

これらを総合すると、Mukusiの年間伐採量は、現在のところ立木材積で13,000m³から14,000m³の範囲にあるものと考えられる。

このような伐採量では、現在の需要からして2つの製材工場が、資源を減少させることはないものと考えられる。

2) Mukwa

Mukwaを伐採して商業的に利用しているのは、Zambezi Sawmills社とITT Supersonic社の2製材工場と2つのPitsawingである。製材工場の利用量は、Zambezi Sawmills社では少なく、ITT Supersonic社ではかなり多いといった程度でその材積は明らかにされていない。

一方、2つのPitsawingであるが、商業的利用のところで記したようにLutaba woodlandのPitsawingは、年間推定63m³の製材を生産している。他のPitsawingも同程度の規模であると仮定すると、Pitsawing年間製材生産量は約130m³となる。また、立木利用率を30%と仮定すると年間立木伐採量は430m³と推定される。このように500m³にみたない伐採量であれば、地域的に集中しない限り、Pitsawingによる今後の資源への影響は、小さいものと考えられる。

3.2.6. 森林利用と地域社会経済向上のための提言

(1) 住民の木材利用について

すでに述べたように、住民の薪利用は、Woodlandからの採取により十分需要量がまかなわれているように見える。もし仮に、Forest estateからの林産物の利用、立ち入りを禁止してもWoodlandから薪等採取することで需要量は、ほぼ十分であると考えられる。しかし、小径木の賦存量については、薪利用に対して十分であるかは疑わしい。したがって、小径の後継樹の存続を重視するForest estateは地域住民の自給向け伐採から保護することが望ましいが、商業伐採に伴い林内に放置された伐採廃棄木(伐倒し、有用な丸太を採材した残りの材木)を薪に利用することは可能である。この場合、伐採廃棄木のみを採集して利用する仕組みを確立する必要がある。

Woodlandからの薪等の採取も、木材の伐採ではなく、できる限り收拾することに徹底する。伐採する場合は、植林する仕組みを考える必要があろう。

また、木材の熱源としての効率的利用、地域経済の向上方法として、発展途上国においては、一般に木炭の生産が考えられる。しかし、本調査対象地域においては、薪の利用で住民の燃料需要量が十分まかなわれていること、薪需要量が年間許容伐採量を上回る過剰利用とはなっていないこと、チーフが木炭生産を禁止していることから現在のところ木炭生産を行うことはできない。今後木炭生産を計画する場合は、チーフ、森林局、地域住民による協議機関を設けて話し合いを続け合意の形

成を図ることが必要である。その場合においても次の点について議論し、障害を乗り越えなければならない。

- ・火を使う機会が増えるので、森林火災の原因になりかねない。
- ・木材消費量が増加して、無秩序な木材の濫伐の起こる可能性がある。
- ・実施区域を特定の箇所に限定して実施できるのかどうか。
- ・木炭生産の不適切な奥地の森林地域へも木炭生産拡大の可能性はある。
- ・木炭生産を誰が技術指導するのか。
- ・生産された木炭を誰がどこに販売するのか。調査対象地域では購買力が低いこと、需要量が無いことから地域外への販売にならざるを得ないが、市場を獲得できるのかどうか。
- ・本当に地域住民に現金収入が入るのか。
- ・チーフ、森林局、地域住民が約束を守れるのか。

(2) 商業的木材利用に関して

現在、資源量の減少と木材需要量の減少という2つの悪条件が重なったため、製材工場の側からみた木材産業の将来展望が描きにくくなっている。しかしながら、地球環境保護の立場から、熱帯林では森林蓄積の回復を推進する機運が強いので、南西地域においても、破壊された森林の回復、すなわち森林資源の回復が意図されることになるものと考えられる。とくに南西地域では、砂漠化の防止が大きな課題となっているために、森林再生への機運が、他の地域よりも一段と高まるのではないかと想定される。このような社会的要請状況にあるために、製材工場においても将来的には、森林資源の造成を志向し、資源の増大を背景にした需要開発を図ることが必要と考えられる。

現在は伐採納付金を納める方法がとられているが、その納付金を植林のための苗木づくりに振り向ける必要がある。

伐採したものが植林する原則(伐採者負担原則)を森林局、製材工場など伐採にかかわる業者、地域住民で認知し、具体的に実行できることは何か議論することが考えられる。

また、Pitsawingについては、一番玉以外放置されていることから、現在のところ立木利用率は30%程度であると考えられる。放置されたMukwaを集成材、チップボードや地域住民利用の薪などに加工して、木材利用率を高める仕組みが必要である。また、現在の伐採量からみるとコンセッション許可数を増やすことも可能である。

(3) 農業生産の充実

地域住民の生活向上のためには、農業生産の充実を図ることが最も重要である。

1) 農具の充実を図る

少なくとも「1農家に1台のプラウ」を所有させる援助が必要である。

また、斧などは刃の研いでないものを力任せに使っている。砥石などの普及が望まれる。

2) Dambo を利用した穀物やサツマイモなどの栽培

近年、調査対象地域では雨季の降水量が減って農作物の収穫量が減少している。このような異常気象のため、雨季には雨水で覆われるDamboも水の溜まらないところが出てきている。Damboの水条件に応じてメイズやミレットなどの穀物やサツマイモの栽培を試みて食生活の向上を図ってみてはどうかと考える。

実際に、Maseseから北に入ったSamasmo村近くのDamboでは、オランダのNGO援助団体SNVの協力で、Masese Agriculture Projectとして雨季の水稲栽培が行われている。この水稲栽培は1982年以来すでに12年間も行われている。Samasmo村では2人の農民が長粒種を栽培し、収穫した米は自給するほか販売もしている。しかし、近年は上記の雨季の雨不足のため水稲の栽培の代わりにソルガムの栽培に切り替えている。

このように調査対象地域において、Damboを利用した農業生産は、可能である。

3) 農耕跡地への果樹の植栽と牛の放牧 (Agro-silvo-pastoral システム)

空中写真をみると、川に沿って農耕地が広がっている。これらの農耕地のほか、農耕跡地が多く存在する。農耕跡地は、水分条件が比較的良好であるが、長期間の農耕のため土地が痩せている。このような土地に、比較的肥料のいらぬ果樹を植栽することが考えられる。その際には、水分条件をチェックすることが重要である。例えば、乾季に落葉性の樹木の葉が青く残っているなどはその指標となる。ある程度果樹が成長した段階で、牛を適正な頭数放牧する。ある程度草本が生育する農耕跡地であれば、まず牛を何年間か適正な頭数放牧し、その後果樹の植栽や農作物の栽培をする方法も考えられる。

このシステムは、氾濫原、低位段丘に限定して実行することが望ましい。中位段丘、高位段丘では、水分条件が悪く、アグロ・シルボ・パストラルの実行を避けるべきである。

その植栽する果樹については、Forest nurseryでレモン、マンゴ、パパイヤなどの果樹苗木の生産を行ってはどうか。そして、地域住民を雇用して、苗木を植栽させる仕組みをつくる。実った果実は、地域住民が自由に収穫できるようにする。

なお、チメネなど、火入れを伴うアグロフォレストリーの実施は、森林保護の観点から避けるべきである。

(4) 地域住民による火入れの管理

空中査察や自動車での移動中、各地で地域住民による林地・草地への火入れが観察された。この火入れが、森林火災の原因となっている。1981年から1991年の11年間に、1万5,792haの森林が被害にあっている。しかし、西部州において火入れは、歴史的伝統的に繰り返行われてきた慣習であるので、一概に禁止することはできないであろう。しかし、地元、森林局によれば1975年以降、森林火災が頻繁に起こるようになったとのことから、何らかの社会経済的要因が働いたものと考えられる。この分析は、今後の課題となる。

伝統的に行われてきている火入れには、いくつかの目的があり、聞き取りした範囲での目的タイプの火入れの実態は、次のとおりである。

1) 新しい牧草の繁茂を促進するため

乾季の6月から7月にかけて、牛の好まない枯れた固い草本を燃やして、新しい柔らかい草本の生育を促すために、火入れが行われる。地域住民、森林局の役人に火入れの理由を聞くと、まずこの答が返ってくる。一般的にこの理由で大面積に火入れが行われており、何でもこの理由をつければ火入れが許されてしまう側面がある。

2) 農作物を栽培するため

農作物は雨季(12月から4月)の期間に栽培されている。そのため、農作物を4、5月頃までに収穫し、その後、牛などの家畜を放牧させ、10月～11月頃にその年の農作物を栽培するための火入れを行うものである。

3) 害虫の予防

ヤブの中には様々な昆虫が生息している。ツエツエバエのように人間や家畜に有害な昆虫がいる。昆虫からの被害を予防するために、ヤブに火入れがなされる。

4) フルーツの採集のためのヤブの除去

森林には、Muchinga、Muzinzilaなどの野生の果物の実る果樹が生育している。これらの果物を採集するためにヤブに火入れする。

5) 蜂蜜の採集のため

森林内にある天然の蜂蜜採集は、地域住民よりも他の村民によって行われている。ヤブや森林に火入れすることにより蜂の巣を見つけやすくすることやその煙で蜂を仮死状態にする。このような火

入れの不始末が森林火災につながることもある。

6) 野生動物の狩猟

野生動物の狩猟の際、動物を威嚇し、追い込むために火入れが行われる。この狩猟は、地域住民よりも、他の村民によって行われることが多いようである。この火入れの不始末が森林火災につながる。

7) 慣習的な無目的な火入れ

この火入れが一番やっかいである。地域住民にとって火入れは、基本的に必要不可欠で、日常的な慣習となってしまうている。とくに地域住民においては、枯れた草があると、特別な目的がなくても、火入れすることが当たり前という意識で、無目的な火入れであっても、罪悪感はないようである。

一方、森林局においては、Mukusiの天然林で火入れの試験地が設定されている。火入れによる稚樹の更新への影響については、森林局内においても賛否が分かれている。また、試験地の管理人の話では、Forest estateにおいては、牛の放牧は禁止されているが、火入れは許可をとればできる。このように森林局においても、不法な火入れはよくないが、火入れ自体は肯定的にみているのである。

こうした実態にある火入れから森林火災を防止するためには、地域住民の自覚と参加、さらに地域住民の自主性によって管理していく仕組みが必要である。なぜなら、調査対象地域では、すでに8月以降の火入れは禁止しているが依然として火入れや火事が、8月以降でもこれまで同様に起こっているからである。禁止するだけでなく、集落別に火入れ管理地域を分担させ、1年間森林火災がなかったら井戸を掘ってやるなど、防火運動に対するメリットを与えるような方策が必要である。

(5) シニアチーフの理解と協力

これらの利用システムを含めた森林管理計画を実行する場合、サブチーフはもちろんであるが、その上位のシニアチーフに管理計画を理解してもらい、内容について意見や合意を得ることが、管理計画をスムーズに運営していく上で極めて重要である。幸い、ムワンディのシニアチーフは森林の資源状態に興味をもっており、調査結果と管理計画について理解を得られるものと期待している。その上で、火入れなどによる森林の消失から森林を保護していくために、シニアチーフに森林保護の啓蒙活動などの協力をしてもらうことも考えられる。

(6) 実現可能性のあるアグロフォレストリー

火入れにより森林火災が発生し森林資源が減少している現状から、チテメネのような火入れを伴うアグロフォレストリーの実施は、避けるべきである。調査対象地域の社会経済的条件から実現可能

なアグロフォレストリーは、次の2つである。

1) 農耕跡地や Woodland への果樹の植栽と牛の放牧 (Agro-Silvo-pastoral システム)

内容と方法は、前述の「(3)農業生産の充実」に記したとおりであるが、Woodlandも対象地に含める。

このシステムには次のようなメリットがある。

- ・地域住民には果樹植栽経験のある人が多く、果樹栽培に興味をもっている。
- ・休閑地を有効に活用できる
- ・集落住民の食生活を助けることができる
- ・無計画な農耕地の拡大を防止できる

2) Woodland での養蜂

識者によれば「熱帯アフリカや熱帯アメリカの国では養蜂が盛んで、巣箱を木にぶら下げて飼育しているのをよく見掛ける。」そうである。このようなことから、アカシア類の木が多くあるWoodlandにおいて集落管理による養蜂ができると考える。

このアグロフォレストリーには次のメリットがある。

- ・天然の蜂蜜採集についての管理普及は森林局の管轄であるので、実務的、経験的に実施が容易である。
- ・Woodlandへの火入れを防止できる。
- ・蜂蜜を商品として販売でき、現金収入がはいる。
- ・住民の健康や集落経済が向上する。
- ・住民参加によるWoodland管理の契機となる。
- ・Woodlandへの花木植栽の契機となる。

3.3. 森林作業法のための調査

3.3.1. 人工林および天然林の施業実態

育林手法や伐採・運材等の森林作業法の調査を行なった結果について、ここでは述べる。人工林造成は直播き(Direct sowing)やポット苗を用いた森林造成試験として、1960~1970年代に実施されたものである。これらの造成試験地は、設定後すでに20~30年を経過しており、生育の良好な箇所では、樹高10mに達している。

この調査対象地の森林の生育経過に関する資料は現在ほとんどないことから、この調査成果は、南西地域Mukusi林の作業法策定資料として期待できるものである。

(1) 直播きによる森林造成試験

林地へ種子を直接まきつけ、発芽した稚苗の成長を期待して、森林造成をはかる、いわゆる直播き造林がこれまで試みられてきた。直播きは、育苗に要する手間を省くことができ、苗木を植栽して森林造成をはかる方法にくらべて、経済的な造林方法である。また、天然林施業をすすめるとき、天然下種による稚樹の発生と生育パターンを知る必要があるが、この資料によって予測できる利点がある。Mukusiの造林成績調査は南西地域内の3箇所と、調査対象地域に隣接する1箇所の合計4箇所で実施した。またこの調査は、Mukusiとともに材の利用開発がすすめられているMukwaについても行なわれた。

1) Mukusiの造林成績

a. Sisisi line 2 forest

ここはMasese Forest Stationの北西部に位置し、1965年に造成した試験地で、播種後29年を経過している。列間は約3m、苗間は約1mである。この試験地で、植栽列の方向に延長100mの列を10列とって調査地とし、残存本数・幹の状態(主幹のみ・複幹・萌芽幹・枯死等)・樹高・胸高直径・萌芽本数・萌芽幹の高さ等を調べた(Table-39)。この表から、測定値とha当り換算本数を示すと、成立本数はそれぞれ612本・2020本、主幹のみの本数は276本・910本、萌芽により成立したものの319本・1050本、枯死木は17本・60本である。主幹のある276本のうち約30%は複幹となって成林し、萌芽幹をもつ樹木は全体の半数である。複幹は幹が梢枯れを起こしたためにみられる形態で、梢枯れの原因は火入れの害・動物による食害等がある。

後述のように、直播きで発生した稚苗や天然下種更新による稚樹の大部分は火入れの害を受け、枯死するか萌芽幹を発生させるかの何れかである。主幹のある調査木の平均樹高は7.6mで、その範囲は2.8mから12mである。胸高直径は平均10.7cmで、その範囲は2cmから24cmである。萌芽幹は平均11本であり、その平均高は0.6mである。また、主幹の地際付近から萌芽しているものが主幹の約30%あった。成立木の3%は立枯れ状態を示しているが、この原因の大部分は樹幹火、樹冠火等の火入れ害を受けたことに起因すると考えられる。Figure-31は調査地内の標準的なものを樹幹解析してえた樹高成長曲線を示す。この成長曲線から、10年で約4m、20年で6mにまで生育している。29年経過時の樹高が7.4mである。播種後29年を経過しているのに、樹齢は27年と計算されたが、この理由は、火入れによってダメージを受けたため、主幹が立ち上がったのは播種後3年目である。なお、使用した種子は24時間水に浸漬し、発芽促進処理をおこなっている。

b. Sisisi main line forest

ここは前述のLine 2から南西方向に位置し、1962年に造成した試験地で、播種後32年を経過して

いる。列間は1mで造成された。調査は植栽列の方向に、延長50mの列を10列とって調査地とし、各項目を測定した(Table-39)。この表から、各項目の値は測定値とha当り枯死本数がそれぞれ、成立本数277本・5540本、主幹のある調査本数は103本・2060本、萌芽により成立したものは159本・3180本である。成立本数のうち、60%は主幹が枯れ、萌芽幹を発生させている。

主幹のある調査木の平均樹高は8.5m、胸高直径は11.2cmである。萌芽幹の平均発生本数は6本、樹高は1.1mである。Figure-31はその結果から作成した樹高成長曲線である。この図から、樹高成長の概略値は10年で3m、20年で6m、30年で8.5mである。

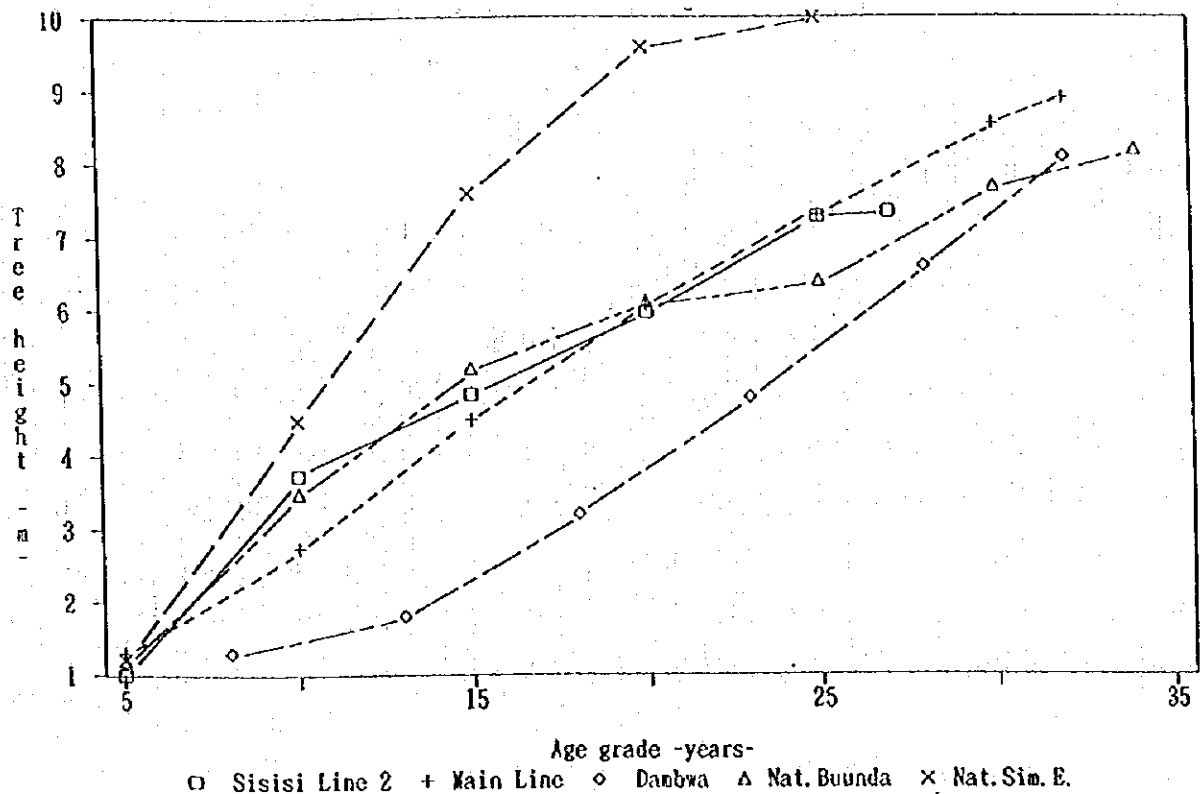


Figure 31 Growth of direct sowing and natural regenerated Mukusi

c. Nalusoko forest

ここはLilonga main lineの南側、Line 15に設置された直播き試験地で、播種後32年を経過している。この試験地は、前生樹や草生処理の有無とMukusiの生育との関係を追跡できるように、三区に分けてセットされている。処理区AとBは最初、前生樹と草生を根こそぎ除去し、さらに処理区Aは前生樹の再生を容認せず、草生をも徹底的除去の区、処理区Bは前生樹の再生を容認し、草生だけの除去の区、処理区Cは樹高の低い前生樹を残した区である。列間は1mである。調査は処理区AとB

の両区は延長45mの植栽列各5列についておこない、処理区Cは植栽列の部分20mを8列について測定した。

調査結果はTable-40に示すとおりである。主幹をもつ調査木の樹高は処理区Aが最大で6.5m、次いで処理区Bが5.8m、処理区Cは5.0mで最も低かった。また胸高直径も処理区Aが最大で7.1cm、次いで処理区Bが5.4cm、処理区Cは最も小さく5.0cmであった。この結果から、前生樹と草生を除去した試験区は、生育木の生育空間が十分に確保され、他の植生に被圧されることもなかったことから、良好な成果経過を示し、生育木が前生樹に被圧される試験区は成長が劣ると考察された。

処理区B・C区の前生樹はKangolo、Isunde、Mulianzovu、Mwangula、Namulomulomu、Mulalabainga、Nankala、Kabunbwamutemwaなどで、草生はいわゆるMutemwa grassとよばれるSonkoが草高1~1.2mで優占していた。なお、Main lineおよびNalusoko両試験区の種子は、硫酸処理が行なわれている。

d. Dambwa local forest

Dambwa local forestの直播き施行地は、Sesheke地域に隣接するLivingstoneに所在することから生育状態を比較し、作業法策定の資料として利用するため選定された。ここは1962年に造成され、播種後32年を経過している。調査は延長45mの植栽列10列について行なった。列間は2mである。

調査結果はTable-41のとおりである。測定値とha当り本数を示すと、成立本数ではそれぞれ103本・1143本で、主幹をもつ調査木は87本・965本、萌芽幹をもつ調査木は16本・178本であった。主幹をもつ調査木の樹高は5.3m、胸高直径は8.3cmであった。これらの値はSesheke地方における生育状況にくらべて、樹高・胸高直径ともに低い。Sesheke地方では30年程で樹高7~8m、胸高直径10cm程度で、Livingstone地方よりも高い値を示した。樹幹解析の供試木は、成長の良いものを選定したからFigure-31の樹高成長曲線をみると、30年で8.1mに達していた。

2) Mukwaの造林成績

Dambwa local forestにはMukwaの直播きが行なわれた。この造成地は前述のMukusiと同一の箇所、1962年の造成地である。調査は、Mukwaのテスト・ブロック1個を対象に行なった。このブロックは植栽列が延長60m・列間3.5mで、7列が生育していた。

調査結果は、Table-42に示すとおりである。この表から、成立本数は測定値とha当り本数はそれぞれ40本・272本で、主幹をもつ本数は36本・244本、萌芽幹をもつ本数は4本・27本であった。主幹のみの本数は全体の90%で、萌芽幹をもつ本数は10%であった。また、主幹をもつ本数の20%が複幹であった。Mukwaのha当り本数は270本と少なく、この値は同一地域に造成されたMukusiのha当り成立本数1100本にくらべて、わずか25%であり、現存本数は少ない。

主幹をもつMukwaの樹高は8.9m、胸高直径は17cmであった。樹幹解析の供試木の樹高成長曲

Table 39 Assessment of trial plantation

Tree species : Mukusi

Location	Sowing year	Survey line No.	Stem condition	Number of trees	Tree height (m)		DBH (cm)		Number of coppices per stock		Height of coppice (m)		
					Average	Range	Average	Range	Average	Range	Average	Range	
Sisisi Line 2	1965	Mean total (Line1-10)	Main stem	276	7.6	2.8-12	10.7	2-24					
			plural stem	(78)									
			Coppicing stem	319						11	1-50	0.5	0.2-2.0
			Main s. + Copp. s	(100)						6	1-23	0.8	0.2-3.0
			Dead stem	17									
Total			612										
Sisisi Main Line	1962	Mean total (Line1-10)	Main stem	103	8.5	4-11	11.2	2-26					
			plural stem	(8)									
			Coppicing stem	159						6	1-26	1.1	0.3-2.5
			Main s. + Copp. s	(24)						4	1-9	1.2	0.3-3.0
			Dead stem	15									
Total			277										

Table 40 Assessment of trial plantation

Tree species : Mukusi

Location : Malusoko

Sowing year : 1962

Treatment	Survey line No.	Stem condition	Number of trees	Tree height (m)		DBH (cm)		Number of coppices per stock		Height of coppices (m)			
				Average	Range	Average	Range	Average	Range	Average	Range		
A Mean total (Line1-5)			Main stem	68	6.5	3.5-9	7.1	3-16					
			plural stem	(28)									
			Coppicing stem	21						2	1-6	1.7	0.3-2.8
			Main s. + Copp. s	(1)								1.0	1.5
			Dead stem	9									
Total			98										
B Mean total (Line1-5)			Main stem	90	5.8	3-9	5.4	2-10					
			plural stem	(35)									
			Coppicing stem	13						6	3-10	0.8	0.5-1.8
			Main s. + Copp. s										
			Dead stem										
Total			103										
C Mean total (Line1-5)			Main stem	30	5.0	2.8-7	5.0	2-9					
			plural stem	(10)									
			Coppicing stem	14						4	1-9	1.4	0.5-2.3
			Main s. + Copp. s										
			Dead stem	1									
Total			45										

Table 41 Assessment of trial plantation

Tree species : Mukusi
 Location : Dambwa Local Forest (Living stone)
 Sowing year : 1962

Survey line No.	Stem condition	Number of trees	Tree height (m)		DBH (cm)		Number of coppices per stock		Height of coppice (m)	
			Average	Range	Average	Range	Average	Range	Average	Range
Mean total (Line1-10)	Main stem plural stem Coppicing stem Main s. + Copp. s Dead stem Total	87 (2) 16 (3)	5.3	1.3-10	8.3	1-18	6	1-17	2.7	0.7-3.8
							6	1-13	2.0	1.4-3.2
	Total	103								

Table 42 Assessment of trial plantation

Tree species : Mukwa
 Location : Dambwa Local Forest(Living stone)
 Sowing year : 1962

