

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03767

研究課題名(和文)地震性浜堤列平野における巨大津波による侵食堆積過程モデルの構築

研究課題名(英文) Construction of an erotic and depositional process model by a huge tsunami in the seismic beach ridge plain

研究代表者

七山 太(Nanayama, Futoshi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・上級主任研究員

研究者番号：20357685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：道東沿岸地域には我が国には珍しい現在も活動的なバリアー砂堆が多数認められる。それらは17世紀の地震によって隆起し、その後現在まで沈降し続けていることが明らかとなっている。この問題の解決の糸口として、別当賀湿原、十勝海岸のホロカヤントー、キナシベツ湿原において、地震隆起したバリアー砂堆を特定することを試みた。その結果、隆起量は地域によって大きく異なり0.4から1.7 m以上であること、特に白糠丘陵地域が顕著に隆起していること、の2点が明確となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

道東沿岸地域の別当賀湿原、十勝海岸のホロカヤントー、キナシベツ湿原において、17世紀地震によって離水したバリアー砂堆を特定することを試みた。その結果、隆起量は地域によって大きく異なり0.4から1.7 m以上であること、特に白糠丘陵地域が隆起していること、等が明確となった。この事実から、千島海溝において超巨大地震(17世紀型)が発生する際に、まず地震に連動して前弧スリーパーの西進し、これに伴い白糠丘陵や日高山脈が隆起する地震テクトニクスが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In the coastal area of eastern Hokkaido, there are many barrier sand piles that are still active, which is rare in Japan. It is understood that they were uplifted by the 17th century megathrust earthquake and have continued to subside until now, but the evidence is not clear. As a clue to the solution of this problem, we tried to identify the barrier sand deposits that were separated by the 17th century earthquake in the Bettoga marsh, Horokayanto lagoon on the Tokachi Coast, and Kinashibetsu marsh. As a result, it was clarified that the amount of uplift varies greatly depending on the area and is 0.4 to 1.7 m or more, especially that the Shiranuka Hills area is uplifted.

研究分野：地質学

キーワード：地震性浜堤列平野 巨大津波 侵食堆積過程モデル 超巨大地震(17世紀型) 千島海溝 海溝型地震
バリアー砂堆 地震隆起

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

北海道東部、太平洋沿岸には、500年間隔で発生した超巨大地震(17世紀型)で発生したと解釈されている津波堆積物が広域に認められる(Nanayama et al., 2003, 2007). 一般に、湿原や湖沼等への津波の陸上遡上によって沿岸域に生じたイベント堆積物は、世界中で多くの研究者が記載しているのに対して、Coastal zone~Nearshoreでの侵食堆積現象については殆ど報告例が存在しない。我々は、調査可能な沿岸低地において重機を用いた掘削調査を行い、沿岸低地における津波の侵食堆積過程の解明をめざす。一方、この地域の沿岸低地では、5500年前以降の海面停滞期に、海岸線の前進と共に地震性地殻変動に伴われる1~2mの海岸隆起とインターサイスミックな沈降が繰り返し発生したことが分かっており、このトレンチ掘削調査の実施により、(1)沿岸~海岸域における新たな巨大津波による堆積モデル並びに(2)津波遡上や地殻変動の影響を受けた地震性浜堤平野の発達モデルの提案が期待され、国内外の地質学、地形学、堆積学ならびに地震学等の各学会にインパクトを与えられる”と考えている。

一方、津波堆積物研究は一般的に陸上に遡上した堆積物を扱うケースが圧倒的に多い。また、この申請書に示すような地殻変動を伴う沿岸~海岸域における新たな津波堆積モデルの構築の動きは、海外ではあまり例はなく、この点では道東の研究事例が世界をリードしている状況と言える。国内の他の地域、例えば南海トラフ沿岸地域では、巨大地震発生時の地殻変動の運動像は1000年オーダーで理解されているが、それに対応する津波堆積物の層序は断片的である。相模トラフに面し房総半島南端に分布する完新統沼層中には多数の津波堆積物の存在が報告されているが、この地域では鬼界アカホヤ火山灰(7.3ka)以外に有効なテフラが存在しないため、精度的な問題がクリアできない。

