

資 料 No. 10

西アフリカ熱帯造林技術の展望

昭 和 44 年 9 月

農林省農林水産技術会議事務局
熱 帯 農 業 研 究 管 理 室

原 典

フランス熱帯林業技術センター

林 業 研 究 部 長

R・Catinot 著

Sylviculture tropicale

en forêt dense Africaine

(Bois et forêts des tropiques 誌N°100～N°104

1965年3月～1965年12月)

お よ び

Sylviculture tropicale

dans les zones sèches de l'Afrique

(Bois et forêts des tropiques 誌N°111～N°112

1967年1月～1967年4月)

に拠る

は し が き

農林省は、昭和41年度より熱帯農業研究の推進に着手し、東南アジア等の地域の試験研究機関に研究者を派遣して研究を展開するほか、海外調査、資料収集、広報活動、研究交流など各種の事業を実施している。

熱帯林業に関しては、すでに調査研究委託事業の成果として、資料第7「東南アジア等における森林資源およびその開発利用」を刊行したところであるが、今般、“*Sylviculture tropicale en forêt dense Africaine*”(アフリカ熱帯降雨林の造林技術)および“*Sylviculture tropicale dans zones sèches de l'Afrique*”(アフリカ熱帯サバンナ林の造林技術)をほん訳して、西アフリカ熱帯造林技術の展望と題して刊行することとした。

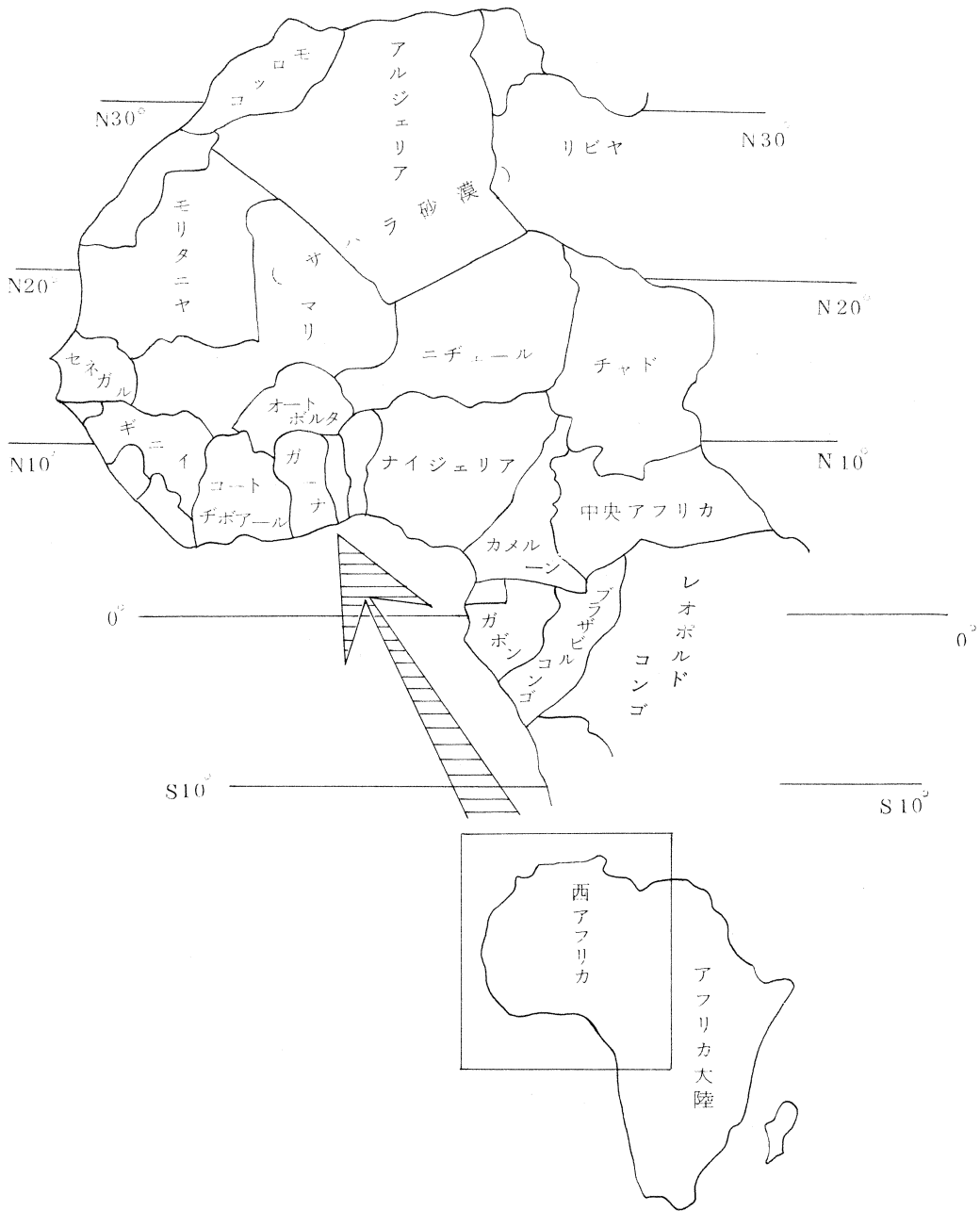
本書の原文はフランスの熱帯林業研究センター(Le Centre Technique Forestier Tropicale)の林業研究部長 R. Catinot 氏が Bois et forêts des tropiques 誌に発表したものであり、これを林業試験場経営部、経営研究室 柳次郎技官がほん訳した。

ここに柳氏の労苦に心から謝意を表するとともに、これが広く関係者に活用されることを念じて止まない。

昭和44年9月

農林水産技術会議事務局
熱帯農業研究管理室長
星 出 暁

西アフリカ国名図



西アフリカ熱帯降雨林の主要樹種

(学 名)	(商 品 名)
<i>Afzelia bipindensis</i>	Doussié' ズーシェ
<i>Aucoumea klaineana</i>	Okoumé' オクメ
<i>Ceiba pentandra</i>	Fromager フロマーヂェ
<i>Chlorophora excelsa</i>	Iroko イロコ
<i>Entandrophragma angolense</i>	Tiama チャマ
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Sapelli サベリ
<i>Entandrophragma utile</i>	Sipo シボ
<i>Khaya ivorensis</i>	Acajou アカヂュ
<i>Lophia alata</i>	Azobe' アゾベ
<i>Lovoa trichiloides</i>	Dibé'tou ディベトウ
<i>Mansonia altissima</i>	Be'té' ベテ
<i>Mimusops heckelii</i>	Makore マコレ
<i>Pycnanthus angolense</i>	Ilomba イロンバ
<i>Tarrietia utilis diversifolia</i>	Niangon ニャンゴン
<i>Terminalia ivorensis</i>	Framiré' フラミレ
<i>Terminalia superba</i>	Limba ランバ Fraké' フラケ
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Obeche オブシュ Samba サンバ
	Wawa ワワ Ayous アイユウ

(なお Obeche (オブシュ) は Obe'che' (オベシェ) と言うこともある。)

西アフリカ熱帯造林技術の展望

目 次

第 1 部 熱 帯 降 雨 林 の 造 林 技 術

第 1 章 天然更新か人工更新か	1
第 2 章 天然更新系造林法	4
第 1 節 林分改良法	4
第 2 節 天然更新法	5
第 3 章 人工更新系造林法	10
第 1 節 タウンギヤ法	10
第 2 節 ランバ法	11
第 3 節 オクメ法	13
第 4 節 マルチノウ法	16
第 5 節 レイヨン法	17
第 6 節 ブラソウ法	19
第 4 章 成長の諸因子，特に光の影響	20
第 1 節 成長の諸因子	20
第 2 節 受光量の研究	23
第 3 節 受光量研究の成果	28
第 5 章 各種造林法の特性と改良	29
第 1 節 天然更新系造林法の特性と改良	29
第 2 節 人工更新系造林法の特性と改良	31
第 3 節 各種方法の比較	43
第 6 章 結 論	47

第 2 部 熱 帯 サ バ ン ナ 林 の 造 林 技 術

第 1 章 地域と諸環境	51
第 1 節 地域区分	51
第 2 節 造林と森林經理の諸問題	51
第 2 章 更新技術	55
第 1 節 天然更新	55
第 2 節 人工更新	60
第 3 節 慣行造林技術の検討	61

第3章 ステピック法	63
第1節 その原理	63
第2節 好結果を得た理由	65
第4章 ステピック法の適用	67
第1節 地中海地域とスーダン・西サハラ地域との環境比較	67
第2節 ステピック法の適用と結果	75
第5章 結 論	83
第1節 天然更新と人工更新	83
第2節 今後に企画すべき研究項目	84

第1部 熱帯降雨林の造林技術

第1章 天然更新か人工更新か

熱帯林管理の責任を負うた森林官たちは、熱帯アフリカに到着以来、熱帯林の更新問題に没頭して来た。熱帯林の更新問題がとりあげられるに至ったのは割合に最近であって、ナイジェリアでも1900～1905年頃からであり、その他のアフリカ各地では1925年～1930年代にはじめられたにすぎない。それというのも、更新それ自体の効用が責任ある当局者によって長く論議されてきたからである。最初の探険家、伐採者、行政官たちはウッソウとした熱帯降雨林をみて資源無尽蔵の幻想にとらわれてしまった結果、“1本の木が倒れたら10本がそれに代る”と言う者も出る始末であった。実際は温帯の経理された森林よりも蓄積に乏しく、ha当り300 m³を越すことは稀であるにもかかわらず、数本の巨木が存在するために蓄積が非常に豊富であるとの印象をあたえたのであった。

このために熱帯林は汲みつくすことができず、人間の干渉なくして自ら更新しうるものだと考えられていたのである。他方、更新技術が非常に複雑であったこともその一因であろう。熱帯林を構成する樹種は200～300種の多数にのぼり、各樹種の特性和その造林的性質の研究は長年月にわたる困難な観察を要求している。熱帯林に関する知識が増すにつれて、自然力のみにたよって更新を期待すべきでないということがわかってきた。

これまで、諸国政府は更新問題を重要視することなく、試験研究は不統一のままで実行されてきた。森林の実験は反復と対照を必要とし、異った各地で時間をかけて実行するを要するものだが、人々はどこにでも適用できる方法を一度で確認したいという気持から、得られた結果を非常に早く一般化して“時の承認”を待たぬ傾向にある。このため、しばしば早まった結論にみちびかれ、さらにこの結論は人間的な情熱や意地もからみあって教義的に迄達している。かくして天然更新論者と人工更新論者が各自の実験にもとづいて自説を固執し、相対立して譲るところがなかった。どちらの説も未だ完全なものでない。

英国の森林官ティラー氏はユーモリストとして高名だが、アビジャン（訳注：コートジボアールの首都）でひらかれた森林会議の結果を、おそらくは“宗派分裂”と評したに相違ない。

対立した2つの概念（天然更新と人工更新）は各々異った造林法の流儀を生み出している。天然更新系造林法と人工更新系造林法がこれである。

天然更新系造林法とは、伐採を伴った造林諸作業により下種と前生樹に有利な条件をつくり出し、その結果として価値ある樹種で熱帯林を富ます手法である。具体的には、伐採中または伐採後にツル切りや下刈、薬剤枯殺などの手法により、林地に漸進的に光をあたえてゆくことによって下種の発芽をはげまし、庇蔭の下にあった弱々しい前生有用樹を成長せしめることである。これは庇蔭を、ゆくりとしかも用心深く破壊することであって、それにより人々が好ましいと思う樹種のすべての年令

の苗木に対して漸進的に光線をあてるものなのである。この種の造林法は無数にあるが本質的には大差がない。これから詳述するが次の諸法がこの系統に属する。オクメ林分改良法、天然林改良法、択伐管理法、熱帯庇蔭樹法、その他。

人工更新系造林法とは、貴重樹種の伐採により疲弊した森林の中に、あらかじめ育成した苗木を移植するものである。即ち人間の手で完全に製造されたあたらしい森林の創造であって、信奉者はこの方法を以てより確実であり、自然を補助することにより終局的には安価につくと主張する。但し、このためには前生林分を十分に破壊せねばならない。植付けた苗木の成長に不可欠な陽光を与えるためである。この庇蔭の破壊のやり方によって、次の諸法にわかれる。

a) タウンギヤ法

森林の一部分を現地農民に対し一時的に農園として払下げ、農民に庇蔭破壊を委託し（焼畑その他）、農作物の間作として林業用種子や林業用苗木を導入せしめるもので、農民と林業経営者の利益を調和させるものと言えよう。

b) オクメ・ランバ法

オクメ (*Aucoumea klaineana*)、ランバ (*Terminalia superba*) の両樹種は陽樹である。そのために下種又は植付後の6カ月間は庇蔭の75%が破壊されていることを要する。のこりの庇蔭はその後に消失せしめられる。本法はその他に広い植栽間隔 (4×4 m, 6×6 m, 12×12 m, 14×14 m,) を伴い、前生樹の萌芽で苗木を矯正し、これを通直ならしめて枝落を促進させる特性を持つ。本法については庇蔭の破壊は兇暴におこなわれる。直径30 cm以下の樹木は人力もしくはブルドーザで伐倒され、30 cm以上のものは巻き枯らしや薬殺により枯死せしめられる。

c) マルチノウ法

これは“庇蔭下の植栽”である。下層植生は植付時に破壊され、庇蔭を作っている上層は巻き枯らしによって漸進的に破壊される。本法は密植であり、1930～1932年にコートデボアールで小面積に試験された。

d) レイヨン法

本法はオブレビル教授の提唱によるもので、手法としては疎放なものである。天然林の間にかんたんな細路（レイヨン）を開き、その中に貴重樹種の苗木を植込む、その後に庇蔭を漸進的に破壊しながら苗木に光をあててゆく。細路は等距離に設けられ、その間隔は10～25 mである。導入される苗木数がすくないのでタウンギヤ法やマルチノウ法の密植方式から見れば、本法は単に“森林の価値を高める”にすぎないと評されることがある。

e) ブラソウ法

旧ベルギー領コンゴで、ドニ、モドウ両氏によって紹介された手法である。密林中に方形区画（ブラソウ）をつくり、この中に苗木を導入してから前生林の庇蔭を漸進的に除去してゆく方法で、ねらいは植付コストの減少にある。

天然更新系技術はイギリス森林官が好んで使用し、人工更新系技術はフランス森林官が主として依存する。ベルギー森林官の中には両学派の支持者がそれぞれ存在する。この数世紀を通じて天然更新

の熱心な主唱者であったフランス森林官が、アフリカでは人工更新のチャンピオンとなったと言うことは人々をおどろかすにちがいない。彼等は古き伝統の子であったからである。

この理由は環境の中に多く帰せられるであろう。まずナイジェリアで熱帯造林を開始したイギリスの森林官が、ビルマ及びマレーシアで養成された人々であることに注意したい。H. N. トンプソン、ケネディ、マックグレゴールの各森林官はインド、ビルマで育ったし、熱帯庇蔭樹法の創始者とも言うべき G. M. ソマビールは、かつてマレー森林局の職員であった。

これらの人々が活躍したアジア地域では、地方木材市場が多くの樹種の販売を可能にしていたので、陽樹の天然更新が可能になるほどに集約な伐採経営を行ない得たのである。従って彼等が西アフリカ熱帯林にアジアで成功を見た天然更新方式を持ち込んだとしても怪しむに足りない。

他方、イギリス森林官が活躍したナイジェリアから 1,000 km も離れていない同じ西アフリカのコートジボアールでは 1924～1930 年の間にフランス森林官が天然更新を試みたが、いろいろの抵抗に会い、間もなくこれを捨てたという事態が起った。そこでは地方的木材市場が存在せず、やむなく輸出にあてる良樹種のみを伐採することになったが、森林の中では良い樹種は非常にわずかであり、そのため伐採は利益ある樹種の母樹をも取去り、価値のない木が立木のままのこされたのであった。伐採本数は ha 当りわずかに 2～3 本にすぎず、林内の陽光は天然更新にとって不十分であった。このためにコートジボアール在住のフランス森林官は彼等の努力を人工更新に集中した。カメルーンと赤道アフリカでも事情は同じであった。かくして天然更新は急速にすてられ、それは人工更新よりも不確実で、結局、高価につく造林法であると判断されるに至った。

それ故に、天然更新か人工更新かの手法選択は環境、地方的条件、当事者の素養によりきめられてきたとみるべきであり、組織的な比較研究に基く結果ではない。現在までのところ、上述の各造林法に関して組織的な比較試験は何もおこなわれていないし大規模な現地適応化もなされていないので、各造林技術の得失は部分的にしか論ぜられない。

全アフリカ林業会議はこれらの統合化と批判の仕事を行ない得ず、各々の造林技術は比較検討されことなく対立したままである。アフリカ諸国がかれの森林を更新することの必要性をみとめるならば、次の諸行動は有益であろうとおもわれる。

- i) アフリカ林業の未来について、重要課題の上にわれわれの知識を結集すること。
- ii) 各造林法の比較検討を試み、各法の応用の限界を決定すること。
- iii) 最近の研究結果を発表し、現在の諸方法に関する改良を提議すること。
- iv) 研究のプログラムと過去の経験にもとづく新方法の概要を発表すること。

第2章 天然更新系造林法

このカテゴリーは2つのグループに大別され、その各々について各種造林手法が存在する。ひとつは天然更新法というよりも林分改良法であり、多かれ少かれ価値ある樹種に富み異質である林分についてなされる。他のひとつが天然更新法であり、直接に天然更新を得ることをねらいとしている。

第1節 林分改良法

このなかには、オクメ林分改良法、樹高一様化法、法正化法などがある。

i) オクメ林分改良法 (Amélioration des peuplements d'okoume)

A. 目的、アフリカの主要商業樹種であるオクメの天然林分のすべての林令に対して成長を促進させることをねらいとする。本法はガボンで自然発生的に創設されたものである。アフリカ現地農民は彼等の生活のために熱帯林内で移動してマニオク、バナナ、タロ芋などの農耕をおこなうが、この畑の中には陽樹であるオクメが自生してくるもので、さまざまな間隔で各種年令のオクメが林分を形成してくる。これは農耕の際の除草により発生が促進される。かような準自生的なオクメ林分は12万haにも達するので、下刈と間伐によりかような林分に秩序をもたらすことはガボン森林局にとって不可避なことであった。即ちこの作業はオクメ天然林分を、より早くより多く生産化することを目的とするものである。

B. 技術、まず林分の地図をつくり、100m平方に区画する。次いで以下の事項を記入する。オクメに関して作業をおこなうべき場所、その面積、存在するオクメの平均直径、ha当り立木密度。さらに職員は伐採可能なオクメをかぞえて、以下の造林作業を実行する。平均直径10cm未満の林分は疎開すること、10～20cm直径の林分は間伐してha当り400本の密度とし、オクメ以外の優勢木を除去し、さらに20～40cm直径の林分には2回の間伐でha当り80本にみちびく。このときには被圧されたオクメや他樹種の優勢木と被圧木を除く。40～60cm直径の林分は間伐せずに各種の優勢木を除去し、将来の価値のないオクメもとりのぞく、60cm以上の直径の林分になればならない。樹木の除去は30cm以下の直径ならば伐採により、30cm以上の直径のものは巻枯らしによる。

C. 結果、この手法の適用範囲は10万haに及び、数十万本のオクメを救助し成立させたという事実は利益ある結果をあたえている。これらの準自生的なオクメは、あるものは非常に密生して互に圧迫されており、あるものは成長の早い他の樹種によって被圧されていたのである。このようにして処理されたオクメ林分が300万トンの木材を生産するであろうと人々は推定している。

ii) 樹高一様化法 (Uniformisation par le haut)

A. 目的、異令未開林を改良して、法正化の方向にと向う高林に転化させる作業の総称である。これは上層木にも下層木にも同時に手をつけて、すべての競争相手をとりのぞきながら中級木クラスに有利な条件をあたえるものである。このために木材生産のために不適当な植生が除去される。これ

らのものは無益に光を阻止し対象樹種に損害をあたえるものである。

B. 技術, 森林蓄積調査の後にツル切りが行なわれ, イバラや商業的価値のない樹種の一部が取除かれる。取除かれるものは成立を期待する前生樹と競合するものである。さらに中級木以上の大きさの有用樹が伐採される。これらの各作業から5年後までの間の成長はきわめて小であった(直径成長が年間0.5~0.7 cm)。そこでベルギー森林局は除去すべき立木に薬剤枯殺を用いることによって, さらに7 cm以上の直径をもつ非商業的樹種をすべて除くことによってこの作業を改良することを試みた。かようにしてつくられた多くの伐採孔の中に成立した二次的植生が十分に庇蔭を保つに至れば, そのとき人々は貴重樹種の更新にとりかかるのである。これらの貴重樹種はその場所に保残されている。

C. 結果, この方法は原則として以下の結果に達することが要求される。市場価値大なる樹種は別として大きな木が存在しないこと。天然更新に好ましい状態を与えるように土壌に対する明るさが一様化されること。

これらの作業に必要な労働力はha当り延15人と推定されるが周囲の環境により差がある。この方法は1949~1952年にマイユンベの森林で数千haに対して施行されたが, レオポルドコンゴ(旧白領コンゴ)の政治的事変の結果抛棄されるに至った。

iii) 法正化法(Normalisation)

これは群状択伐高林作業である。内容は下刈とツル切り, そして過熟老令木の除去などから成る。老令木除去は大きな伐採孔をひきおこすので問題になる。これもベルギー森林局の研究になるものであるが, 樹高一様化法と同じく, 本法も試験段階に未だとどまっているものと見てよい。

第2節 天然更新法

熱帯アフリカで採用されているものは, ガーナでは択伐管理法, コートジボアールでは天然林分改良法, ナイジェリアと西カメルーンでは熱帯庇蔭樹法である。以下これらについて詳述する。これら各手法は混同されやすいが, 択伐管理法は庇蔭を開く事が有用樹種の下種を直接に目的とするものでない点が他の方法と異っている。但し, この場合も下種は自然かつ十分に発生し, 下刈と間伐が径10 cm以上の前生樹をたずけることによって下種もまた満足させられるものと推定される。

天然林分改良法は前生樹に対する作業は前者と類似するが, そのあとで天然下種を目的とする第二の局面を考慮している。

熱帯庇蔭樹法は下種伐の仲介によって天然更新をひきおこすことを意図していることが明白である。

i) 択伐管理法(La gestion sélective)

この方法は特にガーナで採用されてきた。その名が示す如くに, これは伐採と更新を結合することを試みる森林管理法である。この方法は処分可能の蓄積量にもとずいて作業の集約度の分量を定めることを余儀なくさせられるものであり, 伐採の周期が短いほど益々処分可能の資産が重要になってくる。

故に, 次の2点を認めねばならない。各伐採に際して制限因子として伐採材積許容限度があること,

伐採周期を15年以下に低くすることは困難であること。

この方法は2つの基本操作に分解することが出来る。択伐と改良間伐がそれである。まず択伐について説明しよう。上述の理由のために森林はおよそ15年おきに伐採におかれる。伐採に先行して蓄積調査がおこなわれ、伐採可能の立木およびそれよりも一階級低い直径階の立木がその対象となる。これらは2,500分の1の地図の上に番号を附して記入され、この報告をもとにして森林局は貴重樹種の母樹の配置を良好に保全しながら、立木について伐採の刻印打ちをおこない、伐採実行者に対しては伐採地図と伐採を許可された立木の番号のリストを交付する。

伐採の年に改良間伐作業が実施される。これは次の諸作業を含む。ツル切り、直径10～15cmの有用樹種の周囲刈払、伐採時に損傷した若令有用樹の伐倒。次のことは注意しておこう。各作業は直径10cm以下の幼樹についても、天然更新それ自体についても予定することがないが、天然更新は林業技術者によって十分に確認されている。

改良間伐は20～25人の労働者によって実行され、彼等は4人の監視人により更に監視され、さらに監視長が指揮をとる。各人は1日に5～8haを巡回作業する。ha当り延3～4人に相当する。労働者は伐採と薬剤枯殺を実施し、その費用はha当り15シリングと推定される(1958年)。本法をおこなうに当っては、最初から有用樹種の占める割合が大きくなければならぬ。H. G. ダウキン氏は本法を批判して言う。“伐採の損傷もあって年間ha当り 1.4 m^3 以上の材積増加を期待し得ない。これでは作業費用をふやすことができないことになる。改良間伐で生ずる産物が商業的に取引可能とならぬ限り、作業の改良は費用上からみて考慮できない”と。J. W. C. モネイ氏も本法を評して“立木で保残された直径10～15cmの有用樹は孤立することにより被害をうけやすい”と述べている。

ii) 天然林分改良法 (L'amélioration des peuplements naturels)

A. 目的、1930年以来、コートジボアール森林局はレイヨン法による造林をすすめてきたが、その最初の結果のとりまとめが1950年に一応まとまった。その頃、ナイジェリアではイギリス森林官により熱帯庇蔭樹法が公表され、その結果はコートジボアールの森林官を魅了した。

森林官ボンヌ氏はレイヨン法をすてて、天然更新法を大巾にとり入れた作業をすすめる方針にきりかえたが、その背景には次のような経済と技術両面からの要請があったことは見のがし得ないであろう。

経済面からの動きは地方製材所の発展と更新樹種の多様化である。地方製材所の丸太年需要は数年にして 5万 m^3 から 20万 m^3 に推移する勢を見せ、しかも各製材所は地理的に散在していた。造林主要樹種であったアカジュ(アフリカマホガニー)は輸出市場からみてその大きさ、本数、割合が減少し、代って地方製材所が要求した諸樹種がその重要性を増してくる。これらの事態は森林作業を大面積にわたり分散させて原木供給に便ならしめ、更新樹種も特定のものに集中せず各樹種に及ぶようになった。人工造林は集中的に行なうのに便であるが、広く分散して同時に森林作業をすすめるためには、天然更新により林分改良をはかる他ないと思われた。技術面からも従来のレイヨン法の維持には問題があった。レイヨン法によって蓄積を富まされた林分は $13,000\text{ ha}$ にも達し、1945～1949

年の間には年間 5,000～6,000 ha をレイヨン法によって維持管理せねばならなかったが、行なった管理作業の有効性については多分に懸念の余地があり、とくに陽光の分量決定とツル切りについて問題がのこり、森林局幹部ならびに現場実行者はこの維持管理に疲れ果てたのであった。

彼等の脳裡をふとある考えがかすめてゆく。かような努力が本当に必要なのだろうか、ほかにも天然に大量の有用樹種が存在するし、それは自然条件によく合致している。なにも人工造林によらずとも天然更新でゆけるものならば …… と。

天然林分改良法はこのような背景からすすめられていったのである。

B. 技術、この手法の対象となる森林は、すでに伐採の手が入ったがなお有用樹種が多く存在するもので、時間が経過するにつれて中級木クラスが価値を増してくる森林がえらばれる。そこでは長い周期の択伐による天然更新が求められる。

最初に蓄積調査、これは ha 当り延 2～3 人かかる。次いでツル切り、これは ha 当り延 8 人、切られたツルは一般に 4 カ月後に枯死脱落するがその時に以下の作業がおこなわれる。都合のわるい樹種の母樹を除去することをねらった庇蔭の疎開、これは 6 カ月おきに 2 回実行される成長ホルモンによる薬剤枯殺によりなされ、林分を明るくすることも目的としている。この林分疎開の費用は ha 当り延 5 人およびホルモン 30～45 ㍊である。

疎開されて通風がよくなり光線が入るようになった森林の中で、商業樹種の稚樹はツルに気をつけながら保護される。その他、すでに設けられているレイヨンの下刈とツル切りには 3 年おきに 10 年間手入するのでこれが ha 当り延 11～18 人かかる。その他合計してこの方法は合計 ha 当り延 50 人の労働力を要するものと推定される。

C. 結果、この方法は広い意味の択伐技術であり孔伐である。しかしモミ林の択伐孔で後継樹をみとめる場合とことなり、熱帯林では伐孔の中に 1 本ないし数本の小さなニャンゴン樹の芽生をみとめることで満足せねばならない。それもガイドの指示によって 1 分から 15 分もかかってやっとこの後継樹をみとめることができるのである。

コートジボアールの森林研究課は、このためにサンプリングによる統計調査を組織して更新効果を評価し、永久区を設定してその中で更新により発生する個体の個々の成長と作業効果を追及した。私（訳注．カチノウ氏）は 1960 年に本法で処理された森林を訪問したが、その印象は正直なところ、好ましいものではなかった。全体として不規則で乱雑な印象をあたえ、幼樹は下刈不足で庇圧されていた。以前の植栽帯であるレイヨンを分離していた巾 25 m の帯は天然更新の本法によって処理されていた。ツルの豊富なことは当事者のなやみの種で、林分を疎開して孔をつくるとこのツル性植物に対して好ましい環境、すなわち光線と支柱としての稚樹を与えることになり、ツルは急激に増加するものである。

結局、この方法は 1960 年にはコートジボアールでは見すてられてしまった。その結果をコントロールすることが困難で、以前のレイヨン法と同じく時間的空間的に努力を空しく分散したにすぎなかったからである。

iii) 熱帯庇蔭樹法 (Le tropical shelter wood system)

A. 目的とその経過、この方法はイギリス森林官によって推賞されて来た。とくに、ランカスター、ローズベア、テイラーの諸氏は本法の応用につくして功績があった。

熱帯庇蔭樹法の発展を知るためにはナイジェリア森林局の歴史を回想せねばならない。ビルマで養成された森林官 H. N. トンプソンがナイジェリアに着任したのは 1903 年で、この年にナイジェリア森林局が創設された。彼は第 1 次大戦の終り迄、技術計画の上に自分の道を求めていった。彼は他の森林局に先がけて諸規則を施行した。これは森林伐採者に対して義務を課すること（1 本を伐倒すれば 24 本の若い苗を植える義務、伐孔に生じた稚苗の周囲刈払の義務）、森林官が伐採者の視察の機会に刈払と間伐を行なうこと、伐採搬出の時に再造林料金を取立てること、等である。