Survey line No.	Stem condition	Number of trees	Tree height (m)		DBH (cm)		Number of coppices per stock		Height of coppice (m)	
			Average	Range	Average	Range	Average	Range	Average	Range
Mean total (Line1-7)	Main stem plural stem Coppicing stem Main s. + Copp. s Dead-stem Total	36 (7) 4	8.9	1.7-12	17.0	2-26	4	1-8	2.2	0.5-4.0
	Total	40								

線を示すと、Figure-32のとおりであり、この数字だけを見ると、MukwaはMukusiよりも成長が早いようである。

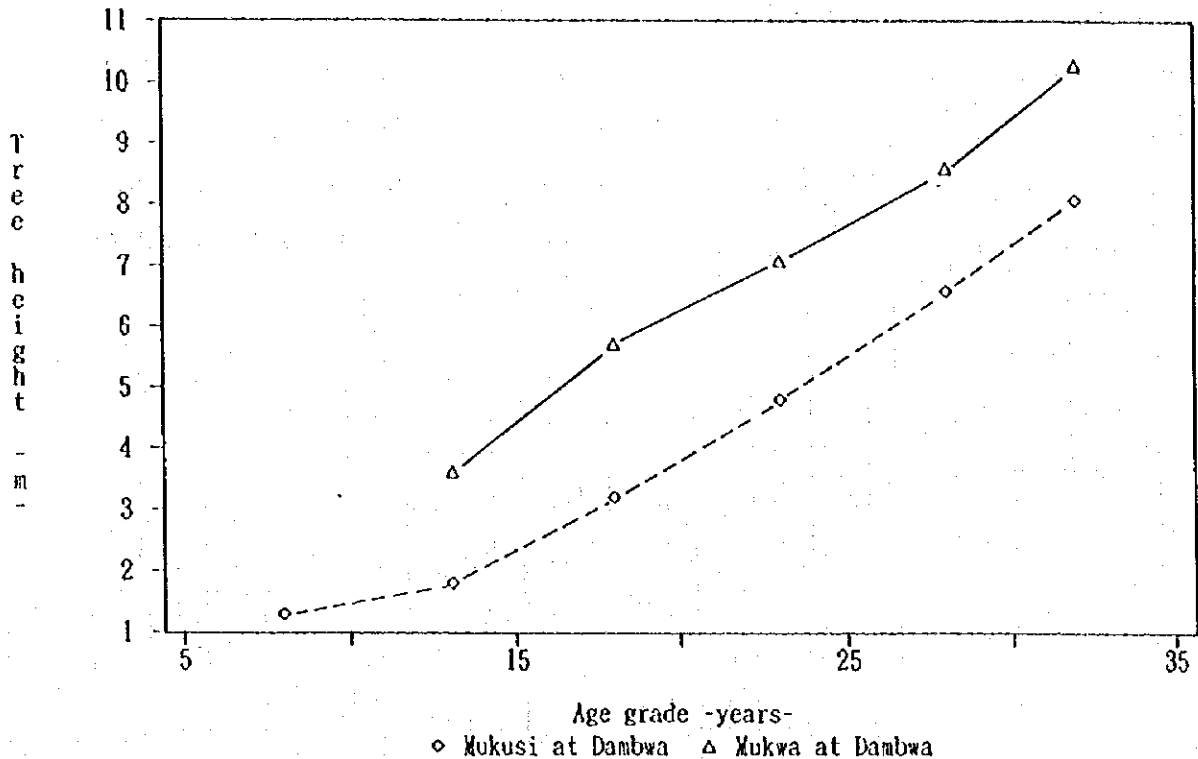


Figure 32 Growth of direct sowing Mukusi and Mukwa, Dambwa

3) Mukusi天然生林の樹高成長

直播きによる森林造成は、種子を人為的に林地へ播きつけ、発芽した稚苗を育成する方式であり、天然下種更新は、自然に落下した種子が林地で発芽し、発生した稚樹が育ち、成林することを期待する方式である。それゆえ、天然生林の生育実態を把握すると、直播きによる造林成績を評価する上で役に立つ。また、これらの生育状態を相互に比較することは、天然林施業をすすめるための資料としても貴重である。Figure-31は、Buunda woodlandとSimungoma east forestの二箇所の平均的な大きさのMukusiを樹幹解析した事例である。Buunda woodlandの樹高成長曲線を見ると、10年で樹高3.5m、20年で6m、30年で8mにまで達している、この値は直播きのSisisi line 2, Main lineの値によく似ている。しかしSimungoma eastでは10年で4.5m、15年で7.6m、20年で9.6m、24年で10mに達している。Simungoma eastのこの値は、上記の2箇所の直播きで示す樹高の生育範囲の中では、高いサンプルの値に相当している。

(2) ポット苗による森林造成試験

ポット苗を用いた人工林造成のための試験が、1975年にSimungoma westで行なわれた。また天然下種更新に期待できないときには、ポット苗などを用いた人工林造成手法にたよることになる。その

ようなときにそなえて、ポット苗の成績を検討することは、意義がある。

1) Simungoma westのポット苗造林

Figure-33は植栽後20年を経過したポット苗による造林の生育木の残存状況を示した位置図と側面図である。調査地の大きさは20m×50m、面積0.1haである。この現存本数は22本であり、ha当たりの換算本数は220本である。樹高は最大でも3mに達していない。Table-43に示すように、樹高の平均値は0.6mと低い。先に示した直播きの樹高が20年で6mほどに成長していたから、その10分の1にすぎない。

現場担当者の説明によると、ポット苗造林は、植栽した当年のうちに殆んどが枯死したようである。残存木の根系調査によると、直根は深さ1.0m以深にまで成長していた。

Table 43 Trees that survived trial plantation from pot stocks

Location : Simungoma west
Planted year : 1975

Tree No.	Height (m)	Basal diameter (cm)	Memo
1	0.9	1.0	Root depth: > 0.8m
2	0.5	1.0	Root depth: > 1.0m
3	0.4	0.5	
4	0.2	0.3	
5	0.1	0.3	
6	0.2	0.3	
7	0.7	1.0	
8	0.1	0.2	
9	0.6	0.5	
10	0.4	0.3	
11	1.0	2.0	
12	0.1	0.3	
13	0.6	0.5	
14	2.0	2.5	
15	0.3	0.3	
16	0.2	0.3	
17	0.5	0.5	
18	1.3	1.0	
19	2.7	3.0	
20	0.4	0.3	
21	0.8	0.5	
22	0.1	0.2	
Average	0.6	0.8	
Range	0.1-2.7	0.2-3	

2) ポット苗の育成

前述のポット苗造林試験の経過から、いくつかの反省材料が得られる。植栽木の枯死の原因は、ポット苗の根の成長と地上部の枝葉からの蒸散がバランスを欠いたためであり、根系が十分に伸び

ないうちに乾季をむかえ、乾燥害で枯死したことが容易に想像される。人工的に育成された苗木を現地へ植栽したとき、乾季をむかえるまでに、根系の成長が水分を捕捉できる深さに達していなければならない。ポット苗の活着率を高めるためには、育苗方法の改善や植栽時期の検討が求められる。

(3) 人工林および天然林の根系調査

植物の生育季節は、乾季と雨季に判然と区分される。そのため、森林を構成する樹木は、長い乾季にも適応しながら生育しているはずである。今後、森林の作業法をすすめるときに根系の発育に関するデータの蓄積が必要である。

1) 人工林と天然林の成木の根系

Figure-34には直播きによる成木と天然生林の根系を示した。調査深度は1~2mであるが、Mukusiには太い棒状の直根が認められた。また、Sisili line 2では多数の萌芽幹を発生させた調査木についても観察した。主幹が火入れの害で枯れても、直根は依然として伸び続け、地際付近から萌芽をくり返している。Mukusiは天然生林でも人工林と同じように、棒状の直根の発育状況を観察した。

Mukwaの成木の根系については、Dambwa local forestで1本だけ、その発育状況を調べた。このサンプルはMukusiのような長い直根を欠いていたが、地表から60~70cmの深さに塊状の大きな根系を発達させていた。

2) 天然更新稚樹の根系

Figure-35はMukusiとMukwaの天然更新稚樹の根系である。調査深度は1m程度であるが、この程度の深さまでには、両樹種に生育深度の差は認められない。特長的事は、Mukwaの根は貯蔵根をもっていることである。貯蔵根は水分や養分を蓄える機能をもっていて、地上部の生育を保証する。また、乾季には貯蔵根の生理的機能が働いて落葉する。前項で調査したDambwaにおけるMukwa成木の塊状の根は、一種の貯蔵根であると考えられる。Figure-35に示すKalama forestの萌芽幹は、苗高わずか0.3mであるが、根の年輪調査から5年生と判断された。

(4) 天然林施業の調査

1) 天然林の伐株調査

1995年にMukusiの伐採を終えたSimungoma westの現地に、100m×100mのコドラートを3箇所に設定して、伐株を追跡した。Figure-36はコドラート内の伐株の配置を示し、Table-44に伐株の直径を表示した。各コドラートの伐株の平均直径とその大きさの範囲を示すと、コドラート1は48cm・30~

65cm、コドラート2は45cm・30~60cm、コドラート3は44cm・40~50cmで、いずれも胸高直径30~100cmの伐採基準内に入っている。

伐株調査近くの天然林を利用して、伐株高の径と胸高直径との相関を調べた。Figure-37へ示したように、胸高直径とD0.3の間には高い相関関係がある。この結果を利用して、伐株の大きさから胸高直径を求め、さらに胸高直径と樹高との関係の図から樹高を求めて、伐採木の材積を算定すると、Volume tableから、コドラート1:46.6m³、コドラート2:46.1m³、コドラート3:56.6m³である。Simungoma westの当該地周辺の森林簿によるMukusiのha当り材積は150m³程度であるから、コドラートの伐採率は約30~38%を示している。

Table 44 Logging traces
Location : Simungoma west

Stump No.	Diameter of stumps (cm)		
	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3
1	50	50	40
2	50	50	45
3	50	40	40
4	50	40	40
5	60	50	45
6	40	40	50
7	40	40	50
8	60	40	50
9	50	50	40
10	40	40	50
11	40	50	45
12	40	60	50
13	50	60	40
14	30	40	40
15	40	60	45
16	40	50	40
17	45	45	40
18	50	45	40
19	60	40	40
20	60	30	40
21	50	50	40
22	50	40	50
23	50	40	40
24	65	40	50
25		45	45
26		40	50
27			40
28			50
29			40
30			45
31			40
32			50
33			40
Average	48	45	44
Range	30-65	30-60	40-50

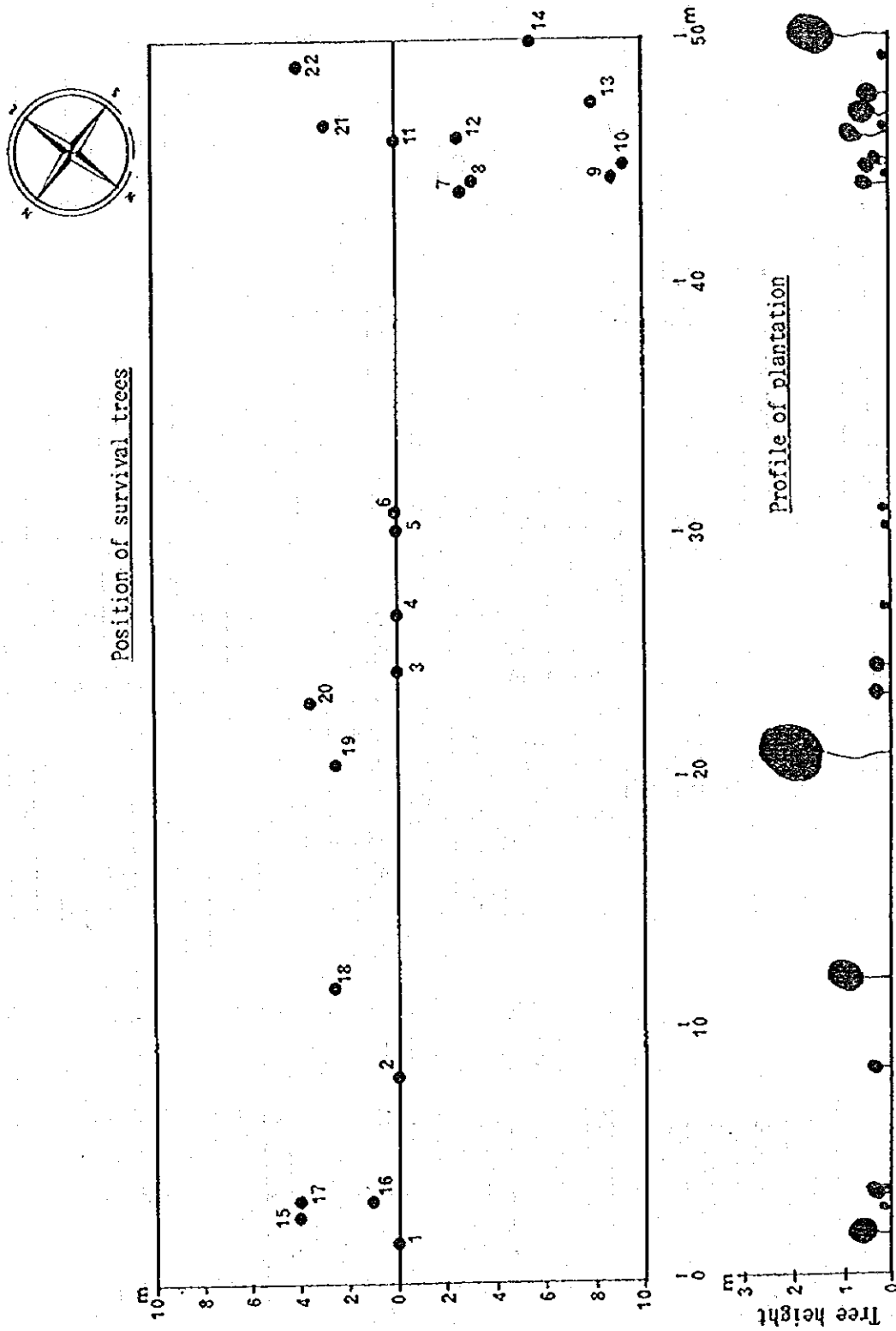


Figure 33 Trees that survived trial plantation from pot stocks

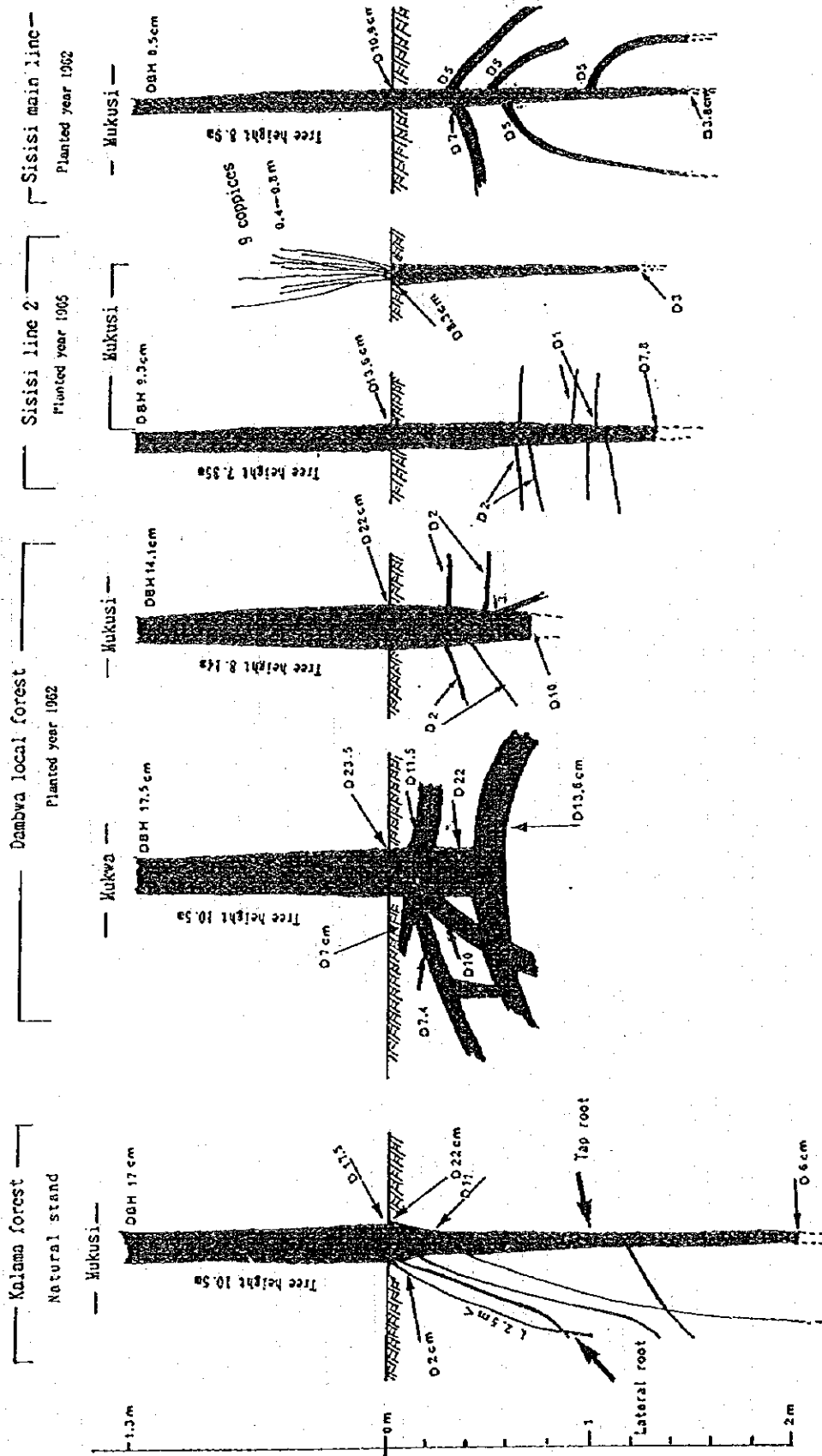


Figure 34 Root systems of Mukusi and Mukwa
-Growth of tap roots, lateral roots and storage roots-

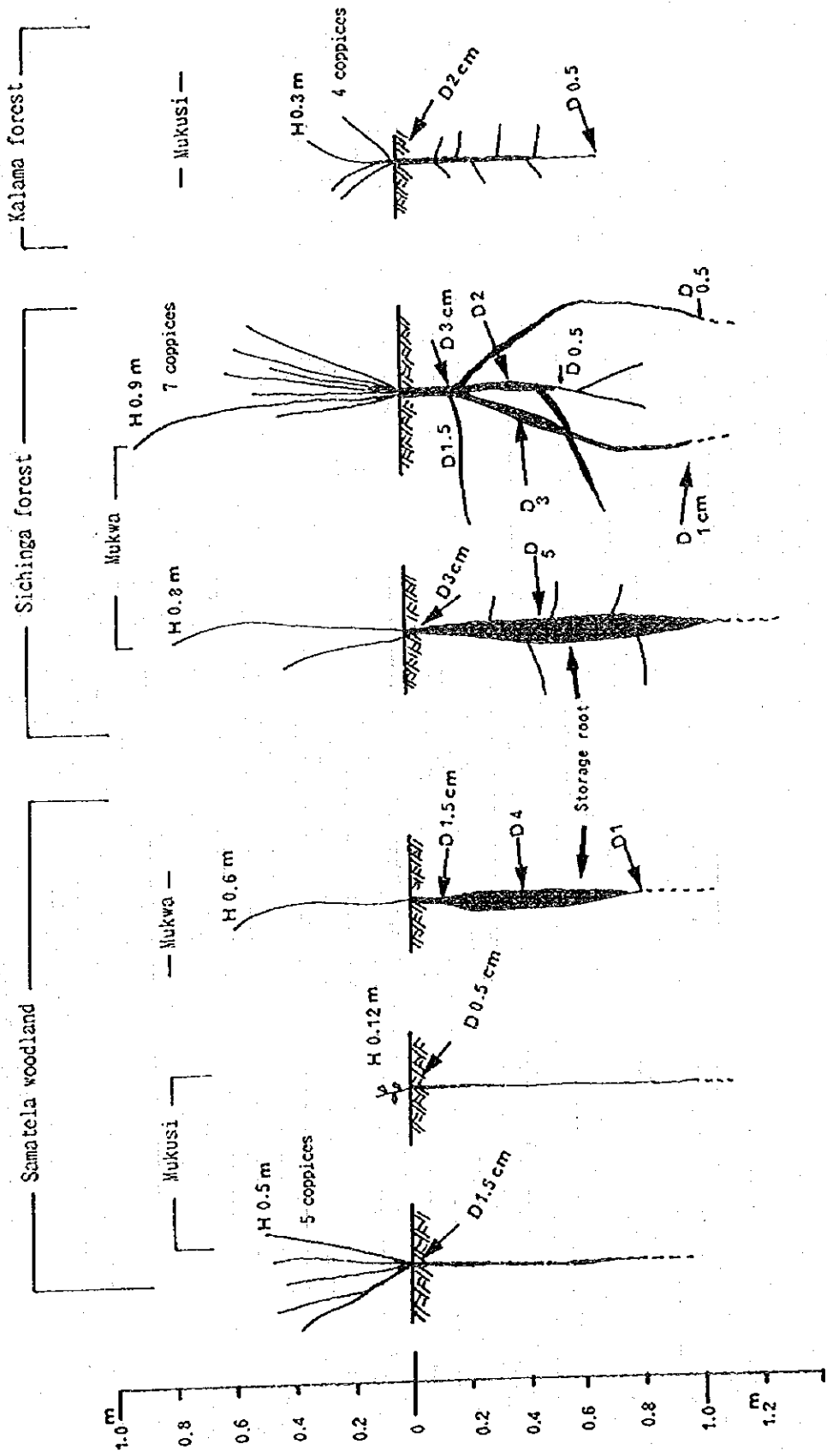


Figure 35 Root systems of Mukusi and Mukwa
-Growth of tap roots, lateral roots and storage roots-

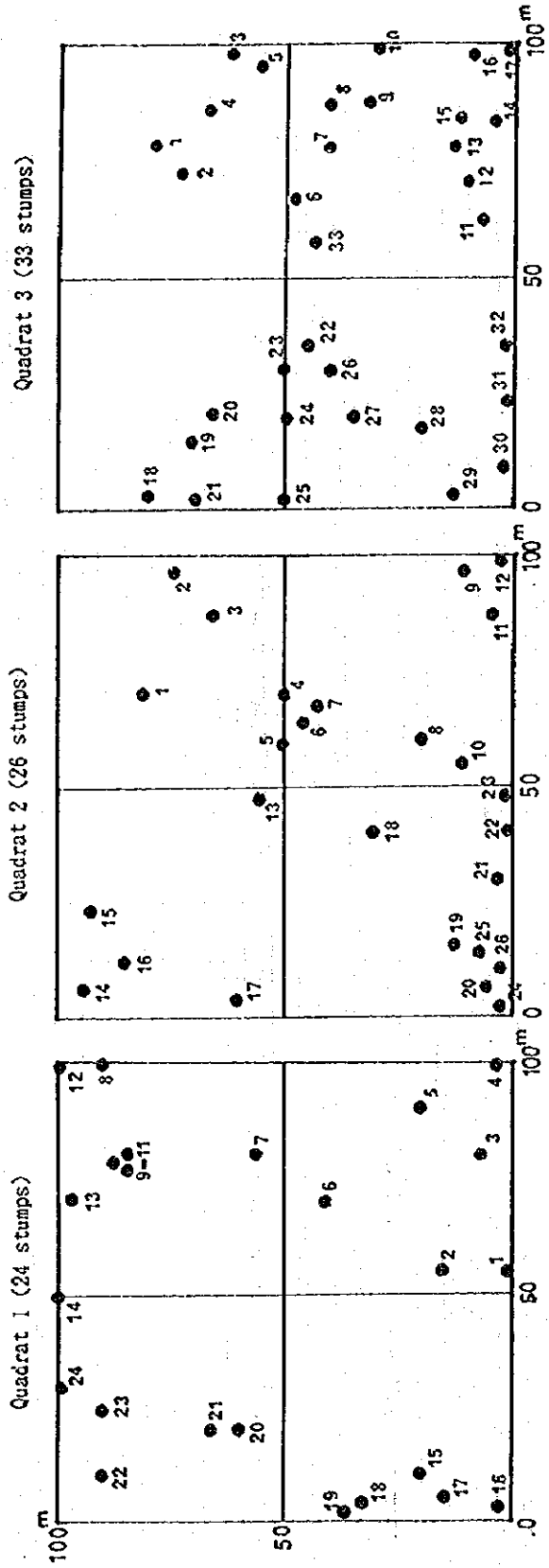


Figure 36 Logging traces

2) 伐株調査からみた択伐施業の改善

この択伐方法は、適当な上木を抜き伐りし、跡地は天然更新にまかせるだけという方法をとっている。伐採時には次代の候補木が生育を続けており、さらに伐採跡地には、更新稚樹が十分な数だけ発生していることが必要である。しかし稚樹の発生のないときには、下種更新をはかれる適当な本数の母樹が保残されていなければならない。

またMukusiの種子は、重量があるから、母樹から遠く離れたところには更新不可能である。Figure-36の伐株配置をみると、選木はかなり偏っている。択伐跡が群状になっている箇所も見受けられるが、群状択伐を行なうときは、下種更新を期待できる母樹が周辺に保残されている必要がある。

林床にはSonkoなどの草本も部分的には密生しており、このような草生に稚樹が被圧され、生育を妨げられるおそれがある。林床処理による更新稚樹の発生促進や、稚樹発生後の下刈などは、積極的な天然更新の促進方法である。

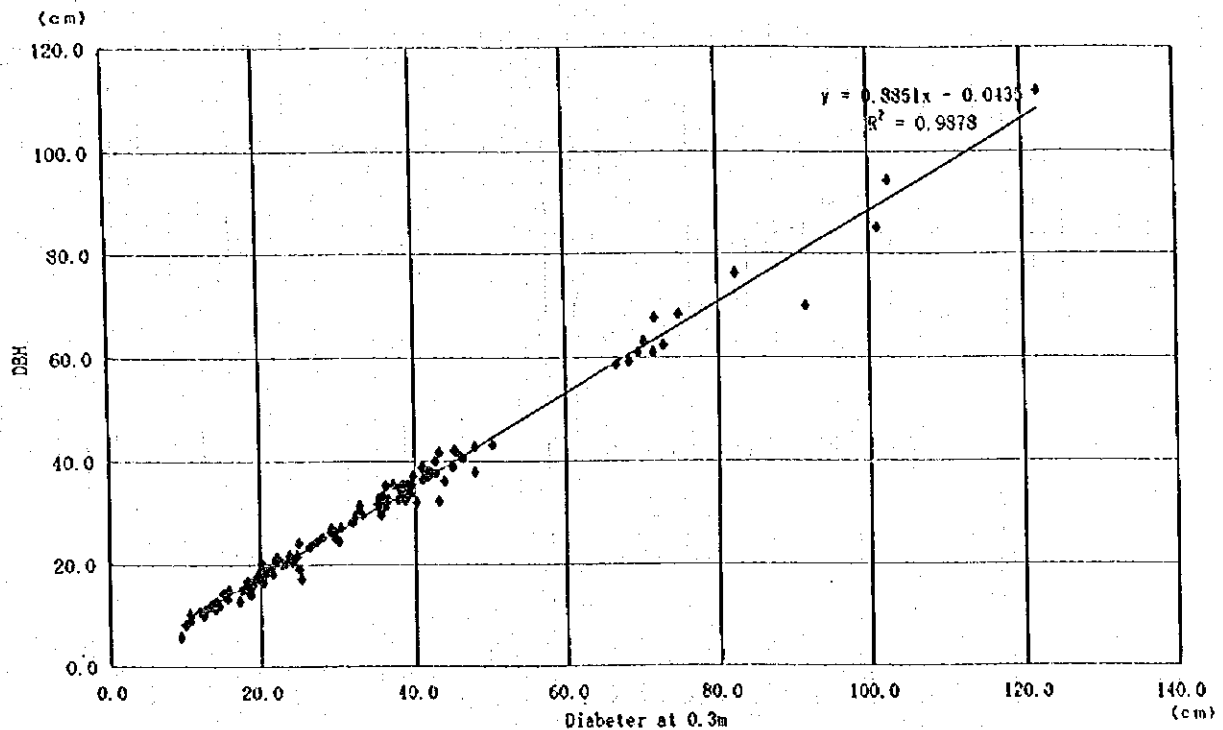


Figure 37 Relation between diameter at 0.3 m and at breast height

3.3.2. 更新実態調査

持続的なMukusi資源の供給を期待するには、確実な更新が前提となる。ここではまず、多くの

forest estateに設定した円形プロットに出現する更新稚幼樹の実態を調査した。次いで、Nanga forest・Kalama forest・Samatela woodlandの各パーマネントプロットにおける稚樹と上木の樹高階構成状態を解析した。

(1) 円形プロットにおける Mukusi およびその他の樹種の更新

資源調査データを収集するため設定した円形プロット112箇所のうち、100箇所について、Mukusi とその他の樹種の更新状況をまとめたのが、Table-45である。Mukusiは100プロットのうち、52箇所にみられ、そのうち、樹高1.5m以下の稚樹が42箇所にみられ、その本数はha当り125本であった。また1.5m以上のものは30箇所にみられ、ha当り本数は93本であった。Mukusi以外の更新樹種は、樹高1~6mの範囲にha当り995本みられた。出現樹種はTable-46に示す10樹種であり、Kangolo・Muchinga・Isunde・Mulyanzovu等が優占する。

Table 45 Result of seedlings

	Mukusi			Other species in shrub stratum
	H < 1.5	H ≥ 1.5	All	
Plot	42 (29)	30 (13)	52	100
Height (m)	0.2-1.5	1.5-6.0		1.0-6.0
Mean num. /ha	125 ± 51	93 ± 43		995 ± 148
Max num. /ha	810	560		3,840
Min. num. /ha	10	20		180

(O): Phase-II (Jan. -Feb.)

