

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450202

研究課題名(和文) 震災後に造成される海岸林の生物多様性を考慮した保育技術の開発

研究課題名(英文) Silvicultural techniques and systems in consideration of biodiversity of the coastal forests established after the tsunami disaster

研究代表者

林田 光祐 (HAYASHIDA, Mitsuhiro)

山形大学・農学部・教授

研究者番号：10208639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：2011年3月の東北太平洋沖地震津波によって攪乱された仙台平野のクロマツ海岸林における植生の回復を調査した。被害を受けた林分の2割で、天然更新したクロマツ稚樹が高密度に生育していた。これらの林分では、海岸特有の植物も多く生育していることから、生物多様性保全の観点から積極的に利用すべきであると考えられた。また、クロマツ造林地が成林後に放置され遷移が進んだ海岸林では、大規模な有機物層除去作業は海岸林の生物多様性を回復させる手段として有効であると推察された。

研究成果の概要(英文)：We examined the recovery of vegetation in coastal pine forests damaged by the 2011 Tohoku tsunami in Sendai, Japan. Twenty percent of the damaged stands had some patches included high-density natural regenerated pine saplings. We proposed the effective use of these stands for recovering coastal forests, because coastal plants diversity was high in these stands. Moreover, the results of our investigations suggest that the removal of organic substance layer using construction equipments was effective for coastal plants diversity and emergency of pine seedlings in coastal pine forests.

研究分野：森林科学

キーワード：海岸砂丘 クロマツ 津波 天然更新 有機物層 林床植生

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災では、津波により太平洋岸の広範囲の海岸地域で甚大な被害を生じた。同時に、多くの機能で地域住民の生活を守り続けてきた海岸林も大きな被害を受けたが、海岸林がある程度の津波の減衰効果をもたらしたことも各地で確認された(坂本, 2012)。

これまでの調査・研究から、今後の被災地の復興に向けて、海岸林の防災機能を活用するために、可能な限り機能を強化する方向で海岸林の再生計画が検討され、復興事業が始まった。しかし、現状のクロマツ海岸林も多くの課題を抱えている。マツ枯れ被害が全国に蔓延し、さらに植栽したクロマツ林の間伐などの保育作業が予定どおり実施されないために、広葉樹が更新して健全なクロマツ林とは言えない林分が多く、海岸林の機能が発揮されない防災林も多い(吉崎, 2012)。一方、山地から供給される土砂の量が近年減少していることから、砂浜の浸食が進んでいる海岸も増えつつあり、飛砂防備という機能は以前よりも要求度が低下している可能性も指摘されている(太田, 2012)。このような海岸林をとりまく現状から、従来のクロマツだけの植栽ではなく、前線部以外の立地であれば、積極的に広葉樹を植栽する方法を導入することも検討されている。なかには、広葉樹だけで海岸林を再生する提案もあり(宮脇, 2011)、各地で植栽が始められている。

このように海岸林の構成種という点では近年の海岸林は多様性が増す方向に進んでいる。しかし、海岸林を海岸の塩風の環境のもとで成立している森林群落で、天然生林では内陸とは組成や構造が異なる森林という定義(野堀ら, 2000)から見直すと、クロマツ林内で更新している樹種や草本種の多くは、本来の海岸域に生育する種とは必ずしも言えない。逆に、汀線に近い不安定な厳しい環境の砂丘上に適応した植物はクロマツ林内では少なく、絶滅危惧種に指定されている種が多い。また、肥料木として導入されたニセアカシアなどの外来種の増殖は大きな問題となっている(志斎ら, 2007)。これらのことから、砂浜特有の在来の植物や動物の生息地が減少することで、近年の海岸域の生物多様性は損なわれている状況にあり(林田, 2012)、震災後に再生される海岸林を含めた海岸域の復興事業によって、さらに悪化することも予想される。

2. 研究の目的

震災後に造成された海岸林に対して、防災機能を高めるだけでなく、海岸域の生物多様性も高める保育技術を開発することを本研究の目的とする。

そのために、海岸林を含む海岸域の成帯構造における各植生帯の植物多様性の特徴を評価することを第一の目的とした。砂浜海岸では、汀線から内陸へ漸次的に相観が変化し、帯状に植生が変化する成帯構造が顕著に見

られる。汀線からの距離に応じて、海水とくに塩分の影響や砂の移動量、風の強さなどの物理的な環境が漸次変化し、砂丘の発達や後背湿地の成立によって水分環境も変化するのに対し、多様な海岸植物がこれらの変化する環境にそれぞれ適応した性質を有しているためである(Maun, 2009)。そのため、このような微地形の変化に対応した砂浜海岸特有の種が生育している。したがって、砂浜海岸の生物多様性は、この海岸特有の成帯構造とその構成種が維持されているかどうか重要な指標の一つと言える。

