

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

効果的な津波堆積物認定手法の構築
—無機化学分析・有機化学分析・有機質微化石分析による多角的アプローチ—

研究代表者氏名 加瀬 善洋¹⁾

研究分担者氏名 卜部厚志²⁾, 川上源太郎¹⁾, 仁科健二¹⁾, 林 圭一¹⁾, 高清水康博²⁾, 沢田 健³⁾

¹⁾北海道立総合研究機構 地質研究所 ²⁾新潟大学 ³⁾北海道大学

研究要旨

津波堆積物および平常時（泥炭）の堆積物を対象に、無機化学分析、有機化学分析ならびに有機質微化石分析を行った。その結果、(1) 津波堆積物の sterol および stanol C₂₇/C₂₉ 比は平常時堆積物と比較して高い値を示すこと、(2) 津波堆積物中のみから海生有機質微化石である渦鞭毛藻シストおよび底生有孔虫の有機質内膜が産出し、単一の堆積物中において比重により特定の位置に偏在すること、(3) 津波堆積物を特徴づける無機化学特性は必ずしも認められないことが明らかとなった。したがって、津波堆積物を認定するために最も重要な識別基準といえる「海水の寄与」を判断する上で、有機化学分析および有機質微化石分析が有効である。さらに有機質微化石分析を行う場合、分析対象とする生物種に応じた試料採取がより効果的である。

A. 研究目的

平成 27 年度新潟大学共同研究において、津波堆積物と平常時（泥炭）の堆積物を対象に無機化学分析および有機質微化石分析を行った。その結果、(1) 津波堆積物の懸濁液は、平常時堆積物と比べて高 EC（電気伝導度: Electric Conductivity）、低 pH、高 SO₄²⁻、高 Ca²⁺溶存イオン濃度を示すこと、(2) 津波堆積物中のみ海生有機質微化石が含まれることが示された。しかし、層準（埋没深度）により上記の無機化学特性が検出されない場合があることや、有機質微化石が単一の津波堆積物中でも垂直・水平方向に偏在して産出することなど、いくつかの課題が残された。

本研究では、津波堆積物および平常時堆積物を対象に、無機化学分析と有機質微化石分析を継続して行うとともに、これまで報告例がほとんどない有機化学分析を新たに実施し、(1) 津波堆積物に認められる無機化学特性の成因および有用性、(2) 単一の津波堆積物中における有機質微化石の水平・垂直方向の分布傾向、ならびに (3) 津波堆積物を特徴づける有機化学特性の有無を検討した。

B. 研究方法

B-1. 野外調査による地質試料の採取

北海道厚岸町湾月地区において、添田ほか（2003）により報告されている古津波堆積物の地質試料を採取した。採取にはハンドコアラーおよびハンディジオスライサーを使用した。

また H27 共同研究において、宮城県仙台市荒浜地区で採取した貞観および弥生津波起源とされる歴史津波堆積物（Sawai *et al.*, 2012）および福島県南相馬市小高地区で採取した 2011 年東北沖津波の堆積物（以下、3.11 堆積物）も比較試料として用いた。なお H27 共同研究に採取した試料は地質研究所に冷蔵保管してあるものを使用した。

B-2. 無機化学分析

厚岸町で採取した試料を対象に、懸濁液および原位置の EC・pH を測定した。試料は主に泥炭層で構成され、その間に 7-8 層のシルト質砂～極細粒砂からなる津波堆積物が挟在する。なお測定値は堆積物中の間隙水の化学特性を反映するという考え（内山ほか、2011）に従った。

懸濁液の作成および測定は、内山ほか（2011）の修正 JGS 法に従った。分析手法の詳細は加瀬ほ

か (2016) を参照されたい。原位置における測定は HANNA 製土壌ダイレクト EC 計および pH 計を用いて、試料採取後に現地で計測した。

B-3. 有機質微化石分析

H27 共同研究において、産出分布の偏在が顕著に認められた 3.11 堆積物を分析試料として選定した。10 地点 (現海岸線からの距離約 600–1500 m, 各地点間距離約 100 m) において、各地点で 3 層準 (後述の LSD, USD, MDD) から試料を採取し処理・検鏡した。検鏡は 10 枚以上のスライドを用い、均一に塗布したと仮定して単位面積 (10 側線) 当たりの個体数を定量的に算出した。なお分析手法の詳細は林ほか (2016) を参照されたい。

B-4. 有機化学分析

荒浜地区で採取した平常時堆積物とその間に挟在する貞観・弥生津波堆積物を対象に、次の手順で分析を行った; 1. 試料を凍結乾燥し、津波堆積物試料は篩で 125 μm 以下の細粒画分に分画。2. 堆積物中の遊離体有機分子をメタノールおよびジクロロメタンを用いて抽出。3. 抽出成分をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより脂肪族画分、芳香族画分、ケトン/エステル画分、極性画分に分離。4. ケトン/エステル画分と極性画分は再混合し、BSTF 試薬を用いた極性成分の誘導体化処理。5. ガスクロマトグラフィー質量分析計に注入、堆積物中の有機分子を分析。

