

播種緑化工における 樹林形成技術手法の開発

播種緑化工における樹林形成技術手法の開発

I 試験担当者

森林環境部水土保全科治山研究室
北海道支所経営部防災研究室
森林環境部水土保全科治山研究室

堀江保夫
中井裕一郎
原敏男

II 要旨

山腹緑化工では、まず草本植物を成立させて侵食を抑制し、ついで苗木を植栽する方法が行われてきた。しかし最近では、播種による緑化施工が一般化しつつあり、この方法では、草本植物が優勢になって木本植物の成立が困難である。このことに起因する土地保全上の問題も少なくない。

そこで、侵食防止等に必要な草本植物の成立を確保しつつ、施工初期段階から木本植物の成立を図るため、既施工地の植生調査及び適正な播種量、播種割合、施肥量、緑化資材の配合等について検討を加え、播種緑化工における樹林形成手法を開発した。

(1) 播種緑化工において木本植物を成立させるには、施工初期に草本植物を優先させたのでは、木本植物が自然に侵入して群落を構成する可能性は少ない。従来の播種方法では、草本植物を優先させるため、永続性のある木本植物が自然侵入して群落を形成するまでに施工後5~6年が必要である。また、木本植物が自然に侵入して、群落を構成する可能性は少ない。足尾治山事業所管内の調査例や長野西部地震災害跡地の調査例からみても生育する種類が限定されるばかりでなく、施工地周辺から侵入できる範囲は限られる。

従って、永続性のある樹林を形成させるためには、施工当初から積極的に木本植物の導入を図る必要がある。

(2) 播種緑化工において早期に木本植物の成立を図るためにには、まず、単位面積当たりの全播種量とそこに含まれる木本植物の割合が問題である。本調査では、単位面積当たりの播種量を3,000粒/m²から8,000粒/m²の範囲で検討した。

全播種量が5,000粒/m²以上になると、草本植物の被覆による木本植物の枯死現象が著しく、木本植物の成立が困難であった。また、全播種量が3,000粒/m²以下になると施工初期の被覆が不足するため、導入植物による侵食防止効果が十分でない。

従って、侵食防止等に必要な草本植物の被覆量と木本植物の成立を確保できる適正な全播種量は、3,000粒から5,000粒/m²の範囲にあると推定される。

(3) 播種割合については、木本植物と草本植物の比率を全播種量の30%から70%の範囲で検討した。その結果は、全播種量に対して草本植物の比率が小さくなるにしたがい木本

植物の成立数は増加したが、単位面積当りの播種量が多くなると、草本植物の比率が小さくても木本植物の成立は困難であった。これは播種量が多くなると草本植物の個体数が増加することになり、そのために競合や被圧による影響が大きくなるためである。

(4) 全播種量が $5,000\text{粒}/\text{m}^2$ 以上の場合、施肥（緩効性肥料等）及び緑化資材の配合等によって、草本植物の生育抑制、木本植物の成長促進などを図る必要がある。また、全播種量を $3,000\text{粒}/\text{m}^2$ 以下に減らす場合は、施工初期の侵食を防止するために土壤侵食防止剤（アクリルポリマー系土壤固結剤等）や簡易な緑化基礎工（ネット類等）などを併用する必要がある。

全播種量が $3,000\text{粒}/\text{m}^2$ から $5,000\text{粒}/\text{m}^2$ の範囲にある場合、木本植物の成立に有効な草本植物の播種割合は、30%から50%の範囲である。全播種量及び播種割合をこれ以外の範囲にすると、種間及び種内競合によって木本植物の生育が阻害されて成立数が減少する。

(5) 土壌活性剤（アルギン酸ソーダ、 $50\text{g}/\text{m}^2$ ）の施用は、木本植物の発芽及び初期成長を助長する効果が大きい。また、緩効性肥料（H.C.-180、 $150\text{g}/\text{m}^2$ ）等の施用は、草本植物の初期成長を抑制する効果があり、木本植物の生育に効果的である。

播種緑化工の施工初期段階から早期の樹林化を図るには、播種量、播種割合、施肥方法等を改善した工法を実施することにより木本群落の早期成立は可能である。

III 試式馬鹿 目的

最近における緑化工は、崩壊地やはげ山などの荒廃した山腹の侵食防止、崩壊抑止などの施工ばかりでなく、種々の場所に適用されている。また、その内容は相当多岐にわたっており、実行して行く様式はきわめて変化に富んでいる。つまり、各地で多発する崩壊や開発にともなって変化する環境に対し、緑あるいは森林の持つ多面的な機能や効用を早急に回復させる技術として、各分野から緑化施工による森林群落の回復技術に一段と期待が寄せられている。

ところで、緑化工の手法は植栽工を主とする人力施工から、省力的かつ能率的な植物の導入方法が求められるにつれて、機械力や二次製品を用いた播種による緑化施工に変わってきた。そのため、緑化工に用いられる多くの植物は、発芽勢が安定し、発芽後の生育が早い外来草本植物などを用いた急速な緑化工法、例えば、種子吹付工や航空機による種子散布工などが施工されている。

