

地域環境に配慮した切土法面の吹付緑化

下園寿秋・前迫俊一*・中屋雅喜**

鹿児島県林業試験場育林部

要旨：地域環境に配慮した切土法面緑化について検討するため、既設林道法面の植生や自生植物種子の採取コストを調査し、種子量を削減した吹付試験を行った。緑化により吹付けた外来草本は施工後 10 年以上経過しても法面に生育しており、周辺の自生植物による植生へ回復するのは、長期を要すると考えられた。県内に自生しているヤマハギ類の種子採取コストは、流通価格の 8 ~ 10 倍となった。種子量を削減した吹付試験では、被覆率は従来の工法と変わらなかった。種子を配合せず基盤材等だけ吹付けても、法面は徐々に被覆された。

キーワード：切土法面，吹付け，緑化，種子量削減，種子なし吹付け

Revegetation on cutting slope by spraying cultivation method which consider the regional environment. Hisaaki SHIMOZONO・Shun'ichi MAESAKO*・Masaki NAKAYA** (Division of Silviculture, Kagoshima Prefectural Experiment Station, Kagoshima 899-5302, Japan) *Bulletin of the Kagoshima Prefectural Forestry Experiment Station* 10:1-18 (2007)

Abstract: We investigated the vegetation on cutting slopes of existing forest roads and gathering cost of the native plant seeds, and tested the revegetation by spraying curtailed seeds volume to discuss the revegetation on cutting slope considering the regional environment. Even over 10 years after the revegetation carried out, exotic grasses planted by spraying grew on cutting slope. This suggests that it needs a long term to recover the vegetation by endemic plant species. Seeds gathering of *Lespedeza* species which grew naturally in the region costed 8 ~ 10 times of the commercial seeds price. The results of the examination revegetation by spraying curtailed seeds volume suggest that coverage ratio was the same as usual technique. The cutting slope by spraying without mixing the seeds was recovered gradually.

Keywords: cutting slope, spraying cultivation method, revegetation, curtail of seeds volume, spraying without mixing

はじめに

鹿児島県(以下「本県」)の治山・林道工事において、発生する切土法面を保護するための早期緑化は不可欠であり、現在はトールフェスク(*Festuca arundinacea* Schreb.)、ウィーピングラブグラス(*Eragrostis curvula* Nees)、ホワイトクローパー(*Trifolium repens* L.)等、外来の牧草種子を主体とする草本・木本類の種子を数種混合して吹き付け、緑化により斜面の安定を図っている。

このような緑化が行われるようになった結果、在来の植物を駆逐する等生態系への影響が問題となっており(日本緑化工学会 2002)、現場からは、種子を多く吹き付けているため、緑化された法面は植生が単純かつ過密であることや、周辺の自生する植物が法面へ侵入するのに時間がかかるといったことが指摘されている。

また、在来種と称してヨモギ(*Artemisia* sp)、メドハギ(*Lespedeza cuneata* G. Don)、ヤマハギ(*Lespedeza*

bicolor Turcz.)等の種子も混合して吹き付けられているが、これらもすべて外国からの輸入種子であるため、地域の自生個体との遺伝的かく乱も懸念されている(日本生態学会 2002)。

さらに、2005年6月に「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」が施行され、緑化に使用される外来植物は「要注意外来生物」に選定、別途総合的な取り組みを進めることとなっているが、同年5月に採択されたこの法律案の付帯決議では、政府や自治体が行う緑化等の対策において、外来生物の使用は避けるよう努め、地域個体群の遺伝的かく乱にも十分配慮することが明記された。このため、外来種に対する社会的関心は以前にも増して高まり(細木ら 2006)、トールフェスク、ウィーピングラブグラス等の使用を規制するという雰囲気醸成される状況となっている(中野 2006)。

このようなことから、筆者らは地域の自然環境に配慮

*現 鹿児島県林業振興課

*Present address: Kagoshima Pref. Forestry Promotion Division, Kagoshima 899-5302

**現 鹿児島県川薩農林事務所

**Present address: Kagoshima Pref. Sensatsu Agriculture and Forestry Administration Office, Kagoshima 895-1811

した吹付方法を確立するため、林道切土法面の植生変化の把握や、多いといわれている種子量を削減した吹付試験等を行い、従来の緑化工法と比較した。これまでに得られた結果を取りまとめたので報告する。

調査方法

既設切土法面の植生調査

調査は、熊本郡屋久町の林道屋久島南部線、出水市の林道北薩1号線、鹿児島市(旧郡山町)と日置市(旧伊集院町)の2市にまたがって開設されている林道山ノ口嶽線、霧島市(旧国分市、福山町)の林道国分山麓線、南さつま市(旧加世田市)の林道久木野線と肝属郡吾平町、錦江町(旧大根占町)の2町に開設されている林道大根占吾平線の既設切土法面で行った。

1 屋久島南部線、北薩1号線、山ノ口嶽線

屋久島南部線1,3工区、北薩1号線では、経過年数別に法面に侵入した植物種数を調査した。屋久島南部線1工区は2001年度、同線3工区及び北薩1号線は2002年度に調査した。屋久島南部線が通過する付近の標高は250mから300m、地質は黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩である(鹿児島県1990)。北薩1号線が通過する付近の標高は280mから390m、地質は砂岩及び同優勢互層、あるいは頁岩及び同優勢互層である(鹿児島県1990)。

山ノ口嶽線では、吹付工が施工されていない2カ所の法面で、侵入している植物種数を調査した。調査は2001年度に行った。調査地の標高は300m付近、地質は輝石安山岩(鹿児島県1990)である。

2 国分山麓線

吹付後の経過年数(1~10年)ごとに5m×5mの方形区(全28箇所)を設置し、Braun-Blanquetの被度(森林立地調査法編集委員会1999)を調べた。調査は2003年11月に行った。

調査した区間では有機吹付工、あるいは客土吹付工が施工されていた。有機吹付工は本県独自の歩掛かりで施工される工法で、ピートモス、パーク堆肥等の植生基材(540L/100m²)、法面を安定させる安定剤等に、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、パーミューダグラス、ヨモギ、メドハギの6種の種子を混ぜて、1cm未満の厚さで吹付ける工法である(鹿児島県林務水産部2004)。客土吹付工は、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、法面を安定させる接合剤等に、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付ける工法で、吹付厚は約2cmである(鹿児島県林務水産部2004)。

通過する付近の標高は340mから440m、地質はシラス、あるいは頁岩及び同優勢互層(鹿児島県1990)である。

3 久木野線

久木野線は起点(旧加世田市津貫上門)からと終側(旧加世田市津貫中山)からの2方向から開設されており、起点側からの開設工区を1工区、終点側からの工区を2工区としている。調査は、この林道での主な吹付工種である客土吹付工を施工している法面を対象に行った。

1工区で1992年度から2001年度に開設した区間の法面、2工区では1993年度から2001年度に開設した区間の法面で調査した。

各年度ごとの法面に1~3個方形区を設置し、法面方位、出現した種類ごとの被覆率(%)を調べた。方形区の大きさは4m×4mとした。2工区は2005年3月(全13カ所)、1工区は2005年7月(全10カ所)に調べた。なお、2工区では種別に最小高、最大高も計測した。

方形区付近の標高は180mから290m、表層地質は砂岩及び同優勢互層あるいは砂岩・頁岩互層(鹿児島県1990)である。

4 大根占吾平線

大根占吾平線では、本路線の主な吹付工種である有機吹付工が施工されている法面で調査した。

1工区の1999年度から2003年度、2工区の1999年度から2004年度に開設した区間での法面で調査した。調査方法は久木野線に準じたが、方形区の大きさは、植物の高さで決定し、当該法面に成立している最大植物高が1m未満の場合は1m×1m、1m程度では2m×2m、2m以上の植物が多い場合は4m×4mの方形区を設置した。方形区を設置した箇所の標高は240mから300m、表層地質は砂岩及び同優勢互層あるいは、頁岩及び同優勢互層である(鹿児島県1990)。調査は2005年7月に行った。

緑化に適した樹種の選定と種子採取コスト調査

前項の法面植生結果や文献、法面での生育がみられる樹種のうち先駆性、単木当たりの結実量の多さ等から、本県の気候条件に適した緑化用樹種を43種選んだ(表1)。

この中で、県内に自生地があるヤマハギ、ツクシハギ(*Lespedeza homoloba* Nakai)等のヤマハギ類について、自生地における種子採取コストを調査した。

調査地は、姶良郡湧水町(旧吉松町)の南東部に位置

表 1 選定した緑化用樹種一覧

番号	種名	科名	区分	形態	生育環境	先駆種	花期(果期)	その他
1	アオモシ	クスノキ	広葉樹	落葉小高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		3-4(9-10)	雌雄異株
2	アカメガシワ	トウダイグサ	広葉樹	落葉高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		6-7(9-10)	雌雄異株, 根萌芽が多い
3	アケビ類	アケビ	広葉樹	落葉つる	暖帯, 日当たりの良い山野, 林縁		4-5(9-10)	アケビ, ミツバアケビ
4	アラカシ	ブナ	広葉樹	常緑高木	暖帯, 山腹		3-4(10-11)	山麓に生える最も普通なカシ
5	イヌビロ	クスノキ	広葉樹	落葉小高木	暖帯 - 亜熱帯, 山腹		4-5(10-12)	雌雄異株
6	エゴノキ	エゴノキ	広葉樹	落葉小高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		4-5(8-9)	
7	エノキ	ニレ	広葉樹	落葉高木	温帯 - 暖帯, 日当たりの良い適潤地・溪畔・沿海地		3-4(9-10)	
8	カシノキ	クスノキ	広葉樹	落葉高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		5-6(7-8)	雌雄異株, 和紙の原料
9	カナクギノキ	クスノキ	広葉樹	落葉高木	暖帯, 山腹		3-4(9-10)	雌雄異株
10	ガマズミ	スイカズラ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 暖帯, 日当たりの良い山野		5-6(9-11)	
11	カラサザンショウ	ミカン	広葉樹	落葉高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		7-8(9-10)	雌雄異株
12	キブシ	キブシ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 暖帯, 日当たりの良い山野・林縁		3-4(7-10)	雌雄異株
13	クサギ	クマツツバ	広葉樹	落葉小高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い林縁・沿海地		7-9(10-11)	
14	クマノミズキ	ミズキ	広葉樹	常緑高木	温帯 - 暖帯, 適潤な山腹		6-7(7-10)	
15	コフジツギ	フジツギ	広葉樹	落葉低木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い草原・崖		6-9(10-11)	ウラボシフジツギとの間に中間型がある。
16	ゴンスイ	ミツバウツギ	広葉樹	落葉小高木	暖帯, 日当たりの良いやや乾燥した林縁		5-6(9-11)	
17	シャリンバイ	バラ	広葉樹	常緑低木	温帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い沿海地		5-6(10-11)	
18	シロダシ	クスノキ	広葉樹	常緑高木	暖帯, 山腹・湿潤地		10-11(翌10-11)	雌雄異株
19	スタジイ	ブナ	広葉樹	常緑高木	暖帯, 山腹		4-5(翌10-11)	別名イタジイ。暖帯の最重要樹種
20	センダン	センダン	広葉樹	落葉高木	暖帯 - 亜熱帯, 海岸近くの山腹		5-6(10-11)	字校や公園に植栽
21	タブノキ	クスノキ	広葉樹	常緑高木	暖帯, 山腹, 沿海地に多い		4-5(7-8)	暖帯林の極相種
22	ウコギ	ウコギ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い原野		8-9(9-10)	
23	ツクシヤブツギ	スイカズラ	広葉樹	落葉小高木	暖帯, 日当たりの良い山野		4-5(10-11)	
24	ツブラジイ	ブナ	広葉樹	常緑高木	暖帯, 山腹		4-5(翌10-11)	別名コジイ, 暖帯の最重要樹種
25	ツルクウジ	クワ	広葉樹	落葉つる	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い林縁		4-5(6-7)	雌雄異株
26	ナワシログミ	グミ	広葉樹	常緑低木	暖帯, 沿海地の林縁		10-11(翌5-6)	
27	ニワトコ	スイカズラ	広葉樹	常緑低木	暖帯, 林縁		3-5(6-8)	
28	ヌルデ	ウルシ	広葉樹	落葉小高木	温帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		8-9(10-11)	雌雄異株
29	ネズミモチ	モクセイ	広葉樹	常緑小高木	暖帯 - 亜熱帯, 山腹		6(10-12)	
30	ネムノキ	マメ	広葉樹	落葉高木	温帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い湿潤地		6-8(10-11)	
31	ノリウツギ	ユキノシタ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 暖帯, 山腹・日当たりの良い山野		7-9(10-11)	温帯林の先駆種
32	ハクサンボク	スイカズラ	広葉樹	常緑低木	暖帯 - 亜熱帯, 山腹, 沿海地に多い		3-4(10-12)	
33	ハゼノキ	ウルシ	広葉樹	落葉高木	暖帯 - 亜熱帯, 山野		5-6(9-10)	雌雄異株, 栽培逸出?
34	ヒサカキ	ツバキ	広葉樹	常緑低木	暖帯 - 亜熱帯, 山腹		3-4(10-11)	雌雄異株
35	ヒメコウジ	クワ	広葉樹	落葉低木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い林縁・原野		4-5(6-7)	雌雄異株
36	マルバウツギ	ユキノシタ	広葉樹	落葉低木	暖帯, 日当たりの良い林縁・山野		4-5(9-10)	
37	ムクノキ	ニレ	広葉樹	落葉高木	温帯下部 - 暖帯, 山腹・日当たりの良い適潤地		3-4(10-11)	
38	ムベ	アケビ	広葉樹	常緑つる	暖帯 - 亜熱帯, 沿海地の林内や林縁		4-5(10-11)	
39	ヤマザサキブ類	クマツツバ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 亜熱帯, 山腹・日当たりの良い林内・林縁		6-8(10-11)	オオムラサキキブ・ムラサキキブ・ヤブムラサキ等
40	ヤマザクラ	バラ	広葉樹	落葉高木	温帯 - 暖帯, 山腹・日当たりの良い山野		3-4(7-8)	
41	ヤマツツジ	ツツジ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 暖帯, 山腹・日当たりの良い山野・林縁		4-5(8-10)	
42	ヤマハギ類	マメ	広葉樹	落葉低木	温帯 - 暖帯, 日当たりの良い山野		9-10(10-11)	ヤマハギ・ツクシハギ・マルバハギ等
43	ヤマハゼ	ウルシ	広葉樹	落葉小高木	暖帯 - 亜熱帯, 日当たりの良い山野		5-6(10-11)	雌雄異株

する沢原高原である。ここは標高 470 ~ 540m で、陸上自衛隊の演習地になっており、毎年野焼きを行うことによりススキ優占の草原が維持され(杉本 1994)、ヤマハギ類が広範囲に群生している。高原内には幅員 3m 程度の砂利道が通っており、種子採取はその道路付近で行った。

調査は、現地での種子採取及び試験場に持ち帰った後の種子精選に要する時間を計測し、種子 1kg 当たりの採取費用を求めた。採取方法は、葉は混じるが枝から莢をしごき取る方法(以下、「採取方法 1」)と根元付近から枝条ごと採取し、持ち帰った後、莢を摘み取る方法(以下、「採取方法 2」)の 2 つの方法とし、2003 年 11 月に行った。5m x 5m の方形区を設置し、その中にあるヤマハギ類の種子をそれぞれの方法で採取することにより採取量、採取時間等を調べた。2 方法とも 7 区づつ設置した。種子精選は莢から種子を取り出す「莢取り種子」と、取り出さずに葉、小枝等と莢を分別するのみの「莢付き種子」の 2 とおりの種子を生産することとした。

種子量を削減した吹付試験

試験地は霧島市(旧国分市, 旧福山町)の林道国分山麓線の 2003 年度開設区間(延長 852m)の切土法面に設けた。本区間は、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」(鹿児島県林務水産部林業

振興課 2001)により有機吹付工が計画された箇所である。

法面の標高は 370m 付近、表層地質は砂岩頁岩互層、方位は N4°W ~ N44°W の北~北西向き、法面勾配は 1 : 0.8 (51.2°), 法長は 5 ~ 8m である。

有機吹付工は設計上期待される生育本数(以下、「希望生育本数」)が 1 m² 当たり約 14,000 本であり、特に多い工法といわれている。試験では、通常の種子量で吹付けた区を対照区として 区、希望生育本数を全体的に約 3 分の 1 に減らした区を 区、在来種として配合しているヨモギ、メドハギ種子を除外し、他の外来 4 種は通常の種子量で吹付けた区を 区、ヨモギ、メドハギ種子を除いて、さらに他の 4 種の希望生育本数も約 3 分の 1 に減らした区を 区、種子は全く混合せずに植生基材だけを吹付けた区を 区とした(表 2)。

吹付けは 2004 年 2 月に施工し、林道本線の切土法面に 区から 区、本線から森林へ入るための 1 号取付道に 区を設置した(図 1)。

吹付け後、各試験区内に 1m x 1m の方形区をそれぞれ 1 箇所ずつ設けた。調査方法は 2004 年 4 月から、1 ~ 2 ヶ月おきに方形区内の出現種別本(株)数、被覆率を、また、方形区外に出現した種類についても試験区別に調べた。

