

急斜法面における緑化工法

急斜面における緑化工法(116・6)

I 試験担当者

防災部治山科治山第2研究室 岩 川 幹 夫

” ” 原 敏 男

II 試験目的

近年の緑化工は機械力主体の播種緑化工が主となっているが、林道開設に伴う切取り法面やその他の人工裸地では、表土の欠亡した急斜面基盤となるところが多く、従来の施工にみられる軽質な緑化材料とともに行われる散布播種工による一次施工だけでは、緑化不良や裸地化に至るところも少なくない。また法面に導入された外来緑化工用植物が、周辺植生に及ぼす影響の有無も問題とされている。このため、林道切土法面等を主とする急斜面瘠悪基盤における恒続的な緑化形成方法について新たな技術指針を求めるとともに、施工地周辺における導入緑化工用植物の実態についても明らかにする。

なお、法面の滑落、崩壊によって裸地化を生じているところは、法面造成の設計に基本的な問題を含む場合が少なくないとみられるが、この研究では一応これとは区別し、瘠悪な法面基盤に起因するとみられる施工初期からの緑化不成績や、経年的な衰退を来していると思われる法面を対象とし、主として植物の生育促進の面から緑化回復、緑化改善のための技術指針をもとめる。

III 試験の経過と得られた成果

1. 研究経過の概要

林道法面における緑化不成績地および不成績要因の実態を把握するため、全国各営林署管内における緑化不成績林道について、立地条件、施工条件等に関する照会資料をもとめた(昭和52年度)。また、照会資料における主な現地について、緑化形成および導入植物の周辺植生に及ぼす影響等に関する実態調査を行って緑化困難要因について検討を行った(昭和52年～54年度)。

なお、緑化不成績地における、植生の回復、繁茂促進方法を明らかにするため一部の現地に試験プロットを設けて検討した(昭和53～54年度)

2. 緑化不成績要因の実態

表 - 1 - a 緑化不成

局 名	署 名	林 道 名	林道長	地質・基岩	節 理	土 質
旭 川	朝 日	甲一線	2.5 ^{km}	ローム	—	粘性土
	美 瑛	水楽右沢	4.3	ローム	—	礫 土
	北 見	滝 上	矢口沢	粘板岩	斜 走	礫 土
	丸 瀬	布 武利本流山彦線	4.3	溶結凝灰岩		礫 土
	留 辺	葉 富士見	5.7	北見富士層	破碎大	礫土, 軟岩
	置 戸	共 栄	4.2	安山岩		粘性土
	斜 里	知 床	24.4	安山岩	斜 走	軟 岩
帯 広	新 得	ユートムラウシ	24.1	凝灰岩	流盤(大)	粘性土
	〃	ヌブントムラウシ	16.8	溶結凝灰岩	流盤(大)	礫交り軟岩
	〃	シートカチ	9.8	粘板岩	流盤(大)	礫 土
	上 士 幌	不二川迂回	4.3	ローム	—	粘性土
	〃	糠平川迂回	21.5	ローム	—	粘性土
札 幌	(熊追)岩見沢	熊追沢	3.4	古生層(頁岩)	斜 走	軟岩, 粘性土
	岩 見 沢	桂 沢	7.9	古生層(頁岩)	斜 走	軟岩, 粘性土
	〃	芦谷地沢	4.9	古生層(頁岩)	斜 走	軟岩, 粘性土
	白 老	竹 浦	2.4	ローム	—	軟岩, 礫土
	静 内	東の沢	36.4	チャート	斜 走	軟岩, 岩石
函 館	岩 内	小川大滝ノ沢	1.1	第3紀	破 碎	岩石, 礫岩
	東 瀬 棚	小川笹口ノ沢	3.7	花崗岩	—	マサ土
	森	釜 別	9.8	安山岩	柱状斜走	砂壤土
	木 古 内	亀川桂ノ沢	1.1	古生層	破 碎	粘性土
	函 館	湯ノ沢	12.2	第3紀	流 盤	軟 岩

續法面の実態(立地状況)

法面傾斜	法 面 長	法面方位	標 高	年平均気温	平均最低気温	年降水量	積 雪 深
51°	3 ^m	W-E	780 ^m	6.4°	-8.1°	2040 ^{mm}	2.1 ^m
51	7	N-E	960	5.2	-0.4	883	1.9
45	8	W	300	6.8	-1.6	604	0.7
45	9	S	405	5.5	-1.4	781	1.6
45~52	7	NNW	500	4.4	-3.1	800	1.6
40	7	S85W	510	6.5	-2.7	568	0.3
63	20~30	W	150	—	—	—	1.5~2.0
45	8	SW	740	3.0	-0.5	800	2.5
45	12	E	730	3.0	-0.5	800	2.0
45	15	S	380	5.0	-0.5	700	1.5
45	10	N	960	5.8	0.1	977	2.5
45	4	E	340	5.8	0.1	977	2.0
51~59	3~15	SE, E, NE	200	7.5	-2.2	1200	2.0
45~73	5~12	ES, N, SE	200~280	7.5	-6.7	1200	2.0
51~59	3~15	NE, E, SE	220~280	7.5	-6.7	1200	2.0
42~50	6~12	NE, S, E	120~340	8.0	3.0	1800	0.6~1.5
45	20~40	E	180	2.0	-6.0	1041	0.7
50	9	NW	200	8.9	5.0	1300	2.0
45	8	NW	300	7.6	3.4	1050	2.0
48	9	S	280	8.6	2.7	853	1.3
51	7	NE	200	5.3	3.2	883	1.3
39	25	SE	80	9.1	4.8	781	1.3

表 - 1 - b 緑化不成績

法面の実態 (立地状況)

