

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
平成26年度実装活動報告書

研究開発成果実装支援プログラム

「津波堆積物の地球化学的判別による沿岸地域のリスク評価と  
社会的影響の予測」

採択年度 平成24年度

実装責任者氏名 土屋範芳

(東北大学大学院環境科学研究科・教授)

## 1. 概要

津波堆積物の化学判別手法の改良・標準化を目的とし、名取・岩沼、亶理エリアにおいて合計9本のジオスライサー試料(全長2mの連続した土壌堆積物)の分析を進め、歴史津波(津波堆積物)と津波由来でない堆積物の識別を試みた。

津波イベント層を特定するマーカーとなる火山灰層(年代が既にわかっている堆積層: 仙台平野の場合には915年の十和田a層が良好なタイムマーカーとなる)を同定し、それを指標に貞観津波の識別を行った。さらに、本実装活動による化学分析データの蓄積により、地球化学的津波堆積物の識別ダイヤグラムの改良を進めた。十和田火山灰層から判断される貞観津波堆積物の化学特性、ならびに2011年の東日本大震災の泥質津波堆積物の化学特性を統計処理して、新たな津波堆積物の化学識別ダイヤグラムと化学指標を提案した。これらのダイヤグラムや指標を用いて、貞観津波以外の歴史津波の識別を行うと共に、今年度の試料から、泥質堆積物中に津波由来の層を識別することができた。従来、歴史津波は砂層のみが同定されていたが、津波堆積物の化学的特性を利用することで、泥質の歴史津波堆積物の同定に成功した。

また、阿武隈川周辺における放射性物質の定点観測継続に加え、天然環境におけるバックグラウンド指標として高地火山湖沼である蔵王御釜周辺の水質調査を開始した。特に、蔵王御釜において相対的に高い放射性ヨウ素同位体比が観測され、人為由来放射性ヨウ素同位体の影響が高地にまで及んでいる可能性が示唆された。

地学雑誌(東京地学協会)に、特集号「津波堆積物の地球化学と環境科学」(総ページ789-948)を企画し、平成26年12月25日に発行した。この特集号は口絵、巻頭言ならびに総説1、オリジナル論文8編から成っている。この特集号には2011年の東日本大震災以外の静岡平野での津波堆積物研究結果も掲載されている。この特集号により、従来の津波堆積物研究に地球化学的視点と環境科学的な社会実装の視点を組み込んだ新しい研究スキームを社会に示すことができた。企業、省庁、大学、研究所等の方々から、多くの価値ある御意見をいただいている。加えて、国際ワークショップ(Water Dynamics-12: 2015 3/9-12)の主催、国内・国外の学会やシンポジウムでの発表、および論文執筆を行い、情報公開を進めている。

最終年度は、この化学的特性による津波堆積物の識別方法の確度を高めて社会実装に結びつけたい。

## 2. 実装活動の具体的内容

仙台平野を中心にジオスライサーを用いて、深度1m内外の土壌試料を採取し、水分量、化学組成等をほぼ1cm刻みに測定した。Fig. 1にHS2（若林区荒井）試料、HS3（若林区荒井）試料の結果を示す。このジオスライサー試料では、いずれも915年の十和田a火山灰層（Fig. 1の柱状図の△印で示した薄層）が認められ、この十和田a火山灰層の下位にある砂層（柱状図の赤丸印：深度88cm～108cm）は869年の貞観津波堆積物と推定

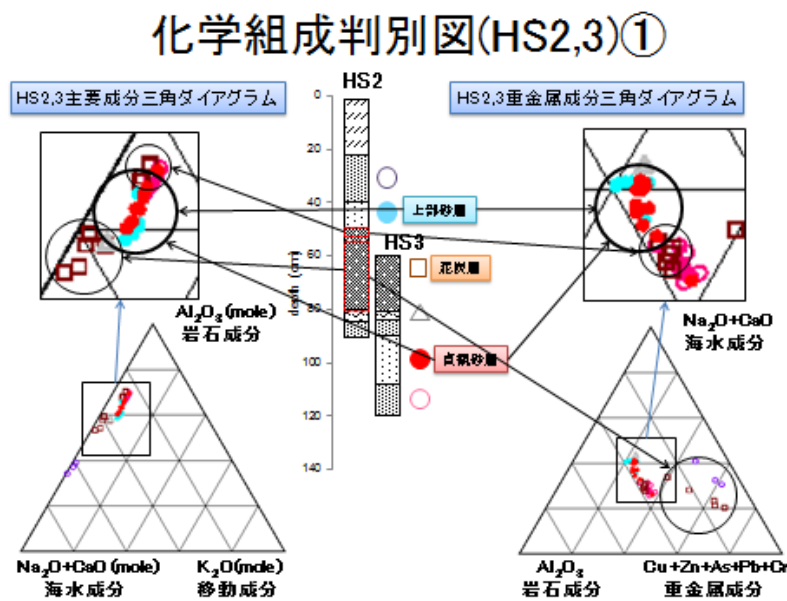


Fig. 1 化学判別図（主要元素と重金属：HS2およびHS3）

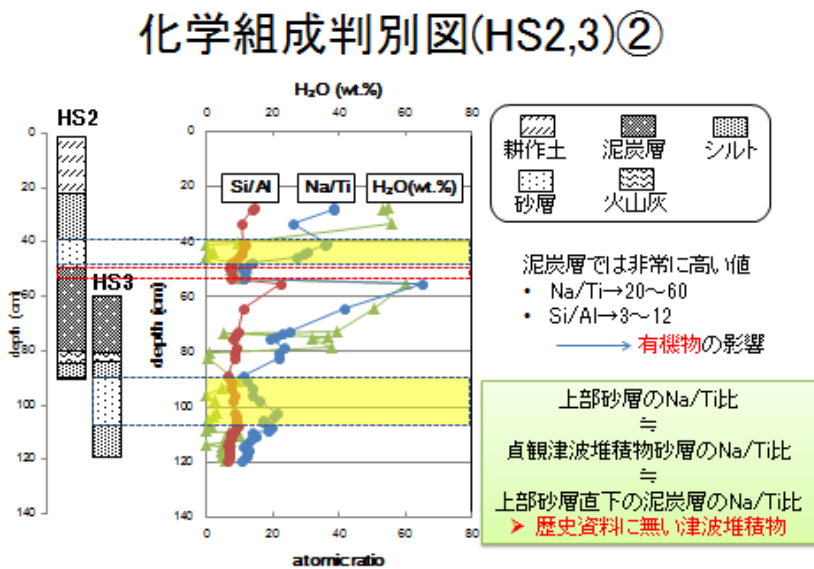


Fig. 2 化学判別図（Na/Ti：HS2およびHS3）

することができる。この貞観津波堆積物の蛍光X線分析による化学組成分析結果に基づいて、津波堆積物試料の地球化学的特徴を表現するダイアグラムを作成した（Fig. 1）。化学組成判別図①左では、Na+Ca・Al・Kによる三角図、化学組成判別図①右では、Na+Ca・Al・重金属成分（Cu+Zn+As+Pb+Cr）を頂点にとった三角図を示す。この三角図では、3つの頂点の成分平均値が三角図の重心に来るように調整している。また、Fig. 2の化学判別図②では、Si/Al、Na/TiならびにH<sub>2</sub>O含有量の変化を示す。このうち、Na/Ti比は、貞観津波堆積物では12以上の値を示し、津波堆積物の特徴を示す指標として有

## 化学組成判別図(HS2,3とHS7)①

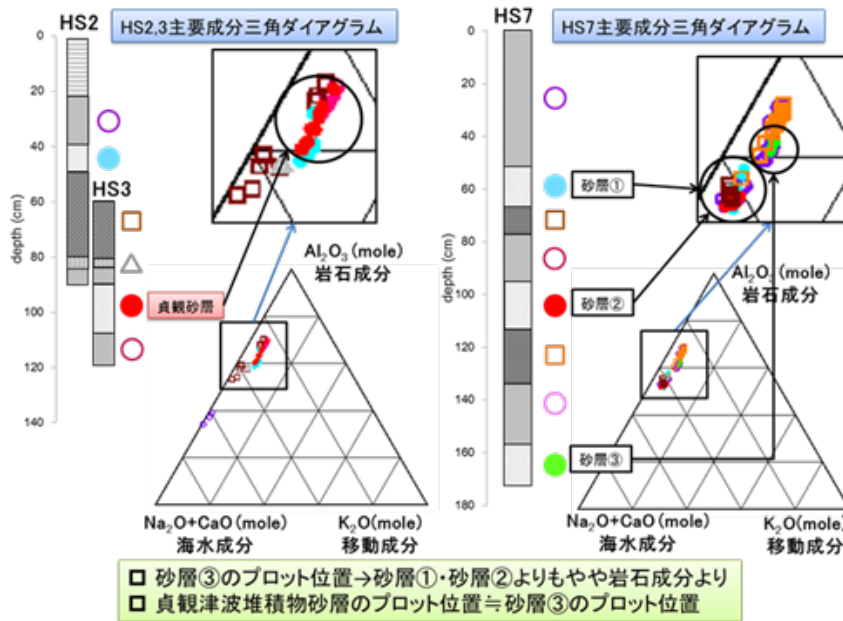


Fig. 3 化学判別図 (主要元素 : HS7)

## 化学組成判別図(HS2,3とHS7)②

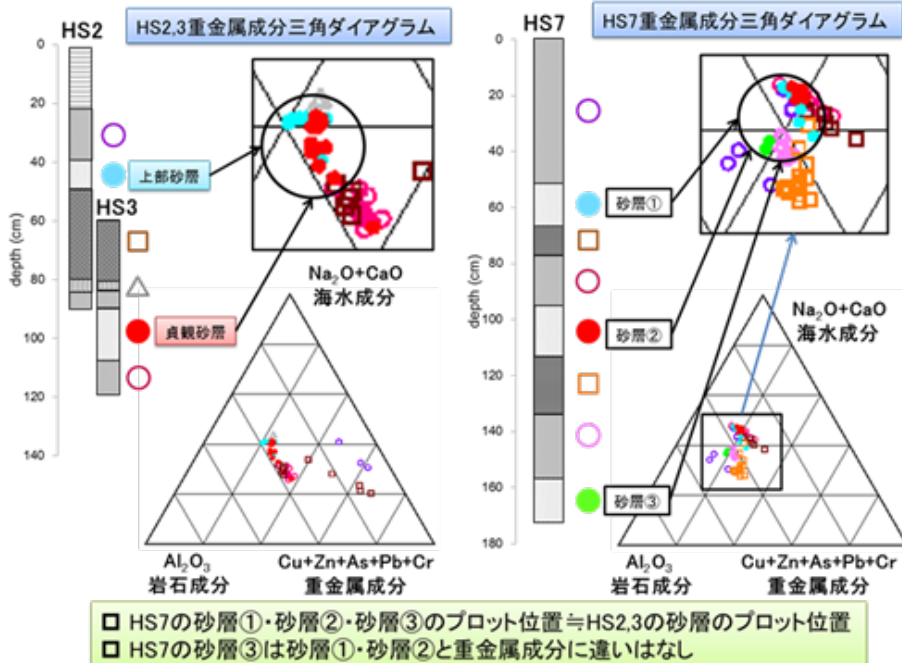


Fig. 4 化学判別図 (重金属元素 : HS7)

効である。

HS2ジオスライサー試料の十和田a火山灰層の上位にある砂層(深度40~50cm)は、真観津波堆積物と類似の地球化学的特徴を有している。このことから、この砂層は、津波堆積物と識別することができる。

一方、HS6試

料(亶理町内陸部)・HS7試料(亶理町沿岸部)のジオスライサー試料では、十和田a火山灰層を見いだすことができなかった。つまり、仙台平野であっても必ずしも常に十和田火山灰層を見いだすことはできない。

これらのジオスライサー試料には3つの砂層が認められるが

(HS7 : Fig. 3の

砂層①, ②, ③), 十和田火山灰層などのタイムマーカーがないため今までの方法では、津波堆積物の認定ができない。しかしながら、HS2とHS3の真観津波堆積物の地球化学

