

マレーシア国
「熱帯早生郷土樹種造林技術現地実証調査」
開発計画調査報告書

1999年8月

国際協力事業団

目 次

写 真

序 章	1
1 .調査の目的	1
2 .調査の実施	1
3 .調査期間	1
第1章 地域の概要	3
第2章 事業計画の概要	4
2 - 1 計画の基本方針	4
2 - 2 試験林の分類.....	4
2 - 3 計画地の概況.....	7
第3章 事業計画の内容	12
3 - 1 試験内容	12
3 - 1 - 1 樹種選定	12
3 - 1 - 2 樹種選定林	13
3 - 1 - 3 施業試験林	14
3 - 1 - 4 育林観察林	14
3 - 2 試験地設定	14
3 - 2 - 1 チクス地区	15
3 - 2 - 2 タパ地区	20
3 - 2 - 3 ビカム地区	24
3 - 2 - 4 ペラフルーツ農場	25
3 - 3 年次計画	26
3 - 3 - 1 全体スケジュール	26
3 - 3 - 2 事業量	28
(1) 植栽面積	28
(2) 苗木本数	28

(3) 年次別保育	28
(4) 年次別道路開設・補修	29
(5) データ収集	30
(6) その他	30
3 - 4 事業費	31
第4章 その他	33

付属資料

樹種選定参考資料	37
表 - 1(1) 気象データ(気温)1～6月	48
表 - 1(1) 気象データ(気温)7～12月	49
表 - 1(2) 気象データ(降雨量).....	50
表 - 2 チクス地区外縁道路測量表	51
表 - 3 タパ地区外縁道路測量表	52
表 - 4(1) 地区別事業費(タパ地区).....	53
表 - 4(2) 地区別事業費(チクス地区)	54
表 - 4(3) 地区別事業費(ピカム地区)	55
表 - 4(4) 地区別事業費(ペラフルーツ農場)	56
図 - 1(1) チクス地区断面線の位置	57
図 - 1(2) 断面図(A - A'線)	58
図 - 1(3) 断面図(B - B'線)	59
図 - 1(4) 断面図(C - C'線)	60
図 - 2 チクス地区試験ユニット配置図	61
図 - 3 チクス地区樹種選定林プロット配置図	62
図 - 4 チクス地区試験ユニット測設図	63
図 - 5 チクス地区試験ユニット杭番号	64
図 - 6 道路配置図	65
図 - 7 道路標準図	66
図 - 8 150m 地点暗渠工	67
図 - 9 150m 地点護岸工	68
図 - 10 240m 地点暗渠工	68
図 - 11 浸食防止工	69

図 - 12	チクス地区外縁道路測設図	70
図 - 13	水路工	71
図 - 14	タパ地区外縁道路図	73
図 - 15	タパ地区場内道路図	74
図 - 16	タパ地区プロット図	75
図 - 17	タパ地区プロット測設図	76
図 - 18	タパ地区試験ユニット杭番号	77
図 - 19	ピカム地区試験ユニット配置図	78
図 - 20	ペラフルーツ農場試験地位置図	79
樹木写真	80

序 章

1 .調査の目的

近年、熱帯林の急激な減少が進み、地球環境に対する関心が急速に高まるなかで、木材生産国及び木材消費国の双方にとって、「持続的な森林経営」に向けた最近の国際的な動きは、極めて重要なものとなっており、林業関連企業は、これらへの緊急の対応を迫られている。

これまでにユーカリ、アカシア等の外来早生樹種については、造林技術も確立されており、伐期が短いことから造林実績も上がってきている。しかし、合板等の表材に使われるような高品質材については、いまだに天然林がほとんどを占めており、「持続的な森林経営」の実現が極めて困難な状況にある。

このため、本実証調査は、長伐期の高品質材の代用として、これまで造林実績の少ない熱帯早生樹種のうち、利用可能な樹種についての育苗・造林技術を開発・実証することで本邦企業の緊急の課題に応えるものである。

1999年2月～3月に派遣された基礎二次調査において、プロジェクトサイトの概定並びに実施計画(案)の作成が行われたが、これらに基づき、今回の開発計画調査では、今後、本現地実証調査の開始に向けて、実施計画の詳細等を策定することを目的としている。

2 .調査の実施

調査は、造林事業計画と早生郷土樹種開発の2分野に分けて行った。それぞれの分野の担当は次のとおりである。

- | | | |
|-------------|------------------------|------|
| (1)造林事業計画 | ： 社団法人日本林業技術協会国際事業部課長 | 西尾秋祝 |
| (2)早生郷土樹種開発 | ： 社団法人海外林業コンサルタント協会研究員 | 山下昌一 |

3 .調査期間

現地調査は、1999年6月14日～7月25日の42日間である。現地調査期間中の調査行程は、次表のとおりである。

調査行程

日順	月日	曜日	天気	行程	宿舎先
1	6月14日	月	晴れ	東京 → JL723 → クアラルンプール → MH1630 → イポー	イポー
2	6月15日	火	晴れ	第1回目専門家との打合せ	イポー
3	6月16日	水	晴れ	ビカム、タバ両地区踏査	ビドール
4	6月17日	木	晴れ	チクス地区踏査 第2回目専門家との打合せ	ビドール
5	6月18日	金	晴れ	バドガジャ、キンタ地区踏査	イポー
6	6月19日	土	晴れ	専門家事務所にて資料収集、測量機材準備	ビドール
7	6月20日	日	晴れ	重要樹種採集	ビドール
8	6月21日	月	晴れ	タバ営林署資料収集 午後第3回目専門家との打合せ	ビドール
9	6月22日	火	晴れ	タバ地区調査 午後イポーへ移動 専門家とC/P会議に出席	イポー
10	6月23日	水	晴れ	午前ビドールへ移動 図面作成、林道計画	ビドール
11	6月24日	木	晴れ	チクス地区調査	ビドール
12	6月25日	金	晴れ	チクス地区調査	ビドール
13	6月26日	土	晴れ	測量杭準備	ビドール
14	6月27日	日	晴れ	チクス地区計画作成	ビドール
15	6月28日	月	晴れ	タバ地区測量	ビドール
16	6月29日	火	晴れ	タバ地区測量	ビドール
17	6月30日	水	晴れ	ビカム地区測量	ビドール
18	7月1日	木	晴れ	ビカム地区測量 午後第4回目専門家との打合せ	ビドール
19	7月2日	金	晴れ	チクス測量	ビドール
20	7月3日	土	晴れ	内業、図面作成	ビドール
21	7月4日	日	晴れ	休み	ビドール
22	7月5日	月	晴れ	チクス地区測量 植物調査	ビドール
23	7月6日	火	晴れ	ペラフルーツ調査	ビドール
24	7月7日	水	雨	タバ林道調査 植物調査	ビドール
25	7月8日	木	晴れ	チクス林道設計 植物調査	ビドール
26	7月9日	金	晴れ	ペラフルーツ調査	イポー
27	7月10日	土	晴れ	内業、図面作成	イポー
28	7月11日	日	晴れ	午前ビドールへ移動 内業、図面作成	ビドール
29	7月12日	月	晴れ	内業、図面作成	ビドール
30	7月13日	火	晴れ	チクス検証調査 苗木生産業者聞き取り調査	ビドール
31	7月14日	水	晴れ	タバ検証調査 苗木生産業者聞き取り調査	ビドール
32	7月15日	木	晴れ	チクス補完調査 午後第5回目専門家との打合せ	ビドール
33	7月16日	金	晴れ	ビカム補完調査 マレーシア林業試験場情報収集	ビドール
34	7月17日	土	晴れ	内業、図面作成	ビドール
35	7月18日	日	晴れ	内業、図面作成	ビドール
36	7月19日	月	晴れ	内業、図面作成	イポー
37	7月20日	火	晴れ	ビカム検証調査	ビドール
38	7月21日	水	晴れ	内業、図面作成	ビドール
39	7月22日	木	晴れ	イポー → クアラルンプール	クアラルンプール
40	7月23日	金	晴れ	JICA事務所挨拶	クアラルンプール
41	7月24日	土	晴れ	クアラルンプール → JL724	機内泊
42	7月25日	日	晴れ	→ 東京	

第1章 地域の概要

半島マレーシアは、ほぼ北緯1～7°の範囲にわたり広がっている。気温は、1年を通じて高く、21～32の範囲にあり、月平均気温は、26～28である。気温がほぼ1年を通じて一定している反面、年較差よりも日較差の方が大きい。年降水量は、首都のクアラルンプールで1,800～2,300mm程度であるが、最も降水量の多い地域では6,000mmに達する。

これは、同半島が低緯度地域にあって、インド洋と南シナ海に挟まれているために、アジア季節風の影響を受けて一様に高温多湿で降水量の多い海洋性熱帯降雨林気候となっているためである。すなわち、10～2月が北東モンスーン期で、南シナ海上を渡って吹く季節風が、中央山脈にぶつかり、特に東海岸地方に多量の雨を降らす。また、6～9月は南西モンスーン期で、インド洋から対岸のスマトラ島を越して季節風が吹き上げる。この時期は概して雨量が少なく、特に東海岸地方は好天気が続く。

この2つのモンスーン期の境が微風期で通常最も高温多湿であり前線性の低気圧が多発し、局地的に大雨を降らす場合がある。

地形的には、タイから連なる山脈が南北に走り、標高2,000m程度の山々が連なっている。最高峰はこの山脈から離れた山塊にあるタハン山で標高2,187mである。

中央山岳地帯が東西の分水嶺を形づくり、東西海岸に向けた河川は数多く、水量も豊富であるが、いずれも流路は短く、最長のパハン川で320kmである。

植物相は、マレー半島のクラ地峡付近が1つの境界となっており、そこを南限とする植物が200属、北限とするものが375属となっている。半島マレーシアにはシンガポールを含め、1,500属、7,900種という多くの植物が生育しており、そのうち木本植物は、99科、510属、2,650種と高い種の多様性を示している。

植生は、熱帯低地多雨林が最も多く、半島マレーシアの40%を占めている。このほかに熱帯山地多雨林、低湿地林、マングローブ林、面積は少ないが北西部には多少季節性をもった熱帯半常緑林(モンスーン林)が分布している。また、山地の標高が低いため、熱帯亜高山林や森林限界以上の低木林、草原などは分布していない。

