

1 森林生態系を対象とした温室効果ガス吸収固定化技術の開発と評価

(1 b) 森林造成技術の高度化による熱帯林のCO₂シンク強化

(1) 産地選択および個体選抜による早生樹種苗の遺伝的強化

1) 新たな産地の導入を伴う実生採種林の造成・評価

独立行政法人林木育種センター

遺伝資源部

栗延 晋

海外協力部

千吉良 治・小川 靖

住友林業株式会社

筑波研究所

中村健太郎・松根健二

〈研究協力者〉

インドネシア共和国

クタイ ティンバー インドネシア社 安田敏男

ガジャ・マダ大学 林学部 Professor Mohammad Na' iem

プルフタニ林業公社

Sadhardjo 所長

平成15～19年度合計予算額 29,565千円

(うち、平成19年度予算額 5,513千円)

上記の合計予算額には、間接経費 6,822千円を含む

[要旨] 熱帯地域の早生樹を用いた森林造成において、産地選択および個体選抜によるCO₂シンク強化を評価するために、東ジャワ州ジュンブルに設定した*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen (ファルカタ) を用いた産地密度試験地等3箇所と実生採種林2箇所とで半年間隔の成長等の調査を実施した。産地密度試験地では、ピロディンにより木材の比重を調査し植栽密度間差、産地間差および植栽密度と産地の交互作用を認めた。そのほかにも、調査データを解析して成長・形態に遺伝的な違いに基づく産地・家系間差を認めた。東部ジャワに3箇所設定したコスタリカ産の*Gmelina arborea* (グメリナ) 種子を用いた産地試験地では、比較的成長の良い2箇所の試験地の内1箇所と樹高と胸高直径の系統間差が有意であった。プルフタニ林業公社 (Perum Perhutani) 所有のパレ地区のファルカタ人工林に設定した固定プロットの成長調査を継続して、その3年間の調査データを用いて林分成長モデルを更新するとともに、幹曲線と生産材の径級別予測にもとづく利用材積予測モデルを作成した。そして、上記の育種試験地の分析結果と利用材積予測モデルを用いて、CO₂シンク強化に向けた中長期的なファルカタの育種の貢献度を試算した。その結果、二世代の遺伝的な改良によって樹高成長を10%改良すれば、林分材積で12%、平均蓄積量で18%、さらに利用材積では22%の増加が期待できることを明らかにした。

[キーワード] 熱帯産早生樹種、人工林の二酸化炭素固定、産地・個体選抜、林分生長モデル、利用材積予測モデル

1. はじめに

熱帯地域の天然林の減少が続くなか、地球温暖化防止と経済性を両立させる方策として熱帯産早生樹を用いた人工林造成に対する期待が高まっている。すなわち、熱帯産早生樹を用いた人工林の造成は、現在、違法伐採や森林火災によって急激に減少しつつある天然林を補完して、森林の炭素固定機能を通じて地球温暖化を緩和する役割を担うことが期待されている。また、これまで天然林からの木材供給に依存してきた途上国の木材加工業に対しても、より安定的かつ均質な木材供給を実現することができるため、資源としての人工林への認識が高まりつつあり、熱帯産早生樹を用いた人工林造成に大きな期待が寄せられている。

2. 研究目的

熱帯産早生樹を用いた人工林の生産性は、その造成に用いる種子の産地により大きく異なることは知られているが、こうした育種技術によって林分生産量や炭素固定能力がどの程度向上できるかは、定量的に明らかにされていない。この課題では、代表的な熱帯産早生樹のファルカタを対象として、インドネシアに産地密度試験地、実生採種林を設定する他、既存林に固定プロットを設けて定期的に成長量の調査を行い、その資料を用いて産地の選択や個体選抜によって林分生産量や炭素固定能力がどの程度向上するかを予測する方法を開発する。

3. 研究方法

新たな産地の導入を伴う実生採種林の造成と評価に関する研究では、東ジャワ州ジュンブルに産地密度試験地、実生採種林を設定して定期的に調査を行い産地及び家系間差の推移を時系列的に把握する。また、東ジャワ州パレの既存林に固定プロットを設けて定期的に調査を行い、標準的な成長モデルを作成する。これらの資料を用いて産地の選択や個体選抜によって林分生産量や炭素固定能力がどの程度向上するかを予測する方法を開発する。必要に応じてファルカタ以外の樹種を用いた試験地の設定をおこなうとともに、ファルカタについては成長と比重の遺伝的な関係等を調べる調査・分析を実施する。

