

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510187

研究課題名（和文） 津波被害の軽減を目的とした植生の実装に関する基礎的研究

研究課題名（英文） Basic study on the implementation of vegetation aimed at the reduction of tsunami damage

研究代表者

松富 英夫（MATSUTOMI HIDEO）

秋田大学・工学資源学研究科・教授

研究者番号：20134083

研究成果の概要（和文）：海岸黒松の倒伏、抜根、折損の判定図を示した。倒伏、抜根、折損条件を組み込んだ海岸林の津波減勢効果の評価法（数値解析法）を開発した。相似則を考慮した低木と高木の海岸林模型を用いて、数値解析結果の精度検証ばかりでなく、海岸林域の津波氾濫現象の把握を目的とした水理実験を実施し、海側樹木には急激かつ大きな津波流体力が働き得ることを実証した。数値解析に基づいて、海岸林の平面形状や成長が津波遡上へ及ぼす影響について検討した。さらに、実海岸林の津波減勢への効果と限界例を示した。

研究成果の概要（英文）：A judgment graph of lodging, uprooting and breaking for coastal black pine trees was proposed. An estimation method (numerical simulation method), integrated the conditions of lodging, uprooting and breaking, for the degree of tsunami energy reduction due to coastal forests was developed. Using low and high coastal tree models made by considering the similarity law for the trees, hydraulic experiments aimed to not only check the accuracy of numerical simulation results but also grasp the tsunami inundation phenomena in the coastal forests were carried out and it was confirmed through both the experiments and field surveys that large impulsive fluid force can act on coastal trees facing the sea. Based on numerical simulations by the developed method, effects of the plane shape and growth of coastal forest on the tsunami run-up were examined. Moreover, effects and limits of coastal forests on the reduction of tsunami energy were illustrated through the field survey of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：水工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：津波，氾濫流，海岸林，減災

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 研究代表者らは、自ら開発した海岸林域や住宅域の氾濫流の基礎式とその数値解析法に基づく数値実験を通して、海岸林が倒

伏、抜根や折損することにより、また海岸樹木の樹冠部が氾濫流の水面下で縮小することにより、津波氾濫域が大きく変化することを示した。しかしながら、津波による海岸林

の倒伏、抜根や折損の条件は黒松に限ってもよく判っておらず、数値実験結果はまだ定性的であると言わざるを得ない。

(2) 実際の海岸林の津波減勢効果の定量的な評価は数値実験で行うのが現実的である。このため、これまでも海岸林域を氾濫する津波の数値解析法がいくつか提案されている。しかしながら、海岸林の倒伏、抜根、折損条件の未説明はもとより、樹冠部や気根部の精度良いモデル化が行われていないため、海岸林の津波減勢効果の精度良い評価ができない状況にある。

(3) これまで、海岸林の津波減勢効果の物理および数値実験による検討は、純林に対して行われてきた。海岸林の津波減勢効果は混交林や複層林とした方が大きいことが指摘されている。海岸林の病気や維持管理のことを考えても、前者では混交林、後者では複層林の方が望ましく、混交林や複層林の場合の数値解析法の開発とそれらの利用指針の検討も必要である。

(4) 津波被害の軽減策として海岸林を「利用する」、「利用しない」を判断する基準の検討はこれまで行われたことがなく、その判断は手探りの状態である。

(5) 以上のような状況下において、海岸林の諸被害条件の検討、津波減勢効果の定量的な評価方法の開発、利用指針の提案、海岸林を「利用する」、「利用しない」の判断基準の提案は、津波被害の軽減策としての海岸林の実装に大きく寄与するばかりでなく、時宜を得たものである。

## 2. 研究の目的

日本の海岸林の代表的な樹種である黒松を対象として、次の6項目を研究の目的とする。

(1) 海岸黒松の倒伏や抜根、折損の条件を検討・提案する。

(2) 倒伏や抜根、折損条件の組込と樹冠部の精度良いモデル化による津波減勢効果の定量的な評価方法(数値解析法)の開発を行う。

(3) 純林ばかりでなく、複層林の場合の津波減勢効果の定量的な評価方法(数値解析法)の開発を行う。

(4) 開発した数値解析法を用いて、海岸林域を氾濫する津波のパラメタスタディを実施し、純林や複層林の利用指針の提案を行う。

(5) 想定津波の大きさと地勢に応じて、津波被害の軽減策として海岸林を「利用する」、「利用しない」の判定図の作製を行う。

(6) 海岸黒松の諸特性を調査・検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 海岸黒松の倒伏、抜根、折損条件の検討  
研究代表者らの既存の現地試験データや文献の調査ばかりでなく、2011年東北地方太

