

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

寺本行芳^{1*}・浅野敏之²・林建二郎³・多田毅³・今井健太郎⁴・坂本知己⁵

Coastal forest damage from the 2011 Tohoku tsunami and related mitigation by fill at Yuriage beach, Miyagi Prefecture, Natori City, Japan

Yukiyoshi Teramoto^{1*}, Toshiyuki Asano², Kenjiro Hayashi³, Tsuyoshi Tada³,
Kentaro Imai⁴ and Tomoki Sakamoto⁵

Abstract: The 2011 Tohoku Earthquake and the subsequent tsunami heavily impacted Yuriage beach in Miyagi Prefecture, Natori City, Japan. We investigated tsunami damage as well as the benefits of mitigation to coastal forests caused by fill formed by wasted soil. Three belt transects (A, B and C) were placed perpendicular to the shoreline extending inland from the shoreline itself. The widths of the coastal forest zones at transects A, B and C were 130.2m, 58.8m and 56.2m, respectively. Transects B and C were located on the back of the fill formed by wasted soil. Transect B was more heavily impacted by the tsunami than transect C. The number of the Japanese black pine felled by the tsunami in transect C was about 1/15 compared with that in A and B, based on field investigations and interpretation of aerial photographs. Transect C, which was located in the center of the fill formed by wasted soil, had little damage to its coastal forests in comparison with A and B.

1 はじめに

2011年3月11日14時46分、太平洋三陸沖を震源とするマグニチュード9.0、最大震度7.0の巨大地震(2011年東北地方太平洋沖地震)が発生した。巨大地震を起源とする大津波によって、東北から関東にかけての太平洋側は甚大な人的・物的被害を受けた。死者・行方不明者・負傷者は2万7122人、住宅の全壊・半壊・一部破損は69万4668棟(2011年7月14日時点)(高橋, 2011)、避難者は46万人以上(2011年3月14日時点)(成美堂出版編集部, 2011)である。被害の大半は宮城県、岩手県および福島県で発生している。

大津波に襲われた太平洋側の海岸地域においては、海岸林が広域にわたって大きな被害を受けた。青森

県、宮城県、福島県、茨城県および千葉県における海岸林の浸水被害をあわせて約3660haである(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)。大津波発生による海岸林の被害状況と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)、岡田ら(2011)、坂本ら(2011)、星野ら(2011)、佐藤ら(2011)、田村ら(2011)、菊池ら(2011)、佐藤ら(2011)、山中ら(2011)、星上ら(2011)、野口ら(2011)、青山ら(2011)などによる報告があるが、大津波の影響は青森県から千葉県までの広範囲に及ぶため、海岸林被害の実態把握と海岸林による津波軽減効果の評価は十分とはいえない。

本論は、津波発生後に宮城県名取市閑上浜で実施した海岸林の被害状況調査と、残土盛土による海岸林の被害軽減効果を把握する目的で行った調査の結果を取りまとめたものである。本研究の残土盛土による海岸林の被害軽減効果に関係した研究として山中ら(2011)の報告がある。山中ら(2011)は、2011年東北地方太平洋沖地震津波によって大きな被害を受けた宮城県仙台市井戸地区の海岸林を調査した結果、防潮堤の背後に位置する海岸林は、防潮堤の設置されていないそれと比べクロマツの流亡数が少ないことを明らかにしている。

2 調査地と方法

調査地は宮城県名取市閑上浜である(図1)。閑上浜のある名取市は宮城県仙台市の南東に隣接し、仙

¹鹿児島大学農学部, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065 JAPAN

²鹿児島大学大学院理工学研究科, Department of Ocean Civil Engineering, Kagoshima University, 1-21-40, Korimoto, Kagoshima, 890-0065 JAPAN

³防衛大学校システム工学群, Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy, 1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka, Kanagawa, 239-8686 JAPAN

⁴東北大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Aoba 6-6-11-1106, Sendai, 980-8579 JAPAN

⁵(独)森林総合研究所, Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN

*Corresponding author: sabot@agri.kagoshima-u.ac.jp

台平野南部に位置する。2011年東北地方太平洋沖地震では、名取市は震度6強を記録した。名取市は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、津波は海岸から6キロ近くまで達した。閑上地区における津波高は7.7mを記録した(二之宮, 2011)。東日本大震災に伴う名取市の死者・行方不明者は1031名(2011年5月31時点)である(成美堂出版編集部, 2011)。



