

## 駿河湾の海底観測機器が捉えた地震活動と 海底地すべり（混濁流）について

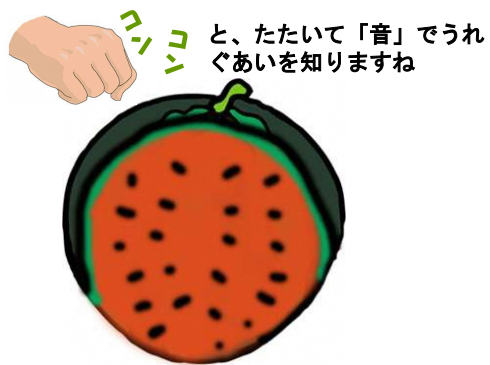
-OBSアレイが捉えた海底異常現象の痕跡-



## 最初に：研究の背景について

- 物理探査とは何か
- 駿河湾の地下構造探査
- 海底観測機器 海底地震計（OBS）とは
- 台風によって駿河湾で何が起こったのか？

スイカと地球はよく似ている…？

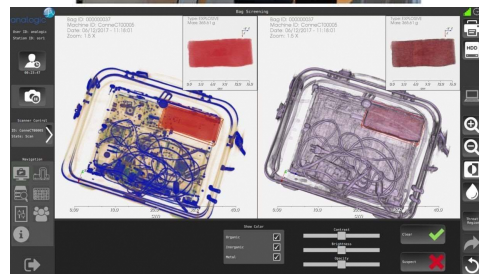


打診：診察法の一つで、手や器具で患者の胸・背・腹・四肢などを叩き、その音で異常などを察知する方法。体表を直接叩く直接打診法と、体表の上に手などを置き、その上で叩く間接打診法がある。



心電図：心臓の筋肉に流れる電流を体表面から記録する検査で電流の流れ具合に異常がないかがわかります。脈の乱れによる不整脈、心臓の拡大や肥大、狭心症や心筋梗塞といった虚血性心疾患などが分かります。

### 音波（エコー）やレントゲンを利用した医療の例



### 研究の目的

- 文科省委託事業「富士川河口断層帯における重点的な調査観測」  
(研究代表者：佐藤 比呂志)

平成30年度「構造探査に基づく震源断層システムの解明」



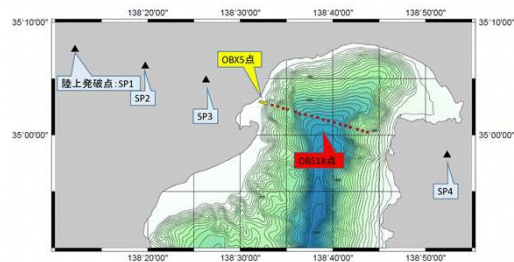
駿河湾富士川河口 東西16.3km測線にOBS18台を設置

駿河トラフを震源とする巨大地震（東海地震・南海トラフ巨大地震）のメカニズムの推定や被害想定のための調査  
プレート境界の位置・深さを調べる  
特に駿河湾奥ではプレート境界について不明な点が多い

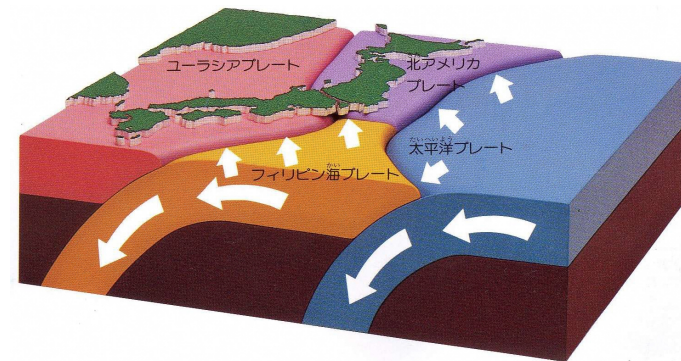
## 研究の目的

- 文科省委託事業「富士川河口断層帯における重点的な調査観測」  
(研究代表者：佐藤 比呂志)
- 平成30年度「構造探査に基づく震源断層システムの解明」

駿河湾富士川河口 東西16.3km測線にOBS18台を設置



## 日本周辺のプレート配置図

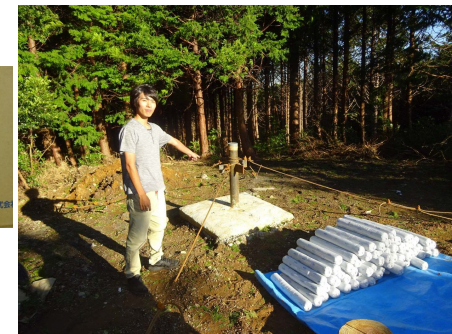


学研の図鑑\_地球

## 海底地震計 (Ocean Bottom Seismograph)



## 陸上発破点の様子





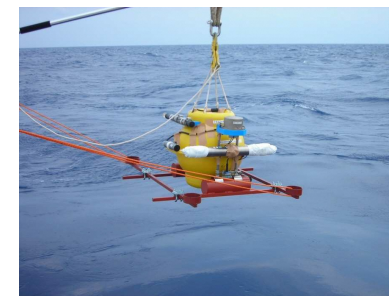
陸上発破点の様子



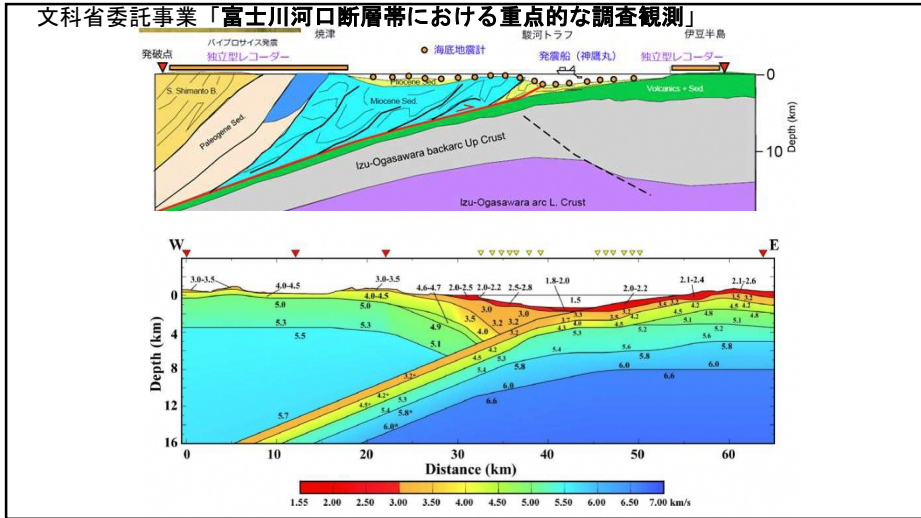
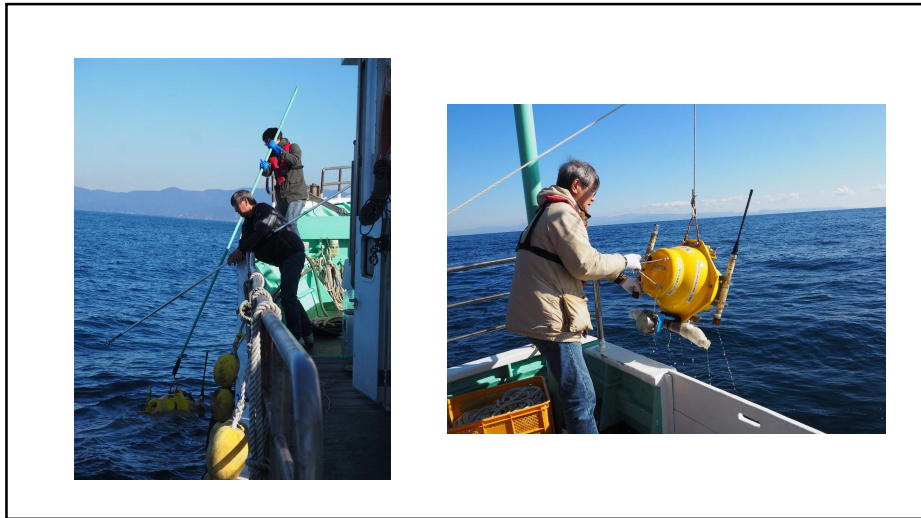
神鷹丸によるエアガン探査風景



水中でのエアガン発振の様子

展開した海底地震計 (OBS) の外観  
(勝島製作所型)





**研究の目的**

- 文科省委託事業「富士川河口断層帯における重点的な調査観測」  
(研究代表者：佐藤 比呂志)
- 平成30年度「構造探査に基づく震源断層システムの解明」

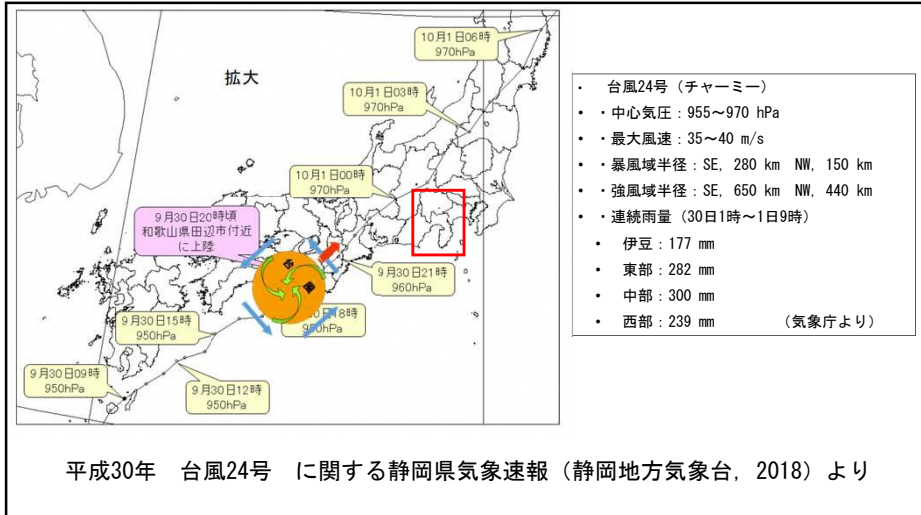
駿河湾富士川河口 東西16.3 km測線にOBS18台を設置

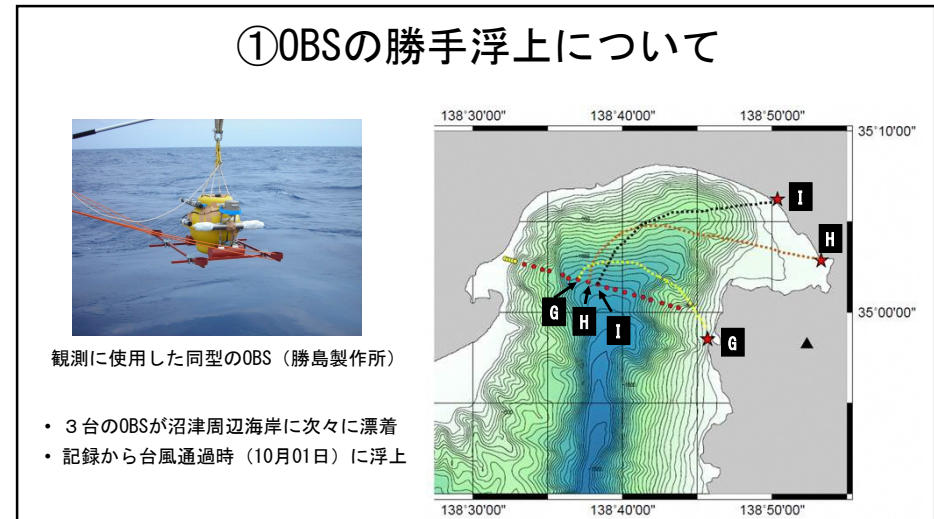
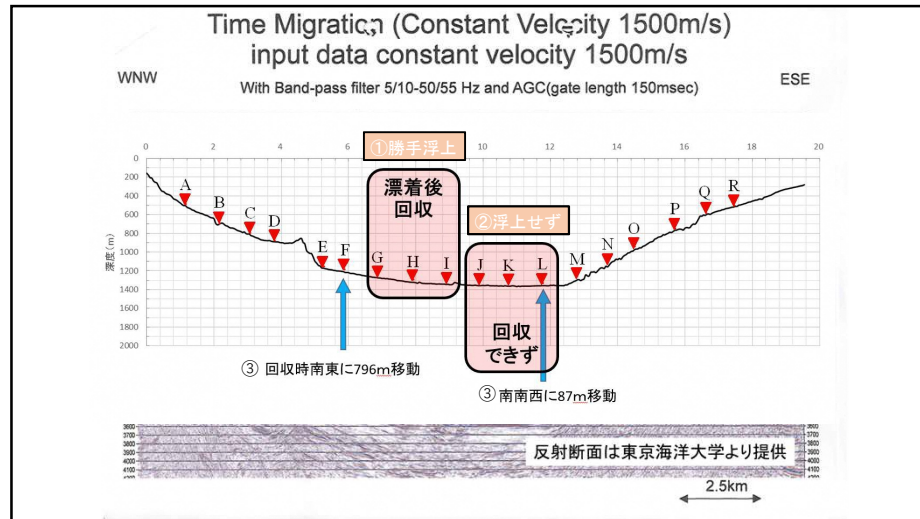
東京海洋大「神鷹丸(986トン)」にてエアガン(トリガン)発振前日に

**台風24号が襲来**

OBS18台のうち**3台が勝手浮上**、**2台が浮上せず**、**1台が行方不明**

本発表では、この原因について考察を行ったので報告をする。





### ①OBSの勝手に浮上について

FUJ04I (10月02日)

FUJ04G 回収後の切り離し部 電蝕板の様子

電蝕によるものではなく、引きちぎられて錘が落下した模様

- \* 切り離し装置 静的荷重強度:400kg
- \* 主錘50kg 金属バネ強度150kg(通常時基本加重は200kg以下)

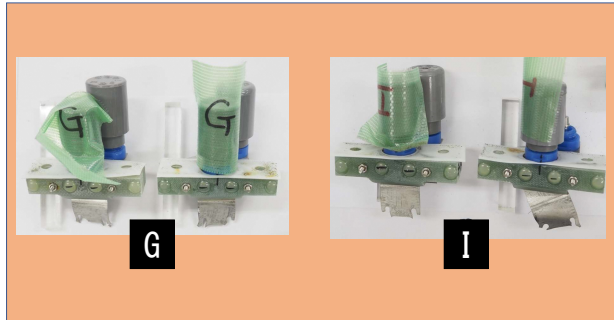
FUJ04G (10月03日)

電蝕前 電蝕後

OBS切り離し部 (電蝕による正常な切り離し状況)

切り離し装置 静的荷重強度:400kg  
主錘50kg 金属バネ強度150kg (通常時基本加重は200kg以下)

## ①OBSの勝手浮上について



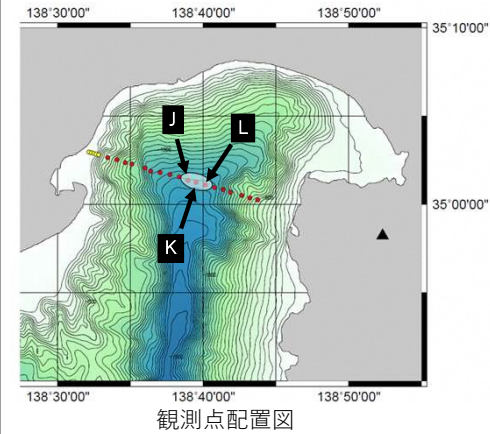
勝手浮上回収後の切り離し部 (FUJ04G, I)



切り離し前

切り離し後

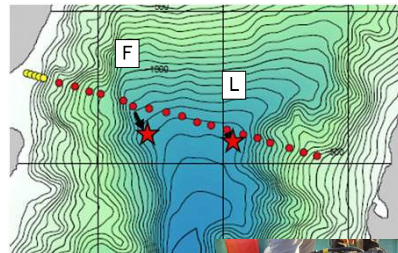
## ②OBSが浮上せず



観測点配置図

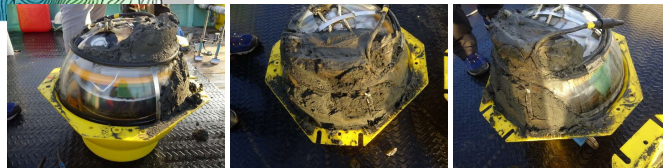
- 観測点FUJ04J→応答はあるが浮上せず
- 観測点FUJ04L→応答はあるが浮上せず
- 観測点FUJ04K→応答無し・行方不明

## ③OBSの設置位置が移動



観測点配置図

- 観測点FUJ04F→  
回収時 南東方向796m移動
- 観測点FUJ04L→  
回収時 南南西方向87m移動



2018年10月18日 FUJ04F回収状況

## 混濁流とは？

- 2021年7月3日に熱海で何が起きたのか？
- 混濁流とは？土石流と混濁流について
- 混濁流発生タイミング
- 海底斜面
- 過去の事例



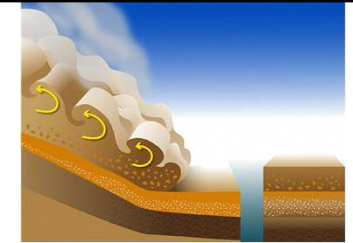
## 2021年7月3日 熱海で何が起きたのか？



土石流  
山崩れなどの時に起こる、土や石の泥水状の激しい流れ。山津波ともいう。

## 混濁流とは

- 洪水のときにできるような濁った土砂を多量に含んだ流れを**混濁流（乱泥流）**と呼ぶ。
- 普通の流れよりも大きなエネルギーを持っていて、これによって一度堆積した粒子も再び巻き上げられ、川から海へ、更に浅い海から深海へと運ばれる。
- 混濁流から堆積した堆積物を **タービダイト** と呼ぶ。



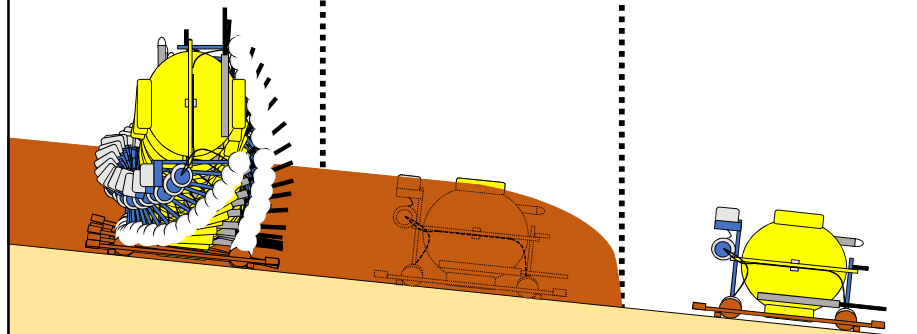
WESTERN  
GEOLOGY

混濁流が発生したものと仮定するとこれらの異常は...

