$ 、蔗糖3.4%、寒天0.5%を含むHakmanら⁴⁾の基本培地を用い、 23°C 、16時間日長周期で培養した。その結果、若い種子からは白色カルスが(75%以上)、3週間後の種子からは緑色カルスだけが得られ、継代培養したところ前者からは胚形成が見られたが後者からは全く胚形成は見られなかった。このことから著者らは種子は若ければ若い程白色カルスの形成、さらには多胚形成の確率は高いことを指摘している。

3. プロトプラストの分離と培養

近年、高等植物におけるプロトプラストの分離と培養はタバコをはじめ多くの草本植物で行われ、プロトプラスト培養によって植物体を再生させた事例も数多く報告されるようになった。遅ればせながら木本植物においても被子植物はもちろん、裸子植物

でもプロトプラストの分離・培養に成功した事例も以下に述べるように多くなった。今後これらのプロトプラスト培養系を利用した細胞選抜や細胞融合による新個体の作出など新たな育種技術の展開が期待されている。

プロトプラストの培養技術は木本植物においても育種の面で極めて有用な手法の一つと考えられる。プロトプラストは核酸その他の高分子物質を取りこむ特異的な性質をもっているし、また、細胞同志の融合も誘起できるのでできるだけ最初に活性の高いプロトプラストを作ることが必要となる。

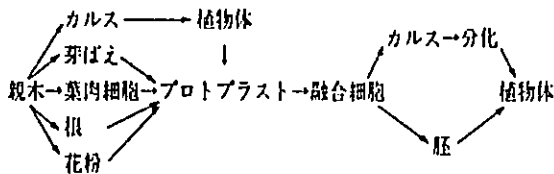
木本植物の組織からプロトプラストを分離するには通常3種類の酵素すなわちペクチナーゼ、ヘミセルラーゼ、セルラーゼの混合液が使用されている。材料はカルス、芽ばえ、葉肉細胞などが主として使われる。一般に木本植物の組織は堅固であるために分離が困難であること、ポリフェノール性物質が多く含まれ、これが細胞分離を阻害する場合があること、などの弊害があるのでその対策が必要となる。被子植物の多くの樹種(ハコヤナギ属⁴⁾、ハンノキ属⁵⁾、リンゴ属⁶⁾、サクラ属⁷⁾、ミカン属^{8),9)})に属

する樹種での報告例が多い。また、裸子植物でもマツ属⁵⁰⁻⁵⁴⁾、トウヒ属^{55,56)}、トガサワラ属⁵⁷⁾などでプロトプラストの分離に成功し、培養している報告がある。

プロトプラストの培養によって植物体を再生した例は現在のところ少ないが、被子植物ではミカン属^{48,58,59)}、コウゾ属⁶⁰⁾、ハコヤナギ属⁶¹⁻⁶³⁾、コーヒーノキ属⁶⁴⁾、ニレ属⁶⁵⁾、サクラ属⁶⁶⁾での成功例が目立つ。裸子植物ではプロトプラストからカルス形成をみた例は少なくカイガンショウ (*Pinus pinaster*) での報告例⁵²⁾が最初である。その後マツ属^{67,68)}での報告例がある。プロトプラストから植物体を再生した例は裸子植物では残念ながら今のところ報告例はない。

4. 細胞融合による体細胞雑種の作出

細胞融合には硝酸塩、ポリエチレングリコール、デキストランなどの高分子化合物を用いる化学的方法と、電気的なパルスを加える物理的な方法とがある。融合細胞から個体を作成するには次に示す過程が用いられている。



カルスの分化による方法と、直接胚を形成させる方法とがある。この方法によって体細胞雑種個体の作出は草本植物ではナス科のタバコ、トマト、ジャガイモおよびペテュニアなど多くの植物で成功しているが、木本植物ではまだ少なくミカン属⁶¹⁻⁷¹⁾、ハコヤナギ属⁷²⁾での報告例があるに過ぎない。

5. おわりに

本稿では木本植物を対象とした組織培養について、主として育種面から最近の報告例をまじえて概説した。はじめにも述べた通り、バイオテクノロジーの主要技術としての組織培養の利用・研究はここ数年目ざましいものがある。本稿ではふれなかったが、遺伝子操作に関連した分野の研究はとくに目をみはるものがある。組織培養の分野でも不可能といわれていた裸子植物のカルス経由で幼植物体を再生する技術も確立される段階を迎えた。また、木本植物組織の細胞からのプロトプラストの分離技術も確立され、いよいよ細胞融合による体細胞雑種個体の作出が現実のものとなることも夢ではなくなった。とはいうものの木本植物特有の阻害要因や樹種の違

いによる再分化や細胞融合の難易などは解決に時間を要する課題ではある。まだまだ解決されなければならない課題は山積しているが、多くの研究者達によって研究が行われている今日、一つ一つ解決されていくことが予測され新樹種の創造の報に接するのにも近いといえよう。

文 献

- 1) Wolter, K. E.: *Nature*, 219, 509-510 (1968).
- 2) Gupta, P. K.; Durzan, D. J.: *Bio/Technol.*, 5, 147-151 (1987).
- 3) Becwar, M. R.; Noland, T. L.; Wann, S. R.: *Tappi J.*, 70 (4), 155-160 (1987).
- 4) Becwar, M. R.; Noland, T. L.; Wann, S. R.: *Plant Cell Rep.*, 6, 35-38 (1987).
- 5) Durzan, D. J.; Gupta, P. K.: *Plant Sci.*, 52, 229-235 (1987).
- 6) Hakman, I.; von Arnold, S.: *Physiol. Plant.*, 72, 579-587 (1988).
- 7) 小谷圭司: "林木の遺伝子操作" "森林のバイオテクノロジー入門", 佐々木恵彦編, 創文, 1987, p. 221-262.
- 8) Haines, R. J.; Fossard de R. A.: *Acta Hort.*, 78, 297-302 (1977).
- 9) Handro, W.: "Biotechnology in Agriculture and Forestry I, Trees I", Bajaj, Y. P. S. ed., Springer-Verlag, 1986, p. 310-315.
- 10) Bonga, J. M.: "Tissue Culture in Forestry" Bonga, J. M. and Durzan, D. J. eds., Nijhoff, The Hague, 1982, p. 4-35.
- 11) Bonga, J. M.: "Applied and Fundamental Aspects of Plant Cell, Tissue, and Organ Culture, Reinert, J. and Bajaj, Y. P. S. eds., Springer, Berlin Heidelberg New York, 1977, p. 93-108.
- 12) von Arnold, S.: *Plant Sci. Lett.*, 27, 275-287 (1982).
- 13) Webb, K. J.; Street, H. E.: *Acta Hort.*, 78, 259-269 (1977).
- 14) von Arnold, S.; Eriksson, T.: *Physiol. Plant.*, 45, 29-34 (1979).
- 15) Campbell, R. A.; Durzan, D. J.: *Can. J. For. Res.*, 6, 240-243 (1976).
- 16) Cheng, T. Y.; Voqui, T. H.: *Science*, 198, 306-307 (1977).
- 17) Cheng, T. Y.: *Plant Cell Physiol.*, 17, 1347-1350 (1976).

- 18) Sommer, H. E.; Brown, C. L.: *Am. J. Bot.*, 61, (suppl) 11 (1974).
- 19) David, H.; Kausa, I.; Vavid, A.: IV th Int. Congr. Plant Tiss. Cell Cult., Calgary, 1978, p. 30.
- 20) Reilly, K.; Washer, J.: *NZ. For. Sci.*, 7, 199-206 (1977).
- 21) Smith, D. R.; Horgan, K. J.; Aitke-Christie, J.: "Plant Tissue and Cell Culture, Fujiwara ed., Maruzen, Tokyo, 1982, p. 723-724.
- 22) von Arnold, S.; Eriksson, T.: *Can. J. Bot.*, 59, 870-874 (1981).
- 23) Brown, C. L.; Sommer, H. E.: *Tappi J.*, 60, 72-73 (1977).
- 24) Minocha, S. C.: *Can. J. Bot.*, 58, 366-370 (1980).
- 25) Bornman, C. H.; Jansson, E.: Cell Int. Cult. In Vitro Essences For. IUFRO Fontainebleau, France, AFOCEL, 1981, p. 41-53.
- 26) Mott, R. L. et al.: *Tappi J.*, 60 (6), 62-64 (1977).
- 27) 福田忠徳, 藤井康範, 金光桂二: 第38回日本木材学会大会発表要旨集, 旭川, 1988, p. 160.
- 28) 黒丸 亮, 佐藤孝夫: 日林誌, 69, 355-358 (1987).
- 29) Ishikawa, H.: *Bot. Mag. (Tokyo)*, 87, 73-77 (1974).
- 30) 佐藤 享: 日林誌, 68, 389-392 (1986).
- 31) Ball, E. A.: Proc. IV th Int. Congr. Plant Tiss. Cell Cult., Calgary, 1978, p. 163.
- 32) Ishii, K.: *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 7, 247-255 (1986).
- 33) 天野孝之, 酒谷昌孝: 奈良林誌研報, 17, 19-25 (1988).
- 34) Coleman, W.; Thorpe, T. A.: *Bot. Gaz.*, 138, 298-304 (1977).
- 35) ex. Winton, L.: *For. Sci.*, 17, 348-350 (1971).
- 36) ex. Chaturvedi, H. C.; Milta, G. C.: *HortSci.*, 9, 118-120 (1974).
- 37) ex. Druart, Ph.: *Sci. Hortic.*, 12, 339-342 (1980).
- 38) ex. Cresswell, R. J.; Nitsh, C.: *Planta*, 125, 87-90 (1975).
- 39) ex. Lane, W. D.: *Plant Sci. Lett.*, 13, 281-285 (1978).
- 40) Saito, A.; Ide, Y.: *J. Jpn. For. Soc.*, 67, 373-375 (1985).
- 41) Durzan, D. J.; Lopushanski, S. M.: *Can. J. For. Res.*, 5, 273-277 (1975).
- 42) Chalupa, V.: *Biol. Plant*, 16, 316-320 (1974).
- 43) Hakman, I. et al.: *Plant Sci.*, 38, 53-63 (1985).
- 44) Saito, A. et al.: *J. Jpn. For. Soc.*, 69, 472-477 (1987).
- 45) Huhntinen, O.; Honkanen, J.; Simola, L. K.: *Plant Sci. Lett.*, 28, 3-9 (1982).
- 46) Niizeki, M.; Hidano, Y.; Saito, K.: *Jpn. J. Breed.*, 33, 369-374 (1983).
- 47) Matsuta, N. et al.: *Scientia Hortic.*, 28, 59-64 (1986).
- 48) Burger, D. W.; Hackett, W. P.: *Physiol. Plant.*, 56, 324-328 (1982).
- 49) Vardi, A.; Spiegel-Roy, P.; Galun, E.: *Theor. Appl. Genet.*, 62, 171-176 (1982).
- 50) ex. Hakman, I. C.; von Arnold, S.: *Plant Cell Rep.*, 2, 92-94 (1983).
- 51) Patel, K. R. et al.: *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 3, 85-90 (1984).
- 52) David, A.; David, H.: *Z. Pflanzenphysiol.*, 94, 173-177 (1979).
- 53) Teasdale, R. D.; Rugini, E.: *ibid.*, 2, 253-261 (1983).
- 54) Gupta, P. K.; Durzan, D. J.: *Plant Cell Rep.*, 5, 346-348 (1986).
- 55) Bekkaoui, F. et al.: *ibid.*, 6, 476-479 (1987).
- 56) Strmen, J.; Cierna, M.: Coll. Int. Cult. In Vitro Essences For. IUFRO, Fontainebleau, France, AFOCEL, 1981, p. 355-360.
- 57) Kirby, E. G.; Cheng, T. Y.: *Plant Sci. Lett.*, 14, 145-154 (1979).
- 58) Kobayashi, S.; Uchimiya, H.; Ikeda, I.: *Jpn. J. Breed.*, 33, 119-122 (1983).
- 59) Kobayashi, S.; Ikeda, I.; Uchiyama, H.: *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 4, 249-259 (1985).
- 60) Oka, S.; Ohyama, K.: *J. Jpn. For. Soc.*, 62, 270-272 (1980).
- 61) Ahuja, M. R.: *Silv. Genet.*, 31, 66-77 (1982).
- 62) Russell, J. A.; McCown, B. H.: *Plant Sci.*, 46, 133-142 (1986).
- 63) Russell, J. A.; McCown, B. H.: *Plant Cell Rep.*, 7, 59-62 (1988).
- 64) Schopke, C.; Muller, L. E.; Kohlenbach, H.-W.: *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 8, 243-248 (1987).

- 65) Sticklen, M. B.; Domir, S. C.; Linberger, R. D.: *ibid.*, 47, 29-34 (1986).
- 66) Ochatt, S. J.; Cocking, E. C.; Power, J. B.: *Plant Sci.*, 50, 139-143 (1987).
- 67) Gupta, P. K.; Durzan, D. J.: *Bio/Technology*, 5, 710-712 (1987).
- 68) Laine, E.; David, H.; David, A.: *Physiol. Plant.*, 72, 374-378 (1988).
- 69) Ohgawara, T. *et al.*: *Theor. Appl. Genet.*, 71, 1-4 (1985).
- 70) Ohgawara, T. *et al.*: 10th Plant Tissue Culture Symp. Jpn. Assoc. for Plant Tissue Culture, Sendai, 1987, p. 172.
- 71) Kobayashi, S. *et al.*: *ibid.*, Sendai, 1987, p. 171.
- 72) Ito, K.; Tamamichi, Y.; Shibata, M.: VI th Int. Cong. of Plant Tissue and Cell Culture, Somers, D. A. and others, eds., Minnesota, USA, 1986, p. 441.

[回答]

3. 熱帯樹木の成長解析

(1) ~ (2) 成長解析法の現状

私の知っている限りでは、年齢の推定をした研究はない。この分野の研究は必要と思うが、樹齢の定まった木が少なく、手法の解析も難しい。しかし、マレーシアの FRIM には、樹齢のはっきりとした人工林が多く、すでに50年以上の樹林になっているものがある。これらの樹幹解析を行えば、糸口がつかめるかもしれない。

特に、樹種の生長特性（フラッシング、連続生長など）を把握することによって、ある程度判定ができるかもしれない。また、乾季、雨季の生長差、落葉樹と落葉時期、大量開花などが指標となる可能性もある。

もし、プロジェクトサイトで、伐倒木があれば、研究を進められたらいいか。プロジェクトサイトでは、数年前に森林火災があったと思うが、多分その時に生長は低下し、一つの指標になると思う。

もう一つ、ピン打ち法によってどの程度生長したかを判定する方法も考えられる。この方法については、Wolter, K.E. 1968., *Forest Science* 14:102-106; Shimaji & Nagatsuka, 1971; *Jour. Jap. Wood Res. Soc.* 17:122-128.を参照。

最近、Kuroda, K. 1985 *Wound effects on cytodifferentiation in the secondary xylem of woody plants.*が出ている。

[参考資料] 佐々木委員提供

熱帯降雨林の光環境と苗木の生長*

佐々木恵彦**・森 徳典**・Francis S.P. Ng***

熱帯降雨林の重要な特質の一つとして光条件をあげることができる。林外や樹冠層より上部では非常に明るいものに対して、林内の下層植生の下ではきわめて暗いことが対照的である (Richards, 1942)。したがって、熱帯降雨林の初期の研究者は光条件の研究に力を入れた (McLEAN, 1919; ALLEE, 1926; CARTER, 1934; STOCKER, 1935; EVANS, 1939)。このような光条件の研究の内容には、林地内外における太陽光の照度や波長別光エネルギーの分布の測定などが含まれていた。しかしながら、こうした初期の研究の結果から、林床植生の生長に対して光条件の重要性を確立することができなかった。その当時には、まだ光に対する植物の反応、特に光形態形成に関する知見はほとんどなく、しかも光の分光エネルギーを測定する装置の開発が進んでおらず、その測定値の精度が低かったことが理由にあげられる。例えば、分光エネルギーの測定装置の信頼性が低く、測定装置によって遠赤色光に対する感度が異なるため、森林内の赤色光域のエネルギーレベルにまったく違った観測値が出され、議論の対象となった (McLEAN, 1919; CARTER, 1934; EVANS, 1939)。したがって、RICHARDS (1952) はこれらの初期の研究を総括し、次のように述べている。「過去において、森林構造を定めるのに光の重要性が強調されすぎたきらいがあるが、水平方向および垂直方向の明るさの変化を正確に知ることが熱帯降雨林の生態学を解明するために基本的に必要であり、また林内光の各成分の分布状態を知ることが必要である。」さらに RICHARDS は光条件の複雑さと光の測定の技術的な困難さのため、光条件をじゅう分に検討し評価することが難しいことを指摘した。

林内の光の構成

熱帯降雨林の光条件を分析するには、林内光を構成成分に分け、構成成分を別々に論議するのが便利である。林床に達する光は散光と光斑より成る。散光は樹冠層で反射された光や樹冠層の葉を透過する光と青空で反射される光の一部を含んでいる。林内においては、影又は日陰になっている光が散光であり、散光は林内のバックグラウンドの光として存在する。一般に、林内のある一点における散光は比較的变化が少なく一定値をとる。しかも、林外の照度が雲の動きによって絶えず変化している場合でさえ、林内散光は安定している (EVANS, 1939; VEZINA & PECH, 1964; ANDERSON, 1970; SASAKI, TAN & ZOLFATAH, 1978)。全天放射の散光エネルギーは太陽高度が30°以上になると一定になるため (MONTEITH, 1973)、林内散光が安定しているのかもしれない。一方、林内における光エネルギーの50%以上が光斑によるため、林床植生の生長に対して光斑が重要な役割をしめていると言われている (EVANS, 1939; 1956; WHITMORE & WONG, 1959; BJÖRKMAN & LUDLOW, 1972)。しかしながら、林内のある一点における光斑はその地点の樹冠層の状態によって定まり、光斑の頻度および照度はその地点の散光の照度と密接な相関関係にある (SASAKI, TAN & ZOLFATAH, 1978)。散光の照度が低い所では弱い光斑が時々侵入するだけであるが、散光の照度が高い所では、強い光斑が高い頻度で侵入してくる。したがって、林内の光条件はその地点の散光の照度によって推測することが可能である。林内の散光はその地点において、日陰 (又は光斑の影響のない時) で測定した照度である。

光斑の影響の少ない曇った条件下で樹冠層又は葉層の構造と光強度の関係を調べ、MONSI & SAEKI (1953)

* Seedling growth under various light conditions in the tropical rain forest (Proc. XVII IUFRO World Congress, Interdiv. 79~85, 1981)

** 農林水産省林業試験場遺林部

*** Forest Research Institute, Kepong, Selangor, Malaysia

は葉面積指数で葉層の構造を表わし、この葉面積指数と光強度の関係式を發表した。この式は、林床又は群落の下部に達する光がすべて葉を透過するような均一に閉鎖した葉層の場合にはよい結果を示す。しかし、林内の樹冠層下の光は式が示すよりもずっと複雑である。この式によれば、ある与えられた葉層又は樹冠層条件下では相対照度が理論的に一定になるはずである。しかし、実際に相対照度 (I/I_0) を測定した結果を見ると常に相対照度は曇天下では晴天下よりも高くなることを示唆している (EVANS, WHITMORE, & WONG, 1960; VEZINA & PÉCH, 1964; BJÖRKMAN & LUDLOW, 1972)。こうした例から見て、散光と全天照度との関係が常に直線関係にはないと考えられる。熱帯降雨林地帯では、林外の全天の照度が大きく変動するが、このような条件下での相対照度の測定値は大きくばらつくことになる (YONDA, 1974)。したがって、熱帯降雨林においては、植物の生長を推測するために、相対照度を用いることはあまり実際的ではない。

林内散光の特性

雲が多く、林外の照度に変化する条件下で散光と全天光を同時に測定し、全天の照度を横軸にとり、散光の照度を縦軸にとって各測定値の関係を見ると、全天の照度の変化に対して散光は2つの状態をとることが分る。この現象は林内の樹冠層下の散光でも (図-1)、人工的に太陽の直達光をしゃ断した日陰でも起る (図-2)。散光の2つの状態は(1)全天の照度の変化に比例して散光が変化する直線状態があり、この状態は全天の照度が極めて弱い時に起る；(2)全天の照度が

変動するにもかかわらず散光はある定状態に保たれる。この定状態は全天の照度が高くなると起る。一般に、厚い雲で太陽が覆われ、全天の照度が低くなると、散光は全天の照度と比例する。したがって散光と全天照度の直線関係は極めて限られた暗い全天照度の条件下でのみ成立する。林外が明るい場合には、全天照度が多少変化しても、散光は変らない。したがって、日中、林内の散光はほとんど定状態になっていると考えてよい (SASAKI, TAN, & ZOLFATAN, 1978)。林内の散光の安定性については VEZINA & PÉCH (1964), ANDERSON (1970), HUTCHINSON & MATT (1977) も記載している。散光の定状態のレベル (光強度) はその測定点の明るさに密接に関連していて、明るい場所の散光の定状態における照度は高く、暗い場所では散光の定状態照度は低い。図-1, 2 に示したように、散光の照度が全天の照度と直線的な関係から定状態に変わる点が明らかに散光のレベルによって異なる。この直線状態から定状態に移る変曲点と散光の定状態の照度、直線状態における相対照度の関係を推定したのが表-1である。明らかに、林内散光が明るくなるにつれて、散光が定状態に達する全天照度が高くなる。暗い林では、非常に低い全天照度で散光が定状態に達するため、全天の照度はほとんど散光に影響しない。このような散光の特性を考えると、これまで報告されてきた色々な林内光の現象が説明可能である。例えば、林外の照度が高くなるにつれて、相対照度の平均値が低くなること (斉藤, 1974)、また、相対照度が低くなるほど、相関係数が低下すること (VEZINA & PÉCH, 1964) など図-1 の散光の特性から判断することができる。

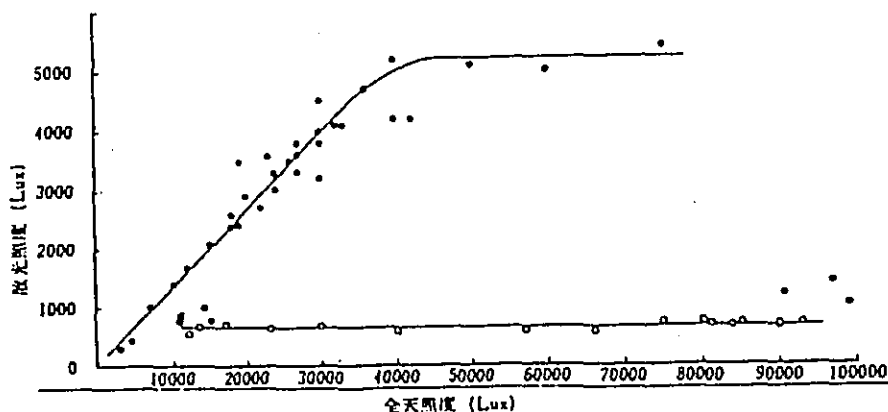
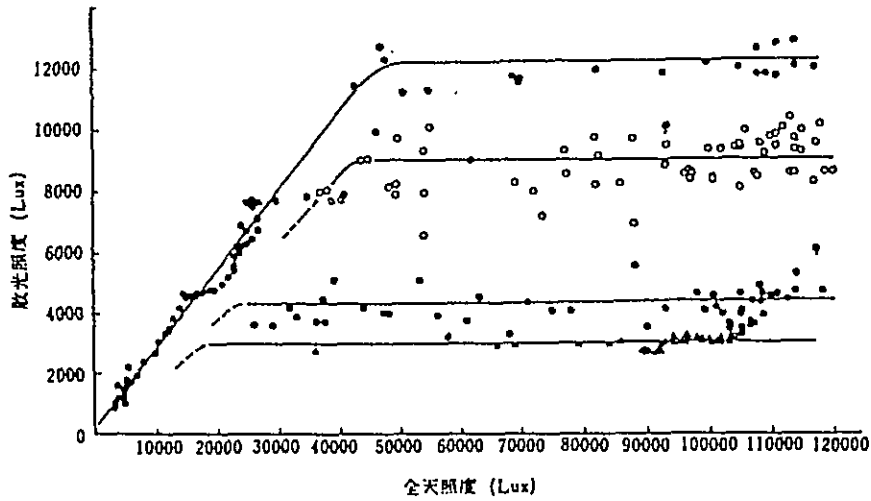
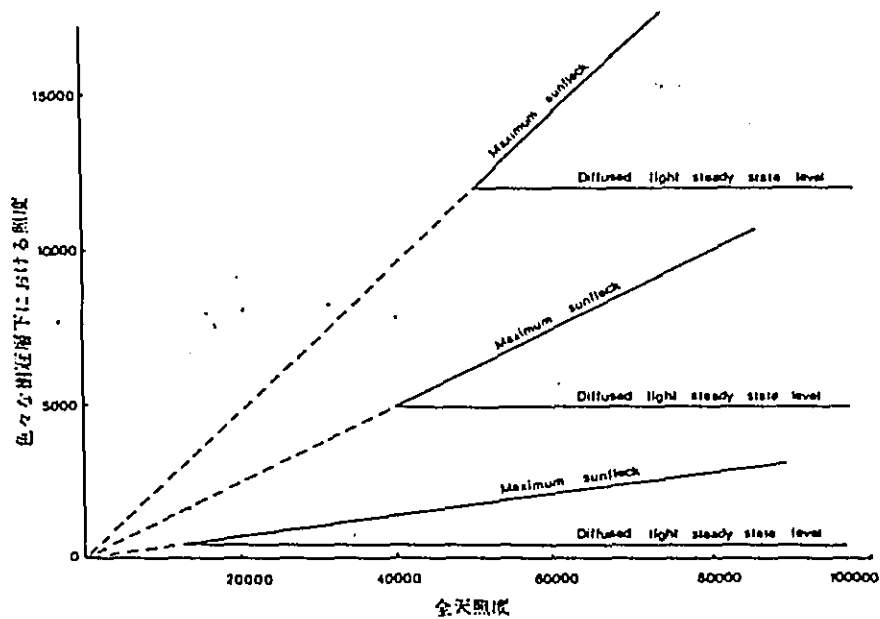


図-1. 林内の散光照度と全天照度との関係
林内の暗い所(○)と明るい所(●)における照度の変化。暗い所では、散光の照度はほとんど変化しない。



図一 2 . 人工的な日陰における散光と全天照度との関係
 明るさの違う 4 つの地点における散光の照度(明るい所(●), 比較的
 明るい所(○), 比較的暗い所(□), (△))。暗い所ほど、定状態の範囲が
 広い。



図一 3 . 林内光の構成成分の強さと全天光の照度との関係
 点線部分は散光の直線状態を示し、この部分では光斑は見られな
 い。一般には林内の光は最強の光斑と定状態の散光の間に分布す
 る。林内が暗なるほど、光条件は安定化し、散光が定状態になる変
 曲点が低くなる。変曲点より高い全天照度の場合に光斑が現われ
 る。

表一 林内散光が直線関係から定状態に
変る変曲点における全天放射の強さ

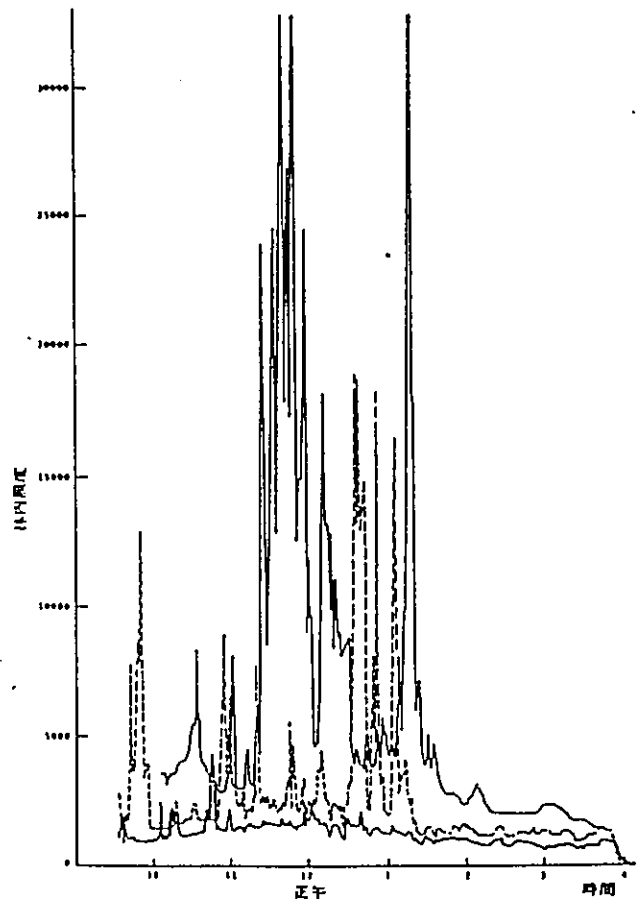
散光レベル Lux	散光が定状態に 達する時の全天 放射の照度 Lux	$\frac{\text{散光}}{\text{全天放射}} = \text{相対照度}$ (%)
500	12,000	4.1
650	13,000	5.0
1,75	20,000	8.8
4,200	32,000	13.0
5,500	39,000	14.0
9,000	45,000	20.0
12,000	50,000	24.0

光斑の特性

散光に対比して、光斑の照度は全天照度と直線関係にあるように思われる。しかも、光斑が現われるのは変曲点よりも全天照度が高くなる場合である。特に、一定地点における最も明るい光斑は全天照度と直線関係にあり、図一1の散光成分の直線関係を変曲点よりさらに延長した線上に乗ると推定できる。したがって、中間的な明るさの光斑は直線と散光の定状態の横軸に平行な線との間に分布する点となる。このような林内光の各成分の特性を分析して、図化したのが図一3である (SASAKI, TAN & ZOLFATAH, 1978)。生長が旺盛で樹冠が空間を平均的に占有しやすい熱帯降雨林では特にそうであるが、樹冠の層の厚さおよび孔隙率によって林床の光条件が定まる。しかも、比較的安定した散光成分を測定することによって、光斑の明るさも推定することが可能である。さらに、散光の照度が高い所ほど、光斑が明るくなるばかりでなく光斑の起る頻度も高くなる。異なったレベルの散光の明るさをもつ3ヶ所の照度変化を数時間連続して測定すると、明らかに、明るい所ほど日中の照度変化がはげしく、光斑の入る頻度が高いことがわかる (図一4)。

光と苗木の生長

上記のように林内散光によって林内の光条件を代表することが可能である。したがって、林床に生育する苗木の生長と光条件の関係を明らかにするにも、散光成分の照度を基準にすることができる。光斑は樹冠層の不規則に分布する孔隙を通して林床に達しているため、林床における光斑の分布は均一ではない。しかし、



図一4. 明るさの違った林内の三地点における日中の照度変化。

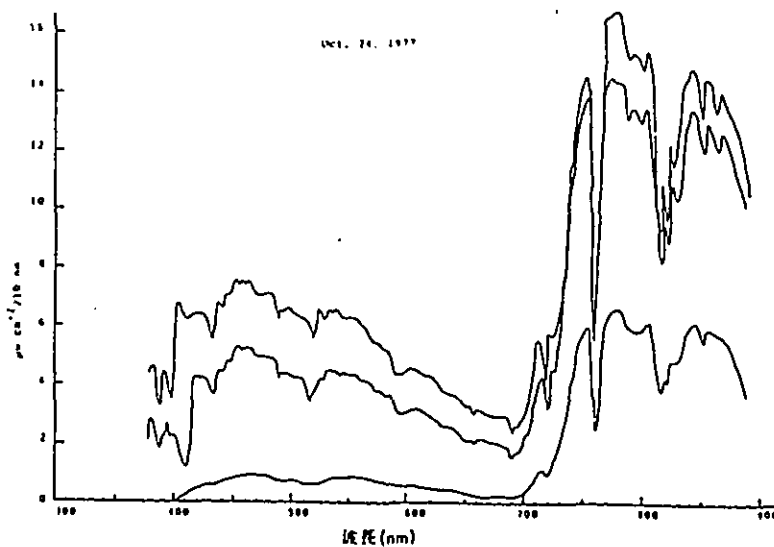
暗い地点(太い実線), 少し明るい地点(点線), 比較的明るい林内の地点(細い実線)。暗い地点では、光斑も少なく、しかもその照度も低い。

同じ照度の散光条件下に生育するフタバガキ科の樹木の苗木はきわめて均一な生長を示す。しかも、散光の照度が高くなるほど苗木の生長は良くなる。散光の照度は定状態の方が安定であり、測定しやすいため、実験には定状態の散光照度を用いている。フタバガキ科の樹木の林内において生存できる最低の光要求量を調べると、*Shorea Ovalis*, *Shorea talura*, *Hopea kelferi*, *Valica odorata* などの苗木では散光定状態照度で500から750Luxが生存限界であった (SASAKI, TAN, & ZOLFATAH, 1978; SASAKI & MORI, 1980; MORI, 1980)。又、これらの苗木が連続して生長することのできる最低光要求量は散光定状態照度1,500Lux程度であった。こうした林内実験の観察は人工照明を用いたファイトトロンにおける庇陰試験によって確認された。*Shorea talura* の苗木は700Luxが生存限界であり、この生存

限界照度に生育する苗木の光合成光補償点は350Luxであった。しかし、29,000Luxの光に生育した苗木は光合成光補償点が高く、1,650Luxが光補償点であった (MORIKAWA, INOUE, & SASAKI, 1980)。一般に、陽樹や強光下に生育した植物は光補償点が高く、光飽和点も高いが (BOARDMAN, 1977), *Shorea talura* の苗は高照度下に育てた場合には陽樹の特性を示す。しかし、弱光下で生育した場合には、光補償点は低くなるが、光飽和点は陰樹に較べてかなり高い値を示す。したがって、*Shorea talura* は本来的には陽樹であると考えられる。一方、熱帯降雨林植物の中で陰樹と言われている *Alocasia* や *Cordyline* は光飽和点が低い (BJÖRKMAN, LUDLOW, & MORROW, 1972)。フタバガキ科のその他の樹種の陽葉と陰葉の光合成を見ると、陽葉は陽樹の反応を示し、陰葉は陰樹と似て光補償点および光飽和点が低い (KOYAMA, 1974)。

閉鎖した林内条件では散光定状態照度が10,000Luxを超えるようなことはほとんどない。したがって、熱帯降雨林の樹種の最適生長条件を調べるためには庇陰試験が必要である。樹冠層下の散光特性とは異なり、人工的な庇陰ネットを用いた場合には、庇陰下の光は全天照度の変化に比例して変るため、両者は直線関係になる (MORI, 1980)。人工的な庇陰は直達光および散光の両方を減少させるので当然とも考えられる。庇陰ネットによる実験結果では、*Parashorea malanonan*,

Shorea leprosula, *Dryobalanops lanceolata* および *Dipterocarpus stallatus* は全光の50から75%の間で最も良い生長を示したが、苗木が大きくなると強光下で急速に生長する (NICHOLSON, 1960)。同様に *Shorea assamica*, *Hopea helferi*, *Vatica odorata*, *Dipterocarpus oblongifolius* では、地上部の生長は全光の30から50%で最大になるが、地下部は全光の50から60%の光で最も良い生長を示す (MORI, 1980)。さらに、光要求量に対する種間差があり、*Vatica odorata*, *Dipterocarpus oblongifolius*, *Parashorea malanonan*, *Dipterocarpus stellatus* などは *Shorea assamica*, *Hopea helferi*, *Dryobalanops lanceolata*, *Shorea leprosula*, *Shorea leptoclados* よりも強光条件下で生長が良い。特に、*Shorea talura*, *Vatica odorata* は強光を要求する (SASAKI & MORI, 1980)。これらフタバガキ科の植物以外では、カカオ、コーヒー、チャ、バナナなどの庇陰試験がおこなわれている (MURRAY & NICHOLS, 1966)。特に、カカオを良く育てるためには庇陰が必要であると言われているが、庇陰効果は土壌の肥沃度により異なる。やせた土壌に植えた場合には強度の庇陰を必要とする。似たような現象がフタバガキ科の苗木でも観察され、施肥した場合には、強光による生長阻害が起りにくい。このような苗木の光に対する生長反応を理解することは苗木技術の向上に必要であるばかりでなく、天然更新にも重要である。特に、天然更新



図一五．熱帯林 (フタバガキ科林) 内の散光の波長別エネルギー分布。

上から560Lux, 350Lux, 130Lux の林内散光。

においては、樹冠層の破壊によって生ずる穴（キャップ）の光条件、温度、湿度の急激な変化に対する種の反応が大きな要因となる（WHITMORE, 1975）。

林内散光の波長別エネルギー分布

樹冠層が赤色光をつよく吸収するため、林内光は林外の全光とは異なった波長特性を示す。熱帯降雨林の研究の初期にすでに簡単なフィルター法を用いて、樹冠層が赤色光を減少させることを観察している（CARTER, 1934; EVANS, 1939）。熱帯降雨林の林床における散光の典型的な波長別エネルギー分布を見ると、450nm 附近にピークがあり、赤色光域の680nm あたりが最低値になる。この最低値から長波長側の遠赤色光部は急にエネルギーが増加する（図-5）。このような波長別エネルギー分布曲線は温帯林内の散光について色々な群落で調べられ、本質的には図-5 と似た曲線となる（COOMBE, 1957; FEDERER & TANNER, 1966; ROBERTSON, 1966; ATZET & WARING, 1970; KATSURA, 1976; MORIKAWA, 1976; FLOYD, BURLEY & NOBLE, 1978）。熱帯降雨林については、BJORKMAN & LUDLOW (1972), と SASAKI, TAN & ZOLFATAH (1978) が記載している。こうした樹冠層下の光波長エネルギーの変化は主に葉による赤色光の吸収と緑色光および遠赤色光とくに後者の透過が大きいことによる（MOSS & LOOMIS, 1952; LOOMIS, 1965, SASAKI, TAN, & ZOLFATAH, 1978）。葉の吸収および透過のほかに全天光の散光が加わるため、青色光部分が付加される。ことに熱帯降雨林では、青色光域に波長別エネルギーのピークがある。植生型の違いにより、波長別エネルギー分布曲線の形が多少変化する。これは葉の厚さ、形、表面の状態が光の反射、透過、吸収に影響しているためである。可視光域、特に青から緑色光(400nm~550nm)の短い波長域が広葉樹の葉によって透過されやすいため、広葉樹の樹冠層では林内光の光質の特徴が強調される。一般に、青色光から緑色光の光は落葉広葉樹林で最も多く、常緑広葉樹林では少なくなる。針葉樹林では、400~550nm の波長域が少ない場合が多く、暗い林になりやすい。似たような現象が陽葉でも起り、その理由は葉の厚さによる。

林内の光斑の光質

光斑の波長特性は全天光の特性とは多少異なる。その理由は光斑には青空の散光がほとんど入ってこないためである。したがって、波長別エネルギー分布が450nm から700nm までほとんど均一になる。（図-6）一方、

全天放射は青色光にエネルギーの最大値があり、長波長側にむかってしだいにエネルギーが減少する（図-7）。光斑と全天放射の波長別エネルギー分布から見て、光斑は光合成に適した光組成をもっているため、植物の生長に効果的である。光合成の作用スペクトルは赤色光部で最大になり、青色光および緑色光部分で効率が落ちる（稲田, 1980）。

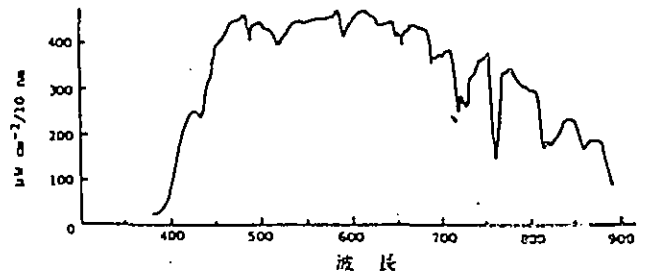


図-6. 光斑の波長別エネルギー分布

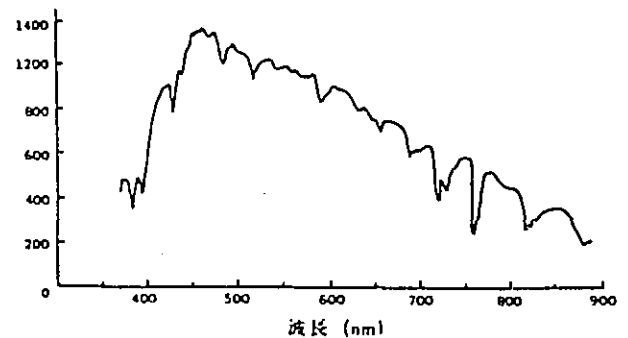


図-7. 全天光の波長別エネルギー分布

林木の生長に及ぼす林内光の光質の影響

林内光の光質特性は光合成、種子発芽、節間伸長、葉の展開、根の生長に影響する（佐々木, 1980; 稲田, 1980）。特に、林内に遠赤色光が多いことが熱帯降雨林の樹種の極端な節間生長を惹起している（SASAKI, TAN, & ZOLFATAH, 1978）。大きな庇陰木を残し、苗床に達する強光を調節している苗畑では、遠赤色光に反応して極端な節間生長をする苗木が多くなる。特に、フタバガキ科の *Shorea parvifolia*, *Shorea leprosula*, *Shorea platyclados*, *Dryobalanops aromatica* はきわめて鋭敏に反応し、極端な節間生長を示す（佐々木, 1979）。同様に、遠赤色光による節間生長の促進が湿帯性の植物にも見られ（EREZ & KADMAN-ZAHAVI, 1972; ASAKAWA, SASAKI, & MORIKAWA, 1974; MORIKAWA, ASAKAWA, & SASAKI, 1976; AXELSSON, KLEBERG, & ...）。

SUNDQUIST, 1979), これは植物の一般的な性質である。この遠赤色光による節間伸長は植物の細胞に含まれる色素, フィトクロムによる強光反応 (High energy reaction HER(又は High irradiance reaction (HIR)) によると考えられている (HOLMES & SMITH, 1975, 1977 a;b;c; SMITH & HOLMES, 1977; TASKER & SMITH, 1977)。フィトクロムの強光反応は先駆樹種の種子発芽を抑制していると考えられ(佐々木, 1976:1980), 熱帯降雨林の樹種でも明らかに厚い樹冠層の下では種子発芽が抑制されているらしい。

森林の樹冠層のもう一つの重要な作用は紫外線の減退である (NEZINA & BOULTER, 1966)。植物の葉の特殊な性質, 例えば葉毛とか厚いクチクラ層 (照葉) などは紫外線の作用を防ぐ効果がある (MULROY, 1978)。紫外線の作用は植物によって異なるが, 一般に, 短波長の光を除去すると陰生植物の性質に変化する (POPP, 1926)。又, アクリルフィルムを用いて400nm以下の光を除去すると, *Shorea ovalis* の苗木は紫外線の存在する光条件下よりも生長がよくなる (SASAKI, TAN, & ZOLFATAH, 1978)。紫外線の作用の外に, 熱帯降雨林の樹種には青色光に対す反応が見られる。しかしながら, 青色光の作用は他の波長域の光の作用によってわからなくなることが多い。青色光の作用で重要なことは耐陰性樹種の青色光に対する反応である。この現象を研究することにより, 耐陰性樹種の林内光に対する適応を解明することができる。

上記の色々な研究から, 熱帯降雨林の光環境に対する種の生理的適応を知ることが天然更新にはきわめて重要であることがわかる。特に熱帯降雨林においては, 天然更新による施業がおこなわれており, 光に対する林木の反応を明らかにすることによって天然更新技術が進歩すると考える。

文 献

- ALLEE, W. C. 1926: Ecology 7:273-302.
 ANDERSON, M.C. 1970: Agri. Meteorol. 7:19-28.
 ATZET, T., and Waring, R.H. 1970: Can. Jour. Bot. 48: 2163-2167.
 ASAKAWA, S., SASAKI, S., and MORIKAWA, Y. 1974: Jour. Jap. For. Soc. 56:441-447.
 AXELSSON, L., KLOCKARE, B., and SUNDQUIST, C. 1978: Physiol. Plant. 45:387-392.
 BJÖRKMAN, O., and LUDLOW, M.M. 1972: Carnegie Inst. Wash. Yearb. 71:85-94.
 BJÖRKMAN, O., Ludlow, M.M., and Morrow, P.A. 1972: Carnegie Inst. Wash. Yearb. 71:94-102.
 BOARDMAN, N.K. 1977: Ann. Rev. Plant Physiol. 28: 355-377.
 CARTER, G.S. 1934: Jour. Linn. Soc. (Zool.) 38:579-589.
 COOMBE, D.E. 1957: Jour. Ecol. 45:823-830.
 EVANS, G.C. 1939: Jour. Ecol. 27:436-482.
 EVANS, G.C. 1956: Jour. Ecol. 44:391-428.
 EVANS, G.C., WHITMORE, T.C., and WONG, Y.K. 1960: Jour. Ecol. 48:193-204.
 EREZ, A., and KADMAN-ZAHAVI, A. 1972: Physiol. Plant. 26:210-214.
 FEDERER, C.A., and TANNER, C.B. 1966: Ecology 47: 555-560.
 FLOYD, B.W., BURLEY, J.W., and NOBLE, R.D. 1978: Forest Sci. 24:445-451.
 HOLMES, M.G., and SMITH, H. 1975: Nature 254:512-514.
 HOLMES, M.G., and SMITH, H. 1977a: Photochem. Photobiol. 25:533-538.
 HOLMES, M.G., and SMITH, H. 1977b: Photochem. Photobiol. 25:539-545.
 HOLMES, M.G., and SMITH, H. 1977c: Photochem. Photobiol. 25:551-557.
 HUTCHINSON, B.A., and MATT, D.R. 1977: Ecol. Monog. 47:185-207.
 稲田勝美, 1980: 農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究, 植物に有用な光質選択利用技術の開発に関する研究報告書, P. 57-61, 農業の光線選択利用技術研究組合
 桂 直樹, 1976: 施設農業における光質利用の技術化に関する総合研究, 研究成果86: 27-31, 農林水産技術会議
 KOYAMA, H. 1974: IBP-synthesis Meeting Kuala Lumpur. 12th-18th, Aug. 1974.
 LOOMIS, W.E. 1965: Ecology 46:14-17.
 MCLEAN, R.C. 1919: Jour. Ecol. 7:121-172.
 MONSI, M., and SAEKI, T. 1953: Jap. Jour. Bot. 14:22-52.
 MONTEITH, J.L. 1973: Principles of Environmental Physics. Edward Arnold, London.
 MORI, T. 1980: Research Pamphlet 78. F.R.I. Malaysia
 森川 靖, 1976: 施設農業における光質利用の技術化に関する総合研究, 研究成果86: 33-35, 農林水産技術会議
 MORIKAWA, Y., ASAKAWA, S., and SASAKI, S. 1976: Jour. Jap. For. Soc. 58:174-178.
 MORIKAWA, Y., INOUE, T., and SASAKI, S. 1980: Bull. Jap. For. and For. Prod. Res. Inst. 309:109-115.
 MOSS, R.A., and LOOMIS, W.E. 1952: Plant Physiol. 29: 370-391.
 MULROY, T.W. 1979: Oecologia 43:349-356.
 MURRAY, D.B., and NICHOLS, R. 1966: Light as an ecological factor. p. 249-263. Blackwell Sci. Publications, London.
 NICHOLSON, D.I. 1960: Malaysian For. 23:344-356.
 PAPP, H.W. 1926: Amer. Jour. Bot. 13:706-736.

- RICHARDS, P.W. 1952: *The Tropical Rain Forest*. Cambridge, London.
- ROBERTSON, G.W. 1966: *Ecology* 47:640-643.
- 斎藤秀樹, 1974: ヒノキ林その生態と天然更新, p. 55-71, 地球社
- 佐々木恵彦, 1976: 施設農業における光質利用の技術化に関する総合研究, 研究成果86: 37-43, 農林水産技術会議
- 佐々木恵彦, 1979: 森林立地X X I: 8-18
- 佐々木恵彦, 1980: 農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究, 植物に有用な光質選択利用技術の開発に関する研究報告書 p. 33-56, 農業の光線選択利用技術研究組合
- SASAKI, S., TAN, C.H., and ZOLFATAH, BIN A.R. 1978: Physiological study on Malaysian tropical rain forest species. p. 182. Tropical Agriculture Research Center. Min. of Agri., For., and Fish.
- SASAKI, S., and MORI, T. 1980: International Working Group on Dipterocarpaceae. Second Round Table Conference. Kepong, June 27th to July 2nd, 1980.
- SHIRLEY, H.L. 1929: *Amer. Jour. Bot.* 16:354-390.
- SMITH, H., and HOLMES, M.G. 1977: *Photochem. Photobiol.* 25:547-550.
- STOCKER, O. VON. 1935: *Planta* 24:402-445.
- TASKER, R., and SMITH, H. 1977: *Photochem. Photobiol.* 26:487-491.
- VÉZINA, P.E., and BOULTER, D.W.K. 1966: *Can. Jour. Bot.* 44:1267-1284.
- VÉZINA, P.E., and PÉCH, G. 1964: *Forest Sci.* 10:443-451.
- WHITMORE, T.C. 1975: *Tropical Rain Forests of Far East*. Clarendon Press. Oxford.
- WHITMORE, T.C., and WONG, Y.K. 1959: *Malaysian For.* 22:55-62.
- YODA, K. 1974: *Jap. Jour. Ecol.* 24:247-254.

年輪のない熱帯樹木の成長速度に関する研究

木方 洋二*

*名古屋大学農学部林産学科 464-01 名古屋市中千種区不老町

1. はじめに

地球の大気は過去に行われた核実験のために不幸にして汚染された。年輪にはこの大気の汚染状況がはっきりと記録されている。この結果は名古屋大学アイソトープ総合センター設置されている測定装置を用いて、本邦産のヒノキの分析によって確かめられている。現在でも汚染の影響は残っているが、人体や自然に直接悪影響を及ぼす程の放射能汚染ではないことが不幸中の幸である。この核実験による放射性物質をトレーサーとして、その動きの追跡から地球規模での大気の動きなどを研究しようという分野が発展しつつある。地球規模の汚染に対する観測網、観測結果をより有効に使うというわけである。本講義では核実験による放射性物質をトレーサーと考え、解析して得られた知見をもとにして、林産学の立場から行ったひとつのケーススタディについて紹介する。

2. 研究方法

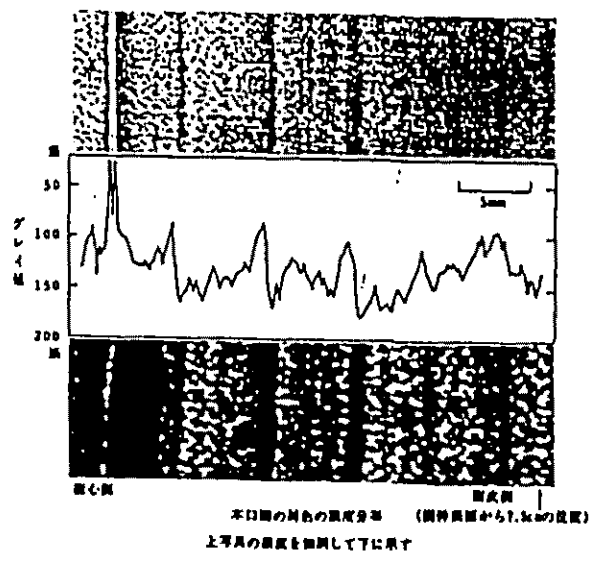
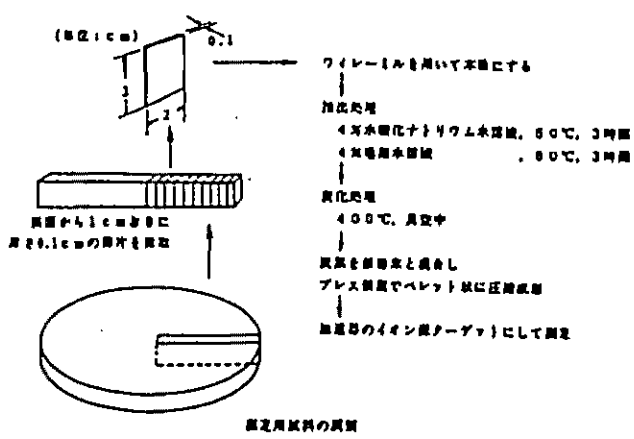
2. 1. 資料

本研究に用いた資料はマレーシア・サバ州・サンダカン近郊に成育していたセラヤ材 (Shorea SP.) であり、名古屋大学総合研究資料館に板根の標本として保管、展示されているものである。1981年5月に伐採された地上高約2.5m、直径90cmの部分を用い、夫々に直交する半径方向資料3本について測定を行った。

6°N 118°E

2. 2. 測定

常法により調整した資料を用いタンデムによる¹⁴Cの測定を行うと共に、資料木口面における濃淡の模様を名古屋大学農学部所蔵の生物画像解析装置 (IDAS, ZEISS) を用い解析し、強調されたグレイ値に基づいた生長層の解明を行った。また同上資料を用いた道管径、道管密度等の変動を測定し、サンダカン空港で測定、記録された過去の月別降水量等を比較検討した。



3. 結果と考察

3. 1. 自然レベルより過剰となった ^{14}C

自然レベルにおける大気中の ^{14}C 濃度は過去数千年間、数%の変動しかなかった。産業革命以来は ^{14}C を含まない化石燃料を大量に燃焼させたため大気中の ^{14}C 濃度は増してきたが、1954年以降は核爆発実験のため対流圏の濃度が激増した。図1はノルウェーの上空の対流圏での ^{14}C の変動を示している。変動割合は慣例として1950年を基準に現わす。1963年には濃度が急増して約2倍に達しその後漸減している。

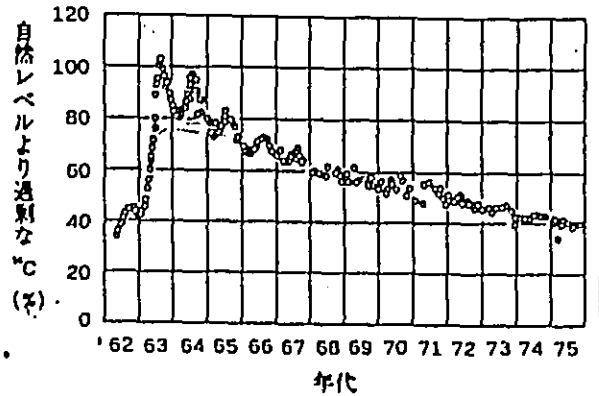


図1 対流圏内の放射性炭素(^{14}C)

4観測点, 71°N 24°E, 70°N 13°E
63°N 10°E, 58°N 7°E

出典: RADIOCARBON DATING (1979), edited by R. BERGER and HANS E. SUESS.

3. 2. 年輪にとりこまれた ^{14}C

樹木は大気中の二酸化炭素を光合成作用によって自分自身の体を造りだしている。二酸化炭素にはある一定濃度の ^{14}C が含まれているため、樹木の幹にもそれと同じ濃度の ^{14}C が含まれることになる。もちろん、 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C それぞれは同じ炭素ではあるが、重さが異なるために植物の種類によっては樹幹内の同位体比($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ などの比)が違ってくる。このため、育った大気中の ^{14}C 濃度と植物内の ^{14}C 濃度との差が生じるが、その差は小さく、たかだか3%程度でしかないと考えられている。

図2は、ヒノキの年輪内に取り込まれた ^{14}C の濃度の分布を示している。大気中の ^{14}C 濃度が増減したことを年輪はみごとに記録している。1964年以降 ^{14}C の濃度が減少傾向を示しているが、 ^{14}C が長い半減期を持つことを考えると、この減少傾向は決して ^{14}C が消滅していったためではない。海洋中の炭素と入れ替わったためであり、地球規模では総量としていささかも減少していないのである。

^{14}C の存在比は非常に小さいことはすでに述べたが、この微量量の ^{14}C を検出、測定に威力を発揮したのが天然放射能測定装置である。この装置は加速器質量分析法という測定法の革命とも言われる測定方法を採用している。

3. 3. 熱帯材への適用

日本のように季節がはっきりした地域で生育した樹木には、ヒノキに代表されるようなきれいな年輪がある。しかし、ラワン・メランチ材をはじめ熱帯に産する樹木の横断面には1年を1生長期間とするような年輪は一般にはない。このため樹幹を用いてその木の樹齢や肥大生長幅を推定することは不可能とされていた。

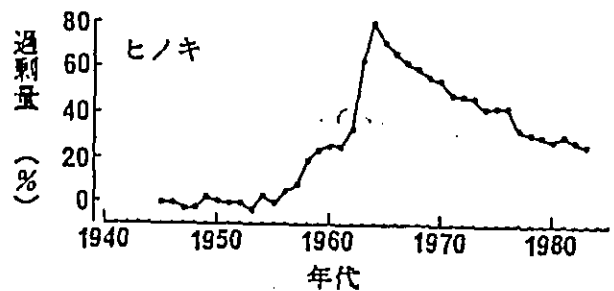


図2 1950年の標準試料より過剰な ^{14}C

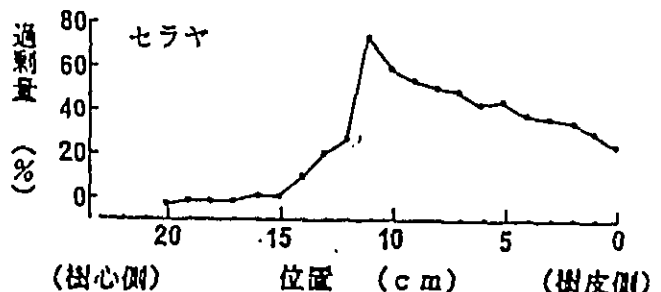


図3 1950年の標準試料より過剰な ^{14}C

しかし、ヒノキ材と同様に大気中の ^{14}C の濃度変化をその樹幹に記録しているはずである。この濃度変化の追跡によって1962年に生長した位置がわかれよう。そこで、マレーシア連邦サバ州サングカン近郊に生育していた直径約90cmのセラヤ材の樹幹について調べた。図3に半径方向の ^{14}C の濃度分布を示す。ヒノキ材で得られた濃度分布と比較することによって ^{14}C 濃度の急増する1962年に生育したのは樹幹表面から12cmの位置であったことがわかる。この間の肥大生長幅は平均として1年当たり5.5mmとなる。長い時間間隔をおき、生育地の林内に分け入って直径を測るかわりに、ここ20数年間の平均の肥大生長幅を決定できることが明らかになった。

7. セラヤ材の生育していた気候環境

ケッペンが行った気候区分によると、サバ州は、最北部の一部の地域がAm気候（熱帯モンスーン気候）であるが、全体としてAf気候（熱帯雨林気候）である。Af気候下では温度条件や水分条件のいずれも植物の生育を制限する因子にはならないと言われている。図4は、サングカン地区の気候をワルターの気候図形で表わした図である。年間を通じて月平均気温はほぼ一定である。月降水量も100mmを下回らないが、モンスーンの影響のために降水量は大幅に変化する。なお、月降水量が100mm以下になると森林にながし

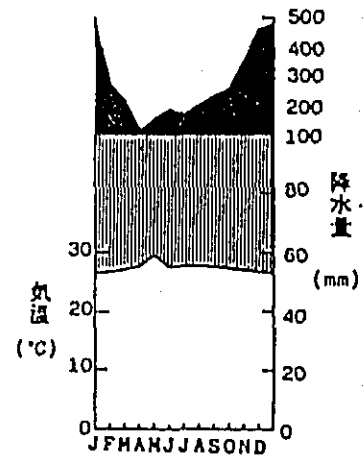


図4 Walterの気候図形であらわした月別平均降水量と月別平均気温(1958-1960)。出典:「東南アジア農業における環境条件(気象)に関する調査研究」熱帯農業センタ(1973)

は森林最上層の平均樹高が低くなると言われている。過去の気象資料によると、当該地区の月降水量は年によって少し異なった変動をしている。樹木の生育していた位置と気象観測ステーションの位置とは離れていることや、樹木を取り巻く微気候が重要な影響因子であること考えると、はたして気象資料に見られる変動と樹幹の肥大生長量とが関係するのであらうか。次にこの点を考えてみる。

3. 4. 樹幹の直径生長のリズム

熱帯多雨林気候下での樹木の生長が周期性を示すかどうかについては従来から調べられてきた。しかし、乾季において部分的に落葉する樹種を除けば、全くといってよいほど明らかにはなっていない。葉の更新などでは樹種によっては周期性を示すものもあると言われている。ここで扱ったセラヤ材ではどうであろうか。

セラヤ材や同じ属のラワン材などの南洋材の木口面を注意深く見ると同心円状に濃淡の縞模様があることに気付く。この縞模様と気候はなんらかの関係があるようである。図5は生物画像解析装置を使用して求めた木口面にみられる濃淡の程度と月降水量を比較した結果である。

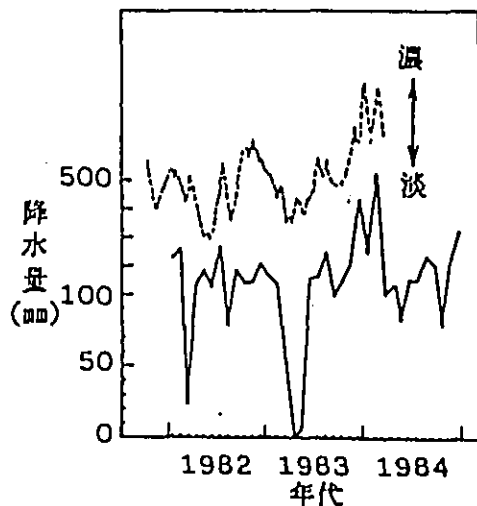


図5 月降水量の変動(実線)とグレイレベル(破線)

このセラヤ材の伏採時期はわかっているため、表面付近が造られた年月をその月の降水量に對比できる。このように木口面の色の濃さの変動と降水量の変動はかなり良く対応することがわかる。

樹幹の内部ではどうであろうか。対応関係をみるには内部の特定位置の生育年代がわからなければならず、従来では不可能に近かったが、しかし、 ^{14}C の濃度分布から1962年の位置が特定でき、はじめでこれが可能となった。図6に結果を示す。濃度の度合で比較しているため、絶対値としては直接比べられないが、変動の傾向としては良く一致していると言えよう。このように樹幹は水不足の状態に対応しているのではなく、供給される水の量に対し機敏に反応している様に見受けられる。この木口面の濃淡がなにを意味しているのかは今後の課題として非常に興味のあるところである。

3. 5. 道管の密度

降水量と肥大生長との間に何らかの関係がある。さらに、木材を構成する組織の一つである道管とも関係しているに違いない。道管は根から吸収された水を樹冠部まで運ぶ通路として機能している。また、木繊維など他組織にくらべて道管を構成する細胞は大型である。図7に道管の出現密度と降水量とを對比して示す。樹道という組織がまれに出現するためにみだされること

があるが、全体としてはなんらかの対応関係があるように見受けられる。道管要素という大型の細胞が形成層から分化したあと拡大するには、細胞内に十分な膨圧が必要であろう。この意味からも供給源である降水との関係を詮索することは重要であると考えられる。根本的には植物ホルモン等が主要な役割を演じると考えられ、将来的にはこの面からのアプローチが必要となろう。この場合でも、幹の形成に関係して外的要因が多くのプロセスを通じて影響しているはずである。

文献

中村俊夫・中井信之・木村雅也・大石昭二・服部芳明・木方洋二・地球化学 21 (1987), 7.

Yoji Kikata, Yoshiaki Hattori, Nobuyuki Nakai, and Toshio Nakamura.

I U F R O X V I World Congress Report on the Technical Meeting 95.01(1987)

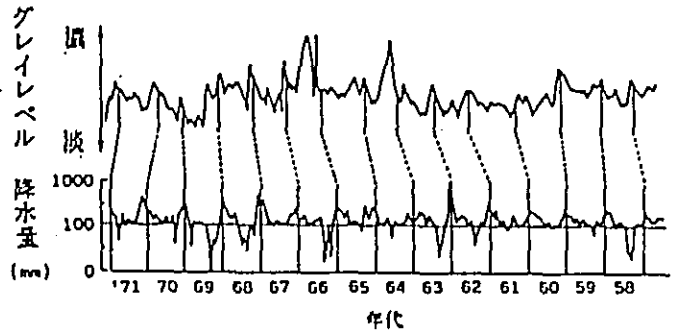


図6 月降水量の変動とグレイレベル

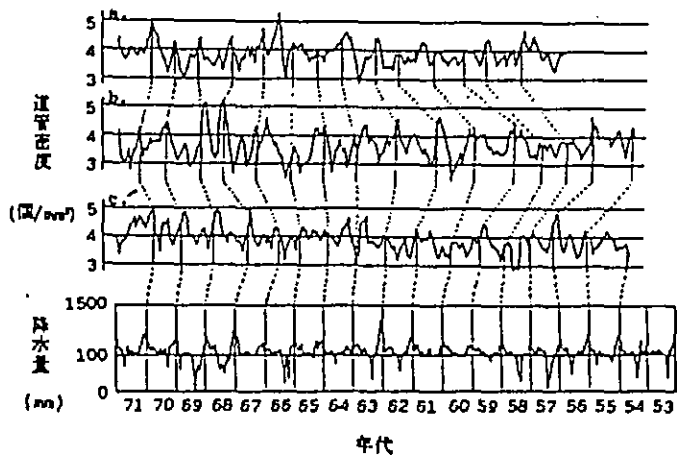


図7 月降水量の変動と道管出現密度

樹木年輪 (1945-1983) の ^{14}C 濃度変動

中村 俊夫^{*}・中井 信之^{**}・木村 雅也^{**}
大石 昭二^{**}・服部 芳明^{***}・木方 洋二^{***}

(1986年11月11日受付, 1987年2月2日受理)

Variations in ^{14}C concentrations of tree rings (1945-1983)

Toshio NAKAMURA^{*}, Nobuyuki NAKAI^{**}, Masaya KIMURA^{**},
Shoji OHISHI^{**}, Yoshiaki HATTORI^{***} and Yoji KIKATA^{***}

* Radioisotope Center **Department of Earth Sciences, School of Science
***Department of Forest Products, School of Agriculture, Chikusa, Nagoya 464, Japan.