かような段階では一般に人工造林が考慮されるものだが、虫害や不規則な成長など多くの障害があらわれたので、研究課の創設が 1927 年にあったにも不拘、森林局はこれについて未だ摸索段階にとどまっていた。

そのころナイジェリアに 2 人の森林官があらわれた。J. D. ケネディ、W. E. マックグレゴール、いずれもビルマ、インド方面で森林官としての訓練を積み、人工造林と天然更新の実地経験を経てきた男たちであった。とくに森林官 ケネディのとなえたユニホームシステム（訳注、一種の天然更新技術であろうと思われる）はビルマ、マレー方面森林官の特性をこの地にもたらしした。不幸にも第 2 次大戦が職員の補充を阻止し、試験研究は 1944 年まで進展することがなかった。

1944 年、同じくマレー育ちの森林官 ソマビルはアカジュの類の天然更新の可能性を立証した。これはナイジェリアで 1943 年に試みられたものであった。ローズベア、ランカスター両氏を加えて、5 人のイギリス森林官は新しい方法をつくることを相談し、その結果、熱帯庇蔭樹法が生れ、T. S. S の頭文字で急速に知られるに至った。この方法の研究目的は、伐採の前に主林木の庇蔭下に後継樹が十分に成立するように、林分の庇蔭を漸進的に疎開することにあった。

B. 技術、熱帯庇蔭樹法を推奨する人々が憂慮することは、本法が機械的に適用されることである。処理すべき林分は非常に多種多様なことから、本法で求められる目的は、高さ 1 m の後継稚樹を ha 当り最小限 100 本得ることである。そしてかような天然更新を実現するのに必要な期間は 5 年と推定した。そのために主伐は 6 年目以降に実施され、その後に天然下種により生じた稚樹の周囲刈払と損傷木切除が続く。刈払作業は結局のところ、5 年、10 年、よりおくれて 15 年に実行され、作業の全体は 20 年におよぶ。

本法の詳細は次のとおり、

第 1 年目、ツル切り、直径 5 cm 以下の経済価値なき植生の切除、これにより土壤に光線が入り最初の天然更新が可能になる。

第 2 年目、中層及び下層を形成する経済価値なき樹種を年間 2 回、砒素ソーダで薬殺する。これは庇蔭を大きく疎開する。次いで、侵入して来たツル性植物の切除、そして得られた更新稚樹をかぞえること。

第 3 年目、有用樹の更新稚樹を保護するために他の競合植生を刈払う。

第 4 年目、第 3 年目に同じ。

第5年目，第3年目に同じ。

第6年目，主伐。

第7年目，刈払，ツル切り，密生した稚樹の疎開。

第11年目，第7年目に同じ。

第16年目，間伐。

第21年目，最終の間伐。

この技術は温帯地方の天然更新技術にヒントを得たもので，熱帯林の特殊状態を考慮して修正されている。温帯の下種伐に代って，ここでは光をさえぎる立木の薬剤による立枯らしがおこなわれる。これらの立木は伐採しても一般に商業的利益がないのである。

主伐は上層木の一部分を伐採することであり，全伐をさけるのはそのために，森林によって形成された生物環境を破り，土壌を急激に明るくしてツル性植物の爆発的繁殖をまねくからである。

本法は現在のところ停滞気味である。その理由としては前述の天然林分改良法と同じく，作業地点が散在して大面積についての結果をコントロールすることがむずかしいこと，ツルの大発生を回避し，その反面，稚樹の成長は高められるように林内光線を調整することが至難であること，作業期間が長いために施業対象面積が累積拡大してゆくこと，などがあげられている。

本法はガーナとナイゼリアで数万 ha にわたり適用されたが，その後は退歩しているものと思われる。

第3章 人工更新系造林法

第1節 タウンギヤ法 (La methode taungya)

A. 目的, タウンギヤとは焼畑開墾耕作を意味するビルマ語である。すべての熱帯地方では農耕に先駆けて開墾が行なわれるが、大多数の農作物は陽光を好むために、開墾は伐採と焼却による森林の破壊を意味する。この焼却による灰はその無機質分によって土壌を肥沃にするが、その反面、林地表層と土壌生物が破壊されるので、バランスシートが常に有利であるとは保証し難い。

タウンギヤ法の目的は、農民がかねらの作物のためにおこなう耕耘除草などの作業を人工植栽する樹種のために共同利用させることに有る。原則として、この技術は苗木を良い成長条件の下におくことが要求され、植付コストが考慮される。

B. 技術, 本法の技術は簡単である。農耕用に整地した後、農作物の間作形式として、林業苗木を列状に植付けるか、農民に植付けさせる。この苗木は農民によって維持管理され、中耕除草がなされる。農耕が続けられる2〜3年間に年数回、この手入れがなされ、農耕が抛棄された後も必要あれば数年間森林官はこの管理を維持せねばならないであろう。

このため、本法を林業技術と言うことにはためらいを感じざるを得ない。考慮すべきは苗木の移植形式、最適植付距離の決定などにすぎない。苗木は日光の激しい裸地に植付けられるから裸根の苗木は概して不適である。根に土のついた苗木、又は台切苗の導入が好まれている。この台切苗は根系が活動をはじめる前の苗木の蒸散作用を減じて枯死をまぬがれる利がある。植付距離に関しては一定の規則がなく、農業形式と農業の地方的風習に依存せねばならないが、一般にかなり密植できる。即ちha当り1,000本〜1,250本に達し得る。森林官が彼の作業指導を徹底させ、植付を成功させようとのぞむならば、彼はその土地の所有者たることを必要とする。即ち本法は農民に一時的に払下げられた国有林の林班の上に実現されることになる。このときは次のことを定めることができる。農業的土地収用の期間、農作物植付の距離、苗木植付の距離。

C. 作業の費用, これは樹種により、農民の管理期間により異なる。しかし一般にそれは僅少なものだ。苗木代と最後の数年間の管理費用がそのすべてでha当り延20〜50人である。

D. 結果, 本法はビルマで発生し、次いでジャワ島、今世紀当初にはインドへ応用された後にアフリカへ導入された。アフリカではナイジェリアにはじまり1932年コートジボアールに紹介された。コートジボアールでは主としてサバンナ地帯に適用されてチーク樹の育成に利用されたが、熱帯降雨林帯では殆ど進展を見なかった。ところで次の事実には注意せよ。

a) この方法は完全な陽樹のみについて適用されうるものであり、アジアでの成功も、ショレアロビュスタ種に対して証明されたのであった。

b) 本法は虫害がひどい。森林植物の大敵である昆虫や蝶類が陽光を好むからである。

c) 本法は最初から森林稚樹の発生を除去してしまう。しかし、これら稚樹は導入した苗木をおおい、森林環境を形成し、有用樹の枝落を容易にする。

d) 最初の数年間の維持は農民の負担であり、これは時としてなおざりにされやすく、導入された苗木はしばしばツルにまかれて奇形化する。

e) 農民は時としてこの契約農耕をきらう。かれらは強制と監督を好まないからである。

この混農林業は熱帯降雨林北部のチーク林造成、ナイジェリアでのピリンガ (*Nauclea trillesii*) 造林について成功をみている。ピリンガは陽樹であり非常に良く自然落枝する。さらに、フラミレ (*Terminalia ivorensis*) は成長が早いのでタウンギヤ法に適すると思われたが、コートジボアールでの実例では、植付後15～20年でおとろえるようである。その他の樹種については試験結果は明確でない。

第2節 ランバ法 (La méthode "Limba")

学名 *Terminalia superba* と言うこの樹種は、商業名をランバと呼び、あるいはフラケとも称せられる。アフリカの落葉樹林にしばしば出現して群生する。この自然林分は ha 当たり2～10本の伐採可能木を所有し、コートジボアール、ガーナ、ナイジェリア、カメルーン、中央アフリカ、コンゴ、ガボンの諸国の熱帯降雨林のなかに認められる。本種は非常に良いベニヤ原木をあたえるので木材市場で重要視され、コンゴ、とくにマイヨンベ地区ではかなり造林されている。

A. 目的、ランバは明白に完全な陽樹である。自然に通直に成長し、自然に落枝するものと推察される。そのため植付方法としては、苗木をできるだけ早く陽光におき、競合する植生を刈払い、成長促進を第一とする。周囲の二次萌芽はランバの成長を阻害するものとして刈払われる。二次萌芽がランバの樹形を通直ならしめ枝落をたすけると言う作用は本法では重要視しない。なぜならこの樹種を通直なこと、枝落のよいことに信頼しているからである。

ランバは苗木の植付時から急速に成長せしめねばならない。そのために良く活着する時期をねらう。ランバに適する熱帯林の年間降雨量は1,300～2,300 mm で雨季は7～8カ月続き、乾季は4～5カ月続く。植付地は新鮮で深い土壌を求める（沖積層、石英片岩層など）。

コンゴでおこなわれたランバ造林法は、天然林をあらかじめ完全に破壊しておいて、その上に全面的植栽をおこなう方法がとられた。

B. 技術、次の各作業が継続して実施される。

イ) 土地調査と区画、1～2月、すなわち雨季の最中に調査と区画をする。すでに有用樹が伐採された天然林で将来の植林予定地になる場所に立ち、ポケットコンパスやチエンで東西方向と南北方向に細道をつくり、およそ1 km 平方を区画する。同時に植付地から除外する地区を記入する（沼地など）。

ロ) 前生林の破壊、森林の破壊はアフリカの伝統的手法によりおこなわれる。即ち下層植生の一掃、下木の伐倒、残骸の焼却、大径木の巻き枯らし、等である。

まず雨季の終りの3カ月（3～5月）の間に直径10～12 cmのヒースやツル類の下層植生を刈払う。乾季の上半期（5～8月）には直径30 cm以下の立木を斧で伐倒（ランバ法では直径45 cmまでの立木を手作業で伐倒と言う記述もあるので参考のため併記しておく）、乾季の下半期に直

径30 cm以上の大木を斧で巻き枯らし、または、薬剤で立ち枯らしとする。乾季の終りになれば立木や残骸の焼却をはかる。(8～9月)

ハ) 整地、焼残りの植生を山刀で伐開し、植付の列をひらく。6～7 m植と12～14 m植とあり、後者は最終成立本数による距離である。

ニ) 植付け、植付苗は高さ1～1.5 mの台切苗(stumps)である。これは根を30～35 cmの長さにととのえてあり、移植と活着の組織的試験の結果、この苗木形式が採用されたのであった。植付作業を分解説明すると次のようになる。

7月にランバの種子をとり鉢に播種する。第2の葉があらわれた時に、50×50 cmに移植するが、これは9月になる。次の年の10～11月には苗は15カ月生になっているが、このとき1～1.5 mに切りつめられ、10～12月に定植することになる。植穴は40×40×40 cmで、植付間隔は6～7 m、または12～14 mとし、ブラザビルコンゴ(旧仏領コンゴ)では1カ所に台切苗を2本ずつ植付けるのが例だが、これは活着不良の際に補植をさけるためである。苗木が2本とも活着したときは、刈払のときその1本を除去することにする。

ホ) 維持管理、競合する植生から苗木を解放することである。刈払は最初4年間は年に3回、5～7年目には2～3回を要する。森林の焼払から生ずる萌芽は非常に成長のはやい数樹種より成り、これら二次萌芽の代表は、パラソリエ(Musanga cecrepioides)である。

かかる二次萌芽はすてておくと急速にランバを庇圧する。他方、焼払とその結果得た日光によりおびたしいツル性植物が発生する。維持管理は7年目で終るが、雑木の強力なものは取除かれ、雑木の高さも7年目迄は2～3 mに刈払われる。このころはランバは樹高10 m以上に達するので、それ以後は萌芽雑木はこの高さでは枝落促進の効果が乏しくなる。

ウ。本法の費用、植付法は全く手作業によるので、その費用はha当り延人数で表現できる。ブラザビルコンゴ森林局の実例では、年間植付面積700 haの大事業区でha当り延135人を所要した。その内訳は第1表のとおり。

第 1 表

作 業 の 形 態	所 要 延 人 数		作 業 の 形 態	所 要 延 人 数	
踏 査 と 区 画	3.1人	人	維持管理第1年目	7.5人	人
下層植生の刈払	8.6		“ 第2年目	7.9	
伐 倒	9.7		“ 第3年目	10.6	
焼 却	0.7		“ 第4年目	8.8	
細 路 開 設	11.7		“ 第5年目	6.8	
巻 き 枯 ら し	11.7		“ 第6年目	9.6	
地 拵 合 計		45.5	維持管理合計		51.2
苗 木		10.5			
植 付 と 補 植		6.7	ha 当 り 合 計		113.9人

その他に全般的業務に ha 当り延 20 人かかるので合計は 133.9 人になろう。仮に年間作業日数を 300 日とすれば、1,000 ha の造林には 450 人の労務を必要とするであろう。

D. 結果、この方法によって、ブラザビルコンゴでは 6,500 ha のランバ造林地が実現された。レオポルドコンゴでは未詳であるが、この数字より下まわることはたしかである。もっとも古い 15 年生の造林地について調査したところでは、

イ) 直径成長は $12 \times 12 \text{ m} \sim 14 \times 14 \text{ m}$ の方形植で年間 2.5 ~ 3.1 cm, $6 \times 6 \text{ m}$ 植の場合にはこれは 2.2 cm にすぎない。

ロ) 樹高成長は年間 1.4 ~ 1.8 m である。

ハ) 材積成長は 10 年生の場合の材積が

	6 × 6 m 植	12 × 12 m 植
単木材積	0.3275 m ³	0.3300 m ³
ha 当り材積	45 m ³	20 ~ 25 m ³

でこの林令では材積上は密植がすぐれている。

第3節 オクメ法 (La méthode "Okoume")

オクメ (*Aucoumea klaineana*) は赤道アフリカの西方から沿岸地帯に生ずるカンラン科の樹種である。本材はとくに尊重されている。

オクメの自生はガボンを中心として、北はギニアから南はブラザビルコンゴ迄におよんでいる。その北限は気象的赤道に一致しているが、これはオクメの結実が 12 ~ 1 月であり、赤道北部ではこのときが乾季なので発芽成長に不利だからであろう。オクメの東限と南限は雨量の漸減で説明がつく。オクメはその成長のために年間雨量 1,600 mm 以上を必要とするからである。

A. 目的、ランバと同じくオクメも完全な陽樹で、現地人焼畑、伐跡地、道路脇、風倒木の穴などにその姿をよく見かける。その好日性のために、受光量不十分なレイヨン法ではオクメ造林は不成功に終わっている。このため、現在の植付方法では植付から 3 カ月間は陽光のもとに苗木をおくことがねらいとなっている。但しランバの場合とは反対に、太い萌芽を苗木のまわりに維持することが必要になってくる。それはオクメの苗木を矯正して通直ならしめ、枝落を促進さすのに不可欠なのである。

天然萌芽は造林の伴奏者であり、極度にこれを刈払うと低い枝を多くつけた形のわるい若木をつくってしまう。オクメの郷土であるガボンの気候は年間雨量 1,600 ~ 3,500 mm で、10 ~ 6 月の雨季と 6 ~ 10 月の霧の深い乾季に分けられる。異った気候の他国にオクメを導入した経過によれば (カメルーン、コートジボアール、マダガスカル、ギヤナ)、雨量限界の考慮が必要とおもわれた。土壌因子はそれほど重要ではないが、珪土質や砂質の土地は粘土質の土地よりも成績が良い。一般に過湿過乾の土地でなければ成長する。

B. 技術、以下の各作業により構成される。

イ) 調査と区画、すでに伐採が終った森林でオクメ造林地に変える事をのぞむ場所に関して、東西方向または南北方向に細路を伐開しポケットコンパスとチェーンで $1 \times 1 \text{ km}$ に区画する。次い

で地図をつくり、植付に不適当な地点を記入する。これは沼地、岩石地、 20° 以上の急坂などである。この記録をもとにして侵入路を定める。

ロ) 前生林破壊、直径30 cmほどの立木はすべて機械的伐採(訳注. チェンソー伐採か?)し、ブルドーザで森林を帯状になぎ倒す。ブルドーザはD₇キヤタビラ型、もしくはCD₈コンチネンタル型で125~175馬力の能力のものを使用する。

残された枯木の山は腐朽その他で自然に消える。直径30 cm以上の立木は巻枯らし、または植物ホルモンで薬殺する。

これらの作業は乾季に行なわれる。なぜなら労働者とエンジンの能率が高く、ブルドーザのキヤタビラが土壌をいためることもすくないからである。

ハ) 標柱設定、標柱を立て、植付場所をきめる。植付距離はいろいろ(3×3 m, 2×2 m, 1.5×1.5 m, 5×5 m, 6×6 m, etc)であるが、現行は5×4 m植である。いずれにしても、最終的には12×12 mの距離を目標とする。

1.5×2 mの密植は苗木の形質を不良にしたことがあり、巻枯らしされた立木が転倒するときは苗のおよそ30%を破壊するので、現在の5×4 m植が良いとされた。この間隔ならば萌芽を挿入せしめて苗木が成長できる。

ニ) 植付、植付方法は直播、鉢付小苗、台切苗の3通りがある。ちかまきの時は1~2月の結実期にとりまきとし、穴に6~8粒入れて種子の羽根まで覆土する。鉢付小苗は3~4カ月生の3枚葉のもので、雨季の最後の月である4~5月に植付けられる。この苗は1~2月に簡単な苗床にまきつけられたものである。苗床に播種するときは5×10 cmに播種する。

台切苗は10~11月、即ち雨季のあたらしいシーズンの当初におこなわれる。台切苗は親指大の太さで、幹は0.8 mの長さに、根は0.2 mの長さに調整されたものを使用する。

ガボンでは、台切苗は不足分の補充の場合のみに使用するが、これは台切苗の活着率が直播や鉢付小苗よりも劣るからである。

植付作業はすべて雨季に展開される。さらに附言しよう。オクメの種子は冷凍保存技術が可能となり、植付年に必要な種子量を毎年、予備として保存できるようになった。

ホ) 維持管理、年3回の割合で3年間、山刀で刈払いがなされる。回転中耕機の導入は満足な結果を与えなかった。オクメよりも早く成長する植生を低く刈払うが、苗木に対して植生のコルセットを保存するために完全に周囲の植生を除去することは得策でない。この植生によるコルセットは苗木をまっすぐに成長させ、枝落ちを促進するものである。このため刈払は非常にデリケートである。とくにパラソリエ(訳注. 英語でアンブレラツリーと言う。)の萌芽は年間4~6 mも伸びる上に、ブルドーザで森林土壌を削ることによりパラソリエは異常に繁殖するので本法では避け難い負担になる。但しパラソリエは植物ホルモンの噴霧に対して弱いことが試験の結果証明された。

ヘ) 間伐、これは現在のところ試験中である。間伐により15年生でha当り60~65本(12×12 m)にオクメの本数をみちびくのが目的だが、このつよい間伐が風倒その他の事故をひきおこすことが懸念されている。この間伐の産物はha当り30~150 m³におよび、パルプ材に

使用できる。

C. 費用，費用は延人数とブルドーザ使用時間であらわす。ガボンの実例では，オクメ造林地はそれぞれ年間1,000 haの造林と3,000 haの維持管理をおこなうが，この組織ではha 当り費用は延80人とブルドーザ使用5～6時間である。その内訳は第2表にかかげてある。

第 2 表

作 業 の 形 態	h a 当り 年間延人数	h a 当り 年間使用時間	作 業 の 形 態	h a 当り 年間延人数	h a 当り 年間使用時間
(植 付 の 前 年) ("1959年1月より開始")	人	時, 分	ちかまき用の種子採取	1.40	人
調 査 と 区 画	0.77		ちかまき (1960年2月)	3.10	
細 路 設 定	0.80		不 足 分 の 補 植	1.30	
巻 き 枯 ら し	4.30		巻 き 枯 ら し	3.09	
(植 付 の 年)			刈 払 (1～2回目)	8.00	
ブルドーザ使用 (乾 季の初めから)	1.24	3時間20分	2 年 目 (3～5回目) の刈払	12.00	
伐 採 帯 掃 除 , 二次的な道の伐開	—	37分	3 年 目 (6～8回目) の刈払	12.00	
修 正 伐 採	2.65		(連 年 作 業)		
杭 打 設 5×5 m	1.97		主 要 道 路	9.00	48分
(苗床 (1960年2月))			ブルドーザ 移 動	—	6分
種 子 採 取	0.50		キ ャ ン プ	10.10	12分
苗 床 準 備	0.30		各 種 作 業	6.60	
下 種	0.20				
管 理	0.10		総 合 計	80.00	5時間03分

注)1 年間使用時間とはブルドーザの使用時間。注)2 ちかまきを主としその不足分を苗木で補植するものと思われる。

1,000 ha の造林作業地は年間稼働300日として労働者定員を平均275人必要とし，年間ブルドーザ駆動6,000時間，125～175馬力のブルドーザ3～4台が入る駐車場の設定を必要とする。

D. 結果，現在のところ，オクメ造林地はガボンで16,000 ha におよび，そのうち14,000 ha は本法で，2,000 ha は30 m巾の帯状地の上に植付ける方式をとっている。この際，植栽帯相互の間は20 mの帯状地によって分離されている。現在の造林実績は年間2,000 ha で，やがて3,000 ha に達すると予想される。その他の国での造林面積はカメルンで1,200 ha，コートジボアールでは50～60 ha，マダカスカル，スリナム，ガーナ，インド，インドネシアなどでは樹木園程度にすぎない。

ガボンでの造林成績は次のように測定されている。まず直径成長では15年生で年間1.8～2.2 cm

15年以後は減退する。天然木を観察すると70年生の平均直径成長量が1.25~1.50 cmであるので、これから目通り径80 cmのオクメを得るためには60年伐期を予定できるであろう。

樹高成長は年間1.5~2.0 m, 15年生のオクメは25~30 mの樹高を持つ。材積成長は12年生で $0.4 \text{ m}^3 \sim 0.6 \text{ m}^3$, 15年生で $0.75 \text{ m}^3 \sim 1.00 \text{ m}^3$ 。60年生の造林地でha当り60~65本となり、ベニヤ用丸太200~300 tを生産できると予想されている。

オクメは若令時には密植に耐えるので、12年生でha当り400本(5×5 m)の林分はha当り製紙原木150~200 m^3 を意味する。パルプ工場への原木供給を考慮するならばこのタイプの植付が考えられよう。

E. 各種試験, 本法に関係する多くの試みのなかで混農形式のものがあるので紹介しておく。オクメの前作となる作物は、コーヒー、ココア、ナツメヤシ、バナナなどでかなり有利な場合がある。やり方は、3年間バナナだけを単純に栽培し、そのあとにオクメだけを植付けるもので、バナナの肥料はオクメに利くし、バナナ跡地には天然萌芽が急速に伸びて正常な森林状態となる。オクメをバナナと同時に植付けるとバナナがオクメを庇圧して不成積である。なおかような試みは多くの労働力を要求するのでその点は検討を要する。

第4節 マルチノウ法(La méthode Martineau)

A. 目的, 本法は1930年以来、コートジボアールで大面積にわたり適用されてきた造林各法のなかの最初のものである。この技術はコートジボアール森林局が創立された1925年から1930年にかけてその原型が企画されたもので、小面積による試験段階にすぎなかったが、コートジボアールの森林局長マルチノウ氏は、彼の“森林の下に密植造林”と言う着想を得て1930年から開始したが、これが本法の実用化のはじまりで、200 haが現存している。これは、熱帯林のために考えられた全面的造林法であり、商業樹種の同令林を以て異令異質林を組織的に置きかえてゆくことをねらいとしている。

B. 技術, 直径10 cm以下の下層木を山刀で伐採除去したあとの天然林に、商業樹種をha当り2,500本導入することから成る。次いで上層木は巻き枯らしによって漸進的に除去されるのである。規則的な刈払が実行され、得られた人工林分は10年目からはじまって5年毎に漸進的に疎伐(間伐)せねばならない。

即ち、これは非常に漸進的に破壊されてゆく庇蔭の下での慎重な樹種導入に他ならぬ。

導入樹種は第一にニャンゴン、次いでアカデュ、ディベトウ、ボゼ、アボデレの順になる。この造林地はヤボとバンコの両地区に多い。

本法はオブレビル氏の研究“コートジボアールにおける造林実験の10年”によりその内容を知り得るし、1935年にとった写真によってもわかる。問題となった点は次のとおり。

イ) 造林の成否は苗木の良否にかかるが、このとき導入された苗は天然林から山引きされたもので、15~40 cmの大きさのものであり、これは決して良苗とは言えない。

ロ) 上木の除去のために巻き枯らしが予定されるが、この実行は適期になされたとは限らず、植

付後30年を経た今日もなおha当り40～50本の除去すべき上木が存在するのを見れば、巻枯らしそのものの効果も怪しくなる。

ハ) 1935年の写真によれば、少くとも5年生までは天然萌芽の刈払がなされていた。樹高が8～10mに達した苗木は十分な陽光を得ていた。

ニ) マルチノウ法による5～6年生の造林木は形も樹高も不ぞろいであった。本法のha当り平均費用は延185人と推定され、その内訳は、植付35人、8年間の維持管理115人、それ以後の各年費用35人、計185人。

但し私(訳注、カチノウ氏)が考えるのには、天然苗を導入したのだから普通ならばこの上に苗木の費用を附加せねばならぬだろう。そしてその苗木は活着と成長の良い1.5～2.0mの大きさのものを、ha当り2,500本必要とする。

C. 結果、最初の間伐は23年生で実行され、その他のものは30年生まで間伐がおくれた。本来なら間伐は植付後10年目におこなわれるのだが、これは1940～1941年に当たっていたので、森林局の瓦解のために戦後にまで持越されたのである。さらにトーネイド(旋風)の被害をおそれて間伐は1953年まで毎年敬遠されてきた。時間がたち、手おくれになるほど、ハ々は間伐をおそれるものなのだ。

それはともかくとして、1960年になされた調査によれば、30年生の本法による造林地は、ha当り本数500～1,000本、ha当り材積180～200m³、平均直径24～34cmという数値を示していた。

普通の状態ならば、ha当り300本の良質な木がそこに認められ、それらの年平均直径成長は1cmと考えると良い。

間伐のおくれと風倒木を別にすれば、現在の造林地は将来に期待が持てる。そして、ニャンゴンの造林に関してマルチノウ法はその技術的效果を立証している。ただし、立木密度は強すぎるだろう。ha当り600本以上の密度は是認し難いと考えられる。

第5節 レイヨン法(La méthode des layons)

A. 目的、本法は、オブレヴィル教授の推奨によるもので、1932～1949年の間にコートジボアールで実用にされ、13,000haに及ぶ造林地がある。この方法は本質的には疎放なものであることを忘れてはならない。マルチノウ法は大面積にわたって実行するには非常に高価につくので、本法の創始者はもっと経済的な技術を追求めた結果、導入すべきha当り苗木本数を減じて、まず目的の森林蓄積を富ますことに重点をおいた。即ち、レイヨン法によって第1段階として未開の森林を富まし、第2段階として天然更新を併用しながら商業樹種の純林へと未開林を変形せしめてゆくことが本旨なのである。

レイヨン
B. 技術、熱帯密林の中に平行かつ等距離に細路を設定し、そこに規則正しい間隔に苗木を導入することから成る。そこでは成長のために最も良い条件の下に貴重樹種の健苗をおくことが求められる。

陽光に苗木の頭部をさらすために、すくなくとも巾 2 m の細路を地際から伐開しておかねばならない。周囲の上層木の高さについても重要である。それはツル性植物の発生や風害や光や細路の閉鎖にも関係する。

レイヨン
細路の巾とその間隔については経験を積むに従って変化していった。1931～1934年には細路の間隔は10 mであった。その中に苗木は2 m, 2.5 m, または5 mおきに植付けられた。(訳注. レイヨンの巾もやはり2～5 mとおもわれる。レイヨン内の植付は一般に単列植栽である)。レイヨン相互の間隔を縮小して、しかも苗木に光をあてるためには、結局のところ、すべての前生林の破壊を意味し、これでは労力と費用からみてマルチノウ法と変わらないであろう。そこで、レイヨン間の距離は1934年以後いちぢく増加した。1934～1949年にはレイヨン間の距離は20～25 mであった。レイヨンの中では苗木は2～2.5 mおきに植付けられた。

本法では苗木に光をあてるために、前生林の上層庇蔭のすべてを破壊することが要求される。さもなければ光線不足から苗木の成長は不良になるであろう。本法の主唱者オブレヴィル氏は1935年に次の如く述べている。“レイヨンは明るくせねばならぬ。森林の高さを8～10 mにおさえ、2 m 巾のレイヨンは地際まで刈払わねばならぬ。”と。これは熱帯林のすべての上層木と一部の下層木を除去することを意味するのだ。

C. 費用、レイヨンの間隔が10 mの場合、レイヨン巾5 mならば ha 当り延86人、レイヨン巾2.5 mならば ha 当り延110人を要する。この所要労働力の $\frac{1}{2}$ は植付後10～20年目に使用されるということを指摘せねばならない。レイヨンの間隔が25 mならば ha 当り延35人、これは植付22人、植付後の6年間の刈払に13人かかる。しかし現実にはこの数字より異なることが多く、3倍にも達することはめずらしくない。

