

土木研究所資料

砂防工事に係わる緑化工法に関する調査（I）

昭和63年9月

建設省土木研究所
砂防部急傾斜地崩壊研究室

[Copyright © (1988) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

砂防工事に係わる緑化工法に関する調査 (I)

急傾斜地崩壊研究室 室 長 吉松 弘行
富士砂防工事事務所 所 長 寺本 和子
急傾斜地崩壊研究室 主任研究員 青木 隆典
〃 〃 〃 大浦 二郎

要 旨

砂防工事に伴って工事用道路や砂防ダム袖部付近に切土や盛土ののり面が出現し、その緑化が必要となる場合が多い。ここでは5つの緑化工試験施工地を設け、各施工地ごとの立地条件に適した緑化工法を検討するとともに、各試験地に共通した課題として、植生工種別の植物の生育状況、土壌硬度の評価、発芽試験の評価、各植物ごとの根の生育状況の比較を行った。その結果、今回は発芽して間もない状態での評価ではあるが、木本類の発芽は客土種子吹付工（吹付厚1～2 cm）が最も適していること、木本類の根は地上部に比べ地下部の長さの比率が大きいこと等がわかった。

キーワード：砂防工事，緑化工，のり面緑化工，試験施工，植生工種，木本，
在来草本，外来草本

はじめに

砂防工事に伴って、工事用道路や砂防ダム袖部付近等に切土や盛土ののり面が出現することが多い。これらののり面は表面侵食防止や斜面安定、また一方では環境への配慮から緑化が要求される場合がしばしば有る。しかし、これらののり面は、寒冷、多雪、養分に乏しい、乾燥しやすい等々の厳しい立地条件にあることが多く、維持管理にもほとんど手を入れられないのが現状である。

緑化工技術の発展はめざましく、経済的な制約さえなければどんなところでも緑化できないところはないとまで言われている。しかし、個々の施工地における緑化工法の選定に当っては砂防工事に伴う緑化工の指針が無く、現場での経験に頼っているのが現状であり、一部には不適当な施工事例も見られるようである。

そこで、ここでは東北地方建設局新庄工事々務所、関東地方建設局渡良瀬川工事々務所、中国地方建設局倉吉工事々務所、四国地方建設局吉野川砂防工事々務所、九州地方建設局宮崎工事々務所の各々の砂防工事現場に5つの緑化工試験施工地を設け、各地の地域的な特性に合った緑化手法の検討を行うとともに、各試験施工地に共通して評価が可能な緑化手法については横並べした評価を試みた。

しかし、昭和62年は試験施工当年であり、また5つの試験地という限られたものでもあり、これだけで永続的な緑化を可能にするための工法の評価を行うことはできなかった。今後も追跡調査を継続するとともに、既往の緑化工施工事例と立地条件との関連を詳しく調査することによって、砂防工事に伴う緑化工法の検討を進めていきたいと思っている。

目 次

はじめに

1. 試験施工地の概要	1
1.1 新庄工事々務所の試験施工地の概要	1
1.2 渡良瀬川工事々務所の試験施工地の概要	1
1.3 倉吉工事々務所の試験施工地の概要	1
1.4 吉野川砂防工事々務所の試験施工地の概要	16
1.5 宮崎工事々務所の試験施工地の概要	16
1.6 試験工種の考え方	16
2. 各試験施工地における植生調査結果	23
2.1 植生調査の方法	23
2.2 植生調査の結果	27
3. 各試験施工地を横並べした調査結果	55
3.1 植生工種による比較	55
3.2 簡易貫入試験と土壌硬度試験の関連性の検討	59
3.3 発芽試験の評価	62
3.4 根の生育状況の比較	65
4. 今後の課題	77

1. 試験施工地の概要

試験施工は、新庄工事々務所（東北地建）、渡良瀬川工事々務所（関東地建）、倉吉工事々務所（中国地建）、吉野川砂防工事々務所（四国地建）、宮崎工事々務所（九州地建）で行った。

各地の施工時期及び追跡調査日を表 1.1 に示す。

各試験施工地ののり面の立地条件、気象条件及び各事務所から提示された問題点を検討した結果から、緑化工の方針をとりまとめたものを表 1.2 に示す。この表の作成にあたって、気温データが現地に対応していないものは標高差の補正を行った。

1.1 新庄工事々務所の試験施工地の概要

新庄工事々務所の試験施工地（山形県最上郡戸沢村角川第 4 ダム工事用道路のり面）の位地図を図 1.1 に示す。

試験工種の詳細を表 1.3～表 1.7 に示す。

1.2 渡良瀬川工事々務所の試験施工地の概要

渡良瀬川工事々務所の試験施工地（栃木県上都賀郡足尾町大畑沢溪岸山腹盛土のり面）の位地図を図 1.2 に示す。

試験工種の詳細を表 1.8～表 1.12 に示す。

1.3 倉吉工事々務所の試験施工地の概要

倉吉工事々務所の試験施工地（鳥取県日野郡江府町一の沢溪岸崩積土砂のり面）の位置図を図 1.3 に示す。

試験工種の詳細を表 1.13～表 1.19 に示す。

表 1.1 施工年月と調査日

試験施工地	施 工 年 月	調 査 日
新庄工事(事)	昭和62年11月下旬	昭和62年11月20日～21日
渡良瀬川工事(事)	昭和62年 8 月下旬	昭和62年11月26日～27日
倉吉工事(事)	昭和62年 7 月下旬	昭和62年11月 5 日～ 6 日
吉野川工事(事)	昭和62年 3 月	昭和62年12月 1 日～ 2 日
宮崎工事(事)	昭和62年 6 月22日～28日	昭和62年12月 4 日～ 5 日

表1.2 緑化工適用上の問題点

試験施工地 項 目		渡良瀬 (大畑沢)	倉 吉 (一の沢)	宮 崎 (大帯)	新 庄 (角川)	吉野川 (西石原)	金 沢 (別当谷)
勾 配		1:2.1 (25°)	1:0.8~1:1.2	1:0.7~1:1.0	1:1~1:1.2	1:1.5 (33°)	1:1 (45°)
周 辺 植 生		代償植生 (草本, 裸地多い)	落葉広葉樹林 (ミズナラ, カエデ類)	針葉樹植林 (スギ)	針 葉 樹 (スギ) 落葉樹混交林	針葉樹植林 (スギ)	代償植生 (草木混生)
地 質・土 質		・石英斑岩 ・盛土 (掘削土) ・礫混り土 (粒径大)	・火山碎屑物 ・崩積土砂 ・礫混り土 (礫分多い)	・輝石安山岩 ・切土 ・シルト質 ローム (赤土, 粘土あり) ・15~27mm, pH6.7	・粗粒玄武岩, 凝灰岩 ・切土 (浸食, 滑落が発生) ・軟岩, 礫混り土砂 ・23.6~30mm, pH4.8~7.0	・盛土 ・礫混り土砂	・砂岩, 頁岩, 安山岩 ・山腹斜面 ・岩塊混り土砂 (崩壊土)
土壌硬度, pH		・ ———, pH4.07~5.01	・ 測定不能, ———				
気 象	10℃以上の月温度	5~10月	5~10月	4~10月	5~10月	4~11月	5~10月
	冬季の最低気温	-18~20℃ (極値)	(-4℃, 推測)	(-2.7℃, 推測)	-7.4℃	-1.9℃	(-7.2℃, 推測)
	生育期間の降水量	1,567.6mm (1985~1987)	2,097.5mm (1986~1987)	2,585.5mm	2,283mm	2,373mm	2,115.6mm (6~10月)
緑化工適用上の問題点		(1)粗粒で礫が多く, 保水性, 保肥性が低い (2)強酸性であり, 生育阻害物質を含む (3)冬季は著しい低温となり, 植物は低温害を受ける可能性がある (4)植物の生育適期が短い (5)周辺からの侵入植物 (木本) は少ない	(1)粗粒で礫が多く, 保水性, 保肥性が低い (2)植物の生育適期が短い (3)国立公園に位置するため緑化用植物の制限を受ける	(1)粘性土で冬季は低温となるので霜害が発生する (2)土壌硬度が23mm以上の部分もあり, 根の侵入が阻害される (3)降水量が多く, 降雨浸食を受ける	(1)軟岩部は根の侵入が阻害される (2)軟岩部は節理にしたがった滑落が発生する (3)晩秋及び春先に凍結, 隔解現象による滑落が発生する (4)積雪害がある (5)植物の生育適期が短い	(1)保肥性がやや低いことはあるが, 生育適期の気温, 降水量とも植物の生育に好ましいものである (2)積雪害がある (3)降雨水や融雪水による流下水の影響がある (4)植物の生育適期が短い	(1)岩塊混り土砂で土壌分は少ないが, フジアザミ等崩壊地での先駆植物とされる植物の侵入はある (2)積雪害がある (3)降雨水や融雪水による流下水の影響がある (4)植物の生育適期が短い
緑 化 工 の 方 針		土の中に生育阻害物質を含むことが, 最大の問題であり, 造成した植基盤だけで生育を維持できる植生工を採用する。そのための適当な吹付厚さを検討する。 (1)乾燥害, 豊せ地に耐える植物を導入する。 (2)強酸性等の阻害因子に耐える植物を導入する。 (3)(4)寒地に耐える植物を導入する。 (5)導入植生の良好な被覆を経年的に維持する。	国立公園内に位置するので, 在来草本及び木本類による緑化手法を確立する。 (1)乾燥害, 豊せ地に耐える植物を導入する。 (2)寒地に耐える植物を導入する。 (3)木本類, 在来草本を導入する。	冬季の凍結, 融解現象による表面の滑落が発生するので, それに耐える緑化手法を確立する。 (1)緑化基礎工として金網張工を併用する。 (2)根系が深く侵入する植物を導入する。 (3)植生の衰退がない植生をつくる。 (導入植生からの遷移が円滑に進行する植生)	軟岩部は表面の滑落の防止及び適当な吹付厚の検討が必要である。土砂部も含めると浸食及び凍上等による滑落の防止が必要である。 (1)適当な吹付厚さを検討する。 (2)(3)(4)緑化基礎工として金網張工を併用する。 (5)は寒地に耐える植物を導入する。	緑化上の問題点は小さいので, 経済性を重視して設計する。 ワラムシロ張工を採用している。	国立公園内に位置するので, より上位の遷移系列に移行できる植生を導入する。 (1)肥料要求度の低い植物を導入する。 (2)緑化基礎工として金網張工を併用する。 (3)排水処理を確実に進行。 (4)寒地に耐える植物を導入する。

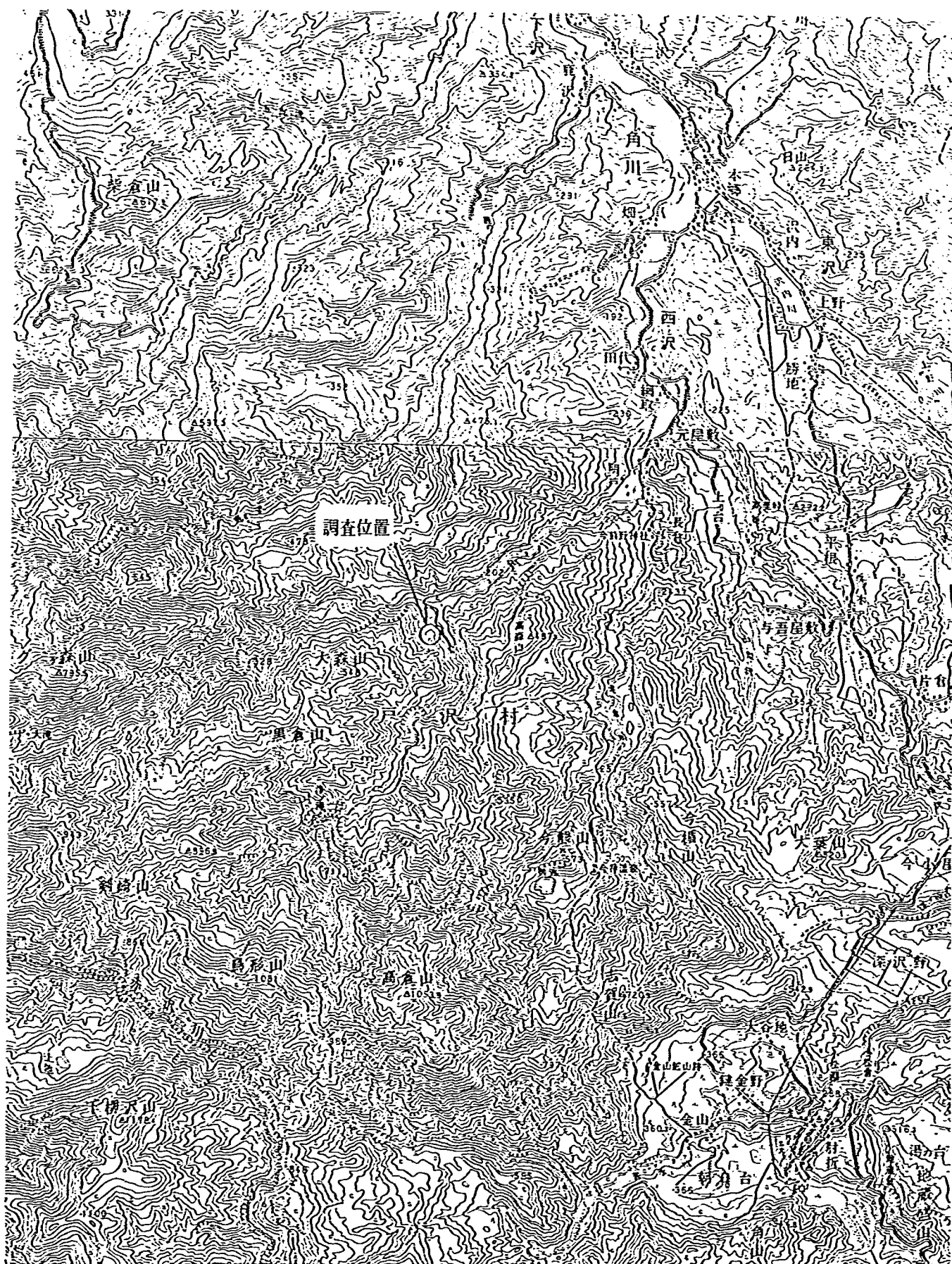


図 1.1 調査位置図 (新庄)

表 1.3 工種区分 (新庄)

試 験 区	緑 化 基 礎 工	植 生 工	種 子 配 合
1工区	金網張工	種子散布工	配合①
2工区	金網張工	種子散布工	配合②
3工区	金網張工	種子散布工	配合③
4工区	金網張工	種子散布工	配合④
5工区	金網張工	客土種子吹付工 (1cm厚)	配合①
6工区	金網張工	客土種子吹付工 (1cm厚)	配合②
7工区	金網張工	客土種子吹付工 (1cm厚)	配合③
8工区	金網張工	客土種子吹付工 (1cm厚)	配合④
9工区	金網張工	客土種子吹付工 (2cm厚)	配合①
10工区	金網張工	客土種子吹付工 (2cm厚)	配合②
11工区	金網張工	客土種子吹付工 (2cm厚)	配合③
12工区	金網張工	客土種子吹付工 (2cm厚)	配合④
13工区	金網張工	厚層基材吹付工 (3cm厚)	配合①
14工区	金網張工	厚層基材吹付工 (3cm厚)	配合②
15工区	金網張工	厚層基材吹付工 (3cm厚)	配合③
16工区	金網張工	厚層基材吹付工 (3cm厚)	配合④

表 1.4 種子散布工の材料配合 (新庄)

(100㎡当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
養 生 材		kg	20
肥 料	高度化成肥料	//	15

表 1.5 客土種子吹付工の材料配合 (新庄)

(1 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
生育基盤材	キャトルバン1号	ℓ	1,000
	キャトルバン2号	//	1,000
緩効性肥料	N:P:K=10:10:10-1	kg	6
粘 結 剤	高分子系樹脂	//	4

表 1.6 厚層基材吹付工の材料配合 (新庄)

(1 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
生育基盤材	キャトルバン1号	ℓ	1,000
	キャトルバン2号	//	1,000
高度化成	N:P:K=15:15:15	kg	6
粘 結 剤	高分子系樹脂	//	4

※キャトルバン1号、2号はハク堆肥を主材料とし、ピート
ハライトなどを配合したもの。

表 1.7 種子配合 (新庄)

植 物 名	平均粒数 (粒/g)	純 度 (%)	発 芽 率 (%)	有効粒数 (粒/g)	配 合 ①		配 合 ②		配 合 ③		配 合 ④	
					播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)
K31F	450	100.0	96.0	432	1.3	561	1.3	561	2.7	1,166	5.4	2,332
O G	1,150	100.0	79.0	908	0.6	544	0.6	544	1.1	998	2.2	1,997
K B G	3,850	99.9	92.0	3,538	0.2	707	0.2	707	0.3	1,061	0.7	2,476
ヨモギ	4,000	79.1	63.0	1,993	0.2	398	--	--	0.4	797	--	--
ススキ	1,500	85.0	60.0	765	0.3	229	--	--	0.6	459	--	--
メドハギ	650	100.0	87.0	565	1.1	621	--	--	2.2	1,243	--	--
ヤマハギ	150	80.0	60.0	72	3.2	230	--	--	3.2	230	--	--
イタチハギ	90	80.0	65.0	46	5.4	248	--	--	5.4	248	--	--
ヤシャブシ	770	60.0	50.0	231	0.9	207	0.9	207	0.9	207	--	--
ヤマハンノキ	1,250	90.0	25.2	283	0.5	141	0.5	141	0.5	141	--	--

表 1.8 工種区分 (渡良瀬)

試験区	緑化基礎工	植 生 工	種子配合
a	金網張工	種 子 散 布 工	(1)
a'	金網張工	種 子 散 布 工	(2)
b	金網張工	客土種子吹付工 (1 cm 厚)	(1)
b'	金網張工	客土種子吹付工 (1 cm 厚)	(2)
c	金網張工	客土種子吹付工 (2 cm 厚)	(1)
c'	金網張工	客土種子吹付工 (2 cm 厚)	(2)
d	金網張工	客土種子吹付工 (3 cm 厚)	(1)
d'	金網張工	客土種子吹付工 (3 cm 厚)	(2)
e	金網張工	厚層基材吹付工 (3 cm 厚)	(1)
e'	金網張工	厚層基材吹付工 (3 cm 厚)	(2)
f	金網張工	客土種子吹付工 (5 cm 厚)	(1)
g	金網張工	厚層基材吹付工 (5 cm 厚)	(1)
h	金網張工	厚層基材吹付工 (7 cm 厚)	(1)
i	金網張工	厚層基材吹付工 (10cm 厚)	(1)

表 1.9 種子散布工の材料配合 (渡良瀬)

(100 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
木質ワレ		kg	10
肥 料	N:P:K=15:15:15	//	10
浸食防止剤		//	10

表 1.10 客土種子吹付工の材料配合 (渡良瀬)

(1 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
客 土 材		kg	666.7
木質ワレ		//	26.7
安 定 材		//	12.0
団 粒 材		//	200.0
肥 料	複合肥料	//	5.0

表 1.11 厚層基材吹付工の材料配合 (渡良瀬)

(1 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
生育基盤材	緑化基材 1 号	kg	100
	緑化基材 2 号	//	400
	砂質土	m ³	0.93
接 合 材	普通和珉セメント	kg	25
肥 料	複合セッター	//	10

※緑化基材 1 号, 2 号はバク 堆肥及びピート
を主体とするものと推測される。

表 1.12 種子配合 (渡良瀬)

植 物 名	平均粒数 (粒/g)	純 度 (%)	発 芽 率 (%)	有効粒数 (粒/g)	種子配合 (1)		種子配合 (2)	
					播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)
K 3 1 F	450	100.0	92.0	414	1.3	540	2.7	1,120
O G	1,150	100.0	79.0	908	0.6	540	1.1	1,000
K B G	3,850	85.0	63.0	2,061	0.2	410	0.3	620
ヨ モ ギ	4,000	79.1	64.0	2,024	0.2	400	0.4	810
メ ド ハ ギ	650	100.0	82.0	533	1.1	590	2.2	1,170
ス ス キ	1,500	74.0	14.0	155	0.3	50	0.6	90
イ タ ド リ	550	85.0	23.0	107	2.7	290	5.4	580
ヤ マ ハ ギ	150	97.0	5.0	7	3.2	20	3.2	20
イ タ チ ハ ギ	90	98.0	32.0	28	5.4	150	5.4	150
ヤマハンノキ	1,250	90.0	25.2	283	0.5	140	0.5	140
ヤシャブシ	770	60.0	42.0	194	0.9	170	0.9	170