(1) ファルカタ等の産地密度試験地、実生採種林の調査と分析

- 1) ファルカタ産地密度試験地と実生採種林の定期調査
- 2) ファルカタの産地密度試験地での樹幹の比重の調査
- 3) コスタリカ産グメリナを用いた産地試験地の調査

(2) ファルカタ人工林に設定した固定プロットの調査と分析

- 1) ファルカタ人工林の成長モデルの更新
- 2) ファルカタ人工林の利用材積予測モデルへの拡張

(3) CO₂シンク強化に向けた林木育種の中長期的な貢献度評価の検討

4. 結果・考察

(1) ファルカタ等の産地密度試験地、実生採種林の調査と分析

1) ファルカタ産地密度試験地と実生採種林の定期調査

インドネシア東部ジャワに設定したファルカタの3つの産地密度試験地、2つの実生採種林の定期調査を行った。9つの種子産地を3水準の植栽密度で植栽した産地密度試験地の植栽後34ヶ月目の結果は、樹高、胸高直径、枝下高および通直性で有意な産地間差が、また樹高、胸高直径および枝下高で有意な植栽密度間差が認められたがいずれの形質でも産地と植栽密度の交互作用は有意でなかった(表-1)。樹高、胸高直径の平均値が最も高い産地は前回の調査結果と異なり中部ジャワ(11.4m、10.7cm)で、最も低い産地は前回の調査と同様イリアンジャヤ(8.5m、8.0cm)であった(表-2)。また、植栽密度別の樹高の平均値は、2m区、3m区および4m区の順にそれぞれ10.0m、10.7m及び10.6mで、胸高直径では8.8cm、10.7cm、11.8cm、枝下高では5.6m、5.0m、4.0mであった(表-3)。このことから単木の材積を最大にするのは4m区で、材の利用効率が高いと考えられ枝下高の高い植栽密度は2m区であった。

表-1 産地・密度別試験地の分散分析表

変動因	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	通直性
植栽密度	**	**	**	ns
反復	ns	ns	ns	ns
種子産地	**	**	**	**
産地×密度	ns	ns	ns	ns

表-2 産地別平均値(34ヶ月目)

種子産地	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	通直性
Central Java1	11.4(2.65)	10.7(3.51)	5.5(2.43)	2.8(0.79)
East Java	11.1(2.45)	10.4(3.15)	5.1(2.31)	2.8(0.80)
Central Java2	10.8(2.81)	10.2(3.43)	5.1(2.20)	2.8(0.80)
NTT (Flores)	10.6(2.70)	9.7(3.12)	5.0(2.22)	2.6(0.75)
Maluku	10.3(2.78)	10.4(3.42)	5.1(2.29)	2.8(0.77)
Solomon	10.3(2.47)	9.9(2.86)	5.9(2.23)	3.0(0.74)
East Timor	9.8(2.91)	9.5(3.23)	4.8(2.20)	2.5(0.80)
PNG	9.4(2.48)	9.0(2.94)	5.6(2.12)	2.6(0.72)
Irian Jaya	8.5(2.95)	8.0(2.82)	4.6(2.27)	2.0(0.72)

表-3 植栽密度別平均値

	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	通直性
2m区	10.0	8.8	5.6	2.6
3m区	10.7	10.7	5.0	2.7
4m区	10.6	11.8	4.0	2.7
平均	10.4	10.5	4.9	2.7

括弧書きは標本標準偏差

ジャワ産の実生採種林は昨年度の風害以降は順調に生育しており植栽後50ヶ月目の樹高と胸高直径の平均値は15.0mと14.1cmであった(図-1、2)。植栽50ヶ月目の樹高、胸高直径および幹の通直性は優位な産地間差が認められなかったが、木材の利用効率に係る枝下高は有意な家系間差が認められた。

