

平成 25 年度

津波堆積物データベースの整備

- 津波堆積物に係るデータの調査及びデータベースシステムの構築 -

平成 26 年 3 月

東北大学

目 次

1. 序論	3
2. 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証	6
2.1 はじめに	6
2.2 入力データシート作成について	7
2.3 文献入力について	10
2.4 既往調査地と地形との関係	21
2.5 三浦半島での調査	26
2.6 紀伊半島での調査	30
2.7 ニュージーランドにおけるデータベースの概要	38
2.8 今後の改善点	44
3. 津波堆積物の認定基準の整備	45
3.1 はじめに	45
3.2 東通村大沼	47
3.3 野田村	55
3.4 仙台平野周辺	63
3.5 水神沼	74
3.6 松川浦	83
3.7 南相馬市小高	94
3.8 粒度分析法および鉍物鑑定法の検討	108
3.9 過去の津波堆積物の堆積学的特徴	118
3.10 津波堆積物の認定基準	120
4. 年代測定精度の高度化	128
5. 津波堆積物データベースシステムの整備	135
6. 成果の要点	149
学術講演会や学術論文等における公表	150

1. 序論

我が国は、過去 1,400 年にも遡ることができる地震・津波の歴史記録を有する。歴史記録は、数十年から百数十年スケールで起きる比較的高頻度の地震・津波の履歴や規模の解明には有用である。その一方、数百年から千年の時間スケールで起きる低頻度かつ巨大な地震・津波の履歴や規模を把握するためには、津波堆積物などの地質記録を活用する必要がある。

2011 年東北地方太平洋地震津波の被災地である仙台市や石巻市の沿岸部では、西暦 869 年貞観地震津波の地質学的研究が震災前から進められており、津波堆積物が地域防災計画や原子力発電所の津波安全評価に有効であることが広く認められることとなった。現在では、中央防災会議や国土交通省、原子力規制委員会の指針等に、最大クラスの地震と津波を把握するうえで、津波堆積物調査を実施することの必要性が明記されている。そのため、津波リスクの高い我が国の沿岸地域での早急な津波堆積物調査の実施が強く望まれている。

津波堆積物調査は、我が国では 1980 年代後半から実施され、すでに 170 編を超える学術論文や報告が出されている。しかし、津波堆積物の情報は系統的に整理されておらず、利活用が容易ではないという問題がある。津波堆積物データを原子力発電所等の重要施設の安全性評価に利用していくためには、津波堆積物のデータベースを作成し、統一基準でデータを表記できるようにすることが不可欠である。また、津波堆積物データの精査、信頼性の確認、地形や土地利用変化も含めた位置の確認、データの管理、利用・閲覧、検索などのデータベース化、などの機能についても検討することが重要である。

1.1 研究業務の背景と目的

津波堆積物に関するデータを、基準津波の策定に係る審査や確率論的津波ハザード評価等の原子力発電所等の安全性評価に有効活用するために、文献調査に基づいた津波堆積物データベースの調査・検証、津波堆積物の認定基準の作成並びに津波堆積物データベースシステムの整備を行う。

業務の主な内容は、次のとおりである。

- (1) 津波堆積物に係るデータベース化及び認定基準の整備
 - a) 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証
 - b) 津波堆積物の認定基準の整備
- (2) 津波堆積物のデータベースシステムの整備
- (3) 業務報告書の作成

1.2. 業務実施体制

(1) 業務実施体制

本業務の実施体制を図 1.1 に示す。本業務は、文献調査・検証グループ、認定基準整備グループ、およびデータベースシステム整備グループに分担して実施した。表 1.1 は、本業務の実施体制である。

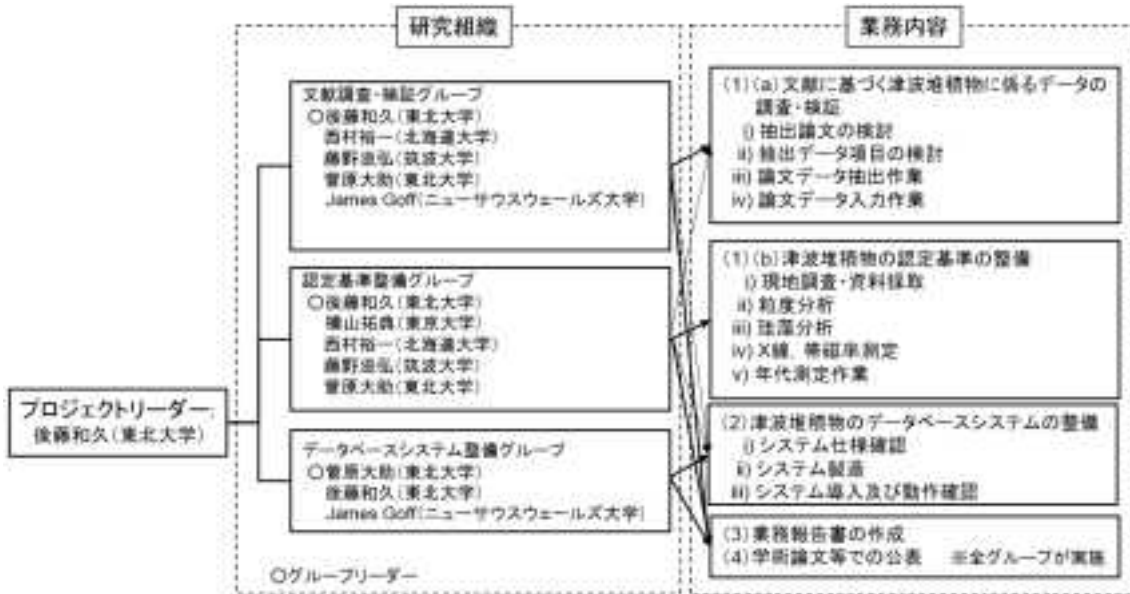


図 1.1 本業務の役割分担

表 1.1 本業務の実施体制

当該業務に於ける担当業務	氏 名	所属・役職
<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究総括 ・ 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証 ・ 津波堆積物の認定基準の整備 ・ 津波堆積物データベースシステムの整備 	後藤和久	東北大学災害科学国際研究所・准教授
<ul style="list-style-type: none"> ・ 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証 ・ 津波堆積物の認定基準の整備 	西村裕一	北海道大学大学院理学研究院・助教
<ul style="list-style-type: none"> ・ 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証 ・ 津波堆積物の認定基準の整備 	藤野滋弘	筑波大学生命環境系・助教
<ul style="list-style-type: none"> ・ 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証 ・ 津波堆積物の認定基準の整備 ・ 津波堆積物データベースシステムの整備 	菅原大助	東北大学災害科学国際研究所・助教
<ul style="list-style-type: none"> ・ 津波堆積物の認定基準の整備 	横山祐典	東京大学大気海洋研究所・准教授
<ul style="list-style-type: none"> ・ 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証 ・ 津波堆積物の認定基準の整備 ・ 津波堆積物データベースシステムの整備 	James Goff	University of New South Wales (オーストラリア・ニューサウスウェールズ大学)・教授

2. 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証

2.1. はじめに

本業務では、津波堆積物データベースに登録すべき情報を既往文献より抽出する。そのため、入力データシートの作成（入力項目の決定）、およびデータ抽出を行う文献の選定を行った。そして、後藤ら（2012）により区分された4つのエリア（エリア1：北海道，エリア2：東北・日本海側，エリア3：南海トラフ沿い，エリア4：九州・沖縄）に分け、大学院生や技術補佐員の協力を得ながらデータシートの入力を実施した。入力したデータは、5章に示す本業務で作成したデータベースシステムに掲載し、システムの動作確認や今後の課題の抽出を行った。

また、入力データについては、その結果をGIS上で地形図や土地利用図と統合し、既往研究がどのような場所で行われているかを可視化するとともに、情報の空白地域の把握を行った。こうした作業を通じて明らかになった問題点を現地で検討するため、三浦半島および紀伊半島において現地調査を実施した。

さらに、将来的に津波堆積物の信頼度を付す際の参考にするため、先行して津波堆積物データベースの構築が行われたニュージーランドを訪問し、津波堆積物の報告地を視察して堆積環境等を把握した。

参考文献

後藤和久，西村裕一，菅原大助，藤野滋弘，日本の津波堆積物研究，地質学雑誌，
vol.118, pp.431–436, 2012.

2.2 入力データシート作成について

津波堆積物に係る既往の研究論文の記載事項を整理し、データベースに登録すべき項目を列挙するとともに、データベースの構造について検討した結果、次のようにデータベースを階層化することにした。

2.2.1. 堆積物文献情報

本データベースでは、研究報告や論文に記載されている内容に基づいて、データの入力を行う。文献情報は、データベース構造の最上位階層で、文献 ID、各文献のタイトル、著者、所収誌、キーワードなど、入力すべき項目を列挙したものである。

2.2.2. 調査情報

調査情報は、各文献に記載されている調査地域に関連する情報を列挙したもので、文献情報の配下に設定した。一つの文献で、2 か所以上の地域を調査している場合があるので、複数の調査情報（調査 ID）が同一の文献情報（文献 ID）に関連付けられる場合がある。入力項目は、文献 ID、調査 ID、調査地域がある都道府県名、地名、代表地点の座標（緯度・経度）、掘削孔数などである。

2.2.3. ボーリング情報

古津波堆積物調査では、ボーリング等による柱状掘削で試料を採取し、分析することがほとんどである。ボーリング情報は、各調査地域に含まれる調査地点（掘削孔）の概要に関する情報を列挙したもので、調査情報の配下に設定した。一つの調査地域に、2 か所以上の調査地点が含まれる場合があるので、複数のボーリング情報（ボーリング ID）が一つの調査情報（調査 ID）に関連付けられる場合がある。入力項目は、文献 ID、調査 ID、ボーリング ID、調査地点の座標（緯度・経度）、掘削到達深度（m）、掘削方法などである。

2.2.4. 堆積物情報

堆積物情報は、各調査地点に見られた津波堆積物の情報を列挙したもので、ボーリング情報の配下に設定した。一つの調査地点に、2 つ以上の津波堆積物が含まれる場合があるので、複数の堆積物情報（堆積物 ID）が一つのボーリング情報（ボーリング ID）に関連付けられる場合がある。入力項目は、文献 ID、調査 ID、ボーリング ID、堆積物 ID、堆積物の粒度、層厚、年代、津波堆積物認定状況などである。層厚は元文献の記載方法によっては幅があるので、上限・下限の値を入力できるようにした。年代については、文献によって Cal BP, BP, AD 等記載方法がまちまちであるので、それらを区別して入力できるようにした。異なるボーリング情報に含まれる津波堆積物と対比さ

れている場合は、参照すべきボーリング ID と堆積物 ID を入力するようにした。

2.2.5. 堆積物評価

各堆積物情報において、津波堆積物としての認定を行うにあたって行われた観察・分析項目とその結果を列挙したものであり、堆積物情報の配下に設定した。堆積物情報と一意に対応するデータである。堆積物情報の入力項目として設定した「認定の信頼度」は、この評価結果に基づいて入力する。津波堆積物としての認定に必要とされる観察・分析項目は、既往文献を整理し、現世津波堆積物の観察から得られている知見、古津波堆積物の調査研究において、津波起源を支持する一般的な指標とされている手法と基準を採用した。入力項目は、文献 ID、調査 ID、ボーリング ID、堆積物 ID、大分類と 20 件におよぶ評価項目である。今後の研究の進展によっては、評価項目が増える可能性があるため、将来的な拡張が可能となるように設定した。評価項目は、本業務での検討を踏まえて作成し、3 章にリストとして示している。

なお、データベース入力シートへの登録項目の検討や入力状況の確認を行うため、以下の日程で会議を開催した。

2013年10月17日 場所：独立行政法人 原子力安全基盤機構

検討事項：

- 1) プロジェクトの概要説明
- 2) 津波堆積物の年代測定精度向上について
 - ・補足：今年度の分析予定試料についての検討
- 3) データベースシステム構築について
 - ・補足：津波堆積物情報の抽出項目について
- 4) 総合討論（今後の進め方等）

2013年12月4日 場所：東京大学大気海洋研究所

検討事項：

- 1) プロジェクト全体の進捗状況説明
 - ・データベースシステム作成状況
 - ・論文収集状況
 - ・現地調査・分析状況
- 2) 年代測定の進捗状況
- 3) データベース入力作業について
- 4) 総合討論

2014年1月30日 場所：独立行政法人 原子力安全基盤機構

検討事項：

- 1) ニュージーランドでのデータベース作成例
- 2) プロジェクト全体の進捗状況説明
 - ・データベースシステム作成状況
 - ・論文収集状況
 - ・現地調査・分析状況
- 3) 年代測定の進捗状況
- 4) 総合討論

2.3 文献入力について

文献入力を行うかどうかを検討した対象論文は、後藤ほか（2012）によりリストアップされたものについてである。まず、これらの論文を入手し、印刷物またはPDFファイルとして一元管理を行った。入手文献リストを、表 2.3.1 から 2.3.5 に示す。なお、表 2.3.6 は後藤ほか（2012）には掲載されておらず、主にそれ以降に出版された論文のリストである。これらについては今年度の業務対象外であるものの、今後の入力対象として重要であるため、本報告書に掲載した。

表 2.3.1 エリア 1 の論文, 報告書リスト (出版年順に示す)

表 1-10 の論文, 報告書リスト (出版年順に示す)。

本文種別	DBJ登録番号	出版年	著者名	タイトル	掲載誌名・報告書名	巻号	ページ	文庫の著者入力の著者順番号
1	1	1984	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物に存在する重晶石の形成時期 1993年北海道西部沖積堆積物に存在する重晶石の形成時期	月刊地質学専号	3	139-147	○
1	2	1994	佐藤正尚ほか	Yamanai deposits from the 1965 southwest Hokkaido earthquake and the 1963 Hokkaido Kampoike earthquake, northern Japan	古地質研究誌	12	1-23	○
1	3	1995	Sadamura and Miyuki	Yamanai deposits from the 1965 southwest Hokkaido earthquake and the 1963 Hokkaido Kampoike earthquake, northern Japan	Pure and Applied Geophysics	144	719-733	○
1	4	1996	熊井清佳・村田幸輔	尾道沖積堆積物を用いた津波堆積物形成の検討: 1993年北海道西部沖積堆積物を用いた	北海道中野	4	149-152	○
1	5	1997	斎藤文雄ほか	津波・古地質堆積物調査 (科学技術庁研究開発報告)	日本地質学連合会発行の地質学専門誌 シンポジウム要録に収められた論文	4	114-127	○
1	6	1999	Sadamura et al.	Behaviour of historic tsunamis of volcanic origin as revealed by offshore tsunami deposits	Physics and Chemistry of the Earth Part A	24	683-699	○
1	7	2000	早川一昭ほか	北海道十勝沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	月刊地質学専号	26	154-161	○
1	8	2000	早川一昭ほか	北海道十勝沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	月刊地質学専号	21	62-68	○
1	9	2000	Shuyama et al.	Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-Nemuro-Oshima tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Japan, southwestern Hokkaido, northern Japan	Sedimentary Geology	135	255-269	○
1	10	2000	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物における1965年12月の津波堆積物	地質学研究	29	451-460	○
1	11	2000	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物における1965年12月の津波堆積物	月刊地質学専号	28	147-154	○
1	12	2001	早川一昭・野口謙	北海道西部沖積堆積物の津波堆積物	古地質研究誌	29	1-9	○
1	13	2001	七山実ほか	イベント堆積物を用いた沖積扇堆積物形成の検討	古地質・古地質研究報告	1	251-272	○
1	14	2001	七山実ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	古地質・古地質研究報告	1	231-240	○
1	15	2001	七山実ほか	イベント堆積物を用いた沖積扇堆積物形成の検討	伸工工学研究報告	10	23-33	○
1	16	2002	七山実ほか	イベント堆積物を用いた沖積扇堆積物形成の検討	古地質・古地質研究報告	2	209-222	○
1	17	2003	七山実ほか	イベント堆積物を用いた沖積扇堆積物形成の検討	古地質・古地質研究報告	3	397-314	○
1	18	2003	Sadamura et al.	Unusually large earthquakes inferred from tsunamis deposited along the coast	Nature	424	660-663	○
1	19	2003	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	地質学研究	19	173	○
1	20	2003	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	古地質・古地質研究報告	3	265-296	○
1	21	2004	藤高芳彦ほか	震度10に達した津波堆積物の形成過程	古地質・古地質研究報告	4	31-43	○
1	22	2004	Arwater et al.	震度10に達した津波堆積物の形成過程	The Holocene	14	467-481	○
1	23	2004	七山実ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	古地質・古地質研究報告	4	9-15	○
1	24	2004	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	古地質・古地質研究報告	4	1-7	○
1	25	2004	西村昌二ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	地質学雑誌	68	63-78	○
1	26	2005	早川一昭ほか	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	月刊地質学専号	49	173-180	○
1	27	2005	佐竹健治・七山実	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	地質学雑誌	63	49-53	○
1	28	2005	西村昌二・七山実	北海道西部沖積堆積物における巨大津波と沖積扇—アラスカと地質学上	地質学雑誌	114	606-630	○
1	29	2006	Sadamura and Shuyama	Impure and corduroy facies from the 1993 tsunami in southwest Hokkaido	Sedimentary Geology	187	139-159	○
1	30	2006	熊野勉之ほか	尾道沖積堆積物調査 (科学技術庁研究開発報告)	月刊地質学	28	560-574	○

1	31	2007	猪熊樹人ほか	根室海岸地域において発掘された過去5500年間の巨大津波飛跡—予報— Nine unusually large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kuril Trench	根室市歴史と自然の資料種紀要	21	1-12	○	○
1	32	2007	Nanayama et al.	Tsunami deposits of the Shikotan earthquake of 1994	Sedimentary Geology	200	275-294	○	○
1	33	2007	Razhigaeva et al.	Variability among tsunami source in the 17th-21st centuries along the southern Kuril Trench	Oceanology	47	579-587	○	○
1	34	2005	Satake et al.	北海道胆振海沿岸部から確認された17世紀の津波堆積物 Tsunami deposits of the Shikotan earthquake of 1994	in "Tsunamis: Case Studies and Recent Developments" (Springer)	-	157-170	○	○
1	35	2007	高清水康晴ほか	地中レーダを用いた湖底津波堆積物のイメージング探査実験	地質ニュース	46	119-130	○	○
1	36	2008	重野聖之ほか	新しい大口径輸土杖の試作と北海道東部沿岸渾原〜湖沼地域における 採取実験	地質ニュース	642	34-39	○	○
1	37	2008	吉川秀樹ほか	ルミネッセンス法を用いた津波堆積物の年代測定を試み；北海道東 部、根室沿岸低地の試料を例として	地質ニュース	645	10-19	○	○
1	38	2009	七山大ほか		地質学雑誌	115	249-260	○	○

表 2.3.2 エリア 2 の論文，報告書リスト（出版年順に示す）

区分別 ID	文献番号	出版年	著者名	タイトル	掲載雑誌・報告書名	巻号	ページ	文献の有用性	入力の有用性	備考	
2	1	1984	今野山操 (編集)	オホセ海成層による三浦沿岸域と他の地質学的調査報告	東北大学地質学研究所 報告書	22	1-40	○	○		
2	2	1987	若原伸一・内田洋	東京湾の埋没三浦式三層状構造 (1986年) の地質学的調査	地質学雑誌	3	303-305	○	○		
2	3	1991	若原伸一・武藤孝治	埋没三層状構造の地質学的調査 (1986年) の地質学的調査	地質学雑誌	9	323-328	○	○		
2	4	1987	若原伸一ほか	埋没三層状構造の地質学的調査 (1986年) の地質学的調査	地質学雑誌	40	103-106	○	○		
2	5	1989	村橋武彦・津田重生	埋没三層状構造	日本地質学会第96回学術大会 要旨集	-	182-184	○	○		
2	6	1990	岡田謙治ほか	埋没三層状構造	地質学雑誌	33	313-315	○	○		
2	7	1990	若原伸一	埋没三層状構造	地質学雑誌	6	61-76	○	○		
2	8	1993	Minoura and Nakaya	Tsunami deposits in near tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan	The Journal of Geology	99	269-287	○	○		
2	9	1994	Munozira et al.	Tsunami deposits in a lacustrine sequence of the Saigoku coast, northwestern Japan	地質学雑誌	9	133-141	○	○		
2	10	1994	Minoura and Nakaya	Discovery of an ancient tsunami deposit in coastal sequences of southwest Japan. A tributary of the large tsunami	Island Arc	3	66-72	○	○		
2	11	1994	Munozira et al.	Tsunami deposits in a lacustrine sequence of the Saigoku coast, northwestern Japan	Sedimentary Geology	99	25-41	○	○		
2	12	1995	Sato et al.	Outline tsunami deposits caused by the 1893 earthquakes (Hokkaido and 1983 Japan Sea earthquakes)	Four and Applied Geophysics	144	693-717	○	○		
2	13	1997	藤原信ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	26	73-86	○	○		
2	14	1998	上原重信ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	31	81-93	○	○		
2	15	1998	藤原信ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	38	41-58	○	○		
2	16	2000	Fujiwara et al.	Tsunami deposits in Holocene bay mud in southern Kanto region, Pacific coast of central Japan	Sedimentary Geology	133	219-230	○	○		
2	17	2003	若原伸一 八木下繁司	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	-	92-99	○	○		
2	18	2003	八木下繁司	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	110	689-697	○	○		
2	19	2003	Minoura et al.	The deep Japan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunamis on the Pacific coast of northeast Japan	Journal of Natural Disaster Science	23	8-28	○	○		
2	20	2003	若原伸一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	18	13-20	○	○		
2	21	2003	若原伸一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	28	119-117	○	○		
2	22	2003	藤原信	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	33	4	○	○		
2	23	2003	藤原信ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	43	67-81	○	○		
2	24	2004	阿部隆平ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	36	77-86	○	○		
2	25	2004	内田洋一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	38	87-98	○	○		
2	26	2006	若原伸一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	61	3	○	○		
2	27	2006	藤原信ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	624	16-41	○	○		
2	28	2006	藤原信	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	36	3	○	○		
2	29	2006	若原伸一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	36	318-322	○	○		
2	30	2006	若原伸一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	36	538-543	○	○		
2	31	2007	Fujiwara and Kenemitsu	Identification of tsunami deposits coexisting in the tsunami waveform: An example of subaqueous tsunami deposits in Holocene shallow bay in southern Beppu Bay, Central Japan	Sedimentary Geology	200	291-313	○	○	○	
2	32	2007	若原伸一ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	46	517-522	○	○		
2	33	2007	藤原信ほか	埋没三層状構造の埋没三層状構造	地質学雑誌	7	47-68	○	○		

2	34	2007	尖倉正展ほか	石巻平野における津波堆積物の分布と年代	活断層・古地震研究報告	7	31-46	○	○
2	35	2008	澤井祐紀ほか	ハンドコラを用いた宮城県仙台平野（仙台市・名取市・岩沼市・亶理町・山元町）における古津波痕跡調査	活断層・古地震研究報告	8	17-70	○	○
2	36	2008	Sawat et al.	Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Suijin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench	The Holocene	18	517-528	○	○
2	37	2009	澤井祐紀	東北地方を襲った平安時代の巨大津波--千年以上前の津波の実態を多分野の研究員との連携により解明-	産総研Today	9(11)	27-27	○	○
2	38	2009	原口強・石辺岳男	津波堆積物・隆起イベント層から推定される三陸沖中部の巨大地震モデル	月刊地球	31	223-230	○	○
2	39	2009	藤原治ほか	房総半島南東岸の壳新世前期の溺れ谷堆積物にみられる地震陸起の痕跡と津波堆積物	第四紀研究	48	1-10	○	○
2	40	2010	菅原大助ほか	過去の津波像の定量的復元：貝類津波の痕跡調査と古地形の推定について	津波工学研究報告	27	103-132	○	○
2	41	2011	文部科学省	宮城県沖地震における重点的調査観測	平成17-21年度総括成果報告書 (文部科学省)	-	390p	○	○
2	42	2011	菅原大助ほか	地質学的データを用いた西暦869年貞観地震津波の復元について	自然災害科学	29-4	501-516	○	○

表 2.3.3 エリア 3 の論文、報告書リスト (出版年順に示す)

論文刊行支那年次	出版年	著者名	要旨/トピック	掲載誌・報告書名	巻号	ページ	支那の著者/入力の著者/種別
1	1996	西村英人他*	西条湖周辺の湖沼堆積物中の軽石堆積の分布と成因	西条湖周辺の湖沼堆積物中の軽石堆積の分布と成因	VII	199-212	○
2	1997	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物と湖沼堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物と湖沼堆積物の堆積環境との関係	16	73-89	○
3	1997	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	19	469-473	○
4	1998	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	14	101-113	○
5	1999	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	16	119-130	○
6	1999	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	18	41-58	○
7	1999	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	106	424-433	○
8	1999	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	34	84-89	○
9	2000	Fujisawa et al.	Yamanaka deposits in Motomae bay mud in southern Kansai region, Pacific coast of central Japan	Sedimentary Geology	133	219-230	○
10	2000	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	28	103-108	○
11	2000	Takahashi and Mizuno	Oppositional facets and sedimentary successions of earthquake-induced tsunami deposits in Utsunomiya Plateau, central Japan	Sedimentary Geology	133	231-240	○
12	2001	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	13	321-326	○
13	2001	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	40	193-207	○
14	2001	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	16	11-14	○
15	2001	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	18	47-64	○
16	2002	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	28	125-131	○
17	2002	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	24	608-703	○
18	2002	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	2	233-234	○
19	2002	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	24	236-242	○
20	2002	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	24	743-747	○
21	2002	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	24	602-607	○
22	2003	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	33	412-414	○
23	2003	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	13	177-197	○
24	2003	Gokhanda et al.	Event deposits associated with tsunamis and their sedimentary structure in Holocene intertidal deposits on the east coast of the Shikoku Peninsula, Central Japan	Journal of geotechnical Engineering, Osaka City University	48	144-148	○
25	2005	Inagawa et al.	A Huge Sand Dune Formed by the 1816 Earthquake (tsunami) in Georgia Bay, Central Japan	ESKY Journal of Earthquake Technology	42	141-136	○
26	2006	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	6	107-122	○
27	2007	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	7	209-217	○
28	2007	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	7	316-330	○
29	2007	西村英人他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	7	171-173	○
30	2007	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	24	27-34	○
31	2009	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	8	252-262	○
32	2009	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	6	181-203	○
33	2009	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	25	143-154	○
34	2009	Konatsubous et al.	Histogram tsunami and tsunami recorded in a coastal lagoon, Isumioka Prefecture, along the Pacific Coast of Japan	Sedimentology	55	1703-1716	○
35	2009	藤原直也他*	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	湖沼堆積物中の軽石堆積物の堆積環境との関係	24	1-4	○

表 2.3.4 エリア 4 の論文, 報告書リスト (出版年順に示す)

東京大 ID 文庫番号	出版年	著者名	タイトル	掲載誌・報告書名	巻号	ページ	掲載誌・報告書名	掲載誌・報告書名
4	1928	長谷川 武吉	大東山の神代文書	白鳥道雄	-	447p	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1941	長谷川 武吉	大東山神代文書の研究	白鳥道雄	-	467p	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1953	加藤祐三・山田清	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	69	471-574	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1966	山田清・加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	7	141-147	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1967	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	40	375-381	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1987	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	43	245-252	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1987	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	4	205-212	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1987	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	4	100-104	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1987	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	26	133-138	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1988	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	1	72-78	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1988	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	42	84-90	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1989	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	5	111-115	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1990	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	6	9-14	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1990	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	8	83-88	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1991	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	7	21-24	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1994	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	103	832-876	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1994	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	10	77-82	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1998	Nakano and Kozuma	Historical and prehistorical large tombs in the southern Kinki region, Japan	Yamamoto, Progress in Prehistoric Studies, Prevention and Winning (5699-600)	-	211-222	Yamamoto, Progress in Prehistoric Studies, Prevention and Winning (5699-600)	大東山神代文書
4	1998	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	103	826-833	大東山神代文書	大東山神代文書
4	1998	加藤祐三・中山高	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	13	183-187	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2000	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	-	25p	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2001	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	48	848-850	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2000	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	-	817p	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2003	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	18	203-205	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2003	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	28	113-117	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2003	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	9	31-40	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2004	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	-	78p	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2004	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	40	228-284	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2006	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	10	10-11	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2006	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	10	8-9	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2008	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	68	269-271	大東山神代文書	大東山神代文書
4	2006	加藤祐三	大東山神代文書の研究	大東山神代文書	7	53-60	大東山神代文書	大東山神代文書

4	33	2006	河本俊男	海洋加群に自然落下第一着最大高速度中流に上ける竜巻— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	41-40	○	○
4	34	2007	中村剛	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	62-75	○	○
4	35	2007	Munne and Inamura	Some new investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai ridges, Japan.	34	123-103	○
4	36	2008	Inamura et al.	A numerical model for the transport of a boulder by tsunamis	113	501-008	○
4	37	2008	Suzuki et al.	Identification of 1771 Mevva Tsunami deposits using a combination of radiocarbon dating and oxygen isotope intercorrelation of marginal massive sandstone deposits—川島島に於ける1771年大津波の堆積物	377	3-18	○
4	38	2008	河本俊男	大津波の堆積物—川島島に於ける1771年大津波の堆積物	377	9-14	○
4	39	2008	山本洋司	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	577	21-28	○
4	41	2008	早田勲	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	377	27-32	○
4	42	2009	飯藤和久	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	60	3-11	○
4	43	2009	平川信吉	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	118(6)	1254-1260	○
4	44	2009	山本洋司ほか	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	108	91-97	○
4	45	2009	岩間幸治ほか	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	10	69-74	○
4	46	2010	Arisaka et al.	Melting 1771 Mevva tsunamis conducted by high resolution 127th dating of massive boulder coral boulders at Ishigaki Island in the Ryukyu Islands, Japan	11	Q060(4)	○
4	47	2010	藤田浩治ほか	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	49(1)	23-33	○
4	48	2010	Osato et al.	Distribution of boulders deposited by tsunamis and storm waves at Ishigaki Island, Japan.	269	34-43	○
4	49	2010	Osato et al.	Historical and geological evidences of boulders deposited by tsunamis, southern Ryukyu Islands, Japan.	102	77-90	○
4	50	2010	Osato et al.	Distribution of boulders at Miyara Bay of Ishigaki Island, Japan: A flow characteristic indicator of the tsunami and storm waves.	16	413-426	○
4	51	2010	中川久仁夫	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	-	1-18	×
4	52	2010	飯藤和久ほか	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	27	97-102	○
4	53	2011	河本俊男	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	-	14-41	○
4	54	2011	丸山浩樹	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	13	62-73	○
4	55	2011	河本俊男	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	-	63-86	○
4	56	2011	山崎芳隆	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	-	22p	○
4	57	2011	Osato	The problem of age determination of coral boulders deposited by the Mevva tsunami and the time of occurrence of past tsunamis	-	139-150	○
4	58	2012	中川久仁夫	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	121	1044-1054	○
4	59	2012	飯藤和久ほか	河本俊男の生涯と業績の追憶— 河本俊男の生涯と業績の追憶— 中流の群れ調査から— (平成14 年度一年度) 年度科学賞受賞 前流風速研究人及河本俊男追 悼集)	34	1-6	○
4	60	2013	Arisaka et al.	Tsunami recurrence revealed by <i>Favosites</i> coral boulders in the southern Ryukyu Islands, Japan.	96	101130-101142	○

表 2.3.5 総説論文リスト (出版年順に示す)

大分類	DB文献番号	出版年	著者名	タイトル	掲載雑誌・報告書名	巻号	ページ	文献の有無	入力の有無	備考
5	1	1989	首藤伸夫	津波による土砂の移動	津波工学研究報告	6	1-55	○		
5	2	1998	首藤伸夫	津波来時の土砂移動に関する過去の記録	津波工学研究報告	15	1-36	○		
5	3	1999	梅津正倫	沖積層中にみられる古地震イベント堆積物とくに津波堆積物について	第四紀研究	38	515-524	○		
5	4	2004	藤原治	津波堆積物の堆積学的・古生物学的特徴	地質学論集	58	35-44	○		
5	5	2004	七山太・重野聖之	遼上津波堆積物概論－沿岸低地の津波堆積物に関する研究レビューから得られた堆積学的認定基準－	地質学論集	58	19-33	○		
5	6	2007	藤原治ほか	古地震・津波研究と地震・津波防災	第四紀研究	46	445-450	X		
5	7	2007	藤原治	地震津波堆積物: 最近20年間のおもな進展と残された課題	第四紀研究	46	451-462	○		
5	8	2007	内田淳一ほか	有孔虫殻に基づく遼上型津波堆積物の供給源の推定とその流体力学的検証	第四紀研究	46	533-540	○		
5	9	2007	首藤伸夫	津波による地形変化の事例と流体力学的説明の現状	第四紀研究	46	509-516	○		
5	10	2008	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	114	599-617	○		
5	11	2009	後藤和久	津波石研究の課題と展望－防災に活用できるレベルまで研究を進展させるために－	堆積学研究	68	3-11	○		
5	12	2009	西村裕一	津波堆積物の時空間分布に基づく古津波の調査研究	地震	61	s497-s508	○		

表 2.3.6 将来的にデータベース登録を行うべき論文リスト。

大分類	DB登録番号	出版年	著者名	タイトル	掲載誌・報告書名	巻号	ページ	掲載の有無(備考)
1	38	2011	川上源太郎	北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用—主体相帯河口上流河川における役割—	平成23年 北海道研究所 調査研究報告 成東報告書 調査資料集	84	9-10	○
1	40	2011	仁科博二	北海道沿岸における東北地方太平洋沖地震津波の作用は—海浜・海岸・潟湖の役割および影響—	平成23年 北海道研究所 調査研究報告 成東報告書 調査資料集	83	11-13	○
1	41	2011	川上源太郎	北海道沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の作用—河川に与える影響—	北海道環境研究所報告	83	17-25	○
1	43	2013	年川一俊	千島津波・日本海津波の相対的規模とその成因・伝播的経路	岩波科学	82-2	133-181	○
1	43	2013	Haruhisa et al.	Simulation of Holocene Tsunami on the Lesser Kuril Ridge	Journal of Pacific Geology	6-6	448-456	○
1	44	2013	高清水康博ほか	北日本海に広がる津波伝播域のモデル化と津波伝播のシミュレーション	地学雑誌	119-1	599-612	○
2	43	2011	北村東寿・宮田直典	東部・中部・西部の3つの相帯帯津波の伝播域の調査	静岡大学地球科学研究所報告	48	3-3	○
2	44	2011	吉井 正弘	土曜日の地震に伴う2011年東北地方太平洋沖地震津波の調査	土曜日の地震と津波(15) 津波と土曜日の地震	67-1	49-61	○
2	45	2011	飯沼 昌一ほか	1960年代の津波に伴う2011年東北地方太平洋沖地震津波の調査	土曜日の地震と津波(16) 津波と土曜日の地震	67-2	241-248	○
2	46	2011	吉井 正弘	津波伝播域の調査	土曜日の地震と津波(17) 津波と土曜日の地震	33-3	20-25	○
2	47	2011	葉田幸治	津波の伝播域的調査	岩波科学	81-10	1072-1088	○
2	48	2011	藤部 由佳子	New insights of tsunami hazard from the 2011 Tohoku-oki event	Marine Geology	280	46-50	○
2	49	2011	藤部 由佳子	2011年東北地方太平洋沖地震津波による津波伝播域(九十九里沖岸部)に形成された堆積物	沿岸部・古地質研究報告	11	97-106	○
2	50	2012	Costo et al.	deposits at Senaka Plain, Japan	Geology	40	887-890	○
2	51	2013	西尾 麗江子	九十九里沖の津波伝播域と津波伝播域の調査	岩波科学	64-4	173-177	○
2	52	2012	藤部 由佳子	2011年東北地方太平洋沖地震津波による九十九里沖岸部(中部)に形成された堆積物	新田島開港	51-2	117-126	○
2	53	2012	藤部由佳子ほか	津波・津波伝播域の調査	Dutton	26	19-36	○
2	34	2012	Sugawara et al.	Assessing the magnitude of the 1st Japan tsunami using sedimentary deposits: Prediction and consequences of the 2011 Tohoku-oki tsunami	Sedimentary Geology	282	14-28	○
2	35	2012	Buchmond et al.	Erosion, deposition and landscape change on the Senaka coastal plain, Japan, resulting from the March 11, 2011 Tohoku-oki tsunami	Sedimentary Geology	282	27-39	○
2	36	2012	Suzumoto et al.	Sediment sources and sedimentation processes of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits on the Senaka Plain, Japan — Insights from dolomites, ammonites and heavy minerals in the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits — Insights into sediment sources and hydrodynamics	Sedimentary Geology	282	46-56	○
2	57	2012	Jugodziska et al.	Geochemical signatures up to the maximum inundation of the 2011 Tohoku-oki tsunami—implications for the 1662 AD Egori and other paleotsunamis	Sedimentary Geology	282	67-64	○
2	58	2012	Chague-Goff et al.	Sedimentary and foraminiferal evidence of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Senaka coastal plain, Japan	Sedimentary Geology	283	65-77	○
2	59	2012	Philiszik et al.	Flow speed estimated by inverse modeling of sandy tsunami deposits: results from the 11 March 2011 tsunami on the coastal plain near the Senaka, Aomori	Sedimentary Geology	282	99-89	○
2	60	2012	Jaffe et al.	Numerical modeling of the 2011 Tohoku-oki tsunami in the offshore and onshore of Senaka Plain, Japan	Sedimentary Geology	282	96-109	○
2	61	2012	Sugawara and Ooto	Deposition by the 2011 Tohoku-oki tsunami on coastal lowland controlled by beach ridges near Senaka, Japan	Sedimentary Geology	282	110-123	○
2	62	2012	Takahashi et al.	Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Senaka Plain, Japan	Sedimentary Geology	282	124-141	○
2	63	2012	Abe et al.	Coastal changes in the Senaka area from the impact of the 2011 Tohoku-oki tsunami: Interpretations of time series satellite images, helicopter-borne video footage, and field observations	Sedimentary Geology	283	143-150	○
2	64	2012	Tajima et al.		Sedimentary Geology	282	151-174	○

