

3. 2. 2 海底地すべりと堆積物の強震動による変形の研究

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5 ヶ年の年次実施業務の要約
 - 1) 平成 23 年度
 - 2) 平成 24 年度
 - 3) 平成 25 年度
 - 4) 平成 26 年度
 - 5) 平成 27 年度

(2) 平成 23 年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献

3. 2 海底堆積物調査

3. 2. 2 海底地すべりと堆積物の強震動による変形の研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 海底地すべりと堆積物の強震動変形の研究

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域	技術研究副主幹	金松 敏也

(c) 業務の目的

東北地方太平洋沖の海域において、海底堆積物採取を実施し、2011 年東北地方太平洋沖地震による、海底地すべりや強震動によって乱された堆積層の認定とその特徴の把握を行う。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 23 年度：

海洋研究開発機構の「みらい」を使った調査航海により、採泥を実施し震源域近傍の日本海溝から海底堆積物コアを採取した。平成 23 年度の地震によって海底地すべりが発生した可能性がある海域で、地層の岩相や物性に特異な特徴が見られるか検討するため、岩相記載と物性測定を実施した。調査航海と採取試料の解析は産業技術総合研究所と密接な連携の下に共同して実施した。

2) 平成 24 年度：

調査航海を実施し、青森県～福島県沖の海域から海底堆積物コアを採取する。また、平成 23 年度の本プロジェクトによる調査航海や平成 23 年 3 ～ 4 月に実施されたドイツ船の調査航海などにより採取された堆積物コアもあわせて、解析を実施し、平成 23 年度の地震により海底地すべりや強震動により乱された堆積層の認定とその特徴の把握を行う。また過去に同様の変動が起ったか、堆積物コア中に同様な構造を有するか検討する。

3) 平成 25 年度：

調査航海を実施し、青森県～福島県沖の海域から海底堆積物コアを採取する。平成 23、24 年度の結果も踏まえ、NSS によるピンポイント採泥を含めた調査を行う。平成 23、24 年度の本プロジェクトによる調査航海や他の調査航海などにより採取された堆積物コアもあわせて、平成 23 年度の地震により海底地すべりや強震動により乱された堆積層の認定とその特徴の把握を行う。また過去に同様の変動が起ったか、堆積物コア中に同様な構造を有するか検討する。

4) 平成 26 年度：

調査航海を実施し、青森県～福島県沖の海域から海底堆積物コアを採取する。本プロジェクトでの調査結果などを踏まえ、NSS によるピンポイント採泥を行う。また、本プロジェクトによる調査航海や関連する他の調査航海などにより本海域から採取された堆積物コアもあわせて、平成 23 年度の地震により海底地すべりや強震動により乱された堆積層の認定とその特徴の把握を行う。また過去に同様の変動が起きたか、堆積物コア中に同様な構造を有するか検討する。

5) 平成 27 年度：

本プロジェクトによる調査航海や他の調査航海などにより採取された堆積物コアについて、海底地すべりや強震動により乱された堆積層の認定を進めるとともに、本プロジェクトなどで取得したデータを取りまとめ、海底堆積物に記録された地震発生履歴を解明する。

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 業務の要約

東北地方太平洋沖地震では海溝先端部まで破壊が伝播したとされている。そして海溝底には、地震後に地形的高まりが出現し、これは陸側斜面よりもたらされた海底地すべり体である可能性が指摘された。海溝底の海底地すべりが、破壊が海溝まで達したために形成されたのであれば、地層中にその痕跡を見いだすことで、今回のような地震が起きた場所や履歴を知る事ができる可能性がある。今回の海溝底の変動はどのようなであったか、そして過去に同様の現象が起っていたかを知るため、海洋研究開発機構の海洋地球研究船「みらい」を使い海溝底堆積物を採取し、岩相記載と物性測定を行った。その結果、“地形的高まり”の周辺では海底地すべりにより地層が流動化した証拠はなく、別のメカニズムにより“地形的高まり”が形成されたと考えられる。

