

航空実播跡地の保育管理

I 試験担当者

防災部治山第2研究室 岩川幹夫, 原 敏男

II 試験目的

航空実播工は、近代緑化工における最も能率的、省力的な緑化工法であるが、緑化基盤の整備・安定が十分行われないうまま施工されることや、緑化資材（とくに肥土、被覆材等）の導入量が人工的施工にくらべて軽度であることなどから、緑化成績は立地条件による差が現われやすく、緑化不良や早期衰退を生ずることも少なくないのが現状で、施工跡地における永続的緑化のための保育管理技術の確立が強く望まれているところである。

このため、航空実播工が集中的に行われた施工跡地について、立地条件別、施工経過年別等による緑化形成や推移について調査し、保育適期の判定を行うとともに、保全機能のたかい林叢形成を促進し、恒続的な緑化をはかるための効果的な手入れ管理方法についての指針をうるものである。

III 試験経過とえられた成果

1. 調査地および調査方法

航空実播工が集中的、経年的に施工された主な地域のうち、地質、基岩等による区分から最も対象が広い花崗岩類地帯を主とし、このほか中・古生層地帯および表層地質として比較的多く生ずるローム層等の火山堆積物地帯についても調査した。

現地調査は、第1年度（昭和49年度）は花崗岩類地域の岐阜県恵那山地区、中・古生層地域の栃木県足尾地区、火山堆積物地域の長野県八ヶ岳地区を、第2年度（昭和50年度）には花崗岩類地域の神奈川県丹沢山地区を、第3年度（昭和51年度）には花崗岩類地域の新潟県薬師岳国有林および滋賀県比良山地区の調査を行った。

調査地における緑化状況の測定については全植物被度のほか、種類別についてはそれぞれの被覆度と生育高を測定した。とりまとめに際しては被度と生育高による優占度として求め、種類別または生活型別に検討した。なお、緑化衰退斜面の取扱い（保育）に関しては、一部現地に追肥方法に関する試験プロットを設けて、緑化回復、恒続的緑化方法に関する基礎的かつ具体的な方法について検討した。

2 調査地別緑化状況

1) 花崗岩類地域

(1) 恵那山地区

調査地は恵那山地区の標高900~1,500mのところで、0.02~0.03haでいどの小崩壊地が集中的に発生した地域である。基岩は深層風化をうけた斑晶質花崗岩地帯で、傾斜は30~40°前後であるが、のり頭などでは60°近い部分も生じている。積雪は少なく、冬期凍上がはげしいため、不安定土砂の発生と崩落を生じ、これに起因して夏期の強雨による侵食のために荒廃が拡大する。

気象的条件は年平均気温は11℃、年降水量は2,700mmでかなり多い。積雪深は1m以下である。

航空実播は昭和42年度からはじまり、養生剤にはアスファルト乳剤を使用する方法によっている。42~43年ころの施工跡地の緑化形成は、法面周辺部などで残積土のある部分では緑化が維持されたが、急斜面悪基盤斜面では当年における緑化成績も不良で、冬期の凍上による影響が強いため、翌年にはほとんど崩落退化し、全植被はわずか10%でいどに退化したところが多かったとされている。

導入植物はウィーピング・ラブ・グラス(W・L・G)ケンタッキー・31・フェスク(K・31・F)レッド・トップ(R・T)などであるが、W・L・Gは乾燥斜面でも生育が保たれたが、K・31・Fは法面下部の堆積地や日陰斜面によく生立する傾向がしめされた。

調査時点における植生の残存する斜面にはヨグソミネバリ、リョウブ、ウリハダカエデ、コハクウンボク、コアジサイ、クマイチゴ、ヤマホウコ、ヤクシソウ、ヒヨドリバナ、イタドリ、ススキ、アズマネザサ、スゲなどがあり、斜面はまだ不安定な傾向をしめし、先駆的植物群が点生するていどである。前述のような経験からそれ以後は、施工基盤の改善の必要が欠かせないものとされ、斜面の土止めや侵食防止のために擁壁工や、PNC板などが併用されるようになり、45年度ころの施工地では緑化成績が顕著に改善されるようになったとされている。

さて、調査地における約5年後の緑化形成をみると表-1のようである。全植被は60~100%をしめし、表土の移動はほとんどみられない。草生緑化後に導入されたヒノキ、イタチハギも生立し、ことにイタチハギの生立は良好である。侵入種は、フジウツギ、リョウブや、一部にヨグソミネバリ、ノリウツギ、ダンコウバイなどの先駆的樹種もみとめ

表-1 法面緑化状況(恵那山地区・施工後5年)

調査地番号		1	2	3	4	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		100	100	70	60		
木本" (%)		80	40	50	+	度	度
草本" (%)		60	90	60	60		
出現種数		13	11	7	6	度	度
導 入 種	イタチハギ	5	3	4		IV	90
	ヒノキ	+	+		+	IV	28
	アカマツ		+			II	15
	ヤマハンノキ		+			II	23
入 種	ヨモギ	2	2	2	+	V	57
	イタドリ	2	+	+	+	V	57
	K・31・F	3	4			III	49
	W・L・G	2		4		III	37
	R・T		3		2	III	33
侵 入 種	フジウツギ	+	+	+		IV	33
	リョウブ	+			+	III	51
	ヨグソミネバリ	+				II	31
	ノリウツギ	+				II	31
	ダンコウバイ	+				II	25
	ヤマホウコ	+	2	+	+	V	57
	ススキ	+				II	21
	ヒヨドリバナ		+			II	11
	ヤクシソウ			+		II	11

られた。昭和46年度ころからは土止め基礎工に古タイヤが活用されるようになり、表土の安定に積極的に努力が払われたため、植被形成は良好な結果がえられている。しかし、急斜面、崩壊、乾燥斜面では、緑化不良箇所も生じている。施工後4~5年を経過した斜面では、木本の侵入が多いところもみられ、リョウブ、コナラ、モミヂイチゴ、ヨグソミネ

表-2 法面緑被状況(恵那山地区・施工後4年)

調査地番号		1	2	3	4	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		100	100	50	80		
木本 " (%)		80	10	10	20		
草本 " (%)		20	100	50	80		
出現種数		13	11	9	9		
導 入 種	アカマツ				+	II	28
	ヤシャブシ				+	II	5
	ヤマハンノキ				+	II	82
	ヨモギ	+	3	2	3	V	65
	イタドリ		2	+		III	21
	C・R・E		3	+		III	24
	W・L・G				4	II	27
侵 入 種	リョウブ	2	+	+		IV	33
	コナラ	+	+			III	13
	モミジイチゴ	+	+			III	12
	ヨグソミネバリ		+	+		III	9
	ヤマモミジ	+	+			III	7
	シロモジ	2				II	13
	ニシキウツギ	+				II	7
	ウリハダカエデ	+				II	4
	イヌシデ	+				II	2
	アセビ	+				II	2
	ミツバツツジ	+				II	1
	ササ		+			II	4
	ヤマホウコ	+	3	2	+	V	40
	ヤマシロギク	+	+		+	IV	4
種	ヒヨドリバナ			+		II	3
	ウド			+		II	3
	ヤクシソウ			+		II	1
	ウラハグサ				+	II	1
	コケ				4	II	25

表-3 法面緑被状況(恵那山地区・施工後3年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		50	90	80	60	60	80		
木本 " (%)		10	10	50	10	30	50		
草本 " (%)		50	90	50	60	60	70		
出現種数		14	15	16	9	10	6		
導 入 種	アカマツ(植栽)	+	2	2	+	+	+	V	11
	ヤマハンノキ(植栽)			+		+	+	III	51
	ヤシャブシ(植栽)					+		I	11
	ヒノキ		+	+				I	20
	W・L・G	3	5	2	4	2	4	V	85
	R・T	3	+	+	+	4		V	53
	Wh・C	+	+	+		+	+	V	9
種	ヨモギ	2	+	+	2	+	+	V	28
	イタドリ	2	+	+	+			IV	44
	K・31・F	+	+	+				III	9
侵 入 種	クマイチゴ	+	+					II	22
	ヨグソミネバリ	2						I	9
	ウリハダカエデ	+						I	9
	クロモジ	+						I	3
	ツガ	+						I	3
	ヤマハギ			2				I	34
	ヤマモミジ			2				I	6
	ニシキウツギ			+				I	15
	コナラ			+				I	7
	モミジイチゴ				+			I	15
	ツルウメモドキ		+					I	5
	ヘクソカズラ		+					I	4
	ヤマホウコ	2	+		+	+	+	V	34
	ススキ		+	2		+		III	38
種	ヤクシソウ		+	+	+			III	14
	ヒヨドリバナ	+	+					II	20
	フキ			+	+			II	7
	スゲ					+		I	5

バリ、シロモジ、ニシキウツギなどが点生し(表-2), 草本では先駆的なヤマハウコ、ヤマシロギクなどが多い。また表面にはコケ類の広がる場所もみられる。47年ころからは、実播に先行してタイヤ積工、PNC板筋工などが積極的に施工されているが、これらの施工跡の緑被状況は表-2, 3のようである。とくに法面には苗木植栽のための作業用足場をかねて斜面長2mごとに幅10cmの小筋をつけて実播する方法も行なわれている。PNC板土止工とカヤ筋工を併用したところでは、ヒノキ、ヤマハンノキ、ヤシヤブシなどの植栽木は、150~200cmの伸長量がみられ、アカマツも50~100cmに生育している。木本被度は50%, 草本は5%でいどをしめし、全植被は80%でいどでかなり安定し、草本類はW・L・G, イタドリが多くみられるが、R・Tは衰退の傾向がみとめられる。基礎工にタイヤ積工を活用しているところは、全植被90%であるがW・L・Gがほとんどで、木本類の植被はアカマツ、ヒノキなどが10%でいど、伸長量は60~70cmをしめしている。また在来植生の侵入も点生するのがみとめられ、ムラサキシキブ、ナナカマド、キブシ、ガクアジサイ、コハクウンボク、タラノキ、ネザサ、ツルウメモドキ、クマイチゴなどの木本類も生じている。なお、従来木本類の導入は草生緑化後に行なってきたが、活着および生育が必ずしも良好ではなかったため、昭和47年度からは、実播に先行して苗木植栽を行なうことが試みられた。つまり草生緑化後の植栽では、せっかくの緑化法面を再び荒らして、不成績をまねく原因となることがあることや、これまでの経験からは、草生緑化後の斜面に導入された比較的小苗は、活着やその後の生育が十分期待されないことが少なくないためである。48~49年ころに試みられた先行植栽斜面の、1~2年後における緑被状況は表-4, 5のようである。植栽苗の活着状況は、斜面によってかなり差があるが、残存木の生育は良好なところが多い。地表はW・L・G, R・T, ヨモギなどの導入植生によって被覆が保たれている。なお、施工当初の緑被形成は、表土の条件ごとに表土の湿度、および厚さ、養料条件などによってかなりの差が生ずるのは、花崗岩類地帯の一般的な現象とみられるが、施工当初の不成績地は、早期に(当年の手入れも含む)手入れを行なうことが望まれ、また初期緑化形成後に衰退が起る斜面では、翌年またはその後の状況により、早期に追肥などの手入れをすることが、恒続緑化のためには、欠かせないところである。

