

マレーシアにおける熱帯樹種造林試験

—JICA 熱帯早生郷土樹種造林技術現地実証調査—

榎 森 啓 三

1. プロジェクトの背景

マレーシアでは天然林資源の減少により、木材生産量は近年ピーク時 1992 年の約 5 割に低下している。半島部とサバ州では特に生産の落ち込みが激しく、往時の 30～40% 程度となっている。このため、天然林資源を保全し、その持続的な利用を図るとともに、これを代替する人工林資源を民間資本により造成することが重要な政策課題となっている。民間による造林は、1990 年代中頃から徐々に行われてきているが、いまだ全体で千 ha 程度と小規模にとどまり、植栽樹種もコーキセンダン、チーク等数種に限定されている。また、造林技術の蓄積も小さい。今後、民間造林を推進するためには、郷土樹種の中から商業造林に適した樹種を選定し、その効率的な育林・経営方法を提示していくことが求められている。

2. プロジェクトの内容

このプロジェクトの前身である複層林施業技術現地実証調査（1991～1999 年）は、8 年間の試験研究によりフタバガキ科を主体とする高品質樹種の造林技術開発に一定の成果を上げたが、商業造林に応用するには生産期間がいささか長過ぎる憾みがあった。そこで、本プロジェクトでは対象樹種を成長量と用途に関し早生樹種として既に現地で一定の評価があるものとし、生産期間の目標を 15～30 年に置いて試験を実施することにした。

試験は、①いくつかの樹種について植栽密度と下刈方法を変えて造林し、成長経過を比較することにより効率的な造林方法を探る施業試験と、②多数の樹

Keizo Emori : Results of Trial Plantation by Small-Scaled Fast-Growing Forest Plantation Project in Malaysia

林野庁管理課 前 JICA プロジェクト チーフアドバイザー

種を同一条件下に植栽して生存率、成長量、樹形等の樹種特性を比較し、商業造林に適当な樹種を選定するための樹種選定試験に大別される。

(1) 対象樹種の選定と試験設計

ア 施業試験

施業試験は、植栽密度と下刈方法という施業因子の違いが成長過程、造林コストにどう反映されるかを短期間のうちに確かめようとするものであるから、初期成長が早いことと生存率が高いことが対象樹種の条件となる。また、植栽密度と下刈方法の組合せ試験には1樹種当たりかなりの面積を要するため、限られた数種しか試験できない。ここでは、①できるだけ早生な樹種、②複層林プロジェクトで成長量、生存率に実績のある樹種、③高品質、高価格、高需要の樹種という3つの指標を設定し、この順にそれぞれスンカイ (*Peronema canescens*) (クマツヅラ科)、メランティケポン (*Shorea ovalis*) (フタバガキ科)、クンバンスマンコ (*Scaphium linearicarpum*) (アオギリ科) の3種を選定した。ただし、最初(2000年3月)に植栽したブキット・タパーでのメランティケポンの6ヶ月後生存率が9%と著しく低かったので、同じフタバガキ科からメランティブキット (*Shorea platyclados*) を後に追加し、4樹種とした。

これら4樹種の3植栽密度(1.5×1.5m, 3×3m, 6×6m)、3下刈方法(機械全刈、除草剤(ラウンドアップ)、無下刈)の組合せの3回繰返しであるが、1.5×1.5mは機械刈区のみを他区の半分の面積で設定し、無下刈区でもつる切りのみは他区の下刈に併せて適宜行った。

イ 樹種選定試験

樹種選定試験では、用材生産が可能な早生郷土樹種で、苗木が入手しやすく造林が容易なことを指標として、45樹種の試験対象候補リストを作成したが、実際に植栽したのは、苗木が調達できた30樹種(表1)である。試験設計は、単一の施業方法(3×3m植栽、機械全刈)の年3回繰返しとなっている。

(2) 試験地

試験地は、ペラ州ビドール町近郊、マレーシア半島部のほぼ中央に位置する3つの州有保護林(Chikus(チクス)、Bukit Tapah(ブキット・タパー)、Bikam(ビカム))に設定された(表2)。