震災によって壊された海岸林を再生するにあたって、津波被害で根返りした樹木の多くが直根の発達が悪かったことが指摘されており、植栽する立地の地下水位が高かったことが大きな要因だと考えられていることから(田村, 2012)、基盤整備として盛土をした上で植栽する計画が進んでいる。盛土を伴う海岸林造成であれば、盛土の質や量によって、その後の植生が大きく異なることが予想される。そのため、新たに造成された海岸林の生物多様性を評価するには、立地環境(微地形や土壌)を把握して、異なる立地環境で、単純な種の豊富さだけでなく、出現した植物が海岸域に特有の種や絶滅危惧種であるのか、あるいは外来種なのかという基準を入れることで、どのような立地環境が海岸域の生物多様性を支える重要な生育環境であるかを評価する。

優先して保全すべき生物群集とその立地環境が明らかになれば、それを考慮した海岸林の管理技術にどのように反映させることができるのかを検討するのが第二の目的である。海岸域特有の植物が生育する環境を創出するために、下刈りや除伐、あるいは土壌攪乱を伴う落葉掻きなどを実験的に実施して、手入れ前と手入れ後を比較することで、多様性を高めるための手入れ方法が有効かどうかを検証することとする。

なお、被災地での海岸林の復興事業はほとんど山砂を使った盛土が造成されている。そのため、これまでの海砂上の植栽とは全く異なり、様々な課題が生じている。本研究との関連においても、新しい造成地で植栽木以外の植生はきわめて少なく、保育方法以前の植栽木の活着が課題となる状況であった。そこで、当初からこのような場合に計画していた、造成前の砂浜海岸域の生物多様性を把握するための調査を実施することとした。具体的には、津波攪乱後のクロマツ海岸林の植生回復の現状を把握し、クロマツの天然更新の実態とその要因を明らかにすることで、これらの活用を検討した。また、成林後のクロマツ海岸林の保育作業と生物多様性との関係を明らかにするために、東北日本海側のクロマツ海岸林で実施された大規模な有機物層除去事業の施工から5~7年経過したクロマツ海岸林の下層植生や有機物層を調査することで、有機物層除去がクロマツ実生の定着や

下層植生の回復に及ぼす影響はどの程度なのか、また大規模な有機物層除去の効果がどの程度持続するのか検討した。

以上のような調査を通じて、海岸林の防災機能を維持しつつ、海岸林が成立する海岸域全体の生物多様性を高める再生・保育方法を提案する。

3. 研究の方法

(1) 津波攪乱後の海岸林の植生回復

調査は宮城県仙台市若林区の井土浦海岸林で行った。太平洋と貞山堀に挟まれた約300mの区間を調査対象とした。津波により当時約15年生のクロマツの半数が流出し、幹折れや傾斜などで9割以上が枯死した(山中他, 2012)。しかし、津波の後に人工盛土も植栽もされていない地域である。山中他(2012)の調査により、防潮堤がある区域(有堤区)はクロマツの流出による減少率が約4割、ない区域(無堤区)は約6割と異なっていたことが報告されている。この山中他と同じ有堤区と無堤区にそれぞれ汀線から直交するように調査ライン(有堤区の長さ259.1m、無堤区253.6m)を設定した。

有堤区と無堤区の各調査ラインを地形または優占種や構成種が明らかに異なる区間に区分し、各区間に2m×2mの方形区を1か所ずつ計各18か所設定して植生調査を行った。また、両調査ライン沿いの幅2mの帯状区内に生育していた木本植物すべてを対象に樹高と根元直径を調査した。これらの調査は2013年の8~9月に実施した。

(2) 津波攪乱後の海岸林におけるクロマツの天然更新

調査地は宮城県仙台平野の津波被災地の海岸防災林である。北は仙台市宮城野区の七北田川から南は亘理町の牛橋河までの約30kmの区域のうち、すでに復旧事業が進んだ林分を除く134林分で、総面積約345haである。これらのすべての林分を踏査して、100㎡あたりクロマツ(アカマツも含む)稚樹が50本以上ある場所が1か所以上ある林分を稚樹の多い林分とし、1か所もない林分を稚樹の少ない林分とみなし、区分した。稚樹の密度を分けた要因を解析するために、林齢、汀線からの距離、防潮堤の有無、クロマツ残存木の林冠の被度の4項目を調べ、稚樹の多い林分と少ない林分を比較した。

