

2011年東北地方太平洋沖地震津波により仙台平野に形成された 泥質堆積物に含まれるイオウ

Sulfur in muddy tsunami deposits formed by the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain

伊藤 晶 文 (ITO, Akifumi)
森 彩 香 (MORI, Ayaka)
松 本 秀 明 (MATSUMOTO, Hide-aki)

キーワード：イオウ, 泥質津波堆積物, 2011年東北地方太平洋沖地震津波, 仙台平野

key words : sulfur, muddy tsunami deposits, 2011 Tohoku-oki tsunami, Sendai Plain

I. はじめに

津波によってもたらされた海水の残留成分をもとに, 地層中から古津波堆積物を検出しようとする研究が国内外で行われてきた(箕浦ほか, 1987; Chagué-Goff, 2010など)。さらに, 2011年東北地方太平洋沖地震津波(以下, 2011年津波)によって仙台平野に形成された泥質堆積物とその下位の土壌には, 津波の7か月後にも化学的痕跡(SとCl)が良く保存されていることが明らかとなった(Chagué-Goff et al., 2012)。これらの研究により, 堆積構造や珪藻などの生物遺骸に加えて, 海水由来の化学成分が津波堆積物の有効な識別基準になると期待されている(後藤・箕浦, 2012など)。

そこで本研究では, これまで堆積物の陸成・海成の判別に良く用いられてきたイオウ分析(イオウの分別化学抽出法+比濁法; 佐藤, 1995)によって, 仙台平野に形成された2011年津波の泥質堆積物に含まれるイオウの量と種類を明らかにすることを目的とした。さら

に, イオウ含有量と泥質津波堆積物の堆積位置, 層厚, 粒度(平均粒径), および強熱減量との関係を検討し, 古津波堆積物の検出におけるイオウ分析の有効性について, 若干の考察を行った。

II. 分析試料と分析方法

仙台市宮城野区荒浜から大沼を経て荒井に至る地域では, 海岸線に平行に分布する微高地である浜堤列(松本, 1984; 伊藤, 2006)を全て越えて, 海岸線から約4km付近まで2011年津波が到達し, 堆積物を形成した(図1; 松本ほか, 2013)。ここでは, 海側から順に, 侵食卓越域(海岸線~1km内陸), 砂質堆積物の卓越域(海岸線から1~2.3km内陸), 泥質堆積物の卓越域(海岸線から2.8~3.9km内陸)に大別される(図2; 松本ほか, 2013)。砂質堆積物の卓越域において表層に泥質堆積物が確認された2地点(B6およびB10)と泥質堆積物の卓越域の9地点(A1~A4およびB1~B5)との計11地点において, 2011年4