C. 研究結果

C-1. 無機化学分析結果

懸濁液における EC・pH 値の深度プロファイルは、津波堆積物が挟在する層準で高 EC・低 pH のピークを示す場合が多いが、平常時堆積物中でもピークが認められる (図 1)。原位置における深度プロファイルでは、EC 値は懸濁液と弱い相関を示す一方、pH 値に相関は認められない (図 1)。

C-2. 有機質微化石分析結果

層相の特徴から、3.11 堆積物を次の 3 つに区分した; Lower sand division (LSD): 砂層下部の礫交じり極粗粒～中粒砂, Upper sand division (USD): 砂層上部の泥質中粒～細粒砂, Mud drape division (MDD): 最上部のマッドドレープ (図 2)。

検鏡の結果、有機質微化石の産出傾向と海岸線からの距離の間に相関は認められない。一方、垂直方向では、(1) LSD では有孔虫内膜が多く産出

し、渦鞭毛藻シストはほとんど産出しない、(2) USD では有機質微化石自体がほとんど産出しない、(3) MDD では渦鞭毛藻シストのみが卓越して産出する傾向が認められた (図 2)。

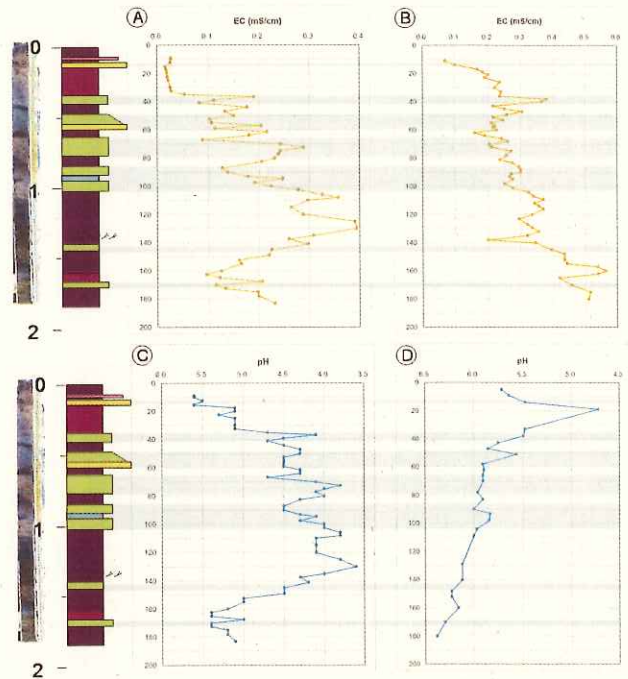


図 1. 厚岸町における懸濁液 (A, C) および原位置 (B, D) における EC・pH の深度プロファイル。水色の層準は津波堆積物の挟在層準を示す。

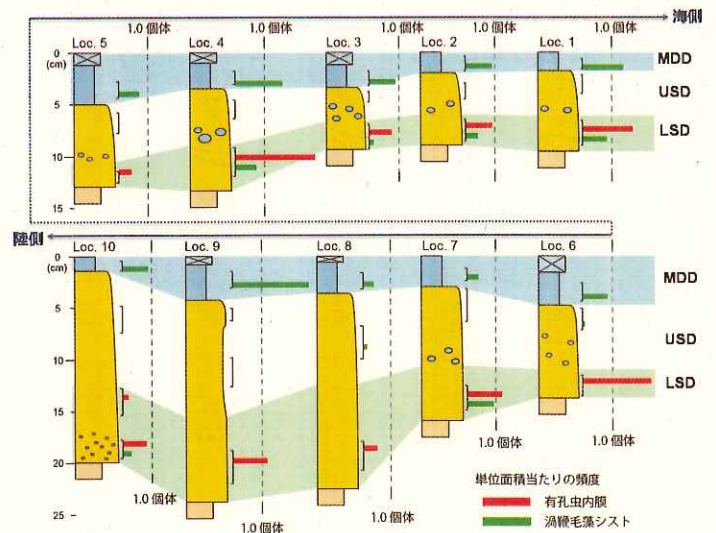


図 2. 有機質微化石の産出状況。

C-3. 有機化学分析結果

全ての試料から、高等植物由来の長鎖 *n*-アルカン、長鎖 *n*-アルコール、ならびに長鎖メチルエステルが高濃度で検出された。また高等植物起源の sterol C₂₉ が検出されるとともに、藻類起源と推定される sterol C₂₇ が微量に検出された。sterol および stanol C₂₇/C₂₉ 比に注目すると、津波堆積物全体

