八ケ岳亜高山帯崩壊地における航空実播工の施工結果について

諏訪・経営課治山係○塩　原　基　平　　行　田　収　三
造林係　元　島　清　人　　樋　口　昭　英
北山担当区事務所　岡　田　　　広

要　　旨

亜高山帯崩壊地では施工困難地が多いなかで，この復旧に航空実播工が施工され，全面緑化による土砂の移動抑止と，自然景観の復元にいちぢるしい効果があった。この成果と実績をふまえ，植生の生態と，その適応性の考察をとおして，今後の亜高山帯崩壊地の復旧事業に反映させていきたい。

は　じ　め　に

長野県中央部の標高1,220～2,900mに位置する南北21kmにわたる八ケ岳連峰（蓼科～赤岳～編笠岳）をいただく国有林は，その大部分が八ケ岳中信高原国定公園であるとともに，水源かん養保安林に指定されており，当該国有林の流域保全，水資源のかん養等の公益的機能の果す役割は極めて大きいものがある。また国有林界（1,220～1,700m）を境になだらかで広大な山麓一帯は山岳自然美の中にとけこんでいる森林景観を活用しての開発が目覚ましく別荘団地，保健休養施設，各種観光施設等の造成開発が急ピッチで進行中であり，今後益々保全対象も増大し多様かつ高密化している現状である。

このように自然環境と深くかかわりあっている下流域保全対象の現況と，過去幾多の土石流災害をもたらしている実態等から，緊急を要する箇所から順次荒廃渓流の安定と，山脚の固定を図り，併せて土石流の発生源となっている崩壊地の復旧工事を進めているところである。

しかしながら特殊荒廃地を含め，大規模崩壊地が集中している亜高山帯の崩壊地は，奥地で施工困難地が多くこれが復旧には多大の経費と年月を要し，復旧対策もおくれがちとなっているのが実情である。

このような状況の中でよくその困難性を克服し，昭和45・46年にかけて蓼科山（2,530m）及び横岳（2,470m）周辺の亜高山帯内の崩壊地の復旧工事に航空実播工が施工されており，全面緑化による良好な復旧状況を確認しているところである。そしてまた過去における復旧工事の実態と，きびしい自然条件の中で植生の活着も良く，防災並びに森林景観の保全にいちぢるしい効果をもたらしている実績等にかんがみ，省力的で能率のよい航空実播工は，これからの亜高山帯における崩壊地復旧工事には，かかすことのできない工法の一つではないかと思慮するところである。

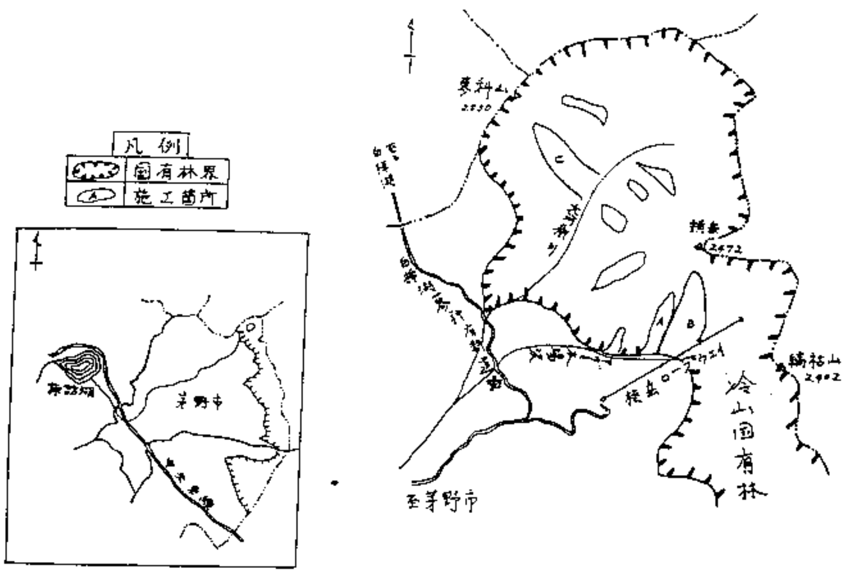
ここに近年災害地区はもちろんのこと，航空実播工による亜高山帯の緑化に寄せる期待も大きいことから，今回当該施工地の現況についてその概要を報告するとともに緑化の主体である植生の生育状況並びに遷移の現況，導入植生の適応性等，主として植生の生態サイドの視点からこれをとらえ初歩的であるが若干の考察を試みた。