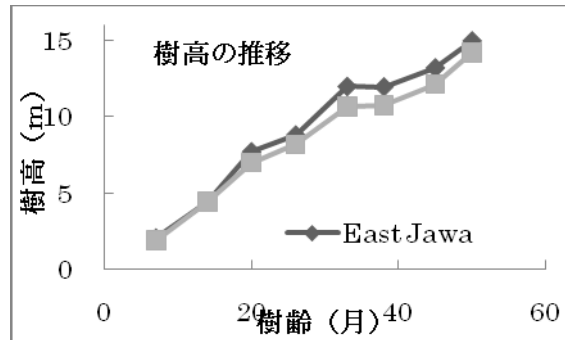


図-1 樹高成長の推移

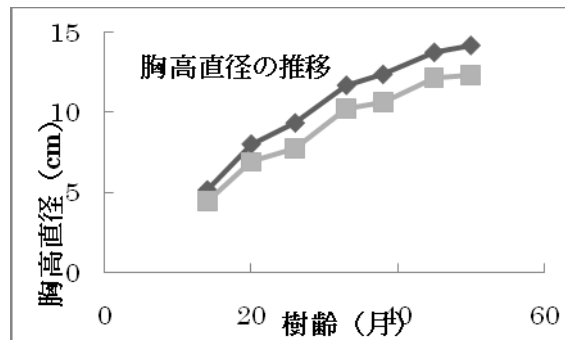


図-2 直径成長の推移

2) ファルカタの産地密度試験地での樹幹の比重の調査

9つの種子産地を3水準の植栽密度で植栽した産地密度試験地について、植栽後34ヶ月目にピロディンを用いて樹幹の容積密度の調査を行った結果、産地間と植栽密度間で有意な差が認められ、産地と植栽密度の交互作用も有意であった(表-4)。ピロディンの樹幹への陥入量と実測値から推定される樹幹の比重はすべての調査個体を混みにした平均値で

0.21g/cm³と低い値であったが、これはほとんどの調査個体の直径が10cm以下の未成熟材であったことが原因と考えられた。最も樹幹部の比重が高い産地は、パプアニューギニア

(0.22g/cm³)で最も低いのは東チモール(0.19g/cm³)であった。同様に最も比重が高い植栽密度は4m区(0.22g/cm³)で最も低いのは2m区(0.19g/cm³)であった。また最も比重が高い産地と植栽密度の組み合わせは、パプアニューギニアの4m区(0.24g/cm³)で最も低い組み合わせは、東チモールの2m区(0.17g/cm³)であった(表-5)。

表-4 ピロディン測定値の分散分析表

変動因	自由度	平均平方
植栽密度	2	14.684 **
反復	3	6.417 *
主試験区誤差	6	
種子産地	8	4.148 **

表-5 産地、植栽密度毎の樹幹の比重の平均値

産地	2m区	3m区	4m区	平均
PNG	0.20	0.22	<u>0.24</u>	<u>0.22</u>
East Jawa	0.19	0.23	0.22	0.21
Central Java1	0.18	0.21	0.22	0.21
Central Java2	0.19	0.21	0.23	0.21

産地密度	16	2.285 **	East Timor	<u>0.17</u>	0.18	0.22	<u>0.19</u>
副試験区誤差	72	2.214	Maluku	0.22	0.22	0.22	0.22
			NTT	0.19	0.21	0.23	0.21
			Irian Jaya	0.18	0.22	0.21	0.20
			Solomon	0.19	0.20	0.21	0.20
			平均	0.19	0.21	0.22	0.21

3) コスタリカ産グメリナを用いた産地試験地の調査と結果の分析

2006年1月に設定した3箇所のグメリナ産地比較試験地については、植栽後約半年に1度の割合で成長調査を実施した（表-6）。樹高成長は、植栽後0.5、1年目でファルカタ試験地の一角に設けたBANJARSARI事業区に設置した試験区で極めて良く、やや南に位置するMUMBUL事業区に設置した試験区で中庸であった。但し、1.5年目の平均樹高はBANJARSARI事業区に設置した試験区とMUMBUL事業区に設置した試験区でほとんど差が見られなかった。これは2007年12月にBANJARSARI事業区に設置した試験区で強風による幹折れが多数発生したことによる影響と思われた。

