

季刊 森林総研

Forestry & Forest Products
Research Institute
No.56 2022

特集

海岸林再生と災害への備え

巻頭対談 ● 海岸林再生の10年とこれからの治山

太田 猛彦 森林水文学 東京大学名誉教授 × 野口 宏典 森林防災研究領域



自然探訪
15

海の近くでみつけた変わった形の樹木たち



千葉県九十九里海岸
飛砂と潮風を受け続けて樹冠の形状が
変わったハマヒサカキ。

文と写真 ● 萩野 裕章 Hagino Hiroaki
東北支所

日本では、様々な樹木が生育しています。海の近くにも、自然に存在する樹木もあれば、人が潮風や飛砂(砂浜から飛んでくる砂)を抑える目的で植えた海岸の防災林、さらに景観を良くする目的で植栽した樹木などがあります。海岸の近くは植物にとって生育が容易ではありません。砂地であれば乾燥しやすく、強風が吹くと海からの塩分や飛砂の影響を直接受けます。

海 岸付近の樹木を紹介しましょう。代表的なものでは全国に分布するクロマツのほか、北・東日本に多いカシワ、本州の太平洋側や西日本に多いトベラ、マサキなどがあります。これらは普通の環境であれば他の樹木と比べて特に変わった形は見られません。しかし海岸付近で、直接海からの潮風を受けるような場所では大きく変わった形になります。

潮 風の影響を受けた樹木の形に共通することです。同じ木でも風上側に位置する葉は飛砂や塩分で傷つけられて枯れてしまい、残っていたとしてもその数はわずかです。しかし風下側になると徐々に枝葉の数を増やしていきます。風上側の枝葉が強風に対して楕円となり、風下側への影響を少しずつ小さくしているからだと考えられます。

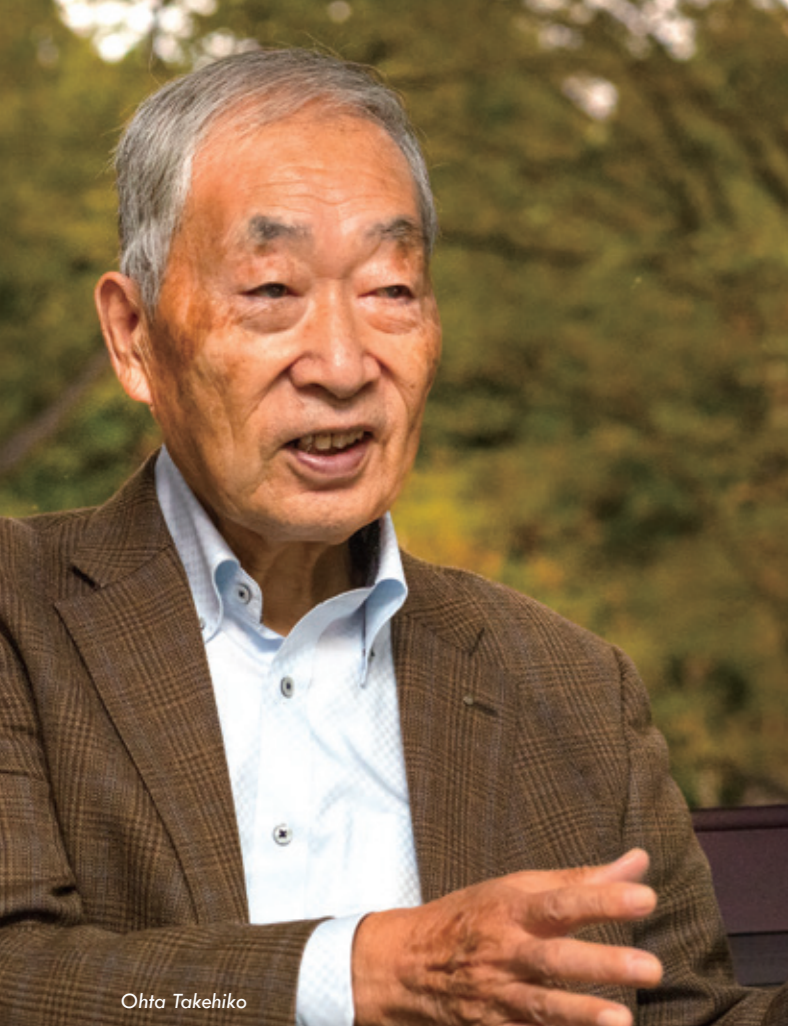
ど のくらいの潮風が吹くと樹木の形が変化するかについては、よくわかっていません。ただし飛砂や飛来する塩分の影響が大きいと樹木は枯れてしまうことが明らかなので、その対策として防風柵や防風ネットを設置することが推奨されています。塩分や飛砂など海岸特有の環境と樹木の生理現象・形態変化の関係は、今後ぜひとも明らかにしていきたい課題です。 ♣



神奈川県湘南海岸
防風ネット内陸側の広葉樹のようす。
防風ネットのおかげで健全に生育している。



千葉県九十九里海岸
強風で、斜めになった樹体を土塁の支えで育つトベラ。



Ohya Takehiko



Noguchi Hironori

巻頭◎対談

海岸林再生の10年とこれからの治山

太田 猛彦 森林水文学 東京大学名誉教授 × 野口 宏典 森林防災研究領域

森林水文学、治山・砂防学の研究・教育に長年携わってきた太田猛彦さんと太田さんの教え子で、海岸林について研究をつづける野口宏典 気象害・防災林研究室長に、海岸林再生の話を中心に森林の防災機能について幅広い視点からお話をいただきました。

野口◎ 大学時代は、大変お世話になりました。先生、変わらずお元気そうですね！

太田◎ 教え子との対談は、はじめての機会です。今日は楽しみにやってきました。

野口◎ さっそくですが、2011年3月11日の東日本大震災による海岸林の津波被害の話からお聞かせください。たしか震災直後の5月には太田先生を座長とした「海岸防災林の再生に関する検討会」が組織されたこと記憶しています。当時の状況と経緯についてお聞かせいただけますか？

太田◎ 日本の海岸林を構成している樹種は、クロマツが大半ですが、そのクロマツが東北の仙台平野などでは軒並み津波によってやられてしまったわけです。そうした中、なにしてる早急な対策が必要ということで、被災後すぐに林野庁の治山課で防災林の再生に関する検討会を立ち上げました。海岸防災林の再生は、スギやヒノキを造林するのとはちがって、養分のない場所に森をつくらなくてはなりません。それで、検討会にはおもに治山分野の人間が集められました。

被災地では、海岸林が消失してしまったり、根返りした木が陸地側に流れ出て家を壊したりしたこと、クロマツの海岸林は防災に弱いのではないかと懸念が出されました。しかし、実際に木が流失した痕を見ると、水が溜まっていたんです。つまり地下水が非常に高い。そのためマツが深く根を伸ばせていなかった。さらに、ひっくり返ったマツを見るとどれも根鉢（根全体の形）が扁平でした。それで、これは盛土（もりど）をすることで地下水面から

