

半乾燥地域薪炭林造成基礎調査 報 告 書

昭和63年6月

国際協力事業団

863

半乾燥地域薪炭林造成基礎調査 報 告 書

JICA LIBRARY



1075474151

19534

昭和63年6月

国際協力事業団

国際協力事業団

19534

序 文

開発途上国における国民のエネルギー源は、一般的に木質燃料に大きく依存し、木材の燃材としての利用はその地域の木材伐採量の90%以上を占めている。中でも半乾燥及び乾燥熱帯地域においては、厳しい自然条件下にある森林に対し過度の薪炭材の伐採が行われ森林の消滅が急速に進行している。

そのため同地域における薪炭の安定的確保のための新炭林造成及びその適切な管理、薪炭の流通等に関する問題点の調査検討が緊急に必要となっている。

薪炭は地域住民の自給燃料であると同時に木炭等として加工流通が行われ、途上国において重要な現金収入源となっている。また薪炭林を製鉄、化学工業等の高度産業に対する資源の供給源として活用されることも期待されている。

以上のような背景のもとで、近年途上国からの半乾燥地域における薪炭林造成に関連する協力要請は増大する一方である。しかし我が国においては、近年ケニアで開始された社会林業訓練計画、タンザニアにおいて実施されている開発調査等により半乾燥地の薪炭林造成に関する技術が蓄積されつつあるところであるが、その蓄積はまだ十分とはいえない状況である。そのため、今回基礎調査を実施し、自然条件及び社会条件に対応する薪炭林のあり方、薪炭林造成及び薪炭の利用にあたっての技術的問題、並びに薪炭の流通普及等社会経済的問題についての調査検討をおこない、結果を半乾燥地域における薪炭林造成にかかる手引書として本報告書を取纏めたものである。

本調査においては、林野庁業務部経営企画課総括課長補佐茂田和彦を団長として計7名がフランス、マラウイを対象として現地調査を63年2月29日から20日間にわたり実施し同国政府関係機関、国際機関等により実施されているプロジェクト関係者と意見交換、および必要な情報の収集を行なった。

今後本報告書が我が国の林業協力の円滑かつ効率的実施に資することを期待するとともに、ここに各関係機関関係者の本調査に対する御理解と協力に対し深い謝意を表わすものである。

昭和63年6月

国際協力事業団
林業水産開発協力部
部長 近江克幸



Viphya Plantationの
Pinus patula 造林地



Viphya Plantationで
のOxen training
林内より集材、搬出の
ための雄牛の訓練所、
ユーカリの長材を2頭
で搬出する訓練を行っ
ている。



Viphya Plantationの
あるChikangawaにお
ける木炭製造(ブラジ
ルから導入された炭窯)、
原料は造林した Pinus
patulaの間伐材



Kasungu 市近郊のタバコ乾燥工場
通常、天然木(右側)を燃料としているが、Chikangawa で製造の松の木炭(袋詰めのもの)を一部併用している。

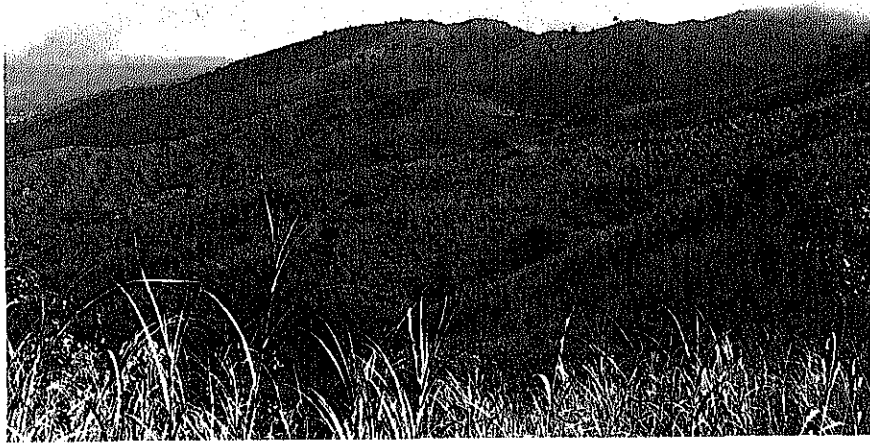


Thyolo 高原の見渡す限りのお茶畑



Thyolo 高原にある製茶工場の乾燥ボイラー用燃材貯蔵状況(1年以上)。
ユーカリ人工林を伐採集積し、防水屋根材で被覆。

Blantyre市のFuelwood
Project(国有林)
Eucalyptus camaludlensis
植栽地



Blantyre市のFuelwood Project, 薪炭用ユ
ーカリ材の地元住民への払い下げを行って
いる。



Blantyre市のFuel wood Projectにおける小規模な苗畑。山出後の様子。



Lilongwe市におけるCity Fuel Plantation (3,000ha 植栽を計画している) '88年1月, 植栽地 (Eucalyptus tereticornis)。Forestry Extension Services Divisionの長 Mr. Nkaonjaの説明を聞く調査団。



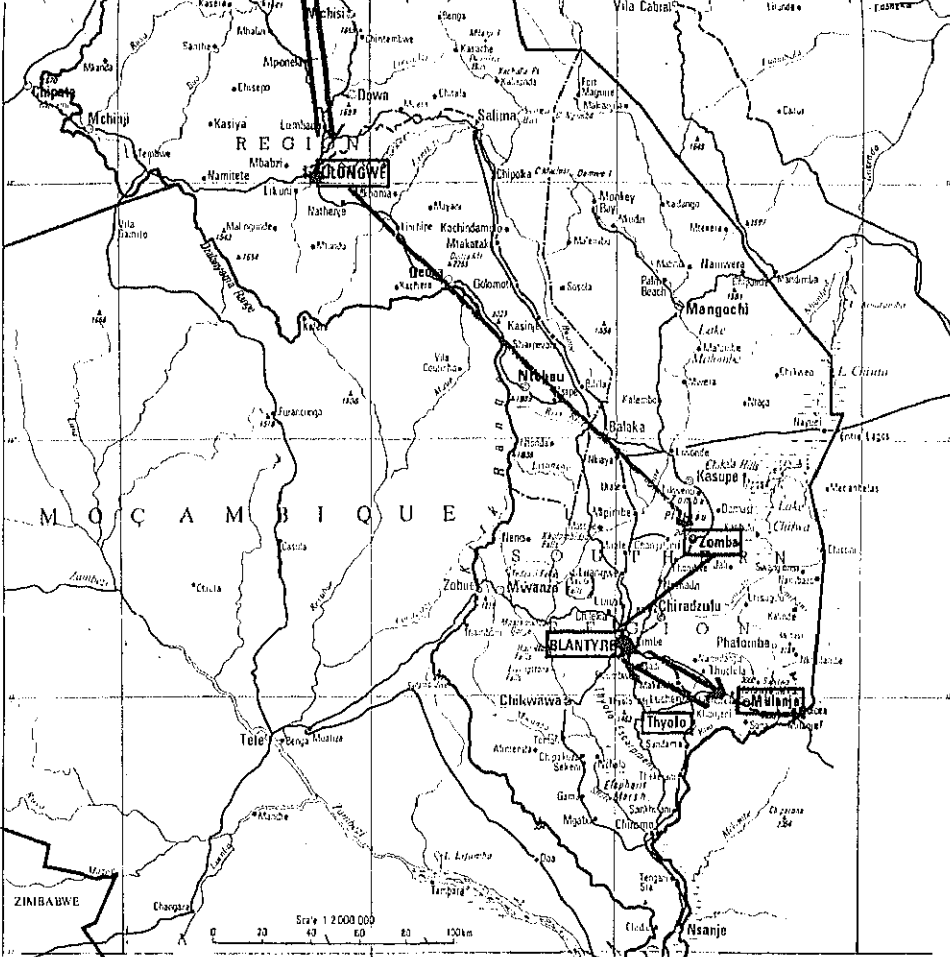
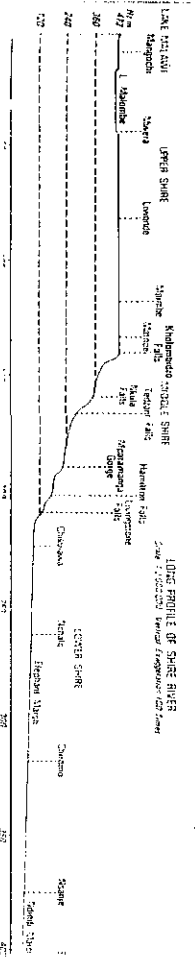
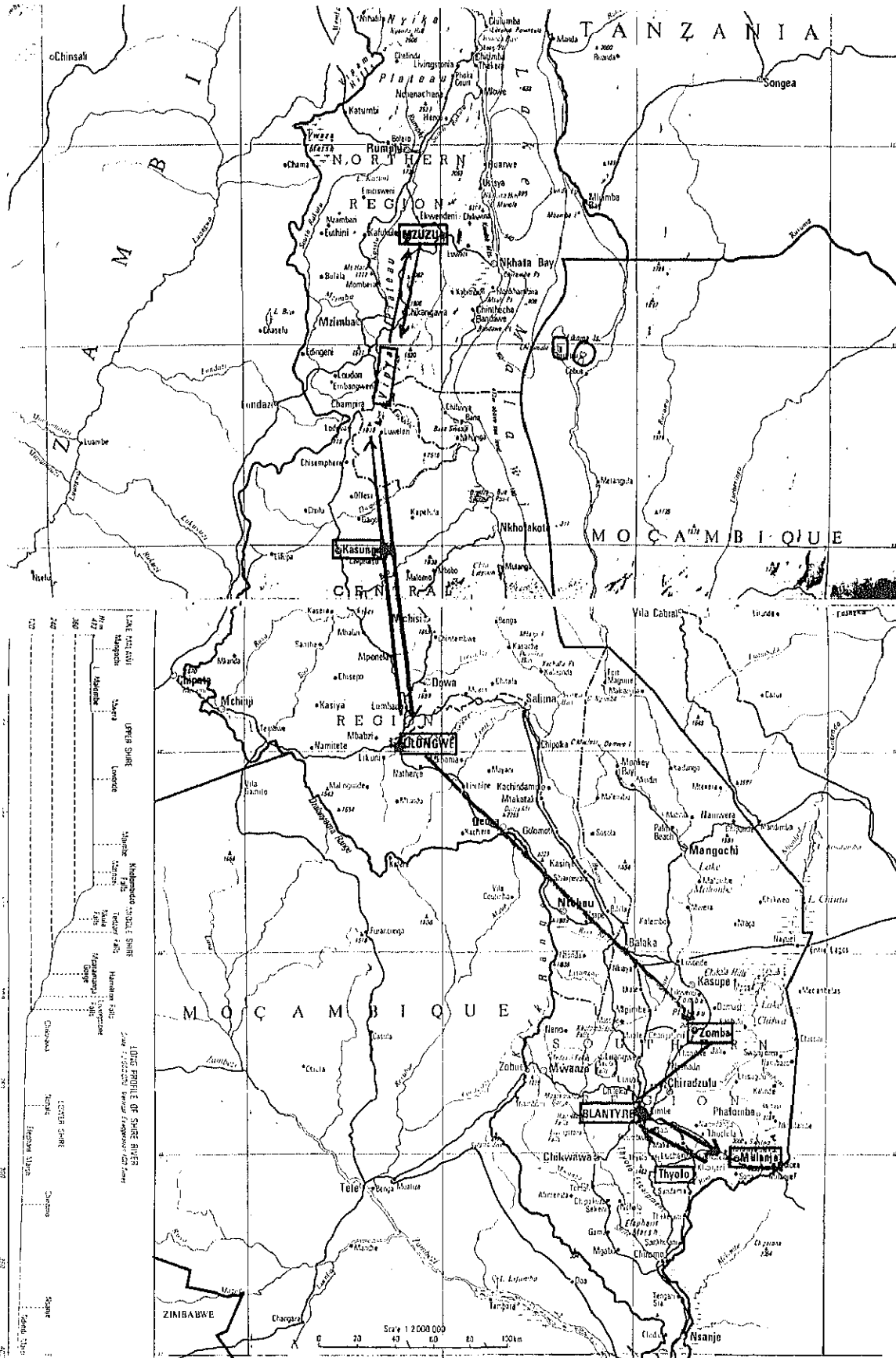
Lilongwe市の郊外にあるLocal Authority Forest '82.12月植栽 Gmelina arboreaの2回伐採済の萌芽林



Lilongwe 市の郊外にある Local Authority Forest Customary Land に '88年1月植栽された *Eucalyptus camalulensis*。



南部乾燥地域 Gamai 附近道路の傍で僅かの燃材を採取し、売っている。(昨日降雨有)



目 次

序 文	
写 真	
地 図	
調査日程及び行程	V
調査団員名簿	VI
主要面会者	VII
第1章 薪炭需給の現状	1
1-1 薪炭需給と森林資源	1
1-1-1 森林資源	1
1-1-2 需要と供給	11
1-2 薪炭の生産、流通、消費	27
1-2-1 薪炭の生産と自然条件	27
(1) 気候	27
(2) 植生	35
(3) 土壌	36
1-2-2 薪炭の生産流通、消費と社会経済条件	36
(1) 生産の実態	36
(1)-1 人工林による薪炭生産の実態	39
(1)-2 天然林による薪炭生産の実態	71
(1)-3 木材の生産	76
(2) 流通の実態	84
(3) 消費の実態	94
1-2-3 薪炭需給と自然、社会経済別パターン	103
(1) 生産の実態	103
1) 自給的生产	103
2) 経営的生产	104
(2) 流通の実態	105
1) 自給的	105
2) 経営的	105

(3) 消費の実態	106
1) 自家消費	106
2) 経営的消費	106
3) 燃材不足による消費パターンの変化	107
第2章 薪炭林プロジェクトの現状	109
2-1 薪炭林プロジェクトの現状	109
2-1-1 国連食料農業機関 (FAO)	109
2-1-2 国連開発計画 (UNDP)	110
2-1-3 国連環境計画 (UNEP)	112
2-1-4 国際復興開発銀行 (IBRD)	112
2-1-5 先進国各援助機関による林業協力	114
2-1-6 我が国の林業協力	116
2-1-7 途上国に対する林業協力具体例	119
(1) セネガル	119
(2) タンザニア	122
(3) ザンビア	123
2-1-8 地域の社会経済及び環境と薪炭林プロジェクト	124
(1) マラウイにおけるプロジェクト	124
(2) タンザニアにおけるプロジェクト	128
(3) ネパールにおけるプロジェクト	130
(4) ケニアにおけるプロジェクト	131
2-1-9 林業政策及び流通政策と薪炭林造成プロジェクト	132
2-1-10 薪炭林プロジェクトに関する技術	134
(1) 生産技術	134
(2) 収穫技術	137
(3) 利用技術	137
(4) 普及技術	137
(5) 天然林の施業技術	137
2-1-11 薪炭林プロジェクトの成立要因	138
2-2 薪炭林造成の政策的枠組	139

第3章 薪炭林造成プロジェクト計画策定に関する調査手法	143
3-1 自然条件の調査手法とその着目点	143
3-1-1 気候	143
3-1-2 植生	157
3-1-3 土壌	158
3-2 社会条件の調査の視点と手法	192
3-2-1 土地利用	192
3-2-2 土地所有	194
3-2-3 産業構造	196
3-2-4 人口, 就労状況	199
3-2-5 風俗習慣, 共同体形成	204
3-2-6 住民のニーズ	206
3-3 経済社会条件の調査手法とその着目点	209
3-3-1 林産物需給	209
3-3-2 市場形態	216
3-3-3 インフラストラクチャー, 生産設備	218
3-3-4 薪炭林造成及び薪炭生産の経費分析	220
3-4 制度的条件の調査手法と着目点	227
3-4-1 行政組織・法規	227
3-4-2 林業政策	228
3-4-3 住民組織	229
3-5 林業の技術的条件の調査手法の着目点	234
3-5-1 技術技能レベル	234
3-5-2 教育訓練レベル	235
3-5-3 生産施設, 機材	235
3-6 農業と薪炭林造成の組み合わせに関する調査の視点と手法	237
第4章 薪炭林造成プロジェクトのモデルの検討	239
4-1 対象地域の開発キャパシティの検討	239
4-2 開発可能性と薪炭林プロジェクトの各タイプの検討	244
第5章 薪炭林造成プロジェクトの評価	265
5-1 プロジェクト評価の概念構成	265

5-2	プロジェクトの効果予測とそれに基づいた評価目標の設定	269
5-3	プロジェクト終了時の評価手法	281
第6章	マラウイの現地林業事情	283
6-1	マラウイの概要	283
6-2	気候	286
6-3	林業行政組織	289
6-4	森林・林業の現状	290
6-5	Viphya Plantation について	296
6-6	Pinus Patulaについて	298
6-7	燃料材の需要と供給について	309
6-8	Wood Energy Project (木質エネルギープロジェクト) について	310
6-9	Rural Fuel Wood and Research Projectについて	311
6-10	結論及び問題点	314
収集資料リスト		315

