

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350480

研究課題名(和文) 陸棚上の海底地形を指標とした古津波イベントの認定

研究課題名(英文) Detecting trace of paleo-tsunami event from the bed form on the seafloor of a coastal shelf

研究代表者

仁科 健二 (NISHINA, Kenji)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・環境・地質研究本部地質研究所・研究主査

研究者番号：40446373

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：複数の津波波源、複数の海水準条件下で津波が海底に与える作用を計算した。現在の海水準に対して石狩湾の陸棚上で生じる津波の流れは、内部波によって生じている流れと同程度であったことから、陸棚上での津波の痕跡の形成・保存は期待できないことが明らかとなった。日本海南東海域で海底におよぶ流れの影響の相違を検討したところ、海脚の陸側や海盆のシルといった地形的特徴のある海底では、特定の海水準・波源の条件に対応して流れが強く影響する地点が存在することが明らかになった。このような場所で海底面上に強い流れを示す痕跡が発見されれば、津波の波源や発生時期を特定できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Numerical simulations of tsunamis from various wave sources and at various paleo-sea level settings were conducted. Taking into account the recent sea level at Ishikari Bay, the calculated tsunami wave-current velocity is on par with the measured current velocity, which is influenced by internal waves during storm events. Due to the low potential for tsunami traces to be generated and preserved, detecting these on the continental shelf of Ishikari Bay is difficult. The results of the survey using numerical simulations of tsunami wave velocities in the south-eastern Japan Sea revealed the presence of a particular point on the shelf where a strong flow is generated by a wave with a specific source. The tsunami traces at that site may make it possible to constrain estimates of the source of the paleo tsunami wave.

研究分野：堆積学、沿岸海洋地質、

キーワード：日本海東縁変動帯 数値シミュレーション 陸棚 サンドリッジ 津波堆積物 ベッドフォーム 内部波 古海水準

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震によって発生した巨大津波は東北地方沿岸に甚大な被害を与えた。こうした被害を教訓に国土交通省は「津波浸水想定は、科学的知見を踏まえ、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの津波を対象に設定する」(津波浸水想定の設定の手引き)こととした。これまでの津波痕跡の探索はおもに陸上の津波堆積物を対象としているが、海岸平野の広い範囲に砂質堆積物を残す海溝型の巨大地震とは異なり、影響範囲が限定的な日本海東縁で発生する地震の実像を詳細に明らかにするためにはより多面的なアプローチが求められている。

2. 研究の目的

本研究では津波によって形成された可能性のある海底地形および堆積物を探査し、当該海域の既往最大の津波規模と波源の情報を得ること、探索に有効な指標を提供することを目的とする。

(1) 北海道日本海沿岸の石狩湾には形成要因が不確かなサンドリッジ(砂礫の高まり)が存在している。このサンドリッジの配列・内部構造を探査するとともに、津波シミュレーションを実施し、津波を成因とした場合の流れの作用条件を検討する。

(2) 過去の津波履歴を沿岸低地の沖積層の地層から探査し、津波の発生時期の特定とその規模および波源の解明を目指す。

3. 研究の方法

(1) 陸棚上の津波痕跡の探索

海底に対する津波の作用を数値計算によって求めた。津波の発生・伝搬計算はiRICの津波計算パッケージELIMO ver.2を使用し、最大流速の水平分布を出力した。地形データはGEBCO 1minグリッド(約1.8kmメッシュ)の水深データを使用した。

- 1 北海道沿岸の想定津波による影響評価：石狩湾のサンドリッジ状の地形の形成要因を検討するため、津波によって形成された地形の保存ポテンシャルを考慮して次の4ケースを想定した。Case 0:現在の地形と海水準、case 1:現在よりも20m低海水準期(約9000年前)、case 2:10m低海水準期(約8000年前)そしてcase 3:5m高海水準期(約7000年前)である。地形データは石狩平野の沖積層断面(川上ほか、2012)をもとにして古地形を復元し、それぞれの条件に対応する地形モデルを作成した。波源は日本海東縁変動帯で想定される地震断層(日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ、web)のうち石狩湾沿岸に最大の影響を与える積丹半島沖F6断層モデル(Mw 7.6)を選定した。

- 2 海底地形探査：海底表層の微地形および堆積状況を探査するため、サイドスキャンソナーおよび地層探査装置を用いて石狩湾および羽幌沖において海域調査を実施し

た。同時に表層堆積物採取と海底画像を撮影した。

噴火湾：内湾における津波の作用を評価するため、i)2003年北海道十勝沖地震(Mw 8.0)、ii)2011年東北地方太平洋沖地震(Mw 9.1、気象庁矩形断層モデル)、iii)千島海溝を震源とする巨大地震、北海道「太平洋岸の見直し」モデル(Mw 9.1)(北海道に津波被害をもたらす想定地震のためのワーキンググループ、web)を波源とする計算をおこなった。