これを契機に更に追跡調査を実施し今後の亜高山帯崩壊地の復旧事業に反映させていきたい。

Ⅰ　施工地の概要

1．位置

当該施工地は長野県茅野市冷山国有林224，204林班であり標高1,950～2,300mの地点である。



図－1　位置図

2．地形

標高2,500～2,900mの高山が南北に走る八ケ岳連峰は起伏の小さい幼年期の火山地形と，鋭峰で侵食甚だしく絶壁を連ねる壮年期の火山地形から成り，標高1,700m以下は広大な裾野高原地形をなしている。

3．地質

第4紀に富士火山帯の活動と共に噴出した両輝石安山岩が主であり，局所的に石英安山岩が分布している。また山麓部は火山砕屑物と火山灰で厚くおおわれている。

4．気象

本州の内陸高地という地理的要因により気温の較差が大きい。年平均気温は9.5℃（山麓部1,200m地点観測値）。年平均降水量は1,353mmで日本の少降水量地域に含まれている。

5．林況

亜高山帯に属し，アオトド・シラベ・コメツガ・トウヒ・カンバ等の樹木が分布している。風衝の影響もあって生育はかんばしくなく，大径木に乏しいが，中小径木の密生林になっている。特にシラベ・アオトドの稚樹の密生がいちぢるしい。また沢筋等にはカラマツが飛来侵入しているのが観察される。

6．崩壊地の状況

施行した崩壊地の標高は1,950～2,300m，発生年度は20年代の前期で以後次第に拡大したものと思われるが，いづれも大規模で204イ林小班6.78ha，224い林小班5.02haである。これは当地域が安山岩，噴出砕屑岩，火山砂からなるいわゆる火山堆積物地帯で空隙が多いため，水の浸透率が高く，集中豪雨等の雨水が一たん地中の深部まで滲透して不透水層に達し，ぜい弱な地表面に噴出し大規模な崩壊地を形成したものと思われる。また中部亜高山帯に属し多雪寒冷地で冬期間の凍上，春先の融雪等のくりかえしによる表面侵食が激しく次第に拡大していったものと推定される。表土は石礫土で浅く，傾斜急で方向は南東（204林班），南西（224林班）である。

Ⅱ　施工経過

当崩壊の復旧工事B・C地区は昭和38年度にはじまり43年度までの6年間に，A地区については56年度にそれぞれ各種土留工，水路工，筋工（石筋，植生袋，植生盤，プラントシート）法切等が施工された。

しかしながら，当時上記の既設山腹工事施工後の緑化状況（植生の導侵入）が不良であり，衰退裸地化しつつあったので，現地の状況と施工性，省力化等について検討し航空実播工による全面緑化を図ったところである。

1．施工方法

種子，肥料，侵食防止材，混和材等を水と混合した粘液状基材を均一に散布するスリラー方式（バケット吊り下げ式）である。

Ⅲ　調査の方法

調査地は航空実播工施工箇所を次の様に区分して各調査地区毎に目視により標準的と思われる部分を任意に選び1m×1mの標本区（コロラード）を2～9箇所設置し全植生を対象に被度，密度，生育高の3項目について調査した。

1．調査地区分

(1)　A区

冷山国有林，224林班アザミ木場沢，標高：2,000～2,170m，施工年度：昭和60年度，調査年度：昭和60年9月，調査値：施工後2ケ月経過数値，コドラード設置数：5箇所，調査地，方位，傾斜：南西（SW）28°

