

3. 3. 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) 3ヵ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

(2) 平成 24 年度の成果

- (a) 業務の要約
 - 1) 海溝軸付近の試料の解析
- (b) 業務の実施方法
 - 1) 海溝軸付近の試料の解析
 - 2) 調査航海
- (c) 業務の成果
 - 1) 海溝軸付近の試料の解析
 - 2) 調査航海
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献

3.3 海底堆積物調査等

3.3.2 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による変形の研究

(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、海底地すべりと堆積物の強震動変形の特徴を把握する。

(d) 3ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成23年度：

（独）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（独）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、宮城県～福島県沖の海域から海底堆積物コアを採取した。また、平成23年度の調査航海や平成23年3～4月に実施されたドイツ調査船「ゾンネ」号の調査航海により採取された堆積物コアもあわせて、2011年東北地方太平洋沖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があるか解析を実施した。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した。

3) 平成25年度：

平成24年度までに実施された採泥により、採取した試料の物性測定、岩相観察から日本海溝周辺の海底地すべりに伴った堆積層の特徴や、表層堆積物の強震動変形の特徴の把握を行う。また平成23年の地震以前に同様な変動を示す堆積層が存在するか検証する。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する。

(2) 平成24年度の成果

(a) 業務の要約

1) 海溝軸付近の試料の解析

前年度に採取された堆積物コアの解析を実施し、2011年の地震による海底地すべり

や強震動により乱された堆積層が存在するか検討を行った。地震時に地形の変動が最も大きかった海溝軸付近で採取された地層の変形の様子を知るため、帯磁率異方性による堆積物粒子配列の解析を行った。その結果、海溝軸では地震前・地震時に海底地すべりや、強振動により乱された粒子配列は見られず、むしろ堆積物の供給方向を示唆している。一方、海溝陸側斜面ではデブリフローによって形成された堆積層や大きく傾動した堆積層が確認され、その磁気ファブリックの解析では陸側斜面末端では無秩序な配列を示し、より上方の陸側斜面では、海側に向かって地層が傾動した粒子配列のパターンが得られた。これらの粒子配列は、斜面を南東方向へ移動した地滑りを示唆している。しかしこれは海溝軸中央まで達していないことから、ここでの海底地すべりの移動は大きくなかったと考えられる。また他の海域で海底地すべりと堆積物の強震動変形が見られるか検討するため、「なつしま」により調査航海を実施し、宮城県-岩手県沖の海域から海底堆積物コアの採取をおこなった。

(b) 業務の実施方法

1) 海溝軸付近の試料の解析

Kodaira *et al.*, (2012)によると、2011年東北地方太平洋沖地震時に震源域の海溝軸付近までプレート境界断層が達し、海溝軸の海底が盛り上がった。この海底形状の変動に伴い、海底地すべりや堆積物の強震動変形が起こることが考えられるため、その探査を行い、過去の地震の発生場所の解析にも資する事を目的とした。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、その層序を復元することで、変動の歴史を知る事ができると考えられる（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(2012), Strasser *et al.*, (2012)。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(Sakguchi *et al.*, 2011)。そういった現象が今回の地震で起ったか検証するため「みらい」及び「ゾンネ」号で採取された試料を使い解析をおこなった。解析には粒子配列から変形を知る事ができる、帯磁率異方性を利用した磁気ファブリックの解析を行った。またコアの方位を推定するために、磁化方位を測定し得られるデータを定方位した。

2) 調査航海

他の海域の変動現象を理解するため、H25年1月21日から2月9日まで、(独)海洋研究開発機構の「なつしま」により調査航海を実施し、青森県～福島県沖の海域から海底堆積物コアの採取をおこなった。主に前弧海盆域及び陸側斜面上部斜面にて、8回の採泥を実施した(図1及び表1)。各地点では、地震後に他の航海によって取得されているサブボトムプロファイラーの記録を参照し、その海域の地層の発達状況を吟味して堆積層採取した。採取したコアは船上で1mのセクションに分割し、その後、コアを半割し岩相記載、構成物の観察及び色相の測定を船上でおこなった。