主要な試験地は、チクスの3つのサイト(C1:草地・灌木林、C2:皆伐跡二次林、D:アカシア・マンガウム人工林)であり、複層林プロジェクトの試験地に隣接している。いずれのサイトでも施業試験(計210プロット)、樹種選定試験(計44プロット)の両方がほぼ前述の基本的試験設計どおり行われている。

表 1 施業試験及び樹種選定試験の対象樹種及び試験地

No.	和名又は現地名	学名	科名	試験*	試験地**
1	ヌルデモドキ	<i>Peronema canescens</i>	クマツヅラ科	Sv	C, BT
2	クンバンスマンコ	<i>Scaphium linealcarpum</i>	アオギリ科	Sv	C, BT
3	メランティケボン	<i>Shorea ovalis</i>	フタバガキ科	Sv, Sp	C, BT, B
4	メランティブキット	<i>Shorea platyclados</i>	フタバガキ科	Sv, Sp	C, BT, B
5	カプール	<i>Dryobalanops aromatica</i>	フタバガキ科	Sp	C, B
6	メランタイ	<i>Shorea macroptera</i>	フタバガキ科	Sp	C, B
7	グルトウグルトウ	<i>Parashorea stellata</i>	フタバガキ科	Sp	C, B
8	ケンパス	<i>Koompassia malaccensis</i>	マメ科	Sp	C, B
9	バラビ	<i>Heritiera javanica</i>	アオギリ科	Sp	C
10	ケランバン	<i>Sterculia macrophylla</i>	アオギリ科	Sp	C
11	ホワイトペロン	<i>Pentaspadon motleyi</i>	ウルシ科	Sp	C
12	インドシタン	<i>Pterocarpus indicus</i>	マメ科	Sp	C
13	マラッカジンコウ	<i>Aquilaria malaccensis</i>	ジンチョウゲ科	Sp	C
14	クルインネラム	<i>Dipterocarpus oblongifolius</i>	フタバガキ科	Sp	C
15	メランティマックニビス	<i>Shorea roxburghii</i>	フタバガキ科	Sp	C
16	セセンドック	<i>Endospermum diadenum</i>	トウダイグサ科	Sp	C
17	プライ	<i>Alstonia angustiloba</i>	キョウチクトウ科	Sp	C
18	コーキシセンダン	<i>Azadirachta excelsa</i>	センダン科	Sp	C
19	バンリュウガン	<i>Pometia pinnata</i>	ムクロジ科	Sp	C
20	ケラダン	<i>Dryobalanops oblongifolia</i>	フタバガキ科	Sp	C
21	ケラダンケラダン	<i>Artocarpus lanceifolius</i>	クワ科	Sp	C
22	ケランバヤン	<i>Neolamarkia cadamba</i>	アカネ科	Sp	C
23	メンピサン	<i>Polyalthia jenkinsii</i>	バンレイシ科	Sp	C
24	テンバーガ	<i>Shorea leprosula</i>	フタバガキ科	Sp	C
25	ガッタバーチャノキ	<i>Palaquium gutta</i>	アカテツ科	Sp	C
26	プナラハン	<i>Knema furfuracea</i>	ニクズク科	Sp	C
27	プラノキ	<i>Elateriospermum tapos</i>	トウダイグサ科	Sp	C
28	カタトゲバンノキ	<i>Artocarpus rigidus</i>	クワ科	Sp	C
29	シンボーガジャ	<i>Dillenia reticulata</i>	ビワモドキ科	Sp	C
30	フサマメノキ	<i>Parkia javanica</i>	マメ科	Sp	C
31	セプティールダウニビス	<i>Sindora echinocalyx</i>	マメ科	Sp	C
32	ビンタンゴール	<i>Calophyllum ferrugineum</i>	オトギリソウ科	Sp	C

注) * 試験

Sv : 施業試験, Sp : 樹種選定試験

** 試験地

C : Chikus, BT : Bukit Tapah, B : Bikam

ただし、C2 サイトの施業試験では、面積的制約のためメランティブキットを除く 3 樹種が植栽されている。1 つのプロットは、東西 24 m×南北 54 m の矩形で、長辺の両側に幅 6 m の分離帯が設置されている。ただし、分離帯の植栽木への被陰効果は、植生の違いによりサイトごとに大きく異なり、草地主体の C1 では単にプロットを互いに分離する以外の何物でもない。

