

の調査によると谷側の下部にある2年生の株高は1.2~1.7 mであり谷側の上部は50~80 cm, 3年目には1.2 m前後である。散布後の沙打旺の種子は20℃の温度と3050 mmの降水量(連続降水5日)の場合には2~3日後に発芽し5~7日目に出土する。散布地域の地面温度が40~60℃時でも15~25日間種子が放置されても発芽率には影響しない。沙打旺種子の発芽に最適の土壌含水量は10~20%, 最低は4~5%である。陝北の呉旗散布区の7~8月の降雨の季節時には、地表面の土壌含水量が8~20%で沙打旺種子として出土に最適である。調査の結果によると沙打旺吸水層の深さは3年生で3 m, 4年生で4.5 m, 5~6年生で5 mとなっており年令によって増加する。沙打旺の草地では他の植物1 gr 生産するには600 gr の水が必要とするが未墾地では3630 gr の水が必要とすることから沙打旺草地の方が水消費の効率が高い、ということは未墾地に対して沙打旺草地に植生を改造すれば有効である。

以上代表的な5つの種子についてのべたが種子選択の要因は次の点に集約される。

- ① 種子の粒子は中小のもので、散布後には草、石、土、などに保護され易く、自然覆土が容易な種子
- ② 航空機による散布種子は数量が多く短期間に大面積に散布する必要から、種子の生産が豊富で集中的保存の出来る種子
- ③ 発芽が速く、根が付き易く、生長が早く、散布後鳥類の被害が最少限となるような種子
- ④ 水分の必要量が最少限で、陽光に耐え、温度の変化に耐えられるような種子
- ⑤ 芳香性の種子は鳥類などの被害を受け易く、また小さい軽い種子は着地位置の把握が難しく、これらを防止するため必要に応じて他の資材を混入し種子丸として(seed pellet)で散布する。

10-7-3 散布時期

散布時期は前記の地域の選択、種子の選択と同様航空機散布の成否を決定する重要な因子である。実験結果によっても散布時期が不適だったための失敗の例が数多くみられる。種子の発芽には充分の水分と一定の温度が必要なことは当然であるが、中国は一般に冬は寒く、夏は熱く、冬は乾季で夏は降雨が多いため降雨と温度が同週期であるため航空機散布には季節的にはきわめて有利である。しかし中国は広大な面積の中で降水量、温度条件の差ははげしく、北の降雨量と低温、南の乾燥、高温とはそれぞれ大きく変化しており、その散布時期も異なってくる。特に中国の北方における降水量は年によっても大きく変化し、例えば延宇市で年降水量が998 mmの年もあれば290 mmの年もありその差は2.4倍であり、また7月の最も降水量の多い年で4.4倍もの差が見られ散布時期の選定をする場合大きな問題となる。各地方における長年の経験から散布の適期を次のように目安として決めている。

a. 冬季散布地方(12月～2月)

この地方の範囲は南嶺山地の南側から、粵桂沿海丘陵山地の北側までで、高温多雨、夏が長く、冬がなく、雪が少ない。夏と秋の間には台風と大雨が多く、従って散布期は春先雨が降り初めて気温が上昇して来た時期がよい。

b. 春季散布地方(3月～5月)

この地方の範囲は南嶺山地の北側から、淮河一線の南側までだが海拔高により気候が違い散布時期も異なるが一般に東部地方は春の末より初夏にかけて温暖で降雨が多く散布には有利な条件である。その後は雨も少なく乾燥するので散布は不利となる。西部地区は逆にこの時期には降雨日、降雨量ともふえ散布に適するがその期間が短かく5日前後である。

c. 夏季散布地方(6月～8月)

この地方の範囲は秦嶺、淮河の北側から長城一線の地方までに及び、夏季に降水量の集中する地方で、春と秋の降雨量が少なく、冬期はとくに少ない。従って散布時期は雨季の初めで一般に6月上旬から7月中旬となっている。

d. 秋季散布地方(8月～9月)

この地方は四川東部の秋の雨が多い地方で、夏季には高温で、乾燥が厳しく、8～9月の2ヶ月の降雨量は130mm以上で冬季は気温が高く(最低-5℃)、幼苗は凍害なく越冬する。散布時期は8月下旬～9月中旬となる。

以上のべたように中国は面積も広大で地形も複雑であり、各地方の降水量の分布もその差が大きい、一定の規則に従っている。その主な点は夏季に海から大陸へ吹き込む風が水蒸気をもたらして降雨量を増加し、風の進行に従って夫々地方の雨季の時期が決定される。このように中国の南方は、雨期は早く、期間が長い、北方は遅く期間が短いのが一般的であるが年月により多少の変化が見られ、毎年の各地の散布時期はこれまでの経験に基づき調整する必要がある。

10-7-4 航空機散布の今後の見通し

中国では20年以來航空機による種子散布を実行してきたが小規模から次第に大規模へ失敗から成功へと発展をとげてきている。中国における今後の航空機散布の発達と見通しについて述べてみた。

a. 造林コストの低下と労働力の節約

現在、中国では散布用に使用している航空機は2種類があって一つは伊原14型で一つは這5型である。伊原14型航空機は一日に雲南松を400ha散布万能で積載量が、1800kgで一日5回が散布飛行可能であり人力散布に比較して4000人の労働力に相当する。這5型では油松を一日100haの散布が可能で積載量は900kgで一日5回散布できる。この場合は1000人の労働力に相当する結果となった。コストについては北方で油松散布は毎 2.0～2.5元(一元は1988年8月現在で35.55円)3年生幼苗

で6～10元であり南方の雲南松、台湾赤松で每亩当たり1.0～1.5元で、3年生幼苗で3～5元となる。

b. 早期緑化

現在まで散布した面積は約70万haで全体の植林面積の16%を占めている。広西省梧州地方では60年初めから航空機散布を始めて以来、50年代の森林面積4万haから現在12万haの増加し、森林の被覆率が34%以上に達した。広東省恵東県では1966年航空散布を始めてから10年間に緑化未墾地が13,000haから80%も増えた。また貴州省独山県では1965年散布以来14年間に緑化未墾地が18%から33%まで高まった。これ以外の多くの例があるが航空機散布により緑化のスピードは著しく上昇していることがわかる。

c. 早期の資本回収と大きな経済効果

広西省賀県では1964から4年間をかけて、台湾赤松を7600ha散布し619万元を投資したが森林保有面積が3800haとなり森林蓄積が150万 m^3 となった。今 m^3 当たりの価格を22元とすると3300万元となり投資額の53倍となる。四川省涼山州では50年代末に散布を始めたが、西昌、喜徳、甘洛、越西の4県に雲南松5万haを散布したが1971年に開伐が始まり、毎年小径木の生産量は3万 m^3 で収入は130万元でこれらの地方の8年間の航空機散布の総投資額に相当する。1972年の調査によると、全林区の木材蓄積量は333～539万 m^3 で m^3 当たり10元とすると総額3330～5390万元となりこれらの地方の8年間の投資の21～53倍となる。

河北省隆化では1974年、散布区内の严家溝では18haの油松の散布林があったが開伐によって1979年に柴草の生産量が25万kg、1981年には31.5万kgが生産され210戸の家庭用の燃料問題が解決された。陝西省吳旗黄土区に散布した沙打旺は2年目には畝当たり900kg、3年目には1500kg飼料として使用されるに至った。内蒙古伊盟台格庙の散布区では踏郎などが3年目から大量生産が始まり100ha当たりから踏郎種子5000kgと粒蒿種子2500kg、草木樨種子15000kgが回収され採種区となった。これらの種子と飼草の平均収入が每亩26元となり散布投資の6倍となった。

d. 入山制限の必要性

河北省では散布後4～5年入山を厳しく制限すると苗の生育がよく多量の広葉樹を発生する。例えば涿源泉の走馬驢散布区では1975年に散布後に入山を禁止してから大量に発芽した。平均亩当たり40株以上発芽したのは20ha以上であり、平山県では亩当たり30株以上の広葉樹が発芽したのが14.9%であった。涿平県では1976年散布後に入山禁止してから発芽した広葉樹と松が亩当り12000余の混交林を形成した。

河北省林業科学研究所の調査により、平山県瓦含山散布では散布後の山に5年間入山禁止した場合、松の生長がよくなり草も生長も良かった。日当りのよい傾斜地の場合は草木の生産量は1.5～2.9倍、日陰の傾斜地でも1.17～2.31倍、半陽性、半陰性の傾斜

地で1.25~2.54倍となる。平山県十八岩散布後の山が閉鎖6年の場合には日当りのよい傾斜地であろうが日陰の傾斜地であろうが、その生産量は閉鎖してよい地区より1~1.5倍以上となった。閉鎖した場合の植生は平均高が50cmであるが閉鎖しない地区では20~30cmであった。

散布と閉鎖の相関関係は植生の効果を高める。散布後、閉山4~5年でその効果が見える。従って現地の人々も生活用の燃料、飼料も多く生産され、数年後は元の未墾地が森林に変わるので住民から歓迎されている。

中国では今後20年間に1000万haの植林を計画中でこれによると森林の被覆率は20%になるが、このためには航空機散布が重要な手段となると考えられる。現在航空機散布適地が2000万haと推定されるが、これらの地域に散布するには20年間必要となろう。

しかし航空機散布はいろいろな問題をかゝえており、カナダ、アメリカ等の技術を取りながらたえず試験研究を行うことにより発展すると思われる。最近では種子の散布のみではなく種子にいろいろの資材を混入した種子丸(seed pellet)を散布することにより成苗率を高めている。

10-8 その他熱帯地域における実行例

10-8-1 太平洋諸島(アメリカ)

第二次大戦後、太平洋諸島は、爆撃等で裸地化したため、アメリカ海軍が爆撃機による *Leucaena* の空中散布をグアム、サイパン、テニアン、コレヒドールその他の島々で行った。今日、これらの島には、*Leucaena* で密に覆われている。ただし、種子の多い灌木状の品種が使われたので、雑草のようにはびこっている。当時は、高木性の品種がなかった *Leucaena* の種子散布の技術の開発は、1926年ハワイのパナエツ保安林が山火事により被害を受け航空機散布が行われた時に遡る。

オアフ島の低地、乾燥した傾斜地に現在見られる *Leucaena* の密林は、1930年代に空軍と林野局が共同で行った航空機散布の結果であり、又1976年にはオアフ島で11トンの *Leucaena* の種子が荒廃地に散布された。

その他の樹種の散布については、以下の例である。

- a. 1926年6月 35樹種の種子250kgをパナエツ保安林(ハワイ島)の山火事跡地に混播した。この15~20種が成林したが、現在 *Melochia inodica*, *Cecropia obtusifolia*, *Spathodea campanulata* が見られる。
- b. 1929年と1932年 燧西マウイ山、ベブケナ、エワ、カワイトロ保安林(ハワイ)で航空機造林が行われ、*Acacia confusa*, *Cecropia obtusifolia*, *Spathodea campanulata*, *Albizia falcataria*, *Psidium guajava* 等が成林した。

c. 1937年 空軍とハワイ州の林務部によりカワイ島及びオアフ島に7トンの樹木
灌木、草本の種子が空中散布された。

10-8-2 ナイジェリアとインド

1960年代に北ナイジェリアにおいて *Azadirachta indica* の航空機散布が行われた。70m幅、5kmの長さに m^2 当り12粒の種子が散布された。沢山の種子が発芽したが直射日光による日やけのため枯死し、灌木に被陰された苗木のみが乾季に耐えて生き残った。十分な地表のカバーがあれば成功の可能性があるという結論であった。

インドでは、1950年代にグジャラートで砂丘固定のために *Prosopis juliflora* の航空機散布が行われたという報告がある。(M. N. Vaishnav, Conservator of Forests, Gujarat State, India)

10-8-3 熱帯地域における手播き造林

a. 東及び西アフリカ、スーダン

Acacia nilotica *Acacia senegal*, *Cassia siamea*, *Azadirachta indica*, *Gmelina arborea*, *Anacardium occidentale*(カシューナッツ)等は事業として直播造林が行われている。

b. フィリピン

Anacardium occidentale(カシューナッツ)の直播きが *Imperata cylindrica* の草原で行われている。地ごしらえは行わないが、種子は1~5cmの深さに埋める。

c. ザンビア

Eucalyptus citriodora, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*の直播きを行いかなり成功したが、苗木造林(チューブによる)を行っている。

d. グァテマラ

Pinus caribaea, *P. oocarpa* のベレット種子を水源流域に直播きし成功した。

11 航空機造林の適地

11-1 航空機造林の適地判定

第3章で述べたとおり航空機造林の適地判定は、対象地域を気候型、林床型、経済立地型により区分するとともに、それぞれに適応する技術体系とその実行可能性を検討するプロセスの中で策定されるべきものであると考えられる。

開発途上地域では森林減少が進み非生産的林地が急速に拡大しており、航空機造林は従来の伝統的な造林方法を補うものとして、特に水源地帯等の広大な面積の森林回復の新しい武器となることが期待されている。航空機造林の技術は、主として先進諸国の温帯ないし亜寒帯地域において発達したが、マツ類等の針葉樹及び温帯生ユーカリ類を対象樹種として散布装置、散布方法、種子加工等に関する各種の技術開発が行われてきた。

これらの技術を開発途上国へ適応するに当たって、次のような問題点がある。

すなわち、第一には、先進国における航空機造林は比較的単純な気候型であり植生、対象樹種も限られているのに対して、開発途上地域は気候型も温帯から熱帯、乾燥地帯から半乾燥、亜湿潤、湿潤地帯などを包含しているとともに、植生は著るしく複雑であり、対象樹種も郷土樹種から外国導入樹種まで針葉樹、広葉樹を含め広い適応が考えられるなど、立地区分を行うに当たってもかなりの広範囲の因子について考慮を払う必要がある。

第二の問題点は、開発途上国では造林の歴史が先進国に比較して浅いため、樹種の生態、造林特性、種子の発芽・生育特性、森林動物の生態、森林の立地と生態、土壌区分等について、特に実用化の面で未知なことが多いことである。すなわち、先進諸国の援助等もあって学問的にはかなりの蓄積も見られるが、主として造林事業の経験から得られる実用的な知識の蓄積は少く（例えば草原の生態と造林の関係等）、この問題については今後事例研究やフィールドにおける実証的試験により早急に知識を蓄積する必要がある。

以上のような問題点があるため、現時点で航空機造林の適地判定手法を策定することは困難であるので、適地判定に当たって一般的に考慮すべき重点事項について述べることにする。

適地判定の基準ないし指標となる因子には、第3章に見られるように、多くの因子があるが、それらは例えば種子調達の難易等のように時間とともに変化するような因子と、気候型のように基本的な因子とに分けられる。

先進国における航空機造林の実績からみて、その成否は散布種子が①ミネラルソイルに着床し、②適当な気温と水分を得て発芽し③他の植生との競合の少ない環境で生育し④早期にうつ閉・成林することにある。

開発途上地域は、大部分が暖帯ないし熱帯に存在するので、気温そのものは大きな制限因子ではなく水分（乾燥度）が第一の重要因子となる。乾湿度は、年降雨量よりも雨の降り方、すなわち、乾季の長さ、月別分布（夏雨型、冬雨型等）、発芽、生育時の降雨等に影響される。

