

ISSN 1883-017X

BULLETIN  
OF THE

KAGOSHIMA PREFECTURAL FORESTRY TECHNOLOGY CENTER

No. 13

March 2010

鹿児島県森林技術総合センター

研 究 報 告

第 13 号

平成 22 年 3 月



鹿児島県森林技術総合センター

〒899-5302

鹿児島県始良市蒲生町上久徳 182-1

(龍郷町駐在)

〒894-0105

鹿児島県大島郡龍郷町大勝 1032

KAGOSHIMA PREFECTURAL FORESTRY TECHNOLOGY CENTER

AIRA, KAGOSHIMA, JAPAN

鹿児島県森林技術総合センター研究報告

第13号

目次

---

論文

奄美大島における森林土壌を利用した林道切土法面の吹付緑化  
下園寿秋・宮里学・岩智洋・函師朋弘・穂山浩平・・・1

奄美産木材の野外杭打ち試験による防蟻性能評価  
函師朋弘・森田慎一・岩智洋・穂山浩平・日高富男・・・53

資料

奄美におけるダブルレイヤー法による木材の耐候性評価  
森田慎一・函師朋弘\*・岩智洋・・・61

スギ集団葉枯症に関する知見及び文献目録  
東正志・臼井陽介・・・66

鹿児島県におけるシカの林業被害とその対策について  
臼井陽介・川畑真司・穂山浩平・・・72

奄美群島における伝統的な木材利用について  
森田慎一・・・77

## 論文

### 奄美大島における森林土壌を利用した林道切土法面の吹付緑化\*<sup>1</sup>

下園寿秋\*<sup>2</sup>・宮里学\*<sup>2</sup>・岩智洋\*<sup>3</sup>・冏師朋弘\*<sup>3</sup>・穂山浩平\*<sup>4</sup>

**要旨：**奄美大島において低コストで効果的な森林土壌吹付法を確立するため、土壌を吹付けた既設切土法面の植生変化の把握や従来工法を使用して土壌を吹付けた緑化試験等を行った。森林土壌を吹付けた既設林道切土法面は暗褐色の A 層を採取し吹付ければ、数ヶ月で緑化が可能であった。A 層を慎重に採取して林道切土法面の吹付緑化試験を行った結果、埋土種子が順調に発芽し、施工後 6 ヶ月で被覆率 100% になると見込まれた。法面に成立する植物は、林道開設地の森林を構成する植物ではなく、先駆性樹種や陽地性の帰化・在来草本であった。森林土壌吹付施工コストを調べた結果、従来の緑化工法（植生基材吹付工）と大差ないことがわかり、森林土壌を利用した吹付緑化マニュアルを作成した。

**キーワード：**奄美大島、林道切土法面、森林土壌、吹付緑化、種子なし吹付け

#### はじめに

鹿児島県（以下「本県」）奄美大島は総面積 712km<sup>2</sup> の有人島であり、離島関係特別法が適用される我が国の離島のうち佐渡島に次ぐ第 2 位の広さを有し、亜熱帯気候である（鹿児島県大島支庁 2009）。また、アマミノクロウサギ、ルリカケス等貴重な動植物が息息する地域であり、2005 年 9 月には多様な自然との共生を目指した地域づくりの指針としての奄美群島共生プランが策定され、世界自然遺産の候補地ともなっている。このため、固有の自然環境を保全することが奄美地域の重要な課題であり、治山・林道等の公共工事においても、周辺的环境に配慮した工法が必要となっている。

奄美大島島内における林道切土法面の緑化は、県本土と同じような外来の牧草種子を主体とする早期緑化工法が行われてきている。この緑化は生態系への影響が指摘されており（日本緑化工学会 2002）、2005 年 6 月には「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」も施行され、緑化に使用される外来種子そのものが問題となっている（小林ら 2006）。

一方、周辺環境に配慮し、地域植生の回復を図る緑化法として、地域に生育する在来植物の種苗（以下、「地域性種苗（日本緑化工学会 2005）」）、種子、土壌に含まれる埋土種子集団を利用する方法等がある（小林ら

2006）。島内では一部の林道で、吹付緑化企業独自の資材、機械、工法等により森林土壌を採取し、基盤材と混合して切土法面に吹付け、埋土種子を発芽させることにより緑化を図った事例（中村ら 2007）や、島内で採取し養苗した地域性種苗（ポット苗）を切土法面に植栽し、その上から基盤材等のみを吹付け、法面上に苗の生育基盤を作り、緑化を図る事例（下園ら 2008c）があるが、これらの工法は、従来の早期緑化工法である植生基材吹付工等から比較すると施工単価が高いことが現場から指摘されており、従来の吹付緑化工法とのコストバランスも考慮し、かつ地域の自然環境に配慮した緑化ができないか、工法の改善が求められている。

県本土での県営の治山・林道工事において、企業の工法に頼ることなく独自に土壌を吹付けた試験も行ったが、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, 2006b）、埋土種子を利用した吹付方法は、土壌採取方法等検討の余地があった（下園ら 2007b）。

このようなことから、筆者らは低コストで効果的な森林土壌吹付法を確立するため、これまでの土壌を吹付けた既設林道切土法面の植生変化を調査、従来工法を使用して森林土壌を吹付けた緑化試験を実施し、これまでに得られた結果を取りまとめたので報告する。このため、既報（下園ら 2005, 2006b, 2008a, 2008b, 2008c, 2009）

\*1 Shimozono,H.,Miyazato,M.,Iwa,T.,Zushi,T.,Hoyama,K. : Revegetation on cutting slope of forest road by spraying cultivation method using forest soil in Amami island.

\*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

\*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center.Forestry and Environment div., Kamo 899-5302 Japan.

\*3 鹿児島県森林技術総合センター龍郷町駐在

\*3 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center Tatsugou Office, Tatsugou 894-0135 Japan.

\*4 現 鹿児島県森林整備課

\*4 Present address : Kagoshima Pref. Forestry Development Division., Kagoshima 899-8577 Japan.

と一部重複することをご了解願いたい。

本研究は国土交通省の奄美群島振興開発事業森林資源活用調査 (2007 ~ 2009 年度) により行った。

### 調査地と調査方法

#### 森林土壌等を吹付けた既設切土法面の植生調査

森林土壌を利用した緑化事例は、日本緑化工学会誌に掲載されただけでも北は宮城県から南は鹿児島県奄美大島までの広い範囲に存在するが 14 事例と少なく、緑化成績 (被覆率) もばらつき (中野 2009)、切土法面もあれば盛土法面もある等施工された立地環境も様々で、土壌採取方法等の施工の詳細が不明な点も多い。また、この緑化法は採取した土壌を基盤材等と混合して吹付ける方法で、従来の外来種子による緑化と比べると、基盤材等と混合する緑化材料が種子から土壌に置き換わっただけの工法である。これらのことから、詳細を把握している県本土の施工事例において、土壌の採取方法や採取する深さ、基盤材との混合割合等の基礎的な要素と切土法面に成立する植生との関係を検討し、各事例での問題点を探り、その解決策を見いだせば、県本土と気候や土壌等立地条件が違う奄美大島でも十分適用できると考えられる。

このため、森林土壌を吹付けた緑化法を施工時から当森林技術総合センター (以下「センター」) で調査している南さつま市 (旧加世田市) の林道鳴石線・久木野線、出水市の林道北薩 1 号線の既設切土法面で植生調査を行った。また、大島郡宇検村の林道新小勝線でも調査した。同線 1 工区の切土法面では、企業の工法 (工法名 マザーソイル工法) による森林土壌の吹付けで緑化を図っており、緑化状況については既に報告されている (中村ら 2007)。2 工区の切土法面では地域性種苗の植栽によ

り緑化を図っており、土壌は吹付けていないが、切土法面への苗植栽という事例が少ない緑化方法であり、周辺環境に配慮した緑化法として今後の参考とするために調査した。

#### 1 鳴石線

県営で開設した林道鳴石線の 2002 年度開設区間 (延長 160 m) の切土法面に設置した森林土壌吹付試験地 (北緯 31 度 21 分 33.6 秒, 東経 130 度 18 分 8.8 秒付近) で調査した。この試験地は、センター協力の下、出先事務所が独自に設定した試験地である。法面の標高は 220m 付近、基岩は砂岩 (鹿児島県 1990)、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 8m から 14m である。

当該区間はマテバシイ (*Lithocarpus edulis*) が優占する天然生常緑広葉樹林 (以下、「広葉樹林」)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 人工林、コジイ (*Castanopsis cuspidata*) が優占する広葉樹林の 3 区分の森林を通過するため、2002 年 4 月に 10m 四方の方形区を 1 箇所ずつ設置して (以下、コジイ優占林に設置した方形区を「Plot.1」、ヒノキ人工林に設置した区を「Plot.2」、マテバシイ優占林に設置した区を「Plot.3」とする。)、階層区分を行い、Braun-Blanquet の被度 (森林立地調査法編集委員会 1999) を調べた。その後各方形区の中央付近に 50cm×50cm の枠を設け、その中の落葉層を除く地表から深さ 10cm までの土壌を採取し、センターに持ち帰り発芽試験を行った。持ち帰った土壌は 7mm の篩いで石や落葉等を除去し、育苗箱 (34cm×49cm×9cm) に鹿沼土とさし芽土の 1:1 の混合土を 4cm 厚で入れ、その上に土壌を 2cm 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

表 1 鳴石線での各試験区の概要

試験区名	対 照 区		10%区		20%区		40%区	
工 法	通常の客土吹付工 (2cm厚)		トールフェスクだけ配合した客土吹付工 (2cm厚)		トールフェスクだけ配合した客土吹付工 (2cm厚)		トールフェスクだけ配合した客土吹付工 (2cm厚)	
			基盤材に対し10%の土壌を混合		基盤材に対し20%の土壌を混合		基盤材に対し40%の土壌を混合	
基盤材の量 (リットル/100m <sup>2</sup> )	2,600		2,340		2,080		1,560	
配合種子	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生期待 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生期待 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生期待 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生期待 本数 (本/m <sup>2</sup> )
トールフェスク	0.294	600	0.400	820	0.400	820	0.400	820
ウィーピングラブグラス	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

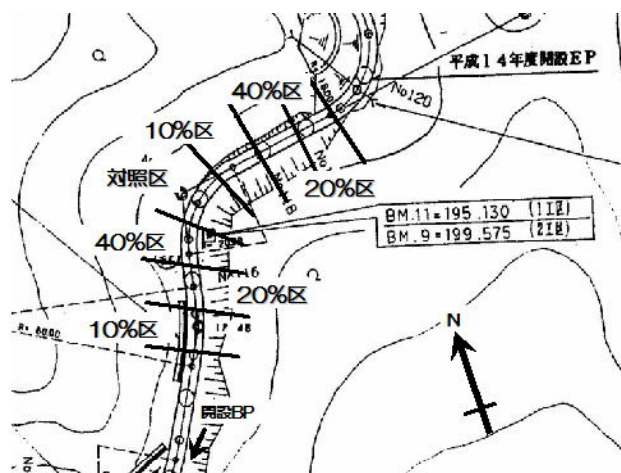


図1 鳴石線での各試験区的位置

30分, 11時, 14時, 17時の1日4回, 各60秒間行った。同年10月までの出現種数と本数から, 吹付けに使用するための土壌を採取する森林を決定した。

当該切土法面の吹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」(鹿児島県林務水産部林業振興課 2001)により客土吹付工を施工した。これはピートモス, パーク堆肥等から成る基盤材(2,600L/100m<sup>2</sup>), 接合剤, 肥料等にトールフェスク(*Festuca arundinacea*), ウィーピングラブグラス(*Eragrostis curvula*), ホワイトクローバー(*Trifolium repens*), ヨモギ(*Artemisia* spp), メドハギ(*Lespedeza cuneata*), ヤマハギ(*Lespedeza bicolor*)の6種の種子を混ぜて吹付ける工法であり, 設計上期待される発生活期本数(村井ら 1997)は4,000本/m<sup>2</sup>である(表1)。

本試験では, 土壌の混合割合を基盤材に対して10%, 20%, 40%とした(以下, 試験区名を「10%区」, 「20%区」, 「40%区」)。「対照区」は通常の客土吹付工とし, 対照区を挟むように2回反復の土壌吹付区(以下, 「土壌区」)を設置した(図1)。雨水等による法面の土砂流出等を防止するため, 土壌区も初期緑化を行った。吹付

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)。土壌は工事発注後の2002年10月に採取した。小型バックホウで深さ10cmまでの土壌を大型土のう袋(通称1トン土のう)に詰め, 現場内に置いた。吹付けは同年12月に施工した。採取した土壌を, 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付けた。吹付け後, 塩ビパイプ(VP-13)で作成し直径3mmのクレンナロープで16等分の基盤目状にした枠内寸法1m×1mの方形枠(以下「調査区」)を土壌区では1箇所ずつ, 対照区には2箇所設置した。調査区での植生経過調査は, 2003年度から2005年度までは1~2ヶ月おきに行い, それ以降は2006年8月, 2008年9月, 2009年の9月に調べた。調査区内での出現種別の本(株)数, 被覆率, 調査区外では, 法面に出現する植物種を試験区別に調べた。

## 2 久木野線

県営林道久木野線の2003年度開設区間(延長360m)に設置した森林土壌吹付試験地(北緯31度19分38.4秒, 東経130度15分42.3秒付近)で調査した。この試験地も, 出先事務所が独自に設定したものである。久木野線の法面は標高260m, 地質は砂岩頁岩互層(鹿児島県1990), 方位はN8°WからN80°W, N58°Wの北西から北北西及び北東向き, 勾配は1:0.8(51.2°), 法長は5mから12mである。

当該区間の切土法面の吹付工は, 現地調査等により吹付厚約2cmの客土吹付工を施工した。本試験では通常の客土吹付工を「対照区」とし, 「種子なし区」, 「土壌区」を設置した。「種子なし区」は種子を除外し, 基盤材, 接合剤だけを吹付けた。「土壌区」は基盤材に対する混合割合を20%(試験区名20%区), 50%(50%区), 100%(100%区)とした(表2, 図2)。また, 20%区ではイタリアンライグラス(*Lolium multiflorum*)によ

表2 久木野線における各試験区の概要

試験区名	対 照 区		種子なし区		20%区		50%区		100%区	
工 法	通常の客土吹付工(2cm厚)		種子なしの客土吹付工(2cm厚)		イタリアンライグラスだけの客土吹付工(2cm厚)		種子なしの客土吹付工(2cm厚)		種子なしの客土吹付工(2cm厚)	
					基盤材に対し20%の土壌を混合		基盤材に対し50%の土壌を混合		基盤材に対し100%の土壌を混合	
基盤材の量 (リットル/100m <sup>2</sup> )	2,600		2,600		2,080		1,300		0	
配合種子	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生活期 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生活期 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生活期 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生活期 本数 (本/m <sup>2</sup> )	種子量 (kg/100 m <sup>2</sup> )	発生活期 本数 (本/m <sup>2</sup> )
トールフェスク	0.294	600	-	-	-	-	-	-	-	-
ウィーピングラブグラス	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	-	-	-	-	-	-	-	-
イタリアンライグラス	-	-	-	-	0.200	770	-	-	-	-
計	1.434	4,000	0.000	-	0.000	770	0.000	-	0.000	-

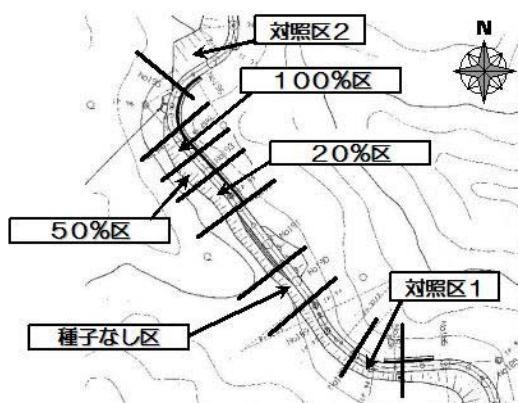


図2 久木野線における各試験区の位置

る初期緑化も行った(表2)。対照区は2区、他の試験区は1区ずつ設置した(図2)。

吹付ける土壌は、工事発注後の2003年8月に当区間が通過するマテバシイ優占の森林内から採取した。小型バックホウで深さ10cmまでの土壌を採取し、大型土のうに詰めて現場内に保管した。吹付けは2004年2月に施工した。保管した土壌を篩い機に2回かけて落葉等を除き、基盤材等と混合し吹付けた。施工後鳴石線と同様の1m四方の調査区をそれぞれ1カ所設置した。

吹付けに使用した土壌の一部をセンターに持ち帰り発芽試験に供した。試験は鳴石線と同様に育苗箱(34cm×49cm×9cm)で行った。区間付近の植生については、吹付け後、法面付近の森林に20m四方の方形区を1箇所設置して、階層区分を行い、Braun-Blanquetの被度を調べた。法面植生の経過調査は2004年4月から2005年10月までは1～2ヶ月おきに行い、それ以降は2006年6月、2008年9月、2009年9月に調べた。調査区内では出現種別の本(株)数、被覆率、調査区外の試験区では出現する植物種を調べた。から1～2ヶ月おきに行い、方形区内の出現種別の本(株)数、被覆率、方形区外の法面に出現する植物種を調査した。

### 3 北薩1号線

出水市下大川内に開設されている県営林道北薩1号線の2006年度開設区間(延長190m)内の切土法面(北緯32度3分14秒、東経130度26分54秒付近)に設置した森林土壌吹付試験地で調査した。この試験地は県単試験(試験名 自然環境に負荷を与えない法面緑化技術の確立)で設置したものである。法面付近の標高は210m、表層地質は砂岩及び同優勢互層(鹿児島県1990)、方位は北北西～西北西、法面勾配は1:0.8(51.2°)、法長

は12～14mである。施工地付近はシカ(*Cervus nippon*)が高密度に生息する地域(鹿児島県林水産部森林整備課2007)であり、当林道の既設法面は度重なる食害を受け、ウィーピングラブグラスあるいはメドハギのみの法面や裸地化している箇所もあった。

当開設区間はコジイ等が優占する広葉樹林、ヒノキ林、スギ(*Cryptomeria japonica*)林の3つの森林を通過するため、2006年7月に方形区を各1箇所設置し、階層区分を行い、Braun-Blanquetの被度を調べた。方形区の大きさ等は表18のとおりである。

森林土壌は上からA<sub>0</sub>層、A層、B層、C層というように土層が区分される(林野庁1998)。当初、最上層であるA<sub>0</sub>層が下層の土壌より種子量が多く緑化に効果的と思われる。また、これまでの施工事例では土壌層位を考慮することなく、ただ機械的に一定の深さ(10cm程度)までの土壌を採取し、吹付けているような感がある。このようなことから、A<sub>0</sub>層と次に種子量が多いと考えられるA層とで緑化状況を比較するため、これらを区別して採取した。各森林の方形区調査終了直後に各区の中央部に6m×6m区を1箇所ずつ設置し、吹付けに使用するA<sub>0</sub>層を採取した。区内のA<sub>0</sub>層を竹製ほうきで掃き集め、48cm×62cmの土のう袋につめて、直ちにセンターへ持ち帰り、そのままセンターのスギ林内へ置いた。採取量は広葉樹林5袋、ヒノキ林3袋、スギ林4袋であり、一部地表面のA層も含まれていた。工事発注後の2006年9月に吹付用のA層を採取した。採取直前に広葉樹林を通過する区間で層位を調べたところ、腐植が混ざる暗褐色のA層は地表から深さ15cmまでであったので、広葉樹林区間内の地表から深さ10cmまでのA層を吹付用として採取した。スギ、ヒノキ林の林床には岩石が点在していたため採取しなかった。大型バックホウで、対象とするA層より下層の土壌が入らないよう色を見極めながら慎重に採取し、大型土のう袋(通称1トン土のう)1袋に入れて、現場内に置いた。この中には一部のA<sub>0</sub>層も含まれていた。

当切土法面の吹付工は、現地調査等により吹付厚2cmの客土吹付工を施工した。本試験では通常の客土吹付工を吹付けた「対照区」、基盤材:A層を7:3の割合で混合し種子なしの客土吹付工を施工した「A層区」、基盤材全量と採取したA<sub>0</sub>層全量(0.08m<sup>3</sup>)を混合し吹付けた「A<sub>0</sub>層区」、種子なしの客土吹付工のみを施工した種子なし区、シカ食害を受けにくいといわれている植生マット(日新産業(株)製 ガンリョクマットA型(樹林・特配))を施工したマット区の5つの試験区を1箇所ずつ設けた(表3、写真1)。吹付けは2007年3月に



表 3 北薩 1 号線における各試験区の概要

試験区名	対照区	A層区	A <sub>0</sub> 層区	種子なし区	マット区	
工 法	客土吹付工 (2cm厚)	種子なし客土吹付工 (2cm厚) 基盤材に対し30%のA層を混合	種子なし客土吹付工 (2cm厚) 採取したA <sub>0</sub> 層を混合	種子なし客土吹付工 (2cm厚)	厚層植生マット (ガンリョクマットA型)	
基盤材の量 (t/100m <sup>2</sup> )	2,600	1,820	2,600	2,600	500	
配合種子	種子量 (kg/100m <sup>2</sup> )	発生期待本数 (本/m <sup>2</sup> )	吹付種子の配合なし 森林土壌780 L/100m <sup>2</sup>	吹付種子の配合なし	吹付種子の配合なし	種子量 (kg/100m <sup>2</sup> )
クレービングレッドフェスク	0.082	600	-	-	-	0.250
パーミュダグラス	0.022	600	-	-	-	0.075
ホワイトクローバー	0.045	400	-	-	-	-
ヨモギ	0.055	1,000	-	-	-	0.186
メドハギ	0.250	1,000	-	-	-	0.493
ヤマハギ	0.491	400	-	-	-	0.450
ケンタッキーブルーグラス	-	-	-	-	-	0.050
コロアルベントグラスハイランド	-	-	-	-	-	0.075
ススキ	-	-	-	-	-	0.032
コマツナギ	-	-	-	-	-	0.118
エニシダ	-	-	-	-	-	0.193
ヤシヤブシ	-	-	-	-	-	0.014
計	0.945	4,000	-	-	-	1.936

注) マット区での発生期待本数は示さなかった。

施工した。A 層及び A<sub>0</sub> 層は、すべて現場で篩い機により篩いにかけて細粒化して吹付けた。吹付面積は各区共に 100m<sup>2</sup> 程度であった。

吹付けに供した A 層、A<sub>0</sub> 層は、一部をセンターに持ち帰り発芽試験を行った。育苗箱 (34cm×49cm×9cm) に鹿沼土とさし芽土の 1:1 の混合土を 4cm 厚で入れ、その上に A 層を 2cm 厚で敷き、センター内のハウスに置いた。A<sub>0</sub> 層についても同様に行い、2 回繰り返した。ハウス周辺からの侵入種を把握するため、混合土だけの箱も 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 秒間行い、2007 年 10 月に出現種別の本数を調べた。

吹付け施工後、鳴石線と同様の調査区を対照区に 1 箇所、それ以外の区には 2 箇所ずつ設置した。2007 年 4 月から 9 月まで 1 ヶ月おき、2008 年 6 月、2009 年 9 月に、調査区内の出現種別の本 (株) 数および被覆率 (%), 調査区外の試験区法面に出現する種類、シカ食害状況を調べた。被覆率は目測で調べた。食害防止のための防獣ネット (福井ファイバーテック社製 SPG-P3085) を試験区に張った。



写真 1 北薩 1 号線における各試験区の位置

#### 4 新小勝線 2 工区

県営林道新小勝線は起点 (下流の宇検村須古側) からと終点 (上流の林道宇検中央 1 号線側) からの 2 方向から開設されており、起点からの開設工区を「1 工区」、終点からの工区を「2 工区」としている。1 工区の切土法面では、企業の工法による森林土壌の吹付けで緑化を図っている。今回は、2 工区での地域性種苗の植栽による緑化について、2005 年度 (北緯 28 度 8 分 55.8 秒、東経 129 度 10 分 31.9 秒付近)、2006 年度開設区間 (北緯 28 度 8 分 58.5 秒、東経 129 度 10 分 31.0 秒付近) の切土法

表 4 奄美グリーンベルトが選定した在来種

種 名	科 名
木本類	
アカメガシワ	トウダイグサ科
サキシマフヨウ	アオイ科
計 2種	
草本類	
カラムシ	イラクサ科
チガヤ	イネ科
ニシヨモギ	キク科
ハチジョウススキ	イネ科
計 4種	
シダ類	
コシダ	ウラボシ科
シロヤマゼンマイ	ゼンマイ科
ハチジョウカグマ (タイワンコモチシダ)	シシガシラ科
タマシダ	ツルシダ科
ヒトツバ	ウラボシ科
ホシダ	ヒメシダ科
ホラシノブ	ホングウシダ科
リュウキュウイノモトソウ	イノモトソウ科
計 8種	
合計	14種

表 5 新小勝線 2 工区における各試験区の概要

試験区名	対照区		05区		06区	
	工 法	厚層基材吹付工 (3cm厚)	種子なし厚層基材吹付工 (3cm厚) ポット苗植栽	種子なし厚層基材吹付工 (3cm厚) ポット苗植栽	種子なし厚層基材吹付工 (3cm厚) ポット苗植栽	種子なし厚層基材吹付工 (3cm厚) ポット苗植栽
植生基材の量		7,800リットル/100m <sup>2</sup>	7,800リットル/100m <sup>2</sup>	7,800リットル/100m <sup>2</sup>	7,800リットル/100m <sup>2</sup>	7,800リットル/100m <sup>2</sup>
吹付・植栽種	種子量 (kg/100m <sup>2</sup> )	発生期待本数 (本/m <sup>2</sup> )	植栽本数 (本/100m <sup>2</sup> )	植栽本数 (本/100m <sup>2</sup> )	植栽本数 (本/100m <sup>2</sup> )	植栽本数 (本/100m <sup>2</sup> )
トールフェスク	0.230	600	-	-	-	-
ウィーピングラブグラス	0.030	600	-	-	-	-
ホワイトクローバー	0.050	400	-	-	-	-
ヨモギ	0.060	1,000	-	-	-	-
メドハギ	0.250	1,000	-	-	-	-
ヤマハギ	0.490	400	-	-	-	-
カラムシ	-	-	-	-	-	30
チガヤ	-	-	-	-	-	30
ニシヨモギ	-	-	45	45	45	30
ハチジョウススキ	-	-	45	45	45	30
タマシダ	-	-	45	45	45	30
ホシダ	-	-	45	45	45	30
計	1.110	4,000	180	180	180	180

面で調査を行った。開設延長は 2005 年度が 200m, 2006 年度が 140m である。当該法面における工法の概要は表 4 のとおりである。

植栽に使用した種類は NPO 法人「奄美グリーンベルト」が地元の植物専門家に指導を受けながら調査選定したものである (表 3)。苗は、この法人が技術指導している島内 6 箇所の障害者福祉施設が生産しており、現在では、県道工事等にも使用され、年間 15,000 本以上を確保できる体制となっている。また、生産している種類のリスト、苗の採取地や規格、特性等を記載した種類別の個表、苗生産地の記録等が、法人から工事発注者へ提出され、これを基に発注者は法面に植栽する種類や本数を決定している。

2005 年度区間の工事発注前に、同林道の 4 年以上経過した切土法面の植生調査を行い、その中から本工事で植栽する種を選定した。当該開設区間の切土法面の吹付

工は、現地調査等により吹付厚 3cm の植生基材吹付工が計画されていた。これはパーク堆肥、ピートモス等からなる植生基材 (7,800L/100m<sup>2</sup>)、法面を安定させる接合剤、肥料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あり、発生期待本数は 4,000 本/m<sup>2</sup> である (表 5)。本施工では、2006 年 1 月、2007 年 1 月にラス金網を張った後、そのアンカーピンの位置に苗を 100m<sup>2</sup> 当たり 180 本置き (写真 2、苗の本数はアンカーピン設置本数と同じ)、その上から種子なしの厚層基材吹付工を行った (以下「植栽区」)。施工面積は 2005 年度が 1,462m<sup>2</sup>、2006 年度は 1,294m<sup>2</sup> であった (以下、2005 年度植栽区を「05 区」、2006 年度植栽区を「06 区」)。なお、苗の葉をつけたまま吹付けると、吹付ける圧力で葉が飛び、苗が損傷するため、吹付け直前に葉を削除した。

吹付け後、施工区間ごとに縦 2m × 横 5m の調査区を 3 箇所ずつ設置し、2007 年 7 月、2008 年 7 月、2009 年 8 月に調査区内の出現種別の本 (株) 数、被覆率、調査区外の法面に出現する植物種等を調べた。チガヤ (*Imperata cylindrica*)、ニシヨモギ (*Artemisia indica*) 等については根茎が横にはいながら地上部を増加させるため、茎の本数を数えた。被覆率は目測により調べた。

施工区間付近の植生調査は、同年 7 月に周辺森林を踏査しながら出現種を記載し、各種数本について樹高を計測した。また、従来の工法と比較するため、通常の厚層基材吹付工 (吹付厚 3cm) を施工している 2004 年度施工区間の切土法面 (方位 S4°W, 法長 3m から 18m) に、2007 年 7 月、1m × 1m の調査区 (以下、「対照区」) を 2

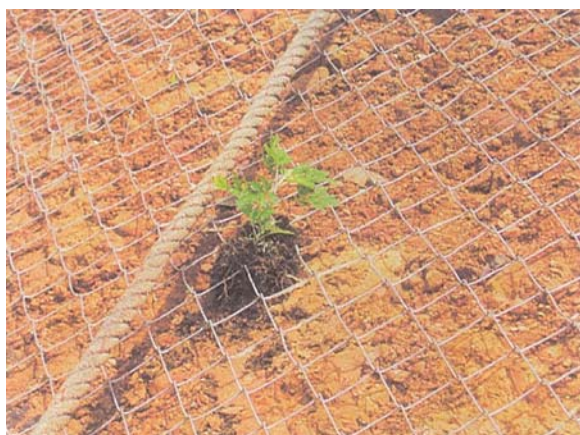


写真 2 アンカーピン位置に設置したニシヨモギ苗



表 6 平田線における 2007 年度各試験区の概要

試験区名	対照区	A層区	A <sub>0</sub> 層区	種子なし区	
工 法	通常の 植生基材吹付工 (3cm厚)	種子なし植生基材吹付工 (3cm厚) 基盤材に対し30%のA層を混合	種子なし植生基材吹付工 (3cm厚) 採取したA <sub>0</sub> 層全量を混合	種子なし植生基材吹付工 (3cm厚)	
試験区面積 (m <sup>2</sup> )	93.1m <sup>2</sup>	23.3m <sup>2</sup>	101.9m <sup>2</sup>	101.5m <sup>2</sup>	
基盤材の量 (リットル/100m <sup>2</sup> )	6,000	4,200	6,000	6,000	
配合種子	種子量 (kg/100m <sup>2</sup> )	発生期待本数 (本/m <sup>2</sup> )	吹付種子の配合なし 土壌1,800リットル/100m <sup>2</sup>	吹付種子の配合なし A <sub>0</sub> 層74リットル/100m <sup>2</sup>	吹付種子の配合なし
クレーピングレッドフェスク	0.082	600	-	-	-
パーミューダグラス	0.022	600	-	-	-
ホワイトクローバー	0.045	400	-	-	-
ヨモギ	0.055	1,000	-	-	-
メドハギ	0.250	1,000	-	-	-
ヤマハギ	0.491	400	-	-	-
計	0.945	4,000	-	-	-

箇所設置し、植栽区と同様の調査を行った。2 工区が通過する付近の標高は 250m、表層地質は砂岩・頁岩互層（鹿児島県 1990）である。

森林土壌吹付試験

1 2007 年度試験

奄美大島の南西部に位置する大島郡宇検村平田（へた）に開設されている県営林道平田（へた）線の 2007 年度開設区間（延長 220m）の切土法面（北緯 28 度 14 分 86.8 秒付近、東経 129 度 13 分 47.1 秒付近）で試験した。法面の標高は 160m、表層地質は砂岩・頁岩互層（鹿児島県 1990）、方位は S14° W ~ S24° W の南南西、勾配は 1:0.8 (51.2°)、法長は 1.4m ~ 16.5m である。

2007 年 6 月、施工地付近の天然生広葉樹林内に 20m × 20m の方形区を 1 箇所設置し、階層区分を行い、Braun-Blanquet の被度を調べた。北薩 1 号線と同様、奄美大島における A<sub>0</sub> 層と A 層との緑化の違いを調べるため、方形区内の植生調査終了直後に、方形区の中央部に

10m × 10m 区を設置し吹付けに供する A<sub>0</sub> 層を採取した。区内の A<sub>0</sub> 層を竹製ほうきで掃き集め、48cm × 62cm の土のう袋につめて、直ちに持ち帰り、吹付け時までセンター龍郷町駐在（以下「駐在」。）内に置いた（図 3）。

工事発注後の 2007 年 8 月に吹付用の A 層を採取した。開設区間内の岩石が点在していない場所で採取した。直前に土壌層位を調べたところ、腐植が混ざる暗褐色の A 層は地表から深さ 10cm までであったので、地表から深さ 10cm 弱までの土壌を採取した。大型バックホウや人力によるスコップ等で下層の土壌が入らないよう色を見極めながら慎重に採取し、大型土のう袋（通称 1 トン土のう）1 袋に入れて、吹付け時まで工事現場内に置いた。この中には A<sub>0</sub> 層も含まれていた。

当初切土法面では、現地調査等により吹付厚 3cm の植生基材吹付工が計画されていた。本試験では、通常の植生基材吹付工で吹付けた「対照区」、種子なしの植生基材吹付工のみを施工した「種子なし区」、基盤材と A 層を 7:3 の割合で混合し種子なしの植生基材吹付工により

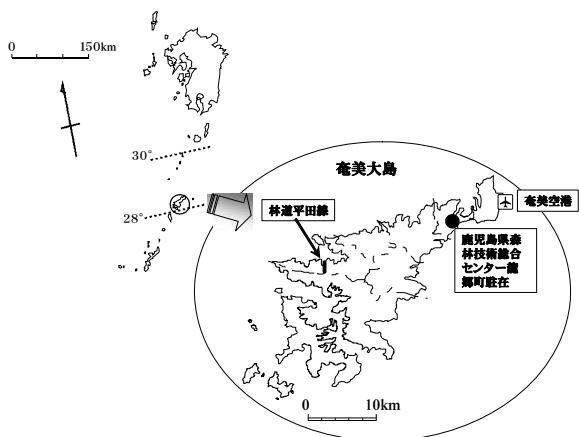


図 3 林道平田線及び駐在の位置

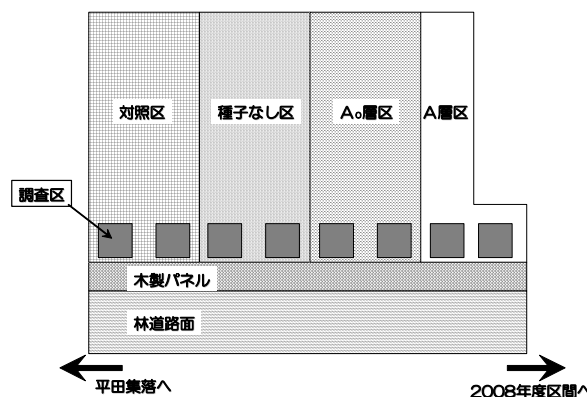


図 4 平田線における 2007 年度試験区の設定

表7 平田線における2008年度各試験区の概要

試験区名	対照区		A層区	種子なし区
工 法	通常の 植生基材吹付工 (3cm厚)		種子なし植生基材吹付工 (3cm厚) 基盤材に対し27%のA層を混合	種子なし植生基材吹付工 (3cm厚)
試験区面積 (m <sup>2</sup> )	3151.4m <sup>2</sup>		40.2m <sup>2</sup>	465.9m <sup>2</sup>
基盤材の量 (リットル/100m <sup>2</sup> )	6,000		4,320	6,000
配合種子	種子量 (kg/100m <sup>2</sup> )	発生期待本数 (本/m <sup>2</sup> )	吹付種子の配合なし 土壌1,800リットル/100m <sup>2</sup>	吹付種子の配合なし
クリーピングレッドフェスク	0.082	600	-	-
パーミューダグラス	0.022	600	-	-
ホワイトクローバー	0.045	400	-	-
ヨモギ	0.055	1,000	-	-
メドハギ	0.250	1,000	-	-
ヤマハギ	0.491	400	-	-
計	0.945	4,000	-	-

