森林表土を用いて吹付緑化した林道切土法面における植生の動態について

下園寿秋¹⁾・前迫俊一²⁾・上野敏夫³⁾・中屋雅喜⁴⁾

1) 鹿児島県林業試験場 shimozono@kpfes.ecnet.jp

2) 鹿児島県林業振興課

3) 鹿児島県環境保護課

4) 鹿児島県森林保全課

摘要：林道の切土法面に、森林表土を利用した吹付緑化試験を行った。3 区分の森林からそれぞれ表土を採取して発芽試験を行い、吹付施工のための表土を採取する森林を決定した。施工後植生の変化を調査した結果、表土吹付法面に出現する種は発芽試験結果を反映せず、対照区と比較して被覆率は劣った。また、帰化草本は早期に出現したが、在来草本及び木本類の出現は1年以上かかった。

キーワード：森林表土、林道、切土法面、帰化種、在来種

1. はじめに

鹿児島県における林道の切土法面では、外来の牧草種子主体の吹き付けにより緑化を行っている。しかしながら、導入した外来植物は、地域に自生する植物を駆逐する等様々な問題が指摘されており³⁾、現場サイドからは、緑化された法面は植物が高密度で被覆しているため、周辺の自生植物が侵入するのに時間がかかるとの声もある。この対策として、世界遺産に登録された屋久島での事例¹⁾のように、地域の自生植物種子を活用することも考えられるが、この種子採取は外来

種子の購入より経費がかかり、県本土民有林のように環境保全的法律規制にあまり左右されない森林に開設される林道では採用されにくいのが現状である。このようなことから全国的に事例があり、法面に自生植物を容易に定着させることができる工法である、森林表土を利用した吹付試験を行った。

2. 調査地及び試験方法の概要

2.1 試験地の概要

試験は、本県の薩摩半島西南部に位置する加世田市の県営林道鳴石線において、平成14年度施工区間(延長160 m)の切土法面で行った。法面は標高220 m付近、基岩は砂岩、方位はN8°WからS86°Wの北北西から南南西向き、法面勾配は1:0.8(51.2°)、法長は8 mから14 mである。

2.2 植生調査及び表土発芽試験

当該区間はマテバシイが優占する天然林、ヒノキ人工林、ツブラジイが優占する天然林の3区分の森林を通過するため、2002年4月に10 m四方の方形区を1箇所ずつ設置して、階層区分を行い、Braun-Blanquetの優占度²⁾を調べた。その後各方形区の中央付近に50 cm四方の枠を設け、その中の落葉層を除く地表から深さ10 cmまでの表土を採取し、試験場に持ち帰り発芽試験を行った。表土は7 mmの篩いで石や落葉等を除去し、育苗箱(34 cm×49 cm×9 cm)に鹿

表-1 試験区別種子吹付量と希望生育本数

吹付種	対 照 区 (通常客土吹付)		10%区		20%区		40%区	
	吹付量 (kg/100m ²)	希望生育本数 (本/m ²)	吹付量 (kg/100m ²)	希望生育本数 (本/m ²)	吹付量 (kg/100m ²)	希望生育本数 (本/m ²)	吹付量 (kg/100m ²)	希望生育本数 (本/m ²)
トールフェスク	0.294	600	0.400	820	0.400	820	0.400	820
ウィーピンググラス	0.042	600						
ホワイトクローバー	0.060	400						
ヨモギ	0.073	1,000						
メドハギ	0.325	1,000						
ヤマハギ	0.640	400						
計	1.434	4,000	0.400	820	0.400	820	0.400	820

