

モリシマアカシア林保育の基礎的研究*

—主として物質生産と本数管理—

只 木 良 也⁽¹⁾

ま え が き

アカシア類は、約 500 種におよぶといわれ、そのうち約 300 種はタスマニア島や南部オーストラリアの原産であるが、タンニン原料としての樹皮収穫を主目的とするべくタンニン含有率の高い 20 種ほどは、前世紀末から東南アフリカ、インド、ジャワ、アメリカ南部などに造林されていることはよく知られている。なかでも南アフリカのナタール地方でのモリシマアカシアの造林は有名で、この樹種の樹皮は、Natal bark の別名さえもっている。

わが国においても、昭和初年から台湾で造林が行なわれていたが、本土への渡来は明治 35 年で、静岡県下に植栽されたものが最初とされている。ただし、初期の導入は、観賞用樹木としてであり、花の美しいフサアカシア (*Acacia dealbata*)、ハナアカシア (*A. baileyana*)、ミモザアカシア (*A. decurrens*) などであったといわれている。樹皮採取という特殊林産的な意味での導入は、昭和初年に鹿児島高等農林学校にモリシマアカシア (*A. mollissima*) が試植されたことにはじまる。しかし、福岡県林業試験場を中心とするかずかずの試験を経て、育苗法や造林法が確立し、事業的に取り上げられるに至ったのは、昭和 27 年ごろであり、事業用のアカシアとしては、成長良好で形質が比較的よい点などから、モリシマアカシアとフサアカシアが広く用いられている。事業としての造林の初期には、樹皮収穫あるいはせき悪地改良が主目的とされていたが、材積成長の旺盛なことが確認され、パルプ材、坑木などの用途も開発されるにしたがって、逐次用材生産の経済林としての価値が高まった。

わが国におけるアカシア類の造林地の分布は、温暖な関東以西の太平洋岸、瀬戸内地方、九州地方などに限られている。

九州地方においては、事業用としては主として、モリシマアカシアが用いられ、昭和 26 年に福岡県下で造林が開始されたのを初めとして、各県でその造林地面積は拡大した。なかでも、福岡、熊本両県での造林が盛んで、福岡県では筑豊地方を中心として、昭和 40 年までの造林実績約 900 ha、熊本県では天草島を中心に、昭和 29 年から造林がすすめられ、昭和 40 年までに造林実績は約 1,600 ha に達している。

造林面積が拡大すると、保育上にいろいろな問題点が生じてくる。アカシア類についてはその育苗法や造林法はほぼ確立されているというものの、保育に関しては未解決の点が多いようである。この報告では、モリシマアカシア林の保育上の基礎として、林分の物質生産構造と、密度効果の面からみた本数管理と材積収穫について検討したい。前者についてはすでに報告したが³⁶⁾³²⁾、手法を違えて再計算したので、数値的には既報告と若干のくい違いがある。また、後者についても一度報告したが³⁵⁾、その後収集した資料を加えて再検討した。なお、この研究は、九州支場で行なわれた“九州地方におけるアカシア類の育成方式の確立に関する研究”の一部である。

* Contributions from JIBP-PT No. 27

(1) 造林部造林科造林第 2 研究室・元九州支場造林研究室・農学博士

この研究をすすめる上で、前九州支場長片山佐又技官、現支場長甲斐原一朗博士からは種々のご助力を得た。資料収集については、前福岡県林業試験場長青木一雄、現同場長毛利伊右衛門、同場技師長浜三千治、前同場技師齊城 巧、熊本県林務部長鳥飼勇吉、前熊本県天草地方事務所林務課長江藤茂徳の各氏に便宜を与えられた。また、溝上有鄰、入江 守両氏からは、その所有林から伐倒調査木を提供され、九州支場育林第 2 研究室長尾方信夫、同場高木哲夫、長友安男、上中作次郎の各技官には外業調査や資料収集にご協力いただいた。ここに各位のご好意に対し深謝するしだいである。

Ⅰ. モリシマアカシア林の生産構造

調査林の概況

Plot Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ : 熊本県天草郡苓北町坂瀬川所在の溝上有鄰氏所有のモリシマアカシア人工林で、林齢は Plot Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ の順に 7 年, 5 年, 3 年生の林分である。たがいに近接しており、海岸からの距離約 3 km の丘陵地の南斜面の中腹で、標高は 80 m 内外である。基岩は第三紀層頁岩で、土壌は腐植に乏しい未熟土である。気候は概して温暖で、約 7 km 離れた富岡での観測によると、年平均気温は 18°C, 夏半年の平均気温 24°C, 冬半年のそれは 11°C, 年降水量は約 1,800 mm である。植栽に用いた苗木は、地上 30 cm で剪定し成長抑制して育苗されたものである。施肥条件は、施業者によれば“植栽してから 1 雨後”に硫酸 3 対過石 1 の割合で配合した肥料を、1 本あたり 144 cc あて施用、3 年後に同様の配合で追肥、となっている。ただし、追肥は林分全体に散播した模様である。これら 3 plot は 1962 年 11 月に調査した。Plot Ⅲ は閉鎖直前の林分であった。

Plot Ⅳ : 福岡県糸島郡小富士村、糸島半島の基部、可也山の山脚部の小尾根の上にあり、入江 守氏所有の 4 年生林分である。海岸に近く、標高は約 60 m である。土壌母材は花崗閃緑岩と推定されたが、土壌中には玄武岩の石礫をも含み、微砂質壤土で腐植の含み方は中庸である。約 3 km 離れた前原での観測によると、年平均気温 16°C, 夏半年の平均気温 23°C, 冬半年のそれは 9°C で、-3°C より気温の低下することはまれである。年降水量は約 1,600 mm である。この林分は、9 年生のモリシマアカシア前生林の天然下種によって更新された。稚樹発生当年と 2 年後に弱度に除伐されているが、施肥は行なわれていない。この plot の調査は 1964 年 11 月に行なった。

調査方法

林内の標準地は、Plot Ⅰ, Ⅲ で 100 m² のものを 2 個ずつ、Ⅱ では 100 m² を 3 個、Ⅳ では 50 m² を 1 個とった。標準地内の生立木の毎木調査と林冠層下の相対照度測定のもの、胸高直径分布の全体にわたるように供試木を選び出した。供試木数は、Plot Ⅰ, Ⅱ で 6 本ずつ、Ⅲ では 3 本、Ⅳ では 8 本である。供試木は 1 本ずつ根ぎわから伐倒し、樹高、枝下高、枝張直径などを測定してから、厚さ 1 m の層別刈取法¹⁶⁾によって、幹、枝、葉に分けて生重量を測定した。Plot Ⅳ では、供試木全部の根を掘り上げて計重した。また、Plot Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ では、一部の資料から、羽状複葉の葉軸と小葉の比、幹皮の重量と体積の比を求めた。各部分からは乾重量算定用の資料を持ち帰って乾重率を求め、野外で得た生重量データをすべて絶乾重に換算した。この報告での重量データは、とくにことわる場合を除いて、すべて絶乾基準で示した。

現 存 量

まず、各 plot の立木構成を D^2H の出現頻度分布でみると Fig. 1 のようになる。ここで、 D は胸高

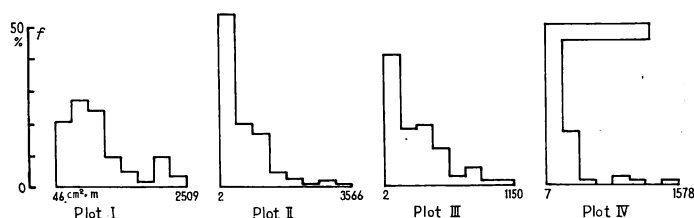


Fig. 1 各 plot の D^2H の出現頻度分布 (D は胸高直径, H は樹高)
Frequency distribution (f) of D^2H in each plot, where D and H denote DBH and tree height respectively. The typical L-shaped distribution is found at Plot IV, which was naturally regenerated by seeds.

直径, H は樹高で, D^2H は幹の大きさを表わす指数として用いた。plot 内の本数にかかわらず 8 階級に分けたが, Plot IV の分布型のみが 4 個の plot のなかで特異で, 最小階級に大多数が集中する型, いわゆる L 型分布¹⁴⁾ の典型的な例となっている。これは, 他の 3 plot が造林地で低い初期密度から出発し, また植栽木は苗畑段階から数度の選抜をうけているのに対し, Plot IV は天然下種更新で, 発芽時より密生した状態におかれ, 選抜もうけていないことによるものであろう。

さて, 林分の現存量は, 断面積配分法によって推定した。供試木は, 全直径階に分布するよう選ばれて

Table 1. 各 plot の現存量その他
Biomass and other conditions of each plot

			Plot I	Plot II	Plot III	Plot IV	単位 Dimension
林	齢	Stand age	7	5	3	4	yr.
立	木 本 数	Stand density	3, 150	5, 100	3, 450	14, 400	no./ha
	胸 高 断 面 積	Basal area	18.04	21.79	9.89	21.31	m ² /ha
	平 均 胸 高 直 径	Mean DBH	8.1	6.6	5.6	3.8	cm
	平 均 樹 高	Mean height	10.5	9.4	6.9	6.5	m
	平 均 枝 下 高	Mean clear length	3.8	3.5	0.4	3.4	m
乾 重	幹	Stem	71.1	72.2	23.7	53.8	t/ha
	幹 材	Stem wood	64.3	66.6	21.3		t/ha
	幹 皮	Stem bark	6.9	5.6	2.5		t/ha
	枝	Branch	12.7	11.0	7.0	7.8	t/ha
	葉	Foliage	7.0	9.0	8.1	10.1	t/ha
	葉 軸	Rachis	1.0	1.3	1.1		t/ha
	小 葉	Leaflet	6.1	7.7	7.0		t/ha
	根	Root	12.6	12.5	4.6	9.3	t/ha
	全 体	Whole plant	103.5	104.7	43.4	81.0	t/ha
幹材積(皮つき)			106.3	119.9	42.0	99.0	m ³ /ha
幹 皮 体 積			12.4	12.3	4.5		m ³ /ha
葉面積(片面)			6.9	8.8	7.9	9.9	ha/ha
相 対 照 度			4.0	2.4		3.1	%
吸 光 係 数			0.47	0.42		0.35	(ha/ha)
Specific pipe length			98	98	123	126	cm

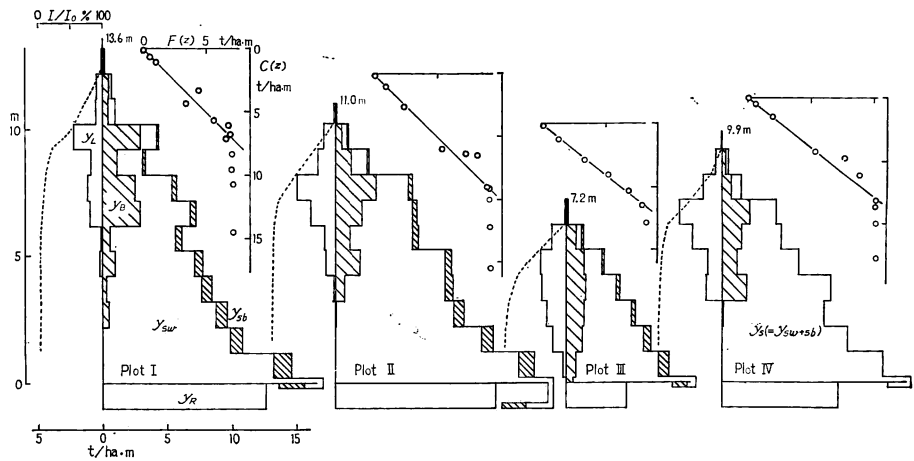


Fig. 2 各 plot の幹材 (y_{sw}), 幹皮 (y_{sb}), 葉 (y_L), 枝 (y_B) の現存量と相対照度 (I/I_0) の垂直分布および根量 (y_R)

Vertical distribution of biomass of stem wood (y_{sw}), stem bark (y_{sb}), foliage (y_L), branch (y_B) and root (y_R) in each plot. Dotted line (I/I_0) expresses the course of light extinction along the community profile. The specific pipe length²⁷⁾ can be read from the relation between $F_{(z)}$ and $C_{(z)}$, which denote the total leaf-biomass in and above a certain horizontal layer z and the biomass of non-assimilating organs in z layer.

