

# 大規模森林回復技術

## ドラフトマニュアルⅡ

平成4年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1114606(5)

国際協力事業団

26523

# 大規模森林回復技術 ドラフトマニュアルII

平成4年3月

国際協力事業団



## 目 次

I 総論	1
1. 本マニュアルの目的	1
1-1 本マニュアルの位置づけ	1
1-2 本マニュアルの構成	2
2. 航空機造林の目的及び導入	4
2-1 航空機造林の目的及び現状	4
2-1-1 航空機造林の目的	4
2-1-2 航空機造林の特性	4
2-1-3 航空機造林の現状	5
2-2 航空機造林の開発途上国への導入	7
2-2-1 開発途上国への導入の必要性	7
2-2-2 開発途上国への導入の可能性	7
II 計画調査	9
1. 対象地域の検討	9
1-1 選定条件	9
1-2 予備調査	11
2. 基礎調査	12
2-1 気 象	12
2-2 地 形	14
2-3 地質・土壌	15
2-4 植 生	16
2-5 社会・経済条件	17
3. 画像処理による植生、土地利用調査	18
3-1 衛星データの利用	18
3-1-1 衛星データの現状	18
3-1-2 衛星データによる植生、土地利用の判別	19
3-1-3 衛星データの入手	22

3-2	空中写真の利用	23
3-2-1	空中写真の利用	23
3-2-2	現地確認	25
4.	造林計画	26
4-1	造林立地区分	26
4-2	樹種の選定	28
4-2-1	選定条件	28
4-2-2	樹種の成長特性	29
4-2-3	種子の生理的特性	31
4-2-4	種子の確保	32
4-2-5	樹種選定の手順	34
4-3	地表処理	45
4-3-1	地表処理の考え方	45
4-3-2	地表処理の種類	46
4-3-3	地表処理の方法	50
5.	航空機利用	51
5-1	機種を選定基準	51
5-2	散布装置	55
5-2-1	固定翼機用	56
5-2-2	回転翼機用	56
5-3	航空諸元の決定	61
5-3-1	積載量	61
5-3-2	飛行速度	63
5-3-3	作業飛行高度及び飛行間隔	63
5-3-4	作業工程	66
5-4	散布量	67
5-4-1	種子の発芽率、粒数	67
5-4-2	種子の散布量	70
5-5	散布時期	72
5-6	運行上の検討事項	73
5-6-1	飛行機の保有台数	73

5-6-2	操縦士等の要員	73
5-6-3	飛行場及び作業基地の条件	75
6.	造林事業計画	76
6-1	計画の基本的考え方	76
6-2	作業スケジュール	77
6-2-1	造林作業手順	77
6-2-2	作業スケジュール	78
III	準備作業	79
1.	種子	79
1-1	調達	79
1-2	精選	81
1-2-1	精選方法	81
1-2-2	ユーカーリ類の精選	82
1-3	貯蔵	83
1-4	発芽促進方法	86
1-4-1	発芽促進法	86
1-4-2	機械による傷つけ処理	86
2.	種子加工	89
2-1	コーティング材料	89
2-2	コーティング加工技術	90
2-3	コーティング種子の貯蔵	91
3.	地表処理	92
3-1	火入れ作業	92
3-2	機械作業	93
4.	飛行準備	94
4-1	航空機の使用、飛行に必要な諸手続き	94
4-2	地図等の準備	94
4-3	ヘリポート等の作設	95
4-4	散布装置、散布材料の配置、点検	96
4-5	要員の配置	97

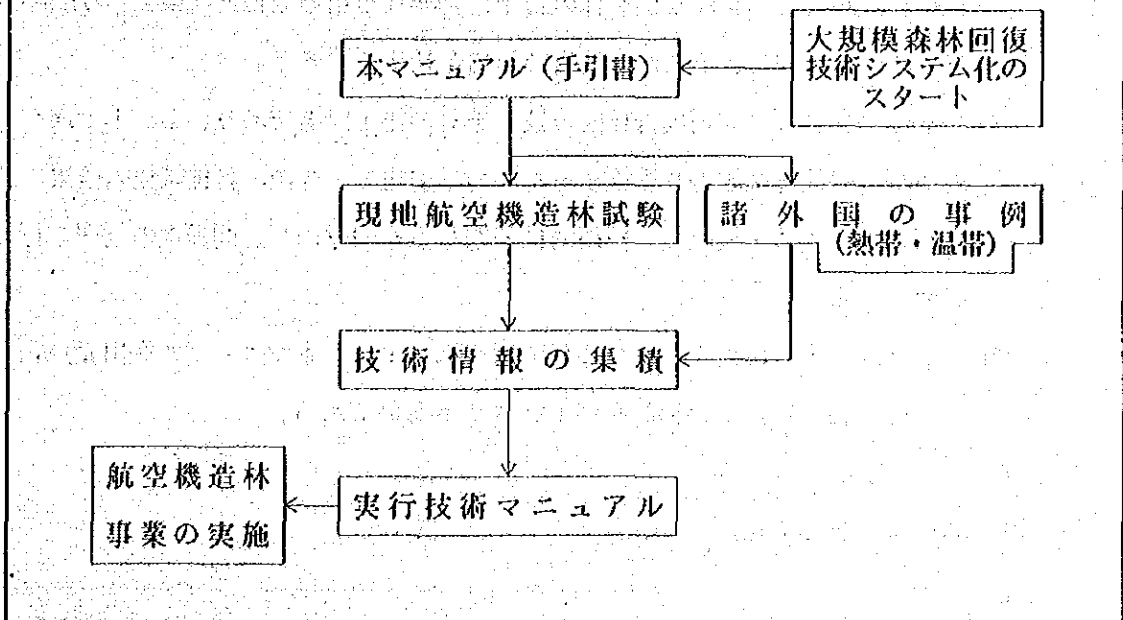
4-6 気象資料の整備 .....	97
5. 総合調整 .....	98
IV 航空種子散布 .....	100
1. 施工区域の現地標示 .....	100
2. 散布材料の積込み、運搬 .....	100
3. 散布飛行 .....	100
4. 散布後の措置 .....	102
5. 監督、検査 .....	103
V 維持管理 .....	106
1. 維持管理 .....	106
1-1 保 育 .....	106
1-2 モニタリング .....	106
2. 保 護 .....	108
2-1 気 象 .....	108
2-2 病中害 .....	108
2-3 山火事 .....	114
参 考 文 献 .....	
委員会の構成 .....	
これまでの経緯と今後の進め方 .....	

# I 総論

## 1. 本マニュアルの目的

### 1-1 本マニュアルの位置づけ

- (1) 開発途上国における大規模森林回復技術のシステム化を図り、技術協力に資するためのものである。
- (2) これまでの調査経過から、熱帯、亜熱帯地域の多雨林・季節林における禾本科草地等を対象とする。
- (3) 大規模森林回復技術の一つである航空機造林を前提とし、これを実施するための手引とする。
- (4) 最終的な実行技術マニュアル完成までの本マニュアルの位置づけと、今後の方向性を示すと以下のとおりである。



- ① 本マニュアルは、昭和63年以来4ヶ年に亘り諸外国を対象に行ってきた基礎調査結果に基づき、国際協力事業団（以下、JICAと言う）が大規模森林回復技術のシステム化を図ってきた。その結果による本マニュアルは減少する熱帯林の保全と造成に資するものであり、今後、現地航空機造林試験等の結果を集積し、開発途上国を対象とした海外の技術協力の一翼を担うものとする。
- ② この大規模森林回復技術は、熱帯、亜熱帯の多雨林・季節林地帯の禾本科草地及び

砂漠周辺の半乾燥地を対象としているが、過去2年に亘る現地調査の実績、実行上の作業手順及び現地での問題点が具体的であるインドネシアを1つの対象地とし考慮しつつまとめている。

③ 大規模森林回復技術の目的の一つは、早期に大面積に木本により植生を回復することである。これに対処するための技術手法としては、開発途上国でも行われている地上機械化造林も一つの方法であるが、航空機による大規模造林が次のようなところに適しているという観点から、本マニュアルでとり上げた。

- a. 遠隔地であること
- b. 粗放的であっても早急な植生回復が求められること
- c. 交通条件が不良であること
- d. 人口希薄地であり、大量の苗木生産が困難であること
- e. 年間の造林目標面積規模が大きいこと

④ 熱帯地域、特に多雨林地帯での航空機造林に関する技術の集積が少なく、樹種の選定、適地の判定、航空機の利用等の基礎的段階での調査・研究が必要である。このような意味から、まず航空機造林の着手に必要な事項の調査と準備をどう順序立てて調査するかを整理し、そこから技術の集積が始まると考える。

⑤ 本マニュアルは大規模森林回復技術確立の第1段階であり、1-1で述べたように現地航空機造林試験等を実施するための手引書で、今後、各種試験の結果、諸外国の事例等を、集積・検討し、技術的に不明な点を明確にし、問題点の整理を行うことが必要である。

⑥ 最終的な実行技術マニュアル作成に当たっては、本マニュアルを出発点として、データの集積、現地での検討を経て完成するものである。

## 1-2 本マニュアルの構成

航空機造林の実行に当り、一連の作業を考慮し、本マニュアルを次のような構成とした。

- ・ 総論
- ・ 航空種子散布
- ・ 計画調査
- ・ 維持管理
- ・ 準備作業

なお、以上の項目についての作業フローは図1-1に示すとおりである。

① 総論

大規模森林回復技術の一つである航空機造林の目的、特性、現状を整理し、本マニュアル利用の前提である熱帯地域における開発途上国への導入の可能性を検討し、航空機造林とは何か、開発途上国での必要性及び可能性について、概要をまとめた。

② 計画調査

航空機造林を実施するに当たって、必要な造林計画の立案のための各種調査及び計画内容についてまとめた。

③ 準備作業

策定した航空機造林の計画に基づき、施工に際して予め、準備しなければならない作業内容を種子、コーティング技術、地拵え及び航空機の運行の各項目についてとりまとめた。

④ 航空種子散布

航空機からの種子散布の施工に必要な作業項目・作業内容を手順を追ってとりまとめた。

⑤ 維持管理

種子散布後の監督、モニタリング方法についてまとめるとともに、気象害、山火事等の保護管理の留意点を中心にとりまとめた。

なお、本マニュアル作成に当り、技術的な問題の他、実行に必要な諸手続きを記載したが、実施に当たっては、再度関係機関との調整確認が必要である。

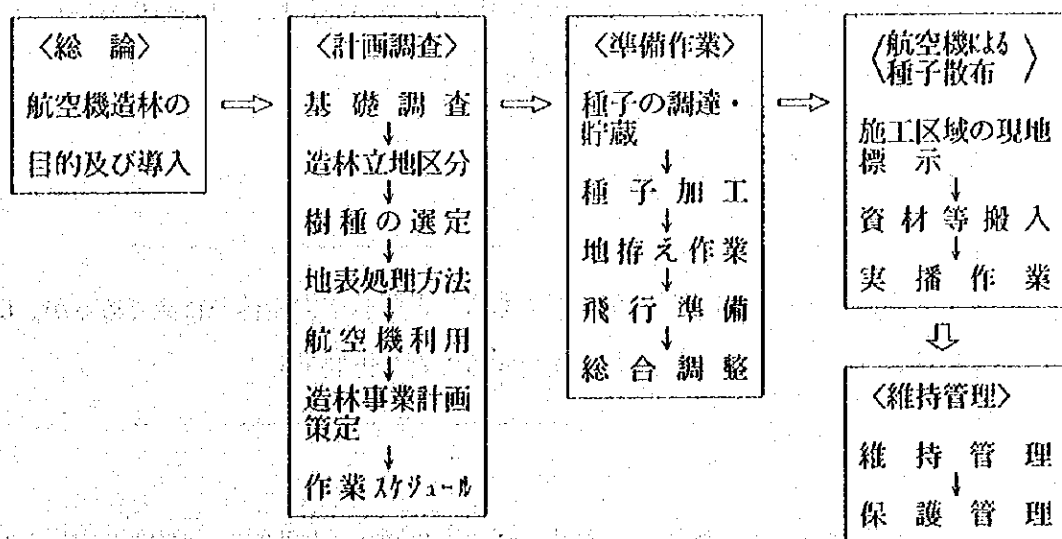


図 I-1 本マニュアルの流れ



## 2. 航空機造林の目的及び導入

### 2-1 航空機造林の目的及び現状

#### 2-1-1 航空機造林の目的

熱帯林の減少によって、悪化する地域の水土保全及び地球環境の改善のための「環境造林」を目指し、航空機のもつ利点を生かし、早期緑化、大規模森林回復の新しい手法としてその技術システムの確立を図りつつ、導入するものである。

- ① 1で述べたように、本マニュアルにおいては、熱帯地域の多雨林・季節林に分布する禾本科草地等を対象に検討を行った。
- ② 熱帯地域において、人口増加に伴う、焼畑移動耕作地の拡大、家畜の過放牧、家庭用燃材の収奪等による森林の減少及び林地の荒廃が進んでいる。
- ③ この結果、熱帯林の減少は、毎年約 1,700万ha (1990年FAO報告)と推定され、地球の温暖化等、地球環境に悪影響を及ぼすものとして注目されている。
- ④ 一方、森林回復のための毎年の造林面積は、減少面積の10%にも満たず、その保全と回復のため画期的な大規模森林造林技術の確立が緊急かつ重要な課題となっている。
- ⑤ 開発途上国の多くは、造林実行体制、熟練労働者、林道・大規模苗畑等の大規模森林回復に必要な諸条件が未整備であるため、大面積の要造林地を早期に木本でカバーすることは困難である。
- ⑥ 以上のことから、悪化する地域及び地球環境の改善等を目的とし、航空機のもつ利点を活用して行う木本による植生回復のための大規模、早期緑化の新しい手法として航空機造林は重要な方法であると考えられる。

#### 2-1-2 航空機造林の特性

大面積に、短期間で造林が可能であることが航空機造林の特徴であるが、反面、適地、樹種、作業条件を十分検討し、実行することが重要である。

##### ① 利点

- a. 空中作業が主体であるため、運搬等に関する地理的、地形的な制約がない。
- b. 材料の運搬、散布などの作業が連続工程であるため、作業が省力的で、短期間の

うちに大面積の造林が可能である。

c. 種子の直播きが主体であることから、苗畑施設の建設等の手間がはぶける。

② 不利点

a. 気象、地表植生等で造林成績が不安定である。

b. 空中からの作業であるだけに地形によっては均等な散布が困難である。

c. 散布した種子の雨水による流亡、小動物等による食害などによる損失がある。

d. 風・霧など天候条件によっては、作業の実施が制約されることがある。

2-1-3 航空機造林の現状

(1) 航空機造林は、1930年代にカナダにおいて開発された造林技術であり、その後、先進国において技術を発展させ現在に至っている。

(2) 一方、開発途上国においては、中国を除き、試行錯誤の段階であり、熱帯林の急速な減少とともに、本格的な技術システムの確立が期待されている。

① 1930年代にカナダにおいて開発された航空機造林技術は、1950～60年代に至りアメリカ、ニュージーランド、オーストラリア等でも荒廃地復旧、伐採跡地造林の手段として発展を続け、日本、中国においても治山緑化、造林に活用されるに至っている。特に忌避剤使用等のコーティング技術、散布装置の開発改良、地寄せ方法、散布量、散布時期の決定手法、また混播等の技術開発の進展によって上記各国での広域、早期造林手段として実績を重ねてきている。

② 事業実行面積では、中国が最も広く1950年代以来実播面積は1,400万haに及び1983年には全国878,667haの実績がある。四川省では1958年～1980年の間、全造林地の18.6%に、また、インドネシア、ネパールその他、開発途上国においても小面積ではあるが試験的に行われた事例がある。

③ 主要な播種樹種は、アメリカ、カナダではダグラスファー、マツ等の針葉樹、オーストラリアではユーカリ、ニュージーランド、中国ではマツ類である。中国の乾燥地では沙棘等の緑化樹による、治山緑化への利用を主としている。日本では緑化樹と草本の混播である。

④ 以上、各国で行われてきた航空機造林の概要を表I-1に示す。

表 1-1 航空機造林の現状

国名	開始年および実施概況	主要目的	主要樹種	使用機種	種子加工	地植え	散布装置	備考
アメリカ	1950年代開始、1980年までに約100万ha(年造林面積の4~18%、州別では50%に達する州もある)	山火事故等荒廃地復旧、低炭素改良	Douglasfir, Pinus spp. 等	固定翼ヘリコプター(補助)	忌避剤(Endrin等)粘着剤等のコーティング 発芽促進前処理	乾燥地では機械地がき、火入れ		1988以後は治山面積、伐採面積減少のため、減少しているが(防虫、忌避)コーティング技術、発芽技術、等が特記される。
カナダ	1980年代開始1962年より事業実行例、1978年オンタリオ州 20,000ha カベック州 7,000ha	伐採跡地造林	Pinus spp., Blackspruce 等 針葉樹	固定翼ヘリコプター	忌避剤、潤滑剤コーティング(余り使用されない)	火入れ	各種散布装置(固定翼、ヘリコプター用)	各種の土壌条件について実行苗木テスト考察。 各地地植えに対する種子散布法、散布装置等の開発
ニュージーランド	林業応用は1960年代より	荒地治山造林	Lodgepole pine (マメ科早期肥料候補)	固定翼ヘリコプター	混播および肥料コーティング			降水量の適当な地域で実施 コーティング技術発達 マメ科との混播技術開発
オーストラリア	1960年代より1980年代は毎年8,000ha~12,000ha近年は約1,000ha	伐採跡地更新	Eucalyptus spp.	ヘリコプター(Bell-206B)	防虫剤、殺虫剤、着色剤、コーティング	火入れ地植え	ユーカリに適した散布装置の改良	種子センターで種子採取、貯蔵、播種、航空機造林マニュアル準備、事業体系の整備
インドネシア	1970年代にパララン及びラウで実施(88ha及び565ha)したものが成功	火山噴火原造林	Sesbania grandiflora, Acacia auriculiformis, Leucaena 他3種	固定翼(PILATUS PC-6)	混播	火入れ地植え、トラクタータンク無処理の試験	カナダ製装置の改良	悪化促進のはげしいGrasslands 地の乾燥土での実験
中国	1958年の開始例 1953年~1980年間の四川省の散布面積は、全造林地の約18.6% 他に山火事故等への実施あり	治山緑化	Pinus spp., Astragalus adsurgens 他	固定翼(伊原14号、連5型等)			散布装置作成(吊下げ式)	乾燥地~過湿地の各地で実施、散布地に火入れ禁止 成績は必ずしも明らかではない。 広域、大面積、各種土地条件
日本	1952年開始 全平山100~150ha 他に山火事故等への実施あり	真地治山緑化 荒廃地緑化	緑化樹と草本種子混播	多種ヘリコプター	肥料等の混全		各種装置改良	航空機緑化工の設計、施工技術あり 技術体系確立、種子加工等技術開発あり
ネパール	1988年(日本、中国航空機実施)小面積実験0.67ha、0.06ha	崩壊地緑化	草本種子とヤマハン、オオバヤシヤブ等混播	ヘリコプター(SAS188 運用)	潤滑剤、粘着剤、養生剤		日本製	

其他下記地域での実施例あり。  
 ・太平洋諸島・第二次大戦後荒廃地緑化のため Leucaena を散布成林、1928年ハワイ島山火事故に35種を混播15~20種成林。  
 ・ナイジェリアとインド：1960年代にナイジェリアで Azadirachta indica 散布実験。1950年インド クジャラートで砂丘固定の実験散布の報告あり。  
 ・ソビエト：1982年開始、1954年度実行面積、36,100ha、1955年45,200haの報告あり。

費用効果について、カナダ、オーストラリアに検討例あり。

## 2-2 航空機造林の開発途上国への導入

### 2-2-1 開発途上国への導入の必要性

熱帯林の急速な減少は、地域住民の生活環境をおびやかすばかりでなく、地球環境の悪化へと導く大きな要因であり、これを早急に保全、造成するためには、航空機造林による森林回復が必要である。

- ① FAO/UNEP (1980) の統計によれば、1980年の時点での地球上の森林面積は約43億haで、うち開発途上地域はその半ば以上の23億5千万haとなっている。先進地域の森林はほぼ保続が図られているとされているが、開発途上地域の森林の大部分を占める熱帯林、約19億3千万haは毎年1,130万haの減少を続けているとされている。
- ② この熱帯林の急速な減少は、熱帯での旺盛な植物生理活動による地球大気中のCO<sub>2</sub>固定機能を減少させ、結果的には樹体に固定されてきたCO<sub>2</sub>の大気への放出を意味し、地球環境問題として案じられている地球温暖化現象と関連するところが高いともいわれ、緊急の防止策が大きな課題として論じられるに至っているものである。
- ③ また伐採による森林劣化、消失地域の他に開発途上地域には過去の森林伐採や過度の放牧等により生産力の低下したかん木地、草地等があり、乾燥地・半乾燥地ではそれらの砂漠化が懸念されている。
- ④ これら開発途上地域で森林の造成、回復が期待される面積は広大であるが、一方、森林回復のための造林面積は森林減少面積の1割にも満たず、既往の造林手法では到底、その要請に応えることは困難であり、航空機造林による新技術の導入による大規模かつ画期的な対策が要求されるものである。

### 2-2-2 開発途上国への導入の可能性

従来行われてきた先進国における航空機造林技術をベースに、開発途上国における自然条件、社会条件を検討し、立地区分、樹種の選定等の技術的課題を解決すれば、航空機造林は広く普及する。

- ① 航空機造林は先進国での技術開発により発展を続けてきた。また従来の事業実行地域も、造林適地としての気候、土地条件のものが多い。しかしながら、現在急速な大

規模森林回復を要する開発途上国においては、ともすればこれに反する気候・土地条件を有する地域もある。

- ② 開発途上国におけるこの技術の適用に当たっては、自然条件による立地区分、適正樹種の選定、火入れ等地拵え法、樹種・立地に適応する散布装置、コーティング材料、発芽促進方法、拠点造林等の開発、種子散布適期の選定等の課題が考えられる。
- ③ 特に、これらの地域においては(a)強い乾燥期間を有する地域における航空機造林技術体系(b)地表草木の多い地域での航空機造林技術体系(c)リモートセンシング等画像情報処理技術による広域造林対象地の効果的な事前土地条件調査法の確立等が緊急の開発課題であり、これら技術の確立が開発途上国の航空機造林の普及を容易にするものとする。

## II 計画調査

### 1. 対象地域の検討

航空機造林の実行に当っては、地域の自然条件・社会条件の情報・資料をふまえて、造林計画、作業計画、実施設計等をあらかじめ検討する必要がある。

このために、各種資料の収集が必要であるが、開発途上国においては全般的に資料の整備が遅れているのが実情である。

#### 1-1 選定条件

(1) 熱帯地域の多雨林・季節林における禾本科草地等を対象とした航空機造林は、次の条件を有する地域で行う。

- ・遠隔地であること
- ・粗放적であっても、早急な植生回復が求められること
- ・交通条件が不良であること
- ・人口希薄地であり、大量の苗木生産が困難であること
- ・年間の造林目標面積規模が大きいこと

(2) 航空機造林の対象地を選定する場合には、次の諸条件についての調査、検討を進める。

- ・森林の伐採跡地の荒廃状況
- ・散布種子の発芽、定着のための気象、地形、土壌
- ・航空機、散布材料、輸送手段、種子の調達等の現況
- ・地元の協力体制と、技術スタッフの確保
- ・地域情報の整備の可能性

① 熱帯地域の多雨林地帯、特に東南アジアにおける森林の焼畑転用跡地等は禾本科が優占する草地となり、このようなところが、造林対象地となる。

荒廃状況の把握については、土地の来歴より判断するのが好ましいが空中写真や、土壌条件等から推測することができる。

種子の定着、種苗の生育を考えた場合、禾本科植物の生育状況、疎密度の把握が重

要である。

- ② 散布種子が発芽し、生育するためには、適度の降水量、気温が必要であり、特に乾期の長さが問題になる。

散布種子の定着には、急峻地形は不適であり、緩斜地が広がる丘陵等が対象となる。

- ③ 航空機の利用には飛行場が不可欠であるとともに、燃料、器材等の輸送に係る条件も考慮しなければならない。大面積に造林する場合、造林対象地や、樹種の選定も重要であるが、大面積造林を支える種子の供給の可否が事業を進める上で重要であり、種子の調達ルート確保が必要である。

- ④ 航空機造林が「環境造林」を目指している以上、実施主体は公共性の面から、林業省ないし森林局等公的機関と考えられる。このため、林業事務所等の指導のもと、地元協力が不可欠となり、そのための体制づくりが必要である。

航空機、散布機械、地上作業機械等航空機造林においては、各機械のオペレーターが必要であり、その人員の確保と養成が重要である。

- ⑤ 航空機造林を必要とする地域においては、一般に地形図、気象データ、空中写真等の計画策定のための情報が不備であり、これらの整備が必要である。

- ⑥ なお、予備調査の項でも述べたように事業実行に関する制約条件、特に次の事項の調査が必要である。

- a. 航空機、散布材料の調達、開発途上国の場合空軍機利用の可能性。
- b. 材料等の輸送の難易。
- c. 兵站基地、滑走路、ヘリポートの設置箇所。
- d. パイロット、熟練労働者の雇用の可能性。
- e. 水利用、景観、生態系などの環境問題に関する社会的要請。



## 1-2 予備調査

航空機造林の対象地を選定するため、本格的な基礎調査を実施する前に適地の選定条件を助案しつつ、資料等により地域の概要を把握する必要があり、このための予備調査を行う。

したがって、予備調査の段階では次の事項について資料の収集を行う。

- ① 自然条件……気象、地形、植生、土壌
- ② 社会・経済条件……土地利用、営農状況、人口
- ③ 航空機利用……空港の有無、利用可能台数
- ④ その他……地形図、空中写真、行政機関

- ① 予備調査の段階では協力機関である林業関係機関を通じ、資料の入手先等を把握しておく。

できれば、大縮尺の地形図を入手し、協力機関担当者の意向をこの段階で聞いておくことが重要である。

- ② また、ランドサットの入手等を行い、対象地の概略も準備しておくことが、必要資料の明確化にもつながるとともに、相手側との議論を円滑に進めることができることとなる。

## 2. 基礎調査

航空機造林は、適地区分、樹種の選定、種子の調達、地拵え、種子加工、散布時期、飛行機利用等の一連の作業が効率的に計画され、はじめて実行に移り得る。

このためには、各計画を具体的に立案するための予備調査を一步進め、現地調査を中心とした基礎調査が必要であり、その重点調査項目は、気温、降水量、地形、土壌、植生等の自然条件、人口、労働力、インフラストラクチャー、事業実行上の制約条件等の社会・経済条件である。

なお、調査は大面積の対象地を省力的に実施する必要があるが、宇宙衛星、航空写真等リモートセンシングによる調査技術の利用が重要な手段の一つである。

### 2-1 気 象

気象条件は、植物の散布、生育に大きな関連があり、特に適地判定、樹種選定、種子散布時期などに関する重要な調査項目の一つである。

気象条件に関しては、次の項目について調査する。

- ・ 気 温……年平均気温、月平均気温
- ・ 降水量……年降水量、月別降水量、日最大雨量

① 気温に関する調査、観測は、直接対象地で行うことが望ましいが、事実上困難であるので、最寄りの地域の観測値をもとに、緯度と標高による推定、航空写真による推計等により行う必要がある。

② 熱帯地域において、温度条件よりも、降水量の多寡が適地判定の基礎資料として重要である。月別降水量は、散布時期の決定などに資することができる。

③ 日最大雨量も散布種子の定着を判断する上でも重要であり、雨量データの収集に当たっては、日降水量も把握する必要がある。

地域の降雨特性を把握するためには、少なくとも最低10年間程度の資料が望ましい。

④ 熱帯地域の気候（年平均気温に関しては $19^{\circ}$ 以上）については幾つか区分した例があるが、年間降水量や乾期と雨期の長さとの組み合わせたものが、森林再生や造林を考慮した場合適当な区分と考えられる。既に報告された例をまとめると、

- ア 熱帯雨林 : 年降水量は 2,000mm以上、雨期は10カ月～12カ月
- イ 熱帯季節林 : 年降水量は 1,500mm～2,000 mm、雨期は9カ月～10カ月

- ウ 熱帯湿潤サバンナ：年降水量は 1,000mm~1,500 mm、雨期は 7カ月~9カ月
- エ 熱帯乾燥サバンナ：年降水量は 750mm~1,000 mm、雨期は 3.5カ月~6カ月
- オ 刺性低木サバンナ：年降水量は 400mm~ 750 mm、雨期は 2カ月~ 3.5カ月
- カ 熱帯半砂漠：年降水量は 400mm以下、雨期は 1カ月

となる。Whitmore によると、熱帯雨林は湿潤地域と僅かな乾期・雨期のある地域に、熱帯季節林は季節の強弱で2重型に区分されている。この気候区分又は森林型区分によっても森林回復の方法は異なるので、対象地の選定の際には考慮する必要がある。

