

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02060

研究課題名(和文) 津波堆積物の形成過程に基づく来襲津波の評価手法の開発

研究課題名(英文) Development of evaluation method for incoming tsunami based on formation process of tsunami deposits

研究代表者

原田 賢治 (HARADA, Kenji)

静岡大学・防災総合センター・准教授

研究者番号：40378922

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、津波堆積物に含まれる情報を高度に利用する事を目指し、津波堆積物の形成過程に基づいた来襲津波の特徴の評価方法を開発した。東北地方太平洋沖地震津波による現地調査結果、津波堆積物の再現水理模型実験結果、津波土砂移動数値計算結果による検討を行い、地形条件、土砂条件、水理条件(入射津波条件)の変化により津波堆積物の形成結果が変化する傾向を定量的に確認した。さらに、津波堆積物に基づく来襲津波の特徴の評価方法として、津波数値計算による陸上部での津波堆積物分布の特徴を用いて津波規模(地震規模)との関係について、地形、土砂、津波条件の相互関係から示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波堆積物は過去の津波来襲履歴の重要な物的証拠として取り扱われているが、津波堆積物からどのような規模の津波がその地域に来襲したのかを十分に明らかにする事はできていなかった。本研究では、津波堆積物に含まれる情報を高度に利用する事を目指し、津波堆積物の形成過程に基づいた来襲津波の特徴の評価方法を開発した。本研究の成果により、津波堆積物の分布形状、粒径分布、地形条件を考慮して津波土砂移動数値計算を用いることで、来襲津波の特徴を定量的に評価することで津波防災対策検討の参考にすることができ、社会的に意義が高い。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a method to evaluate the characteristics of incoming tsunamis based on the formation process of tsunami sediments in order to utilize the information contained in tsunami sediments. The results of the field survey by the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake Tsunami, the results of the hydraulic model experiments for tsunami sediments, and the results of numerical calculations for tsunami sediment transport were used to quantitatively confirm the tendency of tsunami sediment formation results to change due to changes in topographic, sediment, and hydraulic conditions (incoming tsunami conditions). In addition, as a method to evaluate the characteristics of incoming tsunamis based on the tsunami sediments, the relationship between the tsunami scale (earthquake scale) and the characteristics of the tsunami sediment distribution on land based on the tsunami numerical calculation was shown from the interrelationship of topography, sediment and tsunami conditions.

研究分野：津波工学

キーワード：津波堆積物 堆積物粒径 東北地方太平洋沖地震津波 陸上地形条件 水理模型実験 津波土砂移動数値計算モデル 堆積物分布

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

東日本大震災では、想定されていた地震および津波の規模が実際に災害を引き起こした現象に比べ小さいものであったため、想定に基づいた防災対策が十分に機能しない状況であった。このような地震および津波の想定が過小であった要因としては、既往の地震や津波に関する知見や情報が不足していたことが挙げられる。特に津波については、地震に比べその発生頻度が低いため、歴史津波に関する資料は極めて限られている。過去の津波の調査手法として、文献調査や津波堆積物による検討がこれまで行なわれている。その中でも津波堆積物は直接的な物的証拠として有力な検討手段であるが、津波来襲の有無の判定にのみ使われていたのがこれまでの実状である。

また、東日本大震災を受けた国の津波防災の方針においては、防災対策で対象とする地震・津波の考え方として、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波(レベル2)を検討するとしている。この検討において、古文書等の分析や津波堆積物調査、海岸地形の調査等の科学的知見に基づき想定地震・津波を設定することになっており、今後の調査分析において津波堆積物を用いた地震・津波を新たに設定することが予想される。地震・津波の想定を設定する際には、地震の震源域・津波の波源域の広がりとともに地域的に強い揺れや高い津波高の原因となる地震断層運動の大きなすべり領域の設定が行なわれるが、津波の場合、過去の最大クラスの津波高の痕跡を説明できる様に津波波源域が設定されている。各地で調査された津波堆積物については、津波来襲の重要な物的証拠であるが、津波想定を検討する際に十分に考慮ができていないのが現状となっている。