局 名	署 名	林 道 名	林道長	地質・基岩	節 理	土 質
青 森	青 森	喜瀬子内	9.7 ^{km}	凝灰岩	流盤, 破碎大	礫 土
	黒 石	雷 山	8.6	石英安山岩	流 盤	砂 土
	三 本	木 養老沢	10.2	凝灰岩 (シラス)	斜 走	砂土, 軟岩
	川 井	薬師川	11.9	古生層	流 盤	粘性土
	白 石	高千森	10.5	花崗岩	斜 走	軟 岩
	秋 田	早 口	19.7	ローム	一	礫 土
	能 代	檜 山	15.0	頁 岩	破碎大	軟 盤
	和 田	河 北	28.0	花崗岩	破碎大	軟 盤
	生 保	内 柳 沢	3.3	シルト質ローム	流 盤	砂 土
	向 町	大 森 山	4.8	花崗岩	流 盤	粘性土
前 橋	平	戸 渡	4.3	花崗岩	流 盤	軟盤 (マサ土)
	喜 多	方 極 入	1.0	古生層	流 盤	粘性土
	矢 板	西 荒 川	1.3	ローム	流 盤	砂 土
	前 橋	滑 川	5.8	ローム	流 盤	礫 土
	六 日	町 小 松 原	14.7	ローム	斜 走	粘性土
	東 京	水 戸	1.9	古生, 古紀層	破碎大	礫 土
	平 塚	富 士 見	7.8	関東ローム	風 化	軟 岩
	静 岡	西 白 塚	2.9	火山砂礫層	斜 走	砂土 (一部粘性土)
	千 頭	南 赤 石	33.6	砂 岩	受 盤	土砂, 軟盤
	水 窪	戸 中 山	8.4	古生層, 粘板岩, 砂岩	破碎大	砂壤土
長 野	長 野	鳥 居 川	6.3	ローム		粘性土
	駒 ヶ 根	青 木	9.2	古生層	破碎大	砂 土
	奈 良 井	賛 川	5.5	古生層	破碎大	軟 岩
	上 松 運 輪	御 岳	21.0	花崗岩	破碎大	粘 土
	三 殿	赤 ナ ギ	3.0	花崗岩	破碎大	砂 土

法面傾斜	法面長	法面方位	標 高	年平均気温	平均最低気温	年降水量	積 雪 深
60°	18 ^m	N	200 ^m	9.0°	4.0°	1450 ^{mm}	3.6 ^m
59	10	N	650	6.0	2.0	1260	2.5
60	16	NW	520	10.0	3.0	1400	4.0
50	18	N	580	8.0	4.0	1181	0.5
30	12	W	820	9.0	4.0	1810	2.3
53~55	15	N	500~520	7.0	4.9	1900	3.0
42	15	S	40	10.0	5.5	1830	1.3
60	10	S	620	7.0	2.8	2024	3.0
51	9	E	810	9.0	3.7	2545	1.6
60	13	W	340	11.8	5.7	1421	15.6
50	8	N	600	12.0	8.3	1250	0.4
50	10	S	500	12.0	6.3	2000	2.5
51	8	N	560	14.0	7.1	2500	0.3
45~50	12	S	900	12.0	9.2	1755	0.3
55	8	SE	1060	10.0	6.6	1014	6.0
60	13	W	340	12.2	3.0	1595	0.3
50~60	10	N	880	9.9	6.7	2430	0.3
59	7	S	1200	10.2	5.6	2000	0.3
60	15	E	1300	10.0	-1.2	3500	1.2
50	10	N	780	11.0	9.0	3329	0.5
50	8	NW	1100	11.3	8.0	1499	1.5
50	12	NW	1800	11.0	5.4	1949	0.8
70	12	E	1250	10.2	4.7	2046	1.0
55	8	W	1600	9.5	4.2	2342	2.0
50	6	NE	1200	10.6	6.6	2840	0.8

表-1-c 緑化不成績

法面の実態(立地状況)

局名	署名	林道名	林道長	地質・基岩	節理	土質	質	法面傾斜	法面長	法面方位	標高	年平均気温	平均最低気温	年降水量	積雪深
名古屋	神岡	切雲	10.9 km	花崗岩深層風化	風化	礫土	土	50°	10 m	E	1000 m	8.0°	-6.7°	1950 mm	2.5 m
	久々	野黒川	1.7	濃飛流紋岩	流盤破碎大	軟岩, 礫	土	70	8	W	1000	9.2	3.9	1981	1.2
	下呂	御所野	7.3	濃飛流紋岩	流盤破碎大	ボドゾル		48	7	NE	1440	11.1	2.2	3442	0.9
	中津	川恵那山	19.5	花崗岩	花崗岩風化	砂土		60	10	SW	920			2783	0.3
	荏川	いわの谷	1.4	手取層砂岩	砂岩	粘性土		40	6	SW	920	9.5	4.0	2550	2.5
大阪	敦賀	黒河幹線	10.0	花崗岩	斜走	砂土軟盤		50~70	7	N	500	12.0	3.0	3000	2.0
	尾鷲	大台	39.0	中生層砂岩頁岩互層	破碎大	軟岩		60~70	6~7	NW	1100	5.0	5.0	4000 ~ 6000	0.5
	山崎	カンカケ	10.1	花崗岩	流盤	砂土軟盤		60	8	S	800	11.0	2.0	2000	0.2
	倉吉	山口奥	1.5	安山岩	流盤	砂土		51~59	18	N	500	14.0	1.0	1500	2.0
	鳥取	東因幡	18.6	安山岩	斜走破碎	粘性土, 軟盤	軟盤	60~70	8	SW	900	7.0	4.9	2200	2.5
高知	西条	木地奥	13.7	花崗岩	破碎	砂土		51~59	6	N	800	13.0	10.0	3200	0.3
	松山	小田溪山南岸線	1.7	古生層輝緑凝灰岩	受盤	粘性土		59	6	NE	750	12.0	14.0	2040	0.3
	高知	瓶ヶ森	26.5	三波川層緑色片岩	受盤	粘性土		59	8	SW	1450	5.0	20.0	3000	2.0
	安芸	加勝	11.2	中生層頁岩	破碎	軟盤		60~70	5~15	NW	650	20.0	5.0	3960	0.02
	奈半利	野川	18.4	中生層砂岩頁岩	受盤	軟盤		71	8	W	800	20.0	5.0	3500	0.03
熊本	福岡	猪野	0.4	古生層	破碎大	粘性土硬岩	岩	30~35	8	N	500	16.0	10.9	2100	0.01
	八代	大通越	0.6	頁岩, 安山岩	破碎大	粘性土硬岩	岩	27~35	5	N	900	19.1	10.2	2129	0.3
	中津	寒田	0.4	安山岩	崖錐	礫土硬岩		17~35	4	NWSE	600	12.4	5.4	2660	0.7
	小林	白髪岳	0.7	頁岩	斜走	礫土硬岩		20~35	6	N	700	15.0	0.3	2766	0.8
	出水	東平	1.1	頁岩	斜走	粘性土硬岩	岩	27~35	6	W	600	17.0	0.4	2300	0.1