第二の開発途上地域における重要因子は、草本の植生である。草本は、湿潤地帯の妨害極相の草原に多い繁殖力の強いイネ科草本から乾燥地のものまでその種類、生態、密生度等に種々変化があるが、造林樹種を被圧するのみでなく、乾燥地帯では成長期に造林樹種と土壤水分に関して競合し枯死させるという問題があり、又山火事の最大の原因となるなど、熱帯地域における造林実行上の大きな障害物であり、その克服の成否は航空機造林の鍵をにぎっているといっている。

草本植生は、熱帯地域では疎林（サバナ林）、低林、草原に見られるが、湿潤地帯に見られるものは焼畑移動耕作の棄却地等でその後放牧と火入れ又は山火事により妨害極相となっているもので、土壤も劣化し草本もイネ科の繁殖力の強いものが多く見られる。

草本には、このように人為的な妨害により成立したサバナ林、低林の小草として出現するものと、乾燥地帯における自然植生とがある。

サバナ林と低林は、非生産的な林地であるものの、多くが水源地帯にあってエロージョン防止のために重要であるばかりでなく、地域住民に燃材、飼料を供給し、果樹、ゴム等の生産地、農耕地の防護林ともなる極めて重要な地域である。

このような非生産的な林地が熱帯地域には広大な面積にわたって存在し、かつ増加しつつあるが、社会的には私有地が少なく飛行機の運航にも制約条件がほとんどないため、航空機造林の最大の適地といわれている。

草本の多い林地の航空機造林については、アメリカによる太平洋諸島における航空緑化、インドネシアのジャワ島におけるアランアラン草原の航空機造林の成功例もあるが、今後草本の生態等の調査を進めるとともに、航空機造林に関する各種の技術、特に火入れ、適正樹種の選定、種子加工、牧草等との混播等の技術開発により適地の拡大をはかる必要がある。

先進諸国における例からみても、航空機造林は台風、山火事、火山噴出跡地、地すべり地、鉱山跡地などのようにミネラルソイルが露出し、第二次植生としての木本、草本が侵入しないうちに種子散布を行い成功した場合多く見られる。

したがって、草本等の克服に当っては、火入れ地ごしらえにより地表を処理し、パイオニア樹種の大量散布、早期生育のための種子加工等により迅速なうつつ閉をはかる等の技術が要請されよう。

以上、開発途上地域における航空機造林の適地の重要な制約要因は、乾燥と草本植生であることを述べた。

乾燥は乾燥地帯ないし半乾燥地帯（特に冬雨型のところ）できびしく、草本は湿潤地帯において密生する場合が多いことを考慮すると、航空機造林の適地は基本的には適当に降雨があり比較的草本の少ない半乾燥ないし亜湿潤地帯のような中間地帯にあるように思われる。そして、乾燥及び草本についてより条件の悪い地域への航空機造林の拡大適応は、今後の技術開発に期待することとなる。

このような地域は、熱帯アメリカでは南米のブラジル、パラグアイ、ボリビア等の内陸地帯、

熱帯アフリカのサバナ地帯と中央アフリカとの境界地帯（西アフリカ等）、熱帯アジアのインド、ネパール、中国等に多いように考えられる。

11-2 航空機造林の適地面積

前節でも述べたように航空機造林の適地判定手法を確立するためには、気候型、林床型、経済立地型のそれぞれについて、今後の基礎的調査においてさらに詳細な条件調査を行い、既往の航空機造林技術の開発途上地域への適応について検討する必要がある。

前節においては、航空機造林技術に影響を与える各種の条件因子の中から乾燥と草本植生のみを重要因子とする大胆な取り上げ方をしたが、今後はそれを根幹とする肉づけをさらに進める必要がある。

したがって、現時点において、航空機造林の適地面積を算定することは困難であるが、今後開発途上地域への適応のための技術開発を進めるに当たっての一つの目安的なものを提供する意味で、あえて航空機造林の適地面積の試算を行うこととする。

この試算は、前記の乾燥と草本植生を指標として利用し、多くの仮定を設定して推定する極めて大ざっぱなものであり、今後の調査研究により肉づけ、修正を行うためのモデル的な性格の域を出るものではない。

開発途上地域における航空機造林の適地面積を推定するに当たって手がかりとなるのは、FAOの熱帯林資源評価プロジェクトの報告書である。

表11-1に示すとおり、木質系植生は森林（閉鎖林と疎林）、休閑林（閉鎖林と疎林）及び低木林とからなり、その面積は熱帯地域では約30億ha、中国等を加えた開発途上地域では約34億haであるが、このうち森林の中の疎林、休閑林の中の疎林及び低木林の一部を航空機造林の対象地域とした。（この他にも対象地として純草原がある。）

森林の中の疎林の多くは、閉鎖林が焼畑移動耕作等の人為によって劣化し成立したとされているが、地域住民の燃材採取や山火事によりうつ閉度の極めて低いものが多いといわれているので、乾燥度の極めて高いアフリカの北部サバナ地帯及び南アフリカを除き25%を適地面積とした。

休閑林の中の疎林は、上の疎林が伐採されて休閑地となったものであるが、それが森林破壊に結びつく場合が極めて多いとみて、アフリカの前記2地域を除き50%を対象地とした。

最後の低木林については、UNESCOのMap of the world distribution of arid regionsにより超乾燥及び乾燥地帯の多い地域については0%又は25%（0%は同じく前記の北部サバナ地域と南アフリカ地域のみ）、湿潤地帯の多い地域を25%とし、両者の中間的地域を50%として計算した。

面積の推定は、表11-2の地域別に行ったが、乾燥度の強さについては熱帯アフリカの北サバナ及び南アフリカ地域を最も乾燥度の強い地域とし、次に乾燥度の強い地帯はアフリカの東アフリカ・マダガスカル地域、熱帯アメリカの南アメリカ地域、熱帯アジアの南アジア地域

とし、湿潤地域は熱帯アフリカの中央アフリカ地域、熱帯アジアの東南アジア島嶼部とし、その他は中間的地域とした。

なお、熱帯地域以外の開発途上諸国については、表11-2のうちの中国、チリ、アルゼンチン、トルコ以外は乾燥度の強い国として計算から除外し、疎林面積の中国は50%（中国の資料によると適地は2,000万ha以上あるとしている。）、その他は25%とした。

以上を地域別に集計すると表11-2のとおりとなり、開発途上地域全体で約4億haとなる。

なお、参考までに、表11-1により森林の減少面積の大きい国を掲げると次のとおりである。

熱帯アメリカ …… 南アメリカ地域、ブラジル、ボリビア、コロンビア、エクアドル、ペルー、パラグアイ、ベネズエラ及び中央アメリカとメキシコ地のメキシコ、ニカラグア
熱帯アフリカ …… 西アフリカのコートジボアール、ナイジェリア（閉鎖林については両国で熱帯アフリカの44%）、中央アフリカ地域のカメルーン、ザイール、東アフリカ・マダガスカル地域のマダガスカル、マラウイ、スーダン、タンザニア
熱帯アジア …… 南アジア地域のインド、東南アジア大陸地域のビルマ、タイ、東南アジア島嶼部地域のインドネシア、マレーシア、熱帯アジア計画体制地域のラオス

表 11-1-1 熱帯地域の木質系植生相の面積

単位：千 ha

世界計

地 域	疎 林			休 閑 林			低 木 林	合 計	1981～85		同 左 減少率	
	閉鎖林	疎 林	計	閉鎖林	疎 林	計			年平均森林減少面積	疎 林 計		
熱帯アメリカ	678655	(216997) (69661)	895652	108612	(61650)		145881 (36723)	1211795	4339	1272	5611	0.63%
熱帯アジア	216634	486445 (98147)	703079	61646	104335 (45627)		442740 (102142)	1311800	1331	2345	3676	0.52
熱帯アジア	305510	30948 (7737)	336458	69225	3990 (1995)		35503 (10037)	445176	1826	190	2016	0.60
合 計	1200799	734390 (175545)	1935189	239463	169975 (47622)		624124 (148902)	2968771	7496	3807	11303	0.58

出所：FAO, 熱帯林資源評価プロジェクト

注：〔 〕内は航空機造林対象地の試算面積

表 11-1-2 熱帯アメリカ

単位：千ha

国名	森林			休閑林		低木林	合計	1981~85	
	閉鎖林	疎林	計	閉鎖林	計			年平均閉鎖林	森林減少
メキシコ	46250	2100	48350	26000	59500	133850	595		
コスタリカ	1638	160	1798	120	120	2038	65		
エルサルバドル	141		141	22	293	456	45		
グアテマラ	4442	100	4542	360	1505	6407	90		
ホンデュラス	3797	200	3997	680	1220	5897	90		
ニカラグア	4496		4496	1370	210	6076	121		
パナマ	4165		4165	124		4289	36		
中央アメリカとメキシコ	64929	2560	67489	28676	62848	159013	1002		
ペリウズ	1354	92	1446	525	46	2017	9		
ガイアナ	18475	25	18500	200	115	18815	2.5		
ジャマイカ	67		67	159	227	453	2		
トリニダードトバゴ	208		208	57	6	271	0.8		
CARICOM	20104	117	20221	941	394	21556	14	(197)	
キューバ	1455		1455	700	305	2460	2		
仏領ギアナ	8900	70	8970	75	7	9052	1		
ハイチ	48		48	43	53	144	1.8		
ドミニカ	629		629	267	54	950	4		
スリナム	14830	690	15520	270	200	15990	2.5		
その他、カリブ諸国	25862	760	26622	1355	619	28596	11	(309)	
ボリビア	44010	24700	68710	1100	9000	78810	878		
ブラジル	357480	211200	568680	46420	61200	176300	1480		
コロンビア	46400	5700	52100	8500	5500	66100	820		
エクアドル	14250	550	14800	2350	1050	18200	340		
パラグアイ	4070	28640	32710	3270		35980	190		
ペルー	69680	1120	70800	5350	3150	79300	270		
ベネズエラ	31870	3300	35170	10650	2120	47940	125		
熱帯南アメリカ	567760	275210	842970	77640	82020	1002630	3312	(20505)	
熱帯アメリカ	678655	278647	957302	107612	145881	1211795	4339	(36723)	
								1272	
								5611	

注：疎林の個別減少面積は不明であるが、そのほとんどがブラジル、ボリビア、パラグアイにある。

() 内航空機造林対象地計算面積

表 11-1-3 熱帯アフリカ

単位:千ha

国名	森			休			低木林			合計	1981~85		
	閉鎖林		計	閉鎖林		計	休		計		閉鎖林	森	減少
	閉鎖林	疎林		閉鎖林	疎林		閉鎖林	疎林					
チャド	500	13000	13500	800		9750	24050	2.2	82				
ガンビア	65	150	215	200		360	775		3				
マリ		8800	8800	2500		6000	17300		40				
ニジェール		2900	2900	3000		6000	11900		60				
セネガル	220	10825	11045	1750		1365	14160		49				
オートボルタ		7200	7200	4500		3000	14700		60				
北部サバナ地帯	785	42875	43660	12750	(0)	26475	82885	2.2	292		294		
ベニン	47	3820	3867	3750		3075	10699	1.2	66		67		
ガーナ	1718	6975	8693	2680		300	18173	2.2	50		72		
ギニア	2050	8600	10650	1300		7000	20550	3.6	50		86		
ギニアビサウ	660	1445	2105	390		17	2682	1.7	40		57		
コートジボワール	4458	5376	9834	6930		60	25224	2.90	2202		510		
リベリア	2000	40	2040	40		100	7680	4.6	46		46		
ナイジェリア	5950	8800	14750	4900		36800	64200	3.00	100		400		
シエラレオネ	740	1315	2055	415		3	6333	6	6		6		
トーゴ	304	1380	1684	1200		2265	5399	2.1	10		12		
西アフリカ	17927	37751	55678	21605	(10802)	49620	160940	7.20	536		1256		
アンゴラ	2900	50700	53600	7400		16150	82000	4.4	50		94		
カメルーン	17920	7700	25620	1200		9500	41220	80	30		110		
中央アフリカ	3590	32300	35890	3800		17000	56990	5	50		55		
コンゴ	21340		21340	1100		1400	23840	2.2	22		22		
赤道ギニア	1295	75	1295	1165		10	2470	3	3		3		
ガボン	20500		20575	1500			22075	1.5	15		15		
ザイール	105750	71840	177590	7800		11300	207290	1.82	188		370		
中央アフリカ	173295	162615	335910	21615	(11500)	55360	435885	3.51	318		669		
ブルンジ	26	14	40	14		10	64	0.7	0.4		1		
エチオピア	4350	22800	27150	300		25000	62450	8	80		88		
ケニア	1105	1255	2360	55		37500	40465	1.9	20		39		
マダガスカル	10300	2900	13200	500		4000	20700	1.50	6		156		
マラウイ	186	4085	4271	500		380	4651	0	150		150		
モザンビーク	935	14500	15435	500		29000	57635	1.0	110		120		
ルワンダ	120	110	230	25		90	385	3.2	2		5		
ソマリア	1540	7510	9050	50		53000	62100	3.5	10		13		
スーダン	650	47000	47650	600		87000	146250	4	500		504		
タンザニア	1440	40600	42040	100		13800	59940	1.0	120		130		
ウガンダ	765	5250	6015	1600		100	7715	1.0	40		50		
ザンビア	3010	26500	29510	900		3200	40310	4.0	30		70		
ジンバブエ	200	19700	19900	6700		900	20800	0	80		80		
東アフリカ・マダガスカル	24627	192224	216851	5994	(23325)	253970	523465	2.58	1148		1406		
ボツワナ		32560	32560			20000	52560	0	20		20		
ナミビア		18420	18420	330		37315	56065	0	30		30		
熱帯南アフリカ		50980	50980	330	(0)	57315	108625	(0)	50		50		
熱帯アフリカ	216634	486445	703079	61646	(98147)	442740	1311800	1.381	2344		3675		

表 11-1-4 熱帯アジア

単位:千ha

国名	森			林			休 林			低 木 林	合 計	年 平 均 森 林 減 少	
	閉鎖林	疎 林	計	閉鎖林	疎 林	計	閉鎖林	疎 林	計			閉鎖林	疎 林
バンラディシュ	927		927	315		315					1242	8	8
ブータン	2100	40	2140	205		205			25		2370	15	15
インド	51841	5393	57234	9470		9470			5378		72082	147	147
ネパール	1941	180	2121	110		110			230		2461	84	84
パキスタン	2185	295	2480						1105		3585	7	7
スリランカ	1659		1659	853		853			215		2727	58	58
南アジア	60653	5908	66561	10953		10953	0		6953	(1738)	84467	306	2
ビルマ	31941		31941	18100		18100			2600		52641	105	105
タイ	9235	6440	15675	800		800			500		16975	252	127
東南アジア大陸部	41176	6440	47616	18900		18900	0		3100	(2550)	69616	357	127
ブルネイ	323		323	237		237					560	5	5
インドネシア	113895	3000	116895	13460		13460	3900		23900		158155	600	20
マレーシア	20995		20995	4825		4825					25820	255	255
半島	(7578)		(7578)								(7578)	(90)	(90)
サバ	(4997)		(4997)	(1390)		(1390)					(6387)	(76)	(76)
サラワク	(8420)		(8420)	(3435)		(3435)					(11855)	(89)	(89)
フィリピン	9510		9510	3520		3520					13030	91	91
東南アジア島嶼部	144723	3000	147723	22042		22042	3900	(1950)	23900	(5975)	197565	951	20
カンボジア	7548	5100	12648	200		200	25		400		13273	25	5
ラオス	8410	5215	13625	5000		5000			735		19360	100	35
ベトナム	8770	1340	10110	10750		10750			330		21190	65	65
熱帯アジア計画体制	24728	11655	36383	15950		15950	25	(12)	1465	(732)	53823	190	40
パプアニューギニア	34230	3945	38175	1380		1380	65	(33)	85	(42)	39705	22	23
合 計	305510	30948	336458	69225		69225	3990	(1995)	25503	(10037)	445176	1825	190

