

半島マレーシア低地における複層林造成技術の評価 —ビドー JICA プロジェクト試験地の 17 年後 前編—

大 谷 達 也

JICA プロジェクト「複層林施業」

急速な森林伐採や農地の開発などにより 1990 年前後には半島マレーシア低地の森林資源はすでに底をついており、1980 年代から将来の森林資源の枯渇をみすえ *Acacia mangium* など外来早生種の造林が半島マレーシア低地においておこなわれてきた。しかしながら芯ぐされ病の発生や材価の安さといった理由によって当初の期待ほど収益があがらないことが知られるようになった。また低地フタバガキ林の皆伐後に放置された場所では植生の回復はなかなかすすまず、利用価値のあまりない若い二次林となるが多かった。そのような背景から外来種ではなく郷土樹種による造林への要望が高まり、1991 年から 1999 年まで JICA 複層林プロジェクトが半島マレーシアのビドー郊外でおこなわれた。このプロジェクトは苗木供給システムの確立から施業方法の開発までひろくマレーシアでの普及を視野に入れたものであり、*A. mangium* あるいは二次林性樹種とフタバガキなど由来有用樹種との二段林造成の技術開発を目指したものであった (FDPM ら、1996, 1999)。この複層林プロジェクトでは日本人長期専門家が常に 5 名ほど派遣され、現地スタッフも数多く雇用された。1999 年から 2002 年までは別の JICA プロジェクトがおなじ場所でおこなわれたため複層林試験地も管理されていたが、2003 年以降は放置されていた。筆者は 2008 年から 3 年間、

国際農林水産業研究センター (JIRCAS) からマレーシア森林研究所 (FRIM) に派遣された際に、ペラ州森林局の協力を得ながらビドーにおける JICA 試験地を再測定することができた。植栽後およそ 17 年という比較的長い期間ののちに試験結果を再評価することによって、JICA プロジェクトの成果を確認するとともに新たな知見も得られると期待される。

JICA プロジェクト試験地のデザイン

JICA 複層林プロジェクトの試験地は、半島マレーシアの中央部、ペラ州ビドー郊外の Chikus (チクス) 森林保護区にある。名称は森林保護区 (forest reserve) となっているが、農地などには転用せず林地として利用するという意味であり、保護区内では伐採や植栽がおこなわれている。周辺にはスズ露天掘りの跡地、アブラヤシ園、パラゴムノキ園、および農地が広がっている。ビドーから 10 km ほど北にあるタパー測候所での観測によれば、年平均気温 27.9℃、年間降水量は 2,940 mm である (2000 年から 2008 年の平均値)。

複層林プロジェクトの試験地は Chikus A 区画と B 区画に設定された。この一帯では 1980 年代の後半にいわゆる低地フタバガキ林が皆伐された。その後 A 区画は自然に発生した二次林に覆われ、B 区画では 1989 年から *A. mangium* が植えられた。以下、A 区画を二次林区、B 区画をアカシア区とよぶ。

Tatsuya Otani : Re-evaluation of Multi-storied Forest Plantation Techniques in a Lowland of Peninsular Malaysia
—17 Years in the JICA Project Site in Bidor (I)—

(独) 森林総合研究所四国支所、前国際農林水産業研究センター林業領域

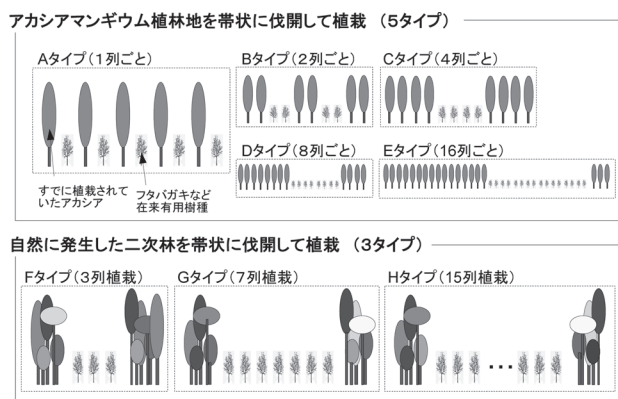


図 1 JICA 複層林プロジェクトの *Acacia mangium* 植林区および二次林区における植栽デザイン。植林区ではアカシアを帯状に伐開しておもにフタバガキ科の在来種を1列, 2列, 4列, 8列, および16列に植栽した5タイプが, 二次林区では同様に3列, 7列, および15列の3タイプが設定された。