ブキット・タパーは施業試験地で、当初スンカイ、クンバンスマンコ、メランティケボンの 3 樹種が植栽されたが、メランティケボンの生存率が著しく低

表 2 試験地一覧

試験地	前生植生	植栽年月	植栽面積（区域面積）(ha)	
			施業試験	樹種選定試験
Chikus C1	草地、灌木林	2000 年 10～11 月	10.11 (14)	2.60 (3)
Chikus C1	皆伐跡二次林	同 上	7.00 (12)	1.56 (2)
Chikus C1	<i>Acacia mangium</i>	同 上	10.11 (14)	1.56 (2)
Bukit Tapah	耕作放棄地	2000 年 3 月	3.30 (4)	—
Bikam	拓伐跡二次林	2000 年 11～12 月	—	1.89 (9)
計			30.52 (44)	7.61 (16)

かったので、6 ヶ月後にメランティブキットに改植されている。ここでは、植栽密度は 3×3 m とし、下刈方法（機械全刈、除草剤、無下刈）別試験のみを行っている。各々のプロットは 0.09～0.12 ha で、計 28（メランティケポンの 2 回目植栽 1 プロットを含む。）のプロットが互いに連続して設定されている。

ビカムは、30 年ほど前に択伐が行われた優良な二次林の中に、21 m×50 m の矩形プロット 18 個が林道沿いに散在する樹種選定試験地で、フタバガキ科 4 種、その他 2 種の計 6 樹種が植栽されている。周辺林分による被陰効果が高く、環境としては樹下植栽に近い。

3. 試験結果

3 年間のプロジェクト期間を満了したが、設定した試験地は大半がようやく満 2 年（一部 2 年半）になろうとするところである。現在までの成果としては、植栽後 18 ヶ月（一部 24 ヶ月）での試験樹種の生存率、成長量と施業試験の 4 樹種について下刈方法との相性がかなりはっきりと分かったことが挙げられる。

(1) 施業試験

主要サイトのチクスでは植栽後 18 ヶ月まで、最も早く設定されたブキット・タパーでは植栽後 24 ヶ月（一部 18 ヶ月）までの調査結果がまとまっており、各樹種の特色がよく出ている（表 4）。植栽樹種はスンカイ、クンバンスマンコ、メランティケボン、メランティブキットの 4 種である。サイト毎の特徴については、チクス C1（草地・灌木林）は、土壤の理化学性においては C2（皆伐跡二次林）と大差ないが成長が極端に遅く、また、被陰が不足しているためフタバガキ科の 2 樹種は生存率が低い。C2 はメランティブキットを除く 3 樹

表 3 Bukit Tapah 施業試験 18/24 ケ月目平均樹高, 平均根元径, 生存率

樹種	樹高 (cm)	根元径 (mm)	生存率 (%)*
<i>Peronema canescens</i>	144/218	28/37	100/99/96/91/88/84
<i>Scaphium lineallicarpum</i>	56/ 60	8/ 9	100/89/61/51/42/27
<i>Shorea ovalis</i> **	57/ 83	9/12	100/49/9/6/5/4
<i>Shorea ovalis</i> ***	157/NA	19/NA	99/97/96/90/77/NA
<i>Shorea platyclados</i>	127/NA	15/NA	82/76/68/23/16/NA

注) * 生存率のみ 1/3/6/12/18/24 ケ月実績を記載

** 初回植栽木, 6 ケ月目に生存木を残置して *S. platyclados* に改植

*** *S. platyclados* への改植と同時に隣接地に再度植栽

表 4 Chikus 施業試験 18 ケ月目平均樹高, 平均根元径, 生存率

樹種	C1			C2			D		
	H (cm)	CD (mm)	SR (%)	H (cm)	CD (mm)	SR (%)	H (cm)	CD (mm)	SR (%)
<i>P. canescens</i>	95	18	90	175	29	95	163	24	80
<i>S. lineallicarpum</i>	51	9	46	69	14	55	67	12	58
<i>S. ovalis</i>	76	11	18	165	19	51	103	13	47
<i>S. platyclados</i>	86	10	3	—	—	—	119	15	18
試験地平均	77	12	39	136	21	67	113	16	51