表 11 - 2 航空機造林対象地面積の試算

単位：百万 ha

地 域	疎 林	休閉林(疎林)	低 木 林	計
熱 帯 ア メ リ カ	7 0		3 7	1 0 7
熱 帯 ア フ リ カ	9 8	4 6	1 0 2	2 4 6
熱 帯 ア ジ ア	8	2	1 0	2 0
計	1 7 6	4 8	1 4 9	3 7 3
中 国 等	3 4			3 4
合 計	2 1 0	4 8	1 4 9	4 0 7

12 今後の技術開発の重点

12-1 重点開発課題

前章までに、先進国における航空機造林技術の現状ならびにその開発途上地域への応用に当たっての問題点について述べてきたが、機械的地ごしらえ法、種子加工、散布装置、航空機の飛行法と散布法などハードの技術はかなりの蓄積があると思われるのに対し、気象、土壌、植物・動物相による立地区分法、適正樹種の選定、種子調達等のソフトな技術については、開発途上国における人工造林の歴史が浅いこともあって、今後開発改良を進めるべき課題が多いように思われる。

1-5節の表1-6において、個別技術の開発課題について検討を行ったが、開発途上国における技術及び試験研究の現状等からみて緊急かつ重要と思われる個別的な開発課題は次のとおりである。

- a. 航空写真（マイクロ波等）による省力的な基礎調査法
- b. 適正樹種、品種の検索
- c. 種子の大量採取、精選、貯蔵法の開発
- d. 草原の火入れ地ごしらえ法の開発
- e. 種子の加工及び加工材料（薬剤、保水材等）の改良と開発
- f. 開発途上地域の適応樹種に適した散布装置の改良

以上が重点開発を要する個別技術の開発課題であるが、開発途上地域において航空機造林の対象地域を拡大してゆくためには、個別技術の総合化により下記の技術開発目標に挑戦することが必要と考えられる。

- a. 湿潤熱帯の草原地帯、特にイネ科草本型草原における航空機造林技術の開発

早成のバイオニア樹種、品種の選定、火入れ等地ごしらえ法、発芽、生長促進材による種子加工等の技術の総合化により、草木を早期に抑圧する方法を開発する。

- b. 乾燥の強い地域における航空機造林技術の開発

乾燥地に強い樹種、品種の選定、地ごしらえ法、マメ科草本等との混播、保水材等を加工する人工種子等の技術の開発により乾燥を克服する技術を開発する。

なお、技術開発とは視点が異なるが、開発途上国においては、種子の大量調達、貯蔵、航空機及びパイロット等の調達、雇用などの実行体制の整備が航空機造林の実行に当たっての重要な課題であることを忘れてはならない。

12-2 技術開発に当たっての留意事項

これまで述べてきたように、航空機造林の現地適用化に当たっては、先進各国における技術開

発上の問題点ならびに、開発途上国における現地実態を相互勘案のうえ進めなければならない。先進各国ではこの点について、

- a. 大規模な実験の前に、地上における直播きを含めて各種の現地適応試験を行うべきである。
- b. 試験に当っては、同一条件のもとに苗木植栽造林、直播造林等の伝統的な造林法による試験地も同時に造成し、成長量、費用効果等について航空機造林と伝統的造林法との対比を行うべきである。
- c. 対象地周辺の現存人工林及び天然林の生態、特に種子の落下、発芽、動物の種子捕食等の生態は航空機造林の参考となるので、よく観察研究を行うべきである。
- d. 航空機造林は、最も条件の適した対象地より始め、その経験をいかして、難しい条件の対象地に試験を拡大することがのぞましい。

等を留意事項としてあげているが、我国が大規模に事業化を進めるに当っては、更にこの他次の点に留意する必要がある。

- a. 航空機造林技術は、広域にわたる各般の技術を集約化し、システム化するため、関係学界、関係業界の知識を総合化する必要がある、学際的、業際の視野をもって技術開発を進める必要がある。
- b. この場合にあっても、目的は造林の実行ということにあることを忘れてはならない。そのためにも森林施業との係り合いを重視することが絶対に必要である。
- c. 先進国の持っているほぼ完成されたハードな技術は遅滞なく導入する姿勢が必要である。そのため導入にあたっては、その技術水準、特に途上国における実行のための技術の適正かつ円滑な受け入れが必要条件であり、パテント導入の有無等も含めた技術協力態勢を確立しなければならない。
- d. また現地適応化に当っては、既存の調査研究施設の活用を含めた態勢が必要となり、また要すれば目的に沿った施設の新設、拡充をしなければならず、公的機関はもちろん民間機関との協力関係を確立しておく必要がある、その中心的役割を J I C A が果たさなければならない。
- e. 開発途上地域において、航空機造林を現実的に事業化するにあたり、以上の点の他に途上地域をフィールド化した広範な事業化実証調査を行うことが緊急の課題となる。
- f. 以上今後の展開方向を含んだ総合的課題を時限的に実証して行うことが事業化のための必須条件となり、このために必要な予算措置、要員確保の目論見を早急に整備確立することが必要であり、技術開発にあたっては、これらのことを留意しておかなければならない。

Annex 1 調査の目的及び経緯

1. 調査の目的

開発途上地域に対する航空機造林技術の適用のため、カナダおよびアメリカ合衆国において、下記項目に関し情報収集を行なう。

- ① 航空機造林の実例
- ② 種子コーティング技術および同特許権の現状と課題
- ③ ポット苗技術の現状と課題
- ④ 航空機播種技術の現状と課題
- ⑤ 航空機造林適地判定技術の現状と課題
 - 航空機造林適地条件の検討
 - 航空機造林適地判定の手法
- ⑥ 技術開発上の留意点

2. 団員構成

猪野 曠	総括・造林	日本林業技士会会長
三品 忠男	リモートセンシング・土壌	(社) 海外林業コンサルタンツ協会嘱託
堀 健治	人工種苗	(社) 海外林業コンサルタンツ協会企画部長
茂木 茂	航空機造林	朝日航洋附整備部管理課課長
斉藤 克郎	業務調整	国際協力事業団林業水産開発協力部林業開発課

3. 調査日程

◇：航空機による移動 →：車両による移動

7/26	火	東京◇Toronto	JICA カナダ事務所打ち合わせ
27	水	Toronto ◇ ◇ Sault Ste. Marie SSM→Wawa→Chapleau	Great Lakes Forestry Centre 訪問, 調査サイト #1, #2 視察 (5参照)
28	木	Chapleau→Gogama	地ごしらえ用機械視察, 調査サイト #3, #4 視察 (5参照) 地ごしらえ状況および伐出現場視察, 調査サイト #6(B)(A), #7, #8, #9 視察 (別紙参照)
29	金	Gogama→Timmins Timmins◇Toronto	地ごしらえ用機械視察, 調査サイト #10 視察 (5参照)
30	土	Toronto→Lucan→Toronto	General Airspray 社訪問
31	日		資料整理
8/1	月	Toronto◇Ottawa	
2	火	Ottawa◇Toronto	National Aeronautical Establishment 訪問, Mr. Wood と面会, Seed Containing Darts につき 情報収集

8/3	水	Toronto → Brampton → Toronto	Canadian Seed Coaters Ltd. 訪問, 種子のコーティングにつき情報収集
4	木	Toronto → Washington D.O.	JICA アメリカ合衆国事務所打ち合わせ
5	金		Forest Service 訪問, World Bank, National Research Council 等に て資料収集
6	土		Smithsonian Museum 等に て資料収集
7	日	Washington D.C. ⇨	
8	月	東京	

4. 主要面会社

カナダ

Great Lakes Forestry Research Centre

C.R. Smith Unit Head, Biological Aspects of Applied
Silviculture Technologies

Fred F. Foreman Silvicultural Technician

Guy K.M. Smith Technology Transfer Specialist

Ministry of Natural Resources (District Office of Chapleau)

Chuck Orton Silvicultural Technician

Ministry of Natural Resources (District Office of Gogama)

Susan Parton Unit Forester

General Airspray Ltd.

Paul R. Hodgins

(National Aeronautical Establishment)

A.D. Wood 元National Aeronautical Establishment 職員

Canadian Seed Coaters Ltd.

Trevor S. Bailie General Manager

アメリカ合衆国

Forest Service, U.S. Department of Agriculture

Stanley L. Krugman Director, Timber Management Research

Richard O. Fitzgerald Ass't Director, Timber Management Staff,
Silviculture

Nelson S. Loftus, JR. Principal Research Silviculturist,
Timber Management Research

5. 現地調査地

(7月27日)

#1 Township 24

18年生 Jack Pine 航空機による造林地

原植生: 85~90年生 Jack Pine の天然林

作業経過:

1968年夏~1970年4月伐採 伐採

1970年8月 barrelによる地ごしらえ

1970年10月中旬 航空機散布

特記事項: barrelの数, 間隔, 種子散布量を変えて試験

#2 Cosens and Tophan Township

15年生 Jack Pine の航空機による造林地

特記事項:

① Stocking & Density の定義について聴取

- Stocking: 1 ha を計測単位 (quadrat という。1 quadrat = 2 m × 2 m) に分け, 特定の樹種が1本以上生育する quadrat の全体に占める比率 (%) をいう。
- Density : 1 ha 当りの立木密度

② 造林コスト

(航空機造林)

種子	91 \$ / 1000 粒	50 \$ / ha	45 \$ / ha
----	----------------	------------	------------

地ごしらえ	100~250 \$ / ha		150 \$ / ha
-------	-----------------	--	-------------

航空機散布	8.5 \$ / ha		8.5 \$ / ha
-------	-------------	--	-------------

間伐 (15年後)			200 \$ / ha
-----------	--	--	-------------

計			403.5 \$ / ha
---	--	--	---------------

(手植え-育苗, 地ごしらえ, 植付)			700 \$ / ha
---------------------	--	--	-------------

(7月28日)

Mr. Chuck Orton, Silviculturist, District Office of Chapleau, Ministry of Natural Resources, Ontario が案内。

- 苗畑にて地ごしらえ機械視察

Bracke, TTS, young Teeth, Barrel

#3 Nimitz Township

7年生 Jack Pine 航空機造林地

原植生: 70% Jack Pine

作業経過:

1980年 ブルドーザー(ストレートブレード)による巻立
 1980年 2.4 D (3.34 kg/ha) 灌木枯殺
 1981年8月 火入れ地ごしらえ
 1981年 young teeth により地がき
 1981年10.27~11.3 航空機散布 50,000粒/ha
 1984年 ポット苗補植
 1986年 斧による間伐 1.8m×1.8m間隔
 1987年 下刈(2.4 D 除草剤 2.2 kg/ha)

#4 Blamey Township

12年生 Jack Pine 航空造林地

作業経過:

1976年 young teeth により地ごしらえ
 1976年 航空機散布 50,000粒/ha
 1988年現在の状況 stocking 60%, density 7,500本/ha

(将来3,000本/haとする。)

ポプラ(Populus tremuloides)が侵入, Black spruce の実生も見られる。

特記事項:

ポプラは除伐しない。

パルプ材, 優良材は建築材にも利用する。

ポプラの伐期は20~30年で回転が早い。マツ類は70年伐期。

• E. B. Eddy 社にて天然林の伐採搬出及び地ごしらえ作業視察

集材機による簡易地がき trampling, TTS による地ごしらえ。

#6 Fingal Township

(A) ヘリコプターによる Jack Pine 航空機造林地(20年生)

作業経過:

1967年 Barrel & Pads により地ごしらえ
 1967年秋 ヘリコプターによる航空機散布 50,000粒/ha
 " " 37,000粒/ha
 Brohm 式散布器がうまく作動せず
 1968年秋 固定翼機にて航空機散布 37,000粒/ha

特記事項: 苗木価格2~3¢/本, 植付200\$/ha

(B) 21年生の Jack Pine 苗木植栽造林地(間伐済林分)

作業経過:

1966年 Barrel and Pads にて地ごしらえ

1967年 Tube (ビニールポット) 苗にて植付
5 ft × 5 ft 4,305本/ha

1985年 刈払機にて間伐, 現在2,000本/ha
間伐費用 200\$/ha, 130\$/1,000本

Ms. Susan Parton 案内

Unit Forester, District of Gogama, Ministry of Natural
Resources, Ontario

#7 Garibald Township

5年生 Jack Pine 航空機による造林地

原植生: バルサムファー60%, ホワイトスプルス30%, シラカバ他10%

作業経過:

1983年 Koerhing Harvester により tiamping (2.49\$/ha),
2.4 Dによる除草3.6kg/ha (40\$/ha)

1983年8.11 火入れ地ごしらえ 228ha (56.85\$/ha)

1983年10.21 航空機散布

0,50,000,100,000,200,000,300,000粒/haの散布量試験

1986年8.25 2.4 D 1.68kg/ha

特記事項:

カナダでは, 火入れ (Prescribed burn) の作業方法, 天候指標等が確立され
ている。

#8 Garibald Township

2年生 Jack Pine 航空機による造林地 (州有林)

土壌: 厚く dry to fresh, fine sand

原植生: バルサムファー60%, ホワイトスプルス30%, ポプラ・シラカバ10%

作業経過:

1984年 伐採 6マイル×6マイル 9,323ha

1984年 地ごしらえ Trampling (3.04\$/ha)

1985年 " " (3.19\$/ha)

1986年 2.4 Dによる除草 (3.9\$/ha)

1986年 火入れ地ごしらえ (4.9\$/ha)

1986年11月 航空機散布 150,000粒/ha 368ha

現 状:

stocking 16~31%, 平均24%, (1987年調査) 平坦地は良いが, 傾
斜地の成績が悪い。本年苗を調査し stocking が悪ければ苗散布を検討する。

9 Garveg Township

6年生 Jack Pine の航空機による造林地(州有林)

原植生: Jack Pine 60%, Black Spruce 30%, Populus 10%

土壌: medium, fresh coarse sand

作業経過:

1980年 伐採

1982年 除草剤(41 \$/ha)

" 火入れ地ごしらえ(93 \$/ha)

" 地がき Bracke, TTS (215 \$/ha)

" 秋 航空機散布 50,000粒/ha (8 \$/ha)

(種子45 \$/ha)

1985年調査 stocking 89%

(stocking の最低限は60%)

(7月29日)

・苗畑にて地ごしらえ機械視察

Barrels & Pads, Young Teeth

10 Kenogaming Township

6年生 Jack Pine の航空機による造林地

土壌: 岩石の多い林床, 土地条件が悪い例

作業経過:

1981~82年 伐採

1982年7月 火入れ (96.5 \$/ha)

