

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 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

(2) 平成 25 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. 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) 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：

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。2011年東北地方太平洋沖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船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った。また2011年東北地方太平洋沖地震以前に同様な変動を示す堆積層が存在するか検証した。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実施した。

(2) 平成25年度の成果

(a) 業務の要約

東北地方太平洋沖地震では陸側プレートの海溝側先端部まで破壊が伝播したとされている。北緯38度付近では上盤プレートの変動は海側に向かうほど大きかった事が示され(Fujiwara *et al.*, 2011, Kodaira *et al.*, 2012)、これまでの調査により海溝軸付近に過去の海底地すべりや、変形した地層が見いだされている。他の海溝に近い下部陸側斜面平坦面にも同様な変動記録があるか検証するため、海洋研究開発機構の海洋調査船「なつしま」により採取された海底堆積物の岩相記載と物性測定を行った。その結果、過去に海底地すべりが起こった痕跡が、限られた海域で見出された。

(b) 業務の実施方法

海底地すべりが発生した場合、地層の傾斜、断層、堆積層が著しく乱された構造が形成され、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.*, 2012)。また表層堆積物が強震動のため破砕し、その場で再堆積することも考えられる(Sakaguchi *et al.*, 2011)。このような現象が日本海溝の陸側斜面に記録されているか検証するため、水深 4,200m-5,900m に発達する下部陸側斜面平坦面 (mid slope terrace; Cadet *et al.*, 1987) において、海洋研究開発機構海洋調査船「なつしま」の NT13-19 航海によって採取された堆積物コア(図 1 及び表 1)を使い検討した。下部陸側斜面の平坦面は北緯 39 度以北では良く発達しているが、北緯 39 度以南では発達が悪い(Sasaki, 2004)。平坦面の中でも小海盆各地点では数 m のコア(PC と記載)の採取と、同時に最上部の堆積層を乱さないよう短いパイロットコア(PL と記載)で地層採取が試みられている(表 1)。目的の地点からコアを採取するようトランスポンダーを使い位置を確認しながら作業した。24 本のコアが採取され、採取したコアは船上で 1 m のセクションに分割し、コアを半割し岩相記載、構成物の観察が船上で行われている。採取された試料を使い粒子配列から変形を知るため、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。

表1 NT13-19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)	引抜張力 (kN)	採取長 (cm)
2013/8/16	PC01	北緯 39 度 51.9590 分	東経 143 度 56.0560 分	4,281	4	31.0	259.5
	PL01	北緯 39 度 51.9590 分	東経 143 度 56.0560 分	4,281	0.7		84.0
2013/8/17	PC02	北緯 39 度 51.9704 分	東経 144 度 00.0137 分	4,450	6	33.9	552.0
	PL02	北緯 39 度 51.9704 分	東経 144 度 00.0137 分	4,450	0.7		85.0
2013/8/17	PC03	北緯 39 度 41.9244 分	東経 143 度 55.4821 分	4,548	4	35.2	269.7
	PL03	北緯 39 度 41.9244 分	東経 143 度 55.4821 分	4,548	0.7		0.0
2013/8/18	PC04	北緯 39 度 41.9525 分	東経 143 度 59.1968 分	4,734	6	37.1	507.0
	PL04	北緯 39 度 41.9525 分	東経 143 度 59.1968 分	4,734	0.7		0.0
2013/8/18	PC05	北緯 39 度 31.9707 分	東経 143 度 53.9958 分	4,664	4	35.6	375.5
	PL05	北緯 39 度 31.9707 分	東経 143 度 53.9958 分	4,664	0.7		117.4
2013/8/19	PC06	北緯 39 度 30.9067 分	東経 143 度 59.9871 分	4,874	6	36.9	530.0
	PL06	北緯 39 度 30.9067 分	東経 143 度 59.9871 分	4,874	0.7		100.0
2013/8/19	PC07	北緯 39 度 18.0027 分	東経 143 度 50.4959 分	4,826	4	35.0	290.0
	PL07	北緯 39 度 18.0027 分	東経 143 度 50.4959 分	4,826	0.7		111.8
2013/8/20	PC08	北緯 39 度 16.4448 分	東経 143 度 56.6842 分	4,983	6	37.8	546.9
	PL08	北緯 39 度 16.4448 分	東経 143 度 56.6842 分	4,983	0.7		103.0
2013/8/20	PC09	北緯 39 度 07.2109 分	東経 143 度 53.9452 分	5,375	4	41.7	363.8
	PL09	北緯 39 度 07.2109 分	東経 143 度 53.9452 分	5,375	0.7		78.4
2013/8/21	PC10	北緯 39 度 07.2353 分	東経 143 度 54.1586 分	5,398	6	40.3	542.7
	PL10	北緯 39 度 07.2353 分	東経 143 度 54.1586 分	5,398	0.7		56.5
2013/8/21	PC11	北緯 38 度 53.9519 分	東経 143 度 46.3720 分	5,534	4	38.2	341.0
	PL11	北緯 38 度 53.9519 分	東経 143 度 46.3720 分	5,534	0.7		91.0
2013/8/22	PC12	北緯 38 度 54.9813 分	東経 143 度 49.0229 分	5,656	6	42.2	560.2
	PL12	北緯 38 度 54.9813 分	東経 143 度 49.0229 分	5,656	0.7		93.5
2013/8/22	PC13	北緯 38 度 28.9814 分	東経 143 度 45.9449 分	5,651	4	39.1	296.6
	PL13	北緯 38 度 28.9814 分	東経 143 度 45.9449 分	5,651	0.7		91.5
2013/8/23	PC14	北緯 38 度 30.4596 分	東経 143 度 49.1317 分	5,592	6	43.2	553.3
	PL14	北緯 38 度 30.4596 分	東経 143 度 49.1317 分	5,592	0.7		36.0
2013/8/23	PC15	北緯 39 度 03.0483 分	東経 143 度 56.0808 分	5,437	4	37.9	352.3
	PL15	北緯 39 度 03.0483 分	東経 143 度 56.0808 分	5,437	0.7		67.0
2013/8/24	PC16	北緯 39 度 01.7839 分	東経 143 度 57.3741 分	5,547	6	39.0	540.1
	PL16	北緯 39 度 01.7839 分	東経 143 度 57.3741 分	5,547	0.7		67.3
2013/8/24	PC17	北緯 38 度 08.8664 分	東経 143 度 44.9466 分	5,848	4	41.4	327.4
	PL17	北緯 38 度 08.8664 分	東経 143 度 44.9466 分	5,848	0.7		62.5
2013/8/25	PC18	北緯 38 度 05.4292 分	東経 143 度 43.9558 分	5,496	6	40.7	555.9

	PL18	北緯 38 度 05.4292 分	東經 143 度 43.9558 分	5,496	0.7		82.0
2013/8/25	PC19	北緯 37 度 49.0863 分	東經 143 度 32.9676 分	5,329	4	39.3	351.2
	PL19	北緯 37 度 49.0863 分	東經 143 度 32.9676 分	5,329	0.7		56.5
2013/8/26	PC20	北緯 37 度 47.5223 分	東經 143 度 39.0812 分	5,720	6	42.0	477.1
	PL20	北緯 37 度 47.5223 分	東經 143 度 39.0812 分	5,720	0.7		74.3
2013/8/26	PC21	北緯 37 度 43.5055 分	東經 143 度 33.9127 分	5,447	4	36.3	314.8
	PL21	北緯 37 度 43.5055 分	東經 143 度 33.9127 分	5,447	0.7		55.6
2013/8/27	PC22	北緯 37 度 39.4379 分	東經 143 度 33.3305 分	5,409	6	41.0	553.9
	PL22	北緯 37 度 39.4379 分	東經 143 度 33.3305 分	5,409	0.7		67.5
2013/8/27	PC23	北緯 37 度 52.4376 分	東經 143 度 41.8890 分	5,875	4	39.4	322.8
	PL23	北緯 37 度 52.4376 分	東經 143 度 41.8890 分	5,875	0.7		63.5
2013/8/28	PC24	北緯 38 度 01.5548 分	東經 143 度 32.1347 分	4,385	4	34.8	358.2
	PL24	北緯 38 度 01.5548 分	東經 143 度 32.1347 分	4,385	0.7		48.5