第2章 事業計画の概要

2 - 1 計画の基本方針

事業計画の基本的姿勢として、いかにデータを正確にとることができるか、を試験地の設定の第一とした。このため、火災等の事故によって試験地が消失した場合に備えるとともに、立地環境による生長の違いによるデータのバイアスを補正する意味で、本事業では同じ試験の3回繰り返しを行う。試験プロットはランダムに配置する。

次に、維持管理が容易な試験地であることが求められるため、試験地には見回りできる路網を整備する。

施業試験結果に明確な有意差が分かって、早生樹種の造林手法の方向性を明らかにするために、施業試験の条件には大きな差を付ける。例えば、植栽密度に関する試験では、疎、中、密の3タイプとし、その密度差を大きくする。保育に関する試験では、高コスト、中コスト、低コストの3タイプに大きな差を付け、試験結果に明白な違いが生じるよう工夫する。

試験プロットが多数に及ぶため、プロット設置が簡便となるよう、配置に工夫する。

この事業の成果は、将来日本の進出企業にとって重要なデータとなるため、見学者に理解しやすい試験地とする必要がある。例えば、試験地内の看板の設置、記念植樹の場所、PR効果も検討する。

2 - 2 試験林の分類

試験林の設定について、基礎二次調査団の報告書では、展示林、モデル施業林、育林観察林と3つに分類していたが、今回、試験地のイメージをよりつかみやすいように、樹種選定林、施業試験林、育林観察林と名称を変更した。

試験林の分類	樹種選定林(旧 展示林)	30種の早生郷土樹種を植栽し、生長過程を調査する。
	施業試験林(旧 モデル施業林)	9つの施業方法による比較で、効率の良い植林手法を調査する。
	育林観察林	収穫時期の樹形を見るのが目的
	地区：ブキットキンタ	

(1) 樹種選定林

樹種選定林は、郷土早生樹を30種程度植栽し、その生長過程を把握することを目的としている。

基礎二次調査団の報告書にもあるように、早生樹の分類を、

- ・短伐期樹種：植栽後5年程度で伐採、利用できる樹種
- ・中伐期樹種：植栽後5～20年程度で伐採、利用できる樹種
- ・長伐期樹種：植栽後30年以上で伐採、利用できるのにかなりの年月を必要とする樹種

としているが、ここでは、15～20年で伐採することを念頭に、年平均15mm以上の肥大生長する樹種を選定する。

熱帯地域の多数樹種による人工造林のデータは、ギャップへのエンリッチメントプランティング(樹間植栽)の情報は多いが、皆伐人工林のデータは比較的少ない傾向がある。したがって、ここで得られるデータは、熱帯造林における貴重なデータになる。

(2) 施業試験林

マレーシアでは木材生産の大部分を天然林に依存しているため、人工造林についてのデータは、これまであまり重要視されてこなかった経緯がある。しかしITTOの2000年目標に向けて、今後も木材生産を続けていくのであれば、天然林からのみではなく、人工林からの木材生産も不可避である。

施業の理想としては、造林木が手間をかけずに生育してくれることが一番望ましいが、現実にはそのようなことは難しい。そこで、施業試験林を設定し、適正な密度管理及び施業方法の違いによる樹種の生育状況の把握及び育林コストを比較し適正施業手法の確立に資するものとする。

施業は、次のとおり3つに分けて検討する。

- 1) 樹種による違い
- 2) 植栽密度による違い
- 3) 保育の違い

樹種による違いとしては、樹種選定林で候補にあがった樹種から、生存率が高い、材質が良い、生長が早い、を判定基準として3種類選定する。

植栽密度としては、ha当たり、250本、1,000本、4,000本程度の3種の密度で植栽する。すなわち中間の1,000本に対して4分の1の密度と4倍の密度において調査する。植栽密度の違いにより、下草・ツルの発生状況、樹木の肥大効果がどのように反映されるかのデータを収集する。熱帯における植栽密度は、熱帯特有の自然条件による草本類の繁茂に対し、いかに対処するかが重要であり、下草刈りの回数に大きな影響を与える。林冠が閉鎖することによ

て、下草は自然消滅していくが、一般的に、密植であれば、早く閉鎖するため、下刈りコストがかからない反面、苗木費用がかかる。一方、疎植の場合、苗木コストがかからない反面、下刈り費用がかかりすぎる。

保育は、造林地の林分が閉鎖される前まで行われる下草刈り、ツル切りと、閉鎖後に行われる除伐、間伐の2つに大別される。高温多湿の熱帯では、草本類が繁茂しやすく、植栽木は、植栽直後から草本類との競合が始まる。雑草類の多くは、耐陰性が無く、林冠が閉鎖するころには消滅する。通常の場合、植栽木が下草の丈より十分に高くなり競合に耐えるようになるまで繰り返し下刈りすることになる。一方、ツル切りについては植栽木の樹高にかかわらず必要に応じて行う必要がある。

保育は、保育集約度を高、中、低の3タイプとし、コストと効果の比較を行う。結果的にコストの多少によって森林の生育に違いが出てくるのか、あるいはコストと関係なく成林するのかについて検討する。

以上の施業試験は、1樹種当たりについて見ると、植栽密度が3種類、保育タイプが3種類であるため表2-1のとおり9通りの組み合わせで試験を行うこととなる。よって、3樹種では27タイプの施業試験となる。さらに、データのバイアスを補正するために、この組み合わせを3回繰り返す。

表2-1 1樹種当たりの施業方法区分

		保育集約度		
		高（下刈り）	低（除草剤利用）	無し（放置）
植栽密度	疎（250本/ha）	施業試験タイプ1	施業試験タイプ2	施業試験タイプ3
	中（1,000本/ha）	施業試験タイプ4	施業試験タイプ5	施業試験タイプ6
	密（4,000本/ha）	施業試験タイプ7	施業試験タイプ8	施業試験タイプ9

(3) 育林観察林

本事業は期間が短いですが、この間に造林初期の管理方法についてのある程度の方向性は見いだせる。しかし、最終的な結果を得るに至っては、少なくとも20年かかる。すなわち植林投融资者は2020年まで待つことになる。したがって、このことを解決し、将来像を認識してもらうために既存の植林の状況を見てもらう必要がある。このためには、本事業の近隣地域の植林の成果を見てもらうことが重要である。

以上の事由から、既に植林されている天然林内におけるラインプランティング及びエンリッチメントプランティングの生長記録を追跡調査するものである。このデータは施業試験林で得られる一斉造林のデータとの比較のためにも使う。

2 - 3 計画地の概況

計画地最寄りの気象観測所のあるタパにおける 1968 ~ 1992 年までの 24 年間にわたる気象データ (The Multi-Storied Forest Management Project in Peninsular Malaysia-Interim Report-June 1994 より引用) によれば、月平均気温及び月平均降水量は表 2 - 2 のとおりである。

表 2 - 2 月平均気温及び月平均降水量

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温	26.8	27.3	27.7	28.0	28.0	27.9	27.5	27.5	27.4	27.4	27.1	26.9
平均降水量	230.7	277.1	298.6	332.5	325.4	190.3	194.9	185.3	267.6	346.0	378.4	282.7

上表を基に作成した気候図型は、図 2 - 1 に示すとおりである。

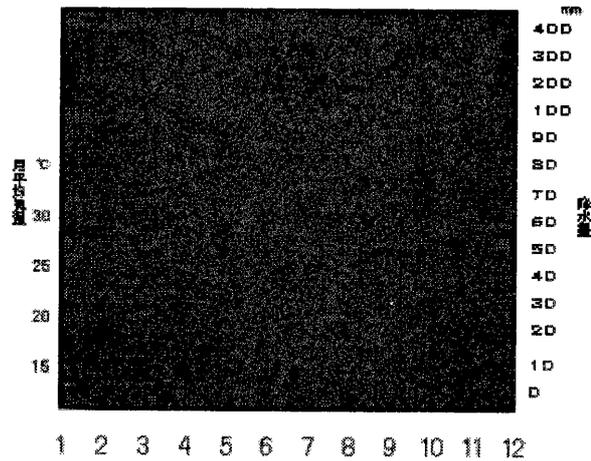


図 2 - 1 気候図型(タパ)

これによると、この地域は、6、7、8月の3か月間降雨量が平均的には減少することが分かる。これは、インド洋からの季節風の影響によるものであるが、24年間のデータ(付属資料表 - 1 参照)を見る限り、年ごとのバラツキも大きい。

この地域の土地利用を見ると、土地の大部分が錫の採掘場として利用されてきた。錫を産出しなかった地域で地力の良い所は、ゴム園、オイルパーム園として使われ、その利用対象でなかった所が、結果的に森林として残った。しかし、現在でも森林を大規模農場に変換している状況が見られる。

(1) チクス地区

本地区は、現行の複層林施業プロジェクトの実行地に隣接する二次林、灌木地、草地等になっており、イポー市から南約 60km に位置するビドール市街の西方約 5km から始まるチクス州有林の団地の東半分にあたる。地形は基岩を古生代オールドヴィス紀からシルリア紀の堆積岩とする準平地帯で、海拔高が 20 ~ 40m のほとんど平坦地であって、これに浅い河谷が刻まれている。

この州有林の周辺は錫の採鉱跡の裸地、ゴムやオイルパームのプランテーション、採鉱跡の池で、アヒルの養殖場等となっている。なお、この錫採鉱跡の一部はマレイシア林業試験場 (Forest Research Institute Malaysia: FRIM) の所有で、採鉱跡の植林用試験地となっている。この地区の土壌は、FAO/UNESCO の土壌分類ではアクリルソルスで、礫の無い深い土層であるが、熱帯土壌としては粘土集積の少ない砂質壤土である。

本計画地は、現行のプロジェクトが行われているサイトの北側に位置している。8 年前に 1 度天然林を伐採し、*Acacia mangium* を植栽する予定であったが、伐開・地拵えまで行いながら、放置された地である。その伐採前の 1989 年の航空写真を見ると、現在の植生状態と似ている。計画地の東側半分には森林が、西側には草地が広がっている。

現在、東側半分は、マハンを筆頭に多数のパイオニア樹種が樹高 10 ~ 12m、胸高直径 15 ~ 20cm に達した二次林を形成している。また、西側半分は、樹高 2 ~ 3m の灌木と草地で構成されており、地表が露出している箇所も見られる。付属資料図 - 1(1) に示した断面線に沿って、チクス地区の地形及び植生状況を模式的に表示すると付属資料図 - 1(2)、(3)、(4) のとおりである。既設の林道は、シダ類で覆われており、長期間放置されていたことが分かる。

