

ISSN 0386-5878

土研資料 第1493号

土木研究所資料

斜面の緑化基準作成に関する調査研究報告書

昭和54年 4 月

建設省土木研究所

砂防部急傾斜地崩壊研究室

ま え が き

斜面崩壊防止工事は、各方面において多数実施されているが、最近では、防災とともに良好な環境を保全するよう配慮することが強く要望されており、なるべく緑（植生）を用いた工法が望ましい。緑化技術は植生の研究者、技術者によりかなりレベルは高まっているが、これを崩壊防止工に組み入れるには、工学的な検討も合せて実施されねばならない。

のり面植生の追跡調査と植生によるのり面保護効果の工学的な調査を実施し、これらの結果と既往の文献資料をもとに、のり面緑化に関する技術的基準をとりまとめた。

この報告書は、昭和51年度より昭和53年度まで3箇年の特別研究で実施した内容をまとめたものであるが、良好な環境の保全に少しでも役立てば幸いである。

目

次

まえがき

1. のり面植生追跡調査	1
2. 植生によるのり面保護効果の調査	25
2-1 ベーン式根系強度調査	25
2-2 洗掘抵抗試験機による試験	28
3. のり面緑化に関する技術的基準	30
3-1 のり面緑化の基本的考え方	30
3-2 植生工の施工に必要な調査	40
3-3 急傾斜地崩壊対策工事の緑化工の留意点	41
3-4 河川砂防技術基準案, (急傾斜地崩壊防止工事)における緑化に 関する事項	42

<補足資料>

緑化困難地における植生工法

1. のり面植生追跡調査

1-1 目 的

斜面安定のための工事は、各方面で施工されていますが、最近では工事を進める場合、崩壊を防ぐだけでなく周囲の環境も良好な形で保全することが要望されています。当研究所ではなるべく緑化できるものは緑化工を使用するという方向で斜面緑化基準(案)の作成を計画した。

本調査は、斜面緑化基準(案)の作成に必要な基礎資料を得るために、昭和50年度～昭和53年度において、同一の調査地で、法面の条件、生育状況、気象条件などの実態を詳細に行なった。

1-2 調 査 場 所

- | | |
|---------------------------|--------------|
| (1) 春日部調査地：埼玉県北葛飾郡庄和町 | 国道4号線春日部バイパス |
| (2) 表筑波調査地：茨城県筑波郡筑波町 | 表筑波スカイライン |
| (3) 川治ダム調査地：栃木県塩谷郡藤原町 | |
| (4) 津久井調査地：神奈川県津久井郡津久井町 | 泰野 一律久井線 |
| (5) 南多摩調査地：東京都多摩市多摩ニュータウン | |
- 以上の5調査地において調査を行なった。

1-3 調 査 項 目 及 び 方 法

1-3-1 項 目

(1) 法面条件

標高、法面方位、法面勾配、法面長さ、切盛土別、土質等

(2) 生育状況

草の高さ(草丈、自然高)、生草重量、被覆率、土壌の理化学性(pH値、肥効成分等)、土壌硬度、追肥の有無

(3) 植生施工条件

建設時におけるのり面緑化工法、使用種子等

(4) 出現種

コケ類、草木類の侵入

(5) 気 象

気温、降水量等

を詳細に調査し、調査表に記入及び写真撮影を行なった。

1-3-2 方 法

調査地点は谷や沢で区切られない連続した斜面で、立地条件、植生施工条件共に同一である箇所を選び、図-1に示すように、1箇所巾3m、長さ7mの調査地を設定し、更に、その調査地内に1m正方形の被覆度調査箇所3ヶ所を設け調査を実施した。

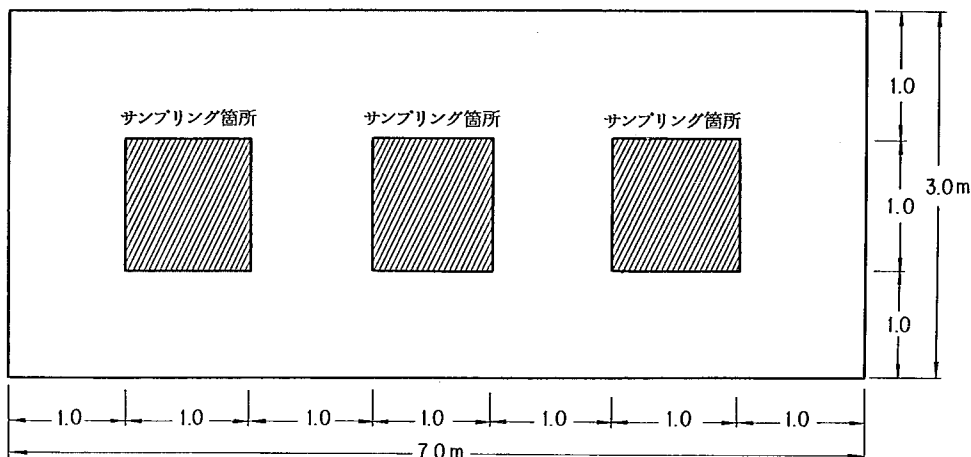


図-1 調査箇所設定図

(1) 被覆率 (図-2参照)

被覆率は写真により判定した。まず斜面の被覆度調査箇所をカラー写真でとり、読み取りは写真上に透明方眼紙を重ね、草または裸地の上にある方眼の交点を数え、つぎの式で計算を行なった。

$$\text{被覆率(\%)} = \frac{B}{A} \times 100 = \frac{A - C}{A} \times 100$$

A : 写真の斜面積にふくまれる方眼の全交点数
(B + C)。

B : 写真の斜面積のうち草の上におちる方眼の交点数。

C : 写真の斜面積のうち裸地の上におちる方眼の交点数。

なお、交点が草と裸地の境界線上にあれば交点数は

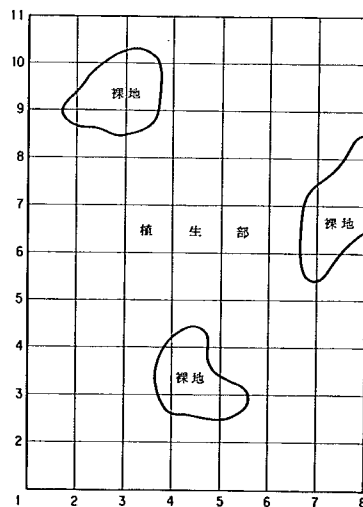


図 - 2

0.5とした。

(2) 草丈, 草重量

草丈は、植物の地上の長さで全長をとる場合と自然草高をとる場合がある。全長は個体あるいは株について、地ぎわから最も長く伸びた葉の先端までの長さを測る。この場合、最高の物ばかりだけでなく、全体の最高、最低、平均値の個体も記録する。

自然高は伸長した葉がたれているものや傾いている場合でもそのままの状態の高さを測る。この場合も最高のものだけでなく、最低、平均値のものも記録する。今回は自然高は最高のみしか測定しなかった。

草重量は、一定の面積内の地上部の重量を測定した。重量の測定は草を地ぎわから刈り取り、地上部の草の全重量を秤量する。今回の調査では、面積 0.25 m^2 の生草を現地で秤量した。

(3) 土壤肥効成分, pH値

土壤肥効成分は、アンモニア態窒素(N)、有効リン酸(P)、有効加里(K)について、土壤酸度(pH値)は、土壤溶液中の水素イオン濃度で表わし、簡易土壤検定器を用いて測定を行なった。

簡易土壤検定器とは、試料溶液に試薬を加えることによって発色させ、色見体と比べて半定量的な数値を即座に知ることのできるものである。

(4) 土壤硬度

植生の土壤硬度を測定するのによく用いられるのは、山中式土壤硬度計である。これは長さ20 cm、径3 cm、重さ640 gで円錐体(頂点12度40分、長さ40 mm、底幅18 mm)を土中に押込み、そのときの抵抗を強さ8 kgのバネの縮む長さによって測るものである。堅い土ほど円錐体は土の中に入らないでバネが縮み、やわらかい土では円錐体が土の中に多く入り、バネの縮み量が少なくなる。土中に入った円錐体の長さ、バネの縮む長さの和は常に一定(40 mm)である。土壤硬度計にはバネの縮みによって硬度を示す0～40 mmの硬度指数目盛と各縮みに対する円錐面積にかかる力によって支持力目盛(単位kg/cm²)がある。通常はmm目盛の方が読みやすいのでこの数値で土の硬度を示す。今回の調査は1被覆度調査箇所当り10点測り、最高、最低、平均値を記入した。

1-4 調査結果

のり面条件(立地条件)の調査結果を表-1に、生育状況(被覆率、土壤硬度等)について、昭和50年度～昭和53年度の調査結果を表-2に、使用中の種子類表を表-3に示す。

(1) 春日部地区 (参照:写-1, 2, 3, 4)

春日部地区は、国道4号線春日部バイパスの盛土のり面で、植生工を施工したのが昭和49年2月下旬で、工法は種子吹付工、種子の選定はのり面の状況、土壤等を検討して、耐寒性、瘠地に強いケンタッキー・31、フェスク、耐乾性、耐陽性に優れたウィピング・ラブ・グラス、荒地地に

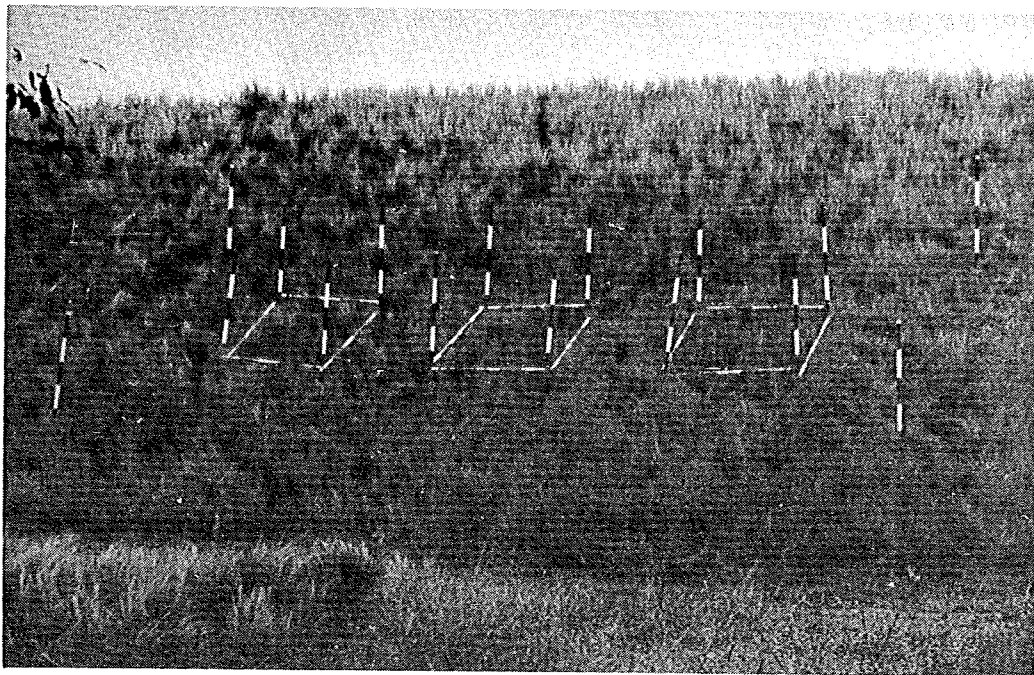


写真-1

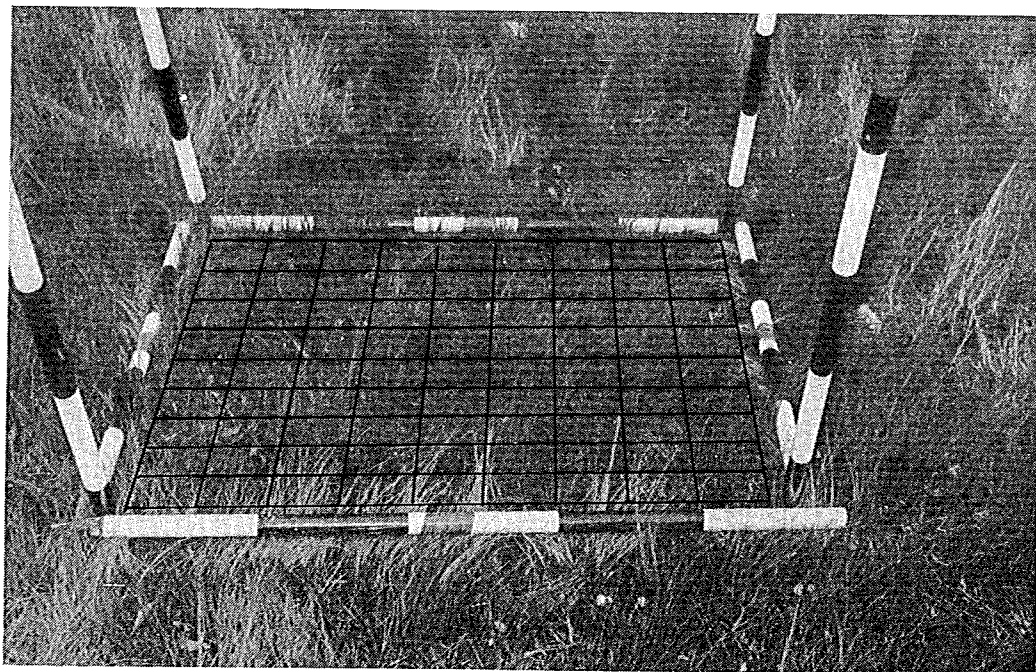


写真-2



写真 - 3

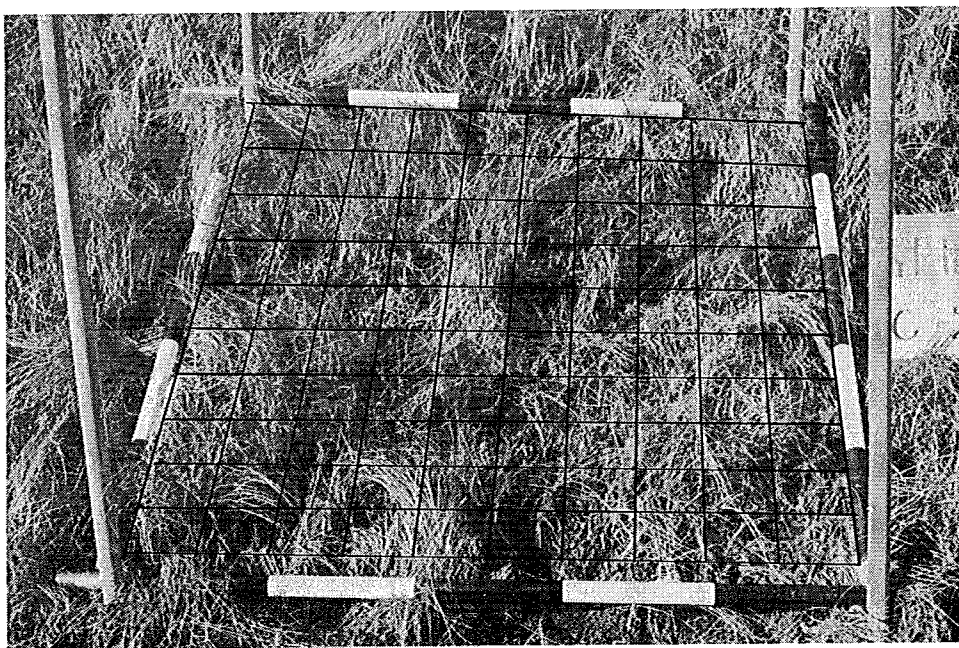


写真 - 4

表-1 立 地 条 件

調 査 位 置	標 高	切 土 盛土別	斜 面 方 向	法 勾 配	法 長	土 性	土 境 深 浅 度	土 境 硬 度
春日部 A . B	5 m	盛 土	W	1 割 5 分 以 上	10 m 末 満	礫 混 り 砂 質 壤 土	30 cm 以 上	9 ~ 15
春日部 C	5 m	盛 土	E	1 割 5 分 以 上	10 m 末 満	礫 混 り 砂 質 壤 土	30 cm 以 上	4 ~ 8
表筑波 A	315 m	盛 土	SW	1 割 5 分 以 下	10 m 末 満	壤 質 砂 土	30 cm 以 上	6 ~ 15
表筑波 B	350 m	盛 土	N	1 割 5 分 以 下	10 m 末 満	壤 質 砂 土	30 cm 以 上	7 ~ 17
表筑波 C	300 m	切 土	NE	1 割 前 後	10 m 末 満	壤 質 砂 土	30 cm 以 上	16 ~ 28
川 治 A	630 m	盛 土	WNW	1 割 5 分 以 上	10 m 以 上	砂 質 壤 土	30 cm 以 上	3 ~ 19
川 治 B	510 m	盛 土	SE	1 割 前 後	10 m 以 下	砂 質 壤 土	30 cm 以 上	4 ~ 15
津久井 A	264 m	切 土	SE	7 分	27.2	礫 混 り 埴 土	—	7 ~ 14
津久井 B	256 m	切 土	NE	1 割 1 分	8.5	ロ ー ム	—	10 ~ 19
津久井 C	267 m	切 土	NE	8 分	11.6	ロ ー ム	—	6 ~ 20
津久井 D	294 m	切 土	NE	1 割	12.5	レキ混り 埴 土	—	14 ~ 23
津久井 E	301 m	切 土	NE	1 割	5.2	レキ混り 埴 土	—	13 ~ 27
南多摩 A	111 m	盛 土	SE	1 割 8 分	6.8	レキシルト 混 り 砂	—	4 ~ 14
南多摩 B	109 m	盛 土	S	1 割 7 分	16.4	砂	—	9 ~ 19
南多摩 C	104 m	切 土	SE	1 割 5 分	22.2	砂	—	9 ~ 16
南多摩 D	116 m	盛 土	SE	2 割 1 分	10.1	砂質ローム	—	7 ~ 20
南多摩 E	115 m	盛 土	SE	1 割 7 分	8.0	ロ ー ム	—	11 ~ 19