(2)　A′区

冷山国有林，224林班アザミ木場沢，標高：2,000～2,170m，施工年度：昭和60年度，調査年度：昭和61年9月，調査値：施工後1年経過数値，コドラード設置数：2箇所，調査地方位傾斜：南西（SW）28°

(3)　B区

冷山国有林　224林班アザミ木場沢，標高：2,000～2,300m，施工年度：昭和46年度，調査年度：昭和61年9月，調査値：施工後16年経過数値，コドラード設置数：9箇所，調査地方位傾斜：南西（SW）24°～30°

(4)　C区

冷山国有林　204林班大河原川，標高：1,950～2,300m，施工年度：昭和45年度，調査年度：昭和

61年9月，調査値：施工後17年経過数値，コドラード設置数：5箇所，調査地方位傾斜：南東（SE）28°～32°

2．被度，密度，生育高測定方法

(1) 被度

それぞれの植生がどのくらいの面積割合でコドラード内の地表面をおおっているかを目測にて次表を基準に測定した。

表－1

段　階	中　央　値	被　　　度
5	87.5%	75～100%
4	62.5	50～75
3	37.5	25～50
2	17.5	10～25
1	5.0	1～10
1′	0.5	1／10以下
+	0.1	きわめてまれに最低被度で出現するもの

(2) 密度

コドラード内の植生種別，生育本数を測定した。

(3) 生育高

コドラード内の植生種別生育高は，植生の地際から最先端の葉先までの全長を測定した。それぞれの測定値は最長と最短のものを選び平均値を用いた。

Ⅳ　調査結果と考察

施工年度別，調査区別，植生種別㎡当たり各平均被度，密度，生育高，優占度等調査結果は次のとおりである。

1．平均被度，密度，生育高

(1) 被度

施工後16～17年経過しているＢ区，Ｃ区ともに植生被覆度合は100%に達し侵食防止も図られ良好な生育状況であった。施工後１年経過したA'区においては，施工後２ケ月経過した時点のＡ区調査値よりも３倍以上に増加し安定した被覆状況であることが確認された。

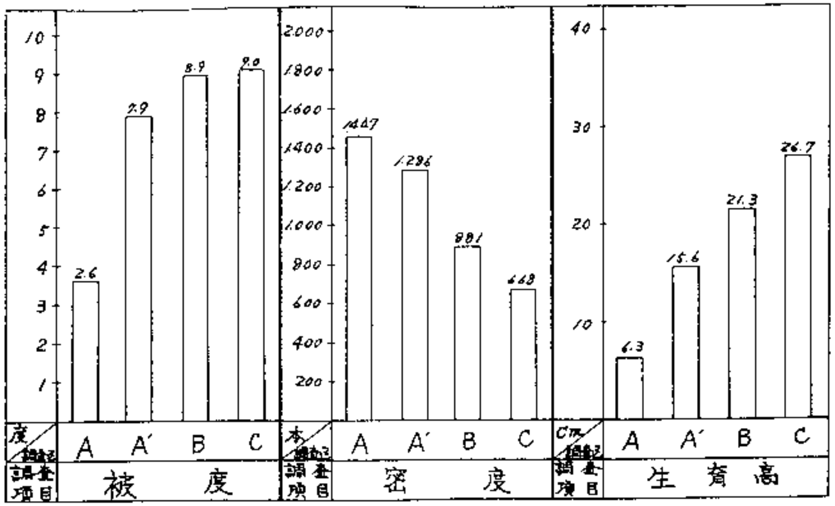
(2) 密度

A，A'，B，C区の各調査区を通じ年月の経過とともに被度に反比例の状態で生育本数が減少している。このことは各植林生個体間の競争により過密状態から次第に淘汰され優先種が適応密度に遷

