

防災林の整備

—試験研究成果と事業的な取り組みの事例—

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

防災林整備研究会

2013 年 2 月

海岸防災林の抱える問題と維持管理の考え方 (→ 1 ページ)



写真-1 飛砂に埋もれる海岸防災林



写真-2 飛砂の集中

岐阜県で発生した山火事跡地の緑化状況 (→11 ページ)



写真-1 簡易筋工



写真-2 植生土のう工



写真-3 調査区1の状況



写真-4 調査区2の状況

太谷川流域豪雨災害関連データ集の作成 (→17 ページ)

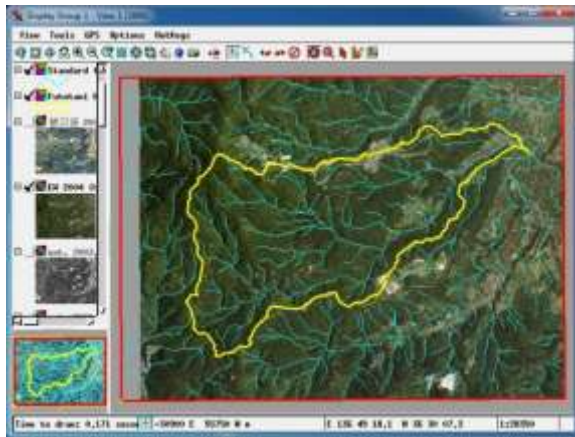


図-2 被災前（2004 年）のオルソ画像



図-3 被災後（2008 年）のオルソ画像

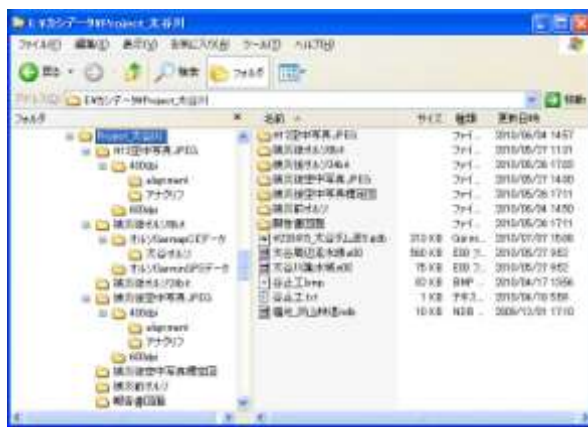


図-4 作成したデータ集の一部



図-5 カスタムマップの表示例

平成 18 年度に発生した岡谷市豪雨災害の発生機構 (→19 ページ)

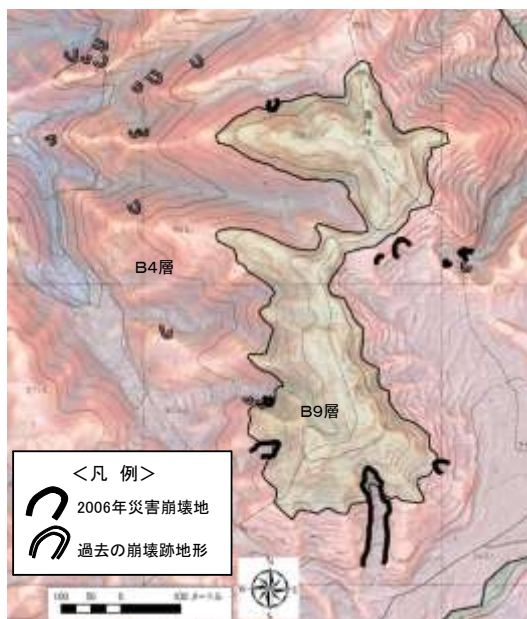


図- 1 地質図と崩壊発生位置

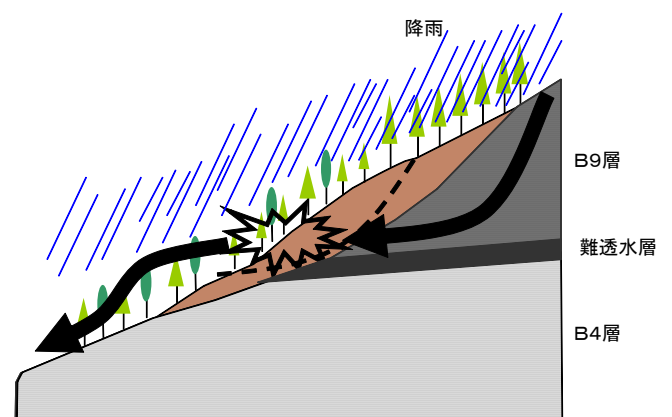
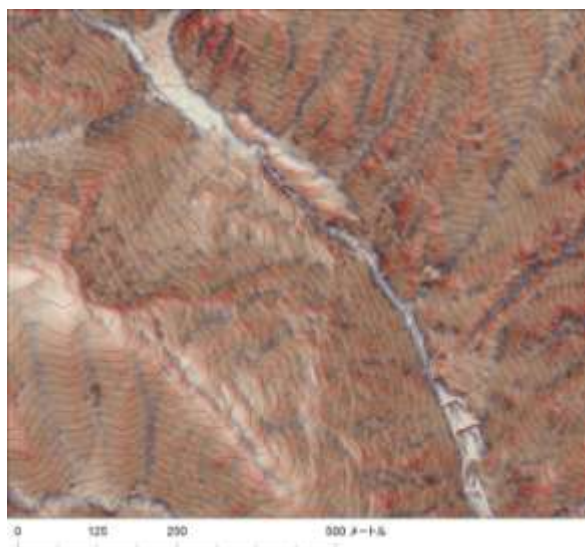


図- 2 災害発生機構（模式図）

災害危険地判読のための微地形図の作成 (→21 ページ)



図－2 微地形図（岡谷市横川山）



図－3 微地形図による判読結果

足尾地区における緑化の取り組み (→23 ページ)



写真1 久蔵川右岸 昭和59年



写真2 久蔵川右岸 現在

防災林整備研究会活動の概要 (→25 ページ)



平成 20 年度現地検討会（茨城県石岡市）
「森林水文、窒素循環、森林風害などの観測研究」森林総合研究所筑波共同試験地



平成 21 年度現地検討会（栃木県日光市足尾町）
特殊荒廃地（足尾）の復旧」久蔵沢、松木沢、深沢



平成 22 年度現地検討会（富山県南砺市）
「豪雨災害による流木被害、および流木対策に配慮した災害復旧」太谷川流域



平成 23 年度現地検討会（山梨県北杜市）
「高標高試験流域における水文・水質観測研究」
水文・水質試験地



平成 24 年度現地検討会（岐阜県高山市）
「健全で豊かな森林づくりプロジェクト」

はじめに

この報告書は、関東・中部林業試験研究機関関連協議会に設置された「防災林整備研究会」の活動成果をまとめたものです。「防災林整備研究会」では、森林の多面的機能の中でも住民の安全に直接関わる洪水・土砂災害の防止や海岸の防風・飛砂防止などの防災機能、これらに悪影響を及ぼす森林災害や防災機能を効率よく発揮するための森林整備など、防災林等に関する幅広い分野に関して、研究の推進と課題の解決に取り組みました。関東・中部の9県の林業試験研究機関と（独）森林総合研究所が参加して、平成20年から24年までの5年間の活動を実施しました。

年に1回の研究会を実施し、各機関が抱える課題の発表と意見交換を行いました。本報告書はこれらの発表内容を、分野別に掲載しました。本報告書が今後の防災林を整備するうえでお役に立てば幸いです。

2013年2月

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
防災林整備研究会

目 次

【防災林整備に関わる試験研究成果】

◎海岸林

- ・海岸防災林の抱える問題と維持管理の考え方（森林総研） 1
- ・外生菌根菌及び木炭処理によるクロマツ苗木の活着と初期成長への影響（静岡県） 3
- ・海岸防災林における広葉樹利用の可能性－掛川市沖之須の事例－（静岡県） 5
- ・東北地方太平洋沖地震の津波による九十九里沿岸の樹木被害（千葉県） 7

◎森林火災

- ・林野火災が発生しやすい森林の検討（森林総研） 9
- ・岐阜県で発生した山火事跡地の緑化状況（岐阜県） 11

◎法面緑化

- ・山梨県で近年施工された法面緑化施工地の状態とそれに影響を与える要因（山梨県） 13

◎災害に強い森林づくり

- ・治山堰堤の建設に伴う土砂動態の変化が溪畔林の成立に与える影響について（森林総研） 15
- ・太谷川流域豪雨災害関連データ集の作成（富山県） 17
- ・平成 18 年度に発生した岡谷市豪雨災害の発生機構（長野県） 19
- ・災害危険地判読のための微地形図の作成（長野県） 21

【防災林整備に関わる事業的な取り組み】

- ・足尾地区における緑化の取り組み（栃木県） 23

【資料】

- ・防災林整備研究会活動の概要（森林総研） 25

海岸防災林の抱える問題と維持管理の考え方

(独) 森林総合研究所 坂本知己

1. はじめに

2008年9月17日に(独)森林総研(つくば市)で行われた平成20年度関東中部林業試験研究機関「防災林整備研究会」で表題のテーマで話題提供を行った。その後、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震津波で青森県から千葉県にかけての海岸防災林はかつてない被害を受けたが、基本的な考えは変わらないので、話題提供の概要を記す。現在の日本の海岸林が抱えている問題は、大きく4つある。マツ材線虫病、クロマツ植栽木の過密化、侵入広葉樹の取り扱い・広葉樹導入、前砂丘の維持管理である。話題提供では、このうちクロマツ植栽木の過密化を取り上げたが、それに先立って、海岸防災林、とくに飛砂害防止の軽減を目的とした林帯がその効果を発揮するためには、林帯だけでは不十分で、前砂丘の維持管理や砂草帯の確保の大切さを述べた。

2. 海岸防災林の構造と役割

海岸防災林は、林帯部分(狭義の海岸防災林)だけで成立しているわけではない(図-1)。林帯は飛砂の発生を抑えることに絶大な効果を発揮する一方で、押し寄せる飛砂に対しては必ずしも強くないからである。林帯に飛砂が押し寄せた場合、飛砂の量や樹高にもよるが、林帯は前縁から徐々に砂に埋もれて、クロマツ植栽木が枯れてしまうからである(写真-1)。それに対して砂草(海浜植生のうちの草本)は、飛砂を捕捉して砂に埋もれても、次の生育期には再び砂の上に茎や葉を展開できる。砂浜のすべてを樹林化できないので、砂草の飛砂を捕捉する能力とその能力が回復する特性を活かした砂草帯を林帯の海側に配置することが有効となる。

林帯の海側に築設する人工砂丘は、飛砂を止めるためではなく、風・飛砂の集中を防ぐためにある(写真-2)。風・飛砂が集中すると、砂草帯が局所的に埋まるために砂地が拡大して林帯が埋まりやすくなるだけではなく、前縁の植栽木に強風が吹きつけ、砂粒に傷つけられることになる。クロマツは潮風に強いが、飛砂によって傷つけられると枯れやすくなることが知られている。

3. クロマツ植栽木の本数調整

クロマツを植栽するにあたっては、10,000本/haの密植が行われてきた。そのため、適切な本数調整が不可欠であるが、ほとんどの林帯は、本数調整が遅れた過密林状態となっている。これは、体系だった本数調整の手順が示されていないからではないかと考えた。そこで、本数調整に関するこれまでの研究を元に、次の三点を強調した。

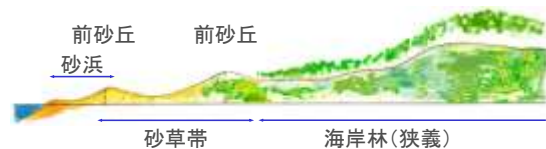


図-1 海岸防災林の構造



写真-1 飛砂に埋もれる海岸防災林



写真-2 飛砂の集中

一つは、初回伐採を遅れずに実施することの重要性である。これは、相対密度管理表（小田，1984）を元に作成した樹高（上層樹高）と目標となる立木本数密度との関係に象徴的に示される（図-2）。すなわち、上長成長に伴って、目標となる本数密度は樹高が低いときほど急激に減少するため、本数調整が遅れると、初期ほどより多く伐採することが必要になり、ますます伐りににくくなる。従って、とりわけ初回の本数調整を遅れず（上層樹高が3 mに達するまで）に実施することが重要となる。

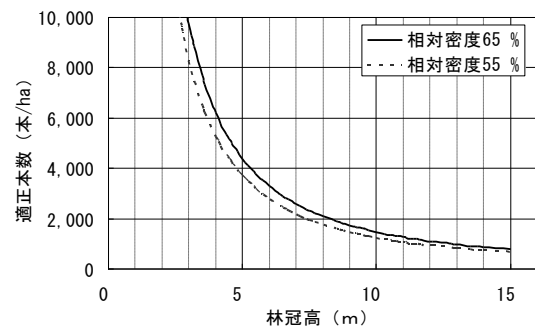


図-2 目標本数密度（形状比 70 の場合）

二つ目は、初回伐採の時期と手順である（坂本ら，2007）。10,000 本/ha の閉鎖した林分なので、作業空間、伐採木の搬出空間の確保を考えると、1 伐 3 残の列状伐採が現実的な作業になると考えた。列状伐採は乱暴な方法だと言われるかもしれないが、通常の植栽密度 3,000 本/ha と比べると、伐採してもまだ倍以上残っているうえ、どうしても残したいような形状のよい個体は残せば良い。初回伐採の時期は、1 伐 3 残を実施後の 7,500 本/ha に対応する樹高 3 m とした。これは、肥大成長に過密化の影響が見られる時期とも一致した（坂本ら，2006）。

