

5. 種子加工

種子のコーティングは、播種しやすくすることによって播種や間引きの手間をはぶき、種子を節約するということを目的としてすでに100年以前にアメリカで最初の特許が出されて以降、欧米で種々のコート処理技術の改良が進められ、現在では野菜や花の栽培に実用化されている。コート種子とは微粒化した粘土等の不活性な無機物で種子を被覆し、大きくかつ表面を滑らかにしたもので海外ではPelleted seedと呼ばれる。

我が国では、従来比較的狭い土地でさまざまな農作物が多くの人手をかけて丁寧に栽培されてきた歴史があり、大面積で単一品目を栽培して省力効果が大きければ多少の不発芽や 欠株は余り問題としない、欧米とは営農についての基本的な進め方を異にしている。このような背景があって、コート種子の発芽性能に対する要求の厳しい、我が国ではコート種子の普及は欧米に比べ遅れていた。

その後、日本においても先進企業によって、コーティング方法について研究が進められ、農業生産の分野で十分に実用性のあるコーティング技術を独自に開発し、昭和56年からコート種子の本格生産を開始して以来、農業分野での使用が急増、現在ではレタス、ハクサイ、ニンジン、タマネギ、ダイコン等ではコート種子が相当のシェアを占めるに至っている。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と判断される。

以下、本分野で本格的な生産基盤および技術を持つと考えられる、S化学工業で開発された農業用コート種子の技術を基に林業用種子加工の可能性について記述する。

5-1 コーティング材料

1) コーティング基材

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
①クラックタイプ②崩壊タイプ③膨張タイプの3種類がある。

これは使用されるコーティング基材、コーティング方法によって変わるものであるが、こ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) 添加資材

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て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。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。

- ① 初期成長性増進：肥料、微量要素、植調剤、共生菌
- ② 苗立枯れ防止：リゾクトニア菌、ピシウム菌等の殺菌剤
- ③ 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
- ④ 鳥害獣の食害防止：チウラム剤、着色コート化
- ⑤ 発芽性向上：植調剤、保水剤

5-2 コーティング加工技術

1) 規 格

野菜種子の形状や物性値を示したものが次の表である。

表 5-2-1 主要野菜種子の性状

種 類	外 観	1 l 重量 (g)	1 dl 粒数
カボチャ	偏平、長卵円形	340~380	330~440
ナス	薄くて円味ある腎臓形	460~550	日本種11,000
ソラマメ	腎臓形	610~650	一寸20~30
タマネギ	不正三角形	500	13,000
ダイコン	不正球形	650~690	4,400~8,300
ニンジン	長卵形、縦条及び毛あり	毛徐 290~340	25,000
ゴボウ	円味ある楔形	480~530	3,600~3,900
ハクサイ	豊円、小粒	670	17,000~20,000

この表に例示されるように植物の外観や形状は千差万別であるが、コーティングはこのような雑多な種子の形状にかかわらず、小粒から大粒種子のコーティング加工が可能である。S化学工業KKの基本規格の例を次表に示す。

表 5 - 2 - 2 住化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	千枚/ℓ	210	55	28	18	9

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。

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。いずれのコート種子も1粒に1種子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、そのためには表面が滑らかで全体に丸味のある球状ないしラグビーボール状に整形され、粒径のバラッ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。

2) 発芽性能

① 幅広い水分条件下での発芽安定性

コート層に通気性、吸水性の調節機能を持たせてあるため、発芽床の水分条件が乾燥気味から過湿の状態まで幅広い水分条件下で安定した発芽が得られる。過湿に弱いタマネギの発芽試験結果の例は下図のとおり。裸種子は過湿条件下では発芽率が大幅に低下するがコート種子では、発芽率の低下はほとんどみられない。

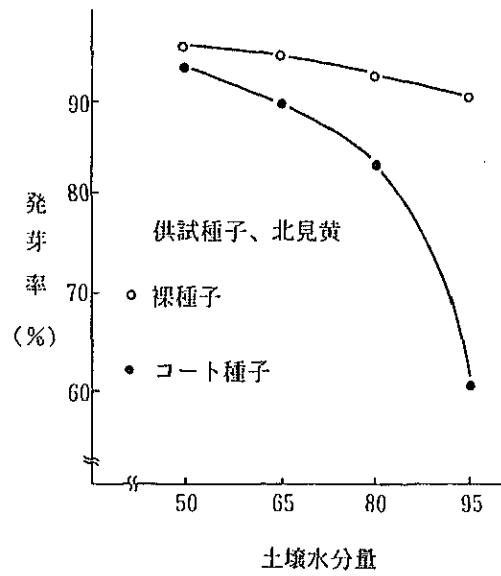


図5-2-1 (最大容水量を100とした時の水分、%)
タマネギの土壤水分別発芽率

② 高温発芽性

レタス種子は30~32°Cを超えると発芽率は実用に供しない程度まで低下する。コート種子は高温下での発芽性を特殊なコーティング技術で改良しており、30~32°Cでも高い発芽率を維持することが可能である。

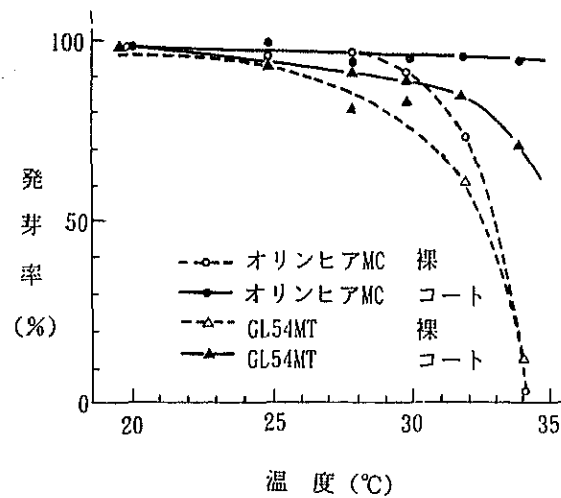


図5-2-2 住化式レタスコート種子の高温発芽性

③ コート種子の発芽性

次表はコート種子の標準条件下での発芽率の例を示している。

表5-2-3 各種子の発芽率

種 類	品 種	発 芽 率 (%)	
		裸 種 子	コ ー ト 種 子
レ タ ス	GL-54	98	98
ハ ク サ イ	ほまれ	99.5	99.5
キ ャ ベ ツ	アーリーボール	97	96.5
ブ ロ ッ コ リ ー	緑山	96	97.5
カ リ フ ラ ワ ー	スノークラウン	98.5	98.5
ニ ン ジ ン	FS 2号五寸	84	85
中 国 野 菜	タアツァイ	99	99.5
タ マ ネ ギ	北見黄	94	96

農業用種子については、既に裸種子に比べても遜色のない発芽性能を持つコート種子の開発が行われており、林業用種子についても発芽性能を維持するコート技術の最適化が課題である。

5-3 コーティング種子の貯蔵・輸送

1) 保存性

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と考えられる。

次の表は農業用コート種子の保存性を示したもので、既に裸種子とほぼ同じレベルに達している。

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る。

表5-3-1 住化式コート種子の保存性

樹種 (品種)	区分	当初		1年後							
				20℃40%保存		20℃60%保存		室内放置(開放)		室内放置(密閉)	
		発芽分	発芽率	発芽分	発芽率	発芽分	発芽率	発芽分	発芽率	発芽分	発芽率
レタス (GL-54)	裸種子	95	97	93	96	0	0	0	0	88	92
	コート種子	95	97	94	97	2	21	37	83	88	92
ハクサイ (耐摩60日)	裸種子	99	99	100	100	97	98	98	99	98	98
	コート種子	99	99	99	99	99	99	98	98	99	99
キャベツ (YR路秋)	裸種子	85	90	84	89	43	61	72	75	80	85
	コート種子	84	91	84	90	52	70	80	85	82	88
ニンロン (ゆり五寸)	裸種子	73	84	70	84	2	60	34	70	67	82
	コート種子	63	84	53	83	33	73	29	75	56	81
タマネギ (札幌黄)	裸種子	95	95	94	95	15	84	43	84	91	95
	コート種子	94	96	95	95	40	87	61	91	94	96

上表から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。

林業用種子については、樹種それぞれの貯蔵方法はほぼ確立したと考えられるが、コート種子の貯蔵方法については今後研究する必要がある。

2) 貯蔵

成熟した林業用種子が発芽できる期間は樹種によって異なり、林木の種子は樹種によって一定の寿命がある。また、種子は年によって豊作と凶作があり、豊作の年に採集した種子は一般に品質がよい等の理由から林業では種子の保管が重要であり、樹種ごとに種子の貯蔵法は定められる。航空機造林のように大量の種子を必要とする作業では、優良な種子を適正に保管し、適期に播種の作業を行うことが重要でこのため種子の貯蔵が特に重要な作業工程となると考えられる。

種子は精選したあとは、通常数カ月から数年にわたって貯えられる。その方法には乾燥貯蔵と保湿貯蔵があり樹種の特性によって方法が選択される。

農業用コート種子の事例では、コート種子の貯蔵は裸種子の貯蔵方法と本来変わるものでなく、同様の貯蔵法で問題ないが湿度が保存性に影響すること、密閉状態にすることが有効であることが実証されている。

林業用コート種子については、貯蔵方法を今後検討する必要があるが成果を得るまでの間は、乾燥密閉貯蔵による方法が安全で実用的であると考えられる。

3) 輸 送

農業用コート種子は、袋づめにし、ポリ容器又は缶に詰める方法がとられているが、基本的には、袋詰めし外圧に耐える容器に入れば問題がないと考えられる。

6. 種子の発芽・初期成長試験

国際協力事業団では、航空機造林技術の基準の作成に必要な情報を把握するため、熱帯地域における湿潤及び半乾燥地域の自然条件に適する樹種のうち、既往の造林成果が優れていること、種子の大量採集が可能であることなどの理由から、航空機造林に適当と判断される次の7樹種についてコーティング加工を行い、コーティングが発芽及び初期成長に及ぼす影響について試験した。使用樹種及び試験の概要は次のとおりである。