※植物名の略号 K31F : ケンタッキー31フェスク KBG : ケンタッキーブルーグラス
 CRF : クリーピングレッドフェスク

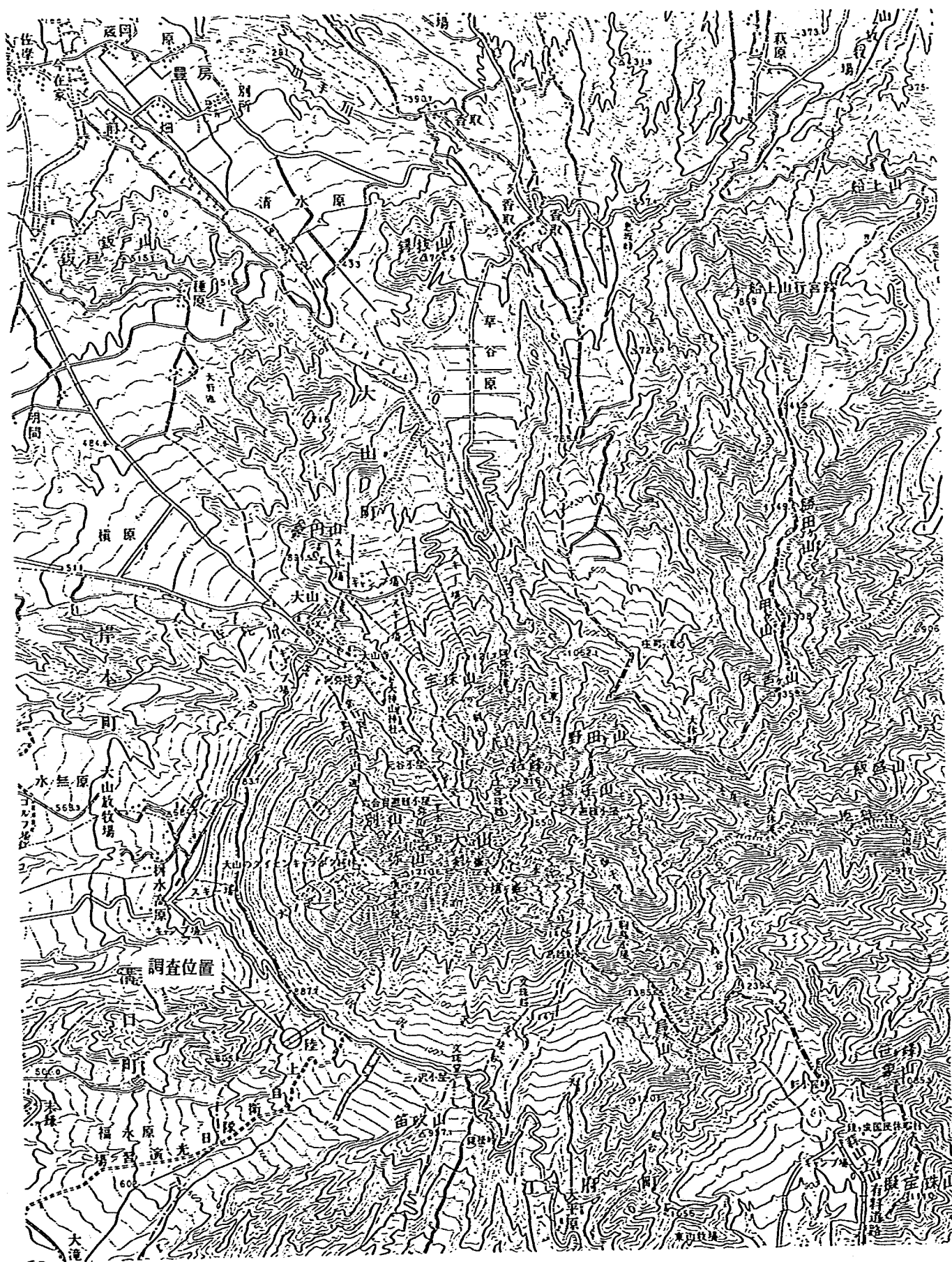


図 1.3 調査位置図 (倉吉)

表 1.13 工種区分 (倉吉)

試験区No	緑化基礎工	植 生 工	種子配合
No 1	金網張工	種子散布工	(2)
No 2	金網張工	客土種子吹付工 2cm厚	(2)
No 3	金網張工	厚層基材吹付工 5cm厚	(2)
No 4	金網張工	厚層基材吹付工 5cm厚	無播種
No 5	金網張工	客土種子吹付工+土壤活性剤	(2)
No 6	金網張工	客土種子吹付工+土壤改良剤	(2)
No 7	---	客土工 (2)	無播種
No 8	---	客土工 (2)	無播種
No 9	---	客土工 (1) + 種子散布工	(1)
No 10	---	客土工 (1) + 種子散布工	(3)
No 11	---	客土工 (1) + 種子散布工	(4)
No 12	---	客土工 (1) + 種子散布工+土壤活性剤	(1)
No 13	---	客土工 (1) + 種子散布工+土壤活性剤	(3)
No 14	---	客土工 (1) + 種子散布工+土壤活性剤	(4)
No 15	---	苗木植栽工	---

※No 1 ~ No 6 : 法面 No 7 ~ No 15 : 天端

表 1.14 厚層基材吹付工の材料配合（倉吉）

（100 m²当り）

材 料	規 格	単 位	数 量
生育基盤材	ハイミックス	ℓ	5000
	ビートモス	ℓ	5000
侵食防止剤	普通ポルトランドセメント	kg	400
肥 料	ハイコントロール 180ﾀｲﾌﾟ	kg	20
PH緩衝材	過磷酸石灰	kg	7

※無播種施工区はセメント量を2倍とする。

表 1.15 客土種子吹付工の材料配合（倉吉）

（100 m²当り）

材 料	規 格	単 位	数量（1）	数量（2）	数量（3）
客 土 材	採取土	m ³	4	4	4
	バーク堆肥	kg	100	100	100
侵食防止剤	アスファルト乳剤	kg	100	100	100
肥 料	ハイコントロール 180	kg	6	6	6
	高度化成 14:17:13	kg	6	--	6
土壌活性剤	バーディオール	kg	--	6	--
土壌改良剤	フィルトン	kg	--	--	60

コティング肥料は化学肥料を樹脂でコティングした緩効性肥料。
 バーディオール はアルキル酸ソーダ系土壌活性剤。
 フィルトンは焼成した多孔性ミックスで保水材として使われる。

表 1.16 種子散布工の材料配合 (倉吉)

(100 m²当り)

材 料	規 格	単 位	数 量
被覆保護材	グリーンマット	kg	10
侵食防止剤	エスフィックス	kg	10
肥 料	高度化成肥料 14:17:13	kg	12

表 1.17 苗木植栽工の材料配合 (倉吉)

(100 m²当り)

材 料	規 格	単 位	数 量
肥 料	まるやま1号	kg	8

表 1.18 客土工の材料配合 (倉吉)

(100 m²当り)

材 料	規 格	単 位	数量 (1)	数量 (2)
客 土 材	採取土	m ³	25	25
肥 料	まるやま1号	kg	--	48

表 1.19 種子配合 (倉吉)

植 物 名	平均粒数 (粒/g)	純 度 (%)	発 芽 率 (%)	有効粒数 (粒/g)	種子配合 (1)		種子配合 (2)		種子配合 (3)		種子配合 (4)	
					播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)
ヨ モ ギ	4,000	80.0	80.6	2,579	0.4	1,031	0.8	2,060	0.8	2,060	1.7	4,380
ス ス キ	1,500	80.0	44.0	528	0.7	370	1.3	690	1.3	690	2.6	1,370
メ ド ハ ギ	650	97.0	96.6	609	0.6	370	1.1	670	1.1	670	2.2	1,340
イ タ チ ハ ギ	90	95.0	67.0	57	1.8	100	3.6	210	3.6	210	7.1	400
ヤ マ ハ ギ	150	95.0	71.3	101	1.1	110	2.1	210	2.1	210	4.2	420
ヤマハンノキ	1,250	80.0	52.6	526	0.3	160	0.5	260	0.5	260	1.1	580
ヤシャブシ	770	90.0	62.3	432	0.4	170	0.9	390	0.9	390	1.7	730
ミズナラ	0.5	95.0	41.3	0.2	--	--	4.8	1	--	--	--	--
コナラ	0.8	95.0	44.0	0.3	--	--	3.6	1	--	--	--	--
シラカンバ	4,220	95.0	41.3	1,656	--	--	4.6	7,620	--	--	--	--

1.4 吉野川砂防工事々務所の試験施工地の概要

吉野川砂防工事々務所の試験施工地（高知県土佐郡土佐町西石原堰堤盛土のり面）の位置図を図 1.4 に示す。

試験工種は、わらむしろ張工であり、材料（種子）配合を表 1.20 に示す。

1.5 宮崎工事々務所の試験施工地の概要

宮崎工事々務所の試験施工地（宮崎県西諸郡高原町蒲牟田字狭野地先矢岳川工事用道路のり面）の位置図を図 1.5 に示す。

試験工種の詳細を表 1.21～表 1.25 に示す。

1.6 試験工種の考え方

1.1～1.5 に示すとおり、吉野川砂防工事々務所のわらむしろ張工（外来草本のみ）を除いて、外来草本＋在来草本＋木本の種子を同時に播種することを試みた。在来草本及び木本の導入は、緑化の質が問われてきている現在、緑化の永続的な維持、本来在るべき生態系への早期復元、斜面表土の安定等のために有利であると言われているものである。在来草本及び木本類（特に木本類）は、初期生長段階に外来草本に被圧されやすく、また施工適期に施工することが必要であること、種子が入手しにくいこと等から種子からの導入が困難であり、その施工法は確立されていない。早期に斜面を緑化し、表面侵食を極力防止するには、初期の生育の旺盛な外来草本を導入することが必要となることが多い。斜面は安定していれば、周囲に種子を供給する植物がある場合は、在来草本や木本類は人為的に播種しなくてもいずれ自然侵入してくると思われるが、自然侵入を待つには時間が必要であり、その間に外来草本の衰退により斜面侵食を受ける恐れがある。このため施工段階から在来草本及び木本類を混播することが試みられているわけである。以上のことから、外来草本、在来草、木本のそれぞれの種子の量（種子配合）を変化させて、生育状況を観察した。

一方、植生工としては種子散布工、客土種子吹付工、厚層基材吹付工を選び吹付厚を変化させ、各々について植物の生育状況を観察した。

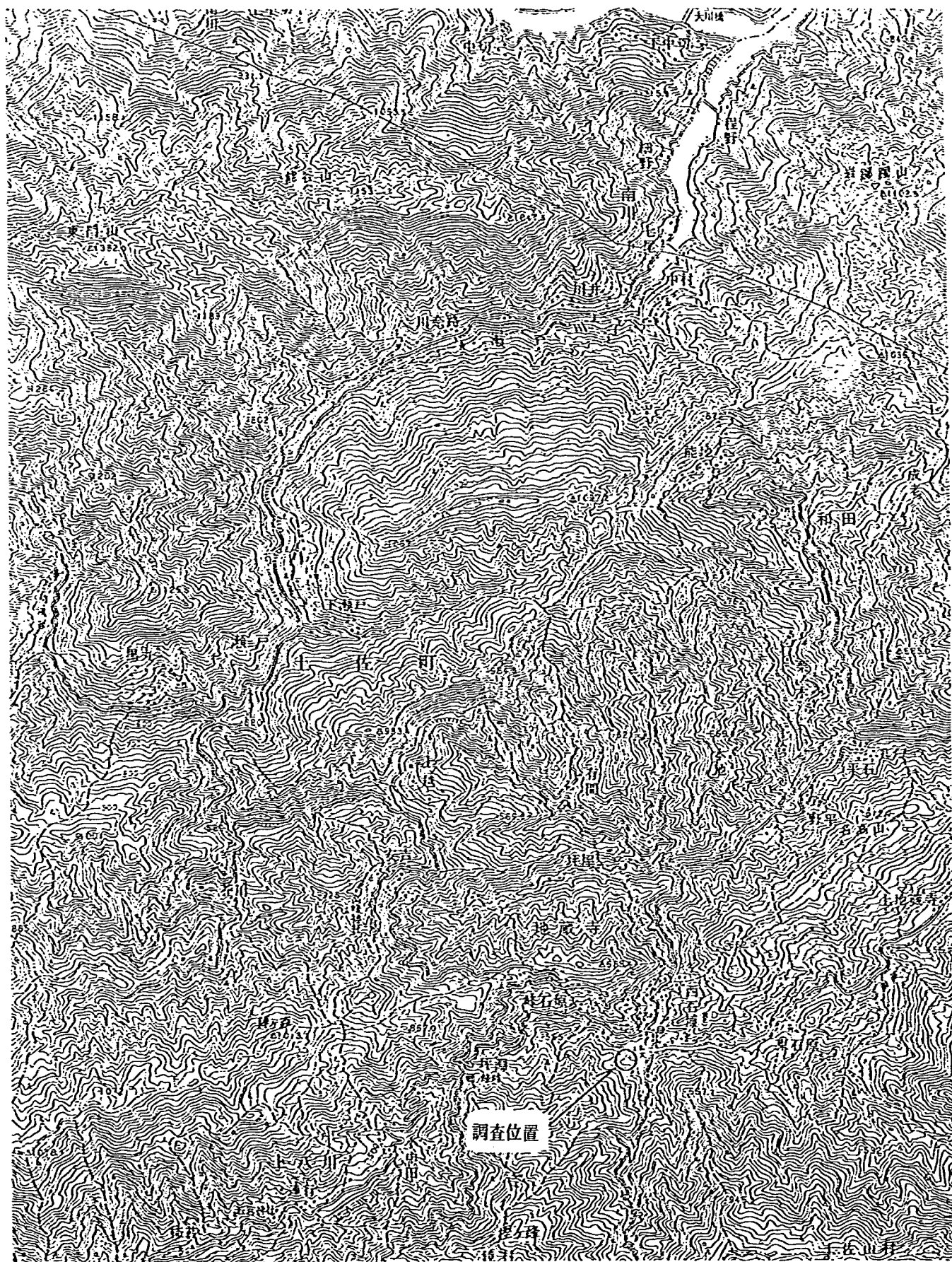


図 1.4 調査位置図 (吉野川砂防)

表 1.20 わらむしろ張工の材料(種子)配合(吉野川砂防)

植 物 名	平均粒数 (粒/g)	純 度 (%)	発 芽 率 (%)	有効粒数 (粒/g)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)
K 3 1 F	450	98.0	85.0	375	9.5	3,560
C R F	1,130	98.0	80.0	886	1.4	1,240
P R G	500	98.0	90.0	441	4.2	1,850
I R G	490	97.0	90.0	427	2.2	940
W L G	3,300	95.0	85.0	2,664	0.3	800
O G	1,150	98.0	80.0	902	1.2	1,080
H B G	12,000	100.0	90.0	10,800	0.4	4,320
W C	1,500	98.0	90.0	1,323	0.8	1,060
肥 料	60kg/m ² N:P:K=10:10:10					

植物名の略号 K 3 1 F : カタキ-31フェス I R G : イタリアライグラス H B G : ハイランドベントグラス
C R F : クリ-ピンクレットフェス W L G : ウィ-ピンクラグラス W C : ホワイトクローバー
P R G : ペレニアライグラス O G : オートグラス

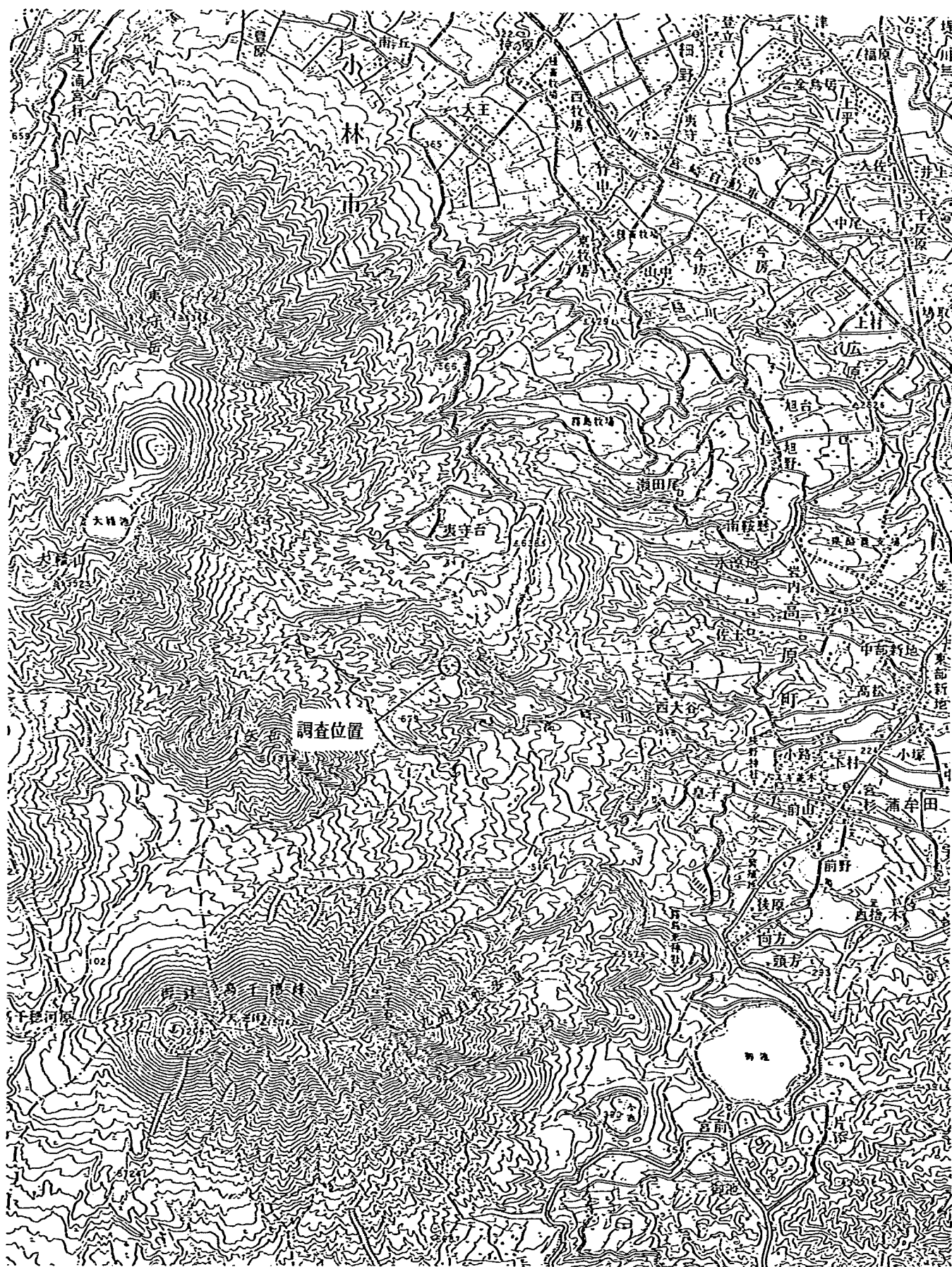


図 1.5 調査位置図 (宮崎)

表 1.21 工種区分 (宮崎)

試験区	緑 化 基 礎 工	植 生 工	種 子 配 合
1 工区	—	種子散布工	3 種
2 工区	樹脂ネット張工	種子散布工	6 種
3 工区	樹脂ネット張工	客土種子吹付工 (3 cm 厚)	6 種
4 工区	金網張工	種子散布工	3 種
5 工区	金網張工	種子散布工	9 種 (外来 1/2)
6 工区	肥料袋付ネット張工	有機吹付工	6 種
7 工区	樹脂ネット張工	客土種子吹付工 (1 cm 厚)	6 種
8 工区	樹脂ネット張工	客土種子吹付工 (2 cm 厚)	3 種
9 工区	樹脂ネット張工	客土種子吹付工 (2 cm 厚)	9 種
10 工区	樹脂ネット張工	客土種子吹付工 (2 cm 厚)	9 種 (外来 1/2)
11 工区	—	芝付工 (総芝)	1 種
12 工区	金網張工	厚層基材吹付工 (5 cm 厚)	6 種

表 1.22 種子散布工の材料配合 (宮崎)

(100m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
養 生 材		kg	20
肥 料	高度化成肥料	//	15

表 1.23 客土種子吹付工の材料配合 (宮崎)

(1 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
生育基盤材	キャトルバン1号	ℓ	1,000
	キャトルバン2号	//	1,000
緩効性肥料	N:P:K=10:10:10-1	kg	6
粘 結 剤	高分子系樹脂	//	4

表 1.24 厚層基材吹付工の材料配合 (宮崎)

(1 m²当り)

材 料 ・ 規 格		単位	数 量
生育基盤材	キャトルバン1号	ℓ	1,000
	キャトルバン2号	//	1,000
高度化成	N:P:K=15:15:15	kg	6
粘 結 剤	高分子系樹脂	//	4

表 1.25 種子配合 (宮崎)

植 物 名	平均粒数 (粒/g)	純 度 (%)	発 芽 率 (%)	有効粒数 (粒/g)	3 種 配 合		6 種 配 合		9 種 配 合		9種配合(外来草木1/2)	
					播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)	播 種 量 (g/m ²)	期待発生本数 (本/m ²)
K31F	450	100.0	96.0	432	10.7	4,620	4.1	1,770	2.7	1,170	1.35	580
CRF	1,130	100.0	85.0	960	3.4	3,260	1.7	1,630	0.6	580	0.3	290
KBG	3,850	99.9	92.0	3,538	--	--	--	--	0.3	1,060	0.15	530
WLG	3,000	100.0	87.0	2,610	1.1	2,870	0.8	2,090	--	--	--	--
ヨモギ	4,000	79.1	63.0	1,993	--	--	0.8	1,590	0.8	1,590	0.8	1,590
ススキ	1,500	85.0	60.0	765	--	--	--	--	1.3	990	1.3	990
メドハギ	650	100.0	87.0	565	--	--	6.1	3,450	1.1	620	1.1	620
ヤマハギ	150	80.0	60.0	72	--	--	9.9	710	4.2	300	4.2	300
イタチハギ	90	80.0	65.0	46	--	--	--	--	7.1	330	7.1	330
ヤシャブシ	770	60.0	50.0	231	--	--	--	--	0.9	210	0.9	210

2. 各試験施工地における植生調査結果

2.1 植生調査の方法

植生調査は被度、群度、密度、草高、草丈についてコドラートを設置して行った。表 2.1 に植生調査表を記入例とともに示す。

調査は次の手順で行なう。

(1) コドラートの設置

コドラートは各試験区毎に図 2.1 のように 3 ケ所設置し、枠の大きさは $1 \times 1 \text{ m}$ 、 $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ の重ね枠とした。

図 2.2 のようにアンカーピン ($\phi 9$, $l=200$) を四角に打ち込み、約 5 cm 頭を出しておく。次に各ピンを水糸で結束する。

法面でのコドラートの設置位置は法面の、上、中、下に対角線状に設置するものとする。

(2) 被度の測定

被度の測定は $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ のコドラート内で個々の種がどれくらいの面積を被っているか目視によって観察し、調査表に表 2.2 の階級区分に従い記入する。

(3) 群度の測定

群度は各植物がどのように配分されているかを調べる方法である。被度の多少とは関係なく、配分状態のみが対象となる。目視により観察して各植物がどのように生育しているかを調査表に表 2.3 の階級区分にしたがい記入する。

(4) 密度の測定

密度の測定は $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ のコドラートで行なう。密度は本数によって測定する。イネ科などは 1 株を 1 本として数える。ヨモギ等のように数茎むらがって株状となるものは、地上部が独立した姿となっているものは茎数を数えて本数とする。この場合には地際から分かれる側枝をこれに含めない様注意する。

匍匐枝を出して新しい個体を形成する種類については、すでに発根して親株から切り離して生育できる状態であれば 1 本として数える。

低木やササについては幹の本数を数える。またハギ類のように萌芽性のものは、おのおの萌芽を数えて本数とする。

芽生えについては 1, 3 ヶ月后調査まで 1 本として数えるがそれ以降は本数に含めない。

(5) 草丈、草高

草丈、草高は $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ のコドラートで測定する。(図 2.3 参照)

① 草丈 (全長)

各植物の地際から最先端の葉片の先までの全長を測定する。したがって、下垂している葉を伸して測定することが必要である。

表 2.1 植生調査票とその記入例

植 生 調 査 票

(No.)