表-6 家系別プロット平均値とその範囲

樹齢	産地*	樹高 (m)				胸高直径 (cm)			
		BANJARSARI		MUMBUL		BANJARSARI		MUMBUL	
0.5	XA	3.2	(1.02 - 4.60)	2.5	(0.43 - 3.75)	3.4	(1.0 - 5.7)	2.3	(0.6 - 4.8)
	XAI	3.2	(0.0 - 4.77)	2.7	(0.89 - 4.12)	3.4	(1.0 - 5.7)	2.5	(0.6 - 5.4)
	XAG	3.2	(0.56 - 4.26)	2.5	(0.43 - 3.65)	3.2	(1.0 - 4.8)	2.3	(0.6 - 4.1)
	XAS	3.1	(0.16 - 4.25)	2.6	(0.20 - 3.87)	3.2	(1.0 - 5.1)	2.5	(0.6 - 6.0)
	L	3.4	(0.82 - 4.70)	2.3	(0.08 - 4.02)	3.5	(1.0 - 5.4)	2.2	(0.6 - 4.8)
1	XA	5.8	(1.01 - 7.95)	5.0	(0.74 - 6.68)	7.2	(2.2 - 10.8)	5.5	(1.0 - 9.5)
	XAI	5.5	(1.78 - 8.02)	5.1	(1.99 - 6.77)	7.1	(1.6 - 11.1)	5.6	(1.3 - 8.9)
	XAG	5.6	(0.76 - 7.74)	4.9	(0.20 - 6.70)	7.2	(1.9 - 12.1)	5.4	(1.0 - 8.9)
	XAS	5.5	(0.50 - 7.70)	5.3	(1.24 - 6.89)	7.1	(0.6 - 12.4)	5.7	(1.9 - 9.5)
	L	5.7	(1.10 - 7.89)	4.4	(1.14 - 7.42)	7.3	(1.9 - 11.5)	5.1	(0.6 - 9.2)
1.5	XA	6.9	(0.4 - 10.0)	6.7	(0.5 - 8.8)	8.3	(3.5 - 14.4)	6.7	(2.8 - 10.9)
	XAI	7.0	(0.4 - 10.4)	7.0	(1.0 - 9.2)	8.4	(2.3 - 14.3)	6.9	(2.5 - 11.5)
	XAG	6.8	(2.1 - 9.8)	6.7	(3.7 - 8.9)	8.3	(2.5 - 15.6)	6.6	(3.0 - 11.0)
	XAS	6.8	(0.4 - 9.8)	7.0	(3.2 - 9.4)	8.2	(1.0 - 15.6)	6.9	(3.1 - 11.4)
	L	6.8	(0.7 - 10.4)	6.1	(0.7 - 9.5)	8.5	(3.5 - 13.4)	6.3	(2.7 - 11.1)

*XA, XAI, XAG, XAS: コスタリカ産; L: ローカル

系統間差はBANJARSARI事業区に設定した試験区では見られず（表-7）、MUMBUL事業区に設定した試験区では植栽後0.5年目で0.5%水準、1及び1.5年目で0.1%水準の系統間差が認め

られ（表-8）、コスタリカ産はジャワ産を上回る成長を示した。

直径成長も、植栽後0.5から1.5年目でBANJARSARI事業区に設置した試験区で極めて良く、やや南に位置するMUMBUL事業区に設置した試験区で中庸であった。系統間差はBANJARSARI事業区に設定した試験区では見られず、MUMBUL事業区に設定した試験区で植栽後0.5から1.5年目まで0.5%水準で系統間差が認められ、コスタリカ産はジャワ産を上回る成長を示した。

表-7 BANJARSARI 試験地における植栽後 0.5, 1 及び 1.5 年目の樹高及び胸高直径の平均平方

変動因	自由度	平均平方					
		樹高			胸高直径		
		0.5年	1年	1.5年	0.5年	1年	1.5年
系統	4	0.047 ^{ns}	0.066 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.042 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.038 ^{ns}
反復	3	0.143 ^{ns}	0.116 ^{ns}	0.084 ^{ns}	0.250 [*]	0.047 ^{ns}	0.016 ^{ns}
誤差	12	0.066	0.098	0.040	0.066	0.085	0.079