選抜した樹種は次の7樹種で、ギンネムを除く6種はオーストラリア、ギンネムはインドネシア産である。

アカシア・アウリカリフォルミス	Acacia auriculiformis
アカシア・マンギウム	Acacia mangium
ラジアータ・マツ	Pinus radiata
ユーカリ・カマルドレンシス	Eucalyptus camaldulensis
ユーカリ・グロブラス	Eucalyptus globulus
ユーカリ・グランディス	Eucalyptus grandis
ギンネム	Leucaena leucocephala

6-1 コーティング加工試験

1) 種子の精選及び発芽促進処理の方法

(1) アカシア類

硬実打破のための熱湯処理又は摩傷処理を以下のとおり実施した。

① 熱湯処理 アウリカリフォルミス・マンギウム

- ・オーストラリアCSIROの保証書の方式に従い
- 100℃の熱湯に入れ1分間放置する（温度100℃を維持しなくてよい）
- ・1分経過後、湯から取り出し冷水に約1時間浸漬する。
- ・水から取り出し、約1時間通風乾燥（室温）する。
- ・以上の工程を行った種子を直ぐコート加工する。

② 削皮処理 マンギウム

- ・サンドペーパー（AA-40）でこすって果皮に傷をつける。

(2) マツ

処理せずそのまま使用

(3) ユーカリ類

微細種子のため篩別精選を以下により実施した。

① カマルドレンシス

目開き 0.5mmの篩で篩別し、0.5mm以上のものをコートする。(約 1/3重量)

② グロブラス

目開き 0.5mmの篩で篩別し、0.5mm以上のものをコートする。(約 1/4重量)

③ グランディス

目開き 0.5mmの篩で篩別し、0.5mm以上のものをコートする。(約 1/4重量)

(4) ギンネム

- ・ 3.62mmの篩でクズを除去する。
- ・ 色別精選を行う。(薄茶色のものは良種子、黒または白い粉をふいているものは不良種子)
- ・ 削皮処理 サンドペーパー (AA-60)で傷をつける。

2) コーティング加工

コーティング加工に先行し、上記1)の処理種子について発芽試験を行い、その効果を確認のうえ以下の加工を実施した。

(1) 肥料、殺菌剤、及び忌避剤の添加量(種子万粒当たり)は次のとおり

- ① 肥料(二磷安N : P = 18 : 46) ……10 g
- ② 苗立枯れ病用殺菌剤…………… 1 ai. j
- ③ 忌避剤……………0.5 ai. g

ai:active ingredient

(2) コーティング法

① コートサイズは次のとおり

ア. アカマツ類 4.0mm 以上 (3L)

イ. マツ 5.0mm 以上 (4L)

ウ. ユーカリ類

カマルドレンシス、グランディス 2.0 - 3.36mm (S)

グロブラス 3.36 - 4.35mm (2L)

エ. ギンネム

6.76mm 以上

② コーティング加工の方法

ア. 層状コート

コート剤で通常のコートを行い、終了付近で所定量の肥料、殺菌剤、忌避剤をこの順に投入する。(これらの薬剤はコート材に希釈して用いる。)

イ. 混合コート

コート材と所定量の肥料、殺菌材、忌避剤を混合したものでコートを行う。

(ア)(イ)については、肥料を添加するものと添加しないものとする。

ウ. コートの種子の乾燥

通風室温乾燥(約1時間)後、35℃で除湿乾燥(16時間)する。

以上により加工したコート種子は8種でその内容は次表のとおり。

表6-1-1 加工・種子一覧

樹種	コート Lot	肥料 添加	コート 方法	裸 100(粒) (g)	コート 100(粒) (g)	コート 倍率	コート サイズ
No.1 アカシア・アウリカリ フォルミス (熱湯)	No.1-1	○	層状	1.456	9.99	6.86	4.0-6.76
	-2		"	1.456	10.49	7.20	4.0-6.76
	-3		混合	1.456	10.08	6.92	4.0-6.76
	-4		"	1.456	9.71	6.67	4.0-6.76
No.2 アカシア・マンギウム (熱湯)	No.2-1	○	層状	0.923	7.157	7.75	4.0-6.0
	-2		"	0.923	7.583	8.22	4.0-6.0
	-3		混合	0.923	7.285	7.89	4.0-6.0
	-4		"	0.923	7.743	8.39	4.0-6.0
No.3 アカシア・マンギウム (削皮)	No.3-1	○	層状	0.96	7.38	7.69	4.0<
	-2		"	0.96	7.38	7.69	4.0<
	-3		混合	0.96	7.47	7.78	4.0<
	-4		"	0.96	7.79	8.11	4.0<
No.4 ラジアータ・マツ	No.4-1	○	層状	2.800	13.65	4.88	5.0<
	-2		"	2.800	14.82	5.29	5.0<
	-3		混合	2.800	14.22	5.08	5.0<
	-4		"	2.800	14.38	5.14	5.0<
No.5 ユーカリ・カマルドレ ンシス	No.5-1	○	層状	0.015	1.16	77.3	2.0-3.36
	-2		"	0.015	1.51	100.7	2.0-3.36
	-3		混合	0.015	1.125	75	2.0-3.36
	-4		"	0.015	1.190	79.3	2.0-3.36
No.6 ユーカリ・グロブラス	No.6-1	○	層状	0.277	3.73	13.5	3.36-4.35
	-2		"	0.277	4.02	14.5	3.36-4.35
	-3		混合	0.277	3.80	13.7	3.36-4.35
	-4		"	0.277	3.61	13.0	3.36-4.35
No.7 ユーカリ・グランディ ス	No.7-1	○	層状	0.012	1.027	85.6	2.0-3.36
	-2		"	0.012	1.170	97.5	2.0-3.36
	-3		混合	0.012	1.084	90.3	2.0-3.36
	-4		"	0.012	1.138	94.8	2.0-3.36
No.8 ギンネム (削皮)	No.8-1	○	層状	6.67	69.7	10.4	6.67>
	-2		"	6.67	69.7	10.4	6.67>
	-3		混合	6.67	69.2	10.4	6.67>
	-4		"	6.67	69.2	10.4	6.67>

No.1、No.2 熱湯処理
No.3、No.8 削皮処理

6-2 発芽試験

裸種子の発芽試験は国際種子試験規程（ISTA）に基づき、承認、検査所である農林水産省森林総合研究所で実施、コート種子については国際種子検査規程の通用がないので、同規程に準ずる発芽試験およびポットによる発芽試験を実施した。その結果はそのとおりである。

表6-2-1 ISTAによる発芽鑑定（裸種子）

樹 種	発 芽 率	発芽促進処理	備 考
ユーカリ・カマルドレンシス	100本	—	秤量試料 0.1g
・グロブラス	95本	—	” 1g
・グランディス	113本	—	” 0.1g
アカシア・アウリカリフォルミス	91%	熱湯処理	————
・マンギウム	92%	”	————
・マンギウム	87%	外種皮を削る	————
ラジアタ・マツ	87%	—	————
ギンネム	82%	外種皮を削る	————

2) ISTAに準ずる条件による発芽試験（シャーレー）（裸種子及びコート種子）

表6-2-2 樹木コート種子の発芽試験結果(シャーレー)

(%)

樹種名	No.	肥料	殺菌剤	忌避剤	コート方法	7日	9日	11日	15日	20日	24日	28日
Acacia auriculiformis No.1	1		○	○	層状	3	12	22	54	78	83	85
	2	○	○	○	"	9	23	33	55	67	72	73
	3		○	○	混合	4	12	21	49	67	77	78
	4	○	○	○	"	6	15	24	52	74	79	80
	5				無処理	10	20	30	51	72	79	79
Acacia mangium No.2	1		○	○	層状	31	49	63	73	74	79	80
	2	○	○	○	"	42	64	74	78	79	80	80
	3		○	○	混合	33	52	61	68	70	71	75
	4	○	○	○	"	25	56	72	80	83	84	85
	5				無処理	36	57	69	82	85	88	88
Acacia mangium No.3 (削)	1		○	○	層状	43	69	76	82	84	84	84
	2	○	○	○	"	29	56	58	60	60	60	60
	3		○	○	混合	26	61	67	76	80	82	83
	4	○	○	○	"	55	72	75	77	79	80	80
	5				無処理	66	86	91	94	94	94	94
Pinus radiata No.4	1		○	○	層状	38	61	69	78	80	82	83
	2	○	○	○	"	17	50	60	72	74	76	80
	3		○	○	混合	27	49	55	67	70	71	72
	4	○	○	○	"	14	37	47	61	65	67	69
	5				無処理	16	39	46	56	60	61	61
Eucalyptus No.5 camaldulensis	1		○	○	層状	4	5	6	7	8	8	9
	2	○	○	○	"	0	0	1	2	3	5	5
	3		○	○	混合	0	0	0	0	0	0	0
	4	○	○	○	"	0	0	0	0	0	0	0
	5				無処理	83	91	94	97	97	97	97
Eucalyptus globulus No.6	1		○	○	層状	58	77	79	82	83	83	84
	2	○	○	○	"	63	75	78	82	82	82	82
	3		○	○	混合	67	80	82	86	87	87	87
	4	○	○	○	"	64	77	81	86	86	88	88
	5				無処理	69	77	78	79	80	80	80
Eucalyptus grandis No.7	1		○	○	層状	1	2	4	7	10	12	12
	2	○	○	○	"	1	5	10	16	31	37	38
	3		○	○	混合	1	3	4	5	8	11	13
	4	○	○	○	"	1	2	4	7	12	22	24
	5				無処理	36	52	59	66	74	79	83
Leucaena leucocephala No.8 (削)	1		○	○	層状	29	59	65	72	75	76	79
	2	○	○	○	"	55	68	71	75	75	76	77
	3		○	○	混合	47	66	69	73	75	78	78
	4	○	○	○	"	54	66	68	71	73	76	78
	5				無処理	49	73	77	82	82	82	82

