

1804年象潟地震による津波堆積物の層相

弘前大学工学部 長尾優樹
弘前大学大学院理工学研究科 岡田里奈
弘前大学大学院理工学研究科 梅田浩司
岡山理科大学理学部 鎌滝孝信

1. はじめに

津波や洪水、高波、高潮といった何らかの外的な事象により地質学的な時間スケールでは瞬間的に堆積した堆積物をイベント堆積物という。このうち、津波によって海底や沿岸部の浜堤等の砂や泥、礫が侵食され、運搬され二次的に堆積したものを津波堆積物という。この津波堆積物の特有の堆積構造や内陸方向への層厚、粒度の変化といった巨視的な特徴を詳細に記載することによって、今後の研究でのイベント堆積物の認定に役立てられる。新潟県から北海道西方までの日本海沿岸及びその沖合いの大陸斜面には第四紀に多くの逆断層が形成され、全体として長さ約1000km、幅100km以上に達する短縮変動帯（日本海東縁変動帯）がある。ここでは、1983年の日本海中部地震や1993年の北海道南西沖地震などが発生している。さらに過去の歴史時代に遡ると、1704年の岩館地震、1793年の西津軽地震等が発生し沿岸地域に大きな被害をもたらした。1804年（文化元年）に発生した象潟地震（ $M=7.3$ ）もこれらの地震の一つであり、景勝地“象潟”をはじめ、広い範囲で海岸隆起が生じて象潟付近の海岸部で最大1.8mの隆起が生じた（平野ほか、1979）。この隆起によって象潟湖が離水・陸化した。また、秋田県能代から山形県三瀬の沿岸域には津波が到来し、浸水高は象潟付近が最大で4~5mと推定されている（羽鳥、1986）。しかしながら、この津波に由来するイベント堆積物については、これまで詳細な報告はなされていない。そのため、筆者らのグループではハンディジオスライサーを用いた津波堆積物の調査を象潟で行った。本稿ではその結果について報告する。

2. 調査地域・手法

調査は2021年10月に秋田県にかほ市象潟町の蛸満寺の東側の水田において、全長2mのハンディジオスライサーと全長1mのハンドコアラーを用いて行った。今回は海岸から約700m離れた地点から海岸線にほぼ直交する約500mの測線（測線1）において、約40m間隔でコア試料を採取し、層厚や堆積構造の特徴を記載した。また、測線1から南方向へ約300m離れた高泉寺付近でもハンディジオスライサーにより3本のコア試料を掘削した。さらに、日本海地

震・津波調査プロジェクト (https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/gaiyou.html) で掘削された深度 8m のボーリングコア 2 本 (KK1, KK2 コア) の記載も行った。粒度分析には島津製作所製 SALD-3000J (レーザ回折式粒度分布測定装置) を用いた。SALD-3000J は、レーザ回折及びレーザ散乱法を用いた測定方式であり、光源である半導体レーザの波長は 690nm である。受光部は 76 素子変形同心円センサ、側方センサ、後方センサ (2 素子) にて構成されている。これにより、 $0.1\sim 2,000\mu\text{m}$ の範囲の粒子を短時間で正確に測定することができる。粒度分析に用いた試料は各掘削地点において、津波堆積物の上下層を含めて 1~2cm 間隔で堆積物を採取した。また、測定結果の粒径加積曲線から Folk and Ward (1957) に基づいて淘汰度を算出した。