しかしこれらの施工方法は、施工初期の段階における土壤の侵食を防止することに重点がおかれていたため、施工後の植生は単純で過密な草本植物にかたより、植生遷移の進行が抑制されたり、早期に衰退する。これらに伴った再裸地化の現象や、植物被覆の永続性の欠如が問題になっている。特に、土地保全の効果に優れた木本植物が成立しにくく、保全性の高い樹林形成が望めないと、草本植物を主体とする緑化の施工には改善すべき問

題が少なくない。

播種緑化工における木本植物導入手法の開発を必要とする理由は、次のような点からである。

(1) 草本植物を主とする群落は木本植物の群落に比べて、斜面の崩壊を防ぐ力に乏しい。防災面からも、単純な草本植物の群落を造成することは好ましくない。緑化の最終目標を木本植物の群落を造成することに転換することが望ましい。

(2) 施工後の生態系の回復力の点からみると、単純な草本植物の群落構成は木本植物を主体とする群落に比べて自然の回復が遅れる傾向にある。

(3) 荒廃裸地における土壤形成や土壤改善の傾向をみると、草本群落は比較的短期間に表土層を形成することが多いが、その範囲は浅く継続性に欠ける。さらに、地上部の植物が微気象の改善など周辺環境の改善に及ぼす効果も小さい。

(4) 単純な草本植物の導入は、地上部・地下部とも小範囲の一時的な環境改善に留まることから、環境改善効果の大きい先駆樹種などを主な構成種とする多様性に富んだ木本群落を造成することが望ましい。

(5) 播種工によって導入される木本植物は、植栽工によって導入したものに比べて根系の発達が自然であり、土地保全効果が大きい。播種によって成立した木本植物の形態は、その地形や地質条件に調和して生育するため、防災的に強い植物群落が形成される。

このようなことから、木本植物と草本植物を同時に播種して、施工初期の段階より早期に木本群落を形成させる新しい緑化施工の方法を検討する必要がある。

本調査では、草本植物による施工初期の侵食防止機能を十分確保しつつ、木本植物による早期の樹林化を促進する緑化の施工技術手法を開発するため、①播種工を主体とした既施工地における木本植物の成立状態調査、②木本植物成立の適正な播種量及び緑化資材についての検討、③現地適応試験における木本植物の成立過程などの検討を行なった。

IV 試式馬鹿 の方法と結果

1. 施工跡地の樹林形成調査

播種緑化工による施工地の樹林形成過程を把握するため、前橋宮林局大間々宮林署足尾治山事業所管内及び長野宮林局王滝宮林署管内における航空緑化施工跡地の植生状態を調査した。

1) 足尾治山事業所管内の木本植物成立

調査地は、前橋宮林局大間々宮林署足尾治山事業所管内、久蔵沢支流である長平沢右岸の標高 $1,100\text{m}$ ～ $1,350\text{m}$ で、亀裂の多い頁岩などが露出した傾斜およそ40度前後の東向きの斜面である。調査地の下方は砂れきが堆積した崖錐斜面、上方の尾根筋は火山灰ロームが堆積した緩斜面である。

基岩が露出し、植栽工が困難な荒廃地の早期緑化を促進するために足尾国有林治山では、昭和40年から航空機による実播工の事業が開始されている。航空散布に用いられた緑化資材の内容は、表-1に示したように、表土の侵食防止と施肥を主に配合されており、生育基盤を改善する資材は用いられていない。

過去の調査資料によると、施工後1~2年目はウィーピングラブグラス（W.L.G.），ススキ、イタドリ、ヨモギなどの草本植物がよく繁茂したが、木本植物の発生はほとんど見られなかかった。現在、優占種であるアカマツやリョウブなどは、施工後5~8年以降に侵入したものが多い。これらの樹種が優勢な群落を形成するようになったのは、施工後10~15年以降である。

これら群落内に、幅5m、斜面長5mの調査プロットを設定し、内部に1m²のコドラートを区画して植生調査の単位とした。また、プロット内における木本植物の地上部については、その位置、根元直径、樹高、占有面積などを計測した。枯死した個体についてもできるかぎり同様な測定を行った。特に、アカマツについては、節間及び冬芽痕の調査によって樹齢を推定した。草本類については、コドラート毎に種別の被度及び生育高を測定した。プロット内種構成の被度及び頻度は表-2に示した。

群落内部を高さ2mで上層木と草本類及び低木からなる下層植生に分けると、上層の大部分はアカマツとリョウブによって構成されているが、林冠は閉鎖の状態ではない。高さ2m未満の下層植生では、草本類のススキ、ヒメノガリヤス、イタドリ、ヘビノネコザなどが見られる。また、木本類では上層と同様にアカマツ、リョウブ（高さ10~60cm）の個体が多くいたが、ヤシャブシ、ミズナラなどの侵入稚樹も見られる。主な構成種であるアカマツとリョウブの樹高分布を図-1に示した。また、節間及び冬芽痕などからアカマツの樹齢を推定したが、その分布は図-2に示したように、大部分が10年から20年の範囲である。

