

◆ 報 文 ◆

雲仙普賢岳の火砕流堆積地における在来種等を用いた緑化試験

南雲賢一* 柳原幸希** 富田陽子*** 金子正則****

1. はじめに

雲仙普賢岳の復興に携わる各機関は、噴火活動によって失われた山腹植生を復元するため、相互に連携を図りながら、それぞれに取り組みを進めている。そのうち砂防指定地の主要な範囲の植生復元について、平成9年に雲仙復興事務所が策定した「雲仙普賢岳砂防指定地利活用構想」や、その後設置された国土交通省、環境省、林野庁、長崎県及び関係1市3町からなる「雲仙普賢岳みどりの復元連絡会」の提案の中では、生態系に配慮しつつ土砂生産を抑制するという観点から、できる限り地元産の種苗を用いてこの土地本来の自然植生を復元することが謳われている。

火砕流堆積地は腐植や埋土種子等を含む表土が失われていること、広大な砂礫地が広がるため日照害、乾燥害、風害を受けやすいことなど、自然植生の回復には不利な条件が揃っている。雲仙普賢岳の火砕流堆積地においては、既に航空実播工が実施され成果を挙げている¹⁾が、その内容は外来種や肥料木が中心であり、当該地域における地元産の多様な植物種の導入技術に関する情報は極めて乏しいのが現状である。

そこで、雲仙普賢岳の火砕流堆積地を地元産の植物種を用いて緑化するために必要な条件を把握するため、砂防指定地内の火砕流堆積地において、周辺林地で生育がみられる樹種を用いて緑化試験を実施し、緑化に関する基礎的知見を得たのでその成果を報告する。

2. 緑化試験地の状況

緑化試験に先立ち、既存の情報や現地概査により、火砕流堆積地とその周辺地の自然環境特性を整理した。

2.1 植物の生育基盤としての火砕流堆積物の性質

1990年(平成2年)11月に始まった火山活動は当初火山灰噴火であったが、1991年5月からは溶岩ドームの崩壊に伴う火砕流に変わり、その後火山活動は1995年3月まで続いた。その結果、水無川、中尾川、湯江川の各流域には火砕流堆積物が厚く堆積している。

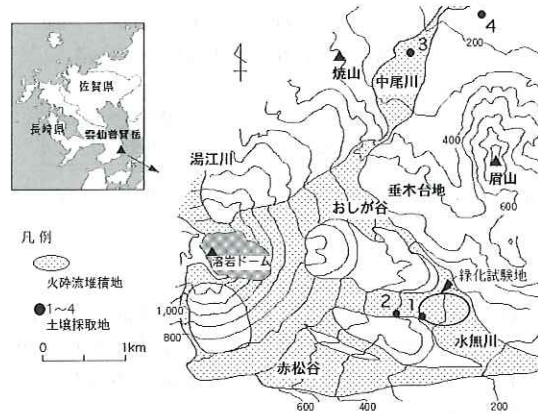


図-1 土壌採取地と緑化試験地の位置
(原図は文献2)をもとに作成)

表-1に雲仙復興事務所が実施した火砕流堆積地の土壌の理化学的性質分析結果を示す(図-1に土壌採取地の位置を示す)²⁾。

火砕流堆積地の土壌は火砕流堆積物を母材とする砂質未熟土であり、その周辺の畑地等では降灰の影響は見られるものの噴火前の表土が地表面付近に残存している。両者の土壌を理化学的性質の面で

表-1 土壌の理化学的性質分析結果

分析項目	土壌採取地	No.1	No.2	No.3	No.4
		水無川		中尾川	
		火砕流堆積地		残存畑地	
土性		砂土	砂土	砂土	砂壤土
透水試験 (m/s)		2.4×10^{-4}	5.2×10^{-4}	4.9×10^{-5}	2.4×10^{-5}
三相分布 (%)	固相	61.2	51.9	55.2	50.3
	液相	2.5	3.7	10.0	25.8
	気相	36.3	44.4	34.8	23.9
全有効水分 (%)		7.7	16.3	11.9	26.5
pH (H ₂ O)		5.8	6.0	7.0	5.8
全炭素量 (g/kg)		N.D	N.D	0.6	15.7
全窒素量 (g/kg)		N.D	N.D	N.D	1.3
塩基置換容量 (cmol(+)/kg)		0.24	0.18	1.51	6.56