このプロジェクトでは二次林およびアカシア植林をさまざまな広さあるいは列数で伐開してフタバガキ科を中心とする在来有用樹種を植え込み, 植栽方法のちがいが植栽木の生残・成長におよぼす影響が検討された。二次林区では1994年に, 10m, 20m および40mの幅に二次林を伐開してプロットを設け, それぞれ3列, 7列, および15列植栽の3種類の植栽タイプ (F~H) を設定した (図1下段, 写真1)。植栽列の奥行きは順に180m, 80m, および40mと異なり, 長辺方向はいずれも東西になっている。植栽木の間隔は2.5m×5.0mである。アカシア区では, アカシアと植栽木を1列ずつ, 2列ずつ, 4列ずつ, 8列ずつ, および16列ずつに交互に植えた5種類の植栽タイプ (A~E) を設定した (図1上段, 写真2)。さらに植栽列の方向を東西および南北の2種類に設定した。植栽木の間隔は3.0m×3.7mとなっている。アカシア区では一つのプロットは100m四方ほどであるが, 測定の対象としている植栽木は中心部の100数十本から200本ほどである。アカシア区では1992年, 1993年, 1994年と3カ年にわたり植栽がおこなわれたが, 1994年の造成分についてはプロジェクト終了後に山火事で失われた。その他にも小規模な火災で失われたプ



写真 1 低地フタバガキ林の皆伐跡地に自然発生した二次林を伐開して7列 (Gタイプ) に植栽された *Shorea multiflora* の様子 (2009年12月撮影)。7列の植栽木が写真奥へ80m続いている。プロジェクト当時の看板がまだ立っている。



写真 2 *Acacia mangium* と *Shorea leprosula* が2列ずつ交互 (Bタイプ) に植栽されたプロットの様子 (2009年12月撮影)。画面の左右にあるのは立ち枯れてしまった *A. mangium*。半島マレーシアに植栽された *A. mangium* では芯ぐされ病の被害が多いことが報告されているが, この試験地では植栽後20年の時点でほとんどの個体が枯れており, 枯死木が倒れていることも多い。

ロットもあり, 樹種ごとの植栽列数・方向の組み合わせにおいてやや不完全なデザインとなっている (表1)。山火事, あるいは地元住民によるたばこの投げ捨てはプロジェクト当時から重大な問題とされていたが (坂本2000), 試験地への入り込みを管理

表 1 JICA 複層林プロジェクトで設定された植栽方法ごとのプロット数

上層木の種類	<i>Acacia mangium</i> 植林										二次林		
植栽列数のタイプ	A		B		C		D		E		F	G	H
植栽列の方向	EW	SN	EW	SN	EW	SN	EW	SN	EW	SN	EW	EW	EW
<i>Neobalanocarpus heimii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
<i>Shorea parvifolia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
<i>Shorea leprosula</i>	1	1	1	1	1	1	1	(1)	1	(1)	2	2	1
<i>Shorea acuminata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
<i>Dryobalanops aromatica</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
<i>Pentaspadon motleyi</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
<i>Hopea odrata</i>	2		1		2		1		3				
<i>Shorea multiflora</i>											2	4	
<i>Shorea macroptera</i>	1		1		2		1		1				
<i>Shorea glauca</i>	1				1		1				1	2	
<i>Shorea pauciflora</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)		2	2	1
<i>Shorea ovata</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)		2	2	1
<i>Shorea ovalis</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)		2	2	1
<i>Parashorea densiflora</i>	1		1		1		1		1				
<i>Palaquium gutta</i>	1		1		1		1		1				
<i>Shorea roxburghii</i>											1	2	
<i>Shorea bracteolata</i>											1	2	
<i>Sindora coracea</i>											1	2	
<i>Gonystylus affine</i>											1	2	
<i>Dialium sp.</i>											1	2	
<i>Dipterocarp cornutus</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)				
<i>Hopea pubescens</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)				
<i>Intsia palembanica</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)				
<i>Shorea assamica</i>	(1)		(1)		(1)		(1)		(1)				