最初の管理が労力不足で不十分なときは、作業期間がより長くなり、結局のところ高価につくようになる。作業期間が長くなることはいろいろな不都合が生ずる。たとえば、年間 ha 当り延10人で3年間かかる造林技術を使用することは、年間 ha 当り延3人で10年間かかる造林技術の使用よりも容易である。このことは、熱帯林における固有の労働力組織、コントロール、雇用の困難性を考えるときには是認され得るであろう。

D. 結果、最年長の林分は30年生になるが、レイヨン法では未だ間伐がおこなわれていない。しかし多くのレイヨンの中では林木は2.5 mおきに立ち、これは間伐の必要ありと思われる。本法の主唱者は原則として間伐が無用だと主張したが、それは自然に除去されて、植えた苗木の2割がこのと予想していたからである。事実はレイヨンの中に投入された光線の量が不均等であったことも手伝って思うようにならなかったため、間伐によって助けることが必要になった。

伐採利用可能な立木の最小径は70～80 cmであるが、これは林冠を考えると8～12 mの間隔が推定される。最終林分形態では ha 当り50本の立木が適当な距離をおいて存在するのが理想だが、実際は30～40本、しばしば、ha 当り20本程度の主伐木をみとめるのみと推定される。

労働力を考慮するならば、植付の当初より10年間に ha 当り延50人を投入して、ha 当り30本の生産を得るものとおもわれる。

成長の迅速性という点からみればレイヨン法は劣っている。レイヨン法の良い成長の林班と、マルチノウ法の中程度の成長の林班を比較したところ、レイヨン法による林班の林木成長は劣っていた。これは光線の不足からみて当然であろう。レイヨン法による年間直径成長は、20～30年生の測定によれば、ニャンゴン、アカヂュなどで0.6～1.0 cmであった。70～80 cmの直径を得るためには100年伐期を予定せねばならぬであろう。

第6節 プラソウ法 (La méthode des Placeaux)

スコットランドの荒地造林でアンダーソン氏が適用した技術をベルギーの森林官たちは熱帯林に応用した。

A. 目的、この技術は森林の中に等間隔に、同じ大きさの^{ブラソウ}方形区画をつくり、区画の中に商業樹種を密植するものである。即ち、密植の利益と、広い間隔に区画をつくることの経済性を調和させるのがねらいである。本法の熱帯林への応用はきわめて順応性に富んで発揮されたが、ベルギーの森林官は天然植生環境を乱さない義務を力説する。改良すべき森林の下木の破壊をできるだけすくなくしながら。

B. 技術、苗木は森林の中でつくられる。これは庇蔭のもとで成長することに慣れさせるためである。次いで森林の中に4×4 mの^{ブラソウ}方形区画をつくる。これは10 m間隔に、東西方向及び南北方向にいくつもつくられる。この方形区画の内部ではツル性植物と下草だけを除去し、小灌木は残す。この方形区画の中に苗木を密植する。これは早急に林群の状態をつくり出すためである。苗木が活着すれば、非常に漸進的に方形区画内部の競合する小灌木を除去する。さらに上層木の若干をとりぞく。

C. 費用、上述の作業だけについてha 当り延25～30人、その他に刈払と間伐の費用が加わる。

D. 結果、これは耐陰性樹種に関してはすぐれた技術であろうが、現在のところ判明している結果は最初の年についてだけであり、これからの推移についてはなんら情報を持っていない。熱帯密林中の植付は懸念されるいくつかの点を持っている。第1に導入した苗木を天然の庇蔭の下に成長させることは成長をおくらせ、維持管理期間の増大をまねくであろう。商業樹種は陽樹が多いからである。

さらに下木をのこすので、大面積にわたり作業をコントロールすることが困難である。庇蔭の漸進的疎開は非常に多くの作業、従って多くの労力を所要するから、天然更新の場合と同じ困難に達するのではなからうか。

第4章 成長の諸因子、特に光の影響

第1節 成長の諸因子

前述の各種造林法に関して、得られた諸結果を検討するならば、それらが何時でも有効な手法であるとは限らないことがわかるであろう。手法のいくつかは未だ実験段階にとどまり、あるものは明確に不適当と考えられ、現在、実行されているものはオクメ法とランバ法、そして或る樹種についてのタウンギヤ法などにすぎぬ。

現在の諸条件の中では、未だこれらの手法は研究段階にあると見るべきである。時間が経過するにつれて比較検討の機会がわれわれに与えられるであろうが、先ず失敗原因の除去とこれに伴う研究計画の創設を試みるのが本質的なことと考えられる。

それではこれまでに認められた失敗原因、従って造林地に導入された苗木の成長に影響を与える諸因子はなんであろうか。

私（訳注．カチノウ氏）の見るところでは失敗の原因は2つの点に帰せられよう。ひとつは、造林地のなかに導入された苗木が、当初から成長がわるく、軟弱な形のわるい木となり、なかなか林分がウッペイしないことによるものであり、他のひとつは造林地の植付後の手入れが回数（訳注．従って年数）と投入量を過大に要求し、このために造林コストがとてもひきあわぬ程高価となり、かつ作業の分散化と施業面積の拡大をひきおこす（訳注．日本流に言えば、下刈がなかなか抜けないために下刈面積が増大する一方であるということ。）ことによるものである。この施業面積の拡大は、熱帯降雨林地帯で遭遇する人的物的条件からみて許容できない。

これらの2点は結局、導入された苗木の成長が不十分なことによるものとみてよい。なぜなら、手入れの回数と量は苗木成長の速度に反比例することは明白であるからだ。造林地に導入された苗木が強健であり、急速に成長すればするほど、手入れの要求はすくなくなる。苗木が迅速に周囲の天然萌芽植生を圧倒するからである。これに反して、天然の萌芽により圧倒された導入苗木はまわりの萌芽によって窒息せしめられてしまう。もしパラソリエ（訳注．アフリカ産の雑木で成長迅速、造林者泣かせの代物であるという。）を組織的に除去しないならば、オクメやランバの如き好成長の樹種すらもパラソリエに庇圧されて消滅してしまうであろう。

このために、一方では好成長をもたらす植付法を採用せねばならず、他方では、植付けた樹種よりも早く成長する競合的植生を、有効かつ安価に除去する技術を取りあげることが必要になる。

それでは植付けた苗木の成長を条件づける諸因子はなんであろうか、それらは、水、土壌、温度および湿度、そして受光量と考えられる。次にこれらの各因子を検討しよう。

1. 水

われわれが興味をもつ唯一の領域である密林では、この因子はほとんど一定不変であろう。なぜならば雨量はこれらの森林気候の下では十分にすぎるくらいあるのが普通であって（年降雨量1,500 mm以上）、生態的な過失でもおこさぬ限りこの因子のために失敗することはない。雨量が非常に不

十分なところ、又は非常に多量のところでは人間の行動はもはやどのような影響力も持つものでなく、人力の無力さがそこでは感ぜられる。

2. 土 壤

苗木の成長に関する土壌の影響は良く知られているが、土壌と植生の相互関係についてのわれわれの知識は熱帯降雨林にあっては断片的であり明確でなく、それよりも強い影響をもつ他の原因の背後にかくれて不明瞭な姿となってしまうのが常である。一般的に言って、深く新鮮で滲透性を持つ土壌を選択し、不滲透性の土壌を除去することがのぞましい。岩石を多く含み、砂質の土壌は造林適地であろう。しかしながら、植付法の選択は土壌の性質とは独立別個にきめられている。

3. 温度と湿度

熱帯降雨林の自然は $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ の温度、 $50\% \sim 100\%$ の湿度を保ち、初期の探險家が叙述したように“高温多湿の温室”を構成する。このため、生態的な過失なき限り、温度や湿度は成長を制約する因子とはなり得ないであろう。しかし植付方法の選択によってはこれらの因子は苗木の成長に無関係であるとは言えない。庇蔭下の植付と裸地の造林ではその場所の温度と湿度に差異がある。森林の下では裸地に比して気温ならびに湿度の変化はすくなく、平均気温は $1 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 低下する。

また、異った庇蔭度の下での各植付方法は異った温度と湿度をひきおこし、このため生ずる苗木の生理的反応（呼吸、蒸散、その他）も又、たとえば、密林下にブラソウ法を導入する場合と、タウンギヤ法（訳注、裸地造林で庇蔭樹を欠くこと前述のとおり。）の採用の場合とでは異ってくるであろう。

各樹種は熱帯降雨林の自然条件を好むのであろうが、温度と湿度に対する各樹種の要求は未だ分明でなく、できるだけ早くこの課題を実験的に究明すべきであろう。

4. 受 光 量

熱帯降雨林では受光量がおそらく苗木成長の決定因子となるであろう。葉緑同化作用はこの受光量にもとずいておこなわれ、この受光量を制御調節することが森林官にとって可能であるからである。これは取扱いが容易な因子なのだ。しかしながら、これまでに“光”の作用の下から最大の収穫をひき出してきたとは決して思われないのである。熱帯地方に十分に分配されているこの“光”の作用を懸念したために。

この理由として次の如きものが考えられよう。ひとつは他の大陸（訳注、ヨーロッパ）から来たために熱帯の強烈な光をとくに危険なものと思なした人々が、これに対する抵抗を植物世界にまでおしひろげたためであると思われる。他の理由としては降雨林のなかの温室の如き状態をみて乏しい光のなかでも成長しようとの錯覚をおこしたためであろうとも考えられる。

事実、つよい庇蔭にも不拘、熱帯森林の環境は植生に対して成長に適した諸条件を提供するものの如くに考えられていた。

このことは原因が複雑なために、森林官には真実が長い間わからなかった。この真実とは、熱帯降雨林の主要商業樹種が陽樹であり、それらは下木のしげみの中では更新せず、“穴”の中で更新するという事実なのだ。

オブレヴィル教授はこれについて記述する。“成長は梢が受取ることのできる光線の量に非常に大きく依存する。これは明白なことであるが、赤道直下の森林の不断の高温と多湿の環境の中ではたとえ明るさが中程度であるとしても植生は成長し得るものと考察される。”

従来、詳細な測定方法を欠いたために、天然更新の穴の中で、もしくは植付時の細路（レイヨン）の中で土壤に達する光の量について人々はなにがしかの幻想を抱いていた。

当時、人々は優勢木層の高さの重要性を評価し得なかったのであり（およそ40 mの高さ）、この優勢木層は遮断された光線の量に直接に関係する。現在ではよく知られた事実であるが、2.5 m巾のレイヨンの中では庇蔭なき裸地の場合の総受光量の5～10%のみの量しか土壤に達し得ないと言うことを、かつては誰が知り得たであろうか。

植付けられた主要商業樹種に関して光線不足の影響の如何をわれわれは今や実験的に知りはじめたところである。すなわち、

イ) オブレヴィル型のレイヨン（訳注、巾2.5 mの細路をさすものであろう。）の中では、オクメは成長不良であった。オクメは非常に日光を好む樹種だからである。

ロ) マルチノウラギヤルド報告によれば、ニャンゴン（*Tarrietia utilis*）30年生の平均直径成長は、マルチノウ法によるものの方が、レイヨン法による植栽のものよりも明白にすぐれていると言う。マルチノウ法の方が林地の庇蔭が軽い。コートヂボアールの例では、レイヨン法によりニャンゴンを植付けた場合、8年生で平均樹高5～6 m、ガボンの例では無庇蔭地にニャンゴンを植付けて8～12 mの平均樹高を得ている。

ハ) シボ（*Entandrophragma utile*）はガボンの経験ではレイヨンの中では成育不良である。もし完全に無庇蔭下であれば年樹高成長量1～1.5 mに達するであろう。

ニ) ドゥーシェ（*Doussie*）樹の若い造林地のなかで、シレ氏は光のつよさと苗木の胸高周囲の関係をしらべた。これはカメルーンのボヌブパ試験地でおこなわれ、植付方法はレイヨン法による。この測定は何本かの苗木についてその苗木の1.3 m高の周囲をはかり、その苗木がうけとる光線の強度を同時に測定してこれを露出計の指数であらわす。この指数は25 ASAフィルムを用い、露出1/30秒として求めたものであった。第1図を見ると、植付けられた苗木に関して得られた光線の強度と、その苗木の胸高周囲（1.3 m高）の間には相関がみとめられる。

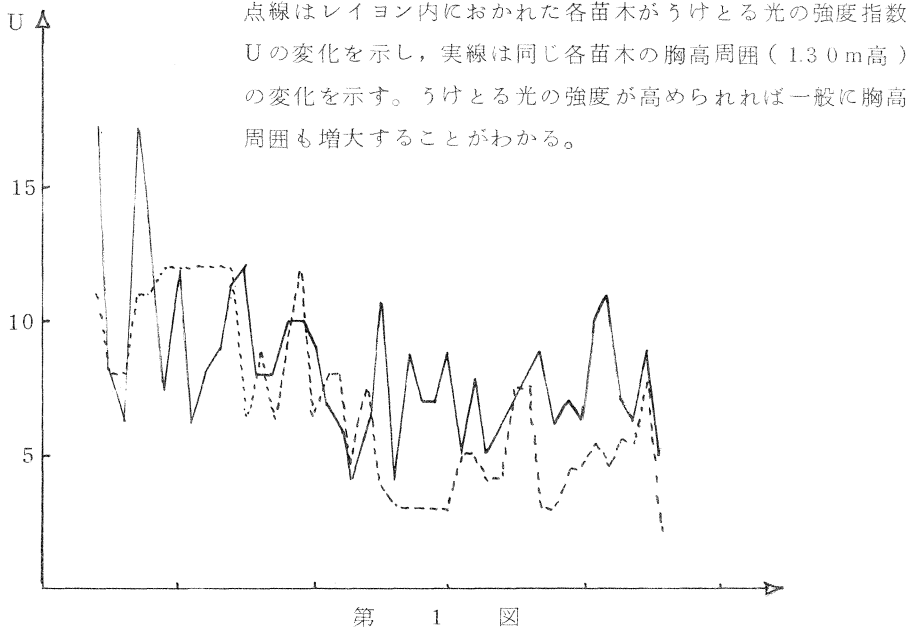
熱帯降雨林に所在する商業樹種の大部分は植付時に当り陽樹としての行動を示すものと考えられる。すなわち次の各樹種、

Aucoumea klaineana, *Terminalia superba*, *khaya ivorensis*,

Entandrophragma utile, *Triplochiton scleroxylon*, *Azelia africana*,

結論として、光線の量は苗木の成長に対してもっとも明白な条件因子であり、これは人為的調節にも至便な因子なのである。われわれは、植付時と植付当初の数年間、庇蔭を調整することにより光線の量（受光量）を変化させることができるのである。極言するならば、熱帯乾燥地帯では天然更新と人工造林の制約因子は“水”であり、熱帯降雨林では“光”である、と言うことができよう。ただし“光”が苗木の成長に関する絶対的因子ではないことは言うまでもない。さらに詳細な実験を法則設

立のために必要とする。



第2節 受光量の研究

熱帯林業技術センター（略称CTFT）は、最近の林業研究の主目標を、最大の光を用いる植付方法の検討の上において来た。

解明すべき本質的課題は次の如し、

- i) 各造林法別に、植付けられた苗木にあたえられる光の量の決定。
- ii) 各主要商業樹種が各々要求する光の量と質の最適決定。

各樹種の光に対する要求度と、各造林法が苗木に対して支給できる光の量を測定して、各樹種別に最適の造林法をきめてゆくことがここではのぞまれている。

受光量の研究では単なる経験主義や印象の領域にとどまってはならない。測定により得られた数字によらなければ有効な比較は出来ない。測定値の価値は絶対的なものでないにせよ、なお十分な説得力をもつものである。

各造林法に依って苗木や種子の上にあたえられた光の量の決定方法には、日照計又は光量計による測定と、計算式による方式とがある。

光量計（Actinomètre）による測定方式を説明しよう。これは各造林法ごとに、導入された苗木と同じ高さに光度測定器をおくことから始められる。この測定器具から、各造林法（ランバ法、TSS法、レイヨン法 etc）の下におかれた苗木が受益した光量をよみとることができる。測定器具は日照計（Héliographe）又は光量計（Actinomètre）であって、完全な1気候周期（すくなくとも1年間）の間に一定の場所に降りそそぐ太陽エネルギーの量をよみとるものであることを要する。これは各時点ごとに光線の強度だけをあたえる照度計（Luxmètre）よりも好ましい。

不幸なことであつたが、従来われわれが、ガボンで企画してきた試験は良い効果をおさめていない。鋭敏さと頑丈さを兼ねそなえた測定器具を見出すことができなかった為である。数カ月から1年の間、監視の目のとどかぬ森林の中で維持するためにはゴルゼンスキイ型 (Gorczensky type) の日照計は脆弱である。測定器は旋風、風衝、枝の落下、の如き事故から保護されていなければならないし、測定記入は毎週おこなうことを要する。

球状光量計 (actinomètre à boule) は脆弱性では前品同様だが、降雨林の下木や狭いレイヨンの中で特有の弱い光度に対して正確でないにしても良くその能力を発揮する。

日照計 (Luxmètre) の使用に当っては標準時計 (chronomètre) を持たせた2人の観測者を要する。日照計は一定の正確な時点についてのみ測定される。

現在、ガボンで実験中のものは国立気象研究所の技師ボレル (Borrel) 氏により創出された光電池付の日照計である。これは珪素の電池をもつ露出計で、受けた光をエネルギーに変え、そのエネルギーは計数器、計算器を駆動するモーターにあたえられる。ボレル氏は全天放射計 (solarimètre) として、珪素の電池を高め、その電池の効率はセレン電池の20倍である。この電池がモーターを動かす。モーターの回転速度は受取ったエネルギーに比例し、モーターに附属した計算器によって、時間の関数として受光量が積分される。全体の始動力は1マイクロワット (microwatt) である。

この測定器はガボンに数カ月来設置され、旋風に対して強健であり、使用が容易であることのために現在まで満足な結果を得ている。ためしにおこなわれた最初の測定は雨季後の40日間 (1965年4~5月) に関してであつて、降雨林の下木に達した光線の量が、裸地のその何%に当るかを示すものであつた。この数値は3.5%内外である。これについては、オブレヴィル教授がカメルーンで球状光量計により得た数値は7~8%、カシヤン氏とデュバル氏がコートジボアールで照度計により得た数値は第3表の如くで、かなりまちまちであり、これは測定器の調整、森林の庇蔭度ないし密度、

第 3 表

日 付	木の梢での受光量	下層木の中の受光量	相対的照度
1960年4月15日	130,000	290	0.4%
" 6月9日	100,000	800	0.8
" 8月5日	27,000	450	2.0

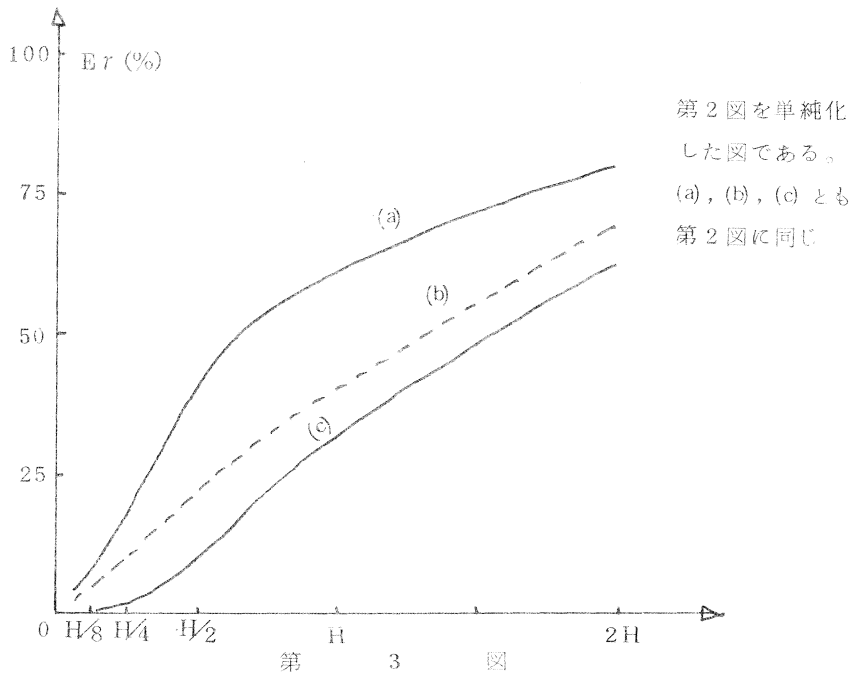
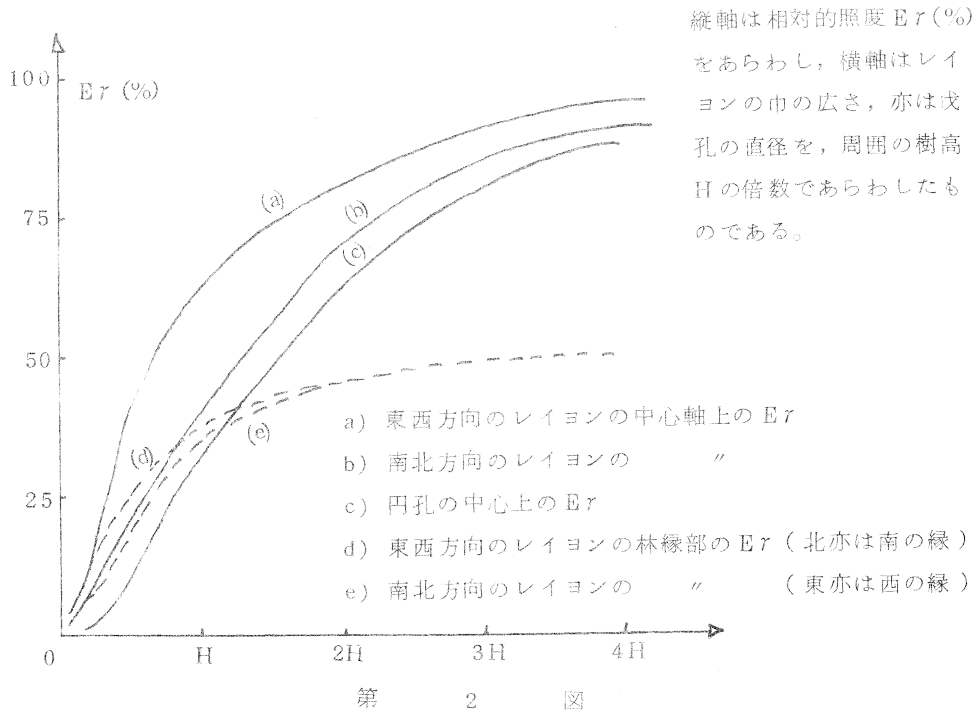
気候条件の相違、等の原因にもとづくので、どの測定値も絶対的な証拠とは言えぬが、降雨林の遮光の有効性は是認されるであろう。林内気温が外部気温より2~3°C低いのもこのためと理解できる。

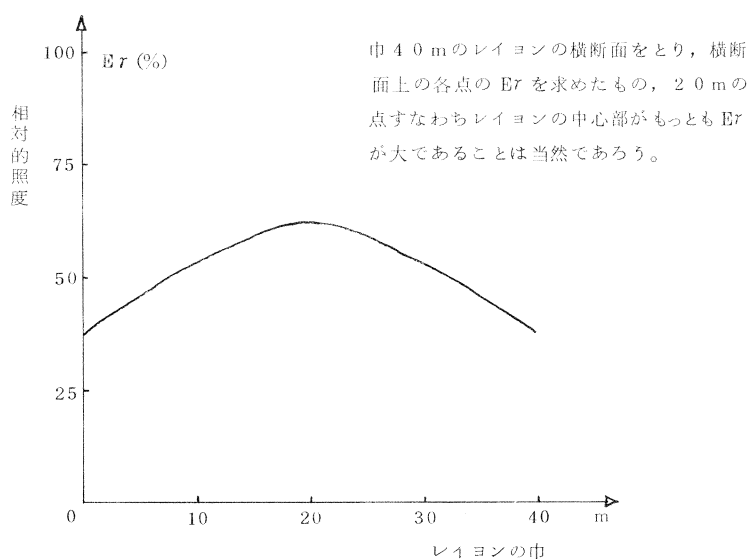
計算により苗木の受光量をきめる方式は、光学と天文学に帰属する方法である。この理論的方法は森林監理官ルーセル氏によって研究された森林光学による方法で、一定の大きさの伐採の穴または伐採の帯 (周囲の樹高と帯の巾との比でその大きさをあらわす) 中に1年の間に到達した相対的照度を理論的に決定するもので、その値は、穴または帯の所在地の緯度、穴または帯の巾 (周辺樹高の何倍か

ということ), によりことなる。この理論の詳細は1953年4月の仏国林学会誌に発表されているので参照されたい。

われわれは温帯地方でおこなわれたルーセル氏の理論を, 赤道附近の森林に応用した。

第2～第4図のグラフであらわされた軌跡がそれであり, 設定された帯または穴の大きさと, その





第 4 図

中の土壌へ達する相対的照度の関係を、計算により求めたものである。これらのグラフの適用は緯度 $0^\circ \sim 5^\circ$ の間に限られるであろう。各グラフを説明する。縦軸は相対的照度を % で示したもので、帯または穴の中の点で得られる照度と完全裸地の場合の照度との比をあらわす。横軸は第 2～第 3 図は帯または穴のひろさを周辺樹高 H の倍数の形で示したもので、周辺樹高は $H = 40 \text{ m}$ と一定にしてある。第 4 図の横軸は巾 40 m の帯の断面の上にある点の位置をあらわしたものである。帯（訳注、レイヨンと考えてもよい。）の中心と帯のふちとでは相対的照度はことなり、帯の軸が東西につくられた場合と南北の場合とでは相対的照度がちがう。第 2 図はこれらの諸関係をあらわしたもので、第 3 図は第 2 図を見やすいように単純化したものである。これらの図から次のことがわかる。

帯の巾が同一であれば、帯の中心の土壌に達する相対的照度は、東西方向の帯の方が南北方向の帯よりも大である。

一定の直径の穴の中心に達する相対的照度は、同じ巾をもつ帯の中心に達するそれよりも常に劣る。すなわち 50 % の相対的照度を得るためには東西方向の帯ならば巾 $\frac{6}{1.0} H = 24 \text{ m}$ に、南北方向の帯ならば巾を $\frac{1.3}{1.0} H = 52 \text{ m}$ に、そして円型の穴ならば直径 $\frac{1.6}{1.0} H = 64 \text{ m}$ に、それぞれ森林を伐開せねばならぬ。帯の巾、または穴の直径を 20 m と限定すれば、東西方向の帯ならば相対的照度は 40 %、南北方向の帯ならばそれは 22 %、そして穴の場合は 10 % にすぎぬ。

第 4 図についてみると、帯の中心の相対的照度は 62 % におよぶが、帯のふちのそれは、37 % のみにすぎない。

実際に受益する相対的照度は図から得られる理論値よりもやや大きい。なぜなら帯または穴をとりかこむ森林の側面からの光線を加算していないからである、これらの側面光線により下木のなかに達する相対的照度の合計は、2～3 % であり、ボレル氏は前述の如くこれについて 3.5 % の数値を得て

いるので、これを理論値に加えねばならぬであろう。

帯の巾が $2H = 8.0$ m 以上になれば、相対的照度もそれほど巾により変化しなくなる。（訳注、8.0 m という絶対値でなく、周辺樹高 H の 2 倍という値が意味をもつのである。）

天然林を巾 2.50 m ($\frac{H}{1.6}$ $H = 4.0$ m) に伐開してつくったレイヨンは 5% の相対的照度をうけとるのみであるということは、従来のレイヨン法による造林不成績を大部分証明し得るであろう。側面から来る光線を加えても、このせまいレイヨンの中に導入された苗木が受取る相対的照度は 7~8% 以上にはならぬであろう。

樹冠の直径が 2.0 m の立木を巻枯らすときは、相対的照度は 10% に達し、直径 3.0 m のときは 22%, 4.0 m ならば 32% にそれぞれ増加するが、これは間接的に天然更新による成長のおそさを説明する。

熱帯降雨林の主要商業樹種が良い成長をとげるためには相対的照度 10~30% では不十分であると言うことは果して確実であろうか。

多くの観察によっても、われわれは未だにも確証を得ておらず、この領域ではいかなる精密な研究も未だなされていない。すべては理論段階であり、現在、われわれはアフリカの各試験地内で、これらに対応する研究を企画している。

次に、主要商業樹種の成長について植付当初数年間に必要な最適受光量が求められる。これは同じ地味の裸地の上に同じ樹高の同じ樹種をうえ、いろいろな高さの板を 0.75 m の間隔で平行かつ連続に 2 列にならべて、この“通路”の中に苗木が入るようにする。この“通路”は東西方向に正確につくらねばならない。板の高さとそのもたらす相対的照度は第 4 表のようである。

第 4 表

相対的照度	板（パネル）の高さ	備 考
12%	4.50 m	これらのパネルの高さは標準であって、おかれた苗木の平均樹高によってパネルの高さは増減されねばならない。
25	2.25	
50	1.15	
75	0.45	
100	0.00	

この実験は 2~3 年続けられ、各“通路”の中の苗木の平均樹高と苗木の強健さが、求める最適受光量を示すものと考えられる。

このほか、植付当初数年間の苗木の成長に関する側方光線の影響は研究の要がある。

これはとくに天然二次萌芽による影響について重要である。われわれは科学的に有利な証拠をまだもっていない。この萌芽の主要な効果というものは苗木を側方光線より保護することにあるのではないだろうか。（訳注、いわゆる萌芽のコルセット効果のことを指すものと思われる。）