Table 46 Dominant species in shrub stratum

Species (Lozi)	Symbol	Botanical name	Frequency
1 Kangolo	T	Combretum celastroides	52
2 Muchinga	S	Popowia obovata	44
3 Isunde	S	Baphia massaiensis /ssp. obovata	24
4 Mulyanzovu	S	Dalbergia martinii	20
5 Mulalabainga	T	Combretum elaeagnoides	11
6 Mwalachi	T	Markhamia acuminata	7
7 Mulonbelombe	T	Strychnos potatorum	1
8 Silutombolwa	C	Combretum mossambicense	1
9 Mukena	T, S	Croton gratissimus	3
10 Nwani	T	Fagara trijuga	1

T: Trees/S: Shrubs/C: Climbers

Table 47 Follow-up of regenerated young growth in Kalama forest

date	Stock no.	Species	Regene. seedlings		Number of coppices	Regenerated coppices										Diameter mm	Damage	Date	Memo		
			Height ca	Diameter mm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					Mean	
1985.2	1	Kukui			20	114	106	105	42	70	29	35	49	40	94	60	10	Fire	1985.7	Stock No. 3 Dead by drought Stock No. 4 Dead by fire (More than 10cm above ground)	
	2		39	3	23	53	35	39	26	38	46	46	32	42	46	36	7	Fire			
	3				11	26	27	26	60	23	46	72	28	19	21			3			Fire
	4				3	9	14	49								60	10	Fire			
	5				3	74	27	25								42	10	Fire			
	6				3	40	30	33								36	5	Fire			
	7				29	24	45	29	14	26	33	11	14	10	13	31	8	Fire			
	8			21	3	44	29	20	22	32	20	21	59	29				4			Fire
	9				3	61	56	34	33	10	5	4	32			29	8	Fire			
	10				6	41	34	19	9	9	14					21	4	Fire			
	11				6	27	18	21	15	27	20					21	4	Fire			
	12				3	4	4	15								8	2	Fire			
	13				5	100	89	48	27	27						58	10	Fire			
	14				10	96	45	47	49	50	74	18	29	44	35	49	10	Fire			
	15				6	56	95	71	53	36	11					44	8	Fire			
	16				3	54	32	17								34	5	Fire			
	17				6	67	32	63	37	46	2					41	10	Fire			
	18				3	50	45	16								37	4	Fire			
	19				9	50	55	30	35	30	40	30	20	10		33	5	Fire			
	20				3	20	20	30								23	4	Fire			

(2) Kalama forestの更新実態

Kalama forestにはPermanent plot-3(Table-49)が設定されている。ここに資源管理を目的にして、更新稚樹の成長状況を追跡するための調査地を設定した。ここの優占樹種Mukusiは小・中高木層階に密生しているが、大高木層にまで達していない。胸高直径は太いもので30cm台であり、樹冠径は最大8m程度である。ここのMukusi林はMuhonono、Mukenaなど7樹種を混生し、ha当たり立木密度は1150本である。樹高の値から地位はNangaにくらべると低い。

1) 更新稚樹の追跡

更新稚樹は1本の主幹をもつものと、複数の萌芽幹をもつものとに区分される。

1995年2月の雨季に調べたこれらの稚樹が、1995年7月の乾季にはどのように生育しているか、その状態を追跡してみた。Table-47とFigure-38がその結果である。20m×25mの調査地内の更新本数は20本である。このうち、2月の調査時には、主幹をもつ稚樹は2本あり、火入れの影響を受けながらも生育しており、苗高は21cmと39cmである。この2本は7月にも生存していた。萌芽は2月にみられた18本の内訳は、1株当りの萌芽数8～60本であり、幹高は8～60cmの範囲であった。萌芽の主因は火入れ害である。

7月の乾季には、調査木No.3が乾燥害で枯れ、No.4はEarly burningの被害を受けて、幹の10cm以上が枯れていた。95年のEarly burningはこの調査地全域には実施されておらず、No.4調査木だけがEarly burningの影響を受ける範囲にあった。Early burningに罹災したNo.4は、地際に近い部分が活着しているから、今後地際からの再萌芽が予測可能である。

2) 上木の樹高階構成

Figure-39に示すようにMukusiは大高木層を欠くが、小・中高層階に密生している。また前述のように、地表層階への更新稚樹も多い。この林分の樹高階は連続しており、天然更新が最もよく行なわれた箇所であり、次代の資源は保証されている。

(3) Samatela woodland

Permanent plot-4 (Table-50)はSamatela woodlandへ設定した永久調査プロットであるが、ここで更新稚樹の生存を追跡した。この林分はMukwaが成立本数・樹冠被覆率とも、Mukusiよりも高い。両樹種の本数と被覆率はそれぞれ10本・36%、5本・10%である。またこの林分は、両樹種にMupumangoma、Mulyaなど5樹種が僅かながら随伴種となって出現する。ha当たり立木密度は460本である。

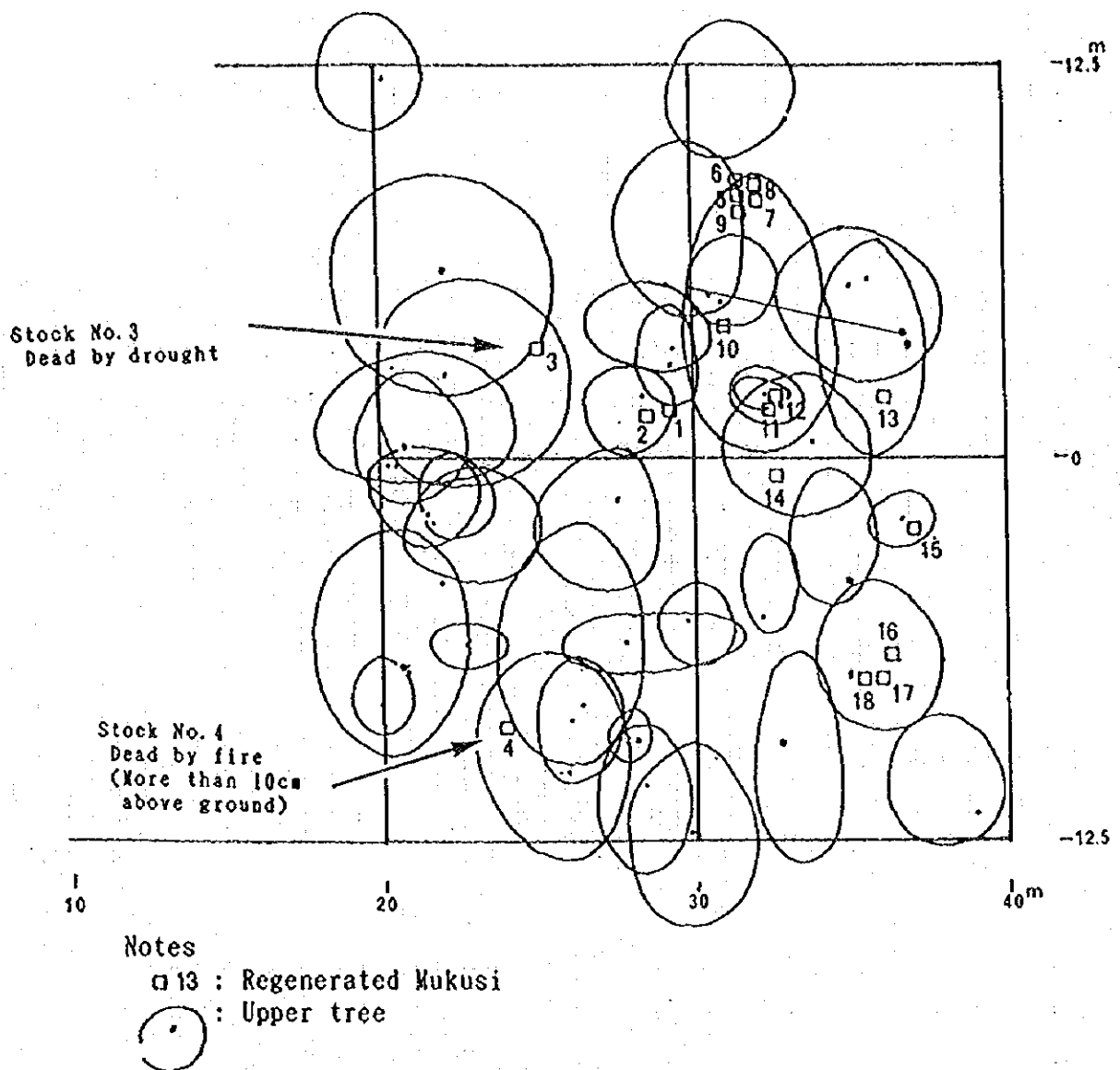


Figure 38 Regenerated young growth in Kalama forest

1995年2月に調査した更新稚樹と母樹の位置は、Figure-40に示すとおりである。ここはWoodlandに設定したプロットであり、稚樹数はMukwaが多い。Table-48のように、Mukusiは2月に12本の更新稚樹(火入れによる萌芽)を確認したが、Early burning後の7月には調査木No.5のみが生存し、他は枯れていた。Mukwaは2月には主幹のある苗19本、萌芽によるもの8本を確認したが、7月には主幹のある苗1本、萌芽はNO.1(7本の萌芽のうち2本)、No.6、No.9(13本のうち1本)の3本のみ生存を確認した。

Samatela woodlandにおける追跡結果から、Early burningであっても、ほとんどの更新稚樹が罹災していた。被害程度は極めて重傷であった。

(4) Nanga forest成熟林の樹高階構成

Nanga forestにはPermanent plot-2(Table-51)が設定されている。

Figure-39に示すように、Nanga forestのMukusiは低木層から高木層の各階層にわたって、連続的に樹高階を構成する複層林で、地表層階にはha当たり240本のMukusiの稚幼樹が観察された。この最大樹高は18mに達し、胸高直径は50cmを超えるものもある。このForest付近は調査地域中、最も天然更新が良好に行なわれた箇所であり、この林分は樹冠被覆率70%、ha当たり立木密度は750本で、極盛相(Climax)にまで達したMukusiの成熟林である。

3.3.3. 天然林施業技術指針

(1) 天然下種による稚樹の発生促進

この地域のMukusiの更新は、天然更新による方法が確実であり、経済的な手法である。Mukusiの種子はかなり重量があるから、分布域は樹冠下に限られ、側方への種子の飛散は期待できない。このためMukusiの更新は、いわゆる上方天然下種更新として行なわれる。稚樹の発生を促進するには、母樹となる上木が適当に保残されていなければならない。伐採施業をすすめるとき、次代をになう後継樹の確保に配慮することが大事である。

自然落下した種子が発芽し、生育できるように、密生する草生の除去などの林床処理は、下種更新を補助する重要な作業である。林床に密生する草本は、上方からの光をさえぎり、更新した稚樹が受ける光の照度は低下し、枯死に至る。人手による草生の刈り取りは簡易な林床処理であるが、地表面を露出させる地ハギや地表のかき起こしなどは、より徹底した林床処理方法である。これらの林床処理は下種更新に先がけて行なう天然更新の促進方法である。ブルドーザーなどの機械力を利用すると、いっそう効果的に実施できる。

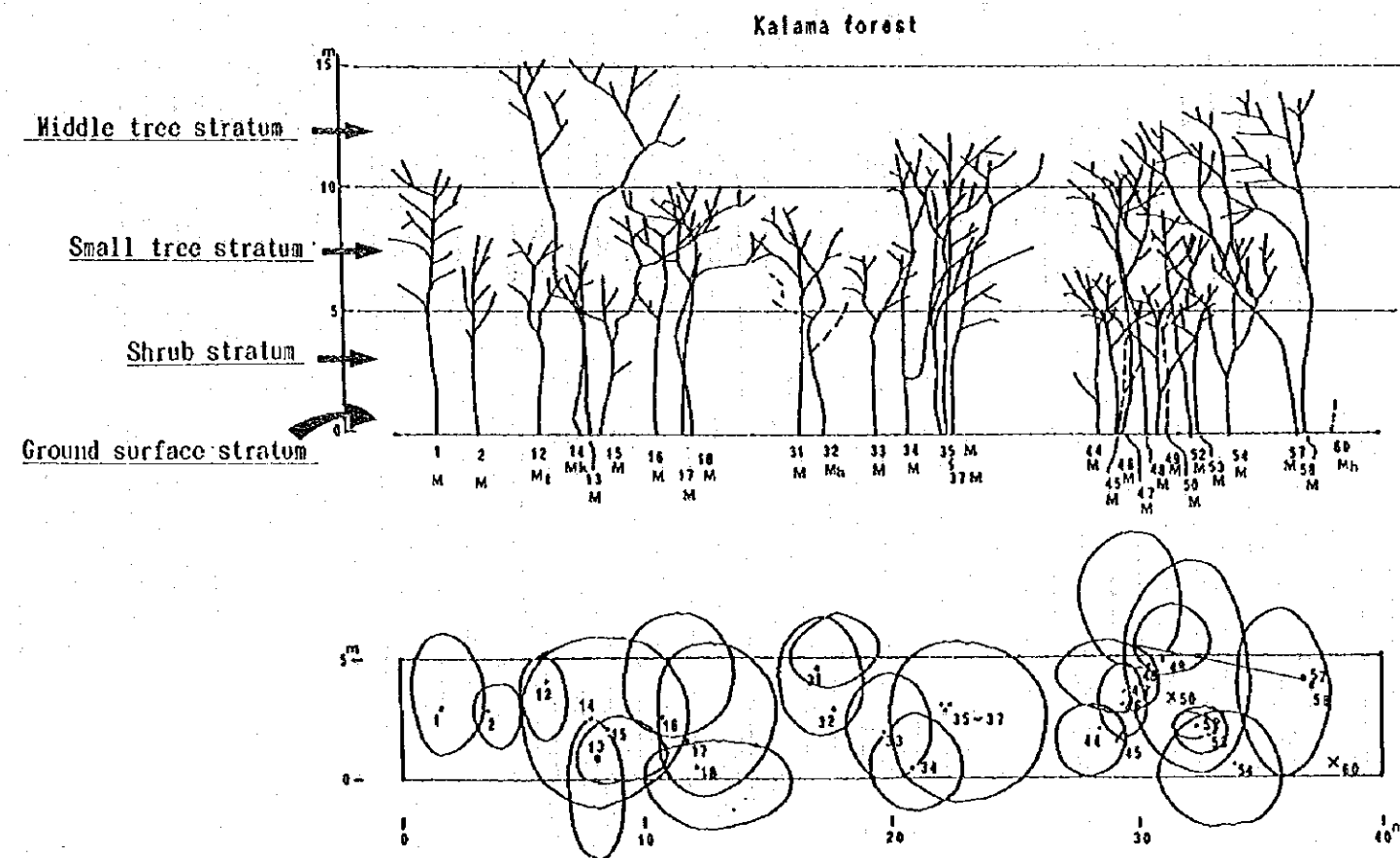
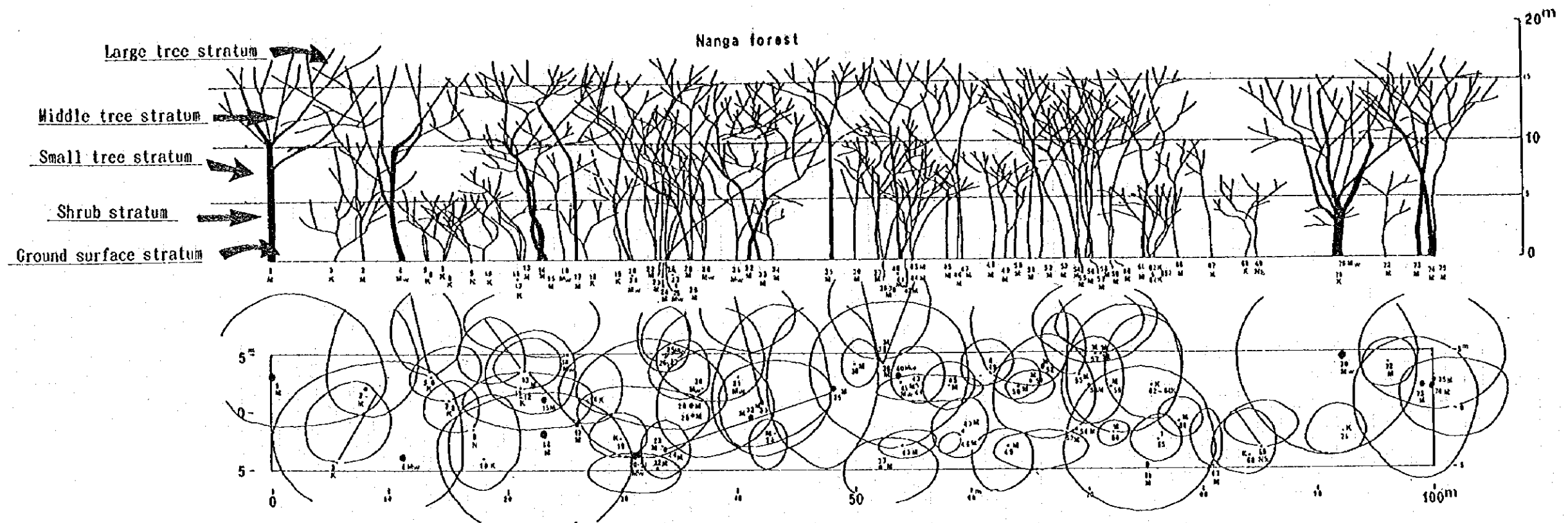


Figure 39 Structure of tree height stratum

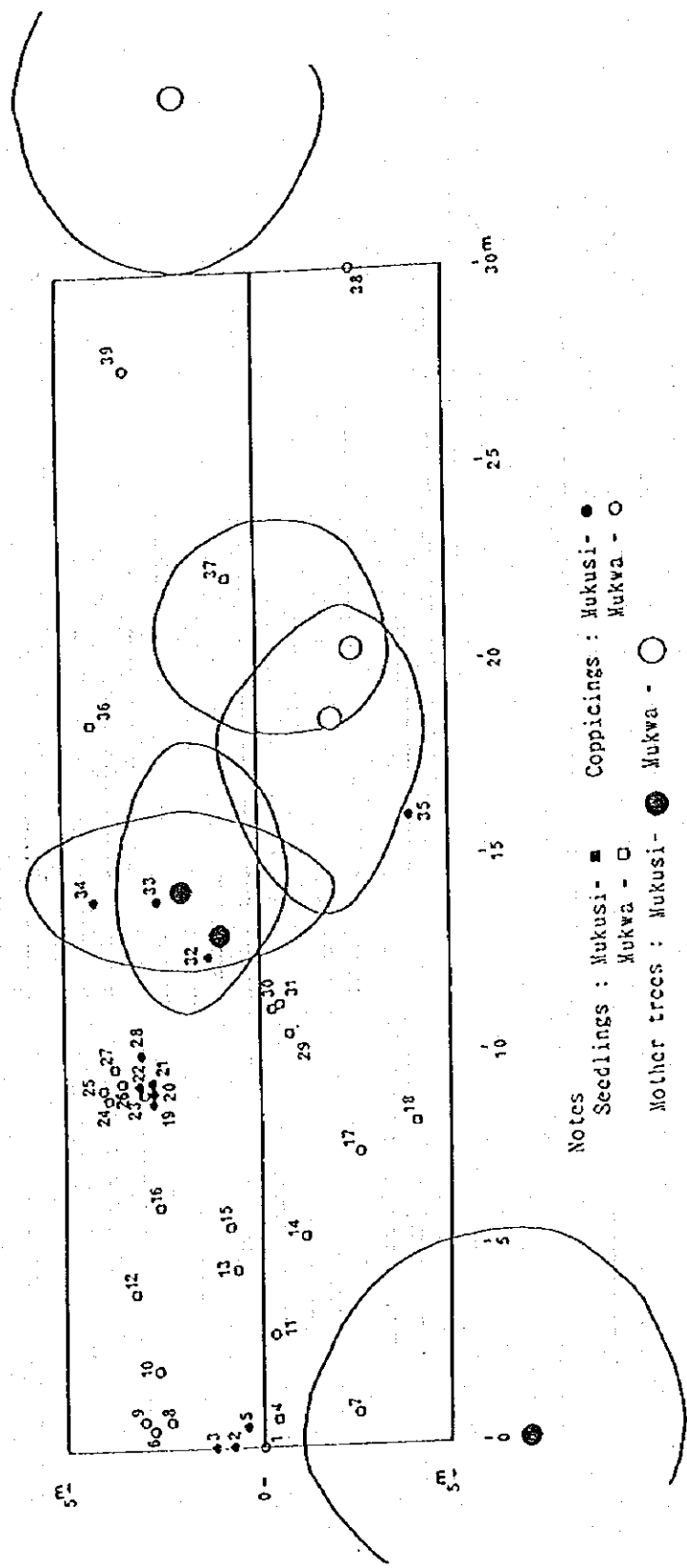


Figure 40 Regenerated young growth in Samatela woodland

Table 48 Follow-up of regenerated young growth in Samatela woodland

Date	Stock No.	Species Natural Wakra	Incap. seedlings		Number of saplings	Regenerated saplings													Diameter cm	Damage	Date	Note
			Height cm	Diameter cm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total						
1955-2	1	○			1	85	50	30	20	15	15					41	0	1955.1	Part: Alive No mark: Dead			
	2	○			15	33	30	25	15	15	10	10	10	10	10	10	0	Alive				
	3	○			6	23	14	8	14	11	15					27	5	Alive				
	4	○		1	2																	
	5	○			10	15	15	20	15	11	4	10	11	11	11	17	0	Alive				
	6	○			14	14	10	10	10	15	15	10	10	10	10	44	10	Alive				
	7	○		14	2																	
	8	○		12	2																	
	9	○				13	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	10	○				5	12	14	10	10	10					50	0	Alive				
	11	○				3	20	10	5							10	0	Alive				
	12	○		5	2																	
	13	○		15																		
	14	○		11	4																	
	15	○		11																		
	16	○		13																		
	17	○				5	35	50	10	10	10					20	5	Alive				
	18	○		3	1																	
	19	○				5	25	0	0	5	5					14		Alive				
	20	○				3	10	0	7							10	0	Alive				
	21	○				4	10	14	7	4						16	0	Alive				
	22	○				8	10	25	9	5	7	7	0	14		22	4	Alive				
	23	○		10	2																	
	24	○		12																		
	25	○		10																		
	26	○		8																		
27	○		14																			
28	○				63	15	35	34	0	13	10	0	10	0	10	14	5	Alive				
						0	12	25	20	27	20	10	14	10	10	10						
						5	10	10	10	17	17	0	10	0	10	10						
						7	50	10	0	21	24	11	10	10	10	10						
						0	10	10	10	25	10	10	10	10	10	10						
						20	20	37	20	50	10	0	10	0	10	10						
						17	22	0														
29	○		1	1																		
30	○		5	1																		
31	○		10	1																		
32	○				21	35	20	10	0	11	4	10	10	17	0	14	4	Alive				
						3	10	9	7	5	10	10	10	11	0	10						
						5																
33	○				20	30	40	30	50	41	20	10	10	35	10	20	6	Alive				
						5	0	17	10	10	7	0	7	17	10	10						
						7	10	10	20	20	10	0	13	10	10	10						
						14	10	11	14	35	10	10	17	10	10	10						
34	○				10	5	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Alive				
35	○				11	10	10	10	15	10	10	0	0	7	15	10	0	Alive				
						10	10															
36	○		7	1																		
37	○		1																			
38	○				1	10	0	10	5						0	0	Alive					
39	○				3	3	5	0							0	0	Alive					

