

産業植林早生樹種の炭素固定量評価（4）

パプアニューギニアの *Acacia mangium* 人工林及び総まとめ

山田麻木乃*・花水恭二*・大道 隆**・丹下 健***・森川 靖****

1. はじめに

前報^{1)~3)}に引き続き、海外で精力的に行われている早生樹種の植林地を対象とし、これら植林地の炭素固定量を明らかにし、森林の吸収源評価の基礎資料を得ることを目的とした。本調査は、通商産業省が社団法人海外産業植林センターに委託した「産業植林のCO₂固定化評価等に関する調査研究」によって行われた。調査にあたって、JANT社の山本前社長ほか、社員の皆様に大変お世話になった。厚くお礼申し上げます。本報告はパプアニューギニア（以下、PNG）の *Acacia mangium* の他に、これまでの3報を含めた総まとめを行う。

2. 対象植林地及び植林概要

PNGのJANT社がマダンに所有する植林地を対象とした。対象林分は4年と7年生である。4年生調査地は平坦地から緩斜面にかかっており、下草はあまり多くなかった。7年生調査地は平坦で丈の高い下草が多かった。土壌は4年生調査地では硬く、粘土質で深さ70cm以上掘ることが難しかった。7年生調査地は粘土質であったがそれほど硬くはなかった。

JANT社は植栽林からの製紙原料チップを生産し日本に輸出している。1975年から *Eucalyptus deglupta* (カメレレ) を主体に試験植林を開始し、1989年に植栽樹種を *A. mangium* に変更した。1998年の植栽面積は年間1,140 haであった。

植林地はゴゴール川流域の平坦地と緩斜面からなり、天然林の伐採跡地に造成した植林地の収穫後の再植林地と、天然林伐採後に成立した二次林の伐採跡

Makino Yamada, Kyoji Hanamizu, Takeshi Daido, Takeshi Tange & Yasushi Morikawa: Carbon Stock in Fast-Growing Tree Species (4) *Acacia mangium* Man Made Forest in Madang, Papua New Guinea and General Discussion.

* (社)海外産業植林センター, ** (株)王子製紙森林資源研究所, *** 東京大学農学部附属演習林, **** 早稲田大学人間科学部

地である。

植栽間隔は基本的には 3.5×3.5 m (816 本/ha) である。現在は 3×3 m (1,111 本/ha) で、調査地は前者の植栽密度であった。下刈りは、基本的には初年度から 5 年度にかけて行う。下刈り方法は、全刈り、筋刈り、坪刈り、蔓切りを組み合わせたもので、初年度と 2 年度は年数回行う。肥料、除草剤は育苗期に固形肥料を用いるだけである。伐採作業は伐採現場で枝を落とし、直径 8 cm 以上を搬出する。樹皮はマダンの工場でバーカーを使って剥皮し、焼却する。

植林に使用する化石燃料は年間 ha 当たり 80~100 l 程度である。JANT 社ではほとんどの作業を人力で行っているため、使用燃料の大半は作業員輸送である。実際の植林作業にかかわる燃料は上木整理時に使用するチェーンソーによるもので、多くても ha 当たり 5 l 程度である。

3. 気象概要

当該地域は赤道に近い熱帯地域に位置し、年間を通して日最高気温が約 30℃、最低気温が約 25℃ を保っている。降水量は年間を通して十分にあるが、5 月から 11 月までの比較的雨の少ない時期 (月間 200 mm 以下) と 12 月から 4 月まで月間 300 mm 以上の雨の多い時期がある。

4. 測定法

地上部バイオマスは、4 年生と 7 年生の伐倒試料木 6 本について、0, 0.3, 1.3, 2.3 m の高さ及びそれ以上では 2 m 間隔で玉切りにする現存量測定を求める常法 (層別刈取法) によった。バイオマス推定のための試料乾燥は JANT 社に依頼し、送風乾燥機で 80℃ 2 日間 (根、幹については 4 日間) 行った。

土壌の炭素量は、設定試験地内 (20×20 m) の 5 ケ所のサンプリング調査から求めた。土壌試料は、深さ 0~5 cm, 5~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm から採取した。5 ケ所のうちの 1 ケ所については、さらに 30~50 cm, 50~70 cm, 70~100 cm から土壌試料を採取した。土壌試料の化学分析は日本製紙株式会社岩国技術研究所に依頼した。