表-4 法面緑被状況(恵那山地区・施工後2年)

調査地番号		1	2	3	4	5	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		100	70	80	70	50		
木本 " (%)		+	+	+	10	30		
草本 " (%)		100	70	80	70	50		
出現種数		10	11	10	10	7		
導 入 種	アカマツ(植栽)	+	+	+	2	2	V	17
	ヤシヤブシ(植栽)		+	+	+	3	IV	12
	ヤマハンノキ(植栽)		+	+	+	+	IV	17
	W・L・G	+	4	3	4	4	V	52
	R・T	3	2	4	3	2	V	79
	ヨモギ	3	+	3	2	2	V	67
	イタドリ	+	+	+	+	+	V	52
	Wh・C	2	+	+	+		IV	12
	K・31・F	3	+	+			III	22
	モミジイチゴ		+				I	12
侵 入 種	ヤマハウコ	+	+	+			III	8
	エノコログサ	+					I	3
	スミレ	+					I	2
	ススキ				2		I	19
	フキ				+		I	4

表-5 法面緑被状況(恵那山地区・施工当年)

調査地番号		1	2	3	4	5	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		90	30	80	40	60		
木本" (%)		+		+	+			
草本" (%)		90	30	80	40	60		
出現種数		7	5	10	8	4		
導 入 種	アカマツ(植栽)	+		+	+		III	31
	ヤマハンノキ(植栽)			+	+		II	24
	ヤシヤブシ(植栽)	+					I	17
入 種	W・L・G	5	3	4	3	4	V	100
	ヨモギ	2	+	2	2	3	V	64
	イタドリ	+	+	+	+	+	V	42
	R・T	+	+	+	+	2	V	27
	K・31・F	+	+	+			III	16
	K・B・G			+	+		II	6
侵入種	リョウブ			+	+		II	39
	ヤマホウコ			+			I	6

(2) 新潟県薬師岳国有林地区

この地域は昭和42年の羽越水害時に大発生した崩壊地に、昭和43年度から航空実播工が継続的に施工された跡地で、海岸からは5~30km前後はなれた標高100~500mの低山地帯である。崩壊地は深層風化の基盤で、傾斜が35°~50°である。表土が比較的多く残積し強雨の際は表面に侵食溝を生じやすいため、45年ころからは、実播材料の定着と、生立した植物の生育促進をねらいとして斜面に直高1.5mの間隔に幅20cmの小段が設けられている。また、木本類の植栽を実播前に先行する方法も早くから試みられている。表-6、7はアカマツ、イタチハギを植栽してから実播した箇所の数年後の状況であるが、活着および生育は比較的良好である。侵入植物も斜面の条件によって差があるが、土じょう湿度および表土が比較的多い斜面ではタニウツギ、アカマツ、タラノキ、ススキ、メドハギ、ヨモギなどがある。周辺からクズの侵入拡大がみとめられるが、繁茂

表-6 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後7年)

調査地番号		1	2	3	4	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		80	90	90	90		
木本" (%)		50	50	20	70		
草本" (%)		60	50	90	40		
出現種数		14	15	9	8		
導 入 種	アカマツ(植栽)	3	3	1	4	V	100
	イタチハギ	+	+	+		IV	17
	W・L・G	1	3	5	3	V	59
侵 入 種	タニウツギ	+	+		+	IV	23
	アカマツ	1	+	1		IV	12
	タラノキ	+	+			III	10
	ミズナラ	+	+			III	6
	ウルシ		+			II	3
	マンリョウ		+			II	3
	ヤマハギ			+		II	9
	モミジイテゴ			+		II	7
	イワガラミ	+	+			III	6
	フジ			+		II	7
	クズ	+	+	+	3	V	28
	ササ	+				II	5
	ススキ	+	+		+	IV	19
	メドハギ	+	+		+	IV	13
	ヨモギ	+	+	+		IV	10
	ダケニグサ	+			+	III	19
	ヤクシソウ		+			I	3
	スゲ				+	I	3

表-7 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後6年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	8	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		80	80	80	50	80	60	50	50		
木本 " (%)		40	40	70	30	+	10	+	10		
草本 " (%)		80	80	80	50	80	60	50	50		
出現種数		9	9	9	8	9	8	8	8		
導入種	アカマツ	3	3	3	3	+	+			IV	90
	イタチハギ(植栽)					+		+		II	3
	W・L・G			+	+			+	+	III	9
	R・T					4	2	3	3	III	42
侵入種	ミズナラ	1	+	+	+		+		+	IV	36
	アカマツ					+	+	+	+	III	7
	ヤブツバキ	+	+	+	+					III	16
	ヤマツツジ	+	+	+	+					III	16
	ウバヒガン	+	+	+	+					III	30
	イヌツゲ	+	+							II	3
	ネジキ	+	+							II	8
	ススキ	5	5	3	3	+	+	+	+	V	93
	メドハギ	+	+			1	1	+	+	IV	13
	アキノキリンソウ			+	+	+		+	+	IV	14
	ヒメスイバ					2	1	+	+	III	13
	スゲ			+						I	3
	コケ					1	1			II	7

が盛んになると法面植生が長期間に亘って被圧され、木本植生への推移も停滞すると思われる。なお、基盤条件によって緑化の差がみられ、表-7は、4までは花崗岩類を基盤とした斜面に筋切りを行なっているが、5~8の調査斜面は第三紀層の頁岩を基盤とするところで、斜面の筋切りは行なわずに実播されたところである。前者は木本の生立がえられているが、後者は衰退がみられる。導入植物ではR・Tが後者の地区における生育がよいほか、侵入植生ではアカマツも生立しはじめており、基盤の湿度、養料、草生被度との

表-8 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施行後3年)

調査地番号		1	2	3	4	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		90	90	70	100		
木本 " (%)		80	10	+	+		
草本 " (%)		90	80	70	100		
出現種数		13	16	13	11		
導入種	ヤシヤブシ	+		+	+	IV	51
	イタチハギ(植栽)	5				II	45
	アカマツ(植栽)				+	II	21
	Wh・C	+	+		+	IV	6
	C・R・F		+	+	+	IV	6
	W・L・G	4			5	III	44
侵入種	R・T				+	II	6
	タニウツギ	+	+	+		IV	46
	アカマツ	+	+	+		IV	11
	ミズナラ	+		+	+	IV	41
	リョウブ	+	+			III	31
	バッコヤナギ		+	+		III	21
	ハンノキ	+				II	26
	イタチハギ	+				II	2
	ヤシヤブシ	+				II	3
	オオカメノキ		+			II	16
	ヤブツバキ		+			II	6
	ヤマモミジ		+			II	6
	ガマズミ		+			II	6
	ウバヒガン			+		II	16
	キリジ				+	II	11
	フジ		+			II	11
	ススキ	4	5	4	+	V	100
	ウド	+	+	+		IV	41
	フキ		+	+		III	11
	ヒメスイバ			+	+	III	4
種	ヨモギ		+			II	6
	ヨツバヒヨドリ		+			II	21
	アキノキリンソウ			+		II	11
	ジシバリ			+		II	2
	コケ				+	II	1

表-9 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後2年)

調査地番号		1	2	3	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		100	100	100		
木本 " (%)		70	70	80		
草本 " (%)		100	100	100		
出現種数		14	14	7		
導 入 種	イタチハギ(植栽)	4	4	4	V	100
	ヤシヤブシ	1	+		IV	48
	W・L・G	1	1	+	V	23
	Wh・C	+	+	+	V	9
	R・T	2		2	IV	24
	C・R・F	1	3		IV	28
侵 入 種	K・31・F		+		II	4
	タニウツギ	+		+	IV	45
	バッコヤナギ	+	+		IV	37
	イヌシデ	+	+		IV	16
	アカメガシワ	+			II	22
	ムラサキシキブ	+			II	15
	クマイチゴ	+			II	11
	イタチハギ		+		II	4
	アカマツ			+	II	4
	ススキ	4	5	3	V	100
	メドハギ		3		II	19
	ヤマシロギク	+			II	11
	ヨツバヒヨドリ		+		II	11
	メヒシバ		+		II	4
	フキ		+		II	4

関係がうかがわれる。このほか、侵入植生では花崗岩類の斜面ではヤマツツジ、ヤブツバキ、ウバメガシ、ネジキなどの乾燥性の植物が多い傾向がみられ、導入した草本類の退行

した斜面にはススキが優占的に侵入している。荒川町元山国有林内には第三紀層の風化の進んだ地域がみられるが、施工後初期の緑化成績は表-8, 9にみられるように比較的良好である。導入木本類では低木のイタチハギが活着、生育がよいが、高木性の種類は生立が少ない。導入草本類ではR・T, Wh・C, C・R・Fなどがみられるが、基盤の湿度条件その他は、花崗岩類と異なることがうかがわれ、木本類もバッコヤナギ、イヌシデ、タニウツギなどの侵入もみられ、草本類のススキは最も優占的に生立している。

(3) 神奈川県丹沢山地区

調査地は神奈川県西部の中川地区で、昭和47年7月の集中豪雨によって多数の崩壊地を生じたところである。基岩は深成岩の石英閃緑岩であるが、表土は関東ロームが残積しているところも少なくない。標高は500~700mのところ、斜面はほぼ南~南西面が多く、傾斜は25~40°である。年平均気温は約13°C、年降水量は2,200mmである。

航空実播は昭和48年度から実行されているが、一部施工に際しては編柵工および階段工が併用されている。実播種子はK・31・F, W・L・Gなどのほか、在来草本のススキ、ヨモギ、イタドリを用いた。なお、木本種子はニセアカシア、エニシダ、ヤマハギ、ヤシヤブシなどを、草本との粒数割合にして50%以上使用している。斜面の周縁部や下部斜面にはロームの残積土や堆積土がかなりみられるが、斜面基盤は石英閃緑岩で、急斜面や長大斜面では、基岩が露出した瘠悪斜面となるところが多い。基岩斜面では、初期緑化の不成績や、侵食移動して裸地化するところが少なくないが、初期緑化の不良な斜面や、衰退斜面では翌年まで放置されれば裸地化への移行が著しいので、当年中に追肥等の手入れが望まれる。比較的表土があるところや、傾斜のゆるいところ、N側方位にあるところでは、緑化形成が良好である。施工後まだ短年であるので、実播による導入植生で緑被が保たれているが、木本導入量が草本との割合で50%以上と思われるところでは、混播によって高木類を含む木本が生立している。表-10は施工後3年を経過した斜面であるが、木本類がすでに草本類に優占して林叢形成が進行し、ニセアカシアは200~300cmでいどの伸長がみられ、ヤシヤブシ、ヤマハノキも70~100cmに伸びている。このほか編柵工などの施工された階段部分ではニセアカシアが帯状に密生しているところや、階段工部分ではヤシヤブシ、ヤマハノキなどの生立も多くみられ、草本類はW・L・Gが全面的に被覆を形成し、K・31・F, ヨモギ、ススキが混生している。基岩の現われた斜面では施工後3年ではまだ侵入植生は比較的少なく、タケニグサ、ヘビイチゴ、