Table 49 No. 3 Permanent plot (Kalama forest)
(No.14 Belt-transsect)

Species	Height m	Diameter of breast height cm	Crown Diameter m	Number
Mukusi (M)	5 - 15	6 - 33	1.5 - 8	92
Muhonono (Mh)	7 - 12	9 - 38	3.5 - 7.5	9
Mukena (Mk)	6 - 8	7 - 10	4 - 5.5	4
Muhoto (Mt)	8 - 12	10 - 33	2 - 8	3
Mukololo (Ml)	4 - 10	6 - 15	3 - 5	2
Sibobo (S)	3 - 5	8 - 11	1.5 - 4.5	2
Musilu (Mu)	10 - 11	10 - 13	7.5	2
Isunde (I)	4	6	3.5	1
Total				115

Table 50 No. 4 Permanent plot (Samatela woodland)
(No.7 Belt-transsect)

Species	Height m	Diameter of breast height cm	Crown Diameter m	Number
Mukusi (M)	5 - 13	10 - 47	7.5	5
Mukwa (Mk)	5 - 13	7 - 43	1.5 - 1.3	10
Mupumangoma (Mp)	6 - 7	6 - 7	4	3
Mulya (Ml)	4 - 8	8 - 21	3 - 6.5	2
Mukenge (Mg)	5	8	4.5	1
Mububu (Mb)	5	7	2.5	1
Muhamani (Mm)	9	18	4.5	1
Total				23

Table 51 No. 2 Permanent plot (Nanga forest)
(No.8 Belt-transsect)

Species	Height m	Diameter of breast height cm	Crown Diameter m	Number
Mukusi (M)	5 - 18	8 - 58	2.5 - 15.5	45
Kangolo (K)	4 - 7	6 - 10	4.5 - 7	15
Mwangula (Mw)	9 - 17	9 - 64	5 - 16	10
Isunde (I)	6 - 8	6 - 8	4.5	3
Nzani (N)	5	7	4.5	1
Nankala (Nk)	7	10	5.5	1
Total				75

(2) エンリッチメントの導入

次代の後継樹を欠き、更新稚樹の発生と生育があまり期待できないとき、天然更新を補完する目的でエンリッチメントの技術が導入される。エンリッチメントの方法として、Line planting、Gap plantingなどの方法がある。Line plantingは粗悪な天然林を帯状に伐開して、そこへ直播きを行なうか、ポット苗を植栽する。Gap plantingは林分を孔状に伐開して、そこへ造林をすすめる方法である。

(3) 種子技術と育苗技術の向上

1) 生物季節情報の蓄積

熱帯林の森林施業は、雨季・乾季の季節変動に影響されることが多い。とくに、直播きによる播種やポット苗の養成、植栽時期などは土壌の水分条件に支配される。そのため、種子の発芽率や植栽苗の活着率を高めるためには、生物季節情報の蓄積が必須である。広葉樹は、開葉・落葉・開花・結実などの生物季節が、降雨の季節変動に敏感に反応するから、長期にわたり観察を続け、データを蓄積して、種子と育苗技術の向上をはからなければならない。

2) ポット育苗方法の改善

Simungoma westにおけるポット苗造林の試験には、いくつかの反省材料が指摘される。植栽木の枯死の原因は、ポット苗の根の伸長と、枝葉など地上部からの蒸散とがバランスを欠いた結果であり、根が十分に伸長しないうちに乾季をむかえ、乾燥害により枯死したことを容易に想像できる。

普通、ポット苗の育成には2種類の方法が採用される。ひとつはポットへ直接タネを播いて発芽した苗を育成する方法であり、他のひとつは、育苗函を用いてあらかじめ育成した小苗をポットへ移植し、育苗する方法である。この2種類のうち、前者が後者にくらべて移植に要する手間を省けることや、乾燥害からさげられることなど、育苗管理の容易なことから推賞できる方法である。この方法は、ポットへの直播きであるから、ポット1個当たりの播種粒数や播種から山出し時までの苗長や根系の成長経過を調べておく必要がある。

播種粒数はタネの発芽試験により決められる。もし30%の発芽率を示すタネを用いるときには、安全率をみて、ポット一個当たり5粒程の播種数ということになる。ポットのサイズは、根の生育制限要因となるポットの深さの決定が重要である。普通、ポットの深さは15~20cmとして製作できる。このサイズのポットで育成した苗木について、発芽に要した日数と発芽日以後の上長成長状況を記録しておき、育苗のための基礎資料とする。このとき週に2回は根の成長深度も測定した方がよい。生育を続けた苗木がポットの底部まで根の先端を伸ばすころには山出し可能である。

山出し時期は、雨季と合致させる必要がある。雨季明けまで、植栽したポット苗の根の成長深度を何回か測定しておき、乾季に入ってから、活着状況を観察する。植栽したポット苗の根の成長パターンは不明であるから、掘り取り調査によって根の成長深度と活着成績との関係を調査しなければならない。乾季をむかえるまで根の到達深度は、水分を吸収できる深さまで伸びていなければならない。その深さは地表から1~1.5mか、それ以深になるだろうと考えられる。

(4) 択伐施業の改善

伐採方法は、次代の後継樹の確保が安全に行なわれるような択伐方式が推奨される。択伐は皆伐にくらべて遷移系列を確保しやすいことや、林地保全上からも有効な伐採方式である。択伐方式のなかで、群状択伐や帯状択伐は単木択伐にくらべると、集中的な施業管理をおこなえるから、より合理的な方法である。上木の伐採は、豊富な種子が落下し、稚樹が多数発生した後で行なうのが原則である。

群状択伐は、何本からのMukusi上木をひとつの群として伐採し、上方天然下種更新をはかるものである。また、帯状択伐の際、帯の幅は樹高と同じくらいと考えたい。Mukusiの最大樹高は約20mであり、これがひとつの基準となる。このとき、帯の両側からは上方樹冠からの下種更新を期待できる。下種更新の不足をカバーするには、エンリッチメントによる人為的な播種を採用するとよい。伐採候補の上木は母樹としての役目も果たすが、予測できないような火入れ害もあることから、上木を伐採したあとで更新稚樹が消失したときのことを考慮に入れて、そのようなときの種子源確保のためにも、十分な数の母樹を保残しておくべきであろう。

天然生林および造林地の成績調査結果から、Mukusiが萌芽幹を発生させ、多幹形樹種となって林分構成している状態を観察した。このことはMukusiが極めて旺盛な萌芽力をもつ樹種である証拠を示すものである。前述の伐採調査の現地は伐採して間もないから、萌芽枝の発生を観察されなかったが、このような伐株からの萌芽により、萌芽幹の成立を期待したいものである。そのためには、伐株の地際周辺の林床処理を徹底する必要がある。

(5) げっ歯類による Mukusi の分布範囲の拡大

ネズミのようなげっ歯類によるMukusi種子の持ち去りやグイカーなどによる更新稚樹の食害は、試験的な規模でのみ、種子に薬剤を塗布したり稚樹の回りをネットで囲むなどして回避できても、実用的には応用できない。ここでは、動物を更新のための加害者と考えないで、更新に加担する森林生態系の一メンバーと考えて、動物によるMukusiの分布範囲の拡大について提案しておきたい。

日本では、ナラ類の更新にエゾアカネズミ (Large Japanese field mouse、*Apodemus speciosus aimu*) が関与していることが確認されている。げっ歯類は一般に数10m以内の範囲でタネを地表面の

浅い位置に分散貯蔵する。げっ歯類による分散貯蔵は、ナラ類の個体群を維持し、分布域を少しずつ拡大させることに役立っているとの報告がある。ナラ類の種子は重量があり、下種更新は重力方向にしかできないから、動物によって広い地域に分散されるタイプであり、林床の草生を刈り払った場所に更新稚苗が多く見られている。

Zambia国のMukusi林の更新に関する知見が一段とすすめられ、げっ歯類によるMukusiの分布域の拡大についての情報が集められると、将来は森林生態系の回復にも役立つことが期待される。

3.3.4. 火入れによる森林被害と被害の回避方法

(1) 火入れによる森林生態系の破壊

調査地域の森林にとって、火入れの直接的な被害は森林生態系の破壊であろう。現地で多くみられる萌芽幹は、火入れにより主幹が枯損したため発生した形態であり、成長の遅延のみならず、さらに複幹となって形状を悪化させ、品質の低下をまねいている。火入れがくり返えされると、自然の遷移系列(Sere)をたどって極盛相(Climax)に到達するという、生態遷移(Ecological succession)が不可能となる。火入れによる二次的な遷移(Secondary succession)の結果、退行遷移(Retrogressive succession)が行なわれ、林分構造の破壊がすすみ、Woodland、Grasslandなどを現出させたと考えられる。

このように火入れによる植生破壊は、土壌への養分補給源となる腐植を消失させて森林の生産力を低下させ、森林生態系のもつ多様性を減退させる。そして、森林は劣化し、不毛化の方向をたどることになると、危惧される。

(2) 火入れ害からの回避

1) 防火帯の設置と管理

林縁は草生が繁茂しやすく、低木類も多いから、火入れ害を受けやすい。最初、林縁の草生地に発生した地表火は、林内に延焼して樹幹火となり、さらに樹冠の枝葉部に樹冠火となって拡大して行き、立木を枯死させ、焼失させる。これを防ぐため、防火帯の作設が必要である。およそ30年を経過した直播きの試験地が火入れ害にあわず、生育を続けているのは、これらを囲む防火帯が作設されていたからである。造林試験地を囲むように設けた防火帯の幅は4~5mであった。

日本の例では、保安林管理の一環として、防火林が造成されている。その内容は耐火性樹種の植栽と地ハギ方式の裸地帯造成である。また、ヨーロッパの地中海沿岸諸国も降水量が少なく、森林火災からの保護対策として防火帯が取り上げられている。そのなかで、フランスでは防火帯を設置する

ほか、林内の下層植生の除去が行なわれている。イタリアでは防火帯・防火林道の設置が法制化されている。ギリシャでは、可燃物である低木林の管理のため、防火帯による林地細分化をはかっている。

防火帯の目的を兼ね備えた林道の設置と管理については、3.3.5.項で説明した。また、林地と農耕地の境界に管理道を設置すると、防火緩衝帯として有効である。防火帯の設置と管理は、地ハギ方式の裸地帯造成を行なうと、草本や低木を侵入しづらくするから、防火効果が持続される。防火帯の造成はブルドーザーを用いると容易である。

2) Early burning 方式のみなおし

Early burningのみなおしも、今後の森林管理をすすめる上で重要な課題である。Kalama forest・Samatela woodlandで追跡調査を行なった結果では、Early burningによりMukusiとMukwaの稚樹が枯損していた。Early burningの効用は、Late burningがもたらす壊滅的な植生破壊から森林を保護することとされているが、Early burningを推奨することにより、時期を問わない恣意的な火入れが増えるおそれがある。

また、Mukwaの種子が火により発芽が促進されるという報告もあるが、実験によるデータを得る必要がある。火が林木種子の発芽率向上に関係することは、米国におけるロジポールパインやバンクスマツの例が知られているが、ザンビア国のように、火入れによる森林火災の絶えないところでは、火入れの効用を科学的に立証されないと、火入れ管理を徹底できないから、Early burningの普及は無理である。

3.3.5. 伐採および木材の搬出・運搬

(1) 伐採の実態

現在の伐採計画は、伐採許可のライセンスをもつ業者からの申告によって決められる。伐採に関する森林局の規制としては、伐採木の胸高直径の最小と最大がそれぞれ30cmと100cmに決められていて、この範囲内にあれば伐採可能である。また、丸太長に関しては最小長1.2mと決められている。切り出す丸太の品質は腐れがなく、変形していないものと定められている。

伐採許可には次の3種類がある。

1 Sawmilling Concession	5年間
2 Pitsawing Concession	8年間
3 Casual Licence	14日間

伐採方法は単木伐採によっていて、適当なMukusiの上木を抜き伐りしている。伐株高は15cm以

下とするように指導されているが、現場で見ると、30cm～40cmの高さのものが多かった。これはチェーンソーの行動しやすさに関わっている。伐り出される丸太は一番玉のみであり、他の幹枝は利用されることもなく、伐株周辺に残置されている。

(2) 林道および作業道

林道は、効率的な林業経営や適正な森林の維持管理にとって必要不可欠であり、その整備を図ることが重要である。ザンビア国においては、林道という概念がないため、ザンビア国の道路規格を基本にして、考えることとする。道路の規格は、4タイプに分れていて、その詳細は下記のとおりである。

道路規格

1型 - 道路、舗装道路

2型 - 地方道、砂利道、全天候型道路

3型 - 季節道路、側溝、横断勾配(カント)を施工しただけの道路

4型 - 草本と低木類を刈払って、掻き均しをしただけの道路

調査地域は、カラハリサンドに覆われている砂地盤となっている。そのため、既設3・4型の道路でも、雨季に通行不能となることはない。調査地域内で林道を施工する場合には、林道は3型、作業道は4型とすれば、機能的には十分である。

1) 木材の搬出・運搬の現況

調査地域においては、集落間を結ぶ道路(2型、3型、4型)と作業道を利用して森林の伐採および管理をおこなっている。

調査地内では、Zambizi SawmillsとMukusi Sawmillsの2社とPitsawyersおよびCasual Licenceを持った人たちが、伐採をおこなっている。作業道については、前記の2社が施工している。集材は、SkidderやPorwaderによっておこない、木材運搬は、トラックでおこなっている。

Zambezi Sawmillsは調査地内に製材工場を2箇所を持ち、そこを基地として伐採地域を設定している。製材工場から伐採地までの作業道は、伐採地内に比べ通行が多く期間も長く利用するので林道といえる道路になっている。伐採地内の作業道は、木材を搬出するときだけの使用に限られるため、路面はすぐに低木類で覆われ、閉鎖される。

作業道は、草本と低木類を刈払って掻き均しただけのものである。雨季においても、砂地盤であるため透水性がよく、通行に支障をきたすことはない。しかし、伐採後、短期間で植生が侵入してしまう。その時には、再度刈払いをおこなわなければ通行できないことが多い。

2) 林道および防火帯

調査地域のForest estateは、境界が明確でない。この境界に、いわゆる防火林道を設置し、人力で刈払うとすれば、約146,000人の作業員が必要と計算される。この数字をみれば、この境界を人力により刈払うのは、不可能であるといえる。調査地域は平担であり、常時風が吹く地域ではないので、ある程度の間隔で防火帯(森林管理を兼ねた防火作業道)を作設しておけば、大火になる心配はないと考えられる。

以上のことから、森林を火による退行的な遷移から保護し、林分を構成する樹木の健全な生育をはかることができるように、林道(防火林道)および防火帯(防火作業道)など、火入れによる火災からの保護施設の整備が急務である。またForest estateの境界沿いに林道を作設して、この林道が防火帯の役目をも兼ねた防火林道の機能を発揮できるように、維持管理したいものである。

防火帯(作業道としても利用)は、幅5~6mとし、間隔は500~1000mに配置するのが、森林管理および林業経営のためには理想的である。ブルドーザーがあれば十分対応できることである。

3.3.6. 森林管理組織と森林管理

ザンビア国の森林は、基本的にはすべて国有であり、Mukusiが分布・生育するForest estateは、国家プロジェクトである森林局のTeak林プロジェクトが管理経営している。

Teak林プロジェクトは、次頁に示す組織から成っている。

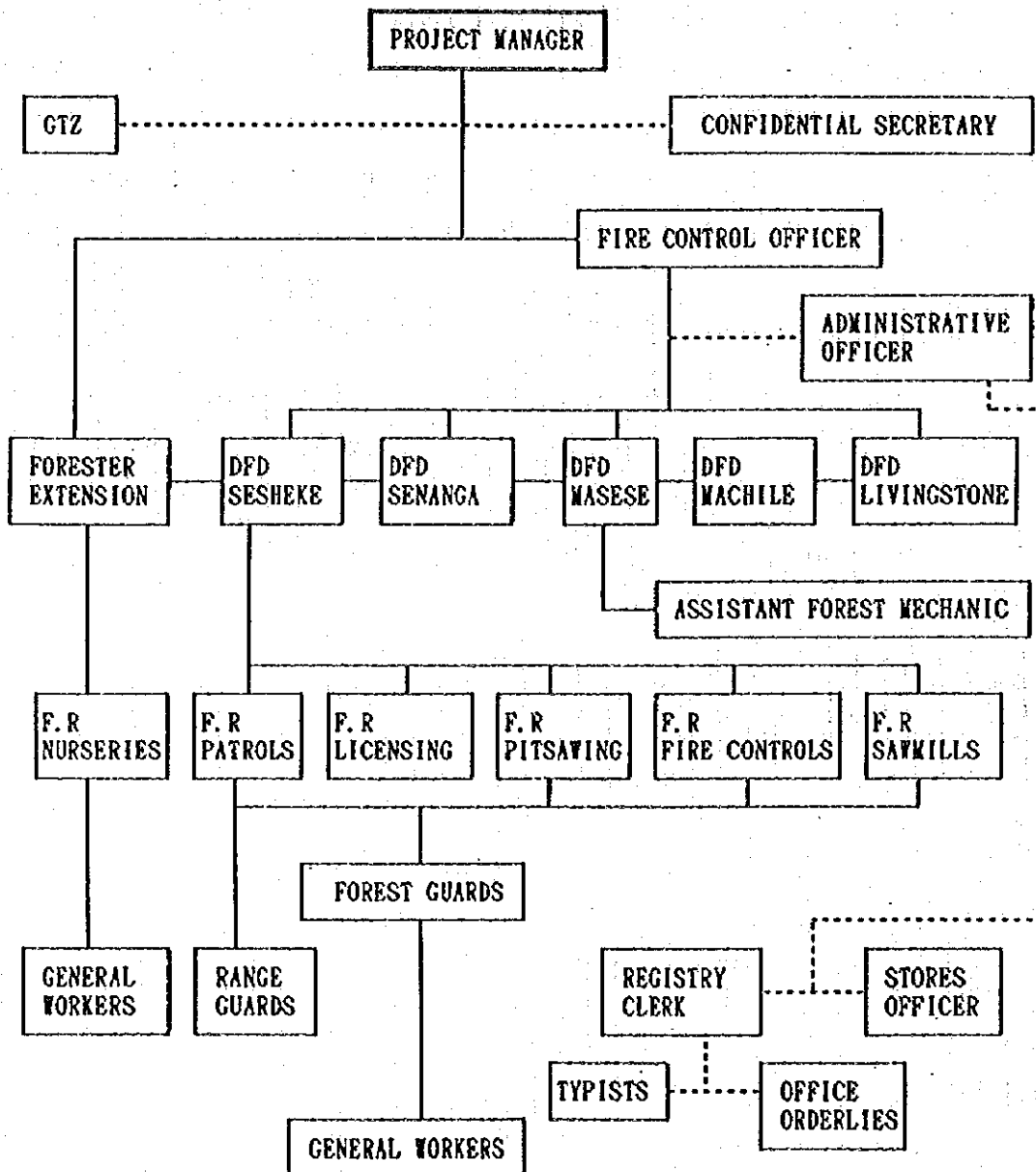
職務内容は下記のとおりである。

- a 森林火災の消火と管理
- b 森林の区画と調査
- c 森林境界の整備
- d 森林の火入れ管理
- e 森林研究(その土地にあう森林育成)
- f 有用樹種の伐採管理
- g 森林生産の許認可
- h 集金および換金
- i 森林の維持
- j 苗畑の管理
- k 森林保護のためのパトロール

プロジェクトは、組織的には十分な人的構成であるが、予算や機動力が不足していて、調査・管理用の自動車、各種器具が整備されておらず、森林の管理については、森林の現況調査・試験地の調査・伐採の管理・既設防火帯の管理も不完全な状態である。また、森林火災が発生した際の消火用具・機動力が不備であることも延焼面積を拡げる原因の一つとなっている。森林の管理と森林火災

の防止に必要な予算的な裏付けがまず急がれる。

さらに、森林面積の把握や資源量の把握についても不十分であり、伐採・造林・保育等の計画についても立案されていない現状である。しかし、今回その成績を明らかにした1960~70年代実施の各種造林試験は、今後、この地域で林業を展開する指針として活用できるものである。



注 F.R: FOREST RANGER

チーク林プロジェクトの職員数は48名、作業員数は67名である。

3.4. 土地利用のための調査

3.4.1. 自然立地に基づく土地利用

土地利用計画は、社会の発展段階に応じて、その目指す内容は異なってくる。すなわち、農業・林業・畜産業などの生活物資の直接的な生産のための土地利用、工業用地と市街地や住宅用地のための土地利用、環境保全のための土地利用、公園や緑地帯などの保健のための土地利用、公共施設の敷地などの公共のための土地利用計画などである。

この調査における土地利用については、森林管理計画の一環として位置付けされており、林業のための生産環境の整備が中心となる。しかし、永続的な土地生産力の保持だけを目指したとしても、単に生産技術的な土地利用計画の範囲に留まらず、自然環境の保全が当然含まれてくる。

調査対象地域は、耕地、林地、放牧地など、土地の自然特性に左右される土地利用がなされている。したがって、この調査においては、自然立地区分に重点をおき、土地利用のあり方を検討することにする。

また、Forest estate の存在が、地域住民から十分な理解を得るまでには至らず、耕地の拡大を希う農民との間に問題が生ずることもある。自然立地の視点から、耕地と林地のあり方についても検討する。

3.4.2. 立地特性の区分

(1) 段丘と氾濫原の区分方法と区分結果

調査対象地域を含む639,800haの区域の土地条件をFigure-41に示す。

この図面に記した切峰面図を概観すると、調査対象地域は、南東方向に緩やかに傾斜した、弱度の開析を受けた台地地形である。カラハリサンド層に厚く覆われているため、台地の区分は必ずしも明瞭ではない。しかし標高1,040~1,060m付近から上部を高位段丘面、Zambezi川沿いの標高940~960m以下を低位段丘面、標高960~1,000m付近を中位段丘面に、おおむね区分される。なお、Loazamba川以西においては高・中位の区分は明瞭ではない。

多くの支流は、中位ないしは高位段丘が浅く、それでいて、広く掘り下げた横断形をしている。そのため、その側岸に低位段丘が分布していても、その上位の段丘との境界が明瞭でない場合が少なくない。とくに、谷の横断形が、階段構成を示さず、スムーズな曲面を呈する場合には、氾濫原・低位段丘・中位段丘などの識別が困難となっている。したがって、低位段丘の区分は、判別が容易な階段構成を示す箇所を基準にした。そして、区分が不明瞭な箇所に対しては、この基準の延長上に低位

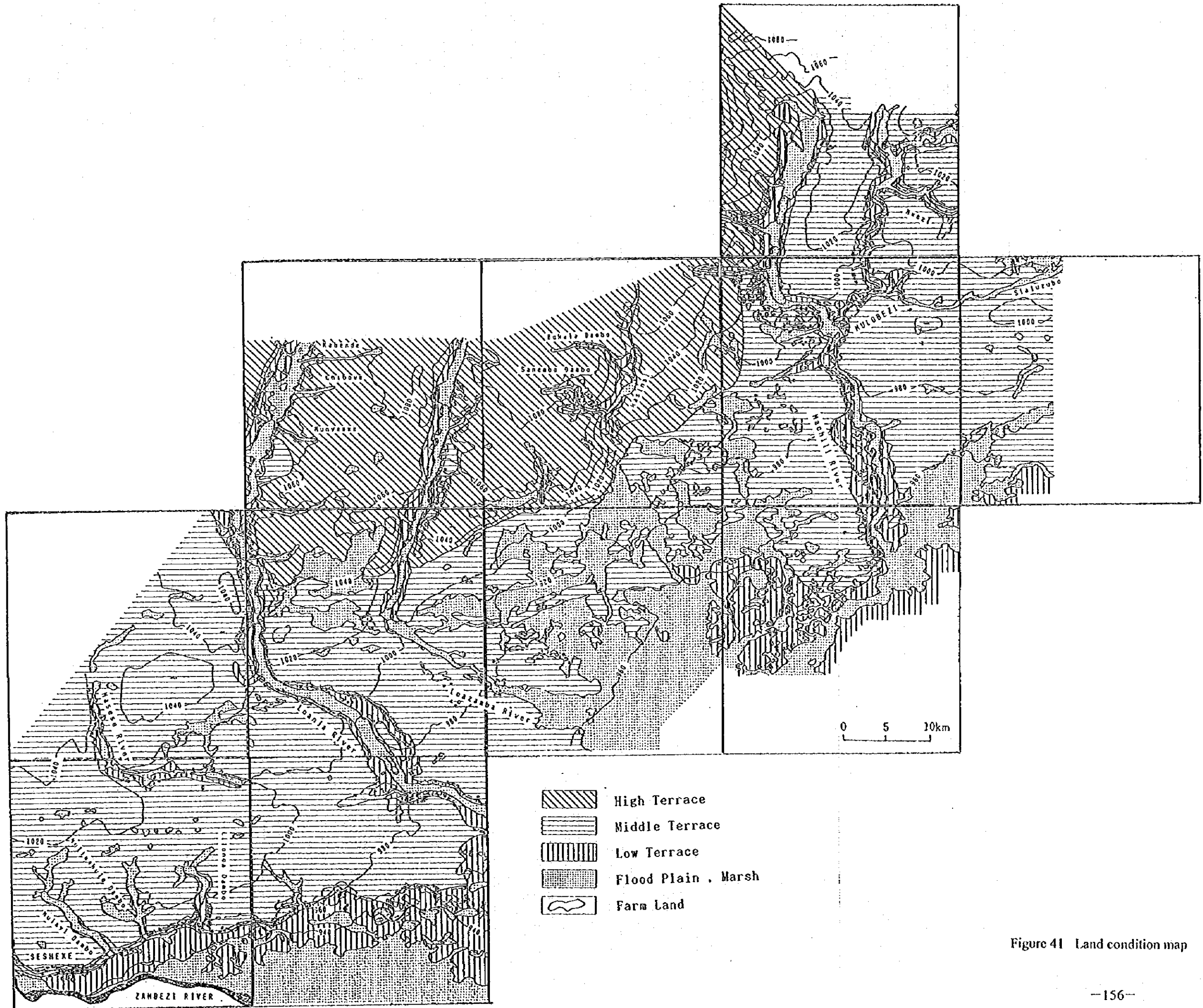


Figure 41 Land condition map

段丘があるものとして、もっぱら相対的な比高差に着目した区分を行なうことにした。

また、氾濫原の区画は、ザンビア国測量局の技術者が1/50,000地形図を作成する際に行なった判読結果を、そのまま利用した。

以上の区分方法による高位段丘の面積は、この区域の18.6%に相当する119,148haである。中位段丘は48.4%・309,939ha、Zambezi川本流沿いの低位段丘は3.5%・21,454ha、支流沿いの低位段丘は8.8%・56,701haである。そして、氾濫原と湿地の面積は、20.7%・132,557haであるが、そのうちZambezi川沿いのものは3.8%・24,136haである。ただし、Zambezi川本流沿いの低位段丘および氾濫原の多くは、調査対象地域のから外れているため、実際の面積はこれよりも相対的に大きなものとなる。