三つ目は、本数調整を見合わせる緩衝帯の幅の目安である。生育環境の厳しい前線部は本数調整の対象から外すことは、これまでも提唱されていたが、具体的な範囲は、25～30 m、30～50 m、あるいは、少なくとも 10 m、可能であれば 20～30 m とばらばらで、また、距離の根拠は明らかに示されていない。本数調整を見合わせることは過密状態を放置することにつながるもので、前線部であれば過密でよい理由はない。そこで、本数調整対象範囲を樹高で示すことを提案した（坂本ら，2006）。本数調整の開始時期に関して、樹高が 3 m に達するまでという目安を示したが、このことは、樹高が 3 m を超えないような箇所については本数調整の対象から外すことを意味するからである。樹高が 3 m を超えない箇所というのは、植栽後の経過年数が少ない場合だけではなく、海風環境に上長成長が抑えられている箇所であり、その範囲は環境が厳しい場所ほど広くなると考えられるから、前縁からの距離で示すより実用的と考えた。

4. おわりに

防災林整備研究会で話題提供したクロマツ植栽木の本数調整手順については、その後、「クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方」として小冊子にまとめた（森林総合研究所，2011）。しかしながら、この手順は既存の研究成果を元に組み立てた仮説の域を出ない。過密になってしまった海岸林の取り扱いも含めて、引き続き、現場の皆様の協力をいただきながら、技術として認められるように実証データを収集したい。

引用文献

- 小田隆則（1984）海岸クロマツ林の間伐について－間伐試験をもとにした一試論－．治山，29，92-103
- 坂本知己・萩野裕章・野口宏典・島田和則（2006）クロマツ海岸林における本数調整開始時期について．日本森林学会関東支部大会論文集，57，309-312
- 坂本知己・萩野裕章・野口宏典・島田和則（2007）クロマツ海岸林における本数調整手法の提案．海岸林学会誌，6，1-6
- 森林総合研究所（2011）クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方－本数調整と侵入広葉樹の活用－．森林総合研究所 第2期中期計画成果 24，55pp：
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/2nd-chuukiseika24.html>

【研究成果】

外生菌根菌及び木炭処理によるクロマツ苗木の活着と初期成長への影響

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 渡井 純

1. はじめに

砂地海岸の防災林造成地では、クロマツを中心とした海岸林が日本古来の海岸の景観を形成し、防風機能、飛砂防止機能、塩分捕捉機能等の様々な機能を発揮することが求められている。しかしながら、近年、林野火災、松くい虫被害、手入れ不足林分の増加などにより、それら機能の低下が危惧されている。海岸防災林造成時には、クロマツ苗木を海岸砂地の厳しい環境から守るため、防風垣の造成や苗木への客土・施肥等を行うが、気象条件や自然条件等により活着しないものや成長が悪く枯れてしまうものも多く、活着率向上と初期成長促進が課題となっている。

植物の中には、キノコ的一种である外生菌根菌の菌糸が根に侵入したり、根の表面を覆ったりすることにより菌根を形成し共生関係を結ぶものが多くあり、クロマツもその一つに挙げられる。クロマツは、ショウロやキツネタケ、コツブタケ等の外生菌根菌と共生し菌糸が根を覆い、菌鞘を形成することにより、水分や養分の吸収促進や、乾燥、病原菌、凍結等の障害軽減作用が生じることが知られている。また、木炭についても、木炭の空隙が土壌乾燥を抑制したり、菌根菌のすみかとなり菌の繁殖を促進させる効果があると言われている。

これらのことから、海岸砂地におけるクロマツ苗木の活着率向上と初期成長促進を図るため、海岸防災林において、クロマツ苗木植栽時にショウロ及びコツブタケと木炭を混合した資材を植穴に入れ植栽を行い、これら資材の苗木活着と初期成長への影響について調査を行った。

2. 試験地の概要および試験方法

試験地は静岡県御前崎市（旧浜岡町）に1箇所、掛川市（旧大須賀町）2箇所、海岸防災林に隣接した砂地に設定した。それら試験地には2年生のクロマツ苗木を、御前崎市の試験地は（試験地Ⅰ）

表－1 試験の概要

	植栽年	植栽本数	菌根菌資材	粉炭
試験地Ⅰ	1999年3月	各20本	ショウロ ＋粉炭（市販）	市販粉炭
試験地Ⅱ	2000年3月	各25本	コツブタケ胞子0.2g ＋破碎スギ炭	破碎スギ炭
試験地Ⅲ	2003年3月	各50本	コツブタケ胞子3.0g ＋破碎スギ炭	破碎スギ炭

苗木間隔50cmで、掛川市の試験地（試験地Ⅱ、Ⅲ）は1m間隔で植栽した。それぞれの試験地には、植穴に菌根菌と粉炭を混ぜた資材300mlを混入した「資材区」、同様に粉炭300mlを混入した「粉炭区」、砂のみの「無処理区」を設定した。試験地Ⅰは1年ごとの活着状況と植栽後1年経過時点でそれぞれの処理区から3本苗木を掘り取り、根の状況観察し、外生菌根菌の菌鞘数を測定した。試験地Ⅱ及びⅢは、1年ごとの活着状況と苗高、根本径の測定を行い、活着率と初期成長を調べた。試験地の概要を表－1に示す。

3. 試験結果

(1) 根の状況

資材区と無処理区で掘取った苗木の根の状況を写真－1に示す。資材区の苗木は無処理区に比べ根系の発達が良好で掘取った後でも砂が脱落しにくい様子が観察された。また、各処理区の苗木の根に共生した菌根菌の菌鞘数を表－2に示す。確認された菌鞘の数は、資材区が根乾重1g当たり636個と無処理区に比べおよそ3倍、粉炭区に比べおよそ2倍となり、菌根菌資材の効果

が認められた。



写真-1 苗木の根系の様子

表-2 各処理区における菌鞘の数

処理区	菌鞘数 (個/根乾重 1 g)
資材区	636
粉炭区	353
無処理区	202

(2) 活着率

各調査地における植栽後1年経過時における活着率を図-1に示す。試験地Ⅰおよび試験地Ⅲでは、いずれの処理区においても高い活着率を示しており、処理区間における差は見られなかったが、試験地Ⅱでは資材区と粉炭区で90%以上の活着率であったのに対して無処理区では60%と低い値となった。これは試験地Ⅱの植栽年である2000年は7月および8月の降雨量が磐田（アメダス）でそれぞれ48mm（平年値：181.9mm）、23mm（同152.6mm）、8月においては降雨日が1日と極端に雨の少ない年であり、このことが試験地Ⅱの無処理区における活着に影響を与えたものと推測された。一方、試験地Ⅱの資材区と粉炭区はこのような気象条件においても90%以上の活着率を示していることから、クロマツ苗木を砂地に植えた年の気象環境が苗木の活着に厳しい環境下に置かれた場合でも木炭あるいは菌根菌の影響により枯死しにくくなるものと思われた。また、どの試験区においても2年目以降で新たに枯死した苗木はなかったことから1年目に活着すればその後枯死する可能性は低いものと思われた。

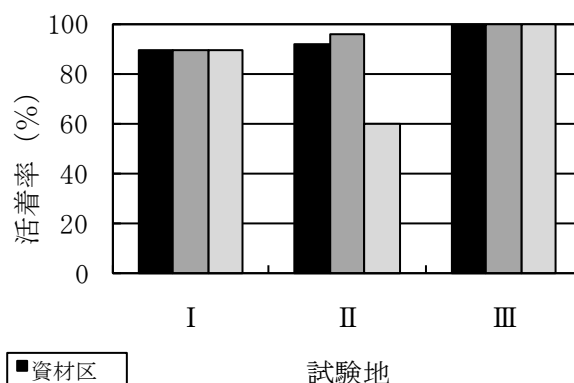


図-1 各処理区における活着率

(3) 初期成長

試験地Ⅱ及び試験地Ⅲの各処理区における苗高及び根本径を図-2に示す。試験地Ⅱでは資材区が、粉炭区と無処理区に比べ伸長成長、肥大成長とも高めであったが、一元配置による分散分析を行ったところ有意な差は認められなかった。試験地Ⅲについても伸長成長、肥大成長ともいずれの区も有意な差は見られず、初期成長に関しては今回の試験では菌根菌及び木炭の施用による成長促進効果は認められなかった。

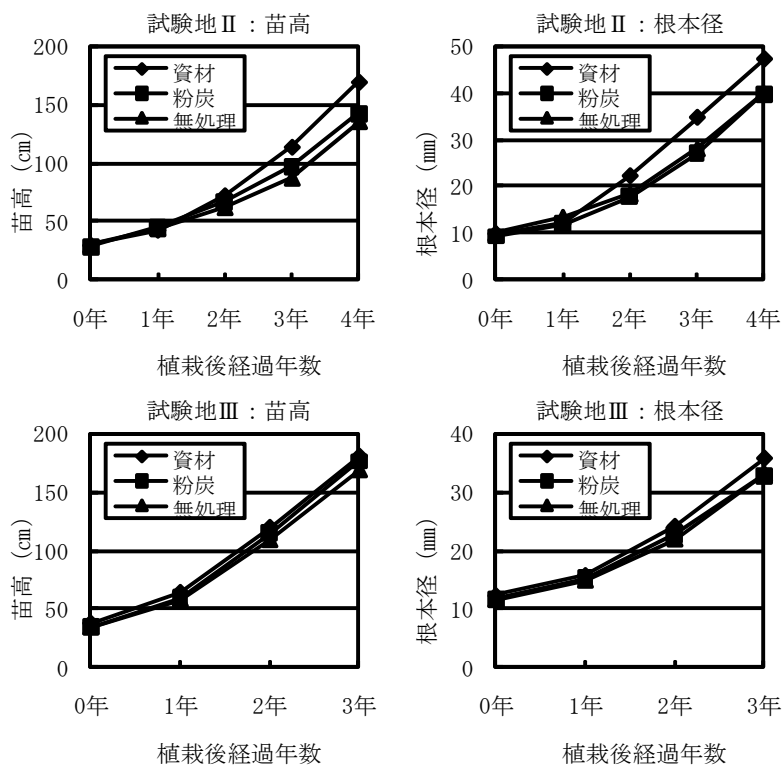


図-2 各処理区における苗高及び根本径

海岸防災林における広葉樹利用の可能性－掛川市沖之須の事例－

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 渡井 純

1. はじめに

国内の沿岸部では、古くから防風・防潮・飛砂防止等の防災機能をもつ海岸防災林の造成が行われてきた。海岸防災林は、防災林としての機能や生育環境の厳しさ等から利用される樹種が限られており、これまでは主にクロマツが利用されてきた。しかしながら昨今では、松枯れや、手入れ不足による富栄養化、保健林としての利用など社会情勢の変化等によりこれまでのクロマツ純林による海岸防災林造成が難しい地域が生じてきている。静岡県ではこれらを補う意味で広葉樹導入が期待されているが、広葉樹のみで構成されている海岸防災林は全国的にもないため、海岸防災林への広葉樹の導入を積極的に行える状況にはなっていない。

このことから、掛川市（旧大須賀町）の砂地海岸防災林において、生育する広葉樹の状況を調査し、広葉樹活用の可否について検討を行った。

2. 調査地の概要および調査方法

調査は掛川市（旧大須賀町）沖之須の海岸防災林で、林内に自然発生した広葉樹の植生調査および植栽した広葉樹の生活着状況調査を行った。

(1) 自然発生した広葉樹の生育状況調査

2002年3月に、第3線のクロマツ海岸防災林内で、広葉樹が自然に侵入したと考えられる二つの人工砂丘上の林帯において植生調査を行った（調査地Ⅰ・調査地Ⅱ）。各調査地で、図－1のとおり海側に面する南側と、内陸側に面する北側に、10m×10mの調査区をそれぞれ3調査区設定し、クロマツと自然に侵入したと考えられる広葉樹で、樹高2m以上のものを対象とし、樹種、胸高直径、樹高を記録した。また、同じく第3線林帯内で、2002年春に松くい虫被害による枯損木を伐採したため広葉樹が主体となった林分において（調査地Ⅲ）、2003年3月に、1年後の常緑広葉樹の生育状況を、表－1に示した衰退度（埴田、井上（1996））を指標として評価した。

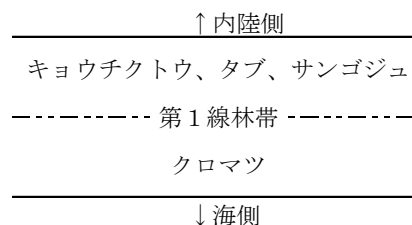
(2) 植栽木の活着状況

2002年2月に林野火災によりクロマツが焼失した第1線林帯に、海岸防災林と防火林帯造成のため、クロマツ、キョウチクトウ、タブ、サンゴジュを図－2のとおり植栽した（調査地Ⅳ）。1年後の2003年3月にそれら植栽木の活着状況を「健全」、「半枯れ」、「枯死」の3段階で目視により判定した。



図－1 自然発生広葉樹植生調査地概念図

表－1 衰退度基準	
評価0	失葉なし
評価1	わずかに失葉
評価2	中度の失葉
評価3	激しい失葉
評価4	枯死



図－2 植栽木の配置概念図

3. 試験結果

(1) 自然発生広葉樹の植生調査

調査地Ⅰ及びⅡにおける調査結果を表－2に示す。調査地Ⅰの北面にはヒメユズリハが多く観察された。ヒメユズリハは他の調査地でも確認されており、海岸防災林としての機能を考慮した場合、高木性の常緑樹が適当な樹木と考えられることから、ヒメユズリハは海岸防砂林の主要構

表－2 クロマツ林内における自然発生広葉樹の植生状況

No.	樹種名	北面				南面				
		出現 度数	平均 樹高 (m)	平均胸 高直径 (cm)	胸高断面 積合計 (cm ²)	樹種名	出現 度数	平均 樹高 (m)	平均胸 高直径 (cm)	胸高断面 積合計 (cm ²)
調査地 Ⅰ	クロマツ※	5	7.6	9.7	542.7	クロマツ※	9	7.2	11.2	1041.4
	ヒメユズリハ※	52	5.5	8.4	4255.9	エノキ	68	3.3	4.2	663.7
	クスノキ※	1	12.0	30.0	706.8	ウバメガシ	7	9.1	3.3	472.0
	ハゼ	16	4.8	6.3	633.8	トベラ	5	3.7	5.7	227.8
	モチノキ※	2	6.8	12.0	265.5	ハゼ	5	3.7	6.4	163.4
	センダン	2	5.5	6.5	66.8	イボタ	17	2.4	2.1	61.3
	ヤブニッケイ※	5	3.8	3.9	62.0	ヒメユズリハ※	1	2.0	2.0	3.1
	モッコク	2	3.8	5.0	40.8					
	エノキ	2	2.8	4.0	31.4					
	トベラ	1	2.0	3.0	7.1					
	ネズミモチ※	1	2.0	3.0	7.1					
調査地 Ⅱ	クロマツ※	10	9.1	16.5	1132.6	クロマツ※	7	4.7	8.0	399.8
	ウバメガシ	78	4.1	4.9	1621.8	クスノキ※	5	7.2	20.7	1066.5
	ハゼ	16	4.3	7.4	878.8	エノキ	60	3.8	5.4	853.7
	エノキ	31	3.9	4.9	796.7	ウバメガシ	55	3.7	4.3	795.6
	クスノキ※	4	6.3	13.8	498.7	ハゼ	32	3.6	5.2	294.5
	ヒメユズリハ※	5	4.2	5.7	115.5	ヒメユズリハ※	4	3.3	4.5	47.9
	ツバキ	8	4.3	4.4	114.5	イボタ	11	2.2	2.2	29.1
	ネズミサシ	1	6.5	11.0	95.0	トベラ	4	2.5	2.8	22.8
	イボタ	8	2.9	3.0	58.1	マサキ	3	2.0	2.0	9.4
	クロガネモチ	2	5.3	6.5	28.3					
	ヤブニッケイ※	3	2.7	2.7	17.3					
	カゴノキ	1	3.0	3.0	7.1					
	モチノキ※	1	2.0	3.0	7.1					
	トベラ	1	2.0	2.0	3.1					

成樹種として有力な樹種と思われた。その他にはクスノキ、モチノキ、ヤブニッケイなどが、調査地Ⅰ及びⅡで確認されていることから有力な構成樹種になり得る可能性があると考えられた。また、両調査地とも広葉樹の出現種数、胸高断面積計は北面よりも海岸線に近い南面が少なく、やはり海岸線が近くなるほど広葉樹が生育するには厳しい環境となるのではないかと考えられた。

(2) 自然発生広葉樹の衰退度調査

調査地Ⅲにおける衰退度の判定結果を表－3に示す。2003年3月時点で主要な構成樹種はクスノキ、ウバメガシ、ヒメユズリハ、トベラ、ヤブニッケイ、クロガネモチの6樹種であった。このうちクスノキを除く5樹種については衰退度が低く、健全に生育していると判断された。クスノキについては枯死したものはなかったが、クロマツ伐採後、強風が直接あたるようになったと考えられる林帯頂部の個体で失葉が激しいものが多く見られた。

(3) 植栽木の活着率

調査地Ⅳにおける植栽後1年経過時の活着状況を表－4に示す。全体的に活着は悪く、最も活着の良かったキョウチクトウでも健全なものは51%で、タブ及びサンゴジュはほとんどが半枯れか枯死であった。キョウチクトウは、枯死は少なかったが、防風垣より上で風が直接当たった部分の枯れが多く見られ、これらにより半枯れの判定が多くなった。このことから砂地海岸においても活着できる広葉樹はあるものの前面に土堤等のない第1線では海からの風により伸長成長が阻害され健全な生育が難しいことが予測され、広葉樹純林による海岸防災林の可能性については判断できなかった。

表－3 自然発生広葉樹の衰退度 (本)

樹種	評価0	評価1	評価2	評価3	評価4	計
クスノキ	3	12	15	51	0	81
ウバメガシ	46	1	2	1	0	50
ヒメユズリハ	28	2	0	0	0	30
トベラ	29	0	0	0	0	29
ヤブニッケイ	16	2	0	0	0	18
クロガネモチ	8	0	0	0	0	8

表－4 植栽木の活着状況 (本)

樹種	健全	半枯れ	枯死	計
キョウチクトウ	225 (51.0%)	210 (47.6%)	6 (1.4%)	441
タブ	8 (3.8%)	74 (34.7%)	131 (61.5%)	213
サンゴジュ	4 (1.5%)	53 (19.9%)	209 (78.6%)	266

() 内は全体の割合

東北地方太平洋沖地震の津波による九十九里沿岸の樹木被害

千葉県農林総合研究センター森林研究所 小森谷あかね

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により九十九里沿岸が被災し、海岸防災林及び海岸近くの屋敷林においては樹木被害が発生した。被災した森林は、防災機能の維持、今後の津波対策のために再生を進める必要がある。そこで、海岸防災林再生の基礎資料とするため、樹木の被害状況調査を実施した。

2. 調査地の概要と調査方法

樹木被害の調査は4月下旬から10月上旬まで、九十九里海岸の沿岸地域にある海岸防災林及び屋敷林において実施した。被害のあった地域で49箇所、77種、1,639本について、樹種、被害程度を調査し、そのうちの48箇所、54種、633本については追跡調査を行った。クロマツについては7月頃から葉の変色及び枯死するものが現れ、その程度は微地形により違いがみられたため、10月に山武市蓮沼のクロマツ林の凸地と凹地で樹木被害を調査した。被害程度は、常緑広葉樹及び針葉樹は葉の変色、落葉広葉樹は葉量で判定した。判定は5段階（0：ほとんど被害がない、1：葉の3分の1程度までに被害がある、2：葉の3分の2程度までに被害がある、3：葉のほとんどに被害がある、4：枯死）の指数を用いた。また、被害程度が1以上と判定された常緑広葉樹12種、437本については、再生状況も併せて調査した。

3. 結果と考察

(1) 樹種ごとの被害程度

調査した全データを用いて樹種ごとに被害程度について指数平均値を算出した。ここで、被害の経時変化調査における追跡個体は最終調査の値を用いた。被害程度はクスノキ、スギ等が3.0～4.0と最も大きく、クロマツ、タブノキ等が2.0～2.9、マサキ、トベラ、シャリンバイ等が0～0.9と樹種ごとに違いがみられ（表1）、常緑広葉樹で大きく、落葉広葉樹は6月頃から被害が顕著になったものの、比較的小さかった。この原因は、それぞれの樹種が持つ特性の差に加

表1 樹種ごとの被害程度

被害 程度	樹種(調査数)	
	高木性樹種	低木性樹種
0～ 0.9	ウバメガシ(10)、カイヅカイブキ(9)、 ハゼノキ(8)、センダン(5)、シュロ(5)	マサキ(46)、トベラ(64)、 シャリンバイ(29)、ヤブコウジ(15)、 テリハノイバラ(5)、イタチハギ(7)
1.0～ 1.9	エノキ(38)、ヤマグワ(21)、 ウバメガシ(植栽木)(12)	アキグミ(10)、ハマヒサカキ(9)、 ヤツデ(12)、アズマネザサ(17)
2.0～ 2.9	クロマツ(173)、タブノキ(128)、マデバシイ(36)、 スダジイ(5)、ネズミモチ(18)、シロダモ(15)、 ニセアカシア(27)、イヌマキ(31)、ムクノキ(5)、 オオシマザクラ(36)、アカメガシワ(6)	アオキ(7)、オオバイボタ(10)、 メダケ(5)、トベラ(植栽木)(137)
3.0～ 4.0	クスノキ(21)、ヤブニッケイ(70)、モチノキ(10)、 トウネズミモチ(15)、サカキ(17)、スギ(22)、 クロマツ(植栽木)(292)、ヤマモモ(植栽木)(11)	マサキ(植栽木)(134)

注) 植栽木とは海岸防災林に植栽されて5年以内のもの

えて、津波が発生した3月中旬には常緑広葉樹は葉をつけていたが、落葉広葉樹は休眠期であったことが関係していたと考えられた。

(2) 被害程度の経時変化

クロマツは津波発生から1~2か月後の4~5月では人工砂丘の切れ目付近のほかはあまり被害がみられなかったが、7月頃から葉が変色し枯れるものがみられるようになり、被害程度が大きくなった(図1)。タブノキ、クスノキ等の高木性の常緑広葉樹は、4~5月の時点ですでに葉の変色が顕著であったが、6月頃から再生するものがあり、ヤブニッケイを除き被害程度が小さくなった。アズマネザサも6月頃から新葉を展開して再生するものがあった。

津波発生時は休眠期であった落

葉広葉樹は4月には新葉を展開し始めたが、6月頃になると新葉が少ないもの、先端が枯れているもの等がみられ、被害程度は大きくなった。このように、時間の経過とともに被害程度が回復するものと悪化するものがみられたことから、樹木の津波被害の評価には時間をかけた調査が必要と考えられた。

(3) 微地形に起因するクロマツの枯損

クロマツの被害程度は標高3~5mの砂丘の陸側斜面である凸地で1.1(n=19)、標高1.5~2mの砂丘に平行な帯状凸地で1.5(n=30)と小さかったが、両者に挟まれた標高1mの凹地では枯死するものが多く、被害程度は3.8(n=30)と大きかった。また、凹地においては他の樹種も被害が大きく、タブノキはすべて枯死していた。この傾向は他の多数の凹地でも認められた。凹地形では津波により流入した海水が排水されるまでに時間を要し、根系の分布域に長期間留まったと考えられる。クロマツの幼齢木に対する海水を用いた滞水実験では概ね1週間の滞水で枯死被害が発生し始めており(1)、降雨によって海水が薄められることのなかった津波発生からの10日間は根系に大きな影響を及ぼした可能性が考えられた。

(4) 常緑広葉樹の再生状況

主な常緑広葉樹の再生状況は、冬芽から新葉を展開するもの、枝や幹から芽を出して新葉を展開するもの、根元から新梢を伸ばすものがあった。枯死率は樹種ごとに差があり、ヤブニッケイ、クスノキが約60%、植栽木のマサキとトベラが約70%と高かったが、タブノキ、マテバシイ、スダジイ、シロダモ、マサキ(自生木)、トベラ(自生木)は10~40%であり、再生するもの多かった。再生には時間が必要であるが、枯死した枝や幹でも飛砂や潮害に対するある程度の防災機能が期待されるので、枯死部を残したまま不定芽や萌芽によって防災林を再生することも選択肢の一つと考えられた。

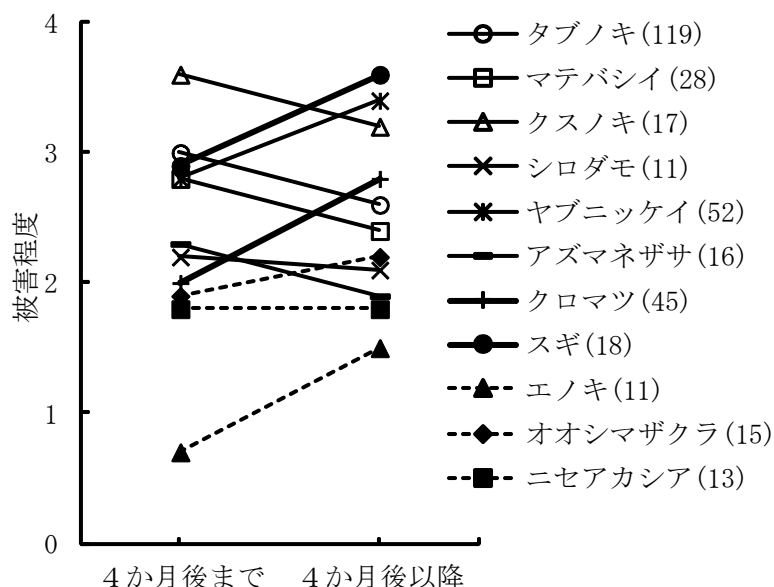


図1 樹種ごとの被害程度の変化

引用文献

(1) 小田隆則 (2001) 海岸砂丘低湿地における植栽木根系の滞水反応と樹林帯造成法に関する研究, 千葉県森林研究センター特別研究報告, 3: 78pp.