調査地のなかで特にクロマツ稚樹の密度が高かった仙台市宮城野区の南蒲生、仙台市若林区井土浦(防潮堤の後背地を有堤区、防潮堤がない区域を無堤区とする。山中ら(2012)参照)、および岩沼市下野郷の県南浄化センター東の海岸林の4調査地を選定し、幅2mの帯状区を汀線から直交するように設置した。調査面積は南蒲生が192㎡、井土浦有堤区が518㎡、無堤区が504㎡、岩沼が300㎡であった。帯状区内に生育していた木本植物すべてを対象に、樹種を判別し、樹高と根

元直径を計測した。さらに、クロマツ稚樹の樹齢と成長量を計測した。これらの調査は2014年の7~9月に実施した。

(3) 重機を用いた有機物層除去がクロマツ海岸林の林床植生に及ぼす影響

調査地は有機物層除去事業が施工された秋田県由利本荘市の田尻野地区およびにかほ市の下谷地地区と西大阪地区のクロマツ海岸林3林分である。田尻野地区は林齢42年、汀線からの距離約400m、林帯幅は約100mである。下谷地地区は林齢37年、汀線からの距離約50m、林帯幅は約50mである。西大阪地区は林齢55年、汀線からの距離約50m、林帯幅は約120mである。この3地区で下層植生を刈り取り、堆積していた落葉落枝や腐植土層を小型の重機を用いて剥ぎ取り、砂土が地表に表出するように事業が実施された。田尻野地区は2008年、2009年に、下谷地地区は2009年に、西大阪地区は2010年に実施された。このうち下谷地地区の一部は現在もボランティア活動によって継続して落ち葉掻きが行われている。

調査地ごとに2m×2mの調査区を設置して植生調査と土壌調査を2015年8~10月に行った。調査区は有機物層除去事業を実施した施工区、実施していない林内の放置区と砂浜区を対照区としてそれぞれ設定した。西大阪地区では施工区を34か所、放置区を10か所、砂浜区を9か所で合計53か所、下谷地地区では施工区を20か所、放置区を10か所、砂浜区を5か所で合計35か所、田尻野地区では、施工区を20か所、放置区、砂浜区をそれぞれ10か所ずつで合計40か所、全地区合計で128か所の調査区を設定した。施工区での調査区の設置方法は、汀線に直交する直線を林帯幅に合わせてとり、その直線上に10m間隔で調査区を設置した。西大阪地区の施工区は他の地区に比べ林帯幅が広いことから、林帯幅に合わせてより多くの調査区を設定した。下谷地地区の施工区は現在もボランティアによって継続して落ち葉掻きが行われている林分と、2009年に有機物層除去が行われた後一度も落ち葉掻きが行われていない林分に区分され、それぞれ10か所ずつ設定した。田尻野地区の施工区は2008年と2009年に施工された林分に区分されることから、それぞれ10か所ずつ設定した。

すべての調査区において高さ1.3m以下の植物を対象にブラウン・ブランケ法による被度・群度調査と対象植物全体の被度を10%単位で測定した。さらにクロマツ実生の本数とその樹齢を記録した。有機物層調査は砂浜以外の調査区にて行い、施工区では全体の半数(37か所)、放置区ではすべての調査区(30か所)でAo層をL層、F層、H層に区分してそれぞれの厚さを計測した。

4. 研究成果

(1) 津波攪乱後の海岸林の植生回復

植生調査での全出現種数は有堤区が27種、無堤区が33種で、有堤区より無堤区の種数が多かった。方形区間の多様性に差がなく、方形区内の出現種数の平均値が有堤区の5.3種に対し、無堤区は6.4種と大きいことが全出現種数に差が生じた要因だと推察される。外来種は有堤区、無堤区ともに8種で同じであったが、海岸植物は有堤区9種に比べ、無堤区が11種と多く、各方形区の平均値でも有堤区が1.8種に対し、無堤区が3.5種と海岸植物の種数は無堤区が有意に多く多様性に富んでいた。

木本は個体数と根元断面積合計ともに有堤区が無堤区の約2倍更新していた。これらの更新木はクロマツが本数の約9割を占め、クロマツは分布に偏りがあるものの、5千~1万本/haほど生育していた。しかし、根元断面積合計ではニセアカシアがクロマツに迫り、有堤区では約4割をニセアカシアが占めた。

津波後の無堤区の平均堆砂深が有堤区の約3倍であったことから、攪乱の程度の差が有堤区と無堤区の植生回復の状況の違いをもたらしたと考えられる。また、両区ともに汀線からの距離や地形による植生変化は認められず、植生の成帯構造も攪乱されていた。