半乾燥地域薪炭林造成基礎調査日程

日曜日(曜日)	行程	A. 委任(総括、森林経営、業務調査)	行程	B. 委任(造林、苗圃、薪炭、社会経済)	調査内容
1 2/29 月	成田 13:00 --- (BR051) --- LONDON 16:25 LONDON 19:30 --- (BR896) --- PARIS 21:25		A班と同じ		
2 3/1 火		・ JICA事務所打ち合わせ ・ 熱帯林学技術センター(CIFR), UNESCO 委嘱・調査 ・ 熱帯林学技術センター(CIFR)調査			A班と同じ
3 3/2 水	PARIS 19:55 --- (AF467) ---				A班と同じ
4 3/3 木	NAIROBI 7:55	・ 在ケニア日本大使館委嘱 ・ JICA-FIT 事務所打ち合わせ	PARIS 17:30 --- (BA313) --- LONDON 17:30 LONDON 19:20 --- (BA055) ---		・ 資料整理
5 3/4 金	NAIROBI 10:30 --- (OM161) --- LILONGWE 11:45	・ 森林天然資源省、森林局委嘱・打ち合わせ ・ LILONGWE WOOD ENERGY PROJECT (世銀) 調査	NAIROBI 10:30 --- (OM161) --- LILONGWE 11:45		A班と同じ
6 3/5 土	LILONGWE --- (陸路) --- MOZIMBA(CHIKANGAWA)		A班と同じ		A班と同じ
7 3/6 日			A班と同じ		A班と同じ
8 3/7 月	MOZIMBA(CHIKANGAWA) --- (陸路) --- LILONGWE	・ VIRWA RESEARCH STATION (林試支場) ・ 造林・製炭の状況(世銀/西独)調査	A班と同じ		A班と同じ
9 3/8 火	LILONGWE --- (陸路) --- ZIMBA		A班と同じ		A班と同じ
10 3/9 水	ZIMBA --- (陸路) --- BLANTYRE	・ 林業試験場 委嘱 ・ 薪炭材産出研究70%以外(好)調査 ・ BLANTYRE REGIONAL FORESTRY OFFICE 表敬 ・ JOCKY 隊員慰問交換	A班と同じ		A班と同じ
11 3/10 木	BLANTYRE 15:15 --- (OM164) --- LILONGWE 15:50 LILONGWE 20:00 --- (BA052) ---	・ BLANTYRE WOOD ENERGY PROJECT(世銀)調査 (BLANTYRE CENTRAL GOVERNMENT PLANTATION) ・ JICA-FIT 事務所報告	A班と同じ		A班と同じ
12 3/11 金	LONDON 12:20 --- (BA005) ---				・ BLANTYRE WOOD ENERGY PROJECT調査 (LOCAL AUTHORITY PLANTATION) ・ 資料整理
13 3/12 土	---				・ BLANTYRE CITY FUEL WOOD PROJECT 調査 (FIT)
14 3/13 日	---				・ 製炭70%以上(西独)調査
15 3/14 月	---				・ 資料整理
16 3/15 火	---		BLANTYRE --- (陸路) --- MZIMBA MZIMBA --- (陸路) --- BLANTYRE		・ JICA-FIT 事務所報告
17 3/16 水	---				・ 資料整理
18 3/17 木	---		BLANTYRE 12:20 --- (OM10) --- LILONGWE 12:35 LILONGWE 17:25 --- (KL584) ---		・ JICA-FIT 事務所報告
19 3/18 金	---		AMSTERDAM 13:20 --- (KL867) ---		
20 3/19 土	---		NARITA 14:35		

半乾燥地域薪炭林造成基礎調査団員名簿
 FUNDAMENTAL SURVERY ON FOREST MANAGEMENT FOR
 FUELWOOD IN SEMI-ARID ZONE
 MEMBERS LIST

Kazuhiko Shigeta	Leader	Duputy Director, Management Planning Div., National Forest Management Dept., Forestry Agency, MAFF
茂田 和彦	総括	農林水産省 林野庁 業務部 経営企画課 総括課長補佐
Mitsuo Inose	Forest management	Senior Research Planning Officer, Reseach and Extention Div., Private Forest Dept., Forestry Agency, MAFF
猪瀬 光雄	森林経営	農林水産省 林野庁 指導部 研究普及課 研究企画官
Mitsuyo Kamijo	Coordination	Staff, Forest Development Div., Forestry and Fisheries Development Cooperation Dept., JICA
上条 三津代	業務調整	国際協力事業団 林業水産開発協力部 林業開発課 職員
Nirou Namura	Silviculture	Executive Director, Japan Overseas Forestry Consultants Association
名村 二郎	造林	海外林業コンサルタンツ協会 専務理事
Kiyoshi Fujii	Nursery	Staff Engineer, Japan Overseas Forestry Consultans Association
藤井 清	苗畑	海外林業コンサルタンツ協会 常任技術者

Motohiro Arihara	Fuel Wood	Principal Research Officer, Japan Overseas Forestry Consultants Association
有原 元博	薪 炭	海外林業コンサルタンツ協会 主任研究員
Masahiro Matsuda	Socio-economics	Research Officer, Japan Overseas Forestry Consultants Association
松田 昌博	社会経済	海外林業コンサルタンツ協会 研究員

MOTE MAFF: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
JICA; Japan International Cooperation Agency

面会者リスト

フランス

1. 熱帯林業技術センター

Center Technique Forestier Tropical (CTFT)

1) Mr. Denis Groene

Ingenieur en chef du Gene Rural, des Eaux et des Forets

2) MR. Alain Bertrand

Ingenieur d Etude et Recherche en Economie Forestiere

3) Mr. Michel Malagnoux

Division Production Forestiere

4) Mr. Francis Calilliez

Directeur du CTFT

2. UNESCO

1) Dr. Bernd Von Drostezu Hulshoff

OEC, PUBL. Division of Ecological Sciences

2) Mr. Shikon Takei

Programme Specialist

External Relations and Information Sector

ケニア

堀江信之 在ナイロビ日本大使館一等書記官

西谷嘉光 " 一等書記官

柳原保邦 ケニア社会林業訓練計画専門家

マラウイ

4 March, 1988

Ministry of Forestry and Natural Resources

1. Mr. Sagawa Principal Secretary

2. Mr. E. T. Ngoma Deputy Secretary

3. Mr. W. M. Ndovi Chief Forestry Officer

4. Mr. Jere Senior Economist
Ministry of Finance
Mr. H. S. Mononga Principal Administrative Officer
External Aid Section

5 March, 1988

Department of Forestry

1. Mr. W. M. Ndovi Chief Forestry Officer
2. MR. Nkaonja Deputy Chief Forestry Officer
(Coordinator of Fuelwood Project)
3. Mr. Lipunga Assistant Regional Forestry Officer
4. Mr. P. E. S. Mwale Principal Forestry Officer
5. Mr. P. P. F. Chitedze Senior Forestry
6. Mr. K. M. Nyasulu Assistant Chief Forestry Officer

6 March, 1988

Mr. Abe's Residence (JOCV隊員)

Mr. Andrew Tofls Forest Planning Officer (Viphya)
Mr. P. E. S. Mwale Principal Forestry Officer

7 March, 1988

Regional Forestry Office (North)

Mr. W. W. Nyoni
Viphya Plantations
Mr. Cornelius

8 March, 1988

Ministry Forestry and Natural Resources

1. Mr. V. V. E. Phiri Principal Administration Officer,
Min. of Forestry and Natural Resources, P/B 350, LL3
2. Mr. G. Jere. Senior Economist. "
3. Mr. K. M. Nyasulu Assistant Project Coordinator.
Forest Dept. Box 30048, LL3

4. Mr. P.E.S.Mwale Assistant Project Coordinator.
Forest Dept. Box 30048, LL3
5. Mis. M. Thawa MFNR, P/B 350, Lilongwe.
6. Mr. N.L.Chakhame Economist,
Economic Planning and Development
Box 30136 Lilongwe.

10 March, 1988

Blantyre Regional Forestry Office

1. Mr. G. L. Ngambi Regional Forestry Officer

J I C A 関係者

吉満 博	フランス事務所長
朝日紀樹	” 職員
熊岸健治	ケニア事務所長
末森 満	” 職員
奈良輪陸美	マラウイ事務所長
小野修司	” 職員

第1章 薪炭需給の現状

石油あるいは石炭等の化石資源を持たない開発途上国においては、国民の日常のエネルギー源（料理、暖房用等）は一般に木質燃料に大きく依存している。その依存の割合は、国によっては9割以上に及ぶが、特に村落部ではこの傾向が顕著である。

とりわけ、半乾燥地域及び乾燥熱帯地域においては、生長速度の遅い天然林に対して、過度の伐採が行われ、森林の蓄積が急速に減少している。このことは、これらの地域の住民の食生活および健康面等に直接影響するばかりでなく、森林の消失による環境破壊につながることから、国際的に大きな問題に発展しつつある。

このため、半乾燥地帯における薪炭林の安定供給と生活環境を保全するため、薪炭林の造成・維持・管理および薪炭材の流通等に関する問題点を調査検討することが緊急の課題となっている。

そこで、近年開発途上国からの半乾燥地域における薪炭林造成に関する協力要請が増大している。我が国においては、半乾燥地域の薪炭林造成に関する技術の蓄積が不十分なことから、今回、これらに関する技術的な問題ならびに薪炭の生産・流通・消費等の実態を把握することを目的とした。

なお、半乾燥地域は世界的に分布しており、アジア、中近東、南アメリカ、オーストラリアおよびアフリカ等にみられるが、ここでは、燃材の急激な不足の生じているアフリカ大陸の半乾燥地域の薪炭林の現状を中心に分析することとした。

1-1 薪炭需給と森林資源

1-1-1 森林資源

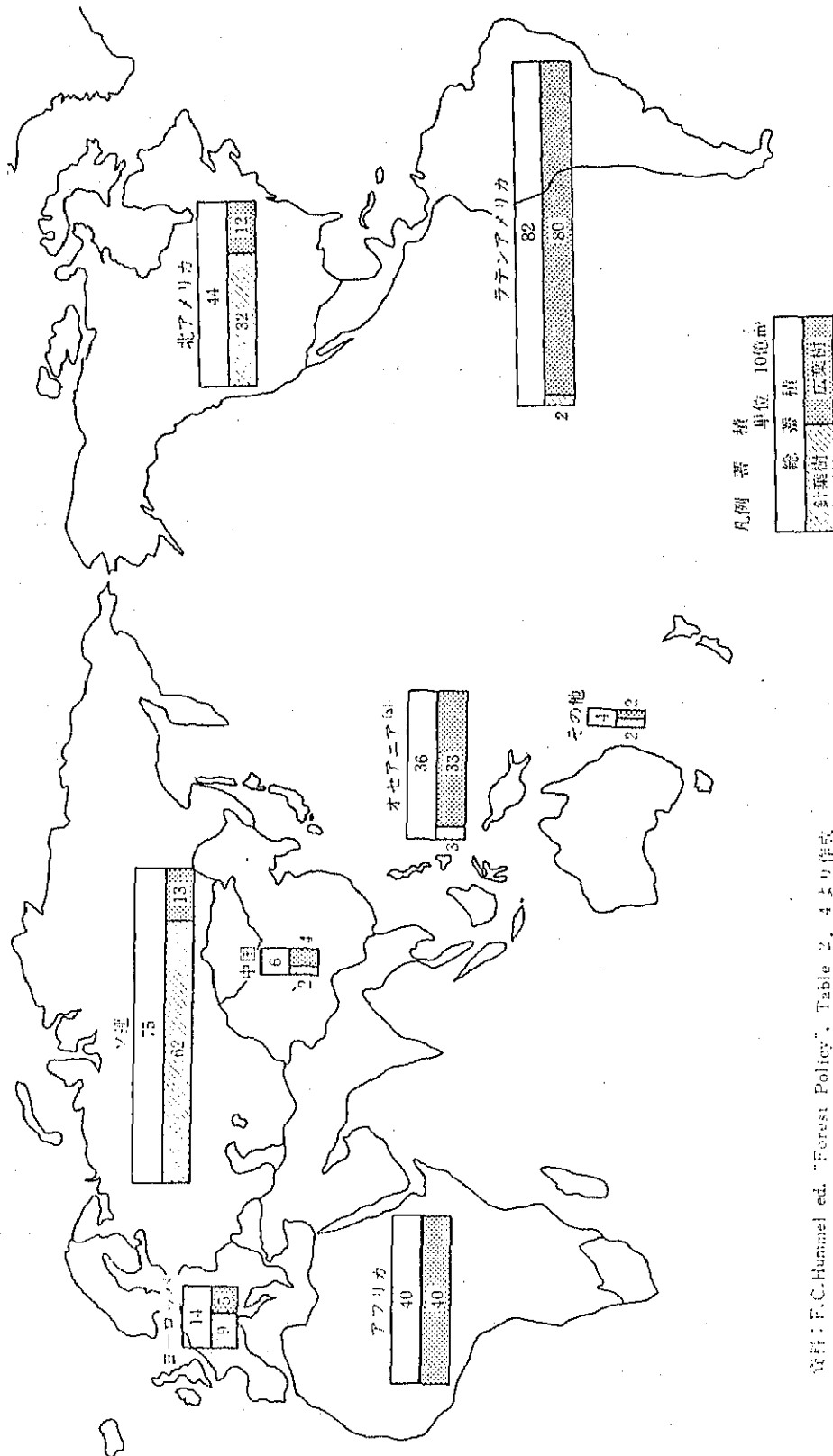
開発途上国の有する森林資源の現況を世界の森林資源という観点からみると図1-1および表1-1、1-2のとおりである。

表によれば、開発途上国の森林面積の合計は2,353百万haで、これは、世界の森林面積の約54%を占めている。しかし、一人当たりの森林面積についてみると、先進地域が1.6haであるのに対して、開発途上地域では0.7haと半分以下である。また、森林面積の内閉鎖林の割合は、先進地域が74%、開発途上地域が63%と少ない。この傾向は、アフリカ諸国において顕著で、疎林の占める割合が68%と逆転している。

また、熱帯地域の森林面積についてみると、表1-3のとおりで、76ヶ国の森林合計面積は1,935百万haでこの内、熱帯アメリカ、熱帯アフリカ、熱帯アジアがそれぞれ、46.3%、36.3%、17.4%を占めている。

なお、熱帯アフリカの37ヶ国については、図1-2にその位置を示した。

図1-1 世界の森林面積 (1980年)



資料：F.C.Hummel ed. "Forest Policy", Table 2, 4より作成
 注：a) 図1-1のその他の地域に日本を加える。(日本の蓄積は、
 針葉樹 1,482百万m², 広葉樹 1,001百万m², 合計 2,483
 百万m²である。)

表1-1 世界の森林面積(1980年)

	森林面積 ^(a) (100万ha)	陸地面積に占 める割合(%)	1人当たり森 林面積(ha)	休閒林及び低 木林 (100万ha)
世界	4,320.5	32.3	0.9	1,030.4
先進地域	1,967.8	34.8	1.6	0
北アメリカ	734.5	37.9	2.4	0
ヨーロッパ	158.9	30.5	0.3	0
日本	25.3	67.9	0.2	0
ソ連	928.6	41.5	3.5	0
その他 ^(b)	120.5	13.1	2.3	0
開発途上地域	2,352.7	30.4	0.7	1,030.4
アフリカ ^(c)	739.6	25.4	1.6	608.3
ラテンアメリカ	987.6	48.2	2.8	313.4
中国	170.0	17.7	0.1	
アジア ^(d)	272.8	17.8		62.2
オセアニア ^(e)	182.7	66.3	0.3	46.5

出所：主にFAO“Forest Resources 1980”(1985年)から作成。

注：(a) 閉鎖林と疎林の合計。

(b) オーストラリア、ニュージーランド、イスラエル、南アフリカ。

(c) 南アフリカを除く。

(d) 日本、中国、イスラエルを除く。

(e) フィリピン、インドネシア、ブルネイ、パプアニューギニアなど。

また、熱帯アフリカ37ヶ国の国別の森林面積の内訳は表1-4に示すとおりである。これによると、閉鎖林と疎林の割合は、中央アフリカでほぼ半々でその面積も他の地域に比べて多いが、北部サバンナ地域では疎林の割合が98%と殆んどを占めている。また、西アフリカでも疎林の占める割合が68%と高い。

このように、熱帯アフリカでは中央アフリカの熱帯多雨林地域を除けば、疎林の全森林面積に占める割合が非常に高いことがわかる。

また、森林の蓄積量についてみると、世界の閉鎖林に占める開発途上国の位置づけは図1-3のとおりである。これによれば、開発途上国においては、広葉樹が95%とその殆んどを占めている。特にアフリカでは広葉樹のみで、400億m³の蓄積となっている。

表 1-2 タイプ別の森林面積

(単位: 100万ha)

	森林面積	う ち		う ち	
		針葉樹林	広葉樹林	閉鎖林	疎 林
世界	4,320.5	1,463.6	2,856.9	2,948.3	1,372.2
先進地域	1,967.8	1,311.6	656.2	1,462.2	505.6
北アメリカ	734.5	508.1	226.4	459.4	275.1
ヨーロッパ	158.9	98.0	60.9	137.0	21.9
日本	25.3	12.7	12.6	23.9	1.4
ソ連	928.6	679.9	248.7	791.6	137.0
その他	120.5	12.9	107.6	50.3	70.2
開発途上地域	2,352.7	152.0	2,200.7	1,486.1	866.6
アフリカ	739.6	11.3	728.3	234.5	505.1
ラテンアメリカ	987.6	45.5	942.1	739.2	248.4
中国	170.7	45.0	125.0	125.0	45.0
アジア	272.8	44.4	228.4	212.9	59.9
オセアニア	182.7	5.8	176.9	174.5	8.2