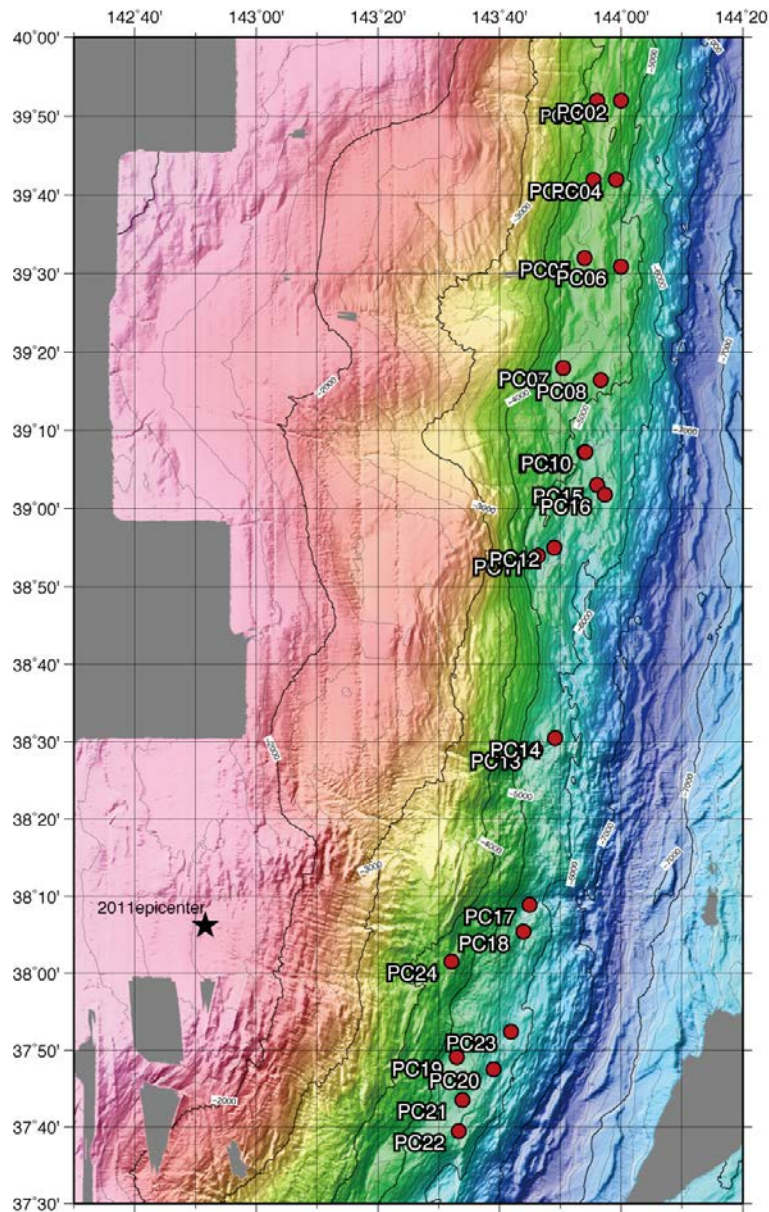


図1 NT13-19による海底堆積物コアの採取地点(●)と、その周辺の地形図。★は、東北地方太平洋沖地震の震央を示す。

(c) 業務の成果

日本海溝の下部陸側斜面平坦面から広く採取された試料の岩相は、多くの場合、薄い砂層を含むタービダイトを含み、過去の地震との関連が注目される。また砂の挟在は南の海域ほど頻繁である。一方で肉眼観察により流動変形したと考えられるコアがPC04(北緯39度41.9525分, 東経143度59.1968分)、PC11(北緯38度53.9519分, 東経143度46.3720分)、PC13(北緯38度28.9814分, 東経143度45.9449分)において認定された(図2)。