(2) 津波攪乱後の海岸林におけるクロマツの天然更新

調査した134林分345haのうち、20林分69haがクロマツ稚樹の多い林分であった。面積の割合で見るとクロマツ稚樹の多い林分が占める面積は全体の2割と限られていることがわかった。しかし、これらの林分は林齢や汀線からの距離などの特定の条件を有する林分ではなく、稚樹の密度を説明できる要因は特定できなかった。

南蒲生でのクロマツとアカマツの稚樹密度は11,667本/ha、井土浦の有堤区ではクロマツ稚樹密度は9,128本/ha、無堤区ではクロマツ稚樹密度は3,924本/ha、岩沼ではクロマツ稚樹密度は13,533本/haといずれも高密度に生育していた。クロマツ稚樹の樹齢は1年生から30年生までとばらついていて、約9割は津波以前の2010年より前に発芽した個体で、特に2007~2009年の発芽個体が大半を占めた。このことから、現在見られる稚樹のほとんどは、津波前に発芽し、津波後も生き残った個体であることが明らかになった。

これらの津波前に発芽した稚樹の分布は2008年撮影の写真(Google Earth)から得られた津波前のクロマツ林の林冠ギャップの位置とほぼ一致していたことから、津波前に林冠ギャップ下で定着していた稚樹が津波後にも生残できた林分で良好な天然更新が見られると推察された。2008年から2014年までのクロマツ稚樹の成長量を見ると、津波が発生した2011年の成長量が最小で、翌年の2012年から急激に成長しており、2014年

では2011年の3倍以上の成長量であった。津波によってほとんどの上層木が傾斜・枯死したことにより、稚樹の光環境が改善されたことが影響したと推察される。

以上のことより、津波で壊滅したクロマツ海岸林のその後のクロマツの天然更新はほとんどが前生稚樹によるものであることが明らかになった。前生稚樹の密度は津波前のクロマツ林の林冠のギャップ率に影響されていると考えられ、上層木が津波によって壊滅的な被害を受けた林分でもクロマツ稚樹は高密度で生残する可能性があることが確認された。津波被害の翌年から急激に成長していることから、高密度の林分では成林する可能性が十分あると考えられる。

(3) 重機を用いた有機物層除去がクロマツ海岸林の林床植生に及ぼす影響

下層植生全体の被度は、3地区の施工区の平均が12.5%~24.8%であるのに対して、放置区の平均は28.0%~71.0%、砂浜区の平均は38.0%~71.1%だった。このように施工区と放置区・砂浜区との間には植生に明確な差が見られ、施工区の林床植生は繁茂していることはなかった。施工区と放置区の被度の平均を調査地ごとに比較すると、西大阪地区と下谷地地区では $p < 0.05$ で有意な差が見られたが(Steel-Dwassの多重比較)、田尻野地区の林床植生では有機層が見られなかった。

出現した種数は、西大阪地区70種/212m²、下谷地地区64種/140m²、田尻野地区64種/160m²である。全体では98種/512m²出現した。施工区で出現率が高かった種はクロマツの実生とハマアオスゲやススキなどの草本種である。一方、放置区ではツタウルシやノブドウ、サルトリイバラなどのつる性木本とチヂミザサが主に出現した。砂浜区で出現率の高かった種はオニシバ、コウボウムギ、ハマヒルガオなどの海岸性の植物であった。クロマツの実生が施工区内では65調査区に出現したのに対し(出現率87.8%)、放置区では6調査区のみ(出現率20.0%)と出現率は低かった。また、すべての砂浜区に出現した海岸性植物は24の施工区に出現しており、施工区全体の32.4%に出現していた。ツタウルシなどの木本植物はすべての放置区に出現しており、施工区のうち51か所、68.9%の調査区に出現していた。木本植物は海岸性植物とは逆に砂浜区には全く出現しなかった。

有機物層の厚さは3地区の施工区の平均が19.4~21.0mmだった。それに対し3地区の放置区の平均が47.5~92.5mmであり、施工区と放置区ですべて有意差があった。この差の要因は施工区ではH層が全く見られなかったのに対し、放置区では平均31.0mm~50.5mmのH層が見られたことである。さらに、西大阪地区の有機物層の厚さと、下谷地地区の有機物層の厚さとクロマツ実生の本数との間に有意な相関が認められた。

