

積雪寒冷地に適した緑化植物の検討

寒地土木研究所 寒地地盤チーム ○佐藤 厚子
山木 正彦

北海道開発局で施工する道路および河川堤防は、外来牧草により緑化しのり面を保護している。これらの植物の種子はすべて輸入しているため、採取地域で種子が減少した場合、数年にわたり種子の調達が困難となり、北海道において十分なおり面緑化・保護ができなくなると懸念される。このため、種子の選択肢を増やす必要がある。試験施工により確認した結果、2種類の植物が北海道のおり面緑化に適用可能であることがわかった。

キーワード：緑化植物、外来牧草、のり面緑化、種子、積雪寒冷地

1. はじめに

北海道は寒冷地であることから、道路および河川堤防ののり面が、凍上により崩壊することがある。これを防ぐために、のり面保護は構造物ではなく、植物による方法が一般的である。国土交通省北海道開発局では、のり面保護植物としてクリーピングレッドフェスク（CRF）、ケンタッキーブルーグラス（KBG）、ハードフェスク（HF）の外来牧草を混合して播種することによりのり面を緑化し保護している。国内で使用されている外来牧草の種子はすべて輸入に頼っているため、採取地域の高温をはじめとする異常気象によりこれらの植物の生育が妨げられ、採取する種子が減少した場合、数年におよび種子の調達が困難となることが予測される。結果として、北海道において十分なおり面緑化・保護ができなくなることが懸念される。一方、道路土工切土工指針に示している積雪寒冷地に適した緑化植物の種類が非常に少なく、種子不足となった場合、寒冷地での迅速な対応が困難である。以上のことから、のり面緑化植物の種子の供給不足に対応するため、北海道のような積雪寒冷地に適した複数の緑化植物を明らかにし、選択肢を増やす必要があることから、試験施工により確認した。本報告はこの結果をまとめたものである。

2. 試験施工の方法および調査方法

(1) 試験施工に用いた種子の種類

のり面緑化植物には、地下に根茎を伸ばして増える地下茎、茎や枝がつる状に伸び地上をはうように増えるほふく型、分けつのみで増える分けつ型の3種類の生育特性があり、緑化植物の選定にあたり、これらの植物を組

み合わせる。

試験施工では、北海道の緑化植物として、令和4年度中に産業管理外来種に該当せず、寒地型、のり面適正型の植物で、安定的に生産が可能なメドウフェスク（MF）、チューイングフェスク（CF）の2種を選定しこの植物の適応性を調べた。CRFとKBGは地下茎型、その他は分けつ型で、ほふく型は現在のところ寒冷地型として適している植物が少ないため選定していない。MFおよびCFと現在使用している3種の合計5種の組み合わせによる配合で試験施工を行った。

(2) 試験施工方法

試験施工は、のり面と平面に各配合の緑化植物により吹付施工した。のり面への施工は、これまでののり面の向きや吹付基材の厚さが植物の生育に影響されるといわれているが、それらの影響について報告された例がほとんどないことから試験施工の対象とした。のり面への施工は、北海道に比較的多く分布する未風化火山灰土による盛土の南北方向ののり面に植生した。この火山灰土は施工前の3月に凍上によるのり面の変状が確認されていた。

平面への施工は、植生が困難とされる礫質土を緑化して生育状況を調べた報告例がほとんどないことから試験施工により調べた。基盤土壌は、砂利と土砂を割合を変えて混合してその上に植生したものである。

