
論 文

2011年東北地方太平洋沖地震津波の被害を受けた宮城県名取市関上浜における海岸クロマツの生長履歴と表層土の粒度特性

寺本 行芳¹⁾・岡 勝²⁾・下川 悦郎³⁾

Past grown record of coastal Japanese black pines at Yuriage beach, Miyagi Prefecture, which suffered from the damage by the 2011 Tohoku tsunami and the characteristics on soil samples collected in this area

TERAMOTO Yuki Yoshi¹⁾, OKA Masaru²⁾ and SHIMOKAWA Etsuro³⁾

¹⁾ 鹿児島大学農学部生物環境学科 Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

²⁾ 鹿児島大学農学部附属演習林 University Forest, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

³⁾ 鹿児島大学 Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-8580

Received Dec 13, 2012 / Accepted Jan 9, 2013

Summary

The purpose of this research was to identify past grown record in coastal Japanese black pines as well as grain size characteristics and pH of surface soil layer following damage from the 2011 Tohoku tsunami, and to compare them between Yuriage beach in Miyagi Prefecture and Fukiage beach in Kagoshima Prefecture. We placed one transect (A) perpendicular to the shoreline from the top of the fore-dune to the inland area in Yuriage beach and two transects (B and C) perpendicular to the shoreline from the top of the fore-dune to the inland area in Fukiage beach. Inland areas of each transect consisted of Japanese black pine forests. Transect A included a forest area that had been severely damaged during the 2011 Tohoku tsunami. Transect B included a forest area that sustained little damage, and transect C was in an area that had been severely damaged by pine wilt disease. The mean annual index value of tree ring width of coastal Japanese black pine at Yuriage beach was greater than that at Fukiage beach. The pH values of the surface soil layer in the black pine forest at Yuriage beach were greater than those at Fukiage beach. The mean value of the median diameter of surface soil particles at Yuriage beach was greater than that at Fukiage beach. The ratio of coarse sand in the surface soil particles at Yuriage beach was greater than that at Fukiage beach, and the ratio of fine sand in surface soil particles of Yuriage beach was smaller than that of Fukiage beach. Based on the measured soil parameters and tree growth response, we concluded that the growth environment of the coastal forests at Yuriage beach following the damage sustained during the 2011 Tohoku tsunami was more severe than that at Fukiage beach.

Key Words: 2011 Tohoku tsunami, coastal forest, Yuriage beach, Fukiage beach

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震津波, 海岸林, 関上浜, 吹上浜

1 はじめに

2011年3月11日に発生した太平洋三陸沖を震源とする巨

大地震(2011年東北地方太平洋沖地震)とそれを起源とする大津波によって、死者・行方不明者・負傷者2万4763人、住宅の全壊・半壊・一部破損112万3364棟、道路損壊・橋

梁被害・山崩れ4541箇所の大被害が起きた（2012年10月24日時点）（警察庁，2012）。被害の大部分は宮城県・岩手県・福島県で発生している。

この大津波によって、太平洋側の海岸林は大きな被害を受けた。海岸林の被害実態や海岸林の防災効果については、今井・原田（2011），今井（2011），坂本（2011），東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会（2011），東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ（2011）などによる報告例があるが、大津波の影響は地理的・社会的にも広範囲に及ぶため、海岸林の被害やその防災効果、海岸林の生育環境などについての実態把握は十分ではない。海岸林の再生を含めた大震災からの復興計画を考える上でも更なるデータの収集は不可欠である。

本論は、宮城県名取市閑上浜における海岸クロマツの生長履歴と、津波発生後におけるクロマツ林内の表層土の粒度特性および pH について予察的に検討した。一方、対照地とした鹿児島県吹上浜においても閑上浜と同様の調査を実施し、両海岸地域で得られたデータの比較を行なった。なお、宮城県名取市閑上浜では、2011年東北地方太平洋沖地震を起源とする大津波による海岸林の被害状況と残土盛土による海岸林の被害軽減効果が報告されている（寺本ら，2012）。