いるから、標準地の断面積合計を G 、その標準地の供試木のそれを G' 、標準地の現存量を y 、供試木のそれを y' とするとき

$$y = y' G / G' \dots\dots\dots (1)$$

として y を推定する方法である。その結果は Table 1 に一覧とした。これらの推定値は供試木各個の胸高直径や樹高を変数とする相対成長式²¹⁾³⁸⁾³⁹⁾ による推定値と、ほとんど差はみられなかった。表中の Plot I, II, III の根の現存量は、Plot IV の実測による根の現存量と幹枝現存量合計の比、0.15 を用いて推定したものである。また、葉面積は、九州支場構内に生育するモリシマアカシア数本から採った葉で測定した結果、乾重 1 g の葉 (葉軸を含む) は 98 cm² の片面葉面積をもつことがわかったので、この係数を用いて換算した。

林分の幹、枝、葉の現存量の垂直分布は Fig. 2 に示した。なお、同じ図に根の現存量も便宜的に加えた。葉量の垂直分布の幅はかなり広く、樹高の割には樹冠層が深いことをあらわしている。Plot III では、閉鎖直前のため、まだ枯上りがみられず、各層に比較的均等に葉量をもっているが、その他の plot では、林冠層内の中央部の 2 層ほど (垂直距離 2 m) に、葉量が集中してくる傾向がみられる。図中の点線は、林冠層内での相対照度の減衰経過を BEER-LAMBERT の法則

$$I = I_0 e^{-KF} \dots\dots\dots (2)$$

で求めたものである。ここで、 I は群落内での任意の高さにおける照度、 I_0 はその群落上面での入射光の照度をあらわし、 F は I に対応する高さより上部の葉面積合計、 K は葉の吸光係数である。林冠層下の相対照度は、Table 1 に記したごとく、Plot I, II, IV で 4.0, 2.4, 3.1% であったので、 K はそれぞれ 0.47, 0.42, 0.35 と計算された。

SHINOZAKI *et al.*²⁷⁾ は、林冠層内のある層に存在する非同化組織 (幹+枝) は、機能的にも力学的に

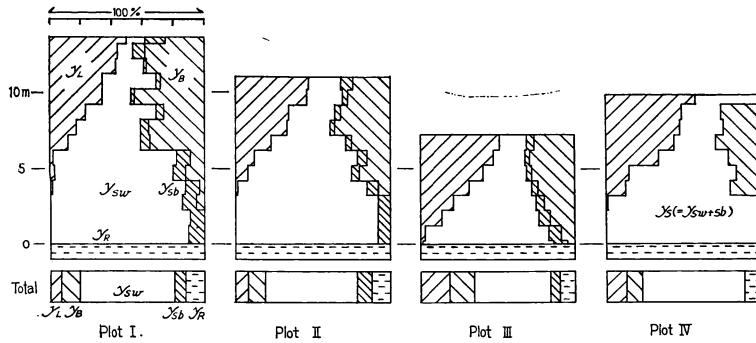


Fig. 3 plot あたりおよび水平層ごとの各器官の配分比, 記号は Fig. 2 と同じ
Relative proportion of the biomass of each tree component per plot and per horizontal layer. Notations are the same as in Fig. 2.

も, それより上部に存在する葉量を保持していることを考え, 両者間に比例関係を想定した。この関係の比例常数は, 長さの単位をもち, Specific pipe length と名づけられた。いま, 各 plot でのこの比例関係をみると, Fig. 2 に $F_c(z)$ (ある層 Z より上部の葉重) と $C_c(z)$ (Z 層における非同化組織の重量) として示したような関係となり, Specific pipe length は, Plot I, II, III, IV の順に 98, 98, 123, 126 cm となった。

林分全体としての, また, 林分の水平層ごとの各器官の配分比を Fig. 3 に示した。林分全体では, 林齢が大き

くなるほど幹の率が大きくなり, 葉や枝の率が小さくなる傾向がみられ, とくに Plot III のような閉鎖直前の林分では, 枝葉は現存量の 35% を占めており, 他の閉鎖林では枝葉の率が 20% 前後であることは, 未閉鎖林ではまず枝葉が拡張することをあらわしている。一方水平配分をみると, 層が高くなるほど幹の率は減少し, 葉や枝が多くなる。とくに, 林冠上層部での葉の配分比は 50% 近くを占めている。

もし今後, なおモリシマアカシアの幹皮が, タンニン原料としての価値をもつとすれば, 樹皮率をしらべておくことも重要である。いま, 供試木 1 本ごとの幹材積と幹皮体積の関係を図にすると Fig. 4 のようになり,

$$\log v_{sb} = 0.94 \log v_s - 0.8239 \dots \dots \dots (3)$$

と近似できる。 v_{sb} は幹皮体積, v_s は皮つき幹材積 (ともに dm^3) である。対数軸上での直線の勾配は 0.94 であり, v_s の増加ほど v_{sb} は増加しないことになる。つまり, v_s が大きくなるにしたがって, 幹皮率 v_{sb}/v_s は低下するわけになる。ちなみに, この式によって計算された単木樹皮率は, その皮つき幹

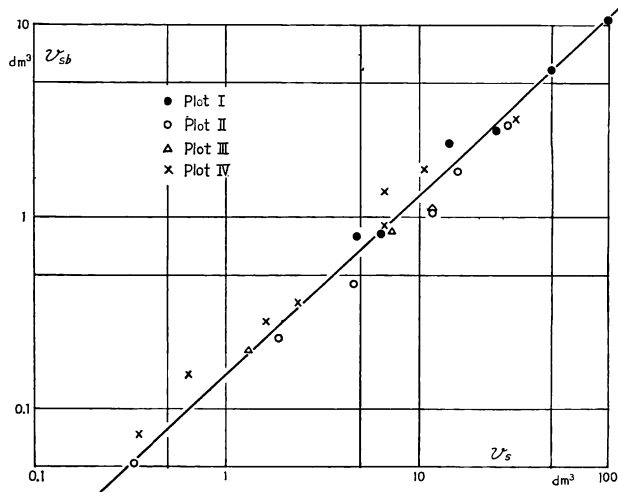


Fig. 4 単木の皮つき幹材積 (v_s) と幹皮体積 (v_{sb}) の関係
Relation between the stem volume with bark (v_s) and the stem bark volume (v_{sb}) per tree, which is approximated by Eq. (3) in the text.

Table 2. 純生産量とエネルギー効率
Estimation of net production and energy efficiency

		Plot I	Plot II	Plot III	Plot IV	単位 Dimension
幹材積成長量 Stem volume increment		29.0	34.6	23.9	37.0	m ³ /ha/yr.
乾 生 産 物 量 Dry matter production	幹 Stem	19.4	20.8	13.5	20.0	t/ha/yr.
	枝 Branch	5.0	5.5	4.7	4.7	t/ha/yr.
	葉 Foliage	3.5	4.5	5.4	5.1	t/ha/yr.
	根 Root	3.6	4.0	2.7	3.7	t/ha/yr.
純生産量 Net production		31.5	34.8	26.3	33.5	t/ha/yr.
エ ネ ル ギ ー 効 率 Energy efficiency	全 年 Whole year	1.1	1.2	0.9	1.2	%
	生育期間 Growth period (Feb. ~ Nov.)	1.2	1.3	1.0	1.3	%

材積 1, 10, 100 dm³ のときに, それぞれ 15, 13, 11% となる。しかしながら, 青木ら³⁾ の測定によれば 10~100 dm³ の単木材積の範囲での樹皮率は, 15~24%, 平均で 18% となっていて, 今回測定のものとはかなり違っている。

純生産量

この報告でいう純生産量 (ΔP_N) は, 林分の 1 年間の植物体物質の生産量を意味し, 調査時における最近 1 年間に新生した部分の現存量 (Y_N) と, 新生部分のうち落葉枝 (ΔL_N) や動物による被食 (ΔG_N) によって失われたものの合計であると定義する。

$$\Delta P_N = Y_N + \Delta L_N + \Delta G_N \dots \dots \dots (4)$$

しかし, ΔL_N や ΔG_N は Y_N にくらべて通常ごくすくないはずであり, また, その推定も困難であるためにここでは無視した。 Y_N は樹体構成各器官, すなわち, 幹, 枝, 葉, 根のそれぞれの新生部分現存量 (Y_{NS} , Y_{NB} , Y_{NL} , Y_{NR}) に分けられる。

$$\Delta P_N \doteq Y_N = Y_{NS} + Y_{NB} + Y_{NL} + Y_{NR} \dots \dots \dots (5)$$

ここで, Y_{NS} は樹幹析解によって求められた当年の幹材積成長量を, 林分あたりの乾重量に換算して求められる。つぎに, Y_{NB} は直接推定が困難であるので, 単木ごとに樹冠内樹幹 (最下生枝より上部の幹) の成長量と現存量の比が, 枝のそれとも等しいとして推定した。 Y_{LN} は, モリシマアカシアの葉の寿命が平均して 2 年であるとして, 閉鎖林では現存量の半分が新生葉であると仮定した。ただし, Plot III は閉鎖直前の林分で新生葉の率は高いはずであるから, 現存量の 2/3 を新生葉とした。この量は, 造林時より葉量が年々指数函数的に増加してきたと仮定した場合の 3 年目の新生量にはほぼ一致している。 Y_{NR} は, 幹と枝合計の新生部量と現存量の比が, 根のそれと等しいとして求めた。

以上のようにして概算した各 plot の純生産量 ($\Delta P_N \doteq Y_N$) は Table 2 のとおりとなる。

この純生産量に対するエネルギー効率 (LINDEMAN の率) を計算した。まず, 純生産量をグルコース量に換算し, このグルコース量合成に必要なエネルギー量 (エネルギー固定量) を計算する。林分のエネルギー固定量と, その群落に投下された太陽エネルギー量の比をエネルギー効率とし, Table 2 にあわせて示した。なお, 太陽エネルギー量は, Plot I, II, III については熊本气象台での, Plot IV については福岡气象台での測定値を用いた。なお, 生育期間は, 2~11 月の 10 か月間とした。

Table 3. 常緑広葉樹林の葉量と生産力
Biomass of foliage and productivity in evergreen broad leaved forests

樹 種 ・ 森 林 型	位 置	葉 重 (y_L)	葉 面 積 (F)	純生産量 (ΔP_n)	総生産量 (ΔP_g)	$\Delta P_n/y_L$	$\Delta P_n/F$	文 献
イ ス ノ キ <i>Distylium racemosum</i>	鹿児島 Kagoshima	11.4	8.8	21.6	73.1	1.9	2.5	10)
タブースダジイ <i>Machilus-Castanopsis</i>	鹿児島 Kagoshima	10.1~13.1	7.4~9.6					13)
スダジイータブ <i>Castanopsis-Machilus</i>	沖縄 Ryukyu	9.7						19)
コ シ イ <i>Castanopsis cuspidata</i>	熊本 Kumamoto	7.4	8.0	18.7	45.3	2.5	2.3	31)
コ シ イ <i>Castanopsis cuspidata</i>	熊本 Kumamoto	8.4	8.9	22.66	51.68	2.7	2.5	34)
コ シ イ <i>Castanopsis cuspidata</i>	熊本 Kumamoto	5.1~12.0	4.4~11.0					9)
コジイーアラカシ <i>Castanopsis-Quercus</i>	熊本 Kumamoto	11.4	12.5					38)
ウバメガシータイ ミンタチバナ <i>Quercus-Rapanaea</i>	高知 Kochi	8.8~12.0	6.9~9.4					9)
ツ パ キ <i>Camellia japonica</i>	三重 Mie	6.44	5.40	11.2		2.5	2.1	24)
常緑混合林 Mixed evergreen forest	三重 Mie	6.66	6.10	20.2		3.0	3.3	24)
ツパキータブ <i>Camellia-Machilus</i>	山口 Yamaguchi	12.6	6.3					15)
熱帯降雨林 Tropical rain forest	Thailand	8.3	12.3	28.6	123.2	3.4	2.3	12) 22)
熱帯降雨林 Tropical rain forest	Thailand	8.5	12.3					22)
熱帯降雨林 Tropical rain forest	Ivory Coast	2.5	3.2	13.4	52.5	5.4	4.2	17)
常緑河辺林 Evergreen gallery f.	Thailand	19.5	16.6					21)
温帯常緑林 Temperate evergreen f.	Thailand	14.5	12.6					21)
乾性常緑林 Dry evergreen forest	Thailand	8.2	8.85					23)
乾性常緑林 Dry evergreen forest	Thailand	7.1	8.59	17.62		2.5	2.1	23)
モリシマアカシア <i>Acacia m.</i> Plot I	熊本 Kumamoto	7.0	6.9	31.5		4.5	4.6	} 本 報 This report
モリシマアカシア <i>Acacia m.</i> Plot II	熊本 Kumamoto	9.0	8.8	34.8		3.9	4.0	
モリシマアカシア <i>Acacia m.</i> Plot III	熊本 Kumamoto	8.1	7.9	26.3		3.2	3.3	
モリシマアカシア <i>Acacia m.</i> Plot IV	福岡 Fukuoka	10.1	9.9	33.5		3.3	3.4	
Tree species or forest type	Location	Leaf weight (y_L)	Leaf area (F)	Net production (ΔP_n)	Gross production (ΔP_g)	$\Delta P_n/y_L$	$\Delta P_n/F$	Literature