2	65	2012	Chagne-Goff et al.	Environmental impact assessment of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the sedimentary processes associated with sand and loess deposits formed by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Sakurajima Island, Japan	Sedimentary Geology Environmenal Geology	202 188-199	175-187	○	
3	66	2012	Goto et al.			282	188-199	○	
3	67	2012	Naruse et al.	Sedimentary features observed in the tsunami deposits at Rakuzankata City (eastern coast of Honshu, central Japan): implications for tsunami inundation processes	Sedimentary Geology	282	188-215	○	
3	68	2012	Nokamura et al.	Large variation in tsunami, coseismic, and post-tsunami sedimentary assemblages of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Motava coast, Aomori, Japan	Sedimentary Geology	263	216-227	○	
3	69	2012	上原 祐幸ほか	東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の津波堆積物の特徴に関する調査	地質学雑誌	118-7	419-430	○	
3	70	2012	池原 朝	地震/津波による大規模の砂子輸送と津波堆積物・津波の地震/津波イベントの理解のための地質堆積物学的アプローチ	地質学雑誌	71-2	143-147	○	
3	71	2012	山田幸幸ほか	GoogleMapを利用した2011年東北地方太平洋沖地震による津波の侵入過程の推定	東北地域防災研究	48	103-108	○	
3	72	2012	岡倉正樹ほか	2011年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の分布・若巻平野における父島国界	前掲報・古地質研究報告	42	45-61	○	
3	73	2012	Matsunaga et al.	Paleo-tsunami and the 2011 Tsunami deposits on the Sendai coastal lowland, northeast Japan	地質学雑誌	33-4	305-309	○	
3	74	2012	藤原 肇	若巻平野川河口白地に溜まった津波堆積物の空間的調査報告	神戸大学大学院人間環境学 研究科研究紀要	5-2	157-164	○	
3	75	2012	青野 圭	東北地方太平洋沖地震による津波堆積物・東日本の太平洋沿岸に見られる津波堆積物の類型	地質学雑誌	31	63-70	○	
3	76	2012	秋元和實ほか	古物解折による島田沿岸における津波堆積物の海中埋没・津波堆積物分布特性の把握	上生学会論文集(海洋編)	68-2	180-183	○	
3	77	2012	Haseguchi et al.	Large tsunamis generated by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Kasanohama Bay, Japan	Marine Geology	333	269-283	○	
3	78	2013	Arai et al.	Tsunami generated turbidity current of the 2011 Tohoku-oki earthquake	Geology	41	1011-1014	○	
3	79	2013	高井 敦志ほか	東日本震災における津波堆積物の分布特性と物種学的特徴	地質学雑誌	82	201-207	○	
3	80	2013	高田賢一ほか	2011年東北地方太平洋沖地震津波による津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	69-4	235-251	○	
3	81	2013	Putra et al.	Sources and transportation modes of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits in the central east Japan coast	Sedimentary Geology	394	282-293	○	
3	82	2013	山田昌樹・藤野雄弘	2011年東北地方太平洋沖地震津波による高橋島・千葉県沿岸低地に形成した津波堆積物の堆積学的特徴	地質学雑誌	72-1	13-25	○	
3	83	2013	北村 晃海ほか	静岡県静岡市駿河区津波による津波堆積物の埋没・埋没の調査	静岡大学地球科学研究所報告	88	4-19	○	
3	37	2012	岡田 謙二 他	津波堆積物の分布・埋没・埋没の調査	地質学雑誌	82	182-191	○	
3	38	2012	吉村 幸志ほか	東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	82	192-200	○	
3	39	2013	阿部 直樹・白井 正明	津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	52	34-42	○	
3	40	2013	藤原 朝	津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	122	308-322	○	
3	41	2013	北村 晃海ほか	静岡県伊豆の海浜低地に埋没した津波堆積物の調査(津波)	地質学雑誌	46	1-12	○	
3	42	2013	Kiannun et al.	Identifying possible tsunami deposits on the Shizuoka Plain, Japan and their correlation with earthquake activity over the past 4000 years	The Holocene	doi:10.1177/0959626112505343	968-1613	505-515	○
4	61	2013	三浦 英二 他	高橋島津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	53	13-18	○	
4	62	2013	小林 智夫	津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	-	141-143	○	
4	63	2013	相原 朝二 ほか	津波堆積物の埋没・埋没の調査	地質学雑誌	69	215-230	○	
4	64	2013	Goto et al.	Localized tsunami-like earthquakes inferred from probed distribution of coastal boulders on the Ryukyu Islands, Japan	Geology	41	1011-1014	○	

2.4 既存調査地と地形との関係

本節では、本年度に入力を行ったエリア 1～4 におけるボーリング情報の緯度経度に関する情報と、ESRI 社が発行している日本全国の 10 m メッシュ数値標高モデル (DEM) および土地利用図を用いて、既存研究における津波堆積物の調査地点と地形や土地利用状況との関係について、考察を行なう。

日本全国における既存の津波堆積物調査地点の分布図(図 2.4.1)を見ると、報告地点には、地理的な偏りがあることがわかる。多くの研究は、海溝型巨大地震が周期的に発生している太平洋沿岸地域に偏っている。これは、後藤ほか(2012)が述べているように、将来地震・津波の発生リスクが高い地域に調査が集中してきたことと、平野部や沿岸湖沼が存在するなど、津波堆積物の調査に適した地域から優先的に調査されてきたことによると考えられる。

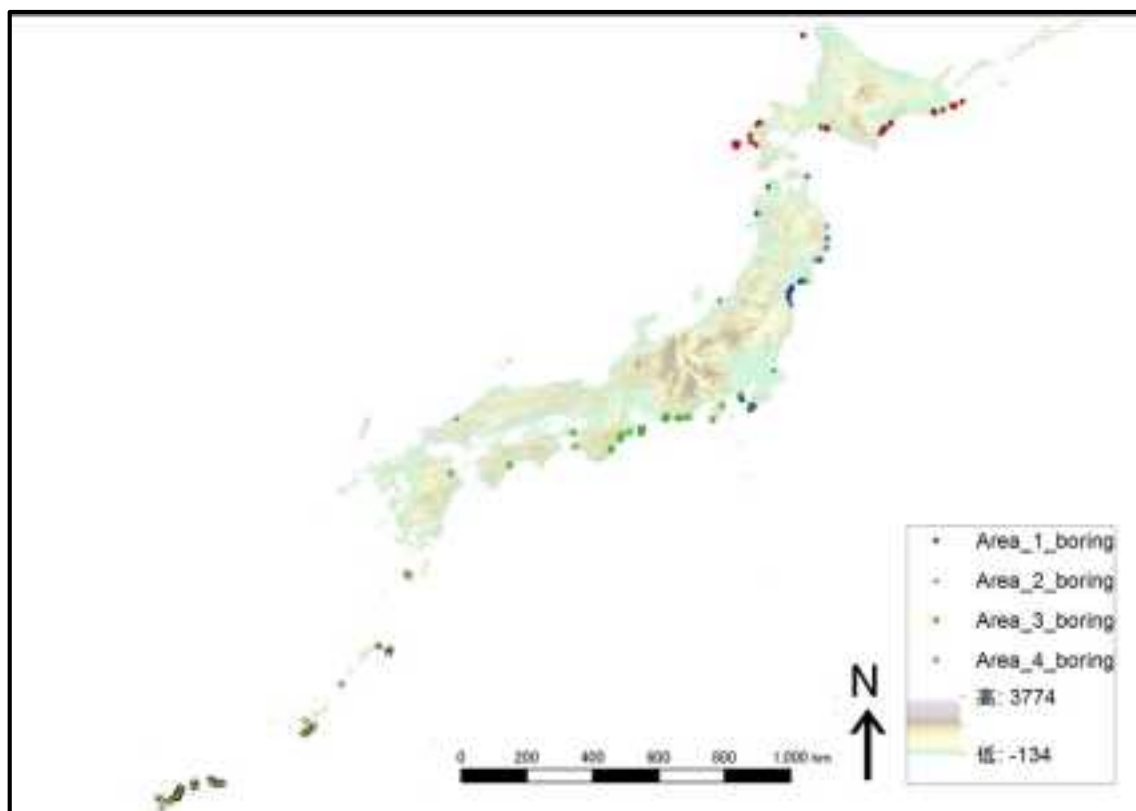


図 2.4.1 日本全国における既存の津波堆積物調査地点の分布図

エリア 1(北海道)における既存の津波堆積物調査地点の分布図(図 2.4.2)を見ると、北海道南東部の根室地域、釧路地域、十勝地域の低地部、南部の胆振地域の沿岸部、北海道南西部の檜山地域、後志地域の沿岸部に分布が集中していることがわかる。一方で、北海道北東部や北西部での報告例はほとんどない。これは、北海道南東部は、千島海溝沿いで周期的に発生する海溝型巨大地震に伴う津波の影響を受けやすいことや、北海道

南西部では、1993年北海道南西沖地震津波に関する調査が多く行われたためであると
考えられる。調査場所としては、湿地帯や、沿岸湖沼、海成段丘などがあげられる。

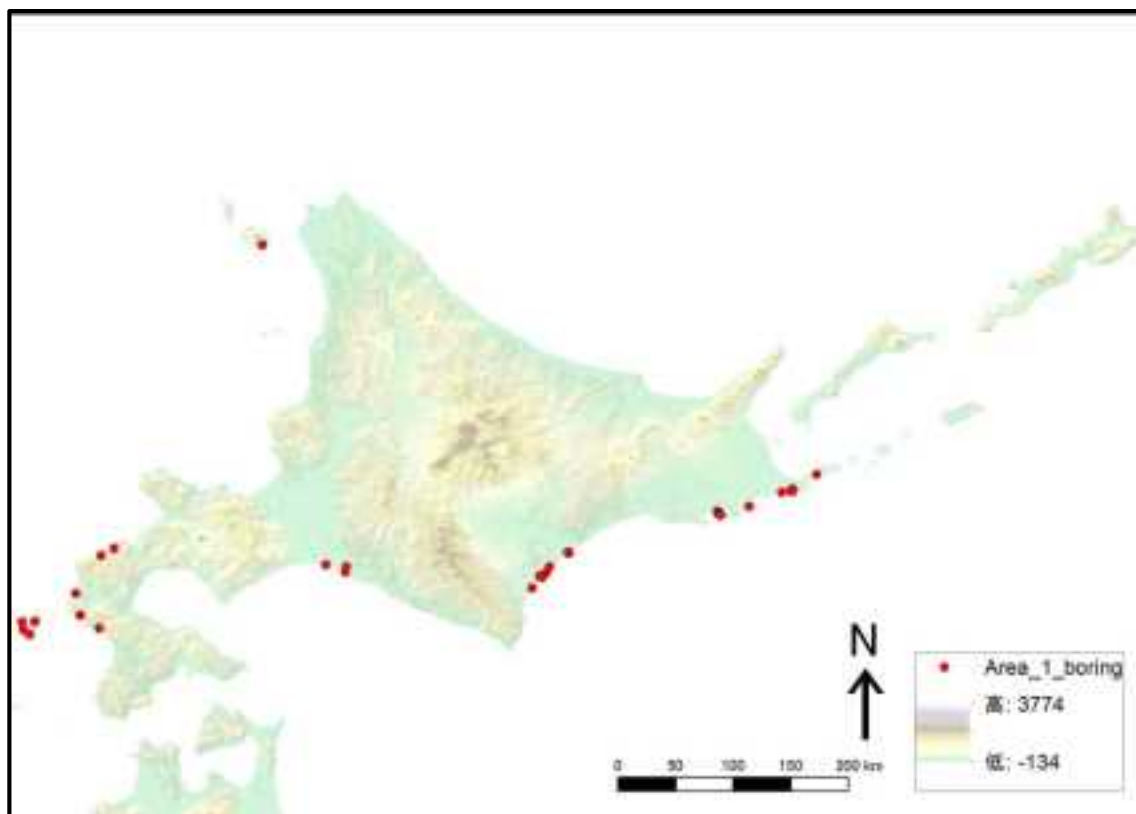


図 2.4.2 エリア 1 における既存の津波堆積物調査地点の分布図

エリア 2(関東・東北の太平洋沿岸ならびに日本海沿岸)における既存の津波堆積物調査地点の分布図を見ると、東北地方の三陸地域、仙台平野に分布が集中していることがわかる。一方で、福島県南部から千葉県中部までの太平洋沿岸、東北地方中部～中国地方の日本海沿岸ではほとんど調査が行われていないことがわかる。これは、三陸地方では、1960年チリ地震津波後に、東北大学によって広域的な調査が行われたことや、仙台平野では東北大学と産業技術総合研究所によって 869 年貞観地震津波による堆積物の調査が広範囲・高密度で行われたためであると考えられる。また、調査場所としては、海岸平野や沿岸湖沼、谷底平野などがあげられる。特に、仙台平野は、日本で最も広範囲かつ高密度での津波堆積物調査が行われた地域であるが、これは非常に平坦な地形が広域に分布することや、869 年貞観地震津波による堆積物の保存状態が良かったため、広域での津波堆積物の追跡調査が可能であったためである。

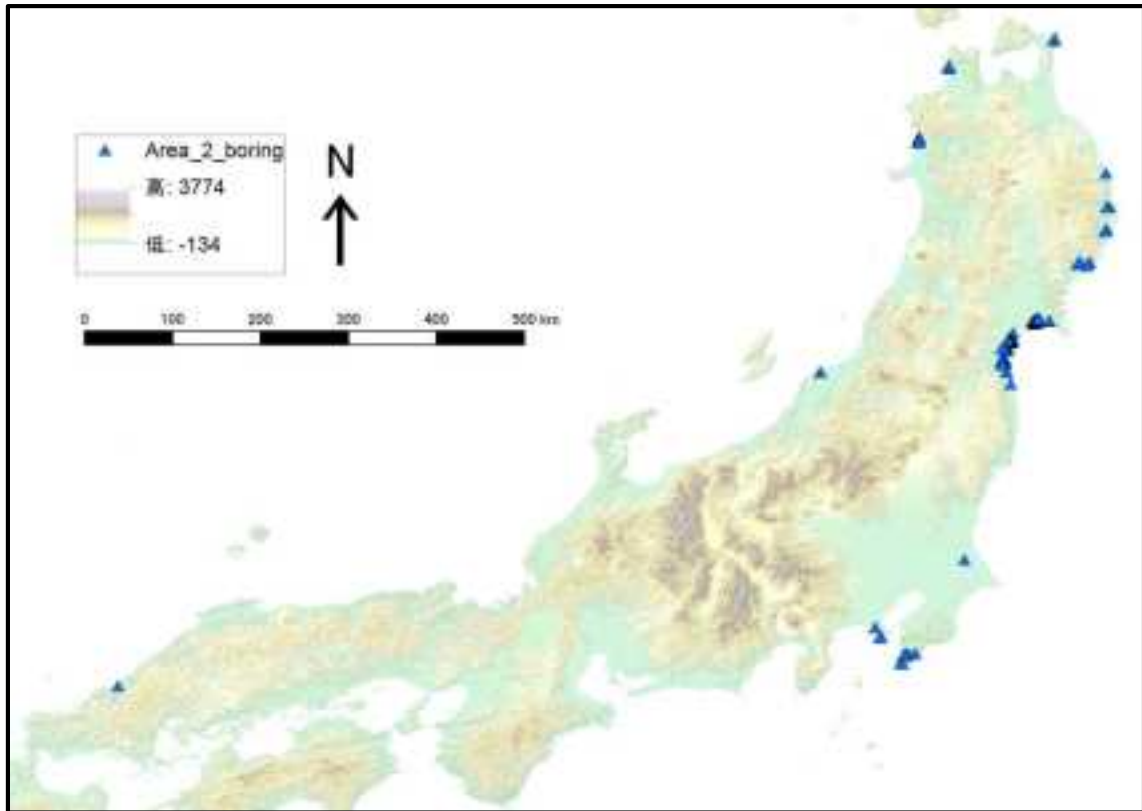


図 2.4.3 エリア 2 における既存の津波堆積物調査地点の分布図

エリア 3(関東～中国・四国にかけての太平洋沿岸)における既存の津波堆積物調査地点の分布図を見ると、遠州灘沿岸と、熊野灘沿岸に分布が集中していることがわかる。一方で、三河湾沿岸，駿河湾沿岸，四国の太平洋沿岸，瀬戸内海沿岸での報告例はほとんどない。これは、遠州灘～熊野灘の沿岸部は、駿河～南海トラフで周期的に発生する海溝型地震に伴う津波による影響が大きい地域であり、調査に適した海岸低地や沿岸湖沼があるためであると考えられる。一方で、この地域の沿岸低地は、低地部が比較的狭く、低地部のほとんどが土地改良されてしまっている。そのため、駿河～南海トラフ沿いで発生した津波による影響が大きくても、津波堆積物の分布が地形により限定されてしまった場合や、津波堆積物が堆積後に人為的に取り除かれてしまった場合も多いと思われる。調査場所としては、沿岸湖沼，海岸平野，谷底平野などがあげられるが、前述した理由から、沿岸湖沼での調査が最も多い。

エリア 4(九州・沖縄)における既存の津波堆積物調査地点の分布図を見ると、琉球諸島に分布が集中していることがわかる。一方で、九州地方沿岸部における報告例はほとんどない。これは、琉球諸島では 1771 年明和大津波などによる津波石に関する調査が数多く行われている一方で、九州地方では歴史時代での巨大津波があまり知られていないためであると考えられる。調査地点としては、津波石に関する報告例がほとんどであるため、湾内やリーフ上などが多い。

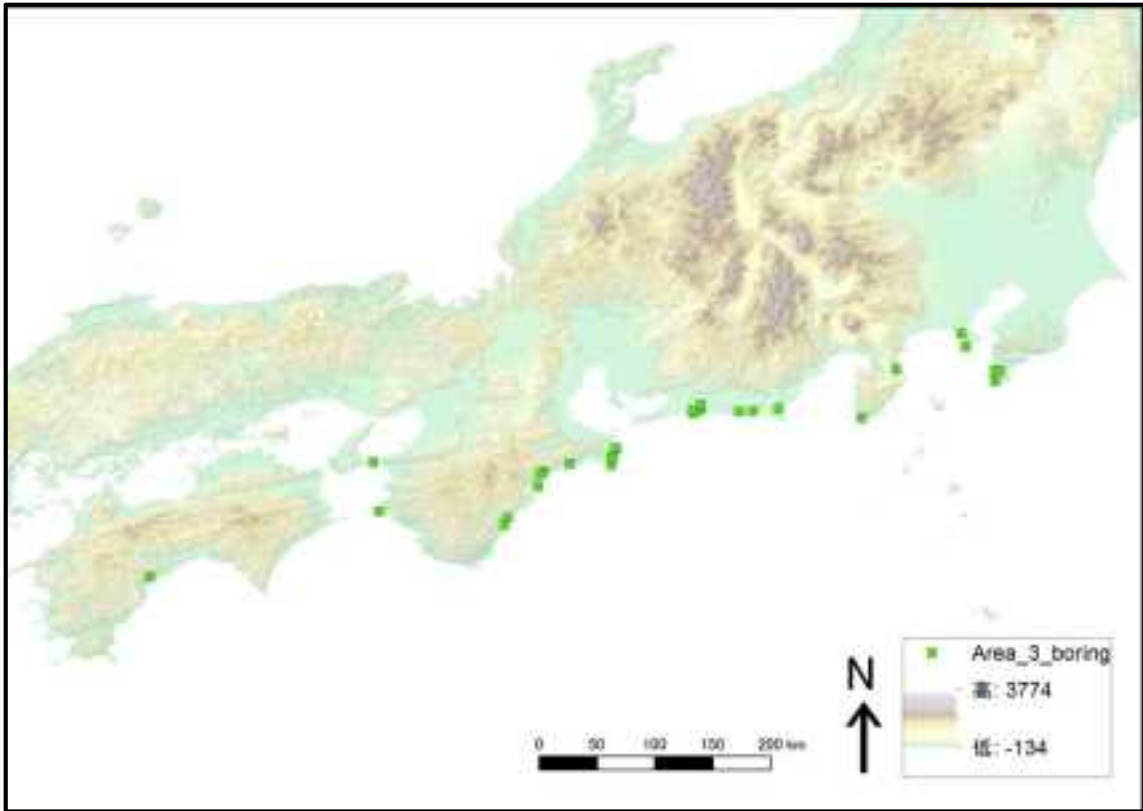


図 2.4.4 エリア 3 における既存の津波堆積物調査地点の分布図

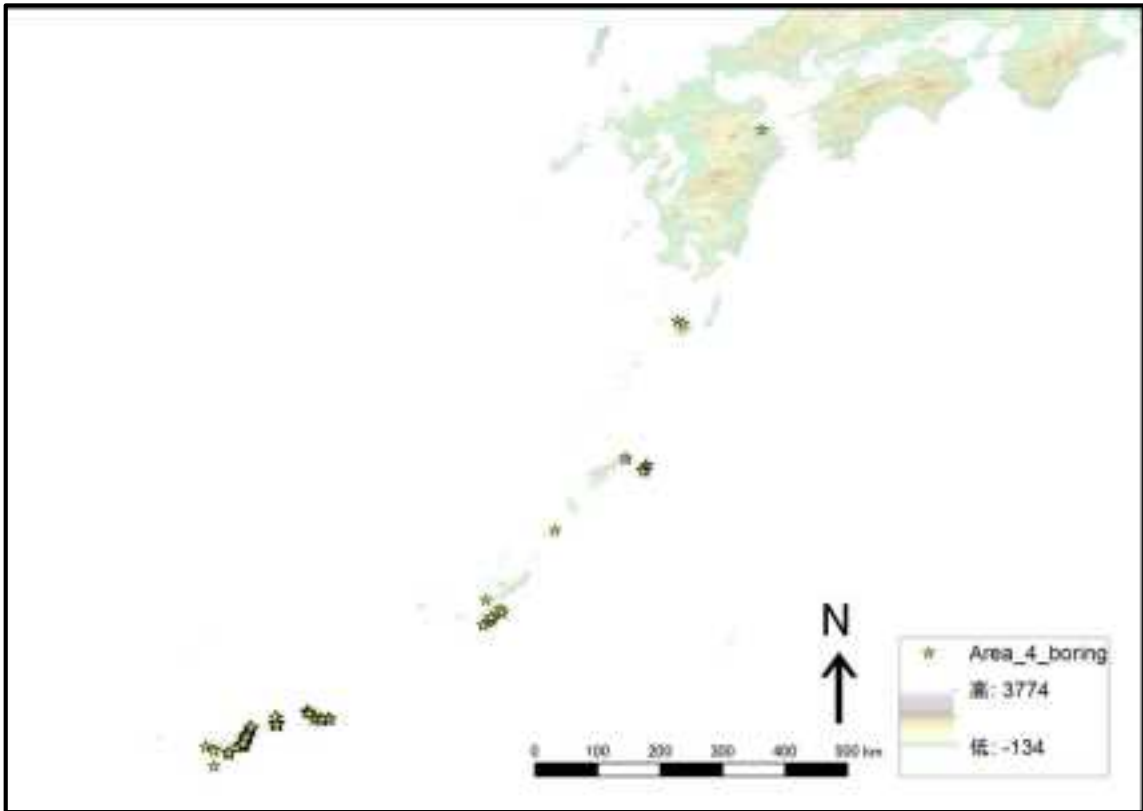


図 2.4.5 エリア 4 における既存の津波堆積物調査地点の分布図

図 2.4.6 は, エリア 1 を対象として, 土地利用図上に調査地をプロットした図である. このように, データベース化を進めることで掘削地点情報を GIS 上で各種地図上に重ねることが可能であり, どのような土地条件の場所が調査地としてよく利用されているのかや標高と掘削地点との関係などを検討するのに有意義である.

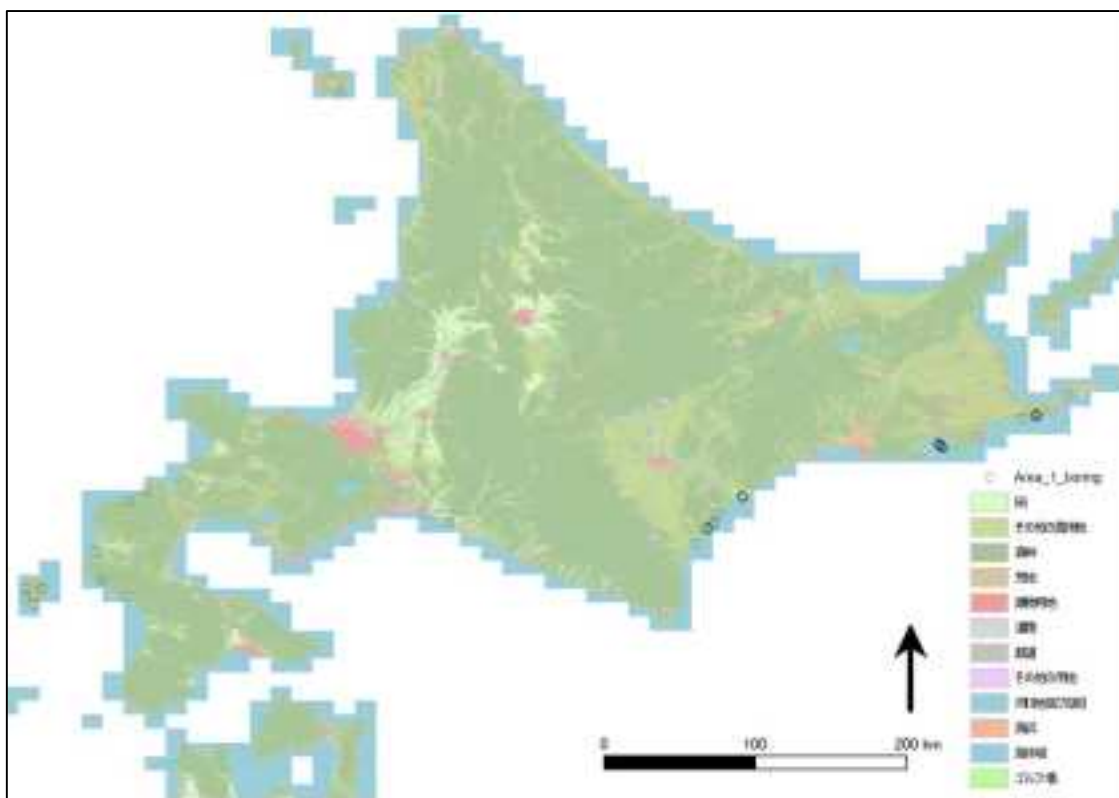


図 2.4.6 エリア 1 における土地利用図上で見た調査地点分布.

2.5 三浦半島での調査

2.5.1. はじめに

三浦半島は、既往研究事例が少ない場所である。津波堆積物データベースを整備するにあたり、どのような理由で既往研究事例が少ないのかを把握しておく必要がある。そこで、2014年1月31日から2月2日にかけて、神奈川県三浦半島沿岸域にて、既存研究が行われた地点の調査を行った。調査地点は雨崎洞穴、雨崎洞穴付近の耕作地、江奈湾、毘沙門洞穴遺跡群、城ヶ島、小網代湾、荒井浜洞穴、黒鯛込の8地点である(図2.5.1)。

2.5.2. 調査地域・調査内容

1. 雨崎洞穴は標高およそ7.5mに形成された海食洞穴遺跡であり、横須賀考古学会が1966年から1968年にかけて3回の発掘調査を行っている(横須賀考古学会2009)。その発掘調査の結果、弥生~古墳時代に利用されたことが明らかになっている。本調査では雨崎洞穴内において、比較的最近形成されたストーム堆積物と推定される堆積物が観察された。
2. 雨崎洞穴付近の耕作地において掘削調査を行った。掘削の結果、耕作土層が厚く堆積しており、自然の堆積物を観察することができなかった。
3. 江奈湾は千葉ほか(2013)により関東地震による津波堆積物と推定される堆積物が発見された地点である。本地点において湿地を掘削し、報告されている堆積物を観察した。
4. 毘沙門洞穴遺跡群は標高5.4~6.7mに形成された海食洞穴遺跡である(横須賀考古学会2009)。1950年~1951年にかけて横須賀考古学会により発掘調査が行われており、弥生時代に利用された遺跡であることがわかっている。本調査では、洞窟内に土壌が比較的厚く堆積しているのが観察された。
5. 城ヶ島ではShishikura et al.(2007)が報告した1923年大正関東地震及び1703年元禄関東地震時に隆起したとされる生物化石群(ヤッコカンザシの化石)を観察した。また、城ヶ島では三崎層(およそ1300万年前~470万年前に、水深2000m以上の深さの海底において形成された地層;蟹江・服部1991)の露頭から火炎構造も観察された(例えば福島1984)。この構造は、向かって上位の層が堆積した際、下位の層が水を含んでおりまだ固まっていなかったため、流動することで形成されたものである。
6. 小網代湾はShimazaki et al.(2011)により、過去3回の関東地震による津波堆積物が報告された地点である(図2.5.2)。掘削を行ったが、堆積物中の含水率が高く引き上げが困難であり、堆積物を観察することができなかった。
7. 荒井浜洞穴は海食洞穴であるが、その使用に関する報告はない。この洞穴を含む

露頭では三崎層とそれに重なる、およそ 400 万年前に三崎層より浅い海底において形成された初声層が観察された。またこの洞窟では、侵食された三崎層の隙間に、何らかの作用によりもたらされたと考えられる多数の礫が観察された(図 2.5.3)。

8. 黒鯛込は、千葉ら(千葉未公表資料)が 2012 年に現生珪藻の生態調査を行った地点である。本調査ではこの湿地においてロシア式サンプラーを用いてコアの掘削を行った。その結果、地表～深度 100cm までのコアを採取することができた(図 2.5.4)。

2.5.3. おわりに

以上の調査結果から、三浦半島においては人口が沿岸部に密集していることや耕作地としての利用が進み、調査可能地点が少ないことがわかった。その一方で、場所によっては調査ができる可能性のある地域もまだ存在し、本格的調査を今後行うことができる可能性があることがわかった。

引用文献

- 千葉崇・石辺岳男・佐竹健治・島崎邦彦・須貝俊彦・西山昭仁・原田智也・今井健太郎・行谷佑一・上野俊洋, 三浦半島江奈湾における過去 4000 年間の沿岸環境変動と関東地震による津波堆積物. 2013. (MIS25-13), 日本地球惑星科学連合大会 2013 年大会, 2013 年 5 月 19-24 日, 幕張メッセ国際会議場, 千葉.
- 福島依子. 1984. 三浦巡検 (巡検報告). お茶の水地理, 25, 72.
- 蟹江康光・服部陸男. 1991. 三浦層群のクロノロジィと古環境に関する諸問題: 日本地質学会第 97 年討論会の紹介と最近の研究の動向. 地質学雑誌, 97, 849-864.
- Shimazaki, K., Kim, H.Y., Chiba, T. and Satake, K. 2011. Geological evidence of recurrent great Kanto earthquakes at the Miura Peninsula, Japan. *Journal of Geophysical Research*, 116, B12408, doi:10.1029/2011JB008639.
- Shishikuraa, M., Echigob, T. and Kaneda H. 2007. Marine reservoir correction for the Pacific coast of central Japan using ^{14}C ages of marine mollusks uplifted during historical earthquakes. *Quaternary Research*, 67, 286–291.
- 横須賀考古学会(編). 2009. 三浦半島考古学事典. 386 pp. 横須賀考古学会, 神奈川.



図 2.5.1 三浦半島での調査地点.



図 2.5.2 小網代湾における Shimazaki et al.(2011)の調査地域.



図 2.5.3 荒井浜洞穴(張り紙の上部の隙間に多数の礫が観察された)



図 2.5.4 黒鯛込においてロシア式サンプラーにより掘削されたコア試料

2.6 紀伊半島での調査

紀伊半島西部沿岸各地において津波堆積物の既往調査地点を視察し、報告されている古津波堆積物の有無と層準を人力掘削調査によって確認した。紀伊半島西部地域は南海トラフにおいて発生したプレート境界型地震に伴う津波による被害を繰り返し受けている。しかしながら紀伊半島西部における古津波堆積物の調査事例はごく限られており（後藤ほか，2012），津波堆積物データベースの情報を充実させるためには今後調査できる地点をできる限り多く確保する必要がある。そこで事前に航空写真を見て調査候補地を設定し、各地点で人力掘削による予備調査を行った。

北は和歌山県日高町から南は西牟婁郡すさみ町にいたる 31 地点で掘削調査を行った（表 2.6.1）。これらの内、既往研究があるのは 1 地点のみ（No.25, KG-18-1, 表 2.6.1）であり、その他の 30 地点は新たに調査を行った地点である。31 地点の内 21 地点では盛土があるなどの理由で深度数十 cm 程度までしか掘削できなかつたものの、8 地点で津波堆積物の保存に適した泥質堆積物の存在を確認することができた。また、時間の都合上調査を行わなかつたものの、掘削を行えそうな場所も 2 地点（No. 5, 26, 表 2.6.1）確認することができた。

日高町の阿尾湿地では小松原ほか（2007）によって古津波堆積物の可能性のある砂層が報告されている（図 2.6.2, 2.6.3）。小松原ほか（2007）は阿尾湿地の 2 地点において掘削を行い（HDK1,2, 図 2.6.3 の赤色目印）、有機質泥層中の深度 1.0 m 付近と、深度 2.1 m 付近に砂層を見つけている。今回小松原ほか（2007）の地点 HDK2 に近い位置（KG-18-1, 図 2.6.3）において調査を行ったところ、深度約 3 m まで有機質泥層があることを確認した。この有機質泥層中の深度 85 cm と、深度 209 cm に極細粒～細粒砂の層があつた（図 2.6.8）。年代測定は行っていないものの、発見された深度が似通っていることから、これらの砂層は小松原ほか（2007）で報告された砂層と対比されるかもしれない。上記 2 層に加えて今回の掘削調査では深度 170 cm 付近に細粒砂～中粒砂が断片的に含まれているのが見つかった。阿尾湿地から 100 m 程東にも小規模な湿地が見られた（J&N1, 図 2.6.3）。掘削は行っていないものの泥質堆積物が比較的厚く堆積していることが予想され、阿尾湿地同様、優良な調査地点となると考えられる。

御坊市塩屋町（20, C20, 図 2.6.4）、西牟婁郡白浜町（KG-7-1, 図 2.6.5）、白浜町日置（C-2, 図 2.6.6）、白浜町塩屋（C1-1, C1-2, C1-3, 図 2.6.7）においても泥質堆積物が深度 200–300 cm まで続いており、C20, KG-7-1, C1-1 などの地点では砂層も確認された。これらのうち西牟婁郡白浜町の地点 KG-7-1 では深度 230 cm まで掘削することができ、泥質堆積物中に少なくとも 3 枚の砂層（深度 110–153, 182–184, 214–215 cm）を確認した。白浜町塩屋の地点 C1-1 では深度 300 cm まで泥質堆積物が続いており、8-9 枚の砂層・礫層が確認された。御坊市塩屋町の地点 C20 でも深度約 300 cm まで泥質堆積物が続いており、その中に複数の砂層が確認された。

この調査の最大の成果は、沿岸に低地があまり発達しておらず古津波堆積物の調査が困難と考えられていた地域で多くの調査可能地点を探し出した点といえる。泥質堆積物が卓越する調査地点のうち阿尾湿地以外の地点は氾濫原の中に位置しており、見つかった砂層が河川の氾濫によってできた可能性を否定できない。しかしながら今後砂層中の微化石を調べることで河川氾濫によってできたものか、津波や高潮など海水の浸入によってできたものかを区別することができると考えられる。

盛土があったため掘削できなかつた地点の一部（例えば KG-7, 図 2.6.5）も盛土の下位に泥質堆積物がある可能性があり、掘削機器を変更することで今後調査を行うことができるかもしれない。

表 2.6.1 調査地点座標と掘削状況.

No.	地点名	緯度(N)	経度(E)	環境	既往研究	掘削状況
1	KG-4	33.527478°	135.516855°	氾濫原	無	盛土のため掘削できず
2	KG-5	33.553521°	135.498834°	氾濫原	無	掘削できず
3	11-1	33.551785°	135.493141°	氾濫原	無	盛土のため掘削できず
4	KG-6	33.553007°	135.461111°	氾濫原	無	盛土のため掘削できず
5	O1	33.553572°	135.460875°	氾濫原	無	未掘削
6	O1-1	33.553687°	135.460456°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認 深度約2 mまで掘削
7	O1-2	33.554055°	135.460591°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認
8	O1-3	33.554280°	135.460686°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認
9	C-2	33.573288°	135.428196°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認
10	G-3	33.625036°	135.393852°	扇状地	無	掘削できず
11	KG-7	33.649278°	135.387321°	氾濫原	無	盛土のため掘削できず
12	KG-7-1	33.650922°	135.386553°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認 深度約2 mまで掘削
13	KG9-1	33.653818°	135.379542°	氾濫原	無	盛土のため掘削できず
14	KG-11	33.694481°	135.377922°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
15	KG-11-1	33.694716°	135.377919°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
16	KG-10	33.694821°	135.381368°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
17	KG-10-1	33.695231°	135.381738°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
18	KG-10-2	33.695433°	135.381687°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
19	KG-12	33.702381°	135.382788°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
20	O20	33.884254°	135.184905°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認
21	22	33.885769°	135.185816°	氾濫原	無	泥質堆積物の存在確認
22	KG-17-1	33.892305°	135.080660°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
23	KG-17	33.892305°	135.079682°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
24	YN08	33.892148°	135.066147°	扇状地	無	掘削できず
25	KG-18-1	33.902677°	135.066014°	塩性湿地	有	泥質堆積物の存在確認
26	J&N1	33.904074°	135.067218°	塩性湿地	無	未掘削
27	O23	33.911351°	135.085494°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
28	25	33.911831°	135.085192°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
29	KG-19	33.929299°	135.078229°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
30	27	33.929255°	135.077870°	扇状地	無	盛土のため掘削できず
31	KG-19-1	33.930860°	135.079449°	扇状地	無	盛土のため掘削できず

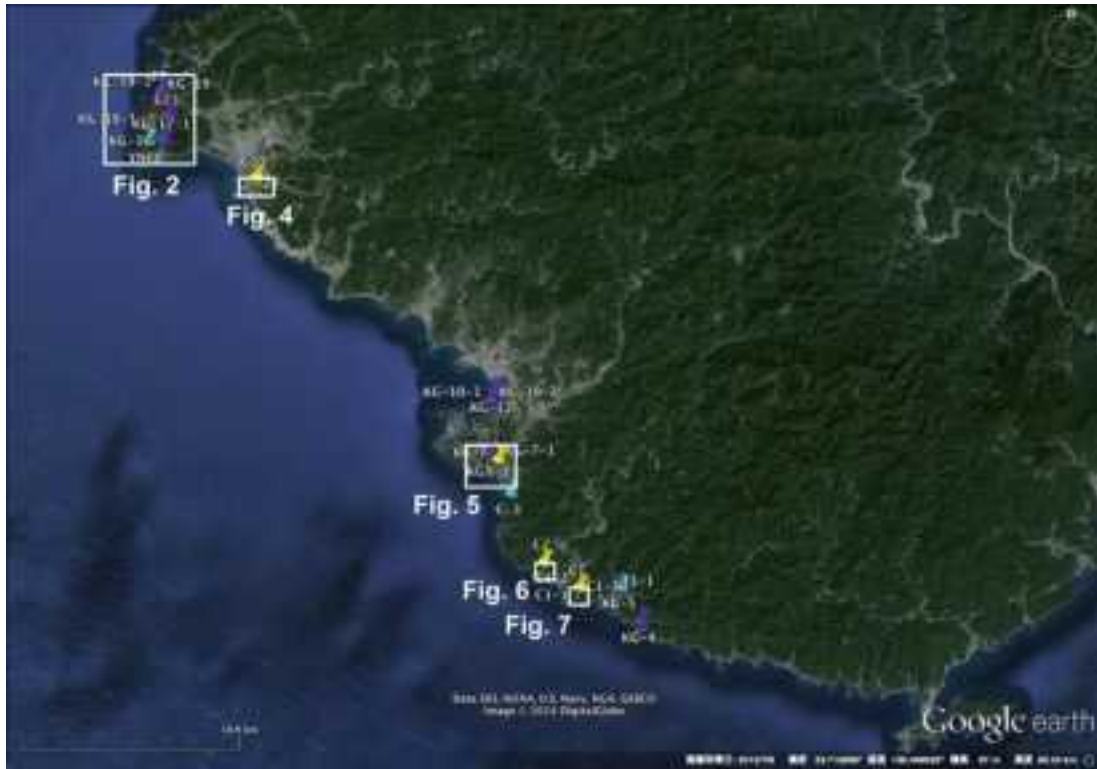


図 2.6.1 調査地点位置. 黄色の目印は泥質堆積物の存在を確認できた地点, 紫色の目印は盛土のため掘削できなかった地点, 水色の目印は粗粒な表層土のため掘削できなかった地点, 白色の目印は掘削していないものの調査できる可能性が高い地点を示す.



図 2.6.2 日高町周辺の調査地点.



図 2.6.3 日高町阿尾湿地における調査地点.



図 2.6.4 御坊市塩屋町南塩屋における調査地点.