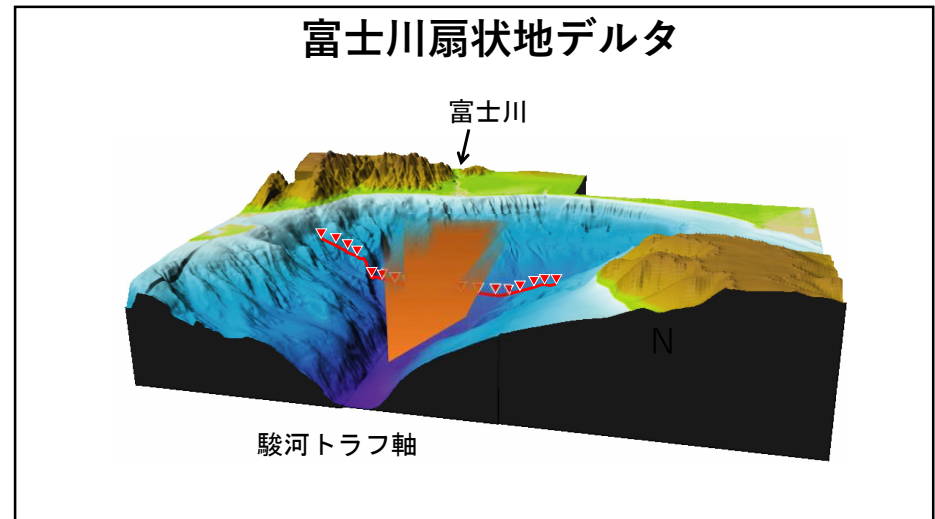
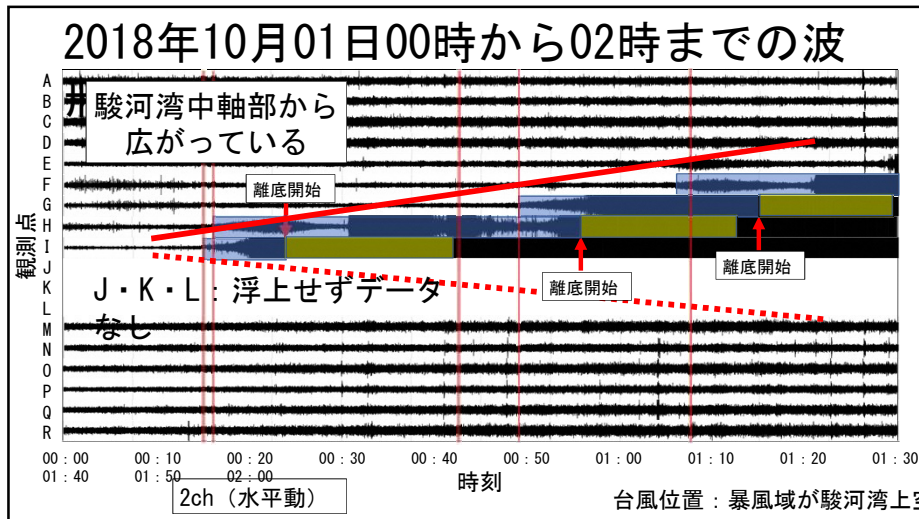
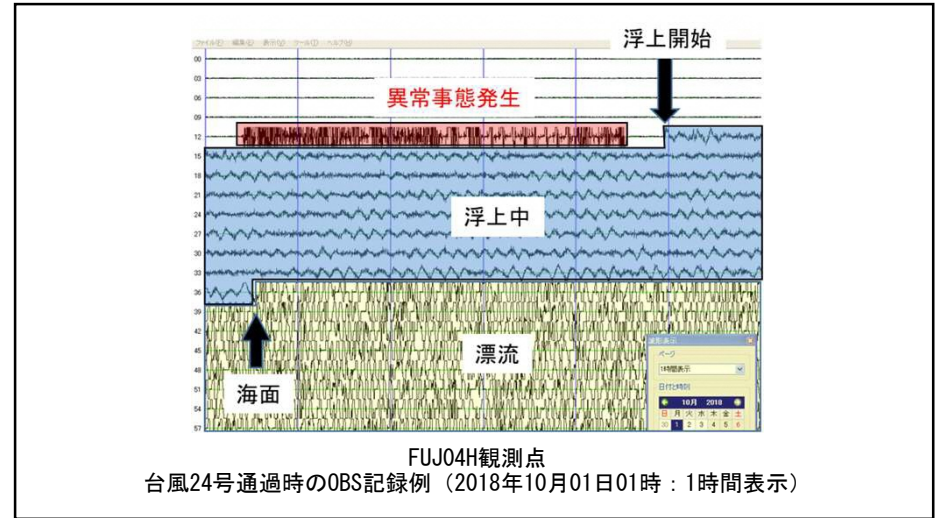
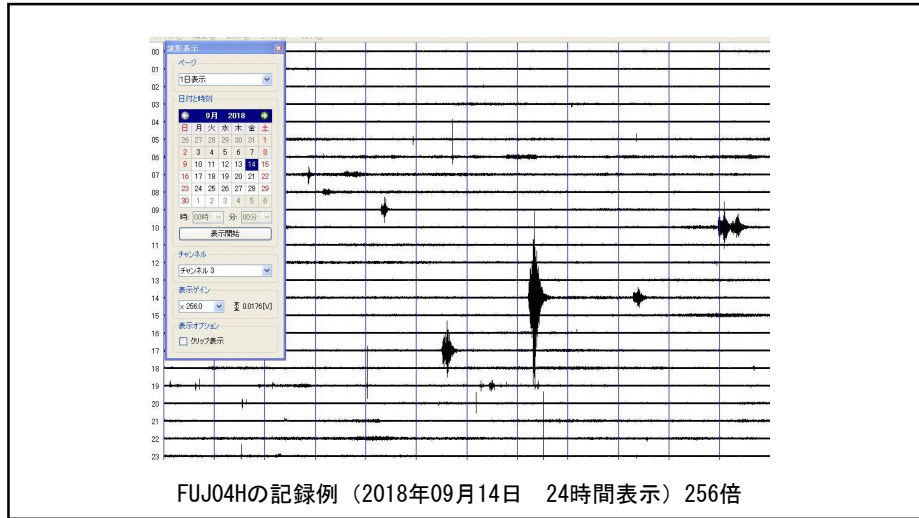
①勝手浮上3台

②浮上せず2台

③設置位置が移動



混濁流発生タイミング



## 海底斜面

・異常を起こしたOBS付近の海底斜面の傾斜は. . .