第3節 受光量研究の成果

アフリカ熱帯降雨林で使用される各種造林法のなかで、受光量は造林成功の決定的要素を構成する。以上の検討の結果を集約すれば次のようになる。

i) 赤道直下の森林の既知の点について、所与の形の伐採孔又は帯の中に達する受光量を計算により理論的に求めることができる。

ii) しかしながら直接に測定検証により、以上の理論値を調整することは不可欠である。

iii) 熱帯降雨林の下に土壌に達する光線の量はとくによわく、(相対的照度 1~4%)、この庇蔭の下に生じた実生苗の成長をいちぢるしくさまたげる。

iv) 天然あるいは人工の造林法によって導入された苗木に対して、これまで与えられた受光量は非常に多量であるが、多くは非常にすくない量にしかすぎぬ。(5~20%の相対的照度)

v) 主要商業樹種が要求する最適受光量は未だ解明されていない。それは研究中である。しかし観察と良識は次のことをわれわれに教えている。すなわち、

a. オブシュ、ランバ、フラミレ、オクメの各樹種は完全裸地で最大の成長をとげる。庇蔭の下では成長しない。このために相対的照度は 75~100%に保持されねばならない。

b. ニャンゴン、シボ、アカヂュ、ドゥーシュ、イロンバ、アゾベ、これらの各樹種は軽い庇蔭の下で成長するが、やはり裸地での成長はすぐれているので、相対的照度は 50~90%が適當である。

c. アボヂレ、ボゼ、は裸地の育成は不振で、ある程度の庇蔭の下で良い成長をとげる稀少の商業樹種である。

d. それ故に、熱帯降雨林の主要商業樹種の大多数は若年令中は 25%以上の相対的照度を要求し、多くの期間、50%以上の相対的照度を要求する。

vi) 側方光線が若い森林苗木の成長について好ましいと言うことは不明確である。

第5章 各種造林法の特性と改良

第1節 天然更新系造林法の特性と改良

ガーナの択伐的管理法、コートデボアルの天然林分改良法、ナイゼリアの熱帯庇蔭樹法、これらは技術的に相似たもので、いずれも温帯林業技術の伝統的な“下種伐”の応用とみられる。この下種伐は主伐により土壌への受光量を増大させ、その結果として得られた天然更新により森林を更新することを目的としている。これらは同じ特性と同じ欠点をもつとわれわれは考えている。

a 各方法の特性

造林法として安上りなことが天然更新系技術の特性といえよう。造林作業としては多くの場合伐採のみであり、一般に苗木とその植付の費用を必要としない。また、いくつもの地区の森林の中で同時に伐採収穫をあげ得ることも、人口が多く木材需要が分散している国では貴重なことである。植付技術を伴う造林法では、造林が新規の地方では財源の集中を必要とするので、各地で同時に伐採と造林をすすめるわけにはゆかぬ。そのほか、保続生産林としての森林経理が天然更新の場合に可能であること、森林環境が維持できること、非常な大面積について森林資本の改良が可能であることもみのがせぬ。天然更新系造林法によれば学理的には（訳注、現実には必らずしもそうでないが。）伐採面積を払下げるたびに未開の森林の何 ha が価値をますことになるのだからである。

b その欠点

作業地点が広い森林の中で分散し、しかも保育（刈払）期間が長期にわたることが天然稚樹の成長がおそい場合に必然となれば、施業実行は困難になる。これは経験上もっとも重大な天然更新技術の欠点とみられ、これら手法がすて去られた根拠となった。

“年間2500 ha づつ T.S.S 法による施業をつづけるならば、10年後には毎年の施業面積は3万 ha 以上になる。” とは森林監理官ロブソンの言である。そして、森林経理計画で予定されたよりも稚樹の成長がおそい作業地点ではいかなるであろうか。そこでは重荷と乱雑さの結果として長期間の放任に至る危険がある。

天然更新の場合、更新すべき樹種が多く、すくなくとも10種類は在るので、刈払の調整ならびに実行は困難である。若い苗木は人工造林のように1列にならぶことなく、ツルに多少なりともおおわれた伐開孔の中で分散して存在している。また更新の伐開による森林内の照度増加はツルの爆発的繁殖をもたらし、更新稚樹を危険にする。人間は孔をあけてツルをふやし、孔の中に稚樹を立ててツルの支柱を用意することになるのだ。

下種伐に際しては結実期が不規則のために、更新がしばしば不十分である。さらに、すくなくとも10種類におよぶ樹種を同時に下種更新することを必要とし、稀には除去すべき樹種も含めてすべての樹種が同時かつ豊富に結実する等、目的樹種の更新に不利な要素もすくなくない。これらは温帯圏の天然更新技術に比して特異なものであろう。温帯では、1～2種類の樹種のみを同時に更新するからである。

アフリカ熱帯降雨林の主要商業樹種は陽樹亦是半陽樹であるが、天然更新の場合、光線の不足により陽樹を減じ、経済的利益に乏しい陰樹を増加せしめるという皮肉な結果を得ることがある。たとえば、オブシュを天然更新技術で取扱ったとき、この樹種の光に対する要求の大なること、結実期の不規則なこと（3～4年に1回の結実）から更新が困難であって、この森林はオブシュでなく陰樹のガレア（Guarea）が増加してしまう。

更新のための2回の伐採の間に、立木のまま長くのごされた貴重樹種が商業的価値を減ずることがある。孤立木は梢の低下を生む（訳注梢殺木となることか、梢の折損をおこすことかのいずれかを意味するものと思われる。）このためには伐期中にひんぱんに伐採することを必要とし、15年毎の伐採または1伐採期中に4～5回の伐採を予定する択伐的管理法が好ましい。その反面、1伐期中に何回もの伐採を予定する更新技術は伐倒の際に大きな損害をひきおこす（訳注、稚樹の損害であろう）ので、この点からは1伐期中に1回の伐採を予定するT.S.S法がよいと考えられる。

c 各種の論議

これらの天然更新系技術で、稚樹成長の制約因子の最たるものは、林内土壤に達する光線が不十分なことである。

択伐的管理法では、主伐の前に林内土壤の照度を増加する作業をとることはない。

熱帯庇蔭樹法（T.S.S法）では主伐の4～5年前に林内照度の増加が企画される。下木の掃除伐、ソル切り、広くて密生した梢をもつ中または低階層の非経済木のすべての枯殺などの手段によって、

しかしながらかようにして得られる相対的照度は5～25%にすぎず、その程度の光線では前生稚樹亦是当年の発芽による若苗の要求を満たすことができない。これらの有用稚樹は主伐までの4～5年を非常に暗い庇蔭の下で成長せねばならぬので、裸地で得られる成長の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の成長しか示さないであろう。（T.S.S法の場合）主伐のときは6年目に、ha当り平均2～4本の立木が伐倒されるであろうが、これにより森林のなかにはha当り2～4ヶの穴があけられ、1つの穴の大きさは、樹冠直径20m、樹高40mとみて平均800m²の矩形面積を示すとおもわれる。これらの穴の合計面積は森林面積の20～40%相当するが、この矩形の穴の受光量は帯状の穴と円形の穴の受光量の中間に位置するものとみられ、前述の相対的照度のグラフにより、この伐採によって生ずる矩形の穴の軸の中に到達する相対的照度は、穴の軸が南北方向か東西方向かによってもことなるが15～30%と考えられる。この程度の受光量では稚樹の成長に未だ不十分である。その上、これらの穴の中では前生稚樹は大部分が伐採木の倒伏によって破壊されてしまう。

以上の理由から、天然更新系技術は、伐採による穴の中で天然稚樹の迅速な成長を得るためには好ましくないとされる。

主伐後に林内に光線をもたらすことは、択伐的管理法では改良間伐により実行される。これは庇蔭を破ることよりも、有用稚樹の1本1本を他の競合植生から解放することが目的となる。T.S.S法ではこの作業は7年目以後にすべての大きさの非経済樹の毒殺によりおこなわれる。

マレーシアの森林研究局長R・C・バーナード氏はT.S.S法の研究のために1955年、ナイジェリアに赴き、次の如くノートしている。

「ナイジェリアでは直径 0.5 m 以上の木の何本かは未だかつて巻枯らしにされず、その結果、伐採と更新の操作が終ったあとでも経済的利益のない上木が、天然更新のためには望ましくない競合状態をつくりながら存在することになる。」

これらの非経済的な無用の樹種は、土壤を保護しツルの繁殖を阻止するために立木のまま残されたものであるが、この他に経済的価値が在るために林地に維持された樹種もあり、これらを加えるならば、林内土壤に達する相対的照度は 20 ~ 60 % とおもわれる。これは更新操作が終ったときの数字である。

この数字は 1961 年にコートジボアールのテケの森林で、天然林分改良法を適用した林班について照度計により測定し得たものに一致する。

今日、アフリカ熱帯降雨林で採用されている天然更新技術、とくに T.S.S 法は天然稚樹に不十分な照度しかあたえていない。これは最初の 5 年間は 5 ~ 25 %, 伐採孔の中では 15 ~ 30 %, そして 7 年目以降の照度（相対的照度）は 20 ~ 60 % と推定され、その照度は極度に不規則である。このため稚樹の成長はおそく、保育期間は長期にわたり、陽樹は漸次消滅してゆき、稚樹の樹高は不ぞろいで、その強健さもまちまちとなる。これらの理由はすべて光の不足であり、天然更新に際しての本質的な制約因子と考えられる。

d 可能な改良策

以下の改良策は検討に値するであろう。

i) 庇蔭を強く除去すること。

経済的利益のない樹種はすべて除去する。これによって相対的照度は 50 ~ 75 % に高められ得る。直径 1.5 ~ 1.8 cm 以上の立木は巻枯らしと毒殺で、直径 2.0 cm 以下のものは山刀で伐倒する。（訳注、直径の数値は重複するが、1.5 ~ 2.0 cm 径の立木は巻枯らしと伐倒のどちらも使用できるとの意味であろう。）

ii) 庇蔭を早急に除去すること。

主伐の前年に庇蔭を破りたいと考えるであろうが、これは結実不良の場合には危険である。主伐の 2 年前がよからう。この作業のあとは貴重樹種の通直なものと保残木だけがのこり、相対的照度はすくなくとも 75 % に達し、照度の不均斉も是正されよう。

これらの修正をおこなえば、天然更新でも稚樹が急速に成長して手入の回数も減少し、更新は豊富かつ強健に、良く分布されておこなわれ、しかも陽樹の割合が増加するであろう。さらに支柱となる立木の除去と土壤の表面をおおう強健な天然萌芽の増加によって、ツルの増加を押さえることも可能である。（これに関する新手法は後述する。）

第 2 節 人工更新系造林法の特性と改良

われわれはすでに記述してきた人工更新系の各造林法（タウンギヤ法、オクメーランバ法、マルチノウ法、レイヨン法、ブラソウ法。）に関して、多少の重複をかえりみず、各々の特性、それらの欠点、考えられる改良策を考察することにした。次いであたらしい造林法であるルクリユウ法にも言

及してその特性を検討してゆくことにする。

i) タウンギヤ法

特性としてはコストが安く、最大の照度を得られる状態にあり、保育（土壌耕耘、刈払、その他）状態も最上で、しかも土地問題と森林管理の見事な解決をみていることがあげられるが、反面、造林木の枝おちが不良になり、病虫害が多く、極陽樹に適用を限定され、その地理的な展開が村からの耕作距離と畑のちらばり工合によって制約されること、等の欠点をもっている。

この方法は造林木にとって理想的な状態を提供するものと思われるにもかかわらず、アフリカ熱帯降雨林での適用は限られたものであり、以下の樹種についてののみその適用をみる。チーク (Teak)、カシア (cassia siamea)、この2樹種はナイジェリアで用いられるがサバンナの樹種で降雨林のそれでない。ナウクレア (Nauclea trillesii)、フラミレ (Terminalia ivorensis)、そして時としてはランバ (Terminalia superba)、オブシユ (Triplochiton scleroxylon) ペテ (mansonia altissima) が適用される。

完全な日光のもとに造林木をさらすことは現実の問題として造林地に寄生する若干の昆虫の増殖に確実な恩恵をあたえることになる。Borers, ^{キジラミ(羽虫)}Cochenilles, ^{キジラミ(羽虫)}Psylles, などの昆虫がそれで、Hypsilla robusta と Phytolima lata のものすごい攻撃はアカジユ (Khaya ivorensis) やイロコ (Chlorophora excelsa) のタウンギヤ法による造林を不可能にしてしまった。コートデボアールの低地にタウンギヤ法によるフラミレ造林が減少したのは、完全な日光の下に長く造林地をさらしたために小芯食虫の被害がひどくなったからであると解される。

また、栽培地を形成するが森林を形成しない樹木は枝落ちが不良であるということを否定することはできない。十分な日光の下で、より正確には自身の蔭の下で自然に枝落ちする樹種は、熱帯降雨林樹種の中では非常に稀なのである。

正常の場合、下枝は活力を失い、その葉は漸進的に枯死し、それらの枝は完全に枯死する前に、いくらか生存している基部を幹にのこしながら落下して枝落ちを終る。この基部（訳注、枝隆のことであろう。）は瘤をつくるが、この瘤は数年後には幹にまきこまれてしまうのだが5～10年間は幹を変形させ、しばしば腐朽の原因となる。この腐朽は樹木の価値を減少せしめるであろう。

M.ブランク氏は熱帯林業技術センターの植物病理学者であるが、この問題を研究して以下のことを指摘した。すなわち、この腐朽現象の多発するのはTerminalia 属、Triplochiton scleroxylon, Pycnanthus angolense, Aucoumea klaineana, などの樹種であって熱帯降雨林の中ではこの被害を蒙る樹種がかなりある。この現象は幹に対する長時間連続の日光直射により生ずる。

この不利な点は、耕作者が畑を抛棄したのちに植付けた苗木の間に天然萌芽を伸ばすことによって克服できよう。それは日光直射から幹を保護し枝落ちを容易にする。

しかし農業的管理が実際にはすべての切株や挿木などを除去しているので、萌芽の成立はおそくなり強健さに乏しくなる。

このためには苗木を疎植せねばならない。出来るだけ多くの光線を萌芽にのこすことが必要であるからだ。現在実現されているものはその逆で、タウンギヤ法では2 m × 2 m、または3 m × 3 mに密

植している。

このため、われわれは次のような改良策をタウンギヤ法のために希望している。

最終間隔 ($10\text{ m} \times 10\text{ m}$ から $14\text{ m} \times 14\text{ m}$) 又は最終間隔の半分の間隔 ($5\text{ m} \times 5\text{ m}$ から $7\text{ m} \times 7\text{ m}$) に当初から植付すること。

耕作が終つたあと、萌芽が導入された苗の下部をおしつつむに至るまで、かんたんなツル切り処理にのみとどめること。

自然落枝のすぐれた樹種をタウンギヤ法に関して採用すること。 *Nauclea trillesii*, *Pycnanthus angolense*, *Cedrella odorata*, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Tarrietia utilis* が適切であろう。なお、*Entandrophragma utile* と *Triplochiton scleroxylon* は検討してみる可能性がある。

ii) ランバ法とオクメ法

ランバ法とオクメ法は手法が近似しているので一括できるであろう。地拵方法が異なるが、オクメ型の地拵 (ブルドーザによる森林破壊) の上にランバを植付けることも、ランバ型の地拵 (人力による、火入を伴うもの) の上にオクメを造林することも可能である。

ランバ法とオクメ法はすでに十分に洗練されていて重要な欠点があるとは思われない。

オクメ法が年間造林 $2,000\text{ ha}$ の実現を可能にしていること、ランバ法による造林が、それが政策的理由によりブラザビルコンゴで中止された時に、年間 700 ha の規模で実行されていたこと、これらの事実が手法の有効性を立証している。

ランバ法とオクメ法は、天然更新やその他の手法による明日にこれよりも安い造林法と対比することができる。そして、この両法は比較的高価につくことは明らかである。(オクメ法では ha 当り $65 \sim 70$ 人とブルドーザ $5 \sim 6$ 時間、ランバ法では ha 当り 115 人を所要する。)

それでもこの両法は、オクメとランバの大面積造林の成功を可能にしている、現在知られている唯一のものである。この両法は漸次、技術的経済的改良を考慮してゆかねばならぬであろう。改良策としては次のことがらが考えられる。

伐倒を直径 $40 \sim 45\text{ cm}$ (の立木) にまでおしひろげることなく、直径 30 cm 以下の点でとめておくことにより、 ha 当り 30 人を越えるランバ法の地拵費用を減小させること。オクメとランバの光線への要求は同じようなものなので、オクメに関しては是認される地拵のやり方 (直径 30 cm 迄の伐倒にとどめること) はランバにも適当であろう。実現が可能であれば、この修正は他のコストを減小せねばならない。造林すべき土壌をふさぐ立木の材積を減ずることによって。(レイヨン設定その他。)

手入刈払の費用又は期間を減小せしめること。これは具体的にはパラソリエ (*Musanga cecropioides*) に迅速かつ精力的に対抗することである。この樹種はしばしば破局的な強力さをもってオクメ造林地に侵入する。ランバ造林地ではオクメよりもややすくないが、やはり侵入してくる。パラソリエの繁殖は地拵の際のブルドーザによる土壌のけずり取りに密接に関係しているが、それは造林に利益をあたえる強力な照度をもたらす結果なのだ。

ディーゼル油で2%にうすめた植物ホルモンを、2年目頃に噴霧するならばパラソリエは除去されるに相違ない。

パラソリエの除去が不十分であった古い造林地では、パラソリエは10年生に達して、オクメの梢をこえて成長し優勢を示している。このため、植物ホルモンの噴霧は同時にオクメの造林歩止りを改良することになるだろう。

Ⅲ) マルチノウ法

本法は35年前からすでに使用されていない。もはや古典的価値を有するにすぎないと思われるが検討する必要がある。

それはアフリカ熱帯降雨林の全面的植栽技術として最初のものであり、その不規則(な結果)にも不拘、受容し得る結果を与えて来た。

マルチノウ法の特質としては、実行の容易なこと、ha 当り立木の歩止りの高いこと、一斉林の造成ができること、であり、欠点としては、コストが非常に高く、得られた林分が不規則であり、純林であるから虫害の危険があること、などがあげられる。

前生樹のすべてを破壊しているので、マルチノウ氏が成長のために照度が重要であると感じていたことはたしかである。しかし植付当初5カ年間に上層木の庇蔭の巻枯らしを拡大してゆくことをきめているために、漸進的に強い光線下におかれることになる。このため、6~7年目以前には苗木は庇蔭なき完全裸地には存在せず、漸進的に光の下におかれ、最初の年は5~10%、2年目は15~20%と相対的照度が漸増され、7年目に90~100%の照度になるのを目標としている。

これらの照度は満足な成長を確実にするためには不十分であって、庇蔭の疎開は不規則な穴をつくり、苗木の成長に差を生ずることになる。すなわち、庇蔭を除去してから日光に十分にさらされた5年生の苗木と、巻枯らしをしない林の庇蔭の下にとどめられた同年令の苗木の間では、樹高の差は相当なものになる。その上、日光に十分にさらされた苗木の方が成熟まですぐれた強健さを保ち続ける場合が多いのである。

本法は密植であって、ha 当り2,000本~2,500本を導入する。これは苗木と植付の費用がかさみあとで間伐の必要が生じ、しかも間伐の産物は売却し得ないものである。これらのために本法は本質的にコスト高となる。

この方法の改良のためには次のことが考慮されよう。

植付前年にすべての前生樹を伐倒または巻枯らしによって除去する。表土をのこすために焼却しない。

植栽間隔を最終時の立木間隔の半分とする。すなわち、5~6mの間隔に植付ける。

天然萌芽を注意して保存する。

これはもはや改良でなく、方法の完全な変更である。これによりマルチノウ法で必要とされる労力の半分の節約が可能になるう。

Ⅳ) レイヨン法

レイヨン法は非常に大きな利益をひきおこしているので研究をすすめる価値がある。その長所はコ

ストがかなり安く、実行も簡単なことであり、その欠点としては、導入された苗木の成長はしばしば不十分であって、刈払期間が長くなることである。

次に本法に関して可能と思われる改良すべき点を指摘しよう。

現在のところすべての人が是認しているように、このレイヨン法が抛棄された事例は、導入された苗木の多くが軟弱に成長し、その結果、予定よりも刈払保有期間が長くなった事由によるものである。この原因はなによりも日光の不足なのだ。この問題についてはすでに伐採孔の作用と考え、相対的照度曲線を判断材料として説述してきた。すなわち、樹高40mの降雨林の中で伐開された幅2.5mのレイヨン（これが一般に用いられている幅である。）は7～8%程度の相対的照度しかうけとり得ない。（オブレヴィル教授は球状光量計を用いて、2～3mのレイヨンの中で15～18%の値を測定した。）

レイヨンの幅を5mにひろげてみても（これは1列植栽として考えられる最大幅であろう。）照度は8～10%にすぎず、たとえ側面からの光線を加えてみても12～15%にしかない。

レイヨンの中に達する照度を増加せしめるために、レイヨンの幅をひろげたり、周囲の森林の樹高を減じたりすることができる。（巻枯らし、毒殺によって、）理想的な結果を得るためには、これらの修正が釣合いのとれたものでなければならない。

すなわち、2.50m幅（幅 ℓ =樹高 $H/16$ ）で東西方向のレイヨンの中心軸に達する相対的照度を5%から40%に増加させるためには、前述の照度曲線のグラフにより、 ℓ を $H/2$ にひろげねばならぬ。これは可能なことである。 ℓ すなわち伐採幅を8倍にするか、さもなくば H すなわち周囲の森林の高さを $1/8$ に減少させるかによって。

それ故に、レイヨン内の照度を増加させるためには周囲樹高と伐採幅の2つの指標が関係している。このために、オブレヴィル教授は樹高の高い森林（40m程度）ではレイヨン法の適用をやめ、低い森林（20～25mの二次林のヤブ。）にレイヨン法を適用することを助言している。（1946年）

現在、技術の進歩はレイヨン法を樹高の高い森林にも適用することを可能にしている。30～35cm以上の直径をもつ立木はすべて、ディーゼルオイルでうすめられた植物ホルモン2%液の噴霧（ha当り60～70ℓの液と、ha当り7～8人の労働力。）で除去できる。18～20cm以上の直径の立木のすべてを破壊するには、ha当り120～130ℓの液とha当り12～15人の労働力が必要である。

薬剤枯殺用に砒素ナトリウムを使用しても同じ効果があげられるが、この場合は操作にかなり注意せねばならない。

それでは、導入された苗木の成長に必要な照度を得るためには、対象となる森林の高さをいかに減じ、レイヨンの幅をいかに増加せねばならぬかを考えよう。

上層木を除去して森林の樹高を30mに減少させれば、レイヨンの中の直接光線も増加するが、同時に側方光線も大きな割合で増加する。なぜならば太い木の幹がとり去られて下層木が日光にさらされる上に、この下層木自身が被圧されて非常に疎立しておりさらに、太い木の倒伏で欠損するであろうからである。近似的ではあるが、森林の樹高を30mに減じた場合、レイヨンの側方光線による照

度は15～20%，20 mに減ずれば30～35%と増加するに相違ない。

レイヨンの幅をひろげることを考えるときに、幅を十分に広くとって苗木をその中に何列も導入することを試みたくなるものだ。しかし導入される樹種は10～15 mの等間隔に植付けられねばならぬので、受光量の減少とそれにもとづく苗木成長量の減退および奇型化を回避するためには、2列植の場合レイヨンの幅を15 mに保たねばならないし、千鳥植として、間伐によって1列とする予定ならば、10 mのレイヨンとせねばならぬ。これらの幅は最低値である。

一方、広い距離の植付けは次の比を減少させるため有利ではない。即ち、

$$\frac{\text{間伐後の導入苗木本数}}{\text{下層植生が刈払われた面積}} \quad \text{が非常に小となる。}$$

レイヨン法は疎放かつ安価でなければならぬからこの注意は重要である。

多くの理由からみて、われわれはレイヨンの幅が5 m以上では不合理であると考える。

第5図に3種のレイヨンの模式図を示したが、このために、B型は不可とされよう。

レイヨンの幅を5 mに保つ場合、この方法の疎放な特性を生かすためにはレイヨン相互の間隔は15 m以下であってはならぬ（訳注、非レイヨン区、すなわち刈払をしない地帯の幅は従って10 m。）このレイヨンの中に12 mの等間隔に苗木を導入するならばha当り50本の苗木量となろう。オブレヴィル教授はレイヨン相互の間隔を20～25 mにきめているが、これはha当り42～34本の苗木を入れることになり、（訳注、レイヨン内の植付距離は12 mであろう。）疎放の有利性を示すと思われるので、これら間隔の決定はコストから選択されるべきであろう。

幅5 mのレイヨンの中心軸に達する光線の量はいくらになるだろうか。

毒殺（薬剤枯殺）により林分の高さが30 mに減少した場合、前掲の相対的照度曲線により、レイヨンに達する照度は、相対的照度がおおよそ13%であることを示す。この13%に対して15～20%の側方照度も加えねばならぬから合計で相対的照度は28～33%となろう。20 mに減じ得るならば、相対的照度は18%，側方照度は30～35%，合計で48～53%

15 mに林分の高さを減少させるならば、相対的照度25%，側方照度35～40%で合計して60～65%になるであろう。

主要商業樹種の日光要求度を考えるならば、毒殺により前生樹の樹高を15 mに減少させることが必要となる。

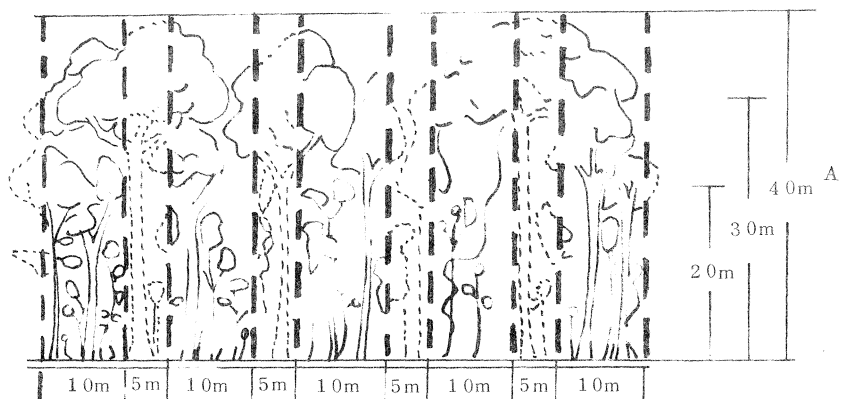
改良レイヨン法の模式図は第6図に示されているが、その実行の注意事項は次のとおり。

イ) 改良の必要ある森林に、東西方向に幅5 mのレイヨンをつくるために杭打ちする。非レイヨン地帯の幅は10，15，20 mとし、この幅は求める森林の改良の程度によってきめる。

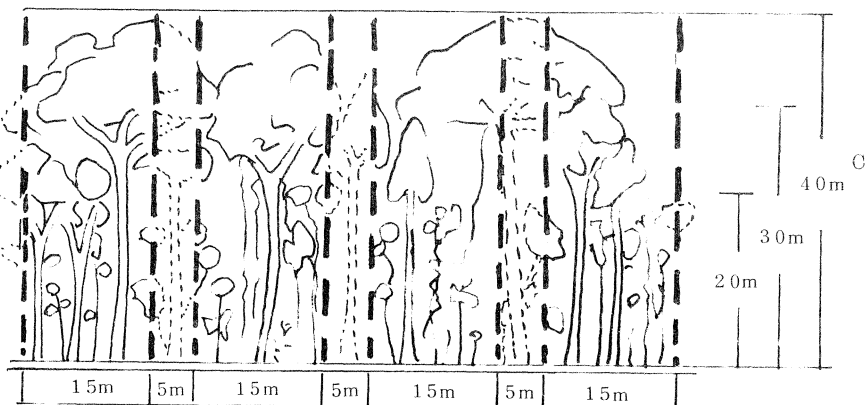
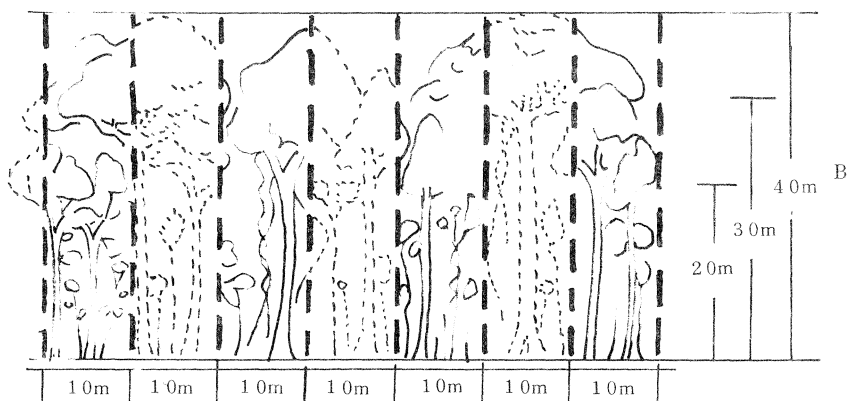
ロ) これら幅5 mのレイヨンの内部は15～18 cm 直径以下の立木のすべてを、¹ひさの²高さ³で山刀と斧で伐倒する。（ルクリュウ法参照）