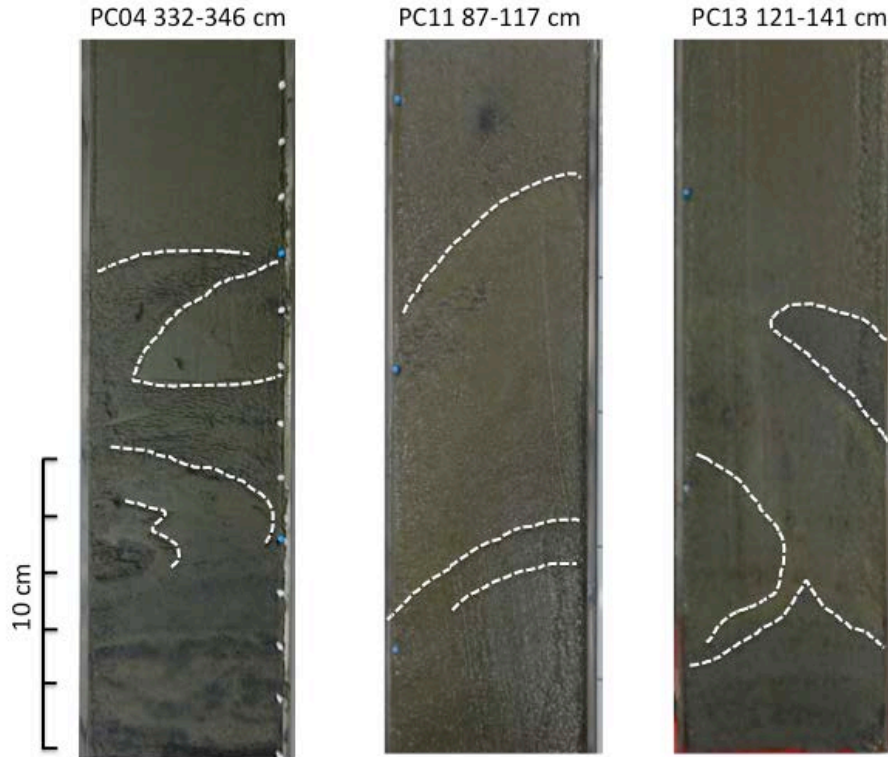


図 2 NT13-19 航海で得られた流動変形した地層。破線は層の境界を示す。

採取されたコアの帯磁率を連続的に測定した。帯磁率のコア毎の深度プロファイルを図 3 に示す。全体的に北から採取されたコアほど帯磁率は小さく、南ほど大きな帯磁率を表す。また砂層の挟在を示すピークがそれぞれのコアに認められ、時折挟在する火山灰層においても同様に帯磁率のピークを示す。これは南の海域に砂層が頻繁に含まれるという岩相観察と整合的である。

多くのコアで帯磁率変動は大きな周期で変動するパターンが認められるが、一方で比較的小さな変動パターンを示すコアが北緯 38 度 20 分以上に認められた (PC3, PC4, PC11, PC12, PC13, PC16)。これは他のコアと比べると堆積環境(堆積速度など)が違うことが考えられるが、現在のところ検証するためのデータは揃っていない。また上に述べた流動変形した地層を含むコアはこういった帯磁率変動を示すコアから認められている。流動変形した層準はその上位と下位の帯磁率の値と異なり、これらが異地から流入してきたと推定できる(図 4)。PC04 の場合、流動した層準は、帯磁率が他より大きく、PC11 では小さく、PC13 では大きな値として認められる。また堆積物の粒子配列を表すパラメーター L も同様に上下の層準と異なり堆積システムが異なる事が推定できる。PC04 においては、125cm, 150cm のタービダイト層の基底も同様に帯磁率が大きくなるが、330-350cm の流動層の粒子配列を表すパラメーター L に違いが認められ、タービダイトの堆積システムとも異なる事を示している。またこれらの流動層は十分表層から深い深度で認められるため過去に起こった地すべりにより、もたらされたと考えられる。