A Japanese cypress (Kiso hinoki) grown in Gifu prefecture, Central Japan and a Shorea spruce in Sabah, Malaysia were analyzed for the ^{14}C concentrations of annual tree rings (1945-1983).

Each of annual rings (1958-1966) for the hinoki was divided radially into 3 or 4 consecutive sections. The ^{14}C concentrations, $\Delta^{14}\text{C}$, of the sections were measured with a Tandemtron accelerator mass spectrometer and compared with those of atmospheric CO_2 . The good agreement was found between them; this suggested evidently that the $\Delta^{14}\text{C}$ values of tree rings could be used to estimate the $\Delta^{14}\text{C}$ values of atmospheric CO_2 in the past.

Variations in $\Delta^{14}\text{C}$ of annual tree rings (1945-1983) for the hinoki were found to be closely related with the history of executing the nuclear weapon tests in the atmosphere, by considering that the residence time was about 2 years for transferring CO_2 from stratosphere to troposphere. By using the variation pattern of $\Delta^{14}\text{C}$ common to most of trees, the average growth rate of the Shorea spruce (ca. 90cm in trunk diameter), having no growth ring, was estimated to be 5.5mm/yr.

A latitude dependence of the $\Delta^{14}\text{C}$ variations was found for annual rings (1963-1970) of trees grown in the northern troposphere ($6^\circ\text{N}-42^\circ\text{N}$). This phenomenon seemed to be closely related with the mechanism of global mixing for bomb-produced $^{14}\text{CO}_2$ in the atmosphere.

1. はじめに

-
- * 名古屋大学アイソトープ総合センター
 - ** 名古屋大学理学部地球科学教室
 - *** 名古屋大学農学部林産学科
〒464 名古屋市千種区不老町

19世紀初頭から現在にかけて農地拡大のための森林破壊や、工業化による化石燃料の消費量の増加にともなう、大気中の二酸化炭素濃度が急激に増加している事実が明らかにされ、この二酸化炭素濃度の増加が

近い将来の気候変化に及ぼす影響について種々の予想がたてられている(真鍋, 1985)。正確な予想をたてるには地球規模での炭素循環を明確にすることが不可欠であり、一つの方法として大気中の二酸化炭素濃度や海洋水中の二酸化炭素分圧の時間的、空間的変動についての精密な観測が進められている(Tanaka *et al.*, 1985; 田中, 1986; Inoue and Sugimura, 1985, 1986)。他の有効な方法として、天然物中に分布している放射性炭素(^{14}C)をトレーサーとして用いる方法がある。特に1945年以降に実施された原水爆実験により大気中で大量に形成された $^{14}\text{CO}_2$ をトレーサーとして利用することにより炭素循環に関する多くの知識が得られつつある(Nydal, 1986; Bolin *et al.*, 1979)。

樹木は炭酸同化作用により大気中の二酸化炭素を固定して有機物を合成し、年輪を形成する。従って過去の大気中の二酸化炭素の炭素同位体組成は樹木年輪中に記憶され、保存されている。本研究では1945年から1983年にかけて形成された樹木年輪の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の測定を行い、樹木年輪中に記録されている原水爆実験起源の ^{14}C の濃度変動を調べた。さらに、この結果を用いて大気中の二酸化炭素の ^{13}C 濃度の経年変化や二酸化炭素の循環について検討した。

2. 試料および ^{13}C 濃度の測定

本研究では2本の樹木を分析した。その一つは岐阜県中津川市付知の森林(35.6°N, 137.5°E)で生育した木曾ひのき(Japanese cypress)であり1984年4月に伐採された。幹径は約60cm(樹齢約200年)で樹幹周辺部での年輪幅は早材部が0.8~1.0mm, 晩材部はその1/10以下であった。辺材から芯材への変移は1942~1946年の年輪に見られた。10mm厚で輪切りにした樹幹から接線方向10mm幅の四角柱を切り出し、1945~1983年の年輪を各年輪ごとに晩材部で分離して木片試料とした。さらに、1958~1966年の樹木年輪については各年輪の早材部をマイクロームを用いて半径方向に3~4等分割して測定試料とした。

他の一つはマレーシア連邦のボルネオ島サバ州の熱帯林(6°N, 117°E)で生育したセラヤ材(*Shorea sp.*)であり1984年5月に伐採された。幹径は地上高2.5mで約90cmであった。辺材から芯材への変移は樹幹表面から42mmの距離の部位にあった。年輪のないセラヤ材では樹幹表面より樹芯に向かって10mm間隔で半径方向1mm幅、接線方向20mm幅の木片を採取

した。さらに、樹幹表面より106~115mmの部位については2mm間隔で木片を採取した。

採取した木片試料をWiley millで粉砕し、その約100mgに1.2N NaOHを約300cc加え、80°Cで1日間温浴して、樹脂、糖分およびリグニン成分の一部を溶解除去した。蒸留水で洗浄後、さらに1.2N HClを用いて80°Cで約2時間温浴して炭酸塩成分を溶解除去した。蒸留水で洗浄し乾燥させたのち、パイレックスガラス製のアンプルに真空封入し、400°Cで2時間加熱して炭化した。炭化木片を再度1.2N HClを用いて80°Cで温浴したのち、蒸留水で洗浄し乾燥させた。次に、炭化木片試料約5mgを高純度の銀粉と混合(原子比で1:1)し、手動式のプレス器を用いて直径3mm, 厚さ1~2mmのペレットを作製した。

タンデム加速器質量分析計を用いて木片試料の ^{13}C 濃度を次の様にして測定した(中井, 中村 1983; Nakamura *et al.*, 1985)。ターゲットペレットに Cs^+ イオンを照射して炭素負イオンを形成し、それをタンデム加速器(1.9MV)で加速し、荷電変換を行ったあとエネルギー分析により3価の炭素陽イオンを選別する。次に質量分析を行ったあと重イオン検出器をもちいて $^{13}\text{C}^+$ イオンを識別し計数するとともに、フェラディカップを用いて $^{12}\text{C}^+$ イオンを電流として定量した。すなわち、木片試料および ^{13}C 濃度が既知の標準体とについて安定炭素 ^{12}C の含有量に対する ^{13}C の含有量の比、 $R_{\text{sam}} \equiv (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}} (\text{cps}/\text{nA})$, および $R_{\text{std}} \equiv (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{standard}}$ を測定した。本研究では ^{13}C 濃度の標準体として1840~1860年に形成された樹木年輪(木曾ひのき)を用いた。

木片試料の ^{13}C 濃度は次式で与えられる $\Delta^{13}\text{C}$ で表示される。

$$\Delta^{13}\text{C} = \delta^{13}\text{C} - (25 + \delta^{13}\text{C}) \quad (\%)$$

ここで、 $\delta^{13}\text{C}$ は本研究では次式で定義される。

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{R_{\text{sam}}}{R_{\text{std}}} - 1.0 \right] \times 1,000 \quad (\%)$$

また、第2項は炭素の同位体分別効果の補正項である。 $\delta^{13}\text{C}$ は試料の安定炭素同位体比 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比をPDB標準体の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比で規格化することにより次式で与えられる。

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{PDB}}} - 1.0 \right] \times 1,000 \quad (\%)$$

木片試料を酸素雰囲気中で燃焼して得た二酸化炭素について、McKinney-Nier型質量分析計で $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。

樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の算出に際しては、年輪形成年から測定年までの時間経過による ^{14}C の減衰を ^{14}C の半減期 5730 年を用いて補正した。また、標準体の ^{14}C 濃度についても形成年 (1850年) から測定年までの経過年数の補正、および $\delta^{14}\text{C} = -25\%$ へ補正を行った。

タンデム加速器質量分析計による $\Delta^{14}\text{C}$ 測定の間差は、本研究の場合 $\pm 10 \sim \pm 20\%$ であった。

3. 結果および考察

3.1 樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ と大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ との比較

1958~1966年に形成された木曽ひのきの年輪について、各々の年輪の早材部を半径方向に3~4等分割して、1つの年輪内での $\Delta^{14}\text{C}$ の変動を測定し、大気中の二酸化炭素の $\Delta^{14}\text{C}$ と比較した。その結果を Fig. 1 に示す。樹木と大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ を比較するにあたって、木曽ひのきの早材部は5月上旬から7月下旬にかけて一様な速度で形成されたと仮定した (実際の成長速度は6月上旬から中旬あたりにピークをもつガウス分布に近いことが福田ら (1969) によって示されている)。Fig. 1 には1963~1966年にスペイン (43° N, 8° W) で、および1962年~1963年にノルウェー (63° N, 10° E) で測定された大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ (Nydal and Lövseth, 1983) が樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ と比較して

示してある。

Fig. 1 に示されるように樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ は大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ とよく一致しており、特に核実験により引き起こされた1963年の大気 CO_2 の急増が樹木年輪中に忠実に記録されていることが明らかになった。この結果から、光合成により大気から樹木へ取り込まれた炭素は直ちに樹木の幹の形成に用いられることがわかる。すなわち、樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ は年輪形成時の大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ を呈すると考えてよい。

Nydal らによって大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ の連続的な観測が開始されたのは1962年以降である (Nydal and Lövseth, 1983)。木曽ひのき年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ 測定から、これまで不明とされていた1958年にも1963年と同様に大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ の急増があったことが示唆される。

3.2 樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の経年変動

1945~1983年に形成された木曽ひのき年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ を Fig. 2 に白丸で示す。1945~1953年の年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ はほぼ0%であった。 $\Delta^{14}\text{C}$ は1957~1958年から増加を開始し、1960~1961年にはいったん停滞するが、1962年には再び急増し1964年に最大値 ($\Delta^{14}\text{C} = 796 \pm 18\%$) を示した。

大気 CO_2 の ^{14}C 濃度の増加は大気圏内 (地上および海上を含む) の核兵器実験に起因することが既に明

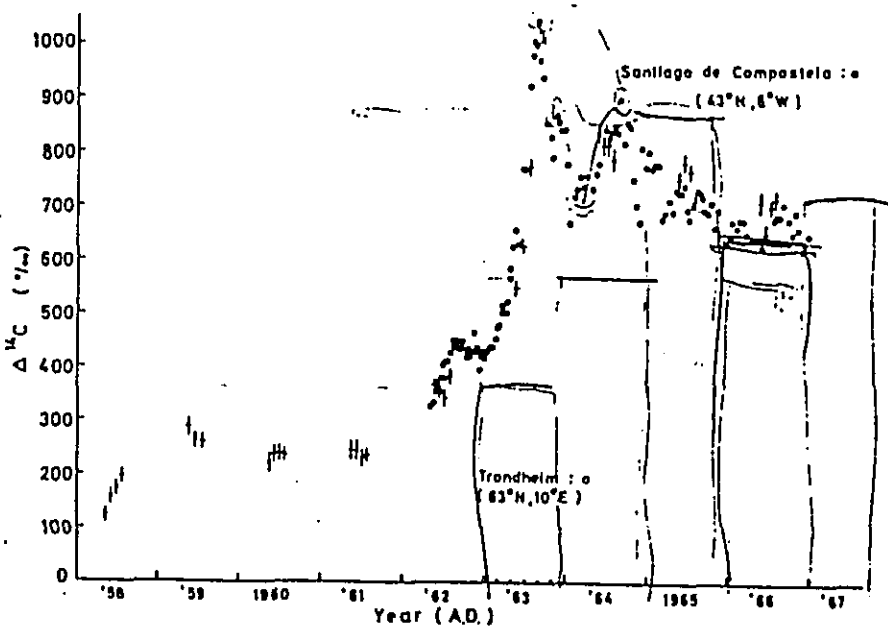


Fig. 1 $\Delta^{14}\text{C}$ values of 3 or 4 consecutive sections constituting each annual ring (plus mark) vs the ring year for a Japanese cypress (Kiso hinoki, 35.6° N, 137.5° E) from Gifu prefecture, Central Japan. The sections are allocated for equal time intervals from the first of May to the end of July. $\Delta^{14}\text{C}$ values of atmospheric CO_2 , measured directly in Spain (closed circle) and in Norway (open circle) are compared with those of tree rings.

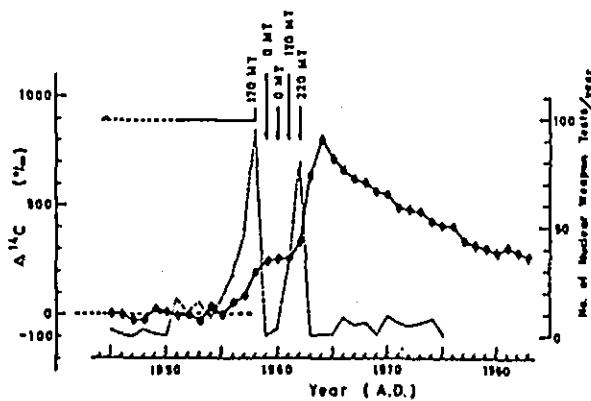


Fig. 2 $\Delta^{13}\text{C}$ values of tree rings (open circle) vs the ring year for a Kiso hinoki. Dashed line represents the zero level of $\Delta^{13}\text{C}$ value. Dotted line represents the number of nuclear weapon tests performed annually in the atmosphere.

らかとなっている。大気圏内核実験の年ごとの回数を Fig. 2 に点線で示す。1958年以前の核実験の総爆発量は170MTであった。1959年から1961年の9月までは核実験は中断されていたが、その後大規模な水爆実験が1961年(120MT)および1962年(220MT)に行われた(葛城, 1986)。1963年7月の部分的核実験停止条約の調印以後、米・ソ両国の大気圏内での核実験は停止されたが、フランスと中国による大気圏内での小規模な核実験は1980年まで続けられた。

核実験起源の ^{13}C は主として北半球中高緯度の成層圏で形成された。Nydal (1968) による地球規模の炭素循環についての解析によると、成層圏から対流圏への CO_2 の移行における平均滞留時間は約2年と推定されている。この解析結果を考慮すると、核実験の実施経過と木曾ひのきの $\Delta^{13}\text{C}$ の経年変化とを定性的に関連付けることができる。すなわち、 $\Delta^{13}\text{C}$ の1960~1961年における停滞および1963~1964年における急増と、1959~1961年における核実験の中断および1961~1962年における大規模な水爆実験の実施とが1~2年の位相差でよく相関している。1964年から1983年にかけての $\Delta^{13}\text{C}$ の単調な減少は対流圏から海洋水および生物圏への ^{13}C の移行によるものである。

次に北半球低緯度で生育したセラヤ材の $\Delta^{13}\text{C}$ を Fig. 3 に白丸で示す。横軸は樹幹表面から樹芯へ向かっての距離 (d) を表す。セラヤ材に記録されている $\Delta^{13}\text{C}$ の経年変化は木曾ひのきの $\Delta^{13}\text{C}$ の経年変化とよく似ていることが明らかになった。そこで、木曾ひ

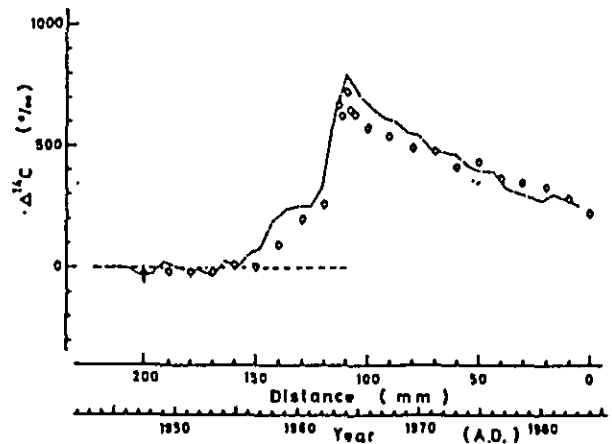


Fig. 3 $\Delta^{13}\text{C}$ values of tree sections (open circle) vs the distance of the sections from the trunk surface for a Shorea spruce from Sabah, Malaysia. Dashed line represents the zero level of $\Delta^{13}\text{C}$ value. Dotted line represents $\Delta^{13}\text{C}$ values of tree rings for a Kiso hinoki shown in Fig. 2.

のきの1962年~1964年にみられる $\Delta^{13}\text{C}$ の急増をセラヤ材の $d=110\sim 120\text{mm}$ での増加と対応させ、 $d=115\text{mm}$ の部位が1963年に形成されたと仮定してセラヤ材の平均成長速度を 5.5mm/yr と推定した。この平均成長速度を用いてセラヤ材の樹幹表面からの距離 (d) と形成年代とを対応させることにより、セラヤ材と木曾ひのきの $\Delta^{13}\text{C}$ の経年変化を比較した。Fig. 3 の点線はひのきの $\Delta^{13}\text{C}$ を表す。

セラヤ材の成長、特にその季節変化(例えば雨期、乾期による成長速度の変化)については世界的にも詳しい解析が充分行われていないのでセラヤ材とひのきの $\Delta^{13}\text{C}$ の詳細な比較を現時点で行うことは不適當であろう。しかし、平均成長速度を用いたセラヤ材の形成年代の推定がほぼ正しいと仮定して両者の概観を比較すると、1964年から1970年にかけてセラヤ材の $\Delta^{13}\text{C}$ はひのきの $\Delta^{13}\text{C}$ に比べて系統的に小さくなっている(50~100%小さい)。また、1957年から1961年にかけても同様の傾向があるように見える。この $\Delta^{13}\text{C}$ の差異は、セラヤ材が木曾ひのきに比べて緯度が約30度低い地点で生育したことに起因すると考えられる。この緯度効果は大気混合により徐々に弱められ、1964年ごろに始まった $\Delta^{13}\text{C}$ の差異は1971年以降には消失したようである。

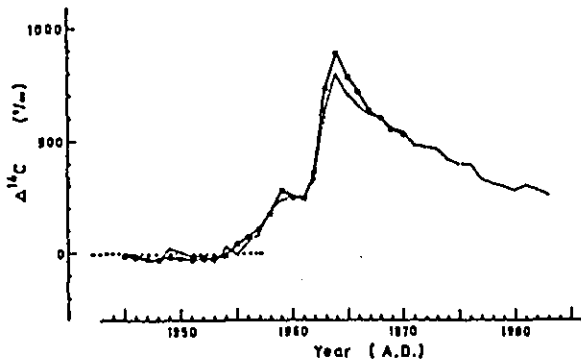


Fig. 4 $\Delta^{14}\text{C}$ values of tree rings (closed circle) vs the ring year for an Oak tree from Bear Mountain State Park, located in a rural area of New York State ($41^{\circ} 18' \text{ N}$, $74^{\circ} 0' \text{ W}$). Dashed and dotted lines are the same as shown in Fig. 3.

同様の緯度効果は、米国ニューヨーク州の都市部から遠く離れたベアマウンテン公園 ($41^{\circ} 18' \text{ N}$, $74^{\circ} 0' \text{ W}$) で採取されたオーク材の年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ (Cain and Suess, 1976) と木曾ひのきの $\Delta^{14}\text{C}$ の比較からも明確に示された (Fig. 4)。1963年から1966年にかけて木曾ひのきの $\Delta^{14}\text{C}$ はオーク材のそれに比べて系統的に低くなっている。この差異は、セラヤ材と木曾ひのきの間の $\Delta^{14}\text{C}$ の差異の場合に比べて短期間のうちに (1967年以降) 消滅している。

3.3 樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の緯度依存性

1964年に形成された樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の緯度依存性を Fig. 4 に示す。図には木曾ひのき (35.6° N)、ボルネオ島産のセラヤ材 (6° N)、ベアマウンテン公園のオーク材 ($41^{\circ} 18' \text{ N}$) および米国ワシントン州産の Sitka spruce (48° N , Farwell *et al.*, 1983) の $\Delta^{14}\text{C}$ が示してある。Fig. 1 に示されるように大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ には季節変動があるため同時期に形成された樹木部位の $\Delta^{14}\text{C}$ を比較すべきである。ところが年輪のないセラヤ材では他の3本の樹木の年輪に正確に相当する部位を決めることは困難である。しかし Nydal と Lövsoth (1983) によって編集された大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ 測定値から示されるように、1964年の大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ は北半球高中緯度に比べて低緯度ではその季節変動はずっと小さい。そこでセラヤ材の $\Delta^{14}\text{C}$ については、測定した値の最大値 ($d=110\sim 111\text{mm}$, $\Delta^{14}\text{C}=731 \pm 17\%$) および $d=106\sim 113\text{mm}$ の4測定点の平均値 ($\Delta^{14}\text{C}=664 \pm 8\%$) の2つを Fig. 4 に

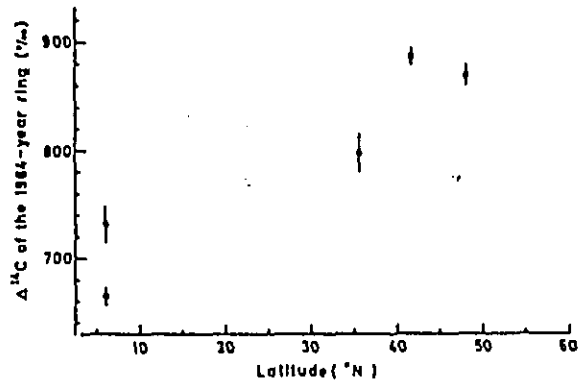


Fig. 5 $\Delta^{14}\text{C}$ values of the 1984-year ring vs latitude for a Shorea spruce from Malaysia (6° N), a Kiso hinoki from Central Japan (35.6° N), an Oak from Bear Mountain State Park, N.Y. ($41^{\circ} 18' \text{ N}$), and a Sitka spruce from Washington, U.S.A. (48° N , 124.6° W).

示す。

1964年に形成された樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ は北半球高中緯度で高く、緯度の低下と共に減少していることが明らかである。この現象は、核実験が主として北半球高中緯度で行われたこと、および成層圏から対流圏への大気移動が主として中緯度域でおこることと関連して理解されよう。さらに、既に前項で指摘したように1963~1964年に始まる樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の緯度 ($6^{\circ} \text{ N} \sim 42^{\circ} \text{ N}$) による差異は大気混合により4~7年以内に消失した。

4. ま と め

1. 木曾ひのきの1年分の年輪を細分割して $\Delta^{14}\text{C}$ を測定し、大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ と詳細に比較した結果、樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ は年輪形成時の大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ とほぼ等しいことが明らかになった。
2. 成層圏から対流圏への CO_2 の移行における平均滞留時間が約2年であることを考慮すると、本研究で測定された木曾ひのき年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の経年変化 (1957~1983年) は、この間の核実験の実施経過と定性的にうまく関連付けることができる。
3. 年輪を有しないボルネオ島産セラヤ材の樹幹の半径方向に $\Delta^{14}\text{C}$ の変化を測定し、木曾ひのき年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ の経年変化と対応させることにより、セラヤ材の樹幹に時間の目盛りを付けることができた。樹

幹直径90cmのセラヤ材では樹幹周辺部の平均成長速度は5.5mm/yr推定された。

4. 異なった緯度で成長した樹木の $\Delta^{14}\text{C}$ を比較したところ、核実験起源の ^{14}C の影響が顕著に現れる1963年から1970年にかけて樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ に緯度依存性のあることがわかった。すなわち、1964年に形成された年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ は北半球の中高緯度で高く、緯度が低くなるにつれて減少した。これは核実験起源の ^{14}C の大気圏内における移動の空間および時間依存性を反映していると考えられる。

謝 辞

名古屋大学農学部の寺島典二教授には木曾ひのきの切断、粉碎に際し同学部の施設を利用させて頂いたうえ、樹木の生長に関する最新の知識を御教授いただいた。ひのき材の入手にあたっては岐阜県中津川村知営林署の皆様、またセラヤ材の入手にあたっては名古屋港木材産業協同組合の皆様にお世話いただいた。以上の方々に厚く感謝致します。本研究の一部は文部省科学研究費補助金(課題番号56740114, 57740142, 60740305)の援助を受けて行った。(1985, 1986年日本地球化学会年会にて発表)

文 献

- Bolin, B., Degens, E. T., Kempe, S. and Ketner, P. (ed.) (1979) The global carbon cycle. SCOPE 13, John Wiley & Sons. pp. 491.
- Cain, W.F. and Suess, H. E. (1976) Carbon 14 in tree rings. J. Geophys. Res., 20, 3688-3694.
- Farwell, G.W., Grootes, P.M., Leach, D.D., Schmidt, F.H. and Stuiver, M. (1983) Current ^{14}C measurements with the University of Washington FN tandem accelerator. Radiocarbon, 25, 711-718.
- 福田忠徳, 森 勇, 寺島典二, 神田 孝 (1969) 形成層およびその付近の酵素について (第2報) 木質化に関連する酵素活性の季節的変動. 木材学会誌, 15, 182-187.
- Inoue, H. and Sugimura, Y. (1985) The carbon isotopic ratio of atmospheric carbon dioxide at Tsukuba, Japan. J. Atmospheric Chem., 2, 331-344.
- Inoue, H. and Sugimura, Y. (1986) Distribution of $p\text{CO}_2$ and $\delta^{13}\text{C}$ in the air and surface sea water in the southern ocean, south of Australia. Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue, 40, 454-461.
- 葛城幸雄 (1986) 放射能による環境汚染-30年の歩み. 放射線科学, 29, 2-10.
- 真鍋淑郎 (1985) 二酸化炭素と気候変化. 科学, 55, 84-92.
- 中井信之, 中村俊夫 (1983) 加速器質量分析による放射性同位体の定量と年代測定. Radioisotopes, 32, 645-655.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M., and Yoshioka, S. (1985) Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. Jpn. J. App. Phys., 24, 1716-1723.
- Nydal, R. (1968) Further investigation on the transfer of radiocarbon in nature. J. Geophys. Res., 73, 3617-3635.
- Nydal, R. and Lövsæth, K. (1983) Tracing bomb ^{14}C in the atmosphere 1962-1980. J. Geophys. Res., 88, 3621-3642.
- Tanaka, M., Nakazawa, T. and Aoki, S. (1985) Atmospheric carbon dioxide variations in the suburbs of Sendai, Japan. Tellus, 37B, 28-34.
- 田中正之 (1986) 大気中の二酸化炭素濃度測定とその解釈. 文部省「環境科学」研究報告書, B294-R11-1, pp165.

森林の生態系維持と森林資源の高度な有効 利用に関する研究

(別 刷)

昭和58年度科学研究費補助金（特定研究）
研究成果報告書

輸入広葉樹材の材質

名古屋大学農学部 木方 洋二

1. はじめに

輸入広葉樹材のほとんどを占める熱帯産広葉樹材の材質について研究を行った。わが国に輸入される熱帯材のうち圧倒的に多量を占めるラワン類（メランチ類）の樹心には脆心材といわれる低比重で強度的に弱く、脆い破壊を示す部分がある。脆心材の存在は古くから知られており、製材の段階で除かれる等して、通常の木材利用の場で問題となることは少なかった。しかし最近ではロータリー切削技術の進歩に伴い、脆心材の部分までが合板用単板として剥かれるようになって来ている。この動向は製品の歩止りの向上を目指す動きと相まって一般化したか、一方で脆心材部のもつ低強度による障害も現われて来ている。

また今後、資源の枯渇に伴い、輸入が増大するものと思われるバプア・ニューギニア材で代表される新しい多様な熱帯産広葉樹材の中にも脆心材をもつものは少ない。当研究室で行ったインドネシア・スラウェシー州産材 19 種の試験結果でも、その中の 15 種の材に脆心材が認められた。この点からも脆心材は輸入広葉樹材における最重要な材質の一つであると思われる。

我々が木材として利用する樹幹は立木時においては重い樹冠を支え、地中の根につながった形での力のバランスが保たれている。そして樹幹内には年々新生する樹幹表面の細胞の細胞壁が完成する時期に発生する生長応力（狭義）が蓄積して広義の生長応力（残留応力）が生じている。即ち樹幹の樹皮側 $\frac{1}{3}$ は引張の残留応力が、樹心側 $\frac{2}{3}$ には圧縮の残留応力が存在している。この力は特に熱帯産広葉樹において強大であり、樹幹を切断して残留応力が解放されるとき、丸太や製材に割れを生じたり、変形・狂いを生じたりする。さらにラワン（メランチ）類においては、この樹心部の圧縮残留応力が自らの組織、細胞に圧縮破壊を生ぜしめるほどに大きくなり、脆心材の原因をなすものと思われている。

今回の研究では種々の段階の直径をもつ、同一樹種のレッドセラヤ（ラワン・メランチ類）を用い、比重・強度的性質、平均ミセル傾角、化学成分等の測定を行い樹幹横断面内における脆心材領域の変化の過程を追求し、脆心材発生の機構に対する仮説を提案するに至った。

2. 実験方法

4本のマレーシア・サバ州産レッド・セラヤの円板、半径 37~54 cm × 長さ 30 cm を用い、強度試験として衝撃曲げ試験を行った。約 1 cm 角 × 長さ 14 cm の木理通直試片を作り、スパン 12 cm の衝撃曲げ試験において荷重-たわみ曲線を得、それより衝撃曲げ強さ (MOR)、衝撃曲げヤング係数 (MOE)、衝撃曲げ吸収エネルギー (u) 及び比強度として気乾比重 γ_{15} で除した MOR/γ_{15} 、 MOE/γ_{15} 、 $u/(\gamma_{15})^2$ を求め、 MOR/γ_{15} 、 $u/(\gamma_{15})^2$ の低下している領域を脆心材とした。

用いた試験機はシアルピー型で、荷重の測定はハンマー重心位置につけた 200 Kg ロードセルで、

たわみはハンマーにつけた差動変圧計により求め夫々をデジタル・ストレージスコープに入れ X-Y レコーダーに出力して荷重-たわみ曲線を得た。

次に X線分析法により平均ミセル傾角を求め、平均ミセル傾角の大きい樹心部を未成熟材部とした。また脆心材の化学成分組成について、特にアルカリ可溶性グニンの含量分布を 1% NaOH 抽出物として測定した。この他に鋸断木口断面の毛羽立ち、低比重領域、圧縮破壊の存在する領域を求めた。以上はすべて 1~2 半径方向について樹心より樹皮側までの連続的な測定、観察である。

3. 結果と考察

衝撃曲げ試験における荷重-たわみ曲線において正常材と脆心材との間に顕著な差がみられる。脆心材の荷重-たわみ曲線では荷重は最大値を記録した後急激に 0 レベルに戻り、破壊面が平面的な脆い破壊形を示した。そして脆心材は正常材よりもより短時間で破壊を完了することも知られた。即ち正常材では約 10~16 msec を要する破壊が脆心材では 4~6 msec であり、荷重-たわみ曲線における塑性域の減少の著しいことが知られる。

半径 37 cm の丸太について得られた結果を図示する。樹心から 17 cm 以下の領域は低比重であり、木口面は鋸断により毛羽立つ。また圧縮生長応力（圧縮残留応力）により発生したとみられる圧縮破壊線は光学顕微鏡によって樹心から 13 cm の位置まで観察された。圧縮破壊線は樹心に近いほど大きく、多く出現する。MOR/ r_{15} 及び $u/(r_{15})^2$ は樹心から 10 cm の位置まで低下しておりこの範囲を脆心材領域と定義した。一方 MOE/ r_{15} は樹心より 6 cm の位置までが低下しており、強度的性質の中で一番樹心側によった出現を示す。また平均ミセル傾角の大きい未成熟材部は樹心から 6 cm の位置までであった。また表に示した如く 1% NaOH 抽出量は 12~16% の間で変動したが、特に樹心から 17 cm までの低比重領域で約 12% の値をとり、それより外側の正常材部より低い値を示した。

Distribution of 1% NaOH extract for log L 1.

Area (cm)	Juv. wood	MOR↓	Low den.	Adult wood		Sap wood
	MOE↓* (Pith-6)	U↓ (6-10)	Fuzzy e. g. (10-17)	(17-25)	(25-37)	(37-Bark)
1% NaOH	12.3	12.1	13.4	15.2	14.8	15.6
Extract	12.5	12.4	12.9		14.8	
(%)		12.1	12.6		14.1	
Average	12.4	12.2	13.0	15.2	14.6	15.6

Note :

* : The area where the ratio of MOE to r_{15} is decreased.
Other arrows are used for the same purpose (as for MOE).

同様の測定を他の半径を変えた3本の丸太について行った結果、樹幹の径の増大と、脆心材の間に次のような関係のあることが知られた。

脆心材は常に平均ミセル傾角から決定される未成熟材の領域より外側までひろがる。

MOR/r_{15} の低下する領域と脆心材の領域とは共に丸太の径の拡大とともに、夫々の範囲を広げる傾向にあるが、常に脆心材の方が大きい。また脆心材の領域は低比重、木口面の毛羽立ち、1% NaOH抽出物の量の低下する領域の範囲をこえて広がることはない。

脆心材部における MOR/r_{15} の値は平均ミセル傾角との対応において2つの群に分離し、同じ脆心材であっても髓から6 cmまでの間とその外側とでは材質が異なることが知られた。一般には MOR/r_{15} と平均ミセル傾角の間には負の相関があるといわれているが、他の丸太でのデータとも対比した結果、脆心材における圧縮破壊の影響、おそらくは圧縮破壊線の頻度の影響により衝撃曲げヤング係数は低下し、樹心部側でより苦しい低下を示す部分が現われるものと思われる。圧縮破壊線は、圧縮生長応力（圧縮残留応力）の大きい樹心部に向ってより多く発生する。これに対応する形で樹幹の低比重領域において、外側より順次 MOR/r_{15} , $u/(r_{15})^2$ の低下する脆心材があらわれ、やがて圧縮破壊線がある程度以上の頻度で現われるようになった段階で MOR/r_{15} の低下をももたらすようになるものと思われる。そして最内樹心側の未成熟材部においては圧縮破壊線を加えて平均ミセル傾角が増大し MOR/r_{15} はさらに低下するものと思われる。

また電子顕微鏡オーダーでみられる圧縮破壊線は最終的には低比重領域をこえて健全材部にまで伸びている例がみられたが、通常の強度に影響を与える程度のものではない。

化学成分組成が低比重領域と健全材部で異なった値を示したことは、一般に細胞の壁厚は光合成生産物の量に支配されるといわれていることと関連があるものと思われる。また1% NaOH抽出成分はポリフェノール酸で、このものは抗菌性を有するとされる。即ち低比重領域は腐朽され易いことに連なり、ある報告によると脆心材のすべてに腐朽菌が見出されたともされ、場合によっては腐朽が脆心材発生の一因であるとされることも対応して興味深いことと思われる。

4. 脆心材発生機構に対する仮説

上記測定により見出された樹心部の平均ミセル傾角の大きい未成熟材領域及びその外側にひろがる光合成に関連する低比重領域は、その樹幹においては先天的とも思える形で存在するものであろう。一方また生長に伴い必然的に発生する生長応力は、樹幹表面側に引張残留応力をつくり、その後樹心部に向って圧縮に転じ、樹心部に至って飛躍的に増大する形の分布を示すことが知られている。この生長応力（残留応力）の引張から圧縮への転換点は樹心から樹皮側への半径の $2/3$ の点にあり直径の増大に伴い外側に変化してゆく。即ち圧縮生長応力により発生する圧縮破壊は直径の増大にともない増大してゆく。また低比重領域においては圧縮破壊はより生じ易くその外側の正常、高比重材部においては生じ難いものと思われるので、直径にともなう一般の圧縮破壊の増大は低比重領域に止まり、低比重領域内における破壊はより増大してゆくものと思われる。

このような形でおきる圧縮破壊はまず MOR/r_{15} , $u/(r_{15})^2$ の強度の低下を示す脆心材を発生

せしめ、この脆心材部分は直径増大にともない増大するが低比重領域をこえることはないものと思われる。そしてやがて低比重領域全体が脆心材となる。

またMOE/ $\gamma_{1.5}$ の低下をももたらすような強度な圧縮破壊の領域も直径の増大にともなって増大する。当初未成熟材部内に止まっていたMOE/ $\gamma_{1.5}$ の低下部分はそれをこえて脆心材領域へと拡がって行く。今回の測定の範囲の材では極く初期における脆心材と未成熟材の関係、MOE/ $\gamma_{1.5}$ 低下領域の最終的拡大範囲等は不明である。

今回試験に供したようなラワン（メランチ）類は天然林においてギャップ更新により生じたものと思われる。熱帯森林においてもギャップ更新においては周囲の植生と同様な樹種が生育するといわれており、この状況において競走的に樹高生長した樹幹部の低比重材と樹冠が森林の上層に達した後生産される肥大生長期の材とでは光合成生産物の量が異なりより厚壁の材となるのであろう。このような低比重材部に生長応力（残留応力）が加わり脆心材を生ずるのであろうと思われる。さらに木材組織学的検討、現地調査等データの蓄積が必要とされよう。

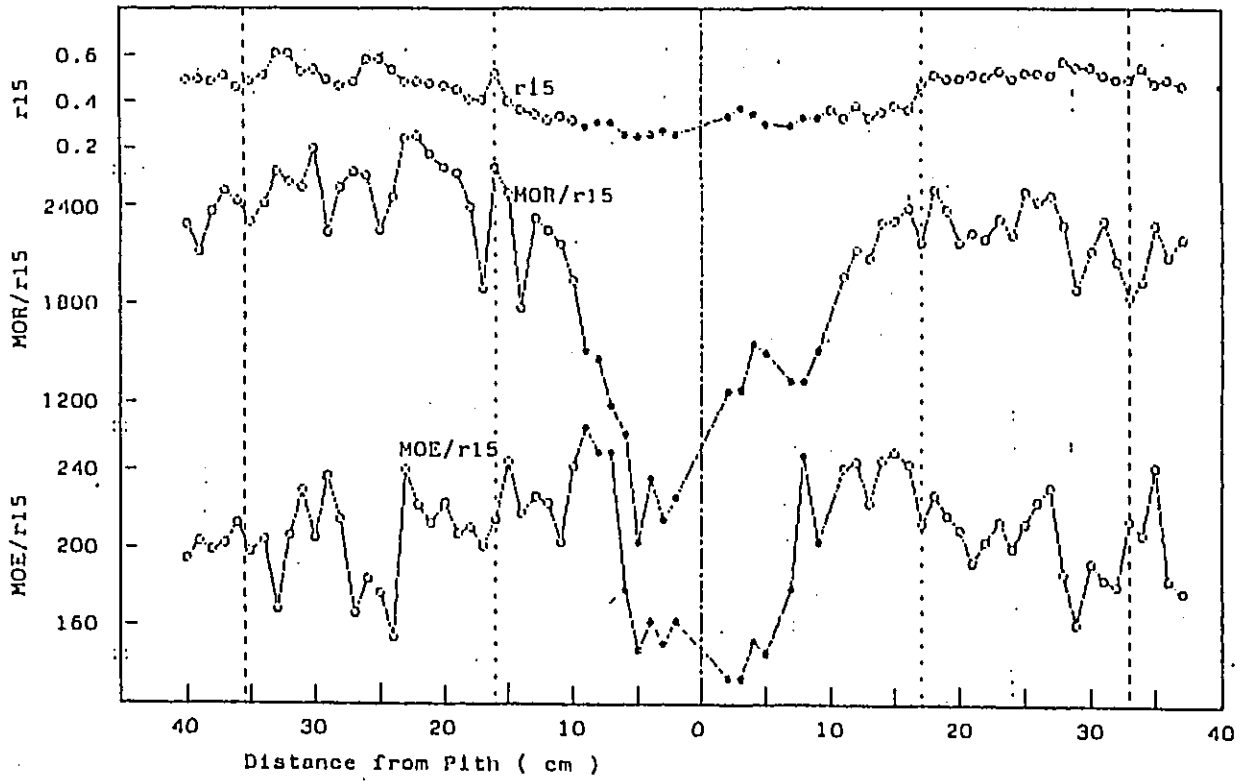


Fig. 1. Distribution of r_{15} , MOR/r_{15} , MOE/r_{15} for log L 1

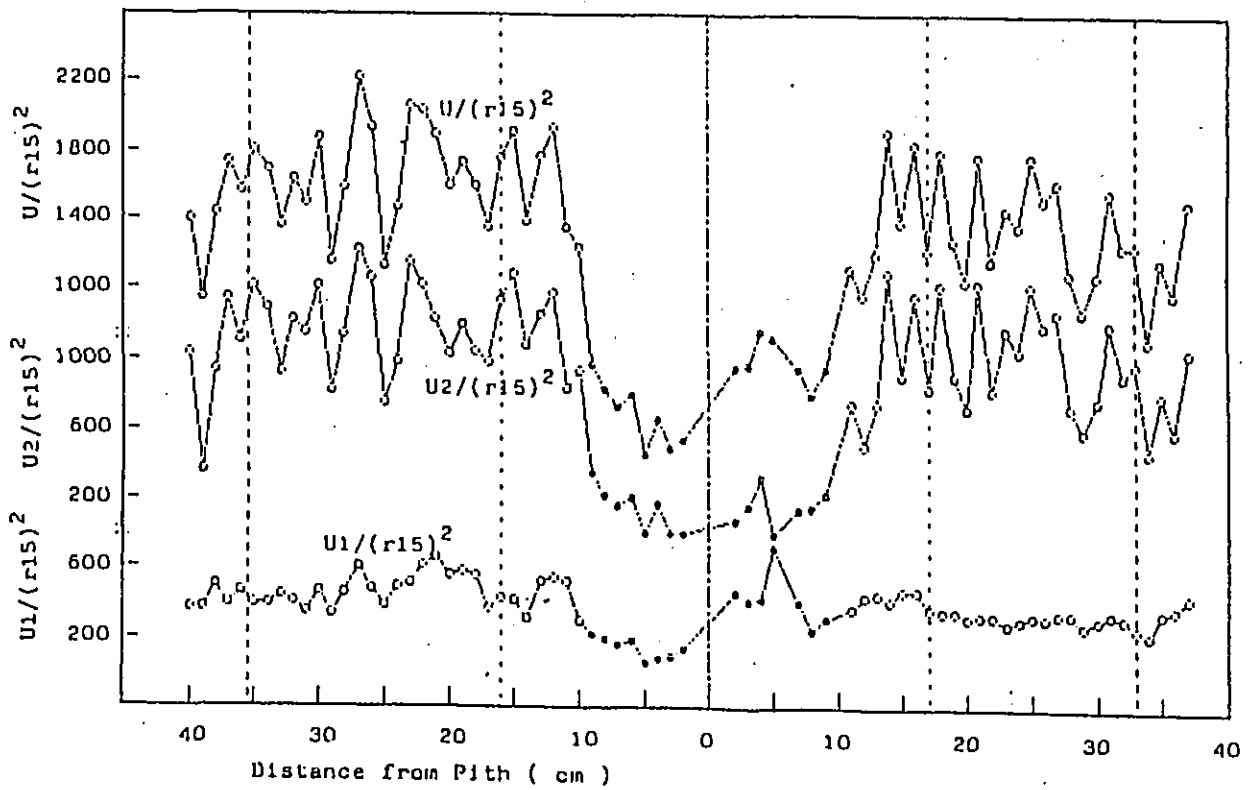


Fig. 2. Distribution of $U_1/(r_{15})^2$, $U_2/(r_{15})^2$, $U/(r_{15})^2$ for log L 1

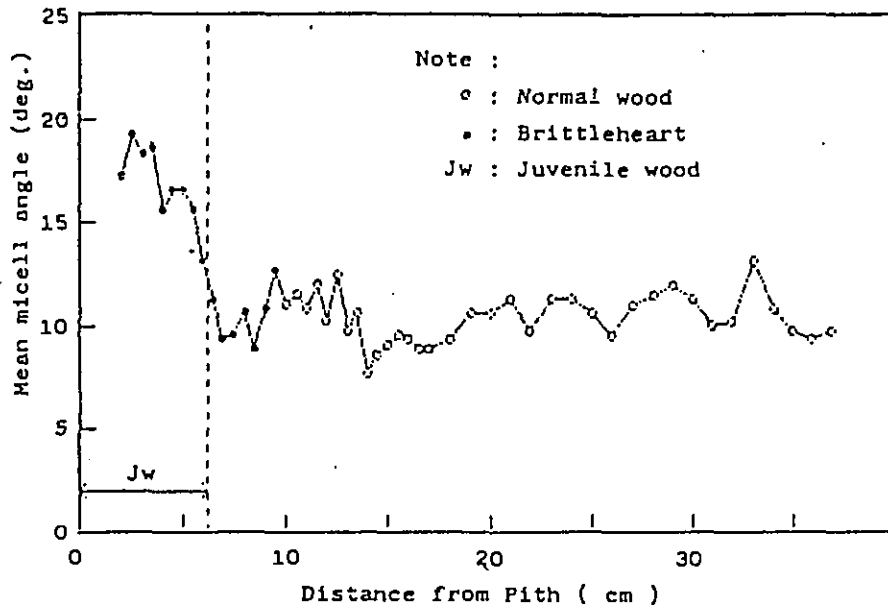


Fig. 3. Distribution of mean micell angle for log L 1.

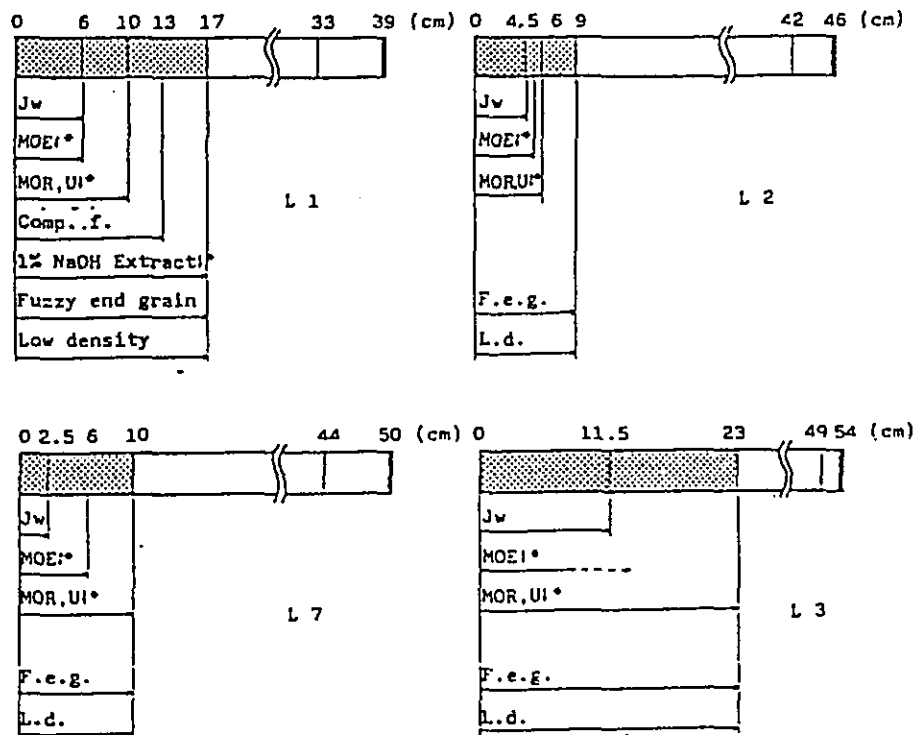


Fig. 4. Brittleheart and other characteristic area for log L1, L2, L3, L7.

Note :

* : The area where the ratio of this value to r15 decreased

Jw : Juvenile wood

Comp.f.: Compression failure observed

(回答)

4. フタバガキ科樹種について

これまで知られている主なものは下記の通りである。ただし Fundter(1982)は学名と一般名があげられているだけである。

Ashton, P.S. : A manual of the dipterocarp trees of Brunei State. pp.242, Oxford Univ. Press, London, 1964

Ashton, P.S. : A manual of the dipterocarp trees of Brunei State and of Sarawak ---Supplement. pp.129, Sarawak Forest Department, 1968

Ashton, P.S. : Dipterocarpaceae. Flora Malesiana, Ser.I, Vol. 9 Pt. 2, p.237-552 1982 (注文は Martinus Nijhoff Publishers, c/o Kluwer Academic Publishers Group Distribution Centre, P.O. box 322, 3300 AH Dordrecht, The Netherlands)

Fundter, J.M. : Names for dipterocarps of Sabah, pp344, Sabah Forest Record No.5 1964 (注文は Sabah Forest Dept.)

van Slooten, D.F. : The Dipterocarpaceae of the Dutch East Indies. I(1926) - VI(1932) (入手困難)

Symington, C.F. : Foresters' manual of dipterocarps. Malay. For. Rec. No.16, pp.244, Kuala Lumpur, 1943 (1974再刊, For. Dept., Malaya で入手可能?)

Ⅲ. タイ造林研究訓練計画

1. チークの定性的・定量的間伐に関する資料

チーク造林地に対する定性的、定量的間伐に関する研究成果、文献リストを作成する。(諸外国によるものが中心であろうと思われる。)

2. 海外仕様のマイコン、ソフトウェア一覽

海外仕様マイコン及びそれに使用可能なソフトウェア、メーカー一覽を、特に経理会計業務用、ワープロ用、研究データ解析用のものについて作成する。

3. マングローブ林の天然更新技術

(1) タイ国のマングローブ林は、無秩序な伐採行為により、その資源性、質ともに減少しつつある。RHIZOPHORA MUCRONATA、RHIZOPHORA APICURATAは、この国のマングローブ林の主要な構成樹種である。近年、皆伐作業による人工植栽の試みがなされているが、両種の更新に関する基礎情報がないまま実施されているのが実情である。汽水域に成立するこれらの森林については、汀線保全を第一義的に考えた上うえで、生産活動を行なわなければならない、両者の接点見出すため、その更新機構を明らかにする予定である。天然林での更新機構を明らかにし、その基礎情報を持って、保全を考慮した人工更新技術の開発を目指す施業試験へとつなげる計画である。

タイ造林プロジェクトにおけるマングローブ研究は、森林経営研究室、および森林生態研究室において継続中である。TRANG 県 KANTANG マングローブ林生態研究センターを中心に研究活動を行なっている森林生態研究室では、プロジェクト課題「STUDY ON THE STRUCTURE, PRIMARY PRODUCTIVITY AND DYNAMICS OF MANGROVE FOREST」のもと、天然林の林分構造解析、残存量推定、肥大成長の季節性、生態生理などについて、データ収集を行なっている。新たに、「RHIZOPHORA MUCRONATA、RHIZOPHORA APICURATA の更新機構」の小課題のもと更新問題についても、研究を展開するつもりである。

(2) タイ国におけるマングローブ林の研究は、その带状構造の解析、残存量の推定葉群動態の解析などが過去に若干あるようであるが、天然更新、人工更新いずれにおいても、更新に関わる研究、特に稚樹群の生存、成長と光など環境要因との関係を明らかにしたものはない。

この研究を始めるに当たり、諸外国のマングローブ研究の情報を把握したい。生理生態的、林業技術的側面から、特に、更新に関わる稚樹群動態と環境要因解析について希望する。マングローブ造林に実績のある諸国があれば、その手法(適地判定も含む)、および植栽木のその後の成長経過を知りたい。また、従来の林分構造、現存量、肥大成長の季節性、生態生理(光合成、蒸散)などの調査データ解析に際し、比較として、これらの関連情報を知りたい。

4. 樹下植栽について

現在タイ国では、外国産の早生樹であるユーカリやアカシアの単純一斉造林が進められているが、熱帯のような本来極めて複雑な生態系をもっている所を単純な生態系で置き換えるのは、環境保全的にもまた病虫害の大発生といった面からも危惧されるところである。さらに木材の質的生産からもこれらの早生樹林はあまり期待出来ない。そこでこれらの樹種を順次国産の経済樹種に変換していく方策がとられる必要がある。現在タイ国では経済樹種導入の気運が高まりつつあるが、これらの植栽技術はまだ確立されていない。経済樹種の植栽技術の一つとして、早生樹林の林下に経済樹種を植え込む下木植栽法は、中庸樹や陰樹が多いと見られる経済樹種の成育特性から見て、合理的な植栽試験が実施されつつある。しかしまだ具体的な成果を上げるまでにいたっている。熱帯の各地ではバイオニア樹種の林下にその地域の経済樹種を植栽する下木植栽がおこなわれていると考えられるがそれらの情報はなかなか入手しにくい。これらの情報が得られれば、我々のプロジェクトで下木植栽を進める際、おおいに参考になると思われる。そこで以下の点について御回答頂ければ幸いである。

- (1) 樹下植栽方法の基礎になる経済樹種、特にフタバガキ科樹種の耐陰性を調べた東南アジアでの研究例。
- (2) 下木植栽試験あるいは事業例。
東南アジア、インド、中南米、アフリカでの例。

5. 萌芽更新について

現在熱帯の各地では早生樹が植栽されており、それらの中にはユーカリ類、一部のアカシア類、GMELINAのように萌芽力に富むものが多い。恒続的な量的生産を目的とした場合、森林の更新方法であるから、当然熱帯の各地でも萌芽更新に関する資料が入手できれば、今後王室林野局や本プロジェクトで萌芽更新を実施する際おおいに参考になる。そこで熱帯各地（東南アジア、インド、中南米、アフリカ）での萌芽更新に関して以下の点について御回答頂きたく存じます。

- (1) 各萌芽更新樹種の生長量・生長曲線
- (2) 萌芽更新に影響する各要因（伐採高、根株の大きさ、伐採齢、伐採時期）と萌芽の生長、生存との関係。
- (3) 伐採の繰り返しに伴う萌芽生長量の推移

6. チーク人工林の間伐木からの間伐後の側枝の発生

(1) 背景

チーク人工林に関する明確な間伐指針がないこともあり、間伐試験を実行することとしている。

(2) プロジェクト活動の中での位置付け

森林経営分野、合同委員会了承課題

Growth and yield assessment of Natural Forest and Man-made Forest

a. 副課題としてチーク人工林間伐試験を実施することとして、現地サイドでは

了承されている。

(3) 具体的内容及び問題点

チークは、疎開した場合に側枝が発生しやすいように見える。これが発生すると、主伐後の利用に当たり節が多くなり材の価値を大きく低下させる。

このため、この側枝が発生しない程度の間伐率が最大許容間伐率になると考えられる。

当地では、この種の試験が行なわれておらず、試験のため間伐率決定のよりどころとなるものがない。従って、段階的に設定した間伐率で実行して結果を見ることにしている。

(4) 期待する回答の範囲

① 近隣チーク造林国での間伐試験（収穫試験）実施レポートの有無。

あれば、本件に関し記載のあるもののコピー

② 日本における広葉樹間伐又は、類似した取り扱いにおける本件関連情報及びコメント

〔回答〕

Ⅲ. [タイ造林研究訓練計画]

1. チークの定性的、定量的間伐に関する資料

チークの間伐については、その人工造林の歴史の古いインド、インドネシアをはじめとして、南アジア、東南アジア諸国でいろいろな試みが行なわれ、実際の施業としても定着しているものが多いが、今回はそれらについての文献に眼を通すことができなかつたのでやや古い、PNGの人工造林技術の指針書(1972)に記載されている間伐の考え方とその具体的方法を全訳するとともに、間伐の資料として利用できるインドネシアおよびタイの林分収穫表を添える。

なお1974年にタイの王室林野局造林部チーク改良センターで、スタッフのための内部資料としてまとめられた資料集によると、次のような文献があげられている。これらはすべて、同センターでみることができるはずである。

- ・ Blanford, H.R. : Thinning in teak plantations, Burma for Bull. (9), Silv. Ser. (8), 1923
- ・ Briscoe, C.B. : Increasing growth of established teak. USDA forest Service Inst., Trop. for., Puerto Rico, Res. Note 13, 1971
- ・ Hellinger, Ir. G. : The natural thinning in unthinned teak plantations Tectona 32 (4/5), 1939
- ・ Prombubpa, A. : Study on the effect of different intensities of thinnings on the increment of teak in plantation, Res. Proj. B.13 Fin. Rept., Kasetsart University, Bangkok(発行年未詳)
- ・ Seth, V.K. : Thinnings in the young teak coppice forests of Betul Division. Ind. For. 84., 1958

なお、タイ国での間伐試験は1973年に始められた模様で、その歴史はごく新しいものと思われる。

- ・ Silvicultural Techniques in Papua New Guinea Forest Plantations Bull. No.1, 3rd Printing Div. of Silviculture, Dept. of Forests, Port Moresby 1972

植栽間隔 :

列間 9 ft (÷ 2.7m) 、 個体間 8 ft (÷ 2.4m) で、これはacre当たり 605本 (÷ ha当たり 1,494本) となる。ただしこれは水平に換算された数字で、傾斜がきつい場合には加減する必要がある。

生長 :

条件がよければ、樹高、直径とも初期生長が速く、高い直径生長を維持するためには間伐を行なう必要がある。 Mount Lawes, Keravat両地の収穫試験地で得られた生長資料は次の通りである。

林令	198/haの保残林の 胸高直径		優勢木の樹高	
	inch	cm	ft	m
3	4.5	(11.43)	40	(12.2)
6	7.5	(19.05)	60	(18.3)
9	10.5	(26.67)	72	(22.0)
12	12.5	(31.75)	85	(25.9)

初期生長が早いため、9 ft (2.7m) x 8 ft (2.4m) で植栽した林分で3年目には林冠が閉鎖する。閉鎖が始まるとまもなく枝の生長が抑えられるようになるが、大きな上向きの枝は陰になっても数年は生きている。

胸高断面積は初めに急速に増加し、立地条件のよいところで、9 ft x 8 ftの植栽間隔でよく活着、生育している場合には、年間25 ft² (2.32m²) に達する。しかし、5~7年して80 ft² (7.43m²) を超えるあたりから、前期の増加率は衰えはじめる。

間伐 :

間伐の目的は、残された個体が、よい幹形と急速な落枝を保ちながら、高く、そろった直径生長を維持できるようにすることにある。

間伐スケジュール-間伐スケジュールを定式化するにはまだ生長について十分な資料がないが、9 ft x 8 ftの間隔で植栽されたケースにたいしては、次の表が指針として役立つだろう。間伐を行なう場合には、それに先立って所定の報告書をだすことになっている(後述)が、この資料は、いろいろな立地条件やはじめの植栽本数・活着率といった条件に応じた弾力的な計画に役立つだろう。

〈チーク間伐指針書〉

優勢木樹高		胸高断面積	林令(年)	残存木本数
ft.	(m)	ft ² /acre (m ² /ha)		本/acre (本/ha)
65	(19.8)	90 (20.66)	5~6	350 (865)
75	(22.9)	90 (20.66)	9~10	200 (494)
			14~15	100 (247)
			19~20	60 (148)

間伐前報告 :

間伐実施に先立って、予定林分の調査を行ない、次の項目をカバーする報告書を本庁に提出する。

- (a) 落枝の程度
- (b) 準優勢木の樹冠の状態
- (c) 被圧木の発生状況
- (d) 下層植生の抑制状況
- (e) 病虫害の発生状況
- (f) 間伐木の利用見込み

この調査は、予定されている間伐の少し前に実施し、報告書にはその間伐にたいする意見を含めなければならない。この報告書は経費の概算作業に含められるように、間伐前年の9月までに提出しなければならない。

この報告書は、間伐スケジュールを最終的に定式化するのに極めて有用であるから、林分の状態を巧みに記述するよう最善の努力をすべきである。

間伐のためのマーキング :

最初のマーキングはあとまで残す木に対して行ない、その本数はha当たり 395本~445本である。この本数に対する間隔は16ft(4.88m) x 17ft(5.18m) で、最終的に残される木は隣接木から少なくとも9ft(2.74m) ははなさなければならない。

あとまで残される木のマーキングにあたっては、次の諸点を考慮する : 樹勢、採材可能長、幹および株の形態、落枝状況、健全度、間隔。ほどよく通直な、平均的な長さよりも長い、円柱状の幹で、落枝もよくすすんでいる、健全で活力のある個体を選ぶようにする。樹冠が一様に発達するように、林況が許す限り、所定の植栽間隔を厳密にまもるべきである。

残す木のマーキングについて、第1回の間伐のためのマーキングを行なう。伐採する木は、胸高位置の下部の両側の樹皮をむくか、その位置にペンキで印づけする。間伐を薬剤処理によって行なう場合には、このような印づけを間伐に先立って行なう必要はなく

間伐に当たって熟練した作業員がマーキングと間伐を同時に行なう。この間伐の狙いは林分密度を840～890本/haに減らすことで、間隔は11ft(3.35m) x 11ft(3.35m)となる。

第1回間伐では、次のような順序で伐採木を選定する。： (a) 病害木および樹形不良木、 (b) 優勢木・準優勢木の中で、最後まで残す木と競合する樹形の貧弱な個体、 (c) 主幹が二又またはそれ以上に分かれたもの、 (d) 最後まで残す個体の疎開のために伐採する必要のあるもの。

第2回間伐では、はじめのマーキングで、あとまで残すものとして印付けしなかった個体を伐採する。間伐に先立って、林分は調査を行ない、残す予定の木の中に、それまでに枯損したものや被害をうけたものがあれば、代わりの木を選んで印付けを行なう。

第3回間伐では、密度を247本/haに減らすこととするが、この密度は20ft(6.10m) x 21ft(6.40m)の間隔で、最後まで残す木は隣接木と10ft(3.05m)以上はなれるようにする。間伐木は、幹の両側にペンキで印付けする。

第4回間伐では、ha当たり148本に減らすのが目標で、この場合の間隔は27ft(8.23m) x 27ft(8.23m)、あとまで残す木は隣接木と14ft(4.27m)以上はなれるようにする。

何れの間伐も十分に熟練した作業員によって実施されるべきである。1日の作業中にも選抜率についていくつかの照合を行なう必要がある。約400m²のプロットをあげ、ha当たり所要本数の1/10を含んでいるかを照合する。

間伐の方法：

2つの方法が用いられている。

(i) 伐倒、間伐木の利用法がきまっている場合には、間伐木は伐採する。この方法は、根株の高さをうまく調節することができ、また根株にクレオソートを施用するのも容易なので、鋸を用いて行なうのが最もよい。伐倒を行なう場合には、林分の印付けを前もって実施しておくことが不可欠である。樹冠は地上に平らにおくようにし、突き出た枝はすべて切り落とす。根株の高さはできるだけ低くし、根株には、伐倒したその日にクレオソートを塗ることとする。あとまで残す木の幹を傷付けないような注意が必要で、万一傷付けた場合には、傷口にクレオソートを塗ることとする。

(ii) 薬剤処理、間伐木の利用見込みがなく、しかも間伐の遅れが有害だと思われる場合には、薬剤処理を行なう。2,4,5-T(2,4,5-トリクロロフェノキシ酢酸)のブチルエステルの0.5% dieselene* 液を、地上60cm以下の高さの幹の周りに、約20cmのベルト状に塗る。これは乾いた樹皮に施用しなければならない。液をつくる場合には、赤または橙色のペンキを少量加えることにより、処理した木が識別できるようにする。この方法は選木本数をチェックするのに役立つし、また薬液が木の周囲に正しく施用されたかどうかをたやすく示してくれる。

* 正確には分からないが、石油系統の溶媒の商品名ではないかと思われる。

チークの林分収穫表

(1) インドネシア

Suharliana, A., K. Sumarna, & Y. Sudiono : Tabel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri (Yield table of Ten Industrial Wood Species), Lembaga Penelitian Hutan 1975

この小冊子にはチークのほか、 *Altingia excelsa*, *Agathis loranthifolia*, *Pinus merkusii*, *Dalbergia latifolia*, *Swietenia mahagoni* (*S. macrophylla*), *Acacia decurrens*, *Albizzia falcata*, *Ochnoma bicolor*, *Anthocephalus cadamba* の9種の収穫表が集録されている。

チークの収穫表は次のように5段階の地位に対して調製されている。

インドネシアのチーク収穫量

林令 (年)	上層高 (m)	主 林 木					間伐木			総材積 ($V_1 + V_2$) (m^3/ha)	平均生長量 (m^3/ha)	連年生長量 (m^3/ha)
		本数 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	胸高 断面積 (m^2/ha)	採材部 材積 (V_1) (m^3/ha)	採材部 材積 (V_2) (m^3/ha)	積算積 ΣV_t (m^3/ha)				
5	6.3	5700	5.5	4.3	6.3	-	9	-	-	-	-	
10	10.7	2770	8.9	6.2	8.6	26	15	9	35	3.5	-	
15	12.8	1690	11.1	8.7	10.0	48	19	24	72	4.8	7.4	
20	14.4	1270	12.9	10.5	11.1	64	23	43	107	5.3	7.0	
25	15.8	1050	14.3	12.0	11.8	78	25	66	144	5.8	7.4	
30	16.8	890	15.5	13.3	12.4	90	27	91	181	6.0	7.4	
35	17.8	765	16.6	14.7	12.9	100	29	118	218	6.2	7.4	
40	18.8	665	17.5	16.4	13.4	110	31	147	257	6.4	7.8	
45	19.6	590	18.4	17.3	13.8	118	33	178	296	6.6	7.8	
50	20.2	530	19.1	18.4	14.0	126	34	211	337	6.7	8.2	
55	21.0	490	19.9	19.4	14.4	134	35	245	379	6.9	8.4	
60	21.6	450	20.5	20.3	14.6	140	36	280	420	7.0	8.2	
65	22.0	425	21.0	21.0	14.8	147	37	316	463	7.1	8.6	
70	22.6	400	21.6	21.8	15.0	153	38	353	506	7.2	8.6	
75	23.0	380	22.0	22.6	15.2	158	39	391	549	7.3	8.6	
80	23.4	360	22.4	23.3	15.4	164	39	430	594	7.4	9.0	
85	23.8	345	22.8	24.0	15.6	169	40	469	638	7.5	8.8	
90	24.2	330	23.2	24.7	15.8	174	40	509	683	7.6	9.0	
95	24.4	320	23.5	25.1	15.9	177	40	549	726	7.6	8.6	
100	24.7	310	23.8	25.6	16.0	180	41	589	769	7.7	8.6	
105	25.0	300	24.1	26.1	16.1	184	41	630	814	7.7	9.0	
110	25.2	290	24.3	26.7	16.2	186	41	671	857	7.4	8.6	