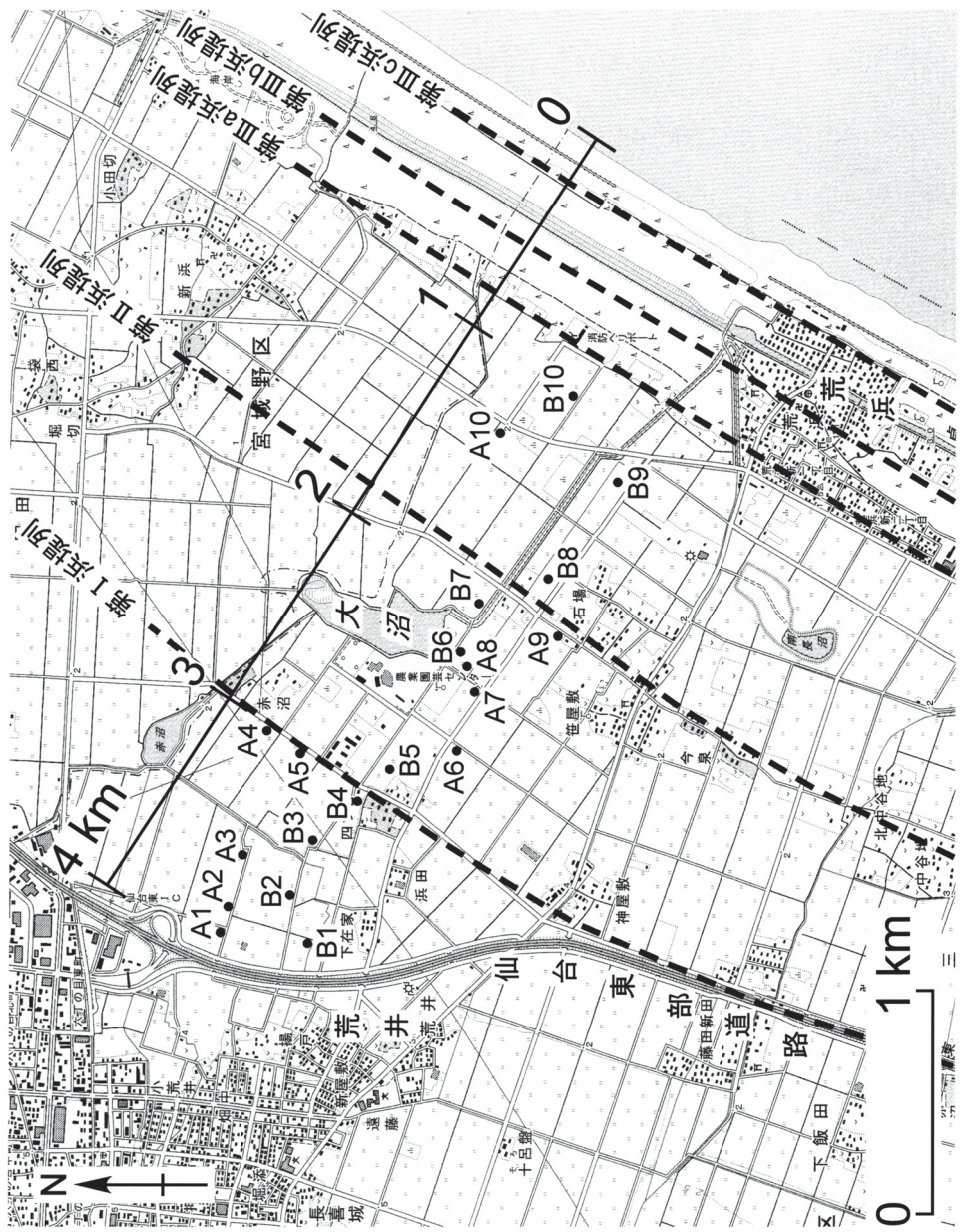


図1 2011年東北地方太平洋沖地震津波による堆積物の試料採取地点（松本ほか，2013を一部改変）

〔1：25,000地形図「仙台東南部」平成20年発行を使用〕

A1～10：2011年4月26日実施 B1～10：2011年4月5日実施

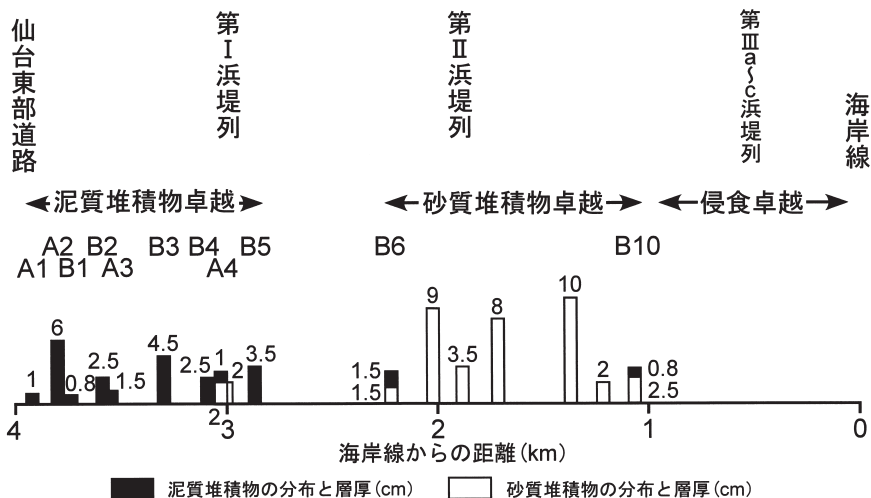


図2 2011年東北地方太平洋沖地震津波による堆積物の分布と層厚（松本ほか，2013を一部改変）
各試料採取地点は図1参照。

月5日および26日に採取した泥質堆積物（厚さ0.8～6 cm）を各種分析に用いた。なお、いずれの堆積物も水田から採取されたものである。

各種分析を行う前に、泥質堆積物の表層（厚さ1 mm程度）と砂分および未分解有機物（主に稲）の多い下部とを除去し、厚さ1 cm程度に整形した。比較的厚い泥質堆積物（A2, B2, B3, B5）については、深度方向に分割し、試料名を下位から順にA2①, A2②, A2③などとした。