注1) 採取期日は平成10年10-11月。採取位置は表層。

注2) N.Dは分析機器の測定下限値を下回ったことを示す。

注3) No.4は火山灰と畑地の土壌が混合している。

A Study on a Method for Covering Ground with Volcanic-product Sediments at the Foot of Mount Unzen-Fugen by Using the Seeds and Seedlings of Native Species

比較し、火砕流堆積地の土壌の特徴を示すと、物理性の面では、土性が砂土（2mm未満の鉱質部分のうち85～100%が砂で構成される）であり、シルトや粘土の含有率は極めて少ない。そのため火砕流堆積地では三相組成のうち液相が低く、全有効水分（pF1.8から4.2までの水で体積含水率で示す。植物が吸収利用し得る水の量）も低い値を示す。化学性の面では、土壌の地力を評価する指標となる塩基置換容量（土壌の持つ負の電荷の総量）が低い値を示すほか、窒素や炭素はほとんど含まれていない。以上のように、火砕流堆積地の土壌は母材の状態からほとんど土壌化が進行していないため、保水性、保肥性が極めて乏しく緑化に不適な性質を有している。

2.2 噴火前の植生と噴火後の植生の回復状況

噴火前に作成された環境庁の現存植生図（1986年発行）や噴火による被害を免れた現存植生の状況から、雲仙普賢岳の噴火前の植生は、裾部から中腹部にかけてはシラカシ二次林が、焼山一体にはアカマツ林が広く分布しており、水無川や中尾川の低地部や眉山の海岸側の斜面にはタブノキ二次林が成立していたものと考えられる。

平成11年時点の植生回復状況を示すと、火砕流堆積地のうち土砂移動の顕著な場所では植生の侵入定着は遅れているが、それ以外の堆積域では全面にイタドリが生育し、パッチ状にオオバヤシャブシ幼齢林が成立するなど一次遷移の初期の様相を呈している（ただしこれらの起源は周囲からの自然侵入によるものか、治山事業による航空実播工によるものかは不明である）。一方火砕流堆積地の周辺では、火砕流により樹冠部が焼失したタブノキ二次林やシラカシ二次林で樹冠部の回復が認められたほか、ヒノキ林焼失跡でアオモジの幼齢林が成立するなど、早期に植生が回復する可能性が示唆された。その他、果樹園・農地等はセイタカアワダチソウ等の草本、クズ等のツル植物、アカメガシワやヌルデ等の先駆性樹種により被覆され始めている。

3. 試験方法

火砕流堆積地の周辺植生の構成種等を用いて、火砕流堆積地という環境条件の厳しい場所を緑化するために必要な条件を把握するため、実際の火砕流堆積地において緑化試験を実施した。