表-10 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	優占度	常在度	
全植物被度(%)	100	80	90	90	90	100	100	100	100	100	90	80	85	V	
木本	70	60	80	20	40	100	90	80	80	80	70	40	66	V	
草本	100	80	90	90	90	20	100	100	100	100	90	80	23	V	
出現種数	9	9	9	8	7	6	8	7	8	8	10	10	19	IV	
導入	ニセアカシア エニシダ イタチハギ ヤシヤブシ ヤマハンノキ	1 3 + + 3	1 5 + 1 2	1 1 + + +	3 2 + + +	5 + + + 2	5 1 + + 4	5 1 + + 5	3 2 + + 5	5 1 + + 5	4 + + + 4	4 + + + 4	3 1 1 + 3	80	V
権	W・L・G K・31・F ヨモギ スズキ スギ	5 2 2 + +	3 3 2 + +	5 + 1 +	5 + 1 +	2 + +	4 + +	5 1 1 +	5 + + 1	5 1 + +	4 2 3 +	4 + +	3 2 3 +	36	V
侵入種	タケニグサ ヘビイチゴ テカリスゲ ワラビ	1 2 2 +	1 5 + 1 2	1 1 + + +	3 2 + + +	5 + + + 2	5 1 + + 4	5 1 + + 5	3 2 + + 5	5 1 + +	4 + + +	4 + +	3 2 3 +	20	III
	スギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	7	I
	タケニグサ												1	5	I
	ヘビイチゴ												2	2	I
	テカリスゲ												3	3	I
	ワラビ												4	4	I

表-11 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	常在度	優占度
全植物被度(%)	80	80		
木本	70	70		
草本	10	10		
出現種数	14	11		
導入	ヤシヤブシ ヤマハンノキ ヤマハギ K・31・F C・R・F ヨモギ スズキ イタドリ	3 3 + 1 1 + + +	V V V V V V V III	86 79 23 36 31 30 52 11
侵入	ニシキウツギ フジウツギ バッコヤナギ ヤマホウコ コオトギリ メドハギ ウラハグサ スゲ	+ + + + + + + +	III III III V III III III V	29 15 11 21 13 11 11 23

テギリスゲなどがわずかにみとめられるだけである(表-11)。以上のほか関東ローム層の残積土斜面ではK・31・F, クリーピング・レッド・フェスク(C・R・F), ベレニアル・ライ・グラス(P・R・G)などもW・L・Gと混生している(表12, 13)が、これらの斜面では実播による木本類の生立するところが所々にあり、混播による木本の導入が十分可能であり、実播による林叢形成が期待しうるものとおもわれた。とくに表-13は、湿性斜面で、C・R・F, K・31・F, W・L・Gなどの草本が密に生立しているにもかかわらず、調査地番号3, 4, 7, 8はニセアカシアがとくに密に生立し、

表-12 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後2年)

調査地番号		1	優 占 度
全植物被度(%)		60	
木本 " (%)		10	
草本 " (%)		60	
出現種数		12	度
導 入 種	ヤシャブシ	1	
	ヤマハンノキ	+	
	ニセアカシア	+	
	エニシダ	+	
	ヤマハギ	+	
	K・31・F	3	
	W・L・G	1	
	ヨモギ	+	
	イタドリ	+	
	フジウツギ	+	
侵入種	ウツギ	+	
	メドハギ	+	

№7はエニシダの生立も多いところで、斜面下部の堆積土には点生的に侵入種類が多くみられるところもある。表-14、15は施工当年の緑化形成斜面であるが、表-14の№1~3は基岩の露出する堅地盤で、乾燥が強いため全植被とも比較的少なく木本類も少ない。草本類もW・L・Gが多く、侵入植生もフジウツギ、モミジイチゴ、ススキなどが点生しているところである。№4~5は関東ロームの残積地であるが、木本ではニセアカシアがかなり生立し、W・L・G、C・R・F、P・R・Gなどによる緑被が保たれている。前者は、早期に追肥手入れが望まれるところであるが、これに対してローム斜面はかなり良好な被覆形成である。表-15は基盤は花崗閃緑岩であるが、林縁に接して比較的に日陰が保たれるためK・31・F、C・R・Fなどによる草生緑被が多く、このため木本の生立は抑制されている。侵入木本類は、既存残積土によるものとみられる。

表-13 法面緑被状況(丹沢山地区・施行後2年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	8	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		60	100	100	100	90	100	90	100		
木本 " (%)		+	+	20	30	+	+	80	50		
草本 " (%)		60	100	100	100	90	100	40	100		
出現種数		18	18	17	12	14	14	15	9	度	度
導 入 種	ニセアカシア	+	+	3	3	+	+	3	3		
	エニシダ	+	+	+	+	+	+	4	+		
	ヤマハギ	+	+	+	+		+	3	+		
	ヤシャブシ				+			+			
	C・R・F	5	5	3	3	4	3		3		
	K・31・F	1	1	3	3	+	4	+	3		
	W・L・G	4	+	+	+		+	2	+		
	メドハギ	+	+	2	+	+	+	+	1		
	O・G	+	+								
	ヨモギ					+	+	+			
侵入種	Wh・C					+					
	フジウツギ	+	+		+	+					
	ウツギ	+	+	+	+						
	ニシキウツギ			+	+	+	+				
	バッコヤナギ	+	+								
	バライチゴ			+			+				
	フサザクラ			+							
	キブシ							+			
	モミジイチゴ							+			
	ヤマハンノキ							+			
	クマイチゴ								+		
	ミヤコザサ			+							
	ススキ	+	+	3	+	+	+	+	+		
	イタドリ	+	+	1		+	+	+			
	フキ	+	+	+		+	+				
	ヤクシソウ	+	+			+		+			
	ヤマホウコ	+	+								
	ヨメナ	+	+								
侵入種	ウド			+		+					
	タケニグサ			+				+			
	アザミ						+				
	アカソ						+				
	スゲ	+	+								

表-14 法面緑被状況(丹沢山地区・施工当年秋)

調査地番号		1	2	3	4	5	常	優
全植物被度(%)		70	80	80	100	100		
木本 " (%)		+	+	+	20	10	在	占
草本 " (%)		70	80	80	100	100		
出現種数		13	14	9	7	7	度	度
導	ニセアカシア	+	+	+	2	1	V	32
	エニシダ	+	+		+	+	IV	12
	ヤマハギ	+	+		+	+	IV	10
入	W・L・G	3	2	4	5	+	V	100
	C・R・F	+	3	2	3	3	V	61
	メドハギ	+	+	+	+	+	V	11
種	P・R・G	3		3	2	5	IV	79
	ヨモギ	+		+			II	7
	K・31・F		+				I	20
優	モミジイチゴ	+	+	+			III	20
	フジウツギ	+	+				II	12
	ウツギ		+				I	6
入	ススキ	+	+	+			III	42
	タケニグサ	+	+				II	24
	ヤクシソウ	+	+				II	12
種	フ		+	+			II	8
	キ							

表-15 法面緑被状況(丹沢山地区・施工当年秋)

調査地番号		1	2	3	4	常	優
全植物被度(%)		100	80	90	40		
木本 " (%)		+	10	+	+	在	占
草本 " (%)		100	70	90	40		
出現種数		10	11	6	4	度	度
導	エニシダ	+	+	+	+	V	23
	ニセアカシア		+	+		III	14
	ヤシヤブシ		+			I	4
入	K・31・F	4	3	3	3	V	100
	C・R・F	5	3	2	1	V	86
	W・L・G	+	+	4	1	V	53
種	I・L・G	2				I	24
	ヨモギ		+	+		III	11
	メドハギ		+			I	14
優	ニシキウツギ	+	+			III	7
	キブシ	+				I	4
	モミジイチゴ	+				I	30
入	タラノキ	+				I	4
	シバヤナギ		+			I	11
	フ		+			I	11
種	ス	+				I	11
	ゲ						

(4) 滋賀県比良山地区

調査地は琵琶湖の西側に面している比良山地区の崩壊地で、標高およそ1,000m内外のところである。大部分は粗粒花崗岩の壮年地形で傾斜は急である。この地域は航空実播工が初めて試行された地帯で、調査地は昭和38～41年に実播したところである。斜面傾斜が35～40°以上の急斜地では、強雨の際には表土の移動が起こり、侵食溝が拡大して水路状となり、表面の不安定化も生ずるため、立地条件に応じた基礎の施工は効果的

である。初期の施工地ではW・L・Gの優占した緑被形成で、表土の移動防止に効果が大
きいが、2年目ころからは生育が極端に減少するようである。木本類は、2年目くらいま
ではほとんど目立たないが、W・L・Gなどの衰退にともなう、除々に生長が続いてい
る。しかし表土の移動が起こっている所では、木本の生立も減少し、放置すれば再荒廃地
に移行するようになる。施工当年における追肥手入れが必要とするのは、このような花崗
岩類地域の衰退斜面であるといえる。木本類の混播も行なわれたが、草本との競合のため
十分な生立がみられない場合が多いので、昭和44年からは木本の導入にはアカマツ、ヤ
シャブシ、ヤマハンノキなどのポット苗による植栽が試られている。これらのうちヤマハ
ンノキの生育が最も良好で、ヤシャブシ、アカマツなどは枯死が多くみられたようである
が、残存木は良好な生育をしめしている。全般的に木本類の植栽箇所は、露岩地以外はか
なりよく緑化が形成されている。施工後の植被形成をみると表-16のようで、導入種は
ヤマハンノキ、アカマツの生育がかなりよい生育をしめしているが、施工当初に緑化形成
が十分でなかったところは木本類の残存もみられず、裸地化するところもみとめられる。
やはり、施工後には可能なかぎり早期に積極的に追肥管理をすることが大切で、最も保育
手入れの要点といえる。表-16では、在来植生の侵入種類数がかなりみとめられるが、
まだ点生的で、草本類の表面被覆量も少ない。これら在来植生も追肥管理が適切であれば、
一層促進され、表面土じょうの保護、土じょう化がえられるものとおもわれる。

表-16 法面緑被状況(比良山地区・施工後9年)