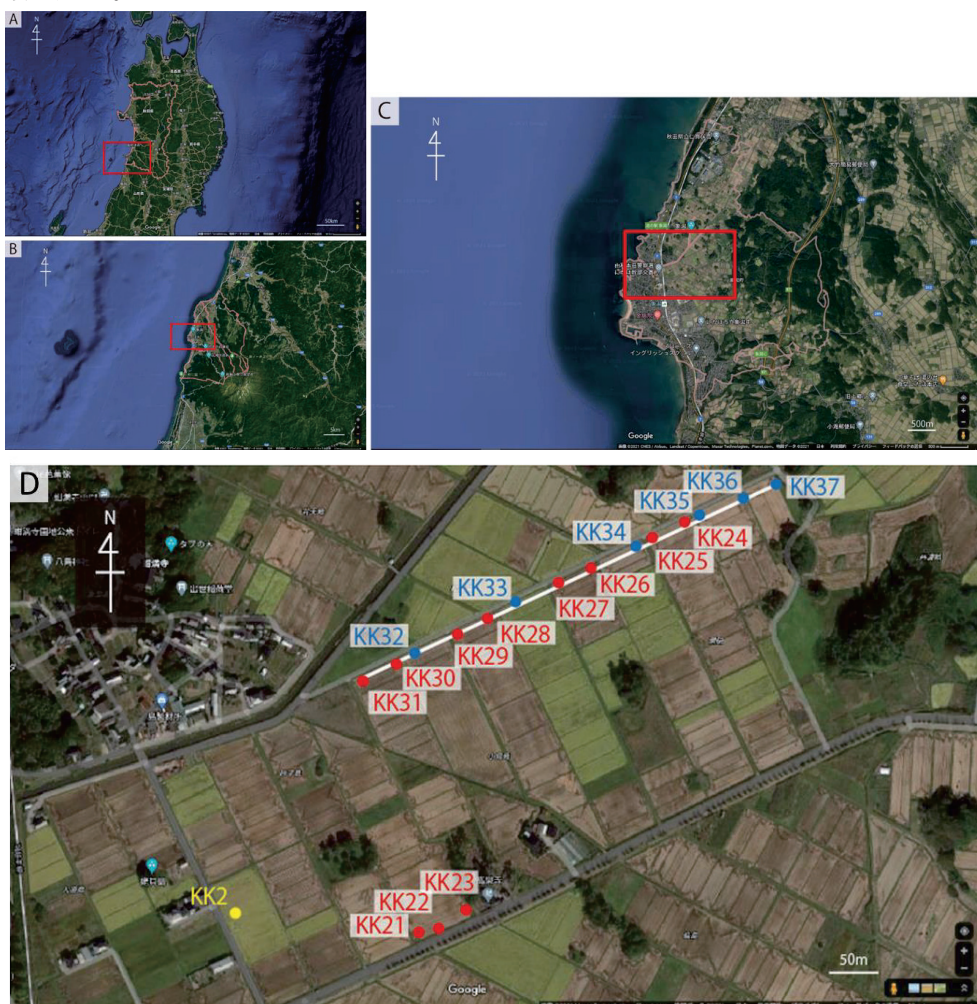


図 1 調査地域・調査測線

A : 全体図. B : にかほ市周辺図. C : 象潟周辺図. D : 掘削地点

3. コアの層相観察・粒度分析

層相観察によると、耕作土の直下に砂層若しくはシルト混じりの砂層が存在し、これが貝殻混じりの砂およびシルトを主体とする象潟層を覆っている。ここではKK22を例として、津波堆積物を含む象潟層の層相の特徴を示す(図2)。KK22では、地表面から深度18cmまでは耕作土からなり、そこから下位は貝殻を多く含む砂及びシルトが堆積している。深度23~37cmには極細粒砂から細粒砂からなる砂層が存在する。この砂層と下位の象潟層の境界には明瞭な侵食面が認められること、砂層の下部には象潟層の偽礫(リップアップクラスト)を含むことから、この砂層は強い水流下における運搬・堆積作用に伴う津波堆積物と考えられる。なお、象潟層の下部の深度163cm以深では、砂混じりのシルトから有機質シルト層へと変化している。粒度分析の結果、砂層を構成している碎屑粒子の中央値(D50)は2.07(ϕ)であり、淘汰度は1.02であった(深度30~31cm)。砂層の上位の砂混じりシルト層では、中央値は2.45(ϕ)であり、淘汰度は2.15であった(深度20~21cm)。砂層の下位の砂混じりシルト層では中央値2.67(ϕ)であり、淘汰度は1.67であった(深度44~45cm)。一方、砂層に含まれる偽礫では中央値が2.78(ϕ)であり、淘汰度は2.03であった。津波堆積物と考えられる砂層の堆積構造は象潟層に比べて淘汰が良く、含まれる偽礫の粒度分布は象潟層と類似しているという結果が得られた。