(2) 河川の沖積面の立地特性

雨季に、河川の水によって覆われる冠水域としての氾濫原と、非冠水域としての沖積平野と低位段丘を含む低地である。土砂の新陳代謝が激しい本流沿いの氾濫原と、流量が少なく、古い堆積面を保有する支流の氾濫原とは、かなり性格の異なる堆積面、ひいては異なった土壤形成面が見いだされるので、それぞれ別記することにした。

a. Zambezi川本流沿いの氾濫原と低位段丘

この地域では、厚いカラハリサンドに覆われた高原状の段丘が広がっており、Zambezi川はこの間を蛇行して、広い氾濫原と低位段丘を形成している。

Seshekeの北西部の上流では、基岩が浅く出現し、本流はやや谷状の地形を呈して、瀬や小滝の急流部を伴って流下している。(なお、この部分でも、河川は必ずしも峡谷状態は示さず、やや小規模の氾濫原と岩石段丘に近い低位段丘を付帯させている。)それまで南東方向に流下していたZambezi川は、Sesheke付近で向きを東に転じ、さら数km流下すると、河川勾配が急に緩くなる。Livingstone近くの下流部(約150km)までは、南のナミビア国との間に、幅が10~20kmにおよぶ大氾濫原を形成している。

この地区は、新第三紀の後半以降に、地域自体が砂漠化し、カラハリ砂漠の中心部や西部の高原からの風積土によって厚く覆われた歴史をもつものと想定されている。さらに、地質時代としては、ごく最近の洪積世にも、大規模な砂漠化の歴史をもつものと考えられる。そして、Zambezi川は、この風積砂層を削って、砂を再配分する形で、低位段丘以下の低地を形成している。河川による侵食・堆積の歴史が現世に近いいためか、氾濫原と低位段丘とを構成する砂層は、この地域としては、相対的に新鮮な材料であるのが特色である。具体的には、風積土砂に対して、さらに水流による淘汰が加わっているため、中位~高位の段丘地帯の堆積層に比較して、やや粒径が大きく、角張った形をしているのが特徴である。その結果、孔隙に富む

様相を呈している傾向が強い。全般的には砂土としての性状をもつが、細部の土性と堅密度については、さらに、本流との位置関係や、そこに加わっていた流速の大小などによって左右され、その状況を異にしている。

また、低位面はいずれの箇所も、Zambezi川によって、深くえぐられた後に堆積した歴史をもち、その後の蛇行の変遷によって、深い河床をもつ水路部分と、厚さをそれぞれ異にする堆積面とに分かれて、現地形を構成しているものと考えられる。この場合、地表の起伏は異なっても、堆積層の基底は、現在の河川水位よりは深く、下部では連続する砂層を共有する性格をもっている模様である。そのため、低位段丘や氾濫原などの地下水面の高さは、Zambezi川本流の水位に連動して、上下する傾向が強いものと想定される。土壌層位の発達にかかわる水分条件は、雨季の冠水面からの比高と地下水位によって基本的に性格づけられているものと想定される。この地下水位が河川の水位によって規制されているものとする、堆積層の水分環境は、河川の水位に対する、その地形面の比高によって性格づけられていると考えることができそうである。

河川の流路周辺の砂層内の地下水は、層内での水の動きが機敏ではないので、雨季に大量の降雨があった場合には、河川の水位より高い地下水面を保持しながら、乾季をむかえる場合が多い。(逆に、雨季のはじめに、上流での降雨によって河川の水位が急増しても、中～下流では、まだ、降雨がないので、内陸砂層内の地下水は低いままであることが出現するはずであるが、これは例外と考える。)したがって、連続した砂層の場合、内陸の地下水位は、通常は、河川の水位より若干遅れて連動し、年平均的には、高い場合が多いものと判断される。ここでは、概括的に、河川の水位変化に連動して上下するものとして扱うことにしたい。(Figure -42参照)

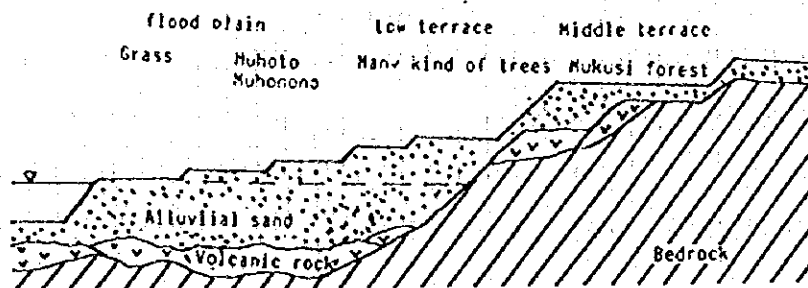


Figure 42 Schematic profile of low terrace

a1. 低位氾濫原

雨季には、ほとんど毎年のように冠水する箇所である。乾季には6か月以上の間、乾陸化するため、草本の生育が可能であり、草生地となっている箇所が多い。しかしながら、雨季に分流した流れの流路となっているような箇所は、侵食によって、砂層が裸出し、草生地とはなっていない。草本が生育する箇所は、裸出面より一段高い様相を呈し、腐植を含有するA層、B層の発達をみることができる。草本が生育しはじめると、たとえ洪水流によって冠水されても、高密度の根系によって侵食は防止され、さらに高密度の茎葉によって運搬土砂の堆積が促進される。このため、堆積層は次第に厚くなり、流路より高くなる。また、草本の根系は、季節ごとに枯死して、その遺体を、腐植として、直接土壌の表層に供給するため、A層、B層の層位の発達も、急速に行なわれる。

a2. 高位氾濫原

通常の氾濫原よりも一段高く、冠水の頻度が低い氾濫面である。植物の生育は低位の氾濫原よりも容易となり、草本だけでなく、浅根性ないしは耐湿性の樹木(Muhoto, Muhononoなど)も生育するようになる。しかも地下水位が近く、乾季にも水の補給が容易なため、成長も良好である。一般には、沖積平野と呼ばれる堆積面である。詳細に観察すると、さらに、比高を異にする2~3段の面に区分することができる。

a3. 低位段丘

氾濫原よりも、2~4m以上高い地形面である。乾季に水位が下がっても、表層よりも5~7m以内の箇所に地下水位があるため、そこからの毛管水補給によって、堆積が比較的密なB層・C層では、常時、pF2.7近傍の貯留水(植物の根による吸収が容易な土壌水)を保有している模様である。なお、土壌最表層のA層(20~30cm厚)では大孔隙率が高く、毛管上昇に必要な粗孔隙~細孔隙の連続性が期待できないので、乾いていることが多い。このことは、相対的に深い根系をもつ自然の樹木や灌木に対しては適潤環境であっても、農作物にとっては、厳しい乾燥環境となっていることを示唆している。以下、地下水と土壌水分との関係は、とくに断わらないかぎり、A層(作土)を対象にせず、もっぱらB~C層以下を対象にして記述することにした。

また、低位段丘は、氾濫面よりも2m以上の比高があるため、雨季にも過湿になる危険性が少ない。このため、浅根性、深根性、好湿性、湿潤性などのすべての樹種の生育が可能であり、林冠被覆率(立木密度)に対しては、水分競争よりも、光り競争の方が優先する環境となっている。この地域としては、最も水分条件に恵まれ、土壌層位の発達も良好であり、膨軟で養分に富むA層とB層を保有する場合が多い。林木および草本の両者にとって、優れた好立地と

なっている。しかしながら、最表層の作土付近に着目すると、乾季には著しく乾燥するので問題が多い。とくに最近では、森林伐採後の焼き畑農業、さらにその後引き続いての過度の放牧、火入れ、踏圧などの土壌の酷使が目立っており、本来の優れた立地性が失われている箇所が多い。草本の生育を促して、腐植層の回復を図れば、本来恵まれた立地であるだけに、その回復も早いはずである。土地利用(サイクル)上での、配慮が望まれる。

b. 支流沿いの低地(氾濫原と低位段丘)

全体として、砂土の性状をもつ。しかし、周辺に、古い堆積物を保有する地形面の露頭が介在すること、水流による淘汰作用が Zambezi川本流に比べて弱いこと、などの事由から、Zambezi川本流沿いの氾濫原・低位段丘に比べると、風化と摩耗の程度が進んだ細粒の砂が多く、密な堆積を示すことが多い。しかしながら、土壌としての細部的な組成と堅密度は、その場所が流れの速い箇所であったか、遅い箇所であったかなどの条件によって異なっている。また、土壌層位の発達と水分条件とは、雨季の冠水面との比高の大小によって性格づけられている。

b1. 氾濫原内の流れの速い箇所

川の流れは、峡谷部では、固定的な流路を流下している。低平地に入ると、広い氾濫面を有しており、相対的に狭い流路が、そのなかを蛇行している。流路の周辺ないしは最近までの旧河道では、流れが速い(速かった)ため、土砂の侵食と堆積とが頻繁に繰り返されて、土壌の生成がみられず、乾季には白砂の露出面をみせている。しかしながら、大部分の氾濫面は、次に記すように、流速の小さい冠水面となっており、そこには、土壌の形成が行なわれている。

b2. 氾濫原内の流れの遅い箇所

雨季にのみ冠水するような箇所の多くは、主水路ではないため、流れはそれほど速くない。ときおりの大洪水で表面的な侵食を受けることがあっても、一般的には、河川の水が懸濁～転動させてきた土砂を、沈殿堆積させることの方が多いと考えられる。流量そのものが大きくないため、一年間の量としては、それほど多くはないかもしれないが、全般としては、堆積環境にあるものと考えられる。

b2・1. 冠水後の排水が不良な凹所ないしは皿状の緩傾斜面

雨季が終っても、地下水位が地表に近く、通年的に過湿な状況を示す環境下では、草本の生育が良好ではなく、土壌化が進んでいない。草本の保護がないため、流れが強い間は往々にして侵食傾向を示すが、雨季の終わりに、流れが淀みはじめると、土砂は無機的な状態で密に堆積する。乾季における乾燥と雨季の膨潤との繰り返しによって、土層内に所どころに大きなギャップを生じて、大孔隙を形成している箇所もある。しかし、遅い流れにも浮遊する、粒子の小さな土砂が主体となるため、全体としては、孔隙性に乏しい、非常に堅密な堆積状況を

示している場合が多い。乾季の硬度は往々30mm(岩石の硬度に近似)を越し、根系の伸長が困難なほどの厳しい状況となっている。

このような環境でも、堆積が進むと、乾季には過湿性から脱却し、草木が生育しはじめる。一旦、草木が生育しはじめた箇所では、その根系の繫縛作用によって、土壤侵食は行なわれなくなり、また茎葉の捕捉作用によって堆積が促されて、堆積層はしだいに厚さを増していく。さらに、草木の根系の枯死・新生が盛んに行なわれるために、堆積層内への腐植の供給量が多く、土壤化が急速に進行する。この結果、草木が生育している箇所は、前記の裸出地より一段高い、土壤層位が発達した氾濫面が形成されている。ただ、この場合も、土壤化した堆積層の下には、上記の堅密層が、盤層として、出現する機会が多く、土壤構成としては、良好ではない。土壤層ができた場合、A層からの洗脱物質が、堅密層の中に沈殿堆積するため、盤層の堅密化がさらに進行している場合が少なくない。一般には、裸出地よりも、後者の草木の生育地の面積率が方が高く、しかも、その周辺には、さらに一段高い、氾濫面や段丘が形成されている。堆積層の厚さが1.5mほど厚くなると、盤層による、水停滞の悪影響は少なくなり、良好な土壤条件が見出されるようになっていく。

b2・2. 冠水後の排水が比較的良好な平坦な氾濫面もしくは高位氾濫原

雨季終了後の排水が比較的速やかに行なわれ、しかも、乾季においても、比較的に湿潤な傾向を示す箇所では、草木の生育が可能となっている。ここでは、草木の根系の繫縛作用による土壤侵食の防止と、高密度の茎葉のダム作用とによって、全面的に堆積傾向の強い環境が形成される。このため、洪水ごとに、堆積面の厚さを増し、無草生の低湿地に比べると、平均的に1m内外の比高をもつ一段高い地形面が形成されるのが普通である。また、草木の根系の枯死・新生により、毎年のように腐植の供給が行なわれるため、土壤層位が発達が急速に行なわれる。0.3～0.5mの厚さをもつA～B層が見いだされることが多い。腐植層の下には、腐植酸の影響で、砂粒子の回りの鉄などの金属類が溶脱され、白色層が発達することが多い。細土を含む溶脱された物質が、下層に堆積～沈殿するため、盤層は、ますます堅密さを増加させている。また、熱帯地域の特徴として、A層での腐植の分解が早く塩基性の環境となり、下層の珪酸が溶脱された強塩基性の白色層が形成されている場合が少なくない。何らかの原因で、表層がなくなって、この強塩基性の砂層が露出した場合には、植物の生育が困難となっている。

氾濫原の形成にあたっては、まず、主流路(蛇行)の穿入が先行し、相対的に深い侵食溝が形成されるのが普通である。つぎに、蛇行路の変遷に伴って、主流路の位置が移動し、かつての穿入路が埋積される。このような作用の繰り返しによって、氾濫原が形成された場合、幅の広い、横断的に平坦な地形面が形成されることになる。そして、2～3mの深さの堆積断面

でみるかぎりでは、その下に過去の堆積層をみることは稀で、同一の土層構造が見いだされることが多くなっている。なお、高位氾濫面には、Mupaneなどの浅根性・耐湿性の樹種が分布している。

b2.3. 凹形の谷性緩斜面

集水面積の狭い支流では、上記のような平坦な氾濫面を形成しえず、横断方向において凹形の曲面を呈する緩斜面が形成されている。カラハリサンドの堆積層の下には、過去(洪積世以前)の地形が埋積されており、それを覆うようにCurasseと呼ばれる暗赤色の盤層(鉄とアルミニウムに富む)が広がっていることがことが多い。この場合、谷の水流が、過去の盤層を侵食破壊して、新たな凹斜面を形成している場合(Figure-43a参照)と、過去の盤層と地形面とを温存したまま、過去の地形面に沿って、現在の凹地形が形成されている場合(Figure-43b参照)とが見いだされて、異なった立地特性を示している。

前者の場合には、過去の堅密な堆積層が掃除されて、水が停滞するような盤層がなくなっており、堆積層全体が比較的膨軟な性状をもつ。植物の生育に対しては、良好な環境を形成している。(Mulayi dambo、Mulimakule damboなど)

これに対して、後者の場合は、新しい堆積材料が薄い。たとえ、そこで土壌化が行なわれても、水の停滞をもたらすような盤層が分布することが多いため、植物にとって、好ましくない環境となっている。(とくに、谷底部分。)また、土壌侵食などによって、表土が失われた場合には、堅密な真土が裸出して、植物の生育が困難となるので、荒廃しやすい環境といえる。(Sanembo dambo など)

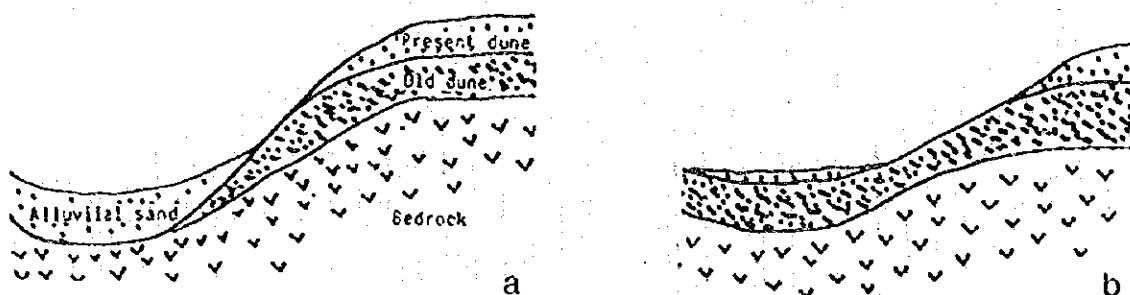


Figure 43 (a, b) Schematic profil of rivulet

b3. 低位段丘

支流沿いの低位段丘は、雨季には過湿にならず、乾季にも、地下水面からの水補給、上位斜

面(中～高位段丘)からの水補給があるため、全ての植物にとって良好な立地となっている。現在、耕地となっている箇所が多いが、耕作作土部分は、大孔隙率が高く、毛細管切断によって補給が行なわれにくいいため、水補給の恩恵が顕著ではないようである。この点、土層が密に堆積して、毛細管補給が容易なB層・C層にまで、根系を伸ばしている樹木にとっては、とくに、好立地となっている。

(3) 中位段丘と高位段丘の立地特性

a. 台地の表層地質と砂層の形成

基底基岩としては、カラハリ堆積岩としての砂岩・頁岩と、さらに古い基盤岩としての片麻岩・結晶片岩などの変成岩が出現し、その上には、場所によって構成が異なるが、下から玄武岩(表層部は赤色風化)、赤色風化礫層、暗赤色細砂層(堅密、地山に平行に堆積)が出現している。(以上は洪積世中期以前。)

この間、砂漠起源の砂層の介在はない。砂漠起源の砂層は、新第三紀の後期から洪積世末期にかけて出現する。洪積世中期以前の砂層は赤橙色を呈して、やや地山の地形に準じた堆積を示すのに対して、洪積世末期から後氷期にかけての砂層は、地山の起伏を覆い尽くして、堆積の表面は、平坦な高原状地形を呈している。C層以下の砂層は、風化によって(橙)黄色を呈している場合が多い。(Figure-44参照)

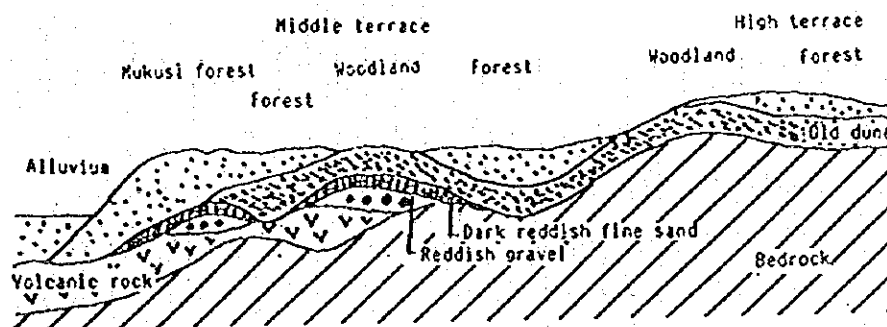


Figure 44 Schematic profile of high and middle terrace

この地域の砂漠化は、洪積世中期に一度発現して、しばらく暴威をふるい、厚い砂層を形成した。その後、洪積世の後期には、周囲の環境が湿润気候下に変化して、森林植生下での土壤生成と風化、比較的穏やかな侵食変形を行なったものと想定される。具体的には、かなり長期にわたって植生が回復して、砂漠としての兆候は、ほとんど収まっていた模様である。基盤

地形の形状に対応した赤色砂層が形成され、砂層の下部(基盤地形の表面)には暗赤色の盤層(Curasse)が形成されたものと想定される。地山に平行的に堆積する赤色砂層の状況が、その間の事情を示唆している。しかしながら、洪積世末期から後氷期にかけて、再び強い砂漠化が進展し、過去の赤色砂層の地山の起伏を覆い尽くすほど多量の砂が供給され、平坦な高原地形が出現した。その後、おそらく数千年以前からは、砂漠状態の進展は停止し、植生が生育できる気候条件に移行し、現在に至っているものと想定される。(Figure-45参照)

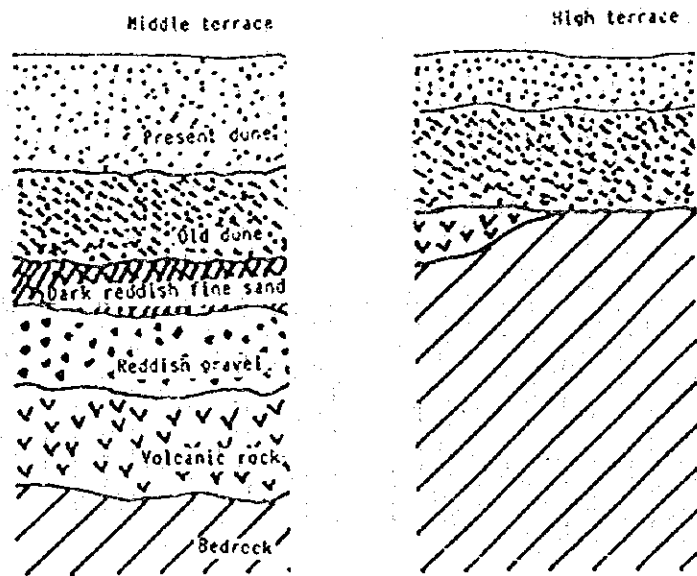


Figure 45 Schematic profile of high and middle terrace

このように地質断面に現われる砂層の状況から、洪積世の中～後期から、少なくとも都合2回以上の顕著な砂漠化の歴史が読み取れる。過去の赤色砂層の場合、砂層が不整合であるが、地形の凹凸に平行した状態で堆積していることから類推すると、砂漠化後に、湿潤多雨気候下に変化し、植生が生存する状態で、穏やかな形で侵食が進行したことが考えられる。基盤地形の曲面に平行した砂層堆積は、植生による堆積砂層の固定が行なわれながら、少量の砂粒子の移動堆積が行なわれたことを物語っており、いわゆるノルマルエロージョンに近い侵食が進行し、現在よりも起伏に富む丘陵性の地形ができていたことが推定できる。また、砂層の色調、粒度、堅密性が大きく異なることは、その間に行なわれた砂の再配分機構と風化の程度に大差があることを物語っており、堆積の休止期間が長期にわたっていたことを示唆している。

これに対して最後(洪積世末期から後氷期の初期)の砂漠化は、砂層の堆積に対して植生が抵抗した状況が認められず、既存の地形の凹凸を御破算にし、それらを埋め尽くす激しさで

行なわれている。このことは、単に隣接するカラハリ砂漠地帯からの風積土砂量の供給が多かったということよりも、この地域自体が、砂漠状態になっていたことを物語っているようである。現代に近づくと、気候状態が再び多雨の状況に変化し、砂漠状態が休止して、現在に至っている。最近の状況は、緑が回復した時期であることを物語っているが、これが長続きするものかどうかについては、類推しうるほどの現象・知見が見いだされていない。地元の年配者の記憶によると、Zambezi川本流、支流の流量は、ともに最近数10年の間に、確実に減少しており、雨季における降水量が少なくなっていることを示唆している。気候的に砂漠化の方向に向かっているものか否かが、懸念される場所である。〔数10年前、Zambezi川本流の水位は、現在の状況よりもかなり高く、Sesheke から25kmほど上流の Plimbwae付近で、左岸側に分流し、Mulayi damboを流下していたという。概括的にみて、Zambezi川左岸からLoanja川下流(Masese付近より下流)右岸部に至る台地は、Zambezi川の扇状地であったとも想定される。〕

b. 表土層

b1. 強開折区の表土層

Sesheke から Zambezi川沿いに上流40kmまでの間の両岸、あるいはLoanja川およびMachili川の上流域では、谷が台地を深く開折して、丘陵に近い地形をみせている。主流の深い谷開折に付随して、小支流の谷も深さを増し、相対的に急な斜面が形成されている。他の高原地域にくらべて、土壌の移動も激しかった模様で、黄～灰白色のカラハリサンド層の分布が狭くなっている。具体的には、灰白色のカラハリサンド層の分布は、広尾根状の台地の上面などの、広い緩斜面に限られている。多くの場所では、基層としての橙～赤色砂層が露出しているために、結果として、赤色砂層と灰白砂層との混合層、橙～赤色砂層が表土を形成していることが多い。

b2. 平坦高原地区の表土層

さきに、カラハリサンド層が、かつての谷と尾根とを埋め尽くしていると記したが、細部的に検討すると、埋没された地形の状況が、表土層の土性や色調に影響していることが見いだされる。