### 化学組成判別図(HS2,3とHS7)③

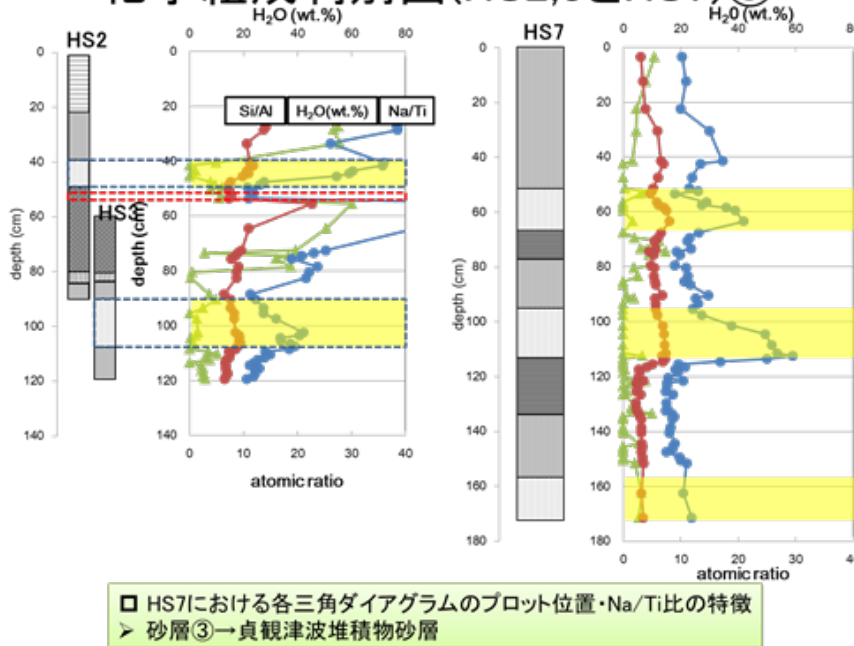


Fig. 5 化学判別図 (Na/Ti : HS7)

### 化学組成判別図(HS2,3とHS6)①

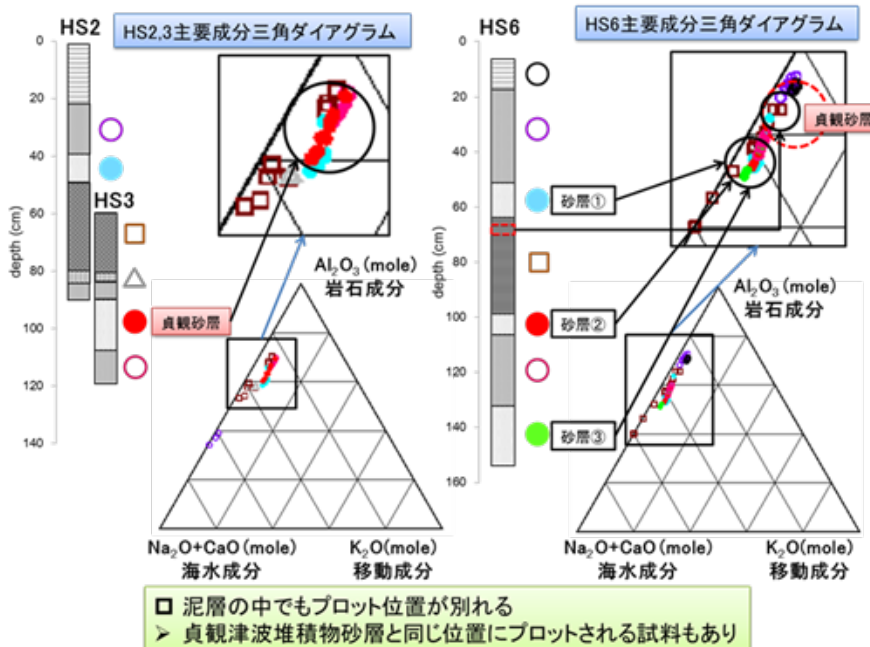


Fig. 6 化学判別図 (主要元素 : HS6)

的特徴と比較することにより、新たに津波堆積物を識別することができる。

Fig. 3にHS7試料のNa+Ca・Al・Kによる三角図を示す。HS7の砂層③は貞観津波堆積物とほぼ同様な位置にプロットされている。砂層①と②は、貞観津波堆積物よりもNa+Ca成分に富む方向にプロットされ、貞観津波堆積物とはやや異なっている。