試験名称	客土吹付工				調査年月	昭和 62 年 11 月 26 日							
試験区名	3 工 区				施工年月	昭和 62 年 8 月 日							
コドラート	1 0.5 × 0.5 m ㊤・中・下				調査者名	菊 池 , 吉 田							
階 層	種 名	被 度	群 度	草 高	草 丈						密 度		
					1	2	3	4	5	平均値	方形区	1m ² 当	
K	50 % 6 cm												
	K31F	2	3		15	9	13	8	11	11.2	38	152	
	OG	2	3		11	8	11	9	10	9.8	36	144	
	KBG	1	1		5	4	5			4.7	2	8	
	ヨモギ	+	1		1					1.0	0	1	
	メドハギ	1	2		4	2	3	2	3	2.8	61	244	
	ススキ												
	イタドリ												
	ヤマハギ	}	+	1									
	イタチハギ				3	2	3	2	2	2.4	0	0	
	ヤマハンノキ												
	ヤシャブシ												
見取調査					のり面の向き		西						
イタチハギ, ヤマハギは落葉 → 判別不能					勾 配		1 : 2.5 (22 °)						
客土材 黒ボク					コドラート外の本種類								
ファイバー					ヤマハギ 2~3 cm								
ピートモス					イタチハギ 2~3 cm								

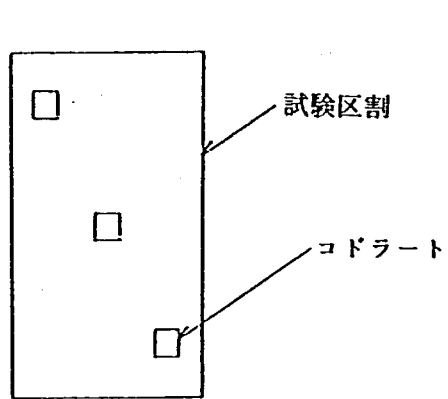


図 2.1 コドラートの設置位置

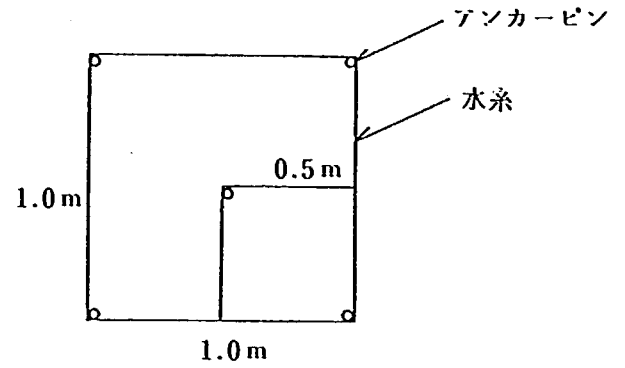
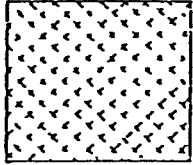
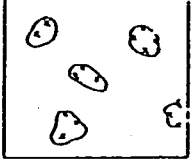
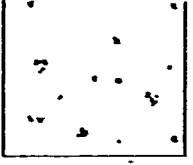


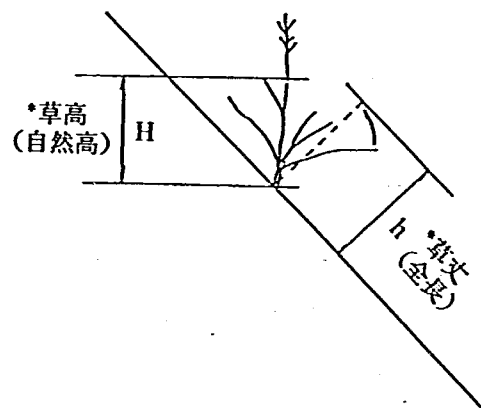
図 2.2 コドラートの設置方法

表 2.2 被度の階級区分

階級	被 度	中央 値	模 式 図
5	75 ~ 100 % (3/4 以上)	87.5 %	
4	50 ~ 75 % (1/2 ~ 3/4)	62.5 %	
3	25 ~ 50 % (1/4 ~ 1/2)	37.5 %	
2	10 ~ 25 % (1/10 ~ 1/4)	17.5 %	
1	1 ~ 10 % (1/10 以下)	5.0 %	
+	~ 1 %	0.1 %	

表 2.3 群度の階級区分

階級	生 育 状 況	模 式 図
5	ある種が調査区内にカーペット状に一面に生育している。	
4	大きな斑状、またはカーペット状のあちこちに穴が空いているような生育状態。	
3	小斑状（まだら状）に生育している。	
2	小群状、または株状と点状が混在している。	
1	単独に生育している。（点状）	



- ・草高は植物体の成立している高さ（沿直方向）を測定するもので、鉛直に尺を当てて葉の最高位を測定する。
- ・草丈は地際から葉の先までを測定するもので、地際に尺を当て葉先を伸ばして測定する。

図 2.3 草丈、草高の測定方法

各植物ごとに5~10個体(1個体はコドラート内の最大と思われるものを選び、あとは平均的なものを選ぶ)測定し、その平均も求めておく。

② 草高(自然高)

各植物の自然状態をそのままの姿で測定する。葉が下垂している場合もそのまま測定する。

イネ科草本など出穂している場合は葉部について測定し、穂の高さは参考としてカッコ内に記入する。

2.2 植生調査の結果

植生調査の結果から、被度、群度、密度、草丈に分けて

① 種子配合ごとの傾向

② 植生工種ごとの傾向

③ 吹付厚ごとの傾向

等について検討した。

なお、新庄工事々務所赤沢ダム工事用道路のり面試験地では、発芽せず種子のまま越冬することとなったので、今回の評価からは省く。

2.2.1 渡良瀬川工事々務所(大畑沢)

本試験地では以下のことについて比較を行った。

(1) 種子配合による比較

標準となる種子配合と、それに対して木本類の種子は同量とし、在来草本、外来草本を倍の播種量としたものとの計2種類の比較。

(2) 植生工種による比較

種子散布工、客土種子吹付工、厚層基材吹付工の計3種類の比較。

(3) 吹付厚さによる比較

客土種子吹付工は1 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cmの4種、厚層基材吹付工では3 cm, 5 cm, 7 cm, 10 cmの4種の計8種類の比較。

図2.4~図2.7に各試験区毎の外来草本、在来草本、木本の植生調査結果を示す。また図2.8~図2.15に植生工種別の植生調査結果を種子配合により2つに分けて示す。一方、図2.16~図2.23は、吹付厚さ別の植生調査結果を、厚層基材吹付工と客土種子吹付工とに分けて示す。

種子配合の差は厚層基材吹付工では被度、群度、密度とも明らかな違いがあり、増量によって高い値となっている。客土種子吹付工は増量によって密度は増加しているが、被度、群度の差は明らかではない。種子散布工は少ない播種量の方が高い値となっており、逆の結果となっている。これは施工方法の問題とも考えらる、種子散布工は厳密な施工管理がしにくいことが推量される。厚層基材吹付