吹付けた「A層区」、基盤材全量と採取したA<sub>0</sub>層全量(74リットル)を混合して、種子なし植生基材吹付工で吹付けた「A<sub>0</sub>層区」の4つの試験区(表6)を図4のように設けた。なお、A層区は採取量が少なかったため、他区より吹付面積が小さかった。吹付けは2008年3月に行った。採取したA層、A<sub>0</sub>層は、すべて篩いにかけて、落葉や石礫をある程度取り除いてから吹付けた。吹付けに供したA層及びA<sub>0</sub>層は、一部を駐在に持ち帰り、その中に含まれる埋土種子の発芽試験を行った。育苗箱(34cm×49cm×9cm)にさし芽土と赤玉土の1:1の混合土を4cm厚で入れ、その上に土壌を2cm厚で敷き、駐在内のミストハウス内に置いた。A<sub>0</sub>層についても同様に行い、それぞれ4回繰り返した。また、ハウス周辺からの侵入種を把握するため、混合土だけの箱も1箱置いた。かん水は自動で10時と16時の1日2回、各10分間行い、2008年7月に出現種別の本数を調べた。

吹付け施工後、塩ビパイプ(VP-13)で作成し、直径3mmのクレモナロープで16等分の基盤目状にした枠内寸法1m四方の方形枠(以下「調査区」)を各試験区に2箇所ずつ設置し、2008年4月から2009年8月まで1~3ヶ月おきに調査区内の出現種別本(株)数及び被覆率(%), 調査区外の試験区法面に出現する種を調べた。被覆率は目測で調べた。

2 2008年度試験

2008年度試験は、同じ平田線の2008年度開設区間(延長258m)の切土法面(北緯28度15分0.9秒付近, 東経129度13分27.9秒付近)で行った。法面の標高は200m, 表層地質は砂岩・頁岩互層(鹿児島県1990), 方位はS12°Wの南南西, 勾配は1:0.8(51.2°), 法長は5.2m~27.9mである。2008年度開設区間の植生は

2007年度区間とほとんど同じであったため、植生調査は実施しなかった。

工事発注後の2008年10月に吹付用のA層を、開設区間内の岩石が点在していない場所で採取した。直前に土壌層位を調べたところ、腐植が混ざる暗褐色のA層は地表から深さ5cmまでであったので、地表から深さ5cm弱までの土壌を採取した。大型バックホウ等で下層の土壌が入らないよう色を見極めながら慎重に採取し、篩いにかけて、48cm×62cmの土のう袋に10リットルずつ、90袋つめて、寒冷紗を掛け現場内に置いた。この中にはA<sub>0</sub>層も含まれていた。なお、2007年度試験及び北薩1号線の結果から判断して、2008年度はA<sub>0</sub>層を吹付けた試験区を設定しなかった。

2008年度切土法面でも吹付厚3cmの植生基材吹付工が計画されていた。試験では、通常の植生基材吹付工の「対照区」、基盤材とA層を73:27の割合で混合し、種子なしの植生基材吹付工により吹付けた「A層区」、種子なしの植生基材吹付工のみを施工した「種子なし区」

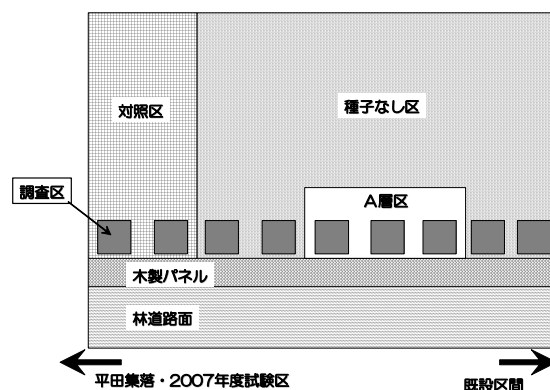


図5 平田線における2008年度試験区の設定



写真3 吹付箱への吹付状況 (2009年2月)



写真4 駐在ミストハウスでの吹付箱の発芽試験

の3つの試験区(表7)を図5のように設けた。また、対照区からA層区への種子飛来を極力なくするため、種子なし区に囲まれる形でA層区を設定した。吹付けは2009年2月に行った。埋土種子発芽試験については、吹付けに供したA層の一部を駐在に持ち帰り、2007年度と同様の育苗箱による試験(8回繰り返し)のほか、法面模型による試験も行った。これはあらかじめ、厚さ24mmの合板により、内寸法が縦1m×横1m×深さ5cmの大型の箱(以下「吹付箱」)を2箱作成し、吹付け時に、この吹付箱にも吹付け(写真3)、駐在に持ち帰り、数日安定させた後、法面と同じ8分勾配でミストハウス内に置き、発芽試験を行うものである。吹付箱を8分の勾配で置くために市販の足場用の単管やジョイントを使用した(写真4)。

吹付け施工後、2007年度と同様の材料で作成した調査区を対照区に2箇所、A層区に3箇所、種子なし区に4箇所設置し(図5)、2009年3月、4月、5月、6月、8月に調査区内の出現種別本(株)数及び被覆率(%), 調査区外の試験区法面に出現する種を調べた。被覆率は目測で調べた。

### 森林土壌吹付にかかるコストの検討

2007年度、2008年度試験の実施において、時間や労力を最も費やすと予想される森林土壌の採取、篩いがけ等にかかる人員、時間等を調査し、森林土壌吹付にかかる経費を積算した。

## 結果と考察

### 森林土壌等を吹付けた既設切土法面の植生調査

### 1 鳴石線

#### ①鳴石線試験地付近の植生調査結果

植生調査の結果を表8に示す。Plot.1では樹高13mのコジイ、イタジイ(*Castanopsis sieboldii*)が高木層、亜高木層にはイスノキ(*Distylium racemosum*)、タブノキ(*Machilus thunbergii*)等のほか、陽樹であるハゼノキ(*Rhus succedanea*)もあり、全体で28種出現していた。Plot.2では樹高12mのヒノキの下層に木本・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では樹高12mの高木層にはハゼノキ、ヤマザクラ(*Prunus jamasakura*)など陽生の樹種もあり、下層にはタブノキ、アラカシ(*Quercus glauca*)等が生え、全体で27種出現していた。

#### ②鳴石線採取土壌の発芽試験

発芽試験結果を表9に示す。周辺からの侵入種はカタバミ(*Oxalis corniculata*)とタネツケバナ(*Cardamine flexuosa*)であったので、その本数は除外し、2回繰り返しの平均値を土壌100リットル当たり等に換算して示す。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、埋土種子の発芽結果は、採取した箇所付近の植生をあまり反映しなかった。発芽本数が多かったのは、木本類でヒサカキ(*Eurya japonica*)、草本類でツボクサ(*Centella asiatica*)であった。この試験では、Plot.3での土壌が出現種、本数ともに最も多く、吹付ける土壌はマテバシイ優占の林から採取することとした。

#### ③鳴石線試験区別法面の出現種組成

施工から4ヶ月(2003年4月)、6ヶ月(同年6月)、1

表 8 鳴石線での植生調査結果

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		平衡斜面		斜面形		平衡斜面	
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	階層区分	種名	階層区分	被度	階層区分	種名	階層区分	被度	階層区分
コジイ	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	+	B2 +
サカキ	B2	1		タブノキ	B2	+		イタジイ	B1	+	S +
アラカシ	B2	+	S +	アオキ	S	+		ハゼノキ	B1	+	
イスノキ	B2	+		アラカシ	S	+		ヤマザクラ	B1	+	
ウラジロガシ	B2	+		イズセンリョウ	S	+		クチナシ	B2	+	S +
クロガネモチ	B2	+		イヌビロ	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	+		コガクウツギ	S	+		ネズミモチ	B2	+	
タイミンタチバナ	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	+		シャシャンボ	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	+		タイミンタチバナ	S	+		アラカシ	S	+	
ホルトノキ	B2	+		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	+		イヌビロ	S	+	
ギョクシンカ	S	+		ネズミモチ	S	+		ウラジロガシ	S	+	
ナツフジ	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	+		ツルウメモドキ	S	+	
ヤブツバキ	S	+		ヒサカキ	S	+		ナナメノキ	S	+	
アオツツラフジ*	H	+		マルバウツギ	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	+	
ツワブキ*	H	+		アマクサシダ**	H	+		ツワブキ*	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	+					
				ミゾシダ**	H	+					
				ムサシアブミ*	H	+					
				ヤマノイモ*	H	+					
				ユウコクラン*	H	+					
合計 28 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) 被度 5 : 被覆率 75 ~ 100%, 被度 4 : 50 ~ 75%, 被度 3 : 25 ~ 50%, 被度 2 : 10 ~ 25%, 被度 1 : 10%以下, + : わずかな被度をもち少数。

注 3) \* : 草本類, \*\* : シダ類, その他は木本類。

表 9 鳴石線採取土壌の発芽試験結果 (単位: 本/100 リットル)

種 名	Plot.1	Plot.2	Plot.3
木本類			
アカメガシワ			31
イズセンリョウ(2,3)	271	61	91
イタビカズラ	31		
イヌビワ(2,3)	31		31
カラスザンショウ			31
キブシ	91	241	331
クサギ	31		
クマイチゴ	151	31	151
コウゾ			31
コバンノキ	31		61
サルナシ	121	31	211
タラノキ		31	31
ナガバモミジイチゴ			151
ハゼノキ(1,3)	91	151	211
ハドノキ(2)		61	
ヒサカキ(1,2,3)	1291	151	511
ヒノキ(2)		61	
ヒメバライチゴ	91		271
ホルトノキ	31		
ムラサキシキブ	31	31	31
草本類			
帰化種			
イヌホオズキ	31	31	61
オオアレチノギク	31		
セイタカアワダチソウ	61	31	61
チチコグサモドキ		31	91
在来種			
オトコエシ		91	
キランソウ		211	
コアカソ	31	271	151
コナスビ		91	31
タケニグサ		91	31
タチツボスミレ		61	271
ツボクサ		31	661
ノブドウ			31
メヒシバ	61	31	
種不明			
イネ科spp.	61	31	
カヤツリグサ科spp.		151	121
キク科spp.	91	691	61
計	2,660	2,694	3,746

注 1) 本数は 2 回反復の平均値を, 土壌 100 リットル当たりに換算して示す。

注 2) 帰化種の判別は, 清水 (2003) によったが, 史前帰化植物 (清水 2003) 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。

表 10-1 鳴石線での試験区別出現種と種数 (2 葉中 1 枚目)

種名	試験区分																											
	対照区						10%区						20%区						40%区									
	4ケ月	6ケ月	1年7ケ月	2年8ケ月	3年8ケ月	5年9ケ月	6年9ケ月	4ケ月	6ケ月	1年7ケ月	2年8ケ月	3年8ケ月	5年9ケ月	6年9ケ月	4ケ月	6ケ月	1年7ケ月	2年8ケ月	3年8ケ月	5年9ケ月	6年9ケ月	4ケ月	6ケ月	1年7ケ月	2年8ケ月	3年8ケ月	5年9ケ月	6年9ケ月
木本類																												
吹付種																												
ヤマハギ			○	○	○		○	○	○	○	○						○											
出現種数	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
帰化種																												
イタチハギ																										○	○	○
出現種数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
在来種																												
アオモジ											○															○	○	
アカメガシワ (発)											○	○	○	○			○	○	○	○	○					○	○	○
アケビ																			○	○								
アリドオン																										○		
イズセンリョウ (発) (植)																									○	○	○	○
イヌビワ (発)																												
オオムラサキシキブ																												
ガマズミ																										○		
カラスザンショウ (発)				○	○	○					○	○	○	○											○	○	○	○
キダチニンドウ																										○	○	
キツネノマゴ																									○			
クサイチゴ							○	○																				
クチナン (植)																										○		
クマイチゴ (発)												○						○	○							○	○	
クマノミズキ												○	○	○														
クロマツ																											○	○
コウゾ (発)												○													○	○	○	○
ゴズイ																										○		
サカキカズラ													○	○				○	○	○	○	○			○	○	○	○
シイ属 spp.				○									○	○					○	○	○	○			○	○	○	○
シマサルナン (発)											○	○						○							○	○	○	○
シロダモ (植)																									○			
タイミンタチバナ												○	○															
タブノキ (植)				○	○	○	○				○	○	○	○	○										○	○	○	○
タラノキ (発)																									○			
ツルウメモドキ (植)																										○	○	○
ナガバモミジイチゴ (発)																										○		
ナンバンキブシ (発)												○	○	○	○				○	○	○	○			○	○	○	○
ネムノキ						○	○																				○	○
ハクサンボク (植)										○	○	○	○	○													○	
ハゼノキ (発) (植)																										○	○	
ハマセンダン						○	○																					
ヒサカキ (発)											○	○	○	○					○	○	○	○				○	○	○
ヒノキ												○	○	○											○	○	○	○
フユイチゴ																										○	○	
ホウロクイチゴ																												
マルバウツギ																												
ムベ				○	○	○	○						○	○													○	○
ヤマザクラ (植)																											○	
ヤマハゼ																											○	
ヤマフジ																											○	○
出現種数	0	0	0	4	3	6	9	0	0	2	8	13	14	14	0	0	2	10	13	13	15	1	2	6	22	15	16	14
草本類																												
吹付種																												
ウィーピングラブグラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
トールフェスク	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ホワイトクローバー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
メドハギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヨモギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
出現種数	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	2	2	1	5	5	5	4	4

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名に記載してある(発)は、Plot.3 土壌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を表す。



表 10-2 鳴石線での試験区別出現種と種数 (2 葉中 2 枚目)

種 名	試 験 区 分																													
	対 照 区						10%区						20%区						40%区											
	4 ヶ 月	6 ヶ 月	1年 7ヶ 月	2年 8ヶ 月	3年 8ヶ 月	5年 9ヶ 月	6年 9ヶ 月	4 ヶ 月	6 ヶ 月	1年 7ヶ 月	2年 8ヶ 月	3年 8ヶ 月	5年 9ヶ 月	6年 9ヶ 月	4 ヶ 月	6 ヶ 月	1年 7ヶ 月	2年 8ヶ 月	3年 8ヶ 月	5年 9ヶ 月	6年 9ヶ 月	4 ヶ 月	6 ヶ 月	1年 7ヶ 月	2年 8ヶ 月	3年 8ヶ 月	5年 9ヶ 月	6年 9ヶ 月		
帰化種																														
オオアレチノギク	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
オキノゲンシ																											○			
オランダミミナグサ										○																				
コセンダングサ											○	○	○										○	○	○					
セイタカアワダチソウ (発)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
パーミューダグラス																											○			
ヒメムカシヨモギ			○	○	○	○	○	○	○		○											○	○	○	○	○	○	○		
ベニバナボロギク										○	○		○	○	○	○						○	○							
出現種数	0	2	3	3	3	2	1	1	3	4	5	3	3	2	2	3	4	6	2	2	2	1	2	4	5	4	3	3		
在来種																														
アキノノゲンシ						○				○	○											○	○							
アカネスマレ										○																	○			
イヌホオズキ (発)																														
ウマノスズクサ (植)																												○		
オトギリソウ											○	○	○																	
オトコエシ					○	○	○				○	○	○	○										○	○	○	○			
オニタビラコ					○	○	○				○	○	○	○										○	○	○	○			
カラスウリ										○																				
ギョウギンバ																														
キランソウ																														
キンミズヒキ				○	○	○	○																							
コナスビ (発)				○						○	○	○													○	○	○	○		
ススキ						○	○				○	○	○	○										○	○	○	○			
ソクシンラン																											○	○		
タケニグサ (発)										○	○	○																		
タチツボスミレ																											○	○		
チガヤ																											○	○		
チチコグサ																											○	○		
チヂミザサ						○	○																				○	○		
ツボクサ (発)							○																				○	○		
ツワブキ (植)										○	○	○	○										○	○	○	○				
テリハノブドウ																											○	○		
トキワハゼ										○																				
ヌカキビ																											○	○		
ネコハギ																											○	○		
ネジバナ						○						○	○															○	○	
ハコベ				○			○	○	○				○	○	○	○														
ハナウド				○																										
ハナタデ			○	○			○	○	○																		○			
ハハコグサ																											○			
ヒメクグ																														
ムサシアブミ																											○			
ムラサキニガナ										○																	○			
メヒシバ																											○			
ヤハズソウ																											○	○		
ヤマノイモ						○						○	○	○														○	○	
出現種数	0	0	1	5	3	8	7	1	2	2	13	9	9	10	1	1	3	16	13	11	10	0	0	1	10	13	13	15		
シダ類																														
在来種																														
タマシダ						○	○																							
ノキシノブ																											○	○		
ホシダ																											○	○		
ホラシノブ					○	○	○				○	○	○														○	○		
ワラビ				○	○																									
出現種数	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	1	3	3		
総出現種数	5	7	10	19	17	23	23	8	11	14	32	32	33	33	8	9	14	38	35	30	31	3	9	16	42	39	40	40		

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名に記載してある(発)は、Plot.3 土壌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を表す。

表 11 鳴石線での試験区別成立本数の変化 (単位: 本/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	在来 シダ類	
4ヶ月 (2003年4月)	対照区	412	1	-	-	-	413
	10%区	616	-	2	-	-	618
	20%区	593	3	-	-	-	596
	40%区	448	1	-	-	-	449
6ヶ月 (2003年6月)	対照区	324	-	-	-	-	324
	10%区	441	2	2	-	-	445
	20%区	460	2	-	-	-	462
	40%区	352	2	-	-	-	354
1年7ヶ月 (2004年7月)	対照区	215	16	1	-	-	232
	10%区	335	71	2	-	-	408
	20%区	366	73	3	-	-	442
	40%区	201	47	4	2	-	254
2年8ヶ月 (2005年8月)	対照区	134	49	-	-	-	183
	10%区	106	57	19	1	-	183
	20%区	75	50	26	-	-	151
	40%区	55	30	22	2	-	109
3年8ヶ月 (2006年8月)	対照区	123	15	7	-	-	145
	10%区	97	16	144	2	-	259
	20%区	47	12	182	1	1	243
	40%区	38	21	250	4	-	313
5年9ヶ月 (2008年9月)	対照区	63	20	150	3	1	237
	10%区	22	11	58	2	1	94
	20%区	15	12	51	1	1	80
	40%区	12	14	67	3	1	97
6年9ヶ月 (2009年9月)	対照区	52	28	17	8	6	111
	10%区	14	9	45	3	1	72
	20%区	10	15	47	2	1	75
	40%区	18	22	33	5	2	80

注) 数字は小数第1位で切り上げ。表中の「-」は該当値なし。

表 12 鳴石線での試験区別被覆率の変化 (単位 : %/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	在来 シダ類	
4ヶ月 (2003年4月)	対照区	91	0	-	-	-	91
	10%区	86	-	0	-	-	86
	20%区	73	0	-	-	-	73
	40%区	40	0	-	-	-	40
6ヶ月 (2003年6月)	対照区	100	-	-	-	-	100
	10%区	80	2	0	-	-	82
	20%区	65	0	-	-	-	65
	40%区	43	0	-	-	-	43
1年7ヶ月 (2004年7月)	対照区	65	1	0	-	-	66
	10%区	50	1	1	-	-	52
	20%区	43	4	0	-	-	47
	40%区	33	2	0	0	-	35
2年8ヶ月 (2005年8月)	対照区	27	12	-	-	-	39
	10%区	29	18	6	2	-	54
	20%区	15	10	19	-	-	44
	40%区	9	13	6	4	-	32
3年8ヶ月 (2006年8月)	対照区	45	6	1	-	-	52
	10%区	31	21	18	3	-	74
	20%区	11	3	68	0	1	83
	40%区	15	8	15	15	-	54
5年9ヶ月 (2008年9月)	対照区	24	4	27	3	0	58
	10%区	4	3	37	8	0	53
	20%区	1	5	65	0	1	71
	40%区	2	6	24	25	0	57
6年9ヶ月 (2009年9月)	対照区	6	4	18	4	6	39
	10%区	0	1	47	13	0	61
	20%区	0	2	58	1	2	64
	40%区	1	6	27	23	0	58

注 1) 数字は小数第 1 位で四捨五入。したがって、表中の「0」は被覆率 0.5%未満である。

注 2) 表中の「-」は該当値なし。

年7ヶ月(2004年7月), 2年8ヶ月(2005年8月), 3年8ヶ月(2006年8月), 5年9ヶ月(2008年9月)経過後の法面に出現した種とその数を表10に示す。出現種のうち, 史前帰化植物(清水 2003)は在来種とした。吹付種とは, 今回の試験で, 対照区で吹付けた6種の植物を指す。土壌区ではトールフェスクのみ吹付けたが, 実際はこれ以外の5種も発生したため, この5種も便宜上吹付種として扱った。パーミューダグラス(*Cynodon dactylon*)は和名がギョウギシバであり, 史前帰化植物であるが(清水 2003), 切土・盛土法面の緑化植物としても使用されており(林野庁 1997), 今回の調査でも既設法面から種子が散布され発生したと考えられるため, 便宜上帰化種とした。

総出現種数は, 対照区では5年9ヶ月, 土壌区では2年8ヶ月まで増加したが, それ以降は各区とも増減しながら足踏み状態であった。発生してそのまま生育する種類もあれば, 短期間で消失する種類もあり, どの植物も種子からの発生であるため, 芽生えが法面上で生育するのは不安定であることが伺える。

木本類については, 吹付種ヤマハギが対照区のほか10%区, 20%区で発生していた。10%区では当初から発生していたので, 対照区施工時での種子の飛散や吹付機械に残っていた種子が吹付けられたものと考えられる。対照区, 20%区での発生は1年以上経過してからの発生であるため, 吹付種子よりはむしろ, 既設法面からの自然散布によるものと考えられる。ヤマハギはそのまま成長することなく, 途中で消失していた。木本類の帰化種の発生はイタチハギ1種のみであった。在来種では, 発芽試験で確認された20種のうち11種が出現した。全土壌区で発生している種類もあれば, そうではない種類もあった。タブノキ, ヒノキ, マテバシイ等は法面直上の樹木からの散布, ハゼノキ, ムベ(*Stauntonia hexaphylla*), ヤマザクラ等は鳥類による散布によるものと推察された。全体的には2年8ヶ月経過後から種数が増加し, 対照区, 10%区, 20%区は増加傾向であったが, 40%区は数の増減が激しかった。草本類は, 土壌区でトールフェスクを除く吹付種5種すべてが出現した。これは4ヶ月経過から確認されており, 対照区からの種子の飛散や吹付機械に種子が残っていたものと考えられた。これらは6年9ヶ月経過しても, 各試験区で依然として生育していた。帰化種は8種が発生し, 特にオオアレチノギク(*Conyza sumatrensis*), セイタカアワダチソウ(*Solidago altissima*)は早くから全試験区に発生していた。在来種は帰化種ほど早くなく, そのほとんどが2年5ヶ月後から発生しており, 埋土種子由来の種類は少ないと考えら

れた。発芽試験で確認された種は3種出現したが, イヌホオズキ(*Solanum nigrum*), タケニグサ(*Macleaya cordata*)は10%区でしか発生しなかった。シダ類は3年経過してようやく出現し始めた。

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, 切土法面特有の劣悪な立地条件(細木ら 2005)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, 2cm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, 土壌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。また, 吹付けた土壌はバックホウによる採取であったため, 果たして深さ10cmまでの土壌であったのかも疑問が残った。

#### ④鳴石線調査区内の成立本数の変化

施工後4ヶ月(2003年4月), 6ヶ月(同年6月), 1年7ヶ月(2004年7月), 2年8ヶ月(2005年8月), 3年8ヶ月(2006年8月), 5年9ヶ月(2008年9月)経過時点での調査区内に出現した植物の成立本数を表11に示す。試験区別に2調査区の平均値を示した。出現種を吹付種, 帰化草本類, 在来草本類, 在来木本類, 在来シダ類の5つに区分した。なお, 帰化木本類は調査区には現れなかった。

対照区では4ヶ月経過で本数が最大となり, その後は年数の経過とともに本数は減少し, 最大本数は, 発生期待本数(表1)の約10分の1であった。吹付種は減少傾向であったが, その他の植物では, 在来の木本類, シダ類が年々増加していた。帰化, 在来草本類は増減が激しく, 特に5年9ヶ月での在来草本類が大きく増加したのはキツネノマゴ(*Justicia procumbens*)実生が大量に発生したことによるものであった。しかしながら, この発生は一時的なものであり, 翌年にはかなり減少していた。土壌区での吹付種の当初発生本数は対照区より多かったが, どの区も発生期待本数(表1)には達しなかった。その後は対照区と同様, 吹付種以外の植物の発生が多くなった。3年8ヶ月の在来草本の顕著な増加は, 10%区ではオニタビラコ(*Youngia japonica*), 20%区ではヤハズソウ(*Lespedeza striata*), 40%区ではヌカキビ(*Panicum bisulcatum*)の実生の大量発生によるものであった。

#### ⑤鳴石線調査区内の被覆率の変化

施工後4ヶ月(2003年4月), 6ヶ月(同年6月), 1年7ヶ月(2004年7月), 2年8ヶ月(2005年8月), 3年8ヶ月(2006年8月), 5年9ヶ月(2008年9月)経過時点での調査区内の植物の被覆率を表12に示す。出現種区分は表5と同じであり, 2調査区の平均値である。

対照区の被覆率は 6 ヶ月経過で 100%になったが、それ以降は多少の増減はあるものの、次第に減少していた。吹付種は徐々に率を下げ、代わりに在来草本類、在来木本類、シダ類が率を増加していた。土壌区では、当初トールフェスクを吹付けたことにより被覆率が高かったが、徐々に率を低下させていた。2 年 8 ヶ月を経過すると在来草本類、在来木本類、在来シダ類が徐々に率を増加していた。在来草本類はススキ (*Miscanthus sinensis*)、在来木本類はナンバンキブシ (*Stachyurus praecox*)、在来シダ類はホラシノブ (*Sphenomeri chinensis*) が最も高かった。帰化草本類はセイタカアワダチソウ等が 1 年 7 ヶ月から被覆率を増加していたが、あまり長続きしなかった。配合率別にみると、40%区が当初から率が低かった。これは吹付種の被覆率が 10%区、20%区より低かったことによる。既存の工法では基盤材の耐侵食性を高めるため接合剤 (接着剤) を混合させて吹付けるが、土壌を基盤材と混合させて吹付ける際、土壌の混合率が高いと、吹付け後 2 年間は接合剤と反応し、法面がより硬くなる傾向にあるため (下園私信)、40%区では発生した吹付種の生育が悪く被覆率も低かったものと考えられる。しかしながら、6 年 9 ヶ月経過すると、どの配合率でも被覆率はほとんど変わらなくなり、対照区よりも土壌区の方が高くなった。

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いた。これは成長に伴う競争や夏場の乾燥による影響と考えられた。配合率を変えて土壌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、吹付種子並みの早期緑化は困難であった。土壌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。

## 2 久木野線

### ①久木野線試験地付近の植生調査結果

表土採取地付近に出現した種を表 13 に示す。試験地付近の植生は、樹高 8 m から 12 m のマテバシイが優占し、他にシイ属 spp. (*Castanopsis* spp., 以下「シイ」。), タブノキが林冠を構成していた。5m から 8m の亜高木層にはアラカシ、イスノキ、シイ、タイミンタチバナ (*Myrsine seguinii*)、マテバシイ等があり、林床にはシイ、タブノキ、マテバシイの実生もあり、草本類、シダ類も含め 39 種出現していた。

### ②久木野線採取土壌の発芽試験

表土発芽試験結果を表 14 に示す。ハウス周辺からの侵入種はカタバミ、アカカタバミ (*O. corniculata* forma *rubrifolia*)、タネツケバナであったので、その本数は除

外し、2 回繰り返しの平均値を土壌 100 リットル当たり換算して示す。発芽種数は 18 種であり、帰化種の発生は少なかった。鳴石線と同様、陽性の種が多かったが、採取箇所の植生をあまり反映せず、鳴石線より種数、発芽本数が少なかった。

### ③久木野線試験区別法面の出現種組成

施工後 2 ヶ月 (2004 年 4 月)、4 ヶ月 (同年 6 月)、8 ヶ月 (同年 10 月) 1 年 8 ヶ月 (2005 年 10 月)、2 年 4 ヶ月 (2006 年 6 月)、4 年 7 ヶ月 (2008 年 9 月)、5 年 7 ヶ月 (2009 年 9 月) 経過時点での試験区法面の出現種とその数を表 15 に示す。出現種は鳴石線 (表 10) と同様に区分したが、帰化木本類は出現しなかった。

総出現種数は、対照区以外の種子なし区で 1 年 8 ヶ月、土壌区で 2 年 4 ヶ月まで種数が増加したが、それ以降は各区とも増減しながら足踏み状態であり、鳴石線と同じような状況であった。

土壌区では発芽試験で確認された 18 種のうち、木本類で全種、草本類でヨモギを除く、4 種が出現したが、施工後 1 年以上経過してから種数が増加しており、短期間で発生した種類は少なかった。この中には、全土壌区に出現している種もあれば、そうではない種もあり、また、土壌区だけでなく対照区や種子なし区でも発生した種類もあることから、土壌に含まれる種子だけでなく、施工後、法面に散布される種子にも影響していると考えられる。イヌビワ (*Ficus erecta*)、シイ、タブノキ等周辺植生を構成する種類も発生した。吹付種も当初から全試験区で出現しており、対照区施工時での種子の飛散や吹付機械に残っていた種子が吹付けられたものと考えられる。在来シダ類は、施工後 4 年以上経過してから出現し始めた。

### ④久木野線調査区内の成立本数の変化

施工後 2 ヶ月 (2004 年 4 月)、4 ヶ月 (同年 6 月)、8 ヶ月 (同年 8 月)、1 年 8 ヶ月 (2005 年 10 月)、2 年 4 ヶ月 (2006 年 6 月)、4 年 7 ヶ月 (2008 年 9 月)、5 年 7 ヶ月 (2009 年 9 月) 経過時点での調査区内に出現した植物の成立本数を表 16 に示す。試験区別に 2 調査区の平均値を示した。出現種を吹付種 (7 種)、帰化草本類、在来草本類、在来木本類、在来シダ類の 5 つに区分した。

対照区では施工後 2 ヶ月で本数が最大となり、その後は年数の経過とともに、発生期待本数 (表 2) に達することなく、本数が減少した。在来の木本類、シダ類も発生したが、帰化、在来の草本類は増減が大きかった。帰化草本類はオオアレチノギク、ヒメムカシヨモギ (*Conyza canadensis*)、在来草本類はオニタビラコ、ヌカキビが多く発生した。これらの発生は一時的なもので

表 13 久木野線での植生調査結果

方位		N41°W						
傾斜		33°						
斜面形		凹斜面						
斜面位置		中部						
種名	階層区分	被度	階層区分	被度	階層区分	被度	階層区分	被度
マテバシイ	B1	5	B2	1	S	1	H	+
アラカシ	B2	+	S	+	H	+		
イスノキ	B2	+	S	+				
シイ属 spp.	B2	1	S	+	H	+		
タイミンタチバナ	B2	+	S	+				
タブノキ	B2	+	S	+	H	+		
ネズミモチ	B2	+	S	+				
モチノキ	B2	+	H	+				
イズセンリョウ	S	+	H	+				
イヌビワ	S	+						
オオムラサキシキブ	S	+						
カンザブドウノキ	S	+						
ギョクシンカ	S	+	H	+				
コバンモチ	S	+						
サカキ	S	+	H	+				
サザンカ	S	+						
シキミ	S	+						
ハクサンボク	S	+	H	+				
ヒサカキ	S	+	H	+				
ヒメユズリハ	S	+	H	+				
ホソバタブ	S	+	H	+				
ムラサキシキブ	S	+	H	+				
モクタチバナ	S	+	H	+				
ヤマビワ	S	+	H	+				
ヤブツバキ	S	+	H	+				
ヤブニッケイ	S	+						
アリドオシ	H	+						
クロキ	H	+						
サカキカズラ	H	+						
サネカズラ	H	+						
テイカカズラ	H	+						
ホウロクイチゴ	H	+						
サツマイナモリ*	H	+						
ツワブキ*	H	+						
ハナミョウガ*	H	+						
コバノカナワラビ**	H	+						
フモトシダ**	H	+						
ホソバカナワラビ**	H	+						
ベニシダ**	H	+						
合計 39 種								

注 1) B1 : 高木層 (8m ~ 12m), B2 : 亜高木層 (5m ~ 8m), S : 低木層 (1.2 ~ 5m), H : 草本層 (1.2m 未満)。

注 2) 被度 5 : 被覆率 75 ~ 100%, 被度 4 : 50 ~ 75%, 被度 3 : 25 ~ 50%, 被度 2 : 10 ~ 25%, 被度 1 : 10% 以下, + : わずかな被度をもち少数。

注 3) \* : 草本類, \*\* : シダ類, その他は木本類。



表 14 久木野線採取土壌の発芽試験結果 (単位 : 本/100 リットル)

種 名	本 数
木本類	
キブシ	31
ヒメバライチゴ	61
ヒサカキ*	91
草本類	
帰化種	
チチログサモドキ	121
在来種	
オニノゲシ	31
コアカソ	91
コナスビ	181
チドメグサ	61
ヌカキビ	31
ハシカグサ	31
ミゾソバ	31
メヒシバ	181
ヤブマオ	31
ユキノシタ	31
ヨモギ	31
種不明	
カヤツリグサ科spp.	61
計	1,096

注 1) 本数は 2 回反復の平均値を、土壌 100 リットルあたりに換算して示す。

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

注 3) 表中の\*は植生調査で出現した種を示す。

表 15-1 久木野線での試験区別出現種と種数 (2 葉中 1 枚目)

種名	試験区																															
	対照区								種子なし区								20%区								50%区							
	2ケ月	4ケ月	8ケ月	1年	2年	4年	5年	7ケ月	2ケ月	4ケ月	8ケ月	1年	2年	4年	5年	7ケ月	2ケ月	4ケ月	8ケ月	1年	2年	4年	5年	7ケ月	2ケ月	4ケ月	8ケ月	1年	2年	4年	5年	7ケ月
木本類																																
吹付種																																
ヤマハギ	○	○	○	○	○						○	○	○	○																		
出現種数	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
在来種																																
アカメガシワ						○	○							○																		
アケビ															○																	
イヌビロ (植)											○																					
オオムラサキシキブ (植)																																
カラスザンショウ											○	○	○																			
クマイチゴ					○	○	○	○				○	○	○	○																	
クマノミズキ																																
コウゾ											○	○																				
ゴズイ																																
サカキカズラ (植)																																
シイ属 spp. (植)																																
シナノガキ					○	○	○	○																								
シマサルナシ						○	○	○																								
タブノキ (植)							○																									
タラノキ											○	○	○	○	○																	
ツルグミ																																
テリハノブドウ																																
ナガバモミジイチゴ																																
ナンバンキブシ (発)						○	○	○	○																							
ネムノキ												○	○	○	○																	
ヌルデ							○	○																								
ハゼノキ											○																					
ハドノキ																																
ハマクサギ																																
ハマセンダン																																
ヒサカキ (植) (発)											○	○	○																			
ヒメバライチゴ (発)																																
フユイチゴ												○	○																			
ホウロクイチゴ													○	○	○																	
マテバシイ							○	○																								
ミツバアケビ																																
ムベ							○																									
ヤマザクラ																																
出現種数	0	0	0	3	5	8	11	0	1	4	9	8	5	7	0	0	4	9	10	10	12	0	0	0	7	10	13	17	0	1	1	
草本類																																
吹付種																																
イタリアンライグラス											○	○	○																			
ウィービングラブグラス												○	○	○	○	○																
トールフェスク											○	○	○	○	○																	
ホワイトクローバー											○	○	○	○	○																	
メドハギ												○	○	○	○	○																
ヨモギ (発)																																
出現種数	5	5	5	5	5	5	5	3	4	6	6	5	4	4	2	2	3	4	3	2	1	2	4	4	4	4	2	3	0	2	2	
帰化種																																
オオアレチノギク												○	○	○	○																	
オニノゲシ (発)													○																			