Fig. 4には、HS7のNa+Ca・Al・重金属成分 (Cu+Zn+As+Pb+Cr) 三角図を示す。このプロットでは3つ砂層とも貞観津波堆積物とほぼ同じ位置にプロットされている。Fig. 5にはNa/Ti比の変化を示す。砂層①、②では、Na/Ti比が著しく高くなっている。この2つの砂層に比べると砂層③の変化は

## 化学組成判別図(HS2,3とHS6)②

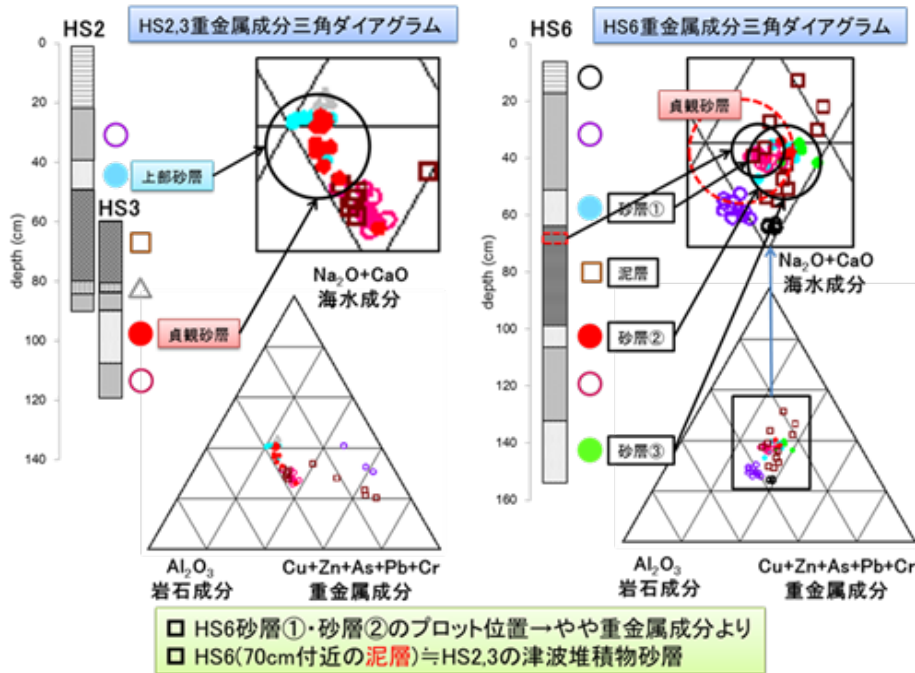


Fig. 7 化学判別図 (重金属元素 : HS6)

## 化学組成判別図(HS2,3とHS6)③

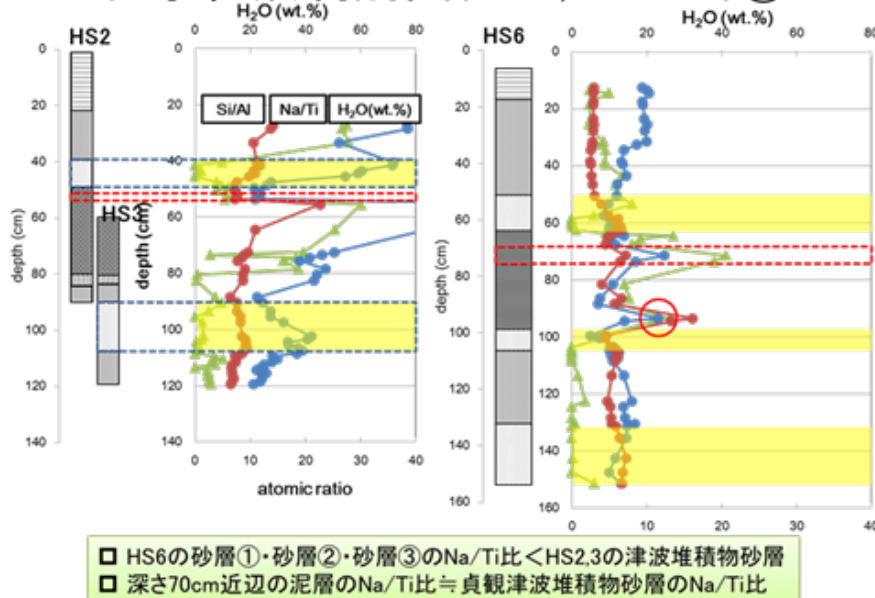


Fig. 8 化学判別図 (Na/Ti : HS6)