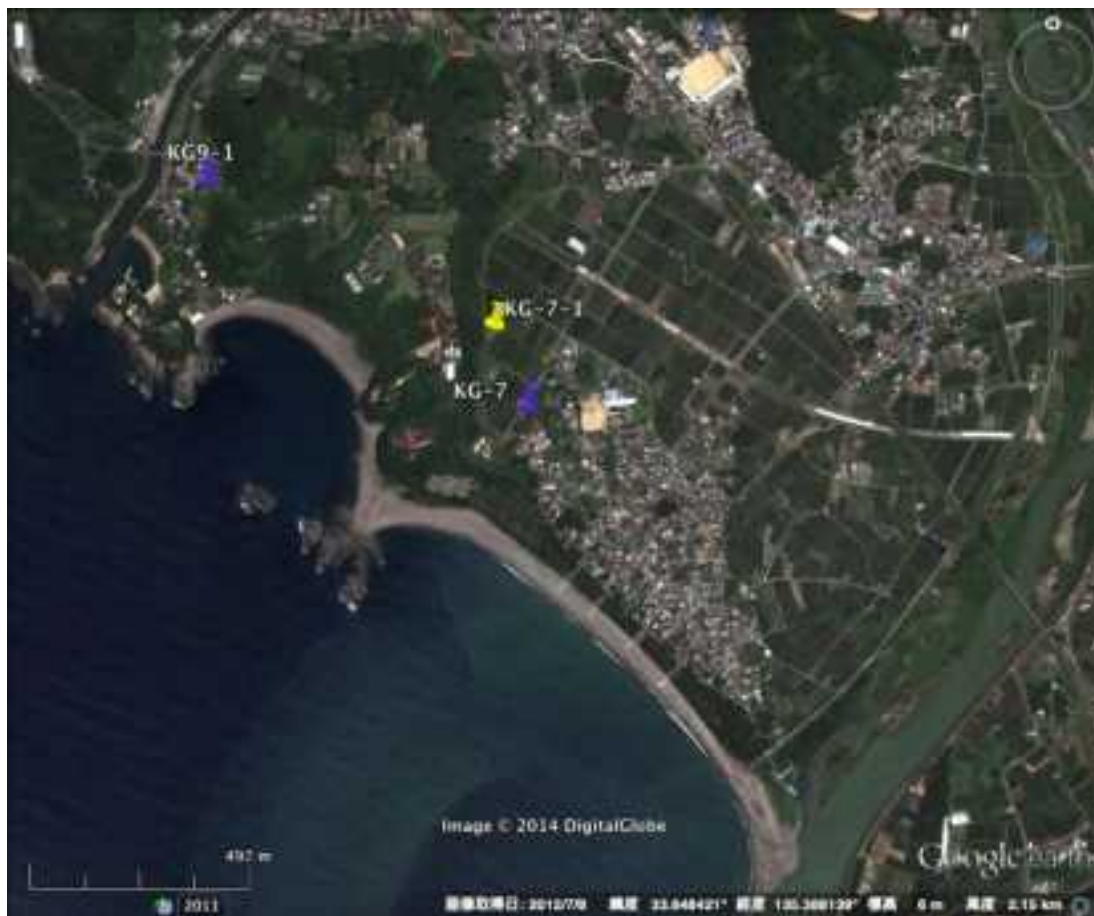


図 2.6.5 西牟婁郡白浜町における調査地点.



図 2.6.6 白浜町日置における調査地点.



図 2.6.7 白浜町塩野における調査地点.



図 2.6.8 阿尾湿地（地点 KG-18-1）で見られた砂層（深度 83–86 cm）.

参考文献

- 後藤和久，西村裕一，菅原大助，藤野滋弘，日本の津波堆積物研究，地質学雑誌，
vol.118, pp.431–436, 2012.
- 小松原純子，岡村行信，澤井祐紀，宍倉正展，吉見雅行，竿本英貴，紀伊半島沿岸の津
波堆積物調査，活断層・古地震研究報告，vol. 7, pp.219–230, 2007.

2.7 ニュージーランドにおけるデータベースの概要

ニュージーランドは、先行して津波堆積物のデータベースの作成が実施されている世界的にも先駆的な地域である（図 2.7.1，例えば Goff et al., 2010）．そこで，このデータベースを作成するにあたり主導的立場にあった James Goff 氏を招聘してデータベースの作成概要および問題等について助言を得るとともに，同氏の案内のもと津波堆積物の報告地を視察し，堆積環境等を把握した．

まず，2014 年 1 月 30 日に James Goff 氏からデータベースの作成概要について説明を受けた．そして，データベース登録にあたり，地質記録のみならず，地形情報，考古学的情報，人類学的情報，古環境学的情報など，様々な情報を活用すべきであるとの指摘を受けた．これは，地質記録やその他の記録は，いずれも単体では不完全な場合が多く，複数の情報を組み合わせることによって，先史時代の津波の発生履歴や規模の推定結果の信頼性が向上すると考えられるからである．

もう一つ重要な指摘は，ニュージーランドにおいて海溝に面した東海岸のみならず，反対側の西海岸において，高い標高まで津波堆積物が連続していることである．これは，地震以外の要因によっても，局所的に大きな津波が発生しうる可能性を示していると考えられる．我が国においては，津波堆積物研究の大半は，海溝型地震・津波の影響を受ける沿岸部で行われてきた．その一方で，それ以外の地域での調査は十分なされていないという問題がある．将来的には，波源にとらわれず，全域を網羅するような広範囲において津波堆積物調査を実施する必要がある．

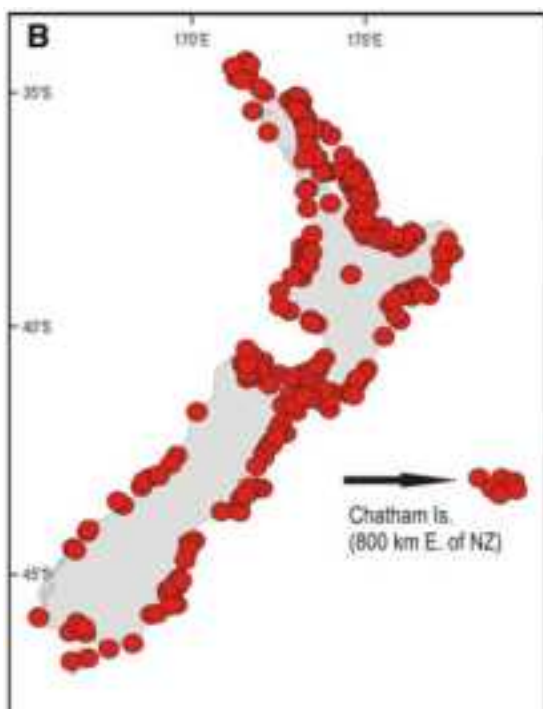


図 2.7.1 ニュージーランドでの津波堆積物の報告地（Goff et al., 2010）.

次に、2014年3月2-7日の日程で、ニュージーランド南島のクライストチャーチ市近郊のバンクス半島での現地調査を行った。ここでは、代表的な地点について報告する。

まず、Port Hills セクション（図 2.7.2 の March 3 の地点）では、James Goff 氏により洞窟内で津波堆積物が調査された地点を訪問した。しかし、地震による岩盤崩落の危険性があるため、すでに立ち入りが禁止されていた（図 2.7.3）。我が国において津波堆積物データベースを作成するにあたって、すでに調査地が人工改変されていたり立ち入り禁止になっていたりする場合などが考えられる。こうした場合に、データベース上でどのように表現するかを検討しておく必要があることがわかった。

Okoura では、Gordon et al. (2004)により報告された砂利層の観察を行った（図 2.7.4）。この砂利層は良く円磨された礫からなり、標高 10m 前後の高さにまで到達している。陸上にはこのような円礫の供給源は存在しないと考えられることから、海岸より運ばれてきた可能性が考えられるが、津波によるものなのか台風の高波によるものなのかがまだ良くわかっていない。こうした報告例については今後も検討が必要で、データベースに登録する際に、議論が続いている事例をどのように対象に含めるべきか、慎重な検討が必要である。

次に、Okains Bay では、Kain et al. (2014)により報告された津波堆積物の調査を行った（図 2.7.5）。ここでは、1960年や1868年チリ津波など、遠地津波起源の津波堆積物を確認することができる（図 2.7.6）。津波堆積物とそれ以外の土壌の境は明瞭であり、鉛 210 年代も歴史記録と整合的であるとの説明を受けた。そして、歴史記録との対比が可能であることから、データベース上では高い信頼度を付して表示することになるとのことであった。また、海岸から内陸に向けて層厚が薄くなるわけではなく、河川からの距離に応じて層厚が薄くなる傾向にあることから、河川を遡上しあふれ出した津波が堆積物を形成したと考えられることがわかった。河川に近い場所では、我が国においても今後津波堆積物調査が実施される可能性が高いと考えられるが、津波堆積物認定の際の留意点を確認することができた。

同様に、Le Bons Bay では、今回初めて津波堆積物調査を実施し、Okains Bay と同様に歴史時代の津波堆積物の可能性のある砂層を確認した（図 2.7.7）。



図 2.7.2 本調査での訪問地域.



図 2.7.3 Port Hills セクションの洞窟. 地震後の崩落の危険性に伴い立ち入り禁止になっている.



図 2.7.4 Okoura 地域における砂利層.



図 2.7.5 Okains Bay の調査地域. 谷の北側斜面沿いに河川が存在する.



図 2.7.6 Okains Bay における津波堆積物. チリ津波起源の堆積物と考えられる.



図 2.7.7 Le Bons Bay での津波堆積物である可能性が考えられる砂層.

参考文献

- Goff, J., Nichol, S., Kennedy, D., 2010, Development of a palaeotsunami database for New Zealand. *Natural Hazards*, 54, 193-208.
- Gordon, H. W., Bassett, K. N., Nobes, D. C., Jacomb, C., 2004. Gardening at the edge: Documenting the limits of tropical Polynesian kumara horticulture in southern New Zealand. *Geoarchaeology*, 19, 185-218.
- Kain, C. L., Gomez, C., Hart, D., Wassmer, P., Goff, J., Starheim, C., 2014, Assessing topographic controls on flow direction in washover deposits using measurements of Magnetic Fabric. *Marine Geology*, 350, 16-26.

2.8 今後の改善点

データ入力シートを用いて既往文献を登録する中で、入力者からシートについて表 2.8.1 ような要望があった。将来的な改善点として、ここに掲載する。

表 2.8.1 データ入力シートの改善要望点。

シート	気づいた点	追加が望まれる項目	不要である可能性のある項目
地質物文献情報	・英語キーワードの文字制限が100文字以内のため、文献によっては記入しきれないものがあった	・「doi」	・「出版者」
調査情報	・「代表地点」の扱い、役割がよいか、湖沼や、地域がまたがっている場合はどうするか		・「代表地点の海岸線からの距離(m)」 ・「代表地点の地表面積高(m)」 ・「代表地点の堆積環境」 ・「代表地点の土地利用」
ボーリング情報	・「掘削到達深度(m)」を、小数点第二位まで入力できるようにするか、cm表記にする ・「掘削方法」はブルダウンではなく、これまで通り手入力がいい	・論文中のコアIDを記入する項目(今はとりあえず「ボーリング地点備考」に記入) ・(湖沼の場合)水深	
地質物情報	・層厚が「数mm」といった記述の場合はどうするか、今は「存在位置の深度、下限、上限」を同じ値にして層厚未記入(数字しか入力できないため) ・年代値、イベント層中のマテリアルから測定されていた場合はどうするか(今はとりあえず、下限、上限どちらも同じ値を記入し、備考欄にもその旨を記入)	・論文中のイベント層IDを記入する項目(今は「備考」に記入) ・「年代測定、マテリアル」	
地質物評価	・記述はないけど、おそらく調べられていて特徴がないものはどうするか(例えば、あるイベント層で「有孔虫が存在する」という記述があるが、同論文で他のイベント層に記述がない場合は、『調べてない(0-)』ではなく『調べたけどなかった(2、×)』になるのか)	・「備考」	

3. 津波堆積物の認定基準の整備

3.1 はじめに

津波堆積物と類似の特徴を有する堆積物は、高潮や洪水時にも形成されることが知られており、津波堆積物の認定は当該研究分野で最も重要な学術的検討事項である。しかし、津波堆積物の認定基準は調査者により様々であり、津波堆積物の信頼度を評価するうえで統一的な認定基準の整備が求められる。そこで、津波堆積物であることに疑いの余地のない 2011 年東北地方太平洋沖地震津波、西暦 869 年貞観津波により形成された津波堆積物試料などを用いて、高分解能かつ高精度で堆積学的、古生物学的、地球化学的検討を行い、津波堆積物の認定に有用な情報の選定を行うと同時に、どの程度の分析解像度が津波堆積物認定に必要なのかを検討した。具体的には、各種分析機器を用いた場合の粒度分布の差異、珪藻などの微化石の各層準における分布特性、および元素・鉱物組成、帯磁率の鉛直変化などをセンチメートルオーダーの高解像度で実施し、堆積構造から読み取れる堆積プロセスとの比較を行いながら、津波堆積物の特徴の精査及び古津波堆積物中に保存されうる情報の検討を行った。

本研究期間内に調査または現地視察を実施した地域以外にも、代表者らによりこれまでに採取された試料のうち、本研究計画に合致すると考えられる試料について、各種分析を行った。分析対象の選定にあたっては、大きく陸上堆積物（野田村、石巻市鮫ノ浦、七ヶ浜町、岩沼市、仙台市、南相馬市での掘削試料）と湖沼堆積物（大沼、水神沼、松川浦での掘削試料）に区分される。陸上試料については、非破壊分析に加え各種分析を行うことにより、どの程度津波堆積物としての判断材料を集めることができるのかを検討した。湖沼堆積物については、津波の浸水程度の差異による影響や、侵食の程度などについて検討を行った。



図 3.1.1 本研究計画での対象地域.

3.2 東通村大沼

3.2.1. 地域概要

青森県下北郡東通村の大沼（図 3.2.1, 3.2.2）で採取された既存の堆積物試料について珪藻分析を行った。大沼は、猿ヶ森砂丘背後に位置する砂丘間湖沼で、北東—南西方向に細長い形状をしており、長径は 1km 程度である。水深は 3～7m で、試料採取地点付近が最も深くなっている。この場所からは、Minoura et al. (1994) により、過去 300 年ほどの歴史津波に対比可能な地球化学的痕跡が報告されている。

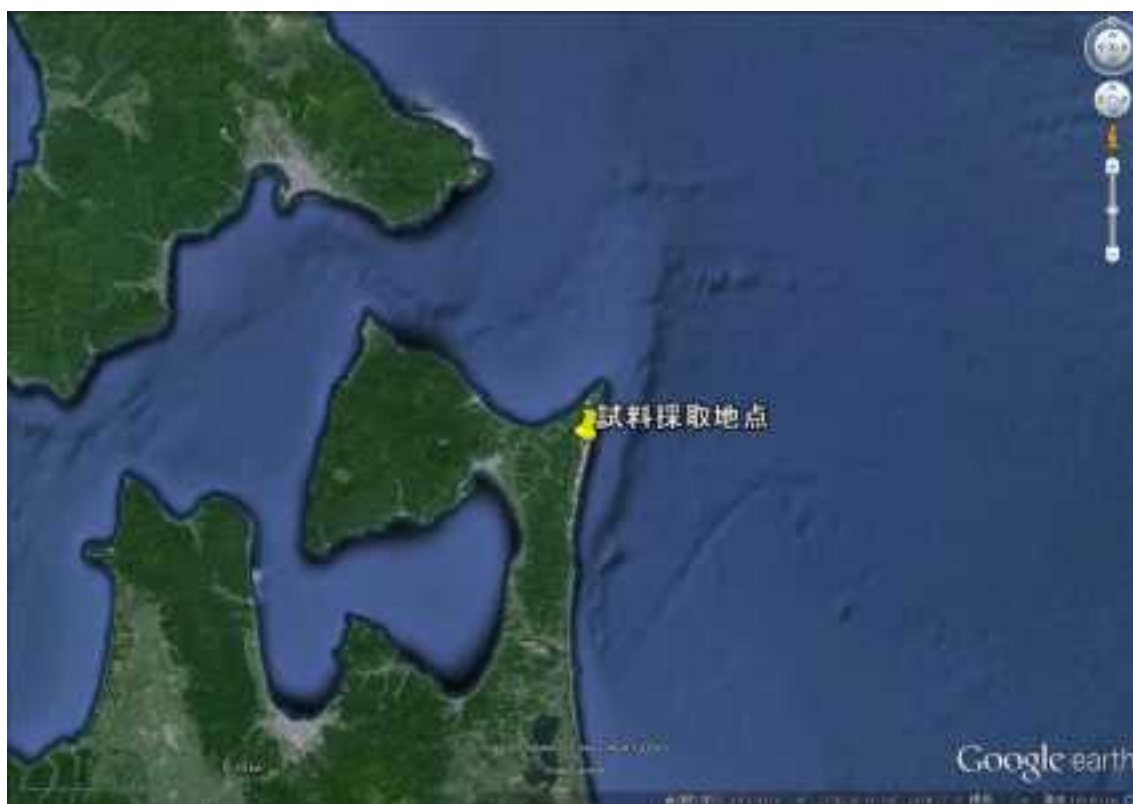


図 3.2.1 : 大沼の位置.



図 3.2.2 : 大沼における既存堆積物試料の採取位置.

3.2.2. 分析方法

図 3.2.3 は調査地点の地質柱状図である．分析対象のサンプルは，同一地点で採取した，試料長 70cm，80cm，80cm の 3 本のコア試料（①，②，③）である．掘削にあたり深度を変えながら採取したので，コア③の最下部は湖底面から 1.7m まで到達している．堆積物は全般にシルト質もしくは粘土質で，稀に植物遺体，貝殻片等を含む．3 つのコアからは，合計 8 枚（A～I）の津波堆積物の可能性が疑われる砂層が確認されている．本研究では，砂層堆積に伴う環境指標の変化を調べるため，砂層 B，C，D，F，G とその上下の層準から試料を分取し，珪藻群集の分析をおこなった．

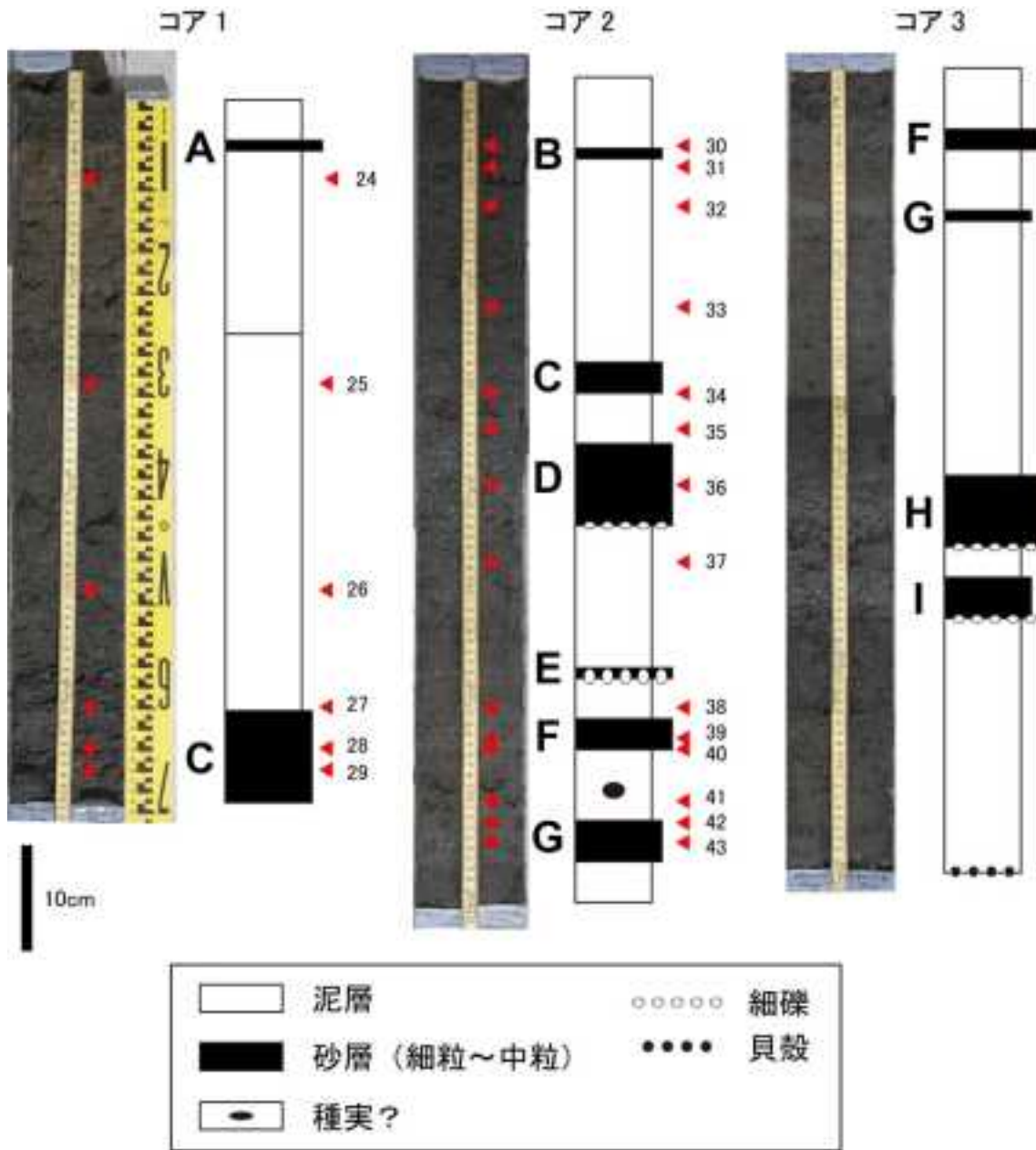


図 3.2.3 : 大沼で採取された既存堆積物試料の地質柱状図. 赤色の三角は本研究で実施した珪藻分析の試料分取位置, 数字は表 3.2.1 のサンプル番号.

3.2.3. 分析結果

結果の概要を表 3.2.1 および図 3.2.4 に示す. コア①では, 環境指標種群として, 海水泥質干潟指標種群, 海水藻場指標種群, 汽水泥質干潟指標種群, 中~下流性河川指標種群, 湖沼沼沢湿地指標種群, 沼沢湿地付着生指標種群などが検出された. コア上部 30cm (サンプル 24, 25) までは河川~湖沼沼沢湿地環境, 30~68cm (サンプル 26~29) は海水藻場~汽水干潟などの環境と推定された.

コア②では、環境指標種群として、海水泥質干潟指標種群、海水藻場指標種群、汽水泥質干潟指標種群、中～下流性河川指標種、湖沼沼沢湿地指標種、沼沢湿地付着生指標種などが検出された。コア上部 9cm (サンプル 30, 31) までは湖沼沼沢湿地環境と推定された。また、12～75cm (サンプル 32～43) は河川～湖沼沼沢湿地環境と推定され、所々に海水藻場～汽水干潟などの影響が見られた。

表 3.2.1 東通村大沼の堆積物試料における珪藻分析結果の概要.

No	分類群	サンプル番号									
		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	外洋									1	
2	内湾										
3	海水藻場			31	13	29	49	3	2	24	35
4	海水砂質干潟			3			1	3	5	5	
5	海水泥質干潟			18	6	7	13	2	2	21	25
6	海水不定・不明種	1		26	19	24	25	5	3	31	34
海水～汽水不定・不明種											
7	明種		1	39	1	15	16	3	3	33	29
8	汽水泥質干潟			12	3	6	5	3		12	5
9	汽水不定・不明種	3	3	33	20	36	48	8	2	73	49
10	中～下流性河川	2	4	15	10	10	6	1		14	5
11	最下流性河川						6				1
12	湖沼浮遊生	7				2		3			
13	湖沼沼沢湿地	109	69	25	58	17	42	89	103	16	3
14	沼沢湿地付着生	10	6		7	3		4	1	1	
15	陸域				3	1					
16	広布種	73	34	61	82	70	91	45	70	63	26
17	淡水不定・不明種	77	140	20	27	12	13	60	47	9	4
18	その他不明種	1	2	3	1	5	1	3	1	5	1
	海水種	1		78	38	60	88	13	12	82	94
	海～汽水種		1	39	1	15	16	3	3	33	29
	汽水種	3	3	45	23	42	53	11	2	85	54
	淡水種	278	253	121	187	115	158	202	221	103	39
	その他不明種	1	2	3	1	5	1	3	1	5	1
	合計	283	259	286	250	237	316	232	239	308	217
	完形殻の出現率(%)	79.2	86.1	57.0	48.0	33.8	48.4	73.3	75.7	57.1	60.4
	堆積物 1g 当たり殻数(個)	1.4E+	2.3E+	1.5E+	1.3E+	1.4E+	1.7E+	1.9E+	1.1E+	2.2E+	2.4E+
		07	07	06	06	05	06	07	07	06	06

表 3.2.1 (続き)

No	分類群	サンプル番号									
		34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
1	外洋							1	4		3
2	内湾						1				1
3	海水藻場	17	18	16	23	13	9	10	21	15	18
4	海水砂質干潟		1	5		1	5	1	2	1	5
5	海水泥質干潟	11	11	5	16	4	7	3	15	3	18
6	海水不定・不明種	21	15	11	42	17	10	28	51	23	17
海水～汽水不定・不											
7	明種	9	10	5	27	56	10	22	21	5	9
8	汽水泥質干潟	4	7	4	4					4	3
9	汽水不定・不明種	42	43	15	51	18	8	23	41	15	31
10	中～下流性河川	10	4	9	11	30	17	27	9	10	5
11	最下流性河川		2	2	1		1	1	3		1
12	湖沼浮遊生										
13	湖沼沼沢湿地	18	22	27	6	11	15			48	32
14	沼沢湿地付着生	11	2	7		1	1		2	1	
15	陸域	1		11	1		3			6	1
16	広布種	53	92	72	58	35	69	77	55	67	51
17	淡水不定・不明種	7	18	28	11	24	54	9	21	35	24
18	その他不明種	4	5	6	5	5	9	2	8	3	3
	海水種	49	45	37	81	35	32	43	93	42	62
	海～汽水種	9	10	5	27	56	10	22	21	5	9
	汽水種	46	50	19	55	18	8	23	41	19	34
	淡水種	100	140	156	88	101	160	114	90	167	114
	その他不明種	4	5	6	5	5	9	2	8	3	3
	合計	208	250	223	256	215	219	204	253	236	222
	完形殻の出現率(%)	33.7	52.4	36.3	53.9	76.7	53.0	72.1	55.3	65.7	51.4
	堆積物 1g 当たり殻 数(個)	4.4E+	1.2E+	9.8E+	1.5E+	5.1E+	2.1E+	6.4E+	4.3E+	1.4E+	1.6E+

3.2.4. 考察とまとめ

コア①, ②とも, 増減はあるものの, 大部分は海水藻場, 砂質・泥質干潟を基調とする環境であると推定される. コア①の上部 2 試料とコア②にみられる砂層 B とその上部 1 試料では, 海水・汽水の指標種群が見られず, 内陸湖沼としての環境になっている. コア②の中～下部には海水や汽水の影響を示す指標種群が見られるが, 砂層 C から G の層準では, 海水の影響を示す指標種群の割合が上下の層準よりも小さくなっている. しかも, 砂層 D, F, G では陸域指標種群も現れている. したがって, コア②の砂層サンプル 32 より下部は, 海水影響下の藻場・干潟環境で堆積した泥質物に, 何らかの営力により搬入された陸源の砂質堆積物が混在したものであると考えられる. また, 砂層 C 堆積後から B の堆積直前に, 沼の環境が内陸湖沼としての性質を持つように大きく変わったと推定される. 異なる環境指標の珪藻が津波堆積物中で混在することは従来の研究で報告されており, 淡水種の珪藻が砂層に見られることは, これが津波堆積物である可能性を否定するものではない. 津波堆積物としての認定には, 堆積物供給源の特定など, 詳細な分析に加え, 湖沼内での津波の挙動についても解析を行う必要がある.

参考文献

Minoura K., Nakaya, S., Uchida, M., 1994. Tsunami deposits in a lacustrine sequence of the Sanriku coast, northeast Japan. *Sedimentary Geology* 89, 25-31.

環境指標種群およびその他

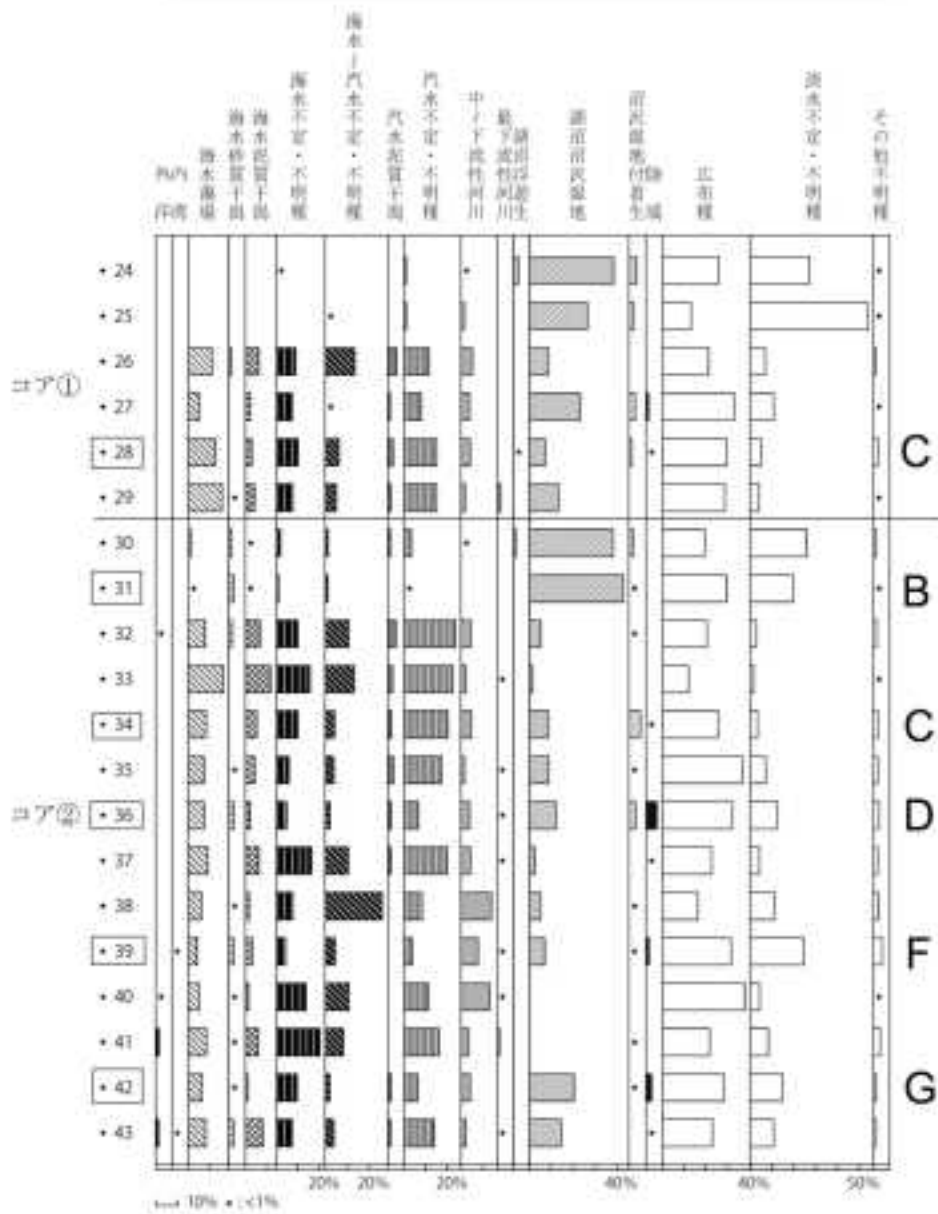


図 3.2.4 : 大沼の既存堆積物試料における珪藻分析結果の概要. 左に付した数字はサンプル番号, C~G は図 3.2.3 の砂層に対応する.

3.3 野田村

3.3.1. 背景と地域概要

東北地方における古津波堆積物調査は仙台平野や下北半島において行われている一方、岩手県を中心とした三陸リアス式海岸における調査例は少ない（八木下 2001, 原口ほか 2006, 原口・石辺 2009）。調査の結果イベント層が発見されても、津波堆積物かどうかの認定が不十分である研究例も多い。

三陸地域の太平洋岸において古津波堆積物の研究例が不足している背景に、津波堆積物が堆積する可能性や、保存されるポテンシャルが低い可能性が挙げられる。例えば仙台平野の平坦な地形においては、堤間湿地において古津波堆積物が堆積し、保存される可能性が高い。一方三陸海岸には崖地形が多く、堆積より浸食が卓越する可能性（Komatsu et al., 2013）があるため、津波堆積物が形成され保存される場所は比較的少ないと考えられる。

本研究では岩手県九戸郡野田村において、古津波堆積物調査を行った。対象地域は、2011年東北地方太平洋沖地震津波でも浸水しており、地域住民の聞き取りから、1896年明治三陸地震津波など過去の津波も浸水していることもわかっている。ハンディジオスライサーを用いて陸上堆積物を連続的に採取し、その中にみられるイベント層の痕跡検出、及びイベント層が津波起源であるかどうかの調査分析を行った。

3.3.2. フィールド調査結果

2013年11月にフィールド調査を行った。調査地は幅250m程度の谷地形となっており、平地は主に水田として利用されている。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震津波では、海岸から約700mの距離まで津波の浸水が確認された（図3.3.1）。

海岸線と直交方向に7本（NDM-A, NDM-B, NDM-C, NDM-D, NDM-E, NDM-F, NDM-G）、海岸線と並行方向に5本（core-3, core-4, core-5, core-6, core-7）、平地と谷との境界部分の森林で2本（NDM-H, NDM-I）、合計14本の陸上堆積物コアを採取した。コアの長さは40cmから270cmである。それぞれのコアは主に有機質の泥層で構成され、地表から7-24cm程度は耕作土である。泥層中に砂礫層が挟在する（図3.3.2）ほか、火山灰が存在するコアも採取された（図3.3.3）。図3.3.4に採取された堆積物の柱状図と、標高測量結果を示す。

砂礫層は1枚もしくは場所によって2枚存在する。そのうち上位の砂礫層については、内陸まで連続的に対比された。NDM-Eにおいては砂礫層の直上に火山灰が観察されたほか、NDM-Hにおいて砂礫層は存在しないものの、火山灰が層として堆積している様子が観察された。



図 3.3.1 調査地の全体図. 黄四角は採掘地点を示す. 青枠は東北地方太平洋沖地震津波による浸水範囲を示す.



図 3.3.2 泥質堆積物中にみられる砂礫質堆積物. 左図は core-5 中における砂礫層, 右図は core-6 中における砂礫層を示す.



図 3.3.3 堆積物中にみられる火山灰. 左図は NDM-E 中に茶色の火山灰が散っている様子を示す. 右図は NDM-H 中に火山灰が層として存在している様子を示す.

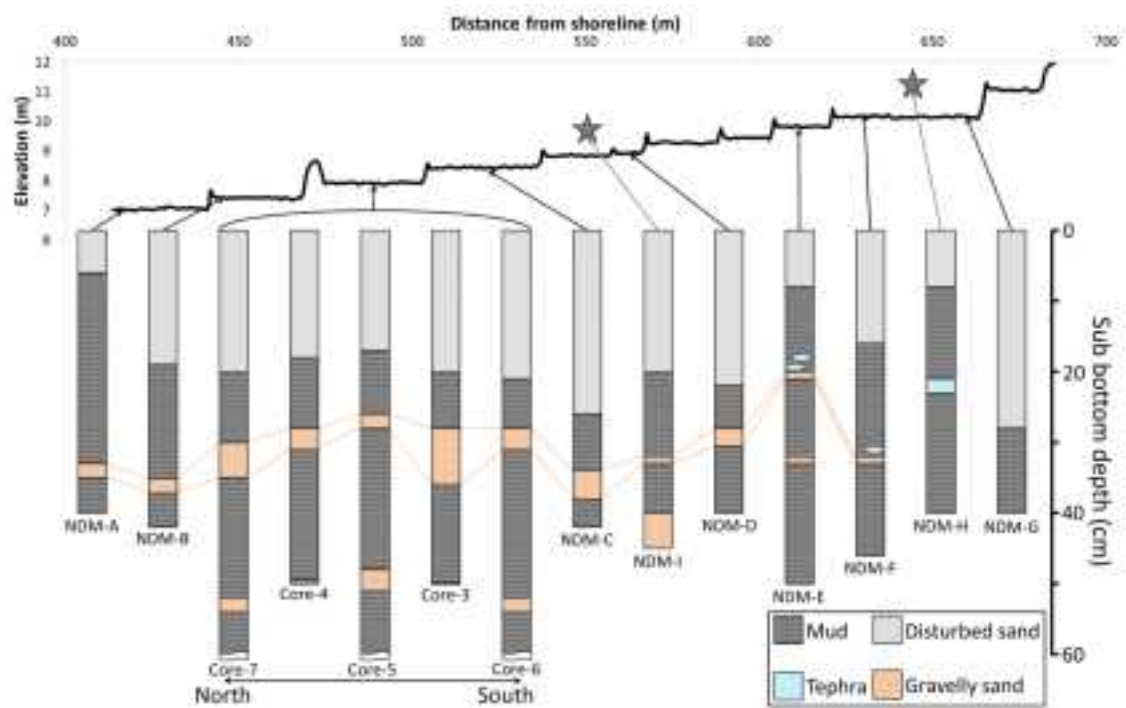


図 3.3.4 フィールド調査によって得られた堆積物コアの柱状図.

3.3.3. 分析結果

砂礫層について粒度分析を行った。構成される粒子が極粗粒であったため、各種サイズの篩を試した結果、1φから-3φの間で1/4φごとに篩法による粒度分析を実施した。篩法とは、一定の開口径間隔の複数の篩を用いて、粒子の粒径ごとの重量%を測定する方法である。

分析結果の一例として、core-3, core-7, NDM-Cに存在する砂礫層の1cmごとの粒度分析結果を図3.3.5, 図3.3.6, 図3.3.7に示す。

調査を通して得られた砂礫層層厚を図3.3.8に、粒度分析によって得られた平均粒径を図3.3.9に、淘汰度を図3.3.10に示す。平均粒径はファイスケールによって表されているため、値が小さいほど粗粒であることを示す。

図3.3.9によると、砂礫層は内陸ほど細粒となる傾向が観察された。一方淘汰度はほとんど変化しないが、一番内陸の地点のみ淘汰がよくなっていた。

NDM-E, NDM-F, NDM-Hにおいて観察された火山灰は、白頭山苦小牧火山灰層(B-Tm火山灰)であると同定された。B-Tm火山灰の堆積年代は10世紀の前半から半ばであると推定されている(石塚ほか 2003)。

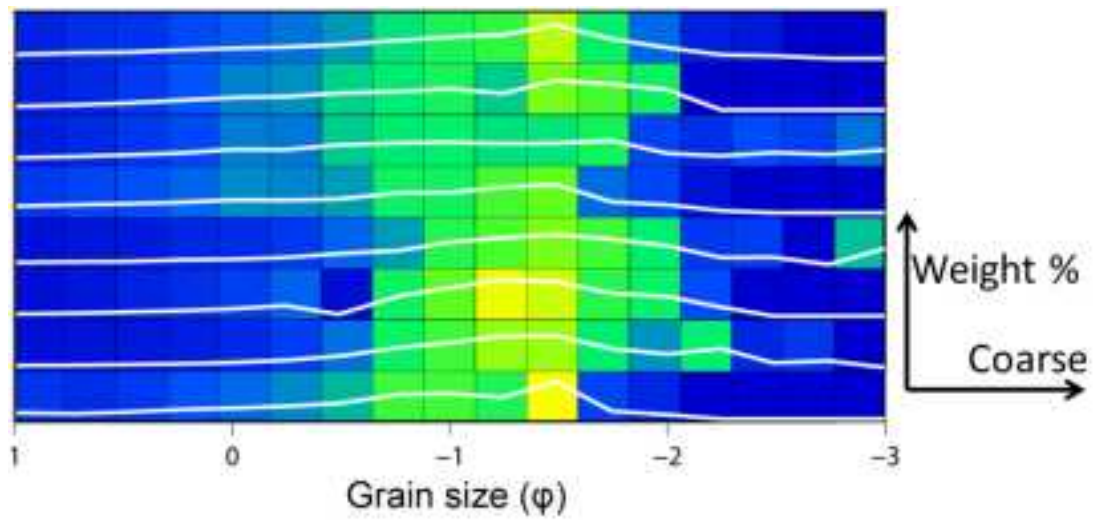


図 3.3.5 core-3 中の砂礫層の粒度分析結果.