これらの様に、津波堆積物が津波来襲の重要な物的証拠であるにもかかわらず、想定条件の設定において十分に考慮されていない理由は、津波堆積物の形成過程についての十分な知見が整理されていないためと考えられる。これまでの津波堆積物に関する研究の多くが、現地調査により発見された津波堆積物の構成物の分析や年代測定をすることを目的としており、過去に発生した津波により形成された津波堆積物の科学的な解釈が行なわれてきた。過去の津波による津波堆積物の事例を十分に調査分析することは科学的に重要な観点であるが、さらにこれらを発展させて津波堆積物に含まれる情報を高度に利用するためには、系統立てられた津波堆積物の形成過程に関する理解が必要不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究では、津波堆積物の持つ情報の高度利用を目指し、これまでの堆積物の形成年代の評価に加え、津波堆積物の層構造、堆積分布、粒径分布等から津波の来襲特性を把握できる様にするため、系統立てられた津波堆積物の形成過程を明らかにし、津波堆積物に含まれる情報を利用して来襲津波の評価手法を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

津波堆積物に影響のある要因として、海岸地形、陸上地形、障害物、津波堆積物の供給源となる土砂粒径条件等について、東北地方太平洋沖地震津波による津波堆積物の既往事例を参考に条件整理の分析を行なった。これにより、現地で観測された結果としての津波堆積物の状況を把握するとともに、実験と数値解析における検討項目を洗いだした。

津波堆積物の形成過程について、水理模型実験により再現し、津波の流動特性と津波堆積物の形成分布状況を一体的、定量的に計測した。実験条件として現地で計測された津波堆積物の形成条件を参考として条件を設定した。実験計測結果より、津波堆積物の形成過程に与える影響要因の関係性等のメカニズムを検討した。

津波堆積物の形成過程について、水理模型実験で得られた結果を再現できるように数値解析モデルによる検証を行なった。津波による土砂移動の数値解析モデルを改良し水理模型実験結果の検証を行なった。これにより、水理模型実験の結果を補完して津波堆積物の形成過程を検討した。

影響要因についてのパラメータスタディを行い、系統立てられた津波堆積物の形成過程に関する理解の整理を行なうことで、津波堆積物の形成過程に基づいた来襲津波の特徴の評価手法を開発した。

### 4. 研究成果

1) 東北地方太平洋沖地震津波で東北地方の海岸に形成された津波堆積物の調査結果に基づいて、津波堆積物形成に関する地形勾配と堆積物層厚分布および来襲津波の浸水深分布の分析を行った。現地で堆積物が形成されている地点として、津波の流れが堰き止められる急勾配地形の手前などの特徴を抽出することができた。

2) 津波堆積物の形成過程を把握するための水理模型実験の結果を分析し、総津波堆積物量や津波堆積物分布と来襲津波の波高との関係性を整理した。さらに、津波氾濫距離(急変する崖状地形を含む)と津波堆積物量の分布との特徴的变化の特性についても整理した。これらにより、津波堆積物の総量は来襲津波の特徴を強く反映しているが、津波堆積物の分布は陸上地形(また

は入射津波の波長)の影響を強く受けることがわかった。

3)浮遊砂,掃流砂を考慮した津波土砂移動数値解析モデルによる津波堆積物形成の検討を簡略化した条件で行い,地震規模と津波堆積物分布との関係について整理した。津波堆積物の分布における変曲点位置の特徴を把握することで,来襲津波の特徴を把握することができる可能性があることが示唆された。

4)津波堆積物に基づく来襲津波の特徴の評価方法については,これらの検討を通して地形条件,土砂条件,水理条件(入射津波条件)の変化により津波堆積物の形成結果が変化することが確認でき,その相互の関係から津波数値計算による陸上部での津波堆積物分布の特徴を用いて津波規模(地震規模)との関係を検討する評価手法を開発することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Ako Yamamoto, Tomoyuki Takahashi, Kenji Harada, Masaaki Sakuraba, Kazuya Nojima	4. 巻 9
2. 論文標題 Validation of Sediment Transport Model Using Hydraulic Experiment Data to Assess the Influence of Grain Size and Exerting Force on Tsunami Deposit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 社会安全学研究	6. 最初と最後の頁 3-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Toshihiro Noda, Katsuya Yamori, Kenji Harada	4. 巻 14-2
2. 論文標題 Development of Disaster Response Applications and Improvements in Regional Disaster Prevention Capacity Based on Collaborative Information Use	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 375-386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2019.p0375	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 瀬尾直樹, 原田賢治, 金原剛, 風間聡	4. 巻 75-1
2. 論文標題 盛土式津波避難施設『命山』と周辺家屋等との離隔距離についての基礎的検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 瀬尾直樹, 原田賢治, 風間聡	4. 巻 74-1
2. 論文標題 盛土式津波避難施設『命山』のアンケート調査 - 東日本大震災後7年の中新田地区住民意識 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集F5 (土木技術者実践)	6. 最初と最後の頁 11-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejppce.74.11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 原田賢治, 峯田純平, 瀬尾直樹, 金原剛	4. 巻 74-4
2. 論文標題 海岸樹木の津波に対する耐力限界に関する実物試験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_897-I_905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.74.I_897	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 瀬尾直樹, 原田賢治, 金原剛, 風間聡	4. 巻 74-5
2. 論文標題 盛土式津波避難施設『命山』の天端高設定手法 盛土建設後の浸水解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 I_417-I_424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejjer.74.I_417	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Seo, Kenji Harada, So Kazama	4. 巻 2
2. 論文標題 Study on design method for mound type tsunami evacuation "Inochiyama", Part 2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 21st congress of International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Asia Pasific Division (APD)	6. 最初と最後の頁 1059-1067
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gusman Aditya Riadi, Goto Tomoko, Satake Kenji, Takahashi Tomoyuki, Ishibe Takeo	4. 巻 405
2. 論文標題 Sediment transport modeling of multiple grain sizes for the 2011 Tohoku tsunami on a steep coastal valley of Numanohama, northeast Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Geology	6. 最初と最後の頁 77~91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.margeo.2018.08.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 TAKAHASHI Tomoyuki、KAWASAKI Koji、HIRATA Kenji	4. 巻 74
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF TSUNAMI SOURCE ESTIMATION DATABASE BASED ON TSUNAMI DEPOSITS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_541~I_546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_541	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 菅原大助	4. 巻 58 (2)
2. 論文標題 津波土砂移動数値解析の不確実性と地形復元について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第四紀研究	6. 最初と最後の頁 187-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4116/jaqua.58.187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大石裕介, 古村孝志, 今村文彦, 山下啓, 菅原大助	4. 巻 74 巻 2 号
2. 論文標題 南海トラフ巨大地震による津波の東京湾周辺での振動特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2(海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_205-I_210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_205	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山下啓, 菅原大助, 有川太郎, 鳴原良典, 高橋智幸, 今村文彦	4. 巻 74 巻 2 号
2. 論文標題 強い非定常流れにおける飽和浮遊砂濃度を考慮した津波土砂移動モデルの改善	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2(海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_325-I_330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉河秀郎, 菅原大助, 後藤和久, 佐藤晃, 金松敏也, 阪口秀	4. 巻 74 巻 2 号
2. 論文標題 仙台湾南部における3.11津波に伴う沖向き土砂移動の数値シミュレーションによる検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2(海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_337-I_342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_337	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 菅原大助	4. 巻 123巻, 10号
2. 論文標題 2011年東北地方太平洋沖地震による津波の堆積作用と堆積物	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 781-804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2017.0047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 原田賢治, 高橋智幸, 野島和也	4. 巻 Vol.73, No.4
2. 論文標題 津波により陸上斜面上に形成される堆積砂分布に関する水理実験	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_634-I_641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejsee.73.I_634	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本阿子, 高橋智幸, 原田賢治, 櫻庭雅明, 野島和也	4. 巻 73
2. 論文標題 津波堆積物形成における粒径と外力の影響に関する水理実験	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集B 2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_367~I_372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.73.I_367	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 犬飼一博, 栗山康弘, 佐藤慎司, 加藤史訓, 水谷法美, 原田賢治, 神保正暢, 岩佐隆広, 福田晃正	4. 巻 Vol.73, No.2
2. 論文標題 駿河海岸における津波越流に対して粘り強い堤防構造に関する実験的研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1057-I_1062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.73.I_1057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chague Catherine, Sugawara Daisuke, Goto Kazuhisa, Goff James, Dudley Walter, Gadd Patricia	4. 巻 364
2. 論文標題 Geological evidence and sediment transport modelling for the 1946 and 1960 tsunamis in Shinmachi, Hilo, Hawaii	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 319 ~ 333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2017.09.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Taiga Inoue, Kazuhisa Goto, Yuichi Nishimura, Masashi Watanabe, Yasutaka Iijima, Daisuke Sugawara	4. 巻 4:42
2. 論文標題 Paleo-tsunami history along the northern Japan Trench: evidence from Noda Village, northern Sanriku coast, Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-017-0158-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Kenji Harada, Tomoyuki Takahashi, Ako Yamamoto, Kazuya Nojima, Fumiya Kinone, Tomohiro Horiuchi
2. 発表標題 Hydraulic experiment on spatial distribution and formation process of tsunami deposits in a flat ground with a cliff topography
3. 学会等名 2018 AGU fall meeting, NH41C-0983 (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Kenji Harada, Tomoyuki Takahashi, Ako Yamamoto, Kazuya Nojima, Masaaki Sakuraba, Junpei Mineta
2. 発表標題 Hydraulic experiment on spatial distribution of tsunami deposits and hydraulic characteristics of tsunami
3. 学会等名 AOGS2018, 15th annual meeting, IG03-D3-PM2-323A-020 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ako Yamamoto, Tomoyuki Takahashi, Kenji Harada, Kazuya Nojima, Masaaki Sakuraba
2. 発表標題 Numerical Experiment on Validation of Tsunami Sediment Transport Model for Various Sand Grains Using Hydraulic Experiment Data
3. 学会等名 AOGS2018, 15th annual meeting, IG03-D3-PM2-323A-019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本阿子, 高橋智幸, 原田賢治, 櫻庭雅明, 野島和也
2. 発表標題 水理実験データから得られた粒径と反射波による津波堆積物への影響に関する数値実験
3. 学会等名 地球惑星連合2018年大会, HDS10-28
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ako Yamamoto, Tomoyuki Takahashi, Kenji Harada, Masaaki Sakuraba, Kazuya Nojima
2. 発表標題 Basic hydraulic experiment on tsunami sand deposits related with sand grain size and bore wave
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenji Harada
2. 発表標題 Study on field experiment and modeling of coastal tree damages by tsunami
3. 学会等名 International Tsunami Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ako Yamamoto, Tomoyuki Takahashi, Kenji Harada, Masaaki Sakuraba, Kazuya Nojima
2. 発表標題 Hydraulic experiment on formation mechanism of tsunami deposit and verification of sediment transport model for tsunamis
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenji Harada, Tomoyuki Takahashi, Ako Yamamoto, Masaaki Sakuraba, Kazuya Nojima
2. 発表標題 Hydraulic experimental investigation on spatial distribution and formation process of tsunami deposit on a slope
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 原田賢治, 高橋智幸, 山本阿子, 櫻庭雅明, 野島和也
2. 発表標題 津波堆積物形成における遡上流動特性の影響に関する基礎検討
3. 学会等名 第36回日本自然災害学会学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	高橋 智幸  (TAKAHASHI Tomoyuki)  (40261599)	関西大学・社会安全学部・教授   (34416)	
研究 分担者	菅原 大助  (SUGAWARA Daisuke)  (50436078)	ふじのくに地球環境史ミュージアム・学芸課・准教授   (83811)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------