

# 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

山田麻木乃<sup>1)</sup>・鶴見和恒<sup>2)</sup>・原口直人<sup>2)</sup>・川添哲也<sup>3)</sup>  
山ノ下 卓<sup>4)</sup>・丹下 健<sup>4)</sup>・森川 靖<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>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CO<sub>2</sub>固定化評価等に関する調査研究」によって行われた。調査にあたりベトナムの Forest Science Sub-Institute of South Viet Nam (FSSIV) 次長, Dr. Pham The Dung 氏に大変お世話になった。ここに厚くお礼申し上げる。

## 2. 対象植林地

王子製紙(株)が1992年にベトナム、ソンベ省フータン地区(ホーチミン市北方約120 km)に試験林として設定した6年生の *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis* の植栽試験地を対象とした。試験林のおおよその位置は北緯11°30′, 東経106°50′である。植栽密度は3×3 m (1,111 trees/ha)であった。

なおこの試験地は、林野庁「熱帯林再生技術開発促進事業(平成3年度～平成7年度)」および「熱帯林育成利用技術開発促進事業(平成8年度～平成12年度)」に基づく試験研究課題「短伐期造林地の地力保全調査」の試験地として設定、維持されている。

---

YAMADA, Makino, TSURUMI, Kazutsune, HARAGUCHI, Naoto, KAWAZOE, Tetsuya, YAMANOSHITA, Takashi, TANGE, Takeshi & MORIKAWA, Yasushi: Carbon Stock in Fast-Growing Tree Species (2) *Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, and *Eucalyptus camaldulensis* Man Made Forests in Sonbe, Viet Nam

<sup>1)</sup> (社)海外産業植林センター, <sup>2)</sup> 王子製紙株式会社原材料本部, <sup>3)</sup> 早稲田大学人間科学部, <sup>4)</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

### 3. 気象概要

当該地域は熱帯モンスーン気候で年間降水量は約 1,900 mm, 平均最高気温は 31~35°C, 最低気温は 21~25°C で気温較差の大変少ない気候である。5~11 月が雨季でマンゴシャワーといわれる雨が毎日 1 時間ほど激しく降る。

### 4. 植林概況

フータン地区の試験植林地は 29 ha あり, 土壌は暗灰色土である。この試験地には, 樹種・産地試験区, 機械耕耘試験区, 植栽密度試験区がある。*E. camaldulensis* は樹種・産地試験区, *A. mangium*, *A. auriculiformis* については植栽密度試験区で調査した。

地ごしらえ時に土壌の理化学性改良を目的に機械耕耘処理を行い, (1)筋状機械耕耘処理として, リッパー(ナタ状)によって植栽列を筋状に耕耘(深度約 20 cm), (2)全面機械耕耘処理として, ハローディスクを用いた全面耕耘(深度約 20 cm)を行っている。なお調査を行ったプロットは, 3 樹種とも筋状機械耕耘区である。

施肥は苗木 1 本当たり 100 g の化学肥料(N:P:K=16:16:8)を植穴に混合している。苗木は試験地近傍の苗畑で養成したもので, 苗高 20~30 cm のポット苗である。

下刈りは植栽後 1~2 年は 2 回/年行っており, 防火対策上の除草は必要に応じて行っている。

### 5. 測定法

地上部バイオマスは, それぞれの種の伐倒試料木 4 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の乾燥は, CBSP と Chemistry Centre に依頼し, 送風乾燥機で 80°C 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 か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 か所のうちの 1 か所については, さらに 30~50 cm, 50~70 cm, 70~100 cm からも土壌試料を採取した。土壌試料の化学分析は日本製紙(株)研究開発本部岩国技術研究所に依頼した。

なお、本試験地では、前述の熱帯林再生技術開発促進事業の一環として、設定当初の1992年、3年後の1995年にも土壌調査を行っており（熱帯林再生技術研究成果報告書、熱帯林再生技術研究組合編、1997）、これらの結果と今回の結果についても比較検討した。

## 6. バイオマス及び純生産

毎木調査の結果から、植林地ではオーストラリアのような小径木～大径木の差があまり大きくなく、その直径分布はほぼ正規分布となっている（図1）。また、*A. auriculiformis* と *A. mangium* で植栽密度よりも本数密度が増えているが、これはこれらの樹種が多幹性で、2又、3又の場合もそれぞれが胸高部位にあれば1個体とみなしたためである。こうした多幹性は *A. auriculiformis* で顕著であっ

