

くに、Mululube、Zungubo、Sichingaの各Forest estateにおいては、その70%以上の面積が焼失し、Kasiki、Nanyonta、Zungubo、Nangombeなどの各Forest estateにおいては、その60%以上が焼失している。森林火災の深刻さを物語っている。

Natural tree grasslandの面積は33,500haを計測したが、氾濫原や湿地および支流の河川敷などが乾性化していることを示しており、調査対象地域における気候の乾燥化と関連していると思われる。

Forestの分布面積は、調査対象地域500,900haの17.2%に相当する86,000haである。その71.6%はForest estateの中に分布する。Forest estateは、森林火災の被害が深刻ではあるが、Forest estateの区域外のForestに比べると、ha当たりの蓄積は1.9倍となっている。この地域の森林資源として、Forest estateの森林は貴重といえる。とくに、Mukusi資源量の79.6%はForest estateが保有しており、Mukusi資源の供給基地として位置付けられる。

Mupane tree grasslandは30,800haと計測したが、調査対象地域外にも分布しており、今後、正確な分布域と資源量の把握が必要である。

Woodlandは196,500haであるが、木材資源の対象となるClosed woodlandは、その78.2%に相当する153,200haである。大部分はForest estateの区域の外に分布する。

Farm landは、22,500haを計上した。

#### 2.1.6. 土地利用植生図の作成手順

土地利用植生図を、次の手順にしたがって、500,904haについて作成した。

- ・各土地利用形態および植生タイプごとに、それぞれの空中写真映像の特徴を、現地において把握する。
- ・空中写真の判読基準を作成する。その内容は土地利用植生の区分で記した内容と同じである。
- ・判読基準に基づき、各土地利用形態および植生タイプを判読し、空中写真上に区画する。
- ・空中写真で、その内容が判読できない箇所について、現地で分類する。
- ・モザイク写真上に、空中写真の判読結果を記入する。
- ・モザイク写真に記入した区分結果を、縮尺1/50,000の地形図に移記し土地利用植生図の素稿を作成する。
- ・素稿図を編集し、土地利用植生図を作成する。

なお土地利用と植生の区分および空中写真判読基準は、現地調査結果、ザンビア国測量局が近年採用している地図の凡例、測量局との意見交換をもとに決定した。

Table 12 Belt-transect (Buhunda open woodland)

Species	Height	Diameter at breast height	Crown Diameter	Number
	n	cm	m	
Xubako (Xbk)	5-8	6-16	2.5-6	7
Xusheshe (Xs)	3-6	6-9	1.5-3	6
Kapapati (Xp)	6	13-14	3.5	2
<b>Total</b>				<b>15</b>

Table 13 Belt-transect (Buhunda closed woodland)

Species	Height	Diameter at breast height	Crown Diameter	Number
	m	cm	m	
Xukusi (X)	10	10-17	4.5	3
Xuzauli (Xz)	3-16	6-46	1-13.5	23
Xusheshe (Xs)	11-15	14-34	8-10.5	4
Xububu (Xb)	5-11	8-17	2-6	4
Xulya (Xl)	4-5	7-8	2	3
Xuhamani (Xm)	7-10	33-45	3-7	3
Xukva (Xk)	9	12	2.5	2
Xuwava (Xwa)	5	16	5	1
<b>Total</b>				<b>43</b>

Table 14 Belt-transect (Sikubingwa forest)

Species	Height	Diameter at breast height	Crown Diameter	Number
	m	cm	m	
Xukusi (X)	3-13	7-43	1-8.5	61
Xuzauli (Xz)	10-14	26-64	5-12	6
Sibobo (S)	5-8	9-24	3-6	4
Isunde (I)	5-6	9-10	2-4.5	3
Xububu (Xb)	4-6	8-10	2.5-4	3
<b>Total</b>				<b>77</b>

Table 15 Present condition of vegetation and forest resources

No.	forest estate group of forest	Total area(ha)	Area(ha) of each vegetation						Rate of		Total stand volume				
			Forest Woodland	Closed Woodland	Open Woodland	Mupene tree grassland	Natural tree grassland	Artificially degraded tree grassland	Natural grassland	Farm land	"Forest" (%)	Remark	Vol. per ha(m <sup>3</sup> )	Stand volume(m <sup>3</sup> )	Mukusi volume(m <sup>3</sup> )
1	Masese	54,933	25,228	612	0	2,480	25,319	291	3	46	Total(a-h)	104	2,526,240	1,688,323	
a	Sichinga	5,974	1,220	137	0	216	4,350	48	3	20		40	53,654	17,330	
b	Monze	6,083	769			1,136	4,178			13		52	39,614	13,282	
c	Kasiki	5,540	2,023			818	2,700			36		96	194,544	110,280	
d	Malawe	5,681	2,291			116	3,274			40		71	163,366	81,735	
e	Simungoma west	7,990	5,734			194	2,062			72		125	717,222	435,337	
f	Simungoma east	8,540	6,237				2,303			73		129	801,522	621,779	
g	Sikubingwa	5,385	3,391	279			1,555	160		63		92	336,525	222,470	
h	Sisisi	9,740	3,564	196			5,897	83		37		85	319,793	186,092	
2	Zungubo	950	191	65			694			20		81	20,782	2,582	
3	Katene	2,560	1,043	132			1,343	42		41		97	114,496	31,386	
4	Mululwe	7,278	899	127	508		5,583	108	49	12		58	59,476	12,246	
5	Nanyota	3,432	763	212	222		2,211		24	22		68	66,492	31,641	
6	Samatela	6,485	1,389	1,062	1,529		2,497		8	21		51	125,463	39,474	
7	Lumino	4,000	1,742	32			2,168		58	44		115	203,596	85,369	
8	Kayumbwana	3,575	1,919	120			1,536			54		109	208,394	81,000	
9	Nangombe	2,380	855	84			1,441			36		111	94,768	13,950	
10	Si Julu	2,770	1,731	77	385		452		125	62		124	224,627	76,888	
11	Kalawa	1,095	302	216			308		180	30		53	16,070	3,968	
12	Kezu-Namena	7,860	5,287	23	941		1,582		24	67		100	529,917	134,436	
13	Nango	1,450	1,149				295		6	79		171	197,002	114,580	
14	Kanyanga	1,980	1,337	57			542		44	68		98	136,190	58,792	
15	Lenze	9,295	6,519				2,744		32	70		114	742,353	351,576	
16	Nalwama	3,340	2,084				1,255		131	62		77	161,167	64,613	
17	Lwangula	2,131	1,212	29			674		216	57		98	118,641	32,507	
18	Situmpa	10,520	8,020	135			2,318		17	76		127	1,017,401	410,875	
	Subtotal(Forest estate)	125,943	61,670	2,399	4,169		53,837	458	930	49		104	6,663,075	3,204,215	
	Sheet No. of Topographic map														
	1724A2	42,570	418	31,283	1,850	0	2,390	4,242	1,593	694		51	1,628,928	2,532	
	1724A4	36,703	2,009	9,229	566	0	4,420	18,348	178	1,953		46	518,569	18,025	
	1724B1	46,663	1,935	26,280	2,878	0	3,083	8,275	1,567	2,645		61	1,724,379	269,367	
	1724B2	55,398	5,072	10,107	9,816	16,683	10,972	1,465	128	1,155		58	881,903	136,618	
	1724B3	19,635	3,643	1,369	1,260	0	1,748	7,426	1,255	2,904		58	288,757	78,429	
	1725A1	20,306	3,100	0	1,362	13,071	156	52	1,255	1,310		60	185,157	66,083	
	1624D3	37,943	687	28,522	179	0	2,286	4,522	1,747	0		52	1,509,796	92,006	
	1624D4	33,648	1,656	20,071	4,008	0	1,952	3,658	385	2,518		45	985,695	14,537	
	1625C1	34,848	1,065	16,413	2,647	0	360	4,342	6,193	3,828		59	1,023,271	39,334	
	1625C3	38,234	4,657	7,479	11,256	618	3,290	1,144	4,086	5,704		63	766,110	110,468	
	1625C4	9,013	109	0	3,392	452	2,692	1,387	822	154		58	6,285	79	
	Subtotal(Sheet)	374,961	24,351	150,753	39,214	30,324	31,068	52,125	22,014	24,612		54	9,516,760	827,468	
	Total	500,904	86,021	153,152	43,383	30,824	33,548	105,962	22,472	25,542		68	16,179,835	4,061,683	

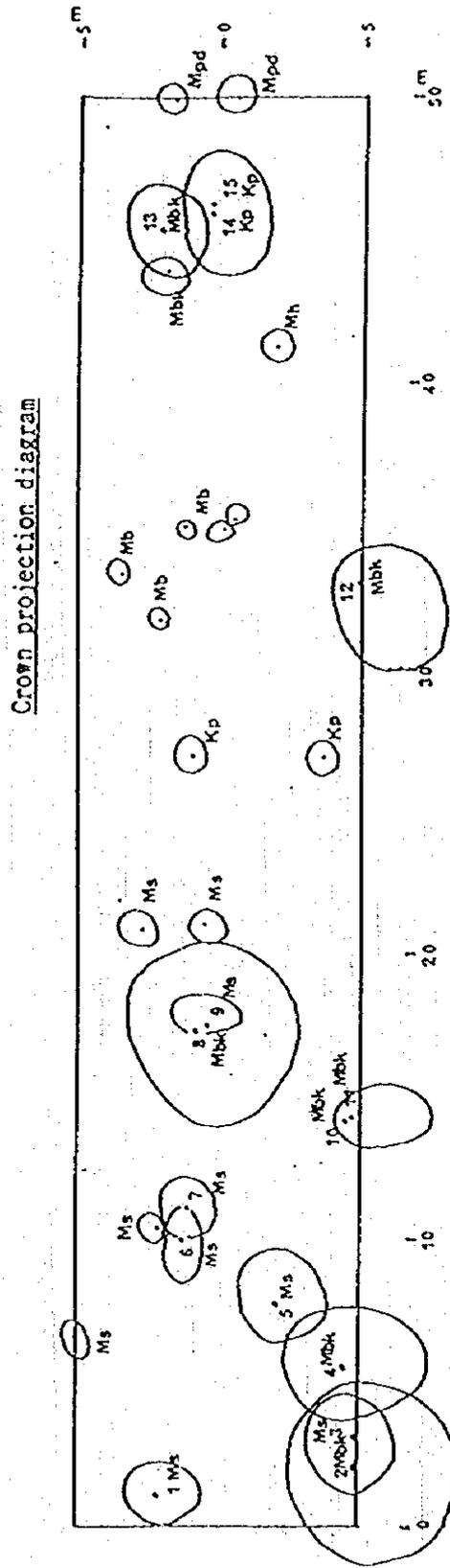
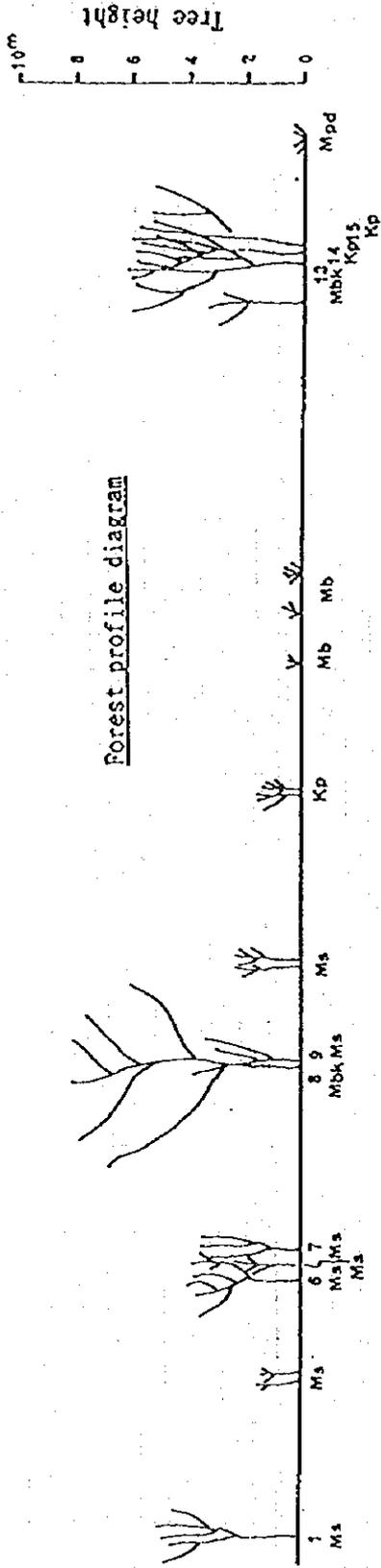


Figure 9 Belt-transect (Buhunda open woodland)

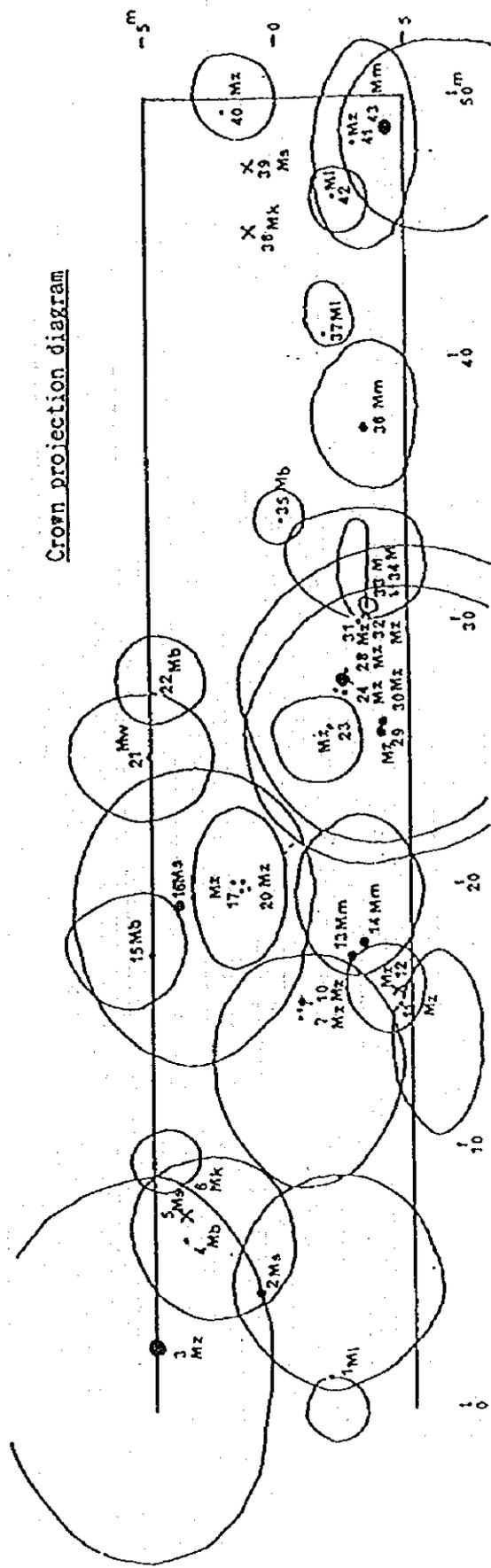
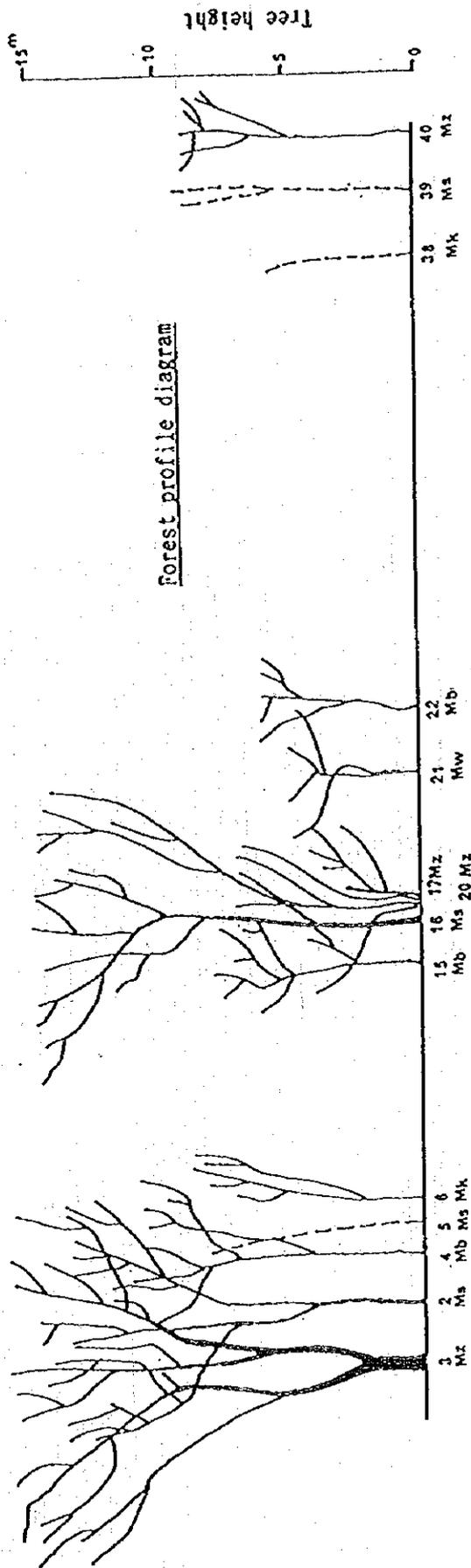


Figure 10 Belt-transect (Buhunda closed woodland)

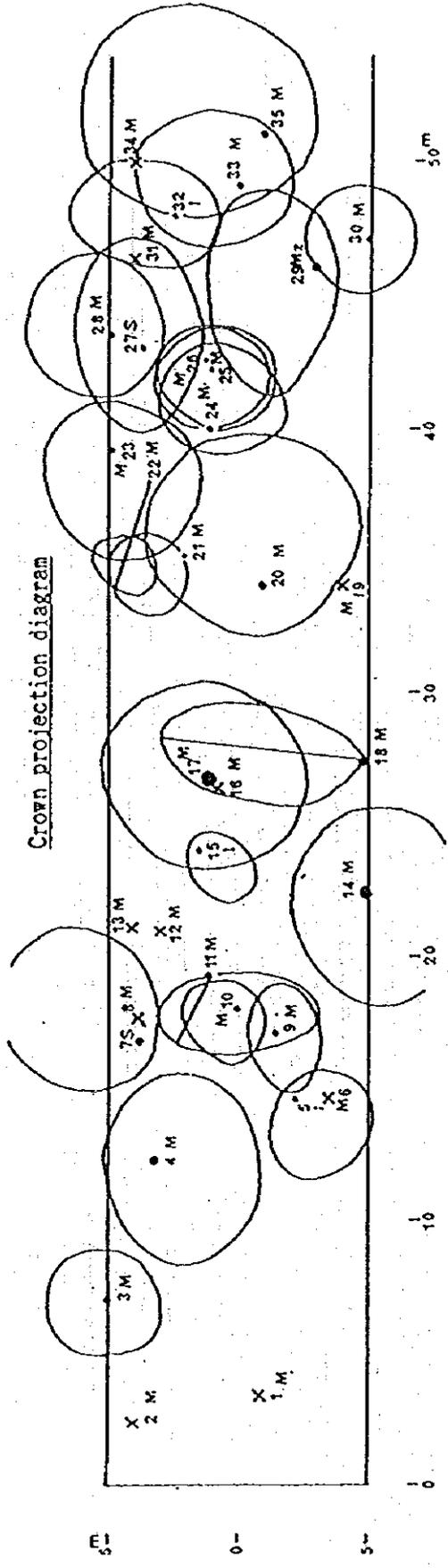
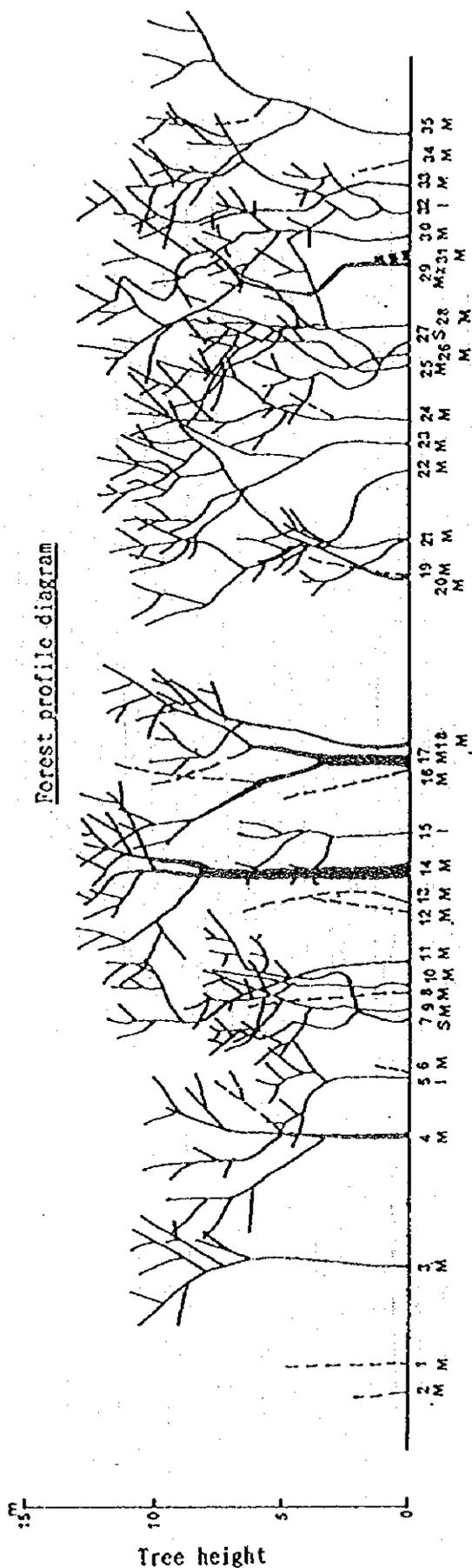
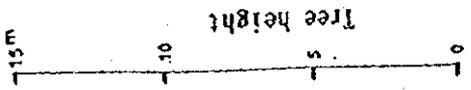
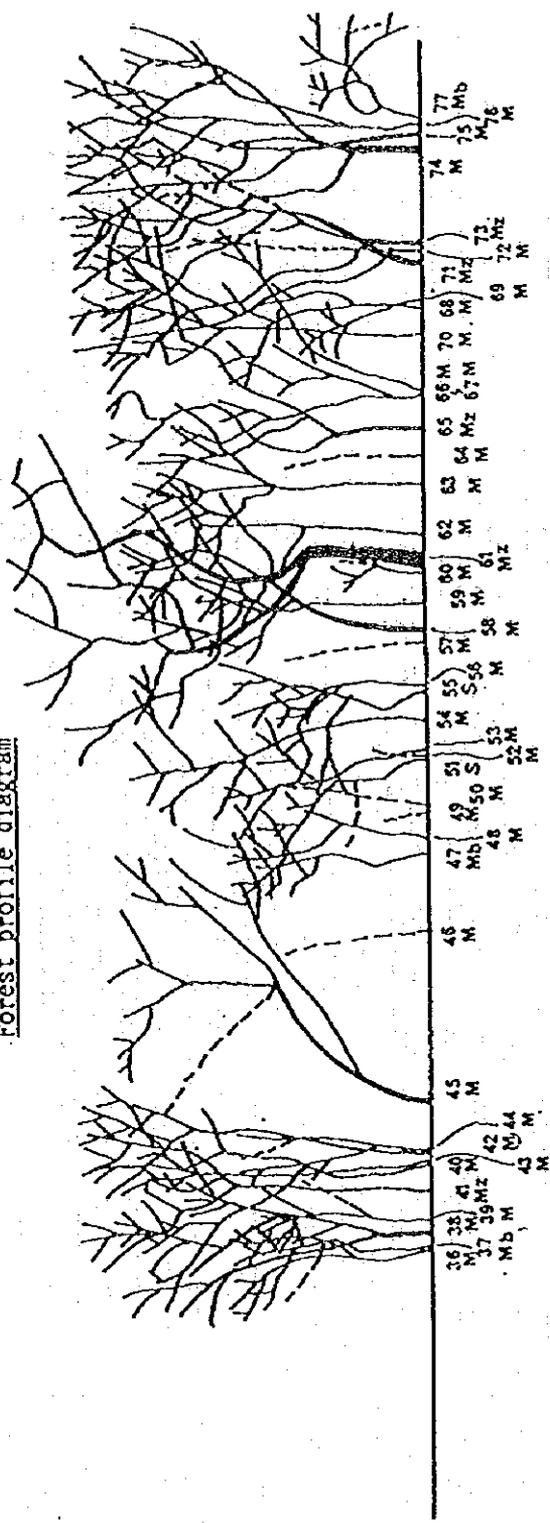


Figure 11 (1) Belt-transect (Sikubingwa forest)



Forest profile diagram



Crown projection diagram

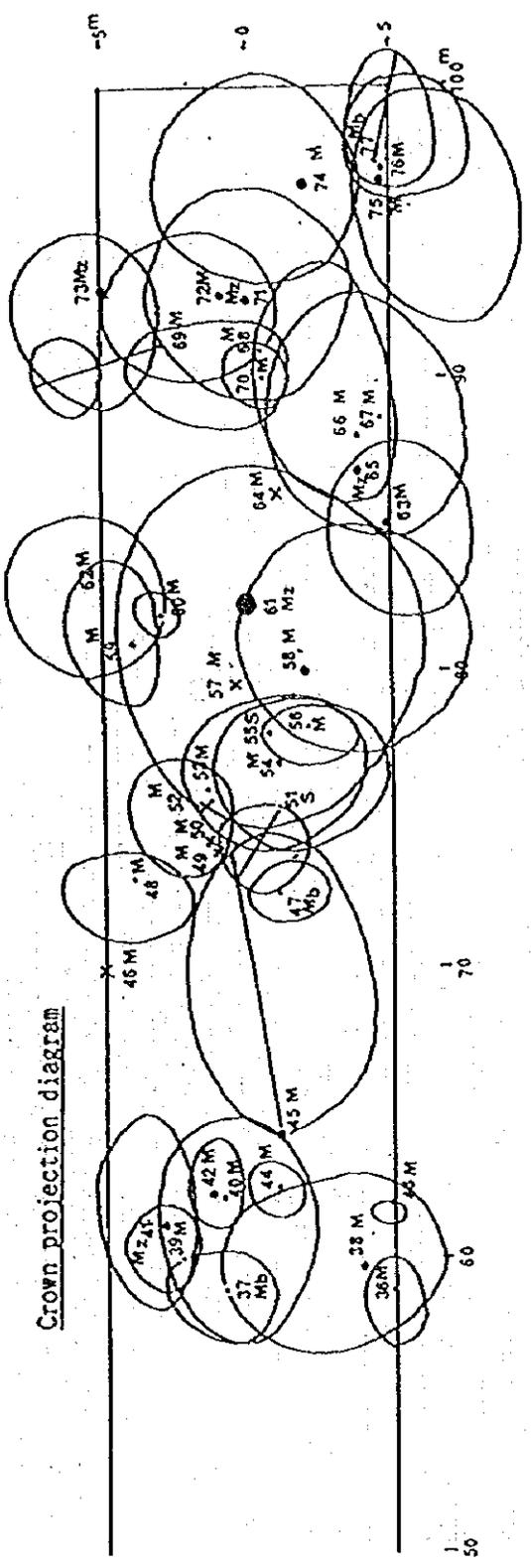


Figure 11 (2) Belt-transect (Sikubingwa forest)

## 2.2. 土壌

### 2.2.1. 調査期間と調査内容

土壌調査は、Mukusi林分布地域の土壌図作成に直接かかわるものである。調査期間フェーズⅡ(A)は、1994年8月7日～9月5日(30日間)に、地域全体の概況把握のための現地踏査を実施した。フェーズⅡ(B)は、1994年9月6日～10月9日(34日間)に、土壌図作成のための土壌分類に必要なデータ収集である土壌断面調査を、Mukusi林を主体として実施した。フェーズⅡ(C)は、1995年1月17日～3月18日(60日間)に、前回に引き続いて、土壌断面調査を実施し、土壌分類作業を行った。フェーズⅢにおいては、土壌図の作成、土壌図の解説および土壌調査結果についての総合考察を行った。

### 2.2.2. 調査地点

調査地点の選定にあたっては、フェーズⅠ(1994年4月)で撮影した1/50,000と1/25,000の空中写真判読と既存のRhodesian Teak Forest Working Plan(1964)の付図 Rhodesian Teak Forests Area およびフェーズⅡ(A)における現地踏査を参考にした。

空中写真から微地形の判読を試みたが、全体に平坦で、地形の区分は困難であった。また、現地踏査でも、Mukusi林の大部分がほぼ平坦な高原状地形の所に存在していることが確認されたので、既存資料のMukusi林 Areaの中からMukusi林およびWoodlandを中心にして、土壌断面調査の調査地点を選定した。

各Mukusi林に対して、1～2か所の土壌断面調査を実施した。

フェーズⅡ(A)の現地踏査では、ほぼ全調査地域を概査しながらMukusi林、Woodland、Dambo等で簡易試坑による土壌調査を実施した。フェーズⅡ(B)では、Forest、Woodland等でNo.1～No.12の12か所、フェーズⅡ(C)では、No.13～No.38の26か所試坑を掘り、土壌断面調査を実施した。土壌断面調査地点はFigure-12に示すとおりである。

### 2.2.3. 調査方法

現地踏査では、簡易試坑により土色、土性の調査を主とした。本調査は、調査地点に到着したら、周辺的环境から代表調査地点となる場所を決定し、土壌断面調査用の試坑を掘る。続いて試坑内に土壌を観察するための垂直な断面を設定する。土壌調査用の標準断面としては、一般に幅1m、深さ1～1.5m位必要となるが、それより浅い所に基岩が出た場合には、試坑の深さはそこまでとする。そして、土壌断面の反対側に、調査作業用に数段の階段を作る。本調査では、大部分が砂質土壌であり、層位の判定、土色の変化が見極め難いことと、調査対象のMukusiの根が深いことから、土壌断面