発芽試験温度：30℃～25℃(12時間ずつの変温) 発芽試験の光条件：自然日長

発芽試験の倍地：赤玉土 *：立枯れ病が発生した時期

発芽試験の容器：1/10000 アールのワグネルポットの各々 100粒ずつ播きつけ、3回の繰り返しとした。

3) ポットによる発芽試験

(1) 試験条件

- ① 樹 種 : 上記 6 - 1 の各樹種
- ② 温度条件 : 30°C~25°C (AM、6:00~PM、6:00の12時間ごとの変温)
- ③ 光条件 : 自然日長
- ④ 発芽床 : 赤玉土
- ⑤ 容 器 : 1/10000 アールのワグネルポット (2/3 に中粒の赤玉土を入れ、上部
1/3 に小粒の赤玉土を入れた。)
- ⑥ 各処理区とも 100粒の3回繰り返しとする。
- ⑦ 全体として、必要なポット数 $3 \times 5 \times 8 = 120$ ポット

(2) 調査方法

- ① 各処理区とも週3回の発芽調査を行った。
- ② 発芽試験期間 : 4週間とした。
- ③ 発芽試験終了後発芽勢、発芽経過の図表の作製を行った。
- ④ 発芽試験の方法は I S T A の方法に従う。

(3) 試験結果

表6-2-3 樹木コート種子の発芽試験結果

(%)

樹種名	No.	肥料	殺菌剤	忌避剤	コート方法	4日	6日	8日	10日	12日	18日	28日
Acacia auriculiformis No.1	1		○	○	層状	24	33	51	64	68	12	72
	2	○	○	○	"	22	35	52	64	67	71	71
	3		○	○	混合	23	31	47	64	70	76	76
	4	○	○	○	"	18	27	43	58	61	67	69
	5				無処理	21	30	45	56	61	69	70
Acacia mangium No.2	1		○	○	層状	58	61	64	64	65	65	66
	2	○	○	○	"	58	65	68	69	69	70	70
	3		○	○	混合	58	62	68	69	70	72	72
	4	○	○	○	"	52	59	64	65	65	65	65
	5				無処理	63	75	81	82	* 82	82	82
Acacia mangium No.3 (削)	1		○	○	層状	0	38	57	72	72	74	75
	2	○	○	○	"	0	19	28	46	46	48	48
	3		○	○	混合	0	19	34	60	60	62	63
	4	○	○	○	"	0	31	50	59	59	60	60
	5				無処理	0	57	67	70	70	70	70
Pinus radiata No.4	1		○	○	層状	0	61	74	80	82	83	83
	2	○	○	○	"	0	33	55	68	69	71	72
	3		○	○	混合	2	53	63	69	73	76	76
	4	○	○	○	"	7	38	52	59	62	64	65
	5				無処理	14	37	47	50	50	52	52
Eucalyptus No.5 camaldulensis	1		○	○	層状	0	1	1	1	1	1	1
	2	○	○	○	"	0	0	0	0	0	0	0
	3		○	○	混合	0	1	1	1	1	1	1
	4	○	○	○	"	0	0	0	0	0	0	0
	5				無処理	19	24	25	* 29	31	33	34
Eucalyptus globulus No.6	1		○	○	層状	51	58	60	66	67	67	67
	2	○	○	○	"	52	58	59	60	60	60	60
	3		○	○	混合	47	54	58	65	65	65	65
	4	○	○	○	"	44	50	52	53	53	53	53
	5				無処理	* 5	10	10	10	10	10	10
Eucalyptus grandis No.7	1		○	○	層状	3	3	3	5	7	9	10
	2	○	○	○	"	0	0	1	2	2	5	6
	3		○	○	混合	0	0	1	2	2	2	3
	4	○	○	○	"	0	0	0	1	2	2	2
	5				無処理	27	32	38	* 39	41	44	45
Leucaena leucocephala No.8 (削)	1		○	○	層状	55	67	69	70	71	72	74
	2	○	○	○	"	58	67	68	69	70	72	73
	3		○	○	混合	51	60	64	67	68	71	73
	4	○	○	○	"	54	65	71	72	72	74	78
	5				無処理	61	80	82	83	83	83	83

発芽試験温度：30℃～25℃（12時間ずつの変温） 発芽試験の光条件：自然日長

発芽試験の倍地：赤玉土 *：立枯れ病が発生した時期

発芽試験の容器：1/10000 アールのワグネルポットの各々 100粒ずつ播キツけ、3回の繰返しとした。

6-3 初期成長試験

(1) 試験条件

- ① 樹種は発芽試験を行ったものと同じ樹種
- ② 温度条件、30℃～25℃（AM、6:00～PM、6:00までの12時間ごとの変温）
- ③ 光条件：自然日長
- ④ 容器：1/10000 アールのワグネルポット
- ⑤ 発芽床：赤玉土（容器の下部 2/3に中粒の赤玉土を入れ、上部 1/3に小粒の赤玉土を入れた。
- ⑥ 各処理区とも2～4本とし、各処理区3～6ポットとした。
- ⑦ まきつけ：タネは各ポットに20粒ずつ播きつけ、発芽後ぬきとり4本とする。
- ⑧ ポット数：5×6×8=240ポット。
- ⑨ 土壌の硬度一定、漕水回数一定（週3回とし、1回に30秒）。

(2) 調査方法

- ① 各処理区とも週1回の成長量（伸長成長）の調査。
- ② 成長調査期間：3カ月とする。

表 6 - 3 - 1 樹木コート種子の初期成長試験結果

樹 種 名	No.	肥料	殺菌剤	忌避剤	コート方法	1週	4週	5週	7週	9週	11週	13週	備考
Acacia auriculiformis No1	1		○	○	層 状	1.5	2.3	3.5	4.0	4.2	4.6	5.3	
	2	○	○	○	"	1.5	2.0	3.3	3.9	4.1	4.5	5.2	
	3		○	○	混 合	1.5	2.4	3.6	3.9	4.2	4.5	5.2	
	4	○	○	○	"	1.5	2.2	3.4	3.8	4.2	4.7	5.4	
	5				無処理	1.5	2.4	3.7	4.3	4.4	4.8	5.3	
Acacia mangium No2	1		○	○	層 状	1.5	2.1	2.7	3.3	3.5	3.7	4.5	
	2	○	○	○	"	1.5	2.0	3.0	3.6	4.2	4.2	4.9	
	3		○	○	混 合	1.5	2.0	2.8	3.3	3.6	3.8	4.5	
	4	○	○	○	"	1.5	2.3	3.3	3.8	4.3	4.6	5.4	
	5				無処理	1.5	1.9	2.8	3.0	3.5	3.5	4.4	
Acacia mangium No3 (削)	1		○	○	層 状	1.5	2.2	2.9	3.2	3.6	4.0	4.5	
	2	○	○	○	"	1.5	2.1	2.9	3.2	3.6	4.2	4.8	
	3		○	○	混 合	1.5	2.1	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	
	4	○	○	○	"	1.5	2.0	2.9	3.3	3.7	4.1	5.0	
	5				無処理	1.5	2.1	3.3	3.6	4.0	4.3	4.5	
Pinus radiata No4	1		○	○	層 状	2.0	2.9	4.3	6.1	6.8	7.3	8.0	
	2	○	○	○	"	2.0	2.7	4.2	5.6	6.3	6.7	7.5	
	3		○	○	混 合	2.0	3.1	4.7	6.0	6.6	6.9	7.2	
	4	○	○	○	"	2.0	2.8	4.1	5.4	6.3	6.7	7.2	
	5				無処理	2.0	2.5	4.0	5.2	6.3	6.8	7.2	
Eucalyptus No5 camaldulensis	1		○	○	層 状	-	0.5	1.1	1.5	1.6	1.7	1.9	
	2	○	○	○	"	-	1.0	2.1	5.2	11.7	16.9	24.0	
	3		○	○	混 合	-	0.5	1.3	1.3	1.4	1.6	1.9	
	4	○	○	○	"	-	0.8	1.7	3.0	5.7	7.1	9.0	
	5				無処理	-	1.0	1.9	2.5	2.8	2.9	3.2	
Eucalyptus globulus No6	1		○	○	層 状	2.0	3.3	5.7	7.3	8.3	8.8	9.1	
	2	○	○	○	"	2.0	3.3	6.0	9.0	11.0	12.5	16.0	
	3		○	○	混 合	1.7	2.9	5.2	6.2	7.0	7.3	7.6	
	4	○	○	○	"	2.0	3.3	5.7	8.2	11.3	13.8	18.0	
	5				無処理	2.1	3.5	5.9	7.6	8.4	8.8	9.1	
Eucalyptus grandis No7	1		○	○	層 状	-	0.5	1.1	1.6	1.6	2.2	2.4	
	2	○	○	○	"	-	1.2	2.2	3.9	5.3	7.1	8.3	
	3		○	○	混 合	-	0.5	1.2	1.3	1.4	1.7	1.9	
	4	○	○	○	"	-	0.5	1.4	2.0	3.2	4.8	7.0	
	5				無処理	-	0.5	1.8	1.8	1.9	2.1	2.3	
Leucaena leucocephala No8 (削)	1		○	○	層 状	2.5	3.6	6.1	9.1	9.9	10.4	11.4	
	2	○	○	○	"	2.5	3.7	6.0	8.3	9.2	9.6	10.5	
	3		○	○	混 合	2.5	3.7	6.1	8.5	9.3	9.7	10.6	
	4	○	○	○	"	2.5	3.6	5.8	8.3	9.3	9.7	10.6	
	5				無処理	2.5	4.7	6.8	9.4	10.0	10.5	11.5	