林野火災が発生しやすい森林の検討

森林総合研究所 後藤義明

1. はじめに

日本における最近 5 年間（2005～2009 年）の林野火災発生状況は、件数が年間約 2000 件、被害面積が約 900ha、損害額は約 5 億円となっている。林野火災の発生・拡大には気象条件や地形条件が大きく影響し、これまで様々な検討がされてきた。しかし、林野火災が発生・拡大しやすい森林の種類や林齢などの解析は不十分であったと考えられる。本研究は、林野庁で集計している民有林の林野火災情報を用いて、林野火災が発生しやすい林種や林齢を明らかにすることを目的として行った。

2. 統計資料

林野火災の資料は林野庁で収集している森林被害報告のデータを用いた（2）。森林被害報告は国有林野管轄以外の民、公、国有林における気象災害発生状況を林野庁が集計したものである。この報告では火災単位で発生年月、発生市町村、人工林・天然林の別、被災した樹種、森林の齢級、被害面積、被害材積等のデータが得られる。対象期間は 1979～2008 年の 30 年間とした。

3. 結果と考察

図-1 には森林面積 10,000ha 当たりの火災による被害面積を示した。広葉樹人工林とアカマツ・クロマツ天然林が有意に大きく（Tukey 検定法、 $p < 0.05$ ）、これらの森林が林野火災の被害に遭いやすいことが明かとなった。特にアカマツ・クロマツ天然林は森林面積も大きく、日本では林野火災の危険度が高い森林であるといえる。日本では瀬戸内海沿岸地方で林野火災が多発しており（1）、この地域の主な植生がアカマツ・クロマツ天然林であることから、被害面積が大きくなったものと考えられる。図-2 には林野火災 1 件当たりの被害面積を林種ごとに示した。ここでもアカマツ・クロマツ天然林が大きくなっているが、他林種との間に有意な差はなく（Tukey 検定法）、アカマツ・クロマツ天然林で特に火災が延焼拡大しやすいとはいえなかった。アカマツ・クロマツ天然林で被害面積が大きくなったのは、主に火災の発生件数が多いためと考えられる。

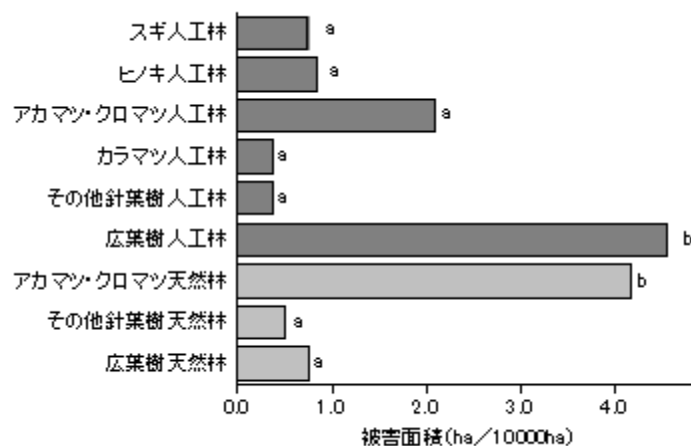


図-1 森林面積 10000ha 当たりの火災による被害面積。1979～2008 年の平均値。異なるアルファベットは有意差を示す（Tukey 検定法、 $p < 0.05$ ）

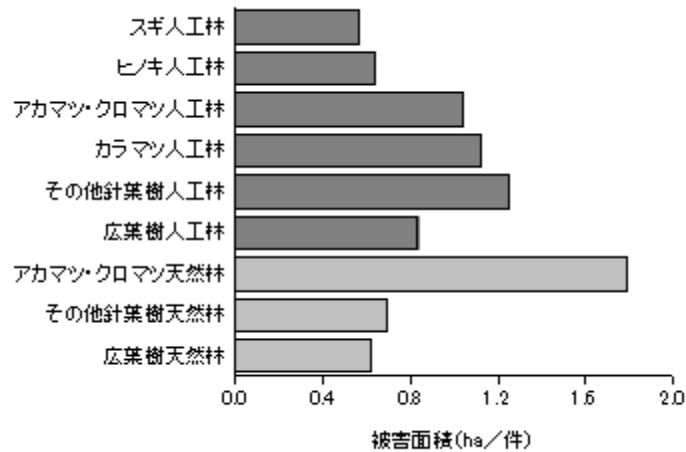


図-2 林野火災 1 件当たりの被害面積. 1979～2008 年の平均値. 林種間で有意差はなし (Tukey 検定法, $p>0.05$)

図-3 には、スギ人工林における森林面積 10,000ha 当たりの被害面積を林齢ごとに示した。若い林齢の森林で被害面積が大きくなる傾向が見られた。しかし火災 1 件当たりの被害面積の分布を見ると (図-4)、林齢間で被害面積に有意差はなく (Tukey 検定法, $p>0.05$)、若い森林ほど延焼拡大しやすいとはいえないことがわかった。すなわち幼齢林で被害面積が大きいのは、発生件数が多いことに起因していると考えられる。これらの傾向はヒノキ人工林やアカマツ・クロマツ人工林でも同様であった。幼齢林では林冠がまだ鬱閉していないため、草本類などの可燃物が多いことや乾燥しやすいことが、火災が多発する原因としてあげられる。また林野火災の出火原因はたき火の不始末やたばこの投げ捨てなどが多く (1)、容易に人が立ち入ることのできる幼齢林は訪れる人が相対的に多くなり、こうした行為も増加することが予想される。発火源となる人間の行動が幼齢林での火災の発生に深く関係しているものと考えられた。

引用文献

- (1) 後藤義明 (2007) 日本の林野火災の現状と人工衛星を利用した早期発見システム. 山林 1476 : 56-63.
- (2) 鈴木 覚・吉武 孝・後藤義明 (2009) 日本における森林気象害および林野火災の発生状況 (1954 年度～2003 年度). 森林総合研究所研究報告 410 : 71～100.

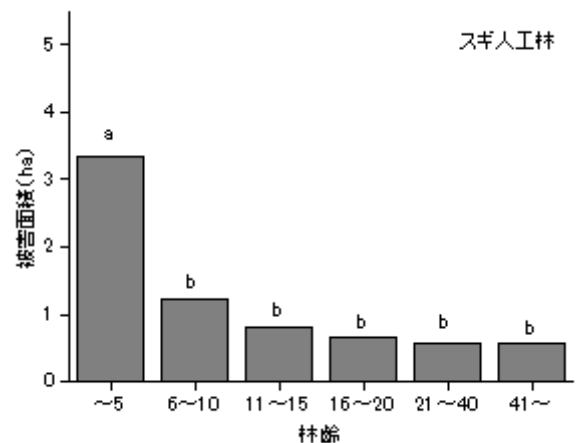


図-3 スギ人工林における森林面積 10000ha 当たりの被害面積. 1979～2008 年の平均値. 異なるアルファベットは有意差を示す (Tukey 検定法, $p<0.05$)

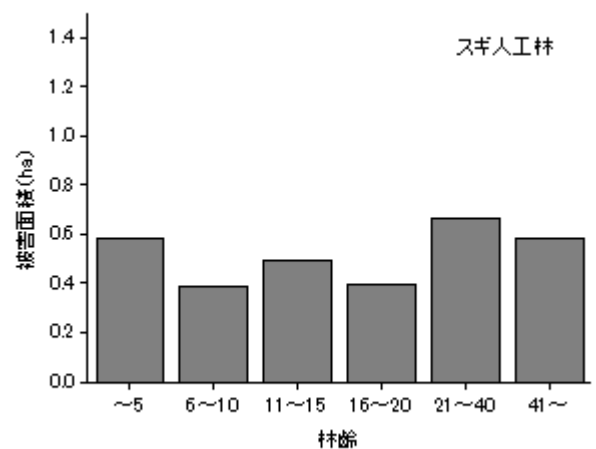


図-4 スギ人工林における林野火災 1 件当たりの被害面積. 1979～2008 年の平均値. いずれも林齢間で有意差はなし (Tukey 検定法, $p>0.05$)

岐阜県で発生した山火事跡地の緑化状況

岐阜県森林研究所 田中伸治

1. はじめに

平成 14 年 4 月、岐阜市東部の権現山一帯で県下最大規模の山火事（被害面積 410ha）が発生し、アカマツを主体とする天然生林約 210ha などが類焼した。そのため、被災直後から被害地の緑化と土砂流出防止を目的として山腹工等が施工された。ここでは、山火事発生から数年が経過した被害地における植生回復の状況を調査したので報告する。

2. 調査方法

被害地では平成 16～17 年度にかけて 2 種類の山腹工（筋工）が施工された。このうち簡易丸太筋工（以下、丸太筋工）は、現場で伐倒した焼損木を等高線方向に並べて根株に固定し、隙間に粗朶を入れたものである（写真－1）。植生土のう筋工（以下、土のう筋工）は、植生の回復が遅れている箇所にヤマハギ、ススキ、ヨモギの種子を配合した完成土のうを等高線方向に並べ杭で固定したものである（写真－2）。

調査は、火災による樹木の損傷が激しかった区域において、平成 21 年 6 月（山火事 7 年後）に実施した。調査地は標高 230m の南西斜面の中腹で筋工を施工した箇所に設置した帯状の調査区（2m×15m）2 箇所である（それぞれ調査区 1、調査区 2 とする）。調査項目は、筋工の種類と配置、木本およびススキの位置、およびそれらの高さ（樹高または草丈）である。



写真－1 簡易丸太筋工



写真－2 植生土のう筋工

3. 結果

木本の本数密度は、調査区 1（写真－3）で 18,333 本/ha、調査区 2（写真－4）で 28,667 本/ha であった。これらは山火事 1 年後（平成 15 年 10 月）に調査地付近で調査された木本の本数密度（7,971 本/ha）よりも多かった。



写真－3 調査区 1 の状況

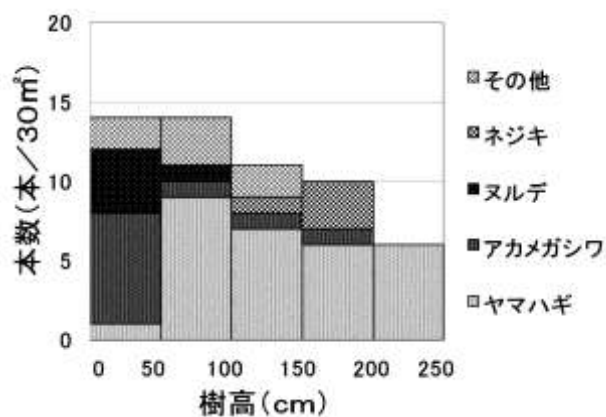


写真－4 調査区 2 の状況

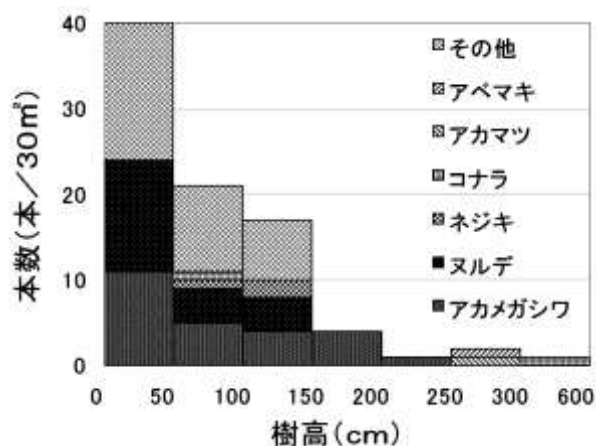
木本の樹高階分布を示す（図－1、図－2）。両調査区における主な出現種はヤマハギ、アカメガシワ、ヌルデ、ヒサカキ、ヤマウルシで、両調査区ともに低木種や先駆性の樹種が多かった。調査区1においては、0～50cmではアカメガシワが最も多く、それ以外の樹高階ではヤマハギが多かった（図－1）。調査区2において、樹高0～50cmではヌルデが最も多く、それより高い樹高階ではアカメガシワが優占する場合が多かった。250cm以上の樹高階にはアカマツ、アベマキ、コナラが各1本ずつ出現した。