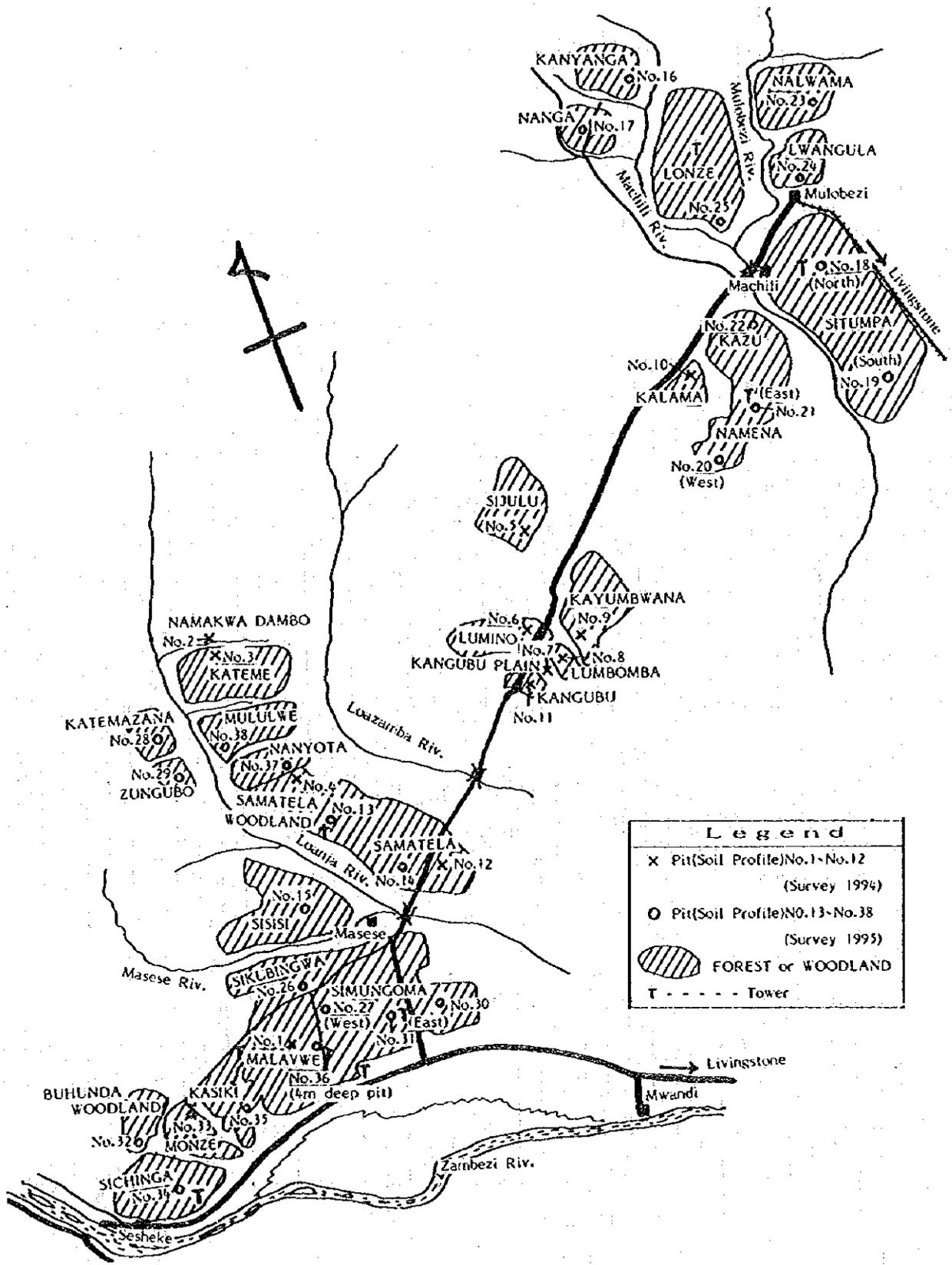


Figure 12 Zambia teak forest soil survey plots

の深さを1.5~2.0mとした。

素掘りが終わったら、土壌調査用のコテや剪定鋏などを用いて、調べようとする断面内のスコップ跡を削ったり、植物の根などを切り揃えたりして、観察断面を平滑に調整する。土壌断面の調整が終わったら、スケールを断面の左側に立て掛け、調査地名および調査年月などを記入した札を断面の上に置いて、写真撮影を行う。

続いて、断面のスケッチ、層位の区分、土性、土色、緊密度、石礫や根の分布状態などを断面記載用紙に記載する。断面記載用紙のサンプルは、App.Figure-1に示すとおりである。土壌断面調査項目および記載内容は、FAOの"Guidelines for Soil Profile Description( 2nd ed.1977)"に準拠し、具体的な項目、記載記号をApp.Table-6(1)、(2)に示す。なお、調査地点における植生(樹木名など)、土地利用状況なども記載する。

調査地点を地形図上に明らかにするため、土壌断面調査時にGPS( Global Positioning System)測量で、地点を確定した。GPSは、空中写真撮影時と同じGridのUTM Zone 35を用いた。

#### 2.2.4. 土壌調査の結果と土壌分類

各土壌断面の記載については、App.Figure-2(1a)、(1b)、(2a)、(2b)、(3a)、(3b)に示したSoil Profile Chart(土壌調査票)の記載見本のとおりである。各土壌断面調査結果の一覧表は、App.Table-7(1)~(4)に示す。土壌断面形態より、FAO/UNESCOの"Soil Map of the World, Revised Legend(1988)"に基づき、各調査地点の土壌分類を行った。

本調査地域の表層地質は、第三紀後期から更新世にかけてのカラハリ砂漠拡大期の風積物であるカラハリサンドで、砂質の深い堆積層を形成している。土壌もほとんど全層が粗粒質となっている。したがって、Mukusi林が分布している標高1000m前後の高原状地形(Plateau)に出現する土壌のタイプは、FAO/UNESCO方式土壌分類の大分類では、大部分がArenosols(AR)(石英砂質土壌)に該当することになる。

FAO/UNESCOが1977年に作成した"Soil Map of the World(1/5,000,000),Volume VI"(Africa)を見ると、ザンビア国南西部のカラハリサンド Areaの土壌タイプがQc29-1aと表示されている。Qc29-1aの内容は、次のようなSoil Unit の複合形態を示している。

Dominant Soil Unit	Qc : Cambic Arenosols	(集積変成石英砂質土壌)
Associated Soils	Ge : Eutric Gleysols	(富栄養的地下水還元粘土性土壌)
	P : Podzols	(漂白灰色土壌)
Inclusions	V : Vertisols	(反転土壌)
	Sg : Gleyic Solonetz	(地下水成的暗色塩類土壌)
Soil Texture	1 : Coarse	

Slope(Relief) a : Level to gently undulating 0 to 8%

これは、大縮尺の土壤図であるので、高原地帯の砂質土壤から、Zambezi川の氾濫原までを含んでいる。また、FAO/UNESCOは、"Soil Map of the World"を出してから、世界各地でその後の新しいデータや情報の蓄積によって、Legendの改訂を行っている。本調査では、その新しいRevised Legendを用いて、土壤タイプの分類を行った。

ザンビア国においても、現在、縮尺1/1,000,000の全国土壤図を作成中で、その中で、表示されているザンビア国南西部地域の土壤タイプは、Aggrigated Plateau : Orthi-Ferralic Arenosols、Flood Plains : Gleyi-Dystric Fluvisols、Orthi-Calcic Vertisols、Dambos : Fiblic Histosols、Orthi-Umblic & Dystric Gléysolsとなっている。

Mukusi林分布地域(高原状地形)の土壤は、Soil Unitの段階では、赤黄色から赤褐色の Ferralic Arenosols (鉄礬土化石英砂質土壤)が大部分を占め、一部で淡黄色のHaplic Arenosols(単純性石英砂質土壤)となっていて、粗粒質で透水性の良好な土壤である。高原状地形の中を開析して流れている河川の周辺や、Dambo、Plainなどの低地には、高原から流出した砂の堆積した土壤、カラハリサンドの下層の風化物やZambezi川上流からの流積物、未分解有機物などが混在した土壤があるが、本調査地域の範囲内では、漂白層のあるAlbic Arenosols(漂白性石英砂質土壤)と、グライ層や斑鉄層のみられる Gleyic Arenosols (水成還元性石英砂質土壤)が主になっている。

植生および地形等による各 Soil Unitの分布は、次のようになる。

Forest or Woodland (Plateau)	主:	Ferralic Arenosols	(ARo)
	副:	Haplic Arenosols	(ARh)
Grassland		Albic Arenosols	(ARa)
(Dambo or Plain)		Gleyic Arenosols	(ARg)

Soil Unitをさらに細分類する方法としては、通常、Soil Unitと傾斜(Slope)および土性(Texture)を組合せたものが用いられる。しかし、本調査地域では地形に大きな変化がなく、土性にも変動が少ないので、細分類の基準として傾斜、土性を用いることはできない。そこで、本調査地域に広く分布しているFerralic Arenosols(ARo)の細分類方法を検討した結果、下層土(B層)の主要土色を分類の指標として使用することとした。

Ferralic Arenosols(ARo)を下層土の色から、Reddish、Orange、Yellow orangeの3つのSub-typeとして、次のように細分類の基準を設けた。

(1) Reddish Ferralic Arenosols ----- (ARo-R)

B層: 5YR4/4~2.5YR5/4 C層: 5YR、2.5YR4/4~6/8

(2) Orange Ferralic Arenosols ----- (ARo-O)

B~C層: 7.5YR7/7~7/8(一部 5YR)

### (3) Yellow orange Ferralic Arenosols -- (ARo-Yo)

B~C層:7.5YR6/4~8/4(一部 10YR)

これらの土色の出現要因としては、母材であるカラハリサンドの堆積時代の相違、基盤岩石の露出風化物との混在、または、カラハリサンドの移動集積に伴う鉄の溶脱、集積、酸化などの影響が考えられる。

各土壌調査プロットの土壌タイプ分類一覧をTable-16に示す。

#### 2.2.5. 土壌図の作成

土壌図は、フェーズⅡで作成された1/50,000地形図を基図として、土壌調査結果から得られた各土壌タイプの分布を図示する。土壌図には、単一の土壌タイプ、または、いくつかの土壌タイプの複合の形として図示されるものもある。これらの土壌タイプを、地形図の中に区画し、記号で表現する。

##### (1) 土壌図の解説

本調査で出現した主要土壌群および土壌単位の特徴とそれらの識別について、FAO/UNESCOのSoil Map of the World, Revised Legendの定義を次に示す。

ARENOSOLS (AR): Soils which are coarser than sandy loam to a depth of at least 100 cm of the surface, having less than 35 per cent of rock fragments or other coarse fragments in all subhorizons within 100 cm of the surface, exclusive of materials which show fluvic or andic properties; having no diagnostic horizons other than an ochric A horizon or an albic E horizon.

Haplic Arenosols (ARh) Arenosols having no diagnostic horizon other than an ochric A horizon; lacking ferralic properties; lacking gleyic properties within 100 cm of the surface; non-calcaric.

Ferralic Arenosols (ARo) Arenosols showing ferralic properties, and colouring of the B horizon expressed by chromas of 5 or more or hues redder than 10YR; lacking a clay increase or lamellae of clay accumulation within 125 cm of the surface; lacking an albic E horizon with a minimum thickness of 50 cm; lacking gleyic properties within 100 cm of the surface; non-calcaric.

Albic Arenosols (ARa) Arenosols having an albic E horizon with a minimum thickness of 50 cm within 125 cm from the surface; lacking gleyic properties within 100 cm of the surface; non-calcaric.

Gleyic Arenosols (ARg) Arenosols showing gleyic properties within 100 cm of the surface.

特徴層位についての要点を、次に示す。

Albic E: Bleached, usually sandy material, lacking clay and free iron oxides.

Ferralic B: Highly weathered sandy loam or finer texture. Low CEC, illuvial clay and weatherable minerals.

Table 16 Classification and soil survey plots

Pit No.	Forest Name incl. Woodland, Dambo, Plain	FAO/UNESCO classification Soil Unit (sub-type)
No. 1	Malavwe ( B.R.)	ARh
No. 2	Namakwa Dambo	ARa
No. 3	Kateme	ARo-O (Orange type)
No. 4	Samatela Woodland	ARo-Yo (Yellow orange type)
No. 5	Sijulu	ARo-R (Reddish type)
No. 6	Lumino	ARo-O (Orange type)
No. 7	Kangubu Plain	ARg
No. 8	Lumbomba	ARo-R (Reddish type)
No. 9	Kayumbwana	ARo-R (Reddish type)
No. 10	Kalama	ARo-O (Orange type)
No. 11	Kangubu	ARo-R (Reddish type)
No. 12	Samatela (East)	ARo-O (Orange type)
No. 13	Samatela Woodland	ARo-O (Orange type)
No. 14	Samatela	ARo-O (Orange type)
No. 15	Sisisi	ARo-O (Orange type)
No. 16	Kanyanga	ARo-R (Reddish type)
No. 17	Nanga	ARo-R (Reddish type)
No. 18	Situmpa (North)	ARh
No. 19	Situmpa (South)	ARh
No. 20	Namena West	ARo-O (Orange type)
No. 21	Namena East	ARo-O (Orange type)
No. 22	Kazu	ARo-O (Orange type)
No. 23	Nalwama	ARo-O (Orange type)
No. 24	Lwangula	ARo-O (Orange type)
No. 25	Lonze	ARo-O (Orange type)
No. 26	Sikubingwa	ARo-Yo (Yellow orange type)
No. 27	Simungoma West	ARo-Yo (Yellow orange type)
No. 28	Katemazana	ARo-O (Orange type)
No. 29	Zungubo	ARo-O (Orange type)
No. 30	Simungoma East (East)	ARo-Yo (Yellow orange type)
No. 31	Simungoma East (West)	ARo-O (Orange type)
No. 32	Buhunda Woodland	ARo-O (Orange type)
No. 33	Monze	ARo-O (Orange type)
No. 34	Sichinga	ARo-R (Reddish type)
No. 35	Kasiki	ARo-O (Orange type)
No. 36	Malavwe (West)	ARo-O (Orange type)
No. 37	Nanyota	ARh
No. 38	Mululwe	ARo-Yo (Yellow orange type)

ARo: Ferralic Arenosols , ARh: Haplic Arenosols  
 ARa: Albic Arenosols , ARg: Gleyic Arenosols

Ochric A : A horizon of dry area. Pale, low organic matter and/or thin or hard and massive. Excluding finely stratified material, eg alluvium.

特徴性状についての要点を、次に示す。

Andic properties : Recent volcanic deposits: high Al and P retention, low bulk density; and/or high volcanic glass content.

Calcareous material : Strong effervescence with 10% HCl, or > 2% CaCO<sub>3</sub> equivalent.

Ferralic properties : B horizons with CEC of < 24 me/100g clay.

Fluvic properties : Fluvial, marine and lacustrine sediments. Regular additions of fresh materials and irregular organic matter content and/or stratification in at least 25% of soil volume.

Gleyic properties : Reduced conditions caused by groundwater saturation; capillary fringe reaches surface; evident Fe reduction and segregation; > 95% of matrix white to black (N), or blue to green (GY, BG, G or B) colours, unless low or inert Fe colouring.

各土壌断面調査地点については、単一のSoil Unitで土壌タイプを決めているが、土壌図では、面的な拮抗性を考えれば、いくつかの土壌タイプとの複合、混在も認められるので、それらを記号で示した。

例えば、Dominant Soil Unitが Haplic Arenosolsで、Associated Soilsが Gleyic Arenosols の場合には、記号で ARh-ARg と示す。同様に Dominant Soil Unit が Orange Ferralic Arenosols で、Associated Soilsが Yellow orange Ferralic Arenosolsの場合には、記号で ARo(O)-ARo(Yo) と示す。また、Dominant Soil Unitが、Haplic Arenosolsで、Associated Soilsが Orange Ferralic Arenosols、Inclusionsが Yellow orange Ferralic Arenosolsの場合には、記号で ARh-ARo(O)-ARo(Yo) と示す。

本調査地域の土壌は、大部分が粗粒質であり、また、地形も比較的緩やかであるので、土性 (Soil Texture) と傾斜 (Slope) の記号は Ia となる。そこで、Soil Unit記号の後に Ia をつけて表示するのであるが、本調査地域では全部が同じになることから、土性と傾斜の表示を全て省略した。

## (2) 土壌タイプの分布

Mukusi林分布地域内における各土壌タイプの分布を、次に示す。

Orange Ferralic Arenosols (ARo(O)) は、本調査地域内に、一番広範囲に分布している土壌タイプで、北東部の Mulobezi、Machili 地区の Natwama、Lwangula、Lonze、Kazu、Namena、Kalama forest、中央部の Lumino forest、中西部の Kateme、Katemazana、Zungubo forest、南西部の Samatela、Sisisi、Simungonia-west、Kasiki、Monze forest、Buhunda woodland の大部分を占めている。一部では Yellow orange Ferralic Arenosols (ARo(Yo)) との複合あるいは混在している所もある。

Reddish Ferralic Arenosols (ARo(R)) は、本調査地域の中でも、比較的標高の高い北東部の

Kanyanga, Nanga forest、中央部のSijulu forest とやや低くなっている中央部のKayumbwana、Lumbomba, Kangubu forest、南西部の台地縁辺部になるSichinga forestに分布している。

Yellow orange Ferralic Arenosols (ARo(Yo))は、本調査地域の中では、中西部と南西部のOrange Ferralic Arenosolsの分布地域と接した、Mululwe Forest, Samatela Woodland, Sikubingwa, Simungoma-east forestに分布している。一部の所ではOrange Ferralic Arenosols (ARo(O)), またはHaplic Arenosols (ARh)との複合あるいは混在している所もある。

Haplic Arenosols (ARh)は、北東部のMachili 地区のSitumpa forest、中西部と南西部のYellow orange Ferralic ArenosolsやOrange Ferralic Arenosolsと接しているNanyota, Malavwe Forest に分布している。一部では、Orange Ferralic Arenosols, または Yellow orange Ferralic Arenosols との複合あるいは混在している所もある。

Albic Arenosols (ARh)は、本調査地域内で、Mukusi林の分布していないDamboまたは河川敷内のGrasslandに分布している。代表的土壌断面は、中西部のNamakwa dambo にある。Dambo や河川敷では、各所に Albic Arenosolsの分布があるが、大部分の地域では Gleyic Arenosols (ARg)との複合となっている。

Gleyic Arenosols (ARg)は、Albic Arenosols の分布と同様に、Dambo、河川敷、広い低地部のPlainなどのGrasslandに分布している。代表的土壌断面は、中部のKangubu plain にある。一部では、Albic Arenosols の複合や混在もあるが、周辺のFerralic ArenosolsあるいはHaplic Arenosols との複合がある。

#### 2.2.6. 土壌調査結果の総合考察

Mukusi林分布地域の土壌調査により、本調査地域に分布している土壌タイプが主として Ferralic Arenosols と Haplic Arenosols であり、また、広範に分布している土壌タイプの Ferralic Arenosols を下層土の色で3つのsubtypeに分類し、それらを基にして土壌図を作成した。この地域内の低地部分である河川敷やDambo、Plainには、高原地帯にあるMukusi林の土壌が一部では混在しているが、主にAlbic ArenosolsおよびGleyic Arenosolsが分布している。

本調査地域のMukusi林には、Mukusiが優占種として残存し、まとまって生育しているMukusi林は少なく、過去の伐採、過去から現在にかけての火入れによる消滅、または衰退したMukusi林、Woodlandに移行したMukusi林などが多く見られる。しかし、調査地域の中には、部分的にはMukusiが残存し、再生しているところもあるので、とくにMukusiの優占度合と、土壌タイプの分布、土壌断面の特徴との関連について検討する。

現在、Mukusiがある程度まとまって残存し、生育しているMukusi林は、土壌調査地点No.17 Nanga forest, No.1 Malavwe forestのなかのBotanical Reserve Area, No.10 Kalama forest 位であった。そ

の他、Mukusiが優占種として部分的にも残存しているチーク林は、No.6 Lumino、No.9 Kayumbwana、No.12 Samatela、No.14 Samatela、No.15 Sisisi、No.21 Namena East、No.22 Kazu、No.26 Sikubingwa、No.27 Simungoma West、No.31 Simungoma East、No.35 Kasiki、No.36 Malavwe、No.37 Nanyota、No.38 Mululwe forestで、Mukusiと他樹種が共に優占種となっている Mukusi林は、No.16 Kanyanga、No. 19 Situmpa (south)、No.20 Namena West、No.28 Katemazana、No.29 Zungubo、No.30 Simungoma East forest である。また、大部分が火災で焼失して、焼跡にわずかに残ったMukusiが優占種のMukusi林として、No.33 Monze、No.34 Sichinga forest、No.32 Buhunda woodlandがある。Mukusi林とされていて、Mukusiの残存も認められるが、他の樹種が優占種となっているのが、No.3 Kateme (woodlandに移行)、No.5 Sijulu、No. 18 Situmpa (north)、No.23 Nalwama、No.24 Lwangula forest、No.4 Samatela、No.13 Samatela woodland である。

これらのMukusiが優占している林地土壤には、土壤タイプでみると、各種のタイプが分布していて、Mukusiの優占度合と土壤タイプとの相関は明らかではない。しかし、土壤緻密度(Compactness)について、Mukusiの優占度合との関係が認められる。とくに土壤表層から50cm以内で、土壤硬度計の指標が25mm以上になっている緻密な土壤で、粗孔隙が少ない土壤は、Mukusi以外の樹種が優占種となっている林地に多い。Mukusiが優占種となっている林地では、100cm以上の下層になれば緻密になっている土壤はあるが、上層では緻密になっているような土壤はみられなかった。比較的、全層が粗になっていて、土壤硬度計の指標が15mm以下になっているようなソフトな土壤や、全般的に粗孔隙の多い土壤に、Mukusiが優占種として残存しているのがみられた。

乾季の調査では、土壤緻密度が極端に大きく、通常、植物根系の伸長が困難であるといわれている土壤硬度計の指標が28mmから30mmという緻密(Compact)な土壤が認められた。このような土壤は、毛管孔隙は多く、乾季の水分保持、供給には役立つが、根が進入できなく、とくに深根性であるMukusiにとっては、根の伸長が阻害されることになり、浅根性の樹種や草本になってしまうのではないかと推察される。

土壤が緻密化していく要因としては、地表植被の減少により、風化が進行し、表層土壤の微細粒子(シルト、粘土など)およびミネラル(鉄、マンガンなど)の下層への移動・集積が考えられる。

また、雨季の一時的な降雨の際に発生した、裸地における表層土壤の流亡、侵食状況などの観察から、表層の腐植を含む微細粒子が低地へ勢いよく流れ、集積したり、赤褐色の砂粒が洗脱されて、淡黄色から白色に変化していくのを見ても、土壤の肥沃度が減退し、土壤のせき悪化の進んでいることが推察できる。

Mukusi林に分布している土壤タイプで、Haplic ArenosolsやYellow orange Ferralic Arenosolsは、鉄などのミネラルの溶脱がすすんでいて、土壤コロイドも少なく、養分保持能力の低い土壤である。それに対して、Orange Ferralic Arenosols や Reddish Ferralic Arenosolsは、鉄やコロイドが砂

粒を被覆していて、養分保持能力もやや高くなっている。しかし、Mukusi優占度の高かった土壌は、粗孔隙が多く、比較的ソフトでルーズなので、風や水の侵食を受け易く、地表植生の破壊による裸地化は、地力低下を促進することになる。また、土壌養分やコロイドの流亡だけでなく、鉄や土壌微細粒子の下層への移動・集積による土壌の緻密化の問題がある。

継続的な火入れは、地表植生の回復を阻害するだけでなく、土壌の悪化にも繋がり、Mukusiの残存・再生を困難にするものである。

森林管理計画の策定に当たっては、とくに土壌保全を考慮することが必要である。

### 2.3. 森林資源

森林資源調査はMukusi林の分布状況とその資源量を把握することを主目的としている。したがって、この調査の対象地は、森林局が直接管理するForest estate全域と、それ以外のMukusi林(土地利用植生図ではForestに区分)の分布地とした。また、これらの区域を対象とする森林簿を作成して資源量を明らかにした。

また、約50万haの調査対象地域には、Mukusi林以外に、疎林ではあるが多くの樹種が生育するClosed woodlandが広く分布している。このClosed woodlandでは、Mukwa、Mutondo、Mubako等の有用樹種が、小規模ながらも地域の伐採業者に利用されている。とくにMukwaは利用価値が高く、現在主要な伐採対象木となっている。このClosed woodlandの概況を把握することも、今後の森林資源管理にあたって重要となることから、調査の範囲とした。

### 2.3.1. 森林資源調査の作業内容

森林資源調査の作業手順を次のフローチャートに示す。

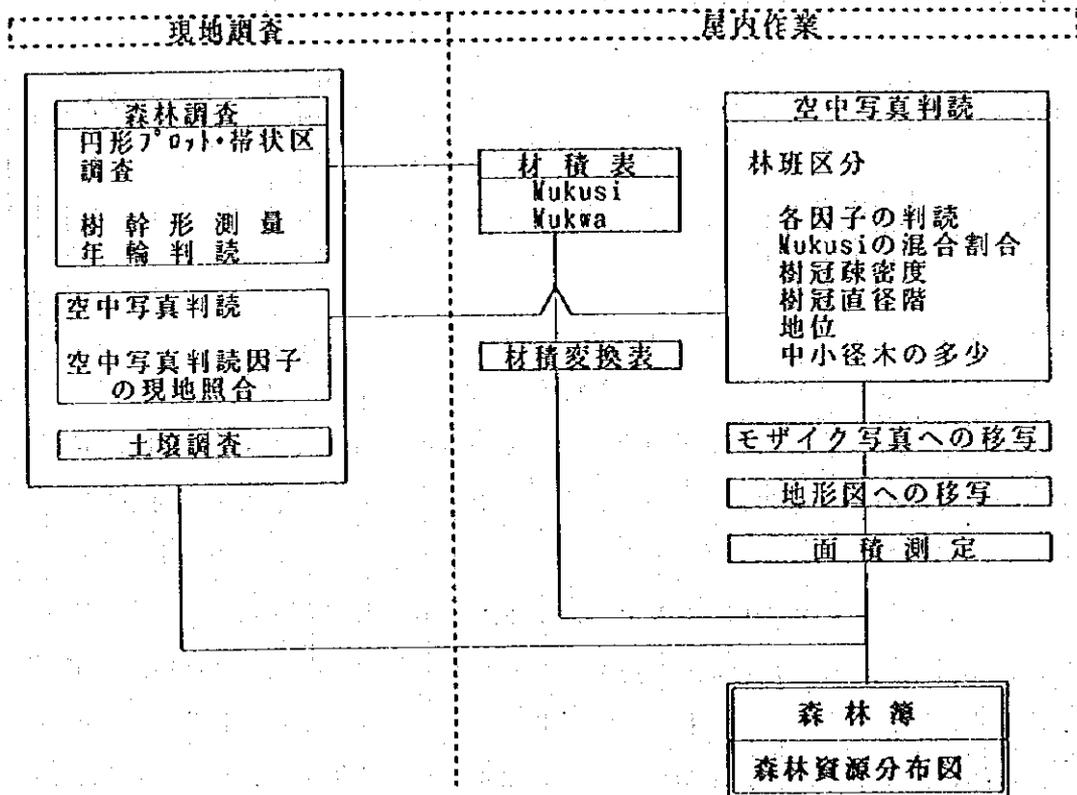


Figure 13 Flowchart of forest resources study

50万haに及ぶ地域の森林資源を把握するには、空中写真判読と、現地調査の効率的な運用が必要である。

現地調査では、立木材積表作成のための樹幹形測量および、「樹冠-材積」変換表作成のための資料を収集することとして、各種プロット調査と年輪判読等を主体とした。材積表は現地で調査する林分の材積算定の基礎となるものである。また、材積変換表は空中写真判読によって得られた情報を林分材積に換算するものである。

空中写真判読では、資料の解析によって作成される材積変換表を構成する因子を、現地照合を重ねながら判読し、単位材積の異なる林分を区分して林班を区分した。その結果をモザイク写真へ移写し、さらに、地形図に移写した。この地形図を使用して、林班ごとの面積を測定し、それに材積変換表から得られるha当たりの蓄積を乗じて、林班ごとの蓄積を求めた。

その後、他の林班情報を整理し、森林簿を作成した。また林班材積を集計し森林資源総量を把握した。なお、林班区分などが記入された図面は、森林簿の付図(森林資源分布図)として編集された。