表 1 NT13-02 「なつしま」 よって採取されたコアの採取点

「なつしま」 NT13-02

採取日時	コア番号	緯度	経度	水深(m)	採泥管(m)	採取長 (cm)
2013/1/28	PC01	38°53.4875'N	143°22.1434'E	2,373	4	265.5
	PL01				0.7	95.7
2013/1/28	PC02	38°52.9500'N	143°20.7839'E	2,373	8	676.3
	PL02				0.7	16.5
2013/1/31	PC03	38°16.6231'N	142°35.5148'E	1,303	4	219.0
	PL03				0.7	71.5
2013/1/31	PC04	38°15.4969'N	142°43.9970'E	1,408	8	349.0
	PL04				0.7	10.5
2013/1/31	PC05	38°47.5296'N	142°36.4523'E	1,266	4	193.0
	PL05				0.7	24.0
2013/2/3	PC06	38°15.4135'N	142°44.7054'E	1,394	4	302.0
	PL06				0.7	3.5
2013/2/5	PC07	37°52.0780'N	142°05.7689'E	626	4	133.5
	PL07				0.7	0.0
2013/2/6	PC08	37°51.6642'N	142°13.4024'E	806	4	90.7
	PL08				0.5	0.0

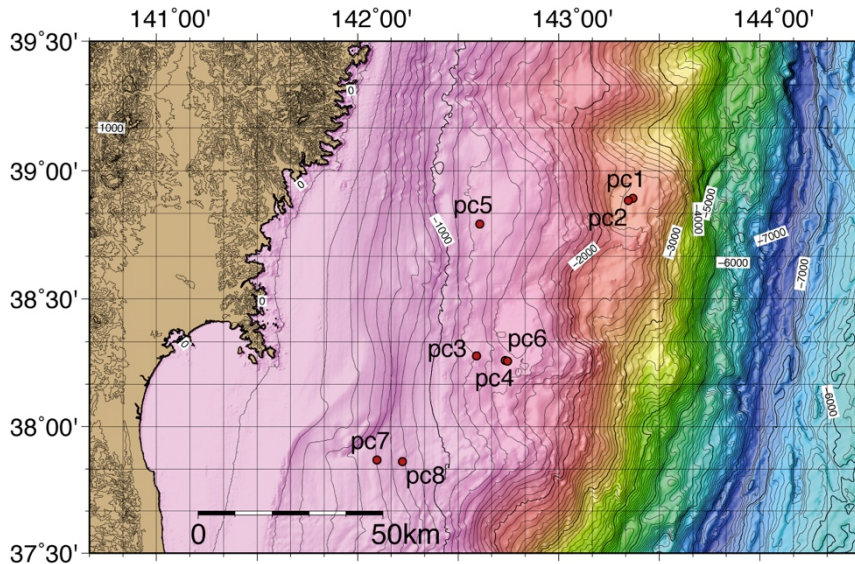


図 1 NT13-02 「なつしま」 による海底堆積物の採取地点。前弧海盆と上部斜面で採泥を実施した。

(c) 業務の成果

1) 海溝軸付近の試料の解析

前年度に採取された海溝軸付近の堆積物の帯磁率異方性を測定した。その試料の採取位置を示す (図 2)。海溝陸側斜面からはデブリスフローによって形成された堆積層と、傾斜した地層が採取されている。これらの地層の再堆積・変形は地震時に起こったと考えられており (Strasser *et al.*, in press)、海溝陸側斜面末端で採取されたコア (16426) の磁気ファブリックは、無秩序な配列を示し (図 3 (B))、異方性度は低く、塑性的な変形を伴い堆積した事を示している。また、より陸側の海溝陸側斜面のコア (16427) においては、磁気ファブリックは、傾斜した配列を示し、古地磁気方位を使って方向を復元したところ南東方向へ傾斜している事が分かった (図 3 (A))。また磁気ファブリックは海溝陸側斜面末端のような塑性的変形を示さないため、表層堆積物が斜面方向にスライドしたと推定できる。磁気ファブリックの配列のパターンは、南東方向へ滑ったことを示唆している。しかし、こういった変形は海溝軸中央には認められないことから、海底地すべりは斜面近傍に留まったと考えられる。