注) H: 平均樹高, CD: 平均根元径, SR: 生存率

種だが, 分離帯の二次林による被陰により生存率, 成長量ともに最も良好である。D (アカシア・マンガウム林) は砂質土壤で, 生存率では C2 に準じるが成長量で劣る傾向にある。ブキット・タパーは, 開放条件下にあることと畝上植栽を行ったため, 生存率はスンカイを除いて非常に低く, 成長量ではクス D に準じる (表 3)。以下, 各サイトの 18 ケ月目調査結果に基づき説明する。

スンカイ (*Peronema canescens*) (写真 1) は, 全サイトを通じて生存率 80~95%, 平均樹高 95~175 cm (表 3, 4) で最大 5 m に達し, 生存率, 成長量ともに各サイトで最高値を示す。下刈方法別の樹高・直径成長については除草剤>機械刈>無下刈との傾向が明瞭に認められる。機械刈よりも効果が長く持続する除草剤処理が, 生存率は 10% 程度落ちるが, 成長特に直径成長に優れ, 本種が開放地条件にも高い耐性を持つことが伺われる。

クンバンスマンコ (*Scaphium linearicarpum*) (写真 2) は, 生存率 42~



写真 1 チクスC2のスンカイ (*Peronema canescens*)



写真 2 チクスC2のクンバンスマンコ (*Scaevola linearicarpum*)

58%, 初期成長は極めて緩慢で平均樹高 51~69 cm (表 3, 4), 最大でも 2.5 m に過ぎない。ブキット・タパーでの 24 ヶ月目生存率が 27% とさらに低下しているのは、試験地が 4ha に及ぶ開放空間で被陰がほとんどないためと考えられる。草地のチクス C1 では 18 ヶ月目生存率は 46% を保っているが、ブキット・タパー同様今後のさらなる低下があり得る。全樹種を通じて成長がよいチクス C2 では、いくつかの個体は最近になって急激な伸長を見せ始めている。

下刈方法別の樹高・直径成長に関しては、スンカイ同様、除草剤>機械刈>無下刈との傾向が認められるが、その差はスンカイほど顕著ではない。生存率については下刈方法の違いに対応

する一定の傾向は認められない。本種は、適度な被陰下での植栽が望ましいものと考えられる。

メラントイケボン (*Shorea ovalis*) (写真 3) は、生存率 5~77%, 平均樹高 57~165 cm (表 3, 4), 最大 4 m に達し、植栽時の条件によって成績の差が顕著に認められる。最初に植栽したブキット・タパーでは 6 ヶ月目生存率が 9% と悲惨な結果となった。この原因としては、①植栽後 2~4 ヶ月目の小雨、②苗径の小ささ (5 mm 以下が大半)、③苗木硬化処理不足、④ポット使用土が粘土質で乾燥時に硬化することなどが考えられた。これらは 6 ヶ月目に生存木を残してメラントイブキットに改植されているが、これと同時に隣接地にメラントイケボンを再度小規模に植栽した。この度は、上記問題の対策として、①植穴を 20 cm 程度周辺の地面より掘り下げて水分環境を改善する、②苗径は 6

mm 以上, ③ 硬化処理を 1 ケ月実施, ④ ポット土を交換する時間的余裕はないので植栽時によく土をもみほぐすということを行った。この結果, 2 回目植栽では 18 ケ月目で生存率 77%, 平均樹高 157 cm に達し, 初回植栽 (18 ケ月目生存率 5%, 平均樹高 57 cm) とは大変異なる経過となっている。2 回目は, 植栽後 5 ケ月目まで比較的降雨に恵まれたことは大きな条件の違いであるが, 初回に見られた植栽直後の葉の脱落がなかったこと, その後の成長も初回を大きく上回ることから, 上記①～④の対策が総合的に効果を発揮したものと考ええる。

下刈方法別には樹高・直径成長については機械刈>無下刈>除草剤, 生存率については無下刈>機械刈>除草剤との傾向が認められ, 本種は幼時には適度な被陰を要求する樹種であることが推察される。

メランティブキット (*Shorea platyclados*) (写真 4) は, ブキット・タパーでの改植を含めてチクス C2 を除く 3 サイトに植栽されており, 生存率 3~18%, 平均樹高 86~127 cm (表 3, 4), 最大で 3.1 m に達する。本種は樹下植栽に近いビカム樹種選定試験でも生存率は 37% (平均樹高 196 cm) (表 5) と低いが, 開放地条件下では特に生存率が低くなる傾向がある。

