

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310118

研究課題名(和文)津波による重力流の発生機構と堆積作用の解明

研究課題名(英文)Elucidation of sedimentological mechanism of gravity flows by tsunamis

研究代表者

箕浦 幸治 (Minoura, Koji)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：10133852

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,700,000円、(間接経費) 4,710,000円

研究成果の概要(和文)：大規模な砂の堆積・移動現象がみられた2011年東北日本太平洋沖地震津波(以下3.11津波)による堆積物運搬の様式を粒度組成と堆積相および珪藻群集から類推し、津波による上げ波と戻り流れの水理作用を解明するための堆積学的条件を解明した。3.11津波発生直後に仙台湾沖の海浜と沖浜で採取した多くの採砂泥試料の組成解析により、系統的な海側細粒化と淡水汽水珪藻類の沖浜での再堆積が認められた。この現象は堆積物の移動と集積を試行する水槽実験装置の再現結果と調和しており、溯上津波のエネルギー散逸を反映する重要な基準として扱える可能性が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Sedimentological and micropaleontological analyses of terrestrial and nearshore to offshore sediments recovered from the coast of the Sendai Bay were performed to clarify the processes of sediment transport and deposition by the tsunami retreat. The distribution pattern of sediment grains and diatom frustules showed seaward migration after the tsunami event. It has been suggested that sediments originally distributed in terrestrial and coastal zones were transported offshore due to the tsunami backwash. The distribution pattern of planktonic and benthic species living in offshore zones showed slight evidence of landward migration by the tsunami. This suggests that landward redistribution of sediments by the tsunami run-up did not occur in the offshore seafloor of the study area. It is possible that tsunami backwash induce sediment flows that transport a large amount of coastal materials seaward.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 自然災害科学

キーワード：津波 押し波 引き波 重力流 密度流

1. 研究開始当初の背景

我が国の沿岸は、地域を問わず、津波による水災害を繰り返し被ってきた。災害の規模は津波の発生機構と被災地の経済的基盤構造に大きく左右され、その歴史的な比較は困難であるが、国家の運営に支障を来した最大級の津波災害が1例知られている。国史によれば、貞観11年5月26日(西暦869年7月13日未明)、仙台湾沖で巨大地震が発生し、これによる津波が仙台平野を水没させた。世に知られる869年貞観地震津波の襲来である。1100年後、再び大津波が仙台平野を襲った。仙台湾沿岸の平野を形成する堆積層中には、巨大な津波が過去繰り返し襲来した地質学的証拠が残されている。堆積史に記録された津波湖上の実態に迫り、1100年の時を隔てた2つの津波の比較により、多くが謎とされてきた海溝型巨大津波による水理作用を明らかにすることが可能となった。

2. 研究の目的

本研究では、津波による押し波と引き波がもたらす堆積学的効果を災害科学的に評価する。この目的に於いて、津波堆積作用解明の先駆けとなった1983年日本海中部地震津波の観測結果を基本とし、日本の歴史に特筆される災害をもたらした869年貞観地震津波と2011年東北地方太平洋沖地震津波(以下、3.11津波)を研究対象として、理学と工学の立場から堆積物を通して津波による海水流を高精度に解析し、その水理学的機能を検討する。得られた堆積学的知見と測地情報を基に水理実験と数値計算を行い、流れに伴う物質運搬の災害現象を面的に評価する基準を構築する。この試みにより、想定津波襲来域における急激物質移動がもたらす災害の具体的評価が可能となり、一方で海浜～沖浜の地形的成り立ちを理論的に理解するための自然地理学的基準が得られるであろう。

3. 研究の方法

津波による密度流の堆積学的解明に向け、押し波に関しては869年貞観地震津波と3.11津波を対象にジオスライサー等により採取した陸側試料(図1)と、また引き波については3.11津波の堆積物をフレーザーコアラー等による海側試料(図2に一部の試料を示す)を、それぞれ解析した。得られた堆積学的結果と測地情報に基づく水槽・数値実験により、津波の物質移動による災害現象を面的に評価する基準の構築を試みた。これにより想定津波襲来域における密度流被害の面的評価が可能となり、併せて海浜地形の成立を自然地理学的に説明する理論的基準が得られるものと期待される。珪藻は環境に高度に適応しており、その化石群集情報は古環境の指標・復元に大きな威力を発揮する。本研究の場合には、堆積物の起源環境を特定する目的で珪藻化石群集解析を行った(図3)。海