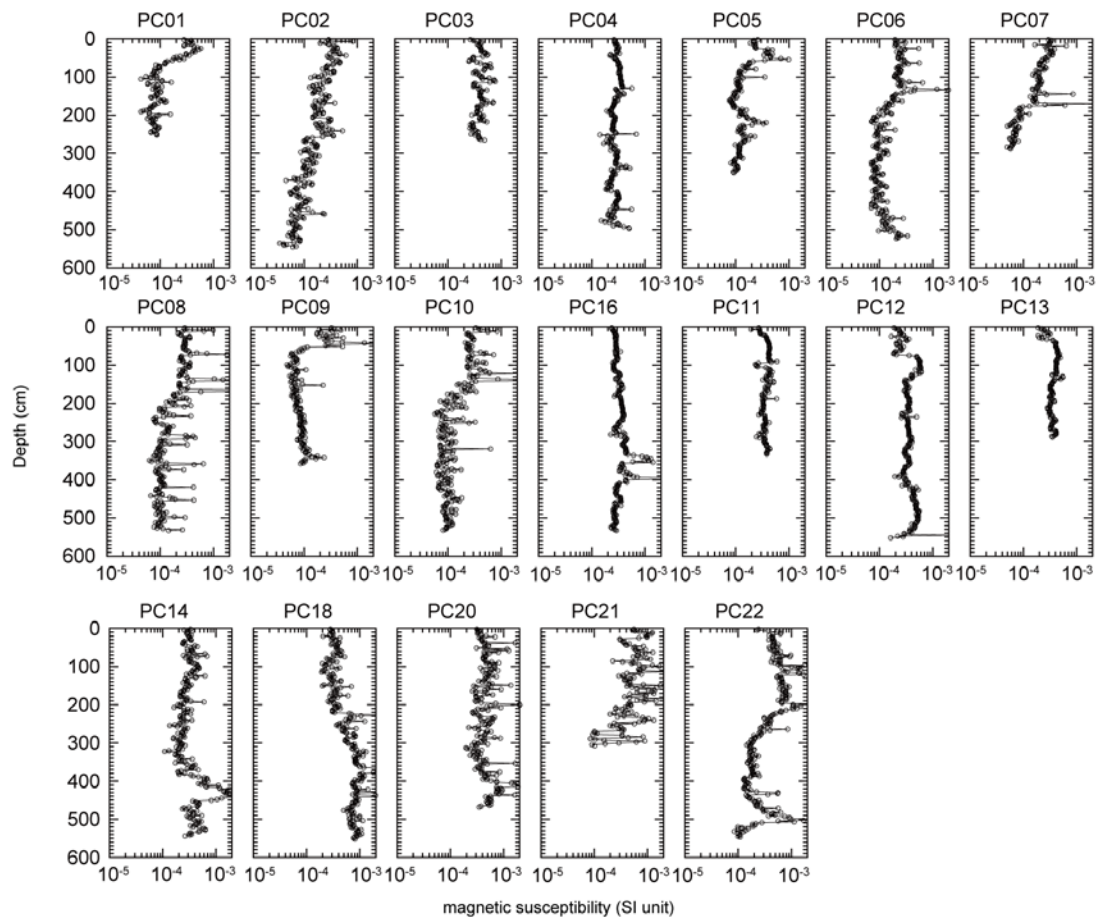


図3 NT13-19航海で得られたコアの帯磁率深度プロファイル。

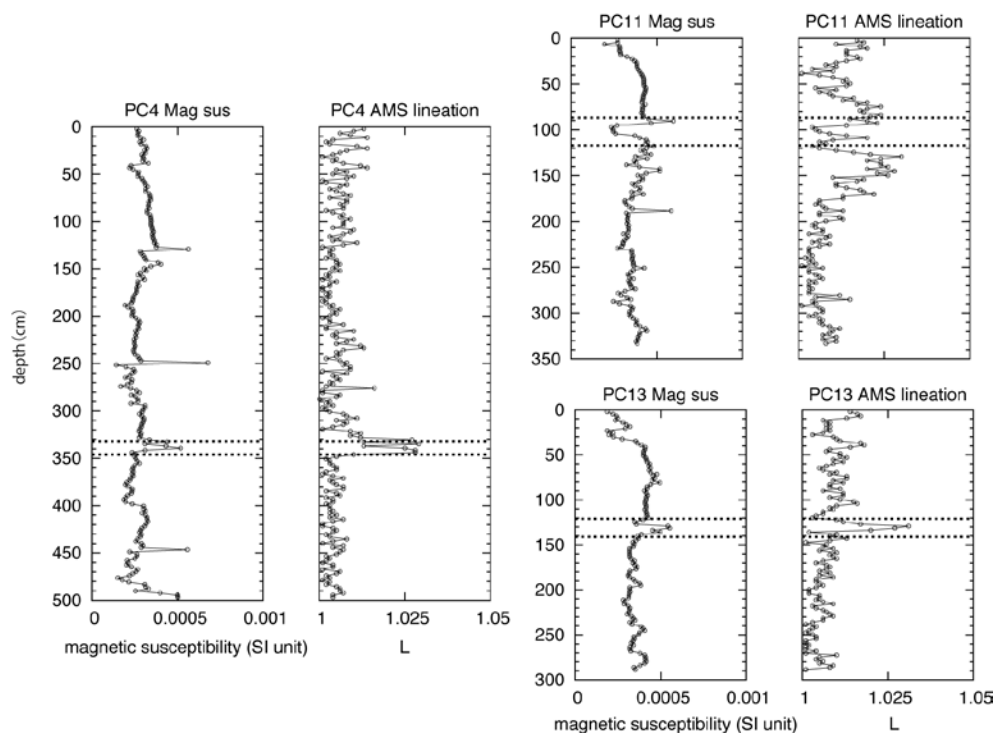


図4 帯磁率（左）及び帯磁率異方性パラメーターL（右）のPC4, PC11, PC13の深度プロファイル。各コアのプロファイルにおいて破線で囲まれる範囲が流動層と認められる層準。

(d) 結論ならびに今後の課題

下部陸側斜面平坦部 (mid slope terrace) の調査で得られたコアを観察した結果、限られた海域に流動した変形層が見られた。流動層では帯磁率が上下の層と異なること、粒子配列が異なることから、異地から流入してきた変形層と考えられる。またタービダイト層も帯磁率が高い事で特徴づけられるが、粒子配列がタービダイトのそれと違い、堆積システムが異なる事もこれを支持する。これらの流動層はコアの表層でないことから過去の地すべりによってもたらされたと考えられる。これらの変形層の解析を引き続き進め、これらの地盤変動を示す証拠が過去の東北地震とどのような関係があるのか、今後得られる年代から推定する。

(e) 引用文献

Cadet, J. P., K. Kobayashi, S. Lallemand, L. Jolivet, J. Aubouin, J. Boulegue, J. Dubois, H. Hotta, T. Ishii, K. Konishi, N. Niitsuma, H. Shimamura, The Japan Trench and its juncture with the Kuril Trench; cruise results of the Kaiko project, Leg 3, *Earth planet. Sci., Lett.*, **83**, 267-284, 1987.
 Expedition 333 Scientists, NanTroSEIZE Stage 2: subduction inputs 2 and heat flow. *IODP Prel. Rept.*, 333. doi:10.2204/iodp.pr.333.2011, 2011

- 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/NGE01547, 2012.
- 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/G32043.1, 2011
- Sasaki, T., Subduction tectonics in the northern Japan Trench based on seafloor swath mapping bathymetry, PhD thesis, 152 pp., Univ. of Tokyo, Tokyo, 2004
- 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, pp 671-681, doi: 10.1007/978-94-007-2162-3_60, 2012.