筋工の配置と木本およびススキの分布を示す（図－3、図－4）。調査区1において、ヤマハギとススキは土のう筋工の周囲に分布しており、植生土のう由来の種子が起源であると考えられる。その他の木本種は丸太筋工や土のう筋工の施工箇所付近に多く分布していた（図－3）。また、調査区2においてヤマハギやススキは調査区1と比べてやや少なかったが、ヤマハギ以外の木本種は調査区全体に分布していた（図－4）。このことから、植生土のう由来の種子が定着したことに加え、筋工により表土流亡が抑止され、植生土のう由来以外の種子の定着が図られたことによって、植生回復が進んだものと推測される。

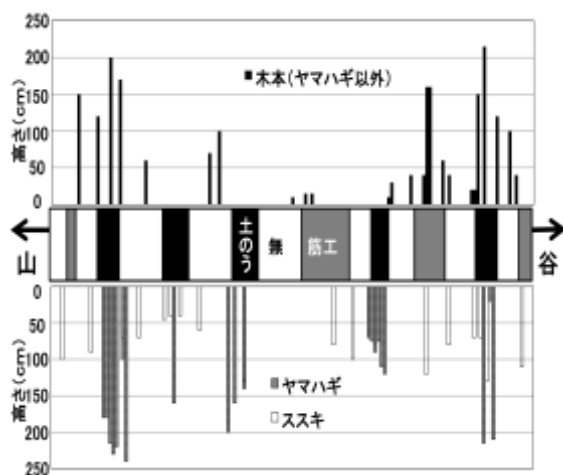
以上のことから、調査区では、山火事後数年間で先駆樹種を主体とした植生が回復傾向にあり、被害地の緑化と土砂流出防止という目的は達成されたと考えられる。しかし、アカメガシワなどの先駆性樹種以外の高木性樹種はほとんど定着していなかったことから、今後の植生遷移を継続調査する必要がある。



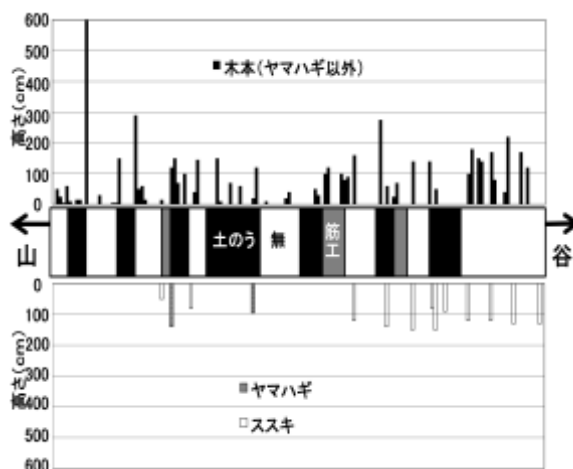
図－1 調査区1における木本の樹高階分布



図－2 調査区2における木本の樹高階分布



図－3 調査区1における木本とススキの分布



図－4 調査区2における木本とススキの分布

山梨県で近年施工された法面緑化施工地の状態 とそれに影響を与える要因

山梨県森林総合研究所 大津千晶

1. はじめに

山梨県の治山林道事業における緑化工指針には、現在課題が2点ある。

まず1点目は、地域ごとの環境の違いへの対応である。山梨県は複雑な地形を有し、気候条件も地域により変化に富んでいる。しかし従来の緑化工指針は地域ごとの環境の違いに対応してこなかったため、施工場所によっては表面侵食が発生することがあった。そのため、今後は地域ごとの環境特性に応じた緑化工指針に改める必要がある。

2点目は、生物多様性への配慮である。従来、県の治山林道事業では早期緑化を図るために外来緑化植物を中心に使用してきた。しかし外来植物の生態系への侵入が問題となる中で外来生物法が策定され、緑化工においても生物多様性への配慮が求められるようになった。そのため、地域性の在来種を主体とする植生に誘導するための指針作成が急務となっている。

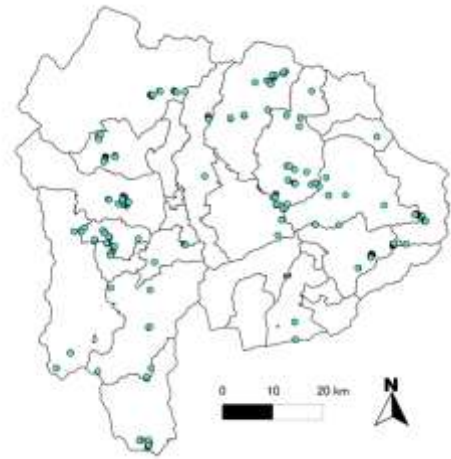
地域の環境特性に応じ、かつ生態系への影響に配慮した指針を作成するためには、緑化施工地の植生の状態を広域的に評価し、どのような環境、施工条件の法面にどのような植生が成立しているのかを明らかにする必要がある。以上の経緯から、山梨県では2010年に「治山林道施設緊急植生生育調査事業」が実施され、全県的に緑化施工地の植生に関するデータが初めて収集された。本稿では、これらのデータを分析した結果の概要について報告する。

2. 調査地の概要と調査・分析方法

2005～2009年に山梨県内で施工された林道・治山施設から、79の施設を選定し、これらに属する環境条件が均質な法面を1つの調査区として計322調査区で調査を実施した（図1）。

植生調査は、緑化施工事業者4業者への委託により実施した。現地において、法面に成立した植生と、法面の立地環境に関するデータを収集した。また、施設の設計書などから、植生に影響を及ぼすと考えられる施工条件についてデータ収集を行った。

収集したデータを用いて、一般化線形混合モデルにより、法面の植生の状態に影響を与える要因を推定した。法面の植生の状態は、具体的には法面における「表面侵食の有無」、「播種した植物種の植被率」、「周囲から侵入した植物種の植被率」の3項目について分析した。

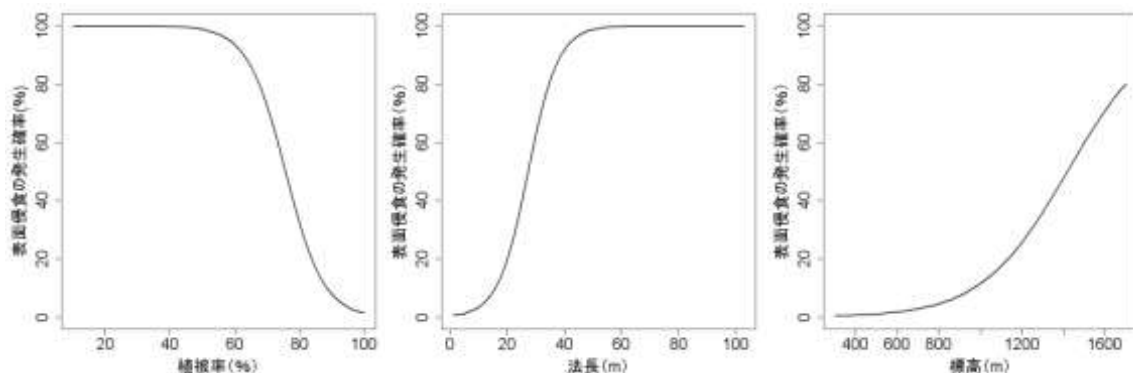


図－1 調査区位置図

3. 調査結果

調査区のうち、表面侵食の認められた法面は全調査区のおよそ40%に相当した。植被率は、全調査区の平均値が $89.7 \pm 16.1\%$ となり、高い値を示した。このうち、法面周囲から侵入した種がみられた法面は51箇所、この51箇所内での侵入した種の植被率の平均値は $11.9 \pm 12.5\%$ となっていた。

分析の結果、特に表面侵食の発生しやすい法面は、植被率が低く、法長が長く、獣害の程度が高いほか、標高が高い場所にある傾向にあった。さらに、表面侵食の発生確率は植被率が約 60%を下回った場合、また法長が 40m を超えた場合に急激に高くなることがわかった。標高は、約 1400m を超えると発生確率が 50%を超えることが示された（図－2）。



図－2 モデルから推定された、標準的な立地環境、施工条件の法面における表面侵食の発生確率と植被率、法長、標高の関係

播種した植物種の植被率が低い傾向にある法面には、標高が高い場所にある、斜面方位が南または西向き、地山土質がマサ土である、施工後年数が経過していない、総播種量が少ない、植生工が種子吹付工であるといった特徴があった。

生物多様性に配慮した緑化を推進するにあたり、法面の周囲に生育する在来植物が侵入、定着しやすくなるように、法面の環境を整備することが重要である。そこで、特に周囲から侵入した種の植被率が低い傾向にある法面の特徴をまとめると、播種した種の植被率が高い、獣害が中程度から高程度でみられる、要注意外来生物にリストアップされているトールフェスク、イタチハギの播種量割合が多い、施工後年数が短いといった特徴があった。その他の環境条件では、標高が高い、尾根地形の場所に位置する、斜面方位が南または北向き、土質がマサ土以外である、周囲がモミ・ツガ林、カラマツ林に囲まれているといった特徴があった。

4. 今後の課題

斜面の安定化の点について、植被率の高い施工地で表面侵食が起こりにくい傾向にあった一方で、標高や法長などの物理的要因も表面侵食の発生に大きな影響を与えていることが明らかになった。これらの物理的要因に対処するためには、植生工だけではなく、緑化基礎工や、植生工の材料などに工夫が必要と思われる。さらに、獣害が法面の安定化に重大な影響を与えていたことから、今後はこれらの獣害対策についても検討していく必要があると考えられる。

生物多様性への配慮の点では、地域性種苗を使用することや森林表土利用工などが理想的な植生工であると言える。しかし、現状ではコストが高いことや、地域性種苗の生産体制の整備に多くの課題があることなどから、これらの工法を指針に盛り込むのは難しい状況にある。このような状況下で、本分析では、表面侵食の抑止に植被率が高いことで一定の効果があることが確認できた。一方で、播種した種の植被率が高いと、法面周囲に生育する種の侵入、定着が阻害されることが明らかになった。さらに、トールフェスク、イタチハギの播種量が増大すると、周囲から種が侵入しにくくなる傾向にあった。

以上のことから、国立公園などを除く地域では、当面は周囲の生態系への逸出リスクの比較的低い外来種を適切な量だけ播種して植被率を保ちつつ、周辺の在来種の定着・侵入によりゆるやかに遷移を進行させていくことが対応策のひとつと言える。

治山堰堤の建設に伴う土砂動態の変化が 溪畔林の成立に与える影響について

村上 亘（森林総合研究所）

治山堰堤の建設により、その周辺の地形（溪畔域）への出水、及びそれに伴う土砂移動（土砂動態）の定量的な変化について報告する。特に堰堤建設後の後背地の地形変化について、成立する樹木（溪畔林）との関係とあわせてこれまでの知見を報告し、災害対策を考える場合の考慮点について述べる。

調査を進めるにあたり、溪畔域における地形区分の基準を、溪畔林を構成する樹種の定着・更新と対応させて解析可能なように、従来「谷底面」と一括されてきた地形区分を細分化し、1) 低位谷底面：ほぼ毎年、流水や土砂移動の影響を受ける、2) 中位谷底面：100年スケールで1～数度、土砂や流水の影響を受ける、3) 高位谷底面：100年スケールで離水している、と区分した（島田ほか、2004）。そして、堰堤の建設により区分された地形面に対して出水による地形変化（攪乱）がどのように影響し、どのように変化したのかを明らかにするとともに、そこに成立する溪畔林への影響について調査した。

これまでに岩手県内で主に行ってきた調査から、堰堤の下流側では相対的に攪乱頻度が低い高位谷底面の割合が高く、一方で後背地では攪乱頻度が相対的に高い中位谷底面の形成範囲の拡大が認められた（図1）。また、堰堤の後背地では満砂（動的に平衡）状態になると、洪水（攪乱）の発生後も後背地に形成される地形面の形成割合はほとんど変化することがなく、中位谷底面が広く形成されることがあきらかとなった。高位谷底面の形成割合が高くなる堰堤の下流側では、ケヤキやトチノキなど長命な樹種が生育する林相への樹木の遷移の進行が予想された。一方で堰堤の後背地に形成される中位谷底面には、ヤナギ類やハンノキ類、あるいはサワグルミなど比較的成長が早い（寿命が短い）樹種が優占して侵入・成立する場となっていた。また、中位谷底面に優占する樹種は、母樹の有無や堆積物の粒径組成の違いなどにより、場所ごとに異なっていることも明らかとなった（図2）。

災害対策を考える際、堰堤後背地に侵入・成立する樹木の取り扱い方が重要になると思われる。今回報告するように、堰堤の後背地には100年スケールで1～数度洪水などによる攪乱の影響を受ける中位谷底面が広く形成され、そこはヤナギ類やハンノキ類、サワグルミといった比較的成長が早い短命な樹種が成立する場となる。これらは洪水時に流出すれば、流木となって下流に被害を与えることになる。一方で、流出しない場合は洪水時に土砂を補足したり、流速を減じたりする（酒谷ほか、1980）ことにより、下流への土砂流出による被害を減ずる効果も期待される。また、溪畔林には水質保全や水温調整の機能も評価されている（崎尾・鈴木、1997）。このように、洪水などによる下流への流木の流出被害を防ぐことを第一とすれば堰堤後背地に侵入・成立する樹木の伐採・撤去が必要であり、一方で、溪畔林の景観や機能保全、土砂流出の抑制機能を評価する場合は、溪畔林の保全・管理を行う必要がある。どの適度の規模及び頻度の洪水等の災害を想定するかによって、侵入・成立する樹木の取り扱い方を考えておくことが重要であると考えられる。