表 1-3 熱帯地域の森林面積と人口

地 域	陸地面積 (含内水地) 100万ha	森林面積 100万ha	森林率 %	森林1ha当 たりの人口 人/ha	人口の年増 加率 (1975-80) %	森林1ha当 たりの農業 人口 人/ha	農業人口の 年増加率 (1975-80) %	備 考
中央アメリカとメキシコ	247	67	27.1	1.38	3.31	0.55	1.31	コスタリカ、エルサルバドル、グアテマラ、ホンジュラス、メキシコ ニカラグア、パナマ
CARICOM	25	20	79.4	0.22	1.54	0.04	-1.26	ベリーズ、ガイアナ、ジャマイカ、トリニダードトバゴ
その他カリブ諸国	45	26	59.4	0.84	1.95	0.36	0.69	キューバ、ドミニカ、仏領ギアナ、ハイチ、スリナム
熱帯南アメリカ	1,362	782	57.4	0.26	2.84	0.09	0.61	ボリビア、ブラジル、コロンビア、エクアドル、パラグアイ、ペルー ベネズエラ
熱帯アメリカ	1,680	856	53.3	0.36	2.89	0.13	0.93	
北部サハラ地帯	424	44	10.3	0.68	2.65	0.56	1.99	チャド、ガンビア、マリ、ニジェール、セネガル、オートボルク
西アフリカ	212	56	26.3	2.04	3.19	1.17	1.61	ベニン、ガーナ、ギニア、ギニアビサウ、コートジボワール、リベリア、 ナイジェリア、シヤラレオネ、トーゴ
中央アフリカ	533	336	63.1	0.14	2.60	0.10	1.88	アンゴラ、カメルーン、中央アフリカ、コンゴ、赤道ギニア、ガボン、 ザイール
東アフリカ・マダガスカル	881	217	24.6	0.69	2.95	0.54	2.23	ブルンジ、エチオピア、ケニア、マダガスカル、マラウイ、モザンビーク ルワンダ、ソマリア、スーダン、タンザニア、ウガンダ、ザンビア、ジンバブエ
熱帯南アフリカ	140	51	36.4	0.04	2.81	0.02	1.63	ボツワナ、ナミビア
熱帯アフリカ	2,190	703	32.1	0.49	2.95	0.34	2.09	
南アジア	449	67	14.8	13.45	2.46	3.72	1.57	バングラデシュ、ブータン、インド、ネパール、パキスタン、スリランカ
東南アジア大陸部	119	48	40.0	1.74	2.71	1.14	1.64	ビルマ、タイ
東南アジア島 部	256	448	57.8	1.47	2.55	0.81	1.22	ブルネイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン
熱帯アジアの計画体制	75	36	48.4	1.78	2.28	1.27	1.49	カンボジア、ラオス、ベトナム
パプアニューギニア	46	38	82.7	0.08	2.54	0.07	2.08	
熱帯アジア	945	336	35.6	3.75	2.43	2.39	1.53	
合計 76 各国	4,814	1,935	40.2	1.00	2.63	0.60	1.58	

出所: FAO Tropical Forest Resources (TFR)

☒ 1 - 2 The 37 studied countries of tropical Africa 1

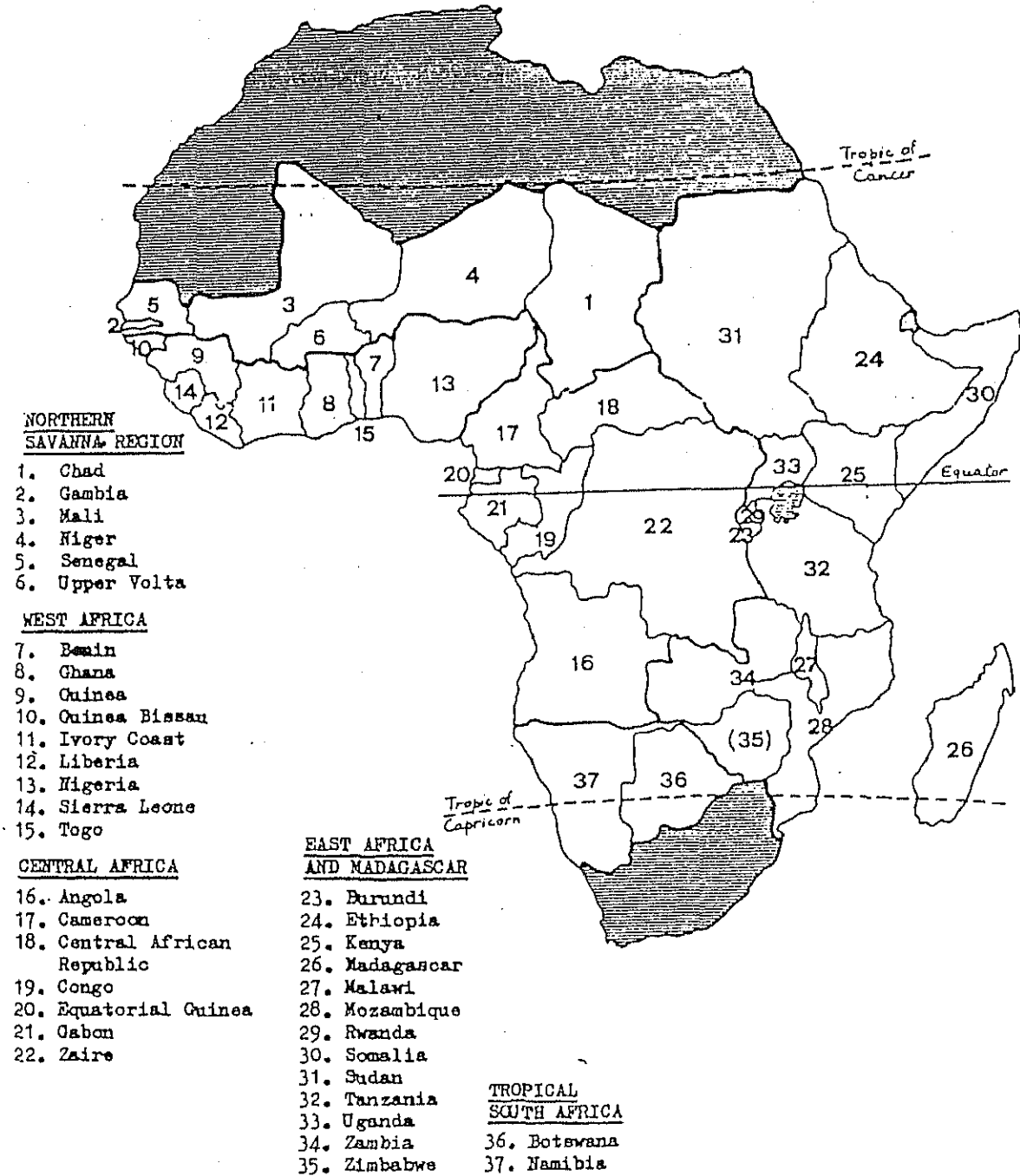


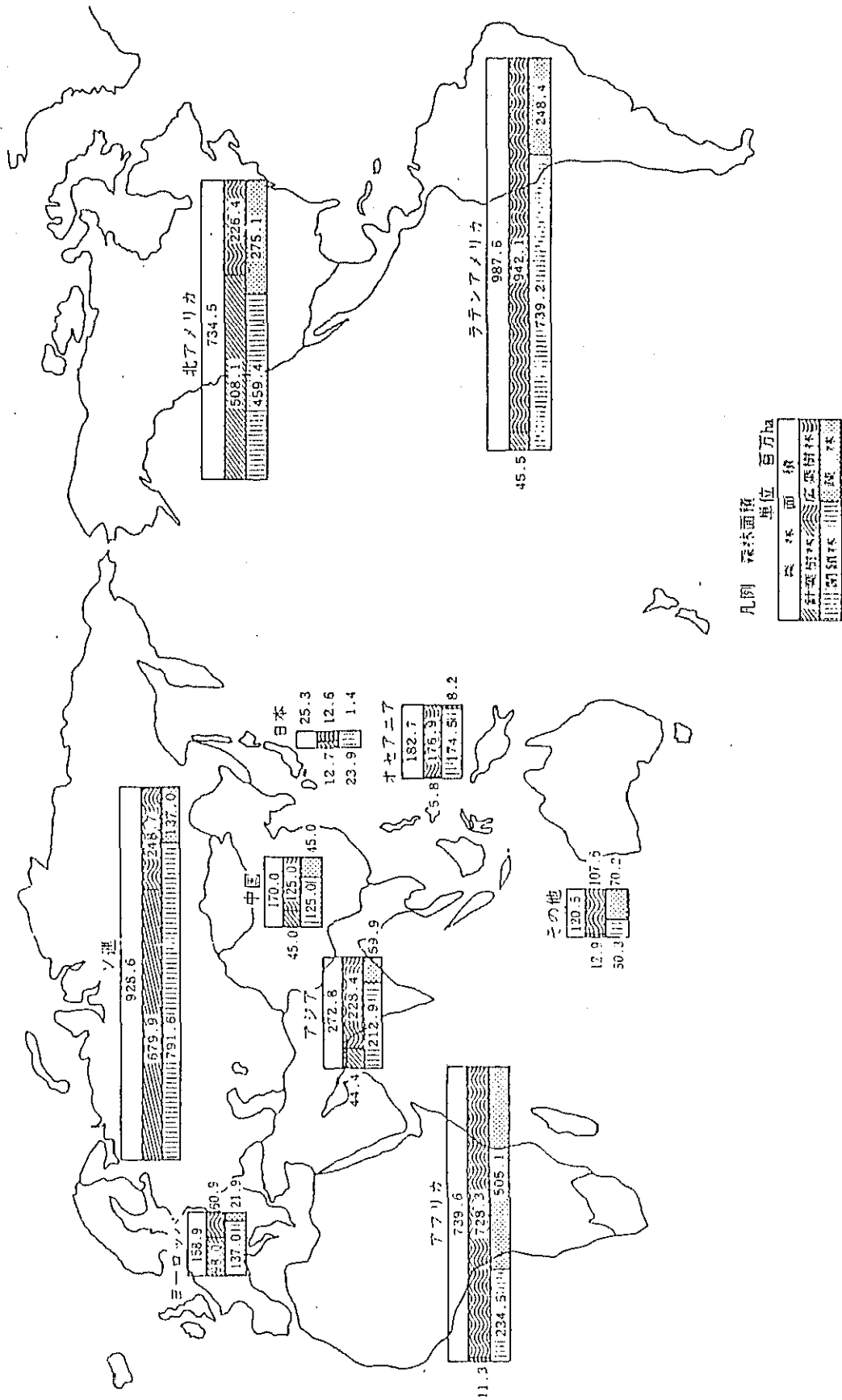
表 1 - 4 Areas of natural woody vegetation estimated at end 1980

ALL formation
(in thousand ha)

Country	Tree formations all (N.f.+Hhc/NHO)				Fallow of closed form. N.a				Fallow of open form. NHC/NHOa		Shrub form. Nf	Woody formations and fallows (N+H)			
	closed N.f.	open NHC/NHO	total	%	total	%	total	%	NHC/NHOa	%		total	%	total	%
Chad	500	13000	13500	1.92	10.51	£	800	9750	24050	1.83	18.73				
Gambia	65	150	215	0.03	20.67	£	200	360	775	0.06	74.52				
Mali	£	8800	8800	1.25	7.31	£	2500	6000	17300	1.32	14.37				
Niger	£	2900	2900	0.41	2.29	£	3000	6000	11900	0.91	9.39				
Senegal	220	10825	11045	1.57	56.15	£	1750	1365	14160	1.08	71.98				
Upper Volta	£	7200	7200	1.03	26.26	£	4500	3000	14700	1.12	52.61				
NORTHERN SAVANNAH REGION															
Benin	47	42875	43360	6.23	10.31	£	12750	26475	62885	6.32	19.56				
Chana	1718	3820	5538	0.75	34.34	£	3750	3075	10699	0.82	95.00				
Guinea	2050	6975	9025	1.24	36.44	£	6500	300	18173	1.39	76.18				
Guinea-Bissau	600	8600	9200	1.51	44.65	£	1600	7000	20550	1.57	86.15				
Ivory Coast	4458	1445	2105	0.30	58.26	£	170	17	2682	0.20	74.23				
Liberia	2000	5376	7376	1.40	30.50	£	8400	60	25224	1.92	78.22				
Nigeria	5950	40	2040	0.29	18.32	£	5500	100	7680	0.59	68.96				
Sierra Leone	740	8600	14750	2.10	15.97	£	7750	36800	64200	4.89	69.50				
Togo	304	1315	2055	0.29	28.02	£	3860	3	6333	0.48	86.36				
WEST AFRICA															
Angola	17927	37751	55678	7.92	26.25	£	34037	49620	169400	12.27	75.88				
Cameroun	2900	50700	53600	7.62	42.99	£	4850	16150	82000	6.25	65.77				
Central African Republic	17920	7700	25620	3.64	53.89	£	4900	9500	41220	3.14	86.70				
Congo	3590	32300	35890	5.11	57.61	£	300	17000	56990	4.34	91.48				
Equatorial Guinea	21340	£	21340	3.04	62.40	£	1100	1400	23840	1.82	69.71				
Gabon	1295	75	1295	0.18	46.17	£	1165	10	2470	0.19	88.05				
Zaire	20500	71840	17590	2.93	76.87	£	1500	17300	22075	1.68	82.47				
CENTRAL AFRICA															
Burundi	173295	162615	335910	47.77	63.03	£	21615	57360	435885	33.22	81.80				
Ethiopia	26	14	40	0.01	1.47	£	14	£	64	£	2.34				
Kenya	4350	22800	27150	3.06	22.22	£	300	25000	62450	4.76	51.11				
Madagascar	1105	1255	2360	0.33	4.05	£	55	37500	40465	3.09	69.45				
Malawi	10300	2900	13200	1.88	22.49	£	3500	4000	20700	1.58	35.26				
Mozambique	186	4085	4271	0.61	36.05	£	£	380	4651	0.36	39.26				
Rwanda	935	14500	15435	2.19	19.71	£	500	29000	57635	4.39	73.61				
Somalia	120	110	230	0.03	8.73	£	25	90	385	0.03	14.62				
Sudan	1540	7510	9050	1.29	14.20	£	£	53000	62100	4.73	97.41				
Tanzania	650	47000	47650	6.78	19.01	£	600	87000	146250	11.15	58.36				
Uganda	1440	40600	42040	5.98	44.61	£	100	13800	59940	4.57	63.61				
Zambia	765	5250	6015	0.86	25.48	£	£	100	7715	0.59	32.69				
Zimbabwe	3010	26500	29510	4.20	39.21	£	900	3200	40310	3.07	53.56				
EAST AFRICA AND MADAGASCAR															
Botswana	24627	192224	216851	30.95	24.61	£	5994	253970	523465	39.97	59.47				
Malawi	£	32560	32560	4.63	56.63	£	£	20000	52560	4.01	91.41				
Yanbia	£	18420	18420	2.62	22.35	£	330	3715	56065	4.27	68.02				
TROPICAL SOUTH AFRICA															
TROPICAL AFRICA	216634	486445	703079	100.00	32.11	£	61646	442740	1311800	100.00	52.91				

1/ Undetermined

図1-3 閉鎖林の蓄積 (1970年代)



熱帯地域の森林の蓄積量についてみると、表1-5、1-6のとおりである。

表1-5 森林の蓄積量（皮付）

（単位：10億 m^3 ）

地域	広葉樹林				針葉樹林			合計
	閉鎖林			疎林 生産林	生産林	非生産林	計	
	生産林	非生産林	計					
熱帯アメリカ	77.4	12.2	89.7	7.7	1.2	0.6	1.8	91.5
” アフリカ	38.7	6.2	44.9	4.7	0.1	0.1	0.1	45.0
” アジア	30.7	13.1	43.8	0.4	0.8	0.3	1.1	44.8
計	146.8	31.5	178.3	12.8	2.1	1.0	3.0	181.3

出所：TFR,

表1-6 ヘクタール当たりの蓄積量

（単位： m^3/ha ）

地域	広葉樹林				針葉樹林			
	非経営林		経営林	非生産林	非経営林		経営林	非生産林
	未伐採林	既伐採林			未伐採林	既伐採林		
熱帯アメリカ	157	119	140	83	178	69	37	66
” アフリカ	256	195	138	117	170	64	40	127
” アジア	216	113	86	131	171	84	154	90
計	183	137	88	105	174	70	136	74

出所：TFR,

これによると、熱帯地域全体の蓄積量は、1,813億 m^3 で、このうち、熱帯アメリカがその半分を占め、残りをアフリカとアジアが等分している。

また、表1-6のヘクタール当たりの蓄積量についてみると、広葉樹の経営林では88 m^3 と少ない。

なお、天然林の植生のクラス分けは表1-7に示すとおりで、このクラス分けに応じた森林の生産力を表わすヘクタール当たりの年材積生長量を熱帯アフリカ37ヶ国の調査結果（FAO 1980）でみると、表1-8のようである。