2 調査地と方法

2.1 調査地概要

調査地は、宮城県仙台市の南東に位置する同県名取市閑上浜の海岸林（図1）と、その対照地として鹿児島県南さつま市から同県日置市に位置する吹上浜の海岸林（図2）である。

名取市は2011年東北地方太平洋沖地震で震度6強を記録し、海岸地である閑上地区を中心に津波による甚大な被害を受けた。閑上地区における津波高は7.7mを記録している（二之宮，2011）。東日本大震災における名取市の死者・行方不明者・負傷者は1193名である（2012年10月5日時点，宮城県，2012）。調査地の林帯幅は130m程度であるが、その大部分は津波によって大きな被害を受けている（写真1）。

吹上浜における調査地は、伊作川河口以北および万之瀬川河口以北に位置する（図2）。調査地の林帯幅は300m程度である。伊作川河口以北の海岸植生は、マツ材線虫病による被害を受け始めた1980年代後半から現在まで薬剤散布や樹幹への薬剤注入などの継続的な維持管理が行われているため、マツ材線虫病と風害被害をほとんど受けていない（写真2，寺本・下川，2007）。一方、万之瀬川河口以北の

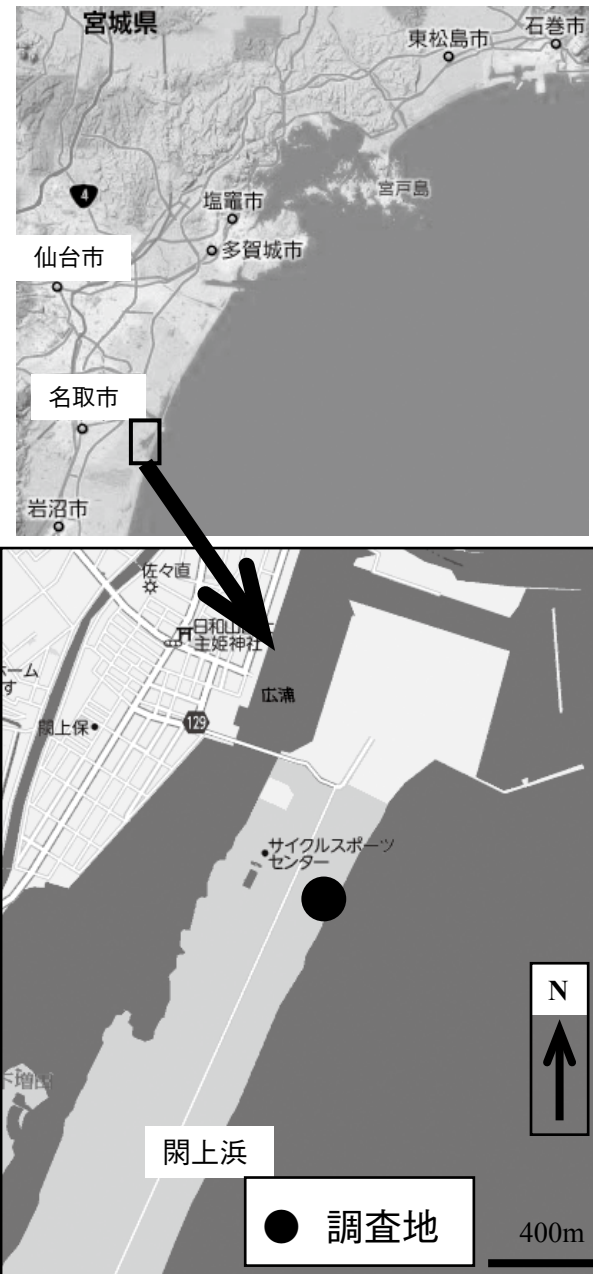


図1 宮城県閑上浜の位置（Google map を用いて作成）

海岸植生は、1980年代後半から1994年にかけてマツ材線虫病と風害による被害を受けて大きく衰退したが、1995年以降は徐々に回復に向かいつつある（写真3，寺本・下川，2007）。