検 討

林分葉量：ここで調査されたモリシマアカシア林の葉量は、ha あたり乾重 7~10 t、葉面積 7~10 ha となった。長浜・加藤¹⁸⁾によれば、密生したモリシマアカシアの 2 年生の小型林で葉生重量は ha あたり 20 t 前後に達したというが、これは乾重に換算すると 8~10 t と推定される。モリシマアカシア林の葉量を、Table 3 に示した既往の常緑広葉樹林のデータと比較してみると、日本国内で推定された常緑広葉樹林の葉量とよく似ている。モリシマアカシア林の葉量については、原産地でのデータを知らないもので、結論的にいうことはできないが、日本に植栽された林分では、同じ生活型といえる国内産常緑広葉樹林とほぼ同等の葉量をもつといえよう。藤森・山本⁵⁾はフサアカシアの 4 年生林で葉重 4.3 t/ha (葉面積 4.9 ha/ha) と推定しており、モリシマアカシア林の例よりかなり下まわっている。この葉量の差は、モリシマアカシアとフサアカシアの差というよりは、フサアカシアはせき悪地の例であり、一見閉鎖は完全とみえても、葉の空間配置の密度が疎なのではないかと考えられる。しかしながら、尾方²⁰⁾の報告によれば、かなりよく保育されたモリシマアカシア林でも 4.5~6.3 t/ha である。この葉量差の原因についてはよくわからない。

純生産量：モリシマアカシアの呼吸量については測定を行わず、また、他に信頼すべきデータも見あたらないので、ここでは、モリシマアカシア林の呼吸量の算定、さらには総生産量の推定は行えなかった。しかしながら、かなりよく似た気象条件下で、林分葉量 11.4 t/ha のイスノキを優占種とする極盛相の林分の葉による年呼吸消費量 24.1 t/ha・年¹⁰⁾、林分葉量 7.4, 8.4 t/ha のコジイ幼齢林でのそれは、それぞれ 23.7¹¹⁾, 24.7 t/ha・年³⁴⁾ と推定されている。また、このイスノキ林での年間の 1 t あたりの材の呼吸消費量は 0.07 t/t・年、コジイ林でのそれは 0.05 t/t・年である。これから推定すると、モリシマアカシア林でも葉の呼吸量は 20~25 t/ha・年、材の呼吸量は Plot I, II で 5 t/ha・年、Plot III, IV ではそれぞれ 2, 4 t/ha・年程度より下まわることはないと考えられる。したがって総生産量はすく

なくとも Plot I, II, IV では 60 t/ha・年、Plot III でも 50 t/ha・年を越えるのではないかと推測される。

さて、モリシマアカシアの閉鎖林の純生産量は、Plot I, II では施肥されているというものの、30 t/ha・年を越えている (Table 2)。これは 5 年生で現存量 100 t/ha 前後に達していることから裏書きされよう。また、枝や根の生産量が過大推定であったとしても、30 t/ha・年のオーダーを大きく割るものではない。暖温帯での純生産量の常識的な値としては、落葉樹林で 5~10 t/ha・年、常緑樹林でこれの倍ぐらという概数³⁷⁾が示されているが、モリシマアカシア林の純生産量は、はるかにこれを越えている。藤森・山本⁵⁾の推定による

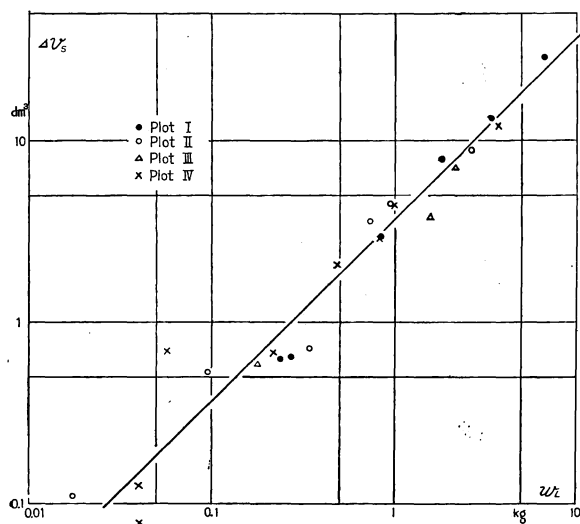


Fig. 5 単木の葉重 (w_L) と年間幹成長量 (ΔV_s) の関係
Relation of the stem volume increment in recent one year (ΔV_s) to the leaf weight (w_L) per tree, which is given by Eq. (6) in the text.

フサアカシア 4 年生林の純生産量も 29.7 t/ha・年に達しているが、これらアカシア林の純生産量は、国内産在来樹種よりかなり大きいといえよう。30 t/ha・年の純生産量は、KIRA *et al.*¹²⁾ の推定による熱帯降雨林のそれに匹敵している。

このように、アカシア林の純生産量は非常に大きい、その林分葉量は、Table 3 のとおり、在来常緑広葉樹林なみである。したがって、単位葉重量あたりの年間純生産量は大きな値となり、今回のモリシマアカシア林では 3.3~4.5 t/t・年、また、藤森・山本⁵⁾ のせき悪地のフサアカシア林では 4.6~6.9 t/t・年にも達している。これに対し、在来の常緑広葉樹林での単位葉重量あたりの年間純生産量は、イスノキ¹⁰⁾ 1.9, コジイ⁸⁾¹³⁴⁾ 2.5, 2.7, ツバキ²⁴⁾ 2.5, 常緑混合林²⁴⁾ 3.0 (いずれも t/t・年) と計算され、アカシア林のそれに相当する数値は KIRA *et al.*¹²⁾ の 3.8, MÜLLER *et al.*¹⁷⁾ の 5.4 t/ha・年など熱帯降雨林での値以外にみあたらない (Table 3)。

モリシマアカシアの葉の生産能率が高いことは、単位葉重量あたりの年間幹成長量—林業的意味での葉の能率—からもうかがえる。いま、モリシマアカシアの単木の葉量 (w_L , kg) と、最近 1 年間の幹成長量 (Δv_s , dm³) の関係を図にすると Fig. 5 となり、かなりきれいな直線関係がえられ

$$\Delta v_s = 3.7 w_L \dots\dots\dots (6)$$

となる。つまり、1 kg の葉は、平均して 1 年間に 3.7 dm³ の幹材を生産していることとなる。一般に、 $\Delta v_s/w_L$ の値は落葉樹林で大きく、常緑樹林で小となり、前者で 2 dm³/kg 以上、後者で 2 dm³/kg 以下となる³³⁾ のが普通であるが、モリシマアカシア林は常緑樹林でありながら落葉樹林なみの能率をもっていることは注目すべきであり、このような例は、在来の常緑樹林でのデータの中にはみあたらない。なお、藤森・山本⁵⁾ のフサアカシア林での $\Delta v_s/w_L$ は 5.6 dm³/kg に達している。

さらに特筆すべきは、前記のような高い純生産量が、植栽後 4, 5 年で実現していることである。これは、在来の造林樹種では、とうてい実現しえないところであろう。そして、この点が、アカシア類が期待される早成樹種として喧伝されてきた最大の理由であり、また施業者としては最高の魅力であったのである。

Ⅱ. 暫定立木幹材積表

モリシマアカシアの立木幹材積表については、各地方での広葉樹用の材積表を用いるほか、青木ら⁴⁾ が樹高階 0.5 m ごとの形数を報告しているが、今回の天草での資料 15 本、糸島での 8 本、これに青木ら⁴⁾ が形数表調製に用いた資料 15 本³⁾、その他福岡県林試の測定木などを加えて、暫定的な立木幹材積表を調製してみた。

まず、単木幹材積 (v_s , m³) とその胸高直径 (D , cm) の関係をみると、Fig. 6 の $D \sim v_s$ のようになり

$$\log v_s = 2.322 \log D - 3.6594 \dots\dots\dots (7)$$

として近似される。この関係から、Table 4 のような胸高直径変数幹材積表が調製できる。

また、 D^2H (D は胸高直径, cm, H は樹高, m) と v_s との関係は、Fig. 6 の $D^2H \sim v_s$ のようになり、

$$\log v_s = 0.9389 \log D^2H - 4.2146 \dots\dots\dots (8)$$

として近似され、 D および H を変数として v_s を計算すると Table 5 となる。

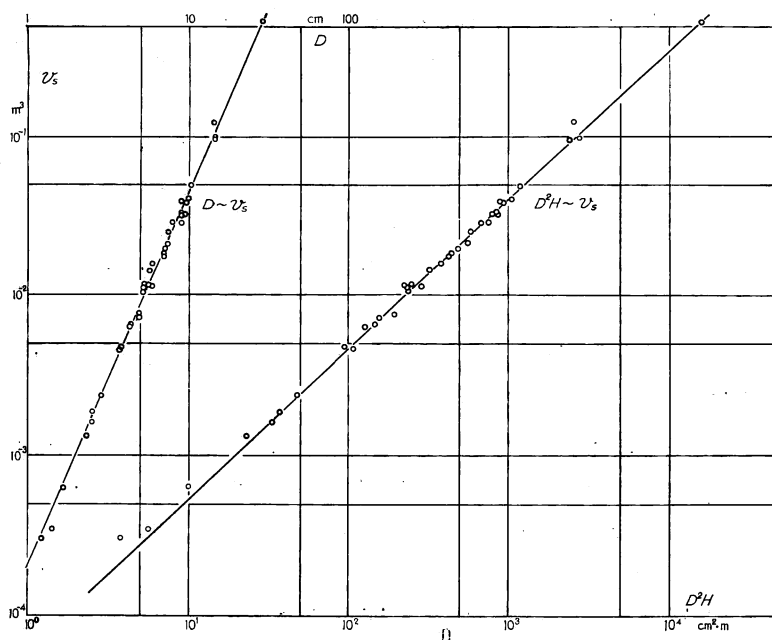


Fig. 6 単木の胸高直径 (D) または D^2H と幹材積 (v_s) の関係
Allometric relation of stem volume (v_s) to D or D^2H per tree,
where D and H represent the DBH and tree height respectively.
According to these relations, Eq. (7) and (8) in the text, the
stem volume tables are presented as Table 4 based on the single
variable D and as Table 5 on the double variable D and H .