試験施工は種子散布、腐植酸散布、客土吹付（1cm、3cm）としその混合資材を表-1に示す。これらを混合した材料を

表-1 各施工の配合

	水	種子	肥料	養生材	接合剤	改良剤	土
種子散布	○	○	○	○	○		
腐植酸散布	○	○	○	○	○	○	
客土吹付	○	○	○	○	○	○	○

表-2 試験施工の土壌特性²⁾

盛土材	火山灰	土砂	礫質土	要土壌改良値
粒度組成	砂土	砂土	砂土	砂土以下
山中式土壌硬度(mm)	15.4	12.8	12.3	30以上
有効水分保持量(%)	26.2	14.6	-	8以下
全窒素(%)	0.06	0.08	-	0.6未満
有効態リン酸(mg/100g)	2.8	4.3	-	20以上
交換性塩基カカリウム(K ₂ O)(mg/100g)	15	16	-	3以上
pH	6.9	8.6	-	5.6～6.8以外
電気伝導率(mS/cm)	0.025	0.134	-	1.0以上
C/N比	4.7	6.4	-	20以上
塩基置換容量(CEC)(me/100g)	7.2	6.4	-	6未満

表-3 試験施工の種子の配合 (kg/60m²当たり)

合の種類	施工の種類	種子				
		CRF	KBG	HF	MF	CF
CRF KBG HF	腐植酸	0.141	0.058	0.066		
	客土 3cm	0.420	0.170	0.200		
CRF KBG MF	腐植酸	0.141	0.058		0.079	
	客土 3cm	0.420	0.170		0.236	
CRF KBG CF	腐植酸	0.141	0.058			0.040
	客土 3cm	0.420	0.170			0.118
KBG MF CF	腐植酸		0.116		0.152	0.069
	客土 3cm		0.339		0.452	0.377
CRF KBG HF CF MF	腐植酸	0.070	0.047	0.066	0.071	0.036
	客土 3cm	0.203	0.140	0.200	0.212	0.106

*発芽期待本数は一律 5,000 本/m²としている。

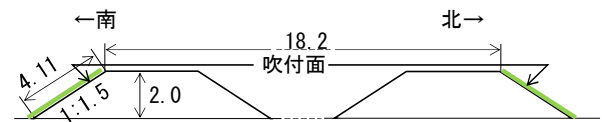
吹付機により植生面に散布および吹付ける。一般的には種子散布により植生するが、施工箇所の土壌が植物にとって良好でない場合、腐植酸散布、客土吹付により植生する。

試験施工の対象とした基盤の土壌特性を表-2に、分析項目と植生基盤としての適正度評価基準(案)²⁾に示されている土壌改良を行うことが適切な値と合わせて示す。なお、この基準は河川堤防の緑化を対象として提案されたものであり、参考として示した。

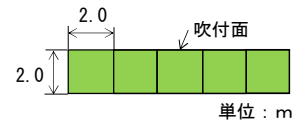
施工した箇所の土壌のすべてで、粒度組成、全窒素、交換性塩基カリウム、pHの項目で河川堤防への施工では植生基盤として土質改良が必要であると判断される。

平面では、地山を15cm程度掘削し、ここに土砂と礫質土を混合した土壌を投入して基盤とし各配合で植生した。このとき、土砂および礫質土の単体と、それぞれを体積比で1:3、1:1、3:1とした5種類の土壌とした。

植物は、気象条件、のり面条件などに対する適応性が異なることから、のり面緑化を行う場合、3種類以上を混播することとされている³⁾。そこで、試験施工における植物の配合は、現在北海道開発局ののり面緑化で実績が多いCRF、KBG、HFの組み合わせ、新しく選定した植物を混合したCRF、KBG、MFの組み合わせ、CRF、KBG、CFの組み合わせ、KBG、MF、CFの組み合わせ、5種すべてを混合した組



a. のり面の向きを変えた試験施工 (正面図)



b. 基盤土壌を変えた試験施工 (平面図)