地位 I (BONITA I; SITE CLASS I)

BONITA II SITE CLASS II)

5	9.4	3810	7.6	5.1	7.8	13	6	6	19	3.8	-
10	13.6	1510	12.0	9.4	10.4	55	16	22	77	7.7	11.6
15	16.4	950	15.0	12.7	12.1	85	24	46	131	8.7	10.8
20	18.6	680	17.1	15.7	13.2	106	29	75	181	9.0	10.0
25	20.2	545	18.8	18.1	14.1	124	32	107	231	9.2	10.0
30	21.4	460	20.3	20.1	14.6	140	35	142	282	9.4	10.2
35	22.6	400	21.5	21.9	15.1	154	37	179	333	9.5	10.2
40	23.6	350	22.7	23.8	15.6	160	39	218	386	9.6	10.6
45	24.6	310	23.7	25.7	16.1	180	40	258	438	9.7	10.4
50	25.4	280	24.6	27.4	16.5	192	41	299	491	9.8	10.6
55	26.2	260	25.6	28.8	16.9	202	42	341	543	9.9	10.4
60	27.0	235	26.3	30.5	17.2	212	43	384	596	9.9	10.6
65	27.6	220	27.0	31.9	17.6	221	44	428	649	10.0	10.6
70	28.2	205	27.7	33.4	18.0	230	44	472	702	10.0	10.6
75	28.9	195	28.2	34.5	18.2	238	45	517	755	10.1	10.6
80	29.4	185	28.8	35.8	18.6	246	45	562	808	10.1	10.6
85	29.9	175	29.2	37.2	19.0	254	46	608	862	10.1	10.8
90	30.3	170	29.8	37.9	19.2	260	46	654	914	10.2	10.4
95	30.7	160	30.2	39.4	19.5	268	46	750	968	10.2	10.8
100	31.0	160	30.6	39.6	19.7	274	47	747	1021	10.2	10.6
105	31.4	150	31.0	41.1	19.9	280	47	794	1074	10.2	10.6
110	31.8	150	31.3	41.2	20.0	286	47	841	1127	10.2	10.6

BONITA III (SITE CLASS III)

5	11.4	2800	9.7	6.5	9.2	33	12	12	45	9.0	-
10	16.6	925	15.2	12.9	12.0	85	24	36	121	12.1	15.2
15	20.0	560	18.7	17.7	13.8	123	32	68	191	12.7	14.0
20	22.5	410	21.5	21.6	15.1	151	37	105	256	12.8	13.0
25	24.4	330	23.5	24.9	16.0	175	40	145	320	12.8	12.8
30	26.6	270	25.1	28.0	16.7	197	42	187	384	12.8	12.8
35	27.2	230	26.5	31.0	17.4	217	43	230	447	12.8	12.6
40	28.5	200	27.8	33.8	18.0	234	45	275	509	12.7	12.4
45	29.6	175	29.0	37.0	18.8	251	46	321	572	12.7	12.6
50	30.6	160	30.0	39.3	19.4	267	47	368	635	12.7	12.6
55	31.6	150	31.0	41.2	20.0	283	47	415	698	12.7	12.6
60	32.4	140	32.0	43.3	20.6	299	47	462	761	12.7	12.6
65	33.2	130	32.8	45.6	21.2	313	47	509	822	12.6	12.2
70	34.0	120	33.7	48.1	21.8	327	46	555	882	12.6	12.0
75	34.7	120	34.5	48.8	22.4	341	45	600	941	12.5	11.8
80	35.4	110	35.2	51.5	22.9	354	45	645	999	12.5	11.6
85	36.0	110	35.8	52.0	23.4	366	44	689	1055	12.4	11.2
90	36.5	110	36.4	52.2	23.8	378	43	732	1100	12.3	11.0
95	37.0	110	36.8	52.9	24.2	388	43	775	1163	12.2	10.6
100	37.5	105	37.3	54.6	24.6	398	42	817	1215	12.2	10.4
105	37.9	105	37.8	54.9	24.9	407	42	859	1266	12.0	10.2
110	38.3	100	38.2	56.8	25.3	415	41	900	1315	11.9	9.8

BONITA IV (SITE CLASS IV)

5	13.4	1515	11.8	9.4	10.4	54	16	16	70	14.0	-
10	19.6	600	18.1	16.8	13.3	113	30	46	156	15.9	17.8
15	23.6	350	22.1	22.0	15.4	161	34	80	241	16.1	16.4
20	26.6	250	26.0	29.4	17.0	203	43	123	326	16.3	17.0
25	28.8	200	28.2	34.2	18.4	238	45	168	406	16.2	16.0
30	30.6	170	30.1	38.4	19.7	267	46	214	481	16.0	15.0
35	32.1	145	31.8	42.5	20.6	294	47	261	555	15.9	14.8
40	33.5	130	33.2	45.9	21.5	318	47	308	626	15.6	14.2
45	34.7	120	34.6	48.8	22.4	341	46	354	695	15.4	13.8
50	35.8	110	35.7	51.9	23.3	363	45	399	762	15.2	13.4
55	36.8	100	36.8	55.5	24.2	385	44	443	828	15.1	13.2
60	37.9	100	37.8	56.4	25.0	406	42	485	891	14.8	12.6
65	38.8	95	38.8	58.8	25.8	426	40	525	951	14.6	12.0
70	39.6	90	39.7	61.2	26.5	446	38	563	1009	14.4	11.6
75	40.4	90	40.6	62.0	27.2	465	37	600	1065	14.2	11.2
80	41.2	85	41.4	64.6	27.9	482	35	635	1117	14.0	10.4
85	41.9	80	42.0	67.4	28.6	499	34	669	1168	13.7	10.2
90	42.6	80	42.8	68.2	29.2	516	32	701	1217	13.5	9.8
95	43.2	80	43.4	68.9	29.8	531	31	732	1263	13.3	9.2
100	43.8	80	44.0	69.3	30.2	546	30	762	1308	13.1	9.0
105	44.3	80	44.6	70.0	30.8	559	28	790	1349	12.8	8.2
	44.8	80	45.1	70.6	31.3	570	27	817	1387	12.6	7.6

BONITA V (SITE CLASS V)

5	15.4	1110	14.0	11.6	11.7	73	22	22	95	19.0	-
10	22.6	400	21.0	21.8	14.9	148	37	59	207	20.7	22.4
15	27.0	230	26.1	29.1	15.3	212	44	103	315	21.0	21.6
20	30.5	160	30.1	39.2	19.3	264	46	149	413	20.6	19.6
25	33.2	125	32.9	46.3	21.1	309	47	196	505	20.2	18.4
30	35.2	110	34.9	51.2	22.7	349	46	242	591	19.7	17.2
35	36.9	100	36.7	55.5	24.2	386	44	286	672	19.2	16.2
40	38.5	90	38.3	59.9	25.4	419	42	328	747	18.7	15.0
45	39.8	85	39.8	63.1	26.6	450	38	366	816	18.1	13.8
50	41.0	80	41.2	66.5	27.8	480	35	401	881	17.6	13.0
55	42.2	80	42.4	67.7	28.8	509	32	433	942	17.1	12.2
60	43.5	75	43.6	71.7	30.0	537	30	463	1000	16.7	11.6
65	44.6	75	44.8	72.7	31.1	564	27	490	1054	16.2	10.8
70	45.6	75	45.8	73.8	32.1	590	25	515	1105	15.8	10.2
75	46.6	70	46.9	77.5	33.0	616	22	537	1153	15.4	9.6
80	47.4	70	47.9	78.6	34.0	640	20	557	1197	15.0	8.8
85	48.2	70	48.7	79.5	34.8	663	18	575	1238	14.6	8.2
90	49.0	70	49.5	80.5	35.6	685	16	591	1276	14.2	7.6
95	49.7	70	50.2	81.4	36.4	705	14	605	1310	13.8	6.8
100	50.4	70	50.9	82.2	37.1	724	13	618	1342	13.4	6.4
105	50.9	70	51.6	82.9	37.8	742	11	629	1371	13.0	5.8
110	51.4	70	52.1	83.5	38.3	759	9	638	1397	12.7	5.2

(2) タイ

王室林野局が調製した北部タイのチークの収穫表は次のページの表の通りである。

[文献 : 1987年度海外林業適地適木調査報告書(タイ)、海外林業コンサルタント協会、1988]

(3) インド

インドの収穫表は下表の通りである。[文献は上記と同じ]

インドのチーク収穫表(全国)

地位 林分	I		II		III		IV	
	Av. diam in cm	MAI (m ³ /ha)	Av. diam in cm	MAI (m ³ /ha)	Av. diam in cm	MAI (m ³ /ha)	Av. diam in cm	MAI (m ³ /ha)
5	8.1	11.3	7.6	8.8	6.3	6.1	—	—
10	13.2	12.3	11.7	9.4	9.4	6.4	7.6	2.7
15	18.3	11.8	15.7	9.3	12.5	6.2	9.4	2.8
20	23.1	11.3	19.8	9.2	14.7	6.0	11.0	2.8
25	28.0	10.6	23.6	8.8	17.0	5.6	12.2	2.7
30	32.5	10.6	27.4	7.9	19.0	5.3	13.2	2.6
35	36.8	10.5	30.6	7.6	20.8	5.0	14.2	2.4
40	40.6	10.5	34.0	7.4	22.8	4.8	15.3	2.3
45	44.2	10.2	37.0	7.3	24.4	4.6	16.0	2.2
50	47.5	10.0	39.6	7.1	26.4	4.4	17.0	2.2
55	50.3	9.7	42.4	6.9	28.2	4.3	18.0	2.1
60	53.0	9.4	45.0	6.8	30.0	4.2	19.0	2.0
70	57.4	8.8	49.2	6.4	33.2	4.2	21.0	2.0
80	61.7	8.1	53.8	6.2	37.0	4.2	22.9	2.0

- 注1. MAIは間伐木を含む。
 2. 地位は50年における樹高により、
 I等地は30.5~36.6m、II等地は24.4~30.5m、
 III等地は18.3~24.4m、IV等地は12.2~18.3m。

テ - ク 収 獲 表 (タイ北部)

地位 林 令	14				17				20				23				26								
	樹高 直径	出高	本数	材積 断面積	材積 m³/ha	樹高 直径	出高	本数	材積 断面積	材積 m³/ha	樹高 直径	出高	本数	材積 断面積	材積 m³/ha	樹高 直径	出高	本数	材積 断面積	材積 m³/ha	樹高 直径	出高	本数	材積 断面積	材積 m³/ha
10	7.2	9.0	2,112	9.2	23.1	9.2	11.0	1,543	10.6	39.4	11.1	13.0	1,200	12.1	52.3	13.1	15.0	968	13.5	66.8	15.0	17.0	812	14.9	81.4
15	10.2	11.0	1,343	11.4	46.9	12.1	13.0	1,068	12.9	64.1	14.6	15.5	843	14.6	79.7	16.5	17.5	712	16.1	94.3	19.4	20.5	575	18.3	116.1
20	12.5	12.5	1,012	13.3	66.9	15.1	15.0	806	15.1	85.2	17.6	17.5	662	16.9	103.4	20.0	20.0	556	18.7	121.7	22.9	23.0	468	20.8	143.6
25	14.4	13.3	850	14.7	82.0	17.1	16.0	668	16.6	101.7	19.3	18.8	562	18.6	122.1	22.5	21.5	475	20.6	141.3	25.3	24.5	406	22.8	163.7
30	16.2	14.0	731	16.0	96.3	19.1	17.0	593	18.1	118.1	22.0	22.0	487	20.3	140.0	24.9	23.0	418	22.4	161.9	27.9	26.0	362	24.6	183.8
35	17.9	14.8	643	17.4	111.3	20.9	17.3	525	19.5	133.1	23.8	20.8	443	21.7	155.1	26.7	23.8	381	23.8	176.9	29.9	27.0	331	26.1	200.3
40	19.2	15.0	587	18.3	121.9	22.1	18.0	487	20.4	143.3	25.0	21.0	412	22.6	165.7	28.4	24.5	350	25.1	191.2	31.4	27.5	306	27.3	213.1
45	20.3	15.1	543	19.2	131.8	23.6	18.5	450	21.6	156.6	26.6	21.5	393	23.8	178.5	29.7	24.8	331	26.1	202.6	32.6	27.8	293	28.3	221.3
50	21.5	15.3	506	20.1	142.4	24.9	18.8	418	22.6	168.0	27.8	21.8	362	24.8	189.9	31.0	25.0	312	27.1	213.2	33.9	28.0	281	29.3	235.1
55	22.6	15.4	475	21.0	152.4	26.2	19.0	393	23.6	178.6	29.0	22.0	337	25.8	200.5	32.1	25.2	300	28.1	223.8	35.4	28.5	262	30.4	247.9
60	23.8	15.5	443	21.9	161.6	27.3	19.1	368	24.4	188.5	30.3	22.3	325	26.8	211.9	33.3	25.3	287	28.9	233.8	36.7	28.8	250	31.4	259.3

王室林野局

注 1. 地位の14, 17, 20, 23, 26は30年生時の樹高を Site index としたものの。
 2. 材積は Merchantable volume で表なしてある。
 3. 樹高は優勢木の平均樹高。

そのほかの関連のありそうな文献は次の通りである。

ANON : Country report on teak forestry (Burma) In Country reports on teak :
11, FAO, Rome, 1956

ANON : Teak in Laos, 同上 : 112, FAO, Rome, 1956

Gartner, I : Teak in Indonesia, 同上 : 49-105, FAO, Rome, 1956

KADAMBI : Silviculture and management of teak. Bull. No.24, School of
Forestry, Stephen F. Austin State University, Texas, 137pp., 1972

また下記にも間伐スケジュールや収穫表の記載がある。

TROUP, R.S. : The Silviculture of Indian Trees. Vol. II (Leguminosae to Verb-
naceae) p.744 ~745, 761~769, Oxford, 1921

日本における広葉樹間伐および不定芽発生に関する文献

近藤 助 : 潤葉樹用材林作業 (造林学全書第9冊) 158pp., 朝倉書店, 1951

(広葉樹の特性として不定芽の発生 (p.55~58) についてのべ、間伐についても詳細な説明 (p.118~p157) がある。)

蜂谷欣司ほか、 : 広葉樹林の育成法 87pp., 林振・わかりやすい林業研究解説シリーズ 82, 1986 (ブナ林、ミズナラ林、カンバ林、シイ・カシ林について密度管理あるいは保育法として間伐が取り上げられているほか、混生広葉樹林の育成に関連して不定芽の問題が説明されているが、具体的資料は少ない。)

(追補) Indonesian Forestry Abstracts (1982)に要旨のみではあるが2、3興味あり
そうな文献がみられたのでコピーを添える。

1048 Anonymous, 1872. Boschwezen. Aanbeveling om uitdunningen van boschen te beperken tot het wegnemen der werkelijk onderdrukt staande boomen. (Forest Service. Recommendation to limit the thinning of forests to the removal of the actually suppressed trees). Circulaire 9 July 1872 no. 2618; *Bijblad* no. 2618: p 1 (NI).

Although the method of thinning is stipulated in clause 16 in the instruction manual concerning tending of teak in Government forests, it is still deemed necessary to stress that only the actually suppressed trees should be cut, to ensure that the canopy remains closed continually (to prevent sudden or too much sunlight).

1049 Anonymous, 1912. Dunning van djati. (Thinning of teak). *Tectona* 5: 846 (NI).

Little is known about thinning yet. The author proposes to carry out the following experiment: thinning a 10-20 year-old teak stand very heavily, leaving only approximately 200 trees. The stumps of the thinned trees will sprout again and form a closed canopy under the unthinned trees (standards). The standards will produce heavy, valuable timber; the second storey teak trees will have to be thinned regularly.

1050 Beckman, H. (A. J. M.), 1914. Werkplan voor het onderzoek naar de meest doeltreffende verpleging en de opbrengst van de djati-opstanden. (Working plan for the research into the most effective method of tending and the yield of teak stands). *Tectona* 7: 219-244 (NI).

The aim of the research to be done by the Forest Research Institute is to ascertain which method of tending different teak stands will produce the highest normal yield, and to improve yield tables. The scope and design of the investigations and the data that will be collected are described. The effects of light, intermediate and heavy low thinning, light and heavy crown thinning, and light and heavy release cutting will be compared in permanent sample plots, spread regularly over the different growing regions, altitudes and soil types. The selection, treatment, method of description of the stands and the arrangement of the data to be collected in registers are described. The trial stands will be described every 5 years and after every management operation.

1052 Beekman, H. A. J. M., 1917. Over dunning en lichting van den djati. (About thinning and release cutting of teak). *Tectona* 10: 685-694 (Nl).

This article is a supplement to H. A. J. M. Beekman, 1914 (*Tectona* 7: 219-244 → 1050); see also F. W. Snepvangers, 1916 (*Tectona* 9: 111-124 → 1074) and H. J. A. M. Beekman, 1916 (*Tectona* 9: 125-138 → 1051). The article deals with experiences acquired by the Forest Research Institute during thinnings, and with changes in and more detailed definitions of the methods and degrees of thinning and release cutting as described in the Working Plan of the Forest Research Institute. The classification of the trees according to dominance, crown and stem development and the selection of the trees to be felled at the thinnings and the release cuttings of different degrees are discussed. The degree of thinning and release cutting depend on the condition of the stand and the undergrowth and the rotation. For site quality classes III, IV and V, the numbers of trees remaining after heavy low thinning are given. These numbers show that site quality classes III, IV and V have to be thinned every 5 years until the 40th (V) or 50th (III) year of the plantation; after that period most of the thinnings have already been done and a 10-year cycle is then adequate. At the thinning it is advisable to remove the overgrown, dying and dead trees, for several reasons. The optimal rotation and the number of stems at the end of the rotation of crown-thinned stands has not yet been established. Release cutting of these stands, not starting before the stands are 40 or 50 years old, is only possible if an undergrowth of shrubs is prevented. The time of the year in which thinning has to be done is discussed. Teak is very sensitive to damage to the bark and the cambium, so thinnings have to be done carefully.

1053 Beumée, J. G. B., 1922. Uitkomsten van de heropname van een veertigtal perken van het dunnings en opbrengstonderzoek voor den djati (*Tectona grandis*). (Results of the remeasuring of forty permanent sample plots reserved for research on thinning and yield of teak plantations (*Tectona grandis*)). *Tectona* 15: 1-76 (Nl, nl, en).

In this publication, preliminary conclusions are drawn from research on the effect of thinning on the development of the forest as well on that of the individual trees. The effect of heavy or light thinning of the dominant or suppressed trees in forests of different quality classes on volume increment, height and diameter growth, crown development, form factor and quality of the timber are discussed in detail. In forests of better quality a heavy thinning of the suppressed trees is preferable to a slight or moderate one, whereas in forests that fall in the third quality-class or lower, a moderate or slight thinning is practised with better results. This is the case with the majority of present-day plantation forests of teak. The choice of the thinning method is also influenced by the presence or absence of a suitable undergrowth and the availability of labour. A comparison of the figures on volume increase now obtained with those published earlier shows that the increase in the first 5 year period is greater than might be expected from the yield tables, especially in the older forests. The profits from the teak plantations with a long rotation appear to be greater than was formerly calculated.

1054. Boschbouwproefstation, 1940. Eenige bevindingen over de dunning in djati-opstanden. (Some experiences on the thinning of teak stands). *Voorl. Rapp. B.P.S.* 34; *Afd. Opbrengstonderzoek* 2: pp 9, ref (NI).

Interim report. The thinning principles of *Tectona grandis* stands have changed from 'removal of the poor trees' into 'stimulation of the growth of the remaining trees', which implies early and strong thinning. Literature on thinning of *Tectona grandis* is discussed. Nowadays, in the British East Indies and also in the Dutch East Indies many district foresters thin even more strongly (i.e. a higher S% = relative growing space) than prescribed. Because the stronger thinned stands look better, a table of S-percentages which permits stronger thinning has been compiled. The degree of thinning does not affect the total volume production; if thinning is stronger, the diameter growth increases; this is important, because timber prices increase more as the diameter increases. Young trees react best to thinning. Thinning experiments are described; they show that extreme strong thinning of young stands causes poor stem forms. Conclusion: early and strong thinning is advised, especially if the site quality class is high. The first 2 thinnings must aim at a regular distribution of the trees and at the removal of the very poor trees. The thinning schedule for the first 10 years of a *Tectona grandis* plantation described by W. Wepf, 1936 (*Tectona* 29: 847-856 → 1078) is quoted: thinning should be done in the beginning of the 2nd, 3rd/4th, 7th and 10th year to reduce the original number of 5000 trees per ha (1 × 2 m spacing) via 3000, 1300, 900 to 650 trees per ha. When the stands are 40 to 50 years old, thinning must stop. A table presents the upper height and the numbers of trees per ha for site quality classes II to V after thinning at different ages for normal, very strong and extra strongly thinned stands.

1055. Boschwezen, Dienst van het, 1924. Dienstvoorschrift no. 76. Titel IV. Dunning uit het gebied der djatibossen. (Instruction no. 76. Section IV. Thinning in the teak forests). Unpublished: pp 37, app (NI).

This instruction has been issued by decree of the Head of the Forest Service dated 30 January 1924 no. 944/H. J. Thinning period: In plantations with better conditions (higher than low site class III) thinning begins at the age of 3-5 years and ends at the age of 40 years. Until the trees are 15-20 years old it has to be done every 4 or 5 years and thereafter every 10 years. In plantations of worse conditions (low site class III, high or middle site class II) thinning begins at the age of ±8 years, is done every 10 years at first and later every 10-20 years, but does not end when the trees are 40 years old. The trees are classified: (1) according to the stem dimension into: dominant normal trees, dominant trees, sideways pressed trees, retarded trees and suppressed trees; (2) according to the defects into: dead trees, broken off, bowed, dying, damaged, sick, badly formed and twin trees. The following form and thinning grades are distinguished: (1) Low thinning, divided into: (1.1) weak (A grade), (1.2) moderate (B grade), (1.3) heavy (C grade). (2) High thinning: (2.1) weak (D grade), (2.2) heavy (E grade). (3) Lightening: (3.1) weak (L I), (3.2) heavy (L II). Low thinning is mostly applied. Heavy thinning could only be done if there were enough personnel available, while lightening is undesirable. Thinning must be done at the end of the wet season or at the beginning of the dry season.

1056. Boschwezen, Dienst van het, 1937. Dienstvoorschrift. Technische voorschriften voor de dunning in Djatibossen. (Service regulation. Technical regulations for thinning in teak-forests). Service publication: pp 21, app (NI).

These regulations replace the former regulations drawn up in 1924. The booklet deals with following aspects: General directives (the aims and objectives of thinning; crown and stem; suppressed trees; spatial distribution of trees; time and intensity of thinning); Special questions (delay in thinning; watersprouts; knotty trees; ground vegetation; pests, diseases and injuries; the presence of non-teak species); Execution and Registration (marking, girdling and felling, registration).

1059 Bruinsma, A. E. J., 1897. Een nieuwe methode van uitdunnen. (A new method of thinning). *T. N. & L.* 53: 115-131 (NL).

The main thinning methods are crown and low thinning. After discussing these two thinning methods, the author concludes that for the teak in Java crown thinning has to be preferred because: felling completely suppressed trees, as is done in low thinning, cannot have any favourable effect on the main stand; teak stands are usually heterogeneous; teak reacts strongly to changes in the amount of light and space; a wide spacing to stimulate the growth of the teak is not possible in view of the form of the stem and the wood quality. Preliminary guidelines for crown thinning are given: (1) thinnings should start when it is possible to select well-formed trees; (2) 100-200 of the most promising of these selected trees, regularly spread over the stand, should be marked; these 100-200 best trees ('keurbomen') will form the main stand at the end of the rotation. The better the soil, the higher the number of selected trees has to be; (3) thinning = felling the trees hindering the marked trees; (4) remaining stand after thinning = marked trees + other dominant trees not hindering the marked ones + all suppressed trees; (5) number of marked trees = maximum number of trees in a teak plantation at the end of the rotation; (6) crown thinning has to be repeated every 5 years; (7) for the time being, light crown thinning is preferable to heavy crown thinning.

1065 Doorn, Z. van, 1939. De djatidunningskap in de Houtvesterijen op Java en Madoera gedurende de jaren 1929 t/m 1938 vergeleken met de dunningspossibiliteit. (Thinning fellings of teak in the intensively managed forest districts in Java and Madura during the years 1929 through 1938 compared with the thinnings that are possible). Circular from the Chief of the Planning Division to the Inspectors, Section Chiefs and District Foresters in Java and Madura: pp 7, app (NL).

This circular provides statistical data on the Teak Enterprise and the Forest Planning Division for the years 1925 through 1935. The following data are listed: (1) possible thinning totals for the next decade in several forest districts, expressed in timber. (2) output of construction wood and fuelwood from the thinnings from 1929 through 1938. (3) actual thinning expressed as a percent of possible thinning. The author explains that the possible thinning totals in the decade are not those contained in the management plans. They can be calculated for the age classes I to VIII, based on the distribution of age and site classes and on assumed grade of perfection of 0.8, using the 1932 yield tables prepared by the Forest Research Institute. A list gives data from 35 intensively managed forest districts: First year of the management plan, production area (ha), thinning possibilities in 10 years (m^3), ratio fuelwood/construction timber (sm/m^3) and total of timber (m^3) and as % maximum output. The author points out that the actual output from thinnings, particularly in the Rembang area, is much lower than the possible output. He thinks that the implementation of thinning not only depends on the market and the available road net but also on the activity of the foresters themselves. He urges forest district officers to be more active in finding markets for the thinning products.

1066 Gerber, C. T., 1936. Dunning. (Thinning). *Djati* 3: 58-64 (NL).

A general discussion on thinning teak stands. The necessity for thinning, the intensity and time of thinning, the types of thinning and the factors which influence thinning are reviewed. The age of the stand: The first thinning must be done 2 years after planting, the next 4-5 years after planting and the final thinning when the stand is 40-50 years old; The quality of the site and stand: The better the quality of the site and stand the more intensive the thinning must be; The density of the undergrowth: The thinning can be less intense if there is little undergrowth; The occurrence of plagues and diseases; The price of wood which has been thinned out and the method used to thin teak stands in Cepu is outlined.

1068 Hart, H. M. J., 1928. Stamtal en dunning. (Een oriënterend onderzoek naar de beste plantwijdte voor den djati). (Number of trees and thinning. (Preliminary research on the best spacing and method of thinning teak)). *Meded. P. v. h. B.* 21: pp 219, ill, app (Nl, nl).

After a detailed discussion of thinning and thinning methods in Europe, the British East Indies and the Dutch East Indies, Hart concludes that none of the numerous thinning methods is suitable as a basis for investigations into the effect of thinning because these methods are subjective, vague or trail behind nature instead of guiding it. To reach an objective thinning method Hart links the number of dominant trees per hectare with their height. An assumed fixed relation between crown diameter and height during a certain period in the development of the trees results in a reduction of the number of trees per ha that is connected with the height growth. The height growth is measured on the 100 highest trees spread regularly over a hectare (= upper height). Changing the assumed relation results in different degrees of thinning, which in turn results in differential development of the stands. The research aims to produce a series of optimal numbers of trees per ha during the whole rotation, for every soil type. These series will serve as guidelines for the management of the teak plantations.

After describing how the measurements were taken, and surveying and discussing the results of the spacing, mixing and thinning trial plots of the Forest Research Institute, the author draws the following preliminary conclusions: (1) The minimum original number of trees per ha is 2500 (2x2m); This gives varying results. If it is possible to thin in time, a higher number is advisable. The poorer the soil, the higher the number of teak trees must be. (2) Admixture of non-teak species has no influence on the form of the teak if the teak is spaced too widely; pruning of teak in a 2x2 m spacing may have favourable results. (3) Row plantation has to be preferred above other spacings. (4) The method of thinning as described by Hart, is easy to do in practice and probably also useful for other species and abroad. (5) No conclusions can yet be made about the best degree of thinning.

1072 Roosendael, J. van, 1928. De dunning der djatiboschen. (Thinning the teak forests). *Tectona* 21: 803-840, ill, app (Nl).

Thinning is a tending operation and does not have to pay. A survey of the area thinned during the years 1911-1925 is given: the backlog is approx. 86000 ha. Rotation, degree and method of thinning at different ages and site qualities are discussed in detail. In areas where thinning is long overdue the thinning has to be done very carefully. The non-teak species growing accidentally in pure teak plantations must always be left undisturbed. The demand for small assortments by the local population is so high that all thinning timber can be sold easily. Distribution systems and prices for private and industrial customers are described. Larger assortments can be sold to local industries (tobacco sheds). One should allow the local population to select and cut teak trees by themselves (under supervision) for the construction of ploughs. This reduces theft. If stored, the quality of the small thinning timber decreases rapidly. These small trees can, after girdling, be left to stand for one year. In the discussion Becking points out: The relation between theft of wood and the marketing policy of thinning timber; The question of selling thinning timber rough or converted; The necessity and duration of the period the trees must stand girdled and/or be seasoned under water; The role of the timber trade companies in marketing thinning timber; The role of the Forest Service in finding new markets; The methods of constructing tobacco sheds.

1071 Roosendael, J. van, 1927. De dunning (c.q. lichting) der djatiboschen, de wijze van uitvoering daarvan en hare opbrengsten aan hout en aan geld. (The thinning (and release cutting) of the teak forests, the method of execution and the thinning yield, expressed in wood and money). Unpublished report: pp 20, app (NI).

Proposal for the official meeting of forest district officers of the IVth Inspection Division in Malang in 1927. (1) Introduction. Thinning is a tending activity that has to be done at the right time. The author divides the *Tectona grandis* plantations and secondary forests into 2 groups; viz. stands less than 30 years old which according to the service regulations have to be thinned every 5 years, and older stands with a prescribed thinning rotation period of 10 years. A thinning backlog in the young stands has a much greater adverse effect on the growth than a thinning backlog on older stands. Thinnings were postponed during the years of depression and now the thinning backlog in young *Tectona grandis* stands is $\pm 60\,000$ ha, and in older stands it is 26 000 ha. Every year money has to be budgeted to clear this backlog gradually. According to the author, all thinning wood can be sold easily. (2) Periodicity and degree of thinning. Thinning has to begin early and be repeated often; not too many trees should be removed at one time. If mixing species and undergrowth are present on site quality class III, thinning is necessary every 3 years until the stands are 30 years old. Until the stand is 20 years old, strong low thinning has to prevent the mixing species and undergrowth from being hampered by inferior teak trees. As soon as it is possible to select the best trees, crown-thinning should be done to give the selected trees optimal growing conditions. The selected trees have to be marked by skilled personnel. The author gives a survey of the number of trees per ha after thinning for different stand and site-quality classes. Especially in stands with a thinning backlog the author proposes to remove a strip of bark over 50 cm wide from around the stem instead of girdling with an axe, because debarking causes the tree to die very slowly and this will result in fewer water sprouts being formed from the surrounding teak trees. Also, debarked trees are less likely to fall down spontaneously.

(3) Marketing. The local population can use even small, crooked timber to build their houses and make tools. To introduce the use of thinning wood to the local population, they should first be allowed to cut the thinning trees they want themselves; sometimes superstition and adat influence the choice of the trees they want to cut for special purposes, for instance ploughs. Allowing supervised cutting will reduce theft considerably. Gradually the sale of most of the thinning wood can be switched to the log dumps. Private sale to the local population is the best method. The demand for fuelwood is also high. The author describes how tickets are sold at the entrances of the forests, allowing the people to collect a certain amount of fuelwood. Much thinning timber is also sold for the construction of tobacco sheds and houses. (4) Exploitation. Because the quality of the rough wood younger than 30 years decreases fast, no large stocks have to be built up unless sale is assured. Often it is used for house posts; exploitation for fuelwood is only remunerative if it can be sold to the local population. Thinning wood from older plantations is, if girdled in time, of equal quality to wood from a final cut, and can be used as poles. Appended are a number of tables giving data concerning the thinning backlog in ha and m³ and the prices of the different assortments of thinning wood in the Kedungalar and Walikukun intensively managed forest districts.

1078 Wepf, W., 1936. De wortelconcurrentie en het 'evenwicht' toegepast bij den aanleg en de dunning van den djati. (Root competition and the 'equilibrium' applied at the establishment and thinning of the teak). *Tectona* 29: 847-856 (Nl).

It is generally accepted that the optimum spacing in teak plantations is 3×1 m and 2×1 m on poor sites. Heavy branching during the first year of too wide spaced plantations on fertile soils can be explained by the fact that lack of root competition enables the roots to take up more nutrients than the small trees can consume. Consequently, on fertile soils teak growth has to be checked either by a closer spacing, e.g. 2×1 m, or by growing a crop between the teak rows. Immediately after the first year, when the teak forms a crown, root competition has to be stopped. Early thinning is necessary to prevent the trees from growing crookedly towards the light, and to prevent damage by wind. At a greater age it is not the spacing but the equilibrium between the activities of the leaves and the roots that determines the degree of branching. If the crown is dying due to suppression, the tree tries to restore equilibrium by forming watershoots. Light is not necessary for the sprouting of dormant buds. The formation of water shoots in stands that have been thinned too late, is caused by the increased supply of nutrients that cannot be consumed by the trees immediately after the thinning.

Wepf proposes the following thinning regime: First thinning after one year, when the teak trees start to form a crown, the spacing to be changed from 1×2 m to 2×2 m. 2 years later (on fertile soils 3 years later) increasing the spacing to 4×2 m \pm 1300 trees/ha. The third thinning 3 years later reduces the number of trees to approx. 900 per ha. After the fourth thinning, when the plantation is 10 years old, approx. 650 trees per ha (approx. 4×4 m) remain. On poor soils, thinning has to be as strong as on fertile soils, provided that a kernlandingan interplanting is made, not only because of the higher risk of root competition but also because on poor soils containing less nutrients than fertile ones, a 'normal' forest, thinned according to the Hart's regulations (1928) with well-formed crowns and a closed canopy, cannot grow. Equilibrium is only possible if there are fewer trees per ha, resulting in an open canopy. In the debate following this lecture, C. Coster makes the following remarks: Branching is a complicated phenomenon, the connection between root competition and branching is not yet clear; root competition takes place in the teak rows, so in a 2×1 m spaced plantation root competition is just as strong as in a 3×1 m spaced plantation.

1079 Wepf, W., 1940. Het uitdunnen van het djatibestand. (Thinning of teak forests). *De Bergcultures* 14: 211-220 (Nl).

The author reviews several thinning methods. The method generally used by the Forest Service is height-space thinning, method of Hart which relates the height of the trees to the number of trees per hectare. This thinning method can easily be used by the forest personnel without risk of serious errors being made. Research has been done by the Research Institute as to the most suitable ratio (5%) of the average distance between the trees (after thinning) and the upper height (opperhoogte). After the publication of the stand tables in 1932 the thinning areas were made up. The author prefers the method of selective thinning, which interferes strongly with the canopy to provide better growing conditions for the superior species in the stand.

1081 Zwart, W., 1933. Keurdunning, een onvoldoend erkend maar noodzakelijk beginsel. (Selection thinning, a necessary but insufficiently approved principle). *Tectona* 26: 610-617 (NI).

Differences in and problems with thinning methods as applied in experimental plantations and in forestry practice are discussed. Instead of the 'height-number of trees' method as described by Hart in 1928 → 1068, a 'free' thinning is almost always done in practice, because of the irregularities within a stand. In 'free' thinning no tree and crown classes are distinguishable but the condition and situation of the individual trees are judged to decide which trees have to be thinned. For this reason the author proposes to call the method 'selection' thinning instead of 'free' thinning. It is advisable to have a 'thinning plan' stipulating efficient execution of the thinnings in a forest district. The service regulations prescribe low thinning. The author prefers selection thinning: a careful release of the best trees facilitates better judgment of irregularities within small distances and will result in maintaining high quality stems. If explained well, selection felling is easy to do, even by untrained personnel.

1082 Zwart, W., 1937. Nog eens keurdunning. (Once again selection thinning). *Tectona* 30: 177-201, app (NI).

After a review of W. Schädelin, 1934: 'Die Durchforstung als Auslese und Veredelungsbetrieb höchster Wertleistung' (Thinning as a selection and improvement operation to produce the highest value), the author compares the detailed method of classifying used by the Forest Research Institute with that of Schädelin. Based on Schädelin's method, a new method of classifying trees in a stand is proposed. The criteria are: sociological niche of the plant: above, in, or under the crown canopy; from of the stem: good, medium, or bad; from of the crown: good, medium, or bad. The method has been tested in some of the Forest Research Institute's thinning plots and the results are appended.

あとがき

この要旨に沢山でてくる *Tectona* は、国立森林総研図書室に一部
ありますので申しそえます。

〔回答〕

2. 海外仕様のマイコン、ソフトウェア一覧

1. 現在日本国内にて海外仕様パーソナルコンピュータを販売しているのは日本電気のA P C I I Iがあるが、受注生産をしておりロットのみ販売とのことでメンテナンス及アフターサービスが不可能のため、積極的には販売していない。また、近々製造を検討するとの話も出てきている。以上の理由により海外仕様パソコンはI B Mが一番良いと思われる。I B Mは米国のメーカーであるのでソフト関係も英文が主になっているのでタイ国に於ける仕様は最適と思われる。

また、パーソナルコンピュータソフトは2万種類以上あるがソフトの選択は非常に難しく、ユーザーの使用を具体的に知ることができれば選ぶことができる。尚別紙にて一部ソフトリストを添付する。

現在、企業及一般的に広く使われているソフトにてシステムを作成したので参照されたい。

- * ソフト説明
- | | |
|-------------------------|------------------|
| ① L O T U S 1 - 2 - 3 | 表計算、グラフ作成、データベース |
| ② W O R D P E R F E C T | 文書作成などのワープロ用 |
| ③ d B a s e I I I | データベースでプログラム作成 |

システムA

- 1) 8560071 SYSTEM UNIT 70MB HD
- 2) 90x8511 SHIP GROUP/KEY BOARD
- 3) 8513001 COLOR DISPLAY 12"
- 4) 6450245 5.25" 360KB EXTERNAL DISKETT, ADAPTER
- 5) 4869001 5.25" 360KB EXTERNAL DISKETT, DRIVE UNIT
- 6) 4208-001 PRO PRINTER XL-24
PRINTER CABLE
AUTOMATIC SHEET FEED
- 7) 6280256 PC DOS Ver4.0
- 8) LOTU-K102 LOTUS 1-2-3 FOR IBM-PS/2
- 9) WORD PERFECT
- 10) NAT-K0022 d BASE III PLUS (3.5")
- 11) 15" SHEET PAPER 2,000sheets/PAC
- 12) PRINTER RIBBON 12PCS/PAC
- 13) 3.5" DISKETTE 2.0MB 10PCS
- 14) UPS W/TRANS

システム B

- | | | |
|-----|----------------------|---------------------------------------|
| 1) | 8530 F21 SYSTEM UNIT | 512KB 1F 1HDD(20MB) |
| 2) | 30F5348 | 0.5MB MEMORY MODULE KIT |
| 3) | 1393990 | 8530 KEY BOARD |
| 4) | 8513001 | 8513-001 COLOR DISPLAY |
| 5) | | PRINTER FACIT B-3350
PRINTER CABLE |
| 6) | SOFT | PC-DOS V4.0 |
| 7) | SOFT | LOTUS 1-2-3 |
| 8) | | WORD PERFECT |
| 9) | | 35" DISKETTE 2.0MB 10PCS/PAC |
| 10) | | SHEET PAPER 15" 2000shcets/pac |
| 11) | UPS W/TRANS | |

(回答)

3. マングローブ林の天然更新技術

去る2月8日開催された林業協力分野プロジェクト国内委員会林業研究分科会に提出された、マングローブ林の天然更新技術に関する個別技術情報支援のための質問書に対して次のようにコメントする。

マングローブ林の天然更新技術は未解決、未解明の点が少ないので、提起された問題のすべてに明確な解答がえられているわけではない。各地の経験をもちより、情報収集につとめなければならない。

(1) マングローブ林の現状

質問書に指摘されているとおり、タイ国のマングローブ林は無秩序な伐採により、資源量、質ともに低下、劣化を招いている。筆者はマングローブ林の現況について、次のように指摘した(荻野和彦、1989)。FAO(1982)の資料によれば、マングローブ林は1980年には、地球上に現存する天然林の約1.3%を占める。総計1,500万haのうち、熱帯アジアに41%、中・南米に37%、アフリカに22%が分布している。熱帯アジアでは大陸部沿岸にも、島しょ部にもみられるが、面積的には後者が重要である。

タイのマングローブ林は、大陸部の特徴も、島しょ部のそれもそなえている。経年的な面積データが公表されていて、マングローブ林面積の確実な衰退ぶりを読み取ることができる。1961年から73年の12年間より、1973年から78年の5年間の方が著しい減少を示す。この勢いは1980年代に入っても衰えていない。筆者らも南タイ西海岸ラノンのマングローブ林で、実際に永久調査区を設置した林分が不法に伐採されて、永久調査が不可能になった経験をもっている(Jintana et al., 1985)。

(2) タイの造林樹種

マングローブ林の現況が前項のとおり、きわめて深刻、破壊的であるが故に、積極的な造林技術の確立が求められる。

造林樹種としての適性は、①技術的な取り扱いの容易さ、②立地への適応性、③林分密度管理、④利用特性などによって判定できる。

タイで現在、注目されているマングローブ造林樹種は、*Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Bruguiera cylindrica* および *Ceriopstagal* などである。他に *B. parviflora*, *B. gymnorhiza* なども利用される。

マングローブ材は木炭原料、燃料材、柱材、漁具材などに利用される。今後、経済的に最も注目されるのは薪炭材、とくに木炭原料としてであろうから、*R. apiculata* の重要性が一層高まるであろう。

R. apiculata は面積的に、あるいは、林分構造的に最も発達したマングローブ林の主要樹種で、樹高40mに達する高木である。巨大な支持根を発達させ、大きいものでは支持根の分岐が2m以上の高さにもなる。材質は硬く重い。辺材部の色は淡いが、心材部は濃い赤褐色を呈する。胎生種子は母樹上で発芽し、長さ35cm、径12mm程度にまで発達する。

R. mucronata は胎生種子がはるかに大きくなるため種子取り扱いにやや難がある。

Bruguiera spp.や*Ceriosos* sp. は木炭にしたときの品質に問題がある。

(3) マングローブ林地の果たすべき役割

質問書は汀線保全と生産活動の両立を求めて、天然林の更新機構の解明が必要であるとされている。林業的には正しいこの視点もマングローブ林生態系の特徴を考えると、水、とくにその海水濃度の影響を考慮しなければならない。

インドネシアの中部ジャワ南岸のチラチャップはかつて数万haに及ぶ広大なマングローブ林に自生地であった。1950年代に蒸気機関車の燃料として姿を消しはじめて、今ではかつての面影は伐痕にとどめているにすぎない。上流域の開発が沿岸部の土砂堆積過度を速め、陸化が進行して沿岸漁民を圧迫しはじめる。漁民が柚夫に変身し、マングローブ林を薪にして町へ売りにいく。マングローブ林再生の試みにアグロフォレストリーに倣った、アクアフォレストリーが取り入れられ、漁民の手による造林も試みられている。

マラヤ半島沿岸には錫鉱床が発達している。錫鉱の採掘は原石の堆積層を周辺の土砂といっしょに掘り上げ、流水による比重選をおこなう。鉱床に沿って大規模な掘削がおこなわれ、現場の植生はくつがえされ、押し流された土砂は下流部の河床を隆起させ、下流部のマングローブ林を埋めつくす。

いろいろな破壊要因が働いているが、陸上の森林と違うことは、必ず水の物理的（土砂の流出堆積）、生物的（水生生物、サカナやエビ、カニ、貝類）な過程が関与している。このようにマングローブ林は水の要因を考慮しなければならないため、陸上の森林より、いちだんと複雑なシステムであるといえる。

(4) マングローブ林は沿岸域に成立するために、水の影響が強い。沿岸域の水は淡水から海水まで、さまざまな濃度の塩分を含んでいる。ときには濃縮によって、海水よりはるかに高い塩分濃度を呈することもある。

筆者らは東インドネシアのハルマヘラで微地形と潮汐の関係を詳しく調査して、微地形による冠水頻度のちがいが、基質の性質に強く影響していることを確認した (Ogino, K. & M. Chihara eds., 1988)。

、古くWatson(1928)は満潮位を5区分して、冠水区分による種分布の帯状構造を説明しようと試みた。土壌への海水の影響というより、直截に樹種の耐塩性と帯状分布を結びつ

けようとしたものの、必ずしも成功したとはいえないが、土壌基質の物理、化学課程に対する影響は実にみごとに説明できる。

土壌の海水による影響は地盤高だけではなく、堆積物の透水性や地下水脈の発達にもよる。大潮の時にのみ冠水するところ、冠水頻度の低いところでも、地下水位の変動しやすいところと変動しないところでは、土壌水の性質はすっかり異なる。地下水脈の発達は土壌中に棲息する動物群の活動が大いに関係するから、生物過程も考慮しなければならない。

土壌中の水の移動が小さく、土壌水が停滞するところでは、土壌中の有機物が分解するとき大量の酸素を消費するため、またその酸素消費量をまかなえないため、還元的な状態酸化還元電位 (Eh) の低下をもたらす。冠水区分と土壌水の可動性もあわせて、土壌水の酸化還元電位を測定したところ、土壌水が流動性に富んでいるところでは、土壌表面に近いところだけでなく、比較的地下深いところまで、高いEh値を示した。土壌中の水がぬけるときの、空気を引き込みフレッシュな海水が酸素を持ち込むと解することができる。これに対して土壌水が停滞するところは、例外なしに低いEh値を示した。

(5) マングローブ林への水の影響 (その2)

還元状態は生物にとって酸素欠乏という好ましくない状態をつくりだすだけでない。化学的な影響もつよい (久馬一剛, 1986)。還元状態では、海水または汽水の持ち込む硫酸根が有機物の存在下で還元され硫化水素が発生したり、いろいろな栄養塩類の硫化物としての沈殿がおこる。硫酸還元によるパイライト (FeS_2) の生成・蓄積の進行である。この過程は栄養塩類の不可給態化による貧栄養化をともなうといえる。

蓄積したパイライトは酸素の存在下で、酸化され再び硫酸が生成する。この過程は土壌中の微生物によって促進される。

十分水が与えられたとき、マングローブ土壌は表層から下層まで採取時のpHはほぼ7付近にある。こうした土壌を乾燥するとpHは急激に変化し、1、3付近にまで低下することも稀ではない。土壌が激しい酸性を示すこの減少は酸性硫酸塩土壌の生成として注目され、海水の影響をうける沿岸土壌の農業開発を妨げるものとして大きな問題を投げ掛けてきた。

(6) 土壌と根系の発達

マングローブ土壌が水の影響下で上のような過程を示すことは、植物の生育基質としてきわめて不安定な存在であることを示している。

マングローブ林は地下部に大量の有機物を集積している。地上部と地下部の比 (TIR比) が陸上の森林のばあい温帯林で3-5、熱帯林で5-6ときには10を超える例があるとされるが、マングローブ林では0.4-0.8という例が多い。地下部には細根がぎ

っしりつまったルートマットをつくりあげている。

細根量がとくに注目されるが、その土壤中での分布をみると土壤水が停滞的で還元状態にあるところでは、比較的表層に集中し浅いルートマットを形成する。酸化状態を保っているところでは、特定の深さにマットを形成することなく、より深部にまで根を伸長していくのがみとめられる。

(7) 現存量の推定

根量の推定を相対生長法によると、引き抜き時細根のほとんどを土壤中に残してしまうため、太い根の推定値におわる。土壤中の根の部分を正確に知り、根量を推定するにはソイル・ブロック法によらねばならない (Tabuchi, 1983)。

Komiyama (1987) は単木の根の水平分布が根株部を中心として、同心円状に指数関数的に減少すると仮定して、土壤中の根密度モデルを考慮して根量の推定精度を高めた。

地上部現存量の推定は南タイ、東インドネシアの測定例をもとに、非常に精度のよい相対生長式がえられている。従来測定例のあった中・南米よりはるかによく発達した大型林分で確かめたこの式によって、マングローブ林地方によって関係式が分離するのではなく、樹種によって分離することが確認できている。

(8) 樹種特性

Kongsangchai (1988) はタイのマングローブ天然林、人工林の毎木調査を精力的におこない、 $3/2$ 乗則による解析を試みた。天然材と人工林をプロットしたすべてのデータは最多密度曲線の勾配 -1.5 より小さいことをみいだした。つまり高密度栽培の人工林では単木幹材積がかなり高く、面積あたり収量が高くなることがわかった。

Patanaponpaibeen (1989) はマングローブの2樹種 *Kandelia candel*, *R. apiculata* の密度試験を2.5年間にわたって幼齡林分でおこなった。その結果樹種によって、高密度栽培に対する反応が異なることを見出した。栽培密度によって、葉群動態が異なり、低密度区ほど個体あたり葉面積が増大し、葉の寿命、着葉期間が長くなることを示した。植物生長の生態的要因が栽培条件によって異なるいっぽう、生理的な要因である光合成能は栽培密度にはほとんど関係しないことから、いわゆる密度効果の発現を生態生理モデルとして考察、あきらかにした。

こうした栽培実験と前述の密度調査の結果を総合すると、マングローブ樹種は従来考えられているより高い栽培密度に耐えるらしいことがわかったが、今後この点を試験的に解明していく必要がある。

REFERENCES
(Mangrove)

- Aksornkoae, S. 1979. The productivity of mangrove plantation at Amphoe Khlung Changwat Chantaburi, Thailand. proceedings symposium on management of forest production in Southeast Asia, Biotrop: 404-422.
- Attiwill, P. M. and Clough, B. F. 1980. Carbon dioxide and water vapour exchange in the white mangrove. School of Botany, The University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia. *Photosynthetica* 14: 40-47.
- Ball, M.C, and Critchley, C. 1982. Photosynthetic responses to irradiance by the grey mangrove, Avicennia marina, grown under different light regimes. *Plant Physiol.*, 70: 1101-1106.
- Ball, M.C. and Farquhar, G. D., 1984 Photosynthetic and stomatal responses of the grey mangrove, Avicennia marina, to transient salinity conditions. *Plant Physiol.*, 74:7-11.
- Brown, J. M. A., Outred, H. A. and Hill, C.F. 1969. Respiratory metabolism in mangrove seedlings. *Plant. Physiol.*, 44:287-294.
- Chansang, H. 1984. Structure of a mangrove forest at Ko Yao Yai southern Thailand. *Proc. As. Symp. Mangr. Env.-Res.& Manag.*, 86-105.
- Chapman, V.J. 1970. Research on mangrove phytosociology. *Trop. Ecol.*, 11:1-19.
- Chapman, V. J. 1962. Respiration studies of mangrove seedlings. I, II. *Bull. Mar. Sci. Gulf Carib.* 12:137-167, 245-263.
- Chapman, V. J. 1976. Mangrove vegetation. Strauss and Cramer, Germany.
- Clough, B. F., Attiwill, P.M. 1975. Nutrient cycling in a community of Avicennia marina in a temperate region of Australia. In "Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves." (eds. Walsh, G. E., Snedaker, S. C. and Teas, H. J.), 137-146. Univ. Florida.
- Connor, D. J. 1969. Growth grey mangrove (Avicennia marina) in nutrient culture. *Biotropica*. 1: 36-40
- Davis, J.H. Jr. 1940. The ecology and geologic role of mangrove in Florida. *Papers from Tortugas Lab.* 32. Carnegie Inst. Wash. Publ., 517: 305-412.
- Duke N.C., Bunt J. S. and Williams, W. T. 1984. Observation on the floral and vegetative phenologies of north-eastern Australian mangroves. *Aust. J. Bot.*, 32: 87-99.
- Downton, W. J. S. 1982. Growth and osmotic relation of the mangrove Avicennia marina as Influenced by Salinity. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 519-528.
- Giglioli, M. E. C. and Thornton, I. 1965. The mangrove swamp of Keneba, Lower Cambia River basin. I. Descriptive notes on the climate, the mangrove swamps and the physical composition of their soils. *J. Appl. Ecol.*, 2:81-103.
- Giglioli, M. E. C. and King, D. F. 1966, The mangrove swamps of Keneba, Lower Cambia River basin. III. Seasonal variation in the chloride and water content of swamp soils, with observations on the water levels and chloride concentration of free soil water under a barren mud during the dry season. *J. Appl. Ecol.* 51:215-36.
- Gill, A. M. and Tomlinson, P. B. 1971. Studies on the growth of red mangrove (Rhizophora mangle L.) 3. Phenology of the

- shoot. *Biotropica* 3: 109-124.
- Gledhill, D. 1963. The ecology of the Aberdeen creek mangrove swamp. *J. Ecol.*, 51: 639-703.
- Golley, F. B., Odum, H. T. and Wilson, R. F. 1962. The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in May. *Ecology* 43: 9-19.
- Hamilton, L. S. and Snedaker, S. C. (eds.) 1984. Handbook for mangrove area management. East-West Center Publishers, Hawaii. pp. 123.
- Hassan, H. Abu, 1981. A Working Plan for the Second 30-Year Rotation of the Matang Mangrove Forest Reserve. Perak State Forestry Dept., Malaysia. pp. 115.
- Hesse, P. R. 1961. Some differences between the soils of Rhizophora and Avicennia mangrove swamp in Sierra Leone, *Plant and Soil* 14:335-46.
- Hou, D. 1958. Rhizophoraceae. In C.G.G.J. Van Steenis (ed.). *Spermatophyte. Flora Malaysiana*. P. Noordhoff, Leyden. 464-468.
- Jimenez, J. A., Lugo, A. E. and Cintron, G. 1985. Tree mortality in mangrove Forests. *Biotropica* 17: 177-185.
- Jone, W. T. 1971. The field identification and distribution of mangroves in eastern Australia. *Queensl. Nat.*, 20: 35-51.
- Jordan, H. D. 1964. The relation of vegetation and soil to the development of mangrove swamps for rice growing in Sierra Leone. *J. Appl. Ecol.*, 1: 209-212.
- Kongsangchai, J. 1988. Forest ecological study of mangrove silviculture. Ph.D. Thesis, Kyoto University.
- Kuenzler, E.J. 1968. Mangrove swamp systems. Coastal Ecological System of the United States. Eds. H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahon, 353-383.
- Sakurai, N. and Kuraishi, S. 1985. Cultivation conditions for Kandelia candel seedlings. Studies on the mangrove ecosystem. Nodai Research Institute. Tokyo University of Agriculture, 94-101.
- La Rue, C.D. and Muzik, T. J. 1954. Growth, regeneration and precocious rooting in Rhizophora mangle. *Pap. Mich. Acad. Sci.*, 39: 9.
- Macnae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. *Advan. Mar. Biol.*, 6: 73-270.
- Macnae, W. and Kalk, M. 1962. The ecology of the mangrove swamps of Inhaca Island, Mozambique. *J. Ecol.*, 50: 19-34.
- Miller, P. C. 1972. Bioclimate, leaf temperature, and primary production in red mangrove canopies in south Florida. *Ecology* 53:22-45.
- Moore, R. T., Miller, P. C., Albright, D., and Tieszen, L. L. 1972. Comparative gas exchange characteristics of three mangrove species during the winter. *Photosynthetica* 6: 387-393.
- Moore, R. T., Miller, P. C., Ehleringer, J., Lawrence, W. 1973. Seasonal trends in gas exchange characteristics of three mangrove species. *Photosynthetica* 7: 387-394.
- Moriya, H., Komiyama, A., Jintana, V. and Ogino, K. 1985. Leaf dynamics of several key species. In "Ecological studies on the vegetation of mangrove forests in Thailand." (ed. Miyawaki A.), Yokohama, 147-152.
- Nakagoshi, N. and Nehira, K. 1986. Growth and mortality of mangrove seedlings transplanted to Hiroshima. *Hikobia* 9:

- 439-449.
- Nakasuga, T. 1982. Preliminary studies on viviparous seed and early growth of Rhizophora stylosa in Okinawa. Proc. of NRCT-JSPS Rattanakosin Bicentennial Joint Seminar on Science and Mangrove Resource. At Phuket, Thailand, Aug. 1982. 202-207.
- Nakasuga, T., Tamai, S. and Ogino, K. 1983. Ecological studies on mangrove forest - Standing structure of Rhizophora forest at Kapoer, Ranong, Southern Thailand. Mangrove Ecology in Thailand, Thai-Japanese Cooperative Research Project on Mangrove Productivity and development (1981-1982). Bulletin prepared by grands from the Japanese Ministry of Edu. Sci. and Culture.
- Ogino, K. 1985. Biomass studies of mangrove ecosystem in Ranong, southern Thailand. In Proc. Studies on the Mangrove Ecosystem, NODAI Research Institute, Tokyo University of Agriculture, Aug. 1985, 31-38.
- Patanaponpaiboon, P. 1979. Structure of mangrove forest at Amphoe Khao Saming, Trad. M.S. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. pp. 57. (in Thai).
- Patanaponpaiboon, P. and Ogino, K. 1987. Effect of plant density on the growth of the mangrove species, Kandelia candel (L.) Druce. Bulletin of the Ehime University Forest 25: 103-113.
- Rabinowitz, D. 1978. Mortality and initial propagule size in mangrove seedling in Panama. J. Ecol., 66: 45-51.
- Raksakoae, P. 1974. Mangrove planting. Paper presented to 1974 national Forestry Conference. Khon Khaen. pp. 8. (in Thai).
- Roland, R.J. 1980. Dispersal of mangrove natural regeneration in areas prone to piai Invasion/piai infested. B. Sc. (For.) Thesis, University Pertanian Malaysia, Serdang.
- Saenger, P. 1982. Morphological and reproductive adaptations of Australian mangroves. In "Mangrove Ecosystem in Australia, Structure, Function and Management"(ed. Clough, B. F.), 153-191. Aust. Natl. Univ. press, Canberra.
- Saenger, P., Hagerl, E. J. and Davie, J. D. S., 1983. "Global Status of Mangrove Ecosystems". Commission on Ecology Paper of IUCN., No. 3. pp. 88.
- Santisuk, T. 1983. Taxonomy and distribution of terrestrial trees and shrubs in the mangrove formations in Thailand. National History Bulletin of the Siam Society. Vol. 31. No. 1, Summer 1983, pp. 91.
- Sivakumar, J. 1980. Evolution of the coastal sand and vegetation resources of the north eastern coastal belt of Sri Lanka. Tropical Ecology & Development. 1097-1102.
- Smitinand, T. 1976. The botany of mangrove forest in Thailand Proc. 1st Thai nat. Sem. Mangrove Ecology, Phuket, Thailand 1 (2), 222-256.
- Snedaker, S. C., 1982. Mangrove species zonation, Why ?. In "Tasks for Vegetation Science, Vol 2"(eds. Sen, D.N. and Rajpurohit, K. S.), 110-125. Junk, Hague.
- Srivastava, P. B. L. and Sani, A. 1979. Effect of final felling on natural regeneration in Rhizophora dominated forest of Matang Mangrove reserve. Pertanika 2: 34-42.
- Srivastava, P. B. L., Sani, A. and Kamis, D. 1980. Status and dispersal of natural regeneration in Matang mangrove reserve of Peninsular Malaysia. Tropical Ecology & Development. 1113-1120.
- Srivastava, P. B. L. and Harnarinder Singh Bal, 1984. Composition

- and distribution pattern of natural regeneration after second thinning in Matang mangrove reserves, perak, Malaysia. *proc. As. Symp. Mangr. Env. Res. & Manag.*, 761-784.
- Steenis, C. G. G. J. Van. 1958. *Rhizophoraceae. Fl. Males.* 5: 431-493.
- Tamai, S., Nakasuga, T., Tabuchi, R. and Ogino, K. 1986. Standing biomass of mangrove forest in southern Thailand. *J. Jap. For. Soc.*, 68: 384-388.
- Teas, H. J. 1977. Ecology and restoration of mangrove shorelines in Florida. *Environmental Conservation* 4, 51-58.
- Walter, H. 1971. *Ecology of Tropical and Subtropical Vegetation*, Edinburgh, Oliver & Boyd.
- Watson, J.G. 1928. Mangrove forest of the Malay Peninsula. *Mal. For. Rec.*, 6: 1-275.

久馬一剛編： 東南アジアの低湿地，熱帯農業技術叢書第20号，農林水産省

熱帯農業研究センター 1986 301頁

萩野和彦： マングローブ林の生態，熱帯林業第14号 1989 2-10頁

[回答]

4. 樹下植栽について

(1) Nicholson, D.I. 1960; Malay. For. 23:344:356

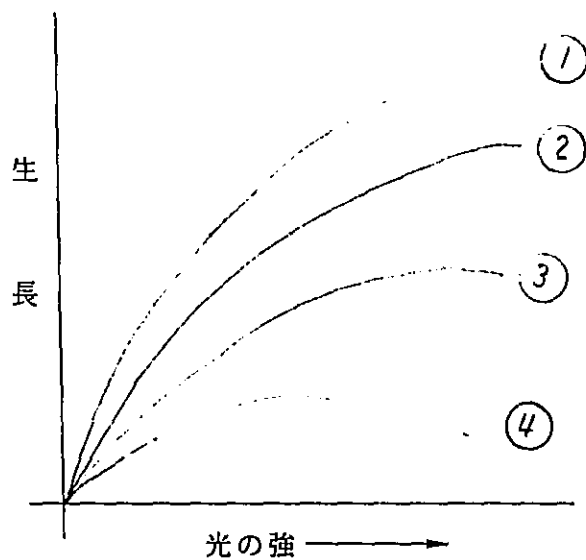
Mori, T. 1980, Research Pamphlet 78. F.R.I. Malaysia

(2) サラワクで、Albizziaの下にDipterocarp を植えた例があると思う。

その他、IUFRO 論文集を入れておく。(事務局注「熱帯樹木の成長解析」の項参照)

ただし、Dipterocarp seedlingsはそれほど耐陰はないことに注意。耐陰というよりも、肥沃でない場合には、強光下で弱いことが問題。

一般に、肥沃なほど陽光下でよく生育する。



①から④の順で、貧栄養の
土壌になる。

Murray & Nichols 1966 も
同じ結果をカカオを樹下植栽
した試験で出している。

[解答]

5. 萌芽更新について

ユーカリの萌芽更新による第2、第3ローテーションの成長量についてのデータは少ないが、同樹種のプランテーションの多いブラジルにおける昭和63年度の適地適木調査での聴きとりによると、第1ローテーションに比し一般的に成長量は漸減するとのことであった。

ブラジルでは、近年ユーカリの育種が盛んで第1ローテーションの伐採後は新しい品種系統の新植を行う場合が多く萌芽更新が少ないが、苗木植栽と萌芽更新とのMAIの比較の事例(サンパウロ州)を参考までにあげると下表のとおりである。

The Silviculture conduct of Eucalyptus specie and provenance

in Sao Paulo in the 1 e 2 rotation --Paraibuna(Cil.Vol.)