風化土層の薄い斜面などでは緑化工によって導入された草本植物、特に外来草本植物の初期成長は旺盛であるが、施工後数年を経過すると衰退し始める。本調査でも施工後数年間は外来草本植物の繁茂がみられたが、施工後3年から5年で衰退し、10年以上を経過すると外来草本植物はほとんど見られなくなっている。

アカマツの樹齢分布は、15年生から18年生の個体が多くいた。これは施工後5年から8年前後に自然侵入した個体であると考えられることから、導入草本植物の衰退に対応して増加したものと考えられる。

リョウブは、この地区において自然侵入する木本植物として、最も一般的な種類である。樹幹解析によるリョウブの樹齢は15年から18年であり、アカマツと同様に施工後数年で侵入が開始されたと考えられる。下層における本数密度はアカマツに比べてリョウブの発生が多く、現在でも自然侵入が進行している状態である。

本調査地は、航空緑化施工地の中では導入草本群落からアカマツなどの木本群落に遷移

が比較的スムーズに進行していた施工跡地である。その要因は、アカマツやリョウブの種子が周辺から飛散供給され易かったこと、また、露岩地であるため土砂の移動が少なく表土が安定していたこと、さらに、亀裂の多い岩盤の構造が風化土層や侵入植物を保持する機能として働いたことなどが考えられる。

2) 長野西部地震災害跡地の木本植物成立

昭和59年9月長野県王滝村を震源とする直下型地震により、御岳山の南東斜面で伝上川源頭部に大規模な山崩れが発生した。これに端を発する土石流は、渓岸を含め580ha余に甚大な被害をもたらした。これら荒廃地に対して、土砂流出に伴う二次災害の発生抑止や森林生育基盤の早期回復を図るため、標高1,400m~1,600mにおける伝上川台地の80haに航空機を利用した播種绿化工事を施工した。绿化施工は緊急を要したため草本植物を播種し、木本植物は自然の侵入を期待した。

調査地は、施工後3年経過しており、導入植生の生育繁茂はピークを過ぎ、場所によっては衰退化の傾向がみられる。施工の绿化資材配合については表-3のようである。

調査は周辺の林分の種子による木本植物の侵入状況を調査するため、斜面方位及び傾斜などの条件が異なる場所に、林縁を起点とする5本の調査線（ベルトトランセクト）を設けて実施した。各調査点とも林縁から10mまでは2mおき、10mから50mでは5m間隔に、50m以上では10m間隔に2m×2mの方形区を設けて、調査枠内の発生本数、種類、生育高及び導入植物の被覆率などについて測定した。周辺林分からの侵入木本植物の樹種別生育数を表-4に示した。自然侵入による木本植物の成立は、草本植物の被覆率が低下したところや表土が安定状態にあるところに発生が多く見られた。また、林縁からの距離と木本植物成立との関係を図-3に示したが、調査ベルト（C）を除けば、木本植物が侵入し成立している本数は林縁から遠ざかるに従いその本数の減少は著しい。自然に周辺の植生より木本植物が侵入して成立できる林分からの距離は、およそ20m前後であると推定される。これは、全施工面積の10%強に過ぎない。自然に侵入した主な樹種は、ダケカンバ、ヤシャブシ、ヤマハンノキ、ヤナギ類などである。

2. 木本植物の播種割合及び生育促進の調査

荒廃地を短期間に、多様な植物群落で被覆するには、木本植物と草本植物とを同時に導入することが望ましい。ところが、これまで木本植物と草本植物を播種すると、初期成長の遅い木本植物は成長の早い草本植物に被圧されて、木本植物の成立が不成功に終わる場合が多い。

本調査では、木本植物の成立が妨げられる要因として、草本植物の播種量と密度が木本植物の成立に及ぼす影響を森林総研試験苗畑及び王滝営林署管内崩壊地に調査区（2×2m）3プロットを設けて検討した。すなわち、単位面積当りの全播種量を3,000粒/m²、5,000粒/m²、8,000粒/m²の3種類とし、これらに対してヤシャブシやヤマハンノキな

ど木本植物の播種割合を、30%，50%，70%の3種類の比率を組み合わせて混播し、木本植物の成立経過を観察した。その結果は表-5のようである。また、木本植物の初期生育を促進させるための施肥効果の検討も同時に実施した。混播した草本植物はケンタッキー31フェスク、オーチャードグラス、ケンタッキーブリューグラスの3種類である。

播種量と播種割合別の木本植物の発生及び生育の結果は、単位面積当たりの全播種量が多くなるにつれて、生育の早い草本植物の影響を受け易く、木本植物の成立は困難になる傾向が見られる。例えば、播種量が8,000粒/m²の場合、初期の発生個体は、木本植物を含めて総数では多くなるが、発生後1ヶ月以降では草本植物の生育に伴う被圧や競合の影響を受けるために枯死する比率が大きく、最終的な木本植物の成立数は減少する。播種量が3,000粒/m²以下の場合は、草本植物の被圧や競合の影響は少なくなるが、初期の成立数や被覆量に乏しいために侵食防止効果が期待できない。木本植物を効率よく成立させるには、播種量全体を多くするよりも、単位面積当たりの播種量を減らし、木本植物の播種割合を多くする方が効果的である。