### ①勝手浮上

・富士川-FUJ04Iの平均傾斜：約7.5°（約13.2%）

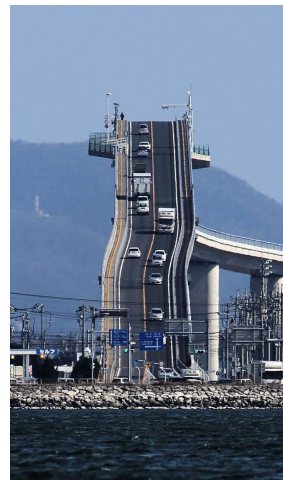
### ②浮上せず

・富士川-FUJ04Jの平均傾斜：約6.3°（約11.0%）

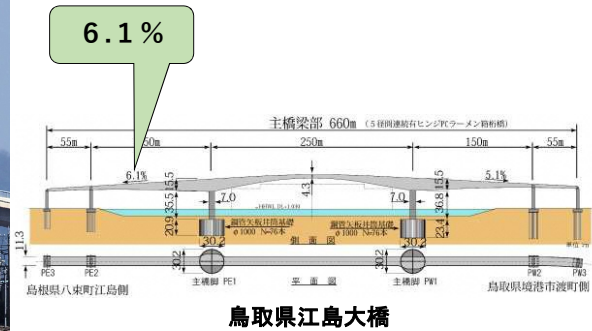
### ③設置位置が移動

・富士川-FUJ04Fの平均傾斜：約5.6°（約9.8%）

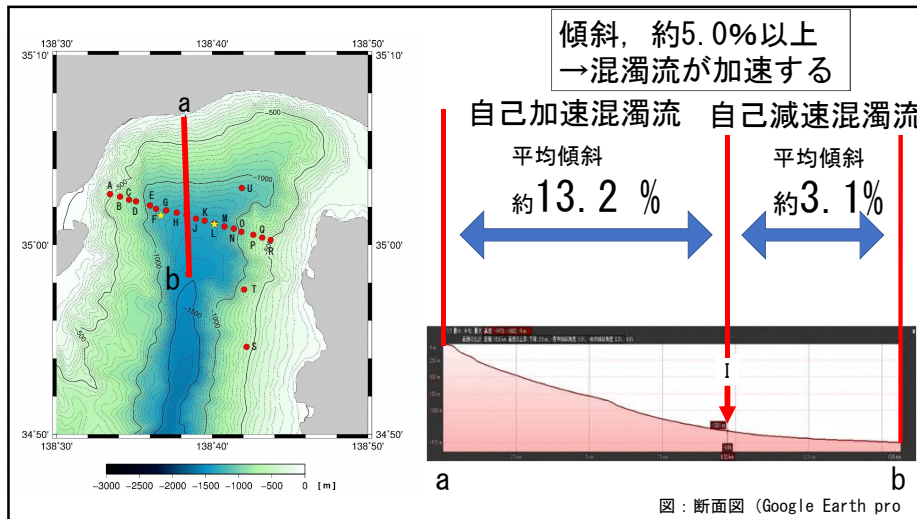
・FUJ04Fの移動方向の平均傾斜：約3.7°（約6.4%）



公益社団法人 鳥取県観光連盟HPより

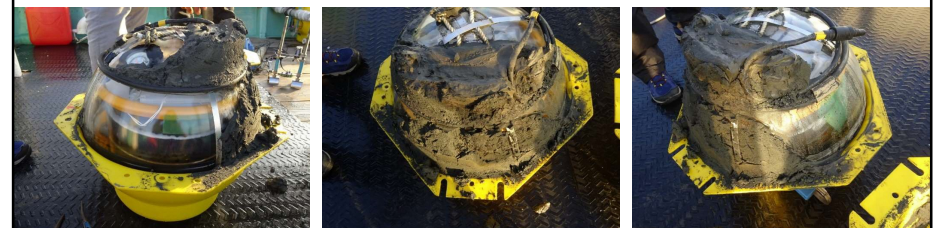


国土交通省中国地方整備局 境港湾・空港整備事務所HPより



図：断面図 (Google Earth pro)

## ③で付着したタービタイトについて



FUJ04Fの様子



## 過去の事例

- 相模湾初島沖の海底混濁流. (岩瀬ほか, 1997)  
→伊豆半島**東方沖群発地震**に伴って  
「深海底総合観測ステーション」により観測された.
- カルフォルニア沖モンテレー海底谷の混濁流. (Xu et al, 2010)  
→**ハリケーン襲来時** 港の浚渫工事で設置されていた  
「ADCP」により観測された.

## まとめ

駿河湾北部で発生した**混濁流**は. .

- 2018年10月01日の台風24号通過時に海底で発生!  
→富士川河口延長の駿河トラフ軸より領域は広がった.  
→駿河トラフ軸での混濁流の速さは約5.56 m/secであった.
- 海底の傾斜より自己加速混濁流と推定される.
- 浅い海域に設置したOBSは混濁流に巻き込まれなかった.

**1200 m以深の駿河トラフ底で台風による混濁流が観測された!**

## 海底混濁流観測機器 (TCD) の開発

## 海底混濁流観測機器 (TCD) の開発

- 日本列島沿岸では, 海底パイプライン・海底ケーブル, また洋上風力発電・波浪発電をはじめとする沿岸海域利用が急速に進められている.
- しかし, 台風時は基本的に避難や様々な災害対策を取るため,  
• 海底混濁流の観測は今までは行われていない.
- これらのことから, 海底混濁流の実体は不明であった.