5. バイオマス及び純生産

毎木調査の結果から、これまで調査してきた他の産業植林地^{1)~3)} に比べて胸高直径のばらつきが大きかった (図 1)。平均胸高直径は 4 年生で 14.7 cm, 7 年生で 21.0 cm, 現存量密度は 4 年生で 580 本/ha, 7 年生で 506 本/ha であった。

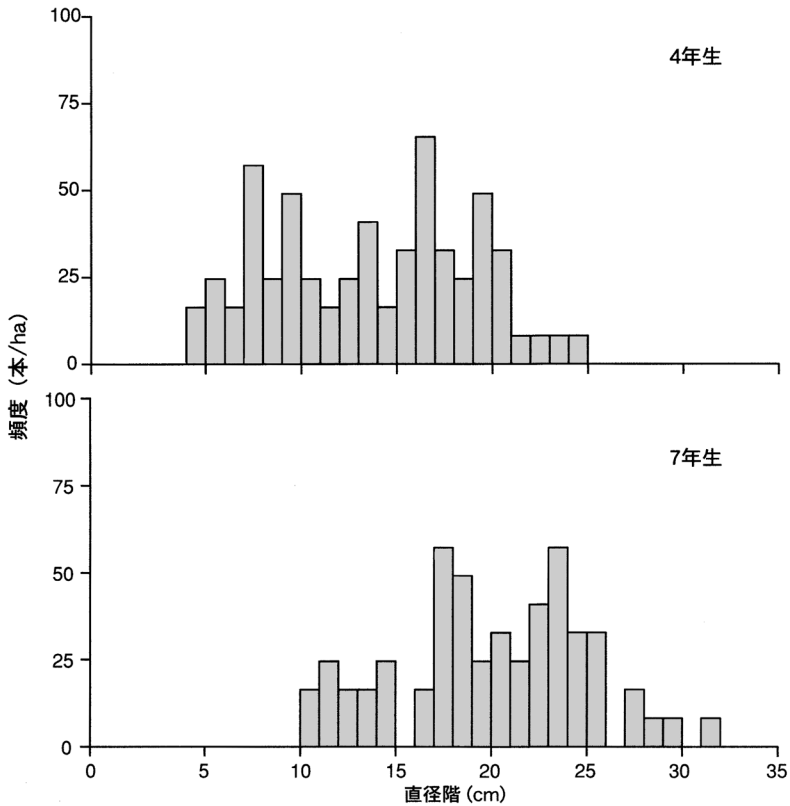


図 1 4, 7 年生の各林分の直径分布

初期植栽密度が両者とも 816 本/ha であったので、4 年生で 71% の、7 年生で 62% の生存率であった。この生存率は他の産業植林地^{1)~3)} に比べて低かった。

PNG のような熱帯地域では植栽後の下草、灌木の成長が非常に早く、前述した通り、植栽後、年数回の下刈りを行う。したがって、生存率の低い原因として、植栽直後の活着不良や雑草木による被圧ばかりでなく、下刈り作業中の誤った伐採も考えられる。

4 年生と 7 年生の調査地で得た試料木 6 本からの諸元量 (表 1) から、胸高直径の自乗と各器官量との相対成長関係 (表 2) を求めた。幹、皮では高い相関係数が得られたが、葉と枝で決定係数はそれほど高くなかった。この原因として、現存密度が低いことによる林冠の不均一なことがあげられる。すなわち、林冠は枯損木あるいは消失木によってギャップが多かった。そのため、個々の幹の

表 1 試料木の諸元

No	1	2	3	4	5	6
樹齡 (年)	4	4	4	7	7	7
樹高 (m)	19.8	20.2	19.3	29.4	31.1	25.3
胸高直径 (cm)	22.4	14.7	18.1	25.2	30.5	15.9
乾重 (乾重 kg)						
幹	126.9	65.4	92.2	276.3	416.1	99.2
樹皮	15.3	8.4	9.9	22.8	32.0	9.8
枝	53.9	8.0	31.0	26.6	50.3	4.2
葉	8.8	4.5	7.5	25.8	10.5	3.3
地上部合計	204.9	86.3	140.6	351.5	508.9	116.5
幹材積 (m ³)						
皮付き	0.32	0.18	0.24	0.83	1.00	0.28
皮なし	0.28	0.16	0.21	0.75	0.90	0.25

