

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400486

研究課題名(和文)プレート境界堆積盆地における津波・洪水堆積物の認識とその地層形成上の役割

研究課題名(英文)Role of the Tsunami and flood deposits for strata formation in the sedimentary basin on the plate boundary, Japan.

研究代表者

保柳 康一 (HOYANAGI, Koichi)

信州大学・学術研究院理学系・教授

研究者番号：30202302

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：福島県南相馬市小高の井田川地区において、2011年の3.11津波堆積物と過去1万年間の地層中の津波堆積物について研究した。3.11津波堆積物は、2層からなる砂層と津波と地盤沈下による塩水の侵入と停滞から堆積した泥層からなる。過去1万年間に干拓前に存在した井田川浦を埋積した26 mの堆積物中には、海棲の貝などを含む砂層が頻りに挟在していた。その堆積は放射性炭素年代測定から約600年間隔と見積もられ、堆積構造と合わせて考えると津波堆積物である可能性がある。また、長野市塩崎に分布する西暦888年の洪水堆積物についても研究し、正級化構造を持つという一般の洪水砂層とは異なった特徴を持つことを発見した。

研究成果の概要(英文)：The study area is situated on the Pacific coast in the Minamisouma City, Fukushima Prefecture, Northeast Japan. We took samples of the 2011 tsunami deposits from thirteen localities. We also drilled on the central part of the area and took 26 m Holocene sediments. The sandy tsunami deposits derived from the beach by the 2011 tsunami, and muddy deposits were deposited in the lagoon, which was formed by the tsunami intrusion and the subsidence of the ground. While, the Holocene estuary-fill is composed of the deposits of backshore, sandy to muddy tidal flat, subtidal estuary and salt marsh with intercalated event sand beds, and artificial fill and paddy soil in ascending order. The event sand beds yield many marine shell fragments. Radiocarbon ages indicate that the event sand layers formed approximately ever 600 years. These characters suggest the possible tsunami deposits. We also studied the flood sand layer in Nagano City, which was form by the Ninna flood in A.D. 888.

研究分野：堆積地質学

キーワード：津波 洪水 東北沖地震津波 完新統 エスチュアリー堆積物

1. 研究開始当初の背景

日本列島はプレート境界に位置し、その地質学的位置により甚大な災害に繰り返し見舞われてきた。しかし、その繰り返しの周期は地質学的時間スケールをもっており、100年に満たない私たち人間の一生に比して極めて長く、災害予測に成功しているとは言えない。地質学では数万年から数百万年、さらにより長い時間を対象にする。一方、災害という点では、数100年、数1000年という時間スケールでの自然災害頻度の研究が必要であり、古文書や考古学的研究による成果と地質学的観察との総合化が必要となる。

津波、洪水ともその原因は様々である。津波の原因は地震だけでなく、火山体の崩壊、海底地すべりなどもその原因となる。沿岸の陸域にある海起源と考えられる砂層も、高潮堆積物や様々な要因の津波堆積物を区別して、それぞれについて災害対策を取る必要がある。すなわち、沿岸域の海成砂層=プレート境界地震として周期性を検討するのは危険である。また、洪水も豪雨という気象現象だけでなく、地震や火山活動などの地殻変動がつくった天然ダムの決壊は、より甚大な被害をもたらす洪水となることが知られている。このことから、津波として記録されない内陸部における地震活動などを洪水記録から知ることにも可能である。1847年の善光寺地震の19日後信州新町の虚空蔵山の崩壊土砂により千曲川支流の犀川に作られた天然ダム決壊による長野盆地を襲った洪水や平安時代の仁和年間(西暦888年)に八ヶ岳山麓の大月川と千曲川上流をせき止めた岩屑流による天然ダムの決壊が引き起こした洪水は、上田盆地から長野盆地を経て飯山盆地までに達した。天然ダムの形成は前年の887年に起こった南海巨大地震(仁和地震)が原因であるとする説(石橋, 1999)が有力である。