単位面積当たりの播種量を減らす場合には、土壤侵食の発生を防止する草本植物の被覆量をある程度確保する必要がある。草本植物の確保が木本植物の成立を困難にするような場合は、単位面積当たりの播種量を少なくすることになるが、その場合、侵食を防止する緑化基礎工などを十分に施す必要がある。

次に、木本植物の成立を図るための施肥要因として、従来から緑化工に使用されている化成肥料(I.B肥料)、窒素成分が少なく肥効の長い緩効性肥料(H.C-180肥料)、生育基盤を改善する土壤活性剤(アルギン酸ソーダ)の3種類を用いた施用効果を検討した。その結果は、表-6に示したようである。

播種3ヶ月後の生育状態は、従来の化成肥料を用いた場合より緩効性肥料や土壤活性剤を用いた場合は、木本植物の成立個体数が3倍から4倍となる。また、生育重量では2倍から8倍の増加である。これは、草本植物の成長に効果的な窒素成分を減らし、木本植物に効果的な磷酸及びカリ成分に調整した肥料であるため、草本植物の初期成長が抑制された結果である。

3. 改善工法の現地適応試験

1) 試験の概要

現地適応試験は、長野営林局王滝営林署濁川国有林内、標高1,350m付近における南西面を利用して実施した。この地域における基岩は、全般的に古生代の堆積岩と火山岩の流紋岩や石英はん岩などからなっており、その上に御岳火山碎屑物の火山れきが互相に堆積した崩れ易い地形である。

現地適応試験は試験苗畑及び既往施工地の調査結果などを参考に、従来の施工方法を改善して実施した。すなわち、草本植物の播種量を減らす対策として、表層土壤の侵食を防

止する効果の高いアクリルポリマー剤を用いた簡易緑化基礎工を設置した。また、木本植物の生育を促進するため、生育基盤の改善策として有機質資材等を多量に施用した。

侵食防止のために設定した簡易緑化基礎工は、荒廃斜面に土壤固結剤(NSK-101改)を斜面長5m毎に2m幅で散布した。その後、航空機を利用してヤマハンノキやヤシャブシなどの木本植物に草本植物を混合した種子の実播工を実施した。

播種量は草本植物の初期被圧による木本植物の成立障害を回避するため、草本植物の播種量を減らし、木本植物の播種量を従来の播種量より增量した。また、生育基盤の改善と土壤の活性化を図るために、有機質基材と土壤活性剤(アルギン酸ソーダ)を施用した。さらに、草本植物の初期生育を抑制するために緩効性肥料(H.C-180)を施用した。適用試験に用いた播種量及び緑化資材の数量は、表-7に示したようであるが、種子数量は発芽率を加算した数量である。

2) 調査の結果

設定時における散布むらや生育基盤の不均一性が気象条件(乾燥)と重なり、全般的に多少の発生むらを生じたが、導入植物の生育は比較的良好であった。設定後における木本植物の発生及び成立の経過調査を表-8及び表-9に示した。

施工当年の調査では350~500本/m²の範囲で木本植物が成立していたが、2年目の調査では、厳しい環境条件下で越冬したために生育数はいずれの調査地でも低い値であった。木本植物の枯死や消失の原因は、草本植物との競合などよりも、むしろ凍上・凍結などによる根系の浮き上がりや寒風による幼幹の乾燥が原因で生育率を低下させたと考えられるものが多かった。発生した木本植物の稚樹を、これら障害から保護して生育させるための保育技術が必要である。

緑化基材と木本植物の成立関係では、植生基材を多量に施用した2-(1), 2-(2)の調査区で、木本植物の発生及び成立数が他の調査区よりも高い値である。この傾向は木本植物の生育量においても同様であった。緑化基材を多量に用いることは、木本植物の成立を促進する生育基盤の改善に効果的であり、早期樹林形成の可能性を高める方法である。

V まとめ

木本植物の導入は、これまで植栽によって行われてきたが、施工地が急斜地であること、また、労働力の不足などから植栽による植物の導入が困難となっているため、機械力を利用した効率的な播種導入が望まれている。ところが播種による木本植物の導入方法は、現段階においては技術的に未熟であり確実性に乏しい。これまで播種による木本植物の導入を試みた事例は多いが、成功した事例は数少ない。そこで古くから崩壊地復旧で用いられているヤシャブシ、ヤマハンノキなど木本植物の播種による導入法を確立するため、適正な播種量及び播種密度と生育基盤造成について検討した。

ヤマハンノキやヤシャブシの発芽及び成立に好ましい要件は、まず、生育基盤の改善と発芽及び成立障害の回避である。すなわち、土壤自体の改善あるいは緑化基材による生育基盤の改善によって保水性を高め、土壤表面の乾燥を抑制することが必要である。さらに、草本植物の生育に伴って受ける木本植物の被圧や競合を回避することである。その方策として、播種量の適正化、草本植物の生育抑制、木本植物の生育促進などが考えられる。