注1) 表中の希望生育本数とは設計上希望されている成立本数で、これを基に実際吹き付ける種子量を算定する。

図-1 林道鳴石線における試験区の位置

表-2 植生調査結果

Plot.1				Plot.2				Plot.3			
方位 N50°W				方位 N70°W				方位 N65°W			
傾斜 33°				傾斜 40°				傾斜 40°			
斜面形 凸斜面				斜面形 平背斜面				斜面形 平背斜面			
斜面位置 中部				斜面位置 中部				斜面位置 中部			
種 名	階層区分	被度	被度	種 名	階層区分	被度	被度	種 名	階層区分	被度	被度
ツブラジイ	B1	4		ヒノキ	B1	4		マテバシイ	B1	4	
スダジイ	B1	1		スギ	B1	+		コバンモチ	B1	+	+
サカキ	B2	1		タブノキ	B2	+		スダジイ	B1	+	+
アラカシ	B2	+	S	アオキ	S	+		ハゼノキ	B1	+	+
イスノキ	B2	+	S	アラカシ	S	+		ヤマザクラ	B1	+	+
ウラジロガシ	B2	+	S	イズセンリョウ	S	+		クナナシ	B2	+	S
クロガネモチ	B2	+	S	イヌビワ	S	+		シロダモ	B2	+	+
クロキ	B2	+	S	エゴノキ	S	+		タブノキ	B2	+	+
コバンモチ	B2	+	S	コガクツツギ	S	+		ネズミモチ	B2	+	+
タイミンチバナ	B2	+	S	コナラ	S	+		ハクサンボク	B2	+	+
タブノキ	B2	+	S	コバンモチ	S	+		ヒサカキ	B2	2	
ネズミモチ	B2	+	S	シヤンボ	S	+		モチノキ	B2	+	+
ハクサンボク	B2	+	S	シロダモ	S	+		ヤブツバキ	B2	+	+
ハゼノキ	B2	+	S	タイミンチバナ	S	+		アラカシ	S	+	+
ホルトノキ	B2	+	S	ツブラジイ	S	+		イズセンリョウ	S	+	+
ヤマビワ	B2	1		ツルグミ	S	+		イヌビワ	S	+	+
ギョクシンカ	S	+		ネズミモチ	S	+		ウラジロガシ	S	+	+
ナツワジ	S	+		ハクサンボク	S	+		エゴノキ	S	+	+
ヒサカキ	S	+		ハドノキ	S	+		クサギ	S	+	+
モチノキ	S	+		ハナイカダ	S	+		フルウメモドキ	S	+	+
ヤブツバキ	S	+		ヒサカキ	S	+		ナメノキ	S	+	+
アオツツラフジ*	H	+		マルバツツギ	S	+		ヤマビワ	S	+	+
ウラジロ**	H	+		ヤブツバキ	S	+		ウマノスズクサ*	H	+	+
オオカグマ**	H	+		ウラジロ**	H	2		ギンリョウソウ*	H	+	+
サルトリイバラ	H	+		アオツツラフジ*	H	+		コバノカナワラビ**	H	+	+
ツツバキ*	H	+		アマクサシダ**	H	+		ツツバキ*	H	+	+
トキワカモメヅル*	H	+		ウマノスズクサ*	H	+		ハナミョウガ*	H	+	+
ハナミョウガ*	H	+		カヤツリグサ科sp*	H	+					
				コシダ**	H	+					
				コバノカナワラビ**	H	+					
				サネカズラ	H	+					
				タツナミソウ*	H	+					
				チヂミザサ*	H	+					
				ハナミョウガ*	H	+					
				ホウロクイチゴ	H	+					
				ホラシノブ*	H	+					
				ミソシダ**	H	+					
				ムサシアブミ*	H	+					
				ヤマイモ*	H	+					
				ユウコラン*	H	+					
合計 38 種				合計 40 種				合計 27 種			

注1) B1: 高木層, B2: 亜高木層, S: 低木層, H: 草本層。

注2) *: 草本類, **: シダ類, その他は木本類。

沼土とさし芽土の 1:1 の混合土を 4 cm 厚で入れ、その上に表土を 2 cm 厚で敷き、場内のハウスに置いた。試験は 2 回繰り返した。周辺からの侵入種を把握するため、混合土だけの育苗箱も 1 箱置いた。かん水は自動で 8 時 30 分, 11 時, 14 時, 17 時の 1 日 4 回, 60 秒間行った。同年 10 月までの出現種数と本数から、吹き付けに使用する表土を採取する森林を決定した。

2.3 切土法面への表土吹付試験

当該切土法面の吹き付けは現地調査及び本県の「林道切土法面における吹付工の選定フロー」により客土吹付工を選定した。これはピートモス、パーク堆肥等から成る基盤材 (2,600L/100m²) と化成肥料、接合剤、トールフェスク、ウィーピングラブグラス、ホワイトクローバー、ヨモギ、メドハギ、ヤマハギの 6 種の種子を混ぜて吹き付ける工法で、吹付厚は約 2 cm である。本試験では、表土の混合割合を基盤材に対して 10 %, 20 %, 40 %とした。対照は通常の客土吹付とし、対照区を挟むように 2 回反復の表土吹付試験区 (以下、表土区という。) を設置した (図-1)。雨水による法面の土砂流出等を防止するため、表土区も初期緑化を行

表-3 表土の発芽試験結果 (単位: 本)

種 名	Plot.1	Plot.2	Plot.3
木本類			
アカメガシワ			1
イズセンリョウ(2,3)	9	2	3
イタビカズラ	1		
イヌビワ(2,3)	1		1
カラスザンショウ			1
キブシ	3	8	11
クサギ	1		
クマイチゴ	5	1	5
コウゾ			1
コバンノキ	1		2
サルナシ	4	1	7
タラノキ		1	1
ナガバモミジイチゴ			5
ハゼノキ(1,3)	3	5	7
ハドノキ(2)		2	
ヒサカキ(1,2,3)	43	5	17
ヒノキ(2)		2	
ヒメバライチゴ	3		9
ホルトノキ	1		
ムラサキシキブ	1	1	1
草本類			
帰化種			
イヌホオズキ	1	1	2
オオアレチノギク	1		
セイタカアワダチソウ	2	1	2
チチゴクサモドキ		1	3
在来種			
オトコエシ		2	
キラソソウ		7	
コアカソ	1	9	5
コナスピ		3	1
タケニグサ		3	1
タチツボスミレ		2	9
ツボクサ		1	22
ノブドウ			1
メヒシバ	2	1	
種不明			
イネ科sp	6	1	
カヤツリグサ科sp		5	4
キク科sp	3	23	2
計	92	88	124

注1) 本数は、2回反復の平均値である。

注2) 帰化種の判別は、清水編⁴⁾によったが、史前帰化植物⁴⁾は「在来種」とした。

注3) 種名に記載してある括弧書きの数字はプロット番号であり、当該番号の方形区内に出現し、かつ表土発芽試験でも発芽した種であることを表す。

った。吹き付ける種はトールフェスクとし、自生種を容易に侵入させるため、種子量を 6 種合計の約 3 割に削減した (表-1)。表土は工事発注後の 2002 年 10 月に採取した。小型バックホウで表土を大型土のうに詰め、現場内に保管した。吹き付けは同年 12 月に施工した。保管した表土を篩い機に 2 回かけて石や落葉等を除き、細かい粒状にして基盤材やトールフェスク種子等と混合し吹き付けた。施工後、1 m 四方の方形区を 1 箇所ずつ設置し、対照区には 2 箇所設置した。

表-4 経過年月ごとの試験区別出現種とその数

種 名	試 験 区 分											
	対 照 区			10 %区			20 %区			40 %区		
	6ヶ月	1年	2年 5ヶ月	6ヶ月	1年	2年 5ヶ月	6ヶ月	1年	2年 5ヶ月	6ヶ月	1年	2年 5ヶ月
木本類												
アケボノ												
アカメカシワ(発)						○		○	○			○
アリドオシ												○
イズセンリョウ(発、植)												○
ガマズミ												○
カラスザンショウ(発)			○			○				○		○
キダチニンドウ						○					○	○
キダチ(発)											○	○
クチナシ											○	○
クマイチゴ(発)											○	○
コウゾ(発)											○	○
ゴンズイ											○	○
サカキカズラ								○	○		○	○
サルナシ(発)						○			○		○	○
シロダモ(植)											○	○
シイ(発)			○								○	○
タイミンチバナ											○	○
タブノキ(植)		○			○	○					○	○
タラノキ(発)											○	○
ツルウメモドキ(植)											○	○
ナガバモミジチゴ(発)					○						○	○
ハクサンボク(植)						○					○	○
ハゼノキ(発、植)											○	○
ヒサカキ(発)											○	○
ヒノキ										○	○	○
フユイチゴ											○	○
ムベ			○								○	○
ヤマハゼ											○	○
出現種数	0	0	4	0	2	8	0	2	10	2	6	22
草本類												
吹付種												
ウィービングラブラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
トルフェスク	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ホワイトクローバー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
メドハギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヤマハギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヨモギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種数	5	5	5	6	6	6	5	5	6	5	5	5
帰化種												
イソホズキ(発)												
オオアレチノギク	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
オニノダシ												
オランダミナソウ												
セイタカアワダチソウ(発)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヒメムカシヨモギ												
ベニバナボロギク												
出現種数	2	3	3	3	4	5	3	4	7	2	4	5
在来種												
アキノノゲシ												
アカネスミレ												
オトコエシ												
オニタビラコ												
カラスウリ												
ギョウギシバ												
キランソウ												
コナシ(発)			○								○	○
ススキ												
リクシラン												
タケニグサ(発)					○	○						
チガヤ												
ツボクサ(発)												
ツツブキ(植)												
トキワハゼ												
ハコベ												
ハコウド												
ハサタデ		○	○	○	○	○		○	○		○	○
ハハコグサ												
ムササビ												
ムラサキニガナ												
出現種数	0	1	4	2	1	13	1	2	15	0	1	10
総出現種数	7	9	16	11	13	32	9	13	38	9	16	42