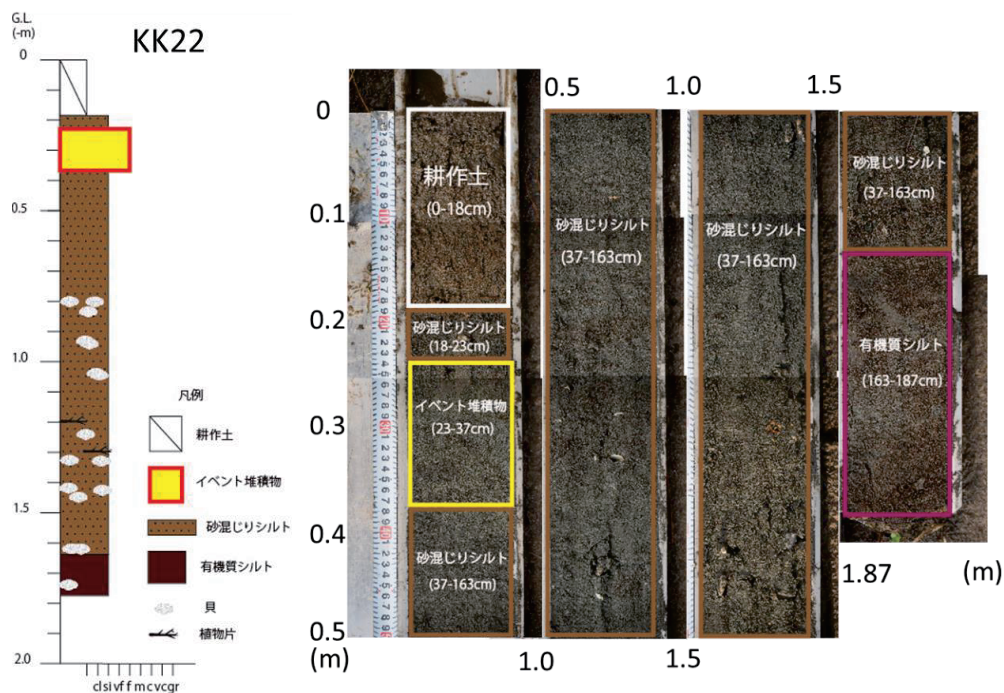


図2 KK22における柱状図, コア写真

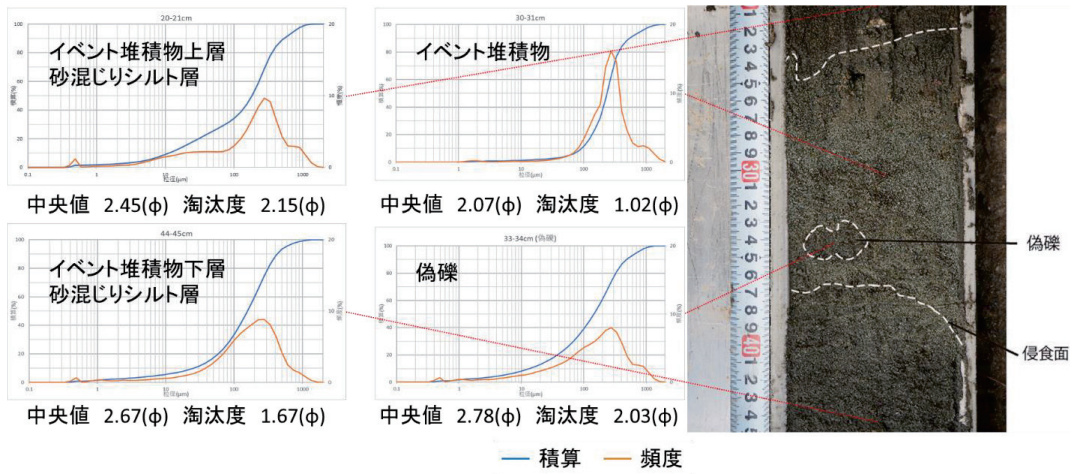
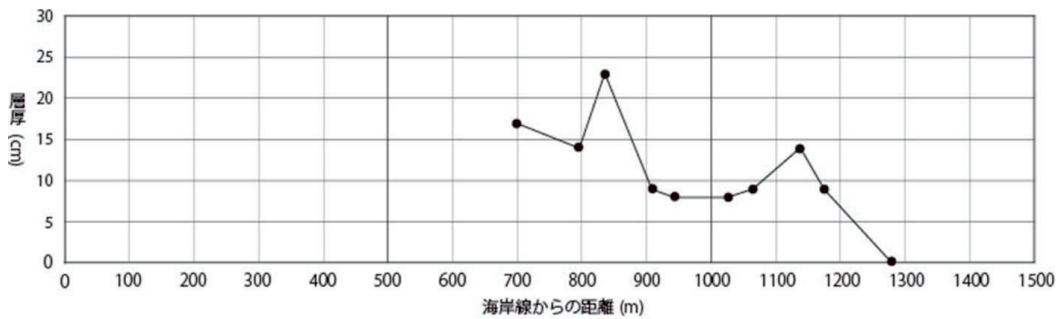


図 3 KK22 (深度 20~45cm) のコア写真, 粒度分析結果

粒度分析 左上: 深度 20~21cm 右上: 深度 30~31cm 左下: 深度 44~45cm 右下: 偽礫

4. 層相の空間的特徴

前述した測線 1 (全長約 500m) は、標高が 1.2~1.6m で内陸方向へわずかに低く傾いたほぼ平坦な地形に位置しており、ここでは KK24 から KK37 までの 14 本のコアを採取した。津波堆積物と考えられる砂層の層厚は、約 10cm で、最大は 23cm (KK30) であった。全体的に内陸方向へ薄層化していく傾向が認められ、海岸から約 1300m 付近でせん滅する。粒度分析によると碎屑粒子の平均中央値は 1.91 φ (KK2) ~ 4.06 φ (KK36) と中粒砂からシルトサイズまで変化し、海岸から内陸に向かって細粒化していくといった傾向が顕著である。