(b) 業務の実施方法

Fujiwara *et al.*, (2011)によると、地震後に海溝底に高まり（以降“地形的高まり”と表記）が出現し、これは海溝陸側斜面を構成していた堆積体が海底地すべりによって移動したものである可能性が指摘された（図 1）。この現象が、今回のような破壊が海溝まで達する地震の特徴であるなら、海底地すべりに伴い形成された乱堆積構造が観察されるはずである。そして過去の地層に同様な構造を見いだせれば、そういった地震の履歴を復元できる可能性がある。海底地すべりが発生した場合、傾斜した層構造、断層、スランプ、褶曲といった構造が形成され、その層序を編年することで、変動の歴史を知る事ができる（例えば熊野沖南海トラフにおける海底地すべり層序の復元：Expedition 333 Scientists, 2011, Strasser *et al.*, 2011）。また表層堆積物が強震動のため破碎し、その場で再堆積することも考えられる(Sakaguchi *et al.*, 2011)。そういった現象が今回の地震で起きたか検証するため、海底地すべり体と考えられる“地形的高まり”の周辺で海洋研究開発機構

の海洋地球研究船「みらい」を使い MR12-E01 航海を実施し、海溝底から堆積物コア 6 本(PC と記載)を採取した(図 1 および表 1)。

表 1 MR12-E01 による海底堆積物コアの採取地点とコアの採取長

採取日	コア名	緯度	経度	水深 (m)	採泥管 (m)	引き抜き張力 (t)	採取長 (cm)
2012/2/21	PC01	38°05.1540' N	143°59.4602' E	7,546	5	8.0	440.9
	PL01				0.7		54.0
2012/2/21	PC02	38°05.1239' N	144°02.6097' E	7,249	5	8.4	458.2
	PL02				0.7		53.2
2012/2/22	PC03	38°05.9916' N	143°59.9781' E	7,541	10	8.0	948.6
	PL03				0.7		98.0
2012/2/28	PC04	38°01.4348' N	144°00.2359' E	7,554	10	8.3	961.1
	PL04				0.7		75.0
2012/2/28	PC05	38°04.4927' N	143°59.4269' E	7,517	5	8.0	469.7
	PL05				0.7		86.0
2012/2/29	PC06	38°03.0143' N	144°00.4309' E	7,541	10	8.0	923.2
	PL06				0.7		78.0

緯度、経度はトランスポンダーによる

各地点では最上部の堆積層を乱さないように短いパイロットコア(PLと記載されている)を使い堆積層を同時に採取している。採取したコアの位置は、海溝底の地形的高まりが海底地すべり体であった場合、その周辺に流動した地層が広がること考え“地形的高まり”周辺で最も堆積が起りそうな北と南の低地で 2 地点(PC03, PC04)、海底地すべりにより形成された地層を採取する事を考え“地形的高まり”直上で 1 地点(PC05)、海底地すべり体の進行方向に流動した地層の発達が期待されるため、その進行方向の東側で 1 地点(PC06)の採泥を実施した。地震後に、すでに 30cm のコアが採取されている 2 地点(小栗ほか、2012)でも、より古い地層を採取するため採泥を行った(PC1, PC02)。採泥点では船上のサブボトムプロファイラーにより地層の発達状況を確認しながら行った。また採泥器が目的の地点に着底するようトランスポンダーを使い、繰り出すワイヤーロープの位置と船の位置を確認しながら行った。7500m 以上のワイヤーロープを繰り出すウインチの巻き上げ能力を考慮し安全に巻き上げが可能な 900kg の錘と最大で 10m の採泥管から構成されるピストンコアラを使用した。採取したコアは船上で 1 m のセクションに分割し、物性データ(音速、密度、帯磁率)を連続的に取得した。その後、コアを半割し岩相記載、構成物の観察を船上でおこなった。