初期成長試験の倍地：赤玉土 一印は小さいために測定できなかった。

初期成長試験の容器：1/10000 アールのワグネルポットに各々2~4本とし、3~6回の繰り返しとした。

生長試験5週目から A. auriculiformis に本葉の発生がみられた。生長試験7週目から L. leucocephala の下葉が黄化し落葉がみられるようになった。

以上の発芽試験および初期成長試験結果から、種子加工について次の問題点が明らかになった。

効果

- ア. ユーカリ類では、無処理区に立枯れがみられ、殺菌剤の効果が大きいと判断される。
- イ. ユーカリ類では、肥料による成長促進効果が明かである。

問題点

- ア. コート倍率の検討、ユーカリのカマルドレンシスとグランディアスのコート倍率は約 100倍で播種28日後でもほとんど発芽が見られない。ユーカリには好光性があり、光不足のため発芽抑制が起きたものと考えられる。なお、ポットによる試験で本観測終了後も継続して灌水したものには発芽が見られた。適正なコート倍率の検討が必要と考えられる。
- イ. コート層の吸水による破壊のクラックタイプは、割れた後、根が上方に出るものがある。崩壊タイプの加工がよいと判断される。

また、コート種子1粒に1つの種子が包蔵されているから、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認することが重要である。

7. 航空機利用

7-1 機種を選定基準

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られている。我が国でも戦後導入され、当初は一時期固定翼機も利用されたが、地形的制約、機動性などから回転翼機、すなわちヘリコプターを中心として発達し今日に至っている。

したがって、日本国内では回転翼用散布装置が数多く導入、実用化され、機種と装置が一体のものとして認定され、性能の確保が図られている。

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。

いずれの場合もその国の事情によって機体及びパイロットの確保が困難な場合があり、機体の持ち込みや、パイロットの訓練等も考慮する必要がある。

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)

- ア. 散布面積が広く、散布密度の小さい散布に適している。
- イ. 散布区域の起伏が少なく、緩傾斜の場所に適している。
- ウ. 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)
- エ. 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)
- オ. 離着陸が制約される。(滑走路を必要とする。)
- カ. 積み込みに時間を要する。
- キ. 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)

- ア. 急傾斜地や起伏の多い地形に適している。
- イ. 機動性が大きい。
- ウ. 低速での散布が可能。(きめの細かい散布が可能)
- エ. 積載量が大きい。(小型固定翼機との比較)
- オ. 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。

- カ. 散布装置によっては積み込み、散布作業が迅速にできる。
- キ. 散布作業に熟練技術が必要。
- ク. 回転翼機に比べて価格が高い。(中型機で7千万～1億円)

7-2 散布装置の選定

散布装置は散布の方式、散布資材の形状、種類、積載量、吐出量等を基に選定されるが、一般的に装置の開発はその適応機種を前提として行われている。

(1) 固定翼機用散布装置

固定翼機に装着できる散布装置は国内にはなく、外国にその例を見ることができる。

(カナダの Brohm式散布装置) 大規模造林を実施するに当たって、現時点では散布する資材の種類、形状、散布量、散布密度などが未定のため、本散布器で適応できるか否か判断できないが、カナダでの実施例が参考となる。

(2) 回転翼機用散布装置

回転翼機用の散布器はカナダ、オーストラリアで実用に供されているものがあり、これらを導入して適応の可否を検討することも一つの方法である。一方、日本国内において種子散布等を目的として現在使用されている散布装置が手近にあり、これまでの検討結果では、大方目的とする大規模造林のための種子散布等が可能ではないかと考えられる。

大規模な事業対応を考えた場合、ヘリコプターの能力、機種の種類への供給状況等を併せ考え、使用機種は中型機以上を対象に検討を進めるのが実際的と考えられる。

中型機以上に装着できる散布装置は別表、散布装置一覧表のとおりである。

表中の緑化資材散布用として認定されているものは、主として治山緑化事業において緑化資材をスラリー状に散布する目的で開発されたものである。粒剤散布装置として認定されているものは、治山緑化事業以外にも牧野の種子、肥料散布、林地除草剤散布(例、AH20-2T)や、水稻直播き、肥料、殺菌剤などの散布を目的としたもの(例、206AH-14B)などがある。

これらの装置をそのまま大規模造林用散布装置として使用できるかどうかは今後決められるであろう散布仕様によって検討が必要であるが、相当程度の適応性を持っているものと判断されるので、必要ならばこれ等を基に改良、開発を進めるのが妥当と考える。

① 回転翼用散布装置（日本国内で実用化されているもの）適用機種中型機以上

ア.

粒剤散布装置	適用機種	積載量 kg	備考
AH20-2	ベル204B	800	治山緑化用、牧野用、林地用
NSG-01A	SA315B	600	〃
LY2000-1	ヒューズ500	500	〃
AH20-2T	ベル204B	800	〃
NOG-206-008A	ベル206B	300	水田用、治山緑化用
206AH-14B	ベル206B	360	〃
AH20-3	アルウェットⅡ	364	治山緑化用、牧野用、林地用
NM-B-800	SA315B	600	〃

イ.

緑化資材散布装置	適用機種	積載量 kg	備考
N-29	ベルG4A7ロイ、ヒューズ500、AS350B	350	治山緑化用
AH21-2	ベル206B、AS350B	450～550	〃
AH21-5	ベル204B、ベル204B-2、ベル212	1000～1600	〃
TDA-11	ヒューズ500	300	〃
TDA-12, 13	ベル204B、ベル204B-2	800～1000	〃
NSS-3	ヒラ-UH-127ロイ、ベル206B	300	〃
NSS-5	ベル204B、ベル204B-2	700	〃
N-77-R2	SA315B	600	〃
N-85-R3	ヒューズ500	300	〃
NSV-1, 2, 3, 5	ベル204B、ベル204B-2	1000～1300	〃（有機質肥料散布用）
RB-1	ヒラ-UH-127ロイ、ヒューズ500、AS350B	300	〃

*資料は装置認定申請書による（社団法人 農林水産航空協会調べ）
積載量は最大積載量を示す。常用積載量はこの60～70%。

② 回転翼用散布装置（外国で実用化されているもの）

ア. 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、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完成した。

イ. 改良散布装置（オーストラリア）

ア) カナダ製のものを購入、ユーカリ種子散布用に改良

イ) ベル206B型機に装着（小型機にも装着可能）

ウ) 種子容器容量 10kg、ヘリコプター積載量 130kg

エ) 吐出量 0.9～2.0kg/ha

オ) 装置重量 約65kg

カ) 散布作業量 60～100ha/h

キ) 要員 パイロット1人、案内者は省略可能

ク) 使用電源 28ボルト（ヘリコプター電源利用）

ケ) 装置の特色

- ㊦. 種子の散布が均一にできる。
- ㊧. 短時間の散布可能
- ㊨. 散布種子はコーティングしなくてすむ

7-3 コーティング種子の散布技術・航空諸元

コーティング種子の散布は、種子をムラなく均一にまく必要があるが、種子の種類、散布装置によって飛行諸元に大きな差を生じる。

航空諸元決定のために必要なものは、

- ① 適正な散布飛行速度
- ② " 高度
- ③ 必要な散布巾
- ④ 必要な吐出量
- ⑤ その他

である。

散布直前に種子粒数/gを再検すること、散布器の吐出口調整を確実にすることが重要といわれている。

カナダでの実験例では、Jack Pine の場合、無風又は風速 5 km/h以下が望ましく、Black spruceの場合、10km/h以下がよいとしている。

飛行高度は25～35m、地上速度は 130～150km/h で、15m～18mのコース間隔、風のある場合は風向に直角、風下側より散布を始め風上に向かって旋回することを原則としている。

また、傾斜地での散布は等高線に沿うのが原則で、斜面沿いに下降しながらの散布は15°以下に限るとしている。

なお、わが国の水稲のヘリコプター散布では2回重ね散布を行っている。

インドネシアでのヘリコプター散布では、飛行高度30m、速度 100km/h、散布巾は18m、其他は前記と同様であった。

また中国では、種子を均等にまくために、帯状に両側に15%重複させ、設計された巾は30%を減ずるとしている。

また、1000粒が10 g以下の種子では、

H：飛高、V：風速、a：横風角度とするとき

$$\text{播種巾} : B = -1.6 + 2.55 + 0.01H \cdot V(1 + 5\sin a)$$

という式を試験結果より求めている。

すなわち、飛高が高くなるにつれて播幅の増加率が減少し、風速と風向の影響が大となる。

なお、中国民航の規定による主要な航空機造林の設計基準は次表の如くである。

表7-3-1 実播飛高と風速、風向（側風角）関係表

計画飛高 (m)		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
風速 (m/s)	側風角 (度)	22.5	26.9	31.1	35.1	39.0	42.7	46.3	49.9	53.4	56.8	60.1
1	0	22.7	27.2	31.4	35.4	39.4	43.2	46.8	50.5	54.0	57.4	60.3
	30	23.2	27.8	32.1	36.3	40.4	44.3	48.1	51.8	55.5	59.0	62.6
	60	23.6	28.2	32.7	37.0	41.1	45.1	49.0	52.8	59.6	60.2	63.8
	90	23.7	28.4	32.9	37.2	41.4	45.4	49.3	53.2	57.0	60.7	64.3
2	0	22.9	27.4	31.7	35.8	39.8	43.6	47.3	51.0	54.6	58.1	61.5
	30	23.9	28.7	33.2	37.5	41.8	45.9	49.8	53.8	57.6	61.3	65.0
	60	24.6	29.6	34.3	38.8	43.2	47.5	51.7	55.8	59.8	63.7	67.6
	90	24.9	29.9	34.7	39.3	43.8	48.1	52.3	56.5	60.6	64.6	68.5
3	0	23.1	27.7	32.0	36.1	40.2	44.1	47.8	51.6	55.2	58.7	62.2
	30	24.6	29.5	34.2	38.8	43.2	47.4	51.6	55.7	59.7	63.6	67.5
	60	25.7	30.9	35.9	40.7	45.4	49.9	54.3	58.7	63.0	67.2	71.3
	90	26.1	31.4	36.5	41.4	46.2	50.8	55.3	59.8	64.2	68.5	72.7
4	0	23.3	27.9	32.3	36.5	40.6	44.5	48.3	52.1	55.8	59.4	62.9
	30	25.3	30.4	35.3	40.0	44.6	49.0	53.3	57.6	61.8	65.9	69.9
	60	26.8	32.2	37.5	42.6	47.5	52.3	57.0	61.6	66.2	70.6	75.0
	90	27.3	32.9	38.3	43.5	48.6	53.5	58.3	63.1	67.8	72.4	76.9
5	0	23.5	28.2	32.6	36.8	41.0	45.0	48.8	52.7	56.4	60.0	63.6
	30	26.0	31.3	36.3	41.2	46.0	50.6	55.1	59.5	63.9	68.1	72.4
	60	27.8	33.6	39.1	44.4	49.6	54.7	59.7	64.6	69.4	74.1	78.8
	90	28.5	34.4	40.1	45.6	51.0	56.2	61.3	66.4	71.4	76.3	81.1

実播飛高 …… 30%重複のための飛高
 側風角 …… 飛行方向角-風向角±180° (0~90°の間)

表7-3-2 主要飛行機造林樹(草)種の適正飛高と播幅

機種	運 5 型							伊尔-14型	
	飛行 (m)	30~50	45~60	60~80	80~100	80~120	120~150		150~200
樹(草)種									
馬尾松 油松 雲南松 華山松 華山松×漆樹				40	50	50	60	50	100 100 80
狼牙刺、沙棘 柠条、杜梨 花棒、踏郎 沙打旺 沙 蒿	30 30	40 40	40或50	50 50					

8. 費用効果

8-1 費用の試算要因

大面積の森林回復のための航空種子散布の経費を構成する要因を大別すると、調査・計画、地拵え、種子加工、航空散布に分けることができる。これらについて、その特性をあげれば次のとおりである。

(1) 調査・計画

対象面積が広大であるので、これを地上調査によりの確に散布造林適地区分を行うことは困難であり、人工衛星データ、空中写真を活用し、画像処理と情報解析技術を用いて効果的に事業実行値を判定し、また実施設計を行わねばならない。それは判定結果の現地確認も必要とするため、少なからぬ経費を見込む必要があるものである。しかしながら、その結果は、事業の成果を大きく左右するものである。調査が正確で詳細である程、事後の作業は効率化される。一般に調査、設計費は全事業費の10~20%が目安とされるが、この項目は特に費用効果検討の場合には、対象とはしないものであろう。なお、航空機造林はカナダの例では200ha以上を対象にするときに経済的であるとされる報告がある。

(2) 地拵え

耕起（地がき）、火入れ等による地拵えが土壌条件の改善、雑草灌木の除去等のため必要、望ましいものである。技術的には大型機械による耕起が望ましく、種子の散布時期に併せて耕起を行う必要があるが、10万ha単位の大面積を対象に全面耕起を行うことは困難である。しかし、雑草が優勢である対象地では、草との競合問題に対応する必要があり、その場合は火入れによる地拵えを行うことが考えられる。

火入れを地拵えの主体とする場合も、耕起は火入れ時には防火帯作成を目的に筋状に行えば、その後は散布によりその部分は回復度の高い帯状の林帯が期待できるので、一部については併せて採用し得る。耕起面積の割合いかんによって地拵え経費は大きく変動する。単に経費面だけでなく、対象面積や地拵えに許される時間によっても耕起面積が変わり、地拵え経費は変わり得る。

(3) 種子・種子加工

種子の種類及び種子加工の内容は、対象地及び種子加工の場合は目的によって大きく異なることが予想され、経費面でも大きなウエイトを持つが、航空種子散布による造林

では種子の問題は成否のポイントになるので、経費を理由に種子及び種子加工に制約を加えるのは適当でない。ある程度経費をかけても必要な質量と内容を確保することになる。特に前項の耕起地拵えができない場合の種子加工による発芽定着率の向上法があれば、そのための経費は確保する必要がある。

(4) 航空機散布

航空機には固定翼と回転翼があるが、確実な結果を期待すれば回転翼を利用することになる。この場合、基地と現地の距離、1回の散布可能面積によって経費は大きく変わる。固定翼の航空機の場合も同様である。航空機散布の経費は(3)の種子、種子加工の種類によっても異なる。

また、散布装置も樹種、散布法に適合したものを準備せねばならない。

なお、航空機造林には大量の種子を要するので、あらかじめ種子確保のための準備費、あるいは機械類の補修、基地建設等も潜在費用として考えねばならない。

一方、従来の苗木植栽造林に比して大きな経費節減の特性は、極端な省力造林であることにあり、また植栽造林の際に必要な到達道路の建設、苗畑造成、苗木輸送、キャンプ建設等の費用が節減し得ることにある。

しかしながら、航空機造林にあっても、上記拠点基地、地拵え用大型機械等の運搬については考慮する必要があるものである。

8-2 経費効果の試算

これまでに報告された航空機造林経費は、すべて地拵え費、種子費用等直接費のみであるが、比較のため用いられている苗木植栽造林についても直接費のみであり、参考の例として苗木植栽造林の際に必要な林道建設費等が試算してあるのみである。

カナダ、オンタリオ州の例では航空機造林で、307US\$/ha に対し、苗木植栽造林 583US\$ と52.7%の効果とし、またニュージーランド高地の例では、地拵えなしの場合、わずか20~30US\$/ha との報告がある。

一方、南スマトラ、ブナカッタ地域での航空機造林に対し、苗木植栽の直接費を積算したものに次表がある(表8-2-1)。この場合は、航空機造林費は84.0%となっている。

この際の地拵え費は植栽造林の57%となっているが、保育、管理費に223.3%を要するとしている。

この表の費用を標準的な航空機造林費とした場合の火入れが困難で地がきのみによる場合、地がきを必要とせぬ場合等を比較、試算した例に次のもの(表8-2-2)がある。

これら既往の例を参照にすると、航空機造林の費用効果は直接費で苗木植栽造林の50～60%となるものとされるが、それらは特に地拵えの方法によって、大きく異なる。大規模造林の事例はこれまでにないので、その作業法の開発、検討によって費用効果については更に考察すべき課題である。

なお、造林の終局目的は、成林にあるものであるから、散布後の広域管理体制等についても考慮を拼うべき分野が存在するであろう。

表 8-2-1 航空機造林費と苗木植栽造林費の標準的比較

作業項目	航空機造林			苗木植栽造林				
	作業細分	ha当たり工程	ha当たり経費	備考	作業細分	ha当たり工程	ha当たり経費	備考
1. 地 拵 え	1) 火入れ	2人	2.24 US\$	点火、防火、消化対策	1) 伐 開	10人	11.20 US\$	灌木地の一部、チェーンソー使用
	2) 地 が き	2.20時間	54.46	トラクター使用、全面	2) 枝条整理	2.20時間	54.46	トラクター使用
	(小 計)		(56.70)	植栽造林の57.4%	3) 耕転2回	3.18時間	33.12	トラクター使用、4m間隔に2m幅の筋状
2. 播種・植付け	1) 種子代	50,000粒	44.00	3樹種混合、約1kg	1) 苗木代	1,100本	44.00	1本単価0.04US\$
	2) 種子処理	0.1人	0.11	発芽促進処理	2) 植付け	16人	17.92	植穴掘り、施肥等を含む
	3) 種子散布	0.01時間	7.00	ヘリコプター使用	3) 補 植	2人	2.24	10%補植
	4) 追 播	0.01時間	7.00	ヘリコプター使用	4) 苗木輸送	3人	3.36	プラス車輛
3. 保育・管理	(小 計)		(58.11)	植栽造林の86.0%	(小 計)		(67.52)	
	5) 除草剤	50kg	33.00	一応、カナダ事例を適用	1) 下刈り	8人×2回	17.92	機械刈りの場合3.18時間
	6) 同剤散布	0.01時間	7.00	ヘリコプター使用	2) 回			
総 計	(小 計)		(40.00)	植栽造林の223.2%	(小 計)		(17.92)	
			154.81	植栽造林の84.0%			184.22	

注 1) 航空機造林作業工程は、「大規模森林回復技術調査報告書、国際協力事業団、平成元年3月」によるカナダ、アメリカの造林事例と今回調査のオーストラリア、インドネシアの事例を参考に整理した。
 2) 苗木植栽造林の作業工程と所要経費は、「南スマトラ森林造成計画(造林コスト分析)調査報告書、国際協力事業団、昭和60年3月」による。
 3) 保育管理費は造林第1年間に止めた。したがって、除伐、間伐等は今後の検討課題となった。20年後の立木密度は1,000本/ha程度を想定した。
 4) 賃金単価 2,000Rp/人・日=1.12USドルに換算した。トラクター、ヘリコプターの稼働時間は6時間/日、ヘリコプターは100kg積載容量を持ち、チャーター量 700USドル/時間で計算した。

表 8 - 2 - 2 航空機造林費の変動ケース別一覧表

1. 標準的造林技術費用の場合 = 154.81 U S ドル (苗木植栽造林費の約84%)

内訳	1) 地拵え費 : 56.70	2) 播種費 : 58.11	3) 保育管理費 : 40.00
	↓	↓	↓
	①火入れ : 2.24	①種子代 : 44.00	①除草剤 : 33.00
	②地がき : 54.46	②種子処理 : 0.11	②同散布 : 7.00
		③種子散布 : 7.00	
		④追 播 : 7.00	

2. 火入れ地拵え困難な場合 = 196.89 U S ドル (同107%)

内訳	1) 地拵え費 : 98.78	2) 播種費 : 58.11	3) 保育管理費 : 40.00
	↓	↓	↓
	①伐 開 : 11.20	同 上	同 上
	②枝条整理 : 54.46		
	③耕耘 2 回 : 33.12		

3. 地がきを必要としない場合 = 100.35 U S ドル (同55%)

内訳	1) 地拵え費 : 2.24	2) 播種費 : 58.11	3) 保育管理費 : 40.00
	↓	↓	↓
	①火入れ : 2.24	同 上	同 上

4. 散布種子の確保が容易な場合 = 143.80 U S ドル (同78%)

内訳	1) 地拵え費 : 56.70	2) 播種費 : 47.10	3) 保育管理費 : 40.00
	↓	↓	↓
	①火入れ : 2.24	①種子代 : 32.99	同 上
	②地がき : 54.46	②種子処理 : 0.11	
		③種子散布 : 7.00	
		④追 播 : 7.00	

9. モデル設計

9-1 中国（黄土高原及びその周辺）

中国（黄土高原及びその周辺）での航空機造林を想定した設計は次のとおりである。

1) 自然的条件

(1) 気 温

年平均気温 8℃以上であることが望ましい。

なお、統計的に月別平均気温が約15℃以上の月が4ヶ月以上継続して確保されている箇所、植物の成長が見込まれる箇所は例外として実行することとする。

(2) 降水量

年降水量 800mm以上有ることが望ましい。

種子の発芽・成長に最も必要とされるものは、温度とともに降水量であることはいうまでもない。

種子散布時期の決定にあたり、最も重視されるのは散布直後の降水の状況で、一定期間継続して降雨があることが必要条件であり、航空実播工施工効果の決定的因子の一つと考えられる。

また、3ヶ月以上も継続して乾期のある箇所は、その実行は慎重にせざるを得ない。

(3) 地形区分

原則として、次のとおりを航空実播工の目安とする。

表9-1-1 地表傾斜に応じた工法（中国）

地 形	区 分	内 容	散 布 装 置
15° 未満	から散工法	種子単独の散布又は、種子+肥料	粒 剤 散 布 装 置
15~40°	スラリー工法	種子+養生剤+分散剤+粘着剤+土壌改良剤+肥料+清水	緑化資材散布装置 ハイドロシークによる攪拌
40° 以上	基礎工+スラリー工法		緑化資材散布装置 ハイドロシークによる攪拌

- ① 地形傾斜を15° でから散工法とスラリー工法に区分したが、現地が伐採跡地、山火事跡地又は、石礫の非常に多い箇所については、20° 程度まではから散工法で実行する場合がある。
- ② 40° 以上の箇所については、養生剤・粘着剤の使用のみでは勾配が強すぎ、その効果が果たせないため、基礎工の導入を計り、その後にスラリー工法で緑化を行う。
- ③ から散工法は、その対象地が伐採跡地等A層の流亡のない箇所の散布は種子のみで対処する場合がある。
- ④ 基礎工の設定は、傾斜40° 以上の箇所はもちろんであるが、例え15° 未満の箇所であっても飛砂等により相当の被害があるような場合は、これに対する防止等を講ずる必要がある。

なお、傾斜15° 以下の場合で、種子のみを散布する造林的手法を計画する場合には、別途固定翼機による実行を検討する必要があると考えられる。

2) 飛行機械種の選定

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るべきであるが、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っては、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出来るかが設計上コストダウンの最重要課題の1つとあってよい。

航空実播工の工程を考えると、このコストダウンを図るためには、飛行工程と地上攪拌作業が同一工程で完了することが最良の策と考えられる。

以上の点を考えると、そのコストは固定翼は回転翼に比較して高くなる可能性が高い。

散布装置は現在我が国で使用しているものを想定すると、ベル204B・ベル204B-II・ベル212が良いと判断される。

3) 施工箇所と機種及び散布装置

対象地が非常に複雑な地形である場合は、ベル206Bのような小回りのきくヘリコプターでなければ非常にロス率が大きくなる。

我が国ではロス率は、10%を限度として設計されているので、対象地の条件によって使用されるヘリコプターの機種が限定されてくる。

散布装置さえ開発すれば、ミルー8・SA330J・SA332L等のヘリコプターで2,000kg～4,000kgの搭載量も可能となるが、スラリー工法の場合はこの大型ヘリコプターを使用し大量の散布は可能になっても、これと同一作業を強いられる hidroシダの容量は1回転1台3,200mlが能力の限界であり、ヘリポートと散布地の距離にもよるが攪拌時間を考えると、ヘリコプター1機に対処する hidroシダが4台も5台も必要となろう。

このような異なる工程を持つ機械の組作業工程を考えると、ベル204B-II又はベル212機を使用し、これに見合った hidroシダの台数を検討した方が得策と思われる。

4) 飛行諸元

使用する機種は、ベル204B・ベル204B-II・ベル212程度の性能を持つ機種を選定し、これに見合った散布装置を想定して飛行諸元を示せば、次のとおりとなる。

なお、散布装置の開発等を行い、よりよい性能の装置が開発された場合は、その都度修正されるものとする。

飛行諸元

区分 \ 種類	単位	スラリー方式		から播方式	
空輸飛行時間	分 / / km	0.40		0.40	
夜間ヘリポートと現地 ヘリポート間の飛行時間	〃	0.75		0.75	
現地ヘリポートと散布地 間の飛行時間	〃	0.75		0.75	
散布時間	分 / / km	0.40		1.10	
巡回時間	〃	0.15		0.15	
積込時間	〃	0.50		0.50	
搭 載 量	温度 標高	~ 10 °C	11~ 20 °C	21~ 25 °C	26 °C 上
	0~ 500m	750kg	750kg	750kg	600kg
	500~ 1000m	750kg	650kg	600kg	500kg
	1000~ 1500m	700kg	550kg	400kg	300kg

- 1) 上昇時間は 250m/分とする。
- 2) 作業時の平均気温は月平均気温である。
- 3) 散布装置は前記 7-2 を参照のこと。

5) 航空上の検討事項

(1) 対象国の情報調査

対象国のヘリコプターの実態、軍隊の所有か会社所有か、ベル204B・ベル204B-II・ベル212程度のヘリコプターがその国で使用が出来るか、パイロットの状況が如何であるか、使用料金等を、事前に把握する必要がある。

日本からの輸送費は膨大なものとなり、それに要する日数も長期となるが、この費用は作業に要する経費外の費用であり、実行する面積にもよるが現地のヘリコプターを使用することを計画せざるを得ないと考えられる。

また、これと同時にパイロットの散布技術がある。航空実播工はただヘリコプターの操縦ができればよい、日本より持参したらばよいということではなく、ヘリコプター操作上最も困難な技術であって、その養成は短時間には不可能で、経験を積んだ日本のパイロットによる相当期間の研修を必要とする。

(2) 林床型とその施工

対象地の地形が傾斜15°未満で、伐採跡地等のA層の確保されている場合には、散布適性樹種の種子のみでよい判断される。15°未満であってもその施工地が崩壊地等である場合は、種子の選定は牧草類の発芽力旺盛で成長の早いもので当面覆い、木本類の導入は牧草類の衰退の時期に再度行うか、あるいは、牧草類と同時に散布するか等の検討も必要と考えられる。

この場合には、土壌条件により肥料の同時散布が必要である。

9-2 インドネシアを対象地としたモデル設計

1) 施業の基本的考え方

熱帯・亜熱帯の多雨林・季節林における草原及び貧植生地（含一部裸地）を対象に、森林回復を図る。この場合、崩壊地や急傾斜裸地を対象にした治山事業的な緑化工の施工方法は考えないこととする。

2) 航空機種を選定

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、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。

3) 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。

- (1) 気温：Acacia Auriculiformis, A.Mangium 及び Eucalyptus Globulus, E. 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（発芽試験及び現地調査資料参照）。
- (2) 降水量：発芽及び生育条件に対して、降水量に雨季と乾季の現象が著しい。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。

4) 立地条件への対応

大規模森林回復の施工対象地は、主に傾斜20度未満について計画をする。傾斜が20～40度の範囲については、立地条件及び植生等の構成状態に応じた別途の施工計画をする。傾斜40度以上では、治山事業的緑化施工を計画する。

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）何らかの処置が必要である（現地調査報告参照）。

5) 施工時期への対応

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。

表9-2-1 地表傾斜に応じた工法（インドネシア）

傾斜	草地	備考	裸地	備考
(度) ～20	散布工法	草本類の生育密度により適度の地がきや火入れが必要	散布工法 (スラリー)	(緑化資材の併用)
20～40	同上	同上	スラリー	緑化資材の併用
40～	(スラリー)	強度の火入れ、地がきは避ける	スラリー	緑化資材、基礎工の併用が必要