表－2　調査区別，植生種別，被度，密度，生育高，調査表

調査区／調査項目／(拾約) 植生種別	A区（2ケ月経過）			A'区（1年経過）			B区（16年経過）			C区（17年経過）		
	平均値			平均値			平均値			平均値		
	被度	密度	実長	被度	密度	実長	被度	密度	実長	被度	密度	実長
クリーピングレッドF	◎ 0.10	34.4	4.0	◎ 3.00	905.0	36.0	◎ 1.80	281.0	32.0	◎ 2.80	491.0	17.0
ケンタッキー31F	◎ 0.54	701.6	13.2	◎ 0.60	76.0	17.0	◎			◎ 0.60	36.0	22.0
レッドトップ	◎ 0.32	156.0	2.0	◎								
チモシー							◎			◎ 0.02	0.2	74.0
ヨモギ	◎ 1.50	550.0	12.0	◎ 1.50	54.0	9.0	◎ 0.17	2.0	12.0	◎ 0.04	0.4	9.0
ヤマハハコ				1.50	148.0	5.0	1.70	108.0	18.0	2.00	81.0	21.0
タカネノガリヤス							1.60	214.0	31.0	0.24	5.0	15.0
イワノガリヤス				1.00	90.0	36.0				0.60	26.0	31.0
ヒメスゲ							1.80	245.0	14.0			
イタドリ				0.05	1.0	4.0				0.80	2.0	23.0
リンドウ										0.40	4.0	35.0
その他草本							1.20	30.0	16.0	0.88	21.0	15.0
ヤシャブシ	◎			◎								
ヤマハン	◎ 0.10	5.0	0.5	◎ 0.25	12.0	2.0						
その他木本							0.60	1.0	26.0	0.60	1.0	32.0
合　計	2.60	1,447.0	31.7/5 6.3	7.90	1,286.0	109.0/7 15.6	8.90	881.0	149.0/7 21.3	9.00	668.0	294.0/11 26.7

◎は導入種



図―２　調査区別，被度，密度，生育の経過

移している過程を示している。

またＢ区，Ｃ区の生育本数平均700～900本／㎡ は施工後16～17年の経過年数と表面侵食防止効果が充分あらわれている状況等を勘案すればほぼ安定した数値で逓減推移するものと考えられる。

なお施工後２ケ月経過したＡ区の平均成立本数がやゝ低い数値であるのは発芽時期における極端な水分不足による乾燥障害による影響と思われる。

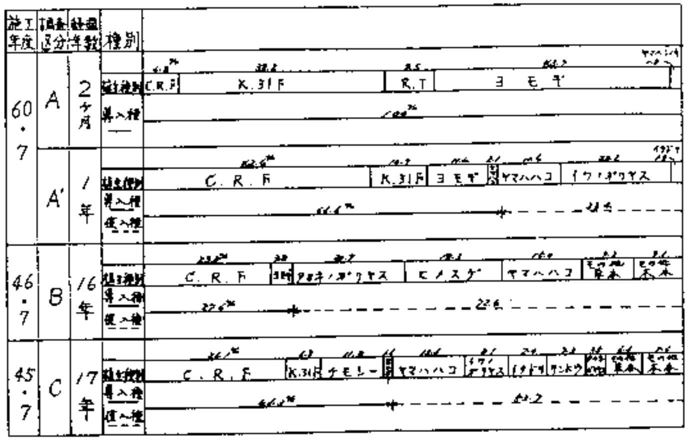
⑶　生育高

施工後２ケ月～１ケ年経過した時点のＡ区，Ａ'区の生育高は２ケ月で６cm，１ケ年で16cmと急速な伸びであることが確認されるところであるが，施工後16年～17年経過しているＢ区，Ｃ区の生育高は24cmで比較的伸率はにぶっている状況であり，やゝ衰退傾向が見られる。しかしながら高寒冷地でかつ荒廃地であることを考慮すればこの程度で推移していくのが限界ではないかと思われる。

以上この被度，密度，生育高の調査結果から総括的にいえることは，それぞれが互いに順当な相関々係を保ちつつ推移していることがうかがえる。

２．優占度

Ａ'区の植生のうち導入種で草本はクリーピングレッドフェスクが施工１年目にして42%と優占しているが，ケンタッキー31フェスク（11%）及び，ヨモギ（11%）は衰退傾向である。導入した木本のヒメヤシャブシの発芽は皆無であり，ヤマハンノキはわずかに発芽している程度でほとんど成長していない状態のためやがて消滅してしまうものと思われる。クリーピングレッドフェスクは，当年度の秋以降の発芽生育が旺盛で耐寒性にもすぐれていることから優占してきたものと考察される。しか