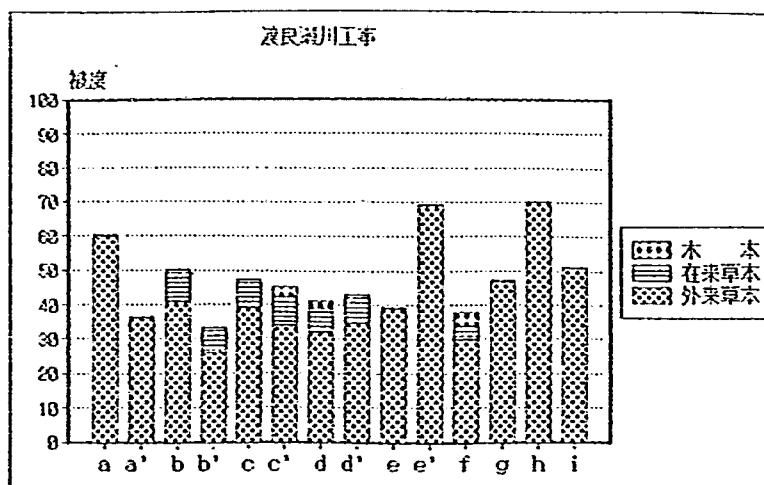


図 2.4

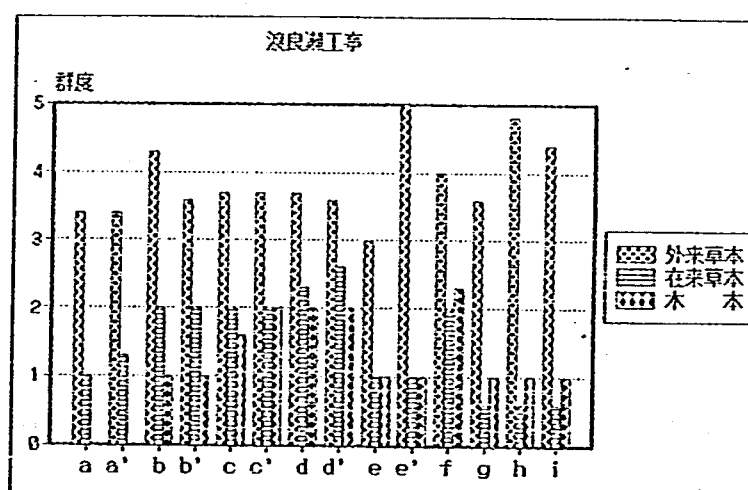


図 2.5

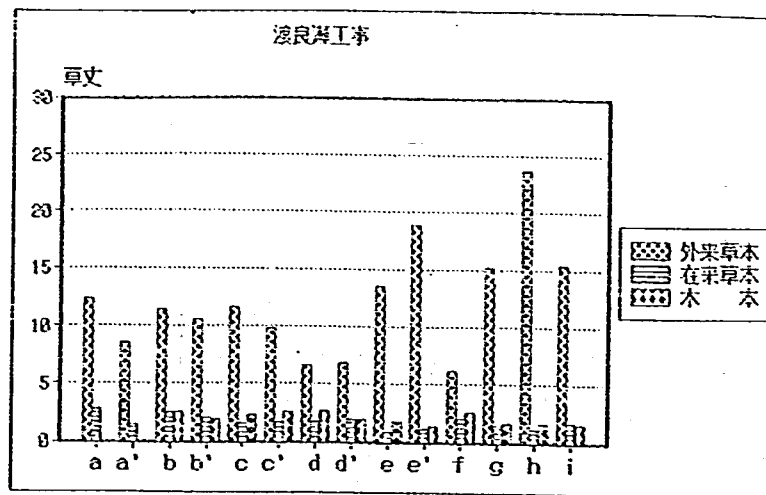


図 2.6

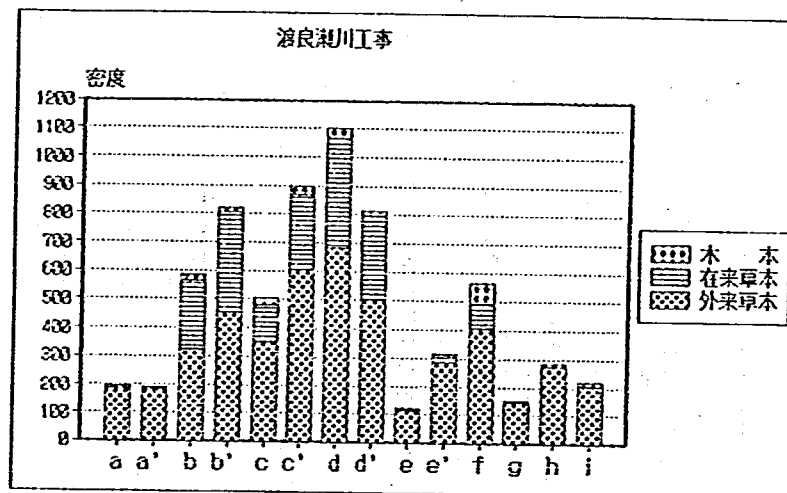


図 2.7

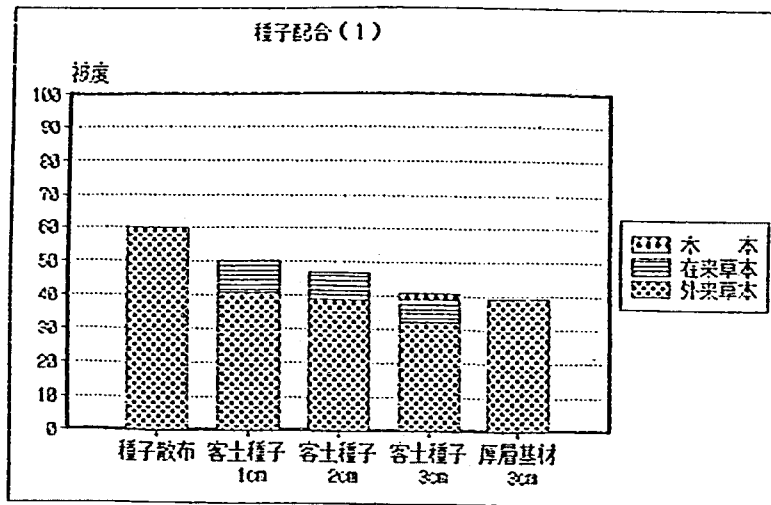


図 2.8

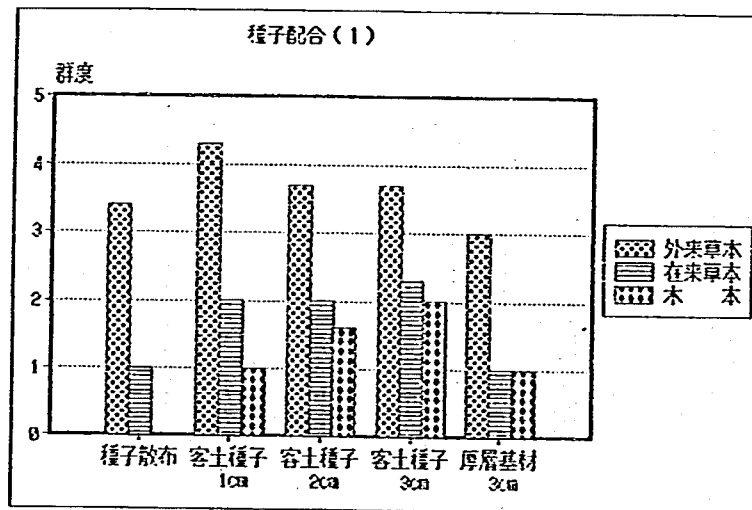


図 2.9

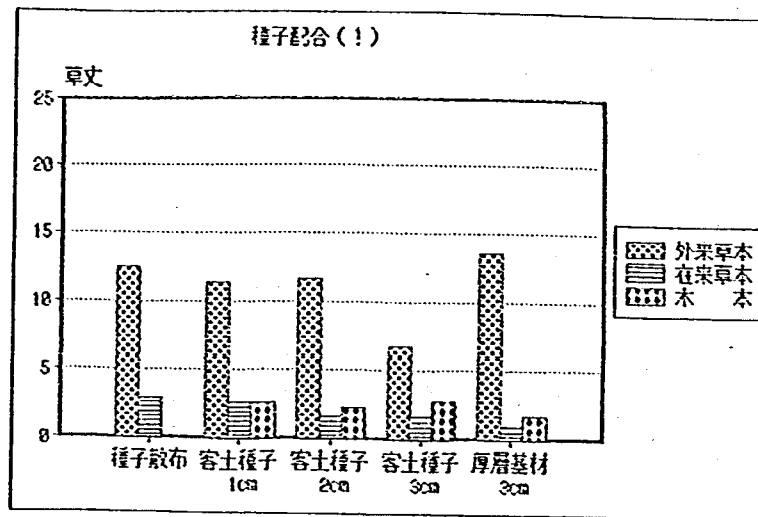


図 2.10

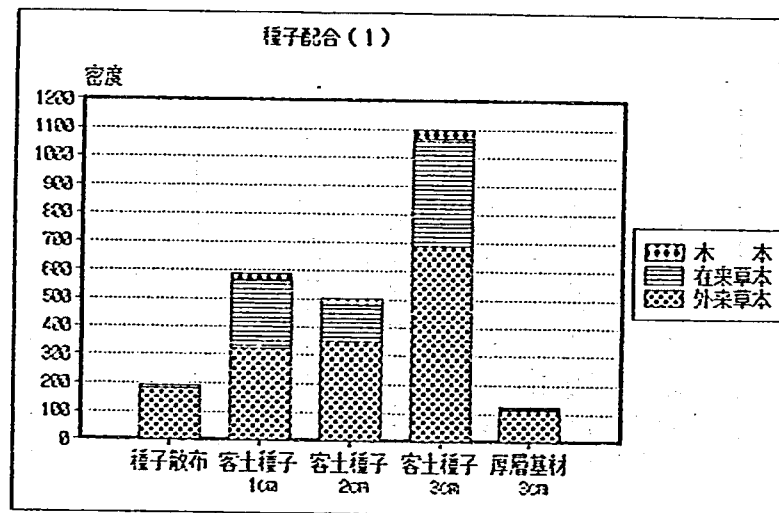


図 2.11

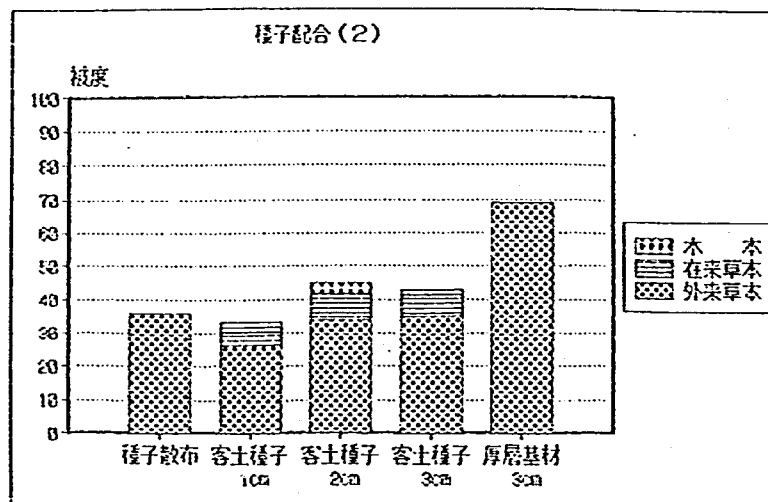


図 2.12

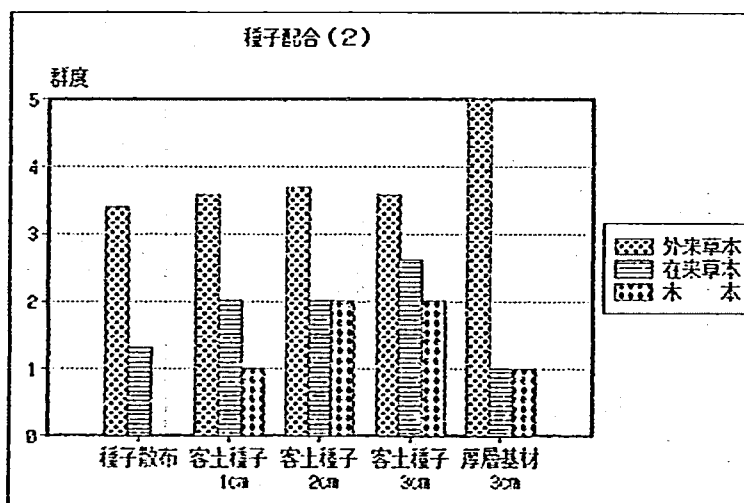


図 2.13

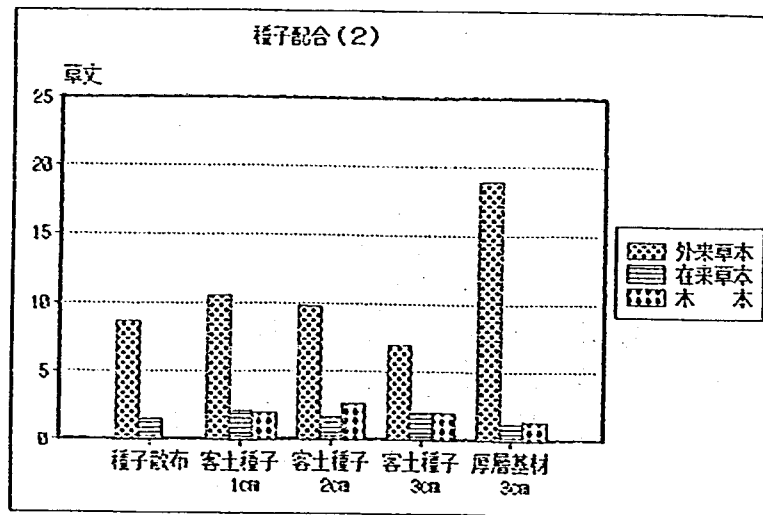


圖 2.14

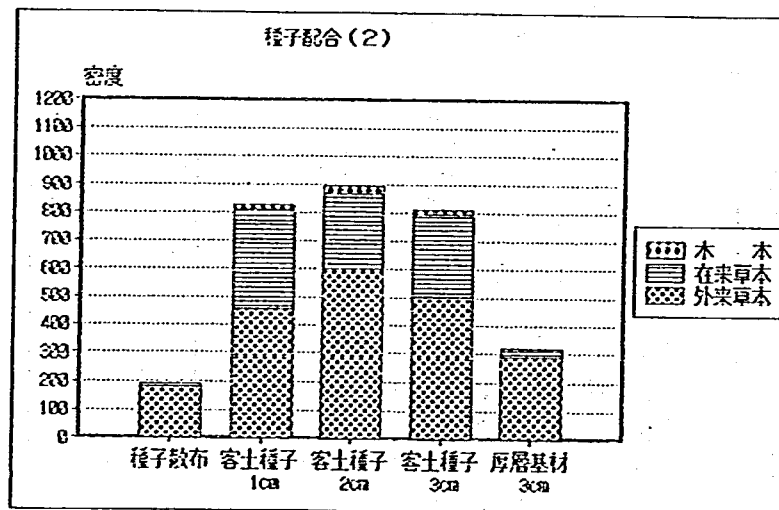


圖 2.15

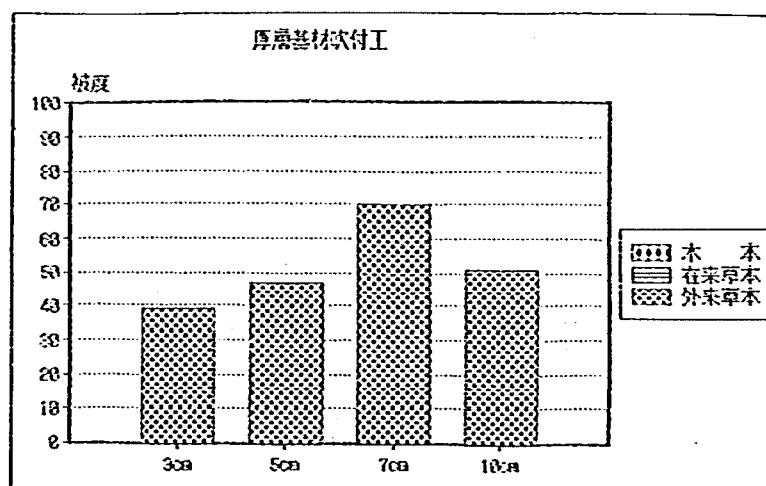


図 2.16

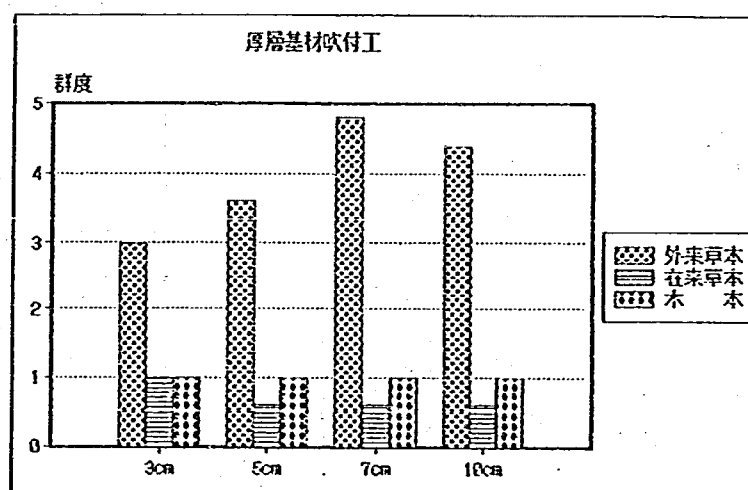


図 2.17

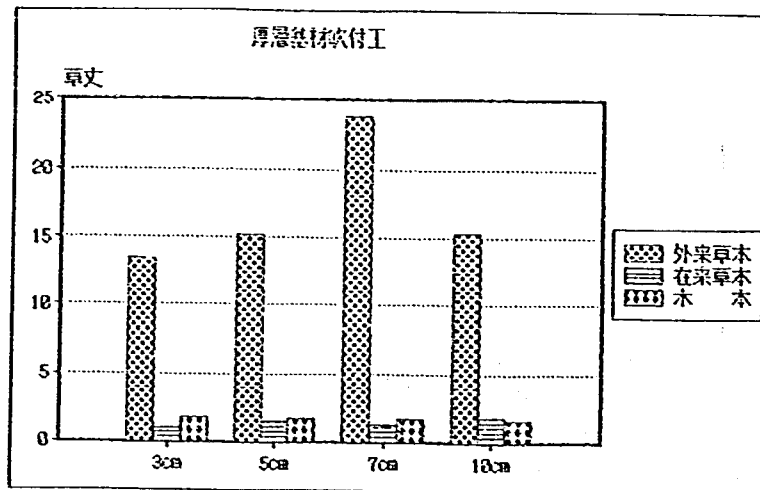


図 2.18

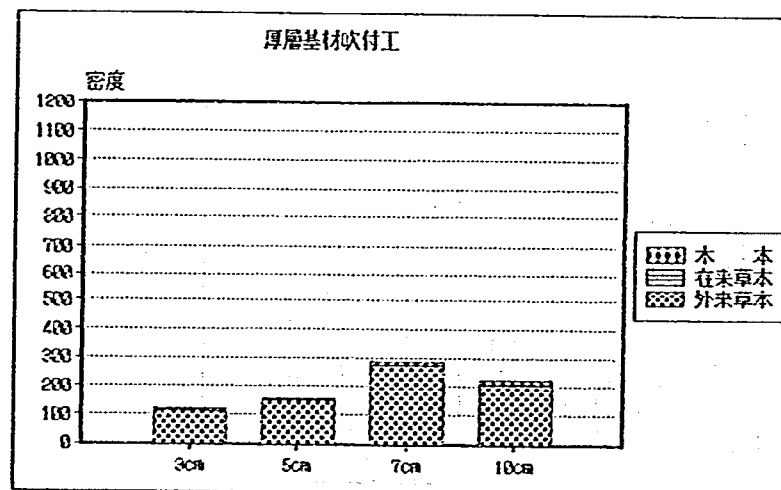


図 2.19

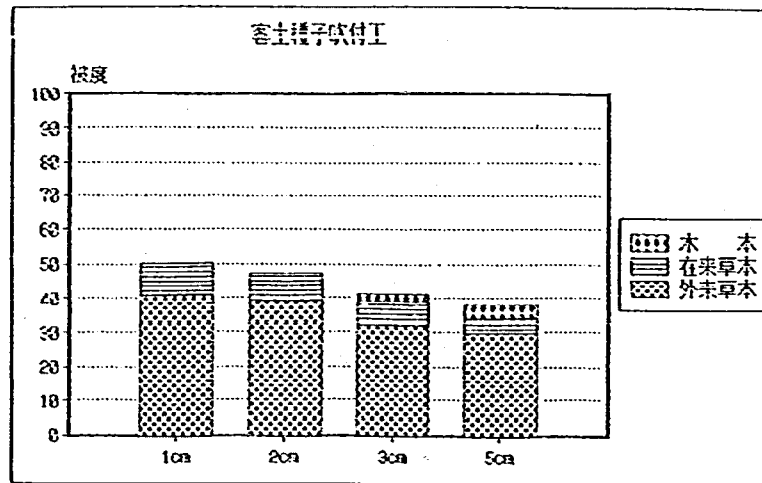


図 2.20

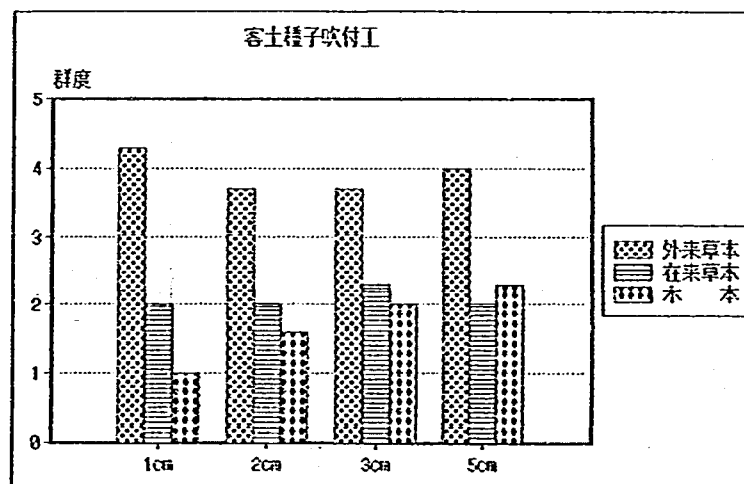


図 2.21

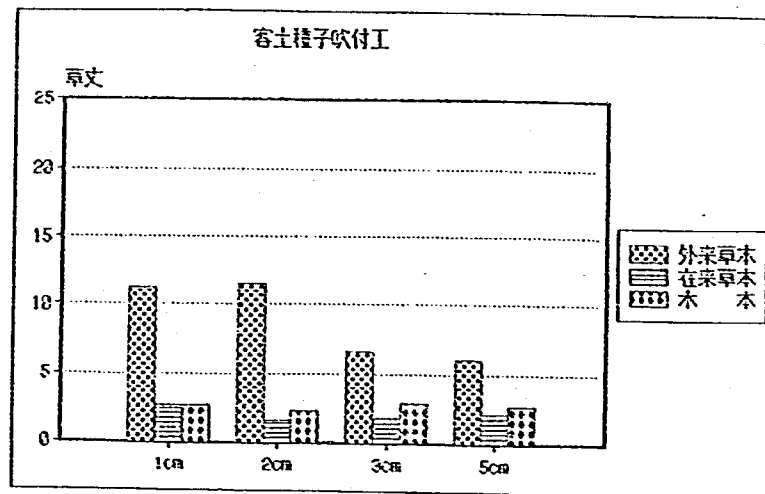


図 2.22

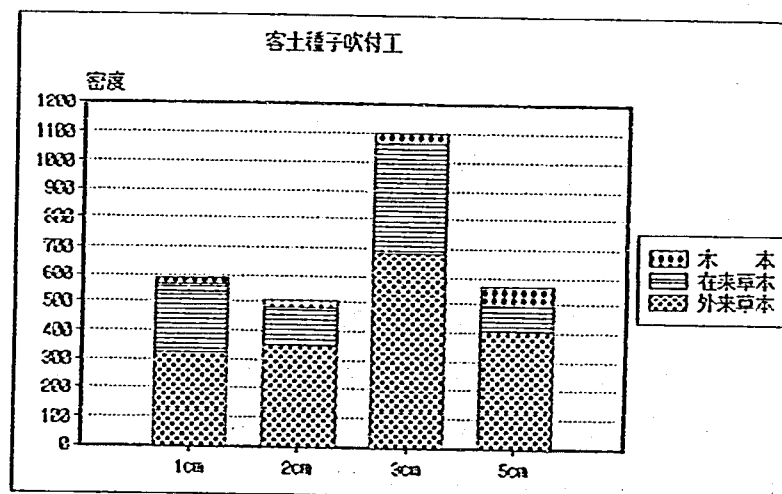


図 2.23

工は密度は低くても被度、草丈は高かったが、これは肥料効果が高かったことによるものと考えられる。

在来草本及び木本類は、客土種子吹付工で最も良く成立している。1～5 cm 厚の発芽床、生育基盤があること及び接合剤が樹脂であるので発芽が阻害されなかったことにより、種子散布工及び厚層基材吹付工より良好な結果となったと考えられる。

吹付厚さは、厚層基材吹付工では厚くなるほど被度、群度、密度とも増加しているが、客土種子吹付工では逆に低下する傾向にある。但し、厚層基材吹付工は外来草本が主体である。客土種子吹付工の被度、草丈は厚くなるほど草本類は低下しているが、木本類はやや増加している。

今回の結果からみると、厚層基材吹付工は外来草本の生育には良好な工法といえるが、木本類及び在来草本の導入にはやや難点がある。これは生育基盤に肥料分（特に窒素）が多く含まれているために生育の早い外来草本がその影響を早く受けたためと考えられる。客土種子吹付工は、在来草本及び木本類の発芽が最も良好な工種であった。種子散布工は早期に被覆させないと降雨浸食を受けて種子の流出があると思われるので、今回の種子配合では播種量が少な過ぎるのではないかと考えられる。

2.2.2 倉吉工事々務所（一の沢）

試験区はのり面と天端に分けられる。当試験地は国立公園内であり、外来草本は使用しなかった。法面については、以下の比較を行った。

(1) 植生工種の比較

種子散布工と客土種子吹付工（2 cm 厚）、厚層基材吹付工（5 cm 厚）の計3種。

(2) 緑化用材料の効果

客土種子吹付工（2 cm 厚）において、土壌活性剤（アルギン酸ソーダ系）、土壌改良剤（ソフトセラミックス）の計2種を標準区と比較する。

(3) 無播種施工の侵入植物の推移

厚層基材吹付工（5 cm 厚）において、植物の種子を播種せず、生育基盤のみを施工し、自然侵入にまかせる無播種施工の試験を行った。一の沢は国立公園内であり、周辺の生態系との調和を重視する必要がある、このような所では無播種施工が行われることがある。

以上について、植生調査の結果を図2.24～図2.27に示す。

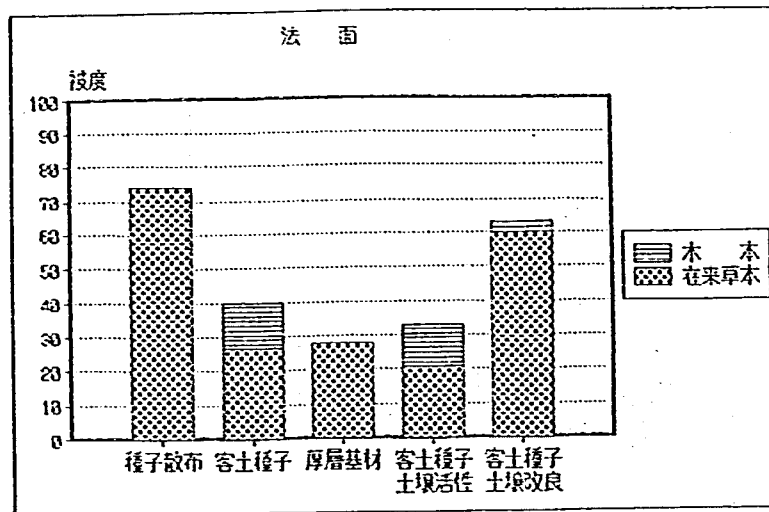


图 2.24

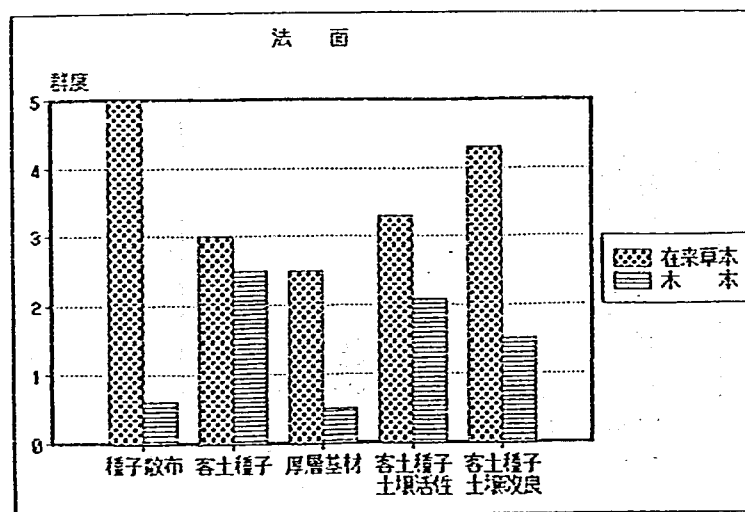


图 2.25

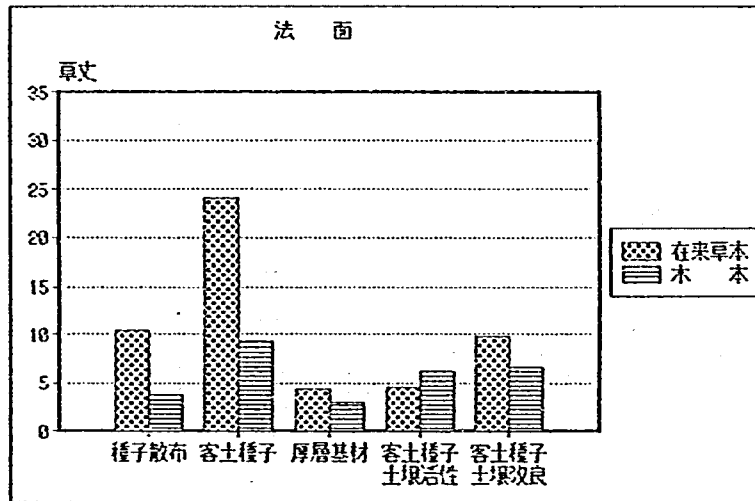


図 2.26

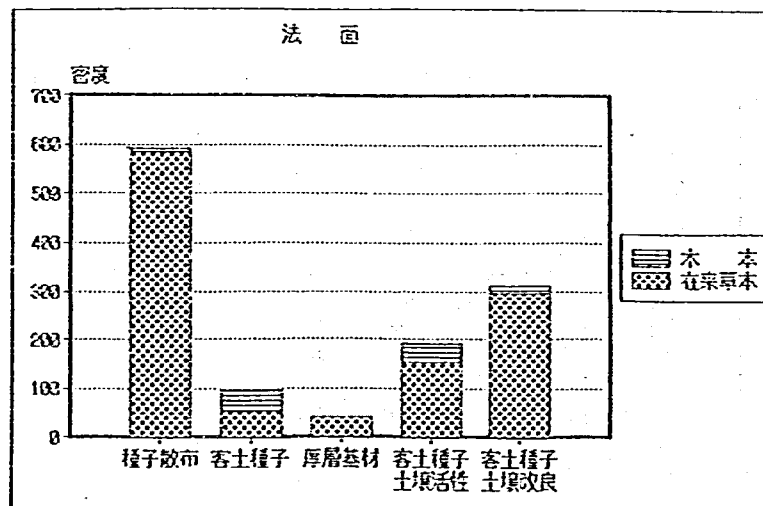


図 2.27

一方、天端については以下の比較を行った。

(a) 種子配合の比較

計3種類（標準、×2、×4と増量する）を比較する。

(b) 土壤活性剤の効果

3種類の種子配合に土壤活性剤を加えたもので、(a)と(b)で計6種（3組）を比較する。

(c) 客土工による無播種施工区への侵入植物の推移

(d) 4種の苗木植栽工

(a)、(b)を比較したものを図2.28～図2.31に示す。

まず、のり面については木本類の成立は植生工の差が出ており、客土種子吹付工が最も良好であり、厚層基材吹付工、種子散布工は少なかった。これは客土種子吹付工の吹付基盤が木本類の発芽床として優れているためと考えられる。種子が露出する種子散布工では発芽及び初期生育が劣り、厚層基材吹付工は接合剤としてセメントを使用しているために発芽が阻害されるものと考えられる。

緑化用材料は土壤活性剤（アルギン酸ソーダ系）と土壤改良剤（ソフトセラミックス）を使用しているが、木本類の発芽及び初期生育を助長する効果は確認できなかった。在来草本は土壤改良剤の効果が認められたが、これは土壤改良剤の保水性の効果であると考えられる。

次に、天端については標準配合区では在来草本、木本類とも播種量の多少に従った値となっている。とくに配合(d)ではカバノキ科（ヤマハンノキ、ヤシヤブシ）の木本類が多く成立しており、これらはある一定量以上配合することが必要であるように思われる。

土壤活性剤を混合すると、在来草本の成長が著しく、木本類は被圧される傾向にあり、特にカバノキ科の木本類の成立が少ない。土壤活性剤はヨモギの成長を助長するので、土壤活性剤の配合量及びヨモギの播種量に注意する必要がある。

次に無播種施工は施工当年であり、侵入種の評価はできない。

また苗木植栽工は、施工不適期であったにもかかわらず、すべて活着している。苗木植栽工の評価は、各植物の成長量及び枯損率でおこなうが、これは、今後の調査を待つ必要がある。