で高い値を示す(図3)。また津波堆積物の細粒画分の sterol 組成は平常時堆積物と近い組成を示す。さらに津波堆積物全体の cholesterol/cholestanol 値は泥炭と比べて高い値を示す。

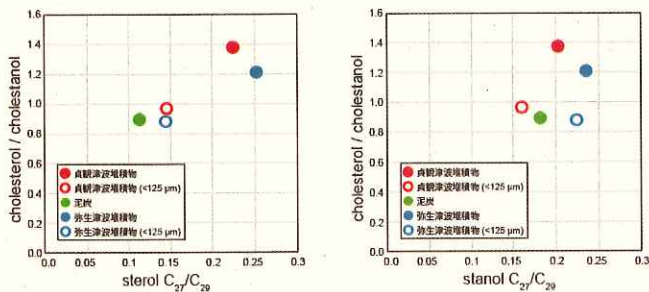


図3. 有機化学分析結果。

D. 考察

D-1. 無機化学特性の成因および有用性

堆積物懸濁液および原位置における EC 値の深度プロファイルが弱いながらも相関を示すことから、試料採取後に間隙水の化学変化が生じたとは考えにくい。一方、懸濁液の pH 値は試料採取後の酸化の影響を反映しているものと考えられ、懸濁液のイオンクロマトグラフ分析結果から SO_4^{2-} が高濃度に検出されていること (H27 成果) から、パイライト態イオウの酸化により pH が低下した結果であると考えられる。

また EC 値が津波堆積物とは対応のない層準でもピークを示す場合がある。この原因として、堆積物を残さない津波の浸水を反映しているのか、あるいは津波の痕跡はそもそも反映していないのか、現段階では結論を得られていない。今後、泥炭に挟在する洪水起源の砂層と比較した分析を行い、検証する必要がある。

D-2. 有機質微化石が偏在して産出する要因

有機質微化石が垂直方向で偏在することは、津波の流れの中で石灰質殻を持つ有孔虫が砂粒子の挙動を示す一方、渦鞭毛藻シストが泥粒子の挙動を示すことによる sorting に起因すると思われる。すなわち、(1) 流れの強い遡上流時、有孔虫を含む砂粒子が堆積 (LSD)、(2) 遡上流による表土侵食後の陸上植物を大量に含む戻り流れ時、有機質微化石を含まない砂粒子が堆積 (USD)、(3) 流れ停滞時、サスペンション状態から渦鞭毛藻シストを含む細粒碎屑粒子が堆積 (MDD)、(4) 堆積後の天水の影響により、有孔虫の石灰質殻が溶け、LSD に内膜だけが残存した結果であると考え

られる。

D-3. 津波堆積物を特徴づける有機化学特性

津波堆積物の sterol および stanol C₂₇/C₂₉ 比が平常時堆積物と比較して高い値を示すことから、藻類起源の有機物が津波堆積物に多く保存されていると考えられる。さらに藻類起源の有機成分は、津波堆積物の粗粒部 (>125 μm) に多い。また藻類などに由来する cholesterol は還元的な環境でのバクテリア作用によって二重結合の飽和化が進み cholesterol に変化することが知られており、cholesterol/cholestanol 比は堆積場の酸化還元指標として利用されている。本結果では、津波堆積物全体で cholesterol/cholestanol 比が高い値を示すことから、酸化的な環境、例えば浅海に分布する砂粒子が供給源となったことを示す指標として有効である可能性が考えられる。

E. 結論

本結果から、津波堆積物の識別基準である「海水の寄与」を判断する上で、有機質微化石分析および有機化学分析は有効な手法であることがわかった。さらに有機質微化石分析では、対象とする生物種に応じた試料採取が効果的である。一方、無機化学分析においては必ずしも津波堆積物を特徴づける化学特性が認められないことから、現時点では識別のための有効な手法とはいえない。文献 林ほか, 2016, 地質学会講演要旨; 加瀬ほか, 2016, 地質学会講演要旨; Sawai *et al.*, 2012, *Jour. Geophys. Lett.*; 添田ほか, 2003, 活断層・古地震研究報告; 内山ほか, 2011, 地質調査研究報告。

F. 研究発表

1. 論文発表 特になし

2. 学会発表

- (1) 地質研究所成果報告会・2016年5月・道総研プラザ・加瀬ほか
- (2) 日本地質学会北海道支部・2016年6月・北海道大学・加瀬ほか, 林ほか
- (3) JKASP2016・2016年6月・フェアバンクス (アラスカ)・Kase *et al.*
- (4) 日本地質学会第123年学術大会 (2016年東京・桜上水大会)・2016年9月・日本大学・加瀬ほか, 林ほか

G. 知的財産権の出願・登録状況 特になし