表 1 - 7 Classification of natural woody vegetation

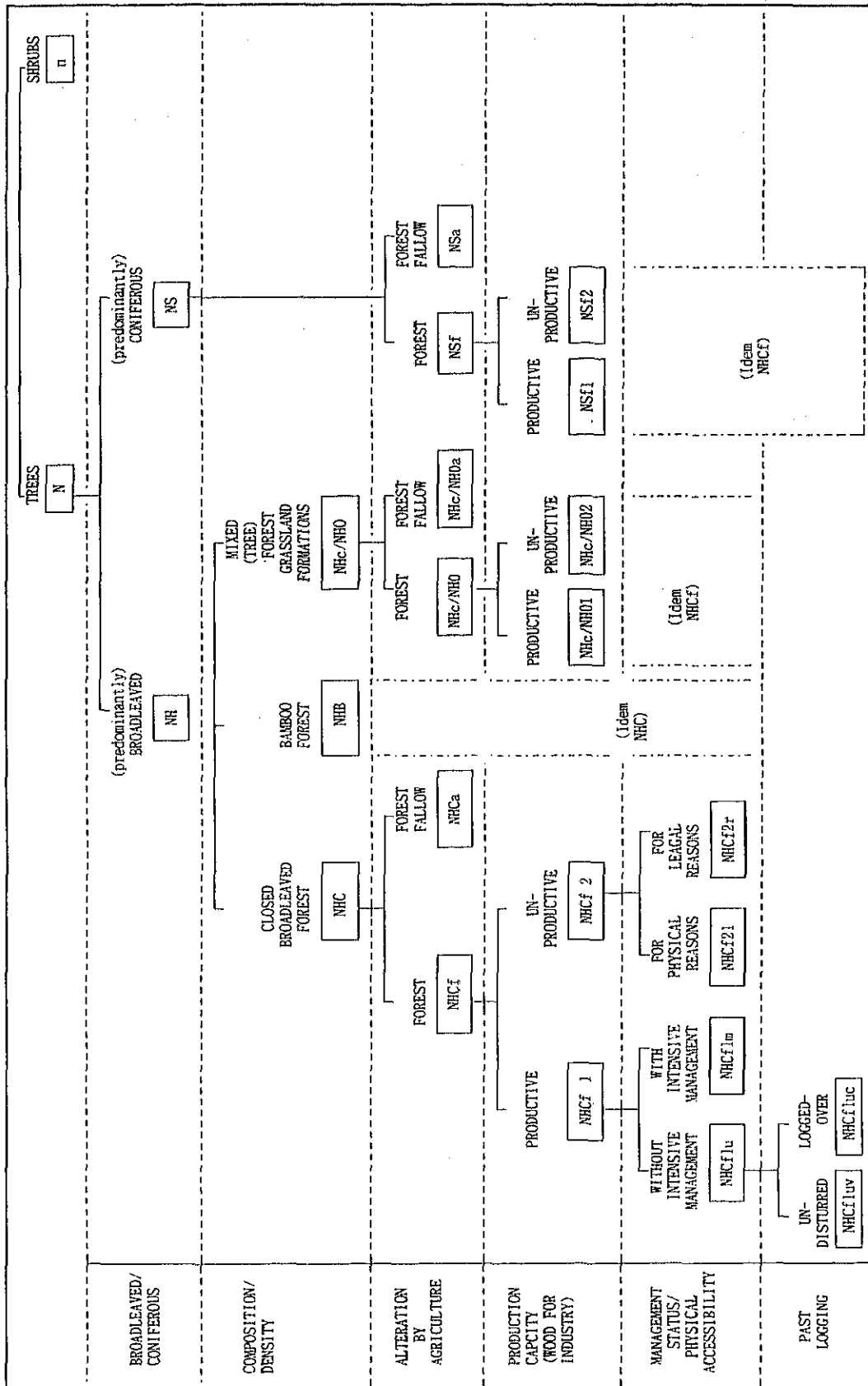


表1-8 Annual fuelwood productivity (excluding timber)

Code	Corresponding woody formations	Productivity m ³ /ha/year
NHCf	Lowland humid closed broadleaved forest	3 - 5
	Mountane humid closed broadleaved forest	2 - 3
	Dry closed forest	1 - 1.5
NSf	Clniferous forest	2
NHc/NH01	Woodland and wooded savanna	0.8 - 1.2
NHc/NH02	Tree savanna	0.2 - 0.8
nH	Shrub savanna	0.05 - 0.2

表1-9 世界の木材生産量

(単位: 百万m³)

	計			薪炭材			用材		
	1975年	1985	指数	1975	1985	指数	1975	1985	指数
総計	2,598	3,165	(122)	1,302	1,663	(128)	1,295	1,502	(116)
先進地域計	1,188	1,386	(117)	159	248	(156)	1,029	1,139	(111)
ソ連	395	356	(90)	82	80	(98)	313	275	(88)
欧州	311	349	(112)	51	56	(109)	260	293	(113)
北米	423	620	(147)	23	108	(472)	400	512	(128)
日本、オーストラリア	(35)	(33)	((95))	(1)	(1)	((56))	(34)	(33)	((96))
ニュージーランド	58	62	(106)	3	3	(136)	56	58	(105)
開発途上地域計	1,410	1,779	(126)	1,144	1,415	(124)	266	363	(137)
中南米	268	360	(134)	208	265	(128)	60	94	(157)
アフリカ	346	459	(133)	303	405	(133)	43	54	(129)
アジア及び大洋州 の開発途上国	796	960	(121)	632	745	(118)	164	215	(131)

資料: FAO「林業生産年報」(1985年)

注: 1) 指数は、1975年を100とした場合の1985年の値である。

2) 便宜上、南アフリカとイスラエルを開発途上地域に計上している。

3) ()内は、日本についての数値である。

4) 総計と内訳の計とが一致しないのは、四捨五入によるものである。

熱帯林の広葉樹林の材積生長量については、これまで研究例が乏しいが、表からみると熱帯多雨林の閉鎖林では3～5 m³/ha/年の生長量があると推定されるが、乾燥地の閉鎖林では1～1.5 m³/ha/年であり、サバンナ林では0.8 - 1.2 m³/ha/年と推定されている。

セネガルのBandiaの森林9 haについての西ドイツ人の調査(1982年)によると、Acacia seyalの年材積生長量は0.8 - 3.2 m³/haで平均 1.9 m³/haという値を示している。しかし、経済的に利用できる生長量は1 m³/haと推定している。また、天然林としては0.3～1.5 m³/ha/年と推定している。

このように、半乾燥地域の森林では1 m³/ha/年前後の生長量があるが疎林では更に低く、0.1～0.5 m³/ha/年前後の生長量しか期待できないのが現状である。

1-1-2 需要と供給

世界および開発途上国の1975年と1985年の木材生産量の比較は表1-9に示される。

表によれば、薪炭材と用材の生産割合は、1985年に先進地域で21:79、開発途上国で、64:36である。このように、開発途上国では薪炭材の生産が中心である。この傾向はアフリカで最も高く、薪炭材の生産が88%と、木材生産量の殆んどを占めている。

また、熱帯37ヶ国について、国別の木材需要量についてみると表1-10のとおりである。

表によれば、木材需要量に占める薪炭材の割合は、Brundi, Somalia, Lesotho等の国々では、99-100%と、木材消費の殆んどが薪炭材である。また、一部の国を除けば、その他の国々でも殆んどが80%以上を薪炭材に利用している。

このことから、開発途上国における薪炭材のエネルギー資源としての重要性が非常に高いことがわかる。

次に、開発途上国における薪炭材の消費量について分析を行う。

開発途上国の地域別の、1人当たりの年間燃材消費量(FAO 1980)についてみると表1-11のとおりである。

地域によって、また、植生や標高によってその消費量に差があるが、アフリカの山岳地域では1.4～1.9 m³/人/年と最も多く、乾燥-半乾燥地帯では0.5 m³/人/年と少ない。しかし、ラテンアメリカの半乾燥地帯では0.7～1.2 m³/人/年またアフリカのサバンナ地域でも1.0～1.5 m³/人/年と、年間1人当たり1 m³程の燃材を消費している。

また、熱帯アフリカ37ヶ国における、都市部と村落部の1人当たりの年間燃材消費量(FAO, 1980)についてみると、表1-12に示すとおりである。

表によると、都市部の低地では、0.75～1.2 m³/人/年であるが、標高の高いところでは、1.15～1.4 m³/人/年とやや増加する。この傾向は、標高1,500m以上の農山村では1.7～2.1 m³/人/年と最も多く消費することがわかる。これは、後述するように、山岳部では料理に時間がかかることに加え暖房により多くの燃材を必要とするためである。

このように、開発途上国では、エネルギー源として薪炭材がその殆んどを占めるが、一

表1-10 国別木材需要量 (1984年実績, 単位: 千m³)

国名	産出量 (千m³)		消費量 (千m³)		輸入量 (千m³)		備考
	A	B	国内消費	新規伐採	国内消費	新規伐採	
Angola	1973(100)	1461(74)	512(26)	1461(74)	0	0	△
Benin	4234(100)	4015(95)	219(5)	4015(95)	0	0	△
Botswana	798(100)	729(91)	69(9)	729(91)	0	0	×
Burkina Faso	6586(100)	6284(95)	302(5)	6284(95)	0	0	×
Brundi	3466(100)	3427(99)	39(1)	3427(99)	0	0	×
Cameroon	10408(100)	7894(77)	2414(23)	7994(82)	600	0	△
Cape Verde	3482(100)	2989(86)	493(14)	2989(86)	0	0	×
Chad	2357(100)	1551(66)	806(34)	1551(74)	250	0	×
Congo	31154(100)	29341(94)	1813(6)	29341(94)	0	0	×
Djibouti	777(100)	756(97)	21(3)	756(97)	0	0	×
Ethiopia	3635(100)	3085(85)	550(15)	3085(85)	0	0	△
Gambia	31104(100)	29593(95)	1511(5)	29593(95)	11	11	△
Guinea	293(100)	0(0)	0(0)	293(100)	0	0	×
Kenya	6262(100)	807(13)	807(13)	5455(87)	0	0	△
Madagascar	6444(100)	379(6)	379(6)	6065(94)	0	0	×
Malawi	4751(100)	4451(94)	300(6)	4451(94)	0	0	×
Mali	12(100)	7(58)	5(42)	7(58)	0	0	×
Mauritania	31(100)	22(71)	9(29)	22(71)	0	0	×
Mauritius	15029(100)	14070(94)	957(6)	14070(94)	2	0	△
Nozambique	3507(100)	3572(94)	235(6)	3572(94)	0	0	×
Niger	92032(100)	84682(92)	7350(8)	84682(92)	10	10	△
Nigeria	36(100)	31(85)	5(14)	31(85)	0	0	×
Réunion	5461(100)	5239(96)	222(4)	5239(96)	0	0	×
Rwanda	4078(100)	3510(86)	568(14)	3510(86)	0	0	×
Senegal	5158(100)	74(1)	74(1)	5094(99)	0	0	×
Somalia	18973(100)	1789(9)	1789(9)	17184(91)	0	0	×
Sudan	2295(100)	560(24)	1735(76)	560(24)	0	0	×
Swaziland	22024(100)	1188(5)	1188(5)	20836(95)	271	271	△
Tanzania	735(100)	577(79)	158(21)	577(79)	1	1	△
Togo	12230(100)	10631(87)	1599(13)	10631(87)	0	0	△
Uganda	32500(100)	29976(92)	2524(8)	29976(92)	97	97	△
Zaire	9930(100)	9418(95)	512(5)	9418(95)	0	0	△
Zambia	7109(100)	5733(81)	1376(19)	5733(81)	10	10	△
Zimbabwe	3159389(100)	1568171(49)	1568171(49)	1598873(51)	102830	2793	△
計	424035(100)	370467(87)	5313(12)	370409(88)	5313	58	13
北アフリカ	73935(100)	586(1)	73349(99)	586(1)	43	0	0.06
日本(注2)	92953(100)	613(1)	92349(99)	613(1)	552	1	0.6
その他(注3)							

資料: FAO: Year Book of Forest Product (1986) より輯録した。
 注1) 注1の注2.3参照。×印は統計の欠乏・不足の甚しい国、△印は統計不足地域を示す。
 注2) FAOの上記資料による。
 注3) 本邦産産: 内閣府統計局(1986)の1984年実績による。FAOはより厳格な調査

ているのは、国内消費にシイタケ系木屑用材、輸入量に新伐採(丸太換算)等を含むためと見られる。

表1-11 Fuelwood use in selected regions

	<u>m³/hab/year</u>
Africa	
Arid and sub-arid areas	0.5
Savanna areas	1.0 to 1.5
High forest areas	1.2 to 1.7
Mountainous areas	1.4 to 1.9
Asia	
Indo-Gangetic plains	0.2 to 0.7
Lowland areas in S.E. Asia	0.3 to 0.9
High forest areas	0.9 to 1.3
Mountainous areas	1.3 to 1.8
Latin America	
Andean plateau	0.95 to 1.6
Arid areas	0.6 to 0.9
Semi-arid areas	0.7 to 1.2
Other areas	0.5 to 1.2

Source: Map of the Fuelwood Situation in Developing Countries Explanatory Note. Food and Agriculture Organization, Rome, 1981.

表1-12 Nominal fuelwood needs (including charcoal) can be summarized as follows:

Rural areas	Subdesertic countries (nomadic populations with a particular subsistence economy)	0.5 m ³ /hab/year
	Dry areas of lowlands and plateaus	1.1 to 1.7 m ³ /hab/year
	Humid areas of lowlands and plateaus	1.2 to 1.7 m ³ /hab/year
	Mountainous areas > 1500 m	1.7 to 2.1 m ³ /hab/year
Urban areas	Lowland areas	0.75 to 1.2 m ³ /hab/year
	Mountainous areas	1.15 to 1.4 m ³ /hab/year

表1-13 The fuelwood balance for these six categories in the following:

Category	Needs m ³ /hab	Availability m ³ /hab	Balance m ³ /hab	Order of magnitude of total surpluses and deficits in million m ³ 1/
1	0.5	0.06	-0.44	-6
2	1.1 to 1.7	0.60	-0.5 to -1.1	-115
3	1.2 to 1.7	1.95	+0.25 to +0.85	+40
4	1.3 to 1.7	1.80	+0.1 to +0.5	+14
5	1.3 to 1.7	5.5	+4	+35
6	1.7 to 2.1	0.55 2/	-1.15 to -1.55	-55 3/

1/ In the accessible areas only

2/ These figures include only 0.3 m³/hab for natural vegetation, the balance coming from woodlots and agricultural residues

3/ These figures include Lesotho, Swaziland, Mauritius and Reunion, with Ethiopia representing 2/3.

方、これら薪炭材を供給する森林は、これまで述べたように、面積および生産力が限られている。しかし、開発途上国では、人口の増加に伴う、農地の拡大、焼畑移動耕作、家畜の過放牧や薪炭林の過剰伐採等により、森林の減少が進んでいる。

これらのことから、開発途上国では、燃材の生産と消費の間に、徐々にギャップが生じ、燃材の不足が顕在化してきている。

FAOは、熱帯アフリカ37ヶ国について、植生や人口密度等を指標にし6つの地域に類型化し、これらの類型別の需要と供給のバランスについて分析し、燃材の過不足状態を表1-13のようにまとめている。

これによると、燃材の不足は、類型1の乾燥-半乾燥地帯で、人口は少ないものの、森林資源のきわめて少ない地域と、類型2の人口は少ないものの、森林資源のきわめて少ないサバンナ及びサバンナ林地帯、そして、類型6の人口密度が高く、森林の減少が生じている山岳地域の3タイプで生じており、特に類型2と6で燃材の不足が顕著である。これらの地域では、既に森林は過伐の傾向にあり、やがて大きな森林破壊へと進んでいくものと思われる。

これらの調査結果をもとに、FAOは、熱帯アフリカ37ヶ国について、燃材の不足している国を表1-14のように示している（1980年）。

表によると、燃材の欠乏・不足の著しい国は、熱帯アフリカ37ヶ国中21ヶ国に及んでおり、その他の16ヶ国でも地域的に燃材の不足が生じていて、全体的に燃材不足の状況を呈している。

なおこの他の地域で燃材の不足している国は次のようである。

アジアでは、アフガニスタン、ネパール、バングラディッシュ、インド、インドネシア、パキスタン、フィリピン、スリランカ、タイ、ベトナムである。

いる。

表1-14 アフリカにおける燃材不足国 注1)

地 域		燃材の欠乏・不足の激しい国 (21カ国) 注2) ×	燃材不足地域をもつその他の国 (16カ国) 注3) △
西 ア フリ カ	大 陸	Burkina Faso, Chad, Mali, Mauritania, Niger, Senegal (6カ国)	Angola, Benin, Cameroon, Congo, Gambia, Guinea, Nigeria, Togo, Zaire (9カ国)
	諸 島	Cape Verde (1カ国)	
東 ア フリ カ	大 陸	Burundi, Djibouti, Ethiopia, Kenya, Malawi, Rwanda, Somolia, Sudan (8カ国)	Mozambique, Tanzania, Uganda, Zambia, Zimbabwe (5カ国)
	諸 島	Comoros, Mauritius, Réunion (3カ国)	Madagascar (1カ国)
南 ア フリ カ	大 陸	Botswana, Lesotho, Namibia (3カ国)	Swaziland (1カ国)

注1. 資料は、FAO 開発途上国における燃材供給(1980)

注2. 燃材欠乏は、残存木の過伐によっても、なお最低要求量を満たすことのできない国を示す。

注3. 燃材不足は需要が植林によって補充されるより速い収穫材によって満たされている国を示す。

次に燃材の不足している国のいくつかを例に挙げて、燃材の需要と供給の現状を分析してみよう。

マラウイでは、木材消費量の9割が薪炭材であり、表1-14にも示されるように燃材の不足の激しい国の一つである。

マラウイにおける年間木材生産量は表1-15に示されるとおりで、燃材の供給潜在量は6.2百万m³であるが、その内入手可能な量は4.6百万m³と推定されている。

また、中南米では、ボリビア、エルサルバドル、ハイチ、ジャマイカ、ブラジル、チリ、コロンビア、キューバ、ドミニカ共和国、ガテマラ、メキシコ、パラグアイ等である。

このように、世界的な規模で、乾燥-半乾燥地域を中心に燃材の不足が顕著となってきて

表 1 - 15 林種別木材生産量 (百万 m³)

	年生産量 (m ³ /ha)	潜在量	入手可能量 (百万 m ³)	計画
Forest Reserve	1.2	1.2	0.8	0.9
National Park and game Reserves	1.0	1.1	0.8	0.8
Estate (Natural Forest)	1.2	0.5	0.5	0.5
Cultivated Areas	0.1	0.1	0.1	0.1
Cultivable Land under Forest	0.9	2.0	1.3	1.3
Non-Cultivable Land (70% under Forest)	0.8	1.0	0.8	0.8
Fuel wood Tree Plantation	14.0	0.3	0.3	0.6
Total Fuel wood Production		6.2	4.6	5.0