(1) 播種量と木本植物の混播について

混播における木本植物の成立の成否は、草本植物の生育が木本植物の生育に与える影響への相互関係によって決まるものである。木本植物の成立に関する要因としては、播種量、播種割合、生育基盤の性質などが考えられる。木本植物の成立を左右する最も大きな要因は、草本植物の播種量である。これまで木本植物と草本植物との混播が成功しなかったのは、草本植物の播種量が著しく多かったことが主な原因である。草本植物は発芽までの期間が短く、発芽した後の成長が早いので、発芽や初期成長の遅い木本植物を同時に播種すると、木本植物は草本植物に被圧されて成立が困難である。

木本植物が草本植物によって被圧を受ける度合は、一般に木本植物の種類と草本植物の種類によって異なる。草丈の低い草本植物や初期成長の遅い草本植物を用いた場合は、木本植物の混播においては有利である。木本植物の初期成長が早い種類、耐陰性に優れた種類などを混播した場合は成立が可能である。

本調査では、単位面積当たりの播種量を3,000粒/m²から8,000粒/m²の範囲で、ヤシャブシ、ヤマハンノキの成立について検討した。その結果、これらの樹種では全播種量が5,000粒/m²以上になると、草本植物による被圧や競合による枯死現象が著しく木本植物の成立が困難となる。また、播種量が3,000粒/m²以下になると、施工初期の被覆量が乏しく、侵食防止の効果が期待できない。

成立密度は、個体の伸長成長に対して促進的に作用するが、成立密度が極端に高い場合には、全体に成長は抑制され枯死率が高くなる。このことから成長に対する播種密度は、ある程度少ない範囲においてはプラスに作用するが、ある値を超えて播種密度を高くするとマイナスの作用として現れる。従って、木本植物を成立させる上からは、播種量を必要以上に多くすることは好ましくない。播種量は3,000粒/m²から5,000粒/m²の範囲、草本植物の混播割合は、全播種量の30%から50%の範囲と推定される。

(2) 施肥方法と木本植物の成立について

木本植物の成立に関する施肥要因として、肥料の種類について検討した。すなわち、從来から用いられている化成肥料(I.B肥料)、窒素成分が少なく肥効の長い緩効性肥料(H.C-180)、生育基盤改善の働きをする土壤活性剤(アルギン酸ソーダ)の3種類を用いて木本植物の成立促進効果を検討した。播種3ヶ月後の生育状態は、從来の化成肥料を用いた場合より、緩効性肥料及び土壤活性剤を用いた場合の成立個体数は3倍から4倍、生育重量では2倍から8倍の値を示した。

従来の化成肥料の施肥では、初期の草丈は急激に伸長するが以後の伸長は緩慢である。これに対して土壤活性剤やコーティングした緩効性肥料を施肥した場合は、化成肥料を施肥したような初期の草丈の伸長はみられない。これは主に肥効の発現時期の差と肥料養分の差によるものである。化成肥料を用いた場合は、木本植物が発芽成長を開始する頃には草本植物はすでに10~20cmの草丈に達していることが多い。これに対して木本植物は発芽が遅く、また、初期の成長もきわめて小さい。このため、成長の遅いヤマハンノキやヤシャブシは、発芽しても草本植物に被圧されて途中で消滅してしまう。このように、肥料の種類によって草本植物の成長が大きく左右されることが、木本植物の成立に深く関係する。

施工に当たっては、木本植物の樹高をいかに早く伸長させるか、また、草本植物の成長をいかに抑制するかが木本植物を成立させる大きな鍵である。その一つの方法として、緩効性の肥料形態のものを用いる方法や土壤活性剤などの使用は、木本植物の成立を促進させる有効な手段として好ましい。

(3) 生育基盤の改善と木本植物の成立について

生育基盤の改善のため有機質の緑化資材を多量に用いたことや土壤活性剤や緩効性肥料を用いたことは、木本植物の成立に有効に作用したと判断される。特に根粒菌を増加させる働きのある土壤活性剤は、生育基盤の改善を促しヤシャブシやヤマハンノキの成立を促進する。

播種量を減らして木本植物の成立を促したが、草本植物の播種量を減らすことによる表面侵食の発生が起こり易い問題があった。すなわち、侵食防止剤の弱いものや、草本植物の播種量を著しく減らした場合に発生する。しかし、防止効果の高い侵食防止剤や被覆材を併用することによって、草本植物の播種量を減らすことが可能である。本試験で用いたアクリルポリマー系の防止剤(土壤固結剤 NSK-101改)は、侵食防止能が高く有効な資材である。

木本植物の早期成立における草本植物の役割を次のように考えるべきで、施工にあたっては草本植物を全く無くす考えではない。すなわち、①木本植物のみでは表面侵食が生じるので、草本植物によって侵食を防止する被覆量を確保しつつ、木本植物の成立を促進する。②草本植物によって土壤の通気性や浸透性などの改善を図り、木本植物の生育を促進する。

