

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：32678  
 研究種目：基盤研究(B) (一般)  
 研究期間：2019～2021  
 課題番号：19H02985  
 研究課題名(和文) 災害に強い海岸防災林に用いる広葉樹の海岸環境耐性評価と将来の導入可能性について  
  
 研究課題名(英文) Tolerance evaluation of broad-leaved tree species and possibility of establishing disaster resilient coastal forest  
  
 研究代表者  
 吉崎 真司 (Yoshizaki, Shinji)  
  
 東京都市大学・環境学部・名誉教授  
  
 研究者番号：50318622  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,270,000円

研究成果の概要(和文)：海岸防災林へ導入可能な広葉樹の海岸環境耐性や防潮土堤等の新たな環境に対する応答について研究を行った。飛砂の衝突による葉のダメージは葉内への塩分の侵入を容易にすること、常緑広葉樹でも耐陰性の程度に違いがあること、沿岸域に生育する個体群には葉の気孔や表皮細胞の大きさに海岸環境への適応が認められること、沿岸部ではマツ林の天然更新や広葉樹林の胴吹き更新による自己再生力が発揮されること、飛砂抑制のための植生導入には微地形への配慮が必要であること等を明らかにし、防潮土堤の土壌硬度や風環境が植栽木の生育へ及ぼす影響や広葉樹の根や根圏土壌がマツ類と共生する菌根菌へ及ぼす影響の基礎データを取得することが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
 津波に対する抵抗力を増すために、海岸林の前面や林下へ広葉樹を導入する際に重要な、飛砂による葉へのダメージや耐陰性の知見が得られたことは大きな意義がある。沿岸域に生育する個体群には葉の気孔や表皮細胞に海岸環境への適応が認められたことも、学術的価値のある成果である。マツ林の天然更新や広葉樹林の胴吹き更新による自己再生力の発揮が確認されたことは、海岸防災林の将来目標の設定や遷移を把握するうえで貴重である。防潮土堤の土壌硬度や風環境の変化が植栽木の生育へ及ぼす影響、広葉樹の根や根圏土壌がマツ類と共生する菌根菌へ及ぼす影響について基礎データが得られたことも、今後のモニタリングにとって貴重な成果となった。

研究成果の概要(英文)：We examined the tolerance of broadleaf trees that can be introduced into coastal disaster prevention forests to the coastal environment and their response to new conditions, such as seawall embankments. The results showed that leaf damage caused by blowing sand promotes salt penetration into leaves, that there are different degrees of shade tolerance among evergreen broadleaf trees, that populations growing in coastal areas show adaptation to coastal environments in terms of leaf stomatal and epidermal cell size, that coastal pine forests regenerate themselves by natural seedlings of pine forests and by epicormics shoot on trunks of evergreen broadleaf trees. Basic data were also obtained the effect of soil hardness and the change of wind conditions on the growth of planted trees within embankments, and on the effects of roots and rhizosphere soils of broadleaf trees on mycorrhizal fungi coexisting with Pinus spp.

研究分野：環境緑化学

キーワード：海岸防災林 広葉樹 耐陰性 自己再生 海岸環境耐性 防潮土堤 飛砂 海岸環境適応

## 1. 研究開始当初の背景

我が国の沿岸に成立するマツ類を主とする海岸林は、1970年代から顕在化したマツザイセンチュウ病によって急速にマツ枯れが進行し、北海道を除く、全国の多くの海岸林では防風や防砂、防潮といった防災機能の急激な低下が懸念されていた<sup>1)</sup>。また2011年の東日本大震災では東北地方太平洋岸の海岸林が大きな被害を受け、災害に強い海岸防災林を早期に修復する必要が生じた。東日本大震災の被災地での修復事業においては、盛土の建設に伴う山土の搬入による新しい生育基盤上に広葉樹類が導入され<sup>2)3)</sup>、また、南海トラフ関連地震が想定される静岡県遠州灘沿岸でも、山土を用いた盛土堤やCSG工法による防潮土堤を建設して確保した植栽基盤上にクロマツと広葉樹の緑化が行われた<sup>4)</sup>。一方、今後導入が期待される広葉樹の海岸林への利用可能性についての提案や試験等もある<sup>5)6)</sup>が、マツ類と広葉樹の耐塩性や耐潮性、耐陰性等の比較研究は十分ではない。今後、災害に強い海岸防災林を実現するためには、汀線から砂浜を経て海岸林に至る、砂浜環境の成帯性や連続性を考慮した海岸環境の創出や広葉樹を用いた樹林造成技術が必要であり、広葉樹が厳しい海岸環境下でどのような具体的応答を示すのかを明らかにすることが求められている。