一方、利用者別の薪炭材消費量は表 1 - 16 に示されるように、1984年時点の燃材消費量は 8.6 百万 m³ となっている。

表 1 - 16 利用者別薪炭材消費量 (百万 m³)

消費者層 (Market Segment)	現在の消費量 1984	計画上の消費量 1994
Urban Households	1.0	0.9
Rural Households	5.1	7.5
Estates (Tobacco and Tea)	2.0	1.6
Rural Industry	0.4	0.5
Urban Services and Industry	0.1	0.1
Total	8.6	10.6

表 1 - 15 と表 1 - 16 から燃材の需要と供給の関係をみると、1984年時点での入手可能量 4.6 百万 m³ と消費量 8.6 百万 m³ の間には 4 百万 m³ という不足が生じている。

マラウイの森林面積は国土の約 39% を占めているが、薪炭材需要量のうち約 53% を供給しているに過ぎない。この不足分は結局、天然林の過伐によって補われている。

燃材不足の理由は、前述のように、人口増加による農地の拡大等による森林の減少や、天然林の生産力の減少などがあげられる。また、森林面積のうち約30%が消費地から離れているため利用できないままになっていることもその原因の一つである。

消費の内訳は、都市部及び農村部における家庭用燃料としての利用が総消費量の71%を占め、タバコとお茶の加工用に23%が使われている。

将来の需要予測（1994年）については、都市部での薪炭材利用が減少すると推定している。これは、都市部で炭の利用及びストーブの利用が普及し、熱効率が向上するものとの予測からである。この傾向はタバコとお茶産業用の利用についても同様のようである。しかし、村落部の需要予測は 5.1百万 m³から 7.5百万 m³に増加するとし、結局1994年には10.6百万 m³の需要があるとの予測から、1994年の供給予測量 5.0百万 m³との差は 5.6百万 m³で、これだけの燃材不足が生じると予測している。

ケニアでは人口の増加が著しく多い。1980年の人口が1667万人、1985年が2033万人と、この間の年平均人口増加率は 4.1%（日本は 0.7%）である。

表 1-17 Energy Requirements, 1985-2000
(1000 tonnes, except for electricity)

	1,985	2,000	Growth rate, 1985-2000 (% p. a.)
Fuelwood	14,972	23,480	3.0
Wood for Charcoal	8,754	17,513	4.7
Commercial Wood	1,077	2,588	6.0
Biomass	1,112	2,177	4.5
Petroleum	2,080	3,821	4.1
Coal/Coke	97	180	4.2
Electricity			
—(kilowatt hours)	2,480	6,077	6.2
capacity (megawatts)	586	991	3.6

Source: Republic of Kenya, Economic Management for Renewed Growth, 1986

ケニアでは表 1-17に示すように、エネルギー源の殆んどを木質材料に依存していることから、各地で燃材の不足が急激に増加している。

1980年および1985年の木材の需要と供給および、これをもとに、1990年から2000年までの需給予想を行ったのが表 1-18である。

表1-18 National Wood Resource Supply / Demand Relationship in Kenya
(millions of tonnes)

	1980	1985	1990	1995	2000
Demand	18.7	24.5	30.3	38.6	47.1
Supply (total)	18.7	19.1	20.5	20.6	16.5
from yield *)	13.1	12.6	10.7	7.8	5.2
from stock**)	5.6	6.5	9.8	18.8	11.3
Supply shortfall	0	5.4	9.8	12.0	30.6
Standing stock	1,004	974.0	932.0	864.0	800.0

*) Yields: Net annual production. Only accessible yields service demand.

***) Stocks: Net reduction in accessible standing stocks service demand when demand exceeds accessible yields.

SOURCE: Beijer Institute, Energy Development in Kenya, 1982

これによると、1980年時点では木材の需要と供給はつり合っていたが1985年では5.4百万トンの不足が生じている。この傾向は2000年まで増加傾向をとるものと予想され、需要は年々増加するが、一方、供給は1995年まで幾分ふえるものの、2000年には16.5百万トンを減少し、需要が供給を30.6百万トンも上まわり大幅な供給不足になるものと予想している。立木蓄積に関しては、燃材の供給不足を補うため、年々過伐傾向をとり、1980年には1,004百万トンあったものが、2000年にはその約8割の800百万トンに減少するものと予測しており、森林の荒廃が進むことになろう。

森林の荒廃が進んでいる、西アフリカのSSZ (Sahelian and Sudanian Zone) に属する各国の人口と燃材の関係についてのFAO、1980年における調査結果を分析してみると以下のようなものである。

ここでは、SSZに属する国の内、Burkina, chad, Gambia, Mali, Maulitania, NigerおよびSenegalの7ヶ国についての統計数値を利用する。

これら7ヶ国の気候帯とその気候に属する面積の割合は表1-19、1-20に示した。

SSZ7ヶ国全体では、年雨量200mm以下の面積が352百万haで全体の67%を占めており、乾燥地帯の多いことを示している。雨量が年800mmを越える地域では、40百万haで全体の8%を占めるに過ぎない。

表 1 - 19 Climatic Zones

Zone No. Zone	Rainfall (0.9 probability isohyets) a/	Area	
		(m. ha)	(%)
① Saharan	less than 200 mm	296	56
② Sahelo-Saharan	200 mm up to northern limit of rainfed cultivation (NLC)	56	11
<u>Subtotal</u>		<u>352</u>	<u>67</u>
③ Sahelian	northern limit of rainfed cultivation up to 350 mm	45	8
④ Sahelo-Sudanian	350-600 mm	55	10
⑤ Sudanian	600-800 mm	38	7
⑥ Sudano-Guinean	more than 800 mm	40	8
<u>Subtotal</u>		<u>178</u>	<u>33</u>
TOTAL		<u>520</u>	<u>100</u>

表 1 - 20 LAND DISTRIBUTION BY CLIMATIC ZONE

Zone No.	(X by country)						(million ha) ¹
	①	②	③	④	⑤	⑥	
Senegal	-	1.4	11.5	37.5	20.0	30.2	19.6
Mali	55.3	11.4	5.8	9.9	5.1	12.5	124.0
Niger	65.0	12.2	12.1	9.8	1.0	-	126.7
Burkina	-	1.0	4.9	31.9	31.8	30.5	27.4
Mauritania	76.2	16.1	5.5	2.1	0.1	-	103.1
Chad	52.1	7.1	10.4	9.9	13.1	7.5	128.4
Gambia	-	-	-	-	62.8	37.2	1.1
Total	<u>55.9</u>	<u>10.5</u>	<u>8.5</u>	<u>10.5</u>	<u>7.1</u>	<u>7.5</u>	<u>530.3</u>
	66.4		33.6				100.0
			26.1				

また、国別にみると、Gambiaでは全ての地域が年 800mm以上であるが、Mali, Mauritania, Chadでは、年雨量が 350mm以下の地域が大部分を占めている。全体でみると、農耕が不可能な地帯が66%を占め、厳しい自然条件にあることがわかる。

また、これら S S Z 7ヶ国について、燃料を持続供給できる人口と現在の人口との関係を

みると、表1-21に示すとおりである。

表1-21 Actual and Sustainable Numbers of People

Zone	Crop/Livestock Sustainable Population	Actual Rural Population	(1 - 2)	Fuelwood Sustainable Population	Actual Total Population	(3 - 4)
	(1)	(2)	(million)	(3)	(4)	
Saharan		0.8			0.8	
	1.0		-0.8	0.1		-1.7
Sahelo-Saharan		1.0			1.0	
Sahelian	3.9	3.9	-	0.3	4.0	-3.7
Sahelo-Sudanian	8.7	11.1	-2.4	6.0	13.1	-7.1
Sudanian	8.9	6.6	2.3	7.4	8.1	-0.7
Sudano-Guinean	<u>13.8</u>	<u>3.6</u>	<u>10.2</u>	<u>7.1</u>	<u>4.0</u>	<u>3.1</u>
Total	<u>36.3</u>	<u>27.0</u>	<u>9.3</u>	<u>20.9</u>	<u>31.0</u>	<u>-10.1</u>

これによると、年雨量が800mm以上のSudano-Guinean地域では、燃材を供給できる人数が現在の人口を上まわっているが、年雨量が800mm以下では、どの地域においても燃材を供給できる人口が現在の人口を上まわっていることがわかる。特に、年雨量が350mm-600mmのSahelo-Sudanian地域でこの傾向が顕著である。

FAOはアフリカの各国について、燃材の需要と供給の2010年における予測を1980年次の需給関係から予測している。この内容は表1-22に示されている。

表から次のことが読みとれる。第1に、現在既に燃材の供給が需要に追いつかない国では、2010年にはその需給バランスの差が急速に拡大し燃材不足が悪化する。第2に、現在需要を満たしている国でも、2010年には供給がそれに追いつけない国が増加すると予測している。例えば、ナイジェリアでは、1980年には、供給が需要を57.5百万m³上まわっているが、2010年には逆転し、89.6百万m³の燃材の不足が生じると予測している。第3に、Humid Central Africaを除けば、アフリカの殆んど地域で燃材の不足が生じるものと予測している。

FAOはこれらの予測を裏づける資料として表1-23を示している。

表1-23は、閉鎖林(closed forest)の面積に占める森林伐採面積の割合を1981年-1985年にわたって百分率で示したものである。これによると、Cote d'Ivoireでは約10%が伐採され、Nigeriaでは約7%の森林が減少している。

表 1 - 22

		Fuelwood supply and demand: 1980-2010 (million m ³)					
REGION	Country	1980			2010		
		Supply	Demand	Balance	Supply	Demand	Balance
MEDITERRANEAN AND ARID NORTH AFRICA		0.9	7.1	-6.2	0.9	13.8	-12.9
	Algeria	0.3	1.4	-1.1	0.3	3.1	-2.8
	Egypt	—	1.7	-1.7	—	3.0	-3.0
	Libyan Arab Jamahiriya	—	0.5	-0.5	—	1.3	-1.3
	Morocco	0.5	1.1	-0.6	0.5	2.4	-1.9
	Tunisia	0.1	2.4	-2.3	0.1	4.0	-3.9
SUDANO-SAHELIAN AFRICA		79.0	62.6	16.4	73.4	140.0	-66.6
	Burkina Faso	3.8	6.4	-2.6	3.3	14.5	-11.2
	Cape Verde	—	—	—	—	—	—
	Chad	6.0	7.2	-1.2	5.4	15.2	-9.8
	Djibouti	—	—	—	—	—	—
	Gambia, The	0.3	0.9	-0.6	0.2	1.7	-1.5
	Mali	4.3	3.9	0.4	4.0	9.0	-5.0
	Mauritania	3.8	—	3.8	3.8	—	3.8
	Niger, The	2.3	3.2	-0.9	2.5	8.0	-5.5
	Senegal	3.5	3.2	0.3	3.1	7.5	-4.4
	Somalia	15.5	4.4	11.1	15.4	8.9	6.5
Sudan, The	39.5	33.4	6.1	35.7	75.2	-39.5	
HUMID AND SUBHUMID WEST AFRICA		321.6	103.5	218.1	267.6	276.0	-8.3
	Benin	21.2	3.6	17.6	18.0	9.1	8.9
	Cote d'Ivoire	50.4	6.5	43.9	30.8	16.4	14.4
	Ghana	36.4	7.1	29.3	31.6	17.8	13.8
	Guinea	41.6	3.0	38.6	36.0	6.5	29.6
	Guinea-Bissau	5.2	0.4	4.8	2.0	0.9	1.1
	Liberia	15.2	4.1	11.1	12.4	10.5	1.9
	Nigeria	128.4	70.9	57.5	110.4	200.0	-89.6
	Sierra Leone	12.4	7.4	5.0	12.0	13.5	-1.5
	Togo	10.8	0.5	10.3	14.4	1.3	13.1
HUMID CENTRAL AFRICA		705.8	39.7	666.1	673.2	92.0	581.2
	Cameroon	80.4	7.8	72.6	75.8	16.2	59.6
	Central African Republic	114.0	2.5	111.5	110.6	5.0	105.6
	Congo	47.8	1.4	46.4	46.4	3.2	43.2
	Equatorial Guinea	5.0	0.4	4.6	4.8	0.8	4.0
	Gabon	44.0	1.2	42.8	43.2	2.3	40.9
	Sao Tome and Principe	—	—	—	—	—	—
	Zaire	414.6	26.4	388.2	392.4	64.5	327.9
SUBHUMID AND MOUNTAIN EAST AFRICA		65.1	87.4	-22.3	60.0	233.9	-173.9
	Burundi	—	3.2	-3.2	—	7.0	-7.0
	Comoros	—	—	—	—	—	—
	Ethiopia	30.5	26.1	4.4	29.2	60.0	-30.8
	Kenya	20.1	24.6	-4.5	19.6	78.0	-58.4
	Madagascar	10.5	5.3	5.2	8.1	12.5	-4.4
	Malawi	—	—	—	—	—	—
	Rwanda	0.2	5.7	-5.5	—	16.0	-16.0
	Seychelles	—	—	—	—	—	—
	Uganda	3.8	22.5	-18.7	3.1	60.4	-57.3
SUBHUMID AND SEMI-ARID SOUTHERN AFRICA		159.0	73.8	85.2	150.6	198.0	-47.4
	Angola	41.0	7.5	33.5	39.6	16.0	23.6
	Botswana	26.3	0.7	25.6	26.0	2.1	23.9
	Lesotho	—	—	—	—	—	—
	Malawi	2.4	5.5	-3.1	1.8	14.9	-13.1
	Mozambique	29.1	12.3	16.8	27.3	27.0	0.3
	Namibia	—	—	—	—	—	—
	Swaziland	—	0.5	-0.5	—	1.3	-1.3
	Tanzania, United Rep. of	30.0	35.1	-5.1	36.0	102.0	-74.0
	Zambia	20.2	5.0	15.2	19.1	13.7	5.4
Zimbabwe	10.0	7.2	2.8	8.8	21.0	-12.2	
TOTAL		1331.4	374.1	957.3	1225.7	953.7	272.1

Deforestation in closed forest areas: 1981-85 (as percentage of total closed forest)

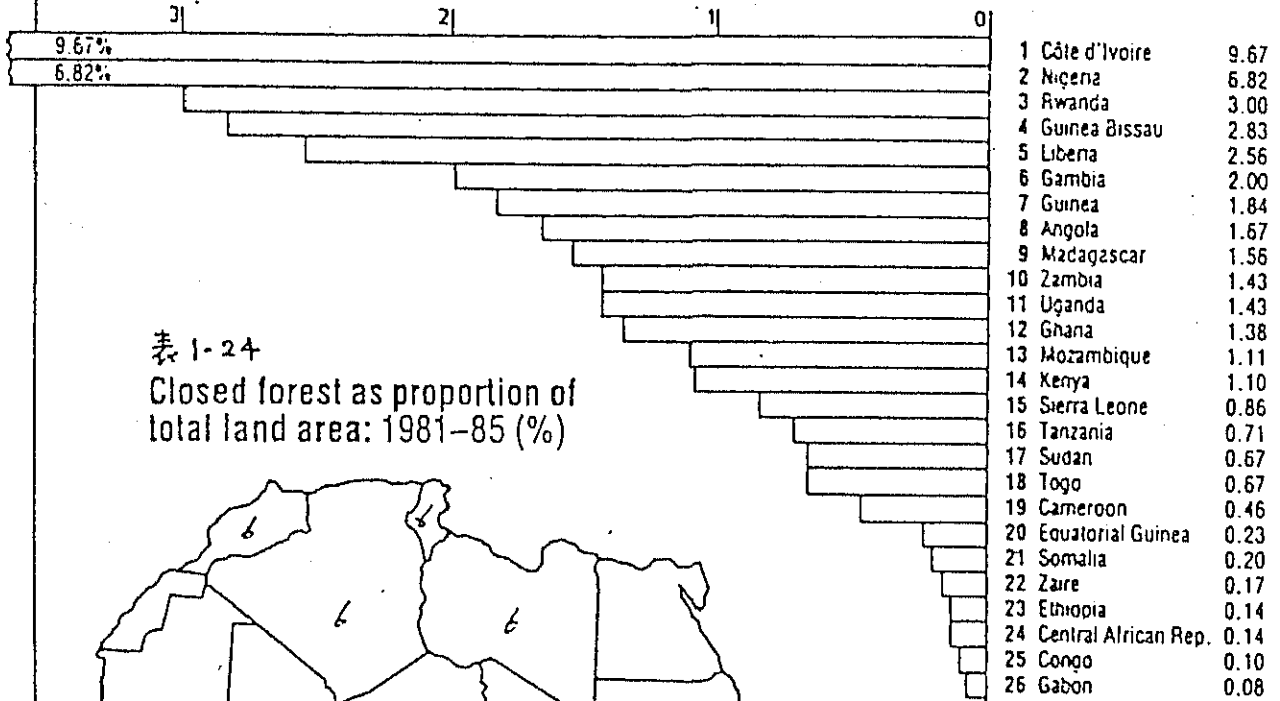
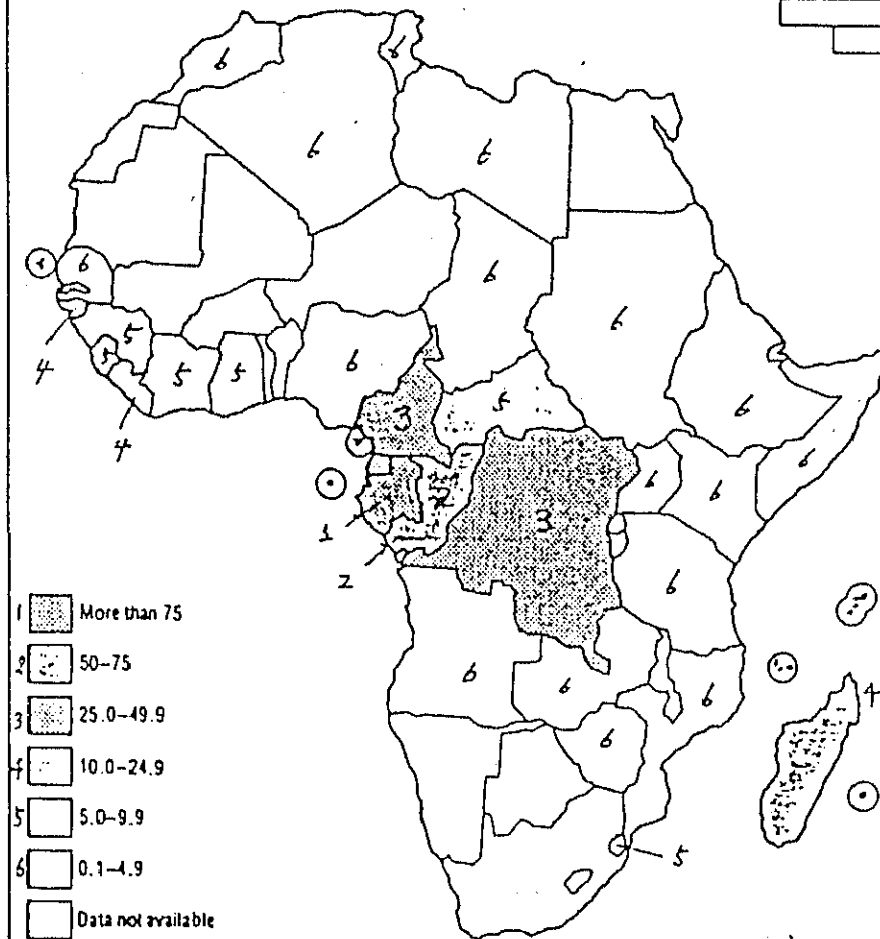