参考文献

- (1) 岩川幹夫：林叢形成促進のための実播绿化工とその保育管理、わかりやすい林業研究解説シリーズ、NO.56、日本林業技術協会、1976
- (2) 山寺喜成：急勾配斜面における绿化工技術の改善に関する実験的研究、1989
- (3) 原文夫・斎藤昇：西部地震災害绿化施工跡地の経過と対策、绿化工技術、13(2), 1988

- (4) 堀江保夫・陶山正憲：航空緑化工におけるアクリルポリマーの土壤固結効果と植被形成、緑化工技術、13(3), 1988
- (5) 堀江保夫ほか：航空緑化工における早期林叢形成工法の開発、農林航空技術合理化試験成績書、1988
- (6) 堀江保夫：播種緑化工における木本植物成立促進方法、技術情報シリーズ、1989

表-1 足尾地区のヘリ緑化散布資材

種類	数量(kg/ha)
(基肥)	
固体肥料	1,500
(種子)	
アカマツ	49
ヤシャブシ	6
ヤマハンノキ	5
ススキ	80
イタドリ	40
ヨモギ	30
W. L. G	74
チモシー	40
W. C	20
(被覆剤)	
アスファルト乳剤	2,500
清水	2,500

表-2 プロット内植物の構成

植物名	被度	頻度(%)
(≥ 2 m)		
アカマツ	2	
リョウブ	1	
ヤシャブシ	+	
ミズナラ	r	
< 2 m)		
リョウブ	1	80
アカマツ	1	40
ヤシャブシ	+	20
ミズナラ	r	
ススキ	1	44
イタドリ	1	40
ヒメノガリヤス	+	48
ヘビノネコザ	+	32

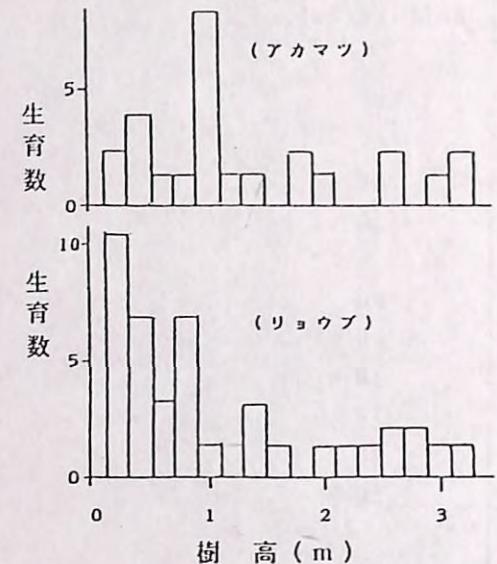


図-1 アカマツとリョウブの樹高分布

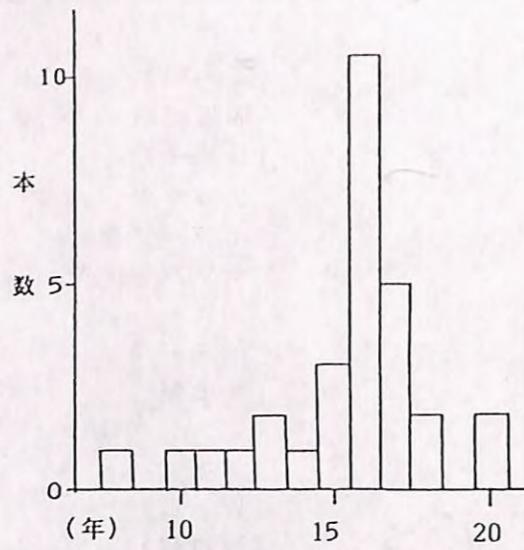


図-2 アカマツの樹齢分布

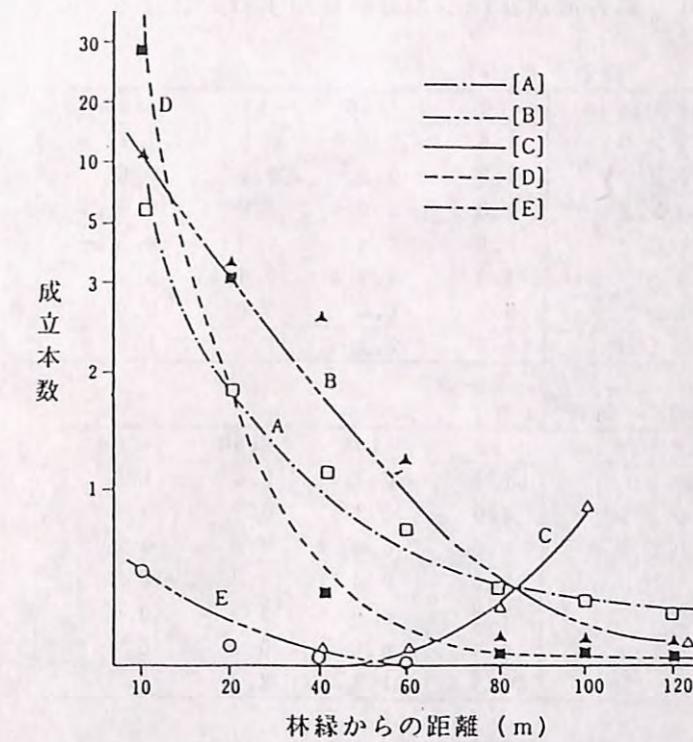


図-3 林縁からの侵入木本植物の成立分布

表-3 施工配合材料仕様 (kg/ha)