表 - 2 種 子 の 種 類

草 種	性 状	生存年限	適 地	播 種 適 期	播 種 不 適 期
K.B.G ケンタッキー ブルーグラス 和名 ナガハグサ	常緑多年草、草丈10～30cm下茎 北海道の代表的芝草、寒さ日照不足 によく耐えて生存する。反面暑さに弱 い。秋播が最適。	多年生	北海道東北 地方 14℃以下	春 10°～20℃ 秋 25°～15℃	春 25℃以上 秋 15～5℃
C.R.F クリーピング レッドフィスク 和名 オオウシノケグサ	冬草常緑古い葉鞘は褐色、生きている 葉鞘は赤味を帯び 茎を持ち草丈 10～30cm、寒さ、乾燥に強く特に 砂質土壤に適する。初期の生長は遅い が生長すると一面のマットを形成する。	多年生	本 州 中 部 以 北 14℃以下	春 10°～20℃ 秋 25°～15℃	春 25℃以上 秋 15～5℃
R.T レッドトップ 和名 コヌカグサ	冬草常緑、草丈20～100cm繁殖力 強く強力な下茎を生じ被覆力が大きい。 相当な早ばつに耐え、瘠薄、高地に育 ち砂質土壤にも繁茂する土壤適応性広 く、冷涼湿潤な土壤にもよく繁茂する。	多年生	本 州 中 部 以 北 16℃以下	春 10°～20℃ 秋 25°～15℃	春 25℃以上 秋 15～5℃
K.31.F ケンタッキー31 フィスク アメリカケンタ ッキー州 自生 1931年発見	冬草、常緑生活力旺盛草丈60～100 cm、葉広く下垂、寒さ日陰に対する適 応性大きい乾燥に少々弱い。	多年生	全 国 年平均気温 16℃以下	春 10°～20℃ 秋 25°～15℃	春 25℃以上 秋 15～5℃
W.L.G ウィーピングラブ グラス Weepingする 細葉が枝垂れる 南アフリカ原産	夏草、冬期地上部が枯れる。草丈 100cm前後、葉は細く下垂する。生 長は早く再生力が大きく、暑さ、乾燥 には強いが日陰寒さに弱い（和名シダ レスズメガヤ）	多年生	本州・四国・ 九州 年平均気温 10℃以上	春 15°～25℃ 最適4月	春 10℃以下 秋 20℃以下
W.C ホワイトクローバー （マメ科） 徳川時代オラン ダより梱包用詰 草として使用さ れ別名 シロツメクサ	暖帯、温帯土地不媒、株の根元で分枝、 枝は地上に伏してよくほう。地力低下 を防ぐ肥料草、日本及び北米に帰化	多年生	全 国	早春に最も早 く生育開始 3月～11月	秋に褐変、砂 質壤土好、低 湿地不良

表-3-(1) 春 日 部

調 査	サ ン プ リ ン グ 箇 所	被 覆 率 (%)	草 の 高 さ (mm)				生 草 重 量 (g)	土 壌 硬 度 (mm)			三 要 素 (mg)			pH値
			自 然 高 最 高	最 低	平 均	草 丈 最 高		最 高	最 低	平 均	N	P	K	
昭和五〇年度	A-1	60	400	120	200	—	40	21	8	14	1.0	1.0	8.0	5.5
	A-2	68	300	110	170	—	45	21	9	14	1.0	1.0	8.0	5.5
	A-3	70	380	100	200	—	45	19	9	15	1.0	1.0	8.0	5.5
	平 均	66	360	110	190	—	43.3	20.3	8.7	14.3	1.0	1.0	8.0	5.5
昭和五一年度	A-1	58	550	110	260	790	25	15	6	10	2.5内外	1.0	0	6.4
	A-2	64	340	50	250	740	20	14	8	11	1.0以下	1.0	3	6.5
	A-3	60	370	50	250	720	25	14	7	11	1.0以下	0.1~1.0	3	6.5
	平 均	60.6	420	70	253	750	23.3	14.3	7.0	10.6	1.0	1.0	2	6.5
昭和五二年度	A-1	57	350	120	220	730	29	13	5	8	1.0以下	1.0	0	6.0
	A-2	68.5	380	110	200	680	31	10	5	7	1.0以下	1.0	0	5.6
	A-3	59	380	110	200	650	38	12	4	8	1.0以下	1.0	0	5.8
	平 均	61.5	370	113	207	686	32.7	11.6	4.6	7.7	1.0以下	1.0	0	5.8
昭和五〇年度	B-1	85	400	80	180	—	65	18	9	13	1.0	1.0	8.0	5.5
	B-2	80	300	110	150	—	50	16	7	11	1.0	1.0	8.0	5.5
	B-3	80	280	90	140	—	40	13	6	9	1.0	1.0	8.0	5.5
	平 均	81.6	327	93	157	—	51.7	15.6	7.3	11	1.0	1.0	8.0	5.5
昭和五一年度	B-1	55	450	60	280	650	25	11	4	8	1.0以下	0.1	0	7.1
	B-2	73	340	50	240	510	20	12	6	9	1.0以下	1.0	15	7.3
	B-3	65	280	50	200	490	23	14	8	11	1.0以下	1.0~1.0	8	6.8
	平 均	64.3	357	53	240	550	22.7	12.3	6.0	9.3	1.0以下	0.7	7.6	7.1
昭和五二年度	B-1	77	520	120	220	765	39	19	10	13	1.0以下	0.1	0	6.0
	B-2	71	300	180	240	630	32	17	9	13	1.0以下	0.1	0	6.3
	B-3	68	270	140	200	430	21	14	10	13	1.0以下	0.1	0	5.7
	平 均	72.0	363	146	220	608	30.7	16.7	9.7	13.0	1.0以下	0.1	0	6.0
昭和五〇年度	C-1	95	410	110	230	—	100	8	3	4	1.0	1.0	0	8.3
	C-2	92	370	110	210	—	60	13	4	8	1.0	1.0	0	7.9
	C-3	87	320	80	150	—	60	13	3	6	1.0	1.0	0	8.1
	平 均	91.3	367	100	196	—	73.3	11.3	3.3	6.0	1.0	1.0	0	8.1
昭和五一年度	C-1	54	380	50	280	550	25	12	3	6	1.0以下	1.0	0	6.5
	C-2	62	400	50	280	550	22	8	4	7	1.0以下	1.0	0	6.4
	C-3	62	320	50	240	490	20	9	5	7	1.0以下	0.1	0	6.4
	平 均	59.3	367	50	266	530	22.2	9.7	4.0	6.7	1.0以下	0.7	0	6.4
昭和五二年度	C-1	77.5	260	170	180	580	20	11	3	8	1.0以下	0.1	0	5.7
	C-2	72.5	220	110	170	630	76	10	6	8	1.0以下	0.1	0	6.0
	C-3	64.5	300	140	180	460	38	18	6	10	1.0以下	0.1	0	6.1
	平 均	71.5	260	140	176	557	44.6	13.0	5.0	8.7	1.0以下	0.1	0	5.9

表 - 3 - (2) 表 筑 波

調 査	サン プ リ ン グ 箇 所	被 覆 率 (%)	草 の 高 さ (mm)				生 草 重 量 (g)	土 壌 硬 度 (mm)			三 要 素 (mg)			pH値
			自然高 最 高	最 低	平 均	草 丈 最 高		最高	最低	平均	N	P	K	
昭和五〇年度	A-1	100	280	160	190	-	300	15	6	11	1.0	0	0	5.8
	A-2	100	320	120	180	-	385	11	7	8	1.0	1.0	0	5.7
	A-3	100	320	130	220	-	275	12	7	9	1.0	1.0	0	5.8
	平 均	100	307	136	196	-	320	12.7	6.7	9.3	1.0	0.7	0	5.8
昭和五一年度	A-1	100	350	60	200	540	250	12	8	10	1.0	0.1	0	5.6
	A-2	100	400	50	200	510	310	12	6	9	1.0	0.1	8	5.7
	A-3	100	360	50	180	420	340	12	6	9	2.5	0.1	15	5.1
	平 均	100	370	53	193	490	300	12	6.7	9.3	1.5	0.1	7.7	5.5
昭和五二年度	A-1	98	310	160	210	910	42	10	5	9	1.0以下	0.1	3	5.8
	A-2	100	370	130	170	965	51	12	6	9	1.0以下	0	0	5.6
	A-3	95.5	300	88	190	710	50	17	11	14	1.0以下	0	0	5.5
	平 均	97.8	326	126	190	862	47.6	13	7.7	10.7	1.0以下	0	1	5.4
昭和五〇年度	B-1	100	360	120	250	-	290	17	7	12	1.0	1.0	0	6.8
	B-2	100	320	140	200	-	225	17	8	12	1.0	1.0	0	7.2
	B-3	100	360	110	250	-	300	15	10	13	1.0	1.0	0	7.0
	平 均	100	346	123	233	-	271.7	16.3	8.3	12.3	1.0	1.0	0	7.0
昭和五一年度	B-1	100	480	50	180	480	150	13	6	9	1.0	0.1~1.0	15	6.0
	B-2	100	250	50	150	400	180	10	6	7	2.5	0.1	8	6.7
	B-3	100	260	80	150	350	220	12	8	10	2.5	0.1	15	7.0
	平 均	100	330	60	160	410	183.3	11.7	6.7	8.7	2.0	0.1	12.7	6.6
昭和五二年度	B-1	100	250	120	220	765	39	19	16	18	1.0以下	1.0	3	6.0
	B-2	95	340	70	170	440	52	23	12	19	1.0以下	0.1	3	6.6
	B-3	95.5	340	70	170	480	67	19	16	18	1.0以下	1.0	8	5.6
	平 均	96.3	310	86	186	561	52.7	20.3	14.7	18.3	1.0以下	0.7	4.7	6.0
昭和五〇年度	C-1	100	350	70	140	-	130	25	17	19	1.0	1.0	8	5.4
	C-2	100	290	100	150	-	80	28	18	25	1.0	1.0	8	5.4
	C-3	100	260	50	150	-	155	28	16	22	1.0	1.0	8	5.4
	平 均	100	300	73	146	-	121.7	27	17	22	1.0	1.0	8	5.4
昭和五一年度	C-1	90	220	30	130	310	30	13	7	9	1.0	1.0~1.2	8	5.9
	C-2	84	140	20	110	180	40	22	10	18	2.5	1.0	8	4.9
	C-3	76	240	20	130	240	40	16	11	14	2.5	0.1	15	5.1
	平 均	83.3	200	23	123	243	36.7	17	9.3	13.7	2.0	0.8	10.3	5.4
昭和五二年度	C-1	71.5	100	30	40	100	2.7	27	18	23	0	0	0	5.7
	C-2	42	120	30	50	120	1.3	32	15	25	0	1.0	0	5.7
	C-3	34.5	70	15	50	70	2.5	27	17	23	1.0以下	0	0	6.1
	平 均	49.3	97	25	47	97	2.2	28.6	16.7	23.7	0.3	0.3	0	5.8

表 - 3 - (3) 川 治 ダ ム

調 査	サン プ リ ン グ 箇 所	被 覆 率 (%)	草 の 高 さ (mm)				生草重量 (g)	土 壌 硬 度 (mm)			三 要 素 (mg)			pH値
			自然高 最 高	最 低	平 均	草 丈 最 高		最 高	最 低	平 均	N	P	K	
昭和五〇年度	A-1	100	450	120	230	890	300	19	6	13	1.0	1.0	0	7.4
	A-2	100	420	90	200	920	240	14	3	8	1.0	1.0	0	7.8
	A-3	100	490	90	200	1010	550	14	8	11	1.0	1.0	0	7.8
	平 均	100	435	100	210	940	363.3	15.6	5.7	10.7	1.0	1.0	0	7.7
昭和五一年度	A-1	100	200	150	170	1200	310	26	9	15	1.0	1.0	15	6.1
	A-2	100	460	40	150	1060	190	23	7	12	1.0	1.0~2.5	8	7.3
	A-3	100	600	90	200	980	230	18	6	11	1.0	0.1~1.0	3	7.1
	平 均	100	420	93	173	1080	243.3	22.3	7.3	12.7	1.0	1.5	8.7	6.8
昭和五二年度	A-1	97	230	100	180	980	140	17	8	13	1.0以下	2.5	3	7.4
	A-2	100	350	100	160	750	240	23	12	15	1.0以下	2.5	3	7.2
	A-3	100	280	50	100	1080	170	19	12	16	1.0以下	2.5	3	7.4
	平 均	99	286	83	146	936	183.3	19.6	10.6	14.7	1.0以下	2.5	3	7.3
昭和五〇年度	B-1	100	430	70	230	730	505	13	6	9	2.5	10.0	0	8.3
	B-2	100	580	80	230	720	575	15	8	11	2.5	10.0	0	8.5
	B-3	100	480	110	240	780	385	13	4	10	2.5	8.0	0	8.0
	平 均	100	497	87	233	743	488.3	13.6	6	10	2.5	9.3	0	8.3
昭和五一年度	B-1	100	330	180	200	1250	240	15	7	11	1.0	1.0~2.5	3	7.3
	B-2	100	420	190	210	1150	290	14	7	10	1.0	5.0	3	7.5
	B-3	100	430	100	260	1020	250	14	7	11	1.0	5.0	3	7.0
	平 均	100	393	156	223	1140	260	14.3	7	10.7	1.0	4.2	3	7.3
昭和五二年度	B-1	99	410	70	250	850	200	36	12	19	10.0	2.5	30	6.7
	B-2	97.5	220	90	140	927	150	21	9	14	7.5	2.5	30	6.3
	B-3	97.5	500	130	280	1020	300	30	7	16	5.0	2.5	30	6.2
	平 均	98	377	97	223	932	216.7	29	9.3	16.3	7.5	2.5	30	6.4

表-3-(4)-1 津久井

調査	サンプリング箇所	被覆率(%)	草の高さ(mm)				生草重量(g/0.25m ²)	土壌硬度(mm)			三要素(mg)			pH値
			自然高最高	最低	平均	草丈最高		最高	最低	平均	N	P	K	
昭和五〇年度	A-1	69	720	5	112	-	104	27	15	21.5	1.0	1.0	15	6.5
	A-2	72	270	5	140	-	120	29	17	22.4	1.0	0.1	8	6.3
	A-3	77	660	5	168	-	220	27	12	20.0	1.0	1.0	15	6.5
	平均													
昭和五一年度	A-1	73	870	5	142	900	-	18	8	13.8	2.5	0.1	3	6.5
	A-2	79	670	5	137	710	-	22	10	14.4	2.5	0.1	3	6.8
	A-3	89	620	5	167	640	-	18	7	14.0	2.5	0.1	8	7.0
	平均													
昭和五二年度	A-1	80	950	5	88	990	-	19	10	13.5	2.5	0.1	8	6.3
	A-2	86	950	5	102	950	-	18	9	13.1	2.5	0.1	8	6.5
	A-3	91	330	5	125	610	-	18	8	12.0	2.5	0.1	8	5.8
	平均													
昭和五〇年度	B-1	83	550	150	324	-	168	18	12	15.4	2.5	0.1	0	6.5
	B-2	72	400	100	266	-	112	20	6	14.5	2.5	0.1	0	6.3
	B-3	57	600	150	343	-	80	17	4	10.8	2.5	0.1	0	6.5
	平均													
昭和五一年度	B-1	75	390	20	288	620	-	19	10	14.3	1.0	0.1	0	6.0
	B-2	74	370	10	200	860	-	18	11	13.4	1.0	0.1	0	6.0
	B-3	70	420	20	248	580	-	8	4	6.4	2.5	0.1	0	6.0
	平均													
昭和五二年度	B-1	93	400	5	286	790	-	20	6	11.6	2.5	0.1	0	6.0
	B-2	86	500	5	223	650	-	21	10	14.3	2.5	0.1	0	5.8
	B-3	83	500	5	258	820	-	13	6	9.4	2.5	0.1	0	5.5
	平均													
昭和五〇年度	C-1	100	420	130	281	-	572	13	8	9.9	1.0	0	0	6.3
	C-2	100	480	110	253	-	560	15	8	11.6	2.5	0	0	6.3
	C-3	97	430	40	305	-	184	26	7	16.1	1.0	0.1	3	6.3
	平均													
昭和五一年度	C-1	97	390	10	218	790	-	20	6	12.6	2.5	0.1	0	6.0
	C-2	100	420	10	230	910	-	15	10	13.0	1.0	0	0	6.0
	C-3	100	730	10	240	920	-	17	6	12.6	1.0	0	0	6.0
	平均													
昭和五二年度	C-1	100	430	5	261	1030	-	17	7	12.5	2.5	1.0	3	5.8
	C-2	100	519	5	326	1020	-	18	7	13.2	2.5	0	0	6.3
	C-3	100	740	5	337	880	-	20	11	15.9	2.5	0.1	0	6.3
	平均													

表 - 3 - (4) - 2 津 久 井

調 査	サン プ リ ン グ 箇 所	被 覆 率 (%)	草 の 高 さ (mm)				生草重量 (g/0.25㎡)	土 壌 硬 度 (mm)			三 要 素 (mg)			pH値
			自然高 最 高	最 低	平 均	草 丈 最 高		最 高	最 低	平 均	N	P	K	
昭和五〇年度	D-1	100	310	30	146	—	752	25	16	21.4	2.5	0	8	6.5
	D-2	100	450	50	232	—	772	22	15	18.1	2.5	1.0	3	6.3
	D-3	100	400	50	154	—	420	25	9	17.2	1.0	1.0	0	6.0
	平 均													
昭和五一年度	D-1	100	280	10	119	540	—	23	14	17.7	2.5	0	15	6.0
	D-2	100	370	10	145	820	—	24	13	18.1	1.0	0	8	6.0
	D-3	100	350	10	166	790	—	25	10	19.1	1.0	0.1	3	6.3
	平 均													
昭和五二年度	D-1	100	370	10	177	970	—	24	9	18.3	2.5	0	30	5.8
	D-2	100	380	15	194	810	—	21	10	15.3	2.5	0.1	30	6.5
	D-3	100	520	20	255	840	—	22	10	16.0	1.0	0.1	3	5.8
	平 均													
昭和五〇年度	E-1	100	410	50	275	—	1100	28	18	22.2	1.0	0.1	15	6.0
	E-2	100	370	40	271	—	920	28	15	22.3	2.5	0.1	0	6.0
	E-3	100	420	40	251	—	968	24	15	20.2	2.5	0.1	0	6.0
	平 均													
昭和五一年度	E-1	100	300	10	91	320	—	20	16	17.9	2.5	10.0	3	6.0
	E-2	100	360	25	103	480	—	23	16	19.3	2.5	0.1	3	6.0
	E-3	100	320	10	140	470	—	27	13	19.0	2.5	0.1	8	6.0
	平 均													
昭和五二年度	E-1	51	230	5	162	410	—	20	14	16.9	2.5	0.1	30	5.3
	E-2	52	970	5	143	970	—	21	16	17.1	2.5	1.0	30	5.3
	E-3	59	380	5	177	580	—	23	14	18.4	2.5	0.1	15	5.8
	平 均													

