

海底地すべり研究の重要性と方向性 New perspective of submarine landslide

阪口 秀^{1*}, 坂口 有人²
Hide Sakaguchi^{1*}, Arito Sakaguchi²

¹ 海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域, ² 山口大学理学部
¹IFREE/JAMSTEC, ²Fac. Science, Yamaguchi Univ.

近年、海底ケーブルや着定式プラットフォームなどの海底インフラの保全と地すべり起源の津波防災などの観点から、海底地すべりに対する意識が高まりつつある。しかし、陸上の地すべりと比較して、海底地すべりは現象そのものの観測が困難な上、地すべり前後の海底地形の比較さえ容易ではない。また、地すべりの危険性を評価するための基礎的データとなる海底地盤物性や間隙水圧変動の測定も非常に難しいのが現状である。一方、陸上における地すべりのトリガーについては、一般的に降雨等による地すべり面の間隙水圧の上昇と地震による加速度の増加が考えられているが、常時水没している海底における間隙水圧上昇メカニズムについても良く分かっていないことが多い。そこで、本発表では、海底地すべりについて、これまでに分かっていることを総括し、表層地殻変動と地盤変形という異なる2つの理工学的観点から、海底地すべり研究の重要性と方向性を示す。

キーワード: 海底地すべり, 土質力学, シミュレーション
Keywords: Submarine landslide, Soil mechanics, Simulation

駿河湾における石花海巨大海底地すべり仮説 - IODP 試料のリングせん断試験と海底地震観測波形を用いたシミュレーションより

A hypothesis of the Senoumi submarine megaslide in Suruga Bay in Japan

佐々 恭二^{1*}, 賀 斌², ミハエルストラッサー³, 宮城豊彦⁴, 古村孝志⁵, 酒井慎一⁶, 篠原雅尚⁶, 小長井一男⁷, マヤオストリッチ², ヘンディーセチアワン², 寶 馨², 永井修¹, ダンクワンカン¹, 柳澤英明⁴, 山敷庸亮²
 Kyoji SASSA^{1*}, HE, Bin², STRASSER, Michael³, MIYAGI, Toyohiko⁴, FURUMURA, Takashi⁵, SAKAI, Shinichi⁶, SHINOHARA, Masanao⁶, KONAGAI, Kazuo⁷, OSTRIC, Maja², SETIAWAN, Hendy², TAKARA, Kaoru², NAGAI, Osamu¹, DANG Quang Khang¹, YANAGISAWA, Hideaki⁴, YAMASHIKI, Yousuke²

¹ 特定非営利活動法人アイシーエル (国際斜面災害研究機構), ² 京都大学防災研究所, ³ スイス ETH-Zurich・地質研究所, ⁴ 東北学院大学教養部・地域構想学科, ⁵ 東京大学大学院情報学環・総合防災情報研究センター, ⁶ 東京大学地震研究所・観測開発基盤センター, ⁷ 東京大学生産技術研究所

¹International Consortium on Landslides, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³Geological Institute of ETH Zurich, Switzerland, ⁴Tohoku Gakuin University, ⁵Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo, ⁶Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ⁷Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

駿河湾に石花海と呼ばれる特異な海底地形が存在する(図左)。この地形の成因についてはこれまで研究がなされてこなかった。この形状は、移動開始と同時にせん断強度が極めて小さくなるスカンジナビア等で見られるクイッククレイの地すべりに形状が似ている。2010年に統合国際深海掘削計画(リーダー:Strasser)の一環として、南海トラフ沿いの海底地すべりの活動履歴を調べるために海底から315mの掘削が行われた。最大層厚(60m)の地すべり堆積層(MTD)の底部に確認されたピンク火山灰層(188-190m)からサンプルを採取した。ピンク火山灰(約100万年前に九州から飛来)は、石花海にも堆積していた可能性がある。また、駿河湾地域には三紀層の砂層・シルト層が広く分布しているので、それがこの陸棚部分まで伸びている可能性と浸食された砂・シルトが大井川等で運搬されて堆積層を形成していた可能性がある。図右は、実施した非排水荷重リングせん断試験の概念図である。採取した火山灰、第三紀層の砂層・シルト層から採取したサンプルについて、東北地震で最大加速度が観測されたMYG004の加速度波形を用いた地すべり再現試験(垂直荷重1MPa)を実施した。その結果、傾斜9.1度の海底斜面にMYG004の観測地震加速度波形の0.3倍(最大加速度810gal)を荷重したところ、せん断破壊とそれに続く加速度運動が再現された。

