

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350488

研究課題名(和文) 日本三景松島の巨大地すべり説の実証的研究

研究課題名(英文) Drilling investigation for Matsushima giant landslide hypothesis

研究代表者

長谷川 修一 (Hasegawa, Shuichi)

香川大学・工学部・教授

研究者番号：00325317

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：東北日本の太平洋側にある松島は、松島湾とその内外にある大小260余りの島々からなる日本三景の一つである景勝地である。長谷川ほか(2008)は、松島周辺の地形、地質を検討した結果、巨大地すべりによって形成された可能性が高いとの仮説(松島巨大地すべり説)を示した。本研究では松島巨大地すべり説を実証する目的で、東松島市宮戸島において2015年に深さ70mのオールコアボーリングを実施した。また、想定すべり面上盤側、想定すべり面、想定すべり面下盤側の3箇所から得たジルコンのU-Pb年代を試みたが、誤差の範囲で一致する15.2 Maを示し、地すべり説を積極的に支持する結果は得られなかった。

研究成果の概要(英文)：A core drilling was performed at Matsushima, Miyagi Prefecture, where a large landslide was supposed to happen, creating picturesque small islands in the Matsushima Bay. Zircon U-Pb dating was performed at three points, namely, upper block of the supposed landslide, the supposed landslide plane, and lower block of the supposed landslide, using tuffs and tuffaceous sandstone. All of them yielded ~15 Ma, which indicates there is no geochronological evidence for the supposed landslide.

研究分野：地質工学

キーワード：松島 地すべり ボーリング U-Pb年代測定

1. 研究開始当初の背景

東北日本の太平洋にある松島は、松島湾とその内外にある大小260余りの島々からなる景勝地で、日本三景のひとつに数えられている。松島は仙台平野から石巻平野にかけて連続する浜堤列を突如分断するように、北西から南東方向に張り出すように分布し、周辺の地形と極めて不調和である。長谷川ら(2008)は、松島周辺の地形、地質を再検討した結果、松島の形成を単なる沈水海岸ではなく、巨大な地すべりによって形成された可能性が高いとの仮説を発表した(図1)。

(1)松島湾は、北東-南西約10km、北西-南東約5kmの巨大地すべりの発生域(抜け跡)である。

(2)松島湾沖の宮戸島、朴島、大森島、寒風沢島、野々島、桂島などは地すべりによってできた流山で、松島丘陵の南部は南南西方向に約5km滑動し、標高を約50m低下させたと推定される。

(3)宮戸島と七ヶ浜半島との間にあった島は、更に南南東に滑動し(2次の滑動)、暗礁となったと推定される。その後七ヶ浜半島と桂島の間にあった丘陵が、2.5km滑動(3次の滑動)したと推定される。

その後、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震はMw9.0に達する国内観測史上最大の地震で、東北地方の太平洋沿岸において10mを超える巨大津波により甚大な被害を発生させた。特に、宮城県から岩手県にかけての三陸沿岸では、沈水海岸(リアス式海岸)の地形効果によって15mを超える津波浸水高や20mを超える津波遡上高が記録され、湾奥の低地は壊滅的な状態となった。これに対して、同じく沈水海岸とされる宮城県の松島湾の奥では3m前後の津波浸水高に留まり、被害は小さかった。松島湾の津波被害が小さかった理由として再び「松島巨大地すべり仮説」が注目された(長谷川ほか、2011)。

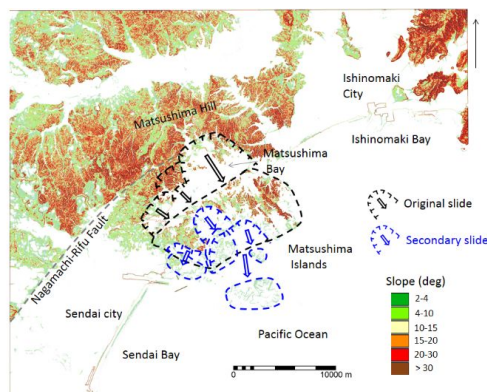


図1 松島周辺地域の地形と巨大地すべり仮説

(国土地理院基盤地図情報10mメッシュ(標高)⁵⁾と海上保安庁海底地形デジタルデータM7000三陸沖⁶⁾から作成)