表 1-24
Closed forest as proportion of total land area: 1981-85 (%)



Country	Deforestation Rate (%)
1 Côte d'Ivoire	9.67
2 Nigeria	6.82
3 Rwanda	3.00
4 Guinea Bissau	2.83
5 Liberia	2.56
6 Gambia	2.00
7 Guinea	1.84
8 Angola	1.67
9 Madagascar	1.56
10 Zambia	1.43
11 Uganda	1.43
12 Ghana	1.38
13 Mozambique	1.11
14 Kenya	1.10
15 Sierra Leone	0.86
16 Tanzania	0.71
17 Sudan	0.67
18 Togo	0.67
19 Cameroon	0.46
20 Equatorial Guinea	0.23
21 Somalia	0.20
22 Zaire	0.17
23 Ethiopia	0.14
24 Central African Rep.	0.14
25 Congo	0.10
26 Gabon	0.08
27 Seychelles	-
28 Comoros	-
29 Malawi	-
30 Libya	-
31 Mali	-
32 Egypt	-
33 Chad	-
34 Algeria	-
35 Burkina Faso	-
36 Mauritius	-
37 Tunisia	-
38 Sao Tome-Principe	-
39 Swaziland	-
40 Burundi	-
41 Benin	-
42 Djibouti	-
43 Niger	-
44 Zimbabwe	-
45 Namibia	-
46 Morocco	-
47 Botswana	-
48 Cape Verde	-
49 Mauritania	-
50 Senegal	-
51 Lesotho	-

また、同様に1981年-1985年の間の国土面積に占める閉鎖林の割合は表1-19に示すとおりで、半乾燥地帯における閉鎖林の割合は10%以下であることが認められる。

以上のように、アフリカの開発途上国の人々は薪炭材の不足に直面しているが、次に、世界的な規模での燃材不足の状況を調べてみよう。

東アジア (Far east Asia) の燃料不足についてみると表1-25のようである。燃料不足の厳しい地域は、山岳地帯、ヒマラヤで、また不足している地域は平野部で特に南アジアのインド-ガンジス川地域、東南アジアの島国等である。1980年における需要と供給のバランスは、供給不足で $0.3\sim 1.3 \text{ m}^3/\text{人}/\text{年}$ が不足している。地域の合計では 248百万 m^3 の燃材が不足しており、これによって影響を受ける人々は 738百万人に及ぶ。

表1 - 24 FAR EAST ASIA

Unit	Situation in 1980				Prospective Situation in 2000		
	Populations depend- ing mainly on fuelwood	Fuelwood			Populations depend- ing mainly on fuelwood	Total Fuelwood Balance	
		Needs	Avail- ability	Balance			Total Balance
million inhabitants	m ³ /inhabitant/year			million m ³	million inhabitants	million m ³	
Acute Scarcity							
Mountainous areas Himalayas	29	1.3 to 1.8	0.2 to 0.3	-1.3	- 38	46	- 60
Deficit							
Plains, mainly Indo-Gangetic in southern Asia	297	0.2 to 0.7	0.15 to 0.25	-0.30	- 90	487	-146
Plains and islands in South East Asia	412	0.3 to 0.9	0.2 to 0.3	-0.30	-120	662	-265
Prospective Deficit							
Other fast-growing population areas	148	0.5 to 0.9	0.7 to 0.8	+0.05	+ 7	239	- 48
Satisfactory							
Korea	21	0.3 to 0.9	1	+0.4	+ 8	29	+ 12
High forest areas	129	0.9 to 1.3	1 to 6	+2.4	+309	218	+203

表1 - 25 LATIN AMERICA

Unit	Situation in 1980				Prospective Situation in 2000		
	Populations depend- ing mainly on fuelwood	Fuelwood			Populations depend- ing mainly on fuelwood	Total Fuelwood Balance	
		Needs	Avail- ability	Balance			Total Balance
million inhabitants	m ³ /inhabitant/year			million m ³	million inhabitants	million m ³	
Acute Scarcity							
Andean Plateau	2	0.95 to 1.6	0.2 to 0.4	- 1	- 2	3.5	- 4
Arid areas in west- ern South America and densely popu- lated areas	16	0.6 to 0.9	0.1 to 0.3	- 0.55	- 9	28	-15
Deficit							
Populated semi-arid areas and Andean zones	143	0.7 to 1.2	0.6 to 1	- 0.25	- 36	260	-117
Prospective Deficit							
Less populated sub- tropical and temper- ate areas	30	0.5 to 1.2	1.9 to 2.3	+ 1.2	+ 36	50	+ 15
Satisfactory							
Areas with abundant forest resources	38	0.5 to 1.2	2.5 to 10	+ 5.5	+260	64	186

また、ラテンアメリカにおける燃材不足の状況は表1-26に示されたとおりである。

燃材の不足の厳しい地域はAndean Plateauおよび人口過密な南アメリカ西部の乾燥地帯で、ここでは、 $0.55-1 \text{ m}^3/\text{人}/\text{年}$ の不足が生じている。また、燃材不足の地域は人口の多い半乾燥地帯とアンデス地帯である。ここでは、 $0.25 \text{ m}^3/\text{人}/\text{年}$ の不足が生じている。また、これらの地域全体では151百万人が燃料不足に当面している。

なお、燃材不足の厳しい地区、不足している地域および不足が予想される地域と、それによって影響を受ける人数との関係は表1-27に示されている。

これによると、厳しい燃材不足に直面している人々は、1980年時点で112百万人で、このうち村落部の人々が96百万人と、全体の約86%を占めている。また、燃材不足の人々を加えると1,164百万人を数える。

なお、2000年の予想では、燃材の厳しい不足または不足に直面する人口は約30億に達するものと予想されている。この内、村落部の人口が24億と全体の8割を占めるとしている。

以上、開発途上国における、森林資源および燃材の需要と供給の現状と将来の動向について分析を行った。

表1-26. POPULATIONS INVOLVED IN FUELWOOD DEFICIT SITUATIONS¹

Region	1980						2000	
	Acute Scarcity		Deficit		Prospective Deficit		Acute Scarcity or Deficit	
	Total	Rural	Total	Rural	Total	Rural	Total	Rural
Africa	55	49	146	131	112	102	535	464
Near East and North Africa			104	69			268	158
Asia Pacific	31	29	832	710	161	148	1 671	1 434
Latin America	26	18	201	143	50	30	512	342
Total	112	96	1 283	1 052	323	280	2 986	2 398

その結果、アフリカでは、中央アフリカを除くアフリカ全域およびアジア太平洋、南アメリカの諸国は、燃材の不足の直面している人々が1980年時点で約14億人もの多数に及んでいることが認められた。さらに、2000年の予想では、現在燃材の必要量を自給している国々においても、熱帯降雨林地帯を除けば、殆どどの国が燃材不足の状態に陥り、その数は約30億に達するものと推定している。

これら、燃材の不足は、単に、地域住民の生活に悪影響を及ぼすだけでなく、同時に、地域住民による森林の乱伐が激化し、土壌の流亡及び水源涵養機能の荒廃、ひいては、土地の砂漠化に直結することになる。

このことは、世界的なレベルでの気象条件の変化を生起し、世界の生態環境にも悪影響を及ぼすことが考えられ、地球的な規模での問題になっているわけである。

1-2 薪炭の生産、流通、消費

1-2-1 薪炭の生産と自然条件

乾燥-半乾燥地帯における薪炭の生産には、気候や土壌等の自然条件が強く関係する。

通常、これらの地域における自然条件は厳しい。ここでは、雨量が少ない上、雨季と乾季に分かれていて、かつ、乾季の期間が長く、平均気温も高いことが特長である。

また、これら熱帯乾燥地域においては、土壌条件も薪炭の生産に強く影響するのが普通である。したがって、薪炭生産の基盤となる天然林の植生とその生長は、気候と土壌に大きく左右されることになる。そして、新たに薪炭林を造成する場合にも気候と土壌についての理解がその基礎になるといえよう。

(1) 気候

気候は温度と湿度によって特長づけられるが特に熱帯乾燥地域では雨量が植生に大きな影響力をもっている。

雨量の違いによる気候区分の仕方には、種々の区分方法が提示されている。ここでは1例として、Aubrevilの区分方法を表1-28に示した。この区分法では、乾燥熱帯地域の雨量は400~1000mmとしている。

表1 - 27 熱帯フリカの気候型

(Aubréville, A., 1949)

気 候 型	1	2	3	4	5
	砂 漠	亜 砂 漠	乾 燥 熱 帯	半 湿 潤 地 帯	湿 潤 熱 帯 及 び 赤 道
平均年降水量(mm)	200以下	200~400	普通 400~1,000	普通 1,000~ 1,500, 時には 800まで	普通 1,500 以上、東アフリカはそれ以下
降水の頂点を示す数	1	1	1	1	普通 2
乾燥月の数 ^{注1)}	10~12	8~11	普通 6~7 時に5または8	4~5 時に6	0~3
降水の著しく多い月の数 ^{注2)}	0	0~2	普通 6~7 しばしば3~4	普通 5~6	普通 7~9
平均年気温(℃) (標高により異なる)	28~32	26~32	25~31	24~28 (ZaireのSaba 県では20~22)	23~27
平均年飽和不足 ^{注3)} (月平均より計算)	極 端	著しく高い か極端	高ないし極端。 時には低い (Togo)、また は平均(南 madagascar)	平均あるいは 高い。時には 低い。	極めて低いか 低い。時には 平均

資料: FAO: tree planting practices in african savannas(1974)より引用。

注: 1) 乾燥月は降水量30mm以下の月。

2) 著しく降水の多い月は降水量100mm以上の月。

3) 飽和不足(SD)は測定時の大気の実蒸気圧(AVP)と、同温度の飽和蒸気圧(SVP)の差である。(すなわち、開放水面で平衡状態にあるときの同温度の大気中で可能な最大蒸気圧)。蒸気圧は平均状態にある水蒸柱の高さ(mm) 時にはミリバール(millibars)で表わす。Aubréville(1949)は年平均SDの表記種類を次のように定義している。

極めて低い... 3mm以下、低い... 3~5mm、平均... 5~7mm、高い... 7~10mm、極めて高い... 10~15mm、極端... 15mm以上。

相対湿度(RH)の補足として、比較飽和不足パーセント(RSD)を示す。

これは $RSD = \frac{SVP - AVP}{SVP} \times 100$ の公式で求められ、湿度の上昇とともに増加する。

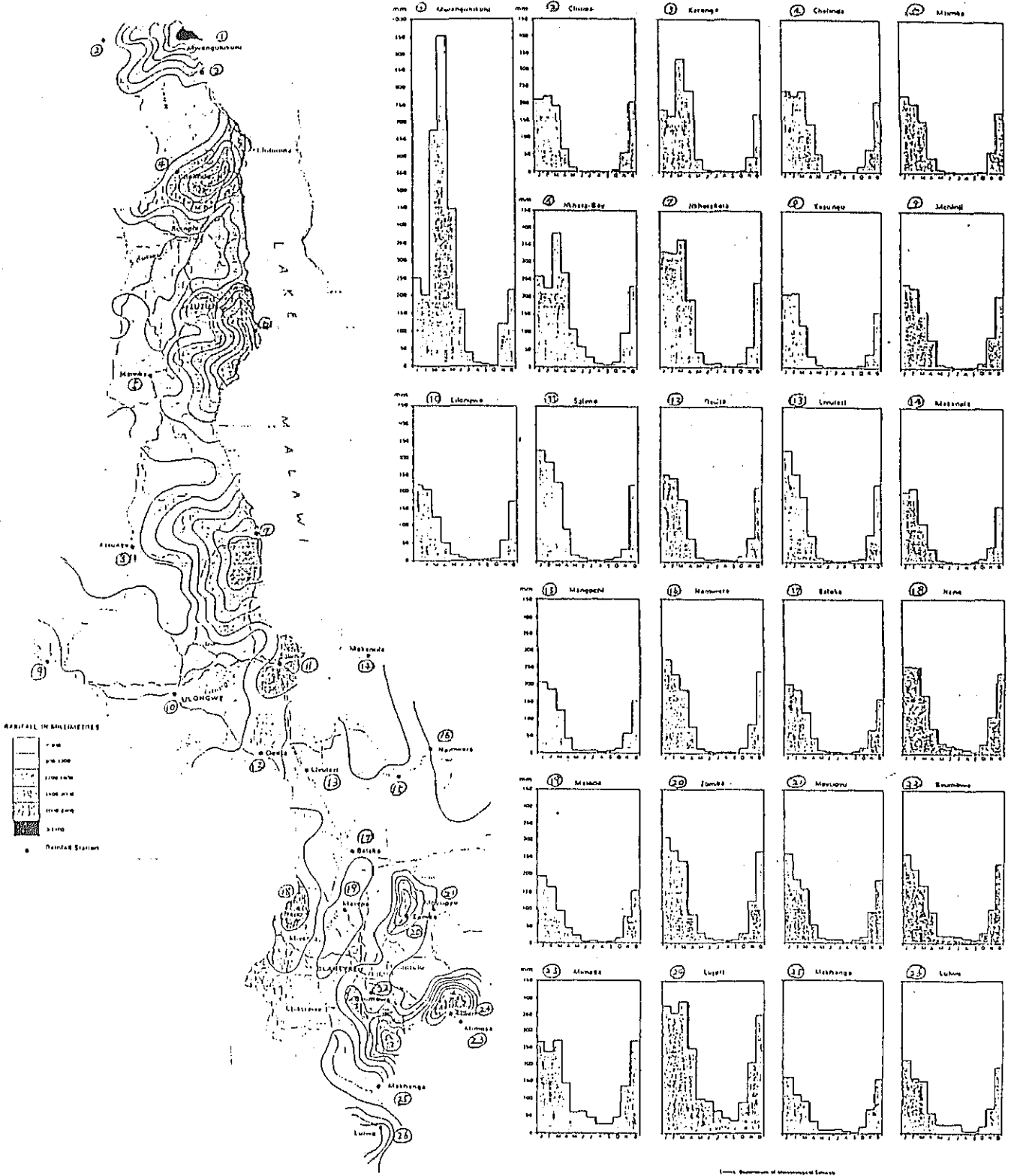
また、JICAでは年降雨量が500-1000mmを半乾燥地帯としている。

乾季の長さは、表1-28の乾燥熱帯地域では普通6~7ヶ月(多い時には5~8ヶ月)であるが、同一国内でも地域によって差が生じている。

例えば、マラウイについてみると、地域別の月別雨量は図1-4のとおりである。また、表1-29に月別の各地の気温を示した。図によると、北部にある①のMwanegulukuluでは年雨量が2,400mmを超えており、乾季の期間は8月~10月の3ヶ月と短い。また、南部Lugeriでは1年中降雨がみられる。従ってこれらの地域は森林の生長に必要な雨量には充分恵まれており、松類の人工造林も容易である。

一方、中部の③Kasunguでは、乾季が5月から10月の6ヶ月と長くなっている。これら

図1-4 地域別の月別雨量 (マラウイ)



Source: Bureau of Meteorological Services

表1 - 28 AVERAGE OF MAXIMUM AND MINIMUM TEMPERATURE AT SELECTED STATIONS (1)