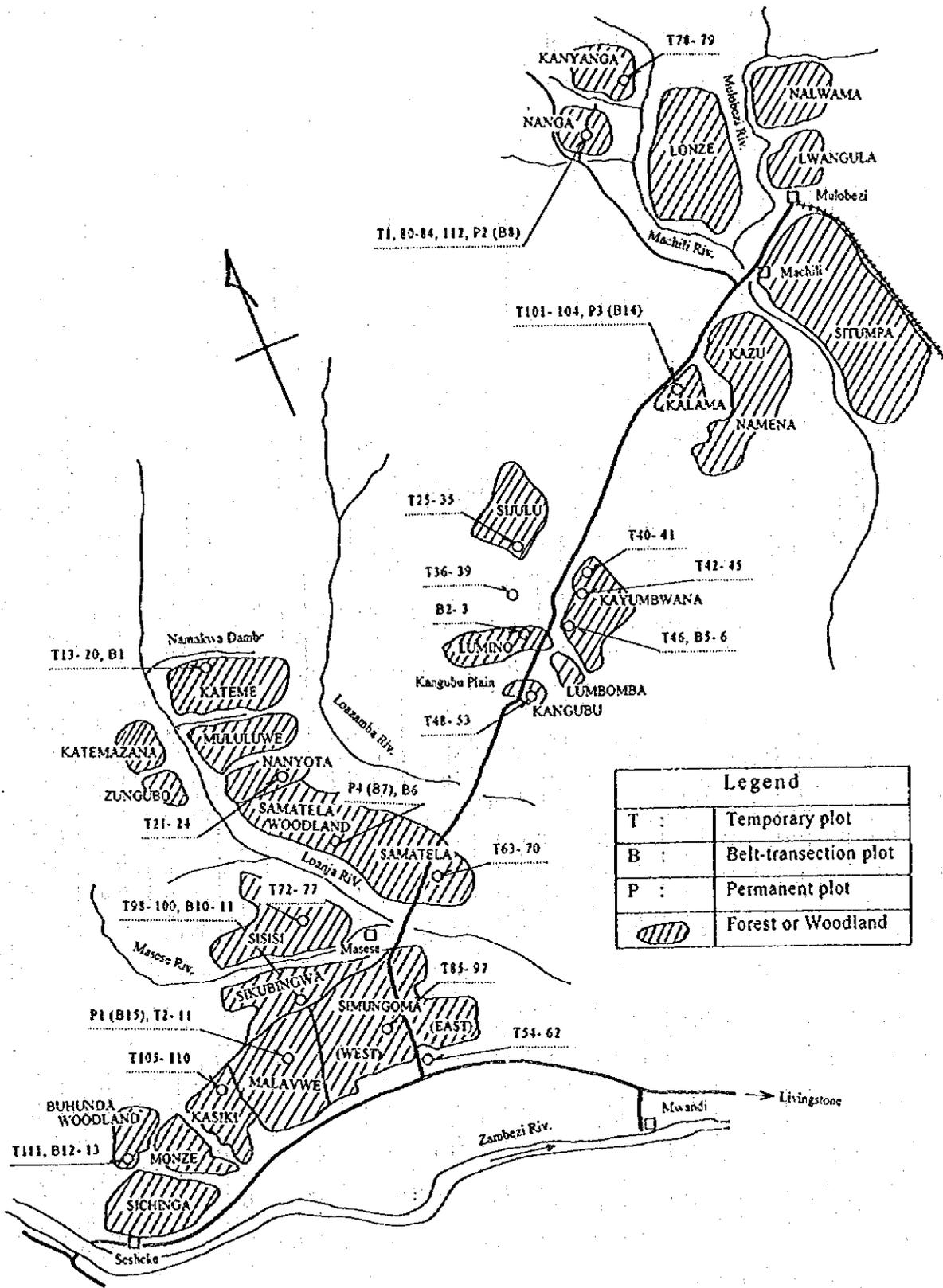


Figure 14 Plot survey areas

### 2.3.2. 森林調査

円形プロットおよび帯状区の設定状況はTable-17のとおりである。この詳細についてはApp.Table-8(1)、(2)、(3)、また調査地の位置はFigure-14を参照のこと。

Table 17 Information on rescrached plots (Total)

Forest Name	Plot No.	Location	Area(m2)	Tree Numbers			
				High	Middle	Low	Total
Sub-Total (Belt transect)	10 plots	Forest		132	132	132	132
	4 plots	Woodland		13	29	77	119
	8 plots		<1,000	65	66	144	275
	6 plots		=1,000	80	127	233	440
	14 plots	Total		145	193	377	715
Sub-Total (circle plots)	111 plots	Forest		941	998	1,365	3,304
	1 plots	Woodland		0	14	22	36
	83 plots		500	725	837	1,172	2,734
	29 plots		1,000	216	175	215	606
	112 plots	Total		941	1,012	1,387	3,340
Total	126 plots			1,086	1,205	1,764	4,055

#### (1) 円形プロット調査

円形プロット調査は、調査対象地域(Study Area)内のMukusi資源量を把握するために行なわれた。この調査で得られた資料を解析することによって「樹冠-材積」変換表が作成される。この変換表と空中写真判読因子とを利用して、林班ごとのha当たりの立木材積が算出される。さらにMukusiの混交割合を空中写真で判読し、Mukusiの材積が算出される。

調査項目は、胸高直径6cm以上の全林木を対象に、樹高(Tree height)、胸高直径(Diameter at breast height)、生枝高(Clear length)、樹冠厚(Crown length)、樹冠直径(Crown diameter)、立木の位置と樹冠投影(Position、平面図へのスケッチ)、備考(Remarks)である。また、下層植生については主要樹種名と本数を、とくにMukusiの稚樹については本数、樹高、胸高直径を調査した。この稚樹の調査結果は、後述の更新実態調査で解析され、森林管理計画を策定する上で重要な要素となる。

この調査は、フェーズⅡ、Ⅲの現地調査を通じて初回54か所、第2回56か所、第3回2か所の計112か所が実施された。プロットの面積は標準的な林分に対して500m<sup>2</sup>(半径12.6m)、疎開した林分においては1000m<sup>2</sup>(半径17.8m)に設定された。112か所のプロットのうち、500m<sup>2</sup>のプロットは83か所、1000m<sup>2</sup>のプロットは29か所である。

円形プロットの調査例をApp.Table-9、10、App.Figure-3に示す。

## (2) 带状区調査

带状区(Belt-transect)調査は、各植生タイプの構造を的確に把握するために行なわれた。調査結果からは各植生タイプの樹種構成、階層ごとの立木の構成等のデータが得られる。これによってMukusi林の遷移や更新状況が検討され、資源管理計画の策定に資することができる。とくにフェーズⅡ(C)とフェーズⅢ(A)の現地調査では、プロット内のMukusi稚樹を継続的に観察することによって更新実態、更新に与える火入れ等の影響が調査された。同時にForestにおける带状区の調査結果は円形プロットのデータと同じ目的でも活用できる。

調査項目は基本的には円形プロット調査と同じである。ただし、更新実態の追跡、根系の調査などが付加され、その目的に応じて新たに項目が加えられた。

带状区調査はフェーズⅡ、Ⅲの現地調査で実施され、調査か所数はForestにおいて11か所、Woodlandにおいて4か所、Grasslandにおいて1か所、計16か所である。带状区の形状は幅10m、延長30~100mとなっている。

## (3) Permanent plot

带状区のうち、今後継続的に観察と測定ができるようにするため、プロットB7、B8、B14、B15、をPermanent plotとして設定した。各プロットの設定状況をApp.Table-11~App.Table-14、App.Figure-4~App.Figure-7に示す。

带状区のプロットB7はMukwaの優占するWoodlandに設定されており、Mukusiの優占するForestとの対比ができる。プロットB8、B14はいずれもプロット内に稚樹がみられる。これらのプロットでは継続的な更新状況の調査ができるが、B8が極盛相に達した林分であるのに対し、B14は樹高、胸高直径ともに小さい林分である。このように、林相の異なる林分での更新状況が追跡できる。プロットB15は大径木の多い林分に設定されている。

## (4) 出現樹種および階層構成

これまで述べた円形プロット調査および带状区調査の結果から、Forest、Woodlandにおける総調査木は56種4,055本、このうち361本が枯損木である。生存している立木は54種3,694本である。(App.Table-15参照)。

これをForest/Woodland別、枯損木・生存木別、階層別に分類、集計するとApp.Table-16、17のとおりである。また、Figure-15、Figure-16では生存木のみを対象に、Forest/Woodland別の上層および中層別の本数と総本数をグラフ化した。ここで階層区分を樹高で判別し、上層(High stratum)は樹高が12mを超えるもの、中層(Middle stratum)は8mを超え12m未満、下層(Low stratum)は8m以下とした。

Forestにおいては、全生存木のうち49%をMukusi(1,742本)が占め、Mwangula(730本)と合わせると70%となる。次いで下層を構成するIsunde(250本、7%)、Kangolo(173本、5%)である。Woodlandでは突出した樹種はなく Muzauli、Mukusi、Mububu、Mulya、Mukwaがそれぞれ18、14、9、9、8%となっている。つまりForestでは上層を構成する樹種としてはMukusi、Mwangulaの2種に限られるが、Woodlandでは様々な樹種が混在していることを示す。またForestでは3つの階層でほとんど本数が同じであるが、Woodlandでは下層の本数が全体の約70%を占め、中層では約30%、上層は10%程度しかない。これはForestの方がWoodlandよりも全体の樹高が高くなっていることを示す。

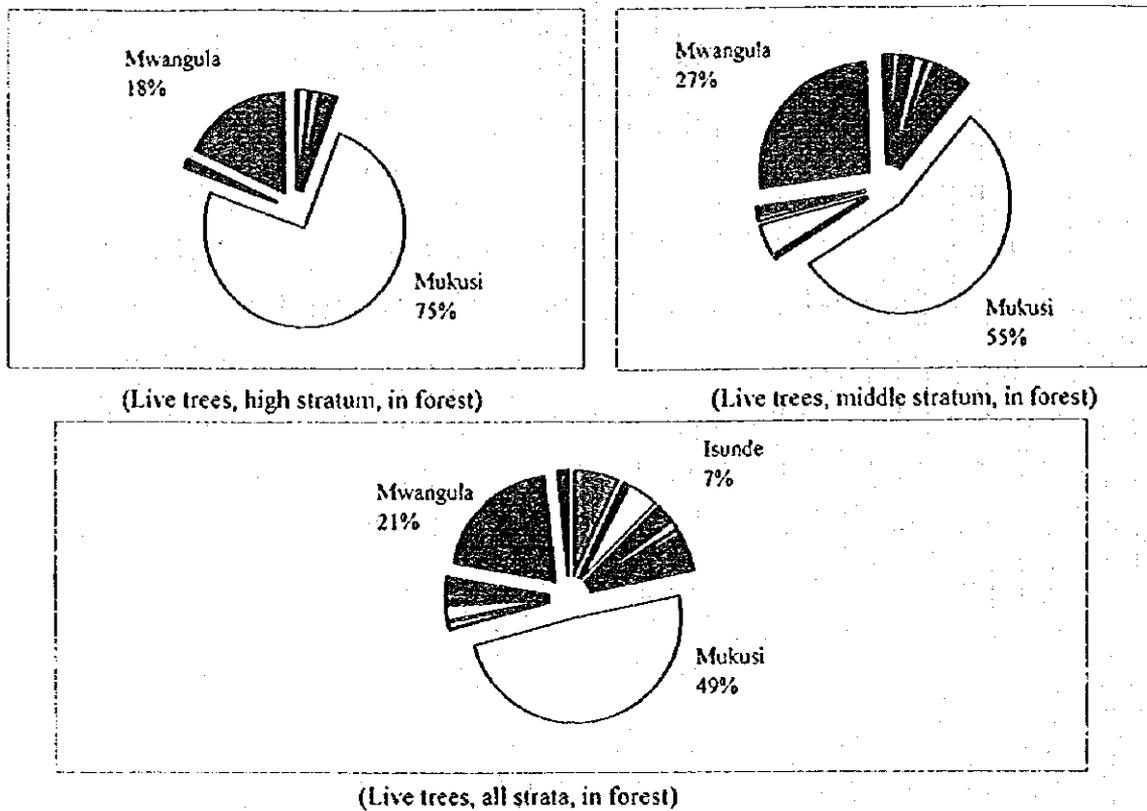


Figure 15 Number of trees according to species (Live trees in forest)

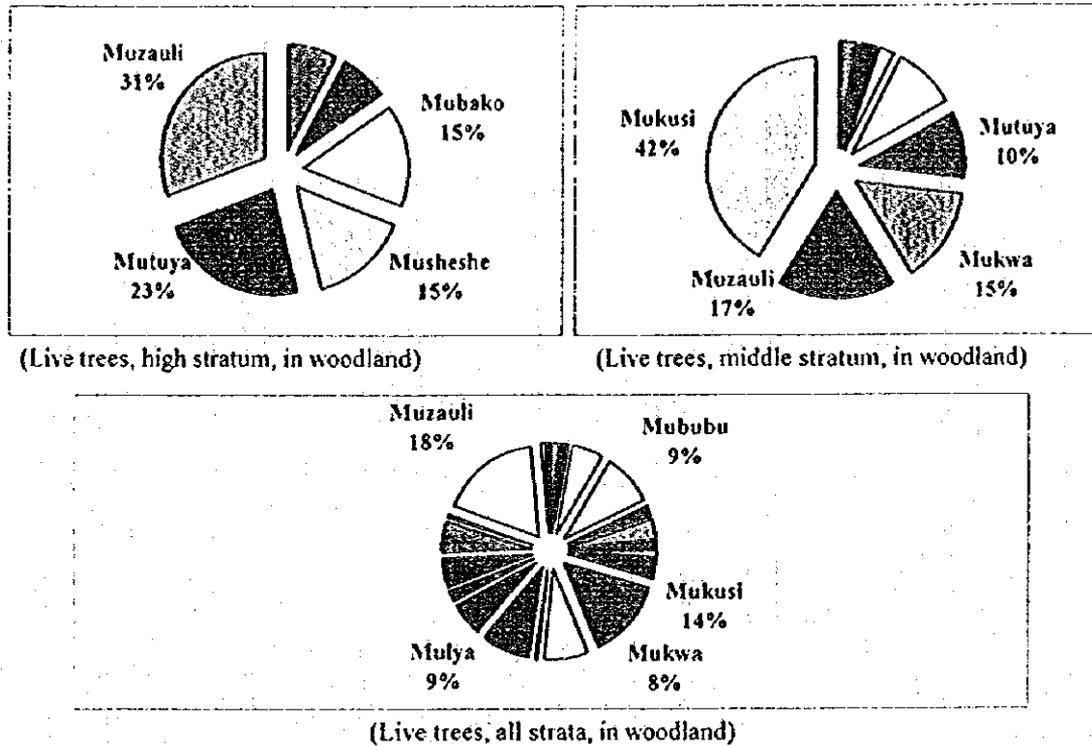


Figure 16 Number of trees according to species (Live trees in woodland)

### 2.3.3. 材積表の作成

有用樹種の立木材積表、とくにMukusi、Mukwaの材積表を作成する目的で調査解析をおこない、具体的な数値表を作成した。

#### (1) 調査測定法

一般的な方法としては、林木を伐倒して樹幹解析を行うことがなされる。しかし、MukusiとMukwaの場合、伐倒解析が困難なうえ調査期間が短かったため、簡易な写真測量法によって解析を実施した。

樹幹解析の場合、一定長(2m)ごとに玉伐った材の断面について、外形だけではなく、樹齢階(年輪階)ごとの半径を測定して、現在および過去(成長過程での)の成長量と幹形を定量化する。これに対し、写真測量の場合は、現時点での幹形(外形)だけしか測定できないのが欠点である。すなわち、現時点での材積と幹形係数を求めることは可能であるが、年輪の測定を行っていないので、過去の材積と幹形とは推定できない。よってそれぞれ、それに該当する林木を測量することが必要である。なお、Mukusiの場合は、現場での年輪の判読が困難であるため、伐倒解析を行うこと自体が非効率

的であったとも考えられる。

### 1) 測量対象木

樹高、胸高直径を異にする林木を、幅広く選択して調査木とした。具体的にはMukusiの場合、胸高直径6cmから110cm、樹高8mから23mの林木、約120本を選択し、Mukwaについては胸高直径6cmから80cm、樹高9mから18mの林木、約70本を選択した。

### 2) 写真撮影法

幹に近接して10mの測高桿を立て、これと胸高で直交するように、2mポールを水平に保持する。このように写真上で縮尺が判読できるような設定をした後に、撮影を行う。撮影距離は30m程度とし、幹と枝の全景を1枚の写真上に収める。あわせて胸高直径を測定しておく。なお、写真機としては、焦点距離38~135mmの35mmフィルム用AFカメラを使用した。

### 3) 写真の引き伸ばし

写真を六ツ切りないしは四ツ切りのカラー印画紙に引き伸ばし、測桿の目盛りが読み取れるようにして、幹枝の直径をマイクロメーターで測定した。平坦地での撮影のため、梢頭部に近い上部の直径が小さく測定されることになるが、測桿目盛りの上下変化状況を参考に、測定値の調整を行なった。中空に浮かぶようなシルエットが得られる場合は、白黒写真でも測定が可能であるが、背後に暗緑の林内空間や林冠がある場合には、幹の判別が困難となるのでカラー写真を利用した。

### 4) 測定

Figure-17に示すように、胸高断面 $G_1$  (直径)を基準にして、上方1mごとの断面( $G_1, G_2, G_3, G_4, \dots, G_n$ )について、直径を計測した。広葉樹の場合、上方で多数の幹に分岐するが、これらについても、胸高から同一距離にある断面について、直径を測定した。実測法でも同様のか所を測定し、地面から手の届く範囲は、輪尺で胸高直径を測定した。それ以上は、測高桿に直交する40cmの目盛を取り付け、これを使用して、各高さにおける直径を測定した。

皮付き胸高直径値( $D_b$ )から、各断面の皮付き断面積( $G_b$ )を計算した。

$$G_b = \pi (D_b/2)^2$$

分岐幹に対しては、胸高 $G_{b1}$ から同一距離にある各分岐断面積(例えば $G_{b51}, G_{b52}, G_{b53}, \dots, G_{b5n}$ )を算定し、それらを合計して当量断面積( $G_{b5}$ )と当量直径( $D_{b5}$ )とを計量した。

$$G_{b5} = G_{b1} + G_{b2} + G_{b3} + G_{b4} + \dots$$

$$D_{b5} = 2(G_{b5} / \pi)^{0.5}$$

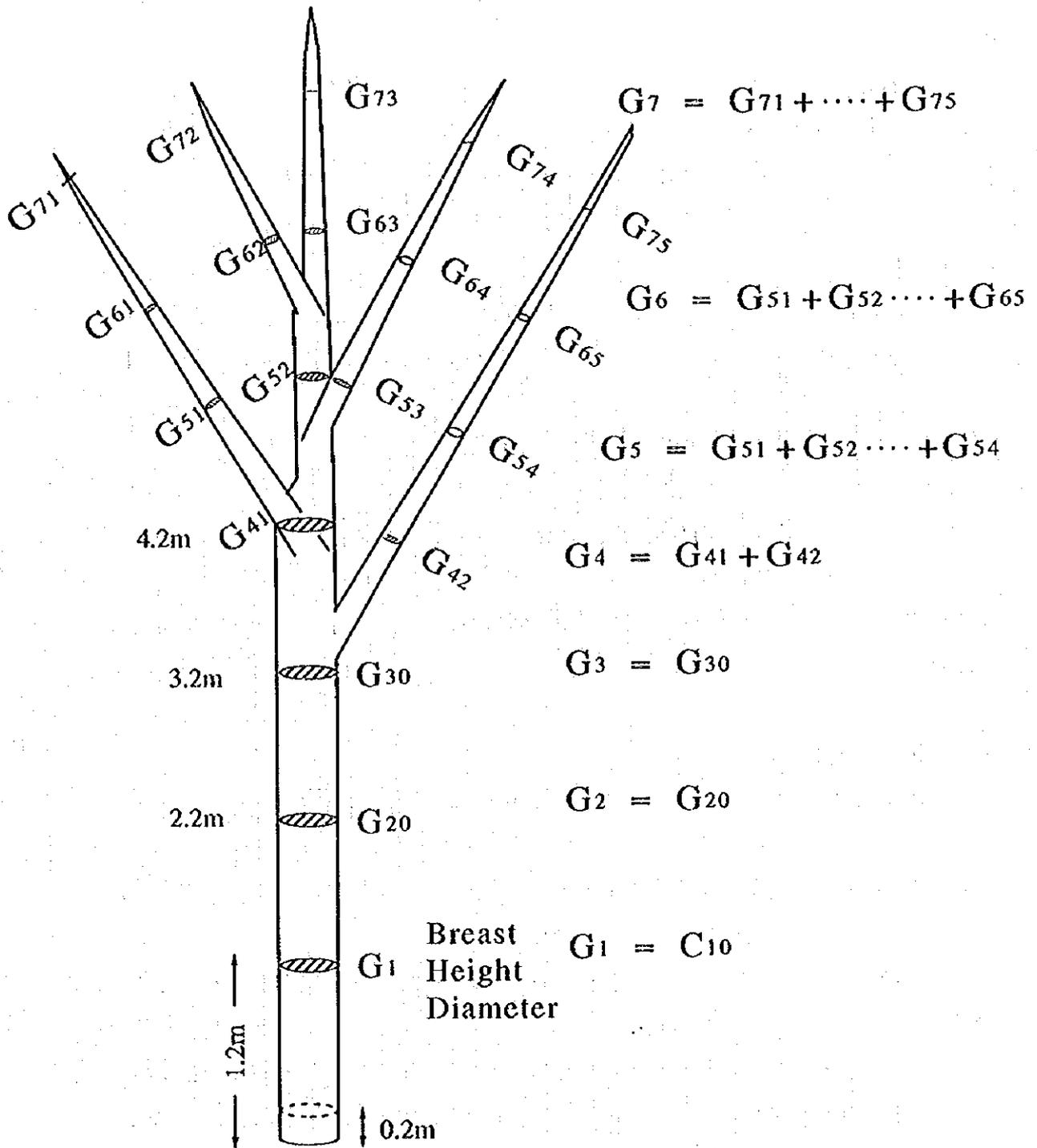


Figure 17 Measuring cross section of stem

幹断面積(分岐部分では当量断面積、 $m^2$ )に単位幹長( $\Delta L:1m$ )を乗じた積和によって、幹材積( $v_b$ )を算定した。

$$v_b = 1.7G_{b1} + (G_{b2} + G_{b3} + G_{b4} + \dots + G_{bn}) \Delta L$$

また、伐倒木等によって樹皮を除去した断面積値 $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ が得られるときは、樹皮を除去した真の木材の幹材積( $v$ )を算定する。

$$v = 1.7G_1 + (G_2 + G_3 + G_4 + \dots + G_n) \Delta L$$

## 5) 胸高係数

皮付き胸高直径( $D_{b1}$ )により皮付き胸高断面積( $G_{b1}$ )を求め、皮付き胸高断面積円筒( $H \cdot G_{b1}$ )を算定する。この円筒体積と皮付き材積 $v_b$ との比によって胸高係数( $f_b$ )を算出する。また皮無し材積 $v$ との比によって、胸高係数( $f$ )を算出する。

$$f_b = v_b / HG_{b1} = v_b / \pi H (D_{b1}/2)^2$$

$$f = v / HG_1 = v / \pi (D_1/2)^2$$

ここで、 $v$ が不明の場合は、近似的に次の関係が成り立つものと考えた。

$$f \approx f_b (D_1 / D_{b1})^2$$

樹幹における皮の厚さの分布を厳密に検討すると、 $f < f_b (D_1 / D_{b1})^2$ の傾向が強いが、今回は考慮しなかった。

## (2) 材積式の推定

胸高係数( $f$ )を推定することによって、材積を推定することを考える。

### 1) 日本の林木の胸高係数 (例) (Figure-18 参照)

参考のために日本の樹種について胸高係数を調査した。

◇スギの場合： 胸高係数は、もっぱら胸高直径の影響を受け(胸高直径が大きくなると胸高係数は小さくなる)、樹高とは無関係に変化している。

◇暖温帯広葉樹： 胸高係数は、胸高直径だけではなく、樹高の影響を受けて変化している。すなわち、胸高直径が大きくなるほど係数が小さくなっているが、大きな直径(50cm以上)となると、さらに樹高の影響が大きくなり、樹高が高くなるほど胸高係数は小さくなっている。

### 2) Mukusi の胸高係数と材積式

測定した胸高係数をグラフ上に描くと、日本の広葉樹の例(Figure-18)とは異なり、全般として、胸高直径によって大きく変化する状況が伺われる。若齢林木では胸高係数が0.43~0.53と小さく、胸高

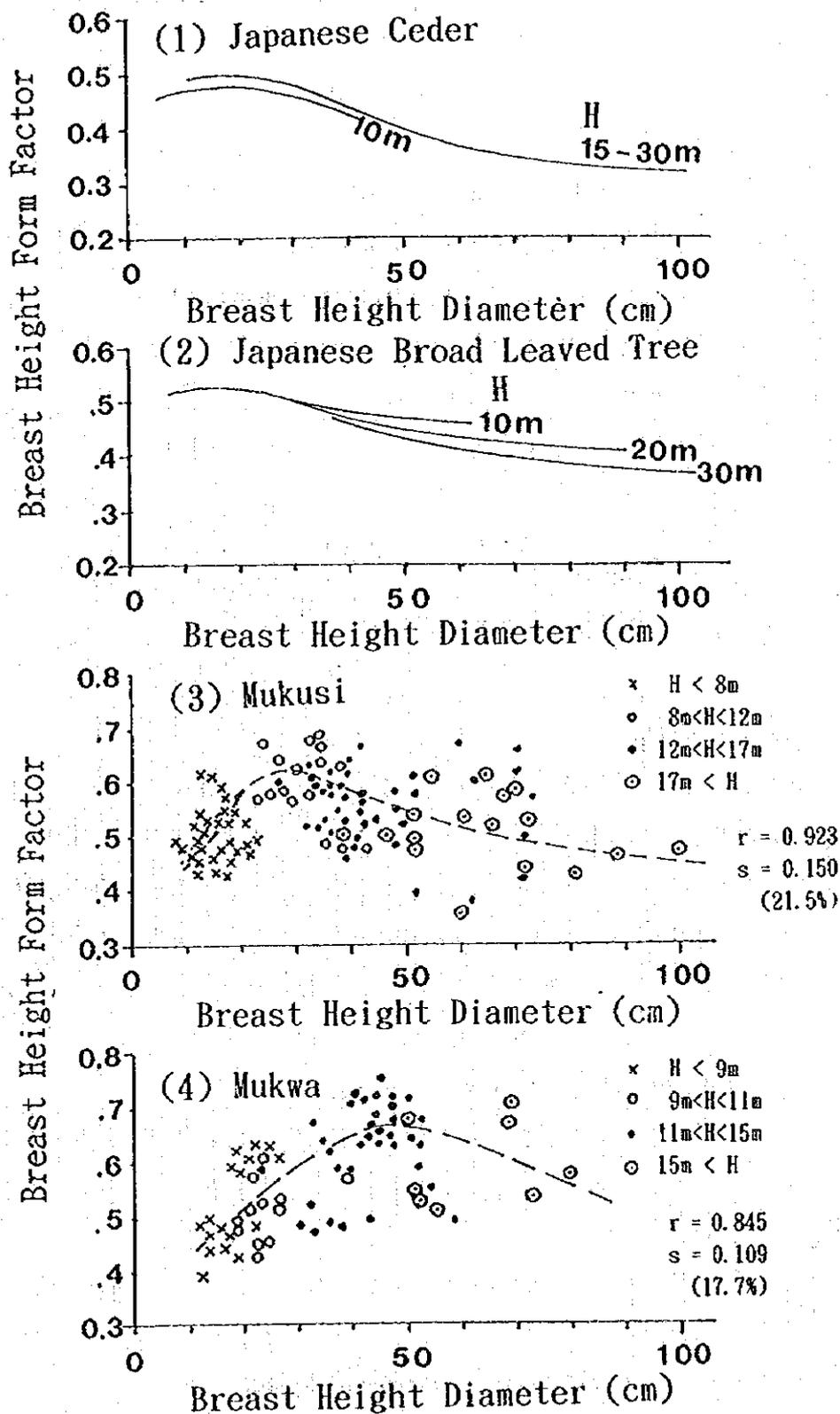


Figure 18 Relation between height of tree and breast height form factor classified by DBH

直径が25cm～30cm付近で0.6以上と最大となる。それ以上の大きな直径となると、逆に胸高係数が小さくなりはじめ、55cm直径で0.53程度となり、100cm以上の大径木では係数が0.45以下と低下している。このような特性から、日本の材積式とは全く異なった数式を考慮することが必要と判断された。グラフ上での若干の試行錯誤の結果、次の推定式を提示した。

$$v = fH \pi (D_{bl}/200)^2 = fHG_{bl} \quad (1)$$

$v$ : volume of tree stem     $H$ : height of tree

$D_{bl}$ : diameter breast high ( including bark)

$G_{bl}$ : basal area of stem at breast height (including bark)

$$f = 0.53 + 0.1 \sin \{ 66 ( D - 9 )^{0.37} - 90 \} \quad (2)$$

$\sin \theta$  is calculated by degree ( $^{\circ}$ )

$D$ が9以下の場合は、9の場合と同値、また、 $D$ が110以上の場合は110の場合と同値とする。

(1)(2)式によって算出した材積表をApp.Table-18(1)、(2)、(3)に示す。

当量断面を考慮して材形を検討すると、胸高係数の値が高く、日本の広葉樹に比べて本末同大の成長をおこなっていることが想定された。

### 3) Mukwaの胸高係数と材積式

Figure-18にMukwaの胸高係数と胸高直径との関係を示しているが、Mukusiの場合と同様に、若齢林木で胸高係数が低く、壮齢林木で最大となり、高齢林木で再び低下する傾向を示している。ただ、Mukusiの場合よりも、全体的に係数値が高く、また最大値が45cm付近で現れている点が異なっている。若干の試行錯誤の結果、次の材積推定式を得た。

$$v = f H \pi (D_{bl}/200)^2 \quad (3)$$

$$f = 0.55 + 0.1 \sin \{ 14.4 ( D - 10 )^{0.7} - 90 \} \quad (4)$$

$\sin \theta$  is calculated by degree ( $^{\circ}$ )

(3) (4)式によって算出した材積表を、App.Table-19(1)、(2)、(3)に示している。

### (3) 利用材積

現在、木材として利用に供せられている材は、末口で20cm以上(皮付きで22cm以上)とされている。そこで、これ以上の直径を有する幹材の材積を算定し、上記の材積値との関係を検討した。