なお、熱帯地域の気候区分と植生区分を図II-1に示す。

Number of humid (or dry) months	10-12 (0-2)	9-10 (2-3)	7-9 (3-5)	3 1/2-6 (6-8 1/2)	2-3 1/2 (8 1/2-10)	1 (11)	0 (12)
Mean annual precipitation (mm)	Mainly > 2000mm	Mainly > 1500 mm	Mainly > 1000mm	750-1000mm	> 400mm	Under 400mm	
Schematic graph of annual rainfall	mm 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 2600 2700 2800 2900 3000 3100 3200 3300 3400 3500 3600 3700 3800 3900 4000 4100 4200 4300 4400 4500 4600 4700 4800 4900 5000 5100 5200 5300 5400 5500 5600 5700 5800 5900 6000 6100 6200 6300 6400 6500 6600 6700 6800 6900 7000 7100 7200 7300 7400 7500 7600 7700 7800 7900 8000 8100 8200 8300 8400 8500 8600 8700 8800 8900 9000 9100 9200 9300 9400 9500 9600 9700 9800 9900 10000 10100 10200 10300 10400 10500 10600 10700 10800 10900 11000 11100 11200 11300 11400 11500 11600 11700 11800 11900 12000 12100 12200 12300 12400 12500 12600 12700 12800 12900 13000 13100 13200 13300 13400 13500 13600 13700 13800 13900 14000 14100 14200 14300 14400 14500 14600 14700 14800 14900 15000 15100 15200 15300 15400 15500 15600 15700 15800 15900 16000 16100 16200 16300 16400 16500 16600 16700 16800 16900 17000 17100 17200 17300 17400 17500 17600 17700 17800 17900 18000 18100 18200 18300 18400 18500 18600 18700 18800 18900 19000 19100 19200 19300 19400 19500 19600 19700 19800 19900 20000 20100 20200 20300 20400 20500 20600 20700 20800 20900 21000 21100 21200 21300 21400 21500 21600 21700 21800 21900 22000 22100 22200 22300 22400 22500 22600 22700 22800 22900 23000 23100 23200 23300 23400 23500 23600 23700 23800 23900 24000 24100 24200 24300 24400 24500 24600 24700 24800 24900 25000 25100 25200 25300 25400 25500 25600 25700 25800 25900 26000 26100 26200 26300 26400 26500 26600 26700 26800 26900 27000 27100 27200 27300 27400 27500 27600 27700 27800 27900 28000 28100 28200 28300 28400 28500 28600 28700 28800 28900 29000 29100 29200 29300 29400 29500 29600 29700 29800 29900 30000 30100 30200 30300 30400 30500 30600 30700 30800 30900 31000 31100 31200 31300 31400 31500 31600 31700 31800 31900 32000 32100 32200 32300 32400 32500 32600 32700 32800 32900 33000 33100 33200 33300 33400 33500 33600 33700 33800 33900 34000 34100 34200 34300 34400 34500 34600 34700 34800 34900 35000 35100 35200 35300 35400 35500 35600 35700 35800 35900 36000 36100 36200 36300 36400 36500 36600 36700 36800 36900 37000 37100 37200 37300 37400 37500 37600 37700 37800 37900 38000 38100 38200 38300 38400 38500 38600 38700 38800 38900 39000 39100 39200 39300 39400 39500 39600 39700 39800 39900 40000 40100 40200 40300 40400 40500 40600 40700 40800 40900 41000 41100 41200 41300 41400 41500 41600 41700 41800 41900 42000 42100 42200 42300 42400 42500 42600 42700 42800 42900 43000 43100 43200 43300 43400 43500 43600 43700 43800 43900 44000 44100 44200 44300 44400 44500 44600 44700 44800 44900 45000 45100 45200 45300 45400 45500 45600 45700 45800 45900 46000 46100 46200 46300 46400 46500 46600 46700 46800 46900 47000 47100 47200 47300 47400 47500 47600 47700 47800 47900 48000 48100 48200 48300 48400 48500 48600 48700 48800 48900 49000 49100 49200 49300 49400 49500 49600 49700 49800 49900 50000 50100 50200 50300 50400 50500 50600 50700 50800 50900 51000 51100 51200 51300 51400 51500 51600 51700 51800 51900 52000 52100 52200 52300 52400 52500 52600 52700 52800 52900 53000 53100 53200 53300 53400 53500 53600 53700 53800 53900 54000 54100 54200 54300 54400 54500 54600 54700 54800 54900 55000 55100 55200 55300 55400 55500 55600 55700 55800 55900 56000 56100 56200 56300 56400 56500 56600 56700 56800 56900 57000 57100 57200 57300 57400 57500 57600 57700 57800 57900 58000 58100 58200 58300 58400 58500 58600 58700 58800 58900 59000 59100 59200 59300 59400 59500 59600 59700 59800 59900 60000 60100 60200 60300 60400 60500 60600 60700 60800 60900 61000 61100 61200 61300 61400 61500 61600 61700 61800 61900 62000 62100 62200 62300 62400 62500 62600 62700 62800 62900 63000 63100 63200 63300 63400 63500 63600 63700 63800 63900 64000 64100 64200 64300 64400 64500 64600 64700 64800 64900 65000 65100 65200 65300 65400 65500 65600 65700 65800 65900 66000 66100 66200 66300 66400 66500 66600 66700 66800 66900 67000 67100 67200 67300 67400 67500 67600 67700 67800 67900 68000 68100 68200 68300 68400 68500 68600 68700 68800 68900 69000 69100 69200 69300 69400 69500 69600 69700 69800 69900 70000 70100 70200 70300 70400 70500 70600 70700 70800 70900 71000 71100 71200 71300 71400 71500 71600 71700 71800 71900 72000 72100 72200 72300 72400 72500 72600 72700 72800 72900 73000 73100 73200 73300 73400 73500 73600 73700 73800 73900 74000 74100 74200 74300 74400 74500 74600 74700 74800 74900 75000 75100 75200 75300 75400 75500 75600 75700 75800 75900 76000 76100 76200 76300 76400 76500 76600 76700 76800 76900 77000 77100 77200 77300 77400 77500 77600 77700 77800 77900 78000 78100 78200 78300 78400 78500 78600 78700 78800 78900 79000 79100 79200 79300 79400 79500 79600 79700 79800 79900 80000 80100 80200 80300 80400 80500 80600 80700 80800 80900 81000 81100 81200 81300 81400 81500 81600 81700 81800 81900 82000 82100 82200 82300 82400 82500 82600 82700 82800 82900 83000 83100 83200 83300 83400 83500 83600 83700 83800 83900 84000 84100 84200 84300 84400 84500 84600 84700 84800 84900 85000 85100 85200 85300 85400 85500 85600 85700 85800 85900 86000 86100 86200 86300 86400 86500 86600 86700 86800 86900 87000 87100 87200 87300 87400 87500 87600 87700 87800 87900 88000 88100 88200 88300 88400 88500 88600 88700 88800 88900 89000 89100 89200 89300 89400 89500 89600 89700 89800 89900 90000 90100 90200 90300 90400 90500 90600 90700 90800 90900 91000 91100 91200 91300 91400 91500 91600 91700 91800 91900 92000 92100 92200 92300 92400 92500 92600 92700 92800 92900 93000 93100 93200 93300 93400 93500 93600 93700 93800 93900 94000 94100 94200 94300 94400 94500 94600 94700 94800 94900 95000 95100 95200 95300 95400 95500 95600 95700 95800 95900 96000 96100 96200 96300 96400 96500 96600 96700 96800 96900 97000 97100 97200 97300 97400 97500 97600 97700 97800 97900 98000 98100 98200 98300 98400 98500 98600 98700 98800 98900 99000 99100 99200 99300 99400 99500 99600 99700 99800 99900 100000 100100 100200 100300 100400 100500 100600 100700 100800 100900 101000 101100 101200 101300 101400 101500 101600 101700 101800 101900 102000 102100 102200 102300 102400 102500 102600 102700 102800 102900 103000 103100 103200 103300 103400 103500 103600 103700 103800 103900 104000 104100 104200 104300 104400 104500 104600 104700 104800 104900 105000 105100 105200 105300 105400 105500 105600 105700 105800 105900 106000 106100 106200 106300 106400 106500 106600 106700 106800 106900 107000 107100 107200 107300 107400 107500 107600 107700 107800 107900 108000 108100 108200 108300 108400 108500 108600 108700 108800 108900 109000 109100 109200 109300 109400 109500 109600 109700 109800 109900 110000 110100 110200 110300 110400 110500 110600 110700 110800 110900 111000 111100 111200 111300 111400 111500 111600 111700 111800 111900 112000 112100 112200 112300 112400 112500 112600 112700 112800 112900 113000 113100 113200 113300 113400 113500 113600 113700 113800 113900 114000 114100 114200 114300 114400 114500 114600 114700 114800 114900 115000 115100 115200 115300 115400 115500 115600 115700 115800 115900 116000 116100 116200 116300 116400 116500 116600 116700 116800 116900 117000 117100 117200 117300 117400 117500 117600 117700 117800 117900 118000 118100 118200 118300 118400 118500 118600 118700 118800 118900 119000 119100 119200 119300 119400 119500 119600 119700 119800 119900 120000 120100 120200 120300 120400 120500 120600 120700 120800 120900 121000 121100 121200 121300 121400 121500 121600 121700 121800 121900 122000 122100 122200 122300 122400 122500 122600 122700 122800 122900 123000 123100 123200 123300 123400 123500 123600 123700 123800 123900 124000 124100 124200 124300 124400 124500 124600 124700 124800 124900 125000 125100 125200 125300 125400 125500 125600 125700 125800 125900 126000 126100 126200 126300 126400 126500 126600 126700 126800 126900 127000 127100 127200 127300 127400 127500 127600 127700 127800 127900 128000 128100 128200 128300 128400 128500 128600 128700 128800 128900 129000 129100 129200 129300 129400 129500 129600 129700 129800 129900 130000 130100 130200 130300 130400 130500 130600 130700 130800 130900 131000 131100 131200 131300 131400 131500 131600 131700 131800 131900 132000 132100 132200 132300 132400 132500 132600 132700 132800 132900 133000 133100 133200 133300 133400 133500 133600 133700 133800 133900 134000 134100 134200 134300 134400 134500 134600 134700 134800 134900 135000 135100 135200 135300 135400 135500 135600 135700 135800 135900 136000 136100 136200 136300 136400 136500 136600 136700 136800 136900 137000 137100 137200 137300 137400 137500 137600 137700 137800 137900 138000 138100 138200 138300 138400 138500 138600 138700 138800 138900 139000 139100 139200 139300 139400 139500 139600 139700 139800 139900 140000 140100 140200 140300 140400 140500 140600 140700 140800 140900 141000 141100 141200 141300 141400 141500 141600 141700 141800 141900 142000 142100 142200 142300 142400 142500 142600 142700 142800 142900 143000 143100 143200 143300 143400 143500 143600 143700 143800 143900 144000 144100 144200 144300 144400 144500 144600 144700 144800 144900 145000 145100 145200 145300 145400 145500 145600 145700 145800 145900 146000 146100 146200 146300 146400 146500 146600 146700 146800 146900 147000 147100 147200 147300 147400 147500 147600 147700 147800 147900 148000 148100 148200 148300 148400 148500 148600 148700 148800 148900 149000 149100 149200 149300 149400 149500 149600 149700 149800 149900 150000 150100 150200 150300 150400 150500 150600 150700 150800 150900 151000 151100 151200 151300 151400 151500 151600 151700 151800 151900 152000 152100 152200 152300 152400 152500 152600 152700 152800 152900 153000 153100 153200 153300 153400 153500 153600 153700 153800 153900 154000 154100 154200 154300 154400 154500 154600 154700 154800 154900 155000 155100 155200 155300 155400 155500 155600 155700 155800 155900 156000 156100 156200 156300 156400 156500 156600 156700 156800 156900 157000 157100 157200 157300 157400 157500 157600 157700 157800 157900 158000 158100 158200 158300 158400 158500 158600 158700 158800 158900 159000 159100 159200 159300 159400 159500 159600 159700 159800 159900 160000 160100 160200 160300 1						

## 2-2 地 形

地形は、造林対象地のみならず、航空機の着陸地（固定翼機の場合には滑走路、ヘリコプターの場合にはヘリポート）、機械作業の難易等を含めて地形を調査する。

地形条件に関しては、次の項目を調査する。

・傾 斜

・標 高

- ① 対象地における地形条件のうち、斜面傾斜は、種子の定着、機械作業の難易を大きく左右するものである。

斜面傾斜の状態は、地形図を用いて、判断することができるが、開発途上国においては、地形図の整備が未だ不十分であり、その補助手段として、空中写真の利用が有効である。

造林適地を判定するためには次のような傾斜区分が一つの参考となる。

I : 平 坦 ——— 10° 以下

II : 緩傾斜 ——— 10° ~20°

III : 急傾斜 ——— 20° 以上

- ② 森林の分布は、気温と降水量とで決まるが、熱帯地域においては、標高別に分布の概要を把握することができる。

マレーシア国サバ州の例によると標高により次のような森林が分布しており、樹種の選定に際しての参考となる。

I : 750m~1,200 m ——— 上部フタバガキ林

II : 300m~ 750 m ——— 丘陵フタバガキ林

III : 50m~ 300 m ——— 低地フタバガキ林

IV : 0m~ 50 m ——— 平地林、湿地林

## 2-3 地質、土壌

地質は地形及び土壌の生成と深くつながりがあり、散布種子の生育、定着、資材運搬路の作設等留意しなければならない。

土壌は、樹種の選定、地拵え、散布種子の生育、施肥の要不要等大いに関係する。

土壌条件に関しては次の項目を調査する。

- ・分布
- ・土性
- ・土壌硬度
- ・土壌酸度 (pH)

① 地質は地質図が整備されており、図面の入手は可能である。

地質図の入手に関しては、開発途上国においても、鉱業関係の行政機関において取り扱っており、予備調査の段階で入手可能となる。

② 土壌調査に当たっては、土壌図の入手が望ましい。また、散布種子の発芽、生育上問題となる土壌の分布、内容等をあらかじめ調べておく必要がある。

③ 土性については一般に、砂土、砂質土、粘性土、礫質土、軟岩、硬岩に区分するが、砂質土は粘性土に比して乾燥し易く、水分調整が重要な課題である。礫質土は、礫が多く苗木による造林は労力がかかりすぎるが、航空機造林は礫が種子を乾燥から防ぐ利点もあり、比較的成績が良いといわれる。

④ 土壌の硬さは、植物の生育、根系の伸長、支持力などに関係する。硬度指数が18～23mmが植物の根系生長に最適といわれ、30mm以上では根系の侵入は不可能となる。

熱帯土壌は、焼畑、放牧のための火入れ等により硬度が増し、極端に物理性が悪くなるものが多くみられる。

土壌硬度の測定には、山中式硬度計が一般に普及しており、現場作業が容易である。

⑤ 熱帯の土壌は、焼畑等により酸性の強いものが比較的多い。集約的な事業の場合には、土壌改良剤の使用が考えられるが、航空造林では酸性土壌に強い *Acacia mangium* などの樹種を選定することが先づ必要である。

土壌の酸度の測定には、簡易pHメータもあるが、精度の面からは、pH紙でも十分現場に対応できるものとする。

⑥ 調査プロットは、数が多ければ精度の向上がはかれるが、航空機造林の場合、造林

土問題となる土壌の存在が確認できれば十分であることから、地形条件、植生条件が代表的な箇所を選定すればよい。

## 2-4 植 生

対象地に主に優占する禾本科植物を中心に次の項目を調査する。

- ・分 布
- ・植生高
- ・密 度

造林対象地の原植生については、周囲の森林から原植生の種類、出現状況、生育状況等、特に優占樹種の天然更新の状況を調査する。これらの調査により、適正な樹種を選定する。

### ① 分 布

禾本科草地の分布を把握するには、既存の植生図を用いるか、空中写真を利用するのが有効な手段である。

既存植生図については、入手の難易とともに、作成年次の問題もあり、空中写真の利用が好ましい。

空中写真の利用については4の画像による植生・土地利用調査のところで詳述する。

② 植生高は、禾本科植物の生育状況を把握するのに最も有効な方法であるとともに、土地肥沃度等を検討するための基礎資料となる。地上から最も高い位置にある葉を測定する。

③ 密度の測定は、現存量（㎡当りの生重量）を測定し、生育条件を把握することが実際的である。

④ 調査プロットについては、これまでの調査より、小面積ごとに禾本科植物の生育が異なることはなく、地形条件の違いにより、代表的なところに設定するとよい。

⑤ 禾本科植物の密度ないし現存量を測定するための測定区の大きさは、禾本科植物の植生高を目安とする。生重量を測定にはバネばかりを用いる。

## 2-5 社会・経済条件

航空機造林の適地の第一は、地理的条件の良くない奥地、遠隔地、急峻な地形など、苗木植栽造林の困難な地域である。遠隔地等は、人口、労働力が希薄で労働集約的な造林は困難であり、航空機造林の経済性と効果は対象地の地利的条件と密接な関連がある。

このため、対象地の公道、林道、飛行基地等のインフラストラクチャー、人口、労働力等の条件調査を行う。

① 航空機を用いる場合には、資材運搬等のための道路施設の必要がないこと、材料の運搬、散布などの作業が連続工程で行われ作業が省力的、経済的であるため苗木植栽造林の困難な地域に適する。

② 対象地の公道、林道については、地形図が整備されているところでは、その概略を把握し、輸送ルート等の検討に資することはできるが、未整備の場合は、空中写真の利用が有効である。

道路状況については現地による確認が必要であり、道路の維持管理、形状、橋りょう等の状態を把握する。

③ 飛行基地等のインフラについては、予備調査の段階である程度把握できるが、現地調査を行うことにより、機種を選定の基礎資料とする。

④ 人口については、統計資料を用いるが、単に人口のみでなく、集落の分布、営農状況の把握が必要である。特に焼畑移動耕作の現状については、地元民からの聞き取りが必要である。

⑤ 航空機造林自体、労働粗放的なものであるため、造林活動というよりもむしろ、維持管理の面での労働力確保が必要になる。

⑥ 航空機造林は労働粗放的であるので、人口密度の高い地域では、労働雇用が少く、不向きである。

また、頻繁な移動耕作が行われる地域では、地元民の営農事情の調査が必要である。



### 3. 画像処理による植生、土地利用調査

#### 3-1. 衛星データの利用

##### 3-1-1. 衛星データの現状

航空機とカメラを用いた空中写真利用の技術は、リモートセンシングの概念が生れるはるか以前から発達してきた。この航空機に人工衛星を加え、カメラに各種の探知計器を加えることにより、地球観測の目は大気圏内から宇宙空間へと広がり、関知する電磁波領域は可視、近赤外の範囲からすべての電磁波領域へと拡張した。また地物識別の手段も、写真や合成画像の目視判読に加えて、機械的な数値判別法が普及し、著しい理論性と処理能力が付与される。

- ① 1972年、米国NASAによるLANDSAT-I号の打ち上げ、それによる地球観測実験計画発足以来、これらの技術開発は極めて急速に進み、また効果の認識も著しく、現在では米国、ソ連に続いてフランス、日本が既に地球観測目的の衛星を軌道にのせ、そのデータを公開しているが、近い将来には、さらに多種、多様な人工衛星が地表のデータを提供しようとしている。
- ② 現在、この目的のために、利用が可能な衛星の主なもの、LANDSAT、SPOT、MOSの3種であり、その内容は表II-1の如くである。
- ③ 人工衛星画像データ利用の特性は以下の通りである。
  - a. 広域同時、かつ繰り返し観測により、最新の情報、また時系列的な変化の情報が得られる。
  - b. データの数値的処理により客観的、かつ物理的なデータ判別、統計値の整備が機械的、高能率に可能である。
  - c. 画像処理システムと結びつき、自在な画像表現が迅速に可能である。
  - d. 可視光以外は、これまで未利用分野が多かったが、多波長帯データにより、未知の地表現象識別指標を開発する可能性が多く含まれている。特に赤外、マイクロ領域では植生、地質、土壌等の分野で新たな識別区分の技術発展が期待される。

表II-1 地球観測衛星と搭載センサ

衛星名	軌道要素	搭 載 セ ン サ	
		主搭載センサ名	センサの主要観測諸元
LANDSAT-4 (1982) -5 (1984)	太陽同期軌道 高度：約 705km 傾斜角：約98° 回掃日数：約2日 観測周期 16日	TM Thematic Mapper	可視近赤外4バンド、中近赤外2バンド、熱赤外1バンド 分解能：30m (可視近、中近赤外)、120 m (熱赤外) 観測幅：185 km
		MSS Multispectral Scanner System	可視近赤外4バンド 分解能：80m 観測幅：185 km
SPOT-1 (1986) "-2 (1987) "-3 (1989)	太陽同期軌道 高度：約 832km 傾斜角：約99° 回掃日数：約5日 (観測周期： 26日)	HRV High Resolution Visible Range Instruments	可視近赤外4バンド (内1バンドはモノクロ) 分解能：20m (モノクロは10m) 観測幅：60km × 2台 オフナディア視：+26° ~ -26°
MOS-1 (1987) "-16 (1989) (日)	太陽同期軌道 高度：約 909km 傾斜角：約99° 回掃日数：約17日	NESSR (可視近赤外放射計)	可視近赤外4バンド 分解能：50m 観測幅：100 km × 2
		VTIR (可視近赤外放射計)	可視1バンド、熱赤外3バンド 分解能：0.9 km (可視)、2.7 km (熱赤外) 観測幅：1500km
		MSR (マイクロ波放射計)	周波数：23.8 GHz、31.4 GHz 分解能：31km (23.8 GHz)、22km (31.4 GHz) 観測幅：317 km

3-1-2 衛星データによる植生、土地利用の判別

- (1) 画像データの利用には、対象面積の大小、利用目的の精粗により、合成画像の目視判読から、数値処理による画素ごとの判別までそれぞれの段階がある。
- (2) 100万ha以上の大面積を取り扱う場合、最も効率的なものは合成画像の目視判読である。この場合使用し得る画像の縮尺は、衛星のセンサが持つ画素（最小観測面積）によって定まり、LANDSATのMSS、MOS-1で20万分の1、LANDSATのTMで10万分の1、SPOTのPXで5万分の1が目安であり、いずれも航空写真よりは小縮尺である。

- ① 衛星画像データ判別はLANDSATデータ利用の経験が積み重ねられてきた。その判別には、データと適用技術の精粗により、表II-2のようなレベル分けを行っている。
- ② 航空機造林による造林対象地を判定する場合、レベル4の段階まで判別できるのが理想であろうが、現時点では、レベル1ないしレベル2の段階に留まっており、今後の技術開発が期待される場所である。

表11-2 リモートセンシングデータで地表を判別するレベル

	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	(備考)
小縮尺写真	目視判読可		判例により目視判別		
大縮尺写真		〃	熟練者による目視判読可		
衛星データ	合成画像	〃	判例により数値判別を要する		
植物で覆われるまたは植物が多い	森林	針葉樹林 広葉樹林 マツ林 その他	森林型区分 疎密度区分 高木、低木区分 混合度など	人工林、天然林、落葉、常緑の別 主要樹種群(竹、はいまつなどを含む)。	
		自然草地 人工草地 荒地 その他	高草、芝 ヤブ 密生度区分 その他	野草地、牧草地 ゴルフ場 かん木地など 湿性草地など	
		穀類 疎菜、根菜 果樹園 休耕地、その他	成熟度区分 穀物種区分 土壌型区分 湿度区分、その他	水稲 麦、陸稲、馬鈴薯 蔬菜、桑、茶、 果樹園などの区分	
植物がないまたは少ない	裸地	造成地 自然裸地 砂漠 岩石地 火山噴出物など	採石、埋立、枯草、崩壊、露岩、溶岩、砂浜、礫浜、河岸、グランドなど	地質型区分 土質型区分 成因別区分	
	都市集落	居住地 工場 特殊施設 道路 集落、その他	高密度市街地 低層市街地 大規模住宅 交通、流通施設 港湾施設など	住宅地、事務、商用地、運動場、温室群、貯油タンク、鉄道、幹線道路など	
水域	河川 湖沼 海地	すんだ水、濁った水、貯水池、水路、クロロフィル発生	混濁物種別 混濁度 クロロフィル量		
雪氷		積雪領域、氷被覆	雪、氷質など		
雪影					

注) 多時期のデータ重合が精度を高める

③ インドネシア国南カリマンタンで実施した画像処理による植生土地利用調査を行った例を示すと次のとおりである。


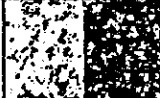





用いた衛星データはMSS、次の手順で画像解析を行った。

- a. LANDSATデータの入手
- b. 幾何補正
- c. 強調画像処理
- d. フォルスカラー画像の作成
- e. 土地利用分類（一次判別）
- f. 現地照合
- g. 土地利用分類（二次判別）
- h. まとめ（画像作成）

土地利用の判別に当っては、表Ⅱ-3の判別基準を作成し、現地照合を経て、土地利用区分を行った。

この結果、森林と草地の区分は容易であり、大まかな航空機造林対象地の判定には有効であるが、一部畑地とアラン-アラン草原との区別が困難なところであり、営農時期の異なる写真の利用等によって解析精度の向上を図ることが今後の課題であろう。

表Ⅱ-3 判 読 の 基 準

判読項目	画 像	色	き め	出現パターン	位 置	そ の 他
森 林		鮮やかな赤	なめらかで均一	———	起伏のある山岳地に分布している	
アランアラン		クリーム色 ～ピンク色	群落の疎密の差によりモザイク状に見える	———	未開墾地・耕作跡地に広く分布	成育段階に応じて色調が異なる
プランテーション		くすんだ赤～ 鮮やかな赤	細かな凹凸感がある	直線等で明瞭に区画されることが多い	———	同 上
水 田		クリーム色 ～ピンク色	なめらかで均一	同 上	灌漑の得られる河川沿いの低地に分布	乾田は白っぽく湿田は赤味がある
湿 地		緑がかった赤	湿生林がある場合細かな凹凸感がある	———	低 地 に 分 布	———
水 面		藍 色	なめらかで均一	———	河 川 ・ 湖	———
集 落		灰 青 色	———	矩形あるいは小さな塊状	主要道路沿いに点在	———

### 3-1-3 衛星データの入手

人工衛星データのうち、LANDSATデータは周期的にデータを得やすいことと解像力が実用的であるから、きわめて利用性が高い。

衛星データの入手に当たっては次の点に留意する。

- ・観測日と雲量
- ・LANDSATの軌道の検索

① LANDSATデータの存在状況は、調査対象地域をカバーしている地上の受信センターにおいて、データが管理されており、ここで観測日と雲量を調べることで調べることができる。

② 人工衛星データ及び空中写真は、関係機関を通じて入手する。

ここでは、タイの例を基に特にLANDSATデータの入手方法について記す。

(詳細は昭和63年 国際協力事業団 タイ国森林管理計画調査報告書を参照のこと)

a. LANDSATカバーレッジマップより調査範囲を含むLANDSATの軌道を検索する。LANDSAT衛星の規制は、南北方向がPATH、東西方向がROWで示される。カバーレッジ・マップの○印が軌道の中心を示す。LANDSATデータの1シーンは180km×180kmであり、隣接シーンとは20~30kmの範囲がラップしている。

b. 次に、雲量リストから、観測時期、雲量、画質を検討する。

c. 場合によって、雲量が1シーン内に多いとしても、観測時期との関係から調査地域に雲がない場合がある。その場合にはタイ国において備えているクイックルック写真を用いて、雲の位置を確認することも可能である。

d. シーンが決まれば、タイ国リモートセンシングセンターを通じて、データを入手する。

e. データの種類は、アナログデータ(写真類)とデジタルデータ(磁気テープ)に区分され、解析方法に応じてデータを選択する。

③ なお、インドネシアにおいては、LAPAN (The National Indonesian Space Agency, Institute for Aeronautics and Space)でランドサットデータの地上受信及び配付を行っている。

## 3-2 空中写真の利用

### 3-2-1 空中写真の利用

- (1) 開発途上国にあつては、調査に必要な、かつ適切な地形図等の入手が困難なことが通例である。また既存の図葉のある場合でも、その精度、詳細性、図化仕様、現地性に問題が多く、新規撮影写真により地形図等 調査用基本図を作成するのが望ましい。
- (2) 写真の判読利用は、広域を対象とする概況予察図の作成、衛星画像判別基準の作成に用いられる広域判読、実施計画設計等のための狭域（モデルエリア等）詳細判読がある。

- ① 地形図は、広域対象にあつては1/50,000、20m等高線図が通常であり、実施設計地区（モデルエリア等）でのプランニング基本図には1/20,000～1/25,000、10m等高線図が作成されることが多い。

図化は、機械図化作業で行い、それに先立ち、各写真の投影中心、及び各画像モデルの結合点の座標値を求める空中三角測量を行い図化機への設定を可能とする。

#### ② 写真判読利用

##### a. 広域判読

植生・土地利用概況の予察図や衛星画像判別基準の作成に用いられる写真判別項目は、表Ⅱ-4の大区分、および中区分であり、前述した衛星データの利用判別レベル3、および4、の作業区分に該当する。

##### b. 詳細判読

詳細判読地域における実施計画プランニング等のために行う判読は、写真立体視による判読で、表Ⅱ-4の小区分に該当する項目の標準地の設定と確認のため、また植生・土地利用図、また林相図作成のために行われるものであり、これにより森林地帯は主要優占樹、又は利用樹種の混在の有無を加えて、樹高階は、大径木林、中径木林、小径木林、幼令林、新植地の5段階、また疎密度階に加えて立木本数階、樹冠層の構成（単層、複層、多層）を行う。

