

第166回 防災学講座  
2024年9月21日(土)  
◎静岡県地震防災センター

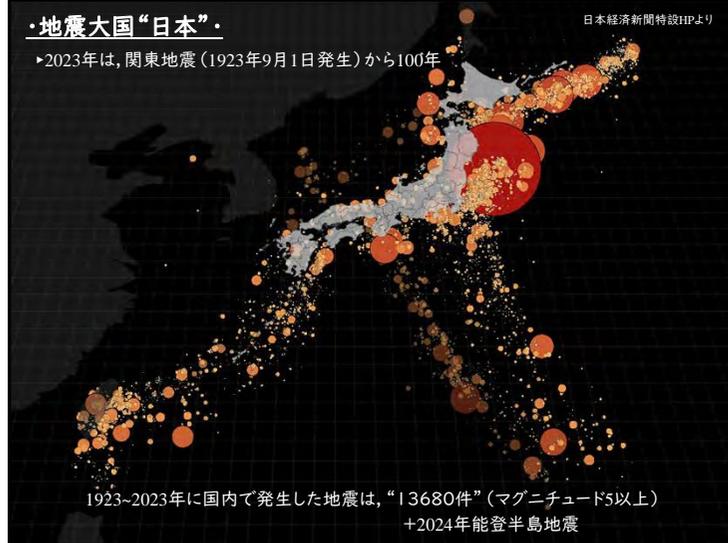
### 海底に記録される地震・津波の記録

東海大学 海洋学部 海洋理工学科  
横山 由香

### ・地震大国“日本”・

日本経済新聞特設HPより

▶2023年は、関東地震(1923年9月1日発生)から100年



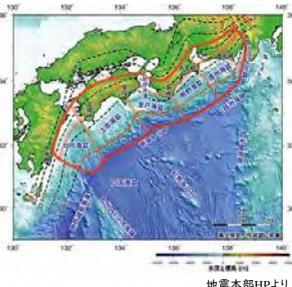
### 日本で起きた自然災害

・20世紀以降(1901年以降)

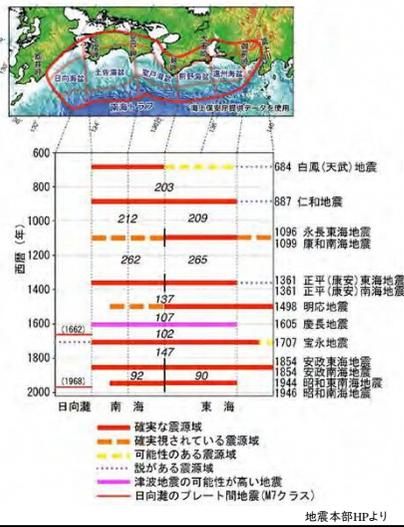
2030年	2022/03/16: 福島沖地震。死者3、負傷248
2021年	2021/08/11~19: 令和3年6月6日の大雨。死者12
	2021/07/03: 熱海市伊豆山地区土石災害。死者27、行方不明5
	2021/02/13: 福島沖地震。死者2、負傷186
	2020/07/03~31: 令和2年7月の豪雨。死者34、行方不明2
	2019/10/31~11: 令和元年台風19号。死者99、行方不明3
	2019/06/05~10: 令和元年豪雨による土砂災害。死者3
	2019/06/26~29: 令和元年6月の台風21号による大雨。死者4
2020年	2018/06/28~08: 平成30年7月の九州北部豪雨。死者237、行方不明8
	2017/07/05~06: 平成29年7月九州北部豪雨。死者37、行方不明2
2011年	2016/04/14: 熊本地震。死者211
	2014/09/27: 伊豆山噴火。死者58、行方不明5
	2014/07/30~26: 平成26年8月の豪雨。死者77
	2013/03/11: 東日本大震災以降の大震災(1901年以降) 新発着
	2011/03/11: 東日本大震災。死者25,935、負傷11,000、行方不明16,250
	2011/03/11: 東日本大震災。死者25,935、負傷11,000、行方不明16,250
2010年	2008/06/14: 岩手・宮城大震災。死者17、行方不明6
	2007/07/16: 新潟県中越地震。死者15
2001年	2004/10/23: 新潟県中越地震。死者68
2000年	1995/01/17: 兵庫県南部地震。死者4,334、行方不明3
	1993/07/12: 北関東西部沖地震。死者202、行方不明28
1991年	1991/06/03: 富士山噴火の火砕流。死者・行方不明43
1990年	1989/11/15: 伊豆大震災。伊豆半島で大震災
	1984/06/14: 長野県中部地震。死者29
	1983/10/03: 三宅島噴火。伊豆諸島で大震災
1981年	1983/05/26: 日本海中部地震。死者104
1980年	1978/06/12: 高知県沖地震。死者28
	1978/04/14: 伊豆大震災。死者23、行方不明2
	1977/08/07: 熊鷹山噴火。北海道で大震災
1971年	1974/05/09: 伊豆大震災。死者30
1970年	1969/06/16: 中部地震。死者・行方不明52
	1964/06/16: 新潟地震。死者29
1961年	