日本海南東部：波源位置の識別の可能性を検討するため、波源は日本海東縁変動帯で想定される地震断層モデル(日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ、2014)のうち新潟・山形沿岸に影響の大きな影響をあたえる5断層(F28、F30、F34、F35、F37断層モデル)について、現海水準条件に加えて、海水準を現在よりも-120m、-80m、-40mの条件で計算した。

(2) 石狩平野における地層中の津波痕跡の探索

河床堆積物調査：石狩川河口付近の河床堆積物を採取し珪藻遺骸分析を嵯峨山(2006)の手法によっておこなった。石狩川は下流域の底層に河口から海水が遡上する塩水楔が発達する。採取地点の河床は海水の影響を強く受けている環境にある。

石狩平野の沖積低地のボーリングコア中のイベント層準の探索：既存ボーリング試料(GS-HTH、嵯峨山ほか、2015)に対して粒度分析および抽出水の電気伝導度およびpH測定を実施した。

現行堆積物とボーリングコアとの比較：河床および海底表層(嵯峨山、2006)そしてボーリングコアの珪藻遺骸群集組成データ(嵯峨山ほか、2015)を統合し統計解析をおこなった。遺骸群集組成データを順位和逆数対数化して主成分分析をおこなった。

4. 研究成果

(1) 陸棚上の津波痕跡の探索

石狩湾

- 1 石狩湾の想定津波の影響評価：計算されたF6断層による津波流速は、海水準の違いによって海底地形が作用した回折・重ね合わせのため、流れの強さの水平分布に違いが認められた。サンドリッジ状の起伏が存在する海域ではcase2で最大流速であった。その時の流速の大きさは石狩湾で急潮時(内部波による強い流れ)に観測されている流速(0.77m/s;木戸ほか、2010)と同程度である。津波、内部波それぞれの流れの継続時間は津波による流れの持続時間(5分)に対し、内部波による流れでは長時間(12時間以上)継続する。イベントの発生頻度では、津波が500~1000年周期なのに対し、内部波にともなう急潮は年数回~数年に1度であり、発生頻度・流れの継続時間ともに内部波が海底底質へ与える影響のほうが津波に比べはるか

に大きい。

- 2 海底地形探査：対象とした石狩湾の起伏地形は浸食面を基部として、淘汰の良い堆積物が凸部を構成する場合がある。凹地にはラグと考えられる粗粒な堆積物が露出するか、一部では軟泥に覆われる。水深 40 m 付近のサンドリッジ状の地形は、陸棚の限られた水深帯にのみ分布し、さらにリッジ上のデューンの配列は東西方向の流れを示唆することから内部波による流れの方向と調和