Lat. 23.32'S Long. 45.42'W Alt. 900m

SPECIE	PROVENANCE	MAI	% FAILURE	MAI
		m ³ /ha/year 1 rotation (9.3years)	COPPICE	m ³ /ha/year 2 rotation (5 years)
E. globulus	Australia	18.55	15.60	5.42
E. grandis	Australia	112.59	26.17	91.43
E. gummifera	Australia	17.01	14.45	7.85
E. microcoris	Australia	59.46	11.13	36.71
E. pellita	Australia	52.51	6.64	49.73
E. pilularis	Australia	111.31	16.40	56.57
E. saligna	Mairinque	97.89	21.49	88.99
E. saligna	Australia	87.02	37.11	67.84
E. triantha	Australia	55.31	30.08	9.13

Introduction of Eucalyptus species and provenance in the Tropics:

Shintaro Oda ; Ana Luisa Moraes

Cesar Augusto Graeser

Companhia Suzano de Papel e Celulose

IV. 中国黒竜江省木材総合利用研究計画

1. 研究協力における評価方法のあり方

研究協力における評価のあり方

(1) 研究管理手法の現状

- ① 研究管理を行なう場合の着目点、考え方、評価の基準
- ② 研究管理の実際
 実例、様式

(2) 研究に係る技術移転（研究協力）の評価のあり方

- ① 研究協力と研究の相異点
- ② 研究協力に係る研究管理を行なう場合の着目点、考え方、評価の基準

(3) 主な文献の紹介

2. 結束方法

当プロジェクトは黒龍江省林産工業研究所との合作事業である。当研究所の製材研究室は製材方面に関して、全国での指導的役割を期待されている。したがって研究内容及び外部での指導項目は多方面にわたっている。

現在中国ではヤチダモ、ナラなどの製材品を輸出しているが、その輸送中あるいは積み込み、積み降ろしの際、荷崩れの発生も少なくないようである。この事に関しては、原因もさまざまであろうが結束方法あるいは結束機にも問題があると思われる。当方で問題となっているのは、結束用バンドがスチール製にも関わらずプラスチック用の結束機を使用しているため、結束機の消耗が激しい事と結束不良が発生することである。スチール用の結束機を使用すれば良いのであるが国内事情もあり、手に入らないようである。

この問題について対応するため、日本国内での結束方法やこれに関する規格があれば教えて頂きたい。又、低コストの結束法に関する情報もあわせてお願い出来れば幸いです。

3. 床材

当プロジェクト（中国黒龍江省木材総合利用研究）は、黒龍江省林産工業研究所との合作事業である。当研究所の製材研究室は製材方面に関して国内の指導的役割を期待されている。当研究室では木材の有効利用を計ることから、背板等の残材の利用、又、将来を考えて小径間伐材の用途開発について検討中である。

中国では、木製品は一般的に高価である。しかし人件費は非常に安い（日本円に換算しておよそ4,000円/月）ことから、手作業を必要とする木製品でも経済的には採算がとれると考えられる。これらを考慮すると床材等が有望ではないかと思われる。当研究所には、一般的な木工機械は既に設置されており特殊な加工機械を必要としない製品開発が望ましい。当地での床材施工方法はコンクリート床に直貼りが一般的である。

これらを前提にして適当と思われる床材製品、生産方法に関する資料あるいは規格

またアドバイス等を御回答下されば幸いです。

4. ポプラ家具材の表面硬化塗装処理技術

当プロジェクトは、小径木、間伐材、林地残材等の木材の総合利用を目的とした研究プロジェクトである。

中国では木材不足に対応するため、カラマツ、ポプラの速成樹種の造林が盛んであるが、木材不足はかなり深刻で、日本では一般に用いられないポプラ材すら家具材等として利用しなければならない現状にある。

当研究所では、既にポプラ材の材質調査を終えたが、やはりポプラ材は、低比重で強度、硬度の点で問題があり、材質改良の必要性が指摘されている。

本年度からは、日中合作研究課題としてポプラ材の改良の研究を開始するが、その一方法として樹脂含浸等の処理を行なう予定で、これについての情報は我々も良く知る所である。しかし、安価で簡便な方法と思われる表面硬化塗装法については、当地では情報不足であり、対応が難しい。

そこで、ポプラ材のような軟材を家具材として利用した時に、表面の硬度維持に効果のあるような塗料、塗装法、技術等について情報を提供していただきたくお願い申し上げます。

最近の中国では、木目を生じた塗装法が好まれる傾向にあり、着色透明な塗装が主流となりつつある。

〔回答〕

IV. [中国黒龍江省木材総合利用研究計画]

1. 研究協力における評価方法のあり方

1. 研究管理手法の現状（日本国内の場合を記す）

1.1 研究管理を行なう場合の着目点、考え方、評価の基準

研究課題を提案し、それが決定されて研究活動を行ない、研究結果がとりまとめられ、最終的に公表されるまでには、事前評価、中間評価、事後評価などが研究者相互や所属する期間などの各段階で行なわれている。しかしこれらの評価の仕方や基準などには定型化されたものはなく、研究の分野や研究の性質によって、一つの基準にはあてはめられないものである。従って各研究所ではそれぞれ独自の方法や手続きにより実施しているのが現状である。

1.2 研究管理の実際（化学技術研究所の例）

通商産業省工業技術院に属する化学技術研究所では、昭和52年度に研究所独自の措置として「研究評価制度」を定め、各研究者が実施しているすべての研究課題ごとに個別の研究評価を行なっている（制度の内容は別添）。

この制度における評価項目は、

- (a) 研究計画については研究の意義、独創性、綿密性、妥当性など。
- (b) 研究経過については研究目標との合致性、進捗状況、価値ある成果などであり、研究部の部長、全課長、全室長で構成する研究評価委員会が、必要に応じて参考人の意見も聞き、行なうものとされている。

評価の結果は研究管理者も研究の有効かつ円滑な進捗のために責任をもって必要な措置をとらなければならないとされている。また研究成果は事前に所長の承認を得た上で所の刊行物、各種学会誌・協会誌への誌上発表、所の研究発表会・学会等での口頭発表が行なわれている。

1.3 研究評価法の制定や運用上の留意点

研究評価方法を考える場合の基本的な考え方として、次の点が指摘されている。

- (a) 実効性があること（研究者が研究上の助言を得られるようなものであること）。
- (b) 継続性があること（同一の尺度により行なわれ結果が時系列的に活用されること）。
- (c) 柔軟性があること（状況の変化に適切に対応し得るものがあること）。
- (d) 透明性があること（評価の考え方、方法が明らかにされていること）。

2. 研究に係る技術移転（研究協力）の評価のあり方

2.1 研究協力と研究の相違点

研究協力は相手国研究者の研究に協力し、その過程で C/P（カウンターパート）の研究能力をレベルアップすることであって、専門家が主体的に研究を行なうものではないと考

える。東南アジア地域などにはかつて旧宗主国の研究者が滞在し、研究成果も発表されているが、これらの研究者は結果的には自分の研究の対象としてそれらの地域を求めたのであって、地元には研究者は育たなかった。

研究協力においては、相手国がもつ問題点を解決するための研究の立案法を指導し、その研究計画に沿って研究を進める過程で研究手法や機器の利用法を技術移転し、更に得られた結果のまとめ方や結論を出すプロセスを指導することとなる。従って専門家が独走するような研究の仕方は研究協力にはふさわしくないものとする。

2.2 研究協力に係る研究管理を行なう場合の着目点、考え方、評価の基準

研究協力プロジェクトにおいては、協力分野ごとの専門家が日本側専門家として1つのチームを作り、相手国に協力することになる。従って専門を異にする日本側専門家はそれぞれの分野の専門家として尊重されるべきであって、管理する側、される側としての区別はない。ただ研究に対する経験には長短の差があり、助言する側、される側の違いは出てくるものと思われる。1つのチームとして相互に意見を求め、知恵を出し合うことが大切である。

相手側に協力するという建前と、制約の多い条件の中で研究を進めるためには、研究の進行管理や評価の方法も日本国内におけるものとは当然異なるものでなければならない。計画の立案に係る事前検討は特に重要である。課題設定時、中間時点、終了時の各段階で検討すべきと思われる項目と、その際考慮すべき条件とを列挙してみる。

2.2.1 課題設定時の検討項目

- (1) 相手側の要望・研究需要の把握
 - ・ R/D の内容
 - ・ 派遣要請書
 - ・ C/P からのききとり
- (2) C/P の要望・提案の妥当性の検討
 - ・ 機関の現状
 - ・ 産業の現状
- (3) 目的の明確化
 - ・ 期待する成果とその活用法
- (4) 研究手法の設定
 - ・ 機械・器具の現状
 - ・ 消耗品の供給可能性
 - ・ 電力・水道（質と量）供給の実情
 - ・ 研究対象の確保（実験材料、フィールド）
 - ・ C/P の能力、人的資源
 - ・ 自分のもっている手法

(5) 研究スケジュールの作成

- ・ 専門家の派遣期間
- ・ C/P の年間スケジュール
- ・ 予測できないマイナス条件

(例) 材料入手のおくれ

機械の故障

停電・断水等による実験の中断またはやり直し

C/P の不馴れによる実験のおくれ

2.2.2 中間時点における検討項目

(1) 進捗状況の把握

(予定通り進捗しなかった場合、原因の把握)

- ・ 計画に無理はなかったか。
- ・ 供与機材は国情に適していたか。
- ・ 研究手法は妥当であったか。
- ・ ローカルコストは負担されたか。

(2) 次期計画の変更の要否

- ・ 目標は適切であったか。
- ・ 予定した技術移転の内容は妥当か。

(3) 成果の応用・普及面での利活用の可能性

2.2.3 事後（課題終了時）における検討項目

(1) 当初予定した成果が得られたか。

(2) 普及に移せる技術があるか。

(3) 予定した技術移転が行なわれたか。

(4) C/P がその技術を第三者に移転できるか。

(5) C/P の研究能力（研究の計画力、実行力、とりまとめ能力）は向上したか。

(1) に関しては限られた期間、限られた条件の中では計画通りの成果が得られない場合もあろう。しかし(3)～(5)が達成されておれば研究協力の目的は達せられたと評価すべきであろう。研究協力における事後評価は、協力期間中の発表論文数にこだわるのではなく、時間をかけ、長期的な観点から判断すべきであろう。

参考資料

1. 通商産業省化学技術研究所 : 研究評価制度(昭52.10.28)(別添)
2. 国際協力事業団・国際協力総合研究所 : プロジェクト方式技術協力手引書
(年度毎に研修資料として発行)

通産省化学技術研究所における研究評価制度

工業技術院の試験研究所については、工業技術院長が定めた基本要綱実施要領に基づき研究課題の設定、試験研究の合理的推進及び研究成果の活用等研究管理を行うこととされている。これによれば、指定研究については工業技術院長が研究管理者と定められ、工業技術院に評価検討委員会（学界、産業界等外部の有識者及び工業技術院職員で構成）を設置し研究評価を行うこととしている。

これに対して、特別研究及び経常研究については、各研究所長が研究管理者と定められ、このうち特別研究につき工業技術院長に「進捗状況報告書」（毎半期終了後）及び「研究終了概要報告書」（研究終了後）を提出することとされている以外は、各研究所の運営に任されている。

化学技術研究所においては、昭和52年度に所独自の措置として「研究評価制度」（昭和52年10月28日付け所長決裁）を定め、各研究者が実施しているすべての研究課題ごとに個別に研究評価を行っている。

研究評価制度の概要

この「研究評価制度」は、昭和50年4月に次長をキャップに企画官、各研究部(B)の代表者で構成する研究評価制度検討委員会を設置し、検討した結果に基づき昭和52年10月に導入されたものである。

この研究評価制度の内容は、表6のとおりであるが、その主なポイントは次のとおりである。

- ① 各部を単位とする研究評価制度である。
- ② 各研究部の部長、全課長及び全室長を構成する研究評価委員会が評価を行い、必要に応じ参考人の意見を聞く。
- ③ 経常研究及び特別研究のほか、指定研究も評価の対象とし、計画及び経過（成果を含む。以下同じ。）の各段階においてすべての研究課題ごとに個々に行う。
- ④ 評価の時期は、研究計画については1月中又は2月中旬に、また研究経過については年1回各研究部で定める。
- ⑤ 評価項目は、④研究計画については研究の意義、独創性、綿密性、妥当性等、⑥研究経過については研究目標との合致性、進捗状況、価値ある成果等である。
- ⑥ 評価の結果は、部長が研究課長等に対する助言、指導、予算配分などに活用するとともに、活用の結果を所議に報告する。

表6 研究評価制度（昭和52年10月28日付け）の内容

1 本研究評価制度の意義

この研究評価制度は、研究者個人の業績や能力の評価を目的とするものではなく、研究効率の向上、研究意欲の刺激及び研究活動の活発化を目的とするものである。従って、研究評価はそれぞれの研究課題を対象として行いものとする。

研究評価は研究計画の評価と研究経過（研究成果を含む）の評価とからなる。研究評価に際しては、研究評価委員会を構成し、十分な審議を行いものとする。その審議の内容は評価結果と同様に重要視されるべきものである。

研究計画の評価に当たっては、研究担当者の置かれている研究環境（人員、設備、予算など）を考慮しつつ、それぞれの計画を審議しなければならない。もちろん、研究途上における研究計画の変更は、正当な理由があれば許されるものである。

研究評価の実施に際しては、当所のような総合研究機関においては、細部にわたり全所一律の評価基準を設定することは困難であるので、ここでは幾つかの基本についてのみ定める。従って、研究評価を行ない際の実施細則については、各研究部の特性を踏まえて各部の判断によるものとする。

適切な研究評価は、研究担当者にとって意義あるものであるが、研究管理者も評価結果を活用し、研究の有効かつ円滑な進ちょくのために責任を持って必要な措置を採らなければならない。

2 研究評価の方法

各研究部で研究評価を行ないに際しての全所に共通な評価手続きは、2-1～2-5に記すが、実施細則（例えば評価項目の追加、日程、形式など）は必要に応じて各研究部でそれぞれ定めるものとする。

2-1 研究評価は、各研究部ごとに研究評価委員会により行い。研究評価委員は研究室長会議の構成員全員とする。委員会は必要に応じて参考人に意見を求めることができる。

2-2 研究計画の評価は、次年度の実施計画について1月中又は2月中旬に行い、研究経過の評価は少なくとも年1回、各研究部で適当と考える時期に行い。

2-3 研究評価の対象となる研究課題は、経常研究、特別研究、大型プロジェクトなど、いずれも経常研究における小項目に相当するものとするが、具体的には各研究部でそれぞれ定めるものとする。

2-4 研究計画の評価に際して評価委員は、研究担当者から提出された研究計画書に基づいて次の諸項目について検討し、意見を部長に具申する。

1) この研究は次のどの分野でどの程度の意義が認められるか。

- (イ) 学問的意義
- (ロ) 基礎技術としての意義
- (ハ) 行政への貢献度
- (ニ) 民生・産業への直接貢献度

2) 本年度目標及び実行計画はこの研究の目的に到達するのに適切であるか。

3) 本年度の実行計画は理論、方法、技術などの面において新規性、独創性を備えているか。

4) 本年度の実行計画は綿密性、周到性を備えているか。

5) 人員、予算、設備などに対して計画は妥当であるか。

2-5 研究経過の評価に際して評価委員は研究課題ごとの研究経過報告書（活動度を含む）などを参考にして、当該研究経過について次の諸項目を検討し、意見を部長に具申する。

1) 研究目標に合致しているか。

2) 順調に進ちよくしているか。

3) 価値ある新事実、結論が得られているか。

4) 実験、理論などに不備又は誤りはないか。

3 研究評価の活用

部長は評価委員会の意見を受け、研究課長及び研究室長に研究についての助言、指導、予算配慮などの必要な措置を採り、それら評価活用の結果を所議に報告する。所長は部の評価活用の結果を所の運営に反映させる。

(四) 通商産業省の資料による。

なお、評価に際し用いることとされている様式等は次のとおりである。

① 2-4により研究担当者から提出される「研究計画書」

研 究 計 画 書

提出日 年 月 日

1. 研究課題	
2. 研究室名	
3. 研究担当者名	
4. 研究の目的と必要性	
5. 研究計画 1) 本年度の目標	
2) 本年度の研究実行計画	
3) 年次計画	

註) 通商産業省の資料による。

② 2-5により参考とされる「研究経過報告書」

昭和 年度研究経過報告書

提出日 年 月 日

1. 研究課題	
2. 研究室名	
3. 研究担当者名	
4. 研究経過の説明	
5. 研究の成果	
6. 活動度 1) 研究報告(誌上発表) 2) 口頭発表 3) 特許、実用新案 4) 共同研究 5) 技術指導 6) 依頼試験分析 7) 講演、総説、著書など 8) 留学、兼任(所内外)、国際協力、その他	

(注) 通商産業省の資料による。

〔回答〕

2. 輸出向け製材品の結束方法について

中国の対日輸出向け製材品の結束は、プラスチックテープ専用の結束機を用いているにもかかわらず、スチールバンドを使用するため、結束機の損傷があり、かつ十分な引締めができずに荷役過程で荷崩れが生じるといわれている。

製材品などの輸出は、本国の生産工場から相手国の需要者に至るまで、陸上、海上輸送が数度にわたり、その都度、荷役作業を伴うものの、この過程で荷崩れがあってはならない。

このため、輸出向け製材品の結束に当たっては、堅牢なテープもしくはバンドを用い、十分な引締め力を与えて梱包しなければならず、通常、スチールバンド使用の結束機を用いることになる。この場合、プラスチックテープ使用の機種にスチールバンドを代用しては当然、結束機自体の耐久性を著しくそこねるし、また十分な引締め力を与えることができず、荷役、輸送の過程で荷崩れが生じ、作業性を低下させるばかりでなく、製品の品質低下にもつながってくる。

我が国では、アメリカ、カナダはもとより、東南アジア諸国やニュージーランド、さらに最近では南米、アフリカ諸国からも製材品を輸入しているが、これらの殆どすべてがスチールバンド締めによる結束である。もちろん、この結束には、アメリカやカナダ物の一部に自動結束機による梱包もあるが、多くは手動式の帯鉄引締め機（図参照）を用いてバンドルを行なっているようである。

手動式の帯鉄引締め機を備えて結束すべきであろう。

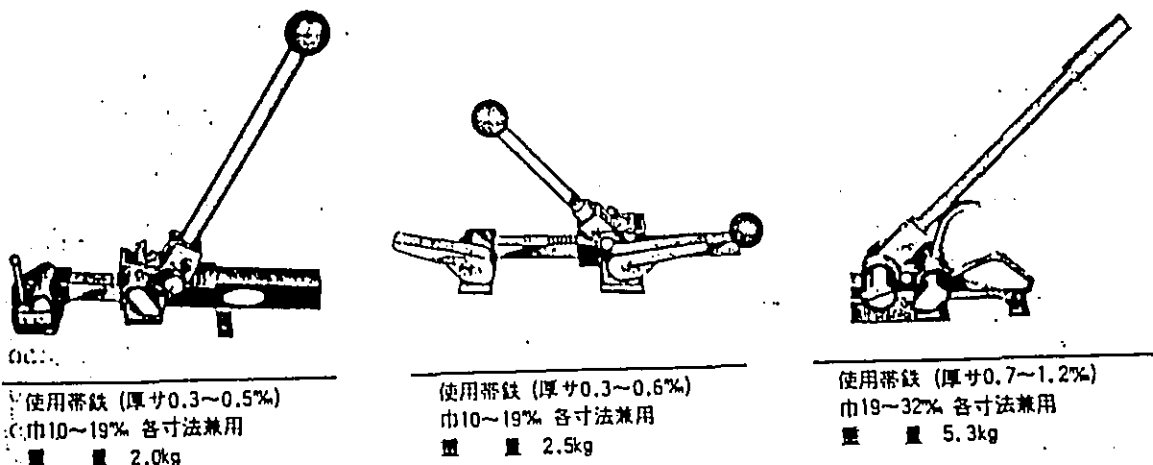


図 製材品の結束に通常使用されている帯鉄引締め機

製材品のスチールバンドルは、材長4mの梱包ならば、材長方向に3～4ヶ所を一定の引締力を与えて締めるが、エッジ部分の荷傷み防止のために添木（単板等）を当てることが多い。

また、1梱包の大きさは、特に規格がなく、フォークリフトの荷役や、トラック荷台への積み合わせを考慮して決められる。通常、4m材の梱包は、幅、高さとも約1mであり、1梱包当たりの製材品材積は、南洋材の板類で1.5～2.5m³（1枚毎に栈木を入れたもの）、木材の角類で2.5～3.0m³である。なお、梱包長は板類で2～4m、角類で3～6mが多い。

1梱包の重量は、製材品の樹種、含水率状態にもよるが、我が国で一般に荷役作業で使用されるフォークリフトが2.5～3.0tであることから、1回のハンドリングで1～2梱包扱が可能になるようにする必要がある。

以上は、我が国の輸入製材品にみる結束状況であるが、国内の場合については次のように、ビニールやプラスチックテープの結束が主流である。

すなわち、国内生産・出荷の場合は、荷役回数が限られ、しかも日本では製品種が多く種別はもちろん、寸法、品等毎にきめ細かく結束し、梱包するのが一般的であるため、ビニールやプラスチックテープによることが多い。この結束には、手動式と自動式の機械が用いられ、いずれも専用テープを使用している。手動式、自動式に限らず、専用テープで一定の引締めを行なって結束したものは、通常の流通過程で荷崩れ等のトラブルは皆無に近いといつてよい。

自動式の結束機は、量産工場に導入されており、多くの場合、積込装置と一体になっている。もちろん、機種によっては結束能力に差はあるが、木材専用の結束装置として開発されており、所定のテープ使用で一定の引締力を与える機構になっており、流通過程で荷崩れ等を引き起こすことは殆どない。

日本では、手動式、自動式にかかわらず、結束作業がそれ事態品質管理業務を兼ねた工程であるといつてもよく、梱包内容に品質のムラがないこと、適正な結束であるか否か等をも、日常的にチェックするが多い。

このように、我が国での製材品の結束は、単に梱包するというわけではなく、需要ニーズに応えつつ、品質の維持管理を計る意味合いもある。中国が製材品の対日輸出を真に考えるとすれば、結束方法の改善は当然のこと、日本市場向け”商品”となるべき品質管理技術を研究すべきかも知れない。

(回答)

3. 床材の種類と生産方法

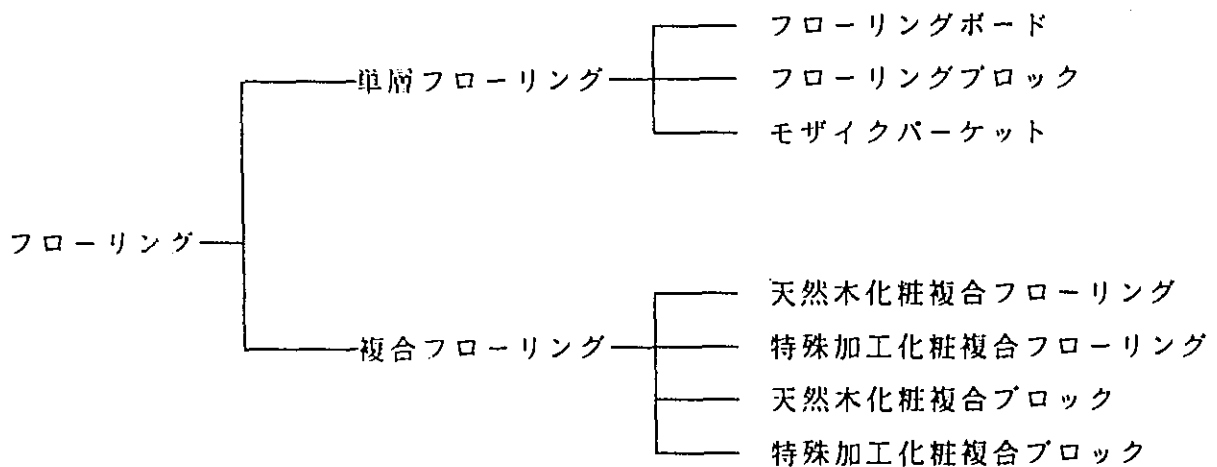
中野委員（星木材利用部主任研究官）

(1) 床板の種類

我が国における床板類は、日本農林規格によってフローリングと呼ばれ、次の7種類に分類し、表1のように定義されている。

表1 日本農林規格の床板類の定義

用語	定義
フローリング	主として板その他の木質系材料からなる床板であつて、表面加工その他所定の加工を施したものをいう。
単層フローリング	構成層が1のフローリング及び性質が類似した板を同一の進捗方向に積層したフローリングで構成層が2のフローリングをいう。
フローリングボード	表面加工、さねはぎ加工その他所定の加工を施した単層フローリングであつて、根太の上に張り込むのに適当な強度を有するものをいう。
フローリングブロック	ひき板、単板等の板を2枚以上並べて接合し、表面加工、側面加工その他所定の加工を施した単層フローリングであつて、床地床の上のみに張り込むのに適当な強度を有するものをいう。
モザイクパーケット	表面加工、側面加工その他所定の加工を施したひき板又は単板の小片（最長辺が22.5cm以下のものに限る。以下「ピース」という。）を2個以上並べて紙等を介して組み合わせた単層フローリングであつて、床地床の上のみに張り込むのに適当な強度を有するものをいう。
複合フローリング	単層フローリング以外のフローリングをいう。
天然木化粧複合フローリング	天然木の美観を表わし、又は木材質特有の性質を利用することを目的として表面にひき板若しくは単板をはり合わせ、さねはぎ加工その他所定の加工を施した複合フローリングであつて、根太の上に張り込むのに適当な強度を有するものをいう。
特殊加工化粧複合フローリング	表面に樹脂、印刷等による特殊加工、さねはぎ加工その他所定の加工を施した複合フローリングであつて、根太の上に張り込むのに適当な強度を有するものをいう。
天然木化粧複合ブロック	天然木の美観を表わし、又は木材質特有の性質を利用することを目的として表面にひき板若しくは単板をはり合わせ、側面加工その他所定の加工を施した複合フローリングであつて、床地床の上のみに張り込むのに適当な強度を有するものをいう。
特殊加工化粧複合ブロック	表面に樹脂、印刷等による特殊加工、側面加工その他所定の加工を施した複合フローリングであつて、床地床の上のみに張り込むのに適当な強度を有するものをいう。



これらの床板類のなかから黒龍江省の原材料、施工方法、加工機械等の条件によって選択することになる。

1) 原材料の面から

背板等の残材、小径間伐材の利用が原材料とすれば単層フローリングの3種類となる。

2) 施工面から

利用方法がコンクリートスラブ床への直張りが一般的な施工法とすれば、前記3種類のなかの2種類（フローリングブロックおよびモザイクパーケット）となる。

3) 手持ち機械類の面から

フローリングブロックおよびモザイクパーケットの生産工程の参考資料を資料1、および2に示した。

一般的にはモザイクパーケットは原材料が背板、小径材等であれば好条件となるものと考えられるが、原材料を小片化する場合に専用機が必要となる。専用機械はかなり高価であることが問題である。

フローリングブロックは具体的な手持ち機械がわからないが、汎用機はかなり使用可能ではないかと考えられる。自動接着接合装置または波釘接合機などは補充する必要があるかと思われる。

ブロックの施工方法にはモルタルの中に定金具を埋め込んで施工する湿式工法と、乾燥したコンクリート床スラブの上に接着剤で張り込む乾式工法があり、これに対応する製品がある（資料1参照）。乾式工法には裏面に防湿シートを接着するので、中国でこのシートが入手可能かどうか問題である。

(2) まとめ

背板類、小径材等を原材料とする場合の直張り床板の生産を考えると、

1) 原材料の面からは、水分変化による膨張収縮による狂いを最小限度に押えるには小片化するモザイクパーケットが有利である。

2) 手持ち機械の有効利用の面からはフローリングブロックが選択される。

3) 参考

コンクリート床スラブにころがし根太を施してフローリングを施工することとなれば、参考資料3の工程となる。製品の工程、製品施工後の安定度は3製品のなかでは最も良いと考えられる。

資料

- 資料1 フローリングブロックの製造工程
- " 2 モザイクパーケットの "
- " 3 フローリングボードの "
- " 4 日本農林規格 (J A S) ----- 時時

木床を考える

連載・20



豊後水産自林業試験場木材部機械加工研究室

主任研究員 梶

通

フローリングの 製造工程〔I〕

単層フローリング の製造(2)

フローリング ブロックの製造

まえがき

本稿ではフローリングブロックの製造工程について述べることにする。日本農林規格ではフローリングブロックを次のように定義している。

フローリングブロック、「ひき板、単板等の板を2枚以上並べて接合し、表面加工、側面加工その他所要の加工を施した単層フローリングであって、素地床の上のみに張り込むのに適当な強度を有するものをいう。

これはひき板または原単板等の板を2枚以上並べて接合し、表面加工、側面加工の他フローリングブロックの性能を付加するために必要な加工を行なった単層フローリングで、素地床の上に張り込めるものをフローリングブロックと呼ばれる。

このような定義によってJASに格付け（合格）され、一般市場に流通している製品は次に示す二種類である。

1) 湿式工法用フローリングブロック

湿式工法用フローリングブロックは、厚さ15または18mmの板を4～5枚並べて接合して240、300または303mm角の寸法に加工し、防湿を目的として裏面にブロンアスファルトを塗布して砂を付け、両木口面に足金具を付けたブロックである。厚さ3～4cmのモルタルの中に足金具を埋込んで施工される（図1）。

2) 乾式工法用フローリングブロック

乾式工法用フローリングブロックは、厚さ10～15mmの板を4～5枚並べて裏面に防湿シート（ポリオレフィン樹脂系特殊発泡シート）を接着し、両側面および両木口面に木ぎわ加工を施したブロックである。コンクリート床スラブまたは木質系

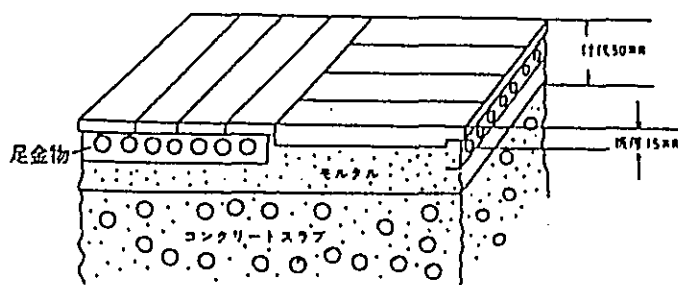


図1 湿式工法用フローリングブロックの施工例

素地床（合板）の上に接着剤を用いて接着施工される。

これらのフローリングブロックの製造工程は、生産する工場の立地条件や材料等によってそれぞれ特徴のある工程となっているが、ここではその代表的な製造工程について例示する。

1. 湿式工法用フローリングブロックの製造工程

湿式工法用フローリングブロックの製造工程例を図2に示した。同図の製造工程は、フローリング厚板の前処理工程として①原板の乾燥・調湿。ブロックの製造工程として②原板の加工、③フローリングブロックの加工。製品の評価・梱包の工程として④選別・検査・梱包の4工程に大別される。

①の原板の乾燥・調湿の工程では、原板の含水率を13%以下（JASにおける広葉樹を原材料とした人工乾燥の場合の含水率の適合基準値）とするために、生原板を機積し、予備乾燥として天然乾燥（含水率20～30%まで）してから人工乾燥する。人工乾燥後には原板の間の含水率を揃える目的で、目標含水率より2%高い高温多湿の平衡含水率の条件下（乾燥室内）で20～24時間の調湿処理を行なう。調湿後は乾燥室の温度が下がるのを待って原板を搬出し、工場内で1週間以上養生する。この期間に原板内の乾燥による応力が緩和されるとともに含水率の揃った原板に仕上げられる。

②の原板の加工の工程では、乾燥による原板の狂いをむら取りかんな盤で平面に仕上げ、両側面を平衡に加工する。図2の左側の工程はむら取り二面かんな盤を使ってはじめに原板の表裏面を仕上げから両側面の加工を行なう。右側の工程はむら取り一面かんな盤で表面を仕上げから裏面仕上げ、両側面の加工を行なう

③のフローリングブロックの加工の工程では、原板を選別・色合わせをしてブロックに組合わせる。原板の接合、表面および両側面・両木口面の加工、金具溝加工、裏面防湿処理、裏面砂付け、足金具接着が行なわれる。ブロックの接合方法には接着剤で接着接合する方法と裏面から波釘で接合する方法とがある。表面の仕上げは一般に回転かんなで仕上げたままである。寸法の仕上げ加工

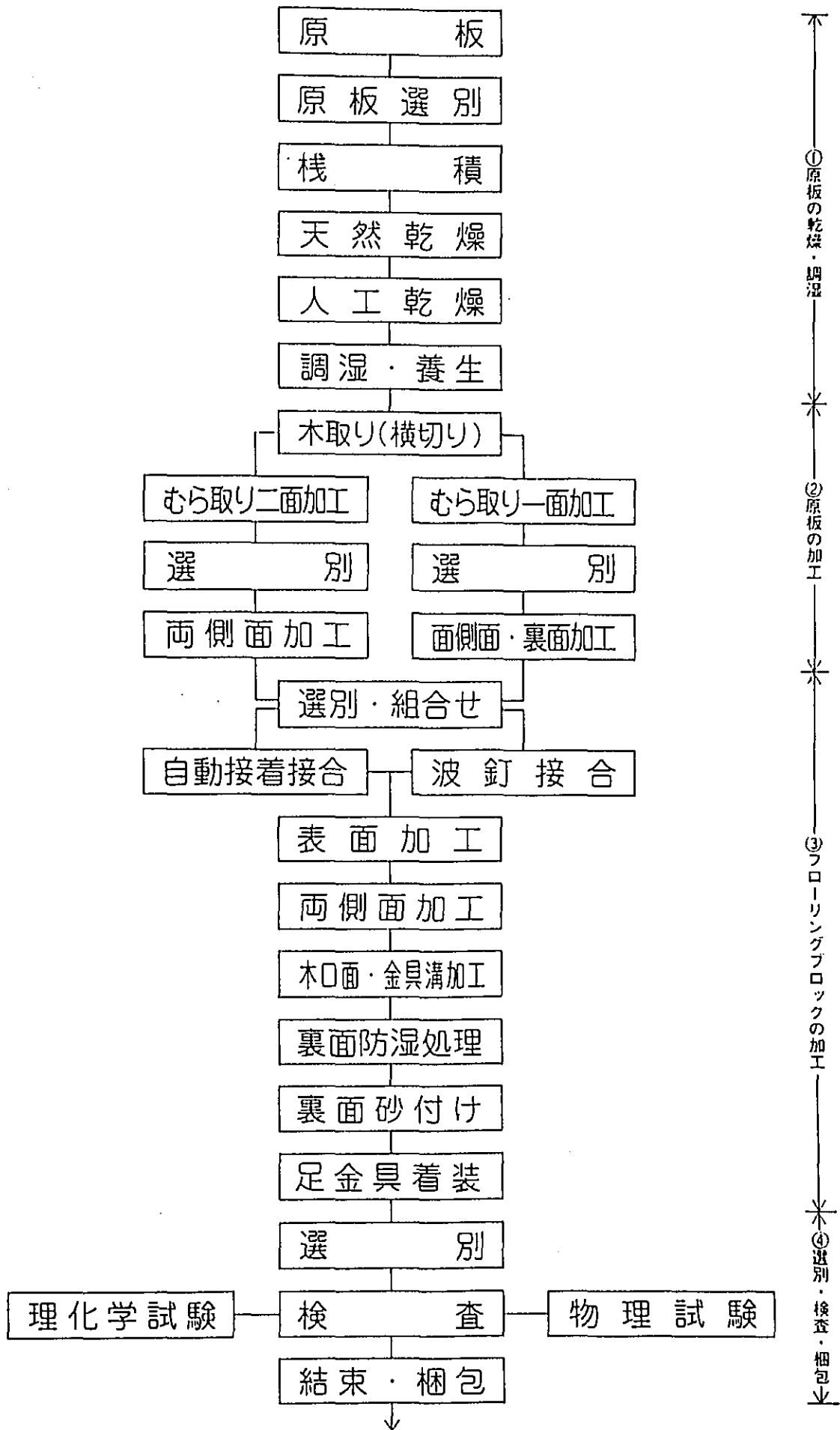


図2 湿式工法用フローリングブロックの製造工程例

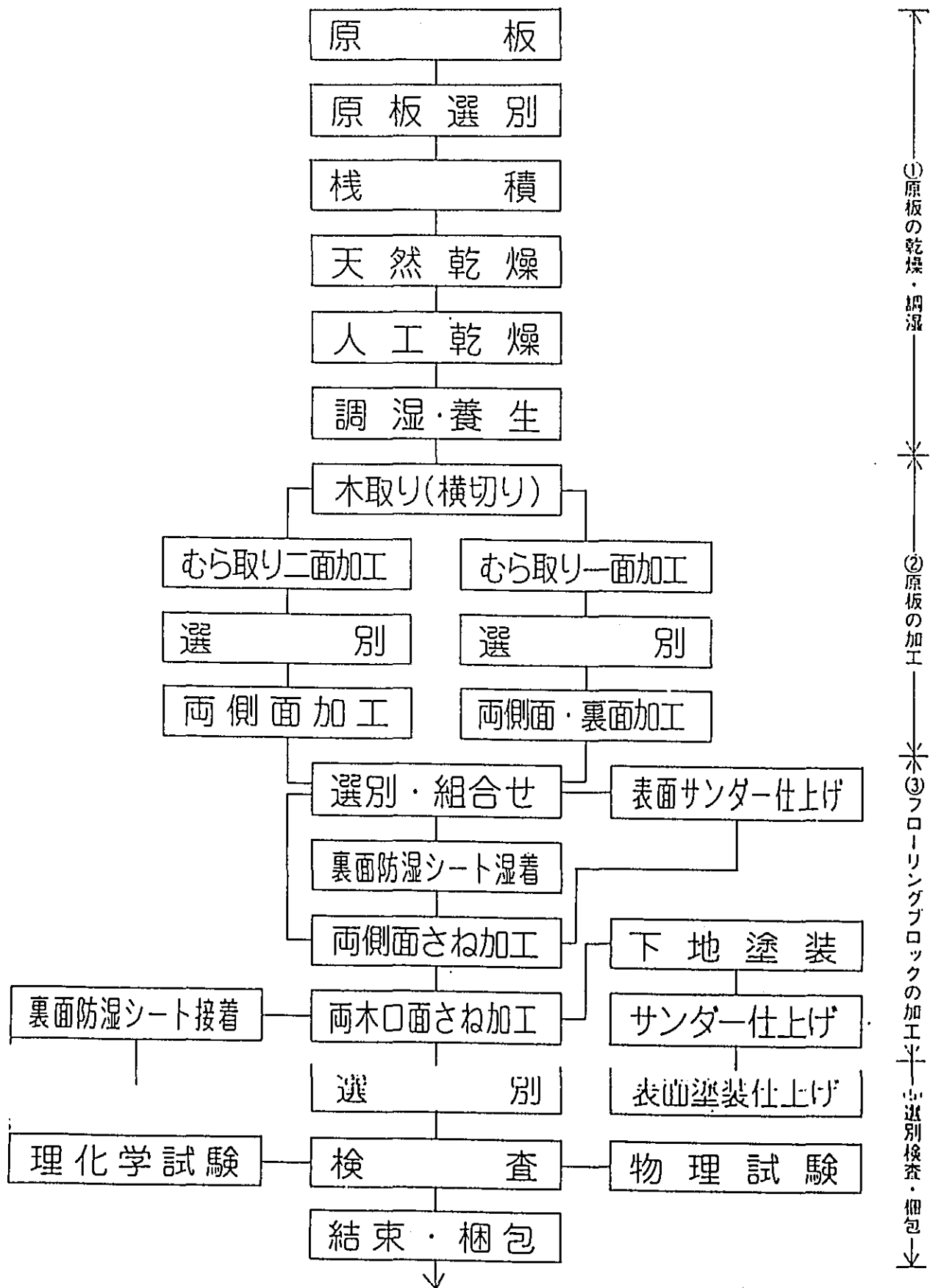


図3 乾式工法用フローリングブロックの製造工程例

は両側面の加工と両木口面の加工と同時にこなされる。また足金具溝は両木口面の加工と同時にこなされる。裏面防湿処理は施工時のモルタル水分の吸湿防止を目的としたもので、ブロックの裏面に熱溶解したブロンアスファルトを塗付して砂付けする。

足金具着装は、自動釘打機で中央と両端側の3本どめされる。この工程でブロックの加工が終る

④選別・検査・梱包の工程では、社内品質基準またはJASの品質基準によって選別または格付けが行なわれる。また、性能検査(物理試験、理化学試験)を行ない最終的なJASの格付けが行なわれる。フローリングブロックの場合のJAS合格品は結束・梱包し、図4のマークと表1の表示事項が付けられる。

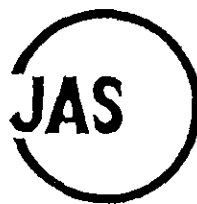
2. 乾式工法用フローリング ブロックの製造工程

乾式工法用フローリングブロックの製造工程例を図3に示した。同図の製造工程は、①原板の乾燥・調湿、②原板の加工、③フローリングブロックの加工、④表面塗装仕上げ、および⑤選別・検査・梱包の5工程に大別される。

①の原板の乾燥・調湿の工程では、原板を搜積し天然乾燥、人工乾燥および調湿を行なうことは前記の湿式工法用フローリングブロックの場合と同様であるが、この製品は接着剤でコンクリート床スラブ、または、合板などの木質系床地床の上に張り込むため、施工後の床板の含水率の変化による寸法変化 狂いが起きないように特段の配慮をした乾燥・調湿が行なわれる。また、乾燥後の養生期間も許される範囲で長くとられる。

②の原板の加工の工程は、前記の湿式工法用フローリングブロックの工程と同様にむら取りかんな等の種類によって工程が二つに分けられる。

③のフローリングブロックの加工工程では、原板の選別・色合わせ・ブロックの組合わせ、裏面防湿シート接着、両側面さね加工、両木口面さね加工、表面塗装仕上げが行なわれる。裏面防湿シートの接着工程は、④組合わせ→裏面防湿シート接着 →両側面さね加工→両木口面さね加工(図3中央工程)、⑤組合わせ→両側面さね加工→両木口面さね加工→裏面防湿シート接着(図3左側工



格付機関名

図4 フローリングブロックのJASマーク

品	名
材	料
化	粧
加	工
の	方
法	
乾	燥
法	
防	虫
処	理
寸	法
入	り
数	
製	造
者	

表1 JAS合格品の一括表示様式

程)、⑥組合わせ→表面サンダ仕上げ→両側面さね加工→両木口面さね加工→裏面防湿シート接着(図3右側工程)などがある。

④の表面塗装仕上げの工程では、図3右側の工程に示すように下地塗装→サンダー仕上げ→表面塗装仕上げの2回塗装の工程と3回塗装の工程とがある。また、下地塗装と同時に着色を行なう工程もある。塗装時間を短縮するための赤外線ランプなどを使った加熱がを使用する例も多い。

⑤の選別・検査・梱包の工程は、前記の湿式工法用フローリングブロックと同様に社内品質基準またはJASの品質基準によって選別または格付けが行なわれる。また、性能検査の結果によって最終的なJASの格付けが行なわれ、図4のマークと表1の表示事項が付される。

あ と が き

フローリングブロックの製造工程の代表的なものとして湿式工法用フローリングブロックおよび乾式工法用フローリングブロックの工程例について述べた。関係者の参考になれば幸甚である。

木床を考える

連載・21



農林水産省林業試験場木材部機械加工研究室

重倉研究室 星

通

フローリングの 製造工程〔I〕

単層フローリング
の製造(3)

モザイクパ
ケットの製造

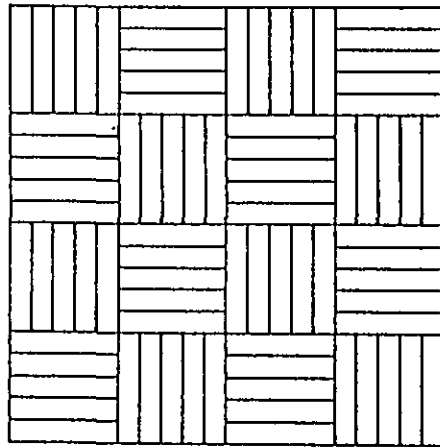
まえがき

本稿ではモザイクパーケットの製造工程についてその概要を述べることにする。日本農林規格で

はモザイクパーケットを次のように定義している。

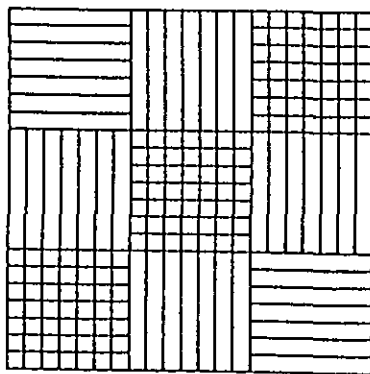
モザイクパーケット、「表面加工、側面加工その他所要の加工を施したひき板又は単板の小片（最長辺が22.5cm以下のものに限る。以下（ピースという。）を2個以上並べて紙等を使用して組み合わせた単層フローリングであって、素地床の上の

市松模様



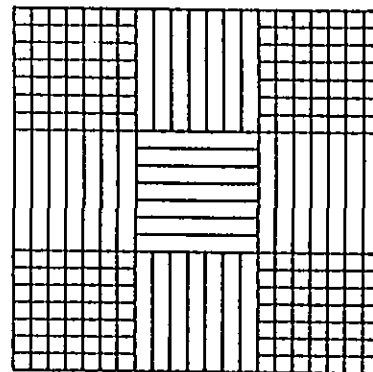
(裏面防湿シート張り製品もある)

(a)



(3ドミノ)

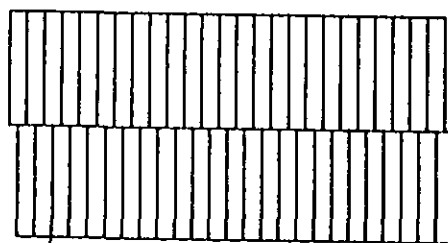
(b)



(4ドミノ)

(c)

同一方向模様



裏面に針金溝加工

(d)

図1 モザイクパーケットの代表的な表面の模様

みに張り込むのに適当な強度を有するものをいう。」

これはひき板または厚むき単板等の表面加工、側面加工の他にモザイクパーケットの性能を付加するために必要な加工を行ない、板類を2個以上並べて紙等を使用して組み合わせた単層フローリングであって、素地床の上に施工するものをモザイクパーケットと呼ぶとしている。このような定義によって格付（合格）された製品が一般市場に流通されている。

1. モザイクパーケットの種類

前記の製品を表面の模様および製品の構成で次のように大別される。

1) 表面の模様による分類

(1) 市松モザイク模様、薄くて小幅で短尺なピースを5～7枚同一方向に並べて小ブロックとし、一辺が3～4ブロックの正方形としたモザイク模様（図1(a)）がある。なおこの他に幅25×長さ151.5×厚さ6mmのピースを6枚平行に並べた正方形の小ブロックを一辺に4ブロック×6ブロック、計24ブロックを市松状に組合せたもの、2ブロック×4ブロック、計8ブロックを市松状に組合せた製品などいろいろな組合せがみられる。

(2) ドミノパーケット模様

前項の市松状モザイク模様を一辺3ブロックの正方形とし、その対角線上の3ブロックにピースの幅を一辺とした色違いの正方形の小ピースを組合せたもの（図1(b)3ドミノパーケット模様）、または四角のブロックにドミノブロックを配置したもの（図1(c)4ドミノパーケット模様）などのドミノパーケットがある。

(3) 同一方向模様

小幅のピースを同一方向に並べて表面塗装した製品がある。現場仕上げを省力化した製品でプレバーク（プレフィニッシュパーケット）と呼ばれている。

2) 床板の構成による分類

床板の構成はその施工法と深くかかわり合っているので若干構法についてもものべる。

(1) 表面紙張製品

図1(a)のように市松状モザイク模様にピースを組合せ、その表面に紙を張って仮留した製品である。素地床に接着剤で裏面が素地の状態で接着施工したのちに表面の紙をはがして表面仕上げをする方式で施工・仕上げが行なわれる製品である。

(2) 裏面防湿シート貼製品

図1(a)～(d)の各製品の裏面にポリオレフィン樹脂系発泡体シートや軟質エンビシートを貼合せたもので、コンクリート床スラブから移動する水分を防湿することを目的とした裏面防湿タイプの製品である。接着剤でコンクリート床スラブにダイレクトに接着施工される。

(3) 裏面針金留製品

製品の裏面に溝を切り針金を埋め込んで組合せをしたもので、前項(3)のプレバークに使用されている方式である。この製品には裏面を針金留のまま素地床に接着剤で施工するものと、前項のように裏面に防湿シートを貼ったコンクリート床スラブ施工用の製品とがある。

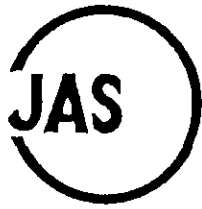
2. 製造工程

前記のようにモザイクパーケットの種類は沢山あり、それぞれの生産工場の置かれる条件や使用する材料等によってその生産工程は異なっているので、本稿ではその代表的な製造工程について例示することとする。

1) 表面紙貼モザイクパーケットの製造工程例

表面紙貼モザイクパーケットの製造工程例を図2に示した。同図の製造工程は①フローリング原板の乾燥・調湿の工程、②ピース加工の工程、③ピースの組合せの工程、④製品の選別・検査・梱包の工程の4工程に大別される。

①原板の乾燥・調湿の工程では、原板の生産、または受入れ、選別、棧積後に天然乾燥を行ない原板の初期含水率を20%以下まで乾燥させる。こうした原板をさらに人工乾燥室内に積込んで温度と湿度を調節しながら含水率が3%以下になるま



格付機関名

品	名
材	料
名	
化粧加工の方法	
乾	燥
法	
防	虫
処	理
法	
寸	
法	
人	り
数	
製	造
者	

図4 モザイクパーケットのJASマーク

表1 JAS合格品の一括表示様式

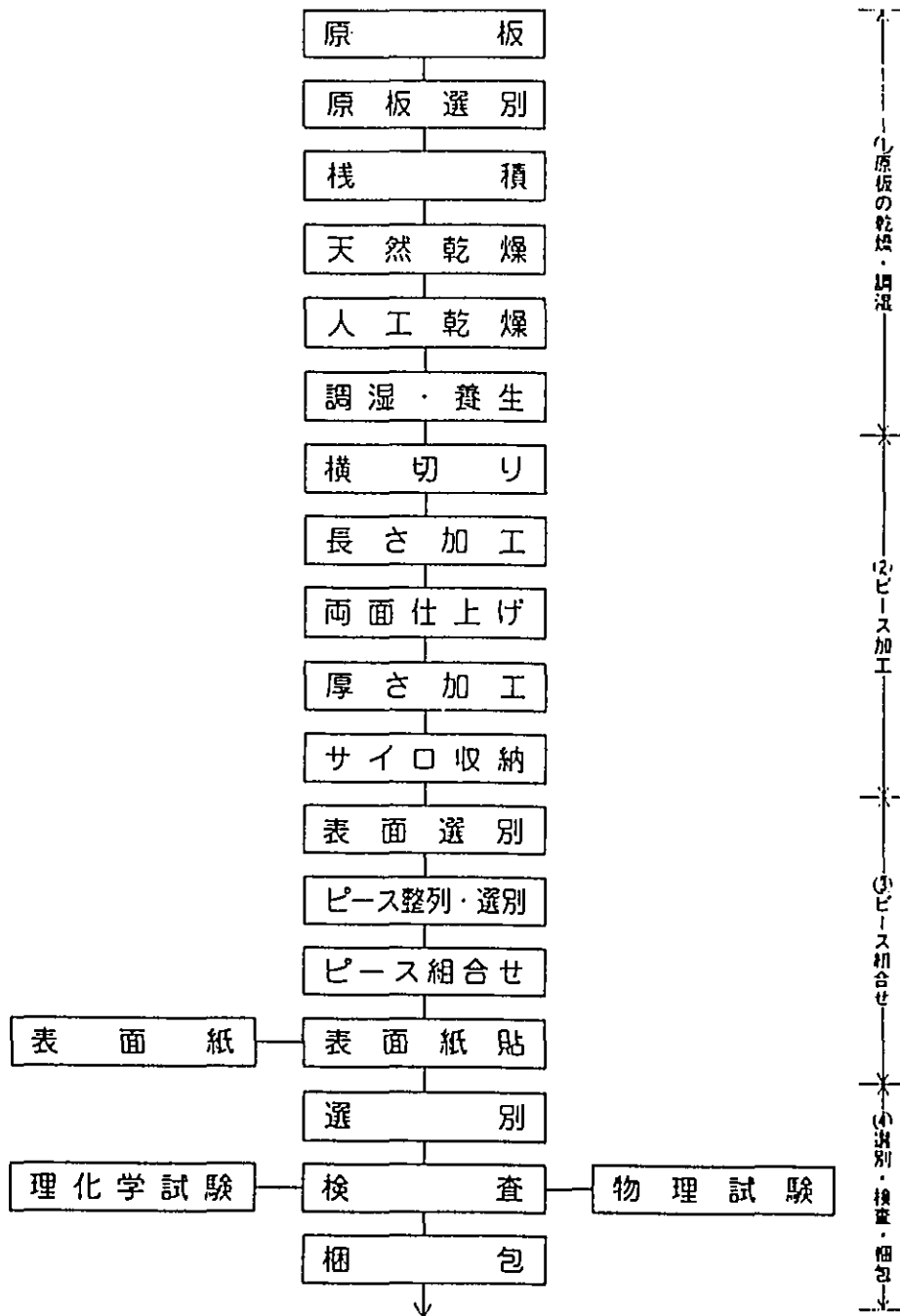


図2 表面紙貼製品工程例

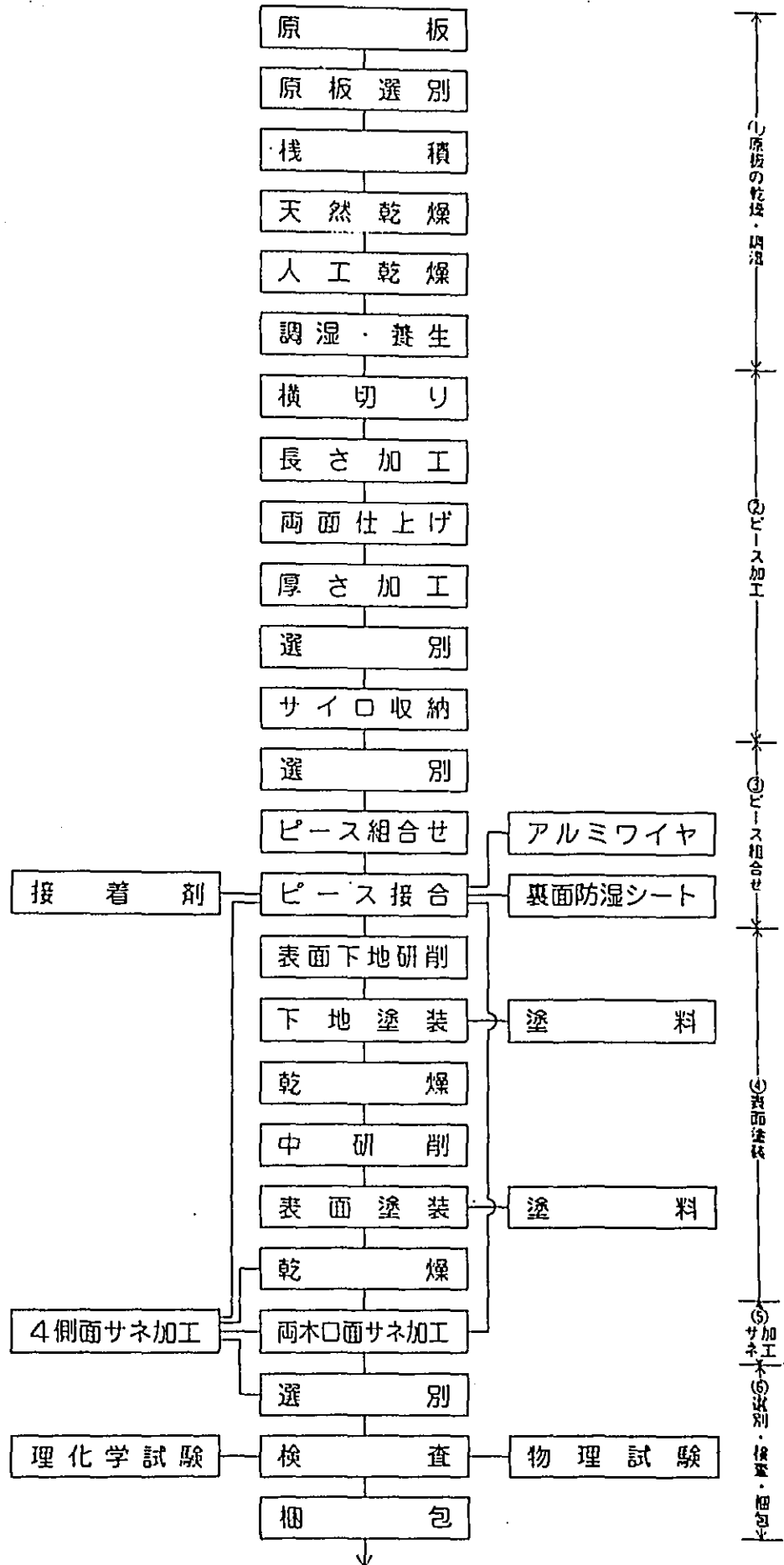


図 裏面で接合したモザイクパーケットの製造工程例

乾燥する。原板の本取りや乾燥室内の積積位置等によって原板の含水率が13%以下でバラツキがあるので、高温・多湿の乾燥室内条件を作り目標含水率として平均含水率10～11%に調湿する。これによって乾燥中にできた乾燥応力が緩和され製品の安定性を高める。調湿後は乾燥室内の温度が下ってから原板を工場内に搬出し、1週間以上の養生を行なう。こうして含水率の揃った原板に仕上げられる。

②ピース加工の工程では、前記の原板をピースの長さに横切りし、両面をプレーナ加工仕上げを行ない、さらにギャングリップソーで原板をピースの厚さに加工する。加工されたピースをサイロに収納する。

③ピース組合せの工程では、まず、ピース表面の選別を行ない、ピースを平行に整列させて欠点ピースを除き、小ブロックを市松状に組合せる。組合せた表面側に紙を貼って仮留をして製品として完成する。

④選別・検査・梱包の工程では、完成品としての選別、製品としてJASの品質基準によって検査を行ない、JASの検付（合格）が完了すると図4に示すJASマークが付けられるとともに表1の一括表示が行なわれる。

2) 裏面で接合したモザイクパーケットの製造工程例

裏面で接合したモザイクパーケットの製造工程例を図3に示した。この工程例は①原板の乾燥・調湿の工程、②ピース加工の工程、③ピース組合せの工程、④表面塗装の工程、⑤サネ加工の工程、⑥選別・検査・梱包の工程の6工程に大別される。

①～②は前項の表面紙貼りモザイクパーケットとほぼ同じ工程であるのでここでは省略する。

③ピース組合せの工程では、ピース加工後サイロに収納したあとを受けて、ピースをとりだして欠点ピースを選別してからピースの組合せを行う。市松模様には組合せその裏面に防湿シートを接着するものと、ピースを同一方向（平行）に並べその裏面に溝を切りアルミワイヤを埋込んでピース間を接合するものがある。

④表面塗装の工程では、前工程で組合せた製品の表面の下地研削→下地塗装→乾燥→中研削→表面塗装→乾燥の順序で表面塗装が完了する。なお

本工程は2回塗装の場合の例示である。表面塗装を行なわないものは図の表面塗装工程をとわずピースの接合工程からサネ加工工程に移る。

⑤サネ加工の工程では、前工程で塗装した市松模様（図1(a)）の場合は4側面に本サネ加工を行なう。また、未塗装製品の場合も同図の左側の工程で、4側面の加工が行なわれる。同一方向に接合したプレパークの場合は両本口面に本サネ加工が行なわれる。また、未塗装の場合は同図の右側の工程でピース接合後に両本口面に本サネ加工が行なわれる。

⑥選別・検査・梱包の工程では、完成品としてのJASの品質基準によって検査を行ない、JASの検付（合格）が完了すると図4のJASマークが付けられる。また、表1の一括表示が行なわれる。

あ と が き

モザイクパーケットの代表的な工程例について述べたが、関係者の参考になれば幸甚である。

木床を考える

連載・19

主任研究員 星

通

農林水産省林業試験場木材部機械加工研究室



フローリングの 製造工程〔I〕

単層フローリング の製造(1)

フローリング ボードの製造

まえがき

フローリングの製造工程は、フローリングの種類、供給材料およびその立地条件等に適合して立案・設計されている。JAS（日本農林規格）におけるフローリングの種類は単層フローリングと複合フローリングに大別され、さらに単層フローリングは、フローリングボード、フローリングブロックおよびモザイクパーケットの3種類に、複合フローリングは天然木化粧複合フローリング、特殊加工化粧複合フローリング、天然木化粧複合ブロックおよび特殊加工化粧複合ブロックの4種類に分類されている。これら7種類のフローリングの製造工程について以下にのべることとする。本稿では最も内容の多いフローリングボードの製造工程について、その種類ごとにのべる。

1. フローリングボードの種類

フローリングボードには昭和49年に統一規格を作るときに広葉樹フローリングボード、パーケット、広葉樹天然乾燥床板などの規格内製品に、針葉樹材を原材料としたえん甲板を加えているので、多くの種類のものがフローリングボードの名称で呼ばれている。

具体的な内容を見ると次のものがJAS上のフローリングボードの仲間とされている。

- 1) 国産広葉樹（ミズナラ、ブナ等）の人工乾燥乱尺および定尺（たてつき）フローリングボード
 - 2) 表面化粧人工乾燥フローリングボード
 - 3) 集成材を原材料とした人工乾燥集成フローリングボード
 - 4) 針葉樹（ヒノキ、アカマツ等）の人工乾燥フローリングボード（えん甲板）
 - 5) 広葉樹天然乾燥長尺フローリングボード
 - 6) 上記の製品の表面を塗装仕上げをした最終仕上げ製品
 - 7) 同一種類の板を二枚同一方向に積層した原板を加工したフローリングボード
- これらのフローリングボードの製造工程を代表して4つの製造工程例にとりまとめることとする。

2. フローリングの製造工程

1) 広葉樹乱尺・定尺人工乾燥フローリングボードの製造工程例(図-1)

図-1の製造工程を大別すると、前処理工程としての①原板の乾燥・調湿。製品の製造工程としての②フローリングの加工、③原板のたてつき加工、表面処理工程としての④表面仕上げ、製品の最終工程としての⑤選別・検査・梱包の5工程となる。①の工程は人工乾燥によって原板を適正含水率に仕上げるものである、目標含水率およびそのバラツキの範囲等はフローリング製造後の寸法変化や狂いなどに影響する因子である。予備乾燥としての天然乾燥を十分行なってから人工乾燥をし、人工乾燥後の各原板間の含水率のバラツキは高温多湿で目標含水率より2%程度多目の平衡含水率の条件下で調湿する。この調湿処理によって目標含水率±2%の精度に含水率を仕上げることができる。JASの平均含水率は人工乾燥フローリングの場合は広葉樹では13%以下、針葉樹では15%以下。天然乾燥フローリングの場合は、広葉樹では17%以下、針葉樹では20%以下と規定されている。②の工程では、まず原板の欠点を除去することによって乱尺無欠点原板を生産する。これらの原板を乱尺のままフローリングボードを生産する工程は図-1の左側の生産工程ラインである。また、フィンガージョイントでたてつきをした定尺製品を生産する場合は図-1右側の③たてつき工程が付加される。表面研削加工は製品によっては行なわれない場合がある。④の表面仕上げ加工はエンドマッチ加工後に製品の最終仕上げをする工程である。自動一面かん盤で表面加工をしたままの製品、スーパーサファイサで表面仕上げ加工をした製品、表面塗装をした最終仕上げ製品の三つの工程に分けられる。一般に乱尺製品は表面塗装をしない表面末仕上げ製品が多い。たてつきした定尺製品は表面塗装をした最終仕上げ製品が多い。⑤の工程は製品の評価をする最終工程である。選別・検査が行なわれ合格品は結束・梱包し積納または出荷される。

2) 表面化粧人工乾燥フローリングボードの製造工程例(図-2)

図-2の製造工程を大別すると、フローリング製造の前処理工程としての①原板の乾燥・調湿および②表面材の製造・乾燥、製品の製造工程としての③原板のたてつき加工、④表面化粧張り、⑤

フローリング加工。表面の処理工程としての⑥表面仕上げ。最終工程としての⑦選別・検査・梱包の7工程となる。原板と表面化粧材が同一樹種で同一方向に化粧張りする場合はJASでは単層フローリングボードの仲間として取り扱われる。なお表面が広葉樹で原板が針葉樹の場合は複合フローリングとなる。このフローリングボードは図一

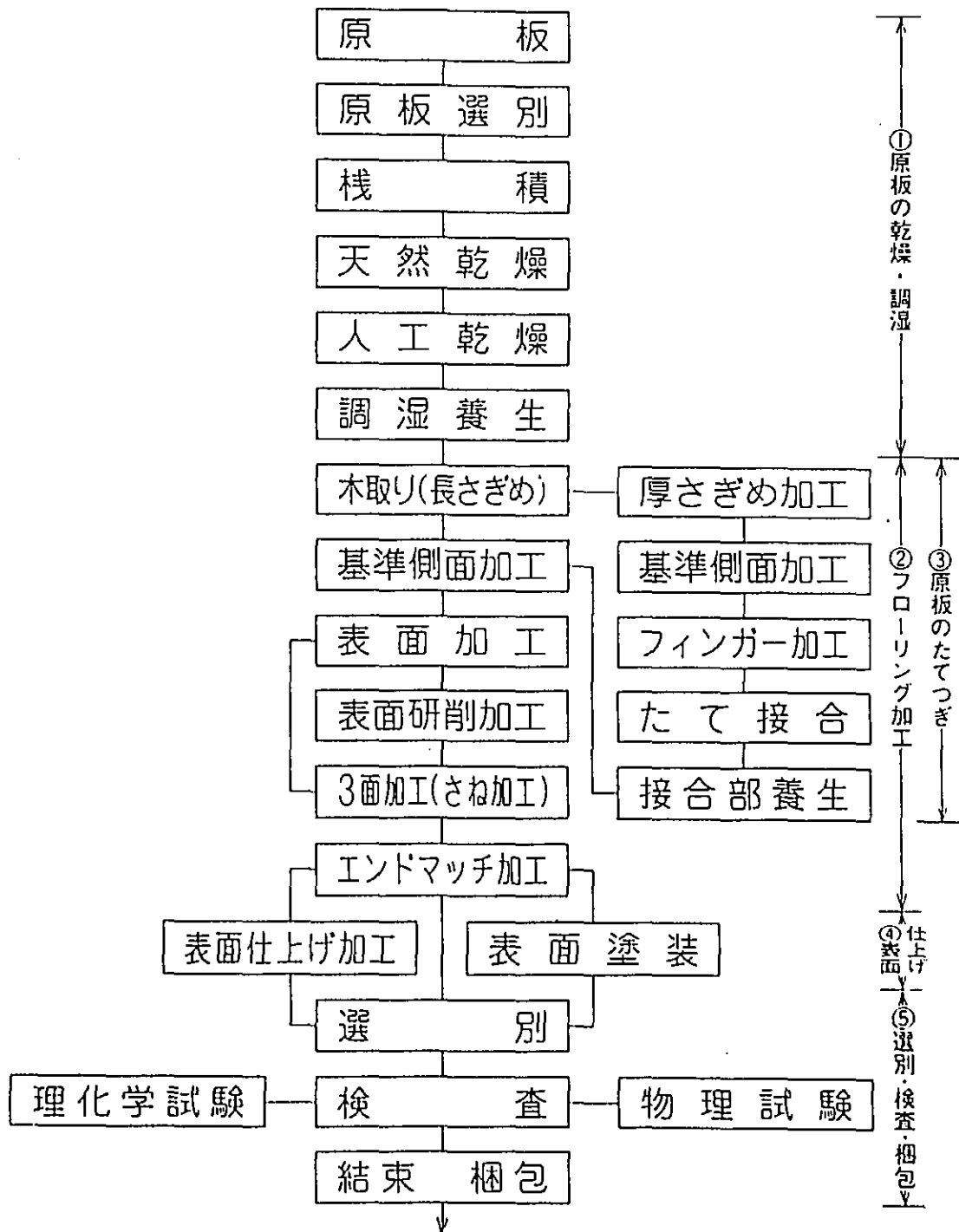


図1 広葉樹乱尺・定尺人工乾燥フローリングボードの製造工程例

1のたてつき定尺フローリングボードの表面に図-2の②表面材の製造・乾燥と④表面化粧張りの工程が加えられたと考えてよい。一般にこの形式のフローリングボードは表面にスライス単板を張り合わせた定尺または長尺製品で、広葉樹の場合