表II-4 植生・土地利用判別項目

大区分	中区分	小 区 分			
a 森林	1 天然林	樹 高 階		疎 密 度 階	
	2 二次林	高 中 低 (30m以上), (21-30m), (10-20m)		密 (81%以上)	中疎 (61-80%)
	3 低木林	, " "		" "	
	4 更新地				
	5 伐採跡	皆伐跡			
b 農用地	6 混農林	定着混農、移動耕作			
	7 耕作地	畑地、穀物、水田、果樹			
	8 耕作跡	休耕、放棄			
c 草地	9 自然草地 (Bush)	草本原			
	10 放牧地 (Pasture)				
d 裸地 (荒廃地)	11 砂礫地	河床、砂州、露岩地			
	12 焼跡	自然火山、焼畑火入れ後			
	13 崩壊等				
e 湿地		マングローブ、淡水湿地 (河岸浸水地を含む)			
f 河川湖沼					
g 集落施設					
h 路網					
i その他					

### ③ 空中写真の入手

開発途上国における空中写真の入手は、一般に軍事上の理由から、困難なものが多い。

また、撮影年が相当古く、土地利用が刻々と変化する開発途上国においては、新規の撮影が必要になることもある。

空中写真の入手に当たっては、利用目的を明確にした上で、林業省等から、関係機関に、手続を依頼し、入手の円滑化を図る。



### 3-2-2 現地確認

写真判読が終了した後、判読内容の現地確認を行う。

- ・判読内容の確認
- ・植生の変化

- ① 判読結果について、前表の大区分、中区分まででは、植生・土地利用の判読精度のチェック、小区分においては、それぞれの植生の樹高階、疎密度階の確認が必要である。
- ② 使用写真の撮影月目によっては、区域内の土地利用・植生が変化していることもあり、造林計画、設計業務において区域の把握が必要である。
- ③ 空中写真は衛星データと異なり、区域の植生、土地利用はもちろんのこと、地形の状況等も判別できることから、地形図の未整備などでの造林計画の立案には適している。

## 4. 造林計画

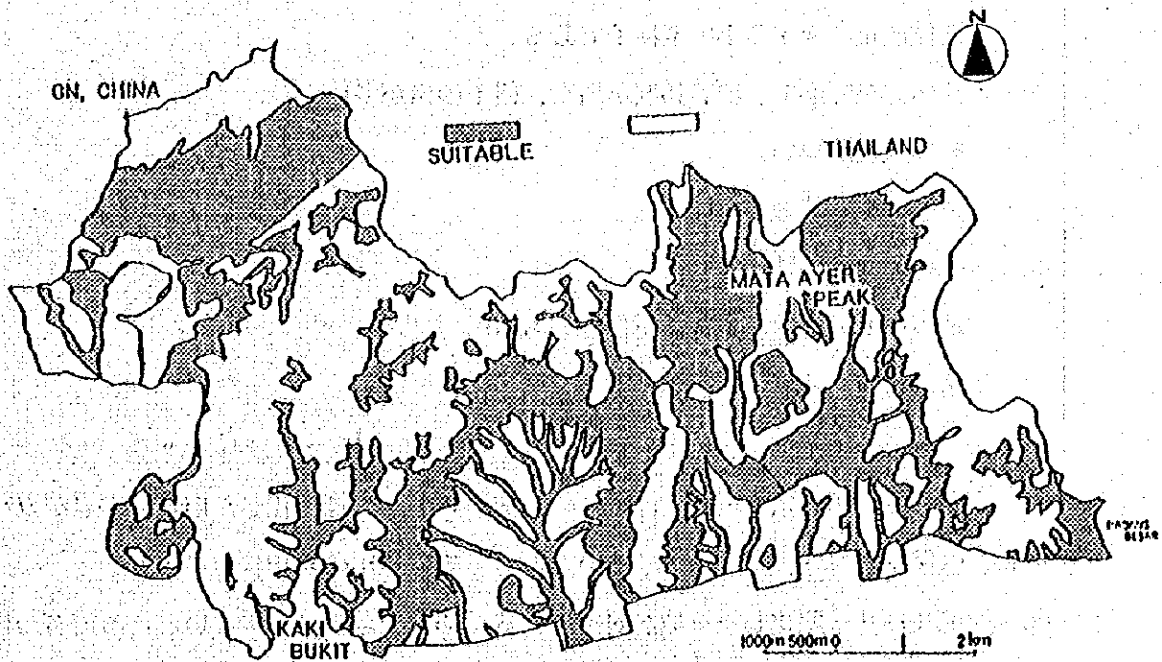
### 4-1 造林立地区分

開発途上国では、人工造林の歴史が浅いので、造林樹種の種子の発芽特性、生育特性、捕食動物の生態等について未知の点も多い。立地区分を行うに当たっては出来るだけその地域での情報を収集し、既存資料や航空写真により地域の造林適地の決定を行ったのち地域内での造林難易度を区分する立地区分を行う。

- ① 森林を回復するための造林には、適地判定—立地区分が重要な手順の一つである。その前提には樹種の選定や造林対象地域と最小単位を決める必要がある。適樹種の選定は立地評価と樹木の生理生態的な情報により行われる。
- ② 適地判定の基準項目として(1)地形（標準・傾斜・方位）、(2)地質・母材、(3)土壌（土性・堅密度・乾湿）、(4)堆積様式、(5)植生型、林床植生型、植生被覆度あるいは植生遷移のパターン、(6)土地利用形態が考えられる。
- ③ これらの項目の細区分は対象地域の大きさやそこの情報、例えば土壌図、地形図あるいは航空写真などによっている。また、現地の地上調査が可能かどうかにもよる。
- ④ 熱帯地域での立地評価と区分の研究や実行はまだそれ程行われていない。例えば傾斜を基準にした例や土壌を基準にした例など1又は数項目の立地判定基準を設定した例があるにすぎない。しかし、適地判定には立地要因の総合的評価が必要である。特に大面積の造林を目的とする適地判定と立地区分のためには、大きく気候帯や対象樹種、造林対象地域を決定して、その地域の現在までの情報の收拾が重要な作業である。
- ⑤ 表II-5にインドネシア アラン—アラン草原を対象とした立地区分基準の例を示すとともに、参考としてマレーシアで作成したチークの適地区分図を図II-2に示す。
- ⑥ なお、今後の課題としては、実証試験等の結果から、①で述べた立地条件と種子の発芽、定着及び種苗の生長についてチェックを行い適地判定の資料に供すべきである。

表II-5 ケース インドネシア：アラナーアラン草原

(1) 地形 ア. 地形：I. 尾根型、II. 山腹斜面型、III. 谷型、IV. 平地 イ. 標高：山地ツツジ林 - 1,500m以上、II. 山地カシ・クスノキ林 - 1,200m ~ 1,500 m、III. 上部フタバガキ林 - 750m ~ 1,200 m、IV. 丘陵フタバガキ林 - 300 m ~ 750 m、V. 低地フタバガキ林 - 0 ~ 300 m ウ. 傾斜：I. 平坦 - 10° 以下、II. 緩傾斜 - 10° ~ 20°、III. 急傾斜 - 20° 以上 エ. 方位：I. 南、II. 西、III. 東、IV. 北
(2) 地質・母材 I. 火成岩・変成岩、II. 堆積岩、III. 洪積統、IV. 沖積統、V. 火山灰、VI. 石灰岩
(3) 土壌 ア. 土壌型：I. 赤黄色土、ポドゾル、II. ラテライト、III. グライ、IV. その他 イ. 土性：I. 埴土・埴壤土、II. 壤土、III. 砂土・砂壤土 ウ. 堅密度：I. 堅、II. 軟、III. 鬆 エ. 乾湿：I. 乾、II. 湿、III. 過湿
(4) 堆積様式 I. 残積、II. 匍行、III. 崩積、IV. 沖積
(5) 植生型 I. アラナーアラン草原、II. 灌木林・低木林、III. 無植生
(6) 植生被覆度 I. 密、II. 疎、III. 無植生
(7) 土地利用形態 I. 択伐、II. 火事跡地、III. 移動耕作、IV. 牧場



図II-2 チークの適地区分図 (大角、1983：熱帯農研集報)

## 4-2 樹種の選定

大規模森林回復の目標は、急激な熱帯林の減少に対し、地域及び地球環境の改善を図るため、大面積かつ短期間に森林を造成することであり、その有効な手段として航空機を利用するものである。

樹種の選定は、環境的、水土保全的な観点に立ち、かつ航空機造林に適するものが必要である。

このため、樹種の特徴、種子の特徴、種子の確保等を十分に把握し、これらの条件に合致したものを選ばなければならない。

### 4-2-1 選定条件

#### (1) 環境的、水土保全的な観点からの樹種の特徴

- ・ 樹冠が発達したもの。
- ・ 深根性で根張りが良い。
- ・ 気象、土壌条件に対する適応の巾がある。
- ・ 導入条件を選ばない。
- ・ 粗放的な取り扱いで済む。

#### (2) 航空機造林に適する樹種の特徴

- ・ 機械散布に適する小中型種子である。
- ・ 繁殖力が旺盛で、結実頻度が高く、種子の量が多い。
- ・ 初期成長が早い。
- ・ 種子の長期貯蔵が可能である。

#### (3) その他の樹種の特徴

- ・ 地表面での発芽、定着性が良好である。
- ・ 諸害に対する抵抗性が強いこと。

- ① 土砂の流亡を考えた場合、深根性の樹種が好しく、裸地化した地表を樹冠がカバーし、直接雨滴を地表に投下させないことも、表面流出の防止につながる。
- ② 裸地及びせき悪化した草地が対象となるため、土壌養分の少ないところで育つ樹種、乾期の乾燥に耐える樹種が好ましい。
- ③ 従来方式の造林に比較して不均一な疎林が形成される可能性を考えると繁殖力の強

い樹種がのぞましい。また、大面積に散布する種子を確保するためにも、種子量が多いものが良い。

- ④ 早期緑化はもちろんであるが、熱帯地域、特にインドネシア、タイ、フィリピン等では焼畑移動耕作の結果生じた禾本科植物との競合に勝つことが発芽後の生育段階で重要となり、初期生長の早い樹種が好ましい。
- ⑤ 短期間に大量散布を行う航空機造林においては、多量の種子の確保が必要であり、種子の豊凶等を考えると、貯蔵性の優れたものが望まれる。
- ⑥ 小さくて軽く、シイナの多い種子は風の影響も受け易く不適當であるが、小さい種子はコーティングにより補正できるし、土壌の孔隙から入り土に被覆され易く生存のチャンスが大きい等の利点がある。

#### 4-2-2 樹種の成長特性

航空機造林に適する樹種の成長特性としては次のものが要求される。

- ・環境耐性の強い樹種
- ・繁殖力の旺盛な樹種
- ・成長の早い樹種

- ① 空中散布によって森林造成を計画する地域は、多くの場合無立木化している。このような場所では、環境要因の変動幅が大きいと考えられ、造林樹種に種々の環境耐性が要求される。

以下に熱帯地域における代表的な樹種の成長特性を示す。

##### a. 高温

熱帯の禾本科草地における植林には、35℃以上の高温耐性が必要である。カリビアマツなど熱帯産のマツ類、ギンネム（イピルイピル）、アカシア類（マンギウム、アウリカルフォルミス）、アルビジア、パーキンソニアなどのマメ科の植物、モクマオウ、チーク（但しこの樹種は乾期が必要）など高温条件下で生長が低下しない。

##### b. 乾燥耐性

高温条件においては、カリビアマツ、アカシア・マンギウム、アカシア・アウリカルフォルミス、プロソピス、モクマオウ、一部のユーカリなどが乾燥に耐性が

あると考えられる。

### c. 耐酸性

最近、パイライト由来の硫酸酸性土壌が問題になっているが、熱帯地域では、滑  
悪地にパイライトを含む土壌が多く、酸性土壌に生育可能な樹種が必要である。ア  
カシア・マンギウム、アガチスなどが硫酸酸性の土壌に生育する。

- ② 航空機を用いて、種子を空中散布し、森林を造成する場合、不均一な疎林が形成さ  
れる可能性が高い。このような状態の森林を更に閉鎖林に誘導する方法を考慮して  
置かなければならない。この場合、空中散布によって成立した疎林の、天然更新に  
よる自然的拡大が望ましい。このためには、散布する樹種の繁殖様式が林地の拡大  
に適していることが必要で、①定着した樹種が2～3年で成熟して種子を生産し、  
その種子による更新が起ること、又は、②根系あるいは地下茎による萌芽更新を  
行うこと。更に、③株から萌芽する性質があれば、疎林から閉鎖林に変わることが  
期待出来る。

アカシア・マンギウム、アカシア・アウリカリフォルミス、ニセアカシア、モ  
リシマアカシア、ギンネムなどは植栽後、数年で種子を生産する。しかも、萌芽力  
も強く山火事跡から、切株の萌芽更新を行う。

これらの樹種を用い、空中散布種子が定着した後、天然更新の可能性を検討すべ  
きである。実際に、東南アジアのアカシアの造林地周辺では、アカシア種子の自然  
散布によって更新しているのが観察される。

- ③ 種子の空中散布による大規模造林は、良質の材を生産する用材林を直接の目的にし  
ているものではない。荒廃地に林木を導入し、環境保全の向上を図ることが当面の  
目標になる。したがって、定着した稚樹が急速に生長し、早期に成林することが求  
められる。このため、成長の早い樹種を導入しなければならない。

#### 4-2-3 種子の生理的特性

(1) 航空機造林に適する樹種の形態的及び生理的特性としては次のものがある。

- ・ 裸子植物、針葉樹類では、発芽後の成長が遅く十分に胚が発達した種子を選ぶ。
- ・ 被子植物、双子葉類では、子葉が発達し発芽後直ちに成長を開始する特性をもつ種が適している。
- ・ 乾燥に耐え、10%以下まで含水率を低下させることが可能な種子が貯蔵に適する。
- ・ 含水率の高い種子は採集時期と貯蔵法を考える必要がある。
- ・ 航空機造林のような大面積に散布した種子は不均一な分布を示すため、高発芽の種子を用いることが有効である。

① 裸子植物、針葉樹類、胚の発達には関係なく種子が形成されるため、シイナが多く見かけだけでは種子の品質を見分けることが難しい。

② 双子葉植物には、発芽の過程において胚の発達に胚乳が必要な有胚植物と子葉が発達し、養分の貯蔵器官として役割をもち、子葉が展開し、緑化して光合成機能を持つ無胚乳植物があり、後者が発芽や生育条件の悪い航空機造林に適している。

主な樹種としては、マメ科の種子では、アカシア類、プロソピス類、ニセアカシア、ギンネム、アルビジア、タイハイヨウテツボクなどがこの特性を持つ。マメ科以外の種子で、このような性質を持つものとして、ハンノキ、ユーカリ、カンバ、ヤナギ、ギョリュウ、ポプラ、ニレ、モクマオウなどがあげられる。

③ 子葉に養分を貯蔵する種子の中には、子葉が貯蔵器官としての役割りのみを持ち、光合成を行わないものがある。このような種子では、子葉が展開せず、土中に埋蔵されたままの状態になり、上胚軸だけが伸長する。トチ、シイ類、コナラ類、ハシバミ、フタバガキ科の一部の種などが、こうした特性をもっている。子葉が展開する特性をepigeal、展開しないものをhypogealという。Hypogealな特性を持つ種子の多くは穀斗類であり、乾燥すると枯死する。

④ 種子によっては、乾燥重量当たりにして10%以下まで含水率を低下させ、生理的に不活性状態になるまで、乾燥することが可能である。発芽過程において、吸水を始めると、生理活性が回復する。このような種子は貯蔵性が高く、しかも、常温で貯蔵できるため、種子として取り扱いが容易である。

このような特性を持った種子として、マツ類、トウヒ類、モミ類などの針葉樹種子、アカシア、ギンネム、プロソピス、アルビジア、タイヘイヨウテツボク、シタンなどのマメ科の種子、ユーカリ、ポプラ類、ハンノキ類、カンバ類、ギョリュウ、ニレなどがある。

- ⑤ 穀斗類、カンキツ類、フタバガキ科の種子などは、種子の成熟過程において、含水率の低下が少なく、種子の成熟後も高い含水率を示す。これらの種子は成熟した後も生理活性が高く、貯蔵中に呼吸や蒸散による水分の放出を起こしている。放出した水分を再吸収して、発芽することがある。

含水率の高い種子には、低温に堪えるものと15℃以下の温度では、死滅するものがある。含水率の高いフタバガキ科の種子の多くは低温では生存しない。

したがって、含水率の高い種子はa. 15℃以下0℃以上の低温に生存するもの、b. 15℃以上の温度で生存するもの、に分けて考えるべきである。

- a. 15℃以下0℃以上の温度に対する耐性のある種子

トチノキ、クリ、ペカン、ハシバミ、ブナ、クルミ、ミズナラ、コナラ、カシワ

- b. 15℃以上の温度が必要なもの

フタバガキ科のうち、Shorea属のRubroshorea、Bushorea、

マメ科のParkiaの中の柔らかい種子をもつParkia speciosa

バナナ、

ドリアン

その他、熱帯産の柔らかい種子

#### 4-2-4 種子の確保

大量の種子を使用する航空機造林における種子の確保に当っては、当該国において次の調査を行う。

- ・生産量
- ・貯蔵量
- ・輸入量

- ① 近年、開発途上国において、造林事業が開始され、それに伴い、種子の生産計画の策定も行われるようになってきた。



例えばインドネシア林業省による種子の生産実績・計画は表Ⅱ-6に示すとおりであり、航空機造林を計画する場合、従来型の苗木造林計画で使用される種子量も併せて考えなければならない。

- ② この他、種子生産量については、地元での採取実績も調べる必要がある。
- ③ 現在のところ、消費量や貯蔵量等については統計が十分でなく把握できないが、貯蔵量については、関係機関を通じ資料の整備が可能であろう。
- ④ 国によっては、種子の自給を行っているところもあるが、それは限られた樹種のみである。
- ⑤ インドネシアの例では、種子の調達はインドネシア国内で自給を行っているのが現状であるが、ユーカリ等のいくつかの樹種については、輸入により種子を確保している。

1988年のインドネシアにおける種子の輸出、輸入を示すと表Ⅱ-7のとおりである。

表Ⅱ-6 インドネシアにおける種子生産実績と計画

樹 種	実 績 (1978~1988) kg	計 画 (1989~1999) kg
• <i>Acacia mangium</i>	2,000	5,000
• <i>Swietenia macrophylla</i>	20,000	20,000
• <i>Eucalyptus urophylla</i>	5,000	5,000
• <i>Albizia falcataria</i>	10,000	15,000
• <i>Pinus merkusii</i>	15,000	5,000
• <i>Eucalyptus deglupta</i>	2,500	5,000
• <i>Acacia auriculiformis</i>	3,000	2,500
• <i>Schima wallichii</i> var. bancana	200	500
• <i>Peronema canescens</i>	4,000,000 *	8,000,000 *

\* cutting

(林業省造林総局造林局種苗課による。1989)

表II-7 1988年インドネシアの種子の輸出入

輸 入			輸 出		
樹 種	kg	国	樹 種	kg	国
Bucalyptus spp.	50	Brazil Australia Africa	Leucaena leucocephala	200	Africa
Gmelina arborea	30	Malaysia	Calliandra callothyrsus	300	Africa
Pinus caribaea	30	Netherland			
P. oocarpa	30	Netherland			

(林業省造林総局造林局種苗課による。1989)

#### 4-2-5 樹種選定の手順

インドネシアにおける樹種選定の手順は次のとおりである。

- ・ インドネシアにおける造林樹種のリストアップ
- ・ リストアップされた樹種についての樹種の特長、種子の特長等の調査項目決定
- ・ 関係機関における聴き取り調査及び実態調査の実施
- ・ 航空機による大規模森林回復のための樹種選定条件の決定
- ・ 各条件の選定基準の作成
- ・ 樹種選定マトリックスの作成

- ① インドネシアにおける造林樹種について林業省関係者にリストアップしてもらう。できれば産業用樹種と緑化用樹種の区別ができればよい。
- ② 樹種の特長については、稚樹の生育、保育の必要性、生長の早さ、耐乾、耐陰、立地条件、成長量等について、調査を行う。(表II-8、9)
- ③ 種子については、調達の難易、発芽率、純量率、粒数、結実頻度、貯蔵期間、発芽前処理等について調査する。(表II-10)
- ④ これらの項目について、材業省の関係部局において聴き取り調査を行う。この場合、不明点については現地調査も検討する。
- ⑤ 樹種の選定条件としては、次の6項目について定性的あるが、評価基準を設けた。
  - a. 耐乾性であるか …… 強い、弱い

- b. 耐湿性であるか …………… 強い、弱い
- c. 初期成長が早いか…………… 早い、普通、遅い
- d. 調達の可能性 …………… 容易、困難
- e. 根系の発達 ……………… 深い、浅い
- f. 要保育 ……………… 要、不要

⑥ 以上の条件を、27種の樹種に対応させたマトリックスを作成し、樹種の選定を行った。

〈表Ⅱ-11〉

〈留意事項と問題点〉

- ① 今後、選定された樹種についてインドネシア側と協議を行う必要がある。
- ② 選定条件について、さらに不足がないかの検討が必要である。

なお、今後、他の熱帯地域を考えた場合、いくつかの候補樹種を選定しなければならず、参考として、タイ及びフィリピンの造林樹種を示す。(表Ⅱ-12)

表II-8 インドネシアにおける造林樹種の特徴

FUNDAMENTAL SURVEY ON LARGE-SCALE REFORESTATION TECHNIQUE  
QUESTIONNAIRE SHEET ON TREE SPECIES SELECTION FOR REFORESTATION IN INDONESIA  
Please choose a applicable item among each choice and put in figures of description  
Purpose of reforestation: H: Penghijauan (Please circle.)

Sheet No.  
Japan International Cooperation Agency

Character	① Leaf S: broad- leaved/C: coniferous	② Tree height H: high L: low M: Middle	③ Seed procuring E: easy D: diffi- cult	④ Nursery E: easy D: diffi- cult	⑤ Tending N: need O: no	⑥ Growth F: fast S: slow M: Middle	⑦ Shade tolerance Y: tolerant N: no	Drought hardness Y: hardly N: no	⑧ Use *	⑨ Rooting S: shallow D: deep	⑩ Perform- ance(m <sup>2</sup> / ha/year on average)	⑪ Problem for refor- estation	⑫ Suitable land Moist land/D: dry land	⑬ Proce- dure P: single- tree E: exotic
1 <i>Acacia auriculiformis</i>	B	M	E	E	O	F	N	Y	F, C, H	D	23.3		D	E
2 <i>Acacia decurrens</i>	B	M	D	E	O	F	N	Y	F, C, H	D	26.5		D	E
3 <i>Acacia mangium</i>	B	H	E	E	N	M	N(Y)	Y(N)	S, P, H	D(S)	15~40	A/F	D(O-M)	I
4 <i>Agathis</i> spp.	C	H	D	D	N	M	Y	N	S, I, O	D	7~25	A/F	D-M	I
5 <i>Anthocephalus cadamba</i>	B	H	E	E	N	F	Y	Y	P	D	12	A/F	D	I
6 <i>Arucaria</i> spp.	B	L	D	D	N	S	Y	Y	I	D	5	A/F	D	I
7 <i>Calliandra calothyrsus</i>	B	L	E	E	O(N)	F	N(Y)	Y	F, C, D	D(S)	20~50	A/F	D-M	I
8 <i>Dryobalanops</i> spp.	B	H	E	E	N	S	N	Y	I	D	2	A/F	D	I
9 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	B	H	D	E	N	F	N	Y	P	D	15		D	E
10 <i>Eucalyptus deglupta</i>	B	H	E	E	N	F	N	Y	P	D	35		D	I
11 <i>Eucalyptus urophylla</i>	B	H	E	E	N	F	N(Y)	Y	P	D	20~30		D(N/D)	(D, E)
12 <i>Eurylophora zugerii</i>	B	H	D	E	N	S	N	Y	I	D	3	A/F	D	I
13 <i>Galearia arborea</i>	B	H	E	E	N	F	Y	N(Y)	P	D	15	A/F	D(M)	I
14 <i>Leucaena glauca</i>	B	H	E	E	O	F	N	Y	F, C, E, D, R, L	D	15		D	I
15 <i>Leucaena leucocephala</i>	B	H	E	E	O	F	N	Y	F, C, E, D, R, L	D	50		D	E
16 <i>Mallikera kauki</i>	B	L	E	E	N	S	Y	Y	O	D	5	A/F	D	I
17 <i>Ocrotoma bicolor</i>	B	H	E	E	N	F	Y	N	P	D	12	A/F	D	I
18 <i>Paraserianthes falcataria</i>	B	H	E	E	N	F	N(Y)	Y(N)	S, L, E, C(P)	D(S)	20~48	A/F	D(M)	I
19 <i>Peronema canescens</i>	B	H	D(E)	E	N	M(S)	N(Y)	Y(N)	L, F, S, I	D	6~8	(A/F)	D-M	I
20 <i>Pinus caribaea</i>	C	H	D	E	N	M	N	Y	P	D	25		D-M	E
21 <i>Pinus merkusii</i>	C	H	E	E	N	M	N(Y)	Y	P, O	D	8~18	A/F	D-M	I

Note : a)\* I: industrial-S: saw timber-P: pulp-L: local use-F: firewood, C: charcoal, R: fruit, D: fodder, H: housing, O: others-  
b) If you have further information, please prepare separate papers appropriately to and more one to this sheet.



表II-9 造林樹種の適地

Tree species	土壤 水分	土 性	地 形	標高
<i>Acacia auriculiformis</i>	乾	粘土	斜面、平坦部	低
<i>A. mangium</i>	乾 ~ 適潤	粘、ローム	斜面、平坦	低
<i>Agathis dammara</i>	適潤	砂質	平坦、斜面	高
<i>Anthocephalus cadamba</i>	適潤	粘土	平坦、斜面下部	低
<i>Araucaria spp.</i>	適潤	粘、ローム	平坦、斜面下部	高
<i>Calliandra calothyrsus</i>				〃
<i>Dryobalanops rappa</i>	湿	泥炭・砂	泥炭湿地など	低
<i>D. lanceolata</i>	適潤	粘土	斜面下部	〃
<i>D. beccarii</i>	乾	粘土	斜面上部・尾根	〃
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	乾、塩類汽水	粘土	斜面、平坦部	〃
<i>E. deglupta</i>	乾	粘	平坦部、斜面	〃
<i>Gmelina arborea</i>	乾 ~ 適潤	粘	平坦部、斜面	〃
<i>P. merkusii</i>	乾	粘	尾根、斜面上部	高
<i>Tectona grandis</i>	乾 ~ 適潤	粘	斜面、平坦	低
<i>Shorea smithiana</i>	適潤	埴質	斜面、平坦	〃
<i>S. platyclados</i>	乾	粘	尾根、斜面上部	〃
<i>S. curtisii</i>	乾 ~ 適潤	粘、砂	斜面上部、尾根	〃
<i>S. beccariana</i>	乾	粘、砂	尾根	〃
<i>S. platycarpa</i>	湿	ローム、粘	湿地	〃
<i>S. leprosula</i>	適潤	粘	斜面	〃

表II-10 インドネシアにおける造林樹種の種子について

FUNDAMENTAL SURVEY ON LARGE-SCALE REFORESTATION TECHNIQUE  
QUESTIONNAIRE SHEET ON SEEDS FOR REFORESTATION IN INDONESIA

Sheet No. 1  
Japan International Cooperation Agency

Please choose a applicable item among each choice and put in figures of description  
Purpose of reforestation: H: Penghijauan (Please see circle.)

Character	①Germination rate (%)	②Number of seeds /kg	③Seed procuring E:easy D:difficult	④Purchase P:possible I:impossible	⑤Supplier /dealer/ buyer	⑥Purity (%)	⑦Provenance I:indigenous E:exotic	⑧Seed bearing cycle	⑨Seed storage method	⑩Storage period (Years)	⑪Seed treatment Y:need N:no	⑫Seed grading Y:need N:no	⑬Grading method
Tree species													
1 <i>Acacia auriculiformis</i>													
2 <i>Acacia decurrens</i>													
3 <i>Acacia mangium</i>	90	100,000	E	P		80	I	Annual	DCS	3 month	Y	Y	S
4 <i>Agathis spp.</i>	70	5,000	E	P		70	I	2 Years	DCS	3 month	N	Y	-
5 <i>Anthocephalus cadamba</i>	70	1,000,000	E	P		80	I	Annual	DCS	3 week	Y	Y	S
6 <i>Araucaria spp.</i>	50	50,000	D	I		50	I	Annual	-	4 week	Y	Y	-
7 <i>Calliandra calothyrsus</i>	90	15,000	E	P		80	I	Annual	-	1 Year	Y	Y	-
8 <i>Eryobalanops spp.</i>	60	2,000	E	I		50	I	Annual	-	1 week	N	Y	-
9 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>													
10 <i>Eucalyptus deglupta</i>													
11 <i>Eucalyptus urophylla</i>	80	1,000,000	E	P		50	E		CS/DCS	1 Year	N	Y	Drying & mixing
12 <i>Encylophora zugerii</i>	50	5	D	I		70	I	Annual	-	2 week	N	Y	-
13 <i>Gmelina arborea</i>	90	2,000	E	P		80	I	Annual	-	3 month	N	Y	Drying & cleaning
14 <i>Leucaena glauca</i>													
15 <i>Leucaena leucocephala</i>													
16 <i>Manilkara kauki</i>	60	1,600	E	P		70	I	Annual	-	3 week	Y	Y	-
17 <i>Ochroma bicolor</i>	80	150,000	E	P		80	I	Annual	DCS	3 month	N	Y	-
18 <i>Paraserianthes falcataria</i>	90	30,000	E	P		90	I	Annual	-	3 month	Y	Y	Drying & mixing
19 <i>Peronema canescens</i>	40	200,000	E	P		60	I	Annual	DCS	-	N	Y	-
20 <i>Pinus caribaea</i>													
21 <i>Pinus merkusii</i>	70	50,000	E	P		90	I	Annual	DCS	4 month	N	Y	-

Note : a) \* Net weight of actual seeds / weight of supplied seeds  
b) if you have further information, please prepare separate papers appropriately to and more one to this sheet.