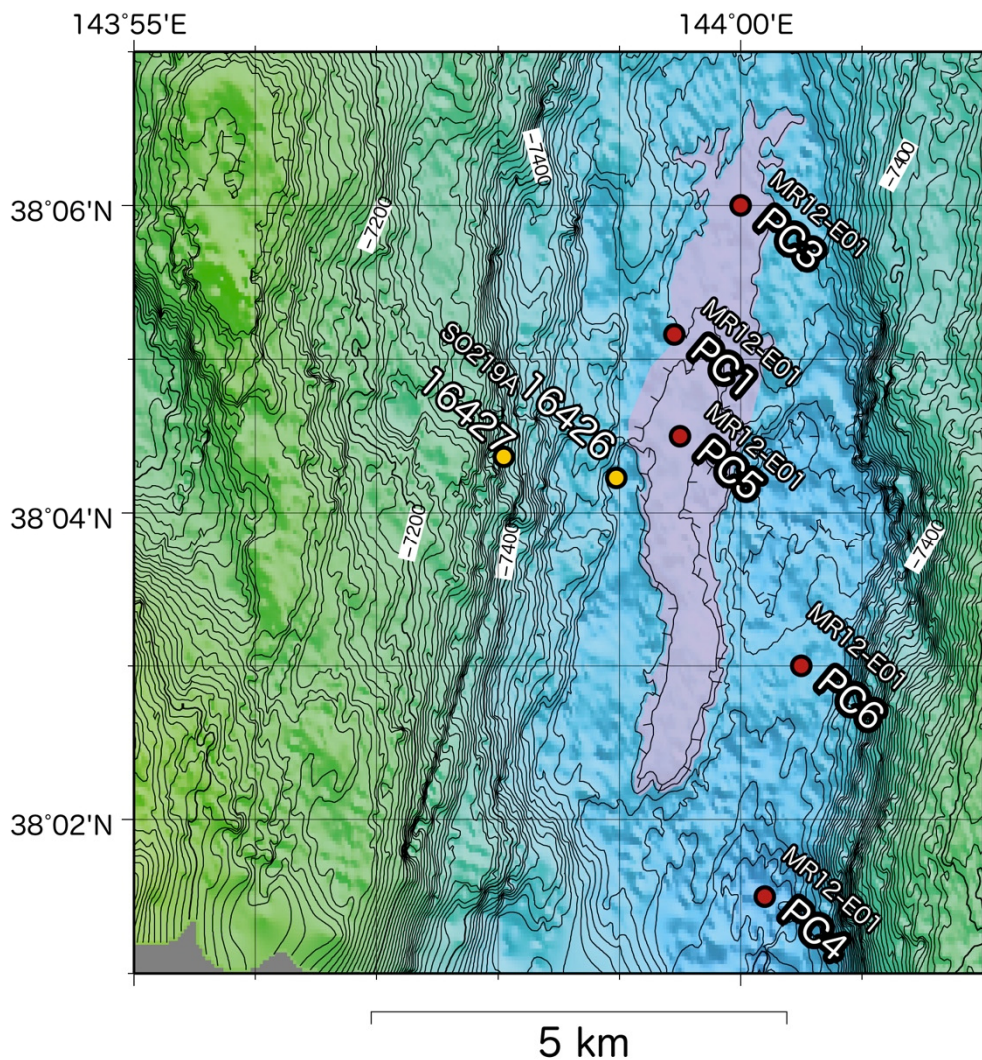


図2 海溝軸付近から採取されたコアの位置。紫色のハッチは海底地形の盛り上がった範囲 (Fujiwara *et al.*, 2011)。

一方で海底地形の盛り上がりが出現した海溝底から採取したコアには、変形は観察されず、水平面に平行なフォリエーションが発達する磁気ファブリックが得られた (図4)。またフォリエーションの面内で長軸方向にまとまった方向が見られ、海溝に垂直な方向と、平行な方向が認められた (図4 (A) 及び(B))。これは地震時に供給されたタービダイトに、複数の堆積物供給経路があったことを示していると考えられる。海溝軸においては、地形変化に伴って局所的な変形、乱堆積は起こっておらず、陸側斜面とは違った変動過程により隆起したと考えられる。