(1) : プロジェクトでは設定されたものの、プロジェクト終了後に山火事などにより 2009 年 12 月の再測定以前に消失したもの。植栽列の方向, EW : 東西方向, SN : 南北方向。

することはなかなか困難である。上木の種類（二次林かアカシアか）、植栽列数・方向のすべてが比較できるのは、現存する 20 種のうち *Shorea parvifolia* と *Neobalanocarpus heimii* だけである。しかしながら、ほかに例をみないほど大規模な植栽試験地であることはわかりなく、いまだ有用なデータをとることができる。

植栽後 15 年から 17 年目にあたる 2009 年 12 月に、現存するすべてのプロットにおいて植栽木の胸高直径および樹高を測定した。*A. mangium* については測定作業の少し前から伐採が始まったため、伐採がおよんでいなかったいくつかのプロットでサイ

ズを測定することができた。

植栽後 15 年から 17 年目の結果

図 2 には測定のできたすべての植栽樹種について、胸高直径、樹高、および生残割合の平均値を樹種ごとに示した。二次林区に植えられた *Shorea roxburghii* がプロットあたりの平均値で 88% から 95% ともっとも高い生残割合を示した。*Dialium sp.*, *S. ovalis*, *Gonystylus affine* では平均で 5 割の生残割合を超えており、*S. glauca*, *Neobalanocarpus heimii*, *S. multiflora*, *S. acuminata*, *S. parvifolia*, *S. leprosula*, および *Hopea odrata* ではいくつかのプロット

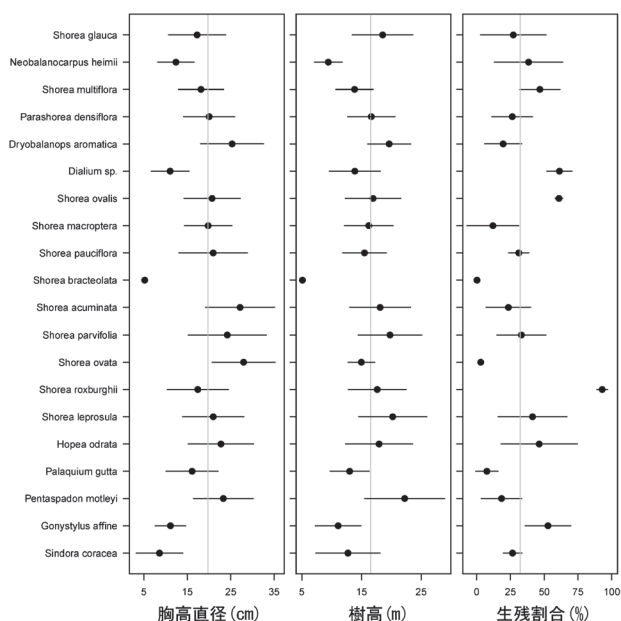


図 2 JICA 複層林プロジェクトの試験地において 2009 年 12 月に再測定できた 20 種すべての胸高直径 (cm), 樹高 (m), およびプロットあたりの生残割合 (%). 黒丸は平均値を, 横棒は標準偏差を示す。灰色の縦棒はそれぞれの項目での全体の平均値を示す。

では生残割合が 5 割を超えるという結果であった。一方, *S. bracteolata*, *S. ovata*, および *Palaquium gutta* についてはほとんどの個体が枯死していた。5 割前後の生残割合を示した樹種のうちサイズの大きなものをみても, *S. acuminata*, *S. parvifolia*, *S. leprosula*, および *H. odorata* については平均で 21 cm から 27 cm の胸高直径, および 18 m から 20 m の樹高を示した。一方, 高級木材として有名な *N. heimii* では胸高直径と樹高の平均はそれぞれ 12 cm, 9 m と, 前述の 4 樹種に比べ半分ほどの大きさであった。