図-1 施工図

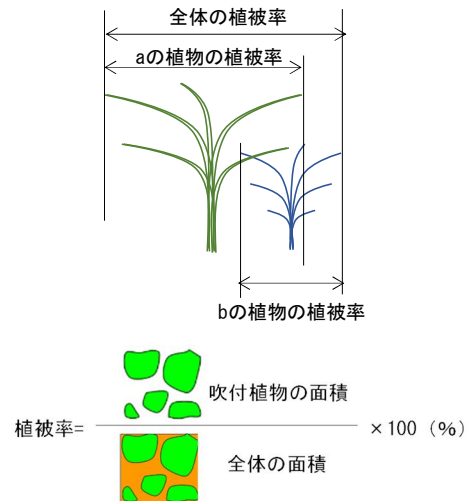


図-2 植被率

み合わせの5つとした。

種子の配合を表-3に、試験施工箇所の概略を図-1に示す。

(3) 調査方法

R5年5月22日～24日の施工の後、R5年10月下旬、R6年10月上旬の2回、図-2に示すように、各施工場所の配合ごとに植被率を測定した。植被率は植物が生育している面に対して垂直方向の面積あたりに占める植物の割合である。植被率は、各植生箇所の中心部の1m×1mにコドラートを設置しコドラート内の植物全体と個々の植物ごとに測定した。なお、図-2に示すように、植物は種ごとに草高や葉の幅が異なることから、植物の種類ごとの植被率の合計(例えば図-2ではa+b)が必ずしもコドラートの植被率と一致しない。

緑化の評価は、主に施工時のR5の播種植物の植被率によった。また、持続性の評価としてR5とR6の播種植物植被率を比較し判断した。なお、播種植物以外の植物をその他植物とし、侵入による影響を調べた。

(4) 気象条件

緑化の施工は、適切な気温や降水時期に合わせて実施することが望ましく、日平均気温が10°C以上となる日が2か月以上続くことなどを目安に設定される⁴⁾。図-3に施

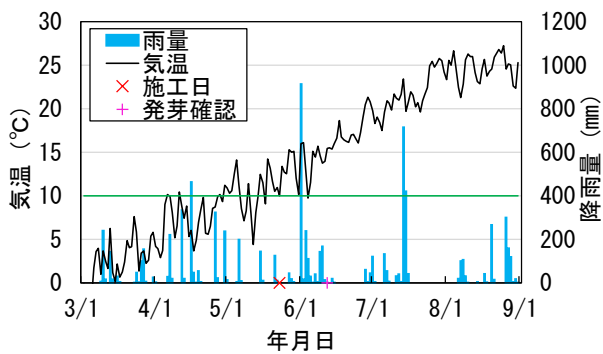


図-3 施工時の気象条件

工時の気象条件を示す。このデータは、のり面の試験施工箇所から約500m程度、平面の施工箇所から50m程度の位置に設置している寒地地盤チームで所有する気象観測システムのデータであり、アメダスの気象観測データと同じ項目を正時ごとに観測しているものである。施工日の1週間前から気温が10℃以上となった。本試験施工では、播種前に降雨があり、播種後も十分な降雨があったと考えられる。播種後3週間程度の6月12日に発芽が見られた。しかし、その後2週間の6月28日まで全く降雨がなく、植物にとって水分が不足していた環境であったと考えられる。本文の結果は、この条件のもとで整理したものである。

3. 検討結果

(1) のり面の向きおよび客土吹付の厚さと植被率

a) のり面の条件と播种植物の植被率

のり面に種子散布と腐植酸散布を施工した箇所では、植物の生育が非常に不良であったため検討対象外とした。のり面の向きと客土吹付厚さを変えたときの播种植物の植被率を図-4に示す。この植被率は、播种植物を個別に識別して合計したものではなく、播种植物をあわせてコドラートの上から測定したものであり、ここで示す植被率は、緑化の目標値として評価できる。

調査箇所の播种植物の植被率は、道路土工切土工指針にしたい70～80%を目標としている⁹⁾。本試験施工では、南

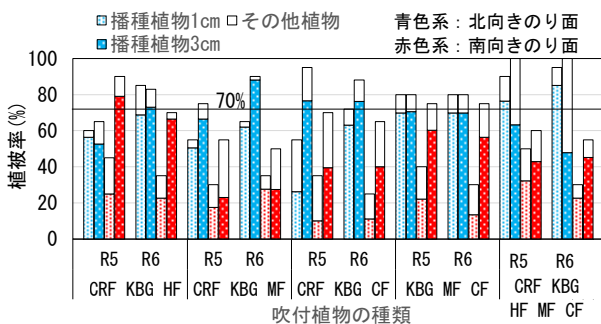


図-4 のり面の向きおよび客土吹付厚さと植被率

向きのり面の中では、CRF KBG HFの配合で客土吹付厚さ3cmを除いてこの目標値を満足していない。北向きのり面でも吹付厚さ3cm植被率が70%とならない場合もあったが、CRF KBG CFの配合、KBG MF CFの配合、5種配合の3箇所では植被率70%となった。今回の降雨不足の気象条件によるものと考えられる。このため、本検討では、目標植被率ではなく、同じ条件での植被率の大小により評価した。

吹付厚さ3cmの植被率が厚さ1cmの植被率と同じか大きくなったのは、試験施工の5箇所のうち北向きのり面で3箇所、南向きのり面では5箇所であった。北向きのり面の植被率が南向きのり面の植被率よりも大きくなったのは、吹付厚さ1cmで5箇所、吹付厚さ3cmで4箇所であった。これらのことから、のり面の向きは南向きよりも北向き、吹付厚さは1cmよりも3cmの方が植被率が大きくなり、これらの条件が植物にとってはより適性があるといえる。

これは、南向きのり面は北向きのり面よりも日射量が多くなり、土壌の水分量が少なくなり植物への水分供給が十分でなかったためと考えられる。また、客土吹付では、吹付厚さが厚くなることで肥料分が多くなること、植物が生育する土壌が厚くなることから、植被率が高くなったためと考えられる。

b) 植物の種類ごとの植被率

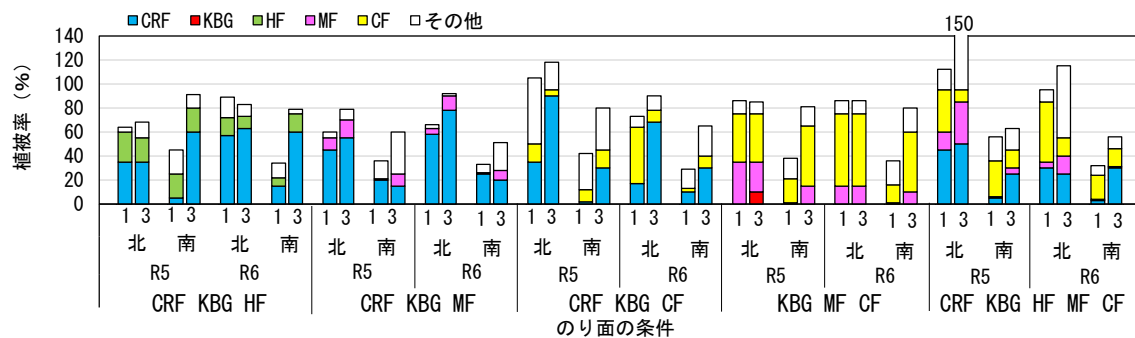
図-5に各配合ごとの植物の植被率を示す。CRFを混合した配合では、のり面の向き、吹付厚さ、計測年度にかかわらずすべて生育していた。CRFが北海道に適応していることを再確認した。

KBGは、今回の試験施工では発芽が少なかった。KBGは耐暑性、耐寒性に劣っている⁹⁾ことから今回のように発芽後降雨量が少ない環境の影響を受けたと考えられる。

HFは、CRF KBGの配合では、のり面の向きや吹付厚さにかかわらず同じような植被率で、R6はR5よりもわずかに植被率が小さくなったものの一緒に配合したCRFの植被率が大きくなった。5種配合では生育しない場合があった。また、いずれの配合ものり面全体の播种植物の植被率は、図-4に示すようにR6がR5よりも大きくなっていた。