ハ) 森林の全範囲にわたり、直径15～18 cm 以上のすべての立木の巻枯らし、亦是毒殺。

これによってレイヨン内帯（非レイヨン帯）のなかには、直径15～18 cm 以下の木だけがのこることになり、これらは一般に樹高15 m以下である。



点線は伐開されてレイヨンとなる部分である



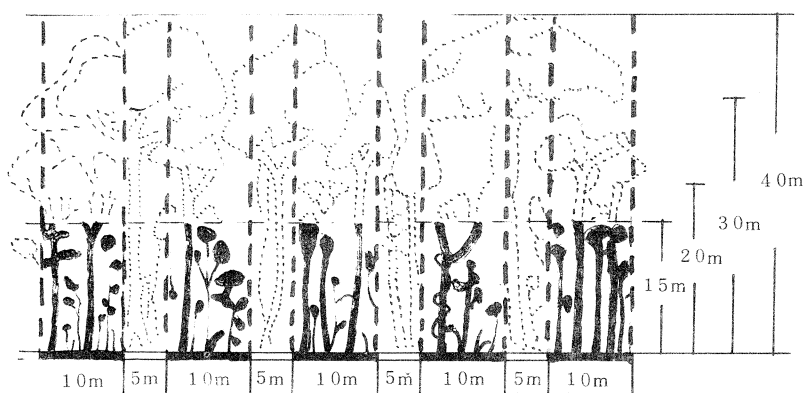
第 5 図

ニ) レイヨンの軸の中心に3 mおきに1列に苗木を植付ける

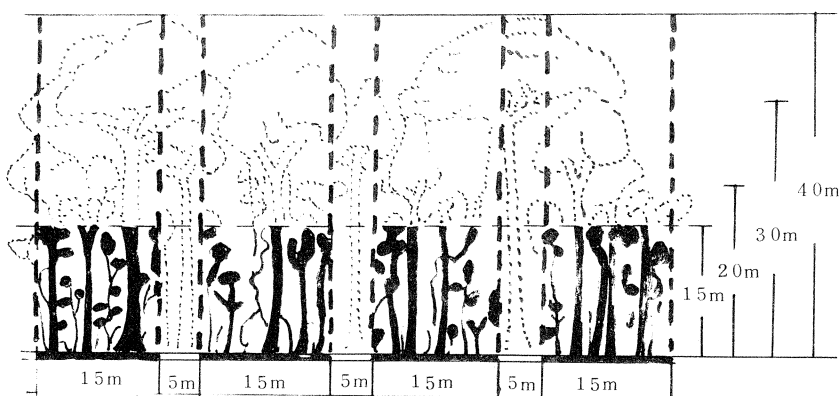
ホ) 出来るだけ二次萌芽を維持しながら、山刀で邪魔な植生を刈払い、ツルや周囲からの植生侵入も刈払う。これらは植えられた樹種の性質と植付の成功の度合いに従って6～8年間おこなう。6～8年たてば苗木も高さ8～15 mに成長し、非レイヨン帯の樹高とひとしくなるであろう。

この改良法によれば、成長は非常に改良される。あたえられる照度は現行法の5～6倍となり、しかも森林環境はすべて維持される。また樹形は良好となり、枝落ちも促進される。レイヨンの両側面から非レイヨン帯(内帯)の植生に押され、レイヨン内部でも苗木の下部が天然二次萌芽により圧迫されて、導入された苗木がコルセットをはめられた形になるからである。植付本数が多いために間伐に当って十分な選木ができるであろう。最終的にはレイヨンの中に100 m当り8～9本がのこされることになるが、間伐される本数は100 m当り20～22本で、このなかには枯殺木の倒伏により破損する苗木もふくまれている。

この改良法で要する費用はha当り延人数で第5表の如くである。この表では管理平均期間を7年と見積っている。費用が割合にすくないのは次の事由による。すなわち、苗木の根元に故意にのこした



改良レイヨン法では樹高15 m以上の立木は
非レイヨン帯にあるものも枯殺される



第 6 図

第 5 表

作 業 の 性 質	非 レ イ ヨ ン 帯 の 幅 が			備 考
	1 0 m	1 5 m	2 0 m	
調 査 区 画	2 人	2 人	2 人	130ℓのディーゼル油と植物ホルモンを加える(枯殺剤)
手による刈払と薬剤枯殺	1 3	1 2	1 1	
植 付 の 列	1	1	1	
苗 木	1 0	8	7	
植 穴 掘	5	4	3	
植 付	7	5	4	
管 理 第 1 年 目	3	2	2	
" 2 "	4	3	3	
" 3 "	4	3	3	
" 4 "	4	3	3	
" 5 "	4	3	3	
" 6 "	4	3	3	
" 7 "	4	3	3	
全 般 的 労 役	1 0	1 0	1 0	
合 計	ha 当り 人 7 5	ha 当り 人 6 2	ha 当り 人 5 8	

萌芽が、急速な成長を伴って侵入してくるパラソリエ等の樹種の定着をさまたげるために刈払いは簡単なツル切りだけで終ることが多いのである。

以上の数字はあくまでも推定であり、改良レイヨン法は未だ研究着想の段階であることを指摘しておく。

V) ブラソウ法

本法に関しては実際の情報が不足しているのでわれわれは批判することをためらうが、相対的照度曲線を考えると、降雨林の中にひらかれた4 m² のブラソウの中では相対的照度は5 %以下、樹高15 ~ 20 mの二次林の中でもその照度は10 %以下である。この数値は側方からの照度をふくんでいる。

本法に関しては、補充の情報なき限り、熱帯降雨林の中で到達すべき結果に際し保留を表明し得るのみである。(訳注：未だ論評すべき段階にない)

VI) ルクリエウ法 (La méthode du Recrû)

この方法は1956年にガボンで企画され、1958年からガボンのリコバンジャ(l'ikoy-bandja)試験地で実施されているもので、上層木の薬剤枯殺による地拵を基礎として、オクメ法の欠点改良を試みたものである。これは一方では森林破壊の費用の減小を考慮し、他方ではトラクターの使用を禁止しているが、在来のおくめ法による土壌のけずりとりがパラソリエ繁殖に好都合であっ

をふくめて、これらの保育は最初の2年間は安上りだが、苗木成長の早さに応じて5～8年間実行しなければならない。

次に本法の費用ならびに注意事項を示そう。それは第6表のようにになっている。これは5 m×5 m

第 6 表

作 業	延 人 数	備 考
踏 査 と 区 画	2人	
刈 払 , 薬 剤 枯 殺	20～22	その他ディーゼルオイル130ℓと 植物ホルモン(枯殺剤)
植 栽 列 伐 開	1	
苗木(ha当り400本)	14～18	
植 穴 掘	8	
植 付	10	
刈 払 第 1 年 目	3	
” 2 ”	3	
” 3 ”	7	
” 4 ”	7	
” 5 ”	6	
” 6 ”	6	
合 計	ha 当り延 87～93人	

植付の場合のha 当り延人数であらわされているが、成長が迅速な樹種ならばこの費用はha 当り延70～75人に減小させることができる。

この方法では薬剤枯殺のためにディーゼルオイルha 当り120～130ℓの運搬を必要とするが、本法の改善策として、直径40 cm迄の立木は薬剤枯殺でなく巻き枯らしにすることを提唱したい。これにより巻き枯らしの費用(ha 当り延人数)は増大するであろうが、オイルと薬剤の量が減小するので収支はプラスになるし、これにより作業の仕組が複雑化することもないのである。

ルクリュウ法は最近開始されたばかりであってその結果は未だ断片的なものしか得られていない。1958年にガボンではじめられたこの方法は1961年コートジボアールでも小面積でおこなわれている。現在のところ本法は有望と思われ、ニヤンゴンとシボについては在来の他の方法よりも好成長を得ており、フラミレ、ビリンガ、アフリカアカヂュ、, についてはタウンギヤ法で得られたものと同じ成長が得られている。苗木のまわりに維持された多量の天然萌芽が苗木の成長を阻害しないだろうかと心配する人もいるが、この競合により生ずる害は、土壤微気象や土壤微生物の好適な維持と土壤微生物の豊富化によって相殺されよう。

また、導入された苗木のまわりに密な萌芽を若苗の梢と同じ高さに維持することは、絶えず苗木を攻撃する昆虫(Borer など)が四散伝播することを妨げる利点がある。

混交林は純林より安全であるから、非常に各種の樹種で構成されている天然萌芽の存在は、同一樹種の純林大面積形成よりも安全度が高いと考えられる。

第3節 各種方法の比較

すでに述べてきた各種方法を比較する場合、次の諸指標を使用するのが便利であろう。保育期間、ha 当り費用（延人数で示す）、トラクター使用時間、枯殺剤（ℓ表示）。第7表は各方法別にこれらを要約したものである。この表のなかには、間接的な費用とみなされるもの（道路の開設と維持、キャンプの維持などに要する労働力）を含んでいない。なぜなら、これらは土場の設営と組織に従って変化するからである。すなわち、労働者を宿泊させるか通勤させるか、請負か直営かによってことになってくる。この間接的なサービスに要する費用は ha 当り延10～15人と推定される。

この表について注意すべきことは、天然更新系の造林法（略称SN）と人工更新系の造林法（略称SA）を併記し、天然更新系造林法としては、その代表的なT.S.S法のみをあげたこと、オクメの保育が4年間かかると予定したこと（これは経費上不可避であると考えられる）、間伐の費用については未だ有効な数字を得ていないので故意に表にのせなかったこと、などがあげられよう。

各種方法の比較の結果を要約すると次のことが推察されるであろう。

イ) 施業の費用からみれば、T.S.S法、タウンギヤ法、修正レイヨン法が有利である。旧レイヨン法、ランバ法、オクメ法、ルクリュウ法がこれに次ぐ。ランバ法は間伐を要求しないので他の方法と同じ費用になる。

ロ) 施業期間からみれば、タウンギヤ法を除いて、前項と反対の区分になる。

ハ) 植付本数と生産予想材積。これについては、T.S.S法とレイヨン法は ha 当り100～150本を植えて伐期には ha 当り25～40本を得、その他の方法では伐期に ha 当り60～100本を得ることを予定する。これらの各立木から、伐期に至り、1本当り3～6 m³の材積の丸太が得られるものと推定すれば、ha 当り期待丸太材積はT.S.S法とレイヨン法では ha 当り75～200 m³、その他の方法については ha 当り200～400 m³と予想されるであろう。

ニ) 成長量の推定。これに関して正確な資料は未だないが、T.S.S法およびレイヨン法よりもタウンギヤ、ランバ、オクメ、ルクリュウの各方法はより良い結果をあたえるものと推定される。以上を要約して第8表に各方法の性格を提示する。優劣比較のためには各々の収量を年間 ha 当り m³の形できめねばならぬが、われわれの現在の知識ではこのことは不可能である。天然更新系造林法についての資料が乏しく、オクメとランバの2樹種を除いては樹令と直径の関数関係が未知であるためである。オクメとランバの2樹種についての造林地の成長量は第9表の中で示されるとおりである。この2樹種の成長量は年間 ha 当り6 m³と推定される。

天然更新系造林の際は75 m³/60～75年から200 m³/60～75年であるから年間 ha 当り1 m³から2.5 m³の成長量と考えられる。

天然更新系造林法はレイヨン法を適用すれば、費用（ha 当り延40～50人）は安いが保育期間が長く、年間 ha 当り1～2.5 m³の成長量にすぎぬ。これよりも手のかかる造林法を適用すれば費用は高いが（ha 当り延80～95人）伐期は短縮され、収穫材積は大である。

方法の選択は条件の関数である。それは使用可能労働力の質と量、施業目的、樹種選択などに依存する。即ち、造林方法の選択は、一方ではその地域の生態的条件にもとずき、他方では販売計画と利

第 7 表

年 度	更新 形態	作業の形態	TSS法	改良 TSS法	タウンギヤ法	ランバ法	オクメ法	レイヨソ法	改良 レイヨソ法	ルクリユウ法
第1年目	S・N	踏 査 区 画	2人	2人	2人	2人	2人	2人	2人	2人
"	S・N	ソル切・薬剤枯殺	10	G.O.100ℓ と 20	—	—	—	—	—	—
第2年目	S・A	苗木、森林破壊、 植付、刈払	—	—	32~36	69	E.H.4~5 と 29	25~35	G.O.130ℓ と 28~39	G.O.130ℓ と 56~62
"	S・N	薬剤枯殺、ソル切	G.O.30ℓ と 6	4	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	—	8	12	2	3~4	3
第3年目	S・N	刈払亦是伐倒	4	4	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	—	10	12	5	3~4	7
第4年目	S・N	刈 払	3	3	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	3	9	8	3	3~4	7
第5年目	S・N	刈 払	3	4	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	3	7	—	5	3~4	6
第6年目	S・N	刈 払、伐 倒	6	3	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	—	9	—	3	3~4	6
第7年目	S・N	刈 払	3	3	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	—	—	—	5	3~4	—
第8年目	S・N	刈 払	3	—	—	—	—	—	—	—
"	S・A	刈 払	—	—	—	—	—	5	3~4	—
第9年目	S・N	刈 払	3	—	—	—	—	—	—	—
第10年目	S・A	刈 払	3	—	—	—	—	—	—	—
計			G.O.30ℓ と 46人	G.O.100ℓ と 43人	40~44人	114人	E.H.4~5 時間と63人	61~71人	G.O.130ℓ と 48~59人	G.O.130ℓ と 87~93人

注)

S・N 天然更新

S・A 人工更新

E・H ブルドーザ

駆動時間

G・O デーゼル

オイル

これは枯殺

剤の溶剤だ

が、この数

値はすでに

枯殺剤（植

物ホルモン）

をとかして

含んだもの

であらう

なお他の数字は

ha 当り所要延

人数を示す。

益ある樹種の造林的性質を考慮する。第10表は主要商業樹種の造林特性を要約したものである。

第 8 表

造 林 法	作業の費用 (延人数)	期 間	苗 木 数		ha 当り材積	成長の 迅速性	伐 期
			植 付 時	伐 採 時			
T S S 法	46人と G.O.30ℓ	年 10	本 100	本 25~50	m ³ 75~200	C	年 75~100
改良 T S S 法	43人と G.O.100ℓ	7	100	25~50	75~200	B?	75~100
タウンギヤ法	40~44人	5	400	60~100	200~400	A	40~60
ランバ法	114人	6	60~65	60~65	200~400	A	40
オクメ法	63人と 4~5H.E.	4	500	60~65	200~400	A	60
レイヨン法	61~71人	10	130~200	25~50	75~200	C	75~100
改良 レイヨン法	48~59人 G.O.130ℓ	7	130~200	25~50	75~200	B?	60~75
ルクリユウ法	87~93人 G.O.130ℓ	6	400	60~100	200~400	A?	40~60

注) G・O. デーゼル油(枯殺剤の溶剤), H E ブルドーザ駆動時間

第 9 表

樹 種	伐期直径	年間直径 成長量	単 木 丸太材積	伐 期	ha 当り 材 積	年間 ha 当り 材 積 成 長
ラ ン バ	0.65m	1.6cm	4.5m ³	40年	270m ³	6.75m ³
オ ク メ	0.80	1.3	6.5	60	390	6.5

第 10 表

学 名	商 業 名	年雨量	用 途	苗 木 の 形 態	性 質	年間直径 成 長	病 虫 害
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Obeche	1400 ~ 2000	ロータリーベニヤ	0.75~1.00mのロゼット苗 (裸根)	陽 樹	cm 1.5~2.0	—
<i>Terminalia superba</i>	Fraké	1400 ~ 2000	—	0.80~1.75mの台切苗	—	1.5~2.0	—
<i>Aucoumea klaineana</i>	Limba	1600 ~ 3000	ロータリーベニヤ	ちかまき, 土付苗, 台切苗	—	1.25 ~ 1.75	キジラミ ベスタロチア菌
<i>Khaya ivorensis</i>	Okoumé	—	製紙パルプ	0.75~1.00mの苗 (土付又は裸根)	陽 樹	1.5~2.0	キクイムシ
<i>Khaya grandifolia</i>	Acajou d'afrique	1200 ~ 1600	ロータリーベニヤ	—	—	—	—
<i>-olia anthoteca</i>	—	1400 ~ 2500	製材	0.75~1.00mの台切苗 ロゼット苗	—	1.00 ~ 1.50	—
<i>Entandrophragma utile</i>	Sipo	—	製材	—	—	1.50	—
<i>Entandrophragma angolense</i>	Tiama	1400 ~ 2500	ツキ板・製材	0.75~1.00mの ロゼット苗	半陽樹	1.00	キクイムシ
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Sapelli	1500 ~ 3000	ロータリーベニヤ	1.50mのロゼット苗	陽 樹	1.5~2.0	—
<i>Pycnanthus angolense</i>	Ilomba	1400 ~ 2500	ロータリーベニヤ	1.50~1.75mの台切苗	—	2.0~2.5	—
<i>Terminalia ivorensis</i>	Framire	1600 ~ 3000	製材	0.50~1.00mの台切苗	—	1.0 ~ 1.50	—
<i>Azela bipindensis</i>	Doussie	—	製材	1.50~1.75mの ロゼット苗	—	1.00	キクイムシ
<i>Tarrietia utilis diversifolia</i>	Niangon	—	製材	0.50~1.00mの苗	半陽樹	1.5~2.0	キクイムシ
<i>Lovoa trichiloides</i>	Dibétou	1400 ~ 2000	ロータリーベニヤ	0.5~0.75mの ロゼット苗 (土付苗)	—	—	キジラミ
<i>Chlorophora excelsa</i>	Iroko	1600 ~ 3000	製材	土付苗, 短い台切苗	—	1.50 ~ 1.75	キクイムシ
<i>Nauclea diderichii</i>	Bilinga	1200 ~ 2000	製材・電柱 建築材	0.50~1.00mのロゼット苗 ちかまき 土付苗 ロゼット苗	—	2.00	—
<i>Cedrella mexicana</i>	Cèdre	—	ロータリーベニヤ 製材	—	—	—	—

訳注)

1. *Triplochiton scleroxylon* には *Ayous* という商業名もある。2. ロゼット苗 (*Planten rosette*) とは苗の先端のロゼット状の葉をのこして, すべての葉をむしりとった苗の台切苗 (*stump*) とは先端部を切りとった苗3. 害虫名は *Psyllé Phytolimalata* をキジラミ, *Borer* をキクイムシとした

4. 本表は主要造林樹種についてその造林的特性を示したものである。

第6章 結 論

a) 造林の見地から

以上の研究は熱帯降雨林に対して課せられた造林の諸問題が複雑なこと、これら諸問題に関するわれわれの知識が乏しいこと、を明示して来たと思われる。

仏国の森林官たちは、現在に至るまで、熱帯アフリカで幹部を構成し、そこで温帯圏諸国の林業技術を粗暴に適用して来たが、アフリカでは自然状態は温帯圏と基本的に異なり、裸地の上に、更新あるいは植付をすることができない。なぜならば、どんな伐採でも皆伐にはならないし（訳注、有用樹だけの抜き伐りであるため。）、小面積のタウンギヤ法を除き裸地ではきびしい気候因子の一撃の下で土壤の悪化の危険性が非常に大である。

このために、人々は伐採の手は入ったものの実質的にはまったくの天然林を高収益の人工林に転換することを研究せねばならなかった。しかも生物環境をそれほど乱さずに、安い費用で転換することを。

この至上命令によって、天然更新技術の採用が可とされ、それは求めるものに合致する性格をもつと考えられた。

しかし実際は更新上の見地からみて、伐採のときに残された立木の多数を伐倒せねばならず、更新稚樹の成長のおそさも欠点となって人工更新へと変更されるに至った。

人工更新も又、非常に早く技術的限界につき当った。裸地造林の場合は苗木に対する受光量は十分であるが、虫害と枝落ち不良になやまされ、森林環境を維持したままで苗木を導入した場合は（マルチノウ法、レイヨン法）天然更新のときと同じく受光量不足にもとずく成長量低下に直面するに至った。

最初の技術的解決策として、オクメ法とランバ法が採用され、次の事柄がみとめられた。すなわち、これら極陽性樹種が全く庇蔭なしで植付できること、裸地状態の中で急激に成長する二次天然萌芽（陽樹である）を苗木の形質をよくし枝落ちをすすめるために維持せねばならぬこと（森林環境の維持）。

問題は、非常に成長の迅速なこれら2樹種ですらも、二次天然萌芽との競合に勝つのがやっとなことである。成長のおそい他の樹種では二次天然萌芽から上に抜き出るためには多大の刈払回数と費用を必要としようし、それでは費用倒れになる危険性がある。

第2の解決策として登場したのがルクリュウ法である。この方法は導入された苗木のまわりに、可能な限り長期間、成長のおそい陰樹の天然萌芽を保持するもので、これによれば大部分の造林樹種は刈払をそれほど必要とせず天然萌芽との競合に耐え、森林環境の中での苗木成長が可能になる。

第3の解決策は、古典的手法を改良しながら、受光量を増大させて苗木の成長を迅速にすることである。T.S.S法ではすべての非商業樹種の除去（本数がわずかであれば、広い伐採孔をつくることを回避するために何本かをのこすことができる。）、レイヨン法では列間（すなわちレイヨンとレイヨ

ンの間の区域)のすべての上層木の破壊ならびにレイヨンの中の苗木の間にある陰樹萌芽の破壊、マルチノウ法ではすべての支配上層木と苗木の間に生じた陰樹萌芽の破壊(これはルクリュウ法と同じになる。)、タウンギヤ法では苗木の間に天然萌芽を最大限に維持して森林的環境を形成すること、がそれぞれ考慮されるべきであろう。

上述の方法は多くの類似点がある。結局のところ原理的には¹⁾導入された苗木または天然稚樹を最良の受光状態の中におくこと、苗木または天然稚樹の周囲に森林的環境を維持してその形質を高めること、²⁾に在るといえよう。この森林的環境の維持のために周囲の天然林を保残したり(レイヨン法)陽樹の萌芽を維持したり(オクメ・ランバ法)、陰樹の萌芽で土壌をカバーしたり(ルクリュウ法)する。これらの自然植生で苗木や稚樹を矯正することがここでは必要とされているのだ。

各方法の区別は厳密なものではなく、支配階層のなかの半陽樹を何本か立木のままで残すならば、ルクリュウ法はT.S.S法と類似したものになる。われわれが主要樹種別に最適受光量を計算し得るならば、光をもっと多く要する樹種はルクリュウ法により処理され、それよりも光の要求度の乏しい樹種はレイヨン法かT.S.S法によって処理されるようになるであろう。

b) 森林經理的見地から

現在の造林的見地からの結果所見によれば、またすでに得られた研究の結果としては、天然更新系造林技術の完全にして単純な抛棄が考慮されるに至るであろうが、この結論は早急にすぎ、明白にうけ入れることはできない。なぜなら、それは森林經理からの要求を無視するものである。

熱帯地域の森林官は伐採によってその価値を減じた森林の生産力を維持し増加せしめる任務がある。このため非常にすぐれた収穫が得られる造林法に依存せねばならぬが、他方では森林官は立木の存在を保持し、天然林地域を管理する責任も負担する。この管理すべき天然林領域は広大なもので、疎放な技術によらなければ管理できないであろう。疎放な技術(その中では天然更新系技術が主要な地位をしめる。)よりも一般に2倍も費用がかかるので、数百haにおよぶ天然林分を人工造林によっておきかえることは考えることもできぬ。天然林分では年々かなりの収穫が維持されること、大面積にわたり施業がおこなわれることが期待されているのであってそれによってこそ、伐採後の、立木は存在するが自然のままでは有用樹の自己更新ができない経済的無価値の森林を、本来の姿に回復させることが可能である。また、耕作可能の土地を求める民衆の要望をいくらかでも減ずるためには、できるだけ大面積に関して森林を加工するのが唯一の方法である。(訳注、疎放大面積施業を採用して、広地域にわたり雇用の場を提供するとの意と理解される。)

不幸なことであるが、この疎放大面積施業のためには、現在の天然更新技術は非常に不満足なものであって、更新作業の期間が長期にわたるために結局、作業の重要な予定がすべて縮小されてしまうに至る。このため、前述の如く天然更新技術に関して、受光量の増大による更新樹種の成長促進とこれによる作業期間の短縮が検討されて来た。

天然更新系の技術ではないが、レイヨン法はその疎放的性格と安価な費用によって、天然更新に次いで大面積施業に耐えるであろう。レイヨン法は天然更新に比し以下の利点がある。有利かつ適応性

ある樹種の選択ができること、苗木のときに選抜されているので健苗が得られること、植付間隔が規則的なので保育管理が容易であり、以後の森林経理に便利であること。

われわれは前述のレイヨン法に関する諸指摘と諸修正がレイヨン法の改良に資するであろうことを希望する。これより ha 当り延 50 人程度の労働力で ha 当り良材 30~50 本 ($100 \sim 250 \text{ m}^3$) が得られるであろう。

われわれは疎放な森林経理を、高収益の密植造林の補充として考慮してきたが、この疎放な森林経理の基礎として役立つために、前述の改良策はひろく適用できる造林技術を構成するに相違ない。

c) 一般的見地から

これまで、造林に関しての知識の問題点を創出することにつとめてきた。ある人はわれわれを悲観論者だと批難し、他の人は楽天家にすぎるとみるだろうが、われわれは率直かつ虚心に現在の諸論点を説明することを試みて来たにすぎない。要約すれば、

(i) 多くの方法は概して非常に性急に試みられ、多くの失敗をかさねた。

(ii) ある方法は適正なものに到達し、すでに自らを立証しており、他の方法は、もし人々がそれらの方法の改良を求める苦痛に一身をささげることのぞむならば、遠からず適正な技術に到達し得るものと思われる。

(iii) 現状では、なによりもまず研究に優先権があたえられねばならない。

問題は緊急である。すべてのアフリカ熱帯降雨林で、森林ならびに林業経済の未来は技術的諸問題の迅速な解決に依存している。

第2部 熱帯サバンナ林の造林技術

第1章 地域と諸環境

第1節 地域区分

サハラと赤道の間の西アフリカ地方は、林業上の見地からは三地域に区分することができる。

a) ギニイ森林地域 そこは密林によって占められ、時としてサバンナが点在する。森林が途絶するのはそこでは人間の干渉あるいは森林に不適な土壌（過湿、または過度に砂質か過度に岩石質の土壌）の存在によるものである。年間降雨量は1,400～1,500 mm以上、最小7カ月におよぶ雨季と最大3カ月にわたる生態的乾季がみとめられる。

b) スーダン～ギニイ地域 この地域は密林の末端に接続し、樹木を伴ったサバンナにおおわれ時として閉鎖した林分を形成する。

この閉鎖林分が破られるのは、すくなくとも年1回この地域を見舞う火災によるものであって、人為的に火災の通過を阻止し得るときは林分は漸次回復される。年降雨量は1,000～1,700 mm、雨季は5～6カ月、生態的乾季は4～5カ月におよぶ。

c) スーダン～西サハラ地域 ここでは林分は疎開しステップやサバンナ状をなす。場所によってはいわゆる“虎斑状サバンナ”をつくる。この地域のなかのもっとも乾燥した場所では防火措置を講じて林分の閉鎖をひきおこすことはできぬ。これら林分の疎開は過小な降雨量、正確には植生の根系に対してあたえられる水の量が不十分なことによる。年降雨量はそこでは400～900 mm、2～4カ月の雨季と6～8カ月の生態的乾季がある。降雨量がこれ以下になれば林分は漸次消失し半沙漠地域に移行してゆく。

以下の研究は、特にこのスーダン～西サハラ地域に関しておこなわれるであろう。そこはしばしば乾燥地域と呼ばれている。

（訳注） スーダンとは元来はアラビア語で、大西洋岸からエチオピア山地まで東西に伸びる、サハラ砂漠と赤道熱帯降雨林にはさまれた、サバンナの大地域帯をさす言葉である。ナイル川上流に位置するスーダン共和国と混同せぬように注意を要する。

この研究は乾燥地域について造林と森林経理が課する諸問題の解明に資するものである。（訳注、スーダン～西サハラ地域の代表としてニジェールがあげられる）

第2節 造林と森林経理の諸問題

a) 地域の林産物需要 この地域の木材需要は薪炭材、支柱材、電柱材を主とし、一般用材の消費はすくない。とくに薪炭材は国内消費の全量をまかなうことが要求されている。この地域の人口は場所によって密なところがあり（km²当り80～100人）、かなりの都市センターがそこには存在している（たとえばナイジェリア北部のカノでは13万人、セネガルのダカルでは23万人。）ため

に、燃料、電柱支柱用材としての木材需要は相当なものである。F A O の推定では、西アフリカ住民 1 人当り年間平均消費が 1.5 ステールとされている。(訳注、1 ステールは 1 層積立方米、この数値は燃料のそれであろう。)大都市センターの消費量は人口の割にはすくないもので、例をダカルにとれば住民 23 万人に対して消費量は 12 万 5 千ステールとなっている。

この乾燥地域では多くの牧養者が存在し、乾季の数カ月間は草のしげった一時的な牧場が出現する。このとき森林樹種の若い小枝は多く家畜の食糧になる。スーダン～西サハラ地域での造林は、“不確定な牧場”を構成するものともいえよう。この牧場は地方経済の一部をなすものである。

さらに、ある種の林業副産物、果実、アラビアゴム、など、は輸出のために組織的に栽培される。またアカシア類は土地肥沃化のために砂質の荒地にひろく植付けられている。

b) 森林資源状況 前述の諸需要に直面して、人々は先ず天然林分に依存した。

電柱材と支柱材に関してはそれらが通直な材を要求するために抜き伐りとなる。もともと火災に見舞われることの多いサバンナ地帯では樹型が貧弱なので、この抜き伐りは林相の悪化をもたらし、とくに大都市センターの周辺でいちぢるしい。大都市センターの周辺では大面積にわたって良材が消失し、現在では、都市への電柱材と支柱材の補給が 300 km 以上の遠隔地から伐採搬出される事実すらみとめられる。(ダカルがその例)。これは価格上昇をひきおこし、長い間には木材に関する不平不満を生み出すものである。