表2 試験区別種子吹付量と希望生育本数

吹付種	試験区名									
	区(対照, 通常有機吹付)		区(種子量削減)		区(在来種除外)		区(種子量削減・在来種除外)		区(種子なし)	
	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)	吹付量 (kg/100m ²)	希望生育本数 (本/m ²)
トールフェスク	1.20	2,230	0.43	800	1.20	2,230	0.43	800	-	-
ウィーピングラブグラス	0.30	4,170	0.11	1,490	0.30	4,170	0.11	1,490	-	-
ホワイトクローバー	0.30	1,950	0.11	700	0.30	1,950	0.11	700	-	-
バミューダグラス	0.18	2,670	0.06	950	0.18	2,670	0.06	950	-	-
ヨモギ	0.18	2,080	0.06	740	-	-	-	-	-	-
メドハギ	0.24	620	0.09	220	-	-	-	-	-	-
計	2.40	13,720	0.86	4,900	1.98	11,020	0.71	3,940	0.00	0

結果

既設切土法面の植生調査

1 屋久島南部線, 北薩1号線, 山ノ口嶽線

屋久島南部線 1, 3 工区における法面に侵入した植物種及びその数の経年変化を表3, 北薩1号線の結果を表4に示す。

屋久島南部線では, 全体としては経年的に種数の増加が見られた。木本類は5年経過までは増減があるが, それ以降になると安定して増加していくものと推察される。早期から侵入し, 全体的に見られたものは, アカメガシワ (*Mallotus japonicus* Muell.), イヌビワ (*Ficus erecta* Thunb.), ウラジロエノキ (*Trema orientalis* Blume), ウラジロフジウツギ (*Buddleja curviflora* f. *venenifera* Yamazaki), ヤクシマヒメバライチゴ (*Rubus illecebrosus* var. *yakushimensis* Hatusima) 等があった。一部では, タブノキ (*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.) が良好に生育している法面もあった。草本類は木本類ほど増加傾向が見られなかった。帰化草本や一部の在来草本は陽性であり, 植物が繁茂することにより光環境が変わってくるため増減があるものと考えられる。全体的に見られたのは, 帰化草本で, アメリカセンダングサ (*Bidens frondosa* L.), ベニバナポロギク (*Crassocephalum crepidioides* S. Moore), 在来草本ではツルソバ (*Persicaria chinensis* Nakai), ツワブキ (*Farfugium japonicum* Kitam.), ヤクシソウ (*Youngia denticulata* Kitam.) 等があった。シダ類は1工区では侵入が見られたが, 3工区ではほとんどなかった。これは, 工区ごとの法面方位等立地環境によるものと考えられる。

北薩1号線でも全体的にみると, 経年的に種数は増加していた。しかしながら6, 7年経過時で種数が少なかった。これは調査法面が風衝地となっており, 植物の法

面への侵入が少なかったことによるものである。木本類, シダ類は増加する傾向であったが, 帰化草本類はそれほど増えず, 在来草本ではむしろ減少していた。これも植生の発達により光環境が変化したことによるものと考えられる。

山ノ口嶽線での法面に侵入した種類とその種数を表5に示す。前述2路線の結果と比較すると, 種数はかなり多かった。しかしながら, 法面が平滑なため全面には侵入できず, ほとんどの植物は法尻部に集中して生えており, あるいは法面上に生じた微凹部にわずかに発生している程度であった。

2 国分山麓線

各プロットごとの吹付種, 侵入種(木本類, タケ類, 草本類)ごとの全体被覆率, 種別の被度を表6に示す。同じ経過年数及び吹付工種で, 同じような方位の法面に方形区を2個以上設置した場合は, 方位角, 全体被覆率, 被度はその平均値を示した。

全体的に見ると, 年数が経過すると共に種数が増加している法面がほとんどであるが, 中には種数が減少した法面もあった。

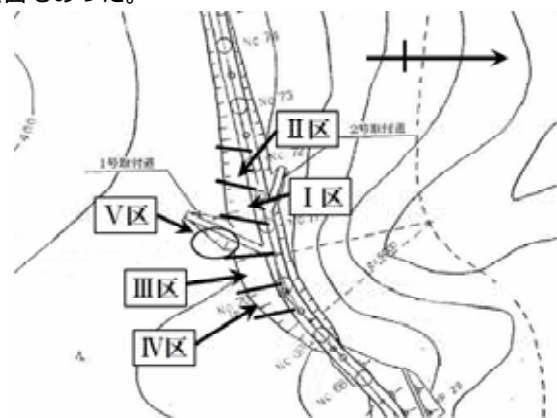


図1 林道国分山麓線における試験区の配置

表3 屋久島南部線における法面侵入種とその数の経年変化

種名	1 区							3 区				
	1999	1998	1997	1996	1995	1994	2000	1999	1998	1997(調査)	1997	
種名	2年	3年	4年	5年	6年	7年	1年	2年	3年	4年	5年	
木本類												
アオツラフジ												
アオモジ												
アカメガシワ												
アマクサギ												
イヌビワ												
ウバメガシ												
ウラジロエノキ												
ウラジロフジツギ												
ウリハダカエデ												
エゴノキ												
オオムラサキシキブ												
カラスザンショウ												
キブシ												
クスノキ												
コバノフユイチゴ												
サキシマフヨウ												
シマイズセンリョウ												
センダン												
タブノキ												
タラノキ												
ツルグミ												
テリハノブドウ												
ヌルデ												
ネムノキ												
ハゼノキ												
ハドノキ												
ヒメユズリハ												
フヨウ												
フユイチゴ												
ホウロクイチゴ												
ヤクシマヒメバライチゴ												
ヤシャブシ												
ヤブツバキ												
出現種数	3	12	8	14	15	17	8	2	6	4	9	
草本類												
帰化草本												
アメリカアサガオ												
アメリカセンダングサ												
オオアレチノギク												
オオオナモミ												
オランダミミナグサ												
コウマゴヤシ												
シロバナセンダングサ												
セイタカアワダチソウ												
ヒメムカシヨモギ												
ペニバサボロギク												
ムラサキカタバミ												
出現種数	3	2	2	2	5	2	4	5	3	3	6	
在来草本												
アキノゲシ												
イヌタデ												
イヌホオズキ												
ウスベニニガナ												
エノコログサ												
オオイヌタデ												
オオハコシテシカ												
カタバミ												
キツネノマゴ												
クズ												
クワズイモ												
コバノボタンズル												
コブナグサ												
ササキビ												
ススキ												
タチツボスミレ												
チヂミザサ												
ツユクサ												
ツルシバ												
ツワブキ												
ハコベ												
ハスノハカズラ												
ハダカホオズキ												
ハマウド												
ヒナタノイノコズチ												
ヘクソカズラ												
ママコノシリヌグイ												
ムラサキニガナ												
メヒシバ												
ヤクシソウ												
ヤブタバコ												
ヤマノイモ												
出現種数	4	13	6	8	3	6	10	6	9	3	18	
シダ類												
イシカグマ												
コシダ												
タマシダ												
ホシダ												
ホラシノブ												
ワラビ												
出現種数	1	4	2	2	5	5	0	0	1	0	0	
総出現種数	11	31	18	26	28	30	22	13	19	10	33	