木材利用率 = 20cm直径以上の幹材積 / 立木材積

available timber volume ratio

= stem volume over 20cm diameter / stand volume

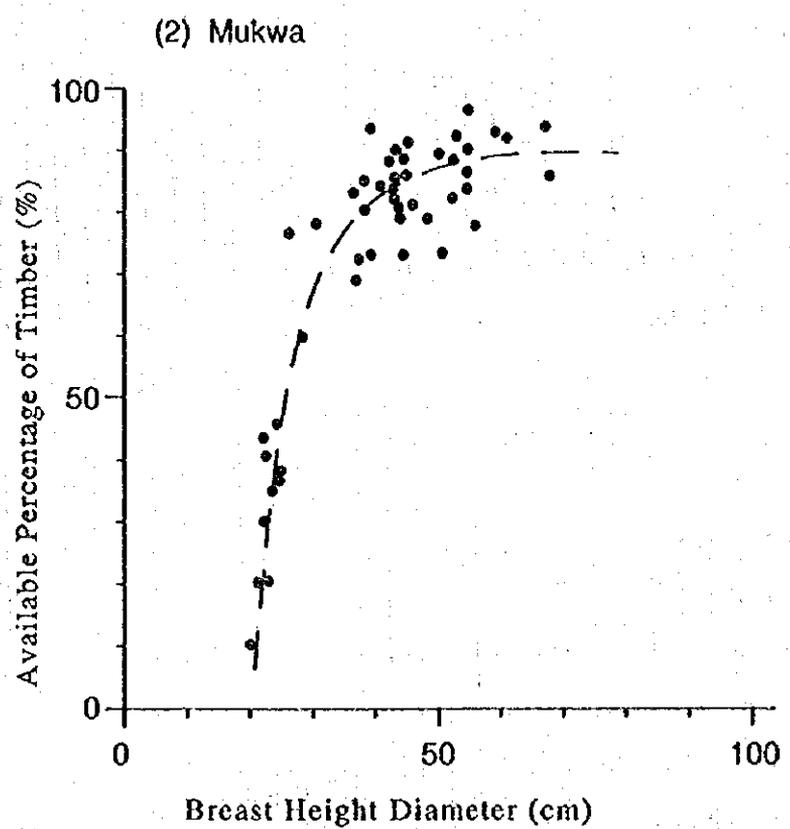
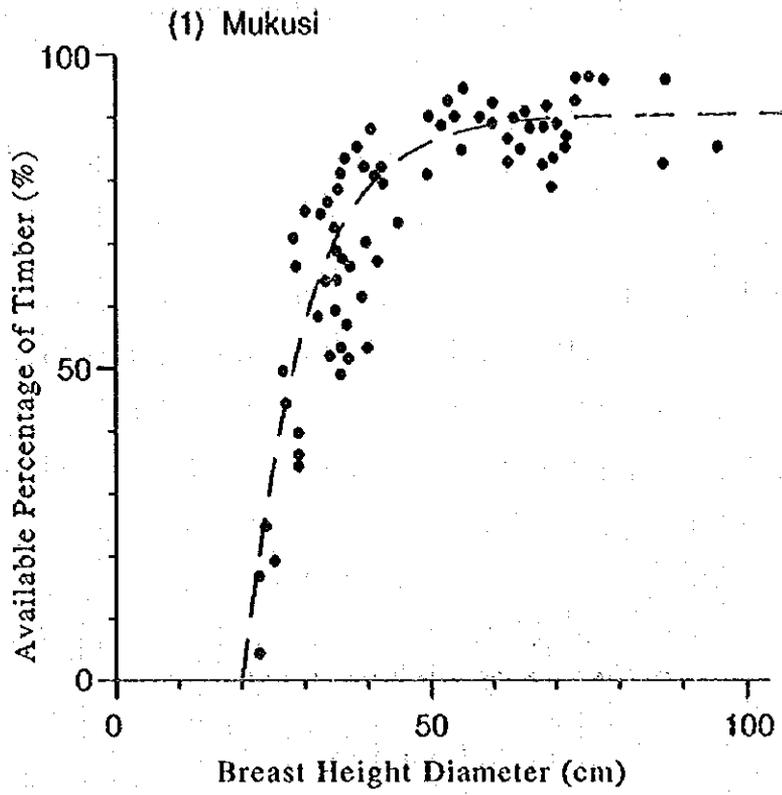


Figure 19 Relation between available ratio of timber and DBH  
Conversion table from crown projection area ratio to canopy closure

Figure-19は、Mukusiの胸高直径と利用率との関係を示したものである。両者の間にはかなり密接な関係があり、直径が大きな樹幹ほど、木材としての利用率が高く(80%以上)なることを示している。

#### 2.3.4. 樹冠被覆構成による林分材積の推定

##### (1) 考え方

ザンビア国南西地区での森林資源調査は、空中写真によって行われなければならない。この場合、空中写真により計量・判読される要因は、林冠被覆率、林冠を構成する樹冠の大小、樹冠密度(疎林の場合)等の林冠(樹冠)要因と、相対的な樹高の大小判定(地位判定と林齢判定に利用)である。これに対して、森林資源(蓄積)の算定に必要な要因は、樹高、胸高直径、これらの混交構成、立木密度、地位等であり、直接的には、空中写真から読値できないものばかりである。

蓄積の定量推定を行うためには、地上調査によって、別途に林冠・樹冠要因と林木樹幹要因との関係を求めておき、この関係を利用して、空中写真情報からの間接的な推定を行なうことが必要となる。

##### (2) 林木樹冠と幹成長との関係

樹木の成長は、樹冠を構成する着葉での光合成によってもたらされているので、着葉量の大小が成長量の大小を規制しているものと考えられる。他方、広葉樹樹冠での着葉は、樹冠の表面を一定の厚さで覆うように構成されているので、その量は樹冠の表面積に比例するものと考えてよい。結局、樹冠が平面的に広がる性質の強い広葉樹では、樹冠の表面積が樹冠の投影断面積に比例する確率が高いことから、着葉量、すなわち成長量は近似的に樹冠の投影断面積(平面積)に比例するものと考えられる。(Takeshita 1985)

また、これとは別にMukusiでは、直径成長と年齢との関係が直線的で、自然条件での樹幹の直径成長量が、幹の円周に比例している傾向が強いことを示唆している。

$$\Delta G = \pi (r + \Delta r)^2 - \pi r^2 \cong 2\pi r \cdot \Delta r$$

G : Basal area breast height

$\Delta G$  : Growth of basal area per year

D : Breast height diameter    r : Breast height radius

$\Delta r$  : Growth of radius : constant

したがって、連年成長量は近似的に樹冠平面積に比例すると考え、

$$2\pi r \cdot \Delta r = k \pi Cr^2$$

連年成長量の積算値としての胸高断面積( $\pi r^2$ )も、樹冠投影面積との間に密接な相関関係があ

り、さらに材積( $\pi r^2 H$ )との間にも密接な相関関係(おそらくは直線に近い指数曲線関係)があることを示唆している。

この考えのもとに調査林木について、材積と樹冠投影断面積との関係を求めた。

Figure-20に結果としての関係グラフを示しているが、上記の予想を裏付けるような、密接な相関関係があることが認められる。図中の傾向は、樹冠規模が小さい場合には、胸高断面積も微妙に変化する曲線関係を示すが、樹冠規模が大略80~100m<sup>2</sup>(樹冠直径10~11m)以上になると、単純な直線関係に移行することを示唆している。したがって、空中写真による樹冠判読には、100m<sup>2</sup>以下で細分化して、検討することが必要である。

具体的には、樹冠直径の大きさに着目して、次の3区分を行うことにした。

	C1	C2	C3
Crown diameter	1~6m	~10m	≥10.5m
Crown basal area	~18m <sup>2</sup>	~80m <sup>2</sup>	≥85m <sup>2</sup>

### (3) 樹冠面積の合計値と林分材積

上記によって、樹冠投影面積と林木材積との間に、密接な相関関係があることが期待されるので、単位面積当たりの樹冠投影面積率合計値とその面積内の林分材積との間にも、密接な関係が存在することが想定される。そこで調査プロットごとに、ha当たりの樹冠投影面積率合計と林分材積とを算出し、両者の関係を求めた。Figure-21に結果としての、樹冠断面積合計値と林分材積との相関関係をグラフ表示している。

グラフ上での各点を、樹冠層の高さによって、上層木(H>12m)、中層木(12m>H>8m)、下層木(8m>H)に識別し、さらに、上層木を地位(site class)によって、地位Ⅰ、地位Ⅱに2区分して表示しているが、それぞれの区分ごとに、密接な関係があることが認められる。なお地位区分の目安は、次のとおりである。

40年生程度の樹高で、 地位Ⅰ>樹高14~15m>地位Ⅱ

#### 1) 林木樹冠面積合計値の林冠被覆率への読み替え

Figure-21のグラフにおいて、樹冠投影面積率は150%以上になっているが、それらを総合した現実的林冠被覆面積率が100%を越すことは、ありえないはずである。われわれは、空中写真で計量判読される林冠被覆面積率をもとに、林分内の樹幹構成を推定しようとしているのであるが、この目的のためには、林冠被覆面積率と樹冠面積率合計値との間の調整を図ることが必要である。

樹冠投影面積率合計が、100%以上の大きな値になる事由としては、地上での樹冠計測に誤差があることにもよるが、現実の樹冠が、上下に、かなりの重なりを示していることが最大の原因となってい

る。現地での観察によると、林冠被覆面積率が50%以下の疎開した林分で、樹冠の重なりを見ることは稀であるが、50%以上の林分になると、重なりが見えはじめ、70%以上の林分になると、樹冠の重複頻度がかかなり高率になることが見いだされる。つまり、鬱閉度合いが高い林分において、単木ごとの樹冠を単純合計したのでは、100%以上の値になることも珍しくないと判断される。

そこで、ha当たりの樹冠投影面積率合計値に対して、次の変換を行って、林冠被覆面積率を推定することにした。

階層別の樹冠投影面積率合計  $\Sigma Cr = \Sigma \pi Crm^2/100$  (%)

$\Sigma \pi Crm^2$  (m<sup>2</sup>/ha) Crm: 単林木樹冠半径

林冠被覆率 Cc (%)

全林木樹冠面積率 50%以下 (面積5,000m<sup>2</sup>/ha 以下)

$$Cc = \Sigma \pi Cr / 100 \quad (1)$$

全林木樹冠面積率 50~150% (5,000~15,000m<sup>2</sup>/ha)

$$Cc = 50 + (\Sigma Cr - 50)^{0.85} \quad (2)$$

全林木樹冠面積率 150%以上 (15,000m<sup>2</sup>/ha 以上) Cc=100

林冠被覆率への樹冠投影面積率変換表

樹冠投影面積率(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	...	
林冠被覆率(%)	0	...	40	50	57	63	68	73	78	83	87	92	96	100	100	100	100	100	...

## 2) 林冠被覆面積率による林分材積の推定

(1)(2)式によってFigure-21に示した、樹冠投影面積率合計と林分材積との関係を、林冠被覆面積率と林分材積との関係に変換することが可能となった。グラフ上に示した相関曲線を変換し、Figure-22に示すような関係を得た。この間の関係は、下記のように整理されるが、これらの関係式(3)~(6)を利用して、空中写真上で計量した林冠被覆面積率により、林分材積を推定することにした。

### ①上層林木

#### ①-1 地位I等

林冠被覆率 50%以下  $V = 1.8C$

林冠被覆率 50%~100%  $V = 90 + (1.8C - 90)^{1.115} \quad (3)$

V: 林分材積 (m<sup>3</sup>/ha)

C: 空中写真によって測定された林冠被覆率(%)

#### ①-2 地位II等

林冠被覆率 50%以下  $V = 1.2C$

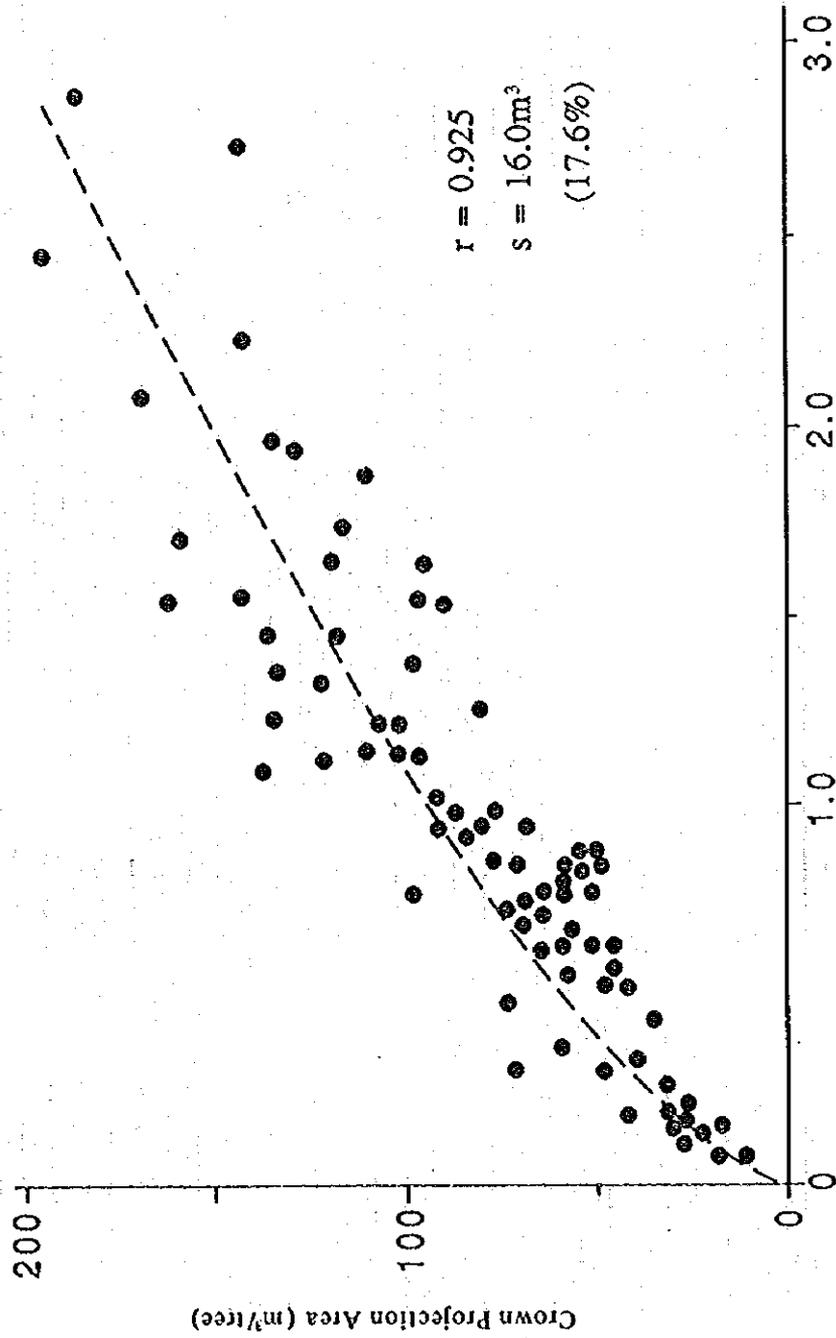


Figure 20 Relation between crown projection area and volume of tree

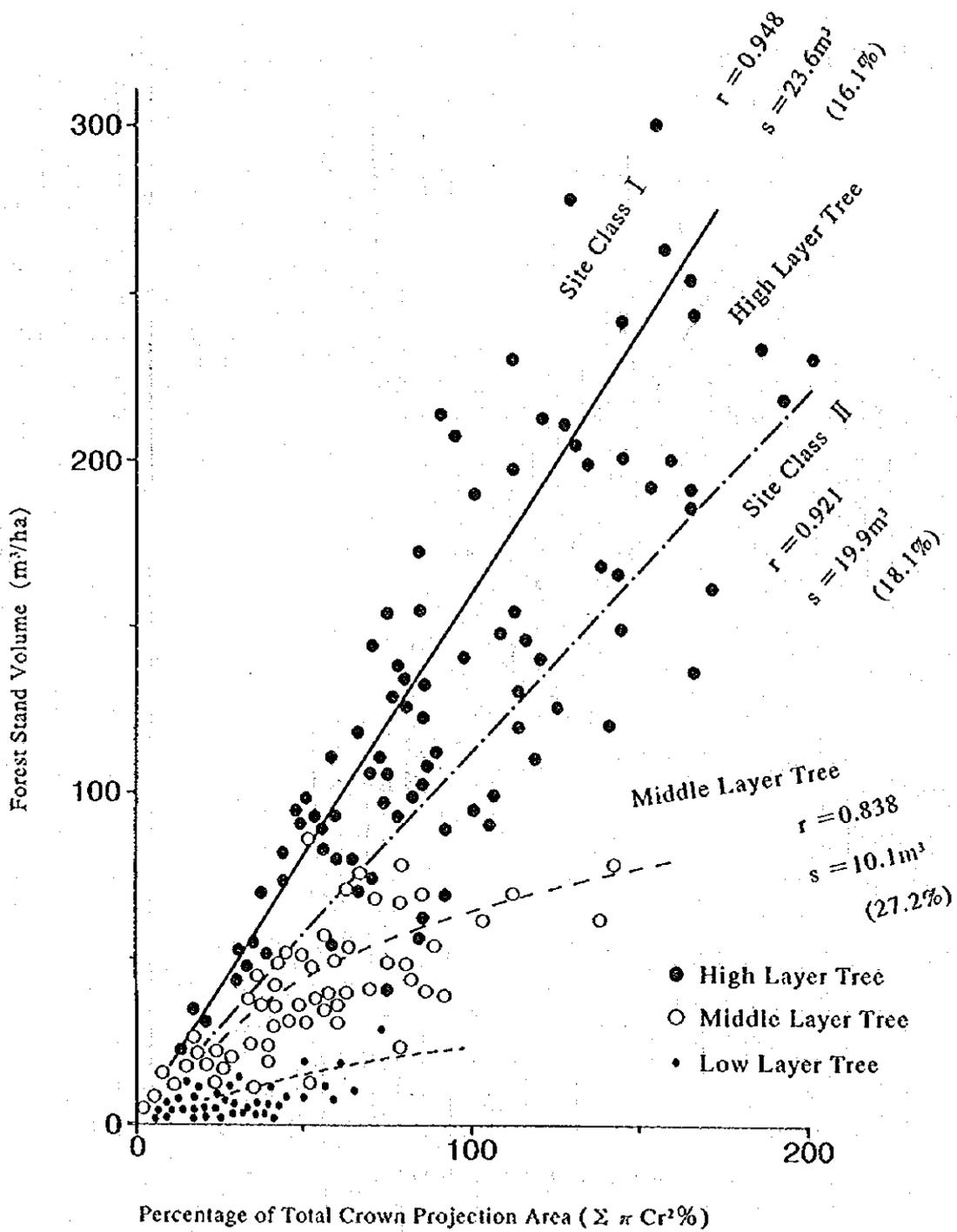


Figure 21 Relation between forest stand volume and forest crown closure

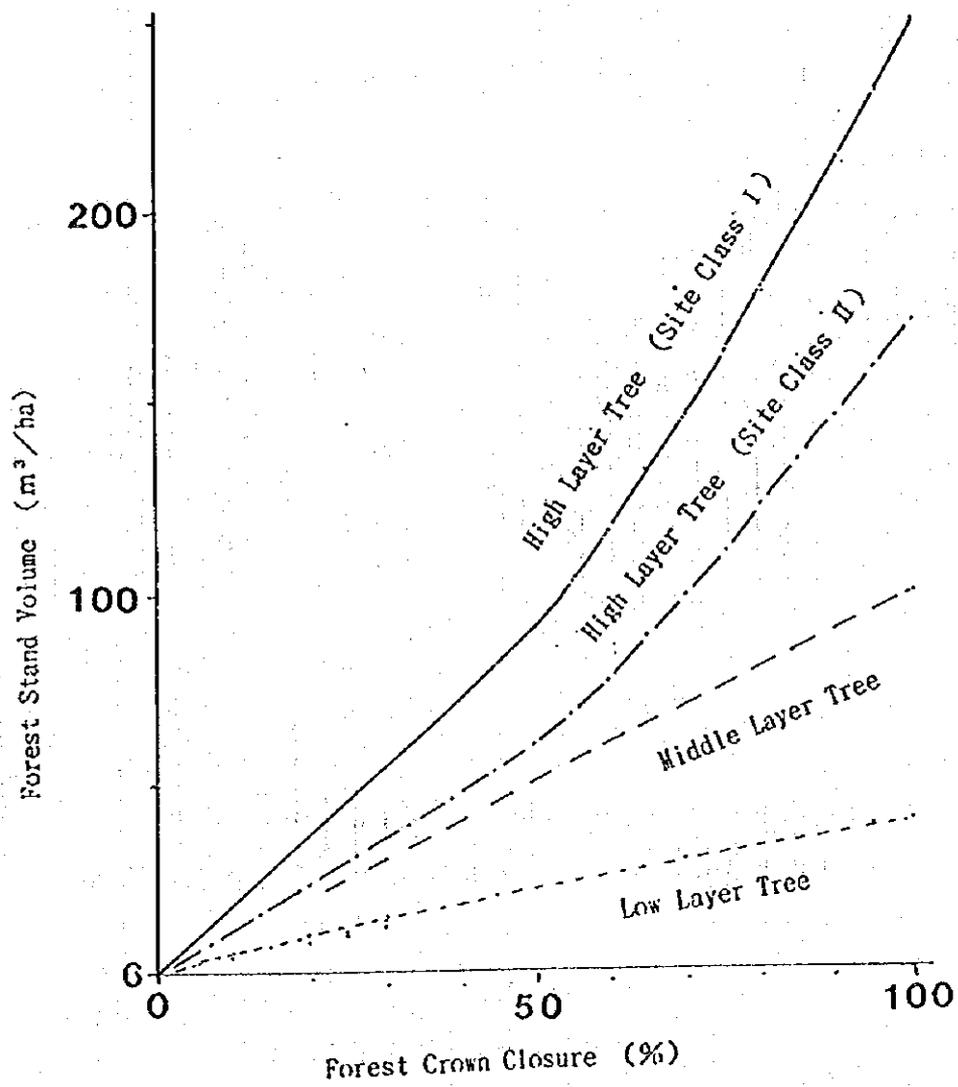


Figure 22 Conversion relation between forest crown closure and stand volume

$$\text{林冠被覆率 } 50\% \sim 100\% \quad V = 60 + (1.2C - 60)^{1.16} \quad (4)$$

②中層木

$$V = C \quad (5)$$

③下層木

$$V = C^{0.8} \quad (6)$$

これらの関係を表として示すとTable-18 のとおりである。

Table 18 Crown-volume conversion table

Crown Density %	0~5	~10	~15	~20	~25	~30	~35	~40	~45	~50	~55	~60	~65	~70	~75	~80	~85	~90	~95	~100
High Layer C3 site class I	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	102	116	131	146	162	179	196	213	230	248
		18					63					116					196			
High Layer C3 site class II	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	68	78	89	100	112	124	136	149	162	176
		12					42					77					136			
Middle Layer C2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		10					35					60					85			
Low Layer C1	4	6	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	30	32	33	35	37	38	40
		6					17					26					35			

### 3) Mukusi のみの場合

Figure-21に準じて、Mukusiのみの場合の関係を求めた。(Figure-23 参照)全樹種の場合に比べて、林分材積が85%から90%と、やや小さくなっている。Mukusiの純林に近い場合でも、Mukusiだけに着目した場合、材積が少ないことを示唆している。

### 2.3.5. 空中写真判読

前項で明らかになった、林分材積を指標する各因子を、空中写真で判読することによって、林分材積を推定することができる。具体的には、土地利用・植生調査で区分されたForest、およびClosed woodlandについて、下記の各因子を空中写真で判読、測定し、小班に細区画した。b.~e.に示す判読基準は前節で提案された林分材積を指標する因子である。

さらに、Mukusiの材積推定のために、空中写真による樹種判定について検討した。森林調査の結果によると、Mukusi林の高木層を形成する樹種は、MukusiとMwangulaが主体で、これにMuhoto、Muhonono、Mukololoなどが少数混在することが特徴である。また、Muhoto、Muhononoは優占種と

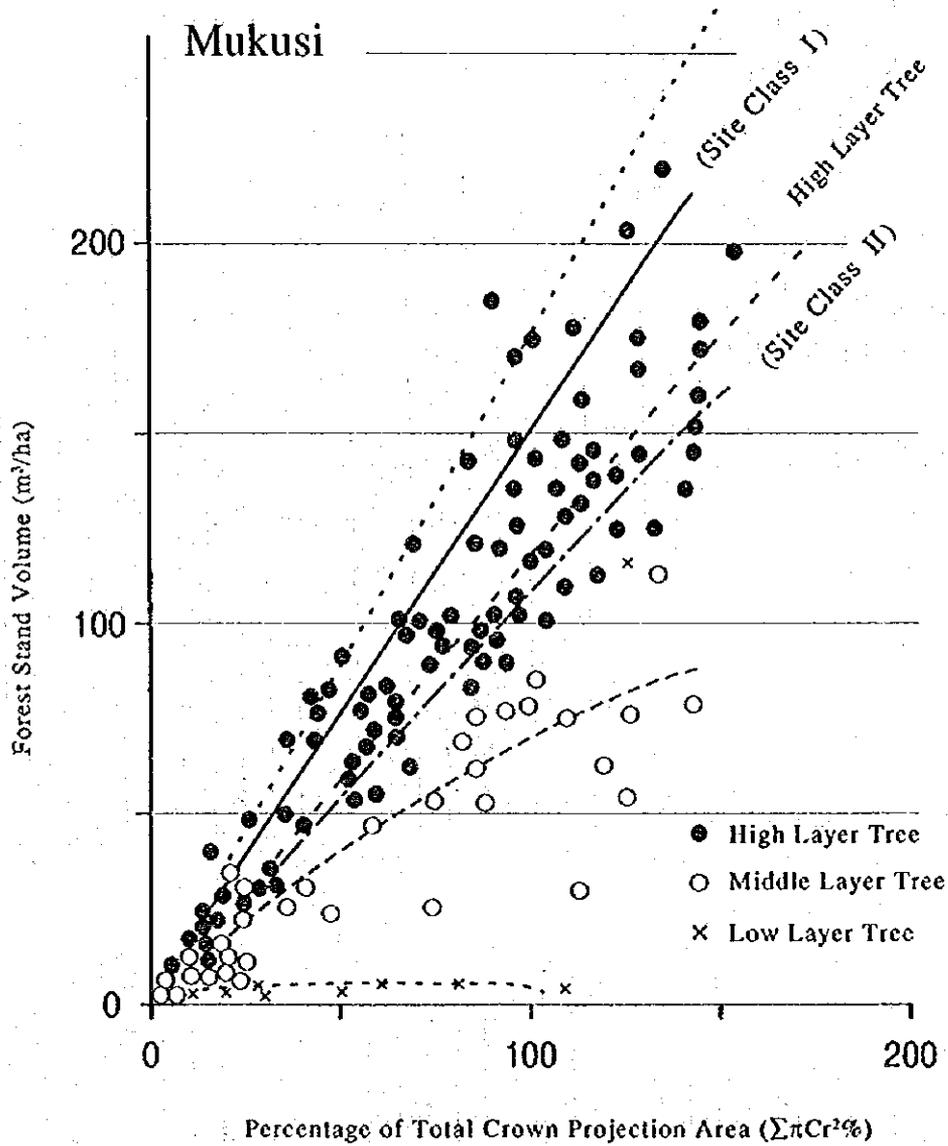


Figure 23 Relation between Mukusi forest stand volume and total crown projection area

なる場合があるが、多くの場合、小面積の分布である。単木、あるいは純林として生育している各樹種を空中写真上で判別し、現地で照合した結果、Mukusiと他の樹種とを、比較的容易に識別できることが判明した。

このような理由から、各林班における樹種構成を、Mukusiとその他に区別し、Mukusiについては各林班における混合割合をa.に示す基準をもって判読することとした。

判読された結果は、それぞれに記す記号で、各区画ごとに森林簿に記載した。

a. Mukusiの混合率(Mukusi mixing rate)

- M0: 0~5%
- M1: 5~25%
- M2: 25~50%
- M3: 50~75%
- M4: 75~100%

c. 樹冠直径階

(Crown diameter class)

- C1: 1~6m
- C2: 6.5~10m
- C3: 10~

b. 樹冠疎密度階(Crown density class)

- D1: 20~45%
- D2: 45~70%
- D3: 70~100%

d. 地位(Site index)

- H1(地位 I): 樹高15m以上
- H2(地位 II): 樹高14m以下

e. 中層木の多少

(Middle layer tree)

- S1: 少ない 50%未満
- S2: 多い 50%以上

## 2.3.6. 森林簿の作成

### (1) 森林区画の方法および林班

Forest estate は現在森林局が直接管理している区域であり、またMukusiが集中して分布する箇所でもある。おおむね河川(River, Dambo, Plain)および、主要伐採道等で区画されている。よって、これを固定的な区画単位とし、地形図に確定した。

Forest estate 外の対象地域は、チーフの管轄区域であるが、その管理区域が非常に不明瞭で、地形図上に区画することは困難である。したがって、固定的な区画は設けないこととした。

Forest estate内の林班は、まず土地利用植生図の植生タイプの区分によって区画し、さらにそのな

かのForestおよびClosed woodlandについて、空中写真判読によって細区分された区画を林班とし、それぞれに番号をつけた。

Forest estate外のForestおよびClosed woodlandについては、それぞれの植生タイプの区分ごとに、前記の空中写真判読によって細区分された区画を林班とした。

森林の取り扱い、林況の異なるこの林班ごとに考慮されるが、伐採方針の変更や、施業の実行によって林班界は変わる性格のものである。

## (2) 森林資源分布図

森林管理に際しての利便性を考慮して、森林資源の量的な分布状況を図示し、森林簿と直接的な関連をもった森林資源分布図を作成した。

これは、地形図上に土地利用植生図のForestとClosed woodlandの植生タイプ区分を移写し、さらに林班界・Forest estateの境界を記入したものである。つまり、林班位置図ともいえるもので、森林簿と併用して使用するものとする。

