

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01348

研究課題名(和文) 20mを超える津波に対する海岸林の減勢効果の検証と予測

研究課題名(英文) Verification and prediction of the damping effect of coastal forests on tsunamis over 20 m height

研究代表者

星野 大介 (Hoshino, Daisuke)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：60391182

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：東北地方太平洋沖地震津波の波高が20mを超えた岩手県宮古市栃内浜において、空中写真の立体視と現地調査により、津波に破壊されたマツ海岸林を復元し、遡上した津波の挙動について一次元数値実験を行った。その結果、復元された樹高22m、奥行き110mのマツ林の林内と背後で、とくに津波の流体力指標が減少し、海岸林は津波の遡上距離を減らして、遡上時間を遅らせていたものと推測された。さらに精度高く減勢効果の実態と発揮条件を明らかにするため、被災前後の空中写真解析により海岸林の現存量と破壊部分を広域把握して、破壊部分の不均質分布を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東北地方太平洋沖地震津波の研究成果の多くは、人口の多い海岸平野において、汀線での津波の浸水高や遡上高が5-10mの事例に限られてきた。日本列島の沿岸には、ほかに多くの隆起海岸やリアス式沈水海岸が存在し、そうした地形を多く擁する三陸沿岸では、津波がV字型沿岸地形の最奥へ波高を増やしながら襲来し、汀線での波高はゆうに20mを超えた。過去の研究では林帯幅が20m以上ある海岸林であれば津波の流勢緩和が期待できると論じられたが、20mを超えるような巨大な津波は想定外であった。今後のリアス式沈水海岸等における津波減災のためには、こうした巨大津波に対する海岸林の減勢効果の評価と予測が必要であった。

研究成果の概要(英文)：In the Tochinai cove, Miyako City, Iwate Prefecture, where the Tohoku Pacific Coast Earthquake Tsunami higher than 20 m is recorded, one-dimensional numerical simulation of the tsunami inundation was performed depend on the presence or absence of a coastal pine forest. Firstly, stand structure of the coastal forest was restored by stereoscopic analysis of aerial photographs before and after tsunami disaster on the center line. The presence of coastal forest contributed the reduction of inundation height and fluid force index than them of the absence of forest. As the result, the tsunami inundation distance was reduced and run-up time delayed. For further accurate evaluation of the tsunami inundation and depressing effect of coastal forest, the aerial photograph analysis was performed to biomass and destroyed part before and after tsunami disaster over a wide area. As the result, both biomass and destroyed part of coastal forest non-homogeneously distributed in the inundation area.

研究分野：造林学

キーワード：空中写真 立体視 数値実験 津波線流量 流体力指標 最大水位 林分構造 マツ

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震津波は海岸林や防潮堤を破壊あるいは越流し、保全対象である人命や家屋に多大な被害をもたらした。三陸地方の隆起海岸では、V字型沿岸地形の最奥へと津波が波高を増やしながら襲来したため、海岸線における波高は優に20mを超えた。首藤(1985)は過去の津波と海岸林による減災事例を分析して、林帯幅が20m以上ある海岸林であれば津波の流勢緩和が期待できると論じたところであるが、その分析の範囲内には波高20mを超えるような事例は含まれておらず、巨大な津波に対して海岸林が減勢効果を発揮できるのか明らかではなかった。星野(2012)は津波被災一ヶ月後から三陸沿岸において調査を実施したところ、海岸線と保全対象の間に奥行きのある土地があり、そこに防潮堤や三重の海岸林が配置された入り江では、20mを超える津波に対しても保全対象の被害が軽微であることを発見した。海側の海岸林は破壊される一方、内陸側の海岸林は半壊ないし非破壊状態で残存していたことから、破壊部分と非破壊部分はそれぞれ、津波に対して異なる減勢効果を発揮したものと推察され、その検証が必要であった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、以下の目的を掲げて研究を開始した。

- 1) 海岸林が20mを超える津波に対して減勢効果を発揮した実態を明らかにする。
- 2) 海岸林が20mを超える津波に対して減勢効果を発揮するための条件を明らかにする。
- 3) 今後、20mを超える津波被害が予想される海岸林の減勢効果を予測する。

3. 研究の方法

一重の海岸林が配置されていた入り江(岩手県宮古市柵内浜)の津波浸水域中央部において、汀線から最長遡上点のあいだを結んだ調査・解析用ラインを設定した。津波被災直後、および被災後6年経過した2017年の流木調査によって、海岸林の種組成、樹高、生枝下高の判定と計測をおこない、被災前の海岸林の林分構造情報を確定させた。被災前後の空中写真の立体視によって、解析線上の過去の海岸林の分布と表面高を正確に特定し、津波による破壊部分、非破壊部分を抽出した。破壊された海岸林が存在する場合と、存在しない場合について、解析線上において水平距離5mおきに数値シミュレーションを施し、連続的に、最大水位、津波線流量、流体力指標を推定した。海岸林が存在しない場合に対する、海岸林が存在する場合のパラメータの割合を、海岸林による低減率として推定した。同様に三重の海岸林が配置されていた入り江(岩手県田野畑村明戸)について解析を行うこととした。