異なる位置にプロットされる. この結果は, これらの砂層を津波堆積物と認定する根拠が希薄であることを示している. さらに, Fig. 8にはHS6のNa/Ti比を示す. 3つの砂層いずれ

緩慢だが, Na/Ti比の絶対値自体は12~13で, Fig. 1に示したHS2やHS3の貞観津波堆積物のNa/Ti比とはほぼ同様な値を示している. これらの結果を総合すると, HS7ジオスライサー試料では, 最下部の砂層③は津波堆積物と推定することができる.

Fig. 6と7にHS6ジオスライサー試料の結果を示す. Fig.6はNa+Ca・Al・Kによる三角図, Fig. 7はNa+Ca・Al・重金属成分 (Cu+Zn+As+Pb+Cr)の三角図である. これらの結果から, HS6の観察される3つの砂層は, 2つの三角図の両方で, 貞観津波堆積物とは異なる

サンプル番号	層	三角ダイアグラム		Na/Ti比
		主要成分	重金属成分	
HS2,3	貞観津波堆積物砂層	基準位置	基準位置	10~20
	上部砂層	○	○	10~30
	上部砂層直下の泥炭層	○	○	12~13
HS7	砂層①	×	○	10~20
	砂層②	×	○	10~30
	砂層③	○	○	12~13
HS6	砂層①	×	○	≤5
	砂層②	×	○	≤5
	砂層③	×	×	≤5
	深さ70cm付近の泥層	○	○	12~13



Fig. 9 津波堆積物の地球化学的判別総括表

もこの値が5以下であり、Fig.1に示した貞観津波堆積物の値（10~12以上）より低い値となっている。これらの結果を総合すると、HS6に認められる3つの砂層は津波堆積物と認定することはできない。HS6の3つの砂層では津波堆積物と認定できる地球化学的特徴は見いだすことができなかったが、Fig. 8では、深度70cm付近の泥質層に、Na/Ti比が12~13を示す層が局所的に認められる。Fig. 7にはこの泥質層の分析値を三角図にプロットしているが、両方の三角図で、貞観津波堆積物とほぼ同様な位置にプロットされる。これらのことから、HS6に認められる深度70cm付近の泥質層は、津波堆積物の可能性が高い。すなわち、HS6ジオスライサー試料では、砂層でなく、泥質層に津波堆積物の化学的特徴を示す相を見いだすことができた。

Fig. 9にはこれらの認定結果をまとめた表を示す。

HS6試料の採取地点はHS7試料採取地点から内陸に向かったより海岸から遠い位置にある。HS7試料の最深部の砂層③、およびHS6試料の深度70cm付近の泥質層は貞観津波堆積物の化学的特徴を示していることから、2つの層は、両方とも貞観津波によって内陸に運ばれた堆積物である可能性が高い。つまり、海岸に近いHS7では砂がたまり、海岸から遠いHS6では、津波による砂は届かず、泥のみが堆積した可能性が高い。

いままでの貞観津波堆積物の認定は、砂層だけに限られていたが、本研究によって、泥質津波堆積物の認定が初めて可能となり、このことは、Fig. 9下図に示すように、より内陸部への津波浸入を評価することができることを示している。

最終年度はこれらの結果の確度を高め、歴史津波の評価と浸水エリアの評価につなげていきたい。

### 3. 理解普及のための活動とその成果

#### (1) 展示会への出展等

年月日	名称	場所	概要	ステークホルダー	社会的インパクト
平成26年10月18日	危機管理産業展	東京ビックサイト	貞観津波堆積物の地球化学特徴のまとめ、土壌試料との比較と津波堆積物の判別	一般	のべ150人