この対象地内には、数多くの野鳥が見られ、また、イノシシ、サル等の哺乳類も生息している。

(2) タバ地区

本地区はビドール市街の北東方向約 7.5km の地点にあり、マレー半島の脊梁山脈が平野に移行する境界付近で海拔高が 200m 前後の低山地である。この林班総面積は 180ha である。22 ~ 30 年前に択伐された地域であるが、本事業の対象地として使用しうるものは、この林班のうち 3 年前に実行された *Tectona grandis* (チーク) の植栽地及び *Hopea odorata* の植林地の 4ha 程度が含まれている。このチークの植栽地は不成績造林となっている。

この地域は地質的には、脊梁山脈を形成する酸性貫入岩 (花崗岩) を基岩としている。土壌はアクリソルスのタイプで、礫の無い深い土層の砂壤土であり、粘土質を含んでいる。傾斜は 5 ~ 12° 前後で全体的には南向き斜面である。

対象地は、民地と接する所で、民地側はパイアヤやグアバ等の果樹やオイルパームのプラ

ンテーションになっている。

現在、ここには、上述のとおり、*Hopea odorata*、チークが植栽されており、植栽から3年ほど経過している。チークについては、この地域が雨期と乾期が不明瞭なためか、あまり生長が良好とはいえず、樹形も不良である。また、土壌も、粘土質であり、決して土壌条件は、良好とはいえない。

対象地の周辺は天然林が広がっている。天然林の中には、*Hopea odorata*をはじめ数種類の樹種にする列状植栽が行われている。二次林と草地を併せて対象地とした場合、土壌条件の違いが大きいため、正確なデータが得られない可能性があるということで、現在草地になっている箇所を試験対象地として取り上げた。また、日本企業が進出してきた場合、どのような土地が提供されるかを考えると、土壌条件の悪い放置された土地になる可能性が高い。なぜなら、既に条件の良い土地は、ゴム、オイルパームに使われており、利用可能な土地は、土壌条件が悪い利用されていない所となる可能性が高いからである。

これを踏まえたうえで行った周囲測量の結果、草地が3.8haしかなく、面積が足りないため、植栽密度の試験は行わず、保育の違いによる試験を行う。

(3)ピカム地区

本地区はピドール市街の南南西約15km(ピカム市街の南西約8km、スンカイ市街の西約6km)にある南北に細長い孤立した州有林の小団地である。東側にある海拔230m余りの残丘状になっている丘陵の山麓(緩傾斜地)から平地にかけて所在する。基岩は古生代デボン紀の堆積岩であるが、チクス地区同様土層は深い。一部は湿地となっている。

この州有林は、30～33年前に胸高直径65cm以上の有用樹が択伐された所で、その後一部には今から7～8年前に籐(ラタン)が、2年前にはドリアンや*Hopea sp.*等がラインプランティングされた。しかし全体的には30年余りの間に残存有用木の50cm以上に肥大したセセンドック等をはじめ、有用早生樹の胸高直径20cmを超えるものが密生している林相である。

現在、ここは、低地天然林として、幅約900m、長さ約6kmと南北に細長い形で、周囲にオイルパーム畑に取り囲まれるように存在している。CT.Kuning(標高230m)の西側に位置し、山裾の平坦地に位置している。

かつて、何度も伐採が行われており、至る所に林道の跡がうかがえる。また、湿地が存在しているが、空中写真の判読からは見分けることが難しい。この場合、湿地の中にも木が生えており、乾燥した日が続くと水位が減り、スンカイのように例え季節的に冠水しても生長の良い樹種が入り込んでいるからだと思われる。

この地域は、大型哺乳動物が生息しており、かつて、周囲にあるオイルパーム畑を開く際、野生の象を移動させた経緯をもつ。現在でも、サル、イノシシが生息しており、また、トラも

生息しているという営林署職員からの情報もある。この地域で唯一残っている天然林であり、野生生物にとっても非常に貴重な箇所となっている。

測量した目印及び進行方向に向けてビニールテープを木に巻いていたが、わずか3日後に現地を訪れると、無惨にも千切られており、歯形なども残っているところから想像するとサルにいたずらされた模様である。したがって、ここでの調査を行う際には、サルのいたずらがあることを前提に杭や表示版などは堅固なものを設置するよう気を付けるべきである。

(4) ペラフルーツ農場

本地区は、ビドールの南方にあるスンカイ町の市街から南西約5kmの所にある州有地で、現在本邦法人の参加するペラフルーツ会社が果樹栽培に使用している。しかし、一部は伐開されたまま草地、灌木地あるいは主にマカランガ(Malotus spp.)の二次林になっている。なおこの地は前記(3)のピカム州有林とは残丘状の丘陵(標高230m余り)を隔てて反対側に位置している。

ペラフルーツ会社は、ここに約400ha農地(二次林も含む)を所有している。現地の状況は、1990年に全面伐開した後、マンゴスチンを全面に植栽した。しかし、成木したものは少なく、現在は、5%も残っていない状況である。マンゴスチンの生育不良地に、ドリアン、ジャックフルーツ、バナナ、芝を生産しているが、農場の半分近くは放棄されている様子である。今後はケナフも栽培する予定と聞いている。

この一角に傾斜8%程度の傾斜地があり、タパ24林班で試験できない部分を補うには十分な面積がある。立地的には、管理棟に近接しており今後の保育管理に便利な環境である。ここでの保育の除草作業は薬剤利用によるものとし、3種の植栽密度の試験を行う。

この土地自体は、州政府所有の州有地であるが、定期借地権があり、99年間は使えることとなっている。また、ペラフルーツ側も、この試験林を管理するとのことであるので、大きな問題は生じないと考えられる。また、ペラフルーツは、日本資本の現地法人(出資比率ペラ社側51%でペラ州農業開発公社との合弁企業である)であるため、今後、投融資案件につながる可能性がある。

以上、4か所の試験地の位置は、図2-2に示すとおりである。

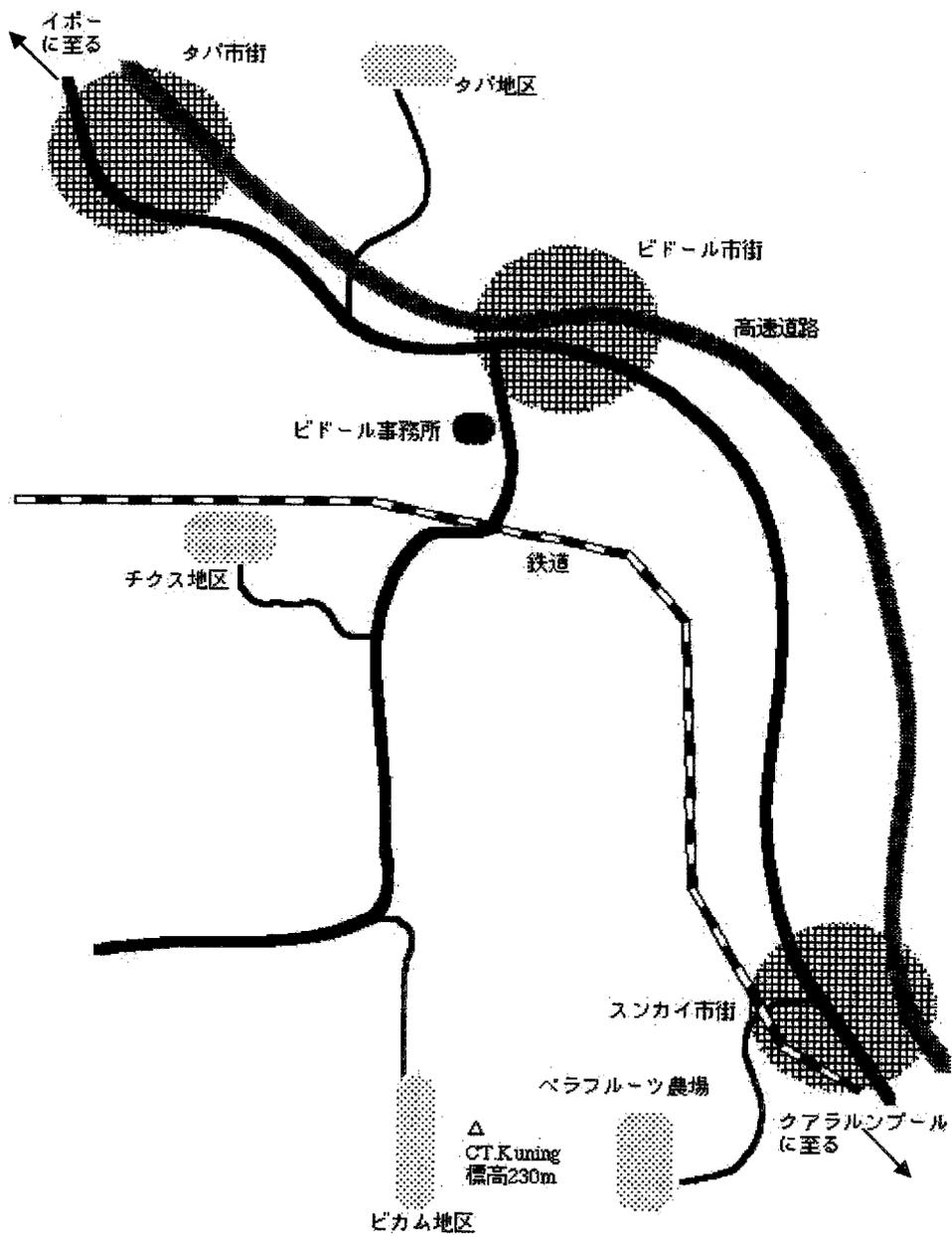


図 2 - 2 試験地の位置

第3章 事業計画の内容

3 - 1 試験内容

本実証調査の目的がマレーシアにおける早生郷土樹種の造林技術の確立に資するものであることは、前述のとおりである。この目的のために、樹種選定林、施業試験林、育林観察林の3種の試験林設定を計画した。

3 - 1 - 1 樹種選定

造林を行う目的は、用途に沿った樹種を植えることである。熱帯を中心に行われている産業植林の多くは、急増している紙需要に応えるようにユーカリをはじめとするパルプ用樹種が造林され、特に近年は、この種の事業が進んでいる。

一方、高級家具や内装材、合板の表面化粧板等、製品の多くは、天然林に依存しているのが現状である。このまま、造林を行わずに天然林から伐採を続けていけば、今後増えてくる木材需要を支えなくなる可能性が大きい。このため、木材製品の生産を目的とし、長伐期施業ではなく、15～20年で、年平均肥大成長1.5cm以上、胸高直径30cm以上に達する樹種を選ぶこととする。マレーシアにおける早生樹種の植林といえば、アカシヤマンギュームであるが、アカシヤマンギュームに生長が勝るとも劣らない樹種を選び、試験を行う。

郷土樹種の導入については、植林事業自体、他の産業と比べ、時間のかかる産業であり、自然環境下で収穫を待つのが特徴である。このため、外来樹種の導入は病虫害をはじめとする予測できないことが多く、そのためのリスクもあり、またその成果を知るには数十年が必要になる。

一方、郷土樹種の場合、その地域に根ざした樹種であるため、病虫害等のリスクへの心配は、外来樹種を導入する場合に比べ低い。

候補樹種は、チクス及びブキットキンタの両サイドを中心に郷土樹種のなかから、生長の良いものを最初にリストアップした。植栽樹種の項補としては、表3 - 1に示す30種である。この表には、FRIMの研究者による用材としての質の評価についての聞き取り調査結果を付記した。

なお、樹種の現地名は必ずしも学名と一対となって対応するわけではない。厳密な分類学的な意味での種は違っていても、同様の環境で生育し、同等な材質、同等な利用ができるものは1つの現地名で呼ばれる場合が多い。現場でも専ら現地名で樹種を呼ぶのが一般的であるため、この表ではあえて学名あるいは属名は割愛した。

表3 - 1 候補樹種一覧

	現地名	日本名	FRIM研究者の評価
1	Bintangor	ビタンゴール	C
2	Jelutong	ジェルトン	B
3	Kasai	カサイ、タウン、マトア	C
4	Kedondong	ケドンドン	C
5	Kelempayan	カランパヤン	D
6	Kembang semangkok jantung	ケンバン セマンコック	B
7	Keruing gondol	クルイン ゴンドル	C
8	Mempisang	メンピサン	B
9	Mengkulang	メンクラン	C
10	Meranti kepong	メランティ ケボン	C
11	Meranti temak nipis	メランティ テマック	A
12	Meranti tembaga	メランティ テンバーガ	B
13	Kangsar	カンサー	C
14	Nyatoh	ニヤトー	A
15	Pelong licin	ペロン リチン	C
16	Penarahan	プナラハン	C
17	Perah	ペラック	D
18	Pulai	プライ	D
19	Sentang	センタン	D
20	Sesendok	セセンドック	B
21	Simpoh	シンポー	C
22	Sungkai	スンカイ	A
23	Surian	スリアン	B
24	Terap nasi	タラップ	D
25	Tinjau Belukar	ティンジャー ブルカータ	C
26	Keledang	ケレダン	B
27	Keladan	ケラダン	A
28	Meranti melantai	メランティ メランタイ	C
29	Kelompang	ケロンパン	C
30	Gold coast mahogany	アフリカンマホガニー	C

注)FRIM 研究者の評価は、高級家具材あるいは内装材としての利用価値が高いかどうかの判断基準であり、高い方から A、B、C、D の 4 段階評価である。

3 - 1 - 2 樹種選定林

樹種選定林は、将来の早生郷土樹種の造林に適した樹種を選定するために、樹高、胸高直径等の生長度合い及び樹形を観察するための試験林である。樹種選定林を長期にわたって観察することにより、当該地区で造林樹種として最適なものを選定するための試験である。

樹種選定林は、施業試験林に先立って実行されることが望まれるが、今回は時間的な制約のなかで行わざるを得ないことから、施業試験林と併行して造林することとする。

樹種選定林は、チクス地区とピカム地区に計画した。チクス地区では、前項の表3 - 1 であげた 30 種の全樹種について植栽する。ピカム地区ではこの表のなかから 6 種を選定し植栽する。両地区共に 3 回の繰り返しで行うため、それぞれの樹種を 3 か所に分けて植栽する。

3 - 1 - 3 施業試験林

施業試験林は、植栽密度、保育の違いによる生長の違い、効率及び費用の違いを検討するためのデータを収集することを目的とするものである。そのデータ分析の結果は、将来の熱帯郷土早生樹の造林事業に資するものとなる。

施業試験林は、チクス地区、タパ地区及びペラフルーツ農場の3試験地に計画した。表3 - 1 であげた30種の樹種のなかから、3試験地それぞれに同じ3樹種を植栽する。このことは、同一樹種でも立地環境により生長の違いが現れることが期待され、試験データ分析に有益である。

3 - 1 - 4 育林観察林

育林観察林は、既存の人工林において今後の生長を観察するものである。この育林観察林においては、今回の実証調査スキームのなかでは新たな試験地の設定は行わず、データ収集あるいは間伐などの施業のみとする。育林観察林は、チクスA地区、チクスB地区及びブキットキント地区の3地区とした。

これらの試験地では、これまでに造林技術マニュアルのためにデータ収集及び分析が行われてきたが、今後も調査を継続し、造林技術の充実に資するものとする。

チクスA地区、チクスB地区では、これまでに植栽された樹木はかなりの樹高に生長してきており、近い将来間伐の必要性もある。このため、間伐試験の対象としても有用な森林となっている。また、ブキットキント地区ではこれまでの実証試験で天然林内でのギャップにおける人工植栽木の生長が調査されており、今後も調査を継続しデータ収集及び分析を行う。

3 - 2 試験地設定

今回新たに設置する試験地は、チクス地区、タパ地区、ビカム地区及びペラフルーツ農場の4か所である。それぞれの試験地における試験林の内容、試験地の設定及びそこに至るための道路計画等について以下に述べる。

なお、以下の試験地の説明においては、試験内容と用地の説明を容易にするために試験林の区分について次のとおり統一した。

試験プロット：1樹種、1植栽密度、1保育タイプを基本とする試験地の最小単位である。可能な限り1プロットの大きさ0.1haを目途にした。

試験ユニット：複数の試験プロットを集めた1つのまとまりを1試験ユニットとする。

試験ブロック：複数の試験ユニットが集まった1つのまとまりを1試験ブロックとする。

3 - 2 - 1 チクス地区

(1) 樹種選定林

樹種選定林における試験プロットの大きさは、15m × 15m の方形区とし、1 試験プロットに 1 樹種を植栽する。試験採用樹種は、表 3 - 1 に示す 30 種とするためプロット数は 30 個であり、このプロットを 1 か所に集めて 1 試験ユニットとする。

試験ユニットは、3 回繰り返しのため、3 か所に配置する。チクス地区はその植生状態により二次林(胸高直径 15 ~ 20cm、樹高 10 ~ 12m)区域、樹木の高さが 2 ~ 4m となっている灌木林区域及び草地の中に高さ 1m 程度の低木が点在する灌木区域に区分される。このため、試験繰り返しにおいては、この植生状態の違いを基に箇所を選定した。そうすることにより、現況植生環境が植栽樹木の生長に及ぼす影響の度合いを比較することが可能である。

試験ユニットの位置は、付属資料図 - 2 に示すとおりである。東端の J-1 が二次林、中央部の J-2 が灌木林、西端の J-3 が草地に配置したものである。各試験地は、外縁道路の沿線に配置するか、あるいはその支線で結び、管理が容易に行えるように計画した。

J-1、J-2 及び J-3 の試験ユニットごとの試験プロットの配置は、付属資料図 - 3(1)(2)(3)に示すとおりである。下刈り等の保育作業、毎木調査などのデータ収集作業、観察・視察などが容易に行えるように各プロットへのアクセスを考慮し、どの試験プロットも場内道路に接するように計画した。

各試験プロットには、5 行 5 列、計 25 本を 3m × 3m 間隔で植栽する。植栽密度は、早生樹種の造林に関する各種資料を検討した結果、植栽間隔はおおむね 3m × 3m (ha 当たり換算 1,110 本)が一般的であったことから、ここではこの間隔を採用した。

(2) 施業試験林

チクス地区における施業試験林は、表 3 - 1 の樹種のなかから次の 3 樹種について行う。

表 3 - 2 施業試験林植栽樹種

	一般名	学名
1	Sungkai(スンカイ)	<i>Peronema canescens</i>
2	Meranti temak nipis (メランティ テマック ニピス)	<i>Shorea roxburghii</i>
3	Nyatoh(ニヤトー)	<i>Palaquium spp.</i>

各樹種について、植栽間隔の違いによる 3 種の植栽密度、保育の違いによる 3 保育区分、またこれらの 3 回繰り返しを行う。よって、試験区分は 3 樹種 × 3 植栽密度 × 3 保育タイプ × 3 回繰り返して 81 プロットとなる。チクス地区の試験地は前項でも述べたように植生の

分布により、ほぼ中央部を境に二次林と灌木林に分けられるため、それぞれの地区で上記の試験を行い、現況植生の違いによる生長の違いの有無を確認する計画とした。結果として、チクス地区における試験区分は 81×2 で 162 プロットとなる。

植栽密度は、標準的な植栽密度である $3\text{m} \times 3\text{m}$ を基準に、その半分と倍の植栽間隔として、植栽密度の違いによる下草の被圧効果、肥大生長の違いなどを比較する。

植栽密度 1 (疎): $6\text{m} \times 6\text{m}$ (ha 当たり換算植栽本数は、278 本)

植栽密度 2 (中): $3\text{m} \times 3\text{m}$ (ha 当たり換算植栽本数は、1,111 本)

植栽密度 3 (密): $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ (ha 当たり換算植栽本数は、4,444 本)

保育区分の内容は、除草作業が当面の保育作業となるため、その作業を次の 3 種に分けて実行し、保育作業の内容による樹木の生長と人工数及び作業費用を比較する。

保育タイプ 1: 除草を農薬によって行う

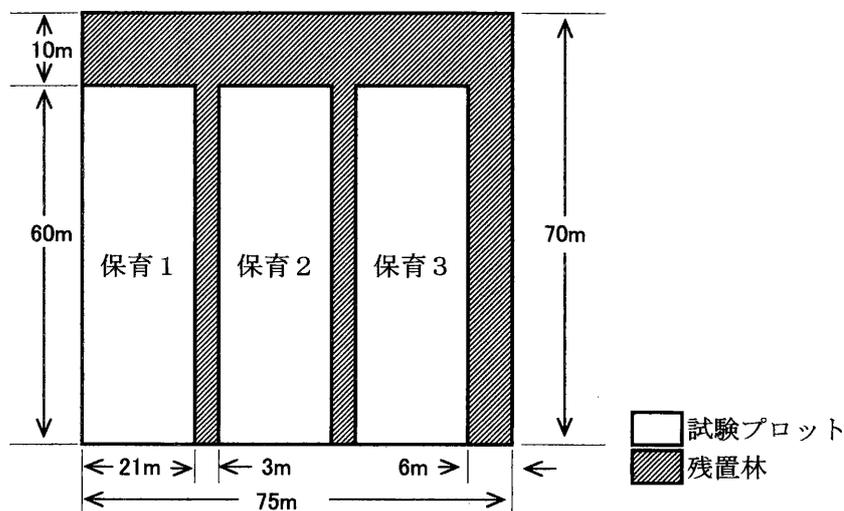
保育タイプ 2: 除草を下刈り(ツル切りを含む)によって行う

保育タイプ 3: 農薬の散布も下刈りも行わず植栽木の生長による被圧効果に任せる

1) 試験ユニットの規模

上記のうち、保育 1、保育 2、保育 3 の 3 試験プロットを合わせて 1 試験ユニットとして試験区を設計した。1 試験ユニットの模式図は図 3 - 1 のとおりである。これと同じパターンでの試験ユニットを前後左右に並べて配置する。

図 3 - 1 試験ユニットの模式



1 試験ユニットの規模は、横 75m、縦 70m とする。横方向は、試験プロット幅を 21m、試験プロット間には 3m 幅の残地林を置き、プロット内への周辺効果を防ぐ。試験プロットは南北方向に長く延長を 60m、1 プロットの面積を 0.126ha とした。隣接ユニットとの間には横方向では 6m 幅、縦方向では 10m 幅の残地林を置く。隣接試験ユニットとの間

の残地林帯には幅員 3m の作業道を通す(後出の図 3 - 3 参照)。

1 試験ユニットの内容は、作業を単純化するため樹種と植栽密度は同じとし、保育タイプのみを変える。

チクス地区は全体的にはほぼ平坦な地形をしてはいるが、地区の西端部は西に向かって緩やかに傾斜している。そこで、散布された除草剤が降雨によって隣接プロットに流入し、試験を攪乱しないように、除草剤を散布する保育タイプ 1 の試験プロットは、試験ユニットのなかで最も標高が低くなる側に設ける。

2) 試験ユニットの設置

試験ユニットの数は、3 樹種 × 3 密度 × 3 回繰り返し × 2 ブロックで 54 個となる。この 54 個を二次林区域と灌木地区域に 27 個ずつに分けて配置した(付属資料図 - 2 参照)。東側のブロックが二次林地の試験ブロックである。西側のブロックが灌木地のブロックである。

付属資料図 - 4 中の東端にある南北の線 A-B-C は、コンパス測量の成果として現地に落とした A 点、B 点、C 点を結ぶ線である。A 点は既存の伐採搬出用旧道路からの分岐点、B 点は試験ユニット設定の基礎となる基線の起点、C 点は次項で述べる外周道路の最初の方向変換点である。

実際の試験ユニットの現地測設は、付属資料図 - 4 のとおり B 点から真西に向かってまず 10m の地点をとり、さらに 300m 先の D 地点、そこから真南に向かって 50m 先の E 点、更に真西に向かって 725m 先の F 点までの基線を引くことから始める。この基線を基に、東西方向には 75m、南北方向には 70m ごとに杭を置く。この作業にはコンパスと検縄を用いる。杭にはユニットの番号との位置関係が明白となるように番号を付ける。杭番号は、付属資料図 - 5 に示すとおり、東西、南北方向の格子線に東から西へ A、B、C.....、北から南へ 1、2、3.... と符号を付け、交点を「F7」というように表示する。交点と交点の中間で中間杭を設置するような場合は、「F7-30-G7」と表記する。この例の場合は、F7 から G7 方向へ 30m の地点であることを示す。試験ユニットの設定が終了後に、その杭を基に試験プロットの設定を行う。

二次林地区と灌木地区それぞれの試験ブロックで 3 樹種、3 密度の試験ユニットをランダムに 3 か所ずつ選定する。その試験プロットのなかで先の保育タイプ 1、2、3 を配置する。そのときに保育タイプ 1 のプロットを東西方向の傾斜の低い位置に置くことに留意する。

3) 地拵え及び植栽

試験ユニット及び試験プロットの縄張りが終了した後、道路の設置、地拵え及び植栽を実行する。

地拵えでは、まず試験プロットに係る区域の樹木を伐採する。伐採後ブルドーザーにより根株を除去する。その後、所定の植栽間隔により植栽位置を表示する棒を立て、それに従い植栽する。

植栽密度は、樹種、保育タイプにかかわらず疎、中、密の3タイプとする。試験プロットでの植栽の状況は図3 - 2の模式図に示すとおりとなる。

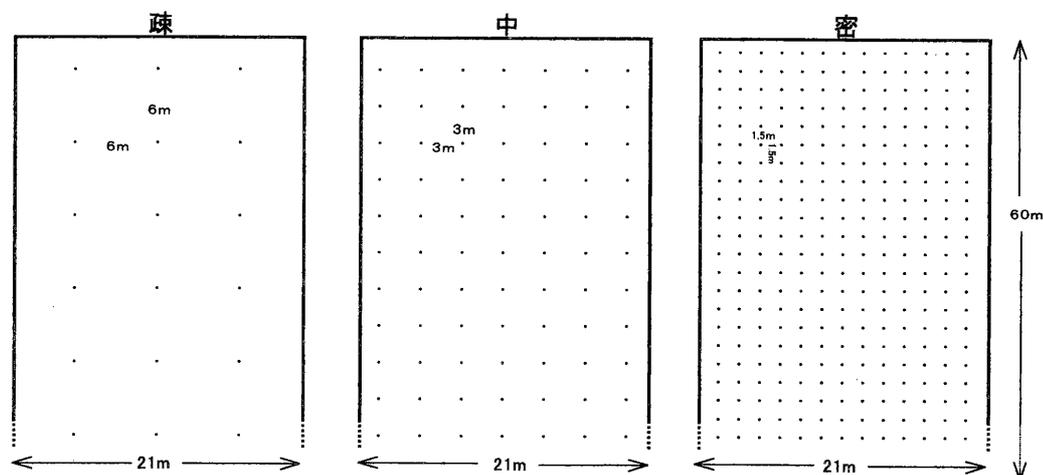


図3 - 2 植栽の模式

(3) 道路計画

本試験地には、当該地区を1980年代後期に天然林を伐採した際に作設した伐採搬出道路の跡が残っているものの、試験ブロックを巡回するような道路は無い。そこで、この伐採搬出道路跡を利用できる区間は改修して利用することとしたうえで、新たな道路を計画した。

道路配置は、付属資料図 - 6 に示すとおりである。道路は試験ブロックの外縁に沿って周回する道路と、施業試験林内及び樹種選定林内など林内作業道としての道路を計画した。本報告書では、試験ブロックの外縁を通る道路を外縁道路とし、林内を通る道路を場内道路と呼ぶこととする。

外縁道路は、現在利用されている道路の終点を起点として試験地の外周を回る線形とした。起点から700mが伐採搬出道路跡の改修利用区間である。この改修区間の途中300mの地点から新設の外縁道路を計画した。外縁道路の延長は、伐採搬出道路跡の改修区間700mと新設区間3,055mを合わせて3,755mである。

場内道路は、施業試験林内の2,910mと樹種選定林内の1,116mを合わせて4,026mとなる。外縁道路と場内道路を合わせた総延長は7,781mである。

道路幅員は、場内道路は3mとするが、外縁道路は周辺部からの防火帯を兼ねるよう幅員を広くとり5mとする(付属資料図 - 7 参照)。道路の谷側の盛土は降雨時に浸食され土砂流亡のおそれが高いため切土のみの土工とし、谷側に向かって3%の片勾配を付けて路面の

排水を促す。また、道路には10cm厚に砂利を入れ、路面を保護する。

1) 伐採搬出道路跡の改修

伐採搬出道路跡は、路面にシダ類や小径木が全面的に生育しているため、ブルドーザーで除去する必要がある。

伐採搬出道路跡の改修路線のうち、起点から150m地点と260m地点に2つの小渓流が流れている。150m地点の場合、渓流の蛇行箇所にあたり、洪水時には水が直進しオーバーフローしていた形跡が見られる。そこで、洪水時の水はけを図ったものと思われる直径2フィートのコンクリート管が埋設された状況があるが、直径が小さすぎたためか洪水時にオーバーフローして暗渠工を破壊した形跡が見られる。また、起点から260m地点では直径2フィートの暗渠工がそのまま残ってはいるものの、暗渠の横がえぐられており、そこを渓流水が流れている状態である。

以上の状況から、この2か所の渡河地点には新たな暗渠工を計画した。暗渠流出の原因が管の径が洪水流量に比べ小さかったことが考えられるので、安全を考慮し断面を大きくとった。

河川断面の大きい150m地点では直径4フィートのコンクリート管(付属資料図-8参照)を計画し、施設及び盛土の脚部を流水の浸食から保護するためにフトン箆工の設置を計画した(付属資料図-9参照)。なお、この地点ではコンクリート暗渠の上下の流路を確保するために土砂の浚渫が必要である。

260m地点では現況の暗渠をそのまま利用するとともに、直径2フィートのコンクリート管を並列施工(付属資料図-10参照)とした。

この改修路線のうち、起点より34m以降150m地点の河川までは縦断勾配が8%あり、路面浸食防止のために素掘りの側溝が施工されている。施工段階では幅×深さが60cm×60cm程度であったことが想定されるが、現在は浸食されて断面が大きい所で幅・深さが2.2m×1.3m程度にまで拡大している。そこで、この浸食拡大を抑制するために側溝内にフトン箆による簡易な浸食抑止工(付属資料図-11参照)を3か所計画した。

2) 外縁道路

外縁道路は、付属資料図-6に示すとおり、伐採搬出道路跡の改修路線起点から300mの地点で真北に入る。この分岐点から190mの地点までの直線は本道路の中心線でもあり、かつ試験ユニット縄張りの南北方向の基線でもある。この基線のA、B、Cの各地点を示す杭を測量結果に基づいて現地に設置している。外縁道路は、付属資料図-12あるいは付属資料表-2に基づいて方位角と距離を測りながら作設する。