表-8 MUMBUL 試験地における植栽後 0.5, 1 及び 1.5 年目の樹高及び胸高直径の平均平方

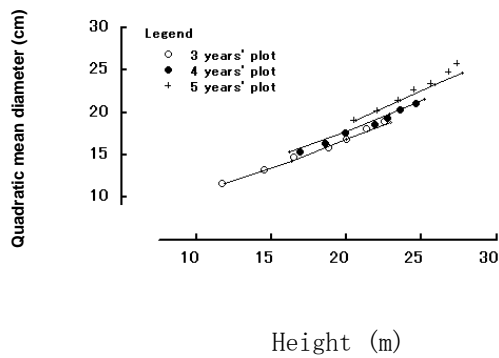
変動因	自由度	平均平方					
		樹高			胸高直径		
		0.5年	1年	1.5年	0.5年	1年	1.5年
系統	4	0.110 [*]	0.391 ^{**}	0.530 ^{**}	0.094 [*]	0.241 [*]	0.271 [*]
反復	3	0.031 ^{ns}	0.103 ^{ns}	0.113 ^{ns}	0.105 [*]	0.071 ^{ns}	0.105 ^{ns}
誤差	12	0.021	0.059	0.075	0.027	0.072	0.056

表-7、8ともに、*、**、***、nsはそれぞれ5%、1%、0.1%の水準が有意差あることを示す。

(2) ファルカタ人工林に設定した固定プロットの調査と林分成長のモデル化

1) ファルカタ人工林の成長モデルの更新

ファルカタ人工林に設定した固定プロット32箇所の3年間の調査データを用いて林分成長モデルを更新した（表-9）。2年間のデータで作成した昨年のモデル（Kurino *et al.* 2007）に比べて、最多密度線の傾きがやや急勾配となり、それに連動して自己間引き曲線や逆数式のパラメータも変化した。このモデルで林分胸高断面積成長は概ね正確に予測できるが（図-3B）、高齢時の断面積平均直径の予測値はやや過小になる傾向を認めた（図-3A）。



(A) 林分平均樹高一直径関係



(B) 初期密度の異なる林分における胸高断面
積成長

図—3 林分成長モデルの予測値と実測値との適合性

表—9 固定プロット32箇所の3年間の調査データを用いた林分成長モデル

式の名称・機能	パラメータ推定値付き関数式
樹高成長のガイドカーブ	$h_1(t)=31.119*(1-\exp(-0.3525*t))^{2.2534}$ t : 林齢
樹高成長の変動幅曲線	$h_2(t)=1.793*(1-\exp(-0.6331*t))$
最多密度線	$N=-1.912*D+5.445$ N : 対数密度, D : 対数断面積平均直径
自己間引き曲線	$r=1.912*[1.0-\exp(-15.626*x)]^{1.42}-1.912$ r : 本数減少/直径成長, x : 最多密度線からの距離
密度効果逆数式	$dg=[0.00000431*h^{1.2504}*n+2.4878*h^{1.2504/(k+1)}]^{-1}$ dg : 断面積平均直径, h : 樹高, n : 本数密度, k : 最多密度線の傾き

2) ファルカタ人工林の利用材積予測モデルへの拡張

ファルカタの場合、末口径20cm以上の丸太が用材に利用されるので、林分成長モデルで予測した本数、直径、樹高を用いて利用材積を推定するモデルを作成した。このモデルは、幹曲線式を用いた単木ベースでの幹材積予測、直径分布予測ならびに樹高一直径関係式から成る。

① 幹曲線式

利用材積（末口径20cm以上の部分材積： v_l ）推定には、樹高と胸高直径を用いる立木幹材積式と一体化した幹曲線式 (stem taper equation compatible to volume equation: Demaershaek 1972) をファルカタ用に作成した (Kurino *et al.* 2007)。

$$v_l = K \cdot (10^{-2b_0}) / (2b_2 + 1) \cdot d^{2b_1} \cdot h^{2b_3} (l_1^{2b_2+1} - l_2^{2b_2+1})$$