#### (2) 研修会、講習会、観察会、懇談会、シンポジウム等

年月日	名称	場所	概要	ステークホルダー	社会的インパクト
2014 3.10-16	11 <sup>th</sup> International Workshop on WATER DYNAMICS	東北大学 片平キャンパス さくらホール	流体と岩石の相互作用に関する総合的国際ワークショップ (津波堆積物の地球化学に関する初めての国際ワークショップ)	国内外研究者、学生	国内外150人
2015 3.7-3.12	12 <sup>th</sup> International Workshop on WATER DYNAMICS	東北大学 片平キャンパス さくらホール	流体と岩石の相互作用に関する総合的国際ワークショップ (津波堆積物の地球化学的心胆に関する情報交換)	国内外研究者、学生	国内外150人(予測)

#### (3) 新聞報道、TV放映、ラジオ報道、雑誌掲載等

##### ① 雑誌掲載

「津波堆積物の地球化学と環境科学」.[地学雑誌,123(6),(2014),793-796]土屋範芳, 小川 泰正、渡邊 隆広、佐野 修 (津波堆積物の地球化学と環境科学 特集号 巻頭言) この特集号の発行は社会実装上、大きな役割を果たしている。  
(報告書末に表紙写真)

土屋範芳, 東日本大震災から三年—津波堆積物研究—. [學士會会報,(905),(2014),49-56]



(4) 論文発表 (国内誌 5 件、国際誌 1 件)

Machine-learning techniques for geochemical discrimination of 2011 Tohoku tsunami deposits.[Scientific Reports,4,(2014),7077-1-7077-6]T. Kuwatani, K. Nagata, M. Okada, T. Watanabe, Y. Ogawa, T. Komai, N. Tsuchiya  
10.1038/srep07077 **Nature誌グループのweb版**

仙台平野における歴史津波堆積物の放射性炭素年代測定—連続土壌堆積物試料HSシリーズの堆積年代(予察的分析)—.[地学雑誌,123(6),(2014),904-922]渡邊 隆広、細田憲弘、中村 俊夫、平野 伸夫、岡本 敦、奈良 郁子、東北大学歴史津波調査グループ

東北地方太平洋沖地震による岩手、宮城、福島県沿岸域における津波堆積物の供給源—TOC/TC比および安定硫黄同位体を指標として—.[地学雑誌,123(6),(2014),871-882]奈良 郁子、渡邊 隆広、掛川 武、山崎 慎一、井上千弘

三陸海岸ならびに仙台平野における東北地方太平洋沖地震に起因した津波堆積物中のヒ素ならびに重金属類の起源.[地学雑誌,123(6),(2014),854-870]山田 亮一、渡邊隆広

東北地方太平洋沖地震により発生した津波堆積物中のヒ素および重金属の海水溶出試験.[地学雑誌,123(6),(2014),835-853]渡邊 隆広、山崎 慎一、山田 亮一、平野伸夫、岡本 敦、奈良 郁子、東北地方津波堆積物研究グループ

津波堆積物の海水溶出試験とヒ素の分析.[ぶんせき,2014(10),(2014),578-581]土屋範芳、山崎慎一、渡邊隆弘

(5) WEBサイトによる情報公開

(6) 口頭発表 (国際学会発表及び主要な国内学会発表)

① 口頭講演 (国内会議 2 件、国際会議 1 件)

細田憲弘(東北大・環境科学)、渡邊隆弘(東北大・環境科学)、中村俊夫(名古屋大年代測定総合研究センター)、土屋範芳(東北大・環境科学)、仙台平野における歴史津波堆積物の化学組成と地球化学的判別方法の提案、日本地球惑星連合大会、パシヒコ横浜、平成26年5月2日

細田憲弘(東北大・環境科学)、渡邊隆弘(東北大・環境科学)、中村俊夫(名古屋大年代測

定総合研究センター), 土屋範芳(東北大・環境科学), 仙台平野の歴史津波堆積物の年代測定と地球化学判別手法の開発, 日本地質学会, 鹿児島, 平成26年9月13日

(7) 特許出願

(8) その他特記事項



地学雑誌特集号(2014年12月発行)  
津波堆積物の地球化学と環境科学