		Degree Celsius													
District	Station	Average Temperature	Annual	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
NORTHERN REGION															
Chitipa	Chitipa	Maximum	26.4	26.4	26.7	26.4	25.7	24.9	23.6	23.4	24.9	28.0	30.0	29.7	27.1
		Minimum	16.0	17.1	17.2	17.4	16.8	15.0	12.8	12.4	13.7	16.0	18.2	18.2	17.7
Keronga	Keronga Aerodrome	Maximum	29.6	29.7	29.7	29.1	28.8	28.5	27.4	27.1	28.2	30.7	32.8	32.3	30.4
		Minimum	20.7	22.0	21.9	21.7	21.2	20.0	18.1	17.3	18.0	19.8	22.2	23.2	22.6
Mkhata Bay	Mkhata Bay	Maximum	28.5	29.3	29.7	29.3	28.7	27.5	25.9	25.6	26.7	28.9	30.4	30.6	29.4
		Minimum	19.1	21.3	21.4	21.1	20.1	18.0	15.8	15.1	15.7	17.7	20.1	21.1	21.4
Rumphi	Nyika Plateau	Maximum	19.5	20.0	20.0	19.1	19.2	18.1	17.6	17.5	18.8	20.4	21.2	21.5	20.4
		Minimum	08.8	10.7	11.0	11.1	11.0	08.0	04.4	04.3	05.6	07.8	09.7	10.9	11.1
Mziaba	Mzuzu Airport	Maximum	24.0	25.4	25.6	24.7	23.3	21.8	20.1	20.1	21.7	25.3	27.0	27.3	25.9
		Minimum	12.7	16.4	16.4	16.5	15.4	11.8	08.2	07.7	07.0	09.1	12.4	14.5	16.4
Mziaba	Mziaba Aerodrome	Maximum	25.5	25.6	25.6	25.8	25.4	24.6	22.5	22.5	23.9	26.8	28.4	28.6	26.5
		Minimum	14.8	16.4	16.3	16.5	16.0	13.3	10.8	10.7	11.8	14.5	17.0	17.4	16.9
CENTRAL REGION															
Mkhotsakota	Mkhotsakota Aerodrome	Maximum	28.3	28.7	28.7	28.5	27.7	26.7	25.4	25.1	26.7	29.7	31.6	31.6	29.1
		Minimum	19.5	21.4	22.0	21.1	20.3	18.1	15.9	15.6	16.2	18.2	21.2	22.3	21.5
Salina	Salina Airport	Maximum	29.2	29.7	29.3	29.4	28.9	27.7	26.1	25.9	27.7	30.7	32.5	32.8	30.0
		Minimum	19.7	21.6	21.3	21.7	20.6	17.8	15.8	15.9	16.8	18.7	21.5	22.1	22.8
Lilongwe (2)	Lilongwe Airport	Maximum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Minimum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dadza	Dadza Meteorology	Maximum	22.5	23.5	23.2	23.0	22.4	21.4	19.3	19.0	20.7	23.7	24.9	25.3	23.5
		Minimum	13.3	15.4	15.5	15.2	13.7	11.5	09.1	08.7	10.4	13.3	14.8	16.1	15.7
SOUTHERN REGION															
Mangochi	Mangochi Aerodrome	Maximum	29.2	30.7	30.1	29.6	29.1	27.9	26.1	25.7	27.7	31.5	33.4	32.9	24.9
		Minimum	19.1	21.8	21.9	21.6	20.0	17.0	14.5	14.5	15.5	17.9	20.9	21.1	22.0
Zomba	Makoka Meteorology	Maximum	25.9	27.0	26.7	26.4	25.4	24.3	22.4	21.7	24.4	27.5	28.6	29.1	26.8
		Minimum	15.7	18.7	18.3	18.2	15.9	13.5	11.7	11.3	12.4	15.1	16.9	18.5	18.3
Blantyre	Chileke Airport	Maximum	27.8	29.0	28.4	28.0	27.1	26.0	24.0	23.7	26.0	29.7	31.0	31.2	29.1
		Minimum	17.7	19.9	20.0	19.7	17.9	15.8	13.5	13.3	14.3	17.4	19.4	20.6	20.1
Blantyre	Chishiri Meteorology	Maximum	24.7	26.3	25.7	25.3	24.4	23.2	20.9	20.3	22.7	26.3	27.4	27.8	25.8
		Minimum	15.3	18.1	17.7	17.4	15.7	13.5	11.5	11.1	12.2	14.8	16.5	17.8	17.5
Thyolo	Thyolo Meteorology	Maximum	26.6	28.2	27.8	27.2	25.9	24.6	22.6	22.0	24.5	28.0	29.9	30.2	28.2
		Minimum	15.9	18.7	18.8	18.6	16.6	13.5	11.5	11.5	12.1	14.8	17.2	18.3	18.7
Chikwawa	Ngabu	Maximum	32.5	34.1	33.4	32.4	31.6	30.1	28.5	27.9	30.7	34.3	36.0	37.0	34.2
		Minimum	20.5	23.5	23.3	22.7	20.8	17.8	15.5	15.4	16.9	20.1	22.4	24.0	23.5
Mulanje	Mianasa	Maximum	27.9	29.7	29.3	28.7	27.5	26.1	24.0	23.5	25.6	29.1	30.6	31.3	29.4
		Minimum	15.7	18.7	19.1	18.8	16.6	13.4	11.6	11.3	11.7	14.1	16.2	18.1	18.7
Kasenje	Mekhanga	Maximum	32.2	34.0	33.4	32.6	31.2	30.1	27.7	27.5	30.1	33.7	35.4	36.4	34.3
		Minimum	20.1	23.3	23.2	23.0	20.6	17.3	15.0	14.8	16.0	19.5	22.0	23.5	23.3

(1) Ten years average from January, 1975 to December, 1984.

(2) Lilongwe airport was closed in December, 1984.

SOURCE: Department of Meteorological Services

の地域では天然林の生長量も $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 前後と少なく、薪炭林を造成するためには乾燥に強い Eucalyptus spp. や Acacia spp. 等の樹種を選定することになる。

また、年雨量の年による変動も重要な因子で、マラウイ各地の1975年～1985年の10年間にわたる年雨量を表1-30に示した。

たとえば、南部のMangochiでは10年間の年平均雨量は 897mmであるが1976/1977年では 661mm、そして1982/1983年では 417mmと平均の半分以下の降雨しかなかったことになる。これらの傾向は年平均雨量の少ない地域に顕著であることから、何年かに一度は気候変動のあることが予想される。

この傾向は、セネガルでも同様である。セネガル、テイェス州の年平均気温と年降水量の分布を図1-5に、また、月別の降水量を表1-31に示した。

平均気温は東方の内陸部にむかう程高くなり、年平均雨量は北部にむかうにつれて少なくなっている。

表1 - 29 ANNUAL RAINFALL, 1975/76 - 1984/85 FOR SELECTED STATIONS (1)

		Millimetres												
District	Station	Mean	1975/ 1976	1976/ 1977	1977/ 1978	1978/ 1979	1979/ 1980	1980/ 1981	1981/ 1982	1982/ 1983	1983/ 1984	1984/ 1985		
NORTHERN REGION														
	Chitipa	998.9	969.5	655.3	1205.4	1286.8	1101.8	783.1	736.8	1003.4	1079.2	1167.4		
	Karonga	1,185.0	1184.2	897.7	1302.5	1657.6	1148.7	1386.2	737.1	919.8	1195.2	1082.1		
	Rumphi	1,323.7	1473.9	1143.8	1262.9	1437.1	1127.2	1116.6	1134.5	1345.4	1350.5	1485.6		
	Rumphi	706.7	815.1	623.8	612.9	683.8	853.4	625.1	562.3	675.3	868.6	746.2		
	Mzimba	1,273.2	1476.5	888.3	1300.7	1408.9	1306.1	1005.0	1267.0	1176.2	1384.9	1518.4		
	Mzimba	912.1	1067.1	831.6	797.6	1167.1	913.4	899.6	749.9	998.4	723.7	972.8		
	Nkhata Bay	1,655.1	12390.7	1172.7	2195.6	2165.1	1655.6	1636.7	1390.4	1079.0	1228.5	1636.2		
CENTRAL REGION														
	Dedza	989.0	957.3	1095.8	999.3	955.0	1061.7	962.1	989.8	956.4	876.5	1035.5		
	Nkhata-Kota	1,729.2	2179.1	1346.2	2220.5	2001.5	1670.5	2319.3	1850.5	1143.0	947.2	1613.8		
	Kasungu	816.9	722.6	533.8	1030.2	1020.6	1063.8	1013.9	618.6	795.4	656.6	713.0		
	Dowa	953.4	956.1	911.1	1201.2	809.5	843.3	816.8	1080.8	827.0	952.1	1126.1		
	Dowa	797.0	742.7	611.6	859.3	882.1	726.4	969.3	834.5	661.6	738.9	943.3		
	Salima	1,313.8	1894.6	986.3	2368.6	1290.3	1349.8	1491.5	777.6	1122.4	789.2	1067.9		
	Lilongwe	895.8	885.2	1153.7	790.4	882.1	767.1	1205.7	934.1	811.4	632.9	n.a.		
	Ntchou	1,053.0	1177.0	1050.3	1389.6	1086.6	911.1	834.0	907.6	904.2	1216.0	1053.1		
	Ntchisi	819.7	646.4	466.3	938.3	1308.4	802.9	850.7	813.6	913.2	834.0	623.6		
	Mchinji	1,168.4	1316.7	1150.9	1549.1	1019.6	1414.5	1025.1	1195.0	968.7	795.4	1249.3		
SOUTHERN REGION														
	Mangochi	897.0	1299.2	661.4	1138.4	1081.0	799.1	867.0	743.5	416.8	1005.9	957.6		
	Mangochi	951.3	1255.2	575.0	1304.3	598.2	971.8	1068.2	866.5	857.9	726.5	1209.5		
	Machinga	946.2	1002.3	731.8	1403.3	838.4	701.5	1332.0	803.0	830.9	653.8	1065.1		
	Zomba	1,357.3	1650.5	1544.8	1204.1	911.7	1171.7	895.5	1023.5	1034.4	1165.6	1871.8		
	Zomba	1,061.0	1240.8	924.3	1320.8	850.1	995.7	1091.5	857.2	937.1	1104.7	1344.9		
	Blantyre	883.2	856.0	1082.5	1153.4	730.3	852.7	591.5	828.6	692.4	802.6	1282.1		
	Blantyre	1,205.9	1335.5	1306.6	1378.7	1250.0	1155.2	1029.5	1080.0	806.8	1237.7	1458.5		
	Chiredzulu	1,039.4	834.1	1013.0	1069.4	699.4	979.0	1810.5	902.6	799.3	1077.3	1209.3		
	Thyolo	1,246.1	1237.7	1172.7	1478.8	1249.9	873.0	1456.7	1030.0	982.5	1259.1	1720.7		
	Mulanje	1,788.4	1947.9	1268.7	1858.0	1610.4	1589.3	2603.5	2068.2	1395.5	1691.0	1851.5		
	Mulanje	1,810.1	2107.2	1431.5	1850.6	1488.2	1447.3	1632.4	1706.0	1739.2	2161.7	2537.0		
	Chikwava	807.7	848.6	744.0	1032.8	830.1	564.6	849.0	891.5	455.6	..	11052.7		
	Mwanza	1,046.6	1341.1	863.6	1378.0	1037.1	795.5	999.3	796.4	765.3	1100.2	1388.8		
	Mwanza	1,213.2	1753.9	1105.2	1374.9	902.2	621.3	1172.3	1378.6	998.7	1279.8	1545.0		
	Mwanza	735.7	897.2	572.8	734.7	582.4	646.2	909.9	669.4	470.5	765.9	1168.0		
	Mwanza	932.5	1174.5	946.8	1006.9	869.4	936.8	882.6	880.4	1010.3	689.8	927.8		

NOTE: (1) Years start in July and end in June.

(2) Lilongwe airport was closed in December, 1984

SOURCE: Department of Meteorological Services

一方、月別降水量を州内のM'bourとThiesの両市における長期観測値についてみると、表1-31のように、年平均雨量は700mm前後である。雨季は7月～9月のほぼ3ヶ月と少なく、年によっては降雨の全くない月が9ヶ月以上続くことがある。また、雨季の月平均雨量の標準偏差が両市とも大きく、雨量の最も多い8月でも30～50mm程度しか降水しない年があることになる。したがって、マラウイでの検討と同様に旱魃の発生を常に考慮しておく必要があるといえよう。

また、タンザニアの各地の月別降雨量と気温は図1-6および表1-32に示すとおりである。インド洋に面するダルエスサラームなどの海岸地帯は高温多湿で、3-5月の大雨季と11-12月の小雨季の、年2回の雨季があり、降雨のパターンの差も考慮する必要がある。

図1-5 ティエス州 年平均気温, 年降水量

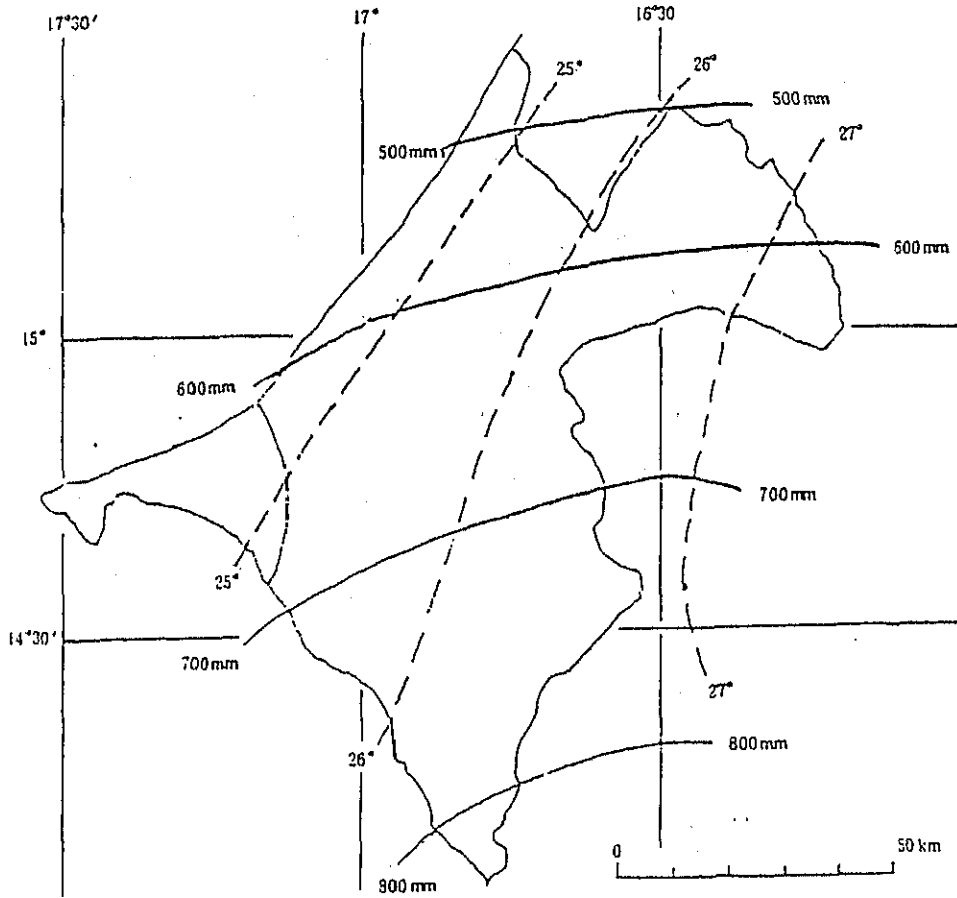


表1 - 30 月別降水量 (セネガル)

M'Bour (1931 ~ 1965) (mm)

月	最 少	最 多	平 均	標 準 偏 差
1	0.0	10.0	0.42	1.78
2	0.0	4.2	0.36	1.18
3	0.0	0.0	0.00	0.00
4	0.0	2.4	0.07	0.41
5	0.0	30.4	2.07	6.29
6	0.0	82.5	27.01	23.18
7	28.7	358.1	135.32	73.98
8	56.5	814.0	318.55	173.35
9	44.3	579.3	223.66	119.35
10	0.0	269.3	60.50	63.66
11	0.0	119.0	4.48	20.67
12	0.0	131.7	5.73	24.02
年合計	437.2	1681.0	754.66	271.33

Thies (1916 ~ 1965) (mm)

月	最 少	最 多	平 均	標 準 偏 差
1	0.0	5.0	0.40	0.36
2	0.0	27.8	1.25	4.49
3	0.0	2.0	0.09	0.41
4	0.0	2.7	0.10	0.43
5	0.0	14.4	1.09	3.00
6	0.0	102.8	26.36	25.62
7	23.5	280.5	112.78	63.83
8	30.0	583.5	277.62	134.10
9	48.1	510.7	196.60	87.52
10	0.0	298.6	49.24	50.35
11	0.0	41.5	2.66	7.17
12	0.0	101.7	4.08	16.76
年合計	379.1	1224.5	692.64	191.47