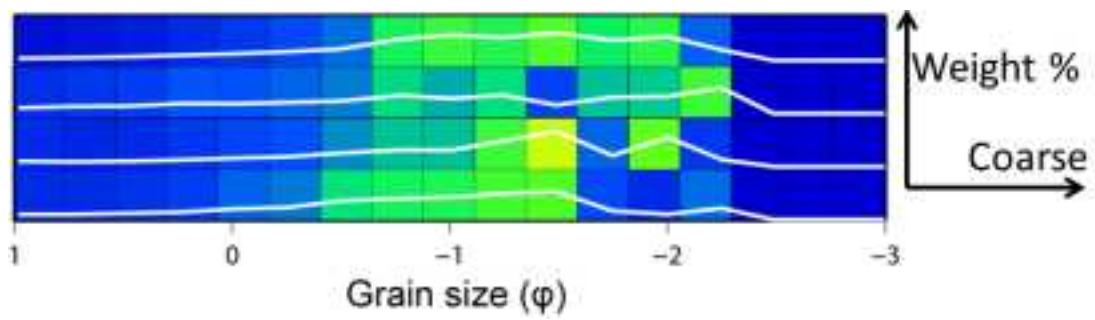


図 3.3.6 core-7 中の砂礫層の粒度分析結果.

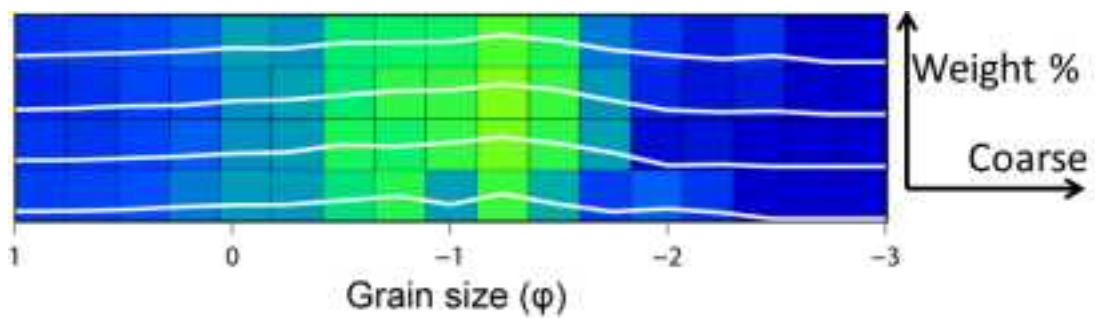


図 3.3.7 NDM-C 中の砂礫層の粒度分析結果.

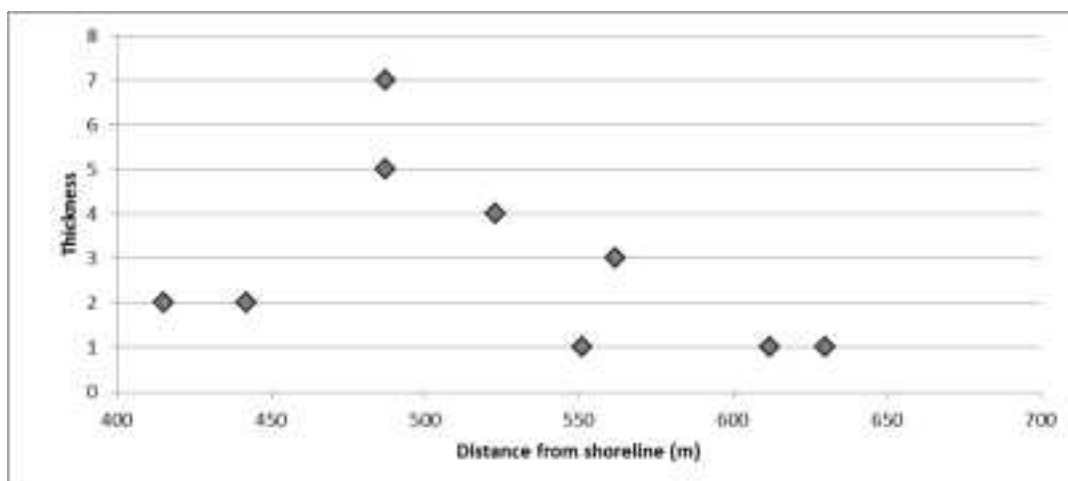


図 3.3.8 各地点における上位砂礫層層厚.

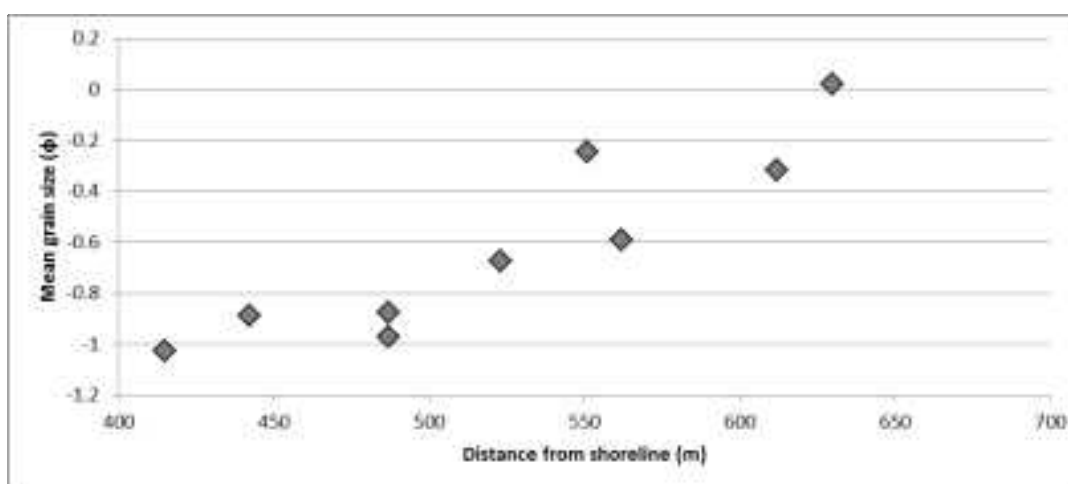


図 3.3.9 各地点における上位砂礫層の平均粒径.

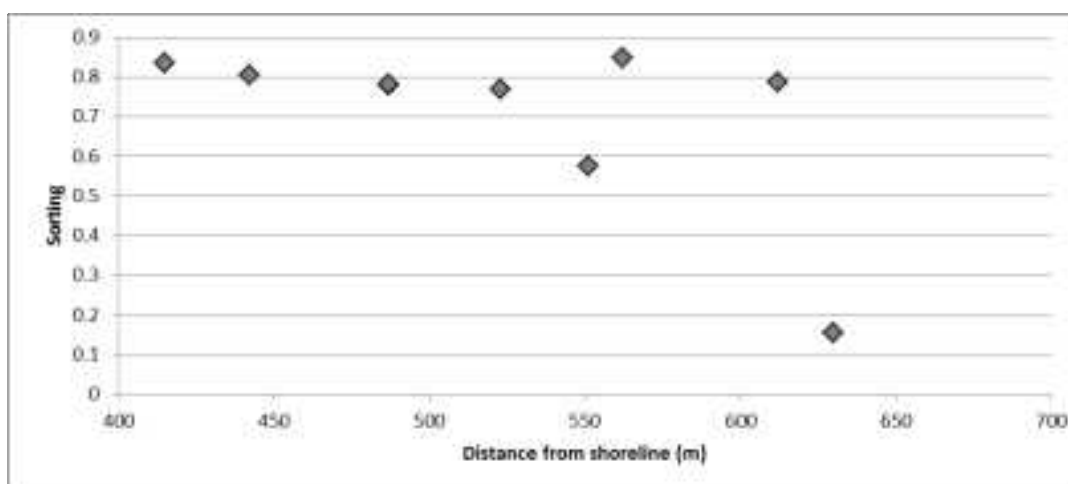


図 3.3.10 各地点における上位砂礫層の淘汰度.

次に、掘削試料を対象として、高知コアセンターにて X 線 CT 撮影、帯磁率測定、および主要元素の非破壊半定量分析を実施した (図 3.3.11)。まず、砂礫層については、X 線 CT でははっきりと認識することができた。また、耕作土が攪乱されている様子も良く観察される。一方、帯磁率は明瞭な特徴が観察されなかった。主要元素組成の中ではシリカが砂礫層で特徴的なピークを示すことがわかった。

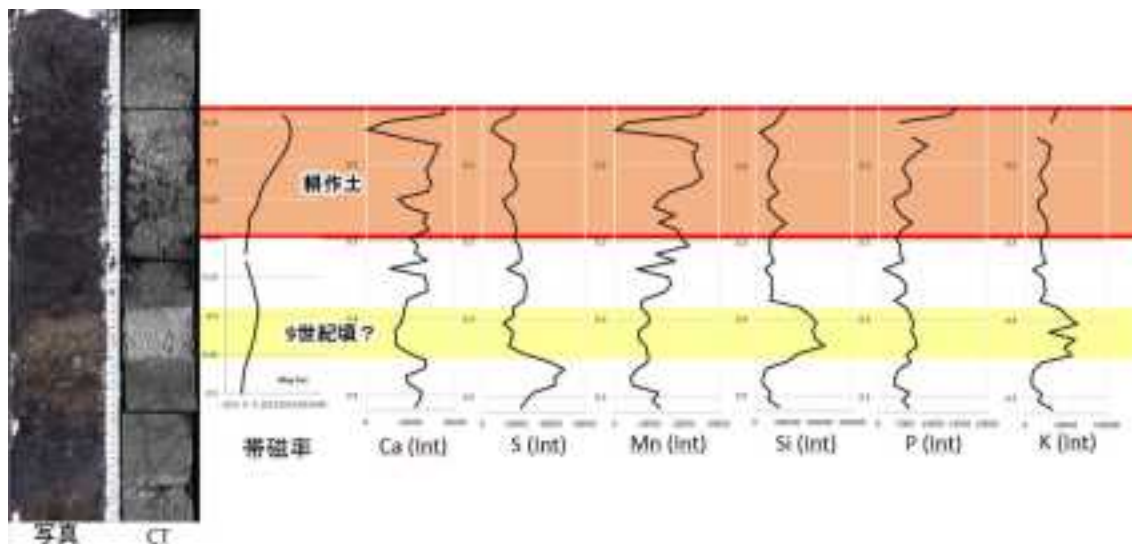


図 3.3.11 X 線 CT, 帯磁率, 主要元素組成分析結果.

3.3.4. 考察

上位砂礫層は、調査地点においては海岸から 400m から 700m の地点にかけて、連続的に対比された。堆積物層厚は、1-7cm の間で推移し、海岸線からの距離との関連性はみられなかった。一方平均粒径は、内陸ほど細粒化する傾向が観察された。海岸線から 415m 地点(NDM-A)では-1φ程度であるのに対して、海岸から 630m 地点では 0φ程度であった。このような内陸細粒化の傾向は古津波堆積物(e.g., Minoura et al., 1996)や形成直後の津波堆積物(Szczuciński et al., 2012)において頻繁に観察される。これは、津波が溯上する過程で内陸ほど粒子を運搬する能力が減衰するため、粗粒な粒子から選択的に堆積するためであると解釈されており、内陸細粒化の傾向は海から内陸方向への流れによって堆積したことを示唆する。さらに、本調査で砂礫層が観察された一番内陸地点のコア(NDM-F)は、海岸から 630m、標高 10.1m であることから、高波によって砂礫層が運搬された可能性も低いと考えられる。

以上の理由から、野田村において観察された砂礫層は、古津波堆積物である可能性が高いと考えられる。NDM-E において砂礫層の直上に B-Tm 火山灰が堆積していることから、砂礫層を発生させた津波は 10 世紀の半ばより以前に発生したと考えられる。

引用文献

- 原口強, 鳥居和樹, 藤原治, 島崎邦彦, 今泉俊文, 2006, 東北地方三陸海岸, 大槌湾の津波堆積物. 月刊地球, 28, 539-545
- 原口強, 石辺岳男, 2009, 津波堆積物・隆起イベント層から推定される三陸沖中部の巨大地震モデル. 月刊地球, 31, 223-230
- 石塚友希夫, 中村俊夫, 奥野充, 木村勝彦, 金奎漢, 金伯祿, 森脇広, 2003, 白頭山火山の10世紀における巨大噴火の高精度 AMS¹⁴C年代測定. 第15回名古屋大がうタンデトロン加速器質量分析計シンポジウム, 14, 58-65
- Minoura, K., Gusiakov, V. G., Kurbatov, A., Takeuti, S., Svendsen, J. I., Bondevik, S., Oda, T., 1996, Tsunami sedimentation associated with the 1923 Kamchatka earthquake. *Sedimentary Geology*, 106, 145-154
- Szczuciński, W., Kokociński, M., Rzeszewski, M., Chagué-Goff, C., Cachão, M., Goto, K., Sugawara, D., 2012, Sediment sources and sedimentation processes of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits on the Sendai Plain, Japan – Insights from diatoms, nannoliths and grain size distribution. *Sedimentary Geology*, 282, 40-56
- 八木下晃司, 2001, 津波による礫堆積物の運搬および堆積—岩手県合足海岸の例—. 地学雑誌. 110, 689-697

3.4 仙台平野周辺地域

3.4.1. 背景と地域概要

仙台平野周辺地域については、2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物のみならず、1611年慶長地震津波堆積物、869年貞観地震津波堆積物など、歴史記録と対比され年代が良くわかっている津波堆積物が複数報告されている（例えば、Sugawara et al., 2012）。そこで、これらの津波堆積物であることがわかっているもの、もしくはその可能性が高いものについて各種分析を実施し、津波堆積物はどのような特徴を有しているのかを検討した。本研究では、次の地域で取得した試料を用い、各種分析を実施した結果について報告する。

<岩沼市>

岩沼市の高大瀬遺跡では、深度約～2mのトレンチが掘られ、2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物を含む複数の砂層や火山灰層が確認された。岩沼市教育委員会（2013）の報告によれば、このトレンチでは、三層の砂層が確認される。上位から、第1層は2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物であり、その下には震災前の耕作土（第2層）および18-19世紀以降の耕作土（第3層）が堆積している。第4層は、津波堆積物の可能性のある砂層（16-17世紀頃）とされ、その下には泥炭層が続く（第5層）。第6層は、灰白色火山灰（10世紀頃）であり、これは915年の十和田a火山灰だと考えられる。そして、泥炭層（第7層）を挟み、下位からは津波堆積物の可能性のある砂層（8-9世紀頃、第8層）が確認されている。第4層と第8層の堆積頃の津波イベントとして、1611年慶長地震津波および869年貞観津波が知られている（岩沼市教育委員会，2013）。



図 3.4.1 高大瀬遺跡のトレンチの様子

<石巻市鮫ノ浦>

同地域では、2011年東北地方太平洋沖地震津波により広範囲の浸水が起き、厚い津波堆積物が各所に形成された。特に、予察的検討によれば海洋起源の粒子が多く津波堆積物中に含まれていることがわかりつつあり、これは仙台平野での陸上の津波堆積物（大半が陸上起源）とは異なる特徴である。同地域で古津波調査を実施した結果、915年十和田a火山灰の分布を確認することができ、その下には砂層が堆積していることがわかった。本業務では、この火山灰層と下位の砂層を対象に分析を行った。



図 3.4.2 石巻市鮫ノ浦の沢沿いに見られる十和田 a 火山灰（スケールの付近）。

<七ヶ浜>

同地域では、十和田 a 火山灰層の可能性のある灰白色の火山灰層が見られ、その上下に黒色の砂層が観察された。海岸から近く、この砂層堆積時に海洋または海岸極近傍であった可能性も考えられ、砂層の起源についてはさらなる検討が必要である。



図 3.4.3 七ヶ浜の灰白色火山灰層とその上下の砂層。

3.4.2. 各種分析結果

<岩沼市>

高知大学海洋コア総合研究センターにおいて各種非破壊分析(X線CT, 帯磁率測定, XRF コアスキャナ分析)を実施した。以下に結果を示す。X線CT画像についてであるが, 図3.4.4を見てわかるように, 肉眼観察もしくは写真では見えない堆積構造などがはっきりと観察できることがわかる。一見して判別できないような薄い砂層であっても検出できる可能性があり, 掘削コアをX線CTにかけて観察することは, 津波堆積物の有無を判断する上で極めて重要であるといえる。

次に帯磁率であるが, 第8層で高い値を示すのに対し, その他の砂層(第1層および第4層)においては顕著なピークは見られなかった。これは, 磁性鉱物の含有量に依存している可能性があり, 堆積当時の古環境復元と合わせて検討を行う必要がある。

X線コアスキャナを用いて, 非破壊の元素分析も実施した。その結果, 第4層と第8層ではカルシウムのピークが見られること, シリカの含有量は, 第1層および第8層において, 下位から上位に向けて減少するトレンドを持つことがわかる。カルシウムが特徴的に含まれるのは, 貝殻などの石灰質分を含む粒子が砂層中に取り込まれていることによると考えられる。シリカは砂質堆積物の主要構成物である石英粒子などの含有量を反映していると考えられ, 上位に向けて含有量が減少するのは, 粒径の効果である可能性が考えられる。すなわち, 上位に向けて粒径が小さくなり泥質粒子が増加し, 相対的に石英等の含有量が減少することを反映しているものと考えられる。

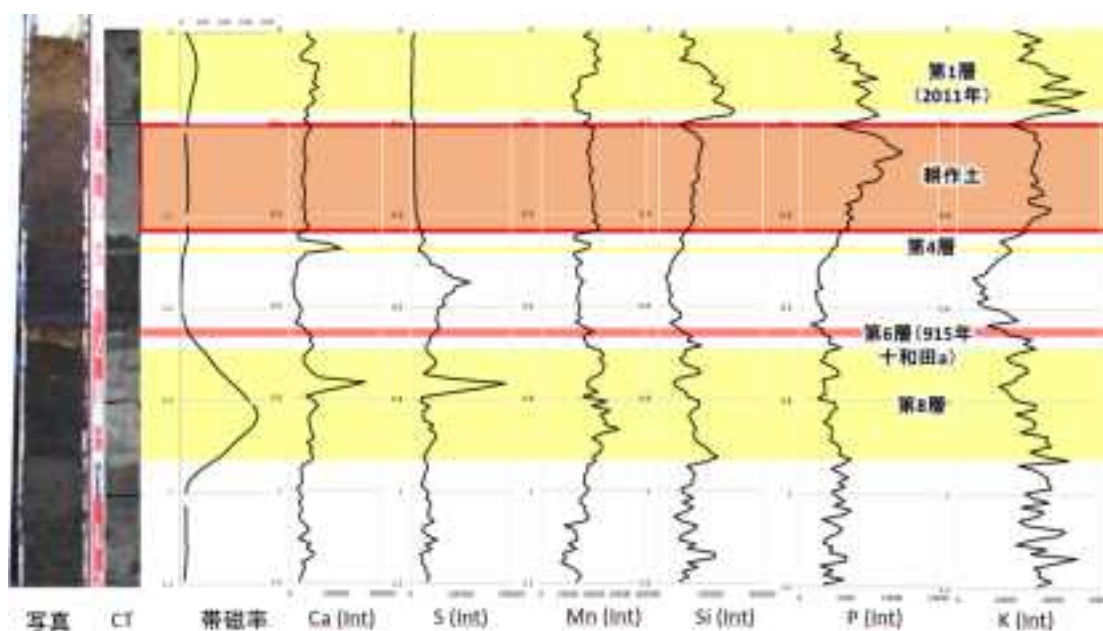


図 3.4.4 岩沼市高大瀬遺跡での掘削コアを対象とした X 線 CT 画像, 帯磁率, および各種主要元素の特徴.

次に、2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物を対象とした、蛍光X線分析（定量分析）結果について報告する。測定対象は、岩沼市高大瀬遺跡にて採取した2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物である。測定結果を表3.4.1に、主要元素の鉛直変化を図3.4.5に示す。

この図からわかるように、シリカの重量パーセントが上方に向かって減少する傾向にあることがわかる。これは、粒子サイズの減少に伴い石英などの珪酸塩鉱物の割合が減少することによると考えられる。一方、鉄やアルミニウムなどのパーセンテージが増加しており、泥質分に含まれる鉱物の組成を反映しているものと考えられる。こうした特徴は、非破壊分析でも見えている。非破壊分析を行った試料について、その一部を蛍光X線分析により定量的に測定することで検量線を設定し、非破壊分析結果を半定量的に扱うことができるかもしれず、今後の重要な検討課題の一つである。

表 3.4.1 蛍光 X 線分析による主要元素分析結果。

No	試料名	SiO ₂ wt. %	Al ₂ O ₃ wt. %	Fe ₂ O ₃ wt. %	MnO wt. %	MgO wt. %	CaO wt. %	Na ₂ O wt. %	K ₂ O wt. %	TiO ₂ wt. %	F ₂ O ₃ wt. %	Cr ₂ O ₃ wt. %	V ₂ O ₅ wt. %	LOI wt. %	SUM wt. %
1	PW-4 0-1 cm	66.86	11.53	8.22	0.14	3.12	3.23	1.89	1.32	0.36	0.13	0.01	0.023	1.28	100.12
2	PW-4 4-5 cm	30.97	15.13	10.69	0.09	1.97	1.86	1.28	1.22	0.67	0.26	-0.01	0.010	13.07	97.39
3	PW-4 7-8 cm	65.43	10.99	10.23	0.29	4.28	3.61	1.99	1.29	1.07	0.09	0.01	0.000	0.56	99.96
4	PW-4 10-11 cm	73.89	10.28	5.55	0.18	2.35	2.54	1.86	1.59	0.11	0.06	-0.01	0.010	0.82	99.64
5	PW-4 12-14 cm	75.74	10.19	5.23	0.08	2.28	2.41	1.99	1.59	0.39	0.06	0.01	0.000	0.69	99.38
6	PW-4 16-17 cm	70.69	9.91	6.66	0.08	2.07	2.28	1.99	1.58	0.29	0.06	-0.01	0.000	0.95	100.11
7	PW-4 19-20 cm	62.88	12.17	7.78	0.14	3.02	3.08	1.74	1.18	0.74	0.19	-0.01	0.020	2.47	98.18

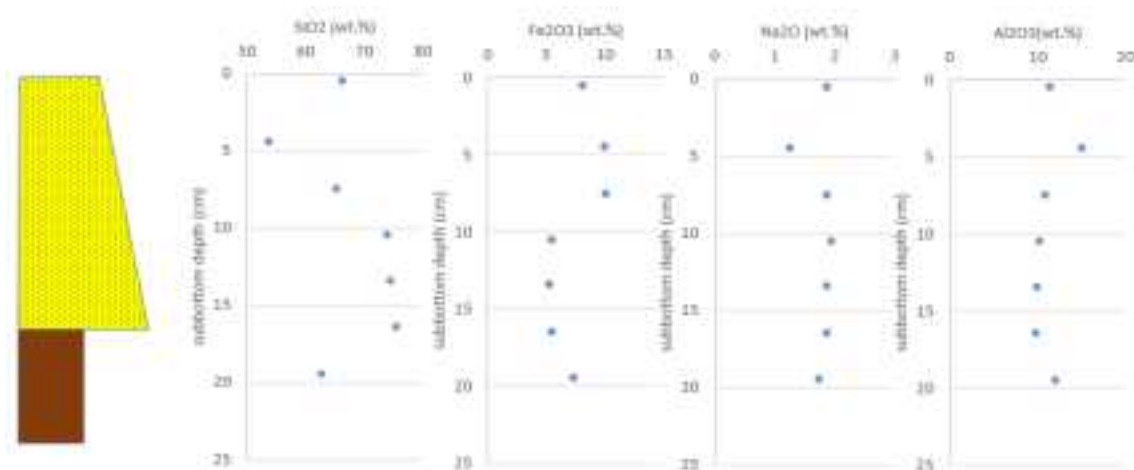


図 3.4.5 2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物を対象とした主要元素組成の鉛直変化。

次に、炭素同位体比の測定結果についてである。炭素同位体比は、炭素の安定同位体¹²C (98.89%) と¹³C (1.11%) の存在比である。測定対象としたのは、高大瀬遺跡の第1層から第5層までの砂および泥炭層・耕作土である。測定結果を表3.4.2に示す。また、鉛直方向の変化を、図3.4.6に示す。図から、耕作土や泥炭層は約-29‰で一定値を示すのに対し、第4層では負へのシフト、第1層では正のシフトが確認できる。この結果は、海洋起源物質の混入程度など様々な理由が考えられ、鉱物組成分析など各種の結果と合わせて解釈を行う必要があるが、砂層の供給源や堆積・運搬過程の理解に役立つ情報になりうると考えられる。

表 3.4.2 炭素同位体比およびバルク試料の炭素含有量.

No	試料名	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	C %
1	Iw-8 0-1cm	-27.0	2.81
2	Iw-8 2-4cm	-26.7	0.98
3	Iw-8 7-9cm	-27.3	0.08
4	Iw-8 11-13cm	-25.7	0.04
5	Iw-8 15-17cm	-26.0	0.07
6	Iw-8 17-19cm	-24.5	0.05
7	Iw-8 20-21cm	-28.8	2.50
8	Iw-8 25-26cm	-28.4	4.30
9	Iw-8 33-34cm	-28.8	5.26
10	Iw-8 35-36cm	-26.7	1.70
11	Iw-8 37-38cm	-29.7	0.31
12	Iw-8 39-40cm	-31.5	0.21
13	Iw-8 43-44cm	-29.4	41.3
14	Iw-8 45-46cm	-29.4	28.2
15	Iw-8 47-48cm	-28.9	13.0

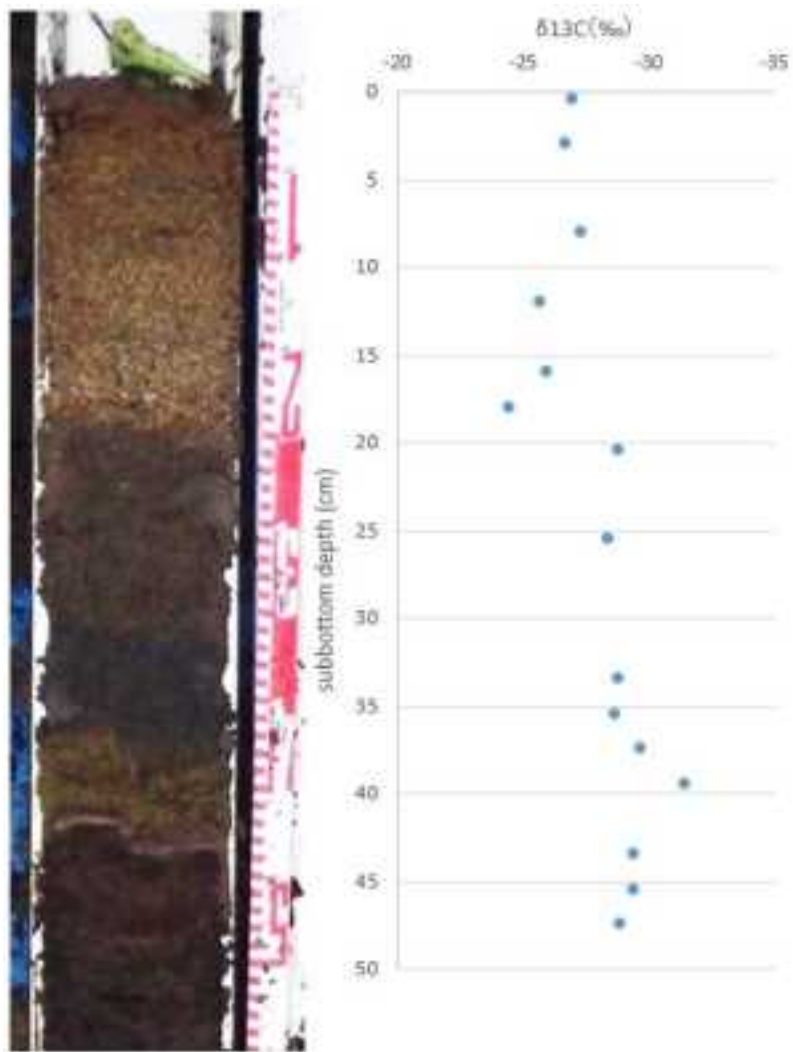


図 3.4.6 高大瀬遺跡の試料を用いた炭素同位体比測定結果.

<石巻市鮫ノ浦>

鮫ノ浦での採取試料では、肉眼ではわずかな色の違いとしてしか捉えることができない十和田 a 火山灰直下の砂層が、X 線 CT 撮影結果ではより明瞭に確認できることがわかる (図 3.4.7)。そのほか帯磁率や各種元素の分析を行った結果、帯磁率は顕著にピークが認められず、シリカやカルシウムについても明瞭なピークを示していないことがわかる。これらは、砂層中の鉱物組成に依存すると考えられる。つまり、帯磁率や化学組成分析が、すべての津波堆積物認定に直接的に役立つわけではなく、鉱物組成や粒子サイズなどとあわせた総合的評価が必要であることを意味している。

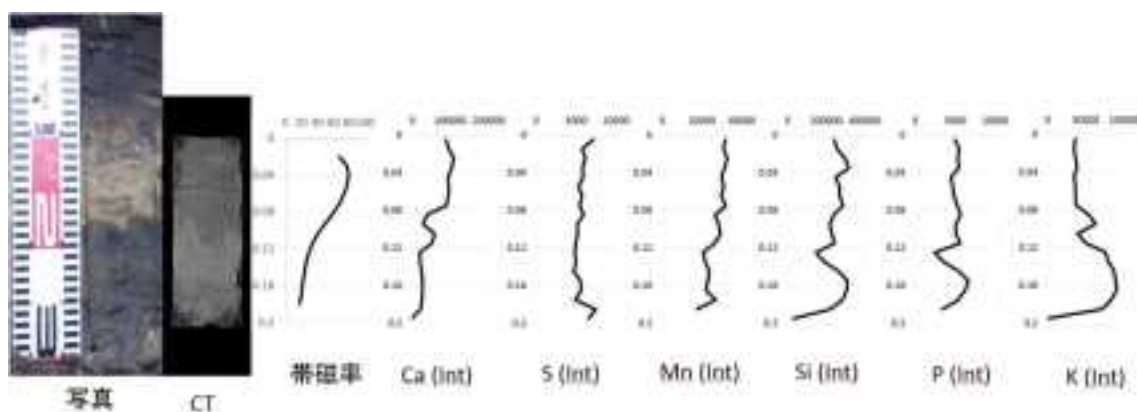


図 3.4.7 鮫ノ浦の露頭試料を対象とした X 線 CT, 帯磁率, および非破壊元素組成分析結果.

3.4.3. 珪藻分析

珪藻分析は、各試料について完形率と出現率を算出した。得られた結果を、表 3.4.3 に示す。

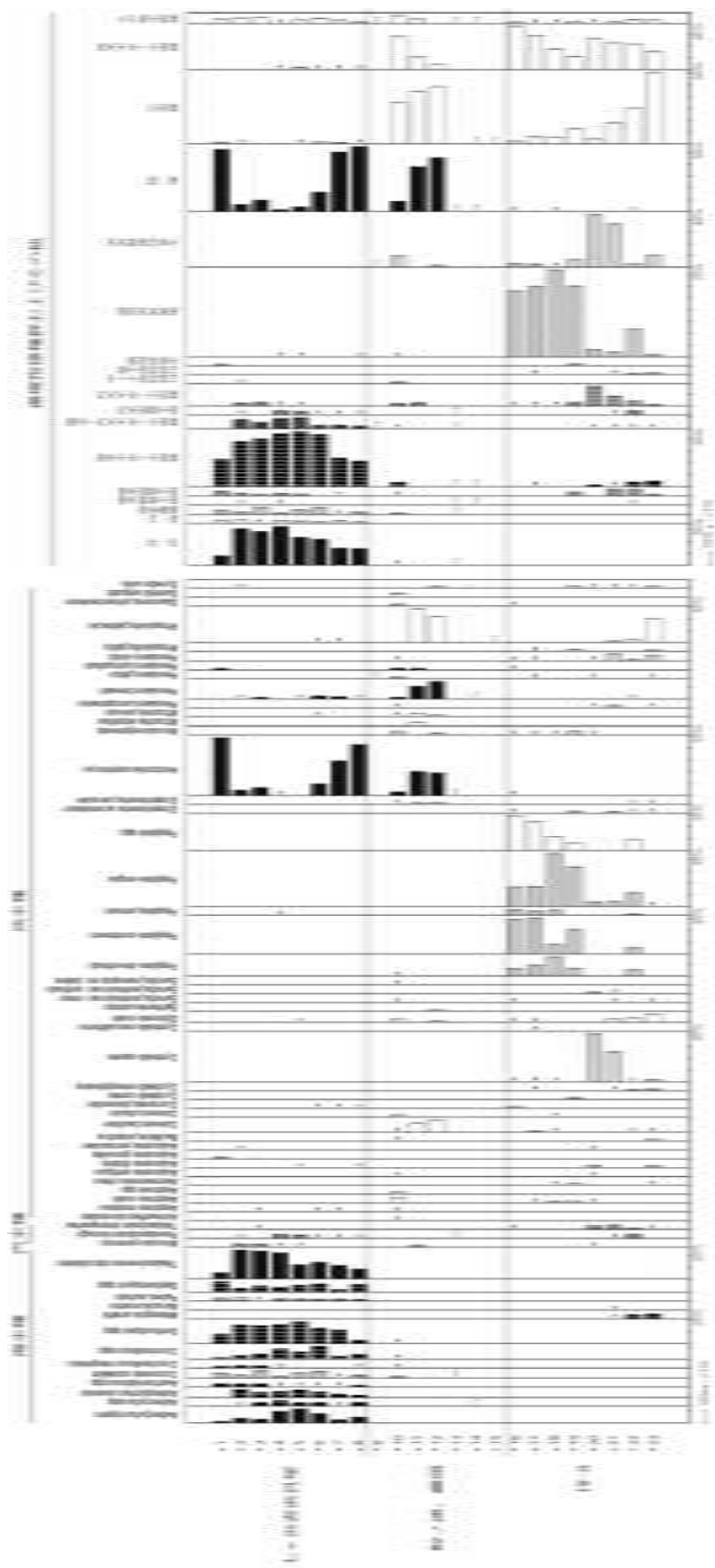
岩沼市の高大瀬遺跡の試料は、No.18-20 が第 4 層の砂層に相当する試料で、それ以外はその上下の土壌試料である。全体的には淡水種の占める割合が高く、砂層下位の泥炭層では海水種がやや含まれていることがわかる。環境指標種群では、海水泥質干潟指標種群、湖沼沼沢湿地指標種群、沼沢湿地付着生指標種群などが確認された。

石巻市鮫ノ浦においては、No. 9 が露頭での砂層試料、No. 10 が 2011 年東北地方太平洋沖地震津波堆積物の砂試料、No. 13-14 がジオスライサーを用いた掘削試料中の砂層試料である（その他は上下の土壌試料）。その結果、No.9 および No.13～No.15 は珪藻化石が非常に少ないという特徴が見られた。No. 10 では海水の影響が見られ、2011 年の津波堆積物中には海生由来の珪藻が含まれることがわかった。

七ヶ浜の砂層では、海水種の占める割合が他地域より高い試料が多く、*Denticulopsis* 属や *Stephanopyxis* 属など、古い地層中に多く見られる化石も含まれていた（示準化石に属する）。そのため、これらは基盤層からの誘導化石の可能性も考えられる。

このように、珪藻は津波堆積物と考えられる砂層の堆積環境によっても変化することがあり、対象とする砂層が堆積した当時の古環境復元とあわせた慎重な検討が必要であると言える。

表 3.4.3 珪藻分析結果



3.4.4. 花粉分析

花粉分析は、通常過去の植生などの古環境変化の解析に用いられる。本研究では、岩沼市高大瀬遺跡の掘削試料について、第1層から第5層までの花粉分析を行った。

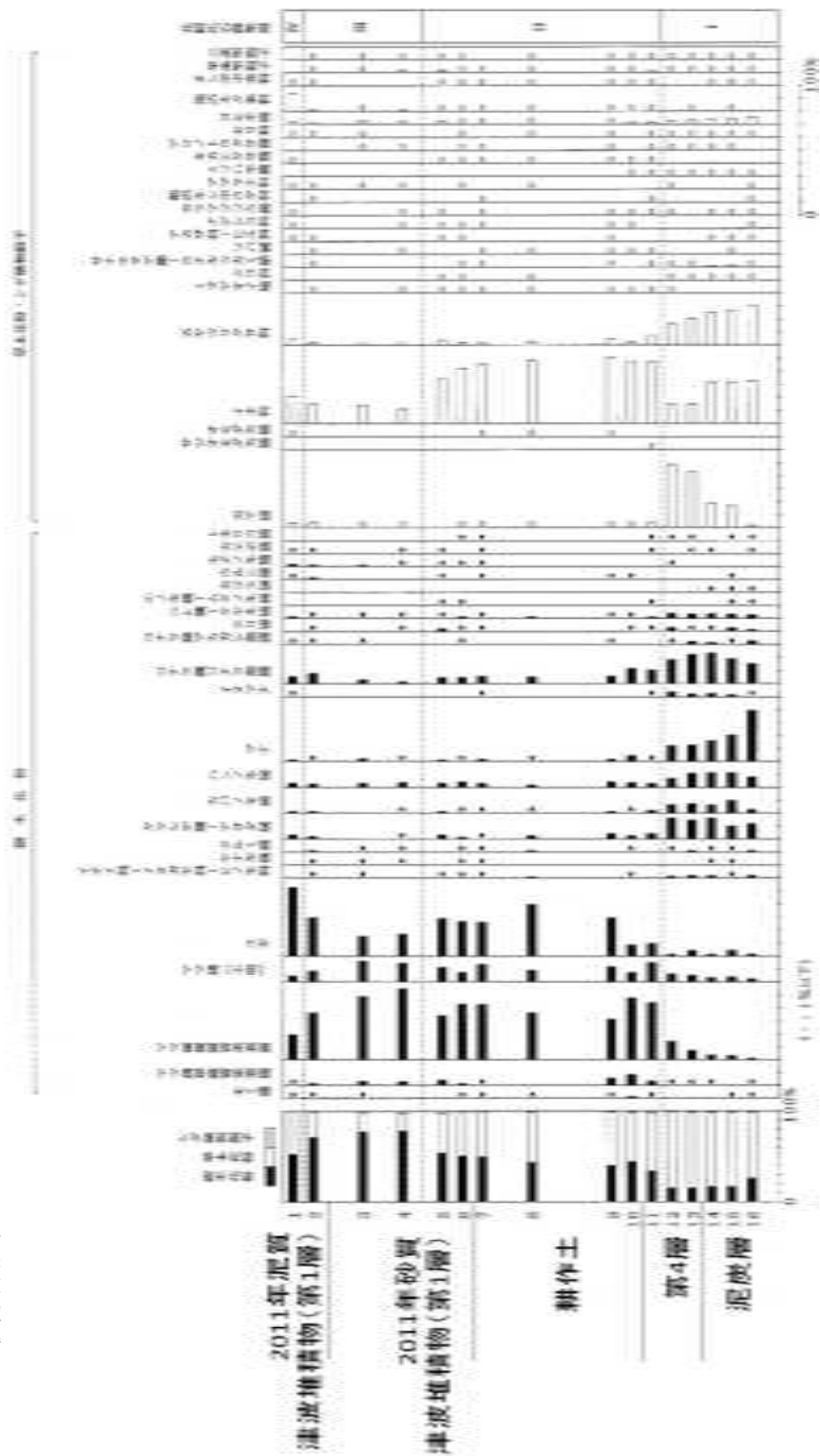
検出された花粉・胞子の分類群数は、樹木花粉 45, 草本花粉 37, 形態分類を含むシダ植物胞子 5, 藻類 1 の総計 88 である。結果を、表 3.4.4 に示す。この表から、第4層直上よりマツ属の花粉が増加していること、イネ科の花粉が第4層で一度低減し、その上位では増加に転じるなどの特徴が見られることがわかる。こうした特徴は、仙台平野における沿岸林の整備や水田開発に関係していると考えられる。そのため、歴史記録との対比を行うことで、特定層準の年代を推定するのに有効であると考えられる。

引用文献

岩沼市教育委員会, 2013, 高大瀬遺跡発掘調査遺跡見学会資料, 2pp.