表-2 緑化試験と追跡調査の概要

項目	試験	播種試験	苗木植栽試験	
			当初実施	追加実施
試験の概要	樹種	オオバヤシャブシ <i>Alnus sieboldiana</i> Matsumura ネムノキ <i>Albizia julibrissin</i> Durazz. アカマツ <i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc. クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> Parlature ハゼノキ <i>Rhus succedanea</i> L. …計5種	オオバヤシャブシ（1年生苗） ネムノキ（1年生苗） アカマツ（2年生苗） クロマツ（2年生苗） ハゼノキ（1年生苗） …計5種	アラカシ <i>Quercus glauca</i> Thunb. ex Murray エノキ <i>Celtis sinensis</i> Pers. var. <i>japonica</i> (Planch.) Nakai コナラ <i>Quercus serrata</i> Thunb. ex Murray シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i> Blume スタジイ <i>Castanopsis sieboldii</i> (Makino) Hatusima ex Yamazaki et Mashiba タブノキ <i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc. ナナミノキ <i>Ilex chinensis</i> Sims クノキ <i>Aphananthe aspera</i> (Thunb.) Planch. ヤブニッケイ <i>Cinnamomum japonicum</i> Sieb. ex Nakai ヌルデ <i>Rhus javanica</i> L. var. <i>roxburghii</i> (DC.) Rehder et Wils. ウメ <i>Prunus mume</i> (Sieb.) Sieb. et Zucc. …計11種（いずれも樹高60cm程度の個体） 各試験区5本（50cm間隔）
	播種量／植栽本数	各試験区（1m×1m×3プロット）につき、種子の大きさにより算出 大粒（ハゼノキ）：10粒/m ² 中粒（ネムノキ、アカマツ、クロマツ）：30粒/m ² 小粒（オオバヤシャブシ）：100粒/m ²	各試験区5本（50cm間隔）	
	種苗産地	現地採取	市販苗（福岡県産）	市販苗（福岡県産）
	播種／植栽時期	秋播き：平成11年11月8～10日 春播き：平成12年2月23～24日 （種子採取日：平成11年10月18日）	秋植え：平成11年11月8～10日 春植え：平成12年2月23～24日	秋植え：平成12年10月17日 春植え：平成13年3月2日
	播種／植栽方法	手播き（土壌により水みちを防ぎ、風により飛散しないように注意しつつ、石礫の間に丁寧に播種し、砂をかぶせて灌水する）	ポットと同程度の植え穴を掘り、埋め戻す	ポットと同程度の植え穴を掘り、埋め戻す
	被覆材料の条件	石マルチ（密）：径10～20cmの石礫を密（地表面の80%）に被覆 石マルチ（疎）：径10～20cmの石礫を疎（地表面の30%）に被覆 対照区：石礫を排除	石マルチ：径10～20cmの石礫を密に被覆 チップマルチ：石礫を排除しチップで被覆 対照区：石礫を排除	チップマルチ：石礫を排除しチップで被覆（苗木周辺50cm×50cmの区画に3cm厚で被覆） 対照区：石礫を排除
追跡調査の概要	獣害防護ネット	設置していない	設置日：平成13年3月9～13日 対象種：ネムノキ、ハゼノキ	設置日：平成13年3月9～13日 対象種：ヤブニッケイ以外の全種
	調査項目	試験区1プロット（1m×1m）の外側50cmまでを調査プロット（1.5m×1.5m）とし、生育する全ての種を対象に、種名、個体数、生育高を記録	（1）苗木の生育状況の確認 （2）生存個体について、樹高、直径（d _{100cm} ）の計測	（1）苗木の生育状況の確認 （2）生存個体について、樹高、直径（d _{100cm} ）の計測
	調査期日	（1）平成12年10月16～18日 （2）平成13年9月13～14日、11月14～16日	（1）平成12年10月17日 （2）平成13年9月14日、11月13日	（1）平成13年9月14日、11月13日

表-2に緑化試験と追跡調査の概要を示す。

緑化試験地は水無川本川とおしが谷との合流点下流側(図-1)に設定し、各試験区は比較的土砂移動の少ない微凸地等に設置した。

砂防における緑化工では、種子及び苗木による導入が一般的であることから、緑化試験は播種試験と苗木植栽試験を計画した(苗木植栽試験はその後試験樹種を増やして追加試験を実施した)。

緑化試験に用いる樹種は、将来的に地元産苗木による緑化を行うことを念頭に置いて、雲仙普賢岳周辺で生育が確認されている種を中心に選定した。その他、クロマツは沿海部への適用を想定して選定した。また地元の要請により、島原市の「市の花・市の木」に選定されているウメや、かつて島原藩が和ロウソクの材料として栽培を奨励していた商用樹木のハゼノキ(福ハゼと呼ばれる)も採用した。

これらの樹種は種毎に発芽特性等、生理特性が異なることから、播種・植栽適期を把握するため、播種・植栽時期(春季・秋季)を比較した。また地表面の被覆により、「地温変動幅の抑制」や「地表面の乾燥抑制」等の効果が認められる³⁾。ことから、被覆材料の有無・種類による効果の違いを比較した。なお、試験期間中にノウサギによるものと考えられる食害(糞、食痕等により判定)が見られたため、被害のあった樹種のうち生存個体を対象に市販の防護ネットを設置した。

4. 試験結果

4.1 播種試験

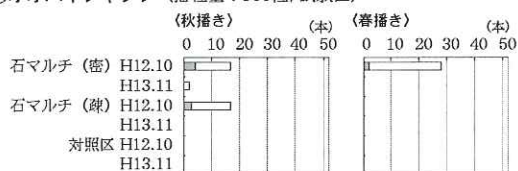
火砕流堆積地における樹木の種子の発芽定着、初期生長を促す条件について把握するため播種試験を行った。樹種は肥料木のオオバヤシャブシ、ネムノキ、荒廃地で実績を持つアカマツ、クロマツ、商用樹のハゼノキを選定した。

(1) 発芽定着状況

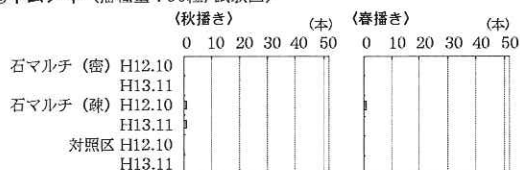
図-2に樹種別・条件別にみた生存個体数の経年変化を示す。

播種量に比べて生存個体数が多いのはアカマツ、クロマツで、その他3種の生存個体数はおしなべて少ない。中でもハゼノキは全ての試験区、全ての追跡調査を通じて生存個体を確認できなかった。オオバヤシャブシの場合、最初の調査時点(H12.10)で多くの枯死個体が確認されていることから、発芽後の生育環境に問題があったものと考えられる。緑化試験地の外に生育しているオオバヤシャブシは、微凹地、石礫の隙間等、水分条件が比較的良好な立地に生育している。試験区は微凸地に設置しており水分条件に問題があった可能性も考えられる。なお、ネムノキ、ハゼノキについては発芽条件が問題であったのか発芽後の生

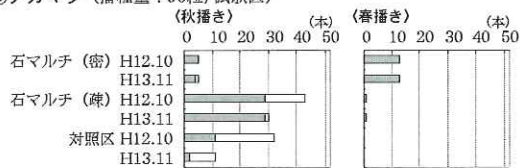
①オオバヤシャブシ (播種量: 300粒/試験区)



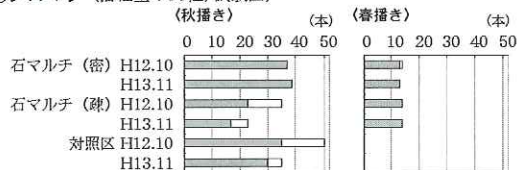
②ネムノキ (播種量: 90粒/試験区)



③アカマツ (播種量: 90粒/試験区)



④クロマツ (播種量: 90粒/試験区)



⑤ハゼノキ (播種量: 30粒/試験区)



図-2 樹種別・条件別にみた生存個体数の経年変化

注1) 各試験区の個体数は各試験区内の3つのプロットの個体数の合計値。

注2) 播種試験に用いた5種は試験区のみで確認されたことから、自然侵入による影響はないものと判断した。

育条件が問題であったのか主原因は不明であるが、次項の苗木植栽試験の結果をみる限りでは、実生がノウサギによる獣害を受けた可能性も考えられる。比較的生存個体数が多いアカマツ、クロマツについてみると、両者とも春播き試験区よりも秋播き試験区の方が概ね生存個体数が多く、春播き試験区では対照区よりも石マルチ施工区の方が生存個体数が多い傾向を示した。

(2) 樹高の変化

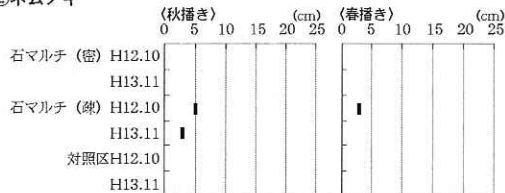
図-3に樹種別・条件別にみた生存個体の樹高(最高値、最低値、平均値)の経年変化を示す。

比較的生存個体数が多いアカマツ、クロマツについてみると、播種時期による樹高成長量の差は判然としな。秋播きの場合、若干ではあるが対

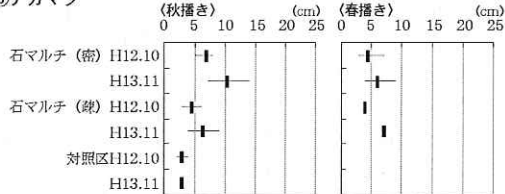
①オオバヤシャブシ



②ネムノキ



③アカマツ



④クロマツ

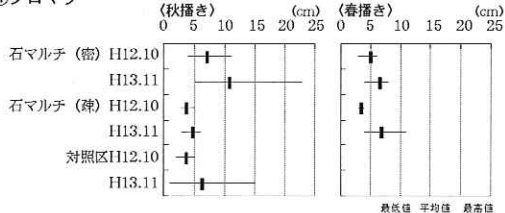


図-3 樹種別・条件別にみた生存個体の樹高の経年変化

注) ハゼノキについては全ての試験区で生存個体を確認していないため省略した。数値が空欄の試験区では生存個体が確認できなかったことを意味する(図-2 参照)

照区よりも石マルチ施工区の方が樹高生長量の平均値が高い傾向を示した。その他の3種は生存個体数が極めて少ないため評価できない。

(3) まとめ

播種試験で用いた樹種の中で発芽定着を見込める樹種は、アカマツとクロマツの2種のみであった。この2種について、発芽定着率(播種した種子数のうち、発芽し、生き残った個体数の割合)を高めるためには、播種時期は秋播きが良く、春播きの場合は石マルチを施工することで発芽定着率を高めることができる。

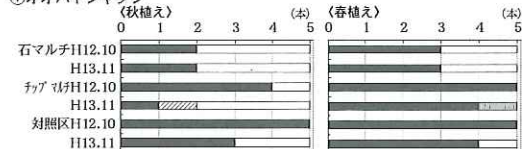
4.2 苗木植栽試験

火砕流堆積地における苗木の定着、生長量を高めるための条件について把握するため苗木植栽試験を行った。樹種は播種試験と比較するために、播種試験と同じ樹種を採用した。

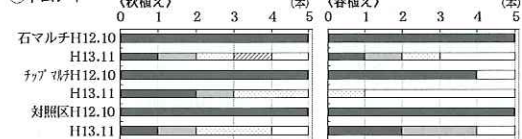
(1) 生育状況

図-4に樹種別・条件別にみた生育状況の経年

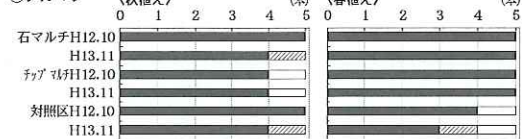
①オオバヤシャブシ



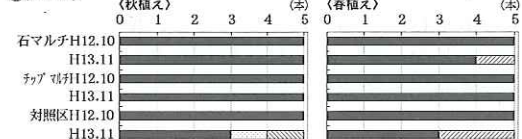
②ネムノキ



③アカマツ



④クロマツ



⑤ハゼノキ

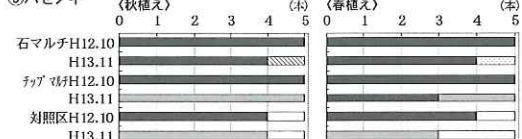


図-4 樹種別・条件別にみた生育状況の経年変化

変化を示す。

オオバヤシャブシとネムノキの一部の試験区で枯死木が多いが、その他の樹種では定着は概ね良好である。植栽約1年後(H12.10時点)の定着率(植栽した苗木数のうち、活着し、生き残った個体数の割合)の良否により植栽適期を比較すると、秋植えと春植えで顕著な差が生じた樹種はみられなかった。同じく植栽約1年後の定着率の良否により被覆材の効果を比較したが、両者に明瞭な関係は認められなかった。また、ネムノキとハゼノキでノウサギによるものと考えられる食害を受けたが、それらの多くはその後萌芽再生した。