## 2. 研究の目的

我が国における今後の「災害に強い海岸防災林」の造成にあたって、主林木として利用してこなかった広葉樹類や、従来は海岸環境に耐性が高いと言われてきたマツ類を主とする海岸防災林の現地調査や室内実験を行い、高潮、飛塩、飛砂、強風、砂地、乾燥といった海岸地特有の環境及び震災後に建設が進む人工盛土堤という新しい環境に対する樹木の応答や適応を把握し、広葉樹類の海岸防災林への導入可能性についての検討に資することを目的としている。

## 3. 研究の方法

(1)耐潮性・耐塩性について、飛砂の衝突により葉が受けるダメージの把握を目的に、自作の砂吹付け実験装置を用いて、砂を異なる風速(5m/s~15m/s)で樹木葉(マサキ・シャリンバイ・クスノキ・クロマツ)に衝突させ、デジタルカメラで撮影した画像を用いて傷の長さ、面積を計測することで、砂の種類や風速、吹き付け時間、樹種の違いによる葉へのダメージ等を把握した。また、傷有葉と傷無葉に3.5%塩化ナトリウム水溶液を葉全体に吹付けた後、重量変化を測定した。更に、供試葉内のNa含有量・元素組成を分析した。実験は2017年12月、2019年12月に行った。次に、スタジイの生葉に対して川砂を風速20m/sで20分間吹き付けた葉の傷面積を測定した後、実験に供した傷有葉と傷無葉を3.5%塩化ナトリウム水溶液に16時間浸漬し、PIXE分析法(励起X線荷電粒子放出法)による元素分析を行った。更に、自然状態では枝葉が強風により激しく動揺する場合もあることから、葉を固定しない非固定葉実験を行い、固定した場合(固定葉実験)とのダメージの違いを比較した。実験は2019年10月に行った。海岸林や構成樹種の耐潮性を把握する目的で、2019年10月の台風19号によって高潮害を受けた徳島県海部郡海陽町の大里松原海岸の海岸林において、樹種別の応答を比較するための現地調査を行った。立枯れ被害が多かった場所の中から、幅135m×奥行100mの範囲を調査対象とし、2020年8~9月に、胸高直径5cm以上の樹木を対象に毎木調査(樹種、胸高直径、樹木の応答(生存、枯死、回復)の記録)を行った。また、調査対象地のうち幅10mの区間に出現した80個体を対象として、2020年2、6、8、10月に継続調査を行った。樹木位置情報はハンディGPS(eTREX10J:GARMIN社製)を使用して取得した。2020年10~11月にかけて地形及び個体ごとの標高の計測を行った。高潮以前の標高を再現するため、礫の堆積高さの計測も行った。調査対象地は、「海水浸漬なし区」、「海水浸漬+礫区」、「海水浸漬区」の3つの被害属性に区分して調査を行った。

(2)盛土堤による風環境の変化について、静岡県浜松市域に造成中の防潮堤の1/100防潮堤模型(以下、模型:幅150cm、奥行き110cm、高さ12cm)を製作し、送風機と整流装置を用いて室内実験を行った。模型の陸側には高さ10m、密度1200本/haの海岸林を想定し、鉄道模型針葉樹(高さ10~11cm、幅約2.5cm)を用いた海岸林模型を配置した。実験は、海岸林模型の有無による模型上の風向及び風速分布を測定することにより行った。風向の把握には、表面タフト法を用いた。風の水平分布は模型表面のメッシュ交点(390箇所)の表面から約1cm高さで風速を測定し、鉛直分布は模型ののり面や天端などの7か所で高さ別の風速を測定した。風速測定には、デジタル風速計(株式会社カスタム Model CW-60)を用いた。風速分布の解析には、煙を用いた直接流入法による流れの可視化を試みた。実験は2019年12月から2020年1月にかけて実施した。

(3)防潮土堤の施工方法や盛土材が樹木の生育に与える影響を明らかにするため、静岡県遠州灘海岸に施工中の防潮土堤で土壌硬度と植栽木の生育調査を行った。施工方法や盛土材が異なる浜松市、袋井市、掛川市の3か所を対象地とし、各防潮堤の海側から陸側に向けて帯状の調査区を設けた。土壌硬度の測定は長谷川式土壌貫入計を用いて地上から100cm深さまでの貫入調査を行った。植栽木の生育調査は、樹木に番号を振り、調査区内の全樹木を対象に樹高及び地際直径を測定した。調査は、2016年9月~11月に行い、2019年に8月に技術報告として学会発表した。