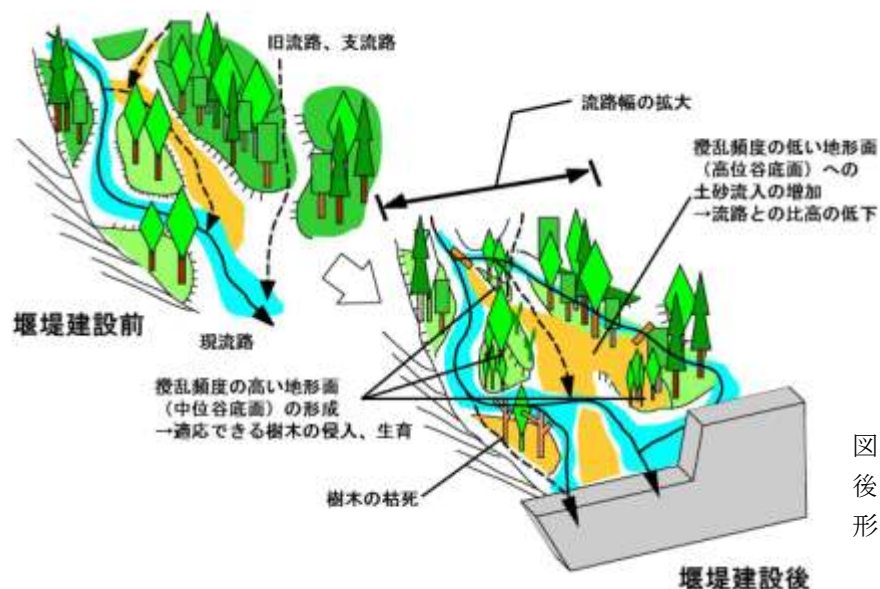


図 1 堰堤建設に伴う
後背地（上流側）の地
形変化の概念図



図 2 各区分地形面
に優占する樹種構成
島田ほか（2004）よ
り引用、一部修正

引用文献

酒谷幸彦・小野寺弘道・柳井清治（1980）クワウンナイ沢における流路変動と河畔林の構造(Ⅰ)
—流路変動と流木の影響—．日本林学会北海道支部講演集 29：188-190.

崎尾均・鈴木和次郎（1997）水辺の森林植生（溪畔林・河畔林）の現状・構造・機能及び砂防
工事による影響．砂防学会誌 49-6：40-48.

島田和則・村上亘・野宮治人・坂本知己（2004）溪畔域における地形と植生の関係解析のため
の極微地形区分．日本林学会関東支部大会発表論文集 56：197-200.

太谷川流域豪雨災害関連データ集の作成

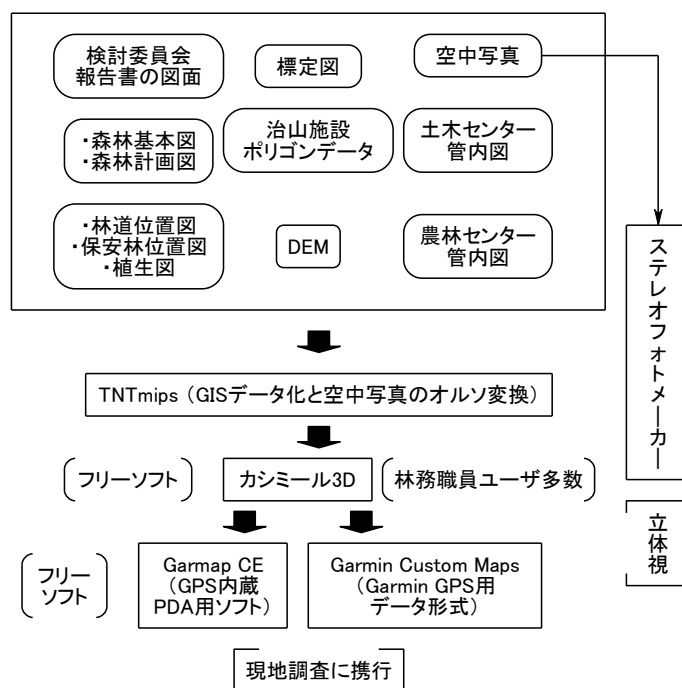
富山県森林研究所 小林裕之

1. はじめに

2008年7月28日に富山県南西部（旧福光町）の太谷川流域で豪雨災害が発生した。この災害は、時間雨量132mm、日雨量272mmという記録的な降雨により、溪岸沿いの侵食・小崩壊、土石流や倒木・流木等が発生したというものであった。これを契機として、「災害に強い山づくり検討委員会（委員長：東京農工大石川芳治先生）」が設置され、適切な場所に溪畔林を整備すれば土石や流木の下流への流出が防止できることが示され、溪畔林整備のための調査が開始された。本報告では、この溪畔林整備調査の一環として実施した、災害関連データ集の作成について述べる。

2. データ集の作成方法

データ集の作成に使用した情報源、ソフトウェアと処理手順について図－1に示す。検討委員会報告書からは、太谷川水系図、災害地形判読図、写真位置図をスキャナで読み取り、業務用GISソフトウェアのTNTmipsで取り込んで位置情報を与え、フリーソフトウェアのカシミール3D用に変換した。標定図、土木、農林センター管内図や植生図についても同様の処理を行った。森林基本図、計画図、DEM、治山施設、保安林については、小林（2011a）に示す方法でデータ処理を行った。空中写真については、太谷川流域を撮影した全ての空中写真を密着焼印画紙で入手し、スキャンした後、フリーソフトのステレオフォトメーカーで立体視用アナグリフ画像に変換するとともに、小林



図－1 情報源、ソフトウェアと処理手順

（2004）の方法で簡易デジタルオルソフォトに変換した。使用した空中写真を表－1に示す。

表－1 使用した空中写真

撮影年	撮影機関	備考	撮影年	撮影機関	備考	撮影年	撮影機関	備考
1947	米軍	白黒	1977	国土地理院	カラー	1997	国土地理院	白黒
1963	国土地理院	白黒	1982	国土地理院	白黒	2000	富山県	カラー
1966	国土地理院	白黒	1983	国土地理院	白黒	2001	国土地理院	白黒
1968	国土地理院	白黒	1987	国土地理院	白黒	2003	国土地理院	白黒
1975	国土地理院	カラー	1992	国土地理院	白黒	2004	国土地理院	カラー
1977	国土地理院	白黒	1996	国土地理院	白黒	2008	富山県	カラー、被災後

オルソ変換後の空中写真画像は WGS84 測地系の経緯度座標系にリサンプリングを行った後、ビットマップ形式でエクスポートし、カシミール 3D で取り込んだ。災害直前と直後のオルソ写真画像を図-2, 3 に、また、作成したデータ集の一部を図-4 にそれぞれ示す。



図-2 被災前（2004 年）のオルソ画像



図-3 被災後（2008 年）のオルソ画像

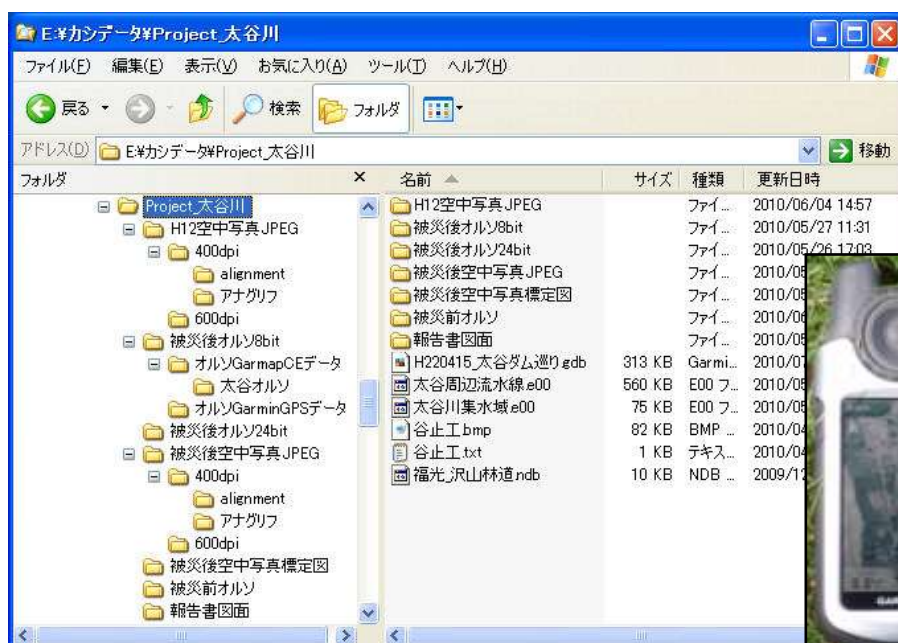


図-4 作成したデータ集の一部



図-5 カスタムマップの表示例

3. データ集の利用

作成したデータ集は県庁、出先事務所へ DVD-R で配布し、情報の共有化を図った。また、森林研究所の現地調査では、例えば、Garmin のハンディ GPS にカスタムマップ（小林，2011b）として災害地形判読図や災害前後のオルソ写真画像を表示し（図-5 参照），現在地の確認や試験区設定の参考に使うなど，有効活用ができた。

引用文献

- 小林裕之（2004）単写真と市販 DEM を用いた簡易デジタルオルソフォトの効率的な作成方法の検討．日林誌 86：283-286
- 小林裕之（2011a）効率的な森林管理のためのカシミール 3 D 用データ集の作成．富山森林研研報（3）：14-22
- 小林裕之（2011b）地図画像を GPS に表示ーカスタムマップの使い方ー．（続林業 GPS 徹底活用術 応用編．全国林業改良普及協会編，全国林業改良普及協会）．72-77

平成 18 年長野県岡谷市で発生した豪雨災害の発生機構について

―地質構造的考察と他の地域での類似災害発生の可能性―

長野県林業総合センター 戸田堅一郎

1 はじめに

山地災害の発生を防止するためには、治山施設を含めた森林施業を適切な場所で行う必要があるが、災害が発生しやすい場所を予測する技術は確立されていない。本研究では、平成 18 年 7 月に岡谷市で発生した災害（以下、H18 岡谷災害）についての災害発生機構を解析し、他の地域で類似の災害が発生する可能性について検討したので報告する。

2 調査方法

2.1 H18 岡谷災害の発生機構

対象地は、岡谷市の諏訪湖南西部に位置する小田井沢川周辺とした。災害発生時の累積雨量（3 日間）は 363mm に達し、この地域では特異な長雨型の豪雨であった。発生した土石流の流動性は高かった。小田井沢川では、土石流で流下した土砂量に対して集水面積がきわめて小さく、水収支に不整合があったと指摘されている（1）。また、崩壊発生位置は谷頭部に集中し、特定の標高に偏る傾向があった。土石流の発生源となった崩壊発生位置と地質との関係を明らかにするために、文献調査と現地踏査による詳細な地質図の作成を行った。作成した地質図に崩壊地の分布を重ね、崩壊発生機構に関する地質構造の影響を検討した。

2.2 他の地域での類似災害発生の可能性

既往の地質図、年平均降水量分布図、火山灰分布図を用いて、GIS により H18 岡谷災害の発生条件と同じ特性を持つ場所を抽出し、抽出結果と近年の災害発生状況を照合した。

3 結果と考察

3.1 H18 岡谷災害の発生機構

対象地の基盤岩は主に塩嶺累層と呼ばれる安山岩質凝灰角礫岩からなる。塩嶺累層は下位から順に A、B、C、D の 4 ユニットに大別でき、さらに 23 区分に分類される（2）。対象地域の地質は主に B4 層と B9 層に属し、共に亀裂が多い性質を持つ。層間には風化層があるとされており、風化層では粒子が細くなるため、透水性が低いと推測できる。地質境界面は、対象地では南東方向に傾斜する。表層土は火山灰質土を主体としており、流動性の高い土石流の材料となった。

踏査により作成した地質図と平成 18 年岡谷災害の崩壊地を重ねたところ、崩壊地は B4 層と B9 層の地質境界線付近に多く分布していた。B4 層と B9 層の地質境界線は北西側に比べ南東側の標高が 20～30m 程度低く、崩壊地は南東側に多く分布していた。これらのことから H18 岡谷災害の崩壊発生機構を以下のように推測し、図-1 に模式図を示した。対象地は寡雨地帯であったため、土石流の材料となった火山灰質の表層土が斜面に多く残積していた。B9 層は比較的透水性が高く、その下位に難透水層があったため、多量の降雨が B9 層内に浸透した。B9 層内に浸透した水は南東側に傾斜する地質境界面に沿って移動して、B4 層と B9 層の地質境界線付近から地表に噴出し、火山灰質の表層土が崩壊して流下した。この崩壊発生機構によれば、H18 岡谷災害における水収支の不整合は基盤岩からの水供給で説明でき、崩壊位置の定高性は、基盤岩の積層構造により水の噴出位置が水平に並んだと説明できる。対象地においては、基盤岩の地質構造が崩壊発生機構に影響していたことが示唆された。