調査地番号		1	2	3	4	5	常在度
全植物被度(%)		60	50	20	80	20	
木本 " (%)		10	30	10	80	10	
草本 " (%)		60	50	20	+	10	
出現種数		14	11	9	10	10	
導入種	ヤマハンノキ	1	3	1	1	+	
	アカマツ	+	1		4	1	
	ヤシャブシ				2	+	
	イタチハギ	+					
種	C・R・F	+	+	1	+	+	V
	W・L・G	4	3	1			III
	R・T	+					I
侵入種	ヤマツツジ	+			+	+	III
	タニウツギ		+		+		II
	ミズナラ				+	+	II
	ノリウツギ	+					I
	ヒメヤシャブシ	+					I
	カナクギノキ	+					I
	バッコヤナギ		+				I
	ドウダンツツジ		+				I
	シロモジ			+			I
	クリ			+			I
	ウツギ			+			I
	イヌツゲ			+			I
	ニガイチゴ				+		I
	ネジキ				+		I
種	リョウブ				+		I
	ササ					+	I
	ススキ	+	+	+		+	IV
	コオトギリ	+	+				II
	ヨモギ	+					I
	アキノキリンソウ					+	I
	コシダ					+	I
	シダ	+	+				II
種	コケ		+	+			II

2) 中・古生層地域

(1) 栃木県足尾地区

調査地は栃木県足尾町の北部で渡良瀬川最上部地域久蔵沢、阿蘇沢地区国有林における実播跡地である。荒廃地は標高700m～2100mの地域にあるが、調査箇所は900m～1200m附近における真岩を主とする古生層地区である。足尾気候通報所による資料では、年平均気温は9.9℃であるが、最低気温は-18℃以下にも及び、積雪が少ないので、現地荒廃地では植生被覆がなければ冬期は凍上による斜面表土の崩落、流出を来しやすい。降水量は年平均1700mmであるが、大半は7～9月に集中するので、崩壊斜面は乾燥のはげしいところが多く、植生の生育に強い影響を及ぼしているものといえる。足尾地区の荒廃地は、標高差が大きく、温量指数にもとづく植物分布帯をみると、標高590～1200mの温帯下部域(温量指数85～55℃)、標高1200～1500mの温帯上部域(同、55～45℃)、標高1500m以上(同、45℃以下)の区分帯がみられる。

足尾地区における航空実播工は昭和40年ころから行なわれ現在まで継続されている。従って航空実播跡地はすでに広大な面積に及び、初期の施工跡地はほぼ10年前後の経過をみているが、調査はごく一部に限られた。つぎに、調査例によって検討してみると、まず表-17は、初期の実播跡地であるが、瘠悪な地盤と冬期凍上のはげしさによって、施

表-17 法面緑被状況(足尾地区・施工後10年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		30	10	30	10	30	20	+		
木本" (%)		20	+	+	+	+			度	度
草本" (%)		10	10	30	10	30	20	+		
出現種数		4	6	5	4	4	2	2	度	度
導 入 種	アカマツ	2		+	+	+				
	ススキ	+	1	1	1	+	2	+	V	87
	イタドリ		1	2	1		+	+	IV	54
	ヨモギ		+						I	4
侵 入 種	リュウブ		+						I	6
	イワノガリヤス	+	+	+	+	+			IV	18
	ヘビノネゴザ	+	+	+		+			III	11

工時から緑化形成が十分でなかったところは、ほとんど再荒廃に至っているところもみられる。斜面の全植物の被覆状態も+～30%で侵入植生もきわめて少ないままである。これらの斜面も、施工後の初期に慣行にとらわれない施肥方法によれば、植生の定着と生育を促進しうることも可能などころではないかとみられる。表-18は、施工地の周辺には

表-18 法面緑被状況(足尾地区・施工後9年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		60	60	60	60	90	90	80		
木本" (%)		20	20	10	10	30	50	70	度	度
草本" (%)		50	50	60	60	70	50	20		
出現種数		10	10	10	10	10	9	8	度	度
導 入 種	アカマツ	2	2	1	1	3	4	4		
	ヤシブシ	1	1	1	1	+			IV	36
	ススキ	2	1	2	2	3	1	1	V	88
	イタドリ	2	2	+	1	1	1	+	V	50
種	W・L・G	1	1	3	3	2	+		V	49
	ヨモギ	+	+	+	+				III	13
侵 入 種	リュウブ	1	1	1	1	2	1	1	V	54
	ダケカンバ						+		I	3
種	イワノガリヤス	+	+	+	+	+	+	+	V	16
	シラゲガヤ	+	+	+	+	+	+	+	V	6
	ヒメスゲ					+		+	II	19
	ヘビノネゴザ	+	+	+	+	+	+	+	V	6

既存林分があるところで、初期の緑被形成の退行も止まり、W・L・Gがかなり残存している。不安定土砂がほぼ流出し、表土の移動の少なくなった斜面にはススキ、イタドリなどが定着し、イワノガリヤス、シラゲガヤ、ヘビノネゴザなどの在来植生が回復している。木本類では、リュウブの生立が拡がりつつあるところである。全植被が50%前後のところでは、追肥が望まれるところであるが、慣行量にとらわれない施肥を試みる必要があろう。表-19、20は、施行後7～8年を経過したところである。48年に追播、追肥を

表-19 法面緑被状況(足尾地区・施工後8年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		70	60	60	80	80	70	80		
木本 〃 (%)		10	10	10	10	10	10	10		
草本 〃 (%)		70	50	50	80	80	70	70		
出現種類		13	12	11	9	9	7	7		
導 入 種	リョウブ	+	+	+	+	+	1	1	V	40
	ヤシャブシ	+	+	+	+	+			IV	33
	アカマツ	+	+	+					III	32
	ススキ	2	3	3	5	5	2	2	V	81
	W・L・G	+	2	2	1	1	4	4	V	49
	イタドリ	1	+	2	1	1	2	2	V	71
	ヨモギ	+	+	+	+	+	1	1	V	40
	R・T	1	+	1	+	+			IV	22
	ミズナラ	+							I	1
	ツルウメモドキ		+	+					II	5
侵 入 種	イワノガリヤス	1	+	1	+	+	+	+	V	24
	ウド	+							I	9
	ヒヨドリバナ	+							I	1
	トダシバ		+						I	5
	ヘビノネゴザ	+	+	+	1		1		IV	9
	シダ					+		+	II	9

表-20 法面緑被状況(足尾地区・施工後7年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		80	70	70	80	80	70	50		
木本 〃 (%)		10	10	10	10	+	10	20		
草本 〃 (%)		80	70	70	80	80	70	50		
出現種数		8	8	8	7	8	7	8		
導 入 種	ヤシャブシ			+					I	4
	ススキ	3	4	4	3	5	4	3	V	100
	イタドリ	2	1	+	2	1	1	+	V	49
	W・L・G	1	1	2	1	+	+		V	29
	ヨモギ	1	1						II	31
侵 入 種	リョウブ	1	1	1	1	+	1	2	V	54
	ヤマツツジ							+	I	6
	ミヤコザサ							+	I	3
	ヒメスゲ	1	+	+	1	1	+	1	V	15
	イワノガリヤス	+	+	+	+	+	+	+	V	15
	シラゲガヤ					+			I	3
	ヘビノネゴザ	+	+	2	+	+	+	1	V	16

行っているが、慣行的なこれまでの施肥量ではほとんど生育の変化がみられないところもある。木本類をみるとヤシャブシは30~90cm, アカマツは25~50cm, リョウブは10~130cmに生育し、草本類は導入種が衰退しススキ, イタドリがこれに代って表面の保護機能を十分果している。このほかイワノガリヤス, ヘビノネゴザなどが全面的に生立している。表-21, 22は, 施工後5~6年を経過した斜面であるが, 施工当初における導入草種の緑化形成が不良であったかまたは, 衰退後にはススキ, イタドリがこれに代って緑被を保ちつつあるところである。在来植生ではススキの増殖がみられ, このほかイワノガリヤス, ヘビノネゴザなどの侵入定着の早いことがうかがわれる。リョウブは実播によって生立したもののほか, 自然に生立したものが多いたとみられる。表-23, 24は, 施工後2, 3年目の斜面であるが, 導入したW・L・G, ヨモギを主とする緑化

表-21 法面緑被状況(足尾地区・施工後6年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		70	60	60	70	90	90	70		
木本 " (%)		10	+	20	30	60	60	30		
草本 " (%)		70	60	50	40	40	40	40		
出現種数		12	11	10	6	6	6	7		
導 入 種	リョウブ	+	+	1	3	4	4	3	V	85
	ヤシヤブシ	1	+	2					III	43
	ススキ	3	3	1	2	2	2	2	V	99
	イタドリ	1	2	1	1	1	1	1	V	71
	ヨモギ	1	3	1					III	36
	R・T	1	+	+					III	13
	O・G	+	+						II	6
	T i m	+	+						II	6
	K・31・F	+							I	6
	C・R・F		+						I	6
侵 入 種	W・L・G			+					I	7
	イワノガリヤス	3	2	3	+	+	+	+	V	50
	ウド	+		+					II	5
	コオトギリ	+							I	4
	ヒメスゲ				+	+	+	+	III	11
	ヘビノネゴザ		+	+	1	2	2	1	V	39
	コケ							2	I	7

表-22 法面緑被状況(足尾地区・施工後5年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		80	90	60	60	50	50	50		
木本 " (%)		+	+	+	+	+	+	+		
草本 " (%)		80	90	60	60	50	50	50		
出現種類		3	8	5	5	5	4	4		
導 入 種	リョウブ	+	+	+	+	+	+	+	V	18
	ヤシヤブシ	+	+						II	13
	イタドリ	3	4	4	4	3	3	3	V	93
	ススキ	4	1	2	2	3	1	1	V	30
	W・L・G	1	1						II	17
	ヨモギ			+	+				II	8
侵 入 種	イワノガリヤス	+		1	1	+	1	1	V	19
	ヒヨドリバナ		+						I	2
	ヘビノネゴザ	+	+			+			III	6
	シダ	+	+						II	2

表-23 法面緑被状況(足尾地区・施工後3年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		50	60	70	80	80	90	90		
木本 " (%)		+	+	+	10	10	+	+		
草本 " (%)		50	60	70	80	80	90	90		
出現種数		9	10	9	8	8	7	7		
導 入 種	アカマツ	+	+	+	+	+	+	+	V	21
	リョウブ		+	+	+	+	+	+	V	10
	ヤシヤブシ	+	+	+	+	+			IV	30
	W・L・G	3	2	3	3	3	5	5	V	83
	ススキ	2	1	+	1	1	2	2	V	83
	イタドリ	1	1	+	2	2	1	1	V	63
	ヨモギ	1	+	+	1	1	1	1	V	49
	R・T	+	+	+					III	6
侵 入 種	C・R・F	+	3						II	14
	ヘビノネゴザ	+	+	+	+		+		IV	15
種	シダ					+		+	II	18

表-24 法面緑被状況(足尾地区・施工後2年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		70	80	80	70	80	80	80		
木本 " (%)		10	+	+	10	+	10	10		
草本 " (%)		70	80	80	80	80	80	80		
出現種数		10	7	7	8	6	6	6		
導入種	リョウブ	1	+	+	1		+	+	V	14
	ヤシヤブシ	+	+	+	+	+			IV	30
	アカマツ	1					+	+	III	5
	W・L・G	2	3	4	2	4	2	2	V	64
	ススキ	3	3	3	3	2	4	4	V	100
	イタドリ	1	1	1	1	1	1	1	V	40
	ヨモギ	+	+	+	+	+	+	+	V	31
侵入種	C・R・F	+							I	1
	ヒメスゲ	+	+	+	+	+			IV	20
	ヘビノネゴザ	+							I	2
	シダ				+				I	2

工用草はまだかなり繁茂している。しかし3年ころにはかなり衰退してくる状況が推察される。全植被が60%でいどの斜面では、早急に追肥をする必要があり、表土の移動がはげしくならない時点で、緑化の確実な回復、定着をはかることが大切である。実播によって生立したアカマツ、ヤシヤブシ、リョウブなども全面的に残存しており、虫害や、獣害その他凍上害などをのがれれば、林叢形成が十分期待されるところである。

3) 火山堆積物地域

(1) 長野県八ヶ岳地区

調査地は長野県南佐久郡小海町八ヶ岳国有林で、標高は1,800~1,950m附近の亜高山地域である。基岩は輝石安山岩であるが、表層には火山堆積物(ローム)が堆積するところもある。調査地附近は、年平均気温約9℃、最低気温は-22℃以下とみられ、年降水量は1,130mmでいどである。標高が高く、亜高山帯域にあるため、植物の生育期間

が短いえ、凍上等による不安定な表土の生成が多く、施工前に人為的に補助工を行わなければ、導入植物の発生、定着にはきわめて不安定がともなりこととなる。このため、航空実播に先だって、表面の不安定石礫は石筋工として整理して表土の移動を抑制するとともに、植生の定着をはかるために斜面長3m間隔に幅10cmの溝切りを行ない、10~15m間隔に小階段を設けるなどの緑化基礎工が行なわれている。実播種子は高標高地域のため、耐寒性のC・R・F、R・Tおよびホワイトクローバー(Wh・C)、チモシー(Tim)が用いられ、在来植物ではヨモギが混播されている。表土が少ない斜面では部分的に裸地を生じているところもあるが、表-25、26はR・T、C・R・Fなどに

表-25 法面緑被状況(八ヶ岳地区・施工後4年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	常 在 度
全植物被度(%)		100	100	100	90	30	80	
木本 " (%)			+	+	+	+	+	
草本 " (%)		100	100	100	90	30	80	
出現種数		10	10	7	7	7	12	
導入種	R・T	3	5	3	5	2	5	V
	C・R・F	5	3	4	2	1	2	V
	Wh・C	+	+	+		+	+	V
	ヨモギ	+	+	+	+	+		IV
	Tim	2		3				II
侵入種	キイチゴ		+		1			II
	ダケカンバ		+				+	II
	クサイチゴ			+	+			II
	ニガイチゴ					+		I
	ベニバナイチゴ						+	I
	ヤハズハンノキ						+	I
	カラマツ						+	I
	イタドリ	1	+		1	1	+	V
	ヤマホウコ	+	+			+	+	IV
	アズマヤマアザミ	+		+				II
種	ユウガギク	+	+					II
	ノガリヤス		+				+	II
	ウラハグサ	+						I
	フキ						+	I
	シダ						+	I

表-26 法面緑被状況(八ヶ岳地区・施工後3年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	常在度
全植物被度(%)		100	70	70	30	80	90	
木本 " (%)		+	+			+	+	
草本 " (%)		100	70	70	30	80	80	
出現種数		9	10	9	5	11	10	常在度
導入種	R · T	5	4	4	2	5	4	
	C · R · F	2	3	3	1	3	3	
	T i m	2						
	ヨモギ	+	+	+	+	+	+	
侵入種	キイチゴ	+	+				+	III
	バライチゴ		+			+		II
	ダケカンバ					+		I
	シラベ					+		I
侵入種	ヤマハウコ	+	+	+	+	+	+	V
	フキ		+	+	+		+	IV
	イタドリ	+		+			+	III
	アキノキリンソウ	+	+					II
侵入種	オトギリソウ		+				+	II
	ウラハグサ			+		+		II
	ユウガギク					+	+	II
	フジアザミ	+						I
侵入種	ノガリヤス		+					I
	ウド			+				I
	スギナ			+				I
	アズマヤマアザミ					+		I
侵入種	ホタルブクロ					+		I
	スゲ						+	I

よる被覆がよく保たれているところである。なお実播混和材料を団子状に散布するベース方式の実播によったところでは、面的な被覆が十分形成されず、冬期の凍上害などによる影響のはげしい地域であるため、次第に退行し再荒廃に至る斜面もある。侵入植物では木本類はまだ少なく、草本類ではイタドリ、ヤマハウコ、フキ、ノガリヤス、ウラハグサ、オトギリソウなどがみられる。表-27は、古生層の閃緑安山岩質の基盤斜面で、土壌の

表-27 法面緑被状況(八ヶ岳地区・施工後6年)

調査地番号		1	2	3	4	常在度
全植物被度(%)		100	60	100	60	
木本 " (%)		+		+	20	
草本 " (%)		100	60	100	50	
出現種数		12	7	13	10	常在度
導入種	コバノヤマハシノキ(植栽)	+			+	
	ヤマハシノキ(植栽)			+	1	
	ヨモギ	5	3	+	3	
	R · T	5	4	5		
侵入種	イタドリ	4	+	1		IV
	Wh · C	+	2			III
	K · 31 · F	+			+	III
侵入種	ヤハズハシノキ			+		I
	ダケカンバ			+		I
	ヤナギ			+		I
	バライチゴ			+		I
侵入種	ヤマハウコ	+	+	+	+	V
	ホタルブクロ	+	+	+	+	V
	アズマヤマアザミ	+	+	+		IV
	ミゾソバ	+				I
侵入種	ツリフネソウ	+				I
	フキ	+				I
	タネツケバナ			+		I
	オトコヨモギ				2	I
侵入種	ウラハグサ				+	I
	カワラニンジン				+	I
	スゲ			+		I

堆積もみられ、湿度条件もややよいとみられるところであるが、導入種は、R・Tのほかヨモギ、イタドリが多く残存している。侵入種はヤマホウコ、ホタルブクロ、アズマヤマアザミなどがかなり繁茂するところがある。

3. 実播跡地における植生推移の概況

実播施工地における法面緑被形成（種類組成）の実態は前述のようである。各地域内における経年別の調査箇所は、固定地点についての経年的調査ではないため、年次を追って改善がはかられてきた実播内容その他施工条件や、調査箇所の局所的な立地条件にもとづく緑被形態差が大きく現われ、限られた調査地点や調査内容では、植被構成の推移を必らずしも十分考察しうる資料とはならなかった。しかし、経年的な施工跡地斜面からえられた主な地域におけるいくつかの例によって、実播跡地法面の植生推移をみると次のようである。まず花崗岩類地域の恵那山地区における調査資料によって総合的な植被状況をしめした図-1によると、導入植物は、乾燥と瘠悪なこの地域に応じて、W・L・Gが多く導入され、初期の被覆効果を果しているが、立地条件および種の生育特性にもとづく現象として緑被率は漸次低下している。K・31・Fはこの地域では比較的陽光の弱い斜面か表土の多い斜面、そのほか土じょう湿度条件のよいところに生育がかたよっている。しかし、K・31・Fの生立したところではW・L・Gにくらべて顕著な衰退はみられない。R・Tも初期の生育は旺盛であるが、漸次退行するのがみとめられる。またこの地域では在来草本類の侵入生立は比較的少ないが、ヤマホウコ、ススキなどが徐々に増加するのがみとめられる。木本類の生立はまだ少なくコナラ、リョウブ、ヨグソミネバリーなどが一部に点生するていどである。全般的には初期に緑被が全面的に形成された斜面では、導入植生の退行につれて自然植生、植栽樹種などによる緑化形成がすすみ、全植被は維持されている。図-2は、導入植物と侵入植物を総括した草本類、木本類別の経年的な傾向をしめしているが、施工初期から緑被形成がよく、導入木本類の活着のよい斜面では、草生による一定の地床被覆を保ちながら、木本の生長が進行しているのがうかがわれる。なお図-3は、法面植被を生活型別、経年別にしめしたものである。前述のように、今次調査における経年別の調査は、固定地点の経年資料ではないので、厳密な経年的変化とはいいがたいが、生活型別の組成は植被の推移をかなりしめしている。全般的には数年の経過にすぎないのでまだTh（1年生植物）、H（半地中植物）が優占する初期植生であるが、木本類は植栽したものほかにもかなり生立しはじめているところがある。図-4は花崗岩類地域の新潟県薬師岳国有林地内の資料であるが、全般的な植被形成の傾向は恵那山地域に類似している。なお、法面植生の生活型を経年別にしめした図-5でも、草本類の構成の状況と、木本類の構成の推移は、

概括的に一定の進行的な変化をしめしていることがみられるが、木本類は年次による施工条件または斜面表土条件による変化が大きく、3年目におけるM（木本）は、活着生育のとくにより地区である。図-6は、花崗岩類地域の丹沢山地区の資料で、木本類は、航空実播工による草本との混播によって生立したものであることに、とくに注目する必要がある。混播によっても、木本の生立、林叢形成が十分達成されることがしめされている。また図-7は、花崗岩類地域の比良山地区における資料であるが、木本類は導入種のアカマツ、ヤシヤブシの生育は良好であるが、侵入種の生育は緩慢である。中・古生層地域における栃木県足尾地区の法面植生の被覆状況および生活型組成の経年的な状況は図-8、9のようである。施工初期から被覆が保たれている斜面では、導入植生は3～5年ころまでにはかなり進行するが、これに代ってススキ、ヘビノネゴザ、イタドリなどが定着するので、地表の保護機能はかなり保たれている。木本類で優占するものは導入種のアカマツ、ヤシヤブシ、アカマツなどが、侵入植物ではリョウブがかなり定着しはじめている。

4. 緑化不良地、早期衰退地の手入れ保育

1) 緑化衰退地における追肥試験

緑化工施工地における施肥（基肥および追肥）の効果は一般に顕著で、施工当初の生育不良や衰退傾向の緑化斜面では、追肥を欠くことはできない。従来、事業が継続的に行なわれている現地では、追肥管理が行なわれているところが少なくないが、実際には最も効果的な施肥期や立地条件に応じた施肥内容については、必ずしも適切に行なわれているとはいいがたい。従来、施肥については、荒廃地以外の分野も含めて多くの施用例があるが、一般に慣行的、かつ画一的な施用が定着している。もちろんこれまでの施用期、施用量などの例は、多くの研究結果や、経験的な認識によるものではあるが、荒廃地の劣悪な基盤を念頭にければ、荒廃地における恒続的な緑化復旧には植物の生育環境の好転をはかることがまず基本とされるべきものと思われるが、この点からは十分適切な施肥内容とはいいがたい。一般にこれまで緑化斜面に施用されている施肥量は、まず基肥の場合では、窒素成分で10～15 g/m²ていどで、ことに実播の際液肥を用いる場合は薬害を配慮して10 g/m²が安全な限度とされている。また追肥を行なう場合も、基肥の半量以下とする考えが普通である。しかし、本来このていどの施肥量は、苗畑や一般の耕作地等における良好な地盤のところにおいて、一定の生産量をうる場合に適当な施肥量とされているものである。これに対して劣悪な基盤では有効な養料が極めて少く緑化不良や早期衰退を生ずる斜面では、根本的な対応が異なるべきものであろう。つまり養料条件が著しく異なるものであることを十分認識する必要

がある。すなわち、いま林地土じょうに含まれている養料をみると表土30cmに含まれる窒素量は、150~1,100g/m²とされるが、これに対して花崗岩荒地や、褐色ロームなどの基盤における養料は、わずか5~50g/m²とみなされるにすぎない。ところで、圃場やその他良好な土じょうにおける施肥では10~15g/m²でいど用いているのに、瘠悪な斜面でも一般にこれと同じていどの施肥量に限られているのが実態である。いま、緑化被覆に効果的な草生量が、200~500g/m²でいどであるとすれば、これに相当する窒素量はすでに約5~15g/m²となるが、地山土じょうや未熟土じょうでは、施用した肥料の流亡や土壌粒子への吸着が多く効果が著しく低下するのであるから、実播跡地で衰退が生ずる斜面が少なくないのも当然である。もっとも施肥の重要性が認識されていても、一時に多量に施用すれば、肥料による薬害や、流失量が多いことから、一回の施肥量には一定の限度がある。施工初期の施用量に制約があるとすれば、瘠悪斜面では必然的に早期に追肥を行なって、養料の補給をはからねばならないものである。従来、追肥は一般に基肥よりも少なく施用されているが、荒地において持続的な緑被を形成するためには、立地条件に応じて基肥と同じていどかささらに多くすることが望まれる。ことに草生後の斜面では後述のごとく20~30g/m²以上の施肥でも全く肥料ヤケの影響はみられなかったことから、劣悪な荒地斜面では、まず、植物の生育が十分促進される基盤条件をつくる必要がある。つぎに、追肥方法に関して現地に設定した試験プロットにおける結果について考察してみると次のようである。表-28は施肥内容で、肥料の種類は普通の化成肥料とコーティング

表-28 施肥内容(窒素施肥量)

試験区 施肥量	試験区	
	A	B
N 5	(g/m ²) 5	(g/m ²) 5
N 20	20	20
N 40	40	40
Cont	0	0

※ A:コーティング肥料

B:粒状化成肥料

表-29 施肥による衰退植被の回復

試 験 区	A												B								Cont
	5				20				40				20				40				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
窒素施肥量(g/m ²)	100	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
く り 返 し																					
全植物被度 (%)	100	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	
木 本																					
草 本	100	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	
出現種数	3	6	8	8	5	8	8	9	5	5	5	5	4	5	5	6	4	4	4	4	
W・L・G																					
K・31・F																					
O・・・G																					
C・R・F																					
T																					
Wh・C																					
B・M・G																					
ス																					
ヒメムカシヨモギ																					
ヤクシソウ																					
ヒメスズイバ																					
ノガリヤス																					
アメリカセンダングサ																					
リュウノウギク																					
ヒメジョオン																					
ヤマハギ																					
カラサズ																					
ウツギ																					
ヘクソク																					
ク																					
乾燥平均値(g/m ²)	3713	5773	7903	3817	4503	6907	2510														
Cont.に対する割合 (%)	148	230	315	152	179	275	100														

肥料(緩効性)を用い、施肥量は窒素5, 20, 40 g/m²とした。対象地は、中・古生層の礫質基盤で、導入植生はW・L・Gを主とし、ススキが混生した疎生斜面である。施用当年における緑被状況は、表-29のようである。なお風乾重量によってしめすと図-10にみられるように、劣悪基盤における衰退斜面では、従来のような5 g/m²では多少の効果はみられても、短期間に再度衰退現象がみられることが少なくないように、まだ養料がいかにか不足しているかをしめしている。この施肥効果は決して必要以上の生長量をしめしているものではなく、劣悪な荒廃斜面では施工当初にはまず、地盤に十分定着した緑被を構成し、かつそれによって自らも基盤培養をはかりうるまで維持・保育されるのでなければ、恒続的な緑被形成が促進されないことをしめしている。

2) 施工方法と手入れ保育

航空実播工は、本来省力的な工法であるため、基盤安定のための土木的基礎工が行なわれがたいことや、追肥が必ずしも適期に十分行なわれがたいこともあって、瘠悪な基盤斜面や気象条件のきびしいところでは、緑化形成がかなり不良な結果を来すところも少なくないのが実情である。しかし、航空実播工の開発以来10年前後を経過し、この間緑化資材(適種子、混播方法、肥料、養生材その他混和材)および施工方法については多くの試行が行なわれ、諸種の改善・開発が加えられてきた。一部可能な地域では、積極的に斜面基礎工を施工することが考えられ、斜面に幅10cmでいどの簡易な筋切りや、幅30~60cmの小階段を1.5~3.0m間隔に行なう方法のほか、1.0~1.5m間隔に擁壁や階段が施工されている場合もある。現地を観察され考察されたこれらの工法について、施工後の手入れ保育と関連して考察されたことを概括的にのべてみると次のようである。

(1) 普通実播跡地の手入れ保育

航空実播工の大部分は、斜面の整備を行なわないまま荒廃裸地に実播資材を直接散布する方法によっている。この場合一般に傾斜が緩いところや、表土の保たれているところでは緑化形成が十分保たれている。しかし、花崗岩その他の瘠悪かつ乾燥し易い斜面では、これまでのような施工当初の実播資材のみでは、十分な緑化形成が得られないところが生じてくる。このようなところでは、施工後可能なかぎり、できれば施工当年(1~3ヵ月後)に追肥を行なうことができれば、顕著に緑化形成を好転しうる場合が少なくないと考えられるものである。適期の追肥が確実に行なわれれば、航空実播工をはじめ、一般吹付斜面等においても、省力的な特性を十分活かした確実な緑被形成技術が確立され、効果的な近代的緑化工法として定着しうるものと考えられるものである。

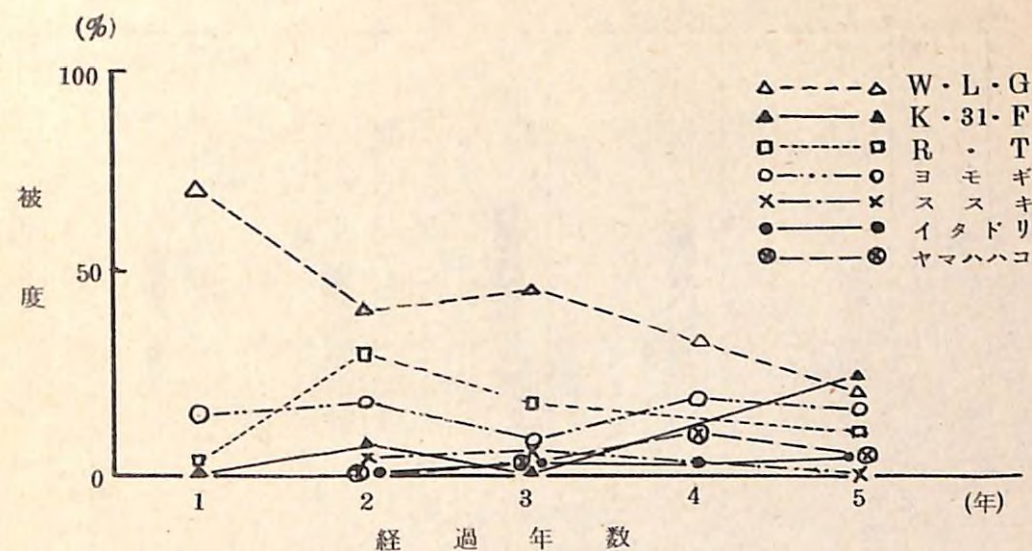


図-1 法面植被の推移(恵那山地区)

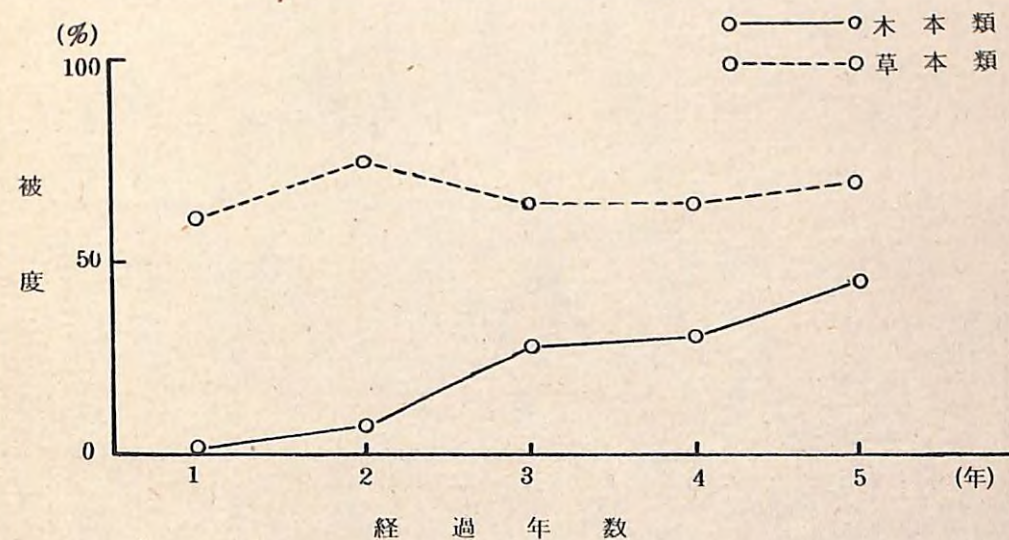


図-2 法面植被の推移(恵那山地区)

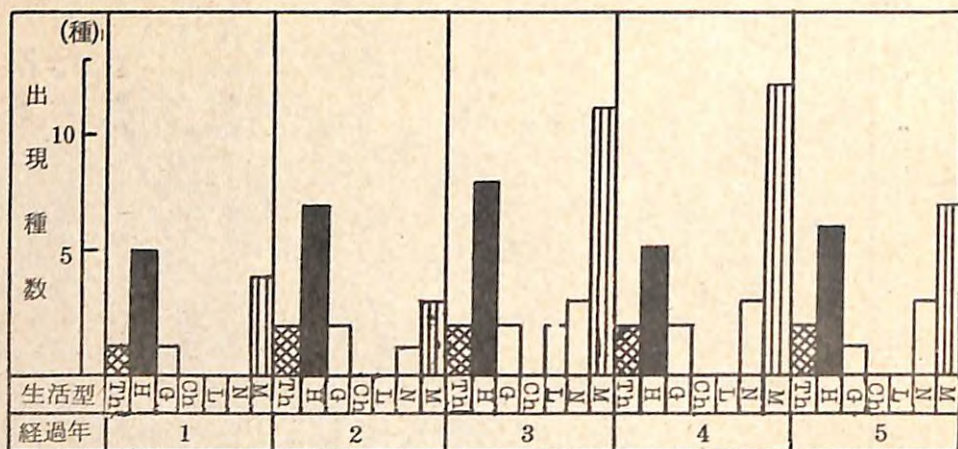


図 - 3 法面植被の経年別生活型組成 (恵那山地区)