また、火山灰、第三紀層の砂層、シルト層サンプルについての繰り返し荷重非排水リングせん断試験により得られたパラメータを地すべり発生運動統合シミュレーションに入力した結果、この火山灰のパラメータでは、深さ200m程度の地すべりが石花海で発生すること、第三紀の砂層の場合はこれより深さ、範囲が狭いものの大規模地すべりが発生すること、一方、シルトの値を用いると、ほとんど地すべりが発生しないことが見いだされた。

その後、2011年東北地震の際に釜石沖の海底に設置された地震計の観測波形(酒井・篠原)を用いてシミュレーションを再度実施したが、同様に石花海における地すべりが再現された。現在、新しく試作したより容量の大きな試験機(最大垂直荷重3MPa)を用いた非排水繰り返し荷重せん断試験と海底地震観測記録を用いた地すべり再現試験を計画している。

結論:石花海の地形は過去の大規模地震の際に発生した巨大海底地すべりの可能性がある。もしこの仮説が正しければ、南海トラフでの巨大地震時にはこの地すべりの陸上部への拡大の懸念と南海トラフに続く陸棚の他の地域で巨大海底地すべりが発生し、それが地震津波を拡大させる可能性がある。

参考文献

K. Sassa, B. He, T. Miyagi, M. Ostric, M. Strasser, K. Konagai, M. Ostric, H. Setiawan, K. Takara, O. Nagai, T. Baba, Y. Yamashiki, S. Tutumi (2012) A hypothesis of the Senoumi submarine megaslide in Suruga Bay in Japan ?based on the undrained dynamic-loading ring shear tests and computer simulation. Landslides Vol.9, No.4, 439-455.

佐々恭二、賀斌、宮城豊彦、M.Strasser、小長井一男、M.Ostric、H. Setiawan、寶馨、永井修、山敷庸亮、堤昭一(2012) 巨大地震による駿河湾大規模海底地すべりの可能性の検討。第51回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.113-114

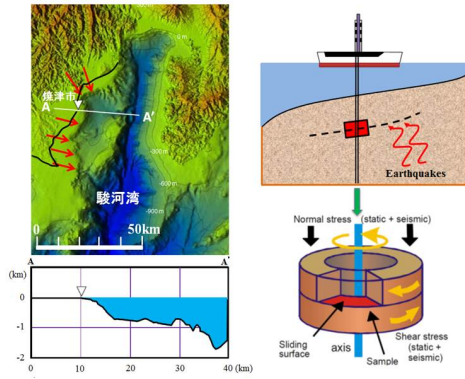
キーワード: 海底地すべり, IODP, 非排水リングせん断試験, シミュレーション

Keywords: submarine landslide, IODP, undrained ring shear test, simulation

HDS28-02

会場:104

時間:5月23日 16:30-16:45



活動的前弧海盆における海底地すべり：東部南海トラフ海域の例 Submarine landslides in an active forearc basin (Eastern Nankai Trough area)

江川 浩輔^{1*}, 伊藤 拓馬¹, 木村 匠¹, 鈴木 清史², 成田 英夫¹
Kosuke Egawa^{1*}, Takuma Ito¹, Sho Kimura¹, Kiyofumi Suzuki², Hideo Narita¹

¹(独)産総研メタンハイドレート研究センター, ²(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構
¹MHRC/AIST, ²JOGMEC

Most of landslide analyses in offshore regions have been spotted in passive continental margins, where glacial-interglacial interaction could activate submarine landslides. These previous studies commonly focus on morphometric feature and distributional pattern of submarine landslide itself, and less on its structural and stratigraphical conditions. Understanding such geological knowledge on landslide regions would be helpful for geohazard assessment and resource development, especially in plate convergent zones. In this meeting, we present seismic and balanced cross sections of mass transport deposits in a Pleistocene forearc basin along the Eastern Nankai Trough to discuss tectono-stratigraphic impact on active-forearc landslides. This study was financially supported by METI and MH21 Research Consortium.

