

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02987

研究課題名(和文) 流れの三次元性と構造物や海岸林の破壊を考慮した多重防御手法に関する研究

研究課題名(英文) Compound defense methods considering the three-dimensionality of inundation current and destruction of structures and coastal forest

研究代表者

田中 規夫 (TANAKA, NORIO)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：80323377

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、1)既存海岸林の減災機能強化(人工堀・盛土との組み合わせ)、2)既存堤防や段落ち部の減災機能強化(樹林帯、二線堤、杭等との組み合わせ)、3)実流木の挙動と衝撃力把握・捕捉機能強化、4)堤防の粘り強さ向上に資する盛土の三次元的洗掘特性把握、5)多重防御効果解析に有効な津波解析モデルの構築・検証・現地適用、を目的とする。実験と数値解析の結果、(1)多重防御構造のエネルギー減衰機構、(2)海岸林と他構造物の組み合わせ方、(3)実樹木の浮遊特性と捕捉機構、(4)実樹木の津波時破壊を考慮した上での減災に適した海岸林構造、(5)堤防の凹凸が三次元的な浸食特性に与える影響、に関する知見を得た。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to: 1) strengthen the mitigation function of forest combining with a moat and an embankment, 2) improving the embankment role combining with a forest, bank and piles, 3) analyze a real tree movement and trapping method by inland forest, 4) analyze a three-dimensional scour characteristics, and 5) develop a model which can analyze the tree destruction, and apply it to the actual site. Water flume experiments and numerical simulation elucidate, 1) energy reduction mechanism by the compound defense systems by forest and artificial structures (embankment and/or moat), 2) the optimal combination method, 3) floating and trapping mechanism of driftwoods, 4) suitable forest structures for mitigating tsunami considering tree destruction type, and 5) three-dimensional scour characteristic of undulation embankment.

研究分野：水防災工学

キーワード：多重防御 Eco-DRR バイオシールド 防潮林 浮遊物衝撃力

1. 研究開始当初の背景

東日本大地震で発生した津波では海岸林の多くがなぎ倒されたものの、浮遊物の捕捉以外に家屋被害の低減効果が定量的に認められた。それを踏まえ、林野庁も海岸防災林の再生・整備を図っている最中であり、国土交通省も防潮堤と組み合わせる事業を開始した。2013年の環境省のワークショップでは、海岸林の減災機能だけではなく防潮堤等の土木構造物とのベストミックスが必要であるという結論を得た。日本国内における海岸林の津波減災効果と機能の限界(破壊や流木化等)を防潮堤等の構造物との位置関係も含めて明らかにし、汎用的な耐津波設計論として高めるための研究が必要である。

ここで、同じ津波であっても場所によって諸条件(津波の状況、地形、林況)が異なるので、樹林帯の効果を定量評価するには、実樹木に関する抵抗特性の知見、実樹木の幹折れや根鉢転倒限界の知見を取り込んだ数値解析モデルが威力を発揮する。近年、研究代表者は、樹林帯の鉛直構造を反映できる津波の数値解析モデル、破壊を考慮した数値解析モデルを開発し、海岸林の津波被害軽減機能の定量評価と海岸林の破壊限界について多くの知見を導いている。また、海岸林内通路や河口などの開口部は津波のエネルギーが集中し、津波を内陸の奥深く進行させることや、有限幅の海岸林がもたらす弊害を明らかにしている。そのため、海岸林の整備と周辺の人工構造物や開口部の処理はあわせて考える必要がある。その上で、数値解析モデルを実際の盛土・堤防、海岸林整備計画や今回被災を受けていない地域の津波影響緩和計画に活かすには、モデルの予測信頼性の向上が必要である。研究代表者は、津波のモデルとしては断層モデルと非線形長波を組み合わせたものに樹林や家屋破壊影響を含むものを開発している。防潮堤を越流し樹林や地面の抵抗により生じる複雑な流れやエネルギー減衰機構を実験により明らかにし、数値解析モデルに反映させる必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、1)既存海岸林の減災機能強化手法(人工堀・盛土との組み合わせ)、2)既存堤防や段落ち部の減災機能強化手法(樹林帯、二線堤、杭等との組み合わせ手法)、3)実流木の挙動と衝撃力把握・捕捉機能強化、4)堤防の粘り強さ向上に資する盛土の三次元的洗掘特性、5)多重防御効果を解析可能な津波解析モデルを構築・検証し、現地への適用を図ること、を目的として研究を行なった。