表 2 相対成長式 $Y=aX^b$ の各係数 a 及び b の数値
 X : 胸高直径の二乗 (cm²)
 Y : 材積 (cm³) あるいは乾燥重量 (kg)

	a	b	r ²
材積	33.184	1.149	0.85
皮付き材積	36.976	1.150	0.86
幹重量	0.010	1.200	0.91
枝重量	0.003	1.454	0.63
葉重量	0.022	0.981	0.60
樹皮重量	0.053	0.929	0.96
根重量	0.027	1.069	0.97
地上部全量	0.147	1.190	0.98
植物全量	0.086	1.237	0.99

サイズと樹冠のサイズがあまり一致していなかったと考えられる。

地上部バイオマス量は4年生で59 t/ha, 7年生で109 t/haであった(表3)。前報²⁾で報告したベトナムの産業植林地の *A. mangium* の6年生(バイオマス121 t/ha, バイオマス成長量20.2 t/ha/year)と比較すると、バイオマス、成長量ともに小さい。この原因として、ベトナムの立木本数が1,289本/haとPNGの2.5倍であったことが考えられる。したがって、現存密度を考慮すると、PNGの成長がベトナムより劣るとは結論できない。

表 3 ha 当たりの諸量

林齢 (年)	4 year	7 year
初期密度 (/ha)	816	816
現在密度 (/ha)	580	506
平均胸高直径 (cm)	14.7	21.0
断面積合計 (m ² /ha)	11.1	18.4
バイオマス (乾重 t/ha)		
幹	45.7	84.5
樹皮	5.0	8.0
枝	5.8	12.2
葉	2.8	4.6
地上部全量 (乾重 t/ha)	59.3	109.2
" [tC/ha]	[26.1]	[48.1]
幹材積 (m ³ /ha)		
皮付き	123.1	221.9
皮なし	109.1	196.6
葉面積指数	2.0	3.3
年平均成長量		
地上部全量 (乾重 t/ha/年)	14.8	15.6
皮付き材積 (m ³ /ha/年)	30.8	31.7
皮なし材積 (m ³ /ha/年)	27.3	28.1

1 乾重 t=0.44 tC

表 4 相対成長式 $Y = aX^b$ の各係数 a 及び b の数値
 試料木: ベトナム調査地 6 年生, PNG 調査地 4 年生, 7 年生
 X: 胸高直径の二乗 (cm²)
 Y: 乾燥重量 (kg)

	a	b	r ²
幹重量	0.172	1.110	0.93
枝重量	0.002	1.566	0.79
葉重量	0.005	1.182	0.71
樹皮重量	0.159	0.768	0.96
根重量	0.027	1.069	0.84
地上部全量	0.207	1.129	0.98

PNG もベトナムも *A. mangium* 林なので、両者の試料木の諸量を使って、胸高直径と諸器官との相対成長関係を調べた。現存密度が異なるものの、幹について高い相関関係が得られたが、その他の器官について決定係数はそれほど高くなかった (表 4)。やはり、密度の違うことで各器官への光合成産物の分配比が異なったためと考えられる。

しかし、胸高直径の自乗と地上部全体の相関関係が高かったので、この PNG とベトナムの相対成長関係式は、多くの *A. mangium* 植林地のバイオマス予測に適応可能と考えられる。ただし、PNG やベトナムのように比較的環境条件が良い立地条件に限定されよう。今後、この相対成長式を利用するためには、さらに多くの植林地での実測データが必要である。

6. 土壌炭素量

深さ 0~30 cm までの土壌炭素量は 4 年生及び 7 年生林分でそれぞれ 74 及び 57 tC/ha であった (図 2)。土壌の深さと炭素含有率の関係をみると、深さ 15 cm 程度までは 4 年生林分で炭素含有率が高く、この差は表層ほど大きかった (図 3)。各林分で 1 ケ所測定した深さ 1 m までの土壌炭素量は 4 年生及び 7 年生で 105 及び 72 tC/ha で、Dixon ほか⁴⁾ がとりまとめた低緯度地域の森林土壌の炭素量 123 t/ha (ただし A₀ 層を含む) に比べ少ない。