想定される津波クラスに対して海岸林が減勢効果を発揮するための条件を明らかにするため、海岸林の配置や林分構造を変化させた場合の数値シミュレーションをおこない、減勢効果の発揮に必要なとされる条件を検討することとした。海岸林の配置や面積を変更する、あるいは、海岸林を分割し一重～幾重もの構成に変更する、数値シミュレーションを実施することにより、減勢効果を最大化する配置と林分構造を検討した。

文献調査から、今後、20mを超える津波被害が予想される海岸林を伴った入り江を2箇所抽出した。現地調査と空中写真の三次元立体視による判読と計測から、現在の海岸林の配置と林分構造を把握した。過去と同規模の津波が再来した場合の海岸林の破壊・非破壊部分を推定し、浸水域全体における津波線流量の低減率の積算から、現状の海岸林等による津波減勢効果を予測した。

4. 研究成果

一重の海岸林が配置されていた岩手県の入り江について、海岸林が津波減勢効果を発揮した実態を評価するため、津波浸水域の汀線から最長遡上地点を結ぶ調査解析用ライン上について、2005年と2011年の空中写真の立体視により、震災前の海岸林の表面高と震災後の消失高の計測を行い、海岸林の破壊部分と非破壊部分を把握した。同範囲において、実際の津波の遡上高や遡上距離に到達するよう入力遡上高を調整後、一次元数値実験を実施し、海岸林が存在し続けた場合と海岸林が無かった場合での、低減率を推定した。その結果、海岸林が存在し続けた場合より、海岸林が存在していない場合の津波遡上距離は約80m延伸し、遡上高が約4m高くなっていたことが示唆された。実際には最長遡上点付近以外の海岸林は、津波が繰り返し衝突する過程で破壊・流失していったとも考えられるが、こうした津波減勢効果の数値は実態よりも高いものと推測され、どの段階で海岸林が破壊されたかを合理的に想定すべきか、課題も残った。また、対象地が狭い谷底部といえども、津波浸水域には面積的に拡がりがあるため、左岸側、右岸側に存在する山腹斜面への津波の挙動も考慮すると、より二次元的に解析を進める必要性があった。以上、新たに解決すべき課題が含まれるものの、これらの研究成果を2018年11月の日本海岸林学会大会で報告した。また長大な沿岸域を抱え津波被害が予測される千葉県から講演依頼を受け、2019年2月に、行政職員、研究職員を対象とした成果講演を千葉県でおこない、海岸林による津波減勢効果の重要性について聴講者から一定の理解が得られた(図1)。



図 1 . 講演は空中写真の三次元立体視が可能なディスプレイを用いて実演的に行った。

三重の海岸林が配置されていた入り江についても、上記と同様に、震災前の平時の海岸林の表面高と被災後の消失高を、震災前後の空中写真の立体視解析から把握した。しかし素材を解析してゆく過程で、浸水域全体に見る、海岸林、建築物、河川や河川堤などの凹凸があまりに不均質に分布しており、また破壊部分もまた不均質に分布したため、これまで同様の調査解析用ライン上での一次元解析により調査対象の入り江における海岸林の津波減勢効果を推定してゆくことは実態とかけ離れる可能性が考えられた。このため新たに外部専門家に意見を求め、解析方針を変更することとした。具体的には浸水域をメッシュ状に区切り、海岸林の林分構造情報を確定し、かつ、建築物については種別分類して高さや面積情報を整理し、かつ陸上を遡上してゆく津波の挙動と事物の破壊過程を面的に推定して、二次元解析を施すこととした。

そこで改めて、東北地方太平洋沖地震津波により被害を受けた岩手県の 2 箇所の入り江について、海岸林の津波被災前後の表面高の分布図を完成させ、破壊量を推定した(図 2)。津波被災前後の現存量の差分から栃内浜では汀線に近いマツ海岸林のみならず、その後背部でとくに左岸側に存在した広葉樹林が消失していることが明らかとなった。また明戸海岸林では汀線に近いマツ海岸林が全壊したに加え、後背に存在した公園林のうち、中央部分より山裾に近い広葉樹林やマツ林が消失していることが明らかになり、これは被災直後の写真映像とも符合

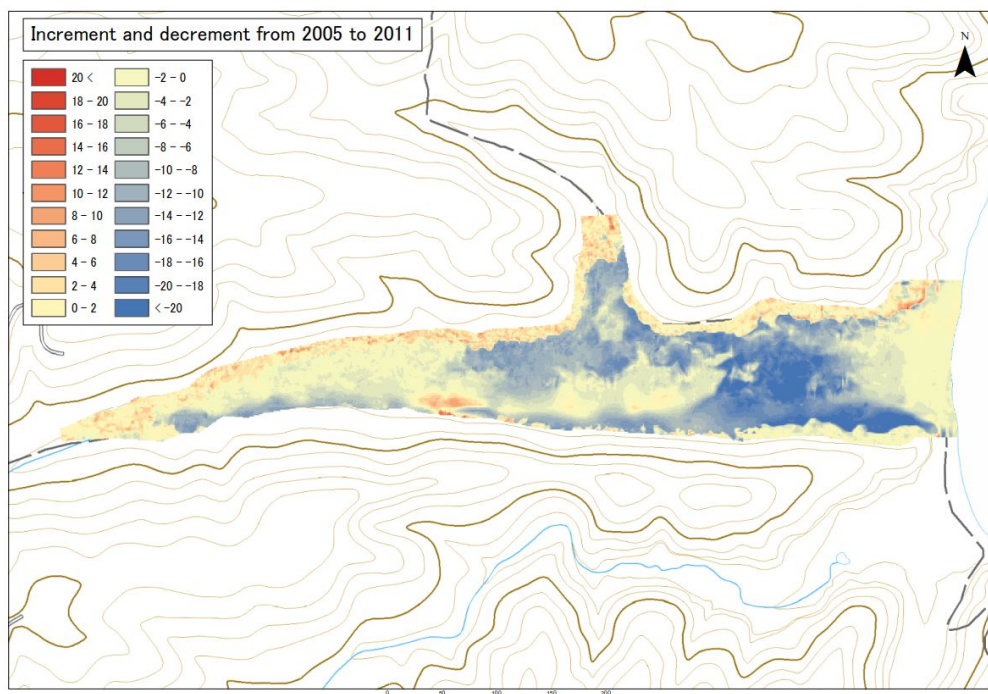


図 2 . 岩手県宮古市の一重の海岸林が実在した入り江における東北地方太平洋沖地震津波の浸水域の被災後の消失高の分布

した。今後は解析対象をより細かいメッシュサイズ(5 m×5 m)に分割して二次元解析を進め、津波減勢効果の発揮条件の探索を進める必要がある。

また未被災の海岸林の津波減勢効果を評価するために、文献調査より、元禄 16 年(1703 年)に大規模な津波被害を受けたと考えられる、太平洋に面した南伊豆と房総半島の入り江 2 箇所を調査地候補として抽出した。現地踏査を実施して、現在の海岸林の種組成や防潮堤の堤高、海岸林近傍の建築物の属性を記録した。南伊豆の入り江の汀線付近の海岸林はクロマツと常緑低木の複層林であり、後背の家屋周囲には常緑樹種低木による生け垣や常緑広葉樹種による屋敷林が存在していた。房総半島の入り江の海岸林は常緑広葉樹のほか、落葉広葉樹、メダケ類で構成されていた。最新の空中写真と地形図から海岸林や防潮堤、保全対象の家屋の配置や現存量を立体視により把握したところであり、課題終了後も引き続き、現在の海岸林による減勢効果を推定する。

本科研課題で調査解析対象とした 4 か所については、現時点で構築されている防災構造を踏まえたうえ、さらに津波の減勢効果を効果的に発揮しうる、海岸林や防潮堤の配置、構造を包含した多重防災構造の提案に発展させてゆきたい。

< 引用文献 >

首藤伸夫 (1985) : 防潮林の津波に対する効果と限界, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 465-469 .

星野大介 (2012) . 東北地方太平洋沖地震津波による岩手県沿岸の海岸林と集落の被害状況, 日本森林学会誌, 94 : 243-246

星野大介、野口宏典、中北理 (2018) : 栃内浜海岸林の津波減勢効果の評価、日本海岸林学会石垣大会講演要旨集、38-39、2018.11

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 星野大介、野口宏典、中北理
2. 発表標題 栃内浜海岸林の津波減勢効果の評価
3. 学会等名 平成30年度日本海岸林学会石垣大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 村井 宏、奥平敏充、小原正明、城戸 檀、齋藤武史、佐藤一紘、島田直明、庄司次男、高橋大等、照井隆一、中北 理、西村和明、野田坂伸也、橋本良二、古澤元雄、古舘栄蔵、星野大介	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ジロー印刷企画	5. 総ページ数 319
3. 書名 蘇れ！ふるさとの海岸林～2011 東日本大地震・津波による被災実態と緑の再生～	

〔産業財産権〕

〔その他〕

千葉県林業職員研修会における講師(2018.2.14)、タイトル「空中写真を津波被害量と津波低減効果の推定に活用する」、千葉県千葉県農林総合研究センター森林研究所

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	野口 宏典 (Noguchi Hironori) (80353803)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	中北 理 (Nakakita Osamu)		