なお、外縁道路のうち、試験ブロックの北側と西側を通る区間に限っては、試験ブロックの線と平行して道路を計画しており、一律に試験ブロックの線から10m外側が道路の

中心である。このことから、北側と西側の区間に限っては試験ブロックの線を基に道路位置を決定することも可能である。

外縁道路はほとんどが平坦な区域を通るため、縦断勾配はほとんどの区間で3%以下の緩やかな縦断線形となっている。

伐採搬出道路跡の改修路線から分岐するA地点から40mの区間は7～8%の縦断勾配となるため、山側にコンクリート側溝を計画した。コンクリート側溝は伐採搬出道路跡の改修路線までの40mの区間で設置し、集水柵で方向を転換させ、伐採搬出道路の改修路線に沿って更に40m先の溪流まで誘導する(付属資料図-13(1)～(6)参照)。外縁道路の横断工は暗渠とし、溪流での流末処理部はフトン箆を置き浸食防止を図る。

3) 場内道路

場内道路は、外縁道路から離れていて直接アクセスできない試験ユニットへの利便を考慮し計画した(付属資料図-6参照)。場内道路は、試験ユニットの項で述べたとおり、隣接するユニットを隔てる残地林の一部を利用し設置する計画とし、配置の模式としては図3-3のとおりである。場内道路の現地測設は、試験ユニットの測設後に行う。

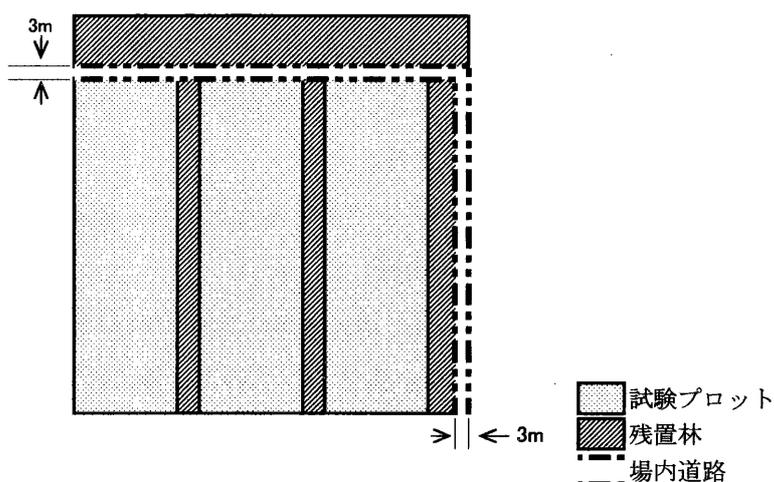


図3-3 試験ユニットと場内道路

樹種選定林内の場内道路については、付属資料図-3に示したとおり、各プロットが道路に接し、作業が容易に行えるよう計画した。

3-2-2 タバ地区

本試験地においては施業試験林の設置を計画した。本地区では、1/50,000の地形図は入手できたが、計画の詳細を決定するための大縮尺の地形図が必要であったため、まず測量を行った。その結果に基づき1/2,000の地形図を作成し、以下の計画を立てた。

本地区では対象区域が狭く、かつ、山腹斜面で試験プロットの配置をするので、機械的に斉一な型での配置は行えない。また、チクス地区と違い、道路と試験プロットとの距離が一律に保たれているわけではないため試験プロットの測設に難しい面がある。そこで、試験プロット設置と道路設置の順序においては、道路設置を優先して行った方が効率が良いと考えられる。

(1) 道路計画

本試験地は、4ha に満たない狭い区域である。道路計画においては可能な限り区域の外縁部を利用することで狭い対象区域を有効に活用することとした。しかし、保育作業等の利便を考慮する必要もあり最小限の場内道路も計画した。

1) 外縁道路

付属資料図 - 14 に示す 0 地点までは現在でも車両でのアクセスが可能である。ここを起終点として試験地の外縁部を周回する利便性の高い道路を検討した。しかし、山腹勾配が 20% ある地区の南東斜面を通過して外縁道路を施工することは困難である。このため、外縁道路は、0 地点を起点に時計回りで頂上部(ここを終点 1 とする)まで至る A 線と、0 地点を起点に反時計回りで終点 2 まで至る B 線を計画した。路線延長は、A 線が 450m と B 線が 218m となり、計 668m となった。対象区域が狭いため道路敷に係る面積を極力抑えるために、本道路は幅員を 3m とした。

外縁道路はその多くが 3 ~ 4% 程度の縦断勾配であり、比較的緩やかな縦断線形となっているが、200m 程度の区間では 5 ~ 7% の急な区間もある。このような区間では路面の浸食を抑えるため、おおむね延長 50m ごとに横断溝を設置する。比較的勾配の緩やかな区間では道路の横断勾配を谷側に 3% の傾斜を付けて(付属資料図 - 7 参照)路面の排水を促し、路面浸食を抑える。また、路面保護及び車両走行の安全のため路面には小礫を敷く。

道路測設においては、現地に設置している 0 点の杭を起点として、付属資料図 - 14 に基づき方位角と距離により設置する。あるいは、付属資料表 - 3 に基づき行うことも可能である。

なお、外縁道路建設の際には、道路よりブロック内側の樹木はすべて伐採し、試験植栽木に樹木が覆い被さらないようにする。外縁道路の B 線のうち、起点から 70m の地点から 130m の区間は森林の中を通るが、この林分は試験プロット番号 22 ~ 26 に係ることから道路からブロック内側は全面伐開する。また、外縁道路の B 線は、終点 2 で止まっており、そこと終点 1 との間においては道路計画はないので、この間では林縁から 5m の幅で樹木を伐採する。

2) 場内道路

付属資料図 - 15 に示すとおり、試験地内を通る 3 路線の場内道路を計画した。

C 線は、A 線の測点 No.2 ~ No.3 の方向へ 4m の地点を起点とする道路である。C 線は、対象地域のほぼ中央部を南北に分ける尾根に沿って A 線の測点 No.10 につながる延長 156m の路線である。ただし、尾根部そのものを通ると縦断勾配が急になるため、若干北側にずらし緩やかな勾配となるようにした。

D 線は C 線から分岐し、B 線の終点 2 につながる延長 144m の路線である。B 線と D 線をつなぐことで B 線が有効に利用できる。

E 線は C 線から分岐し、外縁道路の終点 1 につながる延長 185m の路線である。これらの場内道路の総延長は 485m となる。規格は、外縁道路と同じ幅員 3m とした。

全体に緩やかな縦断勾配の路線であり、縦断勾配方向の路面浸食の危険性は小さいが、路面排水を促し、路面浸食を防止するため、谷方向に向かって 3% の横断勾配 (付属資料図 - 7 参照) を付ける。

道路測設においては、付属資料図 - 15 に基づき方位角と距離により設置する。

(2) 施業試験林

当該試験地は、その面積が 3.8ha 程度しかないため、チクス地区で計画したような、3 樹種、3 保育タイプ、3 植栽密度の 3 回繰り返しの試験を行うのに十分な広がり確保できない。そこで、ここでは植栽密度の試験を割愛し、植栽間隔はすべて 3m × 3m とし、3 樹種、3 保育タイプの 3 回繰り返しの試験を行うこととする。よって、試験プロットの数 は 27 となる (付属資料図 - 16 参照)。植栽樹種は、チクス地区と同じ樹種とした。

表 3 - 3 施業試験林植栽樹種

--

保育タイプもチクス地区と同様のパターンである次の 3 タイプとした。

保育タイプ 1 : 除草を農薬によって行う

保育タイプ 2 : 除草を下刈り (ツル切りを含む) によって行う

保育タイプ 3 : 農薬の散布も下刈りも行わず植栽木の生長による被圧効果に任せる
ただし、本試験地は山腹斜面に位置していることと、試験プロット間に残地林帯を置く面

積的な余裕がないため、隣接試験プロットとの間が接近している。そのため、散布された農薬が隣接プロットに流出し、試験結果を混乱させる可能性も否定できない。そこで、保育タイプ1については、他の保育タイプの区域から極力離れた位置に設置し、試験の確実性を高めることとし、傾斜の下部にあたる試験地入り口付近とした。付属資料図 - 16 において保育タイプ1の試験プロットは、プロット番号19～27の9個である。保育タイプ2と3については、プロット番号1～18のなかからランダムに選定する。

1) 試験プロット設定

試験プロット設定においては、プロット設定の手間を省きかつ施工の間違いを回避できるように極力単純な配置となるよう計画した。試験プロットの配置は、基本的には東西方向と南北方向の格子線でできる方形区とした。ただし、道路に隣接する試験プロットの場合は、道路線をプロットの境界とすることで、プロット設置の現地作業の煩雑さを軽減した。

各試験プロットの面積は、付属資料図 - 16 に表示したとおり、プロット番号1～18までがおおむね1,200m²、19～27までがおおむね900m²となった。

現地での試験プロット設置の要領は以下のとおりである。

付属資料図 - 17 に示すとおり、現地に設置している起点となる0点の杭から、真南方向へ10m、更に東へ250mの直線を現地に落とし、これを試験プロットの基線とする。この基線に沿って東西、南北方向に所定の距離を測定し試験プロットの角となる位置に杭を設置する。この場合、試験プロットと杭番号との関係を明確にするため、南北方向の格子線に東側から順にA、B、C....、東西方向の格子線に北側から順に1、2、3....と記号を付け、その交点の記号を「G4」というように杭に記載する(付属資料図 - 18 参照)。

2) 地拵え及び植栽

本試験地は、イネ科植物が地表を覆っており、その中にチーク及びHopeaの幼樹が植えられている状態である。また、土壌は粘土質が多く、乾燥すると堅密になるほど理学的に劣っているため、植穴を大きくとり、土壌条件を変える必要がある。そこで、地拵えとしては、まず試験プロットに係る区域の樹木を伐採した後、バックホーで60cm×60cm×60cm程度の植穴を3m間隔で作る。なお、このバックホーによる植穴作りは、道路作設が終了後、場内中央に試験プロットの基本線を基に穴位置を決めて行う。試験プロットの杭を設置完了後にバックホーをブロック内に入れると、バックホーにより杭が破壊されるおそれがある。

なお、試験プロット番号22～26は、約2,000m²の二次林の状態にある。このため、地拵えの際に、道路計画の項でも述べたとおりこの区域の立木を伐採する必要がある。

3 - 2 - 3 ビカム地区

(1) 樹種選定林

ビカム地区は、樹高 30m 以上の樹木が上層を形成している森林ではあるが、空中写真の判読及び林内調査の結果、湿地帯が分布していることが分かった。また、この森林を所管する南タバ営林署では、このような湿地を避けてドリアン及びラタン等を植栽した。また、将来計画としても同様な樹種の植栽が考えられていた。

試験用地としては、保育の作業性、道路の施工及び維持管理を考慮すると、湿地を避けることが求められる。また、営林署の植栽計画にも配慮した位置及び規模が求められる。

以上のことを考慮し、ビカム地区では比較的小面積でも試験が可能な樹種選定林の試験を行うこととした。また、試験植栽樹種の選定にあたっては、当該地区が過去の択伐跡地に生育している森林であることから、林内に生育している樹種を参考に前出の表 3 - 1 のなかから次の 6 種を植栽する。

表 3 - 4 植栽計画樹種(ビカム地区)

	一般名	学名
1	Jelutong (ジェルトン)	<i>Dyera costulata</i>
2	Sesendok(セセンドック)	<i>Endospermum malaccense</i>
3	Meranti tembaga (メランティテンバーガ)	<i>Shorea leprosula</i>
4	Sungkai(スンカイ)	<i>Peronema canescens</i>
5	Bintangor (ビントランゴール)	<i>Calophyllum spp.</i>
6	Keradan (ケラダン)	<i>Dryobalanops oblongifolia</i>

試験プロットは、既設道路からのアクセスが容易かつ道路の作設及び維持管理が容易な比較的平坦な区域に設定した。なお、試験区選定にあたっては、火災への対応も考慮した。すなわち、ビカム州有林は、周囲を農場に囲まれていることから、林内を東西方向に横断する道路は周辺農場からの農産物搬出用トラックの主要通過路線となっており交通量が多い。タバコの投げ捨てが原因か、道路端及び林縁の草が焼失している状況も見られる。また、周辺農場の野焼き延焼の危険性も否定できない。そこで、試験区は可能な限り既設道路及び林縁から離して設置した。

各試験プロットの大きさは、これまでの実証調査の結果から林内帯状植栽の効果的な幅である 21m を帯状幅とし、長さを 50m とした。この 1 試験区に 1 樹種を 3m × 3m で植栽する。1 区画当たり 6 行 15 列計 90 本となる。同規格の試験プロットを次項で述べる道路沿線に 6 樹種の 3 回繰り返しで、計 18 プロット(付属資料図 - 19 参照)を作る。

(2) 道路計画

ピカム地区を北西から南東に通る既設道を起終点とする新たな道路を計画した。計画路線は、林内を通り再び既設道に接続する周回線形として、利用価値の高い線形とする。

道路規格は、幅員4mとし、総延長は870mである。現地には既設道路沿いのNo.21の地点から真南に向かって基線を引き20mごとの杭を設置しており、その基線を基に道路の設計ができる。

No.21地点から真南方向へ140mの区間は下り勾配おおむね4%、そこから210mの真西方向の区間は下り勾配おおむね2~3%、そこから道路までの真北方向はほぼ平坦となっている。このため全体的に緩やかな縦断勾配の道路を造ることができ、路面浸食の心配は少ない。なお、No.21地点から真南方向140mの地点から真東方向は、斜面勾配が7%以上となり、既設道路に近づくに従い勾配は急となり15%程度となり、この方向への道路の計画は困難である。

3 - 2 - 4 ペラフルーツ農場

ペラフルーツ農場の事務所裏山の山麓部は、灌木林となっており、かつ傾斜6~8%の勾配がある。この状況はタパに計画している試験地と類似している。一方、タパでは面積の確保が難しいため、植栽密度を一律にした試験内容で施業試験林を計画した。そこで、この地区では、植栽密度を変えた施業試験を行うこととした。

本試験地の管理は、ペラフルーツ側が行うこととなっているが、当事者の負担を軽減するために保育タイプを1種に限り、3樹種、3植栽密度、3回繰り返しの試験とする。保育タイプは、コストが中庸の除草剤利用のタイプとして計画した。植栽樹種は、他の施業試験林の場合と同じ、表3-5の3樹種とした。

表3-5 施業試験林植栽樹種

	一般名	学名
1	Sungkai(スンカイ)	<i>Peronema canescens</i>
2	Meranti temak nipis (メランティ テマック ニピス)	<i>Shorea roxburghii</i>
3	Nyatoh(ニヤトー)	<i>Palaquium spp.</i>

植栽密度は、チクス地区の試験と同じ下記の密度とした。

植栽密度1(疎): 6m × 6m (ha 当たり換算植栽本数は、278 本)

植栽密度2(中): 3m × 3m (ha 当たり換算植栽本数は、1,111 本)

植栽密度3(密): 1.5m × 1.5m (ha 当たり換算植栽本数は、4,444 本)

試験プロットの数、3樹種、3植栽密度、3回繰り返しから27となる。この27個の試験

プロットをランダムに配置する。

対象区域には、横方向に 130m の幅を置いて 2 本の作業道路が平行に通っている。また、この道路のほぼ中間にも小径が通っていることから、植栽作業から保育作業においても作業の利便性が高い。この 2 本の作業道路に挟まれた 130m の幅に試験プロットを配置する。

この道路との間に幅 21m の短冊状の試験プロットを 27 作る（付属資料図 - 20 参照）。なお、タパと同様に隣接する試験プロットとの間には残地林を置かない。

27 の試験プロットの合計、幅 567m の区域を確定した後、灌木を全面刈り払う地拵えを行い、その後試験プロットの設置を行う。所定の試験プロットに所定の樹種を所定の間隔で植栽する。

作業道が既にあるので新たな道路の計画はしない。

3 - 3 年次計画

3 - 3 - 1 全体スケジュール

本実証調査に係る期間は 5 か年間とした。初年次は 1999 年 11 月 1 日から 2000 年 10 月末日とした。

初年次の当初は、タパ地区で施業試験林の道路作設、試験プロットの設置、地拵え、植栽を 2000 年 2 月までに終了する。

以後、2000 年 8 月までにチクス地区、ピカム地区試験林の道路作設、試験プロットの設置、地拵えを終了し、9 月に植栽する。ペラフルーツ農場では、道路作設は無く、試験プロットの設置、地拵えを終了し、9 月に植栽する。

その後は、保育作業、道路維持管理、データ収集を定期的に行い、最終的に取りまとめる。保育作業の中心となる除草は植栽後 3 ~ 4 か月目で行い、初期段階では年 3 回、次年次からは年 2 回とする。道路の維持管理としては、降雨による路面浸食箇所や地ならし、砂利敷及び道路法面・法肩の支障木の除去などがあげられる。この作業は豪雨後などに必要に応じて行う必要があるが、計画では最も降雨の少ない 7 ~ 8 月に行うものとした。データ収集は、植栽後 6 か月目で第 1 回目を行い、以後 1 年ごとに行う。タパ地区が先行して植栽されるため、他地区とはデータ収集の時期がずれるが、第 5 年次ではどの地区も 3 ~ 4 月に合わせて同一時期に観測し、最後のデータとする。それに併せて取りまとめ作業を開始する。なお、タパ地区が先行して植栽されるため、データの比較においては植栽後何年ではなく、植栽後何か月などの表現となる。

ブキットキンタの育林観察林では、7 ~ 8 月における道路補修を行い、それに続きデータ収集を行う。

観測の全体のスケジュールは表 3 - 6 に示すとおりである。

3 - 3 - 2 事業量

(1) 植栽面積

前出の表3 - 6 に示したとおり、植栽は2000年2月と9月の2回に分けて行う。それぞれの時期及び地区別の植栽面積は表3 - 7 に示すとおり、2000年2月期が約3ha、2000年9月期が約32ha、合計約35haとなる。

表3 - 7 植栽面積

植栽時期	地区及び試験林の種類		1試験プロットの面積	保育タイプ数	植栽密度種類	樹種数	繰り返す回数	ブロック数	面積 (ha)
2000年2月	タバ地区	施業試験林	0.11 ha	3	1	3	3	1	2.97
2000年9月	チクス地区	樹種選定林	0.0225 ha	1	1	30	3	1	2.025
		施業試験林	0.126 ha	3	3	3	3	2	20.412
	ピカム地区	樹種選定林	0.105 ha	1	1	6	3	1	1.89
	ペラフルーツ農場	樹種選定林	0.273 ha	1	3	3	3	1	7.371
		2000年9月期計							31.698
		合計							34.668

注) タバ地区の1試験プロットの面積は平均値である。

(2) 苗木本数

苗木の必要本数は、1試験プロットの面積、保育タイプ数、植栽密度、繰り返す回数、ブロック数及び1.2倍の安全率を見込んで樹種当たりの苗木本数を算出した。その結果、表3 - 8 に示すとおり、総数7万4,100本となった。この苗木は、イポー市にあるFloraworld社から調達可能である。また、FRIMから購入することも可能である。

表3 - 8 苗木本数

植栽時期	地区及び試験林の種類		1試験プロットの面積	保育タイプ数	植栽密度 (本/ha)	樹種	繰り返す回数	ブロック数	1樹種当り苗木本数	全樹種苗木本数
2000年2月	タバ地区	施業試験林	0.11 ha	3	1,111	3	3	1	1,320	3,960
2000年9月	チクス地区	樹種選定林	0.0225 ha	1	1,111	30		1	90	2,700
		施業試験林	0.126 ha	3	278	3		2	760	2,280
	ピカム地区	樹種選定林	0.105 ha	1	1,111	6		1	3,030	9,090
					4,444	12,100			36,300	
	ペラフルーツ農場	樹種選定林	0.273 ha	1	1,111	3		1	420	2,520
					278	280			840	
		2000年9月期計			1,111	3		1	1,100	3,300
		合計			4,444				4,370	13,110
									70,140	74,100

注) 植栽密度と植栽間隔は以下のとおりである。

6m×6m : 278本/ha
 3m×3m : 1,111本/ha
 1.5m×1.5m : 4,444本/ha

(3) 年次別保育

表3 - 6 に示したとおり、植栽後3～4か月目から下刈り及び薬剤による除草作業を行う。

この作業に伴う、年次別、地区別、回数及び対象面積は表3 - 9 に示すとおりである。なお、タパ地区及びチクス地区では地区面積の3分の1の区域は除草剤も下刈りも行わない無保育の試験プロットであるので、表3 - 9 ではその区域に係る面積は除いている。

第1年次の除草作業は、タパ地区で2回行うのみで除草剤使用試験プロットと下刈り試験プロット合わせて3.96haである。第2年次からは全区域で年3回の除草作業があり、除草総面積は年間80.622haとなる。第3年次以降は保育作業回数を年2回に減らすため除草総面積は年間53.748haとなる。なお、初期段階における枯死木については補植し所定の本数を維持する。

チクスA地区、チクスB地区では、間伐を行う時期にきている林分もあり、間伐保育に併せて間伐試験を行う。ただし、ここではチクスA地区、チクスB地区に係る間伐等保育の面積の計上は行わない。

表3 - 9 保育作業の年次別、地区別面積

地区名	試験林	対象面積 (ha)		第1年次		第2年次		第3年次		第4年次		第5年次	
				回数	総面積	回数	総面積	回数	総面積	回数	総面積	回数	総面積
タパ地区	施業試験林	除草剤使用	0.99	2	1.98	3	2.97	2	1.98	2	1.98	2	1.98
		下刈り	0.99	2	1.98	3	2.97	2	1.98	2	1.98	2	1.98
	計				3.96		5.94		3.96		3.96		3.96
チクス地区	樹種選定林	除草剤使用	2.025	0	0	3	6.075	2	4.05	2	4.05	2	4.05
		施業試験林	除草剤使用	6.804	0	0	3	20.412	2	13.608	2	13.608	2
		下刈り	6.804	0	0	3	20.412	2	13.608	2	13.608	2	13.608
	計					46.899		31.266		31.266		31.266	
ピカム地区	樹種選定林	除草剤使用	1.89	0	0	3	5.67	2	3.78	2	3.78	2	3.78
ペラフルーツ農場	施業試験林	除草剤使用	7.371	0	0	3	22.113	2	14.742	2	14.742	2	14.742
合計			26.87		3.96		80.622		53.748		53.748		53.748

注) 対象面積は、除草作業を行わない試験プロットを除いた区域面積である。

(4) 年次別道路開設・補修

道路総延長は、9,804mである。そのうち700mはチクス地区の既設道改修区間で、それ以外の延長9,104mは新設である。これらの道路は、既設道改修を含め第1年次にすべて開設する計画である。第2年次以後は毎年補修を行う。

補修は豪雨による路面浸食箇所あるいは湧水による路盤の軟弱箇所に砂利を投入することが主な作業になる。その他、風倒木の処理、路傍の支障雑草の刈り払いがある。これらの作業は、必要に応じ行う必要があるが、ここでは年1回として計画した。

表 3 - 10 道路開設及び補修延長

地区名	道路種類	延長	第1年次		第2年次		第3年次		第4年次		第5年次	
			開設(m)	補修(m)								
タパ地区	外縁道路	668 m	668		668		668		668		668	
	場内道路	485 m	485		485		485		485		485	
	計	1,153 m	1,153		1,153		1,153		1,153		1,153	
チクス地区	外縁道路 (既設道改修)	700 m	700		700		700		700		700	
	外縁道路	3,055 m	3,055		3,055		3,055		3,055		3,055	
	場内道路 (施業試験林)	2,910 m	2,910		2,910		2,910		2,910		2,910	
	場内道路 (樹種選定林)	1,116 m	1,116		1,116		1,116		1,116		1,116	
	計	7,781 m	7,781		7,781		7,781		7,781		7,781	
ピカム地区	場内道路	870 m	870		870		870		870		870	
合計		9,804 m	9,804		9,804		9,804		9,804		9,804	

(5) データ収集

植栽後6か月目から樹木の生長状態等を把握するため、データ収集を開始し、その後1年ごとに行う。調査の種類としては毎木調査、土壌調査及び植生調査がある。

毎木調査は、各試験プロットについてその全域を対象として、胸高直径、樹高、本数及びその他被害状況等の特記事項について行う。

樹木の上昇生長は、土壌環境との相関が大きいいため、初期の段階で土壌調査を行う。試験プロットのパターンのうち、植栽密度及び保育タイプと土壌タイプとの組み合わせによる樹木の上昇生長との関連性は低いと考えられるため、土壌調査は植栽樹木の違いに着目して行う。4試験地において3樹種を3回繰り返して植栽する計画としているため、最大9か所ずつ(チクス地区の場合は2ブロックあるため18か所となる)の土壌断面をとることとなる。しかし、土壌の分布は比較的単調であるため、このように密度の高い調査を行う必要はない。そこで、各試験地で3か所程度の本格的な土壌断面を採り、基本的な調査項目を調べる。その後は、表層土壌の「深さ、色、硬さ」の3点に絞って簡易試孔点を数多く調査し、土壌の分布図を作成する。なお、簡易試孔点の調査では土壌の種類が変わる線が求まるように調査ポイントを選定する。この土壌調査の結果から土壌タイプの分布を把握しておき、樹木の生長との関連性についての検討材料とする。

植生調査は、施業試験林において除草、下刈りの対象となる植栽木を被圧する植物名を調査し、将来の除草対策のための基礎資料とする。

なお、現在行われているチクスA地区、チクスB地区及びブキットキンタについても、これまで行われてきたデータを継続して収集する。

(6) その他

本実証調査は、試験そのものだけでなく試験過程における造林技術を外部に対して展示する意味も期待される。一方、試験内容が樹種、保育タイプ、植栽密度、繰り返しなどの組

み合わせにより、試験プロット数は数多くなる。このため、現場での混乱を避けるとともに、外部への正確な案内が必要であるため、試験プロットごとに案内板の設置を行う。

試験プロットごとに設置する案内板は、保育タイプ数×植栽密度種類×樹種数×繰り返し数×ブロック数からそれぞれの地区ごとに表3 - 11のとおり求まる。案内板の総数は、324基となった。

現在もチクスA、チクスBの試験地では道路100mごとに表示塚が置かれている。この表示塚は作業箇所の適切な指示及び現地箇所の誤認などを避けるために大変有効な施設となっている。本事業でもこの種の表示塚を主要道路に設置する。道路表示塚は、道路延長100mごとの設置を基本とするが、道路の起点、終点あるいは分岐点などにも設置することを考慮し、総数66基となった。なお、チクス地区の場内道路は試験ユニットと連携して設置することになっているため、場内道路の位置の把握は容易である。よって、チクス地区の場内道路には表示塚の設置は行わない。

案内板及び表示塚の設置は、道路開設後あるいは植栽後比較的初期の段階で行う。

表3 - 11 案内板及び表示塚の数量

地区名、試験林の種類、道路の種類	試験プロット表示						道路表示	
	保育タイプ数	植栽密度種類	樹種数	繰り返し数	ブロック数	試験プロット案内板数	延長 (m)	塚数
タバ地区	施業試験林	3	1	3	3	1	27基	
	外縁道路						668m	9基
	場内道路						485m	7基
チクス地区	樹種選定林	1	1	30	3	1	90基	
	施業試験林	3	3	3	3	2	162基	
	外縁道路						3,755m	41基
	場内道路						4,026m	0基
ピカム地区	樹種選定林	1	1	6	3	1	18基	
	場内道路						870m	9基
ペラフルーツ農場	樹種選定林	1	3	3	3	1	27基	
合計							324基	66基

3 - 4 事業費

次期プロジェクトで新たに試験地とする、タバ地区、チクス地区、ピカム地区及びペラフルーツ農場計4地区の今後5年間の総事業費は、表3 - 12に示すとおり、約2億6,000千万円と見積もられる。初年度は新たな試験地の造成など造林関連費及びそれに伴う道路の開設などの道路関連費のために約1億円の事業費となり、その後は毎年約4,000万円の事業費となる。

道路関連費及び造林関連費の内訳は、付属資料表 - 4(1)～(4)に示したとおりである。

資機材費は、1991年11月～1998年10月までの7年間に10万円以上の単価の資機材購入金額が1億8,900万円(年平均2,700万円)となっている。このことから、今後も同様に必要になると仮定して資機材費は、毎年2,700万円を計上した。

現地スタッフの person 費は、事務員、運転手、作業班、巡視員等の給与及び旅費等があげられる。この費用は、現プロジェクトの近年の実績が年間1,000万円であることから、今後も同等として計上した。

現地間接費は、道路関連費及び造林関連費合計の1割相当を見込んだ。

表3-12 事業費総括表

(単位：千円)

地区名	経費区分	第1年次	第2年次	第3年次	第4年次	第5年次	合計
タバ地区	道路関連費	4,163	115	115	115	115	4,623
	造林関連費	1,864	75	50	50	50	2,089
	小計	6,027	190	165	165	165	6,712
チクス地区	道路関連費	28,397	772	772	772	772	31,485
	造林関連費	15,450	827	366	366	366	17,375
	小計	43,847	1,599	1,138	1,138	1,138	48,860
ビカム地区	道路関連費	3,117	87	87	87	87	3,465
	造林関連費	1,064	53	26	26	26	1,195
	小計	4,181	140	113	113	113	4,660
ベラフルーツ農場	道路関連費	0	0	0	0	0	0
	造林関連費	4,723	95	0	0	0	4,818
	小計	4,723	95	0	0	0	4,818
計		58,778	2,024	1,416	1,416	1,416	65,050
資機材費		27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	135,000
現地スタッフ人件費		10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	50,000
現地間接費		5,878	202	142	142	142	6,506
合計		101,656	39,226	38,558	38,558	38,558	256,556

第4章 その他

試験地の設定及び道路開設等の作業のなかで、次のような留意事項及び提案が考えられる。

- (1) チクスでは外縁道路の作設は、試験ユニットの縄張りの後に行う方が効率的である。
- (2) 一方、タパ地区では外縁道路、場内道路の造成後に試験プロットの測量を行う。
- (3) チクスでは、樹種選定林に用いる樹種をアクセス道路に展示的に修景を兼ねて街路樹として植栽することを提案する。
- (4) 樹種選定林に植栽する樹種のさく葉を調査期間に作成した。将来の新任専門家の調査に役立つものとする。
- (5) 本プロジェクトの広報は重要であると考え、その1手法として一般向けの看板の設置を提案する。場所はチクス地区の試験プロット北側の鉄道沿いの林縁が適地と考える。ここは鉄道の車窓から目の当たりに見える所である。