2. 研究の目的

2005年10月、根室市南部沼周辺において、偶然にも、湿原地下-5mまで掘り込んだ土砂採取に伴って発生した壁面を観察する機会を得た。現地観察の結果、この壁面では、過去5500年間に堆積した泥炭層中に挟まれる16層の津波堆積物(NS1~16)を確認することが出来た。しかもここでは海側への連続した層厚や層相変化が認められ、さらにその延長上の海浜層中にも大規模侵食構造やその直後の急速な埋積を示唆するコンポリューション、クライミングリップル、アンティデューン等の堆積構造が観察された。

今回我々は、初年度に2005年の予察的結果を踏まえ、根室市南部沼周辺において、長さ20m、幅10m、深さ5mのメガトレンチを新たに掘削することを企画する。これによって、これまで不明とされていたCoastal zone~Nearshoreにおける巨大津波による侵食堆積現象の実態が明確化され、世界的に例を見ない、遡上流による大規模侵食とそれを埋積する戻り流れによる堆積過程のモデル化が可能となるであろう。これによって、従来のハンドオーガーやジオスライサーによる断片的な調査ではわかり得ない新たな事実が判明するであろう。

一方、世界的に見ても、地震性地殻変動によって生じた浜堤平野の発達様式に関する研究事例は限られている。道東沿岸地域は超巨大地震(17世紀型)によって海岸が隆起し、その前後に巨大津波が発生し、その後急激に沈降していること、ならびに、500年オーダーでこのような地殻変動が繰り返し起こって、特に霧多布湿原においては、過去5500年間に10列の浜堤列(BR1~10)が発生したことが判明している。その際、浜堤平野は津波遡上による侵食堆積現象も経験していた筈である。我々は過去20年間の研究蓄積により道東地域の完新世広域テフラ層序や津波堆積物層序をほぼ確立しており、1000年オーダーで確実な年代値を与えることができる点に本研究計画の最大のアドバンテージがある。

3. 研究の方法

我々が提案する研究計画は、(I)(II)(III)に示す3つの研究カテゴリーを併用して実施する予定である。

(I) 既存資料整理:

・根室市別当賀湿原、南部沼湿原および浜中町霧多布湿原の過去90年間のインターサイスミックな沈降による海岸地形変化、および現在の太平洋沿岸の海況情報を収集し、その現行堆積過程を明確にする。我々が保持する根室市沿岸地域のデータを加え、完新世の海面変動曲線を編纂する。

・既存の空中写真と産総研の所有するGEOGrid等の衛星画像データ、1922年発刊以来の国土地理院の地形図を参照し、過去5500年間の南部沼湿原の地形変化を定量的に解析し、人工改変を受けた浜堤列と過去の海岸線を復元する。地形は産総研の地球観測グリッド研究グループの保持する画像処理ソフトおよびArcGIS 10.1を用いて3D解析する。

(II) 野外調査:

・研究室において、既存の空中写真、衛星画像および国土地理院DEMデータを参照し、浜堤を横断する測線を設定し、以下の手順で現地作業を行う。

・System1200 GNSS(Leica-Geosystems)を用い、測線上でGPS-VRS-RTK地形測量を実施する。

さらに GPR 探査が可能な区間を現地で判断し、より高精度な地形測量を実施する。

・GPR 探査は Noggin 250 MHz (Sensors & Software) を使用する。地層の電波速度を求める CMP 法探査を測線上において実施する。GPR 探査により、表層から地下 5~10 m の地層を 10 cm オーダーでイメージングを目指す。この現地作業には、防水防塵加工された処理速度の速いノート型パソコン (Panasonic TOUGHBOOK CF-191W1ADS) の新規導入が不可欠である。