埋没丘陵の尾根筋であった箇所では、カラハリサンド層が薄いか、これを欠き、表層土壌としては、赤色砂層と灰白砂層との混合層、あるいは、橙～赤色砂層が、帯状ないしは団塊状に出現している。また、埋没高原の地帯では、そのような古い砂層が出現する面積規模が大きくなっている。

周囲よりも一段高い丘陵地帯があるとき、その上段面・段差面・下段面を含めて、すべてが完全にカラハリサンド層で覆われている場合も見受けられるが、多くの場合は、段差面が残り、上段面の縁辺部と段差面でサンド層が薄くなっている。新旧の砂層の混合層あるいは基層

(古い砂層)そのものが出現している場合が多い。

c. 中位～高位段丘と乾季の地下水位との関係

中位段丘および高位段丘は、低位段丘や氾濫原と共通する地下水(河川水位と連動)を保有するものは少ない。多くの場合は、段丘の下部に、古い丘陵性の台地(やや起伏に富む地山)地形を埋没させており、その上を、厚い場合には数mの、薄い場合でも1～3mのカラハリサンド層が覆って、平坦な台地地形を呈している。したがって、台地内部の地下水条件は、埋没地形に支配されることになり、低位段丘とは、別の地下水面をもっている。

中位段丘が、低位段丘と共通する地下水面を有する場合は、地下水位からの比高が大きくなるので、土壌表層に近いB層～C層への、スムーズな毛管上昇が期待できないことが想定される。したがって、土壌水分環境としては、地下水層の有無よりも、土壌層内の保水量の大小が大きな要因になることが考えられる。また、カラハリサンド層の下部に埋没地形がある場合、特殊な箇所では、その地質・地形に対応した地下水の賦存が考えられるが、全般的には、乾季にも耐えて水量を保持するような地下水の存在は少ないものと考えられる。そして、この場合にも、土壌環境としては、土層内での保水量の大小が問題になりそうである。端的に表現すると、台地内では土砂層の厚さが大きな箇所ほど保水量が多いので、深根性のMukusiなどにとっては、有利な条件となる。しかしながら、後述するように、台地内の水環境は、このような単純な構成とはなっていない。

d. 砂土層内の保水

土壌層内の保水量としては、雨季と雨季直後の20日程度の間は、多くの場所で、pF値が2.7以下の粗孔隙貯留水の存在が期待される。しかし、このような、重力水に近い性質をもつ貯留水の存在は、しだいに深部に限定されるようになる。具体的には、土層の深部(5m深程度)においては、粗孔隙率は小さいながらも(5%以下)、乾季に入って2～3か月の間は、pF2.7以下の貯留水の存在が期待されるはずである。しかしながら、やがては、すべてが消滅し、ほとんどの層がpF2.7～4.2の細孔隙(孔隙率15%程度)保水によって性格づけられることになる。[浅根性のMukwa、Mwangula、Mungongo、Muhonono、Mubuyuなどの樹種は、表層内にpF2.7以下の水がなくなると、いち早く落葉して、休眠状態に入る。これに対して、深根性のMukusiなどは、土層深部の水を利用しうるため、しばらくは落葉しない。また、Mukusiが通年的に常緑状態を示す箇所は、土層下部に、安定した地下水帯が存在していることを示唆している。]

e. 台地内部での湿地および湿性地

通常、下層部に難透水性の地山層が埋没する台地状の平坦面の内部地区では、側方への排水が困難なうえに、下方への浸透が妨げられる場合があり、雨季には、往々、過湿状態とな

る箇所が出現する。

砂丘上には盆地状の凹所が出現していることが、珍しくないが、カラハリサンドに覆われた台地内にも、盆地状の凹所をみるのが少なくない。このような、台地内部の凹所および凹形の緩斜面では、雨季に過湿状態が顕在化して、湿地を形成する場合(内陸のDambo、Flood plain、草地)や湿性地を形成している場合(湿地より高く、Muhoto、Muhonono、Mubako、Mupaneなどの湿性樹木だけが生育)が、広く見いだされる。具体的に推論すると、カラハリサンド層の厚さが2~3m内外ないしはそれ以下である地区の凹所では、その孔隙率を45%と仮定すると、雨季に300~500mm程度の降水量があると湿地が出現するはずである。なお、これに該当する箇所は、高位段丘や高原がカラハリサンド層によって、やや薄く覆われて、埋没地形も凹形で集水しやすくなっている。(Figure-46参照)

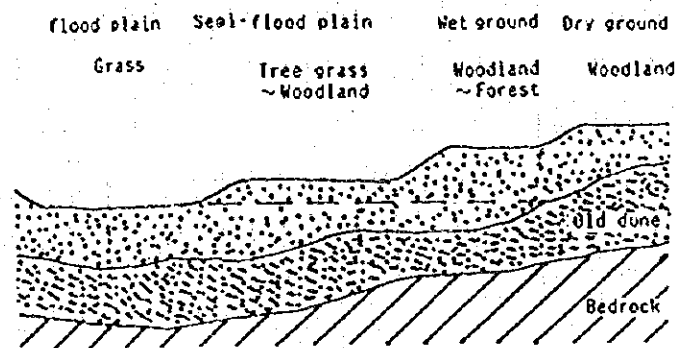


Figure 46 Schematic profile of thin sand layer

f. 内陸湿地周辺の高位面

前記のような過湿地に近接しているも、過湿面より1.5~2.0m以上も高い箇所では、雨季に下層部は過湿状態になるが、上部の土壌層は適潤状態を維持しているため、多くの樹種が生育する。この場合、多くの根系は、過湿部以下では根腐れを起こすためか、伸長しない。深根性のMukusiであっても2m程度の深さの根系しか保有しない模様である。このため、乾季では、深根性の樹種であっても、深根性の利点を発揮できず、早く落葉している。また、いずれの樹種も2m程度以下の土層内での水分競争を強いられるため、水分が不足し、結果として疎林状態(Woodland)が出現する。(Figure47参照)

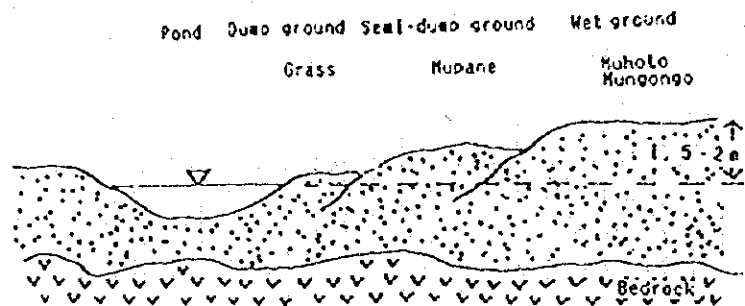


Figure 47 Schematic profile of flood plain

g. カラハリサンド層が厚い場合

新期のカラハリサンド層(灰白色～黄色)が、かつての低位段丘や中位段丘を厚く覆って、その厚さが4～5m以上と厚い箇所では、雨季に、下層で過湿状態が出現していても、表層部にまで、過湿状態が顕在化することは少ないと想定される。また、土層深部における乾季の水分状態は、乏しいながらも安定している。Mukusiなどが、深根性の特色を、利点として発揮できるため、水分競争は緩和され、樹木の生育に対する土地の容量が大きい状態と評価される。このような条件下では、落葉時期が遅く、そして林冠被覆率の高い森林が出現する。Mukusiが優占できる環境である。

h. 古い橙～赤色砂層

旧地形の尾根筋や高原などのように、相対的に高い箇所では、カラハリサンドで被覆される割合が小さく、現実の土壌の母材としては、古い橙～赤色砂層が主体となっている場所が少ない。赤色風化は、相対的に排水の良い環境で行なわれるので、現在、橙～赤色砂層が出現している場合は、土壤水分としては、湿地性との関係よりも、赤色砂層自身の保水に依存する面の方が強いものと想定される。この砂層は、赤色風化を受けていることから、新しいカラハリサンド層よりも、細粒土砂が多く、単位体積当たりの保水量が大きいものと推定される。残積性の土砂層であるため、尾根幅が小さな箇所では、4～5mを越えるような、厚い層の分布は少ないものと想定される。幅広尾根や台地状の箇所では、層厚が4～5mを越すものの広い分布が認められている。土砂層の厚さが4m以上と、ある程度厚ければ、保水量に余裕ができ、深根性の樹種を交えた林冠被覆率の高い森林が出現するはずである。これに対して、土砂層が2m以下と薄い場合は、保水量の絶対値が不足するため、光り競争よりも水分競争の方が優先するWoodlandが出現する。

なお、平坦ないしは緩傾斜の赤色砂層の下部には、暗赤色の盤層が分布することが多いの

で、赤色砂層が薄くなると、この不透水性の堅密層の影響が顕在化して、往々、環境が劣悪化する危険性が高い。

i. 真土層

最近(20年から25年ほど前)、この地区で、道路の開設が行なわれ、大規模な切り取り・盛土・採土を伴う土木工事が実行された。その結果、主要国道に沿って、土壌下にある真土層の露出面、深部から掘り上げられた無機質余土の堆積面が随所にみられる。20年以上経過した現在、これらの場所での植生の侵入状況については、草本の生立密度は極めて低く、しかも草本個々の生育状態も不良である。とくに、腐植層位の下で溶脱されて、白色化した砂層では、それが数cmの厚さで、土壌を覆っているだけでも、草本の生育はみられない。土壌層の下に、広大に広がっている真土層は、植生の侵入を受けつけないことを示している。

なお、以上で説明した、立地区分とその特性を、Table-52に要約する。

Table 52 Site classification

大区分	中区分	小区分	特徴
河川の氾濫原と低位段丘	Zambezi 川本流沿いの氾濫原と低位段丘	低位氾濫原	草生地。 雨季の流路箇所は、無植生。
		中位氾濫原*	草生地。
		高位氾濫原	草本と浅根性・耐湿性の樹木が生育。
		低位段丘	すべての樹種が生育。
			水分条件に最も恵まれ、土壌層位の発達も良好。 林木および草本の両者に好立地。農耕地に利用。
	支流沿いの氾濫原と低位段丘	低位氾濫原	草生地。
		氾濫原の流路	無植生。
		氾濫原内の凹所ないしは皿状の緩傾斜面	非常に堅密な堆積状況。根系の伸長が困難。 比高1.5m以上の箇所は、良好な土壌条件。 Mupaneなどの耐湿性樹種が生育。難排水性。
		高位氾濫面	
		凹形の谷性緩斜面	埋没地形をもつ場合は、植物の生育は不良。 土壌侵食によって荒廃化。 埋没地形を欠如する場合は、生育は良好。 全ての植物に良好な立地。農耕地に利用。
中位段丘と高位段丘	台地内部の過湿地	湿地	草生地。
		湿性湿地	湿性樹種が生育。
		湿地周辺の高位面	多くの樹種が生育。根系は過湿部以下に伸長困難。 疎林状態(Woodland)が出現。
カラハリサンド層が厚い場所		Mukusiが優占する森林。	
橙～赤色砂層の分布域	砂層厚が4m以上	深根性の樹種を交えた森林が出現。	
	砂層厚が2m以下	Woodlandが出現。侵食で荒廃化。	
	真土層の露出地	植生の侵入は困難。	

* 中位氾濫原は調査対象地域外に分布する。

3.4.3. 立地特性と林木の成長

降水量の少ない地域での樹木の成長は、その根系が、どのように発達し、土層内のどの部位の水を利用できるかによって、異なっている。地下部における具体的な根系調査を実施していないので、現実的な検討は行ない得ないのであるが、若干の観察事項と、生態的な推論を交えて検討を行ないたい。

(1) 根系の深さ

根系の深さは、樹種によって異なっている。早い時期から落葉する樹種は、浅根性のものが多く、Mukwa, Mungongo, Mwangula, Muhonono, Muhamani, Mubuyu(Baobab)などがこれに該当する。遅い時期に落葉する樹種は、深根性のもので、Mukusiがこれに該当する。中間の時期に落葉する樹種は、中庸の深さの根をもっているものと考えられる。

直根の深さは、土地条件によっても制限されている。土壌層の下に硬い基岩がある場合には、根系の深さは、基岩までの深さで制限される。ただし、軟岩(硬度指数30mm以下)の場合は、基岩の中にも根系は伸長する。

雨季の地下水位によっても、根系の深さは制限される。雨季の地下水位以下に伸長した根系は、その主要部分が、雨季に根腐れすると想定され、地下水位以下には伸長しない模様である。ただし、Mupane, Muhotoなどの耐湿性樹種は、雨季の地下水位でも、根の活性を保有し、他の樹種よりも長い根系をもっている。この長い根系が、乾季の吸水に役立ち、遅くまで常緑形態を保持している。

(2) 土壌の保水量と林木の生育状況

1) 土壌の保水量

土壌は雨季(12~3月)に pF2.0~2.7 の粗孔隙貯留水を保有して、植物の成長を助けている。雨季が終了後は、20日間程度で、pF2.7以下の貯留水(吸水が容易な重力的な可動水)を失う。その後の6~7ヵ月間の乾季は、pF2.7(-500gF) ~ pF4.2(萎凋点、-16,000gF)の条件下で保持されている細孔隙内の水を、植物が利用することになる。また、このような強い負力で保持されている水を吸収できないような樹木・植生は、乾季に落葉して休眠状態に入る。ここで、土壌の平均硬度指数から、砂質土壌の保水量を推定すると、次のとおりである。(ただし、現実値に近い仮定の数値で検討を進めることにする。)

土壌層の深さが1m(A・B層あり)の場合	: 雨季の粗孔隙貯留水量	150mm
	乾季の細孔隙保水量	100mm

土壌層の深さが1m以上(C層)の場合	:雨季の粗孔隙貯留水量	40mm/m
	乾季の細孔隙保水量	150mm/m

Table 53 Culcuated holding water in sandy soil

土壌層の深さ	m	1	2	3	4	5	6
雨季貯留水量(累計)	mm	150	190	230	270	310	350
乾季保水量	mm	100	250	(400)	(550)	(700)	(850)

() 少なくとも、5~6m以内に地下水位があること

2) 林木の必要蒸散量と立木密度

森林の雨季における必要蒸散量を500mmと仮定すると、根系の深さが1m以下の林木に対しては、上記の計算結果から、貯留水150mmと保水100mm、下部から上昇水50mmとの計300mmの水しか利用できないことになる。したがって、林木はその土地には100%の状態では成立することは困難である。しかし、60%の状態での成立は許容されることになる。(300mm/500mm=0.6)

水分条件が成長に対して隘路にならない場合は、光りに対する競争が、立木密度(樹冠の被覆率合計)を制約する要因となるので、林冠被覆率が100%近くなる。一方、土壌水分が不足する場合は、林木間の水分競争が密度(林冠被覆率)を低くする要因となり、根系の広がり(合計)が100%に達していても、樹冠は60%程度以下にとどまることを意味している。林冠が閉鎖しない森林は、Woodlandとよばれているが、生育条件に関して光り競争よりも、水分競争が優先する森林と理解される。

森林は、乾季にも若干の水分を吸収して、生命を維持(樹種によっては成長を持続)しているが、乾季の保水量は、さらに厳しく、生育密度を制限している。

このような浅根性の樹木群だけではなく、深根性(深さ5mと仮定)と浅根性の樹種の混交林分、さらには深根性の樹種群による林分構成を考える。これらの林分では、利用可能な水分量は、乾季および雨季とも極めて潤沢となり、水分競争は立木密度(林冠被覆率)を制限する要因とならなくなる。この場合は、林冠が100%近く(樹冠被覆率合計は100%以上)にもなり得るため、いわゆる森林状態を構成することになる。

しかしながら、たとえ深根性の種群であっても、雨季に地下水位が高くて、実質的な根系の深さが浅い場合には、利用し得る水は1~2mの土層内の貯留水量および保水量に限定されるので、水分競争が熾烈となり、林冠構成(立木密度)は、Woodlandに類似して疎開することになる。

雨季に、地下水面が4~5mの深さに介在する箇所では、そこからの地下水上昇によって、水分競争が緩和され、林冠は閉鎖し、森林状態となる。

3) 地下水位と植生分布

これまで、述べてきた「植生の生育と水環境との関係」のうち、地下水位との関係を総括すると次のとおりである。

a. 雨季に冠水する箇所

河川の洪水敷(Dambo を含む)および内陸の湿地(氾濫原を含む)が、これに該当し、その植生はNatural grasslandとなる。

b. 冠水面より0.5~1m程度高い地形面

高位の洪水敷および氾濫原周辺の高位面、あるいは乾性化したかつての氾濫原や河川敷が、これに該当し、Mupane、Mubako、Muhoto、Museseなどが生育するNatural tree grasslandが出現する。

c. 冠水面より1~3m程度高い地形面

低位段丘や支流に接する中位段丘が、これに該当し、全ての樹種が生育でき、Forestが出現する。

d. 乾性面

尾根性地形(しばしば古い埋没地形の尾根型堆積層が露出する)の台地には、Woodlandが分布する。なお、保水力が大きい粘質土(赤~橙色土)が分布する箇所では、深根性の樹種も出現する。

e. 冠水面より5~7m以上高い台地

中位~高位段丘面が、これに該当し、土層(砂層)が厚い場合は、Mukusiなどの深根性の樹種が優占するForestが出現する。とくに、乾季の地下水が地表下4~6mの箇所にある場合は、生育は良好である。また、土層(砂層)が薄い場合には、Woodlandとなる。

f. 乾性化と植生分布の変化

過去数10年の間、Zambezi 川の水位は下降を続けており、各支流の河川の水量も、明らかに低減化しているという。段丘間あるいは段丘内に分布していたDamboや氾濫原の多くは、乾陸化しているものが多い。この影響を受けて、地下水位が低下したり、地下水が消失するなどの変化がみられ、植生の分布も徐々に変化している。

地下水位の低下に伴って、Natural grasslandに樹木が侵入して、Natural tree grasslandに変化し、Natural tree grasslandからOpen woodlandへと変化している。また、地下水が消失し、乾燥したため、かつてのForestが疎林化して、Woodlandの様相へと変化している林分や、WoodlandからNatural tree grasslandへと変化しているものがみられる。頻繁に行なわれている火入れが、草木の再生を妨げ、土壌の回復を停止させ、この変化を促進しているといえ

よう。

3.4.4. 土地利用計画指針

ここでは、森林管理における今後の土地利用のあり方について記載する。

(1) 林地に適した場所

本流および支流沿いの低位段丘の分布区域は、最も水分条件に恵まれており、浅根性・深根性・耐乾性・耐湿性・適潤性などの、すべての樹種が生育できる条件を備えている。林地として最も適した場所である。また、支流沿いの中位段丘の内、雨季の冠水面からの比高が1～3m高い場所も、水分条件に恵まれる場所が多く、林地として適した場所である。(林地の1等地)

また、中位段丘および高位段丘において、カラハリサンド層が厚く堆積し、冠水面からも5m程度以上の比高がある区域は、深根性のMukusiが優占する森林が生育できる場所である。とくに、乾季の地下水位が地表下4～6mの箇所にある場所は、Mukusiの生育が良好である。また、カラハリサンド層が厚く堆積するところは、その水分環境の悪さから、農耕などを目的とする土地利用とは競合しない場所である。将来とも、森林としての利用が適当な区域である。

現在、Mukusiが優占する森林域、あるいは、かつてMukusiが優占する森林であった区域は、すでに、Forest estate となっている。立地特性にもとづく土地利用区分の観点からみると、Forest estate の設定は賢明な措置がなされたものといえる。(林地の1～2等地)

現在、冠水面から比高が5m以上と高くても、カラハリサンドの堆積が薄い場所は、水分条件に恵まれず、今後とも、疎林となる場所ではあるが、林地の対象地であろう。(林地の3等地)

また、古い時代の橙～赤色砂層が4～5mと厚く堆積する場所では、森林状態が期待できるが、細粒の土砂が多く、林分成長に問題が残る。2m以下の層厚の場所ではWoodlandとなるが、林地の対象地としては、優良とはいえない。(林地の3等地)

さらに、中～高位段丘の台地内部にある湿地周辺の高位面や湿性地、あるいは、中～低位段丘の氾濫原内の高位面には、主として湿性樹種が生育する。これらの区域は、洪水や豪雨などの異常気候に左右され、経済的な木材生産の対象地とはいえない。しかし、周辺の地元住民にとっては、木炭や薪などの資材供給場所として、貴重な資源となりうる区域である(林地の3等地)。しかし、林地の3等地として位置づけたが、Mupaneの分布区域は、後述する自然的、社会的な条件の整備がなされれば、今後、持続的な林産物の生産・加工基地としての可能性をもっている。

なお、現在、Natural grassland およびNatural tree grasslandが出現する、氾濫原の高位面の一部や高位洪水敷、乾性化した湿地・低位氾濫原などは、引き続き森林として利用する対象からは外される区域である。

(2) アグロフォレストリーの対象となる区域および耕地との調整区域

水分環境の良好な区域、とりわけ、年ごとの水分条件が安定している Zambezi川本流沿いの低位段丘地域は、アグロフォレストリーを導入する場合の最適な条件を備えている。本来的に、すべての樹木が生育できる場所であり、その恵まれた水分環境は、農耕的な利用をも、同時に、可能にする場所である。しかし、この地域の大部分は、すでに開墾されており、長年にわたって農耕と火入れとが過度に繰り返されてきた。その結果、土壌は疲弊し、現在、農耕そのものも放棄されているところが多い。しかし、堆肥の供給や草本による土壌回復の導入・普及を包含する、アグロフォレストリーの展開に適していることには変りがない。

また、支流沿いの低位段丘や、同じく支流沿い中位段丘の内、雨季の冠水面からの比高が1～3m高い場所も、年ごとの気候条件に影響を受けるが、比較的、水分条件に恵まれる場所が多い。アグロフォレストリーを導入する場合、検討の対象となるところであろう。

アグロフォレストリーの対象となる区域は、同時に、森林管理にあたって、農耕利用と調整する必要性が生ずる区域でもある。森林が生育するのに必要な土壌の深さは、浅根性の樹種では、地表から2～3m程度以内の水分状態や土壌状態が重要な因子である。農耕利用においては1m程度以内の状態が問題となるであろう。具体的な箇所ごとの、水分状態や土壌状態と、その分布規模および安定性について、現地を調査することが必要である。層位の発達状況や使用される耕運手段による土壌の耕運性なども調査し、土地が保有する生産力を、より永続的に、より効果的に、利用する方途について、選択と調整を行なうことが必要である。その際、土壌侵食によって、過去の堅密層や中位段丘の無機質真土の裸出のおそれがある場合には、植物の生育が困難となる、荒廃しやすい環境であることに留意することが大切である。

なお、先に記載した各立地区分について、農林畜産分野の適地判定の参考資料として、Table-54を示す。

(3) Forest estate の土地利用

Forest estate は、土地利用上は、森林地域として位置づけられ、森林としての利用が優先される区域である。地域住民は、所定の手続き(申請と納金)を経て、林産物を採取することとなっている。Forest estate の存在が、住民から十分理解されまでに至らず、耕地の拡大を希う農民との間で、問題を生ずることもある。

調査対象地域の Forest estate は、Mukusi が優占する森林区域、あるいは、かつて優占していた区域となっている。すでに述べてきたように、Mukusi が優占する森林は、カラハリサンド層が厚く堆積する、土壌の表層の水分環境が厳しい場所に出現する。深根性の Mukusi が、その特色を発揮して、土

壤深部の水分を吸収して、生育している場所である。浅根性のMwanglaも生育しているが、先に検討したように、地表から1m以下までの砂層では、300mm程度の水しか存在しない場所である。したがって、Forest estateにおける土地利用の形態は、引き続き、林地として利用するのが適当であり、他の土地利用とは競合しないものとする。

Table 54 Site classes

大区分	中区分	小区分	林地	耕地	放牧地
河川の氾濫原と低位段丘					
Zambezi川本流沿いの氾濫原と低位段丘					
		低位氾濫原	*	*	◎
		高位氾濫原	*	○	◎
		低位段丘	1	◎	○
支流沿いの氾濫原と低位段丘					
		低位氾濫原	*	*	◎
		氾濫原の流路	*	*	*
		氾濫原内の凹所ないしは皿状の緩傾斜面	*	*	*
		比高1.5m以上の箇所	2	◎	○
		高位氾濫原	3	○	○
		凹形の谷性緩斜面			
		埋没地形をもつ場合	3	○	○
		埋没地形を欠如する場合	2	◎	○
		低位段丘	1	◎	○
中位段丘と高位段丘					
台地内部の過湿地					
		湿地	*	*	◎
		湿性地	*	*	◎
		湿地周辺の高位面	3	◎	○
		カラハリサンド層が厚い場所	1~2	*	*
		橙~赤色砂層の分布域			
		砂層厚が4m以上	2	○	○
		砂層厚が2m以下	3	○	○
		真土層の露出地	*	*	*

数字は等級区分、◎は適地、○は利用可能、*は不適地を示す。

3.4.5. 土地利用全般に対する考察—火入れ管理の必要性和土壤の疲弊化の防止

調査対象地域は、農耕が主体となっている地域である。現在使われている耕地について、Figure 41にその分布を示した。これをみると、耕地のほとんどが、Zambezi川本流沿いの低位段丘(中位段丘崖の下部を含む)および支流沿いの低位段丘や、同じく支流沿い中位段丘の内、雨季の冠水地周辺の、冠水面からの比高が1~3m程度高い場所に位置していることが、読み取れる。これは、アグロフォレストリーの対象となる区域と同一の立地領域である。すでに地域の農民が、長年の経験から、これらの相対的に水分条件に恵まれた場所を、選択的に利用してきたことを物語っている。

しかし、水分条件に最も恵まれたZambezi川本流沿いの低位段丘地帯においてさえも、腐植性の

養分が減少して、放置された耕作跡地が目立っている。耕作跡地に、多数の草本が生育することは、高密度の根系の枯死・再生の繰り返しによって、腐植物質の供給がなされ、疲弊した土壌の回復にとって有利な条件となるはずである。しかし、草本が生産目標作物の競争相手であるところからか、耕作を放棄した後も、草本を敵視する風潮が持続されているようである。頻繁な火入れは、農耕によって疲弊した土壌を、さらに養分含有量の少ない砂層に退行させることが懸念される。さらに過度な放牧はこの傾向を促進する。とりわけヤギの放牧は、草本の根までも根絶し、土壌の荒廃を急速に促進する。すでに、この最も恵まれた場所においても、土壌回復～生産～土壌回復による移動耕作のサイクルは破壊され、生産力の低い土地が拡大している。安易な化学肥料の導入に頼ることを避けて、化学肥料を購入する資金をもたない現地住民でも可能な、草生による土壌回復とふんだんに存在する草本を利用した堆肥の供給が急がれる。