材料区分	乾式	湿式
(種子)		
O. G	23.8	23.8
K. 31. F	28.5	28.5
C. R. F	11.0	11.0
P. L. G	28.5	28.5
メドハギ	23.8	23.8
ススキ	5.5	5.5
(肥料)		
コーティング	800.0	800.0
高度化成	700.0	700.0
有機質基材	10,000.0	-
混和剤	-	2,300.0
緩衝剤	56.0	-
侵食防止剤	3,200.0	1,000.0
清水	-	9,078.0

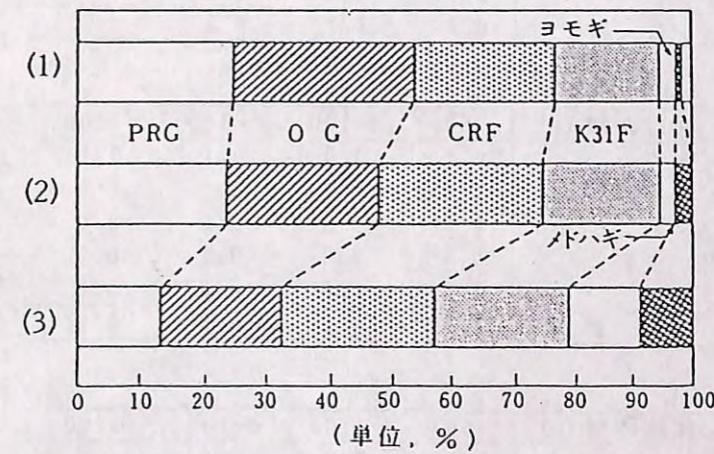


図-4 導入植物の経年別侵占度の変化

表-4 調査地別林縁からの樹種別生育本数(本/m²)

(1) 調査 (A)				
林縁距離(m)	~50	~100	~150	~200
ダケカンバ	4.8	0.2	0.0	0.1
ヤシャブシ	0.9	0.9	0.5	0.6
ヤマハンノキ	0.0	0.0	0.0	0.2
ヤナギ類	0.6	0.4	0.4	0.5
サワラ	3.8	0.7	0.1	0.2
カラマツ	0.1	0.0	0.0	0.0
合計	10.2	2.2	1.0	1.6

(2) 調査 (B)				
林縁距離(m)	~50	~100	~150	~200
ダケカンバ	18.1	0.7	1.5	1.0
ヤシャブシ	0.5	0.1	0.2	0.0
ヤマハンノキ	0.0	0.0	0.0	0.1
ヤナギ類	0.3	0.4	0.7	0.1
サワラ	1.9	0.0	0.0	0.1
モミ	0.1	0.0	0.0	0.0
合計	20.9	1.2	2.4	1.3

(3) 調査 (C)				
林縁距離(m)	~50	~100	~150	~200
ダケカンバ	0.0	1.1	0.0	-
ヤシャブシ	0.1	0.3	0.1	-
ヤマハンノキ	0.0	0.1	0.0	-
ヤナギ類	0.1	0.9	0.0	-
サワラ	0.0	0.3	0.0	-
合計	0.2	2.7	0.2	-

(4) 調査 (D)				
林縁距離(m)	~50	~100	~150	~200
ダケカンバ	29.1	0.0	0.1	0.1
ヤシャブシ	1.1	0.2	0.3	0.3
ヤマハンノキ	0.0	0.0	0.0	0.0
ヤナギ類	0.7	0.0	0.1	0.2
サワラ	1.6	0.0	0.0	0.0
合計	32.5	0.2	0.5	0.6

(5) 調査 (E)				
林縁距離(m)	~50	~100	~150	~200
ダケカンバ	0.3	0.0	-	-
ヤシャブシ	0.2	0.0	-	-
ヤナギ類	0.3	0.0	-	-
合計	0.8	0.0	-	-

表-5 木本植物の播種割合と成立の変化(本/m²)

全播種量	3,000粒/m ²			5,000粒/m ²			8,000粒/m ²		
	木本比率	30%	50%	70%	30%	50%	70%	30%	50%
(A) 本数	125	225	314	180	210	263	131	264	452
発生率(%)	13.88	15.00	14.95	12.00	8.40	6.60	5.46	6.60	8.07
(B) 本数	52	78	108	62	69	84	23	52	106
生育率(%)	41.60	34.67	34.39	34.44	32.86	31.94	17.56	19.70	23.45
(C) 本数	15	12	29	13	14	16	2	3	5
生育率(%)	12.00	5.33	9.24	7.22	6.67	6.08	1.53	1.14	1.11
(D) 本数	2	5	12	0	2	5	0	0	1
生育率(%)	1.60	2.22	3.82	0.00	0.95	1.90	0.00	0.00	0.22

表-6 施肥要因による木本類の成立(m²)