薪炭材の場合は樹種による選好はあるが、それでも抜き伐りは電柱支柱材よりは林分にとってきびしいものでない。このため資源消失の速度も前例よりもゆるやかである。それでも大都市に対する木炭などの補給は、現在では数百 km も遠方の生産地点からおこなわれ、大都市におけるこれら産物の価格上昇をひきおこしている。この不足状態は製炭技術の不良による低い歩止り、貯蔵と運送の不備によってさらに加速されている。

飼料用樹種の場合は家畜に自由に食べさせるか、小枝を切ってあたえる。この用益権に際して伝統的に考慮されているのはこの用益を規整するか、ある種の森林(分類林、森林保全。)の中で禁止することである。もし放牧または採枝が無制限に拡大すれば有用樹種は消失してしまうだろう。

林業副産物は用益権の範囲の中で放牧の如く規制される。過度の採取の弊害は、とくにセネガルアカシア(*sterculia tomentosa*)樹脂にみとめられる。経済的生産と森林生産力維持の調和のため、これらの林分を合理的に経理することに成功した国は稀であって、一般的にいて新興国はこの収穫の合理性をかえりみることなく産物の相場変動によって行動する傾向がある。

c) 天然林分の環境 われわれは主としてスーダン～西サハラ地域のサバンナ林の性格を解明することにつとめた。それは疎林であり断続して地表をおおう。その特徴的な姿はしばしば“虎斑状サバンナ”としてとらえられ、そこでは樹木は斑点状に群生し、虎の毛皮の模様に似て带状に波動している。

この群落構造は注目する必要がある。なぜなら、それは自然環境の結果としてあらわれたものと思われるからである。

もしわれわれが高くから(たとえば航空機によって)これら林分の状態をみるならば、樹木群落の

示す虎斑模様は等高曲線にそって配置され、高い地点をかこむようにして沢水の流線にそって傾斜する。これからみて流れる水が集中する地点、侵蝕によってひきおこされる沈澱物（水成岩層）の地点の中に樹木群落が位置しているものとみられる。

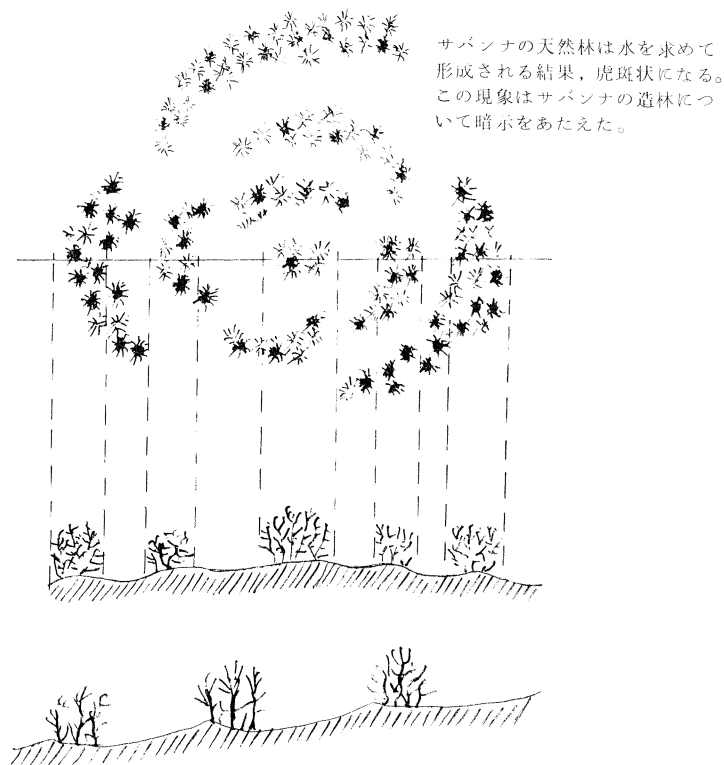
もしわれわれが地上で群落構成をみるならば、この斑点模様を示す群落は原則として次の地点に位置することが見とめられよう。低地、流水が集まる起伏のくぼみ、風水蝕のつくった隆起の上。

例外はみとめられるが、われわれは上述の事象を是認することができる。天然林の配置と維持は、この地域では水と侵蝕に影響され、土壤水分の維持の問題につながってくる。

土壤の傾斜がすこしでも示されるならば、（1%以上）、雨水の流れは重要性をおびてくる。それは滲透性に乏しい土壤を不毛にするとともに雨水が自然にあつまる集積点を肥沃にする。岩や砂礫の州の如く傾斜に軽く抵抗する自然の障害物がもし存在するならば、侵蝕から生じた物質はそこに沈澱して、林分の創設と維持に好ましい微細地形をかたちづくると共に、これら沈澱物は流水の一部分をそこに集積する。多くの場合、流水による侵蝕は非常にわずかな傾斜の上にも容易にみとめられ、しばしば多くの根の露出によって確認できる。第8図はこの虎斑状サバンナの平面図および立面図である。

天然林の構造は流水と侵蝕によって加工されたと考えられ、この半乾燥地域の中の森林の問題は、土壤の保全改良ならびに水収支といった古典的原理に密接に結合しなければ解決し得ないであろう。

1年間に降る雨水を土壤の中に均等かつ最大限に滲透させるという課題をあらかじめ解決しておかな



第 8 図

かつたならば、どのような更新方法によるにもせよ一様に連続した林分形式をととのえることはできないであろう。これら虎斑状の自然のサバンナは気候又は一時的な気候に由来するものであることを考慮すべきである。

木材の地方需要の充足を目的として、われわれは森林潜在生産力の維持発展を研究するのであるが、それがひきおこす問題は造林であり、時として森林経理に属する。これらの解決は条件と目的に従って天然更新または人工更新により追求されることになる。

第2章 更新技術

第1節 天然更新

伐採の後の森林資本の維持は林分を構成する樹種の更新に依存する。天然更新は土壌の上にこぼれおちた種子の発芽と、伐採後いくつかの樹種の切株の上に生じた萌芽を利用するものである。かようにして伐採は更新の手段である。伐採は切株の萌芽をひきおこし、落ちた種子から生じた稚樹の成長にめぐみをあたえる。

a) 下種更新 乾燥地域では下種更新は非常に困難である。大部分の樹種は乾季に結実し、種子は非常に乾燥した土壌の上におちるので発芽し難い。さらにサバンナの樹木の下にしげる草のカーペットがこれらの種子をとどめて土壌に達するのをさまたげる。その上、毎年のように生ずる野火の通過はすでに成立した稚樹をあらかじめ破壊する。

サバンナの林分が群状に束生し不連続な状態に在るのはこのためである。また、若い芽生と着果した成木だけでその中間の樹令層を欠く林分がみとめられるのもこのためである。それ故に野火の禁止が林分の閉鎖を助成するであろう。この措置により種子の更新が保護され、稚樹の定着が可能になる。

湿地の中に成立した林分は例外である。ニロチアカシアの林分はその典型的なもので、土壌の湿度と種子の豊富さのおかげにより、若い芽生のカーペットが母樹のまわりに群生し急速に成長する。このとき稚樹を疎開させ続いて下刈することが稚樹成長のために不可欠であるがそれは常に可能とは限らぬ。

これらの稀な例外を除けば、この乾燥した気候の下では原則として天然下種は不可能であろう。

b) 萌芽更新 この方法は天然更新をすすめる森林官が用いる唯一の手法である。サバンナに生ずる樹種の多くは萌芽性が良好である。唯一の障害は野火で、これは切株より生ずる若い萌芽を破壊するおそれがあるが、伐採の翌年は火災の危険は減小する。なぜならば、地表をおおうカーペット状の下草が最大の野火の伝播者なのであるが、伐採と搬出がこれら下草を部分的にもせよ破壊するからである。但し、萌芽が葉をひらき成熟する迄の5年間は野火の通過を阻止せねばならぬ。

サバンナの低林を伐採すれば萌芽は密生してひろがり、良く土壌をカバーしてha当りの木材生産量（訳注、成長量の意か）を増大させる反面、各樹幹の平均直径は細くなる。このことから、林分の手入をせぬ限り、伐採することによって柱材のとれる林分を支柱や燃材しかとれぬ林に変えることになり、量で得たものを質で失う結果になるであろう。

伐採技術としては、出来るだけ地際に接して伐採するのが良いが、現実にはこれは大面積施業には実行がむずかしい。伐採は主として炭焼請負人によりなされ、その監督は直営事業に働く労働者に対するほどきびしくないからである。

切株の寿命はいくらであるか、萌芽更新によって無限に林分を再現できるものなのであろうか、それは未だ分明でない。萌芽更新によって処理されたもっとも古い林班でも3～4輪伐期を経たにすぎぬからである。その上、伐採作業の質そのものも今日まで非常に不十分であり、粗雑な切株をのこし

第 12 表

科	樹	種	科	樹	種	科	樹	種
Annonaceae	Annona	senegalensis	Mimosaceae	Prosopis	africana	Sapotaceae	Butyrospermum	parkii
Capparidaceae	Maerua	angolensis	"	Albizia	chevalieri	Loganiaceae	Strychnos	spinosa
"	Capparis	corymbosa	Papilionaceae	Pterocarpus	erinaceus	Apocynaceae	Holarrhena	africana
"	Boscia	senegalensis	"	Longocarpus	laxiflorus	Rubiaceae	Crossopleryx	febrifuga
Combretaceae	Guiera	senegalensis	Celastraceae	Gymnosporia	senegalensis	"	Gardenia	lernifolia
"	Combretum	aculeatum	"	Combretum	glutinosum passargei	"	Feretia	canthioides
Euphorbiaceae	Securinea	microcarpa	"	Combretum	micranthum	Bignoniaceae	Stereospermum	kunthianum
Caesalpiniaceae	Bauhinia	reliculata	"	Anogeissus	schimperi			
"	Tamarindus	indica	Tiliaceae	Grewia	mollis			
"	Cassia	sieberiana	Bombaceae	Bombax	costatum			
Mimosaceae	Acacia	senegal	Oleaceae	Xymenia	americana			
"	Acacia	gourmaensis	Rhamnaceae	Ziziphus	mauritiaca			
"	Acacia	macrostachya	Simaroubaceae	Balanites	egyptiaca			
"	Acacia	seyal	Burseraceae	Commiphora	africana			
"	Acacia	sieberiana	Anacardiaceae	Lanea	acida			
"	Acacia	pennata	"	Lanea	microcarpa			
"	Acacia	campylacantha	"	Poupartia	birrea			
"	Dichrostachys	glomerata	Ebenaceae	Diospyros	mespiliformis			

欠になるがこのことは乾燥熱帯アフリカでは非常に困難である。

輪伐期をきめるには多くの因子を考えねばならない。その地方需要に従って林分に対し柱材、支柱、燃材、炭材の1つ又は数種の生産物が求められるが、生産物が異なるによって輪伐期も明白に相違する。

主要樹種の成長は未だよくわかっていないし観察は未だ不十分であるが直径成長は一般に年1 cm以下である。このためすくなくとも柱材を得るためには25～30年、燃材を得るためには15年を所要する。

伐採材積がある程度まとまらなければ伐採は費用倒れになってしまう。燃材の場合にとくに利益が乏しいので量的にまとまらなければ伐採できない。ha 当り30ステール以下では伐採は回避した方が賢明である。

以上のことからスーダン西サハラ地域では低林の輪伐期は15年以下では不可であると結論されよう。

低林の経理方式にはいろいろあるが、いずれも面積にもとずいて経理される。輪伐期15年の単純低林作業は伐採の際に燃材を主とし若干の支柱材を生産する。このとき期待される材積はha 当り30～40ステールである。

輪伐期30年の単純低林は燃材、支柱材、そして柱材を生産する。伐採期待材積はha 当り60～70ステールである。

回帰年30年の択伐低林は15年生の第1次択伐でha 当り25～30ステールを生産し（訳注、燃材と支柱材。）もっとも良い支柱材をそこに残して30年生で柱材がとれるようにする。この林分は30年生でさらに25～30ステールを生み出すであろう。それは柱材と支柱材の混合である。

天然更新にもとづくこれらの森林経理には明白に利点と難点がある。作業の単純なこと、作業費用の安価なことは利点であるが同時に次の難点もある。それは次のようなことだ。

その地方の需要がある大ききになると経理を必要とする森林面積もかなりの広さになる。仮に、

第 13 表

林班 番号	直 径 級 別 本 数											本 数 計	材 積 m ³
	cm 0～2	2～4	4～6	6～8	8～ 10	10 ～12	12 ～14	14 ～16	16 ～18	18 ～20	cm 20		
I	186	38	55	20	7	2	1	—	1	—	—	310	5.50
II	106	53	47	19	13	5	—	—	—	—	2	245	4.75
III	100	43	47	24	9	3	2	—	—	1	—	229	3.50
IV	75	61	65	41	30	11	11	2	1	—	3	300	6.75
V	53	90	183	55	10	2	4	1	—	—	1	399	6.25
VI	46	99	105	52	11	1	1	—	—	—	1	316	4.50
VII	14	64	98	27	21	4	3	2	—	1	5	189	5.50

訳注) 各林班面積は1,000m²である。

5,000人の住む都市センターがあるとすれば年におよそ7,500ステールを消費し、このためには3,500～4,000 ha 森林が経理されねばならない。ダカールの如き都市センターになるとその補給のためには6万～7万 ha の森林を経理することが必要になるがこれは容易なことではない。

さらにこれらの林分を野火から保護することを要する。野火が毎年通過する地域では更新も経理も徒労に帰するであろう。

いろいろな因子を総合して、もし森林局がよく組織され、厳重な政策を実施するならば上述の天然更新にもとづく森林経理方式は有効であろう。しかし大消費地の周辺ではこの形式の採用は疑問であり、そこでは傾向として人工更新にもとづく森林経理方式が好まれよう。なぜなら人工更新は天然更新に比較して年 ha 当り収量が多く、そのため経理が必要な面積を縮小せしめ得る。さらに加えて、人工更新の際にはカーペット状の下草を除去するので野火の危険もすくない。

不幸なことにスーダン～西サハラ地域では人工更新は技術的問題をひきおこす。このことは後述するであろう。この技術的問題は未だ解決されぬものが多く存在する。

第2節 人工更新

造林の立場からは、サハラ以南のアフリカは三大地域に分割できる。この地域区分は既述の気候による区分と一致する。

森林に富むギニー地域は降雨量（1,500 mm以上）も雨季の長さも造林に適する。そこでの制約条件は土壌の質と苗木の保護をのぞけば受光量であろう。受光量が不十分な造林技術はしばしば失敗する。経済的利益の大きな樹種の（ランバ、オクメ）造林に成功したことは良い証拠をつくったことになる。

スーダン～ギニー地域では雨量は十分にあり、（年雨量1,000～1,700 mm）光線は自然に十分な量が土壌に達する。雨季の長さも特定の造林樹種の活着のためには十分である。不良な土壌をさけ、若干の樹種については不適な土壌をさけるならば、チーク、グメリア、セドレラ、カシア、ユーカリ、その他針葉樹などの造林がそれほど困難なく実現できるであろう。造林者にとってはこの地域はもっとも困難のすくないところである。

スーダン～西サハラ地域は光線は十分であるが水が制約条件になる。この年雨量は少く、400～900 mm で土壌とくに植生より生ずる蒸発（*évaporation*）に見合う程度にすぎぬ。その乾季は密植造林が成功するためには非常にきびしいものといえよう。

そこはおそらく造林者にとってはもっとも困難な領域なのだ。不幸なことではあるが、次のことは認めねばなるまい。永久的な地下水層を所有する限られた地区を除いては、どのような注目すべき実現結果といえども、その造林技術が適正であったとはみとめられぬと。

最近若干の進歩をのぞいて、この乾燥地域の造林技術は全く停滞している。しかしながらこの地域の造林技術のもつ重要性は大きい、この地域では林産物需要が高まっているのに従来からの天然更新技術はそこでは非常に不安な結果をもたらすからである。

この課題は世界的な重要性をもっている。なぜなら、同様の条件下に在る生態圏は非常に大面積を

地球上で占めているのである。

このために、われわれは次の研究方向を価値あるものとして推定できる。

- (イ) 慣行造林技術の検討
- (ロ) 他の乾燥地域で実施された技術の適用
- (ハ) 各手法で得られた結果
- (ニ) 新研究企画と期待される結果

第3節 慣行造林技術の検討

アフリカで30～40年前以来慣用されてきた造林技術としては耕耘（又は植穴掘り）を人力でおこなう手法と機械でこれをおこなう最近の手法とがある。

以前は人力で植穴をほり、そこへ種子または苗床で養成した苗木をおいた。この植穴は鍬やツルハシ、山刀（matchette）で掘られた20×20×20 cm 亦は40×40×40 cm の大きさのものである。植付の間にある植生はあらかじめ山刀で刈払われ稀には鋤で耕耘された。苗木や種子は雨季のはじめに導入されるが、これらに最初の乾季の間撒水をおこなうことがある。勿論、これは小面積の場合に限られ、植付のコストを危険なまでに高めるおそれがある。保育作業としては2～3年の間苗木の周囲をすきかえし、山刀でまわりの植生を刈払うことが必要で、これにより植えつけた苗木が急速に成長してまわりの植生を庇圧することをねらったのであった。

ところが経験はこれに反し、苗木の上長成長がおそくて草に庇圧されますます活力を失った。苗木を庇圧して繁茂する茨はやがて野火の餌食になる。かくて造林地は成林の見込がなくなる。

これら発育不良の苗は一般に根張りが植穴の外まで発達しない。この地域の気候の下では苗木の根張りは当初の年の終りには、すくなくとも苗木の頸部から各方向へ50～60 cm のひろがりを見せなければ苗木の十分な成育は期待し得られぬが土壌が完全に耕耘されぬ限りこれは困難である。

根が生きたためには水分が必要であるが、同時に酸素の要求も持つ、そして土中の酸素は未耕の土地では欠亡し勝ちである。

1950年頃から機械で土壌を耕耘することがはじめられた。重い鋤を引いて耕耘するこの方式は20～30 cm の深さに土壌をたがやし、円板でこれを粉碎する。かように耕耘したあとで植穴をほり、造林される。北部カメルーンでは深耕されることもある。保育作業としては苗木の周囲を人力ですきかえし、稀には苗木の間に機械耕耘をおこなう。機械耕耘方式は人力方式よりは当初の成長がよいが、2～3年目には成長がおとろえてくる。この技術についてスーダン～西サハラ地域で得られた結果は未だ正確なものはないが、現地の印象として、有効な結果を得た造林地に乏しいようである。

これら半分失敗ともいふべき結果の原因は次のように推定できよう。

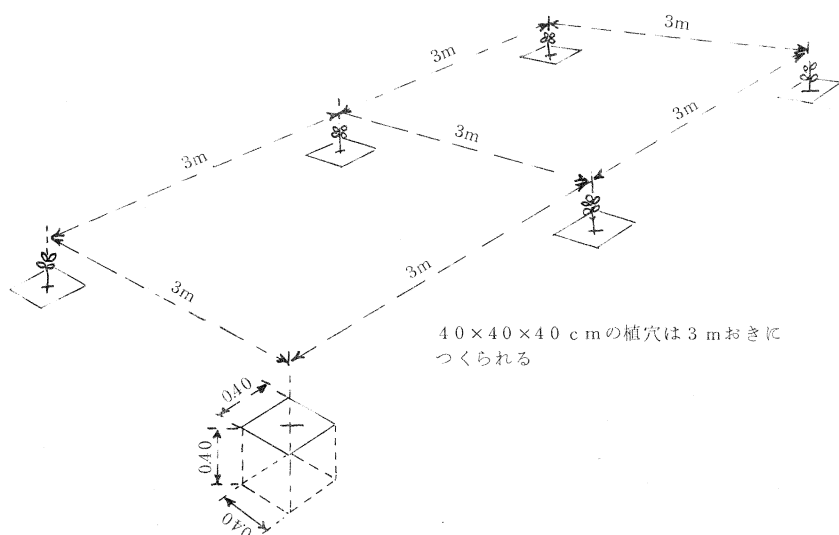
(イ) 苗木の準備に際してはポリエチレン製のポットはほとんど普及しておらず、土付苗の大面積造林も稀である。乾燥地域では、裸苗や台切苗さては直播は禁止すべき導入方式であって、そこでは十分に根を張った土付苗が用いられねばならぬ。

苗木保護の注意も不足している。この数年来やっと白アリに対するデルドリン処理が試みられてい

る。白アリはサバンナの森林植生の大敵であり、とくに資源として重要なユーカリは白アリに敏感で、しばしば白アリはユーカリ造林を不可能にした。

保育は完全になされねばならぬ。機械的に草が破壊されなかったらなおさら多く手入を必要とする。これは水分の非常な損失を回避するためにも必要なのだがこの立場はしばしば忘れられている。記録をみると成功例は次の土地に見出された。ひとつは軽い土壌の土地でそこでは苗木の根が伸張しやすいのである。他は高度の高い北部ナイゼリア高原で、ここは気象条件が割合にきびしくない。

第9図は植穴配置の模式図である。



第 9 図

第3章 ステピック法 (La méthode steppique)

熱帯アフリカやマダガスカル島の乾燥地域で森林官が遭遇する困難性は、決して固有の困難性ではなくすべての乾燥気候の下に存在する共通課題なのである。これに関して、1956年頃に「ステピック法 (méthode steppique)」と呼ばれる独自の土壌耕起技術を提起したことは在アルジェリアの仏国森林官の功績であった。この方法は、半乾燥地域で灌漑を行なわないで造林の成功を確実にするのに適していると思われる。この技術は地中海性半乾燥気候の下に在る諸国に適用し得るとされ、北アフリカ、イスラエルの森林官により採用されてかなりの成功をおさめた。

このため乾燥熱帯アフリカでも実験しようということになり、ニジェールとオートボルタ、さらにセネガルに在る各CTFT (熱帯林業技術センター) で実行することになった。

第1節 その原理

この方法がいかんして生れてきたかを見よう。アルジェリアでこの方法が発生した由来はとくに興味がある。この方法は造林と土壌保全の結婚から生じたものであるともいえる。

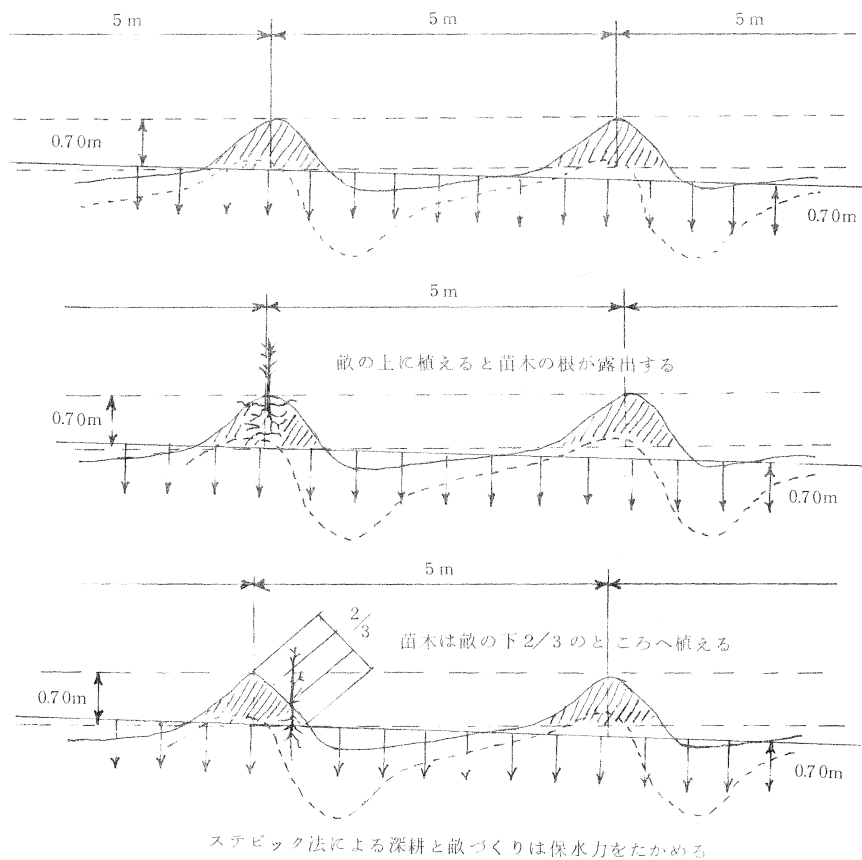
最初に道路の勾配斜面の上にシーダー (cédre) がたやすく更新していることに注目して、アルジェの森林官は土壌保全の研究の見地から「土地の腰掛」をつくることをはじめた。これは雨水の流出と侵蝕の現象を減小せしめるためであった。この腰掛を維持するために、腰掛の下方の面の上に造林してその結果の良いことが急速に注視的となった。森林官たちは道のへりの上にシーダーの更新を結びつけることを知ったのである。次いで彼等は、いわゆる斜面現象とそれを組織的に利用することを取りあげることを知った。ただ、くわしい方法の効果を説明し得るまでには至らなかったのである。

土壌保全の研究は、反転しなくとも土壌深耕が土壌中の水の保全を非常に増加するということを説明したので、森林官たちは盛土とローター耕耘 (rootage) を結合する着想をもち、これからステピック法は土壌の一部又は全部にローター耕耘を通し、等高線ぞいにアングルドーザで大きな畝をつくり、(この畝はローター耕耘により生ずる条の何本かをおおいかくす。)そしてこれらの畝の上に造林を実行することから構成される。(第10図)

かような耕耘により雨水は土壌全体の中にしみこませられる。雨水は連続する2つの畝の間に保留され、ローター耕耘のつくった条によって吸収される。

必要な場合には等高線ぞいに雨受けの溝をつくり、雨水を盛土の基部にみちびくことができる。これは盛土の上に植えられた植栽の列に利益をあたえる。

畝の盛土がくずれて植付けた苗木の根が露出するのをさけるために、實際上、苗木は盛土の頂上に植付けることなく、頂上から $\frac{2}{3}$ ほど下の側面の上に植付けられる。(第10図) 2つの畝でつくられた雨受けの上を雨水が流れることにより、単なる自然降雨量よりも多くの水量を、畝の側面に植付けた苗木にもたらすことになる。これはステピック法の確定的な利益なのである。



第 10 図

ステピック法による土壌耕耘作業は、ローターやリッパを引いたキャタピラトラクターによりおこなわれる。このローターやリッパは土壌を深さ0.7～0.8 mに掘りかえして埋めもどす。次いでアングルドーザーが2回通過して畝を盛上げる。この畝の間隔は最大7～8 m、最小3～4 mであり、この間隔は降雨量に逆比例する。なぜならば雨受けの面積すなわち畝の間隔は、植付けた苗木の下にいつも等量の水をあつめようとのぞむならば、気候が乾燥するほど広くせねばならぬであろう。

トラクターの所要馬力は土壌の緻密さにもよるが一般に120馬力以上が必要である。アルジェリアでは甲殻土壌(sol à carapace)に対し150馬力のトラクターを使用している。

この作業は1 ha当り4～9時間の機関駆動を所要するので高価につくが、この技術の採用によって、年雨量300～400 mmの北アフリカやイスラエルでも灌漑なしで多数の造林を可能にした。

イスラエルでは年雨量200 mmの下でもタマリクス(Tamarix)の街路樹植栽を可能にしたのである。

第2節 好結果を得た理由

ステピック法の得た効果の科学的説明は何人かのアルジェリア森林官、とくにA. モンジョーズ (A. monjauez) によって経験に立脚して試みられた。ただこれらの試みは研究方法において未だ十分とはいえず、各現象の相互関係の分析に不備であった。それでもアルジェリア林業試験研究センターは1962～1963年にいくつかの研究結果を得ることができたがこれについての結論は後にあたえられるであろう。

A. モンジョーズは先ずこれらの造林がおこなわれた地域の自然環境を検討し、乾燥温度指数 (indice xérothermique) により各試験地を分類した。(指数はBagnoulsとGaussen両氏による。) この分類には特別の場合には雨量温度指数曲線 (Courbe Ombrothermique) を使用するBagnoulsとGaussenの2人の創始者は、気候の乾燥的要素をグラフによって巧妙に表示することを考案したのである。すなわち、潜在的蒸発散 (Evapotranspiration potentielle 略称ETP) は1カ月ごとに、大気中に蒸発した水分をmm単位で表示することにより求められるが、ETPは温度の関数であって、平均摂氏気温を2倍したものがETP (単位はmm) と考えられる。(訳注、 $ETP\text{ mm} = 2 T_c$)

同じグラフの上にmm単位で月別の降雨量曲線をかくと同時に、気温の尺度を降雨量の尺度の2倍にとって温度曲線をえがけば、この気温変化曲線は換算せずともそのままでETPの変化曲線をあらわすことになる。そして、2つの曲線によりつくられる「ポケット部分」は(第13図で縦線であらわされている。) 各月の蒸散量と降水量の差、すなわち乾燥の度合をあらわす。このポケット部分の面積をはかることによって、2つの異なる試験地の乾燥の度合を容易に比較することができよう。

乾季には蒸発散量が降雨量よりも多いが、この水分不足量は雨季からの保留分によっておぎなわれる。もし試験地の植生が乾季に耐えて生きのこることをのぞむならば、その前の雨季の間に土壤が保留した残余の水分を消費せねばならない。ステピック法による畝づくりはこの土壤保水力を高める。