3. 研究の方法

- (1) 既存海岸林・堤防の減災機能強化手法(人工堀・盛土との組み合わせ)に関する水理模型実験(多重防御手法最適化実験)
 - ①既存海岸林の減災機能強化手法(樹木構造、樹木破壊状況を考慮した実験)

急開式ゲートにより津波を模擬した非常流を発生させ、樹林帯を様々に変化させた実験を行った。実験装置で作成した津波は堤防高の0.81, 1.23, 1.58倍である。測定項目は越流量(水をためる箇所直接計測)、波高、反射率、エネルギー水頭の変化率、流体力などである。以下、業績の論文n)、学会発表m)(n, mは数値)を論n)、学m)と表記して説明する。図-1に論2)の実験モデルを示す。論文ごとに、異なる設定をしているが、急開式ゲートなどの設定は同じ状況である。

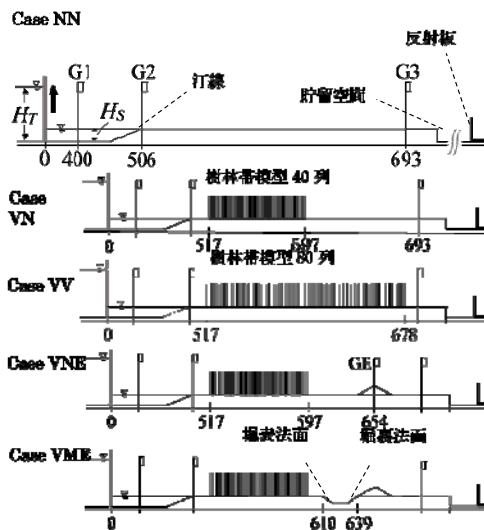


図-1 実験ケース一覧 (HT:タンク水深、HS:実験前の静水深) 横軸単位[cm]

論6)、3)では、樹林帯を堤防の前面、後面に置いた場合のエネルギー減衰を調べるとともに、反射量を増やすのに必要な最低列数を調べた。また学18)で樹高影響を評価した。また、樹林帯が破壊された場合を模擬して、津波により斜めに変形する場合を津波波形とのタイミングで評価した。さらに、学20)では堤防前面で破壊され、流木化した樹木が堤防を越えて進入する割合を調査した。

学15)では、樹林帯の鉛直方向の構造が与える影響を調査した。
 ②既存堤防や段落ち部の減災機能強化手法(樹林帯、二線堤、杭等との組み合わせ手法)
 論4)では福島県相馬港の事例をもとに、段落ち部の上段側に樹木を配置した場合のエネルギー減勢効果のメカニズムを解明する実験を行った。

論2)、学19)、13)では堤防背後に杭群(もしくは海岸林)を1-2列配置した場合に生じる跳水現象について調べ、流れの構造の変化とエネルギー減勢に有効な杭間隔や高さを越流水深との関連で調査した。

論5)では、堤防背後に小規模の堤防(道路盛土)を配置した場合のエネルギー減衰機構について実験を行った。学10)では海側の堤防の粘り強さという視点で海側堤防背後の洗掘に与える影響を調査した。

- ③実流木の挙動と衝撃力把握・捕捉機能強化

(流木の挙動と捕捉のための樹林帯に関する水理実験)

学 25)では流木の捕捉パターンを単独円柱と円柱群で実験を行い、家屋などに衝突したときの付加的な抗力について調査し、数値モデルに組み込み、海岸林の津波減勢効果(長所)と浮遊物の付加的な衝突力・集積力(短所)の直接比較を行った。

学 24)では捕捉側の樹林帯構造の最適化を目指し、その捕捉メカニズムを調査した。

学 7)では、樹木構造が流木の挙動に与える影響を調べるため、小型の実樹木を用いて、根鉢の有無、樹冠の長さなどを変数として、捕捉されやすさや、捕捉時の挙動と捕捉側の樹林帯に働く力を調査した。