平洋沖地震津波の被災地において現地試験を実施し、数値実験に適した被害条件を提案する。

(2) 海岸林の津波減勢効果の定量的な評価法(数値解析法)の開発

純林と複層林を対象に、被害条件を組入れた、樹冠部の精度良いモデル化による津波減勢効果の定量的な評価方法(数値解析法)の開発を行う。樹冠部のモデル化は、「数値実験に適したもの」を前提に、海岸林の実質体積を維持させながら、流れによる樹冠部の縮小現象とそのときの投影面積の正確性を重視して行う。

(3) 樹冠部のモデル化および開発した数値解析法の有用性を検証するための水理実験

研究代表者らの樹木に対する相似則を考慮した低木(MODEL 1)と高木(MODEL 2)の海岸林模型を作製し、それらを用いて水理実験を行い、数値解析結果の精度検証ばかりでなく、海岸林域における津波氾濫現象の把握を行う。純林は低木のみと高木のみ2通り、複層林は高木+低木(PATTERN 2, PATTERN 3)、低木+高木(PATTERN 4)および高木と低木の交互配置の3通りに対して水理実験を行う。

(4) 数値解析に基づく海岸林域を氾濫する津波のパラメタスタディおよび純林と複層林の利用指針の提案

開発した数値解析法を用いて、海岸林域(海岸林がない場合を含む)を氾濫する津波のパラメタスタディを実施し、純林と複層林の利用指針(海岸林の配置・面積・幅、樹種、更新帯・管理道路の位置・面積・幅、複層林の段数(樹高の種類数))の提案を行う。ただし、入射津波は孤立波とし、海底地形と陸上地形は単純なもの1種類とする。

(5) 2011年東北地方太平洋沖地震津波における海岸黒松の被害実態調査と海岸黒松林の津波減勢効果の調査・検討

現地調査に基づき、胸高直径、津波浸水深と黒松の被災形態に関するデータを収集し、これらの関係を検討する。これらの関係を、研究代表者らの浸水深から推定する氾濫流速を用いて、胸高直径、水平力またはモーメントと黒松の被災形態の関係に書換える。

巨大津波であったため、多くの海岸林で津波減勢効果を確認できなかったが、仙台海岸ではその効果が認められた。仙台市南蒲生と東浦における海岸林の津波減勢への効果と限界例を論じる。

(6) 海岸黒松の諸特性の調査・検討

岩手県、宮城県、静岡県と和歌山県における海岸黒松の幾何諸元データ(胸高直径、樹高、樹冠部下端の高さ、樹木間隔)を収集・検討する。

#### 4. 研究成果

(1) 海岸黒松の倒伏 (Lodging) (Uprooting), 抜根 (Uprooting), 折損 (Breaking) の条件については, 既存の現地試験データや文献調査ばかりでなく, 2011年東北地方太平洋沖地震津波被災後の宮古市田老で現地試験を実施し, これら条件の判定図を提示した. さらに, インドネシアで得られた Sea Casuarinas (Coastal pine trees) に対する倒伏 (実線) と抜根 (破線) の条件との比較・検討も行った (図-1).

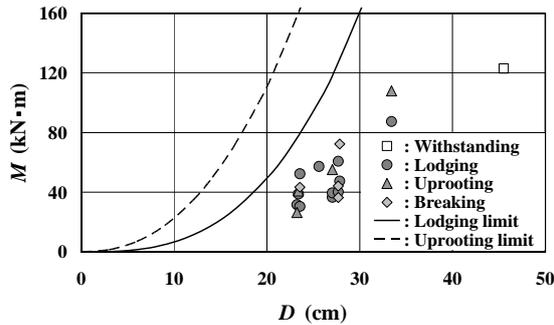


図-1 試験に基づく胸高直径  $D$ , モーメント  $M$  と被害形態の関係

(2) 海岸林の津波減勢効果の定量的な評価法 (数値解析法) については, 純林と複層林を対象に, 精度を向上させた樹冠部のモデル化と被害 (倒伏, 抜根, 折損) 条件の組込を行い, 開発を行った. ただし, 複層林に対しては計算精度に問題が残された.

(3) 樹冠部のモデル化および開発した数値解析法の有用性を検証するための水理実験については, 相似則を考慮した低木と高木の海岸林模型を用いて, 数値解析結果の精度検証ばかりでなく, 海岸林域における津波氾濫現象の把握を目的として実施した. これらの実験を通して, 海側樹木には急激かつ大きな津波流体力が働き得ることも実験的に実証した (図-2).