注1) 帰化種の判別は、清水編4)によったが、史前帰化植物4)は「在来種」とした。

注2) 種名に記載してある(発)は、Plot.3表土の発芽試験で出現した種、(植)はPlot.3における植生調査で出現した種、(発、植)はその両方に出現した種を表す。

植生経過調査は2003年4月から1～2ヶ月おきに行った。方形区内は出現種別の本(株)数、被覆率を調べ、方形区外の法面に出現する植物種も試験区別に調べた。

3. 結果

3.1 表土採取地付近の植生と発芽試験

植生調査の結果を表-2に示す。Plot.1はツブラジイ優占の林に設置した。樹高13mのツブラジイ、スダジイが高木層、亜高木層にはイスノキ、タブノキ等のほかに陽樹であるハゼノキもあり、全体で28種出現していた。Plot.2はヒノキ人工林内に設置した。樹高12mのヒノキの下層には、木本・草本・シダ類併せて40種出現しており、最も出現種数が多かった。Plot.3はマテバシイ優占の林に設置した。樹高12mの高木層にはハゼノキ、ヤマザクラなど陽地に生える樹種もあり、下層にはタブノキ、アラカシ等が生え、全体で

27種出現していた。

発芽試験結果を表-3に示す。周辺からの侵入種はカタバミとタネツケバナであったので、その本数は除外した。発芽種数は36種で、うち20種は木本類、16種は草本類であった。植生調査で出現した種は6種があり、すべて木本類であった。草本類のうち4種は帰化種であった。木本、草本類ともに陽生の種が多く、表土の発芽結果は、採取した箇所付近の植生をあまり反映しなかった。発芽本数は、Plot.3表土からの発芽が出現種、本数ともに最も多かった。吹き付ける表土は、マテバシイ優占の林から採取することに決めた。

3.2 法面に出現した試験区ごとの種組成

施工から6ヶ月(2003年6月)、1年(同年12月)、2年5ヶ月(2005年5月)後の法面に出現した種とその数を表-4に示す。各区とも経過年月に伴い種数が増加した。木本類は発芽試験で確認された20種のうち11種が出現したが、全表土区に出現している種もあれば、そうでない種もあった。タブノキ、ヒノキ等は法面直上の樹木からの散布と推察された。全体的には1年経過後から種数が増加し、特に40%区は種数が最も多かった。対照区も2年5ヶ月から木本類が現れ、ムベは鳥類による散布と思われた。表土区での草本類は、トルフェスクを除く吹付種も出現した。これは2003年4月から確認されており、対照区からの種子の飛来や既設法面からの侵入と考えられた。草本類の帰化種は7種が侵入していた。特にオオアレチノギク、セイタカアワダチソウは早くから全区に侵入していた。草本類の在来種は帰化種ほど早くなく、そのほとんどが1年後から侵入していた。発芽試験で確認された種は3種出現していたが、タケニグサは10%区でしか出現しなかった。草本の在来種は他に18種が侵入しており、対照区より表土区の方が種数が多かった。