(4) 広葉樹の根や根圏土壌が、マツ類の根と共生する外生菌根菌（以下、菌根菌）の菌糸生育に及ぼす影響の有無を確認する実験を行った。実験にはマツ類に形成される代表的な菌根菌としてコツブタケ、チチアワタケ、ヌメリイグチを使用した。樹種は海岸防災林の構成樹種として有力と考えられるヒメユズリハと、菌根菌の宿主植物であるクロマツの苗木を購入して使用した。両樹種の根と根圏土壌の懸濁液から作製した抽出液を準備し、事前に 0H 培地で培養した菌根菌のコロニーが成長した培地（成長済みシャーレ）に、1 枚はコントロール（蒸留水のみ）、2 枚はヒメユズリハの抽出液（土壌と根）、2 枚はクロマツの抽出液（土壌と根）を 20 $\mu$ l ずつ染み込ませた 5 枚の小円形濾紙を接種源の中心から約 1cm 離れた位置に等距離に配置した。また、菌根菌が未成長の培地（未成長シャーレ）の中心にも別に切り出した菌根菌のコロニーを置き、同様に 5 枚の小円形濾紙を配置した。その後インキュベータ内（25 $^{\circ}$ C）で静置培養しながら 5 日毎に撮影し、コロニーの面積を測定した。実験は 2019 年 10 月から 2020 年 1 月にかけて実施した。

(5) マツ類と広葉樹類の耐陰性について、圃場実験を行った。供試樹種はいずれも常緑広葉樹で、低木性のトベラ、マサキ、シャリンバイ、亜高木性から高木性のヒメユズリハ、モチノキ、ヤブニッケイ、スダジイ、タブノキの 8 種である。比較として、アカマツとクロマツも供した。実験は東京都市大学横浜キャンパス内のモウソウチクとコナラが混生する林下で、2013 年 8 月 1 日から同年 11 月 30 日までの 4 ヶ月間行った。林内に 200 $\times$ 200 $\times$ 100cm（縦 $\times$ 横 $\times$ 高さ）の木製の試験区を 4 つ設置した。そして黒色または白色の寒冷紗を用いて、試験区内の相対照度を 0.3 $\sim$ 1.1% に調整した 1% 区、0.9 $\sim$ 3.2% に調整した 3% 区、4.0 $\sim$ 6.2% と調整した 5% 区、8.6 $\sim$ 10.6% に調整した 10% 区、対照区として林外の直射日光が当たるアスファルト上に 100% 区の計 5 区を設置した。各試験区には 1 種 1 個体を静置した。調査は、葉緑素計（コニカミノルタ製 SPAD-052）を用いて、約 5 日毎に SPAD 値を測定した。測定の際、供試木の upper・middle・lower の着生葉から 3 枚ずつ選択し、1 個体につき特定の 9 枚の葉を 3 回ずつ、毎回 18 時頃に、葉の葉軸付近で測定した。マツ類 2 種は、日本園芸植物標準色票を用いて、約 5 日毎に色による栄養診断を行った。2022 年 11 月 20 日に国際学会で発表した。

(6) 海岸林の植生遷移について、津波により倒壊したクロマツ林の天然更新の実態については、仙台市の津波被災地にて調査した。倒壊した海岸林を対象にして、2020 年に小型 UAV による空撮画像からマツの分布を記録した。対象地を枯損木の撤去の有無、工事車両の進入の有無などにわけてエリアを区分し、マツの生育面積を比較した。クロマツの生長と光環境については、山口県虹ヶ浜海岸林を対象に 2021 年に調査を実施した。対象地のギャップにクロマツが植栽された場所を抽出し、林縁区と林内区に分けて、クロマツの生長と光環境を調べた。また、上層の林分構造を把握するために、約 60m 四方の範囲で毎木調査を実施した。広葉樹海岸林の遷移について、高知県土佐清水市大岐の広葉樹海岸林において実生と成木の調査を行い、林床における実生の空間分布について解析した。汀線側植栽林との境界を 0m 地点とし、汀線側から内陸側林縁へ向かって設置した調査測線に沿って 5m $\times$ 5m の大方形区を 1m 間隔で 40 個、また各大方形区内の 4 隅及び中央の計 5 か所に 1m $\times$ 1m の小方形区を合計 200 個設置した。各小方形区内において、つる性植物を除く樹高 1.2m 未満の全ての木本植物を「実生」と定義し、種名と個体数を記録した。実生調査は 2018 年 9 月 1 日から 9 月 7 日にかけて行った。成木は 2018 年に同調査測線上で行った毎木調査結果を利用した。更に、東京都新島の台風被害を受けた広葉樹海岸林を対象として、2021 年 11 月 15-17 日、2022 年 2 月 18-21 日にかけて、4 か所の方形区調査を行った。沿岸域におけるモッコク科（サカキ科）ヒサカキの葉の適応性、日本沿岸域における外来種トウネズミモチ（モクセイ科）の気孔に関して、高知県から神奈川県に至る複数の海岸地集団と内陸の対照集団を用いて解析を行った。それぞれの集団から約 30 個体を用い、各個体からは 5 枚の葉を用いて形態学的解析に加え、SUMP 法を用いた解剖学的解析により、孔辺細胞のサイズおよび葉当たりの気孔密度に関して研究を行った。