表-1-d 緑化不成績法面の実態

林道名	緑化施工年度	緑化工種	主な導入植物	緑化衰退時期
甲一線	48	吹付(酸度5.2)		1年後
水楽右沢	47, 50	"(酸度5.4)	ハンノキ, カンバ, トド, ヤナギ	1年後
矢口沢	50, 51	"(ファイバー)	K31F, W・C, Tim.	2年後
武利本流山彦線	51	"(")	K31F, W・C.	10ヵ月
富士見		"(")	K31F, W・C.	3年
共栄	50	"(")	K31F.	2年
知床	45	"(")	K31F.	2年
ユートムラウシ	48	"(")	K31F, W・C, Tim.	2年
ヌブントムラウシ	49	"(")	K31F, W・C, Tim, ヨモギ	2年
シートカチ	49	"(")	K31F, W・C, Tim, ヨモギ	1年
不二川迂回	49	"(")	K31F, W・C, Tim.	3年
糠平川迂回	49	"(")	K31F, W・C, Tim.	3年
熊追沢	49~51	"	K31F, K.B.G.	2~4年
桂沢	46~50	"	K31F, K.B.G.	3~7年
芦谷地沢	49~51	"両切箇所	K31F, K.B.G.	4年 3年 2年
竹浦	49~50	"	W・C, Tim.	2年 3年
東の沢	48~50	"	W・C, K31F.	4年 3年 2年
小川大滝ノ沢	47	"翌年補植	K31F, C.R.F.	5年
小川笹口ノ沢	51	"翌年追肥	K31F, C.R.F. W・C.	1年
釜別	49	" "	K31F, C.R.F.	3年
亀川桂ノ沢	51	" "	W・C, K31F, C.R.F.	1年
湯ノ沢	47	" "	K31F, C.R.F.	5年

(植被状況ならびに緑化困難要因)

程度	法面崩壊の原因	緑化困難要因
5%		硬質土で滑落
5%		硬質土, コケ覆わる
50%		礫土法表面移動(降雨, 強風時)
30%		乾燥と岩石土
50%	凍上	凍上による法面崩落
40%		凍上, 霜柱, 湧水
30%	凍上, 霜柱	強酸性潮風乾燥
70%		火山灰, 乾燥
80%		酸性土, 乾燥
40%		砂礫土, 乾燥
70%		粘性土, ある程度植被されると湧水ですべる
60%		酸性土, 乾燥, 活着悪, 瘠悪
100~80%	基岩風化, 湧水	風化崩落, 瘠悪
90~20%	基岩風化	基盤の風化乾燥積雪の移動
80% 100% 100%	風化	風化, 湧水
60~80% 60%		火山灰地霜柱
70~80% 10% 90%		崩落, 滑落
80%	急斜風化	凍上, 崩壊, 降雨
20%	"	凍上, 崩壊, 降雨
30%	"	凍上, 崩壊, 降雨
40%	"	凍上, 崩壊, 降雨
60%	"	凍上, 崩壊, 降雨

表-1-e 緑化不成績法面の実態

(植被状況ならびに緑化困難要因)

林道名	緑化施工年度	緑化工種	主な導入植物	緑化衰退時期
喜瀬子内	49	吹付	K31F, C.R.F.	50年春壊滅
雷山	51	"	K31F, C.R.F.	51年春
養老沢	50	"	K31F, C.R.F.	50年発芽なし
薬師川	50	"	K31F, C.R.F.	51年春
高千森	49	"	K31F, C.R.F.	3年
岩瀬	50	"	K31F, W.L.G, W.C,	2年
檜山	38	被覆工法	K31F, W.C, C.R.F.	5年
河北	49	種子吹付	K31F, W.C, C.R.F.	3年 2年
柳沢	49	"	K31F, W.C, C.R.F.	3年
大森山	47	"	W.L.G, W.C, R.T.	2年
戸渡	49	" 1年目追肥	K31F, C.R.F.	3年
極入	51	"	外来, 在来草	3年
西荒川	50	"	W.L.G, W.C, ヨモギ.	2年
滑川	47	" 2年目追肥	K31F.	3年
小松原	49	"	K31F.	2年
鳥居土	45	"	K31F, W.L.G, C.R.F.	1年
富士見	49	" 51年度1回 オーガニック	K31F.	2年
西白塚	51	" オーガニック	K31F.	1年
南赤石	46	" "	K31F.	5年
戸中山	46	" 5年目1回追肥	K31F, ヨモギ.	3年
鳥居川	49	" 3年目1回"	K31F他ヨモギ, イタドリ, ヤマハギ.	3年
青木	50	" 2年目	"	2年
賛川	49	" 毎年1回 (植栽工)	ヤマハギ, ニセアカシア, ハンノキ.	3年
御岳	50	"	K31F他ヨモギ, イタドリ, ヤマハギ.	2年
赤ナギ	47	" 毎年1回追肥	"	2年