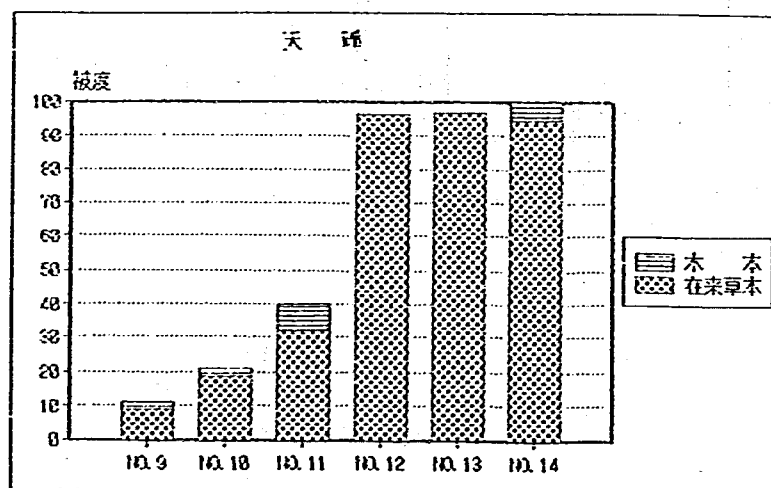


図2.28

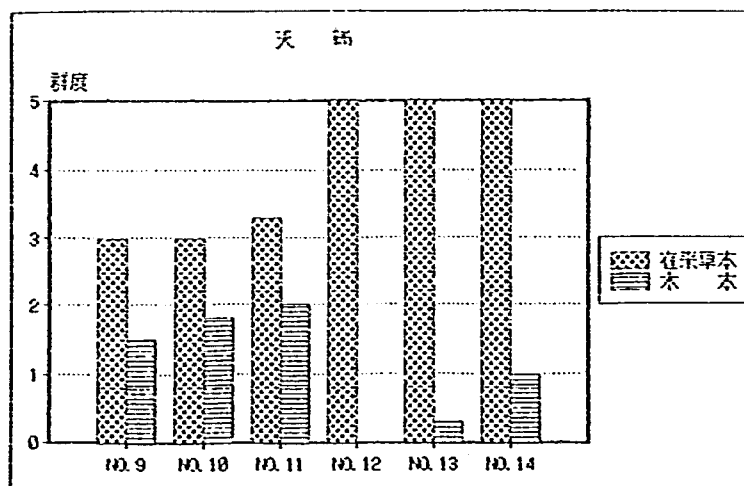


図 2.29

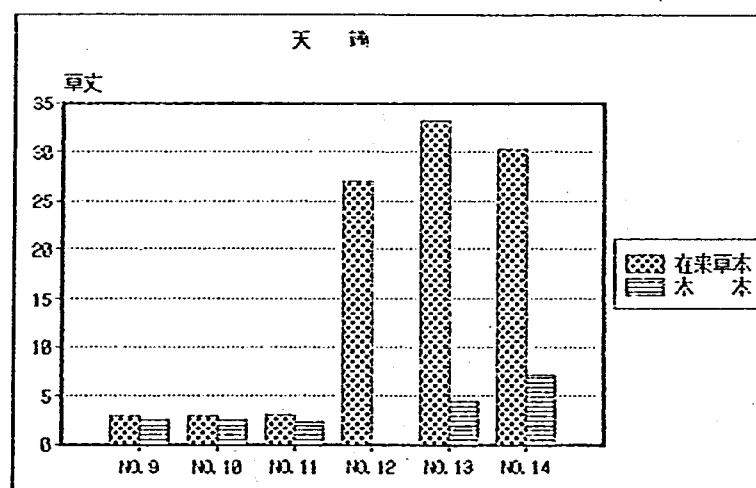


図 2.30

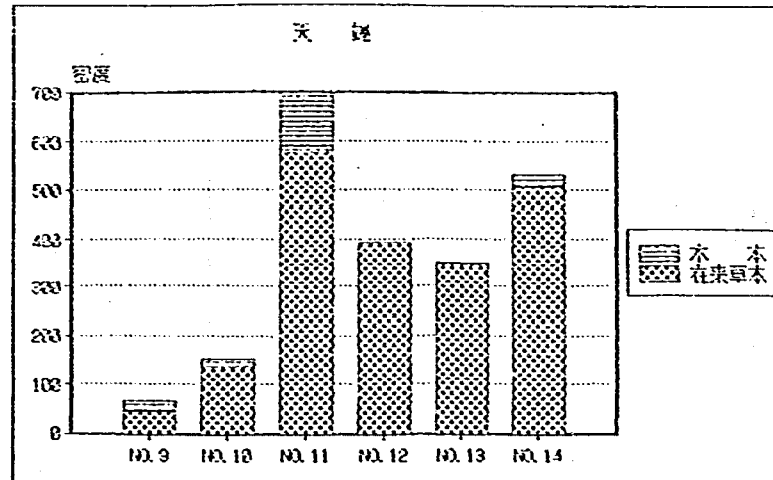


図 2.31

2.2.3 吉野川砂防工事々務所（西石原堰堤盛土のり面）

ここでは盛土のり面にワラムシロ張工が採用されており、植物は外来草本だけを使用している。植生調査のためのコドラートは北向きの右岸側に 5 ケ所、南側の左岸側に 5 ケ所の計 10 ケ所を設けた。ここで用いた 8 種類の外来草本ごとに、被度、群度、草丈、密度についてまとめたものを図 2.32～図 2.35 に示す。

当地域は、気象データをみると降水量は多く、植物の成長期間も長いので、緑化工を行うにあたっての問題は少ない。また、盛土法面であるので勾配も緩く、土質に応じた植生工を採用すれば、まず良好な緑化が行える。土質は礫混じり粘性土であるので、種子散布工や種肥付ワラムシロ張工が適当と考えられるが、種肥付ワラムシロ張工が行われている。

施工は昭和 62 年 3 月で施工適期であるといえる。調査は昭和 62 年 11 月であり、8 ヶ月後であるが植生はやや衰退の傾向にある。施工後初期の段階では面的な被覆を果たしたと思われるが、肥料不足から草丈が低くなり、被度も低下している。

8 種類の外来草本のうち、通常よく成立する K31F (ケンタッキー 31 フェスク), WLG (ウィーピング, ラブ, グラス) が不良であった。種子を装着する際の接着の方法または貯蔵方法に問題があったことも考えられる。

北向のり面と南向のり面で分けると、南向のり面で若干の相違がみられる。どちらも CRF (クリーピング, レッド, フェスク) が優占しているが、南向のり面では HBG (ハイランド, ベント, グラス) がこれに次ぐのに対し、北向のり面では WC (ホワイト, クローバー) がこれに次いでいる。このことから、北向のり面の方が湿潤であることが想像され、全体的にも北向のり面の方がやや良好な植生となっている。南向のり面は軽度の乾燥害があると思われる。

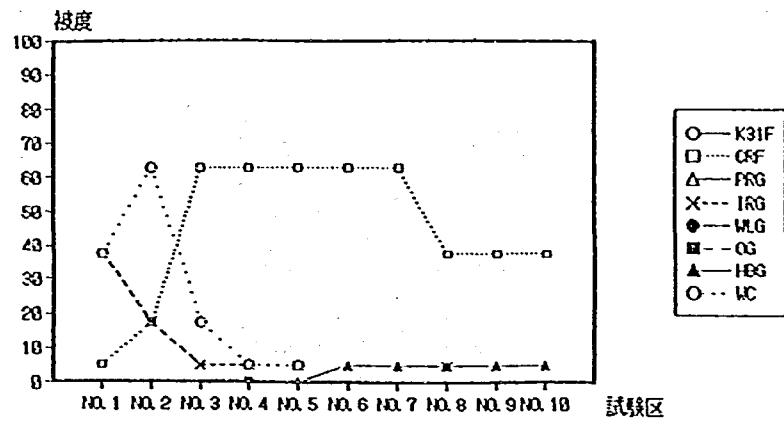


図 2.32

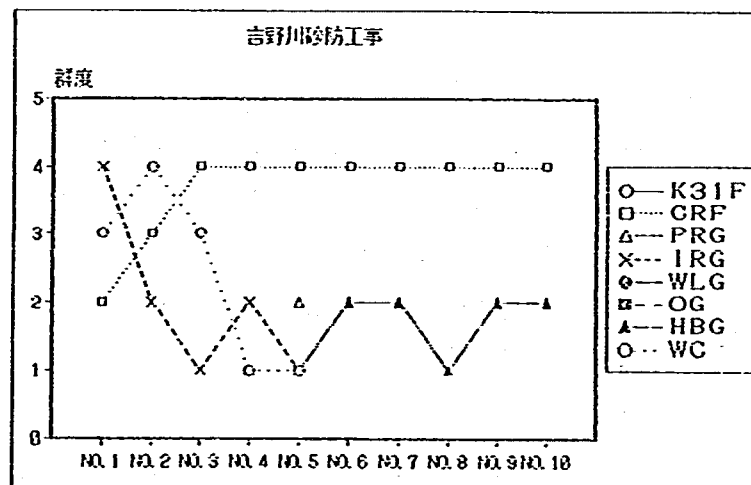


図 2.33

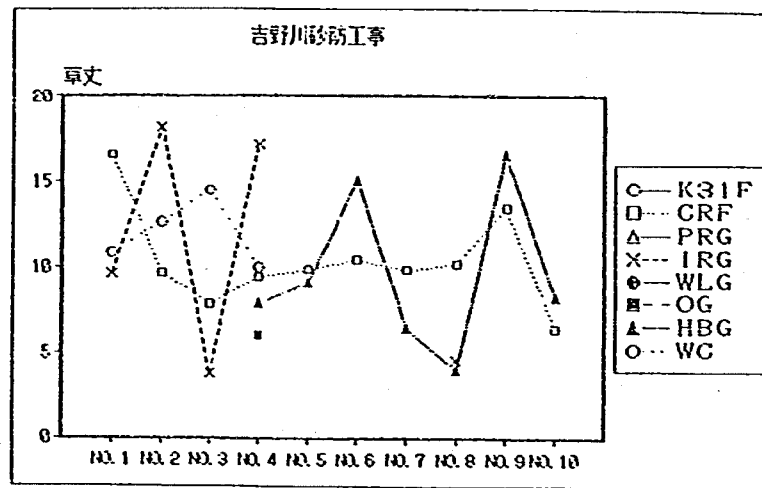


図 2.34

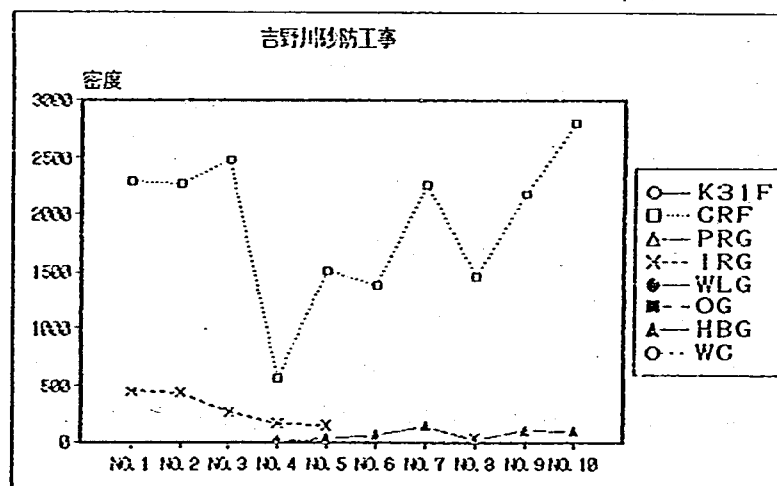


図 2.35

2.2.4 宮崎工事々務所 (大幡第7砂防ダム工事用道路のり面)

当試験地の比較項目は次のとおりである。

(1) 植生工種の比較

種子散布工, 客土種子吹付工 (1 cm, 2 cm, 3 cm), 肥料袋付ネット張工, 芝張工, 厚層基材吹付工の計7工種を比較する。

(2) 緑化基礎工の比較

樹脂ネット張工, 金網張工の計2種を比較する。

(3) 種子配合の比較

3種 (外来草本のみ), 6種 (外来草本, 在来草本, 木本類 (マメ科)), 9種 (外来草本, 在来草本, 木本類 (マメ科, カバノキ科)), 9種 $\times$ 1/2 (配合量が1/2) の計4種類を比較する。

以上のうち(2)については冬季の凍上, 凍結等による損傷の有無を見るものであるから, 62年の調査では比較できないため, (1)と(3)について考察する。

図2.36~図2.39に各試験区ごとの植生調査結果を示す。また図2.40~図2.43には種子配合3種における種子散布工と客土種子吹付工 (2 cm 厚) の植生調査結果を, 図2.44~図2.47には種子配合6種における種子散布工, 客土種子吹付工 (1 cm 厚及び3 cm 厚), 肥料袋付ネット張工, 厚層基材吹付工 (5 cm 厚) の植生調査結果を, 図2.48~図2.51には種子配合9種及び9種 $\times$ 1/2における種子散布工と客土種子吹付工 (2 cm 厚) の植生調査結果を示す。

木本類は客土種子吹付工での発芽, 成長が良好であるが, これは客土種子吹付工の吹付基盤が木本類の発芽床として優れているためと考えられる。但し, ヤシャブシの数は少なく, ヤマハギ, イタチハギが多かった。木本類は9種配合と9種 $\times$ 1/2区を比較すると, 外来草本を減じた方が成立数が多かったが, 逆に草丈は低かった。草本類と競合した方が木本類の草丈が高くなるという結果であったが, これは外来草本による被圧によって, もやし状に徒長したためである。種子配合による相違を見ると9種区及び9種 $\times$ 1/2区が良好であり, 6種区は不良であった。木本類は外来草本が計5,300本/m²では成立が難しく, 2,760本/m²以下で成立し易いという結果であった。

在来草本は植生工の種類による差が少なく, 全ての区で良好であるが, その主体はヨモギである。ヨモギも密度, 被度が高いと木本類を被圧するので, 種子配合には注意する必要がある。