(7) 砂浜環境と飛砂抑制について、海浜植物であるケカモノハシとピロードテンツキの発芽深と分布に与える堆砂の影響について、静岡県遠州灘海岸を対象に、3 本のベルトトランセクトの植生調査と堆砂深、2 種の実生の発芽深のデータを解析した。防災・減災機能を有する人工砂丘の生物多様性の保全効果について、石川県加賀海岸の海浜植物を事例としてとりまとめた。調査では、加賀海岸に調査測線を設置し、植生、地形、風速、土壌粒径の調査を 2019 年に行った。植生と地形変化の対応関係について、島根県黒松海岸を対象に、2019 年～2022 年にかけて、植生、地形、風速、土壌粒径などの調査を行った。地形調査では、小型 UAV の撮影画像から数値表層モデルを作成し、多時期の差分を抽出することで、面的な地形変化を測定した。また、小型 UAV の画像から詳細な植生図を作成し、植生と地形の関係性について決定木の分類モデルを用いて解析した。千葉県安房郡鋸南町沿岸部から採取した海浜植物ハマボス（サクラソウ科）と、千葉県・兵庫県・高知県の 4 つの同所的な集団から採取したハマナタマメ（マメ科）の種子発芽と苗の出現について、海水と塩濃度を低下させた人工海水、および真水を用いた種子の発芽実験、播種深度や播種適正温度に関する実験も行った。また種子サイズの小さいハマボスに関しては種子発芽の際の土壌粒度組成に関する解析も行った。

#### 4. 研究成果

(1)耐潮性・耐塩性について、砂の衝突によって受けるダメージが葉の傷の発生や葉内の陽イオン組成に及ぼす影響について実験を行った。実験によって線状、棒状、面状など様々な傷の種類が確認できた。また、傷面積は風速が上がるにつれて大きくなり、傷付葉の枚数は、シャリンバイ<マサキ<クロマツ<クスノキの順に多くなった。クロマツを除く種では、吹き付け時間が長くなるほど傷面積も増える傾向があった。また、粒径1mm以上の砂は他の小さな粒径の砂の場合よりも傷面積が多くなった。傷無葉と傷有葉に3.5%NaCl水溶液を噴霧する実験では、いずれの種の場合も傷有葉の方が重量減少が大きく、葉内のNa含有量も多くなった。スダジイを用いた固定葉と非固定葉実験では、吹き付け時間が増えるほど傷割合も増加したが、傷割合は常に固定葉で大きかった。更に、傷有葉と傷無葉を3.5%NaCl水溶液に浸漬後に葉内の元素の含有量を分析した結果、傷によってNa及びClの葉内への侵入が起きたことが確認できた。本研究の結果から、葉の傷は台風などの強風による枝葉同士の擦れ合いのみでなく、飛砂の衝突によっても生じ、葉の脱水現象と塩分の侵入がもたらされるものと考えられ、今後の海岸防災林に利用する広葉樹の樹種選定にも有効な知見が得られた。海岸林や構成樹種の耐潮性を把握する目的で行った、高潮による海水浸漬を受けた海岸林における樹種別の応答比較研究では、同程度の標高に位置する樹種間で生存割合を比較すると、落葉広葉樹のエノキとケヤキは8割以上を示し、クロマツの4割に比べて顕著に高かった。常緑広葉樹のクスノキとヤマモモは落葉した後に、胴吹きなどによって回復した個体を含めると、クロマツと同程度の生存割合を示した。また、高潮発生から3年間、各樹種の生育状況を追跡したところ、ヤマモモは被害から2年後に葉の回復が確認されるなど、高潮に対する動態は樹種によって大きく異なることがわかった。