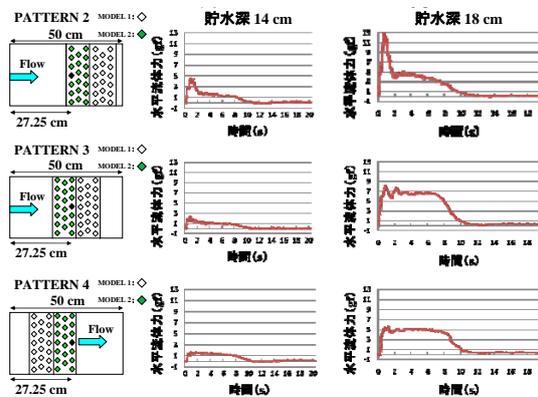


図-2 樹木模型へ作用する水平流体力の経時変化例

(4) 数値解析に基づく海岸林域を氾濫する津波のパラメタスタディと純林, 複層林の利用指針の提案については, 純林の海岸林の平面分布形状や成長が津波遡上へ及ぼす影響について基礎的な検討を実施したのみにとどまった.

(5) 2011年東北地方太平洋沖地震津波における海岸黒松の被害実態調査と海岸黒松林の津波減勢効果の検討については, 三陸海岸と仙台海岸における黒松の被害実態調査を実施し, 簡易な被害条件を提示した (図-3). 浸水深から陸上氾濫流速を推定し, 抗力やモーメントからみた簡易な被害条件も提示した. さらに, 仙台海岸における黒松林の津波減勢への効果と限界例を示した.

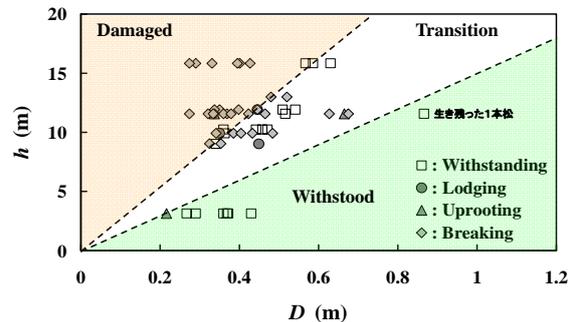


図-3 海岸黒松の胸高直径  $D$ , 浸水深  $h$  と被害形態の関係

(6) 海岸黒松の諸特性調査については, 岩手県, 宮城県, 静岡県と和歌山県の海岸で実施した. 黒松の基礎データ (胸高直径, 樹高, 樹冠部下端の高さ, 樹木間隔) は(3)の海岸林模型の縮尺・配置に反映された.

#### 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)

[雑誌論文] (計4件)

① 松富英夫, 直江和典, 山口枝里子, 原田賢治, 2011年東北地方太平洋沖地震津波による海岸林の被災, 東北地域災害科学研究, 査読無, 48巻, 2012, 115-120

② 松富英夫, 原田賢治, A. Bagyo Widagdo, 海岸樹木の倒伏, 抜根, 折損に関する現地試験 —インドネシアの Casuarina を例に—, 東北地域災害科学研究, 査読無, 47巻, 2011, 69-75

③ 松富英夫, 原田賢治, Subandono Diposaptono, 2010年 Mentawai 地震津波と海岸樹木の被害形態, 東北地域災害科学研究, 査読無, 47巻, 2011, 77-82

④ 岡本憲助, 松富英夫, 津波氾濫流速の簡易

推定法に関する基礎的研究，海岸工学論文集，  
査読有，56 巻，2009，296-300

〔学会発表〕（計 4 件）

①松富英夫，山口枝里子，直江和典，能見卓也：2011 年東北地方太平洋沖地震津波における建物と海岸樹木の被災条件，第 61 回理論応用力学講演会，2012.3.9，東京大学（東京）

②松富英夫，中下明洋：2011 年東北地方太平洋沖地震津波における海岸林の諸相，土木学会東北支部技術研究発表会，2012.3.3，秋田大学（秋田）

③松富英夫，能見卓也，山口枝里子，直江和典：2011 年東北地方太平洋沖地震津波による建物と海岸林の被災，第 30 回日本自然災害学会学術講演会，2011.11.19，東京大学（東京）

④松富英夫，原田賢治，A. Bagyo Widagdo，Subandono Dipsaptono，津波の減勢を目的とした海岸樹木の模型について，土木学会東北支部技術研究発表会，2011.3.5，東北工業大学（仙台）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松富英夫（MATSUTOMI HIDEO）  
秋田大学・工学資源学研究科・教授  
研究者番号：20134083

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし