

半乾燥地造林計画基準報告書

(本論)

1985年2月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1061469[1]

半乾燥地造林計画基準報告書

(本 論)

1985年2月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 6. 24	400
登録No. 12795	88.3
	FDI

目 次

本 論

1. 造林技術	1
1-1 適地調査	1
1-1-1 気象・気候調査	1
1-1-2 植生調査	11
1-1-3 土壌調査	15
1-2 造林樹種	22
1-2-1 乾燥帯：Arid zone	22
1-2-2 半乾燥帯：Semi-arid zone	29
1-2-3 亜湿润帯：Semi-humid zone	37
1-3 造林手法	56
1-3-1 種 子	56
1-3-1-1 種子の量と発芽力	56
1-3-1-2 種子の前処理と貯蔵	58
1-3-2 地ごしらえ	60
1-3-2-1 人力地ごしらえ	61
1-3-2-2 機械化地ごしらえ	63
1-3-3 直播き造林	67
1-3-4 苗畑作業	68
1-3-4-1 ポット育苗	68
1-3-4-2 ポット以外の育苗	73
1-3-4-3 苗木管理	76
1-3-5 植栽作業	80
1-3-5-1 植栽間隔	80
1-3-5-2 植栽時期	81
1-3-5-3 苗木運搬	82
1-3-5-4 植つけ	82
1-3-5-5 施 肥	83
1-3-5-6 補 植	84
1-3-6 保育作業	85
1-3-6-1 下刈り	85

1-3-6-2	つる切、除伐	89
1-3-6-3	間伐	89
1-3-6-4	枝打ち	92
1-4	造林の経済性	94
1-4-1	造林コスト	94
1-4-1-1	苗畑費用	94
1-4-1-2	造林地費用	99
1-4-2	造林地の収穫量	107
1-4-3	乾燥地造林の経済的見通し	112
1-4-4	特殊造林の経済性	112
1-5	防風林造成	114
1-5-1	防風林の機能	114
1-5-1-1	風の動き	114
1-5-1-2	防風林の形状による効果	117
1-5-1-3	防風林の高さによる効果	118
1-5-2	防風林造成の指針	120
1-5-2-1	農牧地保全の防風林造成指針	120
1-5-2-2	家畜のための庇蔭樹林の造成	121
1-5-2-3	農場の保護	121
1-5-3	防風林の造林技術	122
1-5-3-1	樹種の選択	122
1-5-3-2	苗畑作業	125
1-5-3-3	地ごしらえ	125
1-5-3-4	植栽後の手入れ	125
1-5-4	防風林の成長	126
1-5-5	灌漑造林	127
2.	社会調査	128
2-1	基礎資料の収集	128
2-1-1	集落構成	128
2-1-2	生業	128
2-1-3	調査質問表の例	129
2-2	フィールド調査	132
2-3	まとめ	134

図 の 索 引

図1-1	World Climatic Diagramsの説明図 (Jenna1967)	3
図1-2	気候帯I-Xに対応する典型的な気候ダイヤグラム.....	4
図1-3	熱帯における高緯度と低緯度の観測所における 気候ダイヤグラムの類似と相違.....	6
図1-4	インド亜大陸の気候観測所と同種の気候ダイヤグラム.....	7
図1-5	サヘル移行帯における気候と地形.....	8
図1-6	Climate of Africa.....	10
図1-7	アフリカの植生大域.....	13
図1-8	熱帯半乾燥地域における地形・植生・土壌のカテナ.....	16
図1-9	熱帯半乾燥地域の土壌カテナ.....	17
図1-10	サバナ地域に普通に見られる土壌カテナ.....	17
図1-11	通風性のある防風林Aと密な防風林Bにおける風の動き.....	114
図1-12	人工壁の通風性効果の風洞実験地.....	115
図1-13	防風林のギャップの作用.....	116
図1-14	防風林のギャップを防ぐ配置図.....	116
図1-15	人工壁の幅による防風効果の風洞実験値.....	117
図1-16	5列植え防風林の断面.....	118
図1-17	人工壁の断面形状による防風効果の風洞実験値.....	119
図1-18	高さによる防風効果.....	119
図1-19	防風林帯の配置図.....	120
図1-20	防風林の背後における農作物収量.....	121

表 の 索 引

表1-1	アフリカの主要植生型の特徴	14
表1-2	E. <i>Microtheca</i> の材積測定値	28
表1-3	<i>Azadirachta indica</i> 造林地の成長量と生産量	32
表1-4	気候帯別造林候補樹種一覧表	54
表1-5	主な半乾燥地造林樹種の種子重量と発芽能力	57
表1-6	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i> のポットの大きさと樹高成長	69
表1-7	ポット用土の混合	71
表1-8	植栽間隔と樹幹周囲長等との関係	81
表1-9	乾燥地域造林における植栽間隔	81
表1-10	ザンビア：ユーカリ間伐予定表	89
表1-11	ザンビア：Pinus <i>kesiya</i> 間伐予定表	90
表1-12	北部ナイジェリアの誘導サバンナ：チーク間伐予定表	91
表1-13	Sierra Leone: <i>Gmelina ardorea</i> の間伐	91
表1-14	ザンビア：Pinus <i>kesiya</i> の枝打ち予定表	92
表1-15	Pinus <i>kesiya</i> の改訂枝打ち予定表	93
表1-16	ナイジェリア：ユーカリ苗畑での必要労働力	97
表1-17	ナイジェリア：チーク造林地の造成費	100
表1-18	ナイジェリア：地ごしらえ費	101
表1-19	ザンビア：地ごしらえ	102
表1-20	ナイジェリア：マツ造林地の推定造成費	103
表1-21	モロッコでの地ごしらえ費	104
表1-22	ナイジェリア：ユーカリ造林地の推定費用	105
表1-23	北部ナイジェリア：草原におけるチーク収穫量	107
表1-24	ナイジェリア：Gmelina <i>amborea</i> の収穫量	108
表1-25	<i>Eucalyptus grandis</i> 複合の収穫データ	109
表1-26	Pinus <i>caribaea</i> の成長量	110
表1-27	Pinus <i>oocarpa</i> の収穫量	110
表1-28	Pinus <i>kesiya</i> の収穫量	111
表1-29	イエメン共和国のMudia State農地における 1年生防風林の成長	126
表1-30	イエメン共和国のLeninの農地の砂漠地における 4年生防風林の成長	126

1. 造林技術

1-1 適地調査

適地調査とは生物・気候・土壌の地理学的調査、すなわち、植生地理学的調査あるいはジオゲオツェノース (Biogeocenose) 調査などといわれている地理学的調査であって、気候、植生、土壌などの間に存在する法則的な地理学的相互関係を明らかにすることを目的とする農林業のための基礎的立地 (Habitat) 調査である。

このような調査は現在世界的に活発に行われているが、歴史的には比較的新しく、主として第二次世界大戦以降に試行錯誤的に行われ、その方法もまだ十分に確立しているとは言い難い。

わが国で出版された代表的な調査方法書としては、農林省農林水産技術会議編集、土地利用区分の手段と方法 (1969) がある。

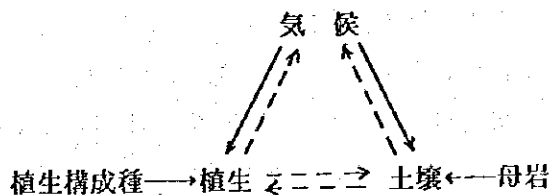
世界的にはFAO/Unescoの共同事業による500万分の1世界土壌図作成のための凡例書 (FAO/Unesco: Soil map of the world, 1:5000,000 Vol. 1. Legend, Unesco-Paris (1974)) が代表的なものである。

この調査は総合調査であるが、気象、気候調査、植生調査、土壌調査に分けることができるので以下その概要を述べる。

1-1-1 気象・気候調査

気候は地球上における温度条件と水分条件を地理学的に規定し、植生および土壌の地理学的分布様式に支配的な影響を与えている。

気候、植生、土壌の関係を図示すると次のようになる。



このように、植生内 (たとえば林内) における気候に関しては植生、土壌による影響を無視することはできない。

他方、一般の気象観測 (地上気象観測) は百葉箱における気温、湿度の観測におけるように、自然状態 (たとえば林内) の気象を測っているのではなく、植生、土壌による影響のない場所における観測である。

それゆえ、気象観測結果と植生、土壌との関連性を調べるためには、その気象観測がどのように行われているかを知る必要がある。

気象観測はいろいろな種類があって、地上気象観測、海上気象観測、高層気象観測、航空気象観測などが行われているが、われわれが利用しやすいものは地上気象観測結果をとりまとめた気候表であって、世界的に代表的な地点が選ばれ、気圧、気温、相対湿度、降水量、日最高気温、日最低気温、積雪深、日照時間、直達日射量を定時に観測した結果がとりまとめられている。

とりまとめの統計期間は気象変動を考慮して、たとえば1951年1月～1980年12月の30年間とし、月別に行われていて、世界的な対比が行われやすいようにできている。

気象現象は複雑な現象であって、調査時だけの観測では、その場所における気候状態を知ることが不可能なので、普通はあらかじめ調査地の気候を各種の気候関係の書物によって調べ、現地における観察によって具体的にその場所の気候状態をたしかめることが行われている。

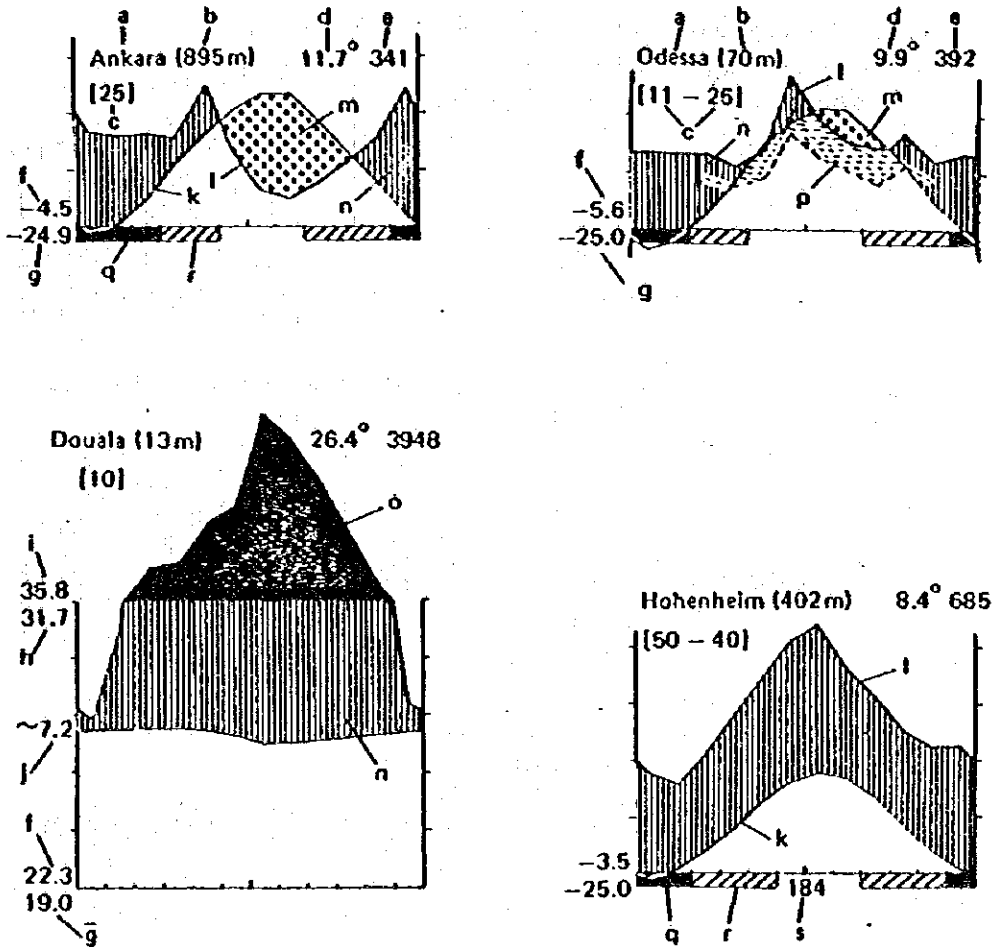
気象観測は長期間の均質性の高い統計資料がえられるような国際的に規定された方法によって観測されている。

気象観測の場所、観測の項目、観測方法、使用機械およびその設置場所などに関しては、毛利茂男：気象観測の手引き、財団法人日本気象協会発行に詳述されている。

気象現象は複雑で本書では世界の気候を温度区分とゾーンスウェイトの乾湿区分によって大別し、植生、土壌との関係を図示したが、これはあくまで説明のための便宜上の手段であって筆者はこのようなやや定量化した関係が厳密に成立していると考えているわけではない。ゾーンスウェイトの乾湿区分は、ラングの雨量係数（年平均降水量mm/年平均気温℃）やマイヤーのN-S係数（年平均降水量mm/飽差）より、植生、土壌との相関関係が高いと認められるので基準として用いたのであって、月別の平均降水量、平均蒸発量から算出したその値が気候の乾湿度を示すものとは考えていない。

このような理由によって世界各地の気候の特徴を統一的な方法によって図示し、気候分類と対比することが行われている。代表的なものの一つは、さきに世界の土壌について概説したさいに二三引用したソビエトで発刊された世界自然地理帖（Soviet Physical Geographical Atlas of the World 1964）のものであり、他の一つは、ワルターによって紹介されている“World Atlas of Climatic Diagrama”（Jenna 1967）である。ともに、2,500万分の1縮尺以上の図面を用いて、巧妙な方法によって多数の地点の月別の平均値を図示している。

ワルターの気候区分とその気候ダイヤグラム（図・1-1）について若干ここに説明する。

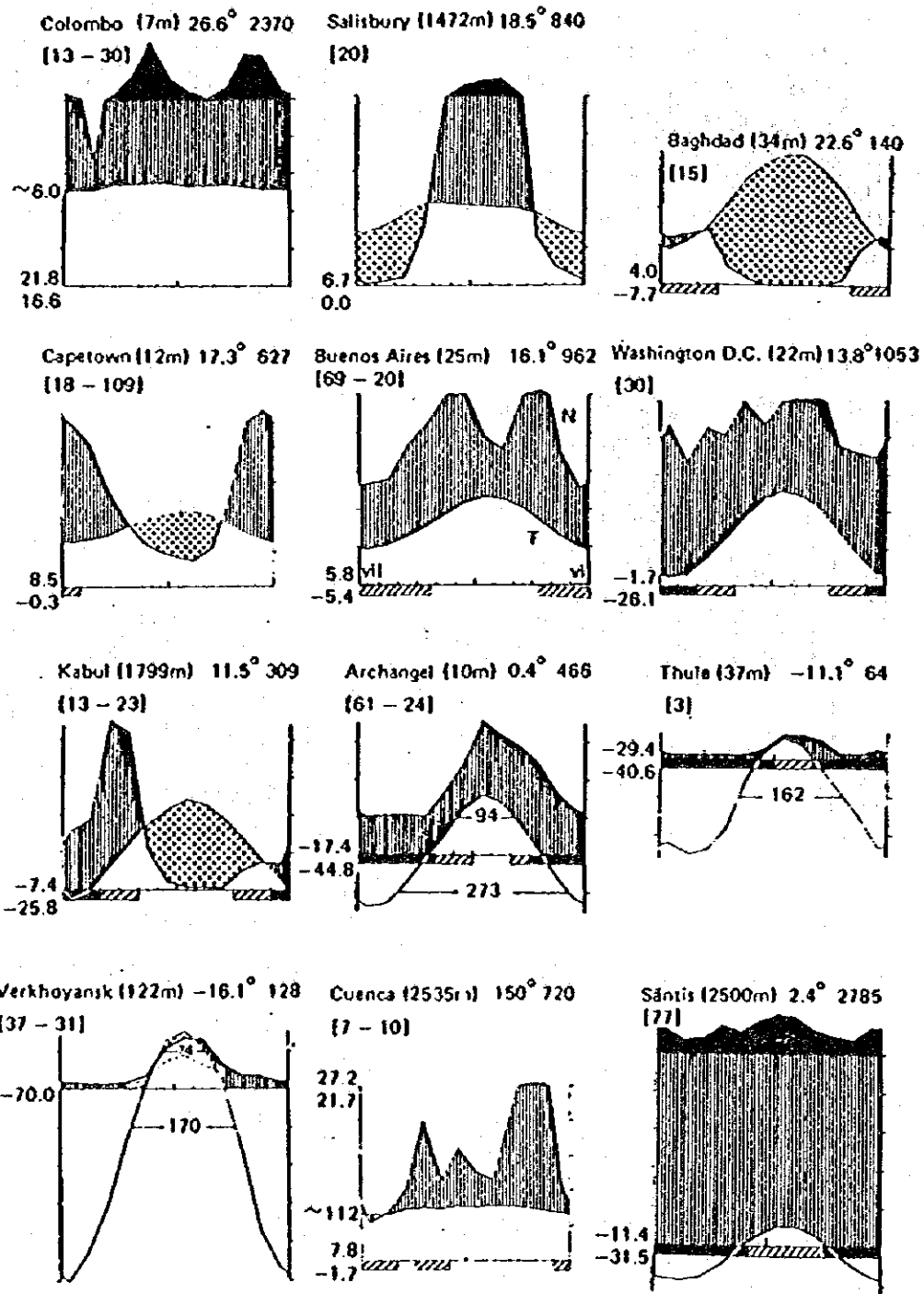


図・1-1 World Atlas of Climatic Diagramsの説明図

(Jenna 1967)

横座標は月別に左から右へ12ヶ月を配置し、北半球においては1月から12月、南半球においては7月から始まり一番右が8月とし、横座標の中央が最も気温が高くなるように配置し、北半球と南半球の季節的な比較を容易にしている。縦座標の一単位は気温に関しては10℃、降水量に関しては20mmにとる。a=場所、b=海抜高、c=観測期間年、2つ書いてある場合は前者は気温、後者は降水量を示す、d=年平均気温、e=年平均降水量mm、f=最寒月の日最低気温平均値、g=最低観測気温、h=最暖月の日最高気温平均値、i=最高観測気温、j=日気温変化平均、k=月別平均気温曲線、l=月別平均降水量曲線、m=比較的乾燥期(黒点)、n=比較的湿潤期(縦線)、o=月平均降水量100mm以上(黒ぬり、縦スケールは、100mm以上を10分の1に縮尺)、p、q、r、sの説明は略す。

図・1-2はワルターの気候帯I-Xに対応する典型的な気候ダイヤグラムである。



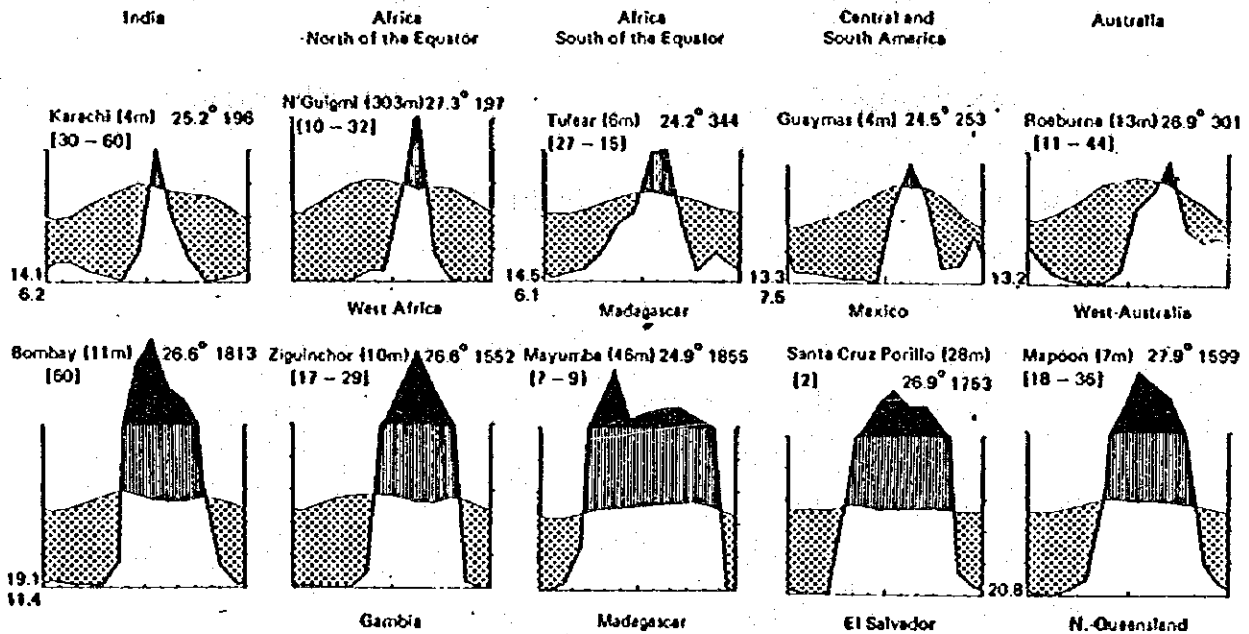
図・1-2 気候帯 I-X に対応する典型的気候ダイヤグラム

ワルター (1972)