Sugawara, D., Goto, K., Imamura, F., Matsumoto, H., Minoura, K., 2012m, Assessing the magnitude of the 869 Jogan tsunami using sedimentary deposits: Prediction and consequence of the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Sedimentary Geology*, Vol. 282, 14-26.

表 3.4.4 花粉分析結果



3.5 水神沼

3.5.1. 調査地域概要

本地域での研究目的は、東北地方太平洋岸における過去数千年間の津波履歴の復元と津波による湖底への侵食、運搬、堆積プロセスの把握にある。

調査対象地は宮城県亶理郡山元町の水神沼である（図 3.5.1）。水神沼は海岸線から約 600 m 内陸に位置し、標高 30 m 前後の丘陵に囲まれた面積約 13000 m² の小さな湖沼である。水神沼には流入河川がなく、小さな排水路が一本存在するだけである。そのため、洪水による土砂の供給・堆積がなく、静穏な環境が安定して保たれ、湖底には自然環境下で粒子の細かな泥が堆積してきたことが考えられる。

水神沼の湖沼堆積物から過去 1500 年間の津波履歴を復元した研究が、2008 年に *The Holocene* 誌に発表されている（Sawai et al., 2008）。Sawai et al. (2008) は水神沼で長さ 1.5~2.0 m のコア試料を 5 本採取し、堆積学的特徴や古生物学的特徴から、1611 年の慶長地震津波の可能性が高い堆積物が存在することを報告している。彼らが試料掘削を行ったのが 2011 年津波以前であることから、本調査での採取試料と比較することで 2011 年津波による湖底への運搬・侵食過程の把握が期待できる。



図 3.5.1 水神沼周辺図.

3.5.2. 調査方法

研究用試料には、2013年6月にすでに採取された堆積物試料を使用した。ここでは、掘削の手順や使用した試料の概要について述べる。

まず、掘削は湖上にゴムボートを浮かべ、長さ30 cmのロシアンサンプラーを用いて行われた(図3.5.2)。ロシアンサンプラーでは直径約50 mmの半円筒状の試料を採取することができる。一度に採取できる試料のコア長は30 cmであるが、下部の5 cmが同じ深度になるようにずらして採取を行うことで、より深い深度の堆積物を欠落のない1本の試料として得ることができる。また、湖底における2011年津波堆積物の堆積状況の把握には、長さ1 mのロシアンサンプラーにより得られた表層堆積物を使用した。採取したコア試料は、陸上ですぐに写真の撮影および観察記載が行われ、実験室では-20℃の冷凍庫で保存されている。

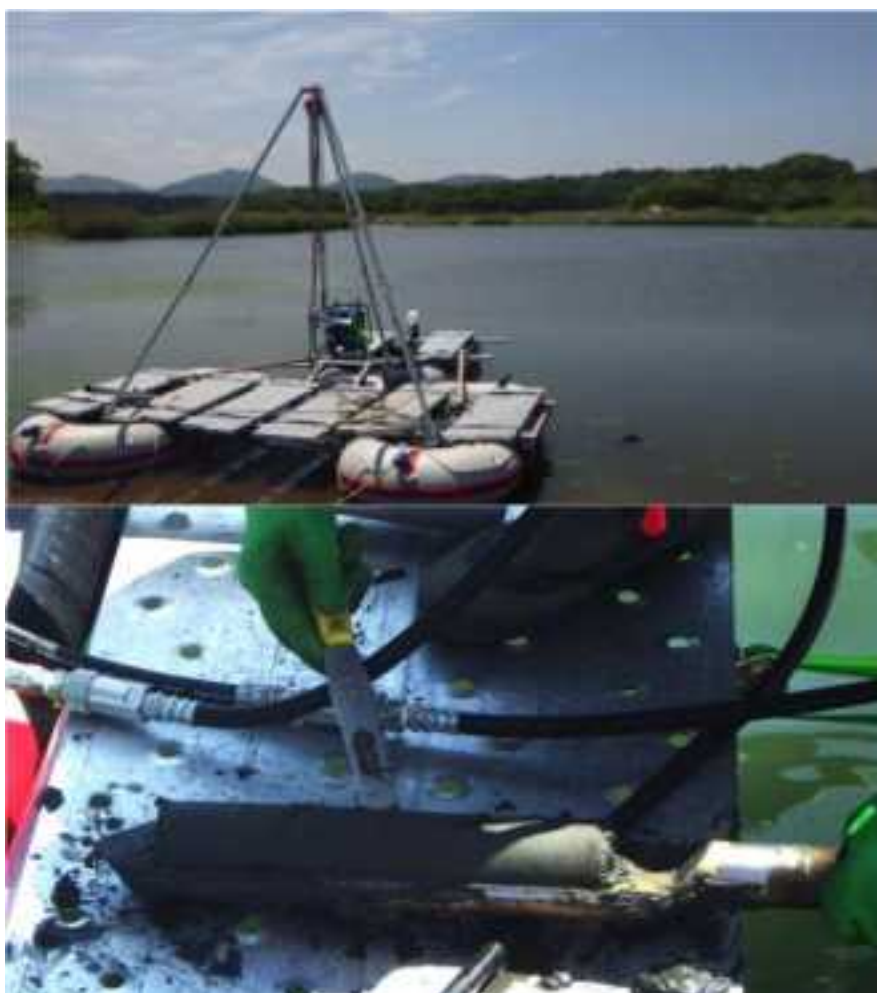


図 3.5.2 (上) 試料掘削の様子。(下) ロシアンサンプラーによる試料の採取。

採取した試料は、高知大学海洋コア総合研究センター（共同利用採択課題：13A013）にて、CT 画像の撮影（PRATICO, 株式会社日立メディコ）およびマルチセンサーコアロガー（MSCL-S, -V, Geotek Ltd.）による密度、磁化率の測定を行った。

堆積物の年代軸を構築するため、加速器質量分析法（AMS 法）による ^{14}C 年代測定を行った。測定用のサンプルは、篩（ $125\mu\text{m}$ メッシュ）を用いて粒子の細かな泥などを除去し、実体顕微鏡下で拾い出した植物片を測定した。得られた年代値は、較正曲線データとして IntCal13（Reimer et al., 2013）を用いて Calib7.0（Stuiver et al., 2014）により暦年較正を行った。絶対年代は「yr BP」、暦年代は「cal yr BP」と表記した。

3.5.3. 結果

(1) 30 cm ロシアンサンプラー

湖内の 3 地点（SN1306-01, SN1306-02, SN1306-03）で掘削を行った（図 3.5.3）。以下に各コアの堆積相を示す。

地点 SN1306-01 は水深 1.5 m で、コアの到達深度は深さ 255 cm である。ただし、コア深度 192–225 cm は試料を採取されていない。有機物が豊富なシルト層に約 10 枚の極細粒～粗粒砂層が挟まれていた。礫や貝殻片が含まれる砂層が確認できた。

地点 SN1306-02 は水深 1.8 m で、コアの全長は 165 cm である。有機物が豊富なシルト層に 5～6 枚の極細粒～極粗粒砂層が挟まれていた。貝殻片や保存状態のよい葉を含んだ砂層がみられた。多くの砂層で上方細粒化、下方細粒化の傾向が観察された。

地点 SN1306-03 は水深 1.9 m で、コアの全長は 195 cm である。有機物が豊富なシルト層に約 10 枚の細粒～中粒砂層が挟まれていた。貝殻片を多く含んだ砂層が観察された。

(2) 1 m ロシアンサンプラー

湖内の 7 地点（GPS343, 342, 344, 341, 340, 339, 346）で掘削を行った（図 3.5.4）。以下に、湖の西側のコアから順に各コアの堆積相を示す。

地点 GPS343 は水深 0.9 m で、コアの全長は 60 cm である。有機物が豊富なシルト層に挟まれるかたちでコア深度 21–58 cm に細粒～中粒砂層が見られた。砂層は明瞭な基底面を示す。コア深度 21–38 cm, 44–58 cm で上方細粒化が見られた。砂層の上部（深度 28 cm）に貝殻片が観察された。

地点 GPS342 は水深 1.4 m で、コアの全長は 96 cm である。有機物が豊富なシルト層に挟まれるかたちで 3 枚の細粒～中粒砂層が存在していた。コア深度 38–54 cm の砂層は上方細粒化しており、植物片を含んでいた。また、この砂層は明瞭な基底面をもつ。コア深度 66–71 cm の砂層は下位および上位の有機質シルト層と明瞭な境界で接しているが、コア深度 81–86 cm の細粒砂は境界が曖昧であった。

地点 GPS344 は水深 1.4 m で、コアの全長は 110 cm である。有機物が豊富なシルト

層に挟まれるかたちで2枚の中粒砂層が見られた。コア深度 39–47 cm の砂層は下位の有機質シルト層と明瞭な基底面を示した。コア深度 70–72 cm の砂層は下位および上位の有機質シルト層と明瞭な境界で接している。また、コア深度 84–90 cm には細粒砂がレンズ状に存在していた。コア試料下位の 96–97 cm, 103–108 cm には多量の貝殻片が確認された。

地点 GPS341 は水深 1.4 m で、コアの全長は 54 cm である。コア深度 11–22 cm に、有機質シルト層に挟まれるかたちで細粒～中粒砂層が存在していた。砂層は上方細粒化しており、下部（深度 19 cm）に約 1 cm の角礫が存在していた。下位のシルト層との境界は明瞭である。コア試料の最下部には細粒～中粒砂層が存在していた。今回得られた試料からは、砂層の下限の位置は不明である。この砂層は上方細粒化しており、上位のシルト層との境界は不明瞭であった。

地点 GPS340 は水深 0.9 m で、コアの全長は 30 cm である。コア深度 15–24 cm に、有機質シルト層に挟まれるかたちで細粒～中粒砂層が存在していた。砂層は上方細粒化している。上位、下位との境界は不明瞭である。

地点 GPS339 は水深 1.2 m で、コアの全長は 51 cm である。コア深度 34–51 cm に、有機質シルト層に挟まれるかたちで細粒～中粒砂層が存在していた。砂層は上方細粒化している。上位、下位との境界は不明瞭である。砂層の下部およびコア深度 46–51 cm の有機質シルト層には約 0.5 cm の角礫が含まれていた。

地点 GPS346 は水深 2.0 m で、コアの全長は 61 cm である。コア深度 53–57 cm に細粒砂が、コア深度 57–61 cm に中粒砂が存在していた。下位の砂層の下限は不明である。

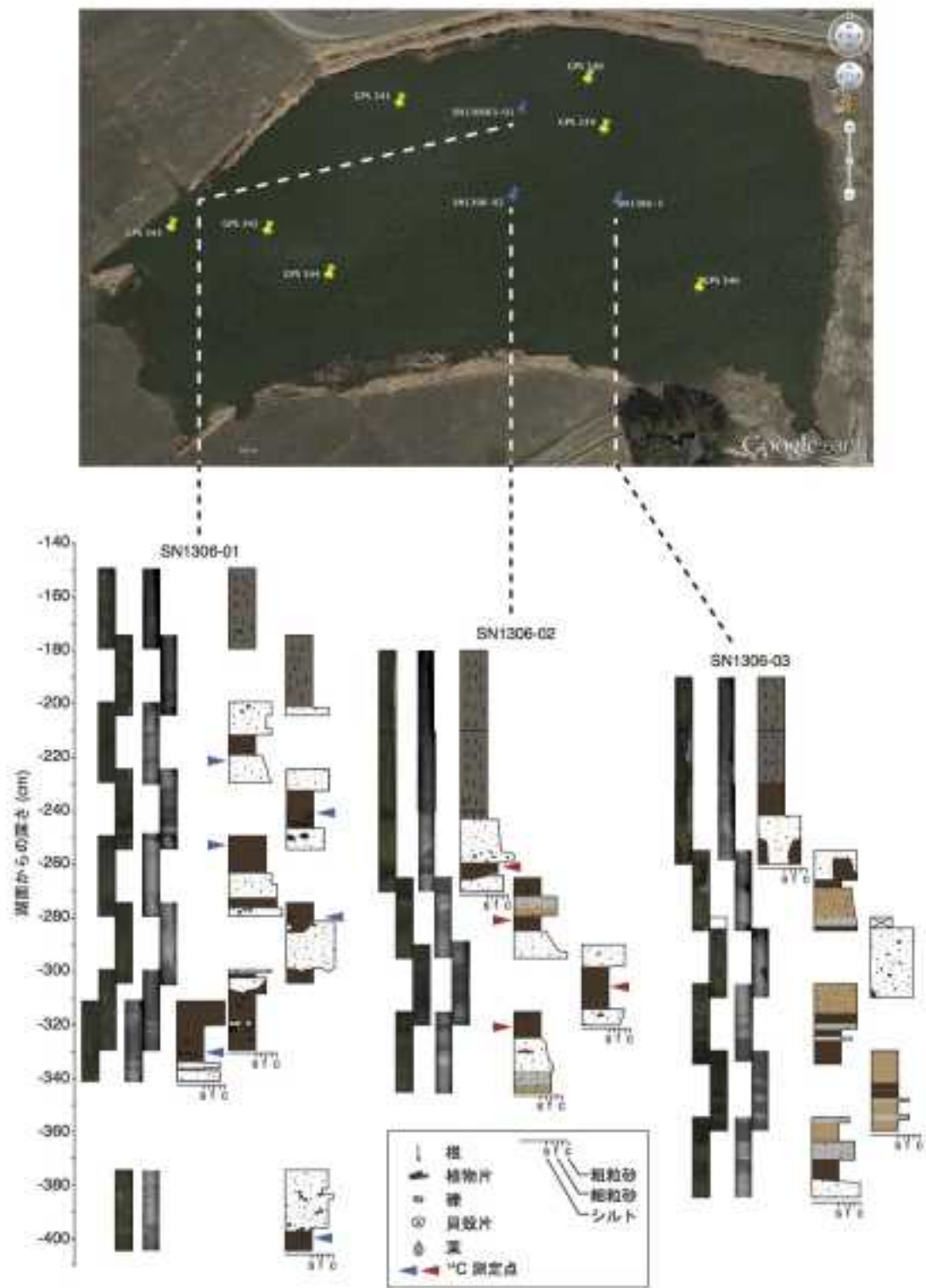


図 3.5.3. 30 cm ロシアンサンプラーによるコア掘削地点と柱状図.

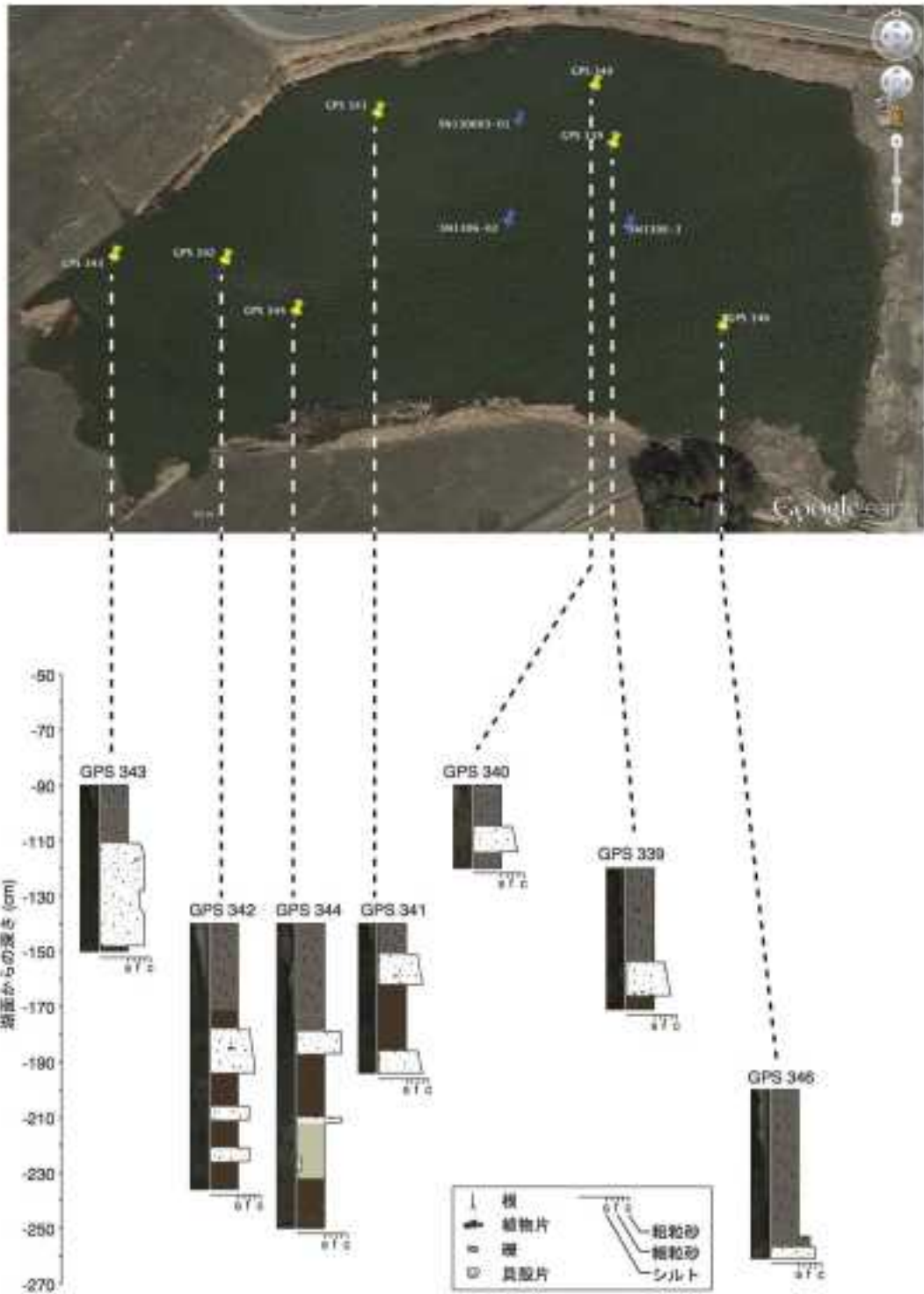


図 3.5.4 1 m ロシアンサンプラーによるコア掘削地点と柱状図.

堆積物の年代測定は、SN1306-01 コアで 6 点、SN1306-02 コアで 4 点行った(表 3.5.1, 図 3.5.5).

SN1306-01 コアの上部では年代値の逆転がみられるため、正しい年代は定かではない。下部においては、一定の堆積速度での堆積がみられ、コアの最下部(コア深度 250 cm)で 3830–3980 cal yr BP の年代値が得られた。以上のことより、このコアには過去約 3900 年前までの津波履歴を含めた古環境記録が保存されていることがわかる。

SN1306-02 コアでは、最上位の砂層の下位の有機質シルト層(コア深度 80 cm)の年代が 630–680 cal yr BP を示した。コア試料の下部で逆転が見られるものの、最下位の年代は約 2000 年前を示す。これらから、SN1306-01 コアには過去 650–2000 年間分の記録が保存されていることが考えられる。また、最上位の砂層(コア深度 63–80 cm)が 2011 年東北沖津波により形成された堆積物であると仮定すると、過去約 650 年間の堆積物は残されていない可能性が高く、その要因に津波による侵食の影響が考えられる。

年代測定の結果から、見かけ上、SN1306-01 コアと SN1306-02 コアで保存されている堆積物の時代に大きなズレが生じている。これは SN1306-01 コアで、上部 3 点の年代値が逆転していることに起因する。仮に、上部 2 点の年代値を除外すると、SN1306-01 コアの深度 102–130 cm は堆積速度 31.4 cm/千年、SN1306-02 コアの深度 100–126 cm は堆積速度 33.3 cm/千年となり、非常に近い値を示す。両コアの砂層の出現深度、層厚などが対比できることから、SN1306-01 コアの上部 2 点の年代値を除外した年代曲線が正しい可能性がある。上記の場合、SN1306-01 コアで欠乏しているのは、SN1306-02 コアと同様の過去 650 年間である可能性が高い。今後、さらに多くの層準で年代測定を行い正しい年代軸の構築を行う必要があるが、過去 650 年間分の堆積物は残っていない可能性が高く、このことは 2011 年東北沖津波に起因することが推察される。

表 3.5.1 ^{14}C 年代測定結果

コア	深度 (cm)	測定試料	^{14}C 年代 (yr BP)	暦年代 (cal yr BP) (1 σ)	暦年代 (cal yr BP) (2 σ)	測定ID
1A	70–72	植物片	2540 \pm 30	2700–2740	2690–2750	Beta-370175
1B	90–91	植物片	2370 \pm 30	2350–2380	2340–2490	Beta-368545
1A	102–103	植物片	2070 \pm 30	1990–2060	1970–2120	Beta-368546
1B	129–130	植物片	2800 \pm 30	2860–2930	2840–2970	Beta-368547
1A	180–181	植物片	2880 \pm 30	2960–3040	2920–3080	Beta-370176
1B	250–251	植物片	3590 \pm 30	3850–3920	3830–3980	Beta-368549
2	80–81	植物片	680 \pm 30	650–670	630–680	Beta-368550
2A	100–101	植物片	1670 \pm 30	1540–1610	1520–1630	Beta-368551
2B	125–126	植物片	2270 \pm 30	2310–2340	2300–2350	Beta-368552
2A	140–141	植物片	2070 \pm 30	1990–2060	1970–2120	Beta-368553

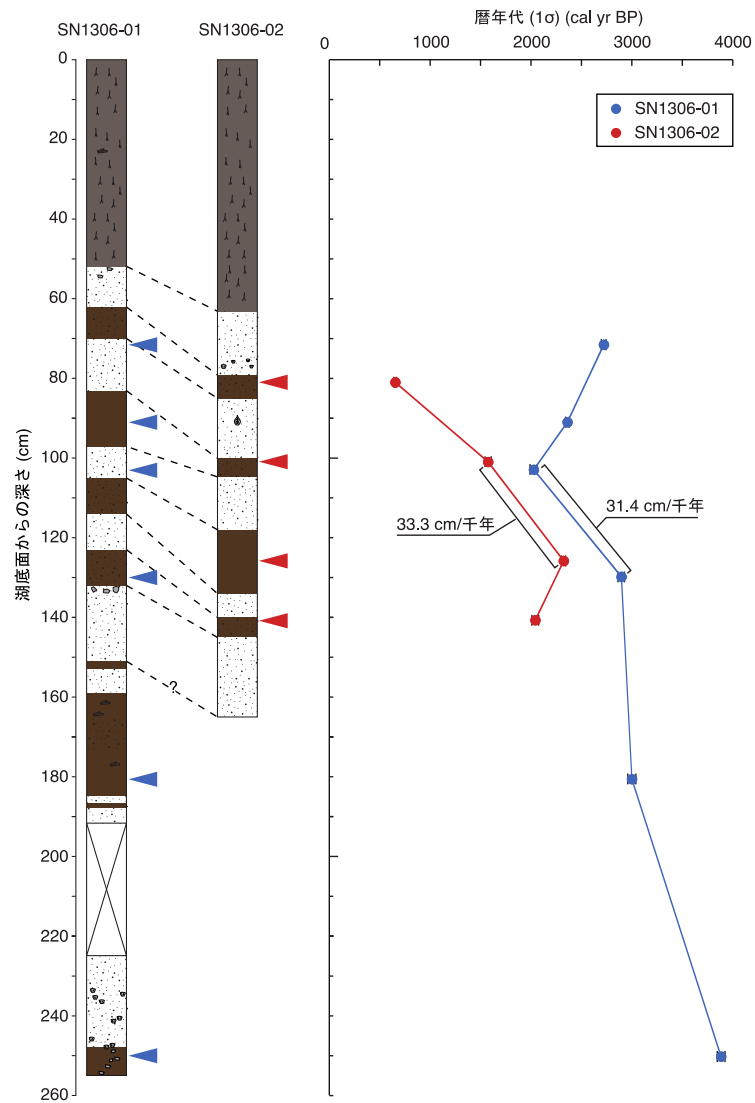


図 3.5.5 SN1306-01, 02 の柱状図と ^{14}C 年代曲線. 柱状図は, 30 cm 長のコア試料を深度と岩相から一本の図にまとめたものである.

3.5.4. まとめと今後の展望

すべてのコアにおいて、表層の細根を含んだ厚いシルト層（10–60 cm）の直下に細粒～中粒砂層が確認された。これらの砂層は、2011年東北沖津波により形成されたと推察される。年代測定の結果から、全長2.5 mのコアで、過去約4000年間分の記録が保存されていることがわかった。しかしながら、過去約650年間分の堆積物の欠落がみられ、このことは2011年津波による湖底の侵食に起因する可能性が考えられる。

参考文献

- Sawai, Y., Fujii, Y., Fujiwara, O., Kamataki, T., Komatsubara, J., Okamura, Y., Satake, K., Shishikura, M. (2008) Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Suijin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench, *The Holocene*, 18(4), 517–528.
- P.J. Reimer, E. Bard, A. Bayliss, J.W. Beck, P.G. Blackwell, C.B. Ramsey, C.E. Buck, H. Cheng, R.L. Edwards, M. Friedrich, P.M. Grootes, T.P. Guilderson, H. Haflidason, I. Hajdas, C. Hatté, T.J. Heaton, D.L. Hoffmann, A.G. Hogg, K.A. Hughen, K.F. Kaiser, B. Kromer, S.W. Manning, M. Niu, R. W. Reimer, D.A. Richards, E.M. Scott, J.R. Southon, R.A. Staff, C.S.M. Turney, J. van der Plicht, (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP, *Radiocarbon*, 55(4), 1869–1887.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Reimer, R. (2014) CALIB Radiocarbon Calibration, <http://calib.qub.ac.uk/calib/>.

3.6 松川浦

3.6.1. 背景と地域概要

福島県相馬市に位置する松川浦では、2011年東北地方太平洋沖地震津波に伴って砂州の大規模な浸食や切断が生じた。津波の浸入に伴って大規模な土砂移動が起こり、陸上に津波堆積物が形成され、湖内にも津波により堆積したと考えられる砂層が分布していることが、既往の調査研究により判明している。

本研究では、当地域における古津波堆積物の有無および歴史津波との関連を検討するため、松川浦で東北沖津波以降に採取された既存堆積物試料を用いて、放射性炭素同位体による年代測定を行った。



図 3.6.1：松川浦における既存堆積物試料の採取地点。

3.6.2. 試料採取地点の概要

分析対象の既存堆積物試料は、図 3.6.1 に示す 2 地点（MU1306-1, MU1306-2）で採取された。両地点の水深は約 1m である。これらの地点周辺では、東北沖津波により堆積したと考えられる厚さ数 cm～数 10cm の砂層が各所で確認されている。松川浦内には浚渫による溜筋があるが、堆積物採取地点はそれを避けて設定されている。

既存堆積物試料は、採取部の長さが 30cm のロシア式サンプラーを用い、深度を変え

ながら区分的に採取された (MU1306-1A , MU1306-2A). 区分された試料の繋ぎ目を補完するため, それぞれの地点で掘削孔の位置をわずかに変え, もう一セットの区分試料を回収した (MU1306-1B , MU1306-2B). 掘削の到達深度は, 両方の地点とも湖底面から約 5m である.

3.6.3. 試料の概要

MU1306-1A および 1B

この地点での堆積物は, 主に塊状のシルトまたはシルト混じりの砂で構成されている. シルト混じりの砂は, 主に湖底面に近い深度 0m から 1m の位置に存在している. 砂の粒径は中粒から粗粒で, 稀に細礫や貝殻片等も混入している. この層は, 2011 年東北沖津波に伴って形成された堆積物であると考えられる. 深度 1m より下部は, 塊状のシルト質堆積物である. まれに変質した貝殻片が含まれる. MU1306-1A では深度 205cm 付近 (図 3.6.2), MU1306-1B では深度 200cm 付近 (図 3.6.3) に厚さ 1~2cm の薄い中粒砂層が認められた. 砂層の粒子組成は, 湖底面付近の砂と類似している. また, MU1306-1B においては, 深度 435cm に火山灰層が認められた (図 3.6.4). MU1306-1A および 1B の掘削到達深度は湖底面から 505cm である.

本研究では, MU1306-1A の深度 205cm 付近の砂層 (図 3.6.5 の S) について, 上下の層準に含まれていた貝殻片 2 点を用いて年代測定を行った. MU1306-1B の深度 200cm 付近の砂層については, 砂層および上下のシルト質堆積物のバルク試料 3 点を用いて年代測定を行った. また, 深度 435cm の火山灰層 (図 3.6.5 の T) についても, 直下のシルト質堆積物に含まれていた植物片試料 1 点を用いて年代測定を行った.



図 3.6.2 : MU1306-1B, 深度 175cm~205cm の堆積物状況.



図 3.6.3 : MU1306-1A, 深度 200cm~230cm の堆積物状況.



図 3.6.4 : MU1306-1B, 深度 425cm~455cm の堆積物状況.

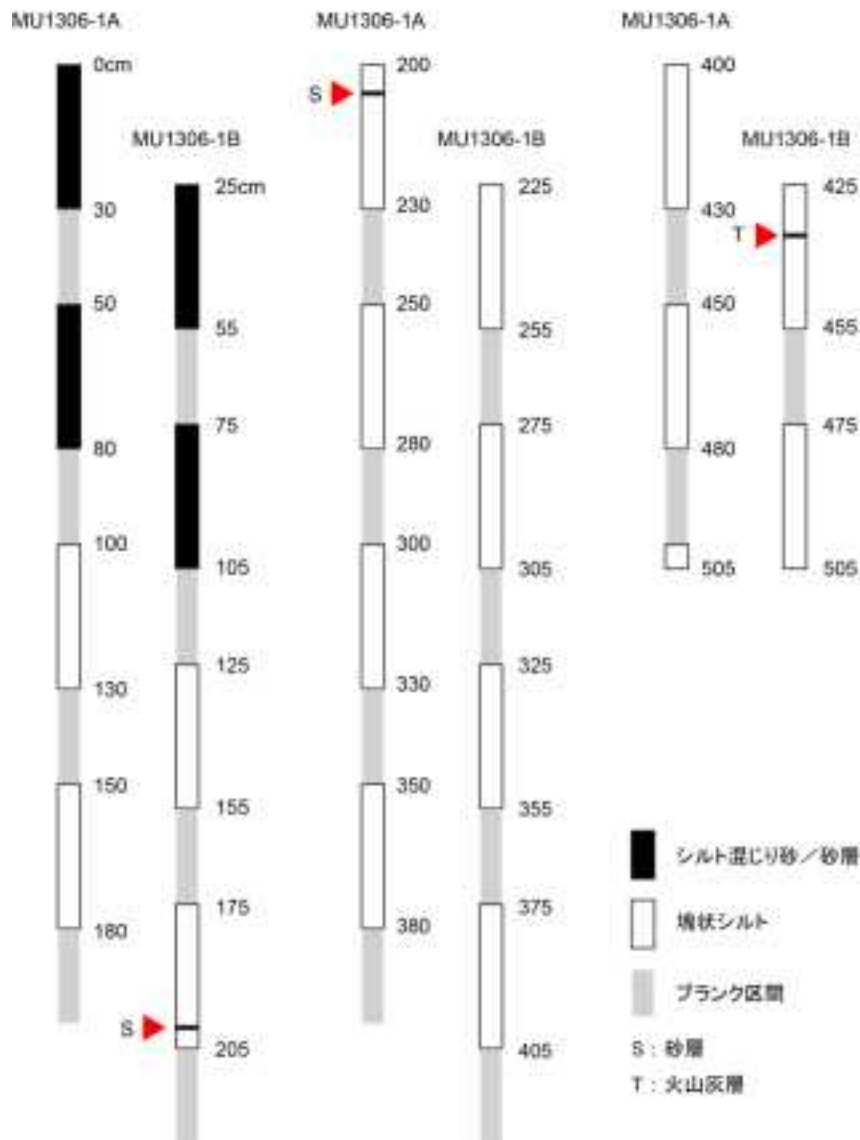


図 3.6.5 : MU1306-1 の地質柱状図. 数値は湖底面からの深度.

MU1306-2A および 2B

この地点での堆積物は、主に塊状のシルトまたはシルト混じりの砂で構成されている。シルト混じりの砂は、主に湖底面に近い深度 0m から 1m の位置に存在している。これは、2011 年東北沖津波に伴って形成された堆積物であると考えられる。砂の粒径は中粒から粗粒で、稀に細礫や貝殻片等も混入している。深度 1m より下部は、塊状のシルト質堆積物である。まれに変質した貝殻片が含まれる。MU1306-2A では深度 250cm 付近 (図 3.6.6) および 455cm 付近 (図 3.6.7) に、厚さ 1~2cm の薄い中粒砂層が認められた。また、MU1306-2B については、深度 230cm 付近に厚さ 1cm 程度の砂層が認められた (図 3.6.8)。これは MU1306-2A の深度 250cm 付近の砂層 (図 3.6.9 の S1) と対比される。どちらの砂層とも、粒子組成は湖底面付近の砂と類似している。

MU1306-2A の到達深度は湖底面から 470cm, MU1306-2B の到達深度は湖底面から 495cm である.

本研究では, MU1306-2A の深度 455cm 付近の砂層 S2 について, 上下のシルト質堆積物のバルク試料 3 点と, 直下の層準に含まれていた貝殻片 1 点を用い, 合計 4 点の年代測定を行った.



図 3.6.6 : MU1306-2A, 深度 240cm~270cm の堆積物状況.



図 3.6.7 : MU1306-2A, 深度 440cm~470cm の堆積物状況.



図 3.6.8 : MU1306-2B, 深度 215cm~245cm の堆積物状況.

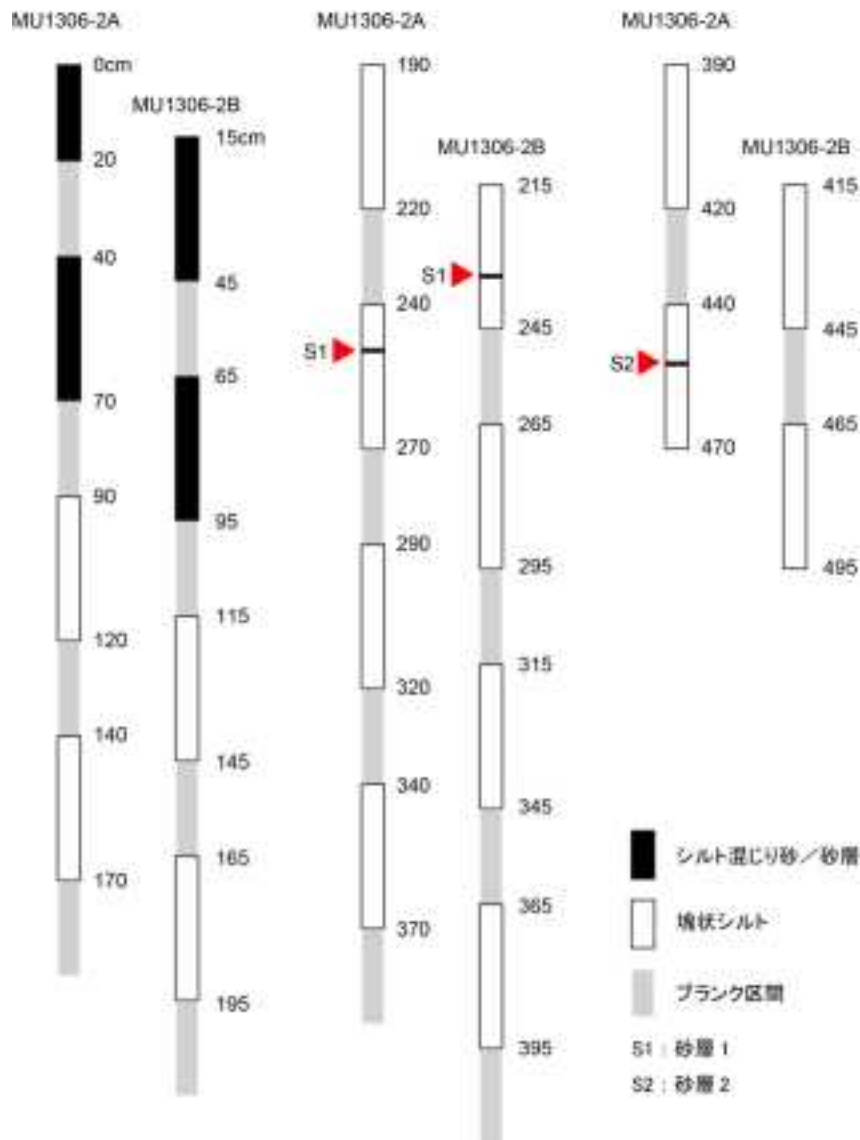


図 3.6.9 : MU1306-2 の地質柱状図。数値は湖底面からの深度。

3.6.4. 測定結果

表 3.6.1 および図 3.6.10 に炭素同位体年代測定の結果を示す。どちらの地点でも、堆積物の年代として非常に古い値が得られた。海から離れた MU1306-1 では、深度 2m で検出された砂層付近の年代値は、3680 年前から 4140 年前となった。砂層直下の貝殻片を用いて測定した結果のみ、540 年前という若い年代が得られた。また、火山灰層直下の年代は 5280 年前となった。海に近い MU1306-2 の深度 4m 付近から検出された砂層の上下の堆積年代は、塊状シルトのバルク試料では 3990 年前から 4180 年前、貝殻片では 3590 年前という値が得られた。

表 3. 6. 1 : 松川浦における既存堆積物試料の年代測定結果

測定番号	コア名	深度(cm)	試料形態	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
					Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-131963	MU1306-1A	201-203	貝殻	1.79 ± 0.62	3,680 ± 30	63.22 ± 0.21
IAAA-131964	MU1306-1A	209-210	貝殻	0.06 ± 0.47	540 ± 20	93.54 ± 0.26
IAAA-131965	MU1306-1B	199.5-201.5	土	-17.5 ± 0.45	3,940 ± 30	61.22 ± 0.21
IAAA-131966	MU1306-1B	201.5-203	砂	-15.22 ± 0.61	4,140 ± 30	59.72 ± 0.21
IAAA-131967	MU1306-1B	203-205	土	-15.51 ± 0.55	3,950 ± 30	61.16 ± 0.21
IAAA-131968	MU1306-1B	448	有機物	-28.08 ± 0.35	5,280 ± 30	51.83 ± 0.19
IAAA-131969	MU1306-2A	448-449	土	-15.39 ± 0.58	3,990 ± 30	60.82 ± 0.19
IAAA-131970	MU1306-2A	451-452	土	-17.37 ± 0.51	4,090 ± 30	60.07 ± 0.21
IAAA-131971	MU1306-2A	456-457	土	-18.59 ± 0.6	4,180 ± 30	59.4 ± 0.22
IAAA-131972	MU1306-2A	461-462	貝殻	1.38 ± 0.46	3,590 ± 30	63.97 ± 0.2

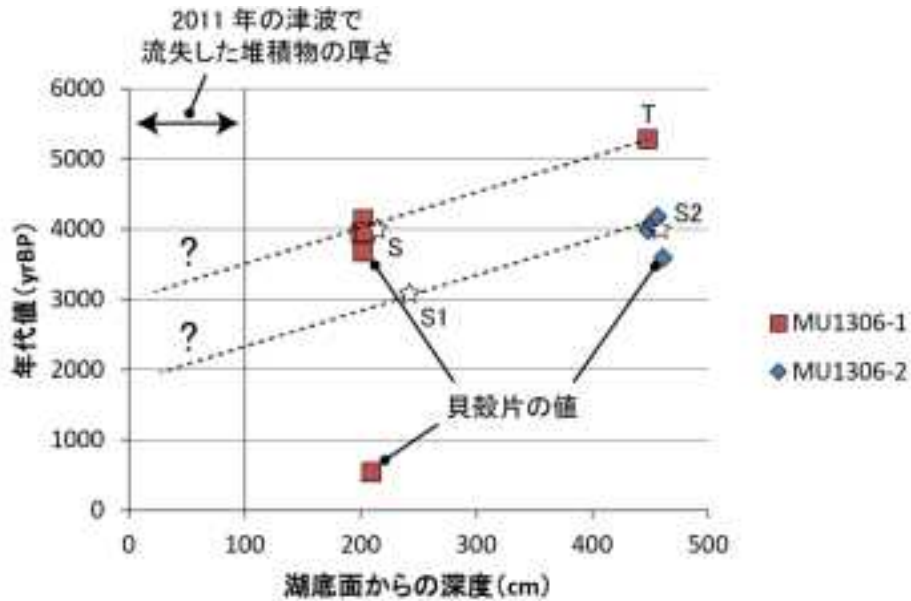


図 3.6.10：松川浦における既存堆積物試料の年代測定結果と解釈。S, T, S1, S2 は図 3.6.5 および図 3.6.9 の砂層、火山灰層と対応する。星印は砂層の位置。

3.6.5. 考察とまとめ

MU1306-1A の深度 200cm 付近の砂層と、MU1306-2 の深度 450cm 付近の砂層は、どちらも約 4000 年前頃の年代を示しており、同時代に堆積したものである可能性が大きい。今回の測定では、貝殻片の年代値を算出するにあたり、松川浦周辺の海洋リザーバー効果に関する情報を入手できなかったため、この補正を行っていない。MU1306-1A の砂層直下で得られた貝殻片の年代は、他のどの試料よりも大幅に若い値となっている。他の貝殻の年代も、堆積物バルク試料よりも若い年代となる傾向があり、表 3.6.1 と図 3.6.10 の結果においては、参考値として取り扱う必要があると考えられる。火山灰直下からは約 5300 年前の年代値が得られた。東北地方における同時代の広域火山灰としては、十和田中楸テフラ（約 6000 年前）や沼沢湖テフラが知られているので、この火山灰はそれらのいずれかに該当すると可能性がある。

砂層 S と火山灰層 T の堆積年代から、1300 年間あたり約 2.5m のシルトの堆積が生じたことになる。堆積速度は年間 2mm 程度と推定される（図 3.6.10 の点線）。どちらの調査地点とも、湖底面から深さ 1m 程度までは 2011 年東北沖津波の堆積物となっており、被災前に存在していた近年の堆積物は流失している可能性がある。堆積速度からは、地点 MU1306-1 では 2011 年の津波堆積物直下の年代は約 3500 年前と推定される。年間 2mm の堆積速度が MU1306-2 でも適用できると仮定すると、この地点での 2011 年の津波堆積物直下の年代は 2300 年前と推定される。また、MU1306-1 の砂層 S と

MU1306-2 の砂層 S2 は同時代の堆積物であると考えられ、MU1306-2 の砂層 S1 は約 3000 年前頃の堆積物であると推定される。年代値からは、これらの砂層が稀にしか生じない現象により堆積したものであることが推測される。

砂層 S, S1, S2 とも、2011 年の津波堆積物と比べると層厚が極めて薄い。元々は 2011 年の津波堆積物と同じ程度の層厚であった可能性もあるが、松川浦は干潟であり、2 つの流入河川が存在するので、潮の満ち引きによる定常的な堆積作用、大雨時の大規模出水などに伴う突発的な堆積作用のいずれかあるいは両方により、津波堆積物を含む表層砂泥は常に削剥を受け、地層中に埋没する前に大部分が消失していた可能性が考えられる。

以上より、松川浦で回収された既存堆積物試料に見られる 2 つの砂層は、約 4000 年前および約 3000 年前に堆積したものであることが判明した。これら 3 つの砂層を津波堆積物であると認定するためには、他の分析手法による検討が必要である。約 1000 年間隔で起こる突発的な堆積作用により、海浜砂に類似した堆積物が松川浦内に搬入されていた可能性が示された。

3.7 南相馬市小高

3.7.1. 背景と地域概要

常磐海岸中北部には、阿武隈山地より流下する中小規模の河川河口部に海拔 0m 程度の低地が発達する。これらの場所は元々干潟であり、近世以降の干拓事業により農地として利用されてきた。2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、干拓地のほとんどは広範囲に浸水し、冠水は長期間に及んだ。海岸付近での痕跡高は、海岸線付近で最大 12m、内陸約 2km の地点で 5m 程度であることが報告されている (Mori et al., 2012)。海岸には砂浜があり、護岸を乗り越えた津波が干拓地に砂を搬入し津波堆積物を形成したことが、予察的な調査により把握された。過去においても巨大津波の来襲により砂質の津波堆積物が形成され、地層中に保存されていると考えられる。本研究では、2013 年 10 月 29 日～30 日にかけて、福島県南相馬市小高区の干拓地周辺で掘削調査を行った試料について、堆積物試料の年代測定、元素分析および微化石分析を行い、古津波堆積物の検出を試みた。

3.7.2. 調査地点および方法

図 3.7.1 に示す 4 か所の調査地点において、ハンディジオスライサーを用いて掘削を行った。WP192 と WP193 は、現在の海岸線から約 1.3km に位置している。溺れ谷地形の中軸よりも山際に寄った場所である。WP194 と WP195 は、現在の海岸線から約 600m に位置している。溺れ谷地形の支谷入口にあり、WP194 が、谷主流部に近く標高も低い。

掘削に用いた機材は、長さ 3m のハンディジオスライサーである。これを電動のバイブレーターを用いて地中に打ち込むことで、幅約 12cm、厚さ約 3cm、試料長最大 3m の地層試料を抜き取ることができる。堆積物試料は、長さ 20cm ごとに分割してアクリル製ケースに収容して持ち帰り、その後の分析に供した。



図 3.7.1 : 南相馬市小高区における調査地点.