このように津波・洪水などの災害に伴う堆積物は普遍的に存在し、津波堆積物は海岸平野の堆積物として重要な要素であり、洪水堆積物は平野、盆地における重要な堆積要素である。これまで研究代表者は日本国内や国外のプレート境界の堆積盆地の地層研究によって、環境解析や海水準変動解析をおこなってきた。その中には洪水、津波を起源と考えられる堆積物も含まれていた。これらの堆積物の特徴を整理して、地質記録の中からこれらの堆積物の識別をする必要がある。

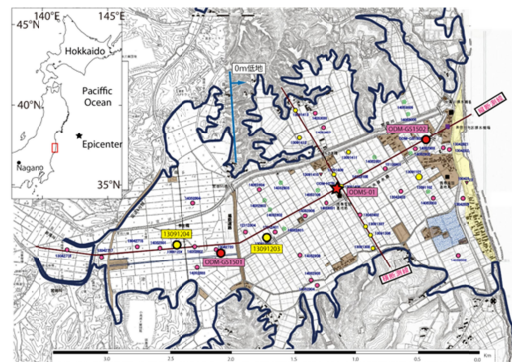
2. 研究の目的

この研究では、堆積学的研究手法によって津波、洪水の地層記録の解釈をおこなうことを研究目的とする。具体的には、福島県南相馬市の津波堆積物と長野県長野市の洪水堆積物を研究対象とし、次の3つを目的とする。(1) 南相馬市小高区井田川地区(第1図)の2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震津波(以降3.11津波)堆積物を表層から数10

cm掘り下げ、不攪乱で採取し、その堆積学的特徴と分布を明らかにする。

(2) 同じく井田川地区の完新統について、1から2m長のジオスライサー試料およびボーリングコア試料によって、そこに挟在する砂層を3.11津波堆積物との比較をおこない、過去1万年間の津波来襲頻度などを検討する。

(3) 長野市塩崎の弥生時代以降の遺跡を発掘している現場で確認されている888年仁和洪水堆積物について、その地域的広がりや堆積物としての特徴を検討して、津波堆積物や他の堆積物との比較を行う。



第1図 井田川地域における表層堆積物、ジオスライサー、コア、採取位置

3. 研究の方法

(1) 津波堆積物として調査対象としたのは、福島県南相馬市小高区南部に位置する井田川地区で、東西約1.8km、南北約1.0kmの井田川浦を干拓して1929年に作られた地域である。

3.11津波堆積物については、この井田川地区の遡上域において2012年4月~2015年10月にかけて調査ピット(縦横幅1.5m、深さ40cm程度)を50箇所て人力掘削した(第1図)。テストピットで津波堆積物の産状を観察し、Lunch Box法(七山・重野, 1998)により定方位試料を採取した。定方位試料からはざり取り試料を作成し、堆積物の色調、粒度、淘汰度、構成粒子および堆積構造について記載した。

(2) 3.11津波堆積物、その下位に存在が予想される歴史時代の津波堆積物、さらに歴史記録以前の遡上堆積物を採取するため、ジオスライサーを用いて地下1mおよび2mの長さの不攪乱試料を全5カ所で採取した。その内、2m長のものは海側と陸側で2カ所である。これらの堆積物について堆積物の色調、粒度、淘汰度、構成粒子および堆積構造について記載し、柱状図を作成した。

(3) 南相馬市井田川地区の完新統コアは、2015年10月23日から29日までの間に掘削された。掘削地点は旧井田川浦の中心よりやや北に寄った地点(北緯37度31分36秒、東経141度1分6秒)で、宮田川とその南の用水路の間に位置する(第1図)。ボーリングは、3.11津波堆積物の下位の耕作土から最終氷期以降の完新統を掘り抜いて、鮮新-更新統大年寺層に達した深度26.5mで掘り止め、その全区間で径7.0cmのコアを採取した(第