注) 帰化種の判別は、清水(2003)によったが、史前帰化植物は「在来種」とした。

表4 北薩1号線における法面侵入種とその数の経年変化

種名	1997年度 終極年数	1998年度 終極年数	1997	1996	1995年度 終極年数	1995	1993年度 終極年数	1993	1992
木本類									
アオモジ									
アカメギシウ									
イズセンリョウ									
イヌビウ									
エゴノキ									
カキカズラ									
カラスザンショウ									
クマノミズキ									
クロバチ									
クロマツ									
コガクツギ									
コバンノキ									
ゴンズイ									
サルナシ									
シイ									
シナノガキ									
スギ									
タブノキ									
タラノキ									
ツルコウゾ									
テイカカズラ									
ナガバミジイチゴ									
ナラフジ									
ヌルデ									
ネジキ									
ネムノキ									
ノブドウ									
ハゼノキ									
ハドノキ									
ハマクサギ									
バライチゴ									
ヒサカキ									
ヒノキ									
フユイチゴ									
ホウロクイチゴ									
マルバウツギ									
ミツバアケビ									
ヤマキイチゴ									
ヤマツバキ									
ヤマザクラ									
出現種数	2	1	17	6	0	4	20	19	24
草本類									
帰化草本									
オオアレチノギク									
セイタカアワダチソウ									
タンポポク									
ヒメジョオン									
ヒメムカシヨモギ									
ペニシボロギク									
ムラサキカタバミ									
出現種数	3	4	4	5	3	2	2	2	3
在来草本									
アカソ									
イヌコウジュ									
イヌタデ									
イヌホオズキ									
イラクサ									
オオバウマノスズクサ									
オオバチドメ									
オトコエシ									
カエデトコロ									
カタバミ									
カラムシ									
ギンギン									
キチジョウソウ									
クズ									
クワクサ									
コアカソ									
コスビ									
コブナグサ									
ササキビ									
ススキ									
タケニグサ									
タチツボスミレ									
チヂコグサ									
チヂミザサ									
チトメグサ									
ツルソバ									
トウリ									
ノササゲ									
ノミノフスマ									
ヘクソカズラ									
ヘビイチゴ									
ホトスズル									
マツカゼソウ									
メヒシバ									
ヤマネコノメソウ									
ヤマノイモ									
出現種数	1	2	10	12	2	10	19	9	8
シダ類									
アマクサシダ									
イシカグマ									
イノデ									
イノモトソウ									
イブキシダ									
ウラボシ									
カニクサ									
キノノオンダ									
コシダ									
コヒロハハヤスリ									
タチシノブ									
タマシダ									
ナガサキシダ									
ナチシダ									
ハシゴシダ									
ハチジョウカグマ									
ヒメウラボシ									
ベニシダ									
ホシダ									
ホラシノブ									
マツザカシダ									
ミスズギ									
ヤマヤブソテツ									
ウラボシ									
出現種数	3	6	10	10	9	4	11	10	12
総出現種数	9	13	41	33	14	20	52	40	47

注) 帰化種の判別は清水(2003)によったが, 史前帰化植物は「在来種」とした。

表5 山ノ口嶽線における経過年数ごとの法面侵入種とその数

種名	施工年度	
	1997 経過年数 2年	1996 3年
木本類		
アオキ		
アオモジ		
アカメガシワ		
イズセンリョウ		
イヌザンショウ		
イヌビワ		
エゴノキ		
オオムラサキシキブ		
カギカズラ		
カラスザンショウ		
クサギ		
クマイチゴ		
クマノミズキ		
シロダモ		
タラノキ		
ナガバモミジイチゴ		
ニワトコ		
ネズミモチ		
ハドノキ		
バライチゴ		
フユイチゴ		
マテバシイ		
マルバウツギ		
ヤブツバキ		
	出現種数	19 15
草本類		
帰化草本		
アメリカセンダングサ		
オオアレチノギク		
セイタカアワダチソウ		
	出現種数	2 3
在来草本		
オトコエシ		
ギンギン		
キランソウ		
クワクサ		
コアカソ		
ススキ		
タチツボスミレ		
タツナミソウ		
チガヤ		
ツワブキ		
ハコベ		
ハルノノゲシ		
ヒナタノイノコズチ		
ヒヨドリジョウゴ		
ヘクソカズラ		
ボタンズル		
ヤクシソウ		
ヤブマオ		
	出現種数	10 15
シダ類		
イシカグマ		
イノデ		
オニヤブソテツ		
ナガサキシダ		
ヒメワラビ		
ホシダ		
ホラシノブ		
マツザカシダ		
	出現種数	8 1
	総出現種数	39 34

注) 帰化種の判別は清水 (2003) によったが, 史前帰化植物は「在来種」とした。

表6 国分山麓線における法面出現種別被度の経年変化

種名	法面の経過年数(法面方位)																			
	1年(有) (S28°W)	1年 (S60°E)	2年(有) (N10°E)	2年(有) (S25°W)	3年(有) (N25°E)	3年 (N80°E)	3年(有) (S40°E)	4年 (S50°E)	5年(有) (N5°W)	6年(有) (N28°W)	6年 (S80°E)	7年 (N48°W)	7年 (S48°E)	8年(有) (S80°W)	9年 (N50°W)	9年 (S50°W)	9年(有) (S75°W)	10年(有) (N35°W)	10年 (S50°W)	
全体被覆率(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100	95	100	100	93	100	95	
吹付種																				
ウィーピングラブグラス	2	1	2	2	2	2	2	5		3	5	2	5		3	4	1	3	2	
トールフェスク	3	1	5	3		5	3		3	1	3			3	1		1	1	1	
パームユーダグラス	1		1	1					+	+										
ホワイトクローバー	1	5	1	1	+	2		+				1								
メドハギ	1	1	1	1	3	2	3	1	5	1		1					1			
ヤマハギ			1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1							
ヨモギ	4	2	2	3	2	1	2	2	2	1	2	1	1		+		1		2	
侵入種																				
木本類																				
アカメガシワ					+							1		1	1		1	2		
アケビ																		+		
イヌビワ																		+		
イワガネ											1					1				
エノキ																		1		
カラスザンショウ						+														
クサイチゴ						+														
コガクウツギ						+														
スイカズラ																			1	
スギ																		+		
ツルウメモドキ	+																			
ツルコウゾ													+							
テイカカズラ													+		+					
ナガバモミジチゴ						+														
ヌルデ													1		3					
ノイバラ																		+	+	
ハゼノキ																	+	+		
ヒノキ					+															
ヒメバライチゴ						+				+										
フユイチゴ												1								
マルバウツギ								+			+					1				
ミツバケビ						+												1		
ムベ						+														
ヤブムラサキ													1						+	
ヤマヤナギ											1									
タケ類																				
ネザサ							1													
草本類																				
帰化草本																				
アメリカセンダングサ						+		+					1	1						
オオアレチノギク					+			+												
セイタカアワダチソウ				1	2		1	1	1	2	+		1	1	1	+	2	1	1	
ヒメムカシヨモギ			+			1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	
ヘニバナホロギク	1		+		+		1		+						1		1		+	
在来草本																				
アキノノゲシ																				
イタドリ		2																		
イナカギク									+		+		1	1			+		1	
イヌタデ							1											+		
イヌホオズキ													1					+	+	
ウシハコベ							1													
エノキグサ																			+	
エノコログサ	+																			
オニタビラコ	+																			
カエデドコロ																				
カタバミ																				
カラスウリ									+										+	
キツネノマゴ										r									+	
コアカソ						+					+									
ササグサ																				
スミレ	+																			
ススキ				+	2*	1		2		3*	+	2	1			3		3	3	
チヂミザサ	+		+																+	
ツユクサ	+																		+	
ツワブキ													1							
ヌマダイコン																				
ヒカゲノイノコスチ																+		+		
ヒヨドリバナ										+	+	1		+		1			+	
ヘクソカズラ				+							+							+		
ムラサキニガナ								+												
ヤクシソウ						1	+	1	+		1	1	1	1		1			2	
ヤマノイモ										+	+									
レモンエゴマ											+									
シダ類																				
カニクサ					+														+	
コモチシダ																				
ベニシダ							+					3								
赤シシノブ																				
ワラビ						3					2									
種不明			r						+				1		1		+	2	3	
総出現種数	13	6	11	13	21	12	9	12	12	20	10	24	9	13	11	8	26	11	12	

注1) 被度は、5(被覆率75-100%), 4(50-75%), 3(25-50%), 2(10-25%), 1(1-5%), +(1%以下), r(孤立して生育)である(森林立地調査法編集委員会 1999)。

注2) 「ススキ」行で、数字横に「*」があるのは、ススキ種子も混合されて吹付けられた法面である。

注3) 帰化種の判別は清水(2003)によったが、史前帰化植物は「在来種」とした。

注4) 表中の経過年数横に(有)が表示してあるのは「有機吹付工が施工された法面」である。他は客土吹付工が施工されていた。

吹付種の被度は経年的に減少する傾向であるが、10年経過しても、依然としてトールフェスク、ウィーピングラブグラスは被覆していた。また、5年以上経過した法面では、南寄りの法面でウィーピングラブグラスが繁茂している傾向があった。

木本類の法面への侵入は1年経過後から見られたものの、6年以上経過しないと被度は高くならなかった。樹種では、アカメガシワの出現頻度が多かった。

草本類は帰化草本、在来草本共に、1年経過後から被覆が見られた。帰化草本ではセイタカアワダチソウ

(*Solidago altissima* L.), 在来草本ではススキ(*Miscanthus sinensis* Anderss.) が出現頻度, 被度共に優れていた。

シダ類は2年経過後から侵入し始め, 北寄りの法面でよく被覆していた。

3 久木野線

久木野線1工区における法面の出現種別の被覆率を表7に示す。同じ経過年数で, 同じような方位の法面に方形区を2個以上設置した場合は, 方位角, 被覆率はその平均値を示した。法面方位は南南東~南東向きがほとんどで, 1カ所が北向きであった。南南東~南東向き法面での合計被覆率は, 経過年数8年までは30%~50%で推移しており, 10年以上経過すると90%を超えていた。