イオウ分析は佐藤（1995）の分析方法に従い、乾燥重量1 gの試料に含まれる1 N塩酸可溶イオウ画分（以下、塩酸可溶イオウ）と30%過酸化水素可溶イオウ画分（以下、過酸化水素可溶イオウ）の含有量（重量%）を測定した。粒度分析は、過酸化水素を加え加熱後放置して試料中の有機物を除去したのちに、レーザー回折式粒度分布装置（MASTERSIZER2000 HYDRO 2000MU）を用いて行った。Sperazza et al. (2004) を参

考に粒子屈折率1.570, 虚数部1に設定して求められた粒度分布から、Friedman (1961)の積率法を用いて平均粒径（ ϕ ）を算出した。強熱減量（重量%）は、105℃で一定質量になるまで炉乾燥した試料約1 gを15 mlのろつぼに入れ、電気炉で750℃に強熱することにより得た。

III. 結 果

各試料のイオウの含有量および種類と海岸線からの距離との関係を図3に示す。11地点17試料のうち、7地点10試料でイオウが検出（0.023-0.130%）され、最も内陸の地点は津波堆積物の分布限界に近い。イオウが検出された10試料中9試料が塩酸可溶イオウのみ、残りの1試料が過酸化水素可溶イオウのみであった。塩酸可溶イオウの含有量は、海側に位置する砂質堆積物の卓越域で相対的に多い傾向がみられる。

図4に各試料のイオウの含有量および種類と泥質堆積物の層厚との関係を示す。泥質堆

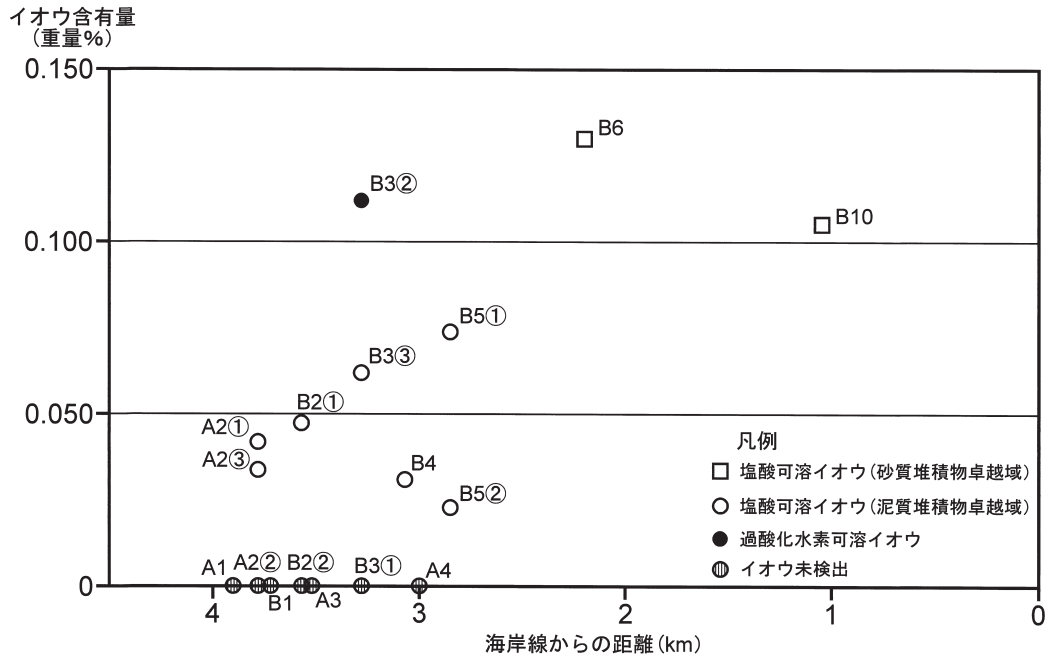


図3 イオウの含有量および種類と海岸線からの距離との関係

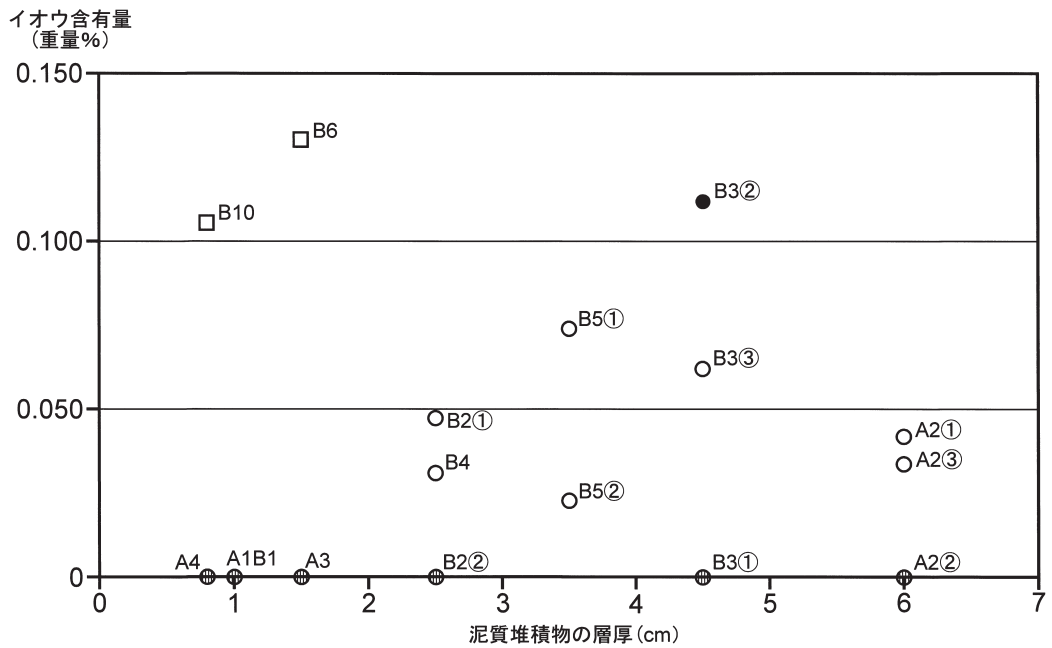


図4 イオウの含有量および種類と泥質堆積物の層厚との関係

凡例は図3参照。

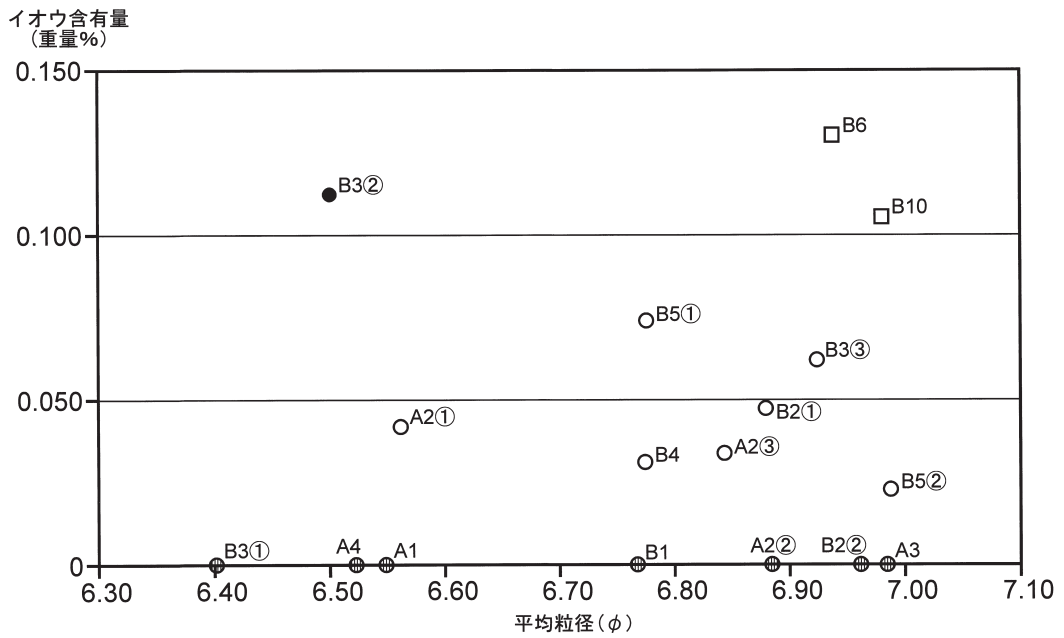


図5 イオウの含有量および種類と泥質堆積物の平均粒径との関係
凡例は図3参照。

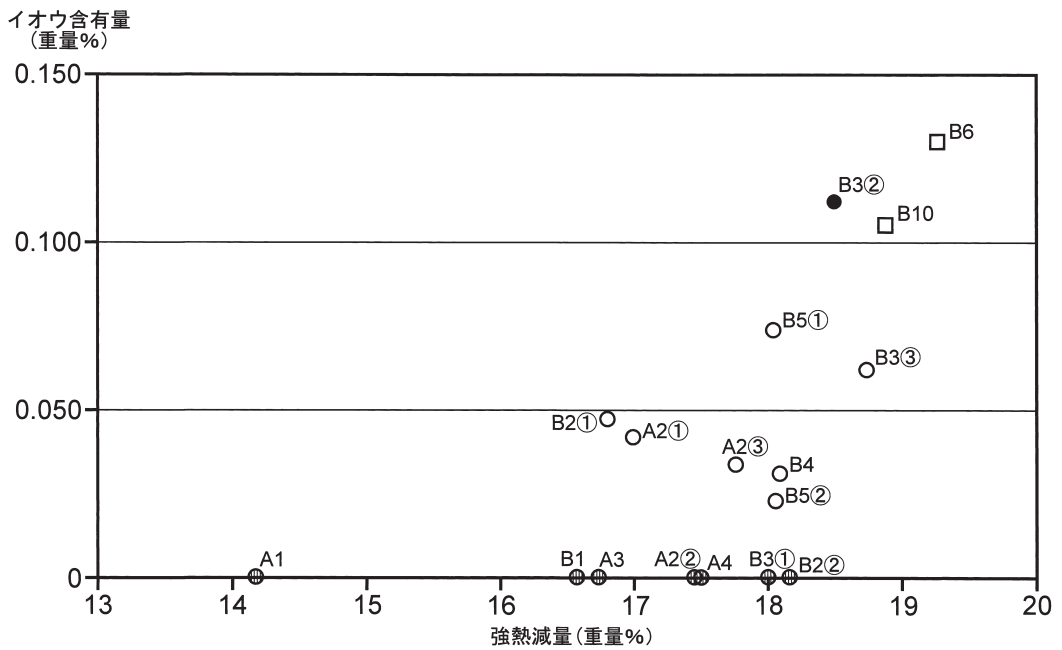


図6 イオウの含有量および種類と強熱減量との関係
凡例は図3参照。

積物の卓越域では、泥質堆積物の厚さが2 cmを超える試料からイオウが検出された。一方、砂質堆積物の卓越域の試料は2 cm未満の厚さにもかかわらず、相対的にイオウ含有量が多い。なお、厚い堆積物(A2, B2, B3, B5)の全ての層準でイオウが検出されるわけではなく、また含有量の変化と深度方向の変化との間に明瞭な関係は認められなかった。