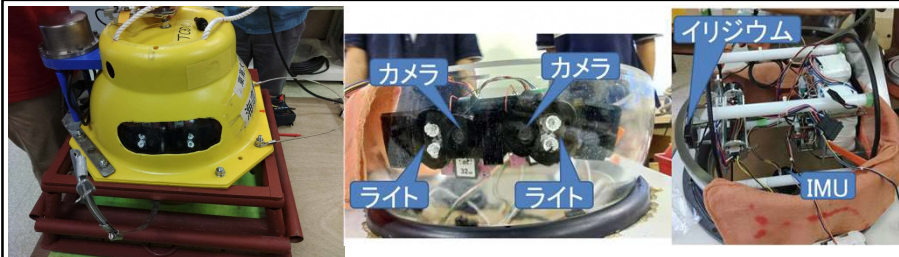
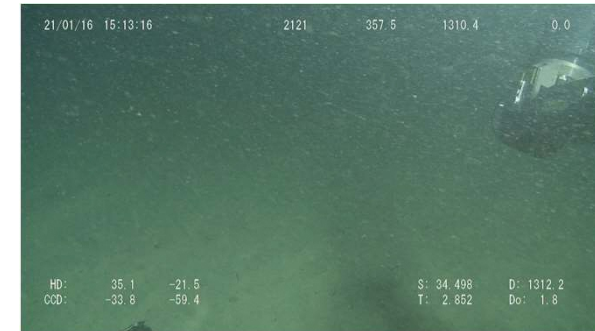


- 駿河湾では台風襲来時に混濁流が発生しているかを調査するため  
• 2021年よりTCDの開発を開始した.

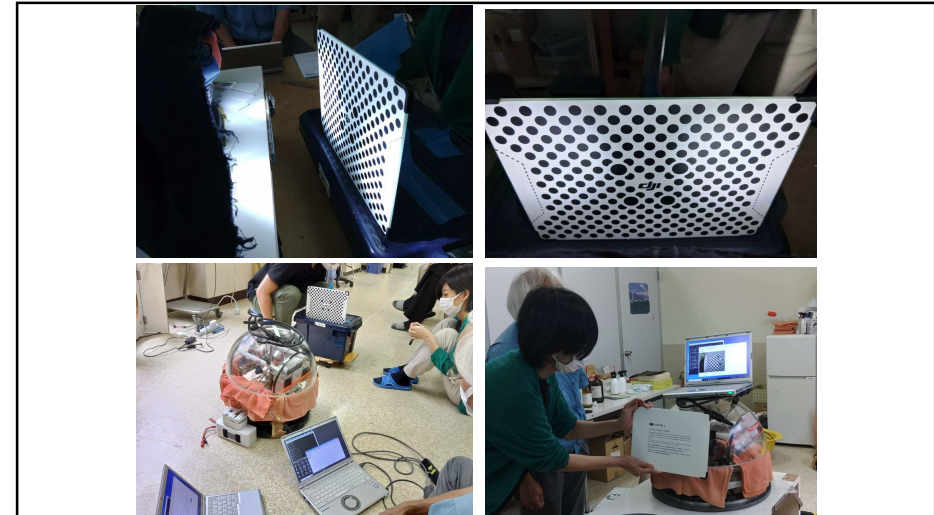
## TCDの概要

- TCDは海底に設置し、いつ、どこで混濁流が発生し、どれくらいの速さで海底下を流れ、広がるのかを観測する装置を目指す。
- 2021年度はカメラ1台と慣性計測装置（IMU）を搭載した試作器を作成した。
- 試作器は、1時間に1回の撮影を行い、5Hzサンプリングで加速度・角速度を常時観測し、海底混濁流が発生した場合、角速度が閾値を超えると撮影も行う。
- 2022年度のTCDからは、カメラ2台によりステレオ撮影を行い、浮遊物の奥行き、また1時間に一度の撮影の際に連写（1秒間に10枚）を行い流速を求める試みを行った。

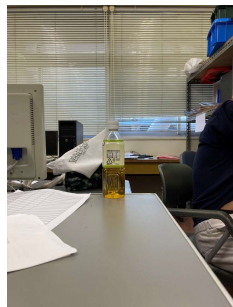
## 駿河湾海底の様子



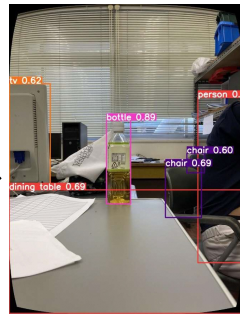
- 2022改良型TCD（TCD021）の特徴
- 3次元の慣性運動（直交3軸方向の並進運動および回転運動）を検出する装置→IMU（慣性測定ユニット）
- カメラを2セット→奥行きを割り出す
- 1時間に1度10フレームで連続撮影→連続撮影で浮遊物の速度を推定