1960年	1960/05/23: 千代田県の大震災。死者142
	1959/09/28: 伊豆半島地震。死者4097、行方不明401
	1958/09/26: 長野県地震。死者888、行方不明381
1951年	1954/09/26: 新潟県地震。死者1361、行方不明400
	1952/03/04: 十勝沖地震。死者148.2、死者28、行方不明5
	1951/10/14: ルース地震。死者572、行方不明371
	1948/09/16: アイオン地震。死者512、行方不明326
	1948/06/28: 新潟地震。死者・行方不明3769
	1947/09/15: 大久保沖地震。死者1077、行方不明83
1950年	1946/12/21: 相模湾東部地震。死者・行方不明443
	1945/09/17: 秋田地震。死者2473、行方不明1283
1941年	1945/01/13: 三河地震。死者1180、行方不明1126
	1944/12/07: 相模湾東部地震。死者90、行方不明1223
	1943/09/10: 駿河地震。死者1083
	1940/08/02: 種子半島沖地震。死者10
1940年	1939/05/01: 伊豆半島地震。死者27
	1934/09/21: 伊豆半島地震。死者702、行方不明334
1931年	1933/03/03: 相模湾東部地震。死者146.1、死者1322、行方不明142
	1931/09/21: 相模湾東部地震。死者16
	1930/11/26: 北伊豆地震。死者・行方不明272
	1929/04/17: 駒ヶ岳噴火。北海道で大震災
	1927/03/07: 北丹後地震。死者325
1930年	1926/05/24: 十勝沖地震。死者・行方不明144
	1925/08/23: 北信濃地震。死者428
1921年	1924/01/15: 日向地震。死者19
	1922/09/01: 大正関東地震。死者・行方不明1053395
	1922/10/28: 奥津島地震。死者26
	1917/11/01: 東武大震災。死者10
	1914/03/15: 秋田山北地震。死者94
1920年	1914/01/12: 磐前噴火。伊豆(徳島)で大震災
1911年	1914/01/12: 磐前噴火。死者29
	1911/06/15: 相模湾東部地震。死者18
	1909/08/14: 伊豆半島地震。死者41
1910年	1905/06/02: 熊鷹山噴火。死者11
1901年	1901/06/09: 熊鷹山噴火。死者18

### 南海・東南海地震



○将来の地震発生の可能性 【上に戻る】  
 地震の規模 : M8~M9クラス  
 地震発生確率 : 30年以内に、70%~80%  
 地震後経過時間 : 0.88 (地震後経過率とは?)  
 平均発生間隔 : 8.8年  
 地震本部HPより



**・記憶に新しい地震・**

2011年東北地方太平洋沖地震津波 (共同通信より)

2018年北海道胆振東部地震 (時事通信より)

2016年熊本地震 (熊本城総合事務所より)

2022年熊本地震 (朝日新聞共同通信より)

**日本で起きた自然災害(余談)**  
意外と遭遇してしまうことも・・・

2016年熊本地震 (熊本城総合事務所より)

2018年北海道胆振東部地震 (共同通信より)

電気がないと、実はトイレもいけない!  
地震の次の日

地震 4日前の熊本城

行列のコンビニ

信号の止まった交差点

**・東北地方太平洋地震・**

・2011年3月11日 14時46分発生

・規模:Mw 9.0 (日本観測史上最大)

・最大震度:7(宮城県栗原市)