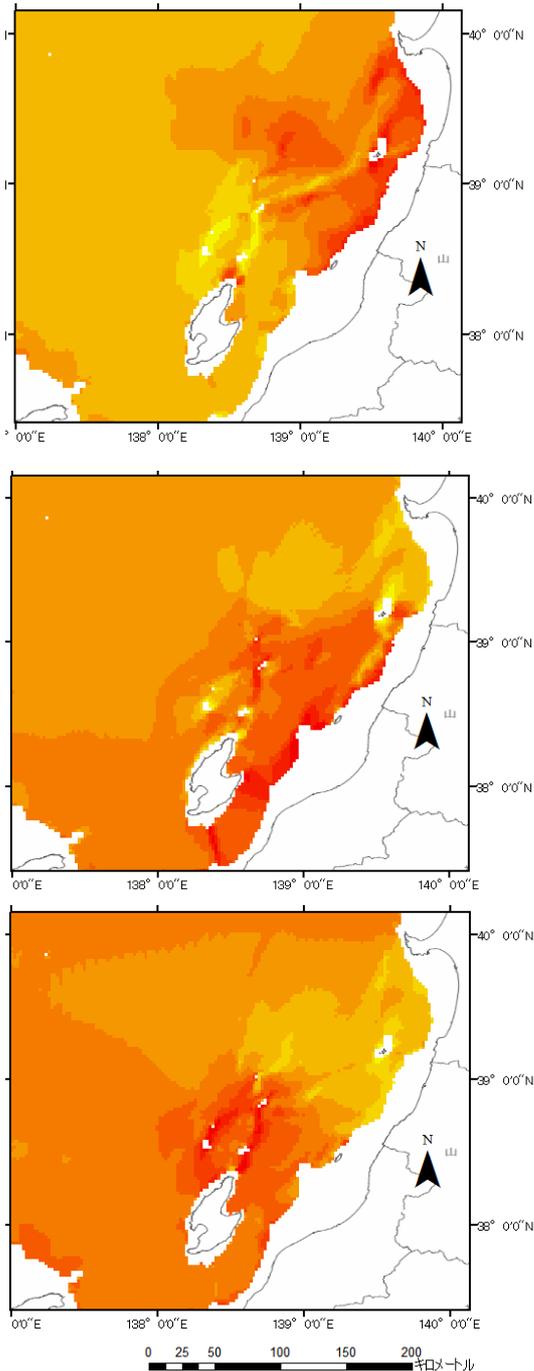


図1 日本海南東部域における津波流速の特異点の例、海水準が現在よりも 80 m 低い条件で、波源 F30 (上)、F34 (中)、F35 (下) による流速が検討した 5 波源の中で大きな領域 (赤色)

的である。起伏地形のうち細粒な堆積物から構成される地形は内部波によって形成されたベッドフォームである可能性が高い。羽幌沖の起伏地形も石狩湾と同様に現在の強い流れ(内部波)の作用下にあること、現在の流れの方向と調和することから、想定されている最大規模の津波により形成された化石地形が保存されているものではないと判断される。

噴火湾：津波数値シミュレーション結果では、iii) 北海道モデルを波源とした津波の影響で湾奥の水深 60 m 付近で最大 1 m/s 程度の流速が生じる結果が得られた。当該地点の既存柱状試料の軟エックス線画像からは、一時的な強い流れによって形成されたと考えられる相対的に粗粒な粒子で構成される層準が認められ、また斜交葉理構造や振動流によって形成されたダブルマッドレイヤーなどをもつ複数のイベント層が認められていることから、イベント層の形成要因として津波が関与した可能性が指摘される。

日本海南東部：海水準や波源といった条件を様々に変えて津波シミュレーションを実施した結果、条件に対する応答が波源によって大きく異なる場所(特異点)が存在することが分かった。図に 5 つの異なる波源によって生じる流れの最大値の偏差を示す。佐渡島周辺の海底地形、リッジやトラフのシル(浅部)では特定の波源の影響が強く表れる。このような特異点に残された化石地形に注目すれば、過去に発生した津波の波源を制約する情報として有効である。

(2) 石狩平野における地層中の津波痕跡の探索

河床堆積物調査：採取された河床堆積物は含水率の高い軟泥であり、下位の淘汰の良い砂を覆って数 cm の厚さで堆積していた。泥採取時直近の出水後(静穏時)に堆積した泥である。泥に含まれる珪藻遺骸群集は淡水性種から構成され、海性種・絶滅種を含まない。

石狩平野の沖積低地のボーリングコア中のイベント層準の探索：潟湖～エスチュアリー泥質な堆積相中に 2 層準のイベント層を認定した。このイベント層は上下の層準よりも粗粒である。この粗粒な層準よりも上位の層準で電気伝導(EC)の上昇・pH の低下がそれぞれ認められたことから、潟湖内に流れをとまなう海水の影響があったこと、その後海水の影響が継続したことが示唆される。

現行堆積物とボーリングコアとの比較：石狩低地の沖積層中に多く認められる新第三系から由来する絶滅種(嵯峨山ほか、2010; 川上ほか、2012 など)は河口付近の現河床底質からはほとんど産出しない。このため、地層中の洪水を示唆する上方粗粒化するイベント層と現河床とは、珪藻遺骸群集データの主成分分析にもとづくサンプル間の類似性の比較によって明瞭に区分された。海水の影響を受ける環境下でありながら海性種を

とんど含まない、そして上流域の地質由来の絶滅種を含まないといった河口底質の珪藻遺骸群集の特徴を指標とすることで、塩水楔の影響下にある石狩川下流の河床堆積物を再懸濁させ河岸に氾濫し堆積させたイベントと洪水イベントとを識別して認定することが可能となる。つまり河川を遡上した海水影響を伴わない津波イベントの探索と認定に有効である。とりわけ、海岸砂丘の高い日本海沿岸では砂丘背後の海岸平野に広く砂層を分布させるような巨大な津波イベントの存在は期待できない。したがって、珪藻遺骸群集の詳細な分析が日本海沿岸での津波痕跡の探索・認定において有効である。

(3) 総合考察

日本海の陸棚上の津波痕跡

夏季に強固な成層が生じる日本海の水塊構造は陸棚から陸棚斜面の水深帯の海底に内部波の影響を強く与える。この影響は想定される津波の最大の流れと同程度であり、その発生頻度は津波に比べて頻繁で、流れが継続する時間は津波に比べ著しく長い。このため、内部波の影響範囲では津波の痕跡が保存される可能性は低く、津波によって形成された地形が海底に残存する可能性はないと判断される。ただし、本研究の津波にともなう流れは海水の密度が鉛直方向に一樣として計算しているため、津波によって励起される内部波の影響は考慮していない。今後、海洋構造も考慮した流れの作用を検討することでより深い陸棚斜面や海盆における作用を見積もることが求められる。

