

東北地方太平洋沖地震後の宮城県沖海底の有孔虫群集の分布 - 海底地震計 (OBS) に入り込んだ未固結堆積物の分析から - Benthic foraminiferal faunas in the sediment into OBSs off Miyagi after 2011 earthquake of the Pacific coast of Tohoku

長谷川 四郎^{1*}, 三浦 亮²

HASEGAWA, Shiro^{1*}, MIURA, Ryo²

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 日本海洋事業株式会社

¹ Kumamoto University, ² Nippon Marine Enterprises, Ltd.

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震とそれに伴う巨大津波の発生後、宮城県沖の海底に設置されていた海底地震計(OBS)が同年3月以降、数度にわたって回収された(三浦ほか, 2011)。その本体を保護するプラスチック製ハードハット内に入り込んだ未固結堆積物について有孔虫分析を行った結果、群集の深度分布に顕著な特徴を見出した。

すでに、地震後の三陸沖の陸棚外縁から海溝斜面(水深300?5940m)にかけて、広範囲に泥質堆積物が堆積していることが報告されている(Ikehara et al., 2011)。この堆積物は全体的に陸から沖に向けて連続的に細粒化する傾向が見られ、地震以前に礫や砂が堆積していた海底をも覆っており、また、一部の海底面ではリップルが観察されたことなどから、この堆積物は土石流や地滑りなどではなく、混濁流のような比較的堆積物濃度が希薄な流れによって運搬されたことが推定されている(新井ほか, 2011)。

一方、長期自然地震観測のために日本海溝陸側斜面にOBSが設置されていたが、そのハードハット内に堆積物が入り込んでいた。OBSが通常の着底姿勢をとる限り、堆積物が入ることはないので、堆積物の進入は、設置位置付近の海底で、巻き上げられた堆積物を含む水の流れが生じた可能性が考えられた(三浦ほか, 2011)。

底生有孔虫は沿海の汽水域から深海底・海溝にわたるあらゆる海洋底に生息する有殻単細胞生物で、その多様な種が水質・底質・微地形、あるいは海底面上から堆積物内部までの様々な環境に適応して棲み分けている。また、大局的には特有の組成を持つ群集が、ある程度の広がりの中で、一定の深度範囲(深度帯)で確認されている。そのため、混濁流のような堆積物の移動があれば、底生有孔虫群集の分布に異常が認定される可能性がある。

宮城県沖のOBS設置域の南側に隣接する仙台湾の群集(Ishiwada, 1964; Matoba, 1976)と今回のOBSの群集を比較することにより、OBS設置域で推定される堆積物移動の結果が深度分布の差異として示されると期待される。

水深299mから2773mにわたる14地点のOBSより採取された未固結堆積物試料の底生有孔虫群集を分析した結果、6群集を識別した。これらのうちの5群集はMatoba(1976)が水深220m?1980mにおいて設定した分布深度の異なる5群集に対応する。また、残りの1群集はMatoba(1976)の最深地点(1980m)より深い地点のものである。本研究で確認した各群集間の境界の水深をMatoba(1976)などの既存資料と比較した結果、水深約1500m以浅の群集については境界の深度がほぼ一致するものの、本調査で水深約2000m(1981mと2041mの間)に引いた境界に対応する群集境界が、Matoba(1976)では水深約1800m(1570mと1980mの間)に引かれており、水深で約200mの食い違いのあることが判明した。

この事実は、堆積物のハードハット内への進入が、混濁流のような堆積物を含む水の流れによるとすると、その流れにより運搬された堆積物の移動は、水深約1500m以深で大きいものに対し、それ以浅では、流れがあったとしてもそれほど大きな距離の移動を伴わなかったことを示唆している。これについては、さらに、堆積物がハードハット内に進入するメカニズムと併せた検討が必要である。

また、混濁流の発生について、斜面崩壊の形跡がないことから、未固結堆積物の巻き上がりがきっかけとなったと考えられているが、さらにその直接の原因としては、津波による堆積物表面の攪拌のほか、海底下の地震動による揺さぶりによる舞上がりも考えられる。本研究の結果を糸口として、さらに考察を進めたい。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 津波, 海底地震計, 底生有孔虫, 混濁流

Keywords: earthquake, tsunami, OBS, benthic foraminifera, turbidity current

日本海溝の巨大海底地すべり：津波発生の古くて新しいシナリオ

Large submarine landslides in the Japan Trench: An old but new scenario for tsunami generation

川村 喜一郎^{1*}, 佐々木 智之², 金松 敏也¹, 坂口 有人¹, 小川 勇二郎³

KAWAMURA, Kiichiro^{1*}, SASAKI, Tomoyuki², KANAMATSU, Toshiya¹, SAKAGUCHI, Arito¹, OGAWA, Yujiro³