MFは、混合した配合で生育が確認できた。R5でCRF KBGの配合がKBG CFの配合、5種の配合よりも植被率が小さかったことから、配合する植物の組み合わせにより植被率が変化する可能性がある。また、全体的にR5よりもR6の方がMFの植被率は小さくなっており、生育の持続性の確認が必要である。

CFは、混合した配合のすべてで生育が確認できた。また、全体的にR5よりもR6の方が植被率は大きくなっており、2年目までは生育の持続性が確認できた。吹付厚さでは、1cmの植被率と3cmの植被率は一定の傾向が見られず、吹付厚さの影響はあまりないように見受けられる。なお、CRF KBGの配合よりはKBG MFの配合、5種配合で植被率が大きくなっていたので、配合する植



グラフの1と3は吹付厚さ (cm) を示す

図-5 のり面の向きおよび客土吹付厚さと植被率

物の組み合わせの影響を受ける可能性がある。

なお、各植物は、施工した箇所以外ではほとんど生育していないことから、すべての植物において、植生された箇所から他の箇所への移動がないと考えられる。このことから、CRF、KBG、HF、MF、CFの植物は外部への拡散がほとんどない植物といえる。

(2) 基盤土壌と播種植物の植被率

a) 基盤土壌の種類と播種植物の植被率

基盤土壌の種類と播種植物およびその他植物の植被率を図-6に示す。この植被率は、コードラート中の全体の植被率であることから緑化の目標値として評価できる。

目標植被率70%をR5に満足したのは、腐植酸散布では、CRF KBG HFの土砂：砂利1：1、5種配合、土砂3cm吹付では、CRF KBG MFの土砂のみであった。R5の気象条件は平面で緑化した場合でも植物の生育にとって厳しかったことがうかがえる。今回の施工では、CRF KBG MFを除いて腐植酸散布の植被率が客土吹付と同じかそれ以上であった。同じ条件では、腐植酸散布よりも客土吹付の方が植物の生育が良好と考えられたが、降雨量が少ない場合には、そのような結果とならなかった。これは、客土吹付では、施工時に比較的水分を保有してため、播種した植物が発芽したが、今回のように施工後降雨がなかったため、客土吹付土壌が乾燥し、発芽した植物が生育できず枯死したものと考えられる。これに対し腐植酸散布は、吹付材に

水分がほとんどないため、施工後降雨がないときは発芽せず、十分な降雨の後に発芽し、その後枯死することなく生育できたものと考えられる。

北海道開発局で実績のあるCRF KBG HFの配合と比較すると、腐植酸散布のR5では、5種配合ではほぼ同じ植被率であったもののすべての配合で、植被率が小さくなった。客土吹付では、CRF KBG CFの配合で植被率が小さかったが、他の配合ではほぼ同じであった。なお、すべての配合どの土壌でもどの施工方法でもR6の植被率がR5の植被率よりも大きくなっており、施工後の植物は定着するものと考えられる。

b) 植物の種類ごとの植被率

腐植酸散布により施工した箇所における植物の種類ごとの植被率を図-7に示す。

CRFを配合した場合では、R5のような気象条件であっても、すべてで生育が確認されており、R6の植被率はR5と同じかR6以上の植被率であった。KBG CFとの配合では、R5で対象土壌の砂利の混合量が多くなるほどCRFの植被率が小さくなっている。種子の配合によっては、土壌の種類によって植被率が小さくなることもある。

すべての配合でKBGを混合しているが、KBGはR5にはほとんど発生せず、R6もほとんど発生しなかった。KBGはこのような気候の条件では生育が困難な場合もあると考えられる。

HFを混合したCRF KBGの配合では基盤土壌が異なっても植被率はほぼ同じであった。5種配合ではR5には生育が確認できたが、R6にはほとんど確認されず、施工年に発生が