図1: 調査地の位置と調査測線 (Google mapより作成)

調査地に3箇所の測線(南側からA測線, B測線およびC測線)を設けた(図1)。測線は、汀線に直角方向で内陸側に向かって設定した。各測線の縦断面図を図2に示す。なお、B測線の汀線から170.3mの範囲における地形条件はC測線のそれと概ね似ていたため、B測線における縦断測量は汀線から170.3~229.1mの範囲を行った。A測線は汀線から約150mに前砂丘があり(写真1)、その背後はクロマツを中心とした海岸林である。B測線およびC測線は汀線から約120mに残土盛土があり(写真2)、約160mに前砂丘がある(写真3)。前砂丘の背後はA測線と同様、クロマツを中心とした海岸林である。津波発生後の現地調査および津波発生前後に撮影された空中写真の判読結果から判断すると、残土盛土に到達した津波の大部分は盛土を乗り越えずに、盛土側壁付近から海岸林に流れ込んだと考えられる。

津波発生後におけ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を把握するため、各測線にベルトトランセクトを設け海岸林の調査を実施した。調査は2011年8月に行った。ベルトトランセクトは調査地の南側から順にA(汀線に直角方向の長さ130.2m×幅3m)、B(同58.8m×同2m)およびC(同56.2m×同2m)である。A、BおよびCにおける海岸林の調査範囲はそれぞれ、汀線から内陸側に183.1~313.3m、同170.3~229.1mおよび同170.3~226.5mである(図2, 写真4および写真5)。Aの前方

には残土盛土は無く、BおよびCは残土盛土の背後に位置する(図1および図2)。Bでは残土盛土の南端部から回り込んで来襲した津波によりクロマツは北向きの成分を持って傾いていた。Cは残土盛土のほぼ中央に位置するため、残土盛土の両端部から回り込んできた南向き成分と北向き成分を持つ流体力の低下した流れが相殺したことによって、Bに比べ樹木の被害が少なかった。各ベルトトランセクトにおけるクロマツ(樹高1m以上)について被害状態を調査するとともに、根元位置の記録および樹高、胸高直径、枝下高の測定を行った。

さらに、A、BおよびCにおける津波発生前のクロマツの残存(立木)密度を把握するため、2008年5月撮影の空中写真(縮尺5000分の1)を判読した。

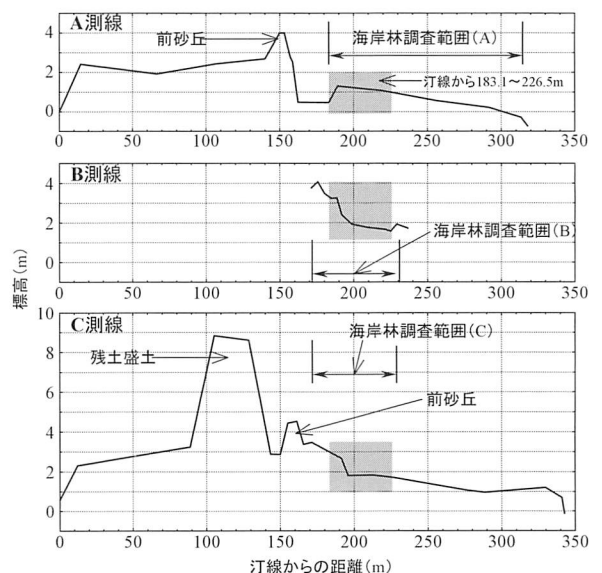


図2: 各測線における津波発生後の縦断面図



写真1: 前砂丘 (A測線)



写真2: 残土盛土



写真3 : 前砂丘 (B・C測線)



A



B



C

写真4 : 各ベルトトランセクトの海岸林の状況

3 結果および考察

3.1 津波発生後における海岸林被害の実態

表1は、A、BおよびCにおけるクロマツの樹高、胸高直径、形状比、枝下高および樹冠長率の最小値、最大値および平均値をそれぞれ整理したものである。また、図3はA、BおよびCにおける形状比と胸高直径の関係、図4はA、BおよびCにおける樹冠長率と胸高直径の関係をそれぞれ示すものである。クロマツの樹高、胸高直径、形状比、枝下高および樹冠長率は、幅はあるものの平均値でみると概ね似たような値を示す(表1)。A、BおよびCにおける形状比は胸高直径の増加に伴って減少傾向にあり、同程度の胸高直径に対する形状比は似たような値である。A、BおよびCにおける形状比の多くは50~100の範囲である(図3)。A、BおよびCにおける同じ胸高直径に対する樹冠長率にはばらつきがあるが、樹冠長率の大部分は20~60%の範囲に含まれる(図4)。