3 図) .採取されたコアについて、コアの乾燥や変色を避けるため、コアの半割直後に記載を行い、軟 X 線撮影用試料、乾燥かさ密度測定用試料、粒度分析用試料を分取した。これらの作業は、コア採取後 2 週間以内にすべて行なった。さらに、有機・無機化学分析用の試料についてもコアから分割した。また、¹⁴C 年代測定用に、保存の良い貝化石や材化石なども記載時に採取して冷凍保存した。

(4) 千曲川洪水堆積物は、888 年の仁和洪水の砂層をターゲットに、長野市南部の塩崎遺跡の発掘現場で、分布の確認、堆積層の観察、試料の採取をおこなった。これらの堆積物について、粒度変化、有機炭素量 (TOC)、安定炭素同位体比測定などをおこなった。

4. 研究成果

(1) 3.11 津波堆積物

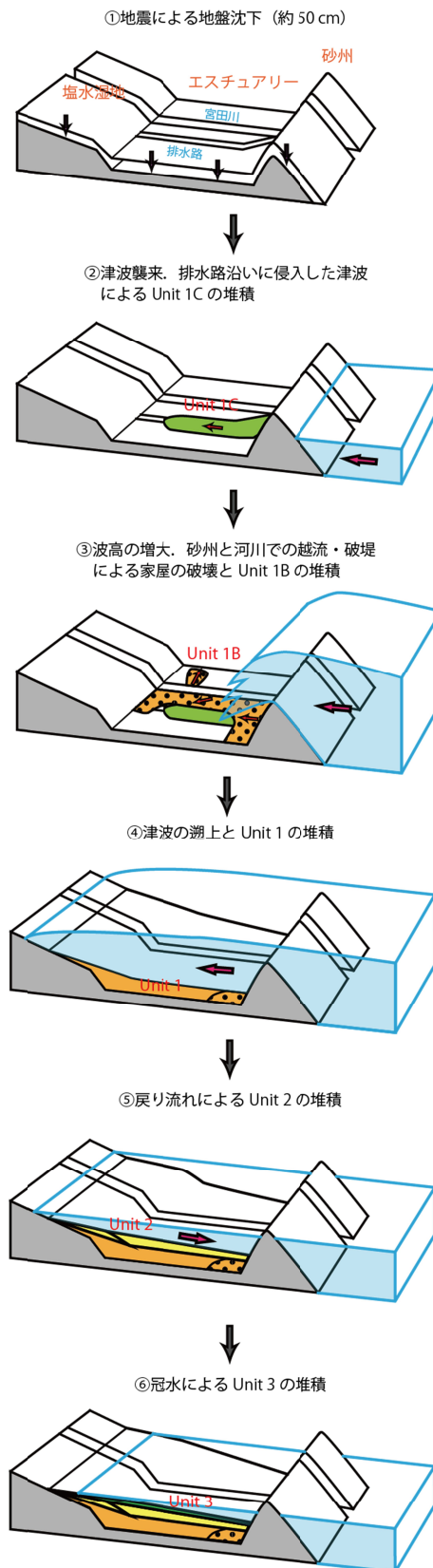
層厚 5 ~ 20 cm で、下位からユニット 1 ~ ユニット 3 に区分される。ユニット 1 は排水路沿いに水路遡上堆積物 (ユニット 1 C) と、砂州と防潮堤および宮田川の堤防を越流し一部で破堤したことによる堆積物 (ユニット 1 B) を伴う。

ユニット 1 は上方細粒化する比較的淘汰良好な中 ~ 細粒砂を主とし、エスチュアリー中央部より内陸側では泥偽礫を多く混じえる。陸側方向への礫のインプリケーションが部分的に認められ、遡上流による堆積物と考えられる。越流・破堤堆積物は、堤体材料や盛土起源の礫と泥偽礫を多量に混じえた粗粒堆積物である。水路遡上堆積物は特に淘汰が良好で有色鉱物の平行ラミナを多数伴い、前浜の砂と同様の層相を示す。