また, 10年以上経過すると, 吹付種が少なくなり, 木本類や在来草本, シダ類による被覆が増加していた。北向き法面は経過年数が8年であったが, 被覆率の合計値が100%を上回った。これは, 木本類の樹高が高く, 草本類, シダ類からなる草本層を超えており, また木本類の樹幹下にもシダ類等が多く被覆していたことによる。この法面での吹付種による被覆は非常に小さかった。出現種数は, 12年経過法面で最も高かったが, 3年経過から多くの草本類, 木本類が侵入しており, 年数が経過しても種数はあまり変化しない結果であった。また, 吹付種はウィーピングラブグラス, メドハギ, ヤマハギが12年経過しても生育していた。この工区では, ネムノキ(*Albizia julibrissin* Durazz.), セイタカアワダチソウ, ススキの出現頻度, 被覆率共に高かった。

2工区における結果を表8に示す。2工区では, 2年, 9年経過の法面で北東向き, 他の経過年数の法面は南西~南東の南寄りであった。北東向き法面での合計被覆率は高く, 2年経過法面では主に吹付種, 9年経過法面では木本類, シダ類によるものであった。南寄りに向く法面では, 3年経過法面で吹付種が繁茂しているため合計被覆率が高かったが, それ以上年数が経つと被覆率は50%程度に低下していた。木本類は樹高が高くなり, 被覆率も増加していたが, その下層の草本類やシダ類の被覆率が小さいためと思われる。この工区では, 10年経過してもウィーピングラブグラスの被覆率が高かった。種数は2年経過を除くと同程度で推移し, 木本類は3年経過から, 帰化草本や在来草本は2年経過後から侵入していた。この工区で, 出現頻度や被覆率が高かったのは, ネ

ムノキ, ハゼノキ(*Rhus succedanea* L.), オオアレチノギク(*Conyza sumatrensis* E.H.Walker), セイタカアワダチソウ, ススキであった。

4 大根占吾平線

1工区における結果を表9に, 2工区における結果を表10に示す。1工区では, 1年経過法面で南寄り, その他は西寄りであり, 2工区では1年経過法面が南寄り, 他は北寄りの法面であった。また, 両工区とも5年経過の比較的新しい法面である。

多少の増減はあるが, 両工区ともに種数は経年的に増加していた。合計被覆率はシダ類の多い法面で高かった。

緑化に適した樹種の選定と種子採取コスト調査

歩掛かりの結果は表11のとおりである。特に莢から種子を取り出す作業に手間がかかった。

この歩掛かりを元に, 2003年当時の賃金, 保険料, 消耗品費, 諸経費を考慮して, 1kg当たりの種子採取費を算出すると, 採取方法1で莢付き種子17,100円, 莢取り種子で34,400円, 採取方法2では莢付き種子9,800円, 莢取り種子27,100円となった。当時莢取りヤマハギ種子の流通単価は3,500円/kgであったので, 自生地での採取コストは, 流通価格の8~10倍となった。

また, 今回採取した種子による発芽率は50~60%であった。

種子量を削減した吹付試験

1 試験区別種組成の経年変化

施工後2ヶ月(2004年4月), 10ヶ月(同年12月), 18ヶ月(2005年8月), 20ヶ月(同年10月)における法面に出現した種とその種数を試験区別に表12に示す。

種子を吹付けなかった区では, 2ヶ月後には吹付種である4種, 10ヶ月後には6種すべてが確認され, 在来種を削減した区でもヨモギ, メドハギの発生があった。これらは, 他の試験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。

侵入種の帰化草本は, これまで8種が確認された。特にオオアレチノギク, ペニバナボロギクは全試験区で出現した。区では18ヶ月経過で8種すべてが出現した。帰化草本は繁殖力は強いが, 陽性であるため, 今後在来草本, シダ類等が増えてくるに伴い, 消えていく帰化草

表7 久木野線1工区における経過年数ごとの法面出現種別被覆率

種名	経過年数(法面方位)						
	3年(S39°E)	4年(S32°E)	6年(S32°E)	8年(N7°W)	8年(S32°E)	11年(S14°E)	12年(S58°E)
吹付種							
ウィーピングラブグラス	1.5	25.0	25.0		3.5	0.1	0.1
トールフェスク	0.7		0.4				
ホワイトクローバー	18.8	1.3	0.6				
メドハギ	0.1	0.4	0.6	0.0	0.4	0.7	0.2
ヤマハギ	2.8		0.0	0.1			0.1
ヨモギ		0.5	0.3		0.3	0.1	
侵入種							
木本類							
アカメガシワ			0.9			1.1	13.0
アラカシ						15.0	0.1
イヌビワ							0.1
アマクサギ			0.2				
クマノミズキ			0.0				
クロキ							0.2
シイ属sp							0.0
ナガバモミジイチゴ				1.9		0.1	
ナツフジ							0.2
ヌルデ					3.0	1.9	0.6
ネズミモチ							0.0
ネムノキ	0.1			37.5	6.0	48.6	
ハゼノキ					3.6	3.8	0.3
バライチゴ	0.4		0.8				
ヒサカキ	0.3					0.3	1.3
フユイチゴ				0.6			
ホウロクイチゴ				2.8			1.7
草本類							
帰化草本							
アメリカセンダングサ			0.1				0.0
アメリカフウロ							
オオアレチノギク	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0
カモガヤ	0.3						0.2
セイタカアワダチソウ	0.2	0.4	0.4	0.1	12.5	0.8	1.0
チチヨグサモドキ	0.0		0.0				
ヒメムカシヨモギ	0.3						0.0
ブタクサ		0.6					
マツバゼリ	0.2						
マルバトゲチシャ	0.0	0.7					
在来草本							
アオノクマタケラン				1.9			
アキカラマツ			0.2				
アキノノゲシ	0.0		0.2	0.0			0.0
アカネスミレ						0.0	
イヌホオズキ	0.1		0.3				
オトコエシ	13.8		0.2				0.0
オニタビラコ	0.1	0.0		0.0			0.0
カエドコロロ		0.1				0.6	
カタバミ			0.6				0.0
カヤツリグサ科sp							0.2
カラスウリ						0.2	
クズ						2.2	
コナスビ	0.0			0.0	0.2		
ゴマノハグサ							0.0
シバハギ						3.1	
スイバ					0.3		
ススキ		6.3	12.7	6.8	9.4	18.8	9.4
テリハノブドウ					3.1		
ツユクサ					0.0		
ツルソバ	0.9		6.3		2.5		0.2
ツワブキ				0.1			0.6
ヌカキビ				0.3			
ヒメハギ							0.3
ヒヨドリバナ				0.0			
ヘクソカズラ							0.4
ムラサキニガナ				1.6			
ヤブマオ			0.0				
シダ類							
イシカグマ	0.9		0.6	7.8			0.1
オニヤブソテツ				0.4			
カニクサ							0.1
スギナ		0.0					
タマシダ				0.4			12.5
トラノオシダ					0.6	0.1	0.0
ベニシダ						0.4	
ホシダ							2.0
ホラシノブ			0.1			0.1	12.6
ワラビ					50.0		2.0
総出現種数	22	11	24	21	14	21	38
被覆率合計	41.4	35.3	50.6	112.3	45.3	98.1	97.4

