

5. 種子管理

5-1 タネの採種源

造林目的を達成する技術の3要素は、造林の環境すなわち立地条件のよいこと、保育を十分に行うことのほか、造林材料すなわち林木の素質（遺伝質）の優れていることが必須の条件である。しかしながら、造林の立地条件に適合する優れた遺伝質のタネを確保することは、ときには原産地における輸出制限、入手先きその他の事情により大量のタネの入手が困難な場合が少なくない。このため各国とも採種圃の造成に力をいれているが、熱帯多雨林地帯では、樹種によって開花の時期が一定せず、また結実しないことも少なくない。そこで亜熱帯地方、例えば我が国では沖縄地方、小笠原諸島に国際的な種子センターの設定が望ましいと佐々木¹⁾は述べている。

さて、あらかじめ外来導入樹種と固有樹種についてタネの採種源の観点から注意点を述べておく。

熱帯途上国の樹種選定は、人工造林の歴史が未だ浅く、必ずしも定着した樹種があるといえない状況であるが、当面早成樹種に重点がおかれ、それらは外来樹種によるものが少なくない。そして、外来樹種のタネ入手に関しては、まず産地と病虫害抵抗性の選択に関する遺伝子の選択が当面の課題である。タネの入手は、原則的には立地条件の近似する近いところが好ましいが、遠隔地から導入するときは2の気候帯、1の土壌から原産地の立地条件を十分比較検討しなければならない。

例えば、マツ属の例：カリビアマツ・ホンジュレンシス変種 (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) は原産地の中米 (12~18°N) から赤道近くの低緯度の熱帯多雨林地帯に導入され幼齢期の現段階ではかなり良好な成長を示していることから高く評価されているが、気候条件などの環境の違いから熱帯多雨地帯での人工造林木にはフォックステール木の出現や種子不稔の問題が生じている。これに反して気候条件の比較的近似する Fiji 諸島 (16~17°N)、ブラジル・サンパウロ州 (ほぼ 23°S)、サバ・キナバル山の亜山地多雨林では赤道付近の低地熱帯多雨林地帯より良い成績を現わしている。

メルクシーマツ (*P. merkusii*) は東南アジアの郷土樹種であり、カリビアマツと比べて初期成長は遅いが長伐期時点ではほぼ同等の成長量を示すという報告がある。しかし、本種は苗木時代に草生型 (*grass stage*) を現わす大陸産のものと、正常な型である島嶼産のものと成長型の異なることに注意しなければならない。タイ国は正常型のものと自国産のものとを交雑し、正常型で大陸の立地に適する交雑種の優れたものを創出することに努力している。

カシアマツ (*P. Khasya*=*P. insularis*, *P. Kesiya*) はインド・アッサム州 (海拔 1,200~1,500 m)、ビルマの北部 (800 m 前後) と南シャン州 (1,200~1,500 m)、ラオス (1,000~1,500 m)、ベトナム (600~1,800 m) およびフィリピンの北部ルソン山岳地帯に分布する。本

種は海拔高の低い地域に植栽したものに、しばしば失敗例が見られる。したがって単に緯度、温度、降水の量と型のみでなく標高の面からも十分検討する必要がある。

我が国で北米からの樹種導入の歴史をみると、北米西海岸は我が国と著しく環境が異なるため成功例がほとんどない反面、北米東海岸原産のスラッシュマツ (*P. Elliottii*) は関東以南に、テーダマツ (*P. taeda*) は関東以北への導入が可能である。

ユーカリ属に例をとると広大なオーストラリアを原産地とする *Eucalyptus* spp. は、乾・湿両環境に分布するもの (ときには同一種でも) や、特定の土壌型でのみ良好な成長を現わす種類がある。通称カメレレと呼ばれる *E. deglupta* はオーストラリア大陸 (10~43°S) 以外のチモール、スラウエシ、ミンダナオ、パプアニューギニア (ニューブリテン島のカメレレ郷土は、およそ 4° 7' ~ 6° 18' S) に分布し、東南アジア、オセアニアの熱帯地域に導入の期待がもたれている。

フタバガキ科 (*Dipterocarpaceae*) に例をとるとフタバガキ科樹木 (*Dipterocarps*) は熱帯アジアの原生林における象徴的な存在で、多くの有用構造材樹種が含まれる。由来その地域の生態系のなかにあるので外来種に比べて一般的に特性が少なくとも経験的に明らかであり、病虫害にも抵抗性があるといえよう。しかし、概して初期成長が比較的遅いこと、耐陰性、植生遷移など生態学的研究の浅いこと、大樹でタネの採集が困難なこと、開花結実の生理、生態や結実種子の活力喪失と維持、貯蔵などの試験研究の著しい立ち遅れにあるが、後述するように我が国の協力によって順次これらが解明されつつある現状にある。

その他樹種の例として、*Cordia alliodora* は西印度諸島およびメキシコから南米北部地域に分布し期待がもたれているが、産地によってかなり変異があり、また同定も必ずしも定かでないようである。

巨大ギンネム (*Giant Jpil-ipil*) はギンネム (*Leucaena leucocephala*) のサルバドル型 (*Salvador Type*) で K 8 (メキシコ)、K 28 (サルバドル)、K 29 (ホンジュラス)、K 67 (サルバドル)、K 132 (メキシコ) など選抜された有用栽培品 (*cultivars*) が知られている。これらは中性ないしアルカリ性土壌が適地で、概して平地林で成功例が多い一方、サバ、ブルネーでは植栽不成功と報ぜられている。

アカシア・マンギウム (*Acacia mangium*) はオーストラリアのクィンズランド (*Queensland*) 産であって、近時サバで驚異的な成長を示しているが、未だ初期成長の成績報告の域を脱していない。

総じて外来樹種は導入地域の生態系に新たに割り込むものであり、とりわけ病虫害の抵抗性について深い関心をはらわなければならない。原則として導入にあたっては、原産地域の優良遺伝子 (品種・プラス木) のタネを入手して産地試験を行わなければならない。

しかし、それらの入手は大変困難な現状にある。一般に造林計画が策定され、経費の予算が認められ、事業実行という段階でタネを入手するには時間的な制約が加わるので、個人的なつ

てを求めて入手するか、オランダの大種苗商から購入する場合が少なくないようであるが、極力国際的な流通機関を通ずることが望ましい。なお信用ある種苗商、あるいは個人的つてによる場合も、すべて産地やプラス木の確実な証明あるタネを入手することが肝要である。一方、定着樹種については優良個体による採種園を造成し育種事業を進めるとともに、固有樹種については優良遺伝子の保存措置を講じ、これらが急速な開発によって失われない努力が重要である。

なお、我が国の海外林業プロジェクトは現在8カ所で、約50名の方々が開発途上国の造林推進にあたっておられるので、これらの方々がタネの入手に関し連携協力されることが望まれる。

5-2 種子収集作業

5-2-1 採種時期

タネはその成熟をまって採集しなければならないが、樹種によっては成熟期の比較的短いもの、長いものなどがあり、総じて樹種毎に開花結実の生理生態を知る必要がある。実践として母樹林の結実推定には標準木を選定して適期を判定する。標高の広範囲にわたる樹種の採種は低地から高地に向って進められることとなる。同一標高でも個体で成熟度に差があるが、林分の結実最盛期に採種された球果からは最高の割合の受粉種子が得られる。

さて、玉利による²⁾フィリピンのフタバガキ科樹木の開花とタネに関する調査を参考として次に摘録しておく。

① フタバガキ科樹木の植物気候学的特性

フィリピン全体について気候帯区分ごとに開花結実実習性をもとめると、表5-1のとおりである。

表5-1 フィリピンの気候帯区分別のフタバガキ科の開花期と結実期

気 候 帯	開 花 の 最 盛 期	結 実 期
乾 燥 帯	4 月	5 ~ 6 月
中 間 帯	5 月	
湿 潤 帯	5 ~ 6 月	8 ~ 9 月

乾燥帯では乾季と雨季がはっきりしているが中間帯と湿潤帯では雨季の区別が明確でないこともあるせいか、花候および結実期の期間がながびく。なお、結実率は2~7年の不定期さがあり、同一種内のタネでも個体、採集率、採集場所、豊凶差などにより、大きさも形もかなり差がある。開花から種子成熟までの期間は、おおむね早いものは1カ月、遅いものは6カ月以内に終る。ちなみにタネの成熟は乾重量が一定するときで、外見上は種翼の褐変が進み、種皮自体の褐変がはじまる時期に相当するので、この時が採集最適期となる。総じて地方の造林施業を行う場合には、各樹種の特性を局地的に調べて適用する必要がある。

5-2-2 種子採種法

新鮮なタネを採集するには、母樹にまだ着生している成熟種子を木登りして行う。木登りは鉄カンジキと安全ベルト、あるいはしなやかなロープを用いるなど各種の方法が考えられている。ただし、胸径 80 cm 以上の大木では困難である。また、しばしば主伐木をタネの成熟期にあわせて伐倒して採集する。なおタネの着生枝を切り落とすことも、しばしば行われているが、原則として好ましくない。完熟して地上に落ちたものを集める場合もあるが、活力が短期間で失われるタネの場合は適用が困難である。これらに関しても前述のように、各樹種ごとに標高、気候、生物気候学 (phenology) のほか地域における結実習性を識っておく必要がある。

また、樹種ごとの kg 当たり種子粒数は、育苗の計画と実践に必要であるので、関係文献から蒐集して資料 I として添付した。

5-3 タネの貯蔵

タネの結実は豊凶によって著しい差があり、豊作年には大量のタネが経済的に採集され発芽率も高いが、凶作年には全くこの逆である。この豊作年の周期は、樹種によってそれぞれ特性がある。それゆえ、造林事業を円滑に行うには、原則として豊作年に採種して貯蔵し凶作年に備える必要がある。

しかし、樹種によっては完熟後早期に活力を失うものがあるので、樹種ごとにその特性を究明して適切な貯蔵法を解明しなければならない。以下、佐々木による文献³⁾を引用して紹介することとする。

5-3-1 主要樹種の種子貯蔵と発芽処理

タネの成熟過程において、タネの水分が減少し、乾重当たり 20% 以下に低下するタネと、水分が 20% 以上に維持されなければ死滅するタネがある。成熟過程で乾燥するタネは、乾燥した後、生理活性が極度に低下し、発芽の時には吸水とともに生理活性が回復する。乾燥する過程において、タネの組織内に脱水する耐性、または保護作用が増加する。この過程は温帯の休眠するタネでも起こる現象である。乾燥したタネは生理活性が低いために貯蔵が容易である。マメ科の堅皮種子、マツ科のタネなどは乾燥種子の代表的な例としてあげられる。

これに対して、タネの成熟過程において、ある程度の含水率の低下は認められるが、乾燥重の 20% 程度以下にはならないタネがある。このようなタネでは生理活性が常に高く、水分条件がよければ母樹についたまま発芽することがある。フタバガキ科、ブナ科、ミカンなどのタネがこのような特性をもっている。含水率の高いタネは生理活性が高く、しかも、活性を維持するため含水率を下げるできないため、極めて貯蔵が難しい。

5-3-1-1 マメ科のタネの貯蔵と発芽

マメ科のタネには乾燥種子と高含水種子があるが、ここでは乾燥種子の貯蔵と発芽について述べる。マメ科の乾燥種子には、皮の堅いタネと種皮が比較的薄く吸水の容易なものがある。

る。表5-2 マメ科樹種の種子含水率を示す。

表5-2 マメ科種子の含水率

種 子	乾重に対する含水率(%)	備 考
<i>Intsia palembanica</i>	7.7	} 堅皮種子
<i>Sindora coriacea</i>	5.9	
<i>Dialium maingayi</i>	12.0	
<i>Entorobium cyclocarpum</i>	12.2	
<i>Parkia javanica</i>	20.5*	} 種皮が薄いタネ
<i>Koompassia malaccensis</i>	15.2	

* 新しく採集したタネ

これらのタネは含水率が低いため、貯蔵が容易である。*Intsia palembanica*, *Parkia javanica* は5年以上室温で貯蔵ができる。*Koompassia malaccensis* のタネは種皮が薄く、貯蔵中に菌に侵かされ易いが、ベンレートなどの殺菌剤処理により約半年間の貯蔵が可能であった。低温貯蔵などの方法によって、さらに貯蔵期間を延長することが可能である。

堅皮種子の貯蔵は容易であるが、発芽が難しい。堅い皮は三層以上の組織からなり、一番外側の層は透明なクチクラ層からなり水を透過しない。その内側には高密な柵状組織があり、さらに内側に空隙の多い海綿状の組織が見られる。このような表皮組織は内側から外に水分を出す、外側から内側には水を通しにくいといわれている。表面に傷がつき、水分が中に入ると、種皮の内層の組織が吸水し膨潤してくるため、柵状組織が破れ種皮がぼろぼろにはがれるようになる。したがって、種皮の吸水性をよくすることが発芽の必要条件である。このための処理方法は次のとおりである。

(i) 種皮の機械的破壊

ヤスリ、ノコ、ナイフなどにより種皮の表面に傷をつける。この方法は有効であるが、小さいタネには難しいことと、時間がかかる。また、傷が深くなり子葉に傷をつけやすく、雑菌の侵入が起りやすい。

(ii) 濃硫酸処理

濃硫酸にタネを漬け、所定の時間後、水洗してから発芽させる。この方法も有効であるがタネによって処理時間は異なる。また、この方法は危険であり、造林用として大量に処理するには適しない。

(iii) 熱湯処理

熱湯にタネを浸漬することによって、クチクラ層を破壊し、吸水性を増加させる。この方法は単純であるが、熱湯の温度、処理時間、熱湯温度の低下速度など色々と条件が複合している。*Intsia*, *Sindora*, *Dialium*, *Parkia* など種によって、その条件が異なる。

る。また、沸騰した湯の中では、タネが死滅しやすい。なお、熱湯処理は *Intsia* のような大型のタネに対する効果が少ない。

(iv) *Strophile* の機械的処理

Intsia, *Sindora* などの大型のタネには、小型レンズ状の突起である *Strophile* が見られる。これは極めて弱い組織であり、ナイフやヤスリで取りやすい。*Strophile* は中に空気が入っているため、急激な温度上昇による空気の膨張によっても壊される。

Strophile の部分の表皮を除去したタネは吸水させると、極めて短時間に種皮がはがれてくる。この方法によると雑菌の侵入も少なく、高い発芽率を得ることができる。

5-3-2 フタバガキ科種子の貯蔵と発芽

(i) 含水率

フタバガキ科のタネは含水率が20%以下になると死滅する。しかも、収穫後、室内で乾燥させた場合にも、その乾燥の影響がある。また、致死に至らない程度の乾燥でも1カ月間貯蔵するとタネの死滅することは表5-3に示すとおりである。したがって、フタバガキ科のタネを貯蔵するためには収穫後すぐにポリ袋に入れ、袋の口を閉じ水分が維持できるようにすることが必要である。人工的に乾燥した場合には、乾燥によって発芽率が減少する。しかし、母樹上ではタネが成熟するにつれて水分が減少するため、乾いたタネほど貯蔵性が高くなる。

表5-3 *shorea ovalis* タネの発芽におよぼす気乾の影響(佐々木)

室温 気乾日数	気乾直後		密閉ポリ袋中に 貯蔵30日後	
	発芽率%	含水率%	発芽率%	含水率%
1日	100	96.1	75	74.8
2日	85	47.4	0	32.5
3日	40	39.2	0	19.7
4日	10	15.1	0	11.7

(ii) タネの成熟度と貯蔵性

フタバガキ科のタネは種子形成過程の最終段階で急速に成熟する。例えば *Shorea talura* のタネの発芽率は10日間ぐらいの間に急速に増加し、その後すぐに飛散する。この間にタネの含水率は150%以上から90%程度まで減少する。しかも、この成熟期間に発芽に要する日数が少なくなり、発芽が容易になる。この現象は *Shorea dasyphylla* でも同様に認められる。しかし、*Shorea ovalis* はタネが成熟後、発芽率に変化はなくても、含水率と発芽に要する日数は次第に減少する。このように、フタバガキ科のタネは飛散直前に成熟することがわかる。しかも、タネの貯蔵性は成熟とともに増加していることは表5-4によって認められる。

表5-4 成熟段階の異なる *Shorea talula* のタネの貯蔵

採集日	採集時の発芽率%	含水率%	最高貯蔵日数(日)	発芽率%
4月8日	50	120	84	50
4月12日	80	106	145	30
4月21日	95	68	182	69

(iii) 貯蔵温度

フタバガキ科のタネは低温に対する耐性がある程度高いものと、まったくないものがある。一般にタネを貯蔵する場合、低温の方が生理活性が低いために、低温の方が貯蔵しやすい。しかし、フタバガキ科のタネには15℃程度の温度が生存限界となるものがある。

Shorea 属のうち Eushorea 亜属と Rubroshorea 亜属 (*Shorea platyclados*, *S. curtisii*, *S. acuminata*, *S. paucifolia*, *S. argentifolia*, *S. parvifolia*, *S. dasyphylla*, *S. leprosula*, *S. ovalis*) は 15℃以下の温度では低温障害を起こし死滅する。上述の Rubroshorea 亜属の種のうち、*S. dasyphylla* のタネは 4℃で 3 日間生存したが、その他の種はすべて 4℃の貯蔵で死滅する。これらの亜属のタネでは貯蔵温度は高くしなければならない。実際上は室温に近い 21℃程度で数カ月間の貯蔵が可能である。

Shorea 属のうち、Anthoshorea 亜属は低温に対する耐性が高く、4℃の低温条件下で数カ月以上生存が可能である。とくに、*S. talura* は 4℃の貯蔵で 10 カ月以上生存した。このほか、*Hopea*, *Dipterocarpus*, *Vatica* の 3 属も、低温耐性が認められる。

Shorea 属のうち、Richetia 亜属の *S. resina-nigra*, *S. multiflora*, *S. faguetiana*, *S. hopeifolia* などのタネは約 1 カ月 4℃に生存したが、その後徐々に低温障害によって劣化した。*Dryobalanops*, *Balanocarpus*, *Parashorea* の 3 属の一部のタネも 2～3 週間 4℃に貯蔵すると、低温障害の徴候を示した。

フタバガキ科のタネの生存限界についてはさらに研究を進め、とくに *Hopea* 属、*Eushorea* 亜属のうち *S. robusta*, *Anisoptera* 属などのタネの貯蔵と温度についてのデータを集積することにより、種の分布と低温耐性の関係が明らかにされるであろう。

上述の実験結果を総合すると、最長貯蔵期間は 21℃の温度条件で得られたものが多い。低温に耐性のあるタネでも、21℃の貯蔵で 10 カ月以上発芽力を維持していることから見て、実際の種子貯蔵は 17～21℃の比較的高い温度で行うのが現実的である。このような条件を得るため、該当温度に見合う高標高地に種子貯蔵庫を作ることが考えられる。

(iv) 発芽とその形態

フタバガキ科のタネは未成熟なほど発芽しにくく、発芽力は成熟とともに増加する。未成熟のタネでは 20 日以上吸水期間が必要であるが、完熟したタネでは 2～3 日の吸水で発芽する。この成熟にともなう発芽力の増加現象は、若い完熟しないタネの貯蔵中にも起こる。例えば *S. talura* の若いタネの発芽率が 50% であるものが 1 カ月の貯蔵で発芽率が 100% になったことがある。またタネに低温湿層処理を行うと、次第に発芽速度が早くなるが、室温に貯蔵したタネは発芽速度が遅くなる現象がある。このことは *S. talura* のタネには低温湿層処理の効果のあることと、後熟現象があることを意味する。

フタバガキ科のタネは、発芽の際、子葉を展開させる種 (Epigeal) と子葉が種皮に

包まれたまま上胚軸のみが展開する種 (Hypogeal) がある。Epigeal なタネは *Hopsea*, *Shorea* 属のほとんどの種と *Anisoptera*, *Drybalanops*, *Balanocarpus*, *Parashorea* 属などである。一方 Hypogeal なタネは, *S. talura*, *S. robusta*, *Vatica* 属の一部, *Dipterocarpus* 属などがあり, これらは発芽時の乾燥に強いと考えられる。*Parashorea* のタネの発芽では上胚軸に多数の低出葉 (Cataphyll) が出現し, 他の属に比べて本葉の形成がおくれ初期成長が遅い。

このような発芽時の形態的特性をよく知って苗畑の管理を行う必要がある。

以上は佐々木恵彦がマレーシアでの技術協力によって得られた業績であるが, なお参考として, Bureau of Forest Development, Philippines の造林種子検査室で得られた一般造林用種子の貯蔵法を表 5-4 に掲げておく。

表 5-4 一般造林種子の貯蔵法 (Fabian の編集による)

樹	種	貯 蔵 法
	<i>Pinus merkusii</i> , <i>Eucalyptus deglupta</i> , <i>Swietenia</i> sp. 導入外国マツ類	冷蔵 (乾燥) 貯蔵する
	<i>Pinus Kesiya</i> , <i>Alnus</i> sp., <i>Leucaena glauca</i> , <i>Leucaena pulverulenta</i> , <i>Anthocephalus chinensis</i> , <i>Albizia falcata</i> , <i>Acacia auriculaeformis</i> , <i>Eucalyptus</i> spp.	乾燥密閉貯蔵 (またはプラスチック容器に密閉) する。冷蔵はしない。
	<i>Tectona grandis</i> , <i>Pterocarpus indicus</i> <i>Gmelina arborea</i>	乾燥, 暗室で, 冷しいところに通気状態で貯蔵する。

引 用 文 献

- 1) 佐々木恵彦: 熱帯地域の人工更新と今後の研究態勢。熱帯農研集法 43, 熱帯農業研究センター, 1982
- 2) 玉利長三郎: フィリピンにおけるフタバガキ科樹木の開花期と特性。同上, 1982
- 3) 佐々木恵彦: 主要樹種の種子貯蔵と発芽処理。同上, 1982

6. 育 種

6-1 育種の必要性

熱帯といわず暖帯、温帯、寒帯など地球上で、森林を造成し木材の生産を図る場合、まず考えなければならないことは、その素質がよいものを選ぶことである。しかしながら、木材の需要が増大し、生産量の増強が計画され、それに伴って森林の伐採が進行して、造林面積の急速な拡大を計る必要が生じた場合、その造林材料の遺伝的素質の検討がおろそかにされることが起りがちである。これは将来はかり知れない損失となって返ってくることは明らかである。そこで、その遺伝的素質のよいものを造林材料として使用するためには、よい材料を選ぶ（林木の育種）ことの必要性が生じてくる。

熱帯における造林において、まず考えなければならないことは、未知の分野が多く、しかも生態系が複雑であるということである。この観点に立って造林を進めるとともに、よい造林材料を使用するための林木の育種についても、同じように考えなければならない。

林木の育種は、対象物である樹体が大きく、寿命が長く、また制御しにくい自然条件のもとでの作業が多く、長期にわたるため、多大の経費と労力を要することとなる。

しかしながら、その成果として次のことがあげられる。

- ① 適応性を高め、栽培地域の拡大が期待できる。
- ② 諸被害に対する抵抗性を高め、栽培の安全性を増進する。
- ③ 収益の増大をもたらす。
- ④ 品質の向上が図られる。
- ⑤ 経営の合理化が可能である。

6-2 林木育種の方法

熱帯における林木育種の方法としては、選抜育種、交雑育種、外国樹種の導入、雑種強勢育種などがあげられる。このなかで最も重要な育種方法としては、選抜育種法（精英樹またはプラス木選抜育種法）である。この方法は、一口で言えば集団選抜方式により造林材料を反復育成することであり、遺伝的素質の不断の向上を図ることである。

集団選抜育種法は、育種目標に照らして望ましい特性をもつ個体を多数選び出し、そのクローンの任意交配によってできた種子を混ぜて、次の森林（造林地）をつくる方法である。またこの森林からさらに望ましい個体を再選抜するという方法を繰り返せば、世代を重ねるごとに性能の高い任意交配集団をつくることできる。

具体的に林木の場合を示すと図6-1のとおりである。

図に示すように、多数の林分から目的形質について優れた個体（プラス木（精英樹）各種抵抗性個体）を選び出し、そのクローンを養成する。これらの苗木を自家受粉を防ぐように配植

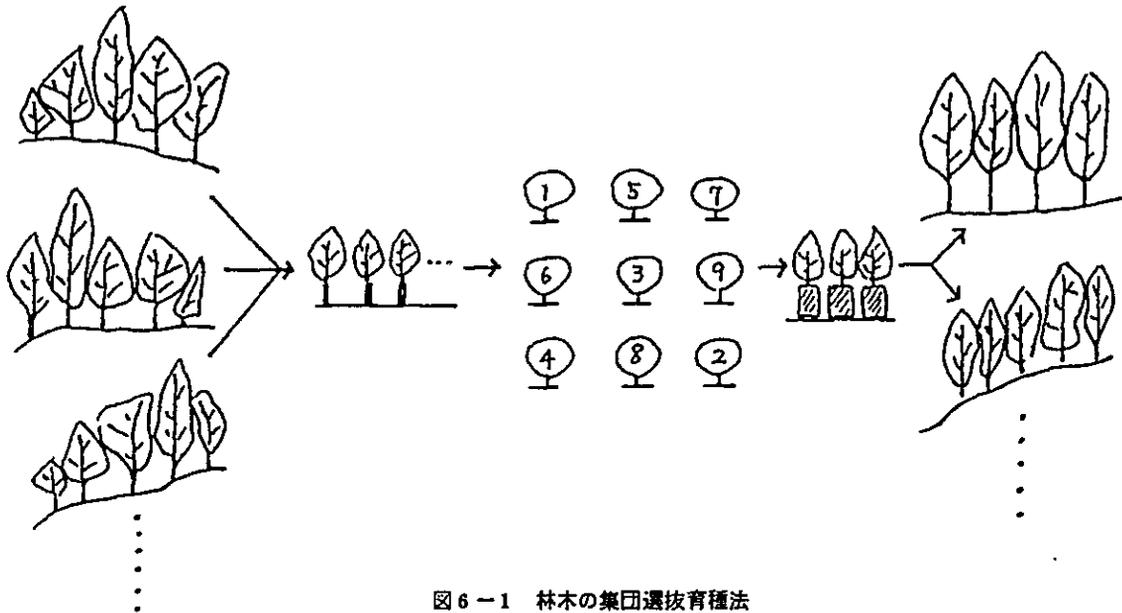


図6-1 林木の集団選抜育種法

して採種園を造成する。この採種園から任意交配による種子を生産して実用造林に用いる。

一方、この採種園でクローンごとに半兄弟家系をつくって、それぞれの家系の能力を検定する。この方法で全クローンの遺伝的能力が判明すれば、選抜個体の再選抜に役立ち、さらに、不良クローンを既設の採種園から除去することにより、その採種園の育種効果が増大する。

6-3 育種目標の設定

熱帯の気候帯を大別すると、モンスーン地帯（乾季・雨季のある地帯）と湿潤地帯になる。この大気候帯にはさまざまな群系がみられ、海岸地帯からマングローブ林、湿地林、低地林、山地林、亜高山帯林と標高に従って森林帯が分布している。

これら森林帯のそれぞれの中から、代表的な優良樹種が選ばれ、その樹種の用途に従った目標を設定する。

この目標は、大別して次のように分けられるであろう。

① 用材・製材を目標とする樹種

この目標に対しては、生長、初期生育、生長の永続性、狭樹冠、幹の通直性、諸害に対する抵抗性、材質などがあげられる。

② パルプ・チップを目標とする樹種

①の目標のほか、材の比重、繊維の長さが追加される。

③ 薪炭を目標とする樹種

生長、材の比重、燃焼、収炭などがあげられる。

6-4 育種方法の決定

林木育種の方法には、6-2で述べたとおりいろいろあるが、造林材料としての樹種、育種目標が決れば、その目標達成のために育種方法を選ばなければならない。しかし、育種方法の決定は、その樹種の繁殖様式、更新方法により制約をうける。

熱帯の森林・林業において、差し当たり考えられる育種方法は、

① 人工更新（植栽，下種）

採種源としての採種林の指定，精英樹選抜育種，外国樹種の導入。

② 天然更新

優良種子木の残置

などである。

6-5 育種計画の立案

林木の育種は、研究部門と事業部門がそれぞれの分担に従って一体となって活動を行い、その成果をあげることに努めなければならない。

育種計画の立案に当たっては、樹種別に計画立案しなければならないが、なお、次の事項を十分調査したうえでその規模を決定する。

① 林業経営地域の範囲

② 育種対象樹種の選定

③ 林業経営の方針

木材及び更新材料の需給の現状と将来見通し

i) 木材利用（製材，パルプ等）

ii) 木材需給量（国内及び国外需給）

iii) 種苗需給

iv) 林地面積（適地面積）

気象，土壌，病虫害等の自然条件

v) 経営条件（集約経営，粗放経営）

道路，交通，運輸，労務

vi) 市場の動向

④ 更新方法（人工造林，天然更新）

⑤ 造林阻害要因

病害，虫害，気象害，動物害，その他

6-6 林木育種事業の実行

6-6-1 育種区の設定

気象，土壌，樹種の分布等を勘案して，環境条件をほぼ同じくする区域を育種区として定め，この区域内へ育種々苗を供給する。

育種区の設定に当たっては，

- ① 環境要因の調査
- ② 同一樹種の古い林地（分布）の調査
- ③ 行政区分

などを調査のうえ決定する。

6-6-2 育種母材料の選抜

樹種ごとに次の事項を勘案して，育種母材料の選抜を行う。

- ① 育種区当たりの採種林・採種園数，精英樹（プラス木）本数の決定には

- i) 育種区当たりの必要最少限度本数
 - ii) 育種区の造林予想面積
 - iii) 林分の安全性を保證するために混合すべきクローンまたは系統数の決定
 - iv) 優れた個体または林分存在の確認
- などにより行う。