生活型: Th・1年生植物, H・半地中植物, G・地中植物
Ch・地表植物, L・つる植物, N・低木, M・高木

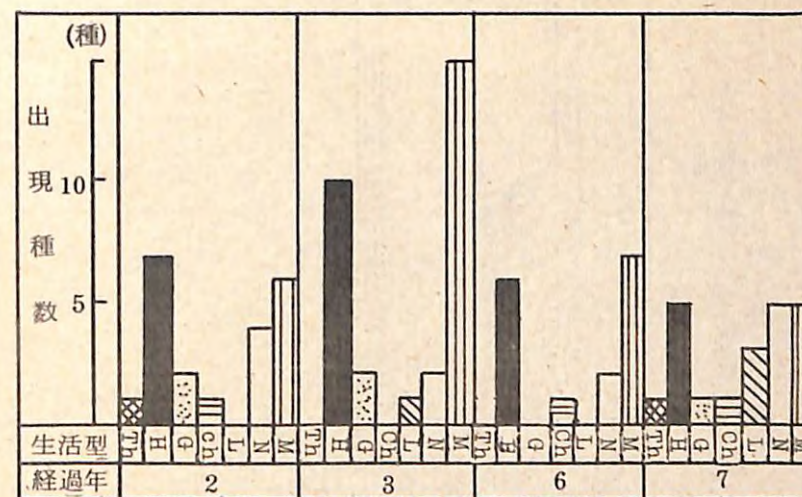


図 - 5 法面植生の経年別生活型組成 (薬師岳国有林地区)

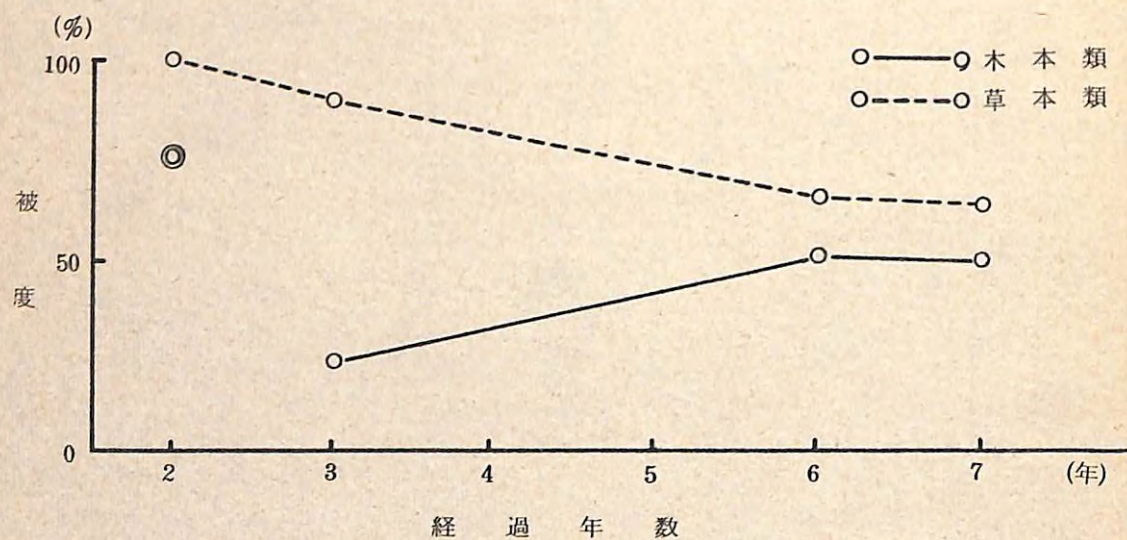


図 - 4 法面植被の推移 (薬師岳国有林地区)

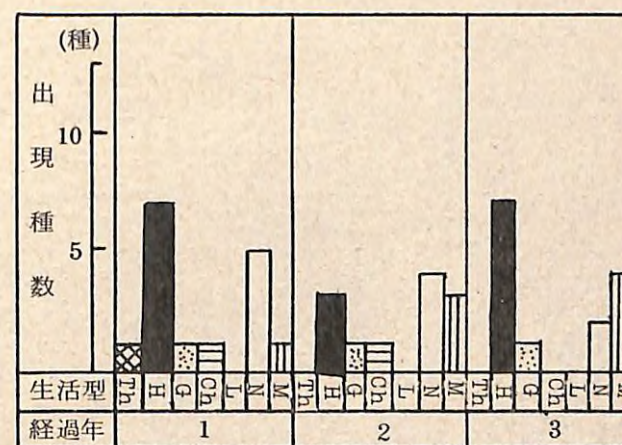


図 - 6 法面植生の経年別生活型組成 (丹沢地区)

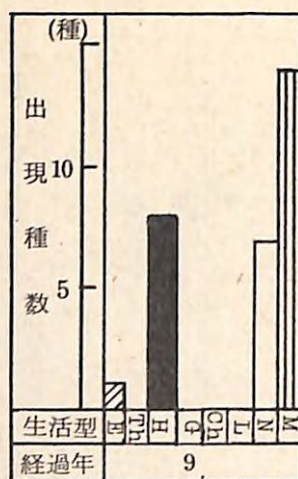


図 - 7 法面植生の生活型組成
(比良山地区)

E. 着生植物

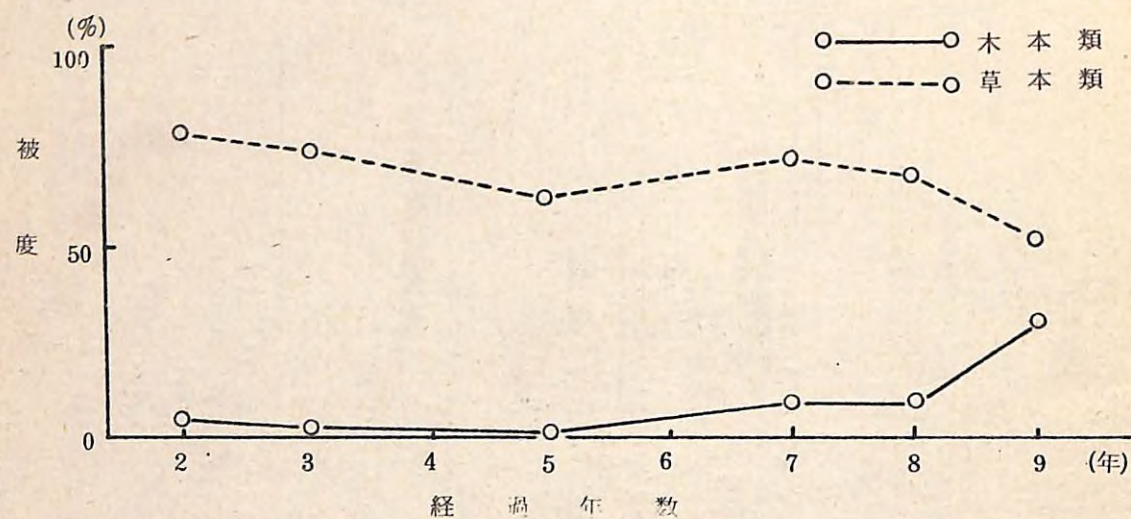


図 - 8 法面植被の推移 (足尾地区)

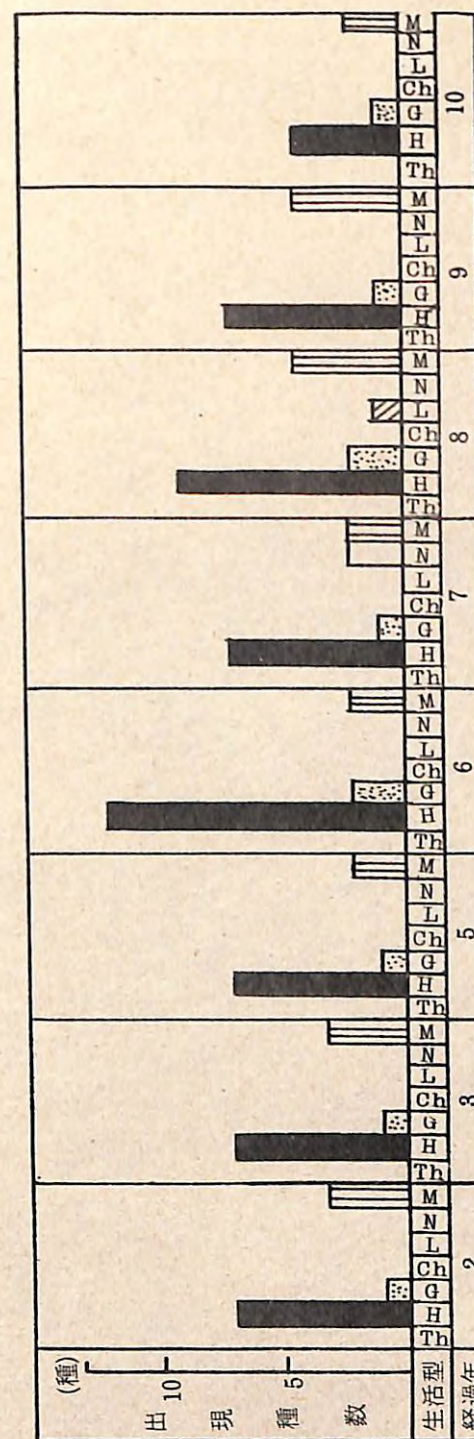


図 - 9 法面植生の経年別生活型組成 (足尾地区)