各林班には林班の番号とha当たりの蓄積を示し、資源の分布状況が判るようにした。

森林資源分布図に記した林班ごとの面積を測定し、森林簿に記載した。

## (3) 森林簿

森林簿の様式はTable-19のとおりであり、森林区画ごとに各種の内容が記載されている。森林資源分布図のある特定の森林区画を森林簿で参照すれば、当該森林区画にかかわる情報が得られることとなる。

調査地域内の蓄積は、この森林簿に記載された林班ごとの蓄積の積み上げによって算出される。

### a. 森林区画

森林局が管理するForest estateごとに集計することとし、各Forest estateの名称が記入される。

また、それ以外のForest・Closed woodlandは各地形図シートごとに集計した。

林班番号は、Forestについては続き番号、それ以外の植生タイプ区分については、それぞれの植生タイプの略号に番号を付した(Closed woodland=CW1・・)。

### b. 面積

各林班の面積が各植生タイプ区分ごとに記載されている。

### c. 林況

林況は前述の空中写真判読基準a. ~d. の判読結果と、「樹冠-材積」変換表(Crown diameter class/Crown density class/Site indexからha当たりの材積を導く表)から得られるha当たりの立木材積、当該林班の総立木材積、Mukusiの立木材積が記入される。

なお、総立木材積はha当たり材積に林班面積を乗じて算出され、Mukusiの立木材積は総立木材積にMukusiの混合率を乗じて算出される。

#### d. 地況

地況は、通常地形条件や土壌型等が記載されるが、調査地域がほとんど平坦な地形で変化がないことから、土壌型のみを記載した。なお、Dambòを備考欄に記載することとした。

### 2.3.7. 森林資源の現況

森林簿の集計結果として、ForestおよびClosed woodlandごとの面積、全林木および、Mukusiの蓄積、ha当たり蓄積等について、各Forest estate毎、各地形図シートごとに集計しTable-20に示した。

調査対象地域内(約500,000ha)のForestは86,021ha(17%)あり、その蓄積は8,201,580m<sup>3</sup>(95m<sup>3</sup>/ha)である。一方、Closed woodlandは153,152ha(30%)分布し、その蓄積は7,978,255m<sup>3</sup>(52m<sup>3</sup>/ha)で、ha当たり蓄積はForestの50%強でしかない。

#### (1) Forest estate内の林況

調査地域内には25箇所のForest estateがあり、総面積は125,943haである。このうちMukusi林は61,670haで全体の49%にまで減少している。土地利用植生調査であれたように、Mukusi林以外の大部分はMukusi林が後退したTree grasslandであり、面積的にかなり森林資源が減少していることが確認される。また、Closed woodlandの分布は非常に小さく、2%程度でしかない。

次に、Forest estateごとに、Forestの占める面積率をみると、Mulobezi周辺(Kazu-Namena~Kanyanga forest)の森林率は70%なのに対し、それ以南の各Forest estateでは森林率の平均は40%と低く、とくにSichinga(20%)、Monze forest(13%)の森林率の低さが目立つ。これは森林伐採によるものというよりは、無秩序な火入れによって起こった大規模な森林火災に起因する、Tree grasslandの増大である。

次に蓄積をみると(Table-20)、Forest estate内では総蓄積6,663,075m<sup>3</sup>(104m<sup>3</sup>/ha、Mukusiは3,234,215m<sup>3</sup>で総蓄積の49%)が計上された。

森林調査のプラットでは、ha当たり200m<sup>3</sup>を超える林分もみられたが、平均蓄積でそれに近い林分内容を維持しているのは、Nanga forest(171m<sup>3</sup>/ha)のみである。なお、平均蓄積、総蓄積(森林率70%以上)ともに多いのは、Simungoma east、Simungoma west、Kanyanga、Lonze、Situmpa forest等であるが、それでも120~130m<sup>3</sup>/ha程度である。

#### (2) Forest estate外の林況

Forest estate外のForestは総計24,351haあり、その分布状況はTree grasslandの中に、小面積で散

在している場合が多い。Forest estate周辺には比較的大きな団地で、Mukusiを交える林分が分布しているが、これら中には、Forest estateを住民に解放した森林も含まれる。しかし、Forest estate外の森林にはMukusi以外の樹種が優占するものが相当含まれていることも事実で、Mukusiの混交率は24%で、Forest estate内のその5割ほどではない。

Mukwa、Muzauliその他の有用樹種が生育するClosed woodlandは、そのほとんどがForest estate外に広く分布し、その面積は150,753haにのぼる。

Forestの蓄積は1,634,317m<sup>3</sup>と算定され、ha当たりの蓄積は67m<sup>3</sup>となっており、Forest estate内(106m<sup>3</sup>/ha)の6割の平均蓄積しかない。一方、Closed woodlandの平均蓄積は52m<sup>3</sup>/haであるが、面積が広大なため総蓄積は7,882,443m<sup>3</sup>となる。この中にはMukusiも混在するが、その蓄積は約6%と非常に少ない。

### (3) 林分タイプごとの状況

林分材積の算定は2.3.4で記した「樹冠-材積」変換表(Table 18)が基礎となっている。この表のタイプ区分ごとに面積、蓄積等を集計したものがTable-21である。表は調査地域内のForestと、Closed woodlandに区分してそれぞれ集計した。これをみるとForestとClosed woodlandの蓄積内容の違いが明瞭である。

Forestでは、総面積86,021haのうち、大径木が主体の林分(Site I およびSite II のC3)が58,107haで70%近くを占めており、蓄積では85%の6,955,625m<sup>3</sup>となっている。また、Site I D3C3の林分は平均196m<sup>3</sup>/haで計算しているが、樹冠疎密度が90%を超える林分では210m<sup>3</sup>/haを超えている。(Table-18 参照)

一方、Closed woodlandをみると、100m<sup>3</sup>/haを超える林分は3,363haで、総面積153,152haの2%ほどしかない。大径木が占める林分でも、ha当たり蓄積63m<sup>3</sup>の低蓄積林分が約60%の面積を占めている。このClosed woodlandでは、MukwaをはじめMutondo、Mubako等の有用樹種が、Pitsawyerなどに伐採されているが、その平均蓄積の低さから、伐採にあたっては、林相の悪化を回避する慎重な配慮が必要である。



Table 20 Present condition of forest resources

No.	Forest estate	Forest										Closed Woodland										Total						
		Total area (ha)					Stand volume (m³)					Area					Stand volume (m³)					Area					Mukusi rate (%)	
		Area (ha)	Rate (%)	Per ha	All trees	Mukusi	Area (ha)	Rate (%)	Per ha	All trees	Mukusi	Area (ha)	Rate (%)	Per ha	All trees	Mukusi	Area (ha)	Rate (%)	Per ha	All trees	Mukusi	Rate (%)	Per ha	All trees	Mukusi	Mukusi rate (%)		
1	Masese group of forest	54,933	25,228	46	103	2,605,836	1,688,323	65	612	1	33	20,404	0	0	25,840	47	102	2,626,240	1,688,323	64								
a	Sichinga	5,974	1,220	20	41	50,281	17,339	34	137	2	25	3,373	0	0	1,357	23	40	53,654	17,339	32								
b	Kenze	6,083	769	13	52	39,614	13,282	34	0	0	0	0	0	769	13	52	39,614	13,282	34									
c	Kasiki	5,540	2,022	36	96	194,544	110,289	57	0	0	0	0	0	2,022	36	96	194,544	110,289	57									
d	Malawe	5,681	2,291	40	71	163,366	81,735	50	0	0	0	0	0	2,291	40	71	163,366	81,735	50									
e	Simungoma west	7,990	5,734	72	125	717,222	435,337	61	0	0	0	0	0	5,734	72	125	717,222	435,337	61									
f	Simungoma east	8,540	6,437	73	129	801,522	621,779	78	0	0	0	0	0	6,437	73	129	801,522	621,779	78									
g	Sikubingwa	5,385	3,391	63	96	326,354	222,470	68	279	5	36	10,171	0	0	3,670	68	92	336,525	222,470	66								
h	Sisisi	9,740	3,584	37	83	312,933	186,092	59	196	2	35	6,860	0	0	3,760	39	85	319,793	186,092	58								
2	Zungubo	950	191	20	95	18,052	2,582	14	85	7	42	2,730	0	0	256	27	81	20,782	2,582	12								
3	Katema	2,560	1,043	41	108	112,252	31,386	28	132	5	17	2,244	0	0	1,175	46	97	114,496	31,386	27								
4	Muluwe	7,276	899	12	57	51,475	11,046	21	127	2	63	8,001	1,200	15	1,026	14	58	59,476	12,246	21								
5	Nanyota	3,432	763	22	70	53,196	29,638	56	212	6	63	13,356	2,003	15	975	28	68	66,492	31,641	48								
6	Samatela	6,485	1,389	21	64	88,293	27,669	31	1,062	16	35	37,170	11,805	32	2,451	38	51	125,463	39,474	31								
7	Lumino	4,000	1,742	44	116	201,580	85,369	42	32	1	63	2,016	0	0	1,774	44	115	203,596	85,369	42								
8	Kayumbwana	3,575	1,919	54	109	208,394	81,000	39	0	0	0	0	0	1,919	54	109	208,394	81,000	39									
9	Nangombe	2,380	855	36	111	94,768	13,959	15	0	0	0	0	0	855	36	111	94,768	13,959	15									
10	SiJulu	2,770	1,731	62	127	219,776	76,888	35	77	3	63	4,851	0	0	1,808	65	124	224,627	76,888	34								
11	Kalana	1,005	302	30	53	16,070	3,968	25	23	0	63	1,449	217	15	302	30	53	16,070	3,968	25								
12	Kalu-Namena	7,860	5,287	67	106	528,468	134,219	25	0	0	0	0	0	5,287	67	106	528,468	134,219	25									
13	Nanga	1,450	1,149	79	171	197,002	114,580	58	0	0	0	0	0	1,149	79	171	197,002	114,580	58									
14	Kanyanga	1,980	1,337	68	99	132,599	58,792	44	57	3	63	3,591	0	0	1,394	70	98	136,190	58,792	43								
15	Lonze	9,295	6,519	70	114	742,353	351,576	47	0	0	0	0	0	6,519	70	114	742,353	351,576	47									
16	Nalwama	3,340	2,084	62	72	161,167	64,613	40	0	0	0	0	0	2,084	62	72	161,167	64,613	40									
17	Lwangula	2,131	1,212	57	98	118,641	35,507	27	0	0	0	0	0	1,212	57	98	118,641	35,507	27									
18	Stumpa	10,520	8,020	76	127	1,017,401	410,875	40	0	0	0	0	0	8,020	76	127	1,017,401	410,875	40									
	Subtotal (Forest estate)	125,943	61,670	49	106	6,567,263	3,218,990	49	2,399	2	40	95,812	15,225	16	64,069	51	104	6,563,075	3,234,215	49								
	Sheet No. of Topographic map																											
	1724A2	42,570	418	1	50	20,782	2,532	12	31,283	73	51	1,608,146	0	0	31,701	74	51	1,626,928	2,532	0								
	1724A4	36,703	2,009	5	51	103,027	5,360	5	9,229	25	45	415,542	12,665	3	11,238	31	45	518,569	18,025	3								
	1724B1	46,663	1,925	4	58	112,689	38,593	34	26,280	56	61	1,611,690	230,774	14	28,215	60	61	1,724,379	289,367	16								
	1724B2	55,398	5,072	9	79	400,235	128,080	32	10,107	18	48	481,668	8,538	2	15,179	27	58	881,903	136,618	15								
	1724B3	19,635	3,643	19	61	222,303	68,937	31	1,369	7	49	66,454	9,492	14	5,012	26	58	288,757	78,429	27								
	1725A1	20,306	3,100	15	60	185,157	66,083	36	0	0	0	0	0	3,100	15	60	185,157	66,083	36									
	1824D3	37,943	887	2	82	56,533	3,554	6	28,522	75	51	1,453,263	88,452	6	29,209	77	52	1,509,796	92,006	6								
	1824D4	33,648	1,656	5	70	115,932	3,795	3	20,071	60	43	869,673	10,742	1	21,727	65	45	985,605	14,537	1								
	1825C1	34,848	1,065	3	65	68,876	27,162	39	16,413	47	58	954,395	12,172	1	17,478	50	59	1,023,271	39,334	4								
	1825C3	38,234	4,667	12	74	342,498	49,030	14	7,479	20	57	423,612	81,428	15	12,136	32	63	765,110	110,458	14								
	1825C4	9,013	109	1	58	6,285	79	1	0	0	0	0	0	109	1	58	6,285	79	1									
	(Subtotal (Sheet))	374,961	24,351	6	67	1,834,317	393,205	24	150,753	40	52	7,882,443	434,263	6	175,104	47	54	9,516,760	827,468	9								
	Total	500,904	86,021	17	95	8,201,580	3,612,195	44	153,152	31	52	7,978,255	449,488	6	239,173	48	68	16,179,835	4,061,683	25								

**Table 21** Totaling forest stock according to each forest type (forest and closed woodland)

**Forest in the study area**

Forest crown closure		D1		D2		D3		Total	
		20%<Cc<45%		45%<Cc<70%		70%<Cc			
Crown diameter class		$\Sigma m^3$	$m^3/ha$						
		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$	
Site I /C3	All tree	1,174,509	63	2,140,664	116	3,429,412	196	6,744,585	124
Cd>10m	Mukusi	480,961	26	1,115,530	60	1,756,468	100	3,352,959	61
	Area(ha)	18,643		18,454		17,497		54,594	
Site II /C3	All tree	96,558	42	66,066	77	48,416	136	211,040	60
Cd>10m	Mukusi	38,809	17	17,904	21	7,453	21	64,166	18
	Area(ha)	2,299		858		356		3,513	
Site II /C2	All tree	352,765	35	361,020	60	347,650	85	1,061,435	53
6<Cd<10m	Mukusi	76,836	8	57,312	10	52,518	13	186,666	9
	Area(ha)	10,079		6,017		4,090		20,186	
Site II /C1	All tree	53,329	17	78,936	26	52,255	34	184,520	24
Cd<6m	Mukusi	4,221	1	1,408	0	2,775	2	8,404	1
	Area(ha)	3,137		3,036		1,555		7,728	
Total	All tree	1,677,161	48	2,646,686	93	3,877,733	165	8,201,580	95
	Mukusi	600,827	18	1,192,154	42	1,819,214	77	3,612,195	42
	Area(ha)	34,158		28,365		23,498		86,021	

**Closed woodland in the study area**

Forest crown closure		D1		D2		D3		Total	
		20%<Cc<45%		45%<Cc<70%		70%<Cc			
Crown diameter class		$\Sigma m^3$	$m^3/ha$						
		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$	
Site I /C3	All tree	5,524,659	63	390,108	116	0	0	5,914,767	65
Cd>10m	Mukusi	365,811	4	50,007	15	0	0	415,818	5
	Area(ha)	87,693		3,363		0		91,056	
Site II /C3	All tree	721,770	42	0	0	0	0	721,770	42
Cd>10m	Mukusi	2,948	0	0	0	0	0	2,948	0
	Area(ha)	17,185		0		0		17,185	
Site II /C2	All tree	1,054,690	35	49,980	60	0	0	1,104,670	36
6<Cd<10m	Mukusi	23,225	1	7,497	9	0	0	30,722	1
	Area(ha)	30,134		833		0		30,967	
Site II /C1	All tree	237,048	17	0	0	0	0	237,048	17
Cd<6m	Mukusi	0	0	0	0	0	0	0	0
	Area(ha)	13,944		0		0		13,944	
Total	All tree	7,538,167	51	440,088	105	0	0	7,978,255	52
	Mukusi	391,984	3	57,504	14	0	0	449,488	3
	Area(ha)	148,956		4,196		0		153,152	

### 3. 森林管理計画策定のための調査

#### 3.1. 収穫表とそれに基づく資源管理のための調査

森林は収穫しても、再生する Endless の資源と考えられている。しかしながら、その収穫量を適正に順守しないと、森林は破壊され、保続性が失われてゆくもろさをもっている。この見地から、ザンビア国南西地域における Mukusi 林の保続を目標に、森林構成と特性とを把握し、それに立脚した、適正な収穫量を検討した。定量結果をもとに作成した収穫表を提示する。

##### 3.1.1. 収穫表の作成の基本

天然林を構成する林木は、年齢とともに成長するが、その過程で、隣接木との競争がはじまる。この場合、勝者としての優勢木は旺盛な成長を持続して林分構成員として残るものの、敗者としての劣勢木は、成長量を減じて、やがては衰弱し、枯死してゆく。このように、林木の成長に伴う競争によって、逆に、林分密度を減少することを、自然間引きと呼んでいる。ここで、ある年数期間内に、自然間引きによって、枯れてゆく木に着目すると、この間引きによって、減少する材積を、あらかじめ収穫したとしても、林分成長の流れには支障がないことを意味している。このように、ある一定期間ごとに、収穫を行っても、林分の成長が保続され得るような林分構成状態の流れを、定量的に示す表を収穫表と呼ぶ。具体的には、林齢階とともに変化する林分構成(樹高、直径、単木材積、立木密度、林分材積)と、齢階期間内に許容しうる収穫可能量(林分の健全な成長を阻害しない伐採量:老齢木、劣勢木、不良木等の本数、材積)とを量的に整理して作表したものである。

自然間引きは、生死を分ける限界条件下で行われるため、自然間引きが生じるような立木密度は、最多密度と呼ばれている。天然林の多くは、この最多密度の条件下で維持されているのであるが、森林自身は、この条件よりも、幅広い条件に適応する能力を持ち、森林を部分的に伐採する場合は、必ずしも最多密度の条件を守らなくても良いと考えられる。つまり、最多密度よりも低い密度で運用しても、森林の保続は損なわれないことを意味している。

林木は、光合成によって成長を行い、樹冠の広がり大きいほど、多量の光を受けるため、単木的には大きな成長をとげているのであるが、これらが集まった林分についても、同様な考え方がなされ、林冠の被覆率が大きければ、その林分は大きな成長量を維持し、被覆率が小さければ、林分成長量も小さいとみてよい。そして、この場合、個々の林木は、樹冠の広がりに対して弾力的な対応を示す能力があり、ある限度内であれば、林冠を構成する林木間に、多少の大小差異があっても、また、立木密度が多少異なっても、同一の林冠被覆面積率をとり得ることになる。つまり、林木の樹冠は、高密度の場合には、小さな投影面積を持ち、低密度の場合には大きな投影面積をもつなど、弾力的な変化を示すわけであり、よほど極端な低密度でもない限りは、閉鎖した林冠構成(ほぼ一定の林冠被覆

率)を示すことになる。他方、林冠被覆率が同一ならば、林分としての受光量が変わらず、成長量も変わらないので、自然間引きの本数(最多密度)よりも、多少、低密度の林分であっても、林分は閉鎖状態を保って、同一の成長をとげるものと考えられる。すなわち、択伐や間伐の実行に際して、少々余計に、伐採を行ったとしても、林冠構成は、健全な林分状態に維持されてゆくことを物語っている。このことを応用すると、密度管理において、あらかじめ、少々強度と思われるほどの間伐や択伐をおこなっても、林分成長には支障のないことを示唆している。

低密度にして、単木樹冠の規模を大きくすれば、林木の直径成長量が増すので、直径の大きな木材が生産される。そのため、板材用の大径材生産を目標とする人工林などでは、自然間引きの条件下の立木密度よりも、はるかに低い立木密度で経営されていることが多い。具体的には、50%以下の低密度で経営されていることも珍しくなく、しかも林分材積は、高密度の場合と比較して、遜色のないほどの量を維持していることが知られている。なお、降水量の少ない半乾燥熱帯地域では、受光競争よりも、地中における水分競争の方が、激しく、現実には樹冠の広がり方よりも、根系の広がり方で、論議を進めなければならないのであるが、根系の状況は、目に見えないので、樹冠構成をパラメータと考えて検討することにした。

ザンビア国南西地域のような乾燥環境では、本来、林冠の完全鬱閉が期待されない条件下にあるので、そこで、湿潤地帯のように、50%も立木密度を減じたのでは、林冠の閉鎖は期待されないのが実態である。それでも、30~35%の減少程度あれば、一時的には大きく疎開しても、その後再び、林冠閉鎖を回復するように観察された。

ザンビア国南西地区の天然林では、積極的な本数管理(直径管理)施業は、行われ得ないので、人工林に見られるような低密度の林分構成は考えず、自然間引きに近い林分構成を想定するのが妥当である。しかしながら、林木が枯死してから収穫しても、資源としては役立たないので、輪伐期間内での衰弱枯死量を予想して、事前にそれを収穫することを前提条件として、収穫表を作成することにした。

上記のように、収穫表作成のためには、林齢(樹齢)と樹高、胸高直径、単木材積、林分密度、林分材積等の林分構成要因との関係を、定量的に把握することが必要であるが、今回の主対象樹種であるMukusiは、自然状態で林齢を推定することが困難であったため、現地の林分調査においては、樹齢に替えて、胸高直径もしくは胸高断面積と、その他の林分構成要因との関係を求めることにした。日本の林分の場合、胸高断面積が樹齢と直線関係に近い相関性をもつことから、当初、Mukusiにおいても、胸高断面積を基準にし、これと、樹高、密度、材積等との関係を求めたのであった。しかしながら、製材工場および、現地伐採木のMukusi材の年輪調査の結果、胸高断面積ではなく、胸高直径と年数(年輪数)の間に、直線に近い単純な関係(正比例に近似)があることが見いだされた(Figure-24参照)。

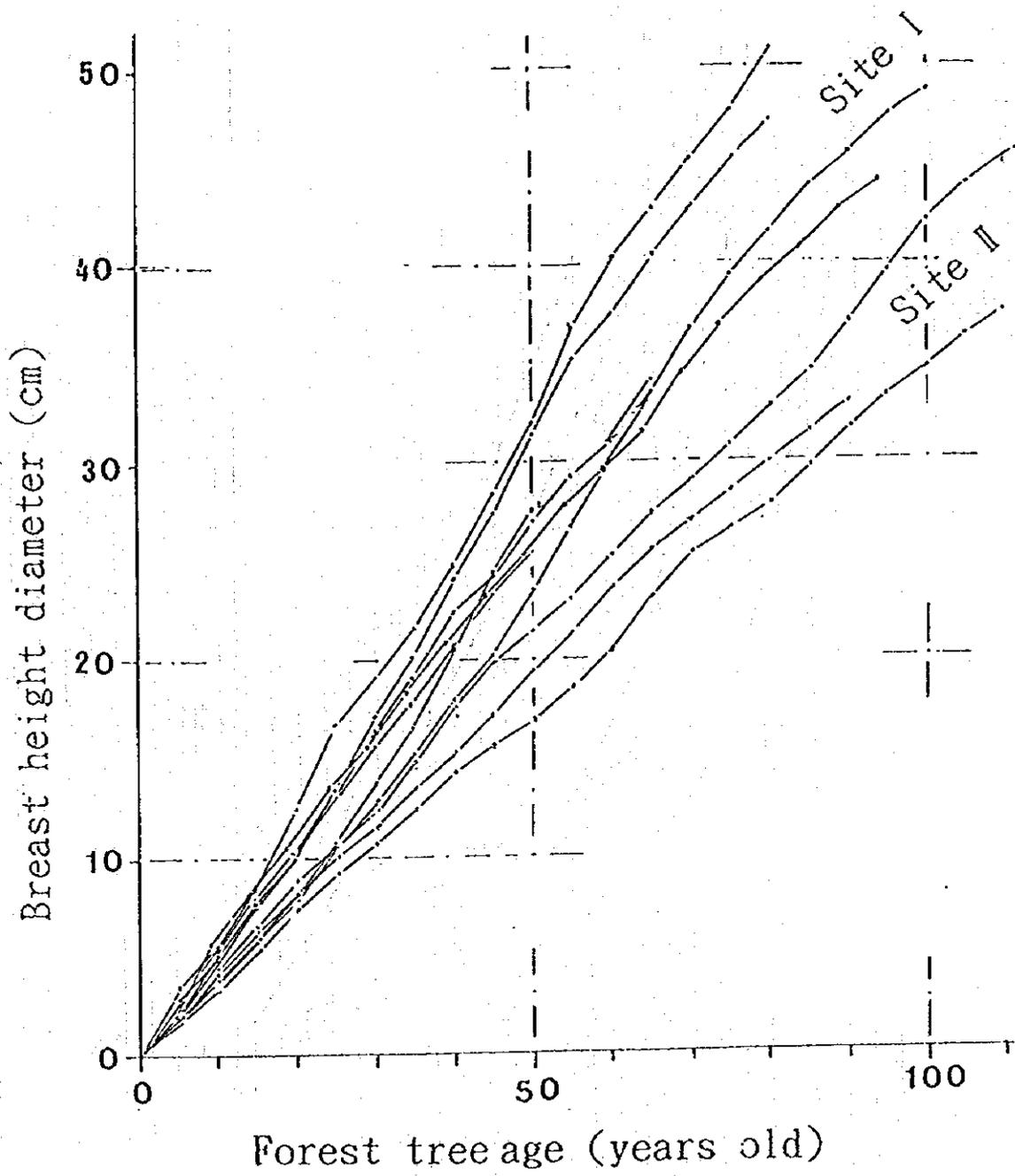


Figure 24

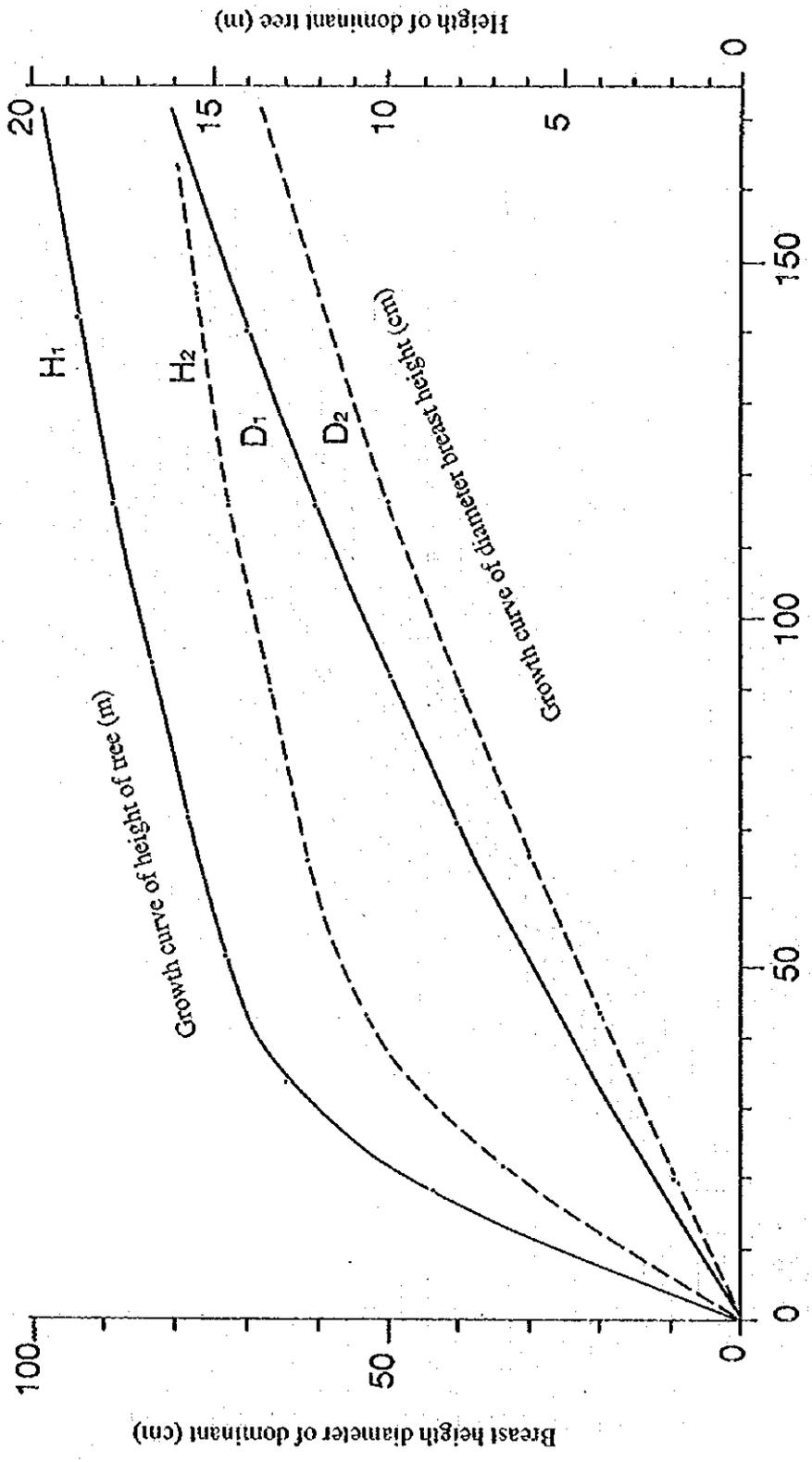
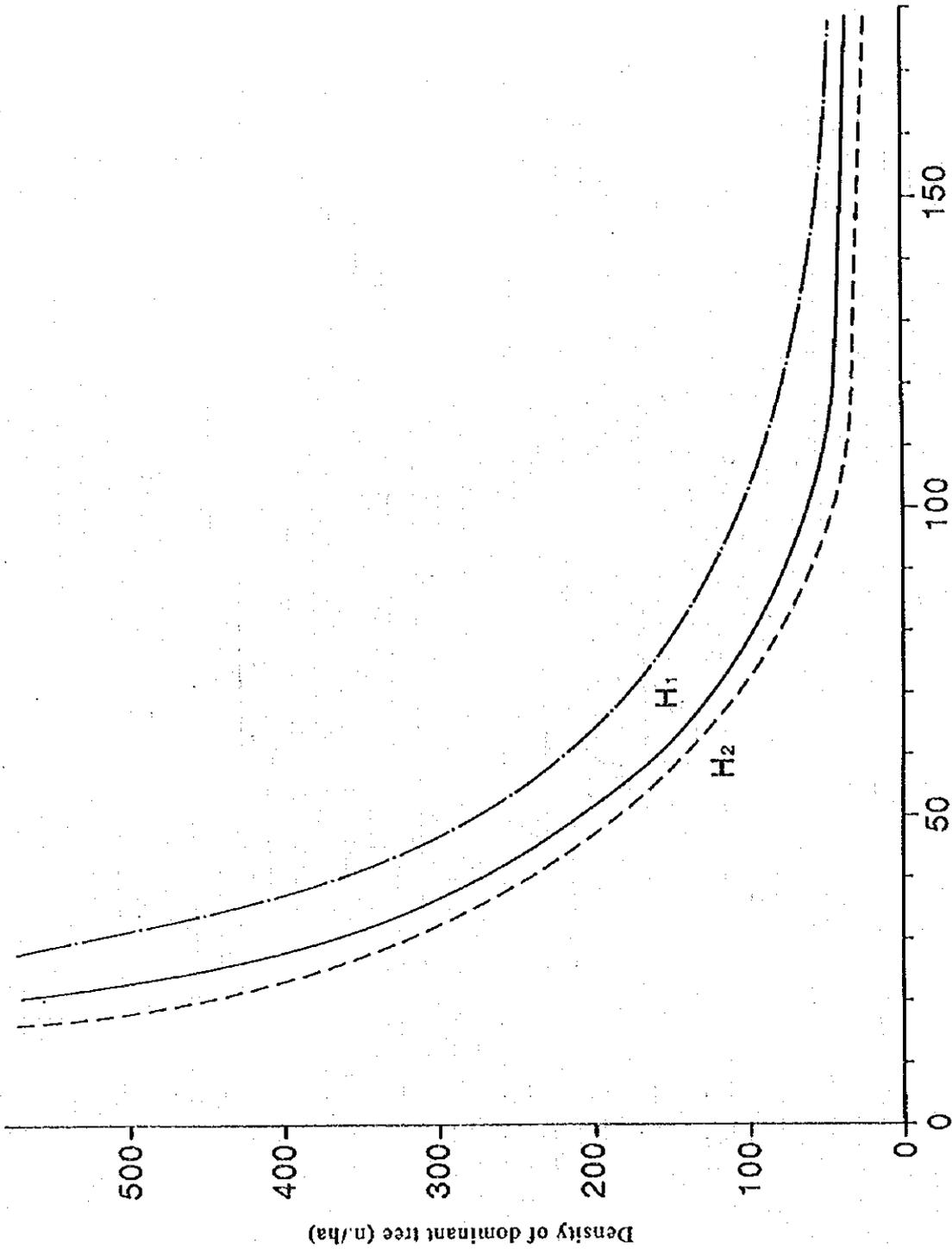