- ② 各種抵抗性個体の選抜

- i) 気象被害の常襲地帯に対する抵抗性の強い個体または集団
- ii) 虫害に対する抵抗性の強い個体または集団
- iii) 病害に対する抵抗性の強い個体または集団

- ③ 採種林または精英樹を選抜する方法書の作成

方法書の作成においては，次の基準を定める。

- i) 採種林または精英樹を選抜すべき林分の選定基準
- ii) i)により選定された林分における精英樹の選抜基準

参考までに，我が国で実施されている「精英樹選抜育種事業」の精英樹選出の概要を述べる。
選出対象林分は人工林と天然生林に分けて行う。

- (1) 人工林選出対象林分はなるべく20年生以上とする。林縁，林道沿いの個体は環境の影響を受けているおそれがあるので選出しない。

- i) 生長がよいこと。

周囲の3大木の平均値と比較して，樹高及び直径・材積が大きいこと。特に形質が優れているものは，材積がやや大きい程度でもよい。

- ii) クローネが狭いこと。

- iii) そ の 他

ア 枝が細く枯れ上りやすいこと。

イ 幹に曲りその他の欠点のないこと。

- ウ スギでは心材が赤いこと。
- エ 著しい病虫害にかかっていないこと。
- オ 相当量の種子をつけていること。

(2) 天然生林，ほぼ同時に更新したとみなされる一斉天然生林は，人工林と同じ基準による。老齢天然生林は外観は一斉林型であっても異齢のおそれがあるので，人工林の基準によらない。胸高直径は25cm以上のものから選出する。

i) 生長以外の形質が特に優れていること。

- ア 幹が完満で，曲り，よじれなどの欠点のないこと。
- イ 材に腐朽がなく，目廻り，心割れなどの著しい欠点のないこと。
- ウ クローネが狭く，枝が細いこと。
- エ 枝が枯れ上りやすく，枝あとが平滑にまきこまれているもの。
- オ スギでは心材が赤いことが望ましい。

ii) 生長がよいこと。

周囲3本の比較木の平均値より直径生長量，樹高が大きいこと。

iii) その他

- ア 相当量の種子をつけていること。
- イ 著しい病虫害にかかっていないこと。

以上は針葉樹類を中心としたものである。広葉樹類では，幹及び枝の形質例えば，通直性，完満性，分岐性，枝下高，枝跡の平滑性，枝の太さ，枝数，落枝性，枝張りなどの諸形質について検討しなければならない。

精英樹選抜の基準は生長以外に材質その他の形質の何れかに重点がおかれるので，特殊な形質例えば，耐病虫性，耐気象性などの何れかを目標に，それぞれの形質に重点をおいた基準が必要になる。

次に，フィリピンにおける「熱帯樹種の個体選抜方法」(N, Q, Zabalaによる)の概要を述べる。

個体選抜の方法は，表現型において望ましい形質の評価を行い，次いで総合評点を一つの標準と比較する。この方法は，仕事を容易にし，かつ個体の評価での混乱をなくすものである。評価方法は，広葉樹及び針葉樹に分ける。

(1) 選抜木の分類

i) 採種木としてよいもの — 総合評点が標準と比較して5～10点低いもの。

ただし10点以上低いものはとらない。採種木としてよいものは，ペンキで一重の輪を巻く。

ii) プラス木 — 総合評点が標準と比較して，同じか，あるいはそれ以上のもの。プラス木はペンキで二重の輪を巻く。

iii) 精英樹 — 選抜木の中で次代検定が完了し、一般組合せ能力が高いことが証明されたもの。精英樹にはペンキで三重の輪を巻く。

②) プラス木評価の基準（広葉樹）

候補木は、すべての形質で、あるいは1～2の形質が優れていなければならない。ただし特定の重要形質が劣った個体は、最初から選抜してはならない。

生長：（30点+追加評点）候補木は半径約15m以内の他の個体と比較する。直径の測定により5段階に分けて評価する。

樹高：候補木の樹高を測定する。目測により周囲木との比較を行い4段階に分けて評価する。なお、ボーナス評点として、付近1ha以上の範囲の比較木より大きい場合は追加する。

幹形：（30点+追加評点）評点30点 — 幹は完全に通直で、細りが少ない。を基準に減点評価を6段階に分ける。

枝の性質：（30点、可能であれば）

枝角、（15点）主幹と枝の角度を測り6段階に分けて評価する。

枝の直径、（15点）中心幹あるいは優性幹の地上からの第3生枝の直径を測り、幹の生長と比較して4段階に分けて評価する。

幹萌芽枝、1幹萌芽当たり2点減点する。

枝の長さ、枝が長すぎる場合1～5点を減点する。

頂芽優性：（10点、可能であれば）第1番目の分岐点までの幹長を測り、樹高との比により5段階に分けて評価する。

分岐：（10点、可能であれば）地上からの分岐の高さにより減点する。

健全度：（10点）過去の芯枯れ、虫食孔、腐れ節等があれば減点する。

材質：（30点、可能であれば）幹から生長錐で試料をとり、比重、繊維長により評価する。

比重（20点）4段階に分けて評価する。

繊維長（10点）3段階に分けて評価する。

③) プラス木評価の基準（ケシアマツ（*Pinus khasya*）, メルクシーマツ（*Pinus merkusii*））

候補木選出の重要形質については、広葉樹と同じ。

生長：（30点+追加評点）候補木は半径約15m以内の他の個体と比較する。直径の測定により5段階に分けて評価する。

樹高：候補木の樹高を測定する。目測により周囲木との比較を行い5段階に分けて評価する。なお、ボーナス評点として、付近1ha以上の範囲の比較木より大きい場合は追加する。

幹形：（30点、可能であれば）評点30点 — 幹は完全に通直である。を基準に減点評価を6段階に分ける。

枝の性質：（30点，可能であれば）

枝角（15点）幹と枝の角度を測り 6 段階に分けて評価する。

枝の直径（15点）枝の直径を測り，幹の生長と比較して 4 段階に分けて評価する。

枝の長さ，枝が長すぎる場合 1～5 点を減点する。

多球果着生（Ramicornis）着生の証拠があれば 1～10 点を減点する。

幹への球果着生の持続性（10点，可能であれば）3 段階に分けて評価せる。

健全度：（10点，可能であれば）過去の芯枯れ，落葉，虫食孔等があれば減点する。

分岐：（10点，可能であれば）地上からの分岐の高さにより減点する。

材質：（30点，可能であれば）幹から生長錐で試料をとり，比重，仮導管長により評価する。

比重（20点）4 段階に分けて評価する。

仮導管長（10点）3 段階に分けて評価する。

総合判定 以上のそれぞれの評点を総合して，選抜された候補木の位置付けを決定する。

- 1) 採用しない。120点以下の場合
- 2) 採種木とする。121～139点
- 3) プラス木とする。140～150点の場合

6-6-3 採種林・採種園の設定

樹種別に造林予想面積から採種林，採種園の規模を決定する。

採種林は種子生産と木材生産を兼ねた林分であるが，採種園は種子生産を目的として育てる樹木園であるから，なるべく多くの種子がとれるように，またとり易いように仕立なければならない。

- (1) 採種林は樹種別に選定基準に従い優良林分を選び，生長がよく健全な，形質のよい林木群について，タネとりにふさわしい手入れを行ない，不良花粉源となる林木は取り除くことが必要である。
- (2) 採種園はその樹種にとって最も適した土壌条件の場所を選び，将来の保護，管理作業が容易なところでなければならない。なお採種園の形状は，園内の花粉濃度を高め，外部からの花粉の侵入量を少なくするため，円形か正方形に近い形が望ましい。その面積はなるべく大きい方が受粉管理上望ましく，最小限 1ha は必要である。

採種園が集団選抜による育種法の原理に従って，園内に植栽されたクローン間の交配機会が均一で，任意交配に近い交雑種子群を生産しなければならない。そのためには採種園に植栽するクローンの配置を考えなければならない。そのクローンの配置の基本型を示すと，図 6-2 のとおりである。

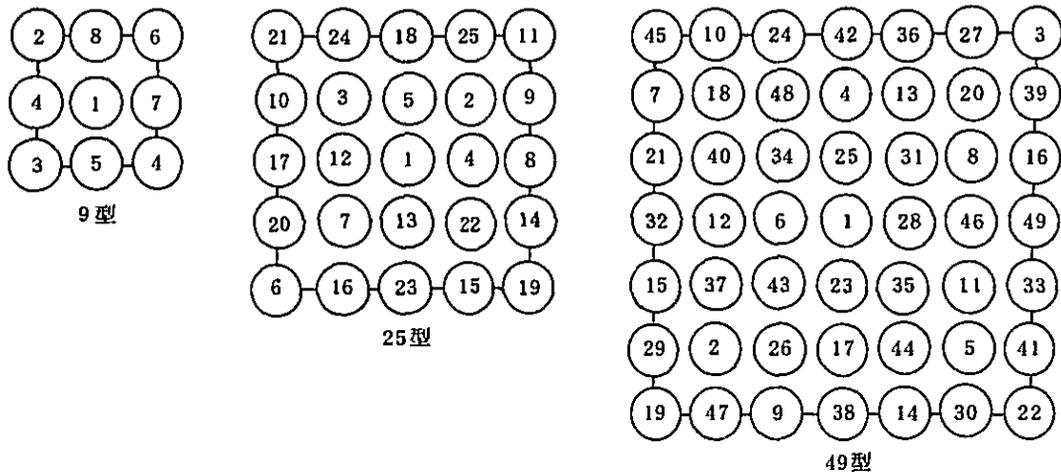


図 6-2 採種園におけるクローン配置(型)図

6-6-4 採種園の保育管理

採種園に植付けたクローンは、初期生長が旺盛となるよう肥培管理も考える。樹高が3～4 m (4～5 m)に達したら主幹を2～3 m (3～4 m)の高さで切断する。その後、側枝も間引いて残った側枝の伸長を促進する。樹形を整えた採種木は主枝、側枝など着花する枝に十分陽光を与えるように重なり枝や過密な萌芽枝はせん定してやる。

採種園の周囲に同一樹種が存在する場合は、周囲の無選抜木の花粉が流入してきて採種木に受粉するので、採種園の遺伝的形質が低下する。そこで不良花粉の侵入を防ぐため、周囲の同一樹種を除去するか、異樹種で採種園の周辺を囲むようにすればよい。

採種木は普通に育っている樹木に比べ、病虫害の発生が多い傾向にあるので、病虫害の防除には特に注意する。また施肥も重要である。特に球果を多くならせたり、せん定によって枝条を除去するので、通常の林木よりは肥料分を多く要求する。そこで、年々施肥してやる必要がある。

6-6-5 育種苗の造林

採種園にはいろいろの精英樹クローンが植栽されており、この採種園から生産されたタネは、いろいろの精英樹系統が混合されたもので、このタネから養成された苗木はいろいろの精英樹系統が混っている。

個々の精英樹とその系統の苗木には、それぞれの環境適応範囲を持っている。したがって精英樹原個体の環境とはほぼ似通った環境条件の地域が精英樹系統苗木の造林適応範囲といえる。そこで、前述した育種区を単位に育種苗の造林を行うことが必要である。

異質育種区の育種苗を造林した場合、その育種苗の能力が発揮できない可能性が大きく、造林木の生長、形質ともに平均値を下げることも考えられるのでこれを避けるためにも、一般造林は育種区内で行うべきである。

6-6-6 次代検定

次代検定とは、精英樹など育種的に創出されたものの後代の遺伝的特性及びその環境に対する適応性を明らかにして、育林施業に役立てるためである。

次代検定を大きく分けると、1つは精英樹の子供群の遺伝特性の優劣を判定して、個々の精英樹子供群の生産能力を見極め、採種園のなかで優れたものを残し、劣ったものを取り除き、採種園全体の遺伝能力、すなわち育苗造林地の生産性を高めようとするものである。今1つは林木の遺伝に関する諸種の基礎情報を得ようとするもので、遺伝率や幼老相関、組合せ能力、遺伝子型と環境との交互作用などを推定し、よりよい育種計画に寄与しようとするものである。

次代検定林には、各精英樹の家系が同じような生産能力を示す範囲を知り、種苗の合理的な配布区域を定めようとする目的で設定する地域差検定林や、前記の次代検定林、地域差検定林では得られない各種の遺伝情報を得るために設ける遺伝試験林がある。

6-7 遺伝資源の保存

育種の効果を高め、造林材料の遺伝質を永続的に向上させるには、できるだけ多くの優良遺伝子（生長、形質、抵抗性など）を収集し、集積しなければならない。そのためには育種計画の一環として、樹種、林分等優良遺伝子の保存の規模を策定し、計画的に保存を図らなければならない。

優良遺伝子の保存方法としては次の方法がある。

6-7-1 現地保存

国立・国定公園、鳥獣保護区、自然保護区、保護林等において、保存すべき林相、個所、面積等を区画する。さらに必要なものについては、このほかの林分でも保存措置をとる必要がある。

6-7-2 現地外保存

保存すべき林分・樹種について、1樹種少なくとも20個体以上から採種し、1箇所2～5haを少なくとも2箇所以上造林して後継林分をつくる。

稀少樹種や絶滅に類しているものは、クローン集植方式により保存する。

7. 苗畑造成・育苗

7-1 苗畑造成の基本

7-1-1 苗畑のタイプ

熱帯地域の国々では、造林地域に出来るだけ近い小規模な臨時的苗畑が非常に多くある。この苗畑は、①苗畑と植林する場所との生態的条件が一致している。②苗木輸送費が安い。③土壌養分の維持問題が起らない。などの利点がある反面、熟練労働力の確保困難あるいは労賃が都市部より比較的高いこともあり、また、監督者の管理不十分なことなどから失敗する例がある。

最近では苗木運搬施設と、生態的要求が満たされる限りにおいて、常置苗畑にかわる傾向にある。常置苗畑は輪作や施肥により土壌の肥沃度を維持し、一定の大きな場所に苗畑を集中するので、機械化を可能にし、優秀な監督の下に、少数の選抜された人々を使うことが出来る。

7-1-2 苗畑用地の選定

苗畑の位置として、苗畑と造林地との間の許される最大の距離は、山出し苗の種類によってさまざまである。Stump 苗(根株苗、後述)は、数100 km可能といわれている。これは、かさばらず、容易に荷作り出来る、輸送に耐えるからで、2~3週間の輸送は可能とされている。裸根の苗は、乾燥に対する抵抗性が非常に弱いので、苗畑からの距離は短くしなければならない。ポットまたはダンゴ土付け苗は、運搬費がかさむので、造林用地の近くの苗畑を使うことになる。

苗畑用地の土壌はミコリザ(根瘤菌)の存在のため森林土壌を選ぶことがよい。大部分の樹種は発芽のため軽い土壌を要求する。また土壌は肥沃でとくに排水のよいものでなければならない。

養苗には灌水能力を有する必要があるが、苗畑は川の岸に設けるか、常時かれない井戸をもち、異常な乾燥季の年でも灌水に支障のない所を選ばなければならない。大規模の苗畑では井戸からの給水にしばしば失敗する。これは天候の異常な年の水量を予知することが困難だからである。反対に川からの期待水量は、乾燥する季節において、容易に推定できる。

また風からの防禦を考える必要がある。乾燥期の強くて、やきつくような風は、無防備の苗畑で若い苗木の高い枯死率の原因となる。適当な風を防ぐ場所を見つけることが出来ない場合は *Leucaena glauca* (後述)等の早成樹の防風帯を早く作ることである。掘起し、表面を粉碎するにとどめる。土壌を水平にする作業を行なう時は、下層土が腐植土壌層を覆うことを避けることが大切である。

開墾と整地がおわったあと、床作り(後述)、排水設備、道作りなどを行う。また、苗畑主任や労務者のための小屋や器具小屋、機械庫などの建物、場合によってはガラス室も用意することもある。

灌水施設として最も経済的な方法は、水の流れの上流をダムアップして取水し、小さな輸送

管で、苗畑の最も高いところに水を導き、ここから苗畑各所に水を送る。灌水は発芽時にはひんぱんに、こまかいスプレイ状に行う（1日1～2回）が、苗が成長したあとは2～3日に1回、強い灌水をするだけでよい。熱帯地域では、一般に労賃が安いので、人力で灌水するのが最も経済的であるが、省力の必要のある場合や大規模の場合は、スプリンクラーが必要である。

7-2 苗畑設計

苗畑には常置（固定）苗畑と臨時（移動）苗畑がある。が、いずれも用地の選定、苗畑の設計は、前項で述べた要因を充すようにしなければならない。

次に、常置苗畑の設計例を掲げる。

臨時苗畑では、この例に習い簡素化すればよい。

7-2-1 簡易な施設の例

(1) 基本的な考え方

- ① 造林事業に使用する苗木は、すべて自給する。
- ② 苗木の生産能力は、造林事業の最大必要量を供給できるものとする。
- ③ 苗畑の造成、苗木の生産は、企業的に効率的、低コストを主眼とする。
- ④ 苗畑は固定する。

(2) 苗畑予定地の概況

苗畑予定地（フィリピン・パラワン島（Republic of philippines, Palawan Island））は、川の左岸、既設林道に隣接した海拔高50～80mの商業用材を伐採した2次林内で、林分蓄積は150 m³/ha程度である。

予定地内には、火災跡地の裸地もある。

(3) 苗木生産計画及び苗畑の規模

苗木の生産はポット育苗を行う。

育苗期間を平均6か月とし、年間育苗本数1百万本、山出し本数80万本とする。

表7-1 必要な苗畑面積

名 称	面 積	摘 要
圃 場 （ポット育苗地）	22,000 m ²	育苗床土地利用効率 1/2，100本/m ² 回転率1回、予備地20%
附帯施設等用地	15,000	事務所、作業場、倉庫、休憩所、車庫等
保護樹帯見本林等	53,000	将来育苗地として拡張を見込み予備地 15,000 m ² を含む。
計	90,000	

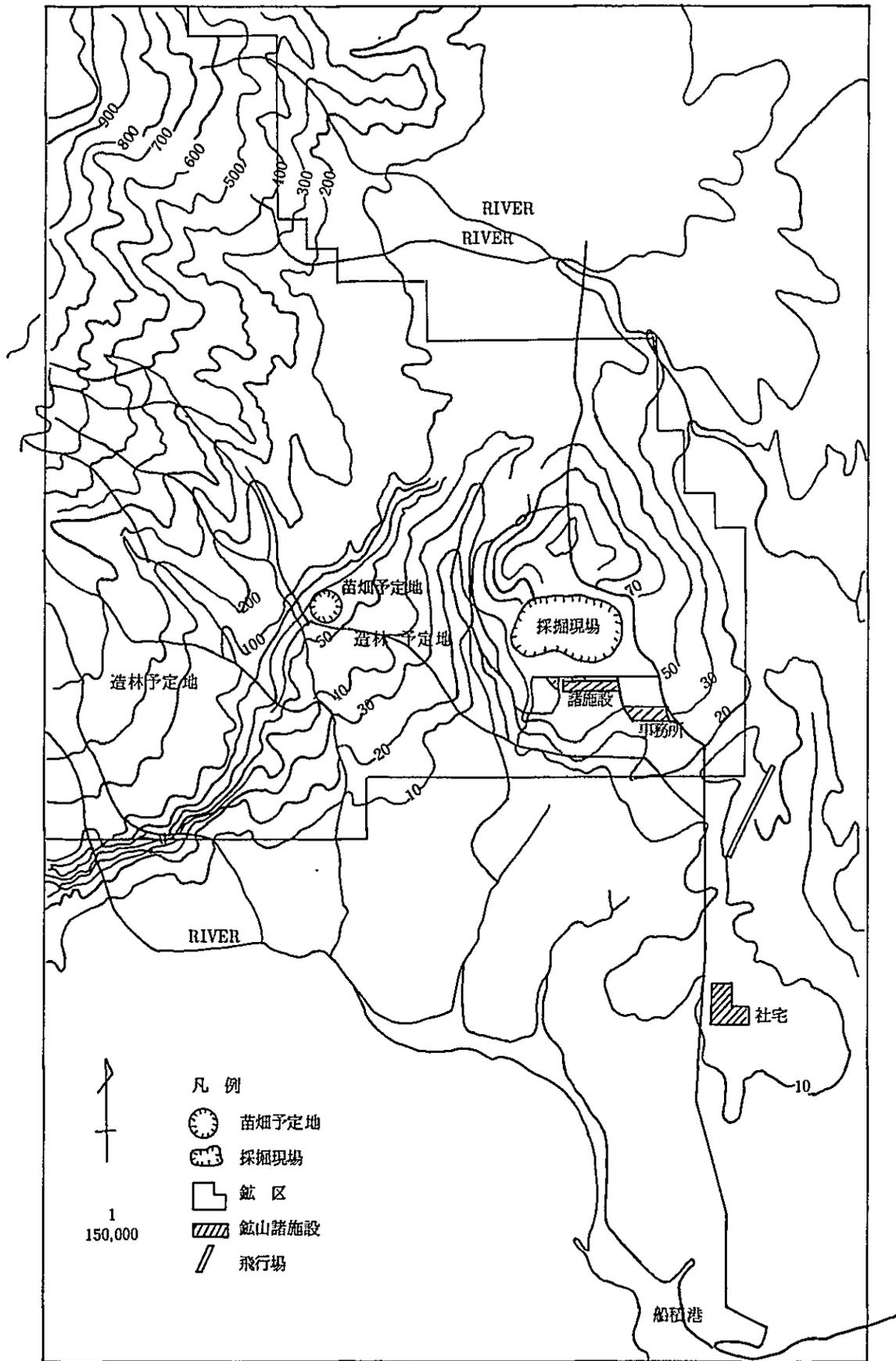


図 7-1 苗畑予定地概略図

(4) 苗畑造成スケジュール

本森林造成事業は、育苗から造林まで一貫して行うため、苗畑の造成から着手する。

造林事業の植つけ開始は、事業開始当年の前半から着手することで、苗畑造成スケジュールを計画する。

表 7-2 苗畑造成スケジュール

項目	月	前	年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
土地リース申請		→													
リース申請許可			→												
立木伐倒整理				→											
伐根除去、地均し				→											
道路建設				→											
用地測量(用途別)				→											
圃場用地整地				→											
育苗施設建設					→	→	→	→							
灌水施設建設					→	→	→	→							
作業場等建設						→	→	→							
管理事務所建設							→	→	→						
倉庫、車庫、休憩所建設								→	→	→					
機械施設購入				→	→	→	→	→	→	→	→				
苗木生産開始															→

(5) 苗畑施設設計

(5)-1 用地造成

苗畑用地の造成は、地上立木の伐採整理から着手し、その後ブルドーザーで傾斜の修正、地均し、整地を行い、諸施設の建設に取り掛かる。

ただし、本予定地は約10mの高低差があるため、育苗地と附属施設用地の一部は段差をつけ、造成費の軽減を図る。

この用地造成費は、表 7-3 のとおりである。

(5)-2 育苗用施設

① 圃場：面積 22,000 ㎡

圃場は通路によりブロックに分け、通路脇に簡単な溝を切り排水をよくする。

圃場内にポット育苗床、灌水用貯水タンクを設置する。

② ポット育苗床：12,000 ㎡

床地を平に整地したのち、直径 4 cm 程度の丸太材で木枠をつくり、土の安定、雑草防止及びポットから出た根の土中侵入を防ぐため、地面にビニール・シートを敷く。

育苗床でビニール・ポット苗を直立安定させるため、7 cm メッシュの金網を張る。

表7-3 用地造成費

面積 37,000 m²

種 別	作 業 種	摘 要	工 程	数 量	金 額
整 地	上木伐倒整理	チェーンソーマン	3人/ha	11人	10,560円
	伐倒木枝条片付け	一般労務者	10人/ha	37	35,520
	地均し	ブル・オペレーター	1.5人/ha	5.6	6,720
	地均し手直し	一般労務者	6人/ha	22	21,120
道路建設	ブル、切・盛土、地均し	ブル・オペレーター (1,300m)	500m/日	26	3,120
	手直し	一般労務者	450m/日	3	2,880
燃 料		ガソリン (チェーンソー3台/ha)	10ℓ/台	111ℓ	17,760
		ディーゼル油 (ブル5台+2.6台)	125ℓ/台	1,025	94,300
		潤滑油 (ブル5.6台+2.6台)	5ℓ/台	41	15,580
計					207,560

(注) ブル・オペレーター ¥40/日、チェーンソーマン ¥32/日、一般労務者 ¥32/日、¥1=¥30

表7-4 ポット育苗床設備費

面積 12,000 m²

種 別	摘 要	工 程	数 量	金 額
木 材 採 取	径4cm丸太利用、現地採取	0.1人/10m ²	120人	115,200円
ネ ッ ト 用 針 金		5kg/10m ²	6,000kg	1,045,800
枠組、ネット張り		1人/10m ²	120人	115,200
ビニール・シート	厚さ0.5mm 幅100cm	¥4.01/m ²	12,000m ²	1,443,600
枠設置、床均し		0.1人/10m ²	120人	115,200
雑 役		1人/1,000m ²	12	11,520
計				2,846,520

(注) 労務者 ¥32/日、¥1=¥30

③ 日覆設備：面積 12,000 m²

ポット育苗床には、丸太材を利用した日覆設備を設け、日覆用カンレイシヤにより日照管理をする。

④ 灌水設備：灌水面積 12,000 m²

灌水は貯水タンクからの水圧を利用して人力により行う。

灌水に必要な水は、川の上流から取水する。

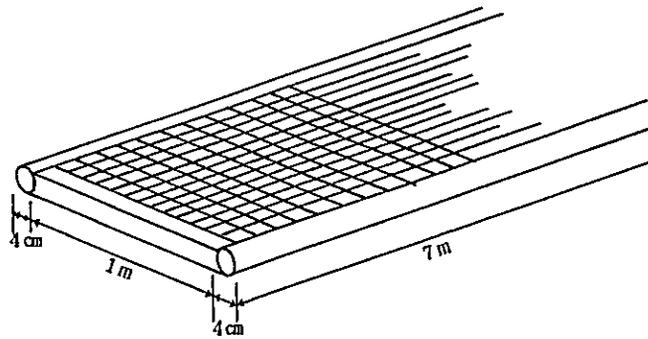
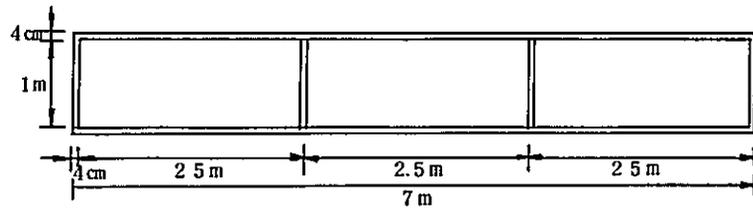


図7-2 ポット育苗床平面図・見取図

表7-5 日覆設備費

面積 12,000 m²

種別	摘要	工程	数量	金額
支柱他木材	径4cm丸太利用, 現地採取	0.1人/10m ²	120人	115,200円
カンレイシヤ	幅135cm, 10m		1,200m	216,000
針金	¥5.81/kg	0.5kg/10m ²	600kg	104,580
組立作業		0.1人/10m ²	120人	115,200
雑役		1人/1,000m ²	12人	11,520
計				562,500

(注) 労務者 ¥32/日, ¥1=¥30

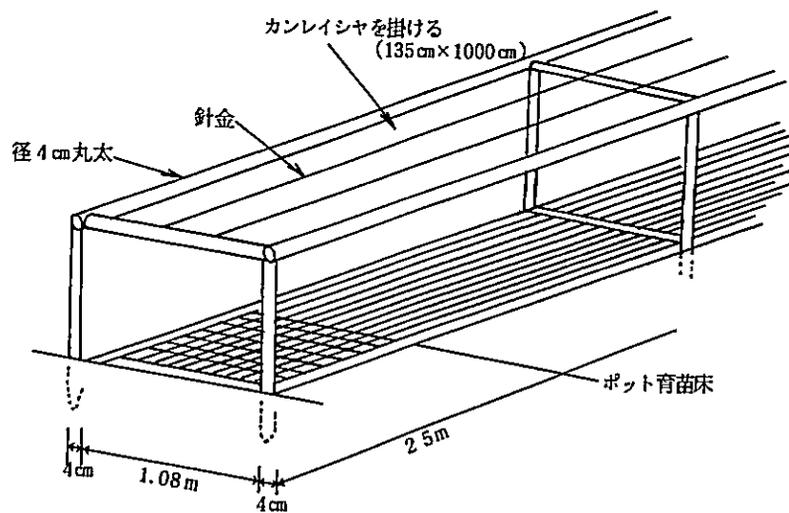


図7-3 日覆設備

表7-6 灌水設備費

灌水面積 12,000 m²

種 別	摘 要	工 程	数 量	金 額
導 入 管	塩ビ管 2 1/2		900 m	216,000円
貯 水 タ ン ク	ドラム罐空罐利用, 3 箇設置	0.33人/1箇	1 人	960
貯 水 タ ン ク 設 置	3 m木製ヤグラ 3 箇設置	3人/1箇	9 人	8,640
散 水 ホ ー ス	150 m 4 本		600 m	90,000
配 水 分 管	5 箇		5 箇	64,950
チ ェ ッ ク バ ル ブ	8 箇		8 人	120,000
配 管 工 事			900 m	89,100
そ の 他, 雑 費	雑役5人, 雑費			54,800
計				644,450