Table 4. 胸高直径変数幹材積表
Stem volume table based on DBH

胸高直径 DBH	幹材積 Stem volume	胸高直径 DBH	幹材積 Stem volume
cm	m ³	cm	m ³
1	0.0002	11	0.0574
2	.0011	12	.0702
3	.0028	13	.0845
4	.0055	14	.1004
5	.0092	15	.1179
6	.0141	16	.1369
7	.0201	17	.1576
8	.0274	18	.1800
9	.0360	19	.2042
10	.0460	20	.2299

Table 5. 胸高
Stem volume

		樹高			
		3	4	5	6
		m ³	m ³	m ³	m ³
胸	1	.0002	.0002	.0003	
	2	.0006	.0008	.0010	.0012
	3	.0014	.0018	.0022	.0026
	4	.0024	.0030	.0037	.0044
	5		.0046	.0057	.0067
高	6			.0080	.0095
	7				.0127
	8				.0163
	9				.0203
	10				.0248
直	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
径	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
DBH	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
(cm)	26				
	27				
	28				
	29				
	30				

ここで青木らの形数⁴⁾によるもの、(7)式によるもの (D を使用)、(8) 式によるもの (D^2H を使用) の 3 方法で、上記の資料木について推定値と実測値を検討してみた。3 方法のすべてで異常に大きな誤差を示す 1 本を除くと、誤差率の平均は上記 3 方法の順にそれぞれ $-5.5 \pm 10.8\%$ 、 $+5.8 \pm 11.5\%$ 、

— $2.9 \pm 8.4\%$ となった。3つの方法のなかでは、 D^2H を用いるものが、もっとも精度が高いようである。

なお、 D および H を変数とする幹材積表は、天草での資料と青木らの資料をあわせて調製し、すでに報告した³⁶⁾ が、本報告に示すものは、その後の資料を加えて再計算したものである。したがって、既報の幹材積表は、本報告の Table 5 のとおりに改訂したい。

Ⅲ. モリシマアカシア林の本数管理

C-D 効果と $3/2$ 乗則

本数管理は、競争密度効果式と $3/2$ 乗則式とを組みあわせた方法によって検討したい。この方法については、すでに筆者の報告³⁹⁾²⁹⁾³⁰⁾ があるので、その理論の説明は最低必要限度にとどめたい。

吉良を中心とする研究グループは、植物の生育密度と生産量の関係を検討し、生育密度だけが異なり、その他の生育条件、たとえば土地条件、生育段階などが等しい植物純群落において、その平均個体重 (w) と生育密度 (ρ) との間につぎの関係を見いだした²⁵⁾。

$$1/w = A\rho + B \dots\dots\dots (9)$$

A , B は生育段階によって異なる常数で、生育段階を時間であらわすと時間の函数である。この式は C-D 効果 (競争密度効果, Competition-Density effect) の逆数式と呼ばれており、ある生育段階での、競争、無競争の密度を全部含めて1本の曲線で表現することができる。また、単位面積あたりの全個体重収量 (y) は

$$y = w\rho \dots\dots\dots (10)$$

であるから

直径・樹高変数幹材積表
table based on DBH and tree height

Tree height (m)										
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
.0014										
.0030	.0034									
.0051	.0058	.0065								
.0078	.0088	.0099	.0109							
.0110	.0124	.0139	.0153	.0168	.0182	.0196				
.0146	.0166	.0185	.0205	.0224	.0243	.0262	.0281			
.0188	.0213	.0238	.0263	.0288	.0312	.0337	.0361			
.0235	.0266	.0297	.0328	.0359	.0390	.0420	.0450	.0480		
.0286	.0324	.0362	.0400	.0438	.0475	.0512	.0549	.0585		
.0342	.0388	.0433	.0478	.0523	.0568	.0612	.0656	.0700	.0744	
.0403	.0457	.0510	.0563	.0616	.0669	.0721	.0773	.0824	.0876	
.0468	.0531	.0593	.0655	.0716	.0777	.0837	.0898	.0958	.1018	.1077
	.0610	.0682	.0752	.0823	.0893	.0962	.1032	.1101	.1169	.1238
	.0695	.0776	.0857	.0937	.1017	.1096	.1175	.1253	.1332	.1410
	.0784	.0876	.0967	.1057	.1148	.1237	.1326	.1415	.1503	.1591
		.0981	.1083	.1185	.1286	.1385	.1485	.1585	.1684	.1783
		.1093	.1207	.1329	.1432	.1543	.1655	.1765	.1875	.1985
			.1335	.1460	.1585	.1708	.1831	.1954	.2076	.2197
			.1470	.1608	.1745	.1880	.2016	.2151	.2285	.2419
				.1762	.1912	.2060	.2210	.2357	.2505	.2651
				.1923	.2086	.2249	.2411	.2573	.2733	.2893
					.2268	.2445	.2621	.2796	.2971	.3145
					.2457	.2648	.2840	.3029	.3218	.3406
					.2653	.2859	.3065	.3271	.3475	.3678

$$1/w\rho = 1/y = A + B/\rho \dots\dots\dots (11)$$

として表わされ、これは Y-D 効果 (収量密度効果, Yield-Density effect) と呼ばれている。

つぎに、各生育段階における ρ の限界が問題になる。生育段階が進むと単位面積上の植物体現存量が増加するが、個々の植物体が大きくなるにしたがって、個体相互間の競争が激しくなり、その結果、劣勢個体は枯損し、本数は減少する。したがって、 ρ には上限のあることが想像されるが、この上限は植物種によってそれぞれの現存量に対して決まっているものであり、その上限における平均個体重 w^* と生育密度 ρ^* の関係は

$$w^* = k\rho^{*-a} \dots\dots\dots (12)$$

と表わされる¹¹⁾⁴⁰⁾。この式は、立地条件や生育段階とは無関係であって、 k , a は植物種によって固有な常数である。常数 a は普通 $3/2$ に近い値となるので (12) 式は $3/2$ 乗則と呼ばれている。

これらの C-D 効果や $3/2$ 乗則は、林木に適用する場合、 w の代わりに平均幹材積 v を用いても、ほぼ同様に成立することが、すでに確かめられている²⁹⁾³⁰⁾。

モリシマアカシア林への適用

モリシマアカシア林の立木密度 ρ と、平均幹材積 v との関係を図にすると、Fig. 7 が得られる。図の 1 点は 1 林分をあらわすが、林分の平均樹高 2 m ごとに印を変えて、それぞれの樹高をあらわす曲線 (等樹高線) を引いた。この線には、C-D 効果線—(9) 式—を適用した。

$$1/v = A\rho + B \dots\dots\dots (13)$$

これは、立木密度に影響されることがすくないといわれ、かつ、林齢や地位条件を表現しうる平均樹高を用いて林分の生育段階を分けようとするためである。ここでは、林齢や地位などの生育条件が異なっても、同一樹高をもつ林分同志は、密度効果の検討上、同一生育段階にあると解釈されている。

したがって、ここで用いる常数 A , B は、平均樹高によって決まるが、その具体的な値の決定は、つぎ

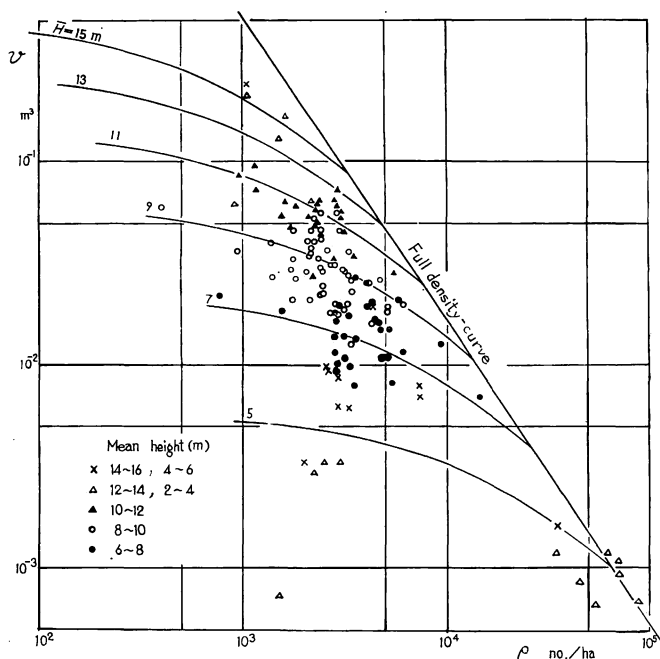


Fig. 7 モリシマアカシア林の立木密度 (ρ) と平均幹材積 (v) の関係における等樹高線と特性曲線 (full-density curve)

Equivalent height curves and the full-density curve on the relation between the stand density (ρ) and the mean stem volume (v) in stands of *Acacia mollissima*. The equivalent-height curves are expressed by the reciprocal equation of C-D effect²⁵⁾ (Eq. (13) in the text) . . . See Table 6. The full-density curve, showing the upper limit of stand density (ρ^*), in regard to a certain mean stem volume (v^*), is given by Eq. (15) in the text.

のようにして行なうことができる。まず、それぞれの等樹高線について、C-D 効果の逆数式曲線の Base point²⁶⁾*1 を暫定的に図上で求め、この Base point の座標値は、平均樹高と対数かん数関係をもつものとして修正し、Base point の座標を決定する。いま、その座標を (ρ_B, v_B) とすれば、 A, B の値は

$$\left. \begin{aligned} A &= 1/2 v_B \rho_B \}^{26)} \\ B &= 1/2 v_B \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

で与えられる*2。決定された A, B の値は、Table 6 に示した。

平均幹材積に関する $3/2$ 乗則は、Fig. 7 の右外側の線で与えられている。この線は、林分の本数管理の基礎となるものとして、“林分密度の特性曲線”¹¹⁾ と呼ばれている。この報告では、この線を“特性曲線”または“full-density curve”と称することとする。さて、(12) 式に示した一般式の w^* を、上限密度における平均幹材積 v^* におきかえると、モリシマアカシア林の特性曲線は、現在までに得られている資料の最外側という考えと、常数 a の性質から

$$v^* = 1.6 \times 10^4 \rho^{*-1.5} \dots\dots (15)$$

と暫定的に決定した (v^* : m^3 , ρ : 本/ha)。

前述の Fig. 7 では、樹高階ごとの $\rho \sim v$ 関係を求めたが、平均胸高直径階ごとの $\rho \sim v$ 関係をあらわしたものが Fig. 8 である。図中に描いた曲線は、 $\rho \sim v$ 図上で等平均胸高直径の分布をあらわして、等樹高線に

対して等胸高直径線と呼ぶことができ、この線の一般型としては

$$v = A\rho + B \dots\dots\dots (16)$$

で近似できる。ここでは、常数 A, B は平均直径によって決まり、Base point の座標 (ρ_B, v_B) を読むことによって、等樹高線の場合と類似の方法で計算できる。ただし、ここでの計算法は

$$\left. \begin{aligned} A &= v_B/2 \rho_B \} \\ B &= v_B/2 \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

となる。計算された A, B の値は Table 7 に示した。

なお、本数管理検討上の林分資料として用いたものは、約 130 点、そのうち福岡県下 60 点、熊本県下 50 点である。資料の出典のおもなものはつぎのとおりである。

* 1 C-D 曲線の両対数軸上の接線勾配は $-A\rho/(A\rho+B)$ である。したがって

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{-A\rho}{A\rho+B} = 0, \quad \lim_{\rho \rightarrow \infty} \frac{-A\rho}{A\rho+B} = -1 \text{ である。}$$

Base point は $\frac{-A\rho}{A\rho+B} = -\frac{1}{2}$, すなわち、 $\rho = B/A$ となる点である。

* 2 A, B の決定には各樹高階ごとに (13) 式に最小自乗法を適用する方法もあるが、資料数がすくない場合にはかえって不正確になりやすい。この場合には C-D rule²⁶⁾ を用いて Base point を決める方法が便利である。

Table 6. 等樹高線の係数 A, B の値
Values of constants A and B in equivalent height curves; $1/v = A\rho + B$ on the $\rho \sim v$ diagram (Fig 7)

平均樹高 Mean tree height	A	B
m		
4	0.0174	442.478
5	0.0129	178.571
6	0.0100	85.034
7	0.00815	45.455
8	0.00681	26.455
9	0.00580	16.393
10	0.00503	10.684
11	0.00442	7.246
12	0.00393	5.092
13	0.00352	3.676
14	0.00318	2.717
15	0.00291	2.058

樋口真一：モリシマアカシア造林地の2～3の事例について，日林九支講，16，pp. 34～36，(1962)