(2) 生長量の変化

図-5に樹種別・条件別にみた生存個体の植栽後の樹高・直径の平均生長量について、経年変化を示す。

ネムノキ、ハゼノキの一部試験区でマイナスの値を示すが、これは食害により生長量が減少したことを示す。

食害を受けていないオオバヤシャブシ、アカマ

ツ、クロマツの生存個体について、植栽後の平均生長量を比較すると、概ねオオバヤシャブシが最も大きく、以下クロマツ、アカマツと続く。表-1に示したとおり、火砕流堆積物には窒素はほとんど含まれておらず、遷移の初期段階では窒素の利用法が生態系の発達の律速要因になるものと考えられる⁴⁾。その点、窒素固定をするオオバヤシャブシは遷移の促進に大きな役割を果たすものと考えられ⁴⁾、定着条件を高めることができれば有用な樹種になると考えられる。植栽時期と生長量の関係を見ると、オオバヤシャブシでは春植えの方が、アカマツでは秋植えの方が生長量は大きい傾向を示したが、クロマツでは両者の差は判然としない。この3種のうち、特にオオバヤシャブシでは、対照区よりもマルチ施工区の方が樹高生長量、直径生長量ともに大きい傾向を示した。

ネムノキとハゼノキについて、食害を受けていない1年目の樹高生長量をみると、植栽適期等は判然としないが、いずれの樹種もクロマツと同程度の樹高生長が認められる。



図-5 樹種別・条件別にみた生存個体の植栽後の平均生長量(樹高・直径)の経年変化(枯死木は除く)

(3) まとめ

オオバヤシャブシは今回の試験条件では定着率は低いが、定着した場合の生長量は他の樹種に比べて大きい。アカマツ、クロマツは定着率は高いが、生長量はオオバヤシャブシと比較すると小さい。植栽時期についてみると、定着率、生長量を高めるためには、オオバヤシャブシは春植えが、アカマツは秋植えが望ましい。また、オオバヤシャブシはマルチを施工することにより生長量を高めることができる。ネムノキ、ハゼノキは獣害対策を講じれば緑化樹種として採用できるものと考えられた。

4.3 苗木植栽試験(追加実施)

雲仙普賢岳周辺で生育がみられる樹種のうち、火砕流堆積地においては、比較的長い年月を経た後に優占すると考えられる樹種を中心に、苗木植栽試験を追加実施した。

試験期間が短い上に獣害の影響が著しいため、樹種別・条件別にみた平成 13 年 11 月時点の生育状況のみを示す（図-6）。

本来は暗い林内で生育する常緑広葉樹のナナミノキやヤブニッケイ等の苗木で日照害と考えられる先枯れが認められた。秋植え試験区では植栽当初に獣害対策を講じていなかったため、ナナミノキ、ヤブニッケイ以外の全ての樹種でノウサギによる食害を受け、特にアラカシ、エノキ、コナラ、

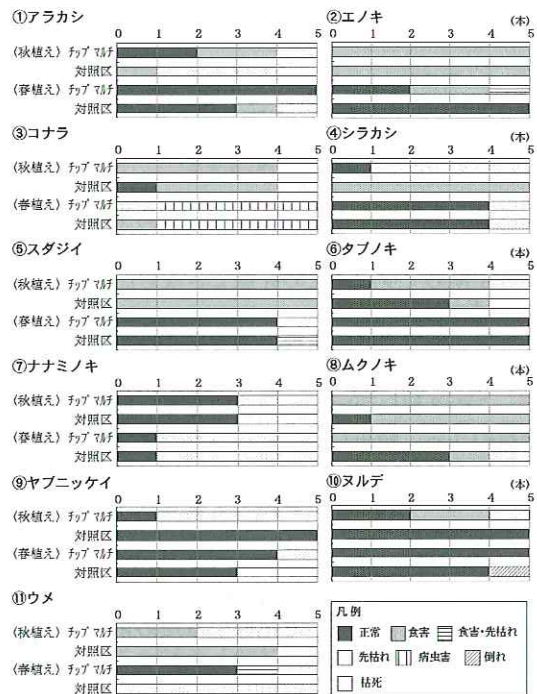


図-6 樹種別・条件別にみた平成13年11月時点の生育状況

スダジイ、ムクノキで顕著な被害が認められたが、その後多くは萌芽再生した。食害は幹の細い苗木は低い位置で、幹が太くなるほど高い位置で確認された。またノウサギの体の大きさによるものと考えられるが、食害は地表から高さ 60cm 程度までに限られていた。