1982年 航空機散布

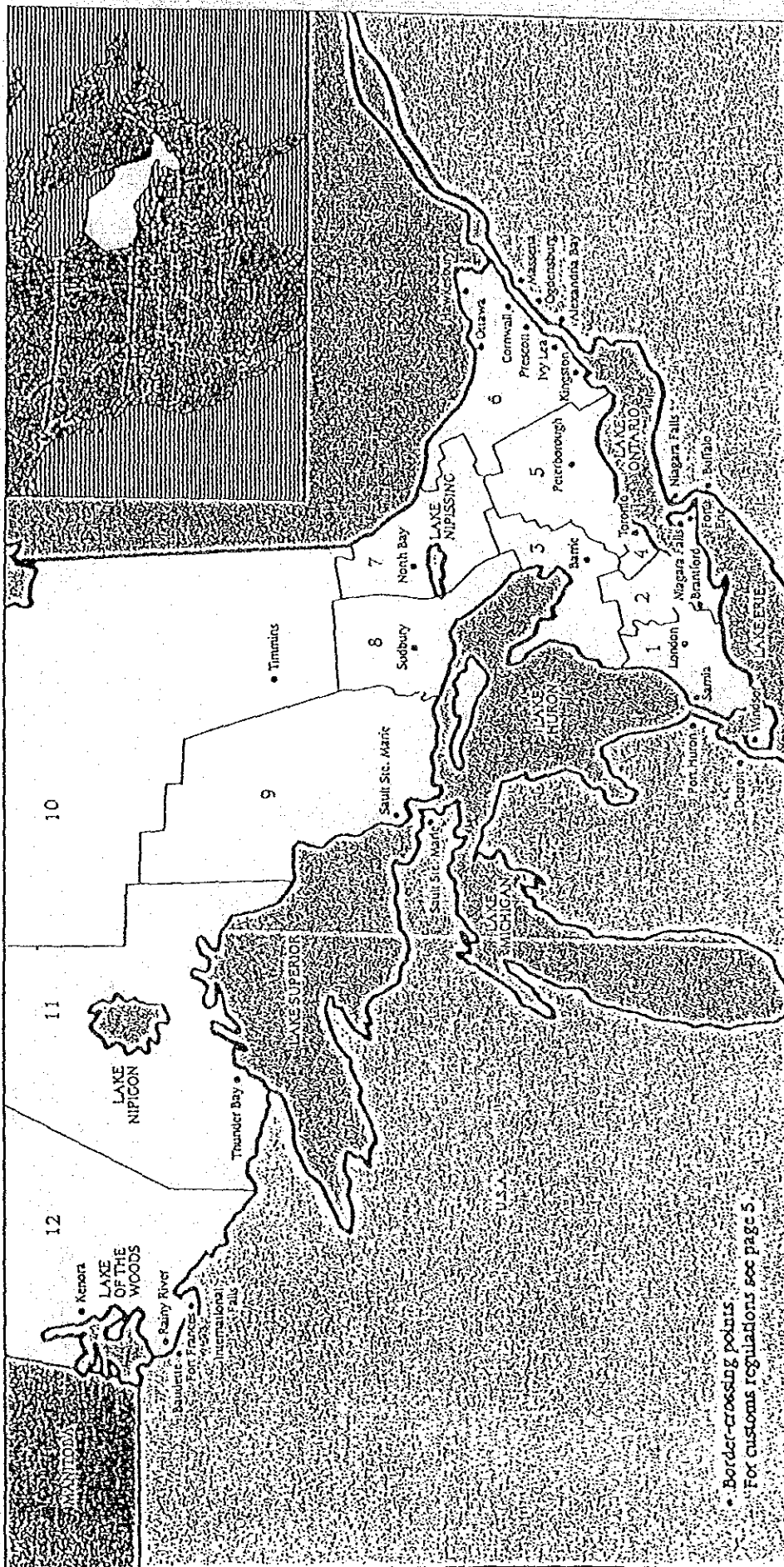
0, 50,000, 100,000, 200,000, 300,000粒/ha

5試験区

特記事項:

本試験地は, 岩石が多い傾斜地で作業条件が悪い林地において航空機造林の有利性を検証するために行われたものである。

林床条件の悪さ(=植付作業の困難性)を5段階に区分し, 調査プロット毎に各区分別の面積を出す。これを航空機散布後の stocking, density と対比し, 航空機造林が植付の困難は場所でも有効であることを示す。



図A-1 オンタリオ州

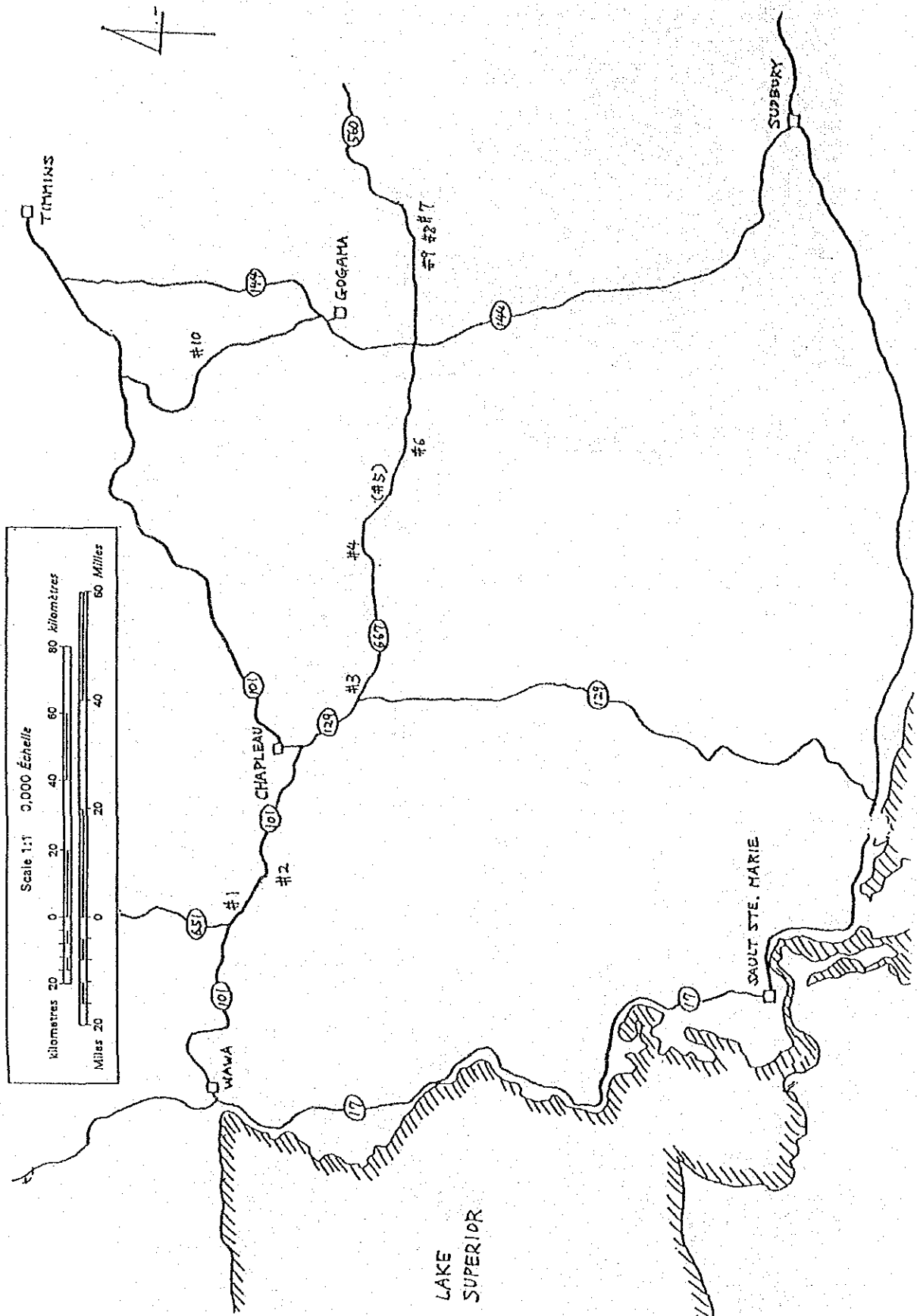


図 A-2 オンタリオ州北部視察地

Annex 2 Brohm式散布器/PA-18A固定翼機による Jack Pineの散布試験

PA-18A固定翼機による Jack Pine の散布試験 (カナダ林野局 Great Lakes Forest Research Centre)

本文は、1979年5月、カナダのオンタリオ州のスーパーセント・メリーで実施された航空機による Jack Pine の種子散布試験の結果である。使用した航空機はパイパー18A型、散布器は Brohm 式散布器 (マークIII型) である。

1. Brohm 式散布器 (マークIII)

散布器は、ホッパータンク、タンクの底に装着され、スリンガーに種子を送るオーガー及びスリンガーからなっている。スリンガーは移動中の飛行機から種子を吐出する4個の水平に突き出たプラスチック・チューブから成っている。種子をスリンガーに送るオーガーは、電動モーターにより作動するがその電動モーターは、ベルト駆動によりスリンガーも一定回転速度で回転される。

オーガーのスピードは変えることができ、これにより吐出量を調節し、ヘクタール当りの種子の数をコントロールする。オーガースピードは回転計でモニターされ、スリンガーの回転は一定の1000RPMに維持される。

2. 航空機

PA-18A型は、スーパーカブという名で最もよく知られており、パイパー社により開発され、粉散と液剤散布用のものである。135HPライカミング・エンジンを搭載した高揚力固定翼機である。大変経済的で柔軟性のある信頼できる機体であり種子散布時は時間当たり23ℓの燃料を消費し、国内横断巡航中は75%パワーで30ℓ/hを消費する。両翼の燃料タンクで5時間45分もつ。すなわち約160km飛行し2~3時間の種まきを行い、対象地の数・大きさ・形にもよるが、約80~600HA散布することができる。

3. 種子受け

種子受けは、落下した種子の着地率及び分散パターンをモニターするために用いられた。各々の種子受けは25.4cm×7.62cmの材木製の枠にスクリーン・メッシュかポリエチレン製4/1000INのクリアシートで、すき間のないよう底ばりをされた。種子受けの広さは52.1cm×52.1cmで1/36840haである。

4. 試験方法

試験はオンタリオ州ルカン近郊のジェネラル・エアスプレ社の飛行場で実施された。

試験の目的は Jack Pine の空中散布におけるその種子の降下に関しHA当たり25000個、50000個及び75000個の場合にそれらの着地率及び分布パターンをみることであった。

621の種子受けが、わずかに傾斜した、ゆるやかな起伏のある飛行区域上に配列された。縦列は飛行コースにそった分布の変化を決定するためであり、横列は飛行コースと直角方向に交わる種子降下ゾーンの分布パターンを決定するため設置された。また追加で種子受けを上記配列の外側に置き、種子の外側への流れ及び終点での上記配列をこえた種子の降下の確認を行った。

5. 散布器の調節

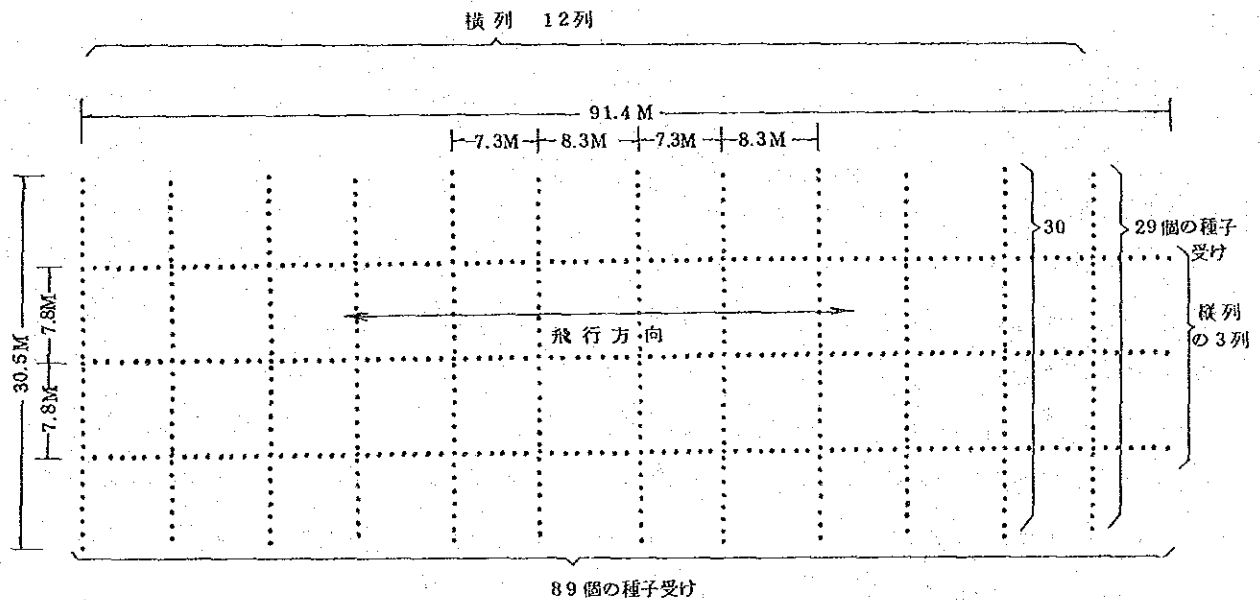
アルミニウムと乳液で処理された約100万個の Jack Pine 種子282粒/9が使用された。散布器は通常のフィールド手順に従って3種類の吐出率に調節された。

6. 種子散布

パイパー18A型が、以前オンタリオ州の天然資源省の航空機散布の経験のあるジェネラル・エアースプレー社のパイロットにより操縦された。6回の飛行が25000粒/ha, 16回が50000粒/ha, 6回が75000粒/haの率で実施された。

第1回目の飛行は、種子受け配列の中心に行われた。これにより次のことがわかった。少しの風でさえきわだって種子の降下を変位させた。又30.5mの配列中でさえ多少の種子は捕獲地域外におちた。殆んどの種子を捕獲地域内におとすため飛行機の航路を適当な距離に移動さ

図A-3 種子受けの配置



種子受け数

横 $29 \times 6 = 174$

縦 $30 \times 6 = 180$

縦 $89 \times 3 = 267$

計 621

せた。風速、風向、飛行高度が各々の飛行について記録された。

オーガーは最初の横列の種子受けに入る前に作動された飛行機が最後の横列を充分過ぎるまで停止しなかった。各々の飛行の後、種子受けは調べられ、種子の数が種子受け番号ごとに記録された。

7. 飛行高度

各々の飛行について機体の実際の飛行高度を測定するため種子受け配列の一方側に範囲の大きいポールとムービーカメラがセットされた。

試験に先立ちパイロットは基準の空中散布高度の23 m～26 mの高度の飛行することを要求された。しかしながら、実際の実験の中では分布に関する異った飛行高度の効果を得るため、この飛行高度を15 m～34 mに変わるよう指示された。

8. 風

風速は *Silversides* (1974) によって発明された方法により測られた。A30-Gパイロットバルーンがヘリウムガスで上げられた。風向は飛行場の吹き流しより得られた。

9. 試験結果

試験において種子の降下は22.9 mの巾になる仮定の基にブローム散布器を用いた散布が行われた。解析は28回の飛行のうち21回のデータを用いて行った。残りの7飛行は不十分な種子降下であったので対象から除外した。21回の飛行データは表の通りである。