キーワード: 海底地すべり, 前弧海盆, 3次元震探解析, バランス断面法, 東部南海トラフ海域

Keywords: submarine landslide, forearc basin, 3D seismic analysis, balanced cross section, Eastern Nankai Trough area

日本海東縁、上越海盆の表層ガスハイドレート分布域で掘削した MD179 コアでの 海底地すべりの研究

Submarine landslide identified in MD179 cores from shallow gas hydrate area of Joetsu basin, eastern margin of Japan Sea

角和 善隆^{1*}, 中嶋健², 松本良³

Yoshitaka Kakuwa^{1*}, NAKAJIMA, Takeshi², MATSUMOTO, Ryo³

¹ 東京大学大学院総合文化研究科, ² 産業技術総合研究所, ³ 明治大学

¹ Graduate School of Arts and Sciences, the University of Tokyo, ² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ³ Meiji University

Gas hydrate is exposed on a sea floor and is hosted in a shallow depth of sediments in the Joetsu Basin, the eastern margin of the Japan Sea. Linear arrangement of pockmarks and mounds, 50 to 500 m in diameter and 10 to 50 m high and deep, respectively, are identified on both Joetsu knoll and Umitaka spur in the Joetsu Basin. Seismic profiles of these topographic highs reveal gas chimney structure, an effective conduit for the migration of deep-seated gases, develops below the pockmarks and mounds, and the depth of bottom simulating reflectance is estimated to be situated around 100-150m on the spur and knoll. Pockmarks and mounds should have been related to formation and dissociation of gas hydrate. Whereas Un-named ridge situated northeast of the Umitaka spur shows no such characteristic landforms (Matsumoto, 2009; Matsumoto et al., 2009).

Sediment cores are recovered from the Joetsu knoll, Umitaka spur and Un-named ridge during the cruise of R/V Marion Dufresne in 2010 to examine the occurrence and nature of gas hydrate and its surrounding sediments. Bioturbated layers interbedded with thinly laminated (TL) layers, both of which consists of silty clay, are the main constituents of the sediment cores. Blocks or fragments of gas hydrate, carbonate nodules and thin laminations of sand occur in some cores. The repeated bioturbated and TL layers are a diagnostic feature of the Quaternary sediments of the Japan Sea, and the TL layers substitute for marker beds with a help of tephra. Detailed observation of the TL layers makes it easy to recognize landslide horizons in the Japan Sea, in addition.

The recovered sediment is, although, mostly disturbed by tilted horizons, faults, slump folds and breccia except that from the Un-named ridge. The tilted horizons are the most common disturbance of sediments and faults follow them. Slump folds are almost limited to the MD179-3296 that is cored at a pockmark on the Umitaka spur. Detailed examination of TL layers clarified that the TL layers occur in order and a disturbance of sediment is limited in many cores. MD17-3317, which is targeted at a pockmark on the Joetsu knoll, is the most severely disturbed core and consists of breccia originated from repeated debris flow.

Timing and trigger of the submarine landslides are hardly clarified in most cases. Among them, breccia of MD179-3299 that occurs in the upper portion of TL2, the characteristic sediment of the last glacial maximum (LGM) in the Japan Sea, is interpreted as follows. Carbon isotopic analyses and an occurrence of a specific foraminifer strongly suggest a release of methane had occurred around that horizon. And this release of gas caused by the lowered sea level as much as 120 m during the LGM probably led the debris flow on the Umitaka spur.

The thick breccia of MD179-3317 and tilted horizon of MD179-3301 had been formed after the LGM when the global warming had rapidly progressed and sea level had been rising. The Clathrate Gun Hypothesis (Kennett et al., 2002) may be applied to this event. This hypothesis predicts that gas hydrate is unstable at the very time when the interstadial interval had started, and the dissociation of gas hydrate by the warming resulted slope failure such as slump, debris flow and turbidity current.

Seismic activity is another factor that should be considered, because the Joetsu basin is situated in the midst of tectonically active area of the eastern margin of Japan Sea. The Un-named ridge has no physiological sign of release of gas hydrate, and therefore the fault of MD179-3312 will be the case.

Acknowledgement

This work is financially supported by the MH21 project.

References

Kennett, J.P., et al., 2002. Am. Geophys. Union, 210p.

Matsumoto, R., 2009. J. Geogr., 118, 7-42.

Matsumoto, R., et al., 2009. J. Geogr., 118, 43-71.

キーワード: 海底地すべり堆積物, ガスハイドレート, 上越海盆, 日本海, 最終氷期

Keywords: submarine landslide, gas hydrate, Joetsu Basin, Japan Sea, last glacial maximum

海底地すべりによる日高前縁堆積盆の埋積作用 Mass-transport-dominated sedimentation in a foreland basin, Hidaka Trough

野田 篤^{1*}, 辻野 匠¹, 上嶋 正人¹

Atsushi Noda^{1*}, TUZINO, Taqumi¹, Masato Joshima¹

¹ 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

海底地すべりは海底における主要な堆積物輸送様式の一つであり、沿岸のインフラや沖合の石油・天然ガス生産施設に甚大な被害を与えることがある。その発生・移動・堆積に関するプロセスを理解することは、海域の防災対策にとって非常に重要である。今回、日高前縁堆積盆における現世から後期第四紀の海底地すべり堆積物を報告する。日高前縁堆積盆は、東北日本弧と千島弧の衝突によって形成された堆積盆であり、石炭を含む陸成及び浅海成白亜系以降の厚い堆積物によって埋積されている。海域の音波探査記録からはBSR・泥火山・ポックマーク・音響的空白域が観察され、海底下のガスハイドレートや遊離ガスの存在が示唆される。堆積盆の表層には海底地すべり堆積物が積み重なるように堆積しており、海底谷や自然堤防をともなう海底チャネルは発達していない。本地域の海底地すべり堆積物は比較的薄く(30 m厚)、東縁・北東縁・西縁の大陸縁辺斜面から供給され、その発生には複数の要因が関係していると考えられる。堆積盆東縁の大陸斜面には、日高山脈の隆起にともなうスラストや褶曲が発達しており、斜面の傾斜が大きい。堆積盆の西縁から北西縁に多数存在する活火山は、堆積盆に火山灰層を頻繁に堆積させている。また、太平洋プレートの沈み込みに関連する巨大地震の振動は、斜面堆積物中の間隙水圧を上昇させる。さらに、海底下のガスハイドレートは、海水準の下降や津軽海峡からの暖流水の流入による温度-圧力条件の変化によって分解することがある。これらの複合的な要因が堆積盆縁辺域の斜面堆積物を不安定にし、頻繁に薄い海底地すべりを発生させることで、日高前縁堆積盆の埋積作用を特徴づけている。このことは同時に、長期的な斜面の安定性を必要とする海底チャネルの発達を妨げている原因にもなっていると考えられる。

キーワード: 堆積物重力流, 海底地すべり, 前縁堆積盆, 活動的縁辺域, ガスハイドレート

Keywords: Mass transport, submarine landslide, foreland basin, active margin, gas hydrate

緩傾斜陸棚斜面における大規模海底地すべりの三次元的構造解析 下北半島沖スランプ層の分布と形成様式 3D structural analysis of large-scale submarine landslide on a very gentle continental slope off Shimokita Peninsula

中村 祐貴^{1*}, 森田 澄人², 芦 寿一郎¹
Yuki Nakamura^{1*}, Sumito Morita², Juichiro Ashi¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 独立行政法人産業技術総合研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

海底地すべりは、陸上の地すべりに比べ規模や移動距離が大きく、水中の安息角に満たない斜面でも発生しやすいことが、これまでの研究により多く指摘されている。Morita et al. (2011) は、下北半島沖三陸沖海盆の三次元地震探査データを解析し、鮮新統以浅の地層に多数の大規模海底地すべり層を認定した。これらは非常に緩傾斜の陸棚で起こった層面すべりのスランプ層であることを示しており、特異な内部構造と脱水構造を持つことを特徴としている。本研究では、同海域海底地すべり層の形成様式と流体循環に関わる詳細を明らかにすることを目的とし、同三次元地震探査データを用いた更なる解析を進めている。これまでにスランプ層の形態と構造の概容が明らかとなってきた。その規模や内部構造および脱水構造の特徴は、スランプが非常に緩やかで平坦な陸棚斜面で起こったことと関連していると考えられる。また、ガスハイドレート BSR(Bottom Simulating Reflector) はスランプ層の内部で顕著であり、周囲の整然層においては明瞭な BSR は認められない。これは、スランプ層中の BSR 相当深度において音響インピーダンスのコントラストが大きいことを意味しており、相対的にスランプ層中にメタンハイドレートなどのガスが集まりやすい傾向を示しており、海盆内における流体循環の特性を示していると考えられる。本発表では、地すべりの分布と形態のこれまでの成果の紹介に加え、最新の解析結果を報告する。本研究では、平成 20 年度基礎物理探査「三陸沖 3D」を使用している。解析には Landmark Graphics 社製の SeisVision を用いた。

キーワード: 海底地すべり, 三次元地震探査, 高メタンフラックス, 下北半島

Keywords: submarine landslides, 3D seismic data, high methane flux, Shimokita Peninsula