は表面塗装した最終仕上げ製品が多い。

3) 集成材原板フローリングボードの製造工程例(図-3)

図-3の工程は①原板の乾燥・調湿、②原板の

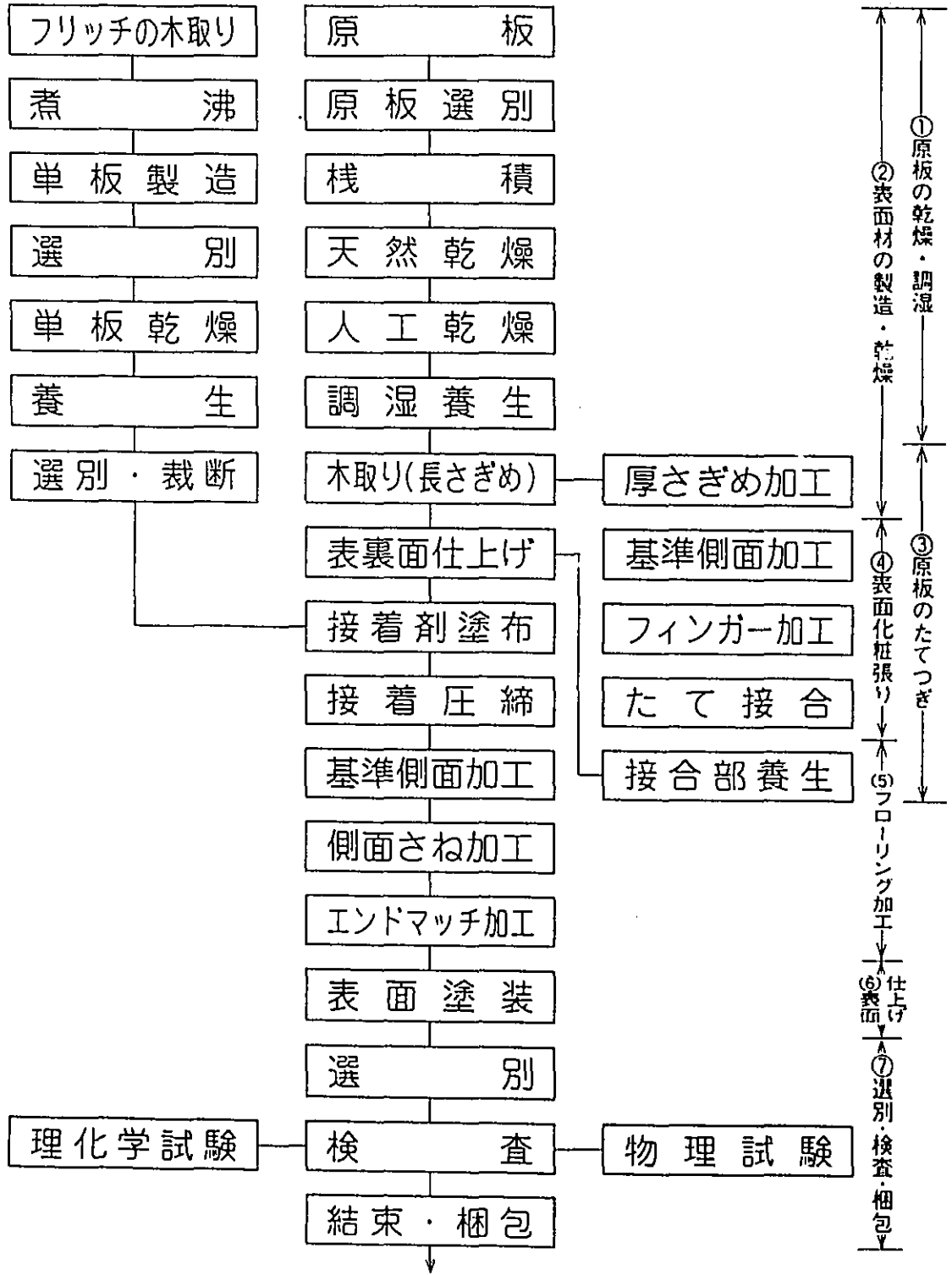


図2 表面化粧人工乾燥フローリングボードの製造工程例

たてつき、③集成原板の製造、④単板の製造、⑤単板の接着、⑥フローリングの加工、⑦表面仕上げ、⑧選別・検査・梱包の7工程に大別される。①は原板を目標含水率に人工乾燥して調湿する工程で広葉樹の場合は平均含水率が13%以下、針葉

樹の場合は15%以下とされる。②は③の集成材の原板を製造する前処理工程で原板を必要な長さにミニフィンガージョイントでたてつきする工程である。③は集成材用原板を積層接着して集成材のブロックを作り、フローリングの原板用に接着層

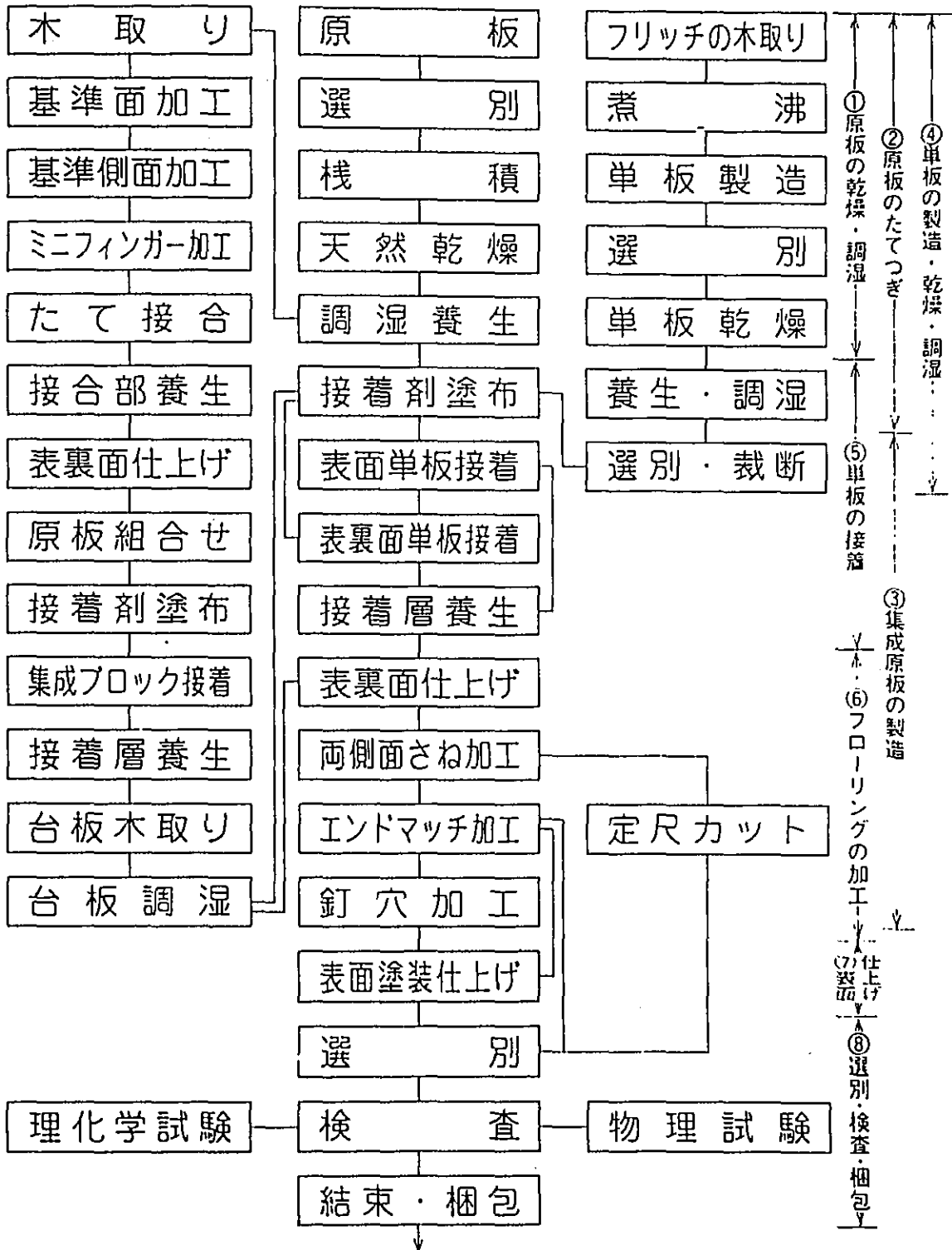


図3 集成材原板フローリングボードの製造工程例

に直角にたてびきする工程である。表面単板は④の工程で製造・乾燥して準備される。なお表面材はスライス単板の他に、ロータリー単板、ソー単板（のこびき単板）および集成単板（集成材ののこびき単板）などが使用されている。⑤単板の接着は表面単板の接着製品と表裏面単板接着製品がある。⑥フローリングの加工は⑤の単板接着をしたものと、集成原板をフローリングに加工する場合がある。両側面のさね加工後はエンドマッチ加工する場合と、定尺カット製品でエンドマッチ加工をしない場合とがある。⑦表面仕上げとしては表面塗装仕上げをするものと、素地仕上げの場合とがある。⑧選別・検査・梱包の工程は製品の最終評価をし規格合格品は結束・梱包して格納または出荷される。

グの加工、③選別・検査・梱包の工程で加工される。前三者のフローリングの工程に比べ最も簡単な工程である。含水率は平均含水率17%以下に天然乾燥されたものがJAS合格品とされる。アビトンを原板料とするものが最も多く生産されている。

あ と が き

単層フローリング3種類のうちのフローリングボードの代表的な製造工程についてとりまとめた。今回はフローリングブロックおよびモザイクパケットの製造工程についてのべることにする。本稿がフローリング関係者の参考になれば幸甚である。

4) 天然乾燥フローリングの製造工程例 (図-4)

天然乾燥フローリングの原板は長尺の南洋材（アビトン）の原板を①原板の乾燥、②フローリン

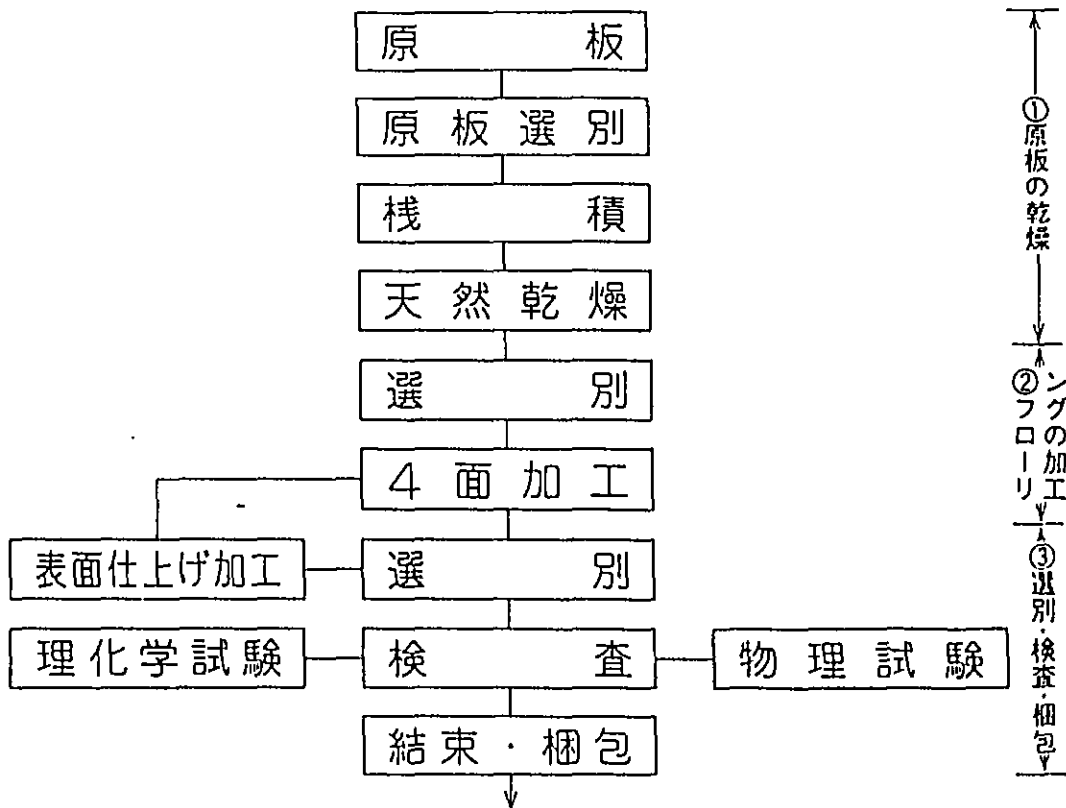


図4 天然乾燥フローリングの製造工程例

SIDE-CUT PARQUET

Yoji Kikata , Kazuo Kasagi*

Professor, Nagoya University; Furo-cho Chikusa-ku Nagoya Japan

*Senior managing director, Nagoya Lumber Co. Ltd. 6-41 Sanno 2 chome
Nakagawa-ku Nagoya Japan

The side-cut parquet board stands up on the basement and is glued only at one side surface of side-cut of parquet board to the basement. The wide flat face of parquet boards are free each other. The side-cut parquet avoids the buckling in case of emergency flood because the many gaps between parquet boards diminish the swelling stress of hardwood.

1. Introduction

There are many kinds of flooring type in the world. At the Pompidou center in France, side-cut parquet type flooring (Parquet Collé sur Chant) is used for the purpose of resisting to many people's walking. We applied this side-cut parquet to Japanese woods.

The swelling stress of Japanese beech is $40 - 50 \text{ kg/cm}^2$. Japanese beech has almost same stress of other Japanese middle density hardwood. This swelling stress is the cause of buckling of flooring or separation of floor board from the basement with water at inundation. The steady fix of flooring on a basement in case of emergency flood is very difficult with ordinary type flooring, because the form of ordinary flooring is flat on the basement and then bonding strength of floor board can not control the buckling force generated by the swelling stress of hardwood. And otherwise the floor board or floor block cracks, deforms and separates by water flood.

2. Material and experimental procedure

The size of the side-cut parquet of this experiment is 25 mm height, 8 mm width and 155 mm length. The species are Japanese beech and Japanese oak.

Using one of its side, the side-cut parquet board stands up on the basement and only this side of the parquet was glued by adhesive to the basement. The wide flat face of the parquet board are free.

In actual condition, the total sum of the openings between 20 parquet boards was observed of about 1 mm. Namely, a gap between each flat of side-cut parquet board is about 0.05 mm.

We also tested some finish coat of side-cut parquet to confirm the effect of water resistance of coating treatment. We applied the following finish processing that is 1) regular type floor oil ,2) regular type floor wax, 3) Sadolin focus : acrylic resin coating (Gen Gen Chemical Industry Co. Ltd.) , 4) U-let : urethane resin coating (Gen Gen Chemical Industry Co. Ltd.) , 5)Sadolin classic : acrylic resin dipping (Gen Gen Chemical Industry Co. Ltd.) and 6)U-let : urethane resin dipping (Gen Gen Chemical Industry Co.Ltd.).

3. Result

The gap of 0.05 mm between each surfaces of side-cut parquet boards absorbs the swelling stress at water flood, and it acts as a buffer zone. The final swelling stress of side-cut parquet of Japanese beech is 20 kg/cm^2 . The gap absorbs 20 - 30 kg/cm^2 swelling stress. But we can not compare the practical swelling stresses of side-cut parquet with ordinaly type flooring at a certain time, because when the test was conducted the water adsorption rates of these two boards were different.

In dry-wet repetition test about 15 % increase of Young's modulus of side-cut parquet is found after 10 cycles test. This increase indicates that the gap diminish the Young's modulus at first stage.

The stand-up form of side-cut parquet and decreased Young's modulus avoid the buckling of side-cut parquet at inudation.

There are not any effect of finish coating treatment to decrease a swelling stress. By the dipping treatment, side-cut parquet has only 12 - 13 kg/cm^2 swelling stress after 10 hours water soak. And after 50 hours water soak, the swelling stress and moisture content of the dipping treated side-cut parquet are almost the same as untreated one. The effect of dipping treatment is only to the delay of water adsorption.

4. Discussion

We are trying to produce suitable size of side-cut parquet. There will be the parquet size that has the minimum swelling stress.

Japanese softwood was also prcessed for side-cut parquet by using surface hardening treatment in hot press. Surface treatment by some resin will be effective to harden the Japanese softwood.

[参考資料] 木方委員提供

昭和62年度スギ、ヒノキ等新用途
開発委託事業実績（報告書）

スギ、ヒノキの新用途開発

昭和63年2月

名古屋大学 農学部 林産学科 教授 木方洋二

目次

1. スギ、ヒノキの新用途開発の検討	1
2. 木端立て床材	4
2. 1. 木端立て床材	4
2. 1. 1. 木端立て床材の開発	4
2. 1. 2. 木端床板の歩留り	6
2. 2. スギ、ヒノキの木端立て床材性能・適合試験	7
2. 2. 1. 加熱圧縮試験	7
2. 2. 2. 樹脂塗布（ドブ付け）試験	9
2. 2. 3. 樹脂注入処理	12
2. 3. 材料試作	14
2. 3. 1. メラミン・フェノール樹脂注	14
2. 3. 2. W.P.C.処理—ポリエステル樹脂注入	15
2. 3. 3. 再度塗布の試み	19
2. 3. 4. コスト試算	21
3. 細単板集成材	22
3. 1. 単板化	22
3. 2. 樹脂塗布	22
3. 3. フォーミング	22
3. 4. 熱圧	23
3. 5. 強度試験	23
3. 6. 材料試作の見通し	26
4. ウエファーボード	28
4. 1. ウエファーの製造	28
4. 2. ウエファーの乾燥	28
4. 3. 接着剤	29
4. 4. ウエファーボードの製造	29
4. 5. 強度試験	30
4. 6. 材料試作の見通し	30

1. スギ、ヒノキの新用途開発の検討

人工林化をいち早く進めた愛知県では、伐期を迎えたスギ、ヒノキ材が大量に蓄積されているが、非木質系代替品の進出により需要は低迷している。そこでこれまでスギ、ヒノキが利用されていなかった分野、即ち新しい形の内装材、下地材等に利用するため、実用的な加工技術について調査、研究し、木材需要の拡大に資せんとするものである。

新たに設けられた産官学よりなるスギ、ヒノキ等新用途開発研究会の討議のすえ、次の3点についての新技術の調査・検討を行い、材料の性能研究、適合研究を経て、実用製造ラインによる新材料試作までを行うこととなった。

(1).スギ、ヒノキ素材への薬品注入と処理による材質の改良を通じての新用途開発－木端立て床材の開発

(2).スギ、ヒノキを用いたゼファーボードの圧縮成形技術の拡大による新素材の開発－内装用材の開発

(3).スギ、ヒノキを用いたウエファーボードの製造である。

この試作検討段階において目標とされたのは夫々

(1).フランスにおけるナラ材を用いた木端立て床材

(2).カナダ・マクミラン社のバララム材

(3).アメリカ、カナダにおけるウエファーボード、O. S. B.である。

(1).木端立て床材は欧州においては以前より作られていた、工場・公共建物等の重歩行用床材であり、新しく建設されたポンピドウセンターの床材に用いられている。但しナラ、ヴァンジェ等の旧来よりの床板材料樹種がそのまま用いられている。則ち8×25×150mmといったモザイクパーケットの素材を立て8m幅150m長さの木端面を床面として出して用いる、厚さ25mmの床材である。

(2).バララムはカナダ・マクミラン社の開発による新しい構造材料であり、61年バンクーバー・エキスポのバピリオン建設に用いら

れたものである。ベイマツ単板の層を長さ方向をそろえて集成した長大な構造材料であり、その成形圧縮技術には大規模な装置が必要とされるものと思われる。

(3). ウエファーボードは北米諸国において、これまで用途のなかった、しかも大量に蓄積のある低比重、低品質のアスペン材を用いたパーティクルボード類似のボード材料であり、パーティクルボードにおける個々のパーティクルにあたる構成要素を厚さ0.3~0.8mm 大きさ40~80mm角と大きくしたウエファーと称するもので作ったボードである。合板とパーティクルボードとの中間の材質をもったものである。このウエファーの幅を長さの1/3以下とした細長いストランドとし、かつそのストランドの配列をある特定方向にそろえ並べたボードがO. S. B. (オリエンテッド、ストランド、ボード)である。O. S. B. の材質はより合板に近付いたものとなった。いずれも製造単価は合板の3割安とされ現在生産量は増大の一途をたどりつつあり、欧州における工場建設も始まりつつある。

以上の3種の外国製品はいずれも夫々の国における素材を用いて開発され、成功した製品である。これらを目標としてスギ、ヒノキを用いた製品の試作を行わんとしたものである。

スギ、ヒノキをこのような素材として用いるにはこれらが針葉樹材であることが問題となる。特に針葉樹材の中でも軽軟な材であるスギについては、樹脂処理による材の硬化、強化等が行われる必要がある。

3種の製品のうち木端立て床材についてはウッドリーム愛知において、ブナ、ナラ、カバ材を用いた試作が行われ成功を収めている。これをスギ、ヒノキを用いた製品とすることをまず第一の目標とした。木端立て床材の開発が一番実現性のあるものと思われ最終的に各種工場生産も試みた。

またパララムについては高周波連続プレス等大規模な装置が必要

であり、これを小規模で行うためには未解決の手法が多いものと思わねばならない。実験室的な試作に止まったが、さらに一応の工場生産の検討についてもつけ加えることを試みた。

ウェアボード、O. S. B. の産業化にあたっては既成の合板産業との競合等を考えれば多大の資金が必要とされよう。これについても試作の段階に止めたが、工業化の検討をつけ加えることも試みた。

2. 木端立て床材

2. 1. 木端立て床材

2. 1. 1. 木端立て床材の開発

ウッドリーム愛知の建設にあたり、パリ・ポンビドウセンターに使用されている木端立て床材を日本で初めて試みることが行われた。その試行にあたり行われた実験の結果は次の通りであった。

建物の床材として木質系のものがその物性や衛生面から好んで使用されるようになって来ている。一方、従来の木質系床材では濡れ等によるトラブル、即ちフローリングボードの浮き上がりが発生し、水に強いフローリング・ブロックにおいても木材に割れや反りを生じることがある。これは吸水による床材の膨潤が壁面により拘束されるために生ずる力、いわゆる膨潤応力によるものである。床材に用いられるブナ等の中比重材の膨潤応力は $40\sim 50\text{kg/cm}^2$ である。したがって従来の床材の組み方は、余程強力な下地との接着を施さないかぎり、膨潤応力による座屈（床材の浮き上がり）に極めて弱い形状といえよう。

ウッドリーム愛知で取り上げた木端立て床材では全体としての膨潤応力を緩和する組み方をとっている。即ち個々の木端板の側面を丸鋸仕上とした材を立てて用いる。使用した木端板の寸法は高さ 25mm ×幅 8mm ×長さ 155mm である。この場合手締め程度の力でこの板を20枚重ねると側面の粗さによって約 1mm のスキ間が出来る。幅 8mm の木端板1枚に換算すると 0.05mm 程度である。実際にブナ材を組み合せ木端板の表面を濡らし発生させた膨潤応力を測定すると約12時間後でピークに達し、 20kg/cm^2 の力が発生する。同時に行った一枚の板状のブナのブロック材では、発生する膨潤応力は最終的には $(30)\sim 40\sim (50)\text{kg/cm}^2$ であり、未接着の丸鋸仕上げの側面の間隙によって膨潤応力が相当に吸収・緩和されたものと思われる。しかし特定の時間における素材ブロックと木端板との直接の比較は吸水に差があり評価はむづかしい。

今回はスギ、ヒノキの利用開発の一環としてスギ、ヒノキを用い

た木端立て床材の開発を試みたものである。従来、床材に用いられているブナ、ナラ、カバのブリネル硬さは文献によるとそれぞれ1.8、1.3、2.2でありスギ、ヒノキのそれはそれぞれ1.0、1.1にすぎない。このように軟らかい針葉樹を床材に用いるためには何らかの形で材面を硬くすることを考えねばならない。今回実験・試作に用いたスギ、ヒノキの硬さの実測値は夫々0.69、1.15であった。

2. 1. 2. 木端床板の歩留り

スギ、ヒノキ小径丸太より木端立て床材を製材する時の歩留りを測定した。測定は長さ2 mのスギ5本、ヒノキ2本について行った。

結果を表に示す。

木端立て床材製造歩留り

樹種	番号	直径 (cm)		木端床板 (枚数)	
		元口	末口	製材直後	変形 (天然乾燥 ^{***})
スギ	1	13X12	10.5X10	196	-18 ← 30X100 ²
	2	14X13.5	12X12	258	-15 ← 30X100 ²
	3	12X12	10X10	196	-31
	4	12.5X12.5	12X11	226	-21
	5*	12.5X12	10.5X10	191	-42
ヒノキ	1**	19X18	14X13.5	390	-33
	2	17X16.5	14.5X14.5	348	-7

注) *腐れあり。 **節が多く、大きい。

***節の部分、あての部分天然乾燥により変形 (使用不能)。

作業工程は以下の通りである。スギ、ヒノキの2 mの丸太を3等分し32mm厚さの板をテーブルバンドソーを用いてグラ挽きする。スギはすべて各玉より3枚、ヒノキでは各4枚の原板が製材された。プレーナ、自動一面かんな盤により原板を26cm厚さに仕上げ側面の丸みを落とした後、長さ方向を2分し150 mの長さの板材とする。

以上の厚板を幅8mmに順次丸鋸により製材して木端立て床材とする。その板を積み上げて、天然乾燥した。天然乾燥後の最終寸法は25mmX8mmX150mである。

2.2 スギ、ヒノキの木端立て床材性能・適合試験

2.2.1 加熱圧縮試験

スギ、ヒノキ材をホットプレス¹⁾の熱板間にはさみ、加熱・加圧を行うことにより板を圧縮硬化させる試みを行った。

予備的に行った90°C、110°C、140°C、200°Cにおける熱板圧縮乾燥試験の結果、90°C～110°Cの加圧熱処理では材にバンク²⁾を生じ易く、処理した板材の断面はレンズ状を呈するものが多い。90°Cから110°Cの低温による長時間加熱、加圧の結果、材のつぶれ方にムラを生じ易く、結果は良くなかったものと思われる。一方、200°C加熱・加圧処理では心材では割れを生ずるが、一般的に極端な厚み減少を生ずることはなく、浸水試験による材の厚さのもどりも少ないものとなった。高温による短時間の脱水の効果であろう。140°C加熱・加圧処理では200°C処理に比しかなり厚さの減少を生じ材は高比重化する。特に辺材での加熱・加圧処理の効果は良好であった。しかし節や割れのある部分、心材では仕上り厚さにムラを生じ浸水試験による厚さ膨潤は大であった。

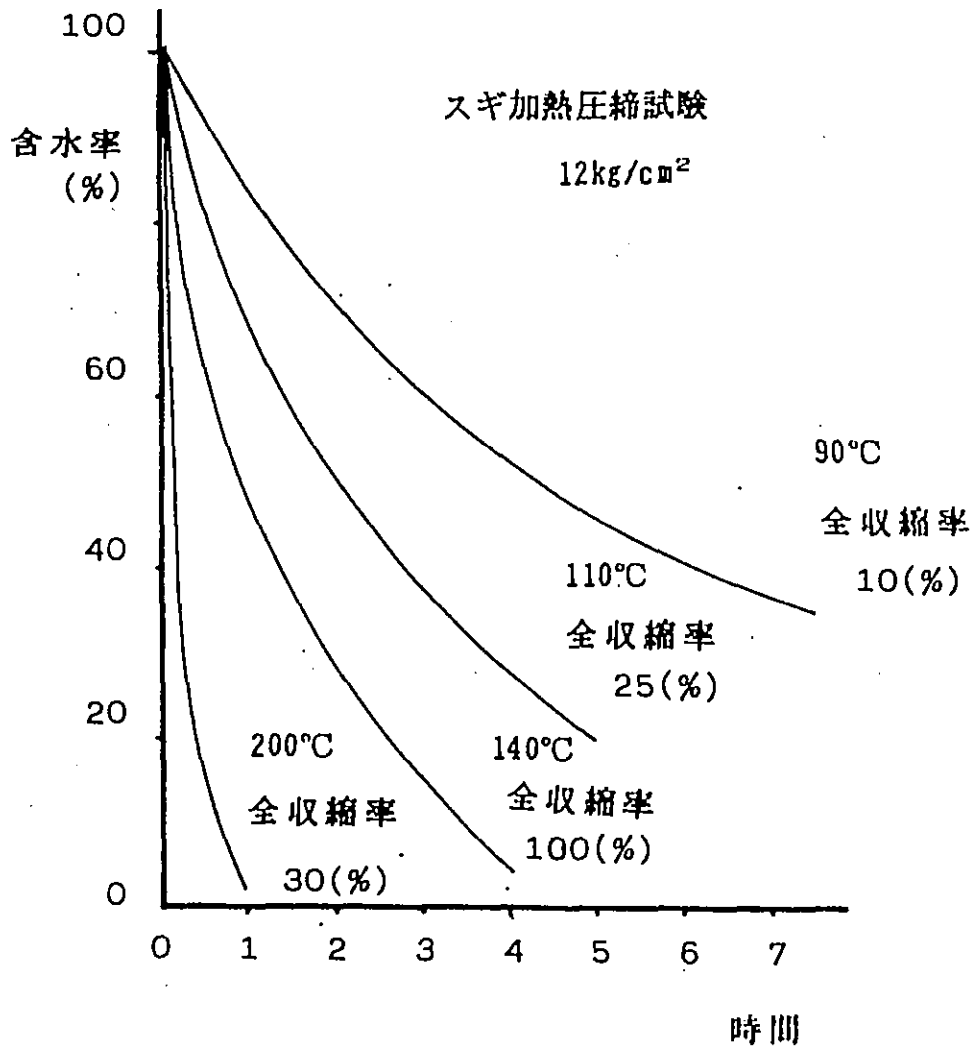
予備実験の結果より、以後140°C、12kg/cm²；2時間半の加熱・加圧実験を行うこととした。結果は2.2.2の一覧表に示す。同一条件で加熱・加圧処理を行っても、今回用いたような小径材から製材した辺材、心材の混ざった、節、芯等を含んだ雑多な条件の材では仕上がり厚さにムラを生じ、また浸水試験による厚さ膨潤も一定しない。加熱・加圧処理は実用的な材硬化手法ではないものと結論づけた。

¹⁾ バンク：パーティクルボードや合板の接着層に生じたエアポケットによる接着不良。極端な場合表面のふくれや板の分離破壊となつてあらわれる。

木端立て床材・加熱加圧試験

処理温度 (°C)	圧力 (kg/cm ²)	時間 (時間)	比重	ブリネル硬さ
90	12	4	0.43	0.63
110	"	"	0.51	0.80
140	"	"	0.67	2.24
200	"	"	0.47	1.25

初期含水率 スギ 平均 100.5 (36~131) %
 ヒノキ " 105.0 (39~159) %



2. 2. 2. 樹脂塗布（ドブ付け）試験

スギ、ヒノキの硬さを増加させるために木端立て床材の形に切り出した材（8mm×25mm×150mm）を生材、気乾材、全乾材の状態で樹脂液中に浸漬（ドブ付け）し、その後気乾、熱圧処理を行い樹脂を硬化させると共に、2. 2. 1. での加熱・加圧処理の効果の固定化も多少なりとも期待した実験を行った。

結果は一覧表に示す。樹脂の表面塗布（ドブ付け）のみでは、樹脂の材内への侵入は期待出来ないことが知られた。そこで樹脂の材内への浸透性を改良するための試みを行った。即ちこれまで用いた樹脂水溶液に代わって、メタノール・水混液での樹脂溶液を用いた浸漬処理、さらには床材表面に対するインサイジング処理後の樹脂塗布等を試みた。結果は一覧表に示す。

結果をみる限り、それなりの硬さ上昇がみられ効果はあったものとしてよい。しかも生材と気乾材、さらには全乾材の間に処理効果に大きな差のないという結果が得られている。生材材を用いれば二重の乾燥処理が必要でなくなる。

又インサイジングの効果も確実にある。

しかし木端立て床材を施工する手順を考えたとき現在では施工現場においてコンクリート床等に床材を貼った後、材面の凹凸をサンダーをかけて表面仕上げをすることがなされている。この作業により、せっかく硬化させた材の表面が削りとられてしまうことになる。この点より見てこの表面硬化手法は実用的でない。ただ木端立て床材製造工場において、木端床材を15cm角或いは30cm角の大きさに組み上げたものとし、それを施工現場で貼る形をとれば、即ち木端床材の表面を十分にそろえて平面として従来の施工時と逆に裏面をサンダー仕上げし、裏打ちをするといった加工を行い、製品を厚さのそろった規格品とすればこの硬化手法は行きてくるものと思われる。

或いは木端立て床材の特徴を生かして床面での多少の凹凸は問わないということにすればこの手法は生きるし、たとえ床表面が削られても側面の硬化した表面が8mm間隔に存在することによる硬化効果もあるのかも知れない。

また無処理の木端立て床材を用い、現場での施工が終わった後、表面にインサイジングを行い塗装と同様な形で樹脂塗布を行い表面或いは側面、材内部への樹脂浸透を行い硬化を計ることも可能であろう。

樹脂塗布試験

処理条件	含水率	硬さ			含脂率(%)		備考
		樹種	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	
熱圧 ¹⁾	生材		1.05	1.50			8mm 原板
	生材		1.10	1.16			25mm 原板
樹脂塗布 (F701)	生材		0.88	1.44	2~3		水溶樹脂液
	気乾材		1.37	1.71			
	熱圧 ²⁾ 全乾材		1.40	1.53			
全 上	生材		1.30	1.68	2.0	10.2	メタノール+水 溶樹脂液
	気乾材		1.30	1.55	8.0	8.2	
	全乾材		1.21	1.84	6.3	5.6	
インサイ ジング処 理材 全 上	気乾		1.59	1.86	4.2 [*]	2.6 [*]	メタノール+水 溶樹脂液 2mm深さ 3本 インサイジング
未処理材	気乾		0.69	1.15	-	-	

¹⁾ 140℃、12kg/cm²、2時間半

²⁾ 140℃、10kg/cm²、5分

^{*} 含脂率はインサイジングの深さ、本数により

スギで 2.41~4.20、ヒノキ 2.55~3.55の間を変動する。

2. 2. 3. 樹脂注入処理

2. 2. 1、2. 2. 2. の結果をふまえ、より積極的に減圧、加圧による樹脂注入処理をおこなうことを試みた。

まずアスピレーター減圧後 0.8 kg/cm^2 の加圧を各1時間行った。結果は一覧表に示す。

結果によると同じ条件の処理でも樹種による差がみられるようであった。

以後本格的加圧注入を試みた。用いた樹脂はメラミン・フェノール樹脂MPA-90705でメタノール：水の比を0.45：0.55（体積で1：1）とした溶液とした固形分25%、比重1.04樹脂溶液である。以降液の追加等溶液濃度のコントロールは液比重により行うこととなる。また材中への浸透状態を観察するために樹脂溶液をダイレクト・スカイブルで青色又はレマゾール・レッドFG-SNで赤色に染めたものを用いた。

注入の結果は一覧表に又樹脂浸透状況は写真に示す。

結果においてアスピレーター減圧、 0.8 kg/cm^2 加圧処理では注入は不十分である。 3 kg/cm^2 と 6 kg/cm^2 の注入圧力の違いの間には注入量に格段の差がありヒノキにおいて硬さの差がみられた。スギにおいて硬さの結果が頭打ちを示すのはスギ細胞壁の厚さの限界を示すものと思われる。 6 kg/cm^2 における30分注入と60分注入との間には有意の差はみられないものと思われる。

樹脂注入試験 (1)

圧力 kg/cm ²	時間 時間	含水率	注入量 %		硬さ	
			スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
-0.8	1 時間	気乾材	3.6	-	0.91	1.04
↓	↓					
+0.8	1 時間	生 材	-	-	1.07	-
3	0.5	気乾材	- 6.60 -		1.56	1.65
					(0.5-4.3)(1.1-2.6)	
6	0.5	気乾材	60.0	30.1	1.45	2.02
					(0.7-4.2)(1.2-3.7)	
6	1.	気乾材	46.6	36.4	1.45	1.94
					(0.7-3.4)(1.0-3.4)	

() 内の数字は数値の範囲を示す。

2. 3. 材料試作

2. 2の性能試験の結果をふまえスギ・ヒノキ木端立て床材への加圧注入による材料試作を行った。

2. 3. 1. メラミン・フェノール樹脂注入

2. 2. 3の結果より 6 kg/cm^2 、30分及び60分の圧入試作を行った。

圧入罐に木端立て床板を入れ樹脂の加圧注入を行った後、取り出した材は積み上げて気乾とし、いわゆる樹脂をBステージにする。この半処理材はこのままの状態半年間の保存は効くはずである。この気乾のBステージの樹脂処理材を金網の籠に入れて $130 \sim 140^\circ\text{C}$ オープンに入れ樹脂硬化を行った。60分加熱後の材に樹脂の吹き出しもほとんどみられず、良好な仕上がりであった。硬さ試験の結果は次表に示す。用いた樹脂は2. 2. 3に同一であるが染料は用いていない。このようにメタノール・水溶液タイプの樹脂を用いたが、水溶性の樹脂でこれと匹敵する侵透性をもつ樹脂の開発はなされているとのことであり、市販されればメタノール使用分のコスト軽減につながるものであろう。

2. 3. 2. W. P. C. 処理 - ポリエステル樹脂注入

一方現在市場に出まわっているW. P. C. 処理床材にならったポリエステルW. P. C. 処理を行った。但しW. P. C. 化の諸条件は工場がわに一任した。詳細は別表の通りである。

通常のオーク色仕上げW. P. C. 処理による他に、針葉樹であることを強調したヒノキでの白色樹脂注入を行い素材の色調を生かす試みをした。用いた樹脂はより低収縮型ポリエステルである。又木端立て床材製造段階での原板にあたる25mm厚さの板材（25mm×約150mm×300mm 表中に曳き材として記入）のままのW. P. C. 処理を行い樹脂注入量の軽減化を試みた。この処理材を後から製材し木端床材とするものである。やはりこのものでは材中央部への樹脂の浸透は少なく、原板周辺部より製材した床材と中央部よりの床材との間に硬さの差を生じた。しかしいずれにしても床材としては十分の硬さを有している

広葉樹材W. P. C. 床材は現在市場に出まわっており、多人数の出入する床材に用いられている実績がある。耐久性もありしかも汚れの少ないことが特徴としてあげられる。今回行った針葉樹材でのW. P. C. モザイク床材の製造は初めての試みであり、特に木端立ての形をとらなくても特にヒノキの美しい仕上がりは、現状のまま従来方式のモザイク床材としても商品化可能であろう。即ち二液分離形接着剤（sv200）で側面（8mm厚側）を接着し、15cm×15cm等に組み上げて使用することが考えられる。

スギについてはポリエステル樹脂の硬化に伴う収縮のため春材部に落ち込みを生じてしまう。また樹脂の注入状況にムラが見られる。しかし落ち込んだ材をサンダー仕上げを行うこと或いは凹凸のあるままの床材でも床材として使用することは可能であろう。

「WPC化による付加価値付与の検討」

1. 供試材料

1) 杉材

①. パッケージ 579本. ②. 曳き材 23本

2) 檜材

①. パッケージ 560本. ②. 曳き材 19本

比較試料

3) フナ材パッケージ 347本

4) 樺材パッケージ 347本

5) 檜材パッケージ 343本

2. 含水率測定結果

	1) 杉材		2) 檜材		3) フナ	4) 樺	5) 檜
	パッケージ	曳き材	パッケージ	曳き材			
乾燥前	13.6%	25%<	12.8%	25%<	15.2%	15.2%	14.6%
乾燥後	6.8%	25%<	4.8%	25%<	4.5%	6.8%	7.5%

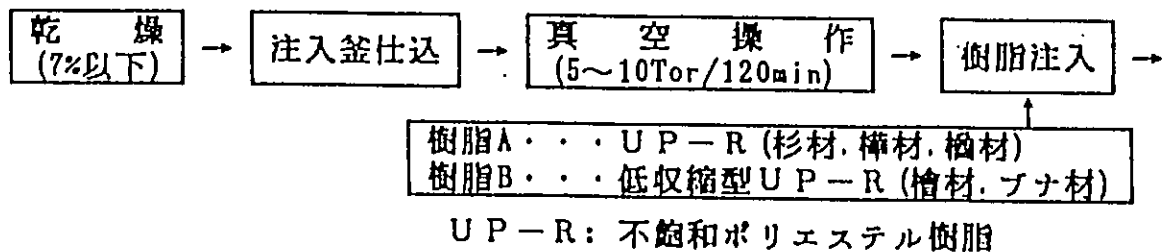
JIS Z 2102 3. 含水率測定方法に準ずる。
但し、曳き材は含水計（高周波）を用いる。

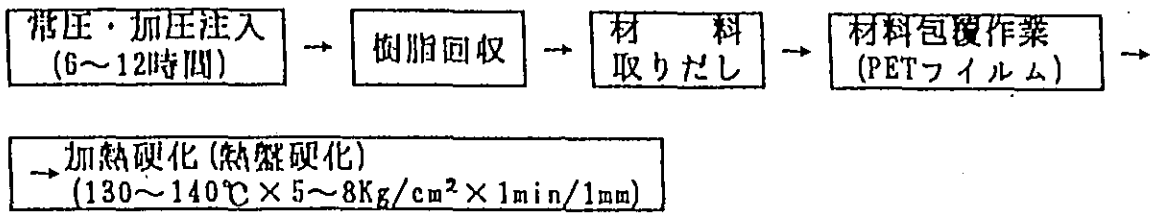
N = 10

持ち込まれた材料の含水率が管理限界(7%以下)を越えていたため、80~100℃の乾燥器中で10時間(杉、樺、檜)~48時間(檜、フナ)乾燥した。

曳き材は、乾燥中に割れが入り、芯材部の含水もあまり下がらないことから、一部の材料で樹脂含浸は試みたが良好な結果が得られなかったため、樹脂含浸を断念した。

3. 含浸条件





4. 樹脂含浸率測定結果 (パーケット)

材 料 名	含浸後重量 - 含浸前重量 含浸前重量 × 100 =					平 均
	1) 杉 材	112.9	190.3	145.1	142.0	
	124.2	152.9	204.7	217.2	152.2	
2) 檜 材	151.0	153.8	166.0	172.1	162.4	165.5%
	151.0	186.3	181.7	188.1	162.7	
3) フナ材	94.5	73.4	100.0	113.6	110.5	93.6%
	110.8	94.8	53.8	96.5	88.5	
4) 樺 材	76.4	53.3	70.8	52.0	85.4	73.3%
	79.5	81.6	102.2	58.1	73.5	
5) 檜 材	60.5	67.8	22.8	41.7	65.8	40.5%
	36.3	45.3	33.4	35.4	31.4	

5. コスト試算

今回持ち込まれたような材料形体ではなく、工業的に有利な形体として材料が搬入された場合を想定して、WPC化パーケットフロー (900×1800×15m/m) を製造する場合のコスト試算を行なった。

一般的に含浸コストは材料の容積で算出する。従って、下記表のようにパーケットの厚みによって大幅にコストが変わってくる。

厚 み (面 積)	樹脂含浸工程		硬化・塗装工程		合 計 立 米 単 価 (坪 単 価)
	樹脂消費	労 務 費	接着剤と 合板代含	加工・ 梱包含	
3m/m (330m ² /m ³)	800kg/m ³ × 600/kg -48万円	18万	40万	31万	137万/m ³ (13.236/坪)
5m/m (200m ² /m ³)		15万	27万	19万	109万/m ³ (17.500/坪)
8m/m (125m ² /m ³)		14万	16万	12万	90万/m ³ (23.377/坪)

木端立て床材材料試作*

圧力 (kg/m ²)	時間 (分)	注入量 %		硬さ	
		スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
6	30	-	-	1.65 (1.0~3.5)	1.63 (1.3~2.0)
	60	52	41	1.50 (0.7~2.7)	1.61 (0.9~3.0)
WPC	-	-	-	6.40 (1.6~10.0)	7.30 (3.4~10.0)

* 注入後Bステージの気乾処理材を140℃・オープンで60分硬化処理した。

2. 3. 3. 再度塗布の試み

2. 2において塗装（ドフ付け）による表面硬化の試みを行ったが、2. 1で行った通常の床用塗料による塗装では、吸水速度が遅くなるが吸水による最終膨潤応力に変化はなかった。この吸水速度遅延による応力緩和効果はあるものと思われるが樹脂注入の場合の如き完全な膨潤圧の軽減は期待できない。

今回再度床材の塗装の試みを行ったのは、発想をかえて吸水防止の塗膜や硬い塗膜を作るのではなく、軟らかい塗膜を作りクッション性をもった床材製品とする試みであった。硬さでは評価できないので、実用性の評価には少し時間がかかるのであろうがおもしろい試みであり、試作品の実用試験が望まれる。

試作した塗装仕様は次の通りである。弾性タイプの他に超硬の塗膜硬度をもったもの、ポリエステルタイプのものさらに従来より用いられてきているウッドリーム愛知でも試みたタイプの塗装も試みた。

また2. 2. 2でのべた如く、塗料の材中への侵入を期待して木端立て床材表面にインサイジングをほどこしたものについても従来型の塗装をほどこす試みをした。

木端立フロア—塗装仕様

No	塗料商品名品番	適要 説明	配合比率など
1	UC-77 サ・フレックス	ウレタン系 弾性 (新製品)	2:1 弾性タイプ
2	PC-10 スーパーポリ	ポリイソ系 ノソックス型	主材 硬化材 タイプ
3 *	VF-70-50 ウltraV ツヤ消シ	ウレタン系 高硬度タイプ (新製品)	二液型 VV 乾燥タイプ 2:1
4	UC-111 フロア-1-レ ット	ウレタン系 二液型 一般標準型	二液型タイプ A:B 2:1
5	UC-10 フロア-1-トソ	ウレタン系 一液型 一般標準タイプ	油変性 一液ウレタン

No. 6 小さい筋入タイプ (インサイジング)

15cm角見本板はNo. 4と同じ仕様。

* VF-70は高硬度フラット (HM) タイプUV塗料で表面
硬度を非常に高くしたものである。

鉛筆硬度7Hに相当する。

2. 3. 4. コスト試算

2. 3. 4. 1. メラミン・フェノール樹脂注入

2. 3. 1で行ったメタノール・水溶液、メラミン・フェノール樹脂の注入処理コスト試算は次の通りである。

フェノール変性メラミン・MPA・90705	単価	180 ^円 /kg
溶剤	メタノール	100 ^円 /kg
配合溶剤	メタノール：水 = 45：55 (体積ではほぼ1：1)	45 ^円 /kg
スギ比重	0.4	400 ^{kg} /m ³
ヒノキ	0.45	450 ^{kg} /m ³

スギ、ヒノキへの注入量を35～40%とすると、木材1m³当たり

樹脂	50,400円～57,600円
溶剤	14,400円～12,600円
計	64,800円～70,200円

2. 3. 4. 2. W. P. C.

2. 3. 2におけるW. P. C. 化のコストは木材1m³当たり90万/m³とされる。但し2. 3. 4. 2での試算のように、樹脂消費のみをとれば48万円/m³となる。詳しくは2. 3. 2の資料を参照されたい。

2. 3. 4. 3. フロアー塗装仕様

使用した塗料No. 1～3は新製品であり、コストは確定していないが塗装費を含めて2,000円/m²以下である。またNo. 4 uc-111フロアーユレットは塗装費込みで1,300円/m² No. 5 uc-10フロアーユートンは塗装費込みで1,000円/m²である。

3. 細単板集成材

3. 1. 単板化

スギ間伐材丸太を長さ30cmに玉切りし、2mm厚単板をロータリーレースにより剥いた。節、年輪中の比重の変動のため剥き肌は必ずしも良いとはいえなかったが今回の目的には十分なものと考えられた。

3. 2. 樹脂塗布

室内に放置し気乾とした単板を拡げメラミン・フェノール樹脂塗布を行った。そのままさらに室内に放置して気乾とし、いわゆるBステージの樹脂の状態に止める樹脂の固化を行った。樹脂塗布量は31~32g/30×30cm²両面で、樹脂の配合条件は次の通りである。

MPA-90705	1,000g
小麦粉	150
水	100

一日の放置により次の工程に進める程度の樹脂固化がみられた。樹脂塗布後固化した単板を1~2cm幅に裁断し、ステック状の30cm長さの細単板材料とした。これがパララムにおける構成素材にあたる。但しパララムの細単板素材は3m長さといわれる。

3. 3. フォーミング

細単板素材のフォーミングは次の工程による。9cm厚さの30×20cmの大きさの比重0.60の細単板集成材を試作することを目指した。2×4材を枠材として周囲におき、その中に細単板素材を入れ側圧をかけながら厚さ方向、(上下方向)に圧縮を行った。当初約28cmの間隔に置いた側板(2×4)を厚さ方向(上下)の圧縮の度合を強めると同時に順次縮めていく。20cmまでの幅の縮小を目標としたが23cmまで縮めた段階でこれ以上の側圧による縮小は不可能となった。厚さ方向(上下方向)の圧縮と側面による圧縮の兼ね合いがむづかしい。その条件は細単板素材の大きさ、使用する接着剤等より異なるものと思われ、その都度条件をさ

ぐりだす必要があるものと思われる。目標20cmの幅が23cmに止まったため比重は当初予定の0.60に達することなく、0.50に止まってしまった。

又30cm長さの細単板素材より長い細単板集成材を作るためには、途中で素材のつなぎ目が出現することとなる。これはいかに長い単板素材を用いても、それより長い集成材を作るためには必ず必要となるテクニックであり、パララム製造においても何らかの特別の工夫がなされているはずのところである。今回の試験では最も強い影響があらわれるものと思われる全素材重量の1/2を集成材長の中央で集中的につなぐことを試みた試験片の製作を行った。

3.4. 熱圧

上記のように側圧をかけながら厚さ規制を行ったプリプレス集成材の2本の側板(2×4枠材)の両木口を別の材でつないで釘どめし除圧によるハネもどりを防いだ。同時にプリプレスされた集成材の上下はプリプレス前より設置されていたトタン板で覆い固定して除圧による厚さ方向へのハネもどりを防いだ。しかしこのような操作にもかかわらずプリプレスを解除した段階での厚さ方向への膨張的恢復がみられた。このようなプリプレスされた、集成材を改めて熱プレス熱板間に置き圧縮を行い樹脂の固定硬化を行った。そのプリプレス集成材は約25 kg/cm^2 の圧力により2×4側板に達し9cmの厚さに圧縮される。1分/1mmの割合で140℃熱圧を行った。

3.5. 強度試験

結果を次の表に示す。断面の観察により、製品の厚さの中央にあたる部分の圧縮が充分に行われていないことが見られた。これは中央部への熱伝導に長時間を要したためであり、高周波等の加熱方法を用いる必要があるだろう。そのため当然製品に部分による比重強度のムラが現れている。とりあえず3cm角の曲げ試験片をとり強度試験を行った。

細単板集成材強さ

構成	曲げ (kg/cm ²)			
	強さ σ		ヤング率 E	
	I	II	I	II
長さ方向 通し細単 板 100%	372 (349~396)	392 (372~420)	29400 (26800~ 32400)	33500 (32300~ 34200)
長さ方向 通し細単 板 50% 1/2長さ細 単板 50%	210 (127~299)	200 (148~275)	19000 (10800~ 23700)	21800 (20200~ 25000)

注

1) マクミラン社パララムのカタログによる曲げ強さは
 $\sigma = 2800\text{psi}$ 、 $E = 2,000,000$ であり、夫々 $\sigma = 196\text{kg/cm}^2$
 $E = 140,000$ に相当する。

2) 集成材 J A S による曲げ強さは (kg/cm^2)

針葉樹(A-1)アカマツ等	1級 $\sigma = 435$	$E = 110,000$
	2級 $\sigma = 365$	$E = 100,000$
(A-2)カラマツ ヒノキ等	1級 $\sigma = 405$	$E = 100,000$
	2級 $\sigma = 330$	$E = 90,000$
針葉樹(B-1)ツガ等	1級 $\sigma = 375$	$E = 90,000$
	2級 $\sigma = 315$	$E = 80,000$
(B-2)モミ スギ等	1級 $\sigma = 345$	$E = 80,000$
	2級 $\sigma = 285$	$E = 70,000$

3) スギの曲げ強さ $\sigma = 350$ $E = 75,000$
ヒノキの曲げ強さ $\sigma = 400$ $E = 90,000$

3. 6. 材料試作の見直し

今回行ったようなロータリー単板による細単板集成材製造は当初試みたゼファー（連続網状繊維）による集成材製造に比し、素材の裏割れが少ない利点がある。またゼファーを個々の独立した繊維の塊に分離し細単板様の素材とすることは、現在のところ人手による他なく、パララムを目標とした新素材は文字通り単板層を原料とするパララムに追従する結果となってしまった。ゼファーの単離化には新たな機械開発が必要であり、またそのような試みよりもゼファーを用いたL. V. L.（積層単板木材）の試作の方がより実現性があるものと思われる。またそのための2, 3の試作は以前より行われている。

単板化に用いられるロータリーレースは、今回材料試作に用いたような本格的ロータリーレースの必要はなく、割箸、ツマヨウジ製造機の如き小型のロータリーレースによる裏割の多い、表面性能の劣った単板が得られる機械で充分であると思われる。このようなロータリーレースは数多く市販されている。

このような細単板集成材の工業化への困難点はフォーミングにあるものと思われ、側圧をかけながら上下より圧縮を同時におこない、そのままの形を保持させたまま熱圧樹脂硬化を行わせるためのフォーミング熱圧の連続プレスが必要とされるであろう。フォーミングにはローラー、或いはキャタピラによる連続四面圧縮が又続いて行われる連続加熱プレスの熱源には高周波等が必要とされるであろう。パララムの例にみられる如き大がかりな連続フォーミングプレスの開発は極めて高価なものとなるであろう。

実現しうる材料試作の見直しとしては、バッチ・システムによる手作業によるフォーミング、1~4 mの側圧可能なプレスを用いる熱圧を用いることになるものと思われるが、上下圧縮圧、側圧の時間スケジュールは個々に検討開発する必要がある。

またゼファー或いは単板いずれの素材を用いるにしても常温硬化の接着剤を用いたバッチ・システムによりコストの低減を計ることも考えられる。

4. ウエファーボード

4. 1. ウエファターの製造

北米におけるウエファターボードの製造は主にディスクフレイカー（円盤鉋）により行われている。今回はスギ間伐材における節、年輪内における比重変動の大きいことを考慮してスライサーによる横ヅキツキ板を原料とすることとした。この方式は円盤鉋に近い切削方式であるが、より本格的な単板切削方式であり試験段階においては節、年輪界の比重差はまず問題なく切削が行われたとあって良い。多少刃こぼれを生じたがその傷は刃をつけたままの補修程度で収まるものであり、補修による結果は全く問題のないものであった。スライサー方式の切削は刃が往復運動をするものである。回転切削である円盤鉋はアスペン等ほとんど年輪のない、又節材を対象としないウエファター製造に対し行われているものであり、針葉樹の春材の如き軟か過ぎる材は切削は困難であり又乾いたヒノキ程度の硬い材の切削も困難である。

ウエファターの大きさ、厚さのスギ・ウエファターボード製造への影響をみるため厚さを0.4 mm, 0.7 mm, 1.0 mmの3通り、大きさを30×30 mmと60×60 mmの2通りとした実験を行った。スライズド単板の30×30 mm又は60×60 mm角のウエファターへの裁断にはギロチン・カッター（一部テーブルバンドソー）を用いたが繊維方向の幅ぎめの切断は長さだけ切断したウエファター素材を乾燥後、手でもむこと、あるいは手でさくことにより行うことがより容易であった。実用化の工程においては長さぎめ、幅ぎめのいずれか一方はスライサーにおけるケビキ作業により、他方はギロチン・カッターで行われるものと思われる。

4. 2. ウエファターの乾燥

天日乾燥後に籠に入れオープンによる乾燥を行った。最終含水率は3～7%であった。スギの心材、特に黒心の乾燥には長時間を要した。しかし0.4 mmウエファターでのウエファターボード製造では、当初の実験で製板時にバンクを生じたので、ウエファターの乾燥は

より徹底して行い0%とすることを目標とすることも試みた。

4. 3. 接着剤

メラミン・フェノール接着剤を用いた。固形分を、全乾ウエファーボードに対し7%と決めた。固形物53%の樹脂原液に大体当量の水を加えて薄め、エアスプレーにより塗布した。硬化剤、増量剤は一切用いていない。バンクをさけるため一部水を加えないスプレーを試みたが塗布ムラを生じ失敗した。又思ったほどの強さが得られなかった原因及び大きい膨潤率の原因は樹脂の不足であるものと思われる。

4. 4. ウエファーボードの製造

従来の知見によりボード厚さは薄くなるほど比重の大きいことが要求される。

即ち一般には	ボード厚	比重
	10 mm	0.72 ~ 0.67
	15	0.70 ~ 0.65
	20	0.68 ~ 0.62

である。

今回は厚さ15 mm、比重0.65を目標とするボードの製造を行ったが、ウエファー厚0.4 mmのボードではバンクを生じたためこのボードについては比重0.60を目標とすることとなった。ウエファー自体の比重が軽いため、圧縮時においてウエファーの圧縮が過剰になることをおそれたからである。

熱圧時間は130°C、20 kg/cm²、1分/1 mmとし最終段階で2分間6 kg/cm²息抜きを行った。比重0.65目標の多くのウエファーボードではバンクを生じてしまった。含水率の過剰又は圧縮時間の不足が考えられるが、対策として樹脂に対する加水約100 mlを行わなかったボードでも接着不良(欠膠)をおこしたウエファーがみられた。このことより最終的にはより低比重のボードを目指しウエファーを全乾にし、接着剤はやはり水で薄めスプレーにおける吹きムラを生じないようにした。

4. 5. 強度試験

出来上がった300mm×400mm×15mmのウエファーボードより直交した2本の曲げ試験片、2ヶの釘引抜抵抗試験片、3ヶの耐水試験片を切り出した。耐水試験はパーティクルボードの試験に準じたが評価は構造用パネルの日本農林規格にしたがって行った。4. 3、4. 4で検討した通り、思ったほどの強さが得られなかった原因として、目に見えない程度のバンクを生じていたものと思われる。この原因には1つにはスギという低比重素材に対し高比重過ぎるボード製造を目指したこと、そして樹脂の不足が考えられる。

4. 6. 材料試作の見通し

今回用いたスライサーによるウエファー切削は節、年輪界の比重差の大きいスギ材のウエファー製造には成功したものと思われる。但し、実用化の段階での本格的スライサーの使用はコスト、能率の面から見て考えられないので、木毛製造機における鉋切削方式の切削機の利用が考えられる手法であろう。又フォーミング・熱圧等も木毛セメント板製造ラインの改造が考えられるのではないかと思われる。またスライサー方式での切削にはツキ尻が残ることもあって、丸太より角材をとる形で周囲のみをツキ板にすることなども1つの試みとして考えられる。

しかし従来にないウエファーでのボード製造にはもっと研究を行わねばならぬ点が多くある。第一にスギの比重より考えたボードの最適比重の決定であろう。これにはウエファーの厚さ、大きさが関係あると思われるが従来知見よりもより低い比重のボードが製造できる可能性がある。第二に接着剤塗布の困難さの克服である。ウエファーが大きいためか、従来のパーティクル方式のスプレッターではウエファーの散らばりが不十分な点が見られた。第三にフォーミングの困難さがあげられよう。北米でのウエファー製造での如き2~3mも上方より降らせる形のフォーミングあるいはウエファー吹き上げる方式の接着剤スプレイ等を行う必要がある。これらには

実験室規模をこえた、中間工場的実験が必要であろう。

今回の製造実験の範囲中での結果によると0.7mm、1.0mm厚の30×30mmのボードの性能が良く製造には困難点はなかった。0.4mm厚のウェファーにバンクを生じたのは薄過ぎるウェファーの接着剤のスプレー・フォーミングが困難であることと共にウェファー間の重なりに存在する空間が小さ過ぎること、接着剤量7%が不足であることでもある。一方60×60mm角のウェファーでは接着剤スプレーが困難であること、接着剤の不足が均一な接着剤塗布への障害となったものと思われる。

(追記)

この報告書を作製した後に行われた技術討論会において、ユリア樹脂を用いた、より高含脂率のウェファーボードの試作が要望された。追加したボードは比重0.60、含脂率10%を目標とし、0.4mm厚×30mm×30mm及び0.7mm厚×60mm×60mmのウェファーを用いたものでユリア樹脂；エスレジンSG50（樹脂率72%）使用、130℃、1分/mm熱圧で16mmディスタントピースを使用したものである。

曲げ強さはそれぞれ310kg/cm²、287kg/cm²を示し、著しい改善が見られた。また吸水による膨潤率も夫々7.9%、14.4%を示し、北米産ウェファーボードよりはるかに秀れたものとなっている。特色のあるボードの生産が可能であろう。

ウェファー・製造

NO	ウェファー 原板	比重		厚さ (cm)		膨潤率 (%) [*]
		目標	実測	目標	実測	
4	0.7mm 30X30mm	0.65	0.652	1.6	1.82	23.0
6	1.0mm 30X30	0.65	0.672	1.6	1.74	17.4
8	0.4mm 30X30	0.65	0.666	1.6	1.85	20.0
7	0.7mm 60X60	0.65	0.615	1.6	1.95	34.2
1 1	0.4mm 30X30	0.60	0.594	1.6	1.71	29.7
1 2	0.7mm 60X60	0.60	0.600	1.6	1.97	29.0

*24時間室温浸漬. J A S (散水) 24%以下
(追加)

1 3	0.4mm 30X30	0.60	0.60	1.6	1.69	7.9
1 4	0.7mm 60X60	0.60	0.59	1.6	1.84	14.4

スギ・ウエファーボード強さ

No	曲げ (kg/cm ²)		釘引抜抵抗 (kg*)	JAS相当換算 ** (kg/cm ²)	
	強さ σ	ヤング率 E		強さ σ	E
4	193	22900	5 7	3 級 113.2	2 級 22390
6	190	22800	7 6	2 級 186.6	2 級 25600 3 級 13290
8	128	17800	8 1	3 級 109.6	3 級 15790
7	98	10500	1 0 7	3 級 98.7	3 級 9440
1 1	186	24200	7 5	3 級 128.2	2 級 27000 3 級 14000
1 2	174	19300	1 2 2	2 級 145.6	2 級 17660

*JAS 70kg 以上

**JAS

	曲げ強さ	ヤング係数	(kg/cm ²)
1 級	720/h ²	305/h ³	
2 級	565/h ²	135/h ³	
3 級	375/h ²	70/h ³	
4 級	220/h ²	35/h ³	

(追加)

1 3	310	27000	—	1 級 252	2 級 27970 3 級 14500
1 4	287	26900		1 級 213	2 級 21670

あとがき

本事業の遂行にあたり、関係各位の御指導、御協力を賜り厚く御礼申し上げます。特に、丸良安藤株式会社 社長 安藤友一氏、名古屋木材株式会社 専務 笠木和雄氏には再三討議に加わって頂き、有益な御助言を賜ったことを感謝致します。

また新材料試作時において松栄化学工業株式会社、株式会社高橋汽罐工業所、松井木工株式会社、株式会社フクモト、玄々化学工業株式会社の皆様に大変御世話になりましたことを、ここに記して謝意を表します。

スギ、ヒノキの新用途開発
昭和63年2月発行
名古屋市千種区不老町
名古屋大学 農学部 木方洋二
印刷 名古屋大学 生協

〔回答〕

4. ポプラ家具材の表面硬化塗装処理技術

安価で簡便な表面硬化法については、すでにご承知の樹脂含浸など意外には当方にも情報はなく、現在では解決が困難である。しかし、次の2点について試みることも必要であろう。

1. 熱圧による方法

熱圧プレスにより表面を硬くできる可能性がある。温度は200℃前後で、時間、含水率、圧力は樹種によって変わるであろう。

2. 塗装による方法

不飽和ポリエステル樹脂塗料が、厚塗りでき、硬度も高く、透明である点で良いであろう。

V. フィリピン・パンタバンガン林業開発計画

(質問事項)

V. [フィリピン・パンタバンガン林業開発計画]

1. 特殊な造林手法を必要とする風衝地、崩壊危険地を特定する基準の作成手法について

(1) 質問技術テーマの具体的な背景及び、そのプロジェクト活動内での位置づけ

ア 今まで10年余りの第1フェーズを通じ造林が進められてきたが、急傾斜地、風衝地等の造林は後回しにされてきており、今日、未立木地のまま残っている地域はこれまでに開発されてきた通常の造林方法のみでは成林が危ぶまれている。

イ この為、残っている造林対象地（急傾斜地、風衝地及び特に崩壊の危険度の高い林地）における造林方法として、密植、混植による試験造林を行っている。

ウ しかし、このような特別の造林は一般にコストが高く、可能な限り通常の造林を進め、特に必要な林地のみ密植等の方法を採用することが望ましく、このような特殊な造林法を導入すべき林地を特定するための判定基準の作成が必要となっている。