(2)盛土堤による風環境の変化について、既往研究<sup>7)</sup>と同じように、防潮堤の背後に海岸林がある場合、風速は防潮堤の風上側のり面で徐々に増し、頂部で最大となることが確認された。また、防風林の存在による循環流の発生により風下側のり面で風速が弱まることも確認できた。また内陸側からの風に対しては、防風林の存在によって防潮堤全体の風速が弱くなった。風向は防潮堤に斜めから吹く風の場合に変化が見られた。海岸林の有無により風向によっては海側や陸側のり面での風向や風速の変化が確認できたことから、今後追加実験や現地での確認調査を行い植栽木への悪影響を及ぼさない対応が必要と考えられた。

(3)防潮土堤の施工方法や盛土材が樹木の生育に与える影響について、土壌硬度と植栽木の生育調査を行った。土壌硬度は、浜松市では地表面下30cmくらいまでは軟らかかったが、それ以深で硬くなるケースが多く、袋井市海側・天端では締固めが強く、掛川市は海側と陸側で軟らかさに違いがあった。植栽木の伸長量は広葉樹よりもクロマツで大きく、変色や枯死率は広葉樹よりもクロマツで小さく、生育状況は海側より陸側の方が良好だった。本研究により、土壌硬度と植栽木の初期生育との関係は不明であったが、将来のモニタリングに有効な初期値を把握することができた。

(4)広葉樹の根や根圏土壌が、マツ類の根と共生する外生菌根菌の菌糸生育に及ぼす影響の有無を確認する実験を行った結果より、ヒメユズリハと外生菌根菌との関係性は見られず、今後の海岸林への導入を支持できると考えられるが、外生菌根菌の宿主植物であるクロマツの抽出液に対しても、未処理培養と比較して反応に違いは見られなかったことから、ヒメユズリハと外生菌根菌との関係性の有無については不明であると考えられた。今後、菌糸の厚み、菌糸重量などの項目を加えた追加実験を行う必要もあるが、本研究によって実験方法が確立できたことは大きな成果であった。

(5)マツ類と広葉樹類の耐陰性評価を目的として、8種類の常緑広葉樹と2種類のマツ類を対象として圃場実験を行った。その結果、トベラ、マサキ、タブノキの3種は相対照度1%でも健全な生育が可能であり、いかなる複層林の林床へも導入可能であると考えられた。また、ヤブニッケイは相対照度3%以上の林床で生育が可能とみなせる。スダジイ、モチノキは相対照度5%以上の林床へ、シャリンバイ、ヒメユズリハは相対照度10%以上の林床へ導入可能であると評価できた。アカマツは、100%区を除く全ての区で枯死木が生じ、クロマツの生育には相対照度5%以上が必要と考えられた。結論として、マツ類の耐陰性は常緑広葉樹よりも小さく、常緑広葉樹でも耐陰性には違いがあるという貴重な知見が得られた。

(6)海岸林の植生遷移について、津波により倒壊したクロマツ林の天然更新の実態については、津波被災地において、盛土しない場所では多くのマツの天然更新が確認された。その中でも、もとの海岸林が倒壊したあとに、枯損木をそのまま放置した場所で、天然更新によるマツの再生が顕著であった。一方、工事車両などで地表を攪乱したエリアでは、天然更新したマツの面積は小さかった。このことから、津波後にマツの天然更新を期待する場合は、地表の人為攪乱を最小限にすることが重要であることがわかった。クロマツの生長と光環境については、ギャップに植栽されたクロマツは、樹冠付近の相対光合成有効量子束密度が60%以上の場所で、樹高や地際直径が大きく、形状比や枝下率が小さくなった。また、小型UAVの撮影画像をもとに、樹冠高モデルを算出して、各植栽木の10mバッファ内のギャップ率を求めた。その結果、ギャップ率が大きくなると、植栽されたクロマツの樹高や