Figure 25 Relation between the tree height and forest age



Forest age of dominant tree (years old)

Figure 26 Relation between the stand density and forest age

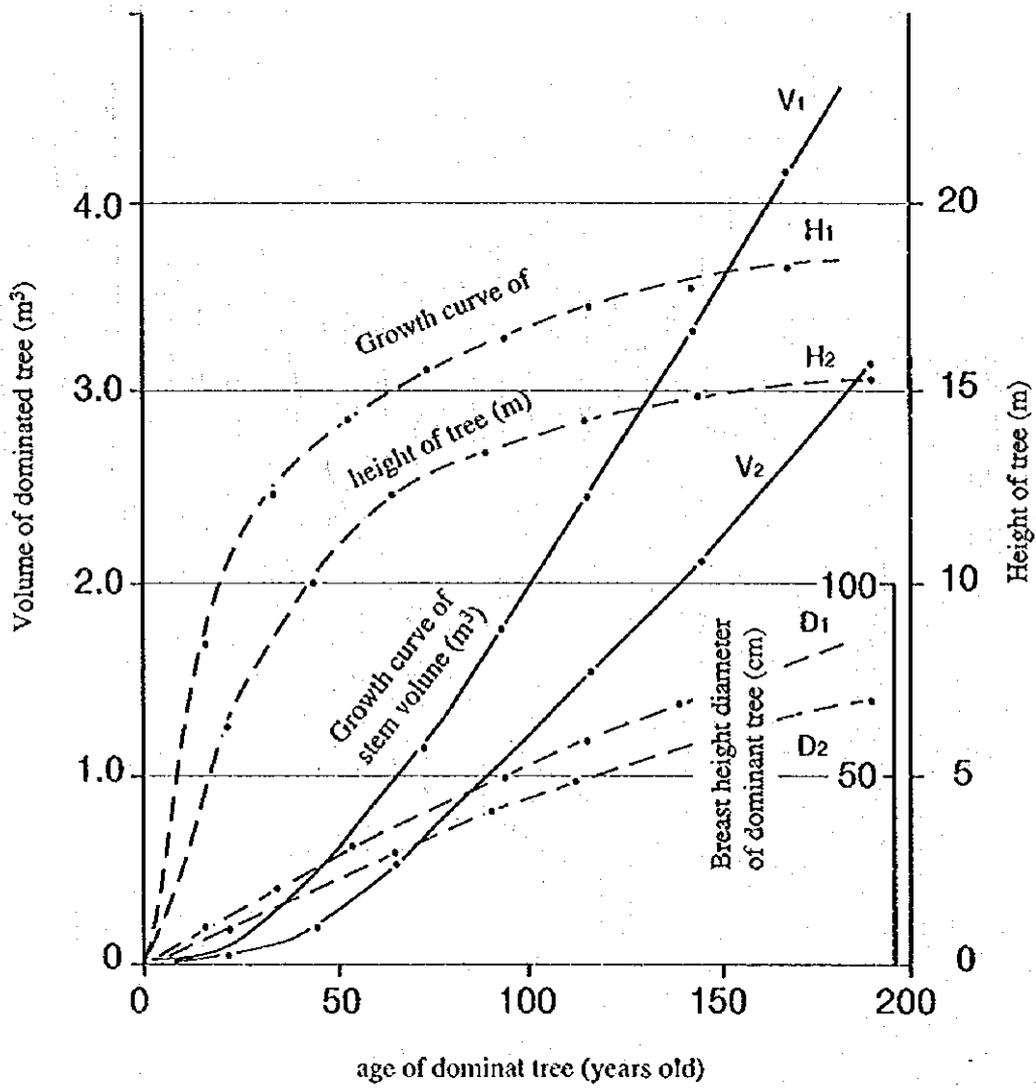


Figure 27 Volume growth curve plotted and based on the tree height growing curve and growing curve, for diameters at breast height

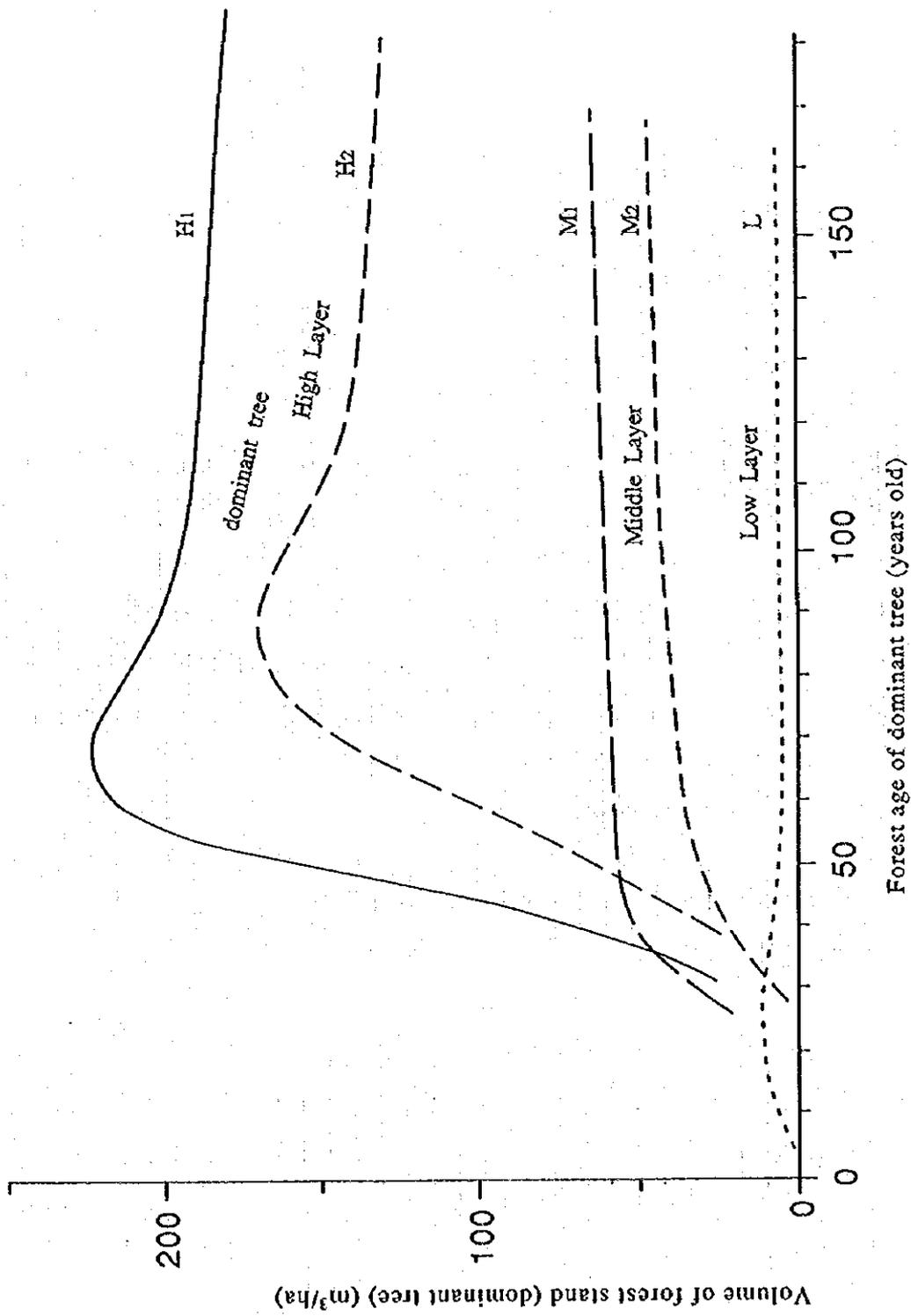


Figure 28 Relation between forest stand volume and forest age by layer

ここで、この直線的な相関関係を利用すれば、胸高直径を、容易に林齢に変換することができるので、胸高直径と各種の林分構成要因との関係を求めておけば、これらを林齢との関係に置き換えることが、近似的に可能になるものと考えた。この考えのもとに、収穫表あるいは、森林管理の検討に際して必要と思われる下記の林分構成要因と、胸高直径との関係を求めた。

Figure-24 胸高直径と樹高との関係(主林木)

Figure-25 胸高直径と立木密度との関係

Figure-26 胸高直径と階層別(上層、中層、下層木)の林分材積との関係

Figure-27 胸高直径(主林木)と中層木林分材積との関係

Figure-24 の関係から、胸高直径と林齢との関係を、地位級別のスムーズな曲線(ほぼ直線)関係に整理し(地位 I、II)、Figure-25 のような関係を得た。この関係を媒介にして、胸高との関係を林齢との関係に読み替え、林齢と下記の要因との関係を求めた。

これらの、関係図を用いて、20年単位での主林木の収穫表の作成を行った。副林木(劣勢木: 収穫可能量指標)についてみると、20年の間には利用されないまま枯死する林木もあるものと考え、減少する本数の65%が収穫利用できるものと仮定した。具体的には、伐採時点で、すでに劣勢木となりかかっている林木量を考え、現存の副林木に相当する量(前期分)として、主副合計材積の35%を将来、劣勢木となる予想本数として、現存の主林木材積(後期分)の30%程度に相当する本数が収穫可能になるものと考えた。この本数に、当該林齢の平均単木材積( $m^3$ /林齢)の80%(高齢木では85~95%)を乗じて、伐採(利用)材積を算定した。

Figure-25 樹高と林齢との関係(併記)

Figure-26 立木密度と林齢との関係

Figure-27 樹高成長曲線、胸高直径成長曲線をもとに算定した材積成長曲線

Figure-28 階層別の林分材積と林齢の関係

### 3.1.2. 収穫表 I (林分齢階と主・副林木構成)

最初に、林分が幼齢林時代から次第に年を重ねて、老齢化していく過程を想定した。具体的には、Figure-28 の関係を重視して、収穫表の作成を行った。結果をTable-22 に示す。調査地点のほとんどが天然林であるため、40年生以下の、若~幼齢林の資料が不足しているが、想定値を交えて数値を計上した。

#### (1) 特性

作成に当たって認められた特性を次に列記する。

・60年から80年の壮齢林時代に最大の蓄積を示すようであり、100年を越すと、老齢のためか、

林分蓄積は減少している。

・40年以下の若齢林木が、火災のため消失しており、そのため、Figure 29においては、蓄積が極端に少なく表示されている。収穫表においては、この間の状況を、観察事項等によって調整し、蓄積の存在を計った。

・この収穫表は、かなり、理想に近い成長過程をとる天然林の構成を示したものであり、実態は、これよりも不良な状態にある。

## (2) 収穫表より読み取れる成長量と収穫量

優勢木の単木の成長状態(Figure 27)についてみると、壮齢林以上の高齢林でも、大きな成長率を維持しており、この見地からすると、林齢と林分蓄積との関係は、壮齢林以後も増加傾向を維持するものと予想された。しかしながら、現実には、林木間の競争が激しいためか、優勢木が旺盛な成長を維持する反面、一旦、劣勢木に陥ると、単に、成長率を低下させるだけではなく、たちまち、「衰弱→枯死」の道をたどるものと想定される。このため、生存数は、20年間で20%内外、あるいはそれ以上も減少しており、この枯死による、蓄積減少が響いて、たとえ、残存木が大きな成長をとげても、林分全体の成長は、減少傾向になっている場合が珍しくない。現実には、60年から80年生の壮齢林時代を過ぎると、林分蓄積は減少傾向を示しているようである。

林分蓄積増加の若齢林の時期、最大蓄積の壮齢林の時期(60~80年生)、蓄積減少の過熟林の時期、蓄積微小減少ないしは一定の時期と、年代時期を異にするごとに、林分蓄積と成長量の大きさ(成長率)は異なっている。したがって、一律に伐採許容量(率)に対応する成長量(成長率)を想定することは困難であるが、強いて、保続を念頭においた伐採率(副林木の占める材積率)を提示することになると、Site Iについては90年から110年生、Site IIについては100年から120年生を標準と考えて、20年回帰の択伐で、20%から25%程度と考えられる。

なお、ここでは、20年回帰の択伐を念頭において、収穫表を作成したのであるが、これを10年回帰にすると、1回の伐採率は15%程度と少なくなる。しかし、回帰年内での劣勢木の枯死率(不利用材の率)が低くなるので、40~60年以上の長期間内での延べ伐採量は、かえって大きくなるはずである。交通事情が便利で、集約的な伐採、収穫ができる条件下であれば、10年回帰の択伐の方が有利なのであるが、この場合の、1回のMukusiの伐採率は、7~10%以下と低率となって、伐採作業能率が低下する可能性が大きい。したがって、現状では、20年の回帰年数が適当と考えたものである。

Table 22 Yield table I (Mukusi forest stand)  
Forest age and stand volume

Site Class I								
Forest	All of tree					Dominated		Middle
Age	H	DBH	v	N	V	Ni	Vi	Vm
	(m)	(cm)	(m <sup>3</sup> )	(n/ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(n/ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
20	8.8	12.0	0.054	550	30			
40	12.5	22.5	0.312	420	131	92	23 (18%)	50
60	14.4	33.0	0.754	276	221	77	46 (21)	56
80	15.7	43.5	1.353	154	209	58	63 (30)	58
100	16.7	53.0	1.875	105	196	29	44 (23)	59
120	17.6	62.0	2.656	70	187	17	36 (19)	60
140	18.4	70.5	3.424	54	184	10	27 (15)	61
160	19.0	76.5	4.021	45	182	7	22 (12)	62

Site Class II								
Forest	All of tree					Dominated		Middle
Age	H	DBH	v	N	V	Ni	Vi	Vm
(y)	(m)	(cm)	(m <sup>3</sup> )	(n/ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(n/ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
20	6.0	8.0	0.013	750	10			
40	9.3	17.5	0.134	460	62	145	16(26%)	20
60	11.9	26.5	0.411	304	125	82	27(22)	32
80	13.0	35.0	0.759	213	162	56	34(21)	36
100	13.8	43.5	1.176	134	157	41	39(25)	38
120	14.4	51.0	1.600	91	146	23	29(20)	40
140	15.0	58.0	2.041	68	138	14	23(17)	42
160	15.5	64.0	2.470	53	132	9	18(14)	43

### 3.1.3. 収穫表Ⅱ (高齢天然林の標準的林分構成)

#### (1) 作成方法

収穫表Ⅰでは、一斉造林を行なった人工林のような状況を想定して、林齢変化に対応した林分構成と、20年輪伐期で収穫可能な材積を示したものであるが、現実の天然林は樹種、樹齢、径級、樹高を異にする様々な樹木によって構成されている群集である。したがって、この条件下で保続を考慮した収穫を行うためには、各直径階もしくは樹高階で、20年間にどのくらいの劣勢木がでるか予測することが基本になるはずである。

ここで、林分調査プロットごとに径級別の出現頻度を算出し、これらを平均して、本地域における標準的林分(火災を受けていない状態)の径級別の構成本数( $N_i$ )を推定した。この場合、30年生以下の樹木については、無被害林分が極めて少ないので、このような、小径級の樹木の出現度数については、単純な平均値を用いず、少数の健全林分のみ測定値を参考にして、別途に度数推定を行った。これらの径級別の本数に、単木材積を乗じて、径級別の材積( $V_i$ )を求め、さらに全てを合計して、林分材積を算出した。

なお、現実の状況と、主対象木であるMukusiの状況を把握できるように、30年生以下の若齢林木について、現実のままの出現度数で整理した場合の径級別の本数を $N_{ip}$ として表示し、それに対応する材積を $V_{ip}$ として算出した。同様に、林分内に出現するMukusiについても径級ごとに本数( $N_{m}$ :標準)、( $N_{mp}$ :現実)と材積( $V_{m}$ :標準)、( $V_{mp}$ :現実)とを計上している。

単純に平均構成を求めると、林分材積値が $220\text{m}^3/\text{ha}$ (地位Ⅰ、林齢80年相当)と高値となったが、現実には、これほどの高蓄積の林分は少ないので、若干、本数を少なく調整して、SiteⅠでは $198\text{m}^3/\text{ha}$ (林齢100年相当)を標準的な林分材積とし、SiteⅡでは $146\text{m}^3/\text{ha}$ (林齢120年相当)の林分を標準的なものと考えた。収穫表Ⅱ(Table-23(1)、(2))は、その条件下での林分構成を基本において作成したものである。

#### (2) 特性

収穫表Ⅱにおいては、標準と思われる直径階別の本数( $N_i$ )を推定して、これに対応する、優勢木材積と劣勢木材積とを算定したものである。この地域の森林は、林内が明るく、陽光に対する被圧条件が、幼齢樹木の生育障害要因とはなっていないためか、直径階別の本数( $N_i$ )は、直径が小さなほど多くなっているのが特色(一部の被害が軽症の林分でこの傾向が確認された)のようである。しかしながら、多くの現実の林分では、最近20年~30年間の度重なる森林火災(火入れの延焼)によって、幼樹が育っておらず、そのため、30cm径以下の径級に属する林木数( $N_{ip}$ )が少なくなっている状況が見いだされる。とくに、Mukusiは耐火性が小さいためか、その数( $N_{mp}$ )が少なくなっ

Table 23 (1) Yield table II (Mukusi forest stand)

Standard structure of stand: Frequency of numbers of trees and volume classified by DBH

(1) Site Class I

DBH cm	H m	v m <sup>3</sup>	N: stand density					V: stand volume				(age) y
			Nt	ΔNt	Ntp	Nm	Nmp	Vt	ΔVt	Vm	Vmp	
6 ~ 10	6	0.013	120	--	100.	72.0	11.0	1.56	--	0.94	0.21	10
~ 15	8	0.059	98.0	22	80.0	64.0	13.0	5.78	1.30	3.78	0.77	20
~ 20	10	0.147	68.0	17	41.0	45.0	14.0	10.00	2.50	6.61	2.06	30
~ 25	11.6	0.298	52.0	8	32.0	39.0	18.0	15.50	2.38	11.62	5.36	40
~ 30	13	0.484	40.0	7	26.0	32.0	19.0	19.36	3.39	15.48	9.20	50
~ 35	14	0.714	31.0	5.9	28.0	26.0	23.0	22.13	4.21	18.56	16.42	60
~ 40	14.8	0.984	23.0	5.1	26.0	19.0	24.0	22.63	5.02	18.70	23.62	70
~ 45	15.5	1.289	16.0	3.9	21.0	14.0	20.0	20.62	5.03	18.05	25.78	80
~ 50	16.2	1.596	12.0	2.7	10.0	10.0	10.0	19.15	4.31	15.96	15.96	90
~ 55	16.7	1.936	8.4	2.0	10.0	7.0	10.0	16.26	3.87	13.55	19.36	100
~ 60	17.2	2.293	5.2	1.3	5.7	4.5	4.5	11.92	2.98	10.32	10.32	110
~ 65	17.6	2.698	3.8	0.9	4.4	3.6	3.6	10.25	2.43	9.71	9.71	120
~ 70	18.0	3.114	2.8	0.7	3.2	2.6	2.4	8.72	2.18	8.10	7.47	130
~ 75	18.3	3.556	1.9	0.6	1.6	1.9	0.4	6.76	2.13	6.76	1.42	140
~ 80	18.6	4.030	1.2	0.5	1.3	1.3	0.8	4.83	2.02	5.24	3.22	151
~ 85	18.9	4.583	0.6	0.3	0.8	0.6	0.8	2.75	1.37	2.75	3.67	163
~ 90	19.2	5.096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	176
			484.	78.	391.	343.	175.	198.2	45.1	166.1	154.5	
			(100	16	81	71	36 %)	(100	22.8	83.8	78.0 %)	

$$\Delta Nt = 0.35 (Nt_{i-1} - Nt_i) + 0.35 (Nt_i - Nt_{i+1})$$

i : Class of DBH

Nt: stand density of all kinds of tree, Vt: stand volume of all kinds of tree

ΔNt : stand density of dominated tree, ΔVt : stand volume of dominated tree.

Ntp : present stand density of ' ' , Vtp : present stand volume of ' ' . Nm : stand density of Mukusi, Vm : stand density of Mukusi. Nmp : present stand density of Mukusi, Vmp : present stand volume of Mukusi.

Table 23 (2) Yield table II (Mukusi forest stand)

Standard structure of stand: Frequency of numbers of trees and volume classified by DBH

## (2) Site Class II

DBH	H	v	Nt	$\Delta Nt$	$N_m$	$N_{mp}$	Vt	$\Delta Vt$	$V_m$	$V_{mp}$	(age)
cm	m	m <sup>3</sup>	n/ha	n/ha	n/ha	n/ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	y
6 ~ 10	5.8	0.012	108	--	50	9	1.27		0.60	0.11	19
~ 15	7.5	0.051	88	18	45	10	4.48	0.73	2.30	0.51	28
~ 20	9.0	0.127	58	15	32	10	7.41	1.51	4.06	1.27	38
~ 25	10.3	0.255	47	11.7	27	13	11.89	2.37	6.89	3.32	50
~ 30	11.5	0.429	36	8.5	22.4	13	15.47	2.91	9.61	5.58	62
~ 35	12.5	0.638	28	5.7	18.2	16	17.86	2.92	11.61	10.21	74
~ 40	13.3	0.870	21	4.3	13.3	17	18.44	3.02	11.57	14.79	86
~ 45	13.9	1.156	15	3.4	9.8	14	17.15	3.14	11.33	16.18	98
~ 50	14.4	1.415	10.8	2.5	7.0	7	15.69	2.94	9.91	9.91	110
~ 55	14.8	1.735	7.2	1.9	4.0	5	12.51	2.70	6.94	8.68	122
~ 60	15.1	2.003	4.6	1.3	2.5	3.2	9.13	2.20	5.01	6.41	134
~ 65	15.3	2.343	3.3	1.1	1.8	2.5	7.70	2.12	4.22	5.86	146
~ 70	15.5	2.856	2.5	1.3	1.3	1.7	7.26	2.98	3.71	4.86	158
			428	74.6	234.3	121.4	146.3	29.54	87.76	87.69	
			(100	17.4	54.7	28.4)	(100.0	20.2	60.0	59.9 %)	

$$\Delta Nt_i = 0.35(Nt_{i-1} - Nt_i) + 0.3(Nt_i - Nt_{i+1})$$

いる。

択伐は通常、幼齢樹木の生育を期待して、高齢の大径木に対して行われるのであるが、たとえ、大径木の伐採収穫が適正に行われたとしても、肝心の幼齢～若齢林木の存在がないのでは、保続が期待されないことになる。

この収穫表 II においては、たとえ、択伐による伐採収穫を行っても、20年後には、再び、同様の林分構成を有する森林が、出現することを期待しているのが基本である。ここでは、択伐が、すべての直径階層に対して行われる、いわゆる全層択伐の実施を前提にして、量的な表示をおこなっている。

### 3.1.4. 収穫表の利用方法、問題点の指摘と提案

上記のように、収穫表 II は、最多密度に近い条件下での全層択伐を前提に、定量的表示したものである。しかしながら、現実の場合、燃料のための小径材の採取を別にすると、択伐は、木材としての商品価値がある大径の立木、さらには特定の樹種に対して実施されるので問題である。

### 1) 大径材のみの伐採と収穫許容量

現実には、すべての直径階を対象にした全層択伐(間伐)は行われず、大径材のみの伐採が行われる。この場合の伐採許容量は、厳密には、対象直径階(胸高直径が35~40cm)以上に属する副林木の本数、材積に相当する量となるはずである。しかしながら、さきに述べたように、林冠の閉鎖度合いは、立木密度が、最多密度よりも、多少低くなくても破壊されないで、目標径級よりも小さな径級に属する劣勢木の材積を含む量、すなわち、該等径級だけの許容材積よりも、やや多量な材積が伐採されてもよいことになる。具体的な例によって示すと、収穫表ⅡのSite Iの場合、全層択伐で許容される1ha当たりの本数、材積は、それぞれ78本、45m<sup>3</sup>(23%)であるが、製材対象となる35cm以上の、径級だけを択伐することになると、表から18本、29m<sup>3</sup>(15%)と算定される。しかしながら、径級35cm以上の主林木の密度は、最多密度(74本)よりも35%程度(25本)少なくとも、林冠閉鎖は破壊されないで、さらに7本程度の伐採が許容されることになる。つまり伐採量は、最大  $29 \times (25/18) = 40\text{m}^3$  程度までは可能となるものと考えられる。実行に際しては、これらの数値を目安にして、18~25本、29~40m<sup>3</sup>の範囲で伐採が行われればよいと考えられる。なお、択伐対象とならない、小径木は、自然間引きによって、一部が枯死し、その本数を減じるものと想定される。

### 2) 最大蓄積林分への誘導

収穫表Ⅱに計上した林分構成は、大略の林齢が100~110年の時期を想定したものであつる。しかしながら、収穫表Ⅰで読み取れるように、林分が最大蓄積を示し、しかも主林木の平均直径が高利用率を示す(胸高直径が40cm以上)のは、これよりも若い70~90年の時期である。ここで、収穫量の質的、量的な最大を目標にするのであれば、100年生以上の高齢林木を伐採して、森林を若干、若返らせることが必要である。この点でも、大径級材の、多少大目の収穫が許容されることになる。

### 3) Mukusi材の収穫

上記は、全部の樹種が、収穫利用される場合を想定した検討であるが、有用樹種(たとえばMukusi)のみを、収穫する場合を考える。全林分材積中に占めるMukusiの材積は、収穫表ⅡのSite Iの場合で80%前後、Site IIの場合で50%程度となっているので、Mukusiだけの収穫許容量は、当然、全林木に対する許容量のそれぞれ80%、50%となることが考えられる。しかし、空中写真判読による、地域内におけるMukusi材積の平均占有率は50%であるので、一般論としては、林分収穫許容量の50%が妥当と考えられる。

ここで問題になるのは、Mukusiだけを収穫して、他の樹種を収穫しなければ、相対的に他の樹種の母樹が増えるので、それらの繁殖力が大きくなることが推定される。この結果、林分内に占めるMukusiの量は漸減し、やがてはMukusi混交林としての保続が困難になることが予測される。Site I

のMukusi材積の占有率が、標準的な構成では80%と推定されたのであるが、これが現実には50%しかないのは、過去の偏った伐採の影響と考えられる。

Mukusi混交林としての保続を図るためには、主林木の伐採量を調整するだけでなく、Mukusi稚樹の育成などの造林的な手段を講じて、繁殖力の補強を図ることが必要と考えられる。

#### 4) 火災によって疎開した林分での収穫

上記の収穫表は、林冠が一応閉鎖状態にある森林を想定した数値であるが、現実には、森林火災等の異常事態によって、林冠が疎開し、表に掲げた数値の30%~60%程度、あるいはそれ以下の材積値しか保有しない林分が、多数分布している。これらの破壊された林分については、伐採収穫を控えて、標準的な林分構成にもどるような対策をとることが必要であるが、このような、疎開した林分においても、ある程度以上の閉鎖状態にあるときは、林木間での競争が行われて、劣勢木が出現しており、場合によっては、収穫が可能であることを示唆している。