3.7.3. 地層状況

WP192

試料長は 200cm である (図 3.7.2). 表層から 30 cm は 2011 年の津波堆積物 (中～粗粒から細粒に正級化する砂) である. 深度 30～50cm は黒色の粘土～シルトである. 深度 50cm～62 cm には酸化色を帯びた砂層が確認された (図 3.7.3). 下位の泥質堆積物とは明瞭な境を示し, また, 泥質物が偽礫として取り込まれている様子が観察された. 深度 62～95 cm は灰色シルト, 95～163 cm は黒色泥であるが, 深度 105～110 cm と深度 158～163 cm には粗粒～中粒砂が見られた. 深度 163～200 cm は灰色の極細粒砂と泥の互層となっていた.



図 3.7.2 : 地点 WP192 における試料長測定状況.



図 3.7.3 : WP192 の堆積物の産出状況. 深度 50~62 cm付近に酸化色を帯びた砂層が認められる.

WP193

試料長は 263 cm である (図 3.7.4)。表層から 12cm は 2011 年の津波堆積物 (中粒から細粒に正級化する砂) である。深度 12~72 cm は褐色の粘土, 72~120 cm は黒色泥であった。深度 120~178 cm は灰色の極細粒砂と泥の互層であった (図 3.7.5)。深度 178~204 cm には, 間に薄い泥層を挟む粗粒~中粒砂層が認められた。深度 204~263 cm は塊状の灰色粘土であった。



図 3.7.4 : 地点 WP193 における試料長測定状況 (標尺脇の試料)。手前は地点 WP192 の採取試料である。



図 3.7.5 : WP193 の堆積物の産出状況 (標尺脇の試料, 下は地点 WP192 の採取試料). 深度 150~190 cm 付近の極細粒砂と泥の互層, および粗粒~中粒砂層が認められる.

WP194

試料長は 206 cm である (図 3.7.6). 表層から 12cm は 2011 年の津波堆積物 (泥質砂) である. 深度 11~29 cm は黒色泥であった. 深度 29~56 cm は酸化色を帯びた泥質砂である. 深度 56~69 cm には黒色泥で, その下位, 深度 69~78 cm には白色の泥質砂が確認された (図 3.7.7). 深度 78~87 cm は黒色泥, 深度 87 cm~117 cm に中粒~細粒の灰色を呈する砂層であった. 深度 117~160 cm は灰色の泥層で, その下位は深度 206 cm まで極細粒砂と泥の互層で構成されていた.



図 3.7.6 : 地点 WP194 における試料長測定状況.



図 3.7.7 : WP194 の堆積物の産出状況. 深度 40~80 cm 付近の酸化色を呈する泥質砂および白色の泥質砂が認められる.

WP195

試料長は 120 cm である (図 3.7.8)。表層から 25cm 程度までは 2011 年の津波堆積物 (泥質砂) である。深度 25~57 cm は黒色泥であった。深度 57~60 cm には灰色を呈する中粒~細粒の砂層が認められた。その下位には、1cm 程度の黒色泥をはさんで、深度 62~63.5 cm には白色を呈する厚さ約 1.5cm の細粒砂層が見られた (図 3.7.9)。白色細粒砂層の下は、深度 66 cm まで再び厚さ 4cm 程度の黒色泥となっている。上位の砂層との境界は明瞭であり、白色砂層の堆積時に削剥を受けたとみられる堆積面の変形が認められる。深度 70~120 cm は、中粒~細粒の灰色を呈する砂層であった。

以上、各コアの柱状図を図 3.7.10 に示す。



図 3.7.8 : 地点 WP195 における試料長測定状況。



図 3.7.9 : WP195 の堆積物の産出状況. 深度 57~60 cmには灰色を呈する中粒~細粒の砂層および深度 61~62 cmの白色を呈する厚さ 1cm の細粒砂層が認められる.

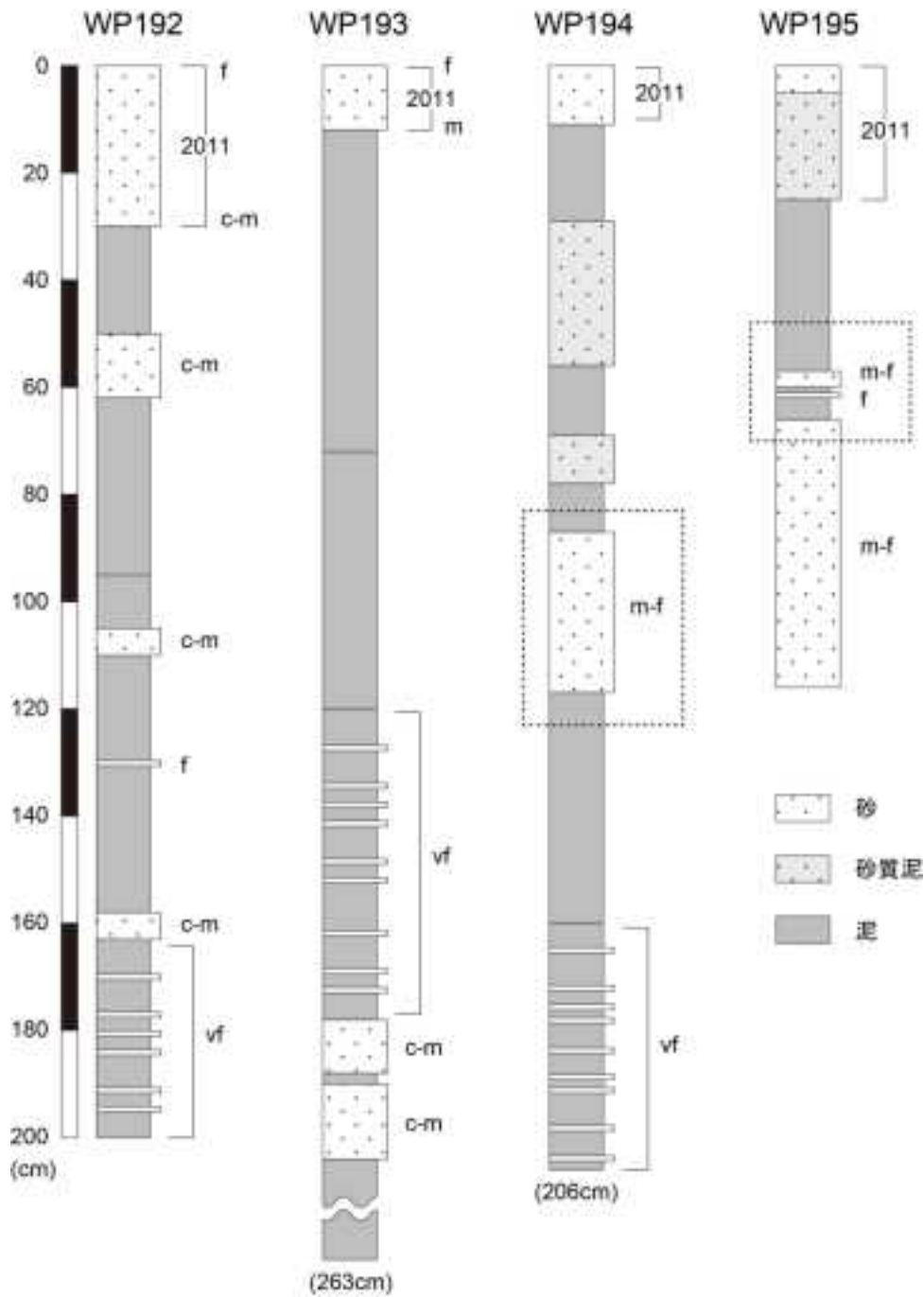


図 3.7.10 : 相馬市小高区での調査における地質柱状図. c : 粗粒砂, m 中粒砂, f : 細粒砂, vf : 極細粒砂. 点線の枠内は年代測定, 元素分析, 微化石分析を実施した箇所.

3.7.4. 分析結果

<元素分析>

本研究では、地層中の元素濃度の変動と古津波の関連を検討するため、高知コアセンターにおいて、WP194 および WP195 の帯磁率および XRF による元素分析を行った。帯磁率については両方の試料の全部について測定を行った。XRF 分析については、地点 WP194 の深度 80～120 cm の試料、地点 WP195 の深度 52～72 cm の試料について測定を実施した。WP194 については灰色砂を含む箇所、WP195 については灰色砂と白色砂を含む箇所を選んだ。

WP194, WP195 とも帯磁率はコアの上部で高い傾向が見られ、また変動幅も大きい(図 3.7.11)。WP194 では、2011 年の津波堆積物に相当する深度の測定値が最大であるが、それよりも下位まで(深度 60 cm)、比較的高い値となっていた。灰色砂に相当する深度の帯磁率は 2011 年の堆積物の 10 分の 1 程度の値となっていた。深度 60 cm 以下では値が大幅に下がっている。WP195 でも 2011 年の津波堆積物を含むコア上部で高い値になっているが、2011 年の堆積物が最も高い値とはなっていない。深度 40cm よりも下では帯磁率の値が急激に小さくなるが、厚さ 1cm 程度の白色砂に相当する部分のみ、帯磁率の減少傾向に反して高い値が見られる。コア下部の灰色砂の帯磁率は、白色砂の 7 分の 1 程度の値となった。

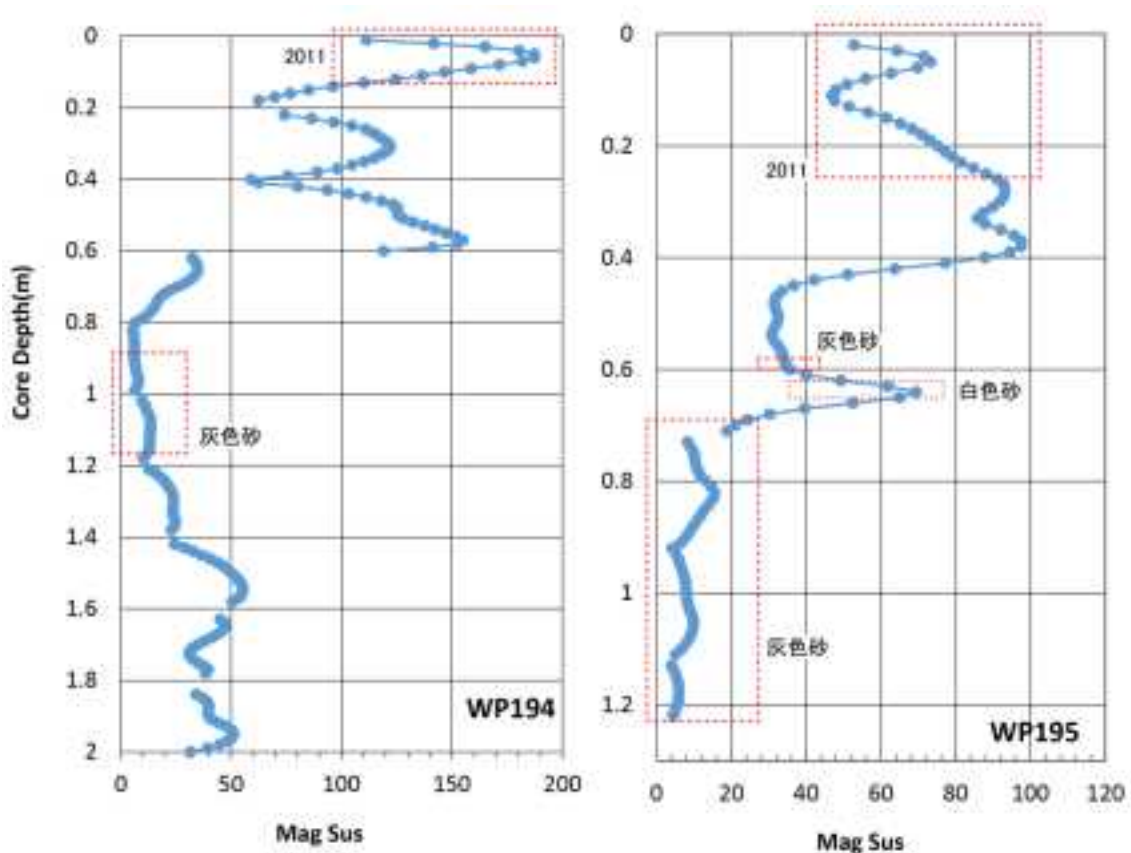


図 3.7.11 : 地点 WP194 および WP195 の堆積物試料の帯磁率測定結果。

XRF 分析では 11 種類の元素の含有率が測定されるが、ここでは 4 種類の元素 (Ca, Fe, Ti, Mn) の測定値を用いてその比率 (Ca/Fe, Fe/Ti, Mn/Ti) を求め、堆積物間の比較を行った (図 3.7.12)。WP194 での測定対象は、深度 87 cm~117 cm に認められる中粒~細粒の灰色を呈する砂層である。各元素の比率は、多少の変動はあるものの、Ca/Fe は 0.1~0.2%、Fe/Ti は 15~20%、Mn/Ti は 0.4~0.6% 程度であった。WP195 では、灰色砂の Ca/Fe は 0.05~0.15%、Fe/Ti は 20~25%、Mn/Ti は 0.6~1% 程度であった。一方、白色砂の部分では、Ca/Fe に 0.5% の大きなピークが見られた。また、Fe/Ti については灰色砂よりも低く 15% 程度、Mn/Ti については上下の黒色泥とほぼ同じ 0.6% 程度の値となった。

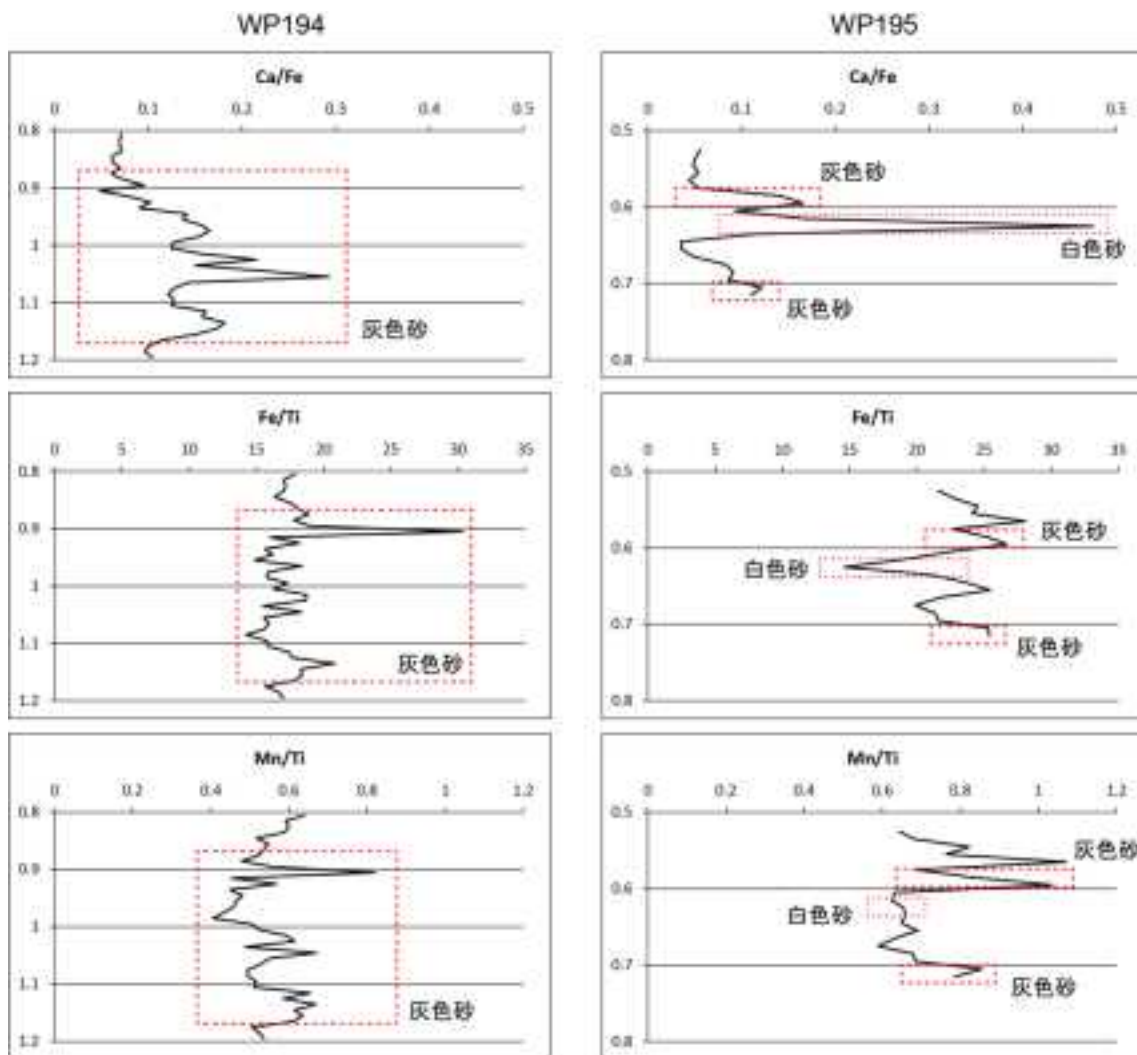


図 3.7.12 : 地点 WP194 および WP195 で採取した試料の XRF 分析結果. 横軸は比率 (パーセント), 縦軸は地表からの深度 (m).

<微化石分析>

本研究では、砂層堆積に伴う環境指標の変化を調べるため、地点 WP195 の灰色砂層および白色砂層とその上下の層準から試料を分取し、珪藻群集の分析をおこなった. 表 3.7.1 に分析に用いたサンプルの分取深度を示した. 表中のサンプル番号は、図 3.7.13 の左の数字に対応している. また、表中の深度の値は、室内観察でより正確に層準境界の深度を再検討したため、既に述べた肉眼観察の記載内容とはやや異なっている.

分析の結果、灰色砂層には外洋や内湾など、海水の影響を示唆する環境指標種群が多く含まれていることが判明した. 一方、黒色泥には、海水種は少なく、沼沢湿地やその他の淡水種が多く含まれていた. 白色砂層 (サンプル番号 47) も、黒色泥と同様の環境指標を示した.

表 3.7.1：南相馬市小高区の調査地点 WP195 で採取した堆積物試料の珪藻分析結果.

調査地域	コア名	セクション	深度 (cm)	堆積物の性状	サンプル番号 (図 13)
南相馬市 小高区	WP195	52-72cm	57-59cm	黒色泥	44
	WP195	52-72cm	59-60cm	灰色砂	45
	WP195	52-72cm	61-62cm	黒色泥	46
	WP195	52-72cm	62-63.5cm	白色砂	47
	WP195	52-72cm	64-65cm	黒色泥	48
	WP195	52-72cm	67.5-68.5	灰色砂	49

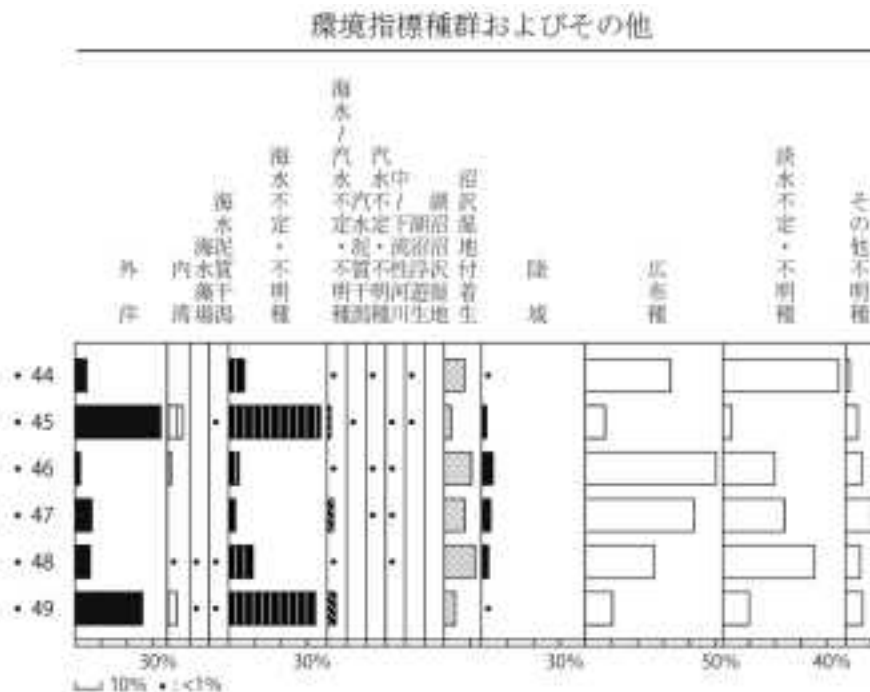


図 3.7.13：南相馬市小高区の調査地点 WP195 で採取した堆積物試料の珪藻分析結果。左に付した数字は表 1 のサンプル番号に対応する。

3.7.5. 考察とまとめ

地点 WP195 の珪藻分析結果より、灰色砂層は海水の影響を受ける内湾などの環境で堆積したものであることが判明した (表 3.7.1 および図 3.7.13)。同様の灰色砂層は WP194 にも認められ、帯磁率測定と XRF 元素分析の結果も WP195 と類似している (図 3.7.11, 3.7.12)。WP194 においては、深度 87 cm より始まる灰色砂層は下位に向かって連続的に砂泥互層に遷移しており、同じ堆積環境で形成された地層であると推定される。同様に灰色を呈する砂泥互層は WP192 の深度 163 cm 以下、WP193 の深度 120～178 cm にも認められ、いずれも同じ堆積環境で形成されたと考えられる。黒色泥に含ま

れる珪藻は淡水種を主体としており、これが陸上の堆積環境で形成されたものであることを示している。灰色砂や砂泥互層から黒色泥への変化はほとんどの地点で漸移的であり、緩やかに環境が変化したことを示している。一方、WP195 においては黒色泥の堆積開始後に白色砂層の堆積を挟んで一時的に灰色砂が堆積する環境に遷移している。珪藻分析の結果より、黒色泥と白色砂層は淡水環境を示しているため、WP195 は白色砂層の堆積後に一時的に内湾環境に戻ったと推定される。当地域においては、Sawai et al. (2012) が津波堆積物調査と珪藻分析を行っており、砂層の堆積を挟んで淡水種が減少していることを報告している。Sawai et al. (2012) ではこれを地震性の地盤沈降によるものと解釈している。本研究による結果はこれと整合的である。

したがって、地点 WP195 の深度 57 cm から 68.5 cm は、海水の影響を受ける内湾の環境から陸上の湿地への環境の変化、白色砂層の堆積後の内湾環境への一時的な遷移と再度の陸化に関連して形成された堆積物であると考えられる。本報告書で実施した放射性炭素同位体年代測定の結果、白色砂層とその上下の年代値として、深度 58~60 cm (黒色泥) が 2430-2310calBP、深度 60~62 cm (白色砂) が 1720-1550calBP、深度 62~64 cm (黒色泥) が 1690-1520calBP という値が得られており、年代の逆転が見られる。白色砂層の上に見られる黒色泥は、下位の黒色泥が再堆積したものであると考えられる。Sawai et al. (2012) では珪藻群集の変化が見られる砂層上下の堆積物の年代として、砂層下位で 1600-2000calBP、上位で 1100-1300calBP が報告されている。白色砂層が Sawai et al. (2012) と同様の津波堆積物であると考え、その上位に堆積している黒色泥はいわゆる mud drape であると解釈できる。その年代値は、堆積物供給源において泥質物の大規模な浸食が起こり、古い年代の有機物が取り込まれたためであると考えられる。

参考文献

Sawai, Y., Y. Namegaya, Y. Okamura, K. Satake, and M. Shishikura (2012): Challenges of anticipating the 2011 Tohoku earthquake and tsunami using coastal geology, *Geophysical Research Letters*, 39, L21309.

3.8 粒度分析法および鉱物鑑定法の検討

3.8.1. 目的

津波堆積物の粒度分布や鉱物組成の情報は、津波堆積物を地層中から認定し、津波堆積物から津波挙動を復元する上で、基礎的かつ重要な情報である。しかし、どのような手法を用いれば、適切な情報を得ることができるかという検討はこれまでに行われていない。そのため、本節では、仙台平野で採取された2011年東北沖津波砂と岩手県九戸郡野田村で採取された砂礫質古津波堆積物を対象として、津波堆積物に対して粒度分析法と鉱物組成分析法の中で、どの手法が有効であるのか検討を行なった。粒度分析については、篩法と沈降管法との比較、および粒子画像分析法と沈降管法との比較を行った。鉱物組成分析については、顕微鏡観察と粒子画像分析法との比較を行った。

3.8.2. 手法

・試料

仙台平野で採取された2011年東北沖津波砂(I2, I6, J10)、豊浦標準砂、野田村で採取された砂礫質の古津波堆積物(NDM1, NDM2)について、過酸化水素水と篩を用いて有機物と泥分を除去した後に分析を行った。

・粒度分析

沈降管法、粒子画像分析法（北海道大学、モフォロギ G3）、篩法の3つの方法で粒度分析法の検討を行った。沈降管法とは、沈降管と電子天秤を用いて、粒子の沈降粒径を測定する粒度分析手法であり、ある堆積物粒子の沈降粒径は、同じ流体条件下でその粒子と等しい沈降速度を持つ球形粒子の直径として定義されている(成瀬 2005)。粒子画像分析法とは、実体顕微鏡と画像解析ソフトを用いて、粒子の形状解析により粒径を測定する方法である。篩法とは、一定の開口径間隔の複数の篩を用いて、粒子の粒径ごとの重量%を測定する方法である。

・鉱物組成分析

顕微鏡観察と粒子画像分析法の2つの方法で鉱物鑑定法の検討を行った。顕微鏡観察では、観察される粒子を無色鉱物、黒雲母、斜方輝石、単斜輝石、角閃石、磁鉄鉱、かんらん石の7種類に分類することで(Nakamura et al. 2012)、堆積物中の鉱物組成を明らかにした。粒子画像分析法とは、観察された粒子の輝度平均値(粒子中の画素のグレースケールレベルの平均値)により、鉱物表面の色を識別することで鉱物の特徴を分類する方法である。

3.8.3. 結果

・ 篩法と粒子画像分析法による粒度分析結果の比較

野田村で採取された砂礫質古津波堆積物(NDM1, NDM2)について、篩法と粒子画像分析法との比較を行った。篩法による粒度分析結果を図 3.8.1 に、粒子画像分析法による分析結果を図 3.8.2 に示す。また、各分析法によって得られた平均粒径と淘汰度を表 3.8.1 に示す。

野田村の砂礫質古津波堆積物 NDM1 の平均粒径・淘汰度は、篩法では-0.97 phi と 0.67 であったのに対して、粒子画像分析法では-1.08 phi と 0.70 であった。NDM の平均粒径・淘汰度は、篩法では-1.12 phi と 0.79 であったのに対して、粒子画像分析法では-1.22 phi と 0.86 であった。

平均粒径に関しては、篩法のほうが粒子画像分析法より 0.1~0.11 phi 粗粒であるという結果が得られた。淘汰度に関しては、篩法のほうが粒子画像分析法より 0.03~0.07 小さい値となった。このような違いが発生した理由として、各分析法において求められる粒径の定義が違うことが考えられる。粒子画像分析法では、CE Diameter（面積円相当径）と呼ばれる投影された粒子画像と同じ面積を持つ円の直径を粒径としている。それに対して篩法では、ある開口径の篩にとどまる粒子の重量を粒子の直径とする。篩法では、粒子の中間軸と短軸の値が粒径の情報として反映される一方、長軸の情報は反映されにくい。篩の隙間を通る際に、長軸と並行方向に粒子が落下するためである。このような理由で、3軸の情報が反映される粒子画像分析法と比較して、篩法でやや細粒な値が出たと考えられる。また、篩法では重量によって各開口径に残存した粒子の量を求めるが、粒子画像解析法では面積のみから求める。よって、鉱物組成の違いに起因する砂礫粒子の密度差が、平均粒径等の結果に影響を与えた可能性も考えられる。一方淘汰度に関しては比較的近い値が出たことから、両者の分析法による違いはあまりないと考えられる。

一度の測定で分析可能な試料の質量に関しては、篩法では 10 g 以上の試料に関しても全量分析が可能である一方、粒子画像分析法では数 10 mg 程度である。そのため、両者を比較するためには、粒子画像分析法による測定回数を増やす必要がある。

表 3.8.1 砂礫質津波堆積物(NDM1, 2)の篩法と粒子画像分析法による粒度分析結果

サンプル名	篩法		粒子画像分析法	
	平均粒径(phi)	淘汰度	平均粒径(phi)	淘汰度
NDM1	-0.97	0.67	-1.08	0.70
NDM2	-1.12	0.79	-1.22	0.86

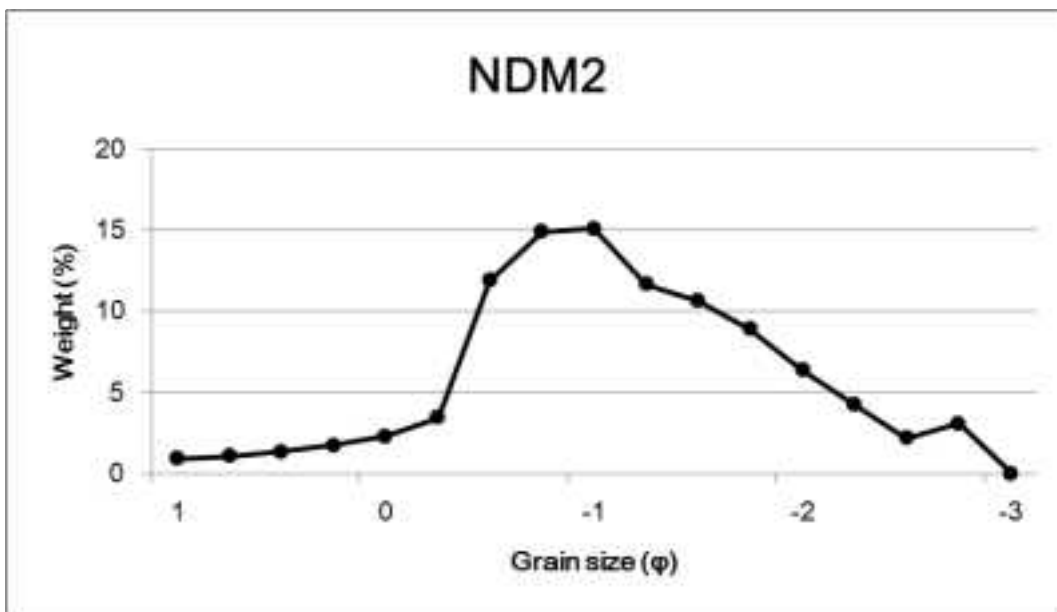
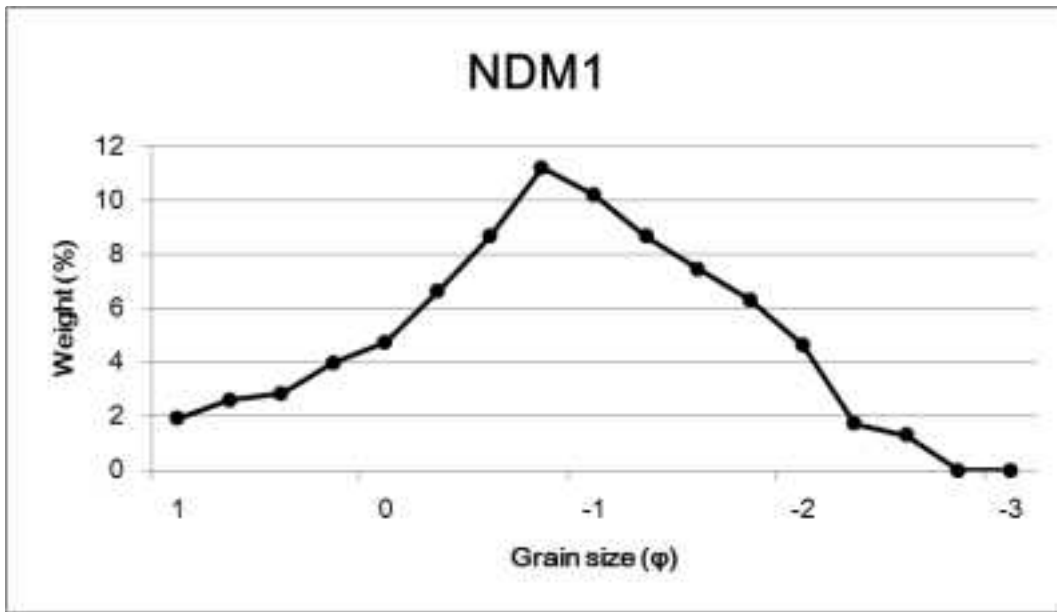


図 3.8.1 野田村における砂礫質津波堆積物試料(NDM1, NDM2)の、篩法による粒度分析結果.

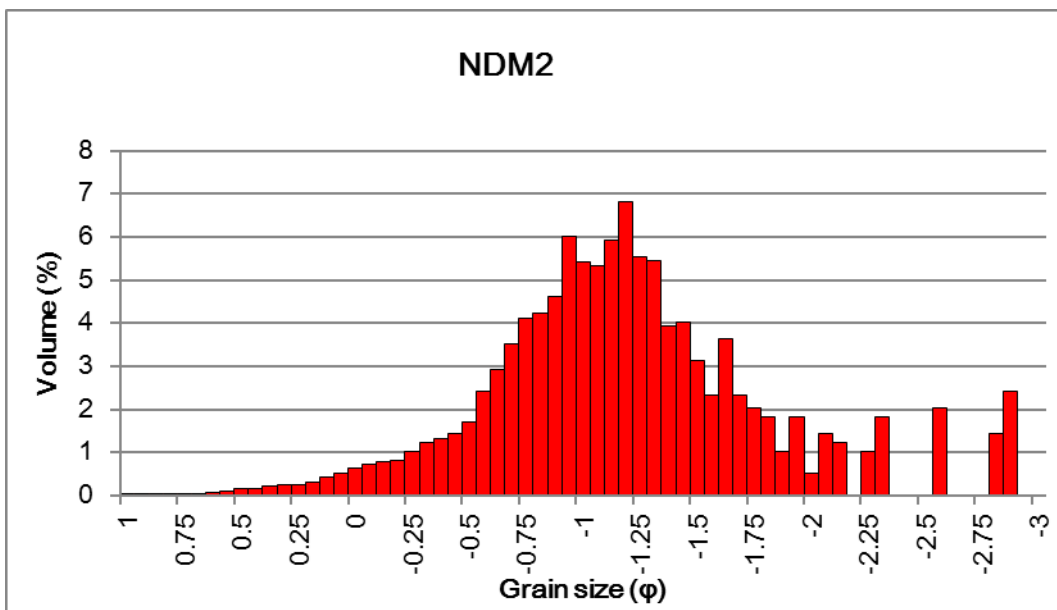
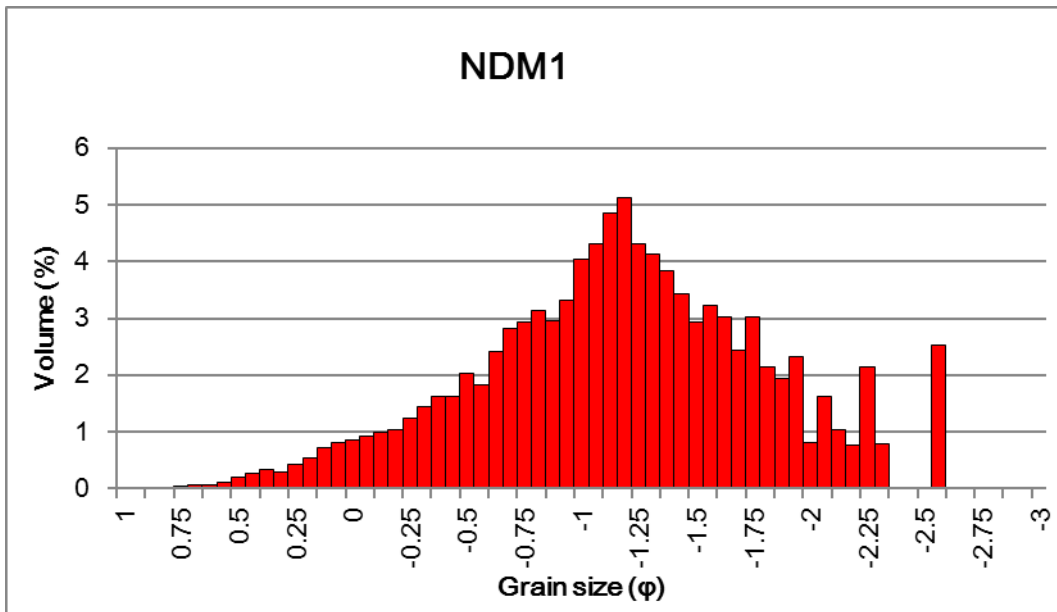


図 3.8.2 野田村における砂礫質津波堆積物試料(NDM1, NDM2)の, 粒子画像分析法による粒度分析結果.