(2) 質問技術テーマの具体的な内容、問題点及び期待する回答の範囲

ア 風衝害の発生が懸念される林地の選定方法、特に風の強さの測定に付いては、当地の特殊事情から、時期記録計等の設置が不可能なこともあり、（固定的な観測設備を設置しても直後に盗難に合うことが必至である。）これに変わる手法の指導を願いたい。

イ 風当りの強いと思われる林地には、今の処造林地が成立していないため、造林僕に対する風衝害がどの様に発生するのかを想定することは困難であるが、下層植生（大部分は、風の強いところも弱いところも同じコゴンの草原である。）の生育の違い（例えば20m²くらいコゴンを刈り取ってその回復の違いを読み取るなど）等解り易い外的基準を元に判定するための調査方法について提言していただきたい。

ウ 崩壊の危険度の高い林分とは、一般的には急傾斜地で、地割れなど崩壊の兆候が現れている部分など、過去の崩壊地の周辺と考えられるが、現地では、どの程度の広がりまでを崩壊の危険度の高い林分であると区分するかの判断は難しく、明確な論拠に乏しい。この崩壊危険度の高い部分と通常の林分とを区分する何等かの指標を得たい。

(3) その他

ア 一般造林技術（早生樹）は、概ね開発されたが、当地域は、特に風当りの強い林地が広がっており、過去の造林地の残存状況も小面積に分散している場合が多い。これら複雑な微気象の変化に対応して行くためには、樹種選定と共に、植え方にも変化を持たせだきめ細かい対応が必要であり、この立地区分を通じ全般的な緑化の技術が確立することを期待できる。

2. 「適地適木判定基準」の作成について

(1) 質問技術テーマの具体的な背景及び、そのプロジェクト活動内の位置づけ

ア 本プロジェクトは早生樹種の造林技術の開発と移転を目的として、10年余の活動を続けており一定の成果を得てきた。これらの成果を踏まえつつ、第11フェイズに於ては、早生樹の林から長伐期有用樹種の生態的にもより安定した森林へと漸次転換して行く為の技術開発に取り組むことが課題となっている。

イ この為、現在、本地域での自然植生（原植生）での優先樹種であったフタバガキ科のパロサビス (*Anisoplera nucifera*) を取り上げ、育苗技術、樹下植栽技術開発の為の各種試験に取り組んでいる処である。但し、この技術開発課題の中では上木の被陰度、施肥方法など樹下植栽による次世代のフタバガキ科樹種の造林方法の開発を目的として試験地を設定している。

ウ しかし、近い将来、プロジェクト地域全体に樹下植栽を進め、パロサビス等長伐期樹種に転換して行くためには、これら樹種の適地判定を容易に出来る適当な基準を見いだす必要があり、また、高海拔地 (400--700m) では、自然植生も代わり、パロサビス以外の適当な造林樹種を見い出さねばならない。この意味では、現在設定した試験地は、パロサビス等の適地判定の資料とは結び付いていない。

エ また、フィリッピンでも、長伐期有用樹種として、チーク、ナーラー、マホガニー等の育林実績があり、苗木も比較的得安いことから、その適地には、積極的に導入する事が効率的であると考えられるが、これら樹種に付いての適地判定の基準は、当プロジェクトのような特別に厳しい立地条件と対応するものとしては全く未知の世界のままとまっている。

オ また、早生樹に関しても、土壌型分類等により適切な植栽樹種選定を行うべくその判定基準の試案を作成した処であるが、現場の一般の森林官にとって土壌調査、土壌型判定は必ずしも容易でなく、また土壌図を5000分の1地形図上に明示する土壌区分図を作成することも実際的には困難であり、必ずしも簡易な適地判定の基準として、現場で有効に活用しにくいきらいが残っている。

(2) 質問技術テーマの具体的な内容、問題点及び期待する回答の範囲

ア 以下の樹種に付いての簡易な適地判定基準を作成するに付いての立地条件判断に活用すべき外的基準の捕らえ方に付いての提言（土壌分類など高度な技術判断を要する外的基準ではなく、地形、標高、植生など誰でも見て解るものを導入したい。）及び外的基準とすべき因子選定の手法並びに各因子の組合せ（複合関係）効果解明の方法（調査、分析の方法等）に付いて指導して欲しい。

対象樹種：ユーカリプトス カマルドレンシス、アカシア アウリカリフォルミス、ヤマネ、アゴホ、ジャイアント イビルイビル、パロサビス、マホガニー、ナーラー

イ 立地因子別の郷土長伐期造林適樹種探索の方法（天然林調査等により適当な樹種を見いだす為の植生／生態調査方法）

ウ また、立地判定の為の試植林を設定するとした場合、その試験地設計の素案（ど

んな立地の処に、どの程度の規模の試験地を造成し、どんなデータを収集すれば、その解析が可能と言えるのか)

(3) その他

ア 現地を観察していると、早生樹であっても方位や標高によって造林木の残存率に差が在るように見える。

イ 適地適木の判定は、解り安い外的基準の組合せで示されることにより、現場技術者の有効な指針となる物で在るべきである。

ウ 標高400m以上の林分での樹種更改への取り組みも必要な開発課題である。

エ 将来事業規模で樹種更改に取り組むためには、早生樹(先駆樹種)造林の時から、後続すべき樹種の特徴を考慮した造林を行うことが必要である。(植え付け本数等を含めて)。

3. 社会林業プロジェクトにおける国地方公共団体等外部からの技術・資金等支援の在り方について

(1) 質問技術テーマの具体的背景及びそのプロジェクト活動の中での位置付け

ア. 本プロジェクトでは10年余にわたり直営方式で造林事業を続けてきた。このため地域住民にとっては、大きな雇用機会が提供され続けてきた訳である。

しかし、このことは反面地域住民のプロジェクトへの依存度を高めたことも事実であり、造林事業終了が地域の社会不安を醸成する危険性も否定し得ない状況にある。

イ. このため、フェーズⅡにおいては、地域住民も森林経営に参加した形で造林事業の推進を図り地域住民の自立を促すことを目的とする社会林業計画の推進が活動課題の柱となった。

ウ. フィリピンでは、社会林業計画の推進が国の重要な林業政策の一つとなっており、すでに土地使用等に関する法令規則が整備されている（PROFM・FLと呼ばれる）。しかし、これら施策の中心は、森林占有者等に対しアグロフォレストリー的な手法で森林地域を使用する権利を保証することにあり、その他財政的な支援は極く限られている。

エ. このため、多くの社会林業プロジェクト・サイトでは、農地の開墾が行なわれてはいるものの、樹林地の造成は進んでおらず、社会林業プロジェクトが結果的には森林破壊と土壌流失を助長していることも見逃せない。

オ. 社会林業計画のなかで薪炭材や果樹等の樹木を植え、かつ収入を得るまでの間生きてゆくためには、農地の開墾、植林等に要する資金の支援が必要であるが、政府の予算措置は極めて限られており、せいぜい苗木養成用のプラスチックポット及び肥料の提供にとどまっている。また、政府としては、土地の使用権を保証する以外の財政的支援の必要性を必ずしも認識していないと言う側面もある。

(2) 質問技術テーマの具体的な内容、問題点及び期待する解答の範囲

ア. 世界各地で社会林業計画に取り組んでいるが、プロジェクトの立ち上がり期間（概ね3～4年間）の必要なコスト（農地開墾、畑作物の種子、灌漑施設、苗畑造成、育苗等にかかる物件費及び労務費）及び最初の収穫物が得られるまでの期間の社会林業計画参加者の生活費について各々の農民あるいわ地域共同体が、どのようなソースから資金を得ているかについての事例についての情報。

イ. これらの事例を踏まえ、外部からの資金（資材）の支援のあり方に対する提言。すなわち、援助すべき期間（目標は薪炭材の造成に置き、薪炭林が保続的な収入を導き出すまでの間）、支援すべき事項（供与すべき役務、資材及びファイナンス等）、返済の方法／期間（分収を含む）等についての関係識者の助言を頂きたい。

（当地の現場指導担当の社会林業森林官は、参加農民への支援は多くの場合彼らの自助努力を阻害し、結果的には自活力を無くしてしまうことになる。外部支援は、ごく限られた資材と技術指導及び共同体等の集会の運営等にとどめるべきだとの意見を持っている。）

4. 河川中流部での簡易かつ廉価な河床工作物等により濁流内の土砂流下を抑制し中流部での貯砂を促進する手法について

(1) 質問技術テーマの具体的な背景及び、そのプロジェクト活動内での位置づけ

ア 本プロジェクトは、1974年に建設されたパンタバンガンダムへの土砂流入を抑制するため、ダム上流域の林地の緑化と治山工事を進める為の技術の開発・定着及び普及を図る事を目的に1976年スタートした。

イ フェーズIの10年間で、治山工法に関しての技術の移転が進められたが、コンクリート工事を基幹とする治山工法はフィリピンの厳しい財政事情下では、その拡大が困難であることもあり、第1フェイズでは、地元資材を活用した簡易かつ廉価な工作物等による治山工法の開発が技術課題として取り上げられる事となった。

ウ しかしながら、10年余に及ぶ過去の協力期間中にも土砂の流失が継続し、既に膨大な土砂がパンタバンガン湖に注ぐ河川の中に堆積されており、今後山腹の緑化及び山腹工事を進めたとしても、ダムの寿命を延命させるのは、今や絶望的とも感じられ、山腹の緑化と同時に河川中流部に貯溜されている土砂を湖内に流れ込まぬようにする対策が肝要と思料される。

エ 本地域の土砂の移動は、日本のような土石流に起因するもの^{（混合堆積）}よりは、細かい土粒が降雨の際混濁水となって移動するものが主体であることから、降雨時の河川の流速を減殺する河床工作物の導入が対策として効果的であることは明かである。

オ この為には、湖に流入している河川の河口部近くに沈砂池的機能を有する大きな貯砂ダムを設置することが考えられるが、この様な施設の建設には、巨大な資金が必要であり、フィリピン政府の力では到底実行不可能である。

(2) 質問技術テーマの具体的な内容、問題点及び期待する回答の範囲

ア 前述の河口部に大きな貯砂ダムを設置することに代替する河床工作物等に関する実現可能性の高い設計案の提言、及びその工作物による貯砂（沈砂）効果を計測する手法に関する指導。

なお、可能であれば、提案に付いての設計概要、建設コスト及び同種工作物の設置事例（沈砂される土砂の粒けい、移動土砂の質、移動土砂の地質的特質、河川の流量及び流速（平時及び洪水時）及び同工作物の設置による貯砂促進効果の測定手法或は効果判断の指標となる事項を含む）の収集をお願いしたい。

イ 河床工作物の設計事例（特に開発途上国で行っているもの：安上がりの工作物）に関する論文等の文献収集。

3. その他

ア 湖水に流入する河川の河口部に沈砂池を設けることにより乾期にはこの堆砂地が農用地として活用できることから、地域開発にも貢献し得るものと考えられる。

〔回答〕

V. [フィリピン・パンタバンガン林業開発計画]

1. 特殊な造林手法を必要とする風衝地、崩壊危険地を特定する基準の作成方法について

(1) 風衝地について

風衝地の推定に関しては、風衝発生メカニズムに基づいてその危険度を推定するのは困難であり、実際の風衝地の発生状況をもとに経験的、帰納的に風衝地の推定をすることが考えられる。

過去における経験的知見で、風衝地の発生は風衝地の原因となる風の方位とその風を迎え入れるような大きな谷の存在が関係するという見方が一般的である。本項の質問で望んでいる判定の対象斜面の規模は質問書には明記されていないが数ha程度と推測され、質問で要求している判定の精度は著しく高いレベルにある。従ってこの場合、要求されるレベルの風衝地判定基準を作るとすれば、現在の現地での風衝地の風と地形に係る特性を把握し、それらの風衝地の分布に関する法則性を見出して判定基準を作る必要がある。一方現地の実態はほとんどが草原で占められている（質問書の文面からの推測）ため、日本国内のように樹木の形態から風衝地の地形的特徴を把握して風衝地の発生地条件をくわしく知ることは不可能と思われる。また、質問書中に書かれているコゴンの刈りによる方法も草の生長量の大小は土壌条件など地上部の風とは無関係の要因も大きく影響する点から考えると有効性に疑問がある。

質問書によれば、風衝地にあたる場所は造林未着手であるように受け取れるが、そうだとすれば、現地では風衝地判定に関する何等かの判断基準を持っているのであろう。その判定基準は何かを確認し精度を上げることを検討する必要があるが、最初に述べたようにメカニズムの解明の研究は必要なことであるが時間を要するので、実用面からはメカニズムについても現地の実態から推測する以外にない。

いずれにしても風衝地と風衝のおそれのない土地とは一線を以て明確に区分出来るわけではない。この境界線は、事業面の試行錯誤を経なければ確定し得ないものと考えられる。

以上のことをふまえて風速の測定による方法については次のことが考えられる。

- ① 風衝地を発生させる風の方位を確定し、当該方位の風によって風衝地になる危険性のある斜面を地形等も考慮して摘出する。
- ② 当該方位の強い風が吹いている時に風衝地になる危険性のある斜面の風を測定し、同一時の基地の風向、風速と対比させる。
- ③ 一般造林と風衝地との中間部分の造林を一般造林の手法で少しずつ進め、技術的な試行錯誤で風衝発生条件をさぐる場所を数箇所設ける。

- ④ 風衝被害発生地で強風時に測定した常風の条件を基地のデータと対比させて被害発生地の風の条件を基地の風との差としてとらえ、その他に地形的条件を加味して①②④をあわせて風当りが強い風衝被害発生危険地の指摘を行なう。

以上はなるべく理論的に風衝発生危険地を判定する方法を考えてみたものであるが、現地を知らない小生が少ない情報のもとで多くの推測を交えて書いたものであるから、これで判定が可能になるかどうかは実行結果を見なければわからない。既成の造林地に風による不成績地が多ければ、200メートル四方4ha程度のメッシュをかけ地形図上のメッシュ方位と地形だけで不成績地の地形的特徴から風衝地を推定することも考えられこの方が実際的かも知れない。

(2) 崩壊危険地の判定

この場合も判定法としては既に発生している崩壊地の条件をもとに今後の発生予測を行なう、即ち経験的、帰納的に予測を行なう方法が妥当である。

日本に於ける崩壊危険地の判定は通常、傾斜、斜面形状、土層深、樹種、樹令などを要因として要因それぞれについて定めた階級ごとに危険性の大小に関する点数を与えて判定を行なっている。バンタガンバンに於ける同様な方法の適用を考えた時、日本の林地との大きな違いは林木が存在しない草原状の産地である点である。

通常、日本に於ける崩壊危険地判定では、傾斜、斜面形状、林相が崩壊発生と関係が深い要因として用いられるが、バンタガンバンの造林対象地は無立木地であり、日本の危険地判定を適用出来るとすれば、林相以外の傾斜、斜面形で或る程度の判定が可能と考えられる。その方法についての案としては、

- ① 崩壊が多発している造林地約2000haの地形図（1万分の1または5千分の1）に1辺が100メートルつまり1haのメッシュをかける。
- ② 各メッシュの傾斜および斜面形状を、林野庁の山地災害危険地調査要領により計測する。
- ③ 傾斜別および斜面形状別にそれぞれメッシュ約2000個(2000ha)を5～10の階級にわけて傾斜と崩壊、斜面形状と崩壊の発生の傾向を求める。
- ④ 崩壊の発生率が高い傾斜、斜面形のメッシュ内にある崩壊地の、実際の傾斜を測定する。斜面形状についても同様の観察を加える。
- ⑤ 上記の③④をあわせて現地における地形による危険地判定方法を定める他、土層深、土質などについても崩壊はっせいに結び付く要素があれば判断根拠に組み入れる。

参考文献

林野庁：山地災害危険地区調査要領、昭和60年5月

〔回答〕

2. 適地適木判定基準の作成について

具体的な解答は専門の2氏が詳しく述べられるが、背景を読んで気付いたことをはじめに述べる。

バンタバンガン地域では沢沿いなどにパロサビスが多くみられることは確かであるが、自然植生においてパロサビスが優占樹種であったかどうかは必ずしも確かではないので、種子あるいは山引苗の入手が可能であれば、周辺現存植生にみられる樹種をできるだけ多く検討するほうがよいと思われる。

また400～700mのこの地域内では海拔の高いところの本来の植生がどのようなものであったか確かではないが、周辺とくに太平洋側の天然（生）林をかいまみた限りでは、ケシアマツ林がそれほど広く分布していたとは必ずしも思われないので、可能な範囲でそのような天然（生）林の主要樹種を調べることは有用だと思われる。

(2) 質問に対する回答

ア、 8 種の樹種についての外的基準による簡易な適地判定法の作成について

適地判定、即ち、ある場所の立地条件がどの様な樹種の植栽に適しているのか、あるいは、ある目的樹種に適する立地条件とはどの様なものなのか、また、それらの樹種の成長量はどの程度のもののかなどを判断するために、先ず第一に大切なことは、その気候条件あるいは目的樹種の好適気候条件を明らかにすることですが、その次に大事なことは、その土壌条件あるいは目的樹種の好適土壌条件を明らかにすることです。

ある樹種の好適気候および土壌条件については、その樹種の原産地の気候および土壌条件について文献等で調べることによって、ある程度明らかにできることもあります。

また、ある場所の土壌条件に関しては、土壌の物理的、化学的、および生物学的性質、特に、植物の生育に関係の深い養分や水分の状態、通気透水性、堅密度、および根の分布状態などを明らかにする必要があります。その際、それらの諸性質は気候、地形、地質、植生、時間などの土壌生成因子の働きの総合的な反映でもありますから、場合によってはそれらの内の幾つか、特に、地形、植生などの外的条件によりある程度土壌条件を代表させることは可能です。ただし、そのためには、前提条件として土壌の諸性質とそれらの外的条件との間の対応関係が正確に把握されていることが必要です。

その点日本では、全国的な森林土壌調査の進展により、いろいろな樹種の植栽地に関する気候、地形、標高、地質、植生、および土壌の諸条件などのデータの蓄積が進み、それらの間の相互関係についても十分な検討が行われ、わが国の森林土壌の性質の変異の幅はそれ程大きくないこと、また、特に、樹木の成長と関係の深い水分状態と地形および土壌構造との間には極めて密接な関係があることなどが明らかにされているので、各種樹種の好適立地条件を判定したり、また、標高、地形、植生などの外的条件を調べることによって、ある場所の立地条件、特に樹木の成長と関係の深い各種土壌条件などを推定することは可能です。

バンタバンガン地域でもある程度は土壌調査が行われているので、尾根、凸型斜面、凹型斜面、斜面下部等の地形の違い、タラヒブ、コゴン、サモン等の草本植生の違いなどの外的条件により、部分的にはある程度の土壌条件の推定は可能です。

しかし、バンタバンガン地域における各種土壌生成因子の組み合わせは複雑であり、その土壌の性質は日本より遥かに多様性に富んでいるため、わが国の様に、地形、標高、および植生条件によって同地域内の土壌条件の全てを代表させることには多少無理があるように思います。

バンタバンガン地域、特に、緩斜面や平坦面では、地形および時には草本類が同じでも母岩あるいは母材およびそれらの風化過程や堆積様式が異なることが多く、しかも、同地域の土壌は非常な長期間にわたる草原下での火入れの繰返しにより天然林下で培われた各種性質を完全に喪失し（森林造成プロジェクトの開始により火事が防がれ、プロジェクト

サイトにおける植生遷移は進行し始めたようですが、土壌にはまだその影響はほとんど現れていないため)、その諸性質は母岩あるいは母材およびそれらの風化過程や堆積様式の違いを強く反映している場合が多いので、同地域の土壌条件を云々する際には、母岩ないしは母材およびそれらの風化過程や堆積様式に関する正確な認識が是非とも必要と思われる。

また、同地域においては、標高、地形、植生、地質などの異なった立地環境条件下における各種樹種の植栽・保育試験に関するデータの蓄積も少ないため、各種樹種の好適立地条件を十分明らかにできるまでに至っていません。

従って、パンタバンガンにおける 8 種の樹種についての簡易な適地判定基準を作成するに付いての立地条件判断に活用すべき外的基準の捕らえ方、外的基準とすべき因子選定の手法、および各因子の組み合わせ効果解明の方法は以下の通りです。

- 1)パンタバンガン地域における気候、地形、標高、植生、母岩ないしは母材およびそれらの風化過程や堆積様式(例えば、第四紀礫層、第四紀粘土質堆積物、不定形瘤状物に富む堆積物、赤褐色碎屑堆積物、火成岩風化物、第三紀泥岩など)、および土壌の諸性質(例えば、養分や水分の状態、通気透水性、堅密度、および根の分布状態など)の概略を把握する。
- 2)それらの間の相互関係について検討を加える。
- 3)それらの検討結果に基づいて、同地域をいくつかの立地区に区分する。
- 4)それらの各立地区の土壌条件と密接な関係を有すると思われる幾つかの外的条件(例えば、地形、植生、母岩ないしは母材およびそれらの風化過程や堆積様式など)を選定する。
- 5)各立地区ごとに適応可能と思われる樹種を幾つか選定し、それらの造林、保育、成長量などに関する試験・研究を行う。
- 6)それらの試験・研究結果に基づいて、各立地区毎に好適植栽樹種を決定する。
(その際、植栽、下刈り、除伐、間伐などの造林、保育作業の管理はできるだけ綿密に行い、各樹種の成長状態ができるだけその立地環境条件を反映するよう努めることが肝要である)

イ、立地因子別の郷土長伐期造林適樹種探索の方法について

立地因子別の郷土長伐期造林適樹種探索の具体的な方法は、以下のとおりです。

- 1) いろいろ異なる立地条件、特に、標高、地形、地質、植生、および土壌などの異なる所に成立する各種天然林を調査し、その主な構成樹種の種類、およびそれらの樹種の更新や成長状態と立地条件との関係を明らかにする。
- 2) それらの結果に基づいて、幾つかの郷土造林適樹種の候補樹種を抽出する
- 3) それらの樹種に関して、いろいろ異なる立地条件の所において、実際に造林、保育、成長量などに関する試験・研究を実施する。
- 4) また、もしそれらの樹種の人工林があれば、その立地環境条件や成長状態に関する調査を行い、それらの樹種の立地特性を明らかにする。
- 5) それらの結果に基づいて、立地因子別の郷土長伐期造林適樹種を選定する。

ウ. 立地判定のための試植林設定の考え方

まず材料の吟味が必要であるが、産地なり系統のはっきりした苗木が得られたことを前提に、どの程度のプロットをどのように設定したらよいかを別紙に解説する。はじめからこういった考え方でプロット数、プロット内本数をきめることが理想であるが、配置さえきちんとしていけば、すでに設定されているプロットの情報からでも、それなりの解析が可能であるわけである。つまり期待する d の大きさに応じて r 、 n をきめることができるが、 r 、 n が他動的にきまってしまった場合には、それに応じた結論を出すようにすればよいわけである。

複数系統の地力反応をみるための試験設計

産地別等複数の系統が、地力によってどのような反応の違いを示すかということについての試験設計を述べる。

1) 試験配置

各地力区分内に各系統は2プロット以上植栽されなければならない。1プロットだけの植栽では、系統間の比較を行うときの物差しがない。すなわち、系統間の比較は、同じ系統が同じ地力内でどのような変化を示したかを物差しとして行われるのだから2プロット以上が必要となる。また、1地力内でも地力変化は、さけることができないだろうから、この影響による各系統に対するユガミを最少限にとどめるように配置しなければならない。このためには、斜面上下方向に地力変化がある場合、地力区分は、当然、斜面と直角方向にとりプロットは斜面と平行に配置する(図-1)。また、プロットの大きさが大きくなるにつれ地力区分内の地力変化が各系統にユガミを与えることになるので、プロットの大きさは小さいほどよく、単木混交が最適であるが、系統管理の問題もあるのでここでは、プロット植栽について述べる。

2) 1プロットの大きさとはプロット内の植栽本数

1プロットの大きさとはプロット内の植栽本数は、データから求めようとする情報の精度によって異なる。すなわち、各系統の地力区分内における2系統間の平均値の差のどれくらいの大きさを有意に検出するかによって定まる。

1地力区分内の各系統平均値にバラツキを与える要因は、プロット間分散 σ_p^2 とプロット内個体分散 σ_e^2 である。各系統平均値の標準偏差(標準誤差)は、1地力内の各系統のプロット数を r 、各プロット内本数を n とした場合次式で与えられる。

$$\sqrt{\sigma_p^2/r + \sigma_e^2/(rn)}$$

しかし、2系統の平均値間の差の標準偏差は上式の $\sqrt{2}$ 倍となる。(分散 n は2倍)

$$\sqrt{2 \{ \sigma_p^2/r + \sigma_e^2/(rn) \}} \dots \dots \dots (1)$$

2系統の平均値間の差のどれくらいの大きさ(d)を有意に検出したいかによって、プロット数とプロット内個体数は定まるのだから、(1)式から次の式を誘導して、プロット数 r とプロット内個体数 n の推定に用いる。

$$d^2 > t^2 \{ \sigma_p^2/r + \sigma_e^2/(rn) \}$$

プロット間分散 σ_p^2 とプロット内個体分散 σ_e^2 が既知であれば、 t は信頼区間95%に相当する t 表の値であり、近似的に2を用いて、任意の d に対する標本数が求められる。しかし、プロット間 σ_p^2 分散とプロット内個体分散 σ_e^2 の大きさは未知であるから、次のような仮定の中から σ_e と σ_p を想定し標本数を求める。

平均15mの標準偏差 σ_e を2mとする。すなわち、13m～17mの中に68.4%が入る変動量であるから技術的にみて無理のない数値である。プロット間の標準偏差も同程度とみて2mとする。

2系統間の差4mを有意に検出したい場合にプロット数 r を3とし、プロット内個体数 n を15として実験したとすれば、次のように計算される。

$$d^2 > L2 \{ \sigma_p^2 / r + \sigma_e^2 / (r n) \}$$

$$4^2 > 2^2 \times 2 \{ 2^2 / r + 2^2 / (r n) \}$$

$$16 > 32 / 3 + 32 / (3 \times 15)$$

$$16 > 12$$

したがって、右辺の値よりも左辺が大きい値が得られたので、ここで計画した地力区分ごとの系統別プロット数3と、プロット内個体数15の大ききで試験の精度は充分である。ただし、プロット間 σ_p^2 分散とプロット内個体分散 σ_e^2 や、目的とする試験精度によって標本の大ききは当然異なる。なお、式の右辺から判断されるように、プロット内の個体数よりプロット数を増やすことの重要性は大きい。

プロット間 σ_p^2 分散とプロット内個体分散 σ_e^2 の大ききは、別にそれらの系統が乱塊法で植栽されておれば、その分散分析のプロット内個体とプロット間分散を引用すればよい。

参考までに、この試験の分散分析の自由度と平均平方の期待成分は表-1のとおりである。

表-1 地力に対する各系統の反応試験についての分散分析

要因	自由度	平均平方の期待成分
地力	$f - 1$	$\sigma_e^2 + n\sigma_p^2 + srn\sigma_f^2$
系統	$s - 1$	$\sigma_e^2 + n\sigma_p^2 + frn\sigma_s^2$
地力×系統	$(f - 1)(s - 1)$	$\sigma_e^2 + n\sigma_p^2 + rn\sigma_{fs}^2$
プロット	$fs(r - 1)$	$\sigma_e^2 + n\sigma_p^2$
誤差	$fsr(n - 1)$	σ_e^2
全体	$fsrn - 1$	

注) f : 地力区分数

s : 系統数

r : 地力区分別ごとの系統あたりプロット数

n : プロットごとの個体数

σ_e^2 : プロット内個体分散

σ_p^2 : プロット間分散

σ_{fs}^2 : 地力と系統の交互作用分散

σ_s^2 : 系統間分散

σ_f^2 : 地力間分散

なお、プロット平均値をデータとして分散分析する場合は、 n を1として自由度と平均平方を書きあらためる。したがって、表中の誤差項はなくなる。

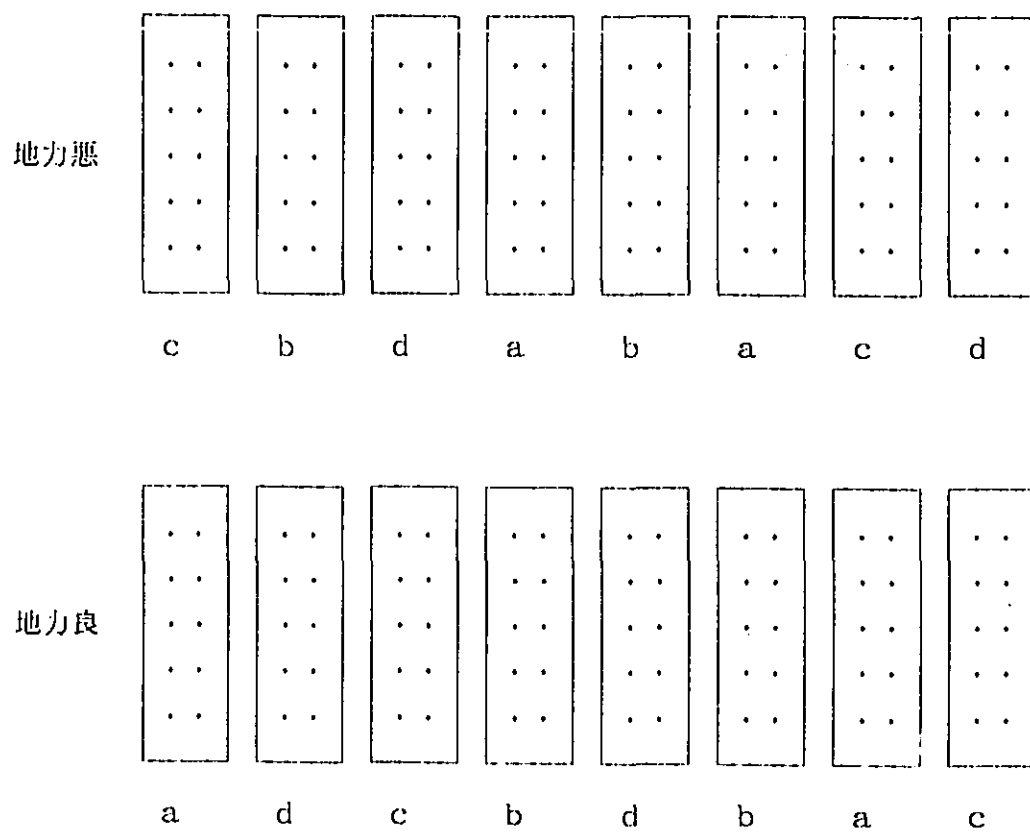


図-1 試験配置のモデル ($f = 2, s = 4, r = 2, n = 10$)

注) a、b、c、dは系統名

〔回答〕

3. 社会林業プロジェクトにおける技術・資金等支援の在り方について

ア. およそ社会林業に限らず、途上国での造林プロジェクトのコスト、funding、計算期間、pricing等は、プロジェクトの条件、目的、性格等によって千差万別であり、画一的に提示することはありえない。したがって、この質問については別添のような幾つかの社会林業プロジェクトの例を挙げるにとどめるが、上記のコスト、funding等を左右する因子の幾つかを次に記しておく。

- ① 気候、土壌等の自然条件
- ② 人口、民族、開発進度、インフラ等の社会経済条件
- ③ 農林産物への需要状況（市場）
- ④ 樹種、造林作業法（人力／機械、肥料、薬品）、施業法、伐期等の技術的基準
- ⑤ 国の財政、技術的背景、政策意図

イ. 資金支援のあり方

① 資金援助について

「外部からの資金」の外部の意味は、外国（バイ、マルチ）という意味と、地域社会の外（当該国の助成）の意味との二通りが考えられるが、まず、外国からの援助は、借款、無償（グラント）資金援助、機材援助、専門家派遣等の形で行なわれており、当該国の助成は多くの場合、苗木の提供（無償又は低価格）技術指導、訓練普及、機械、肥料等の提供、cooperationの結成、販売市場の斡旋等の形で行なわれている。

以上の援助の各々について、今後検討すべき問題を要約して述べれば次の如きものである。

・借款：社会林業プロジェクトの場合は、その性格からみて、融資率の引上げ、ローカルコストへの融資、低利（第二世銀やADBのスペシャルファンド並みの）が不可欠である。

・無償：造林無償援助の場合は、我が国の現行のENから2年を限度とする制度では適用不可能であるので、この期間を延長するか、2年ごとのフェーズ分け（苗畑、道路、機材を第1フェーズ、地拵え、新植を第2フェーズ、保育、補植、保護を第3フェーズなどに分け）の制度が必要と考えられる。

・当該国の援助：この面での重要なことは、「社会林業（造林）プロジェクトは安上りであるべきだ」と云う考えを改めねばならない。多くの成功例では、当該国による初期投資（組織、訓練、建物、道路、機械、地拵え、灌漑保育等）は産業造林以上に国の助成が行なわれている。これはとくに条件の悪い（乾燥熱帯、脊悪土壌、住民無関心等）地域ではまず、人工造林の成功例を見せることが肝要であるからである。

② 返済の方法等について

外国援助の返済等については、いずれの場合も、間伐収穫までの据置き、主伐期+ α での返済期間が概ね常識である。

地域社会と国との返済関係では、分収関係で民と官が決済することが多いが、次のような型により分収歩合が異なる。

- a. 土地・民+労働（労賃自弁）・民 ・ ・ ・ 農家林、入会林型
- b. 土地・民・労働・民+労賃・官 ・ ・ ・ 雇用労働・官行造林型
- c. 土地・官+ 全上 全上 ・ ・ ・ 雇用労働型
- d. 土地・官+労働（労賃自弁）・民 ・ ・ ・ 併用林、部分林型

すなわち、a型では分収ではなく、融資を伴う契約栽培と苗木低価購入などのシステムが採られ、b型とc型は労賃収入を得ているので民の分収歩合は低く最低2割のこともある。d型では民の分収歩合は高く7～8割に達する。

以上①および②についても別添資料を参照されたい。

社会林業プロジェクト別添資料

① Wood Energy Project (マラウイ) - 世銀プロジェクト

実施期間：1980年1月 - 1985年12月 / Phase-1

プロジェクト目標は、以下の通りである。

- (1) 全国88ヶ所の苗畑を設置し、年間9百万本の苗木生産体制を確立し、苗木を農民に販売し、薪炭材と柱材を農民に育林させる。
- (2) 薪炭材／柱材が特に不足している5地区については、政府直営方式で12.9千haの薪炭林を造成する。
- (3) 政府内森林局木材エネルギー一部内にEnergy Study Unit を新設し組織を強化する。

1985年に苗木販売本数は年間5百万本を越え1苗畑当たり平均本数は6万本の実績となった。プロジェクト実施期間中、苗木生産原価は1本当たりはほぼ半減した。国営造林地の方は査定目標をわずかに上回る13.3千haの薪炭林を造成した。またプロジェクトは、木材エネルギー一部に対する経済的、技術的能力を高め、プロジェクトの規模に応じた実行能力を備えることに成功している。公共的あるいは政治的な支援も植林計画の内に組織化されていたが、一方で、プロジェクト実施を通じて、いくつかの欠点／弱点が浮かびあがってきた。第1に、プロジェクトの範囲が十分に広くなかったことが指摘された。たとえば本プロジェクトは政策の核心である天然林の盗伐禁止、伐採制限、木材生産原価を提言させてきた私企業を刺激させる奨励策の準備、国内の薪炭材不足を改善するより実質的な効果の創出等が含まれていなかった。次に薪炭材の立木価格を上げる提案がプロジェクトによりなされたが、これは政府により実行されなかった。実質的には、立木価格はプロジェクト実施期間中に下降した。これらプロジェクトで経験された課題は、次のPhase-2のプロジェクトへと組み込まれた。1984年7月、マラウイ政府より世銀 (IBRD) に対して第2期の融資を考慮する要請がされたが、これは同政府が実施中の“長期林業・木材エネルギー計画”の一環として同国の木材供給と需要の不均衡を是正し森林資源の減少傾向に歯止めをかける目的を有している。

② Second Wood Energy Project (マラウイ) - 世銀プロジェクト

実施期間：1987年1月～1993年

プロジェクト目標は以下の通りである。

- (1) 政策手段を開発し、全国レベルでの植林を促進する奨励策を実行することにより持続的な薪炭林供給をはかり需要とのギャップをうめる。

(2) 小農民による植林を通じて燃材生産を増加させ、同時に生態的に不安定な場所には、政府直営方式による薪炭林造成を行なう。

(3) より燃焼効率の良い炭焼ガマや家庭用料理コンロを導入することにより、燃材消費を節約する。

(4) 制度開発、木材生産、木材保存、研究訓練等の分野を内包し、最も重要な特徴は、薪炭材の価格を上昇させること、植林のインセンティブを確立すること、民間造林を奨励・拡大するための薪炭林生産における政府の役割の再定義等である。

本プロジェクト実行主体は森林・天然資源省であるが、実施主体は小農民による植林地（17千ha）での薪炭林造成と森林局直営方式による造林（6千ha）により年間230千m³の燃材を生産しようとするものである。同時により効率的な木炭生産技術の導入と木炭コンロの一般家庭での使用は年間薪炭材消費量を大幅に軽減する効果を有する。

③ Blantyre City Fuelwood Project（マラウイ）－ノルウエー政府国際援助機関
実施期間：1986年10月～1992年（6年間）

本プロジェクトはノルウエイ政府からマラウイ政府への無償資金援助プロジェクトとして1986年に発足している。ノルウエイ政府がプロジェクトコストの一部を負担する形式で、プランタイヤー市周辺、およびゾンバ市近郊のカスタマリーランドにユーカリ類を主とした薪炭林造成を実施し、両都市部における薪炭需要をまかなう目的で設立されたプロジェクトである。実行主体は森林局南部地区営林局で、ノルウエイ人の技術指導と予算管理をうけつつ、仮設苗畑、プロジェクト管理事務所・宿舍の建設を行なっている。苗木生産、地拵え、植栽、下刈、防火帯の設置等の労働力は地元労働者を日雇い形式でまかない、現地農民の現金収入源として重要な役割をはたしている。また丘陵地帯では土壌侵食防止等の環境保全にも貢献している。

④ Gujarat Community Forestry Project (インド) - 世銀 (IDA)

実施期間：1980～1986年

インド・グジャラート州は面積 196千平方キロで、人口は約31.5百万人でそのうち72%は農村地帯に居住している。同州には18千の村落が存在し、1村落平均約1千人の人口をかかえている。一方、同州の森林は州面積の約10%で、1974-1977年には年間 150千 m^3 の用材、300千 m^3 の薪炭材、73千トンの竹類、22千トンの家畜飼料を生産しているが、特に薪炭材の不足は著しく、農村部における自給自足的薪炭供給計画の立案と長期的展望に立ったプロジェクトの導入が期待視されていた。1969年に同州は独自の地域林業計画を発足させ、道路の両側や運河沿いに薪炭林を造成した。1976年に計画は拡張され、激減した州有林を薪炭林及び柱材生産を目的とする人工造林地にすることを目的に、1978年までに35千haの造林地が造成された。その内訳は10千haの村有林、10千haの荒廃地復興林、9千haの道路/運河周辺の造林地造成であった。本計画の主要目的のひとつに“ファームフォレストリー”計画による苗木の農民への無償提供があり、州政府により実施された。もともとグジャラート州には林業労働者協同組合 (FLCS) という組織が1949年に設立され、林業労働者への収入の向上と森林の経営と保全を部族社会共同体としてはかってゆく目的で運営されてきている。伐採と開発は州政府森林局とFLCSが共同して実施される経営形態をとっている。現在、州全体で 147の林業労働者協同組合が存在し、68千人の労働者が参加し、森林局の監督下におかれている。1976年には同州森林開発公社 (GSFDC) が設立され、森林開発を効率的に実施し、木材工業を振興するために制度的役割をはたしてきた。本プロジェクトの主目的は農村地帯における薪炭材供給を増加することが第一義的目的であり、第二義的な目的としては柱材、竹、飼料木、果樹、オイルシードを提供することにある。

5年間のプロジェクト実施を通じて；

- (1) 技術者やプロジェクト支援スタッフを増員し、州森林局の地域林業組織を強化、拡充する。プロジェクト実施に必要な職員の宿舎、プロジェクト事務所を建設し、教育訓練・研究活動を実施し、車両・機材を供給する。
- (2) 合計 105千haの造林地を造成し、37千haの村有林・30千haの荒廃地復興林・37千haの道路／運河周辺造林地・私有地 1千haの再造林を実施する。
- (3) 州有苗圃の拡張とプロジェクト活動のための苗木生産とファームフォレストリーの実施。
- (4) 薪炭材資源の効率的利用、10千台の無煙ストーブの建設と1千台の改造焼却炉の開発
プロジェクトの目標はこれら村有林の経営主体と責任を州政府から村落共同体(Village panchayats)へと移行し、9.2千haの造林地をその管理下におくことである。

村有林(Village Woodlots)

2つの異なるレベルの地域住民参加形式により植林を実行するが、両方とも造林地の土地所有形態は村落共有地か州有地である。

(i) Village Self-help Scheme

村落共同体が植林、経営、収穫の全責任をおう。この計画に参加する村落は植林から収穫までの全経費を労働力の無償提供により負担し、技術援助・苗木等は森林局の Community Forestry Wing より供給される。村落共同体が本事業から得られる全ての利益を保持する。契約書は州政府と村落共同体(Village panchayat)間で交換され、両者の義務が明記されている。

(ii) Supervised Village Scheme

現在村有林を所有せず、植林から収穫までの全責任を負担することを希望しない村落が本計画の対象となる。経営費として、プロジェクト側は植林費用の全てを前払いで支払い、林産物の販売により直接経費分を回収するシステムになっている。薪炭材や柱材の収穫は村民により実施されるが、1村落当りの植林地は4haまでと制限されている。収穫物による販売収入はプロジェクト側と村落共同体により50%ずつ分配される。

荒廃地復興造林

対象地周辺に有効な労働力が存在しているかどうかにより実行形態は大いに異なる。ひとつの形態は臨時雇いの労働力をプロジェクト側で雇用し造林地を造成し、林業労働者協同組合が収穫／販売を実行するというものである。他の形態としては、9～15人を1グループとする常雇いの労働力により植林する場合である。両形態とも州政府営林局が林産物販売収入の80%を取得する。

私有地の再造林

州有林地内で農耕を営む部族の農業生産性が低下した土地を林地に変更する目的でパイロット的に導入されたものである。プロジェクトは最低2ha以上の私有地の再造林を実行

し、3年間は造林地の保育を行うがそれ以降の管理責任は農民に移行される。プロジェクトは収穫と販売を監督し、植林に関わる直接経費を差引いた利益はその土地を所有している農民に支払われるシステムとなっている。

带状植林

プロジェクト側で道路沿い、運河沿い、鉄道沿いに带状の薪炭林造成を実施する。村民は家畜用飼料の採取等は許可されているが、薪炭材、柱材、竹については州政府がこれを販売し、収入はプロジェクトと村落共同体が折半するシステムとなっている。

苗圃及びファームフォレストリー

プロジェクト全体の増大する造林需要にこたえるため、州政府地域林業計画用苗圃を現存する210ヶ所から440ヶ所に増設する。そのほとんどは仮設苗圃であり、一部規模の拡張もふくまれている。プロジェクトはこれら苗圃及び仮設苗木配布センターから年間30百万本の苗木を無償で供給し、あわせて技術指導を行うというものである。これらの苗木は薪炭林用及び果樹であり、プロジェクトは苗木の配布と生存率についてモニターを実施する。

薪炭材節約手段の開発

薪炭材資源の有効利用をはかるため、改良型ストーブを10千台作り展示を行う。又火葬用の焼却炉が1回につき400Kgの薪を消費するため、改良焼却炉を開発し、消費量を400Kgから240Kgに節約することを目的として、全州の800村落及び200市に合計1千個設置する

研究訓練

プロジェクトスタッフの訓練の為定期的なIn-Serviceトレーニングを実施する他、国内留学（12ヶ月）と海外留学（8ヶ月の研修）が用意されている。

プロジェクト・コスト及びその内訳は以下の通りである。

プロジェクト・コスト（直接費のみ）単位：百万米ドル

	内貨	外貨	合計
車両／機材／建物／人件費／運営費	20.8	1.9	22.7
教育／訓練	0.9	0.1	1.0
研究／種子管理	0.3	0.1	0.4
植栽／造林費	34.3	1.0	35.3
ファーム・フォレストリー	3.4	-	3.4
改良ストーブ／焼却炉	0.5	-	0.5
モニター／評価	0.3	0.1	0.4
	60.5	3.2	63.7

⑤ Uttar Pradesh Social Forestry Project(インド) - 世銀 (I D A)

実施期間：1980—1985年

人口 100百万人をかかえるウタルプラデシ州はインド全人口の17%を占め最も人口密度の高い州である。同州の人口の86%は農村地帯に居住し、112千の村落が存在し、一村当りの平均人口は700人前後で、インドの内では最も開発の遅れた州である。森林面積は同州の17%を占めるにすぎず、一人当りの森林面積は0.05haと極端に少い。一方、薪炭材需要は1978年には年42百万m³であったが、2000年までには、63百万m³に急増するものと予測されている。農村部におけるエネルギー需要はその95%までが非化石燃料に依存しており、薪炭材によるもの36%、穀物残渣等32%、牛フン27%で極端な薪炭材不足をきたしているのが現状である。1978年に実施された世銀の査定により、同州の70%を占めるGangetic平原をプロジェクト対象領域とすることが決定された。同平原部における人口密度は350人/km²、森林はほとんど消失している地域である。

5年間のプロジェクト実施を通じて、

(1) 同州社会林業局の強化

スタッフの追加、建物、機材、トレーニング機能の強化等を通じて社会林業局をより組織化する。

(2) 48.6千haの薪炭林造成

道路沿い、運河/鉄道周辺の帯状植林(村落共有地)と地域住民参加形式の州政府による荒廃地復興造林、(45.6千ha)村落共有地における地域自助植林計画にもとづく村育林(3千ha)の造成等を実施する。

(3) 90ヶ所の苗圃の新設及び現存する50ヶ所の苗圃のリハビリテーション

(4) 社会林業造林地の保護、研究、種子管理、展示林造成プロジェクト実行主体は同州社会林業局が各村落共同体と協力して実施することになっている。プロジェクト運営上、実質的な役割を演じるのは、参加村落(Village panchayat)から構成される村落林業委員会(Village Forest Committee)で、各村落と社会林業局の契約によって実行される。植栽時における直接造林費は労働力の無償提供によってまかなわれ、森林局が負担した投入コストは収穫時に返済されるシステムを採用しており、したがって村落レベルでの貢献が大きければ大きい程、村落レベルで収穫時に得る収入が大きくなるシステムとなっている。地域自助植林計画に基づく造林の場合は、苗木代金のみが州政府に収穫時に返済されるのみである。

本プロジェクトによる全ての林産物は契約により村落住民と州政府社会林業局との間で分配される。

(1) 村落共有地より収穫された家畜飼料、果実類は収穫した村落住民に無償で供給される。

(2) 薪炭材の採取/収穫は村落林業委員会の監督下、村落民により実行される。全村落民は

一家族当たり規定された一定量の範囲内において、無料ないし最低価格で供給される権利を有する。

- (3) 柱材／用材として生産／収穫された木材は、州政府森林開発公社を通じて販売されるが、州政府社会林業局によりオークションにかけられる。得られた収入は社会林業局が投入したコストを差引き、森林基金として、地域の公共的利用やパンチャヤット森林の開発に使用される。

プロジェクト・コストは社会林業局の投資／運営経費も含めて、社会林業計画の全コストを州政府が金利無しで30年で返済する計画である。プロジェクト・コストは直接経費のみの合計で39.2百万ドルであり、そのうち内貨分が39.0百万ドルとなっている。

⑥タイ・RFDによる Forest Village

実施期間：1975年～現在

目 的

下記の事柄を目的として、国有林の復興を図るためにタイ各地に建設されている。

- (1) 木材生産及び環境保全のために国有林を維持管理する。
- (2) 荒廃した水源地及び農耕不適地への造林を行う。
- (3) 土地を持たない農民、公有地占有者の定着農化を図る。
- (4) 森林破壊の拡大を防止する。

計 画

低質化した保護区域及び水源地以外の地域に於いて、下記のガイドラインに従って Forest Village を建設する。

- (1) 公有地占有者を水源地以外の地域へリーダーを伴ったグループで定着させる。
- (2) 1所帯当たり2.4haの農業用地を提供する。
- (3) 職業訓練、灌漑、道路、学校、病院、農業用貸付、市場、及び居住区を提供する
- (4) Village 周辺の政府造林活動に於いて、優先的にVillage のメンバーを雇用する
- (5) Village 建設の後、農業共同体を設立する。

運営方法

- (1) 公有地占有者の数、土地所有状況を調査し、土地を獲得する権利を確定するとともに、占有者の登録を行う。
- (2) Village 用地の調査、Village の設計、モデルの設置、水資源調査、居住・農業用プロットの境界設定、公益事業の建設、移住に対する援助、用地の開発及び管理によりVillage を建設する。
- (3) 選抜された母樹の種子を用いて、造林及び共同体林形成のための苗木を育てる。苗木はVillage のメンバーにも配られる。苗刈作業はメンバーに雇用の機会を与える。
- (4) 水源地及び農耕不適地の復興のために造林を行う。主な労働力源はVillage のメンバーである。
- (5) 植林後は、生産性を高め、雑草との競合を排除する保育を行う。
- (6) 共同体林を形成し、Village への薪、柱材等の供給を図る。
- (7) 適正な農業の普及、促進を図る。
- (8) 農業団体の設立を支援する。
- (9) 新しい保健所を設立する。または、既存の保健所を整備拡張する。
- (10) 新しい学校を建設する。または、既存の学校を整備拡張する。
- (11) 住居、農業のための貸付を行う。
- (12) Forest Village計画の目的、本質及び進行のためにメンバーあるいは一般民衆の教育を行う。
- (13) 政府への報告。

運営委員会

地方委員会は、土地割当状況の監視、計画上の問題点の解決、計画地域内の法と秩序の維持、治安・教育・職業訓練の提供、計画の公表を行う。

便 益

- (1) 治安の強化
- (2) 土地を持たない農民の救済
- (3) 開発に対する住民のモラル、意識の向上
- (4) 保護林の侵襲の防止
- (5) 水源地の復興
- (6) 木材生産のために低質化した森林の回復を図る。
- (7) 住民の労働意欲の向上
- (8) Village のメンバーの現金収入の拡大
- (9) 保健、教育を通じた住民の生活水準の向上

⑦タイ・F I Oによる Forest Village

林産公社 (The Forest Industry Organization - F I O) は農業協力省管轄下の政府企業であり、森林の全ての面における国家及び国民への貢献と、森林開発、製材、合板ベニヤ生産等の林産業に関連した事業の振興を目的としている。

実施期間：1968年～現在

目 的

F I Oは政府の年間造林計画に於いてR F Dを援助する責任を負っており、以下の目的で、タイ各地にForest Villageを建設している。

- (1) 移動耕作農民をある地域に集めて、定着させ、侵襲の拡大を防止する。
- (2) 造林計画の活動の労働力源として、Forest Villageを建設する。
- (3) 住民の生活水準、医療、教育等の改善を図る。
- (4) 地方から都市への住民の流入を緩和する。
- (5) 住民が必要に応じた農作物を生産し、現金収入を得るよう助長する。
- (6) 州政府による管理、調整が容易であるような新たな共同体を設立する。

Forest Villageへの住民の定着化の促進

- (1) マス・メディアを通じてVillageの宣伝、広告をする。
- (2) 地域住民との直接の接触を図る。
- (3) Forest Village Systemの概念及びそれとの結びつきによる住民の利益を理解させるために、住民の間で影響力があり目立つ人物との接触を図る。
- (4) 住民に将来の生活像を描かせるために、記録映画「Forest Villageの生活」を上映する。
- (5) 成功を収めているForest Villageへ住民を訪問させ、情報の収集、Villageでの体験を図る。

Forest Villageの組織化

- (1) 植栽樹種の全ての輪伐期を十分カバーできるような造林用地を選定する。
- (2) 1造林ユニットは年間160haの造林を行う。1造林ユニットは100所帯で構成される。
- (3) 1所帯当たり0.16haの住居・菜園用地と0.8haの果樹・米作用地を提供する。
- (4) 電力、水を無料で供給する。
- (5) 所帯数が30に達したForest Villageは、法的地位をもつ永続的Villageとして、地方政府に登録される。
- (6) Villageのメンバーの子供達のために小学校を建設する。

- (7) 造林の労賃は、0.16ha当たり160 パーツ (us \$ 8) が支払われる。1所帯当たり年間1.6ha の造林用地 (農作物間作) が割り当てられ、3年間で4.8ha 以上造林すれば報奨金として1,500 パーツ (us \$ 75)が支払われる。4年目以降については、年間1.6ha 達成すれば毎年1,000 パーツ (us \$ 50)が支払われる。
- (8) 農作物間作のための植栽間隔は、チーク造林に於いて伝統的である2m×2mに対して4m×4mが望ましい。
- (9) メンバーは農作物の種類を自由に選ぶことができるが、多年生である樹木に関しては自家用地を除き許可されない。
- (10) 苗畑の労働力はメンバーの雇用機会を継続するため、所帯間につり合いのとれた方法でメンバーから募られる。
- (11) 保健、医療、家族計画等を提供する。

Reforestation Unit

- (1) 1造林ユニットは年間160ha の造林を行い、植栽樹種の全ての輪伐期を十分にカバーする。チーク造林の場合は、伐期60年、 $160\text{ha} \times 60\text{年} = 9,600\text{ha}$ となる。
- (2) スタッフ
 - 大学卒 2名、現場監督 3名、ドライバー 4名、労働者 2名
- (3) 車両
 - 小型トラック 1、トラクター 1、トラック 2
- (4) 学校、採種園
- (5) 貯水池、樹木園、材木置き場、野营地、ガーデン
- (6) 苗畑センター

便 益

Forest Village System が地域住民、部族民による森林破壊の拡大を抑制する意味で、効果的かつ時宜を得たものであることが望まれる。

住民が移動耕作という習慣的な生活を止め、強力で生産的な共同体を構想するような社会を開発することを支援する。

⑧ タイにおける村落植林事業

タイにおける森林地帯の侵蝕は大変な勢いで進み、1945年より毎年約333.000ヘクタールも侵蝕が進んでいるのが現状である。このため、第5次国内経済計画 (Fifth National Economic) と社会開発計画 (Social Development Plan) は、代替エネルギー資源の開発において、土地の優先利用の一つとして、森林伐採問題に焦点を合わせている。

村落植林事業体 (Village Woodlot Component = VWC) は、薪炭材の植付け技術を学び、それをデモンストレーションすることを目的としており、1970年度の見積りで薪炭材の消費高が最高の北東地域の住民達によって薪炭材生産高は維持されるだろうと考えている。植林事業 (Woodlot-Project) は、USAIDの指導と援助で、国内エネルギー資源管理局 (NEA) と王室林野局 (RFD) の共同によって実行に移された。

VWCは、5つの部で構成され、次のように分けられる。

1. 造林 (Silviculture)
2. 経済 (Economics)
3. 土地利用 (Land Use)
4. 社会 (Sociology)
5. 利用 (Utilization)

そのVWCの事業は下記の北東の7つの地方で実施された。

1. Kalasin
2. Khon Kaen
3. Maha Sarakham

4. Roi-et
5. Si Saket
6. Surin
7. Yasothon

VWCの総合的な目的は成功裏に成しとげられた。事業の最終目的の1つは、薪炭材のための植林の社会事業的な可能性を増大し発展させることで、もう1つは、薪炭材の植林地開発の土地選択基準を定めるために8つの計画があった。第1に、村の植林の成功を促進するにあたり、その村の社会的及び経済的要因を分析すること、第2に、経営、植林システム、土地利用法の規定に基づき、植林地の限定をすること、そして第8に、選抜された土地において植林地のデモンストレーションを実施することであった。

VWCは2つの面から成り立っている。デモンストレーション前の試みが1つの面で、測量、データの収集と分析、そして公用地利用のための認可を得ることから構成されていた。もう1つの面は、実施計画と評価を得ることから始まった。VWCの事業の実施範囲は、用地の下調べ、プロジェクトセンターの設立、事業に必要なデータの調査と分析、植林地の定着、勤務している全職員にトレーニングの一部としての海外への視察旅行、研修旅行の制度も、設けられている。

VWCの5部門

1. 造林 (Silviculture)

土壌特性、地域気候、樹木の育成に必要な地勢、それらの問題に関連したデータを収集した。様々な木の成長データの収集と、年間の成長率と耐久性の比較評価が行われた。最適な早生樹種は、その活着可能性、旱魃や洪水に耐える能力、又同様にアルカリ質や不毛地帯でもよく育つことを基本として選抜された。この調査の結果選ばれた木の種類は、ユーカリ属 (*Eucalyptus camaldulensis*) で、一般名はレッドガム (red gum)、リバーガム (river gum)、レッドリバーガム (red river gum) であった。

研究3年目には、公用地の88%、学校所有地の7%、修道院所有地の7%という41のサイト、4,800ralでこの樹種が植えられた。この事業は6,000ralを植え終了した。

2. 経済 (Economics)

植林開発に必要な社会的条件の現地調査は人口や教育レベル、土地所有権、経済活動（作物や家畜の生産の観点から、農業活動の有無をみきわめる）を学ぶため4つの地方 (Maha Sarakhom, Roi-et, Yasothon, Si Sakut) で着手された。

それぞれの村における調査世帯の割合は様々であるが、平均して世帯全体の25%であった。各村の8プロジェクトの世帯調査の結果、38.7%の世帯は彼ら自身が使用する薪炭材を買わなければならないが、この地帯では、薪炭材不足が、だんだん深刻な問題になりつつあることがわかった。

3. 土地利用 (Land Use)

植林事業の試験村として選ばれた7つの地方が薪炭材不足と地方の炭料必要量の基準とされた。用地選択、植林事業が進行しやすいように森林に関する法律や規定が考慮された。従って、3タイプの用地(公用地、修道院所有地、学校所有地)がそれぞれの地域から、植林事業の試用地として選ばれた。公用地は2×4mの間隔でユーカリ属 (*Eucalyptus Camaldulensis*) を植え、植林地へ転換された。利便を与えるため、Agroforestryとして、植林地内には、カサバ、とうもろこし、落花生、タバコなどの、より経済的な作物が植えられた。

3年間のVWプロジェクトが示す様に、植林事業は、公用地、修道院所有地、学校所有地において幸運なスタートを占めた。

4. 社会 (Sociology)

VWプロジェクトは、学際的な問題を研究するにあたって、北東地域の村の植林地使用の可能性を研究した。プロジェクトの実行される地域に住む住民達が事業に関してどの様に考えているのか、受け入れ姿勢など、社会学上の観点からも調査された。そして又、学校の教員や修道士から、植林に関しての意見を聴き、それぞれ(学校、修道院)の社会的特性を明らかにすることも学んだ。その目的は、事業に対する住民達の態度と、彼らの教育レベル、年齢、農場の規模との間に何らかの関係があるのかを見いだすことであった。

調査した結果、男性と女性によって、事業に対する考え方に軽い違いがあったが、教員、修道士の大多数が事業実施に賛成した。

5. 利用 (Utilization)

この部門の目的は、ユーカリ属 (*Eucalyptus camaldulensis*) が成熟期を迎えた時における、薪炭材としての利用以外の利用を決定することであった。樹木が、5年生であれば、次にあげる利用法が望ましい。

燃料木の使用例

1. 薪炭材
2. 組立式ウッドフェンス
3. 家具
4. 丸太小屋用の壁材
5. 住宅用柱、電柱
6. 農業用具
7. 床材 (フローリング)
8. 手工芸用
9. チップ材
10. 発電機用の燃料

伐採したばかりの木材は、耐久性を保证するため、乾燥させ、防腐加工することが、木材を利用するにあたって重要である。植林地におけるトレーニング機関は、乾燥と防腐加工の簡単な方法をしっかり教育すべきである。

⑨ Community Forestry Project (ネパール) - 世銀 / F A O

実施期間：1980年～

プロジェクトの目的は、

- (1) 薪炭材、飼料、木材／柱材、その他2次的林産物生産を増加させることにより森林資源を造成し、丘陵山岳地帯の地域社会の基本的な生活基盤を安定させる。
- (2) 燃焼効率の良い改良薪カマドを開発普及させることにより燃材消費を節約する。
- (3) 丘陵山岳地帯の地域社会を積極的に造林・森林経営に参加させ、彼等の森林資源を自給自足するよう指導する。
- (4) 環境破壊に歯止めをかけ土壌／水資源を保全する。

これらのプロジェクト目的は当然の結果として以下の事項を実施することになる。

- (1) 丘陵山岳地帯の土地利用および経営の責任を森林局から地域社会に移行する。
- (2) 地域住民による林産物利用パターンを生態的に健全な経営システムに変換してゆく。
- (3) 現在の放牧形式の畜産経営パターンを舎がい方式に転換し、牧野経営を改善し、破壊的な放牧方式を減少させる。
- (4) 森林資源成長量を増加させ、火入れを多用するような危険地帯における草原植生更新パターンを変更する。

上記のプロジェクト目的を実行するために、森林局内に地域林業造林部 (CFAD: Community Forestry and Afforestation Division) を設置し、その下に6つの課をおいている。

主要なプロジェクトの構成と目標は以下の通りである。

- (1) 340ヶ所のパンチャヤット苗畑および68ヶ所の担当区苗畑の建設と経営。
- (2) 全国340ヶ所における約12千haのパンチャヤット造林地の造成。
- (3) 残存天然林のうち約40千haのパンチャヤット保護林の設定と経営。
- (4) 地域農民が私有地に植林するための900千本の苗木生産／配布および15千コの改良薪カマドの開発と普及。

フィールドにおける実行形態は中央政府レベルではCFADがプロジェクト実行センターとなり、その下の地方営林局にコントローラを置き、Village Panchayat を指導監督している。

⑩ Establishment of Fuelwood Plantations (ソマリア) - UNSO

実施期間：1985年～

ソマリア林業の重要課題は薪炭林造成である。Magadish市の場合、木炭は300-400kmの遠方より輸送されている。このような人工密集地帯周辺の薪炭材採取が環境破壊に拍車をかけている点を重視して、ソマリア政府はUNSOに薪炭林造成プロジェクト支援のための特別計画を策定するよう要請した。

プロジェクトの目的は、

- (1) モガディシュ、キスマヨ、メルカ、バイドア、ジョワアールの各都市の薪炭材需要を満たすための薪炭林造成と管理。
- (2) 木炭製造施設・設備の強化

モガディシュ市、メルカ市、両市の年間薪炭材消費量は2000年までに400千 m^3 に達するものと推定され、人工増加率を勘案すると早生樹種の導入による灌漑造林を主体とし、現在する森林の経営改善、村落林活動の導入、防風防砂林を組織的に導入することにより木材生産の増加をはかりつつ、現存森林資源への圧力を少しでもやわらげる方向でプロジェクト運営をこころがけている。

- (1) 灌漑造林方式による薪炭林造成（第一次優先）
- (2) 防風防砂林造成による薪炭材生産（第二次優先）
- (3) 現存する森林の改良経営による薪炭材生産（第三次優先）
- (4) 雨期期間中のみ薪炭林造成（第四次優先）

薪炭林生産方式

	灌漑造林	防風防砂林	林分改良	雨期造林
年成長量	20m ³ /ha	14m ³ /ha	2.5m ³ /ha	6m ³ /ha
年収穫量 400千m ³ を得るための造林面積	20千ha	30千ha	160千ha	70千ha
伐採回帰年	5年	15年	40年	15年
第1回伐採年	1990	2000	2025	2000
haあたりの造成費	US\$2,500	US\$500	US\$100	US\$1,250
供給量における 長期的シェア	25% (100千m ³ /年)	10% (40千m ³ /年)	35% (140千m ³ /年)	30% (120千m ³ /年)
2000年までの 造林面積	5千ha	3千ha	60千ha	20千ha

⑩ Establishment of Fuelwood Plantation (エチオピア) - UNSO

実施期間：1986年 - 1992年 (6年間)

プロジェクト長期目標

エチオピアの家庭燃料は依然としてその大部分を薪炭材に依存しており、調理用/暖房用のエネルギー源を薪炭材により自給自足することを国家長期目標にすえている。エチオピアにおける砂漠化を防止し、薪炭材と柱材を生産する再造林計画は Forestry and Wildlife conservation and Development Authority (FAWCDA) が策定しているが、向こう10年間にわたり、家庭用燃料と建築用資材を提供するためには 1.4百haの造林を実行することを国家長期戦略目標としている。本プロジェクトでは特に薪炭材不足が深刻な前述の4地区において薪炭林造成を実行することとしている。本プロジェクトにおいては、質的/量的に十分な薪炭材を生産するのみならず、可能な限り低い生産コストにより、販売価格を下げ、低所得階層に属する地域住民や都市住民が十分購入できる価格範囲におさえる。

プロジェクト短期目標

最小限の施設や、インフラ整備により、向こう6年間の薪炭林造成により1992年における推定薪炭需要量を満足させる。造林により土壌・水資源の保在をはかる一方、都市の失業労働者、農村労働力を植林に参加させ、自然環境の保全とともに社会経済的な地域の安定化をはかる。

プロジェクト活動

薪炭林造成は、Dire Dawa 地区を例にとれば、6年間で12,290haの植林を実行することにより、1992年の同地域の薪炭材需要をまかなおうとするものである。

	<u>Plantation Target (in hectares)</u>						
	Total	Year					
		1	2	3	4	5	6
Dire Dawa	12,290	-	1,290	2,750	2,750	2,750	2,750

施設、インフラの整備に関しては、原則として現存する苗畑を拡張/整備することとし造林計画にみあう苗木生産を行なう。例えば、前述地区においては以下の通りとなっている。

Seedling Production

	Project year					Total
	2	3	4	5	6	
Planting target (ha)	1,290	2,750	2,750	2,750	2,750	12,290
Plants required (in millions)	2.1	4.47	4.47	4.47	4.47	19.98

苗畑以外では、アクセス道路・フィーダー道路の建設を実施し、防火機能向上につとめる。またプロジェクト施設として、事務所・車庫・プロジェクトスタッフ用宿舎を建設する他、造林地内に居住する110家族を移住する計画も含まれている。造林活動における各工程別労働投下量(ターゲット)を Dire Dawa地区についてまとめたものを以下に示す。

ACTIVITY	Unit	Units/ ha	Units/ Work/day	Work/days per ha
<u>Nursery</u>				
1. Ground Preparation		PERMANENT LABOUR		
2. Preparation potting beds		PERMANENT LABOUR		
3. Direct seed sowing	No.	1550	300	51/
4. Filling pots	No.	1550	150	101/
5. Reseeding	No.	150	300	0.52/
6. Shading		PERMANENT LABOUR		
7. Watering		PERMANENT LABOUR		
8. Transport to Site		PERMANENT LABOUR		

Establishment

1. Land cleaning, marking and pegging	m ²	10,000	500	20
--	----------------	--------	-----	----

2.	Termite destruction	Ha	-	-	4
3.	Spot preparation	Ha	1,283	20	643/
4.	Pitting	No.	1,283	24	543/
5.	Planting	No.	1,283	50	263/
6.	beating up 15%	No.	192	40	5

Tending

1.	First weeding, spot cultivate and mulch	m ²	10,000	150	67
2.	Second weeding, etc.	m ²	10,000	150	67
3.	Spot maintenance 20%	No.	257	20	13

Protection

Site guards (two shifts)	50 ha	-	-	2
-----------------------------	-------	---	---	---

1/. Includes 15% beating up, 5% culls and 5% failure rate.

2/. 10% germination failure rate.

3/. Triangular planting.

〔回答〕

4. 河川中流部での簡易かつ廉価な河床工作物等により濁流内の土砂流下を抑制し中流部での貯砂を促進する手法について

集水面積約70000ha（？）のバンタバンガンダムに流入する土砂は大変多量なものと思われるが、ダムの貯水容量、流域内の荒廃面積、流入する主な支流の数、河口付近における川幅等、土砂流入の意味づけや対策を検討するのに必要なデータがないのでここではほとんどの条件を想定しながら述べることにする。

現地リーダー提案の河川河口部の沈砂地を作るための工作物について述べると、

(1) 河川の規模と構造物の安全性について

バンタバンガンダムに流入する主な支流の数を6～7本と想定すると各々の支流は、10000ha 前後の面積を持つ。この規模の支流では、暴雨時の最大流量は毎秒1000m³近い量であり、各支流は河巾が50m、水深2mとして、平均流速が毎秒10mの速さで流れることになる。

この流量を通過させるためには構造物は、かなりの安全性を持たねばならない。特に兩岸付近取り付け部の侵食や横断工下流の洗掘の対策に留意する必要がある、そのためには複数の横断工を組み合わせるのが得策である。

こうして作った横断工の堆砂効果を概算すると、溪床勾配5%に緩和されて堆砂するとして有効高2mの横断工の堆砂量は、川巾×有効高×堆砂区間長× $\frac{1}{2}$ であるから、 $50 \times 2 \times 2 / 0.05 = 0.025 \times 1 / 2 = 50 \times 2 \times 80 \times 1 / 2 = 4000$ (m³)で、約4,000m³である。これを7つの支流に設置したとして約28,000m³の貯砂が期待出来るがバンタバンガン湖への土砂流入量がダムの寿命を危ぶむほどの量であるとするれば28,000m³はあまり大きな量とは言えないような気がする。堆砂がレベルに行なわれるとすれば堆砂量は半分になる。

いずれにしても最初に述べた流量を通過させることや洗掘の危険性を考えると、横断工の構造は有効高2m程度でも十分な強度と上流下流の配置の適正な組み合わせが必要である。

(2) 簡易な工作物について

先に述べたように各支流の集水面積はかなり大きく、日本に於ける治山ダムの集水面積では最大級のものである。通常はこの規模の横断工はコンクリート構造である。仮に鋼製ダムや綱製石詰棒ダム等の構造を考えると、経費的にはコンクリートと大きな差はない。

木製石詰棒ダムは考えられないことはないが、有効高2mで安全性の大きい構造を作るとすれば断面は大きくなり木材、玉石を多量に必要とする。多量の木材を消費することには問題があると考えられる。

経費面では連続して複数の構造物を組み合わせるとすると更に経費がかさむことになる。

要するに簡易な工作物はダム等の横工では安全性の面からみて考えることが困難である。また堆砂量もあまり大きい量は期待出来ないため本質問の狙いを満足させ得る簡易な構造は見当たらない。また経費をかけて設置したとしても堆砂効率はあまり期待出来ないように思われる。

参考文献

林野庁：山地災害危険地区調査要領（林野庁）

昭和60年5月

VI. マレーシア、サバ州造林技術開発訓練計画

(質問事項) VI. [マレーシア、サバ州造林技術開発訓練計画]

1. *Acacia mangium*の天然更新施業

(1) SAFODAが主として造林している *Acacia mangium* はマメ科に属し、やせ地でもよく成育するほか、山火事被災跡地でよく天然更新している。プロジェクトサイトでも昭和62年4月8日の山火事被災地で天然生稚樹が濃密に更新している箇所があるほか、道路を挟んだ隣接の焼畑耕作地でもプロジェクトサイトが種子供給源と考えられる天然生稚樹が濃密に成立している。また昭和63年5月以降に伐採された林分においても、集材による地表のかく乱を受けた箇所に濃密な天然生稚樹の成立が観察されている。

これらのことから、*Acacia mangium*は天然更新による再造林が可能かつ有望であると考えられる。そしてその技術体系の開発により、再造林にかかる費用を大幅に削減できるばかりでなく、高密度の稚樹の成立により、造林木の欠点である幹の曲がり、太い枝及び節などが改善され、造林木の品質向上も見込まれる。

そのため、当プロジェクトとしても技術開発の目玉として本格的に取り組む予定である。

(2) (1) に示したように、*Acacia mangium*の天然生稚樹は山火事跡地や伐採跡地に成立しており、プロジェクトサイトでの観察では、火入れ直後に一斉に発芽個体が見られたが、それが結実時期ではなかったことからして、埋土種子が火入れによる何らかの刺激を受けて発芽したものと考えている。しかしながらSAFODAでは未だに十分な調査がなされておらず、種子の生理や更新機構を明らかにする必要がある。

別紙は専門家の試験調査案であるが、その内容が盛沢山なため、ぜひ必要なものから優先的に着手したいと考えている。そこでこの案について、調査試験内容優先度が妥当かどうか、また調査方法、実験器具について助言をいただきたい。また、*Acacia mangium*はもとより、埋土種子による更新を主要な更新方法としている樹木について、その種子の発芽・休眠の生理及び通常の更新過程、更には確立された天然更新施業法（或いは実験中のもの）についての論文・報告・書籍等があれば資料として送付していただきたい。

2. 技術者養成

(1) 当プロジェクトでは当而SAFODAの職員を対象に、Bコース（短大卒程度の学歴で現場造林事務所の責任者）、Cコース（高卒程度の学歴で現場作業の実行担当者）、Dコース（作業員のリーダー）の3つのレベルの技術者訓練を行なうことになっている。SAFODAは1976年末設立以来、すでに2万ha以上の造林実績があり、造林技術の面でも手引書等が作成されているなど、ある程度基礎となるものがあるので、内部研修制度はなかったものの、カウンターパート、アシスタントに対する個別技術の移転は、比較的定着させやすいのではないかと考えている。しかしながら日常の業務を効率的に行なおうという意識が希薄であり、それが予算不足とあいまって、SAFODAの事業全体を沈滞させているよ

うである。 を克服して造林投資を継続拡大するため、日本・台湾等の企業と合併で大規模造林事業の実行準備を進めているが、このような職員の意識が合併企業による事業実行上の問題になると思われる。

当プロジェクトでは、事業実行担当者であるCコースの訓練生を中心に、効率的に業務を遂行するという意識をうえつけ、かつその能力をもつような訓練を実施するようにしたいと考えている。 また、この点が訓練プロジェクトでもある当プロジェクトの成否に関係してくるのではないかと思われる。

- (2) この問題は、価値観等社会的背景を異にした訓練生に対する意識改革をとるものではなく、マレーシアの制度を変えようとするものではなく、制度の下で効率的業務遂行能力をもつ技術者を養成するものである。 目下、集団コースとしての各コースに、どのような内容、教材でもって、どのような手法で訓練を実施することが効果的であるかについては、まだ手さぐりの段階にとどまっている。

これらの問題に対して、林業分野のみならず他分野での技術協力現場の事例を参考にして、次の点についてご助言をいただきたい。

- ① 現在、各コースとも林業技術の各分野を網羅した内容となっているが、今後Bコースは業務内容を中心としたカリキュラムを、Dコースは林業技術知識と事業実行管理を中心としたカリキュラムに修正した方がよいではないかと考えているが、訓練内容・方法等はどのようなものが効果的であるか。
- ② テキストは、マニュアルを作成し、それを使用することになっているが効果的であるか。
- ③ 上記の主旨をふまえたテキスト、参照資料を蒐集し、御送付願いたい。

サバ質問表のNo. 2の別紙

カリキュラム (科目と時間)

科 目	(E) 短大卒コース			(C) 高校卒コース			(B) 中校卒コース		
	講義	実習	計	講義	実習	計	講義	実習	計
S A F O D A 一般	6		6	6		6	2		2
林業一般	10		10	16		16	4		4
森林測量	4	6	10	4	18	22	4		4
測 樹	4	4	8	6	12	18	4		4
森林土壌	4	2	6	10	6	16	4	2	4
造 林	6		6	20	14	34	6	28	34
林木育種	4		4	10		10			
育 苗	4		4	14	16	30	6	22	28
森林保護 (病虫害)	4		4	6	4	10	2	2	4
森林保護 (防火)	4		4	6	4	10	2	4	6
森林土木	4		4	6	14	20			
林業機械	2		2	4	8	12	2	16	18
見学旅行		18	18		24	24			
その他	6		6	6		6	6		6

時間数 (時)	62	32	92	114	120	234	32	94	126
期 間 (週)			3			7			4

[注] 時間割 (一日6時間)

I : 8:30 - 10:15

II : 10:45 - 12:45

III : 14:00 - 16:00

(回答)

VI. [マレーシア・サバ州造林技術開発訓練計画]

1. *Acacia mangium*の天然更新施業

A. mangium の植栽の歴史はごく新しい (1969年以來?) ため文献は少ないようであるが比較的近縁の *A. auriculiformis* の文献では、タネは沢山なるが更新はしないとしており、これは、稚樹が陽性のため、林内では更新できないためだと説明している。 実際 *A. auriculiformis* の造林地の林内は暗く、林床植生が少なく、林床に落ちたタネからのごく小さい稚樹はみられるが、順次消えてしまうようである。

そちらからの説明にあるような、山火事跡地の更新は、熱によって埋土種子の発芽が促進され、発芽したメバエが明るい光環境でうまく育つという、二つの条件が揃ったためだと思われる。 マメ科の硬粒種子は土中では10年以上活力を保持するとされており、*A. mangium* の場合にも、硬粒の程度によるが、同じ位の寿命はあると考えてよいだろう。

(試験調査計画(案)についてのコメントは次頁以下)

Acacia mangium の試験調査計画（案）について

現場の観察にもとづいた着想を中心とした試験内容は、全体としてよくできているが、個々の項目については、意図がはっきりしないものや、方法に若干問題があるものなどもみられる。気付いた点を記したので検討の参考にしてほしい。

1. 更新特性の解明

1-1 種子の生産

(2) 花がつきはじめる、或は実がつきだす樹令は孤立木でも林分状態でもそれほどかわらないと思われるが、“十分な種子量を供給できる樹令”は、密度とくに林冠の状況によって影響されるのが普通で、林況との関わりでとらえる必要がある。また、“更新に十分な種子量”は、どの位の稚樹ができれば更新されたとするのか、この目安も必要になるはずである。

(3) 当然考えているとは思いますが、各地域の環境要因はおさえる必要がある。

(1) ~ (4)の方法について

結実量をおさえるのに seed trapも使えないことはないと思うが、着生量そのものを推定する方法がよいのではないか。例えば、30~50果について、平均○粒/果を調べ、数本について平均○果/個体を求める。これらからha当たり生産種子数を推定するほうがよい。

(5) 私の知る限り、A. mangium は結実促進を必要とするほど結実しにくい樹種ではないと思うが、そちらで植えているものがそうであるなら、早くからいろいろ試みておくことはよいことと思う。但し、“根回し”ではなく、“根切り” root pruningだと思う。

1-2 飛散距離

seed trapsのおき方が“10m ごと”は遠すぎないか？ これまでの観察で、およその飛散距離を想定しての数字とは思いますが、crown の近くではもっと短くおくべきではないか？ crown sizeにもよるが、直下、縁を含めてせめてはじめの 5 trapsは 1mおき程に置くほうがよいと思う。

なお、4方向として、方位できめるより、主風の方角とその逆、直角の2方向というようにきめるほうがよい。

1-3 発芽・休眠の生理

多くのAcaciaのタネは、いわゆる硬粒種子 hard-coated seedsで、熱湯、 H_2SO_4 、傷付け (scarification) が普通の発芽促進法である。また普通、成熟するにつれて硬さがますますとされている。この項、(1) ~ (4)の分け方に少々ひっかかるが、一応この区分でコメントを書く。趣旨をよく考えて上手に進めて欲しい。

(1) 発芽条件

光条件：何故毎日30分外にだすのか？ 何故連続光をあてるのか？ 天然更新にどう結びつくのか不明。むしろ、普通の林内照度、野外の照度、真暗（深く埋土した場合）の条件で発芽がちがうかどうかをみるほうが实际的。

温度条件：40～200℃での30分処理、連続処理はどのように？ 30分でも80℃以上かけると危ないように思うが、それにしても30分はまだ試みる価値があるかも知れないが、連続処理は無茶、だと思われる。何れにしても発芽促進の目的だと思うが(3)でまとめてのべたい。発芽条件としての温度は、普通constantか、alternatingか、また実際の温度を20、25、30、35位の範囲でいろいろ変えてみることは意味があるが、当プロジェクトでここまでやる必要があるかは？

化学物質：ここにあげられている物質は、発芽促進ではあまりお目にかからないがどんな効果を期待？ 前述のように、休眠の原因は普通は種皮の硬さとくに不透水性と考えられているので、薬品類に効果は期待できないと思う。

(2) 発芽力の経時変化

当初”毎日”とあるが、そんなに変化するとは考えられないから、せいぜい半月くらいとしたらどうか？ ただし、はじめに述べたように、完熟する前には硬粒歩合の低いものが知られており、早取り区を試みる価値がある。完熟後は半月または1か月おきでもよいと思う。

(3) 休眠を破る条件－発芽促進試験

熱湯処理、 H_2SO_4 処理、scarification が一般的な方法である。

熱湯処理には① boiling waterを短時間かける方法、② boiling waterにタネをいれて火をとめ、そのまま24hrs くらい放置する方法、③普通の水にタネをいれboilしたら火をとめる方法などあるが、Acacia類では②がよく使われている。

濃 H_2SO_4 で種皮をやく方法もよく使われているが、苗畑などで事業的に使うのはむずかしい。使う場合は危険なことを徹底し、とくに H_2SO_4 に水を加えないように注意する必要がある。逆でも少しずつ加えないと急に発熱する。

scarification は、量的に行なう場合は、石うすのようなもので軽く傷付ける。

これらの方法で種皮が傷ついたり、あるいは軟らかくされると、1昼夜くらいで吸水して膨潤し、活力のあるタネは発芽する。膨潤しないものは、効果が十分でなかったわけで、こういった処理を繰り返す。

(4) 埋土種子の発芽と火および高温の影響

ここでも”100、200、300℃に土壤温度を安定させ”というところがよく分らない。この温度では、少し時間をかけると死ぬと思う。

火災のあと発芽するというのは、土中にはいたりして、上記のboiling waterをかけたようなheat effect をうけるためではないだろうか。

1-4 埋土種子の量——埋土種子の量の違いは、'林令による変化'というより'結実量の変化'を繁栄するものと思うが、おもしろい調査だと思う。1林分あたり10m²は労力が大変ではないか? 採土円筒のようなもので点々と土をとって調べ、推定してもよいと思う。ただし、"面"だけでなく、"深さ"別も調べておくべきと思う。火災あとの発芽を考える点でとくに有効な資料と思う。

1-5 稚樹の成長

(1) 光条件 必ずしも100, 50, 25, ……といった数字にこだわらず、寒冷紗などで適宜何段階かの照度をつくって比較したらよいと思う。

(2) (3) (4) とも、できればおもしろいと思うが、(4) は必ずしも草の中にタネをまかなくとも、草生量の調査だけして、(1)の結果と比べてもよいように思う。

1-6 いろいろな林令の林分があれば、無間伐でどのような経過で本数がへるかの参考資料を是非とられたらよいと思う。これは、次の項目の計画に有用である。

2. 密度管理

無間伐の更新林分がどのような成長、密度なのか分からないのでコメントしにくいのだが、恐らく、提案されている本数は、実情をふまえてきめられたものであろうからとにかく試みてみたらと思う。

確か、サバでの *A. mangium* の歴史は、20年をこえているはずであるが、できれば、早い機会に成長資料を知らせてほしい。そういう資料があると、もう少し具体的にコメントすることが可能である。

熱帯林業(新) No. 12 の米川氏らの報告をみると、ご提案の本数だとすこしこみすぎかと思われるが、クローネの状況が分からないので、しかとは申せない。上記成長資料と一緒に10~15年生くらいの林分の写真でもみせて頂けたらと思う。

なお、10年近くなると、心腐れがみられるということを知ったことがあるが、15年伐期で大丈夫なのかどうか? また間伐をしてまで育ててpayするような利用の見透しがでているのか? などいろいろお尋ねしたいこともある。

3. じかまき試験

伐期に皆伐、火入れを行なって天然更新を期待しているのだと思うが、適切な火入れが行なえれば確かに経済的な更新法と思われる。ただ私は個人的には火入れ方式にあまり積極的ではない。なお *A. mangium* も萌芽性が強いという知見があるので、萌芽更新も試みてはどうだろうか。

〔回答〕

2. 技術者養成

(1) 技術者養成

マレイシアサバ州造林技術開発訓練計画の研修訓練部門にかかる質問書に関し、現地の実情を十分把握していないため、概略的なコメントになってしまうが以下の通り考える。

(1) 科目配分について

各コースとも、研修科目に林業全般にわたる内容を網羅しているが、特にBコースのように、短期間でこれだけの内容を行なおうとすると、概論的（或は詰め込み式）な内容になってしまうおそれがあるように思える。科目配分や講義内容に工夫をこらしてみる必要があるのではないだろうか。

①特定科目への配分の重点化

限られた期間で効果的な研修効果が得られるよう、研修生が特に必要と思われる科目を選択して重点的な科目構成をとることができないだろうか。当面種苗事業及び植栽事業が本地域の主要事業となるのであれば、当面の研修科目をその分野に重点的に配分し、その後事業の進展度合いにあわせて必要な科目を取り入れる（教材等も同様）ようにしたらどうだろうか。

また、異なる技術体系を同時に研修させるよりは、C、Dコース等で、研修コースを種苗専門コース、植栽専門コース等のように分けて実施することはできないだろうか。

②講義と実習との組合わせ等

実践的な技術は、実習を通じて初めて身に付くといわれる。C、Dコースは実習に重点を置いており妥当と考えられ、今後も講義と実習を有機的に組合わせて実施するよう配慮すべきである。

③経営管理関係の科目の実施

カリキュラムの科目のほとんどは技術系の科目であり、経営管理関係の科目は組まれていない。質問書の中で、「職員の意識が合弁会社による事業実行上の問題になる・・・効率的に業務を遂行するという意識をうえつけ、かつその能力をもつような訓練を実施するようにしたい」という問題点が指摘されており、職員の意識昂揚を本研修の大きな課題として捉えるのであればカリキュラムの中に経営管理に関する科目の講義等を取り入れる必要があるように思える。

例えば、就業規則等の職場の管理、職員の目的意識を高めるための職場活性化の手法、QC活動等の企業的経営方法、といった管理者教育的な科目をBコースを中心にカリキュ

(2) 討議方式の導入

研修生にそれぞれの地域における事例を持ち寄せ、そこで浮かび上がる問題点を集中的に講義したり、研修生間の意見交換による問題解決のための協同作業（グループ討議）を行なわせ、問題解決能力を醸成させる等、討議方式の導入が効果的と考えられる。

①研修生からの事前課題レポートの提出

各機関から研修生を募集する際に、研修生に事前課題レポートの提出を行なわせる。その内容は、造林、種苗、森林保護、等の業務関係や地域社会、生産・販売、労働、職員管理、等の経営管理関係などが考えられるが、研修生自身現場で具体的に直面している問題について地域の現状、問題点、対応策についてそれぞれ1枚程度にまとめて提出するよう事前に依頼し、研修コース開始の際に持参させるようにする。その内容を把握することによって、研修生が当該研修においていったいなにを具体的に知りたいと欲しているかを具体的に把握する。これにより、次に述べるようなグループ討議・全体発表の素材や講師に対して講義や実習内容のポイントを具体的に依頼することができ、研修効果を高めることができる。

②講義における討議方式の導入

事前に提出されたレポートを土台にして、研修生を課題別、あるいは地域別などにより小グループに分け、グループ討議を実施させる。グループ討議の目的は、研修生自身の問題発見能力や問題解決能力を養うことであり、研修生自身の自主的な運営と必要に応じた講師の適切な助言により行なわれる。例えば、ある項目について、数時間程度のグループ討議を実施させ、そのとりまとめを研修生の各グループに行なわせ、全体討議によってその内容を発表させて、他のグループからの積極的な質問や講師の助言を与える。

③課題研究の導入

本研修において妥当かどうかはわからぬが、研修生が研修期間において、修得を特に希望する項目において図書資料や指導教官の指導をえて、研修期間内にレポートを作成させる。

(3) 教材の作成

熱帯地域における林業技術は一般的にまだ開発途上であるといわれており、現地における研究試験成果や、先進的な事業実施の事例を把握することが重要である。当該地域では、すでに造林の実績があり、また教材の参考となりうる素材（テキスト類）があるということであり、その成果をできるだけ収集し、研修目的に沿うかたちで編集する。

①教材の言語

教材の言語をマレー語で行なうという必要性があるようなので、その対応をはかるべきである。

②教材資料の収集・教材作成

教材は、現地の森林局、大学、高校等で使用されている既存の教科書、現地で類似プロジェクト（国際機関等）があればその教科書、他国近隣地域（類似条件下）にある協力プロジェクトで使用している教科書を広く収集する。また、日本では国有林の普通科教材がまとまっており、その他、林業高校の教科書が適当であると思われる。それらを適宜選択・編集して、現地のニーズに合わせたものを作成する。特にDコースでは、図解入りのわかりやすい教材を準備したり、視聴覚教材を活用したほうが効果的である。教材作成の際は、講師との調整を十分行ない、できれば講師に1～2枚程度のサマリーをつくってもらうと、理解がスムーズになる。

(4) 講師データベース等の整備

どのような講師（外部講師）がどこにおり、どのような講義・実習を依頼できるか、といったデータを調査・蓄積しておくこと、研修を企画・運営する際、効果的である。またどのような講義内容とするかを研修スタッフが講師に明確に伝達することが重要であり、そのためにも、研修スタッフは講義の依頼内容やいままでの講義で気がついた点等を整理しておくことも必要である。

(5) 研修用機材の整備

実習用の展示林や苗畑等の施設の充実や、作業・操作マニュアルの整備は重要である。また、スライド、OHP、ビデオなどの視聴覚教材の活用が効果的であり、特にビデオは近年の進歩や普及を考えると、最大限に活用することが好ましい。このためにも、研修スタッフは、優良林業地域や木材産業視察などの機械を利用したビデオ撮影や、既存の関係機関のビデオの収集等を積極的に行なうとよいと考える。

(6) 研修ニーズ調査等

研修ニーズの把握は研修を実施する上で必要不可欠なものであり、積極的に行なうことが重要である。また、当該地域において造林事業を効果的に実施し、山火事防止等の地域住民の森林造成への協力を得るためにも、地域の社会経済的な構造や地域住民の意向等を的確に把握しておくことが重要である。

以上について、林野庁林業講習所で現在行なっているものの一部を参考として添付した。

（別紙の通り）

別添 ：

組織活性化演習の進め方

次の手順により班別に討議、とりまとめ、発表を行なう。

1. 問題点の把握

業務改善を進めていくうえで、障害となっている問題点としてどのようなものがあるかをひろいだす。手順は、

- ① ブレーンストーミングによって自由に問題点を出し合い、黒板等へ書き出す。
- ② 書き出された問題点を整理し、10項目にしぼり込む。

2. 問題点の決定

多くの問題点の中から緊急を要するもの、改善による効果の大きいもの等重要な問題点をパレート図を使って選び出す。手順は、

- ① 前記1-②でしぼり込んだ問題点について、各人重要と思われるものから順に1位は5点、2位は4点・・・5位は1点とウエイトづけをする。
- ② 各人のウエイトづけを発表、集約し、問題点毎の得点をだす。
- ③ 問題点毎の得点の高いものから順に並べたパレート図を作成する。
(模造紙に記入、発表の際使用)
- ④ 問題解決によって、どの程度の効果(%)が期待できるかをみたうえで、上位三つの問題点の中から班として解決に取り組む問題点一つを決定する。(パレート図に表示する)

3. 問題点の原因追及

問題点を解決するためには、その問題を発生させている原因を把握することが必要である。特性要因図を使って、具体的な行動を起こせるまで原因を深く追及する。

手順は、

- ① 前記2-④で決定した問題点について、各人その問題を発生させていると考えられる原因を10項目程度メモ用紙に書き出す。(勉強をしない、親の言うことを聞かない等のように悪い部分をひろいだす。)
- ② 各人の考えをそれぞれ黒板等へ書き出し、ダブリの調整、表現不十分なものの修正等を行ない整理する。(できるだけ残すようにする)
- ③ 整理された意見を1項目ずつカードに転記する。

- ④ 作られたカードをよく見ていくつかの大枝を考え、それぞれの大枝にカードを配置する。カードの中には子枝にあたるものや孫枝にあたるもの等が含まれているので紙の上に線をひきながら配置していく。
- ⑤ 原因追及にあたっては、なぜそうなるのか、さらにその原因は何かと細かく追及していくことが重要であり、具体的に行動が起こせるまで分解されていれば、対応策がたてやすい。配置されたカードを見て、子枝や孫枝さらにそれを細分するカードを新たに作って配置し、下書き用の特性要因図を作る。（勉強しない（その原因は？）→周囲の雑音がうるさい（その要因は？）→部屋のしきりがいい、テレビの音量大きい等々細かく、深く追及する。）
- ⑥ 下書きの特性要因図を班員全員でよく見て、配置、カードの意味、追及の深度等問題がなければ、所定の用紙にカードをはりつけ、特性要因図を作りあげる。（発表の際に使用）

4. 改善しようとする原因（要因）の決定

問題を発生させていると考えられる多くの原因の中から改善に取り組もうとする原因を決定するにあたっては、それが真の原因なのか、どの程度の効果があるのか、経費は、他への影響は、等々についてバレート図を用いて検討する。

ここでは、前記3-⑥で作った特性要因図を見て、班で討議し、取り組む原因を決定する。

5. 対応策（改善策）の検討

前記4で決定した原因を取り除くにはどうすればよいのかを検討する。

- ① ブレーンストーミングによって自由に意見を出し合い、黒板等へ書き出して整理し、カードに記入する。
- ② カードをTKJ法によりまとめ、模造紙にはりつけて対応策を図解する。（発表の際に使用）

6. 発表

前記2-③のバレート図、3-⑥の特性要因図、5-②のKJ図解を黒板にはりだし、各班10分程度で概要を発表する。

各班で準備するもの

KJラベル・・・10シート

マジック 大・・・赤、青、黒各1本、小・・・黒1本

模造紙 白・・・5枚 茶・・・3枚、下敷き及び下書き用

T定規・・・1本

セロテープ・・・1個

メモ用紙(B6)・・・30枚

テーマ

天然林施策 (天然下種 I) の進め方について

現 状	問 題 点	対 応 策	具 体 的 対 応 策
<p>国民経済の発展にともない、国民の価値観も多用化、高度化してきた。特に森林の持つ諸機能発揮についての社会的要請は、ますます増大する傾向にある。</p> <p>一方国有林野事業に於いては、林政審議会より森林整備方針の転換が提言され、それを受けて投資の効率化に配慮した森林施策、特に自然の力を最大限に活用した天然林施策を積極的に推進することとなった。</p>	<p>1 北海道から九州までの地域に差がある。</p> <p>2 天然下種 I 類の対象林分が比較的に奥地急峻地であり、作業の実行及び保育管理などに問題がある。</p> <p>3 種子の豊凶予測が難しく、効果的な実行が困難である。</p> <p>4 天然更新を回っていく上で一番障害となる筈及び大型草本の密生地帯では、後継樹の発生、生育が悪い。</p>	<p>① 早期に天 I 作業方法の確立が急がれる。</p> <p>① 天然下種 I 類をきめ細かく実行するため基盤整備としての路網の作設が立ち遅れいるため、積極的に推進していく。</p> <p>① 種子の豊凶により弾力的に対応できる体制を作る。</p>	<p>① プロジェクトチームを作って、その地域ごとの特性に合った適正な方法により実施していく</p> <p>② 指整林の設定を急ぐ。</p> <p>① 伐採前の調査の中で天 I 対象林分の将来の管理等に十分配慮した路網計画を立案する。</p> <p>② C 経費による作業道等路網の延長を図る。</p> <p>③ 生産休止期間のトラクタの有効活用を図る。</p> <p>① 豊凶予断は、開花時に行う。</p> <p>② 並作以上の場合は実行する。</p> <p>③ 苗木または山引き苗の植込みを行う。</p>
		<p>① 大型機械 (トラクタ) の導入を積極的に推進する。</p> <p>② 林地除草剤の効果的な導入を図る。</p> <p>① 場所により、小面積火入れを行う。</p> <p>④ 他の作業方法で困難な場合、人力による刈払い等の作業を行う。</p>	<p>① 生産のトラクタを有効に活用する。</p> <p>② レーキトラクタを利用する。</p> <p>③ 地形傾斜によって機械 (トラクタ、バックホ) の使い分けをする。</p> <p>① 大型機械の導入のむずかしいか所に環境及び保全を考慮した小面積作業を実行し、発生をうながす。</p> <p>① 地域の実態に合わせて、火入れを行い更新を図る。</p> <p>① 人力による植込みを行う。</p> <p>② 人力によるクワでの地がきを行う。</p>

結果	題	テーマ選定の理由	討議内容及び概要	討議取りまとめ時間（ワープロ使用時間は除く）			
				月日	時間内	時間外	計
(組織活性化策) 業務改善を進める上で障害となっている事実	国有林野の経営改善を着実に実施するためには、今後数週においての障害因子を分析し、実践するために訓練をかねた討議を図る必要があるため。	国有林野の経営改善を着実に実施するためには、今後数週においての障害因子を分析し、実践するために訓練をかねた討議を図る必要があるため。	班員の各30項目の問題点を項目ごとに分類整理し、パレート図、特性要因図を作成した。概要は障害となっている因子大骨を、管理者、組合、協約者の障害因子を決定し、それを取り除く解決策の討議を図った。	1/27 1/31	5 時間 1 ^H 1-2 - 3	19:00 ~ 21:00 2 ^H 19:00 ~ 22:00 3	9 ^H
(労働安全衛生) 振動障害問題について	職員の高齢化により今後益々退職者が増加するなかで、振動聴覚障害者の退職者も増加し、在職者との比較では過剰し、治癒認定の推進がせまられている現状による。	職員の高齢化により今後益々退職者が増加するなかで、振動聴覚障害者の退職者も増加し、在職者との比較では過剰し、治癒認定の推進がせまられている現状による。	問題点と対応策等を各人提起し、それをカード方式を採用討論集約した。概要は、認定者の増加と高齢化に伴う認定退職者の増加による今後の治癒認定の方策をいかに進めるかについて討議した。	2/1 2/3	1-2.5 時間 4 ^H -	19:00 ~ 22:00 3 ^H 19:00 ~ 21:00 2	9 ^H
(労務管理事例研究) 事業計画の変更問題	与えられた2課題の内から一つを選定された。	与えられた2課題の内から一つを選定された。	今後の事業変更をどのように図るかについて与えられた事例にもとづき考えられる対応策を論議し、トータルコスト的に有利と考えられる方法の中で地元工場配材に最大限努力し、合せて年間収入の確保を図るには村労働との整理法、事業進行手順等について検討。	2/14 2/15 2/16	5 時間 1 ^H 1 ~ 5 - 6 3-4 - 2	19:00 ~ 21:00 2 ^H	11 ^H
(現場労務管理)	人員輸送車の運行にあたっては各局間にアンパランスがあり、改善計画を推進するためにはそれぞれの現場の現勢に合った効率的な運行を図る必要があるため。	人員輸送車の運行にあたっては各局間にアンパランスがあり、改善計画を推進するためにはそれぞれの現場の現勢に合った効率的な運行を図る必要があるため。	各局の現状について提起して効率的な運行にあたっての問題点対策等について討議した。概要は人員に見合った効率的な車種の配備がなされていない。又運行計画についても非効率的な現状を是正するためには、どのような具体的な策を図るかについて討議した。	2/7 2/8 2/13	5 時間 1 ^H 5 - 1 5 - 1	19:00 ~ 21:00 2 ^H 19:00 ~ 22:00 3	8 ^H
(業務（造林）) 請負事業体の育成について	班員8人中5人までが天然林施業関係の提案があったが、各班同一のテーマだった計画を進めるには不可欠の本題である。	班員8人中5人までが天然林施業関係の提案があったが、各班同一のテーマだった計画を進めるには不可欠の本題である。	経営改善を推進するにあたって事業実行形態の見直しと、意匠作りとしての請負事業体を育成強化することは重要な課題であり各局の実態を出しあい意匠としての請負事業体育成を討議した。概要は人員に見合った効率的な車種の配備がなされていない。	2/17 2/20 2/21	5 時間 1 ^H 5 - 1 ^H	19:00 ~ 21:00 2 ^H 19:00 ~ 21:00 2	6 ^H
(業務（販売）) 需要動向に即応した販売体制の整備について	需要拡大に結び付き生産、販売は現状を振り返って今後は内部的にどう改善する必要があるかに関心が見えつつあったため本課題となった。	需要拡大に結び付き生産、販売は現状を振り返って今後は内部的にどう改善する必要があるかに関心が見えつつあったため本課題となった。	収入確保は益々困難な状況となることから量から質への販売を目指すため、売場ぐるみで取り組むことが重要な課題であり、販売戦略と戦術について討議した。	2/22 2/27	1-2.5 - 4 ^H 1-2 - 3	19:00 ~ 22:00 3 ^H	10

講師カードデータベース化要領

1 目的

研修計画策定時における講師選定作業、講師との連絡及び依頼公文書発送作業並びに講師謝金及び講師旅費の計上等の効率化を図る。

2 内容

当所教務指導官室に保管されている講師カードを基本に、研修企画官及び教務課において保有する情報を加え、市販のアプリケーションソフトを用いてデータベース化し、情報検索の効率化、各種一覧表（勤務先一覧、専門分野別一覧、連絡先一覧、謝金一覧等）の作成、市販ブックフォームラベルへの印刷を可能にする。

3 仕様

- (1) ハードウェア
C P U: PC-9801シリーズ(NEC製)
プリンター: NM-9400S(NEC製)
- (2) ソフトウェア
Let's アイリス(パーソナルメディア製)

(4) 「専門分野」項目一覧

分 野	包 括 さ れ る 分 野
労務管理	労働法、組織管理、リーダーシップ、自己啓発、話力
林 政	林政学、林業経済学、保安林制度
林業機械	林業機械学、労働科学
木材産業	木材加工(デザインを含む)、製材業、素材生産業、住宅産業
民有林	民有林行政、民有林経営、森林組合、林業事業体、山村振興
電 算 機	OA、事務改善、行政管理
地方行政	地方自治、地方財政、地域問題
造 林	造林学、林木育種学、樹病学、育林技術
森林利用	木材利用学、木材流通論(外材を除く)、建築
森林土木	測量学、地質学、地形学、土質工学、水利学、コンクリート工学、施行管理、治水行政、積装、火災、煙材、塗料
森林生態	森林植物学、樹木学、森林動物学、森林生態学、森林土壌学、森林気象学
森林施策	施策計画体系、路網配置、施策技術
森林経営	森林調査(測樹、森林賦測)、森林経理学、林業経営
森林レク	開発計画、レジャー産業
社会経済	経済動向、雇用情勢、金融
財務会計	簿記、会計学、財政学、契約、子算、会計検査
教 養	哲学、心理学、法学(労働法を除く)、経済学、経営学、社会学、社会思想史、統計学、応用力学、数学、国語、英語
企業活動	経営戦略、経営努力、QC活動、生産管理、マーケティング
環境問題	自然保護、環境行政、環境アセスメント、天然記念物行政
海外林業	木材貿易、外材流通、林業協力
安全衛生	衛生管理、安全管理、健康保険、厚生年金、労災保険
マスコミ	
特別講義	(上記の分類に該当しないもの)

(事務局注) 以下の記述は別な執筆者による。

階層別実践的林業訓練のカリキュラム構成

このような訓練は、当然各国の林業の事情を背景とし、その目標を定めた上で行われるべきである。その訓練（養成研修）のカリキュラムの樹てかたについては次のとおりである。

この場合の訓練は林野庁幹部職員（AコースおよびBコース）、現場で技術を普及する職員（Cコース）、作業員の長（Dコース）の階層に分類される。

Aコースは4年制の大学卒であり、これは大学教育において林学を専攻し、講義と実習を受けたものであるから養成研修を受ける必要はない。Bコース（指導者）は短大卒であり、現場で技術を普及する職員は高校卒（Cコース）、作業員の長は中学卒（Dコース）とする。

今、コース別のカリキュラム（講義、実習時間は研修期間によって異なるので、具体的な数字は挙げない）を例示すれば、表1のごとくなる。

表1において、CコースはBコースよりも講義と実習時間が多く、実習は課目も多くする。Dコースは技能者であるから、林業一般系統と森林工学・林業機械系統とに分けるのがよいが、その場合、講義課目は両系統とも共通とし、実習時間を各系統ごとに重みを異にしたカリキュラムを構成するのがよいと考える。

また、訓練の年次計画、年間の訓練の期間、訓練の回数、時刻等はそれぞれの国の事情（当局者と研修員の事情）によって適宜定める。

一回の訓練あたりの研修員の数は、コース別職員（受講者）の数と研修施設の条件を考慮して定める。

訓練の講師は、途上国にプロジェクトが存在し、日本人長期専門家が在住する場合は、専門家とそのカウンターパートが講師となるのが望ましい。また、その場合、専門家がカウンターパートを日常教育として、将来講師を任せられるようにすることが望まれる。

表 1

林業技術訓練のカリキュラム

課 題	指導者 (短大卒)		技術者 (高卒)		技能者 (中卒)	
	Bコース		Cコース		Dコース	
	講義	実習	講義	実習	講義	実習
林 学 概 論	○		○		○	
測 量	○	○	○	○		○
測 樹	○	○	○	○		○
森 林 土 壤	○	○	○	○	○	○
造 林	○		○	○	○	○
林 木 育 種	○		○	○	○	○
森林保護 [1] (樹病 ; 昆虫・獣害)	○		○	○	○	○
森林保護 [2] (山火事)	○		○	○	○	○
森 林 工 学	○		○	○	○	○
林 業 機 械	○		○	○	○	○

VII. パラグアイ・中部パラグアイ森林造成計画

(質問事項)

VII. [パラグアイ・中部パラグアイ森林造成計画]

1. 種子の保管法

下記樹種別種子の保管法

- (1) 保存条件、手法
- (2) 必要な施設、機材のタイプ等
- (3) 主な参考文献紹介

- ① Pinus oocarpa
- ② Pinus elliotti
- ③ Pinus taeda
- ④ Pinus caribea
- ⑤ Araucaria angustifolia
- ⑥ Melia azdarach
- ⑦ Eucaliptus saligana
- ⑧ Eucaliptus grandis
- ⑨ Tabebuia ipe (Lapacho negro)
- ⑩ Cabralea oblongifolia
(Cancharana)

2. 種子の成熟度検査

主に下記樹種の成熟度検査の手法

- (1) 成熟度検査手法
- (2) 成熟度検査に必要な機器
- (3) 主な文献紹介

- ① Pinus oocarpa
- ② Pinus elliotti
- ③ Pinus taeda
- ④ Pinus caribea
- ⑤ Araucaria angustifolia
- ⑥ Melia azdarach
- ⑦ Eucaliptus saligana
- ⑧ Eucaliptus grandis
- ⑨ Tabebuia ipe (Lapacho negro)
- ⑩ Cabralea oblongifolia
(Cancharana)

3. 播種前の種子の処理

(1) 下記樹種に係る播種前処理の手法

(2) 主な文献紹介

- ① Pinus oocarpa
- ② Pinus elliotti
- ③ Pinus taeda
- ④ Pinus caribea
- ⑤ Araucaria angustifolia
- ⑥ Melia azdarach
- ⑦ Eucaliptus saligana
- ⑧ Eucaliptus grandis
- ⑨ Tabebuia ipe (Lapacho negro)
- ⑩ Cabralea oblongifolia
(Cancharana)

4. さし木の発根促進法

(1) さし木の発根促進法 (事業レベルでの手法)

(2) 薬剤、機材名

(3) 主な文献の紹介

(回答) VII. [バラグアイ・中部バラグアイ森林造成計画]

1. 種子の保管法

質問書の「保管法」の意味するところが明確に理解できないので林業技術として通常用いられる貯蔵法の事と考えてその方法などを以下に述べる。

(1) 樹種別の貯蔵方法

樹種別の貯蔵方法は次の通りである。

1) *Pinus oocarpa*

貯蔵実験の報告が手元にないが基本的には次の *Pinus elliottii* var. *elliottii* 場合と同様の方法で貯蔵可能と思われる。

2) *Pinus elliottii* var. *elliottii*

種子を乾燥させて低温に貯蔵する。種子の含水率を5～10%程度に乾燥させて、密閉できる容器に入れて貯蔵庫に入れる。密閉できる容器を用いるのは貯蔵中に吸湿する危険を避けるためである。シリカゲルなどの乾燥剤を種子と共に入れる場合もある。貯蔵温度は0～5℃、あるいは零下15℃～零下20℃が用いられる。温度が低いほど長い期間発芽力を低下させずに貯蔵できる。

3) *Pinus taeda*

Pinus elliottii var. *elliottii* 場合と同様の方法で10年程度の貯蔵が可能と思われる。

4) *Pinus caribea*

Pinus elliottii var. *elliottii* 場合と同様の方法で貯蔵が可能である。

5) *Araucaria angustifolia*

Pinus に比較すると発芽力を失い易く1カ月以内にまきつける必要があると言われる貯蔵方法としては、乾燥し過ぎないようにして0～5℃に置くのがよいと思われる。貯蔵時の種子の乾燥程度(含水率)についての情報は無い。

6) *Melia azdarach*

核(内果皮)に包まれたままである程度乾燥して0～5℃程度に貯蔵すると良いと思われるが詳しい情報が入手できない。

7) *Eucaliptus saligana*

E. grandis の場合と同様の方法で貯蔵可能と思われるが詳しい情報がない。

8) *Eucaliptus grandis*

種子の含水率を4～6%程度に乾燥して密閉できる容器に入れて0～5℃に貯蔵する

9) *Tabebuia ipe*

貯蔵方法について入手できる情報がない。

10) *Cabralea oblongifolia*

貯蔵方法について入手できる情報がない。

(2) 必要な施設・機械

0℃程度の温度に種子を貯蔵できる貯蔵庫が必要である。少量の種子を扱うのであれば冷蔵庫等の小型の機器で間に合う。零下20℃程度までは温度が低いほど発芽力の減少が少なく済むので10年程度以上の貯蔵を考える場合、あるいは貯蔵中の発芽力低下を少なくしたい場合には零下の温度を設定できる貯蔵庫を検討する必要がある。

そのほか種子を入れて密閉できる容器が必要である。容器の大きさは取り扱う種子の量に関係するが、大きくても18リットルの容器程度までにして容器の数を増やす方がよい。容器の中に種子と共にシリカゲルなどの乾燥剤を入れることもある。

3. 主要な文献

1) U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1974 : Seeds of woody plants in the United States. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. 450, 883pp., Washington, D.C.

[回答]

2. 種子の成熟度検査

(1) 成熟度検査手法

「成熟度検査」が何を目的にして調査しようとするものなのか、質問書だけではよく理解できない。言葉からは次の二つの事が推測できる。すなわち、①種子の採取に関連して、果実あるいは種子の成熟する時期や採取時期を知りたい場合と、②採取あるいは購入した種子の充実率（稔性）あるいは発芽率を知りたい場合である。

①の場合には、時期別に果実を採取して種子の発育程度や発芽力を調べることになる試験的に詳しく調査するのが目的でなければ、成熟した果実や種子が自然に落下し始める時期の少し前に採取すればよく、その時期は果実の色の变化などをよく観察すれば把握できると思われる。

Pinus elliottii var. *elliottii*と*Pinus taeda*では球果の比重が0.9以下になれば成熟しており採取可能だとする報告がある。これは比重0.9前後の液を作り、その中に採取直後の球果をいれて浮沈を見る方法で判定する。

②の場合については「播種前の種子の処理」のところで発芽検査の条件を記述するので参照願いたい。また、軟x線装置を用いて種子を破壊せずに内部の状態を観察する方法もあり、新しい種子については発芽率の推定が可能である。

(2) 成熟度検査に必要な器機

上述の②の場合で発芽率を調査するのであれば発芽温度を設定できる機器が必要である。稔性の調査には充実したタネの割合を調べるために軟x線装置も利用できる。

[発芽率の検査を行う必要があるのか(②の場合なのか否か)、どの程度の検査量になるのか、電気は安定して使用できる状況なのか等が不明なためここでは具体的な機種を示すことができない。]

(3) 主要な文献

1) U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1974 : Seeds of woody plants in the United States. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. 450, 883pp., Washington, D.C.

おわりに

質問書の用紙には「質問技術テーマの具体的背景、及びそのプロジェクト活動の中での位置づけ」を記載するようになっている。しかし、今回の質問書にはこれらが書かれていなかった。そのために質問の真意や目的が理解しにくい部分があった。回答が的を得ていないところがあると思われるがお許し願いたい。

(回答)

3. 播種前の種子の処理

(1) 播種前処理の方法

樹種別の播種前処理と室内での発芽試験のための条件は次の通りである。

1) *Pinus oocarpa*

播種前に1昼夜冷水に漬け吸水させる。

室内での発芽率を調べる場合には 20℃ (16時間) と 30℃ (16時間) の変温条件を用いて、21日間に発芽する種子数を調べ、発芽率を求める。

2) *Pinus elliottii* var. *elliottii*

播種前に1昼夜冷水に漬け吸水させる。貯蔵種子の場合には吸水後湿った状態で5℃前後に15～60日程置いた後に発芽させると発芽が揃う。

室内で発芽率を調べる場合には、22℃の恒温、あるいは20℃ (16時間) と 30℃ (16時間) の変温条件を用いて、28日間に発芽する種子数を調べ発芽率を求める。

3) *Pinus taeda*

播種前に1昼夜吸水させ、吸水後の湿った状態で5℃前後に30～60日程置いた後に発芽させると発芽が揃う。

室内で発芽率を調べる時には、*Pinus elliottii* var. *elliottii*と同じ方法による。

4) *Pinus carbea*

播種前に1昼夜冷水に漬け吸水させる。

室内で発芽率を調べる場合には20℃ (16時間) と 30℃ (16時間) の変温条件を用いて、21日間に発芽する種子数を調べ発芽率を求める。

5) *Araucaria angustifolia*

播種前に1昼夜冷水に漬ける。発芽温度は21～30℃がよく、温度が低いと発芽が遅れる。

6) *Melia azdarach*

核(内果皮)に包まれた種子では播種前に2～3日冷水に漬け吸水させる。発芽開始がやや遅く3週間頃から発芽を始め、出揃うまで2ヶ月以上かかる。

室内での発芽試験には20℃と30℃との変温を用いる。

7) *Eucalyptus saligana*

前処理は必要ない。種子が小さいので種子以外の不純物(Chaff等)を含んだままでも取り扱われる。

室内での発芽条件は25℃で発芽調査期間は15日間である。通常の発芽率の代わりに発芽の程度を0.1gあたりの芽生えの数で表す。

8) *Eucaliptus grandis*

Eucaliptus saligana と同様の取扱をする。

9) *Tabebuia ipe*

前処理、発芽条件などの情報が入手できない。

10) *Cabralea oblongifolia*

前処理、発芽条件などの情報が入手できない。

(2) 主要な文献

1) U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1974 : Seeds of woody plants in the United States. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. 450, 883., Washington, D.C.

2) International Seed Testing Association 1985 : International rules for seed testing. Seed Sci. & Technol., 13, 299-513

〔回答〕

4. さし木発根促進法

さし木についてプロジェクトの方でどの程度予備試験が進み、事業化のどの段階が問題となっているか分からないので、ここでは、事業を考えたさし木の手順の各々について述べた。

ア. さし木の発根促進手法（事業レベルでの手法）

1. 親木の選択

穂木を取る親木の、樹種、樹齡、固体によって発根能力が著しく異なる。特に、事業規模でさし木を行なう場合は、親木の発根能力の高いものを用いることが重要である。

また、採穂園などを造成し、台切り後に生じる萌芽枝を用いると発根率が上がる。

2. さし付けの時期

日本では、春さし、夏さし、秋さしが行われ、樹種によって最適な時期がある。樹種のさし木適期を把握することが重要である。

3. 穂作り

穂は、若くて充実したものを用いる。穂につける葉は、蒸散量を考えて多く付け過ぎないようにする。

4. さし穂の処理

（1）殺菌

さし穂に雑菌が多く付いていたりすると腐敗することがある。さし穂の切口は、流水で土を落としたり、薬剤で殺菌したりする。

（2）発根促進剤

発根促進剤には、オーキシンという種類の植物ホルモンが用いられ、そのオーキシンの中でも、インドール酪酸（IBA）、ナフタリン酢酸（NAA）、ナフタリン酢酸アミド（NAd）などが一般に用いられる。これらのうち、IBAは、オキシベロン（塩野義製薬）として製品化されており、粉剤と液剤が数種類の濃度別に市販されている。NAdは、ルートン（三共）として粉剤が市販されている。NAAは、試薬をタルクなどで薄めて用いる。スギの発根では、IBAは効果があり、NAAは阻害的に働くが、ある広葉樹ではNAAが適しているなど、その樹種に適当なものを用いる必要がある。事業規模で発根促進剤を用いる場合は、液剤よりも粉剤を用いたほうが簡便である。

（3）流水処理

穂を作ってから、流水に1～2日浸しておく、穂が水を十分に含み、切口の土なども流され、さらに切口から生じる発根阻害物質も流されるなどの効果があ

る。

5. さし床の条件

(1) さし床

さし床は、通気及び排水のよい材料を用いるのが原則である。一般には砂質壤土を用いるか、川砂を入れて改良して用いる。なお、これまで使用していない用土を用いるときは、予めその中に阻害物質が入っていないかどうか試験した後で使用する。

(2) 灌水

最良の灌水法は、ミスト装置を用いたものであるが、本装置がない場合は入力によることになり、そうなると1日当たりの灌水回数が制限されるので、発根率の低下は免れない。

(3) 電気温床など

さし床の温度が低下する場合は、電熱線を引いて加温する。

イ. 薬剤、機材名

薬剤については、上記(ア)4-(2)で述べた。

機材については、日本で市販されているミスト装置の一例としてカクログを別紙に付けた。

ウ. 主な文献の紹介

次の図書が資料として最適だと思われる。このなかに引用されている文献数は約250もあり、さし木のことについてよく書いてある。

書名：さし木の理論と実際

著者：森下義郎、大山波雄

発行所：地球出版

これからの露地栽培・温室・ビニールハウス栽培の計画と方式 完全自動化ノズルとミスト装置・灌水装置の選び方と使い方

I 目的

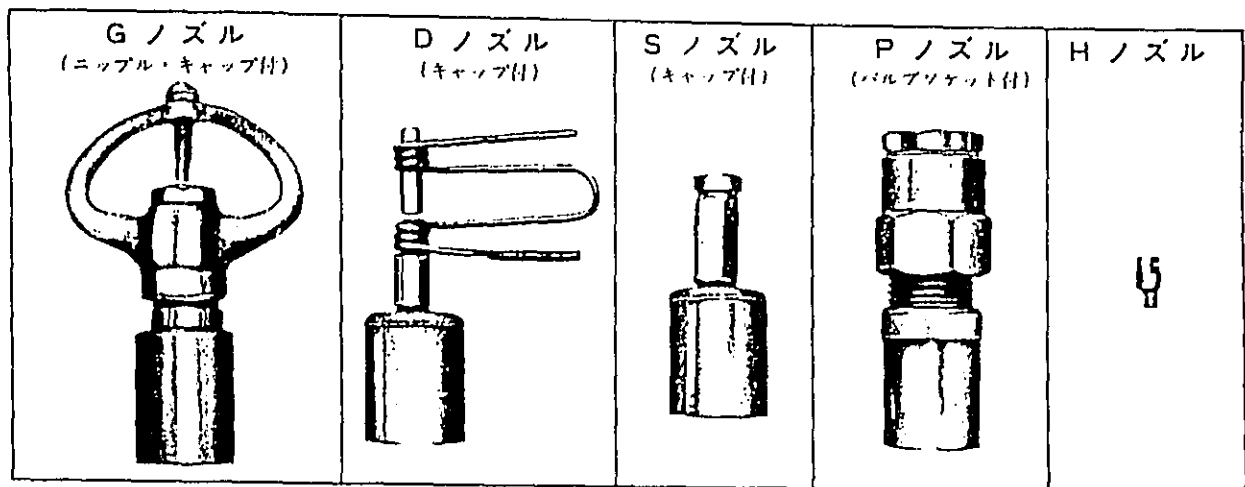
近年における経費の増大は驚くほどの高率で、その中でも最も高価なものが人件費であり、しかも不足しているのが人であります。

従って、今更省力化を図ることについて異論はありませんが、御注意願いたい事は、省力化も一貫して行いませんと余り効果がありません。このことは工業分野においても全く同じで、施設園芸では灌水、施肥、消毒、殺虫、除草等の諸作業も全部自動化することが、最も効率を高め、生産性を向上し収益の増大を図るために必要不可欠なものであり、理想であります。

このカタログは、ノズルと装置の選び方と施行例が記載されています。

他に、完全自動化のための施肥機や、各種灌水装置、機械類のカタログがあります。御照会下さい。

II ノズルの種類と性能



⊗ノズルはTSキャップ付(又はソケット付)等になっていますので、誰れにでも簡単に使用できます。

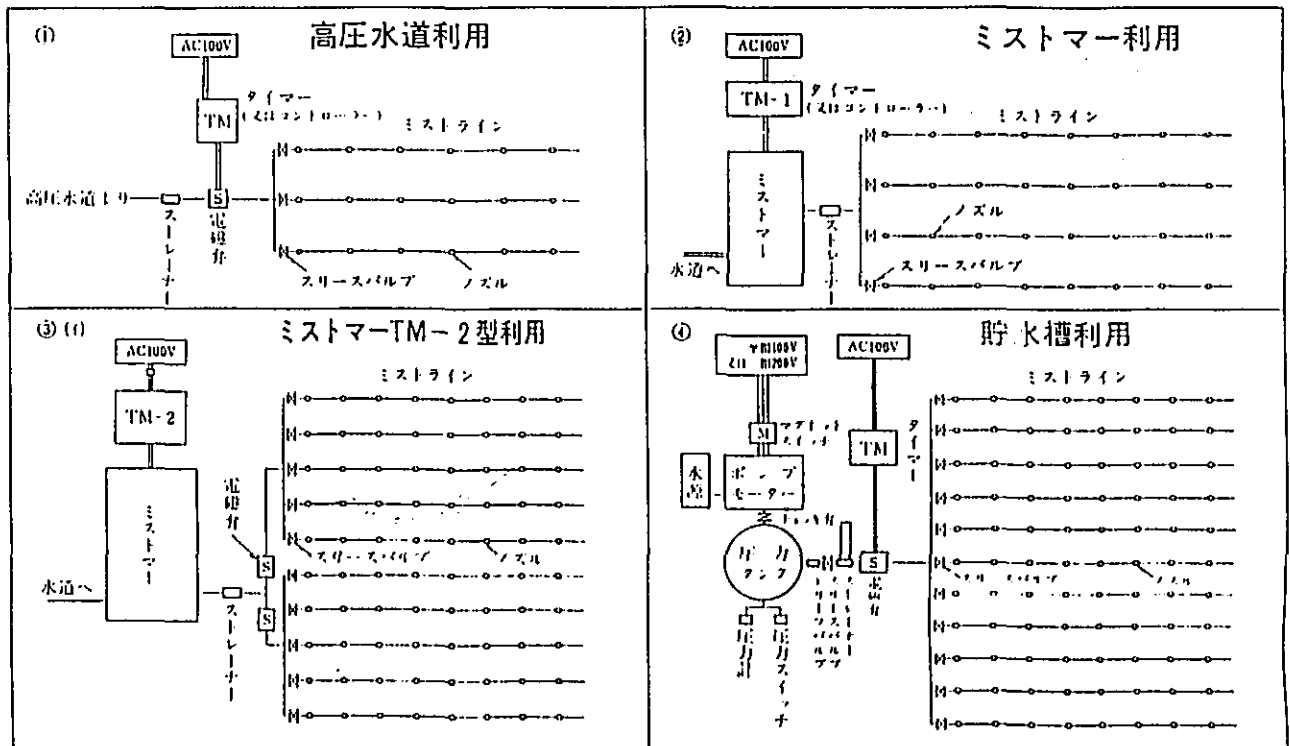
品名 (型式)	所要圧力 (kg/cm ²)	噴霧量 (ℓ/m)	噴霧直径 (m)	噴霧形状	ノズル間隔 (m以内)	特 徴	用 途
G ノズル	I型 kg/cm ² 以上 2.5	ℓ/m 0.3	m 1.2	全周 衝突・噴霧	m以内 0.9-1	<ul style="list-style-type: none"> ● 極く微粒子の噴霧で全く均一です。 ● 衝突部分はステンレス使用。 ● ステンレスフィルターが内蔵してありますのでつりません。 ● ニップル目です。 	ミスト増殖用 挿木、接木、挿種、鉢栽、洋蘭 高山植物、観葉、挿物他
	II型 3.5	0.6	1.4	*	1-1.2		
D ノズル	I型 kg/cm ² 1-3	ℓ/m 1.5-2.3	m 2	全周 *	m以内 1-1.2	<ul style="list-style-type: none"> ● 下向きに取付けるとノズルから水滴が落ち落ちしないように工夫されています。 ● (ソケット付で使用)。 ● 上向きにも使えます。 	ミスト・灌水用 挿木、接木、挿種、鉢栽、しいば栽培、洋蘭 観葉植物、花芽、苗木 野菜他
	II型 1-3	2-3.4	3	*	1.2-1.8		
S ノズル	kg/cm ² 0.5-3	ℓ/m 4-9	m 5	全周 水平噴射	m以下 3	<ul style="list-style-type: none"> ● 頭部を取りはずすので掃除が簡単です。 	灌水用 花芽、バラ、お茶、苗木、鉢物、野菜他
P ノズル	kg/cm ² 1	ℓ/m 7.6	m 5	全周扇形	m以内 4	<ul style="list-style-type: none"> ● ステンレスフィルターが内蔵されています。 	灌水用 観葉、苗木、鉢栽、鉢物他
	kg/cm ² 1	3.8	5	半周扇形	4		
H ノズル	I型 1-3	ℓ/m 0.4-0.6	m 0.7-0.9	半周水平	m以内 0.6	<ul style="list-style-type: none"> ● 厚手の側面からの散水に大変使用できます。 	灌水用 花芽、バラ、洋蘭、鉢栽、挿種、野菜他
	II型 1-3	0.8-1.4	0.9-1.2	*	0.7		

販売代理店及取扱温室業者

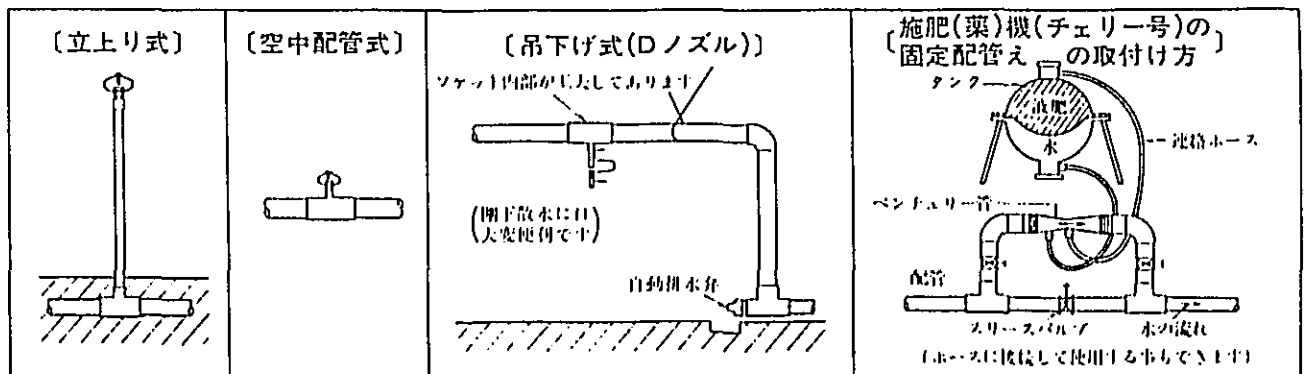
III 自動化装置の種類と方法

種類	水源	電源	自動他の使用機材	ミストの場合	灌水の場合
1	水道圧利用 (高圧)	単 相 100V	タイマー(又は、コントローラー)、電磁弁 ノズル・配管材料一式	10坪位迄	ノズルの種類 によって面積 が異なります
2	水道利用 (低圧・高圧)	"	ミストマー-TM-1型(又はMC、LC型) " " "	60坪位迄	
3-(イ)	"	"	ミストマー-TM-2型、電磁弁2ヶ " " "	120坪位迄	
3-(ロ)	"	"	ミストマー-TM-3型、電磁弁3ヶ " " (タイマー1型1台)	180坪位迄	
3-(ハ)	"	"	ミストマー-TM-4型、電磁弁4ヶ " " (タイマー1型×2台)	240坪位迄	
4	貯水槽利用	単相100V 三相200V	ポンプモーター、圧力タンク、電磁弁 タイマー(又はコントローラー)、ノズル、配管材料	ポンプ、圧力タンクの大き さにより何坪でも出来ます。	

③の方法でミストマーを使い、タイマーの回路数と同数の電磁弁を使えば何坪でも使えます。



IV ノズルの取付け方



④完全自動ミスト装置、灌水装置、施肥(薬)装置の設計施工はお気軽に御照会下さい。

製造元



(本陽印)

三光産業株式会社

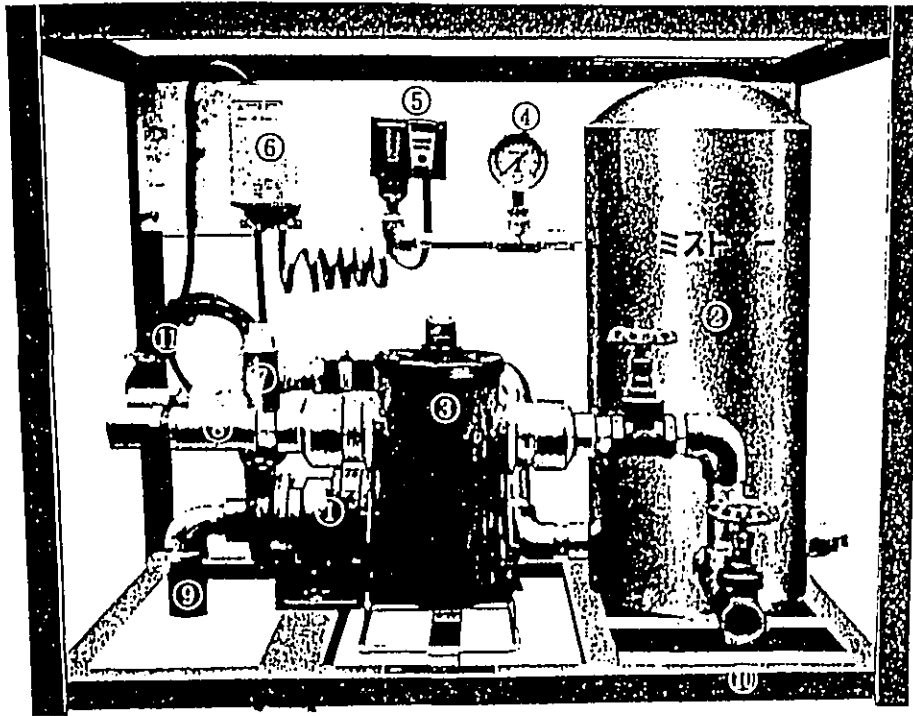
完全自動のミスト増殖装置・灌水装置 これからは本格的装置ミストマーの時代です。

「普及型」

改良ミストマー

「普及型」 (ポンプモーターセット・圧タン・水槽付オールセット)

電源が通常使用されるAC、100Vで加圧装置が作動し、又水源も通常使用される水道や井戸の蛇口からの分岐で万事OK!