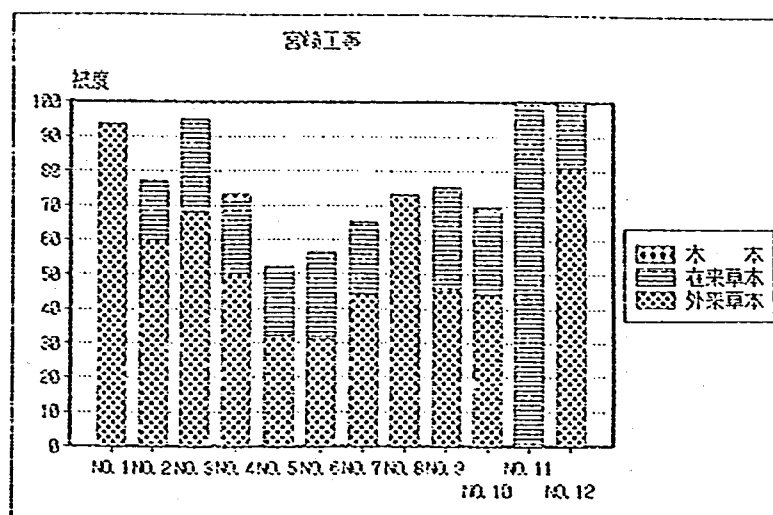


図 2.36

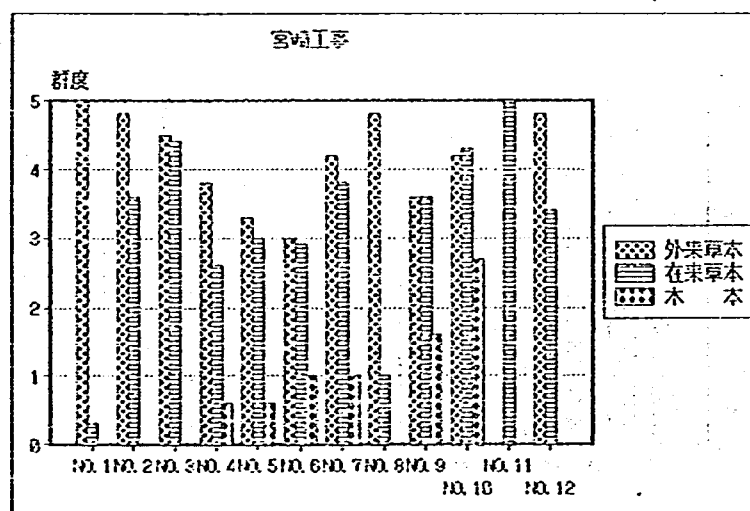


図 2.37

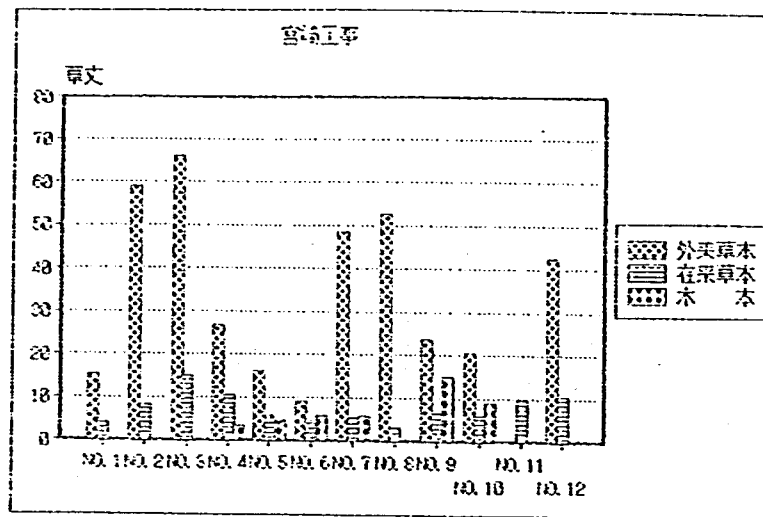


図 2.38

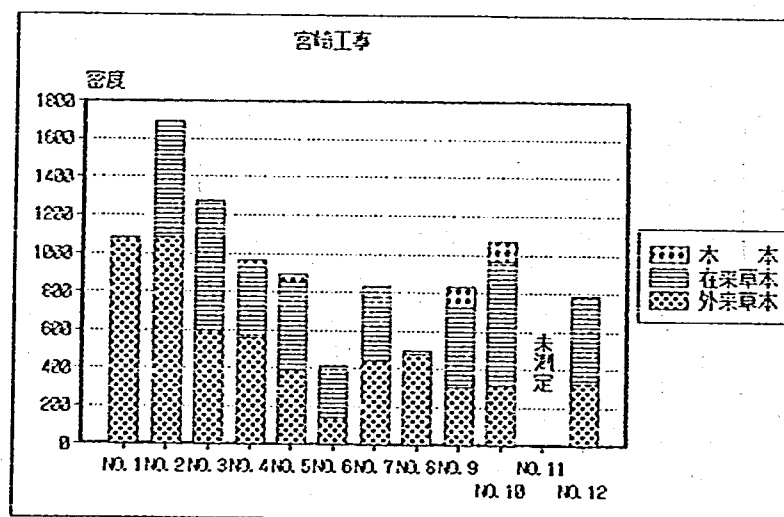


図 2.39

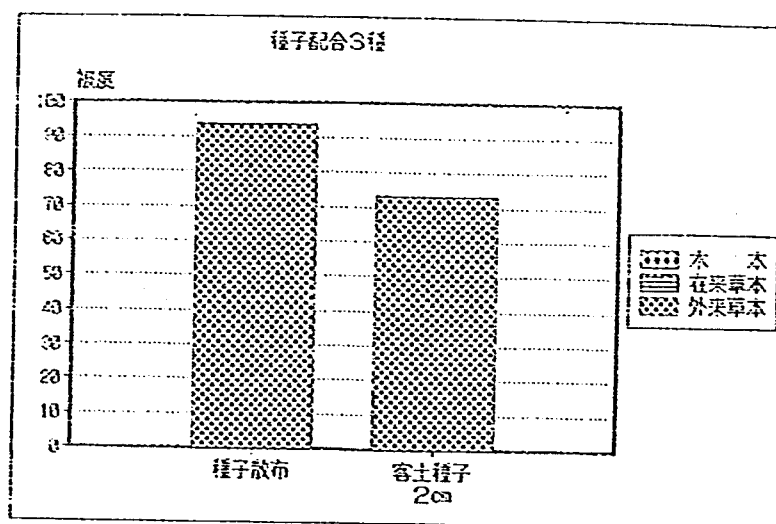


図 2.40

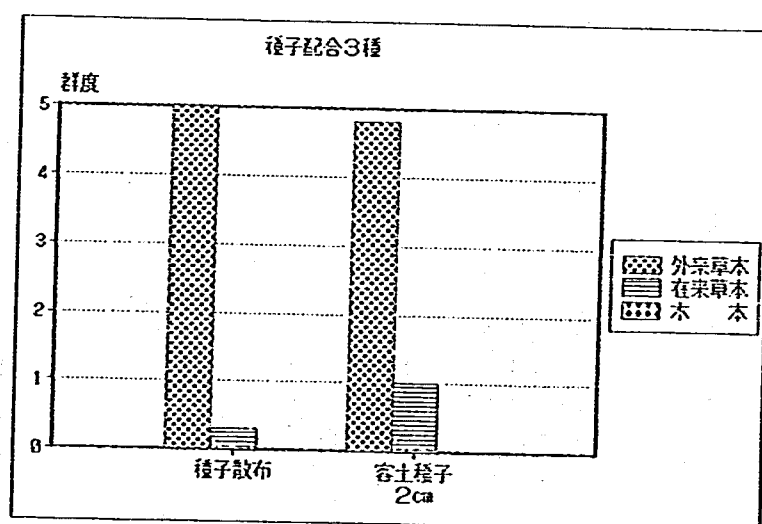


図 2.41

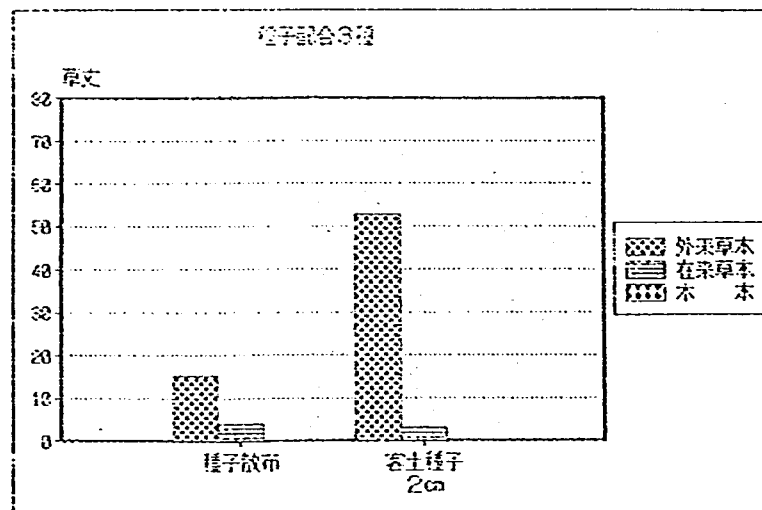


図 2.42

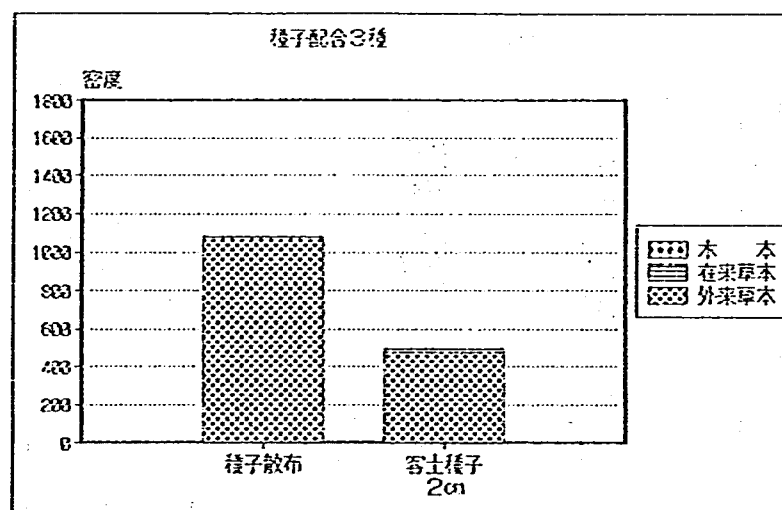


図 2.43

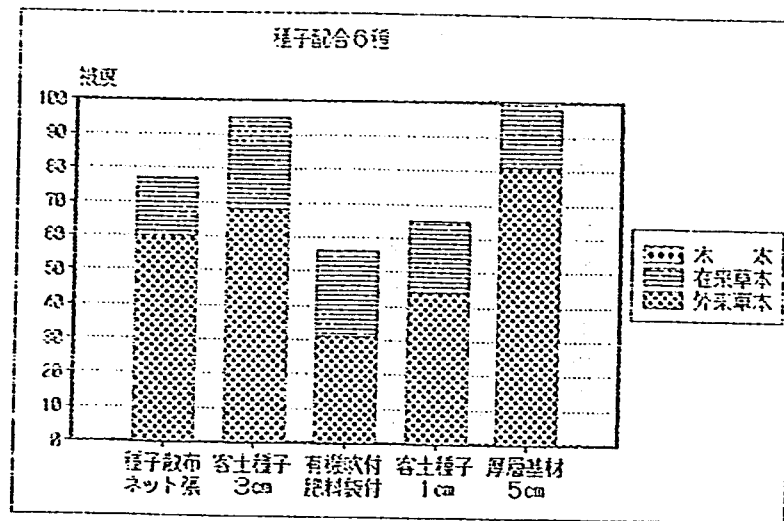


図 2.44

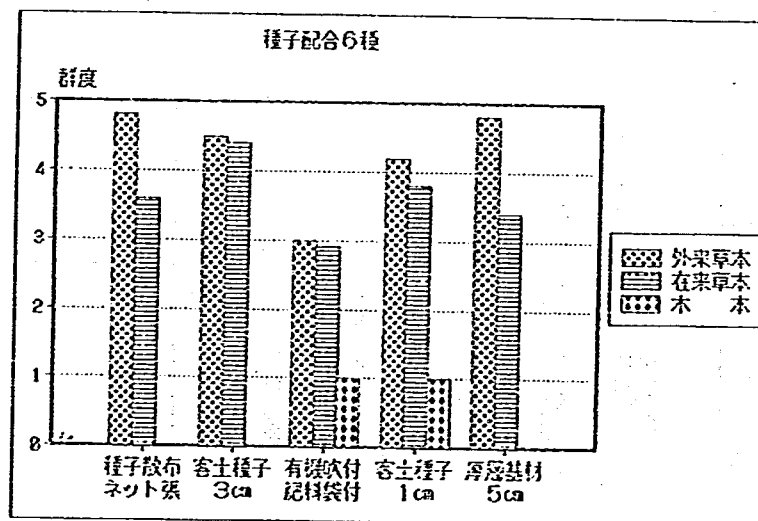


図 2.45

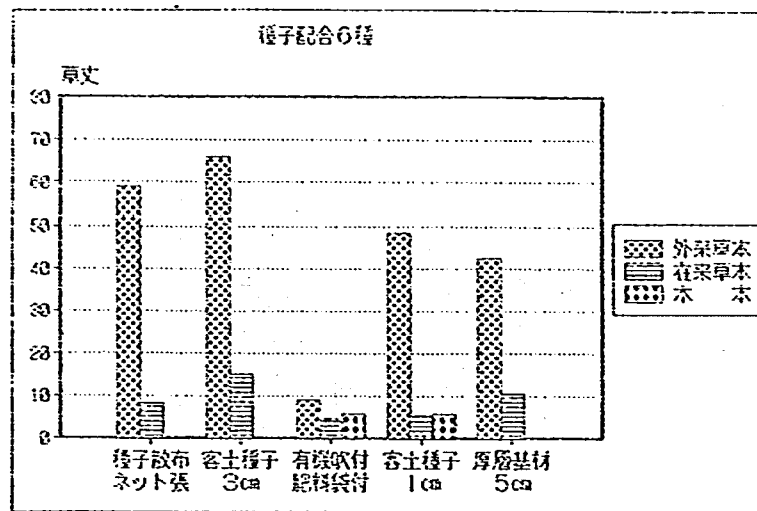


図 2.46

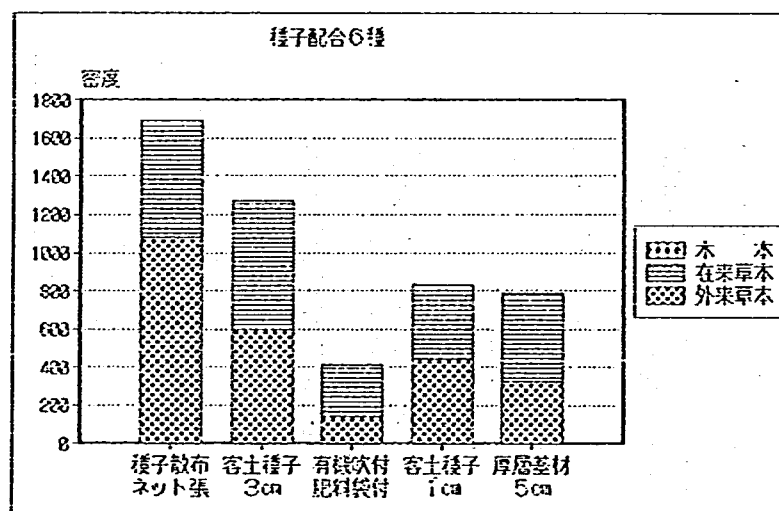


図 2.47

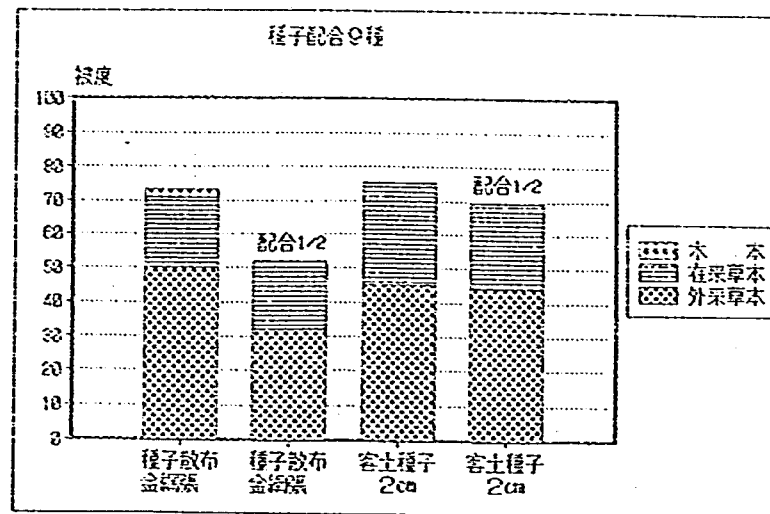


図 2.48

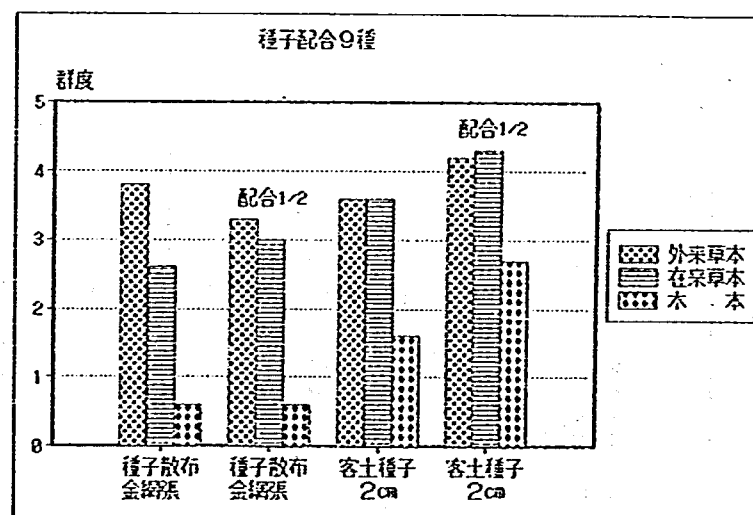


図 2.49

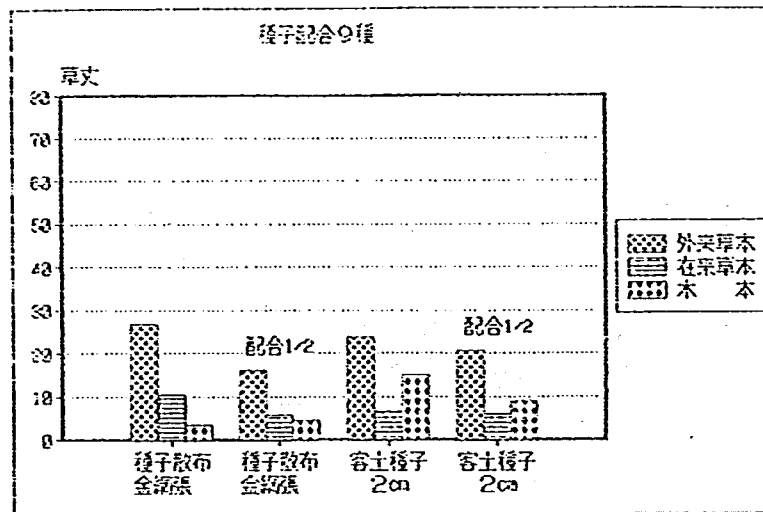


図 2.50

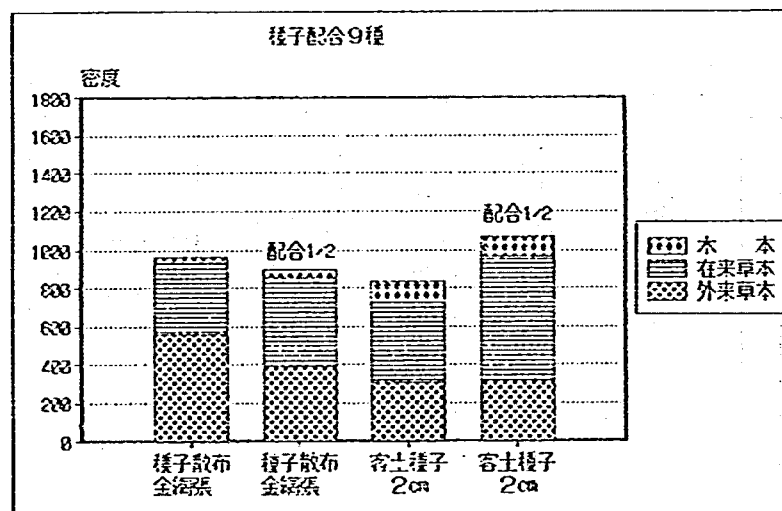


図 2.51

3. 各試験施工地を横並べした調査結果

3.1 植生工種による比較

3.1.1 比較の方法

植生工種の比較を行うために、被度、群度、草丈、密度に差異による階級を設定して表を作成した。階級の設定は基準となる数値が文献等にも無いので植物の生育状況を明らかに変えるであろう値として、表 3.1 のように設定した。また、ここでの比較は試験施工方法、施工時期の似通った渡良瀬川工事々務所、倉吉工事々務所、宮崎工事々務所の 3 試験地の植生調査結果を用いた。

3.1.2 結 果

表 3.2～表 3.10 に外来草本、在来草本および木本類に分けて植生工種による比較を行った結果を示す。

① 種子散布工と客土種子吹付工 (1, 2 cm 厚)

植物の生育状況は外来草本、在来草本、木本類ともに客土種子吹付工が優れている。とくに、木本類及び在来草本の生育の差が顕著である。

調査項目別に見ると、群度、草丈では確実に種子散布工より客土種子吹付工が増加傾向を示しているが、外来草本の被度と外来草本及び在来草本の密度でややバラツキがでている。

客土種子吹付工の植物の生育が良好なのは、発芽が均一で、その後の初期生育でも順調に生長することによるものである。また、被度がバラつくのは密度に起因するものであり、この原因は施工時の管理上の影響が大きいと思われる。特に種子散布工では、発芽の良好な外来草本にバラつきが大きいことから施工上の問題が考えられる。(大容量のタンク (2～4 m³) を使用するので厳密な播種量の管理がしにくいものと思われる。)

② 種子散布工と厚層基材吹付工 (5 cm 厚)

外来草本は地区別で生育の優劣の差が大きく、植生工種間の比較では各項目ともバラついて、明らかな傾向が現れていない。在来草本は厚層基材吹付工で被度、草丈、密度が低い傾向が見られる。

木本類は 3 地区とも生育に差がないが、これは種子散布工、厚層基材吹付工とも木本類の成立数が少なかったことによるものである。

施工後 3 ヶ月後 (植生調査時) では種子散布工と厚層基材吹付工 (5 cm 厚) では植物の生育に大きな差は生じていない。

③ 客土種子吹付工 (1, 2 cm 厚) と厚層基材吹付工 (5 cm 厚)

外来草本の被度は厚層基材吹付工が大きく、逆に密度は小さい値となっており、草丈も低い。群度は変わりがない。

表 3.1 各項目の増減の階級区分

記号	被 度	群 度	草 丈	密 度	備 考
↑	15 % 以上	2 以上	10 cm 以上	200 本/m ² 以上	明らかに増加
↗	5~15 %	0.5~2	5~10 cm	50~200 本/m ²	増加の傾向
→	5~-5 %	0.5~-0.5	5~-5 cm	50~-50 本/m ²	変化(差異)なし
↘	-5~-15 %	-0.5~-2	-5~-10 cm	-50~-200 本/m ²	減少の傾向
↓	-15 % 以下	-2 以下	-10 cm 以下	-200 本/m ² 以下	明らかな減少

植生工種の比較 1. 種子散布に対する客土種子吹付工
(1.2 cm 厚)

表 3.2 外来草本

地区	項目	被 度	群 度	草 丈	密 度	傾 向
渡良瀬川	配合 (1)	↘	↗	→	↗	↗
倉 吉	配合 (2)	→	→	→	→	→
宮 崎	配合 6種	→	↗	↗	↘	↗

表 3.3 在来草本

渡良瀬川	↗	↗	→	↗	↗
倉 吉	↗	↗	↗	↘	↗
宮 崎	↗	↗	→	↗	↗

表 3.4 木 本 類

渡良瀬川	→	↗	→	→	→
倉 吉	↗	↗	↗	→	↗
宮 崎	→	↗	↗	↗	↗

植生工種の比較 2. 種子散布に対する厚層基材吹付工
(5 cm 厚)

表 3.5 外来草本

地区 \ 項目		被 度	群 度	草 丈	密 度	傾 向
渡良瀬川	配合 (1)	↘	↗	→	↗	—
倉 吉	配合 (2)	—	—	—	—	—
宮 崎	配合 6 種	↗	↘	↘	↘	↘

表 3.6 在来草本

渡良瀬川	—	→	→	→	→
倉 吉	↘	↘	↘	↘	↘
宮 崎	→	↗	→	↘	→

表 3.7 木 本 類

渡良瀬川	—	↗	→	→	→
倉 吉	→	→	→	→	→
宮 崎	→	→	→	→	→

植生工種の比較 3. 客土種子吹付工に対する厚層基材吹付工
(1.2 cm 厚) (5 cm 厚)

表 3.8 外来草本

地区 \ 項目		被 度	群 度	草 丈	密 度	傾 向
渡良瀬川	配合 (1)	↗	→	→	↘	→
倉 吉	配合 (2)	—	—	—	—	—
宮 崎	配合 6 種	↗	→	↘	↘	↘

表 3.9 在来草本

渡良瀬川	↘	↘	→	↘	↘
倉 吉	→	↘	↘	→	↘
宮 崎	↘	↘	↘	↘	↘

表 3.10 木 本 類

渡良瀬川	→	↘	→	→	→
倉 吉	↘	↘	↘	→	↘
宮 崎	→	↘	→	→	→

これは、状況としていえば、厚層基材吹付工は密度が少なく、草丈も低い、葉張りが良好ということである。外来草本はイネ科牧草が主体であることからすると、厚層基材吹付工は窒素質肥料の効果が高いといえる。

在来草本及び木本類は3地区とも全ての項目で低下していたが、これは成立数の差によるものと考えられる。客土種子吹付工の植生基盤（発芽床）は厚層基材吹付工よりも、在来及び木本類の発芽及び初期生育に有利であるといえる。

以上から施工後3ヶ月後の生育状況からいうと、客土種子吹付工が最も良好である。外来草本では多少のバラつきはあるものの、在来草本および木本類では植生に明らかな差がある。

在来草本や木本類の発芽及び初期生育には客土種子吹付工の植生基盤（発芽床）が最も良好である。なお、客土種子吹付工という名称であっても、主材料と浸食防止剤はそれぞれ異なる。このため、植生工種の違いではなく吹付厚さの違いにより、この結果となったとも考えられる。使用材料の種類と関係なく、吹付厚1~2 cmの植生工が木本類及び在来草本の発芽及び初期生育に有利であるというべきかもしれない。これは、生育基盤が薄い場合は地山からの水分の供給があるために、植物の生育が良くなったものと思われ、生育基盤が厚い場合は表面の1 cm程度が乾燥するために、生育基盤が薄い場合と差が生じたことも考えられる。

3.2 簡易貫入試験と土壌硬度試験の関連性の検討

3.2.1 検討の方法

土壌が植物の生育基盤として適しているかどうかを判定するための重要な指標として土壌硬度がある。土壌硬度の測定には従来から広く山中式土壌硬度計が用いられているが、近年簡易貫入試験機の利用が検討されている。

簡易貫入試験機による土壌硬度の測定は、山中式土壌硬度計が土層の表面の硬度の測定に用いられるのに対し、土層内部の硬度の測定に用いられる。従って、簡易貫入試験結果の Nc 値と山中式土壌硬度計の指数との関連性を確立することが望まれている。しかし、簡易貫入試験は目に見えない土層内部を測定するために、礫等が混入している場合、測定結果である Nc 値に大きな差が生じることになる。

一般には、砂礫土で Nc 10、粘性土で Nc 5 が植物の生育が可能とされており、通常 Nc 3~Nc 5 が植物の生育に適しているといわれている。また、山中式土壌硬度計との関連性は、硬度指数 23~25 mm が Nc 5 に相当するといわれている。これらの値はポット試験及び山林での現地調査によって報告されたものであり、礫等を含まない関東ロームや森林土が対象となっている。

しかし、礫が混入した場合には貫入抵抗が増加し、通常の相関値で対応することは、極めて難しい。このように礫が混入した場合の Nc 値と土壌硬度との関係は最近図 3.1、図 3.2 のように報告されている。

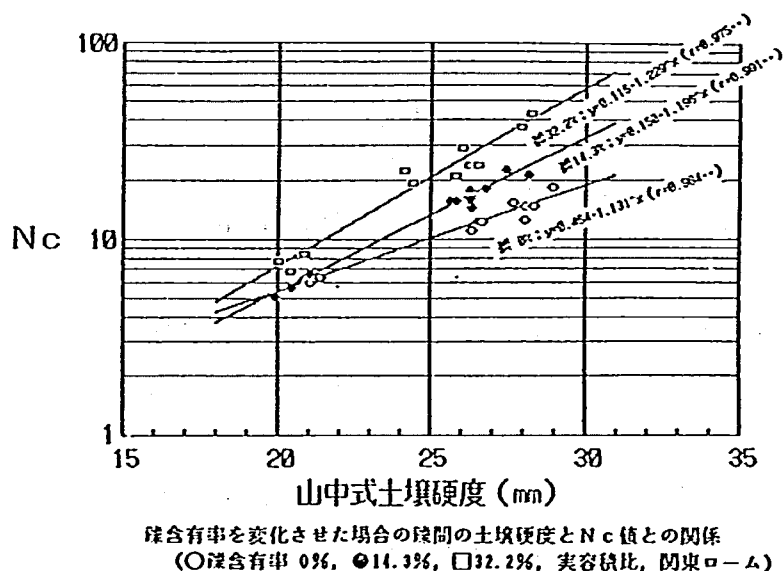
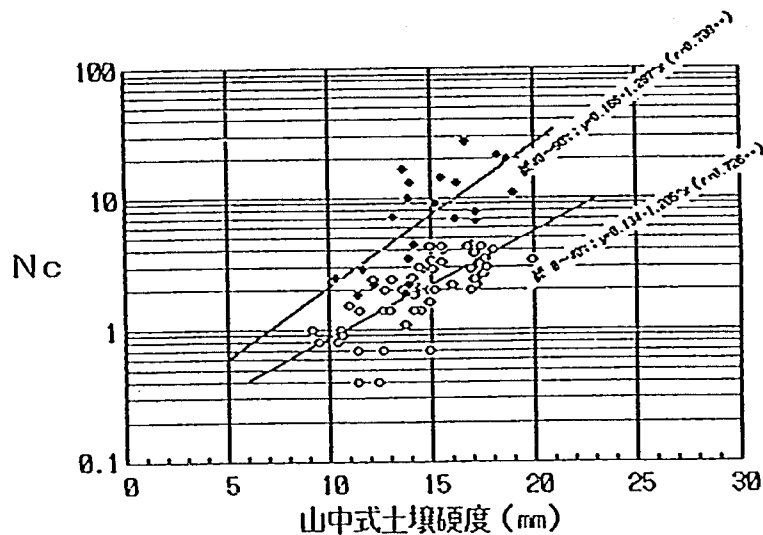