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名に記載してある(発)は土壌の発芽試験で出現した種、(植)は植生調査で出現した種を表す。



表 16 久木野線での試験区別成立本数の変化 (単位: 本/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分				合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	
2ヶ月 (2004年4月)	対照区	383	-	-	-	383
	種子なし区	-	-	-	-	0
	20%区	289	-	-	-	289
	50%区	3	-	-	-	3
	100%区	-	-	1	-	1
4ヶ月 (2004年6月)	対照区	274	-	-	-	274
	種子なし区	-	-	2	1	3
	20%区	193	-	-	-	193
	50%区	1	-	-	-	1
	100%区	-	-	1	-	1
8ヶ月 (2004年10月)	対照区	110	-	-	-	110
	種子なし区	-	10	9	-	19
	20%区	160	3	2	1	166
	50%区	8	2	2	-	12
	100%区	-	1	1	-	2
1年8ヶ月 (2005年10月)	対照区	85	-	-	-	85
	種子なし区	5	5	60	-	70
	20%区	14	12	3	1	30
	50%区	4	22	37	-	63
	100%区	-	3	2	1	6
2年4ヶ月 (2006年6月)	対照区	61	17	24	-	102
	種子なし区	13	212	91	-	316
	20%区	15	99	61	1	176
	50%区	12	49	20	6	87
	100%区	4	1	32	3	40
4年7ヶ月 (2008年9月)	対照区	42	10	34	2	93
	種子なし区	27	5	48	-	80
	20%区	2	10	34	1	47
	50%区	-	1	16	2	19
	100%区	-	3	51	1	55
5年7ヶ月 (2009年9月)	対照区	31	1	25	4	68
	種子なし区	16	4	59	-	79
	20%区	-	6	41	2	49
	50%区	-	22	17	6	45
	100%区	-	20	60	1	81

注) 数字は小数第1位で切り上げ。表中の「-」は該当値なし。

表 17 久木野線における試験区別被覆率の変化 (単位 : %/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	在来 シダ類	
2ヶ月 (2004年4月)	対照区	34	-	-	-	-	34
	種子なし区	-	-	-	-	-	-
	20%区	31	-	-	-	-	31
	50%区	0	-	-	-	-	0
	100%区	-	-	0	-	-	0
4ヶ月 (2004年6月)	対照区	94	-	-	-	-	94
	種子なし区	-	-	5	0	-	5
	20%区	95	-	-	-	-	95
	50%区	0	-	-	-	-	0
	100%区	-	-	0	-	-	0
8ヶ月 (2004年10月)	対照区	63	-	-	-	-	63
	種子なし区	-	0	40	-	-	40
	20%区	2	0	0	0	-	2
	50%区	0	0	0	-	-	0
	100%区	-	0	0	-	-	0
1年8ヶ月 (2005年10月)	対照区	43	-	-	-	-	43
	種子なし区	7	10	13	-	-	30
	20%区	0	11	9	1	-	21
	50%区	3	1	0	3	-	7
	100%区	-	3	1	0	-	4
2年4ヶ月 (2006年6月)	対照区	67	1	2	-	-	70
	種子なし区	8	18	6	-	-	33
	20%区	8	24	4	3	-	39
	50%区	1	11	6	3	-	20
	100%区	1	0	14	5	-	20
4年7ヶ月 (2008年9月)	対照区	29	1	7	22	2	60
	種子なし区	4	1	28	-	-	34
	20%区	6	3	33	5	-	47
	50%区	-	3	13	22	-	38
	100%区	-	6	11	14	-	31
5年7ヶ月 (2009年9月)	対照区	29	1	8	22	2	61
	種子なし区	2	2	28	-	-	32
	20%区	-	2	26	10	-	39
	50%区	-	3	14	34	-	51
	100%区	-	6	16	13	-	34

注 1) 数字は小数第 1 位で四捨五入。したがって、表中の「0」は被覆率 0.5%未満である。

注 2) 表中の「-」は該当値なし。

あり、経年的に減少した。20%区での吹付種の発生本数の推移は対照区と同様であった。イタリアンライグラスは1年生草本であることから、多年生草本のトールフェスクやウィーピングラブグラスよりも衰退が早かった。

鳴石線と同様、土壌区において、1年未満の短期間での在来の草本類、木本類の発生は少なく、むしろ種子なし区での本数の方が多かった。どの試験区も草本類の増減の影響により本数が不安定であった。

#### ⑤久木野線調査区内の被覆率の変化

施工後2ヶ月(2004年4月)、4ヶ月(同年6月)、8ヶ月(同年8月)、1年8ヶ月(2005年10月)、2年4ヶ月(2006年6月)、4年7ヶ月(2008年9月)、5年7ヶ月(2009年9月)経過時点での調査区内の植物の被覆率を表16に示す。出現種区分は表15と同じであり、2調査区の平均値である。

種子を吹付けた対照区、20%区では4ヶ月経過で最大値となった。その後は吹付種は減少傾向であるが、法面に発生した在来草本類、木本類により次第に率が増加した。20%区での8ヶ月で吹付種が激減したのは、吹付けたイタリアンライグラスが1年生草本であるため、結実した後枯れたことが原因である。わずかに被覆率があるのは、実生の発生によるものである。50%、100%区では、8ヶ月までは0.5%未満の低い率であったが、1年8ヶ月を過ぎると徐々に増加した。50%、100%の配合率は、実際の緑化には不適と考えられた。基盤材等のみを吹付けた種子なし区では早くから被覆されたが、2年4ヶ月を経過すると、種子なし区と土壌区とは変わらない率で推移した。

種子を配合せず基盤材等だけ吹付けても、周囲から侵入した植物により法面は被覆された。他林道での有機吹付工による種子を除外した吹付試験(下園ら 2006a)でも順調に法面が被覆されたことから、この方法は土壌吹付と同様、今後も検討する必要がある。今回も配合率を変えて吹付けたが、これまでの結果や他の報告(細木ら 2005)から、切土法面で吹付ける土壌の配合率は20%から30%が妥当と判断される。しかしながら、鳴石線と同様、土壌吹付は法面に植物が繁茂するまで、1年以上の時間がかかった。

### 3 北薩1号線

#### ①北薩1号線試験地付近の植生調査結果

植生調査結果を表18に示す。広葉樹林では樹高17~22mのタブノキ、コジイ等が優占し、全部で38種出現していた。ヒノキ林では23種、スギ林では28種出現していたが、樹高、種数共に広葉樹林が高かった。また、

森林内でのシカの食害はヒサカキを除き、あまり見られなかった。

#### ②北薩1号線採取土壌の発芽試験

2007年10月時点での発芽試験結果を表19に示す。ハウス周辺からの侵入種はアカカタバミ、タネツケバナ、メヒシバ(*Digitaria ciliaris.*)であったので、その本数は除外し、2回繰り返しの平均値を示した。

A層では木本類14種、帰化草本類1種、在来草本類9種の計24種発芽した。うち植生調査で現れたのは木本類4種、在来草本類1種だけであり、陽地に現れる種類が多数を占めた。A<sub>0</sub>層では木本類10種、帰化草本類3種、在来草本類14種の計27種が発芽し、植生調査でも現れたのは木本類3種、在来草本類1種のみであった。A<sub>0</sub>層は3つの森林から採取して混合させたものであるが、森林由来の植物は少なかった。また、発芽本数はA層では木本類、A<sub>0</sub>層では草本類が多く、イズセンリョウ(*Maesa japonica*)、ヒサカキがA層、A<sub>0</sub>層両方に多く含まれていた。

#### ③北薩1号線試験区別法面の出現種組成

施工後2ヶ月(2007年5月)、4ヶ月(同年7月)、6ヶ月(同年9月)、1年3ヶ月(2008年6月)、2年2ヶ月(2009年5月)、2年6ヶ月(同年9月)での試験区別法面に出現した種類とその数を表20に示す。出現種は鳴石線と同様に区分した。ウィーピングラブグラスは本試験では吹付種ではないが、実際に出現していたため便宜上帰化種とした。また、マット区での配合種も吹付種とした。このため、マット区でのススキは吹付種、その他の試験区法面に出現したススキは在来種として取り扱った。木本類の帰化種は出現しなかった。

吹付種はA層区、A<sub>0</sub>層区、種子なし区でも発生した。対照区施工時での種子の飛散や吹付機械に残っていた種子が吹付けられたものと考えられる。対照区では2ヶ月経過では吹付けた全種が見られたが、2ヶ月経過からシカの食害を受けるようになった。また4ヶ月からはヤマハギが見られなくなった。これはヤマハギ種子の発芽が他の吹付種より遅く、発生本数が少ないため、それにシカの食害が加わり法面からなくなったものと考えられる。A層区では当初から多くの種類が発生したが、6ヶ月経過時で発芽試験で確認された24種のうち発生したのは木本類6種、帰化草本1種、在来草本2種と少なかった。しかしながら、種子なし区と比較すると、土壌区での帰化・在来草本は4ヶ月までの短い期間に多くの種類が発生していることから、これらは発芽試験では現れなかったが、土壌に含まれていた可能性が高いと考えられる。A<sub>0</sub>層区では6ヶ月経過で、発芽試験で確認され



た 27 種のうち木本類, 帰化・在来草本類併せて 7 種しか発生しなかった。種子なし区では当初は吹付種のみが発生であったが, 6 ヶ月経過してから種数を増加させていた。ここでも吹付種ヤマハギが発生したが, 4 ヶ月からはなくなっていた。種子なし区でも 4 ヶ月後から種数が増加しており, 2 年 6 ヶ月経過時では総種数が最も多かった。マット区での吹付種はパーミューダグラスの繁茂が著しく, 他の種類は発生本数が少なく, 成長も小さかったため, 年数の経過と共に見られなくなったものもあった。また, マット区でも被害を受けたが, 他の試験区より被害の発生は遅く, 程度も小さかった。マット区以外の試験区では 4 ヶ月経過から被害を受けた。総出現種数をみると, A 層区, A<sub>0</sub> 層区, 種子なし区, マット区では 6 ヶ月までは増加したが, その後は減少あるいは横ばいであった。A 層区, A<sub>0</sub> 層区, 種子なし区では度重なるシカ被食による植生の衰退, マット区では他の吹付種との競争や密度効果等による自然枯死等が考えられる。

#### ④北薩 1 号線調査区内の成立本数の変化

調査区内に出現した植物の成立本数の変化を, 試験区別に表 21 に示す。対照区以外の区で発生した吹付種の本数は, 「吹付種」に入れた。対照区以外は 2 調査区の平均値を示す。

対照区での吹付種は 2 ヶ月経過して最高値に達し, 時間の経過とともに減少した。これは自然枯死等より, シカの食害による影響の方が大きく, 被食により根まで抜かれた個体も多かった。また発生期待本数に近づくこともなかった。6 ヶ月経過して帰化草本類が侵入したが, これはギシギシ (*Rumex crispus*), ベニバナボロギク (*Crassocephalum crepidioides*) であった。2 年以上経過すると, 木本類やシダ類も発生し始めたが, シカの食害により本数はあまり増加しなかった。A 層区では 2 ヶ月経過して植物が発生し始めた。当初は吹付種が多かったが, 年数の経過と共にベニバナボロギク, チチコグサモドキ (*Gnaphalium pensylvanicum*), アカネスミレ (*Viola phalacrocarpa*) アカメガシワ (*Mallotus japonicus*), カラスザンショウ (*Zanthoxylum ailanthoides*), カラムシ (*Boehmeria nipononivea*) 等が徐々に発生し, 6 ヶ月以降は在来種の本数の方が多くなった。また発芽試験で多かったヒサカキは調査区内には発生しなかった。ここでの本数減少もシカによるものであり, 数字には表れないが, 調査区内のカラスザンショウは被食により消失していた。A<sub>0</sub> 層区では A 層区と同様の傾向を示したが, 埋土種子由来の植物は, A 層区ほど発生しなかった。種子なし区では 3 ヶ月経過から発生し始め, 在来草本類も多

く侵入したが, シカの影響により変動が激しかった。しかしながら, 2 年 6 ヶ月経過して, 本数が最も多くなった。マット区での吹付種は他の試験区と同じような減少傾向を示したが, シカの深刻な食害はなかったため, 減少の程度は小さかった。この減少は自然枯死によるものと考えられる。発芽試験で多数発生したイズセンリョウ, ヒサカキの 2 種は A 層区, A<sub>0</sub> 層区ではほとんど発生せず, 各区 1 本発生した程度であった。2 年 2 ヶ月時点での A 層区, A<sub>0</sub> 層区, 種子なし区の帰化草本類の増加はベニバナボロギクであったが, シカ食害により 2 年 6 ヶ月では減少していた。また, 2 年 6 ヶ月経過, 種子なし区での在来草本類の増加はアカネスミレであった。これも, 今後は食害により本数が低下するものと予想される。シダ類は発生時期は遅いが, 食害を受けることなく増加した。

#### ⑤北薩 1 号線調査区内の被覆率の変化

調査区内での被覆率の変化を表 22 に示す。出現種区分は成立本数と同じであり, 対照区以外は 2 調査区の平均値である。

対照区では 3 ヶ月経過して被覆率が 100% に近くなったが, それ以降食害のため, 大幅に率を下げ, 6 ヶ月には 33% にまで減少し, 2 年 6 ヶ月経過して 20% に低下した。A 層区, A<sub>0</sub> 層区, 種子なし区では増減を繰り返しながらの横ばいであった。これは継続して食害を受けているためと考えられる。今後も 50% 程度で推移するものと考えられる。A 層区では食害のため, 在来木本類の被覆率が減少していた。マット区は被食の影響が軽微であるため, 2 年 2 ヶ月経過しても 69% と高い被覆率であったが, 2 年 6 ヶ月では 27% に低下した。シカ食害のほか, 夏季の乾燥によるものと考えられる。A 層区, A<sub>0</sub> 層区での出現種は, 発芽試験結果とあまり一致しなかったが, 発生状況からみると当初から土壌に入っていた可能性が高い種類があった。発芽試験に供した土壌等は約 3 リットル/1 箱しか使用しなかったことから, 試験規模が小さく, 全ての種を把握できなかったためと考えられ, 今後検討する必要がある。

A<sub>0</sub> 層よりも A 層を吹付けた方が多く発生した。発芽能力のある種子は A 層にも多く含まれているためと考えられる。また, 6 ヶ月経過後の A 層区での吹付種を除いた被覆率は, 法面方位が若干異なるが, シカがいない鳴石線, 久木野線での結果よりも高かった。埋土種子が多いと予想される暗褐色の A 層だけを慎重に採取したことが一つの要因と考えられる。鳴石線, 久木野線での土壌を吹付けた法面の色は暗褐色ではなく, 黄色を帯びていたため, 種子がほとんどないと考えられる B 層が

表 18 北薩 1 号線での植生調査結果

①天然生常緑広葉樹林 方形区の大きさ：20 m×20 m 方位：N42°W 傾斜：34° 斜面形：平衡斜面 斜面位置：中部						②ヒノキ林 方形区の大きさ：15 m×15 m 方位：N80°W 傾斜：34° 斜面形：平衡斜面 斜面位置：中部						③スギ林 方形区の大きさ：15 m×15 m 方位：S38°E 傾斜：36° 斜面形：平衡斜面 斜面位置：中部					
種名	階層	被度	階層	被度	階層	種名	階層	被度	階層	被度	種名	階層	被度	階層	被度		
カゴノキ	B1	1	B2	1	S +	ヒノキ	B1	4			スギ	B1	4				
キダチニンドウ*	B1	+				シロダモ	S	+	H	+	シロダモ	B1	+				
コジイ	B1	1				ヒサカキ	S	1	H	+	イズセンリョウ	S	1	H	+		
タブノキ	B1	4	B2	1	S +	ミミズバイ	S	+			ホソバタブ	S	+	H	+		
アラカシ	B2	+	S	+	H +	ムラサキシキブ	S	+	H	+	ヤブツバキ	S	+	H	+		
クマノミズキ	B2	+				アラカシ	H	+			アラカシ	H	+				
コバンモチ	B2	+				イズセンリョウ	H	+			イスノキ	H	+				
サカキ	B2	+	S	+		イヌビワ	H	+			エゴノキ	H	+				
ナナミノキ	B2	+				クロキ	H	+			サンゴジュ	H	+				
ハゼノキ	B2	1	H			シイ属spp.	H	+			ノイバラ	H	+				
ホソバタブ	B2	+	S	+	H +	タブノキ	H	+			ハゼノキ	H	+				
ムベ*	B2	+				テイカカズラ*	H	+			ハマクサギ	H	+				
イズセンリョウ	S	+	H	+		ネズミモチ	H	+			フユイチゴ	H	+				
イヌビワ	S	+				ハマクサギ	H	+			イラクサ**	H	+				
エゴノキ	S	+				バリバリノキ	H	+			オオバチドメ**	H	+				
クスノキ	S	+				オオバコ**	H	+			オオハンゲ**	H	+				
クロキ	S	+	H	+		オニドコロ**	H	+			ガガイモ**	H	+				
コバンモチ	S	+				ゴマノハグサ**	H	+			タチツボスミレ**	H	+				
シイモチ	S	+				タチツボスミレ**	H	+			ナガバヤブマオ**	H	+				
シロダモ	S	+	H	+		チヂミザサ**	H	+			ナキリスゲ**	H	+				
ネズミモチ	S	+	H	+		ヤブマオ**	H	+			ノササゲ**	H	+				
ハマクサギ	S	+	H	+		ウラジロ***	H	+			チヂミザサ**	H	+				
バリバリノキ	S	+				ホラシノブ***	H	+			マツカゼソウ**	H	+				
ヒサカキ	S	1	H	+							マムシグサ**	H	+				
マンリョウ	S	+	H	+							ヤマアイ**	H	+				
ミミズバイ	S	1	H	+							オオイワヒトデ***	H	+				
ムラサキシキブ	S	+	H	+							ナチンダ***	H	1				
ヤブツバキ	S	+	H	+							ヨゴレイタチンダ***	H	+				
ヤブニッケイ	S	+	H	+													
ヤマウルシ	S	+															
クマノミズキ	H	+															
コショウノキ	H	+															
シイ属spp.	H	+															
タイミンタチバナ	H	+															
テイカカズラ*	H	+															
ユズリハ	H	+															
オニドコロ**	H	+															
ウラジロ***	H	+															
合計 38種						合計 23種					合計 28種						

注 1) 天然生広葉樹林 B1 : 高木層 (樹高 17 ~ 22 m), B2 : 亜高木層 (8 ~ 14 m), S : 低木層 (1.2 ~ 8 m), H : 草本層 (1.2 m 未満)。

注 2) ヒノキ林 B1 : 高木層 (樹高 8 ~ 12 m), S : 低木層 (1.2 ~ 2 m), H : 草本層 (1.2 m 未満)。

注 3) スギ林 B1 : 高木層 (樹高 8 ~ 13 m), S : 低木層 (1.2 ~ 5 m), H : 草本層 (1.2 m 未満)。

注 4) 被度 5 : 被覆率 75 ~ 100%, 被度 4 : 50 ~ 75%, 被度 3 : 25 ~ 50%, 被度 2 : 10 ~ 25%, 被度 1 : 10% 以下, + : わずかな被度をもち少数。

注 5) \* : 木本性ツル類, \*\* : 草本類, \*\*\* : シダ類, その他は木本類。

表 19 北薩 1 号線採取土壌の発芽試験結果 (単位: 本/100 リットル)

種名	A層	A <sub>0</sub> 層
木本類		
アカメガシワ	16	
イズセンリョウ①②③	361	406
イヌビワ①②	46	16
カラスザンショウ	61	31
キブシ	61	
クサイチゴ		31
クマイチゴ	16	16
ゴンズイ		16
シイ属spp.①②	31	
ツルウメモドキ	16	
ツルコウゾ	31	
ハマセンダン	106	
バライチゴ	61	61
ヒサカキ①②	1,291	1,231
ビロードイチゴ	31	
ホウロクイチゴ		16
ヤブムラサキ	31	16
計	2,159	1,840
草本類		
帰化草本		
セイタカアワダチソウ		16
ダンドボロギク		31
ヨウシュヤマゴボウ	61	31
計	61	78
在来草本		
オカトラノオ	31	16
オニタビラコ	46	16
カキドオシ	16	16
カラムシ		31
ギンギン		31
コナスビ		46
コミカンソウ		31
タケニグサ		16
チドメグサ	31	46
ナキリスゲ	61	91
ハルノノゲシ	16	
ヒヨドリバナ		16
ヘクソカズラ		61
ヤブヘビイチゴ		16
ヤクシソウ	16	
ヤブマオ②	106	91
ヤマノイモ	15	
計	338	524
合計	2,558	2,442

注 1) 本数は 2 回反復の平均値を, 土壌 100 リットルあたりに換算して示す。

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

注 3) 種名横の①, ②, ③は表 18 の各森林に付した番号であり, その種がどの森林に現れたかを示す。

表 20-1 北薩 1 号線での試験区別出現種と種数 (2 葉中 1 枚目)

種 名	試 験 区																													
	対照区						A層区						A <sub>0</sub> 層区						種子なし区						マット区					
	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月
木本類																														
吹付種																														
エヒシダ																			○											
コマツナギ																			○ ○ ○ ○ ● ●											
ヤシヤブシ																			○ ○ ○ ○ ○ ○											
ヤマハギ	○												○						○ ○ ○ ○ ○ ○											
出現種数	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	2	2
在来種																														
アカメガシワ (土)							● ● ●						● ● ● ●																	
イズセンリョウ (土) (A <sub>0</sub> ) ①②③							○ ○ ● ●						○						○ ○ ○ ○ ○											
イヌビロ (土) (A <sub>0</sub> ) ①②													○ ○																	
エノキ																			○											
カラスザンショウ (土) (A <sub>0</sub> )	○ ○						● ● ● ●						○ ○ ○ ○ ○						○ ● ● ●											
クマイチゴ (土) (A <sub>0</sub> )							○ ○						○ ● ● ● ● ●																	
クマノミズキ													○						● ●											
サルナシ																			● ●											
スギ③																			○ ○ ○ ○											
タブノキ①②																			○ ●											
タラノキ	○ ● ○ ●																		● ●											
ツルコウゾ (土)	● ● ●																													
ハマクサギ①②③													●						○ ○											
ハマセンダン (土)	○ ●												○ ○ ○																	
ヒサカキ (土) (A <sub>0</sub> ) ①							○ ○ ● ●						○						○ ○ ○ ○											
ヒノキ②	○																		○											
ムクノキ																			○ ○											
ヤマザクラ													●																	
出現種数	0	0	0	0	0	1	2	5	7	6	3	5	2	4	4	4	10	4	0	3	6	5	7	7	0	0	1	1	1	1
草本類																														
吹付種																														
クレーピングレッドフェスク	○ ● ● ● ● ●						○ ● ● ● ● ●						○ ● ● ● ● ●						○ ○ ● ●											
ケンタッキーブルーグラス																			○ ○ ○											
コロニアルバントグラスハイランド																			○ ○ ○ ○											
ススキ																			○ ○ ○ ○ ○ ○											
パーミューダグラス	○ ● ● ● ● ●						○ ○ ○ ● ● ●						○ ○ ● ● ● ●						○ ○ ● ● ● ●											
ホワイトクローバー	○ ● ● ● ● ●						○ ● ● ●						○ ●						○ ○											
メドハギ	○ ● ● ● ● ●						○						○ ○ ○ ○ ○ ○						○ ○ ● ● ● ●											
ヨモギ	○ ● ● ● ● ●						○ ● ○ ●						○ ● ● ● ●						○ ○ ● ● ● ●											
出現種数	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	2	2	4	4	3	3	2	2	3	5	4	4	4	4	7	7	7	6	4	4

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名での (土) は土壌の発芽試験で出現した種、(A<sub>0</sub>) は A<sub>0</sub> 層の試験で出現した種、①、②、③は表 18 の植生調査を行った森林の番号であり、その番号の森林に出現した種を示す。  
 注 3) 表中の○はその時点で出現した種、●は出現していたがシカの食害を受けていた種を示す。  
 注 4) マット区での配合種も便宜上「吹付種」とした。このため、マット区でのススキは吹付種である。

表 20-2 北薩 1 号線での試験区別出現種と種数 (2 葉中 2 枚目)

種 名	試 験 区																																				
	対照区						A層区						A <sub>0</sub> 層区						種子なし区						マット区												
	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月	2ケ月	4ケ月	6ケ月	1年3ケ月	2年2ケ月	2年6ケ月							
草本類																																					
帰化種																																					
ウィーピングラブグラス					○	○																															
オオアレチノギク							○	○	○					○	○																						
オノゲシ													○																								
セイタカアワダチソウ																																			○		
ダンドボロギク																																			○		
チチコグサモドキ					●	●	○	○	○		○	○	○	○	○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
ノハラムラサキ				○	○																														○		
ヒメムカシヨモギ						○																													○		
ペニバナボロギク				○	○	○	○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
マツバゼリ																																			○		
ミチタネツケバナ					●																														○		
出現種数	0	0	1	1	5	5	3	4	4	3	4	2	2	3	4	3	3	2	0	0	2	2	3	3	0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2	
在来種																																					
アカネスミレ										●	●	●	●																					○			
イヌクグ				○	○	○	●																○	○	○	○	○	○	○						○		
イヌホオズキ							○			●	●	●	●										○	○	○	○	○	○	○						○		
ウシハコバ																																			○		
オニタビラコ (土) (A <sub>0</sub> )										○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	○						○			
オヒシバ							○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○						○		
カキドオシ (土) (A <sub>0</sub> )										○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	○						○			
カラムシ (A <sub>0</sub> )							○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○						○		
ギンギシ (A <sub>0</sub> )										○	○																							○			
キランソウ																																			○		
コミカンソウ (A <sub>0</sub> )																																			○		
コメヒシバ							○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○						○		
ススキ						○																													○		
タケニグサ																																			○		
チドメグサ (土) (A <sub>0</sub> )							○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○						○		
ツルマオ										○	○	○																							○		
トキワハゼ																																			○		
ニガカシュウ																																			○		
ヌカキビ							○																												○		
ノブドウ																																			○		
ハルノゲシ (土)																																			○		
ベニタデ							○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○						○		
マルミノヤマゴボウ (土) (A <sub>0</sub> )							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
メヒシバ							○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○						○		
ヤブマオ②																																			○		
ヤマノイモ																																			○		
出現種数	0	1	1	1	1	3	4	10	15	14	11	10	2	5	10	5	6	4	0	5	10	10	10	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
シダ類																																					
在来種																																					
ナチシダ③																																		○			
ホランソノブ②																																			○		
出現種数	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	
総出現種数	6	6	7	7	12	14	13	24	30	27	21	21	11	16	21	15	21	13	3	13	22	21	25	24	10	10	12	11	11	11	10	10	12	11	11	11	

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名での (土) は土壌の発芽試験で出現した種、(A<sub>0</sub>) は A<sub>0</sub> 層の試験で出現した種、①, ②, ③は表 18 の植生調査を行った森林の番号であり、その番号の森林に出現した種を示す。  
 注 3) 表中の○はその時点で出現した種、●は出現していたがシカの食害を受けていた種を示す。  
 注 4) マット区での配合種も便宜上「吹付種」とした。このため、マット区でのススキは吹付種である。

表 21 北薩 1 号線での試験区別成立本数の変化 (単位 : 本/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	シダ類	
1ヶ月 (2007年4月)	対照区	525	-	-	-	-	525
	A層区	-	-	-	-	-	0
	A <sub>0</sub> 層区	1	-	-	-	-	1
	種子なし区	-	-	-	-	-	0
	マット区	455	-	-	-	-	455
2ヶ月 (2007年5月)	対照区	651	-	-	-	-	651
	A層区	10	2	-	1	-	13
	A <sub>0</sub> 層区	7	-	1	1	-	9
	種子なし区	18	-	-	-	-	18
	マット区	517	-	-	-	-	517
3ヶ月 (2007年6月)	対照区	513	-	-	-	-	513
	A層区	11	1	1	2	-	15
	A <sub>0</sub> 層区	9	-	-	1	-	10
	種子なし区	17	-	1	-	-	18
	マット区	488	-	-	-	-	488
4ヶ月 (2007年7月)	対照区	310	-	-	-	-	310
	A層区	11	1	1	3	-	16
	A <sub>0</sub> 層区	8	-	1	-	-	9
	種子なし区	17	-	1	-	-	18
	マット区	480	-	-	-	-	480
5ヶ月 (2007年8月)	対照区	207	-	-	-	-	207
	A層区	7	1	2	2	-	12
	A <sub>0</sub> 層区	5	-	3	-	-	8
	種子なし区	7	-	10	1	-	18
	マット区	222	-	-	-	-	222
6ヶ月 (2007年9月)	対照区	175	2	-	-	-	177
	A層区	2	2	4	2	-	10
	A <sub>0</sub> 層区	21	2	2	1	-	26
	種子なし区	22	1	3	1	-	27
	マット区	174	-	-	-	-	174
1年3ヶ月 (2008年6月)	対照区	108	2	-	-	-	110
	A層区	2	2	4	2	-	9
	A <sub>0</sub> 層区	21	3	2	2	-	27
	種子なし区	22	1	3	1	-	26
	マット区	174	-	-	-	-	174
2年2ヶ月 (2009年5月)	対照区	30	36	1	-	2	69
	A層区	9	92	23	2	2	128
	A <sub>0</sub> 層区	16	89	6	14	-	124
	種子なし区	5	62	72	5	1	145
	マット区	137	-	1	-	3	141
2年6ヶ月 (2009年9月)	対照区	14	27	4	1	2	48
	A層区	7	25	26	4	3	63
	A <sub>0</sub> 層区	16	23	3	9	-	50
	種子なし区	4	25	110	4	3	144
	マット区	108	-	-	-	3	111

注 1) マット区での配合種も便宜上「吹付種」とした。

注 2) 数字は小数第 1 位で切り上げ。表中の「-」は該当値なし。

表 22 北薩 1 号線での試験区別被覆率の変化 (単位 : %/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分				合計
		吹付種	帰化草本類	在来草本類	在来木本類	
1ヶ月 (2007年4月)	対照区	5	-	-	-	5
	A層区	-	-	-	-	-
	A <sub>0</sub> 層区	0	-	-	-	0
	種子なし区	-	-	-	-	-
	マット区	4	-	-	-	4
2ヶ月 (2007年5月)	対照区	44	-	-	-	44
	A層区	0	0	-	0	1
	A <sub>0</sub> 層区	0	-	0	0	0
	種子なし区	0	-	-	-	0
	マット区	22	-	-	-	22
3ヶ月 (2007年6月)	対照区	94	-	-	-	94
	A層区	5	0	0	0	5
	A <sub>0</sub> 層区	6	-	-	0	6
	種子なし区	9	-	0	-	9
	マット区	67	-	-	-	67
4ヶ月 (2007年7月)	対照区	78	-	-	-	78
	A層区	16	0	0	2	19
	A <sub>0</sub> 層区	37	-	0	-	37
	種子なし区	25	-	0	-	25
	マット区	76	-	-	-	76
5ヶ月 (2007年8月)	対照区	30	-	-	-	30
	A層区	14	0	2	2	19
	A <sub>0</sub> 層区	33	-	4	-	37
	種子なし区	31	-	4	0	35
	マット区	44	-	-	-	44
6ヶ月 (2007年9月)	対照区	31	0	1	-	33
	A層区	19	3	5	7	34
	A <sub>0</sub> 層区	45	0	3	0	49
	種子なし区	41	0	2	0	43
	マット区	64	-	-	-	64
1年3ヶ月 (2008年6月)	対照区	16	6	-	-	22
	A層区	3	13	9	8	33
	A <sub>0</sub> 層区	10	13	2	3	28
	種子なし区	4	1	14	0	18
	マット区	58	-	-	-	58
2年2ヶ月 (2009年5月)	対照区	6	25	0	-	32
	A層区	6	10	29	1	45
	A <sub>0</sub> 層区	3	28	1	2	35
	種子なし区	1	11	11	0	39
	マット区	68	-	0	-	69
2年6ヶ月 (2009年9月)	対照区	0	13	1	0	20
	A層区	1	7	41	2	52
	A <sub>0</sub> 層区	3	8	6	14	31
	種子なし区	0	14	20	1	60
	マット区	26	-	-	-	27

注 1) マット区での配合種も便宜上「吹付種」とした。

注 2) 数字は小数第 1 位で四捨五入。したがって、表中の「0」は被覆率 0.5%未満である。

注 3) 表中の「-」は該当値なし。

かなり混入していたものと推察される。このことは各土壌の発芽試験結果からも推察できる。施工前に人力で採取した鳴石線(表 9)、大型バックホウで慎重に採取した北薩 1 号線(表 19)と比較して、久木野線の結果(表 14)は種数、発芽本数ともかなり低かった。

シカの食害は試験結果にかなり影響した。外来種子は牧草類が主体であるため、それを吹付けている対照区法面にはシカが集まりやすいものと考えられる。今回は防獣ネットを張ったが、月日の経過と共にネットの張りに弛みが出て、その箇所からシカが試験法面へ侵入していた。シカ激害地での法面緑化は、シカ害防止対策がより重要であり、今後の検討課題である。

#### 4 新小勝線 2 工区

##### ①新小勝線 2 工区試験地付近の植生調査結果

施工地付近の森林内及び既設切土法面の植生調査結果を表 23 に示す。奄美大島の森林の大部分は、皆伐後のオキナワジイ (*Castanopsis sieboldii* ssp. *lutchuensis*) を主体とする萌芽再生により発達した天然生広葉樹二次林であり(清水ら 1988)、施工地付近も同様であった。今回は木本類、草本類、シダ類併せて 36 種出現した。また、施工地は斜面上部に位置するため、草本類が少なく、高木層は最高樹高 15m と比較的lowかった。既設林道の切土法面では 45 種出現した。当地域の先駆種であるウラジロタラノキ (*Aralia bipinnata*)、イジュ (*Schima Wallichii*) 等を含め、陽地に現れやすい種類がほとんどを占めた。うち法面、森林両方に出現したのは 7 種であった。また、吹付種であるメドハギ、ヤマハギ、ヨモギ等も数多く確認された。この結果から、05 植栽区では草本類 2 種、シダ類 2 種、06 植栽区では草本類 4 種、シダ類 2 種を植栽種とした(表 4)。

##### ②新小勝線 2 工区試験区別法面の出現種組成

法面に出現した試験区別種組成を表 24 に示す。対照区では 2 年 6 ヶ月(2007 年 7 月)経過、06 区では 6 ヶ月(2007 年 7 月)、1 年 6 ヶ月(2008 年 7 月)、2 年 7 ヶ月(2009 年 8 月)経過、05 区では 1 年 6 ヶ月(2007 年 7 月)、2 年 6 ヶ月(2008 年 7 月)、3 年 7 ヶ月(2009 年 8 月)経過時点のものである。南向き法面では調査区を 2 箇所設置したため、方位角は平均値を、出現種はその全てを示した。出現種は鳴石線と同様に区分した。吹付種は対照区で吹付けられた 6 種を指す。植栽種は今回植栽された 6 種であるが、カラムシは 2006 年度に植栽されたため、2005 年度法面に出現したカラムシは在来種とした。

