

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23710200

研究課題名（和文）樹木群による漂流物捕捉性能の定量的評価研究

研究課題名（英文）Evaluation research for trapping floating objects during flood due to lignosa

研究代表者

今井 健太郎（IMAI KENTARO）

東北大学・災害科学国際研究所・助教

研究者番号：20554497

研究成果の概要（和文）：

樹木群の漂流物捕捉機能の定量的評価手法の確立を目的として、現地調査から得られた樹木群諸条件や漂流物諸元に基づいた水理実験を行い、樹木群による漂流物捕捉機能について、統計モデルに基づく評価式を提案した。

漂流物捕捉機能に関わる物理因子についてより詳細な検討を行うために、2011年東北地方太平洋沖地震津波の樹木群による漂流物捕捉事例において現地調査を行い、樹木群諸条件（樹高、幹部直径、立木密度など）や漂流物諸元（流木や船舶などの種類やそのサイズなど）に基づいた水理実験を行った。水理実験の結果から、首藤（1985）の植生厚み dn (d : 樹木の幹直径, n : 単位林帯幅あたりの立木本数), D/d (D : 最大氾濫浸水深), Lm/lt (Lm : 漂流物の代表長, lt : 並木間隔), L/W (L : 漂流物の縦横比) の無次元パラメータが並木の漂流物捕捉条件に関する物理因子が支配的であることを示した。以上の無次元パラメータを用いて不確実性を考慮した統計モデルに基づく樹木群の漂流物捕捉機能の評価式を構築した。加えて、漂流物の発生要因や漂流物の密度変化による捕捉割合の変化傾向を検討した。

研究成果の概要（英文）：

The trapping mechanism of floating objects during tsunami due to align trees was investigated through field survey and hydraulic experiments. From the field survey on The 2011 Tohoku-oki earthquake tsunami; it was observed that when floating objects flow as a group, it is possible for them to be trapped even if their representative length is narrower than the interval length of trees, from the hydraulic experiments; it was possible to find the associated physical factors, and finally propose a simple formula to evaluate the trapping mechanism.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：

キーワード：樹木群, 水害, 漂流物捕捉

1. 研究開始当初の背景

樹木群による氾濫流の減勢効果に関して は実用に耐えうる設計が可能になりつつある。一方で、津波減勢策の実装・展開には樹木群による漂流物捕捉効果とその限界に関する検討が必要であるにも関わらず、これまでは事例に基づいた定性的議論にとどまっ

ており、定量的な検討は行われていなかったのが現状である。この項目を解決しない限り、樹木群による総合的な水害軽減効果の評価を行うことは難しい。

2. 研究の目的

本研究は、氾濫流に伴う漂流物に対する樹

木群による陸域への侵入阻止性能に関する検討を行う。そのために、諸種の検討を行い、樹木群による漂流物捕捉効果とその限界について明らかにし、その定量的評価モデルの提案を目的とする。本研究は以下の3つの研究項目に関する検討を行う。①樹木群による漂流物捕捉の事例収集、②樹木群による漂流物捕捉性能に関する水理実験、③樹木群による漂流物捕捉確率に関する統計モデルの開発である。

樹木群による漂流物阻止には、漂流物を受け止めるための立木密度や樹幹径、樹木間距離と漂流物サイズなどが大きく影響すると考えられるので、研究項目①から過去の事例、研究項目②から水理実験によるデータ収集を行い、樹木群による漂流物捕捉性能に関する影響因子を特定する。特に、2011年3月11日に発生した東北太平洋沖地震津波では、自動車や船舶などの漂流物が海岸林によって捕捉された事例が多く、多くの地域で確認されているため、多くの実測が得られると期待される。また、本研究の評価対象は諸現象が複雑に絡みあった結果によるものと考えられるため、研究項目③として、不確実性も考慮可能な統計モデルに帰着させることにより、樹木群による漂流物捕捉性能に関する定量的評価モデルの開発を行い、津波数値解析モデルへの実装を目指す。

3. 研究の方法

樹木群による漂流物捕捉性能の定量的評価を目的として、事例調査（研究項目①）と水理実験（研究項目②）を実施する。

研究項目①として、樹木群諸条件と漂流物捕捉可能となる漂流物諸元の関係を明らかにするために、2011年3月11日に発生した東北太平洋沖地震津波における樹木群による漂流物捕捉条件に関する現地調査を行う。これらの結果から樹木群による漂流物捕捉性能に関わる物理因子の抽出を行う。