3.2 他の地域での災害発生の可能性

H18 岡谷災害と同様の災害が発生する可能性のある地域として、以下の3条件で抽出を行った。

1) 透水性の異なる地層が積層している可能性の高い地質として安山岩質凝灰角礫岩の地域を抽出したところ、松本管内、諏訪管内の旧塩嶺火山周辺のほか、北安曇管内、長野管内、北信管内、佐久管内、上小管内に点在していた。2) 火山灰質の表層土を持つ地域として火山灰の堆積厚の累積が20cm以上の地域を抽出したところ、御嶽山、浅間山、立山、八ヶ岳等の東側山麓に多く分布していた。3) 寡雨地域では堆積した火山灰が斜面に残っている可能性が高いため年平均降水量が1400mm未満の地域を抽出したところ、県北部、中部、東部に分布していた。1)～3)の抽出条件全てに該当する地域は、諏訪湖周辺のほかに、上小管内、佐久管内、長野管内の一部の地域が該当した(図-3)。これらの地域は、共通して過去の被災履歴が少なかった。しかし、平成22年には、長野市信更地区で豪雨災害が発生し、平成24年には茅野市柏原地区で災害が発生しており、集水面積の小さい崩壊発生や、泥流状の崩壊土砂など、H18 岡谷災害と類似した特徴がみられた。

引用文献

(1) 平松晋也・水野秀明・池田暁彦・加藤誠章(2006) 2006年7月豪雨による土砂災害—長野県岡谷市で発生した土石流災害— 砂防学会誌 59(3): 51-56

(2) 窪田安打(1999) 長野県諏訪湖南西方における塩嶺累層の火山層序と地質構造—島弧会合部における後期鮮新世～前期更新世の火山活動史— 地質学雑誌 105(1): 25-44

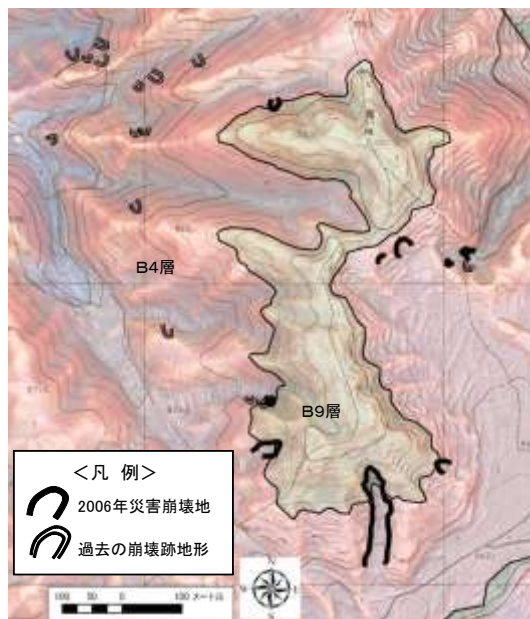


図-1. 地質図と崩壊発生位

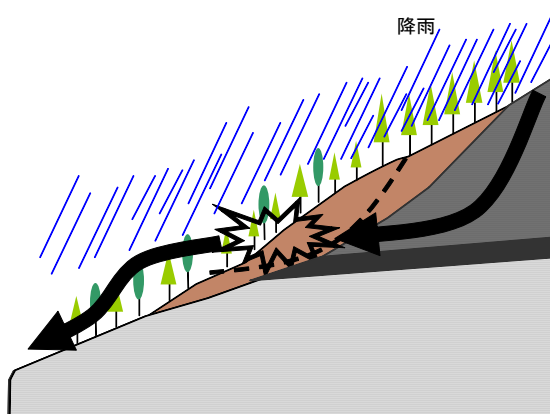


図-2. 災害発生機構(模式図)

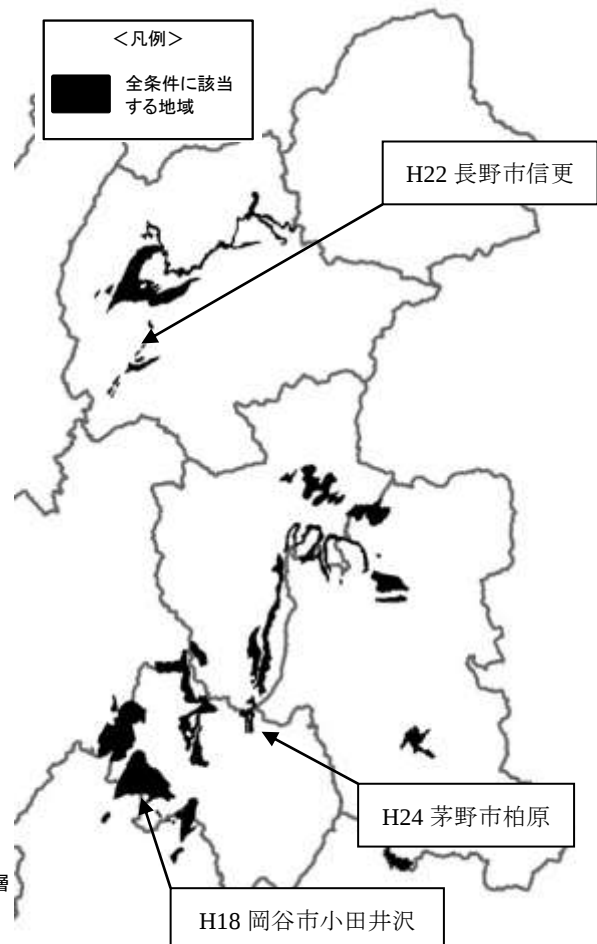


図-3. H18 岡谷災害被災地と同条件での抽出結果

航空レーザ測量データを用いた微地形図の開発

長野県林業総合センター 戸田堅一郎

1 はじめに

災害に強い森林づくりを進めるには、適切な森林管理を行ったうえで、必要に応じて治山施設等を設置することが効果的である。しかし、全ての森林において災害に強い森林づくりを進めることは膨大な費用を要するため現実的には難しい。そこで、山地崩壊等の土砂災害が発生しやすい危険な森林を抽出して、その場所で集中的に治山事業を実施することにより、災害に強い森林を造成することが望ましい。しかし、広大な森林の中から土砂災害が発生する危険地を予測するのは困難な作業である。

従来、危険地を予測する方法は、地形図や航空写真などを用いて地形判読する手法が主にとられてきたが、この方法では地形判読者に経験と高度な技術が要求される。また、既存の地形図は等高線により地形情報を表しているため、等高線間に存在する微小な地形を表現することはできないし、航空写真では樹木が地表面を覆っているために、詳細な地形は判読できないことが多かった。

一方、近年の航空レーザ測量技術の発達により、上空から樹木下の地表の形状を高精度に測量することが可能になった。そこで、航空レーザ測量により得られた1 mメッシュの高精度の数値地形データ（以下 DEM: Digital Elevation Model）を加工し、微小な地形を表現する新たな地図表現方法（以下、微地形図）の開発を試みた。

2 方法

微地形図の開発に当たって、以下の3点に留意した。

- ・ 地形判読が容易であること。危険地予測のための微地形図の開発であるため、地形判読しやすいという点が最も重要であると考え、地形の凹凸が強調される表現方法とした。また、DEM を用いた既存の地形表現方法として陰影起伏図や鳥瞰図等があるが、これらの図法では光源や視点の位置を変えることにより、見え方が変わってしまうという欠点がある。開発する微地形図では、光源や視点の位置に影響されない図法とした。
- ・ 立体的に見えること。地形を把握するためには、立体的に見えるということが重要な要素である。3D モニターなどの特殊な装置を使用せず、紙に印刷した状態で立体的に見えることを心掛けた。
- ・ 誰でも容易に作成できること。開発した手法が広く活用されるように、汎用の GIS ソフトを使用することとした。

航空レーザ測量により得られた1 mメッシュの DEM を使用し、標高レイヤ、傾斜レイヤ、曲率レイヤを作成し、各レイヤを異なる色で彩色して透過処理することにより微地形図を作製した。作成には、(米) ESRI 社製 ArcView9.3 及び Spatial Analyst を使用した。微地形図の作製方法の詳細については、長野県林業総合センターのホームページ(<http://www.pref.nagano.lg.jp/xrinmu/ringyosen/index.htm>) に掲載しているので参考にさせていただきたい。

3 結果と考察

同じ範囲の森林基本図（図－1）と作製した微地形図（図－2）を示した。微地形図では尾根は赤く、谷は青く表示され、緩傾斜地は明るく、急傾斜地は暗く表現されるため、直感的に地形を判読することができた。

微地形図により地形判読を行った結果を図－3に示した。図中の左上から右下に向けて溪流が流れており、その右岸側には幅約 300m、法長約 500mの大規模な深層崩壊の跡がある。崩壊した土砂により河道は埋塞されて平坦地形をなし、その下流端は溪床の洗掘が進んでいることから、崩壊後かなり

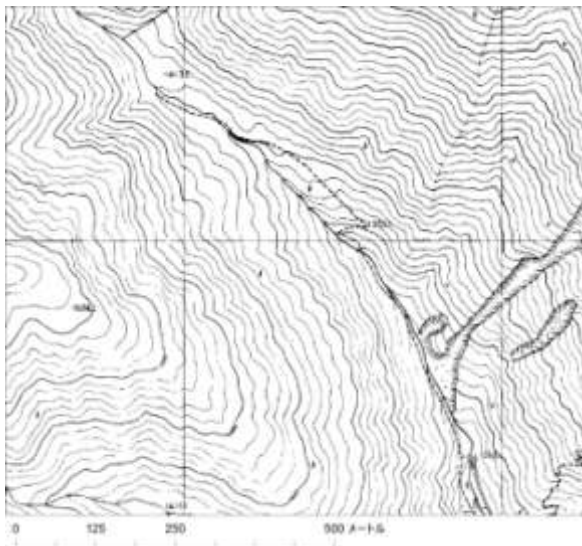
の年月が経っていると推測できる。深層崩壊跡の上部から尾根伝いに線状凹地があり、崩壊はしなかったものの谷方向への小規模な移動があったことが推測できる。ほかにも、表面侵食や湧水等の地形が判読できる。このように、微地形図を使用すると、危険地予測に必要な地形情報を容易に判読することができた。

4 おわりに

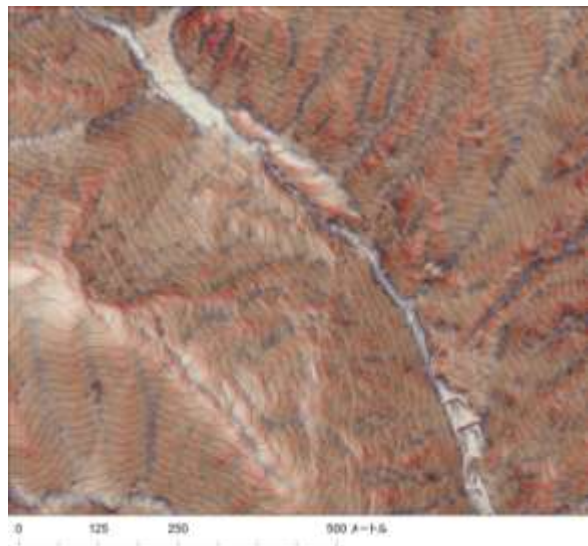
開発した微地形図を用いると、従来の地形図や航空写真からは判読が難しかった様々な地形の判読を容易に行うことが可能になった。表層崩壊は、同じ斜面で周期的に繰り返し発生する（1）ことが知られている。また、深層崩壊では、線状凹地等の前兆が現れる（2）と言われている。開発した微地形図を用いると過去に表層崩壊が発生した痕跡や、線状凹地等を効率的に発見することが可能になり、今後の崩壊危険地予測への活用が期待できる。

引用文献

- （1）下川悦郎(1991) 土層の生成と崩壊の周期性 森林計画誌 16 ' 91 153-157
- （2）千木良雅弘 (1998) 大規模な岩盤クリープと崩壊 地質学論集 50 241-250



図－1 森林基本図（岡谷市横川山）



図－2 微地形図（岡谷市横川山）
(DEM データ提供：国土交通省中部地方整備局)



図－3 微地形図による判読結果

足尾地区における緑化の取り組み

栃木県林業センター 長嶋恵里子

1. はじめに

足尾地区は、関東平野の北西、栃木県の最西端に位置し、利根川の一大支流渡良瀬川の上流水源地域にある。かつては足尾銅山を中心に栄え、明治 20 年代には日本一の銅生産量を誇っていた。しかし、薪炭材や坑木用材確保のための森林の乱伐や、明治 20 年の山火事、さらには銅精錬に伴う煙害の影響により、広大な煙害裸地（はげ山）が出現した。煙害を受けた地域の全面積は 15,000ha に達し、南は渡良瀬川に沿って群馬県みどり市の一部、北は尾根を越えて日光中禅寺湖畔の阿世湯付近にまで及ぶ（図 1）。