全播種量	3,000粒/m ²		5,000粒/m ²	
	項目	成立数(本)	重量(g)	成立数(本)
土壤活性剤	112	450	108	298
緩効性肥料	121	198	91	148
高度化成肥料	36	54	24	58

表-7 現地適応試験の緑化資材配合(kg/ha)

試験区分	1-(1)	1-(2)	2-(1)	2-(2)	3-(1)	3-(2)
ヤシャブシ	21.3	-	21.3	-	25.0	25.0
ヤマハンノキ	15.4	15.4	15.4	15.4	27.0	27.0
ヒノキ	-	32.9	-	32.9	-	-
K. 31. F	30.0	30.0	30.0	30.0	38.0	38.0
O. G	7.1	7.1	7.1	7.1	-	-
K. B. G	1.2	1.2	1.2	1.2	3.0	3.0
W. L. G	-	-	-	-	3.0	3.0
ススキ	2.5	2.5	2.5	2.5	-	-
緩効性肥料	800	800	800	800	700	700
高度化成肥料	700	700	700	700	800	800
有機質基材	1,250	1,250	7,500	7,500	2,200	6,500
土壤活性剤	-	-	350	350	300	300
土壤固結剤	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
清水	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000

表-8 現地適応試験における植物の残存率 (%)

試験区分	1-(1)	1-(2)	2-(1)	2-(2)	3-(1)	3-(2)
ヤシャブシ	15.4	-	20.6	-	0.0	7.7
ヤマハンノキ	60.2	49.2	83.2	61.4	0.0	10.0
ヒノキ	-	0.0	-	0.0	-	-
K. 31. F	56.5	62.8	32.9	33.1	45.6	37.5
O. G	56.5	19.2	27.4	25.6	-	-
K. B. G	12.3	10.8	22.5	20.0	0.0	0.0
W. L. G	-	-	-	-	86.4	71.3
ススキ	20.8	8.3	48.1	38.1	-	-
木本類残存率	45.6	49.2	54.2	61.4	0.0	10.4

表-9 現地適応試験における導入植物の成長量変化 (cm)

試験区分	試験1-(1)		試験1-(2)		試験2-(1)		試験2-(2)	
調査年月	63.7	元.7	63.7	元.7	63.7	元.7	63.7	元.7
ヤシャブシ	4.9	35.5	-	-	5.5	43.5	-	-
ヤマハンノキ	5.5	53.5	6.5	48.5	10.2	58.5	8.0	52.5
ヒノキ	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0
K. 31. F	29.5	30.5	33.3	31.0	52.3	33.5	50.5	31.5
O. G.	34.5	28.5	56.7	32.5	63.0	30.5	83.5	34.0
K. B. G	37.0	30.0	36.6	29.5	47.5	31.5	84.5	33.5
ススキ	1.5	14.5	2.0	16.5	2.0	22.5	4.0	28.5



写真1 現地適応試験地の施工当年の全景（施工3ヶ月目の調査）

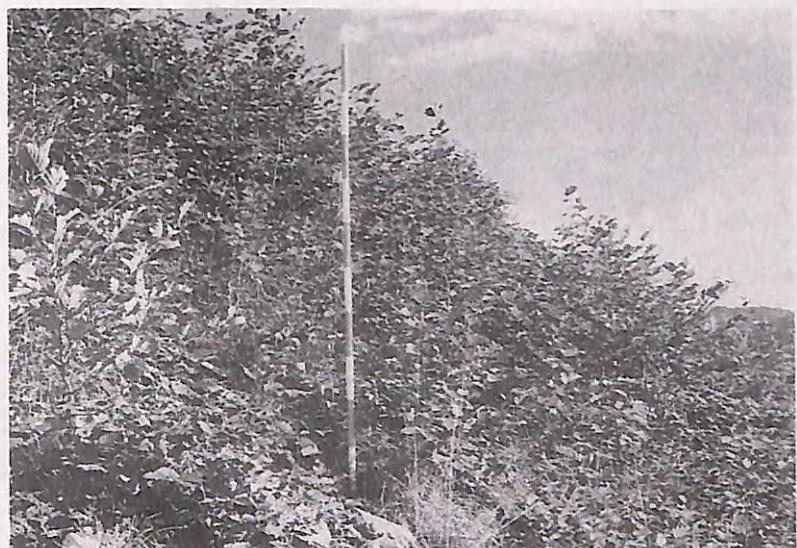


写真2 ヤマハンノキ、ヤシャブシの早期樹林化の形成（施工3年目調査）



写真3 現地適応試験における木本植物の発生状況
土壤固結剤の効果で表土の侵食は発生
していない（施工後3ヶ月目の調査）



写真4 草本植物の播種量を減らした場合の木本
植物の成立と被覆状態



写真5 草本植物の衰退現象と表土の侵食状態（施
工2年目の調査）



写真6 土壌活性剤を用いた調査区の木本植物の成
立状態（施工2年目の調査）



写真7 生育基盤の改善に有機質基材を多量に施用した調査区の木本植物の成立状態（施工3年目の調査）



写真8 緩効性肥料を用いた調査区の木本植物の成立状態（施工3年目の調査）