アカシア区で上木として切り残された *A. mangium* は, 2009 年 12 月の時点で枯死木が多く, 生存木にもわずかに葉がついているだけで健全な個体は皆無であった。植栽列ごとの生残割合は平均で 29% しかなく, 胸高直径が平均 43 cm, 樹高が 26 m であった。一方, 二次林区の保残帯では *Macaranga gigantea*, *Endospermum diadenum* (トウダイグサ

科), *Vitex pinnata* (クマツヅラ科) といった樹種が大きく成長しており, 樹高は平均で 21 m に達していた。成長の遅い *N. heimii* や *G. affine* などいくつかの樹種を除き, ほとんどのプロットにおいて植栽木と上木とは同程度の樹高であった。

ここからは樹種ごとに植栽タイプごとの違いをみていくが, *N. heimii* など多くの植栽タイプで比較が可能な樹種については本報告の後編にまわし, この前編では二次林区あるいはアカシア区のみで結果の得られた樹種について概略を報告したい。まず, 図 3 には二次林区の 3 つの植栽タイプで比較が可能な樹種のうち, *S. pauciflora* と *S. ovalis* について植栽タイプごとの胸高直径と生残割合を示した。生残割合については *S. pauciflora* では 3 割前後, *S. ovalis* では 6 割前後となっているが, それぞれ植栽タイプ間での違いは認められなかった。*S. pauciflora* では胸高直径についてもタイプごとの違いはなかったが, *S. ovalis* では, 植栽タイプごとの平均胸高直径が F, G, H タイプの順に 23 cm, 22 cm, および 16 cm となっており, もっとも植栽列数の多い H タイプのみ有意に小さいという結果が得られた。F・G の 2 タイプで比較が可能な *S. roxburghii*, *S. multiflora*, *G. affine*, および *Dialium* sp. の 4 樹種についても, 胸高直径と生残割合ともに 2 タイプ間で明確な差が認められる樹種はなく, *G. affine* の生残割合でのみ F タイプ 70% に対し G タイプ 37% および 50% と F タイプにおいてやや生残割合が高かった。JICA プロジェクトの報告書でも二次林下への植栽では伐開幅あるいは植栽列数による差は出にくいとしており, 長期にわたる評価でもほぼ同様な結果といえる。

次にアカシア区において植栽タイプごとの比較が可能な *H. odorata* および *Dryobalanops aromatica* について, 5 タイプごとの胸高直径および生残割合を図 4 および図 5 に示した。まず *H. odorata* については, B タイプの生残割合が 0% となっており胸高直径の測定値はない。それ以外の植栽タイプの胸高直径については, D タイプにおいてやや小さな値 (18 cm, その他は 23 cm から 24 cm) を示すものの,

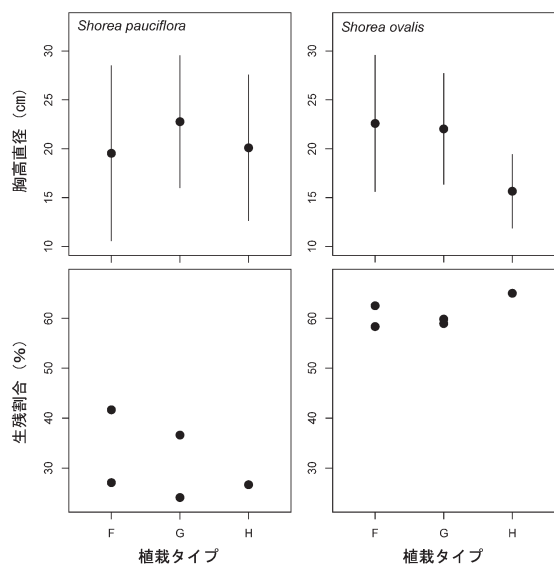


図 3 3つの異なる植栽方法 (F~H) によって二次林区に植えられた *Shorea pauciflora* および *S. ovalis* の胸高直径 (cm) および生残割合 (%). 胸高直径については、黒丸がそれぞれのタイプ全体での平均値、縦棒が標準偏差を示す。生残割合についてはプロットごとの値を黒丸で示す。