(注) 労務者 ¥32/日, ¥1=¥30

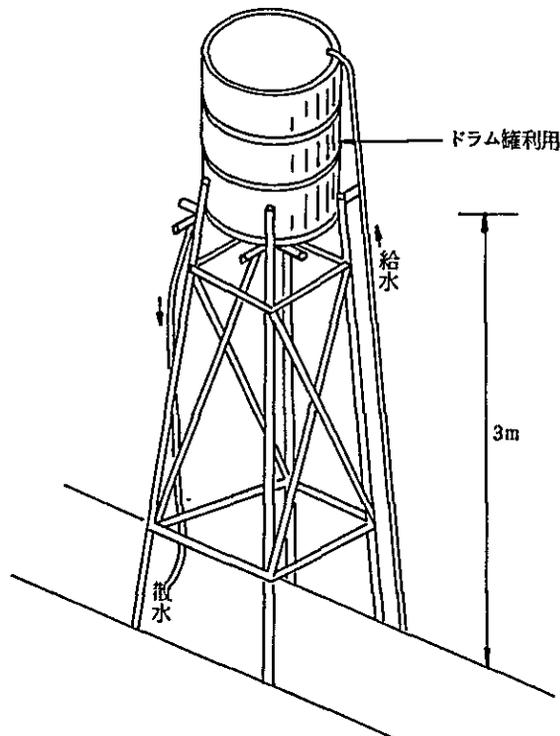


図7-4 貯水タンク

(5) - 3 建物面積

① 作業場：面積 300 m²

木造掘立小屋とし、雨水を避ける程度の簡単な建物とする。

作業場は、用土置場、ポットの土入、まきつけ及び移植作業並びにポット苗の屋内育苗などを行う。

さらに、小粒種子の稚苗養成も行う。

- ② 焼土場：面積 25 m²
木造掘立小屋とし、焼土時雨水を避ける程度の簡単な建物とする。
焼炉は鉄板を利用し、燃料は薪を使用する。
- ③ 焼土置場：面積 25 m²
木造掘立小屋とし、雨水の浸入が避けられる壁囲いを設け、床はタタキとする。
- ④ 休憩所：面積 200 m²
木造平屋建とし、労務者の一時休養の場として利用するため、床はタタキとする。また、風通しのよい板壁で下半分を囲う。
屋内には休養のため必要な簡単な設備を設ける。
- ⑤ 苗畑事務所：面積 50 m²
木造平屋建とし、苗畑現場の事務管理ができるよう屋内設備を整える。
- ⑥ 車庫：面積 50 m²
木造掘立小屋とし、トラック、貨客兼用車、ジープなどを格納する。
- ⑦ 倉庫：面積 100 m²
木造平屋建とし、育苗用資材が十分格納できる設備とする。

表7-7 建物施設費

単位：円

名称	面積	単価	金額	備考
作業場	300 m ²		4,650	掘立小屋4,500,発芽台3台150
焼土場	25	15	375	〃
焼土置場	25	20	500	〃
休憩所	200	20	4,000	木造平屋建
苗畑事務所	50	50	2,500	〃
車庫	50	15	750	掘立小屋
倉庫	100	35	3,500	木造平屋建
計	7棟		16,275	

(5)-4 機械施設

苗畑作業の能率の向上、諸管理の適正を期するため、次の車輛を常備する。

トラック	2 ton (または4 ton)	1台
貨客兼用車	2 〃	1 〃
ジープ		1 〃

表7-8 機械施設費

単位：円

名称	数量	単価	金額	備考
トラック	1台	1,500	1,500	2 ton車
貨客兼用車	1	1,900	1,900	〃
ジープ	1	4,500	4,500	ランドクルーザー
計	3		7,900	

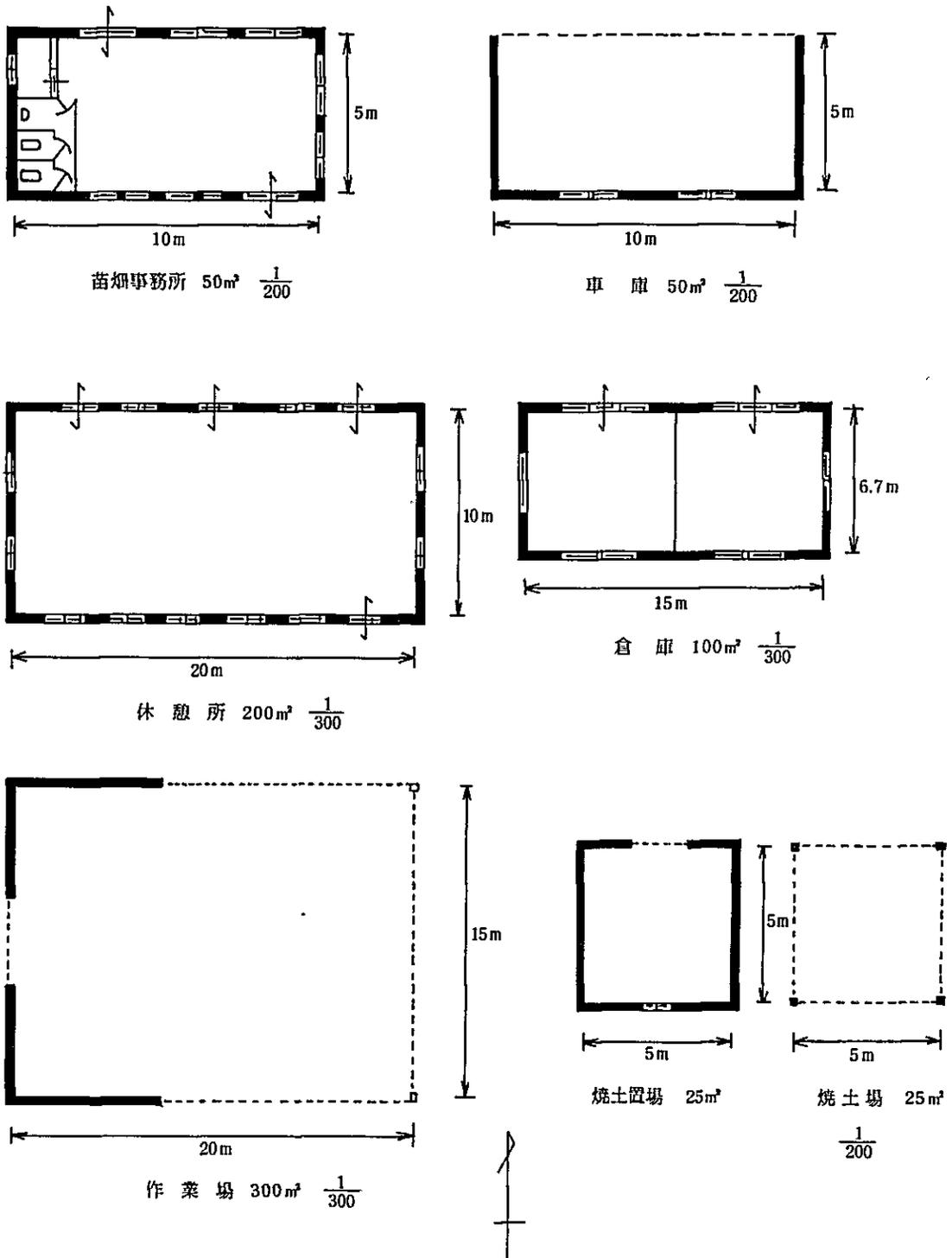


図7-5 建物平面図

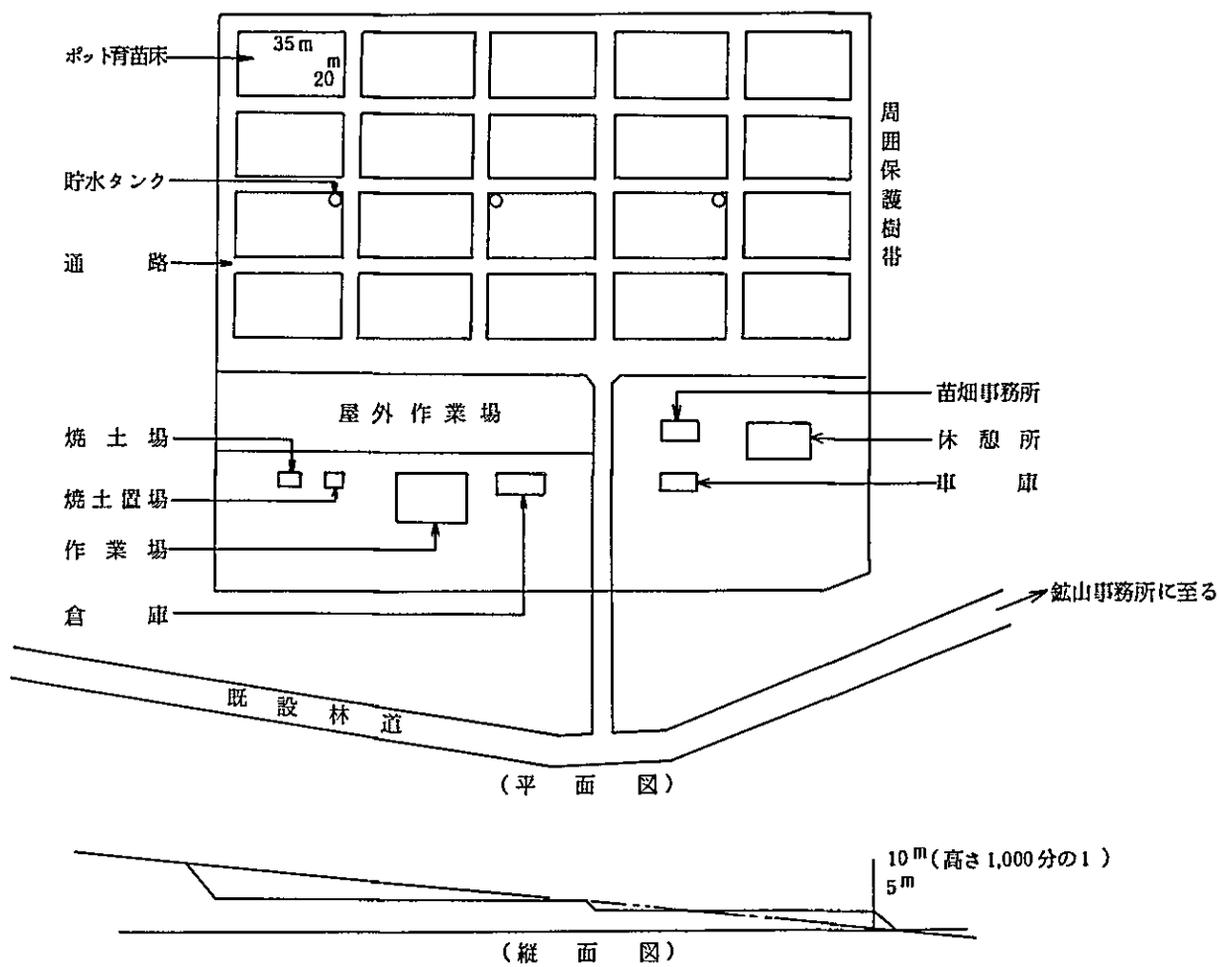


図 7-6 苗畑施設配置模式図

7-2-2 完備された施設の例

(1) 基本的な考え方

- ① 本造林事業に使用する苗木は、すべて自家生産する。
したがって、苗木の生産能力は、造林事業の最大所要本数を十分供給できるものとする。
- ② 苗畑の造成、操業は、モデル的な機械化作業を取り入れる。
- ③ モデル的な苗畑作業が行えるよう、苗畑は固定する。
また、圃場は試験調査が行いやすいよう平坦にする。
- ④ 苗畑に附属して、造林事務所、派遣技術者宿舍等を併設する。

(2) 苗畑予定地の概況

苗畑予定地(インドネシア・南スマトラ(Republic of Indonesia, South Sumatra))は、川の西岸、既設道路の北側に位置し、海拔高は約60~70mである。

予定地西側に南北に走る丘陵があり、その枝分れが2本東方向に走っている。

また、川へ数本のクリークが流れており、雨季にはこのクリークを含め予定地の東側の一部が湛水する。

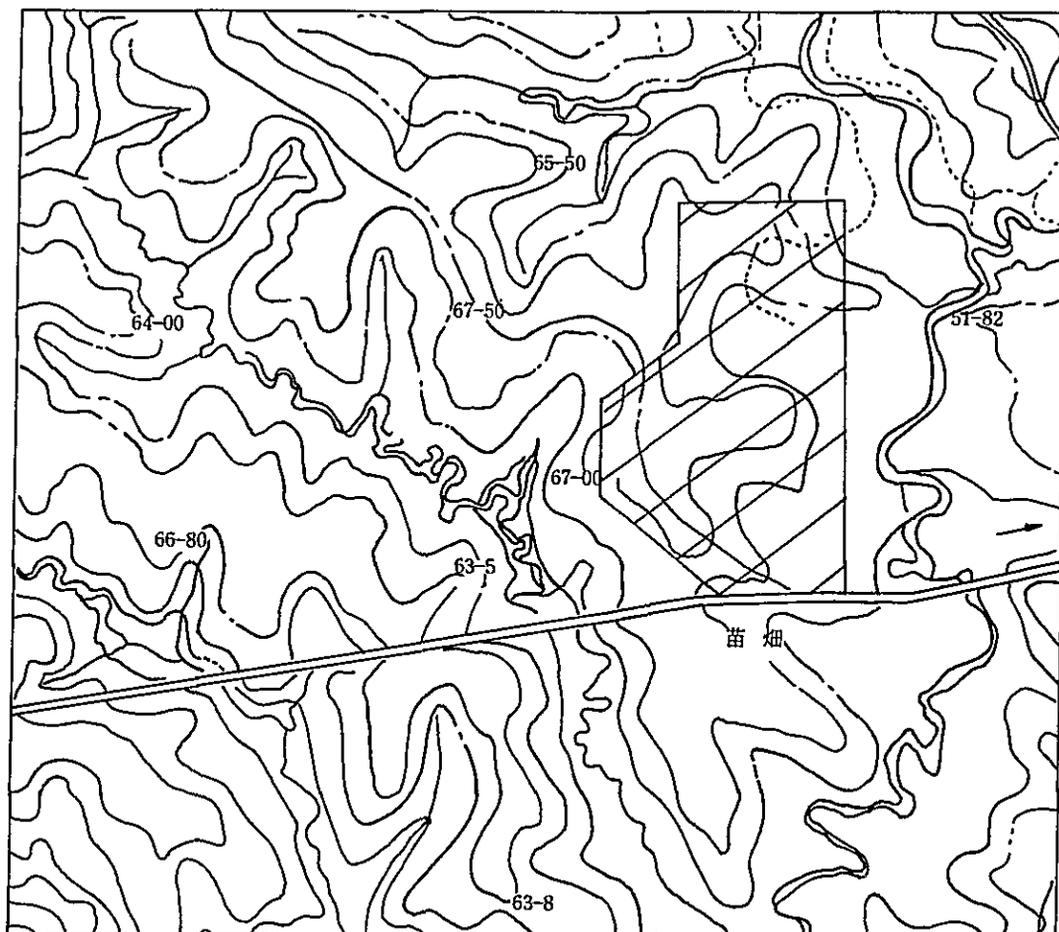
予定地は高低幅が約13mあり、樹高5~6m前後の灌木等に覆われている。また川岸及び予定地の北西部にはゴム園がある。

(3) 苗木生産計画及び苗畑の規模

造林計画に基づく苗木の生産は、ポット苗、スタンプ苗及びさし木苗の育苗を行うが、大部分はポット苗である。

年次別苗木生産本数は、表7-9のとおりである。

苗木生産計画及び基本的な考え方に基づき苗畑の面積は、16.5haを計画する。



縮尺 1 : 10,000

図 7-7 苗畑予定地概略図

表 7-9 年次別苗木生産本数

単位：本

年次	山出し本数		生産本数
	樹種名	本数	
1	なし	0	0
2	<i>Pinus merkusii</i>	72,500	90,600
	<i>Albizia falcata</i>	72,500	90,600
	<i>Eucalyptus deglupta</i>	72,500	90,600
	<i>Swietenia macrophylla</i>	71,250	89,200
	<i>Legume glauca</i>	62,500	78,100
	計	351,250	439,100
3	上記 5 種	267,500	334,400
	<i>Acacia auriculaeformis</i>	72,500	90,600
	<i>Schima bancana</i>	71,250	89,100
	<i>Peronema canescens</i>	72,500	89,100
	<i>Anthocephalus cadamba</i>	72,500	90,600
	その他	78,125	97,700
	計	634,375	791,500
4	上記 9 種 及びその他	1,092,500	1,365,700
5	同上	1,218,750	1,523,500

PLAN OF NURSERY SITE

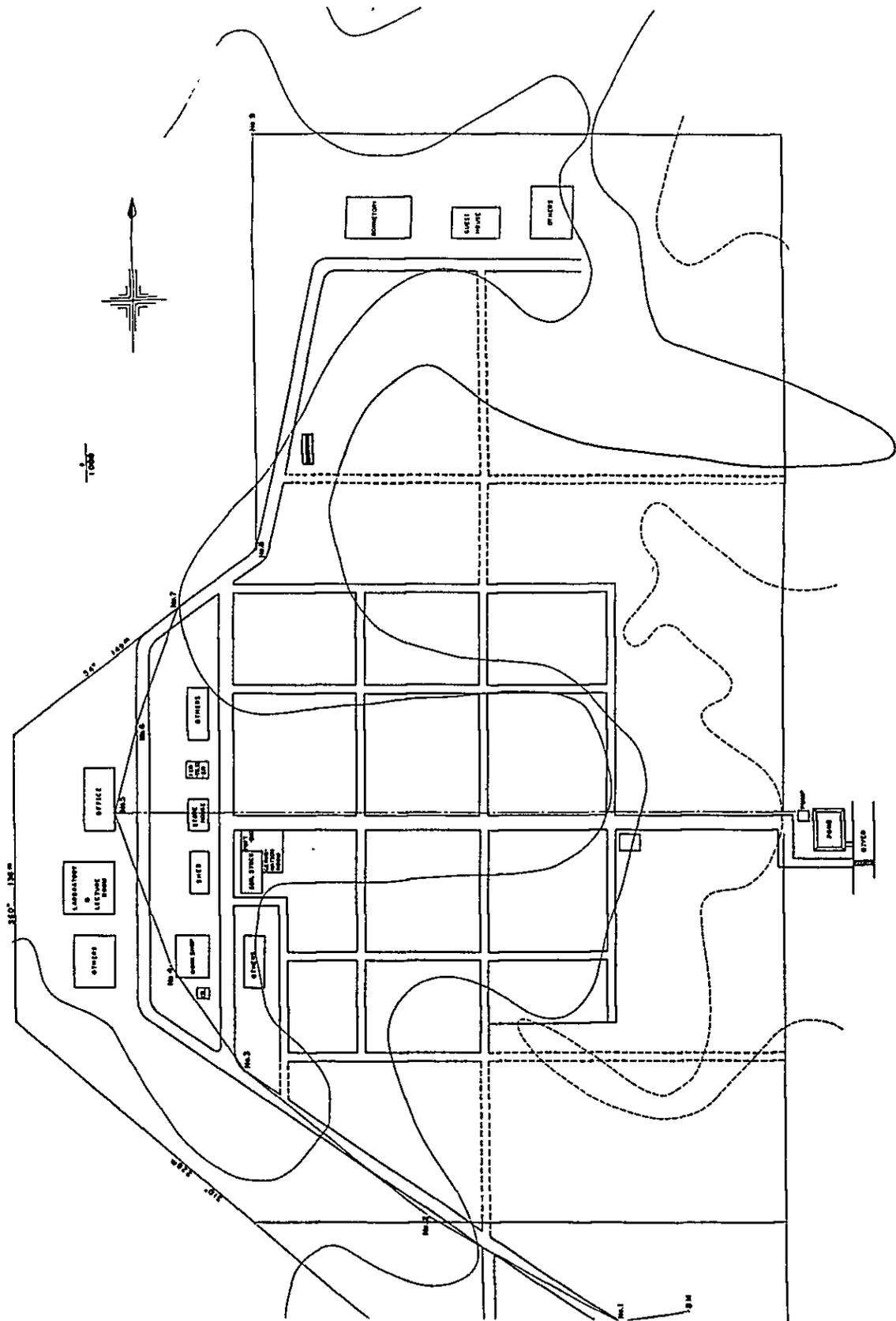


图 7-9 苗圃平面图

(4) 苗畑施設及びその配置

(4) - 1 作業用施設

① 圃場：面積 3.5 ha

排水を良くするため、東方向に 2%、南北方向に 3% の勾配をつけた平坦面とする。圃場は屋外でのまきつけ、育苗施設であり、発芽床、育苗床、灌排水設備、日覆設備をもつ。

② 作業室：面積 500 m²

圃場西端に建設。屋内でのまきつけ、育苗のための発芽室、用土処理のための用土堆積場、焼土場ならびにポットへの土入作業、稚苗移植作業のためのポット作業室、ポット苗保管室をもつ。なお発芽室には、日覆設備、灌水設備ならびに通風をよくする構造が必要である。

③ 貯水池及びダム（圃場の水源用）

貯水池の大きさは、20m×15m×3m で川岸に建設し、導水路で川と結ぶ。

乾季における水位の低下に備え、導水口に簡易ダムを建設する。

④ 灌水設備

圃場の灌水のため、スプリンクラーを 3 系列及びそのための

受水槽を各系列に 1 箇建設する。各受水槽の容量は、30,000 ℓ = 30 ton で、圃場敷地内に建設する。

⑤ 貯水槽：容量 20,000 ℓ = 20 ton

苗畑用地内の最高地に建設。スプリンクラー故障時の代替灌水用水源及び苗畑内各施設の作業用水源とする。

⑥ 資材倉庫：面積 108 m²

手工具、ポット用プラスチックバッグ等苗畑資材保管用とする。

⑦ 機械庫：面積 108 m²

トラック、トラクター等造林及び苗畑用車輛、機械の保管用とする。

⑧ 肥料庫：面積 88 m²

造林及び苗畑用肥料の保管用とする。

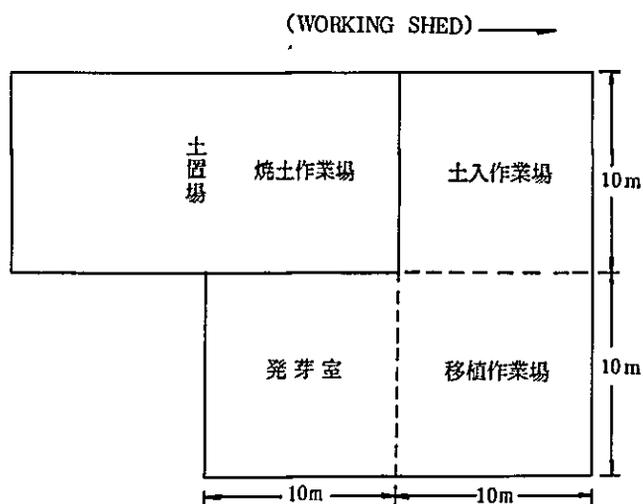


図 7-9 作業場 (20×30=600)
(10×30+10×20=500)

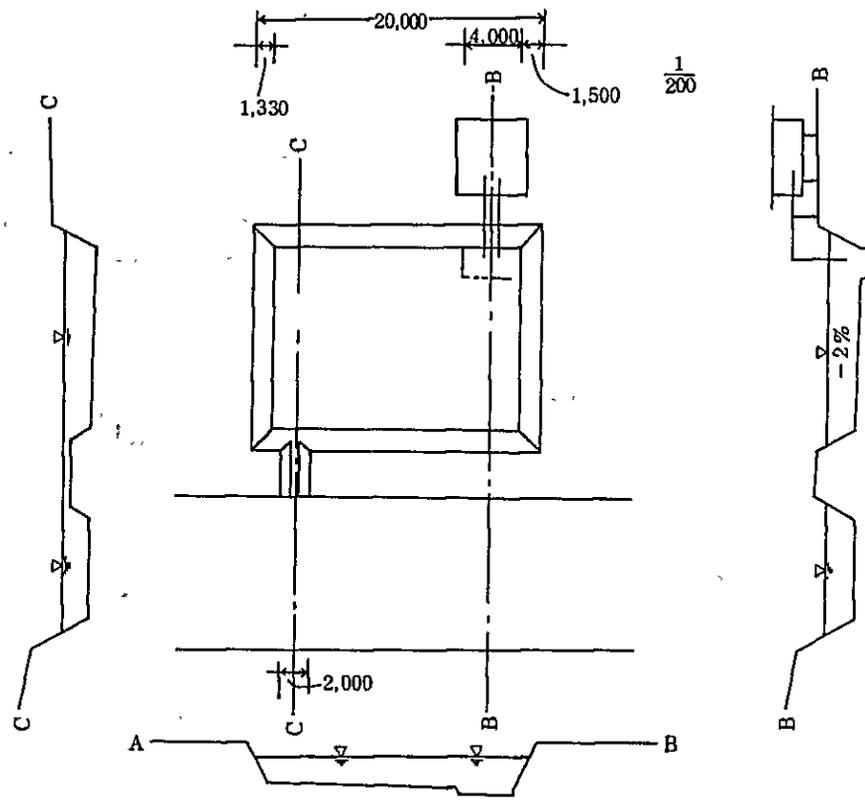


図7-10 貯水池平面図
縦断面図

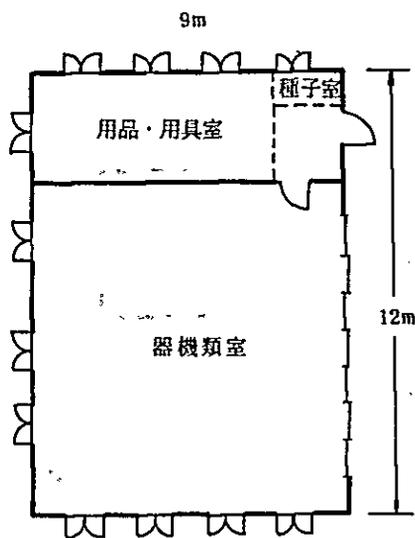


図7-11 資材倉庫(9×12=108㎡)

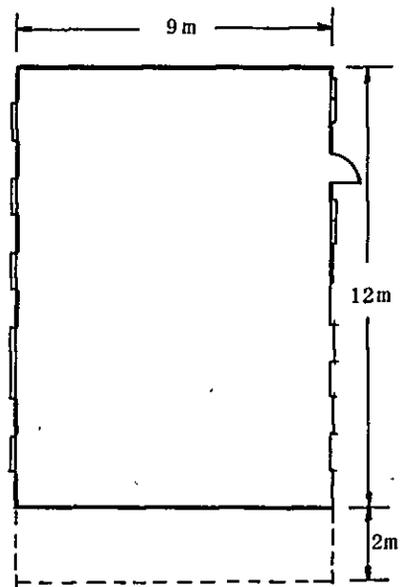


図7-12 機械庫(9×12=108㎡)

⑨ 油庫：面積 25 m²

車輛，機械の燃料，油類の保管用とする。

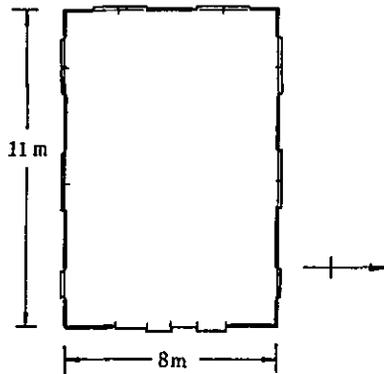


図 7-13 肥料庫 (8×11=88m²)

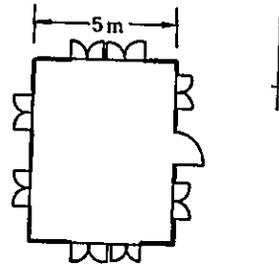


図 7-14 油庫 (5×5=25)

⑩ 修理工場：面積 224 m²

造林・苗畑用車輛，機械の修理，板金，塗装用のほか，機械工作室，木工作業場，工具室ならびに部品庫を併設する。

⑪ ポンプ室：面積 12 m²

貯水池からスプリンクラー受水槽ならびに貯水槽への揚水ポンプ用とする。

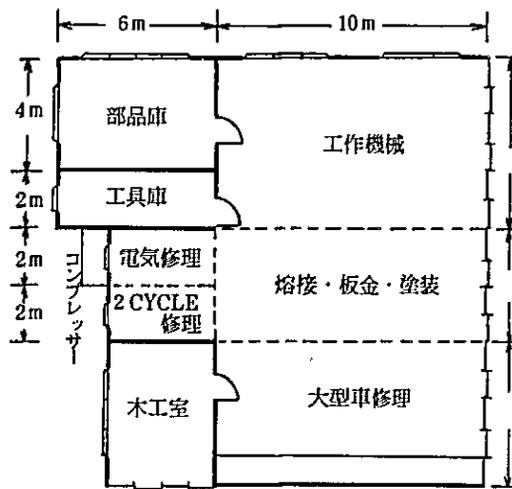


図 7-15 修理工場 (16m×15m=240m²)
(15×14+2×1+6×2=224)

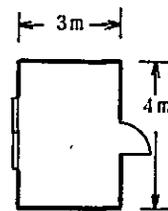


図 7-16 PUMP室

⑫ 発電機室及び配線：面積 27 m²

各施設のための発電機保管，配線基点とする。

(4) - 2 管理用施設

① 造林事務所：面積 300 m²

造林及び苗畑作業の管理事務所

- ② 造林実験室及び研修室：面積 259 m²
造林及び苗畑関係の試験，気象観測を行い，講義室，
実習室などを併設する。
- ③ 派遣技術者用宿舎：面積 257 m²
日本人派遣技術者用の宿舎とする。
- ④ 来客用宿舎：面積 231 m²
日本からの短期派遣技術者及び来客用の宿舎とし，
2階建て2階は寝室とする。4室，収容人員8名であ
る。

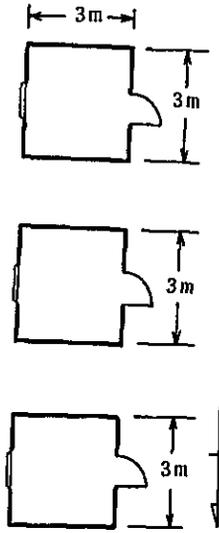


図7-17 発電機室
(3×3×3=27m²)