疎開した林分では、林木間の競争が、激しくないため、自然枯死が少なく、その結果、成長率は、閉鎖林分よりも高い場合があることも考えられる。この場合、Table-22の成長量だけに、着目して、伐採量を決定したのでは、大きな矛盾を生じることになる。

Figure-29は、疎開林分における林分材積と、当該林分内に存在する劣勢林木の材積との関係を求めたものであるが、母体である林分蓄積が75m<sup>3</sup>/ha以下であれば、衰弱(競争の敗者)が発生していないが、75m<sup>3</sup>/ha以上の場合には、75m<sup>3</sup>を上回る、蓄積の35%程度が、衰弱していることが、認められる。したがって、疎開した林分における、副林木の材積(劣勢木材積)は、

$$\Delta V_{20'} = 0.35(V - 75) \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

V: 林分蓄積(m<sup>3</sup>/ha),

$\Delta V_{20'}$ : 20年回帰の択伐林分内の副林木材積(m<sup>3</sup>/ha)

これを20年ごとに収穫しても、残った主林木(胸高直径>25cm)は20年間で、それぞれ0.4~0.6m<sup>3</sup>程度の成長を行っているので、林分全体の回復には支障がないものと想定される。つまり、上記の(3.1)式によって伐採許容量が概算されるものと考えてよい。伐採量が、これ以下であれば、成長の保続が、維持され、さらには高蓄積の林分への移行が期待できるものと想定される。

#### 5) 後継樹と森林火災防止

後継樹が欠如している林分では、たとえ、主林木に対する、成長量の調整をおこなっても、最終的には、森林がなくなるわけであるので、保続上では、無意味な結果に終わることを物語っている。南西地域では、幼樹~若齢樹が欠落する森林が多いのであるが、このような事態に陥った最大の原因は、人為的な森林火災であり、火入れの慣習が阻止されない限りは、保続問題の解決は終わらないものと考えられる。

しかしながら、現時点で、火災の発生が、ほぼ完全に防止できて、自然状態での天然下種、あるいは造林によって、幼齢樹の再生、ひいては、森林の再生が軌道に乗るものと仮定すると、森林構成を破壊しない意味での、最大限の伐採を許容することも可能となる。この場合は、疎開している林分からの伐採量許容量を、若干多めに見積もっても差し支えないと考えられる。

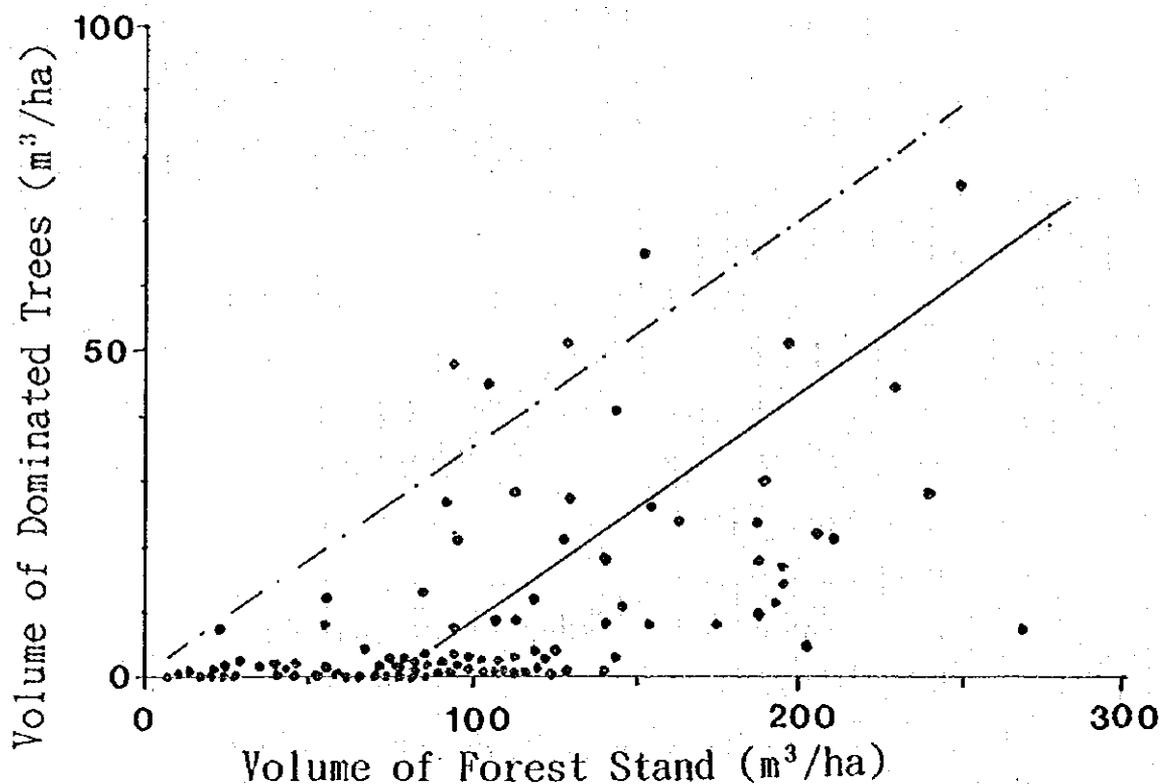


Figure 29. Quantitative relation between Volume of dominated tree and Volume of forest stand

### 3.1.5. 現存資源量からみた資源管理

前項で、林分の成長過程について検討し、収穫表を得た。ここでは、現存のMukusi資源の現況に対する収穫許容量、伐採対象林分を検討する。

#### (1) 収穫許容量の検討

材積算定のために作成された「樹冠-材積」変換表は、樹冠被覆構成(D1-D3)と樹冠直径階(C1-C3)および樹高の大小判定(H1, H2)を基に作成されたものである。Forest estate内の林分をこの区分ごとに概括的にまとめると、以下のとおりである。

Table24 Stand volume according to forest type (in Forest estates)

Crown diameter class	Forest crown closure	D1 20%<Cc<45%		D2 45%<Cc<70%		D3 70%<Cc		Total	
		$\Sigma m^3$	$m^3/ha$	$\Sigma m^3$	$m^3/ha$	$\Sigma m^3$	$m^3/ha$	$\Sigma m^3$	$m^3/ha$
		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$		$\Sigma ha$	
Site I /C3 Cd>10m	All tree	879,165	63	1,816,328	116	3,100,720	196	5,796,213	128
	Mukusi	370,258	27	986,319	63	1,673,958	106	3,030,535	67
	Area(ha)	13,955		15,658		15,820		45,433	
Site II /C3 Cd>10m	All tree	69,216	42	42,735	77	29,920	136	141,871	59
	Mukusi	30,638	19	14,935	27	7,453	34	53,026	22
	Area(ha)	1,648		555		220		2,423	
Site II /C2 6<Cd<10m	All tree	268,520	35	165,900	60	218,875	85	653,295	50
	Mukusi	71,026	9	35,964	13	37,387	15	144,377	11
	Area(ha)	7,672		2,765		2,575		13,012	
Site II /C1 Cd<6m	All tree	29,053	17	21,398	26	21,245	34	71,696	22
	Mukusi	3,732	2	385	0	2,160	3	6,277	2
	Area(ha)	1,709		823		669		3,201	
Total	All tree	1,245,954	50	2,046,361	103	3,370,760	175	6,663,075	104
	Mukusi	475,654	19	1,037,603	52	1,720,958	89	3,234,215	50
	Area(ha)	24,984		19,801		19,284		64,069	

大径木の林分(Site I C3・II C3)が面積で約70%以上(47,856ha)を占めるが、このうちD1C3の林分には、伐採跡地がさらに火入れの影響を強く受けた、大規模なFire holeの中にパッチ上に残存している林分も多く含まれる。

Site I D2C3の林分は、90~146 $m^3/ha$ の蓄積(平均116 $m^3/ha$ )を有し、前節で述べた"やや疎開した林分で75 $m^3/ha$ 以上の蓄積を有する林分"である。

Site II D2C3の林分は、60~100 $m^3/ha$ (平均77 $m^3/ha$ )で、前述と同様の林分が含まれる。伐採対象となり得るうっ閉した林分は、

Site I D3C3 (Site index I / Crown density 70~100% / Crown diameter 10m以上)

Site II D3C3 ( II " " " )

大径木がうっ閉

ha当たり112~248m<sup>3</sup>

面積 16,040ha(全森林の25%)

蓄積 3,130,640m<sup>3</sup>(全蓄積の47%)

(Mukusi 1,681,411m<sup>3</sup>)

と想定される。

また、大径木で75m<sup>3</sup>/ha以上の蓄積を有する林分

Site I D2C3 (Site index I / Crown density 45~70% / Crown diameter 10m以上)

を含めて、前節で提案された伐採方法を適用し、年間の収穫可能量を試算すると、以下のとおりである。

Table 25 A trial calculation for allowable cutting  
(Cutting cycle : 20years)

Forest stand type	Area (ha)	Stand volume		Cutting intensity	Allowable cutting (m <sup>3</sup> /year)	
		(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> )			
I / II All Tree D3C3	16,040	196/ 136	3,130,640	20% to 25%	31,306	to 39,133
Mukusi		106/ 34	1,681,411		16,814	to 21,018
I All Tree D2C3	15,658	116	1,816,328	$\Delta V = 0.35 (V-75)$ $= 0.35 (116-75)$ $= 14.35$		11,235
Mukusi		63	986,319			6,100
Total All Tree	31,698				42,541	to 50,368
Total Mukusi					22,914	to 27,118

このように、ha当たりの平均蓄積が75m<sup>3</sup>/ha以上の林分を伐採対象とした場合、その面積は31,698haで、Mukusi林面積の約50%となる。全Forest estate面積からみると25%程度しかないことがわかる。

また、年間利用可能量は、全樹種で約43,000~50,000m<sup>3</sup>、Mukusiに対しては約23,000~27,000m<sup>3</sup>と見積られる。ここではSite I D2C3の林分を計算式の伐採率で計算したが、これを20~25%の択伐率とすると、伐採可能量は増え、それぞれ約50,000~60,000m<sup>3</sup>(全林木)、約27,000~33,000m<sup>3</sup>

(Mukusi)と算定される。

## (2) 母樹保残を考慮した伐採対象林分の検討

伐区設定に当たっては、上記のうっ閉度が高い林分 (Site I および II のC3D3) を主体に選定することが想定されるが、伐採対象をMukusiに限った場合、Mukusiの混交率を考慮する必要がある。森林簿から上記林分を抽出し、Mukusiの成立割合ごとに集計した表が Table-26である。

表に見られるように、Mukusiの混交率が0~50%の林分も相当含まれている。ここでは、さらにMukusiの混交率50%以上の林分 (母樹保残可能林分と仮定) を抽出して、Forest estateごとに集計し、Table-27に示した。

総計では、	面積	蓄積
	10,223ha	1,999,988m <sup>3</sup> (総蓄積の30%、196m <sup>3</sup> /ha)
	(全森林の16%)	(1,438,364m <sup>3</sup> Mukusi)

となる。

この絞り込んだ林分で前記と同様の試算を行うと、全樹種では20,000~25,000m<sup>3</sup>/year、Mukusiで14,000~18,000m<sup>3</sup>/yearの収穫が可能である。後節(3.2)で検討されるForest estate内における年間推定伐採量が13,000~14,000m<sup>3</sup>であることから、この絞り込んだ林分を主体にMukusi材の供給は可能といえる。

伐採対象林分の選定に際しては、森林簿およびその付図を有効に活用することとし、その指針として当面は、

a. Site I・IIのD3C3に対応し、Mukusiが優占する林分(M3,M4、50%以上)。

b. 上記林分の周辺でMukusi混交率50%以下(M1,M2)および、Site IのD2C3の林分。

を対象とすることが推奨される。なお、それ以外のタイプの林分の伐採は当面見合わせることを望ましい。

前項3.1.1で検討したように、保続を念頭においた資源利用(Mukusi林の伐採)には、健全な後継樹の存在が不可欠であるが、残念ながら調査地域内のMukusi林内ではその例は非常に少ないといえ、保続性が憂慮される状態である。今回のような空中写真を利用した調査では、幼齢林などは判読できるが、ある程度閉鎖した林分のMukusiの後継樹の状況は把握できない。択伐は立木度、林木の形質および径級の状態、後継樹の状況等の現況把握に基づいて、林分の健全性と生産力の増大が図られるように実施されるべきである。伐区設定に当たっては、森林局の管理のもとに、伐採業者に上記の現況調査を徹底させ、伐採木を選定する等の対策が必要である。

また、林内火災の防止が徹底され、後述される森林管理が適切に遂行されることが前提となることは当然である。

Table 26 Details of forest type D3C3

Forest name	Compartment number	Area (ha)	Forest condition							
			By aerial photographs					Volume		
			Mukusi mixing rate	Crown density class	Crown diameter class	Site index	Middle layer tree	Volume per ha	Total volume	Mukusi volume
F	M <sub>0</sub> -M <sub>4</sub>	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
-	-	3,844	4	3	3	1	1/2	196	753,424	659,250
-	-	6,317	3	3	3	1	1/2	196	1,238,132	773,844
-	-	2,653	2	3	3	1	1/2	196	519,988	195,000
-	-	1,560	1	3	3	1	1/2	196	305,760	45,864
-	-	1,446	0	3	3	1	1/2	196	283,416	0
Sub total		15,820						196	3,100,720	1,673,958
Simungoma west	10	62	3	3	3	2	1	136	8,432	5,270
Zungubo	3	107	1	3	3	2	2	136	14,552	2,183
Sijulu	4	10	0	3	3	2	2	136	1,360	0
Lonze	48	41	0	3	3	2	2	136	5,576	0
Sub total		220							29,920	7,453
Total		16,040							3,130,640	1,681,411

Table 27 Total of forest type M4D3C3 and M3D3C3

Forest name	Number of Compartments	Area (ha)	Forest condition							
			By aerial photographs					Volume		
			Mukusi mixing rate	Crown density class	Crown diameter class	Site index	Middle layer tree	Volume per ha	Total volume	Mukusi volume
F	M <sub>0</sub> -M <sub>4</sub>	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
Kasiki	3	135	3/4	3	3	1	1	196	26,460	18,352
Malavwe	2	33	3	3	3	1	1	196	6,468	4,043
Simungoma west	8	1,980	3/4	3	3	1	1/2	196	388,080	285,183
Simungoma east	1	62	3	3	3	2	1	136	8,432	5,270
Simungoma east	10	2,364	3/4	3	3	1	1/2	196	463,344	401,411
Sikubingwa	3	303	3/4	3	3	1	1	196	59,388	50,005
Sisisi	6	537	3/4	3	3	1	1	196	105,252	81,365
Nanyota	1	86	3	3	3	1	2	196	16,856	10,535
Lumino	1	81	3	3	3	1	2	196	15,876	9,923
Kayunibwana	3	490	3	3	3	1	2	196	96,040	60,026
Sijulu	1	260	3	3	3	1	2	196	50,960	31,850
Kazu-Namena	2	430	3	3	3	1	1/2	196	84,280	52,676
Nanga	1	751	3	3	3	1	2	196	147,196	91,998
Lonze	9	1,276	3/4	3	3	1	1/2	196	250,096	159,937
Situmpa	13	1,435	3	3	3	1	1/2	196	281,260	175,790
Subtotal		10,223						196	1,999,988	1,438,364

### 3.1.6. その他の樹種の収穫

Mukusi以外の樹種については、本格的なプロット調査を実施していないが、目測による概査を行ったので、その状況を記載する。

#### (1) Mukwa

Mukwaは主としてWoodlandに生育する樹種であるが、往々Mukusiとも混交している。家具用の板材、合板材料としての需要が大きく、その資源としての量と、分布構成の把握が問題視されている。

Mukwaの混交率の高い林分では、本数で最高35% (ha当たり440本中、160本:6cm径以上の林木を対象)、材積で40% (ha当たり150m<sup>3</sup>中65m<sup>3</sup>)の蓄積が把握されたが、このような高蓄積の場合は稀であり、混交率がゼロの林分も多数見受けられた。伐採対象地域となっている林分の中にも、25cm径以上のMukwaが、ha当たりの本数で4~5本、材積で6m<sup>3</sup>/haといった少量の例が多数見受けられた。少数のプロット調査と観察事例をもとに、Mukwaが混交するWoodlandに限定して、そこに成立するMukwaの平均林分蓄積を推定すると、少なくとも15m<sup>3</sup>/ha程度はあるものと考えられる。

Mukwaは、Mukusiよりも適地範囲が広いようであり、分布域そのものは、Mukusiよりも広いものとみてよい。しかしながら、ha当たりの本数、材積が少ないこと、火災によって生育範囲が狭められていること等の事由から、南西地域内での総蓄積はMukusiよりも、かなり少ないものと想定される。ここで、Mukwaの混交するWoodlandが少なくとも2万haはあるものとする、総蓄積は、少なくとも30万m<sup>3</sup>、平均樹齢を80年とすると、平均年成長量は3,700m<sup>3</sup>程度はあるものと考えられる。これに対して、Mukwaに対する年需要(立木材積に換算)は、現在、おおよそ2,000m<sup>3</sup>と推定されるので、過伐とはなっていないのであるが、将来、板材、合板等の加工生産が本格化して、需要が拡大すると、伐採量が、成長量を上回り、Mukwaの保続が危ぶまれる事態を生じるのではないかと懸念される。

Mukwaは慣習法的な規制で、胸高直径が30cm以上であれば、収穫を許容されているが、今回の調査で立木材積に対する丸太材の材積利用率が、胸高直径35cm以上で、85%以上と高率となることが判明したので、保続対策への効用を含めて、許容径級を現在の30cmから35cm以上に引き上げることが、妥当と考えられる。しかしながら、このように、伐採径級を上げただけでは、保続に必要な、母樹数が保残される保証はないので、具体的に、Mukwa林分の保続をはかるために、保残すべき母樹数を明示することが必要である。

Mukwaの種子は飛散能力が大きい、後継樹の育成のためには、母樹となるべき大径木が、少なくとも、ha当たり4~5本は必要と考えられる。したがって、たとえ35cm以上の大径木があったとしても、そのha当たりの本数が5本以下の場合は禁伐にすべきであろう。

また、伐採後、5本/ha以上の、残存母樹の存在が見いだされる場合も、材積伐採率は、25%以下にすべきものと考えられる。MukwaはMukusiよりも成長が早いので、80年で伐期に達するものとする、

20年回帰の択伐条件下で、25%の伐採が許容されるものと考えられる。

## (2) Mupane

Mupaneの根系は、耐湿性が大きく、雨季に停滞水が多い過湿な土壌条件(排水不良)の箇所にもよく成長している。このような条件の箇所は、他の樹種では根腐れを起こして生育ができないので、往々、Mupaneだけが生育して、純林形態をとっている。

このような過湿地帯は、南西地域の場合、Zambezi川の本流沿いの高位氾濫原や、Zambezi川支流のMachili川、Lozamba川、Loanja川等が、下流部に形成するデルタ地帯に広く広がっており、その生育面積は調査対象区域内だけでも3万ha、全地域内では8万ha以上にのぼるものと推定される。

Mupaneの生育状態は、いずれにしても良好な立地ではないので、林冠の閉鎖した森林状態をとることはなく、すべてが、Woodlandの形態を呈している。閉鎖状態が高い林分では、樹高14m、胸高直径15cm~35cmの林木が、100本/ha近くも成立して、70m<sup>3</sup>/haの蓄積を有している例が見いだされたが、多くの場合は、これよりも、はるかに疎開した状態で成立しており、平均的な蓄積(草地優占地を除く5万ha)は、20m<sup>3</sup>/ha程度、5万ha中の総蓄積は、少なくとも100万m<sup>3</sup>に達するものと想定される。また、後継樹となる直径15cm未満の幼齢木の数は、15cm以上の林木数よりもはるかに多く分布し、更新が容易な樹種であり、また、それに対応した林分構成をとっていることが見いだされる。

Mupaneは成長が早く、大略、25年で、胸高直径20cm以上の林木に成長するものと考えられているので、地域の総年平均成長量は、100万m<sup>3</sup>/25=4万m<sup>3</sup>と評価され、Mukusiに匹敵する成長量となっている。

Mupaneは、住民の屋根材、燃料材、大きなものは舟材として重用されているのであるが、これらの年需要は、成長量に比べると、極めて少量である。伐採量が成長量以下であれば、Mupaneの保続は可能であるので、十分な収穫可能容量を持ったWoodland資源と評価される。当然、他の目的、例えば、木炭生産等への利用が考慮される。なお、この場合の、伐採方法としては択伐を原則としたい。

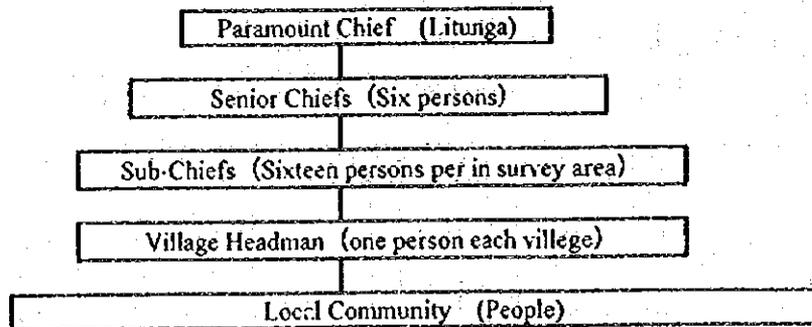
## 3.2. 地域振興のための社会経済調査

本節においては、調査対象地域の社会経済を規定しているチーフ制度、土地所有制度、森林保護制度、農家の財産についての特殊性をまず概観する。次に地域住民と森林とがどのように関わりをもっているかについて集落調査と戸別農家調査を行った結果をまとめる。第3には、Mukusi、Mukwaの商業的利用の現状と将来展望について調査結果を述べる。最後に木材利用の現状と今後について推定される森林資源への影響、森林を生かした地域社会経済向上のための提言を述べる。

### 3.2.1. 調査対象地域の社会経済的特殊性

#### (1) チーフ制度

ザンビア国西部州に現在も残存しているチーフ制度とは、ロジ王国以来続いている伝統的慣習的なロジ族の身分階層制度である。具体的には、バロツェローヤル制度によれば、figure-30にあるようにパラマウントチーフ(リトンガ)を最高位に、6人のシニアチーフが西部州全域に配置され、そのもとにサブチーフ(調査対象地域には16人)、ビレッジヘッドマン(各集落に1人)が存在する階層になっている。このチーフ制度は、現在も地域社会生活や住民の日常生活を大きく規定し、生きている身分制度である。



Note: As stated by teak forest project manger

Figure 30 Hierarchy of chief system in Barotse Royal Establishment

その一方で行政組織は、州(Province)、県(District)、市(City)の行政制度がしかれている。しかし、村単位の行政組織は存在せず、チーフ制度の身分の最下層に位置するビレッジヘッドマンがその役割を実質的に担っている。このように西部州は権力の二重構造にあるため、州政府もチーフ制度を無視できない現状である。とくに調査対象地域にある村においては、行政組織がないためビレッジヘッドマンがサブチーフと相談して様々な問題に対処している実態にある。サブチーフと住民との関係を見ると、住民はサブチーフを敬い、尊敬する気持ちをもっている。その一方で、住民にとってサブチーフは雲の上の遠い存在というよりも、身近な相談役のような存在でもある。

聞き取り調査においても、「サブチーフに対して何か贈り物をしているのか」という質問に対して、次のような回答が寄せられた。

「メイズ等の収穫物が多くとれた年には、その一部や販売した場合にお金(一世帯当たりK100またはK50位の少額)を村で集めて贈る。」

・「Damboに生える草で編んだマットを4枚村で寄贈した。」

・「川で魚が多くとれたときに乾燥して一部を個人的にサブチーフに贈った。」

・「今年は雨季に雨が少なく農作物が収穫できなかったので何も贈ることができない。それでも、サブチーフに買い物や用事(牛の世話など)を頼まれればお手伝い程度の労働を提供している。」

また、「サブチーフから許可を得なければできないことがあるか」という質問に対しては次のような回答があった。

・農地を拡大して耕作を新しくはじめる場合。

・住居を他の村に移す場合。

・新しい住居を建築する場合。

さらに、村の平和を乱す問題(飲酒による喧嘩、農耕地の略奪、女性問題)が起こった場合に、ピレッジヘッドマンを通してサブチーフに相談を持ちかけることがある。

ある村では、毎週木曜日にサブチーフの家に男達が集まって、村の様々な様子や問題(農耕地問題、学校や病院の建設など)について集会をもっている。その際には、サブチーフが司会役と相談役を務めている。

このように、サブチーフに対して、住民は尊敬の念を抱いているとともに、日常的につきあいのある身近な存在に感じている。しかし、パラマウントチーフ、シニアチーフ、ムアンデイに居住しているパラマウントチーフの息子に対しては恐れ多い感覚を抱いている模様である。

ところで、チーフ制度に関しては、ザンビア国の法律にその地位と役割が明文化されているのでその内容を示す。

チーフ制度に関する法律としては、「The Laws of Zambia」(ザンビア共和国憲法)の479章に「CHIEFS」=「The Chiefs Act」が定められている。このチーフ制度法では、チーフの地位や国とチーフとの関わりが示されている。その構成および法律の内容は、次のとおりである。

#### 〔構成〕

- 1 タイトル
- 2 解説
- 3 チーフの承認
- 4 チーフ承認の中止および取消
- 5 尋問
- 6 代理チーフ
- 7 指定された地域からの代理チーフおよび前任チーフの除外
- 8 チーフおよび代理チーフへの補助金の支払

- 9 カパス
- 10 チーフおよび代理チーフの機能
- 11 公共平和の保護
- 12 罪と罰則
- 13 訴追規則
- 14 本法のもとでの支払
- 15 留保

〔内容〕

ここでは、チーフの地位、役割と国との関係についての法律内容を示す。

まず、前文では本法律の制定の意味が述べられている。その内容は次のとおりである。

「本法は、チーフおよび代理チーフの承認、地位、機能や除外さらにカパスの地位および機能、起こりがちな問題、相続について定めている。」

チーフの承認

(1) 大統領により次の人の職務が承認される。

- ・西部州のロジ族首長(リトンガ)の職務、西部州のそのほかのチーフの職務
- ・パラマウントチーフ、シニアチーフ、チーフまたはサブチーフの職務

(2) 次のような場合のみ職務所持者として承認される。

- ・大統領がアフリカ慣習法(African customary law)のもとでその人が職務所持者として認められることを納得する場合。
- ・西部州のチーフ職務、ロジ族首長の職務、西部州の支配民族のメンバーから選ばれた伝統的な議会とロジ族首長によって認められることにより承認された人物の場合。

補助金の支給

職務の地位を保つため、特有のしきたりをもつアフリカ慣習法の職務の伝統的機能を遂行するために各チーフとチーフの代理には補助金が支給される。支給金額は大統領によって決定される。

チーフとチーフの代理の機能

組織やいくつかの法律に反しない機能、または正義やモラルに反しない機能を遂行する限りアフリカ慣習法の職務の伝統的機能を担う。

各チーフには、地域の公共平和を維持することと暴動を静める手段を無理なく取れることが要求される。

(2) 土地所有制度

ザンビア国の国土は、1991年以降、土地取得法(Land Acquisition Act)、土地登記法(Land and Deeds Registry Act)により共和国大統領に帰属する定めとなっている。しかし、現実には西部州は特別保留地と決められているため、西部州では、依然としてロジ族の慣習法が適用されている。

農耕地や居住地等の地域住民が日常的に利用している土地は、チーフによる土地利用割当を受けている伝統的利用地で、基本的にはリトンガ(ロジ族首長)に所属し、リトンガは各県の地方長官・審議官(Induna)に土地利用を委任し、さらに県を区分した地域の長(Village Head Man)対して農民への土地の貸与・分配等を委任している。

このような土地は大きく「統治階層に属する土地」と「生産に伴う権利(耕作権)が世帯主に与えられた土地」に区分される。「生産に伴う権利」には、その土地に植えられている果樹の果実の採集権、その土地での放牧権、湛水したときの漁獲権を含み、他人はこのような権利をみだりに侵すことはできない。また、土地の管理および使用権は、親から子へと相続される。

林地についても、「伝統的利用地」は基本的に農耕地等と同様である。伝統的利用地から分離されたForest estateが調査対象区域には設けられている。このForest estateは、森林局とチーフとの話し合いで決められたようであるが、今回の集落調査で「この森林の中に入ることができなくなったため、森林から採集できるものが減った。」という意見が地域住民から聞かれたように、住民感情としては「森林から追い出された」という意識があるようである。このような軋轢を緩和する方策が必要であろう。

### (3) 森林保護制度

ロジ族慣習法(Barotse Royal Establishment)によれば、全て果実の実る果樹は保護され、一本として切り倒したり燃やしたりすることが許されない。丸太を利用する用材木も、ロジ族慣習法のもとで保護されている。これらの樹木を列記すれば次のとおりである。

#### 果実の実る樹木

Muhuluhulu, Muwawa, Mumonsomonso, Muzinzila, Muhamani, Mujongolo, Mubula, Mungongo

#### 用材木

Mwande, Mulombe, Muzauli, Mukusi

森林法(Forest Act)においては、西部州に存在する次の樹木は保護されている。

Mwande, Mulombe, Muzauli, Mukusi, そのほか伝統的に保護されている樹木。

西部州の官報に掲載された森林のほとんどは、ロジ族慣習法のもとに森林指定地(Forest Reserves)となっている。これらの森林からはロジ族慣習法によって自由に果実、キノコ、乾木、蜂蜜の採集ができる。また、狩猟も許されている。しかし、今日では森林指定地に入って薪を採集するに

は森林局(F.D.)の許可が必要である。このように、立場の違いにより対立する側面がある。一方、森林指定地での樹木の伐採については、ロジ族慣習法、森林法とも許されていない。