(2) 数値解析モデルの構築と解析

論 7)では、樹種や生育状況による樹木構造の相違により、破壊状況が異なることを表現するため、モデル開発を行い、2011年に被害を受けた青森県三沢の海岸林にて検証を行った。学 17), 14)では、海岸林管理に資するよう北海道大樹町・白糠町の破壊モードの解析を行い、樹種による相違を明らかにした。

論 9), 8)では、樹林帯由来の浮遊物を解析するモデルを構築しその付加抗力を解析するモデル、捕捉した際の津波低減効果を解析しうるモデルを構築した。

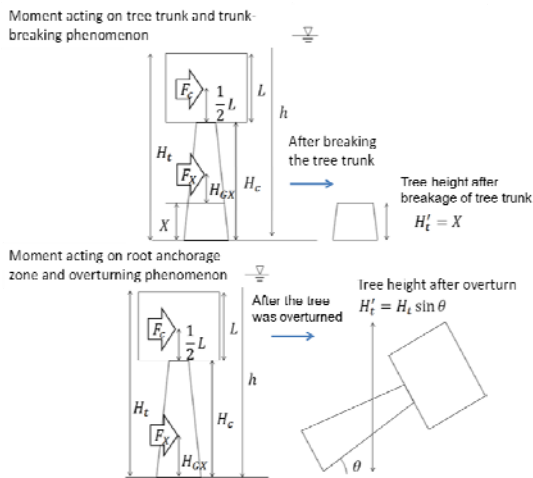


図-2 樹木管理に資する樹木破壊モデル

論 10), 学 27), 12)では、平面二次元非線形長波モデルでは精度が悪い、潟湖による減衰を表現する手法について検討を行った。

(3) 盛土の洗掘特性把握のための3次元越流実験

本研究では、長さ18m、幅2.7m、高さ0.9mの水路に1/10スケールの堤防モデルを設置した。移動床実験を実施した。実験では、まず、長さ3.12m、厚さ0.2mで基盤層を作成し、その上に、同様の材料で表、裏勾配1/2、長さ2.12m、高さ0.5mの堤防モデルを粘性土(荒木田土)で締め固め度約90%になるように設置した。その後、裏法面・裏法尻に細粒分質礫質砂を締め固め度約65%として一様な厚さ

(15cm)で設置した。細粒分礫質砂を設置したこの部分で越流によるガリー侵食を発生させた。今回使用した細粒分礫質砂は、礫分21%、砂分52%、シルト・粘土分で構成される細粒分が26.2%であり、平均粒径、最大粒径がそれぞれ0.3mm、19mmの材料である。

上記の条件を基本条件として、天端については周期的堤防天端に異なる波長を有するサインカーブ状の凹凸を加えた。凹凸は3Dプリンターにより再現し、材料にはABS樹脂を用いた。凹凸の波長は、20cm、40cm、80cm(実スケール2.0m、4.0m、8.0m)の3ケースに、水平なケースも加えた4ケースを実施した。振幅は0.5cm(実スケール5cm)と一定値とした。また、越流水深は水平ケースにおいて1.6cmとし、他のケースにおいても同一流量で実施した。

実験では2分間越流させたあと通水を止め、裏法肩より流下方向距離50cmから110cmの区間の壁面付近を除いた中心2.0mの範囲の地盤高を測定した。測定にはレーザー変位計を用い、横断方向2cm間隔、流下方向5cmで計測し、それぞれのガリー侵食の発生箇所を把握した。また、法尻から発達し1cm以上の浸食量が見られたものをガリーと判断し、各ケースでガリー侵食の幅、深さ、形成本数、各ガリー侵食の形成間隔を計測した。

4. 研究成果

(1) 多重防御最適化実験

① 既存海岸林の減災機能強化手法

論 6), 3)により、樹林帯内で反射が生じ始める位置よりも薄い海岸林(2列)を配置した場合には、海岸林効果が著しく減少するのではないかと予想して、堤防の前面に2列の海岸林を配置した場合の反射とエネルギー減衰を調べた。その結果、樹林帯で反射せずに通過した場合においても、樹林帯前でのせき上げと樹林帯背後における水位低下が生じ、堤防と組み合わせた場合は、複合効果による反射で堤防のみよりも反射量を増加し、越流量を減少させる効果を保有していることが明らかになった。

また、学 18)で樹高影響を評価した結果、樹木より津波が低い場合に比べ、樹木が没する状態の津波の場合には、樹木効果が低減することを明らかにした。樹木破壊により倒れた場合も同様であるため、数値解析モデルには樹木の倒伏を含めることが必須である。