2.2 方法

閑上浜および吹上浜の海岸林におけるクロマツの生長履歴とクロマツ林内における表層土の粒度特性および pH の位置的分布特性を明らかにするために調査測線を設定した。

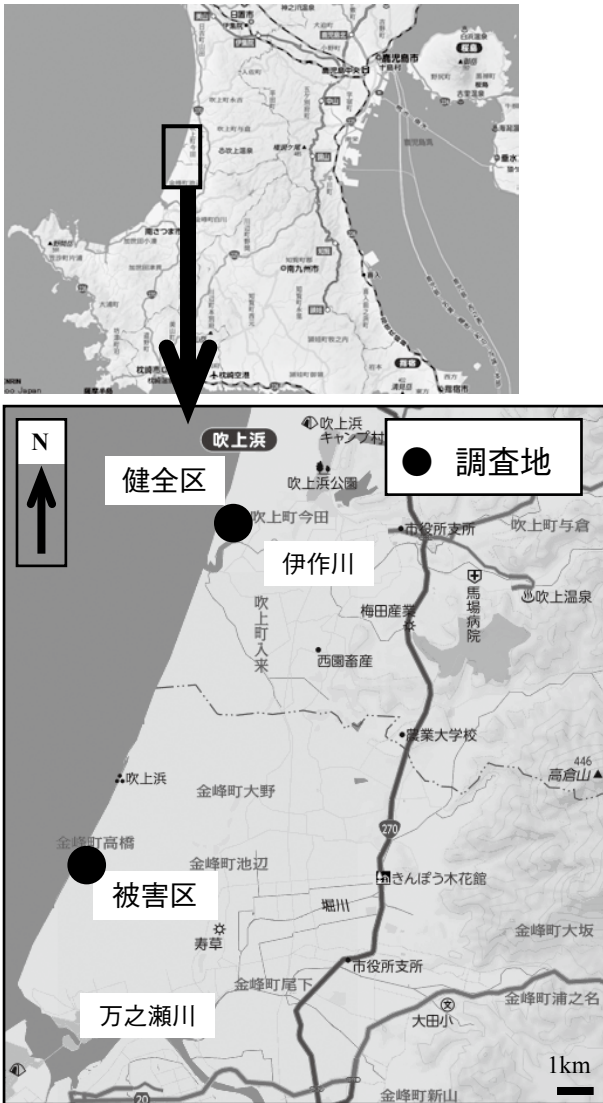


図2 鹿児島県吹上浜の位置 (Google map を用いて作成)

閑上浜の海岸林においては、調査測線を1箇所設けた (以下、閑上浜、図1および写真1)。調査測線は、汀線に直角方向で内陸側に向かって設定した。縦断測量結果 (図3、寺本ら、2012を改変) によると、汀線から150m 地点に前砂丘があり、その背後はクロマツを中心とした海岸林である。前述したように、海岸林の大部分は津波による大きな被害を受けている。現地調査は2011年に行なった。

吹上浜の海岸林においては、マツ材線虫病による枯損被害をほとんど受けていない伊作川河口以北に調査測線を1箇所 (以下、吹上浜健全区)、枯損被害が大きかった万之瀬川河口以北に調査測線を1箇所 (以下、吹上浜被害区) 設定した (図2、写真2および写真3)。調査測線は、汀線に直角方向で内陸側に向かって設定した。両調査測線は、汀線から30m 地点に前砂丘があり、その背後は広葉樹の侵入がみられるもののクロマツを中心とした海岸林となってい