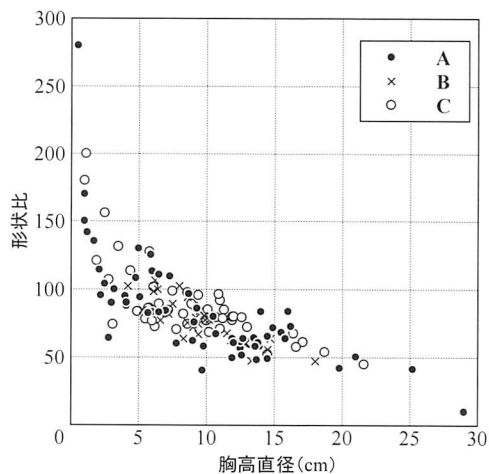


図3 : A・B・Cにおける形状比と胸高直径の関係



写真5 : A・B・Cにおける海岸林の被害状況

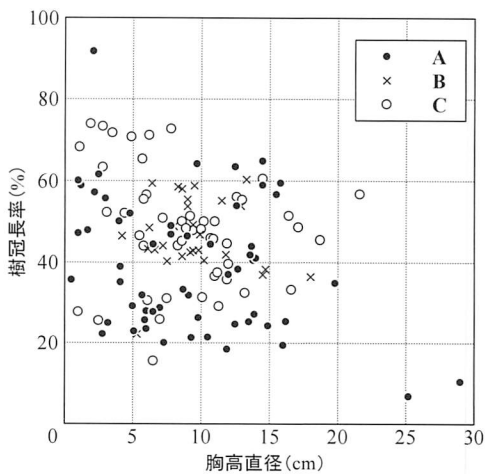


図4 : A・B・Cにおける樹冠長率と胸高直径の関係

表1：A・B・Cにおけるクロマツの樹高，胸高直径，形状比，枝下高および樹冠長率の最小値，最大値および平均値

ベルトトランセクト No.	樹高(m)		胸高直径(cm)		形状比		枝下高(m)		樹冠長率(%)	
	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
A	1.4~13.4	6.3	0.5~29.0	9.9	10.0~280.0	83.6	0.2~10.8	3.9	6.7~91.7	39.0
B	4.3~9.4	6.9	4.2~18.0	9.9	47.2~106.5	77.5	2.2~5.8	3.7	22.2~60.3	46.8
C	1.8~11.1	6.9	1.0~21.6	8.9	44.9~200.0	89.3	0.6~6.8	3.7	15.5~73.9	48.3

表2は，津波発生前の空中写真（2008年5月撮影）（写真6）から判読したA，BおよびCにおけるクロマツ残存（立木）密度と，津波発生後の2011年8月における現地調査結果から算出したそれらを比較したものである。津波発生に伴って，Aでは1781本/ha，Bでは1509本/haのクロマツが林帯後方へ流されているのに対し，Cでは，津波発生に伴って112本/haのクロマツしか林帯後方へ流されていない。Aの林帯幅（130.2m）が，Bの林帯幅（58.8m）およびCの林帯幅（56.2m）に比べ広いにも関わらずクロマツの流出本数が多かった理由として，Aの前方にはBおよびCのような津波エネルギーを軽減させる残土盛土が存在しなかったため（図1および図2），津波の影響を直接受けたことや，津波発生前におけるクロマツ林の構造（立木密度，樹高および胸高直径など）に違いがあったことが挙げられる。

表2：A・B・Cにおける津波発生前後のクロマツ残存（立木）密度の比較

ベルトトランセクト No.	クロマツ残存（立木）密度（本/ha）	
	2008年5月	2011年8月
A	3445	1664
B	4058	2549
C	4560	4448