た。

試料木の諸元量（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。いずれの関係も高い相関係数で相対成長式を得ることができた。この結果から、本数密度がかわらなければ、この相対成長関係はホーチミン市周辺の植栽林に適用可能である。すなわち、各植栽林の直径測定がおこ

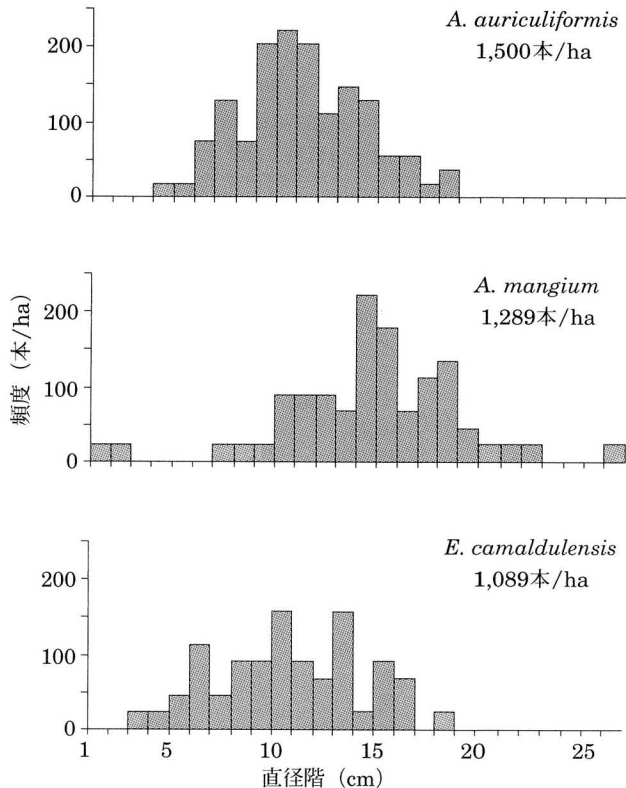


図1 各樹種の直径分布

表 1 試料木の諸元

種名	<i>Acacia auriculiformis</i>				<i>Acacia mangium</i>				<i>Eucalyptus camaldulensis</i>			
	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4
樹齡 (年)	17.2	17.1	12.3	15.8	21.3	21.5	19.9	18.2	18.8	16.7	11.6	14.2
胸高直径 (cm)	16.7	14.4	10.6	12.8	23.9	19.1	14.2	11.9	17.6	14.6	8.2	12.0
乾重 (kg)												
幹	99.8	84.6	32.3	62.3	160.7	119.3	62.3	45.1	112.5	66.4	15.4	36.4
樹皮	16.4	11.8	4.9	9.5	24.4	18.1	12.7	7.4	26.2	13.6	4.3	8.5
枝	20.1	18.0	6.1	9.1	33.5	14.1	5.0	3.7	26.2	11.7	4.8	11.3
葉	10.6	7.9	1.9	3.9	8.3	4.3	1.5	2.2	7.0	3.3	0.6	3.1
地上部計	146.9	122.3	45.2	84.8	226.9	155.8	81.5	58.4	171.9	95.0	25.1	59.3
幹材積 (m <sup>3</sup> )												
皮つき	0.223	0.162	0.072	0.105	0.330	0.263	0.152	0.106	0.204	0.117	0.030	0.065
皮なし	0.168	0.139	0.063	0.092	0.294	0.241	0.135	0.093	0.162	0.096	0.024	0.0521

表 2 相対成長式  $Y = aX^b$  の各係数 a 及び b の数値X: (胸高直径の自乗, cm<sup>2</sup>) Y: (材積, cm<sup>3</sup>あるいは乾重, kg)

		a	b	r <sup>2</sup>
<i>A. auriculiformis</i>	幹重	0.088	1.269	0.95
	樹皮重	0.001	1.322	0.98
	枝重	0.007	1.435	0.93
	葉重	0.000	1.957	0.97
	地上部計	0.089	1.335	0.96
	皮つき材積	158.78	1.290	0.99
	皮なし材積	315.76	1.124	0.98
<i>A. mangium</i>	幹重	0.446	0.935	0.99
	樹皮重	0.155	0.804	0.95
	枝重	0.001	1.620	0.99
	葉重	0.006	1.112	0.83
	地上部計	0.437	0.989	0.99
	皮つき材積	1,828.66	0.828	0.98
	皮なし材積	1,526.18	0.841	0.98
<i>E. camaldulensis</i>	幹重	0.065	1.293	0.99
	樹皮重	0.032	1.145	0.97
	枝重	0.066	1.015	0.93
	葉重	0.001	1.492	0.95
	地上部計	0.138	1.230	0.99
	皮つき材積	145.21	1.252	0.99
	皮なし材積	117.94	1.250	0.99