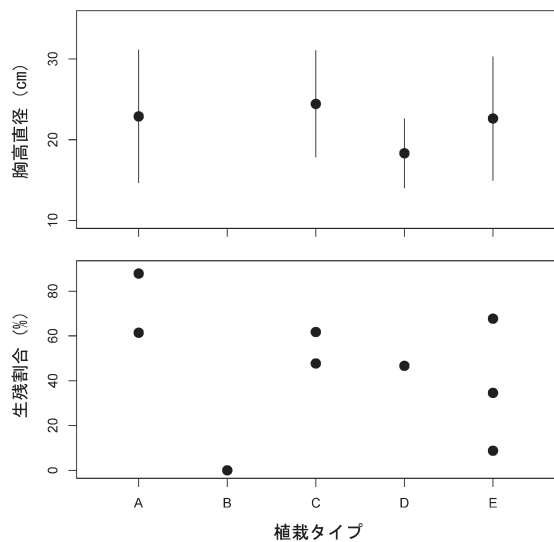


図 4 5つの異なる植栽方法 (A~E) によってアカシア区に植えられた *Hopea odorata* の胸高直径 (cm) および生残割合 (%). 表示方法は図 3 に同じ。

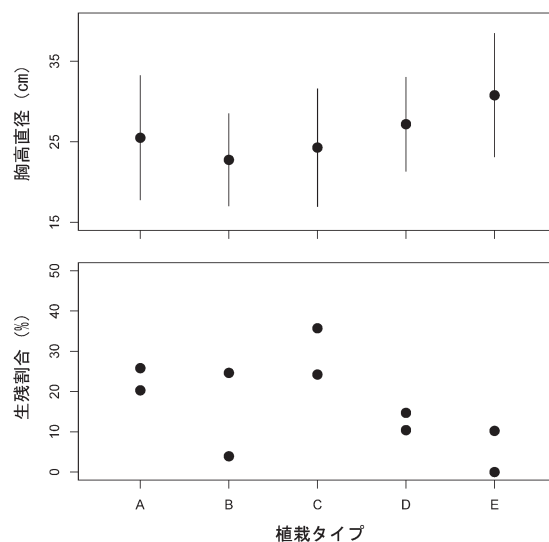


図 5 5つの異なる植栽方法 (A~E) によってアカシア区に植えられた *Dryobalanops aromatica* の胸高直径 (cm) および生残割合 (%). 表示方法は図 3 に同じ。