地際直径も大きくなり、ギャップ率から植栽したクロマツの生長を予測することができた。

広葉樹海岸林の遷移について、高知県土佐清水市の大岐海岸林において、現在の広葉樹海岸林は、優占樹種の変化はあるが、天然更新によって長期的に成立する可能性があるかと推定された。マサキ、ヒメユズリハ、ホルトノキ、バリバリノキは、実生が成木とほぼ同一の地点で分布・優占しており、今後も現在と類似した林分を維持する可能性があるかと予測された。一方でグミ類、ヤブニッケイ、タブノキは実生における分布が拡大する傾向がみられ、今後は空間分布が変化し現在とは異なった林分へと遷移する可能性があると考えられた。また新島調査では、台風により倒伏したスダジイが優占する常緑広葉樹林において、スダジイ、モチノキ、ホルトノキなどの倒伏木の胴吹き更新が確認されたほか、林床ではタイミンタチバナ、カクレミノなどの常緑木本類が高被度で確認され、急速に自己再生が進んでいることが確認できた。沿岸域におけるモッコク科(サカキ科)ヒサカキの葉の適応性、蛇紋岩地帯におけるヒサカキの適応的な葉の形態、日本沿岸域における外来種であるトウネズミモチ(モクセイ科)の気孔に関する研究について、これらの樹木がそれぞれ系統的に異なるにもかかわらず海岸地の集団が共に有意に気孔サイズを低下させているといった共通の適応形態を示していることが明らかとなり、保水性の乏しい蛇紋岩地においても同様の傾向が見られたために、この変化がこれらの樹木の水分ストレスに呼応した変化であるといった成果が得られた。

(7)砂浜環境と飛砂抑制調査について、海浜植物であるケカモノハシとピロードテンツキの発芽深と分布に与える堆砂の影響について、ケカモノハシは、ピロードテンツキよりも堆砂が多い立地で被度が高かった。この理由として、成個体の2種の堆砂への耐性の違いに加えて、ケカモノハシの方が深いところから発芽していたことから、堆砂に対する実生の耐性も2種の分布の違いに影響していることがわかった。防災・減災機能を有する人工砂丘の生物多様性の保全効果について、石川県加賀海岸の海浜植物を事例として、微地形に伴う風速の違いが植生に影響を与えていることが示唆された。斜面勾配が変わる地点から風速と植生も変化したことから、飛砂抑制のために植生を導入する際には、わずかな地形の勾配の違いなどに配慮する必要があることがわかった。植生と地形変化の対応関係について、島根県黒松海岸を対象に調査したところ、小型 UAV の空撮画像から、誤差 5cm 以内で数値表層モデルを作成することができた。多時期の差分を抽出したところ、堆砂域や侵食域を面的に捉えることができ、さらにそれらに対応した植物群落を検出することができた。これらの解析手法を活用することで、地域の地形特性に適した植物種の選択が可能になると考えられた。海浜植物ハマボスとハマナタマメの種子発芽と苗の出現について実験を行った結果、ハマボスは土壤塩濃度が比較的高い状況や塩付着種子においても対照と有意な違いが無く発芽することが明らかとなったほか、土壤表面近くに播種した場合に最も高い発芽率を示し、播種深度が深くなるにつれて発芽率は減少した。また、土壤の粒径が 1mm を越えると、種子の埋没の影響で発芽率が低下するといった成果が得られた。以上から、津波で被災した裸地の土壤流出阻止を目的とした緑化を進める際には、ハマボスが有効であることが示された。一方、ハマナタマメについては、海域に散布された種子のうち、長期間発芽能力を失わない海面散布種子は、低温条件の存在にかかわらず、比較的温暖な地域で発芽する可能性があることが示唆された。またこの結果は、太平洋側の北限集団を用いた結果も同様であった。しかし国内では平均気温がその発芽温度に達する時期が、太平洋側北限である千葉県よりも西の太平洋岸では5月上旬であるものの、それよりも北に位置する海域ではその時期以降となるために、そのような地域に海流によって運ばれたハマナタマメの種子は発芽するものの、繁殖までは至らない可能性が示された。

#### <引用文献>

中島勇喜(2006)海岸マツ林の現状 - 役割と問題点 -, グリーンエイジ, 33(2), 4-7, 一般財団法人日本緑化センター。

東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会(2012)今後における海岸防災林の再生について, 林野庁。