表 3 ha 当たりの諸量

樹種名	<i>A. auriculiformis</i>	<i>A. mangium</i>	<i>E. camaldulensis</i>
初期密度 (/ha)	1,111	1,111	1,111
現在密度 (/ha)	1,500	1,289	1,089
平均胸高直径 (cm)	11.1	14.6	10.8
断面積合計 (m <sup>2</sup> /ha)	15.6	23.4	11.0
バイオマス (乾重 t/ha)			
幹重量	67.8	92.5	40.1
樹皮重量	10.1	15.5	9.3
枝重量	12.6	9.8	9.9
葉重量	5.3	3.3	1.7
地上部全量 (幹重 t/ha)	95.8	121.1	61.0
地上部全炭素量 (tC/ha)	42.2	53.3	26.8
幹材積 (m <sup>3</sup> /ha)			
皮つき	171.4	229.0	75.1
皮なし	110.9	146.1	59.5
葉面積指数	5.0	3.0	1.8
年平均成長量			
地上部全量 (乾重 t/ha・年)	16.0	20.2	10.2
皮つき材積 (m <sup>3</sup> /ha・年)	28.6	38.2	12.5
皮なし材積 (m <sup>3</sup> /ha・年)	18.5	24.4	9.9

1 乾重 t=0.44 tC

なわれていればこの相対成長関係を利用して、植栽林のバイオマス評価が可能である。

各林分のバイオマスは表3から、同じ6年生であっても *A. mangium* の地上部バイオマスが最も大きく (121 t/ha)、次いで *A. auriculiformis*, *E. camaldulensis* の順であった。*A. mangium* の年間成長量は約 20 t/ha で、西豪州の5~8年生で 32 t/ha (前報<sup>1)</sup>) を下回った。今回の調査では地下部(根)の測定を行わなかったが、この地下部の量が地上部の 15% (前報<sup>1)</sup> の *E. globulus* と同程度として) とすると、植物体の年間成長量は 23 t/ha と見積もられる。この量は、気候資源(純放射量, 雨量など) から期待される潜在的な純生産量 25 t/ha (内嶋ほか<sup>2)</sup>) に対応した成長量を持っているといえる。したがって、本地域周辺の *A. mangium* 植栽は気候資源を十分に利用できる地域と考えられるので、今後の植林地の増大は比較的短い年数であっても炭素貯留機能を発揮する地域と考えられる。

林分の葉面積指数は樹種間に大きな違いがあった(表3)。最も大きな成長量をもつ *A. mangium* の葉面積指数は *A. auriculiformis* よりも少なかった。す

なわち、成長量を葉面積指数で除した値を仮に単位葉面積当たりの光合成能力と仮定すると、*A. auriculiformis* = 3.21, *A. mangium* = 6.69, *E. camaldulensis* = 5.69 で、*A. mangium* が最も大きく、*A. auriculiformis* が最も小さいことになる。なお、*E. camaldulensis* の葉面積指数は 1.79 と大変小さく、林分としても疎開した樹冠であり、本種が林冠閉鎖できないほど陽性の樹種なのか、あるいは気候、土壌条件があわないのか、他地域との比較が望まれる。