2. 研究の目的

長谷川ら(2008)によって提唱された「松島巨大地すべり仮説」は、地質学的証拠が不足していたため、松島巨大地すべり説の実証を目的として、オールコアボーリング(延長70m、孔径86mm)を軸とした実証研究を行うこととした。また、実施したボーリングコアを利用した各種の非破壊試験と岩石試験を実施し、すべり面を推定した。更にすべり面の確認と発生日代に関する情報を得留目的で、すべり面前後のボーリングコアの堆積年代をジルコンのU-Pb年代測定を実施した。

宮戸島と七ヶ浜半島の丘陵は、松島湾背後の松島丘陵とほぼ同様の中新世に対比される松島層群から構成される(石井ほか、1982⁴⁾;石井ほか、1983⁵⁾)。松島層群は、下位から、塩釜層、佐浦町層、網尻層、松島層、大塚層の5層に区分される。長谷川ら(2008)¹⁾は、層序と地質構造の対比から、宮戸島東部は松島町大塚から早川沖に、宮戸島西部東部朴島、大森島、寒風沢島は松島町名籠から西浜沖に、野々島は松島町磯崎沖に、桂島は松島港沖に、馬放島は双観山沖に復元可能と報告している(図2)。

ボーリング調査を行った宮古島には、松島層が分布する。松島層は層厚400m程度であり、軽石凝灰岩を主とし、シルト岩、凝灰質砂岩を挟在する(石井ほか、1982)。松島層は次の5部層に区分される。

- 上部軽石凝灰岩部層(Mt5)
- シルト岩部層(Mt4)
- 凝灰角礫岩部層(Mt3)
- 中部軽石凝灰岩部層(Mt2)
- 下部軽石凝灰岩部層(Mt1)

3. 研究の方法

松島巨大地すべり説の実証を目的として、オールコアボーリング(延長70m、孔径86mm)を奥松島縄文村歴史資料館敷地内で平成27年6月~7月に実施した(図2)。

また、ボーリングコアを利用した非破壊試験としてRQD測定、色彩測定、帯磁率測定、エコーチップ硬度試験を実施した。また、ボーリングコアから供試体を作成し、密度試験、超音波速度試験、点載荷試験、X線回折試験を実施した。さらに更にすべり面の確認と発生日代に関する情報を得留目的で、すべり面前後のボーリングコアの堆積年代をジルコンのU-Pb年代測定を実施した。

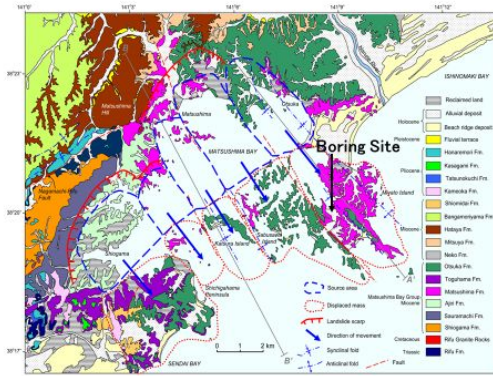


図2 地質に基づく巨大地すべりの復元
(長谷川ほか (2008) ¹⁾ に加筆)

4. 研究成果

(1) ボーリング調査結果

ボーリングコアの地質状況は以下の通りである。

- 0~3.6m: 盛土
- 3.6m~5.2m: 海成有機質粘土 (貝殻混じり)
- 5.2m~7.9m: 粘土混じり砂
- 7.9m~47.2m: 軽石凝灰岩 (粗粒)
- 47.2m~48.5m: 水平割れの発達した砂岩 (すべり層想定深度)
- 48.5m~56.5m: 凝灰質砂岩
- 56.5m~70.0m: 軽石凝灰岩 (細粒)

7.9m~47.2m の軽石凝灰岩 (粗粒) は、石井ほか(1982)の松島層の上部軽石凝灰岩部層 (Mt5) に対比される。すべり層想定深度の 47.2m~48.5m には水平な割れ目によるディスクングが顕著な砂岩がある。

(2) 非破壊検査結果

すべり面を想定していた軽石凝灰岩と砂岩の境界線付近では、コアに水平割れ目が発達し、それに伴い RQD が 100% から 28% と急低下している (図3)。

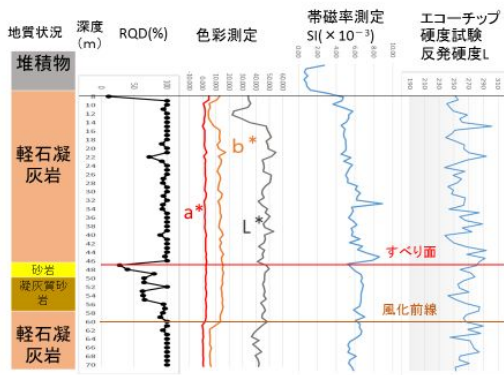


図3 ボーリングコアの工学的性質
(非破壊試験)