5. まとめ

今回の緑化試験では、緑化の初期段階における種苗の定着、生長に関する有用な情報を得ることができた。以下に今回の試験結果をまとめた。

(1) 播種による緑化

- 1) 発芽定着・生育：今回の試験条件で、ある程度の発芽定着を見込めるのは、今回用いた樹種の中ではアカマツとクロマツのみであった。
- 2) 播種適期：アカマツ、クロマツの発芽定着率を高めるためには秋播きの方がよい。
- 3) 被覆材：春播きの場合、アカマツ、クロマツについては、石マルチを施工することで発芽定着率を高めることができると考えられる。

(2) 苗木植栽による緑化

- 1) 定着・生育：苗木植栽は播種に比べて定着率が高く、確実な緑化を図ることが期待できる。生長量の大きいオオバヤシャブシは定着率を高めることができれば有用な樹種になるものと考えられる。定着率の高かったアカマツ、クロマツの他、ネムノキ、ハゼノキでは獣害対策を講じれば確実な緑化を図ることができると考えられる。ヤブニッケイやナナミノキ等の常緑広葉樹を導入する際には、日照害を避けるため、苗木を意図的に被陰するなどの工夫が必要である。
- 2) 植栽適期：今回の試験で、植栽時期は苗木の定着率に影響しなかったが、苗木の生長量を高めるためには、オオバヤシャブシは春植えが、アカマツは秋植えの方がよい。
- 3) 被覆材：オオバヤシャブシは石マルチを施工

することで、生長量を増加させることができると考えられる。

(3) 獣害対策

今回の緑化試験でノウサギによる食害が認められたのは、ネムノキ、ハゼノキ、アラカシ、エノキ、コナラ、シラカシ、スダジイ、タブノキ、ムクノキ、ヌルデ、ウメである。これらの樹種を用いる場合、ノウサギによる獣害対策として、少なくとも樹高 60cm を超えるまでは防護ネットの施工等の対策が必要と考えられる。

6. おわりに

本緑化試験を実施するにあたり、国土交通省雲仙復興事務所の皆様には、資料提供、緑化試験地の設定等において多大なるご協力をいただきました。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大久保剛：雲仙・普賢岳噴火災害地における航空緑化工について，治山，第 41 巻，第 9 号，pp.197-208，1996 年 12 月
- 2) 平成 10 年度雲仙普賢岳砂防指定地利活用整備計画検討業務，pp.1-28 ～ 45，雲仙復興工事事務所，1999 年 3 月
- 2) 西田顕郎、小橋澄治、水山高久：雲仙普賢岳火砕流堆積斜面における植生回復による表面流・土砂流出の変化，日本緑化工学会誌，第 23 巻，第 4 号，pp.249-255，日本緑化工学会，1998 年 6 月
- 3) 加藤民枝、菊池俊一、南里智之：十勝岳火山砂防工事跡地における地表面被覆が土壌物理環境と植生回復に与える影響，日本緑化工学会誌，第 24 巻，第 1 号，pp.12-21，日本緑化工学会，1998 年 8 月
- 4) 上條隆志：三宅島 2000 年大噴火の植生への影響，生物の科学 遺伝，第 56 巻，第 5 号，pp.27-30，裳華房，2002 年 9 月

南雲賢一*



前国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室交流研究員
Kenichi NAGUMO

柳原幸希**



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室研究員
Koki YANAGIHARA

富田陽子***



国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所長（前国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室主任研究員）
Yoko TOMITA

金子正則****



国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所流域対策課長（元国土交通省土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室研究員）
Masanori KANEKO