程度	法面崩壊の原因	緑化困難要因
	凍上	崩壊N斜面
40%	降雨	乾燥
80%	凍上融雪水	酸 種子不適
80%	雪の移動	凍上霜柱, 積雪
60%		乾燥, 凍上霜柱, 積雪の移動
90% 50%	凍上霜柱	表土なし, 凍上, 霜柱, 融雪
80%	霜柱	不安定基盤, 積雪移動, 霜柱
40%		重粘土, 雪の移動, 崩壊
50%		風化, 乾燥
50%		融雪水
60%		ベントナイト, 瘠悪, 凍上
80%		湧水, 凍上, 崩落, 霜柱
80%		粘土, 積雪移動, 崩壊
		急峻, 礫土, 凍上, 霜柱
70%		凍上, 霜柱, 風化
70%		凍上, 霜柱, 積雪移動, 粘性土で滑落
60%		凍上, 霜柱, 高標高
30%		浮土砂, 凍結, 北斜面
		粘性土, 雪崩, 滑落
50%		破碎岩, 凍上
20%		破碎岩, 凍上, 雪崩, 湧水
50%		破碎岩, 凍上, 霜柱
50%		風化岩, 凍上, 霜柱

表 - 1 - f 緑化不成績法面の実態 (植

林道名	緑化施工年度	緑化工種	主な導入植物
切雲	49	種子吹付	K ₃₁ F, C.R.F. K.B.G. W・C, ヨモギ
黒川	50	" 1年目1回	K ₃₁ F, C.R.F. K.B.G. W・C R.T.
御鹿野	38	" 5年目年2回	K ₃₁ F, W.L.G. W・C, ヨモギ
恵那山	42	" 追肥2~3年	C.R.F. R.T. K ₃₁ F, イタドリ, ヨモギ
いわの谷	50	"	K ₃₁ F, W・C, ヨモギ
黒河幹線	46, 47, 50	"	R.T, K ₃₁ F.
大台	47	"	K ₃₁ F, W・C, メトヘギ, ヨモギ, カヤ
カンカケ	49	" 追肥2年目1回	W.L.G. K ₃₁ F, W・C, ヨモギ
山口奥	49~51	" 拡壁	K ₃₁ F, W・C.
東因幡	49	"	K ₃₁ F, W.L.G.
木地奥	51	種子吹付 本州グリーンファイバー	K ₃₁ F, R.C. ヨモギ, イタドリ
小田溪山南岸線	50	種子吹付	K ₃₁ F, R.T. Tim, ヨモギ
瓶ヶ森	48	"	R.T, W・C, Tim.
加勝	49	"	K ₃₁ F, R.C. R.T. ヨモギ
野川	49	"	K ₃₁ F, R.C. R.T. ヨモギ
猪野	51	"	K ₃₁ F, K.B.G. W・C. C.R.F.
大通越	51	"	K ₃₁ F, K.B.G. W・C. C.R.F.
寒田	51	"	K ₃₁ F, K.B.G. W・C. C.R.F.
白髪岳	51	"	K ₃₁ F, K.B.G. W・C. C.R.F.
東平	51	"	K ₃₁ F, K.B.G. W・C. C.R.F.

被状況と緑化困難要因)

緑化衰退時期	程度	法面崩壊の原因	緑化困難要因
2年(50年)			凍上霜柱(深層風化)翌春崩落
2年	40%	法面勾配不足	破碎岩盤 霜柱
3年	80%		破碎岩盤, 凍上霜柱1~2年でほとんど落ちる
2年	70%		凍上風化(深層風化による崩落)
2年	75%		法面基礎不安定崩落
2~3年	80%	凍上霜柱	凍上積雪, 法面勾配急地質崩落
3年	30~40%	凍結霜柱	高標高, 地質凍上法面急崩落
2~3年	90%	"	地質, 凍上積雪法面急崩落
2~3年	90%	"	"
2~3年	80%	"	"
欠落		凍上 多雨	風化ヤセ地, ハクリ(花崗岩)
3年	90%	凍上	ヤセ地寒冷, 法面勾配急
3年	80%	凍上	ヤセ地寒冷, 法面勾配急
3年	40%	凍上	ヤセ地 法面勾配急
3年	60%	湧水	ヤセ地 基礎工不備
2~3年			地質不安定地盤, 粘性土, 強酸, 霜柱, 積雪, 乾燥, 表層流失
2~3年			"
2~3年			"
2~3年			"
2~3年			"

全国各営林局管内から数箇所ずつ抽出された緑化不成績林道に関する回答資料によって立地条件、施工条件および緑化不成績に関連すると考えられる要因等についてまとめてみると表-1 a~f のようである。

近年、林道網の整備が進展するとともに、切取り法面における緑化対策も積極的に行われるようになったが、表-1 によって、調査対象法面について緑化工施工年度別にまとめてみると表-2 のようである。なお、緑化工種は、ほとんど吹付播種工が行われている。

表-2 緑化工施工年度箇所数

施工年	38	42	45	46	47	48	49	50	51	計
箇所数	2	1	2	4	9	5	26	20	17	86
割合(%)	2.3	1.2	2.3	4.7	10.5	5.8	30.2	23.3	19.8	100

また、導入植物の種類ごとの活用状況をみると表-3 のようである。外来の緑化工用草のなかではケンタッキー31フェスク(K31F)、ホワイトクローバー(W.C)、クリーピングレッドフェスク(C.R.F.)などが多く、在来草ではヨモギが普遍的に活用されている。木本類ではヤマハギが多く活用されている。