表 - 3 - (5) - 1 南 多 摩

調 査	サン プ リ ン グ 箇 所	被 覆 率 (%)	草 の 高 さ (mm)				生草重量 (g/0.25m ²)	土 壌 硬 度 (mm)			三 要 素 (mg)			pH値
			自然高 最 高	最 低	平 均	草 丈 最 高		最 高	最 低	平 均	N	P	K	
昭 和 五 〇 年 度	A-1	100	630	50	510	-	2480	17	10	13.7	1.0	0	0	6.5
	A-2	100	510	40	391	-	1220	16	8	12.5	1.0	0	10.0	6.5
	A-3	100	850	60	529	-	1320	16	9	14.7	1.0	0	20.0	6.5
	平 均													
昭 和 五 一 年 度	A-1	100	470	40	356	1210	-	14	4	9.3	2.5	0	20.0	6.3
	A-2	100	540	15	304	1290	-	16	7	10.8	2.5	0	20.0	6.3
	A-3	100	450	50	322	1230	-	20	8	13.2	1.0	0	20.0	6.8
	平 均													
昭 和 五 二 年 度	A-1	100	480	50	339	1210	-	22	13	16.0	1.0	0	20.0	6.3
	A-2	100	760	30	325	1230	-	22	9	13.1	2.5	0	20.0	6.5
	A-3	100	540	90	339	1480	-	20	12	14.9	1.0	0	20.0	6.5
	平 均													
昭 和 五 〇 年 度	B-1	55	290	10	161	-	68	17	10	12.7	1.0	0.1	0	6.5
	B-2	47	210	10	142	-	40	17	12	14.6	1.0	0.1	0	6.5
	B-3	52	200	15	149	-	24	16	9	11.6	2.5	0.1	0	6.5
	平 均													
昭 和 五 一 年 度	B-1	49	450	10	111	660	-	17	10	12.6	1.0	1.0	0	6.5
	B-2	43	300	15	120	490	-	19	9	12.8	2.5	1.0	0	6.3
	B-3	37	220	10	102	260	-	17	8	12.9	2.5	1.0	0	6.3
	平 均													
昭 和 五 二 年 度	B-1	48	500	5	86	720	-	19	12	15.3	2.5	1.0	0	6.0
	B-2	40	440	10	95	550	-	17	11	14.4	1.0	0.1	1.0	6.5
	B-3	40	290	5	80	370	-	16	7	12.9	2.5	1.0	0	6.5
	平 均													
昭 和 五 〇 年 度	C-1	100	440	20	273	-	368	14	10	11.2	1.0	0	10.0	6.5
	C-2	100	430	150	278	-	472	18	13	16.4	1.0	0	1.0	6.5
	C-3	100	400	15	273	-	252	15	12	13.6	1.0	0.1	10.0	6.5
	平 均													
昭 和 五 一 年 度	C-1	100	380	10	173	420	-	16	9	12.2	2.5	0.1	1.0	6.3
	C-2	100	350	10	220	760	-	18	13	15.4	2.5	0.1	0.1	6.5
	C-3	100	270	5	141	360	-	19	11	14.4	2.5	1.0	0.1	6.3
	平 均													
昭 和 五 二 年 度	C-1	100	340	5	138	400	-	18	10	14.3	2.5	0.1	10.0	6.5
	C-2	100	390	5	144	510	-	20	14	16.6	1.0	0	0.1	6.3
	C-3	100	340	5	128	380	-	17	14	15.4	1.0	0.1	10.0	6.5
	平 均													

表 - 3 - (5) - 2 南 多 摩

調 査	サン プ リ ン グ 箇 所	被 覆 率 (%)	草 の 高 さ (mm)				生 草 重 量 (g/0.25m ²)	土 壌 硬 度 (mm)			三 要 素 (mg)			pH値
			自然高 最 高	最 低	平 均	草 丈 最 高		最 高	最 低	平 均	N	P	K	
昭和五〇年度	D-1	100	360	30	269	-	324	13	6	10.5	1.0	0.1	10.0	6.5
	D-2	100	320	10	266	-	208	14	9	10.4	1.0	0.1	20.0	6.8
	D-3	100	460	10	368	-	800	16	8	12.6	1.0	0.1	20.0	6.5
	平 均													
昭和五一年度	D-1	97	320	10	141	440	-	20	7	13.9	2.5	0.1	20.0	6.5
	D-2	95	790	10	185	1110	-	18	7	12.7	2.5	0.1	20.0	6.5
	D-3	97	440	5	152	780	-	20	9	13.6	5.0	0.1	20.0	6.5
	平 均													
昭和五二年度	D-1	100	360	5	179	840	-	12	7	9.3	1.0	0.1	20.0	6.5
	D-2	89	380	5	105	520	-	15	5	9.7	1.0	0.1	20.0	6.5
	D-3	100	430	5	127	780	-	12	6	9.3	2.5	0	20.0	6.5
	平 均													
昭和五〇年度	E-1	100	520	50	412	-	968	17	9	13.9	2.5	0	1.0	6.3
	E-2	100	480	30	379	-	956	19	12	15.8	1.0	0.1	1.0	6.3
	E-3	100	550	20	384	-	604	21	10	13.4	1.0	0	1.0	6.5
	平 均													
昭和五一年度	E-1	100	420	10	341	950	-	19	11	15.0	2.5	0.1	0.1	5.5
	E-2	100	390	5	353	102	-	18	11	14.0	2.5	0.1	1.0	6.0
	E-3	100	510	10	359	1190	-	16	8	11.6	2.5	0	1.0	6.0
	平 均													
昭和五二年度	E-1	93	380	5	217	630	-	21	15	16.8	1.0	0.1	1.0	5.5
	E-2	97	400	5	238	770	-	20	10	15.0	1.0	0	10.0	6.3
	E-3	97	370	5	192	770	-	14	7	9.8	1.0	0.1	1.0	6.3
	平 均													

強いホワイ・クローバーを 1 m^2 20 g混播した。

調査地の土質はレキ混り砂質土のため、芝草の葉茎は貧弱で生長垂退がうかがわれ、被覆率も60～70%で裸地部がめだつ、従って、裸地部では侵食が始まっている。これは、盛土のり面が保水、保肥力の弱い土質であるため、植生の堆移過程で導入植物（第一次植生）から次の植生（すすき、いたどり等の多年性草本）への移行、つまり、植生遷移が伴わず、結果として裸地が生じるという後退現象を示している。

(2) 表筑波地区（参照：写5, 6, 7, 8）

表筑波地区は、標高300～350 cmの筑波山系の尾根づたいの山岳道路ののり面で、植生工を施工したのは昭和49年4月中旬から6月中旬で、工法は種子吹付工法（一部植生マット工を併用）種子の選定は、高地寒冷な土地に適するものを使用されている。寒さに強いケンタッキー・ブルー・グラス $7.6\text{ g}/\text{m}^2$ 、耐寒性、積雪に対して抵抗の強いレット・トップ $4.8\text{ g}/\text{m}^2$ 、乾燥地に対して強く、特に砂質土壌に適するクリーピング・レット・フィスク $4.8\text{ g}/\text{m}^2$ の三種にホワイト・クローバー $2.9\text{ g}/\text{m}^2$ 、ヨモギ $2.4\text{ g}/\text{m}^2$ を混播した。

調査箇所A、Bは横断構造で両盛土（のり面勾配1割5分）ではほぼ完全にのり面は被覆され、すでに多年性草本（すすき、やまはぎ等）やなら、あかまつ等が侵入し、導入植物（第一次植生）から順調に次の段階へ移行している。植物遷移がスムーズに行なわれている。

調査箇所Cは、北東に面した切取りのり面で、すでに芝草の生長は垂退し、のり面の侵食が始まっている。これは、切取りのり面で、軟岩が露出し、土壌硬度も高い数値を示しているためと考えられる。

(3) 川治ダム地区（写9, 10, 11, 12）

川治ダム調査地は、調査箇所Aは標高630 mの川治ダムの取付け道路建設時に発生した土砂の堆積した不整地ののり面で転石が多い。勾配は1割5分で北面に面した日当りの悪い乾燥地である。一方、調査箇所Bは排水路ののり面で勾配は1割、盛土のり面で南西に面した日当りの良い乾燥さみののり面である。植生の施工は昭和50年7月に種子吹付工法で、草種は冬季の寒害すなわち凍上、降積雪による害などを総合判断して、ケンタッキー・31・フェスク、ケンタッキー・ブルー・フェスク、クローバーの3種を 1 m^2 に20 g混播した。

調査箇所A、Bの生育状況は過去の調査結果を比較しても大きな変化はなく、ヨモギ、くまさ、くまいちご、くず等が自生し、植生遷移がスムーズに行なわれている。

(4) 津久井地区（写13, 14, 15, 16）

津久井調査地は、標高250～300 mで山間に開いた道路（県道秦野～津久井線）ののり面で、植生工を施工した。

津久井調査地は全体が切土のり面で、のり勾配は7分～1割1分ではほぼ完全に被覆され、雑草木類（赤松、ウツギ類、ハンノキ、スギ、ヨモギ、ミヤコザサ等）の侵入があり生育は良好である。