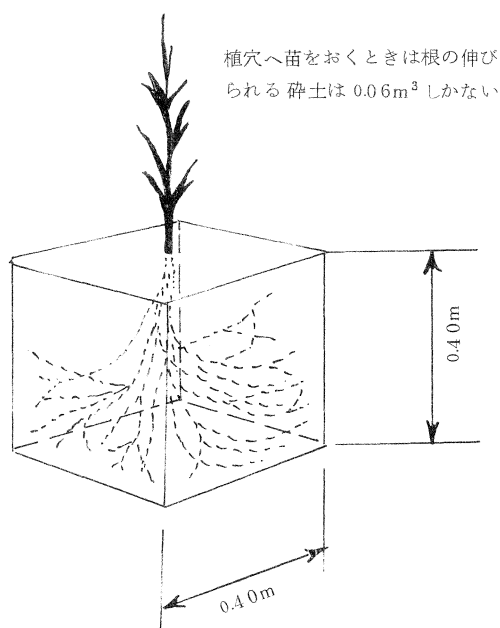
A. モンジョーズはさらに降水量、蒸発散、土壤湿度について論じているが、これらは彼の報告「イスラエルの畝上造林」にくわしい。なお、アルジェリア林業試験研究センター場長のR. ピュトウ (R. Putod) は水分と土壤の作用を、「半乾燥地域の土壤に関する若干の観察」に叙述しているが、その中で畝づくりの効果をまとめ、畝づくりをした場合は無処理の土壤に比して雨水の集積、滲透、保留の各効果が高められるとしている。

植生の根が伸びるためには水分だけでなく、土壤が耕耘により碎かれていることが利益になる。ステピック法はこの「碎かれた土壤」の体積をいちぢるしく増加する。

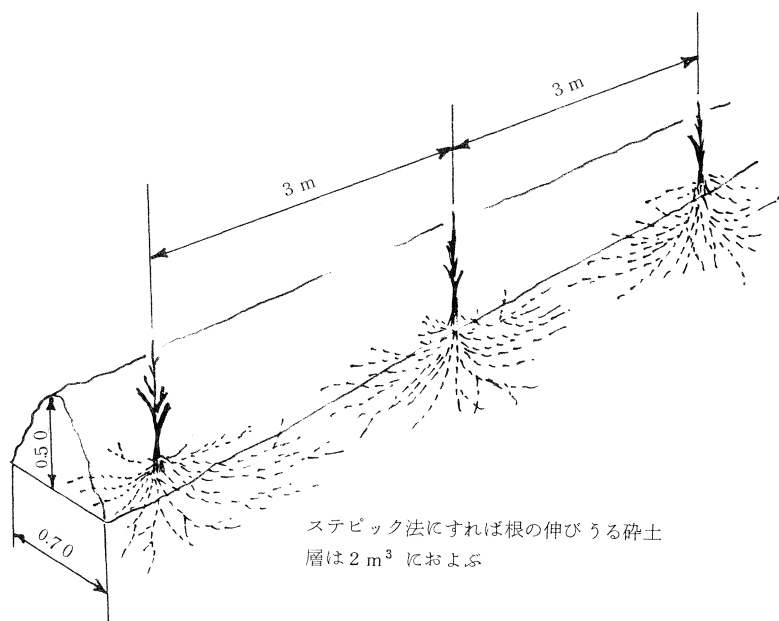
$0.4 \times 0.4 \times 0.4$ mの植穴の場合はおよそ 0.06 m^3 の碎けた土壤の体積が得られるが、ステピック法により深さ0.7 mに耕耘した上に高さ0.5 m、基底0.7 mの畝をつくるならば、苗木を3 mおきに植えるものとしておよそ 2 m^3 の碎けた土壤の体積が得られる。これは前者の30倍以上であり、根が畝の土を満度に利用し得ぬとしても、根が受益するこの体積はなお前者の10～20倍におよぶであろう。さらに、この碎かれた土壤に加わる風化と、根により多く供給される酸素の効果も見のがすべきでなかろう。

ステピック法の利益は要約すると、可処分水分の増加、破碎された土壌体積の増加、土壌中の可処分酸素の増加の3つとなる。この方法は1965年以来スーダン～西サハラ地域で実験がつづけられている。実験の開始がおくれたのは必要な重機械を早急に調達することができなかったからである。これらはブルドーザや非常に重量のあるローターなどであった。

スーダン～西サハラ地域のステピック法による畝づくりはアルジェリアにおけるものに比して軽度であり、耕耘の深さは0.6 mを越えず、畝の高さはアルジェリアの0.7～0.8 mに対して0.5 mにすぎなかったが、われわれは、これによって結果が強く影響されるだろうとは考えない。むしろ、地中海地域とサハラ以南の気候条件の差が大きいために、同一の方法を用いても異った結果にみちびかれるのではないかと考えられる。



第 1 1 図



第 1 2 図

第4章 ステピック法の適用

第1節 地中海地域とスーダン～西サハラ地域との環境比較

サハラ以南にステピック法を導入するに際してわれわれは先験的に確信を持っていたのである。年雨量250～300mmの北アフリカで成功した技術が、年雨量500～900mmの地域、すなわちスーダン～西サハラ地域で失敗することはあるまいと。さらにわれわれは、年雨量700～750mmの地域なら、ステピック法よりも土壌耕耘の度合がよわくても（たとえば深耕だけで畝づくりはしない。）十分ではなかろうかとも考えていた。

造林試験には他の何よりも先ずユーカリが採用された。ユーカリは雑種性と適応性がつよく、あたえられた環境に対してよく対応する種類をたやすく見出しうる。ユーカリの多くの種類は成長が早く形質が良く、電柱や支柱材として有用な木材を生産するのでその経済的利益は議論の余地がなかった。

しかしながら最近発生した失敗はわれわれの樂觀をあらためさせた。年間雨量800～850mmの気候の下、手で深さ30cmに耕耘した土地の上に設定した試験区の中で、ユーカリ・テレチコリスとユーカリ・カマルドレンシスの各3年生のものが枯死し、他の試験区の中でも3年生ユーカリの若干が乾季の終りに梢端部が枯れていた。これらの試験区では耕耘は部分的にローターでなされ畝づくりはおこなわれていなかった。しかし深さ30～40cmに耕耘されていることは水の滲透と保留の能力をその土壌が高めたことになるので、この枯死事件は重大な警告とわれわれにはうけとられた。ステピック法の採用に関して。

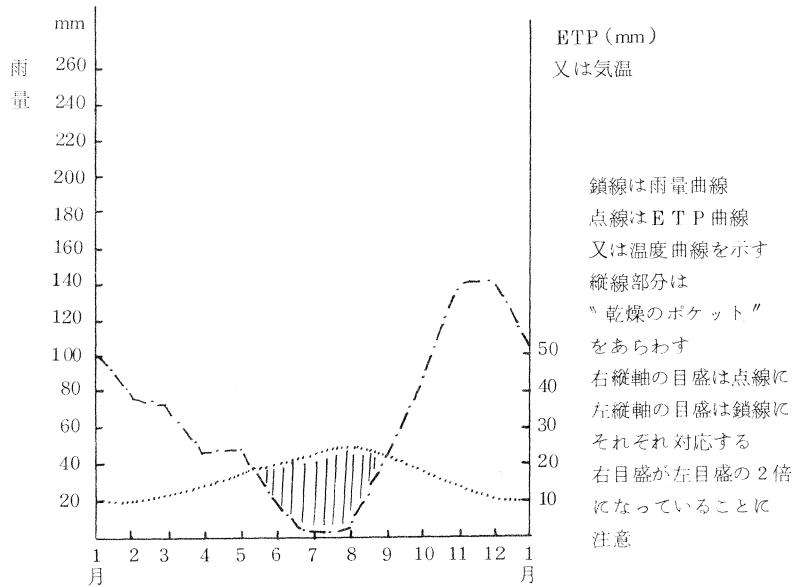
地中海性気候の年雨量250～300mmの地域でステピック法は成功しているから、この地中海地域の環境とスーダン西サハラ地域のそれを比較することが必要になる。両者が近似していると結論されるならば、サハラ以南の乾燥地域の中でもステピック法による造林が合理的に期待し得るのである。これに反して両者が基本的に相違するならばステピック法のサハラ以南への適用は慎重でなければならない。

まず、地中海地域とスーダン～西サハラ地域の気象条件を比較することにする。このために、既述したゴーセン教授(Gaussen)の雨量温度曲線を利用しよう。このグラフに見る、毎月の降雨量と蒸発散による水分の大気中への消失量との差は乾燥の指標として役立つ。すでにのべてきたように降雨量と消失量の両曲線の間に含まれる面積は“乾燥のポケット”と呼ぶものを構成し、これは毎月の水収支欠損をmm単位であらわしたものである。2つの試験地について各々この面積をはかり、これを比較することによって、両試験地の乾燥の度合を比較することができるであろう。

地中海地域では夏の長い日の間に乾期が、秋から冬への短い日の間に湿気の多い季節がやってくる。これに反して蒸発散は夏の高温期にたかまる。このため“乾燥のポケット”は第13図の如き形状を示す。

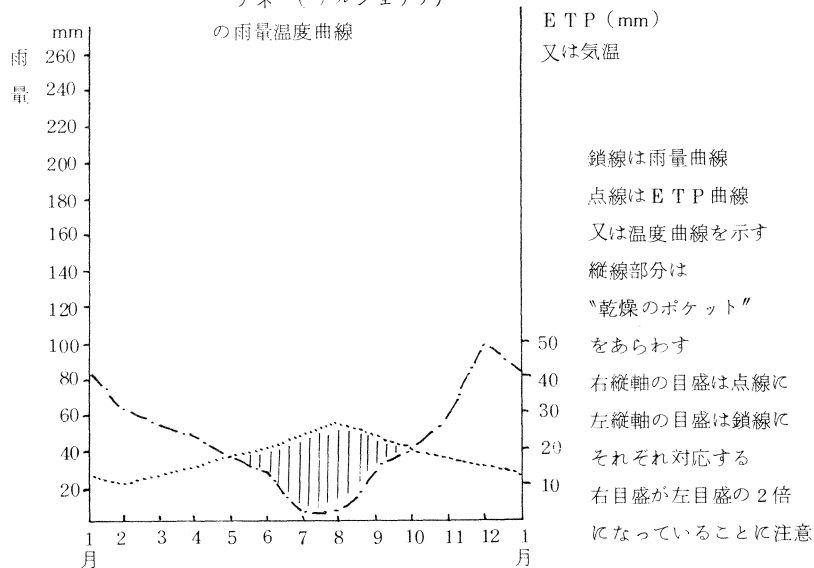
スーダン～西サハラ地域の気候は前者とはことなり、乾季は冬の短い日の間に位置し、雨期は長い日の夏に位置する。すなわち雨量曲線は夏にピークをみせ、蒸発散または気温のカーブは冬の間に上

デザレア (アルジェリア)
の雨量温度曲線



第 1 3 図 A

テネ (アルジェリア)
の雨量温度曲線

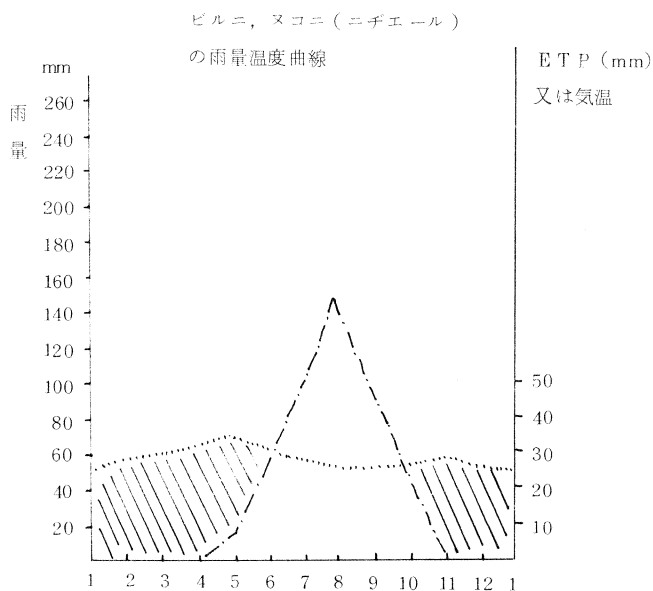
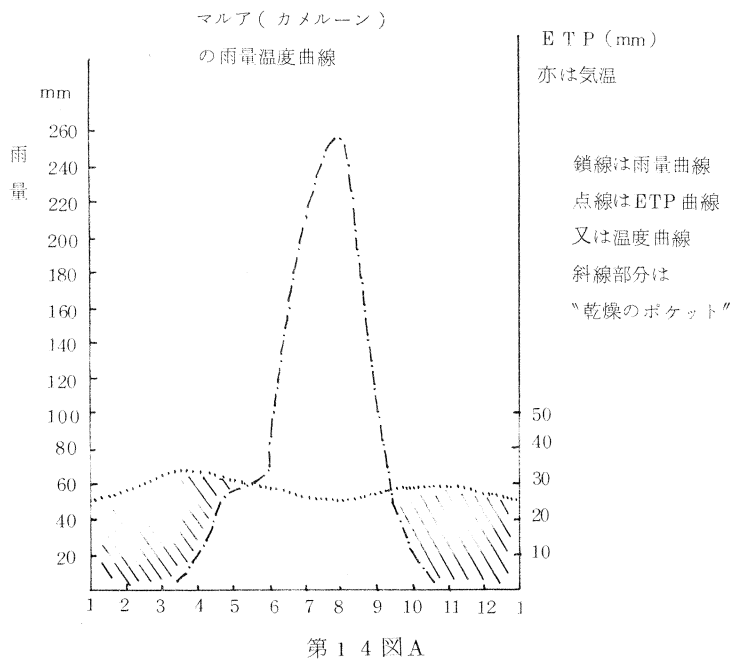


第 1 3 図 B

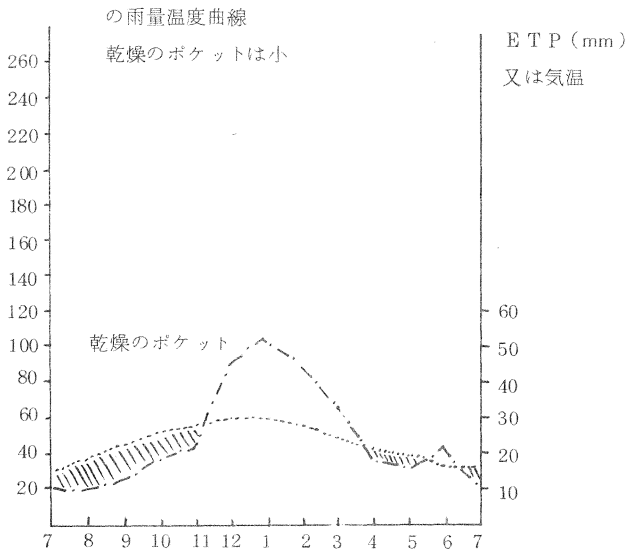
昇を示すので、乾燥のポケットは第 1 4 図の如き形状を示す。」

これら 2 つの気候型を雨量温度曲線によって比較すると、その型ははっきりと異なっており、同じ年平均雨量の 2 つの試験地をくらべると、乾燥のポケットはスーダン～西サハラ地域の方が地中海地域の 2～3 倍の面積をもっている。このちがいはオーストラリアの西クインスランドにあるエメラルド試験地の雨量温度曲線を参照することにより明確になるであろう。

例としてブザレアとテネ（両地ともアルジェリア）およびマルア（カメルーン）、ビルニ・ヌコニ（ニヂエール）の4試験地について雨量温度曲線のダイヤグラムをつくり、比較検討してみた。その結果、蒸発散（又はETP）が降雨量より優越している月の数は地中海地域よりもサハラ以南の地域が多く、ETPの平均値も（従って毎月の気温）スーダン～西サハラ地域が高いこと、北アフリカではおよそ4カ月間の冬があり平均気温 15°C 以下であるがサハラ以南ではこの季節が明白には存在し

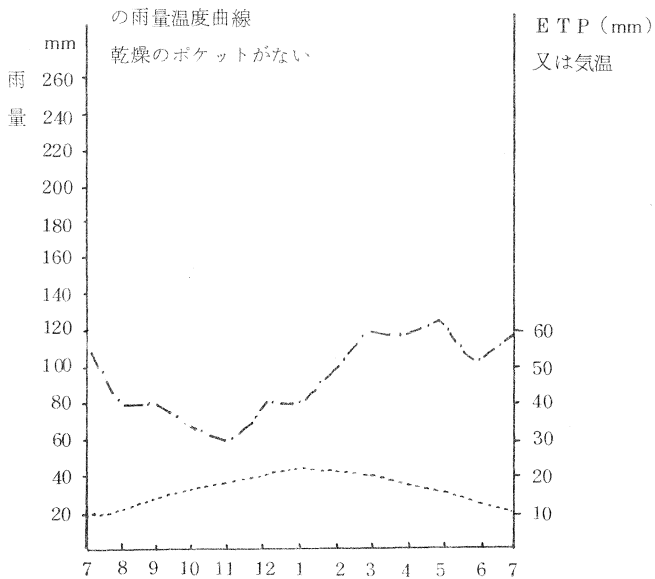


エメラルド(オーストラリア・クインズランド)



第15図A

ニューカッスル(オーストラリア・ニューサウスウェールズ)



第15図B

ないことがみとめられた。

すでにのべてきたように Gaussen の公式は、月別に mm 単位であらわされる蒸発散 $E \cdot T \cdot P$ と摂氏で示す月平均気温 T の間に $E \cdot T \cdot P = 2 \cdot T$ の関係を指摘するものであるが、 $E \cdot T \cdot P$ の値はサハラ以南にこの公式をあてはめると過小なものになるということはどうも確実であると思われる。それはこの公式がスーダン～西サハラ地域の固有の自然現象を考慮していないからである。

この地域に吹く風のうちでもアルマタン(L'harmattan)は卓越しており、この風は非常に熱く乾燥しているので蒸発をいちぢるしく高めるにちがいない。

アフリカのこの地方の風は次の4つのものが主として活動している。

(a) 大西洋北東貿易風(L'alizé boréal maritime)

アゾレス高気圧帯から発生しセネガルなどの沿岸地帯に影響する湿潤な風である。

(b) エジプト風(L'alizé boréal continental)

チュニジア高気圧帯に生じサハラの上をすぎて吹く暑くて乾燥した風、影響は間断的。

(c) 大西洋南東貿易風(La mousson)

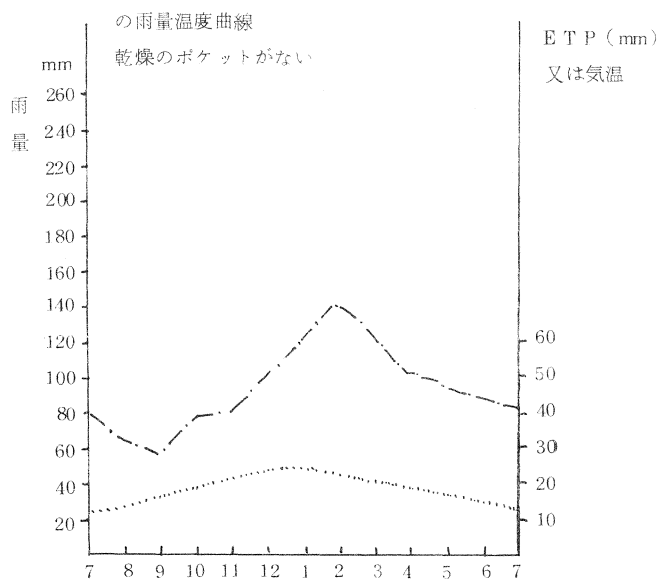
セントヘレナ高気圧帯から形成される風でこれが雨期の原因になる。

(d) アルマタン(L'harmattan)

西アフリカ熱風といわれる東から吹くものでサハラよりスーダンをこえて吹く。1年中この影響があり、極度に乾燥しかつ暑い。この風はセネガル海岸を除いて12月より4～5月まで不断に吹くため、もっともその作用が強い。

アルマタンが非常に乾いているために、気温の上昇による以上に蒸発散の増加をひきおこすので

ケンヂイウエスト(オーストラリア・ニューサウスウェールズ)



第15図C

ETP = 2Tの公式はアルマタンの卓越する地域ではETPの過少値しかあたえない。このため雨量温度曲線の比較による乾燥度の相違以上に地中海とサハラ以南では乾燥度に差があると推定される。

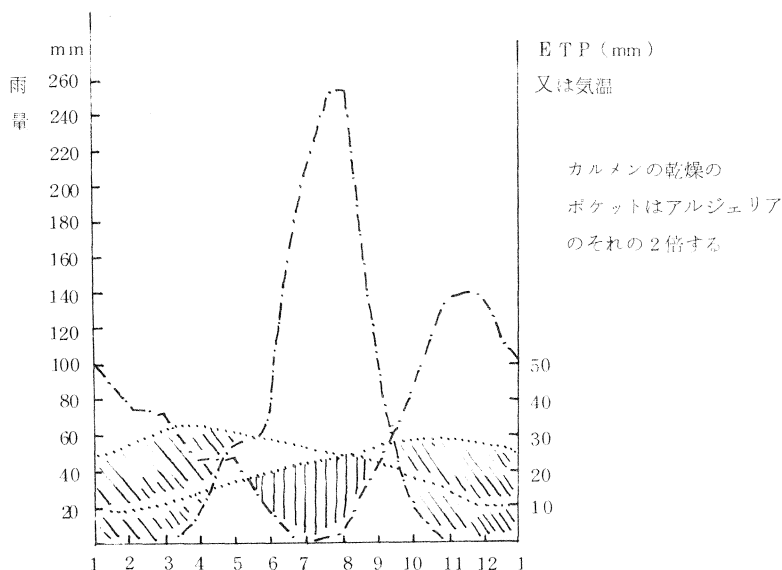
以上の結果、たとえ同一雨量であっても、スーダン～西サハラ地域は地中海地域よりも造林事業が困難であろうと考えられる。

次に水収支の面からの考察をおこなってみよう。それは雨水の流出量比較、もしくは、降雨量の集中度比較である。

われわれは、同じ年降雨量をもつ2つの地区で流失量がひとしいかどうか

をしらべてみた。この比較のためには土壤保全測定試験地2カ所から得られた結果の対比を要し、ここでは年降雨量、傾斜、土壤が同一でなければならない。等雨量でもサハラ以南の方が北アフリカやイスラエルよりも雨期が短く、降雨量の集中度がより強い。他の条件(傾斜、土壤)が等しいならば集中度のつよい程、流失による水の損失もつよいであろう。

第13図Aと第14図A
の合成により
"乾燥のポケット"の比較をする



第16図

第16図はブザレア（アルジェリア）とマルア（北カメルーン）の両試験地の雨量温度図表を重ねあわせた図である。両試験地の年雨量はひとしく780～800mm、ブザレアの降雨期は8カ月、マルアのそれは4カ月以下であるので後者の方が降雨の集中度は高くなる。

次の各表はカウアラ（Kaouara）試験地で得られたもので、CTFTのこの試験地は、土壤保全を目的としてニヂエールにおかれている。この地の気候はビルニヌコニ試験地のそれに近似しているので第14図の雨量温度図表が参照できる。

第14表はカウアラで1965年にみとめられた降雨量の月別分布である。第15表は同年の6月から9月の降雨量と流失量をあらわしたものである。10mm以上の降雨に際しては流出量は40～50%にも達し、最大70.5%にもおよぶ。

第 1 4 表

月	降雨量 mm	降雨回数 回	級 別 降 雨 回 数						
			mm 0～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	mm 60～70
5	48.5	2	一回	1	1	—	—	—	—
6	71.9	7	5	1	—	1	—	—	—
7	153.7	10	6	1	1	—	2	—	—
8	227.3	24	14	6	1	2	1	—	—
9	97.8	12	7	5	—	—	—	—	—
計	599.2	55	32	14	3	3	3	—	—

訳注） Niger 国の Kaouara 試験地において 1965 年の降雨量分布を調査したものである。

この試験地の傾斜は1.5～2.5%，土壤は炭酸石灰質の砂岩の上に浅く形成され、滲透性は乏しく表面滲透性は2～10cm/時である。8月30日と9月12日の2回、帯状に耕耘され3m間隔で2m幅深さ0.25mにツルハンで実行された。この耕耘が流出量を減少せしめることは第15表の8月後半と9月の頃を見ればわかるであろう。

この結果、1.5～2%以上の傾斜では降雨量の20～50%が流失すること、耕耘が流出量を減ずることを知り得る。

このため、サハラ以南では失われた降雨量は植生にとって莫大な量に達する。これは土地がすこしでも傾斜をもつならば起り得るものである。前述の“虎斑サバンナ”現象はこの流出で説明できるだろう。すなわち流出する水は低きに流れ、こまかい土壤成分をはこんで凹地にそれを集積する。水と細土を集積した地点には樹木の成立がみられ、この樹木はさらに流出する水と沈澱物の集積を利用しながら傾斜上方へひろがる。このことは、年雨量600～700mm以下のところでステピック法の可能性を啓示するものといえよう。

明確にはされていないが降雨量の蒸散による消失も見のがせぬ。スーダン～西サハラ地域では雨季は4～6月にはじまるが、このころは気温の最大するときである（30～35°）。非常に暑くて乾燥し

第 15 表

日 付	降 雨 量	降 雨 最 大 強 度	降 雨 量	流 出 量	流 出 率	日 付	降 雨 量	降 雨 最 大 強 度	降 雨 量	流 出 量	流 出 率
6月 7日	3.5 mm		16.2 m³	— m³	— %	8月13日	14.5 mm	90 mm/時間	66.9 m³	23.3 m³	35 %
11	14.2	24	65.6	34.5	52.5	15	33.9	90	156.5	74.0	47
13	1.5	—	7.0	—	—	16		(带状に耕耘)			
14	8.4	90	38.8	17.2	44.3	16	26	—	12.0	—	—
17	36.3	70	—	—	—	21	14.9	60	68.8	—	—
24	7.5	30	34.6	5.3	15.3	22	10.1	24	46.6	—	—
30	0.5	—	2.3	—	—	23	2.8	—	12.9	—	—
6 月 計	71.9		164.5	57.0	34.5	27	25.5	180	117.7	0.5	0.4
7月 1日	48.7	132	223.9	140.0	62.5	29	41.2	66	190.2	35.1	18.5
9	17.5	12	80.8	11.7	14.0	30		(中 耕)			
12	2.0	—	9.2	—	—	30	12.5	24	57.7	—	—
13	29.0	2	133.9	94.6	70.5	31	0.8	—	3.7	—	—
16	0.5	—	2.3	—	—	8 月 計	227.3		1049.1	258.9	24.7
20	0.5	—	2.3	—	—	9月 2日	15.4	42	71.0	—	—
22	9.0	45	41.6	6.8	16.3	3	11.0	30	50.8	—	—
26	43.5	105	200.8	101.0	50.5	4	1.0	—	4.6	—	—
27	2.0	—	9.2	—	—	7	22.1	66	102.0	—	—
30	1.0	—	4.6	—	—	9	17.4	48	80.3	5.7	7
7 月 計	153.7		708.6	354.1	50.0	12	3.2	12	14.7	—	—
8月 1日	10.5	75	48.5	19.5	40	12		(中 耕)			
4	12.3	60	56.8	27.7	49	13	2.7	6	12.5	—	—
6	30.7	45	141.7	68.4	48	14	9.0	24	41.6	—	—
9	3.0	—	13.8	—	—	16	13.0	45	60.0	—	—
11	3.0	—	13.8	—	—	21	3.0	10	13.8	—	—
12	9.0	45	41.5	10.4	25	9 月 計	97.8		451.3	5.7	1.3

訳注) 1. 8月1日～15日迄の流出率は41.5%, しかし8月16日～31日の耕耘後の流出率は7.0%にすぎない。

2. 試験地, 試験年度は第14表と同じである。

た土地の上に、最初の降雨が各週ごとに断続して降るため、これらの雨水は植生の根に達しないで蒸散によって急速に消失するにちがいないと考えられる。この蒸散による水の損失は、雨季の温度の低い北アフリカでは前者よりもすくないと見積られる。」

前述の如く、スーダン～西サハラ地域では数時間にわたる激しい大雨のあと道路が汨濫するが、無益に失われる莫大なこの水量を、土壤への滲透を増すことによって馴化することこそ林学者、農学者の本質的な研究目標ではなかろうか。

植物生産、とくにわれわれがそこに導入する造林樹種の生理現象についても観察せねばなるまい。土壤条件を別にすれば適地選択の条件は根に利益をもたらす滲透水の量であると考えられるが、たとえ水因子が同一であっても気候が異なればかならずしも植生の同一の成長は期待できぬ。例として地中海地域とサハラ以南を比較すると、地中海地域には冬季が存在し、この低温の間は植生は成長をとめ、蒸発散もとまる。冬の3～4カ月間は森林植生による水需要は北アフリカではきわめてすくなく、この間が雨季になる。

これに反してスーダン～西サハラ地域では冬が乾季であり、温度が高くアルマタンによる蒸発散がはげしい。郷土樹種は一般に乾季に対応して、落葉するか、トゲのある蠟質の形をとるか、気孔調節によるかして自らを守るがユーカリの如き導入樹種は落葉せず、その成長の急速なことからみてわかるように水を多く消費するに相違ない。北アフリカで効果をおさめたユーカリがサハラ以南でも良結果を得るとはかぎらないのである。

非郷土樹種を熱帯圏で風土馴化させる本質的条件は水の需要をみたすことであると考えられる。

記録によれば、成長の速いユーカリ（E・サリグナ，E・グランデス，E・ロビウスタ）の失敗は一般に植付後第3年目ごろにおこっている。換言すれば、これらの樹種は最大限の葉面積をもった時期に自然落枝をはじめたのであり、これらの樹種は新鮮で深い土地を好み浅く乾燥した土地をおそれることが知られている。