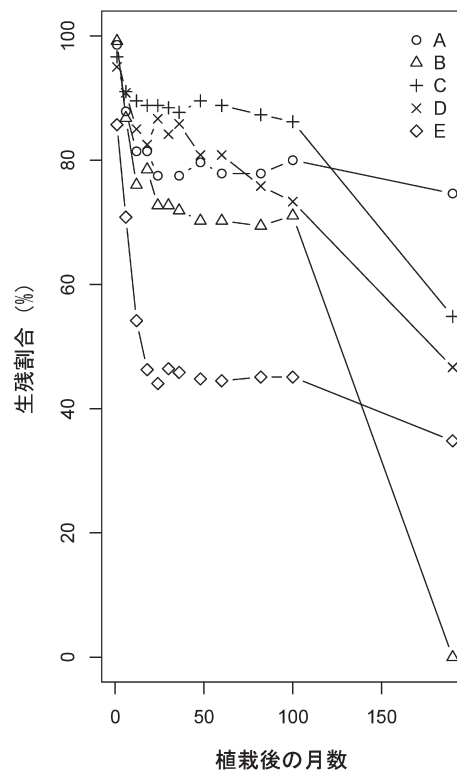


図 6 アカシア区に植えられた *Hopea odorata* の植栽方法ごとの生残過程。A, C, および E タイプについては複数のプロットを合算した。

植栽列数と胸高直径との間に関連は見いだせない。また、生残割合についてはAタイプにおいて88%および61%と高い割合を示し、プロットごとのばらつきが大きいものの植栽列数が増えると生残割合が下がる傾向がみとれる。同様に*D. aromatica*についても胸高直径においてタイプごとの平均値に差はないが、Eタイプにおいてやや直径が大きくなっており、生残割合についてはD・Eタイプでやや値が低いという結果であった(図5)。くわしくは本報告の後編において述べるが、同一種内で植栽タイプごとに比べたときに生残割合の低いプロットでは胸高直径が大きいという傾向は、ほかの主要な樹種においても認められる傾向であった。伐開幅が広いことによって植栽木は強い光に曝されることになり、初期段階で多くの個体が枯死するが、その後には上木との、あるいは植栽木どうしの競合があまりなく順調に成長したものと考えられる。

図6にはJICAプロジェクト当時にとられたデータに2009年のデータを加えて、*H. odorata*の植栽後1ヶ月から190ヶ月(15年10ヶ月)までの生残過程をタイプごとに合算して示した。いったん下がった値が上昇することがあるが、一度は枯れたと判定された個体がやはり生きていたというような測定上のエラーのためである。Eタイプをみるとわかりやすいが、植栽後18ヶ月目には生残割合は46%にまで低下しており(左から4つめの点)、その後は大きく減少することはない。その他のタイプにおいても植栽後24ヶ月目までには、100ヶ月目の値と大きく変わらない程度にまで減少している。植栽後2年から3年までに生残割合が減少し、その後に値が大きく変化しないという傾向はほかの樹種でも広く認められるものであった。植栽の初期段階で枯死させないことが重要となるので、植栽木に日陰を提供する上木(この場合は*A. mangium*)が十分な大きさになってから複層林の造成を始める必要がある。実際にJICAプロジェクトでは皆伐地に*A. mangium*とフタバガキ樹種を同時に植えるという試験もおこなわれたが、ほとんどの植栽木がすぐに枯れてしまうという結果になった。

Bタイプは100ヶ月目の生残率が70%であったものが190ヶ月目に0%まで落ちている。他のタイプに比べてこのような極端な低下の原因としては、確認はできなかったものの小規模な野火などの可能性も考えられる。Bタイプを除けば100ヶ月目の結果と異なり、190ヶ月目には植栽列数の少ない順に生残割合が高くなっており、胸高直径ではタイプごとの差がないことをあわせて考えれば、*H. odorata*については1列ごとに植栽するのがよいといえる。しかしながら1列交互の植栽では、下木に損傷を与えず上木を伐倒することは技術的に困難である。複層林施業技術として何列での植栽が最適とするかについては、植栽列数になるべく少なく上木の伐倒が技術的に可能な4列交互植栽(Cタイプ)を推奨せざるを得ないように思われる。この点については二次林下への植栽技術とあわせ、後編においていま一度、検討したい。本報告の後編では*N. heimii*や*S. parvifolia*などの樹種について、生残割合や直径成長の経過を示し、上木や植栽列数の違いがおよぼす影響について検討する。

謝 辞

ペラ州森林局からは調査許可をうけ、ビドー森林事務所のみなさんには試験地での測定作業を手伝っていただいた。JICAプロジェクトについて関係者の方々からはさまざまな情報をいただいた。JICAプロジェクトで収集された生データの使用について、JICA本部からは了承を得た。2009年の測定作業はJIRCAS理事長インセンティブ事業としておこなわれた。

〔引用文献〕 Forestry Department Peninsular Malaysia (FDPM), Perak State Forestry Department (PSFD), and Japan International Cooperation Agency (JICA) (1996) 5-year report on the multi-storied forest management project in Malaysia (1991-1996), Ipoh, Malaysia. 同 (1999) Integrated report on the multi-storied forest management project in Malaysia (1991-1999), Kuala Lumpur, Malaysia. 坂本 (2000) 複層林実証調査の諸問題—第2回セミナーを中心として—。熱帯林業 47: 24-32。