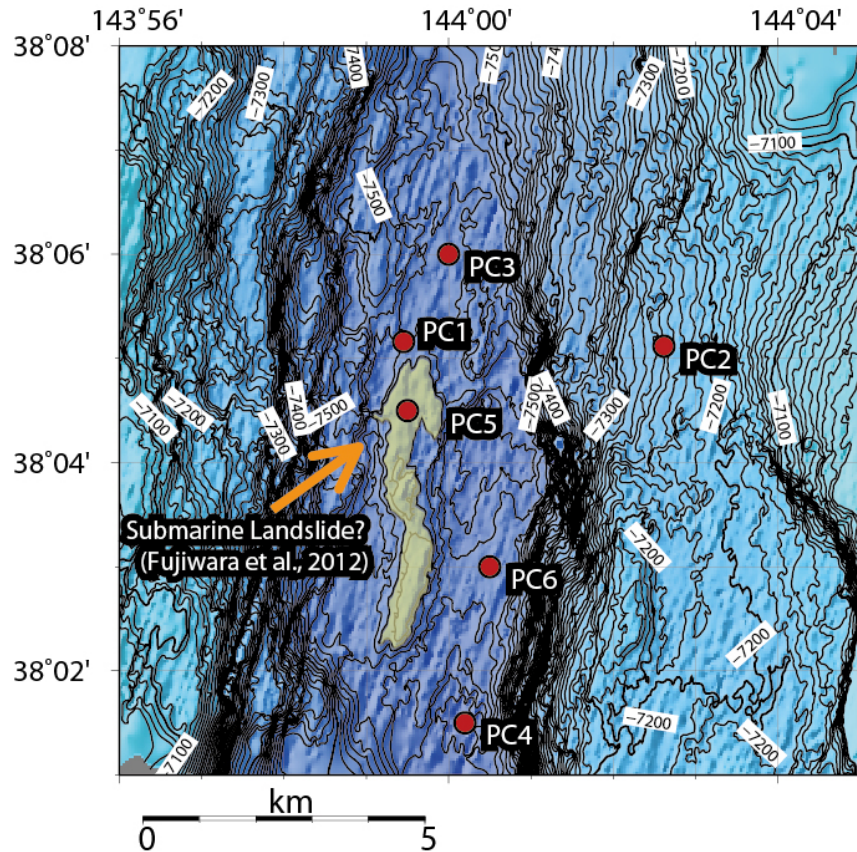


図1 MR12-E01 による海底堆積物コアの採取地点と、その周辺の地形図。地震後に出現した海底地すべり（図中に Submarine Landslide?と表記）と考えられる地形的高まりを淡緑色で示す。

(c) 業務の成果

採取したコアの岩相観察をした結果、コアの最上部数十 cm は多くの場合、赤褐色の珪藻を含む、砂から泥で構成される。この層準は上方細粒化を示し、地震直後にもたらされたタービダイトと考えられる（図2、PL01, PL03, PL04, PL05）。この層準の下位には他のイベントを示すいくつかの堆積構造が確認された。しかしどのコアにも海底地すべりを示すような乱堆積構造は認められなかった。特に海底地すべり体と考えられる“地形的高まり”上から採取したコアには、変形した地層は観察されず（図3）、唯一 PC01 の3 m より下位に地層の傾斜が見られたが、これは採泥時の攪乱の影響の可能性が考えられ、今のところ海底地すべりの影響とは考えにくい。そして“地形的高まり”上のコア(PC05)は他の“地形的高まり”の周辺に発達する小海盆のコアと岩相が同様であり、ガンマ線密度、P波速度、帯磁率の測定によるプロファイルと比較すると、物性もほぼ同様であることが分かった（図4）。すなわち“地形的高まり”上の地層は他の場所と同様、もともと海溝底で形成された地層である可能性が高い。こういった観察から地震後に現れた“地形的高まり”は、海底地すべりによって形成された物とは考えにくく、“地形的高まり”は別のメカニズムにより隆起したと考えられる。

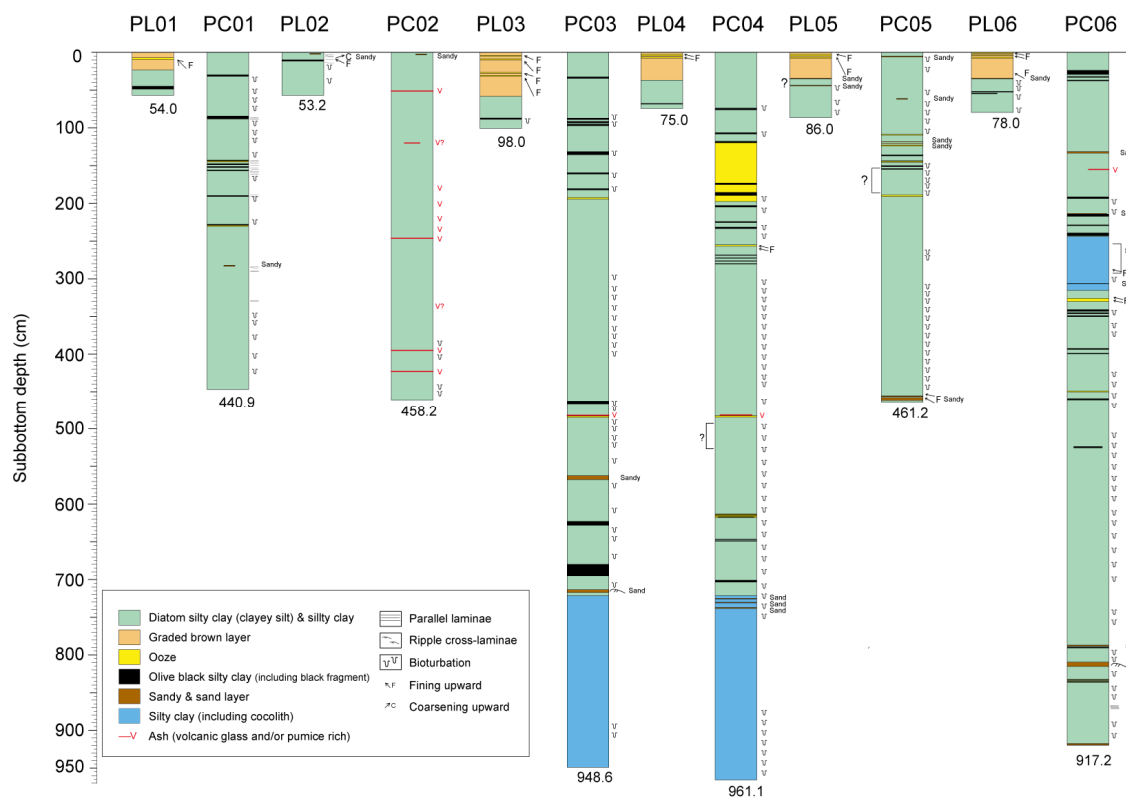


図2 MR12-E01によって採取されたコアの岩相図の概要。PCはピストンコアラー本体を示す。PLはパイロットコアラーで表層を乱すことなく試料採取した。

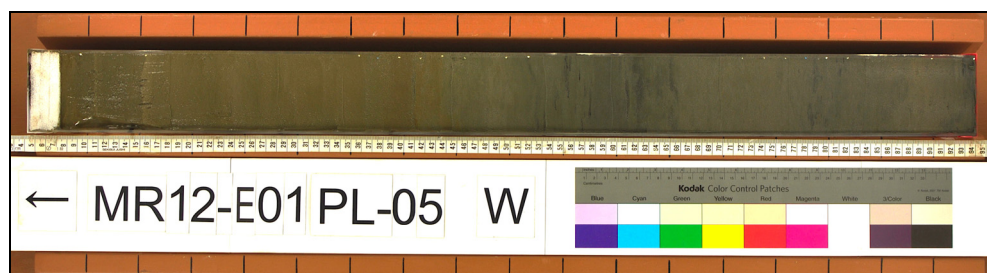


図3 “地形的高まり”より採取されたコアのごく表層部のコアの写真 左がコアの最上部、(ごく表層 90cm) には乱れた様子はない。

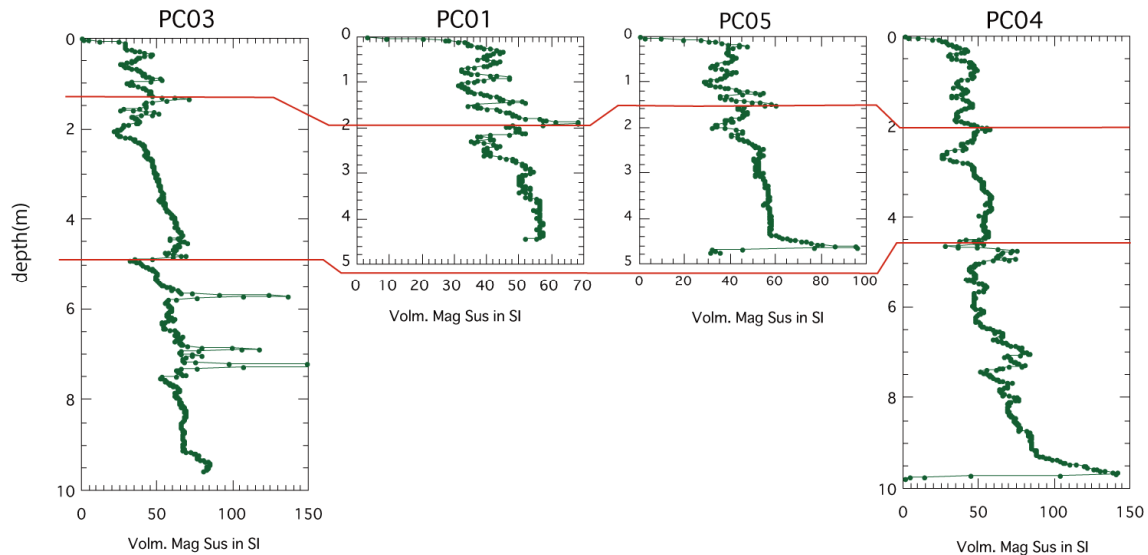


図4 “地形的高まり”より採取されたコア(PC03)の物性(帯磁率)とその周辺の他のコアの帯磁率との比較。帯磁率変化は堆積層の構成物を反映する。PC03の表層数mの帯磁率変化が他の場所のコアと違う様子はなく、PC03の堆積層が地すべりにより乱されているとは考えにくい。赤線はコア間で対比可能と考えられる層準。

(d) 結論ならびに今後の課題

表層変動が大きかった海溝底で、地震後に出現したと考えられる“地形的高まり”の周辺の表層堆積物には、流動化や変形した構造はなく、“地形的高まり”が海底地すべりによって移動した堆積体とは考えにくい。しかし地震前と地震後の地形データの比較や測地学的データ(Fujiwara *et al.*, 2011, Kido *et al.*, 2011)が示すように、沈み込む海側プレートに対して、海溝陸側斜面は地震時に水平方向に大きく移動したとされている。陸側からの押し出しにより海溝底が隆起して“地形的高まり”が形成されたという Kodaira *et al.*, (submitted)による解釈や、Kawamura *et al.*, (2012)が示すように陸側斜面先端の地塊全体が回転したとする考えが正しいとすると、地層の変形の痕跡は海側と陸側の境界にあたる陸側斜面の先端部に集中した可能性があると考えられる。従って今後、陸側斜面において試料を採取し地震時の海底変動による海底地すべりや変形があったか解析し、破壊が海溝先端まで達した海底でどのような変動が起こったか明らかにする必要がある。

(e) 引用文献

- Expedition 333 Scientists, 2011, NanTroSEIZE Stage 2: subduction inputs 2 and heat flow. *IODP Prel. Rept.*, **333**. doi:10.2204/iodp.pr.333.2011.
- Fujiwara, T., S. Kodaira, T. No, Y. Kaiho, N. Takahashi and Y. Kaneda, 2011, The 2011 Tohoku-oki Earthquake: Displacement reaching the trench axis, *Science*, **334**, doi:10.1126/science.1211554.
- Kawamura, K., T. Sasaki, T. Kanamatsu, A. Sakaguchi, and Y. Ogawa, 2012, Large submarine landslides in the Japan Trench: A new scenario for additional