出現種は森林に生える種類より、陽地である法面に生

育する種類の方が多かった。植栽種ではニシヨモギ、ハチジョウススキ (*Miscanthus condensatus*) は、どの植栽区でも発生した。対照区では吹付種、自然発生した木本類、草本類併せて 21 種類出現した。自然発生した種類のほとんどは陽地に現れやすい帰化種や在来種であった。06 区では南向き法面の方で出現種が多かった。05 区では方位による出現種数に大差はなく、カラムシも自然発生した。どの植栽区でも 3 年目に入ると種数が低下した。これは植栽種や先に発生した植物が繁茂したことにより、後に発生した植物が成長できずに枯死したことによると考えられる。

##### ③新小勝線 2 工区調査区内の成立本数の変化

調査区内の種別の 1m<sup>2</sup> 当たりの成立本(株)数を表 25 に示す。対照区、植栽区の南向き調査区は、2 調査区の平均値を示した(以下、植栽区の北向き調査区を「N 区」、南向き調査区を「S 区」)。

対照区での 2 年 6 ヶ月経過時点での本(株)数は 67 本/m<sup>2</sup> であった。吹付種については経年的な減少と考えられたが、本土の客土吹付工及び厚層基材吹付工を施工し 2 年以上経過した法面での本数(下園ら 2005, 2007a)と比較しても少なかった。この法面ではトールフェスクが極端に少なく、トールフェスクより乾燥しやすい条件下でも繁茂できるウィーピングラブグラス(下園ら 2007b)が多かった。また、方位が南向きであり乾燥しやすいため、成立本数が少なかったものと考えられる。植栽区 06 区の 6 ヶ月経過では、N 区で植栽種の本数が多く、S 区では在来草本類が多かった。植栽種はニシヨモギ、在来草本はオニタビラコ、メヒシバの芽生えによるものであった。その後は経年的に減少したが、帰化・在来草本類はあまり定着せずに、増減が激しかった。植栽種は 2 年 7 ヶ月経過して S、N 区共に同じ本数となった。また、06 区の各経過年数での本数は、05 区よりも少なかった。05 区では N 区で帰化草本類の発生が多かった。植栽種ではニシヨモギ、ハチジョウススキ、帰化草本類はセイタカアワダチソウ、アメリカセンダングサ (*Bidens frondosa*)、オオバナセンダングサ (*Bidens pilosa* var. *radiata*) の発生が多く、植栽種シダ類の発生は少なかった。3 年 7 ヶ月経過すると、本数がさらに減少し、同じ時期に調査した 06 区(2 年 7 ヶ月経過)と本数が同程度となった。

##### ④新小勝線 2 工区調査区内の被覆率の変化

調査区内の被覆率を表 26 に示す。対照区、植栽区の南向き調査区は、2 調査区の平均値を示した。

対照区は施工後 2 年 6 ヶ月経過しているが、60%と比較的高い被覆率であった。吹付種、帰化・在来草本類に



より被覆された。木本類も侵入していたが、樹高が 12cm 以下と小さかったため、被覆率は低かった。06 区では法面方位で被覆率に差が見られたが、年数の経過と共に、その差が小さくなった。N 区、S 区とも植栽種の被覆率が最も高かった。これは植栽当初の 6 ヶ月ではニシヨモギ、1 年 6 ヶ月以降はハチジョウススキによるものであった。ハチジョウススキの繁茂により他の植栽種の成長が抑えられたためと考えられる。在来草本の被覆率はサイズが小さいため率は低かった。セイタカアワダチソウやセンダングサ類等の帰化草本は本数が多かったため、比較的高い被覆率となった。05 植栽区は 1 年 6 ヶ月では N、S 区ともに 40% と同程度の被覆率であったが、3 年 7 ヶ月経過すると、被覆率が減少した。S 区では植栽種、N 区では帰化草本類の率の減少によるものであった。ここでも植栽種ハチジョウススキの被覆率が高く、他の植栽種はハチジョウススキに抑えられていた。

植栽区では法面方位で種別の生育状況が異なった。N 区では 1 年目は植栽種ニシヨモギの被覆率が高く、2 年目ではハチジョウススキや帰化草本類等の被覆が高かった。植栽種のニシヨモギは、6 ヶ月経過の N 区のように侵入種が全くなく、適した生育環境であれば、植栽当初、急激に被覆率を増大させるが、その生育環境は植物が生えやすい環境であるため、ハチジョウススキや後に発生する帰化草本類の旺盛な成長に影響され、繁茂は長続きできず、このため、2 年目からはニシヨモギ以外の種類の被覆率が大きくなったと考えられる。S 区では植栽種の草本類は除々に成長して被覆率を増加させており、帰化草本類等の被覆は小さかった。S 区は乾燥しやすい反面、侵入種は少なく、植栽した草本類は陽地に生える種類であり、それが順調に成長していたためと考えられる。しかしながら、シダ類も乾燥に耐える種類(岩槻 1992)を導入したが被覆率は低かったので、種の選定については今後検討する必要がある。

当路線の 1 工区において試験されている森林土壌吹付工での 2 年目の被覆率は 40% であり(中村ら 2007)、本試験での 2 年目の結果とあまり変わらなかった。苗植栽は、ランダムに設置したアンカーピン位置に植えるため植栽位置が確認しやすく、植栽方法も容易であり、森林土壌吹付工(約 5,800 円/m<sup>2</sup>)より施工コストが安価(約 4,100 円/m<sup>2</sup>)である((社)鹿児島県治山林道協会 2006) こと等から判断すると、従来工法より被覆率は低い、その植栽密度は現在のところ妥当と考えられる。

## 森林土壌吹付試験

### 1 2007 年度試験

#### ① 2007 年度試験地付近の植生調査結果

施工地付近の植生調査結果を表 27 に示す。

新小勝線 2 工区と同様、施工地付近の植生は萌芽再生により発達した天然生広葉樹林であり、高木層は樹高 15 ~ 18m で、オキナワジイ、オオシイバモチ (*Ilex warburgii*)、ホルトノキ (*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*) 等が優占していた。今回は木本類、草本類、シダ類あわせて 39 種類出現した。

#### ② 2007 年度試験地採取土壌の発芽試験

2008 年 7 月時点(4 ヶ月経過)での埋土種子の発芽試験結果を表 28 に示す。ハウス周辺からの侵入種はオニタビラコ、カタバミ、タネツケバナ、チチコグサモドキ (*Gnaphalium pensylvanicum*) であったので、これらの本数は除外し、4 回繰り返しの平均値を、土壌 100 リットル当たりに換算して示した。

A 層では帰化草本類 3 種、在来草本類 6 種、木本類 8 種の計 17 種発芽した。A<sub>0</sub> 層では帰化草本類 3 種、在来草本類 7 種、木本類 12 種の計 22 種発芽し、本数も「A<sub>0</sub> 層」の方が多かった。植生調査でも現れたのは、A 層ではヒサカキ、A<sub>0</sub> 層ではクチナシ (*Gardenia jasminoides*)、マンリョウ (*Ardisia crenata*)、ヤマモモ (*Myrica rubra*) だけであった。また、イイギリ (*Idesia polycarpa*)、ウラジロエノキ (*Trema orientalis*)、ウラジロタラノキ (*Aralia bipinnata*)、シマサルナシ (*Actinidia rufa*) 等先駆性樹木や陽地に生える植物の発芽が多かった。

#### ③ 2007 年度試験区別法面の出現種組成

施工後 1 ヶ月(2008 年 4 月)、2 ヶ月(2008 年 5 月)、3 ヶ月(2008 年 6 月)、4 ヶ月(2008 年 7 月)、7 ヶ月(2008 年 10 月)、1 年 1 ヶ月(2009 年 4 月)、1 年 2 ヶ月(2009 年 5 月)、1 年 3 ヶ月(2009 年 6 月)、1 年 5 ヶ月(2009 年 8 月)経過時点での試験区別に出現した種類とその数を表 29 に示す。出現種は木本類、草本類、シダ類に分類し、更に、それぞれ吹付種、帰化種、在来種に区分した。吹付種とは、今回対照区で吹付けた 6 種の植物を指す。なお、史前帰化植物は在来種とした。

吹付種はどの試験区でも 1 ヶ月後から出現した。これは、吹付機の中に残っていた種子が吹付けられたり、対照区を吹付ける際、吹付種子が他区へ飛来したことにより発生したものと考えられる。しかしながら、奄-A<sub>0</sub> 層区を除く 3 試験区で、7 ヶ月後で種数が減少し、ヤマハギ、クリーピングレッドフェスク、ホワイトクローバーがみられなくなった。自然枯死によるものと考えられる。帰化種では、ベニバナボロギクが全試験区で発生していた。これは埋土種子によるもののほか、既設法面からの種子の飛来によるものと考えられる。

表 23 新小勝線 2 工区での植生調査結果

施工地周辺の森林内			既設切土法面			
種名	階層区分		種名	階層区分		
イジュ	B1	B2	アオモジ	S	H	
オキナワジイ	B1	S	アカメガシワ	S	H	
カクレミノ	B1	B2	アマクサギ	S	H	
ハゼノキ	B1	B2	H	ウラジロエノキ	S	H
ヒメユズリハ	B1	B2	ウラジロタラノキ	S	H	
フカノキ	B1	B2	ハゼノキ	S	H	
アマミアラカシ	B2		アカミズキ	H		
エゴノキ	B2		アマミフユイチゴ	H		
クロバイ	B2		イイギリ	H		
コバンモチ	B2		イジュ	H		
タブノキ	B2		イヌビワ	H		
ホソバタブ	B2		エゴノキ	H		
ミミズバイ	B2		カラスザンショウ	H		
モッコク	B2		ゴンズイ	H		
ヤブニッケイ	B2		シマイズセンリョウ	H		
ヤンバルアワブキ	B2		シマグワ	H		
アカミズキ	S		シマサルナシ	H		
イヌビワ	S		タブノキ	H		
オオムラサキシキブ	S		ノボタン	H		
ギョクシンカ	S		ムベ	H		
クチナシ	S		メドハギ	H		
シシアクチ	S		ヤマハギ	H		
シマイズセンリョウ	S		ヤンバルアワブキ	H		
シマウリカエデ	S		リュウキュウイチゴ	H		
シャリンバイ	S		リュウキュウバライチゴ	H		
ショウベンノキ	S		リュウキュウマツ	H		
タイミンタチバナ	S		アキノノゲシ*	H		
トキワガキ	S		アメリカセンダングサ*	H		
ヒサカキ	S		ウィーピングラブグラス*	H		
ボチョウジ	S		オオアレチノギク*	H		
ヤマヒハツ	S		オオキバナムカシヨモギ*	H		
マンリョウ	H		オオバナセンダングサ*	H		
ツブキ*	H		オニタビラコ*	H		
アマクサシダ**	H		カラムシ*	H		
エダウチホングウシダ**	H		ススキ*	H		
ホラシノブ**	H		セイタカアワダチソウ*	H		
			ハチジョウススキ*	H		
			ハルノノゲシ*	H		
			ヒメムカシヨモギ*	H		
			ムラサキニガナ*	H		
			メヒシバ*	H		
			ヨモギ*	H		
			ホシダ**	H		
			タマシダ**	H		
			ホラシノブ**	H		
合計 36種			合計 45種			

注 1) B1 : 高木層(樹高 10m ~ 15m), B2 : 亜高木層(5m ~ 10m), S : 低木層(1.2m ~ 5m), H : 草本層(1.2m 未満)。

注 2) \* : 草本類, \*\* : シダ類, その他は木本類。

表 24-1 新小勝 2 工区での試験区別出現種と種数 (2 葉中 1 枚目)

種名	試験区												
	対照区	06区						05区					
	S18°W	S21°E			N17°E			S21°E			N36°E		
	南向き	南向き		北向き		南向き			北向き				
調査区数	2	2		1			2			1			
経過年数	2年	1年	2年	1年	2年	1年	2年	3年	1年	2年	3年		
種名	6ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月
木本類													
吹付種													
ヤマハギ	○												
出現種数	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
帰化種													
イタチハギ	○												
コマツナギ属SP.				○									
出現種数	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
在来種													
アオモジ (法)								○					
アカミズキ (森) (法)								○	○	○		○	
アカメガシワ (法)	○		○	○		○		○	○	○			
アマクサギ (法)			○	○									
イイギリ (法)												○	
イジュ (森) (法)													○
ウラジロエノキ (法)			○	○									
ウラジロタラノキ (法)									○	○			
カラスザンショウ (法)		○	○	○		○		○	○	○		○	
クチナシ (森)			○	○									
サキシマフヨウ				○									
シシアクチ (森)													○
シマイズセンリョウ (森) (法)			○	○									
シマグラ (法)	○		○	○		○	○						
シマサルナシ (法)			○	○								○	○
センダン			○										
タブノキ (森) (法)	○												
テリハノブドウ		○											
ヌルデ									○				
ハゼノキ (森) (法)	○	○	○	○		○		○	○				○
ハマセンダン				○									
ムベ		○	○	○								○	○
ヤマモモ												○	○
ヤンバルアワブキ (森) (法)						○	○						
リュウキュウマツ (法)	○	○		○				○	○	○		○	○
出現種数	5	5	11	13	0	5	5	4	6	6	5	5	4
草本類													
吹付種													
ウィーピングラブグラス (法)	○												
トールフェスク	○												
ホワイトクローバー	○												
メドハギ (法)	○		○										
ヨモギ (法)	○												
出現種数	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。

注 2) 種名横の (森) は森林内に出現した種、(法) は既設法面に出現した種を示す。

注 3) 南向き法面では、調査区を 2 箇所設置したため、方位角は平均値を示した。

注 4) カラムシは 2005 年度では侵入種、2006 年度では植栽種である。

表 24-2 新小勝 2 工区での試験区別出現種と種数 (2 葉中 2 枚目)

種名	試験区												
	対照区	06区						05区					
	S18°W	S21°E			N17°E			S21°E			N36°E		
	南向き	南向き		北向き		南向き			北向き				
調査区数	2	2		1			2			1			
経過年数	2年	1年	2年	1年	2年	1年	2年	3年	1年	2年	3年		
	6ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	7ヶ月
草本類													
植栽種													
カラムシ (2006年度) (法)		○	○	○	○	○	○		○				
チガヤ (2006年度)		○	○	○	○								
ニシヨモギ		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ハチジョウウススキ (法)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
出現種数	0	4	4	4	4	3	3	2	3	2	2	2	
帰化種													
アメリカギンゴジカ	○												
アメリカセンダングサ (法)		○									○		
アレチハナガサ			○										
オオアレチノギク (法)	○		○			○		○			○	○	
オオバナセンダングサ (法)			○	○			○		○	○		○	
キダチアミガサ	○												
コヒメビエ		○											
セイタカアワダチソウ (法)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
タチスズメノヒエ		○						○	○		○		
ナガエコミカンソウ			○										
ハキダメギク	○												
ヒメムカシヨモギ												○	
ベニバナボロギク	○	○	○	○	○	○		○	○				
出現種数	6	5	6	3	2	3	2	4	4	2	4	3	3
在来種													
アキノノゲシ (法)	○		○					○	○		○		
イヌホオズキ		○											
エノコログサ		○											
エビツル			○	○									
オニタビラコ		○			○	○		○			○		
オヒシバ		○											
カタバミ		○	○		○	○		○			○		
カヤツリグサ spp.			○					○					
カラムシ (法)								○			○		
キジョラン									○				
クワクサ			○			○							
コハコベ	○												
コミカンソウ		○	○										
ツルソバ		○											
ムラサキニガナ (法)	○												
メヒシバ (法)		○	○					○					
リュウキュウコスミレ						○							
出現種数	3	9	6	1	2	4	0	6	2	0	4	0	0
シダ類													
植栽種													
タマシダ (法)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ホシダ (法)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
出現種数	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
在来種													
ナガバカニクサ									○				
ホラシノブ (森) (法)										○			
出現種数	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
総出現種数	21	25	30	24	10	17	12	18	18	13	17	12	11

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名横の (森) は森林内に出現した種、(法) は既設法面に出現した種を示す。  
 注 3) 南向き法面では、調査区を 2 箇所設置したため、方位角は平均値を示した。  
 注 4) カラムシは 2005 年度では侵入種、2006 年度では植栽種である。

表 25 新小勝 2 工区での試験区別成立本数の変化 (単位: 本/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種・植栽種	帰化草本類	在来草本類	在来木本類	シダ類	
6ヶ月	対照区	-	-	-	-	-	-
	06区-S	2	1	21	-	-	24
	06区-N	9	2	2	-	-	13
	05区-S	-	-	-	-	-	-
	05区-N	-	-	-	-	-	-
1年6ヶ月	対照区	-	-	-	-	-	-
	06区-S	6	11	1	1	-	19
	06区-N	2	5	6	1	-	14
	05区-S	13	6	4	1	-	24
	05区-N	16	52	32	1	-	101
2年6, 7ヶ月	対照区	40	18	8	1	-	67
	06区-S	5	2	-	1	-	8
	06区-N	5	6	-	1	-	12
	05区-S	15	4	1	1	1	22
	05区-N	10	68	2	1	-	81
3年7ヶ月	対照区	-	-	-	-	-	-
	06区-S	-	-	-	-	-	-
	06区-N	-	-	-	-	-	-
	05区-S	3	2	-	1	-	6
	05区-N	4	7	-	1	-	12

注 1) 数字は小数第 1 位で切り上げ。表中の「-」は該当値なし。

注 2) 3 年目の経過年数は 3 試験区ともに異なるが、1 ヶ月しか変わらないため、比較するのは支障ないと考えられる。

表 26 新小勝 2 工区での試験区別被覆率の変化 (単位 : %/m<sup>2</sup>)

経過年数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種・植栽種	帰化草本類	在来草本類	在来木本類	シダ類	
6ヶ月	対照区	-	-	-	-	-	-
	06区-S	18	1	3	-	-	21
	06区-N	70	1	1	-	-	72
	05区-S	-	-	-	-	-	-
	05区-N	-	-	-	-	-	-
1年6ヶ月	対照区	-	-	-	-	-	-
	06区-S	47	14	1	2	-	64
	06区-N	25	10	1	0	-	37
	05区-S	38	1	5	0	-	44
	05区-N	6	35	1	0	-	42
2年6, 7ヶ月	対照区	50	7	3	0	-	61
	06区-S	79	4	-	0	-	83
	06区-N	55	13	-	0	-	68
	05区-S	37	2	0	0	0	40
	05区-N	12	51	0	0	-	63
3年7ヶ月	対照区	-	-	-	-	-	-
	06区-S	-	-	-	-	-	-
	06区-N	-	-	-	-	-	-
	05区-S	21	3	-	1	-	24
	05区-N	32	5	-	2	-	39

注 1) 数字は小数第 1 位で四捨五入。したがって、表中の「0」は被覆率 0.5%未満である。

注 2) 表中の「-」は該当値なし。

注 2) 3 年目の経過年数は 3 試験区ともに異なるが、1 ヶ月しか違わないため、比較するのは支障ないと考えられる。

表 27 2007 年度平田線における植生調査結果

天然生広葉樹林 方形区の大きさ : 20m×20m 標高 : 170m 方位 : S26°W 傾斜 : 38° 斜面形 : 平衡斜面 斜面位置 : 中部								
種名	階層区分	被度	階層区分	被度	階層区分	被度	階層区分	被度
オオシイバモチ	B1	1	B2	+	S	+		
オキナワジイ	B1	3	B2	1	S	1	H	1
オオシイバモチ	B1	1	B2	+	S	+		
サネカズラ*	B1	+	B2	+				
ホルトノキ	B1	1	B2	1				
ムベ*	B1	+	H	+				
ヤマモモ	B1	1	B2	+				
ヤンバルアワブキ	B1	1	B2	1	S	+	H	+
リュウキュウマツ	B1	1						
アカミズキ	B2	+	S	+	H	+		
アマミアラカシ	B2	1	S	+	H	+		
カクレミノ	B2	1	S	+	H	+		
クチナシ	B2	+	S	1	H	+		
シャリンバイ	B2	+						
ショウベンノキ	B2	+	S	+				
タブノキ	B2	+	S	+	H	+		
トベラ	B2	+						
ハゼノキ	B2	1	H	+				
ヒメユズリハ	B2	1	S	+	H	+		
フカノキ	B2	1	S	+	H	+		
イヌビワ	S	1	H	+				
ギョクシンカ	S	+	H	+				
シシアクチ	S	1	H	1				
ボチョウジ	S	+	H	+				
ミミズバイ	S	+						
ヤマヒハツ	S	+	H	+				
リュウキュウモチ	S	+						
エゴノキ	S	+						
エビヅル**	S	+						
ソテツ	S	+	H	+				
ヒサカキ	S	+						
ヘクソカズラ**	S	+						
ミミズバイ	S	+						
リュウキュウマノスズクサ**	S	+						
アマクサシダ***	H	+						
サルトリイバラ*	H	+						
シンエダウチホングウシダ***	H	+						
センリョウ**	H	+						
ツワブキ**	H	+						
マンリョウ	H	+						
合計	39種							

注 1) B1 : 高木層 15 ~ 18m, B2 : 亜高木層 5 ~ 14m, S : 低木層 1.2 ~ 5m, H : 草本層 1.2m 未満。

注 2) 被度 5 : 被覆率 75 ~ 100%, 被度 4 : 50 ~ 75%, 被度 3 : 25 ~ 50%, 被度 2 : 10 ~ 25%, 被度 1 : 10% 以下, + : わずかな被度をもち少数。

注 3) \* : 木本性つる類, \*\* : 草本類, \*\*\* : シダ類。

表 28 2007 年度平田線採取土壌, A<sub>0</sub> 層の発芽試験結果 (単位 : 本/100 リットル)

種名	A層	A <sub>0</sub> 層
草本類		
帰化種		
アレチハナガサ		8
オオアレチノギク	30	38
ベニバナボロギク	15	23
ヨウシュヤマゴボウ	23	
計	68	69
在来種		
エノコログサ属spp.		8
カヤツリグサ属spp.	23	75
カラムシ	150	38
コナスビ	173	45
スマレ属spp.	2	23
チヂミザサ		8
ツボクサ	45	
フタバムグラ	8	23
計	401	220
木本類		
在来種		
イイギリ	38	98
ウラジロエノキ	8	45
ウラジロタラノキ	30	15
クチナシ*		180
シマイズセンリョウ	53	15
シマグワ		8
シマサルナシ	23	53
ツルマサキ		8
ハマセンダン		8
ヒサカキ*	23	
マンリョウ*		8
ヤマモモ*		83
リュウキュウイチゴ	23	
リュウキュウバライチゴ	195	120
計	393	641
合計	862	930

注 1) 本数は 4 回反復の平均値を, 土壌 100 リットルあたりに換算して示す。

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

注 3) \*を付した種類は植生調査でも出現した種類を示す。



表 29-1 2007 年度平田線の試験区別出現種と種数 (2 葉中 1 枚目)

種名	試験区				対照区				A層区											
	1ケ月	2ケ月	3ケ月	4ケ月	7ケ月	1年1ケ月	1年2ケ月	1年3ケ月	1年5ケ月	1ケ月	2ケ月	3ケ月	4ケ月	7ケ月	1年1ケ月	1年2ケ月	1年3ケ月	1年5ケ月		
木本類																				
吹付種																				
ヤマハギ	○	○								○	○	○	○							
計	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
在来種																				
アオモジ																			○	
アカメガシワ																		○	○	
イイギリ (土) (A <sub>0</sub> )													○	○	○			○	○	
ウラジロエノキ (土) (A <sub>0</sub> )										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ウラジロタラノキ (土) (A <sub>0</sub> )													○	○	○	○	○	○	○	
エゴノキ															○	○	○	○	○	
カラスザンショウ										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
クチナシ (A <sub>0</sub> )																			○	
サキシマフヨウ												○	○	○	○	○	○	○	○	
シマグワ																			○	
シマサルナシ (土) (A <sub>0</sub> )													○	○	○	○	○	○	○	
タブノキ (植)				○	○			○							○	○	○	○	○	
ヌルデ												○	○	○	○	○	○	○	○	
ハゼノキ (植)								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
ハマセンダン (A <sub>0</sub> )									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
ホルトノキ																		○		
ムベ								○	○	○	○					○	○	○		
リュウキュウバライチゴ															○	○	○	○		
リュウキュウマツ																		○		
計	0	0	0	1	1	2	4	3	3	2	7	8	8	9	13	14	15	17		
草本類																				
吹付種																				
クリーピングレッドフェスク	○	○	○	○						○	○	○	○							
パーミューダグラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ホワイトクローバー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ヨモギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
メドハギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
計	5	5	5	5	4	3	3	3	3	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	
帰化種																				
アレチハナガサ																				
オオアレチノギク																				
オオキバナムカシヨモギ								○												
オオバナセンダングサ																				
コヒメビエ			○	○	○					○	○	○	○							
シャクチリソバ	○	○	○	○						○										
セイタカアワダチソウ															○					
ダントボロギク																				
トマト			○	○	○	○	○	○	○											
ノラニンジン			○	○	○	○	○	○	○											
ヒメムカシヨモギ																				
ベニバナボロギク (土) (A <sub>0</sub> )	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
ホナガアオゲイトウ			○	○	○															
ミナトアカザ			○	○	○															
ヨウシュヤマゴボウ (土)			○	○	○	○	○	○	○											
計	2	8	8	8	4	5	4	3	3	2	4	4	4	3	2	2	2	2	2	
在来種																				
アキノノゲシ							○	○	○	○										
イヌホオズキ																				
ウスベニニガナ						○	○	○	○	○										
エノキグサ																				
オオエノコログサ (A <sub>0</sub> )																				
オニタビラコ																				
オヒシバ																				
カタバミ																				
カラスウリ																				
カラムシ (土) (A <sub>0</sub> )																				
コナスビ (土) (A <sub>0</sub> )																				
チヂミザサ																				
ツユクサ																				
ヒナタノイノコズチ			○	○	○			○	○	○										
フタバムグラ																				
マツカゼソウ																				
メヒシバ	○	○	○	○	○					○	○	○	○							
計	1	2	2	2	2	3	3	4	4	1	4	5	6	5	3	3	2	2	2	
シダ類																				
在来種																				
ハチジョウシダ																				
ホラシノブ																				
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	9	16	15	16	11	13	14	13	13	11	21	23	24	20	21	22	22	24	24	24

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名横の (植) は植生調査で出現した種、(土) は土壌の発芽試験で出現した種、(A<sub>0</sub>) は A<sub>0</sub> 層の発芽試験で現れた種を示す。

表 29-2 2007 年度平田線の試験区別出現種と種数 (2 葉中 2 枚目)

種名	試験区				A <sub>0</sub> 層区				種子なし区									
	1 ヶ 月	2 ヶ 月	3 ヶ 月	4 ヶ 月	7 ヶ 月	1年 1ヶ 月	1年 2ヶ 月	1年 3ヶ 月	1年 5ヶ 月	1 ヶ 月	2 ヶ 月	3 ヶ 月	4 ヶ 月	7 ヶ 月	1年 1ヶ 月	1年 2ヶ 月	1年 3ヶ 月	1年 5ヶ 月
木本類																		
吹付種																		
ヤマハギ											○							
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
在来種																		
アオモジ											○				○	○	○	○
アカメガシワ		○	○	○	○	○	○	○	○									
イイギリ (土) (A <sub>0</sub> )		○	○	○	○	○	○	○	○									
ウラジロエノキ (土) (A <sub>0</sub> )	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○
ウラジロタラノキ (土) (A <sub>0</sub> )																		
エゴノキ																		
カラスザンショウ					○	○	○	○	○									
クチナシ (A <sub>0</sub> )				○	○	○	○	○	○									
サキシマフヨウ		○	○	○														
シマグワ					○	○	○	○	○									
シマサルナシ (土) (A <sub>0</sub> )																		
タブノキ (植)																		
ヌルデ																		
ハゼノキ (植)												○	○	○	○	○	○	○
ハマセンダン (A <sub>0</sub> )					○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
ホルトノキ																		
ムベ														○				
リュウキュウバライチゴ						○	○	○	○						○	○	○	○
リュウキュウマツ															○	○	○	○
計	1	4	4	5	7	8	8	8	8	0	2	2	2	3	6	6	5	5
草本類																		
吹付種																		
クリーピングレッドフェスク	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
パーミューダグラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ホワイトクローバー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヨモギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
メドハギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
計	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	5	5	5	4	3	3	3	3
帰化種																		
アレチハナガサ					○													
オオアレチノギク																		○
オオキバナムカシヨモギ							○											
オオバナセンダングサ																		
コヒメビエ												○	○					
シャクチリソバ																		
セイタカアワダチソウ																		
ダンドボロギク					○													
トマト																		
ノラニンジン																		
ヒメムカシヨモギ																		○
ベニバナボロギク (土) (A <sub>0</sub> )		○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
ホナガアオゲイトウ																		
ミナトアカザ																		
ヨウシュヤマゴボウ (土)																		
計	0	1	1	1	3	2	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	3
在来種																		
アキノノゲシ					○	○	○	○							○	○	○	○
イヌホオズキ				○	○										○	○	○	○
ウスベニニガナ						○	○	○							○	○	○	○
エノキグサ																		
オオエノコログサ (A <sub>0</sub> )		○	○	○														
オニタビラコ															○	○	○	○
オヒシバ		○	○	○							○	○	○	○				○
カタバミ		○	○	○	○	○									○	○	○	○
カラスウリ											○							
カラムシ (土) (A <sub>0</sub> )																		
コナスビ (土) (A <sub>0</sub> )																		
チヂミザサ					○	○	○	○										
ツユクサ		○	○	○														
ヒナタノイノコズチ		○	○	○														
フタバムグラ														○	○	○	○	
マツカゼソウ																		
メヒシバ	○	○	○	○	○	○												
計	1	6	6	7	5	5	5	3	1	0	2	1	1	1	6	6	6	7
シダ類																		
在来種																		
ハチジョウシダ															○	○	○	○
ホラシノブ															○	○	○	○
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2
合計	6	15	15	17	19	19	18	16	13	4	11	10	10	9	18	18	17	20

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名横の (植) は植生調査で出現した種、(土) は土壌の発芽試験で出現した種、(A<sub>0</sub>) は A<sub>0</sub> 層の発芽試験で現れた種を示す。

表 30 2007 年度平田線での試験区別成立本数の変化 (単位: 本/m<sup>2</sup>)

経過月数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	在来 シダ類	
1ヶ月経過 (2008年4月)	対照区	449	-	-	-	-	449
	A層区	58	-	-	6	-	64
	A <sub>0</sub> 区	4	-	1	1	-	6
	種子なし区	2	-	-	-	-	2
2ヶ月経過 (2008年5月)	対照区	306	1	1	-	-	308
	A層区	80	6	2	6	-	94
	A <sub>0</sub> 区	9	4	-	1	-	14
	種子なし区	4	5	-	-	-	9
3ヶ月経過 (2008年6月)	対照区	164	2	1	-	-	167
	A層区	65	3	2	6	-	76
	A <sub>0</sub> 区	11	59	-	1	-	71
	種子なし区	3	52	-	-	-	55
4ヶ月経過 (2008年7月)	対照区	134	2	1	1	-	138
	A層区	56	3	2	6	-	67
	A <sub>0</sub> 区	11	22	2	1	-	36
	種子なし区	2	10	-	-	-	12
7ヶ月経過 (2008年10月)	対照区	134	10	1	1	-	146
	A層区	76	8	1	8	-	93
	A <sub>0</sub> 区	15	7	1	1	-	24
	種子なし区	2	3	1	-	-	6
1年1ヶ月経過 (2009年4月)	対照区	132	35	4	1	-	172
	A層区	44	17	4	8	-	73
	A <sub>0</sub> 区	23	49	7	1	-	80
	種子なし区	9	114	12	1	-	136
1年2ヶ月経過 (2009年5月)	対照区	104	34	2	1	-	141
	A層区	32	2	2	9	-	45
	A <sub>0</sub> 区	21	29	3	1	-	54
	種子なし区	11	96	13	1	-	121
1年3ヶ月経過 (2009年6月)	対照区	95	53	7	1	-	156
	A層区	30	1	4	10	-	45
	A <sub>0</sub> 区	21	29	2	1	-	53
	種子なし区	11	77	9	1	1	99
1年5ヶ月経過 (2009年8月)	対照区	65	13	3	1	-	82
	A層区	23	1	2	8	-	34
	A <sub>0</sub> 区	17	14	1	1	-	33
	種子なし区	11	39	11	1	1	63

注 1) 数字は小数第 1 位で切り上げ。表中の「-」は該当値なし。

表 31 2007 年度平田線での試験区別被覆率の変化 (単位 : %/m<sup>2</sup>)

経過月数	試験区	出現種区分					合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	在来 シダ類	
1ヶ月経過 (2008年4月)	対照区	6	-	-	-	-	6
	A層区	1	-	-	1	-	2
	A <sub>0</sub> 区	1	-	0	1	-	2
	種子なし区	1	-	-	-	-	1
2ヶ月経過 (2008年5月)	対照区	88	3	1	-	-	92
	A層区	66	6	1	8	-	81
	A <sub>0</sub> 区	2	1	-	1	-	4
	種子なし区	1	2	-	-	-	3
3ヶ月経過 (2008年6月)	対照区	93	3	1	-	-	97
	A層区	64	8	1	19	-	93
	A <sub>0</sub> 区	7	2	-	2	-	11
	種子なし区	1	5	-	-	-	6
4ヶ月経過 (2008年7月)	対照区	84	1	6	1	-	93
	A層区	57	4	2	27	-	90
	A <sub>0</sub> 区	21	16	1	3	-	41
	種子なし区	2	18	-	-	-	20
7ヶ月経過 (2008年10月)	対照区	73	10	6	0	-	90
	A層区	17	6	4	54	-	81
	A <sub>0</sub> 区	33	8	1	24	-	66
	種子なし区	17	4	0	-	-	21
1年1ヶ月経過 (2009年4月)	対照区	14	22	0	0	-	36
	A層区	9	3	5	60	-	77
	A <sub>0</sub> 区	15	12	5	0	-	32
	種子なし区	2	13	4	6	-	24
1年2ヶ月経過 (2009年5月)	対照区	19	10	0	0	-	29
	A層区	4	1	6	68	-	79
	A <sub>0</sub> 区	16	6	6	1	-	30
	種子なし区	2	17	5	6	-	30
1年3ヶ月経過 (2009年6月)	対照区	27	22	2	0	-	50
	A層区	7	2	9	68	-	86
	A <sub>0</sub> 区	19	16	3	1	-	39
	種子なし区	2	25	2	6	1	36
1年5ヶ月経過 (2009年8月)	対照区	48	6	1	0	-	54
	A層区	7	6	11	69	-	94
	A <sub>0</sub> 区	30	10	3	1	-	43
	種子なし区	13	17	3	8	1	42

注 1) 数字は小数第 1 位で四捨五入。したがって、表中の「0」は被覆率 0.5%未満である。

注 2) 表中の「-」は該当値なし。

対照区では帰化草本が多く発生した。種子なし区では帰化草本はあまり発生していないことから、対照区の帰化草本の大部分は、その種子が吹付種子の中に混ざっていたものと考えられる。コヒメビエ (*Echinochloa colona*) については基盤材の中に入っていたものと考えられる。7ヶ月経過して発芽試験で確認され法面に発生した種類はA層区で8種、A<sub>0</sub>層区で5種と意外に少なかった。

発芽試験を終了した2008年7月時点(4ヶ月経過)での、発芽試験と試験区法面の出現種の共通性を表すJaccard 共通係数 ( $c/(a+b-c)$ , a: 発芽試験出現種数, b: 試験区法面出現種数, c: 共通種数)は、A層区で0.235, A<sub>0</sub>層区で0.111であった。また、この2試験区で発生したアカメガシワ、カラスザンショウ、サキシマフヨウ (*Hibiscus makinoi*)、ハゼノキ、ヌルデ (*Rhus javanica* var. *roxburghii*)、メヒシバ等は吹付け後1~2ヶ月経過の早い時期から現れており、これらは埋土種子によるものと考えられた。吹付け後7ヶ月までの短期間で、埋土種子からの発生が最も多かったのはA層区であり、先駆種や陽地に生える種類が大部分を占めた。1年を過ぎて出現した種類は自然散布によるものと考えられる。特に、エゴノキ (*Styrax japonica*)、タブノキ、ムベ、リュウキュウバライチゴ (*Rubus croceacanthus*) 等は被食散布である。シダ類は試験区ではあまり発生せず、種子なし区でハチジョウシダ (*Pteris fauriei*)、ホラシノブが1年1ヶ月を過ぎてから出現した。

#### ④ 2007年度調査区内の成立本数の変化

調査区内に出現した植物の成立本数について、経過月数別の変化を表30に示す。吹付種、帰化草本類、在来草本類、在来木本類、在来シダ類に区分して各試験区別に2調査区の平均値を示した。

対照区での吹付種は1ヶ月経過で最高値に達し、それ以降は減少傾向であった。また、発生期待本数4,000本/m<sup>2</sup>には全く達しなかった。吹付種以外では、帰化草本の増減が各区で激しく、これはベニバナボロギク実生によるものであった。木本類の本数はA<sub>0</sub>層区よりA層区の方が多く、吹付後1ヶ月から発生した。種子なし区の本数は1年目は最も少なく、それ以降はベニバナボロギクを主とする帰化草本類が特に増加した。しかしながら、その本数の増減の変化は激しかった。

#### ⑤ 2007年度調査区内の被覆率の変化

調査区内での被覆率の経時変化を、試験区別に表31に示す。出現種区分は表30と同じであり、2調査区の平均値である。

対照区の吹付種は3ヶ月経過で最大となり、それ以降減少し、1年5ヶ月経過して48%となった。帰化・在来

草本類も被覆したが、吹付種ほど率は増加しなかった。A層区では、当初は吹付種による被覆が高かったが、在来木本類が当初から被覆し始め、徐々に率を増加し、1年5ヶ月では69%となった。A層区は1年1ヶ月を経過してから、全体被覆率も4区の中で最大となった。A<sub>0</sub>層区でも当初から在来木本類が被覆したが、その率はA層区の方が高く、あまり増加しなかった。帰化草本類が比較的高かったが、これは主にベニバナボロギクによるものであった。種子なし区では帰化草本類の被覆率が最も高く、これもベニバナボロギクによるものであった。

## 2 2008年度試験

### ① 2008年度採取土壌の発芽試験

2009年8月時点(6ヶ月経過)での埋土種子の発芽試験結果を表32に示す。前年度と経過月数は異なるが、ほぼ同じ季節に調査した。ハウス周辺からの侵入種はオニタビラコ、カタバミ、タネツケバナ、チチコグサモドキであったので、これらの本数は除外した。吹付箱は2回繰り返し、育苗箱は8回繰り返しの平均値を、土壌100リットル当たり換算して示した。

吹付箱では帰化草本類4種、在来草本類5種、在来木本類7種の計16種発芽した。育苗箱では帰化草本類4種、在来草本類9種、在来木本類12種の計25種発芽し、種数、本数ともに育苗箱の方が多かった。植生調査でも現れたのは、「育苗箱」でのヒサカキ、クチナシだけであった。また、前年度と同様、イイギリ、ウラジロエノキ、コンロンカ (*Mussaenda parviflora*) 等先駆性樹木や陽地に生える植物の発芽が多かった。

2007年度、2008年度と2回発芽試験を行ったが、県本土の北薩1号線(表19)と比較すると、発芽本数はかなり少なかった。奄美大島は亜熱帯気候であり、落葉落枝の分解速度は県本土より速く、堆積する厚さは薄いものと推察される。また、奄美大島の山腹斜面の傾斜はかなり急であること等から、種子は落下しても雨水等により流されることが多く、貯留される数が少ないため、今回の発芽本数は少なかったものと考えられる。

### ② 2008年度試験区別法面の出現種組成

施工後1ヶ月(2009年3月)、2ヶ月(2009年4月)、3ヶ月(2009年5月)、4ヶ月(2009年6月)、6ヶ月(2009年8月)経過時点での試験区別に出現した種類とその数を表33に示す。出現種は表29と同様に区分した。

吹付種はどの区でも早くから出現した。今回の吹付は、作業工程の関係上、対照区を含む開設起点側の法面から行っており、対照区の施工途中で中断しA層区、種子なし区を吹付け、再度対照区と吹き付けたため、種子が

吹付機の中に残っていたものと考えられる。しかしながら6ヶ月経過後は、各区で種数が減少した。夏場の乾燥や他種が繁茂したことによる自然枯死と考えられる。ベニバナボロギク等の帰化草本類は、対照区以外の試験区で多く発生していた。対照区では、施工当初から吹付けた植物が繁茂したため、帰化草本類は発芽しても成長できなかったと考えられる。前回と異なり、種子なし区でも帰化草本が多種発生した。A層の一部が吹付機の中に残り、埋土種子が吹付けられたものと考えられる。コヒメビエは基盤材中、タチスズメノヒエ (*Paspalum urvillei*) は自然発生によるものと推察される。在来木本類はA層区で多く発生した。

発芽試験で確認され、A層区で発生した種類は、在来木本類9種、帰化草本類4種、在来草本類4種の合計17種であり、前年度試験より発芽試験結果と一致していた。発芽試験を終了した2009年8月時点(6ヶ月経過)での、吹付箱、育苗箱の発芽試験とA層区法面の出現種の共通性を表す Jaccard 共通係数 ( $c/(a+b-c)$ 、a:吹付箱・育苗箱の出現種数、b:A層区の出現種数、c:共通種数)を求めると、吹付箱で0.483、育苗箱で0.445であり、吹付箱の方がやや大きかった。育苗箱では吹付箱より出現種数が多かったことが影響していると考えられる。A層区法面の出現種をみると、吹付箱、育苗箱両方に出現した種類が法面によく発生した。前年度、発芽試験での出現種と法面出現種があまり一致しなかったため、今回は、これまでの育苗箱のほかに、実際に箱に基盤材、土壌等を吹付け、8分勾配で定置した法面模型での発芽試験も試みたが、育苗箱の方が種数、本数ともに多かった。前年度、同じ育苗箱を使った試験であまり一致しなかったのは、今回8箱で試験したのに対し、前回は4箱であったため、試験数が足らなかったことによるものと考えられる。今後、発芽試験は箱数を多くして行う(8箱以上)方が良いと考えられる。しかしながら、発芽試験で確認されなかったが、今回のA層区で1~3ヶ月の短期間で発生したアカメガシワ、イヌビワ、カラスザンショウは埋土種子由来と考えられる。県本土の北薩1号線(表19)では現れているのに、なぜ、奄美大島の平田線での発芽試験(表28, 32)ではこれらが現れなかったかは不明であるため、発芽試験方法は今後も検討していく必要がある。A層区で、6ヶ月経過で発生したリュウキュウリミノキ (*Lasianthus fordii*)、ヤマヒハツ (*Antidesma japonicum*) は施工から発生までの期間が長いことから、これらの種類は自然散布による発生と推察される。種子なし区での在来木本類については、リュウキュウマツ (*Pinus luchuensis*) は法面上部森林か

らの自然散布、ハゼノキ、ハマセンダン (*Euodia meliifolia*) は埋土種子によるものと考えられる。

### ③ 2008年度調査区内の成立本数の変化

調査区内に出現した植物の成立本数について、経過月数別の変化を表34に示す。吹付種、帰化草本類、在来草本類、在来木本類、在来シダ類に区分して各試験区別に調査区の平均値を示した。前年度試験と同様、対照区での吹付種は1ヶ月経過で最高値に達し、それ以降は減少傾向であり、発生期待本数4,000本/m<sup>2</sup>には到達しなかった。6ヶ月後ではさらに減少した。吹付種は夏季に入ると種数や本数の減少がみられるため、夏の法面環境は高温、乾燥が続き、かなり劣悪であることが伺える。A層区での吹付種の本数は、前年度より少なかった。対照区の吹付施工によるA層区への種子飛来を極力なくすように試験区を設定したことが影響したと思われる。在来木本類の本数は、前年度と比較して大差なかった。このことから、植生基材吹付工によりA層を混合率30%で吹付けた場合、埋土種子由来の在来木本類は約10本/m<sup>2</sup>の密度で発生するといえる。種子なし区では、施工後1年未満であるため、本数は少なかった。1年以上経過すると、昨年度試験区と同様に、周囲から種子が散布され、本数が増加するものと考えられる。

### ④ 2008年度調査区内の被覆率の変化

調査区内での被覆率の経時変化を、試験区別に表35に示す。出現種区分は表34と同じであり、各試験区別の調査区の平均値である。対照区の吹付種は3ヶ月経過で最大となり、それ以降減少し、6ヶ月経過では夏季の衰退により48%となった。在来草本類も被覆し始めたが、あまり増加しなかった。吹付種の繁茂により在来草本類が成長できなかったことが原因と考えられる。A層区では、在来木本類が当初から被覆し始め、徐々に率を増加し、6ヶ月では77%となった。帰化・在来草本の率まで併せると、6ヶ月経過で98%となり、3試験区で最大の被覆率となった。種子なし区でも吹付種以外の植物が被覆率を増加させ、6ヶ月では対照区よりも高い率となった。今後も周囲からの植物の侵入により、被覆率はさらに増加するものと推察される。このような種子なし吹付けは、周辺からの植物の侵入や被覆が遅く、基盤材の侵食は多少あるが、外来種子を混入しないため、周辺環境に配慮した工法の一つと考えられる。

これまでの土壌吹付試験の結果から、暗褐色のA層を慎重に採取し吹付けると、その中に含まれる先駆性木本類や陽地に生える草本類の埋土種子の発芽により、早期に緑化できた。森林土壌を緑化材料として使用する場合、埋土種子が多く深さの浅いA層だけをどれだけ採

表 32 2008 年度平田線採取土壌の発芽試験結果 (単位 : 本/100 リットル)

種名	吹付箱	育苗箱
草本類		
帰化種		
オオアレチノギク		13
セイタカアワダチソウ	7	
ハリビユ	13	
ベニバナボロギク		17
ムラサキカッコウアザミ	7	9
ヨウシュヤマゴボウ	10	4
計	37	43
在来種		
アカボシタツナミソウ		9
イヌホオズキ	47	4
カヤツリグサ属spp.	27	262
カラムシ	40	13
コナスビ	193	
コミカンソウ		4
タイワントリアシ	47	26
チヂミザサ		9
トウバナ		13
メヒシバ		4
計	354	344
木本類		
在来種		
イイギリ	7	77
ウラジロエノキ	73	180
ウラジロタラノキ	7	
クチナシ*		9
コンロンカ	173	193
シマイズセンリョウ	13	51
シماغワ		4
ノボタン		43
ハゼノキ		9
ハマセンダン	13	9
ヒサカキ*		47
リュウキュウイチゴ		43
リュウキュウバライチゴ	7	43
計	293	708
合計	684	1,095

注 1) 本数は土壌 100 リットルあたりに換算して示す。

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

表 33 2008 年度平田線の試験区別出現種と種数

種名	試験区	対照区					A層区					種子なし区				
		1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6
		ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月	ケ 月
<b>木本類</b>																
吹付種																
ヤマハギ		○	○				○									
計		1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>在来種</b>																
アカメガンシ							○	○	○	○	○					
イイギリ (吹) (育)							○	○	○	○	○					
イヌビロ							○	○	○	○	○					
ウラジロエノキ (吹) (育)							○	○	○	○	○					
ウラジロタラノキ (吹)							○	○	○	○	○					
カラスザンショウ							○	○	○	○	○					
コンロンカ (吹) (育)												○				
シマイズセンリョウ (吹) (育)								○	○	○	○					
シマグワ (育)									○	○	○					
ハゼノキ (植) (育)							○				○				○	
ハマセンダン (吹) (育)							○	○	○	○	○		○	○	○	○
ヤマヒハツ																○
リュウキュウバライチゴ (吹) (育)							○	○	○	○	○					
リュウキュウマツ (植)							○	○	○	○	○		○			
リュウキュウリミノキ																○
計		0	0	0	0	0	9	10	11	11	15	0	2	1	2	1
<b>草本類</b>																
吹付種																
クリーピングレッドフェスク		○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○	○	○
パーミュダグラス		○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
ホワイトクローバー		○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○		
ヨモギ		○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
メドハギ		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
計		5	5	5	5	3	5	5	5	5	1	4	5	5	5	4
<b>帰化種</b>																
オオクサキビ															○	○
オオバナセンダングサ																○
コヒメビエ				○	○	○								○	○	○
セイタカアワダチソウ (吹)									○	○	○			○	○	○
タチスズメノヒユ						○				○					○	○
ダンドボロギク								○						○	○	○
ハリビユ (吹)							○	○	○	○	○			○	○	○
ベニバナボロギク (育)				○			○	○	○	○	○		○	○	○	○
ヨウシュヤマゴボウ (吹) (育)							○	○	○	○	○		○	○	○	○
計		0	0	1	0	1	3	4	4	5	4	3	3	5	7	8
<b>在来種</b>																
イガガヤツリ (吹) (育)									○	○	○			○	○	○
イヌホオズキ (吹) (育)		○	○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○	○
エノキグサ									○	○	○					
オニタビラコ										○			○	○	○	○
オヒシバ								○					○	○	○	○
カラスウリ										○						
カラムシ (吹) (育)									○	○	○					
キンゴジカ		○	○	○	○	○										
コゴメガヤツリ (吹) (育)									○	○	○			○	○	○
コツブキンエノコロ															○	
ススキ															○	○
タイワントリアシ (吹) (育)							○	○	○	○	○		○	○	○	○
メヒシバ (育)		○	○	○	○	○							○	○	○	○
計		3	3	3	3	3	1	3	6	9	7	3	4	6	8	7
合計		9	9	9	8	7	19	22	26	30	27	10	14	17	22	20

注 1) 帰化種の判別は、清水 (2003) によったが、史前帰化植物 (清水 2003) は「在来種」とした。  
 注 2) 種名横の (吹) は吹付箱での発芽試験で出現した種、(育) は育苗箱での発芽試験で出現した種を示す。



表 34 2008 年度平田線での試験区別成立本数の変化 (本/m<sup>2</sup>)

経過月数	試験区	出現種区分				合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	
1ヶ月経過 (2009年3月)	対照区	394	-	2	-	396
	A層区	9	2	1	10	22
	種子なし区	10	1	1	-	12
2ヶ月経過 (2009年4月)	対照区	270	-	1	-	271
	A層区	11	1	1	11	24
	種子なし区	13	1	1	1	16
3ヶ月経過 (2009年5月)	対照区	175	-	-	-	175
	A層区	15	1	5	7	28
	種子なし区	11	1	1	1	14
4ヶ月経過 (2009年6月)	対照区	115	-	1	-	116
	A層区	22	1	4	11	38
	種子なし区	17	3	1	1	22
6ヶ月経過 (2009年8月)	対照区	32	-	1	-	33
	A層区	1	1	4	12	18
	種子なし区	15	4	1	1	21

注) 数字は小数第1位で切り上げ。表中の「-」は該当値なし。

表 35 2008 年度平田線での試験区別被覆率の変化 (%/m<sup>2</sup>)

経過月数	試験区	出現種区分				合計
		吹付種	帰化 草本類	在来 草本類	在来 木本類	
1ヶ月経過 (2009年3月)	対照区	33	-	0	-	33
	A層区	0	0	0	0	0
	種子なし区	0	0	0	-	0
2ヶ月経過 (2009年4月)	対照区	85	-	1	-	85
	A層区	2	1	2	2	6
	種子なし区	5	0	0	0	6
3ヶ月経過 (2009年5月)	対照区	98	-	-	-	98
	A層区	27	4	11	13	55
	種子なし区	18	0	4	0	22
4ヶ月経過 (2009年6月)	対照区	97	-	0	-	97
	A層区	34	2	17	34	87
	種子なし区	36	2	9	0	47
6ヶ月経過 (2009年8月)	対照区	40	-	0	-	40
	A層区	2	9	12	77	100
	種子なし区	28	11	13	2	53

注 1) 数字は小数第1位で四捨五入。したがって、表中の「0」は被覆率 0.5%未満である。

注 2) 表中の「-」は該当値なし。

取できるかで、その緑化の成否が決まるといわれている（下園私信）。このため、現場の土壌層位を観察し、暗褐色の A 層がどの程度の深さまで存在するかを見極めることが重要となる。量を確保するために大型掘削機械により A 層より下層の土壌を入れすぎると、埋土種子があまり存在しない下層の土壌を多く採取し、吹付けることとなるため、注意が必要である。また、採取した土壌が不足する場合は、種子なし吹付けと交互に組み合わせて対応し、外来種子を導入しない、周辺環境に配慮した緑化法を検討すべきと考える。

さらに、この緑化法は今後どのような植生や被覆率で推移するのか等、本県では施工後 10 年以上の長期にわたる法面植生調査が実施されていないのが現状である。今回、森林土壌を吹付けると先駆性樹種主体の法面群落になることがわかった。成立した植物群落が、法面保護を担う群落として適正であるのか、あるいは目標とする法面植物群落の設定とその誘導・管理方法も今後検討する課題である。

#### 森林土壌吹付にかかるコストの検討

20 年度、21 年度の土壌採取時に、採取や篩いにかかる時間、人員等を調査した結果、以下のことがわかった。  
①大型バックホウ（オペレーター 1 人）、人カスコップ（作業員 3 人）により A 層を慎重に採取すると、2 時間で、小型土のう袋（10 リットル/1 袋）詰め 90 袋（900 リットル）採取できた。

②これは、「土壌採取→篩いにかける場所までの運搬→篩いがけ→土のう袋への袋詰め」までの一連の作業にかかる時間である。

③種子なしの植生基材吹付工（3cm 厚）により土壌 30% 混合して吹付ける場合、100 m<sup>2</sup>当たり土壌は 1,800 リットル、基盤材は 4,200 リットル必要。

④したがって、2 時間で 50m<sup>2</sup> 吹付ける量を採取できる。

これらのことから、篩い機の経費（機械損料 3,000 円/m<sup>3</sup>）や 2009 年度の賃金（普通作業員 13,100 円/人）、6 種配合種子代（1,164 円/m<sup>3</sup>）等の単価により、混合率 30% での種子なし植生基材吹付工を使用した森林土壌吹付経費を算出すると、約 3,940 円/m<sup>2</sup> となり、通常の植生基材吹付工の 1 m<sup>2</sup> 当たりの市場単価（3,400 円/m<sup>2</sup>）と比較しても大差ないと判断された。また、新小勝線 2 工区での地域性種苗を植栽した緑化法よりも安価であり、被覆率も高かった。なお、大型バックホウ経費は土工の切土掘削経費で対応するとしたため、今回の積算では除外した。

#### 森林土壌を利用した吹付緑化マニュアル

以上の結果から、低コストで効率的な森林土壌を利用した吹付緑化マニュアルを以下のとおり作成した。

- 1 工事のための伐開終了後に、森林土壌を採取する箇所を決めておく。
- 2 林床に大小の岩が点在するような箇所では、なるべく土壌を採取しないよう計画する。
- 3 切土掘削施工時に土壌を採取する。
  - ①採取前、バックホウで深さ 50cm 程度掘削し、土壌断面を観察し、暗褐色の A 層（最上位にある A<sub>0</sub> 層の直下にある土壌層）がどの程度までの深さまであるかを見極める（奄美地域では、通常 3～5cm。深くても 10cm 未満）。
  - ②人カスコップ、バックホウ等により暗褐色の A 層だけを採取する（その際、落葉等が混入してもかまわない）。
  - ③ A 層より下層の土壌は極力混入させないように行う（埋土種子があまり含まない土壌が多量に混入する恐れがある）。
  - ④このため、土壌層位を見極め、採取を指導する者が 1 人必要である。
  - ⑤伐根の周囲は、埋土種子が集まっていると思われるため、重点的に採取する。
- 4 採取土壌は篩いにかけて、石礫、落葉等を取り除く。
- 5 篩いにかけて後、大型土のう袋等に土壌を入れ、工事に支障とならない箇所に置く（土壌は、篩いまで行って、2 時間で 900 リットル採取できる）。
- 6 土のうに直射日光がよく当たる場合は寒冷紗等をかぶせ、日陰にしておく（それでも土壌中の種子が若干発芽しているが、そのままにしておく）。
- 7 土壌は、「種子なし」の既存工法（植生基材吹付工、客土吹付工等）により吹付ける。その際、吹付機械に外来種子が残っている可能性があるため、機械は事前に洗浄していく方が望ましい。
- 8 基盤材に対する土壌の割合は、20%から 30%までとする（土壌を 30%以上の割合で基盤材と混合すると、植物があまり発芽しない恐れがある）。
- 9 奄美地域では、土壌吹付け後 1 ヶ月後には埋土種子の発芽が始まる。
- 10 発芽するのは、先駆性樹種（奄美地域ではアカメガシワ、カラスザンショウ、イイギリ、ウラジロエノキ、サキシマフヨウ等）や陽生の帰化・在来草本類である。
- 11 吹付施工後 6 ヶ月経過で、在来植物等による法面被

覆率は約 100%となる見込みである。

- 12 採取土壌が不足する場合は、土壌吹付と、種子なしの基盤材等のみの吹付工を交互に組み合わせることで対応する。これにより、外来生物を導入しない環境に配慮した緑化工法となる。

## 謝 辞

本研究は国土交通省の奄美群島振興開発事業森林資源活用調査によるところが大きかった。国土交通省、鹿児島県庁及び県出先事務所の職員の方々、NPO 法人「奄美グリーンベルト」、その他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

奄美大島において、低コストで効果的な森林土壌吹付法を確立するため、土壌を吹付けた既設切土法面の植生変化の把握や従来工法を使用して土壌を吹付けた緑化試験等を行った結果、以下のことが明らかになった。

1. 森林土壌を吹付けた 3 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、A<sub>0</sub> 層より下層にある暗褐色の A 層を慎重に採取し吹付ければ、数ヶ月で緑化が可能とわかった。
2. 土壌の混合割合は、20%から 30%が妥当と判断された。
3. 奄美大島において、地域性種苗を植栽した林道の切土法面では、ニシヨモギやハチジョウススキにより徐々に被覆されていた。シダ類も植栽したが、被覆率は低かった。
4. 奄美大島の林道平田線において、A 層を慎重に採取して切土法面の吹付緑化試験（土壌混合率 30%、種子なしの植生基材吹付工により施工）を行った結果、埋土種子が順調に発芽し、施工後 6 ヶ月で被覆率が 100%程度になると見込まれた。
5. 法面に成立する植物は、林道開設地の森林を構成する植物ではなく、先駆性樹種や陽地性の帰化・在来草本であった。
6. 平田線での森林土壌吹付施工コストを調べた結果、従来の緑化工法（植生基材吹付工）より大差ないことがわかった。
7. これらの結果から、低コストで効率的な森林土壌を利用した吹付緑化マニュアルを作成した。

## 引用文献

- 岩槻邦夫（編）（1992）日本の野生植物 シダ，1-311pp，平凡社，東京。
- 鹿児島県（1990）鹿児島県地質図。
- 鹿児島県大島支庁（2009）奄美群島の概況 平成 20 年度，pp8。
- 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。
- 鹿児島県林務水産部森林整備課（2007）特定鳥獣（ニホンジカ）保護管理計画（第 3 期），1-19pp。
- 小林達明・倉本宣（編）（2006）生物多様性緑化ハンドブック，13-199pp，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土壌の利用。日本緑化工学会誌 27(1) : 250-253。
- 村井宏・堀江保夫（編）（1997）新編 治山・砂防緑化技術－荒廃環境の復元と緑の再生－，pp162 ソフトサイエンス社，東京。
- 中村剛・本田慶司・谷口伸二（2007）奄美大島における土壌シードバンクを利用した緑化の施工事例。日本緑化工学会誌 33(1) : 183-186。
- 中野裕司（2009）森林表土利用工・自然侵入促進工の生育判定のあり方について。日本緑化工学会誌 34(3) : 470-477。
- 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。
- 日本緑化工学会（編）（2005）環境緑化の事典，1-484pp，朝倉書店，東京。
- 林野庁（監修）（1997）自然をつくる植物ガイド，pp341，（財）林業土木コンサルタンツ，東京。
- 林野庁（監修）（1998）林業技術ハンドブック，pp663，（社）全国林業改良普及協会，東京。
- 清水建美（編）（2003）日本の帰化植物，11-310，平凡社，東京。
- 清水善和・矢原徹一・杉村乾（1988）奄美大島のシイ林における伐採後の植生回復。駒沢地理 24 : 31-56。
- 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・前迫俊一（2006a）林道切土法面における種

- 子量を削減した吹付緑化について. 九州森林研究 **59** : 261-264
- 下園寿秋・永吉健作・川畑佳子・前迫俊一・上野敏夫 (2006b) 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.
- 下園寿秋・前迫俊一・外西茂・中屋雅喜 (2007a) 根株等の粉碎チップを利用した林道切土法面の緑化について. 九州森林研究 **60** : 128-131.
- 下園寿秋・前迫俊一・中屋雅喜 (2007b) 地域環境に配慮した切土法面の緑化. 鹿児島県林業試験場研究報告 **10** : 1-18.
- 下園寿秋・長野十郎・内野英一郎 (2008a) 森林土壌を利用した林道切土法面の吹付緑化. 九州森林研究 **61** : 131-134.
- 下園寿秋・宮里学・函師朋弘・岩智洋・穂山浩平 (2008b) 奄美大島における森林土壌を利用した林道切土法面の吹付緑化. 平成 20 年度亜熱帯森林・林業研究会 研究発表論文集 : 35-39.
- 下園寿秋・宮里学・函師朋弘・穂山浩平・中村清治 (2008c) 奄美大島における地域性種苗を植栽した林道切土法面の緑化. 日本緑化工学会誌 **33(4)** : 596-600.
- 下園寿秋・長野十郎・内野英一郎 (2009) シカが生息する地域での森林土壌を吹付けた林道切土法面の緑化. 日本緑化工学会誌 **35(1)** : 138-141.
- 森林立地調査法編集委員会 (編) (1999) 森林立地調査法, 43-46pp, 博友社, 東京.
- 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. 75-86pp.

## 論文

### 奄美産木材の野外杭打ち試験による防蟻性能評価

図師朋弘\*・森田慎一\*\*・岩 智洋\*・穂山浩平\*\*\*・日高富男\*\*\*\*

**要旨:** 奄美産木材(リュウキュウマツ, イジュ及びビタジイ)を建材やエクステリア等に活用するための適切な保存処理方法を確立することを目的として野外杭打ち試験を実施した。ホウ素化合物, ナフテン酸亜鉛, 銅・アゾール系化合物をそれぞれ有効成分とする3種類の防腐・防蟻薬剤を注入処理した杭を, 奄美大島(笠利試験地)および鹿児島県本土(吹上試験地)の2か所に設置した試験地に埋設し, 半年ごとにシロアリによる食害や腐朽による材の損傷等について調査した。設置後2年経過した時点で評価した結果, 相対的に笠利試験地の被害度が高かった。薬剤の中ではホウ素化合物処理した杭が最も高い被害度であった。薬剤の性能は試験地間において若干の違いが見られたが, 被害の傾向としては類似しているものと考えられた。また, 薬剤の溶脱防止と防蟻性の向上を目的として, ホウ素化合物処理したリュウキュウマツ試験杭にシリコンコーティングを施した杭の野外試験を奄美大島で実施したが, シロアリの食害を軽減することはできなかった。

**キーワード:** 奄美産木材, シロアリ, 防蟻性, 腐朽, 防腐・防蟻薬剤

Evaluation of Termite Resistance of Amami Islands Timbers by a Piling Test in Two Different Fields. Tomohiro ZUSHI, Shinichi MORITA, Tomohiro IWA, Kohei HOYAMA and Tomio HIDAKA. *Bulletin of the Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center* 13 : 53-60 (2010)

## はじめに

奄美産木材を, 今後チップ以外の付加価値の高い用途に活用するためには, 建築用材, エクステリア材としての利用技術を確立することが必要である。高温・多湿な亜熱帯に属する奄美地域では, 特に屋外で利用する木材には高い耐朽性および防蟻性が求められている。しかしながら, 奄美産木材に限らず, 本地域の気候に適した適切な防腐・防蟻薬剤処理方法や, 木材の使用法についての指針は確立されているとはいえない。そこで本研究では, 奄美産木材の防蟻・耐朽性能や, 適切な防腐・防蟻処理薬剤の把握を目的として, 野外杭打ち試験を実施した。奄美大島及び日置市吹上の2か所に設定した試験地で, シロアリの食害等による試験杭の劣化状況を, 半年ごとに2年間観察した結果を報告する。

なお, 本研究は, 平成19~21年度国土交通省奄美群島振興開発事業補助金, 並びに京都大学生存圏研究所生活・森林圏シミュレーションフィールド全国・国際共同利用研究

により実施した。

## 試験地の概況と気候

試験は, 平成19年9月3日に奄美市笠利町の町有林内に設定した試験地(以下笠利試験地), 及び同年9月13日に鹿児島県日置市吹上町の京都大学全国共同利用施設生活・森林圏シミュレーションフィールド内に設定した試験地(以下吹上試験地)の2か所で実施した(図1)。



図1 試験地の位置

- \* 鹿児島県森林技術総合センター 龍郷町駐在
- \* Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center Tatsugo Office, Tatsugo 894-0105 Japan.
- \*\* 鹿児島県森林技術総合センター 森林環境部
- \*\* Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Kamo 899-5302 Japan.
- \*\*\* 現 鹿児島県森林整備課
- \*\*\* Present address: Kagoshima Pref. Forestry Development Division, Kagoshima 890-8577 Japan.
- \*\*\*\* 鹿児島県工業技術センター
- \*\*\*\* Kagoshima Prefectural Institute of Industrial Technology, Kirishima 899-5105 Japan.

笠利試験地は、奄美大島空港に隣接した海岸防災林内の砂地であり、上層にモクマオウ、下層にはアカテツ、トベラ、アダン等が植生している。奄美群島の気候は、近海を流れる黒潮の影響を受け、一年を通じて温暖・多湿である（鹿児島県大島支庁 2007）。温帯的気候と熱帯的気候を併せ持った亜熱帯気候で、気温は10℃を下回ることがほとんどない。降水量は年間を通じて多く、特に5月から6月にかけての梅雨とたびたび襲来する台風の影響もあって多雨地帯である。なお、試験地に近い名瀬測候所の平年値は、年平均気温 21.5℃、年間降水量 2,913mm、平均湿度は74%である（気象庁データ）。

一方、吹上試験地は、日本三大砂丘である南北 47Km におよぶ吹上浜のほぼ中央に位置し、周囲をクロマツに囲まれた砂丘地となっている。また、東シナ海に面した鹿児島県西部は温帯性気候に属し、気象庁のデータによれば、試験地に近い東市来の平年値は、年平均気温 16.7℃、年間降水量 2,228mm である。

### 材料および試験方法

#### 樹種および薬剤別の野外杭打ち試験

JIS K 1571「防蟻性能試験-野外試験」（財）日本規格協会 2004）および「加圧処理用木材防蟻剤の野外防蟻効果試験方法および性能基準 JWPS-TW-P.2」（社）日本木材保存協会 2001）に準じて、杭木（3cm角×35cm）を地中に埋設する野外杭打ち試験を実施した。

試験に供した杭材は、奄美群島を代表するリュウキュウマツ（*Pinus luchuensis*）、イタジイ（*Castanopsis sieboldii* subsp. *luchuensis*）、イジユ（*Schima wallichii*）の3樹種に、比較対照のために内地材のスギ（*Cryptomeria japonica*）、ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）を加えた計5樹種とした。これらは、特に心・辺材を区別せずに杭木に加工したが、

表1 野外杭打ち試験に用いた加圧注入薬剤

薬剤名	概要
ホウ素化合物 (DOT)	商品名：ティンボア メーカー：U.S.Borax 濃度：3.4% 注入条件：注入圧 0.78MPa (8.0kgf/cm <sup>2</sup> )、加圧時間:2時間
ナフテン酸亜鉛 (NZN)	商品名：ニッサンクリーン メーカー：兼松日産農林 濃度：3.0% 注入条件：注入圧 0.78MPa (8.0kgf/cm <sup>2</sup> ) 加圧時間:30分間または所定量注入まで
銅・アゾール化合物系 (CuAz-3)	商品名：リグノケア LC-350 メーカー：エス・ディー・エスバイオテック 濃度：0.29% (40倍希釈) 注入条件：注入圧 1.45MPa (14.8kgf/cm <sup>2</sup> ) 加圧時間:常圧17時間+加圧2時間

イジユはもともと心材部分が少ない材料であったことから、ほとんどが辺材であった。

注入処理に使用した木材保存用加圧注入薬剤は、鹿児島県内で注入が可能で、一般的に用いられているホウ素化合物（八ホウ酸二ナトリウム四水和物、以下 DOT）、ナフテン酸亜鉛（以下 NZN）、銅・アゾール化合物系（以下 CuAz）をそれぞれ有効成分とする3種類（社）日本木材保存協会 2005、（社）全国木材組合連合会 2008）とした。これらの薬剤は、県内企業に依頼して、各社通常の注入処理条件（温度、圧力、時間等）により注入した（表1）。試験体数は、1試験区画あたり150本（30本×5樹種）とし、笠利試験地では3反復、吹上試験地では2反復設定した。各樹種30本の内訳は、薬剤処理3種ごとに5本ずつの15本、及び各処理試験体の間に打ち込むための無処理材15本である。試験体の配置は、同一樹種が一か所にまとまらないよう考慮し、モザイク状とした（図2）。

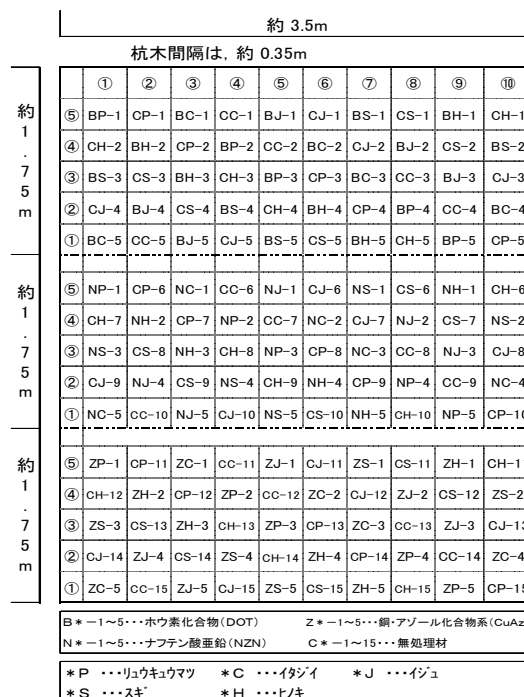


図2 試験杭の配置例（笠利試験地 No. 1）

表2 食害度の評価基準

0	いかなる食害、食痕も見られない
10	表面のみ食痕が見られる
30	食害が見られる
50	内部まで食害が及んでいる
100	食害しつくされている

表3 腐朽による損害度の評価基準

0	腐朽による損傷は見られない
10	表面のみ腐朽による損傷が見られる
30	腐朽による材のヤセが見られる
50	材の割れや極端なヤセが見られる
100	腐朽により材が折れるなどで試験が継続できない

なお、試験体の間には適宜餌木（マツ無処理材）を埋設した。設置後ほぼ半年ごとに試験体を試験地から抜き取り、シロアリによる地中部の食害を調査し、表2に示した基準によって評価した。ただし、1年経過した頃から、シロアリによる食害と同時に腐朽による試験体の損傷が目立ち始めたため、2年後の調査では腐朽による損傷度（表3）を加味した被害度で評価することとした。