図―３　調査区別，植生種別，優占割合の経過

し同じ高寒冷地に強いレッドトップについては本調査枠内では見られなかったが周辺においてわずかに見受けられた。また侵入種であるイワノガリヤス（20%），ヤマハハコ（11%），その他（２%）は，施工後１年目にしてはやくも全体の33%を占め旺盛な侵入率を示している。

Ｂ区，Ｃ区は施工後16～17年経過していることから，植生の内容も大きく変化していることが確認できた。まずＢ区の導入種では，クリーピングレッドフェスクが24%で優占しているが，ヨモギはごくわずかでありケンタッキー31フェスク，チモシーにいたっては全く出現していない。このため調査枠外周辺についても拡大調査したが不明であり，衰退消滅したものかどうか今後更に追跡調査を続けるが，出現していてもわずかな割合であろうと思われる。侵入種では，タカネノガリヤス（21%），ヤマハハコ（15%），ヒメスゲ（18%），その他（18%）と全体の72%を占め圧倒的な侵入率を示している。

Ｃ区の導入種では，クリーピングレッドフェスクが（26%）で優占しチモシー（12%），ケンタッキー31フェスク（７%）でヨモギはごくわずかな率であった。侵入種では，ヤマハハコ（14%），イワノガリヤス（８%），リンドウ（７%），イタドリ（７%），タカネノガリヤス（４%），その他草本，木本あわせて（14%）であり全体の54%を占める高侵入率を示している。

以上のことから，概括的にいえることは，導入種ではクリーピングレッドフェスクが優占し，侵入種ではタカネノガリヤス，イワノガリヤス，ヤマハハコ，ヒメスゲが優占しており当該現地における最も適応性の高い草本種であろうかと考えられる。またＢ，Ｃ区（16～17年経過）について数値的にはわずかであるが，ヤナギ，ダケカンバ，シラカンバ，シラベ，カラマツ等の木本種の自然侵入も目立ってきており施工後１年目より導入種の衰退が初まり在来植生に移行しつつある。この動きは，視点をかえれば，山腹斜面の安定度をはかる一つのバロメーターになっているともいえる。

Ｖ　まとめ

１．航空実播工施工効果

亜高山帯のきびしい環境にある崩壊斜面が短時日で導入植生により完全に被覆され，地表の安定化が進む中で自然植生の旺盛な侵入等，植生相の遷移が順調に進行し，不安定土砂の移動抑止に，また自然景観の復元等にいちぢるしい効果があった。

この成果は

(1) 山腹基礎工（緑化工を含む）が施工され，崩壊斜面が安定していたことが当然のことながらより実播工による植生の活着率並びに自然侵入率を高める上で効果があったこと。

(2) 導入種子の選択に大きな誤りがなかったこと。

(3) 適期に施工できたこと。

(4) 追肥の効果もあったこと。

以上のことが，好結果をもたらした大きな因子であると考えられる。

2．今後の課題

(1) 航空実播工法の効率的施工について八ケ岳亜高山帯の崩壊地は高寒冷地で，かつ遠隔地である。したがってこの復旧についても，いかに経済的でしかも効率のよい緑化工事を施工するかが最大の課題であり，そのポイントは基礎工事の効率的施工にかかっているところである。

61年度航空実播工の施工については，これらの点をふまえ現地を検討のうえ，試行的に基礎工なしで実行したところであるが，現在のところ活着良好であることを確認している。今後引続き追跡調査を実施し，植生の生態を通して最も大きなウエイトを占める基礎工のあり方，及び散布資材の品質改良等の検討資料とし，今後復旧事業の経済的，効率化を図って航空実播工によるより多くのメリットを見出していきたい。