次に、対象法面における立地条件に関連した要因ごとくまとめてみると次のようである。すなわち法面の傾斜角別箇所数(林道数)をみると表-4 のようであ

表-3 導入植物の種類別活用状況

樹草種名	出現箇所数	調査箇所数に対する割合(%)
ケンタッキー31フェスク	60	89.6
ホワイトクローバー	35	52.2
クリーピングレッドフェスク	30	44.8
チモシー	13	19.4
ケンタッキーブルーグラス	12	17.9
レッドトップ	10	14.9
ウイピング・ラブグラス	8	11.9
レッドクローバー	2	3.0
ヨモギ	23	34.3
イタドリ	7	10.3
ススキ	2	3.0
メドハギ	1	1.5
ヤマハギ	5	7.5
ニセアカシア	1	1.5
ハシノキ	1	1.5

表-4 法面の傾斜箇所数

傾斜角(度)	~25	~30	~35	~40	~45	~50	~55	~60	~65	~70~	計
箇所数	6	6	5	5	12	26	10	22	6	9	107
割合(%)	5.6	5.6	4.7	4.7	11.2	24.3	9.3	20.6	5.6	8.4	100

表-5 法面の方位別緑化不成績の状況

方位	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	計
箇所数	6	16	6	9	2	9	7	10	65
割合(%)	9.2	24.6	9.2	13.8	3.1	13.8	10.8	15.5	100

表-6 地質別緑化不成績の状況

地質	古(頁岩・粘板層)	花崗岩類	ローム層	安山岩	凝灰岩	砂岩	火山砂礫	流紋岩	その他	計
箇所数	20	12	11	7	5	4	2	2	2	65
割合(%)	30.8	18.4	16.9	10.7	7.7	6.2	3.1	3.1	3.1	100

表-7 土質別緑化不成績の状況

土質	粘性土	砂質土	硬・軟岩	礫質土	その他	計
箇所数	23	20	12	11	1	67
割合(%)	34.3	30.0	17.9	16.4	1.4	100

る。切土法面のなかでも80%は45度以上の急斜面に含まれている。

また、法面方位別箇所数をみると表-5のようである。方位は林道ごとに一括して表わされていることもあって、とくに明らかな傾向はうかがわれない。

切取法面では基盤の地質・岩質が植物の生育に強く影響するものとみられるが、全国各営林局ごとに箇所数ずつとりあげられた資料によって法面の地質基岩等の別にみると表-6のようである。これをみると、古生層の砂岩・頁岩・粘板岩などのほか、安山岩類その他の硬岩、軟岩の基盤斜面が50%をいとしめ、風化花崗岩や砂岩あるいは火山砂礫などによる比較的粗しょうな風化表土を生じやすいとみられる法面が25%前後である。また表層地質のローム質の基盤を生ずるところも10数%以上とみられ、緑化不成績を来す対象のり面地質としてはかなり多い割合となっている。

また、基盤と関連して、基盤表面にみられる土質別の状況をみると表-7のようである。これによると粘性土あるいは礫まじりの粘性土とみられるところが35%ないし50%をいど、マサ土そのほかの砂質の表土となるとところが30%をいど、硬岩・軟岩類の法面は約10%である。

のり面基盤の実態は前述のようであるが、次に、各現地法面ごとに、緑化不成績を来した最も大きな要因（要因区分は現地観察による表現であり、復旧する要因についてもそれぞれ別個にとりあげた）としてあげられた事項をまとめてみると表-8のようである。全国的にみると、凍結・霜柱等による影響が最も多く50%前後をしめている。比較的暖地方においても緑化不成績を生ずるようなところでは冬期における霜柱の影響が少なくないことがうかがわれる。また積雪の移動あるいは融雪時の影響も少ない。

表-8 緑化不成績要因別実態

要 因	凍結・霜柱	表土移動(強雨)	乾 燥	瘠 悪	湧 水	積 雪 移 動	破 砕 帯	強 酸 性 土	粘 性 土	硬 岩	施 工 不 良	火 山 灰	潮 風	崩 壊
該当箇所数	39	6	14	9	7	7	5	4	3	2	2	1	1	1
調査箇所数に対する割合(%)	58.2	9.0	20.9	13.0	10.4	10.4	7.5	6.0	4.5	3.0	3.0	1.5	1.5	1.5

これについて、急斜面を反映し貧養および乾燥などの要因が35%前後で、基岩法面、粘性土、火山灰、強酸性土など、植物の生育不良となる要因等を併せれば、これらは50%をいどをしめしている。このほか破砕岩盤や崖錐地の法面などでは、強雨にともなう侵食や湧水現象とともに基盤自体の崩壊による緑化不成績や再荒廃を来すところもあるが、これらは植物による法面保護機能の限界をこえるものである。

なお暖地帯の風化花崗岩を基岩とする地域についてみると表-9のようである。すなわちここでは、基盤の貧養・乾燥などの要因が最大で、60%をいどもしめている。

次に、導入植物の緑化不成績あるいは緑化衰退が目立ちはじめる時期別に箇所数をまとめると表-10の

表-9 緑化不成績要因別実態

ようである。こ

れによると施工	不 成 績 要 因	凍 霜	上 柱	法 崩	面 壊	施 工	湧 水	貧 養	乾 燥	計
当年から不成績	出現箇所数の比	14	11	14	5	56	100			
がみられるとこ										

ろは約20%、

2年になって不成績がめだつところは40%、3年目頃から不成績を来しているところは30%をいどである。

表-10 衰退時期別箇所数

また、法面表土による区分別と緑化衰退が目立ちはじめる時期について、緑化不成績のていど（植

表-11 土質別緑化不成績の状況

被率による相対値)をみると表-11のようである。これによると、表土が貧養で乾燥しやすいとみられる砂質土、礫質土のところでは緑化不成績が施工当年から多く生じ、2年目にははすでに70~90%に及んでいる。