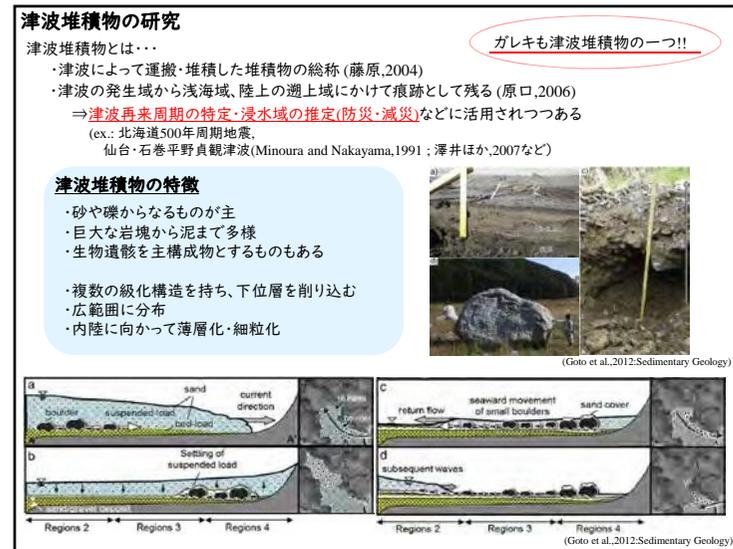
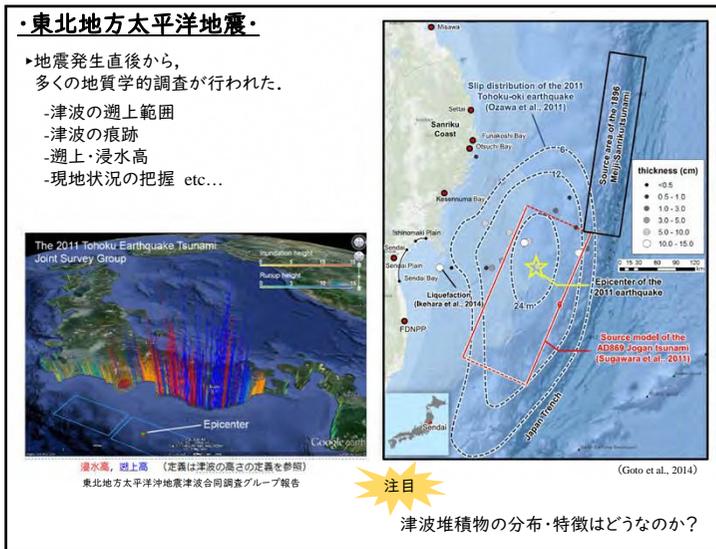
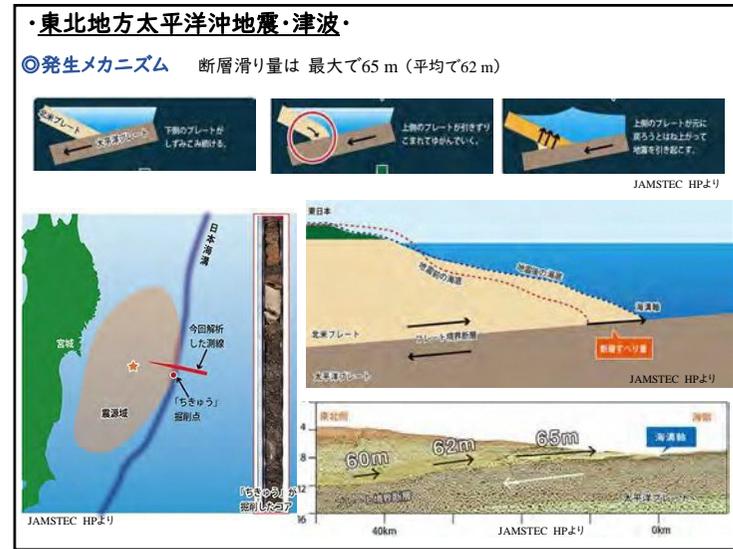
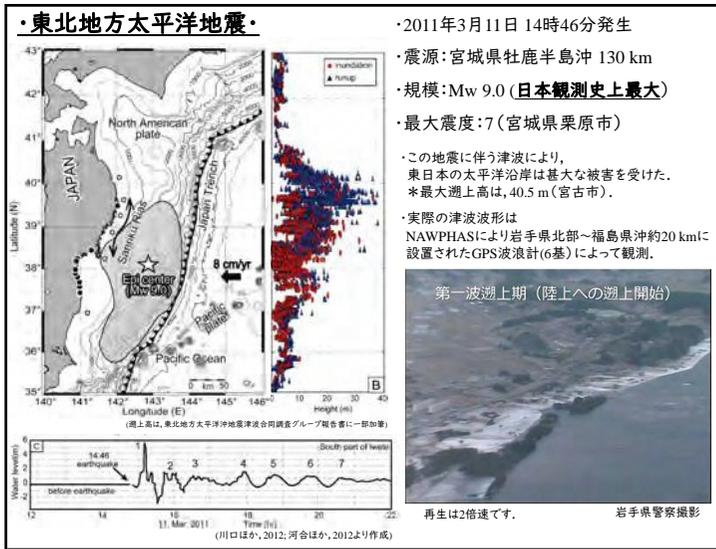
岩沼市への津波の遡上 (共同通信)

**・東北地方太平洋地震・**

1900年以降に発生した地震の規模の大きなもの上位10位

順位	日時 (日本時間)	発生場所	マグニチュード (Mw)
1	1960年5月23日	チリ	9.5
2	1964年3月28日	アラスカ湾	9.2
3	2004年12月26日	インドネシア、スマトラ島北部西方沖	9.1
4	2011年3月11日	日本、三陸沖 [平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震]	9.0
5	1952年11月5日	カムチャッカ半島	9.0
6	2010年2月27日	チリ、マウリ沖	8.8
	1906年2月1日	エクアドル沖	8.8
8	1965年2月4日	アラスカ、アリューシャン列島	8.7
9	2005年3月29日	インドネシア、スマトラ島北部	8.6
	1950年8月15日	チベット、アッサム	8.6
	2012年4月11日	インドネシア、スマトラ島北部西方沖	8.6
	1957年3月9日	アラスカ、アリューシャン列島	8.6

気象庁HPより



・東北地方太平洋沖地震・津波・

◎津波による痕跡—地質記録から— @陸上—

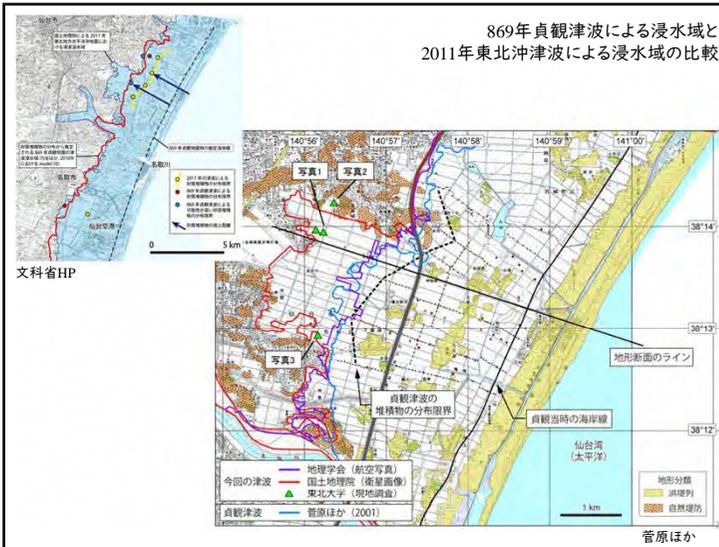
地震直後、東北を中心とする東日本の太平洋沿岸域で、津波痕跡・堆積物に関する陸上調査が行われた。  
 →遡上・浸水高、津波による堆積物の分布状況の把握が行われた。