注1) 被覆率は小数点第2位で四捨五入した。したがって、「0.0%」は0.05%未満の被覆率である。

注2) 帰化種の判別は清水(2003)によったが、史前帰化植物は「在来種」とした。

表8 久木野線2工区における経過年数ごとの法面出現種別被覆率

種名	経過年数(法面方位)			2年(N28°E)			3年(S55°W)			5年(S23°E)			7年(S24°E)			9年(N15°E)			10年(S1°W)			
	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	
吹付種																						
ウィーピングラブグラス	30	30	0.0	34	56	25.0	10	64	25.0	46	74	25.0				9	35	25.0				
トールフェスク	40	59	50.0	27	57	40.7	21	43	0.2	19	44	0.8				12	23	0.5	17	17	0.0	
ホワイトクローバー	6	20	6.3	11	22	0.8										7	7	0.0				
メドハギ	8	18	1.6	7	42	0.2	8	30	0.1	25	33	0.0				11	11	0.0	8	31	0.0	
ヤマハギ	2	63	1.6	60	60	0.0	16	18	0.3	19	19	0.0							4	8	0.0	
ヨモギ	2	15	1.6	3	26	0.7	2	12	0.8	2	12	0.4				3	15	0.2				
侵入種																						
木本類																						
アオモジ				16	16	0.0																
アカメガシワ																			17	49	3.1	
アケビ							7	80	0.0	5	24	0.0							48	48	0.5	
イヌビワ							21	30	0.1	15	15	0.0										
カラスザンショウ				18	18	0.1										211	211	3.1				
クマイチゴ																19	30	1.6				
サルナシ																56	72	3.1				
スギ																			8	8	0.0	
タブノキ				54	54	0.0																
タラノキ										6	60	3.1										
ヌルデ										11	104	3.1										
ネムノキ							193	193	3.2	9	139	1.9							277	277	14.1	
ハゼノキ				59	59	0.1	12	201	3.4	64	281	12.5				349	349	6.3	15	204	7.2	
ハドノキ																79	189	12.5				
ヒサカキ				18	49	0.0																
フユイチゴ																18	22	0.0				
マテバシイ				3	3	0.0																
ヤマハゼ				13	69	0.2																
草本類																						
帰化草本																						
アメリカフウロ							18	18	0.0													
オオアレチノギク							5	24	0.2	21	22	0.1	2	15	0.1							
オランダミミナグサ	3	30	11.5				6	11	0.0	3	14	0.1	4	8	0.0							
キキョウソウ										16	26	0.0										
セイタカアワダチソウ	32	50	0.0	22	22	0.0	5	37	0.3	2	62	2.5	25	48	0.5	11	40	0.0				
チヂコグサモドキ							2	7	0.1	25	39	0.1	2	19	0.1							
ヒメムカシヨモギ										14	14	0.1	14	21	0.0							
ブタクサ										31	35	0.3							31	31	0.1	
ベニバナポロギク							5	6	0.0													
マルバトゲチシャ										19	35	0.8										
在来草本																						
アキノノグシ				5	26	0.3	16	27	0.2	13	20	0.5							18	18	0.0	
イタドリ																16	78	0.5				
イヌホオズキ							19	39	0.2	24	54	0.3										
ウマノズクサ							16	16	0.0													
オトコエシ							13	17	0.3	9	29	0.3	63	63	0.1	3	12	0.0				
オニタビラコ	17	29	0.1				3	5	0.2	4	17	0.1	3	15	0.5	3	3	0.0				
カタバミ	3	6	0.3	3	17	0.4	2	7	0.2							4	7	0.1				
カヤツリグサ科sp				7	11	0.2	5	7	0.2										5	12	0.0	
カラスノエンドウ																			19	27	0.5	
キランソウ																			24	70	0.0	
クズ																			5	5	0.0	
コナスビ							4	8	0.3										39	39	0.0	
コハコベ				12	22	0.0	11	21	0.0										2	13	0.0	
ススキ				8	62	3.2	54	79	0.8	130	130	2.0	72	113	13.6	45	72	6.3				
スズメノエンドウ										22	43	0.0										
タチツボスミレ																			8	15	0.0	
タネツケバナ							7	16	0.0													
ツワブキ																						
ハルノノグシ	22	22	0.1	22	58	0.2				41	41	0.0	8	62	12.5	20	20	0.1				
ヒメハギ																			12	12	0.0	
ヘビイチゴ										7	12	0.1										
ヤブマオ													7	40	0.1							
シダ類																						
イシカグマ													30	37	1.9							
イノデ													44	69	1.5							
オニヤブソテツ													15	68	2.8							
カナウラビ													71	77	25.0							
コシダ				5	9	0.0																
タマシダ																21	45	2.0				
トラノオシダ							30	30	0.0	5	31	0.3	31	31	0.3	11	11	0.0				
フモトシダ				5	9	0.2																
ホラシノブ				13	24	0.8																
総出現種数	11			23			26			28			28			25						
被覆率合計			73.0			73.2			35.7			54.6			89.0			57.1				

注1) 被覆率は小数点第2位で四捨五入した。したがって、「0.0%」は0.05%未満の被覆率である。

注2) 帰化種の判別は清水(2003)によったが、史前帰化植物は「在来種」とした。

表9 大根占吾平線1工区における経過年数ごとの法面出現種別被覆率

種名	経過年数(法面方位) 方形区の大きさ		1年(S8°E) 1m×1m			3年(N72°W) 2m×2m			4年(S89°W) 4m×4m			5年(N72°W) 4m×4m		
	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)		
吹付種														
ウィーピングラブグラス								27	40	2.4				
トールフェスク						45	60	10.1	14	20	0.5	15	21	0.9
パーミューダグラス						45	63	0.3						
ホワイトクローバー	5	16	43.8	12	26	1.3	5	18	1.1					
メドハギ	9	101	12.5	59	100	1.5	6	101	5.6	93	124	0.3		
ヨモギ				29	55	2.6				42	78	0.1		
侵入種														
木本類									150	2.3		14	30	0.1
アカメガシワ														
アラカシ									30	83	3.6			
コウゾ									28	81	3.5			
マテバシイ														
フユイチゴ				9	26	2.3								
草本類														
帰化草本														
オオアレチノギク				60	100	1.3						53		0.0
カモガヤ									15	40	3.2			
セイタカアワダチソウ									50		0.1			
タチスズメノヒエ									50	77	0.5			
ヒメムカシヨモギ									5	40	0.3			
ペニバナポロギク									40		0.3			
在来草本														
オトコエシ									4	60	2.2	15		0.3
オニタビラコ									2	5	0.3	2	5	0.1
カヤツリグサ科sp									16	33	0.2			
コナスビ									2	4	0.0			
ススキ									40	90	4.5	150		25.0
チヂミザサ									4	15	0.8	3	13	0.1
ツボクサ									6	20	1.6			
ツルニガクサ												5	30	0.5
ヌカキビ									7	16	0.1			
ヌマダイコン				51	51	2.5								
ヘクソカズラ				15	45	1.7								
ヤマノイモ									15	70	0.8	54		0.1
シダ類														
アマクサシダ									30		0.3	15	45	0.5
イシカグマ									11	18	0.2	72	88	3.5
イワガネソウ				12	30	0.3								
イノデ												52		0.5
カニクサ												48	90	0.3
コモチシダ				84		3.9								
ヒメワラビ												62	100	12.5
フモトシダ				25		0.3	15	62	15.8					
ベニシダ									18		0.1			
ホシダ				15	50	62.5						20	45	25.0
ホラシノブ												20	50	1.9
マツザカシダ												20	26	0.0
総出現種数			2			13					25			19
被覆率合計			56.3			90.5					49.9			71.9

注1) 被覆率は小数点第2位で四捨五入した。したがって、「0.0%」は0.05%未満の被覆率である。

注2) 帰化種の判別は清水(2003)によったが、史前帰化植物は「在来種」とした。

本が出てくると考えられる。

在来草本・シダ類は22種出現した。区では20ヶ月経過して15種が出現したが、他の区は4~8種と少なかった。しかしながら、どの区でも、年数が増加とともに、種数も増加していた。

木本類は5種出現していたが、そのほとんどは区で確認された。この区間の法頭部はスギ(*Cryptomeria japonica* D.Don)林であるため、18ヶ月経過からスギの侵入もみられた。

総出現種数をみると、最も多かったのは区の33種

で、他の区では13~16種であり、区の半数であった。

また、~区の法頭部は周辺植生に最も近いにもかかわらず、自生植物の侵入があまりみられなかった。区で侵入種が多いのは吹付種による被覆が少ないので、周囲からの植物の侵入、定着が容易であるためと考えられた。

2 調査区内の被覆率の経年変化

調査区内の被覆率の経年変化を図2に示す。施工後2ヶ月(2004年4月),3ヶ月(同年5月),7ヶ月(同年9月),14ヶ月(2005年4月),16ヶ月(同年6月),18

ヶ月(同年8月),20ヶ月(同年10月)の被覆率を調査区ごとに示した。

出現種を吹付種,侵入吹付種,帰化草本,在来草本・シダ類,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,区では6種,区ではヨモギ,メドハギ以外の4種を指す。

侵入吹付種は,区ではヨモギ,メドハギ,区では6種すべてを指す。これらの試験区では吹き付けていないにもかかわらず,調査区内に出現したためである。種子を吹き付けた4つの試験区では,3ヶ月経過で被覆率が100%となり,それ以降増減はあるが,4つの区ともに,ほぼ同じ率で推移した。18ヶ月経過すると,吹付種の被覆率が減少し,帰化草本や在来草本・シダ類の被覆率が増加し,20ヶ月経っても高い被覆率を維持していた。

区は,当初は侵入吹付種,1年以上経過してからは木本類や在来草本・シダ類の侵入により被覆率が徐々に増加し,20ヶ月経過すると,木本類の被覆率がさらに増加し,全体の被覆率は試験区の中で最も高くなった。