下刈方法別には, チクス C1 では生存率が低すぎるため検定し得ないが, 他のサイトでは, 樹高・直径成長については無下刈, 除草剤>機械刈, 生存率については無下刈, 機械刈>除草剤との傾向が認められる。このこととビカムで



写真 3 チクス D のメランティケボン (*Shorea ovalis*)



写真 4 ビカムのメランティブキット (*Shorea platyclados*)

表 5 Bikam 樹種選定試験 18 ヶ月目平均樹高, 平均根元径, 生存率

樹種	樹高 (cm)	根元径 (mm)	生存率 (%)
<i>Scaphium linearicarpum</i>	91	19	58
<i>Shorea platyclados</i>	196	28	37
<i>Dryobalanops aromatica</i>	278	26	56
<i>Shorea macroptera</i>	172	22	42
<i>Perashorea stellata</i>	148	15	63
<i>Koompassia malaccensis</i>	141	14	51

の比較的良好な成績を考え合わせれば, 本種は幼時には強い被陰を必要とするものと考えられる。

また, 植栽密度に関しては, 全樹種について植栽密度と成長量の間に一定の傾向が認められず, いまだ種内競争には至っていないものと判断される。なお, 6×6 m (277 本/ha) の植栽密度については, スンカイ程度の高い生存率をもってしても収穫時に十分な成立本数が得られる見込みが薄く, 実用的ではないと考えられる。また, 1.5×1.5 m の植栽密度については, 試験設計時に期待されていた早期うっ閉による下刈節減効果はないものと判断される。

(2) 樹種選定試験

この試験では, チクスに 28 樹種, ビカムに 6 樹種を植栽したが, 4 樹種が重複しているので, 延べ 30 樹種となる (表 1)。

チクスの 28 樹種の中では, フサマメノキ (*Parkia javanica*), セセンドック (*Endospermum diadenu*), インドシタン (*Pterocarpus indicus*), ケランパヤン (*Neolamarkia cadamba*), メランティテマックニピス (*Shorea roxburghii*) の 5 種が各サイトで 18 ヶ月目平均樹高の上位を占める (表 6)。サイト間の比較では, 全体的傾向として樹高・直径成長, 生存率の全てで C2>D>C1 となっており, C2 の成績が良好である。上位 5 種の C2 での 18 ヶ月目の (平均樹高, 最大樹高) は前掲の順に, (377 cm, 620 cm), (359 cm, 741 cm), (302 cm, 670 cm), (266 cm, 415 cm), (263 cm, 435 cm) となっている。これらの中では, メランティテマックニピスは, 全てのサイトで 92~96% の生存率を誇り, 開放地にも安心して植栽できる樹種と思われる。インドシタンは, 成長に優れ生存率も良いが, 枝の分岐が激しく樹形の上からは用材生産には向いていない。ケランパヤンも成長良好であるが, カメムシ類による虫害を受けやすく, 防除対策が必要である。