る (寺本・下川, 2007)。現地調査は2012年に行なった。

クロマツの生長履歴の調査は、標準年輪曲線を作成することにより行なった。標準年輪曲線は、樹木の生長特性の違いおよび周辺樹木との競争に伴う年輪幅の変動の影響を取り除くことができる (日本林業技術協会, 2001)。曲線の作成方法は以下の通りである。クロマツの幹の地上から1.2mの位置における汀線方向と、汀線方向に対して垂直な方向の2箇所から成長錐を用いて年輪幅を測定し、それらの平均値を年輪幅とする。さらに年輪幅の経年変化を指数関数で近似し、その年の年輪幅を、近似曲線から推定したその年における年輪幅で除すことにより年輪幅指数を求める。閑上浜では、汀線から230m 地点 (写真1) のクロマツ1本について標準年輪曲線を作成した。吹上浜健全区および吹上浜被害区では、それぞれ汀線から230m 地点 (写真2および写真3) のクロマツ1本について標準年輪曲線を作成した。なお、閑上浜において木片を採取した2011年時点のクロマツの樹齢は23年、吹上浜健全区および吹上浜被害区において木片を採取した2012年時点のクロマツの樹齢はそれぞれ21年および16年である。

クロマツ林内における表層土の粒度特性および pH の調査は、閑上浜では汀線から150m 地点 (前砂丘)、同230m 地点および同280m 地点 (写真1) において、吹上浜健全区および吹上浜被害区では汀線から30m 地点 (前砂丘)、同200m 地点、同230m 地点および同280m 地点 (写真2および写真3) において実施した。粒度特性の調査は、各地点で表層土の試料を採取することにより行なった。採取した試料は粒度試験を行い、中央粒径、均等係数および曲率係数を求めた (河上, 1982)。表層土の pH の測定方法は以下の通りである (宮崎・西村, 2011)。①乾燥させたサンプルと蒸留水を容器に入れた後、良くかき混ぜる。なお、サンプルと蒸留水の質量比は1:2.5である。②サンプルと蒸留水が入った容器を1時間程度放置する。③容器中の上澄み液に pH センサーを挿入し、軽く上澄み液を混ぜた後、数分経って計測する。

3 海岸クロマツの生長履歴

図4、図5および図6は、それぞれ汀線から230m 地点の閑上浜、吹上浜健全区および吹上浜被害区におけるクロマツの平均年輪幅の経年変化と標準年輪曲線である。各図中上段の平均年輪幅の経年変化図における太い実線は、平均年輪幅の経年変化を指数関数で近似した曲線である。近似曲線の相関係数は、閑上浜0.55、吹上浜健全区0.50および吹上浜被害区0.78であり一定の相関がみられた。各図中下段の標準年輪曲線における年輪幅指数の平均値は、閑上浜



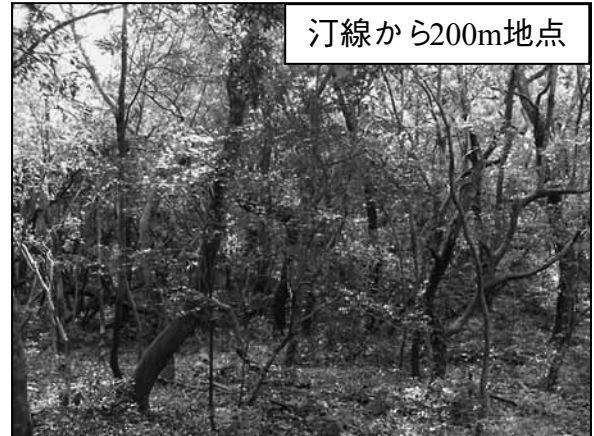
海岸林の被害状況



前砂丘(汀線から30m地点)



前砂丘(汀線から150m地点)



汀線から200m地点



汀線から230m地点



汀線から230m地点



汀線から280m地点



汀線から280m地点

写真1 宮城県関上浜における海岸林の状況

写真2 鹿児島県吹上浜健全区における海岸林の状況



前砂丘(汀線から30m地点)