・沈降管法と粒子画像分析法による粒度分析結果の比較

仙台平野で採取された 2011 年東北沖津波砂の 3 試料(I2, I6, J10)と豊浦標準砂について、沈降管法と粒子画像分析法による粒度分析結果の比較を行った。沈降管による粒度分布は図 3.8.3 に示す。粒子画像分析法による粒度分布は図 3.8.4 に示す。

仙台平野の津波砂 I2 の平均粒径と淘汰度は、沈降管法では 2.07 phi と 0.43、粒子画像分析法では 1.69 phi と 0.47 であった(表 3.8.2)。仙台平野の津波砂 I6 の平均粒径と淘汰度は、沈降管法では 1.79 phi と 0.40、粒子画像分析法では 1.42 phi と 0.52 であった。仙台平野の津波砂 J10 の平均粒径と淘汰度は、沈降管法では 2.04 phi と 0.62、粒子画像分析法では 1.69 phi と 0.62 であった。豊浦標準砂の平均粒径と淘汰度は、沈降管法では 2.25 phi と 0.26、粒子画像分析法では 1.86 phi と 0.26 であった。

平均粒径については、粒子画像分析法の方が沈降管法よりも、0.35~0.42 phi 大きい値となった。淘汰度については、粒子画像分析法の方が沈降管法よりも、0~0.12 大きい値となった。このような違いが見られたのは、まず、両測定方法で用いている粒子径の定義が異なっている点があげられる。粒子画像分析法では、CE Diameter (面積円相当径) と呼ばれる投影された粒子画像と同じ面積を持つ円の直径を粒径としているのに対して、沈降管では、粒子の沈降速度に基づいた沈降管径を用いるため、粒子径の定義が異なる点があげられる。沈降速度は、軽鉱物では小さく、重鉱物では大きくなるため、鉱物組成と粒度分析を組み合わせることが重要であろう。また、両手法では、一回の計測量が異なる。粒子画像分析法の方が、平均粒径が大きくなってしまったのは、少量の粗粒な粒子が計測されてしまったためである可能性もある。沈降管では、一回あたり 2~5 g 程度を分析できるのに対して、粒子画像分析法では、測定する粒子径にもよるが数 10 mg 程度である。そのため、両者の分析結果の比較を行なうためには、粒子画像分析法では同じ試料を繰り返し計測し、沈降管での計測量に近づける必要があるだろう。

表 3.8.2 豊浦標準砂と仙台平野の 2011 年東北沖津波の砂層(I2, I6, J10)の沈降管を用いた粒度分布の平均粒径と淘汰度

サンプル名	沈降管		粒子画像分析法	
	平均粒径(phi)	淘汰度	平均粒径(phi)	淘汰度
仙台平野の津波砂 I2	2.07	0.43	1.69	0.47
仙台平野の津波砂 I6	1.79	0.40	1.42	0.52
仙台平野の津波砂 J10	2.04	0.62	1.69	0.62
豊浦標準砂	2.25	0.26	1.86	0.26

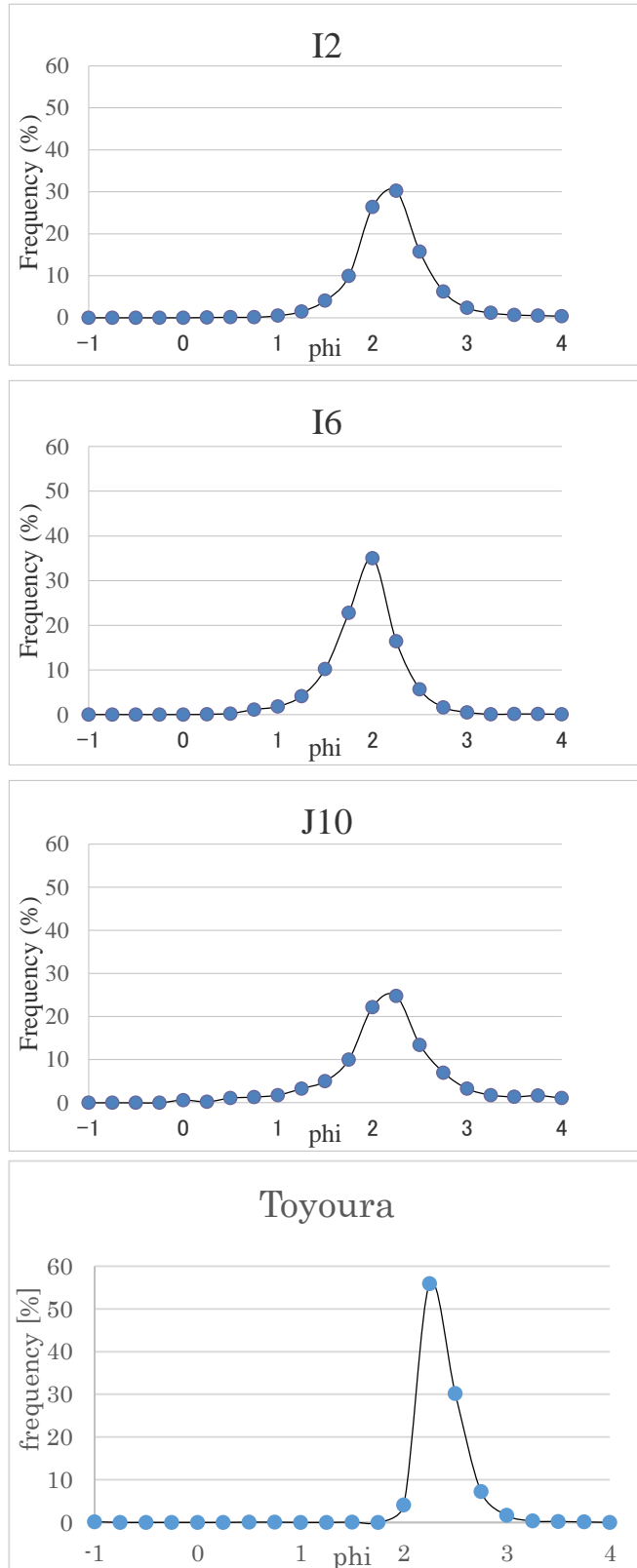


図 3.8.3 豊浦標準砂と仙台平野の 2011 年東北沖津波の砂層(I2, I6, J10)の沈降管を用いた粒度分布

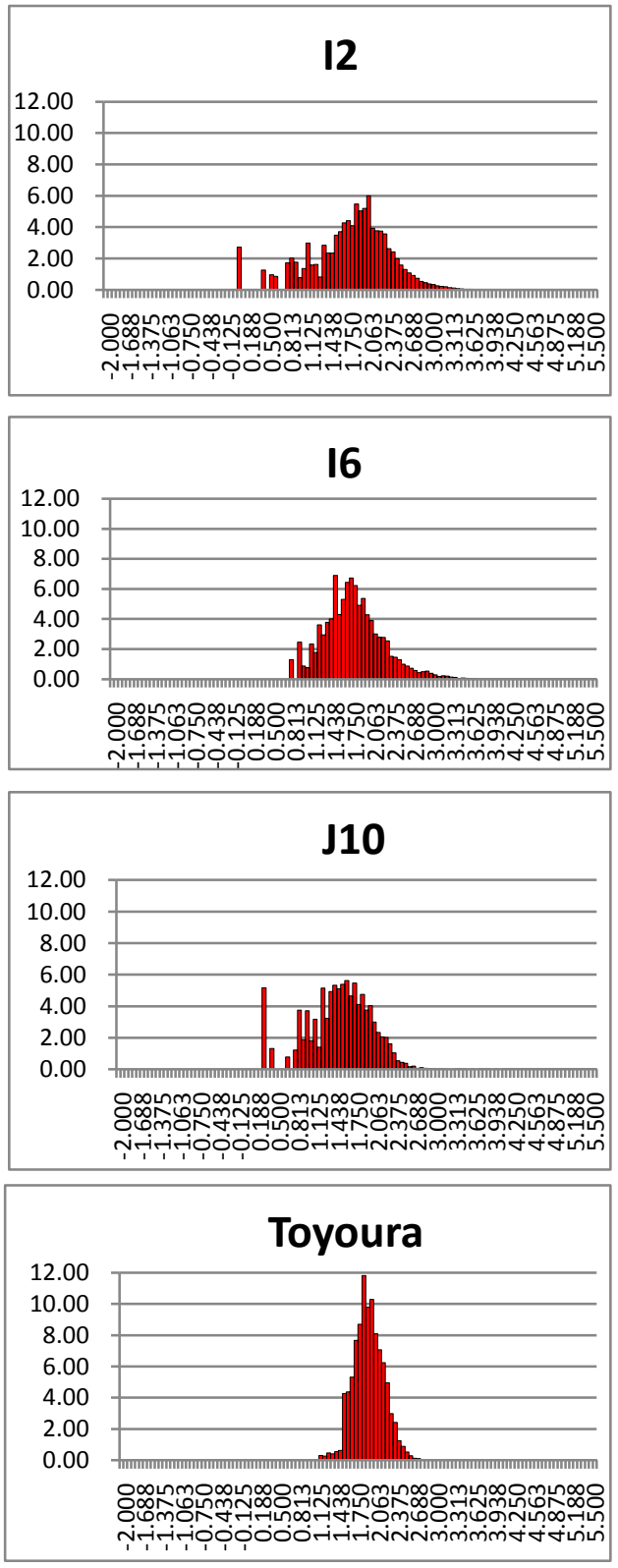


図 3.8.4 豊浦標準砂と仙台平野の 2011 年東北沖津波砂層(I2, I6, J10)の乾式粒子画像分析装置(モフォロギ G3)を用いた粒度分析結果

・顕微鏡観察と粒子画像分析による鉍物組成分布の比較

仙台平野で採取された 2011 年東北沖津波砂の 3 試料(I2, I6, J10)と豊浦標準砂を対について、顕微鏡観察(図 3.8.5)と粒子画像分析法による鉍物組成分布の比較を行った。顕微鏡観察による鉍物組成分布を図 3.8.6 に示す。

仙台平野の津波砂と豊浦標準砂について、軽鉍物比(無色鉍物の割合)は 69.7～83.0%と 91.9%で、重鉍物比(有色鉍物の割合)は 17.0～30.3%と 7.7%で、輝度平均値(粒子中の画素のグレースケールレベルの平均値, 0(黒)～255(白)の値で示される)は, 73～86%と 77%であった (表 3.8.3)。

無色鉍物の割合と輝度平均値との間に正の相関が見られないのは, 無色鉍物は白っぽい粒子だけではなく, 透明な粒や濁った粒子も多いことや, 重鉍物であっても白っぽい粒子があることなど, 鉍物組成と鉍物の色が一対一対応にないためであると考えられる。そのため, 粒子画像分析法による鉍物組成分布については, 鉍物ごとの輝度のばらつきや, 輝度の分布などを検討していくことで, 有効性を確かめていく必要があると思われる。



図 3.8.5 仙台平野の 2011 年東北沖津波砂(I2)の顕微鏡写真

表 3.8.3 豊浦標準砂と仙台平野の 2011 年東北沖津波の砂層(I2, I6, J10)の顕微鏡観察による軽鉍物比と重鉍物比, および粒子画像分析による輝度平均値

サンプル名	顕微鏡観察		粒子画像分析法
	軽鉍物比(%)	重鉍物比(%)	輝度平均値
仙台平野の津波砂 I2	83.0%	17.0%	73
仙台平野の津波砂 I6	69.7%	30.3%	86
仙台平野の津波砂 J10	75.9%	24.1%	79
豊浦標準砂	91.9%	7.7%	77

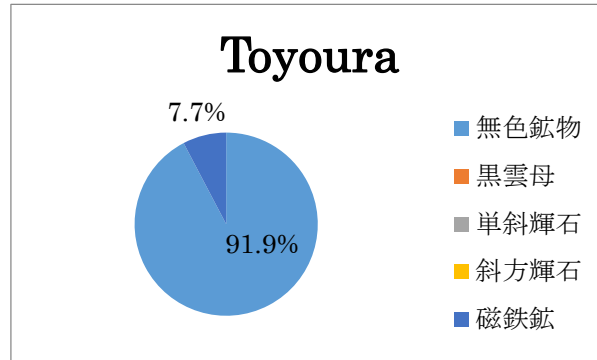
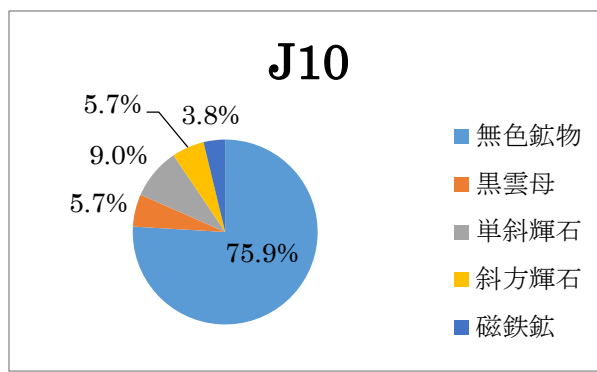
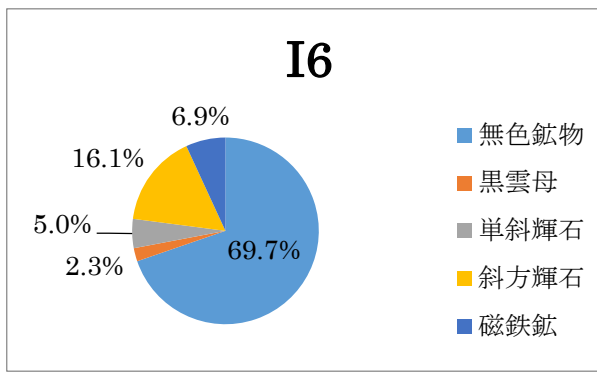
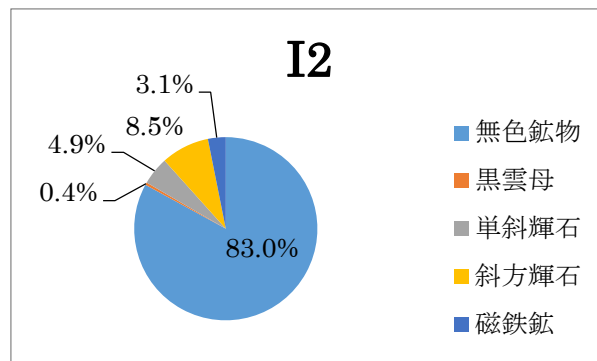


図 3.8.6 豊浦標準砂と仙台平野の 2011 年東北沖津波の砂層(I2, I6, J10)の顕微鏡観察による鉱物組成分布

・参考文献

Nakamura, Y., Nishimura, Y., Putra, P. S., 2012, Local variation of inundation, sedimentary characteristics, and mineral assemblages of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Misawa coast, Aomori, Japan. *Sedimentary Geology*, 282, 216-227.

成瀬 元(2005) 沈降管天秤法粒度分析用アプリケーション"STube"の特色と利用法, 堆積学研究, 62, 55-61.

3.9. 過去の津波堆積物の堆積学的特徴

本研究では、東北地方太平洋岸における過去の津波堆積物の特徴の地域差を確認するため、宮城県山元町熊ノ作および岩手県大船渡市吉浜においても現地調査を実施した。

山元町熊ノ作では、9世紀後半頃の遺構に砂層が堆積している様子が観察された(図3.9.1)。年代的には、869年貞観地震津波起源である可能性が考えられるが、今後の詳細な分析が必要である。この砂層は層厚10cm程度で、基底部付近は乳白色の粗粒砂からなり、その上部は灰色の中粒～細粒砂からなる。これらの2層の砂層の起源が異なっている可能性もあり、慎重な検討が必要である。



図 3.9.1 山元町熊ノ作の遺跡発掘現場で観察された9世紀頃の砂層。

大船渡市吉浜では、2013年10月末に確認していた水路沿いの露頭の保存状況について、2014年2月6-7日に確認をした。2013年10月時点では、水路沿いに露頭が観察でき、複数層の津波堆積物の可能性のある砂層が確認できていたものの、2014年2月の時点では、農地整備のため盛土が行われ、すでに観察することができなかった(図3.9.2)。一方、局所的には露頭の一部が観察された(図3.9.3)。このように、津波堆積物の調査地点は常に保存されるとは限らず、過去の報告事例を再確認することが困難な場合も多

く存在すると考えられる. こうした場合にデータベースにどのように情報を登録するべきかは重要な課題であるといえる.



図 3.9.2 大船渡市吉浜の視察現場.



図 3.9.3 一部で確認することができた過去の津波堆積物の可能性がある砂層.

3.10 津波堆積物の認定基準

本章では、様々な地域で取得した津波堆積物またはその可能性の高い堆積物について、高分解能かつ高精度で堆積学的、古生物学的、地球化学的検討を行った。その結果については以下のようにまとめることができる。

3.10.1. 堆積学的特徴

野田村での調査結果のように、内陸方向の薄層化や細粒化、堆積構造の変化など、堆積学的特徴は津波堆積物の認定を行う上で極めて有効であることがわかる。これは、津波の流況を考えた場合に、内陸方向へのエネルギー低減の過程が堆積物中に記録することによって考えられるためである。ただし、高波や洪水などにより形成される堆積物との識別を行うためには、(1) 高波では到達し得ない場所に堆積していることを数値計算などにより確認すること、(2) 鉍物組成や珪藻群集が洪水では説明できないなどの特徴を確認すること、が必要になる。

粒度分析結果も、津波堆積物認定には有効であることがわかる。その一方で、各種の測定方法が存在し、それぞれ利点と不利点を有するため、どのような現象を理解するための粒度分析なのかを十分検討した上で実施することが必要である。また、粒度分布は鉍物組成にも依存することから、鉍物組成分析とあわせて実施することが望ましい。

3.10.2. 古生物学的特徴

珪藻分析は、津波堆積物の認定を行う上で一般的に活用される方法である。本章でも述べたように、各地の砂層が津波堆積物であるかどうかを認定する上で、海生の珪藻の有無を調べることは、津波堆積物認定の重要な根拠の一つになりうる。ただし、珪藻組成は津波前の堆積環境や津波流況にも依存する。また、2011年東北地方太平洋沖地震津波のように最近の津波であっても海生の珪藻が含まれない場合もあり、海生の珪藻が存在しないことが津波堆積物である可能性を否定する根拠にはならない点に注意が必要である。堆積当時の古環境の把握のためには、炭素同位体比や花粉分析、化学組成分析など各種分析を行う必要がある。

花粉分析は、古環境の復元に有効であると同時に、歴史記録と比較することにより特定層準の年代推定に有効活用できる可能性が考えられる。特に、沿岸林などの整備や水田開発が歴史記録で確認できれば、花粉の含有量として記録されている可能性が高い。

3.10.3. 地球化学分析

非破壊分析は、半定量的であっても迅速かつ試料を壊すことなく測定が可能であるため、津波堆積物認定に有効な手段といえる。特に、X線CT撮影を行うことで、目には見えない砂層などを検出することができる場合もあり、各種分析の前に撮影を行うことが望まれる。XRFコアスキャナ測定も、主要元素組成変動がわかるので、砂層の有無

やカルシウム濃度に特徴付けられるような海生起源物質の混入の可能性などを、比較的容易に把握することができる。その一方で、帯磁率や主要元素組成などは鉱物組成に依存すると考えられ、津波の通過経路に堆積している物質により変化する可能性がある。そのため、これらの指標は直接的に津波堆積物認定に活用できるわけではない点に注意する必要がある。

また、今回複数箇所において湖沼の津波堆積物の分析も行った。湖沼は陸上に比べて静穏であるため、津波堆積物調査には適していると考えられている。その一方で、2011年東北地方太平洋沖地震津波の影響を受けた松川浦や水神沼では、年代測定の結果から過去数百年程度の堆積物が侵食され、その上に2011年の津波堆積物が堆積している可能性が示唆された。そのため、湖沼の堆積物であっても、堆積速度が一定と仮定することができない場合があることに注意が必要である。

以上の検討および既往文献のレビューを行い、津波堆積物の認定基準の評価項目をリスト化した（表 3.10.1）。

表 3.10.1 津波堆積物の評価項目リスト

大分類	津波堆積物の特徴	No	項目
A	堆積学的特徴(現地観察・剥ぎ取り資料からわかる情報)	1	イベント堆積物下層部に優曲面が認められる
		2	イベント堆積物の下部に偽床(粘土層等)が認められる
		3	イベント堆積物の下位層に変形が認められる
		4	イベント堆積物に火成岩構造が認められる
		5	イベント堆積物が層割に垂直化する(=他の堆積物IDとリンク)
		6	イベント堆積物が層割に平行化する(=他の堆積物IDとリンク)
		7	イベント堆積物の内部または最上部に木・植物片が漂着する
		8	イベント堆積物の内部に見附、礫等が漂着する
		9	イベント堆積物に酸化・還元化構造が認められる
		10	イベント堆積物の内部に強い水流下で形成されたことを示す堆積構造(平行葉理、Ardizzoneなど)が認められる
		11	イベント堆積物の内部に海・陸両方向の流れを示す堆積構造が周期的に認められる
		12	イベント堆積物の中に上下の堆積物や周辺の地形から推定される平常時の堆積環境では形成されない堆積構造、包有物等の内部構造が認められる
		13	内陸へ向かう流れを示す古流向が認められる(洪水堆積物との鑑別のため)
		14	イベント堆積物の中に基岩の波の影響下で形成された証拠が認められる(優曲面や薄い泥層(マッドドレープ)で増された複数の層がイベント層内部にある、など)
B	古生物学的特徴	1	イベント堆積物の上下の地層から推定される環境が陸域であるにも関わらず、イベント堆積物中に海棲の珪藻が含まれる
		2	イベント堆積物の上下の地層から推定される環境が陸域であるにも関わらず、イベント堆積物中に海棲無脊椎動物遺骸(有孔虫、貝形虫、放射虫、海綿骨針、棘皮動物、藻生節足動物)が含まれる
		3	イベント堆積物の上下の地層から推定される環境が陸域～陸域であるにも関わらず、イベント堆積物中に寡毛類・波流限界水深以下に生息する巻貝生物遺骸が一定以上の割合以上含まれている
		4	イベント堆積物の中に含まれる海棲生物遺骸が、その上下の地層から推定される環境に生息するものとそれ以外の環境に生息するものの混合群集からなる
		5	海棲生物遺骸が認められないものの、砂丘や砂浜など津波の流路となりうる陸上からの物質供給が確認できる
C	古地質学的・歴史学的特徴	1	イベント堆積物の存在と地震時の目撃証言とが一致する
		2	イベント堆積物の形成年代と、古文書等から得られる地震・津波の発生年代が調和的である
		3	イベント堆積物がある地点が歴史津波の浸水範囲内である
		4	イベント堆積物の上下で地層の厚縮もしくは沈降を示す古環境変化が地層分析により認められる
		5	イベント堆積物の上下で地層の厚縮もしくは沈降を示す古環境変化が花粉分析により認められる
		6	周辺の地形に地震履歴の証拠が存在し、その年代とイベント堆積物の形成年代とが調和的である
		7	陸域に浸水化痕等の地震痕跡が認められ、その年代とイベント堆積物の形成年代が調和的である
D	各種室内分析によりわかる特徴	1	イベント堆積物中で海水由来の主要元素が増加する
		2	イベント堆積物中で海水由来の微量元素が増加する
		3	上下の地層と比べて細化率が異なる
		4	鉱物組成の類似性でイベント堆積物が地点間対比でき、分布の広がりが認められる
		5	泥を含む津波堆積物で石膏や鉛などの重金属類を多く含有する
		6	粒度分析の結果、上方細粒化または粗粒化傾向が認められる
		7	粒度分析の結果、内陸細粒化の傾向が認められる
		8	鉱物組成や粒度の特徴が、普通堆積物の特徴を有している
		9	鉱物組成と粒度分析結果から、内陸に向けて粒子の軽量化傾向が認められる
		10	X線CT撮影など各種非破壊画像分析に基づき、肉眼では観察できなかった流水を示す堆積構造が認められる
		11	多点の年代測定結果に基づき、歴史記録との年代値の整合性が有意に認められる
E	水理学的特徴(計算に基づく)	1	イベント堆積物の分布距離が、範囲が高潮や洪水で説明できない
		2	イベント堆積物の中に含まれる海棲生物遺骸が、その供給源から推定される波の周期や高さが津波でなければ説明が困難である
		3	イベント堆積物の分布幅が、津波でしか説明できないことを数値計算などにより確認している
F	津波石	1	供給源からの移動距離が台風の高波などでは説明ができない
		2	供給源が自明であり、高潮から陸側への移動が確認できる(転石とは区別できる)
		3	ポットホールのように、常時波浪にさらされていた場所にあった特徴がある
		4	表面に海棲生物遺骸が付着しており、海中に一時期あったことが自明である
		5	古文書等に巨木岩塊の津波による移動が記録されており、現物が特定できる

表 3.10.2 から表 3.10.5 は、各エリアごとにデータ抽出を行った論文の中で、表 3.10.1 に示したどの項目によって津波堆積物であるとの認定が行われているのかをまとめたものである（ただし、B5、D7-11 は除く）。

表 3.10.2 を見ると、エリア 1（北海道）においては、A-12（イベント堆積物の中に上下の堆積物や周辺の地形から推定される平常時の堆積環境では形成され得ない堆積構造、包有物等の内部構造が認められる）、A-1（イベント堆積物下端部に侵食面が認められる）、A-9（イベント堆積物に級化・逆級化構造が認められる）などが主な評価材料として用いられている。

エリア 2（東北・日本海）においては、A-6（イベント堆積物が陸側に細粒化する）、A-5（イベント堆積物が陸側に薄層化する）、A-9（イベント堆積物に級化・逆級化構造が認められる）といった特徴が主な評価材料として用いられている（表 3.10.3）。

エリア 3（南海トラフ）においては、A-8（イベント堆積物の内部に貝殻、礫等が濃集する）、A-9（イベント堆積物に級化・逆級化構造が認められる）、A-1（イベント堆積物下端部に侵食面が認められる）といった特徴が主な評価材料として用いられている（表 3.10.4）。

エリア 4（九州・沖縄）においては、F-4（表面に海棲生物遺骸が付着しており、海中に一時期あったことが自明である）、F-2（供給源が自明であり、海側から陸側への移動が確認できる（転石とは区別できる））、F-1（供給源からの移動距離が台風の高波などでは説明ができない）といった特徴が主な評価材料として用いられている（表 3.10.5）。上記のような各エリアでの津波堆積物の評価に用いられる指標の差異は、地域性によるものや調査者によるものなど複数の理由が考えられ、さらなる検討が必要である。例えば、エリア 1 から 3 においては砂質津波堆積物が主体であり、大分類 A の堆積学的特徴を用いた認定が主であるものの、エリア 4 においては、この地域における津波堆積物の報告例が津波石に偏っているため、大分類 F を活用した認定例が多くなっていると考えられる。こうした地域性や調査者の特性などを規格化することができれば、津波堆積物の認定基準を統一的な方法で行うための判断材料となると考えられる。

表 3.10.2 エリア 1 の評価項目別該当数. 評価の有無は, 評価に○があるものは「○」, ○はないが×があるものは「×あり」, -のみまたは評価なしのものは「-」とした.

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
A-1	79	0	115	○
A-2	1	0	193	○
A-3	0	0	194	-
A-4	0	0	194	-
A-5	57	0	137	○
A-6	3	0	191	○
A-7	1	0	193	○
A-8	0	0	194	-
A-9	77	0	117	○
A-10	39	0	155	○
A-11	3	0	191	○
A-12	192	0	2	○
A-13	1	0	193	○
A-14	2	0	192	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
B-1	42	0	152	○
B-2	1	0	193	○
B-3	0	0	194	-
B-4	0	0	194	-

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
C-1	0	0	194	-
C-2	0	0	194	-
C-3	11	0	183	○
C-4	0	0	194	-
C-5	0	0	194	-
C-6	0	0	194	-
C-7	0	0	194	-

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
D-1	0	0	194	-
D-2	0	0	194	-
D-3	0	0	194	-
D-4	0	0	194	-
D-5	0	0	194	-
D-6	0	0	194	-

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
E-1	0	0	193	-
E-2	0	0	193	-

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
F-1	0	0	0	-
F-2	0	0	0	-
F-3	0	0	0	-
F-4	0	0	0	-
F-5	0	0	0	-

表 3.10.3 エリア 2 の評価項目別該当数. 評価の有無は, 評価に○があるものは「○」, ○はないが×があるものは「×あり」, -のみまたは評価なしのものは「-」とした.

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
A-1	123	247	510	○
A-2	1	369	510	○
A-3	2	502	376	○
A-4	7	805	68	○
A-5	380	498	2	○
A-6	385	493	2	○
A-7	20	860	0	○
A-8	228	652	0	○
A-9	367	473	40	○
A-10	126	735	19	○
A-11	88	791	1	○
A-12	61	309	510	○
A-13	36	333	511	○
A-14	60	820	0	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
B-1	20	187	0	○
B-2	7	200	0	○
B-3	64	136	2	○
B-4	116	83	0	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
C-1	30	143	0	○
C-2	80	93	0	○
C-3	19	154	0	○
C-4	1	172	0	○
C-5	0	173	0	×あり
C-6	54	119	0	○
C-7	0	167	0	×あり

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
D-1	73	21	0	○
D-2	0	94	0	×あり
D-3	0	94	0	×あり
D-4	0	94	0	×あり
D-5	0	94	0	×あり
D-6	21	73	0	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
E-1	93	9	0	○
E-2	0	102	0	×あり

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
F-1	1	1	0	○
F-2	2	0	0	○
F-3	1	1	0	○
F-4	1	1	0	○
F-5	1	1	0	○

表 3.10.4 エリア 3 の評価項目別該当数. 評価の有無は, 評価に○があるものは「○」, ○はないが×があるものは「×あり」, -のみまたは評価なしのものは「-」とした.

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
A-1	207	4	0	○
A-2	87	0	0	○
A-3	2	0	0	○
A-4	0	0	0	-
A-5	20	0	0	○
A-6	26	0	0	○
A-7	176	59	0	○
A-8	347	107	0	○
A-9	216	0	0	○
A-10	59	0	0	○
A-11	2	0	0	○
A-12	0	0	0	-
A-13	0	0	0	-
A-14	14	22	0	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
B-1	0	2	0	×あり
B-2	149	182	0	○
B-3	0	0	0	-
B-4	0	0	0	-

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
C-1	1	0	0	○
C-2	20	1	0	○
C-3	4	0	0	○
C-4	0	0	0	-
C-5	0	0	0	-
C-6	0	0	0	-
C-7	2	0	0	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
D-1	3	4	0	○
D-2	0	0	0	-
D-3	0	9	0	×あり
D-4	0	0	0	-
D-5	0	0	0	-
D-6	0	1	0	×あり

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
E-1	0	0	0	-
E-2	0	0	0	-

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
F-1	0	0	0	-
F-2	0	0	0	-
F-3	0	0	0	-
F-4	0	0	0	-
F-5	0	0	0	-

表 3.10.5 エリア 4 の評価項目別該当数. 評価の有無は, 評価に○があるものは「○」, ○はないが×があるものは「×あり」, -のみまたは評価なしのものは「-」とした.

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
A-1	0	11	19	×あり
A-2	5	11	14	○
A-3	2	11	17	○
A-4	0	11	19	×あり
A-5	1	1	28	○
A-6	0	1	29	×あり
A-7	11	1	18	○
A-8	19	1	10	○
A-9	1	11	18	○
A-10	1	11	18	○
A-11	0	11	19	×あり
A-12	4	11	15	○
A-13	2	11	17	○
A-14	3	13	14	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
B-1	0	15	15	×あり
B-2	18	3	9	○
B-3	0	15	15	×あり
B-4	5	3	13	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
C-1	10	3	17	○
C-2	11	3	16	○
C-3	17	3	10	○
C-4	0	13	17	×あり
C-5	0	13	17	×あり
C-6	0	13	17	×あり
C-7	2	1	13	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
D-1	0	13	17	×あり
D-2	0	13	17	×あり
D-3	0	13	17	×あり
D-4	0	13	17	×あり
D-5	0	13	17	×あり
D-6	1	1	14	○

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
E-1	1	17	12	○
E-2	0	17	13	×あり

評価項目	評価数			評価の有無
	○	×	-	
F-1	104	207	79	○
F-2	316	20	54	○
F-3	13	346	31	○
F-4	363	5	22	○
F-5	17	359	14	○

4. 年代測定精度の高度化

4.1. はじめに

原子力発電所等を対象とした確率論的津波ハザード評価を実施する上で、津波履歴（及び再来間隔）の把握は極めて重要である。しかし、津波堆積物の年代値は、通常は放射性炭素年代測定法を用いて、津波堆積物を挟んで数試料程度実施されるのみであり、歴史記録との対比が困難な場合が多々存在する。実際に、西暦 869 年貞観津波堆積物についても、上位の十和田 a 火山灰（西暦 915 年）が年代基準に用いられているものの、放射性炭素年代測定法を用いて年代を特定した事例は極めて少ない。本研究では、既往もしくは新たに仙台平野または三陸地方で採取する掘削試料を用いて、貝化石、葉や種子や木の幹等由来の埋蔵炭化物、および全有機炭素の諸試料について高解像度で年代測定を実施し、測定試料による年代値のずれを評価するとともに、統計的に津波発生年代を推定する手法の開発を行った。

4.2. 年代測定用試料の選定方法の検討

津波堆積物の形成年代をより高精度に推定するため、「岩沼」「石巻（鮫ノ浦）」「野田村」「七ヶ浜」「仙台」「南相馬」の各地点より採取された年代測定試料を用いた。「七ヶ浜」を除く各地点の試料は「土壌試料」であり、「七ヶ浜」サイトの試料は、貝化石及び炭化木であった。

今回、提供された試料の大多数が土壌試料であり、その他の種類の年代試料が得られた箇所はわずかであった。そこで、本業務では「岩沼」サイトの全有機炭素の多点数分析とその他のサイトの津波堆積物近傍の全有機炭素分析、さらに試料種の違いによる特徴を把握するために「七ヶ浜」サイトでは「貝」試料と「炭化木」試料の相互測定を行うこととした。

「岩沼」サイトは、考古学発掘のための約 15m×3m×2m のトレンチであり、横方向に 15m にわたり慶長津波(年代を入れる)由来と考えられる津波堆積物を追うことができる。このトレンチの横方向 15m にわたる津波堆積物層は下部の泥炭層との境界が明瞭に確認できている箇所もある一方で、下部層との境界がやや不明瞭になる部分もあり、津波堆積物の年代測定試料の様々な産状を同一トレンチ内で比較できる。本受託研究業務の目的の一つに全有機炭素試料の津波堆積層年代推定への利用可能性の検証が含まれている。この津波堆積物層の下部は前述の通り泥炭層であり、泥炭層は植物遺体の分解が不活発な環境であるため、生物遺体の土壌化に伴う擾乱を非常に受けにくい環境である。したがって、全有機炭素（TOC）を放射性炭素年代測定に供するのが最も適した試料であるかどうかについて確認することができる可能性がある。本年度は岩沼サイトで採取された高分解能試料測定により、TOC 試料の津波堆積層年代推定の有効性の検証を主眼に置いた分析を行った。

4.3. 年代測定作業

放射性炭素年代測定は、東京大学大気海洋研究所のシングルステージ型加速器質量分析装置 (YS-AMS) を用いて実施した。年代測定試料の前処理法は、貝試料においては Yokoyama *et al.* (2007)、有機物試料においては Miyairi *et al.* (2004) に準じた方法で行った。総測定点数は 71 点であり、うち全有機炭素 (TOC) 試料 63 点、貝試料 7 点、炭化物試料 1 点である。

加速器質量分析計を用いて測定された放射性炭素年代値を暦年較正ソフト OxCal ver3.10 (Ramsey, 1995) を用いて暦年較正を行った。暦年較正曲線は、全有機炭素試料及び炭化木試料については IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) を、貝試料については Marine13 (Reimer *et al.*, 2013) を用いた。貝試料のローカルリザーバー補正值には Yoneda *et al.* (2007) による津軽暖流の補正值 34 ± 42 を用いた。

4.4. 歴史津波との対比

今年度の放射性炭素分析においては「岩沼」サイトで、地質観察結果から、主要な歴史津波である慶長津波(年代を入れる)と推定される層準に着目をして分析を行った。

・全有機炭素の年代測定値の活用可能性

今回、岩沼トレンチサイトの年代測定において慶長津波層直下の TOC 試料は以下の試料 No.1-1, 2-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1, 9-1, 10-1, 13-1, 14-1 の計 10 点である。図 4.1a および図 4.1b に岩沼サイトの暦年較正プロット図を示す。慶長地震は 445 calBP の地震である。No.1-1, 6-1, 7-1, 10-1, 13-1, 14-1 の 6 試料では暦年較正放射性炭素年代値は 445 calBP を含み、他の 4 試料は慶長よりもやや古い値を示すことが明らかになった。このことは津波堆積物直下の泥炭層を測定試料としていることと整合的である。津波堆積物はその堆積時に基盤となる堆積層を削る場合がある。その削剥の影響を受けた箇所は表層の堆積物が流失してしまったために慶長年間より年代値が古くなり、削剥されなかった層の年代値は慶長年間を示すことが考えられる。試料 5-1 などでは津波堆積物下層の泥炭層との境界が明瞭でなく津波による削剥の可能性を示唆している。今回、岩沼サイトの年代測定により、TOC 試料を用いた慶長津波堆積物の同定に成功した。泥炭質の試料では、「有機炭素(TOC)の年代測定値の活用可能性」があることが確認された。

- ・七ヶ浜サイトにおける年代測定試料種による違いの検討

七ヶ浜サイトでは、貝試料と炭化物試料が採取された。これらの試料を用いて、年代測定に用いる試料種が異なった場合の影響について検討を行った。図 4.2 に七ヶ浜サイトの暦年較正プロット図を示す。炭化木試料では若い年代を示すのに対し、貝試料の年代は系統的に古い年代を示した。貝試料では、大気とのガス交換の時間差により生まれる海水の古い炭素の影響により、放射性炭素年代値が系統的に古くなることが知られ、それは海洋リザーバー効果と呼ばれている。今回は海洋リザーバー効果の地域補正值として Yoneda et al. (2007) による津軽暖流の補正值を用いている。しかし東北地域では、貝の生育時に親潮起源の非常に古い海水の影響を受けた可能性もあり、東北地域で貝試料を年代測定試料とする際の難しさがあることも明らかとなった。