貞観三陸地震 『日本三代實錄』 卷十六より

(貞観十一年五月) 廿六日癸未。陸奥國地大震動。流光如晝。頃之。人民叫呼。伏不能起。或屋仆壓死。或地裂埋瘞。馬牛駭奔。或相奔踏。城郭倉庫。門櫓墻壁。頽落顛覆。不知其數。海口哮吼。聲似雷響。驚濤涌潮。拆涸漲長。忽至城下。去海數百十里。浩々不舛其涯。原野道路。忽爲滄溟。乘船不遑。登山難及。溺死者千許。資産苗稼。殆無子遺焉。

[現代語訳] (意訳)  
 (貞観11年5月) 26日癸未(みずのとひつじ)の日。陸奥国(むつくに)に大地震があった。夜であるにもかかわらず、空中を閃光が流れ、暗闇はまるで昼のように明るくなったりした。しばらくの間、人々は恐怖のあまり叫び声を発し、地面に伏したまま起き上がることもできなかった。ある者は、家屋が倒壊して圧死し、ある者は、大地が裂けて生き埋めになった。馬や牛は驚いて走り回り、互いを踏みつけ合ったりした。多賀城の城郭、倉庫、門、櫓、垣や壁などは崩れ落ちたり覆(くつがえ)ったりしたが、その数は数え切れないほどであった。河口の海は、雷のような音を立てて吠え狂った。荒れ狂い湧き返る大波は、河を遡(あかのぼ)り膨張して、忽ち城下に達した。海は、数十里乃至(ないし)百里にわたって広々と広がり、どこか地面と海との境だったのか分からない有様であった。原や野や道路は、すべて蒼々とした海に覆われてしまった。船に乗って逃げる暇(いとま)もなく、山に登って避難することもできなかった。溺死する者も千人ほどいた。人々は資産も稲の苗も失い、ほとんど何一つ残るものがなかった。



・東北地方の地震・津波災害史・ 東北地方では、今までも多くの地震・津波被害が発生。

時代区分	和暦	西暦	日付	地震名	死者	規模
平安	貞観	11 869	7月13日	貞観津波	>1000	M8.6
室町	享徳	3 1454		享徳津波		
	慶長	16 1611	12月2日	慶長三陸津波	>1000	M8.1
	元和	2 1616	9月9日	元和津波		M7.0
	延宝	5 1677	4月13日	延宝津波		M8
	貞享	4 1687		貞享津波		
	元禄	2 1689		元禄津波		
	元禄	6 1693		元禄津波		
江戸	享保	15 1730	7月8日	チリ地震津波		
	宝暦	1 1751	5月25日	宝暦津波		
	寛政	5 1793	2月17日	寛政津波		M8
	天保	8 1837	11月7日	天保津波		M8+
	安政	3 1856	8月23日	安政津波		M8
	慶応	3 1867		明治津波		
	明治	27 1894	3月22日	明治津波		M7.9
	明治	29 1896	6月15日	明治津波	>1000	M6.8
	大正	4 1915	11月1日	大正津波		M7.5
	昭和	8 1933	3月3日	昭和三陸津波	>1000	M8.1
	昭和	35 1960	5月22日	チリ地震津波		M8.5
平成	平成	23 2011	3月11日	東北地方太平洋沖地震津波	>1000	M <sub>9</sub> 9.0