## ②距離の算出

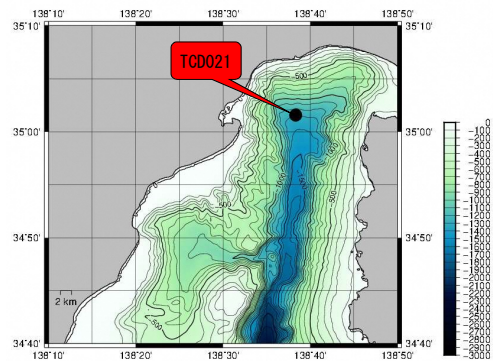


歪補正前



歪補正後

先ほど算出したパラメータを用い歪み補正を行う。



測量位置：35° 01.581' N 138° 38.318' E  
水深：1312 m

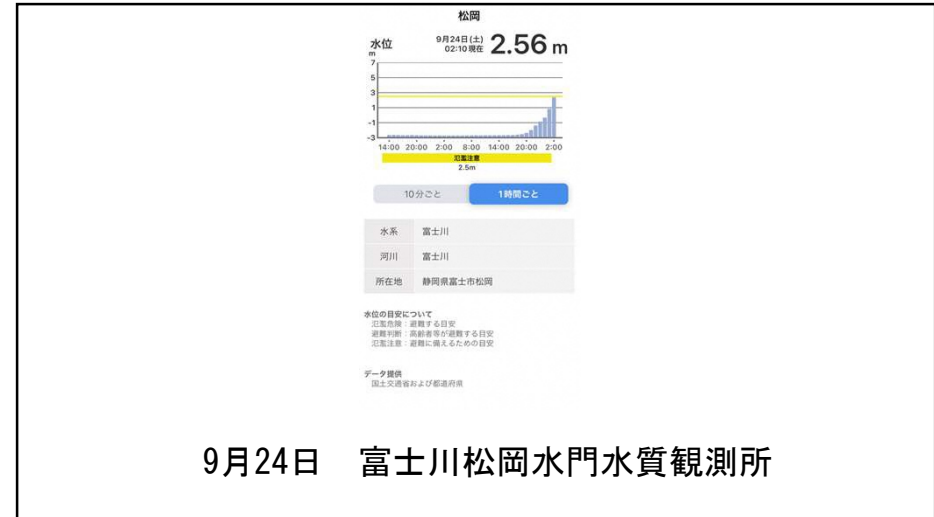
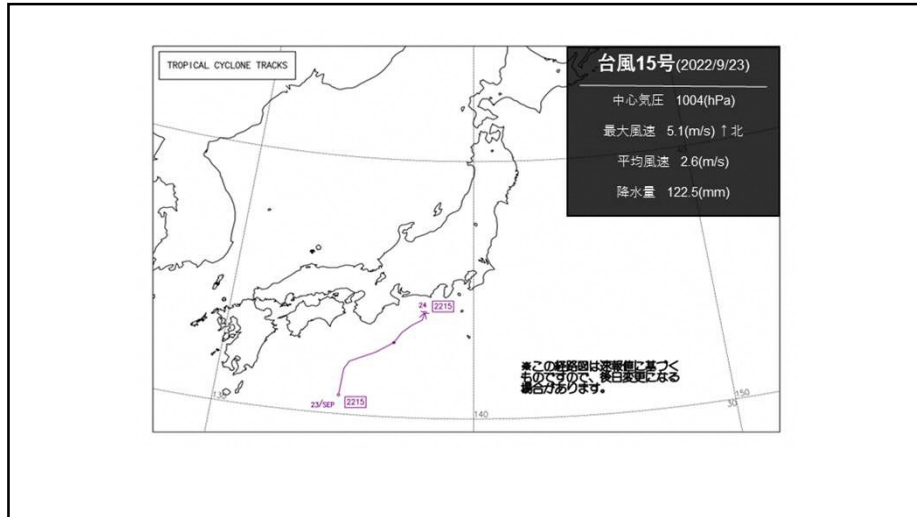
設置期間：2021/08/11 08:30～ 10月に回収予定



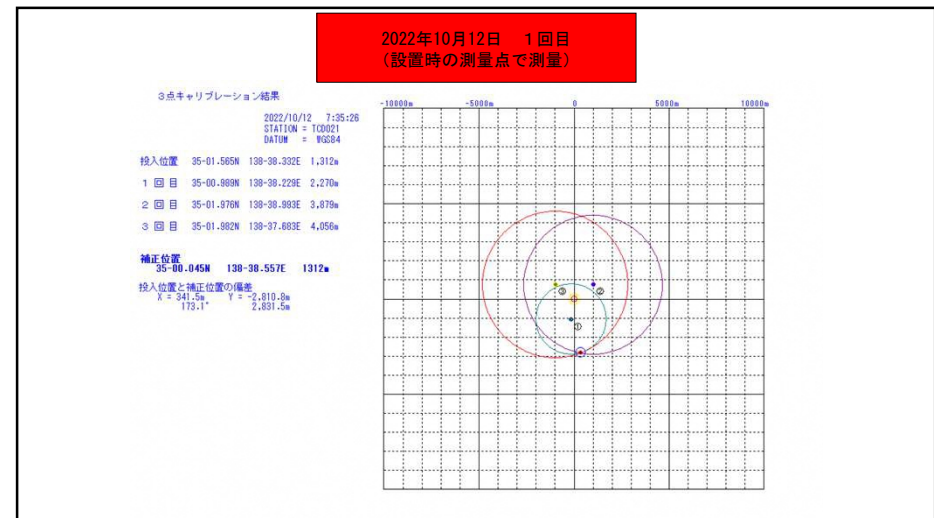
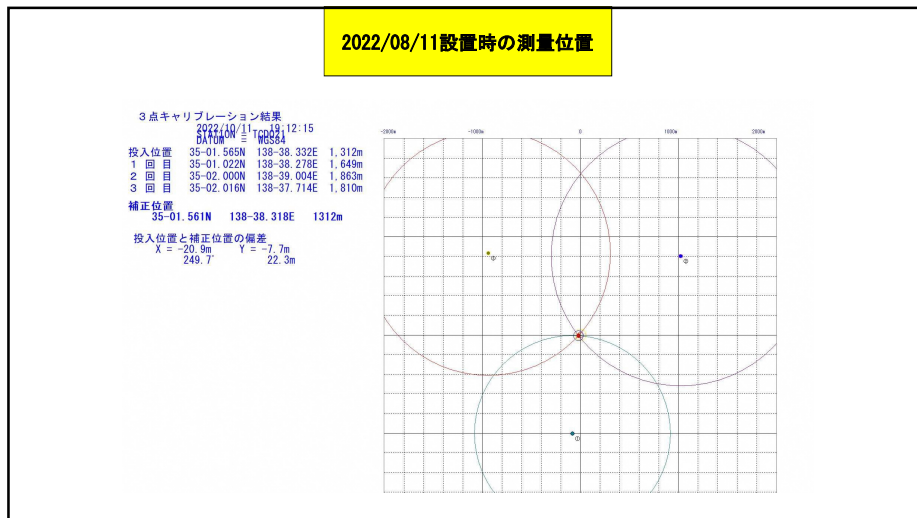
2022年8月11日  
TCD投入作業の様子

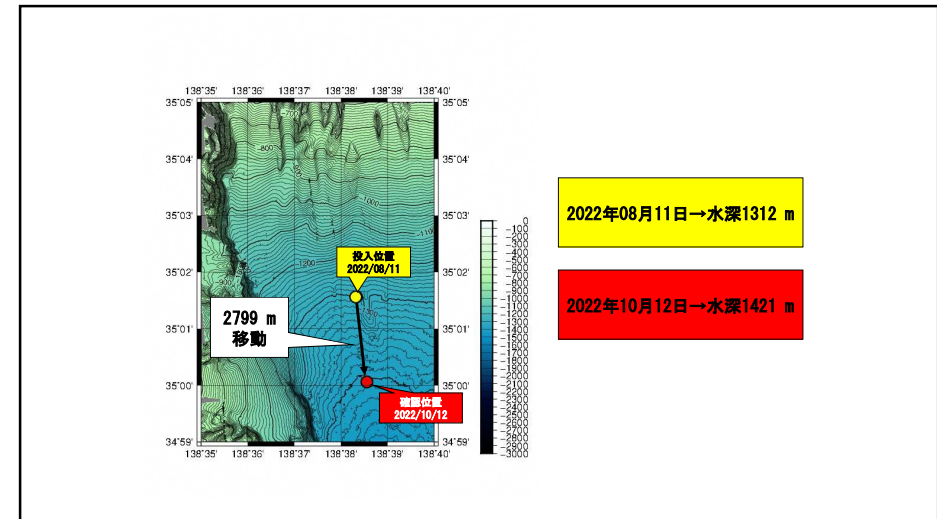
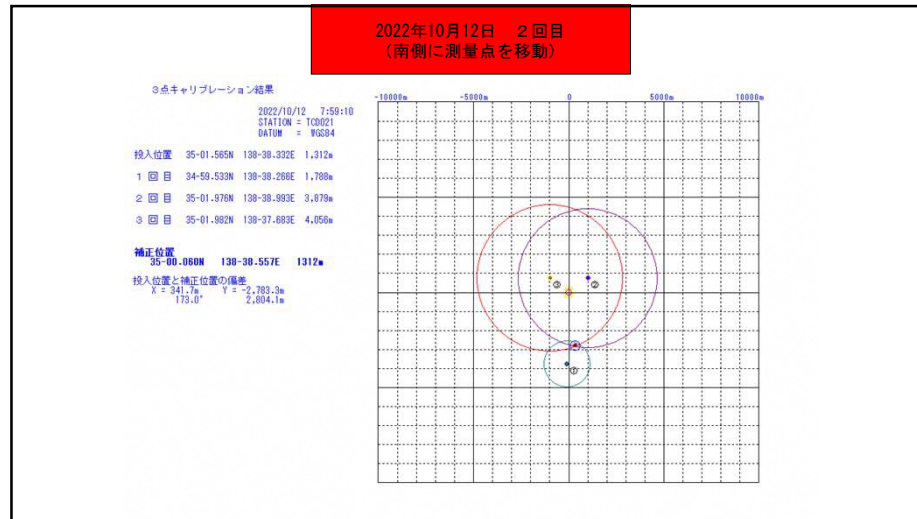






9月24日 富士川松岡水門水質観測所





2022年12月25日  
海洋エンジニアリング  
開洋丸

TCD回収航海報告

2022年12月25日 開洋丸TCD回収作業



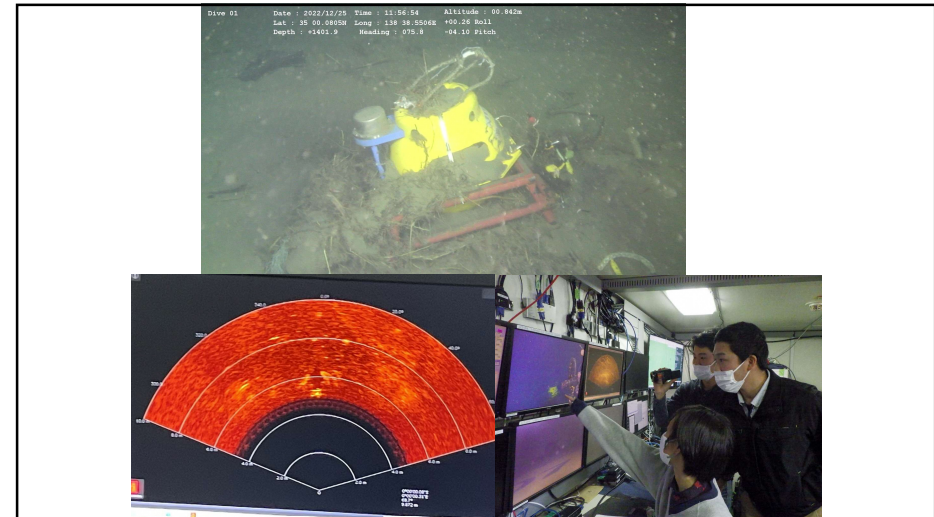
## ROVとは？

- Remotely Operated Vehicleとは、遠隔操作型の無人潜水機で基本的に調査船と潜水機はケーブルで繋がれていることが多い。
- 遠隔操作するので水中では電波が届く範囲に限られるので水中カメラの映像は有線や圧縮して超音波で送られることが多い。有線式は動力は母船から有線で供給される物と、内部のバッテリーから電力を供給して情報のみ有線でやり取りする形式がある。後者は水中でのケーブルが細い為、運動性が良くなるが、活動時間が限られる。ソナーやマニピュレータを備えた物もある。

## ROV投入（ビデオ）



## TCD発見！！（ビデオ）

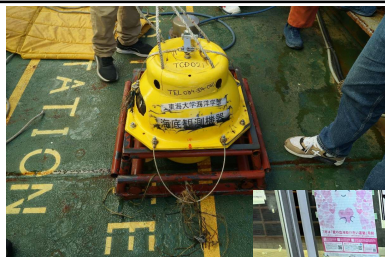




ROV揚収（ビデオ）



TCD揚収の様子（ビデオ）



## 講演のまとめ（台風について）

- 台風は年間平均36個発生し、そのうち約3個は日本に上陸する。
- 台風の発生数は、現在も過去も大きな変化はない。
- 地球温暖化に伴い、勢力が強くなる傾向はある??
- つまり、台風が静岡周辺に来たときには、繰り返し混濁流が発生していた可能性がある。
- そのため、混濁流は今後も発生する可能性がある。

## 講演のまとめ（混濁流が発生すると）

- 海底の環境（海底地形）が劇的に変化する可能性がある。
- 日本列島沿岸では、海底パイプライン・海底ケーブル、また洋上風力発電・波浪発電をはじめとする沿岸海域利用が急速に進められていることから、影響が出る可能性もある。
- 特に駿河湾では、海産物（アジ、サバ、イワシ、カツオ、シラス、サクラエビ（駿河湾のみ!）、タカアシガニ（漁獲量日本一!）、テングサ）などが有名。
- 混濁流が発生すると海水温、塩分、栄養塩などに影響を及ぼし、2次的な被害を及ぼす可能性もある。

## 講演のまとめ（今後の課題）

- 台風が来ることは前もって天気予報で判る。
- だが、台風が来る直前・通過中・通過後は、船は荒天のため出すことができない→海域での直接的な観測は不可能である。
- そのため、混濁流の観測は難しい。
- 直接観測するためには観測機器を前もって設置する必要しかない。
- 混濁流を実際に観測した経験は日本では前例がなく、そのためその実体は不明である。
- 今後も観測機器を開発し、駿河湾での混濁流を捉える試みを行っていくことが必要である。