この式による利用材積の予測値と実測値との適合を表す決定係数は0.976と高いので、利用材積を正確に予測することが可能となった (図—4A)。

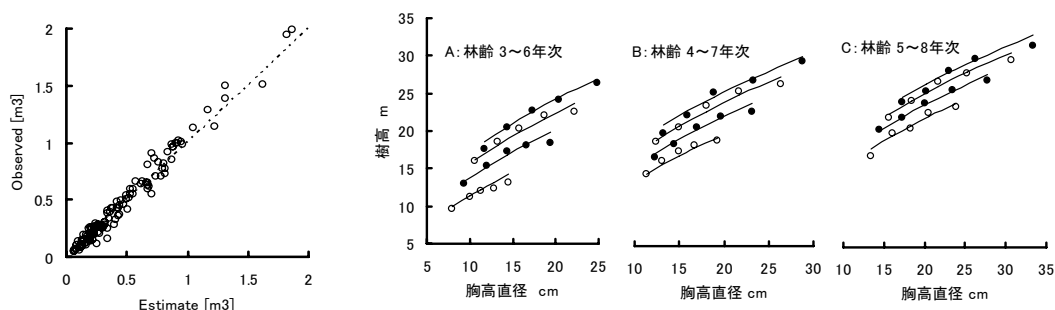
② 直径分布と径級別断面積の予測

ファルカタの林分成長モデルから得られる断面積平均直径と本数密度を用いてワイブル関数のパラメータを推定し、直径分布を予測する手順を用いた。この方法で予測した断面積合計は実測値と完全に一致するが、高齢時の胸高直径24cm以上の断面積予測値は実測値に比べ

やや過小になる傾向がある。

③ 樹高と直径の関係

固定プロット32箇所で3年間計測した林分別林齢毎の樹高と直径データに対して、相対化した樹高曲線式： $H/h=a(D/d)^b$ をあてはめた。この樹高曲線式のパラメータ a は1.0とほぼ一定となり、 b は0.2~0.8の範囲で分布し、胸高直径と負の相関関係を示した。そこで、同式のべき乗係数： b と林分平均直径との回帰式を求め、林分成長モデルに組み入れて林分成長に伴う樹高・胸高直径関係を予測して、観測値との適合性を調べた。成長段階毎の林分内樹高曲線の予測値は、実測値を直径の大きさにもとづいて5区分した平均で表した観測値とおおむね良好な適合を示した（図—4B）。この結果から、ファルカタ人工林の林分内の樹高と直径の関係は、林分成長モデルで予測した直径と関連付けて相対化した樹高曲線を用いて、おおむね適切に推定できると考えた。

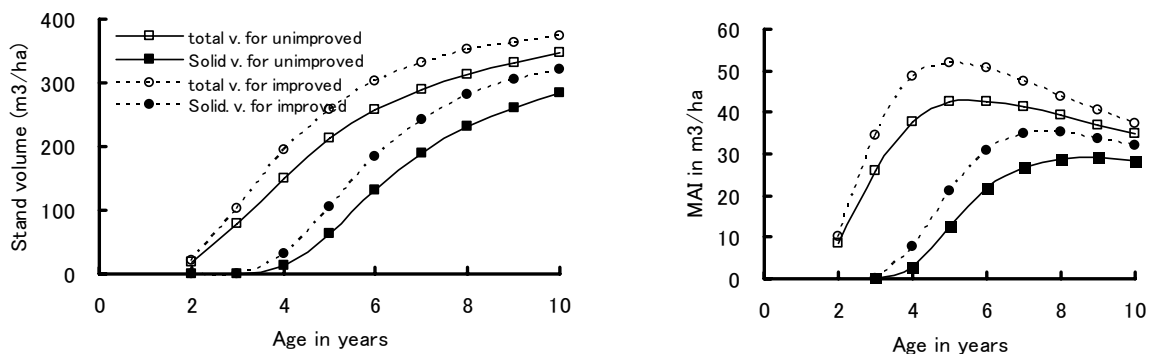


A) 末口径20cm以上の予測材積と実測値 B) 樹高-直径関係の予測値と実測値との対応の相関

図—4 利用材積の予測に用いた幹曲線式と相対化した樹高曲線式の適合性

(3) CO₂シンク強化に向けた林木育種の中長期的な貢献度の検討

ファルカタのような木製品の原材料を供給する樹種では、林分自体が有するCO₂シンク機能に加えて、木製品として利用されることに伴うCO₂シンク機能も期待される。そこで、CO₂シンク強化に向けた林木育種の中長期的な貢献度を評価する因子として、遺伝的な改良に伴う利用材積の増加量を試算した。



図—5 ファルカタの林分材積と利用材積の成長予測 図—6 総材積と利用材積の伐期平均成長量

選抜育種によって5年次の平均樹高を10%向上させると仮定すると、更新した成長モデルでは伐期を8年とした場合に林分材積が12%増加し、平均林分蓄積量は18%程度高まると予測された(図—5)。さらに、拡張した利用材積予測モデルを用いると利用材積は22%増加すると推定された(図—6)。したがって、ファルカタの人工林造成に第二世代以降の採種林産種子を用いると、林分自体が有するCO₂シンク機能の強化(CO₂換算で20ton/ha以上の増加)に加えて、木製品として利用されることに伴うCO₂シンク機能の強化もかなり大きいことが明らかとなった。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

熱帯産早生樹ファルカタについて、これまでほとんど知られていなかった産地・家系間の遺伝変異が明らかになった。本プロジェクトで設定した試験地では、定期的に調査が繰り返されているため、成長等の遺伝変異は時系列的に把握されるとともに、遺伝変異や植栽密度と樹幹の比重との関係についても明らかにされつつある。このことにより、育種的な改良に伴う成長量の増加を時系列的に予測することが可能となり、育種や施業による同樹種のCO₂シンク機能強化を実態に即して評価することができるようになった。

これまで古典的な林分収穫表しかなかったファルカタについて、密度要因を加えた成長モデルを作成した。このことによって、主たる生産目的が用材である同樹種について密度管理理論にもとづく合理的な施業体系を検討することが可能となった。さらにこのモデルを拡張した利用材積予測モデルの作成により、用途別の木材生産量を考慮した施業が可能となった。そして、この一連のモデルを用いることにより、同樹種について林分自体のCO₂シンク機能と木製品として利用した場合のシンク機能の両面から評価することが可能となった。

(2) 地球環境政策への貢献

今後、ワークショップ等を通じ、成果の広報・普及に努める

6. 引用文献

- (1) Demaershalk, J. P. 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. For. Sci. vol. 18: 241-245

7. 国際共同研究等の状況

本プロジェクトでは、インドネシアの有力な国立大学であるガジャ・マダ大学と共同研究契約を締結しており、林学部長であるProfessor Mohammad Na'iem(専門: 林木育種)及び林学副学部長であるProfessor Sri Nugroho Marsoem(専門: 木材物理学)のご協力を得ている。また、

ガジャ・マダ大学による全面的な協力を得ることができたため、インドネシア国内での種子収集やインドネシア林業公社であるプルフタニの林地における成長量調査や材質試験も順調に行なわれている。さらには、インドネシアで30年の伝統を持つ合板会社であるクタイ・ティンバー・インドネシア社の協力（作業委託）を仰ぐことができたため、PTPN農園公社での植栽試験が実現している。研究は、全テーマにおいて計画どおり進行した。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) S. Kurinobu, H. Arisman, E. Hardiyanto and T. Miyaura: Forest Ecology and Management、228、91-97 (2006) “Growth model for predicting stand development of *Acacia mangium* in South Sumatra, Indonesia, using the reciprocal equation of size-density effect”
- 2) 千吉良治, 松根健二, 小川靖, 栗延晋: 九州森林研究、60、106-108 (2007) 「インドネシアジャワ島東部に植栽した*Paraserianthes falcataria* の植栽後2年目までの家系変異」
- 3) 小川靖, 松根健二, 千吉良治, 栗延晋: 九州森林研究、60、109-111 (2007) 「*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen の植栽密度別産地試験における植栽15ヶ月時の樹高, 胸高直径, 枝下高および幹の通直性」
- 4) S. Kurinobu, P. Daryono, M. Naiem, K. Matsune and O. Chigira: Journal of the Japanese Forest Research、12-3、231-237 (2007) “A provisional growth model with a size-density relationship for a plantation of *Paraserianthes falcataria* derived from measurements taken over two years in Pare, Indonesia”
- 5) S. Kurinobu, P. Daryono, M. Naiem and K. Matsune: Journal of the Japanese Forest Research、12-6、473-478 (2007) “A stem taper equation compatible to volume equation for *Paraserianthes falcataria* in Pare, East Java, Indonesia: its implications for the plantation management”
- 6) 栗延, ダルヨノ, ナイム: 森林応用研究 (2008受理) 「インドネシア東部ジャワのファルカタ人工林の樹高・直径関係について」

<査読付論文に準ずる成果発表> (社会科学系の課題のみ記載可)