また、西部州においては、ロジ族慣習法により製炭は禁止されている。また、森林法では、許可された範囲でライセンスを取得した者のみ製炭、炭の輸送、炭の販売をできるとしている。そのため、現在のところ西部州では公式的に製炭は行われていない。ほとんどの住民の炊事、暖房等の燃料は全て薪を利用することになる。実際、現地踏査、集落調査、個別農家調査においても、製炭の事実は確認できなかった。

このように木材は、木炭生産から保護されているといえる。

#### (4) 農家の財産

ザンビア国の農民にとって牛は大切な私有財産である。西部州においては多くの牛を所有していることが、伝統的な富の象徴として認識されている。たとえば、結婚するために、花婿は花嫁の家族に通常牛4頭(花婿の経済的能力によって変わる)を贈らなければならないしきたりが、現在も一部地域や伝統を重んじる人々の間に残っている。

このようなことから、牛の所有頭数によって貧富の度合いをはかることができる。

### 3.2.2. 集落調査の結果

地域住民と森林との関わり、木材利用等の概要を把握するために、4つの集落で聞き取り調査を行った。調査の方法と内容は、次の2点である。

- ・ピレッジヘッドマンから集落の概況を把握。
- ・集まった村人に対する、集団面接による薪の採取頻度の把握。

#### (1) 調査集落の経済状態

調査集落の概況をApp.Table-20に示した。

##### 1) Katongo村

Katongo村は、調査対象地域の南西端に位置している。Seshekeから主要国道を18km程東へ行った国道沿いに所在する村である。調査集落のなかで最もSeshekeに近い集落である。人口および世帯数は、比較的多いことからピレッジヘッドマンは把握しておらず、不明である。

家畜の所有頭数は、牛で50頭と比較的少ない。焼畑移動耕作は行っていない。

この村には、雨季の雨不足でメイズなどの農作物が生育しなかったため全く収穫できず、自給自足できない農家もある。このような農家の中には、その日の食糧にもこと欠き、一日おきに食事をして

いる家庭もある。

## 2) Namei村

Namei村は、Katongo村と同様調査対象地域の南西端に位置している。Seshekeからは30km東へ行ったKatongo村の隣に所在する村である。

村の人口は169人、世帯数50の比較的小さな村である。

家畜の所有頭数も鶏が750羽と多い割に、牛は40頭と少ない。

Namei村、Katon村ともKatunduという名前のサブチーフに治められている。

## 3) Kobia村

Kobia村は調査対象地域の中央部に位置する集落である。村は、Damboに囲まれた中にある。また、Masese Forest Stationの北東5kmほどのところにある。

人口1,450人、世帯数300と非常に大きな集落である。そのため牛の所有頭数も多く、200頭となっている。

数年前まで、この村では一部のDamboが一年中冠水していたため、カヌーを浮かべて魚を捕ったこともあった。しかし、現在は雨季以外に冠水しているDamboはなくなり、魚も捕れなくなった。また、この村でもここ2年間くらい雨季に雨が少なく、農作物の収穫量が減少していることが聞かれた。

## 4) Mahare村

Mahare村は、調査対象地域の北西端に位置している。またこの集落は、Kanyanga Local Forest (No.391)とNanga Local Forest(No.390)との2つのForest estateに挟まれた位置にある。人口170人、世帯数38とNamei村同様の小さな集落である。

しかし、牛の所有頭数は200頭で、一世帯当たり平均5頭以上となっている。

この村の大きな問題は、20年間同じ土地でメイズ等を耕作しているので、近年収穫量が減少してきていることである。

これら4つの集落に共通する特徴は、次の点である。

- ・住民は定住しており、組織的な焼き畑移動耕作は全く行われていない。
- ・製炭は自給用、販売用とも行われていない。燃料は薪のみである。
- ・近年、雨季の雨不足で農作物の収穫量が激減している。そのため絶対的な食糧不足にある。
- ・満足な衣服もなく、自給自足すらできない貧困な経済状態の住民が多い。

## (2) 薪の採取

上記のように製炭は行われていないので、自家用燃料としての薪の採取は、日常的に非常に重要な労働である。

薪の採取日、採取場所、採取方法について、集落調査に集まってくれた住民に聞き取り調査した結果をTable-28に示した。

その結果、次のことがわかった。

- ・採取場所は、すべてWoodlandである。
- ・採取方法は、Namei村を除いて枯れた木などの採拾によるものがほとんどである。しかし、前もって伐り倒しておいたものを拾ってくる方法も考えられる。
- ・採取頻度については、Katongo村では一日おき、Namei村、Mahare村では一日おきか毎日、Kobia村では3日に一回くらいの頻度で薪の採取が行われていると考えられる。

Table 28 Frequency of firewood collection

Village name	Population (person)	Collection day, Percentage			Place of collection	Collection method rate	
		Yesterday	Today	Tomorrow		Pickup	Felling
KATONGO	51	21.6	1.9	43.1	WOODLAND	98.1	1.9
NAMEI	66	75.8	15.2	53	WOODLAND	41.9	58.1
KOBIA	89	30.3	0	0	WOODLAND	100	0
MAHARE	31	22.6	54.8	64.5	WOODLAND	100	0

Note: Population means total number of interviews.

Yesterday : percentage of persons who collected firewood yesterday.

Today: percentage of persons who went or go to collect firewood today

Tomorrow: percentage of persons will go to collect firewood tomrrow.

### 3.2.3. 戸別農家調査の結果

住民の生活や農業生産の実態、木材利用の現状を詳細に把握するため、集落調査を行なった4集落から各5戸の農家(合計20戸)を抽出して、調査票に基づく聞き取り調査を実施した。

#### (1) 調査戸別農家の特徴

App.Table-21に調査戸別農家の概要を示した。

##### 1) 世帯主の年齢階層別世帯数

世帯主の年齢構成を次のように区分し、各階層の世帯数を示す。

- ・60歳以上 7世帯
- ・40歳以上～60歳未満 6世帯
- ・40歳未満 7世帯

## 2) 1世帯当たりの子供の数

1世帯当たりの子供の数は、平均約5人である。男女別にみると、男3人、女2人となっており、男の子供の数の方が多い。

## 3) 農耕地面積

1農家当たりの平均農耕地面積は2.4haとなっており、ザンビア国の1農家平均農耕地面積10haに比べて極めて零細である。調査戸別農家の中には、10ha以上耕作している農家は1つしかない。一方、1ha以下の農家は4戸もある。しかし、農地面積と農産物の収穫量とは比例していない。たとえば、10haの農家は収穫がないが、1haでも1t以上のメイズを収穫している農家がある。

## 4) 家畜飼育頭数

1農家当たりの平均家畜頭数を家畜の種類別にみると、牛では4.7頭とザンビア国の平均10頭の半分以下である。ヤギは0.7頭で、4戸の農家を除いて飼われていない。ニワトリは多くの農家が飼っており、5.8羽となっている。

ロジ族にとって財産の規模を示す牛の所有頭数について、所有頭数別構成を次のように区分し、各階層別の農家数を示す。

・5頭以上	8戸
・5頭未満～1頭以上	7戸
・所有していない	5戸

## 5) 農作物の収穫量

近年、雨季の雨不足のためタイミングよく播種等の農作業を行った農家以外、農作物の収穫量が激減している。自給にも事欠く収穫量になっており、収穫物を販売した農家はない。

・メイズ:平均収穫量150kgとなっているが、これは1農家の収穫量が非常に多いためにこのような数値となっている。収穫量別に農家数を示す。

91kg以上	4戸
90kg(1袋)	8戸
90kg未満	4戸
収穫量なし	4戸

・ミレット:収穫量別に農家数を示す。

25kg	4戸
収穫量なし	16戸

・ソルガム:平均収穫量33kgとなっている。収穫量別に農家数を示す。

90kg(1袋)	5戸
90kg未満	7戸
収穫量なし	8戸

・その他:若干のビーンズやトマト、白菜、レイプ、オキユラなどの自給用の野菜を収穫した。

## 6) 農機具の所有規模

西部州の中でもSesheke県を含む調査対象地域は、農機具の充足も満足でない。

農家の所有している農具は、プラウ、鋤、斧の3種類のみで、所有本数も次のとおりである。

・プラウ:牛に引かせて土を切り進み、耕す鉄製の農具である。平均0.9と1農家に1台所有されていない。所有台数別の農家数を示す。

2台	2戸
1台	13戸
所有していない	5戸

・鋤:平均所有本数は1農家当たり3.3本で、全ての農家で2本以上の鋤を所有している。所有本数別の農家数を示す。

5本以上	3戸
5本未満~3本以上	9戸
2本	8戸

・斧:木を伐り倒すほか、薪を割るのに重要な道具である。1農家平均2.7本所有している。所有本数別の農家数を示す。

5本以上	3戸
5本未満~3本以上	4戸
2本以下	13戸

## (2) 木材利用の現状

農家における主要な木材利用には、薪と住居の建築用材との2種類がある。

### 1) 薪の樹種

薪として利用している樹種別農家戸数を、Table-29に示した。

聞き取り調査農家においては、10種類の樹種が薪として利用されている。その樹種の中で、ほとんどの農家で利用されている樹種が、Muhonono (17軒)である。続いて、Mububu (8軒)、Mukusi

(7軒)、Mwangula(6軒)となっている。ここで薪材として利用されているMukusiは、立木を伐り倒して薪にするのではなく、すでに伐り倒されて枯死し乾燥しているものである。

集落別の特徴をみると次のとおりである。

- ・Katongo村: Muhononoに利用が集中している。
- ・Namei村 : MuhononoのほかMuhotoの利用も多い。
- ・Kobia村 : Muhonono、Mububu、Mukusi、Mwangulaの4種類をまんべんなく利用している。
- ・Mahare村 : Muhononoの利用よりもMukokaの利用の方が多い。

Table 29 Species used for firewood

Village	(household)									
	Muhonono	Mububu	Mukusi	Mwangula	Muhoto	Mukoka	Musese	Mubako	Isunde	Mupanda
KATONGO	5	2	0	0	0	0	1	2	1	0
NAMEI	4	1	2	0	4	0	2	0	0	0
KOBIA	5	4	5	5	0	0	0	0	0	0
MAHARE	3	1	0	1	0	4	0	0	0	1
TOTAL	17	8	7	6	4	4	3	2	1	1

## 2) 薪の採取回数

戸別農家において薪の採取回数をTable-30に示した。

薪の採取回数としては、1週間に1回採取する農家が9軒と最も多い。続いて、毎日採取するが6軒となっている。

集落別の特徴は次のとおりである。

- ・Katongo村: 毎日採取する農家はない。1週間単位で何回か採取している。
- ・Namei村 : 毎日採取する農家と1週間に1回採取する農家に分かれている。
- ・Kobia村 : 毎日採取する農家はない。1週間に1回採取している。
- ・Mahare村 : ほとんどの農家が毎日採取している。

Table 30 Number of firewood collections in survey of peasants

Village	Number of times				No answer
	Everyday	Once a week	3,4 times/week	2 times/week	
KATOGO	0	2	1	1	1
NAMEI	2	3	0	0	0
KOBIA	0	4	0	1	0
MAHARE	4	0	0	1	0
TOTAL	6	9	1	3	1
%	30.0	45.0	5.0	15.0	5.0

### 3) 建築用材

建築用材として利用されている樹種別農家戸数をTable-31に示した。

建築用材として利用されている事例が少ないが、樹種として3種類あり、薪材の樹種とだぶっている。建築用材に利用する場合は、Woodlandから拾って集めてくるのではなく、素性のいい立木を伐採して採取してくるようである。その点では薪材と大きく異なる。

Table 31 Species used for building materials

Village	(household)		
	Muhonono	Mukusi	Mwangula
KATONGO	1		
NAMEI			
KOBIA			
MAHARE	1	1	1
TOTAL	2	1	1

### (3) 果実の採取と果樹の栽培

森林やWoodlandからは野生の果物が季節的に採取され、地域住民の食生活に欠かせないビタミンやミネラルを供給している。また、住居の周りや畑に果樹を植栽して安定的に果物を獲得しようとする住民もある。その実態を聞き取り調査した。

#### 1) 野生の果物の採取

4集落において聞き取りした採取される野生の果物の種類別農家軒数をTable-32に示した。11種類の果物が採取されている。この中で最も多くの農家が採取している果物は、Muchinga(地方名 Bastad dwaba-berry)で、18軒の農家が採取している。続いて、Muzinzila(Bird plum)(11軒)、Mufurefure(Bitter grape)(8軒)、Mubilo(Wild medlar)(6軒)となっている。

集落別に次のような特徴がある。

- ・Katongo村:8種類の果物を採取している。Muchingaを全ての農家が採取している。
- ・Namei村 :9種類の果物を採取している。MuchingaよりもMuzinzila、Mufurefureを採取している農家が多い。
- ・Kobia村 :2種類の果実を採取している。Muchingaを全ての農家が採取している。
- ・Mahare村 :Muchinga以外の果実を採取していない。

Table 32 Number of households which collected wild fruits from forests and woodlands

Village name	(households)					
	Muchinga	Muzinzila	Mufurefure	Mubilo	Mumonsomoniso	Mubula
KATONGO	5	4	4	4	2	1
NAMEI	3	4	4	2	1	1
KOBIA	5	3	0	0	0	0
MAHARE	5	0	0	0	0	0
TOTAL	18	11	8	6	3	2

Village name	(households)				
	Mungongo	Mubuyu	Mukonongwa	Mutente	Mulutulua
KATONGO	0	1	1	0	0
NAMEI	2	0	0	1	1
KOBIA	0	0	0	0	0
MAHARE	0	0	0	0	0
TOTAL	2	1	1	1	1

## 2) 果樹の植栽経験

果樹の植栽経験と植栽樹種について農家軒数割合をTable-33に示した。

「植栽経験あり」が70%と「ない」の30%を大きく上回っている。3人に2人は果樹の植栽経験者である。その植栽果樹は、mango、muzinzilaなどの6種類である。また、その他の中には、果樹以外のキャッサバ、サトウキビなどを植栽した経験のある農民もいた。集落別に植栽した果樹には次のような特徴がある。

- ・Katongo村：Guyaba, Papayaを植栽した農民がいる。
- ・Namei村：MuzinzilaとMungongoに大きく分かれている。
- ・Kobia村：比較的多种類の果樹を植栽しており、レモンを3人の農民が植栽しているのが特徴的である。
- ・Mahare村：植栽経験のない農民が比較的多い。

果樹の植栽方法は、Mangoが一部の農民によって播種されている以外は、ほとんどが挿し木による。植栽後生育して果実を実らせる果樹は少なく、夜間の寒さや水分不足のために枯れたり、根を食べられたり、多くの果樹は植栽後数年、早いもので1年以内に枯死している。その中でも、Muzinzilaなどは大木に成長し毎年3月に大量の果実を実らせるものもある。このように果樹の成長は、その年の天候に大きく左右されるが水分条件の良好なところに植栽し、乾季の水分補給と寒さ対策など栽培管理を欠かさない事が重要である。具体的な乾季の寒さ対策としては、幼齡樹の時にベンキなどの空き缶などで覆いをするという簡易な方法でも、十分効果があると考えられる。

また、果樹を植栽する目的は、果実を収穫することのほか、庭などに日陰をつくることも大きな目的の一つである。木陰にいるだけで日中は、快適に過ごすことができるからである。

Table 33 Number of households which tried to plant fruit trees

Village name	Planted	Plant species							Not planted
		Mango	Muzinzila	Guyava	Lemon	Papaya	Mungongo	Others	
KATONGO	4			1		1		2	1
MAMEI	4		2				2	1	1
KOBIA	4	2	2	1	3	1		4	1
MAHARE	2	2		1				2	3
TOTAL	14	4	4	3	3	2	2	9	6
%	70	28.6	28.6	21.4	21.4	14.3	14.3	64.3	30

Note: Fruit trees are planted by seeding and branch insertion.

### 3.2.4. Mukusi、Mukwaの商業的木材利用

#### (1) 製材工場における利用の現状と将来

調査対象地域には、Zambezi Sawmills社のSesheke工場、Mutobezi工場とITT Supersonic社のMukusi Sawmillの3つの製材工場が存在する。これらの製材工場では、発展途上国の製材工場で一般的にみられるのと同様に、立木の伐採から製材生産まで一貫生産方式が取られている。これらの2社は、National Forestにおいて1995年3月までSimungoma westに、1995年7月までZungubolに伐採権を取得している。また、WoodlandではZambezi Sawmills社はMazaba woodlandに、ITT Supersonic社はNgambwe woodlandに伐採権をもっている。これらの3製材工場のうちMukusi Sawmillでは、Mukusiの生産を縮小してMukwaの生産を拡大してきている。また、Mutobezi工場は、現在のところ操業を停止している。

#### 1) Mukusi材

##### 生産動向

Zambezi Sawmills社とITT Supersonic社における1992年以降のMukusi生産量をTable-34とTable-35に示す。

Zambezi Sawmills社の生産量は減少傾向にあるものの、年間6,000本以上の立木を伐採し、6,000 m<sup>3</sup>近くの丸太から2,500 m<sup>3</sup>近くの製材を生産している。これらの生産量には、若干Mukwaが含まれているが、そのほとんどはMukusiである。一方、ITT Supersonic社の生産量は、Zambezi Sawmills社に比べて極端に生産量が少なく、1995年度には100 m<sup>3</sup>以下となっている。これは、ITT Supersonic社の生産方針が、MukusiからMukwa重視へ転換してきているためである。具体的には、Mukusi Sawmill社は現在操業を停止し、製材機械の取り替えとスライサーの設置を行っており、近い将来、Mukwaの板材生産とMukusiのパネル用単板生産を開始する予定である。

このようにMukusi材生産のほとんどは、Zambezi Sawmills社によって担われている。

Table 34 Production of Mukusi in Zambezi Sawmills

Year	Number of felled trees	Input volume (m <sup>3</sup> )	Output volume (m <sup>3</sup> )	Production rate (%)
1992	7,567	N.A	2,925	N.A
1993	7,125	N.A	2,510	N.A
1994	6,458	5,812	2,325	40
1995	8,500	7,500	3,000	40

Note: 1995 numbers are target numbers.

Table 35 Production of Mukusi in ITT Supersonic Ltd. (Mukusi sawmill)

Year	Production volume
1992	250 m <sup>3</sup>
1993	350 m <sup>3</sup>
1994	210 m <sup>3</sup>
1995	80 m <sup>3</sup>

#### 伐採される立木

Forestにおいて、胸高直径が30cm以上の立木であれば伐採が許可されている。この点はMukwabも同様である。

#### 採材寸法

枕木生産の場合、1.2mの採材寸法で1立木から平均3玉の丸太が採材されている。

板材、角材等の用材の場合、3mに玉切りされている。

#### 丸太利用率

Zambezi Sawmills社における製材歩留まりは40%と低く、残りの60%は一部デッキブラシ等の柄に利用されるが、そのほとんどが薪となる。また、ITT Supersonic社では、枕木の場合50%、板材の場合75%となっており、比較的製材歩留まりが高い。

丸太利用率は、枕木生産で40~50%、板材生産で75%となっている。

#### 製材の用途

Zambezi Sawmills社においては、生産量の42%を枕木が占めており、枕木が主要生産品目である。ITT Supersonic社では、枕木、フローリング、パネル用単板など多品目生産をしている。

#### 製材の販路

Zambezi Sawmills社では、生産量の30%を輸出することを目指している。

ITT Supersonic社では、製材の50% (Mukusi 10%) を輸出に、50%を国内向けに振り向けている。しかし、Mukusiの輸出は年々減少してきている。

## 2) Mukwa材

Mukwa材は近年家具用材としての需要が高まってきている。ITT Supersonic社では、生産量の90%近くをMukwa材の生産が占めている。また、輸出の40%がMukwa材で占められている。Mukwa材は、Mukusi材に比べて軽量で材質が柔らかいため、加工し易いことから用材として注目されている。

現在、Woodlandにおいて、胸高直径が30cm以上の立木であれば伐採が許されており、その保続性についても未解明な点が多い。

## 3) 雇用力

Zambezi Sawmills社では、従業員総数250人のうち伐採から製材までの現場作業員が186人である。ITT Supersonic社では、従業員総数180人のうち製材工場関係が60人である。

両社合計で、従業員数430人、伐採現場と製材工場などの現場作業員は246人となっている。これは、Sesheke県の世帯数12,206に対して2%を占めており、雇用能力は現在のところ低い。

## 4) 木材の需要と資源

ザンビア国における木材需要は、市場が狭く購買力が低いことなどから伸び悩んでいる。木材消費量を増やし、木材市場を拡大するためには、枕木は鉄道の建設延長等、住宅向けのフローリングは都市部の生活水準の向上がなければならないが、今のところその可能性は低い。そのため製材工場の生産拡大、販路拡大への展望はもたれていない。

その一方で、この調査によってMukusiの資源量が、予想したよりも少ないことが判明したが、資源としての量的な需要も低いことがわかった。

製材工場では、Mukusiの資源量が減少してきていることを認識している模様である。しかし、それに対する対応策(他の国からの原木輸入、植林)は、上記の理由から、あまり考えられていない。

それでも、ITT Supersonic社では、Mukusi丸太からパネル合板に加工することを主力にしはじめており、木材の効率的加工、資源の有効利用の面から注目される。

以上の実態から、これら2つの製材工場が、今後資源の減少に与える影響は、現在の需要からして、大きくないものと考えられる。

今後は、需要拡大、商品開発が必要だが、貴重な資源を温存させ、長期的な視点での将来の木材利用を展望することが必要である。そうすれば、当面は、この地域の砂漠化防止の「防波堤」として森林を活用していく道も開かれるであろう。

## (2) Pitsawing

Pitsawingは、Mukwaの小規模古典的な製材である。小規模古典的な製材方法と言われる山縁

は、地面に穴(pit)を掘ってそこに栈を渡し、伐採したMukwaの丸太を栈にのせて、穴の中と丸太の上とで鋸を挽き合って製材する方法だからである。また、近年、地面に穴を掘るのが重労働であることから、槽を組んで、その上に丸太を置いて製材する方法も行われている。

Pitsawingにも森林局からの伐採許可が必要で、そのライセンス期間は、現在のところ3年間となっている。

通常、Pitsawingの組織は、ライセンスを取得した親方の下で現場に寝泊まりして伐採・製材を行うPitsawyerが、2～3人を1グループとして、何組かのグループが雇用される形態になっている。Pitsawingの労働は、刃渡り2mもある鋸1丁を、人力のみで挽き合って丸太から直接板を挽き出すことから大変な重労働である。また、人力製材であることから丸太を縦に1回挽くのに30分以上もかかり生産性も低位である。

労働条件をみると、賃金の支払方法も出来高制で、鋸と現場での食糧は親方持ちである。この様なことから、製材労働者は10歳代後半から30歳前の男達である。

Pitsawingライセンスは、西部州Sesheke県において、7つ許可されていたが、その後5つは取り上げられ、現在2つのライセンスしか許可されていない。Pitsawingライセンス地域は、Mazaba woodlandとLutaba woodlandである。その一つ、Lutaba woodlandのPitsawingを調査した。

#### 1) Lutaba woodlandのPitsawing

Lutaba woodlandは、Maseseの北、Simatela forestの北に位置している。

Lutaba woodlandにおけるPitsawingの概要を、Table-36に示した。

ここでは、20組、40人から60人の労働者が雇用され、300haの面積を7か月間にわたって製材している。製材された板材の寸法は、およそ3種類であるが、典型的な寸法の板材から年間製材生産量(厳密には販売量)を推定すると63m<sup>3</sup>となる。このpitsawingコンセッションからは、100m<sup>3</sup>以下の製材が生産されているに過ぎない。したがって、コンセッションの数が少なく技術水準が低位であることにより、伐採量も少ないことから、Pitsawingによる資源への影響は非常に小さいものと考えられる。

また、製材用丸太は、Mukwa立木の一番玉のみで、その上の部分はそのまま林内に放置されている。すなわち1本の立木から、1本の丸太しか利用されていない。Mukwaの樹形は、曲がりや分枝が多いので利用率が低くなる原因となっている。

製材の販売先は、Livingstoneの間屋である。この間屋への運送費用は、トラック1台200枚の板材を積んで、片道K150,000かかる。一方、製材価格は最も典型的な板材(3cm×20cm×3m)で現在K1,000と低迷しており、200枚でK200,000となる。輸送費用と製材価格との差額はK50,000しかなく、労働者に賃金を支払えば赤字となる。また、5月から7月にかけて、製材品はほとんど売れておらず、需要は低迷している。ただし、これは代採納付金制度導入以前の事例である。

このように、Pitsawingの製材も、製材工場と同様に、国内消費の低迷に直面している。

Table 36 Outline of pitsawing in Lutaba woodland

Licensee	Sibeso village. 33 years old male.
Groups of Pitsawyers	20
Number of Pitsawyers	40~60
Species	Mukwa
Licence area	Over 300 ha
Job period	May to November (7 months)
Lumber	Planks
Standard (m)	0.03×0.2×3.0
Sales number (month・planks)	500
Sales number (year・planks)	3,500
Estimated production volume (year・m <sup>3</sup> )	63

Note: Estimated production volume = volume of one plank x sales number (year・planks)

### (3) Casual Licence

Casual Licenceは、木工クラフトの工作で生計を立てている地域住民に付与されている。許可期間は、14年間である。この許可により、木工クラフト工作に必要な立木の伐採ができる。

### (4) 伐採納付金

立木伐採にかかる1立木当たり樹種別納付金額をTable-37に示した。

本調査地域の主要樹種であるMukusiとMukwaは、K10,000の納付金額となっている。

1994年以前までは、年間許可伐採量により数量規制されていた。1995年からはライセンスを所有し、納付金を払えば伐採できる納付金方式に転換した。この転換が、伐採量の増加になるか減少になるか今のところはっきりしないが、Zambezi Sawmills社の1995年のMukusi立木伐採本数目標が8,500本であるから、単純に計算してK850万を納付金として支出しなければならない。これは、ドル換算で\$12,000となる。また、規模の小さなPitsawingにとっては、負担が大きいのではないかと考える。

Table 37 Fees for forest produce (per tree)

Species	Fees per tree (K)
<i>Afelia quantensis</i> (Mupapa)	6,000
<i>Albizia species</i> (Musase)	5,000
<i>Baikiaea plurijuga</i> (Mukusi)	10,000
<i>Entandrophragma species</i> (Mupemena)	8,000
<i>Erythrophleum Africanum</i> (Mubako)	5,800
<i>Faurca Saligna</i> (Mushokoso)	8,800
<i>Guibourtia coleasperma</i> (Muzauli)	6,000
<i>Khaya nyasica</i> (Mululu)	6,000
<i>Mitragyna stipulosa</i> (Mupa)	6,000
<i>Pericopsis angolensis</i> (Mubanga)	8,000
<i>Pterocarpus angolensis</i> (Mukwa)	10,000
<i>Daniellia alsteeniana</i> (Mukulabushiku)	8,000
Other species	4,000

Note: Species in parentheses are Lozi names.

\$1 approx. equals K700

Material: Government of Zambia Statutory Instrument No. 133 of 1994.

The Forest Act, The Forest Licence (Amendment) Regulation, 1994.

### 3.2.5. 木材利用の現状と今後

#### (1) 住民の日常生活における薪消費量の推定

戸別農家調査において、採取する薪の形状(長さ・直径)、一回の採取本数、採取頻度について数事例聞き取りした。また、Seshekeにおいて民家(FIDの職員)が買い入れた薪材を計測した。これらの基礎データをもとに、極めて大ざっぱにSesheke県における薪の消費量を推定した。基礎データ、算出方法と推定消費量は、Table-38のとおりである。それによると、Sesheke県の都市部(この場合薪を買い入れているものとみなした)の薪消費量は9,750m<sup>3</sup>、農村部(この場合、薪を自給しているとみなした)の薪消費量は25,735m<sup>3</sup>で、Sesheke県全体で、35,485m<sup>3</sup>の薪消費量になると推定される。他方Table20のFonest estate以外の全蓄積から推定したTraditional landにおける全樹種の収穫可能伐採量(年間許容伐採量)は9万m<sup>3</sup>/年と推定される。この量は消費量を上回っており見掛け上、量的には過剰利用とはなっていない。しかし、Traditional landに薪材用の小径木が、資源として存在しているか否かについては、問題である。

Table 38 Estimated volume of firewood production

Precondition for calculation	Urban	Rural
Households	1,648	10,558
Rate of population (m)	13.5	86.5
Purchase per one month (m <sup>3</sup> )	0.493	-
Firewood measure (L:m · D:m)	-	1.5 · 0.1
Number of single collection	-	12.5
Number of collection per year	-	52
Number of purchases per year	12	-
Consumed volume household per year	5.92	2.44
Total volume consumed per year (m <sup>3</sup> )	9,750	25,735

Note: Households of urban and rural calculated by rate of population.

Total consumed volume (urban)

= Households x purchases per month x number of purchases per year

Total consumed volume (rural)

= Households x volume of single collection x number of collections per year

## (2) 住民による建築用材への利用

住民による建築用材への利用量の推定は、基礎的データの不足のため困難であった。数量的には、薪材の利用量に比べ多くないものと考えられる。しかし、Mukusi(乾燥したもの)も建築用材として地域の民家に使用されているので、地元の需要はあるものと考えられる。

## (3) 商業的利用量と森林資源への影響

### 1) Mukusi

商業的利用のところで記したように、Mukusi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社である。これら2社による伐採量は、工場における丸太入荷量でみると、1994年でZambezi Sawmills社が5,812m<sup>3</sup>、ITT Supersonic社が525m<sup>3</sup>、合計6,337m<sup>3</sup>である。利用率を50%と仮定して、立木材積は約13,000m<sup>3</sup>となる。

また、事前(予備)報告書では、森林局Mukusi林プロジェクトの資料を引用して製材用丸太の生産量を10,762m<sup>3</sup>としている。

森林局の資料から、過去10年間のForest estate内におけるMukusiの伐採量を推定すると立木材積で、年間伐採量は、14,000m<sup>3</sup>程度である。