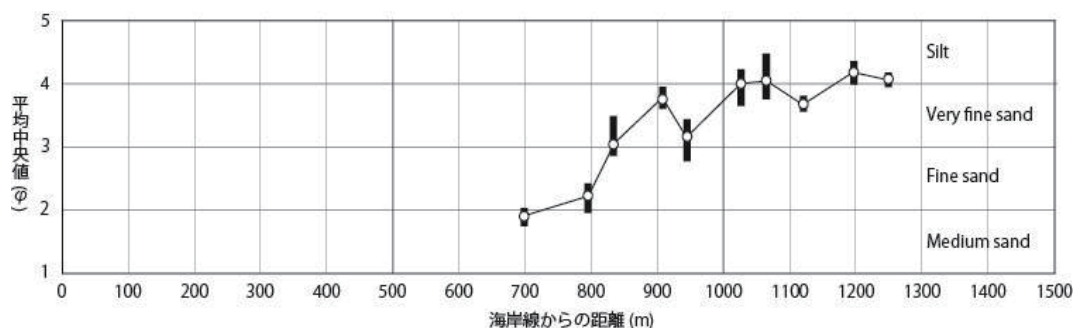


図4 測線1の層厚変化，粒度変化

5. 考察

象潟の津波堆積物調査の結果，測線1では全体的に海岸から内陸に向かって津波堆積物の層厚が薄くなり，碎屑粒子も細粒化していく傾向が認められた。層厚が内陸へ薄層化する傾向は，2011年東北地方太平洋沖地震の津波堆積物にも同様な傾向が認められる（山田・藤野，2013）。この原因としては，津波の流れが減速するに従って粒子が順次堆積することにより堆積物の供給が内陸ほど少なくなることが考えられる（後藤・藤野，2008）。また，碎屑粒子の内陸への細粒化も2004年インド洋大津波の堆積物などの研究で報告されている（例えば，藤野ほか，2006）。内陸細粒化がみられる要因としては，津波が内陸へと侵入するにつれ，粗粒サイズの碎屑粒子が優先的に堆積し，内陸ほど粗粒粒子に乏しくなり，相対的に細粒化していったと考えられる（後藤・藤野，2008）。さらに，この現象は遡上距離が短いほど顕著であることが指摘されているが（例えば，片山ほか，2015），測線1でも同様な傾向が認められた。

また，今回の調査では津波堆積物を覆う耕作土の直下に津波堆積物が出現する場合と耕作土と津波堆積物との間に砂混じりシルト層を挟む場合があった。前者については，陸化した象潟の新田開発の際に，津波堆積物の一部が削り取られた可能性がある。一方，後者は水域あるいは水域に近い環境で津波堆積物が堆積し，その後に砂混じりのシルトが堆積物を覆ったもので，津波堆積物の人為的な欠損を免れたことが考えられる。歴史史料によると1804年の象潟地震直後は，象潟の南側では完全に陸化しておらず，一部に水域が残っていたとされているが（安田，2021），砂混じりシルト層を挟むコアも象潟の南側に分布する傾向がある。

6. おわりに

1804年象潟地震の津波堆積物を調査した結果，海岸から内陸に向けて堆積構造が変化することが明らかになった。しかしながら，象潟湖の南側に分布する津波堆積物を覆う砂混じりシルト層の成因や地震に伴う津波の浸水範囲等が課題として残される。今後は調査地点を増やす

とともに、砕屑粒子の検鏡観察、珪藻分析や火山ガラスの主成分元素分析等によって多角的な検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究の一部には科学研究費（基盤研究（C）, 課題番号：20K05042, 代表：鎌滝孝信）を使用した。また、岡山理科大学理学部基礎理学科4年生の田原祥多、津崎旦陽、古田寛季の各氏には現地調査に協力いただいた。地域住民の方々には調査に関して快諾して頂いた。ここに記して関係各位に深く謝意を表す。

引用文献

- 安田容子：地震前と地震後の絵画からみる象潟の変遷。今井健太郎（編）、二百年前に象潟で起きたこと、秋田文化出版, pp.12-24, 2021.
- 平野信一・中田高・今泉俊文：象潟地震（1804年）に伴う地殻変形, 第四紀研究, 18, pp.17-30, 1979.
- 羽鳥徳太郎：文化元年（1804年）象潟地震の震度および津波調査, 地震研究所彙報, 61, pp.143-157, 1986.
- 片山裕之・前田勇司・安野浩一郎・吉河秀郎・阪口秀・西浦泰介：津波堆積物の粒度偏析メカニズムの解明に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3（海洋開発）, 71, pp.641-646, 2015.
- 山田昌樹・藤野滋弘：2011年東北地方太平洋沖地震津波により茨城県・千葉県沿岸低地に形成された津波堆積物の堆積学的特徴, 堆積学研究, 72, pp.13-25, 2013.
- Folk, R.L. and Ward, W.C., Brajos river bar: a study in the significance of grain-size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, pp.3-27, 1957.
- 後藤和久・藤野滋弘：2004年インド洋大津波後の津波堆積物研究の課題と展望, 地質学雑誌, 12, pp.599-617, 2008.
- 藤野滋弘・松本弾・成瀬元・藤田和彦・Suphawajruksakul, A.・Jarupongsakul, T.：陸上津波堆積物の堆積構造と堆積過程—タイ南西部におけるインド洋津波の例—, 月刊地球, 326, pp.558-562, 2006.