特になし

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 栗延晋: 林木育種センターだより、34、7 (2004) 「外部資金を活用した業務の紹介」
- 2) 千吉良治: 海外林木育種技術情報、13-1、1-3、(2004) 「環境省地球環境推進費を用いた研究テーマ「熱帯林造成技術の高度化による熱帯林のCO₂シンク強化」の紹介」
- 3) 千吉良治, 高垣和士, 松根健二, 栗延晋: 林木の育種特別号2005、1-3 (2005) 「植栽7ヶ月目の*Paraserianthes Falcataria*の諸形質の家系間差」

- 4) O. Chigira, K. Matsune and S. Kurinobu: Proceeding of Enhancement of CO₂ sink and wood production through genetic improvement of tropical fast growing tree species 2005、Tokyo、47-50 (2005) “Family variation in one year old seedling seed orchard of *Paraserianthes falcataria* in East Java, Indonesia”
 - 5) S. Kurinobu, O. Chigira, K. Matsune, K. Nakamura and M. Naiem: Proceedings of the Enhancement of CO₂ sink and wood production through genetic improvement of tropical fast growing tree species 2005、Tokyo、39-45 (2005) ”Current progress of study to evaluate the enhancement in CO₂ sinks potential of Segon plantation (*Paraserianthes falcataria*) through genetic improvement”
 - 6) 栗延 晋：関西育種場だより、51、3 (2006) 「環境省地球環境研究プロジェクトの最近の進捗状況について」
 - 7) S. Kurinobu, P. Daryono, M. Naiem, O. Chigira, K. Matsune, K. Nakamura and Y. Ide: Proceedings of the Improvement of Tropical Forest for Global Environment, Yogyakarta (2007) “Predicting a contribution of genetic improvement to increase carbon sink potential of plantation of *P. falcataria* with stand growth model developed in East Java - Two stages of prediction on volume productivity and log production for merchantable size”
 - 8) O. Chigira, Y. Ogawa, K. Matsune and S. Kurinobu: Proceedings of the Improvement of Tropical Forest for Global Environment, Yogyakarta (2007) “Three years result of genetic trials of *Paraserianthes falcataria* in Jember East-Java Indonesia”
 - 9) 栗延 晋：海外林木育種技術情報、17-1、19-21 (2008) 「環境省地球環境研究プロジェクト5ヵ年の成果 —CO₂シンク強化に向けたファルカタの育種の中長期的な貢献度—」
 - 10) 千吉良 治：海外林木育種技術情報、17-1、22-24 (2008) 「環境省地球環境プロジェクト5年間の成果(インドネシアでの*Paraserianthes falcataria*の育種・施業試験地の調査結果)」
- (2) 口頭発表 (学会)
- 1) 栗延 晋, ダルヨノ, ナイム：2006年日本森林学会関西支部会要旨集 (2006) 「インドネシア東部ジャワのファルカタ人工林における季節別成長量について—雨期と乾期における樹高と胸高直径成長量の違い—」
 - 2) 栗延 晋, 千吉良 治, 井出 雄二：第118回森林学会 (2007) 「CO₂シンク強化に向けたファルカタの育種の中長期的な貢献度評価の検討」
 - 3) 栗延 晋, ダルヨノ, ナイム：2007年日本森林学会関西支部会要旨集 (2007) 「インドネシア東部ジャワのファルカタ人工林の樹高・直径関係について —相対化した樹高曲線の適用—」
- (3) 出願特許
なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

- 1) 国際ワークショップ「CO₂シンク強化と木材生産を両立させる熱帯早生樹育種 (Enhancement of CO₂ Sink and Wood Production through Genetic Improvement of Tropical Fast Growing Tree Species)」 (2005年5月11日、東京大学弥生講堂、観客130名、インドネシア大使館等が参加)
- 2) 国際ワークショップ「熱帯林の生産性向上による地球環境への貢献 (Improvement of Tropical Forest for Global Environment”, Yogyakarta)」 (2007年7月14日、インドネシアのガジャマダ大学)

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

ファルカタの林分成長モデルや選抜育種によって期待される林分成長量の増加については、国際協力事業団が行っている「林木育種の第三国研修」(2007年3月にアジア地域から18名の研修生を集めてインドネシア・ジョグジャカルタで開催)の教材の一部として使用した。