3 調査区内の成立本数の経年変化

調査区内に出現した植物の試験区別成立本数の経年変化を表13に示す。出現種の区分は被覆率と同じである。

区での吹付種は,当初数千本レベルの本数で発芽したが,希望生育本数(表2)に達せず,時間の経過とともに本数は減少している。これら4試験区の被覆率が100%であった2004年5月の成立本数は,4試験区の平均で約1,600本/m²であった。

区では侵入吹付種や帰化草本,在来草本・シダ類により徐々に本数を増加させており,16ヶ月経過で他の4区と同様な値を示した。20ヶ月を経過すると最多となった。

在来草本・シダ類は,18ヶ月を経過してから急激に増加したが,20ヶ月では減少している区があった。これは発生したばかりのシダ類やオニタビラコ(*Youngia japonica* DC.)の実生の増減によるものであった。今後

も法面植生の経過については継続して調べていく必要がある。

考 察

既設切土法面の植生調査

どの路線でも年数の経過と共に,周囲からの植物の侵入により種数が増加しており,早くて1年経過後,少なくとも3年経過後には侵入植物による被覆が見られる結果であった。

法面の植生は,経過年数のほかに法面方位にも影響されると考えられる。林道の切土法面は1:0.8(51.2°)の急勾配で施工されるのが標準であり,また,吹付工の吹付厚は2cm未満と極めて薄いことから,切土法面は水分保持に乏しく,植物が生育するには立地条件が極めて劣悪である(細木ら 2005)。また,南寄りの法面よりは,北寄りの方があまり乾燥状態にさらされないと推察される。したがって,北寄り法面の方が植物,特にシダ類が繁茂し,被覆率に反映しているものと考えられる。

吹付種の外来草本は数年で衰退すると思われたが,今回の調査で,ウィーピングラブグラスやトールフェスクが10年以上生育している法面があった。特にウィーピングラブグラスは,南寄りの法面で長期間生育している傾向があったので,本種は他の吹付種より乾燥に強いと判断される。このため,立地的に乾燥状態になりやすい法面ではウィーピングラブグラスは長く繁茂できるものと考えられる。施工後10年程度の期間では,吹付種による植生から,周辺の自生植物による植生へ置き換わることは困難であり,より長い年月をかけて徐々に変わるものと考えられる。

緑化に適した樹種の選定と種子採取コスト調査

屋久島に開設されている林道屋久島南部線において,自生植物の種子を採取し,吹付けた事例での施工単価は

表 10 大根占吾平線 2 工区における経過年数ごとの法面出現種別被覆率

種名	経過年数(法面方位)		0年(N41°W)			1年(S26°W)			3年(N72°W)			5年(N10°E)		
	方形区の大きさ		1m×1m			1m×1m			2m×2m			4m×4m		
	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)	最小高(cm)	最大高(cm)	被覆率(%)		
吹付種														
ウィーピングラブグラス				23	29	13.7	17	45	36.0	50		0.6		
トールフェスク	13	14	0.4	15	27	5.7	10	26	1.1	20		0.1		
パーミューダグラス				4	31	3.0								
ホワイトクローバー	19	20	81.3	9	25	3.4				14		0.0		
メドハギ	2	10	0.5	8	44	3.2	15	120	15.8	26	140	3.9		
ヨモギ	1	25	0.3	5	47	6.7	30	70	5.0					
侵入種														
木本類														
サカキカズラ							17	17	0.0					
シイ属sp							9		0.0					
スギ							15		0.0					
ネムノキ							25		0.5					
草本類														
帰化草本														
オオアレチノギク							30	52	0.6	2	125	1.1		
カモガヤ							14		0.2	20	41	1.2		
セイタカアワダチソウ				27		0.2								
ヒメムカシヨモギ										22		0.0		
在来草本														
オトコエシ							15	39	1.2					
オニタビラコ							2	5	2.4	1	7	0.1		
コナスビ										1	7	0.0		
コハコベ														
ススキ										167		15.0		
ニガガシユウ							3	9	0.0	4	26	0.0		
ニガナ							3	20	1.5					
ヘクソカズラ				12	12	0.1				13	127	1.9		
ヤマノイモ										49	100	0.7		
シダ類														
アマクサシダ							8	21	0.3					
イシカグマ							5	9	1.4					
イノデ							13	13	0.2					
ヒメワラビ										43	56	0.1		
フモトシダ										23	59	0.4		
ホシダ							11	13	0.3					
ホラシノブ							20	35	7.5					
総出現種数	4		8			19			15					
被覆率合計			82.3			35.9			73.8			25.2		

注 1) 被覆率は小数点第 2 位で四捨五入した。したがって、「0.0%」は 0.05% 未満の被覆率である。

注 2) 帰化種の判別は清水(2003)によったが、史前帰化植物は「在来種」とした。

表 11 種子採取歩掛かり結果(種子 1kg 当たり)

		採取方法1		採取方法2	
莢付き種子	種子採取	1.86	人	種子採取	0.47 人
	精選			精選	
	葉等と莢との分別	0.38	人	枝から莢を落とす	0.40 人
				葉等と莢との分別	0.38 人
莢取り種子	種子採取	1.86	人	種子採取	0.47 人
	精選			精選	
	葉等と莢との分別	0.38	人	枝から莢を落とす	0.40 人
	莢と種子の分別	2.60	人	葉等と莢との分別	0.38 人
				莢と種子の分別	2.60 人

表 12 経過年月ごとの試験区別出現種とその数

出 現 種	試 験 区 分																			
	1区(対照区)				2区(種子量削減)				3区(在来種削除)				4区(量削減・在来削除)				5区(種子なし)			
	2ヶ月	10ヶ月	18ヶ月	20ヶ月	2ヶ月	10ヶ月	18ヶ月	20ヶ月	2ヶ月	10ヶ月	18ヶ月	20ヶ月	2ヶ月	10ヶ月	18ヶ月	20ヶ月	2ヶ月	10ヶ月	18ヶ月	20ヶ月
吹付種 6種																				
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																				
バミュダグラス																				
ヨモギ																				
メドハギ																				
出現種数	6	6	6	6	6	5	5	6	4	5	5	5	4	5	5	5	4	6	6	6
侵入種																				
帰化草本																				
アメリカフウロ																				
オオアレチノギク																				
カモガヤ																				
セイトカアワダチソウ																				
チチコグサモドキ																				
ヒメジョオン																				
ヒメムカシヨモギ																				
ベニバナポロギク																				
出現種数	0	2	2	2	0	3	3	2	0	4	4	4	0	3	3	3	0	6	8	8
在来草本・シダ類																				
アカネ																				
アキノタムラソウ																				
イシカグマ																				
イタドリ																				
オカトラノオ																				
オニタビラコ																				
キランソウ																				
コアカソ																				
シラネセンキュウ																				
ススキ																				
タネツケバナ																				
チヂミザサ																				
ツボスミレ																				
ツユクサ																				
ツワブキ																				
ハコベ																				
ヒヨドリバナ																				
ヘクソカズラ																				
ベニシダ																				
ベニタデ																				
ミドリワラビ																				
ムラサキニガナ																				
出現種数	0	1	5	7	0	3	4	8	0	3	5	6	0	2	4	4	0	10	14	15
木本類																				
クマイチゴ																				
スギ																				
ツクシヤブウツギ																				
ナガバモミジイチゴ																				
フユイチゴ																				
出現種数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3	4	4
総出現種数	6	9	13	15	6	11	12	16	4	12	14	15	4	11	13	13	4	25	32	33