図 3.1



炭含有率を2つに大別した場合の隙間の土壌硬度とNc値との関係
(○炭含有率 0～40%, ◐40～90%, 垂直比, スギ人工林内)

第19回緑化工研究発表会研究論文報告集
(土研式貫入計を用いた生育基盤厚の
測定値に及ぼす土層中之炭の影響について)
福永、山寺

図 3.2

ここでは、倉吉工事々務所及び宮崎工事々務所で簡易貫入試験機と山中式土壌硬度計による測定を行い、その結果を比較した。

3.2.2 結 果

今回の調査結果で簡易貫入試験と土壌硬度試験の関連性を述べるには、測定データが少ないために、信頼性が乏しく、はっきりしたことはいえないが、調査結果から各土質別に関連性を図 3.3, 図 3.4 に表した。ここでは、初期の植物の生育に関係が深いと思われる 10 cm～20 cm の土層について傾向をみた。

10 cm, 20 cm とも大きな差はなく、黒表土及び赤土では土壌硬度 20 mm が Nc 1～2 に相当し、土壌硬度 30 mm が Nc 2～5 に相当している。また、礫混じり土砂では、土壌硬度 20 mm が Nc 13 程度となっている。

これらの値は、前述した報告データと見比べて見ると、黒表土及び赤土が非常に軟らかいため比較は難しい。また、礫混じり土砂では礫混入率が 40～90% と考えると、ほぼ同じような傾向となっている。

以上のように、簡易貫入試験と土壌硬度試験との関連性はデータ不足等の問題が多く曖昧な結果しか得られず、今後の課題となる。また、現在報告されている調査データ等は、殆どが森林土或はポツ

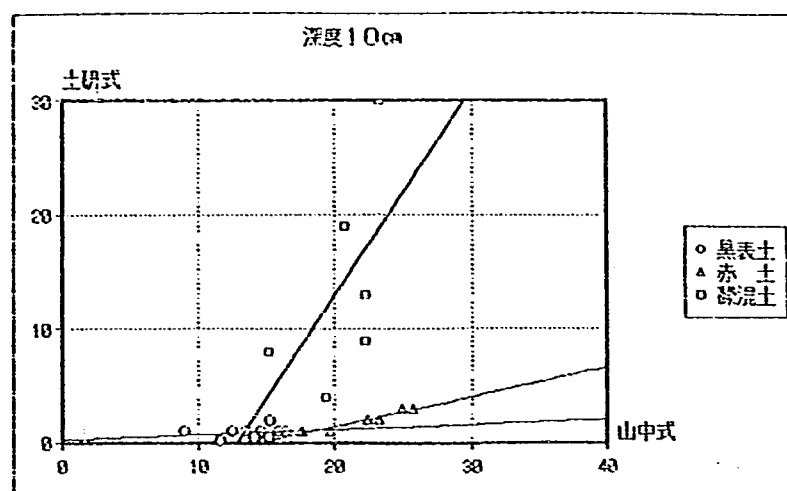


図 3.3

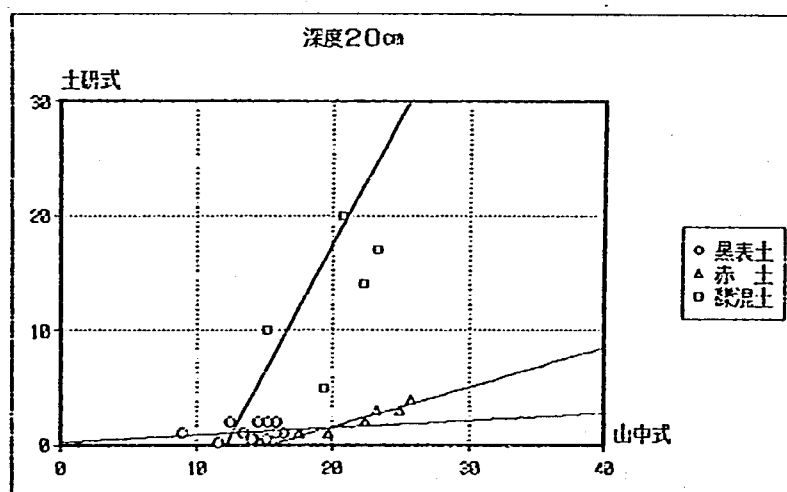


図 3.4

トによる試験（関東ローム）によって得られたものである。今後は土質別のデータ蓄積も必要である
と考える。

3.3 発芽試験の評価

3.3.1 評価の方法

発芽試験は渡良瀬川工事々務所は常温、倉吉工事々務所及び宮崎工事々務所は変温で試験している。
変温による試験は、実際に植物の種子を播種したのと同じ温度条件にして行ったもので、倉吉工事々
務所は 20℃ が 16 時間、30℃ が 8 時間であり、宮崎工事々務所は 20℃ が 16 時間、32℃ が 8 時間の変
温で行っている。渡良瀬川工事々務所は夏期に行っているため、温度の範囲は 24～34℃ 程度であった
と報告されている。

種子の発芽率を確認して緑化工に使用するが、この場合の発芽試験は通常変温を加えた結果である。
とくに在来草本及び木本類は変温により発芽率が高くなるので、常温で試験した場合と異なることが
考えられる。

種子配合の設計は、有効粒数をもとに期待発生本数を満足する重量を算出する。有効粒数は資料な
どにしめされた、1g 当り粒数、発芽率、純度をもとに算出するものである。

$$\begin{array}{ccc} \text{(粒/g)} & \text{(\%)} & \text{(\%)} \\ \text{有効粒数 (粒/g)} = & \text{1g 当り粒数} * & \text{発芽率} * & \text{純 度} \end{array}$$

有効粒数は通常緑化工の技術書に掲載された値をもとにしており、標準的な値を用いる。

今回の試験工事では発芽試験をおこなっているため、この発芽率をもとに改めて有効粒数を算出し
て、1ヶ月後の現地調査で確認した密度（成立数）との比率を計算した。これを「発芽効率」と仮称し
検討する。

3.3.2 結 果

表 3.11 に発芽試験の結果を、また表 3.12 に発芽効率の調査結果を示す。

植生工種別の発芽効率の傾向は次のようである。

K31F, OG, KBG, イタチハギは

客土種子吹付工 > 厚層基材吹付工, 種子散布工

これ以外の植物は発芽率が低かったり、3 地区のバラつきが大きかったりして、明らかな傾向が認め
られなかった。

施工地別の発芽率の傾向は次のようである。

ヨモギ, メドハギ, ヤマハギは

宮崎 > 渡良瀬川, 倉吉

表 3.11 発芽効率 総括表

植 物	発 芽 率 (%)				純 度 (%)				有効粒数 (粒/g)				備 考
	渡 良	倉 吉	宮 崎	平 均	渡 良	倉 吉	宮 崎	平 均	渡 良	倉 吉	宮 崎	平 均	
K31F	92		96	94	100		100	100	414		432	423	・倉吉及び宮崎は変温，渡良瀬川は常温で試験した。 倉吉 20°C(16 hr) 30 (8 hr) 宮崎 20°C(16 hr) 32 (8 hr) 渡良瀬川 24~34°C
OG	79			79	100			100	908			908	
KBG	63		92	78	85		100	93	2,061		3,538	2,800	
CRF			85	85			100	85			960	960	
WLG			87	87			100	100			2,610	2,610	
ヨモギ	64	80	63	69	79	80	79	79	2,024	2,579	1,993	2,199	
ススキ	14	44	60	39	74	80	85	80	155	528	765	483	
イタドリ	23			23	85			85	107			107	
メドハギ	82	87	87	85	100	97	100	99	533	546	565	548	
ヤマハギ	5	71	60	45	97	95	80	91	7	101	72	60	
イタチハギ	32	67	65	55	98	95	80	91	28	57	46	44	
ヤマハンノキ	25	62		44	90	90		90	283	431		357	
ヤシャブシ	41	53	50	48	60	80	60	67	194	526	231	317	

表 3.12 発芽効率 総括表

植生工種 植物	発芽率(%)				純度(%)				有効粒数(粒/g)				備考
	渡良	倉吉	宮崎	平均	渡良	倉吉	宮崎	平均	渡良	倉吉	宮崎	平均	
K31F	23.7	—	1.6	12.7	51.0	—	8.3	30.1	23.8	—	17.2	20.5	
OG	17.0	—	—	(17.0)	21.0	—	—	(21.0)	12.9	—	—	(12.9)	
KBG	4.1	—	22.1	13.1	30.6	—	31.7	31.2	12.6	—	—	(12.6)	
CRF	—	—	72.9	(72.9)	—	—	44.0	(44.0)	—	—	43.9	(43.9)	
WLG	—	—	77.2	(77.2)	—	—	27.0	(27.0)	—	—	53.6	(53.6)	
計	14.9		43.5		34.2		27.8		16.4		38.2		
ヨモギ	0.5	19.2	31.4	17.0	0.02	2.9	23.3	8.7	1.1	0.6	21.1	11.4	
ススキ	0	4.0	1.0	1.7	0.3	1.1	3.9	1.8	0.6	1.9	—	1.3	
イタドリ	0.3	—	—	(0.3)	0.1	—	—	(0.1)	0.9	—	—	(0.9)	
メドハギ	17.2	2.5	7.1	8.9	36.9	8.7	18.4	21.3	3.7	0	38.1	13.9	
計	4.5	8.6	13.2		9.3	4.2	15.2		1.6	0.8	29.6		
ヤマハギ	4.5	}	20.8	12.7	1.9	}	18.5	10.2	15.5	}	28.7	22.1	
イタチハギ	14.9	} 3.0	20.7	17.8	59.7	} 7.7	24.1	41.9	17.2	} 2.4	—	(17.2)	
マメ科	9.7	3.0	20.8		30.8	7.7	21.3		16.4	2.4	(28.7)		
ヤマハノキ	0	}	—	(0)	0.2	}	—	(0.2)	0.3	}	—	(0.3)	
ヤシャブシ	0	} 3.7	0	0	0.2	} 0.3	0	0.1	0.1	} 0	—	(0.1)	
カバノキ科	0	3.7	(0)		0.2	0.3	(0)		0.2	0			
合 計													

K31F, イタチハギ, メドハギは

渡良瀬川 > 宮崎 > 倉吉

渡良瀬川は常温の発芽試験であり, すべての植物の発芽率が低かったことからいえば, 他の地区に比べて良好な発芽効率になる筈である。このことを考慮していえば, 宮崎がやや良好な発芽効率をしめすといえる。

宮崎は施工適期に施工しているので, 良い結果になったものと考えられる。

種子の発芽力と実際の緑化工での発芽数の関係 (ここでは発芽効率と仮称) は例がなく, 対照する資料がない。適切な種子配合を設計するためには, このようなデータを蓄積していくことが必要である。

3.4 根の生育状況の比較

3.4.1 比較の方法

各試験地ごとに根の生育状況のスケッチを行い, 各植物ごとに地上部と地下部の生長量の比較を行った。

根のスケッチは植物を掘り取ってから行ったものである。掘取りには細心の注意を払ったが, 根系を切断してしまったために実際の根長よりも低い値となったものもある。緑化工の目的からいえば, 地下部 (根系) の発達の良否は緑化工の効果に大きな影響を及ぼすと考えられる。従って根系が発達すること, 即ち地下部と地上部の比が大きいことを良とすることを前提として以下に考察する。また, マメ科, カバノキ科の植物は根瘤の形成についてもその状態をみた。

なお, 図 3.5 にいくつかの根のスケッチの例を示した。

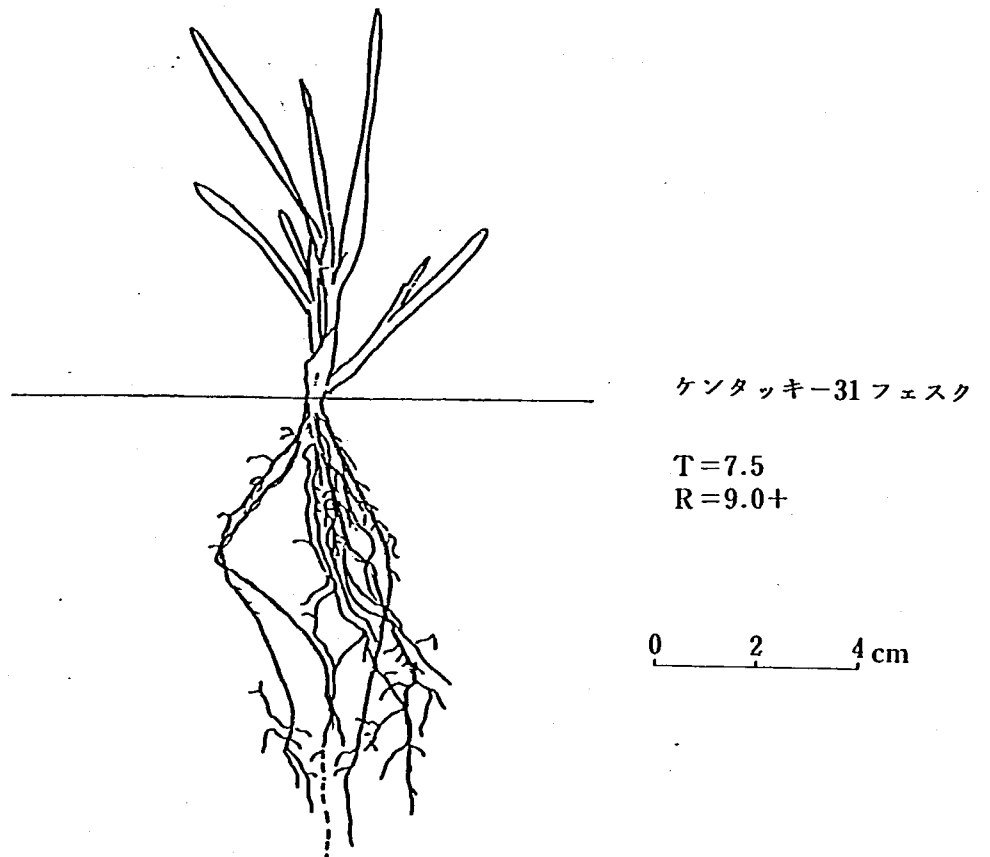
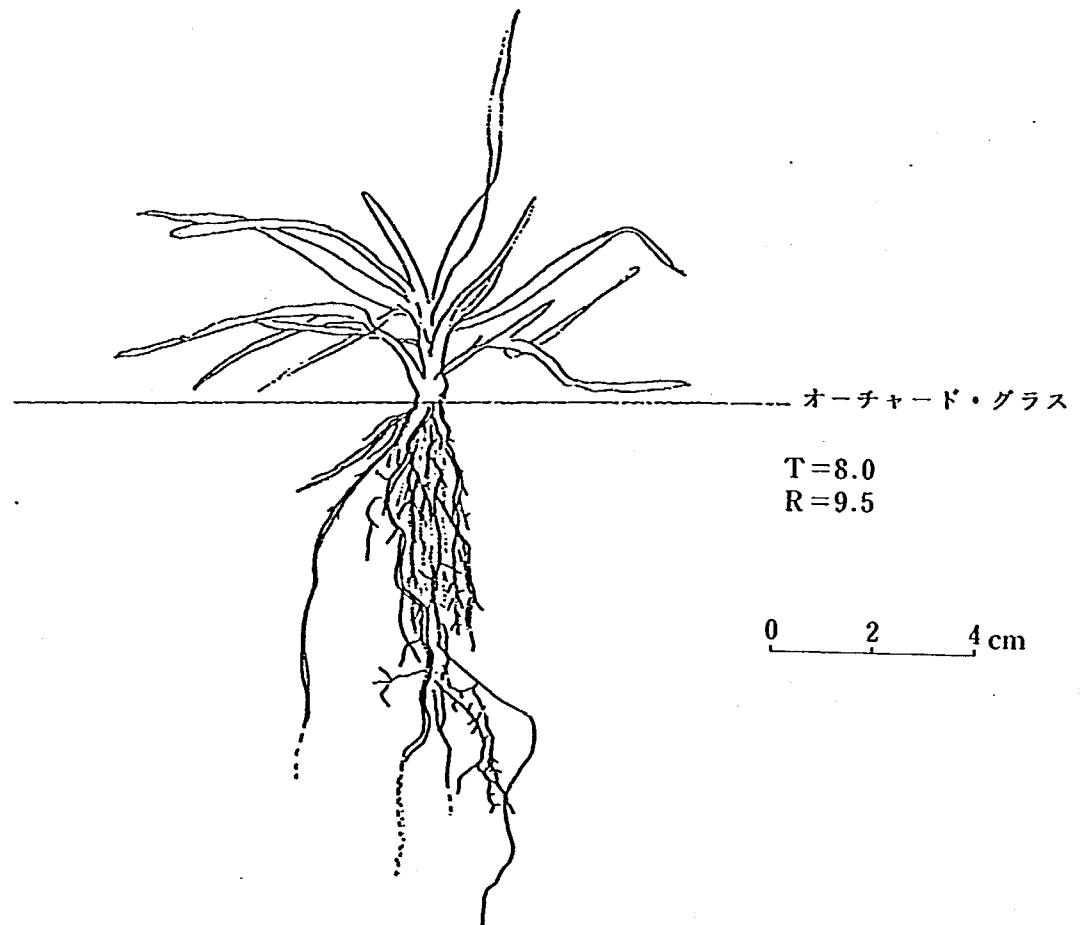
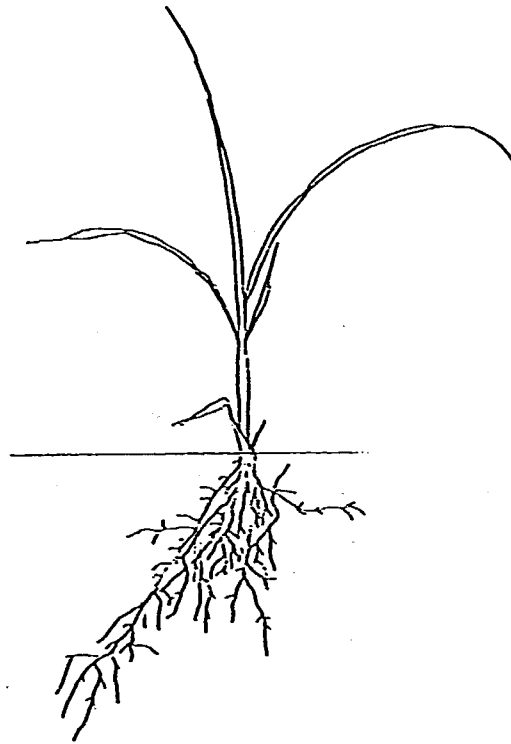


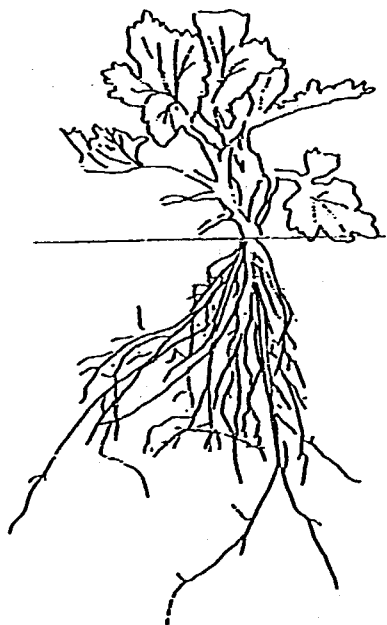
図 3.5 根のスケッチ例 (1) 渡良瀬川



ススキ

T=12.0
R=10.0

0 2 4 cm

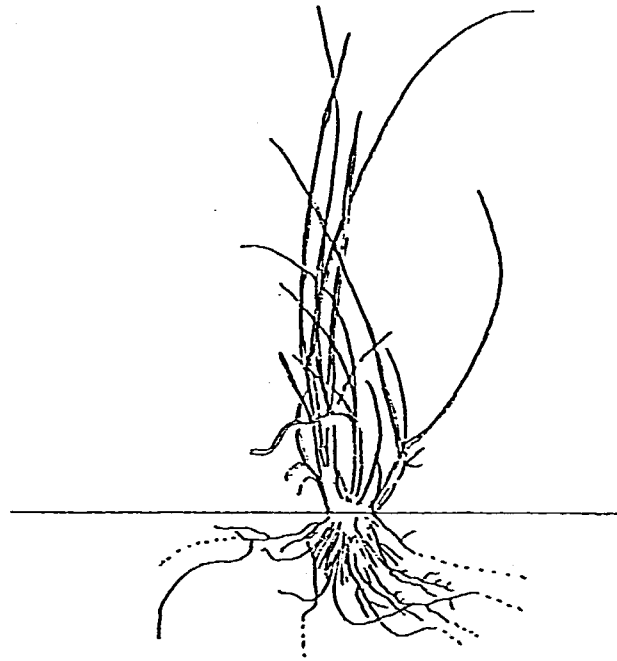


ヨモギ

T=4.0
R=10.5+

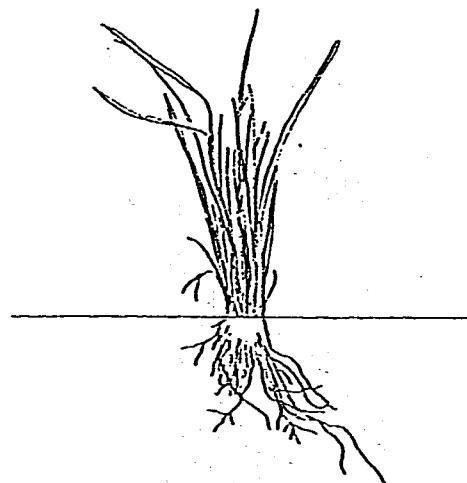
0 2 4 cm

図3.5 根のスケッチ例 (2) 倉吉



T=22.0
R=11.5+

0 2 4 cm



T=14.0
R= 8.0+

0 2 4 cm

図 3.5 根のスケッチ例 (3) 吉野川砂防

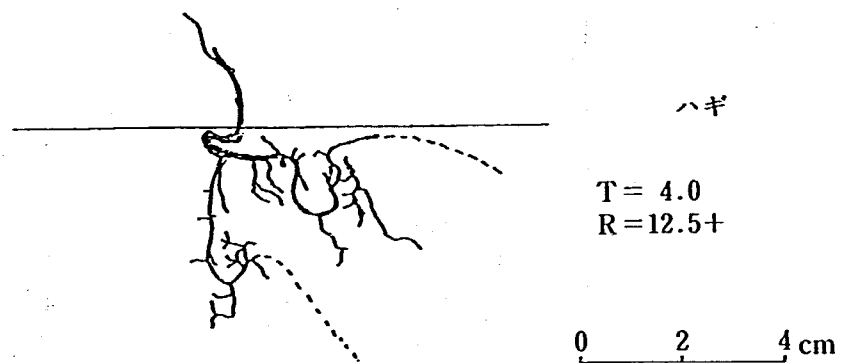
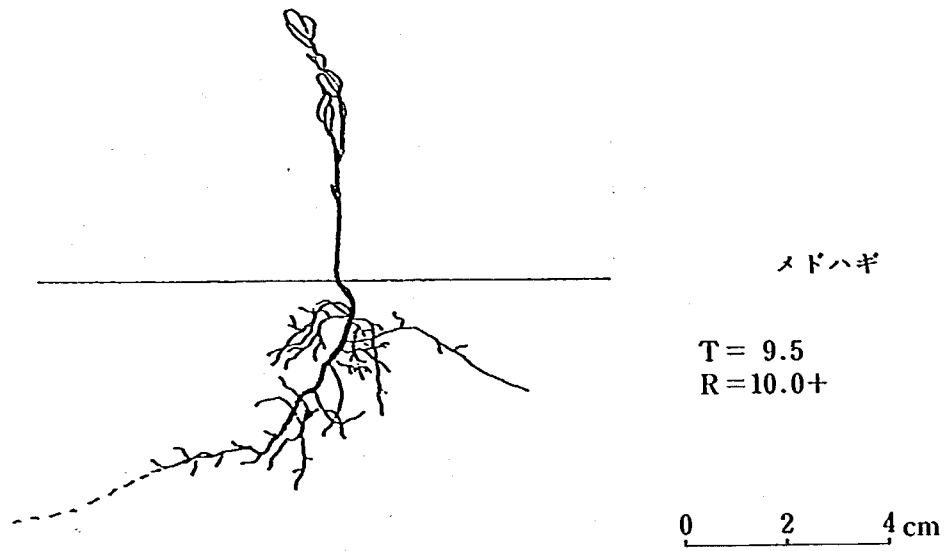


図 3.5 根のスケッチ例 (4) 宮 崎

3.4.2 結 果

図 3.6～図 3.18 に各植物ごとに地上部と地下部を比較したものを示す。

地下部と地上部の比は、在来草本および木本類が大きく、根系の発達が良い傾向がでている。在来草本の中ではススキの地下部と地上部の比が小さい。初期生育の時点ではススキの根の密度（数量）が少なく、これがススキを成立させることの難しい大きな因子となっていると思われる。工種別にみると、種子散布工が地下部と地上部の比が小さく、客土種子吹付工がやや高い傾向になった。これは地山の土壤硬度が高いことと保水力が低いことが影響していると考えられる。

次に根瘤菌の発達をみると、マメ科、カバノキ科とも概ね良好である。但し、現在のところ根瘤の形成と生長の関係は明らかでなく、来年度以降の生長に大きく影響してくるものと思われる。

土壤活性剤は根瘤菌の増殖を活性化するといわれているように、土壤活性剤を混合すると根瘤の形成に効果があったといえる。但し、地上部の大きさはまだ変化がない。

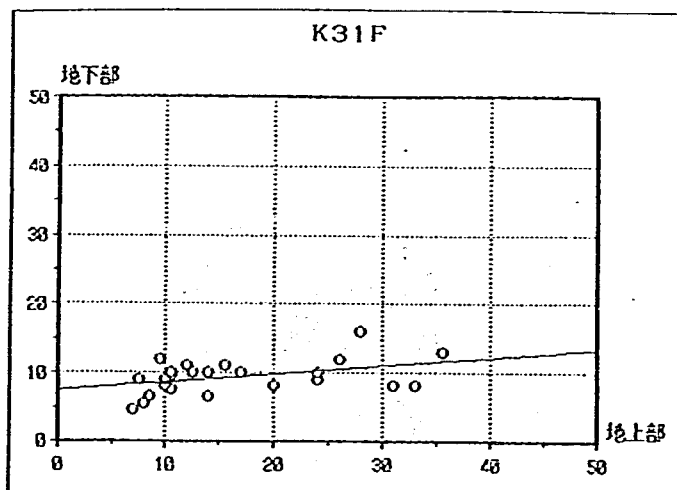


図 3.6

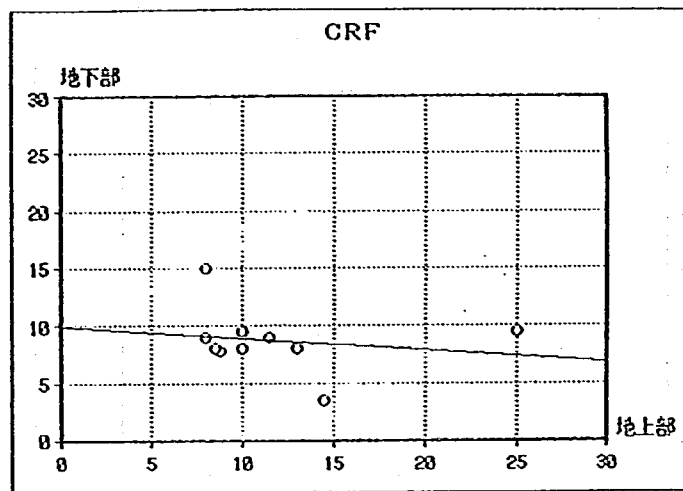


図 3.7

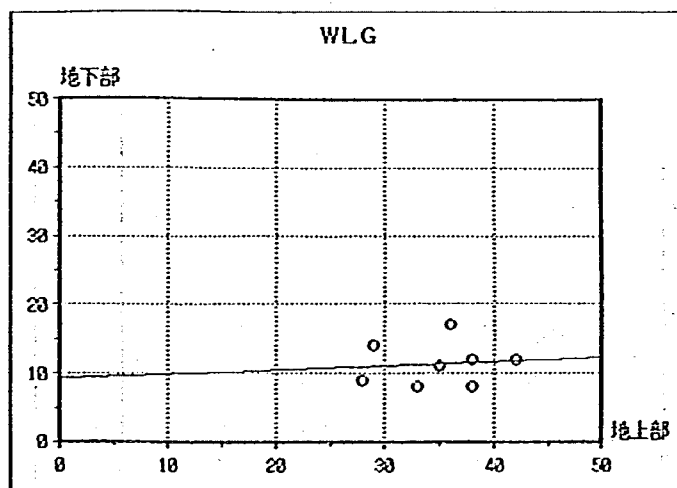


図 3.8

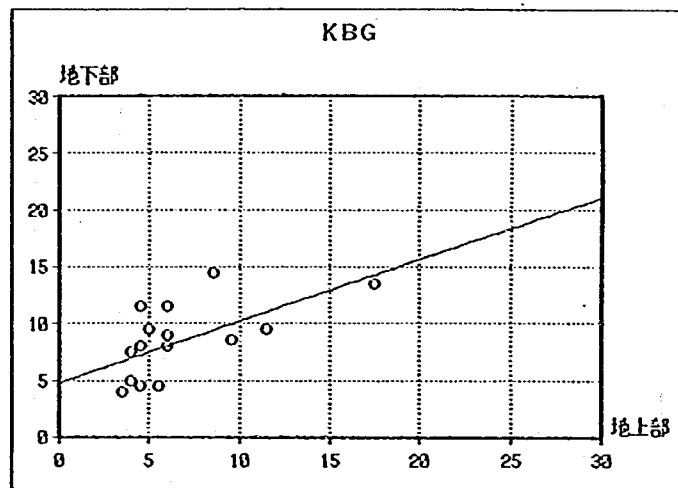


図 3.9

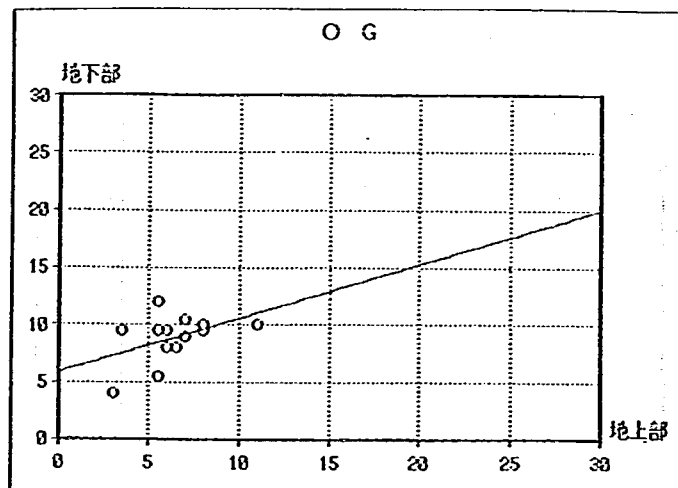


図 3.10

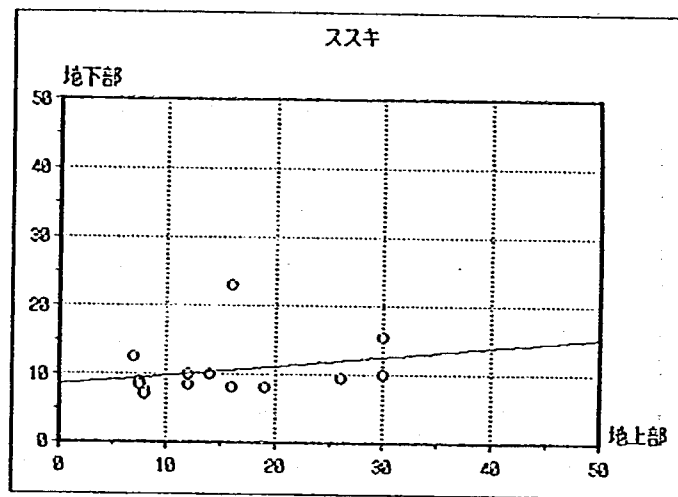


図 3.11

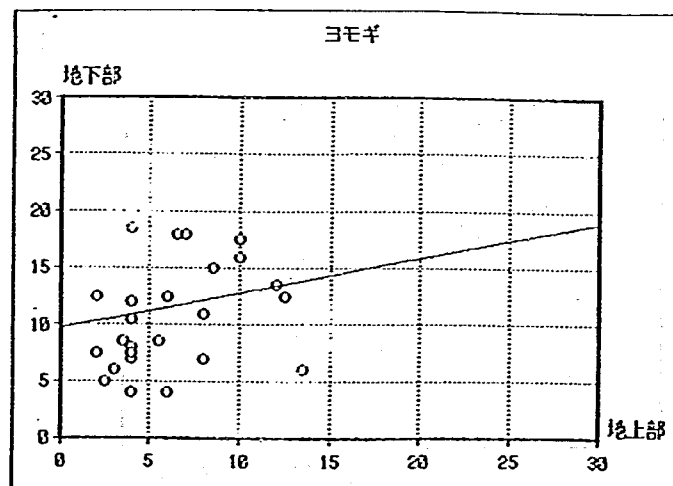


図 3.12

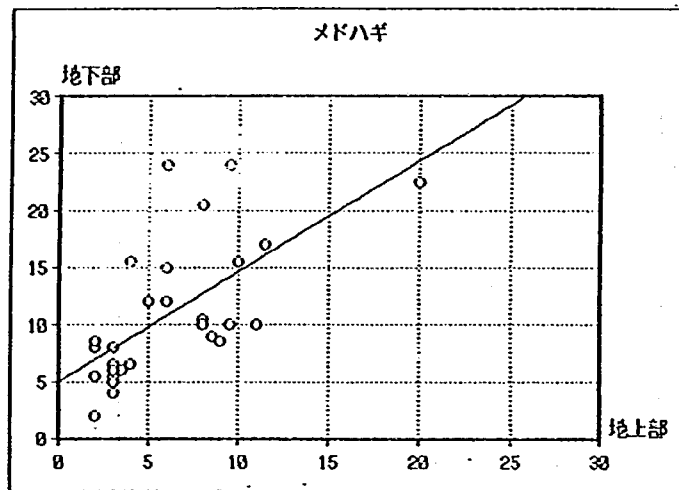


図 3.13

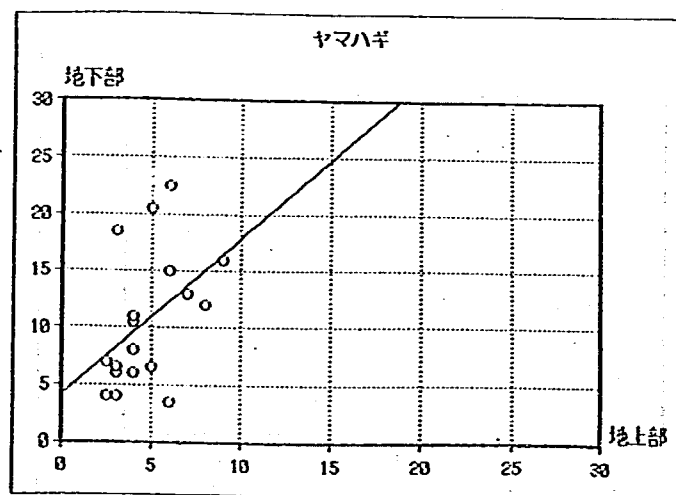


図 3.14

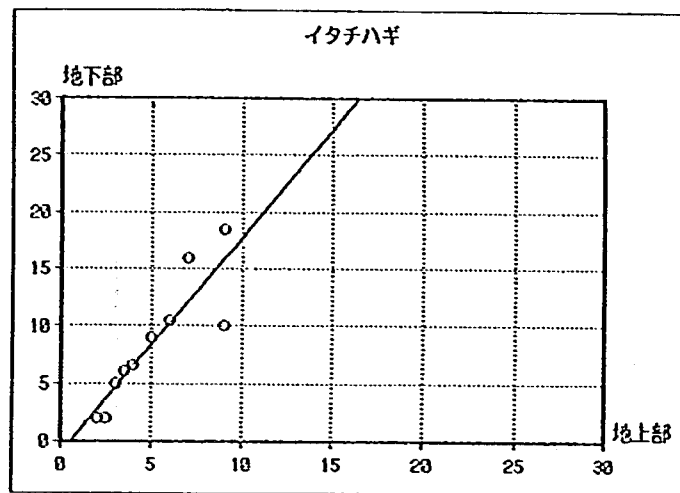


図 3.15

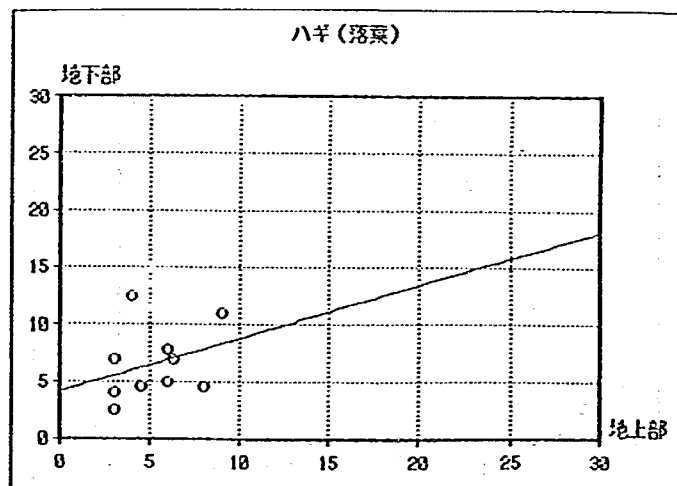


図 3.16

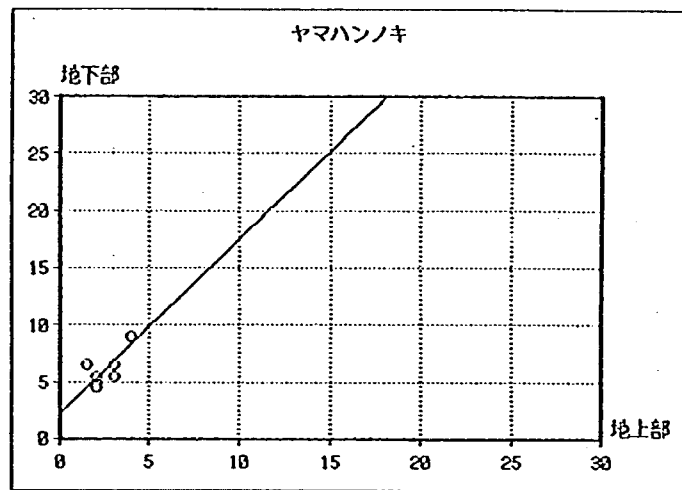


図 3.17

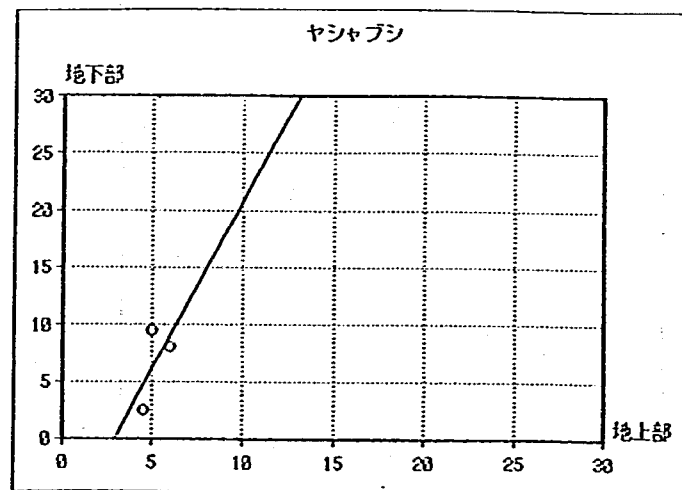


図 3.18

4. 今後の課題

はじめにも述べたように、今回の調査は目的を二つに分けた。一つは各地区の気象や土質などの立地条件に起因する緑化の阻害因子に対応する緑化工法の検討であり、もう一つは全国を横並べしてみた時の緑化工種の比較等の共通した問題に関する検討であった。

各地区の緑化の問題に関する対処するための緑化手法の評価は、今回の施工当年のデータでは不十分である。緑化工施工後の問題が明らかになるのは越冬させた後や、植生の衰退する2~5年後であり、この時点で緑化基礎工の適否や植生工の選択、種子配合の設計の良否が判定できるものである。このため今後も継続して追跡調査を続けていくことが望まれる。

また全国横並びの評価に当っては、各試験施工地の立地条件は当然のことながら異なっていること、採用した緑化工種の使用材料が異ったり、施工時期が異なったりと、各種の条件が重なりあっており、なかなか評価が難しいものであった。今後は各地の既往の緑化工施工地も含めることにより、同じような環境下における植物の生育状況について評価していく必要がある。

また、以下の項目については試験施工とは別に、今後も計画的にデータを取っていくことが望ましい。

(1) 発芽効率 (仮称)

期待発生本数と実際の発芽 (密度) とは大きな違いがあり、この関係を把握することは今後の種子配合の設計に有効であるので、計画的に収集することが必要と考える。

(2) 簡易貫入試験

簡易貫入試験と山中式土壤硬度計による土壤硬度指数との理論的な方向は示されており、データの蓄積を行えば土壤硬度による評価よりも確実な評価が出来ると考える。特に土層の深部で根の伸長がある木本類を導入する場合には、有効な指標となると思われる。

(3) 根の分布

根の分布の調査は期待するほどの差は出ていなかったが、これは植物の掘取時に根系の切断の影響が出ていると思われ、今後この点に注意して調査して確認すれば重要なデータとなると考える。特に木本と草本の違い、植栽木と播種により導入した木本の差異など、法面保護工を考える場合に重要である。

砂防工事に係わる緑化工法に
関する調査 (I)

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2668号
昭和63年9月(1989)
砂防部急傾斜地崩壊研究室
吉松弘行・寺本和子
青木隆典・大浦二郎

要 旨

砂防工事に伴って工事用道路や砂防ダム袖部付近に切土や盛土ののり面が出現し、その緑化が必要となる場合が多い。ここでは5つの緑化工試験施工地を設け、各施工地ごとの立地条件に適した緑化工法を検討するとともに、各試験地に共通した課題として、植生工種別の植物の生育状況、土壌硬度の評価、発芽試験の評価、各植物ごとの根の生育状況の比較を行った。その結果、今回は発芽して間も無い状態での評価ではあるが、木本類の発芽は客土種子吹付工(吹付厚1~2cm)が最も適していること、木本類の根は地上部に比べ地下部の長さの比率が大きいこと等がわかった。

キーワード: 砂防工事, 緑化工, のり面緑化工, 試験施工, 植生工種, 木本, 在来草本, 外来草本

○

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい。

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
砂防部急傾斜地崩壊研究室御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第 2668 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 2668 号

○