・南部沼湿原での地形調査は Nanayama et al. (2011) に公表されており、これを参考としてトレンチ掘削箇所を地主と相談して決定する。その後、明治コンサルタント(株)の重野聖之博士の指導の下、重機を投入して大規模なトレンチ掘削を行う。この際、壁面の自然崩壊を最小限に押さえる為に壁面の角度を緩やかにし、大型の排水ポンプを使用しながら、段階的に掘削深度を増やす。

・GPR プロファイルで認定した砂丘堆積物、海浜堆積物および外浜堆積物の分布標高の確認を行う。津波堆積物に関しては、特に泥炭層下位の海浜層中の侵食堆積構造の記載を重点的に行う。貝殻、珪藻、花粉分析、テフラや AMS14C 年代、OSL 年代測定試料の採取を行う。カラーリーダー (KONICA MINORUTA CR-20) とデジタル式帯磁率測定装置 (Raax KT-10) を用いて、津波堆積物 (NS1~16) の側方変化に関する情報を壁面から直接得る。最後に、代表的な産状に関して、大型剥ぎ取りの作成と同時に X 線解析用定方位試料 (幅 5 cm, 縦 25 cm, 深さ 1 cm) および帯磁率異方性測定用試料 (7 cc) の採取を行う。

(III) 研究室での分析・解析:採取された試料は、堆積学的記載および XRF コアスキャナー MagiX PRO (PANalytical) による高精度元素マッピング、X 線 CT スキャナー PARATICO (GE Healthcare Japan) による堆積構造の解析、デジタル画像解析式粒子径測定装置 (Retsch CAMSIZER P4) を用いた粒子径 + 粒子形状測定+カップブリッジ (Agico KLY-3S) を用いた帯磁率異方性の測定、貝殻遺骸分析、珪藻分析、花粉分析、テフラ分析を実施する。

4. 研究成果

科研費初年度はほぼ計画通りに現地調査を実施した。しかしその後の 3 年間は厳しいコロナ禍にあったため、当初計画どおりの調査の実施は産業技術総合研究所の安全管理上たいへん困難であった。そこで、これまでの調査で得られていた未公開データを整理して、研究結果の取りまとめを行った。主要な研究成果は以下 3 点に集約される。

(1) 馬主来沼湿原カキ礁トレンチの調査結果: 2011 年に馬主来沼東岸において 5 孔のトレンチ掘削を行ない、堆積学的・古生物学的手法ならびに AMS14C 年代測定結果を用いて、完新世 *Crassostrea gigas* 化石層のタフォノミー解明を目指した。その成果として、当地のカキ礁が形成されたのは、約 7400 年前から 5600 年前にかけてであり、その間に少なくとも 5 回の大規模波動イベントを被ったことが判明した。この成果を地質調査研究報告に原著論文として取りまとめ、誌上発表した。

七山 太・安藤寿男・近藤康生・横山芳春・仲田亜紀子・笹嶋由衣・重野聖之・古川竜太・石井正之 2021 大規模波動イベントの影響を繰り返し受けたカキ礁の破壊と復元過程:北海道東部、馬主来沼における完新統 *Crassostrea gigas* 化石密集層の例。地質調査研究報告, 72, 139-171。
https://www.gsj.jp/data/bulletin/72_03_01.pdf

(2) 釧路市春採湖の津波堆積物の調査結果: 北海道太平洋岸の海跡湖・春採湖を中心とした津波堆積物研究により、超巨大地震 (17 世紀型) および巨大津波は完新世を通じて数 500 年周期で起きていたことが明らかになっている。一方で、地震発生による湖沼内の水環境変化については十分研究が進んでおらず、地震が基礎生態系に与える影響については明らかにされていない。そこで、津波堆積物を含む湖底堆積物の珪藻遺骸の検討を実施した。現在もこの検討は継続して実施している。その成果の一部をプロシーディングスにまとめ誌上発表を行った。引き続き国際誌の執筆を行っている。

Nakanishi, T., Hong, W., Shigeno, K. and Nanayama, F., 2020, Radiocarbon age offsets of plants and shells in the Holocene sediments from the Lake Harutori, along the Pacific coast of Hokkaido, northeast Japan. Proceedings of EA-AMS 8 & JAMS-22, 81-84.

(3) 17 世紀地震によって離水したバリアー砂堆の調査結果: 別当賀湿原、十勝海岸のホロカヤントー、キナシベツ湿原において、17 世紀地震によって離水したバリアー砂堆を特定することができた。その結果、隆起量は地域によって大きく異なり 0.4 から 1.7 m 以上であること、特に白糠丘陵地域が隆起していること、等が判明した。この事実から、千島海溝において超巨大地震 (17 世紀型) が発生する際に、まず地震に連動して前弧スリーパーの西進し、これに伴い白糠丘陵や日高山脈が隆起する地震テクトニクスが示唆された。この仮説をロンドン地質学会特別号 (SP501) にレビュー論文として誌上発表した。

Nanayama, F., 2021, Evidence of giant earthquakes and tsunamis of the 17th-century type along the southern Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan: A

review. In Dilek, Y., Ogawa, Y. and Okubo, Y. eds., Characterization of modern and historical seismic-tsunamic events, and their global-social impacts, Special Publications, 501, 131-157. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP501-2019-99>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 七山 太	4. 巻 9
2. 論文標題 <表紙写真> 湖底に年縞ラミナと津波堆積物が認められる海跡湖, 釧路市春採湖	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 GSJ 地質ニュース	6. 最初と最後の頁 0-0
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 七山 太・安藤寿男・近藤康生・横山芳春・仲田亜紀子・笹嶋由衣・重野聖之・古川竜太・石井正之	4. 巻 72
2. 論文標題 大規模波動イベントの影響を繰り返し受けたカキ礁の破壊と復元過程: 北海道東部, 馬主来沼における完新統Crassostrea gigas化石密集層の例	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地質調査研究報告	6. 最初と最後の頁 1-33
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 Nanayama Futoshi	4. 巻 SP501
2. 論文標題 Evidence of giant earthquakes and tsunamis of the seventeenth-century type along the southern Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan: a review	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geological Society, London, Special Publications	6. 最初と最後の頁 1-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1144/SP501-2019-99	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 中西利典・七山 太・ホン ワン	4. 巻 4
2. 論文標題 年縞を用いた放射性炭素の海洋リザーバー効果の経時変化の評価: 釧路市春採湖の完新世コアの研究事例.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 環境考古学と富士山	6. 最初と最後の頁 35-81
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 七山 太・渡辺和明	4. 巻 9
2. 論文標題 <表紙写真>湖底に年縞ラミナと津波堆積物が認められる海跡湖，釧路市春採湖．	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 GSJ 地質ニュース	6. 最初と最後の頁 0-0
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 七山 太	4. 巻 7
2. 論文標題 十勝海岸ホロカヤントーに認められるウォッシュオーバーファン	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 GSJ 地質ニュース	6. 最初と最後の頁 0-0
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 七山 太・重野聖之・石井正之・石渡一人・猪熊樹人	4. 巻 21
2. 論文標題 日本地質学会プレ巡検G班「千島海溝沿岸域において認められる超巨大地震津波痕跡群と広域地殻変動」実施報告	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地質学会News	6. 最初と最後の頁 5-6
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 七山 太	4. 巻 8
2. 論文標題 人工改変された分岐砂嘴，三保半島と三保の松原	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GSJ 地質ニュース	6. 最初と最後の頁 0-0
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 七山 太	4. 巻 8
2. 論文標題 臨海活火山である恵山と津波災害の危険性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GSJ 地質ニュース	6. 最初と最後の頁 0-0
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 七山 太・渡辺和明・重野聖之・石井正之・石渡一人・猪熊樹人	4. 巻 124
2. 論文標題 千島海溝沿岸域において認められる超巨大地震津波痕跡群と広域地殻変動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 413-433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2018.0013	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 Nakanishi, T., Hong, W., Shigeno, K. and Nanayama, F.	4. 巻 2020
2. 論文標題 Radiocarbon age offsets of plants and shells in the Holocene sediments from the Lake Harutori, along the Pacific coast of Hokkaido, northeast Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of EA-AMS 8 & JAMS-22	6. 最初と最後の頁 81-84
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 -

〔学会発表〕 計10件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 中西利典・酒井恵佑・小田啓邦・香月興太・山田圭太郎・山口龍彦・近藤康生・Wan Hong・重野聖之・七山 太
2. 発表標題 北海道東部、釧路市春採湖で採取した二本の堆積物コアの高解像度解析
3. 学会等名 高知大学海洋コア総合研究センター成果発表会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 年縞堆積物の高解像度解析
2. 発表標題 中西利典・七山 太・重野聖之
3. 学会等名 ふじのくに地球環境史ミュージアム 自然史静岡祭2020
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 七山 太・渡辺和明・深津恵太・長谷川 健・重野聖之・石井正之・石渡一人・猪熊樹人
2. 発表標題 千島海溝沿岸の地震性バリアーシステムに認められる17世紀超巨大地震 による海岸隆起と大津波の発生時期の前後関係
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 重野聖之・七山 太・渡辺和明・石井正之・石渡一人・猪熊 樹人
2. 発表標題 千島海溝沿いにおいて認められる超巨大地震津波痕跡群と強制的海退に よって規定された広域地殻変動から読み解く地震予測
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshimichi Nakanishi, Wan Hong, Kiyoyuki Shigeno, Futoshi Nanayama
2. 発表標題 Radiocarbon age offsets of plants and shells in the Holocene sediments from the Lake Harutori, along the Pacific coast of Hokkaido, northeast Japan
3. 学会等名 EA-AMS 8 (Nagoya University) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 七山 太, 渡辺和明, 深津恵太, 長谷川健, 重野聖之, 石井正之, 石渡一人, 猪熊樹人
2. 発表標題 千島海溝沿岸の地震性バリアー地形に認められる17世紀超巨大地震による海岸隆起と大津波の発生時期の前後関係
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 重野聖之, 七山 太, 渡辺和明, 石井正之, 石渡一人, 猪熊樹人
2. 発表標題 ゴーストフォレストが語る広域地殻変動と巨大津波痕跡群-アウトリーチ 活動と防災教育-
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 NANAYAMA, F., WATANABE, K., SHIGENO, K., ISHII, M., HASEGAWA, T., UCHIDA, Y., AKIBA, F., ISHIWATA, K.
2. 発表標題 The geomorphological evolution of the Notsukezaki and Hashirikotan barrier spit systems controlled by regional seismotronics, southern Kuril subduction zone
3. 学会等名 日本地質学会第125回学術大会 (札幌大会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 重野聖之・七山 太
2. 発表標題 千島海溝沿岸, 釧路市春採湖の沖積コア中に認められる過去9500年間に発生した22層の超巨大地震津波堆積物の堆積相と堆積過程
3. 学会等名 日本地質学会第125回学術大会 (札幌大会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshimichi Nakanishi, Tomohiro Tsuji, Futoshi Nanayama, Tatsuhiko Yamaguchi, Michiharu Ikeda, Yasuo Kondo, Wan Hong
2. 発表標題 Radiocarbon age offsets of plant and shell in the Holocene sediments from the Sukumo plain, southwest coast of Shikoku, Japan
3. 学会等名 RADIOCARBON 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Shiki, T., Tsuji, Y., Yamazaki, T. and Nanayama, F.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier Science	5. 総ページ数 483
3. 書名 Tsunamiites: Features and Implications 2nd Edition	

1. 著者名 春採湖の湖底に眠る津波堆積物	4. 発行年 2021年
2. 出版社 釧路市立博物館	5. 総ページ数 32
3. 書名 釧路市博物館開設シリーズ 春採湖 (改訂新版)	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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