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 筑波大学

¹IFREE, JAMSTEC, ²ORI, University of Tokyo, ³University of Tsukuba

We describe in detail possible large submarine landslides, several tens of kilometers in length and width, on the trench landward slope of the Japan Trench on the basis of high-resolution topographic surveys and detailed seafloor observations. These slides stopped at the toe of the trench slope. After initial movement of the toe along a basal decollement or thrust of the trench landward slope wedge during an earthquake, the basal frictional condition(s) might change drastically from static to dynamic, thus reducing the frictional strength. As a result, rapid submarine landsliding push downward on the toe, generating large vertical and horizontal displacements for tsunamis. The thrust movement at the toe of the trench slope was probably resulting from submarine landsliding with rupture propagation. This thrust movement might be with big slips without strong seismic waves. This hypothesis could explain suitably the relation between large displacement of the thrust fault and tsunami generation by the 2011 Tohoku earthquake as well as tsunami generation by the 1896 Tohoku earthquake.

It has been believed that tsunamis are generated only by seafloor topographic change caused only by active faulting, excepting for local effects by volcanic and/or small landsliding. However, the Japanese tsunami warning system does not include the tsunami excitation scenario by submarine landsliding. In fact, in 1979, a tsunami 2.3 m in height struck Nice, France, unaccompanied by any seismic signals. This silent tsunami was considered to be generated by submarine landsliding near the Nice harbor (Dan et al., 2007). Tsunami-generating submarine landslides have been known to occur from various areas in the world (Yamada et al., 2012). Thus, all data pertaining to tsunami generation mechanisms as well as topographic changes in survey data from before to after the 2011 Tohoku earthquake should be carefully examined to improve our understanding of tsunami generation.

Some of the Tohoku people have called the silent tsunami as Yoda, which is different meaning from Tsunami. In spite of the previous people experience we forget totally the Yoda, because we believe that tsunamis should be excited only by seafloor deformation of rupture propagation. According to Yamada et al. (2011), there are many giant submarine landslides, not only in active margins as the Japan Trench, Nankai Trough, Kuril Trench, but also in passive margins as continental slope of the Atlantic Ocean, and also in volcanic islands and deep-sea fan. We must consider the basic mechanism of tsunami excitation immediately. Our tsunami early warning systems following the ever-believed tsunami excitation mechanism may be wrong.

キーワード: 海底地すべり, 津波, 東北沖地震, 明治三陸地震津波

Keywords: Submarine landslide, Tsunami, Tohoku-oki earthquake, Meiji-Sanriku earthquake tsunami

熊野灘南海トラフ分岐断層付近に分布する海底地すべり層 MTD 1 の構造と供給源 Mass Transfer deposits along the splay fault Nankai Trough, Kumanonada: Deformation structure and transfer direction of

金松 敏也^{1*}, 芦 寿一郎², 川村 喜一郎³, 北村 有迅¹, 池原 研⁴, 村山 雅史⁵

KANAMATSU, Toshiya^{1*}, ASHI, Juichiro², KAWAMURA, Kiichiro³, KITAMURA, Yujin¹, IKEHARA, Ken⁴, MURAYAMA, Masafumi⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 財団法人深田地質研究所, ⁴ 産業技術総合研究所地質情報研究部門海洋地質研究グループ, ⁵ 高知大学海洋コア総合研究センター

¹JAMSTEC, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Fukada Geological Institute, ⁴Marine Geology Research Group, Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁵Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

熊野灘南海トラフ沈み込み帯において地震発生と海底地すべりとの関係を理解するため IODP Expedition 333 において陸側斜面に位置する Site C0018 を海底下 314.2m まで掘削し、複数の海底地すべり層が掘削されている。採取された一連の海底地すべり層は著しく変形しており、地すべり滑動時の様々な変形構造が記録されている。Site C0018 において 189m より下位には海底地すべり層は見いだされず挟在する広域テフラの噴出年代から、一連の海底地すべりはおよそ 100 万年内に起こったと推定される。

一方、C0018 掘削地点の斜面上部には海底地すべり痕が発達する。これらは熊野灘南海トラフの分岐断層が伏在する周辺に特徴的に認められるため分岐断層の活動に関連して形成されたと推定される。この地すべり痕が C0018 地点で掘削された地すべり層の供給地と考えられるが詳細は不明である。これらの地滑り地形と再堆積した地すべり層の関係性を明らかにするため、2011 年 11 月に東京大学大気海洋研究所の Navigable Sampling System (NSS) を使った調査、およびピストンコラーを使った採泥を実施した。