表 A - 1 種子着地率

飛行番号	散布器の高 (m)	風の速度 (KPh)	全着地数(A) (粒/ha)	計画量に対する %	平均全着地率に対する %	2.29 m 巾への着地数 (B)	B/A %	2.29 m 巾以上に入った %
2	19.5	0-5	22000	88.0	111.9	21700	98.6	42
3	26.5	0-5	21200	84.8	107.8	19700	92.9	39
4	28.0	0-5	16500	66.0	83.9	16500	100.0	33
5	31.7	0-5	20700	82.8	105.3	19200	92.8	38
6	28.6	0-5	17900	71.6	91.0	17600	98.3	38
平均			19660	78.6	100.0	18940	96.5	38
標準偏差			2346	9.4	11.9			
標準誤差			1049	4.2	5.3			
8	22.6	calm	33400	66.8	89.0	31800	95.2	56
9	21.0	calm	34700	69.4	92.4	32200	92.8	52
11	23.5	5	40100	80.2	106.8	39600	98.8	63
12	28.0	calm	45900	91.8	122.3	42300	92.2	67
13	29.6	13	33400	66.8	89.0	30700	91.9	55
14	32.6	5	35900	71.8	95.6	33800	94.2	56
15	28.6	5	29500	59.0	78.6	27000	91.5	48
18	16.5	21	36500	73.0	97.2	34400	94.2	59
19	15.2	16	42600	85.2	113.5	39900	93.7	64
21	22.0	8	43800	87.6	116.7	43800	100.0	64
22	22.0	calm	37200	74.4	99.1	37200	100.0	57
平均			37545	75.1	100.0	35700	95.0	58
標準偏差			5021	10.0	13.4			
標準誤差			1514	3.0	4.0			
24	18.3	calm	62600	83.5	103.2	58000	92.7	75
25	21.3	11	63400	84.5	104.5	58700	92.6	78
26	15.2	14	56400	75.2	93.0	53600	95.0	67
27	21.3	12	66500	88.7	109.6	65800	98.9	75
28	23.5	18	54400	72.5	89.7	48300	88.8	71
平均			60660	80.9	100.0	56880	93.6	73
標準偏差			5067	6.8	8.3			
標準誤差			2266	3.0	3.7			

表A-2 229m幅の種子受けに入った種子数

計画散布量	種子受けに入った種子数					計	種子受けの数	捕獲種子数
	0	1	2	3	4以上			
25,000	62.0	28.3	7.0	2.2	0.4	99.9	1320	
	種子受の%	56.0	27.9	13.1	3.0	100.0	501	667
	種子の%							
50,000	41.8	33.4	15.9	6.6	2.3	100.0	2904	
	種子受の%	35.2	33.4	21.0	10.4	100.0	1689	2759
	種子の%							
75,000	26.6	29.4	22.9	12.3	8.7	100.0	1320	
	種子受の%	19.4	30.3	24.3	26.1	100.1	969	2001
	種子の%							

- 全着地数 (粒/HA) \leq 散布計画数 (粒/HA)
- 全着地数の計画数に対する比率は、59~92%の中で変化している。
- 平均着地数

	HA 当り計画数
78.6%	25000
75.1%	50000
80.9%	75000

計画数による変化はほとんどない。

- 散布巾 22.9 m への着地数は全着地数の 88.8~100% (B/A%) であり総平均は 95% であった。
- これらのことから散布巾 22.9 m は有効だと認められる。
- 種子の分布は飛行航跡の左右非対称で左に多いが、これは単エンジン、固定翼、時計方向回転のインペラ (スリンガー) を使用した場合に確認されている。
- 前方及び右方向からの風は左方向への変位を促し、後方及び左方向からの風は左方向への変位を少なくする。
- 飛行高度は風が与える変位の範囲に関係し高ければ変位範囲は広がる。
- 高度自体では、11.5~34 m については散布巾に関する影響は少ない。
- 高度、風速、風向が種子の横断分布に与える影響は少ない。
- 種子分布の飛行コース方向 (縦列) は変化しているが、ある程度規則正しい。
- 最低 1 個以上の種子をとらえている種子受けのパーセンテージは計画数の増加と共に増えている。
- 吐出率が 25000 粒/ha から 50000 粒/ha に上がると 53% 種子受けの受けた種子のパーセンテージが増加している。このパーセンテージは 50000 粒/ha ~ 75000 粒/ha への変化ではあまり増加せず 26% である。
- 表 3 は、22.9 cm の散布巾にある種子受けにそれぞれ 0 個、1 個、2 個、3 個、及び 4 個以上との種子が入った種子受けのパーセンテージを示す。又、全捕獲種子数の捕獲種子数別の分布を示している。
- 多くの種子を受けた種子受けは、投下のピーク下にある。

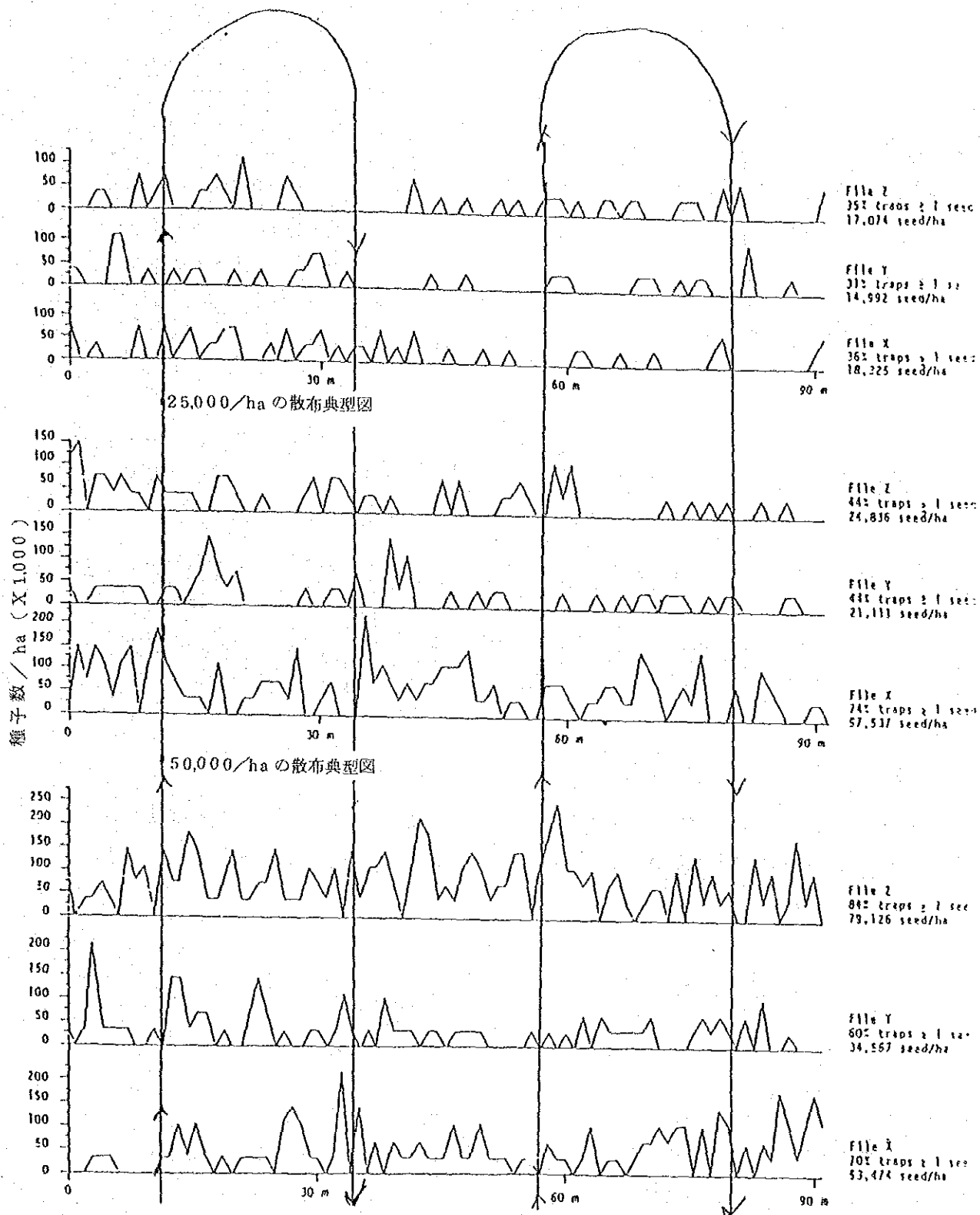
種子受けの平均捕獲数は、

25000 粒/ha	— 1.3 個
50000 粒/ha	— 1.6 個
75000 粒/ha	— 2.1 個

最大捕獲数は、

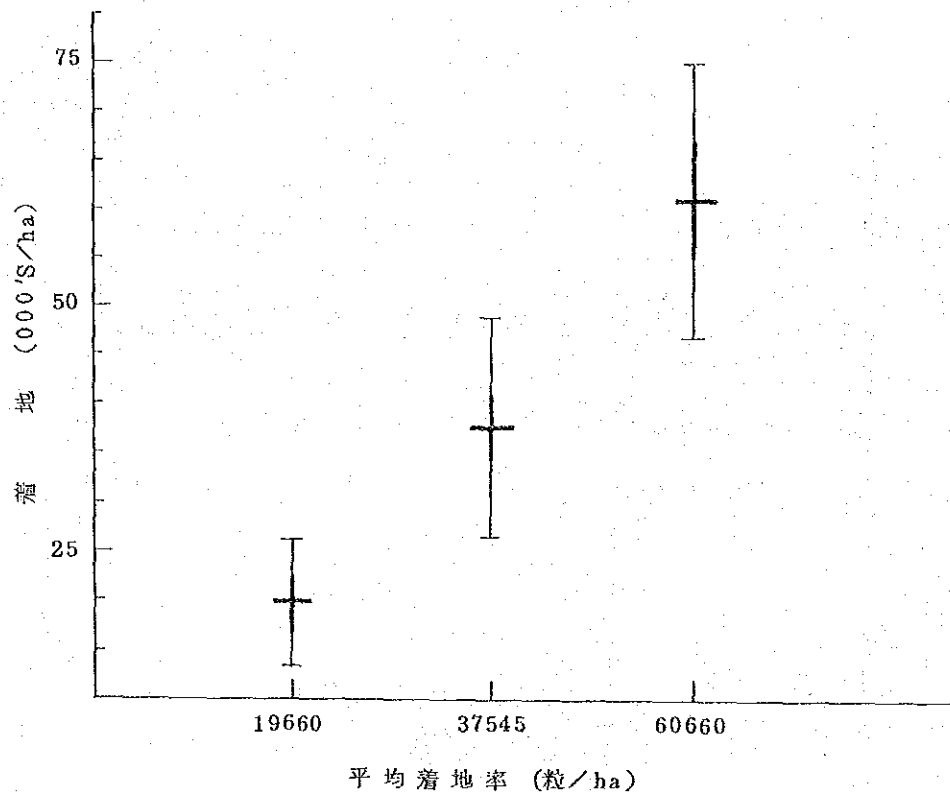
25000 粒/ha	— 4 個
50000 粒/ha	— 7 個
75000 粒/ha	— 7 個

であった。



図A-4 種子の着地状況 (75,000粒 / ha)

図 A-5 平均着地率



10. 検 討

(1) 種子の着地は例外を除いて全ての飛行について計画値以下だった。

Lucan 実験における種子投下の信頼性限界 (95%)、それぞれの吐出率の種子着地平均は太十字線、種子着地平均限界は太十字線のタテの線によって示され、個々のフライトにおける着地限界は細いタテ線により示される。(図 A-5)

- 種子着地平均の上限は (25000~75000) の計画値に達しないが、よい結果である。
- 25000 の場合のみが計画値をこえているが、わずかである。
- 計画値と実際に種子が落ちた値との差は吐出の調節、散布方法等に関連している。

(2) 誤差要因

- 吐出しの調節
- 飛行機の旋回に ±0.5 秒の誤差があると種子メタリング装置は ±3.3% の誤差を生じる。
- グラム当りの種子量の値の誤差
- 飛行速度による誤差

12.9 km/h が 13.9 km/h になると HA 当りの種子数 25000, 50000, 75000 は 23150, 46300, 69450 と減少する。

- 種子吐出装置は 1.5 秒間隔で一定の種子量を投下するよう作動するため、タイミングのとり方における小さな誤差が重大な誤差を生じる。

- 散布器の不規則性（設計段階からの）
- 主に風による航空機の巡航速度の変化以上のものが誤差を生じる原因となる。

11. 提 案

Brohm 式散布器／パイパー機の組合せについて以下の事が提案された。

- (1) 種子落下の値と範囲に影響する原因をあらかじめ知ったうえで慎重に散布器の調節を行う。
考慮すべき要因は、
 - 1 g 当りの種子の数
 - 吐出率の慎重な調節
 - コース間隔
 - 飛行機の地上における速度
- (2) 散布に先立ってグラム当りの種子数を決定する。容器を必要に応じて開けないか、又は種子を空気にふれたままにしない。これは種子に湿気を与え、この相対湿度が重量を変える。
- (3) メタリング装置の調整を 15 秒から 30 秒間隔にのばす。又精密な計量器を使用する。
- (4) 1.8 m のコースの間隔で散布する。
- (5) パターンは飛行コース間隔に敏感である。パイロットがコース間隔を選定し、正確に飛行コースに進入するため地上で案内をする。
- (6) 飛行コースから種子が落ちる位置は風向、風速に影響を受ける。散布は無風か又は風速 5 km/h 以下で行うようにする。

Annex 3 日本の粒剤散布装置

粒剤散布装置は、殺虫、殺菌、野ねずみ駆除、除草、施肥等を行なうためヘリコプターに装備して粒状薬剤を飛散させ、均一に散布することを目的とする。

① 一般散布用装置

吐出量を約18～180kg/毎分(両側)の範囲で調整し得るもので、一般農耕地の病害虫防除および林地の除草、施肥等の目的に主として使用する。

② 少量散布用装置

吐出量を約1.6～8.0kg/毎分(両側)の範囲で調整しうるもので、一般農耕地および林地に対する野ねずみ駆除を目的とする。

③ 主な構造

装置の主要構成部品は、粒剤を遠心力によって飛散させるためのインペラとその駆動モーター、粒剤の吐出量を調整するメタリング機構、粒剤の吐出の開閉を行うシャッター機構、粒剤を入れるホッパータンク、および装置を作動させる電気配線からなる。

ア) K-531-40-10型(図-6)

この装置は昭和36年に川崎航空機工業株式会社で製作され、今日各航空会社で最も多く使用されている粒剤散布装置K-531系列の最初のものである。

シャッター機構にゲイトアセンブリがあり、これはゲイトモーターとロータリーゲイトから出来ていて、ゲイトモーターを回転することにより、ロータリーゲイトが回転し、粒剤が吐出され、ゲイトモーターを停止すると粒剤の吐出も止まる。

ホッパータンク容量は100ℓ(片側)であり、ベル47G-2用の装置である。

イ) K-531-40-20型(図-6)

ア)のホッパータンク容量を150ℓ(片側)の大型にかえたもので、ベル47G-2A用の装置である。

ウ) K-531-260-30型(図A-6)

イ)にフレームインストレーションを追加してKH4型に装備できるようにしたものである。

エ) K-531-260-70型(図A-7)