汀線から200m地点



汀線から230m地点



汀線から280m地点

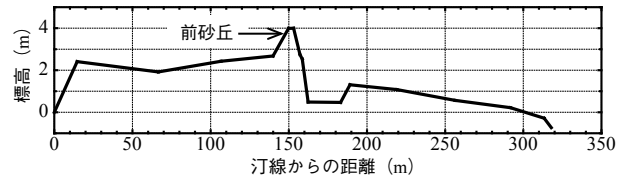


図3 閑上浜の調査測線における縦断測量結果 (寺本ら, 2012を改変)

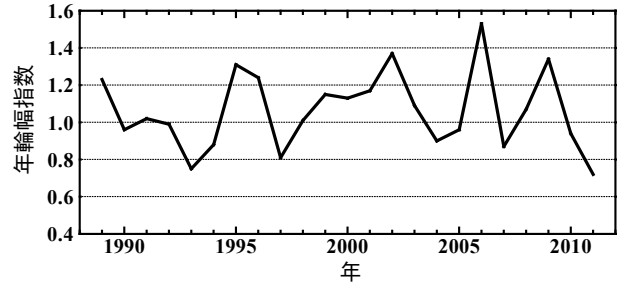
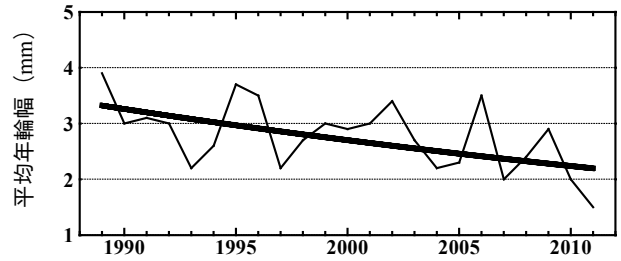


図4 クロマツの平均年輪幅の経年変化と標準年輪曲線 (閑上浜)

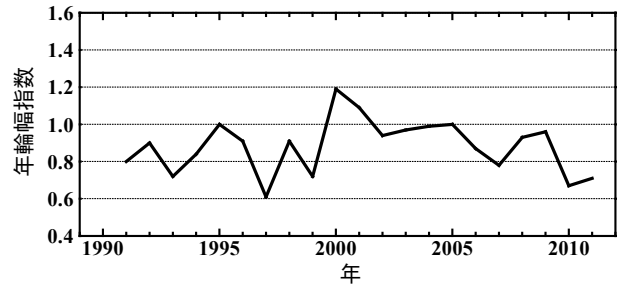
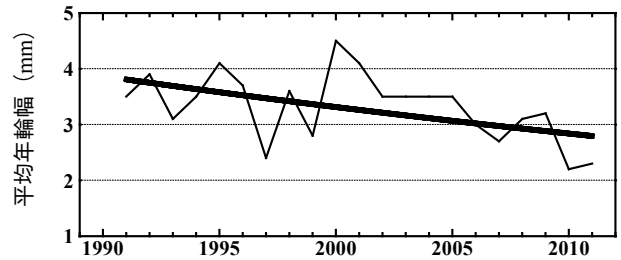


図5 クロマツの平均年輪幅の経年変化と標準年輪曲線 (吹上浜健全区)

写真3 鹿児島県吹上浜被害区における海岸林の状況

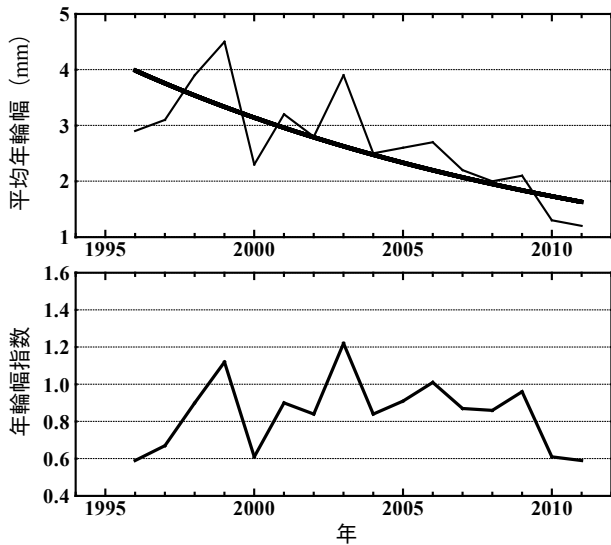


図6 クロマツの平均年輪幅の経年変化と標準年輪曲線
(吹上浜被害区)

1.06 (調査期間1989～2011年), 吹上浜健全区0.88 (同1991～2011年), 吹上浜被害区0.84 (同1996～2011年)である。平均値で見ると閑上浜は最も高い値であり, クロマツの肥大成長量が最も大きいことを示している。また, 吹上浜と比較すると, 海岸林の生育状況および生育環境の良い健全区におけるクロマツの方が被害区におけるそれに比べ平均値が高くなっており, クロマツの肥大成長量が高いことを示している。このことは閑上浜の海岸林再生に対する将来の展望を与えるものであろう。閑上浜におけるクロマツの年輪幅指数の平均値が最も高くなった理由として, 海岸林にとって最も厳しい生育環境をもたらす冬季における北西の季節風が, 太平洋側に位置する閑上浜では内陸側から海洋側に向かって吹くのにに対し, 東シナ海側に位置する吹上浜では海洋側から内陸側に向かって吹くことや, その他の気象条件, 海岸林の構造(混交林), 海岸地形および海岸砂の組成の違いなどが関係していると考えられる。閑上浜と吹上浜の冬季(2012年1月, 2月および12月)において, 閑上浜に近い気象庁アメダスの名取における降水量は86.0mm, 日平均気温は1.0°C, 吹上浜に近い気象庁アメダスの東市来における降水量は328.5mm, 平均気温は7.6°Cである(気象庁, 2012)。

図7は, 閑上浜, 吹上浜健全区および吹上浜被害区における表層土のpHを, 汀線からの距離に対して表示したものである。なお, 閑上浜の表層土は, 2011年東北地方太平洋沖地震津波被害後に採取されたものである。一般に海岸砂のpHは植物の生育の少ない砂地では7～8であり, 内陸側へ進むにつれて海岸植生が侵入してくるとpHは低下し酸性化する(東, 1991)。図によると, 閑上浜では前砂丘

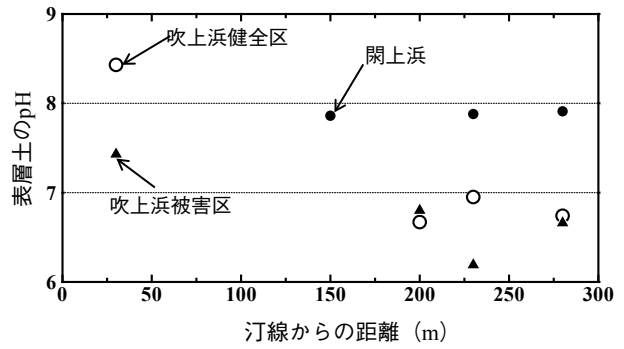


図7 汀線からの距離に対する表層土のpH

(汀線から150m地点)から林帯内まで, 汀線からの距離に関係なく表層土のpHは約8である。一方, 吹上浜では, 前砂丘(汀線から30m地点)のpHに比べると内陸側における林帯内のそれは低い値(6～7)である。吹上浜では東(1991)と同様の傾向がみられるが, 閑上浜では異なる傾向がみられた。これは, 閑上浜のクロマツ林帯内へ津波に伴う海水が流入したことによって表層の腐食層が侵食され, その下層の微生物による活動をほとんど受けていない層が表層となったことや, 津波による残留塩分の影響などが関係していると考えられる。pH値から判断すると, 津波被害後における閑上浜における海岸林の生育環境は吹上浜のそれに比べ厳しいといえよう。