IODP Expedition333 で掘削した 6 層の地滑り層のうち最も上部の地すべり層 MTD 1 は表層から 1.3m の深度に 3m 程度の厚さで挟在する。この MTD1 を NSS のサブボトムプロファイラーで追跡し供給源をあきらかにするとともに MTD1 層の構造復元から供給方向を復元する事を試みるため、MTD1 層をコアリングで採取した。

調査地域の斜面には地すべりの滑落崖と考えられる急崖が C0018 点の北西にいくつか認められ、MTD1 の供給源と考えられる。先行研究として掘削で採取された MTD1 の変形した構造を復元すると北東-南西方向に軸を持った褶曲軸が考えられる。こういった褶曲軸が滑動した斜面を反映しているなら MTD1 は北北西から供給された可能性が考えられる。

一方、NSS を使ったサブボトムプロファイラーによる複数の探査側線の浅部構造の結果、MTD1 と考えられる音響層は急激に薄化し下位層を削り込むと考えられる構造が観察されることから、地すべり時にチャンネルを形成したと考えられる。チャンネル構造は北西に伸び、MTD1 は北西から供給されたと考えられる。また地層の構造から求めた供給方向と一致する。以上の方法により他の地すべり層についても供給源を明らかにすることでできれば海底地すべりの発生メカニズムに関する情報を取得でき、将来的には分岐断層との関連を考察することができると考えている。

キーワード: 海底地すべり, 分岐断層, 南海等ラフ

Keywords: Submarine landslide, splay fault, Nankai Trough

三浦半島に分布する下部更新統斜面堆積物（上総層群野島層）における海底地滑り構造

Submarine landslide structure in the lower Pleistocene slope deposits, exposed at the Miura Peninsula, central Japan.

野崎 篤^{1*}, 楠 稚枝¹, 間嶋 隆一²

NOZAKI, Atsushi^{1*}, KUSU, Chie¹, MAJIMA, Ryuichi²

¹ 横浜国立大学大学院/環境情報学府, ² 横浜国立大学/環境情報研究院

¹Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National Univ., ²Faculty of Environment and Information Science, Yokohama National University

三浦半島北部には前期更新世の斜面堆積物である上総層群中部の野島層が分布する。調査地において野島層には、海底地滑りによって形成されたと考えられる構造が、房総半島の上総層群黄和田層中の鍵層凝灰岩 Kd-39 (176 万年前) に対比される YH02 凝灰岩の約 2-65 m 下部までの範囲に観察される。本研究では、野外踏査及びボーリングコア記載、火山ガラス屈折率や鉱物組成に基づく凝灰岩の対比、古地磁気極性に基づき、野島層における地滑り層の構造を明らかにした。

調査地の野島層は、下部、中部、上部の3つに区分される。下部は層厚およそ 50 m で下位は泥質砂岩、上位は砂質泥岩と泥岩の互層からなる。中部は層厚およそ 20 m で主に泥質砂岩からなる。上部は層厚およそ 5-40 m で、礫質砂岩から泥質砂岩にかけて上方細粒化を示す。下部の最上位の泥岩と中部の泥質砂岩とは明瞭な境界で接している。この境界部において、一部で下部の泥岩が泥質砂岩中に幅 40 cm、高さ 3 m にわたって貫入している様子が見られる。また中部において走向傾斜は上部や下部の示す走向傾斜と大きく異なる著しく多様な値を示す。この中部と下部において、それぞれ共通する 5 枚の凝灰岩が見出されたことから、中部と下部で同じ層準が繰り返しており、中部の全層準は下部の一部と重複していることがわかった。上部は中部と浸食面で境界されており、また上部基底における礫は泥岩、泥質砂岩、砂岩からなる。

調査地の野島層中部と下部での同層準の重複は、海底地滑りによって中部が下部の上に乗りあがることで生じたものであり、中部は地滑り岩体であると考えられる。中部は下部の同層準と比較するとより粗粒な岩相を示すことから、下部よりプロシキマルな環境で堆積したものであると推定される。また上部は地滑り痕を埋めた重力流堆積物であると解釈される。凝灰岩に基づく層序から、地滑りにより滑動した岩体は層厚約 110 m 分に達すると推定される。

キーワード: 海底地滑り, 下部更新統, 上総層群, 野島層, 三浦半島, 斜面堆積物

Keywords: submarine landslide, lower Pleistocene, Kazusa Group, Nojima Formation, Miura Peninsula, slope deposits

相模湾根府川沿岸域にみられる地域の地滑り堆積物の特徴 Characteristic of submarine landslide deposit, observed and the Nebukawa coastal area