写真6：2008年5月撮影の空中写真（国土地理院撮影）

図5は，A，BおよびCにおけるクロマツの被害形態を整理したものである。被害形態は，傾き（写真7），根返り（写真8）および幹折れ（写真9）の3つがみられた。なお，傾きとは，堆砂などの影響によって根返りと幹折れの区別ができなかったものをいう。Aは全ての被害形態が発生しており，傾きおよび根返りで70%以上を占める。残存木はみられなかった。Bは2つの被害形態が発生しており，傾きが60%以上を占める。残存木はわずかにみられた。Cは傾きと残存木がそれぞれ50%を占める。なお，図5の被害形態の頻度分布は，2011年8月時点に存在する全てのクロマツに対するものである。表2に示したようにAおよびBはCに比べ半数程度のクロマツが林帯後方に流されてしまっている。図5は，AおよびBで残存したクロマツもそのほとんどが傾き，根返りおよび幹折れの被害を受けたことを示しており，改めてCに比べて被災が大きいことがわかる。A，BおよびCでみられたクロマツの被害形態は，青森県，岩手県，宮城県および福島県における津波発生後の海岸林でも報告されている（坂本，2011；佐藤ら，2011；田村ら，2011；菊池ら，2011；佐藤ら，2011；山中ら，2011など）。

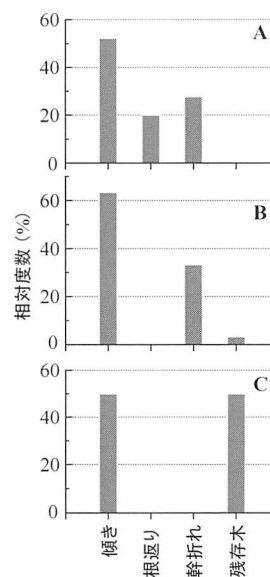


図5：A・B・Cにおけるクロマツの被害形態の比較



写真7: 傾き



写真8: 根返り



写真9: 幹折れ

図6は、A、BおよびCにおけるクロマツの被害形態を、3段階のクロマツの胸高直径に分けて汀線からの距離に対して表示したものである。図7は、A、BおよびCにおけるクロマツの被害形態別の胸高直径の頻度分布を、図6と同様の胸高直径サイズ別で示したものである。なお、図6縦軸の値は、傾きおよび根返りはクロマツの地上からの最大高さを、幹折れはクロマツの幹折れが生じた高さを、被害を受けずに残った残存木はクロマツの樹高を示す。Aでは海岸林調査範囲の概ね全体にわたって傾きおよび幹折れが発生している。根返りは、汀線から185~230m付近と260~285m付近で主に発生している。Bでは傾きが海岸林調査範囲の全体にわたって発生し、幹折れは主に汀線から210m以降で生じている。AおよびBでは、胸高直径の大きさおよび汀線からの距離に関係なくクロマツが被害を受けており、胸高直径が相対的に大きなクロマツでは幹折れおよび根返りが多い傾向にある。佐藤ら(2011)は、福島県松川浦の海岸防災林における胸高直径の大きさと津波の被害形態の関係について分析し、幹折れは比較的胸高直径が大きな個体で発生していることを報告している。AおよびBでは、胸高直径が相対的に大きなクロマツに幹折れおよび根返りが多い理由として、胸高

直径が大きなクロマツほど樹幹、枝および樹冠が発達しているため津波流体力に対する抵抗が大きく、胸高直径が小さなクロマツに比べ撓みが少ないため、津波流体力に対して撓みによって持ち堪える力が小さいことが関係していると考えられる。また、AおよびBにおける幹折れの大部分は地表から1m以下で生じている。Cでは傾きが海岸林調査範囲の全体にわたって発生し、汀線から185m付近以降では残存木が全体にわたって分布している。胸高直径が相対的に大きなクロマツほど被害を受けず残存している。