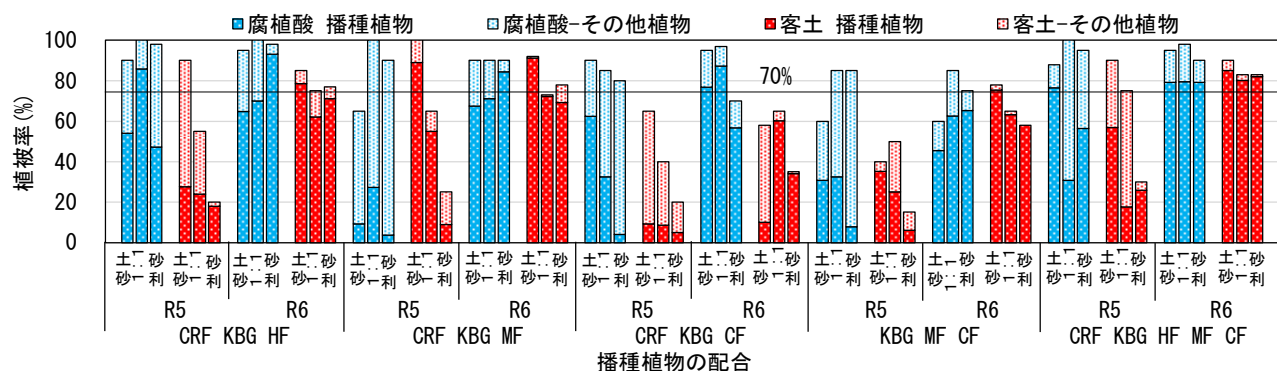


図-6 基盤土壌と播種植物の植被率

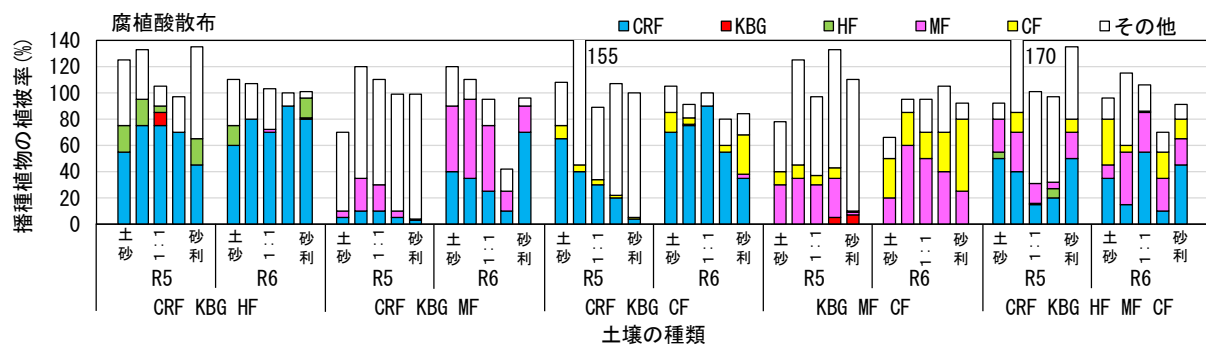


図-7 基盤土壌と植被率（腐植酸散布）

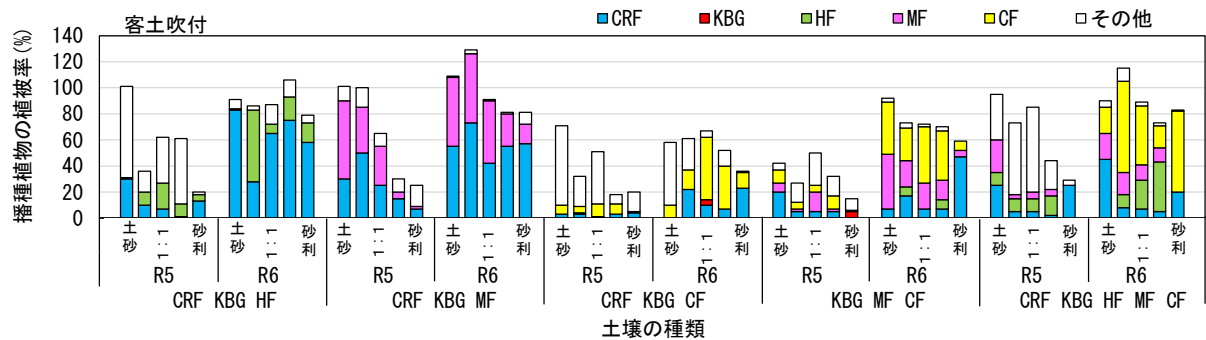


図-8 基盤土壌と植被率（客土吹付）

少ない場合は衰退の可能性がある。

MFを混合した配合では、CRF KBGの配合ではR6の植被率がR5以上となっていた。KBG CF、5種配合で同じような植被率であり、土壌の影響や種子の組み合わせの影響はないように見受けられる。

CFを混合した場合では、CRF KBGの配合で、KBG MFの配合、5種の配合よりもR5、R6ともにCFの植被率が小さくなっており、種子の配合によっては植被率が変わる可能性がある。

腐植酸散布では、北海道開発局での実績が多いCRF KBG HFの配合と比較してどの配合でも植被率は小さくなっていた。R5の気象の影響も考えられる。

次に、客土吹付により施工した箇所における各植物の種類ごとの植被率を図-8に示す。

客土吹付においてもすべての配合で、KBGを混合しているが、KBGはR5、R6でほとんど発生しなかった。また、CRFは、すべての配合で生育しており、また、R6はR5の植被率と同じかこれよりも大きくなっていた。CRFは客土吹付においても北海道のような寒冷地でも生育でき持続性がある。

HFの配合では、CRF KBGの配合で土壌が土砂の場合と5種配合で砂利の場合、R5、R6ともに発生しなかった。HFでは施工時に発生しなければ翌年の発生は期待できない可能性がある。