八木 雅俊^{1*}, 椎野紗和日¹, 坂本 泉¹
YAGI, Masatoshi^{1*}, Shiino Sawaka¹, SAKAMOTO, Izumi¹

¹ 東海大学大学院海洋学研究所

¹ Graduate School of oceanography, Tokai university

神奈川県根府川地域は箱根火山外輪山の山麓であり、海岸付近には急斜面が発達している。1923年に起きた関東大地震の直後、根府川地区では白糸川上流の箱根火山の外輪山を構成する山体である大同地区が崩壊し、土砂が山津波となって白糸川沿いに流れ下った。この山津波と同時に根府川駅の背後で地すべりが起こり、ホーム、駅舎、付近の住宅、列車を巻き込み海中までに達した。

本地域には海岸付近に分布する大根溶岩と、標高 60m 以上分布する根府川石溶岩が存在し、両層間に挟在する火山碎屑物層は下位の固結した硬い火山礫凝灰岩と上位に発達するロームや軽石によって構成されている。

本調査では、東海大学保有の SeaBat7125 型超高分解能測深機を用いた高精度海底地形調査及び潜水調査を行い、得られた地形的特徴から本地域をおそった土石流及び地すべり堆積物の形成機構の解明を行った。

地形的な特徴として、1) 海岸地形に平行に分布する粗い反射で特徴づけられるゾーン、2) 海岸線より沖に向かい舌状の広がり呈するゾーンに区分され、2) は 1) を切って沖に向かい分布していた。また、舌状地形における潜水調査による産状観察及び海底から採取した岩石の記載岩石学的特徴から、さらに、舌状地形を構成する岩石は、標高 60m 以上分布する根府川中部溶岩流グループ起源の岩石により構成されていることが明らかになった。よって、本地域に分布する舌状地形は地すべり起源だと思われ、海岸付近の急斜面上で発生した地すべりにより標高 60m 以上分布する根府川溶岩流片を巻き込み、海中に没した崩壊堆積物が舌状地形を形成したと考えられる。

キーワード: 根府川, 地滑り, 舌状地形

Keywords: Nebukawa, landslide, lobe structure

海底地すべり模型実験を用いた海底地すべりの運動機構の解明 Experimental Study on Motion Mechanism of Submarine Landslides

本多 満貴^{1*}, 汪 発武¹, 園山 智和¹

HONDA, Mitsuki^{1*}, Wang Fawu¹, Tomokazu Sonoyama¹

¹ 島根大学 島根大学院 総合理工学研究科 地球資源環境学専攻

¹ Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering Shimane University

海底地すべりは大規模に長距離運動する特徴を持ち、それによる海底パイプラインの被害が大きな社会問題となっている。現在、海底地すべりにおける発生・運動機構などの研究は不十分である。本研究の目的は、どうして海底地すべりが陸でおきる地すべりに比べ大規模かつ、長距離にわたり高速で移動するのかを解明することである。そこで、海底地すべり再現実験装置と飽和土塊を用いた海底地すべりモデル実験から海底地すべり運動機構の解明を試みる。

飽和土塊を用いた実験において、地すべりの規模と運動速度による影響について調べた。地すべりの規模に関する実験では、飽和土塊の試料として珪砂7号および8号を用いた。この試料の質量を10kgから最大70kgと変化させ実験を行った。運動中底面に作用する垂直応力、間隙水圧、せん断応力を計測し、それにより、底面で発揮した摩擦係数を求めた。その結果、土塊質量が大きくなるに従い、摩擦係数が増加している傾向が見られた。一般的に内部摩擦角は質量が変化しても変化しないものである。そのためこの実験はより詳細に行う必要がある。運動速度に関する実験では、速度を0.26から0.78メートル毎秒へ変化させ実験を行った。この実験では土塊の状態が変化することを見ることができた。比較的遅い運動速度帯では海底土石流の様相を示す。また、比較的高速の運動速度帯では水と土塊が混濁し運動していることが解った。そのため、比較的遅い運動速度の実験では速度が大きくなるに従い摩擦係数が減少する。これは土塊の状態が徐々に変化したためと考えた。比較的高速の運動速度では速度が大きくなるに従い摩擦係数が上昇する傾向が見られた。粒径に関する実験では、7号珪砂と8号珪砂を混ぜた実験を行った。その結果、粒度が小さくなるに従い、摩擦係数が小さくなることを見られた。最後に運動土塊の密度に関する実験では、回転速度が増加するほど運動土塊の密度は減少していく傾向が見られた。これは速度が大きくなるに従い試料が水中へ浮遊するためである。このような飽和土塊の挙動や試験結果は海底地すべりでも同様に起きていると考えた。

キーワード: 運動機構, 海底地すべり, 模型実験

Keywords: motion mechanism, submarine landslide, experiment study