(2) 導入種，自然侵入種について

ア　導入種であるクリーピングレッドフェスク，ケンタッキー31フェスク，ヨモギ，レッドトップ（1年経過後の調査枠内には見られなかったが周辺においてわずかに出現していることが確認されている）は調査の結果有望であることが認められるが，レッドトップについては更に追跡調査し，再確認のうえ今後の種子選択の時点で考慮する。

イ　導入木本種の同時播種は被圧され生育不良であり自然侵入を期待するのが適切かと判断される。

ウ　自然侵入種であるヤマハハコ，ヒメスゲ，イワノガリヤス，タカネノガリヤス等が優勢であるが，現在種子の採取，生産がなされていないことから，導入種による地表面の安定化等の環境作りの早期促進を図り，自然侵入を期待するのが適切であろうかと判断される。またダケカンバ，シラカンバ，シラベ，カラマツ等の木本種の自然侵入が目立ってきており，今後の適切な管理によって早期に森林化する可能性の高いことがうかがわれる。

エ　追肥について

現地土壌は弱湿性褐色森林土で土壌酸度については弱酸（PH5.5～5.3）であるが，導入種の主体である牧草種はPH5～7の生育範囲でよく生育することから特に影響はないが，典型的な火山灰土壌でリン酸吸収力が強く土壌に吸着して，植物の根系から吸収されにくい状態であるので，実播には特に溶リン及び有機質肥料等を施用しているところであるが，置換性石灰が少ないことから土壌養分に乏しいので，この養分不足を補なう追肥の適切な実施は重要である。

表—3　調査区別，植生種別，優占割合調査表

調査区 / 調査項目 / (括約) 植生種別	A区(2ヶ月経過)		A′区(1年経過)		B区(16年経過)		C区(17年経過)	
	平均値	優占割合	平均値	優占割合	平均値	優占割合	平均値	優占割合
クリーピングレッドF	◎ 14.0	6.8	◎ 100.0	42.4	◎ 100.0	23.8	◎ 74.3	26.1
ケンタッキー31F	◎ 78.7	38.2	◎ 25.2	10.7	◎		◎ 19.5	6.8
レッドトップ	◎ 19.6	9.5	◎					
チモシー					◎		◎ 33.6	11.8
ヨモギ	◎ 89.8	43.7	◎ 27.0	11.4	◎ 15.9	3.8	◎ 4.6	1.6
ヤマハハコ			26.8	11.4	63.0	15.0	38.8	13.6
タカネノガリヤス					87.3	20.7	10.0	3.5
イワノガリヤス			47.7	20.2			22.9	8.1
ヒメスゲ					77.0	18.3		
イタドリ			4.3	1.8			20.0	7.0
リンドウ							20.8	7.3
その他草本					39.3	9.3	18.7	6.6
ヤマハンノキ他	◎ 3.7	1.8	◎ 5.1	2.1				
その他木本					38.3	9.1	21.6	7.6
合計	205.8	100.0	236.1	100.0	420.8	100.0	284.8	100.0

※ 調査項目・a＝被度比数，b＝密度比数，c＝生育高比数

$$平均値 = \frac{a+b+c}{3}$$，◎＝導入種

お わ り に

治山とは究極には，森林復旧を目的とし治山工事はそのための条件整備である。山腹工事を施工し，そこに植生が導入され安定することは，森林復旧への第1歩であるといっても過言ではない。今回の調査値は同一地区の一貫した経過数値ではなく，実播工施工後2ケ月～1年経過した時点と，16～17年経過した時点といった隔年の調査結果であるので，きわめて概括的なとりまとめであるが，自然環境のきびしい亜高山帯に施工した山腹工事（航空実播工を含む）の成果と安定度を植生の生育，遷移する過程の中に若干なりともこれを確認することができた。また航空実播工に対する評価とともに期待も高まりつつあることから今後更に追跡調査を重ねより多くのメリットを見出しこれからの亜高山帯崩壊地の復旧事業実行の面に反映させていきたい。

なおこの調査に当たってご指導，ご協力いただいた関係各位に対し厚くお礼申し上げる次第である。