WT: Without treatment  
T: Treatment  
S: Sieve  
CS: Cold storage. CDS: Cold dry storage





表 II - 11 樹種の選定

樹種名	樹高	乾性	湿性	成長速速	種子入手	根系発達	要保育	選定適否
1) <i>Acacia auriculiformis</i>	中	強い	弱い	早い	容易	深い		適
2) <i>Acacia decurrens</i>	"	"	"	"	困難	"	要	
3) <i>Acacia mangium</i>	高			"	容易		"	適
4) <i>Agathis spp.</i>	"	弱い	強い	普通	困難	深い	"	
5) <i>Anthocephalus cadamba</i>	低	強い	"	早い	容易	"	"	適
6) <i>Araucaria spp.</i>	"	"	"	遅い	困難	"		
7) <i>Calliandra calothyrsus</i>	高			早い	容易		要	
8) <i>Dryobalanops rappa</i>	"	強い	弱い	遅い	"	深い	"	
9) <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	"	"	"	早い	困難	"	"	
10) <i>Eucalyptus deglupta</i>	"	"	"	"	容易	"	"	適
11) <i>Eucalyptus urophylla</i>	"			"	"	"	"	
12) <i>Euxylophora zugerii</i>	"	弱い	強い	遅い	困難	"	"	
13) <i>Gmelina arborea</i>	"			早い	容易	"	"	適
14) <i>Leucaena glauca</i>	"	弱い	弱い	"	"	"		適
15) <i>Leucaena leucocephala</i>	"	"	"	"	"	"		
16) <i>Marrkiana kauki</i>	低	"	強い	遅い	"	"	要	
17) <i>Ochroma bicolor</i>	高	弱い	"	早い	"	"	"	
18) <i>Pamserienthes falataria</i>	"			"	"	"	"	
19) <i>Peronema canescens</i>	"						"	
20) <i>Pinus caribea</i>	"	強い	弱い	普通	困難	深い	"	
21) <i>Pinus merkusii</i>	"	"		"	容易	"	"	
22) <i>Pometia spp.</i>	"	弱い	強い	早い	"	"	"	
23) <i>Santalum album</i>	低	強い	"	遅い	"	"	"	
24) <i>Sesbania spp.</i>	"	弱い	"	早い	"	浅い	"	
25) <i>Shorea spp.</i>	高	強い	弱い	遅い	困難	深い	"	
26) <i>Swietenia spp.</i>	"	"	強い	早い	容易	"	"	
27) <i>Tectona grandis</i>	"	"	"	遅い	"	"	"	

表II-12 Man-Made Forest Tree Species of Tropical Countries

Arranged by Dr. K. Sakaguchi

1. Fast growing tree species and pioneer species (soil improving trees)

◎ジャングルの 〇小規模な森林 △試験林が主

Species	タイ	フィリピン
1. Acacia catechu (Leguminosae マメ科)	◎	
2. Adina cordifolia	△	
3. Afzelia xylocarpa	△	
4. Ailanthus fauveliana	△	
5. Albizia falcataria (Batai mly: Dieu djing In; Molccan sau ph.) (Layuriceae)		◎
6. Aleurites montana (Euphorbiaceae ドウダイグサ科)		△
7. Aleurites moluccana (Lumbang ph.)		△
8. Aleurites trisperma (Bagilumbang ph.)	△	
9. Anacardium occidentale		〇
10. Anthocephalus cadamba (Rubiaceae ヤカネ科)		〇
11. Azadirachta indica	△	
12. Bombax insigne	△	
13. Bombax malabaricum	△	
14. Bruguiera spp.	△	
15. Casuarina junghunina	◎	
16. Casuarina equisetifolia	◎	
17. Cedrela toona		〇
18. Ceriops spp.	△	
19. Cratrasia velutina	△	
20. Dalbergia cochinchinenses	△	

21. <i>Daubanga sonneratioides</i>	△	
22. <i>Diospyros discolor</i> (Kamagong ph.) (Eberaceae カキノギ科)		△
23. <i>Dipterocarpus alatus</i>	△	
24. <i>Endospermum pelatum</i> (Subas)		△
25. <i>Eucalyptus deglupta</i>		◎
26. <i>Eucalyptus</i> sp.	△	
27. <i>Garuga pinnata</i>	△	
28. <i>Gmelina arborea</i> (Yamane ph. Kaju titi, In; Saw. Th) (Verbenaceae クマツツク科)	△	◎
29. <i>Hopea odorata</i>	△	
30. <i>Intsia bakeri</i>	△	
31. <i>Lagerstroemia calyculata</i> (Lithraceae ミソハギ科)	△	
32. <i>Lagerstroemia speciosa</i> (Banaba ph.)		△
33. <i>Leucaena glauca</i> (Leguminosae) (Ipil ipil, ph.) ギンネム		◎
34. <i>Leucaena pulverulenta</i> (Giant ipil ipil ph.)		○
35. <i>Litsia grandis</i>	△	
36. <i>Melia azedarach</i>	△	
37. <i>Chroma pyramidale</i> (Balsa ph.)		○
38. <i>Pahudia rhomboidea</i> (Leguminosae) (Jindalo ph.)		△
39. <i>Peltophorum dasyrachis</i>	△	
40. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	△	
41. <i>Rhizophora</i> spp.	△	
42. <i>Spondias pinnata</i>	△	
43. <i>Sterculia campanulata</i>	△	
44. <i>Sterculia foetida</i>	△	
45. <i>Tetrameles nudiflora</i>	△	

46. <i>Tremetia lacrymans</i>		△	
47. <i>Vitex parviflora</i> (Molave)			△
48. <i>Xylia kerrii</i>		△	
49. <i>Xylopiia ferrugines</i> (Annonaceae バンレイシ科)			○
50. <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>			◎
51. <i>Pinus insularis</i> (=p. <i>khasya</i> ) ビルマ, タイ, ラオス, カンボジア, ベトナム (Benguet pine)			△
52. <i>Pinus merkusii</i> ビルマ, タイ, フィリピン, カンボジア, ベトナム, 赤道以南 (Mindropine, ph. Hujam, In)			△
53. <i>Intsia bijuga</i> (Leguminosae) [Ipil, ph.]			△
54. <i>Pterocarpus indicus</i> (Leguminosae) (Narra, ph)			△
55. <i>Spathodea campanulata</i> (Bignoniaceae) [African turiptree, ph]			△
56. <i>Tectona grandis</i> (verbenaceae) [Teak]			△

#### 4-3 地表処理

##### 4-3-1 地表処理の考え方

- (1) 航空機造林の特性として、大面積を対象、短期間の作業、粗放的な取扱いその他で  
あり十分な地表処理は不可能である。
- (2) 地表処理を行う場合、種子の定着、土壌の流亡、作業の難易等を考えると植生条件  
・地形条件を十分考慮して行う。

- ① 航空機造林は、大面積を対象とする一斉造林法であるので、地表処理等の地上作業は  
技術的にも経済的にも困難である。中国では、植被率60%以上の対象地に対して火入れ  
地拵えを実行する程度で、機械作業による地表処理を行っていない。
- ② しかし、インドネシアのように政策上、火入れができない地域において、成林を確実  
なものとするためには、場合によっては地上作業を実行せざるを得ない。
- ③ ところで、中国においては、地表植生の植被率が30%前後が航空機造林に適している  
との報告があり、植生の存在が種子の定着に大きく寄与している。
- ④ インナドネシアで実施している地上直播試験によると、播種後3カ月間は、地表処理  
区、無処理区との間に、発芽率、生存率に大差がないが、その後は、地表処理の方が無  
処理区に比べ、高い生存率、早い成長を示した。
- ⑤ 一般的造林も含め、航空機造林においては、散布した種子の発芽定着、生育の各段階  
において、地表植生との競合が十分考えられるが、地域によっては、地表処理の不必要  
なところもあると考えられる。

##### 〈留意事項及び問題点〉

- ① 地拵えの必要な箇所としては、植生の密なところが中心となり、適地選定と合わせて、  
地拵えの要・不要の判定基準についての技術開発が必要である。
- ② 裸地については、雨水による種子の流亡を生じるため、裸地の大きさ、アクセス等の  
条件を考え、溝切り、草本との混播も考える必要がある。

#### 4-3-2 地表処理の種類

航空機種子散布に適用する地拵えを大別すると、火入れ作業と機械入れ作業の2種類が考えられる。

##### (1) 火入れ作業

火入れにより地表の植生あるいは末木枝条、枯損木等を効率的に除去する方法である。対象地の植生や地形、気象等の作業条件が整えば火入れ作業法が適用できる。

##### (2) 機械作業

ファームトラクター及びブルドーザを用い、プラウないしハロー等の作業機を取り付け、効率的に行う作業である。

熱帯の草原ないし、荒廃地での造林作業には一般的に用いられつつある。

- ① 火入れ作業の種類としては、比較的大面積に及ぶ火入れが可能な場合と、延焼防止のため小区画単位で実行せざるを得ない場合とがある。後者の場合は、周囲の状況により地形等を勘案し区画を定め、その境界に5~8m程度の防火帯を設ける。
- ② 熱帯地域に広がるアランアランの草原等では、播種前あるいは播種後に火入れを行うことによって種子の発芽・活着が促進されるともいわれており、そのような対象地には火入れが効果的と考えられる。
- ③ インドネシアにおいては、造林に際しての火入れが政策上、禁止されており、火入れ作業による地表処理は現状では困難である。
- ④ 傾斜が20°程度までの緩傾斜地では機械作業が採用できる。
- ⑤ 機械作業による地表処理の種類は次のとおりである。
  - a. クリアリング……ブルドーザのブレード（排土板）で地表植生を除去する。
  - b. プラウイング……ホイールトラクタまたはクローラトラクターでけん引する各種プラウ（鋤）またはロータベータにより表土を耕耘する作業
  - c. ハローイング……ホイールトラクタまたはクローラトラクタ（ブルドーザ）によりけん引された各種ハローにより砕土と植物根の切断を行う作業
  - d. ドーシング……ブレードを用いて、作業道を作設するように軽度地表を切削し、傾斜地における車両の走行路を確保しつつ、処理帯を作設する方法である。

e. リッパリング…土壌の硬い個所に適合し、地表物除去と表面の掻き起こしを行う作業である。

⑥ インドネシアにおける作業別地表処理機械は表3-2、3-3、3-3'、3-4のとおりであり、機械（ブルドーザー、ファームトラクタ）及び作業機（プラウまたはハロー）は、これらのデータから、それぞれ効率のよい機械各1を選ぶことができる。

〈留意事項及び問題点〉

- ① 機種を選定に当たっては、既得のデータを利用するとともに、作業工程調査を実施し、現場に合った機種を選定する必要がある。
- ② インドネシア林業省においては、地表処理のために、リッパを用いた例がなく、新たに導入する場合、他省庁への問い合わせ、搬入の条件、現地での試験の実施等が必要である。
- ③ 土壌保全を考えた場合、地表処理による土砂の移動、地表処理の適期等の検討が必要である。
- ④ この他、地拵え方法には、除草剤等による化学的方法もある。インドネシアにおいては一般造林事業で、アラン-アランの除草のためにROUND-UPが用いられているが、今後の航空機の事業化を考えた場合除草剤等の使用は、環境上の問題を検討する必要がある。

表 3 - 2 Land Clearing (DGRRL)

1 Machine	BULLDOZER	BULLDOZER	BULLDOZER
2 Manufacturer	KOMATSU	CAT	ROVER
3 Engine model	D60A	D6A	D50A
4 Wheel/Crawler	Crawler	Crawler	Crawler
5 BLADE TYPE	RAKE	BLADE	BLADE
6 SITE CONDITION	Lattosol Red yellow Podsolik Alluvial	Lattosol/Red Yellow Podsolik Alluvial	Lattosol/ Alluvial
7 Performance (ha/hour)	0.46	0.41	0.26
8 Depreciation(years)	5	5	5

表 3 - 4 Harrowing (DGRRL)

1 Machine	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR (BTR)	TRACTOR (BTR)
2 Manufacturer	KOMATSU	JOHN DEER	FORD	FORD
3 Engine model	DF800	2130	TW5	6610
4 Wheel/crawler	Crawler	Wheel	Wheel	Wheel
5 Attachment	Disk Harrow $\phi$ 22 "	Disk Harrow $\phi$ 22 "	Disk Harrow $\phi$ 23 "	Disk Harrow
6 Site condition	Alluvial/Lattosol	Alluvial /Lattosol	Inclination 0-15%	Inclination 0-15%
7 Performance (ha/hour)	0.69	0.69	1.00	1.00
8 Dereciation(years)				



表 3 - 3 Plowing (DGRRL)

1 Machine	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR
2 Manufacturer	KOMATSU	JOHN DEER	INTERNATIONAL	FORD	MF
3 Engine model	DR800	2130		4WD/125HP	65HP
4 Wheel/crowler	Crowler	4 Wheel Drive	4 Wheel Drive	Wheel type	Wheel type
5 Attachment	Disk plow $\phi$ 18"	Disk plow $\phi$ 18"		Disk plow $\phi$ 18"	Rotavator Standard blade
6 Site condition	Lattosol/Alluvial	Lattosol/Alluvial	Lattosol /Alluvial	Inclination 10-15% Lattosol /Alluvial	Inclination 0-10% Lattosol /Alluvial
7 Performance (ha/hour)	0.33	0.33	0.26	0.20	0.4 ~0.5
8 Depreciation(years)	5	5	5	5	5

表 3 - 3' Plowing (BTR)

1 Machine	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR	TRACTOR
2 Manufacturer	FORD	FORD	MF	MF	
3 Engine model	TW 5	6610	290		
4 Wheel/crowler	Wheel	Wheel	Wheel		
5 Attachment	Disk plow $\phi$ 26" $\times$ 5 disk	Disk plow $\phi$ 26" $\times$ 5 disk			
6 Site condition	Inclination 0-15%	Inclination 0-15 %			
7 Performance (ha/hour)	0.8	0.8			
8 Depreciation(years)					

#### 4-3-3 地表処理の方法

##### (1) 火入れ作業

火入れ作業に従事する者は、地元の住民を雇用するのが好ましく、延焼を防ぐため、通常5～8m程度の防火帯を設ける。

##### (2) 機械作業

機械による地表処理法としては、現地の立地条件を踏まえ、次の方法の中から最適なものを選ぶ。

- a. クリアリング→プラウイング→ハローイング
- b. クリアリング→プラウイング
- c. クリアリング→ハローイング
- d. クリアリング
- e. ドーシング→プラウイング
- f. ドーシング

- ① 火入れは対象が傾斜地である場合、山側から点火し、風がある場合は風下から点火するのが一般的である。
- ② 焼却効率を上げるために、地表植生を事前に刈払って乾燥させたり、刈払い物を集積する方法もあるが、人手がかかりすぎるので、航空機実播のための地表処理法としては採用できない。
- ③ 熱帯地域においては、造林に際し、①のクリアリング→プラウイング→ハローイングの地表処理作業を行っているかが、航空機播種の場合は、可能な限り簡略化した地表処理法を検討し、選択する。
- ④ 傾斜地における地表処理は土壌侵食、山腹崩壊の原因ともなりかねないので、等高線方向の処理にとどめ、傾斜方向の地表処理は極力避ける方がよい。
- ⑤ 上記の処理法のうち、11°程度以上の傾斜地に応用ができるのはe及びf（0～20°）のみであり、a、b、cは平坦地（0～8°）に限られ、dは20%程度までである。したがって、機械による地表処理作業は、傾斜度20°以下の緩傾斜地に限られることになる。

##### 〈留意事項及び問題点〉

- ① 火入れ作業に必要な防火帯を設ける場合、現地の地形等を勘案し、適切な防火帯

の配置と規模を検討する必要がある。

- ② 機械による地表処理法としては、可能な限り簡素化した方法を選択するが、この場合、土壌侵食、現地にある機械の利用について十分留意する。
- ③ 工程については、インドネシアの資料から概要は把握できるが、現地に適応したものとなると、現地試験による詳細な調査が必要である。
- ④ 平成3年度の地上直播試験Ⅱで行った地表処理のうち耕耘の深さ、種類により、発芽、成長状態が考えられ、ひきつづき、本試験の経過観察を進める必要がある。
- ⑤ 使用する機械は、地元で調達可能な機種とする必要性から、林業省における機械の台数及び販売状況等を調べる必要がある。

## 5. 航空機利用

### 5-1 機種の選定基準

- (1) 航空機による散布は、使用する機種を大別すると固定翼機と回転翼機に分かれる。農林業分野での航空機利用は、戦後先進国、特に北米を中心として発達し、病虫害防除、山火事防止などに用いている。
- (2) 固定翼機か回転翼機かの選択は地形、散布対象地の広がり、大きさ、単位面積当たりの散布量、航空基地の状況、所要経費等によって決められる。開発途上国でのインフラ等が十分でない点など考えると、固定翼に比べて回転翼のほうが利点が多い。

- ① 以下、一般的な両者の特性をあげると次のとおりである。

#### (固定翼機)

- a. 散布面積が広く、散布密度の小さい散布に適している。
- b. 散布区域の起伏が少なく、緩傾斜の場所に適している。
- c. 散布速度が回転翼機に比べて大きい。(きめの細かい散布ができない)
- d. 積載量が小さい。(使用機種は小型機が一般的、カナダ等の例)
- e. 離着陸が制約される。(滑走路を必要とする。)
- f. 積み込みに時間を要する。
- g. 回転翼機に比べて価格が安い。(小型機で5百万～1千万円)

#### (回転翼機)

- a. 急傾斜地や起伏の多い地形に適している。

- b. 機動性が大きい。
- c. 低速での散布が可能。(きめの細かい散布が可能)
- d. 積載量が大きい。(小型固定翼機との比較)
- e. 離着陸の制約が小さく、散布区域への到達距離を短くとれる。
- f. 散布装置によっては積み込み、散布作業が迅速にできる。
- g. 散布作業に熟練技術が必要。
- h. 回転翼機に比べて価格が高い。(中型機で7千万～1億円)

② 固定翼と回転翼の使用区分は、地形、散布面積の大小、ha当たりの散布量、航空基地等を比較し検討すべきであるが、固定翼と回転翼ではその購入価格は5～10倍、1時間当たりの飛行経費は2～3倍と回転翼の方が高くなっている。

しかしながら、現実に一定の箇所で作業する場合、固定翼の場合は飛行場より現地までの距離が作業飛行距離になり、一方回転翼の場合は道路があるときは資材搬入可能な所までヘリポートを近くに設定することが可能であり、したがって大半の箇所の作業飛行距離が大幅に短縮される。

また、資材積み込みに要する時間は問題にならない程回転翼の方が安価である。

航空実播工の設計にあつては、ヘリポートから現地までの距離が問題であり、どの距離にヘリポートを選定できるかが設計上コストダウンの最重要課題の一つといつてよい。

③ インドネシア国において供給可能な、固定翼、回転翼機の機種、機数、所有者の例を示すと次のとおりである。

a. 固定翼機

	機 種	機数	所有者(運航者)	備 考
1	ピラトス式 PC-6ターボスター	5	農業省(空軍) 民間航空会社での対応可能機は未確認	2機は連絡用としてジャカルタ(ヘリム空港)イリアンジャヤ(ジャヤプラ空港)に配備、3機は散布機としてカリヤティ空軍基地に配備され又同基地には他に散布機としてセスナC-188型機3機も配備されている。

b. 回転翼機

	機 種	機数	所有者(運航者)	備 考
1	ベルコウB0-105	8	林業省(ガリ フタマ社)	1990年初め運航の一切が林業省(空軍)から民間会社に移管され装備、機体塗装等を民間型に改造中であった。林業省が利用する場合はチャーター料金の別途支払いが必要。
2	ベル212 ベル412 (ベルコウ B0-150)	6 7 8	ガタリ フタマ社  (林業省より運航移管)	主たる業務は石油開発支援飛行
3	ヘリコプター アルウェットIII/ SE-3160 シコルスキーS-58 ベル206B ベル204B ベル412	1 6 2 4 1	エア ファースト社	"
4	ベル206B ベルB0-105 ベル212	5 3 2	アリヒ エアウェイ ズ社	"
	ベル212	3	ブルストウ マリコ ヘリコプター社	"
5	ベル206B	1	デラヤ エア タク シー社	視察、調査
6	ベル206B	8	デラゾナ エア サ ービス社	

④ なお、海外でも使われ我が国でも保有台数の多いヘリコプターの性能諸元を表II-13に示す。

表II-13 ヘリコプター性能諸元

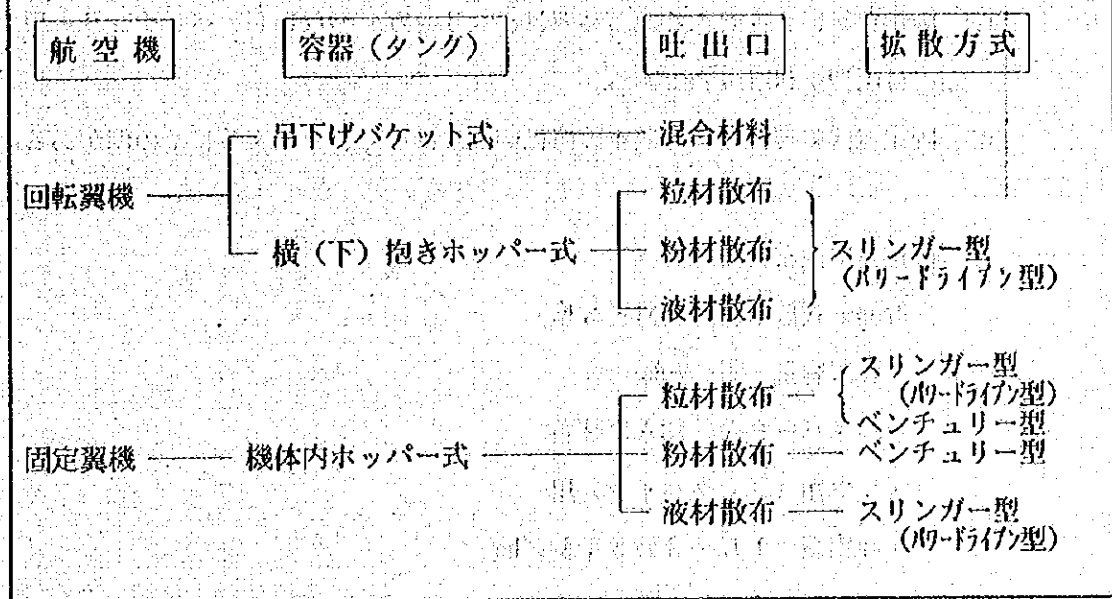
項目	機種	ベル204B		ベル206B		ヒューズ369HS		ヒラーUE-12E		ベル47G-3B-KH4	
		SA315B7	ベル204B	ベル206B	ベル206B	ヒューズ369HS	ヒラーUE-12E	ベル47G-3B-KH4	ベル47G-3B-KH4	ベル47G-3B-KH4	ベル47G-3B-KH4
エンジン	出力	700hp	700hp	700hp	700hp	700hp	700hp	700hp	700hp	700hp	700hp
回転数	主	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm
	尾	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm	2400rpm
全長	全長	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m	11.82m
	旋回半径	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m	10.16m
旋回半径	旋回半径	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m	2.91m
	旋回半径	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m	8.74m
旋回半径	旋回半径	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>	50.60m <sup>2</sup>
	旋回半径	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>	132m <sup>2</sup>
旋回半径	旋回半径	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>	0.69m <sup>2</sup>
	旋回半径	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>	0.079m <sup>2</sup>
燃料消費量	燃料消費量	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H	247kg/H
	燃料消費量	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H	222km/H
性能	性能	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H	217km/H
	性能	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min	488m/min
旋回半径	旋回半径	3400m	3400m	3400m	3400m	3400m	3400m	3400m	3400m	3400m	3400m
	旋回半径	510km	510km	510km	510km	510km	510km	510km	510km	510km	510km
定員	定員	1名	1名	1名	1名	1名	1名	1名	1名	1名	1名
	定員	3名	3名	3名	3名	3名	3名	3名	3名	3名	3名
重量	重量	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg	3856kg
	重量	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg	2087kg
重量	重量	600kg	600kg	600kg	600kg	600kg	600kg	600kg	600kg	600kg	600kg
	重量	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg	1000kg

(機体重量は空機重量による)

## 5-2 散布装置

散布装置は、散布方式、散布材料の種類、形状、積載量、吐出量、攪拌等によって選定するが、使用航空機との適合性も考慮する必要がある。

散布装置は、次のように区分できる。



① 容器(タンク)には、吊下げ(スリンガー)バケット式とホッパー式(横又は下抱き、あるいは機体内とがある)とがある。

吊下げバケット式は、回転翼機に取り付けられ多種類からなる散布材料を大量に散布するのに適しており、ホッパー式は固定翼機及び回転翼機のいずれも一種類か形状の類似する材料を比較的低い密度で散布する拡散性に優れている。

② 散布材料を大別すると、粒材、粉材、液材に区分される。

- 粒材は粒径が0.3 ~ 1.7 mmの間にあり大半の早成樹種の種子はこれに含まれる。
- 粉材は、規格で44  $\mu$ 以下、実際上は20 ~ 5  $\mu$ 程度で10  $\mu$ 以下の粒子が50%程度に達する。
- 液材は、有効成分を水に溶かした製剤をいい、我が国では農薬空中散布に最も一般的に用いられている。

③ 固定翼機の散布材料を拡散する装置としては、ベンチュリー型とスリンガー型(パワードライブ型)があり、ベンチュリー型は動力によらず気流圧の差を利用して拡散を行うものであり、スリンガー型はモニターにより吐出口を回転させてその遠心力により材料を拡散投下するもので、吐出口へは円盤状のものとチューブ式のもの

等がある。

- ④ 回転翼機の散布材料を拡散する装置としては、スリンガー型のみである。

#### 5-2-1 固定翼機用

- (1) 固定翼機に装着できる散布装置は、スリンガー型ないし、ベンチュリー型で粒材散布には両型が利用可能である。
- (2) 固定翼機に装着できる散布装置は国内にはなく、カナダ等にその例がある。

#### ① 固定翼機用散布装置

##### ・ Brohm 式散布装置 (MK 3 型)

- ・ 装置容量 55~70kg
- ・ パイパー PA-18A に装着
- ・ マツ類 (ジャクパイン) 用
- ・ 吐出量 1万~3万5千個/ha
- ・ 要員 オペレーター1人
- ・ 散布可能面積 40~60ha/hr

- ② インドネシア国農業省が保有するピラタス PC-6 ターボプロター機用として、これの粉剤散布装置を粒剤散布用に農業省が独自に改造した装置がある。この装置は最近では1985年12月下旬に東ヌサテンガラ州東部スンバに於ける空中播種試験に使用された。林業省東ヌサテンガラ州地方林政局の報告書によれば、400haの試験地に1ha当たり10kgのギンネムの種子を播種している。

#### 5-2-2 回転翼機用

- (1) 我が国には、種子散布等を目的とする散布装置が手近にあり、これを用いることにより、種子散布が可能である。
- (2) カナダ、オーストラリアで林業用に供されているものがあり、これらの装置も参考となる。

- ① 散布装置には、大きく液剤散布用、粒剤散布用、微粒剤散布用、粉剤散布用の4つ



- イブがあり、このうち粒剤散布装置が、インドネシアにおける航空機造林に適する。
- ② ユーカリ類などの微粒の種子については、粉剤及び微粒散布装置の利用が考えられるが、これまで我が国においては小型機のみを用いられており、大面積の造林を目標とする本技術においては、散布装置の改良の検討が必要である。
  - ③ 我が国における種子の散布装置は表Ⅱ-14のとおりであり、資料的には散布可能であるが、散布精度、吐出率の調整、播種量の決定等まだまだ不明な点が多く、効率的な散布を行うために、現地における散布試験が必要である。
  - ④ 回転翼用散布装置（外国で実用化されているもの）
    - a. Brohm 式散布器（カナダ）

固定翼機用のBrohm 式散布器の前に開発され、当初は回転翼機用として開発され、トウヒ類、マツ類の散布を目的として設計されたが、改良が重ねられ、固定翼機用散布器としても使用可能となっている。
    - b. 改良散布装置（オーストラリア）
      - ・カナダ製のものを購入、ユーカリ種子散布用に改良
      - ・ベル206B型機に装着（小型機にも装着可能）
      - ・種子容器容量 10kg、ヘリコプター積載量 130kg
      - ・吐出量 0.9 ~2.0 kg/ha
      - ・装置重量 約65kg
      - ・散布作業量 60~100 ha/h
      - ・要 員 パイロット1人、案内者は省略可能
      - ・使用電源 28ボルト（ヘリコプター電源利用）
  - ⑤ インドネシア国に於いてはヘリコプターの播種、農業散布等への利用の経験はなく、その為の散布装置等は皆無である。しかしながら、日本、オーストラリア、カナダ等に於いては多く利用されており、これらの装置を必要により改良して供給する事は可能である。