3.3 方形区内の被覆率の経年変化

方形区内の植物の被覆率の経年変化を図-2に示す。施工後4ヶ月(2003年4月)、6ヶ月(同年6月)、1年(同年12月)、1年7ヶ月(2004年7月)、2年(2004年12月)、2年5ヶ月(2005年5月)ごとに2回反復の平均値を示した。出現種を吹付種、侵入吹付種、帰化草本(草本類のうち帰化種)、在来草本(草本類のうち在来種)、木本類の5つに区分した。吹付種とは今回吹き付けた種であり、対照区では6種、表土区ではトルフェスクのみを指す。侵入吹付種は表土区において区別した。前述のトルフェスクを除く5種を指す。表土区でもこの5種が出現したためである。被覆率は対照区が最も高く、40%区が最低であった。2年後から吹付種の被覆率が著しく低下したが2年5ヶ月ではやや回復した。帰化草本、在来草本、木本類は、年々被覆率が増加していた。対照区の吹付種は6ヶ月経過で100%となったが経年的に減少し、その後2年5ヶ月で再び上昇した。また、対照区でも帰化草本は時間経過とともに増加した。10%区では4ヶ月で最大となり、その後減少した。吹付種のトルフェスクは経年的に減少したが、侵入吹付種は1年7

図-2 経過年月ごとの試験区別被覆率

ヶ月経過から増減が激しくなった。これはホワイトクローバー、ヨモギの春から夏にかけての増加、冬期の減少によるもので、20%区、40%区でもみられた。帰化草本、在来草本、木本類の被覆率は年々増加していた。20%区、40%区の経年変化は全体的には10%区の変化と同様であったが、40%区は試験区の中で最低の被覆率を全期間示していた。

3.4 方形区内の成立本数の経年変化

方形区内に出現した植物の成立本数についての経年変化を図-3に示す。図示の詳細は図-2と同じであり、2回反復の平均値である。被覆率と同様、全体本数は経年的に減少した。吹付種の減少の他に帰化草本の増減も激しく、当年生実生の多数の発生と枯れによるものであった。在来草本、木本類は徐々に増加した。対照区の4ヶ月での本数は全区の中で最低であり、希望生育本数(表-1)の1/10程度であった。その後時間経過とともに本数は減少した。2年5ヶ月では4ヶ月経過時の約1/4になり、表土区とあまり変わらなくなった。10%、20%区の吹付種は4ヶ月では最も高く、希望成立本数に最も近かった。その後経年的に減少し、2年5ヶ月では4ヶ月の約1/6まで減った。40%区は当初の成立本数は低かったが、経年変化は他の表土区と同様であった。

4. 考察

今回の試験で、法面の種組成は発芽試験結果がそのまま反映されなかった。これは細木ら²⁾が指摘しているように、切土法面特有の劣悪な立地条件が主な原因と考えられる。発芽試験では適度な水分を保っているが、法面は開放地であり、急勾配に施工され、2 cm以下の吹付厚であること等から、乾燥状態になりやすいため、表土に内在する種子があまり発芽しなかったものと推察される。

吹付種の被覆率や成立本数は、各区とも経年的に減少して

図-3 経過年月ごとの試験区別成立本数

いた。これは成長に伴う競争や乾燥による影響と考えられたが、2年5ヶ月経過すると、被覆率がやや増加しているため、今後の経過を見守る必要がある。

配合率を変えて表土を吹き付けたが自生種、特に在来草本や木本類が出現するには、どの区でも1年以上かかる結果となり、帰化草本と比べて非常に緩慢であった。切土法面において吹付種子並みの早期緑化を森林表土に求めることは困難と考えられた。今回表土区においてトルフェスクにより、種子量を削減して早期緑化を図ったように、吹付種子による最小限の早期緑化は、法面保全と表土活用の両立のためにも必要と考えられる。現在のところ、試験地では法面流出等の災害はない。表土の配合率については、これまでの結果から40%未満の配合率がよいと思われたが、今後の植生変化や他施工地での結果を踏まえ十分検討する必要がある。

引用文献

- 1) 秋田賢人・下新原博也・牛島和昭(2001) 屋久島における自生種による樹林化の施工事例—播種工で導入した自生種の生育推移と今後の課題—, 日本緑化工学会誌, 27(1): 250-253.
- 2) 細木大輔・中村勝衛・亀山章(2005) 切土のり面緑化における植生基材吹付工を応用した森林表土の利用, 日本緑化工学会誌, 30(3): 561-571.
- 3) 日本緑化工学会(2002) 生物多様性のための緑化植物の取り扱い方に関する提言, 日本緑化工学会誌, 27(3): 481-491.
- 4) 清水建美編(2003) 日本の帰化植物, 平凡社, pp11-310.
- 5) 森林立地調査法編集委員会編(1999) 森林立地調査法, 博友社, pp43-46.

(2005.6.25 受理)