MFの配合では、CRF KBG、KBG CF、5種配合で生育が確認された。MFは、CRF KBGでの植被率が、KBG CF、5種配合よりも大きかった。また、CRF KBGで砂利の割合が多いほど植被率は小さくなった。これより、MFは種子の

配合や土壌の種類の影響を受ける可能性がある。

CFの配合では、CRF KBG、KBG MFの配合で生育が確認された。5種配合ではR5に生育が確認されなかったが、R6では確認できたので、R5の発生がごくわずかであった可能性がある。いずれの箇所でもR5よりもR6の植被率が大きかったのでCFは持続性があると考えられる。

客土吹付は、のり面と平面に施工した。のり面に施工した図-5と平面に施工した図-8を比較すると、のり面へ吹付した方が全体的に植被率は大きくなっている。これは、のり面が火山灰土、平面がれき質土というように基盤土壌の違いによるものと考えられる。

また、腐植酸散布、客土吹付のいずれも播種植物の植被率が大きいとその他植物の植被率が小さく、播種植物の植被率が小さいとその他植物の植被率が大きくなった。

(3) 調査結果のまとめ

これまでの調査結果として、配合と植被率の関係を表-4に、種子の種類と植被率の関係を表-5にまとめる。のり面に施工した場合は、北向きで客土厚さ3cmでは、ほとんどの配合において北海道開発局の実績のある植物の配合よりも植被率が大きく、持続性もあった。礫質土を対称とした平面では、腐植酸散布では5種の配合で北海道開発局の実績のある植物の配合よりも植被率が大きくなり、すべての配合で持続性があった。

CRFは、施工したすべての配合で発生が確認でき、ほとんどの配合でR6がR5よりも植被率が大きくなり北海道に適した植物であることが確認できた。KBGはすべての施工で発生数が少なかった。気象条件の影響を受け