ウ)を基本として吐出量を増やすためにメタリング機構の開口面積を増大(37cm²→42cm²)し、シャッター機構のロータリーゲイトを廃止して、扇形シャッターとしてアクチュエーターモーターで開閉する。吐出は粒剤の自然落下のままで吐出量も180kg/毎分(最大)に増加した。その他飛散防止カバーを取付けて、粒剤が機体下部、キャビン床下等に飛散付着するのを防止し、又、スポンジラバーを後方レグにまくことにより粒剤がレグに衝突して粉化するのを防ぐ配慮がされており、さらに一部部品にFRPに材質変更したり、散布中および落下量分布の調節を容易にするため結合ボルトの本数を少なくする(22本→6本)等

の改良が行なわれている。

オ) K-531-300-10型(図A-8)

エ)と同じく多量散布用で最大240kg/毎分(両側)を吐出することができる。しかし多量散布するときはインペラーモーターの消費電流が増大するので従来の400mm径のインペラーに比べて消費電流の少ない360mm径のインペラーを使用することが望ましい。メタリング機構およびシャッター機構は粉剤装置のようにスライド式を採用、散布中および落下量の分布の調節はノズル目盛を調節してロックするだけで簡単になった。

④ ホッパー

散布に必要な薬剤を積込んで、重力で下部に装着されているゲートアセンブリーに薬剤を送るため円錐形になっている。粉剤のホッパーと同じで可動部分はない。

⑤ メタリング機構

ホッパーよりロータリーゲート又はシャッター部へ送り出す薬剤の量を調整する部分で、開口部の面積を変更することにより調量できる。作業の仕様に応じ外部の調整ノブにより行なう。

⑥ シャッター機構

ロータリーゲートを有する型式のものではメタリング開口部より薬剤が回転中のロータリー凹部に落下し、ギャポンプと同じ原理で下部の吐出部に放出される。ロータリーはモーターによって駆動されているが、定速回転で調量には関係ない。ロータリーが停止すればシャッターが閉ったのと同じことで吐出は行なわれない。

扇形シャッターを使用している形式では散布開始時と終了時のみシャッターを作動させればよいので、粉剤散布装置のアクチュエータ・モーターと同じモーターによって開閉する。

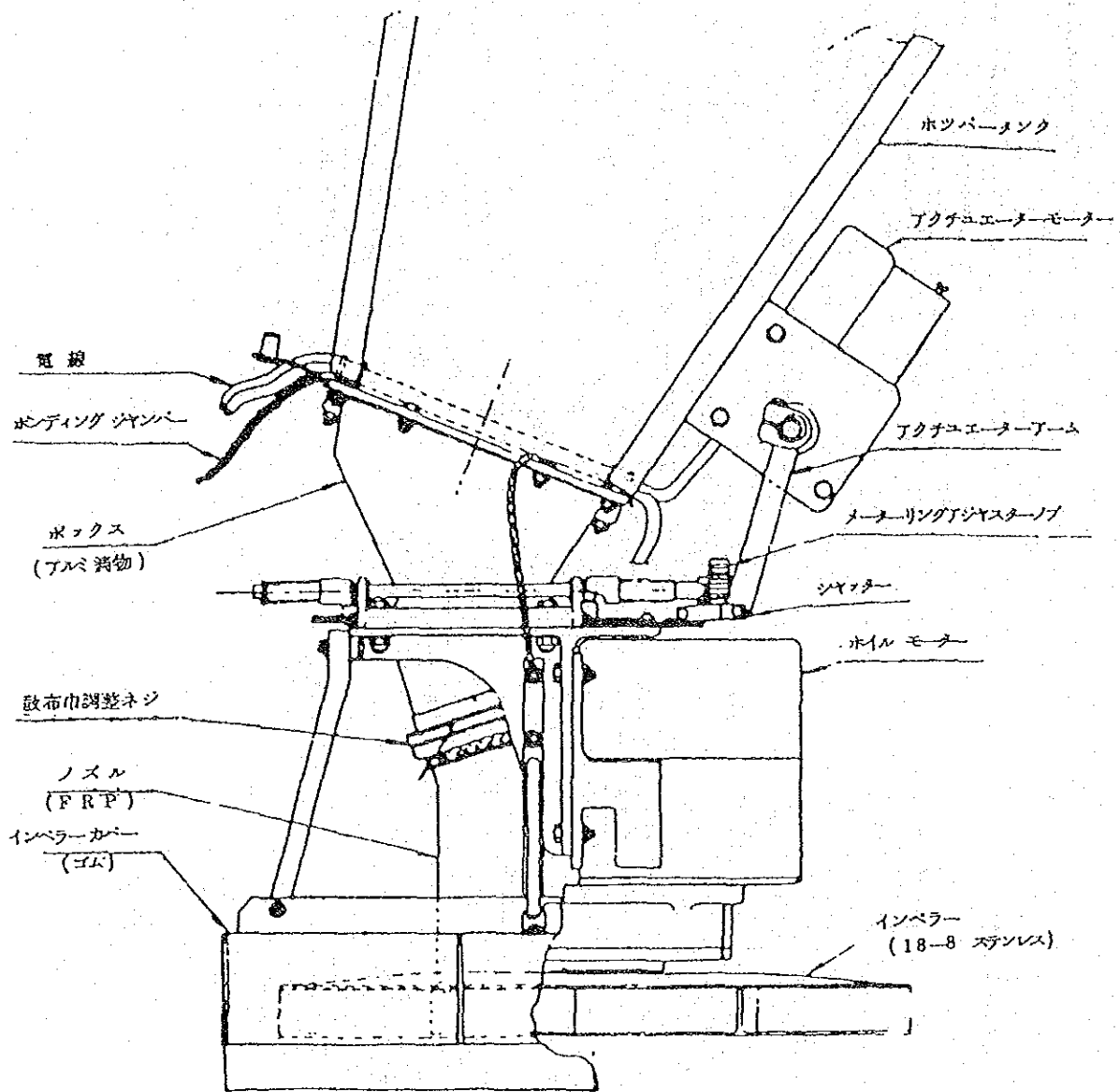
⑦ インペラーおよび駆動モーター

シャッター部より吐出された薬剤は直径400mm(または360mm)のインペラー中央部に落下し、毎分1000回転の遠心力によって飛散される。インペラーはFM-22型モーターによって駆動されるが、散布装置に使用されるモーターでは最も大きい。

モーターの主要諸元

名称 諸元	FM-22
定格電圧	28V DC
回転方向	軸端より見てCW
定格周期	連続
無負荷電流	10A以下
定格電流	25A以下
定格回転力	0.33KG-M
定格回転数	1,000±10RPM
界磁励磁方式	分捲
型式	全密閉自然冷却
減速比	5.1:1
重量	約10G

なおインペラーに落下する薬剤の位置により、飛散方向が決まるので、アッパー及びローワーボックスの結合部関係位置をかえることにより、散布巾を調整できる。
最大3kg/秒の散布能力がある。



図A-8 K-531-300-10または20

Annex 4 日本における水稲湛水土壌中直播栽培播種法

湛水土壌中直播栽培で重要なことは、単位面積当りの発芽、苗立数を目標どおり確保することである。種子を土壌中に埋没させることによって株元を強化させ、転び苗や倒伏を防止する。そのために播種前に水を落とし田面を露出させた状態で播種作業を行って、種子を埋没させるが、この土壌中に埋没した種子に酸素を補給して良好な発芽を促進させるため種子はカルパー（酸素補給剤）でコーティングしたものを使用し、また種子は厳選したものを使用する。

ヘリコプターによる播種作業に当っては、これらのことに注意し目標の播種量（散布量）が正確に散布できるよう特に慎重な作業が必要である。

① 散布種子

カルパー粉粒剤Aでコーティングされた種子（ペレット）を散布する。乾粃とカルパー粉粒剤Aの混合比は1：3で乾粃に対して4倍の重さ（4倍重）にする。

項 目	地上機械播種用	航空播種用
コーティング剤の名称 （組成）	カルパー粉剤	カルパー粉粒剤A
過酸化カルシウム	35%	11%
焼 石 膏	65	25
炭酸カルシウム		14
オリビンサンド（加重剤）		50
乾粃：カルパー混合比	1：1	1：3

カルパーによる処理が行なわれても、埋没深度が大きいほど発芽率の低下が見られ、加重倍率や散布高度を高めても、良い結果が得られない。

② 散布要領と飛行諸元

ア) 播種量 12～16kg/10a（4倍重ペレット）

3～4kg/10a（乾粃量）

散布装置の性能及び均一散布を重視するため、2回重ね散布とする。従って1回当たりの散布量はペレットで6～8kg/10aとなる。

イ) 散布装置 粒剤散布装置（TDA-G1型）

ウ) 機種と飛行諸元

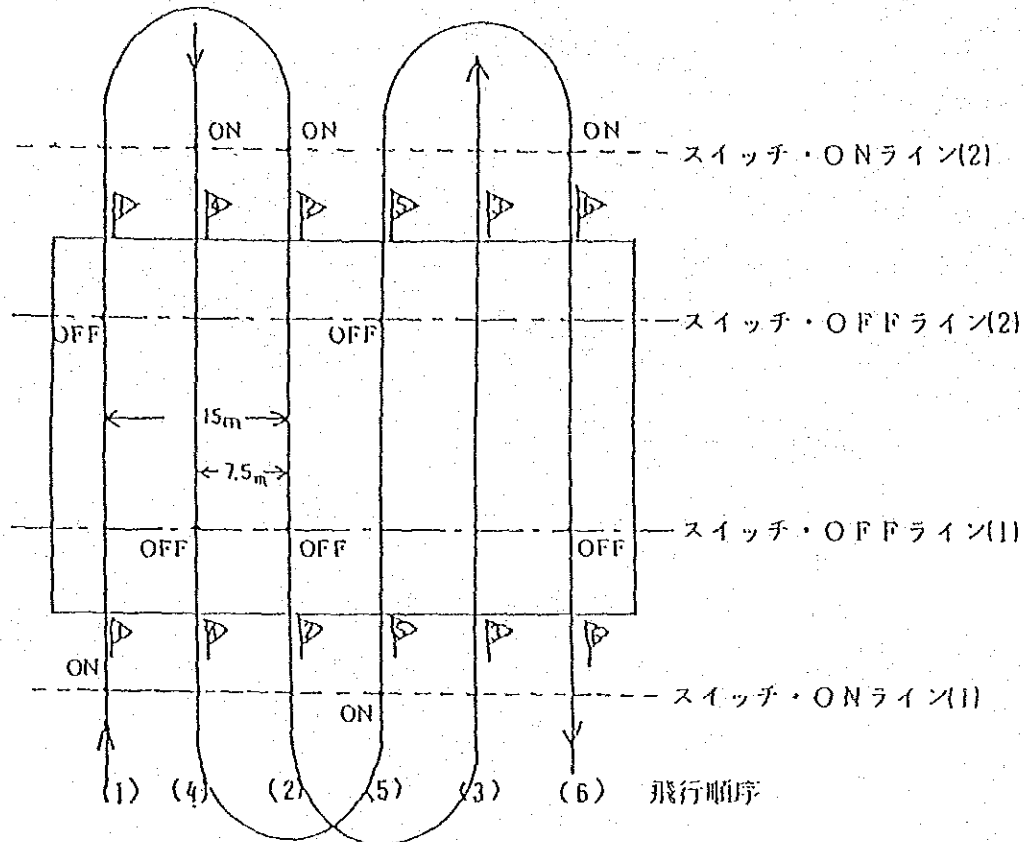
適用機種	散布速度	散布高度	散布間隔
ベル47-G3BKH4 ヒテーUH-12E	40km/時	10～12m	15m

エ) 散布飛行要領

播種の均一性を確保するため

- ・ 2回重ね散布
- ・ 飛行位置を示す標識の設置，地上での誘導
- ・ タイムラグによって生じる散布むら防止のためスイッチ，ON，OFF地点を示す目標ラインを設置する。

図A-9 標識の設置と誘導(例)



<例> スイッチ・ON OFFラインの設置

条件：散布飛行速度 25 MPH (40 km/時) = 11 m/秒
 散布装置の性能 ONから吐出開始まで 0.5秒
 OFFから吐出停止まで 2秒

以上の条件下におけるライン設置位置は

- (1) ONライン 毎場境界から約5~6m手前の地点
- (2) OFFライン 毎場境界から約22m手前の地点

③ 散布装置

TDA-G1型(図A-10)本装置はベル47型ヘリコプターに装備して，多目的に粒剤散布ができる。この装置の主な特徴は，

- ア) シャッター機構とメタリング機構が一体化され、シャッター開度をメタリング調整ツマミで可変することによって広範囲に吐出量を調整できる。
- イ) インペラーカバー（直径380 mm）がインペラー（340 mm）の上部に固定されており、薬剤を22度斜め下方に飛散させることによって機体への付着を防いでいる。
- ウ) インペラーを円錐型（15°）にすることにより、ホッパータンクから落下してきた薬剤の方向変換角を少なくして、インペラーモーターの負荷減少をはかっている。
- エ) 蝶番式シャッターを採用しているので構造が簡単で、まさつ面が少く、薬剤等のつまりの故障を排除している。
- オ) 水稲直播に使用する時はインペラーは布張り等を実施して使用している。

Annex 5 陸上飛行場の立地条件(飛行機の離着陸)(日本の場合) 離着陸地帯の要件

① 離着陸地帯

位置及び方向	離着陸地帯の位置及び方向は、動力装置が故障した場合に地上又は水上の人又は物件に対し、危害を与え、又は損傷を及ぼすことなく不時着できる離着陸経路が設定できるよう選定されていること。	
長さ(有効長)	離着陸地帯の気圧及び気温に応じ、離陸又は着陸の際必要とされる滑走路長(以下本節において「必要滑走路長」という。図A-11参照)を確保し得る長さ以上であること。	
幅	自家用又は航空機使用事業の用に供する場合	15メートルと使用機の全幅に5メートルを加えた値のいずれか大きい値以上であること。
	不定期航空運送事業の用に供する場合	20メートルと使用機の全幅に7.5メートルを加えた値のいずれか大きい値以上であること。
表面	十分に平坦であり、予想される航空機の運航に十分耐える強度を有するものであること。	
こう配	最大縦断こう配は <u>2%</u> 、最大横断こう配は <u>3%</u> であること。	

② 進入区域及び進入表面

進入区域及び進入表面は別図のとおりとする。進入表面のこう配は20分の1以下とし、同表面の上に出る高さの物件がないこと。

③ 水平表面

水平表面は離着陸地帯中央の垂直上方45mの点を含む水平面とする。場周飛行に必要な範囲内に同表面上に出る高さの物件がないこと。

④ 転移表面

転移表面は、次のこう配を有する別図に示す表面とする。転移表面上に出る高さの物件及び離着陸地帯の各周辺から外側にそれぞれ、10mまでの範囲内に離着陸地帯の延長面上に出る高さの物件がないこと。

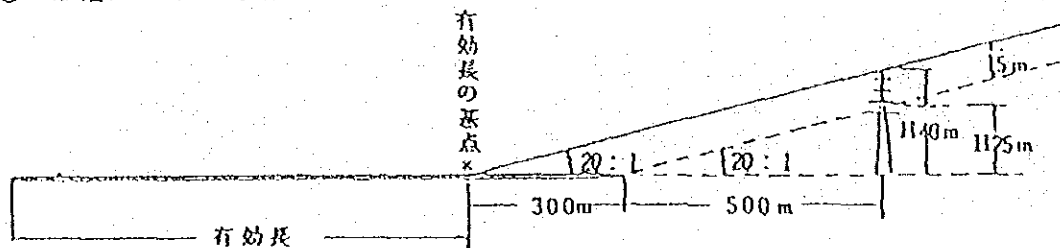
旅客の輸送を行う不定期航空運送事業の 用に供する場合	7分の1以下であること。
上記以外の場合	5分の1以下であること。

以上航空法上でのべたが散布におけるヘリポートの条件の追加と同様、固定翼機を散布に用いる場合は飛行機を散布地近くに設置する必要がある。

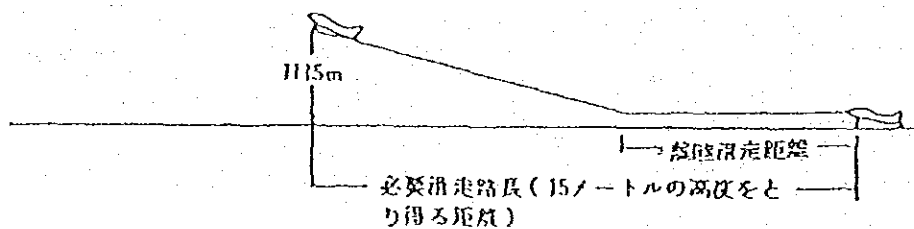
図 A-11 飛行機の場合の離着陸地帯の有効長及び必要滑走路長路図

((Ⅳ) 3 (ⅰ) a (ア))

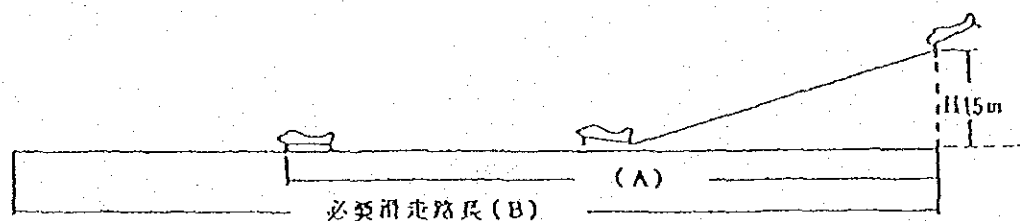
① 離着陸地帯の有効長



② 離着の場合の必要滑走路長



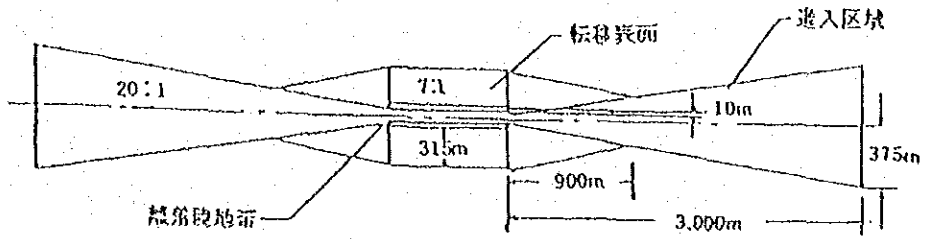
③ 着陸の場合の必要滑走路長



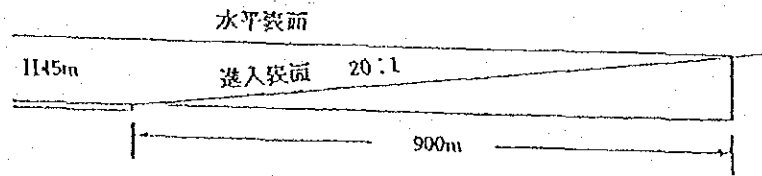
必要滑走路長 (B) は、自家用及び航空機使用事業にあっては、(A) (15メートルの高度から飛離停止までの距離) の1.2倍、不定期航空運送事業にあっては、(A) の1.43倍とする。

図A-12 飛行機の場合の進入区域，進入表面，転移表面路図
((Ⅳ) 3 (i) a (イ) 及び (ロ))

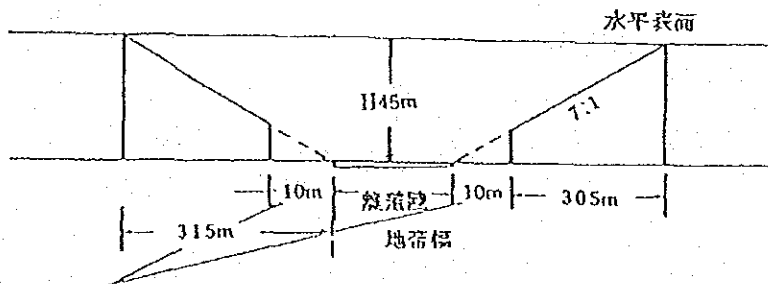
① 平面図



② 進入表面断面図



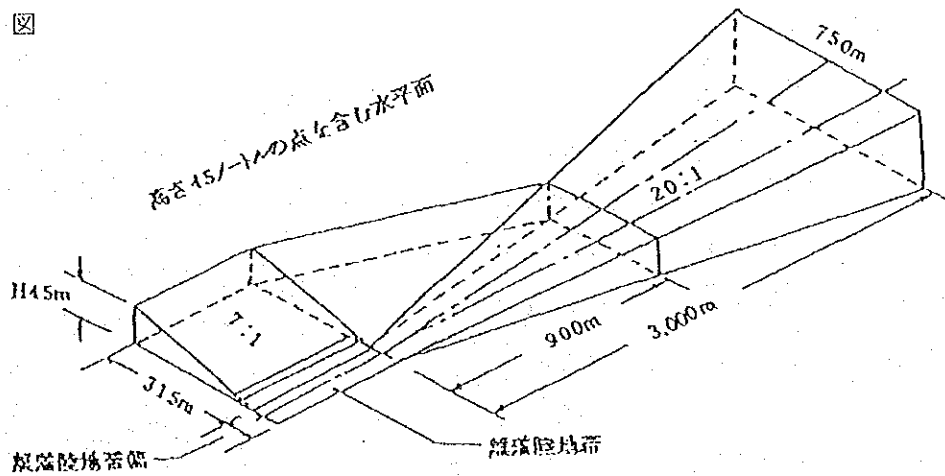
③ 転移表面断面図



緩降段地帯の外側10メートルの範囲内に緩降段地帯の表面の延長面上に出る高さの物件がない区域

※ 不定期航空運送事業(旅客の輸送を行う場合に限る。)以外の場合の
転移表面のこの傾斜は、5:1以下とすることができる。

④ 立体図



Annex 6 ヘリポートの立地条件（日本の場合）

ヘリポートの立地条件としては、次の要件を満たす用地選定が必要となる。

① 位置

ヘリコプターの離着陸に支障となる物件がなく、騒音などによる公害が問題とならないこと。（航空法施行規則第79条第1項第1号：飛行場の周辺にある建造物、植物その他の物件であつて、運輸大臣が航空機の離陸又は着陸に支障があると認めるものがないこと。ただし、当該飛行場の工事完成の予定期日までに、当該物件を確実に除去できると認められる場合は、この限りでない。）

② 他のヘリポート、空港との関係

航空交通の安全確保のため、既存のヘリポート、空港に設定された滞空旋回圏と重ならないこと。（施行規則第79条第1項第2号）

③ ヘリコプターの飛行経路

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条件となる。（施行規則第79条第1項第5の4号：当該ヘリポートに係わる出発経路、進入経路及び場周飛行経路において、飛行中のヘリコプターの動力装置のみが停止した場合に地上又は水上の人、又は物件に危険を及ぼすことなく着陸する場所を確保することができる立地条件を有するものであること。）ただし、垂直離着陸方式をとることができるヘリコプターのみが使用するヘリポートでは不時着場を必要としない。

④ 気象条件

濃い霧、海霧、スモッグなどの発生し易い地形でのヘリポート設置は不適當である。

⑤ 地上交通との関連

ヘリコプターによる乗客の2次輸送として道路をはじめ、地上交通網の整備が求められる。

⑥ 施設条件

電力、電話、上水道、排水等、施設の設置が可能であることが必要である。

⑦ 地域社会との調和

他人の利益を甚だしく害することとならないことが最大の要件である。また、構築物上に設置するヘリポートには、付帯設備として、航空機の脱落防止施設、並びに燃料の流出防止施設の設置が義務づけられている。設計にあたっては、形状により渦流を生ずるおそれがあるので、この防止について配慮することが望まれる。当然のことながら、消火設備を必要とする。

⑧ 散布におけるヘリポートの条件の追加

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く設定する。（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）又、散布材料、航空燃料などの運搬、保管、積み込み作業が容易な場所であることが必要である。

表A-3 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)		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	m 1000	1/8	200 m	1/2	・進入表面のこり配・立地条件を勘案して特に必要と認める場合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) ・転移表面のこり配・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)) (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	20m以上	90m~40m	40m以上	m 1000	1/8	200 m	1/2	
	C	15m以上	40m~15m	30m以上	m 1000	1/8	200 m	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	m 1000	1/8	200 m	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	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"> ・滑走路の長辺を両短辺の側に、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。 									

※陸上は滑走路の長さ。
水上は着陸帯の長さ。

Annex 7 参考文献一覧

(1) 入手済のもの

- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1986. The Forest Trees of Ontario, A Guide to their Identification with Illustrations
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1986. Guidelines for Trees Seed Crop Forecasting and Collecting.
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1986. Forest Fire Management in Ontario.
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1986. The Forest Resources of Ontario.
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1986-87. Annual Report.
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1987. Statistics 1987.
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1986. Timber Management Planning Manual for Crown Lands in Ontario.
- o Ministry of Natural Resources, Ontario, 1977. Improved Seed for Future Forest.
- o Ministry of the Environment, Ontario, 1983-84. Annual Report
- o Jacques Regniere, Great Lakes Forest Research Centre, Canada, 1982. A Probabilistic Model Relating Stocking to Degree of Scarification and Aerial Seeding Rate.
- o L.F. Riley, Great Lakes Forest Research Centre, Canada, 1980. The effect of seeding rate and seedbed availability on Jack Pine stocking and density in Northeastern Ontario.
- o F.F. Foreman and L.F. Riley, Great Lakes Forest Research Centre, 1979. Jack Pine seed distribution using the Brohm Seeder/Piper PA-18A aircraft combination.
- o Great Lakes Forest Research Centre, Canada, 1982. Prescribed fire
- o Great Lakes Forest Research Centre, Canada, 1985. Black spruce seed distribution with the Brohm Seeder/Piper PA-18A aircraft combination.

- o Great Lakes Forest Research Centre, Canada. Operational trials of aerial seeding of Jack Pine on burns.
- o Great Lakes Forestry Centre, Canada, 1986-87. Program review.
- o Great Lakes Forestry Centre, Canada, 1987. Forestry newsletter.
- o Great Lakes Forestry Centre, Canada. Enhancing and protecting our most precious natural resources.
- o Canadian Forestry Service. Canada's Forest Inventory.
- o Canadian Forestry Service, 1987. Canada's Forest 1987.
- o National Academy of Sciences, USA, 1983. Firewood Crops, shrub and tree for Energy Production, Volume 1, Volume 2.
- o National Academy of Sciences, USA, 1983. Mangium and other fast-growing Acacias for the humid tropics.
- o National Academy of Sciences, USA, 1981. Sowing forests from the air
- o National Academy of Sciences, USA, 1983. Calliandra : A versatile small tree for the humid tropics.
- o National Academy of Sciences, USA,, 1983. Casuarinas : Nitrogen-fixing trees for adverse sites.
- o National Academy of Sciences, USA, 1984. Leucaena : Promising forage and tree crop for the tropics.
- o National Academy of Sciences, USA, 1979. Tropical Legumes : Resources for the future.
- o General Airspray Limited, Canada. Brohm Aerial Seeder.
- o A.D. Wood, National Aeronautical Establishment, Canada, 1984. Developing a seed-containing dart and aerial delivery system for forestry applications.
- o Forest Service, USA, 1967. Tree planters' notes.
- o International Union of Forestry Research Organization, 1987. Tree improvement and silvo-pastoral management in Sahelian and North Sudanian Africa.
- o Forest Service, USA, 1974. Seeds of woody plants in the United States.
- o D.J. Mabberley, 1983. Tropical rain forest ecology.
- o Norman Myers, 1985. The primary sources - Tropical forests and our future.

- o Smithsonian Institute, USA, 1988. Tropical Rainforests - A disappearing treasure.
- o UNESCO, 1979. Map of the world distribution of arid regions, Explanatory note.
- o US Forest Service, USA, 1966. Geographic distribution of the pine of the world.
- o Australian Centre for International Agricultural Research, Australia, 1987. Australian Acacias in developing countries.
- o Marion Simmons, 1981. Acacias of Australia.
- o Heinrich Walter, Germany, 1983. Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere.
- o Australian Center for International Agricultural Research, Australia, 1986. Multipurpose Australian Trees and shrubs.
- o FAO, 1979. Eucalypts for planting.
- o Report to the President by a US Interagency Task Force on Tropical Forests, USA, 1980. The world's tropical forests.
- o FAO, 1982. Tropical forest resources.
- o FAO, 1981. Tropical forest resources assessment project; Forest resources of tropical Asia.
- o FAO, 1981. Tropical forest resources assessment project; Forest resources of tropical Africa.
- o FAO, 1981. Proyecto de evaluacion de los recursos forestales tropicales; Los recursos forestales de la America Tropical
- o FAO Databook on endangered tree and shrub species and provenances ; FAO forestry paper 77
- o US Forest Service, USA, 1983. Silviculture system for the major forest types of the United States; Agriculture Handbook No. 445
- o US Forest Service, USA, 1986. Forest insect and disease field guide.
- o US Forest Service, USA, 1986. Tropical timbers of the world.
- o Egbert G. Leigh, Jr., A. Stanley Rand & Donald M. Windsor, USA. The ecology of a tropical forest.

- o Dennis Anderson, World Bank. The economics of afforestation. A case study in Africa; Occasional paper No. 1/New series.
- o National Academy of Sciences, USA, 1984. Environmental change for the arid and semiarid regions.
- o National Academy of Sciences, USA, 1984. Agroforestry in the West African Sahal.
- o C. Chandler, P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud, D. Williams, John Wiley & Sons. Fire in forestry Volume II; Forest fire management and organization.
- o G. Robinson Gregory, John Wiley & Sons. Resource economics for foresters.
- o Marius Jacobs, Springer-Verlag. The tropical rain forest. A first encounter.
- o Adrian Forsyth & Ken Miyata, Chales Scribner's Sons, NY. Tropical Nature, Life and death in the rainforests of Central and South America.
- o Catherine Caufield. In the rainforest, Report from a strange, beautiful, imperial world.
- o Andrew W. Mitchell, Macmillan Publishing Company. The Enchanted canopy, A journey on discovery to the last unexplored frontier, the roof of the world's rainforest.
- o Canadian Seed Coaters Limited, Canada. Coated seed, "The convenience package".
- o OSECO Inc., Canada. Your Canadian Seed Partner.
- o Derr, J.J., and Mann, Jr. W.F. 1971. Direct-seeding Pines in the South. Agriculture Handbook No. 391, U.S. Forest Service.
- o Mann, Jr., W.F., and Derr, H.J., 1966. Guidelines for Direct-seeding Loblolly Pine. Occasional paper 188, Southern Forest Experiment Station, Forest Service, USA.
- o T.E. Campbell. 1985. Development of Direct-Seeded and Planted Loblolly and Slash Pines Through Age 20. Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service.
- o James P. Barnett, John C. Brissette, and William C. Carlson. 1986. Artificial Regeneration of Shortleaf Pine. Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service.