図1-6 タンザニア各地の気温と降雨量

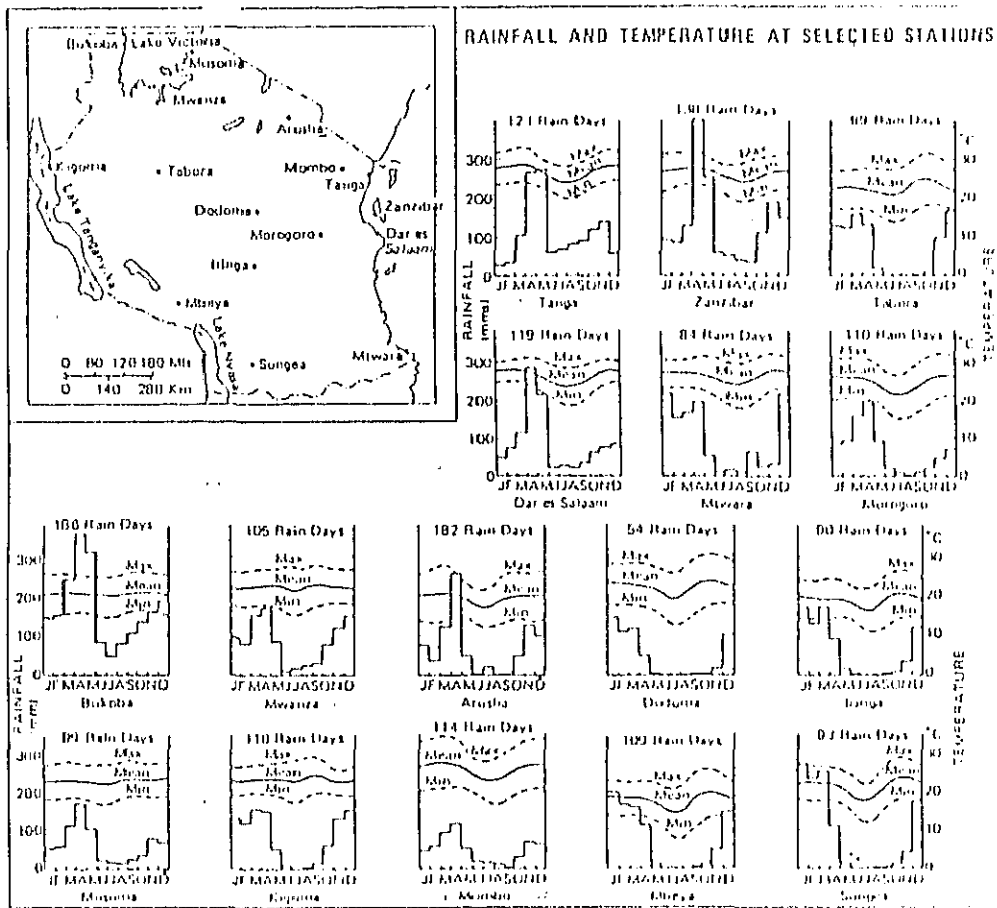


表1-31 主な地域の気温、雨量

ダルエスサラーム：気温と雨量

温度℃，雨量mm

月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
温度	最高	30.3	30.8	31.1	30.6	29.6	29.1	28.4	28.5	28.6	28.9	29.7	30.0
度	最低	24.8	24.4	23.5	22.9	21.8	19.7	18.7	18.7	18.8	20.3	22.2	24.0
雨量	48	71	94	294	211	26	23	23	40	56	60	67	

ムワンザ：気温と雨量

月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
温度	最高	28.1	28.2	28.3	28.4	28.4	28.4	28.8	29.1	29.5	29.7	28.8	27.9
度	最低	18.3	18.3	18.5	18.3	18.1	17.2	16.4	17.2	18.3	19.1	18.8	18.4
雨量	86	65	150	173	90	12	7	29	38	47	143	143	

モシ：気温と雨量

月別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
温度	最高	33.2	33.5	32.0	29.5	26.7	25.9	25.7	26.5	28.8	30.8	31.9	31.9
度	最低	17.4	17.9	18.6	19.1	18.2	16.7	15.6	15.3	15.3	16.6	17.5	17.4
雨量	21	3	119	250	185	23	14	9	24	24	32	69	

このように、地域の自然条件が多様であるため、天然林の取扱い及び薪炭林の造成にはこれらの条件を充分考慮する必要がある。

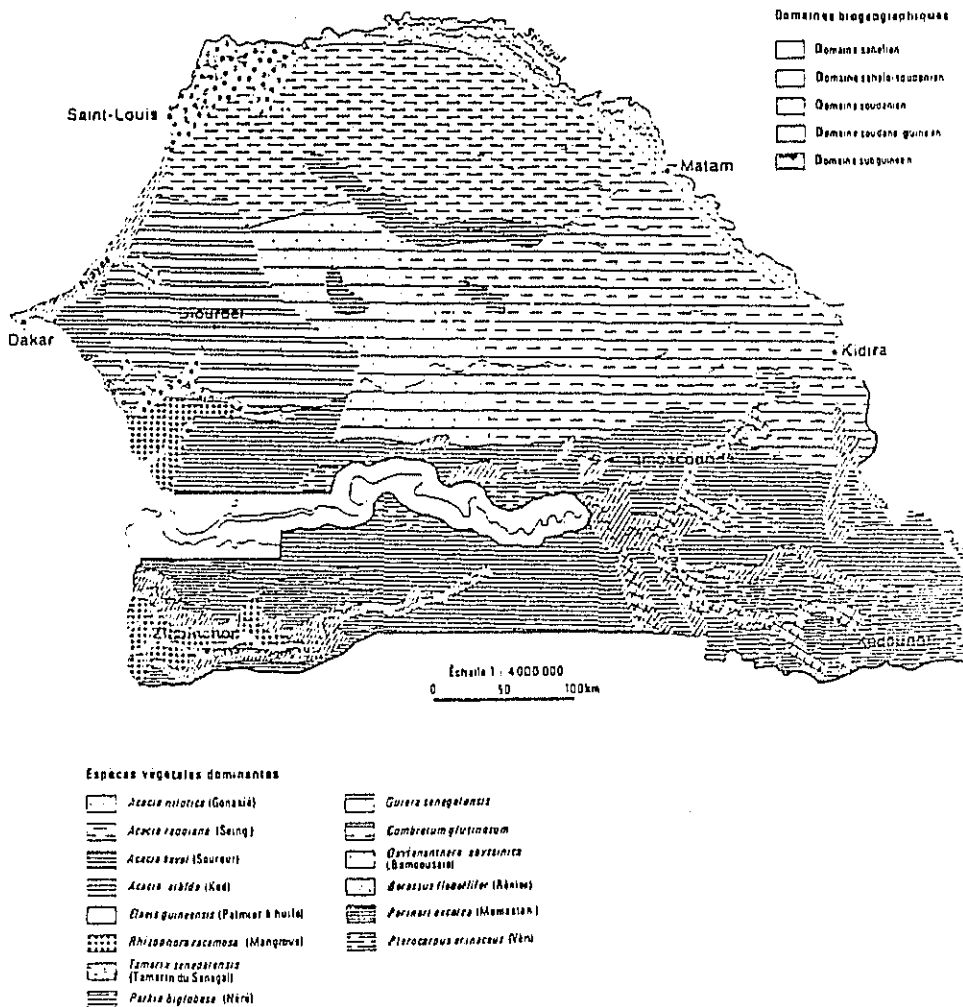
(2) 植生

以上のように、熱帯乾燥地帯の気候は気温が高くかつ乾燥しているが、これらの半乾燥地帯の植生は主にサバンナ帯 (Tropical Woodland Savannas) およびステップ帯 (Tropical wooded Steppe) に属している。

熱帯乾燥地帯における植生は地域によって種々多様である。

例えば、セネガルの植生についてみると図1-7のとおりである。

図1-7 植生図



セネガルでは、サバンナ性の風土をもつ北部から高温多湿な熱帯雨林までかなりの変化に富んでいる。年平均雨量は北部 350mm、南部では 1,500mmと差が大きいことから、その植生はセネガル国内でも多様である。北部では *Acacia nilotica* や *Acacia raddiana* が優占しているが、南部の雨量の多いところでは、*Parkia biglobosa* や *Oxycanthus abyssinica* などが優占していて、気候による植生の変化が明瞭である。このことは、適地適木

を裏づけており、薪炭林造成の際に樹種の選定の重要性を暗示している。

タンザニアでは、植生は大きく分けて次の7つに分類されている。

- ① Forest, ② Woodland, ③ Bushland Thicket, ④ Wooded Grassland,
- ⑤ Grassland, ⑥ Desert and Semi-desert, ⑦ Permanent swamp,
- ⑧ Cultivated Area

薪炭材は、主に②のWoodlandから生産されている。Woodlandは年雨量 800-1200mmで、雨季と乾季の明瞭な地域にあり、タンザニアの西部と南部の広い地域に分布している。

また、ザンビアの植生は図1-8に示されるとおりで、このうち、Miombo woodland が全体の約半分を占めている。このMiombo woodland の植生の主要な樹種はBrachystegia spp., Jubednardia spp.およびIsoberlina spp. 等である。

このように、ザンビアでは、薪炭材は主にSavanna Woodlandから生産されるが、その中心はMiombo Woodland である。

また、マラウイでも、Savanna Woodland帯に属しており、Brachy stegia, Jubednardi-a spp.及びIsoberlina spp. を主体とするMiombo天然林から薪炭材が採取されている。

(3) 土壌

土壌は、気象の変化に伴う基岩の風化作用とその上で行われる動植物の作用およびこれらを複合した過程で生成されるものとしている。したがって、土壌は気候と基岩の組み合わせで、一定の傾向をもつようである。

半乾燥地帯の土壌には次のような土壌型が出現している。

- ①亜熱帯の冬雨堅葉樹林下の肉桂色土, ②亜熱帯ステップの灰肉桂色土, ③熱帯雨緑林下の赤色土壌, ④熱帯の乾生樹林とサバンナ・草地下の赤肉桂色土, ⑤熱帯の乾生サバンナと砂漠下サバンナの赤褐色土壌

したがって、地域の自然条件を大まかに確認する上で土壌型は有効なデータを示してくれる。

一方、熱帯半乾燥地域においては、その地形によっても、一定の傾向を示すことが認められており、この土壌の出現形式に対して、Milne はカテナ (Catena) と称した。

カテナは、斜面における土壌単位形の高所から低所への連続的規則的な変化であって、高所から斜面下部への水等の物質的な供給を受ける条件の下に成立っている。

例えば、タンザニアのTabora周辺の花崗岩台地では図1-9のような土壌カテナが成立している。

図によれば、斜面の上部から下部に移動するにしたがい、土壌と植生が変化していることが認められる。ここでは、斜面上部では、土壌は赤色土であり、植生はMiombo林になっている。また、斜面最下部では、低木を混じえた草地になっていて、やや湿潤な半乾燥地域と分析している。

このように、気候と土壌および斜面の位置によって、植生が一定の傾向をもっている。

図1-8 植相図

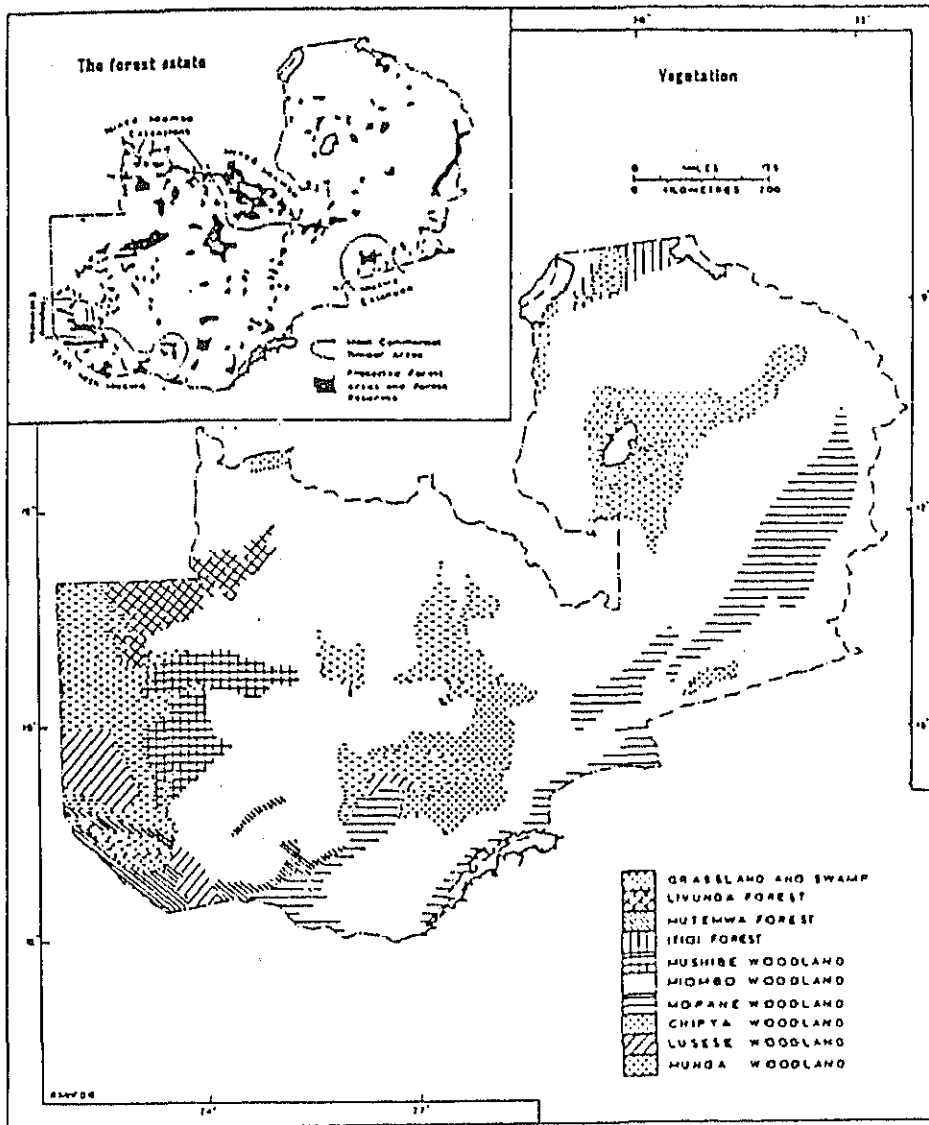
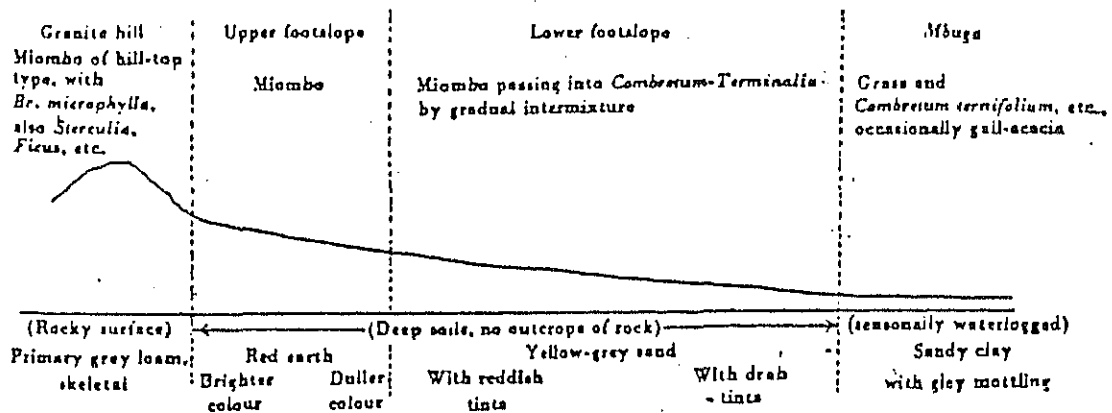


図1-9 熱帯半乾燥地域における地形・植生・土壌のカテナ
Tabora (タンザニア) 周辺の花崗岩台地Tabora標高 1,190m,
年平均気温23.2℃, 年降水量 882mm Milne (1936)



セネガルのThies山地では土壌条件により、殖質の地帯に*Acacia senegal*, *Acacia siberica*, *Acacia nilotica* var. *adansoni*, *Khaya senegalensis*の混じった天然林が出現し、受蝕土（岩屑土）の地帯には主に*Acacia ataxacantha*と*Combretum micranthum*の天然林が分布している。また、*Acacia seyal*を主とする天然林も出現している。

マラウイでは前述のとおりMiombo天然林が主体であるが、しかし、標高が低く、肥沃な林地には*Piliotigma* spp., *Acacia* spp., *Combretum* spp.からなる“Munga”林があり、一方、マラウイ湖沿および低地のやせた土壌の地域では、殆んど、*Colophospermum mopane*の純林がみられる。

以上のように、熱帯の乾燥・半乾燥地帯における自然条件と薪炭生産の場である植生との間には密接な関係があることが認められた。

現在、天然林からの薪炭の生産が中心であるが、おおむね、気候と土壌によって天然林の構成が予測できることになる。

この場合、薪炭生産の基礎となるものは、天然林の樹種構成とその生長量の大きさおよび更新の法則性である。

サバンナ林の年材積生長量は約1 m³/ha前後と推定されているが、この値は、地域の雨量や土壌条件によって変化するといえる。

現在、熱帯乾燥地域の開発途上国では、天然林の生長量以上の伐採を行っている場合が殆んどであり、天然林資源は年々減少傾向にある。このため、地域の天然林の樹種構成や蓄積等の資源状況の把握が重要である。

また、天然林を伐採した後の更新の法則性も、気候条件と土壌によって変化するといえよう。このように、天然林から薪炭の生産を持続させるためには、天然林の自然条件に応じた生産力の現状を正確に把握することが必要である。

しかし、現実には、天然林は年々減少を続けており天然林の生産力のみでは薪炭の生産は持続できない傾向が明らかになっていることから、人手による薪炭林の造成が緊急の課題となっている。

薪炭林造成に関わる自然条件は、天然林のそれとはほぼ同様であるが、人工林には生長の早い外来の早生樹種が導入されている場合が殆んどである。

この場合、熱帯乾燥地域の自然条件が厳しいことから、人工林の造成には種々の困難が生じているのが普通である。次章で述べるように、自然条件に適合した育林方法が適用されなければならない。

とりわけ、雨量、気温や土壌に適合した樹種の選定は、薪炭林造成の最も基本的な問題である。また、雨量が少なくかつ気温が高いことから、育林技術の工夫が不可欠であり、つまるところ薪炭林造成には自然条件の把握が不可欠であるといえる。