- I 赤道帯 赤道を中心とした北緯10°、南緯10°の間にはぼ位置している。昼夜の気温変化が月別年間気温変化(約25~27°C)より大きい。年間降水量は通常多く、降水量の山は夏にある。ただし、乾燥地域も存在する。図のColomboがこの気候型に属する。
- II 熱帯 赤道帯の南北に帯状に位置している(大約北緯10°~30°、南緯10°~30°の間)。ある程度季節による日平均気温の差が認められる。降水量の山は夏にある。冬期の降水量は少ない。冬期は緯度が高くなるにつれてその期間が長くなり、したがって年降水量は減少する。Salisburyがこの気候型に属する。
- III 亜熱帯乾燥帯 北緯、南緯30°以上の下降熱帯性気団(下降にともなって気温が高まり、乾燥化する)の地域に帯状に位置している。降水量は極めて少なく、太陽光が照りつけるため日中の気温は著しく高い。しかし、冬期は夜間に放熱現象が激しく行われるために、気温が0°Cにまで低下することがある。いわゆる熱帯砂漠帯である。図のBaghdadがこの気候型に属する。
- IV 冬雨型移行帯 北緯、南緯40°の周辺に帯状に位置する。夏期は高気圧気団下の乾燥帯に置かれているが、冬期は季節風によって降水が供給される。典型的な地中海性気候型を示し、寒冷期はないが、時折り降霜があり、夏期の長い乾燥化を特徴とする。図のCapetownがこの気候型に属する。
- V-VI 年間を通じて季節風による降水のある地域、しかし降水量は海から経度的に遠ざかるにつれて減少する。このため、湿潤な海洋性気候区と夏が高温で冬が低温な大陸性気候区に分けることができる。
- V 湿潤温暖帯 寒冷期はない。極めて湿潤で、とくに夏は湿潤である。図のBuenos Airesがこの気候型に属する。
- VI 典型的温帯 西欧やアメリカ合衆国の北東部に見られる、寒冷ではあるが短い冬あるいは降霜のない冬と、やや暑い夏を特徴とする地域。図のWashington D.C.がこの気候型に属する。
- VII 乾燥温帯気候区 大陸性気候を特徴とし、夏期と冬期の気温の差が激しく、降水量は少ない。図のKabulがこの気候型に属する。
- VIII 寒帯 冷涼湿潤な夏と6ヶ月以上続く寒冷な冬を特徴とする。図のArchangelsがこの気候型に属する。
- K 極帯 少量ではあるが年間を通じて降水があり、白夜の続く湿潤な短い夏と極めて寒く暗くて長い冬を特徴とする。図のThale(アイスランド)がこの気候型に属する。
- Verkhoyansk(シベリヤ)は極帯への移行的な寒帯(乾燥型)に属する気候区の例として図示されている。
- X 山岳帯 山岳地のダイアグラムはすべてX気候帯として区分されているが、山岳の緯度的位置によって熱帯に位置するものはX(I-II)、例、Cuenca(エクワドル)、湿潤温暖地帯に位置するものは、X(V)、例、Santis(アルプス)として図示されている。

この様な図式によればP-E係数のような仮定に基づく数値を用いなくて、直示的に各地域の気候の特徴を知ることができる。

さきに述べたように熱帯においては降水量の山は夏で、冬期の降水量は少ない。したがって、緯度が高くなるにつれて夏が短くなって年降水量も少なくなる。図・1-3は熱帯の比較的高緯度地帯(南北20°~30°の間)に位置する雨期の短い地域の観測所(上段、インド亜大陸ではカラチ)と熱帯の比較的低緯度地帯(南北10°~20°の間)に位置する雨期の長い地域の観測所(下段、インド亜大陸ではボンベイ)における気候ダイヤグラムが示されている。



図・1-3 熱帯における高緯度(南北20°~30°, 図上段)と低緯度(南北10°~20°の間, 図下段)の類似と相違 ワルター(1972)

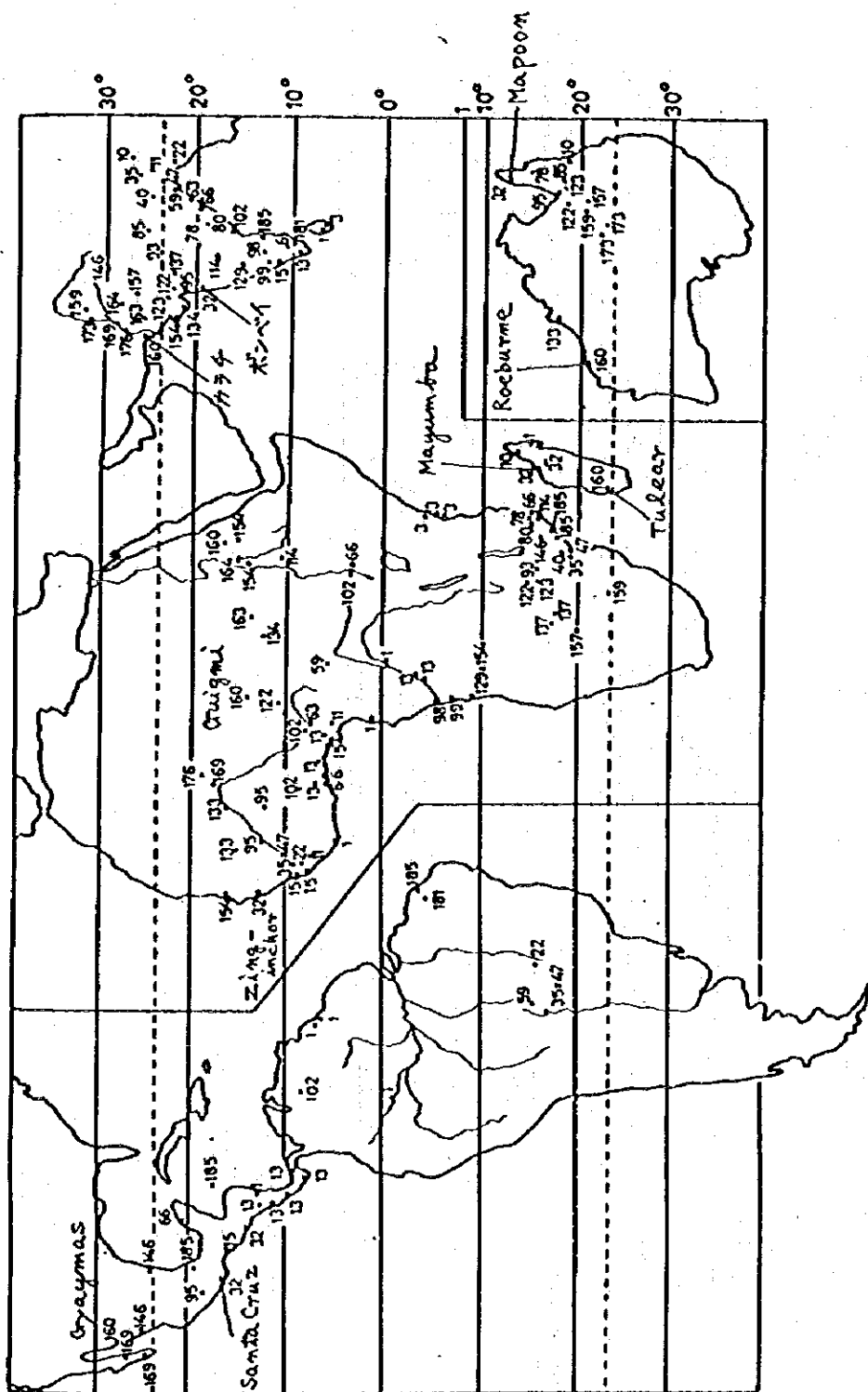
すなわち、この気候ダイヤグラムを使用すれば煩瑣な表を用いなくて合理的な気候区分ができることがわかる。

図・1-4はインド亜大陸の観測所、たとえばCarachi(160)、Bombay(32)と同種の気候型を示す各大陸の観測所の位置に同じ番号をつけて図示したものである。

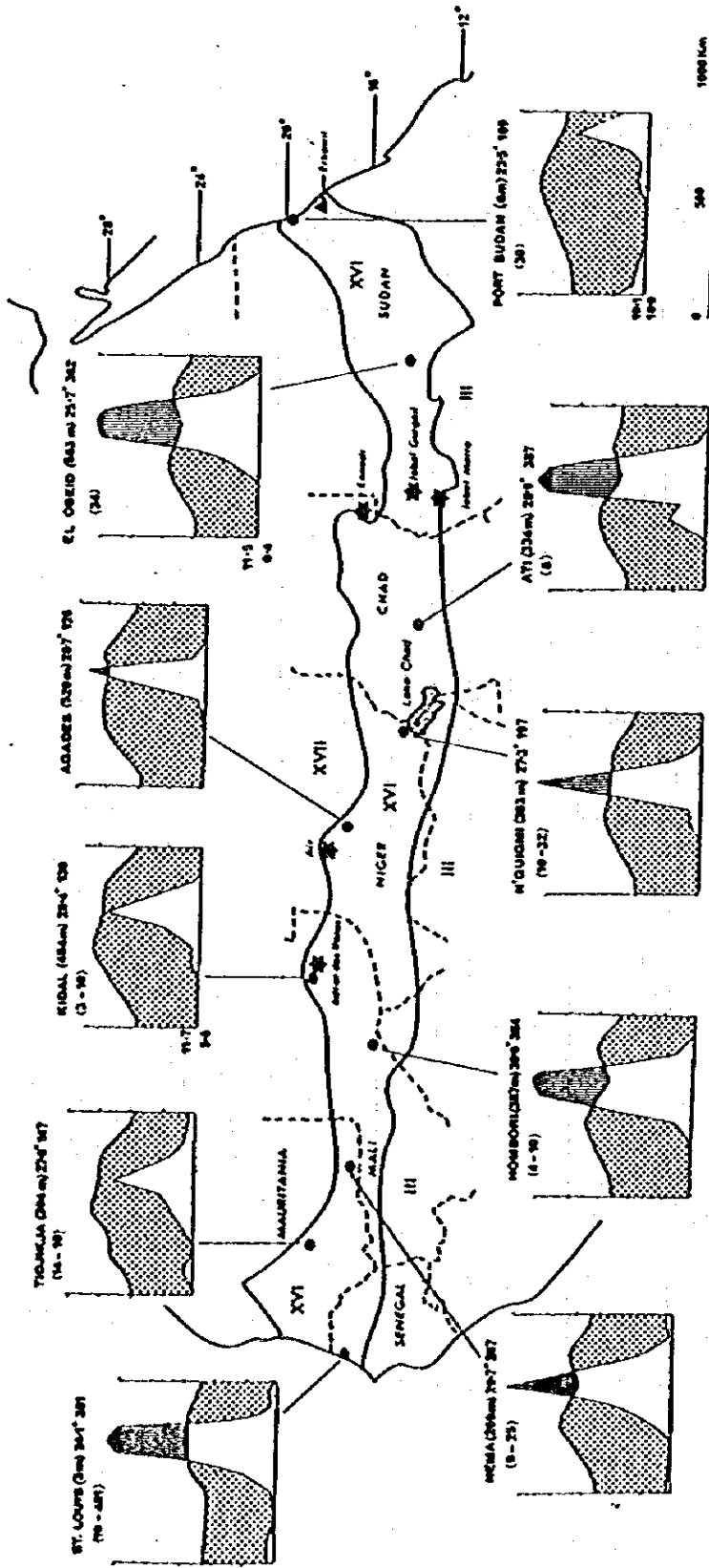
Unesco/AEFAT/UNSOによるアフリカ植生図(縮尺500万分の1、1983)の作成のさい、このワルターが提唱する気候ダイヤグラムを500万分の1縮尺の図に約1000点位置づけたものが、気候型区分に活用された。その一例を図・1-5に示した。

※ Association pour l'Etude Taxonomique de la Flore de l'Afrique Tropical (熱帯アフリカ植生分類協会)

※※ United Nations Sudano-Sahelian Office (スーダン・サヘル国連事務局)



図・1-4 インド亜大陸の氣候観測所と同種の氣候ダイヤグラムを示す各大陸の氣候観測所（インド亜大陸の観測所、たとえばボンベイと同種の氣候ダイヤグラムの観測所 Santa Cruz は同じ番号32で図示されている）



図・1-5 サヘル移行帯における気候と地形

Unesco: The Vegetation of Africa (1983)

現在、世界的に最も広く使用されている気候分類はワルターのものであるが、種々の気候分類が各大陸、各国で使用されている。

FAO/Unesco の500万分の1世界土壌図（大陸別）の説明書には、各大陸の気候分類図とその説明がある。大陸によって分類基準が異っているが、海外における調査には必読の文献である。アフリカ大陸の気候分類図・1-6を紹介する。

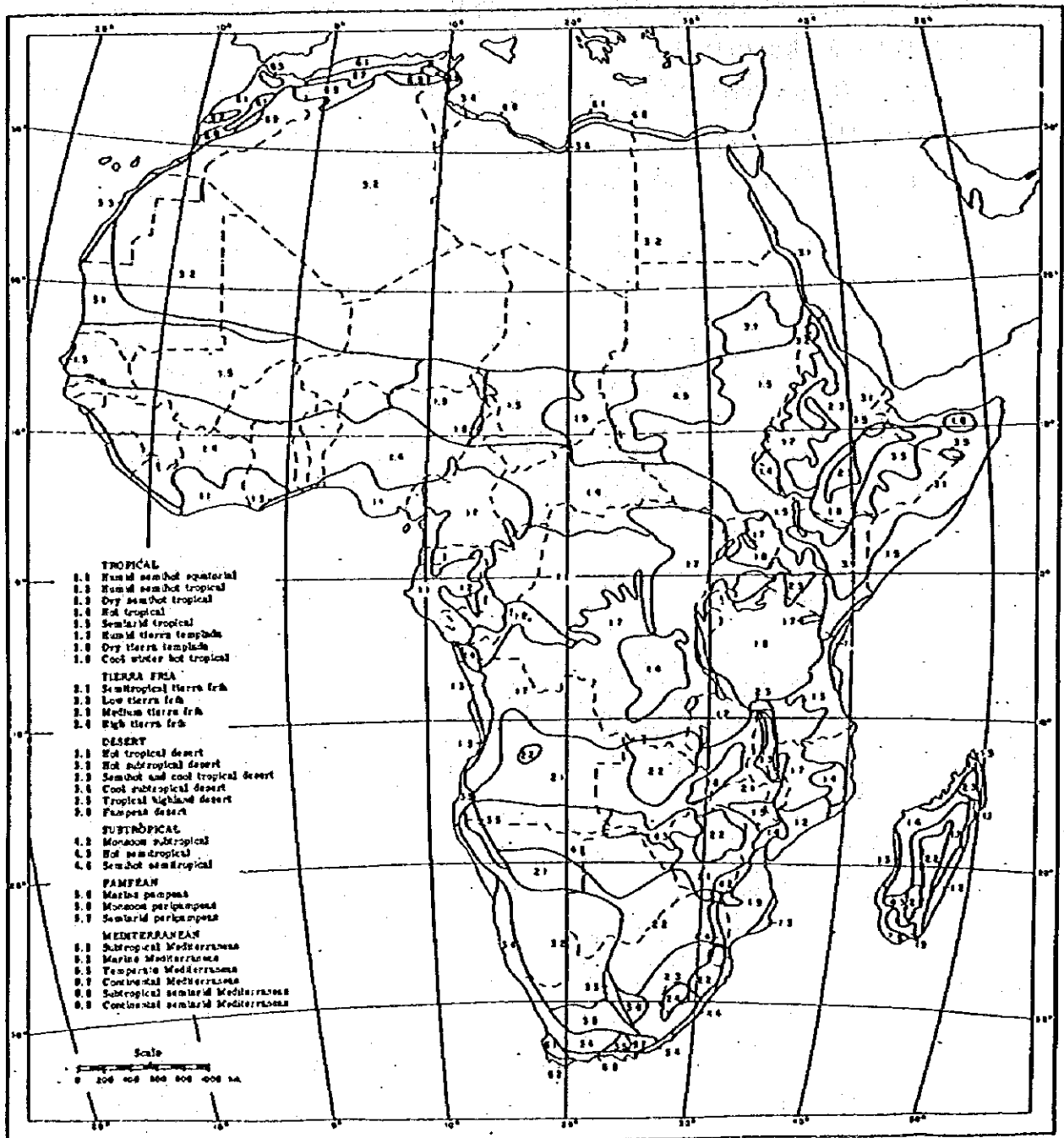


图 1-6 Climate of Africa Unesco, Soil map of the World, Vol. V Africa (1977)

1-1-2 植生調査

本書で取扱う植生は主としてワルターの分類による乾生樹林と自然サバナ・草原(Grassland)に属している。

気候的には年降水量1,000(2,000)-200mm、4~6ヶ月の乾燥期をもつ熱帯・亜熱帯に分布し、散生する樹木と禾本科草原によって特徴づけられている。降水量の多い地域は乾生林、少ない地域は草地(Grassland)へと移行し、その中心はサバナである。

前節で図示したようにある地域における植生の成立は気候条件と土壌条件によって支配されている。

それゆえ、植生調査と土壌調査は常に共範的に行われるが、ここには、植生調査に限って概説する。

植生調査も気候調査と同様に地理学的調査であって、植生図の作成を主目的とするものであるが、植生は地理学的現象(火山の噴火など)のほか人為によって著しく変化している場合が多く、また母岩の性質に由来する土壌条件による影響があるので決して簡単なものではない。

植生調査を行うためには何よりも植生構成種についての生理、生態学的また分類学的なある程度の子備知識が必要である。

植生調査の方法は気象調査の方法に比べ、かなり複雑であり、またその方法も国により人により多少異なっているが、ここには宮脇昭：植生調査(沼田真編：図説植物生態学、1969)に準じて略述する。

① 調査地の選定および調査面積

植物群落と立地条件ができるだけ均質なところを選ぶ、とくに種組成が均質であることに十分留意する。調査面積は、種数-面積曲線による最小面積以上の大きさが必要である。最小面積以上の大きさであれば、調査地の形は、任意でよい(普通は測量の便を考慮して正方形、矩形の場合が多い)。

② 層分け

高木層、亜高木層、低木層、草木層、こけ層に分ける

③ 密度の測定

森林調査で立木度といわれているものであって種別の本数を測定する。

④ 被度の測定

ブラウン・プランケの全推定法に準じて、各階層の全体としての被度、各階層を構成する各植物種の被度を測定する。

⑤ 群度の測定

調査地内に個々の植物個体がどのように配分されて生育しているかを5段階に分けて測定する。

⑥ 生活力（活力度）

個々の種の調査地内における生活力を4段階に分けて記載する。

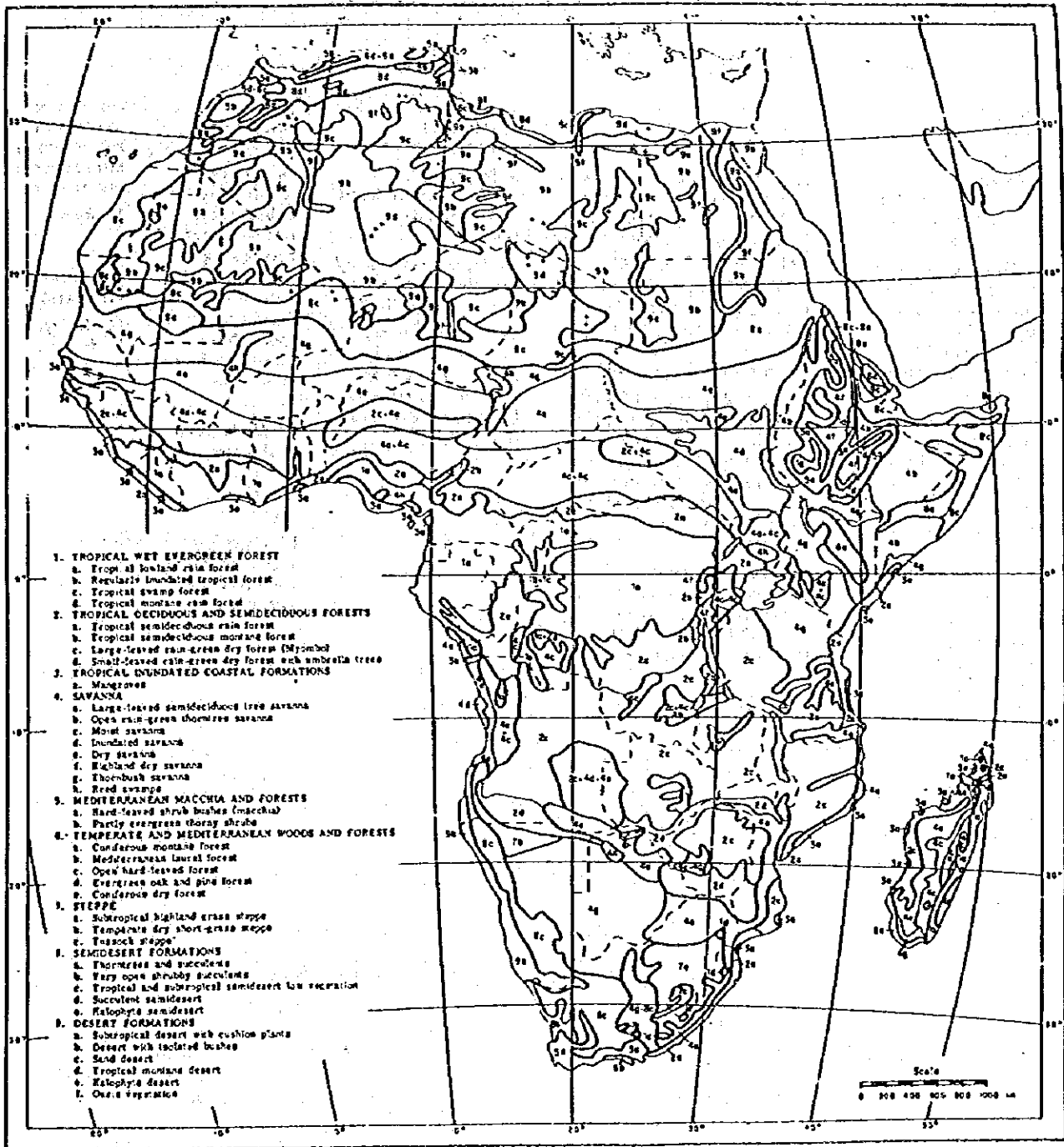
- ⑦ 樹木については、樹高、胸高直径、樹齢と樹形を調べる。
- ⑧ 生活形、生育形および生育期について必要に応じて調べる。
- ⑨ 人為的影響の種類と頻度について、できるだけ詳しく記載する。
- ⑩ 土壌断面を設定し、土壌の断面形態を記載する。
- ⑪ 調査地の位置を地形図上に明示する。

上述した、多数の標準地調査の結果を組成表にとりまとめ、識別種群や標徴種群を見出し、種組成によって群落区分を行い、各群落単位の地理学的分布図を作成する。

各群落単位の植物社会学的分類体系への位置づけは、一般的にかなり高度な専門知識を必要とするので、適地調査の場合は植物社会学者によって作成されている植物社会学的分類体系のどこに属するのかを決定している。それゆえ、調査地域の植物社会学的調査が詳密に行われている場合は群落単位の分類体系内での位置づけは比較的容易である。

海外における植生調査は、何分構成種に関する知識に乏しいため、困難な場合が多い。

FAO—Unesco : Soil map of the Worldの大陸別説明書には各大陸の植生図とその説明がなされている。この植生図も大陸によってその分類基準が異なっているが、大要を知ることができる。例としてアフリカ大陸の植生図、図・1—7を示した。アフリカ大陸に関しては前述したよに500万分の1植生図が完成している。その分類基準の概要を、表1—1に示した。



図・1-7 アフリカの植生大域

Unesco : Soil map of the World Vol. VI Africa (1977)

表・1-1 アフリカの主要植生型の特徴

Unesco : The Vegetation of Africa (1983)

FORMATIONS
OF REGIONAL
EXTENT:

1. *Forest*. A continuous stand of trees at least 10 m tall, their crowns interlocking.

2. *Woodland*. An open stand of trees at least 8 m tall with a canopy cover of 40 per cent or more. The field layer is usually dominated by grasses.

3a. *Bushland*. An open stand of bushes usually between 3 and 7 m tall with a canopy cover of 40 per cent or more.

3b. *Thicket*. A closed stand of bushes and climbers usually between 3 and 7 m tall.

4. *Shrubland*. An open or closed stand of shrubs up to 2 m tall.

5. *Grassland*. Land covered with grasses and other herbs, either without woody plants or the latter not covering more than 10 per cent of the ground.

6. *Wooded grassland*. Land covered with grasses and other herbs, with woody plants covering between 10 and 40 per cent of the ground.

7. *Desert*. Arid landscapes with a sparse plant cover, except in depressions where water accumulates. The sandy, stony or rocky substrate contributes more to the appearance of the landscape than does the vegetation.

8. *Afropine vegetation*. Physiognomically mixed vegetation occurring on high mountains where night frosts are liable to occur throughout the year.

TRANSITIONAL
FORMATIONS
OF LOCAL EXTENT:

9. *Scrub forest*. Intermediate between forest and bushland or thicket.

10. *Transition woodland*. Intermediate between forest and woodland.

11. *Scrub woodland*. Stunted woodland less than 8 m tall or vegetation intermediate between woodland and bushland.

EDAPHIC
FORMATIONS:

12. *Mangrove*. Open or closed stands of trees or bushes occurring on shores between high- and low-water mark. Most mangrove species have pneumatophores or are viviparous.

13. *Herbaceous fresh-water swamp and aquatic vegetation*.

14. *Halophytic vegetation* (saline and brackish swamp).

FORMATION
OF DISTINCT
PHYSIOGNOMY
BUT RESTRICTED
DISTRIBUTION:

15. *Bamboo*

UNNATURAL
VEGETATION:

16. *Anthropic landscapes*.

1-1-3 土壌調査

ドクチャーエフは「ロシアの土壌の図化」(1879)の冒頭で、「…すべての土壌は、その場所で、母岩、気候、植生および地形の相互作用によって形成されたものであって、土壌の研究は土壌の生成者(生成因子)も同時に研究することになり、現在の土壌のみならず、土壌の過去の姿も研究することになる」と述べている。現在も、この名言が、土壌調査の要諦であることに変わりはない。

亜熱帯・熱帯の半乾燥地域に分布する主要な土壌型に関しては、前論において若干の解説を行ったが、その土壌型は現地において最も広く分布している土壌とソロンチャック、ソロネツのように局所的に出現する特徴的な土壌型であって、現地においてはその場所の地形に応じて、いくつかの土壌型、あるいは土壌亜型、土壌種群、土壌種が接続して出現している。

この地理学的土壌の出現様式に、対し、Milne はカテナ (Catena) という名称を与え、現在の土壌調査において広くこの概念が用いられている。わが国の森林土壌調査において活用されている、地形(起伏)に対応した、褐色森林土の乾性型、適潤型、湿性型もこのカテナという概念の適用と考えることができる。

Milne (1935) はカテナに対して、“a regular repetition of certain sequence of soil profiles in association with a certain topography” と定義している。

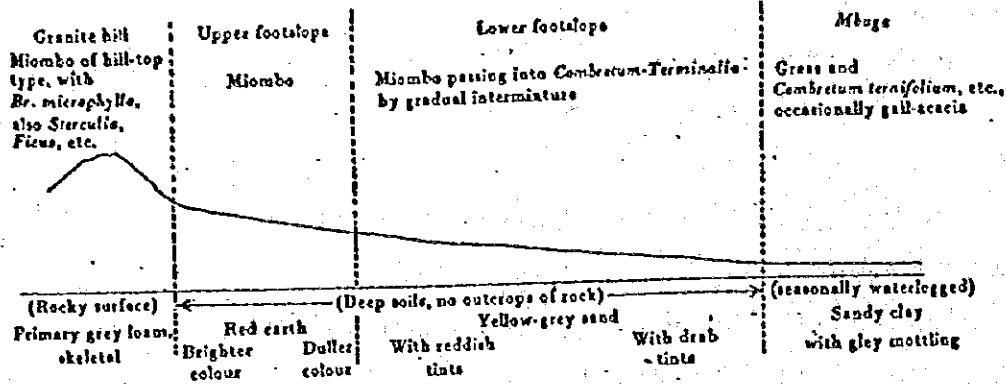
カテナは斜面における土壌単位型の高所から低所への連続的規則的な変化であって、分水界の高所から斜面最下部の谷低に至るまでの連続的斜面 (slope) に一組のカテナが分布している。この一組のカテナは斜面下部に位置する単位型がつねに斜面上部に位置する単位型からの物質(水)の供給を受けているという条件下に成立しているので、高位段丘と低位段丘というように地形的な不連続のある場合には成立しない。他方、アメリカでは同一母岩に由来すると限定しているが、筆者らは土壌調査の実行上の便宜を考え、このような限定を行っていない。すなわち、同一母岩の場合は単一母岩型、二つ以上の母岩の場合は複合母岩型として取扱っている。

Milne (1936) が指摘しているように、現在の地形面は地質学的な長期間の正規侵食 (normal erosion、自然侵食) による地表面(土壌表層)の削剝とその削剝された物質の再堆積の結果として形成されたものと考えることができる。

カテナについては前編においても若干の解説を行ったが、亜熱帯・熱帯地域の土壌調査において極めて重要なので、ここに再び詳説する。

カテナは斜面において、高所の削剝と低所におけるその堆積；地下水位の変化(低所における地下水位の相対的上昇)；斜面に沿っての高所から低所への物質の洗脱と、低所におけるその部分的集積によって形成される。土壌断面形成に関しては、平坦地における垂直方向への移動、集積作用に横方向(水平方向)への移動、集積作用が加わることになる。

図・1-8に熱帯半乾燥地域における地形・植生・土壌のカテナを示した。



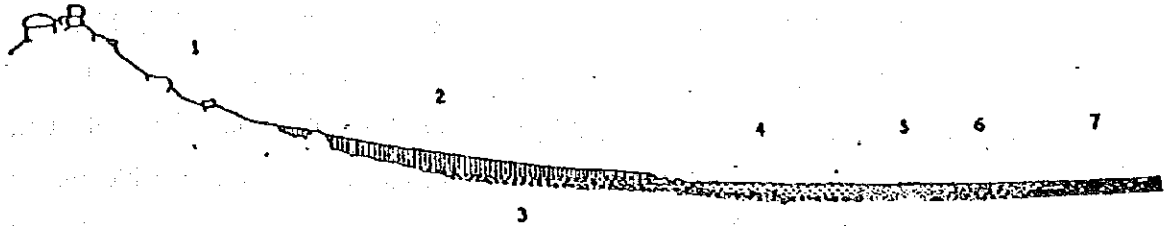
図・1-8 熱帯半乾燥地域における地形・植生・土壌のカテナ

Tabora (タンザニア) 周辺の花崗岩台地 Tabora 標高 1,190 m、年平均気温 23.2°C、年降水量 882 mm Milne (1936)

図の左端に示された花崗岩の残丘には暗灰色の礫質土壌 (A-C型) が発達し、その pH は 6.4~7.1、植生は Brachystegia Forest で山頂を立地とする特徴的な構成種が存在する。これに接続して、斜面上部に明度の高い赤褐色~帯赤橙褐色の赤色土壌が分布している。その表層土の pH は 5.7 である。この帯の幅は狭い。植生は、山頂を立地条件とする特徴的な樹種を欠く典型的な Brachystegia Woodland である。この赤色土壌に接続して斜面中腹に黄灰色の砂質土壌が広く分布している。表土の色は灰褐色~濁黄灰色、下層の色は濁黄色~濁黄灰色、深部は淡色化し、銹色の斑紋が出現する (雨期に地下水位がこの近くまで上昇することを示している)。表層の pH は 5.5~5.8、下層の pH はさして高くない、炭酸塩の集積層は認められない。自然植生は Brachystegia-Isberlina Woodland である。この黄灰色土壌に接続する斜面最下部の緩斜地に表土の土色がより暗色な砂質土壌が分布している。この土壌の表土の土性は黄灰色土壌の土性と同じであるが、下層土の土性は埴質であり、その土色は淡色で、斑紋の形成が顕著である。表層土の pH は 5.7 である。この土壌にも炭酸塩の集積層はみられないが、斑紋が顕著で鉄銹色のコンクリエーションが認められる。植生はこの地方で Mbuga と呼ばれている典型的な glassland ではなく、低木を混じえている。この地域の土壌カテナに炭酸塩の集積層が認められないことからこの地域の気候条件はやや湿潤な半乾燥地気候であると類察される。

このように、酸性岩 (felsic rocks) を母岩とするサバナ地域のカテナにおいては、斜面上部の土壌は赤色であるが、中腹以下の土壌の土色は淡色であり赤味が強くない。これは加水酸化鉄の脱水が強く行われなためと解せられている。斜面中腹に広く分布している黄灰色土壌の表層の土性が砂質な理由は生成された細粒 (粘土) が雨期のスコールの降水による正規侵食によって流水とともに除去された結果と解せられている。

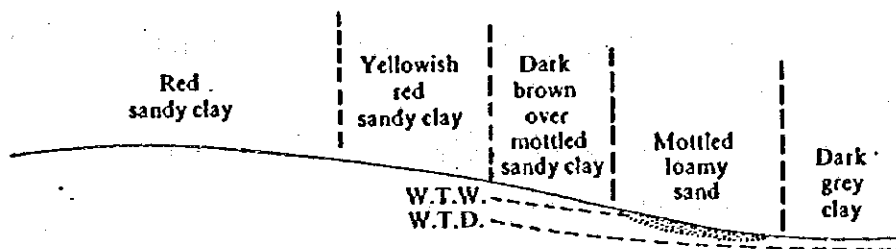
ここに、説明したカテナにおいては、炭酸塩集積層や粘土集積層は見られなかったが熱帯の半乾燥地においては、前論図・2-29に示したように、しばしばこのような集積層がみられる。また、凹地にはソロンチャックやソロネツがみられる。また、いわゆるラテライト層の形成が認められる。Milne (1936) がNature誌に発表した、熱帯半乾燥地域の土壌カテナ“断面模式図”を図・1-9に示した。詳細な説明は省略するが、図の3がいわゆるラテライト層で、土層上部および斜面上部からのアルミニウムおよび鉄の集積層である。



図・1-9 熱帯半乾燥地域の土壌カテナ、Mwanza周辺 (タンザニア、
ビクトリア湖の南方)花崗岩台地

Mwanza 標高1131m、年平均気温23.4℃ 年降水量1,010mm、

なお、図・1-8, 9はいずれも、島状岩石丘 (Inselberg) とその山麓におけるカテナであるが、サバナ地域にもっとも普通にみられるものは、平坦に近い緩斜面からなるいわゆる凹-凹地形で図・1-10は、このような起伏地における土壌カテナを示したものである。



図・1-10 サバナ地域に普通に見られる土壌カテナ

母岩は酸性 (felsic) 岩～中性 (intermediate) 岩。

W. T. W. : 雨期の地下水面

W. T. D. : 乾期の地下水面

Young (1976)

第二次世界大戦後、各国で活発に種々の縮尺の土壌調査が行われているが、いずれも、土壌資源の活用を主目的としている。国や地方公共機関によって行われているものが多いが、近時はコンサルタント会社による大縮尺調査も活発に行われている。

世界的には、土壌資源の把握とその人類による有効利用を目的とする、FAO/Unescoの共同事業が1961年から発足し、500万分の1縮尺の統一的な分類基準による大陸別土壌図とその説明書が、各国の専門家と国際土壌学会の協力を得て作成され、1970年の南アメリカ大陸の土壌図の出版を皮切りに、1981年には最後に残されたヨーロッパ土壌図の説明書がUnescoから出版され、世界の土壌学者が参加した空前の大事業が完成されている。

このUnescoの出版物は海外の土壌調査を行う際の必読書である。また、本書でも若干は解説したが、我々の亜熱帯・熱帯の土壌に関する知識は乏しいので調査にあたっては、熱帯土壌および熱帯土壌調査方法に関する入門書も読む必要がある。P. Buringh : Introduction to the study of soils in Tropical and Sub-tropical regions Wageningen, the Netherland (1979)、菅原道太郎・尾中健二郎訳：続熱帯土壌学提要(前記Buringhの著書の訳)、日本イリゲーションクラブ、(1981)。Anthony Young : Tropical Soils and Soilsurvey, Cambridge University Press (1976) をお勧めする。

本書で取扱う地域の気候、植生、母岩、地形などの土壌生成因子はわが国におけるものとはかなり異っていて、土壌そのものも我々にとって未知ものが多い。それゆえ、海外のこの地域の土壌調査は決して容易なものではなく、土壌調査の実施にはその担当者の人選が肝要である。

土壌調査の準備作業、現地作業、分析作業、とりまとめ方法などは、国有林野土壌調査方法書(1955)に準じて行えばよいが、亜熱帯・熱帯の土壌調査の実施の際の留意事項を以下に列記する。

1. この地域では風化作用が深くまで行われている場合が多いので後に示したような様式の野帖を使用した方がよい。
2. 土壌層位の命名などは、FAO/Unesco世界土壌図の凡例書(Unesco : Soil map of the World, vol. I Legent, 1974)に準じて行う。
3. 土色はマンセルン土色帖によって決定しその名称は国際的な名称を与える。筆者は日本色彩研究所の名称を与えている。
4. 10% HClによって炭酸塩の集積のあるなし、またその程度を確認する。
5. 土壌断面の総合的な観察によって、FAO/Unescoの土壌分類(前記凡例書に明示)上の命名を現地で行う。
6. 土壌試料の採集は層位別、深さ別に行い、採集深度を明記する。
7. 各層位のpH、電導度は調査時に行う(採集したものについて宿舎などで)。
8. 固結層の存する場合があるのでツルハン(地質調査用のハンマーでもある程度は代用可能)を携行する。

9. 断面の写真撮影は直射光が強いので、直射光を遮蔽して行う。

10. 不明植物の写真撮影を行う。

11. 調査地での調査経験者に調査上の注意事項を十分に聞いておく。

以上、筆者の気がついていることを例記したが、W. G. Wielemaker and H. W. Boxen(Eds): Soil of the Kisii area, Kenya. Podoc Wageningen (1982) は本書で取扱っている地域の適地調査の実例として極めて優れているのでここに御紹介する。

1-2 造林樹種

乾燥地域の自然条件と適樹種を厳密に対応することは困難であるが、以下の4気候帯ごとに、候補樹種を述べる。(年降水量200mm以下の超乾燥帯は対象としない。)

1-2-1 乾燥帯：Arid zone、(年降水量400mm未満)

この気候帯では、非常に大きいマイナスの水分収支を示し、蒸発散量も極めて高い。8～11ヶ月に渉る長い乾燥期間によって特徴づけられて、年間の最小年降水量は200mmにすぎず、それも不規則で、変動性が大きい。上層土壌の水分が不足しがちなため、このような乾燥地での企業造林はきわめて可能性が少ない。しかしながら、部分的に地下水位の高いところとか、季節による河水に氾らんすることとか、或は灌漑が可能などところなどでは、数種のものも生育可能である。

Acacia senegal や Prosopis chilensis を除いた以下の樹種は、すべて、十分な生育をするためには、降水以外の水分(灌漑、河川はらん等)補給を必要とする。

Acacia albida: ウィンター・ゾーン、マメ科

この大型アカシアはアルジェリア南部からトランスバールの大西洋から印度洋にかけてのアフリカの乾燥地域に見られる。天然林中には比較的まれで、耕作地域でよくみられる樹木である。一般に通気性のある砂土、或いは壤土のところで、地下水が樹木の根系に達しうるところにみられる。そして、いったん生育すると降水量にそれほど強い影響をうけない。この樹種は年間250～400mmの降雨のある地方でみられ、ラテライトの土壌や排水不良の土壌のところで生育が悪い。一方、短期間浸水するところは好立地である。灌漑下では、重粘土質のところでは生育が良くない。霜にはかなり耐性がある。本樹種はTop-root型の密な根系を発達させる。

この樹木は、熱い気候の期間には着葉していて、雨期には落葉する異常な性質を持っているので農業地では格別価値のあるものである。豆さや、葉などは非常に良い飼料であり、さやと豊富な果実は毎年実り、貯蔵することが出来る。さやや落葉は、暑い季節に、樹蔭をさがしもとめる家畜が排池する糞や尿とともに、土壌の養分状態や理化学性の改善に役立ち、これによって、雨期に耕作されるメイズやその他の農作物は、かなりの増産となる。

この樹種のあるところでは、土地の家畜飼養能力が改善される。なぜならば、草が不足している時期に優良な葉やさやの飼料が生産されるからである。従ってこの樹種は村落経済上、重要な樹木となっており、或る地方では保護樹に指定されている。

木材はやや柔らかく、細工がしやすく構造物の建設、建築、建具に使用される。しかし、変色し易く、木くい虫に侵されやすい。燃料としては適木ではない。

本樹種は疎林で生育して、決して密植では育たない。種子は4月に(kg当たり11,000粒)採種され、非常に高い発芽率をもっている。1年間貯蔵した種子でも、虫害をうけていなければ新鮮な種子と同じように、この発芽率を良く保っている。

セネガルでは、種子は48時間水漬けした後で2~3粒ずつ各ポリエチレンのポットに播種する。苗木は1ヶ月後に1ポットに1本とされる。

4ヶ月後には10~15cmの苗長になり、ポット内は根で一杯になる。

8月に簡単な穴を掘って植えつけをするが、しばしば耕地の農作物（多くはミレット：しこくびえ等）に沿って植えられる。これはセネガルでは通常のやり方であるが、直線の植えみぞへの植栽は砂丘や、休耕地では成功している。植え付け当初はすみやかな上長生長はしないが、根系の発育は早く、約3年目には根系は地下水位にまで達し、旺盛な成長を始める。その時点では雑草や農作物との競合は殆どなく、乾燥地域では（幾つかのユーカリ類は別として）最も早く成長するものの一つとなっている。地域によっては直播きによる育成がまだ行われているが、これは不確実で多くの失敗の記録が残されている。