放置区ではクロマツ実生や海岸性植物がほとんど見られず施工区で多く確認された理由は、有機物層除去によって砂地が表出したことで広葉樹よりもクロマツや海岸植物が生育しやすい環境になったためであると考えられる。また、2008年以降に施工され、その後は手つかずのすべての施工区でH層が確認されなかったことから、一度大規模に有機物層除去を行ってしまえば少なくともその後6~7年は有機物層除去の効果が持続すると考えられる。有機物層の除去は大きなコストがかかるが、その効果が長期に継続すれば、生物多様性の観点からもクロマツ海岸林を保全していく手段の一つになり得ると考えられる。

(4) 総合考察

津波によって被害を受けた仙台平野のクロマツ海岸林の約2割で高密度に天然更新したクロマツ稚樹が認められた。これらの稚樹のほとんどは津波前に発芽し津波後も生き残った個体と推察され、津波後は上層がなくなったことから、急激に成長していた。高密度の林分では十分成林可能だと考えられた。

このような林分の多くで、多種の海岸特有の植物が発生していた。このことから、高密度に天然更新したクロマツが生育する地域を保全地域として活用すれば、成林後は防災機能のある程度有する海岸林として機能するとともに、海岸域の生物多様性の保全機能を高めることになると考えられる。ただし、このような林分では、同時にニセアカシアやコマツヨイグサなどの外来植物が繁茂している場所も認められたことから、活用する場合には十分調査して選定する必要がある。さらに、これらの多くの林分が津波によって壊滅状態になった林分であることから、津波に強い海岸林が必要な地域では、利用を避けるべきであろう。

クロマツ造林地が成林した後の保育作業は海岸林の維持管理にとって大きな課題となっている。秋田県で実施された大規模な有機物層除去作業は高いコストがかかるものの、本研究によって、海岸植物とクロマツ実生の発生に効果があることが明らかになり、その効果は少なくとも6~7年、おそらく10年ほどは持続すると推察された。このことから、生物多様性に配慮した海岸林の維持管理技術の一つとして、位置づけることは可能であろう。今後は、この効果がクロマツ林自体の維持にどの程度効果があるか明らかにすることで、コストに見合う作業かどうかを判断する必要があると考えられる。

<引用文献>

坂本 知己、津波による海岸林の被害と復興、環境の保全と修復に貢献する農学研究、日本農学会編、養賢堂、2012、119-140
吉崎 真司、今日の海岸林の課題、水利科

学、No.326、2012、14-27

太田 猛彦、NHK 出版、森林飽和、2012、254

宮脇 昭、学研新書、瓦礫を活かす「森の防波堤」が命を守る、2011、259

野堀 嘉裕 他、日本海沿岸北部における海岸林の特徴と現況、東北森林科学会誌、5、2000、69-78

志齋 和貴 他、庄内海岸砂丘林の構造、海岸林学会誌、6、2007、15-18

林田 光祐、海岸域の生物多様性を考慮した海岸林の再生、水利科学、No.326、2012、28-38

Maun, M.A., The Biology of Coastal Sand Dunes, Oxford University Press, 2009、265

田村 浩喜、仙台平野の海岸林における根返り被害、森林科学、66、2012、3-6

山中 啓介 他、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震で発生した津波が仙台市井土地区の海岸林に及ぼした影響
防潮堤と海岸クロマツ林の被害との関係、海岸林学会誌、11、2012、19-25

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計5件)

林田 光祐、結城 伸、2011年津波被害を受けた仙台平野の海岸林におけるクロマツの天然更新の現状、平成27年度日本海岸林学会大会、2015年10月31日、近江町交流プラザ(石川県金沢市)

岩川 竜也、林田 光祐、クロマツ海岸林における重機を用いた有機物層除去が林床植生に及ぼす影響とその持続性、平成27年度日本海岸林学会大会、2015年10月31日、近江町交流プラザ(石川県金沢市)

林田 光祐、結城 伸、津波被害を受けた仙台平野の海岸林におけるクロマツの天然更新の現状とその要因、第126回日本森林学会大会、2015年3月27日、北海道大学農学部(北海道札幌市)

林田 光祐、蜂谷 瑞季、結城 伸、坂本知己、仙台井土浦海岸林における2011年津波後の植生回復とクロマツの天然更新、平成26年度日本海岸林学会大会、2014年10月25日、田原福祉センター(愛知県田原市)

林田 光祐、蜂谷 瑞季、坂本 知己、仙台井土浦海岸林における2011年津波後の植生回復、第125回日本森林学会大会、2014年3月29日、大宮ソニックシティ(埼玉県さいたま市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林田 光祐 (HAYASHIDA, Mitsuhiro)
山形大学・農学部・教授
研究者番号：10208639

(4) 研究協力者

蜂谷 瑞季 (HACHIYA, Mizuki)
結城 伸 (YUHKI, Shin)
岩川 竜也 (IWAKAWA, Tatsuya)