注) 帰化種の判別は清水(2003)によったが, 史前帰化植物は「在来種」とした。

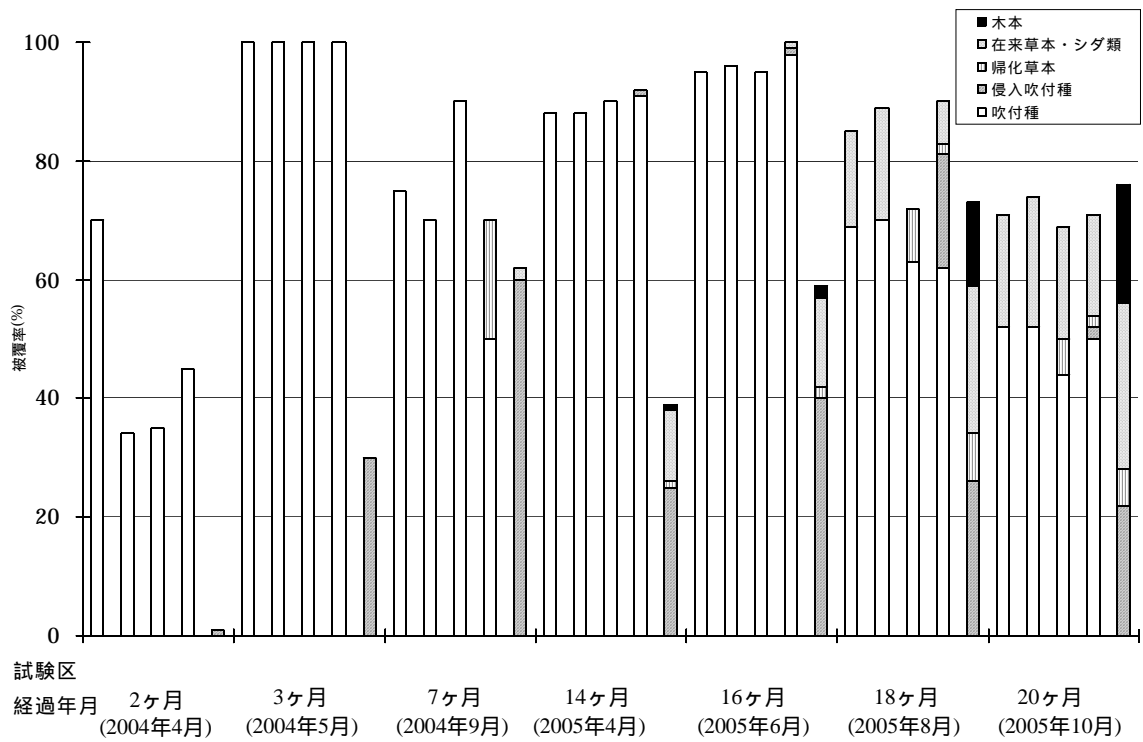


図 2 経過年月ごとの試験区別被覆率の変化

表 13 経過年月ごとの試験区別成立本数の変化 (単位 本/m²)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	侵入吹付種	帰化草本	在来草本・シダ類	木本	
2ヶ月 (2004年4月)		5,216					5,216
		2,288					2,288
		3,760					3,760
		2,304					2,304
3ヶ月 (2004年5月)			32				32
		1,872					1,872
		1,312					1,312
		1,712					1,712
7ヶ月 (2004年9月)		1,632					1,632
			68				68
		112					112
		66					66
14ヶ月 (2005年4月)		129		6			129
		113					119
			18		3		21
		51					51
16ヶ月 (2005年6月)		53					53
		34					34
		43	1				44
			20	8	2	1	31
18ヶ月 (2005年8月)		56					56
		48					48
		44					44
		52	1		1		54
20ヶ月 (2005年10月)			34	13	4	1	52
		56			69		125
		46			119		165
		36			37		73
20ヶ月 (2005年10月)		42	2	2	11		57
			26	42	48	2	118
		43			33		76
		38			61		99
20ヶ月 (2005年10月)		19		1	37		57
		42	4	2	25		73
			18	19	88	2	127

従来工法である厚層基材吹付工の 1.8 倍であった(社団法人鹿児島県治山林道協会 2001)。また、北海道十勝産オオヨモギ (*Artemisia montana* Pamp.) の事例では、通常流通されているヨモギ種子の単価は 3,500 円/kg であるのに対し、オオヨモギの場合は 150,000 円/kg となった報告もある(小林ら 2006)。

自生植物種子を吹付工に使用することはコストがかかるが、工事が行われる現場において、周辺に自生する植物の利用は生物多様性保全にとって最も効果の高い方法(小林ら 2006)とされている。しかしながら、国内での自生種子の流通は、現在のところごくまれであり、自生種の種子を緑化用として生産し、年間を通じて供給できるようにするためには、採種圃の造成や種子の保管技術の確立等解決すべき問題がかなり多い(入谷 2006)。

なお、ヤマハギ類については、緑化等により近縁種が県内各地に広がっていると文献(大工園 2003)もあるので、自生地については注意が必要である。

種子量を削減した吹付試験

在来種とされる植物種子を除外したり、種子量を削減した吹付工は、被覆率が従来のものと差異はなく、これらの工法で十分な緑化が期待できると考えられた。

また、法面上で生育できる植物の本数には限りがあり、今回の被覆率 100%での成立本数から、発芽率等を考慮しても種子量はさらに削減できると考えられる。

種子を吹付けなくても周囲からの植物の侵入により順調に法面が被覆されてきたことから、吹付種子全量を除外できると思われた。同様に種子なしの吹付試験を行っている他の林道、治山施工地の切土法面でも、順調に法面が被覆されてきたことから(下園ら 2006)、この方法は継続して試験を行う必要がある。

このほかに、出先事務所の協力の下、土壌中に含まれる埋土種子を利用するために、深さ 10cm までの土(以下、「表土」)を現場で採取し、客土吹付工により表土を混合し、吹付ける試験を行ったが、今回の種子なし吹付試験と同様に法面に植物が繁茂するまで時間がかかった。また、埋土種子由来の植物はあまり発生しない結果であり(下園ら 2005, 2006)、表土を利用した吹付方法は、まだ改善の余地があると考えられた。

法面保護工本来の目的から考えると、早期に法面を植物で被覆させることが必須であるため、地域環境に配慮した吹付方法は、早期に法面被覆を図るための必要最小限の外来植物の利用も含めて検討することが重要である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、現場の提供や現地調査等、本庁及び県出先事務所の職員の方々、工事関係者の方々に多大なご協力をいただいた。ここに記して深謝の意を表する。

摘 要

地域環境に配慮した切土法面緑化について検討するため、既設切土法面の植生変化の把握や、種子量を削減した吹付試験等を行った結果、以下のことが明らかになった。

1. 数路線の林道について既設切土法面の植生調査を行った結果、どの路線でも年数の経過とともに周囲からの侵入種数は増加しており、少なくとも 3 年経過後には侵入植物による被覆が見られた。
2. 吹付種であるウィーピングラブグラスやトールフェスクが 10 年以上生育している法面もあり、特に乾燥状態になりやすい法面では、ウィーピングラブグラスが長期間生育できると考えられた。
3. 今回の植生調査や文献等から、本県の気候条件に適した緑化用樹種を 43 種選び、この中で県内に自生地があるヤマハギ類について種子採取コストを調査した結果、流通価格の 8 ~ 10 倍となった。
4. 在来種とされる種子を除外したり、種子量を削減した吹付試験を行った結果、被覆率は従来工法と大差なく、これらの工法で十分な緑化が期待できると考えられた。
5. 種子を吹付けなくても、周囲からの侵入により、順調に法面が被覆されてきたことから種子全量を除外できると考えられたが、この方法については、今後も継続して検討する必要がある。

引用文献

- 大工園認(2003)野の花めぐり 秋・初秋編, pp213, 南方新社, 鹿児島.
- 入谷祐司(2006)外来生物法と郷土植物 緑化植物流通の実態. 緑化工技術 27: 25-40.
- 鹿児島県(1990)鹿児島県地質図.
- 鹿児島県林務水産部(2004)森林整備事業設計積算基準. 37-41.

- 鹿児島県林務水産部林業振興課（2001）林道事業設計積算基準（規程・技術編）. pp41 .
- 小林達明・倉本宣（編）（2006）生物多様性緑化ハンドブック，13-58，地人書館，東京．
- 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 27(1)：250-253．
- 細木大輔・米村惣太郎・亀山章（2006）盛土のり面で森林表土利用緑化を行う際の撒き出し厚さ，施肥量，マルチングに関する検討．日本緑化工学会誌 31(3)：385-390．
- 中野裕司（2006）特定外来生物と緑化植物の取り扱い - 牧草は本当に問題か？ - ．緑化工技術 27：67-107．
- 日本緑化工学会（2002）生物多様性保全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．
- 日本生態学会(編)(2002)外来種ハンドブック ,212-213，地人書館，東京．
- 清水建美（編）（2003）日本の帰化植物，11-310，平凡社，東京．
- 下園寿秋・前迫俊一・上野敏夫・中屋雅喜（2005）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．日本緑化工学会誌 31(1)：111-114．
- 下園寿秋・永吉健作・川畑佳子・前迫俊一・上野敏夫（2006）切土法面における種子を配合しない吹付けについて．日本緑化工学会誌 32(1)：203-206．
- 森林立地調査法編集委員会（編）（1999）森林立地調査法，43-46，博友社，東京．
- 杉本正流（1994）吉松の植物たち，pp242，鹿児島県吉松町．
- 社団法人鹿児島県治山林道協会（2001）平成 13 年度（第 42 回）治山林道研究発表論文集．75-86．