森林総合研究所にて
Photo by Godo Keiko

CONTENTS

Forestry & Forest Products Research Institute

No.56 2022



表紙写真

宮城県名取市のビルの屋上からみた海岸林(2021年10月23日)
撮影=野口 宏典

写真提供

- P.5 三保松原〈静岡県オープンデータカタログ CC BY 2.1JP〉
- P.6 愛知県春日井郡坂下町〈『よみがえる国土』日本治山治水協会〉
- P.8 復旧事業完成状況(宮城県亘理町)〈「仙台湾沿岸海岸防災林の再生 東日本大震災からの復旧事業のあゆみ」林野庁 東北森林管理局 仙台森林管理署〉
- P.9 虹の松原〈kokoroyuki / iStock〉
- P.9 千本松原〈mandegan / PIXTA〉
- P.10 天橋立〈bee32 / iStock〉
- P.12 漂流物の捕捉〈八戸市森林組合〉

特集担当◎

玉井 幸治

編集委員◎

- 片岡 厚 (編集委員長)
- 松本 麻子
- 中澤 昌彦
- 杉山 真樹
- 川上 和人

巻頭◎対談

海岸林再生の10年とこれからの治山

太田 猛彦 森林水文学/東京大学名誉教授
×
野口 宏典 森林防災研究領域

.....3

特集◎

海岸林再生と災害への備え

.....8

研究の森から◎

防災林として植栽された広葉樹やクロマツの根の発達14
太田 敬之 (森林植生研究領域)

「より良い復興」を目指し樹木の生育に適した造成土を探る16

小野 賢二 (立地環境研究領域)

森林講座瓦版◎

災害調査に使われる最新技術18
村上 亘 (森林防災研究領域)

インフォメーション◎19

自然探訪◎

海の近くでみつけた変わった形の樹木たち20
萩野 裕章 (東北支所)



<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kan/index.html>

▲既刊号は、上記サイトにてPDFでお読みいただけます。
QRコードまたは、アドレスにてアクセスください。

季刊「森林総研」2022(令和4)年3月11日発行



編集◎国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 広報誌編集委員会
発行◎国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 企画部広報普及科
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地 TEL.029-829-8373 FAX.029-873-0844
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ffpri.html>

企画制作・デザイン◎栗山淳編集室

印刷◎株式会社 横山印刷

◎本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



三保松原 写真提供:静岡県 CC BY 2.1JP



巻頭●対談

太田 猛彦 (おおた たけひこ)

1941年東京都生まれ。東京大学大学院農学系研究科修了。農学博士。東京農工大学助教授を経て東京大学教授、東京農業大学教授。砂防学会長、日本森林学会長、日本緑化工学会長を歴任。林政審議会委員、東京都森林審議会会長等を務め、現在FSCジャパン議長、みえ森林・林業アカデミー学長、かわさき市民アカデミー学長。専門は森林水文学、治山・砂防学。「森林飽和」(NHK出版)など著書多数。

「SDGsのもとで森林がますます注目されています。日本では森林の国土保全機能も重要です。森林総研の研究に期待しています。」

10年間で植栽基盤を作りあげて、植栽まで終わりました。戦後最大の治山事業だったといえるかもしれません。

植栽する地表面までの高さをしつかりとることが重要だろうという結論になったわけですね。もうひとつは、海岸林の林帯幅*です。東北地方には250メートルもの幅がある海岸林もありました。それだけの幅があると、最初に津波があたる海岸側の森林が破壊されても陸側は残っていたり、流れてきた船がその残った林で止められている事例もありました。250メートルの林帯幅があれば、うまく津波の力を吸収できるだろうと考えて、幅の基準を決めたわけです。

以上のふたつが、海岸防災林の再生に関する検討会でのひとつも基本的な方針でした。

野口●海岸林再生へ向けての震災後の動きはじつに迅速だと感じました。

太田●10年間で植栽基盤を作りあげて、植栽まで終わりました。戦後最大の治山事業だったといえるかもしれません。

野口●森林総研でも、震災直後から津波の海岸林への影響や、福島第一原発からの放射性物質の森林での動向など、さまざまな角度から調査を行ってきました。

太田●津波の減衰効果のシミュレーションなど森林総研の調査データは、検討会でもたびたび使わせてもらいましたよ。また、コンテナ苗の開発や本数調整伐*の検討なども貴重な研究です。それらの研究を受けて、これまで海岸林は1万本植えたらそのまま育てる方式でしたが、いまでは全国的にも本数調整伐を行うようになってきています。

野口●生育基盤盛土への植栽が増えたことで、盛土特有の硬さや排水性の悪さが問題に

なりました。そこでいま進めているプロジェクトでは、かなり多くの地点で土壌調査を行い、盛土で根がどのように成長するかを調べています。また、盛土に重機が乗って生育基盤を締め固めてしまうと根の成長を阻害するので、生育を妨げない有効な造成方法を検討するなどしています。

太田●盛土の土壌は、東北の海岸林の再生でいちばんの難題でしたね。何しろ緊急に山を崩して土を持ってきていくわけですから、山砂、山砂利、山土砂が混ざっている。必ずしも適切な土を準備できたわけではないから、土の粘土分で盛土が縮まってしまう、苗の生育に悪影響がでてしまった。海岸林再生でいちばん問題になったのは、地下水位と根の関係、盛土の硬さ、そして排水不良でしょう。

野口●排水性の悪さは、いまだに課題です。

太田●試験研究も含めてこれからも対応していく必要があるでしょうね。

野口●排水性が悪くて、樹木の成長がある程度抑制された場合に、どのように防災林としての機能を持たせて、管理をしていくかは、今後検討すべき課題かなと思っています。震災から10年たつて、だいぶ課題も絞られてきていますが、先生がほかに気にされておられることはありますか？

太田●震災直後の検討会での結論には、その後大きな修正はなかったと思いますので、その点では検討会の役割は果たせたと思います。ただ、いまいちばん気になっているのは松くい虫*ですね。マツノザイセンチュウが明治時代に入ってきて日本中に広まり、流行を

野口●調査で地方のさまざまな海岸林に行く機会があるのですが、地域地域それぞれに海岸林は地元の人たちに愛されているなあと感じる人が多いです。高田の松原もそうですし、地域に馴染んで地元の人に愛され、生活の一部になっている。そうした文化が昔からあったのだらうと思います。新たに造成した海岸林も被災の歴史を超えて、うまく地域に根ざした新しい海岸林文化として育っていったらいいなと思っています。

たとえば秋田ではボランティア団体が、松くい虫の被害にあった木で炭焼きをするなどの活動をしています。そうした海岸林を見守ってくれる団体が各地に生まれています。

太田●松くい虫の被害があまりに大きいときは、広葉樹に変えようという案もあると思いますが、その辺りのことはどうですか。

野口●海岸林への広葉樹の植栽が先行している秋田の海岸林でカシワ、ケヤキなど広葉樹の根がどれくらい成長しているか、掘り出し調査を行ないました。基本的には広葉樹の根張りもクロマツと比べて遜色はないと感じています。

私が見た海岸林でいちばん広葉樹が多かったのは、高知県の土佐清水の大岐の浜*でしょう。海岸から200メートルほど内陸に入ったところに20〜30メートルの樹高のクスノキが育っています。