(5) 南多摩地区（写17, 18, 19, 20）

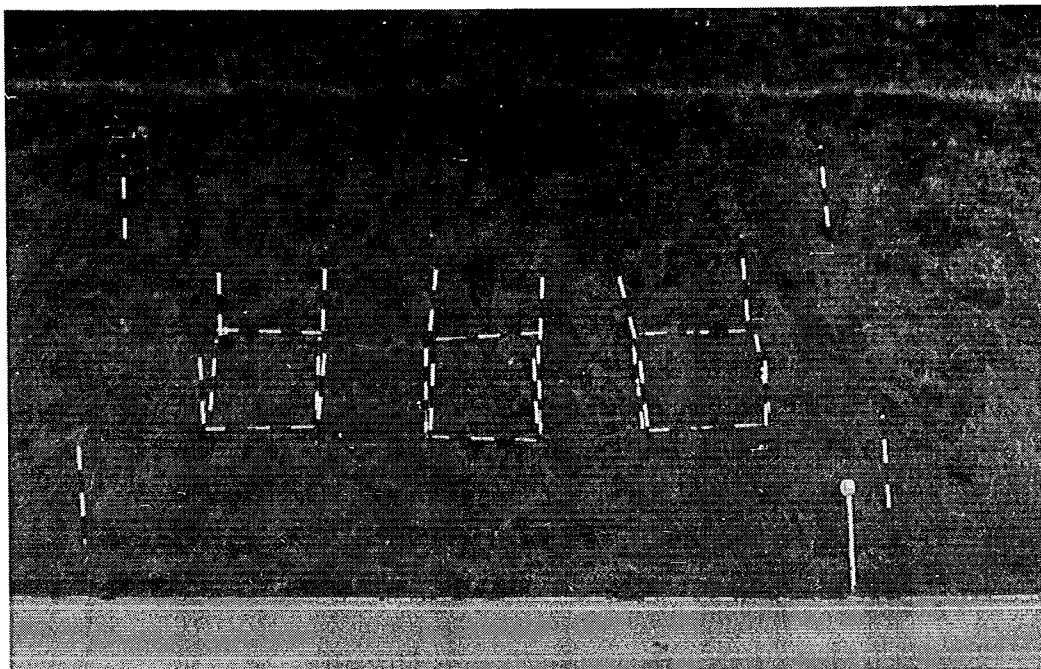


写真 - 5

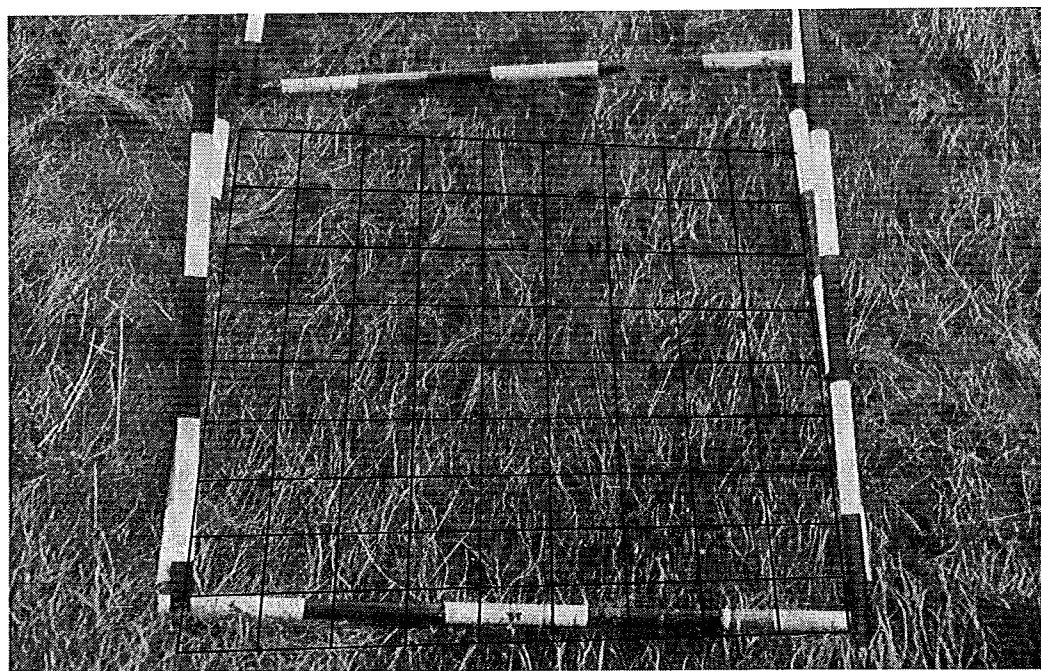


写真 - 6



写真 - 7

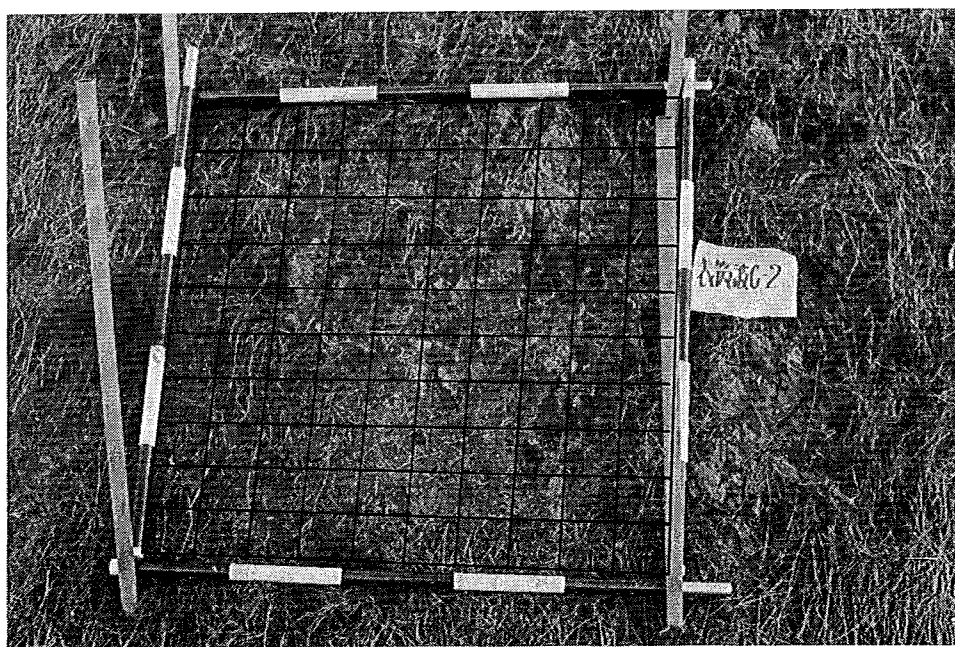


写真 - 8

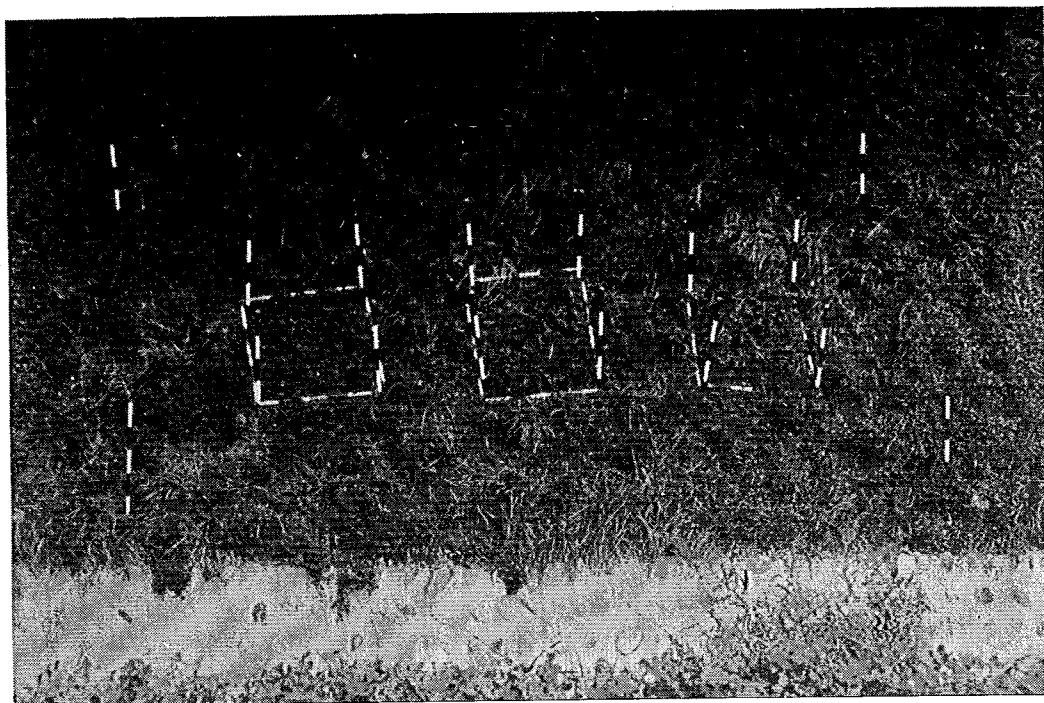


写真 - 9

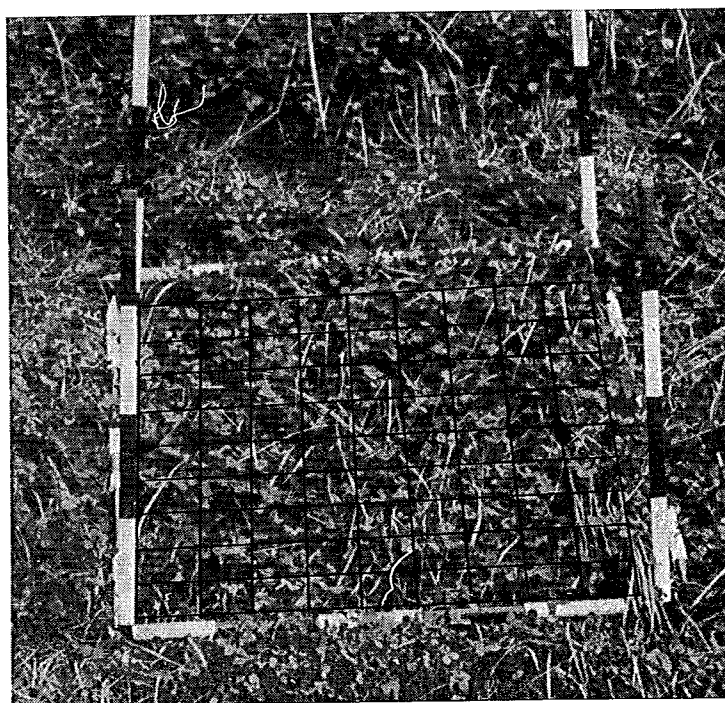


写真 - 10

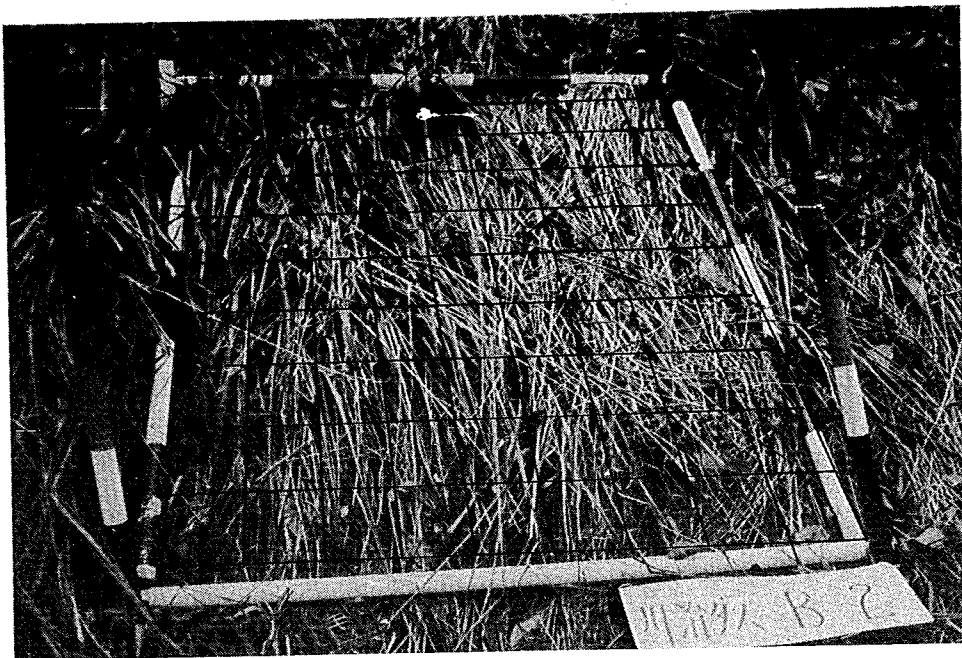


写真-11

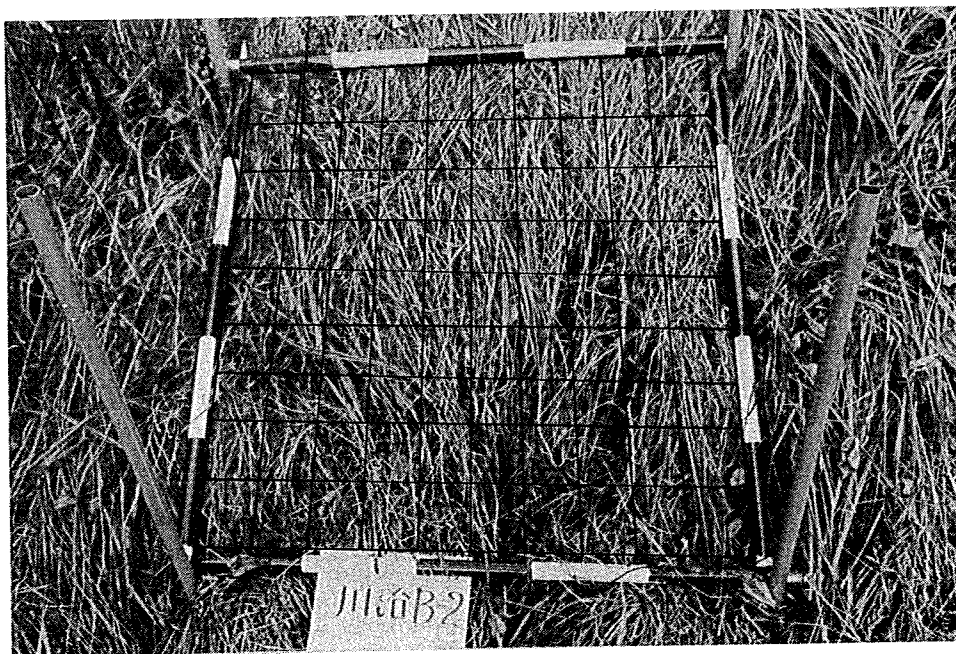


写真-12

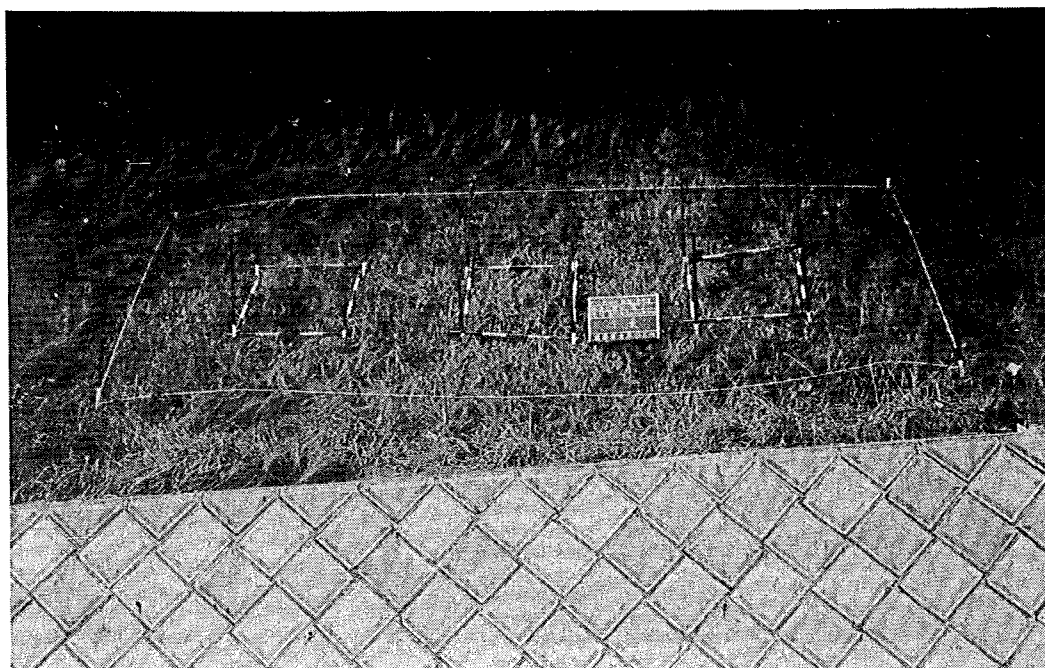


写真-13

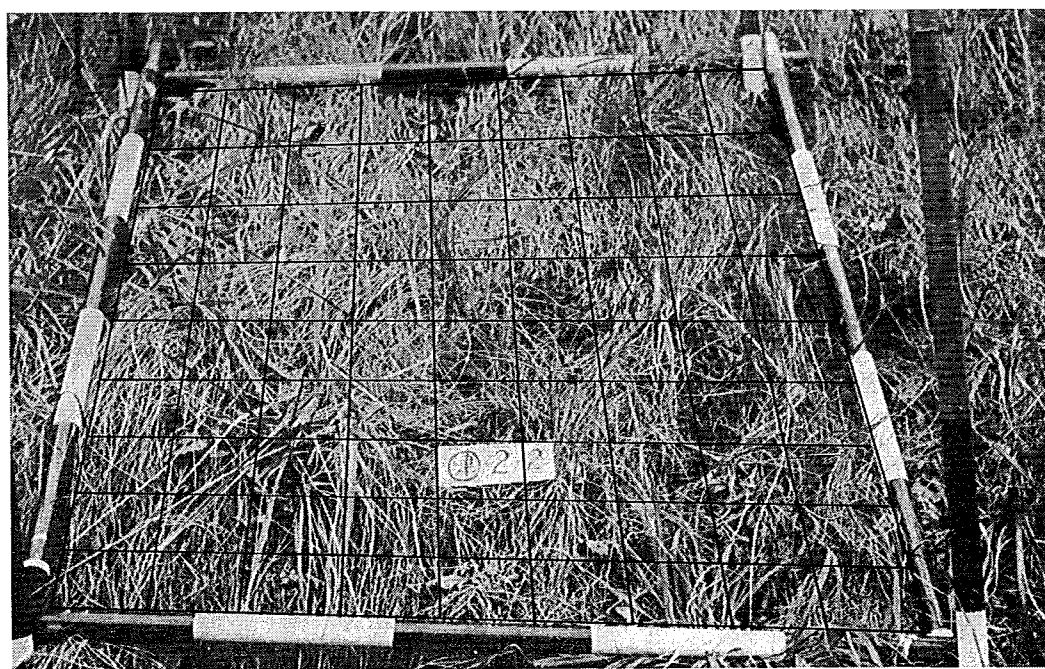


写真-14



写真 - 15

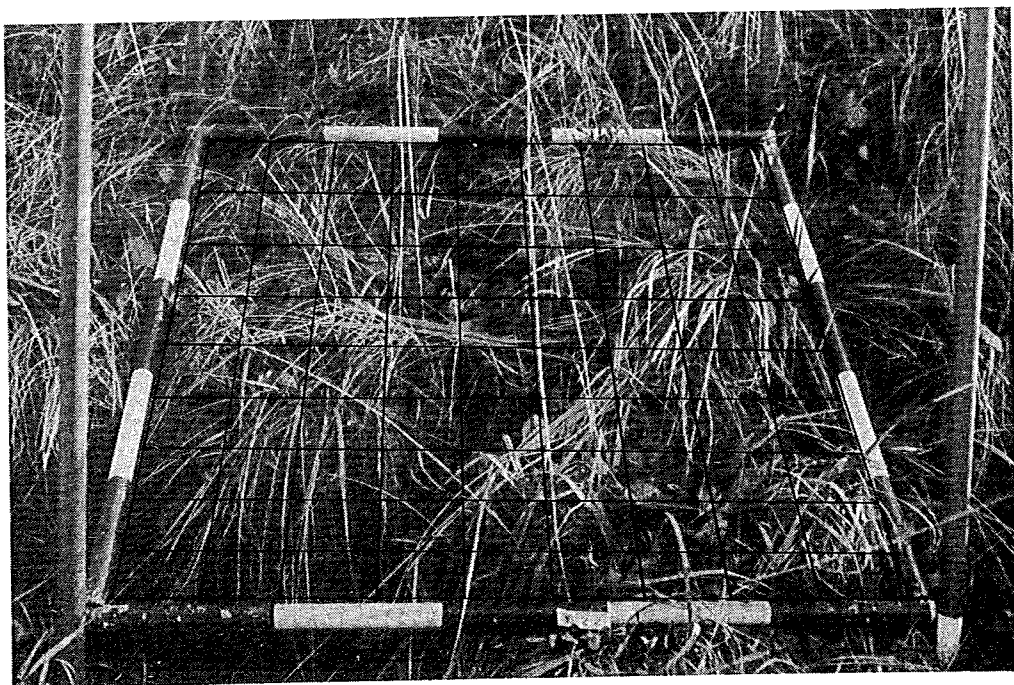


写真 - 16

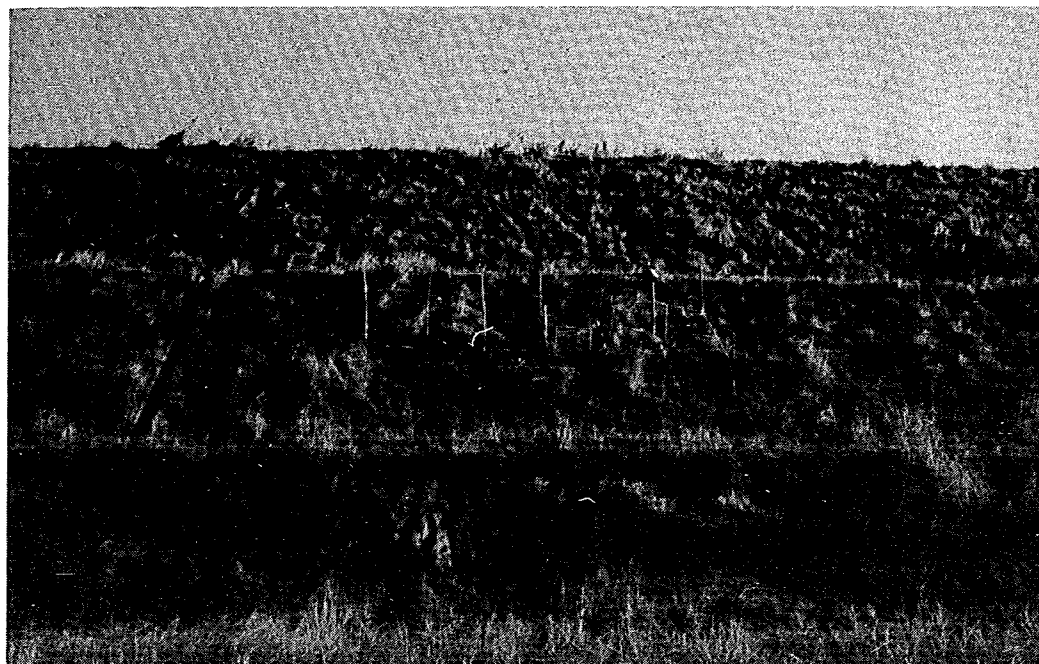


写真-17



写真-18

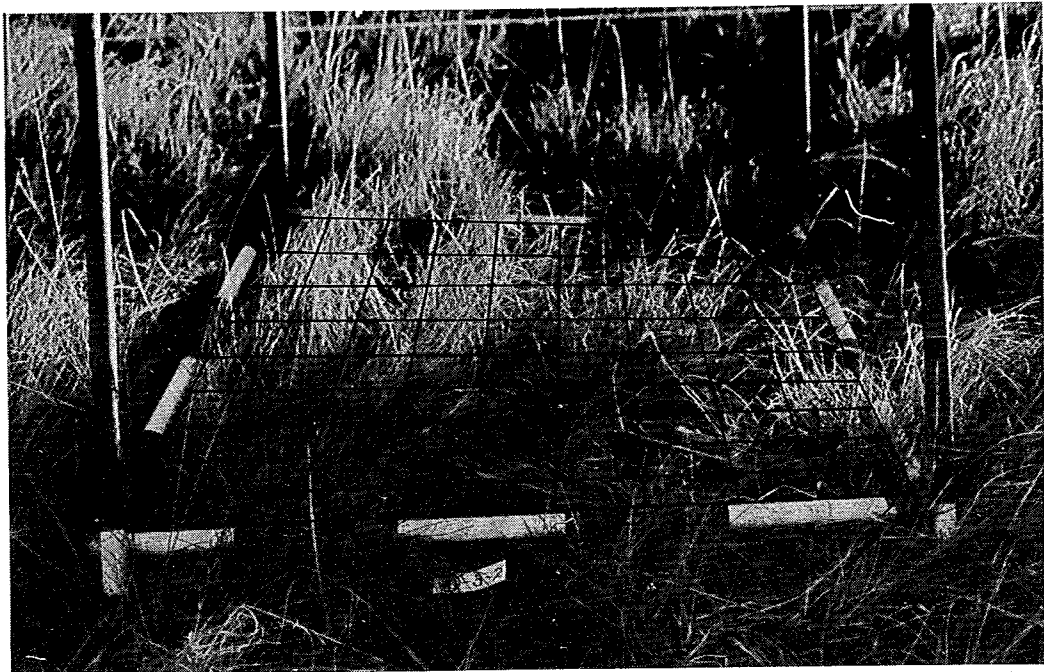


写真 - 19

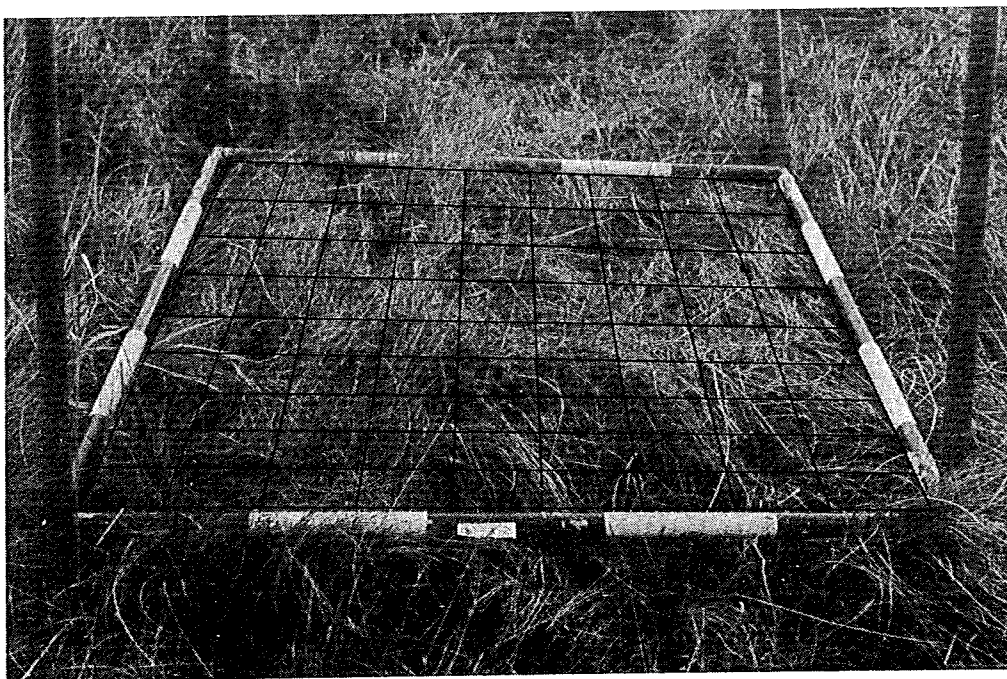


写真 - 20

南多摩調査地は、土質に稲城砂層のためのり面の上部は乾燥しやすく、下部は湧水による小崩壊やがり浸食を起しやすい条件のため洋芝は衰退し、豆科植物（メドハギ、クズ）やカヤの侵入が見られる。