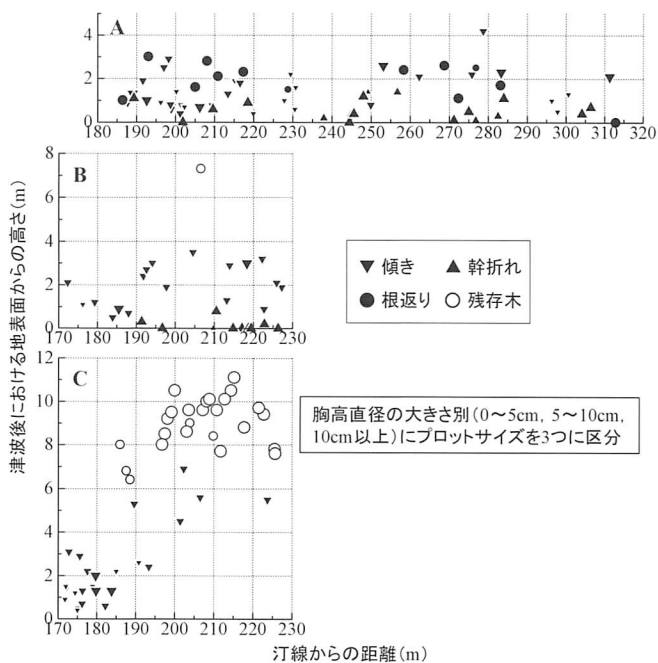


図6: 胸高直径をパラメーターとしたクロマツの被害状況の分布

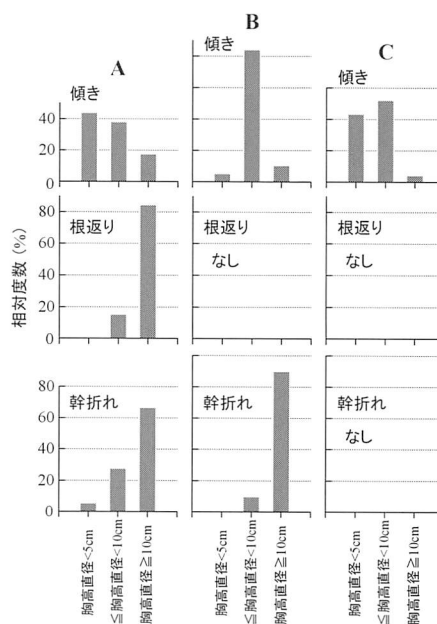


図7: A・B・Cにおけるクロマツ被害形態別の胸高直径のヒストグラム

3.2 残土盛土による海岸林の被害軽減

A, BおよびCにおいて汀線から183.1~226.5mの領域（図2：着目領域）を対象として、残土盛土による海岸林の被害軽減効果を検討した。

表3は、クロマツの樹高、胸高直径、形状比、枝下高および樹冠長率の最小値、最大値および平均値を、汀線から183.1~226.5mの領域で比較したものである。クロマツの樹高、胸高直径、形状比、枝下高および樹冠長率は、表1と同様に幅はあるものの、

平均値で見ると概ね似たような値であり大きな違いはない。図3と同様に形状比と胸高直径の関係を汀線から183.1~226.5mの領域でプロットすると（図8）、形状比は胸高直径の増加に伴って減少傾向にあり、同程度の胸高直径に対する形状比は似たような値を示した。さらに、図4と同様に樹冠長率と胸高直径の関係を汀線から183.1~226.5mの領域でプロットすると（図9）、樹冠長率にはばらつきがあるが、胸高直径20cm以下では20~60%の範囲であった。

表3：汀線から183.1~226.5mの領域におけるクロマツの樹高、胸高直径、形状比、枝下高および樹冠長率の最小値、最大値および平均値の比較

ベルトランセクト No.	樹高(m)		胸高直径(cm)		形状比		枝下高(m)		樹冠長率(%)	
	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
A	1.8~10.6	6.2	1.7~29.0	9.6	10.0~135.3	79.3	1.0~6.6	3.9	10.3~64.8	35.6
B	5.1~9.4	7.3	6.1~18.0	10.6	47.2~106.5	75.9	2.5~5.8	3.9	36.5~60.3	47.8
C	3.9~11.1	8.2	2.5~21.6	10.8	44.9~156.0	83.1	2.4~6.8	4.7	15.5~60.5	42.7

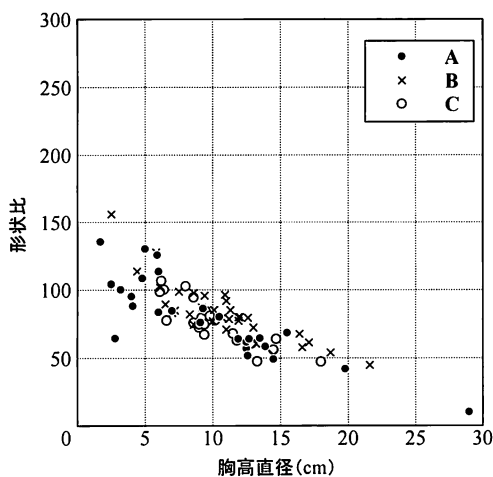


図8：汀線から183.1~226.5m領域のA・B・Cにおける形状比と胸高直径の関係

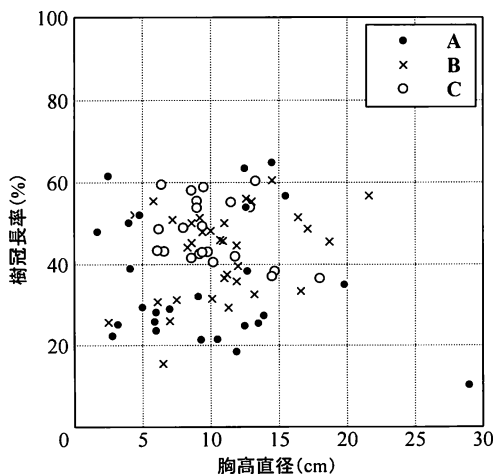


図9：汀線から183.1~226.5m領域のA・B・Cにおける樹冠長率と胸高直径の関係

表4は、津波発生前の空中写真（2008年5月撮影）（写真6）から判読したA, BおよびCの汀線から183.1~226.5mの領域におけるクロマツ残存（立木）密度と、津波発生後の2011年8月における現地調査結果から算出したそれらを比較したものである。残土盛土の中央部背後に位置するCのクロマツの残存（立木）密度は、表2の結果と同様、AおよびBのそれに比べ多い。

表4：A・B・Cの汀線から183.1~226.5m領域における津波発生前後のクロマツ残存（立木）密度の比較

ベルトランセクト No.	クロマツ残存（立木）密度（本/ha）	
	2008年5月	2011年8月
A	3240	2304
B	3360	2105
C	3720	3025

図10は、クロマツの被害形態を汀線から183.1~226.5mの領域で比較したものである。クロマツの被害形態数および被害形態の割合は図5の結果と概ね似たような傾向を示す。残土盛土の中央部背後に位置し、津波の影響が相対的に小さかったCは、AおよびBに比べて被害が少なく残存木の割合も非常に高い。

汀線から183.1~226.5mの領域でクロマツの被害形態の空間的分布（図6）を比較すると、残土盛土の中央部背後に位置するCでは樹高10m程度のクロマツの残存木が領域全体に分布し、胸高直径が相対的に大きなクロマツほど領域の後半部に残存しているが、AおよびBではクロマツの残存木がほとんどない。ま

た、Aでは胸高直径が相対的に大きなほど根返りが、Bでは幹折れが多い傾向がみられた。

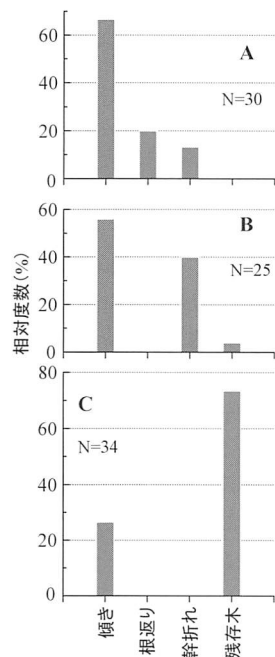


図10：汀線から183.1～226.5mの領域におけるクロマツの被害形態の比較

以上得られた結果より、汀線から183.1～226.5mの領域で比較すると、残土盛土の中央部背後に位置するCは、AおよびBに比べクロマツの被害が少なく残存木が多かった(図10)。さらに、Cにおけるクロマツの被害形態の空間分布は、AおよびBにおけるそれと大きな違いがあった(図6)。また、AおよびBのクロマツの被害形態にはやや違いがみられ(図10)、胸高直径が相対的に大きなクロマツについては違いがあった(図6および図7)。残土盛土の中央部背後に位置するCのクロマツの被害が、残土盛土の無かったAおよびCと同様に残土盛土背後に位置するBに比べ少なかった理由として、残土盛土による津波の流速および水位の減少とそれに伴う津波流体力の低下や、残土盛土背後における海岸林の生育場所の違いによる津波流体力の相違などが考えられるが、これらに関する定量的な評価は今後の重要な課題としたい。

4 まとめ

津波発生後における宮城県名取市関上浜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を把握するためベルトトランセクトを3つ(A, BおよびC)設け調査を行った。A(林帯幅:130.2m)の前方には残土盛土は無く、B(林帯幅:58.8m)およびC(林帯幅:56.2m)は残土盛土の背後に位置する。BはCに比べて津波の影響を強く受けているため、海

岸林の被害が大きかった。本研究で得られた主な結果は以下の通りである。

①津波発生前の空中写真(2008年5月撮影)と津波発生後の2011年8月における現地調査結果からクロマツの残存(立木)密度を比較した結果、残土盛土の中央部背後に位置するCではクロマツが津波によって100本/ha程度しか林帯後方へ流されなかったのに対し、AおよびBでは1500本/ha以上のクロマツが津波によって林帯後方に流されていた。

②クロマツの被害形態の空間分布をA, BおよびCで比較すると、Cでは被害を受けずに残ったクロマツが海岸林調査範囲に広く分布するのに対し、AおよびBでは、クロマツの被害木が海岸林調査範囲全体に分布していた。

謝辞

本研究は、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)の交付を受けて行った。また、本研究の一部に林野庁から(独)森林総合研究所への委託事業「海岸防災林による津波被害軽減効果検討調査」の予算を使用した。関係各位に心から謝意を表す。

引用文献

- [1] 青山定敬・朝香智仁・工藤勝輝・西川肇(2011): ALOSデータによる仙台市海岸林の津波被害, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.29-30.
- [2] 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.
- [3] 星上幸良・宇多高明・酒井和也(2011): 砂丘の持つ津波防災機能—2011年大津波に基づく考察—, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.23-26.
- [4] 星野大介・岡田穰・金子智紀・田村浩喜・塩谷学・佐藤亜貴夫・田中三郎・中北理・山本幸一・坂本知己(2011): 東北地方太平洋沖地震津波による明戸海岸林の被害状況, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.5-6.
- [5] 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.derc.tohoku.ac.jp/surveys/20110311/docs/20110610_1-4_imai.pdf
- [6] 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.
- [7] 菊池俊一・渡部公一・佐藤恒治・須藤泰典・上野満・齊藤正一・堀米英明・海老名寛(2011): 2011年東北地方太平洋沖地震による宮城県岩沼海岸林の津波被害と根系発達状況, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講

演要旨集, pp.11-12.

- [8] 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.
- [9] 野口宏典・新山馨・中村克典・小谷英司・平井敬三・齋藤武史・木村公樹・今純一・坂本知己 (2011): 被災地の林分・地形条件を用いた数値実験による海岸林の津波氾濫流減衰機能の検討, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.27-28.
- [10] 岡田穰・野口宏典・岡野通明・坂本知己 (2011): 平成23年東北地方太平洋沖地震津波における海岸林と家屋破損程度との関わりー石巻市長浜の事例ー, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.1-2.
- [11] 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.
- [12] 坂本知己・新山馨・中村克典・小谷英司・平井敬三・齋藤武史・木村公樹・今純一 (2011): 平成23年東北地方太平洋沖地震津波における海岸林の漂流物捕捉機能ー八戸市市川町の事例ー, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.3-4.
- [13] 佐藤重貴夫・田中三郎・大野亮一・坂本知己・井口英道 (2011): 津波被害に対する海岸防災林の盛土効果ー福島県松川浦の盛土造成地の事例ー, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.13-16.
- [14] 佐藤創・鳥田宏行・真坂一彦・阿部友幸・野口宏典・木村公樹・坂本知己 (2011): 東北太平洋沖地震津波によるクロマツ海岸林の被害ー三沢市織笠の事例ー, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.7-8.
- [15] 成美堂出版編集部 (2011): 地図で読む東日本大震災, 成美堂出版, 95pp.
- [16] 高橋哲郎 (2011): 東日本大震災への緊急消防援助隊の派遣について, 消防科学と情報, Vol.105, pp.9-11.
- [17] 田村浩喜・金子智紀・加賀正博・村上雅美・坂本知己 (2011): 仙台市荒浜海岸林の津波被害, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.9-10.
- [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/>
- [19] 山中啓介・藤原道郎・林田光祐・後藤義明・鈴木覚・宮前崇・井上章二・坂本知己 (2011): 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, 平成23年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集, pp.17-18.

[受付 平成23年12月11日, 受理 平成24年6月10日]