そこで、足尾地域における治山事業の歩みと緑化の基本方針について報告する。

2. 足尾地区の概要

足尾地区は、周辺を皇海山や大平山等の高い山々に囲まれ、その中央に足尾銅山の採掘地である備前楯山がそびえている。水系は、松木川、久蔵川、仁田元川が足尾ダム上流で合流し、さらに流下し、神子内川と合流する。地質は、主に秩父古生層の砂岩・粘板岩・チャート及び火山砕屑物の流紋岩・安山岩類から構成されている。気候は冷涼な内陸性気候で、冬の積雪量は少ないが、寒風が強く、激しく凍上する。

田元から足尾ダム上流域にかけて最も被害が大きく、この面積は約 2,500ha におよぶ（図 2）。この地域の特徴は、亜硫酸ガスの影響により土壌は酸性に傾き、裸地化した森林は自然復旧が進まずに激しい自然環境にさらされるため、表土が流亡、基岩が露出している。表土が残っている部分も、一般的な森林土壌に比べて理学的に乏しく、保肥力、保水力に乏しい状態である。

3. 治山事業の歩み

足尾特殊荒廃地における治山対策は、明治 29 年に河川法、明治 30 年に森林法及び砂防法が制定され、農商務省から鉱毒防止工事命令が出されたことを契機として開始された。そして、昭和 32 年に行われた当時の建設省・前橋営林局・栃木県三者協議により、建設省は本流河川の砂防工事、営林局は国有林の治山事業、そして県は民有林の治山事業を分担して行うこととなり、現在まで、約 50 年にわたり、本格的な緑化工事を実施してきた。

県では、これまで、人家・道路等に近接した「田元・赤倉地区」における集落保全対策、足尾ダム上流域の「松木・久蔵沢・仁田元沢地区」における水源地対策を実施し、平成 23 年度末の段階では、民有林荒廃面積のうち、自然復旧地及び施工困難地を除いた面積の約 8 割の緑化が完了している。

4. 施工の基本方針

以下の施工方針に基づき、治山事業を推進している。

- ① 谷止工・土留工・柵工等による基礎工事を実施し土砂の移動を抑える。併せて土壌改良材等を配合した植栽土の上に植生袋を並べた筋工や、土のうの筋工により緑化工事を行い、基岩露出部においては厚層基材吹付工を施工する。表土が少なく、条件の厳しい箇所が多いため、客土効果に重きをおいた緑化工を施工している。
- ② 特殊荒廃地は、遠隔地や急峻地等が広い範囲に広がるため、人力施工が困難な地域では航空実播工を実施する。

- ③ 植栽木の成長に伴い、植栽した先駆種の保育作業を行い、土壌形成力や森林の公益的機能を高める。治山事業により、ニセアカシアの一斉林になっている区域もあるため、改良（改植）作業を行い、健全な複層林の造成を行う。
- ④ 近年足尾地区ではシカの食害が著しいため、緑化工施工後、周囲に鹿食害防護工を施工するほか、耐食害性の樹種を植栽する等、獣害対策を行う。

5. まとめ

煙害激害区である久蔵川の昭和 59 年と現在の状況を写真 1、写真 2 に示した。緑の戻りつつある足尾地区は、森林の役割と、これまで行ってきた治山事業の重要性について、県民等の理解を深めるための環境教育の場にもなっている。また、近年ボランティア活動による植栽も盛んに行われており、現在では当植樹活動と協調しながら、治山工事を展開している。

今後は、足尾地区における森林の復旧が、県民等が森林の保全について考えるきっかけとなるよう、普及啓発に努めていきたい。



図 1. 足尾地区 煙害区域図



図 2. 足尾地区 煙害激害区 周辺図



写真 1 久蔵川右岸（昭和 59 年）



写真 2 久蔵川右岸（現在）

防災林整備研究会活動の概要

森林総合研究所 大谷義一

1. 活動の概要

防災林整備研究会は、関東中部林業試験研究機関連絡協議会」に属する研究会の一つで、平成 20 年度から平成 24 年度まで 5 年間の活動を通じて、森林の多面的機能の中でも住民の安全に直接関わる洪水・土砂災害の防止や海岸の防風・飛砂防止などの防災機能、これらに悪影響を及ぼす森林災害や防災機能を効率よく発揮するための森林整備など、防災林等に関する広い視点からの情報交換による研究推進と課題解決への取り組みを行ってきた。研究会と現地検討会を年 1 回開催し、最新情報の交換、問題の共有や対応に関する意見交換を行った。研究会、および、現地検討会開催の概要を表 1 に示す。防災林整備研究会参加機関の持ち回りで決定した開催機関で研究会会長と事務局を担当し、担当年度の研究会と現地検討会を開催した。

2. 研究会の発表・検討事項

防災林整備研究会では、毎年、テーマを決めて研究会を開催し研究発表等を通じた情報交換を行ってきた。研究発表の主なテーマは、海岸林と都市近郊の森林の機能（H20）、林野火災の影響と対策、および災害に強い森づくり（H21）、土石流、流木災害と溪畔林整備（H22）、県民税を活用した森林整備、災害発生危険箇所の予測、および海岸防災林の津波被害（H23）、防災林整備等に関する事例報告（H24）で、表 2 に発表の一覧を示す。

また、研究発表以外では、防災林整備におけるシカ食害やニセアカシア等侵入の問題と対応、林道のり面緑化施工地の現状と課題、森林環境税に関連して森林整備の効果と間伐効果の評価、温暖化等に関連した森林整備手法など、広く防災林整備全般に関する情報交換を行った。

3. 研究会の運営

防災林整備研究会では、複数名の幹事を選出して会の運営全般に関わる事項の検討を行うとともに、平成 20 年度の研究会開催後からメーリングリストと会員向けホームページを運用し運営の円滑化に努めた（表 3）。会の運営に関わる主な検討事項は、研究会の活動方針と具体化に関する検討（H20）、共通のテーマに関する検討（H21）、研究会の運営方針の確認（H22）、最終年度の取り纏めと次期研究会の方向に関する予備的検討（H23）、および、その具現化に向けた検討（H24）などである。

表 1 防災林整備研究会の研究会・現地検討会開催の概要

平成 20 年度

開催期日：平成 20 年 9 月 17 日(水)～18 日(木)

研究会：森林総合研究所第 2 会議室（茨城県つくば市）、

現地検討会：「森林水文、窒素循環、森林風害などの観測研究」森林総合研究所筑波共同試験地（茨城県石岡市）

開催機関：（独）森林総合研究所

研究会会長：（独）森林総合研究所気象環境研究領域長 大谷義一

事務局担当者：同上

平成 21 年度

開催期日：平成 21 年 7 月 6 日(月)～7 月 7 日(火)

研究会：かじか荘研修室（栃木県日光市足尾町）

現地検討会：「特殊荒廃地（足尾）の復旧」久蔵沢、松木沢、深沢（栃木県日光市足尾町）

開催機関：栃木県林業センター

研究会会長：栃木県林業センター場長 川口静夫

事務局担当者：栃木県林業センター研究部主任 墨谷祐子

平成 22 年度

開催期日：平成 22 年 7 月 12 日(月)～7 月 13 日(火)

研究会：越中庄川荘会議室（富山県砺波市庄川町）

現地検討会：「豪雨災害による流木被害、および流木対策に配慮した災害復旧」太谷川流域
(富山県南砺市)

開催機関：富山県農林水産総合技術センター

研究会会長：富山県農林水産総合技術センター森林研究所所長 伊藤 徹

事務局担当者：富山県農林水産総合技術センター森林研究所森林環境課長 相浦英春

平成 23 年度

開催期日：平成 23 年 6 月 2 日(木)～6 月 3 日(金)

研究会：かんぼの宿石和、会議室（山梨県笛吹市）

現地検討会：「高標高試験流域における水文・水質観測研究」水文・水質試験地
(山梨県北杜市)

開催機関：山梨県森林総合研究所

研究会会長：山梨県森林総合研究所所長 佐野克己

事務局担当者：山梨県森林総合研究所 長池卓男

平成 24 年度

開催期日：平成 24 年 9 月 4 日(火)～9 月 5 日(水)

研究会：高山シティホテルフォーシーズン会議室（岐阜県高山市）

現地検討会：「健全で豊かな森林づくりプロジェクト」（高山市清見町夏厩）

開催機関：岐阜県森林研究所

研究会会長：岐阜県森林研究所所長 竹内和敏

事務局担当者：岐阜県森林研究所 渡邊仁志

表 2 研究会の発表一覧

平成 20 年度

1.防災林整備に関する課題等

1)海岸防災林の抱える問題と維持管理の考え方（坂本知己／森林総研）

2)都市近郊林の水質保全機能が危ない？・・・窒素飽和とは（吉永秀一郎／森林総研）

3)クロマツ海岸林と水稻の潮風害の関係（相浦英治／富山県）

4)菌根菌資材を活用した海岸防災林におけるクロマツ苗木の活着促進（渡井純／静岡県）

5)海岸防災林における広葉樹活用の可能性（渡井純／静岡県）

平成 21 年度

1.林野火災の影響と対策

- 1)日本で発生する山火事の現状と問題点（後藤義明／森林総研）
- 2)岐阜県で発生した山火事の跡地の緑化状況（田中伸治／岐阜県）
- 3)足尾地域の緑化の経緯と現在の課題（墨谷祐子／栃木県）
- 4)山梨県における林道のり面緑化施工地の現状と課題（小林慶子／山梨県）

2.災害に強い森づくり

- 1) 災害に強い山づくり検討委員会について（相浦英春／富山県）
 - 2) 「災害に強い森林づくり」について（戸田堅一郎／長野県）
-

平成 22 年度

1.土石流、流木災害と溪畔林整備に関する研究報告

- 1)土砂動態の変化が溪畔林の成立に与える影響について（村上亘／森林総研）
- 2)太谷川流域豪雨災害関連データ集の作成（小林裕之／富山県）
- 3)流木災害監視地域の指定（田中伸治／岐阜県）

2.その他の研究報告

- 1)作業路開設指針図の作成（田中伸治／岐阜県）
 - 2)海岸クロマツ林への広葉樹導入試験地の造成（津田裕司／茨城県）
-

平成 23 年度

1.森づくり全般に関わること

- 1)県民税を活用した森林整備の推進について（長嶋恵里子／栃木県）
- 2)H18 岡谷災害と類似災害の発生危険箇所の予測（戸田堅一郎／長野県）
- 3)海岸防災林における津波の被害（小森谷あかね／千葉県）

2.その他

- 1)温暖化等に関連した森林整備手法など（綿野好則／静岡県）
 - 2)治山事業施工地における森林理水機能調査（相浦英春／富山県）
 - 3)3 月 12 日に長野県栄村で発生した直下型地震について（戸田堅一郎／長野県）
 - 4)森づくり全般にかかわる情報交換について（長嶋恵里子／栃木県）
 - 5)ヒノキ人工林の表土流失を防ぐ取り組みの検討（田中伸治／岐阜県）
 - 6)各県の森林環境税およびそれに付随した試験研究への取り組み（長池卓男／山梨県）
-

平成 24 年度

1.防災林整備等に関する事例報告

- 1)九十九里沿岸における 2011 年の津波による樹木被害（小森谷あかね／千葉県）
 - 2)山梨県で過去 5 年間に施工された緑化施工地はどのような状態にあるか？
（大津千晶／山梨県）
 - 3)奥日光シカ被害地におけるシカ侵入防止柵内外の植生の変化（長嶋恵里子／栃木県）
 - 4)荒廃森林における列状の抜き伐りが森林土壌の物質移動に及ぼす影響－抜き伐り方向及び伐倒木処理と土砂移動の動態－（伊藤愛／静岡県）
 - 5)航空レーザ測量データを用いた崩壊危険箇所の判読方法（戸田堅一郎／長野県）
-

表3 研究会幹事とホームページ作成

幹事：

長野県林業総合センター 山内仁人（平成 20 年度）

長野県林業総合センター 戸田堅一郎（平成 21～24 年度）

岐阜県森林研究所 田中伸治（平成 21～23 年度）

ホームページ作成：

大谷義一・坪山良夫・村上 亘・早坂絵美（森林総合研究所）、墨谷祐子・大橋洋二（栃木県林業センター）、相浦英春・松浦崇遠・高橋由佳（富山県森林研究所）、長池卓男・飯島勇人・大津千晶・柴田 尚（山梨県森林総合研究所）、渡邊仁志・和多田友宏・臼田寿生（岐阜県森林研究所）

防災林整備研究会 参画機関

愛知県森林・林業技術センター
岐阜県森林研究所
埼玉県農林総合研究センター
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
(独)森林総合研究所
千葉県農林総合研究センター森林研究所
栃木県林業センター
富山県森林研究所
長野県林業総合センター
山梨県森林総合研究所

防災林の整備
－試験研究成果と事業的な取り組みの事例－

2013年2月

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
防災林整備研究会

【連絡先】 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会事務局
(独) 森林総合研究所 企画部 研究管理科
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1
電話 029-873-3211
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kanchu/>