学 20)より堤防前面で破壊され、流木化した樹木が堤防を越えて進入する割合は、破壊のタイミングで大きく代わり、堤防反射が始まる状態においては、折れても堤防を越えてこないことがわかった。津波の浸水初期で折れなければよいため、ある程度の胸高直径を確保すればよいと考えられる。

学 15)では、樹林帯の鉛直方向の構造が与える影響を調査した。二層林は底面付近の流速を低下させるため、侵食防止という観点も

含めて、更なる系統的实验が必要と判断した。
 ②流木の挙動と捕捉のための樹林帯に関する水理実験

学 24)では捕捉側の樹林帯構造の最適化を目指し、その捕捉機構を調査した。樹林帯を小ブロックに分けて隙間を設け、樹林帯前面において沈み込む流れを作成した。これにより、流木を底面近くで捕捉することが判明した。これは捕捉後の樹林帯の破壊を防ぐために重要である。

学 7)では、小型の実樹木を用いて、根鉢の有無、樹冠の長さなどを変数として、捕捉されやすさや、捕捉時の挙動と捕捉側の樹林帯に働く力を調査した。流木が捕捉用の樹林帯前で回転するタイプは、集積によって抵抗を増加させるため、捕捉樹林帯前面の水位をせき上げ、結果として内陸側への抵抗を減らす可能性があるが、一方で破壊されやすくなる。津波条件に応じて捕捉用樹林帯としての胸高直径の閾値を算出した。

③多重防御構造物の最適配置に関する水理実験

論 4)では段落ち部の上段側に樹木を配置した場合のエネルギー減勢機構として、せき上げた水流を段落ち部の底面にぶつける効果が大きい可能性を示し、港などの背後に家屋があるような地域での活用を提案した。

論 2), 学 19), 13)で、堤防背後に杭群を1-2列配置した場合に水理現象は大きく変化するが、多くの場合はエネルギーを減少させる。しかし、杭群の後ろ側に定在波が生じた場合には、局所的にエネルギーが集中する可能性があるため、避けるべきであると判断し、その発生条件を明らかにした。

論 5)では、堤防背後に小規模の堤防(道路盛土)を配置した場合のエネルギー減衰機構について実験を行い、陸側堤防にそって射流が通過する条件以外は、跳水や堤防に沿って斜方投射され地面にたたきつけられるなど、流れの構造はことなるがエネルギー減勢が期待できることを明らかにした。

(2) 数値解析モデルの構築・検証と適用

論 7)における青森県三沢海岸林での検証の結果、樹冠部の高さを含む「樹冠モデル」が、樹木破壊減少と津波減勢効果の算定に重要であることがわかった。モデルの精度は高く、樹木の鉛直構造特性と破壊特性を調査すれば、構築した樹木以外の樹木にも適用可能である。一方、複数回に分けて津波が来襲した場合には、根鉢の破壊強度が変化しうる可能性があるため、実樹木の破壊実験において土壌の飽和度を考慮した実験が必要である。

論 9), 8)において、流木の運動モデルと捕捉モデルを構築し、仙台平野の事例において衝突力は津波低減効果より小さく、長所の法が大きいことを明らかにした。また集積力は上回る場合も存在するが、その割合は非常に小さいことを示した。さらに、流木を集積しかつ破壊されなかった樹林帯はその内陸側

に低流速域を作り出すため、津波減勢効果が大きいことを示し、仙台平野の海岸林背後に家屋が残存したメカニズムを明らかにした。総合的に、流木が発生する可能性があっても樹林帯の持つメリットは流木発生によるデメリットを上回っていたことを示した。

論 10), 学 27), 12)では、通常の平面二次元非線形長波モデルに底面をたたく抵抗を加えて解析を行った結果、精度が向上するものの、跳水による減勢を正しく表現するには、更なる改善が必要であることを示した。通常の平面二次元モデルは潟湖の減勢を過小評価している可能性があるため、実験的検討をさらに行なう必要がある。