細井 守・本田健二郎・山本常喜：早期育成樹種の林分構造 (I)，同上，15，pp. 2～3，(1961)

熊本県：熊本のもりしま，(1964)

熊本県天草事務所：モリシマ除間伐並びに採材講習会テキスト，(1964)

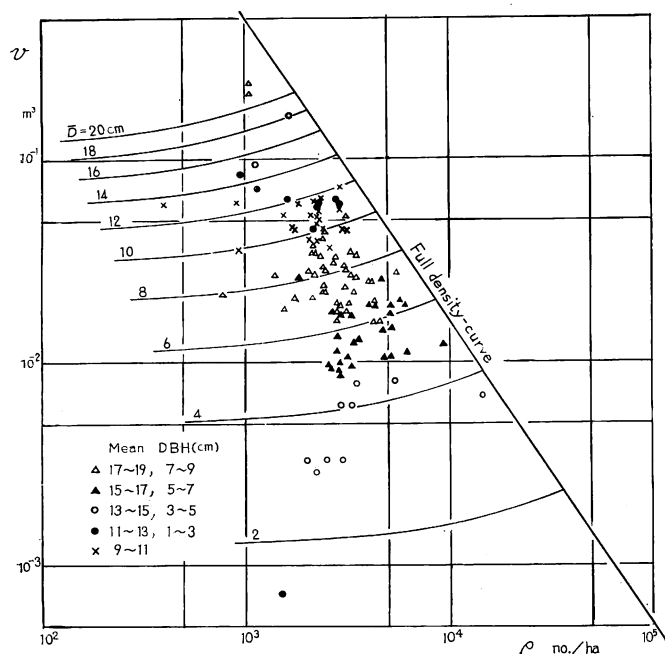


Fig. 8 $\rho \sim v$ 関係図上であら
わした等胸高直径線

Equivalent-DBH curves on the $\rho \sim v$ relation, which are expressed by Eq. (16) in the text. See Table 7.

Table 7. 等胸高直径線の係数 A , B の値
Values of constants A and B in equivalent DBH curves;
 $v = A\rho + B$ on the $\rho \sim v$ diagram (Fig. 8)

平均胸高直径 Mean DBH	A	B	平均胸高直径 Mean DBH	A	B
cm			cm		
2	2.72×10^{-8}	0.00127	16	2.52×10^{-5}	0.0765
3	1.03×10^{-7}	0.00283	17	3.07×10^{-5}	0.0862
4	2.65×10^{-7}	0.00498	18	3.71×10^{-5}	0.0965
5	5.52×10^{-7}	0.00773	19	4.41×10^{-5}	0.107
6	1.01×10^{-6}	0.0111	20	5.25×10^{-5}	0.119
7	1.67×10^{-6}	0.0150	21	6.16×10^{-5}	0.131
8	2.58×10^{-6}	0.0195	22	7.15×10^{-5}	0.143
9	3.80×10^{-6}	0.0246	23	8.28×10^{-5}	0.156
10	5.38×10^{-6}	0.0303	24	9.53×10^{-5}	0.170
11	7.37×10^{-6}	0.0366	25	1.09×10^{-4}	0.184
12	9.79×10^{-6}	0.0434	26	1.24×10^{-4}	0.199
13	1.27×10^{-5}	0.0508	27	1.40×10^{-4}	0.214
14	1.62×10^{-5}	0.0588	28	1.58×10^{-4}	0.230
15	2.04×10^{-5}	0.0674	29	1.78×10^{-4}	0.247
			30	1.98×10^{-4}	0.264

熊本県治山課：アカシアモリシマ造林地成績調査について，(1960)

熊瀬川忠夫：アカシアモリシマ類の造林に関する研究 (VI)，日林九支講，16，pp. 39～41，(1962)

熊瀬川忠夫・竹下晴彦：同上 (V)，同上，16，pp. 42～44，(1962)

三善正市：短期育成林の経営に関する研究，同上，16，pp. 19～20，(1962)

林業試験場九州支場：荳科アカシア属植栽の実態について，(1960)

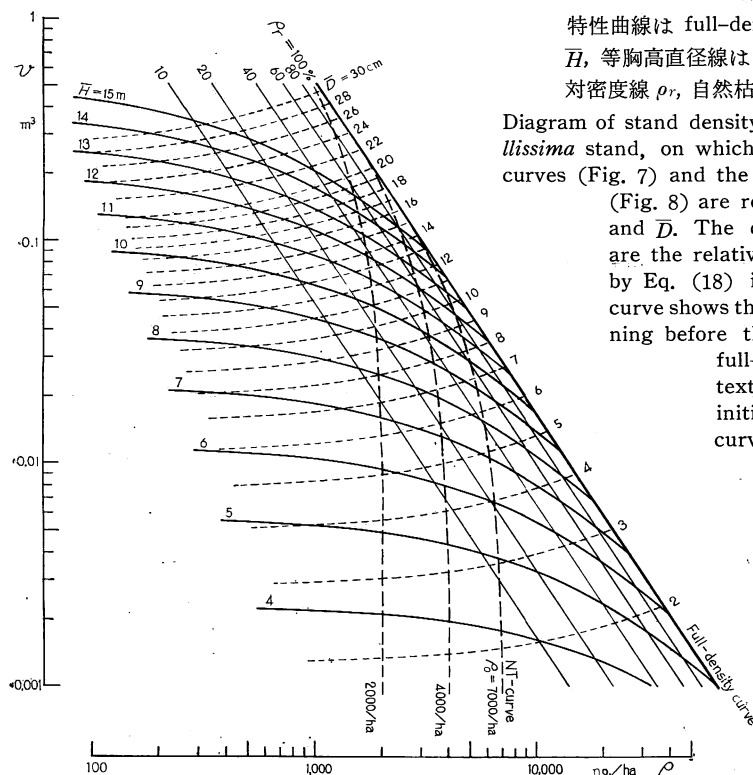
福岡県林業試験場調査資料，高知営林局清水署調査資料，林業試験場九州支場経営研究室調査資料，同造林研究室調査資料，その他末尾文献欄記載の青木ら⁴⁾，細井・本田⁷⁾，長浜¹⁸⁾ (原資料)，尾方ら²⁰⁾，只木³²⁾，只木ら³⁸⁾など。

林分密度管理図

決定された等樹高線，等胸高直径線，特性曲線を組みあわせると，Fig. 9 のような林分密度管理図ができる。この図で，幹材積成長経過を地位や林齢を考えに入れずに，あらゆる密度を含めて模式的にあらわすことが可能である。等樹高線は，地位，林齢をあわせて表現しているから，ある立地条件における平均樹高と林齢の関係を知れば，この線は林齢をあらわす線として有効である。したがって，立木密度の人為的なコントロール，すなわち間伐の経過を図上で想定し，その材積生産を計算によって求めることも可能である。

なお，図中の特性曲線 (full-density curve) と平行な線は，林分の密度を相対的に示すもので，(12) 式の k の値 ($v^* \sim \rho^*$ の関係にあつては (15) 式の常数 1.6×10^4) のみを変化させた曲線である。これらの曲線は一般に

Fig. 9 モリシマアカシア林の林分密度管理図



特性曲線は full-density curve，等樹高線は $\bar{H}$ ，等胸高直径線は $\bar{D}$ で表示したほかに，相対密度線 ρ_r ，自然枯死線 NT-curve を加えた。

Diagram of stand density control in *Acacia mollissima* stand, on which the equivalent-height curves (Fig. 7) and the equivalent-DBH curves (Fig. 8) are respectively shown by $\bar{H}$ and $\bar{D}$. The curves expressed by ρ_r are the relative density curves given by Eq. (18) in the text. The NT-curve shows the course of natural thinning before the stand reaching the full-density, Eq. (19) in the text, and ρ_0 indicates the initial density of the NT-curve....See Table 8.

Table 8. 特性曲線に到達するまでの自然枯損線 (NT-line) の係数 A, B の値
Values of constants A and B in natural thinning curves before a stand reaching the full-density (NT-line); $1/\rho = Av + B$ on the $\rho \sim v$ diagram

初 期 密 度 Initial stand density	A	B	初 期 密 度 Initial stand density	A	B
no./ha	$\times 10^{-4}$	$\times 10^{-4}$	no./ha	$\times 10^{-4}$	$\times 10^{-4}$
750	6.58	13.33	6,000	18.63	1.67
1,000	7.61	10.00	7,000	20.13	1.43
1,500	9.32	6.67	8,000	21.51	1.25
2,000	10.76	5.00	9,000	22.82	1.11
2,500	12.02	4.00	10,000	24.06	1.00
3,000	13.18	3.33	15,000	29.47	0.67
4,000	15.22	2.50	20,000	34.01	0.50
5,000	17.01	2.00			

$$v = k' \rho^{-a} \dots\dots\dots (18)$$

で表わすことができるが、 $100 \times k'/k$ (モリシマアカシアの幹材積の場合は $k=1.6 \times 10^4$) を相対密度 ρ_r (%) と呼んでいる。

また、図中に NT-curve として示した曲線は、ある密度から出発した林分が、自然枯死を起こしながら、 v を増加していく経過をあらわして、この曲線は、

$$1/\rho = Av + B \dots\dots\dots (19)$$

で近似することができる²⁹⁾³⁰⁾。ある密度から出発した林分の v と ρ の関係は、(19) 式の関係で ρ を減じながら v が増加し、特性曲線に到達した後は、(15) 式の関係で示される特性曲線上を移動する。図には、植栽本数 2,000, 4,000, 7,000 本/ha の場合のみの (19) 式の関係を示したが、係数 A, B は Table 8 のようになる。

安藤・蜂屋¹⁶⁾ が用いる密度管理図は、 v の代わりに林分材積を用いている。したがって、等樹高線には、Y-D 効果式(11)式一が適用されている。この方式では、林分材積が直接読みとれるのは利点である。筆者が、この利点を犠牲にしても、平均単木材積を用いた管理図を使用している理由はつぎのとおりである。

1. 同一対数目もりを用いる場合、材積軸が拡大して表現されるため、検討しやすいこと。
2. (9) 式は C-D 曲線のⅢ型、(11) 式はⅣ型、(16) 式はⅠ型、(19) 式はⅥ型²⁶⁾ であって、対数軸上では全部同型の曲線となり、C-D rule²⁶⁾ が適用できること。

林分材積、間伐材積の計算

林分材積は Y-D 効果式によって計算される。すなわち、(11) 式の y を林分材積 V におきかえると

$$V = \rho / (A\rho + B) \dots\dots\dots (20)$$

いま、平均樹高 h_x で間伐が行なわれ、立木本数が $\rho_{x1} \rightarrow \rho_{x2}$ に、林分材積が $V_{x1} \rightarrow V_{x2}$ に、平均直径が $D_{x1} \rightarrow D_{x2}$ に変化したとし、 h_x に対する等樹高線の常数が A_x, B_x であるとする、

$$V_{x1} = \rho_{x1} / (A_x \rho_{x1} + B_x) \dots\dots\dots (21)$$

$$V_{x2} = \rho_{x2} / (A_x \rho_{x2} + B_x) \dots\dots\dots (21')$$

となる。したがって間伐材積 V_{xt} は

$$V_{xt} = V_{x1} - V_{x2} \dots \dots \dots (22)$$

であたえられる。ただし、間伐木は所定本数 $\rho_{xt} = \rho_{x1} - \rho_{x2}$ だけ、幹材積の小さいものから順次選ばれるものとしている。この場合、間伐前後の $\rho \sim v$ 関係は、同一 C-D 効果式、ここでは等樹高線上の変化となる³⁹⁾²⁹⁾⁸⁾。

なお、間伐木の平均直径 D_{xt} は

$$D_{xt} = (D_{x1}\rho_{x1} - D_{x2}\rho_{x2}) / \rho_{xt} \dots \dots \dots (23)$$

で算定可能である。

モリシマアカシア林の密度管理と収穫予測

スギ³⁹⁾²⁹⁾ やアカマツ³⁰⁾ の例で、管理図上で設計した密度管理のモデルについて、上記の法則性にもとづいて幹材積収穫量を推定して比較した結果、一般的につぎのように要約できる。