## 7. 土壌炭素量

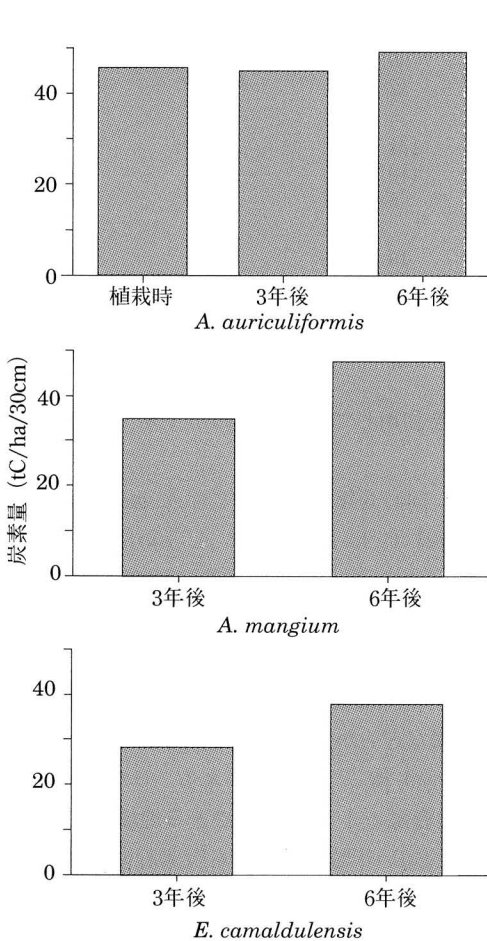


図 2 各樹種の土壌中の炭素含有量の経年変化

深さ 0~30 cm の炭素量は、28~49 t/ha (平均 42 t/ha) であり (図 2), オーストラリアのユーカリ林 (42~68 t/ha, 平均 56 t/ha : 前報<sup>1)</sup>) に比べて少ない。DIXON ら<sup>3)</sup> (1994, Science 263 : 185~190) がとりまとめた低緯度地域の森林土壌の炭素量 (Ao 層含む, 深さ 1 m まで) は 123 t/ha, アジアの森林土壌の炭素量は 139 t/ha である。表層土に比べて下層の炭素量が少ないことから、これらの値に比べて、多少少ない値と思われる。

同じ林分で、*E. camaldulensis* と *A. mangium* は、植栽 3 年後と 6 年後の 2 回、*A. auriculiformis* は、

植栽前と植栽3年後、6年後の3回測定している。植栽前は3地点での、植栽3年後は1地点での測定であり、同じ林分での測定ではあるが、場所の違いの影響がみられる(図3)。各林分の炭素量から単純に植栽後の炭素増加量を求めることはできない。

深さ0~10 cm と 10~20 cm の炭素量の違いが、植栽前で小さく、3年生林分と6年生林分でやゝ大きいことから、林の発達にともない土壤炭素量の増加が起きているようである。しかし、地上部の炭素増加量に比べると無視できる量である。

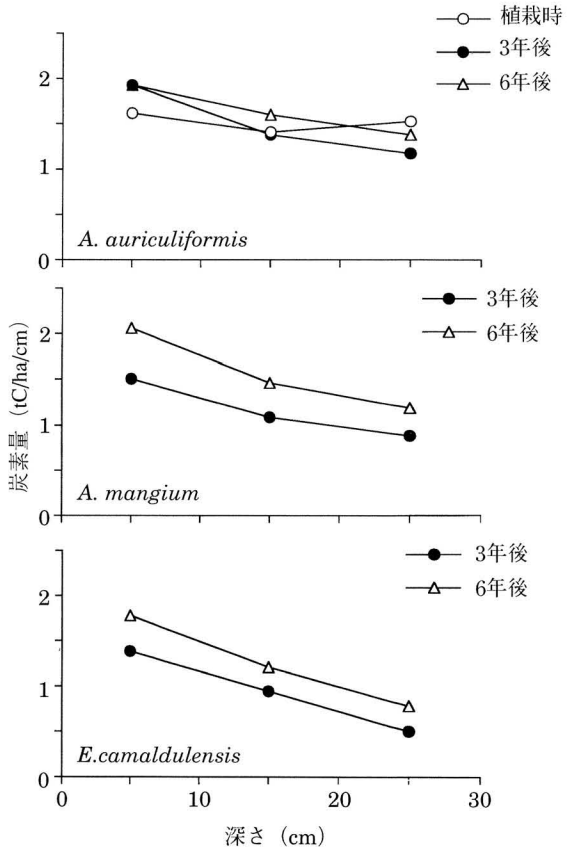


図3 各樹種の深さごとの土壤炭素含有量と経年変化

【引用文献】 1) 山田ら (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) 内嶋善兵衛ら (1992) 東アジアモンスーン地域における自然植生のポテンシャル炭素吸収量の評価. カーボン・シンク・プロジェクト推進調査事業平成4年度調査事業報告書: 17~67. (財)国際緑化推進センター 3) DIXON ら (1994) Science 263: 185~190