渡辺, 1985; Goto et al., 2012より作成

・東北の海はどうか変わった？

**東北マリンサイエンス拠点形成事業**  
海洋生態系の調査研究

**東北MS委員会**  
外部助言者 (試験研究機関、自治体など)  
ニーズの反映

**研究機関 代表者会議**  
東北マリンサイエンス 研究連絡会議

**課題1: 遺構環境の劣化プロセスの解明**  
東北大学 (代表機関) 大学院農学研究科 代表研究者: 木島明博  
プロジェクトリーダー会議 川村

**課題2: 海洋生態系変動メカニズムの解明**  
岩手大学 東京海洋大学  
東京大学 (副代表機関) 大気海洋研究所 代表研究者: 木暮一啓  
プロジェクトリーダー会議 大塚

**課題3: 沖合海底生態系の変動メカニズムの解明**  
東海大学 (副代表機関) 海洋・環境環境生物圏領域 責任者: 北星 洋  
プロジェクトリーダー会議

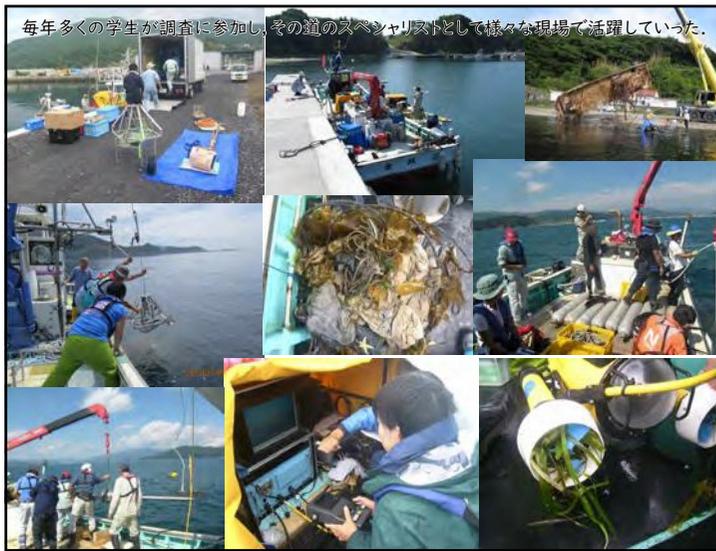
**課題4: 東北マリンサイエンス拠点 データ共有・公開機能の整備運用**

**目的**  
▶2011年東北沖地震津波で、海底にどんな影響があったのか?  
▶海底に地震・津波の痕跡はできる?記録される?

・東海大学の取り組み

**現地調査**  
調査期間: 2012年~2020年にかけて、年2~3回程度現地調査  
調査地域: 主に 岩手県大槌湾, 唐丹湾, 越喜来湾, 大船渡湾, 広田湾, 宮城県女川湾 など  
調査手法:  
- 海底地形調査: Sonic社製ワイドバンドマルチビーム測深器Sonic2024  
- 地層探査: Innomer社製パラメトリック音波探査装置SES2000 compact  
- 表層堆積物試料採取: スミスマッキングタイプ型採泥器  
- コア試料採取: バイブレーションコアラ, ポリカーボネイトチューブ(直径8 cm)使用, 定方位で採取  
- 周辺海浜堆積物採取: ダイバー潜水による, バイブレーションコア

10年間で 377日調査を実施



・海底地形に残る痕跡・まずは地形!

釜石市の南 唐丹湾

釜石湾の南 海奥部に高さ12.3 mの防潮堤 ⇒津波で倒壊

唐丹湾遺構HPより

2012.3.11 2:45:48PM

Videoの日は正しくありません

小白浜漁港 海岸保全施設整備事業

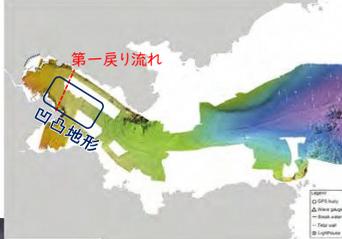
釜石地方振興局水産部

**・海底地形に残る痕跡・**

-津波時の映像から、湾奥部では少なくとも水深約20 mまで海底面が露出

露出域 { 第1戻り流れ:水深約20 mまで  
第2戻り流れ:水深約16 mまで

-地震津波後の海底地形図から、水深15~30 mに特徴的な凹凸地形を確認



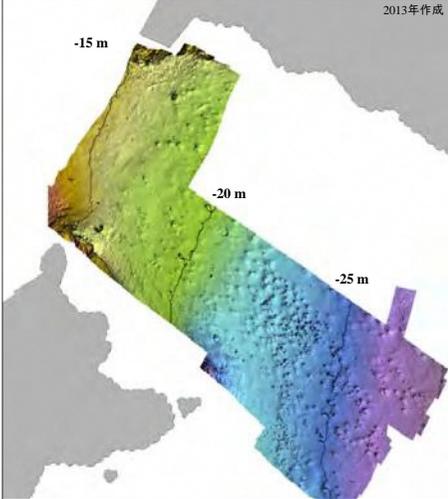
2012年作成



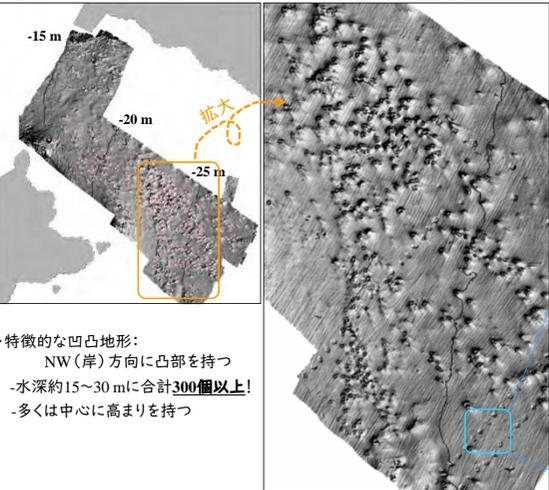
Videoの日は正しくありません

**・海底地形に残る痕跡・**

2013年作成



**・海底地形に残る痕跡・**



津波後に設置された錘の周辺に凹地はない

・特徴的な凹凸地形:  
NW(岸)方向に凸部を持つ  
-水深約15~30 mに合計**300個以上!**  
-多くは中心に高まりを持つ

**・海底地形に残る痕跡・**

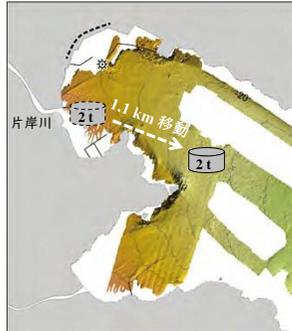
凹凸地形中央の高まりは、水中カメラから**消波ブロック**

⇒形状・サイズから、六脚ブロック  
[参考] 体積:0.859 m<sup>3</sup>, 質量:1.976 t  
⇒元々は、湾奥部片岸川河口にあった



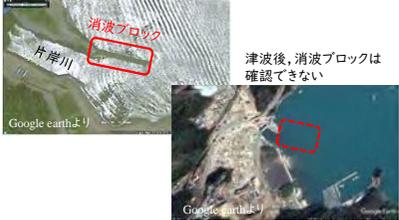
海底回収された六脚ブロック  
ガレキの水中映像(2015年撮影)

津波前後の位置関係から、約2 tの消波ブロックは、約1.1 km移動した!



片岸川 2t 1.1 km 移動 2t

津波後、消波ブロックは確認できない



Google earthより

引き波時には、高密度の流れが発生した可能性!  
海底地形・ブロックは、この後どうなる?