また、土壌の疲弊化の進行に伴って、耕地の丘陵上部への移動の動きが、Figure-41の耕地の分布図からも読み取れる。しかし、移動先はより条件の悪い場所である。年ごとの降雨の多寡に左右され、土壌の回復も相対的に遅い場所である。永続的な農耕を保証する場所とはみなされない。さらに、近年の気候の乾燥化も、この動きに不安材料を提供するものである。

最近、無目的ともいえる火入れと、それに起因する森林火災も頻発している。林地としての土地利用において、火入れ管理の必要性は極めて高い。火は次の時代の森林をになう後継樹を絶やし、健全な森林が育つことを阻止するからである。

砂層地帯では、浸透能が高く、水流による侵食が顕在化せず、荒廃化の進行が目立たない。しかし、植生破壊に伴う土壌への養分供給機構を破壊し、養分の乏しい無機質砂質層を出現させないことが大切である。養分のない土木工事跡地の砂層が、そこに草本の生育を許さないという現象は、砂層地帯での砂漠化を未然に防止することの大切さを示唆しているように思われる。土地利用にあたり、留意すべき事項である。

3.4.6. 今後の土地利用に対する提言

(1) 耕地の確保に対する提言

本地域は、森林の焼失が急速に進んでおり、耕地の疲弊化も進行している。また、気候の乾燥化の傾向もあり、今後の農産物生産の減少も懸念される。この地域の住民の生活を支える土地利用は、今後とも引き続き、農業が主体となるものと考えられる。そこで、短期間の調査ではあるが、調査結果に基づき、今後の耕地の確保について提言する。

Zambezi 川本流沿いの低位段丘地帯は、乾季に水位が下がっても、表層より5～7m以内の箇所には地下水位がある。そこからの毛管水の補給によって、B層とC層では、常時、植物の根が吸収できる

土壤水を保有している模様である。相対的に深い根をもっている樹木や灌木にとっては適潤な環境である。しかし、土壤の表層を構成するA層(20~30cm厚)は大孔隙率が高く、乾いていることが多い。このことは、農作物にとっては、厳しい環境となっていることを示唆している。

地下水が地表近くにあり、しかもZambezi川本流の水位と連動した安定した地下水が存在することは、農耕にとって極めて有利な条件となる。ただ、表層が乾燥することが問題である。

この問題を克服するためには、5~7m程度の浅い井戸を多数掘り、耕地に給水すれば、乾季においても農耕が可能となる。しかも、Zambezi川は大河であり、その低位段丘の発達も広く、地域住民の食料をまかなうだけの規模をもっている。仮に、地下水を大量に汲み上げても、給水した水は地下においてZambezi川本流に環流し、自然環境に悪影響を与える心配もない。この場合も、先に記した火入れの管理と草本による土壤の回復、堆肥の生産・供給が欠かせないことは当然である。

さらに、Zambezi川本流沿いの高位氾濫原は極めて広大で、冠水の頻度が低い場所である。しかし、現在、地域住民が所有している農具では耕運が困難なほどに、固く締まった土壤である。今後、新しく耕運機械を導入して、定期的に耕運することが可能となれば、水分条件と土壤の回復力に恵まれた農耕の適地として利用できる。ただ、大洪水にみまわれた年には、雨季の収穫ができない危険性をはらんでいる。

これらの二つの地帯は、比較的少ない投資で、今後の住民の生活を保証する効果が期待できる場所であると考えられる。関係機関および関係者の努力によって、その実現が望まれる。

(2) 氾濫原の土地利用に対する提言

Machili川の中・下流域からLoazamba川の中・下流域にかけて、極めて大規模な氾濫原が分布する。これらの川の下流域は、調査対象地域から外れているため、その全容を把握できないが、おそらく50,000~80,000haの面積をもつものと推測する。雨季にはその一部が冠水するため、Natural grasslandとなっている。しかし、冠水から免れる場所(高位氾濫原)には、Mupaneの純林が生育する。

この地域のMupaneは、現在、住民の住居用のpoleに限定して、その利用が許可されている。その結果、中小径木を主体にわずかな量が伐採されているにすぎない。Mupane資源の大部分は利用されないまま温存されている状態である。

このMupaneに注目する理由は、資源量が多く、分布の規模がまとまっていること、火入れが行なわれないところでは、下種更新と萌芽更新ともに極めて旺盛で、資源としての永続性があること、製炭資材としての利用も可能で、現在すでに利用されていることである。

しかし、Mupaneの資源量の把握は本調査の直接的な課題ではない。したがって、その資源量について、その概略を推定せざるをえない。仮に、Mupaneが分布する氾濫原(Grasslandとなっている低位氾濫原を含む)の面積を50,000ha、利用伐期齡(utilisation cutting age)を20年、ha当たりの蓄積

を少なめに見積もって10m³とすると、25,000m³の立木資材を、毎年、永続的に供給することが可能である。これは、Mukusiの現在の伐採量の約2倍にも相当している。

氾濫原全体が乾燥化の方向に向かっており、これに伴いMupaneの分布域も拡大している。調査対象地域における乾燥化に伴う農産物生産の全体的な減少の懸念を克服する方策として、このMupane資源の活用の可能性を検討することを提案する。そのための課題を次に記すが、それぞれの課題の問題点を克服する必要がある。

- ・製炭資材としての伐採の可能性。(ロジ族慣習法は製炭を禁止している)
- ・国内外の市場開拓の可能性。
- ・正確な資源量把握と伐採管理の可能性。
- ・資材搬出路と併用した防火帯の設置をふくむ防火対策の徹底の可能性。
- ・恒常的な炭窯による製炭技術の導入の可能性。
- ・住民参加方式による組織化の可能性と住民への利益の還元等。

4. 森林管理計画

ザンビア国南西地域におけるMukusi林(ザンビア・Mukusi林)を主体に、地域の森林と、Woodlandについて、現地調査と観察、空中写真の判読調査を行った、これらの調査から得られた内容を、解析し、検討を行なった結果、ザンビア国南西地域における森林の自然像と現状とが、かなり明確になってきた。森林の構成、状況、特性を背景として、前章までに記載した各分野の結果を総合し、適正な、森林管理のあり方を検討する。あわせて必要な事項について指針を示し、提案を行う。

4.1. 調査対象地

ザンビア国は赤道よりもやや南に位置する中央アフリカの国である。今回の調査対象地域は、国の南西部に位置する熱帯半乾燥気候下の森林地帯に位置している。

ザンビア国西北部を上流地帯(ザイール、アンゴラにわたる地帯)とするZambezi川は、しばらくは南に向かって流下しているが、Monguを経て170kmほど下り、カラハリ砂漠の周辺地域に近づいた地点で、向きを東ないしは東南東に転じてインド洋方向に流下している。この変更点付近の左岸側に Seshekeの町が位置しているが、この付近では、Zambezi川は、幅広い氾濫原を持ちながら、高原地帯を浅く(比高で10~20m内外)刻む形で流下している。今回の調査地域は、この Seshekeから東北120kmのMulobeziに至る間に広がる約50万haの高原地帯(Zambezi河左岸支流の沖積地を含む)となっている。

この地域には高原地区を主体にして、国有林(一部 Local Forestを含む)が分布し、それを刻む支流の沖積面を中心に(周辺高原を含む)、チーフ所管のTraditional landが分布している(Figure-1参照)。今回の主対象林であるMukusi林は、前者の国有林地(Forest estate)に広く分布しているので、今回の調査の主対象地域は、Forest estateの12万haとし、その他の森林、Woodlandについては、副次的な調査を実施した。

高原地帯 : 中位~高位段丘:43万ha (67%)

沖積地 : 低位段丘:6万ha(9%)、氾濫原:13万ha(21%)

4.2. 森林整備にかかわる基本的事項

4.2.1. 立地特性

ザンビア国の南西地域は、過去の地質時代においては、一時期、砂漠地帯であったものが、現在は雨季に600mmから1000mmの降水量の供給がある気候に変化し、雨季に緑を呈する森林地帯となっているのが特色である。そのため、地域全体がカラハリサンドと呼ばれる厚い砂漠起源の砂層

に覆われている。一般に、砂層といえば、水持ちが悪く、肥料成分に乏しいものという印象が強く、瘠悪地の象徴のように考えられていることが多いのであるが、この地区の厚い砂層は次のような利点をもっており、植物の種類によっては、かなり良好な生育が期待できる環境が形成されている。

一般に知られている海浜砂は、風化後の残渣としての石英質の成分からなり、塩基等の無機質肥料成分に乏しいのが特色である。しかしながら、砂漠性の砂粒子は、化学的には未風化の岩石粒子であるため、その中には、塩基類に富む鉱物粒子が豊富に分布している。この地域は少雨地帯であるため、熱帯環境下であっても、風化の進み方は顕著でないのであるが、水分が保持されている砂層内では塩基性鉱物の化学的な風化が行われて、無機的な栄養成分の補給が行われている。

とくに過去に形成された砂層は、洪積世に湿潤熱帯の気候環境に置かれた履歴があるために、風化が進んでおり、塩基性鉱物の変質によって、粘土粒子が増加し、一般の土壌の性質に近づいた性状を示している場合も少なくない。

一般に砂層は、単位体積当たりの小・細孔隙(毛細管上昇高さ:1~5m・5~100m)量が少ないため、シルトや粘土に富む普通の土壌に比べて、水環境に劣るものと考えられている。しかしながら、厚い砂層は、孔隙率の低さを、厚さでカバーしており、砂層が5~6m以上もあれば、総量としては、一般土壌(通常1~1.5mの厚さ)に比べて、勝るとも劣らぬ孔隙量を保有しているものとみてよい。乾季には、深層部に保有されている水の毛細管上昇によって、乏しいながらも表層部も潤い、また、根系が土壌深部に達する深根性の樹木にとっては、直接的に水の吸収が可能な状況となっている。

細粒土に富む一般の土層は、透水性が低いため、河川から数10mも離れると、河川の水位の影響は響かなくなるのが普通である。しかしながら、砂層は通水性がよいため、大きな河川沿いの沖積地では、河川から2~3kmも離れた地点でも、河川の水位に連動する地下水帯が形成されている。そのため、沖積地は、やや高い低位段丘であっても、河川水位との比高がそれほど大きくないので、いずれの箇所も、比較的浅い箇所に、豊富な地下水を保有し、表層土層(砂層)は、そこからの毛細管上昇によって潤されている。場所によっては過湿地も出現している。この地域では、河川沿いの沖積地の面積が広いので、この点では好立地に恵まれているともいえる。

4.2.2. 生態的特性

カラハリサンド土壌は、表層部(30~50cm)では大孔隙が発達しているため、小・細孔隙網が切断されていることが多く、たとえ深層部に豊富な地下水帯があっても、それからのスムーズな毛管水の上昇が期待されないのが特色である。また、高原地帯での表層部の1m程度は保水帯からの比高が大きいいためか、乾季の乾燥の度合いが著しい。このように乾季には土壌の水分状況が深さによって大きく異なっている。

植物は種類によって、根系の発達状態を大きく異にしており、このことと乾季の土壌層内の乾燥状

態の変化との組み合わせによって、次記のような特徴ある生態的な構成が想定される。

草本類の多くは、根系の深さが40cm未満と浅いために、乾季には、毛管上昇水の恩恵にあずからず、地上部は枯死し、根系部も枯死するか休眠する。雨季には急速に根系網を発達させて成長する。他方、冠水地帯ないしは過湿地帯では、雨季には生育が妨げられているが、雨季明けに水が引いた後、短期間に成長を見せる場合も見いだされる。

浅根性樹木の根系の深さは、環境によって多少の変異があるが、通常1mから1.5m程度(深いもので2m)の場合が多いようである。土壌の表層部は乾季における、乾燥が厳しいため、乾季にはほとんどが休眠する。落葉樹がほとんどとなっている。ただ、地下水位が近い沖積平野や低位段丘面では、水分補給が潤沢なため、乾季に入ってから常緑を保っている場合が少なくない。

MukusiやMuzauliなどの常緑ないしは半常緑性の樹木は、深根性の樹種であり、砂層が深い場所では、乾季でも深層部の保水量を直接利用できる能力をもっている。このため高原地帯においても、乾季に入ってから常緑状態を維持している。とくに、保水量が多い箇所や、地下水位が近い低位段丘などでは、通年的に常緑状態を見せている場合が多い。

しかしながら、深根性樹種も土層が浅い箇所や、雨季に地下水位が高い過湿箇所では、根系の発達が浅く、そのため、浅根性の樹種と同様、土壌表層部での激しい水分競争を余儀なくされている。したがって、この場合は、乾季に入ると、早く落葉して休眠状態に入る模様である。

高原地帯にあっても、土層(砂層)が深い箇所で、深根性のMukusiと浅根性樹種とが混交する場合、垂直的な土壌空間内における住み分けが行われて、水分競争が緩和されているものと想定される。このような条件下では、林分密度が高く、林冠が閉鎖した高蓄積の森林が出現している。水分が通年的に恵まれた低位段丘においても同様な構成が見られたものと想定される。逆に、土層が浅い箇所や雨季に地下水位が浅すぎる箇所などのように、深根性の樹種であっても根の伸長が阻まれて、深根特性を発揮できないような立地では、このような垂直的な住み分けができないので、乾季の林木間の水分競争が激しくなっている模様である。このため、森林と同様な樹種構成であっても、林分密度と林冠被覆率は低くなり、蓄積も小さな森林、あるいはWoodlandが出現している。

このような生態環境下にあるため、常緑性ないしは半常緑性の樹種の幼樹(稚樹)は、雨季の間に、根系を1m以上は伸ばしておかないと、乾季の水が得られず、枯死することになる。しかしながら、このような深根性の稚樹の養苗は、現段階では技術的に困難なため、直播造林が行われている。

4.2.3. 林分蓄積の実態、破壊の原因

林分調査の結果、この地域での最大蓄積は250m³/ha以上のものが得られたが、健全な状態での標準的な林分蓄積としては、Site Iで200m³/ha程度と推定された。

当初、このような蓄積を有する森林が、国有林12万haの大部分を占めるものと想像して、その資源

調査を開始したのであるが、調査の進展とともに、森林破壊の状況が著しいことが判明した。Table-55は、今回の調査によって得られた森林簿の計上数値をもとに算出した森林の種類別の蓄積と面積であるが、この表の数値から、現実に利用可能な林分の蓄積と面積とが、極めて小さいことが読み取れる。

ここで、ha当たりの蓄積が $75\text{m}^3/\text{ha}$ 以上の森林を伐採可能な林分とすると、その面積は、国有林面積12万haのうち、わずかに3.2万ha(25%)に過ぎず、そのha当たりの平均蓄積も $156\text{m}^3/\text{ha}$ と小さくなっている。(標準の80%)

さらに基準をさげて、国有林地のうちで、森林ないしはWoodlandの形態をもつものを対象に面積を計量しても6.4万ha(約52%)に過ぎず、ha当たりの平均蓄積も $104\text{m}^3/\text{ha}$ と、標準蓄積の52%程度となっている。また、林木消失地を含む全国有林内での平均蓄積(除くプレーン草地)を算定すると、値はさらに低く、 $55\text{m}^3/\text{ha}$ (28%)となっている。

Mukusiは林冠被覆率の高い森林では、その材積占有率が高く、林冠が閉鎖している林分で55%程度(理想的な標準林分では80%を占めると推定される)の混交率を示しているが、他の閉鎖度合いが低い林分では、50%に満たぬ状況を見せている。

現在、伐採可能な林分約3.2万haの総蓄積は約495万 m^3 、そのうちMukusiは約267万 m^3 となっている。この蓄積が80~100年で得られるものとして、年間の成長量(収穫可能材積)を概算すると、全樹種に対しては5万~6万 $\text{m}^3/\text{年}$ の値が得られ、Mukusiに対しては2.7万~3.3万 $\text{m}^3/\text{年}$ と推定される。現在のMukusiの丸太需要は0.65万 $\text{m}^3/\text{年}$ 程度であるので、立木からの丸太材の利用率を50%とすると、立木材積で年間、大略1.3~1.4万 m^3 の伐採需要量があることになる。この伐採需要量は森林破壊が進んだ現状でも、許容量を下回っている。

通常、森林破壊の原因としては過度の伐採が取り上げられることが多いが、上記のように、伐採量は成長量を下回っており、過去に、現在よりも多量の伐採が行われたとしても、破壊前の健全な森林では、現在の森林材積の3倍以上の成長量があったはずであるので、過度の伐採にはならなかったものと考えられる。したがって、森林破壊は、伐採以外の原因で進行したものと考えてよい。ここで、第一の原因としては、火入れから延焼した、山火事が取り上げられる。

Table 55 Forest stocks of individual forest types (National forest)
(summarised from inventory books)

Forest Crown Clousure		D ₁		D ₂		D ₃		Total	
		20%<Cc<45%		45%<Cc<70%		Cc>70%			
Crown Size	Area	Σm ³	m ³ /ha	Σm ³	m ³ /ha	Σm ³	m ³ /ha	Σm ³	m ³ /ha
		Σha		Σha		Σha		Σha	
C ₃	All tree	879,165	63	1,816,328	116	3,100,720	196	5,796,213	127.6
Cd>10m	Mukusi	370,258	26.5	986,319	63	1,673,958	106	3,030,535	66.7
Site I	area	13,955ha		15,658ha		15,820ha		45,433ha	
Available Forest only	All tree							4,917,048	156.2
	Mukusi							2,660,277	84.5
								31,478ha	
C ₃	All tree	69,216	42	42,735	77	29,920	136	141,871	58.6
Cd>10m	Mukusi	30,638	18.6	14,935	27	7,453	34	53,026	21.9
Site II	area	1,648ha		555ha		220ha		2,423ha	
C ₂	All tree	268,520	35	165,900	60	218,875	85	653,295	50.2
6<Cd<10m	Mukusi	71,026	9.3	35,964	13	37,387	14.5	144,377	11.1
Site II	area	7,672ha		2,765ha		2,575ha		13,012ha	
C ₁	All tree	29,053	17	21,398	26	21,245	32	71,695	23.9
Cd<6m	Mukusi	3,732	2.2	385	0.5	2,160	3.2	6,277	2.1
Site II	area	1,709ha		823ha		669ha		3,201ha	
Forest Total	All tree	1,245,954	49.9	2,046,361	96.8	3,370,760	174.8	6,663,025	104.0
	Mukusi	475,654	19.7	1,037,603	52.4	1,720,958	89.2	3,234,215	50.5
area		24,984ha		19,801ha		19,284ha		64,069ha	
Available Forest only	All tree							4,946,968	156.1
	Mukusi							2,667,730	84.2
								31,698ha	

D₁, D₂, D₃ : classified by forest crown closure.

C₁, C₂, C₃ : classified by crown size (crown diameter) of forest tree.

4.3. 伐採収穫

ザンビア国においても、比較的降水量に恵まれた地域、例えば、中北部のNdola地域では、マツの人工林(一斉造林)が造成されて、すでに収穫期に入っている。しかしながら、降水量が少なく、カラハリサンドに覆われた南西地域では、人工林の成功例はなく、すべてが天然林となっている。したがって、この地域での伐採収穫は、すべてが天然林を対象に実施されている。

4.3.1. 伐採方法

皆伐を伴う一斉人工林地帯では、地域内での林分の法正配置等の条件が満足されれば、森林の保続が図られているものと評価される。つまり、地域を単位にして保続が図られているわけである。しかしながら、天然の広葉樹林では、更新が自然条件下で行われるので、伐採は、母樹あるいは、後継樹の存在を図りながら行われることが必要であり、伐採方法としては択伐方式が採用される。

Mukusiを主体にした健全な広葉樹林での林木構成は、林木を径級で区分した場合、小径木ほど個体数が多く、主林木群においても、大径木ほど少ないという傾向が特色となっている。つまり、林分内で高齢樹が伐採収穫された場合には、後継樹が順次、準備されている(若齢樹木ほど多い形で)のが正常な構造と考えられ森林の保続が、林分単位で行われているのが特色である。したがって、択伐は、林分内での保続構造を破壊しないように実施されることが鉄則である。

4.3.2. 伐採許容量

ここで、用材としての材積利用率は、胸高直径が40cmの林木で高いので、このような40cm以上の大径材を主林木とする林分を対象に検討を進める。伐採許容量は、常識的に、林分の成長量を上回らないことが必要である。しかしながら、すでに述べたように、厳密な意味での林分成長量は、林冠が閉鎖している林分であっても、林分を構成する林木の樹齢、径級が異なると、かなり異なっており、画一的には定量値が示されない。しかしながら、大凡の傾向として、平均樹齢が80~100年で、最大の林分蓄積を示し、その後(100年以降)は、これよりも、若干蓄積を減じるものの、一定値を示すことが分かっているので、平均成長量は次の範囲内にあるものと判断される。

$$\text{最大平均成長量} \quad \Delta v_{\max} = V/80 \quad (\text{年})$$

$$\text{最小平均成長量} \quad \Delta v_{\min} = V/100 \quad (\text{年}) \quad V: \text{present stand volume (m}^3/\text{ha)}$$

択伐の回帰年数を Y_c とすると、回帰年ごとの許容伐採量 ΔV_c は

$$\Delta V_c = Y_c (V/100) \sim Y_c (V/80)$$

Mukusiのみを択伐する場合の Mukusiの許容伐採量 ΔV_{cm} は

$$\Delta V_{cm} = 0.5Y_c (V/100) \sim 0.5Y_c (V/80)$$

回帰年は、Mukusi林木の本数が少ないと、伐採能率が落ちるので、20年が妥当と考えられ

る。20年回帰の択伐許容量 ΔV_{20} 、(Mukusi) ΔV_{20m} は

$$\Delta V_{20} = 20 (V/100) \sim 20 (V/80) \quad (4.1)$$

$$\Delta V_{20m} = 10 (V/100) \sim 10 (V/80) \quad (4.2)$$

また、疎開林ないしはWoodlandについては、 $V \geq 75$ (m^3/ha) の林分を伐採可能な対象林分とし、
択伐許容量 $\Delta V_{20}'$ と $\Delta V_{20m}'$ は

$$\Delta V_{20}' = 0.35 (V - 75) \quad (4.3)$$

$$\Delta V_{20m}' = 0.10 (V - 75) \quad (4.4)$$

この結果伐採対象林分は、Site I の D_3C_3 、 D_2C_3 、Site II D_3C_3 、計約32,000/haが該当する。

4.3.3. 残すべき大型後継樹 (母樹)

現在、伐採許容指針としては、直径階だけで示されている。この場合、ある径級以上の林木が伐採されても、それよりも小径の林木が多数残存する状況にあれば、林種の保続上で問題ないのであるが、往々、大径林木はあっても、小径の林木がない場合が見られるので問題である。現在の規則では、胸高直径が30cm以上の林木であれば、伐採が許容されているが、これだけのことを順守しても、後継樹はもとより、母樹までもがなくなる危険性が高く、保続を図る上では不十分な状態にあると考えられる。

今回の調査で、丸太材を採取する利用材積率が、胸高直径40cm以上で高くなることを見いだされたので、その基準を引き上げることが、後継樹の残存を図る上での、一つの方策と考えられるのであるが、基準を引き上げただけでは、上記と同様な欠陥が残っているので、不十分である。

林分の保続を考慮した場合、許容基準としては、このような径級基準や、許容収穫量だけでは不十分であり、伐採後に、母樹としての役割を果たし得る大径木(ここでは直径が30cm以上の林木とする)が、どの程度残っているかが問題である。ここで、Mukusiの種子は、飛散能力に乏しく、樹冠の広がり範囲よりも、それほど広い範囲(樹冠の広がりの2倍程度を限界と考える)には落下し得ないので、将来も、林分内で50%以上の混交率を維持するためには、少なくとも、径級30cm以上の林木(樹冠面積:90 m^2)が30本/ha以上は、残存していることが必要と考えられる。理想的には、80%に近い混交率も考えられ、この場合には50本/ha以上の残存が必要である。したがって、もしも、30本/haの母樹が残置できないような状態であるのであれば、伐採を禁止し、また、後継樹となるべき幼齢~若齢木の数少なく、100本/ha以下の場合には林分内での造林(直播き造林)を図ること、伐採跡地では、造林を義務づけることが必要である。

上記の母樹残存可能な林分をMukusi混交率50%以上の林分仮定すると伐採対象面積は約1万haと推定される。

4.3.4. 指針

伐採方式 : 20年回帰の択伐方式。

伐採許容量 : 式(4.1)(4.2)(4.3)(4.4)による。Mukusiの許容量は、これに混交率を乗じた程度、標準では50%程度。

Mukusiの伐採許容径級 : 胸高直径 ≥ 40 cm

残置すべき主林木数 : 少なくとも、30本/ha以上(胸高直径 ≥ 30 cm)を、天然下種用の母樹として残す。この条件が満たせぬ場合は伐採不可。しかも、幼齢～若齢林木の本数が、100本/ha以下の場合には、林分内での造林(直播き造林)を実施する。

4.4. 造林と施業

この地域では、火災による被害林地が多く、極度に疎開した林分、ほとんど無立木となった林地が、国有林地内でも7～8万ha分布している。これらの林地、あるいは無立木地(旧林地)に再び森林を回復することは、資源保続上、環境保全上で重要であり、また、森林内にあっても、Mukusi等の有用材の混交率を高めることが、資源対策として必要である。