研究項目②の水理実験では、樹木群諸元（樹木幹部直径、樹木間距離や樹林幅など）や漂流物諸元（種類、サイズなど）について、物理的に矛盾のない縮尺を考慮して設定する。樹木群周辺での漂流物の挙動やその捕捉率に関するデータ収集を行い、事例との比較を行う。さらに、漂流物の各諸元に対して捕捉率が高くなる最適な樹木群条件についての検討、各地域に応じた樹木群の群生環境等を考慮した諸条件についての検討を行う。加えて、樹木耐力試験を実施し、漂流物の衝突力などを考慮した評価手法の提案を行う。研究項目③として、現地データと実験データに基づく、樹木群による漂流物捕捉性能に関する評価モデルを開発する。氾濫流の流速や水位、樹木の直径、樹木間距離や林幅、漂流物の種類・スケールなどの物理諸量の他に、

諸現象の不確実性を考慮する必要があるため、評価モデルとしては統計モデルに帰着させることが望ましい。このために樹木群による漂流物捕捉性能に関連する物理因子に基づいた多変量解析を行い、漂流物捕捉確率に関する統計モデルの開発を行う。

4. 研究成果

(1) 樹木群による漂流物捕捉に関する現地調査と実験

樹木群の漂流物捕捉機能の定量的評価手法の確立を目的として、現地調査から得られた樹木群諸条件や漂流物諸元に基づいた水理実験を行った。

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震による津波災害において、津波浸水域における並木などの樹木群による津波漂流物の捕捉事例を空中写真で探査し、漂流物の捕捉状況の判読を行った。さらに、樹木群諸条件（樹高、幹部直径、立木密度など）や漂流物諸元（流木や船舶などの種類やそのサイズなど）に関して高精度GPS測位器を用いた詳細調査を行った。宮城県多賀城市の製材工場内に貯蓄されていた資材や車が津波により押し流されていたが、工場敷地を囲う屋敷林により、これら津波漂流物の敷地外への流出が阻止されていた事例が確認できた（図-1）。これらの調査結果から、間欠のない林帯では漂流物捕捉数が多いことや、漂流物が群体となった場合には、その個々の代表長さが樹木の間隔より狭い場合でも捕捉することが可能であることを明らかにした。

漂流物捕捉機能に関わる物理因子についてより詳細な検討を行うために、現地調査における樹木群諸条件（樹高、幹部直径、立木密度など）や漂流物諸元（流木や船舶などの種類やそのサイズなど）に基づいた水理実験を行った（図-2）。水理実験の結果から、首藤



図-1 多賀城市栄付近における空中写真による並木の津波漂流物捕捉状況と並木の配置。図中の○は現地調査による並木配置を示す。

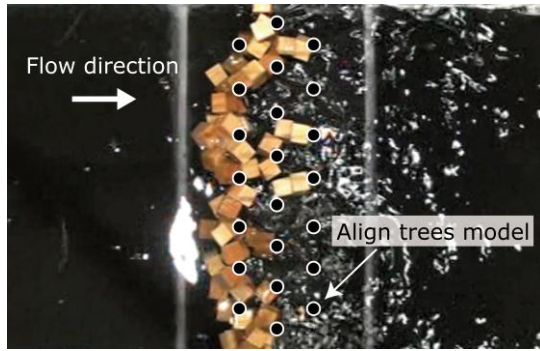


図-2 実験の一例. 立方体漂流物, $H_0=12$ cm, 並木模型間隔 3 cm, 並木 3 列の場合.

(1985) の植生厚み dn (d : 樹木の幹直径, n : 単位林帯幅あたりの立木本数), D/d (D : 最大氾濫浸水深), L_m/l_t (L_m : 漂流物の代表長, l_t : 並木間隔), L/W (L : 漂流物の縦横比) の無次元パラメータが並木の漂流物捕捉条件に関する物理因子が支配的であることを示した. 加えて, 漂流物の発生要因や漂流物の密度変化による捕捉割合の変化傾向を検討した.