1. 他の条件がすべて同一の場合（以下同じ）、主伐材積は、主伐時の密度が高いほど多い。
2. 主間伐合計量は、特性曲線に近づけて管理されるほど多くなるが、ある程度より高い密度で管理されると差はあまり認められない。
3. ある程度より低い密度に間伐されるモデル群の中では、密度の高い管理がされるほど、間伐開始が遅いほど、間伐間隔が短いほど、植栽密度が高いほど主間伐合計量は多くなる。
4. ある程度より低い密度にならないよう間伐されるモデル群では、主間伐量は間伐経路にはほとんど影響をうけず、ほぼ一定になる。ただし、植栽密度が高いほど主間伐量は多くなる。
5. 間伐合計量は、植栽密度が高いほど、低密度の管理が行なわれるほど、間伐開始が遅いほど、間伐間隔が短いほど多くなる。この傾向は、ある程度より低い密度に間伐されるモデル群で顕著である。
6. 以上の“ある程度の密度”とは、林木相互間の競争開始（林冠の閉鎖）の密度に近い。したがって、結論的には、“林冠の閉鎖状態を極端に破らないように本数管理が行なわれるならば、主間伐合計量は間伐の経路からはあまり大きな影響をうけない”といえる。

モリシマアカシア林でも、上記の傾向が成り立つことはもちろんである。しかし、以上は幹材積の量としての検討であって、収穫材（とくに間伐材）の径級は経営上の問題であろう。収穫材積量や収穫材の太さなどは、経営の目的によって決まるものであって、前章までの法則性を組みあわせて経営者自身が、自己の山林に適合した本数管理経路を選ぶべきであろう。したがって、ここでは本数管理の一応の目安としての5個のモデルと、その収穫予測を Table 9 としておく。

これらの本数管理経路を管理図上で示すと Fig. 10 の

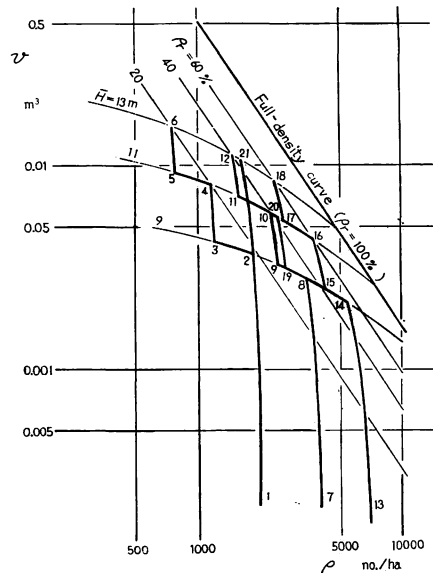


Fig. 10 5個の間伐モデル (Table 9) の経路を示す密度管理図

Five schedules of stand density control (Table 9) showing on the $\rho \sim v$ diagram of density control.

Model A: 1-2-3-4-5-6, Model B: 7-8-9-10-11-12, Model C: 13-14-15-16-17-18, Model D: 13-14-19-20-11-12, Model E: 1-21.

Table 9. モリシマアカシア林の暫定本数管理指針
Tentative schedules of stand density control in *Acacia mollissima* stand

モデル Model	植栽密度 Planting density	相対密度 Relative density	平均樹高 Mean height	間伐前 Pre-thinning			間伐量 Thinnings			間伐後 Post-thinning		
				本数 No. of trees	平均直径 Mean DBH	幹材積 Stem volume	本数 No. of trees	平均直径 Mean DBH	幹材積 Stem volume	本数 No. of trees	平均直径 Mean DBH	幹材積 Stem volume
	no./ha	%	m	no./ha	cm	m ³ /ha	no./ha	cm	m ³ /ha	no./ha	cm	m ³ /ha
A	2,000	20	5	2,000	3.7	10						
			7	1,950	6.5	32						
			9	1,880	9.4	69	670	7.4	17	1,210	10.5	52
			11	1,160	14.2	94	380	11.5	21	780	15.5	73
			13	750	19.9	119						
B	4,000	40	5	3,970	3.4	17						
			7	3,750	5.6	49						
			9	3,420	7.8	94	940	5.2	13	2,480	8.8	81
			11	2,300	11.2	132	720	7.7	21	1,580	12.8	111
			13	1,480	15.9	167						
C	7,000	60	5	6,600	3.1	25						
			7	6,100	4.8	64						
			9	5,400	6.6	113	1,180	4.1	10	4,220	7.3	103
			11	3,700	9.3	157	1,100	6.2	18	2,600	10.6	139
			13	2,350	13.1	197						
D	7,000	40	5	6,600	3.1	25						
			7	6,100	4.8	64						
			9	5,400	6.6	113	2,700	4.7	29	2,700	8.5	84
			11	2,500	10.9	137	920	7.6	26	1,580	12.8	111
			13	1,480	15.9	167						
E	2,000		5	2,000	3.7	10						
			7	1,950	6.5	32						
			9	1,880	9.4	69						
			11	1,770	12.3	117						
			13	1,630	15.2	173						

間伐木は小個体から順に選ばれることを原則とする。

Trees for thinning are selected systematically from smaller trees of the stand.

ようになる。**Model A** (Fig 10 の 1→2→3→4→5→6) は、疎植疎管理で単木を大きくする方法であり、間伐材、主伐材ともかなり太い材を得られるが、林分収穫はすくない。**Model B** (7→8→9→10→11→12) は中庸で、ある程度の間伐収穫をあげながら主伐にも相当の林分収穫を期待する。**Model C** (13→14→15→16→17→18) は、密植密管理で単木材積や間伐収穫を犠牲にして主伐時の多収穫をねらう方法である。**Model D** (13→14→19→20→11→12) は、これの変型で、密植して細長な間伐材を農用材やノリヒビ支柱* などの特殊用途のために生産し、主伐時には、単木材積、林分材積とも中庸な収穫をうる。さらに **Model E** (1→21) は、疎植無間伐である。

なお、表の平均樹高は林齢や立地をあわせて表現しているから、その立地での林齢に対する平均樹高を知れば、平均樹高の欄は林齢におきかえることができる。いま、Fig. 7 を描くのに用いた資料から、林齢と平均樹高の関係図をつくると Fig. 11 のようになる。図上で、その分散の幅を3等分して便宜的に立地を3級に分け、その級の樹高に対する林齢の概数を求めると Table 10 のようになった。

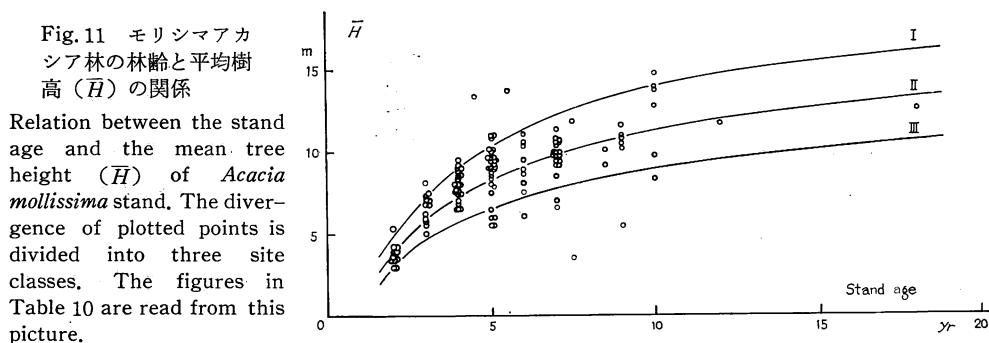


Table 10. 平均樹高と林齢の関係
Stand age corresponding to mean height in each site class

平均樹高 Mean height (m)	林 齢 Stand age (yr)		
	地 位 I Site I	地 位 II Site II	地 位 III Site III
5	2	2.5	3
7	3	4	6
9	4	6	10
11	6	9	20
13	8	16	
15	13		

Ⅳ. 保育上の問題点

以上のように、モリシマアカシアは、その物質生産力は大きく、その生産力が造林後4, 5年で発揮される点、また材積生産面でも10年生程度でhaあたり200m³の収穫が期待できる点などは、非常な利

* モリシマアカシア植栽地の多い有明海沿岸部では、ノリの養殖が盛んで、海中に立てるノリヒビ支柱としての末口直径4cm、材長2.5~5.0mの丸太の需要が多いので、アカシア類を用いてのノリヒビ支柱生産専門の造林さえ考えられている。なお、耐塩性はアラカシには劣るが、かなり良好なことが確かめられたと聞いている。

点である。しかしながら、各種の害に対する抵抗性が弱いことなど欠点も多い。以下筆者の見聞をもとにして、いくつかの問題点を列記したい。

天然下種・萌芽更新：I 章で材料とした Plot IV は天然下種更新である。この林分の履歴はつぎのとおりである。モリシマアカシアの前生林は造林後 8 年 7 か月で 1960 年 11 月に皆伐されたが、この伐採の翌年、1961 年 4～5 月に、自然落下していた種子の一斉発芽をみた。この際、火入れ、地表かき起こしなどの前処理は行なっていないが、春までに伐採木の枝条や雑物を除去していたのが、好影響を与えたものと考えられる。その後、1961 年 9 月、1963 年 10 月に手刈りによる下刈りと小径木の除伐を行なっている。また施肥は行なわれていない。

天草の新和町での例は、1960 年 2 月に 6 年 10 か月生で主伐されたモリシマアカシア林に、5 月初旬火入れしたところでは発芽がみられ、7 月 19 日の調査では m^2 あたり 25～54 本の稚樹が数えられた。これに対し、火入れしなかったところでは、萌芽が盛んで、7 月 19 日には萌芽長 80 cm に達するものも認められ、また、ここでも天然生稚樹が発生したが、その数は火入れ地にくらべてすくなくかった。

福岡県須恵町の例では、古いボタ山に造林されたモリシマアカシアの皆伐後（伐採時林齢不明）、東斜面にモリシマアカシアを植栽し、西斜面は萌芽と天然下種で更新している。皆伐後約 4 年で、植栽木の平均樹高 8 m、平均胸高直径 10 cm、これに対し、萌芽木は平均樹高 8 m、平均胸高直径 5 cm、実生木は平均樹高 4 m、平均胸高直径 3.5 cm となっていた。ただし、立木密度は植栽林約 1,600 本/ha、萌芽・実生林 10,000～20,000 本/ha であった。

これらの例から考えて、モリシマアカシア林の天然下種あるいは萌芽による更新は十分に可能性がある。ただし、萌芽勢は小径株の方が大きいから、主伐地でいつも成功するとは考えられない。したがって、火入れなどの処理を加えた天然下種更新の方が、成功率は高いであろう。しかし、これが成功したときには、稚樹が密生するから、適当に疎開させて稚樹相互間の競争を緩和させるよう手入れすることが必要と考えられる。

下刈：モリシマアカシアは、正常に生育すれば造林後 1 年で樹高 1.5 m ぐらいには達するので、下刈りは 1 年目だけで足りる。しかし、陽性な樹種であるから、1 年目、とくに草本類の草丈より樹高が大きくなるまでの下刈りは、在来樹種よりもとくに入念に行なう必要がある。草本類がおおいかぶさるような状態は致命的であり、1 年目の下刈り不足が原因と考えられる造林不成績地もかなり多い。また、幼時のモリシマアカシアは、形状、性質とも草本的であって、薬剤などに対する抵抗性も弱いと考えられるので、下刈用として除草剤を使用する場合には薬害の点を十分考慮する必要があると思われる。

老化現象：とくに天草で多くみられる 4、5 年生造林地の落葉現象を俗に老化現象と呼んでいるが、これはかなり良好に成林した造林地に発生し、激しい場合には全林に葉がほとんどみられなくなる。この原因としては肥料欠乏が考えられる。モリシマアカシアは元来、とくに天草では、せき悪地に造林されている場合が多いが、植栽時に植穴を大きく掘って土壌の理化学性をよくし、これに多量の肥料を投入する。このため、肥料分が充足されている間のモリシマアカシアの成長は良好であるが、成長が良好であればあるほど、植穴内の肥料分を吸収し終える時間は短くなる。今まで旺盛に成長して大きくなった樹体自体を維持できない程度にまで、肥料分が不足欠乏すれば、樹体を縮小せざるをえず、梢端部から枯れはじめ、落葉する。これがこの現象であると思われ、同様の現象はせき悪地、砂防造林地などの植栽木でも往々にして見受けられるところである。しかし、この現象の発生は追肥などの方法で、つねに十分な肥料分を確保