4.4.1. 天然下種更新

Mukusiの種子は、遠くには飛散しないので、天然下種更新を期待する場合は、母樹の存在が重要である。健全なMukusi混交林では、胸高直径30cm以上の大径木が65～100本/ha程度、Mukusiの樹冠被覆率55～70%程度あって、順調に、世代の交代が行われていた模様であるが、過去にMukusiだけが選択的に伐採されたためか、現在、かなり良好な森林でも、胸高直径30cm以上のMukusi大径木の本数は30～80本/ha、樹冠被覆率は40～55%に低下している箇所が多いようである。さらに、引き続き、Mukusiだけが、選択的に伐採されると、母樹群としての上層木中に占めるMukusiの比率は、益々低下し、その保続が危ぶまれるところである。とくに、最近の20～30年間は、頻発する山火事によって、30年生以下の後継樹が少なくなって、その減少傾向に拍車をかけている。

現在、生育している、上層木からの下種更新が、順調に行われるよう、地掻き等の処理を行うとともに、次記の直播き造林等の、補助策が重要である。

4.4.2. 直播造林

Mukusiは長い垂直根を有する深根性の樹種である。この樹木は、雨季明け後も、土層の深い部分に保持されている水を吸収する能力をもつため、乾季に入ってから、しばらくは常緑樹として、生育を維持するのが特色である。このような、状況に適應するため、雨季中に発芽した稚樹は、地上部の成長よりも、地下部の成長に努め、雨季明けには、1m以上の、深い根系を伸長させていることが必要である。

苗木生産の過程でも、このような、根系の急速な伸長がみられるわけであるが、これを、移植等の便宜のために、切断すると、その後の根系の伸長が妨げられて、植林は、失敗に終わるといふ。これに対して、直播き造林は、根系の伸長を妨げないので、発芽後の健全な成長が期待されることになる。

優良な種子を選び、これらを、土壌中に僅かでも埋積すれば、発根後の土への馴染みがスムーズに行われ、しかも、種子の動物被害をも防止できるので、有利な手段と考えられる。とくに、伐採跡地において、実行したいものである。

Mukusiの直播き造林は、後述のように被陰樹下で行うことになるので、造林密度はそれほど高くはないが、現在30年生以下の林木が少なくなっている実情から見て、少なくとも100本/ha以上、多い場合で400本/ha程度と考えられる。

4.4.3. 苗木植栽

根系の長い苗木を、切断することなく移植～定植することは、技術的に困難なために、Mukusiの苗木生産は成功していない。しかしながら、雨季がはじまると同時に、播種して、ポット苗として短期間育成し、根系が20cm以下の段階で、早期に現地植栽する等々の特殊な育苗方法を考案すれば、この欠点をカバーすることが可能とも考えられる。

Mukusiは、厚い砂層という特殊環境に適応した特色ある樹種であるので、育苗に際しても独創的な発想が重要である。

後述するように、Mukusiの幼齢～若齢林木が、円滑な成長を遂げるためには、ある程度の被陰条件が必要である。この被陰環境の造成に必要な先行林の造成のため、直接、Mukusiの育苗を図るだけではなく、簡易な植栽に耐える陽性樹種の育苗が必要である。

Mukusiにくらべると、Mukwa等の陽性落葉樹種は、浅根性であるので、苗木も養成し易く、植栽も容易と考えられる。技術の体系化が望まれる。

4.4.4. 稚樹、幼樹の保護

稚樹、幼樹の新葉が、動物に好まれるところから、食害が著しいとされている。このような被害を軽減することが重要な課題である。しかしながら、この調査においては、これに関する実態を把握していないので、課題として指摘するに止める。

しかしながら、総合的な見地からすると、稚樹、幼樹に対する、最大の被害原因は、人為的な火入れに起因する山火事と断定してよい。

4.4.5. 先行造林

各地での稚樹の生育状態を観察した結果、正常な生育状態にあるMukusi林では、直径階の低い

林木ほど多数出現しており、幼樹が森林内で、発芽生育して後継樹群を構成していることが読みとれた。つまり、稚樹～幼樹の時代は、強度の被陰は別として、上層木、中層木の樹冠下で、健全な生育を遂げていることを物語っている。Mukusiは幼齡樹～若齡樹時代は半陰性の樹種であり、壮齡林木の樹齡に達した段階(40～50年生以降)で、陽性の優勢木に変転するものと思われる。このような傾向は、それぞれの気候帯で極盛相を形成する樹木類に見られる一般的な性質であり、Mukusiもそれに類する樹種と判断された。

このように、幼樹時代に陰性環境を好む樹種は、直射日光に曝される環境下では、健全な着葉状態を示さず、樹高成長、さらには直径が劣る傾向を示すことが知られている。これまで実施されたMukusiの直播き造林地で、各林木の成長が、自然条件下のMukusiの成長に比べて劣っているのは、これに原因するものと考えられる。既存の大型林に近接する植栽樹や林間の中～下層木が良好な成長をとげ、常時陽光に曝される広場での植栽樹が、梢頭部枯れを起こすなどして、伸び悩んでいる状況が、この例として見いだされよう。

Forest estate内には、山火事によって、林冠被覆のほとんどを失って無立木化した土地が、40%以上を占めているのであるが、これらはいずれも直射日光の強い環境であるのが特色である。このような裸出地で森林の回復を図る場合、直接的に極盛相を構成する樹種を導入するのは、光り環境的に見て無理であるので、最初に、陽性樹種の導入を図り、その後、ある程度の被陰環境ができた後に、Mukusi等の極盛相樹種の導入をはかることが肝要である。陽性樹種の根系が浅根性であるのに対して、Mukusiの根系は幼齡時代から深根性であるので、遅れて生育しても、水分競争での先行樹種との摩擦はないはずである。したがって、極端に厚い被陰条件でない限りは、生育上での障害はないものと予想される。

なお、ここでいう、幼樹の陰性は、草本や灌木による被圧にも耐えるほどの耐陰性を意味するものではない。草本、灌木によって、被圧された場合には、陰性樹種といえども、速やかに、草本、灌木を除去することが肝要である。

ここで、場所によっては、陽性樹種の苗木の育成、さらにはそれらの植栽等による、人工造林が必要となるわけであるが、現在、このような陽性樹の森林育成を先行させるような考え方は、定着していないので、技術的には未完成なのが実情である。したがって、Mukusiの幼樹時代の生態的な特性を調査して、その性状を確認するとともに、円滑な林内成長を可能にする上層林木の構成を明確にすることが肝要である。具体的には、先行被覆(保護)林の構成に適当な陽性樹種の選択し、それらの苗木～稚樹としての養成法と、林地への植栽法、植栽後の撫育法等を技術開発する必要がある。対象となる樹種としては、できれば、Mukwaのような有用な落葉樹種が好ましいが、いずれにしても、枝葉が密生せず、浅根性のWoodlandの構成樹種が候補になりそうである。

4.4.6. 指針

- ・森林内における、Mukusiの選択的な採取によって、母樹構成に歪みが生じる可能性が大きく、Mukusiの保続が危険視される。Mukusi天然下種更新に対する技術的助成策、さらには、直播き造林等による林内での幼樹の人工的な育成の実行が必要である。
- ・林冠が疎開した林地で、Mukusiの直播き造林等により、幼樹の増殖をはかり、後継樹の育成を計る。
- ・Mukusiの直根性に対応した独創的な育苗方式の技術開発が必要である。
- ・Mukusi等の極盛相樹種は、稚樹、幼樹時期は半陰樹としての性格が強いと想定される。直射日光の強い無立木地や、強度の疎開地で森林の再生を図る場合には、最初に、陽性樹種(Mukwaを含む Woodland 構成樹種)の導入をはかり、それらが、ある程度、成林して、ある程度の被陰環境ができた後に、Mukusi等の極盛相樹種の導入(直播き造林:100~400本/ha)を図ることが肝要である。
- ・先行被覆林の造成に関する技術開発が必要である。

4.5. 林分構成が異なる森林に対する造林的な管理内容

これまで、森林の保続、再生を念頭において、造林的な管理内容を検討してきた。森林簿においては、林冠被覆率の大小(D_1, D_2, D_3)、林冠を構成する個々の樹冠の大きさの大小(C_1, C_2, C_3)と、地位(H_1, H_2)に着目して林分区分($C_1D_1H_1, C_1D_2H_1, \dots, C_3D_3H_1, C_3D_3H_2$)を行っているのであるが(Table 55 参照)、本項では、各林分区分ごとに、造林に関する具体的な管理内容を検討することにした。

a. $C_3D_3H_1$

林冠被覆率が完全で、林分材積が $200\text{m}^3/\text{ha}$ 程度の、地位 I の成熟森林である。伐採許容材積は、20~25%に相当する $40\sim 50\text{m}^3/\text{ha}$ 、Mukusiはその50~60%程度と考えられる。Mukusiの混交率がとくに低い場合は、残存すべき母樹数の関係で、伐採禁止の場合があるが、一般的には、そのような懸念事項のない健全な森林である。

b. $C_3D_2H_1$

伐採、森林火災等の原因によって、林冠被覆率が50~70%に疎開した森林(地位 I)である、30~50年後の将来は林冠被覆率80%以上の森林に回復する必要があるため、伐採を差し控える必要があるが、現在の林分材積が $120\text{m}^3/\text{ha}$ とすると、4.3式、4.4式によって、全樹種対象で $16\text{m}^3/\text{ha}$ 、ムクシで $5\text{m}^3/\text{ha}$ 程度の、伐採が許容される。幼齢林木が欠如する場合には、林内造林を行う。

c. $C_3D_1H_1$

火災等の原因で林冠被覆率が20~45%に低下した地位Ⅰの破壊された森林である、林分材積が60m³/haと低いため、伐採収穫は行わず、もっぱら、健全な森林状態への回復を図ることが、管理の目標となる。残存高木の分布が、少ないなりに、均質であれば、そのまま、Mukusiの直播き造林が可能であるが、大きな無立木面があるときは、陽性広葉樹の植栽を先行させ、おくれで直播き造林、天然下種造林を期待したい。

d. C₃D₃H₂

地位Ⅱと立地的には劣るが、林冠がほぼ閉鎖した健全な森林である、林分材積は140m³/haと低い、これ以上の大きな成長が期待されない閉鎖森林であるので、許容伐採収穫量は20~25%、28~35m³/ha程度見込まれる。(Mukusiはその35%程度)。保続に関しての、格別の手当は不要である。

e. C₃D₂H₂

山火事や伐採によって林冠被覆率が、50~70%と低下した森林である。加えて、地位Ⅱと立地的に劣るため、林分材積が75m³/haと低く、伐採収穫の対象にはならない森林である。30年~50年後には閉鎖森林になるよう、現存木の成長を妨げないようにすることが、肝要である。林内に幼齢~若齢樹の成立が少ないときは、積極的に直播き造林を実施したい。

f. C₃D₁H₂

林冠の被覆率が20~45%と低く、破壊された森林である、林分材積が40m³/haと小さいため、伐採収穫の対象外の森林である。林木の成立本数と蓄積を増すために、積極的に造林策をとるべき箇所となっている。

g. C₂D₃H₂

林冠は一応被覆しているが、構成林木が中径木を主体とする若齢林である。(あるいは、とくに地位が低く、成長不良の高齢林)。林分蓄積自体は、許容水準を越している場合があるが、構成林木が小さいので、伐採対象とはならない森林である。とくに、造林的な造成手段を講ずる必要性はないが、本格的な伐採は数10年後となる森林である。

h. C₂D₂H₂

林冠被覆率が50~70%と低く、構成林木も中径を主体にした若齢森林、もしくは Woodland である。径級が小さいため伐採対象とはならない上、このまま放置しても、健全な森林にはなりにくいので、林内での直播き造林を実施するなど、若干の造林的補助手段が必要である。

i. C₂D₁H₂

林冠被覆率が20~45%と破壊状態にある中径級の森林 (Woodland) である。伐採は行わず、林冠閉鎖に向けて、積極的な造林施策の実行が必要である。部分的には、陽性樹種の植栽を行いながら、直播き造林を実施することが考えられる。

j. $C_1D_3H_2$

林冠は閉鎖しているが、構成林木の多くが、小～中径木の幼齢林～若齢林である。現時点では、収穫の対象とはならない林分がほとんどを占めるが、このまま生育すれば、将来健全な森林になることが、期待される。

k. $C_1D_2H_2$

林冠被覆率が50～70%と、不完全な幼齢林～若齢林である。天然下種による幼樹の増加によって、このままでも、健全な森林、あるいは、Woodland に生育する可能性もあるが、陽性樹種の植栽、直播き造林等、若干の造林的な助成を講じることが望ましい。

m. $C_1D_1H_2$

林冠被覆率が20～45%と、低率な幼齢林～若齢林である。このままでは、健全な森林、Woodland に生育する見込みが薄いので、造林施策が必要である。ただ、この林地は、往々、雨季に過湿地になる場所に属していることがあるので、施行順位としては下位にあるものとしたい。

n. $C_0D_3H_1$

かつて、地位Ⅰの優良な森林であった箇所が、山火事によって、無立木地となった箇所である。森林となれば、高蓄積の資源供給地となる可能性が大きいので、積極的な造林を行いたい。造林方法～施行体系については、現在、まだ確立していない面があるが、対象面積が、国有林の20%近くもあるので、種々の模索を行いながら、推進することが肝要である。当面の方法としては、陽性樹種の植栽を先行させ、ある程度の被陰環境ができた後(20年後)に、直播き造林を行うことが考えられる。

p. $C_0D_2H_2$

国有林地の10%におよぶ地位Ⅱの無立木地である。前項と同様積極的に、造林施行を推進すべき箇所である。施行内容も同様である。

q. $C_0D_1H_2$

草地としての傾向の強い立地である。過湿地か否か等の立地性を検討しながら、造林を実施したい。

4.6. 土壌保全対策

この地域での土壌は、本来、決して肥沃ではないのであるが、耕作や家畜の飼育に関連して、地域住民の土壌の肥沃性に頼る面は大きいようである。しかしながら、現実には、火入れによって、住民自身が、土壌の肥沃性を減退させており、しかも、それに気付いていないという矛盾が存在している。土壌生成の仕組みを理解した上で保全対策に取り組むことが重要である。

4.6.1. 土壤保全の基本

総合的に見て、土壤の機能維持、増進に関して中核的な役割を果たしているのは草本類である。

(1) 土壤侵食と草本

土壤の表面が裸出し、直接降水(樹冠雨を含む)に叩かれると、表面にある浸透構造が破壊されて目詰まりを起こし、浸透能が低下する。その結果、表面流を生じ、土壤侵食を発生する。とくに、強雨時には強大な集中流が発生して、リルさらにはガリー侵食を発生する。これらの侵食作用によって土壤養分の貯蔵庫であるA層、B層が失われ、さらには土層全体が失われる。

このような事態を避けるためには、土壤の表面を、雨滴に対する何らかの緩衝物によって被覆して、雨滴の破壊力から表層構造を保護することが必要である。この保護者の役割を果たしているのが、落葉層と草本の茎葉である。落葉の分解速度が早い熱帯では、とくに、草本の役割が大きい。

ザンビア国では、赤色土地帯で、この種の荒廃が顕著である。

(2) 土壤有機物と草本

土壤の肥沃性を端的に表現すると、土壤表層での腐植の含有量によって指標されると考えてよい。腐植は生物、とくに植物の遺体が、その供給源になるが、直接的には、土壤中に分布する根系の遺体が供給源となっている。地表に供給される落葉、落枝等も土壤中に混入する機会があるが、ごく表層部に限られ、土壤のA層、B層の全体に対しては、その影響は小さいと見てよい。

ここで、土壤中における樹木と、草本の根系を比較して見ると、草本のもつ小、細根の密度は樹木のそれの20~30倍以上であり、しかも、草本根系の方が、寿命が短いので、それらが、毎年のように遺体として腐植層に供給されている。樹木は草本よりも深いところにも根系を分布させており、それらが死んだ場合には、深層に及ぶ土壤改良に役立っているのであるが、寿命が長いので、毎年の土壤の肥沃性改良には役立たない。

つまり、短期的~毎年の土壤の肥沃性は、草本によって支えられていると見てよい。

(3) 表層洗脱と草本

砂質土壤は、組成的に粗い粒子で構成されているため、本質的に透水性が大きく、植生の被覆保護がなくても、浸透能が低下せず、また土壤侵食も発現しにくい傾向にある。このため、砂質土壤では、土壤の量的な減少が発生せず、荒廃現象の発生も、進行も見えにくいのが特色である。しかしながら、砂質土壤の表層部では、目立たない形で質的な劣化が進行している。

砂質土壤が裸出して、降水が直接、これを叩く状態になると、砂粒子の外側に保持されていた塩基類や鉄などの風化物質や有機物質が洗脱されて、肥料分に乏しい鉱物質の砂粒子(白色ないし

は灰白色の石英質のものが多い)だけが残る状態が出現する。このような洗脱を受けた砂粒子の層が、土壌の表面を覆うと、繁殖力の大きな草本植物であっても、その生育が阻害され、植生の回復が困難となっている状況が見いだされる。このため、一旦洗脱が始まると、その現象は発達し、場所によっては、厚さ20cm以上もの白色層が見いだされる。

表層土壌が白色化に伴って、化学的に劣化するだけでなく、洗脱によって遊離～懸濁化された細粒物質が下層に移動し、これらが30cm～50cmの深さの箇所に沈殿～集積して、不透水性の盤層を形成することが、問題である。土壌層の比較的浅い箇所に、このような盤層が形成されると、雨季に折角の降水があっても土壌深部への水の浸透が妨げられ、反面、表層部では停滞水層が形成されて過湿状態が出現する。このような状態になると、たとえ植生が再生して、表層土への腐植混入が回復しても、良好な森林地には戻らない可能性が大きい。砂漠化、サヴァンナ化がこのような形で進行するものと想定される。

4.6.2. 草本と林木の共存

森林を焼却して、跡地が焼き畑として利用される場合、森林時代に形成された肥沃な土壌が、作物への栄養源となるのであるが、この肥料成分の貯蔵庫である腐植が、もっぱら林木によってもたらされたものと考えている人々が多いようである。しかしながら、肥沃性を支えている腐植層の直接的な供給者は、上記のように、草本であり、森林内に下層植生が生育していないと、豊かな土壌が形成されないのが実態である。

焼き畑で農作物を栽培する時点で見ると、草本は、水分、養分に対する作物の競争者となっているため、人々は草本を敵視する傾向が強いようである。そして、耕作終了後も、草本を、引き続き敵視しつづけるためか、林内での火入れが頻繁に行われているように感じられる。

ここで、土壌の肥沃性を支えている草本類の役割を理解すれば、林床における草本の存在意義が重要視されるされるはずである。そして、環境的な立場からの森林管理は、林木と下草との共存を図ることとの帰結が生まれてくるはずである。

なお、雨季に入って、草本の旺盛な再生、回復が期待できる条件下であれば、下草が、十分に生育した段階で、その地上部を利用して(場合によっては、焼却しても)、根系の腐植化は妨げられないので、人為的な処置をすべて拒否するものではない。

4.6.3. 指針

環境保全的な立場からの森林管理は、草本と林木との共存を図ることである。幸い、この地域の森林、Woodland は、自然条件下でも十分、草本と共存できる構成となっているので、とくに、積極的に実施すべき技術的な方策は必要ないと考えられる。ただ、消極的な対策として、次記のことが重要で

ある。

「林床から草本が減少するような森林利用や、処理は避けるべきである」。

4.7. 防火対策

Forest estateの40%が、無立木地になっていること、全区のha当たりの平均蓄積が、標準値と思われる林分値の25%、森林地だけについてみても50%になっていること、そして、これらの原因が、すべて、火入れから延焼した山火事によることが、明白となっている。前節までに、森林保続のために、適正伐採量を守ること、あるいは育林施業を行うこと等を、種々検討したのであるが、この、森林火災が防止されない限りは、これらの地道な検討・対策のすべてが無意味なものになってしまうものと考えられる。

4.7.1. 草本と火入れ

枯れ草の存在に対して、無軌道な状態で、火入れが行われ、それが延焼した山火事が、高頻度に発生している。

森林伐採跡地の焼き畑で、耕作を行うとき、草本は、作物の敵であるといった観点から、耕作以外の場合にも、引き続き、草本を敵視するためか、あるいは、土壌の肥沃性は、林木で支えられていると、誤解しているためか、草の環境維持機能を軽視して、これを、安易に消滅させている機運が強いようである。

住民に、土壌の肥沃性の維持、回復に関して、草本類が最大の担い手であることを、理解させて、林地、耕作跡地、放牧地での草本生育の保続、ひいては秩序ある火入れのあり方を、順守させるべきである。

4.7.2. 灌木と火入れ

灌木類の根系は、温帯地域(日本)の例によると、大型樹木と草本との中間にあるが、やはり樹木群の一員であり、草本ほどは高密度ではなく、また草本ほどは短命ではない。すなわち、土壌に対する常時的な腐植供給力は、それほど大きくはないと評価される植物である。

灌木類の多くは、地元民の生活資材や燃料としての価値も小さい上に、さらに乾燥熱帯地域の灌木の特徴として、強い有刺植物が多いため、人間の行動に対して、大きな障害物となって、むしろマイナスの存在と考えられている場合が多いのが特色である。しかも、細いながらも、極めて強靱で弾力性のある幹を持ち、容易に刈り取り駆除もできない存在である。

灌木には、このように人間にとっては無価値で、欠点の多い種類が多く、しかも伐採、刈り取りが困難となると、これらを除去する目的で、火が放たれる理由は、理解できそうである。しかも、これらの灌

木類は、乾季の初期には燃えにくいので、幹や枝が最も乾燥する乾季の終わり頃が、火入れによる駆除の適期と考えられる。これが、原則的には許容されていない遅い時期の火入れが、実行される事出の一つになっているようである。いずれにしても、灌木類だけに点火することは困難であるので、その引火材料として、まず、草に火をつけることが、行われているようである。

有刺灌木類は、下刈り機(bush cleaner)などのような、機械器具を使っても、刈り取りが困難、かつ危険な植物であるため、その駆除には、細心の注意が必要である。

4.7.3. 火入れ効用の見直し

火入れには、それぞれ、目的が掲げられており、公式的には、ほとんどの火入れが有目的なものとして、それなりの評価が与えられている傾向が強いように感じられる。しかしながら、実態は、すでに述べたように、森林に対して、壊滅的ともいえる被害を与えており、森林管理の立場からは、それを抑制することが第一の課題となっている。

火入れそのものの慣習は、古くから行われてきた南アフリカ地域での伝統的な行為であるが、これが激化したのは、最近の20年～30年のこととされている。そして、南西地域の国有林に被害が入り、その被害が拡大したのも、同じ時期とされている。

Early burningをはじめとする各種の目的で一応正当化された火入れが、かなり沢山あるのであるが、これらが、住民の目には、安易な、火付け行為も、社会的に、許されるように映ったのかもしれない。マッチ、ライターという点火に容易な器具が、一般住民の手にわたったのが、火災激化の最大の事由と考えられるのであるが、公的機関での、火入れの推奨、容認が、一般住民の側から見れば、火入れの行為を煽ったように感じられたのではないかと、危惧される。

農業、牧畜、疾病対策等の各分野で、それぞれ正当化され、限定つきにせよ推進されている火入れ行為が実在しているのであるが、それらの効用の見直しとともに、その行為が、一般住民の意識に、どのように反映しているかを検討すべき時期にきているのではないかと感じられる。なおこの火入れ問題については、環境の章で、さらに具体的に検討を加えたい。

4.7.4. 指針

森林に対する防火対策は、基本的には、山火事に直接結びつく、火入れ行為の制限、もしくは適正化であるが、次善の策としては、発生した山火事の、林内への延焼を防止することが重要である。ハードな防火対策としては、消火器具・機械の充実、防火帯の設置等が挙げられるが、このことについては次項で記述する。

4.8. 森林管理のための基盤整備

近代的な社会に対応して、森林を、健全な形で育成維持管理し、また効率よく利用していくためには、道路や機械器具の整備が必要である。

4.8.1. 運搬車両と道路

広大な林地内において、育林、伐採を行うためには、機材と人員を運搬するための車両、伐採木を運搬するための車両と、車両が通行できるような道路が必要である。

車両としては、伐採木(丸太材)運搬のための大型トラック、機材、人員運搬のための小型(中型)トラックが必要である。乾季の浮き砂、雨季の泥濘を走破するため接地圧の大きな車輪をもつ車両が望まれる。

現在、木材運搬と伐採のための人員・機材の運搬に必要な車両は、製材工場側で用意されているが、将来、森林造成が本格化した場合には、森林管理機関にも、造林用器材と人員運搬のための車両と、森林管理のための車両の配備が必要である。具体的な、車両のタイプ、台数等は、プロジェクトが実行される場合、その規模と必要性に応じて、要求されることになるが、現在、少なくとも、ジープ1~2台の配置が必要である。

常時利用する頻度の高い道路としては林道、伐採時のみの利用等、一時的な利用の道路としては作業道を設置する。簡易な道路は、ブルドーザーで、根系を除去しながら整地するものが多いが、この場合、路面が、周囲よりも一段低くなるのが普通である。雨季に湿地になり易い場所では、周辺を掘削して、盛土による路体の構築が考えられる。

道路幅員としては、5m程度のものが妥当と考えられる。なお、道路は、2~3年も使用しないと、灌木類が密生して、通行不能となる場合が多い。したがって、現在利用頻度の高い2~3路線(Masese周辺の延長50km程度)は、恒常的な林道として、維持管理するが、その他の林道については、造林、伐採等の、プロジェクトが決定した際に、具体的な計画、建設を行うことが妥当と考えられる。

この地域は、平坦な砂質土層であるため、道路建設に関して、アスファルト~コンクリート工事、橋梁工事等の、本格的な土木工事が不要な場合が殆どである。道路建設とその補修には、ブルドーザーがあれば、臨機応変の実行が可能であるので、森林管理機関への配備が必要である。

4.8.2. 防火帯兼用管理道路

火災が発生した場合、火勢が激しい場合は、数10mも飛び火して延焼するが、多くの場合は、経験的に6m幅程度の防火帯があれば、延焼がくい止められるのではないかと、考えられている。公式的には、火入れは、森林以外の草地や樹園地で行われ、それが、林内に延焼して山火事になる場合が多いとされているので、森林とその他の土地利用との境界線に沿って、森林を取り囲むように防火帯が設置されれば、山火事の発生は、防止できるものと考えられる。