〈留意事項及び問題点〉

- ① ユーカリ類の散布については、散布装置の改良も考えるが、砂、オガクズ等を増量剤として用いることも考えられる。

表 II - 14 大規模造林に適用する散布装置等機材の性能一覧表 (その1)

名称	粒剤散布装置	粒剤散布装置	粒剤散布装置	粒剤散布装置
型式名	AH20-2	AH20-2T	LY2000-1	NM-B-800
適用機種	ベル204B	ベル204B	ヒューズ500 (369HS)	741st II (SE3130)
装置重量	180kg	330kg	80kg	89kg
積重量	最大1,000kg	最大800kg	最大500kg	295kg
吐出率	0~1,200kg/min.	0~1,200kg/min.	25~700kg/min. 5部, 100-700部	0~400kg/min.
インペラー	φ500mm 1,000rpm V型2枚 放射型	φ400mm X2 1,200rpm 放射型	φ450mm 900rpm	φ300mm X2 900rpm 放射型
駆動動力	4-マシンの動力用エンジン 切替機11PS 2部付一軸	4-マシンの動力用エンジン 切替機11PS 2部付一軸	DC28VX120At-9	4-マシンの動力用エンジン 切替機5PS
ホッパー 形状、寸法	放射型 容量1,250m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 径1,670mm	放射型 容量1,200m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 径1,750mm	放射型 容量1,200m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 径1,300mm	放射型 容量1,200m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 径1,450mm
飛行速度	48~64km/h	48~64km/h	48~64km/h	80~96km/h
散布幅	20~40m	20~40m	20~25m	20m
散布量				
散布速度	30~40m (1部)	30~40m (2部)	10~30m (縦)	30~60m (縦)
散布資材	野糞	野糞	野糞	野糞
備註	AH20-2は2部 インペラーが2部	ホッパーが2部、切替機が1部		

表II-14 大規模造林に適用する散布装置等機材の性能一覧表(その2)

名称	粒剤散布装置	粒剤散布装置	粒剤散布装置	粒剤散布装置
型式名	AH20-3改	NSG-01A	206AH-14A	206AH-14B
適用機種	4M206B, AS350B	SA315B	ヘル206B	ヘル206B
装置重量	84kg	120kg	81.9kg	69.3kg
積載量	4M206B 304kg, AS350B 377kg	600kg	260kg	260kg
吐出量	0~750kg/min. φ 450mm/m 1,000rpm	0~600kg/min. φ 420mm/m 1,000rpm	1.5~9.3kg/min. φ 550mm/m 1,000rpm	かがりコブリンノリ 62-195g/min. 0.7mmノリ 9.6-168g/min. ノリ 24-235g/min. 1.3mmノリ 12.0-165g/min. φ 550mm/m 150~1,000rpm
インベラー			インベラー	インベラー
駆動動力	電動機 550W	4-キルバカバカバカ 出力3.0 PS 最大5PS	インベラー	電動機 7馬力
ホッパ形状、寸法	電動機 7馬力 容量 1,300mm <sup>3</sup> /m 径 1,450mm	筒形	電動機 7馬力	電動機 7馬力
飛行速度	80~96km/h	48~64km/h	64~80km/h	電動機(組) 48km/h 電動機 48-64 km/h
散布幅	20m	20~40m	40~50m	電動機(組) 25m, 電動機 25m 電動機 20m
散布量				電動機(組) 120-180kg/ha 電動機 10-30kg/ha 電動機 100-200kg/ha
散布高度	30~60m (固定)	20~30m (固定)	30~60m (固定)	電動機(組) 10-12m 電動機 30-40m (固定)
散布買材	鉄、鋼	鉄、鋼	鉄	電動機、鉄、鋼、銅
備 考	AH20-3改に電動機を装着	社外機、office	社外機、office (1,900kg/ha) 可能	0.7mmノリは1800g/g, 2.1-06 1.3mmノリは361g/g, 2.1-02 かがりコブリンノリ 995g/100g FAMI-CG 本機は3馬力(電動機)まで

表Ⅱ-14 大規模造林に適用する散布装置等機材の性能一覧表(その3)

名称	型式名	適用機種	装置重量	積載量	吐出率	インペラー	駆動動力	ホッパ形状、寸法	走行速度	散布幅	散布量	散布高度	散布資材	播 要
	NDC-206-008A	ベル206B	70kg	300kg	0~24.5kg/min. φ440mm/1,000rpm		1000CS80 モーター	粒状	40~64km/h	20~25m	30~100kg/ha	加幅 10-12m 加高 30-40m (社)	種粒、肥料、石灰、殺菌剤	206AH-140型特効

### 5-3 航空諸元の決定

#### 5-3-1 積載量

(1) 散布材料の散布装置への積載量は、主として使用航空機の機種、散布装置、対象地の標高によって決定する。

決定に当っては作業の安全性に特に配慮する。

(2) これまでに用いられてきた林業用散布装置の標準積載量は 200kg前後である。

① 航空機の積載、運搬能力はエンジン出力によって決まるが、エンジン出力は気温、湿度、標高等に影響される。すなわち積載量は機種に応じて、また散布装置や積載物の安定性、施工地の気象的条件などを考慮して決めなければならない。なお実際問題としては、同機種であっても個々の機体によって自重、性能が若干異なるうえ、散布装置が個々の機体ごとに作製されているので、積載量は機体によって差がある。

② 標準積載量はベル47G-3B-KH4を例にとり次のように求める。

KH4の最大全備重量は1,293kgであり、経済的使用としてこれを用いるべきであるが、これに対して地形などの諸条件の悪い場合は、他の性能を考慮して次の1,202kgの全備重量で作業させることとするのが妥当である。

有効搭載量 = 全備重量 - 空虚重量

$$386\text{kg} = 1,202\text{kg} - 816\text{kg}$$

資材積載量 = 有効搭載量 - 必要装備重量

$$180\text{kg} = 386\text{kg} - 206\text{kg}$$

必要装備重量 = 操縦者重量 + 燃料・潤滑油重量 + ホッパー重量

$$206\text{kg} = 77\text{kg} + 70\text{kg} + 59\text{kg}$$

以上によって、資材積載量は180kgとなる。

③ 散布量は、散布装置の吐出能力、飛行速度、有効散布幅によって決る。

この関係を式で表すと次のようである。

$$x = \frac{a}{\frac{1000 \times b \times c}{60}}$$

x : 1回の散布による単位面積当りの散布量kg/m<sup>2</sup>

a : 散布装置の吐出能力kg/min

表II-15 ヘリポートの規格と障害物制限表面

ヘリポートの種類	着陸帯の等級	※滑走路(着陸帯)幅		着陸帯の幅	進入区域の長さ	進入表面のこう配	水平表面の半径	転移表面のこう配	備考
		幅	長さ						
陸上ヘリポート	A	30m以上	90m以上	50m以上	1000m	1/8	200m	1/2	・ 進入表面のこう配・立地条件を勘案して特に必要と認められる場合1/20以上1/8以下で運輸大臣指定。 (航空法施行規則第2条の3) ・ 転移表面のこう配・特例あり。 (航空法施行規則第3条の2) ・ 陸上ヘリポートの着陸帯の等級Dは構築物の上に設置するヘリポートに限る。 (航空法施行規則第75条2項の表(備考))
	B	20m以上	90m~40m	40m以上	1000m	1/8	200m	1/2	
	C	15m以上	40m~15m	30m以上	1000m	1/8	200m	1/2	
	D	(1)	(2)	(1)	1000m以下で運輸大臣指定	1/8以上1/2以下で運輸大臣指定	200m以下で運輸大臣指定	1/2	
水上ヘリポート	A	1000m以上	50m以上	50m以上	1000m	1/8	200m	1/2	(1) 使用予定航空機投影面の幅の1.2倍以上。 (2) 15m以上で使用予定航空機投影面の長さの1.2倍以上。
	B	1000m~50m	30m以上	30m以上	1000m以下で運輸大臣指定	1/8以上1/2以下で運輸大臣指定	200m以下で運輸大臣指定	1/2	
(注) 着陸帯の長さ		・ 滑走路の長さを両短辺の側に、それぞれ15mに延長して得たもの。 ・ D級は使用予定航空機投影面の長さの1.2倍以上。							

b : 作業飛行速度km/h

c : 有効散布幅m

たとえば吐出能力 300kg/min の散布装置によって、時速20kmのヘリコプターで、高度20mから散布を実施し、その有効散布幅が6mであったとすると、2,000㎡に300kgの材料が散布されることになる。

### 5-3-2 飛行速度

所要飛行時間を算出するに当っては

- ・往復飛行時間
- ・作業飛行時間

に分けて考える。

- ① 往復飛行時間はヘリポート（作業基地）から、作業現場までの往復の所要時間を指し、水平距離の長短、垂直距離の有無により飛行速度が異なる。
- ② 作業時間は吐出時間と旋回時間とからなり、吐出時間は散布装置により決定され、これまでの実績から100kg当り2時間～7時間と装置による変動が大きい。
- ③ これまで旋回時間の目安としては吐出時間の1/4～1/2が用いられている。
- ④ 標準散布量と飛行速度は表Ⅱ-16に示すとおりであり、航空機造林を考えた場合、標準散布量130～750kgに対し、48～64km/hrの範囲で所要時間の算定を行うとよい。

### 5-3-3 作業飛行高度及び飛行間隔

- (1) 作業を行う時の高度は30～40mが標準で、その時の気流、地形の関係で適宜変化させる。
- (2) 飛行間隔は通常20～40mと幅があり、散布幅は資材の形状により異なる場合があるので、あらかじめ確認する。

- ① 我が国の農林水産業における散布飛行高度と飛行間隔は表Ⅱ-17に示すとおりであり、一般の航空機造林を考えた場合、飛行高度30～40m、飛行間隔20～25mが標準である。





表II-17 散布飛行高度と飛行間隔

運用分野	作業名	散布剤型	機種別飛行高度及び飛行間隔				備考		
			飛行高度	飛行間隔	飛行高度	飛行間隔			
森	病害予防除	液剤	樹冠上 5~15m	10m及び20m	樹冠上 10~15m	10m及び27m	〜204B.〜204B-2 〜107-107-2		
		液剤 (カノゾ散布)	樹冠上 5~10m	5m	樹冠上 5~10m	5m			
		液剤少量散布	樹冠上 5~15m	22m	樹冠上 10~15m	27m			
		少量散布剤	樹冠上 5~15m	22m	樹冠上 10~15m	27m			
		散粒剤	樹冠上 10~20m	15~20m					
		粉剤	樹冠上 5~15m	20m					
		型剤	樹冠上 20~30m	20m					
		散粒剤	樹冠上 10~20m	20m	樹冠上 10~20m	20m			
		散粒剤	地上 30~40m 樹冠上 20~30m	20m	地上 30~40m 樹冠上 20~30m	20~25m	地上 30~40m 樹冠上 20~30m	30m	
		散粒剤	地上 30~40m 樹冠上 20~30m	25m	地上 30~40m 樹冠上 20~30m	25m	地上 30~40m 樹冠上 20~30m	30m	
山	緑化工 (液状肥料) (液状肥料) (バーク)	散粒剤	地上 30~60m	30~40m	地上 30~60m	40~50m			
		緑化肥料 (液状肥料)	地上 3~30m	3~20m	地上 3~30m	3~20m	地上 3~30m	3~20m	
		緑化肥料 (バーク)							
		固結剤 (カノゾ散布)	地上 1~3m	散布間隔 2m 散布間隔 5m	地上 1~3m	散布間隔 2m 散布間隔 5m			
		のり剤促進	樹冠上 5~10m	20m					
		液剤	樹冠上 5~10m	20m					
		粉剤	樹冠上 5~10m	20m					
		散粒剤	樹冠上 5~10m	あらかじめ確認する。					
		水	のり剤促進	散粒剤					
				散粒剤					

(注) 1. 散布飛行高度で特に指定のない場合は、作物上又は地上からの高度を示す。  
 2. 液剤及び散粒剤における散布飛行間隔は、葉の形状等によって散布間隔が異なる場合があるため、あらかじめ散布間隔を確認する。  
 3. 散粒剤は、散粒剤及び葉散粒剤とする。

5-3-4 作業工程

航空散布に係る作業工程は次の条件を把握し算定する。

- ・機 種
- ・散布面積
- ・散布装置
- ・散布量
- ・散布諸元

① これまで述べてきた航空諸元をもとに、次の条件における作業工程の試算を行った。

- ・機 種 : ベル206B
- ・散布装置 : 横抱式
- ・散布諸元 : 飛行速度 54km/hr  
                   散布高度 15~20m  
                   有効散布幅 25m  
                   搭載重量 200 kg
- ・散布面積 : 3,000ha (実証試験の場合)
- ・散布量 : 50,000粒/ha  
                   2 kg/ha (25,000粒/kg)
- ・散布実績 :

	散布量	散布面積	1日当散布面積(5時間/1日)
散布実績	0.8kg/ha	200ha/時	1,000 ha/日
推 定	2.0kg/ha	80ha/時	400 ha/日

② 上記条件より

予定作業日数 :  $3,000\text{ha} \div 400\text{ha/日} = 7.5\text{日} \approx 8\text{日間}$

予定飛行時間 :  $7.5\text{日} \times 5\text{時間/日} \approx 37.5\text{時間}$

基地間移動時間 :  $8\text{日間} \times 0.5\text{時間/日} = 4\text{時間}$

動・復員時間 : 回航時間(バリクパパン-バンジャルマシン往復) = 4時間

作業準備及び撤収 5日間×3時間保証/日 = 15時間

従って、全ヘリコプターの使用時間は  $37.5 + 4 + 4 + 15 = 60.5\text{時間}$  となり、1日当りの飛行時間を6時間とした場合、3,000 haを播種する場合、約11日間要する。

## 5-4 散布量

### 5-4-1 種子の発芽率、粒数

種子の発芽率、粒数は、樹種により異なり、ユーカリ類、アカシア類は次のとおりである。

- ・ 航空機造林で使われてきたユーカリ類では、kg当りの粒数が7万~67万粒、発芽率は良好で一般に60~90%である。
- ・ 熱帯地域で用いられるアカシア類では、kg当りの粒数5万~10万粒、発芽率は良好で70~80%である。

- ① 種子の単位重量当りの粒数は、樹種により、また収穫時期、種子の完熟度等によって様々であり、散布量の決定に重要な因子となる。
- ② ユーカリの主な種類の種子粒数は、FAO "Forest tree seed directory"が参考となる。表II-18によると比較的大きい*B. globulus*の夾雑物を含まない種子はkg当たり約7万粒であるが、微粒種子である*B. camaldulensis* や*B. grandis* はおよそkg当たり65万~67万粒である。
- ③ アカシア類の種子のkg当りの粒数は*Acacia mangium* 90,000~100,000粒、*Acacia auriculiformis* 50,000~60,000粒であり、発芽率は *A. mangium* 70%、*A. auriculiformis* 80%というインドネシア林業省の報告がある(表II-19)。
- ④ インドネシア南カリマンタンで行った地上直播試験において、*A. mangium*、*A. auriculiformis*の発芽率は10%前後の結果が出ており、圃場発芽率50~60%と大きな差がみられた。
- ⑤ 以上のことから、播種量の決定に際しては既往の資料を用いて概数を把握することが必要であるが、さらに種子の粒数、地上での発芽率を調べておく必要がある。

表II-18 ユーカリ種子の粒数と発芽

グループ	ユーカリ種名	1gあたりの粒数		発芽			種子の 大きさ	備 考
		標 準	最 多	温度℃	日 数	発芽率%		
1	<i>E. viminalis</i>	353 ± 241	1200	25	7-14	85	微	細…ゴマ粒大 微…中粒 粉…極小
	<i>E. obliqua</i>	83 ± 49	157	15	7-28	34	微	
	<i>E. ovata</i>	563 ± 750	2923	25	3-10	78	微	
	<i>E. globulus</i>	98 ± 53	236	25	5-14	85	細	
2	<i>E. rudis</i>	574 ± 331	1400	25-35	5-14	90	微	
	<i>E. tereticornis</i>	600 ± 432	2620	25-35	5-14	67	微	
	<i>E. camaldulensis</i>	670 ± 465	3111	30	5-10	87	粉	
	<i>E. blakelyi</i>	687 ± 524	2080	25-30	7-21	93	粉	
3	<i>E. punctata</i>	208 ± 0	208	25	5-15	62	微	
	<i>E. propinqua</i>	443 ± 240	910	25	5-21	62	粉	
	<i>E. pilularis</i>	59 ± 37	195	25-25	5-21	31	細	
4	<i>E. paniculata</i>	419 ± 316	1320	25	5-21	34	粉	
	<i>E. sideroxylon</i>	226 ± 166	735	20	5-14	79	粉	
	<i>E. melliodora</i>	352 ± 231	1120	25	5-21	66	粉	
	<i>E. haemastoma</i>	117 ± 0	210	25	5-14	33	微	
	<i>E. saligna</i>	538 ± 313	1540	25	5-14	78	粉	
	<i>E. robusta</i>	454 ± 270	1240	15-25	7-14	84	微	
	<i>E. gonicalyx</i>	113 ± 0	252	25	5-14	71	細	

(西村弘行編：未来の生物資料ユーカリ、1987)  
(CSIRO : Forest Tree, Vol. N. 1~4, Australia)

表II-19 種子の発芽率及び粒数

樹種	採取時期	採取方法	貯蔵方法	貯蔵期間	相当りの粒数	発芽率
<i>Acacia mangium</i>	2月～3月 8月～9月	木に登り、枝切り器で枝を落とし、さやをとる。朔果は直接日光に2～3日当てる。	普通の室内に密封容器にて貯蔵し、室内にいし空気湿度を13℃の保湿度にて貯蔵	10年以内	90,000～100,000	70%
<i>Swietenia macrophylla</i>	6月～8月	木に登り、枝切り器のない木に攀でたね(核)をとる。	粉末のこくす等の吸収剤と保湿度を13℃の保湿度にて貯蔵	2～3か月	2,500～3,000	70%
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7月～8月	木に登り、枝を落とし、さやをとる。朔果は1～2日直接日光に当てる。	温度3～5℃相対湿度40%の乾燥低温で密封容器にて貯蔵	2年以内	200,000～250,000	50%
<i>Albizia falcata</i>	7月～8月 2月～3月	木に登り、枝を落とし、さやをとる。朔果は2～3日直接日光に当てる。	普通の室内で密封容器にて貯蔵	10年以内	50,000～60,000	80%
<i>Pinus merkusii</i>	2月～6月	木に登り、枝切り器で球果をとる。熟した球果はナイフで割り、手で種をとる。	温度3～5℃、相対湿度40%の乾燥低温で密封容器にて貯蔵	12か月以内	40,000～50,000	60%
<i>Eucalyptus deglupta</i>	4月～9月	木に登り、枝切り器でさやをとる。朔果は1～2日直接日光に当てる。	<i>Pinus merkusii</i> に同じ	2年以内	600,000～800,000	50%
<i>Acacia auriculiformis</i>	2月～3月 8月～9月	<i>Acacia mangium</i> に同じ	<i>Acacia mangium</i> に同じ	12年以内	50,000～60,000	80%
<i>Shima wallichii</i> var. <i>bancana</i>	4月～8月	木に登り、果実をとる。3～4日日光に当てて種子をとる。	温度15℃、相対湿度60～80%の乾燥低温で密封容器にて貯蔵	12か月以内	15,000～20,000	40%
<i>Peronema canescens</i>	8月～11月	木に登り、乾燥した花序をとる。乾いたバククを中につぶして種子をとる。	温度3～5℃、相対湿度40%の乾燥低温で密封容器にて貯蔵	—	15,000～20,000	40%

(林業省造林総局造林局種苗課による 1989)

〈留意事項及び問題点〉

- ① ユーカリの市販種子には花系その他の爽雑物が多く含まれ、種子の純量率は10%～20%の場合も少なくない。したがって、入手種子については使用する前に有効な種子数を調べておく必要がある。

5-4-2 種子の散布量

- (1) 種子の散布量は、種子の発芽、定着率によって決定されるものであるが、気候、土性、地表処理、地表植生の状態、又は種子の状態により様々である。
- (2) 従来の航空機造林での発芽率はほぼ30%位を目安としているのが通例である。しかしながら、大規模造林の場合には時には10%程度と見込む必要がある。

- ① カナダでのJack pine (*Pinus banksiana*) の実験 (1973~1975) では、25,000粒/ha、50,000粒/ha、75,000粒/haの散布量のうち、地拵え地区で、50,000粒/haが最も効率的で、約10,000/ha本の苗木が得られた。Black spruce (*Picea mariana*)についても、ほぼ同様であった。

播 種 量 計 算 表								
基本方針 (技術基準P. 339)	★草本類・木本類の混播とし 草本の標準期待発生本数は 4,000本/㎡ 木本 " " 1,500本/㎡とする。							
発生期待本数の補正 (技術基準P. 341)	★草本類 決定播種量 = 4,000 × 1.0 × 1.2 × 1.4 = 6,720本/㎡ 木本類 " = 1,500 × 1.0 × 1.2 × 1.4 = 2,520本/㎡							
草本類 種別 期待本数	外来種	K 31 F	14%	940 本/㎡	在来種	ヨモギ	15%	1,008 本/㎡
	70%	C R F	20%	1,344 本/㎡	30%	メドハギ	15%	1,008 本/㎡
		R T	18%	1,210 本/㎡				
		W C	18%	1,210 本/㎡				
(長野県 実播 種子配合参考)								
播 種 重 量 kg/ha (技術基準P. 339)	公 式		$W = \frac{G}{S \cdot P \cdot B}$		W : 重量 (g) S : 平均粒数 P : 純 度 G : 発生期待本数 B : 発 芽 率			
	木 本 類 ヤマハンノキ		$W = \frac{2,520}{1,800 \times 0.3 \times 0.4} = 6.06 \text{ g/㎡} = 60.6 \text{ kg/ha}$					
	外 来 種	K 31 F	$W = \frac{940}{440 \times 0.97 \times 0.85} = 2.59 \text{ g/㎡} = 25.9 \text{ kg/ha}$					
		C R F	$W = \frac{1,344}{1,130 \times 0.96 \times 0.80} = 1.55 \text{ g/㎡} = 15.5 \text{ kg/ha}$					
		W C	$W = \frac{1,210}{1,500 \times 0.96 \times 0.90} = 0.93 \text{ g/㎡} = 9.3 \text{ kg/ha}$					
		R T	$W = \frac{1,210}{3,300 \times 0.95 \times 0.85} = 0.45 \text{ g/㎡} = 4.5 \text{ kg/ha}$					
在 来 種	ヨモギ	$W = \frac{1,008}{4,100 \times 0.80 \times 0.85} = 0.36 \text{ g/㎡} = 3.6 \text{ kg/ha}$						
	メドハギ	$W = \frac{1,008}{575 \times 0.90 \times 0.80} = 2.43 \text{ g/㎡} = 24.3 \text{ kg/ha}$						

- ② インドネシアの中部ジャワでの実験(1979)では、アカシア等6種の混播に 242,400粒/ha (24.8kg/ha) が散布され、50~60%の発芽を得ている。
- ③ オーストラリアでのユーカリ類の散布には、50,000粒/ha (精選種子 1.5kg/ha) となっている。
- ④ 必要散布量の算定の例を以下に示す。
- ⑤ 産業造林では相当多数の定着苗数を期待することが望ましいが、大規模造林ではha当たり10,000本前後が定着し、成林時に500本前後あることが最低の目安であろう。
- ⑥ インドネシア国南カリマンタンで行っている地上直播試験の試験経過から種子の散布量の試算を行うと次のとおりである。

〈A. mangiumの場合〉

- ① 発生期待本数 (G) 1本/m<sup>2</sup>
- ② 平均粒数 (S) 25粒/g
- ③ 純度 (P) 80%
- ④ 発芽率 (B) 圃場 70%  
地上直播 10%

$$\begin{aligned}
 \text{播種重量 } W &= \frac{G}{S \cdot P \cdot B} \\
 &= \frac{1}{25 \times 0.8 \times 0.7} \\
 &= 0.07 \text{ g/m}^2 = 0.7 \text{ kg/ha} \\
 &\quad (0.50 \text{ g/m}^2 \quad 5 \text{ kg/ha})
 \end{aligned}$$

( ) は発芽率 10%の場合

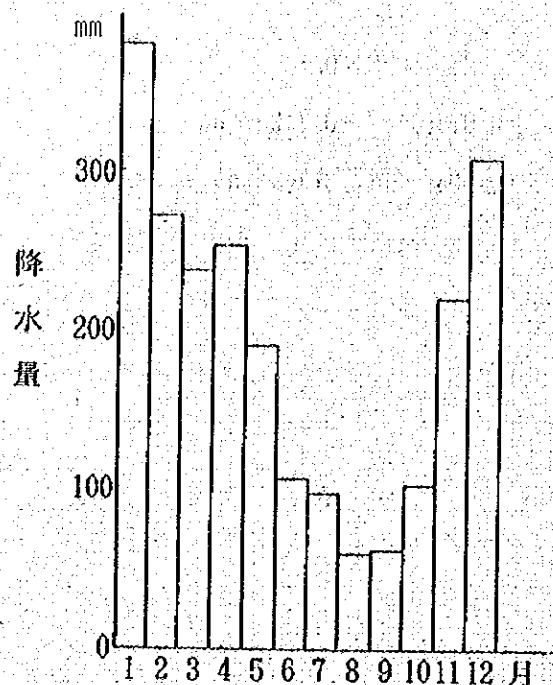
散布時期は、原則として気温等が種子の発芽、生育の適温等に達した時期とする。

すなわち、種子の一斉発芽、早期生育が最も肝要であり、必要な温度、水分条件となる時期が適期といえるが、水分条件を左右する降雨の時期や量は確実に予測できないので、温帯では気温を適期のメルクマールとする。

しかしながら、熱帯地域、特に乾季のある気候地帯は気温よりも降水、ないし乾湿度が重要な因子となる。

- ① 散布の開始時期については、年によって雨の集中する時期が異なり、一概には言えないが、雨期入り後、土壤の湿潤状態を主要因子として決定すると良い。
- ② インドネシアにおいては、一般的に11月から3月が雨期、4月から10月までが乾期といわれており、過去に中央ジャワ等で実施された航空機造林においても12月に実行された。
- ③ なお、平成2年度現地調査を行ったインドネシア国南カリマンタン州の1979年～1987年の月別降水量を次図に示す。

この図からも11月から翌年4月にかけては月降水量 200mm以上であり、この場合、散布面積等にもよるが、散布種子の発芽、生育を考慮し、遅くとも12月いっぱいには散布は終了することが望ましい。





## 5-6 運行上の検討事項

航空機の運行に当っては、飛行許可の取得手続、飛行機の台数、操縦士の状況、飛行場及び作業基地の実態、資機材の関係、散布作業に必要な資料等の検討が必要である。

### 5-6-1 飛行機の保有台数

- (1) 航空機造林を実施した経験のある国であれば、当該事業主体である林業省等の関係機関で調査する。
- (2) 航空機造林の未経験のところであれば、航空局、空軍等で調査する。

- ① 飛行機の保有台数は、林業省等の関係機関で調査するが、購入時期、飛行時間、散布経験の有無、維持管理状況等を確認し、使用可能な機種、台数を調べる必要がある。
- ② 現在インドネシアにおいて、航空機造林用として使用可能な飛行台数は次のとおりである。

#### ア. 固定翼機

ピラタス式 PC-6ターボポート ; 5台

#### イ. 回転翼機

ベルコウBO-105	; 19台	ベル 204B	; 4台
ベル 412	; 8台	アルウエットⅢ/SB-3160	; 5台
ベル 212	; 11台	アルウエットⅡ/SB-3180	; 1台
ベル 206B	; 16台	ドーファン/SA-365C	; 2台
ベル 205	; 6台	シコルスキーS-58	; 6台

### 5-6-2 操縦士等の要員

対象国における操縦士及び整備士の員数を把握するとともに、その技術レベルについても調査する。

- ① 操縦士の状況については航空各社にある表Ⅱ-20に示す飛行経歴一覧表により判断するとよい(次頁の表参照)。
- ② ヘリコプターによる散布作業の経験を有する操縦士は、開発途上国においては僅かであるため基本訓練が必要である。