太田●意外と知られていないことですが、日本海側は砂丘が高く砂丘と海岸林が一体になっています。もちろん太平洋側にも小さい砂丘、例えば仙台平原などにも砂丘がありま

*Key Words 松くい虫

マツノマダラカミキリ(または近縁な数種類のカミキリムシ)によって運ばれる、体長1mm程度のマツノザイセンチュウというマツを枯らす生きもの。当初はマツを枯らす原因となるいくつかの昆虫を一括して松くい虫と呼んでいたため、現在でもその名残としてこのような名称となっている(日本海岸林学会HPより)。

*Key Words 本数調整伐

成長に応じた密度管理を行うことで形状比(樹高と胸高直径の比率)を低く維持し、林内照度を確保して下枝の枯れ上がりを防ぎ、枝下率(樹高に対する枝下の高さの割合)を低く抑える作業のこと(日本海岸林学会HP参照)。本数調整は防風効果等との兼ね合いを図りつつ、それぞれの海岸林の特性に応じて段階的に行われる。海岸林ではヘクタールあたり5000本程度の高密度で植栽が行われるため、この作業が重要となる。

*Key Words 林帯幅

林の横方向の長さ。海岸林では、海側の端から内陸側の端までの距離のこと。



海岸林再生と災害への備え

文責＝編集部 監修＝玉井 幸治、野口 宏典



虹の松原 (佐賀県唐津市)

海岸林が造成された時代

- 足利時代～江戸時代初期
- 江戸時代中期～後期
- 明治時代以降



特集

海岸林再生と災害への備え



日本のおもな海岸林

強風や潮害、飛砂などから暮らしを守るための海岸林は、日本全国津々浦々にある。その多くは江戸時代を通して必要性が痛感され、守り育てられてきた。

* 出典：海岸林が造成された時代は「海岸砂丘の変貌」(立石友男1989年)、おもな海岸林は「日本の海岸林の現状と機能」(近田文弘 海岸林学会誌2001.4)を参考に針葉樹人工林の海岸林を現状に沿って改変。



千本松原 (静岡県沼津市)

海岸林のはじまり

海に囲まれた島国の日本は、つねに強風や高潮・波浪、台風や地震・津波など、さまざまな気象災害にさらされてきました。日本の47都道府県のうち、39都道府県が海に面しており、その海岸線の総延長は、3万5285キロメートル(2019年海岸統計)にもおよびます。地球の外周がおおよそ4万キロメートルほどですから、日本の海岸線を伸ばすと、地球一周に手が届くほどの距離となります。

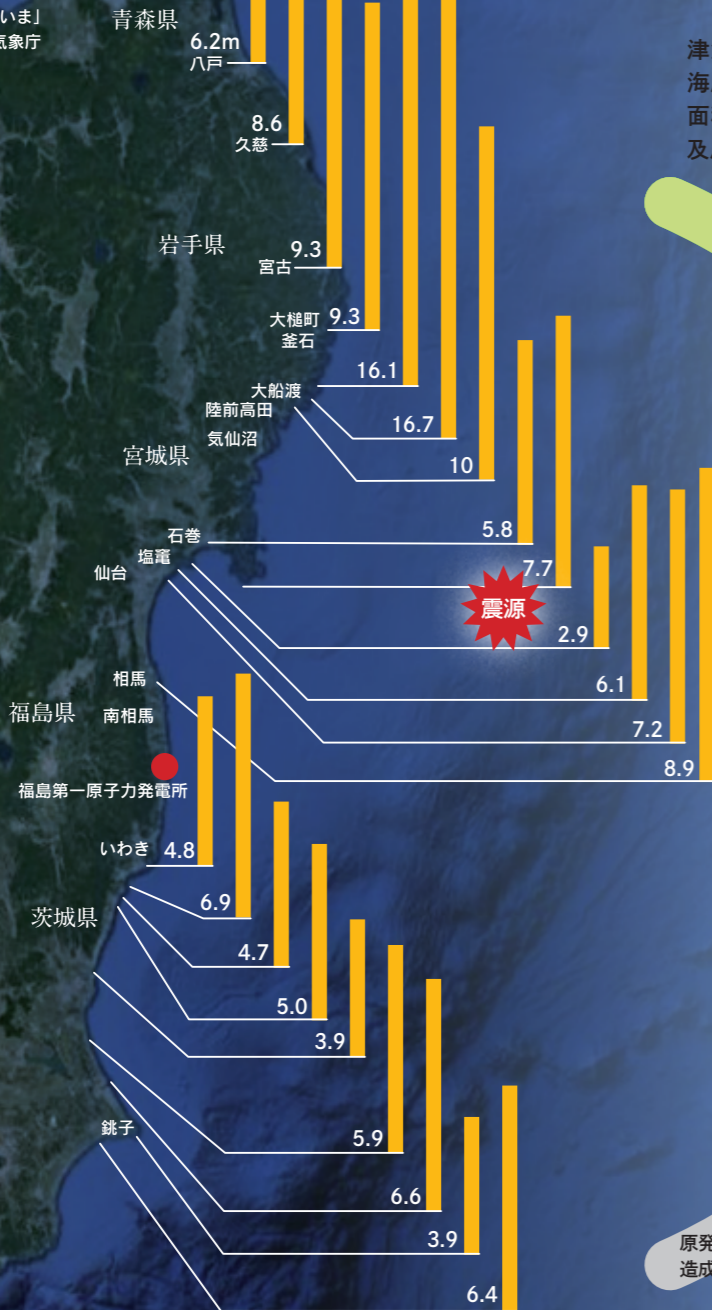
歴史に伝わる海岸林造林は、安土桃山時代の天正年間(1573~1592)に農民によって行われた例などが知られています。武田勝頼の軍が北条氏との戦で駿河湾に攻め入ったとき海岸のマツ林を伐採したために、周辺農民が風害・飛砂害に悩まされるようになりました。そこで作物への害を抑えるために農民たちがマツを植えたのが静岡県沼津市の千本松原の由来といわれています。また佐賀県唐津市の虹の松原も、江戸時代に入った17世紀初頭に防潮防風のために、藩主の命でクロマツの植林をはじめたことに由来するとされています。海岸近くに暮らす人びとにとって海岸林は、飛砂で畑が砂に埋もれたり、強風や塩害で作物に害が及ぶことを防ぐ大切な林であることを体験的に理解していたことでしょう。

はくしゃせいしょう 白砂青松 —— こんべき 砂浜の白に紺碧の空と海、
そしてときわ 常磐の緑をたたえたマツ林が織りなす景色は、
いにしえより日本の海岸を彩ってきた
代表的な風景と思われがちです。

しかし、これらの海岸林の多くは、江戸時代を通して、人びとが暮らしを守るためにたゆまず植林をくり返したり、はたまた過度な利用による荒廃を経験し、飛砂や強風にさいなまれつつ、戦後にかけて再整備されてきたものです。東日本大震災から11年、「減災」をテーマに、海岸林の役割や再生について考えてみましょう。

2011年 東日本大震災における 津波の高さ

データ出典：「気象業務はいま」 「災害時地震・津波速報」気象庁 2011



特集 海岸林再生と 災害への備え

復旧での植栽を終えた 各県の海岸林の延長

データ出典：「令和2年度 森林・林業白書」 (2020年度時点)