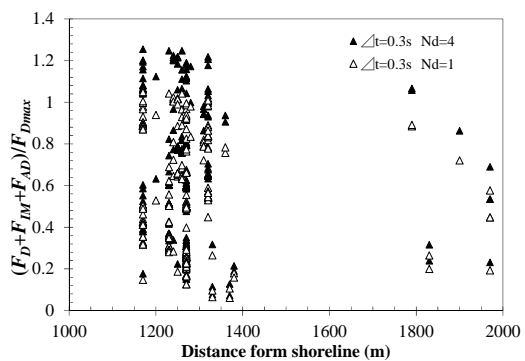


図-3 海岸林の長所・短所の直接比較(4本以上の樹木が集積した場合にのみ、海岸林の津波減勢効果を上回る付加抵抗がかかるが、確率は低いことを示している：学 25))

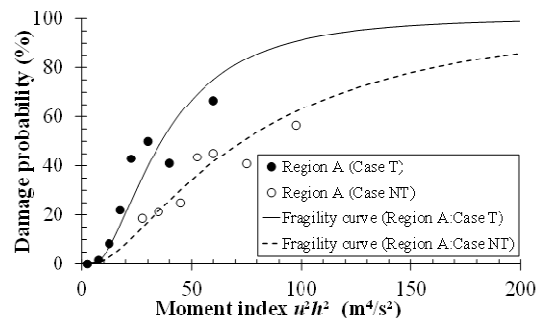


図-4 流木をトラップした場合には、流体力を半分程度まで減らしていたことを示す fragility 曲線：学 26))

(3) 越流流れの3次元性が盛土の侵食特性に与える影響

越流から2分後における計測範囲の侵食高を、ガリーの本数 m 、平均幅 S_w 、平均深さ S_d 、平均間隔 l (隣合うガリーの中心間隔と定義した)に注目し把握した。まず、形成された侵食状況を確認すると、天端の凹凸の波長が大きくなるにつれて、ガリーがより多く発生していた。ガリーの本数、幅、深さについては、波長が大きくなるにつれて増加した。これらの値が増大するほど破堤の危険性が高まると考えられることから、天端の凹凸の波長が長くなるほど越流初期の侵食が増大することを確認した。一方、ガリーの間隔に関しては、波長が長くなるにつれて間隔が小さくなった。ガリー間の間隔が狭くなるほど、越流

時間の増加に伴って、ガリー同士が一体化し、侵食量が多くなることから、波長が長くなるほど危険と判断できる。また、すべてのデータから、水平の場合が同じ越流時間に対して最も堤体の侵食量が少ないことを確認した。

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 10 件)

1) Sazia Afreen, Junji Yagisawa, Norio Tanaka : Three dimensional downstream scour analysis after levee overtopping, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.B1(Hydraulic Engineering), Vol.72, No.4, I_823-I_828, 2016.

2) 座波健仁, 田中規夫, 君和田祐弥: 津波減勢に有効な海岸樹林帯背後の多重防御構造の実験的検討. 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 74, No. 4, I_433- I_438, 2018.

3) Igarashi, Y., Tanaka, N., Effectiveness of a compound defense system of sea embankment and coastal forest against a tsunami. Ocean Engineering, 151, 246-256, 2018.

4) Pasha, G. A., Tanaka, N., Yagisawa, J., Achmad, F. N.: Tsunami mitigation by combination of coastal vegetation and a backward-facing step. Coastal Engineering Journal, 1-22, 2018.

5) 五十嵐善哉, 田中規夫: レベル 2 津波が二重堤防構造を越流する際の流況変化を踏まえた減勢効果の評価. 土木学会論文集 B1 (水工学), 73(4), I_1009-I_1014, 2017.

6) 五十嵐善哉, 田中規夫: 堤防前面の樹林帯の厚みと樹木倒伏が堤防越流量に与える影響の実験的検討. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72(2), I_319-I_324, 2016.

7) 田中規夫, 佐藤創, 赤崎佑太, 鳥田宏行, 小田島諒: 複数津波の来襲により生じた青森県三沢の海岸林破壊現象の検証. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72(2), I_313-I_318, 2016.

8) Tanaka, N., Ogino, K.: Comparison of reduction of tsunami fluid force and additional force due to impact and accumulation after collision of tsunami-produced driftwood from a coastal forest with houses during the Great East Japan tsunami. Landscape and Ecological Engineering, 13(2), 287-304, 2017.

9) Tanaka, N., Onai, A.: Mitigation of destructive fluid force on buildings due to trapping of floating debris by coastal forest during the Great East Japan tsunami. Landscape and Ecological Engineering, 13(1), 131-144, 2017.

10) 赤崎佑太, 田中規夫: 潟湖の貯留効果による津波減災について. 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 72, No. 4, I_391-I_396, 2016.

[学会発表] (計 27 件)

1) Liaqat Ali, Junji Yagisawa : Study of levee crest undulations on scour characteristics after levee overtopping under different flow conditions,

第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会,II-51, 山梨大学 (山梨県甲府市), 2018 年 3 月 7-3 月 8 日(3 月 8 日発表)

2) 末永博, 八木澤順治: 河川堤防における不等沈下の発生状況調査, 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会,II-55, 山梨大学 (山梨県甲府市), 2018 年 3 月 7-3 月 8 日(3 月 8 日発表)

3) 飯塚大和, 八木澤順治: 堤防天端の縦断的な波長が裏法面のガリー侵食に与える影響, 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会, II-57, 山梨大学 (山梨県甲府市), 2018 年 3 月 7-3 月 8 日(3 月 8 日発表)

4) Zaha. T., Igarashi, Y., Tanaka N., Samarakoon, M.B., 2017. Factors affecting the washout situation of inland houses behind large seaward structures in the Ishinomaki port area after the Great East Japan Tsunami, 5th Conference on Sri Lanka Japan Collaborative Research (SLJCR-2017), Kandy, Sri Lanka, 2017 年 9 月 23 日-9 月 24 日(9 月 23 日発表)

5) Vinodh T.L.C., Igarashi, Y. Tanaka, N.: Ecosystem-based Disaster Risk Reduction using a Coastal Lagoon, 5th Conference on Sri Lanka Japan Collaborative Research (SLJCR-2017), Kandy, Sri Lanka., 2017 年 9 月 23 日-9 月 24 日(9 月 23 日発表)

6) Tanaka, N., 2017. Green infrastructure, ecosystem based disaster risk reduction and hybrid defence system in practice, 5th Conference on Sri Lanka Japan Collaborative Research (SLJCR-2017), Kandy, Sri Lanka., 2017 年 9 月 23 日-9 月 24 日(9 月 23 日発表)

7) 山崎直樹, De Costa, R. S. G. S., 五十嵐善哉, 田中規夫: 沿岸で生じた流木の内陸樹林帯による捕捉機能と限界に関する実験的研究, 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会 II-33, 山梨大学 (山梨県甲府市), 2018 年 3 月 7-3 月 8 日(3 月 8 日発表).

8) 君和田祐弥, 座波健仁, 田中規夫: 海岸樹林帯前後の多重防御構造がもたらす減勢効果の実験的検討. 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会 II-30, 山梨大学 (山梨県甲府市), 2018 年 3 月 7-3 月 8 日(3 月 8 日発表)

9) Vinodh, T.L.C., Tanaka, N.: Ecosystem- based disaster risk reduction using a coastal lagoon, 土木学会第 72 回年次学術講演会(平成 29 年 9 月) CS2-004, 九州大学 (福岡), 2017 年 9 月 11 日-9 月 13 日(9 月 11 日発表)

10) 五十嵐善哉, 田中規夫: 第 2 堤防設置が海岸堤防を越流する流れによって生じる洗掘深に与える影響. 土木学会第 72 回年次学術講演会(平成 29 年 9 月) II-224, 九州大学 (福岡), 2017 年 9 月 11 日-9 月 13 日(9 月 13 日発表)

11) Amo, N. T., Yagisawa, J., Tanaka, N.: Effect of downstreamrevet to the embankment on time of failure due to overtopping, 37th IAHR World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017 年 8 月 13 日-8 月 18 日(8 月 15 日発表)

12) Akasaki, Y., Igarashi, Y., Tanaka, N.: Disaster reduction characteristics by a lagoon at the great east japan tsunami, 37th IAHR World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017年8月13日-8月18日(8月17日発表)

13) Igarashi, Y., Tanaka, N., Zaha, T.: Effect of lined cylinders behind embankment on the energy reduction of overflowing water, 37th IAHR World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017年8月13日-8月18日(8月14日発表)

14) Tanaka, N., Sato, H., Akasaki, Y., Torita, H., Estimation of tsunami force reduction and the breaking mode of coastal trees applicable to coastal forest management as a bioshield, 37th IAHR World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017年8月13日-8月18日(8月17日発表)

15) Achmad, F.N., Pasha, G. A., Tanaka, N.: Energy loss in a flow through vegetation of vertically two different layers, 第44回土木学会関東支部技術研究発表会 II-14, 埼玉大学(さいたま), 2017年3月7日-3月8日(3月7日発表).