特異点への津波作用とその影響

日本海南部の検討で明らかになった特異点の存在は、海底の特定領域に残る痕跡、あるいは特定領域に作用した流れによって生じた混濁流によって生じたタービダイトといった痕跡が存在すれば、成因となった波源を特定する有力な手がかりとなることを示している。さらにシミュレーションを用いれば、海洋環境が現在とは異なった氷期の低海水準期を含めた海水準条件下に対しても特異点を提示できることから、海底におよぶ津波の影響評価を大きく拡張することになる。具体的には地震動や大洪水とされていた海底コアのタービダイトの成因を、津波による可能性も含め再検討することにより、日本海東縁変動対の古地震・古津波、洪水イベントの実像を詳細にあきらかにすることで自然災害要因に対するあらたな知見が得られることが期待される。

<引用文献>

国土交通省、津波浸水想定の設定の手引き、https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/.../shinsui_settei.pdf

川上 源太郎、小松 原純子、嵯峨山 積、仁科 健二、廣瀬 亘、大津 直、木村 克

己、北海道当別町川下地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-HTB-1, GS-HTB-2) の層序学および堆積学的解析、地質雑誌、118、2012、191-206

日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ、日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ報告書、http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/WG_Report.pdf

北海道に津波被害をもたらす想定地震のためのワーキンググループ、北海道日本海沿岸の津波浸水想定について (解説)、http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/sbs/nihonka_tsunami-sinnsuisoutei.htm

嵯峨山 積、北海道の十勝川・天塩川・石狩川沖の表層堆積物における淡水生珪藻遺骸の広がり、地質学雑誌、112、2006、594-607

嵯峨山 積、川上 源太郎、仁科 健二、北海道石狩平野における沖積層ボーリングコアの珪藻群集、北海道地質研究所報告、87、2015、21-81

木戸 和男、奥村 裕弥、大澤 賢人、簡易潮位計の工夫、海の研究、19、2010、233-242

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計7件)

仁科 健二、海底におよぶ津波の影響

日本海北部海域の複数の波源、古海水準条件による検討、日本堆積学会 2017 年松本大会、2017 年 3 月、信州大学 (長野県松本市)

仁科 健二、巨大津波が内湾の海底に与える影響の検討、北海道噴火湾の場合、日本地質学会 123 年学術大会、2016 年 9 月、日本大学 (東京都世田谷区)

川上 源太郎、仁科 健二、菅 和哉、濱田 誠一、GiSedTrend による Deflected wave-influenced delta の成長過程の解析：石狩デルタを例として、日本地質学会 123 年学術大会、2016 年 9 月、日本大学 (東京都世田谷区)

仁科 健二、内田 康人、川上 源太郎、日本海石狩湾陸棚上の起伏地形の形成要因、津波および内部波の検討、日本地質学会 122 年学術大会、2015 年 9 月、信州大学 (長野県長野市)

川上 源太郎、仁科 健二、嵯峨山 積、木村 克己、廣瀬 亘、加瀬 善洋、大津 直、完新世後期における石狩海岸平野の堆積システム、日本地質学会 121 年学術大会、2014 年 9 月、鹿児島大学 (鹿児島県鹿児島市)

〔その他〕

ホームページ等
地質研究所年報

http://www.hro.or.jp/list/environmental/research/gsh/publication/annual_pdf/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

仁科 健二 (NISHINA, Kenji)
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部
地質研究所・研究主査
研究者番号：40446373

(2) 研究分担者

川上 源太郎 (KAWAKAMI, Gentaro)
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部
地質研究所・研究主査
研究者番号：40446365

内田 康人 (UCHIDA, Yasuhito)
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部
地質研究所・研究主幹
研究者番号：60465961

(3) 連携研究者

加瀬 善洋 (KASE, Yoshihiro)
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部
地質研究所・研究職員
研究者番号：20707715

林 圭一 (HAYASHI, Keiichi)
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部
地質研究所・研究職員
研究者番号：30707906

嵯峨山 積 (SAGAYAMA, Tsumoru)
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部
地質研究所・専門研究員 (H28.3まで)
研究者番号：90446352

卜部 厚志 (URABE, Atsushi)
新潟大学・災害・復興科学研究センター・
准教授
研究者番号：20281173

高清水 康博 (TAKASHIMIZU, Yasuhiro)
新潟大学・教育学部・准教授
研究者番号：10446370