2. 植生によるのり面保護効果の調査

2-1 ベーン式根系強度計による調査

2-1-1 目的

植生工によって、のり面が常に植物で被覆されている状態で侵食が防止できればよい。すなわち、植物被覆は根系が土層に侵入し土壌に緊縛することで、その土層のせん断強度が増大し、侵食や斜面崩壊に対する抵抗が強くなる。しかし、その根拠となる根系を含む土の強度を測定する計器類がない。そこで、ベーン式根系強度計を作成し、調査を行なった。

2-1-2 調査方法（写-24、図-3、参照）

ベーン式根系強度計を用いて計測しようとする草木の周辺土壌にベーンを押し込み、ロットを回転させ根系を含む土のせん断する時の抵抗力をトルクで計測し、その時の最大抵抗値を読みとる。

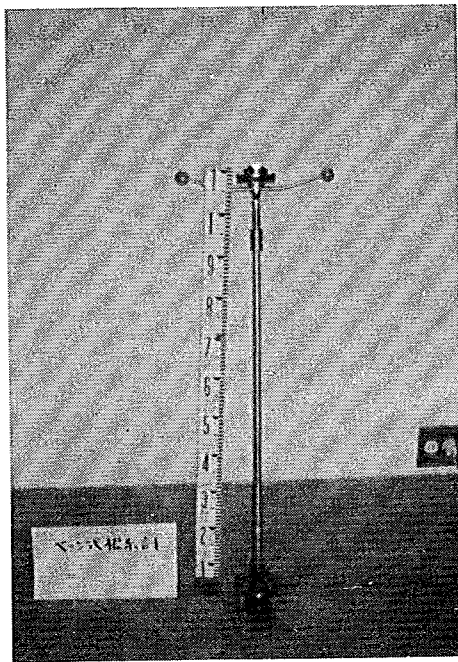


写真-24 ベーン式根系強度計

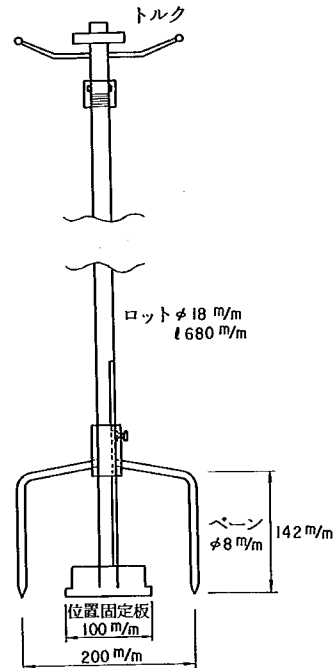


図-3 ベーン式根系強度計

2-1-3 調査結果

根系が土層に侵入し、土壌を緊縛することで土層のせん断強度が大きくなり、侵食や崩壊に対して抵抗が強くなるといわれている。しかし、根拠となる根の強さを表わす量的表示はむずかしい。例え

ば、品種の違いによる根の張り方、あるいは、同一品種でも成長の度合や土質の違いによっても違ってくる。

品種や根の張り具合により、あるいは、植物でのり面が被覆されたことでどの程度、土層の強度が増加したかなどである。

そこで、建設省関東地建宮ヶ瀬ダム事務所内における、ケンタッキー・ブルー・グラス (K・B・G)、ケンタッキー・31・フェスク (K・31・F)、クリーピング・レット・フェスク (C・R・F)、レット・トップ (R・T) の植生調査地及び日本住宅公団北柏地区内の飛砂土防止を目的とした植生工で、使用種子は、ケンタッキー・ブルー・グラス (K・B・G)、ハイランド・ベント・グラス、ホワイト・クローバー (W・C) の3種混合を用いている植生地で調査を行なった。

調査結果を図-4、図-5、図-6に示す通りである。図-4は、C・R・F、R・T、K・B・G、K・31・Fの順で被覆率が増加すると最大抵抗値も大きくなる。これは、根系の状態および草丈によるものと思われる。

図-5は、根系強度 (最大抵抗値) とベーンで切り取られた根茎の絶乾重量、図-6は、根系強度-土壌硬度 (山中式硬度計) を図に示したものである。

図-5、図-6により、ベーン式根系強度計に関しては土壌硬度の影響を考慮する必要はなく、根茎の張り方、緊縛力のみ、その要因と考えてもよいと思われる。

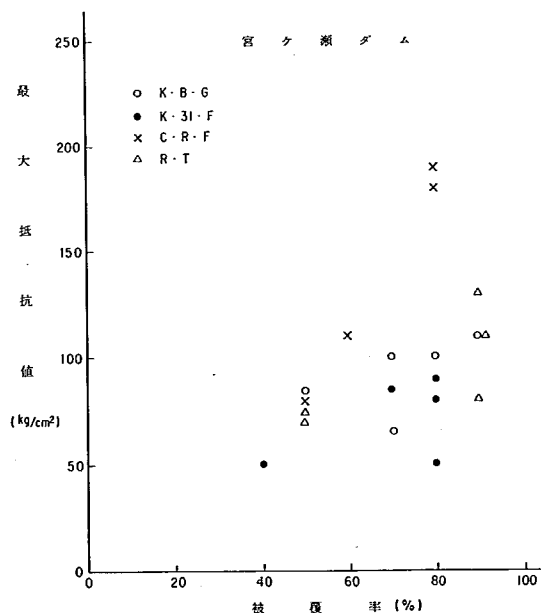


図-4 根系強度 (最大抵抗値) - 被覆率

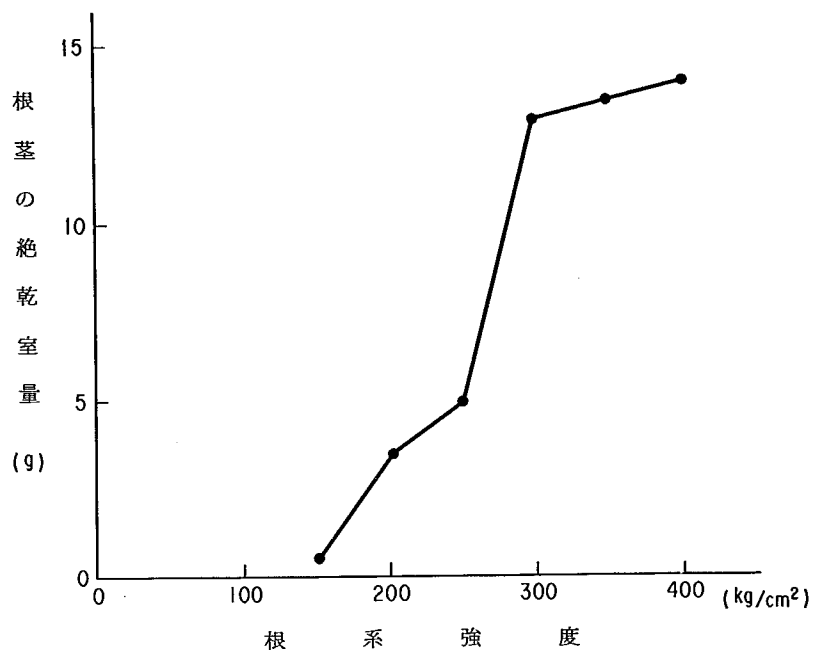


図-5 根系の絶乾重量—根系強度

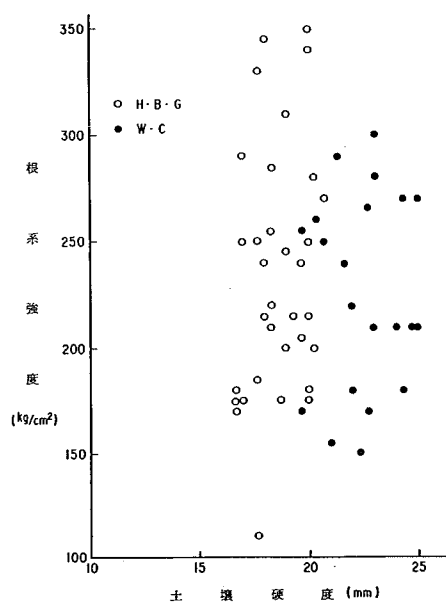


図-6 根系強度—土壌硬度

2-2 洗掘抵抗試験機による試験

2-2-1 目的

雨滴や表流水による浸食に対する植生や養生剤の効果を洗掘抵抗試験機を用いて調べた。

2-2-2 方法

洗掘抵抗試験機の原理は、測定しようとする土に一定の水圧で一定時間噴射したとき、土は水流によって洗掘される。その洗掘の深さの大小は、土の洗掘に対する抵抗によってきまると考えられる。このような条件で試験ができるように試験機は図-7、写-21に示すような構成からなっている。

洗掘抵抗試験機の試験方法は、噴射ノズル先端と供試体の間隙を15 cmとし、被洗掘面に直角に水流があたるようにセットし、噴射水圧は噴射ノズルの出口にピトー管式圧力計をあて、 0.5 kg/cm^2 となるように調整した。噴射水流は供試体の被洗掘面に10秒間噴射し洗掘された穴をデブスノギスによって計測する。

表-4 洗掘抵抗試験結果

2-2-3 試験結果

洗掘抵抗試験機による抵抗値を比較するため、砂質土に対して、無処理、養生剤処理というハイランド・ベント・グラス、ホワイト・クローバーの植生処理について行った。養生剤はその作用のタイプによって3つの型に分類される。今回は、その代表的養生剤3種類を選んだ。

(1) 被覆形成型は養生剤が土の表面に被膜を形成し、その被膜が雨滴の衝撃力、流下水の掃流力による浸食を防止する。

(2) 浸透固結型は養生剤が土中のある深さまで浸透し、そこで固い層を形成し、浸食を防止する。

(3) 浸透粒子固結型は養生剤が土中に浸

透し、ある固さをもった土壌団粒を形成し、浸食を防止する。

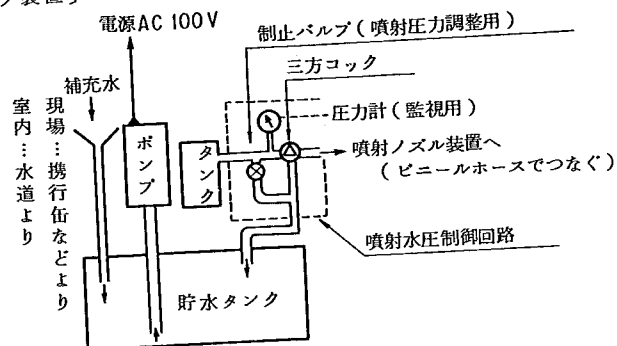
を用いた。

調査結果は表-4に示す。砂質土において、無処理と養生剤の内被覆形成型を除いては、洗掘に対する抵抗値は低い。被覆形成型は3回の内1回は被膜が破れたために洗掘された。

植生の洗掘に対する抵抗値は大きく、降雨などによる雨滴、表流水による浸食防止効果は大いに期待できると思われる。

試験区分		洗掘抵抗試験 (mm)			
土性区分		砂 質 土			
処理区分		1	2	3	平均
無処理区		154	200 以上	188	180.7
養生 剤	被覆形成型 カチオーゾル	160	0	0	53.3
	浸透固結型 ルナゾールAH	159	153	—	156.0
	浸透粒子固結型 アロンAX	168	194	197	186.3
ハイ ランド グラス	A	9	18	5	10.6
	B	0	23	18	20.5
	C	58	16	46	40.0
ホ ウ イ ト	D	31	25	38	31.3
	E	15	15	18	16.0

〔ポンプ装置〕



〔現場試験用噴射ノズル装置〕

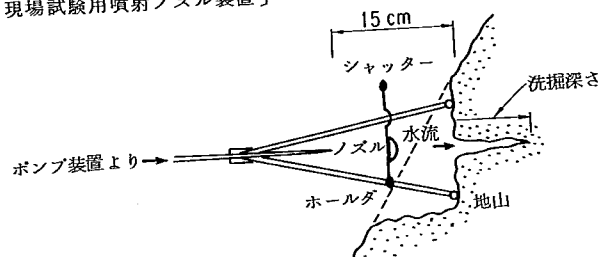


図-7 洗掘抵抗試験機の構成

3. のり面緑化に関する技術的基準

3-1 のり面緑化の基本的考え方

3-1-1 のり面安定の基本概念と緑化

のり面が安定を保つためには、表面浸食と表面より内側での崩壊が生じないことが必要である。後者に対する基本概念を簡単に要約すると次のようになる。

一般に地表面が水平でないところでは、重力の作用により高所から低所へ向って土を移動させようとする力が働き、このため土の内部には、せん断応力が発生する。土中に生じているせん断応力がその土のせん断抵抗を越えないうちは斜面は安定を保っているが、ある連続面で応力の超過が生ずるとすべりが発生し崩壊が生じる。

土のせん断抵抗は周知のクローンの式で定義され

全応力表示の場合は

$$s = c + \sigma \tan \phi \quad \dots\dots\dots (1)$$

有効応力表示の場合は

$$s = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに s : 土のせん断抵抗 (せん断強度)

σ : セン断面に作用する全垂直応力

u : 間げき水圧

c : 全応力に関する土の粘着力

ϕ : 全応力に関する土の内部摩擦角

c' : 有効応力に関する土の粘着力

ϕ' : 有効応力に関する土の内部摩擦角

従って、(一般にすべりに抵抗する力) > (すべりを起そうとする力) であれば安定であり、この逆は不安定となる。

降雨や地震などの誘因に対して、のり面が安定であるためには、誘因が働いても安定条件が満たされているが、あるいは誘因により次に述べる不安定要因、すなわち崩壊をもたらす要因が作用して不安定になる時には、この要因を除くかあるいはこの要因による作用を受けても崩壊が生じないように抑止工等により力のバランスがとれるようにしておくことが必要である。崩壊をもたらす要因は、間げき水圧の上昇、含水による土の強度低下及び重量増、パイピングである。

のり面が安定を保つためにはこの他、表面浸食が生じないことが必要である。また、長期間を考えれば風化が不安定要因となるからのり面の安定に対する植生の効果は次に述べる6つの崩壊要因(不

安定要因)に対する防護として、どれだけの効果があるかということになる。

◎ 洗掘抵抗試験機の結果

- (i) 表面流水による浸食
- (ii) 間げき水圧の上昇
- (iii) 含水による地盤の強度低下
- (iv) 含水による地盤の重量増
- (v) パイピングによる局部崩壊とその進行
- (vi) 風 化

3-1-2 斜面崩壊の要因と植生効果

(1) 浸食に対する植生の効果

裸地と植生のある斜面では浸食を受ける度合が異なり、植生が浸食に対してかなりの効果を有することはむしろ常識として受け入れられている。

図-3.1は倉田による実験で、傾斜角 30° の斜面にレッドフェスクを植え、1時間240mmの人工降雨による浸食度合を、レッドフェスクの被覆度別に示したものである。この場合最も浸食量の多い被覆度37%の区の浸食土量を100とし、5回の試験の平均値である。この実験では植生によるのり面被覆が進むほど急速に浸食土量は減少し、被覆度が100%に達すると浸食が起らぬことを示している。

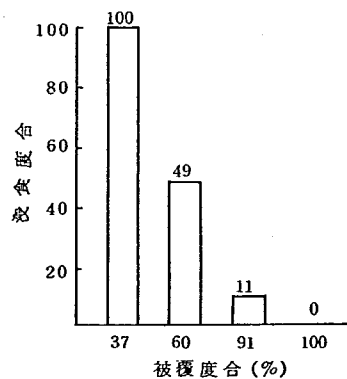


図-3.1 レッドフェスク被覆度と人工降雨による浸食量 (倉田)

被覆度37%の区の浸食土量を100とする。

表-3.1 レッドフェスク被覆による凍上崩落防止効果(倉田)