各試料のイオウの含有量および種類と平均粒径(ϕ)との関係を見ると、塩酸可溶イオウの含有量は平均粒径が小さくなる(ϕ の値が大きくなる)につれて多くなる傾向が認められる(図5)。過酸化水素可溶イオウが検出された試料は一つだけであることから判断は難しいものの、塩酸可溶イオウが示す傾向からは外れているように見える。

最後に、イオウの含有量および種類と強熱減量との関係を図6に示す。検出されたイオウの種類に関係なく、イオウ含有量は強熱減量が増えるほど多くなる傾向がみられた。

IV. 考 察

佐藤(1995)によれば、塩酸可溶イオウは堆積物(および間隙水)中の硫酸塩と塩酸可溶性硫化物に、過酸化水素可溶イオウは黄鉄鉱と炭素結合イオウ化合物にそれぞれ由来するものとされる。塩酸可溶性硫化物のほとんどは硫化鉄であり、塩酸と反応して硫化水素として気散してしまう(粕ほか, 1983)ことから、抽出された塩酸可溶イオウはほぼ硫酸塩とみなして良いだろう。イオウが検出された10試料中9試料が塩酸可溶イオウのみであった事実は、津波によりもたらされた海水中に含まれる硫酸塩が陸成起源の泥質堆積物(または間隙水)中に保存されたことを示唆す

る。このことは、仙台平野における2011年津波の泥質堆積物の起源が主に水田土壌であるとする多くの見解(後藤・箕浦, 2012など)と矛盾しない。塩酸可溶イオウの含有量は、平均粒径が小さいほど多く(図5)、強熱減量が増えるほど多くなる(図6)ことから、泥質堆積物の平均粒径と有機物含有量が硫酸塩の保持に影響を与えるものと考えられる。