することによって防止できるようである。また、現象が発生してからでも、追肥すれば回復する。モリシマアカシアの場合は、その反応性はきわめて迅速であり、ほとんど葉の見られなくなった林分が、バラムキ施肥だけで急速に葉量を回復した例も多い。この問題については、さらに土壌学、肥科学の立場から検討されるべきである。

寒 害：九州支場高木哲夫技官の主として苗木を用いた研究によれば、モリシマアカシアの耐えうる寒さは -6°C であって、これはフサアカシアより 2°C ほど高温である。また、スギ、ヒノキ、カラマツなどにくらべると、アカシア類の冬期に向かっの耐凍性の強まりかたは顕著でない。寒害の型としては、枝葉先端が変色し、変色部が枯れ下がるA型（軽害）、地ぎわ上 20~30 cm の幹の変色するB型（以下重害）、AB型の合併症であるC型、地ぎわ上部で幹が変色し裂傷を生ずるD型があり、幼齡木の場合は地ぎわ付近の樹皮が緑色を保っていれば萌芽で回復する。なお、その場合、梢端部からの枯れ下がりを防ぐために、健全部で幹を切断すること、地温をあげるための被覆などの手段が有効である。

また、横山・鈴木⁴¹⁾によれば、モリシマアカシアは -4.5°C で寒害をうけはじめ、 -9.4°C で完全に枯死するというが、モリシマアカシア造林上、寒害に対する抵抗性が弱いことは非常に大きな欠点の一つである。したがって、植栽地を選定する場合に、冬期の気温条件をよく検討しておくことは、とくに重要である。

雪 害：モリシマアカシアは、元来、多雪地に造林される樹種ではないから、常襲的な雪害については考えなくてよいが、平年には雪のすくない地方で、異常気象による降雪のために起こる冠雪害によっては被害を生ずる。

1962年1月に福岡県鞍手郡で発生した雪害は、つぎのようであった（九州支場尾方信夫技官調査および細井・本田⁷⁾による）。冠雪によって、幹の曲がりりと折れが生じたが、根倒れ、枝折れはすくなく、1、2年生ではほとんどが倒伏、3~5年生では樹高の0.2~0.3倍の箇所では幹の曲がりりと折れの被害が多かった。谷部、成長良好、樹冠の発達良好な個体に被害が多く、樹冠が谷側に偏倚しているものが多いため、曲がりや折れの方は傾斜方向と一致している。また、形状比100を越すもので被害が多い。この被害後、幹の被害部のすこし下で断幹し、被害部からの枯れ下がりやを防止するとともに、萌芽回復を期待したが、ある程度の成功をみた。

天草でも1961年1月に同様の冠雪害をうけ、幹折れを生じたが、そのまま放置したため、被害部からの枯れ下がりやで全滅した例がある。同時に倒伏して雪中にうずもれて枝葉部が枯死した1年生の林分では、春に台切りして萌芽させたところ、台切りしなかった被害木より成長良好で、1年半後には無被害木の成長に追いついている。

冠雪害に対抗する技術としては、樹冠のかたよりやすい地形や林縁などでは梢端部の切断や枝打ちを行なって上長成長の抑制、樹冠の修正⁷⁾をすること、形状比を小さくするための間伐などの手段が考えられるが、ある程度雪害を緩和できるとしても、決定的な防止手段とはなりえないであろう。いったん被災した後は、断幹、台切りなどの方法でかなり回復するので、これら施業をできるだけ早期に時期を失しないよう行なわなければならない。

風 害：1963年8月の台風14号（最大風速 37 m/sec）で天草各地に被害を生じた。このうち、下田地区の9年生で、haあたり2,300本、蓄積 $151\text{ m}^3/\text{ha}$ のかなり優良な林分で生じた例では、全立木のうち、約60%が根返り、幹折れしたが、その半数は樹冠のよく発達した優勢木が根返りする際にまきぞえ

となって、連鎖的に幹折れを生じたものと観察された。モリシマアカシアの根は、比較的支持根の発達が悪く、またもろいように観察されるが、これは風圧に対して根返りしやすい原因と考えられる。

1965 年 8 月の台風 15 号（瞬間最大風速 49 m/sec）では、主として天草南部に被害を生じたが、この地方にはモリシマアカシアの成林した林分がすくなかったので、被害林のほとんどが 1～4 年生の幼齢林であった。この場合は、倒伏が主体で、根返りはまれであり、網などで引き起こせば回復可能と考えられた。なお、水俣市には、台風で倒伏したものを網で引き起こして、ほぼ完全に回復した例もある。

白井²⁸⁾ は、モリシマアカシアの幼齢木の風害では、幹曲がりやが圧倒的に多く、根返りがすくないのは幹に柔軟性が大きいためであるとしている。また、これらの被害木は谷側に倒れるものが多く、とくにこの傾向は成林で著しい。アカシアの樹冠は谷側に偏倚著しいのが特徴であるが、これは背後から風を受けた場合に倒れやすい形状である。つまり、峰筋から谷に向かって吹きおろす風に弱く、谷から吹き上げる風にはかえって強いと考えられるのである。

風に対する決定的な技術対策は考えられないが、峰筋や、風の通りやすい谷筋などに防風林帯を設けること²⁹⁾ や、雪害の場合と同様に、梢端部の切断や枝打ちで過強な樹冠を作らないようにすることなどが考えられるが、これらも大型台風の場合には、あまり期待できないであろう。

枝打ち：アカシア類の用途から考えて、材の品質向上のための枝打ちを考える必要はないが、上記のような諸害に対する回避策としての生枝打ちは重要であろう。アカシア類では成長が旺盛であるから、その成長量を一部犠牲にしても保安上の枝打ちを行なうべきではなかろうか。とくに二又木の片枝、あるいは太枝を除くことは必要であると考えられる。アカシア類の材は、縦方向に裂けやすい性質をもっているから、風や冠雪などによって二又部、太枝基部から幹が縦に裂ける被害はかなり多いのである。

さらに、上層木に強い生枝打ちを行なうことによって、林分内の個体差をすくなくする効果³⁰⁾ も考えてよい。アカシア類は個体差の大きい、つまり、不ぞろいな林分となりやすいから、生産材の均質化という点でも、ある程度の効果があるものと考えられるのである。

摘 要

オーストラリア原産のモリシマアカシアは、成長が早く、10 年生前後で主伐できるので、生育可能な温暖地帯に導入されているが、その林分保育の基礎として、物質生産や本数管理について検討した。

物質生産 熊本県天草、福岡県糸島で 4 林分から試料木をとり、層別刈取法によって、幹、枝、葉、根などの生重量を測定した。生重量は乾重量に換算し、幹は樹幹析解した。現存量は断面積配分法で推定 (Table 1)、現存量の垂直分布は Fig. 2 のとおりである。林齢が大きくなると現存量の幹への配分率が大きくなるが、林冠上層ほど幹の率は減じる (Fig. 3)。幹材積に対する幹皮の率は幹が大きくなるほど減じる (Fig. 4)。純生産量は、当年の新生部分の現存量合計として求めたが、4、5 年生ですでに 30 t/ha・年を越えており、これに対するエネルギー効率は 1 % 以上である (Table 2)。モリシマアカシア林の現存葉量は、在来の常緑広葉樹林なみであるが (Table 3)、純生産量は大きい。単位葉量が年間に生産する乾物量は 3.3～4.5 t/t・年と計算され、この値は、在来の常緑広葉樹林よりはるかに大きく、熱帯降雨林なみである。また、単位葉量あたりの幹生産も大きく、落葉樹林なみに高い葉の能率をもっている (Fig. 5)。こうした高能率が、4、5 年生造林地で実現しているところにモリシマアカシアの特徴がある。

暫定立木幹材積表 幹材積と胸高直径、あるいは幹材積と樹高および胸高直径の関係 (Fig. 6) から立

木幹材積表を調製した (Table 4, 5)。

本数管理 収集された約 130 点の資料を用いた。林分の生育段階を林齢や地位を考えないで、平均樹高であらわし、立木密度と平均幹材積の関係図上で等樹高線を求め (Fig. 7), これに密度効果の逆数式 ((13) 式, Table 6) をあてはめた。また、各平均幹材積に対する最高立木密度を示す特性曲線を (15) 式のように決めた。同様に立木密度と平均幹材積の関係図上で等樹高直径線を求め (Fig. 8), これには (16) 式を適用した (Table 7)。以上に管理基準線 ((18) 式), 自然枯死線 ((19) 式, Table 8) を加え、あらゆる生育段階の、あらゆる立木密度に対する幹材積量をあらわす林分密度管理図 (Fig. 9) を作り、この図上で、密度管理と幹材積収穫を検討した結果、一応の目安としての本数管理指針を 5 とお示した (Table 9)。

保育上の問題点 以上のほかに、モリシマアカシア林の保育上の問題点は数多くあると考えられるが、天然下種あるいは萌芽更新、下刈り、老化現象、寒害、雪害、風害、枝打ちなどについて、著者の見聞からの意見を列記した。

文 献

- 1) 安藤 貴：林分密度管理図とその使い方，農林出版，東京，15 pp., (1966)
- 2) 青木義雄：モリシマアカシア，早成樹の養苗と造林の実際（林野庁研究普及課監修），地球出版，東京，pp. 92~122, (1966)
- 3) 青木義雄・谷川末男・中島康博：アカシアモリシマの研究 Ⅱ，アカシアモリシマの生長量について，福岡林試時報，5，pp. 8~12, (1952)
- 4) 青木義雄・谷川末男・中島康博：同上 Ⅲ，アカシアモリシマ林分の蓄積について，同上，5，pp. 13~21, (1952)
- 5) 藤森隆郎・山本久仁雄：フサアカシア林の生産力—岡山地方 4 年生林の一例—，日林誌，49，pp. 143~149, (1967)
- 6) 蜂屋欣二・安藤 貴：植栽本数と間伐—保育形式の決め方—，日林協，東京，52 pp., (1964)
- 7) 細井 守・本田健二郎：モリシマアカシアの雪害と林分構造，林分生長量測定試験地の調査報告，日林誌，44，pp. 188~195, (1962)
- 8) HOZUMI, K., K. SHINOZAKI and Y. TADAKI: Studies on the frequency distribution of the weight of individual trees in a forest stand. I. A new approach toward the analysis of the distribution function and the $-3/2$ th power distribution. Jap. J. Ecol., 18, pp. 10~20, (1968)
- 9) 菅 誠・斉藤秀樹・四手井綱英：常緑広葉樹林の物質生産力について，京大演報，37，pp. 55~75, (1965)
- 10) KIMURA, M.: Primary production of the warm-temperate laurel forest in the southern part of Osumi Peninsula, Kyushu, Japan. Misc. Rep. Res. Inst. for Nat. Resources, 52~53, pp. 36~47, (1960)
- 11) 吉良竜夫 (編)：密度・競争・生産，みやま，11・12，pp. 34~45, (1957)
- 12) KIRA, T., H. OGAWA, K. YODA and K. OGINO: Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. IV. Dry matter production; with special reference to the Khao Chong rain forest. Nature & Life in SE Asia, 5, pp. 149~174, (1967)
- 13) 北沢右三・木村 允・手塚泰彦・倉沢秀夫・坂本 充・吉野みどり：大隅半島南部の植物生態学的研究，資源研報，49，pp. 19~36, (1959)

- 14) KOYAMA, H. and T. KIRA : Intraspecific competition among higher plants. VIII. Frequency distribution of individual plant weight as affected by the interaction between plants. J. Inst. Polytech., Osaka City Univ., D.7, pp. 73~94, (1956)
- 15) MIYATA, T. and T. SHIOMI : Ecological studies on the vegetation of Akiyoshi-dai limestone plateau. I. Structure of the forest community of "Chojaga-mori". Jap. J. Ecol., 15, pp. 29~34, (1965)
- 16) MONSI, M. und T. SAEKI : Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot., 14, pp. 22~52, (1953)
- 17) MÜLLER, D. et J. NIELSEN : Production brute, pertes par respiration et production nette dans la forêt ombrophile tropicale. Forstl. Forsögsv. Danmark, 29, pp. 60~160, (1965)
- 18) 長浜三千治・加藤岩男 : アカシアモリシマ幼樹の小型林分における生産力について, 日林九支講, 19, pp. 124~125, (1965)
- 19) 野村 稔・佐藤治雄 : 西表島の植生, 八重山群島学術調査報告, 大阪市大, pp. 177~196, (1963)
- 20) 尾方信夫・長友安男・竹下慶子 : モリシマアカシヤ人工林における保育りれきのちがいと生産力について, 林試九州支年報, 9, pp. 5~6, (1967)
- 21) OGAWA, H., K. YODA and T. KIRA : A preliminary survey on the vegetation of Thailand. Nature & Life in SE Asia, 1, pp. 21~157, (1961)
- 22) OGAWA, H., K. YODA, K. OGINO and T. KIRA : Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. Ibid. 4, pp. 49~80, (1965)
- 23) 荻野和彦・D. RATANAWONGS・堤 利夫・四手井綱英 : タイ国森林の第一次生産力, 東南アジア研究, 5, pp. 121~154, (1967)
- 24) 斉藤秀樹・四手井綱英・吉良竜夫 : ツバキ林の生産構造と物質生産量, 日生態会誌, 15, pp. 131~139, (1965)
- 25) SHINOZAKI, K. and T. KIRA : Intraspecific competition among higher plants. VII. Logistic theory of the C-D effect. J. Inst. Polytech. Osaka City Univ., D.7, pp. 35~72, (1956)
- 26) SHINOZAKI, K. and T. KIRA : Ditto X. The C-D rule, its theory and practical uses. J. Biol. Osaka City Univ., 12, pp. 69~82, (1961)
- 27) SHINOZAKI, K., K. YODA, K. HOZUMI and T. KIRA : A quantitative analysis of plant form-The pipe model theory. I. Basic analyses. Jap. J. Ecol., 14, pp. 97~105, (1964)
- 28) 白井純郎 : アカシヤ林の風害雑感, 林業技術, 292, pp. 31~32, (1966)
- 29) 只木良也 : 競争密度効果を基にした幹材積収穫予測, 林試研報, 154, pp. 1~19, (1963)
- 30) 只木良也 : 競争密度効果式を用いて検討した間伐と幹材積収穫との関係—アカマツ林の場合—林試研報, 166, pp. 1~22, (1964)
- 31) TADAKI, Y. : Studies on the production structure of forest. VII. The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. Jap. J. Ecol., 15, pp. 142~147, (1965)
- 32) 只木良也 : 森林の生産構造に関する研究, VIII. 立木密度の高いモリシマアカシヤ林の生産力, 日林誌, 47, pp. 384~391, (1965)
- 33) TADAKI, Y. : Some discussions on the leaf biomass of forest stands and trees. Bull. Gov. Forest Exp. Sta., Tokyo, pp. 135~161, (1964)
- 34) TADAKI, Y. : Studies on the production structure of forest. XIV. The third report on the primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. J. Jap. Forest Soc., 50, pp. 60~65, (1968)
- 35) 只木良也・尾方信夫 : 密度効果式を用いた収穫予測, アカシヤモリシマの場合, 日林九支講, 17, pp. 104~105, (1963)

- 36) 只木良也・尾方信夫・長友安男：森林の生産構造に関する研究，Ⅴ，モリシマアカシア人工林の生産力について，日林誌，45，pp. 293～301，(1963)
- 37) 只木良也・尾方信夫・長友安男：九州スギ林の物質生産力，林試研報，173，pp. 45～66，(1965)
- 38) 只木良也・尾方信夫・高木哲夫：森林の生産構造に関する研究，Ⅲ，コジイ幼齢林における現存量の推定と生産力についての若干の解析，日林誌，44，pp. 350～359，(1962)
- 39) 只木良也・四手井綱英：数量的間伐に関する生態学的研究，京大演報，34，pp. 1～31，(1963)
- 40) YODA, K., T. KIRA, H. OGAWA and K. HOZUMI : Intraspecific competition among higher plants. X]. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. J. Biol. Osaka City Univ., 14, pp. 107～129, (1963)
- 41) 横山 緑・鈴木 正：モリシマアカシアの寒害と耐寒性個体の選抜について，日林誌，45，pp. 322～330，(1963)

The Primary Productivity and the Stand Density Control in *Acacia mollissima* Stand

Yoshiya TADAKI

(Résumé)

Acacia mollissima, the native tree species of Australia, has been planted in the warm districts of the south-west part of Japan, especially in Fukuoka and Kumamoto Prefecture, Kyushu. This species grows so rapidly that it has long been widely regarded as the tree species appropriate to short rotation forestry. In this report, as the basic research on the tending of *Acacia mollissima* stand, its dry matter productivity and the stand density control are discussed.

Primary productivity

Field work : Three artificial stands of *Acacia mollissima* (Plot I ~ III) in Kumamoto Prefecture and one stand (Plot IV), regenerated naturally by seeds, in Fukuoka Prefecture were investigated. All plots except for Plot III were completely closed. From each plot from three to eight sample trees of various size covering the whole range of DBH distribution of the plot were felled and the stem, branches, foliage and root system of each tree were separately weighed according to the stratified clip technique¹⁶⁾. The field data were converted into oven-dry weight basis and the stems were measured by means of the stem analysis in the laboratory. All weight data in this paper are expressed in oven-dry unit.

Biomass : The biomass per plot was estimated by the method of basal area proportional allotment (Table 1). The vertical distribution of the biomass in each tree component is shown in Fig. 2. The light extinction coefficient of foliage and the specific pipe length²⁷⁾ in each plot are also presented in Table 1. The percentage of stem biomass against the total biomass per plot increases with the stand growing, while that in horizontal stratum decreases as stratum ascends (Fig. 3). The rate of stem bark against stem in volume decreases with the stem volume per tree becoming larger (Fig. 4).

Net production : This was estimated as the sum of the biomass newly produced during

the recent one year. The amount of growth in stem was directly calculated by the technique of stem analysis, that in branch was estimated on the assumption of the growth rate in branches being equal to that in stem existing in the canopy, that in foliage as one-half of the biomass of foliage (in plot III as 2/3) and that in root on the assumption of its growth rate corresponding to the growth rate in both stem and branches. Then, the net production figure was estimated at 30 t per ha per year or more in four- or five-year-old stand, which led to a very high efficiency in solar energy conversion of more than one percent (Table 2).

Discussion : The biomass of foliage in *Acacia mollissima* stands is within the reasonable range of foliage biomass in evergreen broad leaved forests (Table 3). Nevertheless, since the net production of this species is excessively large, the estimate of its dry matter production against the unit foliage amount per year, 3.3~4.5 t per t per year, is not only larger than in the native evergreen species, but also as large as in the tropical rain forests. The rate of stem volume production per year against the unit foliage amount in *Acacia mollissima*, 3.7 m³ per t per year in average (Fig. 5), is also higher than that in the native evergreen forests. It is one of the most characteristic points in *Acacia mollissima* that a stand comes to have such a high productivity in four or five short years.

Tentative stem volume tables

Using the data of felled sample trees and others, the allometric relations of the individual stem volume (v_s in m³) to its DBH (D in cm) or to the square of D multiplied by its tree height (H in m) were found (Fig. 6).

$$\log v_s = 2.322 \log D - 3.6594 \dots\dots\dots (7)$$

$$\log v_s = 0.9389 \log D^2 H - 4.2146 \dots\dots\dots (8)$$

The relationships being reasonably clear, the stem volume tables based on the DBH and on the DBH-height were presented as Tables 4 and 5.

Stand density control

The stand density control and the stem volume yield in *Acacia mollissima* stand was discussed in conjunction with the Competition-Density effect.

The relation between the mean stem volume (v) and the stand density (ρ) is shown in Fig. 7, on which the mean height of stand is assumed as the factor indicating the growth stage or the site condition of stand and the equivalent-height curves on the $\rho \sim v$ relation are expressed by the reciprocal equation of C-D effect²⁵⁾;

$$1/v = A\rho + B \dots\dots\dots (13)$$

where A and B are the constants as shown in Table 6.

As each plant grows, competition among the plants becomes stronger, and inferior individuals are consequently suppressed. This brings about a decrease in density. Accordingly, it can be assumed that the stand density has an upper limit. This upper limit is given by the following equation in the case of *Acacia mollissima*;

$$v^* = 1.6 \times 10^{-4} \rho^{*-1.5} \dots\dots\dots (15)$$

where ρ^* denotes the upper limit of stand density in regard to a certain mean stem volume v^* , which is called the full-density curve or the curve of 3/2 power law⁴⁰⁾ concerning the mean stem volume, presented by the outer line on the right-hand side of Fig. 7.

The equivalent-DBH curves are also decided on the $\rho \sim v$ relation (Fig. 8). The curves

are expressed by

$$v = A\rho + B \dots\dots\dots (16)$$

in which A and B are the constants as shown in Table 7.

The management base lines or the relative density curves, along which the stand density is controlled, are given by

$$v = k'\rho^{-1.5} \dots\dots\dots (18)$$

The value of $100 \times k' / 1.6 \times 10^4$ in percent (1.6×10^4 is the specific constant in Eq. (15)) is called the relative density ρ_r .

The natural thinning before a stand reaches the full-density stage is indicated by

$$1/\rho = Av + B \dots\dots\dots (19)$$

on the $\rho \sim v$ diagram, and this curve osculates the full-density curve, where A and B are the constants determined by initial density and the full-density curve (Table 8).

Then, determining those curves afore-mentioned, the diagram of stand density control in *Acacia mollissima* stand can be drawn (Fig. 9) to show the progress of stem volume growth for any density and any growth stage. Accordingly, it is possible to examine the relation between the thinning course and the stem volume yield on this diagram.

When the stem volume per stand is denoted by V , from Eq. (13) the following equation can be derived;

$$V = v\rho = \rho/(A\rho + B) \dots\dots\dots (20)$$

Supposing that a stand is thinned at h_x m of height and the stand density ρ_{x1} , the stem volume per stand V_{x1} and the mean DBH D_{x1} becomes ρ_{x2} , V_{x2} and D_{x2} respectively, if the constants of Eq. (20) corresponding to h_x m are A_x and B_x , and trees for thinning are chosen in order of smaller stem,

$$V_{x1} = \rho_{x1}/(A_x\rho_{x1} + B_x) \dots\dots\dots (21)$$

$$V_{x2} = \rho_{x2}/(A_x\rho_{x2} + B_x) \dots\dots\dots (21')$$

Then, V_{tx} and D_{tx} standing for the stem yield by thinning at h_x and the mean DBH of thinned trees respectively,

$$V_{tx} = V_{x1} - V_{x2} \dots\dots\dots (22)$$

$$D_{tx} = (D_{x1}\rho_{x1} - D_{x2}\rho_{x2})/(\rho_{x1} - \rho_{x2}) \dots\dots\dots (23)$$

After the discussion of the relation between density control and stem yield, as the tentative plans of the density control schedule, Table 9 was presented, in which Model A was a method of low density control with low planting density, Model B medium, Model C high density control with high planting density, Model D medium control with high planting density expecting slender logs by thinning and Model E non-thinning with low planting density (Fig. 10). In this table, the mean tree height of stand is employed as the single variable. On the diagram showing the relation between the age and the mean height of stand (Fig. 11), the width of its divergence was divided into three site classes. So the approximate figures for the stand age corresponding to the mean height in each site class were given as shown in Table 10.

Some problems on the treatment of stand

On the silvicultural treatment of *Acacia mollissima* stand, we have got many problems to discuss. On some of them, such as natural regeneration by seeds or coppice-shoots, weeding, decline of growth, pruning and damages by coldness, snow and wind, the author has stated his opinions according to his observations.