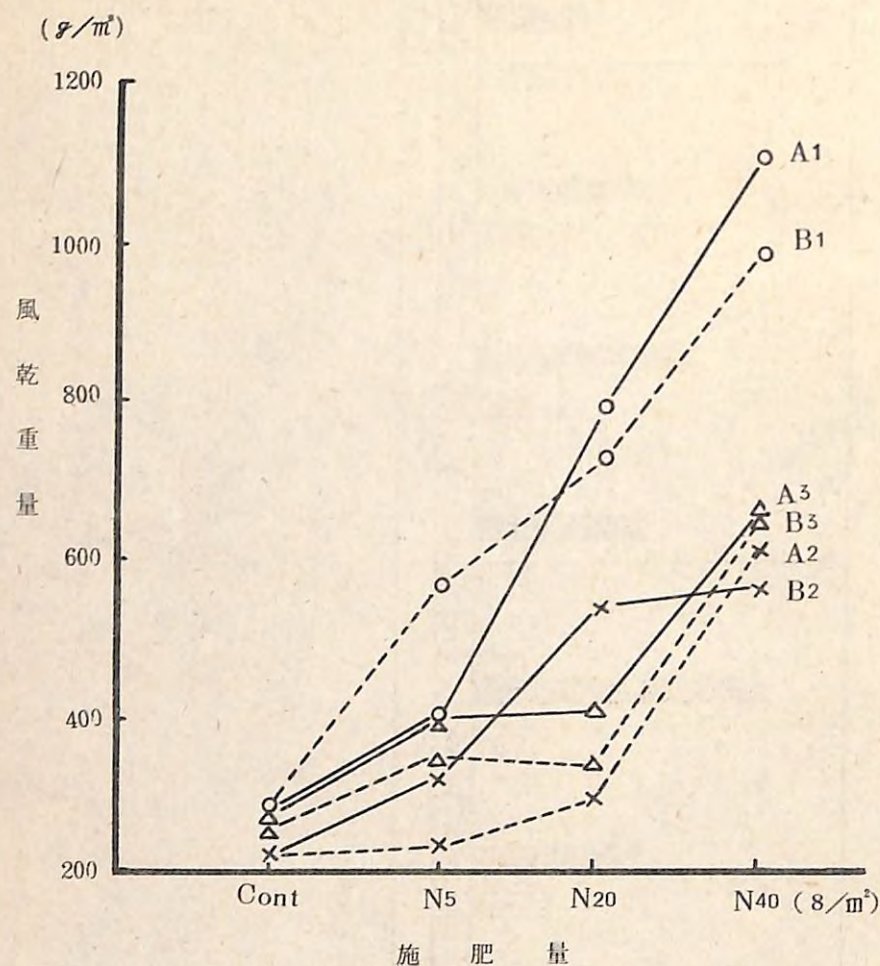


図 - 10 施肥量と衰退植被の回復

(2) 基礎工併用実播跡地の手入れ保育

瘠悪な斜面における初期緑化の不良を改善するため人的に緑化基礎工を行ないうる地理的、地況的条件のところでは、斜面に幅・深さ5～10cmでいどの小溝を切り、あるいは30～60cmでいどの階段を切りつけることも行なわれる。これによって急斜面や乾燥の著しい斜面では実播材料の定着および発芽・発生のための条件がかなり有利となる。ことに冬期の凍上害などによって崩落しがちな斜面では、筋工部分に緑化形成が保持されて効果的である。しかし、筋間斜面は依然として、必ずしも緑化が十分でなく、そこから次第に裸地化することも少なくない。従って急斜面や、筋間が長い場合には、全体の緑化形成は十分えられないこともある。施工初期には緑化が面的に形成されることが肝心であり、この点からは小溝や筋間隔がせまいほど有利ではあるが、筋を多くすれば人力を多く要することや、浮土砂を多く生ずる結果にもなるため、強雨や凍上によって、侵食を生ずるような弱点を残さないように留意することが必要である。小溝・筋工施工によっても、筋間斜面の衰退がみられる場合には、遅滞なく早期に追肥を行なう必要がある。

なお、筋工小溝部分には、斜面から流下する種子が集まるため、木本類を混播してもこの部分では草本との競合がきびしくなることが多いので、木本は必ずしも容易には生立が期待できないものである。したがって階段や筋切りなど、人的施工が行なえるところでは、周辺植生の木本枝系を長さ30～100cmでいどにして柵状に埋幹導入し、施工初期の土砂の移動抑制や、林叢形成の促進をはかることが望ましいことといえよう。埋幹に活用しうる木本類としては、ウツギ、ノリウツギ、ニシキウツギ、ヤナギ類、ツツジ類、アキグミ、コアカソ、リョウブ、アセビ、イヌツゲなどがある。

(3) 植栽先行実播跡地の手入れ保育

生長の早い草種を多く活用したこれまでの実播工跡地では、混播による木本類の生立がはばまれることや、在来木本類も容易には侵入しないことが問題とされている。また、草生地へ苗木を植栽しても活着がわるく、草生との競合のため漸次消滅することも少なくないようである。このほか、草生斜面へ植穴を掘ると、植被がかなり埋没し不安定土砂を生じ、急斜面では土砂の移動や再荒廃を来すことがあるのも問題とされる。このため、最近では苗木植栽を先行してから実播を行なうことも試みられるようになっている。

航空実播工は、もともと地理的、地況的に人力施工が制約をうけるところに行われることが多いものであるから、実播に先行して苗木植栽を行うことは、何れの地域にも適用しうるものではない。しかし、立地的条件がよく、人力施工が可能などところでは、林叢形成

促進のために重要な検討課題といえる。先行植栽によって木本の導入をはかった跡地はまだ少ないので、その実態を十分把握することはできないが、これまでの施工地において観察されたところをみると次のようである。

植栽のための基盤整備は必ずしも十分行えるものではないが、擁壁工やPNC板工、あるいは古タイヤ等によって土止工を行ない、この部分の段上にクロマツ、ヤマハンノキ、オオバヤシャブシ、イタチハギなどを導入したところや、作業の便も配慮して設定した階段に植栽したところは活着および生育がかなり保たれている。しかし、斜面部分への直接的な植栽は簡易な穴になるため、腐蝕な花崗岩類やそのほか地盤の硬いところでは、活着もわるくその後の生育も十分ではない場合が多い。斜面への植栽は可能なかぎり植穴を大きくするほか、施肥を多くして生長を促進する必要がある。草本の根系との競合を考慮すれば、草本の草丈以上に樹草が保たれるような比較的大きな苗を用い、根系部も深めに導入されることが望まれよう。

先行植栽における苗木の活着や、生長促進、林叢形成への技術的な検討、改善に関しては今後多くの問題が残されている。いずれにしても、植栽作業によって生ずる不安定斜面を、実播工によって確実に被覆固定することが大切で、必要によって早期の追肥手入れを怠ることはできない。

3) その他手入れ保育

(1) 追 播

施工初期の生育不良斜面や施工後の崩落部分では、可能な限り早期に追播手入れを要することはいうまでもないが、このほか、衰退の顕著な斜面でも追播が望まれ、草丈の低い草本斜面や植被が60～70%でいどの法面植被のところでは、木本類を追播導入することが配慮されてよい。しかし、追播を行う際には種子が地表に密着して、発芽および初期生育に必要な湿度条件がえられなければ効果があがらないので十分な注意がいる。衰退斜面でも草生がまた比較的面的に残存する斜面への木本類の追播については、さらに基礎的な検討をまたなければならないことが多い。

(2) 虫害、獣害

実播斜面および木本植栽斜面を通じて、緑化跡地は比較的単純な種類構成の植生となるため、時には虫害がかなり発生することがある。在来草種でもイタドリ、ヨモギなどはマダラカミキリの中間寄主となり、ヤマハンノキ、ヤシャブシ類、ニセアカシアなどの根元・幹部を食害し、根倒れや枯損を来すことが少なくない。また、根粒樹木類は、樹種によ

ってハンノキハムシ、シャクトリムシ、コガネムシなどの食害をうけることも少なくない。被害のひどいときには薬剤による防除対策を要することもあるが、適期に十分行ないない難いものであるから、やはり肥培管理によって生育を旺盛に保持することが重要と思われる。

また、航空実播跡地に限らず導入木本類はウサギ、カモシカ、シカやネズミなどによる食害をうけることが少なくない。萌芽再生しやすい広葉樹類は比較的よいが、マツ類やヒノキ、スギ、モミ、カラマツなどの針葉樹類は食害の影響は甚大である。獣害については、忌避剤やビニール袋や多種ネット、防護柵などによる防護対策もあるが、いずれも万全ではなく、それに要する経費も少なくないものである。

実播による林叢形成跡地などの観察からは、草生地に混生した2～3種類の木本が、密度がたかく生立するところでは、全体としての被害は軽減され、肥培管理によって積極的な生長をはかれば、林叢形成が達せられるようにみられる。

IV 総 括

航空実播工が開発されたのは昭和38年頃であるが、その後各地で試行が重ねられ、山地荒廃地における早期の緑化回復に定着した工法となってきた。この調査では短期間にできるだけ広い地域を対象に、全般的な緑被形成の実態と恒続的緑化への誘導のための手入れ保育に関して、その要点となる事項を明らかにしようとした。もっとも、航空実播工跡地は、最初の頃に行なわれたところでもまだ10年前後にすぎず、多くは数年程度のところで、木本植生による叢生～林地化をみるところは少ない。したがって、施工の初期における緑化不良斜面や、衰退斜面における緑化回復のための手入れ保育に関することなどが現実的な検討事項となった。

また、集中的に施工が行われた地域でも、調査はごく限定された箇所となり、全国的な立地条件からみてもごく限られた地域を調査したにすぎないので、必ずしも十分な検討考察とはならなかった。しかし、一部地区における追肥等に関する現地プロット試験等とも併せて、手入れ保育に関する基本的な要点についての指針はえられたものといえよう。次に考察された要点をまとめてみる。

航空実播工は、一般に植生導入のための基盤整備が行われないうまま、荒廃斜面に直接的に軽度の緑化資材を散布するものであるから、緑被形成が立地的条件に影響されやすいこともあるのはやむをえない。しかし、施工当初における不利な緑化形成も、施工後の追肥を主とした手入れ保育によって効果的に強化しうるところが少なくない。

施工方法別の実態について保育的な見地から考察されるところをみると a) 基礎工を行わず

に荒廃斜面に直接散布する方法が普通であるが、花崗岩類地域をはじめとする急斜堅地盤その他瘠悪・乾燥斜面などでは、導入植物の顕著な早期衰退箇所も少なくなく、早期の手入管理が大切である。導入植物の衰退斜面では在来植物の侵入生立も少ないので、裸地化が進行する前に、適切な追肥管理が必要である。立地条件と実播内容によっては翌年早期はもちろん、施工当年中に行なうことができれば、緑化維持が効果的に形成される場合も少なくない。施肥量は慣行的な施用に限らず、衰退の著しいところでは、窒素成分で $10 \sim 30 \text{ g/m}^2$ を弾力的に施用することができれば、瘠悪地盤における緑化形成は一層促進されると思われる。b) 実播に先だってあらかじめ斜面に簡易な筋切、階段を設ける場合は、急斜地、乾燥、貧養地などでは効果的である。しかし、凍上そのほか立地条件のきびしいところでは斜面部分の衰退裸地化を生ずるので、前述

a) のような早期の追肥管理が大切である。なお、緊縛効果のたかい林叢形成促進のため、筋切、階段等には発根しやすい木本枝条を活用した埋幹方法の検討が望ましい。c) 実播に先行して木本類を植栽する方法では、瘠悪な基盤では苗木の活着の向上や、生育促進が今後の検討課題である。草生緑化や衰退斜面の回復には前述のように追肥管理を的確に行うことが大切である。

なお、これまでの実播内容では、一般に混播による木本植物の生立はきわめて少ないが、混播割合を改善したところでは、実播によって数種の木本が混生生立するところもみられる。草生量の少ない斜面では施工後3～4年ころから木本類の生立がみられるようになる。瘠悪な地盤ではこの時期に施肥管理を行って木本類の生育を促進すれば、林叢形成には一層効果的と思われる。

なお、直接技術上の問題ではないが、実播による林叢形成をはかるためには、緑化工に適性のたかい木本種子の生産増強が必要である。