表9-2-2 インドネシア気候条件資料

場所 標高 統計 区分	Makassar 2 m 50年		Tawang Mangoe 952m 3年		Klaten 200m 5年		Pekalongan 9 m 9年	
	気 温 (度)	降水量 (ミ)	気 温 (度)	降水量 (ミ)	気 温 (度)	降水量 (ミ)	気 温 (度)	降水量 (ミ)
1月	26.0	686	19.9	665	25.5	270	25.5	469
2月	26.2	536	20.1	503	25.6	223	25.7	420
3月	26.2	424	20.0	590	26.1	251	26.4	235
4月	26.6	150	20.0	443	26.2	226	26.9	164
5月	26.6	89	19.7	123	26.4	98	27.1	119
6月	26.1	74	19.2	77	25.9	91	26.7	109
7月	26.6	36	18.9	28	25.2	3	26.5	81
8月	25.8	10	19.2	12	25.6	9	26.5	85
9月	26.1	15	19.7	29	26.1	14	27.1	68
10月	26.7	43	20.5	73	27.0	50	27.3	95
11月	26.6	178	20.0	290	26.1	168	26.8	118
12月	25.9	610	20.0	536	25.7	236	26.2	268
平均	26.2	2,581	19.7	3,366	26.0	1,639	26.6	2,213

10. 体系化に当たっての問題点等

森林造成技術については、樹種の選定、種子の入手、育苗、地拵え法、植栽法などハードの技術についてはかなりの蓄積があり、航空機造林技術についても航空機の飛行法、散布装置、散布法などについては、ある程度の技術が究明され、オーストラリアなど一部地域では造林技術体系に組み込まれて実施されているが、造林適地判定のための画像処理技術、樹種の選定、種子の加工技術など、大規模造林のための航空機造林技術の体系化については緊急に開発改良すべき技術的課題が多いと考えられる。また、この事業を開発途上地域で進めるためには、個々の技術開発以外に計画作成に当たって、あらかじめ調査整理すべき問題点も多いと考えられる。

緊急かつ重要と考えられる問題点、課題は次のとおりである。

10-1 計画に当たり整理すべき情報・問題点

1) 実施予定国の航空事情等の調査

- ① 航空機利用に係る制度、法規制、組織機関、必要な手続き手順など。
- ② 航空会社の有無、保有機種、機体数等
- ③ 当該国政府所有機又は軍用機等利用の可否、利用が可能な場合使用可能な機種等
- ④ 当該国以外の機体、要員の利用の可否
- ⑤ 散布装置、散布量、散布方法等
- ⑥ 要因の状況、技術レベル、訓練機関等
- ⑦ 航空機散布の工期、経費等
- ⑧ 航空写真、地形図等資料の整備状況、入手の可否。
- ⑨ 飛行場、ヘリポートの状況。
- ⑩ 重機材、燃料等の運搬、保管、機械補修等の手段。
- ⑪ 交通路、基地設定等の条件。
- ⑫ 機器、装置のpatent等の有無と使用のための手続き等
- ⑬ 林業用種子の入手経路、入手方法、種子加工の有無、種子加工材料等

2) 諸条件の調査

(1) 自然的条件調査

立地区分要因、草地についての経年変化情報、森林回復ポテンシャル等。

(2) 社会的条件調査

住民の動向の実態、土地所有・土地占有の状態、土地・森林利用の現況・慣行・規制。

(3) 環境影響調査

大面積の森林造成を行うことによる現植生又は現在の土地利用の変化や例えば大規模な火入れなど事業の実施に伴う作業が環境に及ぼす影響について調査又は措置が必要な場合にはその必要な手続き等。

10-2 計画に当たり留意すべき事項

- (1) 予定国側の関係機関、組織との協力関係を確立し、資料・情報の入手や事業の実施を効率的かつ円滑に行う体制を確立すること。
- (2) 対象地及びその周辺の立地条件や森林生態等を調査し参考とすること。
- (3) 大規模な実験の前に直播き等の現地適応試験を行うこと。
- (4) 事業化に当たり、事業化実証調査を行うこと。
- (5) 航空機造林の適地で開始し、その経験を基に順次難しい条件の地域に拡大すること。

10-3 開発課題

(1) 直播試験

航空機造林は、更新法の分類では人工造林の中のじかまき（直播）造林あるいは天然下種更新に近い造林方法と考えられる。

直播造林は、タネを造林地に直接播付ける造林法であって、この方法は苗木の養成が不要で労賃の支出が小さいばかりでなく、苗木の移植が行われないので、稚苗が当初から造林地の土壌や気象条件になれ、根も自然のままに発達することができるなど、人工造林法の中では林木の生態からみて最も自然的な方法といわれている。しかしながら、造林地の自然条件によっては、タネの土壌への定着が不確実であることに加えて、管理のいかんによっては乾燥などの気象害又は小動物の喰害などを受けやすく、完全な発芽と稚苗の生育のためには造林技術上考慮すべき点も多いなどの理由から実行の事例も少く、世界各地域の資料が必ずしも十分に蓄積・整理されているとはいいがたい現状である。一方、天然下種更新は、母樹から自然に落下したタネによって稚苗を発生させて更新する方法であるが、母樹の状態、結実年、地床の状態等から計画どおりの成林が難しく確実性も乏しい。航空機造林は、これらの更新法の種子源を航空機に取り替え、若干

の補助作業を加えて早期に森林の回復を期待するものであって、これらの資料の収集は航空機造林の確実な実行のために重要な資料を提供するものと考えられる。そこで比較的短期に結果を得ることが可能な直播試験を早急に実施することを計画した。調査対象地は、国際協力事業団が現に実行中の林業協力プロジェクトサイトとし、調査計画案を添付した。

(2) 未使用、有望樹種の研究

種子の特性、樹種の耐性、繁殖力、成長等を総合的に評価し、有望な次の樹種群の種子を用いて航空機造林用樹種の研究開発を開始することが必要と考えられる。

温帯地域：乾燥耐性の強いマツ類（クロマツ、バンクスマツ、ヨーロッパクロマツ等）、ニセアカシア、ハンノキ、カンバ等。

暖温帯から亜熱帯：アカシア、マツ類、ユーカリ、ギンネム（但し、中性からアルカリ性の土壌）、プロソピス、モクマオウ等。

熱帯地域：アカシアマングユウム、アカシアアウリカリフォルミス、ターミナリア、モクマオウ、プロソピス、ユーカリ、アルビジア、ギンネム等。

そのほか、タマリックス（ギョリュウ）の耐塩性種および発芽特性、ポプラの乾燥耐性種の検索と発芽特性などの研究開発が必要である。

(3) 種子散布に関する技術的改良

乾燥種子、高含水率種子はいずれも、空中散布によって、発芽し、定着することが第一の条件となる。このための条件として、種子の形態、生理的特性から選定条件を検討してきたが、これらの条件を満足させるための補助手段として、種子のコーティング技術の開発が望まれる。特に、肥料、耐乾燥のための水分コントロール剤、病虫害防除のための薬剤添加、温度及び光のコントロール資材などを含むコーティング効果の研究開発を促進しなければならない。

樹木種子の空中散布の効果を高めるために、草本との混播技術の開発を行うべきである。草本植物の種子は一般に発芽が早く、裸地でも定着しやすい。まず、草本を定着させることによって、水分環境、温度環境、光環境がいずれも樹木の種子発芽に好条件となることが期待される。裸地に落下したフタバガキ科の種子は、乾燥と熱によって直ぐに死滅するが、草の中に落下した種子は生存し、発芽することをみても、草本との混播技術は期待が持てる。

(4) コーティング加工技術の研究

① 種子コートの最適化

発芽性能が低下しない種子コート技術を確立するため、次の最適化試験を行う。

- ア. コート化基材
- イ. コート化倍率
- ウ. コート層硬度
- エ. コートの形状

② コート材料の研究

造林対象地の自然条件下でコート種子の発芽性、初期成長、有害小動物の喰害防止等に有効な下記の添付資材のスクリーニングと最適添加量の研究。

- ア. 肥料
- イ. 薬剤
- ウ. 忌避剤
- エ. 共生菌
- オ. 石灰

③ コート種子の保存性試験

(5) 種子の精選方法、発芽促進処理方法及び装置・機材の開発

① 種子の精選技術の研究

微細種子のうちのあるものには、純潔種子ときよう雑物とを分離することがきわめて困難なものや、分離はできても非常に時間がかかるものがある。ユーカリ類、アカシア等のマメ科の樹種は、天然分布や造林成績から航空機造林用樹種としては極めて有望なものと考えられるが、これらの種子の精選、特に微細なユーカリ類種子は精選が困難であり、その精選方法及び事業的規模で行う種子精選装置の研究開発が必要である。

② 種子の発芽促進処理方法及び装置の研究開発

生理的休眠や硬実が生ずる種では、発芽を促進するための処理が必要である。発芽性能のよいことが航空機造林用種子の必要条件であり、例えば造林樹種として広い適応性と造林実績がありながら硬い種皮を持つアカシア属などの有望な樹種について、実用的で確実な発芽促進処理方法及び装置の研究開発が必要である。

(6) 散布装置の適応試験

種子散布に回転翼（ヘリコプター）を使用する場合、現在まで国内で農林業用として使用されている散布装置が大方は使用可能と考えられる。

これらの装置については、一般的に種々の散布資材に適応可能とされているが、目的とする種子等の資材の種類、形状、散布量が特定されれば、実用に供する前に散布の均一性、飛行諸元等の適応試験を行う必要がある。