区	霜柱日数	霜柱高 (cm)		霜柱発生	ha 当り崩壊 ±量 (m ²)
	(日)	最 高	平 均	面積率(%)	
レッドフェスク区	10	1.5	0.2~1.3	0.7~1.3	0
裸 地 区	71	4.5	1.1~2.3	23~62	281

表-3.1も倉田による実験で、冬季の凍上による浸食に対する植生の効果を示している。これは傾斜角60°でレッドフェスクにより全面被覆した場合の裸地との比較で、レッドフェスク被覆により、霜柱発生日数、発生源積率、霜柱の高さが激減し、崩壊土量はほとんどゼロで、測定できる量に達しなかったという。なおこれは1冬期間の合計値である。

この浸食に対する効果は、雨水のしゃ断、降雨滴衝撃力の緩和、流下水流速の減少によるものである。これは崩壊要因(1)表面流水による浸食の防止に直接結びつくものである。地表の被覆状態による流速はマニング則では粗度係数(n)に反比例する。表-3.2は粗度係数 n とはほぼ同じ意味を有する遅滞係数(n_d)に示す。この表より地覆状態による流速の違いについて、一応目安をつけることが出来る。

表-3.2 地覆状態による遅滞係数

地 覆 状 態	n_d の値
セメントコンクリート、アスファルトコンクリートなど	0.013
なめらかな不透水面	0.02
なめらかで、よく締った裸地	0.10
貧弱な草地、耕地、適当な粗さの裸地	0.20
牧草地、普通の草地	0.40
落葉樹林	0.60
針葉樹林、粗または密に草が生い茂った深い落葉樹林	0.80

(2) 雨水の浸透に対する

植生の効果

降雨水が植物体に付着し、地表面に達するとき、蒸発する量はかなりの量になり、これは直接降雨量を減少させると同様の効果を持っている。一方流下水流の速度の減少もあるので、植生がある方が地下へ浸透する量が減少する。これは斜面の

勾配、植生の種類、繁茂の状態、気温等に関係するもので、必ずしも全面的に肯定されない。

図-3.2、図-3.3は裸地と植生のある所との含水比の観測結果の1例である。

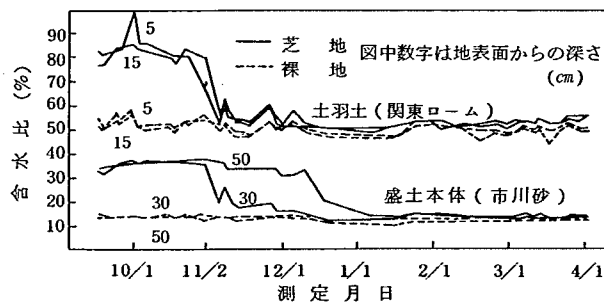


図-3.2 張芝と裸地の土壤含水比の長期観測結果
(のり長5.5 m, のり肩から2.5 mの位置)

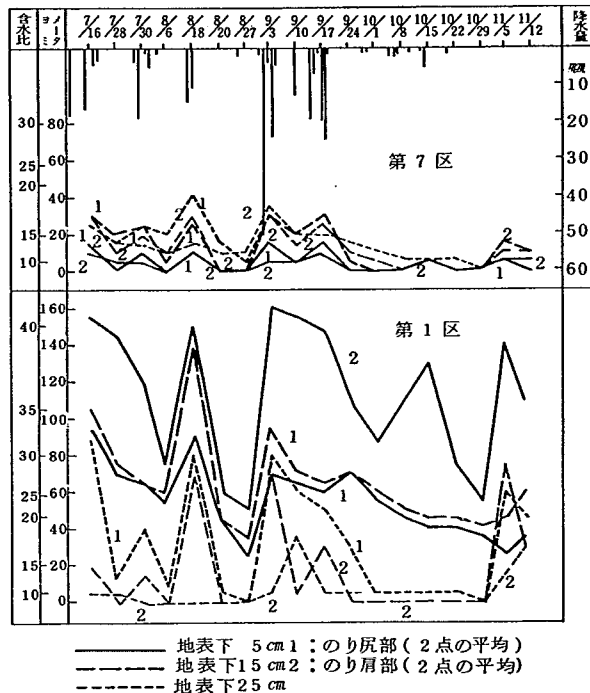


図-3.3 尻内試験地の含水比測定例(国鉄陸奥市川一尻内間)
第7区:ほとんど裸地 第1区:全面植生被覆地

雨水の浸透防止は、当然、崩壊要因(2)間げき(水)圧の上昇、(3)含水による地盤の強度低下、(4)含水による地盤の重量増、(5)パイピングによる局部崩壊とその進行の防止効果をもたらす。

(3) 根系による地盤の強度強化

植生の根系により地盤の強度が増加することは、一般に見られる現象であり、植生が繁茂している場合地表よりある深さまでは、根系と土によってマット状態になり、掘起すのにも困難なことを経験することがある。

のり面用植物として良く用いられる、ハイランド・ベント・グラス(H・B・G)、ホワイト・クローバー(W・G)について、2.1で述べたペーン式根系強度計により、これらにつき調べた。

図-3.4、図-3.5は、根系強度と調査位置での根系の量及び山中式土壤硬度計で測定した土壤硬度の関係を示したものである。ハイランド・ベントグラス(H・B・G)、ホワイト・クローバー(W・G)とも土の硬度より、根系の張り方・緊縛力の方が支配的であることがわかる。

樹木の根が土のせん断強度にあたえる作用についての遠藤・鶴田の実験報告(農林省林業試験場北海道支場年報1968)があるのでこれを要約する。

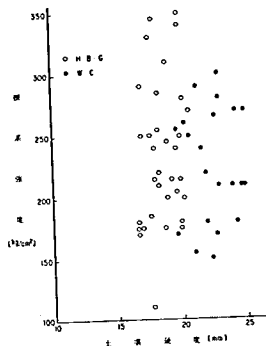


図-3.4 根系強度-土壤硬度

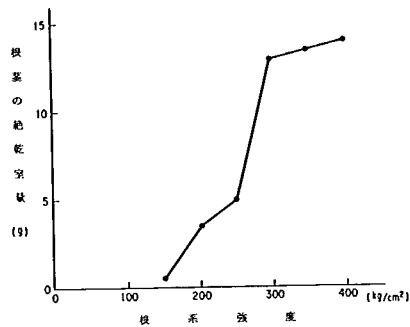


図-3.5 根系の絶乾重量-根系強度

春先に苗畑をよくたがやし、 50×50 cmの試験畑をたくさん用意し、1つ1つの試験区には2年生のグルチーノ・ハンノキの苗木を木数を変えて植えた。同年の秋にせん断試験を実施し、根の量と土のせん断強度との関係を調べた。

実験畑でのせん断強度の説明を図-3.6に示す。せん断箱の大きさは $50 \times 50 \times 20$ cmの(高さ)である。

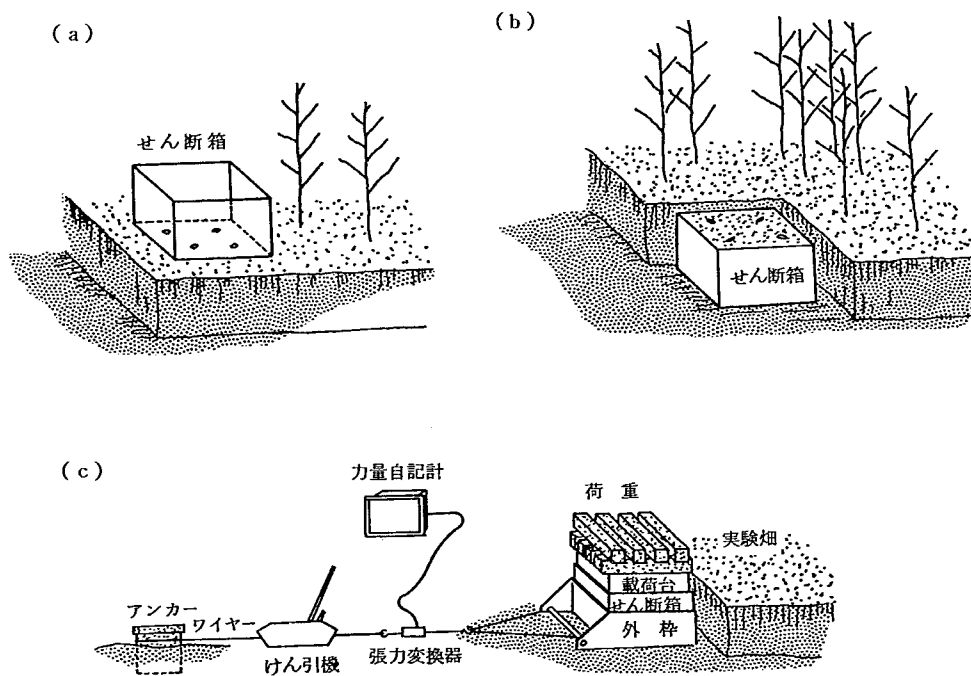


図-3.6 実験畑でのせん断試験の説明図

根系を含まない土のせん断試験の結果を図-3.7に示す。

これから

$$c = 35 \text{ kg/m}^2 \quad \tan \phi = 0.72 \text{ が得られた。}$$

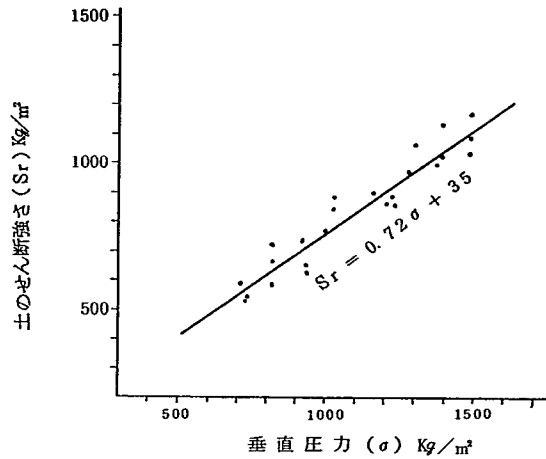


図-3.7 土のせん断強さ (S_r) と垂直圧力 (σ) との関係

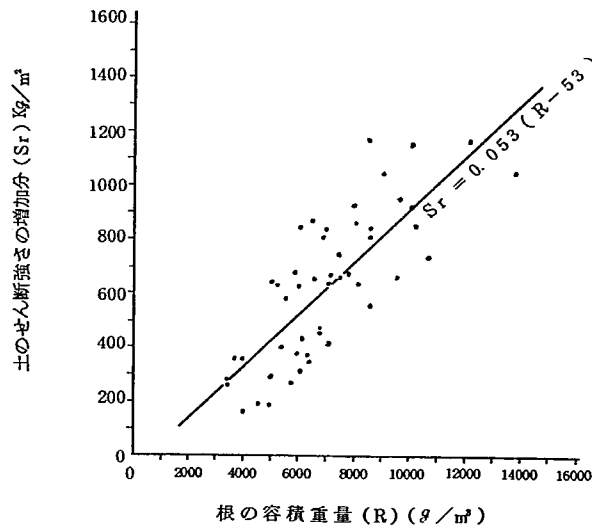


図-3.8 根の容積重量 (R) と土のせん断強さの増加分 (S_r) との関係

根の混入による土のせん断強さの増加分 $S_r \text{ kg/m}^2$ と根の容積重量 $R \text{ g/m}^3$ との関係を調べると、図-3.8に示したように、直線関係がみとめられる。

すなわち, $S_r = a(R - b) \dots\dots\dots (7-3)$

ここに, a と b は実験定数である。実験資料から計算すると, $a = 0.093$, b は 53 g/m^3 , S_r と R との相関係数は 0.78 となる。

この S_r は土の粘着力に相当するものであり, したがって樹木の生えている土層のせん断強さ s は

$$s = c + a(R - b) + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (7-4)$$

式(7-4)で得られる s の推定値と s の実測値の比較を図-3.9に示す。

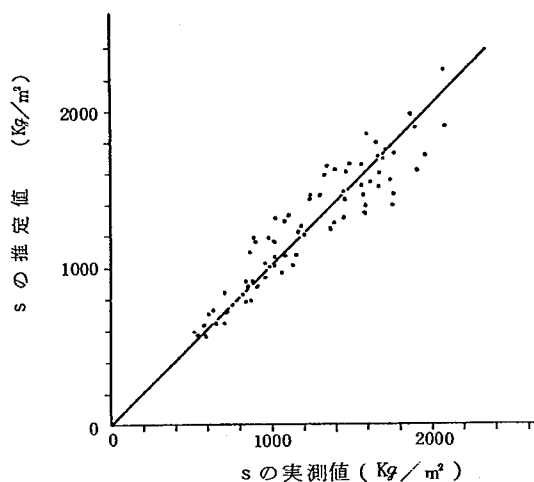


図-3.9 土のせん断強さの実測値と推定値との比較

(4) その他

これまでは, 植生の正(positive)の効果につき述べたが, これとは逆に負(negative)の効果も考えられる。これには, 風による樹木のゆれによる土層のみだれと, これに伴う浸透性の増大, 茶畑等でみられる根系の進入範囲の一樣さによる土中の不連続面の形成などがあげられる。

これについての知識は災害時の実態調査の領域を出ていないのが現状である。

参考文献

- 1) 新田伸三, 小橋澄治: 土木工事のり面保護工, 鹿島出版 昭43
- 2) 倉田: 緑化工概論, 昭34
- 3) 田村, 小橋, 今井: 砂質工築堤における植生工の役割, 鉄研速報No.63-128, 昭38
- 4) 神辺, 小橋, 今井: 関東ロームの耐浸食性と張芝工の効果, 鉄研速報65-89, 昭40

3-1-3 のり面における植生繁茂の基本的条

のり面に播種工などの緑化工施後, 植生が生育するための基本的条件は次によるものである。

- 1) のり面が崩壊しないこと。

崩壊しやすい場合は、勾配をゆるく切り通すなどの対策が必要である。

2) 植物に必要な気象条件であること。

気象には、気温、日照、水、空気などがある。

3) 土壌があること。

最も重要なことは土が動かねことである。

植物の種類により根が発達するのに必要な厚さがある。

草 木	必要な土壌の厚さ	15 cm以上
小低木	必要な土壌の厚さ	30 cm以上
大低木	必要な土壌の厚さ	45 cm以上
高 木	必要な土壌の厚さ	60～90 cm以上

また、自然状態では周辺には大木が繁茂している地域内のかけ面には草木や低木しかないことは通常認識されることであり、緑化後の植生回復でも、勾配が 35° 以下では森林にもどるが、 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ では他の条件が非常に良くなって森林にもどらず、 50° 以上になると回復を期待することはできない。

山寺は、植生の生育基盤の傾斜と自然地山を切土した後、その斜面に復元可能な植物社会について表-3.3に示す試案*を提案している。

表-3.3 生育基盤の傾斜と復元可能な植物社会（試案）（山寺）

生育基盤の傾斜	復元可能な植物社会の場観
35度以下	高木が優占する植物社会の復元が可能、生育が良好。 35度は、放置した場合に自然に復旧する限界の傾斜、また、植栽による導入の限界傾斜。
35度～45度	中・低木が優先し草木が地表を覆う植物社会。 生育基盤の安定を目的とする緑化基盤工の設置が必要。 高木を導入する場合、将来生育基盤が不安定になる危険性があるので、段階工の設置や強固な緑化基礎工を設置する。
45度以上	低木や草木類からなる丈の低い植物社会、のり面安定上無理に樹高を伸ばさないことが必要。 あまり厚い客土は将来崩落の危険性を増す。 (高木からなる林相を復元するには斜面形状を変える)

* 山寺喜成：実用土木材料，第11章緑化，土木施工法講座25，山海堂

3-1-4 緑化施工後の植物遷移

のり面の緑化は普通、ケンタッキー 31 フェスク等の外来種子で行なわれることが多いが、これがそのまま永続することではなく、一般には、郷土植物（自然の地元の植物）が侵入し、その後、植物遷移が見られるが、これに関しては、施工例が増えるにつれて、その実態が明らかになってきており、現時点ではあらゆる方法が採用できるという前提で一般的には次のように要約される。

- 1) 外来種子の植生が成育した後、刈り取りと肥料を入念にやっておれば、いつまでも外来植生のままである。
- 2) 外来種子の植生が成育した後、刈り取りも肥料をやらなければ、郷土植物が侵入し、漸次、郷土植物に遷移する。

その実態は、

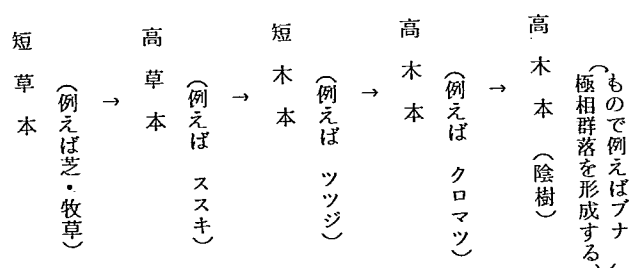
まず、外来種子で緑化施工後、まず草本類の郷土植物が侵入しはじめ、3～4年から郷土植物が侵入しはじめ、10年ほどで、ほとんど全体が郷土植物に遷移してしまう。この場合クズが侵入してくれば木本類や外来種が枯れ、1時点に裸地化して浸食されやすい状態になりやすい。また、標高、1500 m以上の所では、侵入は遅く、20年くらいで、全体が郷土植物になる（富士山スバルラインなど）。

- 3) マサ（風化花コウ岩）地帯など、外来植生の衰退が激しく裸地化しやすい所では、郷土植生が侵入してもやはりこの傾向は続き、郷土植生の移行もむづかしい。

これに反して、古生層、第三紀層の地帯では、郷土植生の侵入は良好である。

- 4) 一般に、視覚的には表-3.4 に示すような遷移を示すとされている。

表-3.4 視覚的に見た植生遷移



- 5) 郷土植物への遷移を早めるには、次のような方法がある。

- ① 外来種子による緑化施工後、3～4年後に外来種の衰退が著るしくなり、この頃から郷土植物の侵入が目立ってくるが、この時郷土植物の種子を積極的にまく。
- ② 最初の緑化施工時に、外来種子に、郷土種子を混入して使用すれば、郷土植生への遷移は、いっそう加速される。例えば、ヨモギとケンタッキー 31 の種を 50 : 50 で使用すると、春