底流の復元は津波の水理的解明に向けて期待される試みであり、これにより物質の斜面上移動が数値的に評価できる。結果は、堆積物重力流の発生と定着に関する水理学的解明に糸口を与えるに留まらず、海底施設(通信網、航路など)の安全設計に貢献するであろう。

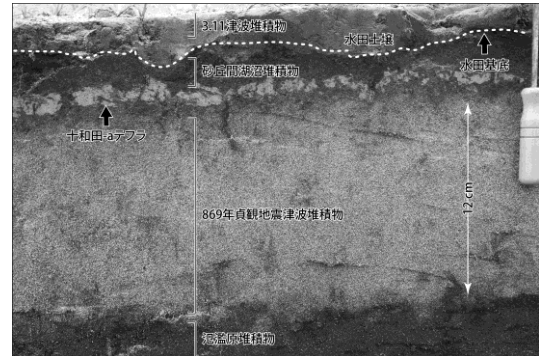


図1 仙台市宮城野区岡田で観察される貞観津波堆積物(869年)と十和田-aテフラおよび3.11津波堆積物。水田土壌を削剥して3.11津波堆積物が堆積している様子が明瞭である。3.11津波湖上時に発生した落流により表層が大きく侵蝕され、貞観津波による堆積物が偶然にも露出した。

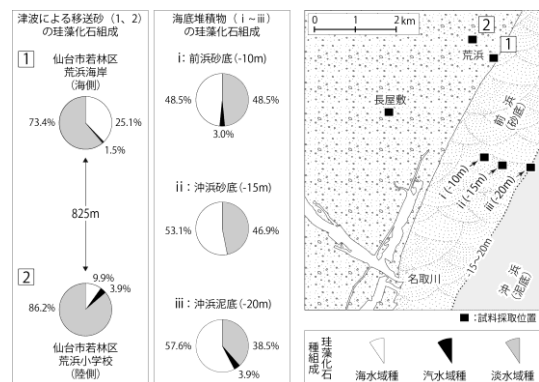


図2 海底表層堆積物(i~iii)と3.11津波による堆積物(1および2)に含まれる珪藻の環境指標種構成。堆積物試料1は仙台市若林区深沼海水浴場において3.11津波発生後の3ヶ月後(平成23年6月)に採取した移動過程にある海浜砂である。試料2は3.11津波収束後に仙台市立荒浜小学校の体育館で採取した砂であり、浸水深や構造物の保存状況から津波の第1波によりもたらされ、後続波による再堆積効果を受けていないと判断した。海底表層の堆積物(i~iii)には海水域種が卓越するが、河川流入により運搬された淡水域種も多く含まれる。荒浜で、海側(荒浜海岸)の試料1に対して陸側(荒浜小学校)の試料2で海成域種が半減しており、825mの運搬距離で淡水域種による海水種の希釈効果が大きく働いたと解釈される。これは、湖上過程で侵蝕した地表下堆積物の再堆積を示す粒度分析結果と調和的である。何れの結果も湖上過程で運搬物質が連続的に侵蝕物質に置き換えられてゆく様子を示唆しており、津波湖上流では侵蝕と堆積が同時に進行する特別な水理条件が進行する事実が明らかとなった。

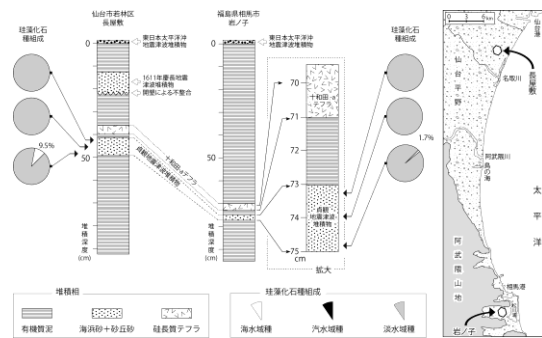


図3 貞観津波（869年）による堆積物に含まれる珪藻の環境指標種構成。長屋敷と岩ノ子で、貞観時代の海岸からの距離は、古地形復元にに基づき、それぞれ約1 kmと約2 kmとした。仙台市若林区長屋敷と相馬市岩ノ子の中・上位試料で淡水性種が優先し、最下部位で海水域種が幾分認められる。荒浜で明らかになった津波に伴う希釈効果（図2）が長屋敷と岩ノ子でも成立していたと判断され、3.11 津波の場合と同様に、侵蝕・運搬効果が貞観津波湖上流でも働いていたと推測される。

4. 研究成果

津波による押し波と引き波がもたらす堆積学的効果を災害科学的に評価した。津波堆積作用解明の先駆けとなった1983年日本海中部地震津波の観測結果を基本とし、日本の歴史に特筆される災害をもたらした869年貞観地震津波（以下貞観津波）と2011年東北日本太平洋沖地震津波（以下3.11津波）を主要研究対象として、理学と工学の立場から堆積物を通して津波による海水流を高精度に解析し、その水理学的機能を検討した。津波による災害の地球科学的解明は定性的な状況に留まっており、その物質運搬についての理解は未だ不十分であった。本研究の特色は、特に災害科学の立場でこの隘路を克服するため、陸と海で津波による物資運搬作用を学際的立場で面的に解明するという新規の試みにより、強力な流れがもたらす堆積学的実態に迫ると共に、津波の自然災害を堆積学的に評価する方法を確立することにある。引き波がもたらす運搬作用が大規模になると、流れは重力流を形成して陸棚縁辺にまで到達する可能性がある。初年度には3.11津波の湖上域において侵蝕流がもたらす堆積作用の解明に勤め、地表条件に依存する湖上過程を明らかとし、箕浦（2011）として報告した。リワークされた堆積物は、戻り流れにより海側に移送され、重力流を形成して沖に集積したと考えられる。これを実証する目的で仙台湾で試料を採取して解析を進めた。今村は津波の伝播過程を数値的に復元し、地震とは別の機構が関わって3.11津波が発生したと予測している。理学と工学の学際的視野での津波重力流物質移動の解明は、新たな災害科学の研究領域を創出すると共に、本研究得られた成果は災害予測に大きく貢献するものと考えられ、更には地殻侵蝕物質の最終定着を理論的に解明する地球科学的命題への糸口を与えるであろう。

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29件）

- ① 箕浦幸治, 2011津波による侵蝕・運搬・堆積. ペドロジスト, 査読有, vol. 58, 2014, 印刷中
<http://pedology.ac.affrc.go.jp/>
- ② Minoura, K., Hirano, S., and Yamada, T., Identification and possible recurrence of an oversized tsunami on the Pacific coast of northern Japan. Natural Hazards, 査読有, vol. 68, 2013, 631-643
DOI: 10.1007/s11069-013-0640-z
- ③ Sugawara, D., Imamura, F., Goto, K., Matsumoto, H., and Minoura, K., The 2011 Tohoku-Oki Earthquake Tsunami: Similarities and Differences to the 869 Jogan Tsunami on the Sendai Plain. Pure Applied Geophysics, 査読有, vol. 170, 2013, 831-843
DOI: 10.1007/s00024-012-0460-1
- ④ 箕浦幸治, 古地震の復元. 応用地質, 査読有, vol. 53, 2013, 313-319
<http://www.jseg.or.jp/03-publication/magazine.html>
- ⑤ Sugawara, D., Goto, K., Imamura, F., Matsumoto, H., and Minoura, K., Assessing the magnitude of the 869 Jogan tsunami using sedimentary deposits: Prediction and consequence of the 2011 Tohoku-oki tsunami. Sedimentary Geology, 査読有, vol. 282, 2012, 14-26
DOI: 10.1016/j.sedgeo.2012.08.001
- ⑥ 根本直樹, 箕浦幸治, 射流による人工浜堤の破壊—青森県東岸における東北地方太平洋沖地震による津波の例. 地球科学, 査読有, 2012, vol. 66, 209-210
<http://www.chidanken.jp/ES/chikyuu.html>
- ⑦ 後藤和久・箕浦幸治, 2011年東北地方太平洋沖地震津波の反省に立った津波堆積学の今後のあり方. 堆積学研究, 査読有, 2012, vol. 71, 105-117
<http://sediment.jp/05shuppan/j0071-2.html>
- ⑧ Sugawara, D., Goto, K., Imamura, F., Matsumoto, H., and Minoura, K., Assessing the magnitude of the 869 Jogan tsunami using sedimentary deposits: Prediction and consequence of the 2011 Tohoku-oki tsunami. Sedimentary Geology, 査読有, vol. 282, 2012, 14-26
DOI: 10.1016/j.sedgeo.2012.08.001
- ⑨ Goto, K., Miyagi, K., Kawana, T., Takahashi, J., and Imamura, F., Emplacement and movement of boulders

by known storm waves - Field evidence from the Okinawa Islands, Japan. Marine Geology, 査読有, vol. 283, 2011, 66-78

DOI: 10.1016/j.margeo.2010.09.007

[学会発表] (計 23 件)

- ① 箕浦幸治, 3.11 津波による侵蝕・運搬・堆積. 日本ペドロロジー学会, 2013 年 10 月 25 日, 仙台.
- ② 飯嶋耕崇, 箕浦幸治, 平野信一, 山田 努, 南相馬市小高地区における津波堆積物調査. 日本地質学会, 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- ③ 平野信一, 山田 努, 箕浦幸治, 東北地方太平洋沖地震津波による地形・植生変化と地形条件による影響. 日本地質学会, 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- ④ 菅原大助, 高橋智幸, 今村文彦, 東北沖地震の津波による堆積物形成の数値シミュレーション. 日本地球惑星科学連合, 2013 年 5 月 24 日, 千葉.
- ⑤ 箕浦幸治, 古地震の復元. 日本自然災害学会. 2012 年 6 月 20 日. 弘前.
- ⑥ 箕浦幸治, 3.11 津波災害の教訓-被災から防災へ. 応用地質学会, 2012 年 5 月 18 日, 仙台.
- ⑦ Iijima, Y., Minoura, K., Hirano, S., and Yamada, T., Great East Japan Earthquake Tsunami. American Geophysical Union, 2011 年 12 月 5 日, San Francisco, アメリカ.

[図書] (計 7 件)

- ① 菅原大助, 今村文彦, 松本秀明, 後藤和久, 箕浦幸治, 貞観津波と東日本大震災の津波, 東日本大震災を分析する 2--震災と人間・まち・記録--. 2013, 179-188, 明石書店, 東京.
- ② 今村文彦, 越村俊一, 大家隆行, 馬淵幸雄, 村嶋陽一, 村田泰洋, 津波発生メカニズム, 東日本大震災を分析する 1--地震・津波のメカニズムと被害の実態--. 2013, 111-119, 明石書店, 東京.
- ③ 箕浦幸治, 菅原大助, 津波災害史観. 吉野博・日野正輝 (編) 今を生きる--東日本大震災から明日へ, 復興と再生への提言-- 5. 自然と科学, 2013, 3-18, 東北大学出版会, 仙台.
- ④ 箕浦幸治, 津波災害-歴史への衝撃, 東北大学病理学教室同窓会会報, 東北大学医学部, 2012, 3-20
- ⑤ 箕浦幸治, 津波の水理堆積学的考察, 科学, 岩波書店, 2011, vol. 81, 1077-1082

6. 研究組織

(1) 研究代表者研究代表者

箕浦 幸治 (MINOURA, KOJI)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号 : 10133852

(2) 研究分担者

今村 文彦 (IMAMURA, FUMIHIKO)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号 : 40213243

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :