

令和 3 年 5 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02971

研究課題名(和文) 日本海溝沿い沿岸部での古津波履歴の統合的解明

研究課題名(英文) Integrated analyses of paleotsunami history along the Japan Trench

研究代表者

後藤 和久 (Goto, Kazuhisa)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

研究者番号：10376543

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、地中レーダーと数値計算技術を活用した効率的調査地選定と津波堆積物認定を行い、東日本太平洋岸一帯の複数地点で古津波履歴を迅速かつ高い確度で解明することを目的とした。現地調査は青森県から千葉県までの沿岸部で行い、複数地点で津波堆積物の可能性のあるイベント層を発見した。そして、詳細な堆積学的、古生物学的、地球化学的分析、及び年代測定を行い、津波履歴や規模の推定を行った。このうち、特に千葉県銚子市での調査結果から、過去3000年間に3度の津波イベントが起き、その発生時期は日本海溝中部での津波イベントと比較的に近い時期に起きている可能性があることを指摘した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本大震災をきっかけに、地質学的古津波研究の重要性が社会的に認知されるようになった。本研究では、特に日本海溝南部での古津波履歴について詳細に明らかにし、日本海溝中部での巨大地震・津波の発生と時期を前後して南部でも発生する可能性があることを指摘した。これは、日本海溝周辺の一部で巨大地震が発生すると周辺域の歪バランスが変化し、時期を隔てて巨大地震を引き起こす可能性を検証する必要があることを示唆している。同時に、2011年東北地方太平洋沖地震津波を受けて日本海溝南部(外房沖)での近い将来の巨大地震・津波発生可能性を十分に評価する必要がある。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to clarify the paleotsunami history along the Pacific coast of East Japan based on the efficient finding of survey sites using Ground Penetrating Radar and numerical modeling. Field survey was performed along the coastal area from Aomori to Chiba Prefectures and we found multiple candidate tsunami deposits at several sites. Based on detail sedimentological, paleontological, and geochemical analyses together with radiocarbon dating, we revealed paleotsunami history and size of each event. Among them, we investigated the 3000 years paleotsunami history at Choshi City of Chiba Prefecture and revealed that there were three large tsunami events at this site. The timing of these events were relatively close to those occurred at central Japan Trench.

研究分野：地質学

キーワード：津波堆積物 日本海溝 地質学 数値計算

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震津波をきっかけに、津波堆積物を用いた古津波履歴と規模の実態調査が各地で行われるようになった。これは、869年貞観地震津波堆積物が仙台・石巻平野で1980年代後半から報告されており、貞観津波の浸水範囲が2011年東北沖津波と同等規模だったことから、研究の重要性が再認識されたためである。2011年以後の東日本太平洋岸では、複数のグループにより三陸地方で重点的に調査研究が行われた。これは、貞観津波の痕跡が三陸地方では十分確認されておらず、2011年東北沖津波との規模比較のため影響範囲の推定が必要だったからである。その結果、複数地点で869年貞観津波や1611年慶長津波起源と考えられる堆積物が報告されるなど、一定の成果が得られている（例えば、Ishimura and Miyachi, 2015 PEPS）。しかし、日本海溝全域における古津波履歴の解明には程遠い。特に、岩手県北部から青森県、三陸地方南部（宮城県）、福島県南部から千葉県にかけての地域では、図1からわかるように研究例が極めて少ない。また、これまで研究が行われた地域でも、地点ごとの古津波履歴は把握されつつあるが、定量的な広域対比や津波規模推定には至っていない。そのため、日本海溝全域における古津波履歴の全容を迅速かつ高精度で解明する必要がある。

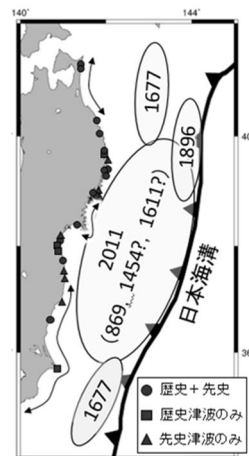


図1 既往調査地及び歴史時代の巨大津波の想定波源。

2. 研究の目的

先史時代にまで遡って津波履歴を調べることができる津波堆積物は、低頻度巨大津波の再来間隔や規模の推定に極めて有効である。しかし、調査適地の選定、津波堆積物認定、広域対比、津波規模推定等に未だ課題が多く、社会的要請の高い迅速な津波リスク評価に結びつけることができているのが現状である。本研究では、数値計算技術を活用した効率的調査地選定と津波堆積物認定を行い、東日本太平洋岸一帯の複数地点で古津波履歴を迅速かつ高い確度で解明する。また、高解像度年代測定を実施して統計的手法に基づき広域対比を行い、日本海溝沿い全域での津波の再来間隔や各イベントの影響範囲を定量的に評価する。そして、津波土砂移動計算により波源および沿岸部での津波規模を評価し、日本海溝沿い全域における古津波履歴の統合的解明を行う。

3. 研究の方法

本研究計画では、日本海溝沿いの沿岸部を対象として、以下の4段階の手順により調査研究に取り組んだ。津波で堆積物が形成され、かつ高潮・高波では土砂堆積が起きないと考えられる地域を数値計算により事前探索し、地中レーダーで地下構造を確認したうえで調査地点を決定する。粒度・珪藻等の諸分析に加え、高潮・高波計算に基づき土砂分布限界を推定し、それを大幅に超えて分布する堆積物を津波堆積物として定量的に認定する。高解像度放射性炭素年代測定を実施し、ベイズ理論を用いて統計的に優れた広域年代対比を行う。津波土砂移動計算を行い波源及び沿岸部での津波浸水範囲・浸水高を推定する。これらの成果に基づき、津波発生履歴や規模を時空間的に復元し、日本海溝全域における津波履歴を統合的に解明する。

4. 研究成果

本計画では、日本海溝全域をカバーするよう青森県、岩手県、宮城県沿岸部における重点調査、福島県から茨城県にかけての予察的調査、および千葉県銚子市で現地調査を実施した。なお、各地域に共通して、地中レーダーは地下構造を把握するうえで有用であり、実施可能な地点においては掘削に先立ち地中レーダー探査を実施した。これにより、津波堆積物の保存可能性が高いと考えられる地点を選定し、最長4mほどの掘削を複数箇所で行った。そして、以下のように各地で複数層のイベント性砂層を確認することができた。

青森県沿岸部では、八戸市において現地調査を行った。地中レーダー及び掘削試料中で十和田a火山灰と十和田中嶺火山灰を確認することができ、その間の土壌中に複数層のイベント層が存在することがわかった。これらの層の起源を検討するため、イベント層の化学的、堆積学的、古生物学的特徴を調べ、数値計算も組み合わせ津波堆積物の認定を行った。また、堆積年代を推定するため、放射性炭素年代測定を実施した。これらの成果のうち、地中レーダーおよび数値計算により探査地を決める効率的調査法については、Velasco et al. (2019)にまとめた。

岩手県沿岸部では、既往の掘削試料を用いて、古津波堆積物の高精度年代決定技術の開発に取り組んだ。特に、津波堆積物上位は津波による懸濁泥が堆積したものと通常の土壌の見分けが難しい場合があり、CT撮像等の非破壊分析により試料を適切に選定することが重要であることを明らかにした(Ishizawa et al., 2019)。また、山田町では新規に試料採取を行い、複数のイベント層を確認し年代測定を行った。その結果、堆積年代が若く、歴史津波に対比される津波堆積物が複数存在する可能性があることがわかった。掘削試料中の砂層の化学的、堆積学的、古生物

学的特徴を調べ、津波堆積物の認定を行った。特に、統計的手法を活用し、複数の指標を考慮することで認定精度を向上させることができた。

宮城県沿岸部では、日本海溝中部付近の古津波履歴を再構築するべく複数箇所調査を行い、年代測定を実施した。そして、従来は年代値のばらつきが大きく統一的な古津波履歴が解明されていなかったものの、試料を厳選することにより、広範囲で年代対比できる可能性があることが明らかになった。宮城県石巻市においては、1611年慶長津波と1454年享徳津波と考えられる津波堆積物の両方が存在している可能性があることを明らかにし、両イベントの津波波源を推定する上で重要な拘束条件になりうるようになった。

福島県から茨城県沿岸部では、予備調査を実施した。これらの地域は、これまで古津波調査があまり行われておらず、まず地形判読の後地中レーダーも活用しながら予備調査を行うことにより、複数箇所においてイベント性砂層の可能性のある堆積層を確認した。

千葉県沿岸部では、銚子市で取得したコア試料を用いて、過去3000年間に3度の津波イベントが起き(図2)、その発生時期は日本海溝中部での津波イベントと比較的近い時期に起きている可能性があることを指摘した(図3, Higaki et al., 2021)。また、調査結果に基づき土砂移動モデルを組み込んだ津波遡上計算を実施し、断層規模推定を行った。具体的には、対象地域において見出された3層の津波堆積物の層厚や粒径が多様であり、こうした多様性を説明しうる断層モデルの推定を、それぞれのイベントを数値計算により再現することで行った。その結果、堆積土砂層厚は粒径依存性が強く、粒径を考慮すると3つの津波イベントの規模には大きな違いが無く、同程度の地震イベントが繰り返した可能性があることがわかった。

上記のような学術成果に加え、本研究過程で明らかにした高精度放射性炭素年代測定の現状と課題(Ishizawa et al., 2020)、および2011年東北地方太平洋沖地震津波による知見と古津波研究の進展(Goto et al., 2021)について、国際総説論文として取りまとめた。

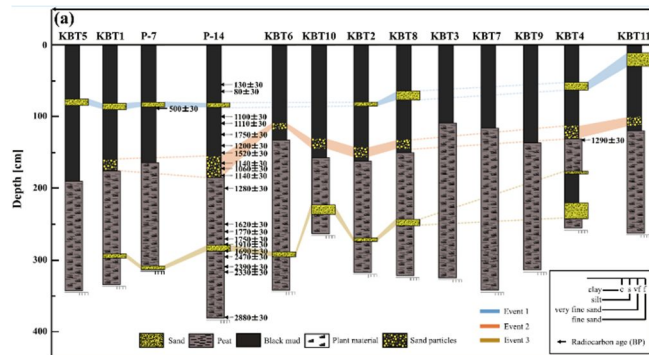


図2 千葉県銚子市の小畑池での掘削コアの柱状対比図(Higaki et al., 2021)。過去約3000年分の地層に、3回の津波堆積物を確認した。

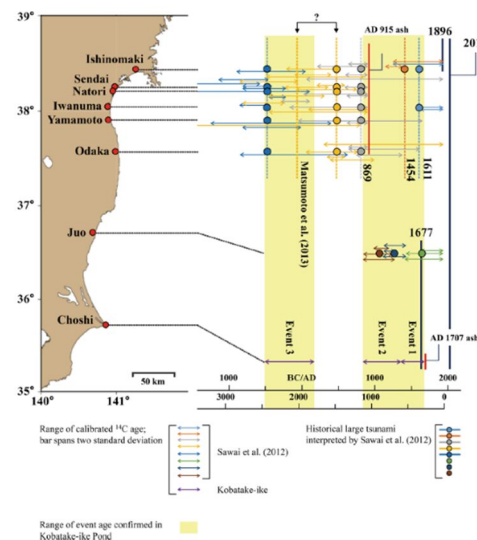


図3 日本海溝中部の既往研究による古津波履歴と、本研究成果で得た千葉県銚子市の古津波履歴を比較した図(Higaki et al., 2021)。

引用文献:

- Goto, K., Ishizawa, T., Ebina, Y., Imamura, F., Sato, S., Udo, K., 2021, Ten years after the 2011 Tohoku-oki earthquake and tsunami: Geological and environmental effects and implications for disaster policy changes. *Earth-Science Reviews*, 212, 103417. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103417>
- Higaki, H., Goto, K., Yanagisawa, H., Sugawara, D., Ishizawa, T., 2021, Three thousand year paleo-tsunami history of the southern part of the Japan Trench. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8:28. <https://doi.org/10.1186/s40645-021-00415-w>
- Ishimura, D., Miyauchi, T., 2015, Historical and paleo-tsunami deposits during the last 4000 years and their correlations with historical tsunami events in Koyadori on the Sanriku Coast, northeastern Japan. *Progress in Earth and Planetary Science* (2015) 2:16. DOI 10.1186/s40645-015-0047-4
- Ishizawa, T., Goto, K., Yokoyama, Y., Miyairi, Y., 2019, Non-destructive analyses to determine appropriate stratigraphic level for dating of tsunami deposits. *Marine Geology*, 412, 19-26.
- Ishizawa, T., Goto, K., Yokoyama, Y., Goff, J., 2020, Dating tsunami deposits: Present knowledge and challenges. *Earth-Science Reviews*, 200, 102971. doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102971
- Velasco, E., Goto, K., Sugawara, D., Nishimura, Y., 2019, A scheme proposal for an effective selection of survey sites in paleotsunami research, Hachinohe case, Aomori Prefecture, Japan. *Proceedings of the 2019 CWMD Conference*, 189-198.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Goto, K., Ishizawa, T., Ebina, Y., Imamura, F., Sato, S., Udo, K.	4. 巻 212
2. 論文標題 Ten years after the 2011 Tohoku-oki earthquake and tsunami: Geological and environmental effects and implications for disaster policy changes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 103417
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.earscirev.2020.103417	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 Higaki, H., Goto, K., Yanagisawa, H., Sugawara, D., Ishizawa, T.	4. 巻 8
2. 論文標題 Three thousand year paleo-tsunami history of the southern part of the Japan Trench	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40645-021-00415-w	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 Ishizawa, T., Goto, K., Yokoyama, Y., Goff, J.	4. 巻 200
2. 論文標題 Dating tsunami deposits: Present knowledge and challenges	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 102971
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.earscirev.2019.102971	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 該当する
1. 著者名 Velasco, E., Goto, K., Sugawara, D., Nishimura, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 A scheme proposal for an effective selection of survey sites in paleotsunami research, Hachinohe case, Aomori Prefecture, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 CWMD Conference	6. 最初と最後の頁 189-198
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 Takashi Ishizawa, Kazuhisa Goto, Yusuke Yokoyama, Yosuke Miyairi	4. 巻 412
2. 論文標題 Non-destructive analyses to determine appropriate stratigraphic level for dating of tsunami deposits	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Geology	6. 最初と最後の頁 19-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.margeo.2019.02.009	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 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 手塚寛, 後藤和久, 石澤亮史, 菅原大助, 横山祐典, 宮入陽介
2. 発表標題 石巻平野における歴史津波堆積物の年代制約
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 檜垣北斗, 後藤和久, 柳澤英明, 菅原大助
2. 発表標題 地質・歴史記録に基づく日本海溝南部の波源モデルの再検討
3. 学会等名 2019年度津波堆積物研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Velasco, E., Goto, K., Sugawara, D., Nishimura, Y.
2. 発表標題 A scheme proposal for an effective selection of survey sites in paleotsunami research, Hachinohe case, Aomori Prefecture, Japan
3. 学会等名 2019 CWMD Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小形祐介, 後藤和久, 篠崎鉄哉, 池原実, Chague Catherine, 川又隆央
2. 発表標題 元素・安定同位体比分析による歴史津波堆積物の検出
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 檜垣北斗, 後藤和久, 柳澤英明, 菅原大助, 石澤亮史
2. 発表標題 千葉県銚子市の過去3000年間の古津波履歴
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goto, K.
2. 発表標題 The 2011 Tohoku-oki earthquake and tsunami -6 years on
3. 学会等名 IGCP 630 meeting in Japan (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Goto, K., Takeda, H., Goff, J., Matsumoto, H., Sugawara, D.
2. 発表標題 GPR survey for paleotsunami research, Workshop on GPR measurement of active faults and tsunami sediments
3. 学会等名 French-Japanese Week on Disaster Risk Reduction (宇宙・航行エレクトロニクス研究会 (SANE)) (国際学会)
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	横山 祐典 (Yokoyama Yusuke) (10359648)	東京大学・大気海洋研究所・教授 (12601)	
研究分担者	西村 裕一 (Nishimura Yuichi) (20208226)	北海道大学・理学研究院・准教授 (10101)	
研究分担者	菅原 大助 (Sugawara Daisuke) (50436078)	東北大学・災害科学国際研究所・准教授 (11301)	
研究分担者	柳澤 英明 (Yanagisawa Hideaki) (70635995)	東北学院大学・教養学部・准教授 (31302)	

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
---------	---------