表II-20 操縱士飛行經歷一覽

No.	Type A / C	Ground Total	P I.C	Night	I F R	B 212	B 206	BO 105	Offshore	Sling Load
01.	Bell 212, B 206, BO 105	7340.2 hrs	7140.0	220.4	190.2	3326.4	2795.2	1005.7	4323.4	2596.2
02.	Bell 212, B 206, BO 105	4390.5 hrs	4190.5	102.2	80.4	2215.2	1850.3	1025.2	2132.5	1955.8
03.	Bell 212, B 206, BO 105	7242.0 hrs	7042.2	212.3	150.3	3512.2	2204.7	1225.3	4428.9	2201.4
04.	Bell 212, B 206	7257.5 hrs	6989.0	249.6	220.9	3085.7	3488.6	-	4354.4	2902.0
05.	Bell 212, B 206	8910.2 hrs	8611.3	321.2	252.3	4265.0	2879.1	-	5346.0	3564.4
06.	Bell 206, BO 105	4205.6 hrs	4001.6	208.7	190.2	1050.1	410.6	1363.3	2523.6	1261.2
07.	Bell 212, B 206, BO 105	7444.1 hrs	7112.0	215.1	208.4	1167.1	5901.0	180.2	3214.3	2362.8
08.	Bell 212, B 206, BO 105	6329.6 hrs	5974.1	203.3	187.5	1550.3	4572.7	195.4	3050.4	2327.6
09.	Bell 212, B 206, BO 105	5729.7 hrs	4974.1	176.4	168.3	528.3	4196.1	987.2	3432.2	1716.0
10.	Bell 212, B 206	-	-	189.5	178.1	1390.9	4021.8	-	3442.6	1861.8
11.	Bell 212, B 206, BO 105	2781.7 hrs	2166.2	93.9	86.7	1610.4	329.7	566.3	1653.6	826.8
12.	Bell 212, B 206, BO 105	4970.6 hrs	4371.9	112.2	98.7	3095.6	312.1	929.2	2046.3	1473.1
13.	Bell 212, B 206	6141.5 hrs	5417.4	193.1	169.8	1110.8	4106.6	-	2684.4	1342.8
14.	Bell 212, B 206	2337.3 hrs	538.0	75.2	34.9	2220.4	238.2	-	1202.2	934.8
15.	Bell 212, B 206	2377.0 hrs	540.5	80.4	39.9	2155.0	290.1	-	1190.3	950.1
16.	Bell 212, B 206	656.0 hrs	13.3	24.2	18.4	426.1	-	-	393.7	196.8

Note: No. 7, 8, 10, 11, 12, 13, ATPL Course in Progress

Operation Manager

- ③ 外国人操縦士による場合は各国の労働基準法に準拠して手続を進める必要がある。
- ④ インドネシアの場合、ヘリコプターの飛行経験時間は、A社の飛行経歴一覧表のとおりであり、他社についても同様である。一般的に不足はないと見られるが、ヘリコプターによる散布作業については未経験であるとみられる為、インドネシア人操縦士により実施する際はあらかじめその経験のある外国人（日本人）操縦士により約10時間の散布基本訓練及び約15時間程度の実地作業訓練（O. J. T.）を実施する必要がある。一方外国人（日本人）操縦士による場合はインドネシア側航空会社の協力により労働許可を得る事で対応可能である。
- ⑤ 操縦士の確保の他、機材の整備体制についても調べる必要がある。つまり、整備士の状況、部品の調達方法及びストック、故障の場合の連絡要員等である。

### 5-6-3 飛行場及び作業基地の条件

- (1) 主基地となる飛行場については、夜間繫留の可能性を調査し、ヘリコプターの管理について空港関係者との調整を行う。
- (2) 播種の為の作業基地は、運航上効率的なところに設置するとともに安全面、経済面での検討を行う。

- ① 予備調査の段階で、資料的にはカバーできる。
- ② 繫留基地として、散布時以外、夜間等、機体を繫留するとともに、機体の整備、散布装置の付け替え等もここで行う。
- ③ ヘリコプターの管理についても、空港関係者との調整が必要である。
- ④ 作業基地の立地条件としては次のような事項が考えられる。
  - a. ヘリコプターの離着陸に支障となる物件がないこと。
  - b. 霧などの発生しやすい地形での作設は避ける。
  - c. 出発、進入経路上に空地、水路など適当な不時着場の確保が必要である。
  - d. 作業効率、散布経費の関係を考慮して、できる限り散布地に近い方がいい。  
(平均片道距離：2km以内、平均標高差は距離の1/10以内が望ましい。)
- ⑤ 我が国の例であるが、作業基地作設に当り、次表Ⅱ-15の規格が参考になる。

## 6. 造林事業計画

### 6-1 計画の基本的考え方

航空機による造林計画の策定に当っては、本造林が環境造林であることを第1義とし、地域の特徴、樹種の選定、航空機に係る諸条件、施工時期等を考慮し行うものである。

- ① これまで述べたように、本マニュアルはインドネシアを航空機造林の対象地として想定しており、熱帯、亜熱帯の多雨林季節林における禾本科草地を中心に「環境造林」としての森林回復を図るものである。
- ② まず、地域の特徴への対応として次のものがある。
  - a. 気象条件への対応
    - 種子の発芽及び生育に最も関与する要因は、温度と水分である。
    - ・気 温：Acacia auriculiformis, A. mangium 及びEucalyptus globulus, B. grandis を主要な樹種とすれば、年平均気温が15℃以上の地域を対象に選定する必要がある。
    - ・降水量：発芽及び生育条件に対して、降水量に雨期と乾期の現象が著しい。散布種子の発芽成長には降水量が月平均80mm～100mm程度は必要である。  
一方、降水量が月平均300mm以上では、種子の流亡の恐れがある。
  - b. 立地条件への対応
    - 傾斜が20～40度の範囲については、地形、植生等の状態に応じた施工方法をとるものとする。傾斜40度以上の裸地においては、治山事業的緑化施工を計画するものとする。
    - 実施においては、地表の植生状態が発芽及びその後の生育に関係するところが多いので、樹木の成立促進を図る（地がき、火入れ等）何らかの処置を必要とする場合もある。
- ③ 航空機種種の選定については、既往の航空機造林調査事例報告では、固定翼の航空機を用いているものが多いが、インドネシアの候補地の場合、対象地の面積規模周囲の土地利用条件、林道の現状等からみて回転翼の航空機を用いる考えで施工の計画をするのが良策と考える。
- ④ 施工時期への対応として種子の発芽及び生育を考慮し、年または月の平均気温が20

℃以上、降水量は、月 100mm以上 200mm以下の条件を目安に実施時期の計画をする（各種気候の資料を参照）。施工予定地周辺の気温、降水量から施工時期を判断すれば、発芽及び生育に好条件となる乾季あけの10月～11月に種子散布を計画するのが妥当と考えられる。

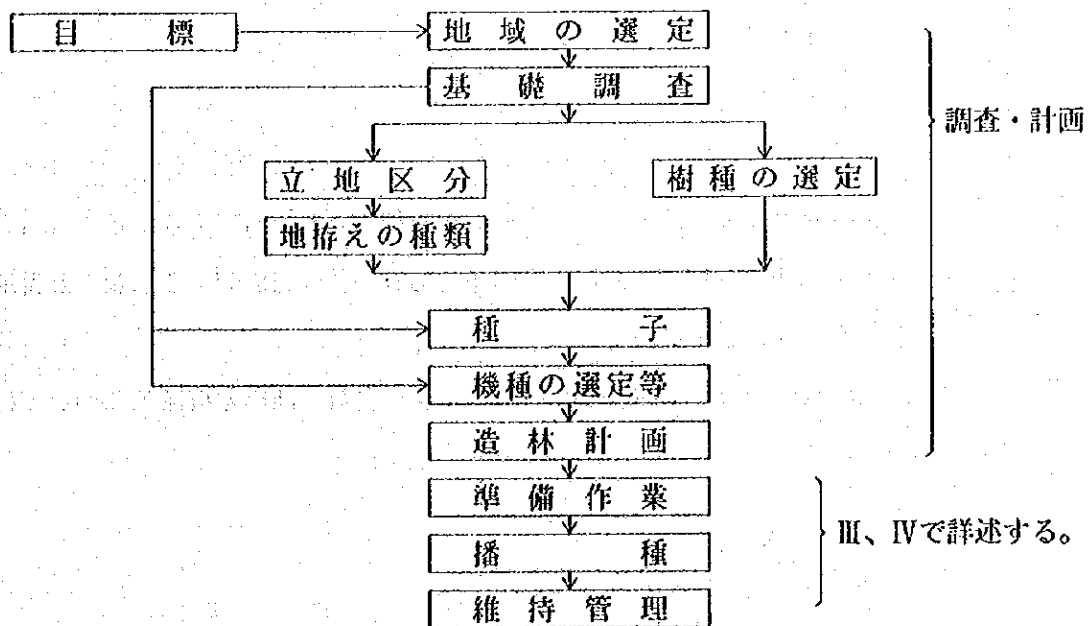
⑤ ちなみに、インドネシアを想定し、地表傾斜に応じた工法を整理すると次のとおりである。

地 表 傾 斜 (度) ～	草 地		裸 地	
	工 法	概 要	工 法	概 要
～20	から播工法	草本類の生育密度により適度の地がきや火入れが必要の場合がある	から播工法 または スラリー方式	(緑化資材の併用)
20～40	同 上	同 上	同 上	緑化資材の併用
40～	から播工法 または スラリー方式	強度の火入れ、地がきは避ける	スラリー方式	緑化資材、基礎工の併用が必要

## 6-2 作業スケジュール

### 6-2-1 造林作業手順

これまで述べてきた、計画調査に基づき造林作業の手順を示すと図II-3のとおりである。



図II-3 造林作業手順

6-2-2 作業スケジュール

種子散布の適期を10月ないし11月とすると、計画調査から散布種子の維持管理までの作業スケジュールは次のとおりである。

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
(計画調査)																
地域の選定	←→															
基礎調査	←→															
立地区分		←→														
樹種選定		←→														
種子の確保			←→													
機種を選定等				←→												
(準備作業)																
種子の調達		←→														
種子加工				←→												
地 拵 え					←→											
飛行準備						←→										
(種子散布)																
資 機 材						←→										
実 播 作 業							←→									
(維持管理)												←→				

航空機造林の対象面積は、1プロジェクトが管理できる能力により決定されるものであり、散布種子が発芽定着し、生育し、小面積であれ、林分を構成する樹齢を熱帯地域で考えると、おおよそ5～6年が目安である。

なお、年次計画に基づく①種子量②ヘリコプター台数③地拵え機械等については、別途求める必要がある。

### Ⅲ 準備作業

#### 1. 種子

計画、調査段階で樹種、数量が決まった後、航空種子散布のため、次の準備作業を進める。

##### 1-1 調達

- (1) 種子の調達方法としては、自給、購入及び輸入がある。
- (2) 自給の場合、林業関係機関を通じて行い、購入は種子取扱い業者を通じ行う。
- (3) 輸入については、林業種苗法等に基づき、適正な手続を行う。

- ① すでに採種園が造成され、目的樹種の生産量が豊富にある場合は、自給により種子を確保する。
- ② インドネシアにおいては、1989年現在、Pinus merkusii, Eucalyptus urophylla, E. degluptaの播種園9ヶ所 503haが整備されており、さらに種子供給林が造成中である。
- ③ 種子は林業省ないし種子生産技術センターを通じ調達する。
- ④ 種苗会社のあるところは、以下の点に留意し購入する。
  - a. 発芽率
  - b. 採取年月日
  - c. 貯蔵期間
  - d. 産地
- ⑤ インドネシアにおいては、表Ⅲ-1に示す登録業者を通じての購入が一般的であるが、国営林業公社を通じ農民から購入する例もある。
- ⑥ 熱帯地域で使用されている造林樹種のうちユーカリ類及びアカシア類の大半がオーストラリアのものである。

オーストラリアからの輸入はオーストラリア林木種子センターに直接申し込むとよい。
- ⑦ インドネシア林業省は、種子生産を林政の重要課題の一つとして取りあげ、次のよ

うな法律を整備している。

a. 林業用種子に関する林業省大臣布告 (ko. 57/kpts-11/1990)

b. 林業用種子の輸出入に関する規則

c. 種子輸入許可書 (No.462/Kpts-11/1990)

表Ⅲ-1 種子及び苗木の取扱いを許可された企業一覧表

企 業 名	取扱い許可品目		本社所在地
	種子	苗木	
PT Kaltimex Jaya Group	—	○	Jakarta
PT Kayu Klapan Timber	—	○	Jakarta
PT Djajanti Group	—	○	Jakarta
PT Bina Merata	○	—	Jakarta
Perum Perhutani	○	○	Jakarta
PT Inhutani 1	○	○	Jakarta
PT Inhutani 2	○	○	Jakarta
PT Inhutani 3	○	○	Jakarta
CV Sumber Bibit	○	—	Bogor
PT ITCI	○	—	Jakarta

注) 1990年12月現在。

〈留意事項及び問題点〉

- ① 調達に関する個々の実態については把握できたが、今後事業化を考えた場合、種子の貯蔵状況、質的内容等が短期間で得ることができるシステムづくりが必要である。
- ② 大量の種子を用いるため、自給を前提とした考えが基本となり、これを助長するため造成後の森林からの種子の供給も考慮する。
- ③ 種子の調達については、量的確保もさることながら質的レベルの維持も重要である。このため、種子の純度及び発芽率に関与する採取の適期を把握しておく必要がある。



## 1-2 精 選

### 1-2-1 精選方法

- (1) 購入時に精選をしてくる場合もあるが、一般的には精選が必要である。種子の精選は種子加工の効率、ひいては散布量や発芽率に大きな影響を及ぼす。
- (2) 採取し脱粒した種子より夾雑物を除き去るには、一般に次の方法が用いられる。
- ・ふるいわけ
  - ・風 選
  - ・液 体 選

① ふるいわけについては、種子を夾雑物と比重差などで選別するまえに大きさによって、ふるい出すために種子より大きい目と小さい目の2種のふるいを用いる。

量的な処理には、回転式脱種器、動力選種機等がある。

② 風選については、種子には風をあてごみ等を吹き飛ばし、比重の大きいたねを選び出す方法で、量的には電動扇の回転で樹種に応じた風速を用いて選別する。風選は最初弱、その次にやや強で行い貯蔵用と早期播種用と分けることもある。風選は樹種により選別能力に差がある。すなわち、内容充実粒とシイナとの比重がほぼ等しい樹種ではその効果は少ないが、比重の差のあるものでは95%以上の充実種子率が得られるとされている。

③ 液体選については、水、アルコール、石けん液、グリセリン等を用いて虫害粒やシイナを除くもので、水では吸水能力の差によって沈下時間が違うのを利用する法、食塩水を使う法などがある。石けん水は選別後直ちに洗い去る。水での精選は、発芽促進を兼ねる場合もある。アルコール等薬品を用いるものは、大量処理には用いられない。

④ インドネシアにおいては、ほとんどの造林用樹種の種子について、下記の精選を行っている。

a. ふるいわけ (seiving) .....Acacia mangium

Anthocephalus cadamba

b. 乾燥、混合(Drying/Mixed).....Eucalyptus urophylla

Paraserientes falcataria

## 1-2-2 ユーカリ類の精選

- (1) 樹種により夾雑物(chaff)と種子の大きさ、重さ、形状は異なり、精選は可能である。
- (2) *B. globulus* のような微小種子以外はふるい選が可能である。
- (3) オーストラリアでは、ふるい選の他、風選(Air blowing)、重力選(Specific gravity separator)が実用化されている。

- ① *Bucalyptus cloeziana* 及び *Monocalyptus spp* 以外は夾雑物(chaff)と種子の大きさ、形状、重さは異なり精選は可能である。
- ② 平成元年度の発芽試験に用いた *B. camaldulensis*, *B. globulus* はふるい選が可能であった。
- ③ 種子と夾雑物との大きさの違いを利用したふるい選はオーストラリアで一般的に利用されており、ふるいの大きさも樹種により決まっている。
- ④ 風選は、種子と夾雑物(chaff)との重さの違いを利用したもので、オーストラリアではプラスチックチューブに風を送る調整装置をとりつけ、夾雑物を取り除く。この方法は、大量精選には不向きである。
- ⑤ 重力選は、ユーカリ類のいくつかの樹種で実施されており、純量率が10%から90%まで上がったとの報告がある。

この方法は、プレートに振動装置をとりつけたもので、種子と夾雑物の重さの違いを利用したものである。

### 〈留意事項及び問題点〉

- ① ユーカリ類の精選のうち、重力選が今後の課題であり、処理能力、実用性等の検討が必要である。

### 1-3 貯蔵

航空機造林では、大量の種子を確保し、散布まで貯蔵することが必要である。

また、種子の豊凶のある樹種では特に重要である。

(1) 種子の貯蔵には、乾燥貯蔵と保湿貯蔵がある。前者は乾燥重量にして10%以下まで低下させてもよい乾性種子に、後者は乾燥重量が20%前後を生死の限界とする含水率の高い種子に用いられる。

(2) 大量の種子を使用する航空機造林においては、散布時期までに一定量の種子を確保しなければならない。このためには樹種の特性に合った貯蔵施設が必要である。

#### ① 乾燥貯蔵

a. 常温貯蔵：密封しない貯蔵と密封貯蔵がある。後者には乾燥剤を使用するもの、その際、硫化加里などの活力抑制を併用するものがある。

b. 低温貯蔵：最高10℃を超えない条件で貯蔵する。種子の含水量は5~7%にする必要がある。乾燥剤、活力抑制剤、活力回復剤を使用する場合は密封貯蔵をする。

#### ② 保湿貯蔵

含水率の高い種子を貯蔵するためには、種子から放出する水分を制御しながら種子の水分を維持し、常に含水率20%以上に保つことが必要である。ビニールの袋に入れ、水分の蒸散を抑制するなどの方法で、ある程度まで、貯蔵することは可能である。しかしながら、含水率の高い種子には、低温に耐えるものと15℃以下の温度では、死滅するものがある。

したがって、II-4-2-3で述べたように、15℃~0℃の低温で貯蔵するものと、15℃以上で貯蔵するものに分ける必要がある。

③ 熱帯性樹種の貯蔵と寿命及びインドネシアにおける貯蔵方法について表III-2、III-3に示す。

④ 乾燥貯蔵において、常温貯蔵の場合、地下室や風通しのよい屋根裏、低温貯蔵の場合、電気冷蔵庫、電気低温防湿装置付タネ貯蔵庫がある。

⑤ 保湿貯蔵において、電気冷蔵庫を利用する低温貯蔵と土中貯蔵がある。

⑥ 貯蔵施設は、主基地周辺に事業全体の種子をストックするため、上記④、⑤の器材が配備されたものを設ける必要がある。作業基地では短期的に保管・貯蔵する簡易な

施設でよい。

表Ⅲ-2 熱帯降雨林樹木種子の貯蔵と寿命

樹 種	貯 蔵 可 能 期 間		
	室 温	21℃	4℃
Leguminosae (マメ科)			
<i>Parkia jaranica</i>	4年以上	4年以上	4年以上
<i>Dialium costiacae</i>	3年以内	3年以内	3年以内
<i>Intsia palembanica</i>	数年以上	数年以上	数年以上
<i>Pterocarpus</i> spp.	数年間	数年間	数年間
Dipterocarpaceae (フタバガキ科)			
Red Meranti group			
<i>Shorea ojalis</i>	4カ月	4カ月以上	数時間
<i>Shorea leprosula</i>	2~3カ月	3カ月以上	2日間
<i>Shorea parvifolia</i>	数カ月	数カ月	2日間
<i>Shorea curtisii</i>	数カ月	数カ月	数時間
<i>Shorea platyclados</i>	数カ月	数カ月	2日間
White Meranti group			
<i>Shorea telura</i>	7カ月以上	7カ月以上	7カ月以上
<i>Shorea assamica</i>	数カ月	数カ月以上	2~3カ月
<i>Shorea bracteolata</i>	数カ月	数カ月以上	2カ月
Dammar Itilam group			
<i>Shorea resina-nigra</i>	数カ月	数カ月以上	3週間
<i>Shorea multiflora</i>	数カ月	数カ月以上	3週間
<i>Hopea odorata</i>	数カ月	数カ月以上	2カ月以上

表Ⅲ-3 種子の採取・貯蔵方法等

樹種	採取時間	採取方法	貯蔵方法	貯蔵期間
<i>Acacia mangium</i>	2月～3月 8月～9月	木に登り、枝切り器で枝を落し、さやをとる。  朔果は直接日光に2～3日当てる。	普通の室内ないし空気調整をした室内に密封容器にて貯蔵	10年以内
<i>Swietenia macrophylla</i>	6月～8月	木に登り、枝切り器ないし、手でたね(核)をもぎとる。	粉炭、のこくず等の吸収剤と殺菌剤を混ぜ、15℃の保湿低温で密封容器に貯蔵	2～3カ月
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7月～8月	木に登り、枝を落し、さやをとる。  朔果は1～2日直接日光に当てる。	温度3～5℃、相対湿度40%の乾燥低温で密封容器にて貯蔵	2年以内
<i>Albizia falcataria</i>	7月～8月 2月～3月	木に登り、枝を落し、さやをとる。  朔果は2～3日直接日光に当てる。	普通の室内で密封容器にて貯蔵	10年以内
<i>Pinus merkusii</i>	2月～6月	木に登り、枝切り器で球果をとる。  熟した球果はナイフで割り、手で種をとる。	温度3～5℃、相対湿度40%の乾燥低温で密封容器にて貯蔵	12カ月以内
<i>Eucalyptus deglupta</i>	4月～9月	木に登り、枝切り器でさやをとる。  朔果は1～2日直接日光に当てる。	<i>Pinus merkusii</i> に同じ	2年以内
<i>Acacia auriculiformis</i>	2月～3月 8月～9月	<i>Acacia mangium</i> に同じ	<i>Acacia mangium</i> に同じ	12年以内
<i>Shima wallichii</i> var. <i>bancana</i>	4月～8月	木に登り、果実をとる。  3～4日日光に当て種子をとる。	温度15℃、相対湿度60～80%の保湿低温で密封容器にて貯蔵	12カ月以内
<i>Peronema canescens</i>	8月～11月	木に登り、乾燥した花序をとり、乾いたバックの中でつぶして種子をとる。	温度3～5℃、相対湿度40%の乾燥低温貯蔵庫に密封容器にて貯蔵	——

## 1-4 発芽促進方法

### 1-4-1 発芽促進法

- (1) 乾燥貯蔵された種子は、休眠状態に入っているため、発芽させるには休眠打破の発芽促進処理を必要とするものが多い。
- (2) 発芽促進には、光照射、浸水法、低温湿層処理、高温及び低温湿層処理、温度シフト、種皮に機械的傷害を与えるなどの処理法がある。

- ① 光照射は赤色光及び自然光で発芽促進される。遠赤色光で発芽抑制される。
- ② 浸水法は通常冷水に1～5日間につけておく。発芽抑制剤が用いられてときには1日に2～3回水を取り替える。
- ③ 低温湿層処理は低温（1～10℃）で湿った水ごけ、泥炭末、砂、おがくずなどに混ぜるか、層別にして適当な水と酸素を与える。これによって、種子の後熟が進み、また種皮の機械的抵抗が弱まる。
- ④ 高温及び低温湿層処理は低温におく前がある期間20～30℃の高温におくもので、発芽に長い期間を要するものに用いられる。
- ⑤ 温度シフトは次のものがある。a. 40～60℃の高温条件に30～60分置く。b. 熱湯処理は沸点に近い熱湯に数秒つける。c. 80℃に数分つける。d. 50℃に1～5日つける。
- ⑥ インドネシアでは、アカシア類、アルビジア類で熱湯処理をするが約1日放置し、播種している。
- ⑦ 傷つけ処理は種皮にナイフ、サンドペーパーで傷をつける。

### 1-4-2 機械による傷つけ処理

- (1) 航空機造林に当たっては、大量処理の可能な方法が求められる。
- (2) 蕎麦皮剝機を用いた例では、1時間に200～300kgの処理能力があり、発芽率も80%以上を示した。

- ① 岩田式小型（MF）蕎麦皮剝機を用い、*Acacia mangium*及び*Acacia auriculiformis*

の傷つけ処理し、発芽率を調べた。

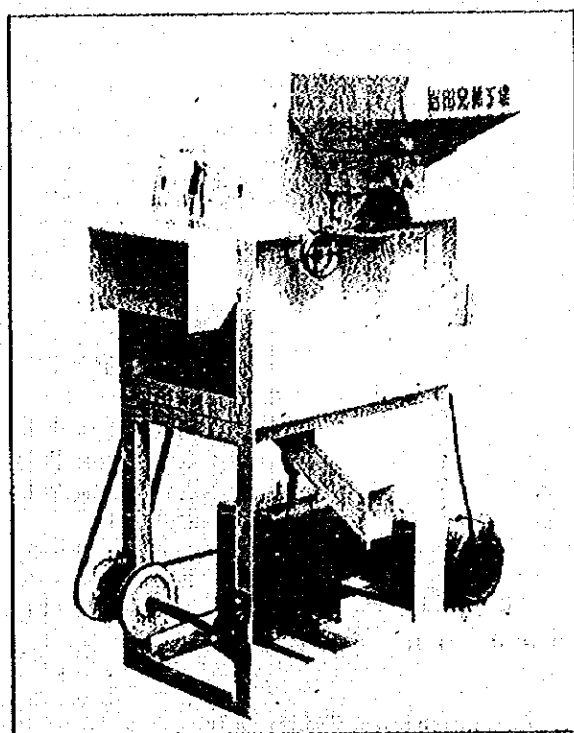
- ② *A. mangium* については、機械処理、熱湯処理とも発芽開始後9日目に80%、*A. auriculiformis*については、機械処理の方が熱湯処理よりも早く発芽を開始した。
- ③ アカシア類に対する本機械の傷つけ処理能力は、1時間に200～300 kgで、ヤスリを使った手による方法は1日500粒と比べ格段の差がある。

熱湯処理の場合と比べ、特に処理量との差はみられないが、処理後の放置時間等を考えると機械処理の方が早期に運搬が可能である。

- ④ 航空機造林のような大規模な森林回復を行うものは、周囲の環境条件等から短期間で発芽することが重要である。*A. auriculiformis*の場合については、機械処理が熱湯処理よりも短期間で、高い発芽率を示しており、機械処理による方法が、航空機造林に適する。

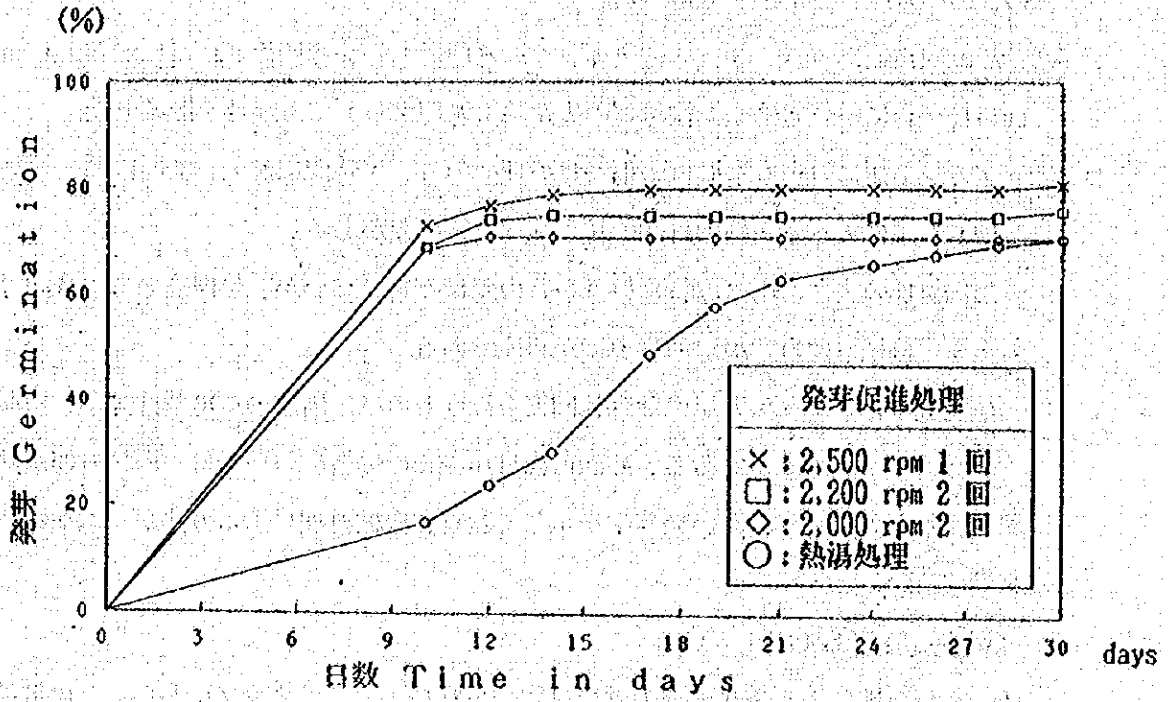
#### 〈留意事項と問題点〉

- ① 機械処理による発芽促進の効果は認められた。インドネシアにおいてこの機械を使用する場合の諸手続の検討が必要である。
- ② 機械処理された種子の貯蔵能力、発芽能力など不明な点が多く、今後の検討課題である。