のいい時期なら、最初からほとんど全部ヨモギになり、秋施工でも、1年ぐらいで、全部ヨモギにかわることが多い。

- ③ 外来種子が一応成育した時、地面侵食を受けないだけ草丈を残して刈り取る。
- ④ 周辺の表土を採取して、外来種による緑化施工時にこれを法面に吹付ける。これには、郷土植物の種子が入っており、また表土もあるから郷土植物への遷移が早まる。
- ⑤ さらに工費が許されるなら、郷土種の木本類の苗木を積極的に植栽する。

6) 寒冷地や高山地帯

条件の悪いこれらの地帯での緑化復元に関しては、適応力のある郷土植物を見つけ出すとともに、人工により生育基盤を造成し、これを安定させるための方法が研究されており、緑化技術も進んできているがまだ一般化された水準には達していない。

次に、名神高速道路の切土のり面を対象に外来植生施工後の郷土植生の侵入について道路公団試験所で追跡調査した報告⁽¹⁾の要約を述べる。

名神高速道路、関ヶ原～栗東間(約75 km)に、切土のり面を対象に25ヶ所の調査地を設け調査を実施した。

本区間は、昭和36年～37年に緑化施工されたのり面である。

導入草種は大部分がウィーピングラブグラスの単播で、一部にケンタッキー31フェスクを混播されている程度である。

土質は粘性土が主体で、一部に花コウ岩の風化土(マサ土)が出現する。周辺林相は、アカマツ林が大部分で一部にスギ、ヒノキなどの造林地がある。中低木類ではネジキ、ナツハゼ、ツツジ類などの耐酸性樹種の生育が多く、砂防工事が施工されたところでは、ヤシャブシ類やニセアカシヤが良く成林している。

調査結果の要点をあげれば、次頁のようである(表-3.5参照)。

- 1) 侵入植物の主なものは、木本類でアカマツ、ヤシャブシ、ヌルデ、ナツハゼ、ツツジ類など約5種類、その他シダ類の数種が確認された。これら侵入種の大部分は先駆植物といわれる種類であった。
- 2) 侵入はのり面周辺の表層上に近い土壌部分より始まり、のり面中央部に侵入している。この傾向は木本、草本類とも同じである。従って、アカマツの樹令を調べてみると、施工3年目位から侵入しており、周辺部分の樹令が高く、のり下部が低い。その差は2～3年であった。
- 3) 導入植生の被覆率は外来草の平均で15～30%、侵入植生の優勢なところは5%前後で、ノシバ張付地ではほとんど消滅している。
- 4) アカマツの生育は、のり上部でやや衰り、下部で良好である。また、粘性土質より花コウ岩風化地では生育が悪い。これは、土壌部分の差よりも、土質の保水性による土壌乾燥に影響があると思われる。
- 5) 遷移(侵入種の種類・量)は、種子吹付工より張芝工が早い。これは張芝客土方式が種子の飛

来定着→発生→生育に好条件を与えたのではないかと推定する。

〔参考文献〕

(1) 前堀幸彦：「高速道路のり面の植生遷移状況」：日本緑化工研究会会誌 P. 34～35. 1976.7

表－3.5 名神高速道路（関ヶ原～栗東）法面植生調査植物組成（47年10月調）

番 号	1	2	3	9	11	15	18	21	22	24	25
調 査 地 点	KP453.4	KP439.6	KP437.7	KP398.7	KP393.5	KP424.4	KP418.7	KP392.5	KP425.2	KP415.1	KP471.5
工 種	張芝工	種子吹付工	種子吹付工	種子吹付工	種子吹付工	張芝工	張芝工	種子吹付工	種子吹付工	種子吹付工	張芝工
のり土質	粘性土	粘性土	砂利混り砂質土	軟 岩	黒色粘性土	砂利混り砂質土	砂質土	岩塊混り砂質土	砂利混り砂質土	砂利混り砂質土	砂利混り砂質土
土壌硬度	20～24	15～16	15～20	31～35	18～22	18～22	18～24	12～13	23～24	18～20	18～20
のり方位	E S	S	N W	E S	N E	N W	W	W	N W	W	W
勾 配	425°	42°	41°	47°	43°	47°	40°	49°	50°	40°	38°
のり長(m)	13	15	14	26	40	22	16	15	12	19	10
植物被覆率(%)	100	98	95	98	100	90	100	99	95	100	100
ウィーピングラブグラス		50	30	25	5			30	40	45	
ケンタッキー31フェスク								35	5		
アカマツ	20	40	40	70	50		70	20	40	50	30
ス ス キ	20	5	20	5	10	50	10	10	5	5	5
ヤシャブシ	10										
ナツハゼ	10		+		+		+		+		
コバミツバツツジ	5		+		+				+		
ネ ジ キ	10		5		+		+		+		
ヤマツツジ	10		+		+		+				
チ ガ ヤ		5				10					10
ハ ギ						+	+		3		
ボ ブ ラ						+	10				
ヨ モ ギ						5					
タ デ						+					
コケ・シダ					30				5		
備 考		岩露出			湿潤地	のり面火災跡と思われる。					

3-2 植生工の施工に必要な調査*

(1) 気象（気温、降雨量、雪積量、風、凍上・霜柱、のり面の方向、日当りの程度）

年平均気温はどういう植物が生育できるかを判断するために、また日平均気温は施工適期を判断するために必要である。のり面がどちら向きで、日当りはどの程度かということは、耐陰性の草をえらぶ必要があるどうかの参考となる。また施工予定時期の気象はどうか、豪雨期にあたら

* 日本道路協会：植生工の施工に必要な調査

ないかなどを検討し、工法や養生法について対策をたてねばならない。

(ii) 地形、勾配、高さ

主に将来の生育基盤の安定度の予測と、施工法の選定のために行なうもので、前者については斜面特にその表面部分の土の移動の安定性を検討することになり、後者については、のり面の面積、勾配により機械施工、人力施工の選択、組合せ等を検討する。

(iii) 地質、土質

- 土の物理的性質 — 土の種類、水分、硬度、粗度分布、有機物の含有率、などを調べる。
砂質土のように浸食に弱いもの、火山灰土のように凍上の著しいもの、固結土、粘土、土丹のように、植物の根付きの困難なもの、含水量が低く乾燥の著しいものは、特に留意して調べる必要がある。
- 土の化学的性質 — pH、養分などを調べる。
強酸性土、その他有害成分を含有し植物の生育困難なものは、特に注意する。
- 湧水の有無、量、季節的变化。
またたね散布工などのように多少の凹凸（おうとつ）のあった方がよいもの、植生マット工のように平滑さを必要とするものなど、工種によってのり面仕上げの要求程度が異なるので、のり面の仕上げ程度もあらかじめ知らねばならない。

(iv) 隣接地の状況

吹付を行なう場合、畑作物、民家、構造物などに対して吹付材料が飛散し、汚染することもあるから、それがどの程度許されるかということも調べておく必要がある。

(v) その他

現地材料（土や水など）の入手の難易、その質、および機械や材料を搬入する場合の進入路の条件を調べる。

3-3 急傾斜地崩壊対策工事の緑化工の留意点

急傾斜地での崩壊対策工事では、防災とともに、良好な環境の保全が要望される。工事が住宅地と密接して行なわれるため、住環境との調和を図る必要があり、自然の緑を取り入れた施設が最近強く要望されている。急傾斜地の緑化に際して配慮すべき事項を次にまとめる。

1. 良好な環境保全のため、なるべく緑化する。
2. 防災の方が環境保全より優先する。
3. なるべく防災と環境保全の調和をとるようにする。
4. 緑化工施工時の発芽成育だけでなく、その後の植生遷移、成育に伴う根系発達の状態、腐食についても検討する。
5. 維持管理の手間、経費等も考慮に入れる。

6. 緑化だけでなく、緑化によって、木葉等により、水路等が閉塞することなどについても配慮する。

7. 気象条件の変化（雨が例年より長期降らない等）も考慮すること。

急傾斜地崩壊対策工は表－3.6に、また対策工の設計のための調査は表－3.7にまとめられるが、この内、緑化工は、防災上は、表面浸食のみに対する抑制工に位置づけられる。従って、緑化の緑化の前提として、斜面そのものの崩壊は他の工法によって防止されることが必要になる。緑化工の成功の可否は一般に播種等の緑化工施工時の比較的短い期間に植生が計画通りに成育するか否かにあるが、これには、表面の土（客土を含む）を動かさないことが最も大切であり、表面流水がのり面を流れるのを防ぐため、のり肩排水工等の排水工の設置が行なわれる。また施工直後はアスファルト乳剤等の散布が行なわれることがある。排水路は、土砂、枝葉等の流入堆積を考慮して、十分余裕をとることが望ましい。

また、法線や勾配の急激な変化によって、越水や跳水が生じないようにし、必要に応じて落差工、減勢工または跳水防止工を設けることが望ましい。

土砂や枝葉等によって水路をふさがれ、越水や跳水を生じて水路側面の植生のある部分を浸食し、水路の破損はもとより、斜面崩壊を誘発助長することがあるので、十分注意しなければならない。

また、降雨がなくても、風等によって土（客土を含む）が移動すると、植生の成育は非常に困難となるので、このため緑化基礎工より、導入する植生の生育に適するような生育環境を造成することも必要になる急傾斜地崩壊対策工事では、これらは通常のり枠等の斜面安定工が、緑化基礎工の役割りも兼ねることが多い。従って、のり面勾配のゆるい場合は、ブロック枠工、一枠内植生、急になると現場打ちのり枠工、一枠内植生、さらに勾配が急になると、現場打ちのり枠の枠をせまくするかあるいは、この枠内はさらにブロック枠を設置してこの枠内を植生することが、防災、環境（緑化）の両者を考慮した場合の最も一時的な工法である。

3-4 河川砂防技術基準（案）、（急傾斜地崩壊防止工事）における緑化に関する事項

3-4-1 調査編関連

背後地を含めた斜面周辺の植生の状況について調査し、地形図上及び表－3.8に記入するものとする。

解 説

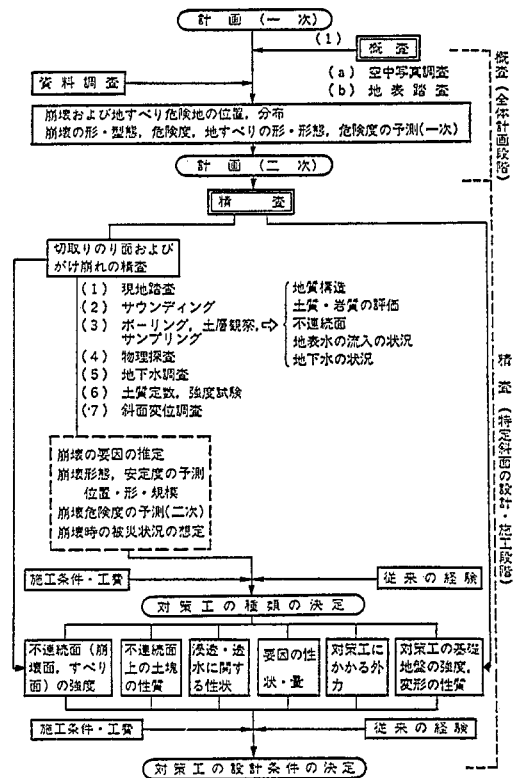
斜面及びその周辺の背後地の植生の状況について、必要に応じ次の項目の調査を行い地形図上及び表－3.8に記入する。

1. 植生の種類及び分布：裸地、草地、竹林、針葉樹、広葉樹、針広混交、その他程度に分ける。
2. 植生の樹令（又は樹高）：10年未満、10～30年、30～50年、50年以上程度に分ける。

表-3.6 急傾斜地崩壊防止工の分類

分	類	目的および効果	分	類	工	種
(A)	(A-1) 抑制工 (1)	雨水の作用を受けないようにする。	地表水および地下水排除工	根排水路工 縦排水路工 地下水排除工		
			植生および構造物によるのり面保護工	植 生 工 吹 付 け ブロックのりわく工 張 り 工 現場打ちコンクリートのりわく工 その他ののり面保護工		
			地 盤 改 良 工	注 入 工 ロックボルト工		
	(A-2) 抑制工 (2)	雨水の作用を受けて崩壊する可能性の高いものを除去する。	不安定土塊の切土工	切 土 工 (A)		
(B)	抑 止 工	雨水の作用を受けても崩壊が生じないように力（抑止力）のバランスを加える。	斜面形状を改良する切土工	切 土 工 (B)		
			擁 壁 工	ブロック積擁壁工および石積擁壁工 もたれ擁壁工 コンクリート重力式擁壁工 コンクリートわく擁壁工		
			く い 工	く い 工		
			ア ン カ ー 工	アンカー工		
			押 え 盛 土 工	押え盛土工		
そ の 他 施 設					落石防止工 なだれ防止工	

表-3.7 斜面調査フローチャート



3. 植生の密度：粗，中，密程度に分ける。
4. 根系の張り具合
5. 根系付近の土層の緩み
6. 下草の状態
7. 伐採の有無とその程度・時期及び伐根の腐食の状況
8. 植生の状態：植林地か，自然林地か，植林地の場合は施業の種類，経営目的か，治山のためかを調べる。また，斜面ののり肩に大木があれば危険なことが多いので調査の際，注意を要する。

表-3.8 急傾斜地調査表

急傾斜地名		所在地		人家戸数		公共的建物		公共的施設	
地 質		斜面形成の歴史		急傾斜地の面積 ha		急傾斜地の面積 ha		地形図の縮尺	
地 形	長 さ	集水区域の面積 ha	湧水の有無	落石の有無	空中写真の有無，縮尺				
	測線 No.								
	高 さ								
	傾斜角								
	斜面の平面の形状 斜面の縦断の形状 その他の記載事項								
過去の崩壊面の特徴		斜面上の土地利用状況							
植生	植生の種類		植生の樹令		施業の種類および時期				
湧 水	湧水点の記号								
	降 雨 時 の 量								
	降 雨 時 の 濁 り その他の記載事項								
災 害 記 録	災害または崩壊 No.								
	発 生 日 時								
	被 災 状 況								
	発生までの最大時間雨量								
	最大日雨量								
水 文	連 続 雨 量								
	その他の記載事項								
	既往最大時間雨量		mm		年 月 日 時 ~ 時				
	既往最大日雨量		mm		年 月 日 時 ~ 時				
既往最大連続雨量		mm		年 月 日 時 ~ 時					
その他の記載事項									

3-4-2 設計編関連

1. のり面保護工

1-1 概 説

植生によるのり面保護工は，のり面に植物を繁茂させることにより，浸食の防止と凍上崩壊の抑制等を目的としている。また，植生工は緑化によって周辺の自然環境との調和を図ることができるが，その生育に必要な気象，土壌等の諸条件が満たされるところ以外では用いない。

構造物によるのり面保護工は植生の生育が不適なのり面，又は植生のみではのり面の十分な保護

を図ることができない場合に用いる。

構造物によるのり面保護工は現場打ちコンクリートのり砕工のように多少の土圧に耐えうる構造のものもあるが、本来、土圧が働くと予想される個所は構造物によるのり面保護工のみでは所要の安定性を確保できない場合が多く、アンカー工等との併用等、別途対策を講じるのが望ましい。

なお、植生によるのり面保護工並びに構造物によるのり面保護工は、いずれも雨水、湧水等に対する処置が必要でそののり面の排水については2-1地表排水除工、2-2地下排水除工を参照のうえ、適切な排水を図る。

のり面保護工の標準的な工種とその目的を示すと、表-3.9のとおりである。

1-2 植生工

工種は植生工の特徴及びその効果を考慮するとともに、土質、植物の生育適性等を考慮して、表-3.10を標準として選定する。設計に当ってはのり面の土質、のり面勾配、のり高、のり面積、のり面の仕上げ程度、施工時、施工の難易、経済性等について十分配慮する。

解 説

植生工によるのり面保護工は、植物の繁茂によって雨水等による浸食防止等の保護効果があるものであり、のり面の浸食が発生する前に、速やかに植生による被覆を行えるような工法の設計が重要である。また、このような植生被覆が永続することが必要であり、そのためには施工後の維持、管理も重要であるが、設計に当たっては、使用工法あるいは草種の現地条件への適応性、のり面環境の改良、繁茂するまでの水分あるいは養分の供給、その間の浸食防止等植生の生育を促す手段を考慮することが望ましい。

植生工は一般的にのり面の浸食防止効果を期待して行われるが、斜面周辺的美観等の環境改善等も期待される。しかし、深いすべりを生じるような不安定なおり面は、植生工のみでは不適当である。また、土壌の乏しい岩質のり面、湧水の多いのり面等、植物の生育に好ましくないのり面は不適当である。

1-3 ブロックのり砕工

ブロックのり砕工は、植生のみでのり面保護が困難な場合に用いる。
中詰めについては現地の状況により適宜設計する。

解 説

ブロックのり砕工法は、切土面に植生工のみ施工しただけでは雨水による浸食に耐えられないのり面に用いる。原則として、直高5m以下とするが、直高5mを越える場合は、のり面縦方向に現場打ちの隔壁を10mごとに設置することが望ましい。部材の一部が万一破損した場合でも、その影響が全体に及ばないように配慮することはもちろんであるが、のり下端よりおおむね直高の1/3までの部分は各部材を緊結する等して一体化を図ることが望ましい。ブロックのり砕工

表 - 3.9

分 類	工 種	目 的
植 生 による のり面保護工	張 芝 工 種 子 吹 付 工 植 生 マ ッ ト 工 植 生 盤 工 植 生 袋 工 植 生 穴 工 植 生 ネ ッ ト 工 植 生 ポ ッ ト 工	雨水による浸食防止, 凍上崩落抑制, 自然 環境との調和
構造物による のり面保護工	石 張 工 ブ ロ ッ ク 張 工 コンクリート張工 モルタル吹付工 コンクリート吹付工 ブロックのり砕工 現場打ちコンクリートのり砕工	風化, 浸食, のり面崩壊の防止 のり面小崩壊の抑制 風化, 浸食の防止, のり表層部の崩落防止
そ の 他 の のり面保護工	のり面アンカー工, 蛇籠工等	

表 - 3.10

土 質 ・ 岩 質		工 法
砂		張芝工, 種子吹付工, 植生マット工
砂質土, 礫質土, 岩塊又は玉石混じりの砂質土	締まっているもの	張芝工, 種子吹付工, 植生マット工 植生ネット工
	締まっているもの	種子吹付工 (溝切客土又は穴切客土併用) 植生袋工, 植生穴工, 植生盤工 植生ポット工
粘土, 粘性土, 岩塊又は玉石混じりの粘質土, 粘土	締まっているもの	張芝工, 種子吹付工, 植生マット工
	締まっているもの	種子吹付工 (溝切客土又は穴切客土併用) 植生袋工, 植生穴工, 植生盤工 植生ポット工
軟 岩		植生吹付工 (溝切客土, 穴切客土併用) 植生穴工, 植生袋工

は土質によっては、1 : 0.8 のり勾配程度まで設計できるものもあるが、原則として1 : 1.0より緩かに設計する。

一般に枠はプレキャスト製品で、枠の交叉部分にはすべり止めの杭又はアンカー鉄筋を施す。

中詰めについては、植生によって保護することが望ましいが、植生工が不適当な場合には、栗石、コンクリート等で状況に応じた中詰めを行う。なお、中詰めをコンクリート張工、植石コンクリート工、コンクリートブロック張工、練石張工等で設計した場合は吸出し防止を施した水抜孔を設計して、ブロックのり枠背面の水を排出する。原則として水抜穴は、のり面の面積1㎡ごとに1個以上配置するものとし、その孔の大きさは、内径が5 cm以上のものを使用する。湧水が特に多い場合には盲溝を設けるか、吸出し防止材等で十分に処理する。

3-4-3 施工編関連

1. のり面保護工

解説

のり面を崩壊に導く最大の要因は水の作用であり、のり面の安定を確保するためには水に対する処置が極めて大切である。このため保護工の設計は言うまでもなく、施工についても、のり面浸食やのり面破壊を起す原因を残さないような入念な施工が必要である。

1.1 植生によるのり面保護工

1.1.1 張芝工

のり面は十分凹凸のないように仕上げ、芝と芝間の目地をあけにしよう密に施工し、目串などで十分にのり面に固定密着させること。

1.1.2 種子吹付工

のり面の勾配、長さによって適当な能力の機械を使用し、材料の混合順序と単位面積当り材料使用量を正確に、むらのない施工を適切な時期に行ない、十分な養生をなすこと。

1.1.3 植生マット工

のり面は十分凹凸のないように仕上げ、マットが浮上りや風で飛ばされないように、目串などでしっかりと固定する。のり肩上部は20 cm以上被覆するようにし、かつ端部を土中に埋め込んで、のり肩からマットの下に水がぐりこまないようにする。マットとマットは5 cm程度重ねる。

1.1.4 植生盤工

植生盤は規定どおりに成形し、溝は植生盤を張付けた場合、その表面がのり面にはほぼ一致する深さに掘り、植生盤を溝の底に圧着し、目串でしっかりと止め、溝と盤にすき間のないよう良質土で目づめをする。

1.1.5 植生袋工

植生袋の袋詰めは規定どおり行い、溝は植生袋を埋め込んだ場合、その表面がのり面にはほぼ一致する深さに掘り、植生袋を溝の底に密着させ、目串でしっかりと止め、溝と袋にすき間のないよう良質土で埋め戻す。

1.1.6 植生穴工

植生穴工の穴はオーガーつき電気ドリルまたはピックハンマーを使用し、のり面に上向きに、径6～10cm、深さ15cmの穴を千鳥状に、1㎡当り18個掘り、穴には十分に土を充填する。種子紙およびその覆土はしっかりと穴に定着させ、のり全面にアスファルト乳剤を散布して養生する。

1.1.7 植生ポット工

植生ポットの穴はオーガーつき電気ドリルまたはピックハンマーを使用し、のり面に上向きに、泥炭性の鉢を埋め込む穴を千鳥状に、1㎡当り標準間隔33cmの場合は9個、30cmの場合は11個掘り、穴に鉢を埋め込み、十分奥まで土をつめ、奥に空洞ができないようにする。

2. 植生工の施工

解説

植生工の施工にあたっては、まず、現地の土質、気候などを調査し、それに適応した工種を選択するとともに、その生育が十分行われるような条件をつくってやらなければならない。

2-1 土工計画での配慮

まず第一にのり面は十分に安定していなければならない。植生工のみで永続的にのり面を維持するには勾配が35°より緩くする必要がある。しかし勾配をゆるくすることは地形的に不可能か、できてもきわめて広大な切取のり面となる場合にはむしろ急勾配でも切取のり面をできるだけ狭くし擁壁・格子ワク工など工作物で安定させ、それを基礎工として植生する方が得策である。

2-2 気象条件

一般的に植物は5℃以下で生長を停止するものが多いが、実用上、発芽・生長の可能限界は10℃以上である。図-3.10の植物の性質で判るように冬草型・夏草型に分類される。

冬草型の植物は、春の日平均気温10℃～20℃、秋は15℃～25℃が適期で、たねが吸水発芽してすぐ冬の低温期に入ると死ぬ率が大きく危険である。しかし5℃以下になるとたねは吸水せず、そのまま越冬するので播種は可能である。

夏草型の植物は、一般に25℃～30℃が発芽適期である。秋以後播種しても越冬できない。

季節的に注意しなければならないことは、夏の高湿期による乾燥害、またひでりによる乾燥害がある。たねは一度吸水して発芽をはじめると耐乾性は急激に低下する。生長が進むと根系が土壌中に伸長し乾燥害を受けにくくなるから、施工直後の観察が必要である。その対策としては、被覆機で覆うことや散水することが行われる。

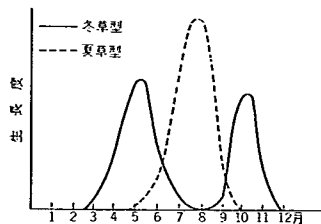


図-3.10 芝草の成長周期型
(東京中心) 模式図

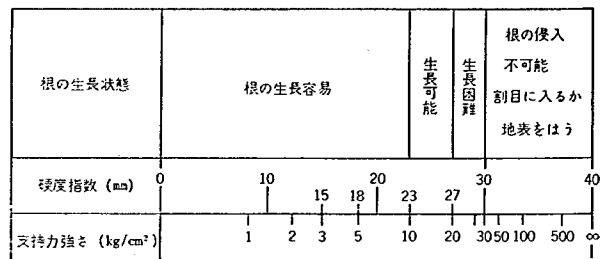


図-3.11 土のかたさと植物根の生長関係

2-3 土 壌 条 件

切取のり面で最も注意するのは土壌の硬さである。図-3.11のように植物の根系が侵入できる硬さには限界があり、それ以上の硬度では侵入しない。根系の侵入可能な土壌層が浅いと乾燥害を受けやすく養分の吸収範囲が狭く安定した植生状況を維持することが困難になる。

2-4 工 種 別 の 配 慮 す べ き 点

植生工は表-3.11, 3.12, 3.13のとおり全面植生、線状植生、点状植生に分類されるが、それぞれの現場条件により工種を選択し施工する。植生工の目的がのり面全体を早急に被覆することであるので全面植生が望ましいが、土壌条件が悪くて客土する必要があるときは、線状あるいは、点状植生より出発し植物の繁茂を待つものがある。

① 種子吹付工

種子吹付工でポンプを使用する方式は、土を混入せず水力でたね、肥料をファイバーに混入されスラリー状で散布するが、客土できず発芽床はうすく表面にたねが露出した状態になる。したがって土壌条件がよくて浸食が少ない条件でないと失敗する。ガンを使用した吹付工は、湿式セメントガンを使うので土壌を混入でき泥状のものを吹付けることができる。土壌によりたね・肥料が包まれ好適な発芽床を形成する。強力な浸食防止剤を併用しても発芽遅延は少なく、客土層を吹付けて形成することができ、土壌条件が悪いと溝切りして客土を吹付けたり、2段吹付をすることができる。

② 植生マット工

植生マット(人工張芝工ともいう)は、のり面の仕上りが平滑でないと密着せず不成績になる。盛土のり面で主に用いられるが、硬質切取のり面では溝切客土を併用する。急勾配では用いにくい。手作業で手間がかかるが、不適期・寒冷地施工には有用である。

③ 張 芝 工

張芝工は、切芝を全面に張付け施工直後からのり面保護効果があること。切芝内には雑草類のたねが豊富に含まれその発芽が期待できること。有機物を多量に含んでいる等の長所がある。不適期・寒冷地にも用いられる。

表-3.11 植 生 工 の 種 類

緑化形式	工 法	工 法 の 概 要	適 用 基 準			不適期、寒冷地での 施 工 上 の 注 意
			盛 土	切 取 の り 面		
			のり面	軟質のり面	硬質のり面	
全面緑化	たね吹付工 (ポンプ使用)	たね、肥料、ファイバー類を水でスラリー状とし、ポンプ（ハイドロシーダ）等で散布する。	○	○	—	不適期は避ける。不適期施工にはマット工等を併用し、十分保護しなければならない。寒冷地では芝草が越冬可能な程度の生長ができる期間を見込んでおかななくてはならない。
	たね吹付工 (ガン使用)	たね、肥料、土を水で泥状とし吹付け、その上から侵食防止剤を散布する。	—	○	2段吹付、溝切客土工の併用とする。	
	植生マット工	たね、肥料を装着したマット（布、紙、むしろ等）をのり面に敷きつめ目ぐし等で固定する。	○	○	溝切客土工等の併用	不適期の施工可能
	張 芝 工	切芝をのり面全面にしきつめ目ぐし等で固定する。古くからある工法。	○	○	同 上	不適期は避ける。寒冷地では望ましい工法である。
線状緑化	筋 芝 工	盛土の土羽打工で、切芝を筋状に挿入する工法。古くからある工法。	○	—	—	不適期は避ける
	植 生 筋 工	筋芝工の切芝の代用として人工芝（帯状の布、紙等にたね、肥料を装置したもの）を用いる。	○	—	—	
	植 生 盤 植 生 袋 工	のり面に溝切を行ないたね、肥料、土を成形したもの、袋に詰めたものを溝に挿入し目串等で固定する。	—	—	○	不適期の施行は可能である。寒冷地では溝間が凍上等で侵食されるので全面緑化工の方が望ましい。
点状緑化	植 生 穴 工	のり面に穿孔し、良質土を詰込み播種し、侵食防止剤で保護する。	—	—	○	不適期の施工は可能である。

硬質のり面とは山中式硬度計で一般に土壌硬度27mm（硬い粘土では23mm）を越えるものをいう。

表-3.12 切取り面の植生工適用基準(案)

土 質		施 工 適 期			施 工 可 能 期	
		温 暖 地		寒 冷 地	温 暖 地	寒 冷 地
砂		客土(15cm)した上にたね吹付工(2)		客土(15cm)した上にたね吹付工(2) 張芝工, 植生マット工	客土(15cm)した上に張芝工, 植生マット工	○客土(15cm) + たね吹付工 + 植生マット工 ○客土(15cm) + 張芝工 + 固定ネット
土 壌 硬 度 27 mm 以下	砂質土	○たね吹付工(1) ○張芝工	特に浸食防止剤の併用をする	○たね吹付工(1) ○張芝工	○張芝工 ○たね吹付工(1) + 植生マット工	○たね吹付工(1)植生マット工 ○張芝工 + 固定ネット
	粘性土	○たね吹付工(1) ○張芝工		○たね吹付工(1) ○張芝工	○張芝工 ○たね吹付工(1) + 植生マット工	○たね吹付工(1)植生マット工 ○張芝工 + 固定ネット
土 壌 硬 度 28 mm 以上の砂質土, 粘性土		溝切客土を併用したたね吹付工, 植生穴工, 植生袋工		○客土(5cm以上)した上は吹付工, 張芝工 ○植生穴工 ○植生袋工	○植生穴工 ○植生袋工 ○溝切客土を併用した。たね吹付工 + 植生マット工	○客土(5cm以上) + たね吹付工 + 植生マット工 ○植生穴工, 植生袋工 + 植生マット工 固定ネット
軟 岩		○溝切客土を併用した。たね吹付工 ○植生穴工 ○植生袋工		○溝切客土を併用した。たね吹付工 ○植生穴工 ○植生袋工	○植生穴工 ○植生袋工 ○溝切客土を併用した。たね吹付工 + 植生マット工	○植生穴工 ○植生袋工 ○溝切客土を併用した。たね吹付工 + 固定ネット, 植生マット工

- たね吹付工(1): ① 施工適期, 芝草が冬期までに十分生育できる期間のある時期
 ガンで吹付けるもの ② 施工可能期: ①の限界より1~1.5ヵ月後まで
 たね吹付工(2): ③ 土壌硬度: 山中式土壌硬度計による
 ポンプで散布するもの

④ 植生筋工

たね, 肥料などが装着してあるため, 在来の筋芝工より被覆が早い, 筋芝工同様筋間が洗掘されやすいので, 土羽打ちを十分行い締固めるようにする。

⑤ 筋芝工

盛土のり面の土羽打ちの際、芝を水平の筋状に挿入する慣用工法である。野芝は生長が遅いので、全面被覆するまでに年月を要し、砂質土の場合は筋間の洗掘が著しい。それゆえ施工のさい施肥して、芝の生長を促進するとともに、土羽打ちによって十分締固めるようにする。

⑥ 植生盤、植生袋、植生穴工

これらは、軟岩のり面の植生を目的とした工法である。厚さの客土層が含まれているから肥効が長持ちし、不適期施工も可能である。しかし、部分緑化であるため、裸地部分の浸食が起るおそれがある。

2-5 浸食防止剤、被覆剤

芝草による被覆が完成するまで土砂移動を完全に停止させておかなければならない。そのため植生工施工後直ちに浸食防止剤を散布するか、被覆材でおおう必要がある。特に施工が多雨時にかかる場合、晩秋あるいは不適期施工の場合、あるいは砂質土で耐食性が劣るときなどは施工後の浸食防止法が施工の成否を左右する。

2-6 維持管理（表 3.14 参照）

植生工の施工完了は、植生の完成でなくスタートである。安定した植生状況にいたるには長時間を要するので、施工後の状態を観察し、維持管理に努めなければならない。裸地部分があるとその部分から浸食が拡大する。季節的に適期であるにもかかわらず裸地のり面が目立つ場合は、追肥によって生長促進を図る。また、施工後 60 日目で発芽が 1,000 本/㎡であれば再播種することが必要である。

表-3.13 侵食防止剤の使い方

薬 剤 種 別	特 性	適 用 範 囲	標準仕様
ウレタン系 水溶性樹脂	速効性，耐久性強い。高価である。 特殊な散布機を要する。	施工が多雨期のとき。 芝草生長がある程度不適期にかかるとき。	濃度 7 % 2 ℓ / m ²
カチオン系 アスファルト乳 剤	速効性，耐久性少ない。施工機器等 が汚染される。発芽遅延がかなりあ り，タネと接触が少ない工法をとる べきである。種子，肥料等と混合で きない。	施工が多雨期のとき。 芝草の生育好適期	2 倍液 1.5 ℓ / m ²
他の被覆性薬剤 (速効性仕様の もの二液式また は粘着剤付加な ど)	やや速効性，耐久性少ない。ポーラ ス材(エステイルなど)付加により 耐久性を増大できる。施工は簡単で ある。 種子，肥料等と混合できるものであ る。	芝草の生育好適期	濃度 10 % 2 ℓ / m ² 程 度のものが 多い。
侵透性薬剤	十分乾燥しないと効果がない。耐久 性はある。種子，肥料等と混合でき るものが多い。	砂丘地など十分な乾燥 が期待できる。	同 上

表-3.14 全面播種の場合の標準発芽数（1㎡当り）

（季節的に好条件の場合）

ランク	施工後経過日数と発芽数		備 考
	60 日	120 日	
理想状態	5,000 本	3,000 本	発芽直後から全面被覆にみえる状態 （のり面から10m程度以上離れると のり面全体が「ミドリ」にみえる）
平 均	3,000 本	2,000 本	この程度であれば特別な管理をしなく ても全面被覆に達する（10m以上離 れるとだいたい「ミドリ」にみえる所 所裸地がある）
最低線	1,000 本	800 本	管理によって全面被覆にできる限界 （遠くからみてものり面の半分程度し か「ミドリ」にみえない）

（経過日数で本数が減るのは草相互の
競争によって、または他の原因で枯死
体が出るためである。）

あ　と　が　き

植生は、コンクリート等の他の土木材料と異なり、生育し、変化するものであるので、取扱いにともどった。

根系による地盤の強度、増加、植生の被覆効果については、今後ともデータの集積を計らねばならない。

この報告書をまとめるにあたっては、東京農業大学山寺喜成助教授をはじめ、多くの方々に教示を御願ひした。また、試験の実施にあたっては、ライト工業株式会社、本州緑化株式会社に、協力していただいた。文末ではあるが、これらの方々に心より感謝の意を表わす次第である。

安　江　朝　光

服　部　泰　英

参 考 文 献

- 1) 新田伸三, 小橋澄治: 土木工事ののり面保護工, 鹿島 昭和43
- 2) 倉田: 緑化工概論 昭和34
- 3) 田村, 小橋, 今井: 砂質工築堤における植生工の役割
鉄研速報No 63 - 128, 昭和38
- 4) 神辺, 小橋, 今井: 関東ロームの耐浸食性と張芝工の効果
鉄研速報No 65 - 89, 昭和40
- 5) 三谷建, 安達径治: “シラスの特性と洗掘抵抗試験”
コンストラクション Vol. 7, No 1, 1969
- 6) 前堀幸彦: 「高速道路のり面の植生遷移状況」
日本緑化工研究会会誌 P. 34 ~ 35, 1976, 7
- 7) 日本道路協会: 植生工の施工に必要な調査
- 8) 山海堂: 実用土木材料
- 9) 山海堂: 砂防・地すべり防止, 急傾斜地崩壊防止施工法
- 10) 建設省河川局監修, 日本河川協会編: 建設省河川砂防技術基準 (案)