(3) 岩石試験結果

想定すべり面直下の砂岩の平均乾燥密度は 1.03g/cm³ と上下の軽石凝灰岩の平均乾燥密度 1.14g/cm³ より小さく、砂岩の吸水率は約 34% で、軽石凝灰岩の約 25% より明らかに大きく、前後の軽石凝灰岩より新しい時代に堆積したと推定した (図4)。

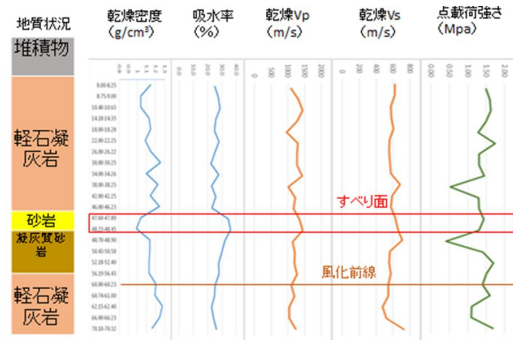


図4 ボーリングコアの工学的性質
(岩石試験)

(4) U-Pb 年代測定結果

もし想定すべり面直下の砂岩から上下の軽石凝灰岩と比較して明らかに若いジルコンの U-Pb 年代が確認できれば、当時地表 (海底) にあった砂層が滑動によって移動岩体によって覆われたことが実証できると考えて、ジルコンの U-Pb 年代測定を試みた。その結果、上部軽石凝灰岩が 15.2 ± 0.4 Ma, 砂岩が 15.3 ± 0.4 Ma, 下部軽石凝灰岩が 15.1 ± 0.3 Ma と誤差の範囲でほぼ同じ年代となった。なお、砂岩のジルコン 1 個から 2.8Ma の U-Pb 年代が得られたが、common Pb の影響を受けている可能性が高いので、これを地すべりの証拠とすることは難しい。想定すべり面の上盤側、想定すべり面直下、想定すべり面の下盤側の 3 箇所から得たジルコンの U-Pb 年代は、ほぼ 15.2 Ma を示し、年代学的には松島層の上部軽石凝灰岩部層 (Mt5) として矛盾しない (図5; 伊藤・長谷川, 2017) ⁸⁾。

(5) 成果と今後の課題

今回のボーリング調査では、地すべり説を実証する直接的なデータは得られなかった。しかしながら、松島の成り立ちと災害特性を理解するには巨大地すべり起源説は有力な仮説と考えられる。今後は、巨大地すべりの発生が鮮新世までさかのぼる可能性を検討すると共に、地形と地層分布から推定される時計回りの回転運動を検証するための古地磁気測定および多賀城市に分布する利府層の移動岩体である可能性を検証するボーリング等を検討したい。