一般に、裸地化や林分の発達にともなう土壌への有機物供給量の増減の影響

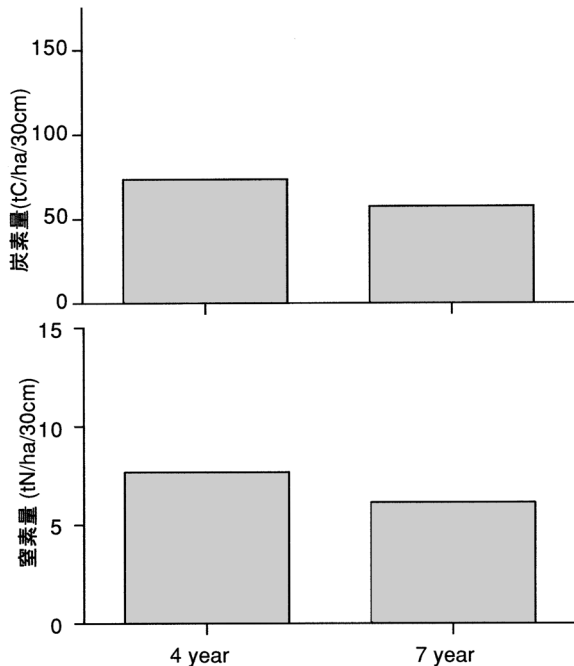


図 2 各林齢の土壌中の全炭素量と全窒素量

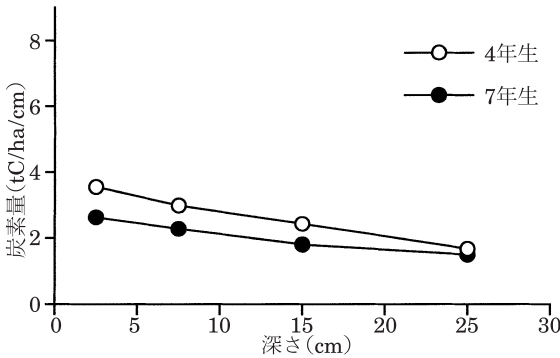


図 3 各林齢の深さごとの土壤炭素含有量

は、表層に近いほど強く受ける。両者の林分とも地表に厚い堆積腐植層が発達しており、落葉落枝による土壤への有機物供給は十分にあると思われる。分析結果から見ると、7年生林分で土壤炭素量の減少がみられるが、土壤の C/N 比は両林分

とも 10 以下と低いこともあって、両林分の土壤炭素量の違いは、人工林生成による林齢の違いというより、それぞれの立地が元来もっていた貯蔵量の違いを反映した、と考えるほうが妥当のようだ。

7. プロジェクトの成果

本プロジェクト「産業植林の CO₂ 固定化評価等に関する調査研究」の 2 年度にわたる主な成果は以下の通りである。なお、本誌の既報に掲載することのできなかった調査基礎データについては産業植林 CO₂ 固定化評価等に関する調査研究報告書⁵⁾⁶⁾を参照されたい。

(1) 早生樹種を対象とする産業植林地について、材積の目安となる林地の平均胸高直径などの情報はある程度得られている。しかし、林地の二酸化炭素固定量評価に必要なバイオマスや純生産量の情報はほとんどないのが現状であった。本プロジェクトによって、産業植林の主たる対象樹種、*E. globulus*, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. nitens*, *A. mangium*, *A. auriculiformis* の二酸化炭素固定量評価に必要な諸量が明らかとなった。とくに、これまでほとんど情報のなかった *Eucalyptus* 類の根量についての調査結果は産業植林地における二酸化炭素固定量評価に貴重な情報源となった (表 5)。

(2) 産業植林地における植栽密度にあまり大きな違いのないことから、本プロジェクトで得られた個体の胸高直径と乾燥重量 (個体の葉、幹、枝、根、全量) や材積の関係は調査地以外の植林地についても適用可能であることが、2 樹種各 2 調査地ではあるが *E. globulus* (西オーストラリアのマンジマップとアルバニー) と *A. mangium* (ベトナムとパプアニューギニア) で確かめられ

た。したがって、他樹種でも同様のことが期待されるので、今後は産業植林地の樹種、植栽密度、胸高直径分布、林齢の測定資料が得られれば、その林地の材積、バイオマス、平均材積成長量、平均純生産量の評価が可能である。

(3) オーストラリアのマンジマップでえられた *E. globulus* の8年生の材積量 (409 m³/ha)、平均年材積成長量 (51 m³/ha)、バイオマス (294 t/ha)、平均年純生産量 (37 t/ha) はこれまでの他の調査結果と比較して大きく、この値は産業植林による二酸化炭素固定量の最大値とみなせる。この量とほとんど同様の値が南アフリカのメルモスの *E. grandis* でも得られている (材積量 : 338 m³、平均年材積成長量 : 42.3 m³/ha、バイオマス : 294 t/ha、平均年純生産量 : 36.7 t/ha)。マレーシアのパソヤスマトラで得られている成熟した熱帯降雨林のバイオマス約 420 t/ha (地上部のみ⁷⁾) にははるかに及ばないものの林齢8年で成熟林のおよそ半分に達することは、適正林地の選択によって多大の二酸化炭素固定を期待しうる。なお、長期間を要して成熟した熱帯降雨林の年純生産量は 5~10 t/ha (地上部のみ) であることから、5年、10年といった短期間での *E. globulus* の年純生産量 37 t/ha は、二酸化炭素吸収源を期待する植林として大きな機能量といえよう。

(4) こうした植林による二酸化炭素固定量の増大は植栽、下刈りなどの管理も重要でこれらの管理に必要な燃料消費はオーストラリアのマンジマップの例で 16~26 l/ha である。この石油エネルギー使用によって 11.5~18.8 kg/ha の炭素 (換算原単位 ; 0.7212 kgC/l、灯油) に相当する二酸化炭素 (42.1~68.9 kg CO₂/ha) が大気に放出される。したがって、二酸化炭素固定を期待した植林によって年間 18.5 tC/ha (換算源単位 0.5 tC/t) の炭素が吸収されるが、一方間接的に 11.5~18.8 kg/ha の炭素が放出されるので、植林による純固定量は両者の差である。しかし、後者の量が固定量に比べて大変少ないことから、植林事業に伴う石油エネルギー消費は大変少ないといえよう。ただし、植林初期の施肥を考慮すると、窒素肥料の製造には多大の石油エネルギーを使用することから、施肥に伴う間接的な二酸化炭素放出も今後検討する必要がある。

(5) 同じ林地では植栽樹種によって年純生産量が変わることがベトナムで確かめられたこと (*E. camaldulensis* : 10.2, *A. auriculiformis* : 16.0, *A. mangium* : 20.2 t/ha) から、林地の特性に応じた植栽樹種の選定が重要である。同一地域内で林地が多少異なる、チリの結果 (7年生, *E. nitens* : 20.6, *E. globulus* : 24.7 t/ha) からも予測される。

(6) 植林事業による二酸化炭素の吸収量評価には、現在、その評価手法につ

表 5 産業植林地のバイオマス

<i>Acacia auriculiformis</i>									
植栽年 (年)	調査年 (年)	林齢 (年)	植栽密度 植栽時 (N/ha)	調査時 (N/ha)	平均 DBH (cm)	平均 樹高 (m)	葉 (t/ha)	枝 (t/ha)	幹 (t/ha)
パンタバンガン・フィリピン									
1980	1984	4	2600	4550	3.6	4.0	2.7	3.6	8.5
1980	1985	5	2550	4500	5.1	5.7	4.6	6.9	23.3
1980	1986	6	2550	4350	6.2	6.3	4.5	7.6	30.4
ソンベ・ベトナム*									
1992	1998	6	1111	1500	11.1		5.3	12.6	67.8
ジャワ・インドネシア									
		6							
ナコンラチャシマ・タイ									
		5			11.5	11.6	10.4	34.2	82.6
		5			9.8	10.8	5.2	39.9	50.3
		5			9.7	11.9	3.5	14.3	56.2
<i>Acacia mangium</i>									
植栽年 (年)	調査年 (年)	林齢 (年)	植栽密度 植栽時 (N/ha)	調査時 (N/ha)	平均 DBH (cm)	平均 樹高 (m)	葉 (t/ha)	枝 (t/ha)	幹 (t/ha)
ソンベ・ベトナム*									
1992	1998	6	1111	1289	14.6		3.3	9.8	92.5
マダン・パプアニューギニア*									
	1999		816	580	14.7		2.8	5.8	45.7
	1999		816	413	20.6		3.7	9.9	68.1
	1999		816	506	21.0		4.6	12.2	84.5
マレーシア (収穫表)									
		6							
ナコンラチャシマ・タイ									
		5			8.7	9.4	4.2	11.3	30.5
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>									
植栽年 (年)	調査年 (年)	林齢 (年)	植栽密度 植栽時 (N/ha)	調査時 (N/ha)	平均 DBH (cm)	平均 樹高 (m)	葉 (t/ha)	枝 (t/ha)	幹 (t/ha)
ソンベ・ベトナム*									
1992	1998	6	1111	1089	10.8		1.7	9.9	40.1
タイプライウッド社・タイ									
		4							
モロッコ (good site)									
		6							
ナイジェリア (best site)									
		6							
<i>Eucalyptus globulus</i>									
植栽年 (年)	調査年 (年)	林齢 (年)	植栽密度 植栽時 (N/ha)	調査時 (N/ha)	平均 DBH (cm)	平均 樹高 (m)	葉 (t/ha)	枝 (t/ha)	幹 (t/ha)
マンジマップ・オーストラリア*									
1993	1998	5	1250	1225	16.4		16.9	17.0	110.5
1990	1998	8	1250	1225	19.3		20.4	22.7	186.9