16) Pasha, G. A., Achmad, F.N., Tanaka, N.: Combined effect of vegetation and a backward facing step on energy loss, 第44回土木学会関東支部技術研究発表会 II-13, 埼玉大学(さいたま), 2017年3月7日-3月8日(3月7日発表).

17)五十嵐善哉, 君和田祐弥, 赤崎佑太, 田中規夫, 佐藤創, 鳥田宏行: 津波規模が海岸樹木破壊形態に及ぼす影響の樹種による相違. 第44回土木学会関東支部技術研究発表会 II-7, 埼玉大学(さいたま), 2017年3月7日-3月8日(3月7日発表).

18) 山口耕平, 五十嵐善哉, 田中規夫: 海岸堤防前面部における低樹高の海岸林による津波の堤防越流量変化. 第44回土木学会関東支部技術研究発表会 II-6, 埼玉大学(さいたま), 2017年3月7日-3月8日(3月7日発表).

19) 座波健仁, 五十嵐善哉, 田中規夫: 堤防越流直後の流れに対して杭群が与える変化とエネルギー減少メカニズム, 第44回土木学会関東支部技術研究発表会 II-5, 埼玉大学(さいたま), 2017年3月7日-3月8日(3月7日発表).

20) 五十嵐善哉, 田中規夫: 津波時に堤外地樹林帯で発生した流木の堤内地侵入割合に関する実験的研究. 第44回土木学会関東支部技術研究発表会 II-12, 埼玉大学(さいたま), 2017年3月7日-3月8日(3月7日発表).

21) 五十嵐善哉, 田中規夫: 海岸堤防越流後の減勢に適した二重堤防構造の実験的検討. 土木学会第71回年次学術講演会 II-177, 東北大学(仙台), 2016年9月7日-9月9日(9月7日発表).

22) 金井花笑, 田中規夫: 福島県相馬港周辺における樹林帯と段落ち部の組合せによる

多重防御効果, 土木学会第71回年次学術講演会 II-165, 東北大学(仙台), 2016年9月7日-9月9日(9月7日発表).

23) Pasha, G.A., Tanaka, N.: Energy dissipation and drag in a steady flow through emergent vegetation, 12th International Conference on Hydrosience & Engineering Hydro-Science & Engineering for Environmental Resilience (ICHE), Tainan, Taiwan, 2016年11月7日-11月9日(11月7日発表).

24) Pasha, G. A., Tanaka, N.: Optimization of inland forest for trapping tsunami driftwood. 20th Congress of IAHR APD Congress, Colombo, Sri Lanka, , 2016年8月27日-9月1日(8月30日発表).

25) Tanaka, N., Igarashi, Y.: Multiple defense for tsunami inundation by two embankment system and prevention of oscillation by trees on embankment, 20th Congress of IAHR APD Congress, Colombo, Sri Lanka, 2016年8月27日-9月1日(8月30日発表).

26) Igarashi, Y., Tanaka, N.: Optimum second embankment structure behind sea embankment for energy dissipation of the overtopping flow of Level-2 tsunami, International Symposium on Advances in Civil and Environmental Engineering Practices for Sustainable Development (ACEPS2016), University of Ruhuna, Galle, Sri Lanka, 2016年3月3日(3月3日発表)

27) Akasaki, Y., Tanaka, N.: Tsunami Disaster Mitigation by using Retention Characteristics of Coastal Lagoon, International Symposium on Advances in Civil and Environmental Engineering Practices for Sustainable Development (ACEPS2016), University of Ruhuna, Galle, Sri Lanka, 2016年3月3日(3月3日発表)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 規夫(TANAKA, Norio)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 80323377

(2) 研究分担者

八木澤 順治(YAGISAWA, Junji)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号: 70549998

(3) 連携研究者

該当者なし

(4) 研究協力者

該当者なし