なお、一般に海成堆積物に多く含まれる黄鉄鉱が堆積後に酸化して硫酸塩に移行したと仮定することもできるが、塩酸可溶イオウと過酸化水素可溶イオウが併存する試料が無いことや後者のみが検出された試料が存在することから、ここでは成立しにくいと考える。

今回分析した11地点17試料のうち、津波の到達限界近くの地点を含む、7地点10試料からイオウが検出された(図3)。砂質堆積物の卓越域では、砂質堆積物を覆う泥質堆積物が相対的に高いイオウ含有量($>0.1\%$)を示す。したがって、地層中から砂質の古津波堆積物を検出する際に、その直上の泥質堆積物のイオウ含有量が指標の一つになる可能性を指摘できる。また、泥質堆積物の卓越域では、厚さ2 cmを超える泥質堆積物からイオウが検出された(図4)。厚い堆積物ほど地層中に残る可能性は高く、津波堆積物を保存しやすいとされる陸成の湿地堆積物に挟まれる泥質の古津波堆積物を検出する際に、イオウ含有量は有力な指標の一つになると考えられる。ところで、2011年津波の際に厚い泥質津波堆積物が仙台平野に広く残されたのは、空隙率の高い耕作土が侵食されたからであり、耕作地の少ない時代や場所にはそれほど泥質堆積物は残されないのではないかと指摘(藤原, 2015)がある。また、今回明らかにされた過

酸化水素可溶イオウのみが検出される試料の存在は、海水の影響を受けた堆積物（潟湖底堆積物？）の再堆積を示唆し、仙台平野における泥質津波堆積物の起源が耕作土に限らないことを表している。これらをふまえて、イオウ分析によって泥質の古津波堆積物を検出する際には、当時の土地利用状況や地形環境を十分に考慮に入れる必要があるだろう。

V. まとめ

本研究では以下のことが明らかとなった。

1) 仙台平野の11地点で採取した2011年津波の泥質堆積物の17試料のうち、7地点10試料からイオウが検出（0.023-0.130%）され、最も内陸の地点は津波堆積物の分布限界に近い。イオウが検出された10試料中9試料が塩酸可溶イオウのみ、残りの1試料が過酸化水素可溶イオウのみであった。

2) 砂質堆積物の卓越域（海岸線から1～2.3 km 内陸）において砂質堆積物を薄く覆う泥質堆積物が相対的に高いイオウ含有量（>0.1%）を示した。泥質堆積物の卓越域（海岸線から2.8～3.9 km 内陸）では厚さ2 cmを超える泥質堆積物からイオウが検出された。

3) 得られた結果から、陸成の湿地堆積物に挟まれる古津波堆積物を検出する際にイオウ含有量が有力な指標の一つとなる可能性が指摘できた。ただし、イオウ分析による古津波堆積物の検出の際には、過去の津波発生時における土地利用状況や地形環境も十分に検討しておく必要がある。

付 記

本研究の骨子は、著者の一人である森彩香の卒業論文の一部を大幅に修正し、平成27年度東北地理学会春季学術大会にて発表したものである。

文 献

- 伊藤晶文 (2006) : 仙台平野における歴史時代の海岸線変化. 鹿児島大学教育学部研究紀要自然科学編, 57, 1-8.
- 後藤和久・箕浦幸治 (2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波の反省に立った津波堆積学の今後のあり方. 堆積学研究, 71, 105-117.
- 粕 武・鈴木尉元・小玉喜三郎 (1983) : 房総半島における上総層群泥質岩中の硫黄, 炭素, 塩素, 鉄の形態・組成と堆積環境. 地質調査所月報, 34, 191-206.
- 佐藤裕司 (1995) : イオウの分別化学抽出と珪藻分析による古環境分析—兵庫県気比低地のコア堆積物を例に—. 第四紀研究, 34, 101-106.
- 藤原 治 (2015) : 津波堆積物の科学. 東京大学出版会.
- 松本秀明 (1984) : 海岸平野にみられる浜堤列と完新世後期の海水準微変動. 地理学評論, 57, 720-738.
- 松本秀明・熊谷真樹・吉田真幸 (2013) : 仙台平野中部にみられる弥生時代の津波堆積物. 人間情報学研究, 18, 79-94.
- 箕浦幸治・中谷 周・佐藤 裕 (1987) : 湖沼底質堆積物中に記録された地震津波の痕跡—青森県市浦村十三付近の湖沼系の例—. 地震 第2輯, 40, 183-196.
- Chagué-Goff, C. (2010) : Chemical signatures of palaeotsunamis: A forgotten proxy? *Marine Geology*, 271, 67-71.
- Chagué-Goff, C., Andrew, A., Szczuciński, W., Goff, J. and Nishimura, Y. (2012) : Geochemical signatures up to the maximum inundation of the 2011 Tohoku-oki tsunami — Implications

for the 869 AD Jogan and other palaeotsunamis.
Sedimentary Geology, **282**, 65-77.

Friedman, G.M. (1961) : Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, **31**, 514-529.

Sperazza, M., Moore, J. N. and Hendrix, M. S. (2004) : High-resolution particle size analysis of naturally occurring very fine-grained sediment through laser diffractometry. *Journal of Sedimentary Research*, **74**, 736-743.