調査のまとめと他調査地との比較

* は本プロジェクト調査によるデータ

皮付き 幹 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	皮付き 合計 (t/ha)	年間 成長量 (t/ha/yr)	材積 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	MAI 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	葉面積 指数
		14.8			14.7		3.7		2.0
		34.8			38.8		7.8		3.8
		42.5			51.3		8.6		4.1
77.9		85.7	95.8	16.0	110.9	171.4	18.5	28.6	5.0
							18-19		

皮付き 幹 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	皮付き 合計 (t/ha)	年間 成長量 (t/ha/yr)	材積 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	MAI 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	葉面積 指数
108.0		105.6	121.1	20.2	146.1	229.0	24.4	38.2	3.0
50.7		54.3	59.3		109.1	123.1	27.3	30.8	2.0
74.5		81.7	88.1		158.1	178.4	22.9	25.5	2.7
92.5		101.3	109.3		196.6	221.9	28.1	31.7	3.3
							28.3		
		46.0							

皮付き 幹 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	皮付き 合計 (t/ha)	年間 成長量 (t/ha/yr)	材積 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	MAI 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	葉面積 指数
49.4		51.7	61.0	10.2	51.8	61.1	59.5	75.1	1.8
							9.7		
					35.1		5.8		
							11.2		

皮付き 幹 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	皮付き 合計 (t/ha)	年間 成長量 (t/ha/yr)	材積 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	MAI 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	葉面積 指数
129.1	24.4	168.8	187.4	37.5	203.2	246.2	40.6	49.2	7.0
213.8	37.0	267.0	293.9	36.7	338.6	408.9	42.3	51.1	8.3

アルバニー・オーストラリア*									
1996	1999		1250	1044	8.0		3.0	2.9	10.9
1993	1999		1250	1200	12.9		9.0	8.4	42.6
ビクトリア・オーストラリア									
		4		2196	7.8		5.2	3.9	16.3
		9.5		2196			6.6	5.5	58.4
カニエテ・チリ*									
1996	1999	3	1667	1650	9.0		6.5	5.3	23.6
1994	1999	5	1667	1467	13.1		10.0	10.2	58.2
1992	1999	7	2000	1840	14.5		14.6	16.2	104.1
インド (good site)									
		8							
ポルトガル (good site)									
		8							
スペイン (good site)									
		8							

Eucalyptus grandis

植栽年 (年)	調査年 (年)	林齢 (年)	植栽密度 植栽時 (N/ha)	調査時 (N/ha)	平均 DBH (cm)	平均 樹高 (m)	葉 (t/ha)	枝 (t/ha)	幹 (t/ha)
メルモス・南アフリカ*									
1994	1999	5	1667	1135	15.3		3.2	5.8	61.5
1990	1999	9	1667	1333	17.2		4.3	9.3	107.4
ニューサウスウェールズ・オーストラリア									
		5		961			4.5	11.2	30.4
		6		810			2.0	5.9	16.0
		10		762			4.0	8.5	60.6
		12		830			4.8	14.8	142.7
		15		1219			3.8	11.4	131.0
		16		756			5.7	17.8	137.4
		27		790			6.2	20.8	328.8
インド (good site)									
		8							
南アフリカ (good site)									
		8							
ウガンダ (good site)									
		8							
ザンビア									
		8							
ケニア (5年ローテーションで植林した場合)									
		1回目							
		2回目							
		3回目							
		4回目							

Eucalyptus nitens

植栽年 (年)	調査年 (年)	林齢 (年)	植栽密度 植栽時 (N/ha)	調査時 (N/ha)	平均 DBH (cm)	平均 樹高 (m)	葉 (t/ha)	枝 (t/ha)	幹 (t/ha)
カニエテ・チリ*									
1995	1999	4	1721	1562	9.8		6.9	4.5	25.5
1992	1999	7	1667	1383	15.8		15.2	13.3	83.2
1991	1999	8	1667	1517	15.9		16.8	14.8	91.8

13.4	7.5	24.3	26.8	6.4	22.3	29.0			
51.3	18.3	78.3	87.0	11.5	85.9	107.4			
19.6									
69.8					109.6				
27.0	6.4	41.8	45.2	13.0	49.7	60.4	16.6	20.1	4.9
65.9	14.5	92.9	100.6	17.2	120.8	144.5	24.2	28.9	7.6
117.1	24.9	159.8	172.8	21.2	214.7	254.7	31.7	31.4	11.1
					262.4		32.8		
					280.0		27.1		
					336.0		42.0		

皮付き 幹 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	皮付き 合計 (t/ha)	年間 成長量 (t/ha/yr)	材積 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	MAI 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	葉面積 指数
69.7	11.5	82.0	90.2	15.7	172.1	198.3	34.4	39.7	3.7
120.1	17.8	138.8	151.5	16.7	297.8	338.2	37.2	42.3	3.3
36.5		46.1	52.2						
19.6		23.9	27.5						
71.7		73.1	84.2						
177.1		162.3	196.7						
149.5		146.2	164.7						
163.9		160.9	187.4						
367.0		355.8	394.0						
							40.8		
					237.0		39.4		
					416.0		52.0		
					191.0		29.0		
							18.8		
							38.7		
							26.5		
							16.3		

皮付き 幹 (t/ha)	根 (t/ha)	合計 (t/ha)	皮付き 合計 (t/ha)	年間 成長量 (t/ha/yr)	材積 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	MAI 皮なし (m ³ /ha)	皮付き	葉面積 指数
28.9	7.3	44.2	47.6	10.1	64.4	76.4	16.1	19.0	
93.6	30.1	141.8	152.2	17.5	191.5	223.9	27.4	32.0	
103.4	22.2	145.6	157.2	16.9	211.9	247.8	26.5	31.0	

いて国際的な取り決めがなされつつある（経緯的には、京都議定書、IPCC の特別報告書（Special Report on Land Use, Land Use Change, and Forestry, 2000）。植林対象事業地で、事業を実施しなくても自然植生の成長に伴う二酸化炭素固定があるから、植林行為による二酸化炭素固定はこの自然植生による二酸化炭素固定（ベースライン）を超えていなければならない。したがって、植林事業行為による二酸化炭素吸収量はこのベースラインを超えた分として評価する、というものである。このベースラインの数値は現在ほとんど情報がない、と考えられるが本調査事業からの結果を使っておおまかな試算をおこなった。なお、すでに述べたように根量までふくめたバイオマス等の資料は大変少ないことから、地上部のみとして試算した。近年、インドネシアの東カリマンタンで、このベースラインに近い情報が得られている⁷⁾。東カリマンタンの自然植生では、火災の影響によって年間成長量は異なっており、2~14 t/ha/year（ベースライン）である。また、二次林では 9.4 t/ha/year である⁷⁾。この地域の産業植林対象樹種は主に *A. mangium* なので本調査のベトナム（農耕跡地の植栽）で得られた値、20.2 t/ha/year（地上部）を森林造成による値とした。

土地条件の良い立地を選んで森林造成を行うことが予想されるので、土地条件の良い立地（最大値 14.4 t/ha/year⁷⁾）をベースラインとみなすと、新たな森林造成によって $20.2 - 14.4 = 5.8$ t/ha/year が森林造成による増加分とみなすことができる。すなわち、植林事業行為による二酸化炭素吸収相当量は 20.2 t ではなく 5.8 t (2.9 tC) と評価することになる。

ところで、東カリマンタンの産業植林用地は 1999 年 10 月現在でおよそ 1,163,000 ha、植林実績はおよそ 385,000 ha である⁸⁾。これらの数値を基礎として概算すると、東カリマンタンでの植林実績地では 2,233,000 t/year (1,116,500 tC/year) の森林造成による増加分が計算される。この炭素量は我が国の森林の二酸化炭素固定量のおよそ 2.5% である。産業植林用地がすべて植林されたとすると、6,745,000 t/year (3,372,700 tC/year) で同じく 7.5% である。このような単純計算には多くの問題が含まれており、更なる情報の蓄積が必要である。

〔引用文献〕 1) 山田ほか (1999) 産業植林早生樹種の炭素固定量評価 (1) 西オーストラリアの *Eucalyptus globulus* 人工林, 熱帯林業 46 : 23-30. 2) 山田ほか (1999) 産業植林早生樹種の炭素固定量評価 (2) ベトナムの *Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis* 人工林, 熱帯林業 47 : 33-39. 3) 山田ほか (2000) 産業植林早生樹種の炭素固定量評価 (3) 南アフリカの *Eucalyptus grandis* 人工林, 熱帯林業 48 :

18-24. 4) Dixon R.K. *et al.* (1994) Carbon pools and flux of global forest systems. *Science* 263 : 185-190. 5) 社団法人海外産業植林センター (1999) 平成 10 年度新エネルギー等導入促進基礎調査「産業植林 CO₂ 固定化評価等に関する調査研究報告書」。6) 社団法人海外産業植林センター (2000) 平成 11 年度新エネルギー等導入促進基礎調査「産業植林 CO₂ 固定化評価等に関する調査研究報告書」。7) Guhardja, E. *et al.* eds. (2000) *Rainforest Ecosystem of East Kalimantan, Ecological Studies* 140. Springer Tokyo. 8) 住友林業株式会社 (2000) 環境庁平成 11 年度「地球温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査インドネシア東カリマンタンにおける植林事業調査報告書」。

図書紹介

◎多様な森林を訪ねて (ヨーロッパ, アメリカ, 日本の多様な森林整備の現場からのレポート) (財)国際緑化推進センター編集, 195 頁, 発行: 吉田印刷 K. K. (Fax : 03-3696-1091), 東京, 2000 年 3 月刊, 1,600 円 (税込み) 送料 210 円

森林に対する要請が国際的にも, 国内的にも多様化してきている現在, 要請に応えうる森林を造成, 整備するための技術指針が求められている。このような背景から, 林野庁森林保全課の調査事業として, 多様化森林造成技術開発委員会が組織され, 国内外の多様な森林経営の事例調査が行われている。本書はそのうちの平成 3 年度から 5 年間の調査成果を要約編集したものである。副題に見られるように, 欧米及び日本の多様な森林整備現場の現状報告が, 多数の写真を使って, 分かりやすく解説されている。ヨーロッパでは 6ヶ国の森林が取り上げられている。その中にはフランスの傘伐作業 (ブロー州有林) やスイスの照査法 (クヴェ実験林) など著名な施業が紹介されている。その外ドイツとイギリスの森林施業の紹介が詳しく, ドイツでは針葉樹林の各種択伐作業, イギリスではランドスケープマネジメントや針広混交林の整備現状が報告されている。北米大陸では, 東海岸のアメリカからカナダにかけてのアパラチア山系の森林整備状況, とくに広葉樹林の非皆伐を中心とした各種施業が紹介されている。国内では, 長野県や北海道における針葉樹天然更新や複層林化施業, 秋田, 岩手, 島根の各県における混交林, 長伐期林施業などが紹介されている。そして, 最後に日本の国土に適した多様化森林整備の技術方向が提案されている。この中で, 欧米の多様化森林造成技術の直輸入でなく, 日本の森林施業技術との融合をはかり, 各地の気候風土, 社会条件に合った施業技術体系を確立することの重要性が強調されている。本書は, 林業行政官はもとより, 現場の林業技術者に役立つばかりでなく, 大学院学生に森林施業の入門書として有益であると信じる。

(森 徳典)