- T.E. Campbell, 1986. Herbicides, Fire, and Direct Seeding for Regenerating Loblolly Pine. Southern Forest Experiment Station. USDA Forest Service.
- T.E. Campbell, 1979. Increasing Latex in Pine Seed Coating Impairs Repellency and Germination, Southern Journal of Applied Forestry.
- T.E. Campbell, 1980. Direct-Seeded and Planted Loblolly and Slash Pine on a Hardwood-Dominated Site Yield Similar 15-Year Results, Southern Journal of Applied Forestry.
- T.E. Campbell, 1981. Spot Seeding is Effective and Inexpensive for Reforesting Small Acreages.
- T.E. Campbell. Direct Seeding Pine for the Small Land Owner.
- T.E. Campbell, 1982. Effects of Initial Seeding Density on Spot-Seeded Loblolly and Slash Pines at Age 15 Years. Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service.
- Richard E. Lohney and Earle P. Jone, Jr. 1981. Natural Regeneration and Direct Seeding, Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service.
- Richard E. Lohney, 1984. Aboveground Biomass of Planted and Direct-Seeded Slash Pine in the West Gulf Region. Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service.
- 海外林業コンサルタンツ協会, 昭和61年, 世界の森林と緑の国際協力
- 吉良竜夫・1984 熱帯林の生態
- 小川房人・昭和12 熱帯の生態I --森林-- 共立出版 生態学調査 30
- 海外林業コンサルタンツ協会 1985 海外林業適地適木調査報告書(マレーシア・サバ州)
- " 1986 " (マレーシア・半島, サラワク州・カン州)
- " 1986 " (ケニア・タンザニア)
- " 1987 " (ケニア・タンザニア)
- " " " (タイ)
- " " " (ブラジル)
- 林産行政研究会, 1974, 新世界の森林資源調査, 1970年代初期における世界の森林資源の概況(レイダー・ベルソン, World forest resources 邦訳)
- 日本治山治水協会, 昭和55年, 航空緑化工の計画, 設計, 施工指針とその解説
- 国際協力事業団, 1985, 半乾燥地造林計画基準報告書(本論), (現地調査)(前論)
- 国際協力事業団, 昭和58年, 熱帯造林計画基準
- 国際協力事業団, 昭和53年, 熱帯地域における森林の更新技術

(2) 未入手のもの

- o Abbott, H.G., ed. 1965. Direct Seeding in the Northwest Symposium. Agricultural Experiment Station, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts, USA. 127pp.
- o Abbott, H.G. 1974. Direct Seeding in the U.S. In Direct Seeding Symposium, J.H. Cayford, ed., Publication No. 1339, Canadian Forestry Service, Department of the Environment, Ottawa, Canada. pp-1-10.
- o Akesson, N.B., and Yates, W.E. 1974. The Use of Aircraft in Agriculture. FAO Agricultural Development Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 217pp.
- o Appelroth, S.E. 1978. Ilma-alusten kaytto metsan kylvossa. [Use of aircraft in direct seeding of forests.] Metsa ja Puu 1, Helsinki, Finland, pp6-9. (Available from author, Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute, Unionkatu 40 A, SF 00170 Helsinki 17, Finland.)
- o Appelroth, S.E., 1974. Work study aspects of planting and direct seeding in forestry. In Proceedings of the International Union of Forest Research Organizations Symposium on Stand Establishment, Wageningen, Netherlands.
- o Cadiz, R.T., and Dalmacio, M.V., 1978. Direct seeding of cashew (*Anacardium occidentale* Linnaeus). Sylvatrop Philippine Forest Research Journal 3:41-45.
- o Campbell, T.E., 1975. Yields of Direct-Seeded Loblolly Pine at 22 Years. U.S. Forest Service Research Note SO-199, Alexandria Forestry Center, U.S. Forest Service, Pineville, Louisiana, USA.
- o Campbell, T.E., and Mann, Jr., W.F., 1971. Site Preparation Boosts Growth of Direct-Seeded Slash Pine. U.S. Forest Service Research Note SO-116, Alexandria Forestry Center, U.S. Forest Service, Pineville, Louisiana, USA. 4pp.
- o Cayford, J.H., ed., 1974. Direct Seeding Symposium. Publication No. 1339, Canadian Forestry Service, Department of the Environment, Ottawa, Canada. 178pp.

- o Champman, G.W., and Allan, T.G. 1978. Establishment Techniques for Forest Plantations. FAO Forestry Paper No. 8, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 190pp.
- o Dalmacio, M/V. 1975. Coating ipil-ipil (*Leucaena leucocephala*) seeds with Arasan-75. Sylvatrop. Philippine Forest Research Journal 1:148-149.
- o Forest Research Institute, New Zealand. 1976. Legumes and protection forestry. What's New in Forests Research No. 33. Forest Research Institute, Private Bag. Rotorua, New Zealand. 4pp.
- o Forestry Department, Nigeria. 1961. Direct sowing of *Azadirachta indica* from the air. In Nigeria, Forest Administration of the North Region, Forestry Department Report 1959-1960, Nigeria.
- o Forests Commission, Victoria. 1976. Aerial Seeding-Eucalypts. Operational Information No. 10, File 71/1513. Division of Forests Commission, 300 Bourke Street, Melbourne 3000, Victoria, Australia. 11pp.
- o Forests Commission, Victoria. 1977. Seed Coating-Eucalypts, Operational Information No. 9, File 71/1513. Division of Forests Operations, Forests Commission, 300 Bourke Street, Melbourne 3000. Victoria, Australia.
- o Grose, R.J., Moulds, F.R. and Douglas, M.G. 1964. Aerial seeding of alpine ash. Australian Forestry 28(3).
- o Hadipoernomo. 1979. Critical land rehabilitation with air seeding. Duta Rimba 5(31): 9-12. (In English and Indonesian.)
- o Hodgson, A. and Heislars, A. 1972. Some aspects of the role of forest fire in South Eastern Australia. Bulletin 21, Forests Commission, Victoria, Australia.
- o Laurie, M.V. 1974. Tree Planting Practices in African Savanna. FAO Forestry Development Paper No. 19, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- o Ledgard, N.J. 1974. Direct seeding of woody plants above 1000 meters. Protection Forestry Report No. 131, New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Christchurch, New Zealand. 60pp.
- o McCracken, I.J. 1969. Direct seeding for watershed revegetation. Protection Forestry Report No. 62, New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Christchurch, New Zealand.

- o McKell, C.M., and Finnis, J.M. 1957. Control of soil moisture depletion through use of 2.4-D on mustard nurse crop during Douglas fir seeding establishment. *Forest Science* 3:329-335.
- o Mann, Jr., W.F. 1970. Direct-Seeding Longleaf Pine. Forest Service Research Paper SQ 28, Southern Forest Experiment Station, U.S. Forest Service, Pineville, Louisiana, USA. 26pp.
- o Mann, Jr., W.F., Campbell, T.E., and Chappell, T.W. 1974. Status of aerial row seeding. *Forest Farmer* 34:12-13, 38-40.
- o Myers, N. 1980. Conversion of Tropical Moist Forests. National Academy of Sciences, Washington, D., USA 214pp.
- o San Buenaventura, P., and Assiddao, F. 1955. Progress report on air seeding tests. *Filipino Forester* 7:61-64.
- o San Buenaventura, P., and Assiddao, F. 1957. Preliminary tests on aerial seeding of ipil-ipil (*Leucaena glauca* (L.) Benth). *Philippine Journal of Forestry* 13(3-4) : 119-132.
- o Sumarna, K., and Sudiono, Y. 1974a. Sampling results in the area of aerial seeding in the Forest District Lawu Ds., East Java. Forest Research Institute Report No. 180, Bogor, Indonesia. (Indonesian with English summary.)
- o Sumarna, K., and Sudiono, Y. 1974b. Sampling results in the area of aerial seeding in the Forest District Balapulang, Middle Java. Forest Research Institute Report No. 188, Bogor, Indonesia. (Indonesian with English summary.) 20pp.
- o Vogel, W.G., and Berg, W.A. 1973. Fertilizer and herbaceous cover influence establishment of direct-seeded black locust on coal mine spoils. In *Ecology and Reclamation of Devastated Land*, R. Hutnik and G. Davis, eds., Gordon and Breach Science Publications, Inc., New York, New York, USA. pp189-198.
- o Zarger, T.G. Curry, J.A., and Allen, J.C. 1973. Seeding of pine on coal spoil banks in the Tennessee valley. In *Ecology and Reclamation of Devastated Land*, R. Hutnik and G. Davis, eds., Gordon and Breach Science Publications, Inc., New York, New York, USA Vol. 1. pp509-523.

Annex 8 航空機造林の研究者、関連機関等一覧表

(1) アメリカ国家研究会議航空機造林特別部会委員

- FRANCIS R. MOULDS, Forest Commission of the State of Victoria,
Melbourne, Victoria, Australia
- ALAN H. NORDMEYER, Forest and Range Experiment Station, New Zealand
Forest Service, Christchurch, New Zealand
- JAMES D. SCOTT, Forest Resources Branch, Ministry of Natural Resources,
Toronto, Ontario, Canada
- FRANÇOIS MERGEN, School of Forestry and Environmental Studies, Yale
University, New Haven, Connecticut, USA (Chairman)
- HERSCHEL G. ABBOTT, Department of Forestry and Wildlife Management,
University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts, USA
- NOEL D. VIETMEYER, Board on Science and Technology for International
Development, Washington, D.C., USA (Staff Study Director)

(2) 航空機造林に関する研究者

- HERSCHEL G. ABBOTT, Department of Forestry and Wildlife Management,
University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01003, USA
- S. E. APPELROTH, Department of Forest Technology, The Finnish Forest
Research Institute, Unioninkatu 40A, SF-00170 Helsinki 17,
Finland
- WAYNE BELL, International Forest Seed Co., P.O. Box 76008, Birmingham,
Alabama 35223, USA
- THOMAS E. "Tucker" Campbell, Southern Forest Experiment Station,
2500 Shreveport Highway, Pineville, Louisiana 71360, USA
- GEORGE CULLUM, Chevelon Ranger District, Apache-Sitgreaves National
Forest, 1502 West Third Street, Sinslow, Arizona 86047, USA
- M. V. DALMACIO, Science Research Supervisor, Forest Research Institute,
College, Laguna, Phillipines
- L. D. DELANEY, Jr., International Forest Seed Company, Woodworth,
Louisiana 71485, USA
- FOREST RESEARCH INSTITUTE, P.O. Box 66, Bogor, Indonesia (R. Soerjono,
K. Sumarna, Y. Sudiono, and Hadipoernomo)

FRED F. FOREMAN, Great Lakes Forestry Research Centre, Canadian
Forestry Service, Canada

R. E. GRABER, Forest Science Laboratory, P.O. Box 640, Durham,
New Hampshire 03824, USA

L. J. HEIDMAN, Forest Science Laboratory, Northern Arizona University,
Flagstaff, Arizona 86001, USA

EARLE P. JONES, Jr., Southeast Forest Experimental Station, P.O. Box
5016, Macon, Georgia 31208, USA

J. A. LEWALD C., P.O. Box 543, Guatemala City, Guatemala

CYRUS MCKELL, Institute of Land Rehabilitation, Utah State University,
Logan, Utah 84322, USA

FRANÇOIS MERGEN, School of Forestry and Environmental Studies, Yale
University, 370 Prospect St., New Haven, Connecticut 06511, USA

S. R. MILLER, Chesapeake Corp. of Virginia, P.O. Box 311, West Point,
Virginia 23181, USA

FRANCIS MOULDS, 19 Talbot Crescent, Kooyong, 3144 Victoria, Australia

HARRY MURPHY, Resource Management Service, Inc., P.O. Box 43388,
Birmingham, Alabama 35243, USA

ALAN H. NORDMEYER, Forest and Range Experiment Station, New Zealand
Forest Service, Box 31-011, Christchurch, New Zealand

L. F. RILEY, Great Lakes Forestry Centre, Canadian Forestry Service,
Box 490, Sault St. Marie, Ontario P6A 5M7, Canada

JAMES SCOTT, Forest Resources Branch, Whitney Block, Ministry of
Natural Resources, 99 Wellesley St. West, Toronto, Ontario M7A
1W3, Canada

JAMES E. SMITH, Assistant Chief Forester, U.S. Steel Corporation,
Box 599, Fairfield, Alabama 35064, USA

A. J. THREADER, Forests Commission Victoria, GPO Box 4018, Melbourne,
Victoria 3001, Australia

A. D. WOOD, 2006, Norway Crescent, Ottawa, Ontario, Canada

(3) アメリカ国家研究会議航空機造林部会の報告書作成に関与した機関

HARUN ALRASYID, Forest Research Institute, Bogor, Indonesia

H. E. BAXENDALE, United States Steel Corporation, Fairfield, Alabama,
USA

W. HUGH BOLLINGER, Plant Resources Institute, Salt Lake City, Utah,
USA

SYDNEY DRAPER, The World Bank, Washington, D.C. USA

HAROLD DREGNE, International Center for Arid and Semi-Arid Land
Studies, Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA

I. A. KRONBERG, United States Steel Corporation, Pittsburgh,
Pennsylvania, USA

NELSON B. KVERNO, U. S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
USA

RALPH W. LAW, Olinkraft Corporation, West Monroe, Louisiana, USA

J. R. PALMER, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza,
Turrialba, Costa Rica

WALTER PARHAM, Office of Technology Assessment, U.S. Congress,
Washington, D.C., USA

FILBERTO S. POLLISCO, Forest Research Institute, Laguna, Phillippines

CLAYTON POSEY, National Bulk Carriers, New York, New York, USA

GUNNAR POULSEN, International Development Research Centre, Nairobi,
Kenya

JAMES F. REDHEAD, Division of Forestry, University of Dar es Salaam,
Morogoro, Tanzania

H. SCHBIDT-VOGT, Albert-Ludwigs-Universität, Waldbau-Institut,
Freiburg, Federal Republic of Germany

THOMAS H. SCHUBERT, Institute of Tropical Forestry, U.S. Department
of Agriculture, Rio Piedras, Puerto Rico, USA

ROGER SKOLMEN, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station,
Institute of Pacific Islands Forestry, U.S. Department of Agri-
culture, Honolulu, Hawaii, USA

JAMES E. SMITH, United States Steel Corporation, Birmingham, Alabama,
USA

CRAIG WHITESELL, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station,
Institute of Pacific Islands Forestry, U.S. Department of
Agriculture, Honolulu, Hawaii, USA

J. LES WHITMORE, Institute of Tropical Forestry, U.S. Department
of Agriculture, Rio Piedras, Puerto Rico, USA

K. F. WIERSUM, Department of Silviculture, Agricultural University,
Wageningen, The Netherlands

(4) 今回の調査対象機関

- o Ministry of Natural Resources of Ontario, Canada
- o Great Lakes Forest Research Centre, Canadian Forest Service, Canada
- o Great Lakes Forestry Centre, Canadian Forest Service, Canada
- o National Aeronautical Establishment, Ottawa, Canada
- o General Aispraj Inc., Ontario, Canada
- o Canadian Seed Coaters Ltd., Ontario, Canada
- o Timber Management Research Div., Forest Service, USDA, USA

JICA