- tsunami generation, *Geophysical Research Letters*, **39** L05308, doi:10.1029/2011GL050661.
- Kido, M., Y. Osada, H. Fujimoto, R. Hino and Y. Ito, Trench-normal variation in observed seafloor displacements associated with the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophysical Research Letters*, **38** L24303, 2011, doi:10.1029/2011GL050057.
- Kodaira, S., T. No, Y. Nakamura, T. Fujiwara, Y. Kaiho, N. Takahashi, Y. Kaneda, A. Taira, Evidence of coseismic fault rupture at the trench axis during the 2011 Tohoku-oki earthquake, submitted to Nature Geoscience.
- Strasser, M., Henry, P., Kanamatsu, T., Thu, M.K., Moore, G.F., and the IODP Expedition 333 Scientists, 2011, Scientific Drilling of Mass-Transport Deposits in the Nankai accretionary wedge: First Results from IODP Expedition 333. In: Springer Book Series Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol. 31, - Submarine Mass Movements and Their Consequences, 4th Edition, Y. Yamada, K. Kawamura, K. Ikehara, Y. Ogawa, R. Urgeles, D. Mosher, J. Chaytor, M. Strasser (eds.), Springer, pp 671-681, doi 10.1007/978-94-007-2162-3_60
- 小栗一将・豊福高志・坂口有人・川村喜一郎・笠谷貴史, 2012 年東北沖地震後に「ランダー」による津波波源域の日本海溝底の探査, ブルーアースシンポジウム2012 予稿集
- Sakaguchi, A., G. Kimura, M. Strasser, E.J. Screaton, D. Curewitz and M. Murayama, 2011, Episodic seafloor mud brecciation due to great subduction zone earthquakes, *Geology*, **39**, 919-922, doi: 10.1130/G320432011.