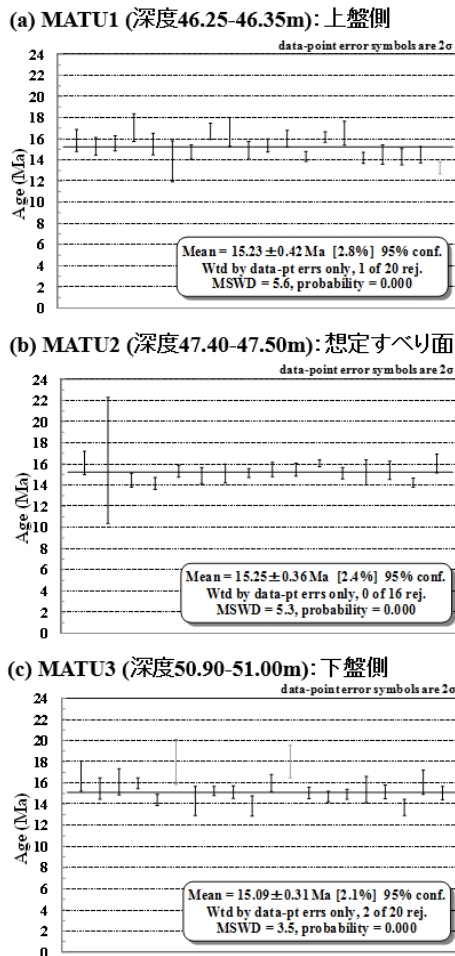


図5 ジルコンのU-Pb年代分布
 (伊藤・長谷川, 2017)⁸⁾

参考文献

1) 長谷川修一・野々村敦子・山中稔・Ranjan Kumar Dahi・澤田臣啓(2008): 日本三景松島は地すべりによって形成された, 日本応用地質学会平成 20 年度研究発表会発表論文集, pp.135-136.
 2) 長谷川修一・野々村敦子・鏡原和也・Ranjan Kumar Dahi, なぜ松島湾奥の津波被害が小さく, 湾口の島々で岩盤崩壊が多発したのか? (2011): 日本応用地質学会中国四国支部平成 23 年度研究発表会講演論文集, pp.27-32.
 3) 長谷川修一・野々村敦子・山中稔(2015): 松島巨大地すべり説実証のためのボーリング調査, 日本応用地質学会平成 27 年度研究発表会論文集, 109-110.
 4) 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一・寒川旭・松野久也(1982): 松島地域の地質, 地域地質研究報告書(5万分の1図幅), 地質調査所, 121p.
 5) 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一(1983): 塩竈地域の地質, 地域地質研究報告書(5万分の1図幅), 地質調査所, 112p.
 6) 海上保安庁(2014): 海底地形デジタルデ

ータ M7000 三陸沖.
 7) 国土地理院(2015): 基盤地図情報 10m メッシュ(標高).
 8) 伊藤久敏・長谷川修一(2017): ジルコンのU-Pb年代の応用地質学的利用について, 応用地質, Vol.57. No.6, 257-265.

謝辞

本研究は, JSPS 研究費基盤研究(C) 26350488 の助成を受けて実施した. ボーリング調査では応用地質(株)東北支社の遠藤司部長, 小野寺正勝部長および柳川未奈技士に献身的なご協力をいただいた。またボーリング地点の選定と実施に当たり, 東松島市奥松島縄文村歴史資料館菅原弘樹館長には全面的なご協力をいただいた。日本応用地質学会東北支部の橋本修一前支部長, 高見智之支部長, 菖蒲幸男副支部長を始め支部会員には現地調査およびボーリングコア観察において有益な意見を頂いた。ボーリングコアの非破壊試験および岩石試験では, 香川大学工学部安全システム建設工学科(当時)の馬天とうさんと王ていさんの協力を頂いた。さらに, 電力中央研究所の伊藤久敏博士にはジルコンのU-Pb年代測定のご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

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1件)

伊藤久敏・長谷川修一: ジルコンのU-Pb年代の応用地質学的利用について, 応用地質, 査読有, Vol.57. No.6, 257-265, 2017.2.

〔学会発表〕(計2件)

長谷川修一, 野々村敦子, 山中稔, Ting Wang 遠藤司, 伊藤久敏: 松島巨大地すべり説実証ボーリングコアの工学的性質とU-Pb年代, 日本応用地質学会平成 28 年度研究発表会講演論文集, 35-36, 2016.10.26, 日立システムホール(仙台市)

長谷川修一・野々村敦子・山中稔: 松島巨大地すべり説実証のためのボーリング調査, 日本応用地質学会平成 27 年度研究発表会論文集, 109-110, 2015.9.24, 京都大学防災研究所(宇治市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

〔ポスター展示〕(計3件)

題目：Matsushima Islands as Natural Seawalls caused by prehistoric Mega-landslides

【展示場所・日時】

第3回国連防災世界会議パブリック・フォーラム防災・復興に関する展示,2015.3.14, 仙台メディアテーク(仙台市)

観音寺第一高等学校 SSH 課題研究発表会, 2016.2.15, 観音寺第一高等学校(観音寺市)

VietGeo 2016「気候変動と持続可能な社会資本整備のための地質・地盤工学」, 2016.11.22, ハロン市(ベトナム社会主義共和国)

ホームページ等:

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~hasegawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 修一 (HASEGAWA, Shuichi)

香川大学・工学部・教授

研究者番号: 00325317

(2) 研究分担者

山中 稔 (YAMANAKA Minoru)

香川大学・工学部・教授

研究者番号: 50264205

(3) 研究分担者

野々村 敦子 (NONOMURA Atsuko)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号: 60363181

(4) 研究協力者

伊藤 久敏 (ITO, Hisatoshi)

電力中央研究所

菅原 弘樹 (SUGAWARA Hiroki)

東松島市奥松島縄文村歴史資料館