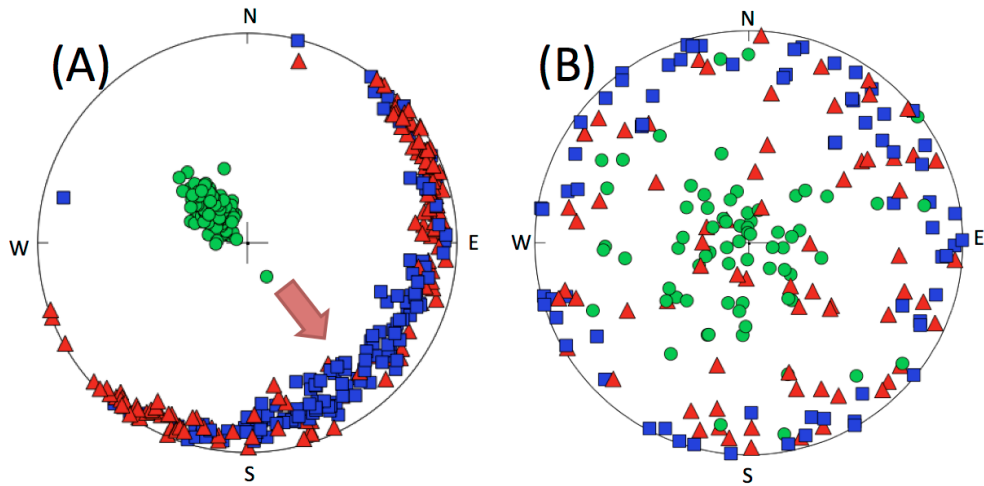


図3 海溝陸側斜面から採取された帯磁率異方性のオリエンテーション。(A)海溝陸側斜面で採取された傾斜した地層 (16427) の磁気ファブリック、(B)土石流堆積物の磁気ファブリック (16426)、(A) の矢印は堆積層の傾斜方向。下半球等面積投影。■最大帯磁率方向、▲中間帯磁率方向、●最小帯磁率方向。

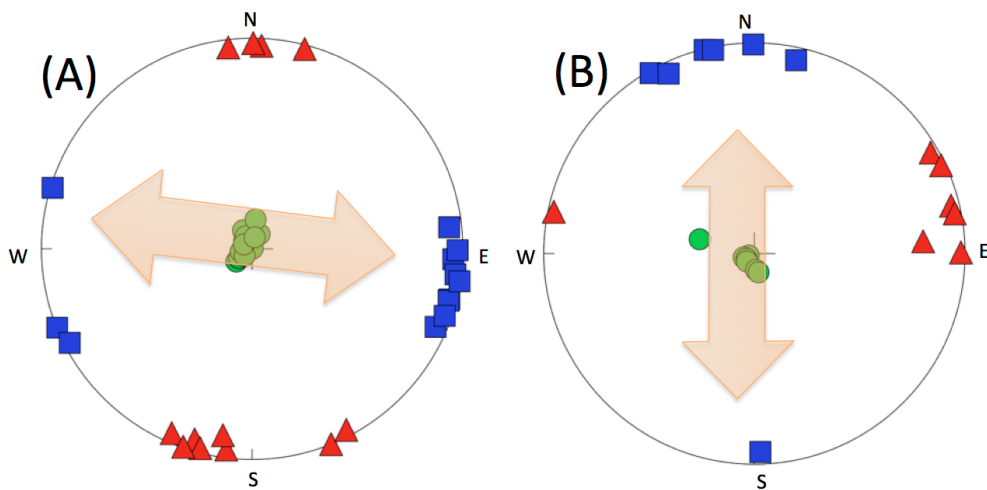


図4 PL03 (図2にて位置は PC03) の海溝軸から採取された帯磁率異方性のオリエンテーション。(A)海底面から 2.3-27.3cm、(B)海底面から 34.2-47.9cm、矢印は推定される堆積物供給方向。下半球等面積投影。■最大帯磁率方向、▲中間帯磁率方向、●最小帯磁率方向。