Acacia nilotica : エジプトン・ソーン、マメ科

インド、アラビアと北アフリカの在来種で季節的に冠水するところの土壤に典型的に生育している。スーダンでは、河川に高水位の時にはらんする大きな河の湾曲部の小さな流域部に主に見られる。またこの樹種は、一時的の水路に沿ったところや凹地にもみられる。この樹種は非常に乾燥に強く、降水の形であれ、氾濫水や灌漑水の形であれ、少なくとも400mmの降水量に相当する水分があればよい。この樹種は50℃以上の高温に耐えるが、霜には極めて弱い。

本樹種については、自然生育地あるいは似たような条件の所での人工造林を推奨する。

木材は固く、重くて材色は暗赤色で耐久性がある。木樹種は鉄道枕木、多用途の製材品、構造物の建設、住居の床材、造船材、および柱材に使われる。また燃材に好適である。

この樹種はスーダンの乾燥地帯の最も重要な樹種のなかでもとくにまきっている。

更新は、濃硫酸で約60分間事前処理した種子を、浅い植穴に直接、巢播する方法が主体であり、ばらまきも行われている。種子量はkg約8,000粒で、ばらまき用と穴植用とでは、ha当たり30kgと6kgがそれぞれ必要である。けっべきな下刈りが初年度と2年度に必要で、また苗木が60cmの苗長に達したとき、1穴当たり1本になるように間引きをする。

(或はばらまきのは、2×2mの間隔をとる。) 巢まき法はタウンヤ耕作と複合して成功している。

この木は一般に貧弱な樹形で樹林化する性能は殆どない。

A、*nilotica* は多くの亜種に分けられる。その主なものは、季節的にはらんする浸水地域に生育する。亜種である *adstringens* (従前は *adansonii*) は河から離れた乾燥地に生育する特性がある。この亜種の造林は最近、Kanoの近くに造成されているが、その気象は乾燥帯：arid zoneよりも一層乾燥している。

Acacia senegal: ガム・アカシア、マメ科

此の樹種は土壤水分が降水量のみに依存するこの気候帯に経済的に栽培出来るわずかな樹種の一つである。インド北西部からアフリカ北部を通してセネガルに至る土着の樹種である。降水量が丁度100mmを超えた程度の地域では灌木程度に、300~500mmの降雨のところでは、3~5mの高さにまで生育している。この樹種はスーダンの乾燥地で、開けた公園的景観の植生を形成している。そして、ここではアラビアゴムの原料として経済的に大切な樹木であり、集約的に栽培されている。

従来からの栽培方法は農業と複合して休閑地作目として、農作物栽培の次の段階となるアラビアゴム採取用の低木林が造成される。アラビアゴム樹脂の採取作業は、15年~25年間の休閑期の期間中にさかんに行われる。増大する農用地需要の圧力のために、休閑期の短縮化は、スーダンのゴム栽培人口の減少をもたらしていると考えられている。休閑期の終わりに、木が伐られると、そこからの材は住民の大量の燃材需要の充足にふり向けられる。

この樹種の寿命は25年~30年である。材質は固く、重く、農耕用具材として利用され、また機織(ハタオリ)の梭(ひ)にも利用されている。しかし最も価値のある生産物はアラビアゴムで、樹幹のまわりに切り込みを入れ、固った樹液を採取し、食料(糊料)、薬用(成形材)等広範囲に利用され、世界中へ輸出している。スーダンの此等の輸出額は年間1,500~2,000万米ドルに達している。

この樹種は年平均気温25℃~27℃で平均最高気温45℃或はそれ以上の大陸性気候の亜熱帯に好んで生育する。この樹種はかろうじて耐霜性がある。冠水状態には弱い。非常に強健で、ひとたび成林すれば、長い乾燥期間でも生存することができる。この樹種はたやすく叢林化して、種子は毎年沢山とれる。キログラム当たり約7,000~8,000粒で発芽力は高く、種子は事前処置をせずに、通常に播種されている。

最近の調査では、天然林よりも人工林造成の方向に向っている。農作物と一緒に種子を直播きする方法が成功し、かつ安上りであることが解った。西スーダンの砂質土壌では4m×4mの間隔で30cmの立方の穴に手播きするのが最良の方法として考えられている。

一方、東スーダンの粘土質土壌のところでは4m間隔で15~20cmの深さに4m毎のスポットに播くことが、かなり良好な成果を収めている。一箇所5~8粒の種子を播いた実験では30cm立方の穴を掘り、土壌を入れかえ、播種するのが、良好な結果を得ている。(Waheed Khan 1966)

ポット苗木を山出しするのは、非常に成功率は高いが、その苗畑の費用を含めた経費は、かなり高価なものとなる。Acacia senegalの植付けは、非常に乾燥した気候のところでは、土壤水分の関係から雨期におこなわれる。出来るだけ多くの水分を捕捉保留するような適切な地ごしらえや、集約な下刈りが、造林地造成の成功に欠かせないことである。

地ごしらえ作業では、前生の植生を完全に刈り払うことが極めて重要である。植栽された苗木は機械除草(ディスクーパー)に耐えうる。このためには植穴を正確に直線上に設けることが必要である。スーダンの粘土質平野のAcaciaでサバナの天然混交林の構成樹(例えば

A. mellipera や A. senegal) などを、A. senegal の苗木で補植する方法が研究されてきたが、この集約な更新作業は A. senegal が既に天然に生育した地域のみで成功している。

(Blunt, 1926 ; Bosshard, 1966 ; F A O, 1969 ; Waheed Khan, 1966)

Azadirachta indica : メアリ・センダン科

この樹種は乾燥気候状態のもとで数多くの国が造林してきているが、極端な乾燥気候条件下では満足な成功をおさめていない。最小限の水分の必要量は年降水量で約450mmである。本樹種は暑さに強く、灌漑造林としても成功している。

この樹種は数ヶ月の乾燥期には耐えられ、灌漑できる乾燥地帯に対して推奨できる。

また水路沿いの造林 (Canal Plantations) や、年々洪水で沈泥する河床上の造林にも奨められる。

Conocarpus lancifolius, シクンシ科

スーダンではこの樹種がかなり注目されている。この国では、乾燥帯～極乾燥帯 (降水量400mm以下) のより有望な樹種の一つとしてこの樹種が考えられている。しかし、この気候型での可能な条件は、地下水が地表に近いところにあることである。この樹種は、灌漑造林によって、通直な樹幹と巾狭い樹冠もった幹材のサイズまですみやかに生育する。この樹種には、乾燥地域で毎年氾濫の起きる沖積土壌のところとか、水位の高い土壌のところでの灌漑造林が推奨されている。この樹種は灌水がなくても数ヶ月間乾燥状態に対して対抗できる。原生地のソマリーランドでは真水、或は半かん水の表土が近くにある海岸平野沿い、及び主要傾斜面 (山脈) の北部山麓地の水路沿いの植林が奨められている。

材は淡色で比重は中から重である。

造船用材として適材で、ソマリーランド産の材はアラブでは造船に用いられている。これは海中で長期の使用に耐えられるからである。この樹種はその強度の原因となる交錯木理をもっており、平坦に仕上げるのはむずかしいが、本樹種は美しく加工して、一般に建築、床板、家具などに良く使用される。丸太では柱材、杭木等に使われる。樹木は常緑で、樹葉は良好な飼料となる。

この樹木は幼樹でも豊富に結実する。この種子は小さく2mmの長さで、kg当たり約1,700,000粒で非常に軽く発芽率は約25%である。播種するときは、覆土しないか1mm以下の極めて薄い覆土をする。苗床にバラ播きして、1年生の苗木を裸根で山出しするか (ソマリーランド方式)、或はポリエチレンポットで、1ポット当たり6～7粒を播種して育成するか2法がとられている。十分な日照のもとでの発芽と成長が最適である。スーダンでの造林では、小面積の灌漑地で行われている。

集約な下刈りと周期的灌水、又は灌漑が幼樹期に不可欠である。植付け間隔は場所によって3m×3mから5m×mである。

この樹種はきわめて陽樹である。若い樹はしばしば分岐するので、好ましくない芽は切りかえしえをすべきである。草食動物の好餌であるので、造林地を保全するには完全な保護が必要である。

年間2.5m以上の幼樹期の上長成長が灌漑造林ではみられるが、幼令期の標準的成長は年間1~1.75mである。灌漑下の年平均成長量はha当たり2m³に達している。灌漑しない状況のもとでは成長はこれより遅い。

Dalbergia sisso : インドしたん、マメ科

この樹種の最小限の必要年降水量は約700mmであると言われている。灌漑造林でなければ、地下水位の高い砂地や粘土の上か、あるいは、年々氾濫する河沿いのところでなければ、この気候型のところでは生育出来ない。また、本樹種は重粘土質、あるいは水湿地の土壌では成立しえない。最も暑い時期の3~4ヶ月間に灌水中断のあるハルツームの緑地帯では、灌漑造林により良好な結果が得られている。樹型は貧弱で、燃料や柱材としてユーカリ類にはるかに及ばない。

本樹種は、紫檀として高級な木材を生産するが、用材の大きさにまでなり得る水分条件の所でのみ、検討する価値がある。

Eucalyptus spp. : ユーカリ類、フトモモ科

この気候型では、*E. microtheca* のような最も耐旱性のあるユーカリ類でも無灌漑又は表土水なしの造林では、植林するに値するよな十分な成長はしない。このような地域では、ユーカリ類は自然降雨に完全に依存するには、少なくとも600~1,000mm或は、普通それ以上の降雨のある湿潤地帯ではじめて経済的になる。

次にあげる樹種は、この気候型下で、しばしば成育に成功した樹種で、ここに簡単に記述しておく。これらの樹種は灌漑なしに生育する湿潤な気候帯で、より多くとりあげられているものである。

Eucalyptus camaldulensis : リバー・レッド・ガム

これはオーストラリアの全ユーカリのうち最も広域に分布しており、産地によって性質に差異がある。

自然生態では水路沿いとか、ほんらん原や地下水位の高い沖積平野にみられる。本樹種は著しく乾燥する地域も含めていろいろな気候型に生育しているが、本来的には恒常的に表土に湿気のある砂質、乃至泥質土のところに適してゐる。本樹種は季節的な洪水には耐えられるが、恒常的、或は長期間の水湿地には生立することは出来ない。最良の生育のところは、深い土壌である。

灌漑造林は非常に良好で、実際にスーダンのハルツームの緑地帯は都市廃水を灌漑して、最大の成長をしているユーカリが見られる。樹高は3年生で10~12mで、その林齢でha当たり60m³の平均収穫がみこまれる。

樹型はモロッコ産種子のものは良くなく、他国産種子のものが試植されている。北ナイジェリアのチャド湖に近い地下水に恵まれた高原で、排水良好な砂地に良好な生育をしており、そこでは3年で14m以上の樹高となっている。この地域の年降水量は非常に少なく不足であり、植栽木は初年度は灌水しなければならない。E.camaldulensisは、他の気候型のところにも広く植えられており、これ以外の情報については、後述の気候型のところを参考されたい。

Eucalyptus microtheca : フロデッド・ボックス

この樹種は北部オーストラリアの原産で、黒色重粘土のところにも生育している。この土は雨期に浸水し、乾期には、固結し、ヒビ割れが出来るバーチソルである。本樹種はスーダンのゲジラ地区の黒色土(ブラック・コットンソイル)や重粘土地帯で、高温や周期的乾燥と季節的洪水があるスーダンで試みられたユーカリ類のうちで最も耐旱性がある。このスーダンのゲジラ地区では灌漑造林で広く植えられている。少なくとも600~700mmの雨量と同等の灌漑が必要である。4~6ヶ月間の乾燥に耐えうる事が明らかにされているが、ハルツームの緑地帯の貧弱な土壌では灌漑無しでは耐旱性が低い。ここの最悪の場所では、灌水なしの2ヶ月後には被害受けはじめ、最も良いところでも、3~4.5ヶ月の期間しか耐えられなかった。亀裂を生ずる重粘土質土壌では、たとえ不規則的灌漑であっても灌漑造林を推奨し得る。

また洪水が多少不規則なところでも、毎年氾濫する河川の泥土上の造林も推奨しうる。

無灌漑、或は季節的洪水がないならば、この気候帯の降水量の場合には、本樹種による造林は困難である。

この樹種はややねじれる樹で樹高は約14m位に成長するが、重く、固く、暗色の心材で、白蟻に抵抗性がある。燃料用に主に育てられているが、下級の柱や杭木にも利用される。本樹種はすみやかに萌芽し、萌芽木は実生木よりもずっと良い樹形をとなる。通直性はオーストラリアの異なる産地品種ごとの試験で改良することが望まれる。8.5~11.5年生の異なる林令からなるゲジラ地区の種々の造林地で伐倒した1,131本の木から単木材積のデータを表1-2に示す。

本樹種は通例、ポリエチレンポットに播種し、苗畑で6ヶ月間養苗した後に山出しする。

表1-2 E.Microthecaの材積測定値

Number of stems/tree	Number of trees	Total trees	Total volume	Total volume	Volume per tree	Ratio ²	Volume per stem
		Percentage	Cubic feet	Percentage	Cubic feet		Cubic feet
1	314	27.8	534.10	18.10	1.70	1.00	1.70
2	497	43.9	1314.00	44.50	2.64	1.55	1.32
3	252	22.3	814.25	27.60	3.23	1.90	1.03
4	54	4.8	229.96	7.80	4.26	2.51	1.06
5	13	1.1	57.42	1.90	4.42	2.60	0.88
6 ³	1	0.1	0.49	0.02	0.49	0.29	0.08
Total Average	1131	100.0	2950.22	99.92	2.61		1.25

¹ Waheed Khan, 1966d.

² Ratio of volume per tree/volume of one-stemmed tree.

³ Figures refer to data from inadequate sample.

Eucalyptus tereticornis: フォーレスト・レッド・ガム

最小の水分要求量は年降水500mmで、これ以下では、地下水位が高いとか、灌漑のあるところでのみ生育することが出来る。本樹種は砂質土壌や河岸段丘、肥沃な沖積土壌のような肥えた、深い、排水良好な土壌では良く生育する。

スーダンでは本樹種は灌漑造林地、水路沿い造林地や庭園木として生育している。オーストラリア産品種は、インド・マイソール産種子のものや*E. microtheca*よりも耐旱性が低いことが証明されている。そして*E. camaldulensis*の樹形よりも劣っている。灌漑造林地で育成すると樹幹裂れは*E. camaldulensis*よりも少ない。

天然生分布の広いこのような樹種は、産地性の変動が著しい。産地問題はとくに湿潤気候のとこれでの造林において、慎重に検討すべき問題である。

インド・マイソール産種子の*E. tereticornis*のとくに優れた産地性をもつ品種は一般にマイソールガムまたはマイソール・ハイブリッドとして知られており、乾燥地造林に有用である。これは、インドの降雨量500~750mmの気候のところに植えられ、6ヶ月間の乾燥期にも耐える。各種の土壌に生育しうるが、良好な成果を得るためには肥沃な土壌が求められる。

マイソール・ガムは、ハルツーム緑地帯の適した土壌のところで灌水により生育している。そしてこの品種はオーストラリア産品種の*E. tereticornis*よりも明らかに耐旱性が高いが*E. microtheca*よりも低い。好適の状況下では、高成長を示し、この緑地帯の最良のプロットでは年間3.2mの樹高成長がある。多少差異はあるが全般的に、オーストラリアの*E. tereticornis*よりも良い樹型をもっている。マイソール・ガムはスーダンで、粘土と壤土の土性での灌漑造林が推奨されている。

Prosopis chilensis : メスキット、マメ科

この樹種は、以前は *P. juliflora* であるとして知られていたが、今では非常によく似た種ではあるが、*P. chilensis* として別の名で知られている。

これは造林面積は限られているが、近東地域や北アフリカの乾燥地域に広く導入されている。本樹種は大型の灌木乃至小型の樹木で、刺が多い。強度の乾燥に耐え、非常にやせて、乾燥した漂砂をも含めたいろいろの土壌に対し、適応性がある。本樹種は多量の砂を固定する能力をもっているため、この目的に使用されている。

甚しい乾燥地の先駆樹種として重要で、薪や飼料（豆ざや）を供給する。スーダンでは比較的良好な保水力のある土壌や紅海沿岸の塩土のところで、雨量が140~250mmの地帯でも非常に良い結果が得られている。

北ハルツームの16年生の造林地の皆伐では、ha当たり燃材を25m³収穫し、ha当たり年平均生長量は1.6m³であった。もし、この地域が盗伐や放牧に対して完全に保護されていたならば、成長量はもっと増大することが出来たであろう。(Wunder 1966)

この造林地において、樹型、樹高及び樹皮の性質が異なる二つの系統が認められた。本樹種は機械で浅く耕運したあとに、事前に処理した種子をバラ播きするやり方、又はポットに植えられた苗木によって、容易に造林される。

スーダンではポット造林によって96%の活着率が得られ、植栽後4ヶ月で85cmの平均上長成長が得られている。一度造林した後は、天然更新をするが、湿潤地で、良好な土壌のところとか、灌漑造林地帯等の極めて条件の良い場所で生育する場合には、かなりの叢生地となりうる。

1-2-2 半乾燥帯 : Semi-arid zone (年降水量400~1,000mm)

この半乾燥帯は、前述の気候型の乾燥帯 : Arid zone よりも湿潤であるとはいえ、それでも、年間に6~8ヶ月の長い苛酷な乾燥期をもち、変動的、不確実な降雨と暑熱期間の高温がある。そして、これらの条件は経済的な造林の可能性を散しくはばんでいる。

降雨量は年間400mmから1,000mmでしばしば800mm以下になることが多い。類似した植生型では、一般に南半球型の植生型よりも、北半球型の植生型のほうが、サワラから吹く乾燥風による水分喪失を補うため、より多くの雨量を必要とする。

この半乾燥地気候型のもとでは、前節の気候型で述べた各樹種が、前節の気候型で生育すると同等またはそれ以上に良く生育する。さらに、生育可能の樹種の範囲もある程度拡大される。

標高の高いところでみられこのタイプの気候のところ、例えばザンビアやローデシアの1,400m以上の標高のところでは、暑い気候の乾燥状態は幾分やわらげられて、より多くの有用樹種の使用が可能となる。

以下の樹種はこの気候型で十分生育するものか、或は試植植樹として取りあげられるものである。

Anacardium occidentale : カシューナッツ、ウルシ科

熱帯アメリカと西インド諸島の原産である。

本樹種は数世紀前にアフリカに導入され、多くの地域で天然生になっている。西アフリカでは主として土壌保全の目的と防風林のために、東アフリカでは果実の採取を目的で広い地域に植えられている。

本樹種は砂漠土壌やラトソル土壌のところでもよく育ち高度のラテライト土壌にも耐性があるが、重粘土壌には非常に弱い。本樹種は一般に海岸地方に見られる。1966年に Giffand によるセネガルでの造林実行の良い結果がある。本樹種の植栽対地は、灌木や樹木、切株を完全に除去しなければならない。伐開や地拵えは、1,500kg以上の重いディスクプラウで行う。

これの造林をタウンヤ法として農作と併行して行うことが可能のところでは、農作物としてミレット（ひえ）や落花生が採用される。降雨の期待される数週間前に植え穴の一穴につき2個ずつの新鮮なカシューナッツの種子を直播きする。この早く種をまくことが、成功させるために大切なことである。その理由は、初年度の雨期の間、そのあとにくる乾期の間にも生存しうるよう、その根系を十分に発達させることができるからである。

セネガルでの造林の本来の目的は土壌保全と防風林であるので、縦、横のいずれの方向も、3 mの密な植栽間隔が採られている。本来、果実の採取のために植えられるところでは、植栽木は十分な陽光と、より広い植栽間隔を必要とする。このためには、樹冠直径が8 mにもなるので、広いスペースが必要である。普通縦、横両方向に6~10 mの空間が必要となる。例えば、インドのマドラスでは商業用のカシューナッツの造林は10 mの空間をとるか、或いはha当たり約100本を植栽する。これはどちらかというところ降雨が1,200~1,500 mmある、より湿潤な地域においてのことである。

半乾燥地気候帯のうち、乾燥度の高いサバナ地域では、土壌湿度の競合相手となる雑草の除去を完全にすることが必要である。タウンヤ法の場合にはカシューナッツの造林を成功させるために耕作者がカシューナッツと競合するような作物を植えないよう、十分な監督が必要である。

一般に、良好な地ごしらえ、適切な下刈り、優良な苗木をもって実行されても、何等かの危険は存在する。その1つとして白蟻が多かれ少なかれ問題であり、とくに、腐植の多い、粘土質土壌でそうである。海岸の近くではカニが時々播種後の種子をもち去ったり、稚苗をはさみで切り取ったりして、造林地を完全に消滅させる。重大な被害として、さらに、ねずみ、さる、野うさぎや犀鳥によるものがある。白蟻の被害は殺虫剤でコントロールすることが出来るが、カニの被害をコントロールする満足すべき方法はなく、海岸砂丘の造林は断念するのが至当である。ねずみは、その他の被害のうち最もは甚しいものである。そして、非殺菌毒薬 (Turagil) による駆除の試みが成功した例がある。

この樹種の造林樹種として使用目的は、本来的には（とくに西アフリカでは）土壌保全と

防風林である。注目すべき二次的な便益として、カシューナッツとカシューアップル（果物）の生産がげられる。これはかなりの収入をもちます。

木材は用材としては不向きで、たまに薪材として利用されるとはいえ、それはオレオレジンが樹皮に含まれているのでハゼの性質があり、火事の危険があるのであまり好まれていない。この木が本来的に果実を目的として植えられる場合には、降雨の多いところが適している。この木は約5年後から結実をはじめ30～40年まで結実がつづく。好条件のもとで、良く成長している壮齢のカシューの造林地の1haは果実で2,800kgの収穫があり、核果でha当たり675kgになる。選抜と育種によって、ナッツのと収穫量のかなりの改良がなされてきている。

Azadirachta indica (前掲)

インドとビルマ乾燥地域での固有種で、この樹種は半乾燥気候帯で最も有用で広く植栽されている樹種の一つである。亜湿潤帯気候でもよく育つが、あまり広くは用いられていない。

(他にもっと有用な樹種があるので) 前節で述べたように本樹種は乾燥帯～極乾燥帯では灌水する場合を除いて、適していない。これは常緑であり、一般に集落周辺に植えられる。これは日陰を与え、また、刈り込みや萌芽から燃料材が得られるからである。柱材及び燃料用として広く植栽されており、家具材としても良材を生産している。

少なくとも雨量は450mmを必要とし、600mm以上のところでよく生長する。地下水が乾季のときにも、18mを超えない深さのところにあれば、低雨量の条件下でも十分に生育する。灌水造林地ではよく育つが、水浸しになれば成長は衰える。十分な地下水があれば、大気乾燥や高温状態でもよく耐える(ナイジェリアでは暑い乾風で葉は枯れると報告されている)。土壌が適度に深く、酸性でないならば、広範囲の土壌条件に耐えるが、pHは6以下であってはならない。6.5以上が望ましい。砂土、微砂土、重粘土(黒色土: black cotton soilを含めて)において、石の多い土壌でも生育する。スーダンの湿性の下層土をもつ沖積微粒土では(雨量約600mm)、24年生の造林地で優勢木は樹高約22m、直径51cmに達した。ナイジェリアでは、雨量500～625mm、標高約300mで、乾季中18mの深さに地下水をもつ排水性のよい、pH6以上の土壌においてよく生育している。

しかしながら、造林地での失敗した例もあり、正確な原因は判っていない。スーダン及び北部ナイジェリアではともに、良好な状態でスタートした造林地でも、約2年後に生長が、阻害され、大部分は4年目までに枯死又は枯死しかけていた。考えられる原因としては、土壌があまりに酸性であったか、有効水分に対して、立木数がありすぎたことである。

この樹種の果実は多肉果であり、十分に熟したとき(通常、6月頃)採集すべきであり、また播種前に果肉は取り除かれる。種子はその発芽力を急速に失うので、新鮮なうち、すなわち採集の1週間ないし2週間以内のものを使わなければならない。1kg当たり約4,000粒で、新鮮な種子の平均発芽率は通常約75%である。苗畑では普通の状態ですく早く生長し、一般に扱い易い。

造林地は、通常、1年生の根株又は3ヶ月齢のコンテナ苗で造成される。場所によっては、直播きで成功しているが、一般には信頼度が低い。強い光を要求するので、造林地では十分な植栽間隔を必要とする。東部ナイジェリアでは、8年伐期で木材を生産する場合には、2.4×2.4mが普通である。より長い伐期で木材を生産する場合には、規則的な間伐を必要とする。この樹種は種子の産地により成長率、干ばつへの抵抗性において変異が大きいので、産地試験を行うことが望ましい。

半乾燥気候帯に入るナイジェリアのsudan帯では、この樹種は、今までのところ、燃材及び支柱の生産のための主要樹種である。120プロット以上の測定から暫定的な収穫予測値がつけられた (Gravshot, Jackson, Ojo, 1967年) (表1-3参照)。4つの地位級に分けられているが、これらのプロットの平均は、ほぼ正確に地位級3に入っている。最初の植栽間隔は1.8×2.8mから3×3mであったが、最も普通には2.4×2.4mであった。データは、単年度別3～9年生の造林地についてのものであり、最初の第1伐期林分と次の萌芽林とを別々に、最小利用直径2.4、3.2、4.0cmについて単位面積当たり材積を示している。

地位級が落ちるにつれて、生産は急速に低下する。(例えば、地位級が2から3に落ちれば樹高成長で23%低下し、それによつて材積生産は53%低下する)。これらはサバナの条件下では例外である。したがって、この表を適用するにあたっては、不完全な林木数について考慮しなければならない。1.8×1.8mで造成された林分は、8年生で2.4×2.4mで植栽された林分よりも単位面積当たり材積において12% (地位級1) から71% (地位級2) 多かった。

表1-3 *Azadirachta indica* 造林地の成長量と生産量
(8年生、植栽間隔 2.4 × 2.4 m (8 × 8 ft))

地位級	林分	平均樹高		木口直径 3.3 cm (1.3インチ) までの利用できる材の材積		平均年成長量	
		ft	m	ft ³ /エーカー	m ³ /ha	ft ³ /エーカー/年	m ³ /ha/年
1	第1輪伐期	37	11.3	2,150	150.0	270	18.7
	萌芽林	37	11.3	2,100	147.0	263	18.4
2	第1輪伐期	30	9.1	1,300	91.0	163	11.4
	萌芽林	30	9.1	1,250	87.5	156	10.9
3	第1輪伐期	23	7.0	700	49.0	87	6.1
	萌芽林	23	7.0	650	46.5	81	5.8
4	第1輪伐期	16	4.9	250	17.5	31	2.2
	萌芽林	16	4.9	250	17.5	31	2.2

Callitris spp. マメ科

サバナ条件のもとで、この属の数種が各国で試植されている。また、これらの多くは湿润気候帯で、雨量が年間1,000mmを越えるところでもみられる。しかしながら、幾つかの樹種は雨量1,000mm前後の地域でよく成長しており、とくに価値があるものとして挙げられるのは、*C. calcarata* (=endicheri), *C. glauca* (=huegelii) 及び *C. intratropica* などである。さらに特別なものについては、次の気候型(亜湿润気候帯)を参照されたい。

Cassia siamea (= *C. florida*) マメ科

過去に最も広範に植栽された樹種で、あまり厳しい水分不足のない所で、排水のよい土壌で成功しているが、条件がよくないところでは、良好な状態でスタートしたものの、植栽2~3年後に成長がとまってしまふ。燃材及び支柱材用の樹種としては、あまり適していない。燃材用として価値あるものは、むしろ耐旱性のユーカリの幾つかの樹種である。

Dalbergia sissoo (前掲)

この樹種は、乾季中に土壤水分が役立つような乾燥地気候帯でも生育することがあると言われている。しかし西アフリカ(Ghana、北部ナイジェリア、北部カメルーン、トーゴ)の乾燥地方で半世紀にわたって広く試みられてきたが全体としてみるに、成功したきたとは言えない。北部ナイジェリアでは、砂壤土で、好適な土壤水分と肥沃なところで最良の成長量が得られた。この立地で植栽後3年で、平均樹高は4.6mとなったが、活着率は33%にすぎなかった。あまり適していないところでは(礫質ラテライト土壤を含めて)、平均樹高は2年で2~3mには達するが、経験的にみてこのような初期の早い成長は続かない。乾燥砂質土でよく生存することができるが、成長は非常に劣っており、最良のものでも5年で3.0m程度であった。本来、河床や沖積平原に接する河岸に生育する樹木であるので、新鮮な移動する地下水を必要とし、したがって排水不良の土壤や滞水状態の土壤水分のところでは耐えられない。スーダンでは、雨量500mmのところのシルト質土壤ではある程度見込みがある。ガーナでは、サバナ林地で1943年以来植栽されている。好適な条件下では、樹高は初年度に3~3.7mに達するが、これは例外である。

幹形は一般によくなく、密な林冠のもとでも枯枝がいつまでもついている傾向がある。植栽は、根株つき苗木や通常の苗木によって行われる。この木は、3年目ないし4年目から充実した種子をつける。3年生ないし4年生で“ひこ生え”が豊富に出てくるが、親木から分断しないと枝枯れを起す。この木は“ヤドリギ”(Tapinanthus dodoneifolius)による被害、各種の病菌や食葉虫による侵害を非常に受けやすい。

この木は、良質の燃材となり、また、短いが非常に丈夫な支柱を生産する。辺材はせん孔虫に非常に侵されやすいが、心材は耐久性がある。サバナ条件下では、燃材及び小径の支柱以上のものを生産する見込みはないと思われる。

Eucalyptus spp. : ユーカリ類

ユーカリは、100種以上のものが各国の各種のサバナで、試験植栽として試みられてきた。これらのうち、10ないし12種のもが、さらに調査ないし経済的規模での直接植栽する価値あるものとして十分に見込みがあるとみられている。

立地の必要条件：

今日までの経験によって、有望とみられた樹種はすべて少なくとも2~2.5m（できればそれ以上）の深さで根系の発達を防げられない砂土ないし砂質埴土を好むことがわかっている。そうした立地の選定は、例えばザンビアでは、36ha当たり1つの土壌調査孔を掘るという調査によって、さらに、9.2haぜ当たり1つの調査孔を掘るという集約的な調査によって行われる(Allan 1967)

多くのユーカリ類は、短期間テストされただけであり、したがって、各樹種の立地要件ごとの成長経過について査定しても、それはきわめて不確かなものと言える。長いきびしい乾季に成長を持続することを実証するには、長期間の試験が必要である。このようなところで、活着や初期の成長がすぐれている樹種でも、その後、成長が著しく抑制されるか、干ばつによって広範に枯死することがあり、とくに重粘な湿潤な土壌で起こりうる。成長や活着におよぼす干ばつの影響を軽減する上で有用な手段がいくつかあるが、それは、次のようなものである。

- (a) 十分に根系が発達しうる深さをととのえることによって、林木はできるだけ大きな容積の土壌から水分を採ることができる。
- (b) 有効土壌水分について他の植生と競争しないように、除草を十分に行うこと。
- (c) 林木が十分な成長と健全さを維持するために、乾期に十分な水分が確保されるよう当初の植栽間隔を広くし、かつ早期に間伐を行うこと。

北部ナイジェリアでは、現在までに成功している樹種はすべて、夏雨型の地域原産のものであることが観察された (Kemp, 1969年, 1970年)。

現状と勧告：

現在の知識にもとずいて、ユーカリ類のうち、広範な植栽に推奨される樹種は3ないし4種にすぎなく、またより広範に、かつ、長期に試験する値する樹種は5ないし6種程度である。

大規模造林にあたって、ユーカリを植栽樹種とする場合、その材の利用を考慮に入れておかなければならない。燃材としての利用について、その適合性に殆ど疑いはないが、柱材及び支柱については、耐久性も大切である。幼齡造林木の支柱については、耐久性に不審がいだかれてきた。南アフリカでの経験によって、このことは確かめられ、支柱又は柱として用いる材料のすべてについて、防腐処理が望ましいとされている。用材については、材料の加工にあたっての狂いと振れが以前問題視されていたが、現在はそれほど問題ではなくなってきたようである。それは、適切に乾燥し、加工処理によって概ね克服できるからである。

Eucalyptus camaldulesis (前掲)

前の気候帯で述べたように、これは、スーダンでは成長の最も早いユーカリ種(ただし、灌水による)である。ナイジェリアでは、現在までに最も成功している造林地は、亜湿潤気候帯にある Afaka のものである。半乾燥帯気候 (sudan 帯) のナイジェリアでは、十分な立木度をもった造林地はないが、その原因は著しいシロアリの襲来である。しかしながら、個々の林木は成長が早く、場所によっては最も成長のよいものは6年で13.7mに達した。シロアリの害を除き、著しい病虫害はみられないが、ザンビアの経験では、栄養の不足が影響を及ぼす可能性があることがみられる。この樹種は広範囲の地況に耐えており(オーストラリアで非常に広範囲に自然に分布していることから予想される)、さらに、個々の木についてみれば、成長率、幹形、樹冠密度などにおいて大幅の変動がみられる。その幹形は、例外はあるが一般によくなく、また、樹冠は通常小さく開いており、下草を被圧するほどは密ではない。しかし、これらの特性の変動性は、成長率におけると同様、産地および個々の親木の選抜によって改善しうる可能性が大いにあることを示唆している。よりよい系統の選抜のための情報を提供すべき国々例えば、ナイジェリア、コンゴ、スーダン、ローデシア、ザンビアなどでは、集約な産地試験地が設定されている。いくつかの国ではすでに産地試験によって、明白に優秀性が示されているが、とくに次のものが目立っている。すなわち、S. 6845 (Lake Albacutya, Victoria 州原産、雨量は 350 mm で広く分布している)、S. 6953 (Petford, Queensland 州原産 雨夏の雨量は 720 mm であるが、冬は乾燥)、S. 6869 (Katherine, Northern Territory 原産、夏も雨量は 960 mm であるが、冬の乾燥はきびしい) などである。例えば、ナイジェリアの Afaka の産地試験地(亜湿潤気候)で、最もよいところ (Petford で) は4.8年生で平均樹高が17.8m、平均材積が $8.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ に達した。ナイジェリアの半乾燥気候帯で(下層土に水分のあるところは別にして)、現在までに成功している唯一の産地は、Katherine 原産のものである。(Allan, 1973年)。

Eucalyptus citriodora : レモン・センテッド・ガム

この樹種は、湿潤な空気によく適している(自生地では、雨量600mmのところまで延びているが)。ナイジェリアのsudan帯において、深くまで乾燥した砂土と排水のよくない土壌では、活着率が低く、成長もよくない。この地帯では、乾期の最中に6mの地下水面をもつ排水のよい砂壤土のところでよい成果を挙げている。したがって、良好な幹形、材質などの望ましい性質を狙って、ナイジェリアのsudan帯の最良の立地において(オーストラリア Queensland 州の自然分布の北方の乾燥地域からの品種を用いて)成長試験を行うよう勧告されている。

この樹種に関する詳しい情報は、次の亜湿潤気候帯のところを参考にされたい。

Eucalyptus microtheca (前掲)

この樹種は、乾燥帯 (Arid zone) でも地下水や灌漑水が利用できる場所には、*E. camaldulensis* より早ばつに抵抗力があり、シロアリの被害もあまり受けない。北部ナイジェリアの sudan 帯では、このユーカリの活着率はおしなべて最高であった。初期の成長は中程度に早く、大抵のところでは最初の2年で年間0.6~1.2m、好適なところで1.5~1.8mの樹高成長を示す。初期の成長は、幹形が貧弱なのでその割りに良い印象を与えない。

活着については、ナイジェリアの sudan 帯では平均ないし劣等地に試みた限りでは、現在までのところユーカリの中では最も成功した樹種である。灌漑する場合を除いて、燃材や材質の劣る小径の支柱以上のものを生産する期待はもてないと思われる。他の樹種で造林することができるところでは、この樹種は勧められない。多くの他の樹種が失敗するようなところで、この樹種は、早ばつやシロアリの被害下でも生存する確実性と能力を有している。産地選抜によって品種を改良すべく、いろいろと試みられている。

Eucalyptus tereticornis (前掲)

この樹種は亜湿润帯 (Semi-humid Zone) において生育がよいので、詳しくは次節で述べる。しかしながら、下層土に水分がある場合には、半乾燥帯でも成功している。

北部ナイジェリアの sudan 帯では、この樹種は、*E. camaldulensis* の場合と同様、著しくシロアリの被害をうけており、活着率は場所によっては20~30%に落ちている。初期の樹高成長は、概して非常に良い (高地の深い砂土でも) が、一般に、同様な条件下では、*E. Camaldulensis* より、僅かに成長が遅い。初期の樹高成長量は年間0.6~0.9mであるが、最初の2年間は3.0~4.5mに達することがある。種子源は、主として、New South Wales (オーストラリア) からのものであったが、ただ1ヵ所の New Guinea からの産地のものが、特に有望な結果を与えた。これは、最初の3年間を通じて平均年樹高成長量は1.2~1.5m、6年後には最も高い木の樹高で10.7~12.2m、胸高直径で9.5~10.5cmに達した。この産地の幹形はすぐれており、New South Wales からのものよりかなりすぐれている。

ザンビアでは、同様な雨量の条件下で3ないし4ヵ所、高海拔地 (900~1,400m) で *E. tereticornis* の試植が実行された。このようなところは、やや冷涼な気候で、乾季もそれほどきびしくない。種子源は、主として Queensland (オーストラリア) であるが、そのほかにタンザニアのザンジバルから若干、ローデシアからもきている。これらの成長は、ナイジェリアの sudan 帯における成長結果より良かったが、この数字は厳密に比較されたものではない。ザンビアの数字は“梢頭までの樹高”であり、最大直径を有する林木について平均高では10%の梢頭を含むと定義されている。それにしても、年樹高成長量の範囲は、約1.5年生から6年生で2.2~4.3mであった。(CoolingとEndean, 1966年)。この段階で、産地間での顕著な差を見出すことはできなかった。

*E. tetricornis*は、500~800mmの年雨量地帯の青ナイル河岸にそう“gerf地”（湿った下層土をもつ沖積微砂層）で非常に広範に植栽され、これは成長がすぐれており、形状も良いことがわかった。14年生で、樹高は地位級1で24.7m、地位級3で17.4mであり、これに相応する胸高直径はそれぞれ35.6cm、18.6cmである。薬剤注入後、電柱材として利用するのが望ましい。

この樹種について、詳しい情報は次節の亜湿潤帯 (Semi-humid zone) を参照されたい。

1-2-3 亜湿潤帯: Semi-humid zone (年降水量量1,000~1,500mm)

この気候帯には、通常、4ないし5ヵ月の乾季がある。雨量は、一般に1,000mmと1,500mmの間にある。この気候帯の樹木成長に対する条件は差異が大きい。それは雨量に幅があるためばかりでなく、温度及び湿度に影響する標高の変化もある。土壌の差異も、造林事業に対して重要な影響を与える。

ナイジェリアの北部 guinea および南部 guinea 帯はともに、この亜湿潤帯に属する。南部 guinea 帯では、雨季はかなり長びくが乾季は北部 guinea 帯よりきびしくない。北部ナイジェリアの Jos 台地は、北部 guinea 帯の一部とみなされ、Kaduna (代表的な北部 guinea 帯の気候観測所がある。)と同じ雨量と湿度傾向をもつが、標高が高く、やや冷涼で気候条件はそうきびしくない (Kemp 1969年、1970年)。

この気候帯において、広大なサバナとなっている所は、ザンビアの北部高地植生地帯 (1,200~1,350mの標高のところ)、あるいは、南部及び南西スーダン、ウガンダ、ケニア、タザンニア、マラウイ、ローデシアなどにも見られる。

Acrocarpus fraxinifolius マメ科

この樹種は、インドの中程度の標高で雨量の多いところにみられる。冷涼な高地に最もよく適合しているが、サバナの上部高度限界近くの植栽にも適している。

亜湿潤帯では“見かけ倒し”の樹種として注意する必要がある。いくつかの国では、当初の樹高成長は急速であるが、その後衰退して、枯損率が高くなる。タンザニアでは、試験区として、約1,200mの標高で年雨量1,000mmのサバナ林地帯で有望とみられたが、5年間の良好な生育後、早ばつによって広範に枯死した (Commonwealth Forestry Institute、1966年)。ナイジェリアの Afaka の排水良好な砂質土で年雨量1,270mmのところでは、活着率は高く、4年で平均樹高が、6.1mに達したが、その後成長は衰え著しい枯死木を生じた。

サバナ地帯のやや高度の高い湿潤なところでは、収穫期は永くなるが、良好な成長と活着が得られる。ザンビアでは、サバナ状態のところ、いくつかの試験区が設けられている。その中で北部高地の最も古い試験区 (約1,300mの標高) では、23年で“全木樹高”が26mに達した。最近の植栽地でもかなり大きい年樹高成長が報告されている。すなわち、2.5年生と7.75年生の間の全木樹高成長量が1.3~3.0m/年になった。

ウガンダでは、この気候帯の湿潤なところでシロアリ被害の危険のある所に、この樹種は有望であることがわかった。活着率も良好であった。

Araucaria cunninghamii: フープパイン マツ科

この樹種の魅力は、急速な成長とほぼ完全な幹形をもつすぐれた材とパルプ材としての優れた蒸解特性にある。過去に広く植栽されなかったのは、主として、種子を入手することが困難であったことによる。この種子の生命力は短い(他の多くの *Araucaria* におけるほどではないが)、これらの困難は、急速な空中輸送と低温コンテナの利用によって、現在では克服できる。

この樹種は、造林木としては若干不利な点もある。すなわち、山出し後4年ないし5年間、その成長が遅く、したがって、その造成にはいくぶん費用が多くかかる。

本樹種は巾広い標高と緯度範囲にわたって分布している。すなわち、南緯8度のパプアニューギニア(低地から2,400mの標高にかけてみられる)からオーストラリアの南緯33度の Queensland から New South Wales にかけてみられる。それ故、高度、緯度別の産地の差異が顕著であり、このことは、重要であると考えべきである。これらについては、アフリカでの植栽に関するかぎり、現在まではほとんど調査されていない。ナイジェリアでの植栽例から唯一の報告では、オーストラリアの分布範囲のうち、より北よりのところから、すなわち低緯度からの種子を入手すべきであるという。(Kemp, 1967年, 1970年)。パプア系統は、見たところではオーストラリア系統とは異なると報告されており、勿論、より熱帯性の、とくに低海拔地からのものである。

成長率に関しては、Queensland で収穫表が作られている。例えば、地位指数 2.6 m (25年生の優勢木の樹高)のところの55年生造林地では、平均年成長量 $15.2\text{m}^3/\text{ha}$ (間伐材を含めて)を生産することができる。このうち、15.4%はパルプ材であり、84.6%は用材である。間伐材が全部含まれていることを考えると、用材の割合はきわめて高い(Hawkins とMuir, 1968年)。

Mauritius においても、この樹種は外来種として、20年以上にたつて造林されており、400haの造林地にもとづいて25年までの暫定的収穫表がつくられている。地位級1(優勢木の平均樹高が16.7mのところ)の25年生造林地の連年並に平均成長量はそれぞれ $41\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 、 $18\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ であった。同様にして、地位級2(優勢木樹高は14mのところ)では、それぞれ $3\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 、 $15\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ であった。平均年成長量は、この年令で急速に成長しているとみられる。(Ntima, 1968年)。

アフリカ大陸では、大部分の試験地が、信頼できる収穫予測を得るには若すぎるので、情報は比較的少ない。ナイジェリアのTos台地(標高1,220m)では、平均樹高は3.6m、優勢木は平均して5.2mであり、平均直径は5.5cm、優勢木の直径7.5cmであった。造林地の成長は、最初の4年間は遅いが、その後速度を増した。平均年雨量は1,400mmであるが、厳しい乾季も

ある (Kamp, 1969年, 1970年)。この樹種は、苗畑においても、また、植栽地の下刈りによって初期の成長が加速されることについては、多くの証拠がある。

成長をよくするには、平均的に豊富な雨量を必要とするが、3ないし4ヵ月までの乾期には抵抗力があり、12月から2月にかけての乾いた熱風の被害をうけることはない。

オーストラリア及びパプアで実施されているような種子採集並びに貯蔵、苗畑作業の細部については、Ntima (1968年) によって述べられている。その方法は、苗床の小あぜに種をまき、地中15~18cmの深さで長い主根を根切りし、約15~23cmの苗高になったとき (少なくとも、山出し前から5ヵ月) 苗木をポットに移すことである。しかしながら、北部ナイジェリアでは、殺菌消毒した湿潤な砂で予め発芽させてみて、後にそれをポリエチレンポットに穴をあけて埋めた。発芽には8~12日を要するが初期の成長には非常に遅く、山出しできる苗木を生産するには10~15ヵ月かかる。(Kemp, 1960~70年)。窒素が十分にある鉢植え土壌を用いることによって初期の生長が加速されるかどうか、あるいは、生長が遅いのが菌根不足によるかどうかを知るために、実験を行うことが望ましい。

造林地では、5年までは十分な保育が必要であり、窒素を含んだ肥料を適度に利用することによって、この期間を短縮することができる。

本樹種は、亜湿潤および湿潤熱帯気候のところでも良く育つと考えられているが、サバナへの造林に関して、もっと集約な研究調査を行う価値のある樹種である。マツよりも肥沃な土壌を必要とするが、深く十分に排水されるならば、重粘土土壌でも耐える。産地間の差異に関して、緯度と海拔高との関係が重要であるかどうかを知ることも大切である。種子を入手する困難さと費用の点からみて、いずれの産地が各種のサバナ地帯に最もよく適するか (それによって、究極的には種子の輸入をそれらの産地に限定するように) を決定することが、なにもものにもまして重要な問題である。

Callitris spp. (前掲)

この属の数種のものがアフリカで植栽されて、有望な結果が得られている。それらは、オーストラリアとタスマニアの固有種であり、広範囲のところ (オーストラリアの暑い乾燥した内陸部から東部及び西部のより湿潤なところまで) からきている。気候の範囲は広げることができる。適正な産地を選定することによって、多くのサバナ気候にマッチさせることができる。下にあげる樹種はすべて、砂土、砂壌土ないし壤土を好み、排水は良好でなければならない。

大部分の樹種は、密植によって (普通、1.8×1.8m) 幹形が良好となる。不良な幹形は、旋回木理を有するパーセンテージによっても変るが、用材に仕立てる場合には重要な欠陥になる。しかし、これは選抜・育種によってこの欠陥を少なくすることができる。支柱や用材は白蟻に比較的強く、その木材は装飾材として (ほのかに香りがある) 加工が容易である。

この類の大部分の樹種において、結実は、豊富であり、天然更新が旺盛である。したがっ

て、一つの造林地が造成されると、第2次及びその後の後継林分を造成する場合にほとんど経費を要しない。ある樹種はユーカリと混交してよく成長し、これはサバナ植林における *Callitris* の最も有用な特徴の1つとなっている。しかし、ユーカリの成長におよぼす影響はまだわかっていないので、実験によって確かめる必要がある。

サバナを有する多くの国で *Callitris* はほとんど実験段階にあり、やがて植林事業地を確定しなければならない。今までのところザンビアでは、高地（標高1,100~1,400m、年雨量600~1,200mm、乾期5ヵ月）で *C. huegelii* と *C. intratropica* が活着がよく、初期成長は見込みがあったにもかかわらず、全体の成長は非常に劣っており、*Callitris* spp. はもはや見込みがあるとは考えられていない。*C. calcarata* と *C. robusta* はともに失敗した。次の樹種は、アフリカのサバナ状態のもとで試みられている。

Callitris calcarata (= *C. endlicheri*) : ブラック・サイプレス・パイン

オーストラリアの Queensland 州、New South Wales 州、Victoria 州に固有なもので、広範囲の立地と気候に分布している。通直木は、シロアリに強い柱材になる。

ローデシアでは、重要な造林樹種であり、普通、柱材の生産に向けられ、またユーカリ造林地のギャップを埋めている。砂草原や花こう岩に由来する深い土壌のところで、年間500~1,000mm雨量の中部高地に最もよくみられる。浅い土壌や滞留水のある土壌には耐えられない。15年生の代表的な林分では、平均樹高が11.6m、平均直径が12cmに達している。柱材用としてはすぐれているが、振れ木理の割合が多くなると製材を妨げ、また、brushware に向ける場合には割裂を生ずる。種子は自然に落下し天然更新する。（とくに、ユーカリ樹の下で）。ユーカリと混生する力は、貴重な特性と考えられる。

ナイジェリアでの予備的試験によれば、北部及び南部の guinea 帯ではさらにテストを行なう価値があるとしている。すべての試験区で活着率はよく、植栽後2年で平均樹高1.2~1.5m（最高のものは2.1mを超えている）であった。樹幹は非常に通直である。

他の国については結果がまちまちであり、ガーナとザンビアでは試験に失敗した。マラウイでは成功しており、したがって、支柱や用材向けにもっと広く植栽するよう推奨されている。ウガンダでは、Ankole 地区のみで植栽されているが Karamoja 地区に対しても適当していると考えられる（Streets, 1962年）。南アフリカでは、いくつかの気候型での結果はよくないが、並みのところもあった。Entabeni の造林地（標高1,400mの深い壤土で雨量は1,900mm、すなわち、亜湿润帯よりも湿润帯のところ）のみが、良好な結果を示した。樹高は、34年で23mに達している。

Callitris glauca (= *C. huegelii*) : ムライ・リバー・パイン

この樹種は、*C. robusta* と混同されることが多かった。分布範囲は非常に広く、オーストラリアでは、約360mmの雨量程度のところにもみられるが、最も成長のよい地方は460~720mm

で、樹高が30mにも達している。半乾燥帯造林に適する品種の産地を見出すことは可能ではなくであるが、現在までのところ、湿潤な地方や標高の高いところでのみ成功しており、例えば、ローデシアでは、年雨量500~600mm、標高約1,500mの中部高地地方でよく成長している。

ナイジェリアでは、北部および南部 guinea 帯での早期の試験で有望であった。活着率は十分であり、植栽後2年で平均樹高が2.1mとなるが、北部地帯では最高木が3mを超えている。いくぶん湿潤な南部地帯では、樹高は約0.6m程度であった。sudan 帯では、排水のよくない土壌で試験されたが、苗木はほとんど活着しなかった。幹形は他の *Callitris* におけるよりも変形していることが多いが、一般的には良好であった。

Callitris intratropica

この樹種は、当初結果がよいということでウガンダ、ザンビア、北部ナイジェリアで試みられた。ナイジェリアからの報告によれば、他の *Callitris* の樹種より分枝が著しいケースが多く、かん木状に茂る習性がある。初期樹高成長（5年までの）は、北部 guinea 帯では平均して年当たり約1mであった（南部 guinea 帯ではこれより僅かに劣る）。そのほかの性状については、*C. glauca* に似ている。

Callitris robusta (= *C. preissii*)

この樹種は、しばしば *C. glauca* と、混同されてきたが、Pryor (1969年) は、*C. robusta* と称せられている現在の造林地の多くは、実際には *C. glauca* であるとしている。

ナイジェリアの Joa 台地で造成された造林地（ここは、31年生で平均樹高は14.9m）は別にして、*C. glauca* のような成功はみていない。ザンビアでは、*C. glauca* と *C. intratropica* が成功したところで試みたが失敗した。南アフリカでは他の *Callitris* spp. と比較して不良であった。ナイジェリアの北部および南部 guinea 帯では当初の成長は、どちらかと言えば他の樹種と比較して劣っており、これ以上試験を行うことは考えられない。

Cassia siamea (前掲)

この樹種は、以前には最も広く植栽されたものの1つである。とくに、1910年から1924年の間に、アフリカの各国の導入された。ガーナ、ナイジェリア（西部地域）、ザンビア、タンザニア、ウガンダで広範に造林された。主として、燃料と支柱用として造成されたが、この気候帯では、現在その大部分がユーカリの類によって代えられている。（ユーカリの方が成長が早く、収穫量が多いので）本樹種は、比較的養分に富んだ排水良好な土壌を好み、また、排水が防げられないならばラテライトにも耐える。スーダンでは、河川や運河に沿った排水良好な砂土や微砂土のところに勧められ、灌漑造林についても同様である。根系はいくぶん浅いが、一般にはかなりの早ばつに抵抗があるものの、土壌水分に対する他の植生と

の競争には弱いので、チガヤ (*Imperata cylindrica*) があるようなところには適しない。不適当な土壌 (例えばナイジェリアの sudan 帯に多くみられる) では、初期の成長は非常に早くても、2、3年後に抑制され、すぐに衰弱してしまう。

直播きは (ha 当たり約 3.4kg の種子を用いて) あるいは、1 年生の根株苗木又はポット苗木によって植栽される。

種子の前処理は必要でない。最初の 1 年ないし 2 年間は造林地のけっべきな除草が必要である。この樹種は容易に萌芽し、普通は燃材用造林地に使われる。その伐期は 5~6 年であるが、地況によって燃材に加えて支柱用材を生産するときは、伐期はより長くなる。しかし、燃材としてはすぐれているが、支柱としては必材が小さく耐久性は非常に劣る。葉は時として飼料に用いられる。

この樹種は、亜湿润帯では造林用にほとんど用いられていない。それは、燃材としてまた良好な支柱材として収穫量の多い他の樹種 (各種ユーカリや *Gmelina arborea* など) があるからである。

Eucalyptus camaldulensis (前掲)

この樹種は、主として前節の半乾燥帯でのものであるが、亜湿润帯においても (ザンビア北部高地およびナイジェリアの北部と南部 guinea 帯の試験で) 用いられている。これは、高い生産性を示し、さまざまな異なる土壌にも耐える。しかし、これまでにアフリカで育生された大部分の造林地においては幹形が劣り、また草を被圧する力も劣っているため、*E. cloeziana*, *E. propingua*, *E. grandis* のような樹種よりも低く評価され、したがって、上記 3 種などが生育しうるところではそれらの方が好まれる。

Eucalyptus citriodora (前掲)

この樹種の魅力は、その成長の早いこと、幹形がすぐれていること、材質の良いことにある。オーストラリア、Queensland の中央部及び北東部の沿岸地区 (300 km に及んで内陸に延び、海拔 600m まで生じている) の固有種である。夏に雨量の多い亜熱帯気候から熱帯気候のところに生育している。必要最小限年雨量は、その分布区域の冷涼なところで 600mm であるが、十分な成長のためには 900mm 以上が望ましい。*E. grandis* (生産量が高いために、広くこの亜湿润帯と湿润帯で好まれている) よりいくぶん乾燥した条件のところに耐える。また、さまざまな土壌のところにも耐える。

北部および南部 guinea 帯では、深く排水良好な砂壤土でよく成長し、代表的なものは樹高成長量が最初の 4 年間に平均して年当たり 3m である。人為サバナ地帯 (刈払い、火入れによって生じた) では成長量に変動はあるが、いっそう早く成長する。ズーダンでは、規則的に毎年洪水がおきるところや灌漑できるような河川の沈泥地に、とくに勤められる。ローデシアでは、玄武岩及び花こう岩に由来する土壌で雨量の多い地域の造林地で非常によく成

長している。強い早ばつには耐えられないが *E. grandis* ほど弱くはない。また、僅かな霜ならば生き残ることができる。ザンビアの試験では、北部、中部、南部の高地で良い結果を示しており、標高1,100~1,400mのところ、平均して初期の年樹高成長が3m以上になっている。しかしながら同じ立地での *E. grandis* の成長には及ばない。カラハリ砂漠では霜害を受けている。コンゴでの試験では平均年雨量1,200~1,300mmのところ、Pointe-Noireの地区の砂質地では成長がよくなかったが、Loudimaの植土及び砂質植土では成功し、4年で平均樹高13m、平均直径11~13cmに達した。この期間での平均年成長量は、6.5cmまでの直径でha当たり12m³であった。

育林的にみて、*E. citriodora* の人工林を造成することは困難であると言われているが、確かに、裸根では苗畑においても、現地でも容易に移植することはできず、根株苗木でも成功していない。こうした失敗は、主根の切断又は破砕に起因していた。しかしながら、新しいポリエチレン・ポットを使用して、高い活着率とすぐれた初期の成長を得ることができた。本樹種は毎年豊富に結実して、その種子はユーカリ類としては大きい(グラム当たり150~220粒)。発芽率は一般に高く(70%以上)、苗木は早い段階でポット当たり1本にしなればならない。苗木が15cmの高さに達するのに約2ヶ月を要するが、その後の成長は非常に早く、通常、10~11週で十分な山出し苗木の高さの30~45cmに達する。好ましい条件のもとでは、直播きで成功している。これは2.4×2.4mの間隔で一穴当たり5粒播種するものである。

十分な地ごしらえが必要であり、この樹種はシロアリの害を受けやすいので、通常の予防策として、ポット植えの用土及び植え穴の土壤に殺虫剤を混合することが必要である。早いうちのけっべきな除草も重要である。この樹種は比較的病虫害が少ない。植栽木の成長は相当に早く(幼令のとき年間2.5~3mも成長する。)良好な立地では15年以下で30mの樹高に達する。立地によっては窒素を含んだ肥料を用いることによって成長は促進されると指摘されている。そのほかに枝枯れがみられたが、これは通常、磷酸塩肥料の施用によってなおすことができる。樹冠は高く疎開しているため草を被圧するのには不十分である。

植栽木は広い植栽間隔のときでも通直できれいな樹幹となる。この材は堅く、丈夫で重みがある。(m³当たり1,030kg) 耐久性があり、工作も容易である。一級の製材用材で重厚な一般構造物に用いられている。また、よく曲るので木工用の良い材になる。この葉から蒸留してシトロネラ油が製造されることがある。

樹高成長量は、*E. grandis* のそれと同じ程度に良いが直径成長量ではかなり劣る。

E. grandis の材は用材としても有用であるが、*E. citriodora* より20~30%程度軽い。

条件が *E. grandis* に適しているところでは、*E. citriodora* は席をゆずるが、条件が *E. grandis* にとって乾きすぎるところでは、*E. citriodora* がまさっている。

Eucalyptus citriodora × *E. torrelliana* : 交配種

この種間雑種は、ナイジェリアの Jōa 台地で地方産の種子から自然に生じたハイブリットで、いずれの親よりもかなり成長が早い。樹冠は密で直径成長は早いが *E. citriodora* より形状があまり良くなく、かなりウラボケである。成長試験と研究調査をさらに続けて、選ばれた親木間の人工受粉によって、その改善を図ることは非常に興味のあることである。

Eucalyptus cloeziana

この樹種は、オーストラリア、Queensland 州の沿岸とその内陸（断続的に分布している）の原産である。夏の雨量が760~1,650mmのところを生じ、雨量の多い地域の湿潤な谷斜面で最もよく成長する。南アフリカの湿潤夏雨型の地方での重要な造林樹種になっている。他のアフリカ諸国の各所で（ケニア、マラウイ、ウガンダ、ザンビア、ナイジェリアを含めて）導入されている。この樹種の魅力は、成長が早いこと、形状がきれいな長い樹幹であること、樹冠が密であることである。この材は堅く重みがあり、一般構造材用としては限られているが、鉄道枕木、抗木、支柱、とくに電柱用にすぐれている。

ザンビアの北と南部の高地では、初期の樹高成長量は2.9~4.0m/年、直径成長量は2.5~3.8cm/年であった。ナイジェリアにおける最良の成長は人為サバナ地帯（本来は湿潤帯）におけるものであったが、ここでは、最初の5年間に1.8mの平均年樹高成長量が達成されたが、5年生で最高樹高の木は12.2~15.2m、その直径は12~15cmであった。

ナイジェリアにおける南部 guinea 帯では、最初の2年間で初期樹高成長量は2.1~2.4m/年であったが、北部 guinea 帯では、4.5年で樹高は14.6m、直径16.8cmであった。後者については、機械化下刈りを行った。

種子の発芽力は変動が多く、低いことがある。ナイジェリアでの播種割合は、100ポット当たり1~2gである。初期成長は遅く、38cmの高さの苗をつくるのに4ヶ月を要する。苗畑では、いくぶん根腐病にかかりやすいと報告されている。

この樹種は、造林地の造成にあたって多少の困難を伴うと言われている。二年目に踏みかため (beating up) を必要とするところでは活着率は低かった。造林地での幹形はすぐれており、初期の段階ではその密なる樹冠によって下草を被圧するに十分である。多くの他のユーカリ類よりも低い窒素の含有に耐えるものと思われるが、枝枯れがあらわれたならば商業用の磷酸塩肥料を施用する。その場合一本当たり30gを超えてはいけない。原生地国での分布は断続的であるので、いずれかの特定地について最良の種子産地を知るために、産地試験を行うことが望ましい。

この樹種は、亜湿潤帯でもより湿潤なところの（例えば、ナイジェリアの南部 guinea 帯、おそらく北部 guinea 帯及びザンビアの北部の高地）深く、排水良好な土壌に強く勤められる。ナイジェリアの sudan 帯などの乾燥した地域では、よく育つ見込みはない。

Eucalyptus grandis

この樹種名の中には、樹木学的には、次のものが含まれている。すなわち、*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*、および“*saligna*”あるいは“*grandis*”という名称で広範に植栽されている雑種。

このような *E. grandis* 複合の中に含まれた樹種の同定にあたってかなり混乱がある。南アフリカで生育している *E. grandis* の林分の大部分は現在、雑種林分であると考えられているが、真の *E. saligna* よりも真の *E. grandis* に近い（交雑の段階で、純 *E. grandis* から純 *E. saligna* までである）。本書では、*E. “grandis”* の名称が用いられている。場合によっては、交雑に他の樹種が追加されている。例えば、ナイジェリアでは *Transversae* 種（おそらく *E. grandis*）と *Exsertae* 種（おそらく *E. camaldulensis* との交配による *E. “saligna”*）が造林用に指定された。

E. saligna と *E. grandis* はともに、東部オーストラリアからきている。これらの範囲はオーストラリアの New South Wales 州と Queensland 州南部においては部分的に重なり合っているが、*E. grandis* は、*E. saligna* より Queensland 州ではずっと北の方に延びている。それらがともに生育しているところでは、それぞれ混交している2つの樹種の自然雑種の種子の可能性がある。それらは、ともに大径木であり、900~1,270mmの雨量のあるところ（年間を通じて降雨がかなり均等に分布しているが、夏に最大であるような）、とくに北の方からきている。

E. saligna の材は、堅く、丈夫で、強く、適度に耐久性があり、やや荒い肌目であるが、工作や仕上げが容易であると報告されている。*E. grandis* は大部分のユーカリの材よりも軽く、柔らかく、裂けやすいが、適度な強度と耐久性をもつ。しかし、幼令木から製材された場合、狂いやその他の欠陥を生ずる傾向もある。（Streets, 1962年）。成長の早い雑種の材質については、材質試験の必要がある。この樹種及び雑種はともに良好な柱材となるが電柱に使用するには防腐処理が必要である。

オーストラリアでの原産地が確認されている *E. saligna* と *E. grandis* のアフリカでの造林地が小面積ではあるが、サバナ状態のところに植栽されている。ザンビアでの試験によって、原産地からの *E. saligna* は、アフリカ産種子の *E. saligna* や *E. grandis* の複合のいずれよりも早ばつに弱いことがわかった。

立地に関しては、ケニアとマラウイで、*E. grandis* 複合で成功している植栽地の多くは、サバナ地域以外の高い標高のところにみられる。ローデシアでは、多雨地の最良の土壌で平均年成長量 $61\sim 66\text{m}^3/\text{ha}$ が記録されている。（Barritt と Mullin, 1968年）。しかし、これは例外的である。この木は良好な深い浸透性の良い土壌を好み、排水の良くないところや滞留水のところには耐えることができない。同時に、厳しい早ばつにも耐えることができない。年雨量が900mm以上で、あまりきびしくない乾期のところに適している。ザンビアでは、この樹種が主要な造林樹種であり、標高1,220m、年雨量約1,220mmのところによく育しており、ここで

は、2～4年生で平均年樹高成長量が、5.1mで平均年直径成長量が4.2cmに達している。ザンビアの造林地（標高920m以上、年雨量750mm以上）について全体的にみれば、平均して樹高は8年生で約30mである。

コンゴでは、雨量1,200～1,300mm（乾季は4ヶ月）のところでは *E. grandis* 複合が試植された。よい状態でスタートしたものの、植栽3年後に水分の不足に起因して成長状態は悪化した。（Grouley, 1967年）。

北部ナイジェリアでは、*E. saligna* 複合と称せられている *E. grandis* × *E. camaldulensis* の推定雑種は亜湿潤および湿潤帯における最も有望なユーカリの一つである。潜在的な生産性は、北部 guinea、南部 guinea 帯および人為サバナ地帯で現在までにテストされた他の樹種よりも（*E. camaldulensis* を除いて）大きい。北部 guinea 帯よりもきびしい条件のところでも高い成長率を維持するかは証明されていない。

各種の形態の *E. grandis* 複合は早い樹齢で種子をつける。種子は100ポット当たり1grの割合でポットに直播きされる。苗高の成長は早く、大部分の苗木は10週で30cmの高さに達する。ザンビアでは23cm以下の小苗が好まれる。ユーカリの植栽にはけっべきな地ごしらえが望ましく、このことは、とくに土壤水分が一定期間不足するおそれのところでは不可欠である。林冠が下草や侵入する雑草を被圧するよう閉鎖されるまで、けっべきな下刈りが必要である。この樹種はシロアリの被害をうけやすく、したがって通常の予防策としては植栽時に殺虫剤を散布する。また、礫素不足の土壤では枝枯れが生ずるが、その場合には硝酸塩肥料の施用が必要となる。

Eucalyptus pilularis : ブラックバット

これは、オーストラリアの最も重要な広葉樹の一つであり、New South Wales 州及び Queensland 州の北部地方の原産である。本樹種は造林地の下草を被圧する密で狭い樹冠をもつすぐれた形状の大径木である。通常、サバナ状態のところで年間1,000mm以上の雨量を必要とするが雨量が多いほど成長は良い。この樹種はシロアリの被害を非常にうけやすく、植栽後の殺虫剤の施用が勧められる。この樹種は礫素不足の影響は受けにくいと思われる。

アフリカの各地方における（南アフリカを始めケニア、マラウイ、ザンビア、など）試験によって有望であることがわかったが、まだ大規模にはどこにも植栽されていない。その初期の成長は急速である。ナイジェリアの北部 guinea 帯で造林が好成績でスタートしたが、その後多数の枯死木を生じ現在では失敗と考えなければならない。これは、Afaka で行われた15ヶ所の産地試験であった。

Eucalyptus propinqua

この樹種は、オーストラリアの主要な構造用材の一つであり、強度と耐久性において最高級のものであり、オーストラリアの New South Wales 州及び Queensland 州の年間

900~1,400mmの雨量のある地方の原産である。幹形がすぐれており、その樹冠は造林地の下草を被圧するに十分な密度である。

アフリカでは広範にテストされていないが、北部ナイジェリアの試験によって初期成長は良い結果が得られ、北部および南部 guinea 帯で現在までに試みられた最も有望な樹種の一つとみなされている。また、sudan 帯でも、乾期に地下水の深さが約6mを超えない、排水良好な土壌には適しよう。湿潤な人為サバナ地帯ではよく育たなかった。立地によっては、きびしいシロアリの被害を受けたが、それに対しては一般に行われている予防策をとるべきである。窒素不足は敏感であると思われるが、硝酸塩肥料を一本当たり50grまで施用することを勧める。

Eucalyptus saligna

この樹種は *E. grandis* と *E. saligna* との間でかなりの混同がみられるし、それらは交雑にしており、同様な育林上の必要条件をもっているので、前述の *E. grandis* のところを参照されたい。

Eucalyptus tereticornis (前掲)

この樹種は、すでに半乾燥帯のところで述べた。亜湿潤帯の条件では、通常、他のユーカリ類たとえば *E. grandis* 複合などよりも成長は劣る。一般に幹形はよいが大部分の *E. tereticornis* の活着率と樹高成長は *E. camaldulensis* のそれより、とくに脊地において劣る。*E. tereticornis* は、*E. camaldulensis* よりも早ばつと霜のおそれのあるザンビアでは例外的に優れている。*E. grandis* 複合との雑種は、すでに、*E. grandis* 複合の良い形状と成長率と *E. tereticornis* の干ばつや霜への強い抵抗性を併せて持つため数ヶ所で成功している。

(Greenwood, 1973年)。

コンゴ (平均年雨量1,200~1,300mm、乾季4ヶ月の典型的な亜湿潤帯) では、“*Eucalyptus* ssp. 12BAL” と稱される (種子産地はマダカスカルの Ambild-Lemaito) 変種が1956年に導入された。これは *E. camaldulensis* の雑種であると最初に考えられたが、後の調査によって北部 Queensland 州からの *E. tereticornis* の変種であると確定された (Martin, 1971年)。この変種は例外的に良く成長している。通直で円柱状の樹幹の占める割合が高く自然落枝がうまく行われる。Poite-Noire 近くの Loandjili の深い砂土で、植栽間隔3.25×3.25mの4年生で、平均直径及び平均樹高は、それぞれ11cm、12mであり、また、Loudiun の埴土や砂質埴土のところ、それぞれ13cm、15mであった。直径6.5mまでの木材の平均年成長量は Loandjili で12~14m³/ha、Loudima で20~22m³/haであった。この変種は燃材用造林地として広範に用いられている主要樹種の一つになっている。(Grouleg, 1967年)。これは、いかなる産地の *E. camaldulensis* よりも著しくすぐれているが、最近、北部 Queensland州のHerberton 及び Mt. Garnet 地方から導入された *E. tereticornis* は、見たと

ここでは“E. spp. 12BAL”とはほぼ同じ(少なくとも早生樹として)であるとされている。(Maclin, 1971年)。

インドの Mysore 産種子のものが各所で試植されたが、その成長率および平均的形狀は他の産地の E. tetricornis 及び E. camaldulensis よりすぐれていると指摘されている。ナイジェリアの亞湿润帯では、この樹種と北部 Queensland 州からの産地のものが最良の結果を示している。Mysore 産種子のものは変異性が大きいので、これと E. grandis 複合との間でさらに交雑できるかどうか探求してみる価値がある。

E. camaldulensis、E. tetricornis などは、燃料材及び小径柱材生産の主要樹種である。製材用および大きな電柱材(通直性の仕様が厳格である)にはその形状からして適しない。

Pinus spp. : マツ類

熱帯に生育するマツの種類についてみるに、サバナ状態のところでの植栽に適するものはかなり少ない。高海拔地で広く造成されている樹種である P. radiata, P. patula は不適であり、P. elliotii (以前は、北部に産する P. caribaea と考えられていた)でも1,200m以下になるとほとんど成功していない。

気候的にみて、半乾燥帯ではマツ類は満足に生育していない。ザンビアの高地(標高1,050~2,350m)とともにナイジェリアの北部および guinea 帯のやや湿润な地方で、若干の樹種がよく生育すると考えられている。それらは人為サバナ地帯で部分的に生育すると思われるが、他の価値の高い早生樹種と競争することになる。したがって、針葉樹材として特別な需要(例えば、長繊維のパルプ)がないかぎり植栽される見込みはない。低海拔地及び暑熱気候のところでは、現在までのところ、P. caribaea var handurensis が最良の結果を示しているが、ザンビアでは、高海拔地のあまりきびしくない気候のところでは P. kesiya (ベトナム系統とフィリピン系統の両方について)(フィリピン系統のものは、以前は、P. insularis と知られていた)は、最も適当していることが立証されている。また、P. oocarpa var ochoterrenai の各一産地品種による試験区では、それぞれ11年生、8.5年生までは非常に有望であることを示している。いずれの場合でも適切な産地を用いることがきわめて重要である。

コンゴでは、過去7年を通じていろいろな針葉樹種について広範な試験が実施されたが、テストされた約74種のうち、最も満足すべきものは、Pinus caribaea var handurensis と P. oocarpa var ochoterrenai であった。成長の最も良かったのは、Brazzaville の標高600~700m砂質ステップ土壌においてであった。Loudima の標高150~200mの植質準平原土壌及び Pointe-Noire の標高50~70mところでも満足すべきものであったが、一般に高度を増すにつれて成績はよくなっている。いずれの場合にも、はっきりした乾期(4ヶ月)をもち、年雨量が90~1,600mmのところであった(Qroulez, 1967年, Martin, 1971年)。

一般に、マツは肥沃な土壌を必要としないが、ナイジェリアでは大部分の立地で磷酸肥料を施すと健全な成長が達成される。一般の方法としては、植栽後ただちに一本当たり過磷酸肥料を100gr施用する。

多くの植栽試験において、活着並に成長がよくないので、マツ類の使用は除外されている。これは多くの場合、土壌の根瘤菌の有無に関係しており、この菌がないとマツはよく成長しないことが多い。これは、酸性土壌におけるよりもphの高い土壌で一層重要であると思われる。根瘤菌の定着の容易さは土壌の栄養状態と関係している。土壌の養分が非常に劣っているところ、とくに、磷の不足では根瘤菌は容易には活動しない。したがってマツもよく成長しない。非常に肥えている土壌（PとNが多すぎる場合）でも、菌瘤根の発達は弱いので、実際は、マツの健全さにとって土壌の肥沃さはそれほど重要ではない。根瘤菌にとっては中間的な肥沃状態が必要である。十分なP成分（約100ppm）をもった酸性砂質土壌が根瘤菌の発達にとって最も好ましく、そうした状態でマツは健全な成長をとげる。土壌中に根瘤菌がないならば、成功した造林地から根瘤菌を接種させた土壌を入れるか、苗木に根瘤菌群集が形成されるようにして、菌を導入することが是非必要である。植栽地が菌で十分に接種されマツの根に根瘤菌群集が形成されるようになるまでは、マツの各樹種や産地の成長力の判定はできない。

マツ（とくに、*P. caribaea*と*P. oocarpa*）に普通にみられる異常として、ナイジェリアのサバナでは、乾期中に針葉がしわになる傾向があることである。これは、針葉の葉鞘が乾燥して堅くなり、針葉が葉鞘を破り難くなり、葉鞘内で針葉が広がり始めるためと考えられる。数年間を通じてこの異常がくり返され、雨期に形成された正常な針葉と乾期に形成されたしわになった針葉とが規則的に交代する。試験研究によって、これは、土壌水分関係よりもむしろ大気湿度の結果であることがわかった。すなわち、乾期に灌水してもしわになる針葉の形成を防げられなかったが、ポリエチレン袋でつつんだ湿った空気の中での葉芽は正常な針葉生じた。この現象はある年令まで続くことが、Jos 台地のMiangoの*P. caribaea*の7年生試験区でわかった。これは、上側及び外側の葉芽（蒸散作用が大きい）に著しく、低部及び内側の葉芽では著しくない。この異常が樹木の成長に影響するかどうかまだ明らかではないが、正常な針葉としわになった針葉との光合成についての比較は、生理学的研究として行うべきであろう。（Jalkson, 1970年）。

アフリカの熱帯条件下で若干のマツがかなり以前に導入されたが、最近では、熱帯低地にも適する産地および変種についての系統的な試験が始められた。この試験はまだ初期の段階にあり、樹種並に産地に関する以下の情報は、現在までに得られた研究調査並に経験にもとずいての暫定的なものである。

Pinus caribaea : カリビアマツ、マツ科

この樹種の天然分布は非常に広いが、現在までにわかっている原産地の中で最も有望なものは、英領 Honduras の Mountain Pine Ridge からの *hondurensis* の変種である。この産地のものは気候的に類似したナイジェリアの南部 guinea 帯といくぶん乾燥している北部 guinea 帯でよく生育する。この樹種は、排水の良好な深い砂質土（砂壤土、砂質埴土を含めて）を好む。それらは、根が障害なく地下 3 m のほどのところで地下水面に達するようであればならない。成長は逆に地下水面が高いか、変動すると悪い影響を受け、季節的変動の少ないところ（地下水面の平均的深さはやや大きくても）がよい。ナイジェリアの Jos 台地（標高 1,200 m）でよく生育して *P. kesiya* よりも旺盛である。ザンビアでは、年雨量 800 mm 以上、標高 900~1,500 m の深い砂質土と埴質砂土で有望であるが、現在までのところ広範に植栽されている *P. kesiya*（フィリピンとベトナム原産）ほどには植えられていない。ナイジェリアの人為サバナ地帯では、雨量が多く、一般にやや湿潤状態のため、有望とみられている。（コンゴでも同様である。）（Groulez, 1967年、Martin, 1971年）。

苗畑で、湿めった殺菌した砂土やパーミキュライトで予め発芽させた種子をポリエチレンポットに直播きする。土壌混合物として必要な根瘤菌を接種するため、成功したマツ造林地からの土壌を少量含めなければならない。発芽の前処理から始まって苗畑での所要期間は約 6 ヶ月である。

造林地では、根株の除去を含めてけっべきな地ごしらえが望ましく、また、年中豊富な土壌水分があるところを例外として、早期にけっべきな下刈りが望ましい。ナイジェリアで下刈りが遅れ、そのため針葉が黄化するほど雑草が茂ったが、下刈り後は以前の健全なグリーンカラーに戻った。

この樹種は、一般に幹形がよく、成長も多くのところで年間を通じて続いている。地下水が季節的に不十分であれば成長は防げられる。個体によっては、いわゆる“フォックスティル”現象（数年続いて側枝がなくなる）がみられ、また、時に乾期に樹木の成長にともなって針葉がゆがんだり、圧縮されて折り重なっているのがみられる。木材の性質は、立地間、個体間で大きな変動がみられる。一般に早生の造林木は天然林の非早生樹材としては非常に相異している。大多数の造林地は、まだ非常に若く、木材の性質並に利用について一般的な結論を引き出すことは不可能である。（Hughes, 1970年）。

現在の試験地や他の国における既知の実績からみて、この樹種は熱帯地方のやや湿潤なサバナ地帯の植栽に大いに有望である。British Honduras の Mountain Pine Ridge の産地のものが現在までテストされた中で最も成長が早く勢がよいが、さらに産地試験を行うことが望ましい（とくに、最も南の方の産地、赤道近くの *var hondurensis* 及び高緯度の *var bahamenis* について）

Pinus kesiya (= *P. insularis*) : ケニアマツ、マツ科

このマツは、その分布範囲が広く、ビルマ、タイ、ラオス、カンボジア、ベトナムを含め、アッサムのKhasi丘陵からフィリピンまで延びている。フィリピン系統は、“ベンゲットマツ”として知られ、以前は別の樹種、*P. insularis*とみなされていた。

ザンビアでは、この樹種は最も広く植栽されているマツである。これは成長が早く、地況が相異しても比較的よく適応する。この造林地は、主として標高1,050~1,350m、年雨量900~1,800mmのところでは成功している。これらの条件下で熱帯低海拔地のマツ (*P. caribaea*のような) よりも、かなり活着率が高く成長も良い。これに匹敵する結果を示している唯一の樹種は *P. oocarpa* (12年生まで) である。大陸の原産地のビルマ、タイ、などの *P. kesiya* は島しょ部産のものより試験では成長率においても形状においても多くの場合劣っている。(ただし、ベトナムのDalat地区からの種子は、フィリピン産のベンゲット種に匹敵する結果をえている)。

ナイジェリアで試験では、*P. kesiya* は北部および南部guinea帯での *P. caribaea* よりも造成が困難であり不規則的に成長することがわかってきたが、これは、根瘤菌の発達が遅れていることによるとみられる。ザンビアの造林地からの種子はフィリピンから直接輸入された種子よりも成長がよいとの指摘があるが、これは、おそらく正常な育林間伐の過程で勢いのよい、すぐれた幹形のものを選抜したことによると思われる。この樹種については、とくに母樹の選抜について、さらに試験をすることが望ましい。もっとも、現在ではナイジェリアにおいて、*P. kesiya* 以上に *P. caribaea* と *P. oocarpa* についてそうした考慮が必要である (とくに、標高600m以下にところで)。

アフリカの他の地域では、*P. kesiya* の有望な成果がケニア、ローデシア、マラウイから報告されているが、これらの国では広範に造林用に用いられてはいない。南アフリカのいくつかの地方でも有望な結果が得られているが、低海拔地では *P. merkusii* と同じようには生育していない。

Pinus merkusii : メルクスマツ、マツ科

この樹種の天然分布は、*P. kesiya* より広く、東南アジアの大陸を含め北東インドからスマトラ及びフィリピンに延びている。*P. kesiya* と重なり合うところでは、通常、より低海拔地にみられる。これは、中部タイのサバナ様気候型からインドネシアの湿性、多雨気候までの条件のところで生育する (Cooling, 1968年)。

その分布範囲の各地区においても形質に相当な変動がみられ、インドネシア産と大陸産との特徴差は非常に大きい。最近では2つの樹種、スマトラ型の *Pinus merkusii* と大陸型の *P. merkusiana* に分割する場合もある。

インドネシア系統は大陸系統より成長が早い、早ぼつへの抵抗力は劣り、また形状も貧弱である。大陸型の幹形はすぐれており (これは、主としてあまり湿潤でない地方に由来し

ている)乾燥にかなり耐えるが、成長は遅いと考えられる。また、大陸型は幼令のときに火災に耐える形態として "grass atage" (米国南部産の *P. palustris* のように) をとる。

P. merkusii は、あまり敵しくないサバナ状態のもとで人工造林としてかなり見込みがあるが、現在まで研究調査はほとんど行われていない。これは、おそらく種子の入手、貯蔵、輸送が困難(種子の生命力は急速に失われる。)であることによろう。種子はとくにスマトラでは非常に軽く、かつ、年間を通じて成熟しているので、種子の採集にあたっての困難さが増し費用も増加する。インドネシアとベトナム系統のものが当初の成績が良かったのでザンビアで試植された。これらは各種の土壌によく適合したが、樹高成長は *P. kesiya* と比較して植栽21年後にひどく低下した。直径成長はまだ *P. kesiya* と匹敵していたが、形状は一般に悪く、grass stageを示す大陸型 *P. merkusiana* は生態的に採択できない。ザンビアでは *P. kesiya* に代りうるマツとしては、*P. merkusii* や *P. merkusiana* よりも現在では *P. oocarpa* と *P. caribaea* の各種の系統が考えられている。アフリカの他のところでは、年雨量が1,470mm、年平均気温が約19~32℃のところの造林地が最も成長が早かった。ここでは、19年生で平均樹高25m、直径33cmに達した。種子の産地については不明である。マラウイでは、この樹種は最小年雨量1,000mm、平均年気温16~19℃の標高600~1,800mのところでは試験中であると報告されている。一般に、*P. merkusii* は、*P. kesiya* より暑い熱帯地に適していると考えられるが、広範囲にわたる系統的テストおよび種子の生命力維持の研究等を優先的に行うべきである。

Pinus oocarpa

この中央アメリカのマツについては、*P. Caribaea* よりもあまり知られていないが、ある産地試験では、熱帯条件のところの植栽に見込みがあるとされている。その天然分布は、中央アメリカを通じて北部メキシコからニカラグアに及び、太平洋及びカリブ沿岸の山地にみられる。メキシコの北のいくぶん曲がった樹冠をもつ小径木から、南での非常にきれいな通直樹幹をもつ30m以上の大径木までさまざまである。変種の *P. oocarpa* var *ochoterenai* は、British Honduras、グアテマラ、ホンジュラス、メキシコ南東部(Chipas)でみられる。この変種はアフリカ(中でもコンゴ)での試験で良い結果を得ている。

ナイジェリアでは、British Hondurasの産地のもの(おそらく、var *ochoterenai*)は、北部guinea帯のJos台地とAfakaで、初めのうちは *P. caribaea* の成長に匹敵していた。British Honduras産のものは規則的に輪生する細い水平枝を有するが、メキシコ産のものはこれとは対比的に太い不規則な枝張りや密な針葉叢を有している。

ザンビアでは var *ochoterenai* は大部分の var *oocarpa* よりまさっており、実績では *P. caribaea* に匹敵していた。しかし *P. caribaea* と同様、var *ochoterenai* はザンビアの高海拔地やあまりきびしくない熱帯条件のところでは、フィリピンの *P. kesiya* より適していなかった。一方、*P. oocarpa* var *oocarpa* (Honduras、Valle de Angeles、Francisco Morazan地区)

の一つの産地品種では、形状が良く成長がすぐれていた（10年で平均樹高は17.44mで平均胸高直径21.3cm）これに対しフィリピンの*P. kesiya*では、それぞれ17.39m、21.7cmであった。したがって*P. kesiya*に代る強力な競争者である。

*P. oocarpa*の針葉の試験によって、この樹種は非吸収性のろう質の葉面となっているので、乾燥した大気のところでは*P. caribaea*よりもよく適応するのではないかとみられている。そのために、現在までに検討された他の低地生熱帯マツのいずれよりも北部ナイジェリアの12月から2月にかけて吹く乾燥した砂混りの熱風に耐えうるように思われる。

一般に、この*P. oocarpa*は、亜湿潤帯および湿潤気候の排水のよい土壌をもつ低地ないしやや高地のサバナ地帯に適するとみられる熱帯造林マツとして、よりくわしい調査を行うに値する。原産地での分布範囲の南方地域（British Honduras、グアテマラ、ホンジュラス、ニカラグア）からの種子による産地試験を優先的に行うべきである。また、すぐれた変種（すでに述べた*ochoterenai*の変種）を選抜し採種園を設けるべきである。さらにすぐれた変種の種子が十分に入手できないところでは、その樹高と*P. caribaea*を比較する造林試験地を設けるべきである。

以上の、乾燥帯：Arid zone、半乾燥帯：Semi-arid zoneおよび亜湿潤帯 Semi-humid zoneの3帯における造林候補樹種の一覧を表1-4に掲げる。

表1-4 気候帯別造林候補樹種一覧表

気 候 帯	樹 種	造 成 方 法
① 乾燥帯 (年雨量200-400mm、年間 8-11か月乾燥)		
	雨だけに依存	Acacia senegal Prosopis chilensis
灌木、毎年の洪水もしくは他の 下層土の混合物に依存	Acacia albida	PP(DS)
	Acacia nilotica	DS
	Azadirachta indica	St 又は PP
	Conocarpus lancifolius	St
	Dalbergia sissoo	St
	Eucalyptus camaldulensis	PP
	Eucalyptus microtheca	PP
	Eucalyptus tereticornis	PP
② 半乾燥帯 (年雨量400-1,200mm、 しかし一般には1,000mm以 下、乾季6-8か月)	Anacardium occidentale	DS
	(Callitris spp.)	PP
	(Cassia siamea)	St
	(Dalbergia sissoo)	St
	Eucalyptus camaldulensis	PP
	(Eucalyptus citriodora)	PP
	Eucalyptus microtheca	PP
	Eucalyptus tereticornis	PP
③ 亜湿润帯 (年雨量1,000-1,500mm、 乾季4-5か月)	(Acrocarpus fraxinifolius)	St 又は大 PP
	Araucaria cunninghamii	PP
	Callitris calcarata	DS 又は PP
	Callitris glauca	DS 又は PP
	Callitris intratropica	DS 又は PP
	Callitris robusta	DS 又は PP
	Cassia siamea	St(DS)
	Eucalyptus camaldulensis	PP
	Eucalyptus spp. 12 ABL	PP
	Eucalyptus cloeziana	PP
	Eucalyptus grandis	PP

気 候 帯	樹 種	造 成 方 法
③	<i>Eucalyptus pilularis</i> <i>Eucalyptus propinquus</i> <i>Pinus caribaea</i> <i>Pinus kesiya</i> <i>Pinus oocarpa</i>	PP PP PP PP PP

注 ① ()内の樹種は、当該気候帯で用いられることもあるが、一般には、次のより湿潤な湿潤気候帯で用いられる。

② DS = 直播き、St = 根株植え、PP = ポット植え。

1-3 造林手法

1-3-1 種子

いかなる造林計画においても樹種、原産地が明らかで、良質な種子を十分な量集めることが、絶対に必要な条件である。そのように種子を手に入れることができる適地はそう簡単に見つかるものではない。たとえば、量的に無理であったり、樹種とか原産地が不明確であったり、不適木からあるいは不適期に収集されたり、不適当な条件下で貯蔵されたり、等々である。もしそのような種子を利用すると発芽の点で多大な損害を被る。産地が明確で、優良な遺伝形質を持っている種子を確実に手に入れるためには、信頼のおける種子供給者と関係をもつことが必要である。とくに、めずらしい樹種を輸入しようとする時とか、種子収集をしている現地を調査する時とか、特有な種子供給者と種子の交渉をしようとする際に、上記のことは重要である。

一般的経験から、新しい土地での造林地の間伐による選別や優良母樹の選伐等によって世代更新した外来樹種の種子は時としてその新しい環境がより適したり、原産地の天然木の種子よりもより良い成長を示したりする事がある。種子の収集、処理、貯蔵の方法に関しては多くの指導書や論文が書かれているので、ここでは、乾燥地の造林に関して数点特記する。

1-3-1-1 種子の量と発芽力

乾燥地造林における重要な樹種の種子の重量と平均発芽能力を表1-5に示す。

表1-5 主な半乾燥地造林樹種の種子重量と発芽能力

Species	Number of seeds		Remarks	References
	Per lb	Per kilo-gramme		
<i>Acacia albida</i>	5 000	11 000	oc high for treated seed	Giffard, 1966 Parry, 1956
<i>Acacia nilotica</i> (Syn. <i>A. arabica</i>)	3 500 to 4 000	7 700 to 8 800	oc very high and germination time only 2 days for treated seed	Parry, 1956
<i>Acacia senegal</i>	3 250	7 150	High (usually untreated)	Parry, 1956
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	14 000	31 000	Fairly high oc after treatment	Parry, 1956
<i>Anacardium occidentale</i>	70	154		Parry, 1956
<i>Araucaria cunninghamii</i>	1 200 to 2 000	2 700 to 4 400	oc high when fresh and if collected when just ripe. Loses viability in a few months unless refrigerated	Ntima, 1968
<i>Azadirachta indica</i>	1 800	4 000	oc low unless very fresh. Fruit pulp must be removed after collection	Goor and Barney, 1968
<i>Callitris calcarata</i> (Syn. <i>C. endlicheri</i>)	70 000	154 000	oc high	Gerber, 1971
<i>Callitris glauca</i> (Syn. <i>C. huegelii</i>)	32 000	70 000	oc 30-40 percent	Turnbull, 1972-73
<i>Callitris intratropica</i>	54 000	120 000	oc 5-20 percent	Turnbull, 1972-73
<i>Callitris robusta</i> (Syn. <i>C. preissii</i>)	45 000	100 000		Parry, 1956
<i>Cassia siamea</i>	17 000	37 400	oc very high	Parry, 1956
<i>Chlorophora excelsa</i>	200 000	440 000	oc high when fresh	Parry, 1956
<i>Chlorophora regia</i>	—	—	Understood to be similar to <i>C. excelsa</i>	
<i>Conocarpus lancifolius</i>	Up to 772 000	Up to 1 700 000	oc about 25 percent	Boaler, 1959
<i>Dalbergia sissoo</i>	20 000	44 000	oc high	Parry, 1956
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Syn. <i>E. rostrata</i>)	334 400	763 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus citriodora</i>	52 800	116 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	64 000	141 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus deglupta</i>	2 560 000	5 632 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus grandis</i> (from Australia)	288 000	634 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus microtheca</i>	190 400	419 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus pilularis</i>	24 000	53 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus propinqua</i>	193 600	426 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
<i>Eucalyptus saligna</i> (from Australia)	256 000	563 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73

Species	Number of seeds		Remarks	References
	Per lb	Per kilogramme		
<i>Eucalyptus tereticornis</i>				
New South Wales	188 800	415 000	Uncleaned, viable seeds	Turnbull, 1972-73
Queensland	361 600	796 000	Uncleaned, viable seeds	
Victoria	139 200	306 000	Uncleaned, viable seeds	
Papua, New Guinea	134 400	296 000	Uncleaned, viable seeds	
<i>Gmelina arborea</i>	320 to 640	700 to 1 400	Cleaned nuts. GC high but loses much of its viability if stored for a year.	Parry, 1936
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	23 600 to 36 300	52 000 to 80 000		Ldckhoff, 1964
<i>Pinus kesiya</i> (Syn. <i>P. insularis</i> , <i>P. khasya</i>)	25 000 to 28 000	55 000 to 62 000		Parry, 1936
<i>Pinus merkusiana</i>	12 700 to 19 000	28 000 to 42 000		Cooling, 1968a
<i>Pinus merkusii</i>	26 300	58 000		Cooling, 1968a
<i>Pinus oocarpa</i> var. <i>ochoterenai</i>	18 600 to 24 900	41 000 to 55 000	Viable seeds	
<i>Protopsis chilensis</i>	4 000 to 7 000	8 800 to 15 400		Parry, 1936
<i>Tectona grandis</i>	400 to 900	880 to 2 000	Stores well. GC 25-50 percent, may be higher after one-year storage	Parry, 1936

1-3-1-2 種子の前処理と貯蔵

良好な発芽率をあげるためには、多くの樹種で特別な前処理が必要となる。その処理時間は長短様々であり、また水に浸漬する方法、水浸漬と乾燥を交互にくり返す方法、表皮を通して水が浸透出来るように切ったり、削ったり、沸騰した湯に入れたり、短時間ではあるが煮沸したり、濃硫酸に浸す方法等がある。その目的は単に最終発芽率の割合を高めさせるだけでなく、播種後発芽をより迅速にかつ一様なものにするためでもある。

アカシアとか硬質な皮を持つ他樹種の種子には一般的に濃硫酸に浸す処理方法を用いる。この薬品は水と混ぜる時強烈な発熱反応を起こすので特別な注意がいる。すなわち、酸に水を加えてはならない。水とうすめる場合は、酸を水の中にゆっくりと少しづつたらし、かき混ぜながら行なう。もし混合物が熱く危険になったら休止する。種子処理には10kgの種子に12リットルの濃硫酸を使用する。指定時間の浸漬後、十分に酸を除く(これは又使用出来る)、最初のすすぎとして沢山の水の中に入れる。その後手で扱えるように安全になるまで水を数回換えて十分に洗う。酸の中和剤として重炭酸ナトリウムかカリウム溶液を手近に置いておくのも良い。

下記の樹種は播種前の種子の前処理が必要か、少なくとも何らかの効果があるものであ

る。

① *Acacia albida*

播種前の48時間の水浸漬(コンゴ)か、20分間の濃硫酸への浸漬(ナイジェリア)。

② *Acacia nilotica*

60~80分間の濃硫酸への浸漬。発芽は極めて速くなり、2日で発芽し始める。

③ *Acacia senegal*

時々前処理なしで播種するが濃硫酸に40分間浸漬した方が効果的であった(Fishwick, 1966)。

④ *Araucaria cunninghamii*

ニューギニアでは前処理なしで直播きしているが、ナイジェリアでは滅菌した砂かパーミキュライトの中で発芽前の促進をさせ、発芽し始めた種子をポットに移植する方が良い。

⑤ *Chlorophora excelsa* および *C. regia*

種子は桑の実の様な果実を水に浸け、水の中で押しつぶして取り出す。もし水で軟らかくなった果実のまま一度に播種が出来るのなら種子を取り出す事は必要ではないが、放置すると果実が発酵して来るので数日以上果実の中に種子を入れておくことはできない。

⑥ *Pterocarpus angolensis*

果実は水浸透出来るよう端をけずる必要がある。

⑦ *Tectona grandis*

風雨にさらされていないチークの種子は発芽はゆっくりで、不ぞろいである。大部分は1年以上もかかる。その種子は長い期間土中で生存し続ける事ができ、そして時として数年後、外気による風化作用や山火事があった後などに発芽するケースもある。発芽を速めたり、均一化させるために色々な処理法(表皮をけずったり、シロアリの塚に埋めたり、広く広げた種子の上でワラを燃やしたり、バーナーで軽くこがす)が行われる。最も一般的に行われている方法は表面が硬く日の当る所に約5cmの厚さで広げ、そして十分に水に浸漬する事である。そのあと適宜攪はんして乾燥し、日光に1~2日間当てるなど、水浸漬、乾燥、日光照射を何回もくり返し行う。一般的には発芽の兆候が出て来るまで5~10回行う。水浸漬と乾燥の1サイクルは1日の水浸漬と3~5日の乾燥と日光照射である。発芽が始まってすぐ種子は苗畑に薄く土でおおって播き、十分水を与えるようにする。前処理の過程はタイミング良く行ない、雨季の雨が降り始めるすこし前に播種出来るようにする。

原産地の異なるチークの種子の場合、その休眠状態を終らせるための前処理の程度は

非常にまちまちである。湿気のある、多雨地域の種子の処理は、少雨乾燥地からのものより少なくてもよい。

スーダンでは雨季の間に収穫して、地床に置いておいた種子とか、苗畑の穴の中に有機物と種子と土を交互に層状にして貯蔵した種子では良い結果が得られたと報告されている。穴は通常巾×長さ×深さが1 m×2 m×1 mである。穴には播種の準備が出来てから約10日間毎日散水をする。

タンザニアでは母樹の下で拾い集められ、8～12ヵ月間貯蔵させて置いたチークの種子は袋詰めにして小川の流れの中か、水の入ったドラム管に72時間浸しておく。その後5 kg/m²の割りで播種する。2日間日光の下にさらしておき、その後約2.5 cmの厚さで土をかぶせ毎日散水をする。(Wood,1967)

表1-5に掲げた種子の生存能力が短いと記してある樹種は種子がまだ新しい内に播種すべきで、1シーズンもしくは次のシーズンまで貯蔵すべきではない。収穫から播種までの間は、一般的に、種子は天日乾燥をし、温度が一定に保て、すずしく、乾燥した場所に貯蔵すべきである。

果実は、収穫したあとすぐに果肉は除去すべきで、これは果肉が容易に発酵したり、腐ったりするものだからである。また、脂肪質や油質の種子は普通非常に腐り易く、ときにはわずか数日の生命力しか持っていないものもある。それらは貯蔵が出来ないし、その為すぐに使用しなければならない。

AcaciaやProsopis spp.で代表される硬質で乾燥した型の種子は普通貯蔵出来るものである。これらは十分天日乾燥し、すずしい所に密閉したスズの容器で貯蔵すべきである。虫害にあり危険がある場合は、コンテナの中で種子と一緒にDDT粉剤をふり混ぜるようになる。松の種子も同じような貯蔵方法であるが、もし1シーズンか次の年まで持ちこたえさせようとするなら、種子は湿度を6～10%に保ち、温度はいつも3～5℃に保っておくようにする。Araucariaの種子は非常に腐り易い。パプアニューギニアのA. hunsteiniiの新しい種子は湿った吸い取り紙につつんで粉状の銅と一緒にプラスチックバッグに入れ、それを密閉出来るカンに入れ、温度を5℃に保つようにする(Nash,1970)。このようにしても、できるだけ早く使うようにすべきである。チークの種子は、完全な方法で貯蔵した場合は、収穫後2年目の方が、通常、良い発芽を示す。このチーク種子は天日乾燥し、涼しい場所に袋に入れ吊り下げて貯蔵する。

1-3-2 地ごしらえ

乾燥地域での造林では湿潤地域での造林が必要とされている地ごしらえより、より集約的かつ十分な地ごしらえが要求される。乾燥地域における地ごしらえの指針は次のとおりであ

る。

- ① 台地を完全に掩っている草や植栽地に生えている木のすべてを出来得る限り完全に除去すること。
- ② 土壌が出来るだけ多くの降雨を吸収出来るようなコンディションを作ってやること。表土の流失を最小化すること。水分をより深く保てるような土壌を作り上げること。
- ③ 植栽木が十分に根を張れる土壌条件が必要で、例えば、皿状の硬いくぼ地や、プリンサイトの土層や地表の近くで団結した土層があれば、これは砕く必要がある。
- ④ 植栽後、機械化による保育作業として処理しうる仕事は、地ごしらえ作業で行う必要はない。通常、例えば、伐倒木の根を取除くというようなことである。
- ⑤ 山火事の危険のある地域では、火災を少なくする予防的な環境をつくること。

これらの指針は、植栽された幼木が早い時期に迅速な成長が始まること等を狙いとしている。これらはすべての乾燥地の環境に対して適合するが、地ごしらえの方法はかなり異なる。すなわち、乾燥地のタイプ、土壌の状況、植生、降雨とその分布、土壌中の固結あるいは不透水層の有無、乾風からの防御の必要性、事業の規模、事業必要経費から決まる生産物の量等により異なる。地ごしらえと保育は造林事業の総費用の中で一番大きな割合を占める部門である。そして不十分な地ごしらえが次の保育費を増加させることで両者は関係している。

地ごしらえは人力と機械のいずれでも行われており、従前は、前者がより一般的であった。しかし後者は大規模造林でその効果が大であり、多くの場所、これが一般的な方法になりつつある。その理由の一部として、乾燥地域の大規模造林を人力で行うのは労働力の確保や地ごしらえに出役する時期等の点から難点があり、また、理由の一つとしては、木本類や繁茂した背の高い草等の重労働を必要とする伐開作業は作業総量が大きくなり、作業能力の大きい機械を用いるのが一般的には人力より安くなるからである。

1-3-2-1 人力地ごしらえ

人力による地ごしらえは伐開や土工作业がそれほど重労働でなく、小まわり作業を伴う比較的小規模な事業において経済的なものである。乾燥地の条件下で筋刈りや部分刈りのような伐開は、植栽木と刈り残された植物とが少ない水分を競合するので造林が失敗する例が多い。とくに極乾燥地では全刈り地ごしらえが一般に必要とされている。刈払った草木枝条の焼払いは集約的な造林の場合には行われる。また、その地方に炭の需要がある所では、地ごしらえの刈払い木を集めて木炭を製造し売るとは大いに推奨しうることである。これは植栽地の整備費の軽減に少しでも役立つ、ザンビアにおいては刈払い木の一定の割合はいつも炭焼き用として処理されている。この木炭生産は炭焼きがまが導入されるまでは徹々たるものであった。

地ごしらえは、全刈り、筋刈り、部分刈りとあるが、全刈りはコストがかかるので、アグロフォレストリーを導入して全刈りに努めることは有効な手段である。地ごしらえを畜力により耕作したり、ならしたりすることは特定の条件下では、小規模のものであれば経済的である。草本植物との競争に弱いユーカリの殆どの種類、Casiaの類とかチークのような樹種に対して全刈り地ごしらえは不可欠である。マツとかCallitrisの様な樹種には部分的な地ごしらえで十分である。しかしこの部分刈りは十分大きく(直径1~1.5m)する必要がある。又その作業を完全に行う事が大事である。

人力での地ごしらえの他の方法のうち、“citemene法”、“yab”法、“tie ridging”法あるいは、急傾斜の所での等高線型の方法などがある。以下“citemene”法を紹介する。

① “Citemene法”

これはインドの“yab”法に似ている。簡単にいえば、収穫とか刈払いによってできる廃材の枝とか梢を、長い溝状地に集積し、乾燥させて焼却し、出来た灰の中に播種したり植栽したりする。この方法の良い点は雑草木の多くを焼き払い、シロアリを焼き殺し、しばらくの間、これらの心配がなくなり、又その灰は植栽木の有用な肥料ともなる。

この手法は以前ザンビアで製炭を行っていた森林地帯で、前述のユーカリ造林に際し試験的に行ったことがある。従来、そこは大面積すぎて期間内に焼き払うのがむずかしく、また、農作物への延焼を防ぎ切れないという点で焼き払い地ごしらえは広範には採用されなかった。

ザンビアにおいては、製炭により生ずる灰のある所に種子を播くのが最も良い結果が出た。乾いた灌木の高温の焼き払いで生じた細かい灰の中への播種はあまり良い結果でなかった。この理由は細か過ぎる灰は時として雨に流されたり、少しでも乾燥すると吹き飛び、幼木を守る表面がなくなるからである。より重く多孔性のある炭焼きで生ずる灰は流失しがたくマルチングの効果があつた。幼い木や植栽木の成長に有効な効果がある焼き払いは従前から評価されている。植栽地の適切な焼き払いとして“citemene法”は、特殊な地ごしらえの技術よりも好ましいと思える。その効果は物理的なものか化学的なものかははっきりしないが、雑草の種子を殺し土を殺菌することは重要である。ナイジェリアの乾燥地での実験では刈払った林地に植えたEucalyptus salignaは林地残材を焼き払った所にかぎり目立って良い成長を示した。1年後の成長測定では焼き払いをしなかった所での樹高1.8~2.7mに対して、焼き払った所のそれは4.6~5.2mとなっている。焼き払った所の土壌はカルシュウム、マグネシウム、PH値が焼き払わなかった所に較べて高い、成長を加速させる主たる要因は、おそらく施肥の効果と殺菌の効果の両方があげられる。したがって、伐倒したものの焼き払いは出来るだけ広い面積で行うべきである。

② “畝立て”