表 6 Chikus 樹種選定試験 18 ヶ月目平均樹高, 平均根元径, 生存率

No	樹種	C1			C2			D		
		H (cm)	CD (mm)	SR (%)	H (cm)	CD (mm)	SR (%)	H (cm)	CD (mm)	SR (%)
1	<i>Dryobalanops aromatica</i>	125	13	25	200	19	59	170	14	59
2	<i>Shorea macroptera</i>	74	9	9	118	12	14	98	13	25
3	<i>Parashorea stellata</i>	61	8	15	78	9	55	79	10	45
4	<i>Koompassia malaccensis</i>	92	9	53	156	13	59	95	10	31
5	<i>Heritiera javanica</i>	82	13	56	132	17	69	82	14	63
6	<i>Sterculia macrophylla</i>	71	14	60	117	20	92	67	13	55
7	<i>Pentaspadon motleyi</i>	133	15	26	201	19	61	138	14	59
8	<i>Pterocarpus indicus</i>	247	30	81	302	37	94	291	32	88
9	<i>Aquilaria malaccensis</i>	100	13	54	128	18	71	97	15	41
10	<i>Dipterocarpus oblongifolius</i>	96	13	48	170	20	65	143	18	69
11	<i>Shorea roxburghii</i>	173	31	95	263	42	92	194	33	96
12	<i>Endospermum diadenum</i>	168	25	52	359	45	73	276	39	59
13	<i>Alstonia angustiloba</i>	147	37	87	260	62	90	157	27	76
14	<i>Azadirachta excelsa</i>	83	10	55	256	31	80	167	19	69
15	<i>Pometia pinnata</i>	66	12	62	149	24	90	70	11	57
16	<i>Dryobalanops oblongifolia</i>	144	22	56	178	27	61	187	25	63
17	<i>Artocarpus lanceifolius</i>	81	12	49	176	25	71	205	27	49
18	<i>Neolamarkia cadamba</i>	151	26	52	266	44	29	230	37	20
19	<i>Polyalthia jenkinsii</i>	37	7	24	50	8	25	38	8	14
20	<i>Shorea leprosula</i>	110	15	19	175	25	39	115	14	24
21	<i>Palaquium gutta</i>	67	9	25	116	10	41	66	8	35
22	<i>Knema furfuracea</i>	38	7	25	53	10	51	27	8	8
23	<i>Elateriospermum tapos</i>	86	9	32	138	13	51	72	10	22
24	<i>Artocarpus rigidus</i>	112	22	64	159	27	80	203	39	67
25	<i>Dillenia reticulata</i>	118	21	56	157	26	71	157	27	69
26	<i>Parkia javanica</i>	169	23	59	377	46	71	227	27	75
27	<i>Sindora echinocalyx</i>	86	11	53	101	13	57	79	10	51
28	<i>Calophyllum ferrugineum</i>	95	9	5	80	8	29	64	8	10
試験地平均		108	16	46	176	22	62	136	19	50

注) 1. H: 平均樹高, CD: 平均根元径, SR: 生存率
 2. 樹高の太字は, 各サイトにおける上位 5 種を示す。

ビカムでの樹種選定試験は, 施業試験でも用いたクンバンスマンコ, メラントイブキットに, チクス樹種選定試験でも植栽されたカプール (*Dryobalanops aromatica*), メラントイ (*Shorea macroptera*), グルトゥグルトゥ (*Parashorea stellata*), ケンバス (*Koompassia malaccensis*) を加えた比較的被陰を好む 6 樹種である。植栽後 18 ヶ月では, カプールが成長量, 生存率ともに良好で, グルトゥグルトゥ, クンバンスマンコは, 生存率は高いが成長が遅く, 残

りの3種は比較的成長はよいが、生存率が低いという傾向が見られる。現在のところ現地で目を引くものは、カプールとメランティブキットである。

4. 成果の限界とプロジェクトの今後

本プロジェクトは実証調査としては2002年10月に終了し、試験樹種の樹種特性、造林経営試算、民間造林の実態、造林木の市場性等に関する4種の報告書が成果として公表されている。ただし、実質の試験期間が1年半～2年間と短いため、プロジェクト期間中では試験樹種の初期成長特性を観察記録するにとどまり、いくつかの優良早生樹種候補と造林上の留意点などを挙げることはできるが、信頼度の高い収穫量、収穫時期の予測を行うには至っていない。民間造林を推進するための技術的支援としては、優良早生樹種を選定してその造林マニュアルや経営モデルを提供することが重要であるが、時間的制約により十分なものにならないのは残念である。幸い、マレーシア政府が試験の継続に意欲的であり、JICAからもシニアボランティアの配属と研究支援費の支給がなされているので、少なくとも当分の間は試験調査が継続される見込みである。

〔参考文献〕 1) 榎森啓三 (2002) マレーシア熱帯早生郷土樹種造林技術現地実証調査. 農林業協力専門家通信 Vol. 22, No. 6 : 35～49. 2) Honma T. *et al.*, (2002) Growth performance of fast-growing tree species at Chikus and Bikam Forest Reserve. プロジェクトワークショップ記録. 3) Fujihira Y. *et al.*, (2002) Silviculture techniques for the establishment of four potential forest plantation species. プロジェクトワークショップ記録. 4) Integrated report, Small scale fast-growing forest plantation project (2002), JICA (印刷中)