### 津波堆積物の研究

津波堆積物とは・・・

- 津波によって運搬・堆積した堆積物の総称(藤原,2004)
- 津波の発生域から浅海域、陸上の遡上域にかけて痕跡として残る(原口,2006)

⇒津波再来周期の特定・浸水域の推定(防災・減災)などに活用されつつある  
(ex.: 北海道500年周期地震, 仙台・石巻平野貞観津波(Minoura and Nakayama,1991 ; 澤井ほか,2007など)

**津波堆積物の特徴**

- 砂や礫からなるものが主
- 巨大な岩塊から泥まで多様
- 生物遺骸を主構成物とするものもある
- 複数の級化構造を持ち、下位層を削り込む
- 広範囲に分布
- 内陸に向かって薄層化・細粒化



(Goto et al.,2012:Sedimentary Geology)

ガレキも津波堆積物の一つ!!

陸上で津波堆積物が認められる場合は・・・

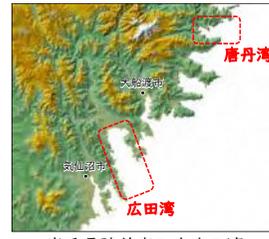
津波発生 → 陸に遡上 → 堆積物の形成 → 堆積物の保存 → 発見!!

(開墾などによる消失)

⇒ 海域こそ、津波堆積物の痕跡を多く記録している可能性

**まずは、海域での津波堆積物の特徴をしっかり把握する!!**

### ・海底の下に眠る津波の記録・



唐丹湾  
大船湾  
岩手県陸前高田市広田湾

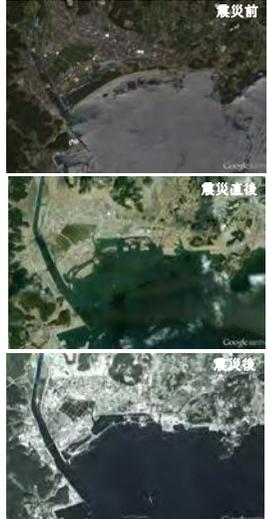



### ・海底の下に眠る津波の記録・



第一波遡上期 (陸上への遡上開始)

再生は2倍速です。 岩手県警察撮影



震災前  
震災直後  
震災後

### ・海底の下に眠る津波の記録・

◎現地情報から、津波時の様子を再現

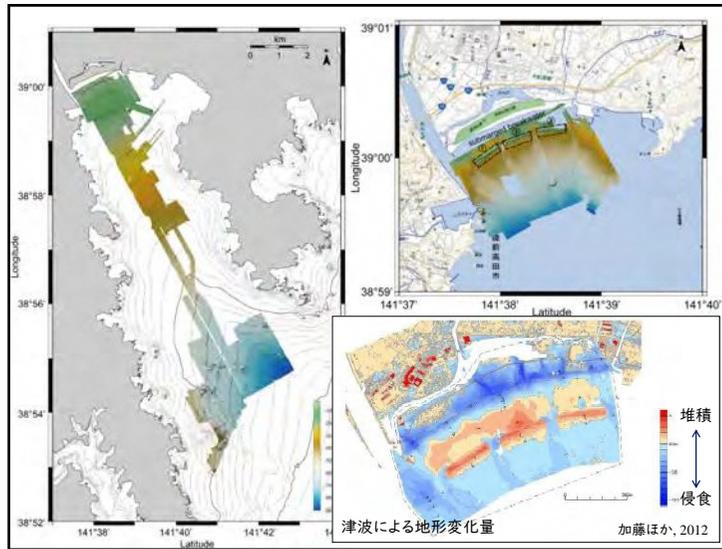


牛山・横幕,2012

津波時の写真・ビデオと防災無線の音声を解析し、津波の遡上の様子や、その際の町の様子をとりまとめている。

災害情報の正確な再現による今後の防災対策に向けた情報提供をおこなう。

時刻	状況
14:56	地震発生。三陸沖、大船湾の大船湾町：震度6弱。
14:59	大津波警報：岩手、宮城、福島
14:59	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県3m、宮城県6m、福島県3m
15:00	気仙大船から海難。船が引き、気仙川河口付近で河床が見える状態。
15:14	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:23	気仙大船から海難。津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:24	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:25	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:26	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:27	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:28	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:29	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:31	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。
15:33	津波情報(予想される津波の高さに関する情報)：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m。



### ・海底の下に眠る津波の記録・

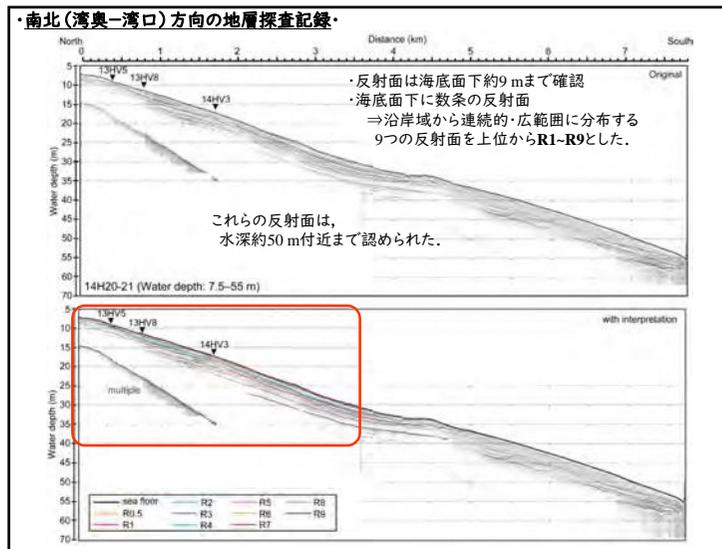
▶海の中の地層は目で見えない・・・  
海底の下に眠る津波の記録ってどう見るの？

▶音を使って、  
海底下の様子を調べていきます！

音速を求める実験の様子

房総半島上総層群木田代層の砂岩層層  
徳橋(2002)タービダイトの話より

海洋音響の基礎と応用より



### ・コア試料・

・採取時期: 2012~2015年  
・水深: 8~32 m (21地点)  
・採取長: 0.7~2 m

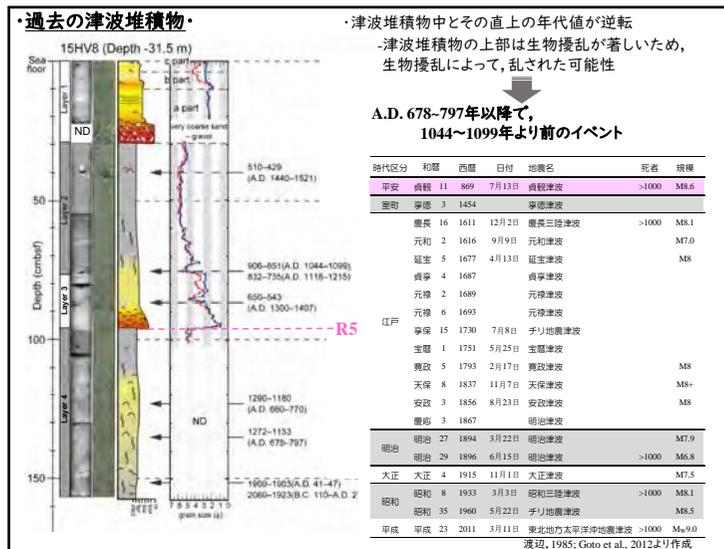
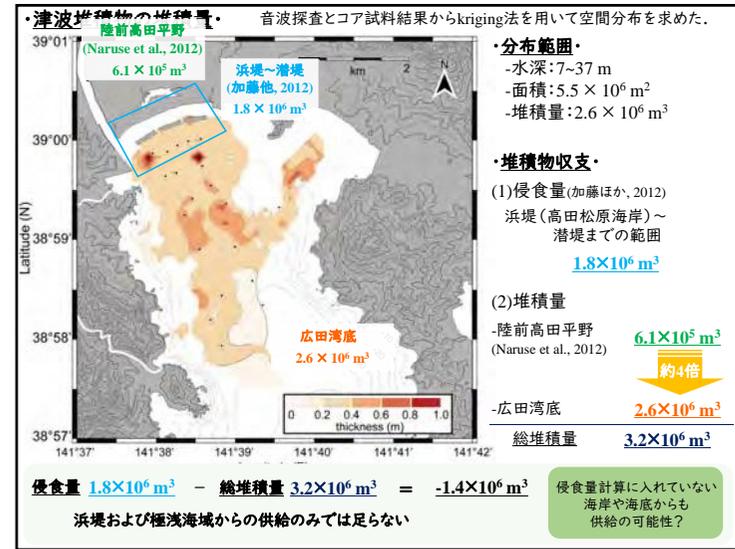
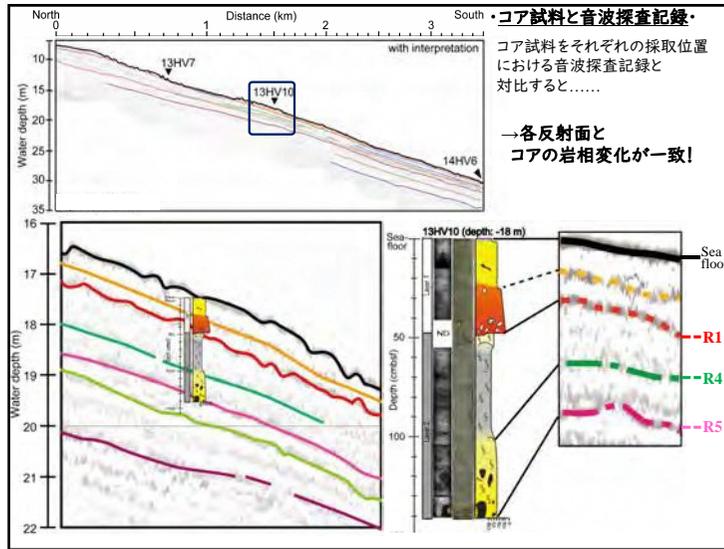
東北地方太平洋沖地震の  
1~4年後に採取

この期間

台風: 東北地方太平洋側に  
10個接近, 上陸はない  
(気象庁, 2020)

湾内底質環境:  
湾全体に影響出るような  
大きな変化なし  
(齊藤, 2018)

地震から試料採取までの期間に、  
湾内に土砂を供給するような  
洪水イベントや人為的な影響  
はなかった



・2011年東北地方太平洋沖地震・津波・

◎地域に伝わる津波の伝承

“津波てんでんこ”  
(命てんでんこ)