林野庁東北森林管理局・仙台森林管理署(2021)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。

吉崎真司(2021)防潮堤の機能を備えた海岸防災林(静岡県遠州灘を事例として)の造成事例, 日本緑化工学会誌, 47(2), 245-250。

独立行政法人森林総合研究所多摩森林科学園(2014)クロマツ海岸林に自然侵入した広葉樹の活用法 - 松枯れから防災機能を守るための広葉樹林化 -, 45pp。

吉崎真司(2021)被災海岸林における広葉樹の植栽状況(試験植栽を含む), グリーンエイジ, 48(5), 16-21, 一般財団法人日本緑化センター。

萩野他(2012)海岸人工砂丘の周囲における風向別の風況推定, 森林総合研究所九州支所年報, 第24号。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Marui Yuki・Takizawa Eiichi・Shiba Masayuki・Yoshizaki Shinji・Fukuda Tatsuya	4. 巻 15
2. 論文標題 Seed Germination and Seedling Emergence of <i>Lysimachia mauritiana</i> Lam. (Primulaceae)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Biology	6. 最初と最後の頁 13-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/ijb.v15n1p13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Takizawa E・Shiba M・Yoshizaki S・Fukuda T	4. 巻 12(1)
2. 論文標題 Stomatal study of introduced species, <i>Ligustrum lucidum</i> Aiton (Oleaceae), in Coastal areas of Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Plant Studies	6. 最初と最後の頁 24-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/jps.v12n1p24	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shiba Masayuki・Tate Tomoki・Fukuda Tatsuya	4. 巻 11
2. 論文標題 Leaf Adaptation of <i>Eurya japonica</i> Thunb. (Pentaphylacaceae) in Coastal Area	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Plant Studies	6. 最初と最後の頁 31-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/jps.v11n1p31	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 鈴木彰・越智文裕・池田頼明・酒井雄志・吉崎真司・福田達哉	4. 巻 64(1)
2. 論文標題 竹稈を用いた微生物による有機物分解に関わる中・高等学校用教材の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 生物教育	6. 最初と最後の頁 47-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24718/jjbe.64.1_47	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shiba M・Tate T・Fukuda T	4. 巻 14(2)
2. 論文標題 Serpentine adaptative of <i>Ligustrum japonicum</i> Thunb. (Oleaceae) based on morphological and anatomical approaches.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Biology	6. 最初と最後の頁 10-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/ijb.v14n2p10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山佐圭吾・岡浩平・吉崎真司	4. 巻 48(1)
2. 論文標題 海岸林のギャップに植栽されたクロマツの生長と光環境の関係	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 214-217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.48.214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishii C・Shiba M・Kumekawa Y・Fukuda T	4. 巻 14(1)
2. 論文標題 Seed germination and seedling emergence of <i>Canavalia lineate</i> (Thunb.) DC. (Fabaceae).	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Biology	6. 最初と最後の頁 8-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/ijb.v14n1p8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Eiichi Takizawa・Tomoki Tate・Masayuki Shiba・Chihiro Ishii・Shinji Yoshizaki and Tatsuya Fukuda	4. 巻 21(1)
2. 論文標題 Coastal adaptation of <i>Ligustrum japonicum</i> Thunb. (Oleaceae). - A case study of stomatal adaptation pattern into coastal forests -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Japanese Society of Coastal Forest	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shiba M・Tate T・Fukuda T	4. 巻 11
2. 論文標題 Adaptative leaf morphology of <i>Eurya japonica</i> Thunb. (Ternstroemiaceae) in serpentine areas.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Plant Studies	6. 最初と最後の頁 10-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/jps.v11n1p10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 YOSHIZAKI Shinji	4. 巻 47
2. 論文標題 Introduction of Coastal Disaster Prevention Forest with tidal embankment--An example of Enshu nada, Shizuoka Prefecture--	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology	6. 最初と最後の頁 245-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.47.245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岡浩平	4. 巻 47(2)
2. 論文標題 特集「東日本大震災 10 年 海岸林の復興とその先へ」特集にあたって	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 227-228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shiba M・Tate T・Fukuda T	4. 巻 13(2)