津波による浸水被害を受けた海岸林のうち、海岸防災林は253カ所が被害を受けた。被害面積は約1718ha、要復旧延長は約164kmに及んだ。

青森県 約25km (2020年度植栽完了)

岩手県 約7km (2020年度植栽完了)

宮城県 約59km (2020年度植栽完了)

福島県 約23km (2020年度植栽完了)

茨城県 約11km (2017年度植栽完了)

千葉県 約19km (2018年度植栽完了)

原発事故による帰還困難区域等のため、造成が未着手の海岸林 約20km

被災後に、復旧が必要だった 海岸林の総延長=約164km

マップデータ©2021Google



東日本大震災での被害と軽減効果

2011年の東日本大震災では、東北沿岸の広域で大津波による激しい被害もたらされました。津波被害の大きかった青森県から福島県にかけての沿岸では、広く幹折れ、根返り、倒伏、消失など、海岸林に甚大な被害ができました。しかし

1959年(昭和34)の伊勢湾台風などの暴風災害では、海岸林後方の人家が被害を免れたり、海岸林帯の背後にあった花卉温室の破壊・破損の被害が少なかったりといった例があります。翌1960年のチリ地震津波でも防潮林が耕地や人家への被害を食い止めるなど、災害時に果たす海岸林には、大きな減災効果があることがわかっていきます。

海岸林の減災機能

日本の海岸線のうち、保安林に指定されている海岸林の総延長は947キロメートルほどです。これらの海岸林によって、漁村集落や後背地の田畑が守られています。海岸林には、防風、防砂、防潮などの役割があります(P.10の図を参照)。防風・防砂・防潮機能は、日々の身近な暮らしを守る役割ですが、海岸林の機能の中でも大災害時に発揮される減災機能は日常的には忘れられがちながらも、高潮や津波などの大災害から人びとのいのちと暮らしを守る大切な機能です。

荒廃と造林をくり返した海岸林

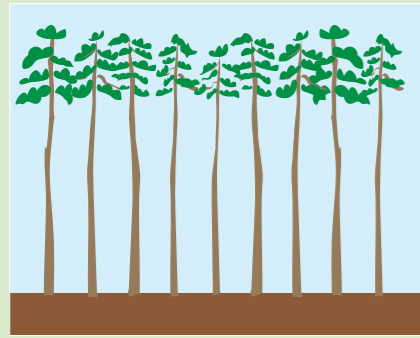
江戸時代になると人口もしだいに増え、新田開発に伴う伐採、製塩・製陶・製鉄での薪炭利用、建造物の建設などで、木材の需要が急増していきます。人里近くの森林から、しだいに奥山そして海岸林へと木材や薪炭を求め量が減るにつれて森は減り、森がなくなることによる災害も増えていきました。奥山がはげ山になると土砂は河川を下り、沿岸に流れ着いた砂が強風で内陸に吹き込む飛砂害も力を増していったと考えられます。さらに直接的に海岸林が失われることによる被害の広がりは、海辺の集落に暮らす人びとに甚大な損害をもたらす、生活の脅威となりました。

江戸時代の中頃から後半にかけて、海岸を有する各藩では海岸林の禁伐や、より積極的な造成・植林を推し進めるようになります。しかし、近世後期から近代へ向けてのさらなる人口増加に伴う開発圧は、各地の森林の断続的な消失・劣化をもたらす、海岸林は荒廃と再生をくり返すようになります。

やがて、第2次世界大戦による国土の荒廃をへて戦後に至り、海岸林のもつ防災・減災効果の必要性、さらには景観や保養の機能が強く認識されるようになり、各地の海辺では再造成と植林の取り組みが進められて現在に至ります。

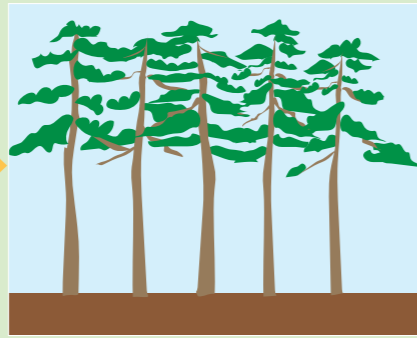
海岸林の計画や管理

林の密度管理や樹種構成など、海岸林の計画や管理が減災効果にどのように影響するかを研究しています。



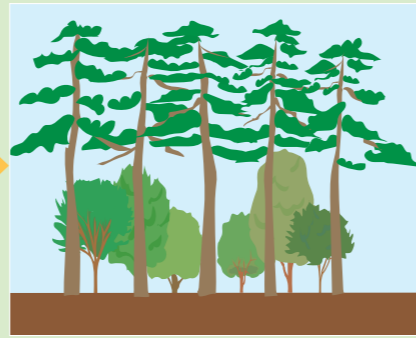
過密で幹が細いクロマツ林

高密度で植栽したクロマツ林は、密度を管理せずに放っておくと、幹が太く育たない。



適切な生育管理で樹木を強く

適切な密度に管理し、十分な葉の量と太い幹を持ち、樹勢のある林に育てることで、各種気象害に強い林となる。



クロマツと広葉樹の二段林化

クロマツの下層林に広葉樹を組み合わせて二段林化することで、津波を弱める効果が高めることができる。

海岸林の樹木の根

海岸林の再生では、樹木の根返り対策として、根が成長できる深さの範囲を広げるための盛土が行われています。そこで、樹木の根が健全に育つ盛土の条件や、樹種ごとの根の成長の違いについての研究を行ってきました。

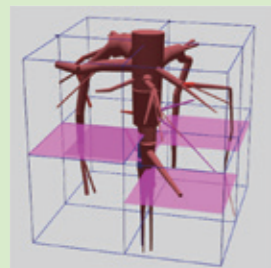
根が健全に育つ生育基盤は？

水はけがよく、硬すぎない土がよい。

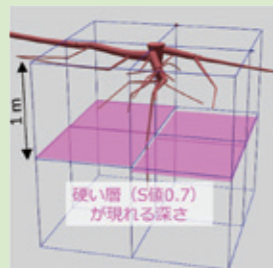


樹種ごとの根の成長のちがいは？

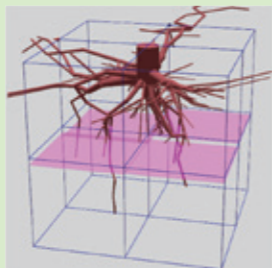
クロマツは下方向、ケヤキは横方向への発達が主で、カシワは下と横方向ともに発達が見られた。



クロマツ



ケヤキ



カシワ

効率よく植栽できて 活着がいいコンテナ苗

コンテナ苗にはほかにも、根が成長しやすい、需要の変化に対応しやすい、などの利点があります。

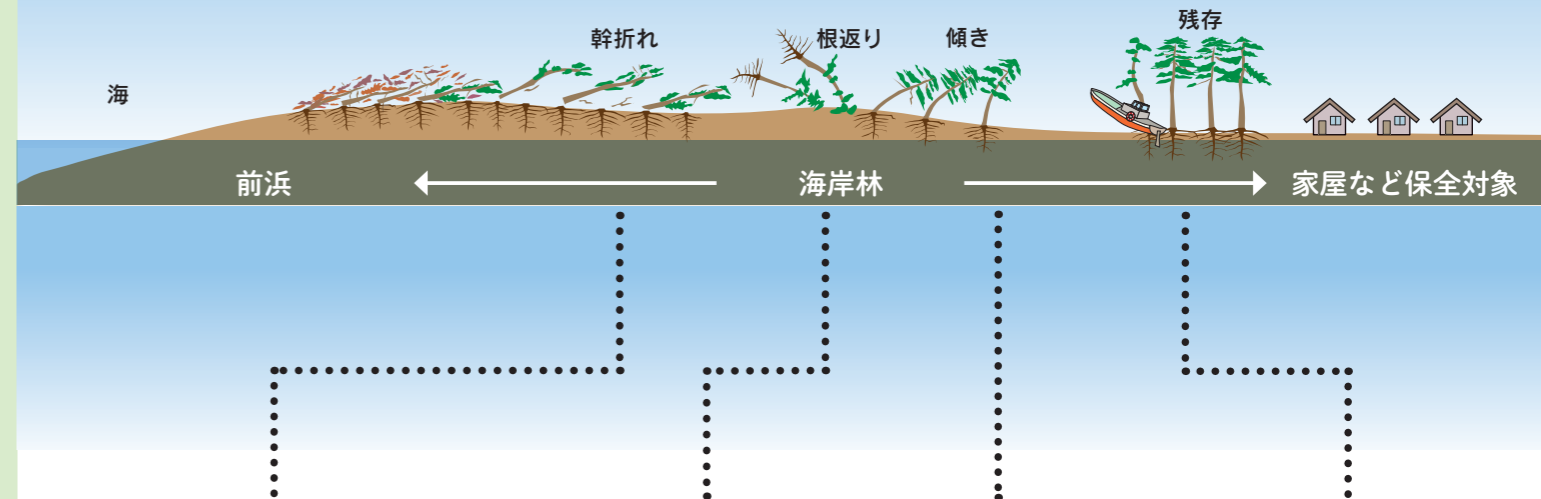


研究の今後の課題

地震や津波をなくすることはできません。しかし、過去の災害に学び、海岸林の果たした効果を検証することで、つぎの災害時の被害を最小限に減らすことはできるでしょう。津波の力を減衰させて住民が逃げる時間を稼いだり、漂流物を捕捉して二次被害を抑止するなど、海岸林にはさまざまな役割があります。後背地への被害を最小限に抑える海岸林の機能を最大限に発揮させるような、そうした造林手法の確立が必要です。災害はいつ訪れるかわかりません。常に災害への心構えを忘れない、海岸林をはじめとする防災への万全の備えをしておくことが大切です。

いま森林総研では、震災後の海岸林再生地に植栽された樹木の保育や管理に役立つ研究をさらに推し進めたいと考えています。たとえば、本数密度調整のための間伐の仕方やマツ材線虫病の防除に関する研究などが課題となります。ふたたびいつか訪れるであろう災害に備えて、より実効性のある海岸林再生の研究をこれからも進めていきます。

東日本大震災の津波による海岸林の被害の例



根返り

津波が寄せたり退いたりしたときの強い力で、根ごと引き倒されてしまった木。



傾倒木

津波の強い力に引き倒され、傾いたままその場に残った木。



幹折れ

津波の強い力による曲げに耐えられずに幹が折れてしまった木。流木化するものもある。

海岸林の津波被害と機能の検証

津波による被害状況を検証することで、海岸林がどのような防災・減災機能を果たし得たかを知ることができる。被害状況から津波の性質や強さを予測し、津波の波力をより減衰させる効果を持つ「ねばり強い」海岸林の造成に役立っている。



漂流物の捕捉

写真提供：八戸市森林組合
船や車など、津波によって流された漂流物を防犯林が捕捉することで、二次被害を防いだ。

海岸林再生のための研究

その反面、海岸林は津波の波力の低減や船舶などの漂流物の捕捉、津波の内陸への到達時刻の遅延といった効果を発揮していたことも森林総研の調査によって、わかってきています。

津波による被害の状況と海岸林の果たした役割についての調査が進み、また海岸林の再生への取り組みが行われる中で、改めて海岸林の持つ機能の検討と、それを植林・再生するときの問題点や課題などもみえてきました。

海岸林の再生にあたっては、最適樹種であるクロマツに広葉樹を混植するといった樹種構成、耐塩性や耐病害性を持つ苗の開発、植栽時の基盤となる土壌の状態、植栽密度を適正にする生育・管理手法の再検討などによって、より強靱な海岸林を整備することができます。

その際に大切なコンセプトが、津波に「ねばり強い」海岸林をめざすということです。根が浅くしか張っていなかったり、本数密度が高すぎて、健全な生育ができていないと災害時に根返りや倒伏しやすくなってしまう。根を深く張らせるためには、生育基盤を硬くしすぎたり水はけが悪くならないようにすることが大切です。また、広範囲の植林を適期に手際よく行うためには、簡単に効率よく植

研究者の横顔

Q1. なぜ研究者に？

高校生のときの理科の先生が植生の研究で有名な方だったこと、当時NHKのドキュメンタリーを見て、自然や環境に興味を持ったことがきっかけでした。



太田 敬之 Ota Takayuki

森林植生研究領域

Q2. 影響を受けた本や人など

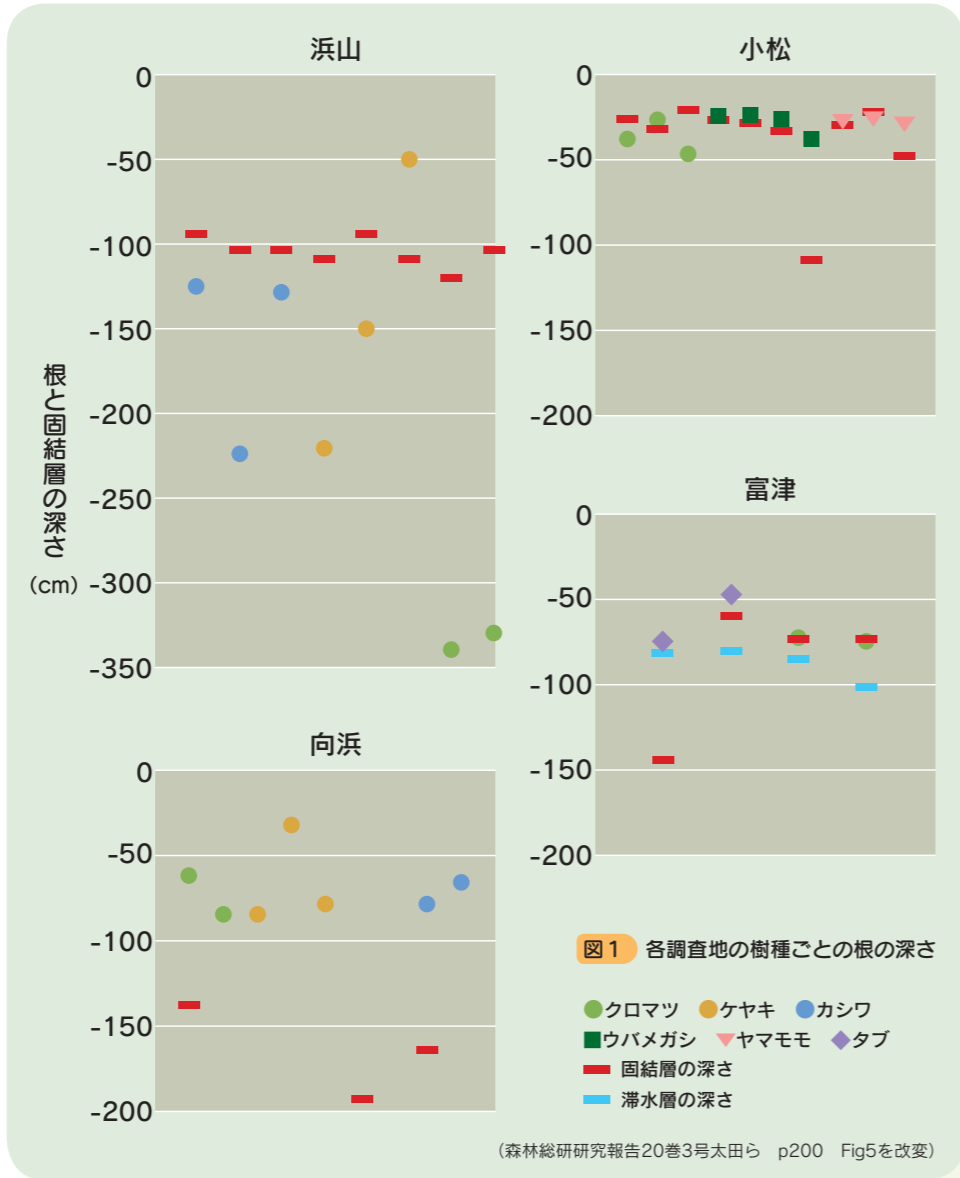
本は、『緑の冒険 沙漠にマングローブを育てる』(向後元彦著 岩波新書)です。人では、大学の指導教官や先輩方に影響を受けました。大学に在籍しつつ、海外や他研究機関、民間の会社など学外の方々と協力して精力的に研究をされていることに感銘を受けました。

Q3. 研究の魅力とは？

就職して以来、スギ、ヒバの天然更新の研究を行っています。現地での調査を30年近く行っており、年月をかけて調査したからこそ見られる森林の変化が大変面白いです。また、最近古い資料を掘り起こし、現在の森林との比較を行っています。眠っていたデータ(100年ほど前のものもある)を解析することで先人の苦労が報われる事をしているような気がします。

Q4. 若い人へ

私たちが就職したときに比べて、残念ながら研究職になるハードルは上がっているように思います。それでもチャレンジしてくる若い方々には頭が下がります。分野はいろいろありますが、研究は一生をかけて行うものだと思いますので、長期的な視点を持って励んでいただきたいと思います。

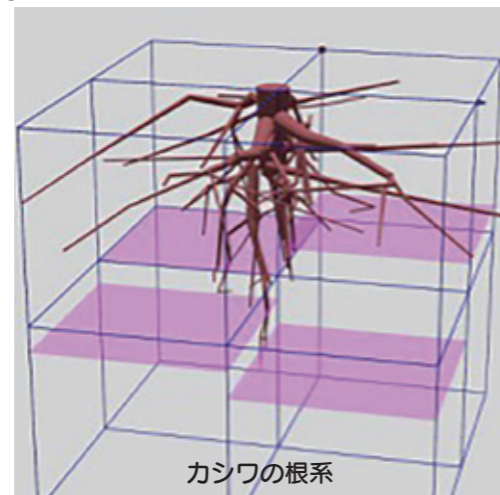
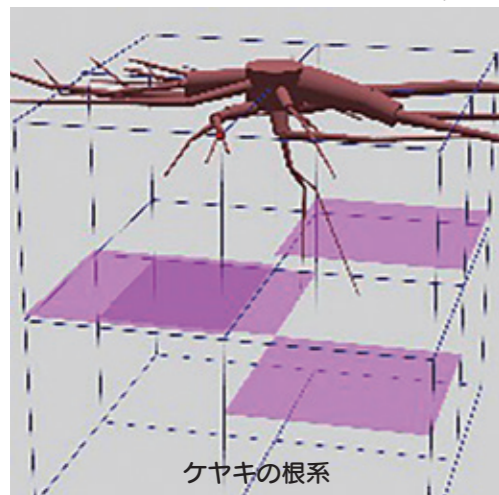


(森林総研研究報告20巻3号太田ら p200 Fig5を改変)

図2 主要な広葉樹の根の形状の模式図

いずれも秋田県浜山(植栽後43年)、ピンクの平面は固結層の上端を示す。

(森林総合研究所研究報告 20巻3号 新田ら p176 Fig. 4を改変)



広葉樹の根の張り方は、カシワは主に下に伸びるのに対し、ケヤキでは横に広がる傾向がありました(図2)。とはいえ、カシワ、ケヤキ、タブでは、倒伏に耐える力はクロマツと大きく変わらないことから、海岸に植栽する木として有効であると考えられます。今後さらに、ほかの樹種についての調査も積み重ねていきたいと思います。

防災林として植栽された 広葉樹やクロマツの 根の発達

研究の森から

なぜ広葉樹を海岸に植えるのか

2011年の東日本大震災は、東北・関東の太平洋岸に大きな津波被害を引き起こしました。その被災状況の検証は、海岸林の役割を改めて見直すきっかけとなりました。海岸林はもともと風や飛砂を防ぐためのものですが、それに加えて波の勢いを減らしたり、流れてきたものをせき止めたりするなど、津波の被害を減らす効果があることを確認できたからです。日本の海岸林の樹種は、クロマツが大半を占めています。しかし、近年マツ枯れ病が広まり、「クロマツだけでは心配だ」との声が出ています。また、多くの樹種でつ



写真1 細い木は人力で掘り上げる
深さ2m以上もスコップで掘った(秋田県向浜)。

くられた林は多様性も高くなります。そこで、海岸でも良く育つ広葉樹は何か、調査・検討することにしました。

植栽木の根を調べる

海岸に生育する木は、万が一津波が来たときに簡単に倒れたり抜けたりしないように、しっかりと根を張ることが重要です。そこで、どの樹種がどれくらいの深さまで根を張ることができるか調査することにしました。

調査地は秋田県の浜山(植栽後43年)、向浜(15年)と、千葉県の小松(10年)、富津(30年)の4海岸です。秋田県の2カ所は自然海



写真2 大きな木は重機を使って掘り上げる
樹齢43年のケヤキの掘り出した根株(秋田県浜山)。

岸にケヤキ、カシワ等の落葉広葉樹が植栽され、千葉県の2カ所では海岸に盛土(土を積み上げて高い土地を造る)を行ってタブ、ウバメガシなどの常緑広葉樹が植えられていました。土には根が入れない硬さの「固結層」と呼ばれる層があります。盛土では崩れないように「締め固め」という作業が行われるため、「固結層」がかなり浅いところに来ることが知られています。各調査木の近くで深さごとの土の硬さを測定し、植栽木を細い木は人力で(写真1)、太い木は重機を使って掘り上げ(写真2)、太さ1cm以上の根の深さを測定しました。

樹種によって異なる根の形

千葉県小松では、深さ30cmに固結層がありました。また、富津では70cmに固結層80cmに滞水層があり、根はそれより深くは入っていませんでした。

秋田県浜山では43年生のカシワ、ケヤキの根が固結層より深くまで達していました。向浜では土が軟らかく、固結層が2mより深かったのですが、根の深さは1mにも達しませんでした。向浜は貧栄養で、浜風を多く受けるなど地上部の生育が悪く、根の成長も抑制されたようです(図1)。これらのことから、根の成長は硬い地層や滞水層の深さ、地上部の成長に影響されることがわかりました。

研究者の横顔

Q1. なぜ研究者に？

幼少時から好奇心が強く、日常の疑問に対して自分自身で答えを見つけないことができる研究者という職業に憧れを持っていました。大学に入学した頃は、当時ブームだったバイオテックの研究者になりたいと思っていましたが、研究所に採用されてから森林土壌の研究者になりました。



小野 賢二 Ono Kenji

立地環境研究領域

Q2. 影響を受けた本など

小学3年生の時の国語の教科書です。チンパンジーの一日の生活を知るために、生態学者である大学の先生が山に行き、穴を掘り、一日中穴の中でチンパンジーの生活を観察するというお話だった記憶があります。研究を業とした学者の、そうしたとても地道な調査によって、自分も含めた子どもたちや人々の好奇心が満たされているのだという事実を知って、小学生ながらもすく衝撃を受けたことを鮮明に覚えています。

Q3. 研究の醍醐味とは

ある問題（疑問）に対して、自分自身で計画した調査、実験を通じて、答えを見つけないことができる点だと思います。

Q4. これからの抱負

「初心忘るべからず」です。いろんなステップでの「初心」を心に留めながら、ステップアップしていければ良いと思っています。

「より良い復興」と造成土
世界各地で頻発する激甚災害を背景に、災害発生前よりも社会基盤の災害対応力を強化し、復興するという「より良い復興」の概念が世界的に浸透しつつあります。今後の日本においても「より良い復興」の考えに基づいた災害復興やグリーンインフラ創出の動きはより加速していくでしょう。防災林整備や自然災害対策のための治山工事でも切土・盛土した造成土を活用する事例は増えていくことが見込まれます。こうしたことから、造成土の多様な特徴を理解し、防災林やグリーンインフラの生育基盤として適切に造成・管理することが、より一層求められています。

写真4 植栽木の活着や生育、健全な根の発育に適した土壌条件に留意した造成土整備
e: 整地後の「深耕」の様子
f: 表面排水を促す「素掘り明渠の施工」の様子
g, h: そこに植栽された樹木および根の状態
(g)は植栽後1成長期経過 (h)は植栽後3成長期経過

写真3 海岸林再生事業着手初期の造成土
a, b: 透・排水不良による造成土の滞水
c: 土壌下層部の排水不良により出現した地下水
d: 過湿条件下の嫌気環境により生じた青灰色のグライ層(表層部0~30cm深)



「より良い復興」を目指し 樹木の生育に適した 造成土を探る

研究の森から



写真1 津波で根返りした流木
福島県南相馬市(松川浦から1kmほど内陸の水田跡地)。2011年度震災復旧対策緊急調査報告書より。撮影:坂本知己

津波にねばり強い防災林を再生するために
2011年の東北地方太平洋沖地震で発生した大津波は、青森県から千葉県の太平洋沿岸に襲来し、それにより約3600haもの海岸林が被害を受けました。被災した海岸林では、根張りの浅かった樹々の多くが根返りして流失しました写真1。そのため、その後の海岸林再生では、樹木の根を深く張らせて津波に対する根返り耐性を強化することを目的に、十分に厚く盛土した土壌、すなわち造成土にクロマツを植栽し、防災林を造成することとなりました写真2。

また、造成土は、資材として有機物や養分が乏しい下層土や災害瓦礫等が混入する土砂を使用して造られる場合もあるので、多くの研究成果が蓄積された自然土壌とは異なる土壌特性を有すると考えられます。
そこで、防災林の生育基盤として適切な土壌環境を用意できるように、造成土の多様な特徴を明らかにするために、津波被災海岸林の再生事業地において土壌調査を行いました。
造成方法で異なる造成土の多様な顔つき
海岸林再生に先立ち、ダンプやブルドーザ、バックホウ等によって盛土が行われ、クロマツ苗植栽のための造成土が整備されました。再生事業着手初期には、盛土に使用した重機の踏圧によって土壌が締め固まり、植栽した樹木の活着や根の発育への影響が懸念されるような造成土が散見されました。具体的には、透水不良に起因した地表面や土層中への水の停滞写真3a,bや、土層下層部の排水不良に起因した地下水表面の出現写真3c、さらに一部の造成土では嫌気条件下で生じる青灰色の土層(グライ層)の生成写真3dなど、生育基盤の造成方法によって多様な特徴が見られました。
その後、植栽木の活着や健全な根の発育に適した土壌条件を有する造成土を整

備するため、整地後の造成土をバックホウで掻き起こし、樹木を植栽する造成土を軟らかくする「深耕」写真4eや、地表面での排水を促す「素掘り明渠の施工」写真4fが積極的に取り組まれるようになりました。これらの施工により、多くの造成土で、事業初期に比べて格段に良好な土壌条件を有するようになり、苗の植栽から1成長期経過後において地中1m超の深さまで伸長した根写真4gや、これらの根の伸長とともに旺盛な成長を示すクロマツの様子が確認されました写真4h。
以上の調査結果から、生育基盤整地後



写真2 クロマツが植栽された造成土
宮城県山元町。2016年度に基盤造成を完了し、2017年の春に植栽。



生き残った地下茎から高さ1メートルに満たない小さな芽

● 2021年12月24日掲載
おおよそ120年ぶりに一斉開花したハチクは種を作らなかつた
 ハチク(淡竹)は各地で栽培・利用されてきた大型のタケで、おおよそ120年に1度、広範囲で同調して一斉開花・枯死し、世代交代することが知られています。本種の直近の一斉開花期は明治時代後期です。当時の文献には成熟した種子が見られないとの記録が残っており、その後1例だけ種子が結実した事例が知られる程度で、詳細なことはよくわかっていませんでした。そのハチクが、おおよそ1世紀ぶりの開花期を迎えました。

そこで私たちは、2017年に一斉開花の見られたハチク林(四国から関東地方まで計5か所)を対象に、開花様式、種子結実の程度、繁殖器官への資源配分様式、開花後の更新様式を調べました。その結果、一斉開花時には、地上部の莖素やリンの6割程度が繁殖器官(花)へ分配されていましたが、成熟した種子は今回の調査でも観察できませんでした。しかし、開花林では開花していない芽が一部生き残ることもあり、また、生き残った地下茎から高さ1メートル程度の小さな芽が出てきました(写真)。このように、おおよそ120年ぶりに開花したハチクの詳細な観察から、ハチクが結実に失敗し、花への資源投資が種子生産に繋がっていないことがわかってきました。さらに、一部の地下茎や芽が生き残ることにより竹林消滅のリスク