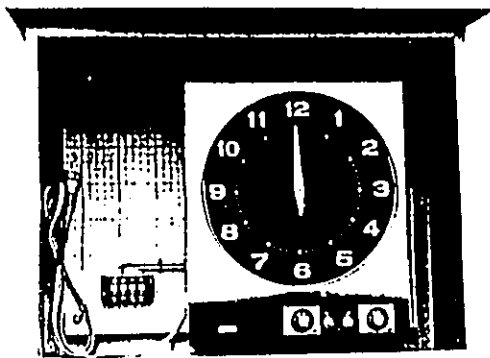


- ①ポンプモーターセット
- ②圧力タンク
- ③三光フィルター
- ④圧力計
- ⑤圧力スイッチ
- ⑥マグネットスイッチ
- ⑦注水口(呼び水用)
- ⑧送水口(1吋)
- ⑨吸水口(1吋)
- ⑩排水口(1吋)
(蛇口)
- ⑪モーターコード
(AC100V)

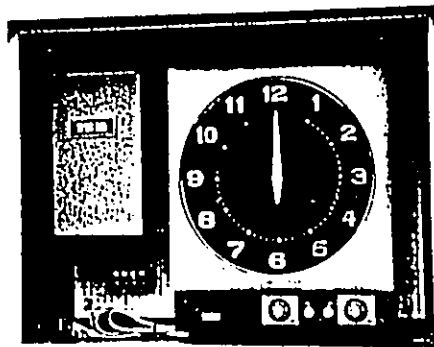
「寸法」タテ(巾)470mm×ヨコ(前長)750mm×高さ610mm フタ(屋根付)です。

(A) 加圧装置

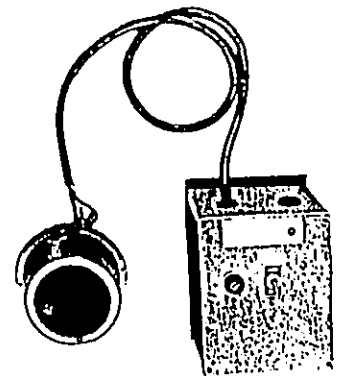
普及型でミスト増殖と灌水用の二用途(両用型) 2回路



T-2型 サブミニタイマー(S)
2個付



TM1-2型(S) 2個付
ミストコントローラーセット



光量コントローラーセット

(B-I) 制御装置(タイマーセット)「屋内屋外向用配電ボックス入」 AC、100V(特注200V)
記号T=タイマー、M=ミストコントローラー...

改良ミストマーはあなたに代って働らく装置です。

完全自動化
灌水装置
ミスト増殖装置

の製造輸入
設計施工
コンサルタント

(登録商標)



第一 三光産業株式会社

〒158 東京都世田谷区等々力6-3-21
電話(703)4554(代表)

VIII. インドネシア南スラウエシ治山計画

(質問事項)

Ⅷ. [インドネシア南スラウェシ治山計画]

1. 治山造林樹種の決定にあたっての基準

(1) 治山造林樹種を決定するにあたっての基準

(2) インドネシア・ウジュンパンダンにおける治山造林樹種候補名

ウジュンパンダンの気候条件、地形、気温、土壌深さ、乾期月数等については、別紙資料参照。

2. 治山造林樹種選定の実験手法

(1) 選定をするにあたっての選定ファクター

(2) 試験計画の策定

(3) 試験地の設定方法

3. 治山造林適用樹種の根系発達特性について

インドネシア国南スラウェシ州は、森林に占める Critical Land (復旧を要する荒廃地) の割合が高く、約 22 万 H A が最優先治山計画区域 (Super Priority Watershed Management Unit) に指定されている。

当南スラウェシ治山計画プロジェクトは、ジェネベラン川支流マリノ川流域の Critical Land が散在する 500 H A をフィールドエリアとし、量水試験及び治山造林、溪間工、山腹工等の各種治山工事を行うことにより、流域の保全を図るとともにカウンターパートに治山計画と事業実行に関する技術移転を行い、南スラウェシ州の Critical Land の保全対策に資することを目的として 1988 年 9 月から活動を開始した。現在、森林水文、治山、造林、育苗、機械の 5 分野について、専門家による技術協力が進められている。

治山造林の分野では、木材生産のための造林とは異なり、生産性、経済性を重視した早生樹種及び有用樹種主体の造林よりも、崩壊防止、土砂流出防止等の土地保全をより重視した森林を造成するための造林計画が必要となる。このため、植栽樹種の選定にあたっては、気象条件、土壌条件、地況因子 (標高・傾斜等) への適応性を検討することに加えて、根系の発達の特性を把握することが重要である。根系の発達は、土壌構造とも密接に関連する。

現在、当プロジェクトでは、別紙記載の樹種を植栽候補として考えている。これらの樹種について、土壌条件との関連をふまえて、根系発達の特性を御教示いただきたい。

また、このような観点から、他に治山造林に適した樹種があれば、あわせて御教示いただきたい。

植栽候補樹種

Acacia auriuliformis
Acacia mangium
Albizzia falcataria
Albizzia lebbek
Anthocephalus codamba
Cassia simaea
Casuarina equisetifolia
Dalbegia latifolia
Diospyros celebica
Eucalyptus deglupta
Gmelina arborea
Instia palembanica
Leucaena leucocephala
Peronema canesens
Pinus merkusii
Pterocarpus indicus
Samanea samman
Shcima wallich
Sesbania grandiflora
Swietenia macrophylla
Tectona grandis
Vitex cofasses

Palaguium sp.
Spathodea sp.
Tristania sp.

1-3-2 降雨量

1-3-2-1 観測所

ジエネプラン川流域周辺には、33箇所の雨量観測所があるが、PHG(Meteorological and Geophysical Institute)傘下の観測所のみが、20年間以上の観測記録を有し、PHK(Observatory of Water Resources)とEP(Subdivision of Water Exploitation and Maintenance)傘下のその他観測所は、1975(昭和50年)以降に観測を開始している。

流域の降雨観測は、現在まで日雨量単位で行ってきた。時間雨量の記録は自己雨量計を有する Panakukang, Bontobili(4-hourly), Hasanuddin, Malino などの数観測所に限られている。

1-3-2-2 降雨分析

雨量分布の地域特性

Bili-bili周辺の降雨分布は、過去10年間のそれぞれの観測所の年平均降雨量に基づき、図1-1に示す。この図によると、大きな差異は認められないが、雨量が高い観測所ほど、大きい雨量が観測されている傾向下にある。

流域については、流域内の雨量観測所の資料によれば、詳細な地域特性は示されていないが、1986(昭和61年)1月の集中豪雨に関しては、最近設置された観測所により等雨量線図が作成された。この雨量線図によると、最も大きな降雨量は、Bili-bili周辺より上流に現出し、典型的な降雨パターンであることが示している。

雨量分布の時間特性

降雨分布の季節性については、上述のとおり、二つの明瞭な乾期と雨期により説明される。11月から4月にかけての雨期の降雨量は、年総雨量の約80%以上であり、最多雨量月は、12月または1月で一方最小雨量月は、8月である。各観測所の月平均降雨量は、表1-1に示す。

1日から数日間の短時間雨量の分布特性は、マリノとHasanuddin観測所の記録により推定される。累加雨量曲線の分析から、集中豪雨は、6時間以上の間断無しで、24時間以内の記録を示すことが確認されている。この6時間の間断時間は、流域内の洪水流出のための集中時間と考えられている。

1-3-3 気温

気温は、年間を通じて平野部においては、最高33°、最低22°で山岳地帯では、最高31°、最低15°前後となっている。

以上の自然特性に関して事前に詳細検討を行い、本調査業務を実施するものとする。

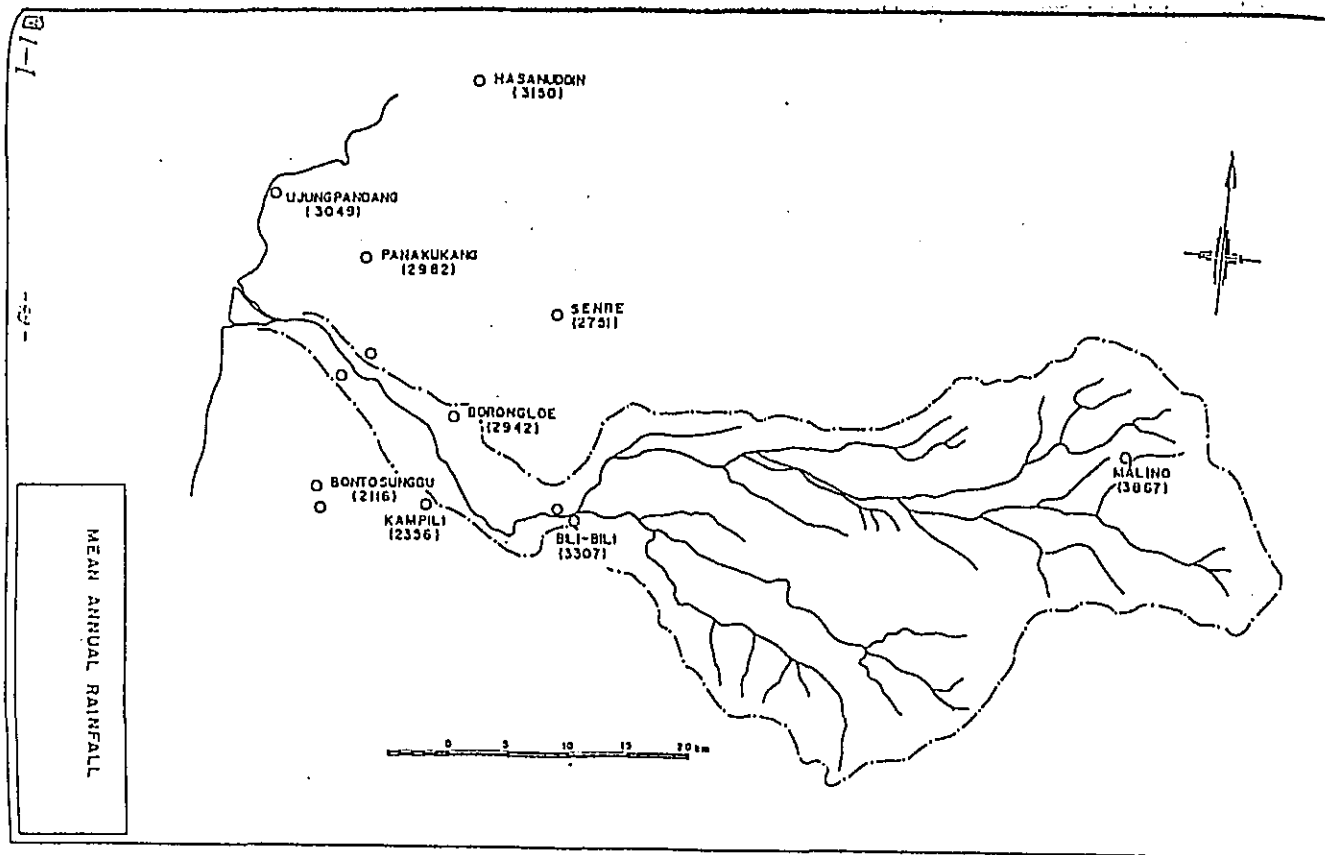


表 1-1

月別平均降雨量

(單位: mm)

観測所名 \ 月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年(合計)
Ujung Pandang	758	595	433	177	95	58	48	8	32	88	227	547	3,049
Panakukang	727	819	310	217	108	88	47	17	42	77	192	488	2,982
Bli-bli	652	609	374	323	151	73	83	18	51	79	318	818	3,307
Malino	619	599	441	433	249	155	87	29	87	131	285	644	3,807
Hasanuddin	648	59	419	202	120	80	57	18	88	110	338	577	3,150

(回答)

1. 治山造林樹種を決定するに当たっての基準

(1) 治山造林樹種を決定するに当たっての基準

[前提]

イ. 日本における治山造林の対象地と違い、本地域での試植林計画地域ではさまざまな立地条件のところを含んでいる。

ロ. 全体的にみて、森林造成のための立地条件はあまり良好ではなく、粗悪化した林地の土壌改良が本地域の造林の目的となろう。したがって、粗悪な立地条件のところにも生育しうる樹種ということを中心とした樹種選定が行われようが、その中の場所によっては、ある程度経済的な樹種も導入対象になるであろう。また、崩壊跡地や人為的に裸地化されたところでは、山腹工事と組み合わせた造林を行う必要がある。

[試植林の樹種を決定するにあたっての考慮すべき要素]

イ. 第一段階は、気温や降水量のパターンなどによって定まるマクロ的な気象条件が考慮すべき最初の要素となる。

本地域では、約500haの区域の中に150haの試植林の造成が予定されているため、この試植林の中を気象条件からみてさらに区分する必要はなく、すべての樹種はこの気候条件によって一次的に選別されることとなる。

ロ. つぎに考慮すべき要素は、地質・地形・土壌などによって定まる立地条件である。

土壌母材としての地質、標高・斜面形・傾斜などの地形、さらに、土壌の深度・物理性・化学性などの土性について検討する必要がある。

これらの諸要素によって、対象地域内をいくつかに分けて、それぞれ区分された地区ごとに好ましい樹種を選択していくという思

想が望まれる。

ただし、余り細かく区分していくことは将来の事業展開にとって実用的でないため、諸般の情勢を総合的に勘案し、立地条件として良好、中、不良などの数段階に区分することが一応の目途となろう。

なお、これらの立地条件からみた地区区分は、各個所での調査結果から判断される面が多いが、一方、現在の対象地域の植生状態、さらには、本地区と類似の立地条件の所での造林成績なども、この地区での立地区分について有力な情報となるものである。

ハ、最終的には各地区における目標林相と、それに対応して考慮される樹種の生育特性が判断基準となる。これまでの検討により、採用しうる樹種はある程度概定されようが、その樹種が、粗悪な環境下でも生育しうる、初期生長が早い、病害に強いなどの特性も考慮しなければならない。さらに、種子の採取や、養苗の難易などは、最終的な樹種決定に際して特に留意しておくべき事項となる。

また、火災に対する配慮や、アグロフォレストリーの要素の導入などを考慮しなければならない場合は、周辺地域での実績も検討して樹種決定の要素に組み入れる必要がある。

(2) ウジュンパンダンにおける治山造林樹種候補名

当地域の気温と雨量を考慮すると、乾期には落葉する雨緑林の樹種が適当と考えられる。ただし、この地域の中にも、地区別にみれば、比較的湿潤状態を示すところもあると思われるし、また、目標とする林相をいかに考えるかによって、具体的な試験候補樹種は決められよう。

一般には *Acacia* の類、*Allizzia* の類、さらに、*Eucalyptus deglupta*、*Gmelina arborea* などが考えられ、さらに、目的によっては、*ヒル-ヒル* や *マカニ*、*チ* などとも考えられる。

試植林の用いる樹種は、それほど多くしないほうが得策であることもふまえると、最終的には、“熱帯の有用樹種”（熱帯林業協会刊、熱帯農業技術叢書第16号、1978.2）の記述や、当地域での実態などを参考に決定して頂きたい。

2. 治山造林樹種選定の実験方法

選定のための実験として、どういう項目を実験するかによって選定の実験方法はかなり違ってくる。

立地条件別の生育特性、植栽のための地拵法、植栽方法、植栽後の保育方法など、種々の項目が考えられるが、ここでは治山造林樹種を決定するための基礎となる立地条件別の生育特性の試験を主体にのべておく。

(1) 樹種選定のファクター

前項で述べた要素の通りであるが、

- * 当該地域の地形的・土壌的な条件
- * 考えられる樹種の生育特性
- * 当該地域または類似地域での植生状態や造林成績
- * 目標とする林相

(2) 試験計画の策定

イ. 試験目的の明確化

最終的に“このような地区”では“このような樹種がよい”ということ判断する資料を整備することになるが、その際にも、植栽密度、養苗方法などを試験項目に入れるか否かを、当該地域での既往の知見などをもとに明確にする。

ロ. 試験方法の基本方針の決定

試験で行う対象樹種を決めたとしても、方法として現地試験、苗畑試験、基礎的試験が考えられる。イ. で決定した項目について、どの方法で試験するかを決めるとともに、測定方法の大槪は全体の業務量も考慮して決定しておく。

(3) 試験地の設定方法

イ. 試験地は設置するにあたり次の2つの考え方がある。

一つは、いくらかの樹種を用いて造成されていく試植林の中に、適当な大きさの固定試験地を設定する方法であり、他は、別個に試験地を設定していく、いくつかの樹種についての比較調査をする方法である。

前者でも、いくつかの樹種と、それぞれについて立地条件や植栽密度の異なる場所に固定試験地を設定して調査するとかなりの成果は得られる。しかし、協力期間がそれほど長くない点を考えると、早期に樹種別、植栽密度別、立地条件別の比較値をうるには、後者のほうが望ましい。

ロ. 試験区の大きさ

長期にわたって植栽木の生育調査を続けるには、1つの区画をあまり小さくすると、数年後、さらには、日本人チームが帰国した後などを考えるときわめて不都合である。また、立地条件別の生育といっても、1試験区の中にも、立地条件が多少違っているほうが有益な結果を出し易い。

一方、1区間の試験地の中には、50～100本の植栽木が最低必要と思える。

植栽密度3m×3mとすれば、その100本分の面積としては約0.1haが必要であり、これを基準に、試験に供する樹種の数、立地条件の区分数、さらには植栽方法の種類数を掛け合わせれば全体の試験地の必要面積は算出し得よう。

なお、各樹種の根系発達特性を調査するため、毎年、各樹種について数本ずつ引抜いて調査する計画にすれば、1区画内の植栽本数は、あらかじめ引抜かれる総本数を念頭におかねばならず、必要に応じて1区間の大きさを広くとっておくことも考えておかなければならない。

3. 治山用造林適用樹種の根系発達特性

さきに記した“熱帯の有用樹種”の中に、根系発達の特性に関係すると思われる記載もあるが、直接的に治山用樹種の根系特性を整理したものはない。

土壌条件別に代表的な樹種の根系発達を明らかにしておくことは意義のある業務と思われるため、ケニアのプロジェクトの事例を参考にして調査を行うか、あるいは、これから設定される本地域の試験地の中に、このための調査区をおくのが一法と思われる。

IX. ケニア社会林業訓練計画

[質問事項]

Ⅸ. [ケニア社会林業訓練計画]

1. 乾燥害および白蟻害について

ア. ケニア・日本社会林業訓練プロジェクトのサブ・プロジェクトの1つであるパイロット・フォレストにおいては、1986年よりデモンストレーション林の造成に取り組んでいるが、乾燥、白蟻および野生動物の害により十分な成果をあげるに至っていない。白蟻の害は単本的には枯死に至るが、面的な広がりはなく、限定的であり、野生動物（ディグ・ディグによる食害）の害は、それ単独では枯死に至ることはなく、いずれも決定的な被害ではないと考えられる。一方、乾燥の害は、もちろんその程度によるが、全ての造林地に一律に影響を及ぼし、被害程度も深刻なものとなる可能性が大きい。

以上のことからパイロット・フォレストにおいては主として乾燥の害に対する対策に取り組んでいる。

イ. a. 乾燥の害に対する対策として取り組むべき課題として ①耐乾性樹種の選定 ② Water harvesting systemの開発を掲げ各種試験を行っている。①については1986年6樹種、87年24樹種、88年34樹種を植栽し、適正樹種の選定を行ってきており、今後も継続する予定である。

②についても松井、浅川両先生の指導に沿って試験を継続し、適正技術を開発したいと考えている。

b. 白蟻には農薬が極めて有効であるが、高価なため問題があり、農薬に替わり得る技術開発が必要である。社会林業として普及可能な防除方法およびそのための試験設計を指導願いたい。

また、野生動物による食害についても同様の趣旨で指導願いたい。なお、これについてはKEFRI研究者とも協力している。

〔質問事項〕

2. 「草の根」レベルに対する社会林業訓練の有効化を図るための方策について

(1) テーマの背景及び位置づけ

当プロジェクトは社会林業の振興、即ち地域住民の自助努力にもとづく薪炭用材及び彼らが日常必要とする林産物等の安定的供給を図ることにより住民福祉の向上を目指しており、このため森林局の社会林業関連行政普及担当者や「草の根」レベルの農民、女性グループリーダーなどまでを対象として各種訓練コースを企画実施している。特に人口流入の激しい半乾燥地の住民に対する社会林業の振興は環境保全の面からも重要かつ緊急性を増しており、この地域においてはパイロットフォーレスト事業と訓練を一体化して実施している。

これらのことから訓練計画の最大の目的は半乾燥地における農民層に植林に対する意欲が喚起され自発的に事業を実施継続させることにおかれ、「草の根」レベルに対しいかに効果的に訓練活動を行うかが当プロジェクトの中心課題である。

(2) テーマの内容、問題点等

訓練の対象者は農民であり、植林の実行者でありかつ受益者であることから、訓練成果の直接的具体的発現が期待できる。反面特徴的なことは、①彼らは文字を読み理解することに不慣れであること、②言語が特定されていること、③貧困で、採用できる技術は安価で容易に調達できるものに限られること等の事情がある。これらの状況のもとで次の三項目に対する指導助言を得たい。

- 1) 教材については、現在画を中心とした平易なハンドブックを考えているが、現地の社会経済条件のもとでより効果をあげるための教材は何が考えられるか。
- 2) 訓練はハンドブックにもとづく講義と実習を組み合わせ、スライド等の視聴覚教材も利用するが、同上の条件でより良い手法は考えられるか。
- 3) 訓練効果をモニターするためには海外協力青年隊員を東部4県に配備し、当プロジェクトと一体化した活動で「草の根」レベルの社会林業を支援し、かつモニターするというアイデアがあるがこの当否、及び他の可能性についてはどうか。

(注) 上記いずれも現地を視察したうえで、プロジェクトに対する勧告を報告書として提出していただきたい。

[回答]

IX. [ケニア社会林業訓練計画]

1. 乾燥害および白蟻害について

(1) 乾燥害について

現地では、①耐乾性樹種の選定、②water harvesting system (集水工法) の開発の2項を中心に精力的な検討を進めている。

①については、乾燥地・半乾燥地の有望樹種を中心に、できるだけ多くの樹種、系統の材料を収集してスクリーニングを行うことが望まれる。

②集水工法についても、これまでに知られている方法をできるだけ広く試みることを望ましい。

③加えて、同じ樹種・系統で、乾燥に強い苗木を育てる方法を早急に検討することが必要である。

WEBER, F. R. : Reforestation in Arid Lands. 335 pp. Volunteers in Technical Assistance 1986 および同書のp. 326~335の文献を参考にされたい。

(2) 白蟻害について

はじめに

白蟻の被害やその防除対策或はその試験設計等について述べるにあつては当然加害する種類、加害する樹種、加害部位、加害状態、環境条件（植栽状態、付近の植生、気象状態、土壌状態、その他）等を十分把握していなければならない。特に薬剤に頼らない防除の方法としては広義の生態的防除が考えられるが、この方法は実施からある程度の成果を得るまでにかなりの時間を要するうえに上記の様な生態についての情報が大変必要である。しかしながらアフリカの白蟻についての情報は東南アジアのそれに比較しても少ないことも又周知のことであり、特に農業害虫としての報告は多少あるが森林害虫としての報告は殆ど無いに等しい。他方我が国は勿論温帯にある先進国では白蟻は家屋害虫或は少なくとも木材害虫でありその観点からの調査研究が大部分で森林業害虫としての調査研究はその被害に比例して至って少ないのも事実である。

この両点から現在適切な回答は容易でなく、主として今後の参考に白蟻の概要について述べざるを得ないことをご了承戴きたい。

1 白蟻とは一蟻との比較を中心に

白蟻（等翅目）とは簡単明瞭にその特徴を取り上げればそれは「社会性ゴキブリ」であると言えるほどで、その祖先は原始的なゴキブリ目から別れたとする定説は広く承認されておりゴキブリ目とは深い類縁関係にある昆虫である。

蟻類は白蟻とその蟻という名が示すように普通似ていると言われているがその特徴を端的に示せばそれは翅のない蜂（膜翅目）であつて白蟻との類縁関係は甚だ遠い進化した昆虫であるが我が国ではもちろんだが欧米でも White ant, Weissameizen といった名が示すように特に生態的に両者は類似点が多い。特に系統的に遠く離れているにもかかわらず類似した社会性生活をもっている点に対し古くから広く注目されて来たことである。

既に述べたように白蟻は等翅目（Isoptera, iso=等しい、ptera=翅）に属し前後翅は等しい、これが等翅目と呼ばれ理由で飛ぶときは4枚の前翅と後翅を独立に使ってひらひら飛ぶので飛翔力は弱く慣れば飛び方だけで蟻と区別出来る。胸部は腹部と同じ幅で触覚は数珠状で「く」の字形を呈しない。

これに対し蟻は蜂（膜翅目）であるから前翅は後翅より大きく形態が異なり後翅の前縁に鉤があつて前翅の前縁に付着し飛ぶときは前後翅を同時に動かして早く飛ぶことが出来、胸部の第1節又は1、2節が小さくその前後が細く縊れていわゆる「蜂腰」をなし、触覚は第1節が長く「く」の字形をしている等の点からも区別出来る。

発生を見てもが、白蟻は卵から孵化した幼虫は成虫に類似した形態であるが

翅は発達せず成長過程で翅芽が出来て最終脱皮で完全な翅をもつ成虫となる漸進変態が基本で、発育の過程で職蟻、兵蟻等の階級に分化しこれらは翅を有する成虫となることは無いが、蟻は卵、幼虫、蛹、成虫を経過する完全変体をする、また蟻の属する膜翅目では社会生活を営むのはミツバチ類、スズメバチ類等多くの種類の中の一部のみでよく知られているように雌社会であるが、白蟻では全部の種類が社会生活を営み雄雌社会である。言葉を変えれば膜翅目では進化の最終段階で1部が社会性を獲得したのに対し等翅目では原始ゴキブリからの進化の過程で社会性を獲得したときに白蟻になったともいえる。

では何故社会生活をするようになったか、白蟻は朽木を食する原始的なゴキブリに由来するが通常昆虫は繊維素分解能力は無く食物中の繊維素を分解するために共生鞭毛虫類に頼らざるを得なかったが、孵化当初は勿論、脱皮毎に共生鞭毛虫類はなくなり他の個体から貰わなければならずその為共同生活が必要で白蟻はこの食材性を強く発展させたのが社会生活に発展したとする説がある。

話は飛躍するが群を作る哺乳類、例えば牛・羊も食した草類の主成分たる繊維素の分解はルーメン（こぶ胃）内の共生鞭毛虫類に依存しているし、生まれたばかりの子牛は共生鞭毛虫類は勿論ルーメンももたず他の牛から口移しに受けるために群を作ることは必要である。今詳しく述べる余裕はないが分解生成物、反芻等を含めて白蟻と共通する点が少なくない事は哺乳類の牛と昆虫類の白蟻といった甚だ遠い動物の間で食物消化に関連した群に関して類似点の多い事は興味のあることと言える。甚だ我田引水の表現をすれば少なくとも白蟻の方が社会という点では蟻より相対的に哺乳類の社会の進化に近い歴史をもっているとも言えよう。

しかし同時に原則として繊維素の分解を共生鞭毛虫類に依存する食材性（高等な白蟻では共生微生物は鞭毛虫でなくバクテリアである）と社会生活は白蟻を他の昆虫の様に広い環境で生活することを出来なくし、材中や土壌中のような狭い特殊な環境のみで生活するようにした理由でもあるとも考えられている。これは見方によれば自ら進化の袋小路に入ってしまった結果とも考えられる。

II 種類と分布

現在世界に約2300種以上の種類がおり次の7科に分類されている。なほここで形態の概要を述べるべきだが繁雑になるので省略する。

1、ムカシシロアリ（ゲンシロアリ）科 Mastotermitidae

ただ1種 *Mastotermes darwinensis* がオーストラリア北部の熱帯地方に分布している。この種は後翅の臂脈、生殖器の形態、共生鞭毛虫類、卵塊等ゴキブリと共通点をもち白蟻のゴキブリ起源の証拠として有名でありまたその原始的な形態に拘わらず大きなコロニーを形成して多くの被害を与えるオーストラ

リアの代表的な害虫である。

2、レイビシロアリ科 Kalotermitidae

レイビは麗美でKalotermitidaeのKalo(ギリシャ語 kalos=美しい)に由来する。比較的原始的な科で職蟻は擬職蟻でコロニーは小さく加工した蟻道や特別な巢は作らず土壌と接しない枯木中に穿孔虫のような穴をあけて生活しており、一般に他の白蟻は乾燥に弱く常に湿った材中等で生活するに反し乾燥に強く気乾状態の材中でも生活出来るので乾材白蟻 (drywood termite)と呼ばれている。

この科は家具その他の乾材にたいして問題となるが通常造林地の害虫としては問題は少ない。

3、オオシロアリ科 Termopsidae

この科と次ぎのシュウカクシロアリ科を1つの科 Hodotermitidaeとして扱う学者もある。オオシロアリは我が国最大の種なのでこの名があるが、いずれもコロニーは小さく前の科と同様に擬職蟻で、特別な巢を加工することも無い。

この科は4亜科に分けられるが、そのうちProtermitinaeのみアフリカに分布するが応用上問題とするような種類は無いと考えられる。

4、シュウカクシロアリ科 Hodotermitidae

シュウカクは収穫の意味で本当の職蟻をもち、この職蟻は有色で通常地上を行列して採食行進を行い草を収穫して巢に貯蔵する性質があり収穫白蟻 (hvester termite)の名がある。このため多くの白蟻の眼は退化しているがこの科では小さいながら保有している。巢は地中において特別な王室は無い、コロニーが発達すると貯蔵巢を周囲に拡大する。3属がアフリカから中近東の乾燥地帯に分布する。

5 ミゾガシラシロアリ科 Rhinotermitidae

ミゾガシラは溝頭の意味で1部の種類が頭部に額線から前方に粘液を流す溝を有することに由来する。一般に地中に巢を作るので地中白蟻 (subterranean termite)と呼ばれ、これから蟻道を延長して建築物を加害することが多いが、地表の古い材や枯死木の中に巢を作ることもある。比較的大きな科で分布の中心は熱帯であるが暖帯、温帯にも分布する。

この科は比較的大きく7亜科に分類されるが次の3亜科がアフリカに分布する。

Coptotermitinaeは1属 Coptotermesからなりアジアを中心に広く熱帯に分布し、我が国の代表的な害虫イエシロアリ (Coptotermes formosanus SHIRAKI)の様に兵蟻の額線を有し乳白色の粘液を出す。巢の構造も良く発達している。

イエシロアリは世界でも有数の害虫であるのみならず、人為的に分布を広げ

ハワイ、北米から近年アフリカでもモザンブークのロレンソマルケル、南アフリカのケープタウン、ケニアのモンサバでも発見され分布を広げていることが報告されている。

Psammotermitinaeは2属の小さな亜科で1属がアフリカからインドの乾燥地帯に分布する。

Rhinotermitinaeは6属からなるやや大きい亜科でミゾガシラの名はこの兵蟻の溝による。通常大型と小型の2型の兵蟻を有する。

6 ノコギリシロアリ科 Serritermitinae

兵蟻の大顎は真直で内縁は鋸状を呈するのでこの名がある。ブラジルに1種が知られるのみでアフリカには関係無い科である。

7 シロアリ科 Termitidae

全白蟻の2/3、120属、1500種以上の種を含む最も多きな科である。形態的にも生態的にも最も発達した科でこの科を高等白蟻 (Higher termite) と呼び他の6科を一括して 下等白蟻 (Lower termite) と呼ぶことがある。

広く世界の熱帯に分布し温帯以北には殆ど分布しない、例えば我が国では沖縄県でなければシロアリ科を見ることは出来ない。

この科はAmitermitinae, Termitinae, Macrotermitinae, Nasutitermitinaeの4亜科に分類されてきたが、最近(1972) Amitermitinaeの1部を形態学的な理由からTermitinaeに移し、残りを命名上の理由からApicotermitinaeとした。

Macrotermitinae (キノコシロアリ亜科) はアフリカを中心にアジアまで分布を広げた亜科でキノコ (Termitomyces属) を栽培する特殊な性質を有する。発達した地上の塚や地中の巣の中に直径3~10 cm程度の扁平球状多穴質の菌園 (fungus comb) を糞で作る。キノコを栽培して菌園の表面に発生した直径1~2 mmの白色球状の小型のキノコを食べる性質がある。兵蟻に2型あり大型兵蟻の大顎は大きく噛まれると痛い。

Apicotermitinae (アゴブトシロアリ亜科) は前述の理由で出来た亜科で兵蟻をもたない属が多く、持っている属でもその大顎は太く短いのでアゴブトの名がある。

Nasutitermitinae (テングシロアリ亜科) は南アメリカと東南アジアで分化が進んだ亜科で、兵蟻の額線が発達した属は突出した象鼻型を呈するのでこの名があるが、大顎の発達した兵蟻との間ぬ種々な中間段階で連続し、額線の発達した属の大顎は退化して小型になる。巣は排泄物を主とした紙状物質で湿潤地では樹上に巣を、乾燥地では地上に塚を作る。

Termitinae (シロアリ亜科) はシロアリ科の中で最大、兵蟻の大顎は通常

右対称型から非対象型まで各種があり頭部の形態も変化に富む。この亜科の種は地表付近の腐植物出、排泄物は巣の隔壁や仕切りに利用される。

Ⅲ 階級

今まで特に説明なしに使用して来た各階級やその特徴について概略を述べておく。申すまでもなく社会性昆虫の特徴の一つは階級(caste)の存在で繁殖階級と不妊の労働階級への個体の分化である。(階級という言葉は誤解を受け易いので英語のままカストと呼んだ方が良いとの意見もあるがここでは敢えて階級としておく) 例えば1976年発表された不妊の防衛階級(兵隊アブラムシ)の発見によって200年ぶりに白蟻と膜翅目だけだった社会性昆虫にアブラムシが新しい仲間として加わったのはその好例である。

白蟻の階級は通常3階級に大別される。

1、生殖階級 Reproductive: いわゆる産卵に専念する女王と王を言うが、女王と王は産卵するような腹部の肥大した場合の雌の有翅虫とそばにいる雄の有翅虫を言う事が多い。雌雄制の社会だから常に女王と王はともにある。なほ前述のように生殖虫、有翅虫と女王、王は同一のものをいい生殖という面から言えば生殖虫、後で述べる巣から飛び出して群飛の時は有翅虫、産卵の腹部肥大したものが女王である。これには次の2型がある。

a: 生殖虫又は第1次生殖虫—群飛の時の有翅の雄雌(有翅虫)が翅を落としてたもので、胸部に翅の基部が残っている。

b: 副生殖虫又は置換生殖虫—生殖虫いわゆる王、女王のどちらか又は双方が傷付いたり死んだりし、あるいはコロニーが分断されて繁殖が行えない場合幼虫から有翅虫に到るある段階で生殖腺が発達して生殖虫の替わりをするものを言い、翅の基である翅芽をもつニフから分化したものを第2次生殖虫、翅芽をもたないものから分化したものを第3次生殖虫と呼ぶ。

下等な白蟻では1つのコロニーには常に1対の生殖虫又は副生殖虫しかいないが、ミゾガシラシロアリ科やシロアリ科では副生殖虫の数は増え、ある種では数頭から20頭以上の場合もある。副生殖虫の産卵能力は生殖虫に比べると落ちるのが普通である。

2、職蟻階級 Worker: いわゆる働き蟻でコロニーの労働、餌の採取運搬、女王や幼虫、兵蟻への給餌や世話、巣の構築、修理、清掃等に従事する階級でコロニーの約90~95%を占める。下等な白蟻では幼虫からニフへの途中で発育が止まり、安定した状態で働き、必要な時は兵蟻、ニフ、副生殖虫に分化する能力をもっている職蟻を、分化能力の無いシロアリ科などの職蟻と区別して擬職蟻Pseudoergateと呼ぶことがある。

3、兵蟻階級 Soldier: 兵隊蟻で外敵からの巣の防衛に当たる階級で餌は総て

職蟻から受ける。巣の防衛が兵蟻の目的であるから形態的に頭部が変化しキチン化が強く大顎が強壮になったり、シロアリ科では大小2型が認められるものもある。一般には若いころに一では兵蟻の占める割合が大きく発達したコロニーでは一定の割合、2~5%を示す傾向にある。

階級分化のメカニズムは興味あることであるが繁雑になるので省略する。

IV 生活史 - コロニーの形成を中心として

a) 新コロニーの形成

白蟻の巣からある時期に群れをなして有翅虫が飛びだして行く、これを群飛 (swarm) と言い、群飛の後翅を落として1対になり協力して新しいコロニーを作ることは総ての白蟻 (等翅目) に認められることで、これがコロニー形成の基本である。

群飛の数カ月前から巣内に多数のニンフが分化発育して有翅虫となり、ある環境条件と時期に群飛が行われるが、これらは温度、湿度、光線状態等が適当なときで種によってほぼ一定している。

種の少ない温帯等での群飛の条件はよく知られているが、種の多い熱帯では個々の事は述べにくい、熱帯では申すまでもなく気温は年間を通じて変化は少ないので、雨季と乾季のサイクルによって群飛が決定される種が多い。降雨は単に巣内の湿度を変化させるだけでなく、巣の温度、二酸化炭素濃度に変化を与え群飛を引き起こす条件となることがおおい。群飛が始まる大きなコロニーでは数万という有翅虫が飛び出し日中では遠望すると煙りの様に見えることがあり、鳥、爬虫類、両性類から捕食性の昆虫等が集まってきた捕食するので大部分が捕食されることがある。

群飛後地上ではへを落とした雌は腹端から雄を誘引する物質を出して誘因、2両連結の車両の様になって営巣場所を求めて移動し、温湿度の適当な場所、伐根、地上の木材下、石の下等に小さな穴を掘って交尾と第1回の産卵を行い新しいコロニーの形成が開始される。これが基本であるが、何等かの条件でコロニーの一部が本来の巣から切り放されると、前述の副生殖虫が分化して新しいコロニーが出来る。副生殖虫への分化能力は下等な白蟻程高い。従って白蟻の駆除にあつたて完全なる駆除を行い取り残しの無い様にするには常に考慮の必要な点である。

b) コロニーの発育

有翅虫から出発した新コロニーでは最初の産卵から孵化した幼虫は王と女王によって育てられる。下等な白蟻では王、女王共木材を摂食する能力があるが、シロアリ科ではその能力が無く体内貯蔵の栄養物質で幼虫を育てる。

一般に最初に産卵された卵から孵化した幼虫ははやく発育して小型の兵

蟻や職蟻になるが、此職蟻が活動を開始すると今度は逆に口移しに王や女王に食物を与えるようになる。女王の卵巣は発達して腹部は肥大して産卵に専念し職蟻は新しく生まれた幼虫を育て、巣を拡大して行くようになる。しかし下等白蟻では1年目のコロニーは王、女王が中心で少数の兵蟻と職蟻からなり環境条件の支配を受け易い。

高等なシロアリ科では他の下等シロアリの科のものより早く高い能率の良い産卵をする、この科の腹部の肥大した女王は1日で少ないもので2千、多いものでは1万の卵を産卵する事が知られている。

コロニー形成後年数を経過すると女王の産卵能力は低下してくるが、副生殖虫が分化して産卵する種と自然状態ではその分化が無く死滅する種とがあるようである。階級分化の機構は飼育が容易で分化し易い下等な白蟻で研究されたもので、飼育の容易でないシロアリ科のような高等な白蟻ではまだ不明な部分が多いがある種のヘロモンが関与して居るのは確実である。

白蟻コロニーの寿命は種々の条件によって異なるの上樹上や地上に塚や巣を作るシロアリ科では一度死滅したものが再度利用されることもあり巣や塚の年令とコロニーの寿命は一致しない等の事もあり一概に言えないが、ミゾガシラシロアリ科やシロアリ科のコロニーは10数年から数10年の寿命があると言われている。

V 巣の構造

白蟻が複雑巧妙な巣をつくり、特に塚を形成する場合は大きく目立つので古くからよく知られているが、既に述べたような下等な白蟻の中でも原始的特徴を残すオオシロアリ科やレイビシロアリ科では材中に穴を掘って穿孔虫の様な穴を開けその中に直腸で排泄物の水分を再吸収した粉状の糞を詰め加害部と巣の区別はないし、土壤に接触しないし蟻道も作らないから樹から樹へ移動することもない。しかし形態的に最も原始的と言われるムカシシロアリ科が巣について言えばよく発達していて土中に長く蟻道を延ばして食害する害虫であることも既述のとうりであるので必ずしも系統とは一致しない。

アフリカに就いて言えばシュウカクシロアリ科は生息地の草原やサバンナで地中に大きな貯蔵庫を作り、これは水平な小室に分かれ収穫した草を貯蔵する。コロニーが大きくなると漸次同様な貯蔵庫を継ぎ足して拡大して行く。

ミゾガシラシロアリ科では加害している材中に排泄物や土で蟻道を作るが、加害部と巣の区別の出来ない種から、排泄物や土で定着した同心円状の特別な巣を作り表面を土で覆い加害場所や水取り場所と蟻道で連絡し乾燥した加害部に水を運んで湿らせて加害する *Coptotermes* (我が国のイエシロアリがこの属に属する) のような種まである。

高等なシロアリ科でもミゾガシラシロアリ科が作る程度のものから先に概略説明したキノコシロアリ亜科の様に複雑な発達したものまで種々な形態がある。

ツカシロアリ亜科では排泄物と土を使用した簡単な巣から有名なオーストラリアの *Amilermes* の様に正確に南北に長い板状の巣—磁石巣 (magnetic nest) を作るものまである。

シロアリ亜科では一般に地上や樹木の幹や枝に堅い表面で覆われ内部は多数の仕切りのある巣を作るが、アフリカにいる *Apicotermes* はもっとの複雑な卵型の巣を地下に造り換気口や外壁は複雑ではほぼ種によって定まった特徴が見られる。また別の属では地上に茸状の巣を造る種類などもある。

キノコシロアリ亜科では比較的小さいコロニーの巣は地中に造られ、大きなコロニーでは地上に多きな塚を形成する。*Macrotermes* の塚は大きく堅く、外壁も厚い。中心部は多数の小室と菌室空なり、菌室には菌園がある。上部に空気室があり多数の坑道が走り王室は特に堅く入り口が狭いので腹部の肥大した女王は出られない。

VI 食物

シロアリの食物は主として繊維素であるが、進化した種類ではその外の物も食物とする。それらを整理すると

- 1) 生きている植物
 - a) 地上の幹や枝及び地中の根などの木質組織
 - b) 地上の葉や茎及び地中の細根などの非木質組織
- 2) 枯死した植物
 - a) 幹や枝などの木質組織
 - b) 茎や葉、細根などの非木質組織
 - c) 地表の小枝や枯葉などの層
- 3) 分解された植物質
 - a) 腐朽した木材組織
 - b) 地表の腐植物
 - c) 動物の糞
- 4) 腐植土
 - a) 有機物の多い土壌
- 5) 菌類
 - a) キノコシロアリ類の栽培するキノコシロアリタケ (*Termytomyces*)
 - b) 植物質に繁殖した腐朽菌類
 - c) 植物質に繁殖した地衣類

等に分けられるが、その他特殊な場合として

6) 栄養交換

- a) 唾液又はそれに木片の加わった液による口移しの栄養交換
- b) 排泄物による主として肛門からの原生動物の受け渡し

7) 共食い

- a) 死体や弱った個体の共食い
- b) 階級構成を一定に保つ共食い

がある。栄養交換(Trophallaxis) (口移しの交換をProctodeal-Tと言いこう肛門からの受け渡しをAnal-Tと言う)については最初にも触れ又コロニーの形成のときも触れたので了解出来ると思うが、社会性昆虫に共通する重要な性質である。共食いは食材性の白蟻には異常の様にも見えるが元々蛋白質の少ない食物をとってるので生態的な意味のみならず巣内での蛋白質維持の為にも必要な事であって、比較的珍しくない現象の様である。

これらの食物の消化に重要な役割を果たす後腸にすむ共生鞭毛虫類は多鞭毛虫類と超鞭毛虫類で後者は白蟻だけに寄生するグループで種類や役割等については興味のあることであり、実用的には一般に職蟻しか採集出来ないときに職蟻による科の区別は簡単でないが職蟻の腹部を裂いて後腸を調べ共生鞭毛虫類が認められなければシロアリ科のものであり、認められればその他の下等白蟻に属する諸科のものと区別出来るという利用方法もある。鞭毛虫類は比較的大型なのでもルーペでも存在は識別可能だが100~150倍程度の低倍率の顕微鏡が利用できればなほ良い。その他の事は直接関係は少ないので省略する。

以上を通観して感ずることは一般に食材性の昆虫にも当て嵌まる事であるが、白蟻でも主として木材を始めとする植物質を食物としているので前記の2)以下が主体で生きた植物質、特に健全に発育して居る木質部を積極的に食害して被害を起こす事は一般には少ないと考えられる。勿論今後加害種や加害状態についての充分なる観察が必要だが多くの場合生きている樹木を食すとしても何等かの障害で衰弱して居る樹木のそれを食するか、或るいは特に餌が不足している場合が多いと考えられる。

Ⅶ 白蟻の植物に及ぼす影響

熱帯の森林、特に東南アジアの熱帯雨林での白蟻の果たす役割の大きいことは最近特に注目されるに至った。我が国ではマレーシアでの国際生物学事業計画 (IBP) によって開始された研究で白蟻の物質生産やエネルギーの流れが解明されその重要性が認識された。

白蟻は土壌昆虫であるから土壌の組成や有機物に変化を与えミミズなどと同様に土壌断面の攪乱も行うし、排泄物や塚の構築によって化学的性質も変化するし、植生にも影響を与える。

アフリカのサバンナそれに由来する草原に就いては具体的な知識に乏しいが一般に環境条件は厳しく樹木にも乏しいので当然白蟻にとっても厳しい筈でバンナにはキノコシロアリ亜科の*Macrotermes*の塚が多いが、この塚の上に樹木集団が見られ周辺の灌木や草原と異なった景観を呈することがあると聞く。これは塚上が植生遷移に好条件を与えるためと考えられるが、同時に健全なる樹木は加害される事の少ない為とも言い得る。

こうした厳しい環境下で植栽すればそれらの樹木が攻撃されることはある意味で充分考えられる。過去においてもユーカリ植栽樹が特にナイジェリア、カメルーン、ガンビアのサバンナで大きな被害を受けたことが知られているし、東西アフリカ海岸地帯のココ椰子植栽地帯が地中の白蟻によつて危険にさらされたことが報告されている。

しかし多くの場合これらの被害も枯死木や他の被害を受けた衰弱木への加害から始まり、ある種では通常それらの根に巣を作り死んだ組織への集中的加害から始まる2次害虫であるとの報告され、その例としてミゾガシラシロアリ科の*Schedorhinolermes*, *Coplotermes*やシロアリ科の*Microtermes*のある種が知られている。*Coplotermes*は既に述べたように我が国にも分布しているが同様と考えられる。その他の例として少なくともサバンナでは一般には果樹や農作物を加害するとしてもそれは乾季における食物の欠乏に由来すると考えるのが自然の考察であるとする見解もある。

今回の被害も知りえた情報の範囲内で考えればサバンナ等の*Eucalyptus*, *Acacia*, *Cassia*等各種造林木に対する被害の由であるが白蟻による被害が単木的には枯死に至るが面的な広がり無く限定的であり全般的に造林地に乾燥害が認められる点と上記の報告から考察すると大胆な推測であるが白蟻による被害は乾燥等による衰弱木或は枯死木に対する二次的被害の可能性はないであろうか。現在は植林されていない様であるが*Pinus*と言った針葉樹に対する前に述べたミゾガシラシロアリ科の*Coplotermes*の様な場合は最も好む樹種であるので一次的被害も時には起こる事もあるが一般的では無い。

健全に成育している植栽木に対する被害であれば最初に上げた様な種々の条件を総合的に考察しなければ対策を考えるのは容易でないが、二次的な被害であるとする推定が正しければ一次的要因であると考えられる乾燥被害による衰弱を防止するのが先決で、それが出来れば当然白蟻被害も漸次減少する筈である。そのいずれかを決定するために一つの試案として白蟻に対する被害比較試験が実施されていると聞くがそれに加えて乾燥条件と灌水条件下での被害の比較試験も考えて良いのかもしれない。その際にも加害する白蟻の種、被害樹種、被害部位等を決定することは最低限必要なことであるは勿論である。

文献

白蟻に関する文献で日本語で書かれたものとして

1) 日本しろあり対策協会編：しろあり詳説（1980）

があり、森本桂氏の執筆になる「第1章 シロアリ」は全体のほぼ1/3を占め白蟻全般に亙る詳細な解説で参考になり文献も欧文を中心に18頁に亙って挙げてあるが、第2章以下は家屋害虫として探知、薬剤、腐朽等の記述である。対策協会が会員向けに作ったものなので市販されていない。

2) 松本忠夫：社会性昆虫の生態、シロアリとアリの生物学（1978）、培風館。

は副題が示す様に蟻と対比して白蟻全般に亙って昆虫社会学の立場から書かれていて、特にIBPのマレーシアに於ける白蟻調査は著者自身が従事したものである。最後に解説付きで文献が挙げられてある。現在見られる数少ない白蟻に就いての単行本の一だが当然ながら応用的な面は殆ど述べられていない。

英語で書かれたものとして代表的なのは

3) Krishna, K & Weesner, F. M. (eds): Biology of Termites (1969, 70) 2 vol. Academic Press, London.

がある。約20名の代表的白蟻学者が分担執筆した2巻の大作で現在でも参考にするべき基本文献であり、内容が細分され便覧的な便利さもありアフリカの白蟻はBouillonによってTermites of Ethiopian Regionとして130頁にわたって記述されている。この各地域の白蟻相の記述の部分には多少応用的な点にも触れている場合もある。

4) Wilson, E. O.: The Insect societies, (1971). Academic Press, London

は社会生物学者である著者が社会性昆虫全般に亙る解説を詳しく述べたもので白蟻に就いても広い立場から考えるときに参考になる。同じ著者によるBiosociology (1978) という動物全般の生物社会についての大著（邦訳は5巻）もある。共に詳しい文献表がついている。

5) Lee, K. E & Wood, T. G: Termites and Soils, (1971), Academic Press, London

は土壤に及ぼす白蟻の影響を生産生態学的見地から詳しく述べた数少ない著書で著者はオーストラリアの土壤動物学者である。

アフリカの白蟻についてのモノグラフとして

6) Sjöstedt, Y: Revision der Termiten Afrikas (1926), K. Svensk.

Akad. Handl. ser 3, vol 3. Stockholm.

がある。400頁を越える分類の大著だが一部の種の記載の後にBiologieの項があって巣や発生時期その他の生態的な記事もある。少し古いが種類を知るのに良い文献である。

特に白蟻のみの文献について詳しいものに

7) Snyder, T. E. : Annotated, Subject-heading Bibliography of Termites
1350 B. C. to A. D. 1954 (1956), Smithsonian Miscellaneous
Collections vol. 130.

があり、1955~1960までのSupplementが1961年に、1961~1965までのSecond supplementが1968年に同じ所から出版されている。標題が示すように項目別、著者別に引くことが出来、項目別の部には簡単な解説も付けてあるので大変便利であるが、特殊出版物なので入手は困難かもしれない。少し古くなったが同氏が同所から出した Catalog of the Termites (Isoptera) of the world (1949) も化石を含めた全世界の詳しい目録として便利である。

最後に蛇足であるが白蟻では全部とは言わないが殆どの属名は語尾、稀にそれ以外の場所に白蟻を意味する -termesがついているのでそれに由来する科、亜科名等を含めて、他の多くの昆虫の学名と異なり、種、属、科名を見ただけで白蟻 (Order Isoptera) である事が容易に識別出来る事を知っていると、参考書や論文を読むときに便利である。

参考

この有翅虫と兵蟻による世界の科の検索表を利用するには多少形態に就いての知識が必要になるかと思うが種々な理由からその記述を省略したので参考として添付する。

有翅虫による科の検索表

1. 跗節は5節。後翅は前翅よりも幅広く、よく発達した臀部を持っている。触角は約30節。……………ムカシシロアリ科
- 1' 跗節は上から見ると4節。後翅は前翅と同型で臀部を欠く。触角は普通27節以下。……………2
2. 翅の径脈Rは1本又はそれ以上の分脈R_sを持ち、径分脈は径脈と平行に長く伸びている。……………3
- 2' 翅の径脈は分脈を持たない。……………5
3. 頭部に単眼がある。跗節には褥盤があり、触角は13~23節。前胸背板は頭部と同幅か、やや広い。……………レイビシロアリ科
- 3' 単眼は無い。褥盤は無い。触角は23~27節。……………4
4. 跗節は4節。前胸板は鞍状で外方に張り出す。…シュウカクシロアリ科
- 4' 跗節は下から見ると5節、第2節は小さくて第1節に覆われている。前胸は扁平。……………オオシロアリ科
5. 前翅翅根部は大きく、後翅翅根部を完全に覆う。翅は多少網目状……………6
- 5' 前翅翅根部は短く、後翅翅根部に達しない。翅脈は網目状をしていない。……………シロアリ科
6. 大顎は端歯と第一縁歯の間が半円状に大きくえぐられ、第1縁歯は中央よりやや内方に着く。……………ノコギリシロアリ科
- 6' 大顎の端歯と第1縁歯の間は小さく三角状に切れ込むのみで、第1縁歯は中央より前に着く。……………ミゾガシラシロアリ科

兵蟻による科の検索表

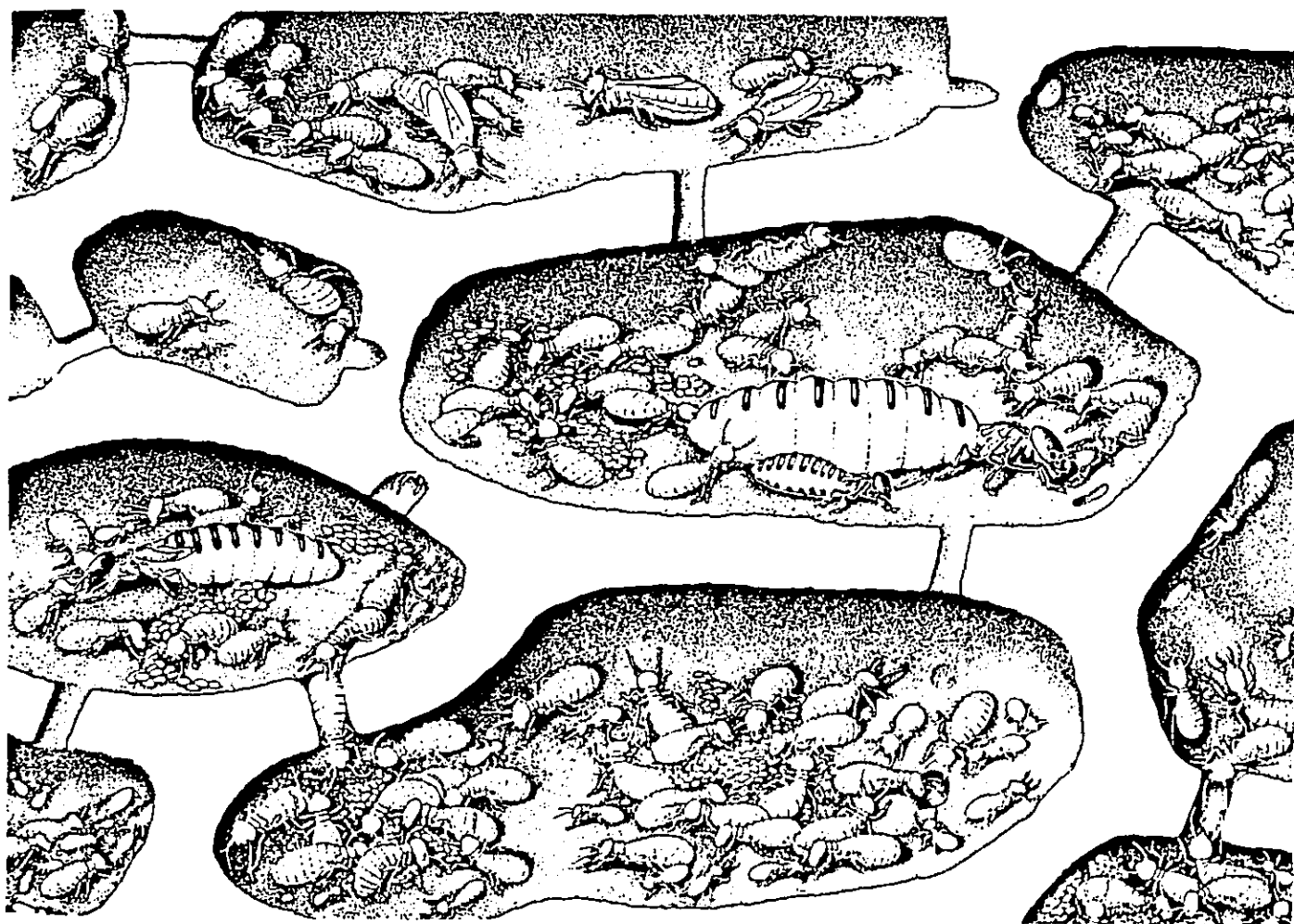
1. 跗節は5節。……………ムカシシロアリ科
- 1' 跗節は上から見ると4節。……………2

- 2. 黒色の複眼と腹部尾毛があり、額線は無い。 3
- 2' 複眼は白色か、又は完全に無い。尾毛は無い。 4
- 3. 頭部は丸く、円錐形。触角は23～31節。 . . . シュウカクシロアリ科
- 3' 頭部は角張り、多少偏平。触角は15～27節。 . . . オオシロアリ科
- 4. 頭部に額線がある。 5
- 4' 頭部に額線は無く、眼は時にある。 レイビシロアリ科
- 5. 頭部に小さな眼があり、大顎は真直ぐで内縁は鋸状。前胸板は偏平。 . .
. ノコギリシロアリ科
- 5' 頭部に眼を欠く。 6
- 6. 前胸板は偏平で単純。 ミゾガシラシロアリ科
- 6' 前胸板は鞍で、前方へ張り出した部分がある。 シロアリ科

付図

第1図

南アフリカの *Amitermes hastatus* の典型的な巣の内部。中央の部屋に大きな女王と小型の王が見えるが、特別の部屋でない。ある職蟻が女王に頭を付けて食物を与えており、他の職蟻は卵の世話をしている。その下左の部屋に副女王がいる。上の部屋は翅芽が伸びたニンフが見える。右下の部屋には兵蟻がおり幼虫は各部屋に分散している。(Wilsonによる)

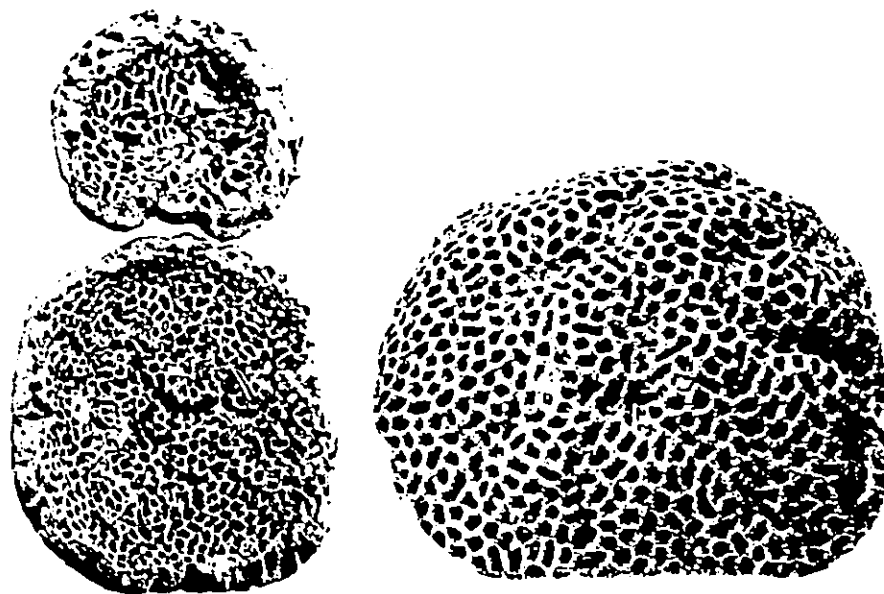
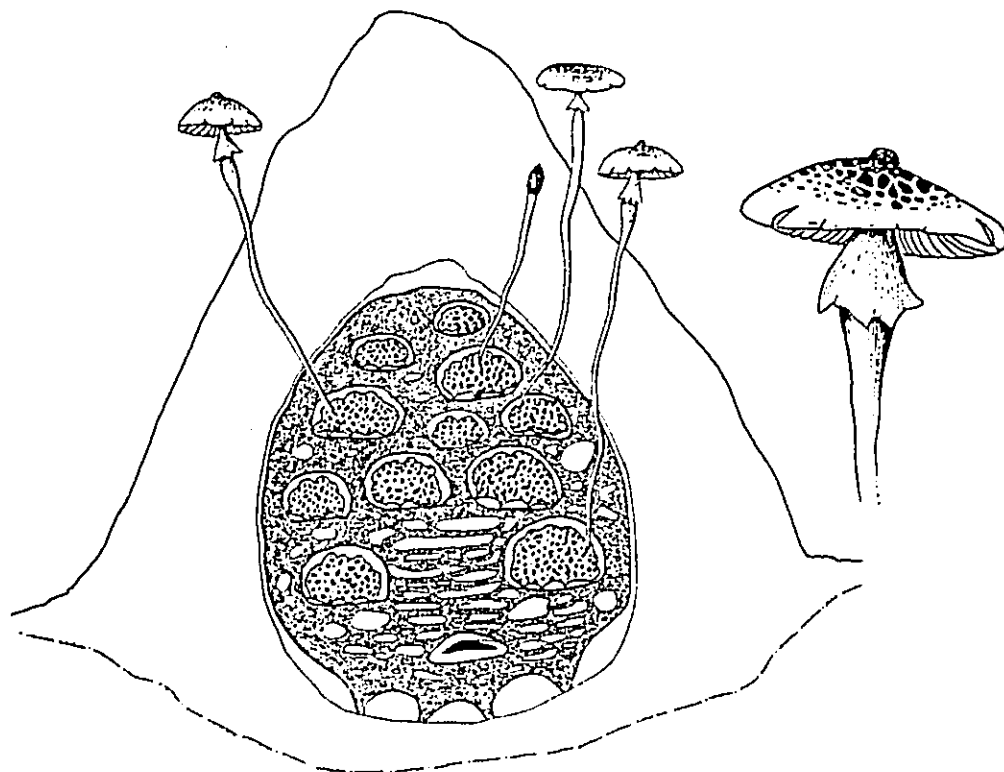


付図

第2図

上 シロアリ科 *Macrotermes*の菌園とそれより成長した茸 (*Termylomyces*)
の模式図(Behnkeによる)

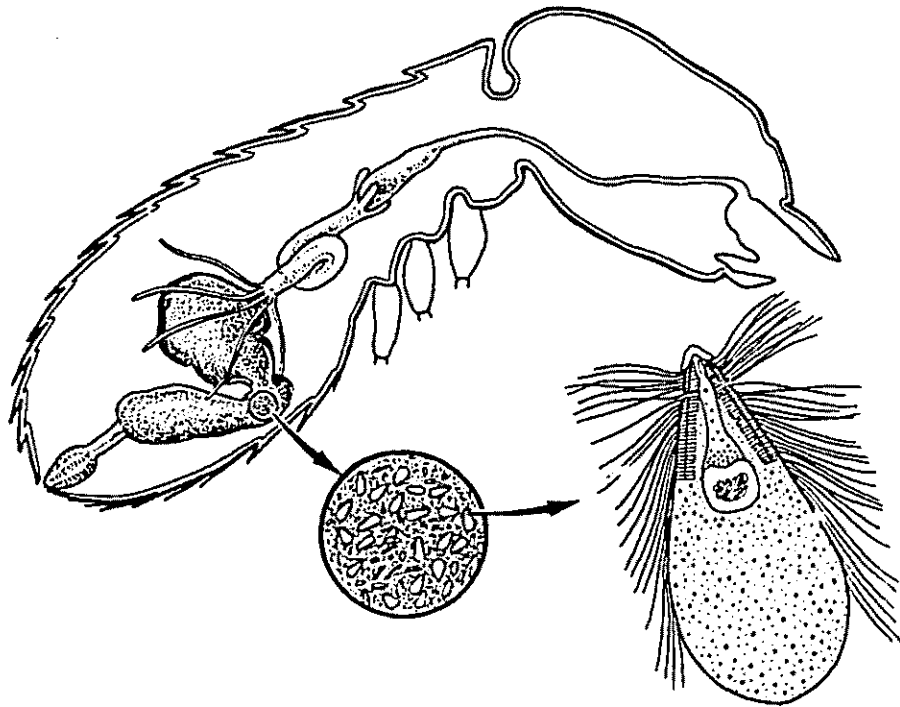
下 シロアリ科 *Protermes*の菌園の拡大図、この表面に生えた菌糸塊を食する。
(Grasséによる)



付図

第3図

白蟻の消化管と後腸内の共生原生動物の模式図、拡大された共生鞭毛虫類は超鞭毛虫類の *Trichonympha* (和名ケカムリ) である。(Behnkeによる)



[回答]

2. 「草の根」レベルに対する社会林業訓練の有効化を図るための方策について

本課題については、現地を視察したうえで、プロジェクトに対する勧告を報告書として提出するよう要請されている。