2. 論文標題 Rheophytic adaptation of <i>Eurya japonica</i> Thunb. (Ternstroemiaceae).	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Biology	6. 最初と最後の頁 65-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/ijb.v13n2p65	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 吉崎真司・森本淳子・蔵本洋介・塚本文・木田幸男・吉田寛・岡浩平・小林達明・大塚芳嵩・岩崎 寛・上野裕介・上野崇之・長谷川啓一	4. 巻 46(4)
2. 論文標題 緑地とグリーンインフラ 緑化学からの新たな視点	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 369-391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.46.369	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 前岡夏槻・岡浩平・山中亮一・鎌田磨人・吉崎真司	4. 巻 47(1)
2. 論文標題 高潮による海水浸漬を受けた海岸林における樹種別の応答の比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 111-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.47.111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉崎真司	4. 巻 48(5)
2. 論文標題 被災海岸林における広葉樹の植栽状況(試験植栽含む)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 グリーンエイジ	6. 最初と最後の頁 16-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉崎真司	4. 巻 47(5)
2. 論文標題 100年先の高田松原に思いを馳て	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 グリーンエイジ	6. 最初と最後の頁 2-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡浩平・吉崎真司	4. 巻 45(3)
2. 論文標題 海浜植物ケカモノハシとピロードテンツキの発芽深と分布に与える堆砂の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 377-383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.45.377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 木村祐貴・中島有美子・吉崎真司	4. 巻 45(1)
2. 論文標題 広葉樹により構成される海岸林の林床における実生の空間分布及び成木との関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌・技術報告	6. 最初と最後の頁 252-255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.45.252	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 浅野勇希・田畑光樹・吉崎真司	4. 巻 45(1)
2. 論文標題 海岸防潮堤のり面の土壌環境と植栽木の生育	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌・技術報告	6. 最初と最後の頁 256-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.45.256	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伊東日向・吉崎真司	4. 巻 45(1)
2. 論文標題 短期的塩水浸漬がクロマツ(Pinus thunbergii Parl)の種子の吸水と発芽へ及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌・技術報告	6. 最初と最後の頁 260-263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7211/jjsrt.45.260	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Shinji Yoshizaki・MasashiKato・Masaki Okada
2. 発表標題 Growth responses of eight broad-leaf trees under the shade.
3. 学会等名 The 12th Conference of International Consortium of Landscape and Ecological Engineering
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀧澤英一・楯智樹・柴政幸・吉崎真司・福田達哉
2. 発表標題 海岸地におけるネズミモチの形態学的適応様式
3. 学会等名 第86回日本植物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野九十九・柴政幸・福田達哉
2. 発表標題 海岸地におけるツワブキの形態学的適応様式
3. 学会等名 第86回日本植物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井知希・柴政幸・福田達哉
2. 発表標題 海流散布種子植物ハマナタマメの北限に関する生態学的研究
3. 学会等名 令和3年度日本海岸林学会宮城大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉崎真司・関波汐凧・羽倉尚人
2. 発表標題 PIXE分析法による元素分析と海岸林研究への応用
3. 学会等名 令和3年度（2021年度）日本海岸林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉崎真司・浅野勇希
2. 発表標題 防潮土堤周囲の風環境について - 静岡県遠州灘における防潮土堤を例とした模型実験 -
3. 学会等名 令和3年度（2021年度）日本海岸林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島有美子・吉崎真司
2. 発表標題 暖温帯太平洋側地域の松枯れ跡地の海岸林造成地における広葉樹林の成林と風環境
3. 学会等名 日本海岸林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前岡夏槻・岡浩平・山中亮一・鎌田磨人・吉崎真司
2. 発表標題 2019年台風19号の高潮により浸水した海岸林における樹種別の応答
3. 学会等名 応用生態工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡浩平・平吹喜彦
2. 発表標題 防災・減災機能を有する人工砂丘の生物多様性の保全効果 - 石川県加賀海岸の海浜植物を事例として -
3. 学会等名 日本沿岸域学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡浩平
2. 発表標題 津波により倒壊したクロマツ林の天然更新の実態
3. 学会等名 日本緑化工学会第50回大会研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉崎真司
2. 発表標題 マツ枯れ後のクロマツの天然更新の実態と植生管理
3. 学会等名 日本緑化工学会第50回大会研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島有美子・吉崎真司
2. 発表標題 西南日本太平洋側の海岸林造成地におけるマツ枯れ後の広葉樹林の成林状況と気象条件について
3. 学会等名 日本緑化工学会第50回大会研究交流発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 亀山 章 (吉崎真司分担執筆)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 704
3. 書名 造園大百科事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	福田 達哉  (FUKUDA TATSUYA)  (00432815)	東京都市大学・理工学部・教授   (32678)	
研究 分担者	加藤 真司  (KATO MASASHI)  (50523388)	東京都市大学・環境学部・教授   (32678)	
研究 分担者	岡 浩平  (OKA KOHEI)  (80573253)	広島工業大学・環境学部・准教授   (35403)	
研究 分担者	鈴木 彰  (SUZUKI AKIRA)  (50110797)	東京都市大学・理工学部・講師   (32678)	教育講師から非常勤講師への変更に伴い、所属先からの科研費の応募資格を喪失するため、令和2年度以後、研究分担者から外れることになった。

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------