すなわち、シロアリによる食害度または腐朽による損傷度のどちらかより高い方を「被害度」とした。

シリコンコーティングしたDOT処理材の防蟻性試験

ホウ酸などホウ素系化合物を有効成分とする木材保存薬剤は、水溶性で浸透性が非常に良いため、含水率の高



写真1 リュウキュウマツ無処理材とDOT処理材の食害状況



写真2 試験杭の設置状況

表4 シリコンコーティング剤

メーカー名	信越化学工業株式会社
商品名	WOOD-AID (旧商品名:X-51-1318)
特徴 (製品説明書より)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋外曝露10年以上</li> <li>・被膜は透明で水蒸気透過性、膨潤収縮に耐える</li> <li>・作業性が良く、約20時間で硬化被膜を形成</li> <li>・ホウ酸化合物との併用で抗菌、防虫効果</li> </ul>

い材であっても材内の水分によって拡散する拡散性薬剤として生材でも処理が可能である反面、これらで処理した木材を長時間水にさらすと有効成分の溶脱が容易に発生することが欠点とされている（角田邦夫 1999a）。前項の野外杭打ち試験において、DOT 処理した供試体が、無処理試験体と同様、シロアリによる食害を激しく受けたことから（写真1）、DOT 処理した材に薬剤溶脱防止のシリコンコーティングを施したものについて同様の杭打ち試験を実施した。

奄美産材のリュウキュウマツと内地材のスギ、ヒノキの計3樹種を用い、DOT（表1に示したものと同一、ただし濃度は2.5%であった）を県内企業に依頼して注入した試験体杭木（3cm 角×35cm）を作成した。これに、表4に示したシリコンコーティング剤を、各材面に1回刷毛塗りした。試験体数は各樹種8本とし、平成20年6月19日に笠利試験地内に設置した（写真2）。設置後3か月、7か月、及び1年3か経過した時点で食害度を調査した。

結果および考察

樹種および薬剤別の野外杭打ち試験

1 薬剤注入性能

奄美産材のうち、リュウキュウマツおよびイジユは、DOT と CuAz の薬剤注入量が概ね 450~520kg/m<sup>3</sup> と、スギ・ヒノキ（概ね 550kg/m<sup>3</sup>）とほぼ同等の良好な注入結果が得られた。一方、イタジイは他樹種の4分の1~10分の1以下と注入量が非常に少なかった（表5）。これは、イタジイ材の注入前の比重（容積重）が、既存文献（鹿児島県工業技術センター 1990, 1991）の気乾比重 0.70~0.78g/cm<sup>3</sup>と比較するとやや高かったことから、注入前の乾燥が十分でなく、若干高含水率であったことが影響したものと考えられる。

図3に注入前の試験体比重と薬剤注入量との関係を示

表5 樹種の違いによる薬剤注入量

樹種	区分	比重*	DOT	NZN	CuAz
		(g/cm <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )
リュウキュウマツ	avg	0.65	493.2	27.0	444.2
	min ~ max	0.50 ~ 0.83	384.1 ~ 568.4	-9.6 ~ 56.6	359.8 ~ 538.2
イタジイ	avg	0.85	49.1	-79.5	109.4
	min ~ max	0.66 ~ 1.00	-38.9 ~ 330.9	-118.5 ~ -37.2	66.9 ~ 308.1
イジユ	avg	0.70	511.9	-6.2	515.9
	min ~ max	0.50 ~ 0.80	357.2 ~ 640.9	-32.6 ~ 10.6	466.1 ~ 594.5
スギ	avg	0.39	552.6	21.6	556.1
	min ~ max	0.31 ~ 0.51	370.2 ~ 725.2	6.4 ~ 33.4	487.3 ~ 645.3
ヒノキ	avg	0.50	547.4	18.9	562.0
	min ~ max	0.39 ~ 0.62	404.7 ~ 649.9	2.9 ~ 28.2	448.2 ~ 620.8

\* : 注入前の各試験体の容積重

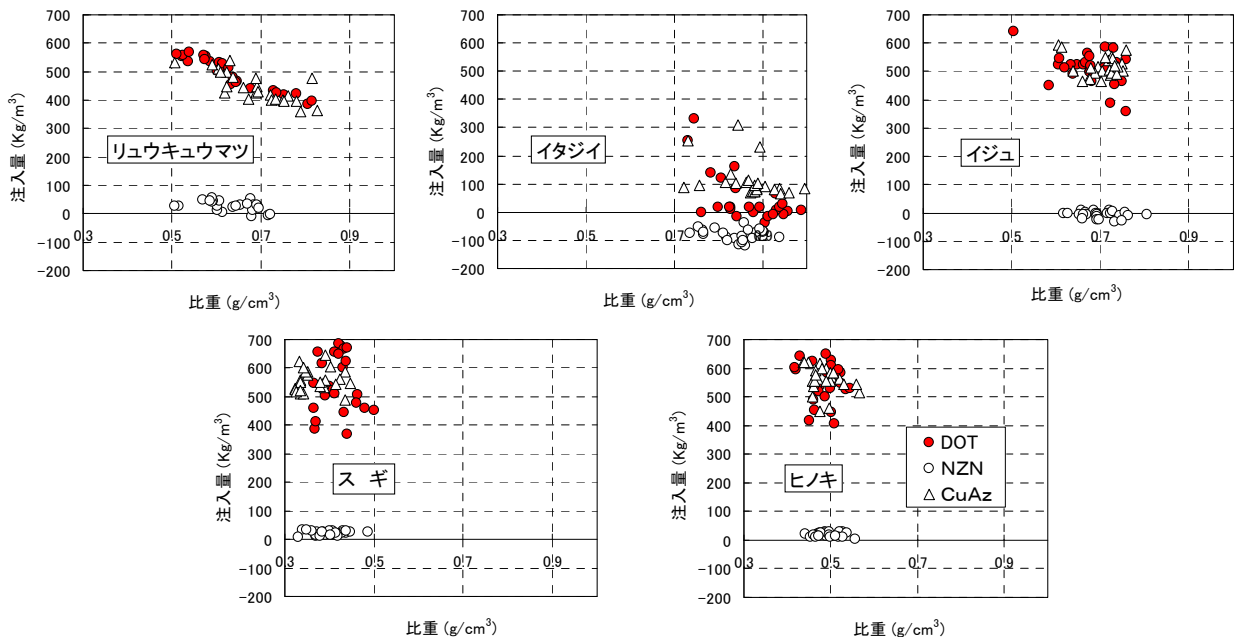


図3 試験体比重（容積重）と薬剤注入量の関係

す。針葉樹に関しては、比重が増加するにつれて、NZN以外の薬剤注入量は減少する傾向が見られた。一方、NZNについては、樹種を問わず DOT や CuAz と比較すると極端に少ない注入量で、比重との関係は特に見出せなかった。NZN の場合、薬剤注入前後の重量にほとんど変化がないものや、マイナス値を示したものもあった。これは、NZN の注入が揮発性溶剤を用いる乾式であることから、薬剤注入後、溶剤を除去するために 50~60℃ に加温しており、その過程で木材中の水分が蒸発したことによると考えられる。特にイタジイの減少量は大きく、前述の乾燥不足等により、もともと注入性が悪いことに加えて、水分蒸発の影響が大きかったものと考えられる。

2 被害度と防腐・防蟻性能評価

笠利試験地では、設置後間もない4ヶ月経過した時点で実施した予備調査において、すでにリュウキュウマツ無処

理材の一部が激しくイエシロアリ (*Coptotermes formosanus*) に食害されていることが観察され (写真3), 当該試験地でのシロアリ活性が高いことが示唆された。

図4に笠利試験地および吹上試験地における設置2年後の平均被害度を示す。各試験地とも、全ての反復区における全試験体の被害度を、樹種及び処理別に平均した



写真3 リュウキュウマツ無処理材の食害状況

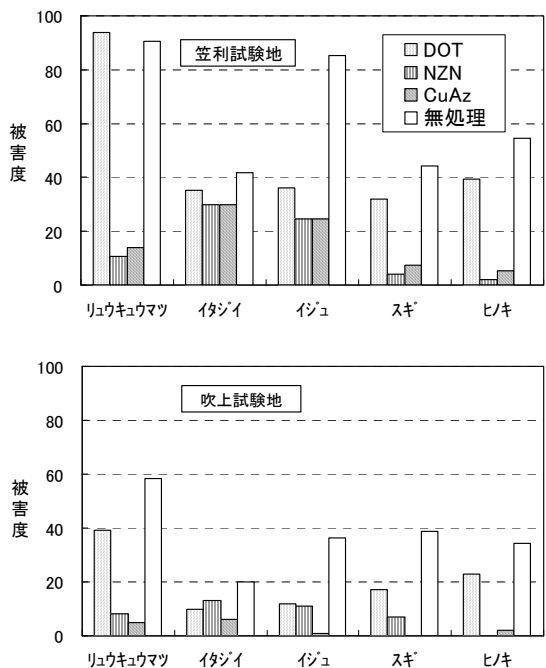


図4 各試験地の平均被害度



もので示してある。

笠利試験地では、無処理のリウキュウマツの被害度は90で、DOT処理したリウキュウマツも、無処理材以上の94の被害度であった。これらに次いで、イジュの無処理材が被害度85を示した。他の樹種でも、DOT処理は、薬剤処理したものの中では最も高い被害度であった。また、奄美産材では、リウキュウマツのNZNとCuAz処理の被害度がそれぞれ11と14で比較的低い値を示したが、イタジイでは、NZN、CuAz処理材とも30、イジュについては、NZN、CuAz処理材とも25の被害度であった。これらに対して内地材のスギ、ヒノキは、NZNおよびCuAz処理とも被害度は10を下回る低い値であった。

吹上試験地では、無処理のリウキュウマツの被害度は58で最も大きな値を示し、これにスギ、イジュ、ヒノキの各無処理材が次いだ。笠利試験地での無処理イタジイの被害度は40を上回るものであったが、吹上試験地では20であった。DOT処理したものについては、笠利試験地と同様に薬剤処理したものの中では高い被害度を示した。また、NZNとCuAz処理の被害度は、奄美産材、

内地材とも比較的低い値を示した。

試験地の気候条件やシロアリ活性の違い等によると考えられるが、相対的に笠利試験地の被害度が高い結果であった。両試験地とも無処理のもの被害度が高く、薬剤処理の中でもDOT処理の場合は、今回のような接地・暴露条件下では被害の防止は期待できない結果となった。なお、両試験地とも、シロアリの食害が見られなかった試験杭であっても、腐朽による材のヤセや脆弱化が進行しているものがあり、特にイジュやリウキュウマツの無処理材に、1年以上経過する頃から顕著に見られるようになった。

次に、今回の試験結果をもとに、(社)日本木材保存協会の基準による防蟻性能評価を行った。防蟻性能基準は、平均食害度(R)に食害発生率(P)をかけた食害指数(I)で

**食害指数 (I) の計算**

$$I = R (\text{平均食害度}) \times P (\text{食害発生率}) \quad \dots (式1)$$

ここで、

$$R = (\text{処理試験体の食害度の合計}) / (\text{処理試験体数})$$

$$P = (\text{食害が発生した処理試験体数}) / (\text{処理試験体数})$$

表6 各試験地の防蟻・防蟻性能

笠利試験地																						
薬剤	年数	リウキュウマツ				イタジイ				イジュ				スギ				ヒノキ				
		R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	
DOT	0.5	8	3	50	○	1	0	10	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	1	0	10	○
	1.0	58	46	100		25	25	30		11	8	30	○	6	3	30	○	17	9	50		
	1.5	71	71	100		29	29	50		22	21	100		13	11	30		27	21	50		
	2.0	94	94	100		35	35	50		36	36	100		32	30	50		39	34	50		
NZN	0.5	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	
	1.0	3	1	30	○	13	11	30		4	2	10	○	0	0	0	○	0	0	0	○	
	1.5	4	1	30	○	23	23	30		10	10	10		2	0	10	○	1	0	10	○	
	2.0	11	6	50		30	30	50		25	25	50		4	2	10	○	2	0	10	○	
CuAz	0.5	1	0	10	○	1	0	10	○	1	0	10	○	0	0	0	○	1	0	0	○	
	1.0	7	4	30	○	11	11	30		7	5	10	○	3	1	10	○	2	0	10	○	
	1.5	9	6	30	○	26	26	30		22	22	30		4	2	10	○	3	1	10	○	
	2.0	14	12	30		30	30	30		25	25	30		7	3	30	○	5	3	10	○	
無処理	0.5	37	17	100		3	1	10	○	8	3	50		6	1	50		6	2	50		
	1.0	65	63	100		26	26	50		43	43	100		22	18	100		26	17	100		
	1.5	69	69	100		32	32	50		48	48	100		34	34	100		35	35	100		
	2.0	90	90	100		42	42	100		85	85	100		44	43	100		55	53	100		

吹上試験地																					
薬剤	年数	リウキュウマツ				イタジイ				イジュ				スギ				ヒノキ			
		R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能
DOT	0.5	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○
	1.0	6	2	30	○	0	0	0	○	1	0	10	○	2	0	10	○	1	0	10	○
	1.5	21	15	50		1	0	10	○	2	0	10	○	6	1	50		2	0	10	○
	2.0	39	39	100		10	8	30	○	12	7	30	○	17	7	50		23	21	50	
NZN	0.5	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○
	1.0	1	0	10	○	0	0	0	○	0	0	0	○	1	0	10	○	0	0	0	○
	1.5	1	0	10	○	2	0	10	○	0	0	0	○	3	0	30	○	0	0	0	○
	2.0	8	3	50		13	9	30	○	11	3	50		7	2	50		0	0	10	○
CuAz	0.5	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○
	1.0	0	0	0	○	2	0	10	○	0	0	0	○	0	0	0	○	0	0	0	○
	1.5	3	1	10	○	2	0	10	○	0	0	0	○	0	0	0	○	1	0	10	○
	2.0	5	2	30	○	6	4	10	○	1	0	10	○	0	0	0	○	2	0	10	○
無処理	0.5	19	11	50		0	0	10	○	0	0	10	○	3	1	30	○	3	0	50	
	1.0	41	37	100		5	1	50		8	4	50		16	10	50		17	11	50	
	1.5	51	47	100		11	6	50		14	11	50		19	16	50		21	18	50	
	2.0	58	58	100		20	16	50		36	36	100		39	39	100		34	33	50	

R:平均食害度(ここでは平均被害度), I:食害指数(被害指数), D<sub>max</sub>:最大食害度(最大被害度)

評価する（(社)日本木材保存協会 2001）とされている（式1）。同基準では、食害指数が10未満の時は防蟻性能ありとするが、その場合でも食害度が50以上を示したものがあれば防蟻性能なしとするとされている。

今回は、食害度を単独で評価しなかったことから、食害度の代わりに、シロアリによる食害に腐朽による損傷を加味した被害度を用いて指数を求めた。従って、本項では「食害指数」ではなく「被害指数（以下I値）」、「防蟻性能」ではなく「防腐・防蟻性能」と表現する。表6は、この基準により今回の設置2年経過までの結果を0.5年ごとに示したものである。なお、防腐・防蟻性能の評価は、両試験地の気候条件が異なることと、実際に被害度に大きな差があったことから、笠利試験地と吹上試験地それぞれ別に行った。

笠利試験地では、スギ、ヒノキのNZN処理とCuAz処理で、ともに2年経過後もI値が10を下回っており、防腐・防蟻性能があると判断された。一方、リュウキュウマツではNZN処理のI値が最も低く10を下回ったが、被害度50のものが15本中1本あり、防腐・防蟻性能ありとは言えなかった。また、イタジイとイジュでは全ての薬剤処理で性能基準を満たすことができなかった。イタジイは、無処理も含めて処理間の差が少ないことから、十分な薬剤が浸透していなかったことが影響していると考えられ、乾燥及び注入技術の検討が必要である。また、イジュは無処理材を除いて、1年までは比較的低い値であったが、それ以降に腐朽による損傷が大きくなったことがI値の増大につながった。針葉樹と比較して、腐朽による損傷が大きくなったのは、今回用いたイジュの試験体がほぼ辺材のみで、針葉樹のテルペン類のような疎水性の成分や抗菌作用のある成分をほとんど含んでいないことも影響していると考えられるが、腐朽の進行防止については今後検討する必要がある。

吹上試験地では、イタジイとイジュのDOT処理、イタジイとヒノキのNZN処理、及び全ての樹種のCuAz処理で、2年後のI値の平均が10未満で、防腐・防蟻性能基準を満たしていた。また、スギのDOT処理と、リュウキュウマツ、イジュ、スギのNZN処理には、それぞれ10本中1本被害度50のものがあり、性能基準を満たせなかった。

以上のように、同樹種、同薬剤処理であっても、気候条件等が異なる2つの試験地では、評価結果が異なった。本土の吹上試験地では防腐・防蟻性能を発揮しても、奄美大島の笠利試験地では十分な性能を発揮できない薬剤もあったことから、一概に薬剤処理の評価をすることは困難である。ただし、図4に示されるように、両試験地

で被害度に差はあったものの、全体としては無処理に次いでDOT処理の被害度が比較的高く、特にリュウキュウマツで顕著であることや、NZN処理とCuAz処理が良好な結果であること、薬剤注入が十分でなかったイタジイでは全ての処理が無処理と同じ程度の被害度であったこと、イジュは腐朽による損傷が比較的大きいことなど、被害の傾向としては類似しているものと考えられる。

また、今回の試験では奄美産材の樹種特性を知る観点から、県内で注入処理が可能で一般的に用いられている薬剤を用いて処理した試験体について防蟻性能の評価を行うこととし、薬剤濃度等の注入条件も県内企業が通常行っている条件であった。このことから、NZNでは注入後の加温による重量減少があり正確な注入量がわからなかったこと、CuAzは日本農林規格（JAS）に定められる使用環境に対応する性能区分のK3（土台等建築部材用）相当（(財)日本住宅・木材技術センターによる優良木質建材等認証（AQ認証）事業による基準で、 $1.0 \text{ kg/m}^3$ 以上）で注入し、今回の杭打ち試験のような厳しい条件（K5相当：極度に腐朽・蟻害の恐れのある環境下で高度の耐久性の期待できるもの）に耐えるような注入ではなかったことなど、試験体中の薬剤濃度と試験条件との適合性まで十分に考慮した試験設計ではなかった。

これらのことから、奄美地域においても、使用条件に合わせた適切な薬剤の選択と注入量の担保ができれば、防腐・防蟻性能を発揮できる可能性はあると考える。

なお、本試験に用いたホウ素化合物薬剤DOT（八ホウ酸二ナトリウム四水和物： $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）は、平成20年2月に(社)日本木材保存協会から日本工業規格JIS K 1571（2004）と同附属書（日本規格協会 2004）に基づき優良木材保存剤として認定され（(社)日本木材保存協会 2010）、国内で認定保存薬剤として使用されるようになった。しかしながら、JASの性能区分においては、K1（ヒラタキクイムシを対象とし、屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害の恐れのない場所で、乾材害虫に対して防虫性能のみを必要とするもの）区分での位置づけしかなされおらず、シロアリの害が発生するK3以上の区分には想定されていない薬剤である。しかし、非接地・非暴露条件ではあるが、ホウ酸として $2.2 \sim 2.7 \text{ kg/m}^3$ の吸収量でイエシロアリに効果があるとされている（角田邦夫 1999a）ことなどから、十分な注入量を確保することで、ホウ素化合物処理も防蟻性能を発揮するのではないかと考え、今回の試験に加えた。本試験でのDOT吸収量を薬液濃度と表5に示した注入量をもとに計算すると、リュウキュウマツの場合で平均 $16.8 \text{ kg/m}^3$ （ホウ酸換算で約 $20 \text{ kg/m}^3$ ）となった。これは、上記文献の値よりも7

表7 試験体へのDOT注入量

樹種	区分	比重*	注入量
		(g/cm <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )
リュウキュウマツ	avg	0.65	460.8
	min ~ max	0.58 ~ 0.71	203.2 ~ 539.7
スギ	avg	0.37	561.8
	min ~ max	0.32 ~ 0.45	491.2 ~ 652.6
ヒノキ	avg	0.55	431.1
	min ~ max	0.46 ~ 0.68	128.4 ~ 585.6

\*: 注入前の各試験体の容積重

〜9 倍近い量であるが、それでも、笠利試験地では全く効果が認められなかったことになる。

今回の結果を踏まえ、今後は、使用される条件ごとに適正な薬剤濃度や、流脱防止処理を十分検討した上での試験が必要であると考えます。

シリコンコーティングしたDOT処理材の防蟻性試験

1 薬剤注入性能

DOT 注入の結果を表7に示す。本試験においては、スギが 562kg/m<sup>3</sup> と最も大きな注入量であった。前述の結果(表5)と比較するとリュウキュウマツとスギは、ほぼ同様な注入量を示したが、ヒノキは若干少ない結果となった。これは、比重のバラツキ等も影響しているものと考えられ、3 樹種とも DOT の注入性は概ね良い結果が得られたと言える。本試験では薬剤濃度が 2.5%であったことから、DOT の平均吸収量は、リュウキュウマツ 11.5 kg/m<sup>3</sup>、スギ 14.0 kg/m<sup>3</sup>、ヒノキ 10.8 kg/m<sup>3</sup>であった。

2 食害度と防蟻性能評価

図5は、樹種ごとに経過期間ごとの平均食害度を示し

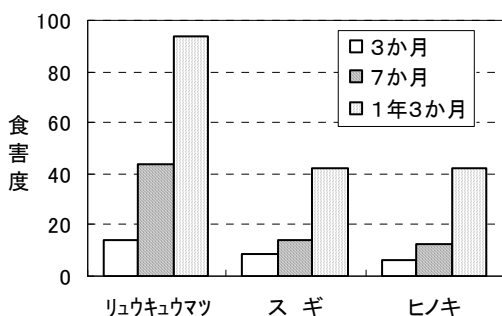


図5 シリコンコーティング処理材の平均食害度

表8 シリコンコーティングによるDOT処理材の防蟻性能

経過期間	リュウキュウマツ				スギ				ヒノキ			
	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能	R	I	D <sub>max</sub>	性能
3か月	14	12	30		9	8	10	○	6	4	10	○
7か月	44	38	100		14	12	30		13	9	50	
1年3か月	94	94	100		43	43	50		43	43	50	

たものである。設置後間もない3か月経過した時点でも全ての樹種にシロアリの食害が確認され、リュウキュウマツの平均食害度が最も高く14であった。さらに7か月後には44、1年3か月後には94と著しい食害度となった。一方、スギとヒノキの食害度もリュウキュウマツよりは低いものの同様な増加経過を示し、1年3か月後ではどちらも43の食害度であった。

(社)日本木材保存協会の基準による防蟻性能評価を行った結果、今回の試験では、1年3か月経過した時点で全ての樹種で防蟻性能なしと判定された(表8)。本試験は、先行して実施した樹種別・処理薬剤別の野外杭打ち試験においてDOT処理材の防蟻性が見られなかったことから、その原因を有効成分の溶脱によるものと考え、シリコンコーティングにより溶脱防止と防蟻性の向上を期待して実施したものであったが、期待に反し短期間で著しい食害を受ける結果(写真4)となり、防蟻性の向上には至らなかった。特にリュウキュウマツの食害が激しく8本中7本の地中部の材が食害しつくされていた。このことから、DOT処理材の接地かつ暴露条件下での使用は、前述のように想定外(角田邦夫1999b, 角田邦夫ほか2002)ではあるものの、シリコンコーティング剤の塗膜を施しても防蟻性の向上は認められなかった。

まとめ

本研究では、奄美産木材3樹種について、薬剤の違いによる注入性能や防腐・防蟻性能を明らかにするために、笠利及び吹上の2か所で野外杭打ち試験を行った。また、DOT処理した材にシリコンコーティングを施したのものについても笠利試験地で杭打ち試験を行い、防蟻性能を検討した。得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 薬剤の注入性については、リュウキュウマツおよびイジュは、スギ・ヒノキとほぼ同等の良好な注入結果を得られた。一方、イタジイは乾燥が十分でなかった可能性もあり、いずれの薬剤も極端に注入量が少なく、注入にあたっては留意する必要があると考えられた。
- 2) 笠利試験地では、設置後4か月経過した時点で既にリュウキュウマツ無処理材の一部が激しく食害されていることが観察され、当該試験地のシロアリ活性の高さが示唆された。設置後2年経過した時点で、リュウキュウマツの無処理材とDOT処理材は90以上の被害度であった。これらに次いで、イジュの無処理材が85と高い被害度を示したが、これは腐朽による損傷が大きく、腐朽の進行防止対策が必要と考えられた。
- 3) 笠利試験地では、リュウキュウマツ以外の樹種でも、

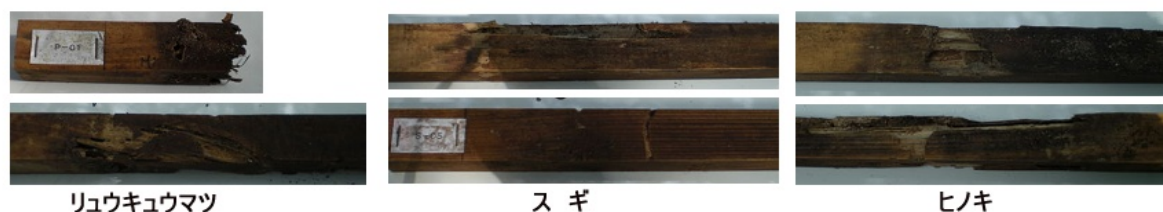


写真4 シリコンコーティングしたDOT処理材の食害状況（設置1年3か月後）

DOT 処理材は薬剤処理したものの中では高い被害度を示した。また、奄美産材ではリュウキュウマツの NZN と CuAz 処理の食害度がそれぞれ 11 と 14 で比較的低い値を示したが、イタジイは、NZN, CuAz 処理材とも 30, イジュは、NZN, CuAz 処理材とも 25 の被害度であった。内地材のスギ、ヒノキでは、NZN および CuAz 処理とも被害度は 10 を下回った。

4) 吹上試験地では、設置2年後のリュウキュウマツ無処理材の被害度は 58, DOT 処理材は 39 であるなど、笠利試験地よりも相対的に被害度は低く推移した。試験地の気候条件やシロアリ活性の違いが影響しているものと考えられる。

5) 吹上試験地の DOT 処理材は、イタジイを除く各樹種で、笠利試験地同様、薬剤処理したものの中では高い被害度を示し、特に針葉樹では今回のような接地・暴露条件下では防腐・防蟻性能は期待できないと考えられた。また、NZN と CuAz 処理の被害度は、奄美産材、内地材とも比較的低い値を示した。

6) (社)日本木材保存協会が定める防蟻性能基準を適用すると、笠利試験地では、スギ・ヒノキの NZN 及び CuAz 処理、吹上試験地では、イタジイとイジュの DOT 処理、イタジイとヒノキの NZN 処理、及び全ての樹種の CuAz 処理で防腐・防蟻性能ありと判断された。このように試験地によって結果が異なるため、地域に合わせた薬剤処理を考える必要がある。

7) DOT の溶脱防止のためにシリコンコーティングを施し、接地・暴露条件下での防蟻性能を試験したが、シロアリの食害を低減させることは出来なかった。DOT 処理材の使用は、非接地、非曝露（土壌と直に接することがなく、雨水の影響のない場所など）の条件下に限定するべきであると考えられる。

奄美産木材は、地元でも資源量に見合った十分な利用がされているとは言えない。今回の研究のみでは不十分などところもあるが、取り上げた3樹種については、使用環境に応じた適切な薬剤の選択と十分な注入処理を行えば、屋外使用においても防腐・防蟻性能が発

揮されることが示唆された。今後は、本研究の結果を踏まえた奄美地域における木材の保存処理方法をはじめ、建築材、外構材として適切な利用が図られるよう技術的な指針をとりまとめていきたいと考えている。

## 謝 辞

本研究の取り組みにあたり、ご指導いただいた京大大学生存圏研究所の今村祐嗣教授をはじめとする居住圏環境共生分野の先生方、および試験地の提供に協力頂いた奄美市に対し感謝の意を表します。

## 引 用 文 献

- (財)日本規格協会(2004) JIS K 1571,木材保存剤の試験方法及び性能基準:13-14. 及び同附属書(規定).
- (社)日本木材保存協会(2001) JWPS-TW-P.2,日本木材保存協会規格集:57-59.
- (社)日本木材保存協会(2005) 木材保存剤ガイドライン改訂2版:56-62.
- (社)日本木材保存協会(2010) 認定製品一覧表 10-No2.
- 鹿児島県工業技術センター(1990) 奄美群島林業振興調査事業 広葉樹利用開発.P.2.
- 鹿児島県工業技術センター(1991) 奄美群島林業振興調査事業 広葉樹利用開発.P.3.
- 鹿児島県大島支庁(2007) 奄美群島の概況:27-30.
- 角田邦夫(1999a) ホウ素化合物の木材保存剤としての利用.木材保存 25(2):48-58.
- 角田邦夫(1999b) ホウ素化合物の木材保存剤としての利用(2)野外での効果評価と木質ボード保存処理への応用.木材保存 25(6):251-262.
- 角田邦夫ほか(2002) 地下シロアリおよび腐朽に対する八ホウ酸二ナトリウム四水和水(ティンボア)処理家屋土台の劣化防止効果.木材学会誌 48(2):107-114.
- (社)全国木材組合連合会(2008) わかりやすい新製材 JAS の解説:93-104.

## 資料

## 奄美におけるダブルレイヤー法による木材の耐候性評価

森田慎一・図師朋弘\*・岩智洋\*

森林環境部・龍郷町駐在\*

**要旨：**奄美大島産リュウキュウマツをエクステリア等に活用するため、表面塗装した材の耐朽性と耐候性について評価することを目的として、ダブルレイヤー法による暴露試験を島内で実施した。3種類の外装用木材保護塗料を塗布し、1年以上経過した材の変色、割れ及び腐朽の発生状況等を調査した。水性塗料を塗布したものは変色度合が最も小さかったものの、割れ発生率は他の塗料よりもやや高かった。また、リュウキュウマツの割れ発生率は、スギ、ヒノキよりも高かった。

## はじめに

奄美では、リュウキュウマツをはじめ、イタジイ、イジュなどの豊富な森林資源があり、主にチップ材として利用されるほか、一部は家具・木工用材としても用いられている。これらの森林資源の活用をさらに推進するためには、従来の用途に加えて、建築用材、エクステリア材など、幅広い用途への展開を図る必要がある。そのため、材料を屋外などで使用する際の実用的な処理方法を確立することが求められる。こうした観点から、これまでに、奄美産木材に防腐・防蟻薬剤を注入した材料を用いて、野外杭打ち試験を実施しており、材料及び薬剤処理の性能に関するデータを得つつある(図師ほか2010)。その一環として、外装用木材保護塗料を塗布した材料の耐朽性及び耐候性について把握する必要があると考え、資源として最も利用しやすいリュウキュウマツを用いて、劣化促進の効果があるとされているダブルレイヤー法(Rapp and Augusta 2004)による暴露試験を奄美大島に設定した。試験開始から1年以上経過した時点で、試験材表面の変色、割れの発生状況等について調査したので報告する。

## 実験方法

## 1 材料

試験材は、リュウキュウマツ(奄美産)と、比較のためのスギ、ヒノキ(内地材)の3樹種で、幅5cm×長さ

60cm×厚さ2cmの板に加工したものである。製材後人工乾燥し、じゅうぶん養生した板に、ホウ素化合物(八ホウ酸二ナトリウム四水和物、以下DOT)を有効成分とする木材保存用加圧注入薬剤(Borax社製、商品名ティンボア)を注入処理した。注入は県内の注入加工企業に依頼し、DOTを2.5%濃度に調製した薬剤を、0.78MPa、2時間の条件で加圧注入した。樹種ごとの、薬剤注入量及びDOTの吸収率(注入前の試験材容積重あたりの、注入されたDOTの重量パーセント)の平均は、表1に示すとおりであった。

DOT処理材は、注入後室内で1か月以上風乾した後、表2に示す3種類の外装用木材保護塗料を、メーカー指定の方法で全面にハケ塗りした。塗料の色は、各メーカーが同一色名称で発売し、比較的よく利用されると思われるチーク色を選定した。これらの塗装材の他に、対照

表1 樹種別の薬剤注入量とDOT吸収率

樹種	材種	注入量(kg/m <sup>3</sup> )	DOT吸収率(%)**
リュウキュウマツ	心材	448(±41.4)*	1.73
	辺材	458(±29.0)	1.60
スギ	心材	357(±87.8)	1.98
	辺材	332(±137.8)	1.96
ヒノキ	心材	475(±97.6)	2.09
	辺材	492(±73.6)	2.48

\* : 薬剤注入量のカッコ内は標準偏差(n=20)

\*\* : DOT吸収率=((注入量×薬剤濃度)/注入前の試験材容積重)×100

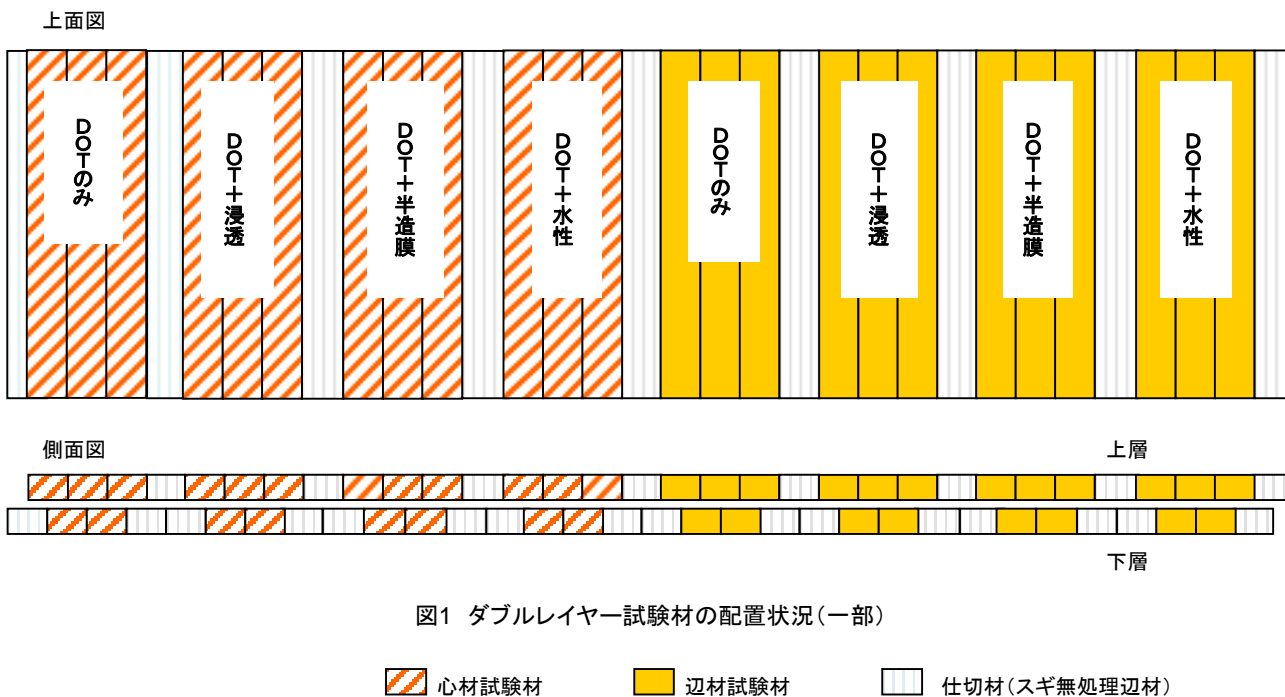


図1 ダブルレイヤー試験材の配置状況(一部)

表2 外装用木材保護塗料の種類及び塗布方法

種類	製品名	塗布方法
浸透性	キシラデコール チーク (日本エンバイロケミカルズ)	ハケ塗り 2回
	オスモカラー チーク (日本オスモ)	ハケ塗り 2回
水性	ガードラックアクア チーク (和信化学工業)	ハケ塗り 1回

として無塗装の板と、DOT 処理していない無塗装の板とを用意した。試験材は、各樹種とも1処理方法につき、心・辺材別にそれぞれ5枚とした。

2 ダブルレイヤー法による暴露試験

塗装がすべて終了した後、試験材を約1週間室内に放置し、上になる面の一端に番号を書いた全天候型ラベルを貼り付けた。平成20年6月23日に、龍郷町大勝(当センター龍郷町駐在敷地内の日当たりの良い場所)に試験地を設置し、暴露を開始した。試験材の配置は、樹種ごとに図1に示すような水平置き2層配置とした。上層(3枚)と下層(2枚)は半枚幅ずらして上下の層の間に雨水が滞留しやすいようにした。また、各処理グループの間には、スギ無処理材を仕切材として配置し、処理方法が互いに影響し合わないようにした。

3 試験材の重量変化、材色及び表面割れの測定

試験開始後、概ね半年ごとにあたる、平成21年1月と7月及び平成22年1月に、すべての試験材について、暴露による重量変化を測定した。また、設置後1年以上(ふた夏)経過した平成21年9月に、各試験材の劣化状況の観察と、上層試験材上面の材色及び表面割れを測定した。

表面の材色は、色差計(Macbeth社製、Color-Eye)により、L\*a\*b\*表色系(JIS Z8729 2004)で測定した。測色は各試験材のほぼ中心部分の1か所で、大きな節がある場合は適宜避けて行った。試験開始時の材色を測定していなかったため、新たに同じ塗装方法による標準材(DOT 処理なし)を樹種及び塗料別にそれぞれ2枚作成し、変色の程度(=色差 $\Delta E^*$ )の基準とした。標準材の材料はほぼ辺材のみであったが、塗装材は心・辺材の区別はほとんど見分けられないことから、これを基準としても問題は無いと判断した。なお、これらの標準材は、測色後同じ場所で耐候性試験に供している。また、測色時に上層の試験材を除去し、上層試験材の裏側と下層試験材の上側を目視で観察して腐朽の発生状況を調べた。

表面割れは、1cmマス目の透明シート(OHPシートに油性極細ペンで5×50=250マスのメッシュを描いたもの)を、試験材番号を貼り付けていない端を基準として材表面にあて、割れの幅が目視で概ね0.5mm以上と認められる目立つ割れが貫通しているマス目の数を数えることに

表 3 暴露試験中の試験材の重量変化率(上層試験材) \*

樹種	測定日	浸透性塗料		半造膜性塗料		水性塗料		無塗装				平均
								DOT 処理		無処理		
		心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	
リュウキュウマツ	H21.1	121	112	112	108	128	115	117	121	127	118	118
	H21.7	105	104	104	104	117	113	118	118	115	112	111
	H22.1	120	117	114	116	135	130	134	132	145	133	128
スギ	H21.1	107	113	109	115	130	124	114	116	140	132	120
	H21.7	102	101	99	108	106	104	103	101	117	112	105
	H22.1	106	105	102	109	113	113	110	107	127	120	111
ヒノキ	H21.1	115	118	112	113	130	140	127	135	136	146	127
	H21.7	99	104	101	103	104	116	99	106	112	125	107
	H22.1	102	104	102	102	109	110	106	108	119	117	108

\* :  $100 \times (\text{測定時の重量}) / (\text{暴露開始時の重量})$  で、処理区分ごとに3枚の上層試験材の平均値で示した

表 4 暴露試験中の試験材の重量変化率(下層試験材) \*

樹種	測定日	浸透性塗料		半造膜性塗料		水性塗料		無塗装				平均
								DOT 処理		無処理		
		心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	
リュウキュウマツ	H21.1	130	121	123	125	135	128	122	124	145	137	129
	H21.7	133	130	125	122	152	145	145	139	156	150	140
	H22.1	128	129	123	126	141	140	137	131	157	148	136
スギ	H21.1	129	155	132	144	153	157	140	179	169	154	151
	H21.7	128	138	128	141	144	148	132	164	174	151	145
	H22.1	124	126	116	119	134	142	126	159	166	134	135
ヒノキ	H21.1	133	145	132	149	156	163	135	160	156	154	148
	H21.7	118	131	120	152	155	161	130	151	163	161	144
	H22.1	120	120	116	117	136	141	123	138	145	133	129

\* :  $100 \times (\text{測定時の重量}) / (\text{暴露開始時の重量})$  で、処理区分ごとに2枚の下層試験材の平均値で示した

より行った。貫通している割れが複数あるマス目でも1マスとし、(カウントされたマス目数/250) × 100 を割れ発生率とした。

## 結果および考察

### 1 試験材の重量変化と腐朽の発生状況

各試験材の重量変化率を、樹種及び処理方法別に表3に上層、表4には下層の試験材の平均値で示す。試験開始時の重量を基準とした暴露中の重量変化は、夏場の一部の上層試験材を除いて増加の方向であり、上層よりも水分が滞留しやすい下層の方が増加率は高かった。樹種別に増加率の平均を比較すると、測定時期によっても変動があり、一定の傾向を見いだすことは出来なかった。

処理方法別では、無処理の試験材の増加率が高く、次いでDOT処理材と水性塗料を塗布した試験材の重量増加率が高い傾向にあった。

上層と下層の試験材の間には、どの樹種においても腐朽菌と思われる菌叢が見られる部分もあったが、いずれも表面にとどまっており、部材として使えないほど劣化していると考えられるものは見られなかった。

### 2 材表面の変色

暴露していない標準材の色と、暴露後の上層試験材の表面材色を、L\*a\*b\*表色系で測色した結果を、樹種及び処理方法別にそれぞれの試験材の平均値で表5及び表6に示す。ここで、L\*は色の明るさを示す明度を、a\*は色の鮮やかさを示す彩度のうち赤味を、またb\*は同じく彩度のうち黄味を示す数値である。表5には塗装処理して

いないもの、表6には塗装処理したものについて示した。標準材の測定値を基に算出した色差 $\Delta E^*$  ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ のそれぞれの差を2乗したものの和の平方根、すなわち $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 値を3つの座標軸とする色空間内での両者の距離を示す)も併せて示した。

表5に示した結果から、いずれの樹種も心・辺材を問わず無塗装のものは暴露によって大きく変色した。特に彩度を示す $a^*$ ,  $b^*$ 値の低下が大きく、彩度の低い灰色っぽい色への変色であることを示している。 $L^*$ 値について

は、無処理よりもDOT処理したものの低下が小さく、比較的明るい色であることを示している。この理由は明らかではないが、ホウ酸(DOT)の結晶が材表面に浮き出ていることが何らかの影響を及ぼしている可能性があるとも考えられ、より詳細な検討が必要である。

表6に示した塗装した試験材の暴露による変色についても、樹種及び心・辺材別による差異は認められなかった。一方、塗料別では水性塗料の変色が最も小さく、浸透性塗料の半分程度であった。水性塗料は他の塗料と比

表5 暴露前後の無塗装試験材の表面色変化

樹種	項目	暴露前(標準材)		暴露後(試験材)			
				DOT処理		無処理	
		心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材
リュウキュウマツ	$L^*$	63.63	74.70	55.32	55.43	39.82	39.88
	$a^*$	11.99	7.47	0.96	0.81	0.97	1.26
	$b^*$	26.82	29.26	5.14	3.72	4.73	5.14
	$\Delta E^*$	-	-	25.70	32.68	42.81	42.81
スギ	$L^*$	62.90	77.47	53.90	55.14	47.02	43.09
	$a^*$	11.38	5.91	1.45	1.51	1.67	1.43
	$b^*$	24.03	23.42	5.64	5.19	6.32	7.09
	$\Delta E^*$	-	-	22.75	29.16	25.69	38.32
ヒノキ	$L^*$	74.06	78.20	61.60	52.82	44.74	42.27
	$a^*$	8.04	5.55	1.42	1.37	1.33	1.29
	$b^*$	26.03	23.73	5.19	6.88	5.96	6.25
	$\Delta E^*$	-	-	25.17	30.74	36.16	40.17

表6 暴露前の標準塗装材に対する暴露後の塗装試験材の表面色変化

樹種	項目	浸透性塗料			半造膜性塗料			水性塗料		
		心材	辺材	標準	心材	辺材	標準	心材	辺材	標準
リュウキュウマツ	$L^*$	48.10	48.79	69.95	40.59	45.83	52.40	47.88	51.00	45.18
	$a^*$	2.62	1.82	8.17	1.16	1.01	9.97	4.63	4.04	15.99
	$b^*$	7.26	4.84	35.91	4.65	4.67	28.41	14.54	13.35	25.32
	$\Delta E^*$	36.46	38.12	-	27.95	26.20	-	15.89	17.88	-
スギ	$L^*$	44.34	42.19	63.56	45.31	42.65	52.11	47.20	46.41	45.35
	$a^*$	3.00	2.80	11.34	1.58	1.80	12.00	4.55	3.60	15.75
	$b^*$	8.40	7.85	31.14	7.03	6.52	28.20	14.11	12.56	24.75
	$\Delta E^*$	30.92	32.74	-	24.55	25.75	-	15.55	17.24	-
ヒノキ	$L^*$	45.59	45.38	68.11	46.75	45.96	54.42	47.95	46.66	45.79
	$a^*$	2.96	3.18	10.30	1.84	2.62	12.15	4.18	4.77	15.97
	$b^*$	7.83	8.78	35.40	6.92	8.86	32.29	14.50	16.39	24.58
	$\Delta E^*$	36.35	35.71	-	28.44	26.67	-	15.66	13.90	-



表 7 暴露後の試験材表面の割れ発生状況

樹種	浸透性塗料		半造膜性塗料		水性塗料		無塗装				平均
							DOT 処理		無処理		
	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	心材	辺材	
リュウキュウマツ	9.7	10.7	15.0	6.7	15.0	13.3	17.7	24.0	15.0	12.0	13.9
スギ	6.0	1.3	2.0	0.7	1.7	6.7	4.0	16.3	10.3	3.7	5.3
ヒノキ	2.0	0.3	3.0	1.7	6.0	12.0	2.3	1.0	12.0	21.7	6.2

較して、明度が低く赤味の強い色相で、下地材色の隠蔽度が高い。暴露後は、 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 値のいずれも他の塗料と比較して変化が少なかった。逆に、暴露前の塗装材の $L^*$ 値が高い塗料ほど変色の度合は高く、明度の低下とともに彩度の低下も大きい傾向にあった。水性塗料以外の塗料では、暴露後は無塗装材と同様の色合いに変退色しており、少なくとも見かけ上(美観的に)は再塗装が必要な状態にあると考えられた。

### 3 割れ発生率

表 7 に、割れ発生率の算出結果を示した。割れ発生率は、樹種別ではリュウキュウマツが最も高く、処理別では塗装材よりも無塗装材の方が高かった。また、心・辺材別では一定の傾向は見られなかった。塗料間の比較では、水性塗料の割れ発生率が他の塗料と比較してやや高かった。

リュウキュウマツは割れの発生源ともなる節が多いことに加え、暴露によって上層試験材には反りも生じていた(写真 1)ことから、基材の動きが大きいことが推察され、このことが割れの発生に影響したものと考えられる。また、1 で述べたように、無処理材や一回塗りの水性塗料による塗装材では、試験材の重量変化が他の塗装処理材よりも大きい傾向があり、このことも基材の動き



写真 1 試験体の設置及び反りの発生状況  
(左側がリュウキュウマツ)

や割れの発生に影響しているものと考えられる。美観上は別として、割れ発生の抑止という意味では、水性塗料以外の塗料の効果は続いていると考えることもでき、今後の割れの発生経過を追跡する必要がある。

## おわりに

リュウキュウマツの屋外材としての利用を想定し、外装用木材保護塗料で塗装した材料について、ダブルレイヤー法による暴露試験を設定した。設定後 1 年以上経過した時点での、材色の変化や割れの発生等を調査した結果、水性塗料を除いて美観的には再塗装が必要な状態にあることがわかった。割れの発生については、水性塗料での発生率が比較的高く、割れ発生の防止について考慮する必要があることがわかった。今後、腐朽の進行状況も見ながら、塗装による材料の保護の方法について、さらに検討する必要があると考えている。

## 謝 辞

ダブルレイヤー法についてご教示下さいました、富山県農林水産総合技術センター木材研究所の栗崎宏氏、並びに色差計の使用を快諾いただいた鹿児島県大島紬技術指導センターに感謝します。

## 引用文献

- JIS Z8729 (2004) 色の表示方法— $L^*a^*b^*$ 表色系及び $L^*u^*v^*$ 表色系.
- Rapp, A. O. & Augusta, U. (2004) The full guideline for the “double layer test method” IRG/WP 04-20290.
- 図師朋弘・森田慎一・岩智洋・今村祐嗣 (2010) 奄美産木材の野外杭打ち試験による耐蟻性評価 (II). 第 60 回日本木材学会大会 (宮崎) 発表要旨 PN005.

## 資料

### スギ集団葉枯症に関する知見および文献目録

東正志・臼井陽介  
森林環境部

#### はじめに

スギ集団葉枯症は、宮崎県をはじめとして九州各地で確認されているスギの葉枯性症状であり、近年各研究機関で原因解明に向けた取り組みが行われているところである。

鹿児島県内においては、現在数カ所の被害が確認されているのみであるが、他県同様スギ造林地を多く有する本県においても、今後被害の拡大が懸念され、その原因と対策について調査研究を行っていく必要がある。

そこで今回、今後の調査研究を進めるにあたり、これまでに発表された研究報告について資料を収集し内容を整理したので報告する。

なお、文献の収集については、主に各研究報告誌や学会誌並びにウェブサイトの検索により行った。見落としした文献もあると思われるが、それらについては今後の報告の中であわせて行っていきたい。

#### スギ集団葉枯症の特徴

スギ集団葉枯症は九州各地に発生しているスギの衰退現象で、梢端から1～2m下部の2年生葉が枯れ落ち、葉量が少なくなるため、樹幹上部が透けて見えるようになる(写真-1, 2)。

特に新年葉が成長する4月以降は被害葉とのコントラストがあるために被害木の判断がしやすい(讃井・黒木 2004, 2007, 黒木ら 2005)。

樹冠形状が尖鋭で成長の旺盛な個体に多く(讃井・黒木 2004, 今矢ら 2005)、数年にわたり被害を受けると稀に枯死することもあるとされているが、この葉枯による短期間での枯損は少ないとされている(讃井・黒木 2004, 2007, 黒木ら 2005, 横尾・前田 2009)。

#### スギ集団葉枯症の発生地域

スギ集団葉枯症は1998年に宮崎県で初めて発症が確認されてから多くの発症が確認され、現在は九州各地で報告されている(図-1)。鹿児島県内で発症が確認さ



写真-1. 集団葉枯症林分近景 (森田茂氏撮影)



写真-2. 集団葉枯症林分遠景 (森田茂氏撮影)

れているのは数カ所である。

#### スギ集団葉枯症の原因について

##### ①病害からの検討について

発見された当時は、葉枯症状の類似する黒粒葉枯病や褐色葉枯病との関連が疑われたが、検出される病原菌はいずれも通常見られるものばかりで、強病原性菌ではなかったことから、病原菌が直接の原因ではないとされている(讃井・西村 2001, 黒木・讃井 2004, 2005, 黒木ら 2005, 秋庭ら 2005, 讃井・黒木 2007)。

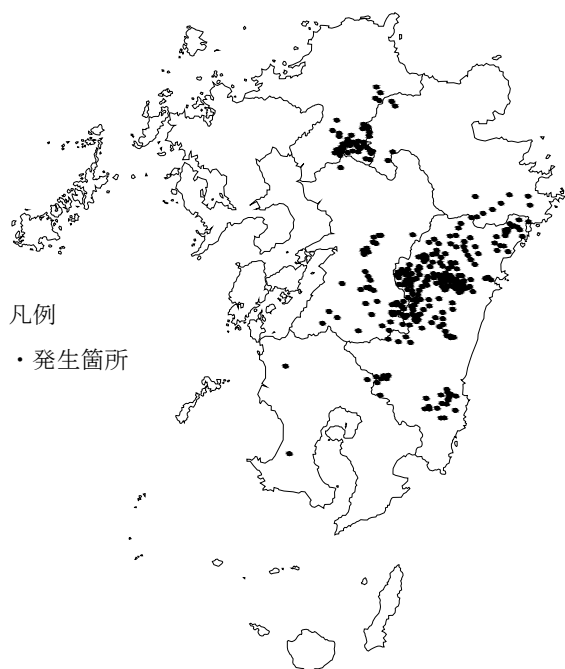


図-1. 九州におけるスギ集団葉枯症発生箇所  
出典：今矢・重永 (2008), 黒木・讃井 (2005), 黒木ら (2005), (2008), 佐々木ら (2007), 讃井・黒木 (2004), (2005), (2007), 横尾・前田 (2009) を改変

#### ②気象害からの検討について

酸性降下物や大気汚染との関連も疑われたが、何らかの影響はあるものの、直接の原因ではないとされている (讃井・西村 2001)。

#### ③立地条件からの検討について

標高・斜面位置等については被害との関連は見られないが、傾斜については急斜面、地形については凸型地形での発生が多いとする報告 (讃井・黒木 2004, 2007, 黒木ら 2005, 佐々木ら 2007) がある。一方、地形状況は発症の有無に寄与していないとする報告 (前田ら 2008) もあるが、これは調査した空間スケールの違いが影響していると考えられ、今後は広域スケールでの検討が必要とされている。

また、これら地形条件の相違に伴う慢性的な水分生理異常の可能性 (讃井・黒木 2004, 2007) や低養分状態による影響の可能性 (佐々木ら 2007) も示唆されている。

さらに、地質との関連性については、宮崎県では地理的に堆積岩が多く、被害もその堆積岩地域での発生が多い (讃井・黒木 2004, 黒木ら 2005) とされる一方、福

岡県では堆積岩地域には被害が見られず、火成岩地域での被害が報告されている (佐々木ら 2007)。また、熊本県でも火成岩地域での被害報告 (古閑 1990) がある。

#### ④土壌状態からの検討について

被害林では土壌の PH 及び交換性カルシウムについて、健全林に比べて低い傾向がみられるが直接の要因ではないとされている (福里・松下 2004)。また、マグネシウム欠乏による葉枯症状とは異なることが報告されている (福里ら 2005, 黒木ら 2005)。

一方、交換性塩基類バランスの不均衡が衰退現象の一因とする見方もある (福里ら 2005, 黒木ら 2005) が、その後、養分バランスの不均衡が原因である可能性は低いことが報告されている (福里ら 2009)。

その他、養分バランスの欠如よりも絶対的な養分不足が強く影響を与えるとする報告 (今矢ら 2005), さらには低マグネシウムの関与を示唆する報告 (今矢・重永 2007) や、低カリウムの関与を示唆する報告 (今矢・重永 2008, 長倉ら 2008) もある。

#### ⑤品種による感受性の違いについて

オビスギ系統品種が被害を受けやすいことが示唆されている (黒木・讃井 2004, 黒木ら 2005, 今矢・重永 2006, 讃井・黒木 2007)。

#### ⑥齢級による影響について

宮崎県内の被害分布を調査した結果、7 齢級に最も被害が多いことが報告されている (黒木・讃井 2005, 黒木ら 2005)。

#### ⑦立木の個体サイズによる影響について

胸高直径が大きい個体ほど発症の確率が高いとする報告 (前田ら 2008, 横尾・前田 2009) があるほか、樹高及び胸高直径が大きいほど被害を受けやすい傾向にあるなど、個体サイズの違いが発症に影響している可能性が報告されている (福里ら 2009)。

#### ⑧被害程度の表し方について

被害規模は数本の場合から数十 ha に及ぶものまで様々であり、被害程度を表す何らかの評価基準を設定することが必要であるとされ (讃井・黒木 2004), その後、被害の進展状況と衰退度区分について、単木における 5 段階の被害度評価基準が示されている (黒木・讃井 2005)。

⑨症状が成長に与える影響について

被害木・健全木の年輪解析比較の結果、被害木における近年の成長減退は見られないことが報告されている(佐々木ら 2007)。同様に、症状の初期段階における成長量は健全木とほとんど変わらないことが報告されている(横尾・前田 2009)。

このように、スギ集団葉枯症については多方面からのアプローチが行われているが、その要因は未だ確定しておらず、各研究者が要因解明に向けた取り組みを鋭意行っているところである。

## 文献目録

現在報告されているスギ集団葉枯症に関する文献について発表年代順に記す。

●古閑清隆(1990)鹿北町南西部域におけるスギ壮齢林の衰退現象について. 日林九支研論 43 : 193-194

熊本県鹿北町南西部域でのスギ葉枯現象について、緑葉の採取、樹幹解析用円板、土壌調査を実施。この地域で見られる衰退現象は「変斑礫岩」という火成岩地域特有の地形や土層の状態、降水状況により発生したものとされている。

●讚井孝義・西村五月(2001)スギ中・壮齢林の樹勢衰退. 日林九支研論 54 : 103-104

宮崎県で確認されるようになった樹勢衰退についての第1報。被害木は樹幹部の壊死や根系異常もなく葉量の減少が見られること、優先的に分離される菌も確認されず一部枯死木が発生したことなどを報告。また、気象害についても直接の要因ではなく、詳細は不明としている。

●黒木逸郎・讚井孝義(2004)スギの葉枯症状木に見られた糸状菌と品種による被害の違い. 九州森林研究 57 : 233-234

原因不明のスギ葉枯症状を病害の観点から調査。被害葉から複数の葉枯性病原菌を検出しているが、葉枯症の原因かどうかは今後の検討を要としている。また、品種別ではオビスギ系統品種が被害を受けやすいことを報告。

●讚井孝義・黒木逸郎(2004)スギ衰退林分の分布と環境要因. 九州森林研究 57 : 235-238

宮崎県内のスギ樹勢衰退被害分布及び立地環境との相関関係を調査。急傾斜地、斜面凸型地形に被害が多く、乾燥害と類似することから水分生理異常との関連を示唆。地質構造線地域に被害が多く発生しているが、構造線との関連性は低いとしている。また、被害程度を表すために評価基準を設けることの必要性を提唱。

●福里和朗・松下啓太(2004)スギ林の表層土壌の化学性について (VI) -スギ樹勢衰退林の調査例-。九州森林研究 57 : 258-260

被害林分と健全林分を対象に堆積有機物、土壌表層のpH値及び交換性塩基について調査。被害林分はpH値及び交換性カルシウム含有量が健全林に比べ少ないものの、被害を引き起こす直接的な原因とは考えられず、他に要因があると推察している。

●讚井孝義(2004)九州南部の気候と森林被害. 森林防疫 53 : 5-15

九州南部地方(特に宮崎県)における気候的な特性や近年の温暖化の状況、森林被害発生状況全般についての報告。温暖化傾向に伴う森林被害の発生状況全般について述べられており、南方系の侵入病害虫について記述。この中で、温暖化との関連性は不明ながら、スギの集団的な葉枯症状が紹介されている。原因については気象環境にあるか土壌環境にあるか不明とされている。

●齋藤英樹・野田巖(2005)リモートセンシングを用いたスギ集団葉枯症林分の抽出に関する研究. 九州森林研究 58 : 34-37

衛星リモートセンシングデータを利用した集団葉枯症被害林分の抽出法について報告。ヘイズ(かすみ、曇り現象)の影響を受ける部分では誤判定が生じやすいことなどを報告。

●黒木逸郎・讚井孝義(2005)宮崎県におけるスギの葉枯症状被害の分布と枯死葉上にみられる病害. 九州森林研究 58 : 177-179

宮崎県内の被害分布を全県的に追加調査。分布の偏りと7齢級に最も被害が多いことを報告。また、病害の観点から樹冠全体について枝葉の位置と寄生している病原菌を調査。結果、樹冠のある高さで特定の病原菌は確認されず、通常枯死葉上にみられる菌が確認されたことから、本被害症状は気象や生理状態など何らかの別の要因でスギが弱ったところに病害が発生したのものと考えられ、主因については被害地域や齢級とあわせ、今後検討

の必要があるとしている。さらに、被害の進展状況と衰退度区分について、単木における5段階の評価基準を示している。

●秋庭満輝・石原誠・佐橋憲生(2005)九州地域におけるスギ集団葉枯症の被害木から分離された糸状菌。九州森林研究 58 : 180-181

スギ集団葉枯症の発症木から葉を採取し、被害葉上に見られる病原菌を分離。健全葉でも見られる種ばかりであったこと等から、スギ集団葉枯症は病原菌以外の要因が関与している可能性を示唆している。

●福里和朗・黒木逸郎・小田三保・岩切裕司(2005)スギ林の表層土壌の化学性について (VII) - 西郷村内の樹勢衰退林の調査例 -。九州森林研究 58 : 199-201

被害林分における表層土壌のpH及び交換性塩基について調査した結果、交換性塩基間のバランスの不均衡が症状発生要因と考えられるとしている。

●今矢明宏・酒井正治・大貫靖浩・赤間亮夫(2005)スギ集団葉枯症の発生林分と隣接未発生林分の土壌 - 宮崎県椎葉村の事例 -。九州森林研究 58 : 202-205

被害発生林分とその隣接未発生林分の土壌を分析。被害発生林分では交換性塩基類のバランスが悪く、絶対的な養分欠乏状態を示すことなどが衰退減少の一因と推察。しかし、被害発生は生育良好な林分が多く、生育初期～中期にかけては養分欠乏を起こしていたとは考えられず、この養分欠乏状態が影響し始めるのは中壮齢林になってからと考えられることから、その発生誘因については今後の検討を要するとしている。

●黒木逸郎・讚井孝義・福里和朗(2005)原因不明の葉枯れ症状によるスギの衰退。森林防疫 54 : 2-13

1998年に確認された宮崎県におけるスギ集団葉枯症について、被害発見の経緯や被害分布、立地環境、病原菌の探索、品種による被害度の違い、土壌の化学性など、それまで宮崎県が行ってきた研究を取りまとめた内容になっている。

●今矢明宏(2005)土壌シリーズ(9)スギ集団葉枯症状発生林分の土壌。九州の森と林業 70 : 4

症状発生林分の土壌断面写真を掲載。

●齋藤英樹・野田巖・鹿又秀聡(2006)赤外カラー空中写真を用いたスギ葉枯症林分の識別。九州森林研究 59 :

209-210

赤外カラー空中写真を用いての被害林分の判別法について。空中写真をデジタル画像として取り込み、強調処理を行うことで被害木の判別が可能であることを報告。

●今矢明宏・重永英年(2006)スギ集団葉枯症の発生地域とその特徴。九州森林研究 59 : 247-248

九州における広域的な被害分布を調査。発生箇所の土壌母材に共通性はないが、被害地導入品種はオビスギが多く、その発祥地では被害が少ないなど、立地条件と品種による感受性の違いが症状発生に関与している可能性を報告。

●齋藤英樹(2006)赤外カラー空中写真によるスギ集団葉枯症林分の判読。九州の森と林業 75 : 1-3

広域での判別を目的とした赤外カラー空中写真を用いた判別研究について記述。

●今矢明宏・重永英年(2006)スギ集団葉枯症とその発生地域 - 広域に発生している集団的なスギの葉量低下現象 -。九州の森と林業 77 : 1-3

本症状の特徴や見分け方、九州内における被害分布など。原因として養分欠乏の可能性やその及ぼす影響についても触れる。

●今矢明宏・重永英年(2007)スギ集団葉枯症発生林分の土壌 - 異なる発生地域における養分状態 -。九州森林研究 60 : 142-143

被害発生林分と未発生林分の土壌養分を比較。低マグネシウムが本症の発生に寄与している可能性を示唆し、土壌の低養分状態が症状発生に関与している可能性が高いとしている。

●讚井孝義・黒木逸郎(2007)九州に発生した集団葉枯症(仮称)によるスギ林の被害。樹木医学研究 11-1 : 17-21

これまでの宮崎県における研究について取りまとめた内容となっている。立地環境や気象的な要因など複数要因が絡み合っている症状が発生していると推察。また、凸面や急傾斜面で被害が多いことから慢性的な水分生理異常の可能性も示唆。さらに、オビスギ系統の感受性が高いため、被害回避の方策として今後非感受性品種の探索を進めることが急務であるとしている。

●佐々木重行・廣田篤彦・津田城栄(2007)福岡県におけるスギ集団葉枯症の分布と発生木の特徴。福岡県森林研

報 8 : 9-13

福岡県内の被害状況を調査。福岡県南部の挿し木造林地帯で多く発生が見られ、表層地質は火山性岩石が多く、宮崎県で多く見られる堆積岩地域での発生は確認されなかったことを報告。また、発生林分は急斜面や凸地形で多く、養分の流出による低養分状態が発生に関与していると推察している。被害木での近年における成長減退は樹高成長、材積成長ともに見られなかったとしている。

●森林総合研究所編(2007)スギ集団葉枯症状に関する判定手法の開発。交付金プロジェクト研究成果集 15 : 141-160

平成 15 ~ 17 年度に交付金プロジェクトとして実施した次の 6 課題をまとめている。

①今矢明宏・酒井正治・大貫靖浩・赤間亮夫(2005)スギ集団葉枯症の発生林分と隣接未発生林分の土壌—宮崎県椎葉村の事例—。九州森林研究 58 : 202-205

②今矢明宏(2005)土壌シリーズ(9)スギ集団葉枯症発生林分の土壌。九州の森と林業 70 : 4

③今矢明宏・重永英年(2006)スギ集団葉枯症の発生地域とその特徴。九州森林研究 59 : 247-248

④秋庭満輝・石原誠・佐橋憲生(2005)九州地域におけるスギ集団葉枯症の被害木から分離された糸状菌。九州森林研究 58 : 180-181

⑤齋藤英樹・野田巖(2005)リモートセンシングを用いたスギ集団葉枯症林分の抽出に関する研究。九州森林研究 58 : 34-37

⑥齋藤英樹・野田巖・鹿又秀聡(2006)赤外カラー空中写真を用いたスギ葉枯症林分の識別。九州森林研究 59 : 209-210

●今矢明宏・重永英年(2008)スギ集団葉枯症の発生地域とその土壌養分状態。九州森林研究 61 : 146-147

前報に続き、広域調査を行い発生動向を追跡。鹿児島県内での発生状況も記されている。また、被害林分と未発生林分の表土を採取し分析した結果、低カリウム状態が症状発生と関連している可能性を示唆。

●前田勇平・重永英年・今矢明宏(2008)微地形条件及び個体サイズがスギ集団葉枯病の発生に与える影響。九州森林研究 61 : 148-149

単一林分内における微地形条件や個体サイズの違いが症状発生に及ぼす影響を調査。結果、胸高直径が大きい個体ほど、スギ集団葉枯症が発生する確率が高く、傾斜や凹凸度、樹高に関しては関連が見られなかったとし、

他報告では地形条件との関連性が指摘されていることとの矛盾については、調査した空間スケールが小さかったことを挙げており広域スケールでの検討も必要としている。さらに、このほかにも個体ごとの感受性の違い等による検討も併せて行う必要があるとしている。

●長倉淳子・重永英年・今矢明宏(2008)スギ集団葉枯症発生林分の葉の栄養状態。九州森林研究 61 : 150-151

症状発生林分と未発生林分において樹体の栄養状態を比較し、樹体内のカリウムの欠乏に関与している可能性を示唆。カリウム欠乏のメカニズムについても検討する必要があると指摘している。

●讚井孝義・齊藤真由美・黒木逸郎(2008)スギ集団葉枯症の分布の拡大と葉が枯れる時期。九州森林研究 61 : 181-182

宮崎県南部の被害分布を新たに調査。葉の枯れる時期については、前年葉の変色が 7 月後半頃から始まり 1 1 月には赤く変色する。その後 3 月頃までは赤くなる範囲が下方へ広がり、その後変色した葉の枯死に至るとしている。

●宮崎県林業技術センター編(2008)樹木診断の手引き : 14

スギの葉枯症として掲載。写真を多用し症状の概要を説明している。症状が黒粒葉枯病や褐色葉枯病と酷似するが、病害ではなく土壌養分が関係しているとの見方を示す。

●福里和朗・齊藤真由美・三樹陽一郎・小田三保・讚井孝義(2009)スギ衰退林の表層土壌の化学性について—美郷町有林内の集団葉枯症の調査例—。九州森林研究 62 : 204-205

被害林分の特徴として、健全林分と比べ胸高直径及び樹高成長が良い傾向がみられ、個体サイズが葉枯症の発生に影響している可能性が高いとしている。また、被害林分土壌における交換性塩基の含有量やバランスは健全林分と差異がなく、これらが葉枯症の発症に影響を及ぼしている可能性は低いことを報告している。

●横尾謙一郎・前田勇平(2009)スギ壮齢林分における衰退現象の現況調査。熊本県林業研究指導所研究報告 35 : 21-31

熊本県南部地域における集団葉枯症について調査を実施。胸高直径が大きい個体ほど症状の発生が多く見られ



ることを報告。また、年輪解析の結果、被害木と未被害木の成長はほとんど変わらず、被害発生後も急速に枯れる現象ではなく、梢端部の葉が枯死する症状が穏やかに進行する症状であろうと推察している。なお、初期症状の見られる立木では健全木と比較して成長量に違いはなかったことを報告している。

●九州地区林業試験研究機関協議会保護部会病害分科会編(2009)スギ・ヒノキ・マツ病害図鑑 : 8-9

スギ集団葉枯症被害の概要について解説。写真が多く用いられている。

### おわりに

以上のように、スギ集団葉枯病については様々な観点から要因解明に向けた研究が行われているが、未だその特定には至っていない。

しかしながら既往の報告を見る限り、本症状は病害や気象害ではなく、土壌養分や水分状態、品種による感受性の違いなどが複合的に影響して発症することが推察され、最近の報告は土壌養分・立地条件の観点からの内容が多い。

また、被害は梢端の尖った成長の旺盛な個体に多く、急激な成長減退症状は見られないとの報告から、葉枯症状が材質や成長量に与える影響を長期的に調査していく必要もあると思われる。

今後得られる新たな知見等とともに、県内における被害状況についても報告を行っていく。

### 引用文献

- 秋庭満輝・石原誠・佐橋憲生(2005)九州森林研究 58 : 180-181  
今矢明宏(2005)九州の森と林業 70 : 4  
今矢明宏・酒井正治・大貫靖浩・赤間亮夫(2005)九州森林研究 58 : 202-205  
今矢明宏・重永英年(2006a)九州森林研究 59 : 247-248  
今矢明宏・重永英年(2006b)九州の森と林業 77 : 1-3  
今矢明宏・重永英年(2007)九州森林研究 60 : 142-143  
今矢明宏・重永英年(2008)九州森林研究 61 : 146-147  
九州地区林業試験研究機関協議会保護部会病害分科会編(2009)スギ・ヒノキ・マツ病害図鑑 : 8-9  
黒木逸郎・讃井孝義(2004)九州森林研究 57 : 233-234  
黒木逸郎・讃井孝義(2005)九州森林研究 58 : 177-179

- 黒木逸郎・讃井孝義・福里和朗(2005)森林防疫 54 : 2-13  
古閑清隆(1990)日林九支研論 43 : 193-194  
齋藤英樹(2006)九州の森と林業 75 : 1-3  
齋藤英樹・野田巖(2005)九州森林研究 58 : 34-37  
齋藤英樹・野田巖・鹿又秀聡(2006)九州森林研究 59 : 209-210  
佐々木重行・廣田篤彦・津田城栄(2007)福岡県森林研報 8 : 9-13  
讃井孝義(2004)森林防疫 53 : 5-15  
讃井孝義・黒木逸郎(2004)九州森林研究 57 : 235-238  
讃井孝義・黒木逸郎(2007)樹木医学研究 11-1 : 17-21  
讃井孝義・齋藤真由美・黒木逸郎(2008)九州森林研究 61 : 181-182  
讃井孝義・西村五月(2001)日林九支研論 54 : 103-104  
森林総合研究所編(2007)交付金プロジェクト研究成果集 15 : 141-160  
長倉淳子・重永英年・今矢明宏(2008)九州森林研究 61 : 150-151  
福里和朗・黒木逸郎・小田三保・岩切裕司(2005)九州森林研究 58 : 199-201  
福里和朗・齋藤真由美・三樹陽一郎・小田三保・讃井孝義(2009)九州森林研究 62 : 204-205  
福里和朗・松下啓太(2004)九州森林研究 57 : 258-260  
前田勇平・重永英年・今矢明宏(2008)九州森林研究 61 : 148-149  
宮崎県林業技術センター編(2008)樹木診断の手引き : 14  
横尾謙一郎・前田勇平(2009)熊本県林業研究指導所研究報告 35 : 21-31

## 資料

## 鹿児島県におけるシカの林業被害とその対策について

白井陽介・川畑真司\*・穂山浩平\*

森林環境部・鹿児島県森林整備課\*

## はじめに

日本でのニホンジカ *Cervus nippon*（以下、「シカ」という）の森林被害は、1965年頃から報告されるようになり、1980年代後半から急激に増加している（小泉、2002）。地域別に被害をみると、1960年代後半に神奈川県で問題となり（飯村 1980）、1980年代から岩手県や兵庫県で報告されるようになる。そして1980年代後半から、九州、関東、中国の広い地域で報告されるようになった（三浦 1999）。このように、全国的な動向についての報告はあるが、本県におけるシカの森林被害の動向について取りまとめられた文献はない。

シカの森林被害は、枝葉部を食べて、造林木の成育が阻害される採食害と角擦り等により樹皮を剥ぎ、剥いだ部分へ腐朽菌が侵入し、材質低下を及ぼす剥皮害など、木材生産にかかる林業被害のほか、近年では、霧島自然公園内の広葉樹の稚樹を食するため、下層植生が発達しないという現象が引き起こされるなど、自然環境や景観への被害がある（南日本新聞 2009）。また、森林だけではなく農作物を食害するなど、農地での被害も発生している。

シカの林業被害への対策については、様々な研究が行われており、これまでのシカ研究の成果をとりまとめている文献も発表されている（三浦 1999、井上・金森 2006）。井上・金森（2006）は、シカへの対策を①林分の周囲をネット等で物理的に遮断する方法、②林木単体をネット等で物理的に遮断する方法、③林木単木に忌避剤を散布する方法に分類して述べている。ただし、経費が記されていないため、シカ被害の対処法を検討するには他の資料に頼る必要がある。

このようなことから、本報告では、鹿児島県におけるシカ被害について整理するとともに、現在実施されている防除方法について整理する。なお、防除法については多くの文献があり、今回取り上げたもの以外にも有効な方法があると思われる。そのような方法については、改めて報告したい。

## ①本県のシカの被害の推移

主に鳥獣統計によるシカ被害の推移を表1にまとめた。調査開始以降、農林業ともに被害が発生しており、年間の増減はあるものの、増加傾向にあり2000年にピークに達している。当時の被害は農業が1,000haを超える被害面積で162,526千円の被害額、林業が200haを超える被害面積で235,253千円の被害額である。その後、農林業ともに減少し、2008年には、農業が610haの被害面積で52,785千円の被害額、林業が74haの被害面積で78,810千円の被害額であり、被害額がピークに達した2000年と比較すると、被害額では農業が3分の1、林業が2分の1に減ったとはいえ、依然として深刻な被害を及ぼしている。

なお、データが存在するのは、林業では1982年から、農業は1984年からであり、それ以前の状況については把握はできない。ただし、1960年頃から霧島山系の国有林では、シカによる造林地の被害が発生するようにな

表1 本県におけるシカの農林業被害の推移

年度	農業		林業		合計	
	面積(ha)	被害額(千円)	面積(ha)	被害額(千円)	面積(ha)	被害額(千円)
1982	-	-	25	19,504	25	19,504
1983	-	-	300	58,873	300	58,873
1984	-	3,674	81	57,006	81	60,680
1985	-	3,088	359	35,233	359	38,321
1986	-	5,633	405	51,013	405	56,646
1987	-	27,024	580	60,101	580	87,125
1988	-	4,893	409	58,516	409	63,409
1989	-	9,310	393	59,722	393	69,032
1990	-	27,024	206	113,053	206	140,077
1991	-	8,649	218	155,264	218	163,913
1992	-	8,082	223	186,431	223	194,513
1993	104	11,168	167	153,786	271	164,954
1994	145	13,024	193	163,038	338	176,062
1995	160	18,060	174	139,833	334	157,893
1996	237	39,586	190	150,014	427	189,600
1997	238	49,876	237	198,932	475	248,808
1998	604	59,212	244	205,466	848	264,678
1999	687	64,063	249	211,340	936	275,403
2000	1,118	162,526	205	235,253	1,323	397,779
2001	903	93,031	138	200,573	1,041	293,604
2002	595	72,712	165	192,372	760	265,084
2003	642	76,331	131	153,074	773	229,405
2004	605	49,994	88	115,945	693	165,939
2005	607	49,891	89	114,535	696	164,426
2006	649	52,033	84	91,277	733	143,310
2007	607	50,124	63	71,255	670	121,379
2008	610	52,785	74	78,810	684	131,595

## 鹿児島県におけるシカの林業被害

※鹿児島県森林整備課、鹿児島県農政部資料



ったとの報告があり（久保 1991）、1960年代以降にシカが民有林へも徐々に拡大していったと推察される。

## ②本県林業におけるシカ被害—業務報告からの分析—

林業試験場及び森林技術総合センターの業務報告のシカに関する課題を整理し、課題内容ごと、年代別に分類したのが表2である。業務報告に、シカに関する報告が、初めて報告されたのは1987年である。当時の被害の様相を、「最近、特に奥地林等ではニホンシカによる幼齡造林木の食害が増加している」と述べている（宮之原 1987）。ここで述べられている奥地林等とは、霧島山系や紫尾山系である（鹿児島県林業史編纂委員会 1993）。

当時の研究は、造林地におけるシカの採食防止について対処法が検討されており（末吉・小牧 1988 など）、忌避剤の防除効果について試験が実施されている。忌避剤のほかには、防護柵による造林木被害回避の試験が実施されている（谷口 1991）。また、1993年以降は角こすり防止についての研究（谷口 1993b）や生息分布や被害実態など調査されており、シカ被害が深刻になってきたことが推察される。

このように、民有林において、シカによる林業被害が問題視されてきたのは、1980年以降である。当初、造林木への採食防止が課題であったが、1990年頃から、造林木の採食だけでなく、樹皮の角擦り被害も問題になってきたと思われる。

## ニホンシカの林業被害防除技術

林業への被害防除技術は、井上・金森（2006）に分類されているように①林分の周囲をネット等で物理的に遮断する方法、②林木単体をネット等で物理的に遮断する方法、③林木単木に忌避剤を散布する方法がある。以下、順に述べる。

### ①林分の周囲をネット等により遮断する方法

ネット等による防護柵を設置する方法である。使用する材料には漁網、遮光ネット、電気柵、金網フェンス、シカ専用の防護資材がある（表3）。漁網や遮光ネットは併用して使用されることもある。資材の高さは180～200cmに設置される。

なお、防護柵内へシカが侵入する侵入原因は「もぐり込み」であり、「もぐり込み」を防ぎ、かつ耐風性に富む安価な防護柵を検討するため、柵の高さが通常の約半分である100cmの柵を使った食害防止の試験が行われている（廣石 2008）。

### ②林木単体をネット等で物理的に遮断する方法

幼齡木の採食防止を目的にする場合と角こすり等の剥皮防止を目的にする場合とがある。

#### 採食防止

資材による採食防止は市販の防除資材がほとんどである（表4）。苗の近くに支柱を立て、ネット等で苗を覆う構造である。苗木の樹高が、150cm以上になれば、主軸の先端はシカに食べられなくなる（谷口 1993a）。なお、本県ではスギの普通苗（樹高90cm）を植栽した場合、3年後に150cmに達する（下菌 私信）。また、2年生苗（大苗）植栽の場合、2年後に150cmに達する（上床 2002）。住吉・田實（2003）は140cmの防除資材で試験をした結果、採食が確認されたため、背丈の高い資材が必要としながらも、資材が高ければ風の影響を受けやすくなるため、支柱が倒れることを懸念している。このような単木防除の方法は、台風常襲地帯である本県においては、成果があがりにくいと思われる。

#### 剥皮防止

剥皮防止に用いられる資材には、アルミ帯、荒縄、針金（金森ほか 1998）、ポリプロピレン帯、ネトロンシート、バークガード、針金、ビニールテープ、間伐テープ（住吉・田實 2002）、間伐材の枝条（野口・廣石 2008、高宮 2009）がある（表5）。

シカ専用の防除資材であるバークガードやネトロンシートの資材単価は1000本あたり260千円、780千円であり、身近にある針金等の資材が5千円～86千円であるのに対して高い。針金等は樹幹の地上50～150cmの高さに、10～15cm間隔でらせん状に巻いたり（金森ほか 1998）、樹幹の地際～200cmの高さに、らせん状に巻く方法が試されている（住吉・田實 2003）。これらの安価な資材は、樹木の成長に伴って、締め付けたり、切れたりするため、2～3年毎の巻き直しが必要となる（住吉・田實 2003）。

これらの資材のほかに、近年、間伐材を利用する方法が続けて報告されている。間伐材の利用は、池田ほか（2003）で触れられてはいたが、具体的方法や経費等については述べられていなかった。具体的には、枝条を幹周りに巻き付ける方法（廣石・野口 2008）と間伐材を幹周りに積み上げる方法（高宮 2009）がある。間伐材を利用する場合、バークガード等の製品よりも安価であるが、間伐テープやビニールテープと比較すると高い。ただし、効果が持続する期間が長ければ、巻き直しが必要な間伐テープ等よりも安価になることも考えられるので、今後の報告を踏まえて判断する必要がある。

表2 業務報告で報告されたシカに関する研究内容と報告数

期間	忌避剤	防護柵	単木防護	角擦り	音	生息状況 被害実態	生息 調査法
1948年～1985年							
1986年～1990年	5						
1991年～1995年	2	3		1		3	2
1996年～2000年			2	4	1		4
2001年～2005年			1	1			2
2006年～2009年			2	2			

表3 防護柵の短所長所と資材コスト

種別	メリット	デメリット	資材コスト
漁網柵	・安価で設置が容易	・効果がやや劣る ・目合いによって角や足を絡ませて死ぬことがある ・ステンレス線が編み込まれていない網ではかみ切れられ、侵入されることもある	100～300円/m
遮光ネット柵	・安価で設置が容易 ・シカが経過し高い ・防止効果がある	・強風や積雪に弱い ・耐久性がやや劣る	200～300円/m
電気柵	・高い効果 ・安価で設置が容易	・漏電防止のための草刈り管理などが必要	300～500円/m
金網フェンス	・高い効果 ・長持ち	・やや高価 ・設置に労力がかかる	1,000～2,000円/m

井上・金森(2006)を改編

表4 幼齢木採食防止の資材の経費等

資材	資材費 (千円/3,000本)	人件費 (千円/3,000本)	備考
ヘキサチューブ	1,905	197	傾斜地の場合、資材上部から採食される。 資材内に雑草が繁茂し、造林木を疲圧。
ラクトロン	2,610	253	「幼齢木ネット」と同素材 傾斜地の場合、資材上部から採食される。 ネット内で樹形が変形することもある。
くわんたい	1,650	315	傾斜地の場合、資材上部から採食される可能性あり。
バークガード	1,392	235	防除効果なし
玉葱ネット	680	166	防除効果なし

住吉・田實(2003)を改編

表5 剥皮防止資材の経費等

資材	単価 (千円/千本)	人件費 (千円/千本)	備考
アルミ帯 (ノウサギ用) *1	約100	17~28	1日労働時間設定なし。 人件費は、歩係200~ 300本/人・日を賃金 8,500円に換算して算 出。
荒縄 (φ=10mm) *1	約20	17~28	
針金 (φ=2.4mm) *1	約20	17~28	
ポリプロピレン帯*2	0	97	1日7時間労働、人件費
ネトロンシート*2	780	49	は8,500円/日で算出。
パークガード*2	260	46	
針金*2	86	86	
ビニールテープ*2	5	29	
間伐テープ*2	15	27	
間伐材枝条*3	18	74	1日8時間労働、人件費 は12,000円/日で算出
間伐材枝条 2 *4	0	133	1日4.5時間労働、人件 費は、歩係64本/人・日 を賃金8,500円に換算し て算出。

\*1 金森ほか(1998), \*2 住吉・田實(2002), \*3 野口・廣石(2008), \*4 高宮 (2009)

※資材単価は1,000本単位に換算した。

### ③林木単木に忌避剤を散布する方法

忌避剤には、薬剤の成分により、ジラム水和剤（商品名：コニファー水和剤）、イソプロチオラン水和剤（商品名：ツリーセーブ）、チラウム塗布剤（商品名：ヤシマレント）の3種がある（井上・金森 2006）。塗布剤の使用には水は用いないが、水和剤を使用する場合は、水で3～5倍に希釈するため、水を確保する必要がある。

忌避剤は、シカの防除資材の中では比較的安価という指摘もあるが（松本 1993）、年2回以上の散布を必要とする地域においては、造林木の主軸先端が被害されない150cmを超える高さになるまでに要する期間（3～4年）の経費とを比較すると忌避剤の経費（資材：約12万円/3,000本、労力：約4人/3,000本）は防護柵（資材：約35万円/400m）の経費を超過すると試算される（池田 1996）。

### おわりに

本県のシカの被害は、国有林では1960年頃から発生し、次第に拡大していったと思われる。民有林においては1980年代から顕在化し、林業被害は次第に増加していった。近年、林業被害額はピーク時の半分以下で推移しているが、自然環境への被害が問題となっている。

シカ被害への対策として、防除方法は一応確立されて

いおり、採食防止に有効な対策は、防護柵の設置と考えられた。また、剥皮防止に有効な対策は、防護柵の設置以外では、針金などの異物を樹幹に巻き付ける方法が、低コストで簡単な方法である。設置労力軽減のため、より簡易な方法が求められてはいるが、音声による威嚇、人間の毛髪散布による忌避などは一時的に効果があるに過ぎず（津布久 1992）、オオカミの糞尿を散布しても、忌避効果は一時的である（松永 私信）。防護柵や異物の巻き付けは、地道な方法であるが、現時点における最良の対処法と考える。

### 参考文献

- 廣石和昭（2008）ニホンジカによる新植造林地の食害防止に関する研究. 熊本県林研指業報 47, 4.
- 飯村武（1980）丹沢山塊のシカ個体群と森林被害ならびに防除に関する研究. 大日本山林会, 東京, 154pp.
- 池田浩一（1996）福岡県におけるシカ被害の特徴と忌避剤による被害軽減の試み. 林業と薬剤 137, 13-18.
- 池田浩一・小泉透・矢部恒晶・宮島淳二・讚井孝義・吉岡信一・吉本喜久雄・住吉博和・田實秀信（2001）九州におけるニホンジカの生態と被害防除. 森林防疫 50(8), 167-184.
- 井上雅央・金森博和（2006）山と田畑をシカから守る

面白い生態とかしこい防ぎ方. 農文教, 東京, 134pp.

鹿児島県林業史編纂委員会(1993)鹿児島県林業史. 1183pp.

金森弘樹(1993) 弥山山地におけるニホンジカの生態・被害実態と被害回避. 山林 1311, 33-37.

金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄(1998) 樹幹への障害物まきつけによるニホンジカ角こすり剥皮害の回避試験. 島根県林技研報 49, 23-32.

小泉透(2002)ニホンジカ. 森林をまもる-森林防疫研究 50 年の成果と今後の展望-.全国森林病虫獣害防除協会, 東京, 315-324.

久保芳文(1991) 霧島山系におけるシカの被害対策について. 熊本営林局業務研究発表集録 22, 102-108.

松本勇(1993) 安価で作業が簡単な忌避剤. 現代林業, 327, 14-15.

宮之原正次(1987) 野生鳥獣の林木等被害防除試験. 鹿児島県林試業報.35, 74.

南日本新聞(2009)霧島の森脅かすシカ害.2009 年 8 月 5 日, 16.

三浦慎悟(1999) 野生動物の生態と農林業被害 共存の論理を求めて.林業普及双書 No.132, 全国林業普及協会, 東京, 174pp.

野口琢郎・廣石和昭(2009) シカによる剥皮防止資材の開発に関する研究. 熊本県林指研報 35, 32-40.

末吉政秋・小牧昌文(1987) ニホンジカ忌避剤試験. 鹿児島県林試業報.36, 98-99.

末吉政秋・小牧昌文(1988) 野生鳥獣の林木等被害防除試験-ニホンジカ忌避剤試験-. 鹿児島県林試業報 37, 83.

末吉政秋・小牧昌文(1989) ニホンジカ忌避剤試験. 鹿児島県林試業報 38, 99-100.

末吉政秋・小牧昌文(1989) ニホンジカ・ノウサギ忌避剤試験(その2). 鹿児島県林試業報 38, 103.

住吉博和(2001) シカ個体群管理技術高度化試験. 鹿児島県林試業報 49, 20.

住吉博和(2002) シカ個体群管理技術高度化試験. 鹿児島県林試業報 50, 21.

住吉博和・田實秀信(2002) シカ被害防除資材の検討. 鹿児島県林試業報 7, 23-30.

高宮立身(2009) モデル集落におけるシカ被害軽減対策に関する研究(I) - 枝条等寄せ積みによる樹皮剥ぎ防止効果 -. 大分県農水研林試年報 51, 9-10.

谷口明(1991) シカによる造林木被害防除に関する研究

(生息状況・被害実態・防護柵による被害の回避). 鹿児島県林試業報 39, 94-102.

谷口明(1993a) シカによる造林木の被害防除に関する研究(II) ひのき及び広葉樹幼齢造林木の被害. 日林九支論, 46, 153-154.

谷口明(1993b) シカによる造林木の被害防除に関する研究(III) - 生息分布域・剥皮被害の発生時期と発生原因・及び防護柵による被害の回避 -. 鹿児島県林試業報 41, 90-91.

谷口明(1994) シカによる造林木の被害防除に関する研究(IV) - スポットライトと区画法による生息個体数調査と浸透移行性忌避剤による採食被害回避試験 -. 鹿児島県林試業報 42, 92-95.

谷口明・片野田逸朗(1995) シカによる造林木の被害防除に関する研究(V) - 生息密度等調査法の検討と荒縄及び針金巻き付けによる被害予防試験 -. 鹿児島県林試業報 43, 95-97.

田實秀信・片野田逸朗(1996) 野生獣類の生息状態と森林被害の防除技術に関する調査. 鹿児島県林試業報 44, 74-75.

田實秀信・佐藤嘉一(1997) シカの生息密度管理のための基礎調査. 鹿児島県林試業報 45, 38-39.

田實秀信(1999) シカ被害防除技術の適用化試験. 鹿児島県林試業報 47, 50-52.

田實秀信(2000) シカ被害防除技術の適用化試験. 鹿児島県林試業報 48, 51-54.

田代卓(2005) 森林病害虫等の防除に関する研究-シカ被害の防除に関する研究-. 鹿児島県林試業報 53, 21.

田代卓(2006) 森林病害虫等の防除に関する研究-シカ被害の防除に関する研究-. 鹿児島県林試業報 54, 17.

田代卓(2007) 森林病害虫等の防除に関する研究-シカ被害の防除に関する研究-. 鹿児島県森技業報 55, 20.

津布久隆(1992) シカ・カモシカによる造林木被害の防除. 栃木県県民の森管理事務所研究報告 4, 1-16.

上山泰代(1993) 兵庫県におけるシカ被害の実態と被害回避技術の検討. 山林 1312, 42-47.

上床眞哉(2002) 省力・低コストな森林造成技術の開発. 鹿児島県林試業報 52, 2.

## 資料

### 奄美群島における伝統的な木材利用について

#### —建築用材を中心として—

森田慎一

森林環境部

#### はじめに

奄美群島における森林資源の有効活用のために、木材の利用技術の向上と用途の開発が課題となっている。従来、チップ用としての材を生産することが主体であった奄美群島の林業は、1990年代から輸入チップとの競合による需要減少などで壊滅的な打撃を被ってきた。また、チップ材としての木材生産の減少は、林業自体の衰退とともに、搬出されたものから質の良いものを選木して家具・工芸品や建築内装材、フローリングなどに活用してきた木材産業の衰退をも招いた。

近年、世界的なチップ需要の高まりや、燃料の高騰などに伴い、国産チップ材の確保について製紙会社の考えが変化してきたことなどにより、奄美大島においても、チップ工場が再稼働する動きが出てきている。また、県の施策としても、平成16～18年度に「あまみ木工の里づくり事業」により、家具・工芸品および住宅内装材としての利用拡大を図るなど、リュウキュウマツを中心とした木材利用の推進に力を注いでいる。

当センターでは、奄美群島振興開発事業による「森林資源活用調査」の中で、奄美産材のさらなる用途拡大のため、建材やエクステリア材など屋外での使用を前提とした利用技術の確立に向けて、奄美産材の耐蟻性、耐久性及び耐候性などの調査研究を行っている。その一環として、奄美地域において古くから木材がどのように使用されてきたのかを明らかにするとともに、今後の利用に先人の知恵を生かすことができないかと考え、本調査を実施した。

現状では、穀物等の倉庫であった高倉を除いて、奄美地域に残っている伝統的と言えるような古い民家や、奄美産の木材を多く用いた家はそれほど多く見られない。

従って、今回は文献調査を主体とするものとならざるを得なかった。それでも、同時に実施している既存の木造施設の調査や、シロアリ試験等の結果とも照らし合わせて非常に興味深い知見が得られたと考えている。

#### 文献調査の結果及び考察

##### 1 「南島雑話」に記された木材の利用

奄美地域の風俗や習慣等について事細かに記した文献として、薩摩藩士の名越左源太が、幕末1850年代に奄美大島に遠島になった折りに書き記した「南島雑話」<sup>1-3)</sup>がある。本書は当時の奄美の衣・食・住から、動植物、祭りなどの風俗まで網羅的に記されており、民俗学的に見ても大変貴重な文献である。記述には、芭蕉やシイの実、ソテツ、食用や薬用になる植物など、林業を支える特用林産物として興味深いものも多数含まれているが、ここでは、木材の利用という観点から参考になると思われる記述を抜き出してみた（下線部、東洋文庫版「南島雑話1」<sup>1)</sup>による）。

##### (1) 屋普請（家造り）について

材木は一つ葉、イヂウ、松、椎、赤桃、タブを用ゆ。板は赤桃、タブなり。何れも堅木にて釘立がたく、亦抜けやすし。依て吾藩の釘より丈夫に調ふ。吾藩の釘は十本に五本は用をなすべからず。戸板などは成るべく吾藩の杉板を用ゆるなり。屋作りは壺間一間の所稀にして、柱は三尺間のみ。出入の口は、惣て柱一間の間に横貫木三つ通る。大島の家作、柱多きこと図の如し（図面省略）。三尺間の柱には一間の間に横貫三つ宛通すなり。吾藩土蔵の作り様なり。

一つ葉はイヌマキ、イヂウはイジュ、松はリュウキュウマツ、椎はイタジイを指す。赤桃（ハモモとも言う）

はモッコク、タブはタブノキである。イヌマキとリュウキュウマツは針葉樹であるが、スギ、ヒノキなどより比重が高く硬い。イヌマキは、シロアリに対する抵抗性が高い樹種として知られ、特に材に含まれる抽出成分の寄与が大きいとされている<sup>4)</sup>。イジュとモッコクはいずれもツバキ科の樹木で、殺蟻性を持つトリテルペン系サポニン成分を含んでいることが報告されている<sup>5), 6)</sup>。すなわち、奄美地域においては、蓄積量の多いリュウキュウマツやイタジイとともに、数ある樹木の中からシロアリに対して抵抗性の高い樹種を経験的に選抜して使用していたことを窺わせる。

高倉に関しては次のような記述がある。

高蔵と云えるあり。第一、五穀を囲う為の蔵なり。柱四本、丸木にして四方に地より一尺余りの所に丈夫の貫あり。(中略) 柱も大きな丸柱を能削りて然もイヂウといへる堅木を調て立る故、手掛りなく鼠も登る事を得ず。柱其外そ抹に造りたる蔵には鼠登る事あり。

すなわち、高倉の柱には、イジュの大木の表面をよく削って滑らかにしたものを用いることで、鼠が登るのを防いだという。イジュは樹皮や心材には、前述のとおりサポニン成分を含んでシロアリに対しても抵抗性が期待できる。しかし、辺材部分にはそのような成分がなく、吸水性も高いため腐朽しやすいのではないかと考えられるデータが、現在行っている野外試験から得られつつある。従って心材部分が多くを占める大木を用いなければ、イジュの丸太柱のみで耐久性を期待することは難しいと考えられる。

木材ではないが、家を建てる時屋根を葺く材料についての記述がある。

島中の屋舎、瓦屋なく、板屋なし。惣て茅屋にして、役館・代官仮屋とても茅葺にして、玄関の軒端まで僅に瓦にて葺けり。(中略) 茅葺も吾藩の茅葺と異なりて、根を内に葺きて上を挟み摘む事なく、其儘にして見分はよからねども数年を保つべし。証拠には長式尺に足ざる茅を切りて其日に青茅を以て葺く事なれども、八年ばかりは保つとなり。吾藩の者斯くしたらば、三年も保ちがたからん。茅の根を内に入れて葺く訳なるべし。

笹葺あり、吾藩のしのめ竹の如く、笹竹の三尺許なるものを以て葺なり。是は格別保ちよく、四、五十年も損ずることなし。(中略) 笹葺の葺方、葉の表の方を上にして葺けば保ち方宜きといへり。

「茅」や「笹」の種類については、次の文献の記述に依るとして、瓦や板葺きの家はほとんどなかったらしい。しかし、茅の保ち方が当時の薩摩藩のものとは違って相当良かったという事である。その理由として、茅の場合、

根を内側に入れて途中で切りそろえることもなく、生育していたときの状態を保ったままで葺いていることを挙げている。笹葺きにしても、葉の表を上にするなど、生育時の状態を保って葺けば4～50年保つと述べている。事実だとすれば驚異的であり、現代に生かす工夫ができれば非常に有用であろう。

## (2) その他の木材利用

家屋以外の木材利用については、具体的な記述は少ない。丸太をくりぬいて舟を造る材料については記述がなく、わずかに、櫂(ヤボウ)をイジュまたはカシの木で作るとある<sup>2)</sup>。

## 2 「奄美生活誌」による奄美の住居等に関する記述

昭和48年に発行された「奄美生活誌<sup>7)</sup>」には、奄美在住の著者による生活や習俗の記録が記されている。文献中、「奄美の家」の章には、住居、高倉、家具といった項目があり、木材利用に関する記録が残されている。それによると、奄美の家の木材は、雨のかからない内装部分ではイジュを以て最高とし、次いで赤桃(モッコク)、タブなどであったこと、これに対して外柱にはヒトツバ(イヌマキ)を以て最高とし、ヒノキがこれに次ぐとされている。理由として、イジュは雨にかかると腐蝕するが、濡らさない限り永久的な耐久性があり、かつ硬く強く数百年経た家が些かも変わらないものがあること、イヌマキは雨ざらしにしても青錆がつく程度で数百年経ても腐蝕しないようだと記している。昔の縁は外縁であったのでイヌマキの板が用いられたという。この記述は「南島雑話」の記述をより具体的に説明したものであろう。

イジュが硬く強いというのは心材部分を指す。これに含まれるサポニン成分は水に溶けやすい性質があるため、風雨にさらされる外装部分でなく、内装材として使えば最高ということであろう。このサポニン成分は、樹皮にも含まれており、現在使い途のない樹皮からサポニン成分を抽出して、これを含まない辺材部分に注入することで、耐蟻性を付与することが可能となるかもしれない。ただし、現在実施している耐蟻性試験において、同じように水によって流脱する可能性のあるホウ酸で処理したものが、シロアリの食害を受けていることから、流脱防止のための工夫が必要であろう。イジュの辺材は腐朽に対する抵抗性が低いと考えられることから、防腐処理についても考慮する必要があると思われる。

また、床板にはマツが用いられることが多かったという。シロアリの好物であるマツを床板に用いる理由として、昔はオモテ座敷などは節句や来客の時など以外には畳を敷くことはなく、敷板が常時表面に出ているので差し支えなかったということである。ただし、普段使う部

屋では畳を敷き込んでおく必要があるので、そういう場合にはモッコク、タブ、イヌマキ、スギを用いるが、これらの板は高価なので、庶民の家ではタケの床が多かったということである。なお、屋根組の材料として、椎の木(イタジイ)の長い丸太棒が、垂木や、棟木を支える役目の材料として用いられていたことも記されている。

屋根は、「南島雑話」にも述べられていたように、昔は茅葺きで、材料としてはススキやマカヤ(チガヤか?)が多く、その他に笠利の東海岸地域ではソテツの葉も使用されていた。大和村東部や名瀬ではササ(リュウキュウチク)で葺くのが本式であったという。しかし、戦後は台風対策や費用の面から次第にトタン葺きに切り替わっていった。現在、我々が目にする古い民家の多くは、この戦後のトタン葺き屋根を持つ家であることが多く、こうした家ではいわゆる「新建材」が多用され、上述のような伝統的な木材の使われ方がされていないものが多いのではないと思われる。

### 3 「沖縄・奄美の生業1 農林業」に記された船舶用材としての利用

上記「奄美生活誌」と同じ著者によるものであるが、「沖縄・奄美の生業1 農林業<sup>8)</sup>」の記述も参考になる。建築用材に関する記述は上記文献とほぼ同じであるが、その他の用途として、船舶用材に言及している。それによると、大正時代までは船舶の材料は島内産の木材であり、板付船や漁船などにはスギやまれにマツが用いられたとある。クリ船にはイジュ、タブ、マツが用いられたらしい。また、船具としては、ハモモ(モッコク)やガジュマルが最高とされている。

クリ船にタブやマツが用いられたのは、比較的加工しやすく撥水性の成分を含むことから理解できる。しかし、イジュが用いられたというのは、前述のとおりサポニン成分が水に溶けやすい(魚毒性も持っており、樹皮などは漁に用いられたらしい)ことや、辺材の吸水性が高く腐朽しやすいこと、心材は堅くて加工しにくい上、狂いや割れが生じやすいことなどから、なぜ用いられたのか疑問が残る。

最近、鹿児島大学等が中心となって、産学官連携で昔の板付船(アイノコ)の復元と、それを基にした簡易な工法によるウッドカヌーの開発が行われた<sup>9)</sup>。材料としてはスギが用いられているが、現在少数作られている伝統木造船も本土から移入されたスギを用いて作られている。しかし文献に記載されている大正期までの舟は、島内に植栽されていたスギを使用したものと思われる。

その他にも器具材として、臼にシイやマツ、杵にシャリンバイやニガキ、まな板にリュウキュウエノキが良い

という事や、染料や食用、薬用となる木本植物についての記載もあるが、これらは今回の目的から離れるので割愛する。

### 4 県工業技術センターによる調査研究

県工業技術センターでは、平成元年度～3年度にかけて、奄美群島林業振興調査事業による広葉樹利用開発に関する調査研究を実施している<sup>10-12)</sup>。当該調査の目的は、チップ材以外の用途として地元で生産可能な木製品や建材の開発にあり、その基礎となる材質試験や乾燥試験のほか、ロータリー単板化や家具・建材用としての集成材化の検討、塗装性能試験、工芸品のデザイン及び試作等を行っている。材質等の試験では、イタジイ、イジュ、タブのほか、針葉樹であるリュウキュウマツも取り上げられており、いずれも建築用材として十分な強度を有していることが報告されている。乾燥試験では、イタジイ、イジュ、リュウキュウマツについて検討し、イタジイが最も乾燥しにくく、乾燥時の内部割れや断面変形が起こりやすいとしている。

### おわりに

既に述べたように、古くから最も適した材料とされてきた、イジュ、イヌマキ、モッコク、タブなどの樹種には、それなりの使われる理由があり、現代でも十分に通用するものがあると考えられる。しかし、このような樹種の多くは、建築材として使える良材はそれほど多くなく、現実に山から出て来ることも少ない。小さな工芸品程度であれば何とか需要を満たすことも可能かもしれないが、建築材やエクステリア材として比較的多量の流通を目指す場合には、やはり資源量の多いリュウキュウマツやイタジイなどの樹種を使いこなしていく必要がある。マツであれば、シロアリ対策を施すことが欠かせないが、古くから常時見える状態であれば家の床にも使われていたという文献の記述は注目すべきである。通気性を工夫することで、例えば内装材や床から離れた梁桁材としての利用は、特に処理しなくても可能であるかもしれないと考えられる。一方、基礎部分である土台や、大引、根太といった部材や、フローリング材の裏面などには、防蟻処理は欠かせないであろう。また、床下の通風を良くするために、布基礎と土台の間に挟むスパーサーとして、本土ではクリなどの高耐久材が用いられることがあるが、この部分にのみ用いるのであれば、量の少ないモッコクやイヌマキも活用できるものと考えられる。イタジイは、かつて鉄道の枕木材として奄美クリの名前で重用された歴史がある。イタジイの素材そのまま

では、シロアリや腐朽を完全に防ぐことはできないと思われるが、通気性を良くするなどの構法上の工夫と、適切な防腐・防蟻処理を組み合わせることによって、十分利用は可能と考える。ただし、工業技術センターでの調査研究にも述べられていたように、イタジイは難乾燥材であり、薬剤の注入性も他樹種と比べると良くないと考えられる<sup>1,3)</sup>ことから、乾燥技術の確立と注入性の改善のための工夫が必要となる。かつての枕木材には、インサイジング処理によって処理効率を高めた注入が行われていた。そうしたものを再度見直す必要もある。

### 謝 辞

本調査の実施にあたって有益な助言及び文献等の紹介をいただいた、鹿児島県工業技術センターの恵原要主任研究員に感謝します。

### 参考文献

- 1) 名越左源太(國分直一, 恵良宏校注): 東洋文庫 431 「南島雑話 1」, 平凡社(1984), 62-69
- 2) 名越左源太(國分直一, 恵良宏校注): 東洋文庫 432 「南島雑話 2」, 平凡社(1984), 85-93
- 3) 鹿児島県立大島高等学校南島雑話クラブ訳: 奄美文庫 5「挿絵で見る「南島雑話」」, 奄美文化財団(1998)
- 4) 屋我嗣良: 沖縄産材の抗蟻性について(第1報), 木材学会誌 16(5), 213-218(1970).
- 5) 高橋利夫ほか: 材の抽出成分(第4報) イジユ材のサポニン, 木材学会誌 9(2), 59-62(1963)
- 6) 渡辺則利ほか: モッコク材の殺蟻成分(第1報), 木材学会誌 12(5), 236-238(1966)
- 7) 恵原義盛: 「奄美生活誌」, 木耳社(1973)
- 8) 大井浩太郎, 恵原義盛: 「沖縄・奄美の生業 1 農業」, 明玄書房(1980)
- 9) 平成 20 年度鹿児島県工業技術センター研究成果発表会予稿集, 16-17(2008)
- 10) 鹿児島県工業技術センター: 奄美群島振興開発事業平成元年度成果テキスト(1990)
- 11) 鹿児島県工業技術センター: 奄美群島振興開発事業平成2年度成果テキスト(1991)
- 12) 鹿児島県工業技術センター: 奄美群島振興開発事業平成3年度成果テキスト(1992)
- 13) 森田慎一・図師朋弘・今村祐嗣: 奄美産木材の野外杭打ち試験による耐蟻性能評価, 第 59 回日本木材学会大会発表要旨, 松本(2009)