

## 房総三重点付近の巨大崩壊、海底地すべり、津波

### Boso triple junction: large-scale instability and landsliding for potential tsunami genesis

小川 勇二郎<sup>1\*</sup>

OGAWA, Yujiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 小川 勇二郎

<sup>1</sup> OGAWA, Yujiro

房総三重点は、フィリピン海プレート (PHS) が、ユーラシアプレート (後に北米プレート (NAM)) に沈み込み、それから太平洋プレート (PAC) が沈み込む、海溝海溝海溝型三重点であり、中期中新世 (ca 15 Ma) に伊豆島弧が付近に移動してきて以来、連綿としてこの付近に存在していた (三浦房総での島弧由来の付加体や火山噴出物の証拠による)。海溝型三重点は一つのプレートの運動方向が、海溝の方向と一致していない限り、不安定で、どれかがトランスフォーム境界に変化するはずであるが、現在に至るまで、その形を余り変えていないことから、長い間 PHS はほぼ真北に進んでいて、現在の PHS の運動方向である NW への運動はごく最近に始まったものと考えられる。過去のプレートの運動方向は、位置不変のホットスポットがない限り、一般に分からないが、房総三浦半島の南端部の最も若い (2-3 Ma) 褶曲帯 (伊豆島の突入の効果はまだ及んでいない) が、ほぼ東西であること、丹沢・御坂・巨摩山地などの方向性などから、ある時期は NW へ、その後は N へ、さらにその後現在は NW へであると、想像できる。これらの運動の変化による三重点付近の地形の特徴から、ごく近過去 (> 0.5 Ma) における変化が、地形や地質に記録されている可能性があることを議論したい。

房総三重点近傍の海底地形と地質調査は、KAIKO 計画 (Ogawa et al., 1989; Seno et al., 1989) 以来、いくたびも行われて来、最近では、MCS 調査も行われたが、三重点近くのデータは 7-9 km と深度が大きいため不足している。我々のかいこう 10K の調査 (KR99-10) (Ogawa & Yanagisawa, 2011 Springer Book) と、岩淵ほか (1990) などにもとづく研究を総合すると、以下のようにまとめられる。房総沖には、二つの基本的な方向性が見られる。一つは、銭洲 鹿島海山ラインとも呼ぶべき NE 方向の顕著な断層崖とおぼしきリニアメントで、過去の大地震や津波を引き起こしたスラストとも考えられる。これは、南海トラフと日本海溝をつなぐ次世代のプレート沈み込み境界の可能性もある。もう一つは、房総半島の活断層の延長である、鴨川北断層や房総エスカープメントなどの WNW-ESE 方向のリニアメントで、片貝海底谷や鴨川海底谷が相当する。この二つの海底谷は、三重点に近づくにつれて向きを N-S から最後は SWS-NEN へと変化させ、勝浦深海盆へ注ぐ。その場所に、著しい大規模な地すべり地形を發展させる。これにより、その北側で NE 方向の正断層群 (岩淵ほか, 1990) が乱されているのが分かる。一方、勝浦深海盆は、菱形の底なし沼然とした地形で、それは PHS が NW へ運動方向を変化させたことに伴う東西伸張の結果出来た凹地形であると解釈され (岩淵ほか, 1990)、この変形が非常に若いものであることをうかがわせる。岩淵ほか (1990) は、三重点の北側の NAP と PAC の間に PHS が依然として存在することを示しているが、これが正しいとすると、その残存する PHS は、ごく最近まで PHS が真北へ沈み込んでいた証拠であろう。

以上のように、三重点近傍の沈み込み境界の断層の上盤 (hanging wall) は、ごく最近 (おそらく < 0.5 Ma (Seno et al., 1989)) の PHS の NW への運動変化により、下からの支えを失って、重力的に不安定になって崩壊しているのであろう。Ogawa & Yanagisawa (2011 Springer Book) がまとめたかいこう 10K の調査にもとづく巨大崩壊のありさまも、それを裏付ける。しかし、羽鳥 (2002 月刊地球) は、1953 昭和 M7.4 以外にも房総はるか沖の津波地震が過去にもあったらしいことを述べているが (1677 延宝 M8.0)、それが上に述べた NE 方向のスラストによるものが、三重点の崩壊による地すべりのようなものかは判然としないが、将来も起きるものと思われる。