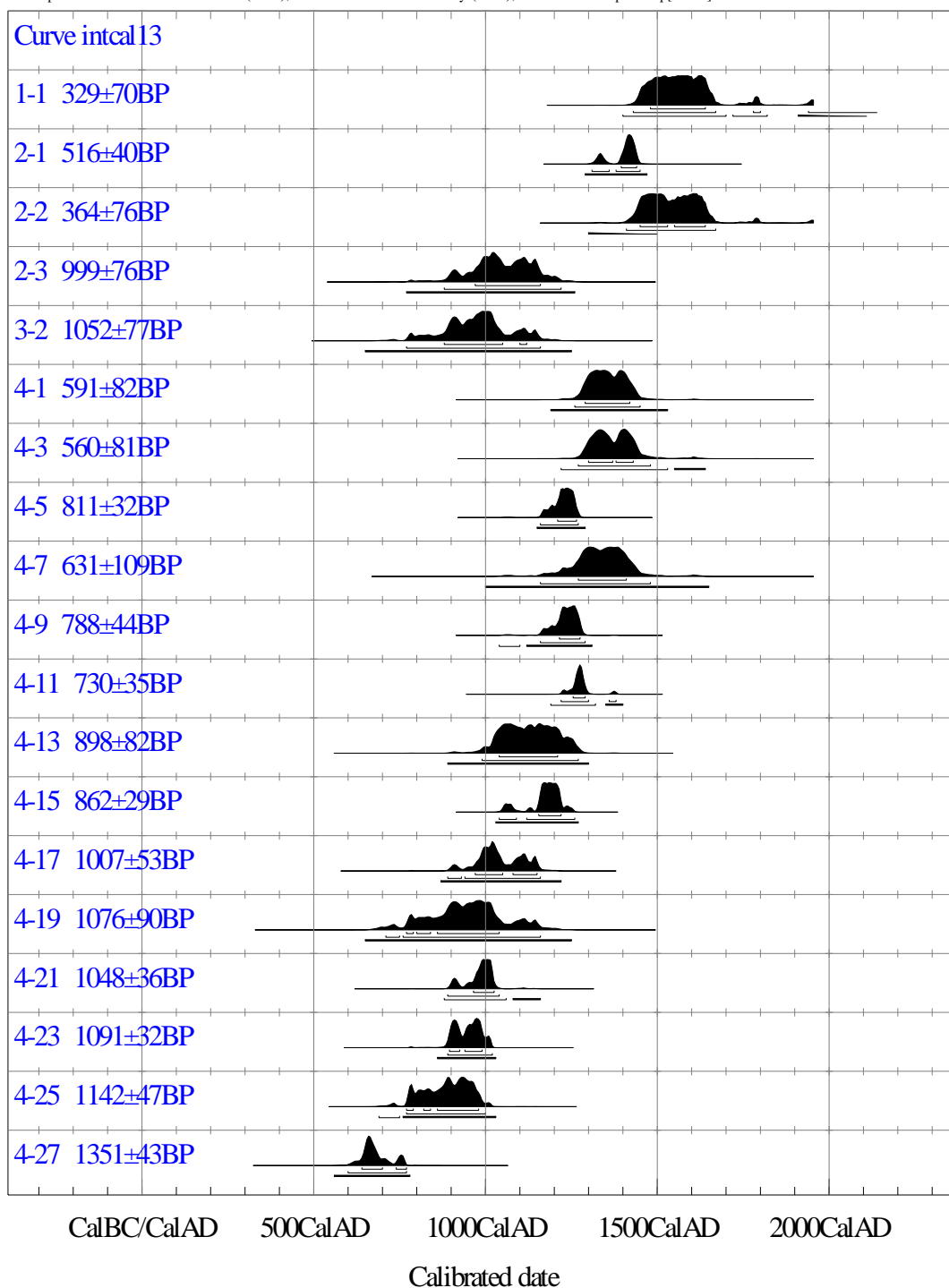


図 4.1a 岩沼サイト暦年較正プロット図

Atmospheric data from Reimer et al (2013);OxCal v3.10 Bronk Ramsey (2005); cub r:5 sd:123 prob usp[chron]

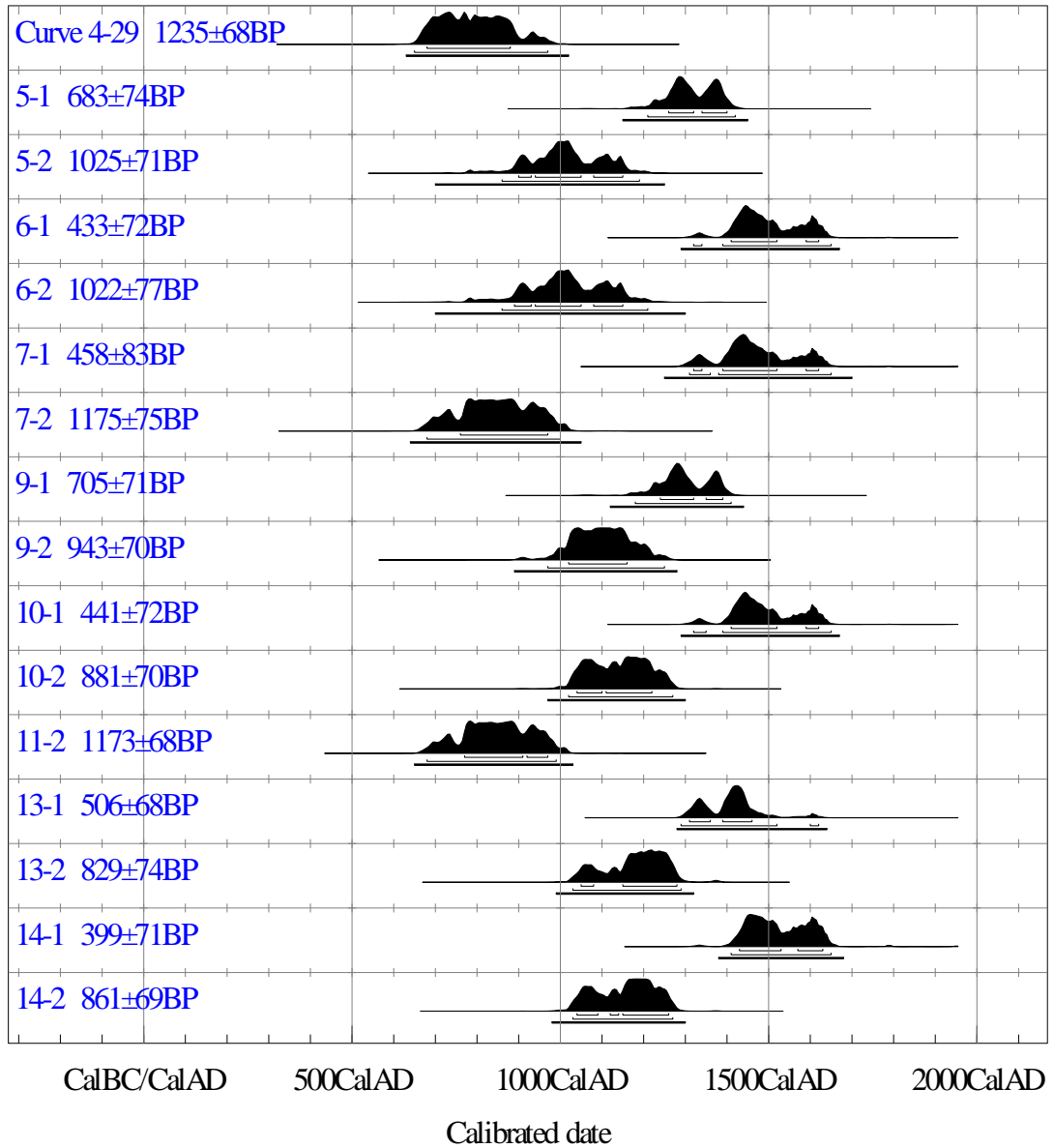


図 4.1b 岩沼サイト暦年較正プロット図 (続き)

Atmospheric data from Reimer et al (2013); OxCal v3.10 Bronk Ramsey (2005); cub r:5 sd:123 prob usp[chron]

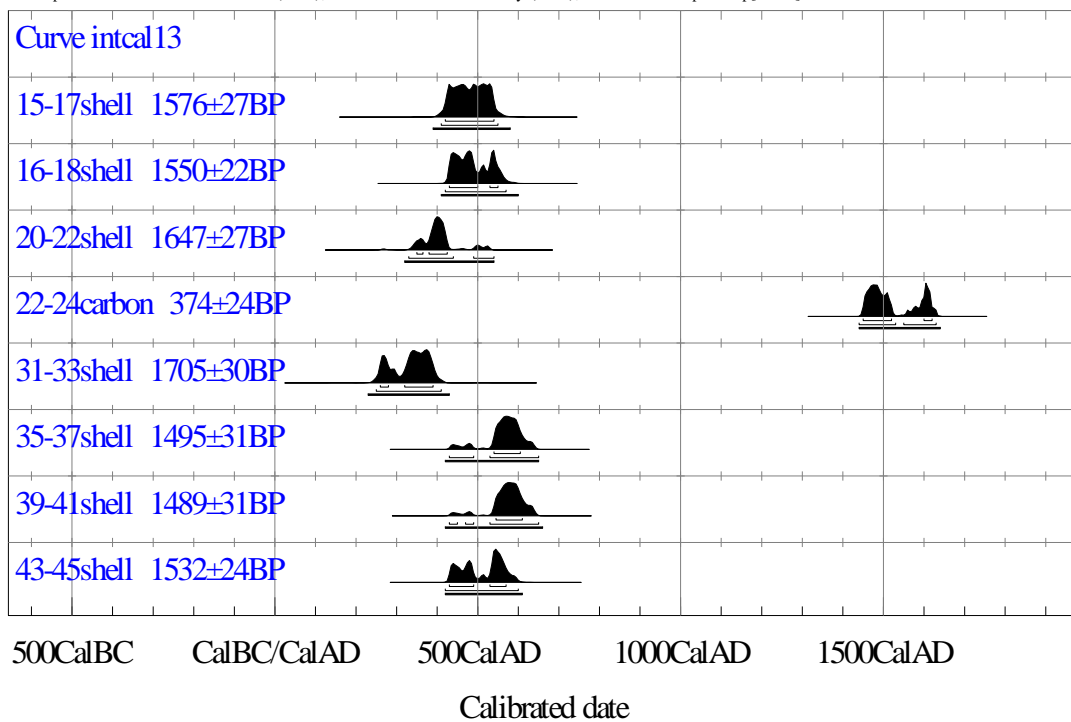


図 4.2 セヶ浜サイト暦年較正プロット図

引用文献

- Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Matsuzaki, H., and Tsunomori, F. (2007). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Vol. 259, Issue 1, Pages 330-334
- Miyairi, Y., Yoshida, K., Miyazaki, Y., Matsuzaki, H., and Kaneoka, I. (2004). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Vol. 223-224, Pages 555-559
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., and van der Plicht, J. (2013). *Radiocarbon*, Vol 55, No 4, 1869-1887
- Bronk Ramsey C. (1995) *Radiocarbon*, Vol.37, No 2, 425-430
- Yoneda, M., Uno, H., Shibata, Y., Suzuki, R., Kumamoto, Y., Yoshida, K., Sasaki, T., Suzuki, A., and Kawahata, H. (2007). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Vol. 259, Issue 1, Pages 432-437

5. 津波堆積物データベースシステムの整備

5.1. はじめに

津波堆積物に関するデータを、基準津波の策定に係る審査や確率論的ハザード評価などの原子力発電所等の安全評価に有効活用するために、文献調査に基づいた津波堆積物データの調査・検証、津波堆積物の認定基準の作成並びに津波堆積物データベースシステムの整備を行った。特に、本システムは、原子力安全基盤機構及び東北大学により整備されてきた津波痕跡データベースとの互換性を持つよう開発した。

- 「津波堆積物データベース」のシステム設計書に基づき、津波堆積物データベースを新たに整備した。
- 地図やデータベース検索部分等のインターフェイス部分については、連携する別システム「津波痕跡データベース」と統一したデザインレイアウトとした。
- 地図機能については、電子国土 Web システム（標準地図）など、「津波痕跡データベース」と同等のものとし、導入するサーバ環境についても同一の環境とした。また、津波情報は直接連携する機能を有するものとした。
- 登録者サイトの構築を対象とした。

5.2. システム仕様確認

原子力安全基盤機構より貸与を受けたシステム設計書を基に、改めて詳細な項目や機能について協議・確認した。なお、実装する機能などの詳細については、表 5.1 のとおりとした。

表 5.1 整備機能一覧

区分	項目	内容	実施の有無
システム管理	ユーザ管理	ユーザ情報を登録・変更・削除する機能 →既存津波痕跡 DB の機能を利用	—
データ管理	堆積物文献データ管理	堆積物文献データをシステム画面から入力・登録, 更新, 削除する機能	○
	堆積物文献データ一括処理	Excel 入力シートに入力された堆積物文献データを一括登録, 更新, 削除する機能	
	調査データ管理	調査データをシステム画面から入力・登録, 更新, 削除する機能	○
	調査データ一括処理	Excel 入力シートに入力された調査データを一括登録, 更新, 削除する機能	
	ボーリングデータ管理	ボーリングデータをシステム画面から入力・登録, 更新, 削除する機能	○
	ボーリングデータ一括処理	Excel 入力シートに入力されたボーリングデータを一括登録, 更新, 削除する機能	
	堆積物データ管理	堆積物データをシステム画面から入力・登録, 更新, 削除する機能	○
	堆積物データ一括処理	Excel 入力シートに入力された堆積物データを一括登録, 更新, 削除する機能	
	信頼度設定	登録データに対して信頼度を設定する機能	
	公開/非公開設定	登録データを公開/非公開設定する機能	
	データ操作履歴閲覧	過去のデータ操作履歴内容を閲覧・確認できる機能	
データ閲覧	位置情報閲覧	GIS を利用してボーリング位置等を閲覧できる機能	○※1
	位置⇔ボーリング情報連携閲覧	地図位置⇔ボーリング情報の連携閲覧できる機能	○※1
	堆積物文献データ検索	堆積物文献データ項目に対して検索・抽出できる機能	○※1
	堆積物文献データ閲覧(詳細)	対象堆積物文献データの詳細を閲覧できる機能	○※1
	堆積物文献データ一覧ダウンロード	堆積物文献データ一覧を CSV としてダウンロードできる機能	○※1
	調査データ検索	調査データ項目に対して検索・抽出できる機能	○※1
	調査データ閲覧(詳細)	対象調査データの詳細を閲覧できる機能	○※1
	調査データ一覧ダウンロード	調査データ一覧を CSV としてダウンロードできる機能	○※1
	ボーリングデータ検索	ボーリングデータ項目に対して検索・抽出できる機能	○※1

区分	項目	内容	実施の有無
	ボーリングデータ閲覧 (詳細)	対象ボーリングデータの詳細を閲覧できる機能	○※1
	ボーリングデータ一覧 ダウンロード	ボーリングデータ一覧を CSV としてダウンロードできる機能	○※1
	堆積物データ検索	堆積物データ項目に対して検索・抽出できる機能	○※1
	堆積物データ閲覧 (詳細)	対象堆積物データの詳細を閲覧できる機能	○※1
	堆積物データ一覧 ダウンロード	堆積物データ一覧を CSV としてダウンロードできる機能	○※1

5.3. 年代の追加と検索機能

(1) 年代項目の追加

設計検討では、堆積物の年代について「AD」（西暦）のみであったが、「Cal BP」と「BP」を新たに追加するとともに、それぞれに「誤差」項目も追加した（表 5.2）。

表 5.2 堆積物情報管理テーブルに追加されたフィールド

No	項目名	フィールド名称	データ型	項目内容
1	年代(Cal BP)_下限	min_CalBP	INTEGER	キャリブレーションした BP 年代 キャリブレーションには、半減期の補正と、C 生成量の変動の補正が含まれる。
2	年代(Cal BP)_下限誤差	min_CalBP_err	INTEGER	
3	年代(Cal BP)_上限	max_CalBP	INTEGER	
4	年代(Cal BP)_上限誤差	max_CalBP_err	INTEGER	
5	年代(BP)_下限	min_BP	INTEGER	キャリブレーションをせずに出した年代を、1950 年を基点 (BP 0) とするように換算した年代
6	年代(BP)_下限誤差	min_BP_err	INTEGER	
7	年代(BP)_上限	max_BP	INTEGER	
8	年代(BP)_上限誤差	max_BP_err	INTEGER	
9	年代(AD)_下限	min_AD	INTEGER	Anno Domini = 西暦
10	年代(AD)_下限誤差	min_AD_err	INTEGER	
11	年代(AD)_上限	max_AD	INTEGER	
12	年代(AD)_上限誤差	max_AD_err	INTEGER	

(2) 年代の以前・以後表示

堆積物の年代の中には、上限の値のみ持つ「以前」データと、下限の値を持つ「以後」データが存在する。これらの「以前」「以後」を表現するために、実際には取りえない

値である「-9999」と「9999」を特殊値としてシステム側で処理することで対応した。
年代区分ごとの対応方法は、以下の表の通りである（表 5.3）。

表 5.3 年代の以前・以後表示

No	年代区分	下限	上限	表示
1	AD	-9999	[上限値]	[上限値]以前
2		[下限値]	9999	[下限値]以後
3	Cal BP	-9999	[上限値]	[上限値]以後
4	BP	[下限値]	9999	[下限値]以前

(3) 年代による検索機能

前項の年代項目追加に伴い、検索機能についても年代の種類の種類指定や誤差を含めた検索を可能とする。また「AD」と「Cal BP」は、「Cal BP = 1950 - AD」として自動変換して検索を実行可能とした（表 5.4）。

表 5.4 AD 検索具体例

番号	AD 表示	AD 値	判定式	参考: Cal BP 換算表示
①	2000年(±5)以後	下限: 2000(±5) 上限: 9999	$9999 \geq 2000-5, 2000-5 \leq 2000+5: \text{True}$ $9999 \geq 1990-5, 2000-5 \leq 1990+5: \text{True}$ $9999 \geq 1985-5, 2000-5 \leq 1985+5: \text{False}$	-50年(±5)以降
②	2000年(±5)以前	下限: -9999 上限: 2000(±5)	$2000+5 \geq 2000-5, -9999 \leq 2000+5: \text{True}$ $2000+5 \geq 2010-5, -9999 \leq 2010+5: \text{True}$ $2000+5 \geq 2015-5, -9999 \leq 2015+5: \text{False}$	-50年(±5)以前
③	1990年(±5) - 2010年(±5)	下限: 1990(±5) 上限: 2010(±5)	$2010+5 \geq 2000-5, 1990-5 \leq 2000+5: \text{True}$ $2010+5 \geq 1990-5, 1990-5 \leq 1990+5: \text{True}$ $2010+5 \geq 1950-5, 1990-5 \leq 1950+5: \text{False}$	-60年(±5) - -40年(±5)

※ 「表示＝時間の概念」に引っ張られると AD と Cal BP, BP は逆にすべきであると考えがちであるが、単純にデータとして比較・検索する場合には、大小関係が同じ項目（下限値<上限値）に対する1つの基準（＝検索値）の検索となるため、条件は同じとなる。逆となるのは、格納されている値を表示（以前、以後）するときである。よって、入力画面におけるチェックにおいて「下限値＋下限値誤差 < 上限値－上限値誤差」が必要である。

5.4. システムテスト

システム設計書に基づき、システム全体テストチェックリストを作成してシステム動作確認を行い、正常動作を確認した。なお、バグが確認された場合には速やかに修正すると同時に、類似処理箇所でも同様のバグがないか確認した。チェック内容は、以下の通りである。

(1) 地図機能

地図機能のシステム動作テストとして、以下の機能項目についてチェックを行い、正常動作を確認した（表 5.5）。

表 5.5 地図機能テスト項目

No	チェック内容	確認	備考
1-1	起動時に地図が正常に表示されるか	OK	
1-2	拡大・縮小・移動の基本機能が正常に動作するか	OK	
1-3	指定縮尺で正常に表示されるか	OK	
1-4	全域表示に正常に戻れるか	OK	
1-5	印刷機能が正常に動作するか	OK	
1-6	住所検索で指定住所箇所が正常に表示されるか	OK	
1-7	ツールチップが正常に表示されるか	OK	
1-8	索引図が正常に動作するか	OK	
1-9	レイヤの表示/非表示が正常に動作するか	OK	
1-10	凡例が正常に展開表示されるか	OK	
1-11	検索・抽出表示機能が正常に動作するか	OK	
1-12	地図上検索からボーリング一覧が正常に表示されるか	OK	

(2) 津波堆積物情報管理機能

津波堆積物情報管理機能のシステム動作テストとして、以下の機能項目についてチェックを行い、正常動作を確認した（表 5.6）。

表 5.6 津波堆積物情報管理機能テスト項目

No	チェック内容	確認	備考
2-1	堆積物文献情報が正常に検索・一覧表示できるか	OK	
2-2	堆積物文献情報が正常に検索・CSV 出力できるか	OK	
2-3	堆積物文献情報の詳細が正常に表示できるか	OK	
2-4	堆積物文献情報に関連付く調査情報が正常に一覧表示できるか	OK	
2-5	堆積物文献情報に関連付くボーリング情報が正常に一覧表示できるか	OK	
2-6	堆積物文献情報に関連付く堆積物情報が正常に一覧表示できるか	OK	
2-7	堆積物文献情報に関連付くボーリング位置が正常に地図上に表示されるか	OK	複数選択でも可能か
2-8	堆積物文献情報が正常に追加できるか	OK	
2-9	堆積物文献情報が正常に更新できるか	OK	
2-10	堆積物文献情報が正常に削除できるか	OK	
2-11	調査情報が正常に検索・一覧表示できるか	OK	
2-12	調査情報が正常に検索・CSV 出力できるか	OK	
2-13	調査情報の詳細が正常に表示できるか	OK	
2-14	調査情報に関連付く堆積物文献情報詳細が正常に表示できるか	OK	
2-15	調査情報に関連付くボーリング情報が正常に一覧表示できるか	OK	
2-16	調査情報に関連付く堆積物情報が正常に一覧表示できるか	OK	
2-17	調査情報に関連付くボーリング位置が正常に地図上に表示されるか	OK	複数選択でも可能か
2-18	調査情報が正常に追加できるか	OK	
2-19	調査情報が正常に更新できるか	OK	
2-20	調査情報が正常に削除できるか	OK	
2-21	ボーリング情報が正常に検索・一覧表示できるか	OK	
2-22	ボーリング情報が正常に検索・CSV 出力できるか	OK	
2-23	ボーリング情報の詳細が正常に表示できるか	OK	
2-24	堆積物評価一覧が正常に表示されるか	OK	
2-25	ボーリング情報に関連付く堆積物文献情報詳細が正常に表示できるか	OK	
2-26	ボーリング情報に関連付く調査情報が正常に表示できるか	OK	
2-27	ボーリング情報に関連付く堆積物情報が正常に一覧表示できるか	OK	

No	チェック内容	確認	備考
2-28	ボーリング情報の位置が正常に地図上に表示されるか	OK	複数選択でも可能か
2-29	ボーリング情報が正常に追加できるか	OK	
2-30	ボーリング情報が正常に更新できるか	OK	
2-31	ボーリング情報が正常に削除できるか	OK	
2-32	堆積物情報が正常に検索・一覧表示できるか	OK	
2-33	堆積物情報が正常に検索・CSV出力できるか	OK	
2-34	堆積物情報の詳細が正常に表示できるか	OK	
2-36	堆積物情報に関連付く堆積物文献情報詳細が正常に表示できるか	OK	
2-37	堆積物情報に関連付くボーリング情報が正常に表示できるか	OK	
2-38	堆積物情報に関連付く堆積物評価情報が正常に表示できるか	OK	
2-39	堆積物情報に関連付くボーリングの堆積物評価情報が正常に一覧表示できるか	OK	
2-40	堆積物情報に関連付くボーリング位置が正常に地図上に表示されるか	OK	複数選択でも可能か
2-41	堆積物情報が正常に追加できるか	OK	
2-42	堆積物情報が正常に更新できるか	OK	
2-43	堆積物情報が正常に削除できるか	OK	
2-44	堆積物評価情報が正常に編集できるか	OK	

5.5. システム導入及び動作確認

製造・システムテストを経た津波堆積物データベースシステムを、現地環境に導入・調整し、システム動作確認を実施した。今回導入する環境は、既存の津波痕跡データベースシステムと同じサーバを想定しており、既存システムに悪影響を及ぼしていないことも併せて確認した。

システム導入作業

前項までに設計・製造された津波堆積物データベースシステムを、東北大学の津波痕跡データベースが稼働しているサーバに対して導入・設定調整作業を実施した。

作業内容は、以下の通り（表 5.7）。

(1) 導入作業概要

以下の日時において、導入作業を実施した。

表 5.7 導入作業概要

作業日時	平成 26 年 2 月 24 日（月） 10:30 ～ 12:00
作業場所	株式会社パスコ 東京本社内セキュリティ区画から遠隔接続
作業サーバ	Tsunami3
作業者	新藤
作業概要	システムの導入及び動作確認

(2) 導入作業内容

1) プログラムの導入

津波堆積物データベースシステムのプログラムをサーバにコピーし、各種設定を行った。

2) データベースの導入

データベース設計書に基づき、「Tsunami」データベースに津波堆積物データベースを追加した。

追加したデータベーステーブルは、以下の通りである（表 5.8）。

表 5.8 津波堆積物データベーステーブル一覧

No	テーブル名	テーブル内容	説明	備考
1	TBL_SEDIMENT_DOC	堆積物文献情報管理	堆積物情報の基データとなる堆積物文献情報を管理するテーブル	
2	TBL_INVESTIGATE	調査情報管理	堆積物文献情報に関連付いている調査情報詳細を管理するテーブル	
3	TBL_BORING	ボーリング情報管理	調査情報に関連付いているボーリング	

			情報を管理するテーブル	
4	TBL_SEDIMENT	堆積物情報管理	ボーリング情報に関連している堆積物情報を管理するテーブル	
5	TBL_SEDIMENT_JUDGE	堆積物評価管理	堆積物情報に対する評価情報を格納するテーブル	
6	TBL_USER	ユーザ情報管理	システム利用ユーザ情報を管理するテーブル	津波痕跡 DB と共有

(3) 動作確認

システム導入作業後に、「システムテスト」と同様のシステム動作確認を実施し、システムが正常動作することを確認した。

5.6. データ登録支援

前項までに構築した津波堆積物データベースのデータ登録について、システム画面上からもデータ登録は可能であるが、初期データとして登録するデータは件数も多く、また登録機能も実装されるのは工期終盤となりデータ登録が間に合わないことが予想された。

そこで、あらかじめ定めた様式の Excel にデータを入力してもらい、一括してデータベースに直接登録することで、データ登録を支援した。

5.7. 入力シートの作成

津波堆積物データベースのデータを入力するための Excel ファイルを作成した（図 5.1）。Excel ファイルは、データベースのテーブル単位にシートを作成し、Excel の機能である「入力規則」を活用して、コード項目のリスト化やデータ型・サイズの制限などを設定することで、入力作業負担の軽減とデータの品質向上を図った。

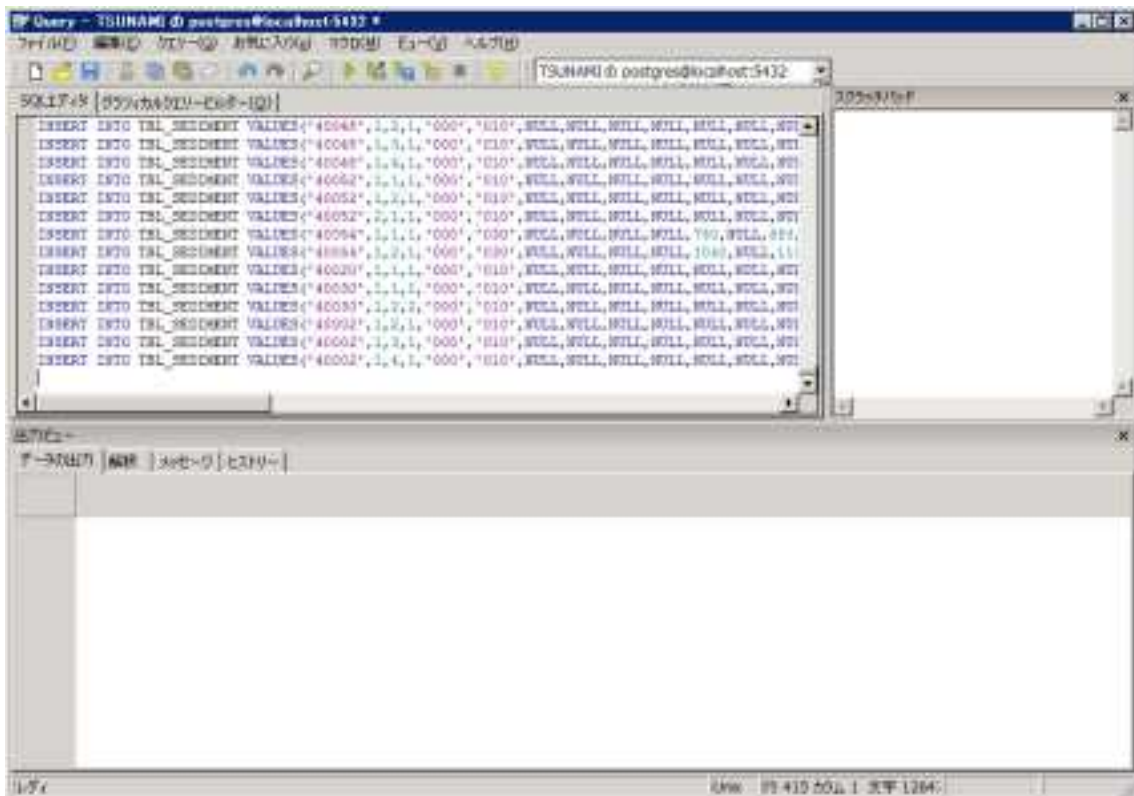


図 5.2 SQL 文イメージ

5.8. データ登録件数

前項で生成した SQL を「Tsunami」データベース上で実行して、津波堆積物データを登録した (図 5.3)。なお、入力されたデータについて、複数件 ID が重複しているデータが存在したが、1 件目を登録して 2 件目以降は登録しない対応とした。

データ登録件数は、以下の通り (表 5.9)。

表 5.9 登録件数一覧

No	テーブル名	テーブル内容	登録件数
1	TBL_SEDIMENT_DOC	堆積物文献情報管理	173
2	TBL_INVESTIGATE	調査情報管理	246
3	TBL_BORING	ボーリング情報管理	1,087
4	TBL_SEDIMENT	堆積物情報管理	2,428
5	TBL_SEDIMENT_JUDGE	堆積物評価管理	3,881

doc_id	investigate_boring_id	subinvest_id	status	genre	min_thickw	min_thickw	min_dept
[PK] character	[PK] integer	[PK] integer	character	character	numeric(3,1)	numeric(3,1)	numeric(3)
2418	4004	4	98	1	900	010	
2417	4004	3	29	1	900	010	
2418	4004	3	42	1	900	010	
2419	4004	3	59	1	900	010	
2420	4004	3	61	1	900	010	
2421	4004	3	86	1	900	010	
2422	4004	3	99	1	900	010	
2423	4004	3	76	1	900	010	
2424	4004	3	86	1	900	010	
2425	4004	4	75	1	900	010	
2426	4004	4	90	1	900	010	
2427	4004	0	83	1	900	010	
2428	30042	1	1	1	900	010	

図 5.3 登録データイメージ

5.9. データの登録

開発したデータベースシステムに、本業務で入力した津波堆積物情報の登録を行った。図 5.4 は、データベースの検索画面である。このように、対象エリアや都道府県、堆積物の年代等の情報で検索を実施することで、津波堆積物の既往文献を検索することができる。一方、図 5.5, 5.6 には地図画面を示す。このように、調査地点を地図上に表示することで視覚的に調査が行われた場所を把握することができるのが特徴である。

同システムは、先行して整備が進められている津波痕跡データベースとの親和性が高く、将来的には歴史記録と地質記録を同時に表示できるよう整備していく必要がある。



図 5.4 検索画面。

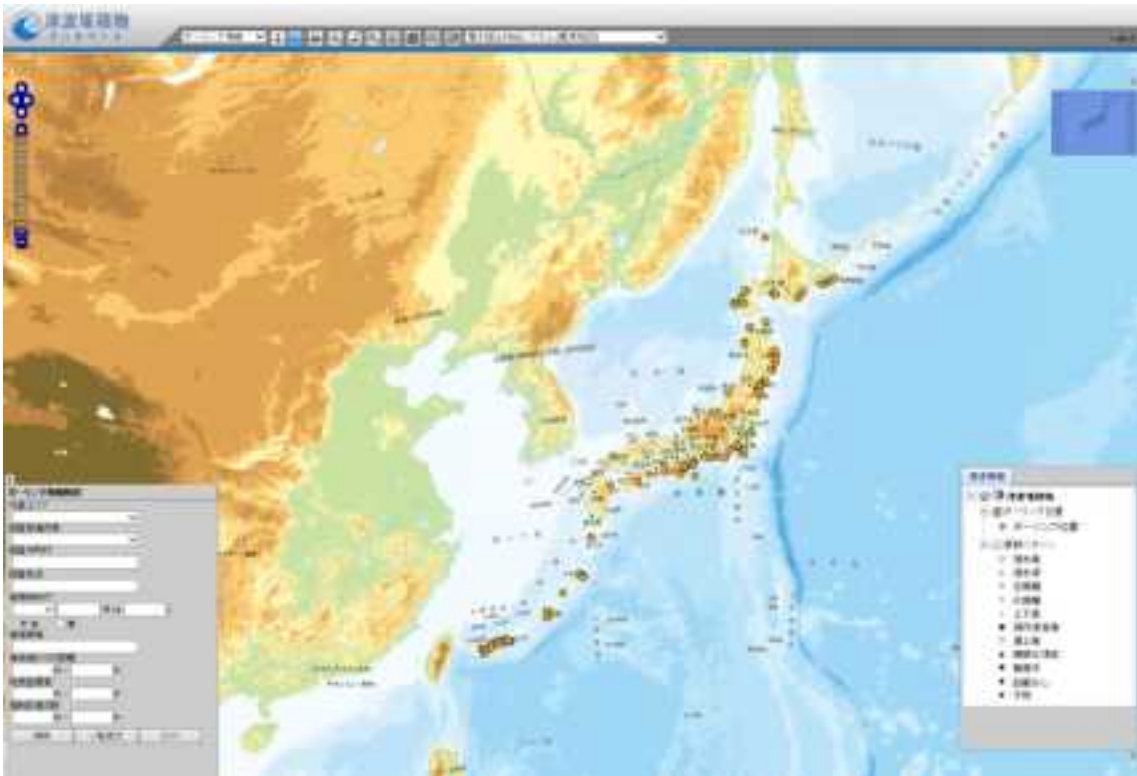


図 5.5 全調査情報を地図上に掲載した様子.

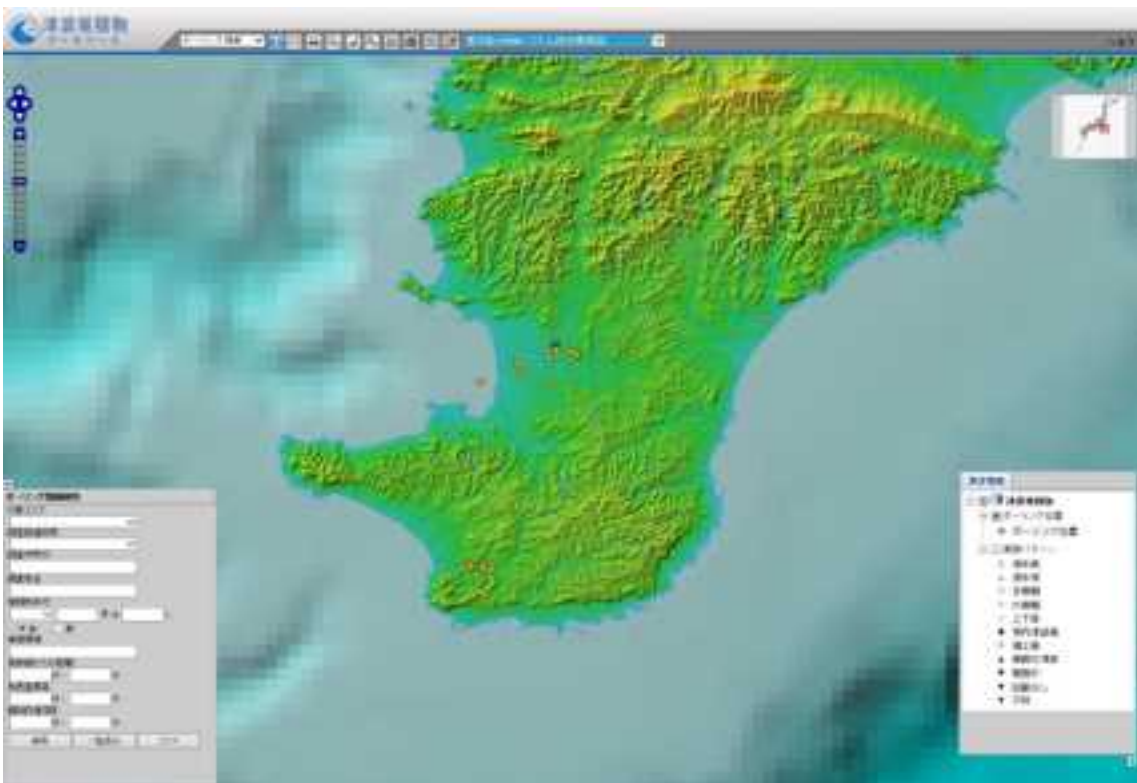


図 5.6 千葉県房総半島先端部を拡大した様子.

6. 成果の要点

(1) 津波堆積物に係るデータベース化及び認定基準の整備

a) 文献に基づく津波堆積物に係るデータの調査・検証

既往文献の入手，データ抽出を行い，本業務で作成したデータ入力シートへの登録を行った．登録文献数は，173 件である．その結果を統計的にあるいは GIS 上で解析した．また，先行して津波堆積物データベースが作成されているニュージーランドにおいて現地視察を行い，データベース作成にあたり課題と留意点を把握した．

b) 津波堆積物の認定基準の整備

本業務で行った調査または既往調査により取得された試料を用いて，堆積学的，古生物学的，地球化学的分析を行った．そして，各手法の有効性や限界について検討を行い，津波堆積物の認定基準の整備を行った．また，年代測定の高度化に関する検討を行った．その結果，全有機炭素であっても数多く測定を行うことで，歴史時代の津波の年代などを推定する上で有効であることがわかった．

(2) 津波堆積物のデータベースシステムの整備

データベースシステムの整備を行った．そして，本業務で入力したデータをシステムに登録し，検索等の動作に不具合が無いことを確認した．

(3) 業務報告書の作成

本報告書が業務報告書に該当する．

学術講演会や学術論文等における公表

今年度は学術講演会や学術論文等への公表は行わなかったが、下記の講演を来年度2014年4月28日(月)～5月2日(金)に神奈川県 パシフィコ横浜において開催される「日本地球惑星科学連合2014年大会」にて行う予定である。

岩手県野田村における津波堆積物調査結果に基づく三陸地方北部の津波履歴の検討
後藤和久, 飯嶋耕崇, 西村裕一, 菅原大助, 横山祐典, 宮入陽介, 沢田近子, 中村有吾

宮城県石巻市鮫浦における現世および古津波堆積物とその形成過程
菅原大助, 西村裕一, 後藤和久, **Jame Goff, Bruce Jaffe, Bruce Richmond, Catherine Chagué-Goff, Witold Szczuciński**, 横山祐典, 宮入陽介, 沢田近子