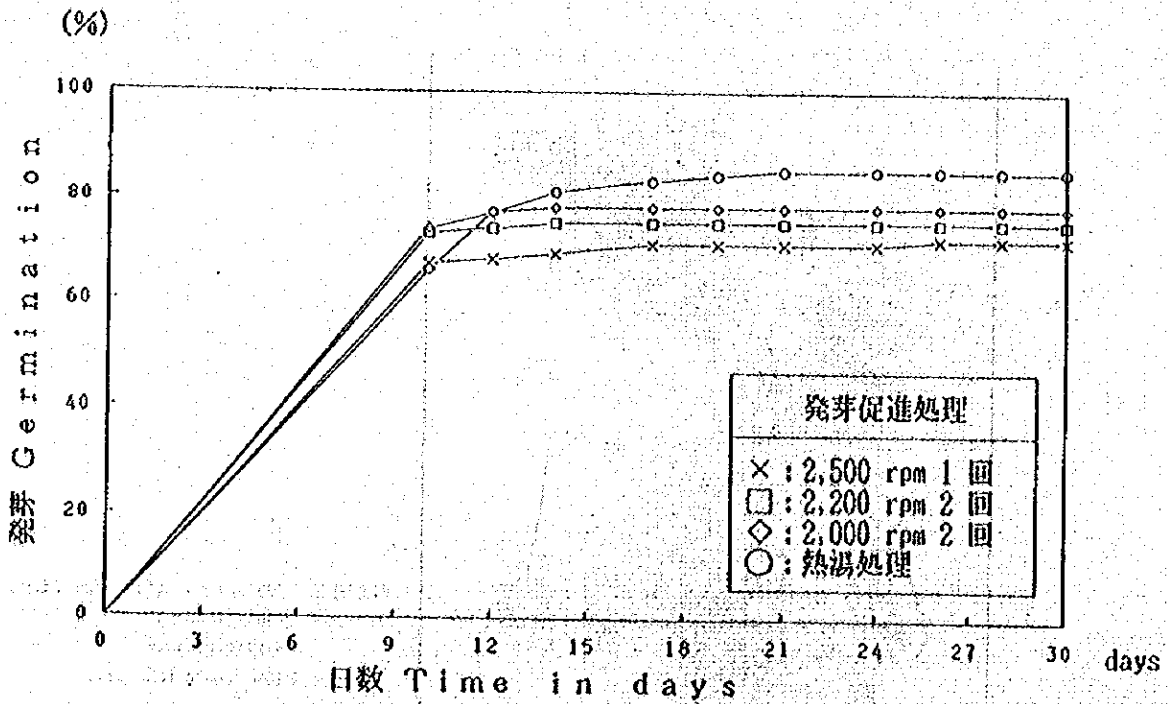


外形寸法：805(縦)×575(横)×1055(高)mm  
モーター：750W (200V)  
無段変速機付き  
能 率：100～200kg/h(approx)

写真 岩田式小型(MF)蕎麦皮剥機



図Ⅲ-1 *A. auriculiformis*の発芽経過



図Ⅲ-2 *A. mangium*の発芽経過



## 2. 種子加工

コーティング技術の林業種子への応用はカナダやアメリカでマツ類などで実施されており、その目的は種子の重みづけ、食害忌避、菌害防止、発芽促進、造粒成形、散布材の確認などである。我が国では、スギ、ヒノキ、マツ類について研究段階である。

また、インドネシアのように、コーティングの経験がない場合はコートの一必要性の検討とともに、種子加工法の開発が必要となる。

### 2-1 コーティング材料

- (1) コーティング種子が吸水して、発芽する際のコート層の状態の相異により、大別してa) クラックタイプb) 崩壊タイプc) 膨張タイプの3種類ある。
- (2) コート種子の大きな特徴の一つは、コート層に目的に応じた種子の発芽あるいは初期成長に有効な資材を層状又はコーティング基材と混合して添加できることである。

- ① 上記のタイプのコーティング基材は各種の粉体や糊材について検討した結果、独自に開発されたものである。どのタイプで加工を行うかは裸種子の発芽特性やコート種子が使用される対象地域の自然条件により選択される。
- ② 種子に有効な資材を添加したコート種子は、裸種子より現場での欠株防止に役立つことが期待される。このような資材としては次のものが挙げられる。
  - a. 初期成長性増進：肥料、微量要素、植調剤、共生菌
  - b. 苗立枯れ防止：リゾクトニア菌、ピシウム菌等の殺菌剤
  - c. 虫害防止：有機リン剤、カーバメート剤、ピレスロイト剤等の殺虫剤
  - d. 鳥害獣の食害防止：チウラム剤、着色コート化
  - e. 発芽性向上：植調剤、保水剤
- ③ 平成元年及び2年度に実施したコート種子の発芽試験においては、クラックタイプ、崩壊タイプとも高い発芽率を示した。
- ④ 一方、平成2年度にインドネシアで実施した地上直播試験においては、コート種子と裸種子との発芽、生存、成長に差はみられなかった。

## 2-2 コーティング加工技術

- (1) コート倍率（裸種子に対するコート種子の重量倍率）の大小により、発芽の状態が異なる。
- (2) コートサイズに応じた圧縮強度、概略粒数が基本規格として整備されている例がある。

- ① コート倍率（裸種子に対するコート種子の重量倍率）が小さい場合には、コート層の薄いコート種子が生産されるが、コート層が薄すぎると強度が小さくなり、輸送や播種作業中割れたりすることがある。しかし、コート層の厚みが十分であってもコーティング技術によっては、コート層の圧縮強度や耐摩耗性に差が生じる。
- ② 一方コート層が厚くなる程、またコート層が硬くなる程発芽は悪くなる傾向にある。したがって発芽性能がよく、しかも、輸送や播種作業に支障のない十分な圧縮強度が要求される。
- ③ いずれのコート種子も1粒に1種が包蔵されているのはもちろん、コート種子としては播種に際しての作業性がよいことが重要であり、このためには表面が滑らかで全体に丸味のある形状ないしラグビーボール状に成型され、粒径のバラツキが少なく一定範囲に収まるようにコーティング加工することが必要である。
- ④ S化学工業KKの基本を示したものが表Ⅲ-4である。

表Ⅲ-4 S式コート種子の基本規格表

規 格	単 位	SS	S	L	LL	LLL
呼称寸法	mm	1.5~2.0	2.0~3.0	2.5~3.5	3.5~4.5	4.5~6.0
圧縮強度	g/粒	200~300	200~300	300~500	400~600	400~600
概略粒数	千粒/ℓ	210	55	28	18	9

### 〈留意事項及び問題点〉

- ① コート種子1粒に1つの種子が貯蔵されているから、精選が不完全の場合には、夾雑物を包蔵したコート粒や発芽しないコート種子など無効なコート種子ができることになる。これらを防止するための効果的な精選方法、生理的休眠などを打破し発芽を促進するための実用的方法を確立することが重要である。
- ② インドネシアにおける地上直播試験ではコートの効果は特にみられなかった。その原因として、1) コート自体、雨水に当たると溶けてしまい裸種子と同じ状態になった、2) コート資材が忌避剤、立枯病の殺菌剤の混合であり、初期成長増進の肥料の混入は行われなかった等が考えられ、種子加工の経験のないインドネシアを対象とした場合、機械の持ち込み、コスト等を考えるとさらに現地に応じたコーティング技術の開発、検討が必要である。
- ③ オーストラリアにおいては、ユーカリ類の種子は微粒（軽量）であることや、小動物により食害が多く、幼苗は菌害を受け易いこと等もあるため、飛行機を使用した従前の実播にあっては、現場作業による簡易な種子コーティングが行われた。

オーストラリアにおける森林伐採は、近年小面積伐採に移行している。これに伴って航空機造林にはヘリコプターが使用されているが、ヘリコプターは飛行高度が低く、散布種子の地表への定着率が良好なため、現在は種子のコーティングは行われていない。

### 2-3 コーティング種子の貯蔵

- (1) 航空機造林用コート種子については、裸種子に比べ発芽性能に差のないことに加え、裸種子と同じ程度の保存性も重要な条件である。
- (2) コート種子保存性試験の結果、1年間貯蔵した種子の発芽率は同じである。

- ① 農業用コート種子の保存性試験によると、既に裸種子とほぼ同じレベルに達している。
- ② 高温、高湿度の保存条件下では裸種子同様発芽率の低下がみられ、保存性への影響度を見ると温度よりも湿度の方が発芽率低下に対する影響は大きいと考えられる。他方、密閉状態にすると1年経過でも発芽率の低下はみられない。
- ③ 平成元年度に加工した5樹種\* のコート種子について貯蔵期間が発芽に及ぼす影響

を調べるために6カ月、12カ月後の発芽試験を行った。

a. 試験はISTAの国際種子検査規程に則って実施した。

b. 試験結果は次のとおりである。

・6カ月後 …… 各樹種とも加工後と同様な発芽率を示した。

・12カ月後 …… 6カ月後と同様、各樹種とも加工後とはほぼ変わらぬ発芽率を示した。但し、カビの発生がみられ、今後、種子の長期貯蔵にあたっては、殺菌剤の検討が必要である。

\* ・Acacia auriculiformis

・Acacia mangium

・Pinus radiata

・Eucalyptus globulus

・Leucaena leucocephala

### 3. 地表処理

種子の散布前には、造林対象地の選定が決まり、それと同時に地表処理の要・不要、必要な場合は地表処理方法も決定されるものである。

ここでは、火入れ作業及び機械作業に関し、準備しなければならない事項について述べる。

#### 3-1 火入れ作業

(1) 火入れ作業に入る前に、人員、器具等の確保が必要である。

(2) 場所によっては、防火帯を設置する。

① 熱帯地域の広域造林予定地における火入れ作業の工期としては、不明確な部分が多く、予測は困難であるが、単純な火入れ作業であればha当たり2～3人程度の地上労務を予定すれば十分であろう。

② 延焼防止のため小区画単位で実行せざるを得ない現地があり、周囲の状況により地形等を勘案し区画を定め、その境界に5～8m程度の防火帯を設ける必要がある。

### 3-2 機械作業

- (1) 使用機械の選定後、必要台数の確認、調達を行うとともに、航空機造林の対象地への輸送経路も検討する。
- (2) 作業に当たっては、機械類の整備体制、機械燃料輸送、オペレーター、地上作業員等の整備が必要である。

- ① 必要台数の確認は、林業省における地表処理機械の台数を把握するとともに、維持管理について調べる。
- ② 必要機械の購入は、アタッチメントの在庫、機種の内容を十分調べた上で決めるべきである。
- ③ 輸送経路については、対象地のアクセス調査の段階で検討を行い、必要に応じて作業路の新設を計画内容に組み込む。
- ④ 通常、地拵え用機械は、修理工場、作業ヤード等作業基地の作設、それに係る各種機具類の調達、このための敷地、水源、光熱源等の整備も必要である。
- ⑤ 現地においては、作業基地周辺に地拵え機械をおくこととし、機械用車庫等の設置は不要と考える。
- ⑥ 防火帯の作設に当たっては機械地拵えの場合は区域の確定と生育木の保護を考え、幅10mを標準とし、沢筋に残存する広葉樹天然林については極力残すようにする。
- ⑦ 機械作業における作業手順は次のとおりである
  - a. 機種の選定及び必要台数の算定
  - b. 機械、燃料、機材の調達
  - c. オペレーター、作業員の確保
  - b. 機械、燃料、機材類及び人員の輸送手段
  - e. 作業適期前の機械類の輸送、搬入及び基地作設

#### 〈留意事項及び問題点〉

熱帯地域で機械作業を行う場合は、特に以下の事項に留意しなければならない。

- ① ブルドーザ等の重機類の輸送には、ある程度整備された道路と重機運搬用の大型トラックが必要である。機械整備用の機材類や多量の燃料（ドラム缶）等の運搬も必要である。
- ② 機械作業には機械類に熟練したオペレーターと整備士を確保する。

- ③ 作業現地には、機械類及び燃料の格納（対盗難及び事故防止）のため機械基地を作設し、ガードマン等を配置する。

#### 4. 飛行準備

##### 4-1 航空機の使用、飛行に必要な諸手続き

航空機は一般の機械類とは異なり、その使用及び飛行に当たっては、公的機関が定めている法的な手続きを要する。

- ① 我が国において航空機造林を実施する場合、以下の法的手続きを含むとともに、農林水産省が作成した「農林水産航空事業実施指導要領」に基づき空中散布の円滑な実施をはかっている。

a. 飛行場外臨時着陸許可申請

航空法（以下「法」という）第79条 同施行規則 205号

b. 最低安全高速以下の飛行申請

法81条 施行規則 174条

c. 物件の投下申請

法89条 施行規則 196条の2

d. フライトプラン

法97条

- ② 上記の手続きは通常、航空会社が行うもので、インドネシアの場合も飛行許可の取得手続きは同様である。

当該作業飛行については、インドネシア航空局（DCA）の民間航空安全規則によることになる。

##### 4-2 地図等の準備

(1) ヘリポート等の設計計画のための地形図が必要であり、入手不可能な場合は、現地で測設する。

(2) 散布計画に基づく、散布地図の準備を行う。

① 開発途上国においては一般に地形図の整備が遅れており、当該対象地に地形図が無い場合には、空中写真を用いるか、空中写真から新たに図化を行う必要がある。

② 散布計画が出来次第これを散布地図に記入する。

操縦士は、この地図によって散布区域、除外地、障害物、危険物、危被害等注意を要する地点などを確認しながら飛行する。

③ 縮尺は、1/10,000～1/20,000程度の白地図が適当である。(青焼きコピーや貼り合わせの地図など不鮮明なものは不可)

a. パイロットは提示された地図をもとに事前に地図上で飛行計画をたて、それによって飛行する。そのほか燃料手配などの参考にも使用する。

したがって、できるだけ早目に基地別の散布区域および面積を記入し、さらに危険箇所を明示して航空会社に渡すことが、作業を円滑にし、確実な散布への保証となる。

b. 地図の保管

作業の円滑化と危被害防止の万全をはかるため、パイロットの使用した地図は、作業終了後パイロットから受取り、実施団体が確実に保管し、次の散布時にパイロットに渡すことにする。

#### 4-3 ヘリポート等の作設

(1) ヘリポートの条件については前述した通りであり、ここでは作設上の留意点及びヘリポート規格を示す。

(2) 機械・燃料倉庫の作設は、できるだけ作業基地に隣接する箇所に作設する。  
また、環境保全上、大規模な土木工事は行わない。

① ヘリポート作設上の留意点を示すと次のとおりである。

a. 一般に地表面の軟弱な所、雑草の茂った場所は避ける。

b. ヘリポートには石灰で直径4～5mの◎を書いて標識とするが、これはヘリコプターの接地点となるので、凹凸や傾斜があれば必ず均等に整地する。

c. ヘリコプターの離着陸操作は必ず風向きに正対して行うので、作業中に風向きが変化すれば、ヘリコプターの進入方向もこれにつれて変更するので注意する。

② インドネシアにおける現地調査結果によると、作業基地としては、最低限二方向が

解放され且つ50m×50m以上の平坦地を確保する必要があり、又ヘリコプターの離発着地としては防塵対策上できるだけ草地を利用し、作業基地の設営工事は資機材、ヘリコプターの燃料等の搬入路程度にとどめることが望ましい。

- ③ ヘリポート規格表  
ヘリポート作設に当たっては、表Ⅲ-5を参考とする。
- ④ 区域測量の実施、建設のための資材の運搬等を行い、施設の内容については、組み立て式等の簡便なもの考える。
- ⑤ 倉庫等には防火装置の設置は必ず行い、地上作業員が休憩できる場所も確保する。

#### 4-4 散布装置、散布材料等の配置、点検

航空種子散布の準備段階において、資機材や散布装置の開発途上国への持ち込みの可否、調達方法の検討及び点検を行う。

- ① 資機材・散布装置等の持ち込み
  - a. 工業製品の持ち込み制限の厳しい開発途上国においては外国からの航空機造林のための資機材・散布装置等の持ち込みは原則的には困難と考えてよい。
  - b. ヘリコプターのインドネシアへの持ち込みは、原則として認められていない。しかし、資機材・散布装置等の持ち込みはJICA名義による手続きで約2ヶ月位でその許可取得が可能である。
- ② 物資、機材、燃料の調達
  - a. 作業基地への物資、機材、ヘリコプターの燃料は、航空機、船、トラック等の利用が考えられる。
  - b. トラック利用の場合、道路状況の確認、作業基地への道路の新設等の検討が必要である。
  - c. ヘリコプターの燃料については、ドラム缶による貯蔵が効率的である。
- ③ 点検  
近隣に在住又は駐在する職員による毎朝夕の在庫等の点検と地元住民への説明、協力要請が不可欠である。

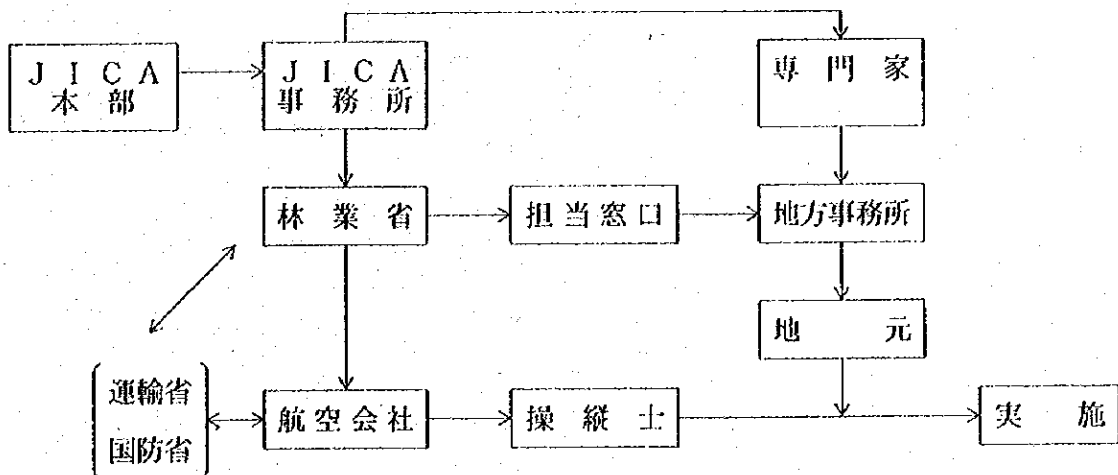


#### 4-5 要員の配置

一般にヘリコプター1台につき必要な人員は次のとおりである。

- ・操縦士 …… 1名
- ・整備士 …… 1名
- ・現場代理人 …… 1名
- ・運搬・積込 …… 数名(4~5名)

- ① 操縦士、整備士については、航空会社により優秀な人材を派遣させる。
- ② 現場代理人、運搬積込作業員については地元作業員を雇用する。
- ③ この他、航空機造林に必要な運営組織を整備する。
- ④ インドネシアを想定した場合の運営に係る作業の流れは以下のとおりである。



#### 4-6 気象資料の整備

航空機の運行に最も大きな影響を及ぼす風向、風速、気温の他、発芽に関係する降水量、気温のデータを収集する。

- ① IIの2-1で述べたように気温、降水量は、対象地最寄りの地域での資料を用いる。風向、風速については、主基地となる飛行場のデータを用いるのが最も効果的である。
- ② 我が国で作成した空中散布作業における風速の許容限度は次のとおりである。

作業の種類	風速許容限度	備 考
微量・少量散布 微粒剤F散布 粉 剤 散 布	3.0m/sec	地上 1.5m位置の風速。 散布は上昇気流のない、気流が安定している時間帯に行うのが原則である。
液 剤 散 布 粒 剤 散 布	5.0m/sec	

## 5. 総合調整

準備作業が完了し、種子散布を実施する前に、種子の調達・地拵え、飛行機の準備等の進捗状況を検討し、今後の各種作業の進め方について総合調整を行う。

表Ⅲ-5 ヘリポートの規格と障害物件制限表面

ヘリポートの種類	着陸帯の等級	※滑走路(着陸帯)		着陸帯の幅	進入区域の長さ	進入表面のこり配	水平表面の半径	転移表面のこり配	備考
		幅	長さ						
陸上ヘリポート	A	30m以上	90m以上	50m以上	1000m	1/8	200m	1/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・進入表面のこり配・立地条件を勘案して特に必要と認められる場合1/20以上1/8以下で運輸大臣指定。(航空法施行規則第2条の3)</li> <li>・転移表面のこり配・特例あり。(航空法施行規則第3条の2)</li> <li>・陸上ヘリポートの着陸帯の等級Dは構築物の上に設置するヘリポートに限る。(航空法施行規則第75条2項の表備考)</li> </ul>
	B	20m以上	90m~40m	40m以上	1000m	1/8	200m	1/2	
	C	15m以上	40m~15m	30m以上	1000m	1/8	200m	1/2	
	D	(1)	(2)	(1)	1000m以下で運輸大臣指定	1/8以上1/2以下で運輸大臣指定	200m以下で運輸大臣指定	1/2	
水上ヘリポート	A	1000m以上	50m以上	50m以上	1000m	1/8	200m	1/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 使用予定航空機投影面の幅の1.2倍以上。</li> <li>(2) 15m以上で使用予定航空機投影面の長さの1.2倍以上。</li> </ul>
	B	1100m~50m	30m以上	30m以上	1000m以下で運輸大臣指定	1/8以上1/2以下で運輸大臣指定	200m以下で運輸大臣指定	1/2	
(注) 着陸帯の長さ									
<ul style="list-style-type: none"> <li>・滑走路の長さを両短辺の側に、それぞれ15mに延長して得たもの。</li> <li>・D級は使用予定航空機投影面の長さの1.2倍以上。</li> </ul>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>※陸上は滑走路の長さ。</li> <li>水上は着陸帯の長さ。</li> </ul>									

(国際協力事業団 昭和63年度大規模森林回復技術調査報告書)

## IV 航空種子散布

### 1. 施工区域の現地標示

作業箇所等を空中から識別できるよう、必要な箇所、区域に標識等を設置する。たとえば散布区域には白色の旗、危険な箇所には赤または橙色の旗、ヘリポートおよび航路の要所には吹き流しを立てるなどの作業を行う。

### 2. 散布材料の積み込み、運搬

- ① 材料を散布装置に積み込むときには、材料がムラなく均一であること、カビ等による腐食がないこと等を確かめなければならない。
- ② 散布装置には、バケットタンク、ホッパータンクがある。ホッパータンクは材料の形質に応じた散布が可能で、補助装置が装着できるようになっている。通常の散布にはバケットタンクによるほうが効率的な場合が多い。から播き方式による裸種子及びコート種子の散布には、ホッパータンクが適当である。
- ③ 積載量は、積載能力のほか、多くの条件、状況によって決めるが、事故防止のため、超過積載は絶対にしてはならない。

### 3. 散布飛行

#### ① 平坦地での散布

図に示すように、風向きに対して直角方向に、横風を受けるように飛行する。風下側から散布を始め常に風上側に向かって旋回することを原則とし、吐出しながらの旋回は、過剰散布・ドリフト等の直接的な原因となるので絶対に行わない。

#### ② 傾斜地での散布

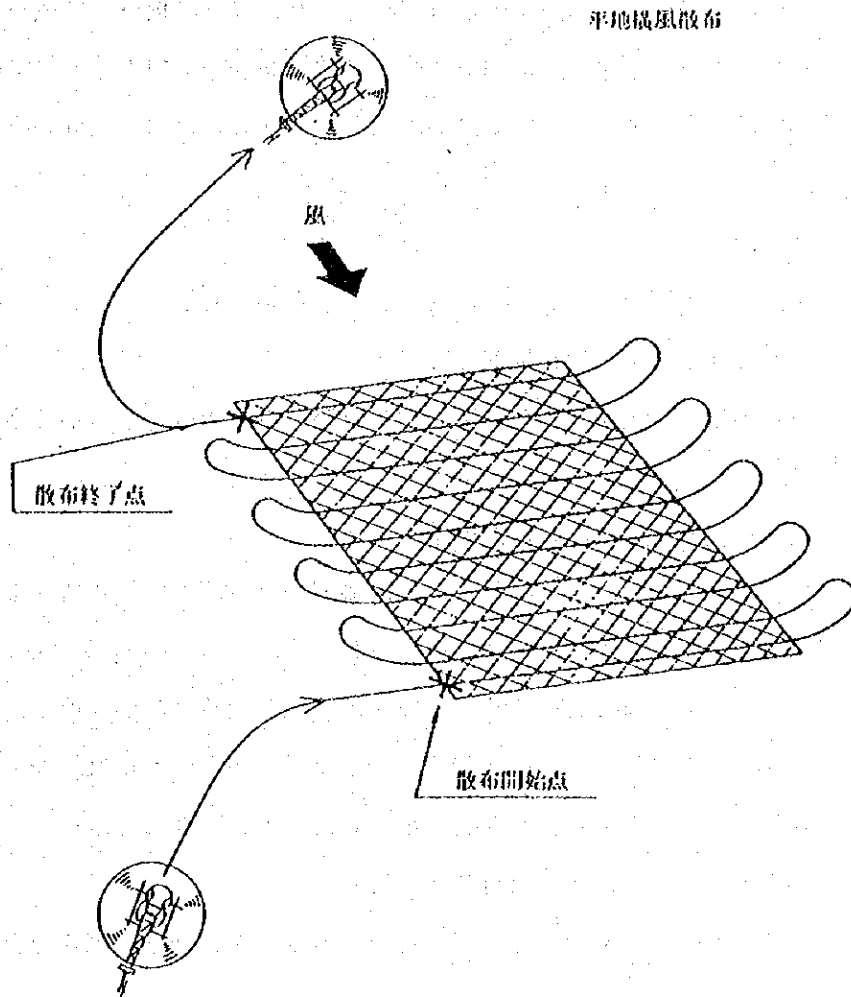
傾斜地では、等高線に沿っての散布飛行を原則とする。斜面沿いに下降しながらの散布は、ヘリコプターが発生する気流の関係で沈下しにくい場合が考えられるため、下降散布が許されるのは15度以下の緩傾斜地に限り、25度以上の場合は斜面に沿った上昇散布または斜め方向への上昇散布を反復する。

#### ③ 狭隘地その他障害物付近の散布

狭い地形、入り組んだ複雑な地形、或いは障害物のある場所など、散布飛行に制約のあるところは、確認飛行後の記憶が明瞭なうちに、積載量を制限して余裕のある状態で

作業が行えるよう配慮する。

④ 図IV-1に散布飛行の一例を示す。



図IV-1 散布飛行の一例

#### 〈散布飛行上の留意事項〉

##### ① 散布時の気象条件

散布時の気象条件については、次の事項に注意し、気象条件が適さない場合、あるいは散布中適さなくなった場合は、散布作業を中断し、待機または延期する。

##### a. 風速

地上 1.5mの位置における風速が、5 m/秒以下であること。

##### b. 気流

静穏か、多少はあっても乱流状態でないこと。

##### ② 散布飛行方法と飛行上の注意

散布装置の吐出し能力と均一散布を考慮して、計画散布量を1回あるいは2回以上

の飛行に分割して行う。

a. 平行散布

1回散布の場合で、所定の飛行間隔により、平行に飛行して散布を行う。地形の良好な所では風下からの横風散布を、急傾斜面（25°以上）では山裾から山頂への等高線散布を原則とする。等高線散布ができない場合は、上昇のみの片道散布とする。

b. 渦巻散布

1回散布の場合で、渦巻状に飛行し、散布する方法。

c. 現地ヘリポート～散布地間往復飛行

乱流の生ずる箇所、またはそのおそれがある箇所はさけるか、高度にゆとりをもつて、飛行する。

d. 散布精度向上のための留意事項

散布地域の境界が明確になるように境界標識を適正配置する。また、散布地内の見通しの効く稜線等に誘導標識を設置して、飛行目標の不足を補う。

e. スイッチのON又はOFFから種子の吐出し開始、吐出し停止まで1～2秒のタイム・ラグを考慮して、散布開始は約20m手前から、停止は約30m手前で操作する。

f. 起伏の多い地形では、高度を一定としたまま、凹部の上空において速度を減じ、凸部上で基準速度にする飛行方法をとる。

g. 特に林地の地形や気象を考慮してパイロットが風向きを確認ができるよう必要に応じ発煙筒を使用する。

発煙筒の使用にあたっては、火気に十分留意する。

③ 地上作業従事者の留意事項

積込み作業者は、保安帽、防護手袋（軍手）を着用する。

#### 4. 散布後の措置

① 散布状況の適否の判定は、計画量の80%～120%の範囲の散布量を適当とする。なお、散布にあたっての功程調査資料および飛行時間記録等を、監督員に提出する。

② 航空種子散布は、空中散布という作業特殊性から均一な散布が困難であり、とくに施工地上端、林縁部ではその傾向が強い。また空中散布後に散布材料が流亡、または施工地が侵食されることもある。そのような場合には、適当な方法で補足散布を実施する。

## 5. 監督、検査

### 5-1 監督

航空機造林作業全般の、種子、加工、地拵散布作業等について、次の監督を行う。

- ・ 散布材料の品質と数量の確認
- ・ 散布量の確認
- ・ 散布作業

航空機造林の監督に関し、とくに重要な事項を具体的に掲げると次のようである。

#### ① 散布材料の品質と数量の確認

##### a. 種子について

- ・ 所定の発芽率、純量率を有するかどうかを確認する。
- ・ 信頼できる機関の検定書がついているかどうかを確認する。
- ・ 必要ある場合は発芽検定を行う。
- ・ 数量を確認する。

##### b. 肥料について（必要な場合）

- ・ 所定の肥料であるかどうか、特にその粒型について、袋からだして確認する。
- ・ 数量の確認

##### c. その他の材料

bに準ずる。

#### ② 散布量の確認

積込みの時に数量をチェックしておき、散布地において有効に散布されたものを、散布量とする。飛行時間の記録と共に散布量を記録する野帳を作るとよい。

#### ③ 散布作業

この作業は、散布材料をムラのないように散布させることが最大のポイントである。

そのためには

- a. 図面に10m間隔程度の座標を入れておき、散布後の状況を記入し、是正指示に役立つ。
- b. 設計数量と現地数量について目を慣らしておく。
- c. 散布後は「散布状況確認調査地」について散布状況等を調査し、記録する。

なお監督員の数は、正規の監督員のほかに、飛行記録及び数量確認1名（ヘリポ

ート)、散布地に1~2名(工期調査:巡回時間吐出時間、記録及び散布確認および散布むら是正)が必要で散布地とヘリポートの間には無線連絡があると便利である。

## 5-2 検 査

熱帯地域において、航空機造林の実施後の検査についての実例はなく、ここでは我が国の国有林における航空緑化工の検査内容について略述し、参考とする。

- 1 工事の検査は、「監督・検査実施要領」などによって行う。
- 2 航空緑化工の検査は、主として播種後の経過日数と、施工方法、植物の種類等を考慮した導入植生の成立数と裸地率によって判定し合否を決定する。判定は表5-1を基準とする。
- 3 判定は散布状況確認調査地中のコドラート(原則として1㎡のコドラート)によって行う。
- 4 山腹基礎工、緑化補助工の検査合格の可否は、「治山工事検査基準」などによる。
- 5 航空緑化工は、原則として検査終了後のかし担保を適用しない。

表5-1 航空緑化工検査合格基準

検査 時点 種別	播 種 後 1 ヶ 月 以 内		播 種 後 2 ヶ 月 以 内
	大部分の種子が発芽に至っていない場合	大部分の種子が発芽した場合	
成 立 数	-----	おおむね3000本以上	おおむね2000本以上
裸 地 率	-----	10%以下	15%以下
備 考	極度の播種ムラがある場合および種子の発芽が期待できない場合は不合格とする。	導入植生の主体となるべき種類の発芽が遅れ、かつその発芽が期待できる場合は2000本以上とする。	導入植生の主体となるべき種類の成立数が極度に少ない場合、またはその生育が極度に不良な場合は不合格とすることがある。

- (注) 1 成立数とは1㎡当りの植物個体数をいう。  
 2 裸地とは土木構造物、露岩、転石等植物の成立が不可能な区域(これを植生成立不能地という。)を除いた部分(これを植生成立可能地という。)で植生に被覆されない部分(斜面投影)をいう。ただし、1個当りの斜面投影面積が25cm<sup>2</sup>未満のものは裸地とみなさない。  
 3 裸地率は  $\frac{\text{裸地部分面積}}{\text{コドラート面積}-\text{成立不能地面積}}$  で表わす。  
 4 散布状況確認調査地は1haまたは1施工団地当り3箇所を標準とし、最少5箇所、最大20箇所を設ける。  
 5 成立数、裸地率はコドラート全体の平均値とする。なお、これによることが困難な場合は実行記録、写真等により判定する。



- ① 植物は種類によって発芽適温、必要水分量等が異なり、また発芽型も異なる。したがって発芽までにある期間が必要であるとともに、同一時期に播種してもいっせいに発芽するとは限らない。なお発芽が完了した後においては、植物は一般に自然淘汰によって成立数が減少する。
- ② 航空機造林における工事の完成は播種が完了した時点であるとの考え方もできるが、一面播種後14日以内で検査を行っても成立数の確認ができない場合があるので、原則として大部分の種子が発芽した時点を工事の完了とみなすこととする。
- ③ 一般に請負工事においてはかし担保の適用条項がある。しかし航空機造林においては、その成果が気象条件をはじめとする施工地の立地条件に大きく支配されることが多く、仮に不成績等の事態が発生したとしても、それが請負者の責に帰すべきものか、天災不可抗力によるものかの判定が困難である。

このことから、航空機造林においては、検査が終了し発注者に引渡された時点以後のかし担保権を発動しないものとする。

## V 維持管理

### 1. 維持管理

#### 1-1 保 育

散布した種子の生育段階において、成長不良、禾本科植物との競合、病虫害等の問題が生ずることがある。この場合、除伐等の保育作業の検討を行う。

- ① 追 播：種子の着地粒数や発芽率が過少の場合は速やかに不足量を追播する。
- ② 追肥・除草：数年間も生育が悪い場合には、種子散布手法に準じ、化成肥料の散布を考慮する。雑草木との競合に負けて被圧されている場合には、残留汚染の危険性がない除草剤の散布を検討する。
- ③ 除伐・間伐：過密林分では除・間伐が必要となるが、盗伐を防いだり、地元民に造林地を監視させるとともに、地元住民の燃料採取に除伐が利用されるよう計画・実行する。

#### 1-2 モニタリング

散布後の成果を確認し、今後の航空機造林の参考とするため、散布後の一定時期、期間を定めて、苗木の生育、成長、禾本科植物を含めた植生状況等を調査、記録する。

- ① 散布した種子は、時とともに発芽、生育、変化していくので、適当な時期ごとにその状況を確認し、追跡するとともに状況に応じた適切な対策を構しながら、航空機造林の目的の達成に努めなければならない。また、今後の施工の参考となる資料を収集し、技術の向上、改善に資するためにも、これらの調査記録、保存の必要性がある。調査時期は樹種にもよるが、一応の目安としては施工後1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、1年、2年、3年、5年、10年などとする。
- ② 調査内容としては導入植生の生育状況、侵入植生の状況、裸地、崩壊の発生状況、およびこれらの原因、理由または表V-1の諸要因との関連や、今後の対策案などがあげられる。

表V-1 調査対象の要因

要 因	
自然的環境	気候、温度、降水量
	地質、土壌
	地形、方位、傾斜（勾配）
	植生、動物
人為的環境	火入れ
	工種、工法
	保育、管理
	植物種類（選定）

- ③ 植生に関する調査項目としては、植物種類ごとの出現頻度、密度、被度、生育高、優占度および全体的な階層構造、群落区分、将来の予測などがある。

調査はコドラート法、またはベルトトランセクト法など、標本区による方法が適当である。コドラート法は方形の標本区を設定する。

- ④ さらに、衛星リモートセンシング技術を利用して、航空機造林後の生育過程をモニタリングし、必要に応じて事後処理（再造林等）を行えるようにすることが望まれる。そのためには、簡易な管理モニタリングシステムを作成しておく必要がある。不成績な造林地の原因分析が総合的な視点から行えるようなデータベースとして、地形情報、土壌情報、気象情報と衛星データが使用できるものがよい。

- ⑤ 将来、モニタリングの成果は種子の発芽、稚樹の生育等の試験成果として用いるのみならず、航空機造林の事業成果が地域に与えるインパクトとその影響をプロジェクトとして評価する手法の開発も必要である。

## 2. 保 護

熱帯地域における造林の歴史は浅く、苗畑及び短伐期樹種での被害及びその対策についての報告がようやく増えつつある。

航空機造林を実施する場合、あらかじめ種子、稚樹、成木の各生育段階における病虫害の種類及び対策を調査する。

### 2-1 気 象

- (1) 散布した種子の発芽・生育に影響を及ぼす気象的因子としては、雨、高温、風、乾燥がある。
- (2) 熱帯多雨地域においては、風による被害に留意する。

- ① 一般的に熱帯多雨林地帯において、雨期と乾期があり、乾期といえども通常 100mm /月の降雨があるが、無降雨期間の長い時には、発芽種子、稚樹の根の乾燥による被害が懸念される。
- ② 雨期においては、インドネシアの苗畑での報告によると、排水不良による根系の生長阻害、腐朽がみられ、樹種選定の際、立地条件に考慮する必要がある。
- ③ 風による被害については、サイクロン、台風の通過地点が最も危険であり、病虫害による被害木、過密林分がその対象となる。
- ④ インドネシアにおいては、ユーカリ類、アカシア類の風による幹折れが報告されているが、その規模、内容、対策については不明である。
- ⑤ 航空機造林を考えた場合、森林の成立のしかたにもよるが、大面積な被害は別として、そのまま放置してもよい。

### 2-2 病虫害

- (1) 熱帯における病虫害については、種子、稚樹、成木の各生育段階に応じて、それぞれの被害状況とその対策を講じなければならない。
- (2) 病虫害対策としては、薬剤防除、生物的防除、林業的防除があり、大面積造林である本事業では、薬剤防除をできるだけ避けた方がいい。

- ① 航空機造林でいう種子、稚樹の段階での病害は、経験が浅く、資料も少ないが苗畑における一般的なものは次のとおりである。
  - a. 苗立枯れ病 (Damping-off, root rot)
  - b. 白絹病 (Southern Sclerotium blight)
  - c. マツ類の葉枯病
  - b. チークさび病、マメ科類の炭そ病、斑点性病害
- ② 造林地における病害としては、赤衣病 (Pink disease)、ポトリオディプディア胴枯病が熱帯における主要病害とされている。
- ③ インドネシアにおいては、アカシア類、アルビジア類、ユーカリ類については、苗木の段階でフザリウム菌による立枯れ、成木の段階で菌による枝枯れが報告されている。
- ④ アカシマンギユウムの植栽経験の比較的長いマレーシアにおいては、病害に対する様々な調査・研究がなされており、次の病害がリストアップされている。(表V-1)
- ⑤ 防除対策の実態としては、苗畑においては薬剤散布が主であるが、一般造林地においては一部の造林地を除き、具体的な防除法は報告されていない。
- ⑥ 次に苗畑における虫害は、「根切り虫」、食葉性害虫、穿孔性害虫などがある。
- ⑦ これまでに、熱帯地帯造林地においては、ティークのビーホールボラ、メルクシマツのキオビエダシャク、カメレレのカメレレナガタムシ等の報告がある。
- ⑧ インドネシアの例をとると、ユーカリ類ではシロアリ、アカシア類ではバク、ピンホール等の被害が認められており、小規模のところでは薬剤による防除が行われている。(表V-2)
- ⑨ マンギユウムにおける虫害の例を示すと表V-3に示すとおりである。

#### 〈留意事項と問題点〉

- ① 造林地における被害防除では、今後被害解析による経済的許容水準の確立を図る必要がある。
- ② 病虫害の発生をおさえるためには、単純一斉林を避けたり、抵抗性品種の開発等の課題はあるが、当面は、病気の発生とその病徴を判断する基礎的研究が重要である。

表V-1 : Summary of tree disease associated  
with *Acacia mangium*

Disease Name	Pathogen associated
Damping off	<i>Phytophthora</i> sp. <i>Pythium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Rhizoctonia</i> sp.
Charcoal roor rot	<i>Macrophomina</i> sp.
Leaf spots	<i>Glomerella cingulata</i> <i>Colletotrichum coffeanum</i> <i>Phyllostictina</i> sp. <i>Pestalotiopsis</i> sp.
Powder mildew	<i>Oidium</i> sp.
Seed rot	<i>Penicillium</i> sp.
Pink disease	<i>Corticium salmonicolor</i>
Tip die-back	<i>Schizophyllum commune</i>
Mottled sap rot	<i>S. commune</i>
Brown root disease	<i>Phellinus noxius</i>
Red root disease	<i>Ganoderma pseudoferreum</i>
Heart-rot	Unidentified sterile basidiomycete.

表V-2 インドネシアにおける病虫害の現況

虫 害 の 現 状

Tree Species	seedling	Yang-aged Tree	Middle-aged Tree	Old-aged Tree
<i>Eucalyptus</i> spp	バッタによる食害、カタツムリによる食害	木食い虫による	白アリによる枝枯れ、及び木食い虫（形成層の周囲に穴を開ける）	
<i>Paraserianthes falcataria</i>			蛾(yellow butterfly)による葉の被害	
<i>Acacia mangium</i>	バッタによる食害	樹皮へのピンホール		蝶による葉の黄変
<i>Swietenia Macrophylla</i>		芯食虫による枝の被害		
<i>Eucalyptus urophylla</i>	蝶の幼虫による葉への食害 殺虫剤を噴霧する			

病 害 の 現 状

Tree Species	seed	Seedling	Middle-aged Tree
<i>Eucalyptus</i> spp		枝枯れがみられる。	菌による枝枯れがみられる。
<i>Acacia mangium</i>	発芽後フザリウム菌による立枯れがみられる。 対策としてはRIDMIL26が用いられる。	菌害	
<i>Paraserianthes falcataria</i>	<i>A. mangium</i> と同じ		
<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>A. mangium</i> と同じ	“Jamur Basat”による葉が黄変する。 Benlate Tzowpを用い噴霧	

表V-3 マレーシアにおけるアカシア マンギユウムの虫害概要

区分	害虫名	被害・対策
苗圃	ナメクジ (Slug)	若い造林木の頂端にみられる。 被害が軽微の場合、夜とりのぞく。 メタラチのような殺虫剤を3日間散布。
	チョウ (Yellow Butterfly) の幼虫 (毛虫)	葉を食害。 被害の除去。 自然状態、さなぎ、寄生虫 取り除く。 (BHC 0.025%, Trichlorphon endosulfan)
	イナゴ、バッタ (Grasshoper)	アランアランに生育。 軽微な場合は、放っておくとよい。 Dieldrin 0.03%
	ダニ (Mites)	乾期にみられる。 口器で被害部は黄葉し巻き上げる。 通常はコントロールがいらぬ。 0.025% Endrin, 0.05% Dieldrin
造林	ネズミ (Rat)	アランアラン, 二次林, 陸稲 幼齡木が被害を受ける。 Warfarin (殺鼠剤)
	リス (Squirrel)	幼齡木及び二次林の近く。 わな及び毒鉛、燐化合物をタピオカ、 カボチャに入れる。
	シロアリ (Termites)	根株から樹幹まで。 殺虫剤 (Dieldrin) を貼る。 残留する。
	Carpenter Ant	葉の中に巣をつくる。 マラソン 0.1%、うるを密閉する。



区分	害虫名	被害・対策
造林	Ambrossia beetles	Bore hole。 健全木は少ない。 Dieldrin、間伐（手入れ）
	Yellow beetles	くちばしで葉を食害。その後落葉。 生長に影響ない。 Dieldrin, BHC
	Plant bugs (昆虫)	若い葉と枝から樹汁を吸う。 BHC
	コガネムシ (Gelatine Grab) (幼虫)	葉。 Trichlorphon
	カブトムシ (Beetles) (幼虫)	新葉が被害。 Trichlorphon Gammo BHC 一昼夜で殺す。
	ミノムシの幼虫 (Bagworms)	塔をかさねたようなlarval bagにより他の虫害と区別される。 葉に穴を開ける。 通常の被害は少なく、化学的防除は必要ない 突発的は大発生時にはTrichlorphonを用いる

造林対象地周辺では、焼畑移動耕作、放牧のための火入れ等が行われているのが一般的であり、地域住民への造林意識の普及、消火体制の確立を図る。

- ① 航空機造林対象地自体、焼畑、放牧の対象地として利用され、その結果が、禾本科植物の草地となって分布している。
- ② このようなところは、たびかさなる火入れにより地味がおとろえ、ほとんどが放棄地となっており、年に数回、慣習的に火入れが行われている。
- ③ このため、周辺住民に対し、造林の目的、森林の効果等の意識の徹底を図る他、造林作業の一部においての雇用等も考え、造林地保護への協力を得る必要がある。
- ④ 防火帯の設置は山火事の拡大を防止する効果が大さいが、時として延焼が起こらないとは限らない。
- ⑤ さらに、監視塔を設置しての見張りを行う他、空からの巡視もヘリコプター利用の中に組み込むことが有効であり、これによって早期発見、消火活動のスピードアップがはかれるものと思われる。今後空からの消火も技術的課題として検討する必要がある。

## 参考文献

1. 国際協力事業団、昭和63年3月、タイ国有林管理計画開発調査
2. 同 上、平成元年3月、大規模森林回復技術調査報告書
3. 同 上、平成元年11月、大規模森林回復技術調査基礎調査報告書（オーストラリア・インドネシア）
4. 同 上、平成2年3月、大規模森林回復技術委員会検討結果報告書
5. 同 上、同 上、大規模森林回復技術委員会議事録
6. 同 上、同 上、大規模森林回復技術試験実施結果報告書
7. 同 上、同 上、インドネシア国産業造林計画調査ファイナルレポート
8. 同 上、平成3年1月、大規模森林回復技術調査基礎調査報告書（インドネシア・中国）
9. 林野庁、昭和55年9月、航空緑化工事計画、設計、施工、指針とその解説
10. 長野営林局治山課、昭和43年8月、航空機による実播作業の手引
11. (財)農林水産航空協会、平成元年4月、農林水産航空事業技術指針  
(農薬・肥料等散布編)
12. 林業機械化協会、平成元年10月、中国での飛行機播種造林(1)、(2)、機械化林業431
13. NATIONAL ACADEMY PRBSS, 1981, Sowing Forest from the Air

委員会の構成

(1) 平成元年度

① 総合委員会

氏名	分野	所属
松井光瑠	総括・航空機造林	(株)大日本山林会 副会長
佐々木恵彦	種子加工システム	東京大学 農学部 教授
堀江保夫	発芽・初期成長試験	森林総合研究所 治山研究室長
青山重和	航空機利用システム	農林水産航空協会 業務第3課長
小沼順一	地上作業システム	森林総合研究所 研究協力官
渡辺宏	画像処理システム	(株)日本林業技術協会 技術開発部長
秋谷孝一	費用効果等	森林総合研究所 森林環境部長

② 分科会

氏名	分野	所属
佐々木恵彦	種子加工システム	東京大学 農学部 教授
堀江保夫		森林総合研究所 治山研究室長
岡部孝幸		住友化学工業株式会社 農業事業部部長補佐
長尾精文		森林総合研究所 生理機能研究室主任研究官
青山重和	航空機利用システム	農林水産航空協会 業務第3課長
堀江保夫		森林総合研究所 治山研究室長
富永泰輔		山陽国策産業株式会社取締役
小沼順一	地上作業システム	森林総合研究所 研究協力官
蜂屋欣二		(株)日本林業技術協会 技術指導役
小林繁男		森林総合研究所 立地評価研究室長
渡辺宏	画像処理システム	(株)日本林業技術協会 技術開発部長
沢田治雄		森林総合研究所 遠隔探査研究室長
中島巖		(株)日本林業技術協会 主任研究員

③ 国際協力事業団

氏 名	所 属
近 江 克 幸	前 林業水産開発協力部長
後 藤 亮 之 助	前 林業水産開発協力部 林業開発課長
永 野 征 一	林業水産開発協力部 林業開発課課長代理
三 苦 英 太 郎	同 上
藤 原 敏 栄	前 林業水産開発協力部 林業開発課
荊 木 絵 美 子	林業水産開発協力部 林業開発課

④ 事務局（社団法人 日本林業技術協会）

氏 名	所 属
大 崎 郁 次 郎	前 国際事業部長
中 島 巖	国際事業部 主任研究員
オスマンアテフ	同 上
吉 村 勉	国際事業部 主任調査員
宮 部 秀 一	国際事業部

(2) 平成2年度

① 委員会

氏 名	分 野	所 属
委員長 松 井 光 瑠	総 括	(財)大日本山林会 副会長
委 員 青 山 重 和	航空機利用	農林水産航空協会 業務第3課長
秋 谷 孝 一	立地条件	森林総合研究所 森林環境部長
岩 村 幸 雄	航空機実播	朝日航洋株式会社 常任監査役
岡 部 孝 幸	種子加工	住友化学工業株式会社 農材部 部長補佐
小 沼 順 一	地上作業	森林総合研究所 研究協力官
小 林 繁 男	適地区分	森林総合研究所 立地評価研究室長
佐々木恵彦	造 林	東京大学 農学部 教授
中 島 巖	画像処理	(財)日本林業技術協会 主任研究員
堀 江 保 夫	緑化技術	森林総合研究所 治山研究室長

② 国際協力事業団

氏 名	所 属
宇津木嘉夫	林業水産開発協力部長
戸水康二	林業水産開発協力部 林業開発課長
永野征一	林業水産開発協力部 林業開発課課長代理
三苫英太郎	同 上
荊木絵美子	林業水産開発協力部 林業開発課

③ 事務局（社団法人 日本林業技術協会）

氏 名	所 属
長谷川 堯	前 専務理事
伏見 一明	理 事
蜂屋 欣二	技術相談役
久道 篤志	国際事業部 課 長
吉村 勉	同 上 主任調査員
宮部 秀一	同 上

(3) 平成3年度

① 委員会

氏 名	分 野	所 属
委員長 松井 光瑠	総 括	(株)大日本山林会 副会長
委員 青山 重和	航空機利用	農林水産航空協会 業務第3課長
井上 敏雄	立地条件	森林総合研究所 森林環境部長
小沼 順一	地上作業	森林総合研究所 生産技術部長
小林 繁男	適地区分	森林総合研究所 立地評価研究室長
佐々木 恵彦	造 林	東京大学 農学部 教授
堀江 保夫	緑化技術	森林総合研究所 治山研究室長

② 国際協力事業団

氏 名	所 属
宇津木嘉夫	林業水産開発協力部長
戸水康二	林業水産開発協力部 林業開発課長
荊木絵美子	林業水産開発協力部 林業開発課

③ 事務局（社団法人 日本林業技術協会）

氏 名	所 属
伏見一明	理 事
蜂屋欣二	技術指導役
安養寺紀幸	国際事業部 部 長
小原忠夫	国際事業部 次 長
久道篤志	国際事業部 課 長

## これまでの経緯と今後の進め方

### 1. これまでの経緯

これまでの経緯は以下の表にあるように、航空機造林の実例の調査から始まり、その後、国内委員会での検討、種子技術に関する国内試験等を経て、現在行っているインドネシアにおける種子直播試験に至っている。

年度	調査団の派遣	現地直播試験	国内種子技術試験	大規模森林回復技術委員会
63	アメリカ合衆国及びカナダにおける航空機造林技術の実例調査			
元	オーストラリア及びインドネシアにおける実例調査		コーティング種子の発芽試験等	試験対象地(国)及び、技術開発課題に関する検討
2	中国における実例調査及び、インドネシアにおける現地試験対象地調査	南カリマンタンにおける種子直播試験Ⅰ(平地)開始	種子発芽前処理試験等	大規模森林回復技術ドラフトマニュアル作成
3	インドネシアにおける種子直播試験の結果等調査	種子直播試験Ⅱ(丘陵地)の開始		大規模森林回復技術ドラフトマニュアルⅡ作成
4	同上	試験Ⅰ及び試験Ⅱの結果のモニタリング		大規模森林回復技術マニュアルの完成

### 2. これまでの主な成果

熱帯地域の、特に森林伐採後の荒廃草原における森林回復を対象に、本技術の検討を進めてきた結果、次のことがわかっている。

- ① これまで、種子の直播による造林は行われていなかったが、インドネシアでの現地直播試験の結果、1年を経過した草地(地拵えなし)でわずかであるが稚樹が成育しており、地拵えなしである程度広範囲の対象地に航空機から播種しても成林する可能性が考えられる。



- ② 大量に種子の発芽前処理をする有効な方法が開発された。
- ③ 農業分野で実用化されている肥料等を含ませたコーティング種子は、林木種子の熱帯スコールがある地域での発芽には余り効果がない。
- ④ これまでの成果から、大規模森林回復技術マニュアルに必要な主要項目及び主な流れを作成することができた。

### 3. 今後の進め方

熱帯地域を中心に急速に拡がりつつある裸地、草地等の荒廃地に対し、早急に森林性を回復する環境造林の推進にあたっては効率的にしかも普及性のある大規模森林回復技術の開発が重要な課題となった。

大規模森林回復技術調査は、各試験を行い、それらから得られる個別の具体的なデータ等をもとに技術の体系化を図りマニュアルを作成することである。

昭和63年度から始まった大規模森林回復技術調査は平成2年度までに現地試験、各種データの収集、分析・検討を行いこれらを集成し総括的にとりまとめドラフトマニュアルⅠを設定した。

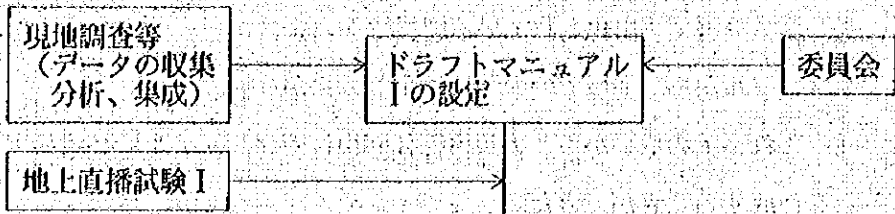
このドラフトマニュアルを直ちに、事業化に適用するには、地上直播試験等の現地における試験結果が乏しい等、リスクが大きすぎると考えられ、引き続き現地調査等を実施し、技術面、施工面において検討を深めることが必要である。

以上の考え方にもとづき、平成3年度以降は次の調査業務を実施する。

- (1) 平成3年度はドラフトマニュアルⅠを技術面での再検討を行い、ドラフトマニュアルⅡを作成する。また、平成2年度に実施した地上直播試験（以下地上直播試験Ⅰという）の継続を行うとともに、また、試験の規模を拡げ、現地傾斜地を対象とする地上直播試験（以下地上直播試験Ⅱという）を実施する。
- (2) 平成4年度は地上直播試験の結果のまとめとマニュアルとして具備すべき施工面に重点を置いたドラフトマニュアルⅢの作成を行う。
- (3) 平成4年度までの試験結果により、本技術の有効性が確認されたならば、次に段階として事業規模の施業試験の実施並びに大規模森林回復マニュアルの作成につき、検討を行う。

以上の考えをフローに示すとつぎのとおりである。

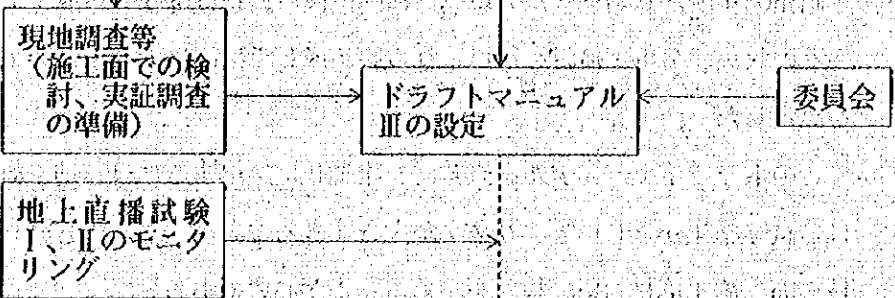
平成2年度まで



平成3年度



平成4年度



事業規模の施業試験

大規模森林回復  
マニュアルの作成  
(技術、施工面)

事業化

(今後の検討課題)

マニキュアル作成の流れ

大項目	中項目	小項目	ドラフトマニキュアルI (H2)	ドラフトマニキュアルII (H3)	ドラフトマニキュアルIII (H4)
計画・調査	対象地域の検討		・選定条件、予備調査		
		社会・経済条件	・土地利用等の状況調査の必要性 ・移動耕作の実態調査の必要性		・地域住民・土地利用の実態調査法
	画像処理		・データ利用 ・航空写真の利用		・ランドサットによる対象地の選定 ・アラン・アランの分布
		造林計画	造林立地区分	・判定項目の概要  (地上直播試験I)	・適地判定基準の作成 アラン・アランの疎密による判定 地表処理の可否 造林目標の設定手法 (環境・産業造林) (地上直播試験II)
準備作業	航空機利用	樹種の選定	・大まかな樹種の収録 ・外来樹種主体	・熱帯降雨林地帯における選定基準 ・インドネシアにおける環境条件の異なるところの選定 ・他の熱帯地域(タイ・フィリピン)	
		地帯え	・一般的な考え、樹種	・機械の種類及び比較、工程概要 (地上直播試験II)	・地表処理(処理方法、機種区分) (地上直播試験II)
		散布装置	・機種別散布装置の概要	・散布装置の種類及び比較	・散布精度 ・散布方法
	造林作業計画		・基本的考え方 ・作業スケジュール		・作業手順の設定
		種子	調達 精選	・購入、輸入の概要 ・精選の種類と方法	・代表的樹種についての調達 ・代表的樹種の精選方法 ・ユーカーリ精選の検討

大項目	中項目	小項目	ドラフトマニュアルI (H2)	ドラフトマニュアルII (H3)	ドラフトマニュアルIII (H4)
準備作業	種子	発芽促進方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・促進方法と適用樹種の概要 (発芽前処理試験)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代表的樹種の促進方法</li> <li>・前処理試験の結果</li> </ul>	
	種子加工	コーティング加工技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成元年の加工技術試験の結果 (地上直播試験I)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地上直播試験Iの結果</li> </ul>	
		コーティング種子の貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農業分野での成果 (保存性試験)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保存性試験の結果</li> </ul>	
	地持え		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地持えの準備に関する事項</li> </ul>		
航空種子散布	飛行準備		<ul style="list-style-type: none"> <li>・諸手続、配置、要員等についての概要</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地形図の入手及び飛行に係る諸手続</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>・実施における基本事項</li> </ul>		
	維持管理		<ul style="list-style-type: none"> <li>・保育の必要性</li> <li>・監査、検査の一般事項</li> </ul>		
	保護	気象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気象害の因子</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インドネシア及び熱帯地域についての事例</li> </ul>	
		病虫獣害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・病虫獣害の一般概要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インドネシア及び熱帯地域についての事例</li> <li>・特に種子、稚樹、成木について区分する</li> </ul>	
	地域対策		<ul style="list-style-type: none"> <li>・山火事対策の必要性</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域住民への普及方法</li> </ul>