キーワード: 房総三重点, 海底地すべり, 巨大崩壊, 海底谷, 津波

Keywords: Boso triple junction, submarine landsliding, large collapse, submarine canyon, tsunami

## 海底地すべりメカニズムの解明にむけた科学掘削 Scientific drilling for elucidation of submarine landslide mechanism

森田 澄人<sup>1\*</sup>

MORITA, Sumito<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

<sup>1</sup> AIST-GREEN

海底地すべりは、パイプラインや海底ケーブルの切断、津波の発生などにつながるということが知られ、またメタンハイドレートの分解を促すとも言われている。しかし、その発生要因は現時点であまり明らかにされておらず、IODP（統合国際深海掘削計画）は次期フェーズ（2013年-2023年）の科学計画の一つに「海底地すべりのメカニズム解明」を掲げた。これまで海底地すべりモデルとしては、「円弧すべりタイプ」が一般的に挙げられてきた。ただしその形態の複雑さのため、すべり面における岩相変化や物理特性を単純化することは困難である。一方、海底に平行な堆積層に沿って起こる「層面すべりタイプ」は、比較的シンプルな力学モデルの適用が可能であり、科学掘削に適切な対象と言える。本講演では、「層面すべりタイプ」の海底地すべりの例として、三陸沖堆積盆の海底地すべり構造を紹介する。

これまでに実施された高精度三次元地震探査により、三陸沖堆積盆の海底地すべりには、重力滑動に伴う特徴的な変形とそれに強く依存する脱水構造の存在が明らかとなった（森田ほか，2011）。脱水構造は、地すべりの発生と同時にすべり面から発生していると判断されるため、すべり面での余剰流体が地すべりを伴う地盤不安定化の要因になったと考えられる。また、地すべり層内でガス相を示す音響異常が認められることは、地層水中の天然ガスがこれに大きく関わったことを示唆している。地すべり層は側方の整然層に追跡が可能であり、すべり面に相当する層は、概してある程度の厚さを持った弱振幅レイヤーで特徴づけられる（Morita et al., 2011）。このように、三陸沖堆積盆の海底地すべり層に関わる構造は非常に明確である。

このような層面すべりタイプの海底地すべりを対象にした科学掘削が実現すれば、すべり面とすべり面相当層の比較によって、すべり面形成の素過程を明らかにすることが可能となり、そこでの天然ガスの寄与に関わる新たな情報を得ることも可能である。また、地すべり全体のすべり面特性を単純化しやすく、今後の海底地すべりモデリングにも大きく貢献できると期待される。本講演では、海底地すべりメカニズム解明に向けた「層面すべりタイプ」の海底地すべり層を対象とした科学掘削の重要性を提示する。

本研究には、平成20年度基礎物理探査「三陸沖3D」のデータを用いる。

キーワード: 海底地すべり, IODP, 科学掘削, 層面すべり, すべり面, 三次元地震探査

Keywords: Submarine landslide, IODP, scientific drilling, layer-parallel slip, slip plane, 3D seismic survey

## 宮城沖海底地震計 (OBS) に流入した堆積物 2011年東北地方太平洋沖地震と地震性タービダイト

### Trapped sediment in Ocean Bottom Seismometers - The 2011 Tohoku-Oki Earthquake and earthquake-induced turbidite

三浦 亮<sup>1\*</sup>, 新井 和乃<sup>2</sup>, 成瀬 元<sup>3</sup>, 長谷川 四郎<sup>7</sup>, 川村 喜一郎<sup>4</sup>, 金松 敏也<sup>5</sup>, 村山 雅史<sup>6</sup>, 海宝 由佳<sup>5</sup>

MIURA, Ryo<sup>1\*</sup>, ARAI, Kazuno<sup>2</sup>, NARUSE, Hajime<sup>3</sup>, HASEGAWA, Shiro<sup>7</sup>, KAWAMURA, Kiichiro<sup>4</sup>, KANAMATSU, Toshiya<sup>5</sup>, MURAYAMA, Masafumi<sup>6</sup>, KAIHO, Yuka<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 日本海洋事業(株), <sup>2</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>3</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>4</sup> 財団法人深田地質研究所, <sup>5</sup> 海洋研究開発機構, <sup>6</sup> 高知大学海洋コア総合研究センター, <sup>7</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科理学専攻地球環境科学講座

<sup>1</sup> Nippon Marine Enterprises, Ltd., <sup>2</sup> Graduate School of Science, Chiba University, <sup>3</sup> Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>4</sup> Fukada Geological Institute, <sup>5</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>6</sup> Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>7</sup> Department of Earth and Environments, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震発生以前に宮城沖に設置し、観測を行っていた長期設置型の海底地震計(OBS)17台を2011年3月~12月にかけて、5回の航海で回収した。これらのOBSハードハット内には、いずれも緑がかった暗灰色を呈する未固結の砂質泥の流入が認められた。回収されたOBS17台のうち3台は地震発生直後に実施された海洋研究開発機構「かいいい」KR11-05 Leg2航海(3月14日~31日)で回収されたものである。この砂質泥は主にclay-coarse sandの砂泥充填より構成されており、陸側から沖側に向かって細粒化する傾向が見られた(新井ほか, 2011)。三浦ほか(2011)では、東北地方太平洋沖地震の震源域近傍の海域においてOBSへの多量の流入が生じていることから、この砂質泥は地震発生に伴う大規模な海底地すべりなどに起因する混濁流堆積物であると推測した。本発表では、これらのOBS充填堆積物の粒度分析、底生有孔虫の解析結果、および「かいいい」搭載のマルチナロービーム音響測深機SeaBeam2112による海底地形データを紹介する。地震発生後に実施された「かいいい」の3航海(KR11-05 Leg2, KR11-E03, KR11-E05)でのSeaBeamデータを解析した結果、大陸棚~mid-slope terrace付近には海底地すべりによる顕著な斜面崩壊の痕跡は見られていない。また、緩傾斜(2度未満)である比較的陸域に近い浅海域(最浅部の水深299m)に設置したOBSも多量の堆積物で充填されていることから、陸域に近い場所が堆積物の供給源と推測できる。新井ほか(2011)はこれらのOBS充填堆積物に加え、「よこすか」ディープ・トウおよび「しんかい6500」潜航調査によって採取された海底堆積物についても粒度分析を行い、これらの堆積物が津波による陸棚~陸棚縁辺域の侵食作用を原因とする混濁流堆積物である可能性を示した。宮城沖に設置していたものと同型のOBSは南海トラフにおける長期設置(半年~1年)でも使用されているが、堆積物によって充填されたケースはない。加えて、3月の地震発生以後に日本海溝陸側斜面に設置し、回収を行ったOBSには堆積物の流入は認められていない。以上のことは、OBS充填堆積物が巨大地震およびそれに伴う津波の発生と関連したイベント性の堆積物であり、定常的な堆積作用のものではないことを示し、地震後間もなく短期間で広範囲にわたって混濁流が発生したことを裏付けるものである。

<文献>

新井和乃ほか, (2011) 日本堆積学会 2011年長崎大会講演要旨, 長崎, P34.

三浦 亮ほか, (2011) 日本地質学会第118年学術大会講演要旨, 茨城, R12-P4.

キーワード: 海底地震計, 2011年東北地方太平洋沖地震, タービダイト, 津波, 海底地形

Keywords: Ocean Bottom Seismometer, 2011 Tohoku-Oki Earthquake, turbidite, tsunami, bathymetry

## 海底液状化土砂流動：特性と社会への潜在的インパクト Submarine Liquefied Sediment Flows: Characteristics and Their Potential Impacts on Societies

佐々 真志<sup>1\*</sup>  
SASSA, Shinji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人港湾空港技術研究所  
<sup>1</sup> Port and Airport Research Institute

Subaqueous sediment gravity flows (SSGF) have become an increasingly important subject for research in relation to geomorphodynamics of sediment routing systems connecting river basins, estuaries and coastal oceans. Also, submarine landslides and flow slides have received considerable attention in view of their destructive power and associated consequences in nearshore and offshore facilities. Fluid-sediment interaction is a key process that features any SSGF. Here, I summarize some recent research advances on the characteristics and dynamics of submarine liquefied sediment flows and discuss their potential impacts on societies involving Tsunami.



## 海洋メタンハイドレート資源開発と斜面安定性の研究 A slope stability study for marine gas hydrate resource development

山本 晃司<sup>1\*</sup>, Tore Jan Kvalstad<sup>2</sup>  
YAMAMOTO, Koji<sup>1\*</sup>, Tore Jan Kvalstad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, <sup>2</sup> ノルウェー地盤工学研究所  
<sup>1</sup>Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, <sup>2</sup>Norwegian Geotechnical Institute

海洋のメタンハイドレートの存在と海底地すべりの関係については多くの仮説がたてられ、科学的な議論が進んでいる。それらの多くは、地質年代の時間スケールでの、地球規模の気候変動を原因とする大規模なイベントに関するものである。一方で、資源開発の観点でのメタンハイドレートの研究は、日本をはじめとして米国、韓国、インドなどで進められている。日本は、2013年の初頭に、渥美半島沖の東部南海トラフ海域において世界で初めてとなる海洋での産出試験に着手する予定である。計画されているような小規模（単一坑井、数週間から数カ月の生産、数十～百メートル程度の分解範囲）の産出試験、あるいはより規模の大きい将来の産業化においても、範囲や関与するエネルギーは気候変動に伴うものとは桁が異なるが、海底の斜面安定性に一定の影響を与える可能性は否定できない。その一方、ハイドレート分解とは直接関係のない地震等による自然のイベント、あるいは海底面付近で発生する小規模なイベントでも、生産施設やパイプラインといった海洋構造物に大きなダメージを与える可能性があり、地質学的スケールの現象とは異なるより緻密な検討も必要となる。

これらの観点から、筆者らはメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）の研究の一環として、メタンハイドレート研究のモデル海域とされている東部南海トラフにおける斜面安定性の研究に着手している。当該海域は背斜構造と海丘が発達した複雑な地形の地域であり、タービダイト堆積物の砂層の孔隙を充填した形でメタンハイドレート濃集帯の発達が見られている。2013年初頭には、第二渥美海丘の北斜面の一地点の海底面下のメタンハイドレートを対象に、減圧法による海洋産出試験が計画されているが、周辺には海丘の形成と海底谷による削割によって生じたとみられる、数キロ程度の広がり地すべり地形が見られている。この地すべり地形の基底はメタンハイドレートが濃集する深度よりもかなり浅いため、その形成にはハイドレートが大きな役割を果たしたとは考えにくい。また、当該海域は東南海地震の震源域に近く、過去に繰り返し大きな地震に見舞われてきた地域であり、地震が地すべりのトリガーとなった可能性もある。

そのため、我々は海洋産出試験が行われる第二渥美海丘エリア周辺の地すべりリスクの定量的に評価を行うこととした。この研究では、実施にあたっては、これまでに取得された地震探査のデータを用いた地形と地質構造の情報、及び掘削調査で得られたコアや検層のデータを元にした地盤工学的情報を分析し、さらに2011年には、AUV「うらしま」のサイドスキャンソナーとサブボトムプロファイルによる詳細海底地形・地質のデータを取得と、地球深部探査船「ちきゅう」を利用したハイドレート濃集帯より上位の地層からのコアリングとコーン貫入試験を実施して、海底面安定性と関わる地盤工学的情報を取得した。

これらのデータを使用して、海底地形のデータを使用した静的な荷重による地すべり安全率の評価と、東海・東南海・南海3連動地震を想定した地震荷重に基づく1次元動的解析モデルを使用した地震時の安全率評価を行った。さらに、海洋産出試験の条件を仮定して、メタンハイドレート分解による地層強度低下が斜面の安定性に与える影響を、数値計算で評価した。さらに、第二渥美海丘西側の地すべり地形が拡大した場合に発生する津波の大きさと伝播を評価した。

現在、新たに取得された試料・データの試験・分析を進めてそれらを評価結果に反映させる作業を行っており、さらに、東部南海トラフ地域での資源開発を想定して、この地域の斜面安定性のハザードマップの策定を行う予定である。

メタンハイドレートに限らず、海洋の資源開発が社会に受け入れられるためには、リスクを正しく評価し、それを社会に伝えて、理解を得ることが必須であり、その一つとして、今後も斜面安定性の研究を継続していく。また、海底面の安定性とメタンハイドレートの関係は科学的に未解明の部分も多く、基礎的な研究と実用的なリスク評価の双方の観点からの研究も必要である。

キーワード: メタンハイドレート, 海底地すべり, 地盤工学, 津波  
Keywords: methane hydrate, submarine landslide, geotechnical, tsunami