ユニット 2 は、塩水湿地では比較的淘汰良好な細粒砂を主とし平行葉理がしばしば見られる。海側方向を示す斜交葉理が部分的に認められることから、戻り流れの堆積物と考えられる。エスチュアリーでは淘汰がさらに不良な泥質極細粒砂からなる。ユニット 3 は塊状の泥を主とし、津波後の冠水期の堆積物を主とすると考えられる。井田川低地の北側に隣接する小高川低地でも 3.11 津波による砂質堆積物が 2 層に区分され、下部層の流向は遡上方向、上部層では戻り流れ方向を示すことが報告されている (高清水ほか, 2016)。以上の検討結果にもとづき、井田川低地での津波堆積物の形成過程を考察する。

地震による地盤沈下 (第 2 図 -)

津波の侵入 (第 2 図 -) エスチュアリーで最も標高が低く、外洋に直結している排水路沿いに最初に津波が遡上した。沿岸堆積物起源の砂からなるユニット 1 C を堆積させた。津波波高の増大による越流 (第 2 図 -) 波高の増大により宮田川の堤防から津波が越流し、次いで砂州と防潮堤を越流した。その際に多くの家屋を全壊させて、ユニット 1 B を堆積させた。津波の内陸への遡上 (第 2 図 -) 砂州を越流した津波がエスチュアリーを遡上し、宮田川からの越流津波と



第 2 図 3.11 津波による堆積物の形成過程

合流して、塩水湿地をさらに遡上した。その際にユニット 1 を堆積させた。戻り流れの発生 (第 2 図 -) 戻り流れの初期段階では宮田川や防潮堤の破堤部から排水されたため流速がやや大きく、塩水湿地では比較的淘汰のよい砂が堆積した。水位の低下とともに

に排水不良となり、エスチュアリーでは不淘汰な泥質砂が沈積した。津波後の冠水（第2図-）長期間にわたる冠水により、シルトからなるユニット3が堆積した。なお、ユニット3の泥層には、*Palaria sp.*などの沿岸海域に生息する珪藻化石が30~40%含まれており、海水の影響が長期間残ったことを示している。

(2)3.11 津波以前の津波堆積物

ジオスライサーによる試料採取によって、表層から50 cm,と130 cmにそれぞれ、砂層が挟まっている所が確認された。これらの試料からは年代値が得られなかったが、可能性としては表層下50 cmの砂層が慶長三陸津波（西暦1611年）に対応し、130 cm付近の砂層が貞観津波（西暦869年）に対応する可能性がある。

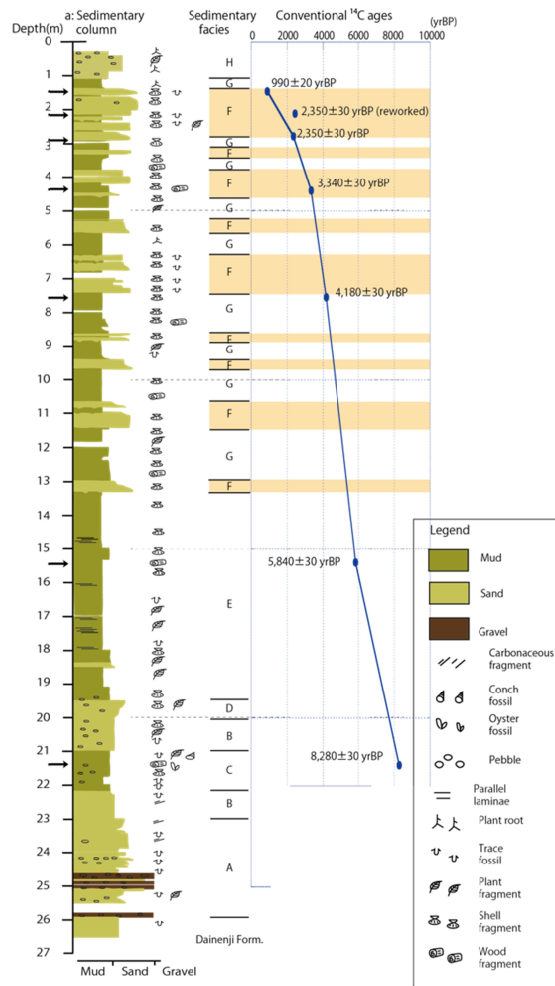
一方、完新統を掘り抜いた26.5 mのコア試料においても、最上部約1.4 m付近に砂層が存在し、その最上部に含まれていた貝化石の放射性炭素年代は約1,000年前を示しており、貞観津波の形成年代に近い。このコアの堆積相解析に基づく環境解析と貝化石、材化石の放射性年代（表）に基づく次のような過去1万年間の環境変遷を次のように復元することが可能である（第3図）。

最終氷期終了後の約1万年前からこの地域への海進が始まり、海岸線背後の後浜となる。約8,000年前から海側に砂礫などのバリアが成立、この地域は砂質潮汐平底、泥質潮汐平底となった。5,500年前の縄文期の最大海進期にはエスチュアリーが広がり、潮下帯まで深くなる。5,500年以降、海退と埋積によりエスチュアリーは縮小し塩水湿地となった。約100年前に干拓により水田となった。

さらに、塩水湿地の泥質堆積物に挟在するイベント堆積物は貝化石を含む砂層で、すべて海側から運搬されたと考えられる。また、級化構造、複級化成層、逆級化構造が見られる。さらに、これらのイベント砂層の一部には偽礫や礫が含まれ、斜交ラミナを伴う。砂層の堆積間隔は約600年と見積もられる。以上のことから、これらの砂層の多くは、津波堆積物である可能性が高い。

表 コアから得られた試料の¹⁴C年代

Depth (m)	Material	Conventional ¹⁴ C age (yrBP)
1.46	Shell	990±20
2.08	Shell	2,350±30
2.78	Shell	2,350±30
4.40	Shell	3,340±30
7.54	Shell	4,180±30
15.40	Wood	5,840±30
21.40	Wood	8,280±30

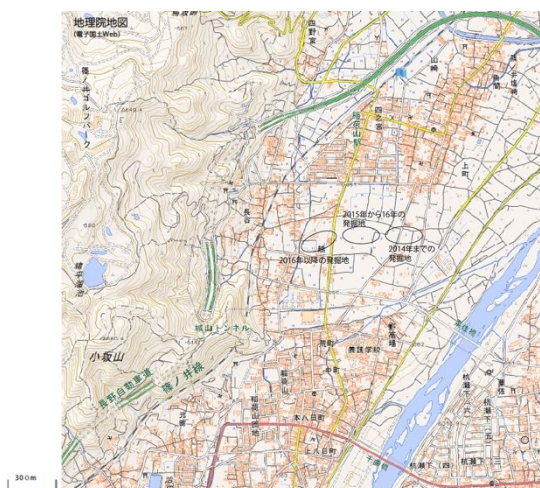


第3図 井田川地区の完新統コアの堆積相と堆積年代

(3)千曲川の巨大洪水堆積物

長野市南部塩崎地域の遺跡発掘現場において確認される平安期の西暦888年の仁和の洪水の砂層は、次のような分布と堆積物としての特徴をもっていることが明らかになった。長野県埋蔵文化財センターの塩崎遺跡群の発掘調査は、研究期間である3年の間に、千曲川左岸の自然堤防の微高地の河川側（東側）から小高い自然堤防上、そして西側の後背湿地側へと移動した。その結果、これらの発掘地点のほとんどで仁和の洪水砂層が確認されることが判明した。しかし、住居跡が弥生期より連続して形成されていた微高地である自然堤防上では洪水砂層は薄く、さらにしばしば人間活動により失われていることがあることも分かった。一方、より千曲川から離れた後背湿地側では再び洪水砂層は厚くなっている。また、厚い洪水砂層（数10 cmから1 m程度）は、下部が逆級化構造を示し上部では正級化構造を示す。このことは、逆級化部のみからなる通常の洪水砂層と異なって、仁和の洪水は、氾濫後に河川流路に水が戻ることなくしばらく鹹水状態が続き、湖のような水域が長野盆地を覆っていた可能性がある。

また、自然堤防上の薄い(数 cm から 10 cm 程度)の砂層は正級化構造のみからなる。このことは、微高地であった自然堤防上には、逆級化を作る初期の洪水流が届かなかったことを示す。自然堤防を越えた後背湿地側で再び砂層が厚くなることから、洪水流は河道から自然堤防を乗り越えて後背湿地に広がったのではなく、上流の決壊域から自然堤防を挟むような 2 本の流れとしてこの地に到達した可能性が高い。このことも上流での天然ダム決壊による大規模洪水であることを裏付けるものと考えられる。



第 4 図 長野市塩崎遺跡の位置

<引用文献>

- 石橋克彦, 1999, 文献資料からみた東海・南海巨大地震 - 1. 14 世紀前半までのまとめ-, 地学雑誌, 108, 399-423
- 七山 太・重野聖之, 1998, Lunch Box と速乾性ポンドを用いた未固結砂礫の定方位試料の作成法. 地質ニュース, 523, 52-56.
- 高清水康博・卜部厚志・羽鳥祐香・加瀬善洋・林 圭一, 2016, 南相馬市小高区の津波堆積物の磁気ファブリックと粒子ファブリック. 日本堆積学会 2016 年福岡大会講演横集, 20

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

- 1) 太田勝一, 嵯峨山 積, 乾 哲也, 保柳康一, 2017 (印刷中), 北海道厚真川を遡上した 2011 年東北沖地震津波による堆積物の形成過程および津波波形との対応, 地質学雑誌, 123 巻, 査読有.
- 2) 角張友律, 太田勝一, 保柳康一, 2017, エスチュアリー埋積堆積物中の津波堆物: 福島県南相馬市小高区井田川地区における完新統ボーリングコア, 堆積学研究, 75 巻, 73-82, 査読有.

[学会発表](計 4 件)

- 1) 太田勝一, 保柳康一, 南相馬市小高区における 2011 年東北沖地震津波の堆積物の

特徴と津波被害の関係, 日本堆積学会, 松本, 2017 年 3 月 26 日.

- 2) 保柳康一, 角張友律, 松田和久, 太田勝一, 南相馬市小高区井田川で採取されたボーリングコア中のエスチュアリー埋積完新統と津波堆積物, 日本地質学会, 東京都世田谷区, 2016 年 9 月 11 日.
- 3) 太田勝一, 保柳康一, 南相馬市の 3.11 津波堆積物についての層相区分による形成過程の検討, 日本地質学会, 鹿児島, 2014 年 9 月 15 日.
- 4) 市川由依, 保柳康一, 千曲川沿い長野県塩崎遺跡群における環境変遷と歴史時代二大洪水の堆積様式, 日本地質学会, 鹿児島, 2014 年 9 月 14 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

保柳 康一 (HOYANAGI, Koichi)
信州大学・学術研究院理学系・教授
研究者番号: 30202302

(2) 研究協力者

太田 勝一 (OTA, Katsuichi)
信州大学大学院総合工学系研究科山岳地域環境科学専攻・博士課程

角張 友律 (KAKUBARI, Yuri)
信州大学大学院総合理工学系理学専攻・修士課程

市川 由依 (ICHIKAWA, Yui)
信州大学大学院理工学系地球生物圏科学専攻・修士課程