● 無花粉スギ苗の判別と量産マニュアルを公開
 森林総合研究所らの研究グループは、無花粉スギの判別と量産法を確立しマニュアルとして公開しました。花粉を飛散しない無花粉スギは人工交配により生産されてきましたが、その苗木の約半数は花粉を飛散するスギになってしまっています。そこで、研究グループは未熟種子を培養した組織からDNAを抽出してPCR法で無花粉スギを判定する簡易な判別法を開発し、無花粉スギとなる組織のみを培養して植物体を再生することにより、無花粉スギの



<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/survey/56.html>

今後の紙面作りの参考にさせていただきます。みなさまのご意見をお聞かせください。

アンケートにご協力ください



<https://www2.ffpri.go.jp/cherry/2022/>

森研誌「サクラ」の発行状況を知ることができます。

● サクラ開花

森林総合研究所では、日本全国に配置されている支所等に植栽されている各種のサクラの開花情報をホームページ上で公開しています。サクラの開花は南から北へと進んでいきますので、日々更新されていく画像から全国のサクラの開花状況を知ることができます。

プレスリリース等の最新情報はこちらから→

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/index-r.html>

お問い合わせ
 森林総合研究所
 企画部 広報普及科 広報係
 TEL 029-829-8372
 Email kouho@ffpri.affrc.go.jp



4 質の高い教育をみんなに P.3

9 産業と雇用革新の加速につなぐ P.8, 18

11 住み続けられるまちづくりを P.3, 8, 14, 16, 18

13 気候変動に具体的な対策を P.18

15 陸の豊かさも守ろう P.3, 8, 14, 16, 18, 20

◀ 持続可能な開発目標 (SDGs)
 森林総合研究所は、森林・林業・木材産業等の幅広い研究を通して、国連の持続的な開発目標 (SDGs) の達成に積極的に貢献しています。該当する目標と記事のページ数は、左記の通りです。



村上 亘 Murakami Wataru
 森林防災研究領域

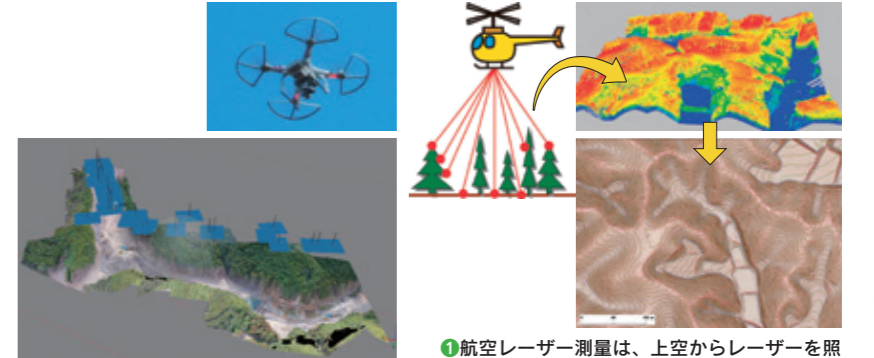
近年、豪雨や地震によって山の斜面が崩れ、甚大な被害が発生しています。被害を防ぐためには、山の斜面が崩れた原因を明らかにするとともに、今後、雨や地震が発生した際にどこが崩れやすくなるのかを明らかにすることが重要となります。最近では、GNSS (Global Navigation Satellite System : 全球測位衛星システム) による正確な位置情報の把握が可能となり、また、計測機器の精度が向上したことから、リモートセンシング技術*が大きく発展・普及しました。災害調査でもこの技術が利用され、災害箇所の迅速な把握、調査、それらに基づく今後の危険な斜面の推定ができるようになってきています。

今後の利用が期待されつつあるリモートセンシング技術として、航空レーザー測量①、UAV (Unmanned aerial vehicle : 無人航空機、ドローン) による撮影および撮画像の SfM 解析 (Structure from Motion

*離れたところから対象物に接触することなく、計測する技術のこと。

■ 災害調査に使われる最新技術 ■

解析: 複数の写真画像から対象の3次元形状を復元する技術) ②、衛星データの解析技術等があります。リモートセンシング技術は日々進化しており、使い次第でいろいろな可能性がある技術です。様々な分野でこれらの技術の利用が検討、実用化されています。皆さんの身近なところでも、気づいていないだけで、すでにリモートセンシング技術を利用しているかもしれません。

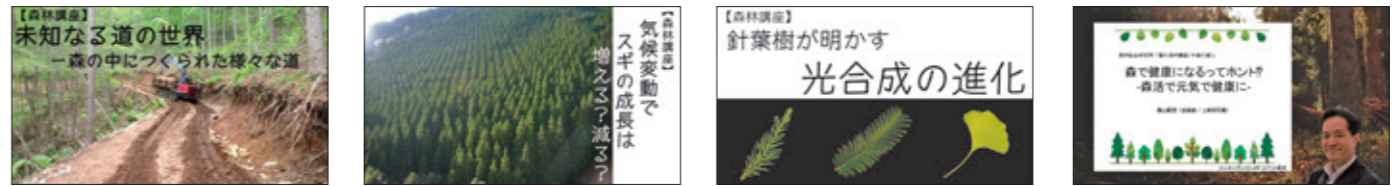


①航空レーザー測量は、上空からレーザーを照射し地物に反射して戻ってくるまでの時間差で距離を計測し、地表高などを算出する測量技術。計測された無数の点の位置情報を解析することで、樹冠の分布状況、樹木位置、木の高さや詳細な地表面の形状を知ることができる。

②UAV(ドローン)は、災害直後など人間が入ることができない現地の被災状況を迅速かつ詳細に伝えることができる(上)。UAV等で撮影された写真画像はSfM解析により対象の3次元形状を復元し、3D画像等を作成することができる(下)。

森林講座のお知らせ

動画公開 令和3年度に公開した森林講座の動画をご紹介します。



「未知なる道の世界 一森の中につくられた様々な道」 鈴木 秀典 (林業工学研究領域)

「気候変動でスギの成長は 増える? 減る?」 齊藤 哲 (関西支所)

「針葉樹が明かす 光合成の進化」 宮澤 真一 (樹木分子遺伝研究領域)

「森で健康になるってホント!? ~森活で元気で健康に~」 高山 範理 (企画部 企画課)

林道をはじめとして様々な道路が森の中につくられています。これらの道が果たす役割や、自然に優しい道づくり、道にまつわる最新技術などを紹介しています。

気候変動は樹木の成長にも大きく影響します。気候変動が進んだときスギの成長がどうなるかをシミュレーションで予測してみました。どうなつたでしょうか?

植物の葉には光のエネルギーを利用し、CO2を糖に変える「光合成」という仕組みがあります。針葉樹の研究から見えてきた光合成の進化に関する話題です。

森林を利用するアクティビティの総称=「森活」には色々ありますが、今回は特に森林浴に視点を当て、森林空間が私たちの心身の健康と幸福感に対して良い影響を与えることについて解説をしたいと思います。一方、実はあまり自然に滞在しすぎても... という報告も!?

▼YouTube「森林総研チャンネル」
<https://www.youtube.com/c/FFPRIchannel/>