表-4 配合と植被率の関係

配合	のり面北向き			平面					
	客土吹付 3cm			腐植酸散布			客土吹付 3cm		
植被率	R5 70%以上	CRF KBG HF 以上	R5≤R6	R5 70%以上	CRF KBG HF 以上	R5≤R6	R5 70%以上	CRF KBG HF 以上	R5≤R6
CRF KBG HF		-	○		-	○		-	○
CRF KBG MF		○	○			○		○	○
CRF KBG CF	○	○	○			○			○
KBG CF MF	○	○	○			○		○	○
CRF KBG HF CF MF		○			○	○		○	○

表-5 植物の種類と植被率の関係

	配合	CRF		KBG		HF		MF		CF	
	植被率	R5	R6	R5	R6	R5	R6	R5	R6	R5	R6
客土吹付 のり面	CRF KBG HF	35	63	0	0	20	10	-	-	-	-
	CRF KBG MF	55	78	0	0	-	-	15	12	-	-
	CRF KBG CF	90	68	0	0	-	-	-	-	5	10
	KBG CF MF	-	-	10				25	15	40	60
	CRF KBG HF CF MF	50	25	0	0	0	0	35	15	10	15
腐植酸散布 平面	CRF KBG HF	64	76	2	+	16	8	-	+	-	-
	CRF KBG MF	7	36	0	0	-	-	11	39	-	-
	CRF KBG CF	32	65	0	0	-	-	-	1	4	14
	KBG CF MF	-	-	4	0	-	-	25	39	7	32
	CRF KBG HF CF MF	35	32	0	0	3	0	19	25	5	15
客土吹付 平面	CRF KBG HF	12	62	0	0	9	19	-	-	-	-
	CRF KBG MF	25	56	0	0	-	-	26	39	-	-
	CRF KBG CF	3	16	0	1	-	-	+	0	6	24
	KBG CF MF	7	17	1	0	-	4	7	20	6	31
	CRF KBG HF CF MF	12	17	0	0	9	14	10	15	0	43

やすい植物である可能性が高い。HFは5種の配合で発生が少なくなる傾向が見られた。MFは施工したすべての配合で発生が確認された。のり面への施工では、R6はR5よりも植被率が小さくなったが、平面への施工ではR6はR5よりも植被率が大きく持続性が確認できた。CFは土砂5種以外では施工した箇所が発生が確認された。これらの4箇所ではR5よりもR6の植被率が大きくなり、持続性も確認できた。

4. まとめ

北海道のような寒冷地に適した種子を選定するために新たにメドウフェスク（MF）とチューイングフェスク（CF）を配合した試験施工を行った。この試験施工では播種後の乾燥の影響でやや不良な結果となったものの、メドウフェスク（MF）とチューイングフェスク（CF）を混合した配合でこれらの植物が生育したこと、これらの配合による緑化が北海道開発局で実績のある植物の配合よりも植被率が大きくなる傾向が見られたこと、この植被率が時間の経過により小さくならなかったという結果が得られた。なお、R4年に北海道開発局で今回の試験施工と同じ配合により、緑化した結果⁹⁾では、ほとんどの配合で植被率70%を超えていた。これらのことなど

を総合的に判断するとメドウフェスク（MF）とチューイングフェスク（CF）は新たに北海道において緑化植物として適していると考えられる。また、凍上するような基盤であったが、客土吹付3cmでは崩壊することがなく凍上の影響を受けなかったことを確認した。

謝辞：本検討を進めるにあたって、北海道開発局、北海道造園緑化建設業協会より種子の配合、種子の提供、現場施工、植生調査などのご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路土工切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）、pp.234-239、2009.
- 2) 大澤寛之、山田政雄、吉田高樹、平田真二、橋本純：堤防植生と植生基盤土質の関係について、河川技術論文集、第23巻、2017.
- 3) 日本道路協会：道路土工切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）、p.232、2009.
- 4) 一般社団法人 全国特定法面保護協会：のり面緑化の手引き（改訂版）、p.25、2024.
- 5) 日本道路協会：道路土工切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）、p.258、2009.
- 6) 佐藤厚子、山本正彦：積雪寒冷地に適した緑化植物の提案、第40回日本緑化工学会誌、37(1): 131-134、