2) 調査航海

「なつしま」により採泥を目的とした航海 NT13-02(2013年1月21日-2月6日)を実施し、前弧海盆及び上部斜面から8回の採泥オペレーションをおこなった。また採泥が実施できない時は、可能な範囲で海底地形調査を実施した。採泥は39°N付近に発達する水深2300mの上中部テラスから2点(PC01とPC02)、39°Nから38°Nの水深1000-2000mの前弧海盆から4点(PC03-PC06)、38°N付近の水深600-800mの上部斜面から2点(PC7とPC8)で実施した。PC01-PC06の主体の岩層は、珪藻質のシルトで、有孔虫遺骸を含む。またテフラを頻繁に含む。一方、PC07とPC08の上位は砂層、下位はシルト質で特徴づけられた。今後、これらのコアの物性解析を実施し、前弧海盆や上部斜面での2011年東北地方太平洋沖地震

時の変動が記録されているか検討する。

(d) 結論ならびに今後の課題

地形が大きく変化した海溝軸付近で磁気ファブリックの検討をした結果、変形した磁気ファブリックは得られず、海底地すべりや、強振動による変形はなかったと考えられる。Kodaira *et al.*, (2012)によると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”が形成されたと解釈されているが、この変形は表層堆積物の粒子配列には影響を与えていない。

一方、海溝陸側斜面では、磁気ファブリックの解析では陸側斜面末端では無秩序な配列を示し、デブリフローにより形成されたと考えられる。より上方陸側斜面では、海側に向かって地層が傾動した粒子配列のパターンが得られた。これらの粒子配列は、斜面を南東方向へ移動した地すべりを示唆している。しかし海溝軸中央では磁気ファブリックに変形が見られないことから、海底地すべりは海溝軸には達していないと考えられ、海底地すべりの移動は大きくなかったと考えられる。今後、他の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、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, Site C0018. In Henry, P., Kanamatsu, T., Moe, K., and the Expedition 333 Scientists, *Proc. IODP*, **333**: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.), doi:10.2204/iodp.proc.333.103.2012, 2012.

Fujiwara, T., S. Kodaira, T. No, Y. Kaiho, N. Takahashi and Y. Kaneda, The 2011 Tohoku-oki Earthquake: Displacement reaching the trench axis, *Science*, **334**, doi:10.1126/science.1211554, 2011.

Kodaira, S., T. No, Y. Nakamura, T. Fujiwara, Y. Kaiho, N. Takahashi, Y. Kaneda, and A. Taira, Evidence of coseismic fault rupture at the trench axis during the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Nature Geoscience*, **5**, doi:10.1038/NGEO1547, 2012.

Strasser, M., Henry, P., Kanamatsu, T., Thu, M.K., Moore, G.F., and the IODP Expedition 333 Scientists, 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, doi:10.1007/978-94-007-2162-3_60, 2012.

Strasser, M., M. Kölling, C. dos Santos Ferreira, H. G. Fink, T. Fujiwara, S. Henke, K. Ikehara, T. Kanamatsu, K. Kawamura, S. Kodaira, M. Römer, G. Wefer and the R/V Sonne Cruise S0219A and JAMSTEC Cruise MR12-E01 scientists, A Slump in the Trench: Tracking the 1 impact of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geology*, in press.

Sakaguchi, A., G. Kimura, M. Strasser, E.J. Screaton, D. Curewitz and M. Murayama, Episodic seafloor mud brecciation due to great subduction zone earthquakes, *Geology*, **39**, doi:10.1130/G32043.1, 2011.