(2) 樹木群による漂流物捕捉割合評価に関する統計モデル

現地調査と水理実験データに基づき, 以上の無次元パラメータを用いて不確実性を考慮した統計モデルに基づく樹木群の漂流物捕捉機能の評価式を開発した. 式(1), (2)に基本モデルを示す.

$$R_C = 1 / \{1 + \exp(-\Phi_1)\} \quad (1)$$

$$\Phi_1 = -0.31(d_C \cdot n)^{-0.34} (D/d_C)^{0.70} \cdot (L_m/l_t)^{-0.93} (L/W)^{0.40} - 5.0 \pm \sigma \quad (2)$$

ここで, $\sigma=0.93$, 決定係数 $R^2=0.8$, 有意水準 $p < .001$ である. また, 本式の適用範囲としては $d_C \cdot n < 0.3$, $D/d_C < 8$, $0.3 < L_m/l_t < 2.25$, $L/W < 3$ である. 実験値との整合性もよい (図-3).

漂流物の密度変化を考慮した拡張モデルを式(3), (4)に示す.

$$R_C = 1 / \{1 + \exp(-\Phi_2)\} \quad (3)$$

$$\Phi_2 = -4.15(L/W)^{-0.32} (D_{FG})^{-0.21} - 5.0 \pm \sigma \quad (4)$$

ここで, D_{FG} は漂流物の鉛直投影密度である. $\sigma=1.2$, 決定係数 $R^2=0.6$ であり, 本検討の範囲内において並木の漂流物捕捉割合と流下漂流物群密度の関係を説明できていることが分かる. 式(1)~(4)を用いることにより, より現実的な樹木群による漂流物捕捉機能評価が可能となる (図-5).