この落枝は強い蒸散がおこなわれたことを示唆する。ユーカリはやや高い平均気温の下でいつもしめり気のある土地を好む樹種とみられる。第15図Bと第15図Cはユーカリの原産地オーストラリアにある典型的な2つの試験地、ニューカッスルとケンヂーウエストの雨量温度曲線図表であるが、ETP曲線が常に降雨量曲線の下にあることに注意されたい。なお、ニューカッスル試験地はE・ロブスタ，ケンヂーウエストではE・サリグナを植栽している。このために降雨量に乏しいサバンナ地区へユーカリを導入すれば、ユーカリによる蒸発散は、その葉面積がある大きさに達すればその土壤にある水資源をくみつくすことになる。

現在までの結論として地中海地域とスーダン～西サハラ地域の比較からわれわれがひき出せるものは次の如くである。

(i) 北アフリカおよびイスラエルとサハラ以南を比較すれば、同じ雨量であっても造林木にとって可処分水量はサハラ以南の方が明白にすくない。

(ii) 地中海地域よりもスーダン～西サハラ地域の方が、同じ樹種が同じ成長をするためには水分を多く需要する。これは蒸発散の相違による。

Ⅲ) 同じ雨量の下でも造林事業はサハラ以南の方が困難である。たとえば年降雨量800 mmとしても300~400 mmは流失もしくは土壌からの蒸発によって消失する。その上、造林樹種が水分の大消費者であれば密植の(1 ha 当り1000本)時、蒸散により年間400~500 mm以上の水分を消費することも稀ではない。これでは造林は失敗に帰するであろう。

この対策として、樹種変更、疎植、土壌耕耘といった各手法が考慮されるが、この耕耘は植栽木の根系に対して年間700~750 mmの水分の滲透と保留を可能にする。とくに、この地域でステピック法はすでにのべてきた事項に留意することにより造林に対して大きな保証をあたえるものであろう。

もとより、サハラ以南の年雨量700~800 mmの地域での造林結果が、地中海地域の年雨量300~400 mmの下でのそれよりも劣るという結論が将来は出るかも知れないが、若干の樹種は疎植で良く成長するであろう。

第2節 ステピック法の適用と結果

われわれは造林研究をサハラ以南に組織的にすすめるためにO T F Tのセンターを1962~1963年にニヂエール、オートボルタに設け、次いでセネガルにも設置した。これらのセンターは生態的にみてその地域の代表的な特性を持つものと推定される。ニヂエールの試験地は年雨量450~700 mm、オートボルタのそれは年雨量600~1000 mm、但しセネガルは海岸地区なので貿易風の影響をうけアルマタンの力をよわめる。これと同時にFAO機構によって北部ナイジェリアのカデユナ(Kaduna)にも試験地がつくられた。

試験内容としては次のようなものがあげられる。風土馴化(変異選抜)、植付密度、土壌耕耘(とくにステピック法)、施肥、土壌の水収支(蒸散の測定)など、いずれも実行または計画段階にある。もっとも古い試験区でも3年しか経過していないので本格的な結論を出すには尚早である。

a) 風土馴化、適地品種の選定

この試験に使用された試験区は0.25~1.00 haの面積をもち3年間測定された。林班の統計的配置がなされず、従って地力影響除去のための反復配置もなされていないが、4~5カ所の異った試験地でおこなわれているために、その結果が一致している場合には妥当な結論とみてよからう。

試験に使用されたユーカリはポリエチレン製のポットにより4~6カ月生で定植され、種類により異にする結果を得た。

◎非常に良い成長のもの：E・カマルデュレンシス(オーストラリア・シシリー産)、E・テレチコルニス、E・ハイブリッド・ド・マイソール、E・カマルデュレンシス(ナイジェリア産)、E・レヂニフエラ、E・アルバ。

◎並の成長のもの：E・テレチコルニス(スーダン産)、E・12ABL、E・シトリオドラ、E・エグゼルタ。

◎成長不良のもの：E・サリグナ、E・グランデス、E・ロビユスタ、その他マレグループ(groupe mallee)に属するユーカリ。

◎成長は並だが非常に形状不良のもの：E・アルペンス，E・ポピュリボア，E・ミクロチカ，E・シデロキシロン，E・ミリオドラ，E・クレバ，E・オクシデンタリス。

E・カマルデュレンシス，E・テレチコルニス，E・マイソールドハイブリッド，は熱帯アフリカの大部分の試験地で成功をおさめている。これに反して，マレグループに属するユーカリは非常に乾燥した試験地では不適であることを示している。

サリグナ，グランデス，ロビユスタ，の不適応グループは高温多湿，とくに降雨が年間均等にあることを要求する品種とみられている。

第16表はある林班の測定結果である。この林班はステビック法によって耕耘され，林令は6カ月であった。

その他の樹種については次の結果が得られている。好結果を得ているものは

Prosopis juliflora (マメ科)，これは砂質土を好むが珪化粘土質にもよく，当初2～3年では年間樹高成長2mを示している。この樹種は良く土壌を被覆するが用材を生産できぬ。

Dalbergia sissoo (マメ科) しめり気のある粘土質の土地でよい結果をもたらす。年間樹高成長2m程度で良い竿材を生産する。

Anacardium occidentale (ウルシ科) これは軽い土質によく，年雨量700～800mm以下のところで，ポットにより導入すべきである。

その他，*Acacia nilotica*，*Acacia scorpioides* は定期的に氾濫するところがよく，*Acacia albida* は軽い土地によい。そして次のものは成長は並かまたは不確実な結果しかわかっていない。*Cassia siamea* (マメ科)，*Azadirachta indica*，*Filao*，*callitris*。

いずれの結果も植えてから1～3年のものであり，本格的な結論の出るのはまだ先のことであることを再度注意しておきたい。

b) 植付密度試験

植付密度の試験は本来ならば成長試験の結果が良好とみとめられた品種についてのみおこない，統計的実験配置(反復をおこなうこと)をとることが必要であろうがこれらは未だ実行されていない。しかし，すでに4つの植付密度の試みがなされており，1967年になればもっとも古い造林地が5年生になるので何か手引をわれわれに与えることができよう。

これらの密度は2×2m，2.5×2.5m，3m×2.5m，3m×3m，の4種類で現在3年生のユーカリ(E・テレチコルニス，E・カマルデュレンシス)であるが，現在までにわかっていることは，2×2mの密植は失敗であったということである。これは根系にあたえられる水の量に起因する。3m×3m(ha当り1,000本)と2m×2m(ha当り2,500本)では水の需要は造林の成長や蒸発散からみても，後者は前者の2倍になるであろう。植付密度が高ければ，茂みが密になりETPを減ずる効果が出てくるので水需要は植付密度に厳密には比例しない。かような気候の下でユーカリを植えるとすれば，ha当り1,000本以上は好ましくないとわれわれは推定している。

c) 土壌耕耘(ステビック法)

成長に対する土壌耕耘の効果をみるための試験は1963年からおこなわれたが，1963年にお

第 16 表

林班番号	ユーカリ品種とその産地	成功率	林班平均樹高 1965年12月	林班番号	ユーカリ品種とその産地	成功率	林班平均樹高 1965年12月
11	E・camaldulensis オーストラリヤ産	93%	1.62 m	16	E・umbellata スーダン産	96%	0.82 m
21		97	1.20	26	E・lesselaris オーストラリア産	90	0.64
31		87	1.33	36	E・12ABL	99	1.01
12		89	1.65	17	マダガスカル産	89	1.10
22	E・camaldulensis ヨーロッパ産	89	1.48	27	E・alba	83	1.04
32		90	1.36	38	オーストラリア産	96	1.08
13		86	1.45	37	E・gompophcephala オーストラリア産	79	0.42
23		91	1.05	18	E・citriodora	85	0.80
14	E・rostrata ナイジェリア産	82	1.61	29	東洋産	80	0.92
33		93	1.11	29	E・exerta オーストラリア産	84	1.06
24		86	1.04	28	E・oleosa	これらは有効な結果が 得られず、除去すべき 品種と考えられる。	
34		92	1.17		E・eromophila		
15		81	1.05		E・longicornis オーストラリア産		
25	ヨーロッパ産	91	1.23				
35		94	1.14				

歌注) 本法はForêt de l'aviation試験地の測定結果で、試験地はステビック法により耕耘されており林令はすべて6カ月である。

こなわれた試験は手作業で深さ20～30 cmに試験区の全面を耕耘した上に植付けられた。

1964年にはオートボルダで利用できる耕耘機は1本の歯を持つローターだけであったので、これらの試み（訳注、試験区の耕耘）は表土の浅耕とローター通過（深さ60～70 cm）の併用から構成された。耕耘が完全にローター通過によっておこなわれ、畝づくりにより補完されたのは1965年であり、典型的なステピック法による耕耘がなされたのは1966年であった。

第17表にみられるように最初の結果はわれわれを勇気づけるものであった。それはステピック法

第 17 表

ユーカリ品種	耕耘法	植付苗木数	活着率	6ヵ月生の平均樹高
E・Camaldulensis	M・S	100本	95%	1.44 m
	SS+P	200	88	1.34
E・alba	M・S	50	88	1.52
	SS+P	100	88	1.31
E・12ABL	M・S	50	94	1.42
	SS+P	100	94	1.46
E・Citriodora	M・S	50	86	1.06
	SS+P	50	22	0.85

訳注)

1. 1965年に測定した平均樹高である
2. Niger国 saga試験地(Niameyの附近)での結果
3. 深さ0.8 mのところに地下水が存在する
4. M・S:ステピック法による耕耘
SS+P:深さ40 cmに耕耘し、円板(ディスク)で土塊を砕いたもの

が他の耕耘技術に比し有利であることを示している。これはニヂエールのサガ試験地での結果であるが、地下水層の存在はステピック法にとって明らかに不利であることを示している。深さ40 cmの耕耘だけでも地下水の効力の及ぶ範囲まで苗木の根を張らせるのに十分であるのでE・12ABL種にはステピック法の効力はみとめられていない。これに反して要求の多い品種であるE・シトリオドラ種はステピック法の畝づくりにより利益をうけていることがとくに発根率(活着率)にみとめられている。

次の数値は同じニヂエールにある、フオレ・ド・ラピアション試験地で得られたものである。この試験地はローター通過により耕耘され、ニヂエールでは初めて灌漑なしでユーカリ造林を可能にしたところである。この試験地で1.5年生の樹高は次のとおり。

E・カマルデュレンシス	3 m～4.75 m
E・ロビニスタ	2 m～3 m
E・12ABL	2.20 m
E・アルパ	3 m

E・レヂニフエラ 2.50～3 m

E・テセラリス 2.50 m

ステビック法の効果を確認するためには、他の耕耘技術との比較が必要になる。この試験は複雑化をさけるために1966年に2つのグループに分けて企画された。

ひとつのグループは耕耘形式の異なるごとに苗木成長のちがいを試験するもので、ニヂエールのニヤメイの近くにあるフオレ・ド・ラビアシオン試験地でおこなわれた。ここでは土壌の等質性がいちぢるしく、このため統計的反覆配置はなされていない。ここの第1林班は3 haあり、5種類のユーカリ(12ABL, レヂニフエラ, シトリオドラ, マイソールハイブリッド, ブラックレイ)を用いてステビック法(ローター通過+畝づくり)と単なるローター通過による耕耘の効果を比較する。1966年11月に林令3カ月で測定された結果によればステビック法による試験区の方が、ローター通過のみによる試験区より樹高成長で5～10%すぐれている。ここの第2林班は9 haあり、同じようにして「鋤による耕耘+土塊粉碎処理区」と「軽度の耕耘+土塊粉碎処理区」を比較している。

他のグループは耕耘形式の異なるごとに苗木成長のちがいと土壌湿度の変化を調査するのにあてられている。この試験はオートボルタのゴンゼ, ダンドレツソの2試験区でおこなわれた。

土壌耕耘形式は6通りあり、それは

ローター通過+畝づくり(ステビック法)…1)

単なるローター通過耕耘 …2)

単なる耕耘 …3)

単なる耕耘+畝づくり …4)

鋤による植穴づくり …5)

対象区 …6)

とわかれている。この土壌耕耘形式別の比較もできるが、使用用具別に3形式にわけて比較することもできる。

手作業によるもの …(植穴掘)

農業用機械でなされたもの…(耕耘, 耕耘+畝づくり)

重機械でなされたもの …(ローター通過, ローター通過+畝づくり)

3つのブロックの中にそれぞれ6形式の処理がわりあてられている。すなわち反復は3回である。各区画は溝で分離され、各々30本の苗木を含んで短形をしている。

測定は次の2項目についなされる。

(a) 導入されたユーカリ苗の樹高, 直径, 根系の測定

(b) 3年間に定期的に, 次の3つの深さの地点で土壌湿度の測定(深さ20 cm, 40 cm, 80 cm)

1966年1月に林令5カ月で測定した結果, 手作業を除く4耕耘形式区は対象区よりも有意にすぐれた結果を得ている。しかしこの各処理の間の差は未だ有意ではない。ユーカリの平均樹高は次のとおり,

ローター通過+畝づくり区 106 cm

耕耘区（訳注，原文は畝づくりとなっている，誤りであろう） 1 0 2 cm

ローター通過区 1 0 0 cm

耕耘+畝づくり区 9 5 cm

これらの作業によって，土壌の中に水を保留し，苗木にその水を利用させるためにもっともよい土壤耕耘の形式をきめることをわれわれはのぞんでいる。

耕耘や畝づくりに際して，われわれは農業用機械を導入して耕耘したり，軽便な畝立機による畝づくりをすすめたりして，より安く耕耘できる方法を求め，その技術が年雨量 750mm 以上の地域で満足すべきものかどうかを検討した。なんとすれば，ローターやブルドーザの如き重機械による耕耘と畝づくりは，これら農業用機械による耕耘よりもはるかに高価につくものであるからだ。

耕耘のためには ha 当りにして機械を 4～6 時間も駆動させねばならぬ。ステピック法では，1 2 0 ～1 5 0 馬力のトラクター（キャタピラ型では D₆，D₇ 型，コンチネンタル型では C D₈）を要し，1 時間当りの費用は公共の監督者のもとで（訳注，公共事業か？）およそ 4, 5 0 0 アフリカフランかかる。これはオートボルタとニジェールの例である。これに反し農業型トラクター 6 0 馬力のもので（タイヤ型である。）満足できるならばこの時間当り費用は 1, 2 5 0 アフリカフラン，それ故に ha 当り費用の差は 1 5, 0 0 0 ～2 0, 0 0 0 アフリカフランにおよぶ。ただ両者の維持費については共通に論じ得ぬ点がある。

ステピック法の効果については未だ確実な観察を得ていないが，この技術は活着の正確さよりもすぐれた平均成長量によって造林の初期には好結果をあたえるものと考えられる。

この技術の効果として，枯損もすくなく樹高もそろい，下草の生えることもわずかである。キャタピラ車で畝づくりをすると，アングルドーザ，又はグレーダーの刃で草の生えた地層をむしり取ることになる。これは更に反転されて草の茂みが碎かれる。

かように耕耘畝立のときの除草はたやすいが，管理のときの除草はむづかしい。畝の間だけ，中耕機を用心深く通過させねばならない上に苗木の根元の除草とすきかえしは手労働でなされねばならぬ。これは非常に高価につく仕事である。

d) 施肥の試み

この試験は緊急度からいえば最後におこなうべきものであろう。施肥試験は土壤耕耘と結びつけて統計的に配置される。なお，この土壤耕耘は植付当年のみ実行される。

欠亡成分を指摘するために，施肥試験の前に造林木の葉をとって分析することが必要である（オートボルタでは P₂ O₅ が欠亡している）。この分析結果によって N P K 3 要素の試験配置がなされる。一般に K₂ O の施用は成長を促進する。

現在，肥料は ha 当り 5, 0 0 0 アフリカフランかかるが，若い林令のうちには施肥は成長増加に有効である。

e) 作業費用

次の第 1 8 表は土壤耕耘形式別に費用を比較したものである。土壤耕耘作業はとくにいちぢるしい支出負担をまねくのでその検討は重要課題である。熱帯乾燥地における造林の典型的な 2 つの例，サ

第 18 表

作 業	人 力 耕 転		農 業 機 械 耕 転		重 機 械 耕 転		備 考
	S N	S D	S N	S D	S N	S D	
地 拵	(a) h j 2 ~ 3	h j 10 ~ 15	h j 2 ~ 3	4 ~ 6 h e(b) + 3 h j	—	4 ~ 6 h e + 3 h j	(C)
耕 転	h j 5 ~ 20	h j 5 ~ 20	h e 2 ~ 8	h e 2 ~ 8	h e 2 ~ 8	h e 2 ~ 8	
標 杭 の 打 設	4 h j	4 h j	4 h j	4 h j	4 h j	4 h j	
苗 木	15,000 FCFA	15,000 FCFA	15,000 FCFA	15,000 FCFA	15,000 FCFA	15,000 FCFA	
植 穴 掘	15 h j	15 h j	10 h j	10 h j	10 h j	10 h j	
運 搬 と 植 付	10 h j	10 h j	10 h j	10 h j	10 h j	10 h j	(d)
植物を健全にするための処理	5,000 FCFA	5,000 FCFA	5,000 FCFA	5,000 FCFA	5,000 FCFA	5,000 FCFA	
第 1 年目の管理	15 h j	15 h j	5 h j と 3 h e	5 h j と 3 h e	5 h j と 3 h e	5 h j と 3 h e	
第 2 年目の管理	15 h j	15 h j	3 h e	3 h e	3 h e	3 h e	
第 3 年目の管理	15 h j	15 h j	1 h e	1 h e	1 h e	1 h e	
合 計	80~700h j + 20,000 FCFA	90~110h j + 20,000 FCFA	32h j + 10~12h e + 20,000 FCFA	33h j + 15~20h e + 20,000 FCFA	29h j + 10~15h e + 20,000 FCFA	32h j + 15~20h e + 20,000 FCFA	
およその費用 (アフリカフラン 表示) FCFA	42,000 ~ 48,000	47,000 ~ 53,000	35,000	50,000	38,000 ~ 63,000	40,000 ~ 80,000	h j=300FCFA h e=4500 FCFA と 1250FCFA

訳注)

1. S N 裸地状サバンナ
2. S D 伐跡地サバンナ
3. h j ha 当り延人数
4. h e ha 当り機械駆動時間
5. FCFA アフリカフラン (1 F・CFA=1.46円) フラン切下げ前の円換算

(a) 山焼跡地である

(b) この h e はキャタピラ式エンジンの駆動時間であり根株除去を確実にこなうための時間のみのみ

(c) 植付前の耕耘は

i) 手で完全に除草し鋤で耕耘することがかんたんな場合には ha 当り 5 ~ 20 時間

ii) 帯状亦是全面的に、機械深耕やローターの通過がおこなわれる場合は ha 当り 2 ~ 8 機械駆動時間がそれぞれ必要となる。

(d) この項の h e は軽機械駆動時間であり土塊粉碎である。

パンナ状の裸地にうえる場合とあらかじめ伐採された天然サバンナ林跡地に造林する場合、の双方について費用を推定してみよう。単位は ha 当り延人数 H_j/ha と機関駆動時間 HE/ha である。

この費用は $40,000 \sim 80,000 \text{ CFA}/ha$ (CFA=アフリカフラン) とみられるが、この他に関連する諸費用、たとえば現場監督の費用などを加えねばならぬこともあろう。裸地サバンナの上に農業用機械で耕耘する場合は手作業耕耘よりも安価であると思われる。

この表は費用だけでその効果としてあらわれる産出の面をあきらかにしていない。多くの実例によって、重機械による土壌耕耘のみが(即ちステピック法)造林の成功を可能にするということが証明されれば、上述の比較は純理論のみにとどまるおそれがある。(訳注、この表からだけでは作業形式の優劣比較はできないということであろう。)

第5章 結 論

第1節 天然更新と人工更新

これまでわれわれが試みてきたことは、アフリカ熱帯乾燥地域の造林に関する諸問題について、その困難性を知悉せしめるとともに、すこしでも多くその困難性を解決することであった。これまでスーダン～西サハラ地域では、めぐまれた自然条件の地区、たとえば地下水位が高く、氾濫しやすく、又は灌漑の可能なところ、をのぞけばまとまった造林地はなかった。そしてこの広い地域で緊急の解決を要するものは天然林の構造をあらためることである。なぜならば人口増加に対抗することをのぞむならば、人間と社会そして経済計画からみてスーダン～西サハラ地域のサバンナ林は不十分なものであり、このサバンナ林は維持するだけでなく改良を必要とし、その潜在価値は十分にあるものと思われる。

本質的問題は水に関係する。われわれは、まず所与の降雨量と所与の土壤のもとで根系にあたえられる自然給水の量を確定し、次いでその自然水を根系に最大限に受益させる技術を考えよう。それは土壤に対する水の滲透を良くし、滲透水を根系にあたえるように努力することに外ならぬ。

根系が処分する水の量は、降雨量と流出量の差であり、さらに蒸散した水の量をさしひかねばならない。

水分を保持する能力は土壤によりことなるが、これについては土地の選択以外に造林者の打つ手はない。

大都市センターの薪炭材や用材の供給という重要な林業問題を解決するためには、天然更新は非常に疎放で不安定である。火災を防ぎ、伐採を合理的にしてその林令からの収穫量を増加させることはできる。ただし、いかように努力しても天然更新では林分の成長量は土壤中の水分補給によって限られているので、萌芽の数をわずかに増加させるのみであろう。

何回かの伐採のあとで切株が非常に古くなればおそらく人口更新により林分改良がなされねばならぬ。

これに反して人工更新は確実性が高い。この手法は耕耘や畝づくりの土壤作業によって、流失すべき水分を保留するものである。

これまでは手労働による土壤作業がおこなわれてきた。これは立方体の植穴をほりあげてその中に苗木を植えるものであったが、その結果は非常に幻滅的であった。

植穴の中の土は耕耘されているので水の滲透性が良く、苗木も成長するが、鋤き返しによってこの滲透性を保たぬ限り、流失する水分は増大するであろう。さらに植付けてから2年目以上になると根系は植穴から外へ出る。これは耕耘されていない土に根が接することであり、この土は風化しておらず滲透性に乏しいので苗木の成長は減退してゆくことになる。手労働による完全な除草は実際上できないために下草も根をおろしてくる。山刀による刈払はせいぜい3年間にすぎない。かくして手労働による造林地では漸次造林木がおとろえてくる。

機械による耕耘はこの困難を克服する。耕耘と土塊粉碎（訳注、農用耕耘機によるものを指すのであろう。）はすでに技術的進歩をとげているが、土壌反転の深さは20～30 cmにとどまり、水は深くまで滲透しない。

重機械によるローター通過は、深さ70 cmまでに完全に土壌を切りひらき、農業機械によるものよりもすぐれた効果が得られる。さらに、この技術が畝づくりによって補完されるならばこれらは雨水を保留して利用するステピック法そのものとなる。等高線ぞいに畝をつくって降雨をそこにとめることの効果は強調しすぎてはならぬだろう。降雨量のある部分は流失をまぬがれないからである。

上述の理由によって、現在のところわれわれはステピック法がスーダン～西サハラ地域で造林の要求に最も良く適する技術であるとみなしている。但しスーダン～西サハラ地域の気候と、ステピック法がすでにおこなわれているアルジェリアなど北アフリカ地域の気候とをくらべてみると、この技術の適用の効果はスーダン～西サハラ地域では北アフリカ地域のそれよりも劣るものと推察される。

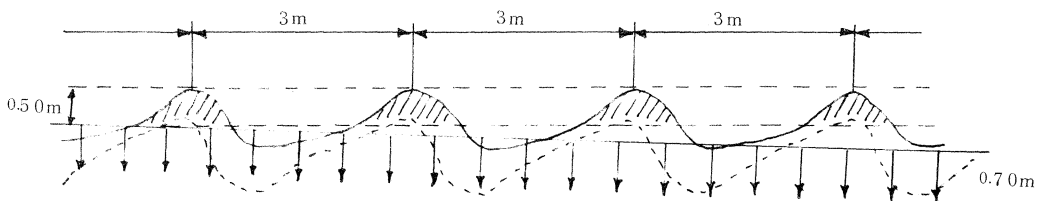
第2節 今後に企画すべき研究項目

これまでの結論として、樹種選択という古典的な試験を別とすれば、以下の研究項目が企画し追及すべきものと考えられる。即ち、土壌耕耘、蒸発散、混交林造成、育種。

土壌耕耘については各種技術の比較がなされねばならぬ。それは主要な土壌型ごとに、統計的反復配置を伴っておこなわれることを要する。ある土壌と気候の下ではローターの通過だけで畝づくりをしないで効果があがると考えられる。ローターの通過が水の滲透をよくし、根系の発達を促すことはすでに指摘されてきたとおりだが、畝づくりの効果は十分にわかっているとはいえず、単に機械的に畝が障害となって水の流失を阻止していることだけがわかっているにすぎぬ。

このため、低い畝づくり（高さ0.2～0.3 m）でも十分な効果があげられることも予想され、第17図の如き畝づくりが検討されてよい。

ステピック法の改良は低い畝づくりで効果をあげることである



第 17 図

かような低い畝づくりは非常に経済的である。そこでは畝の隆起は、もはや水の流失を防ぐことだけしか役立たない。この検討のときに、2つの畝の間の部分にはローターを通過させぬようにする。畝の隆起の基部に水が容易に流れてゆくようにするために。

蒸発散に関しては、ha 当り1,000本以上の植付密度で3年生以上になれば蒸発散する水の量の方が根系に達する水の量よりも多いのではなかろうかということ、（苗木が吸収する水よりも苗木が発

散する水の方が多くないかということ)が懸念されている。しかし、われわれはまだ数量的にこのことをつかんでいない。これまでは植付密度試験として間接的にこの問題にふれてきたにすぎない。

このため、関係する各種指標を測定することがのぞまれる。この指標は次のものである。a) 降雨量, b) 造林木により阻止され土壤に達することなく蒸発する水の量, c) 土壤から流失または蒸散によって失われる水の量, d) 根系が利用できる水の量, e) 造林木の成長のために消費される水の量, f) 造林木より蒸発散される水の量, (林分ごとに1年間に蒸散するもの)。a)は雨量のグラフから測定できるしb)も推定可能である。c)の流失量は自記水位計で測定する。d)の水は土壤が保留する水の量であり, ポット栽培で凋萎点を決定することで測定できる。e)は平均的な木の生重量と乾重量からわかる。f)は標本として小枝を刈取り, これから測定する。標本は樹高を3分割してその各々の部分から採取されねばならない。

なおc)に属するが土壤から蒸発する水は15日おきに湿度率を測定してそのちがいでによって推定する。

これらの複雑な実験は1年間で出来るだろう。オートボルタにあるゴンゼ試験地で, ローターを通過させた3×2m植のE・カマルドレンシス2年生林分について実験がおこなわれるはずである。

これらの測定の結果, 最終的な水収支がわずかなプラスにとどまるならば, 植付密度を減じ, 耕耘もより集約にせねばならぬ。

反対に水収支が大きくプラスならば, 造林の未来は楽観すべきであり, ステビック法よりも安価な手法を用いても成長が期待できるであろう。

次に混交林の造成について考察する。現在までにわれわれが試みたものは純林造成であった(ユーカリ, *filao*, *anacarde*, *Prosopis* など)が, 最近の観察により, 混交林の造成が場合によっては利益となるのではなかろうかと考えるようになった。その理由は次のとおり。

ユーカリは成長の早い反面, 風に対してよわく, 特にアルマタン(西アフリカ熱風)によって折れたり曲ったり, 奇形化したりする。この風は4~5カ月間にわたり同一方向から吹く。その上, 水分蒸散からみて密植できない。

そこでユーカリと*Prosopis*の混植が1967年に試みられた。まず6m×6mに*Prosopis*を植付けると1年後には高さ1.8~2.0m, 広さ1.5~2.0mの低林になる。この間に*Prosopis*よりも1年おくれてユーカリを6m×6mに植付ける。すなわち3m×3mの混植になる。

この方法は, あらかじめ植えた1年生になる*Prosopis*が2~3年間, ユーカリをアルマタンから保護して5~6m以上の高さに通直に成長させることが期待されている。

成功すればこの混植は確実に経済的価値をあたえるであろう。ユーカリは用材(電柱材と竿材), *Prosopis*は薪炭材をそれぞれあたえることができる。

最後に育種に関して言及する。ユーカリ造林がすすめられてから, 最初の造林地で, 非常に良い個体を選抜することが試みられてきた。スーダン~西サハラ地域では, 乾燥に強くて幹の通直な種類の選抜が目標であり, この地では用材の多大な需要が存在しているのだ。

問題点は次のようなことである。

(イ) 種子の採取は非常に危険な作業である。風がつよい上にユーカリの幹は弾性がつよい。

(ロ) ユーカリ属は非常に交雑性がつよい。選抜の記号をつけた母樹から採種育成された世代は、隣接林班の未知の父樹との交雑種かもしれぬ。F₁ ではわからない性格が F₂ になってさらに複雑な変異性を伴ってあらわれてくる可能性がある。

(ハ) えらばれた純粋種の個体が少数の場合は血族結婚の危険性がある。単一の個体のみからの選抜採種ならなおさらである。

(ニ) 一定の種類を増殖することをのぞむならば、系統と産地不明の種子を用いてはならない。かならずその原産地から種子をとりよせること、そして周囲のユーカリと絶縁して子孫の保存をはかる林班を創設すること。但し、この仕事は困難である。

(ホ) その地域に適するとして選抜された個体をまず挿木でふやし、まわりの樹木と交雑しないように隔離絶縁した林班をつくり、採種園とすること。

上手に調整された交配は、きびしい生態条件によく対応する品種をつくり出すだろう。

ユーカリ 1 2 A B L とユーカリマイソールハイブリッドは交配のすぐれた成果としてあげられ得る。

しかしながら、育種は多大の財源を附与された試験研究機関に所属する専門家の力にまたなければならぬ。