土 質	緑化不成績率合計の比						出現箇所数の比
	当年	2年	3年	4年	5年	計	
粘 土 性		11	13	2		26	34
砂 質 土	5	17	1			23	25
礫 質 土	4	9	4		2	19	18
(軟 岩)	2	8	11	3	5	29	17
(硬 岩)	1	1			1	3	6
(計)	12	46	29	5	8	100	100

これに対して、比較的水分条件が有利で、表土の移動も少ないとみられる粘性土および軟岩法面では、緑化不成績が目立つ時期は3年頃に最大となり、前者に比べれば衰退が現われる傾向はやや緩やかである。緑化不成績が、法面崩壊等のように、物理的な外力による場合は別であるが、上述の年次別の現象は、植物の生育不良に帰せられるものとすれば、緑化不成績あるいは衰退現象は、2~3年後に認められる不成績の現象も実は、施工当年あるいは2年目頃にすでにその原因が生じていたものとみられるものである。

3. 緑化不成績要因と植被の形態

一般に吹付播種工や航空実播工における緑化不成績に至る経緯には2つの形態がうかがわれる。一つは、施工後のごく初期から緑化むらや生育不良がみられる場合である。すなわち、前述のような砂質土、礫質土あるいは硬い粘性土など、貧養でかつ乾燥しやすい法面では、施工時の軽質な緑化材の散布導入のみでは施工当年から顕著な生育不良を生じやすく、施工後の初期から表面侵食や崩落を来しやすい。当年における法面植被量が劣れば、凍上・霜柱の影響もはげしく、施工翌春にはさらに著しい緑化不成績斜面を生ずるものである。つまり、表-8にみられる凍上・霜柱などによる緑化不成績も、つまりは貧養・乾燥などの要因が素因をなすところが多いものとみられるものである。

したがって、瘠悪な切土法面などでは、施工当初における緑化資材の導入量を多くすることは基本であるが、導入植物の発芽・発生後、1~3カ月のうちに時期を逸せず、十分な追肥を行うことが大切である。軽度な基盤整備によって行なわれる散布緑化工においては、これによって導入植物の生育維持、回復をはかることが緑化不成績の回避の要点となることに留意する必要がある。

なお、施工後早期に生ずる緑化不成績には、破碎岩盤地域や、崖錐法面における滑落、崩壊などの現象があるが、これらは緑化施工上の問題というよりは法面造成における計画や土木的施工の段階で対処することが基本である。

その二は、2、3年以後から数年にわたって衰退が漸進的にみとめられる現象である。これについても、いくつかの要因がうかがわれるが、貧養な基盤でも、比較的基盤に湿度が保たれるところでは当初の緑化は保たれる。しかし、不均値に乾燥を生じ、漸次衰退がめだつようになる。比較的緩斜な場合でも、降水量の少ない乾燥地帯では緩慢な緑化衰退を生ずるところが少なくない。放置すれば侵食が継続・拡大するので、やはり、早期に追肥等によって、植被とともに表土の維持をはかり、恒続的な植被形成がえられるまで管理を行うことが望まれるところである。

4. 法面保護に必要な植物被覆量

法面の植物被覆量(生育量=風乾量)と表土の侵食防止に関して散布導入後の面的に生育した草本類についてみると、生育量(風乾重)が50~100g/m²ていど以上になると法面侵食防止効果が次第にたかまるが、冬期における凍上・霜柱などによる影響に対する抵抗力をたかめるためにはさらに200~300g/m²以上の植物生育量を保つことが望ましいものとみられる。

一般に自然草地や牧草地などにおける植物被覆量をみると、ススキなどの長草型草本の優占するところでは300g/m²ていど、ワラビ型草地では130g/m²、ノシバなどの短草型草地では50g/m²ていどである。また、施工跡地における植物被覆量では、生育の良好な法面では200~500g/m²以上をしめし、中程度の被覆量の法面では100g/m²ていどである。以上をみると施工法面における安定的な植被量はほぼ200~300g/m²以上となることが望ましいものとみられるものである。

5. 緑化不成績法面における植被の回復

前述のように切土法面などの瘠悪な法面では、適期に必要な追肥を行うことは、施工後の緑化維持の要点であるが、従来追肥が行われる場合でも一般には慣行的な施用量が画一的に用いられている。しかし、十分な緑化形成をはかるためには、施肥技術についてさらに検討を要することが少なくないとおもわれる。

このため、瘠悪な法面に起因するとみられる緑化不成績地の一部について、立地条件の異なる法面別に、施肥量をかえて検討を行った。

試験を行った法面は、前橋営林局矢板営林署管内西荒川林道、および東京営林局水戸営林署管内玉簾林道である。前者は昭和49~50年度に、後者は昭和48~50年度に開設された林道の切取法面で、開設翌年に吹付緑化工を施工した後緑化衰退を来しているところである。

西荒川地区は標高650~670m、地質は古生層および第三紀火成岩からなり、表層には関東ローム層が堆積している。気象条件は矢板市の観測値から推定すると、年平均気温9.9度、年降水量1,390mm、暖かさの指数77.5、寒さの指数-8.4である。また、玉簾地区は標高280~300mで、地質は古生層の砂岩・頁岩および花崗閃緑岩である。気象条件はもとより地区の観測値から推定すると、年平均気温13.0度、年降水量1,700mm、暖かさの指数101.6、寒さの指数-5.0である。両地区における未風化裸地の硬度(山中式土壌硬度計)は23~30mmであった。

なお、施工跡地における主な導入種は、西荒川地区ではレッドトップ(R.T), クリーピングレッドフェスク(C.R.F.), ケンタッキー31フェスク(K. 31F), 玉簾地区ではC.R.F, ウィーピングラブグラス(W.L.G), ホワイトクローバー(W.C)などである。両地区とも導入種によって植被が保たれているが全般的に衰退の傾向をしめし、斑状、帯状に侵食された裸地を生じている。

試験区は、施肥の時期も考慮して、秋期(9月)および春期(3月)の別に、肥料種および施肥量は表-12のようにして設定した。試験結果を植物の生育量(風乾重)により、対照区に対する比としてまとめてしめすと表-13のようである。

これによると、施肥量の増加に伴っていずれも生育量は増加し、植物被覆の回復効果が顕著である。施肥区では秋期においても葉色は緑色が長く保たれ、緩効施肥区では冬期に及んでも緑色の残るものが認められた。

表-12 施肥区分

肥料種 施肥量	A. 化成肥料 (g/m ²)			B. 緩効性肥料 (g/m ²)		
	N	P	K	N	P	K
対照区	—	—	—	—	—	—
N 5	5.0	3.3	2.3	5.0	3.1	3.1
N 15	15.0	10.0	6.9	15.0	9.2	9.2
N 30	30.0	20.0	13.8	30.0	18.3	18.3

表-13 緑化衰退法面における施肥効果

試験箇所 施肥量	春 施 肥				秋 施 肥			
	西 荒 川		玉 簾		西 荒 川		玉 簾	
	普通化成肥料	緩効肥料	普通化成肥料	緩効肥料	普通化成肥料	緩効肥料	普通化成肥料	緩効肥料
対 照 区	100	100	100	100	100	100	100	100
N 5	198	244	204	120	134	109	138	105
N 15	248	278	289	212	234	183	198	258
N 30	435	450	614	390	238	302	426	331

このほか、肥料種による違いをみると、古生層の礫まじり法面では、化成肥料区のほうが生育量は大きい傾向がみられたが、マサ土やローム層法面では明らかではなかった。施肥時期別では、秋期より春期施肥のほうが肥効が大きいようである。

次に、春期施肥地区について施肥当年における植物被覆状況を組成表にしめしてみると表-14のようである。全植物被度は両地区とも施用量の多い区ほど増加しているが、対照区

表-14 植

試 験 区			A								
窒素施肥量 (N ^g /m ²)			5			20			30		
く	り	返	1	2	3	1	2	3	1	2	3
全 植 物 被 度 (%)			100	70	100	100	100	100	100	100	100
木 本 植 物 被 度 (%)					++					+	
草 本 植 物 被 度 (%)			100	70	100	100	100	100	100	100	100
出 現 種 数			3	6	8	3	5	8	3	6	9
導 入 種	W.	L. G	5	3	5	5	5	5	5	3	5
	K.	31 F	2	2	+	2	2	+	2	3	+
	O.	G			+						
	C.	R. F		2							
	R.	T									+
	W.	C									
侵 入 種	B.	M. G									
	ス	ス		1	+		3	+		2	+
	ヒ	メ		+	+		+	+	+	+	+
	ヤ	ク		+	+		+	+		+	+
	ヒ	メ	+			+		2			3
	ノ	ガ						+			+
	リ	ュ						+			+
	ウ	ノ									
	ウ	ギ									
	ヒ	メ									
	ヘ	ク									
	ク	ズ			+					2	
種	ヤ	マ			+						
	カ	ラ			+						
種	ウ	ツ								+	
	ギ										

物 組 成 表

B									対 照 区		
5			20			30			0		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
90	80	90	100	90	100	100	100	100	70	60	70
90	80	90	100	90	100	100	100	100	70	60	70
5	5	6	3	4	8	3	5	6	4	4	4
5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	3	1
1		2	1	1	1	1	2	1	1	1	+
	+	1						1			
					+		2				
+	2										
1		1		2	+	+	1	+	+	+	+
+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
										+	
		+			+			+			+
	+				+						

は試験当初よりもさらに衰退し、裸地も増加している。導入種は、C.R.F, R.T, W. L.Gなどが優占しているが、侵入植物の種類は対照区よりも施肥区のほうがややめだつがこれは既に侵入していた植物の生育も促進されたためとみられる。侵入木本類の生育高について対照区を100とした比数によってみても、ヒノキ152, モミジイチョ142, エニシダ125, クマイチゴ124などで、施肥による生育量の増加がみとめられる。

上述の試験とほぼ同様の試験設定によって、東京営林署小倉山国有林内に開設された林道切取り法面における検討結果についてみると次のようである。

試験箇所の地質は、秩父古生層の上層の砂岩・粘板岩の互層をなし、法面長は4~10m、傾斜は65度前後で、方位はほぼ南に面したところである。気象条件は周辺地区における観測資料によってみると年平均気温13.4度、最低気温-10.6度、年降水量は1856mmである。

施工後数年を経過したところであるが、法面の植被はW.L.G.が主に残存し、これにK31Fとススキがわずかに混生しているが、全般に地表が現われ、裸地が斑状に生じている。

肥料は前述の試験工と同様に普通化成肥料および緩効性肥料(NL=270)を用い、施肥量は窒素成分を基準にして5g/m², 20g/m², 30g/m²に区分して表面散布した。

追肥当年における法面植被の生育量(風乾重)を対照区に対する比によってみると表-15のようである。対照区では衰退傾向が進行し裸地化もみられ被覆状態がさらに悪くなったが、施肥区では少量施肥の場合にもほとんどの区で生育促進効果がみられ、多量区ではさらに顕著な生育量の増加がみられた。

表-15 緑化衰退法面における施肥効果

試験箇所 施肥量 (N g/m ²)	1		2		3	
	A	B	A	B	A	B
対 照 区	100	100	100	100	100	100
N 5	156	222	94	127	160	140
N 20	312	288	119	214	164	181
N 30	435	345	226	246	263	255

少量区は慣行的な追肥量で

あるが、衰退の著しい法面において、表土保持に十分な植被の形成と、肥効の持続効果をはかるにはかなり不足のように思われた。試験箇所は表土の欠亡した瘠悪急斜面で、一度に多量施肥を行っても、流亡する量が少なく、植物の吸収効果率は劣るものとみられるが、多量区では何れのところでも生育量が顕著に増加し、植被形成が十分に回復することが認められた。つまり切土法面では養料がいかにか欠亡しているかがうかがわれた。

6 機械力による播種緑化工と施肥の要点

急斜瘠悪な基盤における緑化植被の維持に関する上述の試験結果からみても、軽質な緑化材にたよるをえない散布緑化工施工地では、早期に必要な施肥管理を行うことが、緑化不成績地の発生防止や、緑化衰退防止に欠かせない要点であることが知られた。

前述のように、植生による法面の保護機能を維持するには、植物草生被覆量が $200\sim500\text{ g/m}^2$ でいど以上保持されることが必要であるが、いまこの植物体の窒素量をみると $5\sim15\text{ g/m}^2$ でいどとなる。ところで林地土壌やあるいは畑地土壌においては、表層土壌に含まれる養料は $100\sim1000\text{ g}$ 以上であるが、生育促進のためには $10\sim20\text{ g/m}^2$ でいどの施肥を行うのが一般である。これにひきかえ切取り法面や崩壊裸地などの硬い地盤では表土に含まれる養量は不可給態のものも含めてもほぼ $5\sim10\text{ g/m}^2$ でいどで極めて僅かなものにつき、とても導入植物の生育を維持しうるものではない。

また、裸地に施用した肥料は一般に $2\sim3$ ヵ月後には $20\sim30\%$ でいど以下に減少するが、切取法面などの急斜堅地盤では、流失や土壌への吸着などのためにさらに養料条件が不良となる。これに対して、播種緑化工における施工当初施肥には、土壌条件や肥料種によるちがいはあまり考慮されず、窒素量にして 10 g/m^2 でいどの慣行的な施用を行っているのが普通である。したがって、施工初期からの生育不良による緑化不成績や、早急な衰退を生ずるものも当然で、施工当年においても $1\sim3$ ヵ月後の早期から追肥が望ましいものとなる。

なお、緑化工施工跡地に対し、施肥によって生育を促進することについては、一時しのぎの処置であるとみられることや、特定種類の植物が優占して他の植物の生立を抑制するなどの批判もある。しかし、従来のような軽質の緑化工用資材を活用した施工によって、緑化不成績を来すようなところでは、在来植物が活用されたとしても、それ以上の緑化形成がえられるものではなく、やはり早期に適切な追肥管理がなければ消滅しやすい。瘠悪な基盤では、まず施工後の法面の表土の保持、培養が大切で、表土の保全に適性のすぐれている植物の活用と、それによる植被形成を維持することが必要とおもわれる。

7 導入外来草種と周辺植生の関係

緑化工用植物には外来緑化工用草種が多く活用されているが、これらは一般に在来植生とは異質なもので好ましくないとされることがある。自然保護地域においては、外来植物の侵入に対してとくに厳格な制約が求められることは当然である。また一般にも、それぞれの立地環境に応じた植物について、適切な導入技術の研究が進められなければならないものであろう。

緑化施工地では、自然植生の回復がねらいであるが、表土の失われた切取法面は、施工前の植物群をただちに導入しうる環境にはなく、裸地あるいは荒廃地環境における先駆的な植物が選定されることとなる。しかしこれらの植物も、急斜瘠悪地では必ずしも初期導入種として活用できるほどの生育はみられないことは前述のようである。異質的な植物として問題とされるのは、本質的には外来緑化工用草の周辺植生に及ぼす影響の有無で、施工地周辺に侵入拡大することがないかどうかである。

これについては、従来各地に施工されている治山緑化工跡地をみても、施工時に斜面外に吹付飛散したところでは法面端からせいぜい $0.5\sim2\text{ m}$ でいどの範囲のところ、局部的な生立がみられるでいどである。斜面下方部では強雨等によって流下した種子が、がり状地況や沢地形などのところに、点在することもあるが、導入外来草が能動的に周辺植生に侵入生立することはほとんどみられない。今回現地調査を行った林道法面においても、全域的にほぼ同様であった。外来草の導入・栽培の歴史が古い牧野周辺などにおいても、栽培地に接した路傍域や、在来植生の破壊がみられる隣接地に混生するでいどで、在来植生が繁茂するところでは自然に消滅するのが普通のようにである。

8 あとがき

全国的に抽出された林道を主とした急斜面における緑化不成績要因の実態調査の結果からみても、切取瘠悪法面における軽度な緑化材の散布緑化斜面では、施工当年から時期をのがさぬ施肥管理を行うことがあらためて強く認識されるところである。急斜面における緑化不成績の現象は、基盤造成の不備が基本的な問題となる場合が多いとみられるが、施工当初からの不良な緑化形成については、施工後の追肥を主とした手入れ保育によって効果的に回復・維持しうる場所が少なくないと思われる。従来不十分とみられる慣行的な施肥量によっても、継続的な管理が行われれば緑化が十分保持されているところがあるが、肥料種については、近年効果的な緩効性の肥料の開発がみられるようになりつつあるので、施工当初から、これらの活用がえられるようになれば、急斜瘠悪法面における緑化形成は、さらに改善が図られると思われる。いづれにしても、急斜瘠悪法面における緑化の維持には、法面造成における土木的設計・施工に係わる問題とは別に、瘠悪な基盤に導入されることとなる植物にたいしては、生育促進の面からの対応がこれまでの施工技術に欠けていた基本的な問題で、施工費あるいは施工体系のなかに、明確に位置づけることが必要である。