4 津波被害後における表層土の粒度特性

図8は, 閑上浜, 吹上浜健全区および吹上浜被害区における表層土の中央粒径を, 汀線からの距離に対して表示したものである。閑上浜における中央粒径の平均値は0.34mmであり, この値は吹上浜健全区および吹上浜被害区における中央粒径の平均値0.30mmおよび0.29mmに比べるとやや大きな値である。中央粒径と汀線からの距離との関係を見ると, 閑上浜では内陸側に向かうにつれて中央粒径が減少傾向にあるのに対し, 吹上浜では増加傾向にある。ちなみに, 詳細な採取場所は示されていないが他の海岸地域における海岸砂の中央粒径の測定例を挙げると, 九十九里浜(千葉県)は約0.60mm, 一ツ葉浜(宮崎県)は約0.29mmである(東, 1991)。

表1は, 閑上浜, 吹上浜健全区および吹上浜被害区における表層土の均等係数と曲率係数の範囲および平均値を示したものである。表層土の均等係数と曲率係数は各調査地とも概ね似たような傾向を示す。3つの調査地の表層土の均等係数は比較的近く, 粒度分布の悪い土である(河上, 1982)。

表2は, 閑上浜, 吹上浜健全区および吹上浜被害区にお

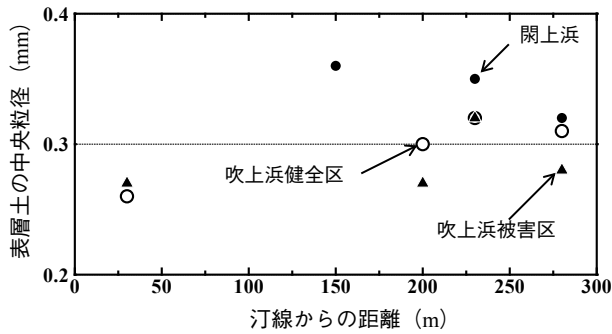


図8 汀線からの距離に対する表層土の中央粒径

表1 各調査地における表層土の均等係数と曲率係数

調査地名	均等係数	曲率係数
閑上浜	2.22~2.38 (平均 2.28)	0.16~0.19 (平均 0.18)
吹上浜健全区	2.31~2.57 (平均 2.45)	0.07~0.15 (平均 0.12)
吹上浜被害区	2.21~2.64 (平均 2.41)	0.07~0.18 (平均 0.10)

表2 各調査地における表層土の粒度組成

調査地名	シルト・粘土 (%)	細砂 (%)	粗砂 (%)	細礫 (%)
閑上浜	0.03~0.44 (平均 0.20)	65.90~77.33 (平均 70.95)	22.55~34.07 (平均 28.85)	0.00~0.10 (平均 0.03)
吹上浜健全区	0.04~1.25 (平均 0.84)	70.89~90.09 (平均 78.51)	9.87~25.35 (平均 20.03)	0.00~2.50 (平均 0.63)
吹上浜被害区	0.18~3.24 (平均 1.73)	68.28~88.64 (平均 78.80)	10.43~29.15 (平均 19.47)	0.00

ける表層土の粒度組成である。どの調査地でも細砂と粗砂が大部分を占め、シルト・粘土および細礫は僅かである。このことは植物の生育環境要因としての土壌保水性が低いことを表すものである。吹上浜健全区および吹上浜被害区における粒度組成は非常に似ている。閑上浜と吹上浜と比較すると、閑上浜の方が粗砂の割合が高く、細砂の割合が低くなっている。この理由として、2011年東北地方太平洋沖地震津波によって表層が侵食されたことなどが影響していると考えられるが、これに関しては更なるデータの蓄積を行い検討する必要がある。

謝 辞

宮城県名取市閑上浜における現地調査の際には、鹿児島大学大学院理工学研究科 浅野敏之教授、防衛大学校システム工学群 林建二郎准教授、同 多田毅准教授、東北大学大学院工学研究科 今井健太郎助教、(独) 森林総合研究所 気象害・防災林研究室 坂本知己室長に多大なるご指導とご協力をいただいた。また、宮城県名取市閑上浜における研究は、京都大学防災研究所特別緊急共同研究費(課題番号: 23U-10)(研究代表者: 鹿児島大学大学院理工学研究科教授 浅野敏之、所内担当者: 京都大学防災研究所教授 平石哲也)の交付を受けた。関係各位に心から謝意を表す。

引用文献

東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会 (2011): 今後における海岸防災林の再生について中間報

告, pp.1-19.

東三郎監修 高谷精二編集 (1991): 土木教程選書 砂防学概論, 鹿島出版会, 254pp.

今井健太郎・原田賢治 (2011): 海岸林の被害と減災効果, 東北大学による震災3ヶ月後報告会資料, http://www.dcrc.tohoku.ac.jp/surveys/20110311/docs/20110610_1-4_imai.pdf

今井健太郎 (2011): 津波被害から松原, 地域を再生する
⑤ 海岸林の津波被害と減災効果, グリーン・エイジ, 第453号, pp.38-43.

河上房義 (1982): 土質力学 第5版, 森北出版株式会社, 292pp.

警察庁 (2012): 平成23年東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置 (広報資料 平成24年10月24日), pp.1-2.

気象庁 (2012): 観測資料

宮城県 (2012): 東日本大震災における被害等状況 (平成24年9月30日現在) (2012/10/5 16:00公表)

宮崎毅・西村拓 (2011): 土壌物理実験法, 東京大学出版会, 209pp.

日本林業技術協会編 (2001): 森林・林業百科事典, 丸善株式会社, p.514-515

二之宮隆 (2011): 徹底図解東日本大震災, 双葉社スーパームック, 81pp.

坂本知己 (2011): 平成23年東北地方太平洋沖地震津波による海岸防災林の被害 (速報), 砂防学会誌, Vol.64 No.2, pp.49-53.

寺本行芳・下川悦郎 (2007): 吹上砂丘地におけるクロマツ枯損後の飛砂と植生回復過程, 海岸林学会誌, Vol.7

No.1, pp.7-12.

寺本行芳・浅野敏之・林建二郎・多田毅・今井健太郎・坂本知己 (2012): 2011年東北地方太平洋沖地震津波発生後の宮城県名取市閑上浜における海岸林被害と残土盛土による海岸林の被害軽減効果, 海岸林学会誌, Vol.11 No.1, 11-18
東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ, 東北地方太平洋沖地震津波情報共有サイト (2011): <http://www.coastal.jp/ttjt/>

要 旨

2011年東北地方太平洋沖地震津波の被害を受けた宮城県名取市閑上浜における海岸クロマツの生長履歴と、津波発生後におけるクロマツ林内の表層土の粒度特性および pH について予察的に検討した。さらに、鹿児島県吹上浜の健全区と被害区においても閑上浜と同様の調査を実施し、両海岸地域で得られたデータの比較を行なった。得られたおもしろな結果は以下の通りである。

(1) 年輪幅指数の平均値は、閑上浜1.06 (調査期間1989～2011年)、吹上浜健全区0.88 (同1991～2011年)、吹上浜被害区0.84 (同1996～2011年) であり、クロマツの肥大成長量の平均値からみると閑上浜が最も大きかった。

(2) 表層土の pH は、閑上浜では前砂丘から林帯内まで汀線からの距離に関係なく約8であるのにたいし、吹上浜では、前砂丘の pH (約8) に比べると内陸側における林帯内のそれは低い値 (6～7) であった。pH 値から判断すると、津波被害後の閑上浜における海岸林の生育環境は吹上浜のそれに比べ厳しいと考えられた。

(3) 閑上浜における表層土の中央粒径の平均値は0.34mm であり、この値は吹上浜の健全区と被害区における表層土の中央粒径の平均値0.30mm および0.29mm に比べるとやや大きかった。さらに、閑上浜と吹上浜で表層土の粒度組成を比較すると、閑上浜の方が粗砂の割合が高く、細砂の割合が低かった。