- ・津波被害が多い三陸地方の伝承で、津波からの避難についての合言葉。
- “てんでんこ”は、「てんでんばらばらに」という意味。  
 ▶津波が起きたら、てんでんばらばらに急いで高いところに逃げて、まず自分の命を守れ
- ・1986年明治三陸津波頃から、三陸地方で標語的に広まったとされている。
- ・「自分の命は自分で守る」「自分たちの地域は自分たちで守る」  
 ▶日ごろから、災害の際のお互いの行動をきちんと話しておくことで、被害を最小限にしよう、という意味も込められている。

・2011年東北地方太平洋沖地震・津波・

◎過去の経験からの防災

大船渡市三陸町・吉浜地区では、1896年明治三陸津波で大きな被害を受けた。  
 ▶当時の村長によって、職住分離の高台移転が行われた。

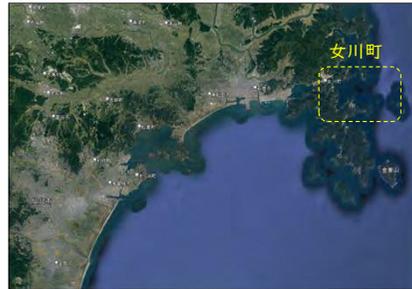
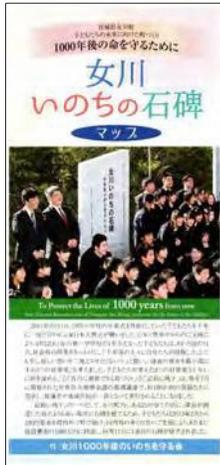
2011年東北大震災の際の被害は、周辺集落と比べて少ない。



岩手日報社Pより

・2011年東北地方太平洋沖地震・津波・

◎未来へ向けて



女川中学の1年生(地震当時小学校6年生)が、  
 “1000年後の人たちのために”  
 将来の被害を小さくしたいという思いで始めた活動。

- ・建設のために、  
 募金活動、世界防災関係会議での基調講演など  
 ▶中学3年生になったとき、最初のいのちの石碑建設。

・2011年東北地方太平洋沖地震・津波・

◎未来へ向けて



女川いのちの石碑・女川浜



概要	
内容	夢は叶わなかった 大震災
建立	2013年
所在地	宮城県牡鹿郡女川町女川浜大字大原601番地1 (女川中学校敷地内)
その他	令和2年秋までは学校敷地内のため、見学をする場合は、女川中学校又は女川町観光協会に連絡し、了解を得てから見学してください。

女川いのちの石碑・大石原浜



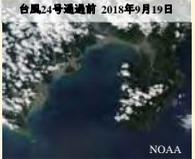
概要	
内容	一秒間 大切に 我が命
建立	2020年
所在地	宮城県牡鹿郡女川町大石原浜(大石原集会所敷地内)
その他	駐車する場所はありません。また、地区内道路が狭いため地区内道路の通行の妨げにならないところに停車してから、徒歩移動してください。

現在、  
 女川町内の浜(21か所)に設置  
 最後の一基は2021年に建設された。

**・(余談)地震以外の自然災害・**

駿河湾では・・・

台風24号通過前 2018年9月19日



NOAA

台風24号通過後 2018年10月1日



NOAA

台風・大雨の後、流入する河川の河口から  
 砕屑物を含む濁水が流入する様子が衛星写真で確認される。

・駿河湾奥部富士川沖で、台風前後にコア試料を採取  
 ⇒台風前後で特徴の異なる堆積物を確認。  
 (西田・池原, 2014)

・南海トラフ足摺沖のコア試料に含まれる砂が  
 富士川起源であることを推察  
 ⇒堆積物が、海底混濁流によって長距離運搬されたと指摘!  
 (Taira and Niitsuma, 1986)

海底への影響は!?  
 今後、気候変動に伴って、  
 様々な気象イベントが生じたときに、海はどうなるのか?

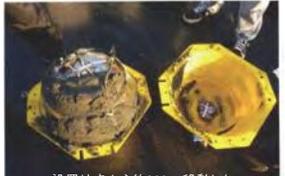
・馬場ほか(2021)では、

- ・2018年8月  
 駿河湾奥部、東西方向に26台のOBSを設置
- ・2018年9月30日～10月1日  
 台風24号が日本列島を通過  
 →4台:急浮上, 2台:沖側へ移動  
 (約800 m, 80 m移動)

・2023年8月にはOBSを改造した  
 “TCD (Turbidity Current Detector)”を投入。

・2023年10月  
 台風15号通過後に約3 km移動している事を確認

・2023年12月  
 自己浮上できなかつたため、ROVで回収  
 →海底観察から、  
**陸上植物や浸食痕などを海底で確認**



設置地点から約800 m移動した  
 OBSの内部⇒泥質堆積物がたまっている  
 馬場ほか, 2021

**・まとめ・**

- ・東北地方太平洋沖地震津波後の三陸海岸の湾内から、

◎海底地形◎  
 -津波による海底の浸食痕を確認 → 引き波によるものと推察

◎海底堆積物◎  
 -2011年東北地方太平洋沖地震津波による津波堆積物を確認  
 -869年貞観地震と思われる津波堆積物も確認  
 -その他にもイベント(地震?洪水?)と思われる堆積物を確認

海底の地質記録から、現在～過去にかけての災害記録を読み解くことで、  
 その地域ごとの災害史を明らかにし、今後の防災・減災記録に役立てられる可能性!

近年、地震・津波に限らず、大雨・台風などによる洪水災害も起きています。  
 これらの海底への影響を調べることも、今後の重要な課題です。