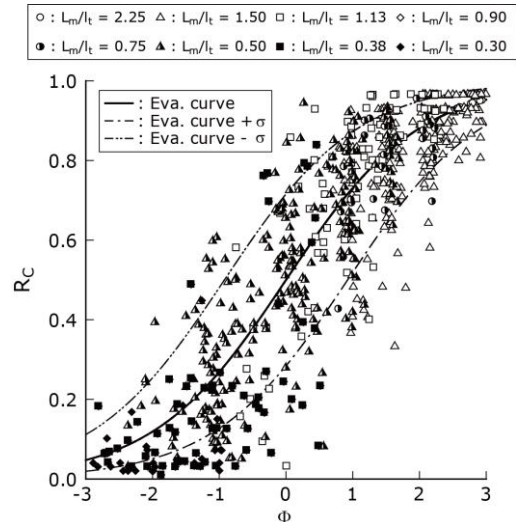


図-3 基本モデル R_C による漂流物捕捉割合に関する実験値と評価式による計算値の整合性

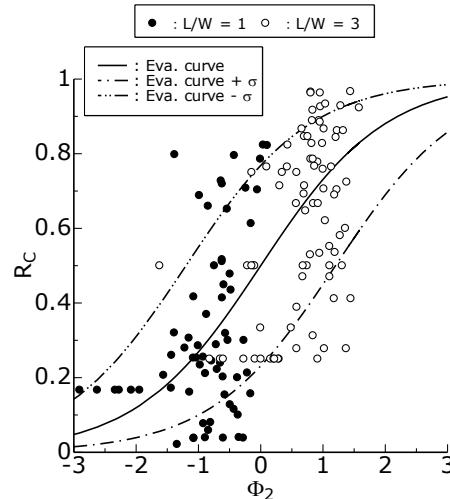


図-4 漂流物密度変化を考慮した拡張モデルによる漂流物捕捉割合に関する実験値と評価式による計算値の整合性

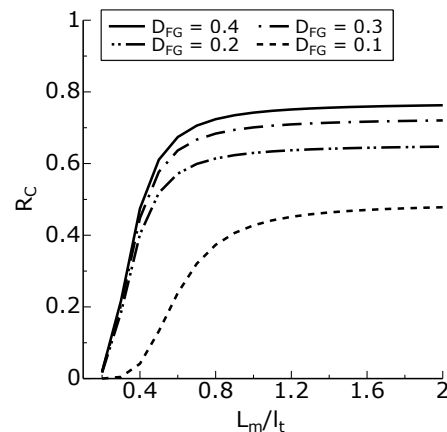


図-5 漂流物密度変化を考慮した拡張モデルによる漂流物捕捉割合に関する実験値と評価式による計算値の整合性

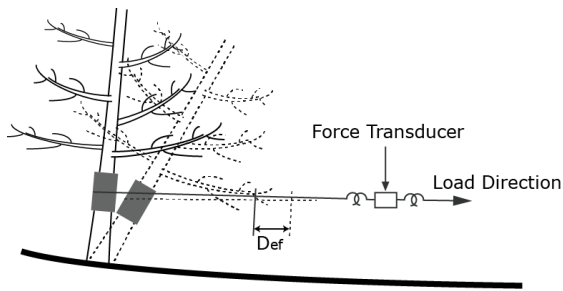


図-6 引き倒し試験方法の概略

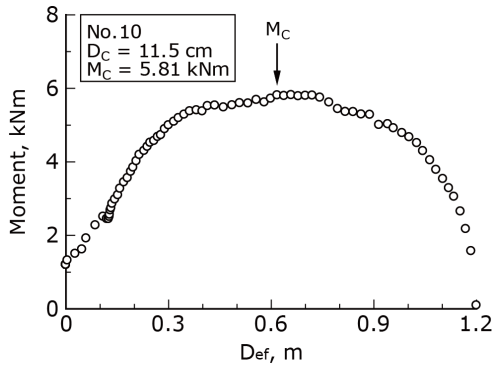


図-7 水平変位量と作用モーメントの関係

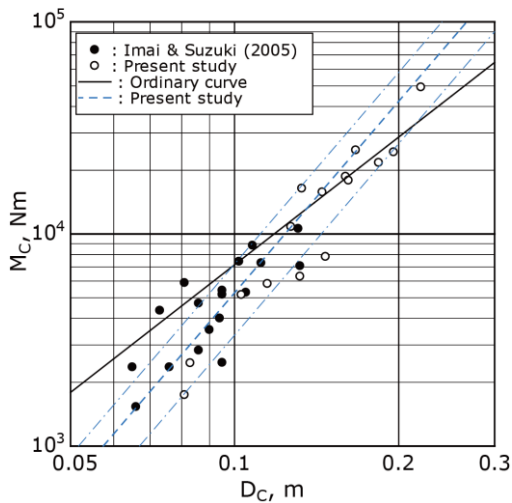


図-8 D_c と M_c の関係

(3) 樹木の倒伏耐力に関する調査

現地における樹木の引き倒し試験を実施し(図-6), その倒伏耐力評価式を提案した。倒伏限界モーメント M_c は, 図-7 に示すように, 水平変位と作用モーメントの極大値の樹木に作用するモーメントとした。倒伏限界モーメント M_c に関する評価式は生木の曲げ強度 σ_b と断面係数 W によって定義した(式5)。

$$M_c = \beta \sigma_b W \quad (5)$$

ここで, β は群生環境係数, W は胸高直径 D_c を用いた断面係数 ($=\pi D_c^3/32$) である。 σ_b については曲げ破壊試験結果の平均曲げ破壊強度である 28.3 N/mm^2 を採用した。 β は係数であり, 実測値から得られる平均値 1.9 ± 0.7 として与えた。 図中の一点鎖線は誤差範囲を示す。 図から, 実線で示される従来の評価式(今井・鈴木, 2005) より整合性が高くなっていることがわかる。

(4) まとめ

式(1)~(4)による漂流物捕捉機能と, 漂流物による衝突力や流水抵抗による樹木に作用する倒伏モーメントと式(5)により検討することにより, 樹木群の被害リスクを考慮した津波漂流物捕捉機能評価を行うことが可能となる。

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3件)

1. 林晃大・今井健太郎・今村文彦, 並木の漂流物捕捉機能に関する基礎的検討, 平成23年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2012. [査読無し]
2. 今井健太郎・林晃大・今村文彦, 並木の津波漂流物捕捉機能に関する基礎的検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), B2-68, 401-405, 2012. [査読有り] <http://ci.nii.ac.jp/naid/40019514013>
3. 林晃大・今井健太郎・今村文彦, 並木の津波漂流物捕捉割合と漂流物群密度の関連性, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2012. [査読無し]

[学会発表] (計3件)

1. 林晃大・今井健太郎・今村文彦, 並木の漂流物捕捉機能に関する基礎的検討, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2012年3月3日, 秋田。
2. 今井健太郎・林晃大・今村文彦, 並木の津波漂流物捕捉機能に関する基礎的検討, 土木学会海岸工学講演会, 2012年11月16日, 広島。
3. 林晃大・今井健太郎・今村文彦, 並木の津波漂流物捕捉割合と漂流物群密度の関連性, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2013年3月9日, 仙台。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今井 健太郎 (KENTARO IMAI)
東北大学・災害科学国際研究所・助教
研究者番号：20554492

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：