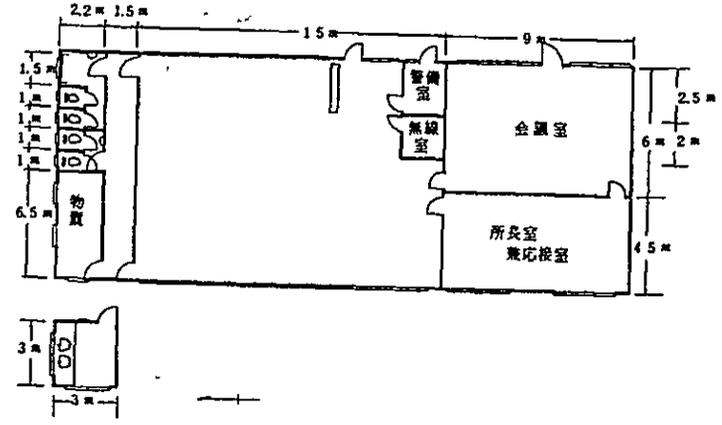


図7-18 造林事務所 (27.7×10.5=29085) 3×3=9
(ADMINISTRATION OFFICE)

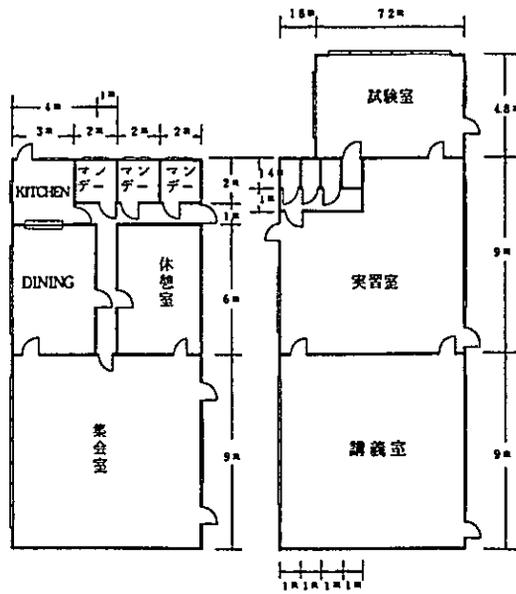


図7-19 集会室(9×18=162㎡)・試験室及び研修室(9m×2.28=205.2)
(LABORATORY&LECTURE ROOM)
(9×18+4.8×7.2=1965.6)

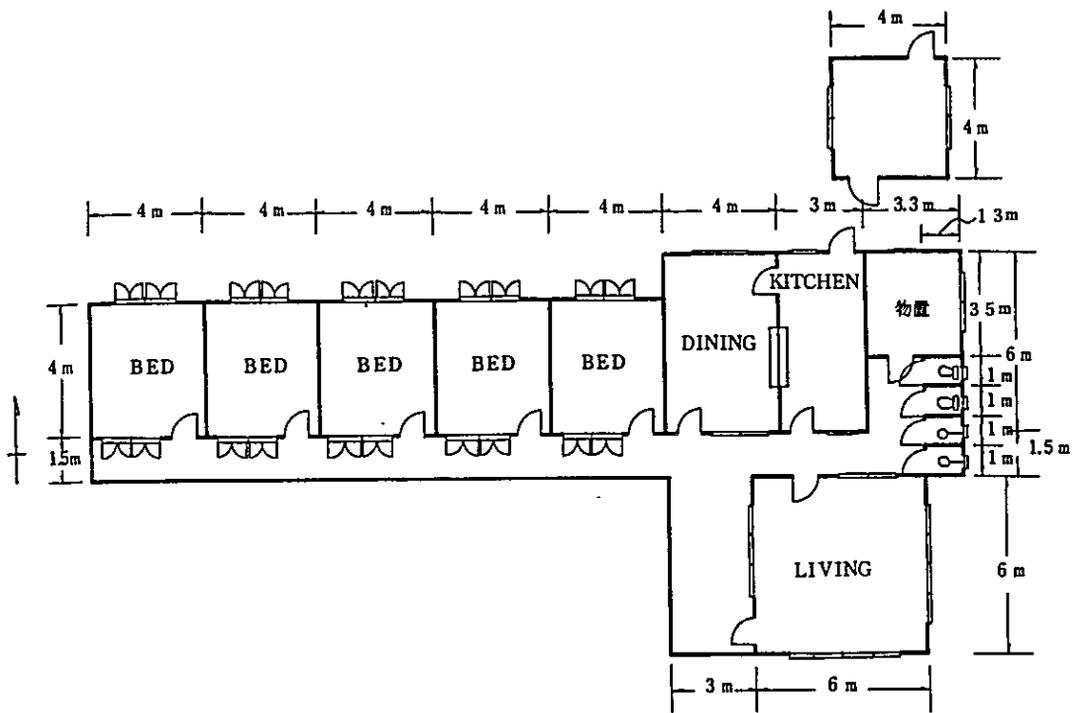


図7-20 派遣技術者用宿舎(DISPATCH ENGINEER HOUSE)(30.3×13.5=409.05㎡)
(5.5×2.0+7.5×1.03+6×9+4×4=257.25)

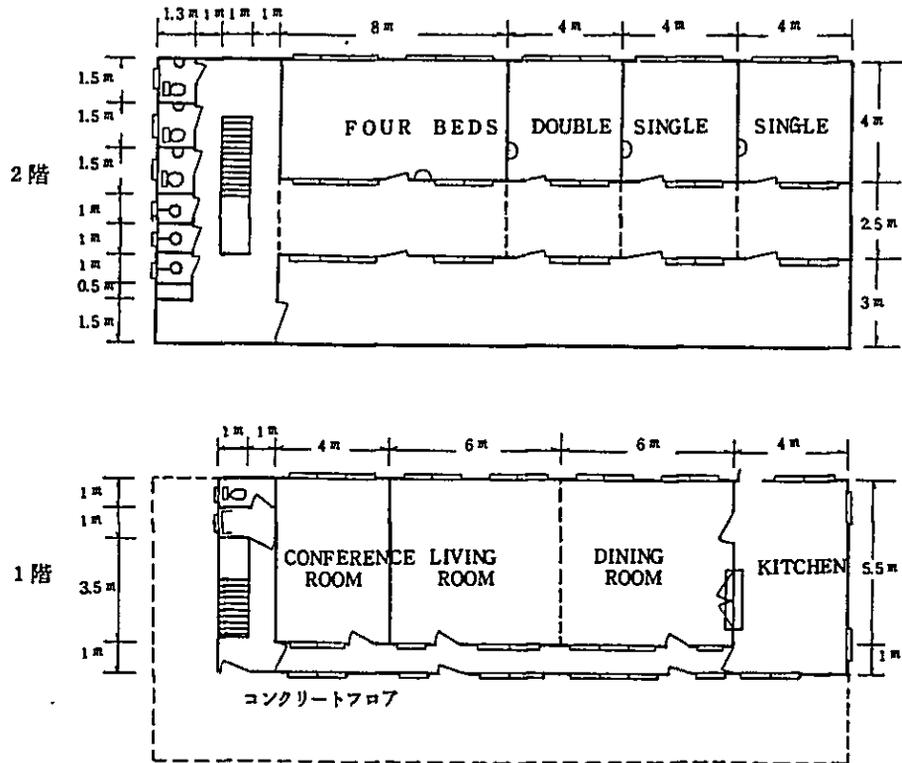


図7-21 来客用宿舎2階建(GUEST HOUSE) (24.3×9.5=23085)

(4) - 3 付属施設

① 道路：総延長距離

既設道路からの進入路は幅6m、延長798m、圃場中央道路は、幅7m、延長523m、圃場内作業道は、幅4m、延長1,408m

② 排水溝

(4) - 3, ①の道路西側に排水溝を設ける。

③ 保護樹帯

既設道路からの防塵ならびに防風のために、苗畑周縁の樹木を保護樹帯として保存する。

④ 見本林

苗畑予定地内の高木を、熱帯広葉樹の見本として残す。なお、保護樹帯及び見本林(見本木を含む。)の配置は、予定地内の立木調査を行い保存木の規格を定め決定する。

⑤ 金網柵

安全維持のため、苗畑敷地周辺に金網柵を設ける。

(5) 圃場設備

圃場は、発芽床、育苗床及び灌水設備を有する。また、道路により12のブロックに分け、この内1ブロックは発芽床用として、作業室及び発芽床を設ける。他のブロックは主として

育苗床とする。床は南北方向につくる。

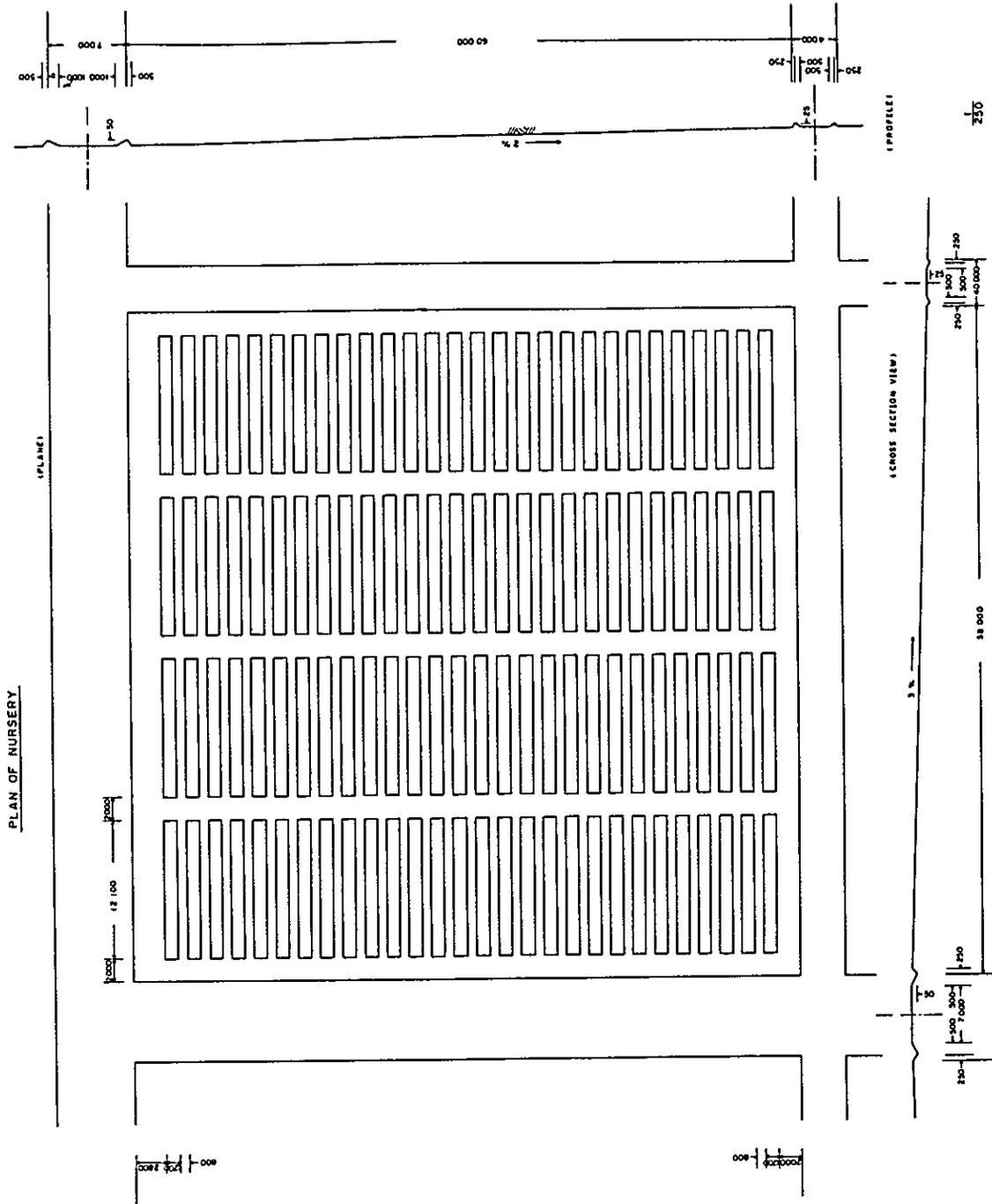


図 7-22 圃場平面縦断図

- ① 発芽床：マクロフィラ (*Swietenia macrophylla*)、メリナ (*Gmelina arborea*) 等種子サイズの大きい樹種の発芽用。60床。

床寸法は、幅 1.2m、長さ 12m、高さ 10cm 程度、木枠で囲い、発芽用土を入れるか、または発芽用土のみで土盛りする。発芽床は排水をよくするため、下層は小石、中、上層は土、表層は細砂とする。いずれも焼土殺菌する。

発芽床には、日覆設備及びミスト状の灌水を行うためのスプレヤーを設置する。

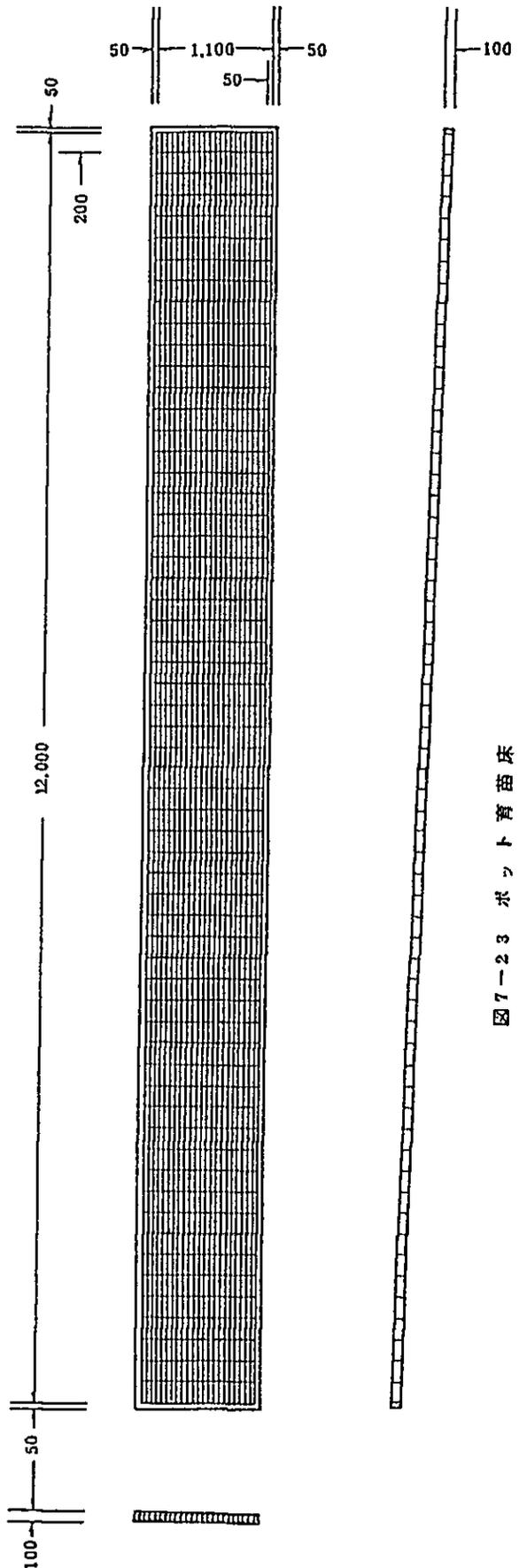
- ② スタンプ苗床：マクロフィラ (*Swietenia macrophylla*) 等スタンプ苗の育苗床。

まきつけ及び養苗を行う。床の構造は発芽床と同じ。苗床数は 3～4 ブロックを充当するが、発芽床及びポット苗床が不足する場合は、この苗床を転用する。

- ③ ポット育苗床：メルクシー (*Pinus merkusii*)、デグランプタ (*Eucalyptus deglupta*) 等発芽床からポットに移植されたポット苗の育苗床。

床寸法は、幅 1.2m、長さ 12.1m、高さ 10cm 程度。水が床面上に滞留しないように床面には緩傾斜をつける。

床構造は、床を深さ 30cm 程度締め固め、その上にレンガ (20×10×5cm) を並べ、レンガが崩れない



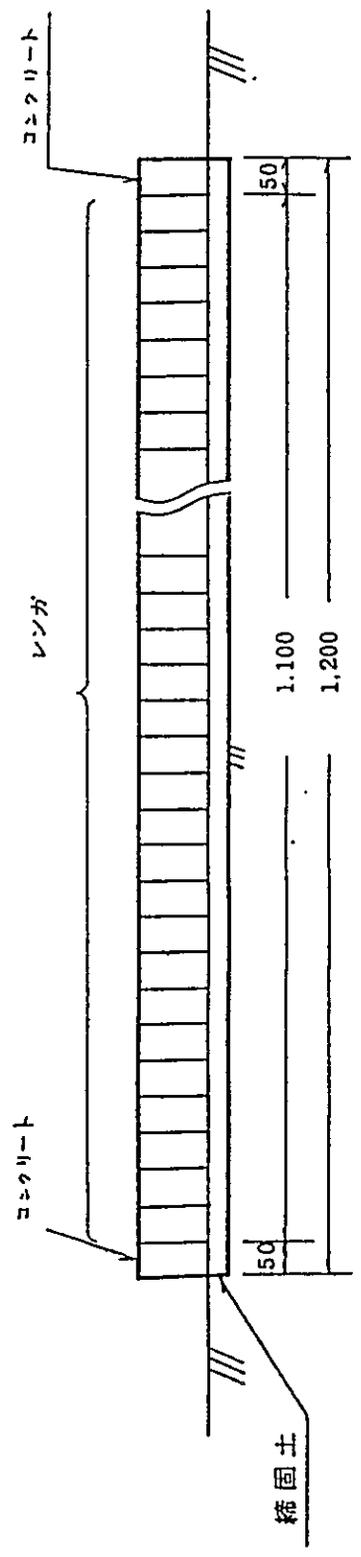
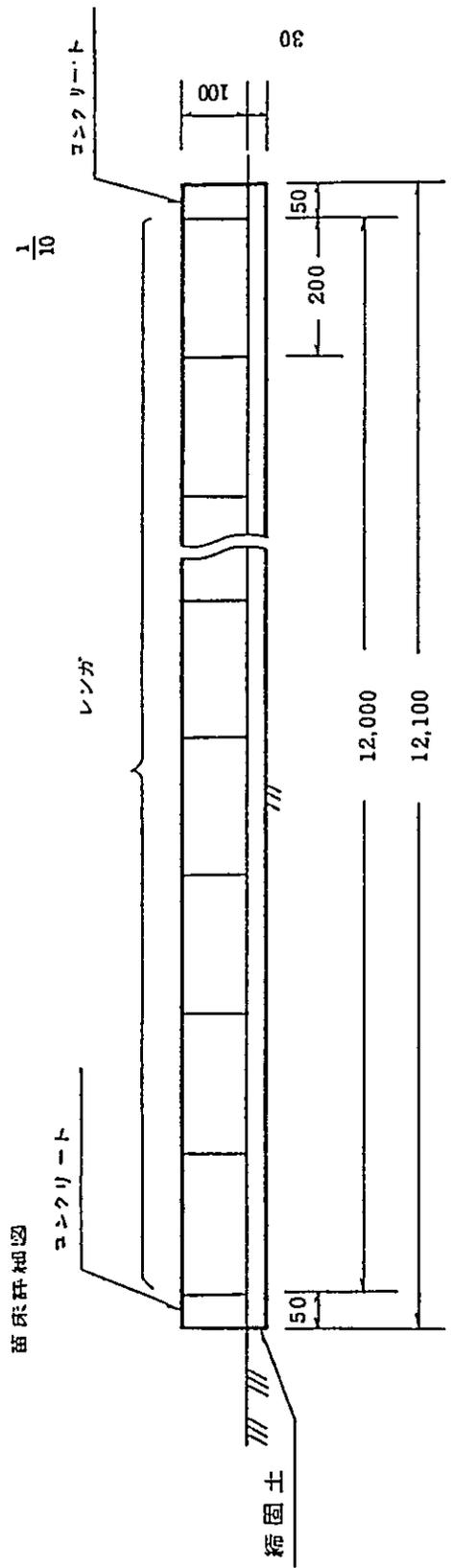


図7-24 ポット育苗床詳細図

よう周囲をコンクリートで固める。さらにその上を厚さ100 μ 程度のポリプロピレンシートで覆う。

育苗床上にポット苗を直立させるために木枠をのせる（枝張りの少ないメルクシー(Pinus merkusii)等はポットを密着して並べる。）か、床上10cm程度に金網を張る（枝張りの大きいユーカリ類は、ポットの間隔をあける必要がある。）。網目の寸法はポットの直径（5～8cm）にあわせて（6～10cm）つくる。

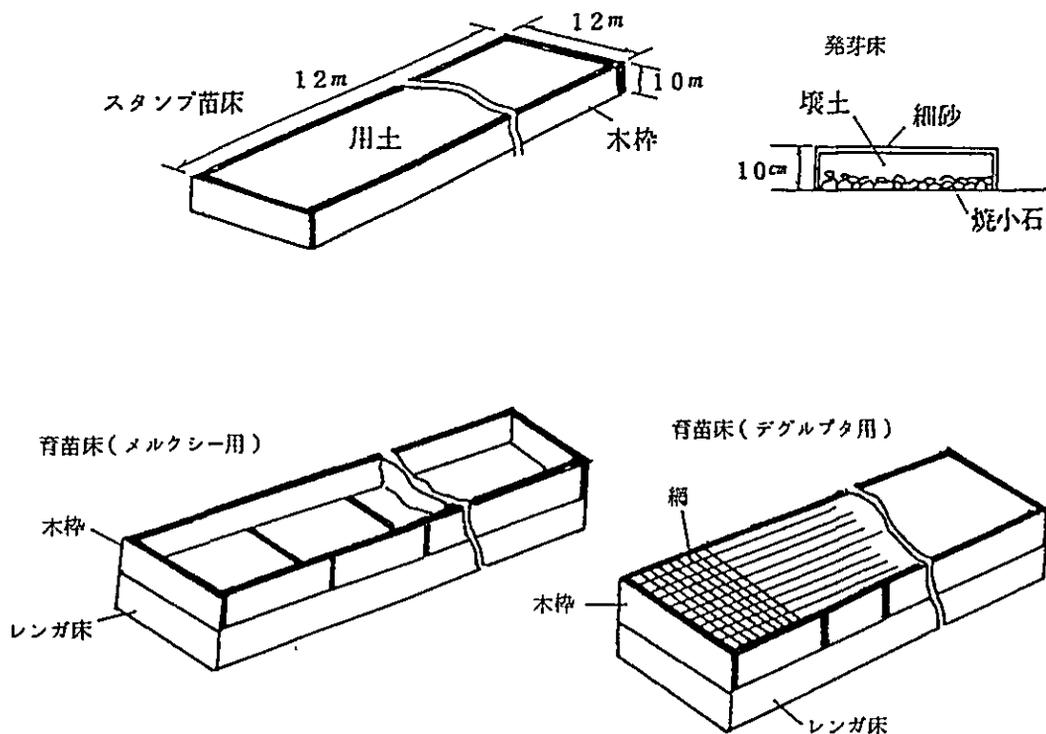


図7-25 発芽床、スタンプ苗床、育苗床

④ 灌水設備

灌水設備はスプリンクラーシステムを主体とし、補助手段として貯水タンクからの撒水設備を設置する。

スプリンクラーシステムは、川の水を貯水池に貯え、揚水ポンプで一旦貯水池から受水槽へ送水し、受水槽から加圧ポンプでスプリンクラーまで送水する。スプリンクラーは固定し、撒水能力6～20 l /分のものを使用する。

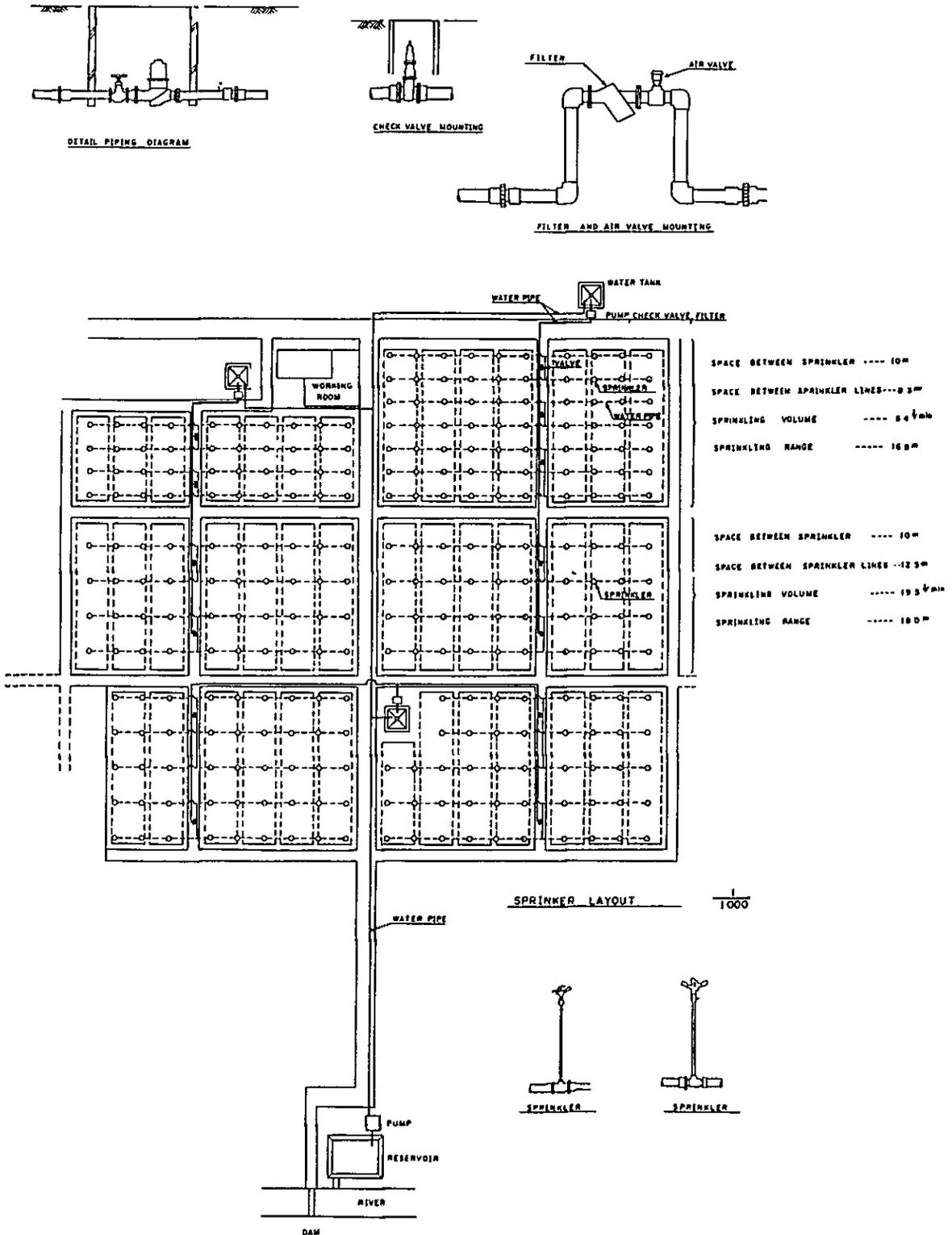
⑤ 排水設備

圃場内作業道の排水溝で排水する。

⑥ 日覆設備

日覆は朝夕に開閉する必要があるため、手動で簡単に開閉可能なものとする。

SPRINKLER SYSTEM



☑ 7-26 スプリンクラーシステム

(6) 苗畑造成

(6) - 1 苗畑造成日程計画

造林作業開始が、事業開始年の1月から予定されているため、メルクシー(Pinus merkusii)・マツ等育苗期間が約12月を要するものは、前年の1月にまきつけが必要となる。

したがって、苗畑造成はまきつけ床を前年1月までに完成させる必要がある。その他の主な施設は、育苗期間が6月間の樹種のまきつけに合わせるよう、前年6月までに完成させる。

苗畑造成計画は、次のとおりである。

表7-10 苗畑造成日程計画表

番 号	項 目	前 年 度												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	月
①	苗畑予定地周囲伐開	↔												
②	各施設建設予定地の概定	↔												
③	保護樹帯、見本林用保存木調査、立木位置図作成	↔												
④	灌木の伐倒、整理。圃場予定地周辺に集積	↔												
⑤	苗畑用地の確定、周囲の杭打	↔												
⑥	予備道路建設	↔												
⑦	道路、各施設用地測量	↔												
⑧	圃場用地、整地	↔												
⑨	苗床建設	↔												
⑩	道路建設	↔												
⑪	作業室建設	↔												
⑫	資材倉庫	↔												
⑬	機材倉庫	↔												
⑭	発電機室	↔												
⑮	ポンプ室	↔												
⑯	貯水池	↔												
⑰	油庫						↔							
⑱	修理工場												↔	
⑲	肥料倉庫												↔	
㉑	造林事務所建設	↔												
㉒	派遣技術者用宿舎建設	↔												
㉓	造林試験室及び研修室の建設												↔	
㉔	来客用宿舎の建設												↔	

(注) 圃場整地の際は、表土を将来ポット用土として使用するため、圃場周辺に集積することが望ましい。

(6) - 2 苗畑造成所要資機材

① 機 械

表7-11 機 械 明 細 表

番号	機 械 名 及 び 仕 様	台数	用 途
①	アングルブルドーザー(リッパ付)15 ton 級	3	灌木伐倒, 表土集積, 圃場用地整地, 道路建設, 施設 用地整地
②	モーターグレーダー	1	道路建設, 施設用地整地, 圃場用地整地
③	ロードローラー	1	道路建設
④	トレンチャー	1	排水溝掘削, 送排水管溝掘削
⑤	ダンプトラック	2	道路建設
⑥	ショベルドーザ	1	道路建設
⑦	ブルドーザ(バックホー付)6 ton	1	貯水池建設
⑧	トラック(4 ton, 4×4, クレーン付)	1	資材輸送
⑨	振動ランマー	1	苗床作設
⑩	コンクリートミキサー	1	苗床作設, 排水溝建設
⑪	水中ポンプ	1	簡易ダム建設
⑫	自動刈払機	3	見本林, 保護樹帯作設
⑬	その他		

② 資材及び用具

表7-12 資材及び用具明細表

番号	資 材 又 は 用 具 名	用 途
①	土のう	簡易ダム建設
②	スプリンクラー設備	灌水設備
③	苗床用資材(レンガ木枠, 金網等)	苗床建設
④	家屋建設資材	倉庫, 宿舍等建設
⑤	貯水槽資材	貯水槽建設
⑥	排水溝資材	排水溝建設
⑦	モンキーハンマー	簡易ダム建設
⑧	測量用具	測 量
⑨	大工用具	家屋建設
⑩	土木用具	道路建設, 整地等
⑪	事務用具	管 理
	その他	

(6) - 3 苗畑造成費用

① 圃場造成土工

(I) 土工量

表7-13 土工量

単位：m³

№5杭からの距離	盛 土			切 土		
	南 側	北 側	合 計	南 側	北 側	合 計
(25)	(0)	(0)		(244.4)	(227.5)	
25 ~ 50 (50)	0 (0)	560 (44.8)	560	6,068.8 (241.1)	4,550.0 (136.5)	10,618.8
50 ~ 75 (75)	467.5 (37.4)	2,342.5 (142.6)	2,810	5,151.3 (171.0)	2,966.3 (100.8)	8,117.6
75 ~ 100 (100)	2,222.5 (140.4)	2,607.5 (66.0)	4,830	2,688.7 (44.1)	2,382.5 (89.8)	5,071.2
100 ~ 200 (200)	14,195.0 (143.5)	7,755.0 (89.1)	21,950	6,375.0 (83.4)	11,520.0 (140.6)	17,895.0
200 ~ 250 (250)	10,027.5 (257.6)	6,205.0 (159.1)	16,232.5	2,835.0 (30.0)	5,395.0 (75.2)	8,230.0
合 計	26,912.5	19,470.0	46,382.5	23,118.8	26,813.8	49,932.6

()内は各測点における断面積

(II) ブルドーザー作業時間 (15 ton 級)

作業時間算定式

$$Q = \frac{60 \times q \times f \times E}{C_m}$$

ただし

Q = 運転時間当たり作業量 (m³/h)

q = 1回の掘削押土量 (m³)、距離を70m (平坦) として、q = 3.00 m³ × 0.76 = 2.28 m³/回

f = 土量換算係数 = $\frac{1}{1.2} = 0.83$

E = 作業効率 = 0.375

C_m = サイクルタイム (分) = 0.037 ℓ + 0.25 = 0.037 × 70 + 0.25 = 2.84分/回

したがって

$$Q = \frac{60 (\text{分/時}) \times 2.28 (\text{m}^3/\text{回}) \times 0.83 \times 0.375}{2.84 (\text{分/回})} = 14.99 \text{ m}^3/\text{h}$$

したがって、圃場造成作業時間は

$$H = \frac{49,932.6}{14.99} = 3,331 \text{ 時間}$$

したがって、3台のブルで、1日当たり稼働時間を6時間とすると、

所要日数 = 3,331 ÷ 3 ÷ 6 = 185日

(iii) ブルドーザー運転経費

1時間当たり運転経費

単位：RP

費目	数量	単価	金額	
ブルドーザー	1時間	26,000	26,000	
燃料	15 ℓ	60	900	
油脂			180	燃料の20%
世話役	004人	1,875	75	
補助土工	033人	1,500	495	1台当2人、実働6時間 したがって2/6 = 0.33人/h
合計			27,650	

(iv) したがって、ブルドーザー経費合計は

$$S = 27,650 \text{ RP/h} \times 3,331 = \text{RP } 92,102,150. -$$

② 管理用施設用地整地

(i) 土工費

施設用地合計 1,146.51 m²

平均整地高 0.5 m

したがって、土工量 = 1,146.51 × 0.5 = 573.3 m³

(ii) ブルドーザー作業時間及び運転経費

$$Q = \frac{60 \times q \times f \times E}{C_m}$$

ただし

Q = 運転時間当たり作業量 (m³/h)

q = 3.00 × 1.0 = 3.00 m³/回 (距離 10 m)

f = 0.83

E = 0.375

C_m = 0.037 ℓ + 0.25 = 0.037 × 10 + 0.25 = 0.62分/回

したがって、時間当たり作業量は、

$$Q = \frac{60 \times 3.00 \times 0.83 \times 0.375}{0.62} = 90.4 \text{ m}^3/\text{時}$$

(iii) したがって、作業時間、運転経費は、夫々

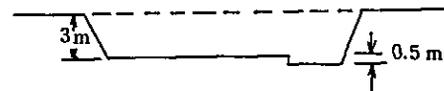
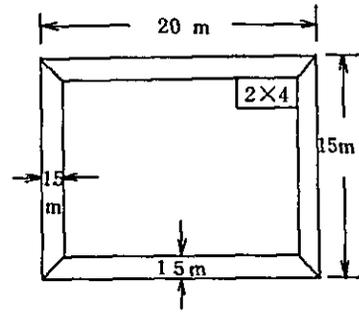
$$H = \frac{573.3}{90.4} = 6.3 \text{ 時間}$$

$$S = 27,650 \text{ RP/h} \times 6.3 \text{ h} = \text{RP } 174,195. -$$

③ 貯水池掘削

(i) 土工量

$$\begin{aligned} \text{土量} &= \frac{20 \times 15 + 17 \times 12}{2} \times 3 \\ &\quad + 2 \times 4 \times 0.5 \\ &= 760 \text{ m}^3 \text{ (地山)} \end{aligned}$$



(ii) ブルドーザー作業時間 (6 ton級, バックホー付)

掘削作業

$$Q = \frac{60 \times q \times K \times f \times E}{C_m}$$

ただし,

$$Q = 1 \text{ 時間当作業量 (m}^3/\text{h)}$$

$$q = \text{バケット容量} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$K = \text{バケット係数} = 0.8$$

$$f = \text{土量換算係数} = \frac{1}{1.2} = 0.83$$

$$E = \text{作業効率} = 0.25$$

$$C_m = \text{サイクルタイム} = 20 \text{ 秒} = 0.33 \text{ 分}$$

したがって, 掘削作業時間

$$H_d = \frac{760 \text{ m}^3}{6.0 \text{ m}^3/\text{h}} = 126.7 \text{ 時間}$$

押土作業

$$Q = \frac{60 \times q \times f \times E}{C_m}$$

ただし,

$$Q = 1 \text{ 時間あたり作業量 (m}^3/\text{h)}$$

$$q = 1 \text{ 回あたり標準押土量 (m}^3)$$

$$f = 0.83$$

$$E = 0.25$$

C_m = サイクルタイム

ここで、

$$q = \frac{BH^2}{2 \tan \phi}$$

ただし、

$$B = \text{土工板幅} = 2.43 \text{ m}$$

$$H = \text{土工板高} = 0.745 \text{ m}$$

$$\phi = \text{土の角度} = 40^\circ$$

よって、

$$q = \frac{2.43 \times (0.745)^2}{2 \times \tan 40} = 0.80$$

$$C_m = \frac{\ell}{v_1} + \frac{\ell}{v_2} + t$$

ただし、

$$\ell = \text{平均押土距離} = 20 \text{ m}$$

$$v_1 = \text{前進速度} = 2.2 \text{ km/h} = 36.7 \text{ m/min}$$

$$v_2 = \text{後進速度} = 4.3 \text{ km/h} = 71.7 \text{ m/min}$$

$$t = \text{ギア入換, 加速時間} = 0.1 \text{ 分}$$

したがって、

$$C_m = \frac{20}{36.7} + \frac{20}{71.7} + 0.1 = 0.924 \text{ 分/回}$$

よって、

$$Q = \frac{60 \times 0.80 \times 0.83 \times 0.25}{0.924} = 10.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

故に、押土作業時間

$$H_p = \frac{760}{10.8} = 70.4 \text{ 時間}$$

したがって、全作業時間

$$H = H_d + H_p = 126.7 + 70.4 = 197.1 \text{ 時間}$$

(iii) ブルドーザー経費

1時間当たりブルドーザー経費

(RP)

費目	数量	単価 RP	金額 RP	備考
ブルドーザー	1時間	21,000	21,000	
燃料	8.4 ℓ	60	504	
油脂			101	燃料の20%
助手	0.13人	1,500	195	1/8人
補助土工	0.06人	1,500	90	20㎡/人
合計			21,890	

(iv) ブルドーザー経費合計

$$S = RP 21,890 \times 197.1 = RP 4,314,519.-$$

④ 家屋建設費

表7-14 家屋建設費

単位：円

項目	数量 (㎡)	㎡ 当たり	経費	
作業用施設	作業室	500	40	20,000
	資材倉庫	108	40	4,320
	機材倉庫	108	40	4,320
	肥料倉庫	88	40	3,520
	油庫	25	40	1,000
	修理工場	224	50	11,200
	ポンプ室	12	35	420
	発電機室	27	35	945
小計	1,092		45,725	
管理用施設	造林管理事務所	29,985	50	14,992.5
	試験・研修室	35,856	50	17,928.0
	派遣技術者宿舍	25,725	60	15,435.0
	米客宿舍	23,085	60	13,851.0
	小計	114,651		62,206.5
合計	2,238.51		107,931.5	

⑤ 苗床建設費

(i) 1苗床当たり所要資材費

番号	名称	数量	単価 RP	金額 RP	備 考
1	レンガ	1,320個	30	39,600	
2	コンクリート	0.132㎡	43,650	5,762	注(1)
3	ポリシート	2,125㎡	500	1,062,500	12㎡当り RP 600
4	床ならし土工	1.016人	1,500	1,524	145.2㎡ × 0.07人/㎡
5	レンガ敷土工	0.726人	1,500	1,089	145.2㎡ ÷ 20㎡/人
合 計				58,600	

(ii) 苗床建設費総計

$$959 \text{床} \times \text{RP } 58,600 = \text{RP } 56,197,400$$

(注) コンクリート費用算定

コンクリート1㎡当たり単価

名 称	数 量	単価 RP	金額 RP
セメント	1,125袋	2,600	29,250
砂	0.45㎡	6,000	2,700
砂利	0.90㎡	8,500	7,650
土工	27人	1,500	4,050
合 計			43,650

7-3 育苗作業

7-3-1 播 種

(1) 種子の前処理

ある種の種子は水分を通しにくい外皮をもっており、通常の播種方法では、発芽に長時間かかり（数ヶ月にわたるものもある）、苗の大きさも不揃になるものがある。このような種子に対しては、前処理を行って、種子を休眠状態から脱せしめなければならない。処理の方法としては、水に浸す方法、熱湯に浸す方法、酸その他の化学物質で処理する方法、種子の表面を焼く方法などがある。

水に浸す方法。この方法は多くの樹種に使われている。12~24時間流水に浸すか、24時間毎に新しい水に浸す。この方法は多くの樹種に効果がある。しかしチークなどはこれでも不十分で、次のようにしている。24時間流水に浸し、その後24時間太陽の下で広げて乾燥し、更に再び浸水させ、これを2~3週間繰り返す。この方法は *Pterocarpus sp.* のような皮質

の莢をつけるマメ科のある種のものにも有効である。

熱湯に浸す方法。 *Acacia mollissima* は沸騰する湯に浸す必要がある。この種子は種子量の2倍の容積の沸騰湯になげ込み、かきませ、こすりあわせ、種子のまわりのゼラチン質の皮をとりのぞき、最後に12時間水の中に入れて冷す。

また同じマメ科の *Albizzia falcata* や *Leucaen glauca* の種子も熱湯処理をすると発芽が促進される。前者は50~80℃の熱湯に5分間浸し、後者は80℃の熱湯に3分間浸す。

なお主要造林樹種の前処理については、4-1 樹種選定の基準の項に記載してある。

(2) 播種時期

播種に理想的な時期は雨期の初めであるが、これは常に可能ではない。植付の時(雨期中でなければならない。)に苗の大きさが最適の大きさになるように考慮しなければならない。

熱帯アジアで造林に用いられている大部分の樹種の苗木は、播種後1年以内で、最適の大きさになるので、播種は雨期遅くするものが多い。ユーカリのような養苗期間の短い(4~6か月)のものは、乾燥期にまくようになる。

短命な種子は、最適の大きさの苗を得るために、播種をおくらせることは出来ない。

(3) 播種方法

播種には播種床に播く方法と直接ポットに播く方法とがある。播種床にまくには次のような方法をとる。

(i) 播種床作り

熱帯では、滝のような雨があるので、播種床は10~15cm高くあげて作るとよい。そして土を床に止めておくために10cm巾の板でかこみ、杭どめをする。床の巾は1mが普通である。土は一般に砂質がよい。マレーシアではマツ類の播種に、天然林の土壌と川砂をまぜた土を使っている。これは排水を良好にし、立枯病を防止するとともに、幼苗をポット移植する際、根の損傷を少なくするためである。

(ii) 播き方

種子の大小、あるいは価格などにより播き方が色々ある。普通微細な種子はバラ播きする。(とくに微細な種子は箱播きにするがこれについては後述する。)播き方は、種子を播種面に均一に播くため、土と灰(または鋸屑)を媒材として種子と混ぜるとよい。また小さな種子は、あらかじめ列状に溝を作っておき、これに蒔く。大きな種子は苗の最終の大きさに応じた間隔をとって、列状にまく。

一般に行われている方法は、種子を播き、その上に種子の最少直径と同じ厚さの土で表層を覆う。しかし熱帯の烈しい雨や気温の変動から見て、多少深めに、即ち1.5~2倍位、覆う方がよいだろう。覆土は軽い土で、もし必要なら砂や有機質の多い土や鋸屑をまぜる。

なお種子を播く前に播種床は土壌の深さ30cm位までしめるように、十分灌水しておく。

(iii) 播種量

㎡当り播く種子の量は、次の諸条件によって計算する。①kg当り種子の粒数、②樹種と場所による普通の発芽率（事前に発芽試験を行い、発芽率を知ることとする）、③望まれる種子間隔

(4) 箱まき

Eucalyptus deglupta やその他のユーカリ類、*Anthocephalus cadamba*、*Fagraea fragrans* などのような特に微細な種子は箱まきが一般的である。参考のためフィリピンで奨められている *Eucalyptus deglupta* や *Anthocephalus* の箱まきの方法を概述すると次の如くなる。

播種箱は、25×35×15cm、木製、木の厚さ1インチ、底は直径2cmの孔を充分あけてある。土は砂質ロームがよい。この土は箱につめる前に、縦に半切りしたドラム缶の中におき、下から火をたいて、2時間つづける。その際時々かきまぜる。焼かれた土は、更に1/8インチのふるいにかける。（この消毒法のほかには水蒸気法もつかわれる。）箱の上から2cm離して土をつめ、平滑な木で水平にかためる（緊密にならない程度に）。種子は細かい砂や土とまぜ、こまかいふるいにのせて播く。播種箱は日陰した床に置く。灌水は噴霧器をつかう（土の表面が湿潤になるまで）。発芽は *Anthocephalus cadamba* は3～4週目、*Eucalyptus deglupta* は3～8日目から始まる。根瘤ネマトーダに侵されることがあるので、これを防ぐには1, 3 Dichloropropane and related hydrocarbon か、methylbromide gasを使う。

(5) 播種後の管理

(i) 日陰の調節

陽性の樹種（チーク、*Gmelina arborea* など）は、一般に日覆いなしでよく発芽する。前述の2つの樹種は発芽するために、35～38℃以上の土壌温度を要求するので、日覆いをしてはこの温度に達し得ない。このほかの陽性の樹種、ユーカリ類やマツ類、その他の樹種は陽性であっても、初期のいく月の間は部分的に日覆いをする。また耐陰性の強い樹種（*Hopea* sp., *Balanocarpus* sp. など）は強い日陰（とくに発芽前）を要求する。なお熱帯の樹種は、発芽と光に関係して、次の3つのカテゴリーに分類される。

a. 発芽のため十分な光を要求するもの

Albizia procera, *Hardwickia pinata*, *Bauhinia malabarica*, *Leucaena glauca*,
Cassia siamea, *Pterocarpus dalbergioides*, *Cassia fistula*, *Vitex pubescens* など

b. 一部日陰を要求するもの

Acacia leucophloea, *Dalbergia latifolia*, *Bauhinia purpurea*, *Embllica officinalis*, *Dalbergia sisso*, *Schleichera trijuga* など

c. 完全な日陰を要求するもの

Acacia sundra, *Pterocarpus santalinus*, *Albizia marginata*, *Santalum album*,
Amoora wallickii, *Swietenia macrophylla*, *Cinnamomum cecidodaphne*, *Swietenia*

mahogoni など

日覆の手段としては、①木または竹の小割を使う。播種床の両側に高さ50cm位の支えをつくり、その上に小割りをならべる。種子が望む光量にあわせて、小割りの間隔を開く。またこの小割りを初めからある間隔につなげたものも使われている。②ヤシの葉で織った軽い日覆い（最も一般的なものはニッパヤシの葉をつかったもので、アタップといっている）を播種床の支えの上に載せる。③禾本科の草で作った屋根、これらはいずれも現地調達の日覆いであるが、ビニール製の日覆い網もつかわれている。

具体的な例として、マレーシアのカリビアマツの育苗で、播種の初めは遮へい度の高いアタップで、日覆いをし、播種後20~25日、苗木が光に対して反応を示すよになったら、竹の小割をつづつしたもの（遮へい率50%）に変えている。

なお日覆は可能な限り毎夕とりはらい、日中暑い間、また覆う。しかし植付2~3か月前には日覆いを完全にとりのぞく。これは植付苗が終日日光下にさらされることに馴らすためである。

(ii) 灌 水

播種後は1日平均2回、こまかい灌水器で灌水する。

(iii) 苗の立枯病防止処置

熱帯では大規模生産の常置苗畑が少ないせいか、温帯諸国のようには立枯病が少ないが、それでも多くの例が報告されている。とくに *Pinus merkusii*, *Pinus caribaea*, *Chukrassia tabularis*, *Adina cordifolia*, *Casuarina equisetifolia* などに報告されている。これは *Fusarium*, *Phythium*, *Phizoctonia* 属に属する菌によるものである。

アレーシアの林業試験場では、マツの養苗で立枯病が発生した場合は、散水をひかえ、銅殺菌剤を使用している。英国製の殺菌剤“Pernex”の4ポンドに水15ガロンを加え、1エーカーに使用する。

またフィリピンで行われた試験では、*Casuarina* の苗を犯す *Phizoctonia* を抑圧する最もよい方法は、播種後数日、播種床に Zinc oxide（酸化亜鉛）の細粉をふりかけてやることを示している。はっきり犯されている場合は12%の Sulphuric acid（硫酸）、13%の formaldehyde（ホルムアルデヒド）または10%の Vinegar（酢）を1㎡当たり10リットルの割でかけることにより、効果的に抑制することが出来るといっている。

(iv) 獣害防除

播種床はねずみや兎の害をうけることがある。マレーシアでは若干の播種床群のまわりに、高さ1m位の金網をはって防いでいる。

7-3-2 床替, ポット移植

(1) 床 替

床替の作業は次のどちらかで実行される。①床替床に植える。これは主として、裸根で植

栽する樹種に行う。②ポットに植える。熱帯では強烈な日光と高温のため、裸根のままではすぐ乾燥し、造林地に植えつけても活着しない場合が多い。かつてマレーシアの林業試験場で、*Pinus merkusii* をつかって、活着試験を行った例がある。これによると、1165本植栽し、活着したもの184本、活着率15%という結果であった。またインドネシアでは、*Pinus merkusii* の裸根植栽は非常に活着がわるいので、床替床から掘りとった苗木はだんご状に土つけをして植えている。

しかしポットに床替えした苗木は確かに活着はよく、安全ではあるが、反面苗の費用は2倍または3倍になるといわれている。したがって、裸根の苗を植栽して失敗するような場合以外は、よくこの点に留意することが大切である。

(2) ポット苗の養成

(i) ポットの種類

現在はポリエチレン袋をつかっているところが多い。このほか亜鉛ひきの鉄板で作ったチューブ（パプアニューギニア）や、現地調達の本ニアの筒（フィリピン）、竹筒などがつかわれている。このほかインド、ビルマ、インドシナではフタバガキ科植物（とくに、*Dipterocarpus tuberculatus*）の大きな葉でつくったポットがつかわれている。これは軽い利点があるが、運搬中に破れ易い。

ポットの大きさは、経費の点でできるだけ小さい方がよいので色々試験されてきた。マレーシアの林業試験場ではカリビアマツについて、直径3.8インチ（9.6cm）、高さ6インチ（15cm）が標準だったが、現在は直径3インチ（7.6cm）にし、なお小径の2インチ（5cm）を検討している。マレーシアの王子マレーシア会社の試験結果では、10cmポットは苗の生育が多少優れているが、5cmポットの養成材料費は10cmポットに比べて1/3、労働では運搬費を含めて1/3.5、用土量においては1/3ですむことが明らかになり、5cmポットが経済的であるとしている。但し5cmポットの場合は生育密度が高くなるので、ポット移植後2か月の時点で、空間をあけてやる必要がある。倒伏防止のため径7～8cmの金網に1個づつならべるとよい。ソロモン群島の広葉樹養苗には直径5cm、長さ20cm、径5mmの大きさの穴があいているポリポットを使っている。

フィリピンでは一般につかうポットの種類と大きさについて次のものが奨められている。

- ①ベニア屑で作った筒（直径5cm、高さ15cm）、
 - ②竹の筒（直径5～8cm、高さ15cm）、
 - ③ポリエチレン袋（平にした袋の大きさ12cm×17cm）、
- なおベニア筒の作り方は、ベニアを15×45cmにきって、直径5cmの木製の円棒に巻き、円棒をとりぞいで、ベニアの両端をとめ金でとめる。またポリ袋には底に穴をあける。

(ii) ポット用土の調製

ポット用の土は、普通、近くの林地から表土をとってきて、これに川砂をまぜて作る。砂を加える量は土壌により異なるが、マレーシアの林業試験場でのカリビアマツ養苗では、

粘土微砂含みが20%以下、18%前後を基準としている。ポット中の土壌は、植付の時に自由に且つかたまつたまま取り去らなければならないので、適度に粘質であり、かつまた水はけもよくなければならない。フィリピンでは樹種にもよるが砂質ローム、あるいは砂質ロームと粘土質ロームを当量に混ぜたものをすすめている。

混合する川砂と林地の表土はそれぞれ大きい粒を除くためふるいにかける。これには一般に1/4インチ(約0.6cm)のふるいが使われる。なお林地の表土はふるいにかける前に土壌消毒をすると、殺菌が出来るし、混っている雑草の種子も殺す効果がある。マレーシアの林業試験場では水蒸気消毒を行っているが、現地で金のかからない方法は焼土法である。ソロモン群島の南方造林協会の苗畑で行っている方法は、ドラム缶を縦半分に割ったものを用い、時々スコップで攪拌しながら焚火の上で焼く。

ポットへの肥料はマレーシアの林業試験場では、マツについてTriple Superphosphate (40% P_2O_5) 24オンスを24ガロン(4立方フィート)の用土に混ぜている(カリビアマツ)。また追肥はNitrophosk (15%N, 45% P_2O_5 , 6% K_2O+NgO) 1オンスを1ガロンに溶かして160ポットに1か月1回与えている。またフィリピンでは、必要に応じてポットの底約3cmの処(土をよかためて)に粒状肥料(12-12-12)を4~6gr程度与えるよう奨めている。

7-3-3 ミコリザ

ミコリザは熱帯アジアではまだ十分に明らかにされていない。Charlus Letourneau (フランスの熱帯林業技術センター, CTFT, Tree planting practices in tropical Asia 1957) はミコリザについて次のように述べている。“草地土壌の上につくられた苗畑や、造林地でみられる数々の失敗には色々の原因がある。即ち貧弱な土壌、寄生菌、その他が原因としてあげられているが、最も多くの場合、植栽木が必要とする特別な微生物が土壌中に欠除していることにある。

ミコリザの必要なことは約40年前に、インドネシアのPinus merkusiiの造林で実証され、またフィリピンのPinus khasyaでも実証された。これらのマツ苗が、森林が破かいされ、なくなつてから長い間たつ草地土壌で発苗され、そこに植付けられる場合、枯死することが観察されて来た。マツのミコリザ欠除の症状は、正常な発芽、良好な成育後、2~3か月頃から漸次赤色または黄色に変わり、成長率もかなり低下しつづけ、最後には枯死する。

正常なマツの根には色々な形をした小さな瘤で覆われている。これは主にBoletus属やRhizopogon属に属する菌の存在によって形成されており、この菌はマツと共生して生きており、窒素をマツに与えている。

インドネシアのボゴールの林業試験場では早くから、熱帯産マツについてのミコリザ接種技術ならびにもっと広い範囲に利用できる技術を完成している。それは次の知見による。

a. ミコリザ菌は、もし近くで、奇生を見付けることが出来ない時は、早急に死ぬ。したがっ

て、天然林から土や、腐った根を運んで菌をふやそうとするのはむづかしい。

b. ミコリザは発芽の初めは必要ではない。しかしそれもたかだか苗が1～2か月になるまでである。

c. 熱帯、亜熱帯のマツは、ミコリザの特殊のタイプに対して選たく性があるとは思われないので、色々の種類の共生を利用することが出来る。Müllerの実験によると、*Boletus granulatus* や *Rizopogon* のような *Pinus merkusii* と共生している代表的なローカルなミコリザは、それ自身 *Pinus caribaea* にも非常によく適応する。同じような観察が、インドシナで、*Pinus merkusii* と *Pinus khasya* との間で、またセイロンで、*Pinus caribaea*, *Pinus khasya*, *Pinus merkusii* の間でなされている。

マツのミコリザ接種に最もよい方法はミコリザのついた根をもった1～2年生の若いマツ(どんな種類のマツでもよい)をもってきて、床替床のまんなかに1m間隔で植える。この作業は播種1年前に行なう。そして次の年に、苗が1～2か月になった時、これを床替床に、さきの大きい苗の間に移植する。この苗の根が、ミコリザに感染され、直にさえた緑色の芽が現われる(前に出ていた青色と非常に対称的に)ならば、これはこの作業が成功したことを示す。

(注:この方法は現在もインドネシアで実行されている。

ところで、熱帯のマツはすべてミコリザ不在に敏感であるわけではない。*Pinus merkusii* や *Pinus khasya* は最も敏感であるが、*Pinus caribaea* や *Pinus patula* は前者より、もっと抵抗性がある。

熱帯の広葉樹は一般に針葉樹よりもミコリザの欠除を感じないようであるが、それらのミコリザに対する反応はほとんどわかっていない。このため造林したい樹種が自然に生えている処に苗畑を作ることはまことに安全である。苗畑を草地土壌の上に作らなければならない時は、森林腐植層で苗畑を作るか、ポット土壌を作ることがよいと思われる。”

7-3-4 Stump(根株)苗

Stump(根株)苗は熱帯アジアでは1920年頃にはじめて、使われた。以来大きな直根をもつ多くの樹種に用いられ、造林に好成績をおさめてきた。この苗の仕立て方は、普通の状態では苗畑で育てた苗が、根元直径1cmから2.5cmになった時に引き抜き、幹を3cm～5cm位に斜めに切り、根は15～20cm位に切る。二次根は全部とりのぞく。Stump苗を作るには、組織を傷めないようにきわめて鋭利な器具で行う。

なお上に述べた方法は平均を示したもので、*Terminalia tomentosa* と *Bischofia javanica* などは直径3～4cmの時がよく、また *Dalbergia latifolia* は直径7～8mm位のものが成績がよい。根については *shorea robusta* は長さ15～20cmの根をもつのが良く、*Bombax malabaricum* は50～60cm位の根をもつとよい。根の形は、曲っていても差支えないが、一般に2叉根は結果はあまりよくない。

Stump苗の特長は①輸送が容易で、長い輸送期間に耐える。苗の形や大きさの点から容易

に麻袋に包んで運び得る。葉や幹の敏感なところを取除いているので、蒸散が少く、苗の保存を助け、何等の害もなく2～3週間の運搬に耐える。②現地の植栽はじんそくで、植栽工程があがる。③活着の均一性が高い。④植栽後の上長成長は普通苗より多少遅い。現在までに熱帯アジアで成功をおさめた主要な樹種は次のものがある。

Acacia arabica, *Acacia catechu*, *Ajina cordifolia*, *Albizzia procera*, *Albizzia lebbek*, *Alstonia scholaris*, *Bombax malabaricum*, *Cassia fistula*, *Cassia siamea*, *Cedrela toona*, *Chukrassia tabularis*, *Dalbergia latifolia*, *Dalbergia cochinchinensis*, *Dalbergia sisso*, *Eucalyptus rostrata*, *Gmelina arborea*, *Lagerstroemia speciosa* (= *L. flosreginae*), *Pterocarpus pedatus*, *Shorea robusta*, *Spondias mangifera*, *Sterculiatomentosa*, *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, *Xylia dolabriformis*.

8 植栽・保育

造林の成果は、林木の遺伝的素質、環境条件、保育技術の適切なことによって発揮されるもので、それらの関係は三角形で現わすことができる。この三角形関係の3辺が完全であれば正三角形となり、その面積の最大となることによって完璧なことが表わされる。しかし、その3辺のうちどの一辺でも欠けるところがあれば不等辺三角形となって、正三角形に比べて面積の低下、すなわち造林成値は低下すると佐藤(1966)は教えている(図8-1参照)

本項はこの中の保育技術について述べるものであるから、その材料である林木の遺伝的素質および環境条件は完璧であることの前提にたっている。

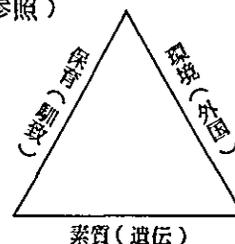


図8-1 林木生育の三要素(佐藤)

8-1 植 栽

地ごしらえは、植付け予定地にある雑草木類を除去して、植えつけを容易にし、かつ苗木の活着と生育を良好にするために行う作業である。この作業で、刈払った雑草木類や末木枝条などの植物遺体を谷筋に巻落したり、焼き払ったり、ときには熱帯地域にてブルドーザーで表土ごと片付けたりするが、これは土壌への有機物の還元が減少し、地力減退につながることが多いので、原則として避けなければならない。

ただし、熱帯地域での皆伐地ごしらえは、伐採後に残された多くの未利用材をふくむジャングルで行われることが多いので、一定間隔の植栽を行うには火入れ地ごしらえによって大量の林地残材を焼却しなければならない場合が少なくない。

8-1-1 地ごしらえ

熱帯地域の皆伐地ごしらえは、伐採後に残された多くの未利用材をふくむジャングルで行われる場合が多い。したがって、一定間隔の植栽を行うには火入れ地ごしらえによって大量の林地残材を焼却しなければならない。地ごしらえ作業は、それぞれの地方の気候によって異なるが、西マレーシア南西地域を例にとると図8-2に示すようである。すなわち、ジャングルの伐倒を5月中旬までに完了、火入れは燃材が十分乾燥した後の6月中旬～8月中旬に行い、植付けはそれに続く8月中旬から11月の雨期に行うことを作業の標準としている。

1回に行う火入れ作業の面積は、小面積ずつ行うより大面積の方が経費が安い、労力と所要器具の関係から西マレーシアでは、800haが限度とされている。ちなみに、再生林以降の火入れ地ごしらえは地力維持上好ましくないと考える。

西マレーシア南西部地域の月降水量
Kuala Pilah (1,892 mm)

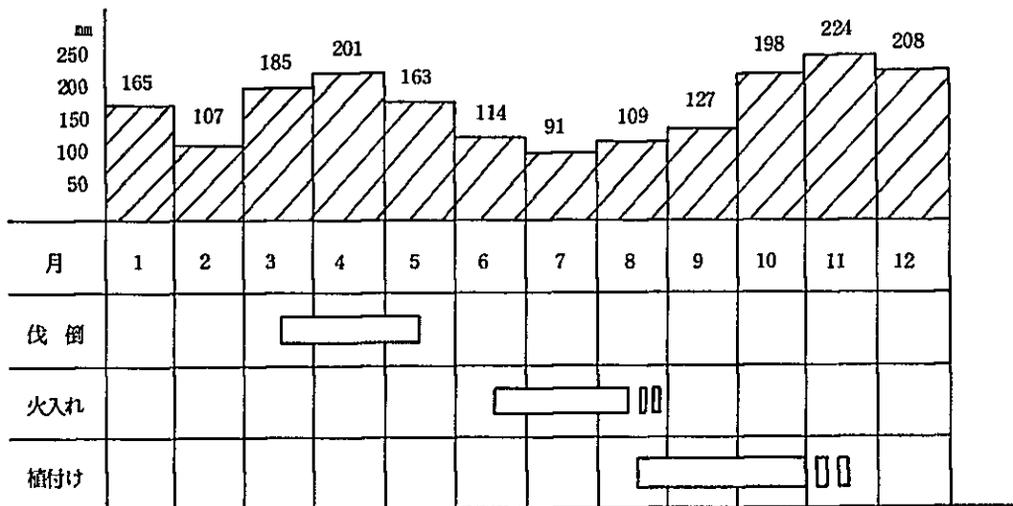


図8-2 西マレーシア南西部地域における *Pinus caribaea* var. *hondurensis* 植栽地の地ごしらえと植付けの季節標準 (Fielding原因)

8-1-2 植 栽

熱帯地域で現在実践されている樹種毎の植栽密度は表8-1に示すとおりである。植栽密度に関する考え方は、8-2-2-1で詳しく述べたとおりであるが、表8-1のなかの早成樹種で比較的密植なものは短伐期でパルプ材を多収穫する意図のものであり、また表中比較的疎植なものなかには列状植栽とタウンヤ法によるものが含まれている。

植付時期は、できるだけ雨期のはじめから開始することが望まれるが、そのメドは土壌が約15cmの深さまで湿った後である。したがって、火入れ地ごしらえは植林のはじまる直前に終了するよう計画されねばならぬことは前述したとおりである。

その他、熱帯地域の植栽で注意すべきことは、苗木は苗畑から植栽地へ輸送する直前に十分灌水し、輸送トラックには必ず覆いをかけること。ポット養成苗のポリエチン・バッグは、土がくずれないように、ていねいにとり除かなければならない。

植栽にあたって施肥に対する科学的な研究は、あまりみあたらないが、実践的には、とくに瘠悪地でしばしば用いられ、効果のあることが報告されている。フィリピンのPICOP社で施用されているものを照会して参考に供する。

- (1) Ammosol^{*}とSuper-Gro^{*}(16-20-0)を等量ずつ混合したもの50gを植栽後1か月に、さらに6か月後に50gを施用する。この肥料はBest Gro^{*}(12-12-12)に代えてもよい。成長の遅いところは植栽後1年に追肥する。

(註：^{*}は市販複合肥料)

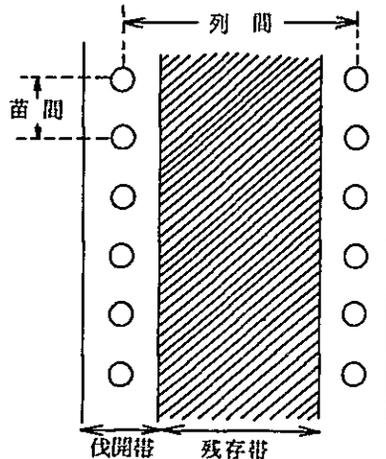
- (2) 施肥に際しては、苗木の周囲60cm、(あるいは腕の長さ)の競合する雑草を根絶する必要がある。

表 8-1 植 裁 間 隔

樹 種	マレーシア	インドネシア	フィリピン	ビルマ	タイ	P.N.G	ソロモン	フィジー	バヌアツ
<i>Agathis loranthifolia</i>		1 × 3, 1.5 × 3							
<i>Albizia falcata</i>		2 × 3, 2.5 × 3 3 × 3	2 × 2 ~ 4 × 4						
<i>Anthocephalus cadamba</i>		2 × 3, 3.5 × 3.5 3 × 1.5, 4.0 × 4.0							
<i>Araucaria cunninghamii</i>						30 × 2.4			
<i>Araucaria hunstenii</i>						2.7 × 2.4			
<i>Casia siamea</i>									30 × 30
<i>Dalbergia latifolia</i>									
<i>Eucalyptus camaldurensis</i>			30 × 30	2.7 × 2.7, 3.7 × 3.7, 4.9 × 4.9					
<i>Eucalyptus deglupta</i>		30 × 20	20 × 20			4.5 × 4.5 3.7 × 3.7			30 × 30
<i>Eucalyptus grandis</i>				2.7 × 2.7, 3.7 × 3.7, 4.9 × 4.9					
<i>Gmelina arborea</i>			3 × 3, 4 × 4 2 × 2, 1.5 × 1.5				4.5 × 4.5 4.5 × 3.0		30 × 30
<i>Melaleuca leucadendron</i>		20 × 1.0 1.0 × 1.5							
<i>Ochroma lagopus</i>						2.1 × 2.1			
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hond.</i>								30 × 30	
<i>Pinus merkusii</i>	2.4 × 2.4 3.0 × 3.0	30 × 30							
<i>Santalum album</i>		30 × 1.0							
<i>Swietenia macrophylla</i>			20 × 20						
<i>Tectonia grandis</i>			1.5 × 1.5 2.0 × 2.0	1.8 × 1.8 2.74 × 2.74	2.0 × 2.0 4.0 × 4.0				
<i>Leucaena glauca</i>			1.0 × 1.0						

(3) 平坦地では、肥料を苗木の根元をさけて 4 方位基点に穴掘り棒で挿入する。傾斜地では、傾斜の上方 3 点に施用する。掘り穴は肥料が表面から浸出しないよう土で覆う。いずれにしても、肥料やけを防ぐため植栽後 1 か月に施用することと、経験のないところでは低濃度に控え目にしておく方が安全である。

8-1-3 列状植栽と人工補整植栽 (Line planting and Enrichment planting)



列状植栽 (Line planting) は、図 8-3 に示すよう熱帯途上国でしばしば行われる造林方式である。この方式は、植付列の両側一定幅を原則的に刈払って伐開帯をつくって、植付列に一定の苗間で苗木を植付け、伐開帯と伐間帯の間には一定幅の残存帯を設けるものである。残存帯の立木が伐開帯をおおって植栽木の成長を阻害する大径木は薬剤枯殺を行う。伐開帯は赤道に近づくにしたがって陽光射入量はかなり大きい、両側に残存帯があるため多少の庇陰と防風の効果をもつ。

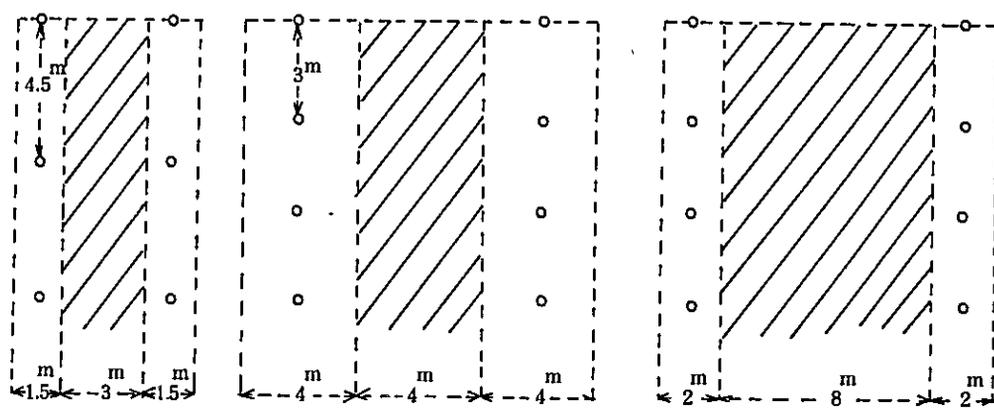
図 8-3 ラインプランテングの型式

植付間隔は原則として伐期齢に達した健全植栽木に予想される平均樹冠直径と同じか、少しだけ大きい (20%増しまで適するとされている) ものが列状に並ぶことを期待して設けられている。したがって間伐は原則として期待していない。

さて、従来行われている列状植栽の形状を、密度管理の観点からみて一覧表を作製すると表 8-2 のとおりであり、これを類型化すると図 8-4 のとおり 3 方式に分けられる。

表 8-2 植栽形式一覧表

植付の粗密	番号	方 式	列 間 m	苗 間 m	植付密度 本/ha	伐開帯 m	残存帯 m
密	1	JOAA (コロンバンガラ島試験林)	4.5	45	494	1.5	3
			4.5	30	741	1.5	3
	2	パルプ材育成のための ソロモン試案	46~ 61	37	587~ 443	1.8	28~ 43
中 庸	3	P.N.G. における蜂 屋試案	80	30	417	4	4
粗	4	ソロモン政府試験林	10	3	333	2	8
		とくに製材用材育成の ためのソロモン試案	13	37	208	1.8	11.2
	5	バヌアツ試験林	10	25	400	2	8
	6	フィジーのマホガニー 植栽林	9.1	37	297	2	7.1
フィジー試験林		108	2.7	343	2	88	



JOAA方式
(表4-2の番号1)

P.N.G.方式
(同表の番号3)

Solomon方式
(同表の番号4)

図8-4 Line Plantingの方式

8-2 保 育

8-2-1 閉鎖前の保育

8-2-1-1 下刈(Weeding)とつる切(Climber cutting)

高温多湿の場合は、苗木が雑灌木草から抜けるまでには多くの回数の下刈作業が必要である。フィリピンに例をとると、ミンタナオ島のような高温多湿な地域では、植栽初年度に3~4回が標準であるが、ルソン島の北部では年1~2回で十分である。こゝで注意すべきことは、苗木の生育に邪魔をしない雑草は侵食防止に有効な機能を果しているの、刈払わないことである。

薬剤除草は例外を除いて、除草剤が高価であることから途上国ではむしろ人力刈払いの方が低廉であり、住民に雇傭の機会を与える面からも好ましい。

なお、東南アジアに広く分布する *Imperata cylindrica* は極めて陽性で、林分が閉鎖すれば陽光の不足で急速に消滅する。

南太平洋の諸島では、蔓茎類の繁茂旺盛で、その手入れいかんは造林の成果を左右するものである。深刻な被害を与えるものは、*Merremia* 属、*Ipomea* 属、*Mikania* 属のつる植物である。これらは耐陰性がないので、林分がいったん、閉鎖すれば急速に衰えて消滅するが、閉鎖するまではできるだけ早期に根こそぎ取除く必要がある。

牛はいずれの蔓茎類も食べるので、植栽木が牛の口の高さ以上に伸長した後に林内放牧をして牛の餌に供し効果をあげているところもある。蔓茎類が木にからみついた状態になった場合は、つる類の根元を切断すると、根元から再び旺盛にぼう芽するので、むしろ茎を巻きとって木の根元におく方がよいといわれる。

ソロモン諸島では、列状植栽の伐開面に *Korvaniva* 属(牛の牧草)を Cover plant として播きつけて効果をあげている。この方法では cover plant の播きつけに多額の経費を要するが定着後はつる切、下刈の経費が節減できる。

ちなみに、マレーシア、インドネシアではオイルパームやゴム園に、苗木の植栽と同時にカバークロップを、次記のように栽培するのが普通である。

新植地の前生樹を伐倒焼払った後、耕耘を行い、カバークロップを栽培とともにオイルパームまたはゴムを植栽する。この目的としては、裸地への日光直射の被覆、豪雨による表土流亡の防止、雑草の侵入防止等があげられている。これは、オイルパームは 88×88m (128本/ha)、パラゴムは 4×5 m (500本/ha) と極めて疎植しており、土地が裸出される条件にあるからである。カバークロップの栽培方法の1例は、耕耘の後下記のタネを 10a 当たり 1.13kg をまき付け、数回の施肥を行えば、5~6か月で地表が覆われる。

草の種類は、(a) *Calopogonium mucunoides*, (b) *Pueraria phaseoloides* (クズの類), (c) *Centrosema pubescens* の3種で、タネはこれらを混合したものが市販されている。この

うち、(a)は3、4月で発芽して被覆が早いが生育年数は短い。(b)はその中に勢力を増し、日陰が多くなるに従い日陰に耐える(c)が地表を覆う。この栽培コストはタネ、肥料代、労賃を含め8,000円/ha程度(1975)である。

フィリピンのO.M.P.では、この手法をとりいれて、広葉樹林の伐倒、火入れ地ごしらえ後、植栽苗間に列状に溝を切り上記のPueraria Phaseloidesの播種の試験を行っている。

8-2-1-2 除 伐

造林木が成長して、造林木が雑草木より大きくなって下刈の必要がなくなった後、造林木の樹冠が閉鎖しはじめる頃になると、その後に造林木は混生する植生と再び競合してくる。この時期の林分整理を除伐という。

除伐作業は、造林木以外に混生する有害木を伐除することはもちろんであるが、同時に、造林木のなかから病虫害木、風害木、形質不良木、その他造林木の生育に有害なものを除去することが極めて重要である。

これに関する具体的な1例を示そう。PNG・ニューブリテン島のEucalyptus degluptaの人工林について、坂口ら(1982)²⁾が調査した成績は表8-3に示すとおりである。ちなみに、対象造林地は育種されないタネを用いたもので林木の成長変異の幅が、きわめて大きく、調査時まで除間伐が行われなかった林分であり、また、degluptaはきわめて陽性な樹種である。

表8-3 E.degluptaの造林成績(坂口ら, 1982)²⁾

原 植		調 査 時 林 齢 (年)	調 査 時 本 数 (被 圧 木 ・ 枯 損 木 を 除 く)(本)	上 層 本 樹 高 (m)	胸 高 直 径 (cm)	形 状 比	林 木 の 形 質 (%) (被 圧 木 ・ 枯 損 木 を 含 む)			
間 隔 (m)	密 度 (本)						良 木	曲 り 木 傾 斜 木	劣 勢 木	被 圧 木 枯 損 木
4×4	625	6	420	24	21	119	20	39	15	25
3×3	1,111	6	430	22	18	120	14	41	13	31

表8-3の成績が示すように、原植密度1,111本区は625本区に比べて;

- (1) 胸高直径が小さく、形状比が著しく大きい。これは密度の高いところに現われるもので一般に知られているものである。
- (2) 調査時の残存本数に大きな差のないのは、陽性樹種のため密度が高いと多くが被圧木や枯損木となって失われるためである。
- (3) 林木の形質は、何れも曲り木、傾斜木が多い。これは陽性樹種であるため光をもとめて梢頭が閉鎖の破れた方向へ向うためでなかろうかと思われる。ただし、これは育種された材料による場合は、かなり通直性のものが多いことを付け加えておく。

以上の現像から、閉鎖の始まる段階において前述の視点から、除伐の必要であることがう

かがえる。

8-2-2 閉鎖後の保育

8-2-2-1 保育形式と間伐

間伐は林冠閉鎖後、林木の生育段階に応じて立木密度を調節し、経営目標に合った森林を造成するための保育作業である。しかし、この経営目標は、樹種毎に、植栽密度、間伐の回数と間伐後の残存量、枝打法および伐期のそれぞれに密接な関連をもつので、人工造林の歴史の浅い熱帯途上国で、これを合理的に決めることは、現段階では不可能であろう。

その主たる理由は、地域林業地帯の収穫物が将来自国と輸出をふくめて、どのような需要（用途）に応ずるかの流通機構が未確定であり、したがって最終目標の決定が定かでないからである。ちなみに、このことは地域林業の成熟が前提であるから、これと流通機構の確立の何れを優先すべきかは、ニワトリの卵と親の関係と同じく、早急に結論を出すことは出来ない。

したがって、実践にあたっては、どのような理念で植栽密度や保育法をとるかの基礎理論を十分把握しておくことは、試行錯誤をもって進展してゆくうえに、きわめて重要である。

そこで、本項では、間伐に重点をおいて保育形式の考え方を、まず述べることにする。

そもそも、人工造林によって同齢一斉林を仕立てる場合に、生産される丸太の量と形質は植付密度、間伐、枝打ちおよび伐期の長短、とりわけ全生産期間の立木密度の管理とときはなせない密接な関係をもつことは、先にふれたとおりである。それゆえ、生産目標を能率的に達成するには、それに応ずる植栽密度、間伐の開始時期、間伐後に残すべき立木密度、間伐の繰り返し期間、枝打ちならびに主伐時期と伐期残存木密度の一貫した技術系列をとらなければならない。このような、丸太の生産目標に応ずる全生産期間を通ずる効果的な部分技術の系列体系を保育形式とよぶ。なお、保育形式は自然環境のほか、とりわけ熱帯途上国ではインフラストラクチャ（生産基盤）、労務事情、経営主体の資本と経済事情などによって、もちろん著しく左右される。

したがって、どのような保育形式をとるかは、経営者がそれらの諸条件を十分に勘案の上、まずどのような丸太の生産を指向するかを経営者自身が決めなければならない。

さて、保育形式を左右する全生産課程における立木密度の違いが、最終収穫物の丸太の量と形質に、どのような影響を与えるかの一般的法則性をあらかじめ解説することとする。一般に、普通の林業に行われている一斉林の立木密度の範囲内では、同林齢の上層木の平均樹高は、おおむね同じで、密度の違いによる影響をほとんどうけない。一方、下層木は、林齢の進むに従って立木密度の多いほど競争によって多くなるので、この下層木を含めての全木平均樹高は密度の影響をうけて低くなる。したがって、密度の影響を捨象しての樹高による判断には上層木について行わなければならない（以下上層木平均樹高を上層高と記す）。

この観点から、立木密度の違いによる立木の量と形質への影響は、同地位、同林齢すなわ

ち同上層高について比較すると表 8-4 に示すような著しい差異がみられる。

表 8-4 立木密度が及ぼす立木の量的・質的關係

項目		立木密度		備 考
		粗	密	
単木の枝葉量		大	小	
年 輪 幅		大	小	
平均胸高直径		大	小	
幹 の 形		うらごけ	完 満	
形 状 比		小	大	樹高(m)/胸高直径(cm)×100 この値の大きいものは風害を受け易い。
枝 下 率		小	大	枝下高(m)/樹幹長(m)×100
樹 冠 長 率		大	小	樹冠長(m)/樹幹長(m)×100
材に含まれる節		一般的傾向として節は大きい	一般的傾向として節は小さい	
心持ち角材の元玉		樹心から離れても節の数は多い	樹心から離れるほど節の数は急激に少なくなる	立木密度にかかわらず樹心の近くには多くの節数が現われる
無節材の生産割合		少 ない	多 い	
単木の幹材積		大	小	
1ha 当 た り 幹 材 積	林分が閉鎖する段階まで	小 ←————→ 大 立木密度の増す割合で材積は増加する		主伐材積と全間伐材積を加えた総収獲材積は、全生産期間に行われた間伐の強弱によって、一般的には差があるとはいえない。
	閉鎖を始めてからの初期段階	立木密度の増す割合で材積は増加しなくなる		
	十分満たされた立木密度	種内競争によって立木密度を減らしながら材積を増す		

表 8-4 に示す立木密度によって影響される量的質的一般法則性と自然的社会的諸条件を組み合わせての、いろいろの保育形式は表 8-5 に示すように考えられる。

表 8 - 5 保育形式の種類（針葉樹の場合）

目 標		保 育 形 式					
		植 栽 密 度	間 伐	枝 打 ち	伐 期	備 考	形 式 番 号
企 業 的 林 業	優 良 材	密	弱	直径 6 ~ 7 cm までに	短	伐期に林分の健全性が保てる範囲で、適寸柱材が最も多くとれる西川林業形式をとる。生育課程で形式 2 に転換が可能である。	1
		密	しばしば弱	同 上	長	間伐の実施を必須とする。吉野林業形式である。	2
		中 庸	備考参照	〃	長	初期間伐は切り捨てとなっても実施する。枝打ちは必須とする旧智頭林業形式である。	3
	良質材ないし一般材	中 庸	同上	直径 15cm 位までに	長	初期間伐は切り捨てとなっても実施する。長伐期を前提とする。	4
	一般材	中 庸 または 疎	頻度は少ない	実施しないか、軽度に行う	長	節はとくに重視しない。	5
	パルプ材	疎または中庸	きわめて弱	実施しない	短	量産に重点をおく。	6
森林の公益機能を重視	疎または中庸	健全性を重視して、枝下率が高くないように行う	枯枝は除去する	長	専ら林の健全性を重視する。	7	

注：磨丸太の保育形式は省略した。

次に、表 8 - 5 に示した保育形式の選択の背景として、自然的条件と社会的条件のあることは、先にふれたとおりであるが、将来の目標を見通すにあたっては、将来に著しい変更の困難な絶対条件と変更の可能な可変条件のあることに留意しなければならない。

自然的条件は、例えば土地生産力が施肥によってあげることも可能であるが、ここでは現地の土壌型などによって判断することとし、林業ではおおむね絶対条件の範ちゅうに属する。社会的条件は、林道密度をはじめ社会的基盤は、経営者の対応や行政施策によって、将来好ましい状態に変える可能性があるので可変因子とする。この可変見通しは保育形式を決めるにあたって大変困難な因子であるが植付密度と立木密度管理の決定に著しい関わりがある。

この観点から、自然的社会的条件と保育形式との関係試案を参考として表 8 - 6^{3,4)} に示す。この表から関係条件を検討されるにあたって、一つでも阻害因子があれば慎重に検討することが肝要である。

表 8-6 保育形式を左右する自然的, 社会的条件^{3, 4)}

条 件			適 用 保 育 形 式							
絶 対 的 条 件	気 象	風 害	多 い			(3)	4	5	6	
			少 ない	1	2	3	4	5	6	
	土 地	土 壤	比 較 的 良	1	2	3	4	5	6	
			比 較 的 不 良				4	5		
可 変 条 件	林 道 密 度		大	1	2	3	4	5	6	
			小			(3)	(4)	5		
	労 働 力		十 分	1	2	3				6
			少 ない			(3)	(4)	5	6	
	集 落		近 い	1	2	3				6
			遠 い			(3)	(4)	5	6	
	生 活 基 盤		良 い	1	2	3				6
			不 良			(3)	(4)	5	6	
そ の 他	保 安 的 取 扱 い									7

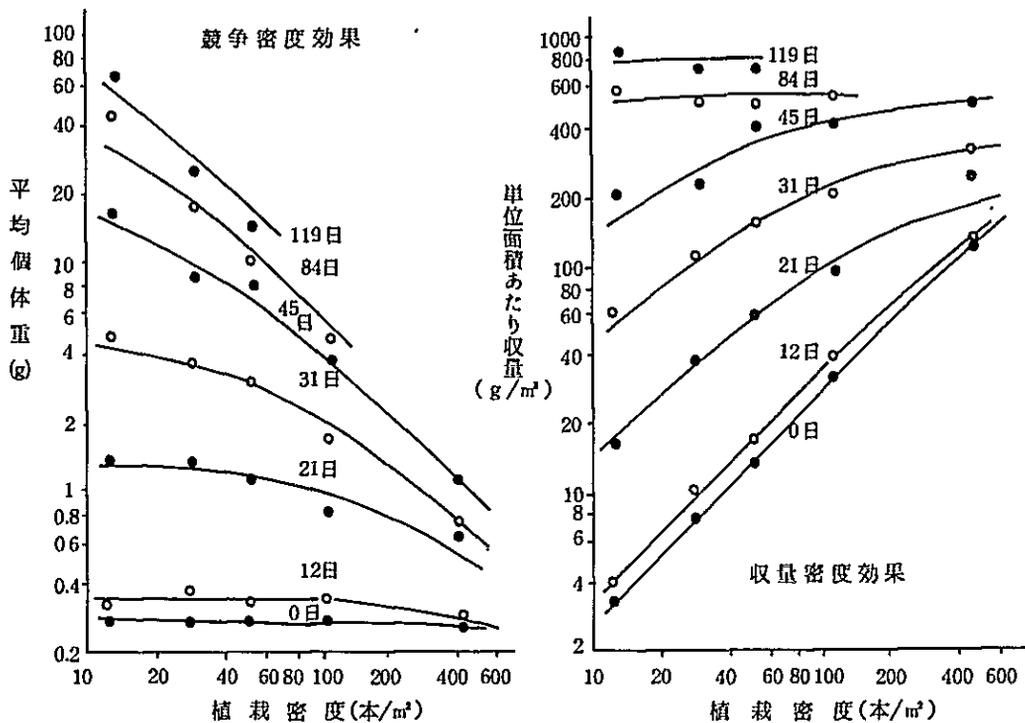
8-2-2-2 林分密度管理

吉良ら⁵⁾がダイズで行った密度法則は、林木の場合にも適用されることが確認され、密度と林木の成長の間の基本的法則性に従って林分密度管理図とよばれる成長予測図が我が国の主要樹種毎、地域毎に作製され、林分育成の密度管理(間伐の指針)に活用されている。

この管理図の作成には、幅広い密度の現実林分から、資料の得られることが前提である。したがって、熱帯林業の現段階は人工造林の歴史が浅く十分な資料が得られないので管理図の調製が困難な状況にあるが、白井⁶⁾はフィジー国、バヌア・レブ島のカリビアマツについて管理図を作成した例もあるので、本項で参考として管理図編成手順の概要と、その活用ならびにここで指向すべき点を解説することとする。

(1) 競争密度効果と収量密度効果

吉良ら⁵⁾はダイズを用いて植栽密度試験を行い、平均個体重(w)を各密度(ρ)毎に、時間の経過をおって調査し、その結果を図8-5に示すように横軸に対数目盛で密度($\log \rho$)を、縦軸に対数目盛で左側のA図は平均個体重($\log w$)、右側のB図は単位面積当りの収量($\log y, y = \rho w$)をとって描いた。このように両対数目盛のグラフによつたのは、密度範囲が大幅であるので、グラフにおさめることを容易にするためである。



5)
 図8-5 タイズの競争密度効果と収量密度効果(吉良)

密度と平均個体重の関係を示すA図をみると、最初、平均個体重は密度に関係なく一定の値をとるが、時間の経過とともに密度の高い方から競争は始まり、その競争は次第に密度の低い側に移す。かくて低密度側では水平な線であるが、時間の経過とともに高密度側では45°の傾きの直線に漸近し、十分時間がたつと、低密度のところまで競争がおこり、水平の部分がなくなって、45°の傾きに近い直線となる。このような密度と個体密度の関係を競争密度効果とよぶ。

次に、密度と単位面積あたり収量の関係を示すB図をみると、最初は45°の傾きの直線であるが、時間の経過とともに高密度の側で競争は始まり収量は低密度の側へずれて、高密度の側では水平に近づく、そして、十分時間がたつと収量は密度に無関係に一定の値を取り水平となる。このような密度と単位面積当たりの収量の関係を収量密度効果とよぶ。また、十分に生育が進んだ段階で、収量が密度に関係なく一定になる現象を“最終収量一定の法則”とも呼ばれる。

さて、上述の現象は広く緑色植物全般になりたつ法則であることが認められた。

そして、吉良らは、

- ① すべての個体が同種、同齡からなる群落であること。
- ② 密度以外のすべての生育条件は一樣であること。

の条件のもとで、次のような密度効果の逆数式が成りたつことを見出した。

$$1/w = A\rho + B \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$1/y = A + B/\rho \quad \dots\dots\dots (2)$$

こゝで、A, Bは生育段階によって決まる定数である。

(1)式は密度効果を、(2)式は収量密度効果を表わすものである。

経済的林業では幹材積の生産を目的とするが、(1)式の平均個体重(w)を平均幹材積(v)、(2)式の単位面積当たりの収量(y)をha当たり幹材積(V)に置き換え、

$$1/v = A\rho + B \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$1/V = A + B/\rho \quad \dots\dots\dots (4)$$

としても、やはり密度効果の描かれることが認められた。また、林分の平均断面面積および断面積合計と密度との間にも同じような密度効果の逆数式の関係がみられる。⁷⁾

さて、この逆数式中の定数AとBは時間の函数となっているが、この時間を密度の影響を受けない上層木の平均樹高(H)に置き換え、AとBをHの函数として求めることができる。⁷⁾

$$A = aH^{-b} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$B = a' H^{-b'} \quad \dots\dots\dots (6)$$

こゝで、a, b, a', b'は樹種により決まる定数

したがって生育段階を樹高で示し、生育段階ごとのvまたはVを求めようとすれば、(3)、(4)式に(5)、(6)式を代入して、

$$v = (aH^{-b} \cdot \rho + a' H^{-b'})^{-1} \quad \dots\dots\dots (3')$$

$$V = (aH^{-b} + a' H^{-b'}/\rho)^{-1} \quad \dots\dots\dots (4')$$

とすればよい。(3'), (4')式によって描かれる密度と材積の関係を表わす曲線を“等平均樹高”とよんでいる。等平均樹高線は地位や林齢に関係なく、同じ樹高の林分は同じ生育段階にあるとみなしたときの密度効果の逆数式と示す線である。

(2) 自然間引と最多密度の法則

林分が閉鎖し、林大間の競争がはげしくなり優劣が生じてくると、劣勢木から枯死し、林木数の減少が起きる。この現象を“自然間引き”とよぶ。この現象は植物群落に普遍的にみられる。

この自然間引きの現象にも緑色植物一般あてはまる法則性が認められている。⁵⁾また生育段階(上層木の平均高)に応じた立木密度の上限が樹種ごとに認められている。この密度の上限を結んだ線を“最多密度線”とよんでいる。もちろん、自然間引きの経過は最初の密度の違いによって異なるが、いずれも生育が十分に進むと最多密度曲線に収斂して、その上を動いてゆくようになる。

十分に生育がすすみ自然間引きが激しく起こっている林分では、林分の密度 ρ_f と平均幹材積vおよびha当たりの幹材積収量Vとの間には生育段階や立地条件に無関係に次の関係が認められる。³⁾

$$v = K \rho_f^{-a} \dots\dots\dots (7)$$

$$V = K \rho_f^{1-a} \dots\dots\dots (8)$$

ただし、K、aは樹種によって決まる定数。この定数Kは樹種によって異なるが、定数aは樹種を通じて $3/2=1.5$ に近い値をとるので、この法則は $3/2$ 乗則ともよばれている。

自然間引きの経過は、ある時期の密度を ρ 、そのときの平均幹材積を v 、同じくha当たりの幹材積を V とすると、

$$1/\rho = A'v + B' \dots\dots\dots (9)$$

$$\rho = (1 - A'V)/B' \dots\dots\dots (10)$$

で表わされる。

(3) 密度管理図

密度管理図は、林分の成長にともなう上述の密度効果の諸法則性を適用して、両対数目盛で横軸に密度(本数/ha)、縦軸に幹材積(m^3/ha)をとって、下記の諸要素を組み合わせて編成したものである。この図から成長の予測や間伐の指針などに活用することができる。以下、白井(1980)がフィジー国バヌアレブ島のカリビアマツ人工林(最高林齢20年)で編成した林分密度管理図(図8-6)によって解説することとする。ただし、先にも述べたように人工造林の歴史が浅く管理図編成に必要な十分な資料(上層樹高毎の各種密度や最多密度)が得られていないので、この管理図には若干の仮定が含まれており、当面の暫定的なものであることをお断りしておく。

密度管理図を構成する諸要素は、次のとおりである。

等平均樹高線：図の左下から右上に向って平行的に上っている線で、それぞれの上層木平均樹高(以下上層樹高という)について密度と幹材積との関係を示す。

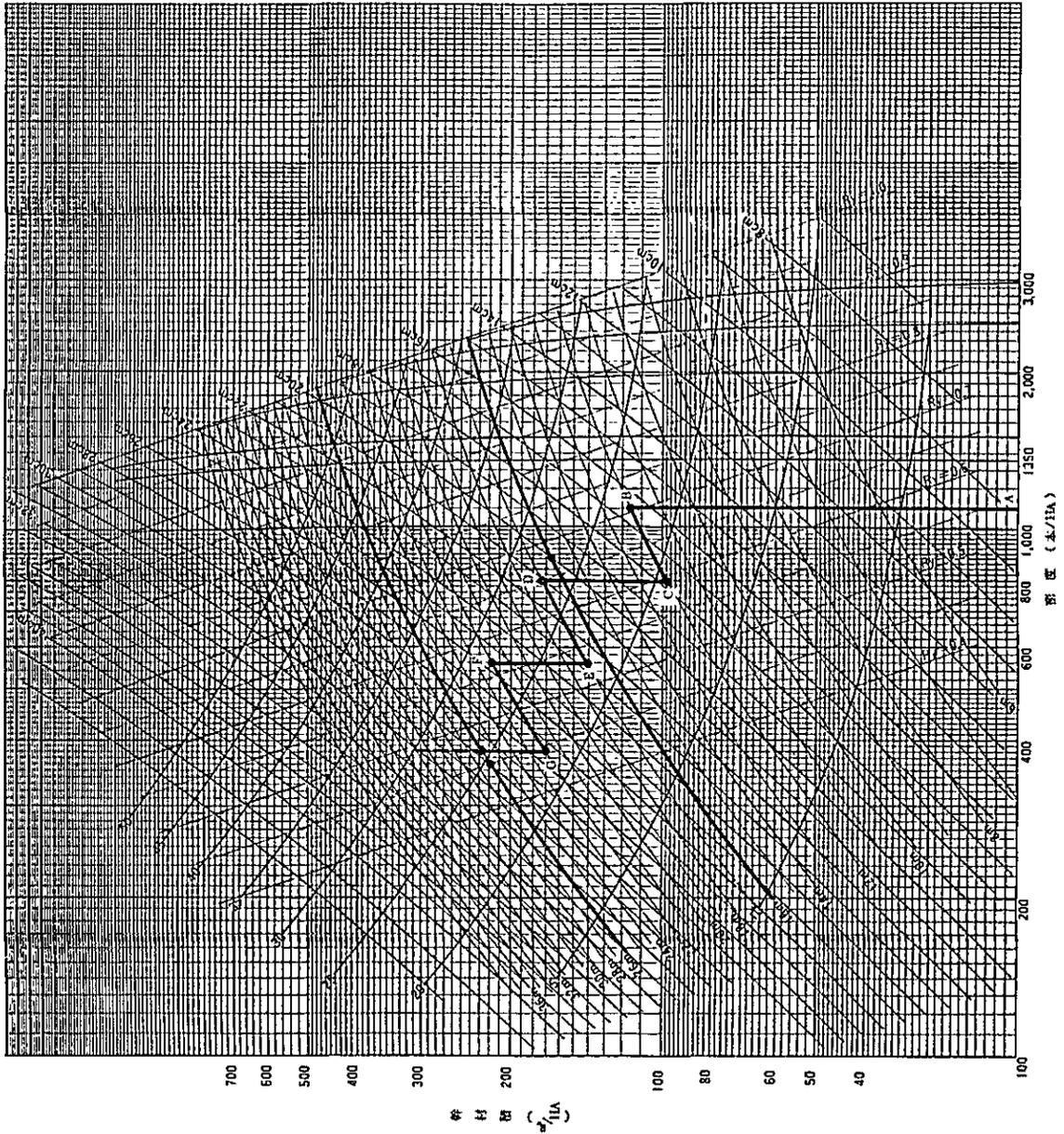
等平均直径線：図の右上斜めの最多密度曲線(両対数軸では直線で表わされる)から、左下に平行的に下っている線で、それぞれの平均直径について上層樹高と密度との関係を示す。

自然間引き線：図の下から立ちあがり、ゆるく左に曲がってゆく線で、終極には最多密度曲線に吸収される。

収量比数線：最多密度曲線に平行に走る線で林分の込み方を相対的に表示するものである。収量比数(R_y)は、ある上層樹高の最多密度の林分材積に対して、同じ樹高のある密度の林分材積の割合をいう。この割合、すなわち収量比数を同じくする密度を各等平均樹高線毎に計算して、その点を結んだ線が等収量比数線である。

(4) 密度管理図の使い方

密度管理図を使って間伐の指針や保育形式を策定するなどの活用に関しては、多くの国内文献を参照されたいが、こゝでは前掲のカリビアマツ林分管理図によって密度管理の一例を紹介することとする。



凡 例	
—	等材量曲線
—	等年令直徑線
—	伐期比較曲線 (E _y)
—	自然増引込曲線
—	5%減産面曲線

図 8-6 カリビアマツツ林分密度管理図
造林地, FIJI

さて、この密度管理図の編成資料によれば、現実林分は平均して10年生で、平均樹高（この管理図は上層樹高によっていない）16m、平均胸高直径20cm、20年生で樹高約25～27m、平均胸高直径30cmを示しているのので、参考として管理図でこの点を太線で示しておく。

まず、植付密度を1,100本（フィジーマツ委員会の実施例による）とし、その点をAとする。A点から自然間引き線上を上にとり等樹高線12mとの交点をBとする。この管理図でB点は未だ自然間引きの段階に入っていないので活着率を100%とすれば立木密度は1,100本、収量比数（ R_y ）は、およそ0.7である。B点の直径は等平均直径線から約16.5cmと読みとる。閉鎖の始まる段階で、早期に立木配置に留意して、極力劣悪木やフォックステールを除伐することが肝要である。除伐後の残存本数を800本とすると、除伐本数は1,100本－800本＝300本、除伐率は27%となる。B点から12mの等樹高線をたどり、800本との交点をCとする。このC点から縦軸の幹材積を読むと約98 m^3 で、B点の幹材積約115 m^3 に対し、17 m^3 が除伐されたこととなる。

除伐後の段階では当分自然間引きは起らないとみられるので同じ本数の800本で、樹高が5m伸長したとき、すなわち等樹高線17mとの交点Dの時点で第1回間伐を行う。このとき、幹材積は約183 m^3 で、平均直径は約21cmである。D点で間伐後の残存本数を550本とすると、間伐木は800本－550本＝250本、間伐率は31%となる。間伐後は、前と同じ手順で等樹高線17mの線上をたどり550本との交点Eとなる。E点の幹材積は約140 m^3 と読みとれるので第2回の間伐材積は25 m^3 、平均直径は22.8cmとなる。第2回間伐後の段階でもしばらくは自然間引きは起らないとみられるので同じ本数の550本で、樹高が5m伸長したとき、すなわち等樹高線22mとの交点Fの時点で第2回間伐を行う。F点の幹材積は約215 m^3 、平均直径は27.5cmである。F点で間伐後の残存本数を380本とすると、間伐木は550本－380本＝170本、間伐率は31%となる。間伐後は、前と同じ手順で等樹高線22mの線上をたどり380本との交点Gとなる。その後は380本の線で樹高を伸長すると樹高26mで平均直径約29.6cm、材積約238 m^3 となる。

本管理図編成の現実林分の実測値の平均は先に述べたように樹高25～27m、直径30cmが20年生で達しているものと、ほぼ一致する。この管理図は等平均樹高26m以上は実測値に基づいていないので一応波線で示しておく。

成林の進行にともなって管理図は検討を行うとともに需用に見合う伐期決定の助けとする。

最後に、密度管理図の使用にあたり留意すべき諸点を指摘しておく。

- ① 密度管理図は原則として上層木の平均樹高によって生育段階が示されており、林齢の要素は入っていないが、間伐などに管理図を活用する場合は林齢の要素を必要とする場合がある。その時は地域の収穫表や地位指数などによって、地位に対応する樹高から林齢を読みとる。

- ② 管理図の編成資料はもちろん、活用にあたっては常に上層樹高の一律な立地毎に標準地をとらなければならない。したがって地形急峻な林地にあつては、この点に特段の注意が肝要である。
- ③ 管理図の林分は満度の立木度を対象としているので、現実の林分にツル類や風などの被害に起因する穴（疎開）のある場合は、技術的にそれを控除することを念頭におかなければならない。
- ④ 管理図の編成は現実林分にある範囲でバラツキのあるものから統計的にもとめているので、活用にあたっては現実林分の上層樹高に応ずる胸高直径、密度の3要素が管理図と必ずしも一致しないことが少なくない。いずれにしても大局的なものであるから、この場合は上層樹高、密度を重視して技術的な判断の助けとして活用しなければならない。
- (5) 管理図編成のための今後の提案

熱帯林業において管理図を編成することは、① 一般の人工林の歴史が浅いため、壮高齢林分の資料がえられないこと、② 各上層樹高毎に立木密度を異にする現実林分が少ないため、編成に必要な十分な資料がえられないこと、③ 林齢が低いため最多密度の林分の資料がえられないこと。

よって完璧なものが編成できない現状である。

さて、熱帯地域で、例えばカリビアマツについて多くの国で次のような植栽密度試験が行われている。

マレーシア⁸⁾の王子マレーシア植林KKでは、1,000本、1,500本、2,000本密度区の3プロットで3回反復試験、バヌアツ政府試験地⁹⁾では2,500本(2×2m)、2,000本(2×2.5)、1,600本(2.5×2.5m)、1,333本(2.5×3m)、1,111本(3×3m)密度区の5プロットで4回反復試験がある。

しかし、密度効果の法則に基づいて管理図を編成するためには、極端な低および高密度を含めて植栽密度試験を行う必要がある。例えば、1,000本密度を中心として、次のようなものが提案されている¹⁰⁾。

250, 1,000, 2,000, 4,000, (6,000本)密度区の5プロットとする。こゝで6,000本密度区を入れたのは近時提唱されているエネルギー造林として高密度、超短伐期形式の参考にも供するためである。

8-3 年間造林作業計画

造林作業の適期については、各作業ごとにそれぞれの項で述べたとおりであるが、全般を通じて年間造林作業計画は、労働力の配分と、その能率ならびに効果の向上とその持続に留意して、時期と順序を定めなければならない。

こゝで、タイ国チエンマイ県、Had郡、Bau Lang 地区で、王室森林局チエンマイ営林局の

もとの、資源造成の行われているマツ類造林について、同地域の気候図形(図8-6)と関連して理解できるように、熱帯林業における年間造林作業計画¹²⁾(表8-7)を次のとおり一例として示す。

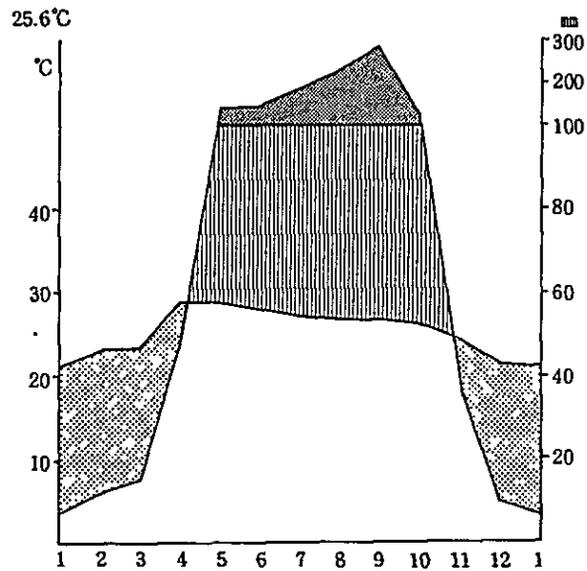


図8-7 タイ国チエンマイ (Chiang Mai) の気候図形

表8-7 年間造林作業計画

作業 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
防火線	—————											
地ごしらえ	—————											
植栽						—————						
前年植栽地補植							—————					
活着率検査									—————			
下刈					—————				—————			
種子採集											—————	
苗木準備	—————											—————

(資料) Bau Laung Pine Plantation Center.
Chiang Mai Forest Division, RFD.

8-4 伐期の選定

熱帯における人工林育成の目的として、製材用材(長伐期)をとるか、パルプ用材(短伐期)をとるか、については諸説がある。

この選択を検討するにあたり、まず伐期長の優劣について、表 8-8 によって概観しておきたい。

表 8-8 に示される短所に対しては、もちろん技術的対応がある程度は考えられるとしても、短伐期の短所である表 8-8、第 1 項の材価が低廉で造林の投資に対して収入のバランスが困難なことと、第 2 項の地力維持の困難なことは、(例外はあるとしても)一般的には致命的なものである。それゆえ、長伐期経営を原則とし、材価の高い主伐木を得るまでの間は、間伐木をパルプ用材にあてるべきものであろう。ただし、有用樹種の法正的林分構成を完成するためには、インフラ投資を含めて多額の資本投資を必要とする。一方森林の造成は単に企業的な性格にとどまらず、多分に公益的機能を持ち国民経済的に大きく寄与するものであるから、行政措置として、十分な助成と優遇措置をあたえることが必要であるとともに、さらに次の 2 点を強調しておきたい。

- (1) 開発途上国の国家予算は、緊急目的に向けられ林業のような長期計画に予算の完璧を期す余猶がないようである。それゆえ、国家レベルで特段の援助施策を講ずるとともに、森林造成の必要性を背景とする普及活動も配慮する必要がある。また、僻地の多い林業には各種インストラクチャーを必要とし、これまた国家レベルでその投資効果を勘案して援助施策を講ずべきである。
- (2) 開発途上国の森林造成対象地には、移動耕作跡地など多年荒廃にゆだねられ地力の減退が著しく直ちに企業的林業の対象とならない土地が少なくない。しかし、これらの土地の周辺あるいは下流域には、地域集落や市街地もあるので、速やかに緑化して公益的機能を向上するとともに、周辺地域住民の現金収入という Basic Human Needs を充足しつつ、森林資源を造成すべきである。たとえ当面開発輸入という利益は得られぬものではあるが、将来を考え、国家レベルで援助の対象とする必要がある。

表 8-8 伐期長短の優劣検討

番号	長 伐 期		短 伐 期	
	長 所	短 所	長 所	短 所
	熱帯地域は成長が早く、25-80年で製材用丸木を収穫することができる。		熱帯地域は成長が早く、10-15年でパルプ用丸木を収穫することができる場合もある。	
1	材価がよいので、法正的林分構成であれば、有利な経営ができる。	/	/	材価が低いので、容積重が高い成長量の大きい樹種を選んでも、収支の見あう経営が困難である。
2	伐期が高いため、法正的林分構成では更新面積が少なくてすみ、労力、造林費が少なくてすみ。	/	/	伐期が低いので、法正的林分構成では、更新面積が大きいので労力と造林費がかさむ。

長 伐 期		短 伐 期		
番 号	熱帯地域は成長が早く、25-80年で製材用丸太を収穫することができる。	熱帯地域は成長が早く、10-15年でパルプ用丸太を収穫することができる場合もある。		
	長 所	短 所	長 所	短 所
3	伐期が高いため森林の生態系の維持に好ましい。			短伐期を繰り返すととりわけ熱帯では土地の悪化を来す懸念があり、致命的短所である。
4		収穫までに長期間を要するので、投資の金利が莫大となる。(ただし、第2項により更新投資額は少ない。)	収穫が早いので、投資の金利負担が少なくてすむ。(ただし、第2項により更新投資額は大きい。)	
5		原著積を失って、新たに法成林分の構成を達成するには、換金収入が早期にえられない。(早期の間伐材は一般には換金の対象とならない)	収穫が早いので、原著積を失っている場合でも、早く法正的林分の構成が達成され、したがって換金収入が早くなる。(ただし、第1項の前提がある)	
6		一般に初期成長が良いもののみを対象とできないので、この場合は閉鎖までに年月がかかり造林費と労力がかさむ。	一般に初期成長が早いものが選ばれるので、早く閉鎖し、造林費と労力が軽減できる。	

8-5 造林計画の策定

造林計画を策定するにあたっては、まず次の順次にしたがって慎重に展開することが必要である。

開発の進め方	規模(ha)	期間(年間)
(1) 第1段階・試験(Trial)	300 ~ 600	5 ~ 7
(2) 第2段階・試験的事業(Pilot)	500 ~ 1,000	5 ~ 10
(3) 第3段階・事業(Industrial)	法正林の造成	

試験造林の性格は適地適木の判定を主体とする第1段階で、次の段階は試験造林の評価を基盤とし、最終目標の事業造林のため、各種経済効果、省力技術等の試験を展開すべきであろう。しかし、第1段階の試験は途上国あるいは地域によって、その進度は区々であり(各国編、タ

イ, インドネシア参照), ある程度の進度をみせているところでは, 第2段階の機械化や密度試験を促進するとか, 病虫害防除その他個別試験を援助すべきであろう。なお, 世界を通じて技術の基盤となる試験研究のうち, 農林業に関するものは国が直営で行うことから, 政府間協力が強く望まれるものである。

ちなみに, 第1段階・試験の期間は, 一応5~7年間としてあるが, 由来林業はその生産期間が長期にわたるので, その後も成果を見届けるに必要な期間にわたって追跡調査を実施して協力の実をあげることが望まれる。

引 用 文 献

- 1) 佐藤敬二ほか: 造林学. 9-12, 1965
- 2) 南方造林協会(坂口勝美・松田功・渡辺光一): 海外林業開発推進事業調査・パプアニューギニア・ニューブリテン島。南方造林 25, 1982
- 3) 坂口勝美: 合理的な間伐のやり方・間伐のすべて。日本林業調査会, 1980
- 4) 藤森隆郎: 育林施業体系と保育(坂口勝美監修: 新版スギのすべて)。全国林業改良普及協会, 1983
- 5) KIRA, T. et al.: Intraspecific competition among higher plants 1-XI. 大阪市立大学理学部紀要(生物), 1953-1963
- 6) 白井彰: 間伐指針(JICA: フィジー国バヌアレグ島・マツ造林地森林調査報告書)。JICA・JFTA, 1980
- 7) 安藤貫: 同齡単純林の密度管理に関する生物学的研究。林試研報, 1968
- 8) 千葉茂・永田義明・坂本武: 王子マレーシア植林K.K., 試験地第一報。南方造林№5, JOAA, 1975
- 9) 坂口勝美・大迫寿彦・真倉民彦: 海外林業開発手法の研究。海外農林業協力センター, 1976
- 10) 只木良也: 造林(JICA: フィジー林業開発調査事前調査報告書)。JICA, 1977
- 11) Zsuffa, L.: The production of wood for energy. Proceeding, XVII IUFRO World Congress. Division 3, 1981
- 12) Royal Forest Department, Chiang Mai Forest Division: Bau Laung Pine Plantation (Leaflet). 1978

9 保 護

9-1 病虫害対策

育苗，育林過程における病虫害の被害は深刻な問題であり，とりわけ導入外国樹種については慎重な配慮が必要である。まず，次の各種の観点から若干の例をあげて述べよう。

(1) 抵抗性のある産地，系統を見出すこと。

フィリピンのPICOP社経営林（ミンダナオ島 Bislig）では，*Eucalyptus deglupta* の造林にあたりニューギニア産種子により，当初の小面積造林は健全に生育したが，大規模造林に移行後，Tip dieback（虫害によって枝先から枯れる）の激害をうけ成林の見込みがたたなくなった。その後，地元ミンダナオ産の郷土種の種子を用いたところ，この被害から全く回避することができた。それゆえ，産地試験あるいは抵抗性選抜による育種は，長期にわたるプロジェクトではあるが，病虫害を防ぐ最善の手段である。

(2) 大面積単純林の造成をさけること。

単純林（monoculture）の造成は，均一な材料を多く収穫する経済的観点からは望まれるところであるが，一般には単純林よりも混交林（群状混交を含む）の方が病虫害に対する感受性が高いと信じられている。その理由は，純林は自然の均衡をくるわせ，将来菌類などによる流行病（epidemic disease）の増大がおこる危険が予想されるからであり，現にオーストラリアでは枝条病（foliage disease）によって *Pinus radiata* の造林を中止している。

このことは一般的には真実であるが，この危険をそのままうけとることに對しては，かなりの例外のあることをつけ加えておきたい。すなわち，N.Z. の *Pinus radiata* の導入は結果的に成功であり，*Dothistroma blight*（枯凋症）も研究によって薬剤防除に成功し，N.Z. の主要造林樹種となっている。また，アフリカでは，合衆国南部，メキシコ，中米産のマツ類導入に成功し，ブラジルでは *Gmelina arborea* が比較的昆虫害をうけない。しかしながらこの点については次項を留意する必要がある。

(3) 病虫害の抵抗性については，最低一伐期間を通じて確めること。

導入外国樹種は，少くとも1輪伐期間をまたなければ，導入初期段階で病虫害抵抗性の評価を与えることは危険である。その理由は，導入樹種は当該地の在来の生態系に割り込むもので，病原菌（pathogene）や害虫（pest）が新しい寄生（host）に適応し，除々にその密度がクライマックスに達するのに時間がかかるからである（Bakshi, 1976）。外国樹種は2つの危険にさらされている；その1つは抵抗性をもっていない導入地域固有の活物寄生菌（parasite）におかれる危険であり，他の1つは不注意に導入される外国の病原菌（pathogene）におかされる危険である。

フィジー諸島の導入マホガニー人工林は，列状植栽による残存帯によって，かなり生態系が残されているにもかかわらず，成林木が現在 *Ambrosia beetle* の被害に悩まされているこ

とは、周知のとおりである。

さて、病害虫を徹底的に記載することは、極めて広範囲にわたるので、以下若干の病害虫を集録することとする。

病 虫 害 一 覧 表

(1) 病 害

病 原 菌	病名または病徴	被 害 樹 種	地 域	出 典
Rhizoctonia solani	立枯れ (damping-off)	Albizia falcata	フィリピン	小林(1978)
		Anthocephalus chinensis	〃	〃
		Casuarina equisetifolia	〃	Tamalang(1949) 小林(1978)
		Eucalyptus spp.	〃	小林(1978)
		Leucaena glauca	〃	Dalmacio(1976), 小林(1978)
		Pinus spp.	〃	Madrid(1934) 小林(1978)
		Swietenia macrophylla	〃	小林(1978)
Fusarium spp.	〃	Albizia falcata	〃	〃
		Eucalyptus spp.	〃	〃
		Swietenia macrophylla	〃	〃
Fusarium oxysporum	〃	Leucaena glauca	〃	Dalmacio(1976), 小林(1978)
		Pinus spp.	〃	小林(1978)
Fusarium solani	〃	Pinus spp.	〃	〃
Pythium debarganum	〃	Pinus spp.	〃	Rodrigo(1955), 小林(1978)
Pythium sp.	林地根腐病	Pinus spp.	〃	小林(1978)
Dothistroma pini	葉 害	Pinus radiata	ブラジル East & Central Africa	Reis & Hodges(1975) Ram Reddy & Singh(1975)
Phytophthora cinnamomi	根系害	Eucalyptus	西オーストラリア Victoria Tasmania	Gilmour et al (1975)
Cylindrocladium clavatum	〃	Pinus spp.	ブラジル	Johnson(1976)
Diapotheca cubensis	胴枯れ病	Eucalyptus spp.	ブラジル, スリナム アマゾン	Hodges & Reis(1975) Johnson(1976)
Corticium salmonicolor	赤衣病 (Pink disease)	Albizia falcata	フィリピン	小林(1978)
		Eucalyptus tereticornis	不詳	Bakshi(1976)

病原菌	病名または病徴	被害樹種	地域	出典
<i>Ganoderma lucidum</i>	根元に sporophore	<i>Acacia catechu</i>	インド	小林(1978) Bakshi(1976)
<i>Polyporus shorea</i>	sporophore	<i>Shorea robusta</i>	〃	〃
未詳 fungus	dying back	<i>Eucalyptus deglupta</i>	フィリピン	Fabian(1975)
〃	〃	<i>Pinus caribaea</i> var. hond.	マレーシア	〃
<i>Macrophomina phaseoli</i> (= <i>Sclerotium bataticola</i>)	微粒菌核病	<i>Pinus</i> spp.	フィリピン	小林(1978)
<i>Cercospora</i> sp.	葉枯病 褐斑病	<i>Pinus</i> spp. <i>Pterocarpus indicus</i>	〃 〃	〃 〃
<i>Phaeoisariopsis</i> sp.	綿毛褐斑病	<i>Anthocephalus chinensis</i>	〃	〃
未詳	すす病	<i>Tectona grandis</i>	〃	〃
<i>Chaonia tectonae</i> = <i>Uredo tectonae</i>	さび病	〃	〃 インドネシア インド	〃 Raciboreki(1900) Butter & Bysby(1931)
<i>Septoria alni</i>	褐斑病	<i>Alnus</i> spp.	フィリピン	小林(1978)
<i>Melampsorium alni</i>	さび病	〃	〃	〃
<i>Cercospora</i> sp. または <i>Exosporium</i> sp.	黄葉病	<i>Leucaena glauca</i>	〃	〃
<i>Celletotrichum</i> sp.	萎ちょう病	〃	〃	〃
<i>Oidium</i> sp.	うどんこ病	<i>Eucalyptus</i> spp.	〃	〃
<i>Phaeoseptoria</i> sp.	黒粉斑点病	〃	〃	〃
<i>Phaeoseptoria eucalypti</i>	〃	<i>Eucalyptus grandis</i>	オーストラリア	Hamsford(1951)
<i>Oidium</i> sp.	うどんこ病	<i>Samanea saman</i>	フィリピン	小林(1978)
未詳	すす病	<i>Gmelina arborea</i>	フィリピン	小林(1978)
<i>Exosporium</i> sp.	黄葉病	<i>Albizia falcata</i>	〃	〃
<i>Botryodiplodia</i> sp.	茎枯病	<i>Swietenia macrophylla</i>	〃	〃

病原菌	病名または病徴	被害樹種	地域	出典
<i>Sclerotium rolfsii</i>	白絹病	<i>Swietenia macrophylla</i>	フィリピン	小林(1978)
<i>Formes noxius</i>	根腐れ病	<i>Araucaria cunninghamii</i>	P.N.G.	各国編P.N.G.
未祥	Brown needle	<i>Pinus caribaea</i>	マレーシア	Fielding(1972)
〃	Red brown foliage blight	<i>Pinus oocarpa</i> <i>P. merkusii</i> <i>P. caribaea</i>	〃	〃

(2) 害虫

Coptotermes 属 Termes 属	しろありの害 (Termite)	各種生立木 <i>Araucaria</i> spp.	マレーシア インドネシア オーストラリア N.G. マレーシア 半島	Johnson(1976) Pong(1974)
<i>Coptotermus acinaciformis</i> <i>Coptotermus frenchi</i>	〃	<i>Encalyptus pilularis</i>	New South Wales	Greaves et al (1967)
<i>Coptotermus niger</i>	〃	<i>Pinus caribaea</i> <i>Eucalyptus</i> spp.	British Honduras Africa の大部分	Wilson(1965) monoh & Gibson (1975)
<i>Coptotermus elisae</i>	〃	<i>Araucaria cunninghamii</i>	P.N.G.	各国編
<i>Coptotermus curviganthus</i>	〃	造林木	マレーシア	Fielding(1972)
<i>Neotermes</i> spp.	Black termite の害	<i>Eucalyptus deglupta</i>	P.N.G.	各国編
<i>Dirphia araucariae</i>	食葉虫 (defoliator)	<i>Pinus elliottii</i>	Sao Paulo	Reis & Hodges(1975)
<i>Glena bisulea</i>	〃	植林地	コロンビア	Inderena(1975)
2 species of butterfly plague		<i>Albizia</i> sp.	フィリピン	Gatmaiton(1974)
Insect pest		<i>Albizia falcata</i>	インドネシア の一部	Natawira(1972/73)

病原菌	病名または病徴	被害樹種	地域	出典
<i>Phoracantha semipunctata</i>	甲虫 (beetle) の害	<i>Eucalyptus</i> sp	北アフリカの1部	Brunck(1975)
<i>Thaumetopea pityocampa</i>	蛾 (moth) の害	〃	〃	〃
<i>Hypsipyla robusta</i>	枝条せん孔虫 (shootborer)	<i>Swietenia macrophylla</i>	アジア全域	Chaiglom(1975)
<i>Crossotarsus extenuedentatus</i> <i>Plastypus gerstaekeri</i>	Ambrossia beetle	<i>Swietenia macrophylla</i>	フィジー	各国編, フィジー
<i>Hoplocerambyx spinicornis</i>	心材せん孔虫 (heartwood borers)	<i>Shorea robusta</i>	インド	Bakshi(1976)
Adelges and woolly aphids	アブラムシの流行病 (epidemic)	<i>Pinus</i> spp.	世界各地	Ram Reddy & Eingh(1975)
<i>Eterusia pulchella</i>	蛾による落葉 (defoliation)	<i>Pinus kesya</i>		Bakshi(1976)
<i>Amblypelta cocophaga</i>	Tip dieback 樹液吸収性虫	<i>Eucalyptus deglupta</i>	ソロモン諸島	Tackson(?)
<i>Duomites ceramicus</i>	究孔性害虫	<i>Tectona grandis</i>	ビルマ	各国編, ビルマ
<i>Pagida salvaris</i>	花と生果の食害	〃	タイ	〃, タイ
<i>Ilybloea pueral</i>	梢頭食葉性害虫	<i>Tectona grandis</i>	ビルマ外	各国編, ビルマ 〃, タイ
<i>Hapalia machaeralis</i>	〃	〃	〃	各国編, ビルマ
<i>Achatina fulica</i>	巨大カタツムリの食害	<i>Eucalyptus deglupta</i>	P.N.G.	〃, P.N.G.
<i>Vanape oberthurii</i>	ゾウムシの害	<i>Araucaria cunninghamii</i>	〃	〃, 〃
<i>Hyleudrectonus araucariae</i>	キクイムシの害	〃	〃	〃, 〃
<i>Miliona isodoxa</i>	蛾の害	〃	〃	〃, 〃
<i>Setompha rutella</i>	種子食害	〃	〃	Whiteら(未祥)

9-2 山火事対策

途上国では、毎年山火事によって莫大な面積が失われている。それゆえ、途上国におけるその効果的予防対策は重要な課題である。

山火事の原因のうち最も多いのは、*Imperata Cylindrica* の火入れによって、放牧牛の好む萌芽若草をうることに起因するものである。

山火事の予防には、その一般的予防措置のほか、熱帯地域の防火線の幅員は経済的に、10～20m が設けられている。また、P.N.G. では防火樹帯の幅員は80～120mとし、防火樹帯で囲まれる区域単位を160～240haとしている例がある。

9-3 風害対策

南太平洋諸島ではサイクロンの被害について重視しなければならない。

ニューヘブリデスの森林官 Bennett は、N.H. の平坦地でサイクロンの被害を回避する観点から、次のような施業を試みている。

1 ha の皆伐区と1 ha のライン植栽区を、基盤の目伏に組合せるもので、皆伐区をライン植栽区で囲み、ライン植栽区については対称位置ラインの方向を直角に変えている。これはサイクロンの通過路の何れの側に植栽地があるかによって被害の受け方が異なることを予想し、少なくとも何れかの被害を軽減しようとしたものである。ちなみに、ラインは10m 間隔毎に2m 幅に伐開し、伐開線にそって2.5m 間隔で植栽する設計である。ただし、この施業の効果については丘陵地では疑問である。

また、サイクロンについて Bennett は次のように述べている。サイクロンの被害の影響は無視することはできないが、過大に評価すべきではない。サイクロンは2つのカテゴリーに分けられ、その1つは被害をもたらすもの、他の1つは破壊をもたらすものである。前者については、前述の植栽法などによる生態的防除法を考えるとともに、被害木はサイクロン通過後できるだけ速やかに引き起し作業を行う。しかし、不可避な風害は、最適生産を減少させるであろうから、すべての生産は理論的なものより20%減を見込むべきであろう。

後者は、おそらく過去の統計からみて何十年に1回という頻度のものであろう。この種の破壊からは植生を守る方法は何もなく、それには直ちに再植林することが唯一の解答である。そして、この自然のきわめて偶然な損害には5%の余分の生産を補償として見ておけばよいとしている。

10 機械化造林

10-1 機械化造林の現状

途上国の現状は、比較的賃金の低いことと、非石油産出国では石油の消費節約の観点から、必ずしも造林機械化の要請は切実でない。しかし、僻地や大規模造林の行われるところでは労力の不足を来し、省力化の要請される地域も少なくない。

一般的にみて、途上国での機械は、器具の助けによる人力の能率を向上することに重点がおかれ、大型機械の使用は未だ散発的で、未だ体系づけられたものは少ない。その概要を一べつすると、およそ次のようなものが列挙される。

(1) 育苗作業の機械化

種子に関しては、種子採集の木登り器、球果乾燥脱粒器、発芽率鑑定器、種子脱翹器、種子精選および種子貯蔵装置などがある。

養苗に関しては、現在ホット苗木の養苗が主体であり、ポットの材料としてはプラスチックバッグ、ポリエチレンバッグのほか、ベニア単板の廃材を利用する場合は機械作業によって作られている。焼土の作業には、ドラム罐を二つ割りにした容器を用いるところが多い。乾期には灌水が重要な作業であり、これには如雨露による単純作業（インドネシアの例）から近代的な自動撒水装置によっているものがある。まき付床、まき付箱の発芽苗をポットに移植する操作には、掘取りに特別なヘラ状器具を用いるなど、小器具の効率的な考案は少なくない。

(2) 育林作業の機械化

地ごしらえについて、マレーシアとフィリピンでは有用樹種の伐木集材後に林地に残されたすべての立木（フィリピンでは Toog tree, *Combretodendron quadriatum* を除く）を、チェーンソー（Chain saw）とスラッシャー（Slasher, フィリピンまたはボロー（bolo—細長い刃身と長い柄からなる鉋の一種、フィリピン）で伐倒する。つづいて伐倒木と林地の残廃材から突き出している枝を切り落とし、その後には火入れを行う。

ニューヘブリデスでは、立木をプッシャー（Pusher）によって倒して丸太とし、林地の残廃材とともにブルドーザー（Caterpillar D-8）によって押し付ける皆伐地ごしらえを行っている。この作業にあたっては、表土をはがさないことが原則であるが、実践ではかなり表土がはがされるようである。Fielding（1972）は、(1)この作業は、とくに重粘土地帯で表土が固められ、また傾斜地ではとくに侵食が増し、土壌が堅密となること、(2)押し付けられた丸太や残廃材の堆積によって植栽可能の林地がせばめられる。などの欠点を指摘している。

また地ごしらえの際、途上国では、ほとんどが植付地点に約 1.8 m の長さの目印し棒をたてることとしている。

植穴掘り器具について、マレーシアは根掘りぐわ（Mattock）、すき（Spade）のほか、

Penggal といふ鉄の柄で作られたすきが、ポット養成苗の植穴掘りに最良な器具とされている。フィリピンでは、長さ 2.5m に工作された植付棒 (Fabricated planting bar) を使用し、その棒には 2.0m の個所に目じるしがつけられ、植付間隔を測るのに役立てている。

下刈について、マレーシアでは植栽木を阻害する雑草を発芽直後に抜きとるか、軽量の Chungkol と呼ばれるくわでずることを推奨している。フィリピンでは、Bolo (前述) が一般に用いられるが、小型雑草には三日月型の鎌 (Orescent type sickle) を用いている。ブッシュクリーナー (bush cleaner) は人力が少なく賃金の高い地域のみで用いる。また、靴にとりつけた 1 対のだ円形枠組 (frame of oval shape) からなる雑草踏付け器 (Weed trampler) で、草を切らないで、体重で踏付ける作業も行われている。ニューヘブリデスでは、トラクターに踏付け器を連結したビーター (Beater) と呼ばれる機械で、表上を掘ることなく、単に草をたたきつぶす作業が行われ、押しつぶされた草は腐植し効果的であるといわれる。

10-2 予想される機械化作業

将来予想される機械化の要請に対する参考として、機械化による省力技術体系と機械器具にふれておきたい。ただし、機械化を推進する前提としては、(1) 従来の作業体系に若干の変更を加えて移動動力車の走行を可能にしなければならないこと、(2) 機械化作業に従事する労務者の研修訓練の必要なこと、および (3) 機械のメンテナンス、スペア (予備部分品) の用意、途上各国の電源サイクルの相違など、に十分な配慮を必要とすることである。

10-2-1 育苗、育林の機械化

(1) 育苗の機械化

育苗の機械化には、ポット育苗の機械化体系の確立、とくに焼土機、水分管理のための機械、ポット苗のコンテナによる輸送などがあげられる。

(2) 草地の造林機械化

草地の造林機械化には、わが国の瀬戸内瘠悪地の緑化に成功した次の手法を、技術移転の一つとして照会しておきたい。

Alang²草などを主とする草地造林にあたっては、山地傾斜面に排水を考慮して図 4-4 に示すように等高線沿いでなく、低地に向けて軽く下降傾斜して斜耕転帯を水平距離で 4 m 毎に設ける。斜耕転帯は幅 30~50 cm、深さ 35 cm 程度として Alang² 草を鋤込み hallow をかける。なお、集水地は十分に排水されるよう考慮する。鋤込まれた草が腐熟するのをまって (約 6 カ月)、斜耕転帯には cover plant を播き敷藁する。cover plant の発生後、雨期に造林木を傾斜方向に列をそろえて 3 m 毎に斜耕転帯に植栽し根元にはヤシ炭をもって被覆する。なお斜耕転帯間には、それに平行して中央線に肥料木を植付ける。

この作業の機械化として米倉は次のように述べている。草原をまず 1 m 幅に筋条に刈払う。

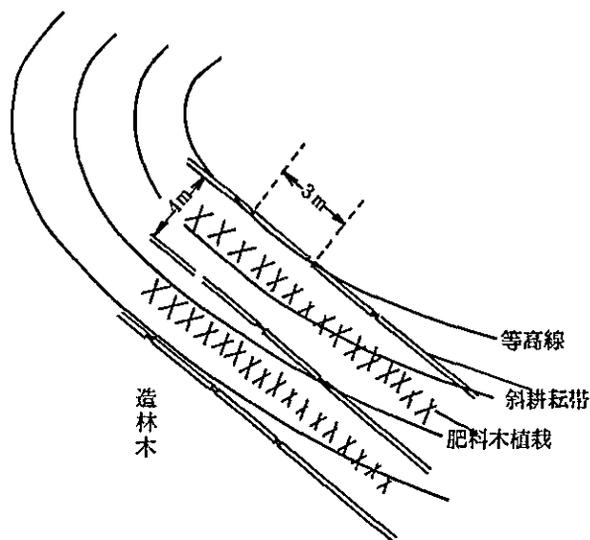


図4-4 草地の機械化造林工法

作業機は自走式ゴムクローラタイプのうち、最も接地圧の低い軽量のハンマーナイフモアにより上述斜耕帯に沿って行う。次に、ホイールタイプ(前後輪駆動)トラクターにより斜耕帯をスチールプラウにより耕起する。

(3) 下刈作業の機械化

ハンマーナイフにより苗間1mを筋刈し、植栽木、肥料木の周辺はプッシュクリーナーにより行う。

(4) 育苗、育林の機械化機材

育苗、育林の機械化にあたり、米倉が集録した機材は次のとおりである。

トラクタ(ホイールタイプ、75PS前後輪駆動)、同アタッチメント(以下Atcと記載)

プラウ(2条)、同Atc. サブソイラー(2爪)、同Atc. コーンガイドポール、同Atc. 弾丸、同Atc. デスクハロー、フォークリフト(ディーゼル1.5ton)、小型トレンチャー(溝掘機械)、焼土機(2.2K.W、8-12ton/H)、ベルトコンベアー(5m)、クローラダンプ(2.5ton)、普通トラック(4.5ton積、2.9tonクレーン)、ローラーコンベア、ハンマーナイフモア(ゴムクローラタイプ)、プッシュクリーナー(40c.c、FBC-23Sp.)、丸鋸目立機(M型ビーバー)、植穴掘機(50c.c)、チェーンソー(50c.c)、ホーラ、ダスターミスト、オガオート(口径18×10cm)、苗木結束機、自走式たね播付け機、床替用苗木自動選別機(定長根切り付)、床作り機(中耕除草機)、日覆支柱(シールド、アンカー付)、配管資材、揚水ポンプ、発電機、苗木灌水施設、測量機械(脚付)、反射実体鏡、回転分度板、間縄(50m)、木製ポール(縦2m)、輪尺、距離計、プランメーター、樹高測定機、キルピメータ、クリノメータ、コンベックスルール、三角スケール、製図用ドラフトマシン、製図器、ロット・リング、双眼鏡(×8)、苗木用手工具(レーキ、スコップ、ショベル、鍬、ハサミ、手鋸など)、鏡界標杭、排水溝ドレーグレート(300×315覆蓋)、アルミ製コンテナ。

10-2-2 防災用機材

防災用機材として、米倉が集録した次の機材を参考として掲げておく。

巡視・緊急・連絡・消火用オートバイ(モノクレス125c.c)、台型水槽(5.3㎡ネオプレーン製)、消火ポンプ(エンジン付、13PSホース30m、25mm口径、0.25㎡/min.) 携帯用タンク手動ポンプ付(18ℓ放射距離15m)、消火器、保安帽、防火セット(リュック内ショベル

他必要品)、特性熊手(山火事用)、布バケツ(キャンパス防水処理)、安全靴(ゲートル付編上靴)、トランシーバー(2~5km用)、警報用サイレン(100V, 400W)、広視界望遠鏡、火の見櫓(H 20m鋼製)。

11 造林工程

11-1 工程管理

造林工程は造林方式によって異なる。また同じ作業でも、植栽地の条件や樹種、機械、器具の使用植栽技術などによって作業工程は異なる。したがってここでは、いくつかの異った造林方式の例をあげて、参考に供することとする。

(1) *Acacia mollissima* の直播造林 (ha 当り)

2.5m 毎に 1 m の刈払い帯状地を造成する。	35 人
中央帯状地の土をやわらかくする。	10 〃
種子の価格 (労働力換算)	30 〃
播 種	5 〃
追 播 (30%)	12 〃
下刈り除伐	
第 1 年目 (3 回)	45 〃
第 2 年目 (2 回)	30 〃
第 3 年目 (1 回)	15 〃
合 計	182 〃

(2) 二次林・灌木林 (樹高 10 m) のラインプランティング (ha 当り)

植栽樹種 <i>Hopea odorata</i> , ライン間隔 10 m, 植栽間隔 10×3 m,	
帯状地の伐開, 刈払い	30 人
苗木の費用 (裸根, 1 年生)	40 〃
植付け	10 〃
補植 (30%)	15 〃
3 年まで年 2 回の下刈り	60 〃
4 年 ~ 10 年まで年 1 回の下刈り	60 〃
合 計	215 〃

(3) 草地と灌木地の *Eucalyptus saligna* の造林 (ha 当り)

植栽間隔 3 × 3 m	
2.5m 毎に 1 m 巾の刈払い帯状地を作る	35 人
植穴を掘る	15 〃
苗木の費用 (7 ヶ月生苗木, 根はだんご状に土付けする)	100 〃
カバープラント (<i>Acacia mollissima</i>) の価格 (労働力換算)	20 〃
植付けと播種	10 〃
補植 (30%)	40 〃

最初2年間, 毎年2回刈り	60人
3年目 1回刈払い	15人
合計	295人
(4) Taungya法(ビルマ)によるチークの造林(ha当り)植付間隔3×3m	
請負農民代金	0~30人
チークStump(根株)苗の費用とカバープラントの種子代	50人
植付けと播種	6人
補植(30%)	15人
最初2年間 毎年2回の保護, 下刈, (請負農民負担)	0人
3年目の保護, 下刈り(1回)	10人
合計	81~111人
(5) ソロモン式ラインプランティング(ha当り)	
商業樹を伐採収穫したあとの樹林地で, 造林目的や, また木材市況によって天然林から伐採される樹種が選択されるため, 伐採後の林相が異っており地拵の工期は相当の巾がある。	
① 用材生産を目的とした造林	
樹種 <i>Terminalia calamansanai</i> , ライン間隔44フィート(13.2m), 植付間隔44×12フィート, ha当り植付け本数210本	
巻枯, 薬殺	40人
ライン伐開	6.5人
植付け	4.0人
下刈	13.5人
合計	28.0人
② パルプ材生産を目的とした造林	
樹種 <i>Gmelina arborea</i> , ライン間隔15×15フィート(4.57m) ha当り植付本数600本	
巻枯, 薬殺	5.0~15.0人
ライン伐開	7.5~11.0人
植付け	5.0人
下刈り 1カ月目	3.5~4.0人
" 3~4カ月目	4.0~5.5人
" 6~7カ月目	4.0~5.5人
" 10~12カ月目	5.5~7.5人
合計	34.5~53.5人

(6) <i>Eucalyptus grandis</i> の造林 (ビルマ) (ha 当り) 本数 1370 本	
地拵え	37.0 人
苗木代	2020 〃
植付け	7.4 〃
下刈り (6 回)	60.0 〃
合 計	3064 〃
(7) フタバガキ林伐採跡地の造林 (フィリピンのミンダナオ島) (ha 当り)	
樹 種 <i>Albizia falcata</i>	
ha 当り本数 1,660 本 (2 × 3 m 間隔)	
育 苗	4.0 人
(播種床作業	1.0 人)
(ボット作成	1.5 〃)
(ボット移植	1.5 〃)
地拵え	24.1 人
(チェンソーによる残存木伐倒	5.0 人)
(プッシュクリーナー	5.0 〃)
(クリーニング	8.4 〃)
(ステッキング	5.7 〃)
植付け	9.0 人
補植 20%	8.2 〃
(植付け	3.2 人)
(苗木運搬 (林内)	1.0 〃)
(施 肥	4.0 〃)
下刈り	
第一次 3 回実施	30.0 人
合 計	75.3 〃
(8) タイ国のチーク造林 (ha 当り)	
土地測量と境界標識	2 人
道路建設	12 〃
地 え	53 ~78 〃
苗木代	10 〃
植付け (標桿を含む)	12 〃
下刈り (2 回)	23 〃
補 植	2 〃

火災・虫害防除	8人
雑費	4人
合計	124 ~ 149人

(9) マレーシアのカリビアマツ造林 (ha 当り) 12年伐期のパルプ材生産

造林用地 天然林 (有用樹伐採あと)

植栽間隔 8 × 8 フィート (2.4 × 2.4 ha)

林道の作設	4.5人
地拵え・火入れ	52.1人
植付け	8.9人
補植	3.0人
苗木代	16.3人
下刈り 1回 (1年目)	1.2人
〃 2回 (2年目)	3.4人
〃 1回 (1年目)	1.2人
施肥 (肥料代含む)	9.0人
合計	99.6人

なお、造林地の土地条件は非レンガム土壌 (優良土壌ではない) で、緩い起伏地と中庸傾斜地の割合が 7 対 3 で、上木の除去された林地の 85 % が植栽可能の土地である。

11-2 功程管理の実例

造林の功程は、樹種、造林方式、造林地の環境条件、使用する機械・器具及び労働環境 (技術、技能、労働力) によって相違する。したがって、造林地の個々については、具体的に検討しなければ功程を決定することは難しい。

しかしながら、熱帯地域における一つの目安として、ここに過去の森林造成開発計画調査結果の実例をあげて参考に供する。

11-2-1 パプア・ニューギニア

(1) 用材生産を目的とした造林

ニューアイルランド島において、商業用材 (直径 50 cm 以上) を伐採した跡地にデグロッパタ・ユーカリ、ポメチア、カロフィルム、ペンシル・シダー、ドラコントメルム等の造林を行うもので、残存立木として樹高 10 ~ 20 m の末利用樹が散在している。

表11-1 造林作業標準工程

(ha 当り, 千本当り)

作 業	作 業 内 容	功 程	備 考
育 苗	ポット育苗, まき付け, 後ポット移植, 育苗期間 4~12月 標準苗長 30cm 以上(現地種子採取, 1部の樹種)	18人	ha 当り 730本植
育 林	地ごしらえ	全刈り	45 前生樹伐採後1年以内に行う場合。
	植 付 け (補 植)	コントロール・ライン設定, 植穴目印棒, 推穴掘り, 苗木小運搬, 植穴周り除草, 植付け (10)	ha 当り 千本当り
	下 刈 り	全刈り	(20) 全面積人力, つる切含む。
	つ る 切	下刈り終了後	10
保 護	巡視, 標識設置等	2	年間 ha 当り
計		125	

(2) パルプ材生産を目的とした造林

- 1) ニューブリテン島において, 商業用材を伐採した跡地にデグルプタ・ユーカリ, ルシーナ(ジャイアント・イビルイプル), アルビジア・ファルカーター等の早成樹種の造林を行う。伐採跡地には部分的に ha 当り 30~50㎡の残存立木が成立している。

第11-2 造林作業標準工程

ha 当り

作 業 項 目	作 業 内 容	工 程	備 考
育 苗	ポット育苗, まきつけ後ポット移植 育苗期間 4~6月 標準苗長 30cm	18人	ha 当り 2,000本植
地ごしらえ	火入れ地ごしらえ	40	火入れの場合は5人増
	カバークローズ	35	
	機械地ごしらえ	20	
植 付 け	4,400本植	54	1日1人植付け150本 植穴目印棒 300本 苗木小運搬他 10千本
	2,500 "	31	
	1,600 "	20	
	1,100 "	14	
	800~830本植	10	
	620 "	8	

作業項目	作業内容	工程	備考
下刈り		人	
人力全刈り 4回	1回目10人, 2回目10人, 3回目8人, 4回目7人	35	
〃 〃 2〃	1〃10人, 2〃10人	20	
〃 〃 6〃	1回目~6回目7人	42	多数刈り
〃 筋刈り 4〃	全刈り60%	21	
〃 〃 2〃	〃	12	
〃 〃 6〃	〃	25	多数刈り
機械全刈り 4〃	1回目6人, 2回目6人, 3回目4人, 4回目3人	19	
〃 〃 2〃	1〃6人, 2〃6人	12	
〃 〃 6〃	1回目~6回目45人	27	多数刈り
〃 筋刈り 4〃	全刈り60%	11	
〃 〃 2〃	〃	7	
〃 〃 6〃	〃	16	多数刈り
つる切 人 力	下刈終了後	4	
保護管理	巡視, 標識設置, 火災予防	80	1地域年間
造林作業道補修	路面補整, 水切, 路傍整備	008	ha5m, 008人

ii) パプア・ニューギニア本島において、商業用材を伐採した跡地に早成樹種の造林を行うもので、胸高直径20~30cmの未利用樹がha当たり平均40㎡成立している。

表11-3 造林作業標準工程(1伐期間ha)

作業	作業内容	密植 全刈 方形植	植準植 全 刈, 方形植	疎植, 筋刈 筋 植	平均※	備考	
育苗	ポット育苗法, 播種後ポット移植, 育苗期間3~4月, 標準苗長30cm, 育苗総数166万本	16人/ha	9人/ha	6人/ha	10人/ha	苗本1000本あたり計15種子管理 播種1人 ポット土づめ・移植2人 土の調整・除草・灌水7人など育苗管理 苗の選別山元輸送5人	
地 拵	全刈 又は 筋刈	30人/ha	25人/ha	17人/ha	25人/ha	前生樹伐採後ただちに行う場合	
育 林	植 付	25人/ha	15人/ha	11人/ha	16人/ha	苗畑より, 山元までの苗木輸送は育苗に含めた	
	下 刈	方形植・全刈 1年目6回 2年目3回 筋 植・筋刈 1年目6回 2年目3回	39人/ha	39人/ha	27人/ha	37人/ha	全刈 1年目5人/ha・回 2年目3人/ha・回 筋刈 3人/ha・回
	つる切	下刈終了後・3年間4回, 他に筋植方式では残存帯除伐1回(2年~3年目)	8人/ha	8人/ha	12人/ha	9人/ha	つる切 2人/ha回 除 伐 3人/ha
	小 計		102人/ha	87人/ha	67人/ha	87人/ha	
保 護	保護巡視・病虫害防除・標識設置維持など	11人/ha	11人/ha	11人/ha	11人/ha	平均伐期11年として1人/ha	
計		129人/ha	107人/ha	84人/ha	108人/ha		

※各タイプの造林面積を考慮して求めた全造林地(2,000ha)の平均

11-2-2 フィリピン

(1) 薪材生産を目的とした造林

フィリピン・パラワン島において、2次林の胸高直径20cm以上の有用材を利用した跡地に造林を行うもので、薪材用としてルシーナ(ジャイアント・イビルイビル)、アカシア・アウリカリフォーミス、メリナ・アルボレア等の樹種を用いる。

なお、一部林分では択伐施業を実施するので、その標準工期をあげる。

表11-4 造林作業標準工程(人工林)

ha当たり

作業種	作業内容	工程	備考
育苗	ポット育苗, まきつけ後ポット移植 育苗期間3~4月 用土採取 標準苗長 30cm 育苗管理一式	24人	ha当たり3,920本植
地ごしらえ 全刈り (人力・機械)	小径立木伐倒, 雑草刈払い及び整理	30	チェンソー 3台 ブルドーザー 1台
植付け ポット苗 人力	コントロールライン設定, 植穴目印 棒立, 植穴掘り, 植付け, 苗木小運搬	45	植付け本数 10,000本 10% 4,400本 40% 2,500本 40% 1,600本 10%
下刈り 全刈り, 筋刈り (人力)	1年目4回, 2年目2回, 3年目1 回, 雑草木の刈払い	34	全刈り 1年目 20人 2年目 15人 3年目 5人 筋刈り 1年目 12人 2年目 9人 3年目 3人 (全刈り60%, 筋刈り40%)
つる切(人力)	下刈り終了後2年間実施	5	1年目3人, 2年目2人
苗木運搬	苗畑から植付け現場まで運搬積却し	(100千本 =2人) 08	トラック2:1台100千本/台 積却し2人
保護管理	巡視, 火災予防	0.3	
計		1391	

造林作業標準工程（天然林）

ha 当たり

作業種	作業内容	工程	備考
育苗	ポット育苗，まきつけ後ポット移植 育苗期間 3 - 4 月 用土採取 標準苗長 30cm 育苗管理一式	3.2人	ha 当たり 515 本植
地ごしらえ （人力）	雑草木伐倒，刈払い及び整理	20	
植付け （ポット苗，人力）	植穴掘り，植付け，苗木小運搬	4	植付本数 515 本
下刈り 全刈り（人力）	1年目4回，2年目2回，3年目1回	40	1年目20人，2年目15人， 3年目5人
つる切（人力）	下刈り終了後2年間実施	3	1年目2人，2年目1人
苗木運搬	苗畑から植付け現場まで運搬積却し	（10.0千本 = 2人） 01	トラック2：1台100千本/台 積却し2人
保護管理	巡視，火災予防	02	
計		705	

JICA