方法は、

ア. 吐出量、散布資材への影響等については、地上調査可能な装置については地上試験、困難な場合はイと並行して試験する。

イ. 散布の均一性、飛行高度、飛行間隔（散布巾）、飛行速度等については、ヘリコプター基地等を利用しヘリコプター実機に散布装置をつけ運航の上試験する。

(7) 画像処理

① 対象地を想定した画像処理、土地条件区分図等の作成

これまで画像処理の分野では、資源調査等開発計画樹立のための調査に重点が置かれてきたが、地形条件等の造林適地判定調査等の面での画像処理技術の開発が必要である。

② システムソフトの整備

画像処理による土壤水分や粗粒度等土壤の理化学的成分の判定技術の開発等。

直播試験計画（案）

1. 樹種 当該地周辺で、天然林又は人工林を形成する樹種のうち、正常な生育を示し、種子の大量採集が可能な樹種及び当該地域で成林可能と判断される樹種から選ぶ。
2. 種子の種類 裸種子及びコート種子
3. 播種面積 1樹種10m×10mとし、あらかじめ区画を設定する。
4. 試験地の地拵え 地拵え方法は、次のとおりとする。
草地 火入れ地拵えと無地拵え
裸地 地がきと無地拵え
5. 播種の方法 平まき（全面に種子を平等にばらまく）とし、播種の時期は当該地域の植栽時期を勘案し決めるものとする。
6. 播種量 発芽期待数は1㎡当たり 100本とする。
7. 調査項目 標準地をとり
ア. 発芽本数
イ. 播種1ヶ月後、2ヶ月後、3ヶ月後、1年後及び下草を抜け出した時期の生存本数と1年後の上長成長を調査する。
ウ. 標準地は1m×1mとし、樹種別、種子の種類別、地拵えの方法別に3カ所設置する。
8. 調査様式 別途作成する。
9. その他 ア. 試験地の位置
試験地は緩傾斜地に設置し、地形上の位置を記録する。
イ. 各作業ごとに写真撮影を行い保存する。

11. 体系化に当たってのスケジュール等

11-1 スケジュール

項 目	平成				
	1 年度	2 年度	3 年度	4 年度	5~7 年度
I. 基本設計 航空機造林技術手順書の作成	—	—	—		
II. 実施設計					
(1) 樹種選定技術 (含人工気象室実験)		—			
(2) 種子加工技術 (“)	—	—			
(3) 航空機利用散布技術		—			
(4) 画像処理技術		—	—		
(5) 直播現地適応技術		—	—		
(6) 現地調査 (中国・インドネシア)		—	—		
III. プラント造成 種子精選装置開発・実験 種子発芽促進処理装置開発実験		—			
実 証 試 験			—	—	

平成2年度は、前年度に引き続き我が国内外での航空機利用造林技術の実施結果を分析するほか、前年度調査の結果明らかにされた種子選定、加工方法、航空機利用、画像処理に係る技術開発課題等を解明し、本技術開発の目的に沿った基本設計を実施する。

あわせて、直播による現地適応実験を実施し、地上作業や種子の形態による航空機造林作業基準化の資料を収集、一方、実用的な種子精選、発芽促進処理装置を開発。航空機造林技術体制を確立する。

11-2 概算経費

航空機造林技術体系を確立するためにおおよそ次の経費が必要と考えられる。

区 分	平成2年度	3 年 度	4 年 度	5～7年度
基本設計等	2,070万円	1,360万円		
現地調査費	2,000万円 (2ヶ国)	——	——	——
実証実験	——	18,000万円	11,500万円	各 4,000万円
計	4,070万円	19,360万円	11,500万円	12,000万円

◎ 参 考 文 献

<地上作業>

- ① FAULKNER, M. E. : Aerial seeding of pines for protection afforestation, Kaweka Forest, Hawke's Bay, N. Z. Journal of Forestry, 17(1), 81~90, 1972
- ② SULATMAN, R. : Survival rates of direct seeding and containerised plantings of *Acacia mangium*, Australian Acacias in developing countries, 173~175, 1987
- ③ 小野林左衛門 : 地ごしらえ火入れ試験について、函館局銀葉研究論文集(59)、55~58、1958
- ④ SAKAI, Kohmei : Agriculture, The Galela of Halmahera A Preliminary Survey, 141~180, 1980
- ⑤ 鎌田磨人ら : 焼畑の火入れが埋土種子の発芽に及ぼす影響、日本生態学会誌、37(2)、91~100、1987
- ⑥ 高橋 豊 : 火入れ地ごしらえについて、北見局技術研究(1)、131~135、1954
- ⑦ 徳広巳喜男 : 火入れ地ごしらえの功程調査、北見局技術研究(1)、120~121、1954
- ⑧ 東 達朗 : 火入れ地柵による天然更新、62年北海道局業務研究発表収録、70~74、1988
- ⑨ 山本 和明 : 火入れ地柵の実行経過に就いて、北見局技術研究(1)、161~166、1954
- ⑩ 加藤三重次 : 建設機械、58、技報堂、1971
- ⑪ 国際協力事業団 : フィリピン国パンタバンガン林業開発技術協力計画第3期 専門家報告書、40~42、1984
- ⑫ ----- : 昭和63年度ナイジェリア国半乾燥地域森林資源保全開発現地実証調査作業監理調査団報告書、46~51、1988
- ⑬ 小沼 順一 : 地ごしらえ用機械、森林利用学入門、137~142、1984
- ⑭ 三村 和男 : 未発表資料
- ⑮ 国際協力事業団 : ナイジェリア国半乾燥地域森林資源保全開発現地実証調査開発計画調査団報告書、26~37、1986

<種 子>

- ①Anonymous : Seeds of woody plants in the United States. Forest Service, U.S.D.
A. Agriculture Handbook No. 450. 1974.
- ②Foster, A.S. and Gifford, E.M. : Comparative morphology of vascular plants.
W.H. Freeman and Co. 1974.
- ③畑野 健一、佐々木恵彦 : 樹木の生長と環境、養賢堂 1987.
- ④Kozlowski, T.T. : Growth and development of trees, Volume I. Academic Press,
1971.
- ⑤Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. : Physiology of woody plants. Academic Press,
1979.
- ⑥National Academy of Science : Leucaena Promising forage and tree crop for the
tropics. 1977.
- ⑦National Academy of Science : Tropical legumes : Resources for the future.
1979.
- ⑧National Academy of Science : Firewood crops Shrub and tree species for energy
production. 1980.
- ⑨佐々木恵彦 : 森林資源の新しい利用、上巻、資源編 林業科学振興所 1985.
- ⑩FAO : A guide to forest seed handling, 1985.
- ⑪National Academy Press (USA) : Sowing Forests from the Air, 1981.
- ⑫Forest Service, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE : AGRICULTURE HANDBOOK No. 450,
Seeds of Woody Plants in the United States.
- ⑬Boland, D.J. ; Brooker, M.I.H. ; Turnbull, J.W. ; Kleinig, D.A. : Eucalyptus
seed, CSIRO Australid, 1980.
- ⑭Carlowitz, Peter. G.Von ; MULTIPURPOSE TREE & SHRUB SEED DIRECTORY, 1986.
- ⑮岩川 幹夫 : 林叢形成促進のための実播緑化工とその保育管理、1976.
- ⑯FAO Regional Office for Asia and the Pacific : Tigerpaper Vol.xv No.1, P.4~5,
(1988).
- ⑰FAO : Eucalyptus for planting, FAO Forestry Series No.11, PP.146~147(1979).
- ⑱FAO : Forest Tree Seed Directory, PP.4, 7 ~11, 24, 30, 108, 115~116, 159,
189, 196, (1975).

- ⑲FAO : Tree Planting Practices For Arid Zones, PP. 39~45, (1963).
- ⑳Forest Commission-Victoria, Australia : Operational Information No.9, Seed Coating-Eucalypts, PP.7 ~8, Appendixg, (1972).
- ㉑Forestry Agency, Japan : International Rules for Seed Testing, PP.99, 101, (1986).
- ㉒Fred R. Weber et al : Reforestation in Arid Lands, PP.76~78, (1986).
- ㉓Irshad Khan : Wastelands Afforestation Techniques and Systems, PP.53~55, (1987).
- ㉔John Turnbull : Multipurpose Australian Trees and Shrubs (Lesser-Known species for fuelwood and agroforestry), PP.60 ~65, (1986).
- ㉕John Turnbull : Australian Acacias in Developing Countries, ACIAR Proceeding No.16, PP.57, 59~62, (1986).
- ㉖D. J. Boland : Trees For The Tropics, ACIAR, PP.29~32, (1989).
- ㉗JICA : Report of Implementation Results on Sakaerat Field Station, PP.137 ~138, 150 ~152, 173, (1987).
- ㉘Marion H. Simmons : Acacia of Australia Volume one, P.11, (1987).
- ㉙Peter Felker : Tree Planting in Semi-Arid Regions, P.36, (1986).
- ㉚U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.391 : Direct Seeding Pines In The South, P.33, (1971)
- ㉛New Zealand Journal of Forestry : Aerial Seeding of Pines for Protection Afforestation Kaweka Forest, Hawke's Bay, PP.89 ~90, (1965?).
- ㉜Brian Gunn, Australian Tree Seed Centre : Personal Communication, January 29, 1990.

<中 国>

- ①機械化林業：中国での飛行機播種造林(1)、水野遵一（訳）、66～73, No.431, 1989.
- ②機械化林業：中国での飛行機播種造林(2)、水野遵一（訳）、41～47, No.432, 1989.
- ③貴州人民出版社：中国飛行機播種造林、1987.
- ④中国林業出版社：飛行機播種造林、1984.
- ⑤中国林業出版社：飛行機播種造林手帳、1985.

<国際協力事業団>

- ①国際協力事業団：大規模森林回復技術調査報告書、1989.



LIB