

2020年11月26日

岩手県三陸海域研究論文知事表彰 二次選考

# 三陸沿岸海域に伝播する 内部潮汐に関連する諸現象

増永英治

茨城大学 地球・地域環境共創機構

# 論文概要

本論文(発表)は、**岩手県大槌湾内**における海洋物理現象に関連する海洋環境及び生態系への影響について**応募者が第一著者として執筆した国際学術論文**をとりまとめ報告するものである。

## 内湾の海水混合と底質の輸送に関する研究

- ①Masunaga, E. et al. (2015), Mixing and sediment resuspension associated with internal bores in a shallow bay. *Cont. Shelf. Res.*, 110, 85–99.
- ②Masunaga, E. et al. (2017), Sediment resuspension and generation of intermediate nephew layers by shoaling internal bores. *J. Mar. Syst.*, 170, 31–41

## 湾内の河川水の混合状態に関する研究

- ③Masunaga, E. et al. (2016), An observational and numerical study of river plume dynamics in Otsuchi Bay, Japan. *J Oceanogr*, 72, 3–21.

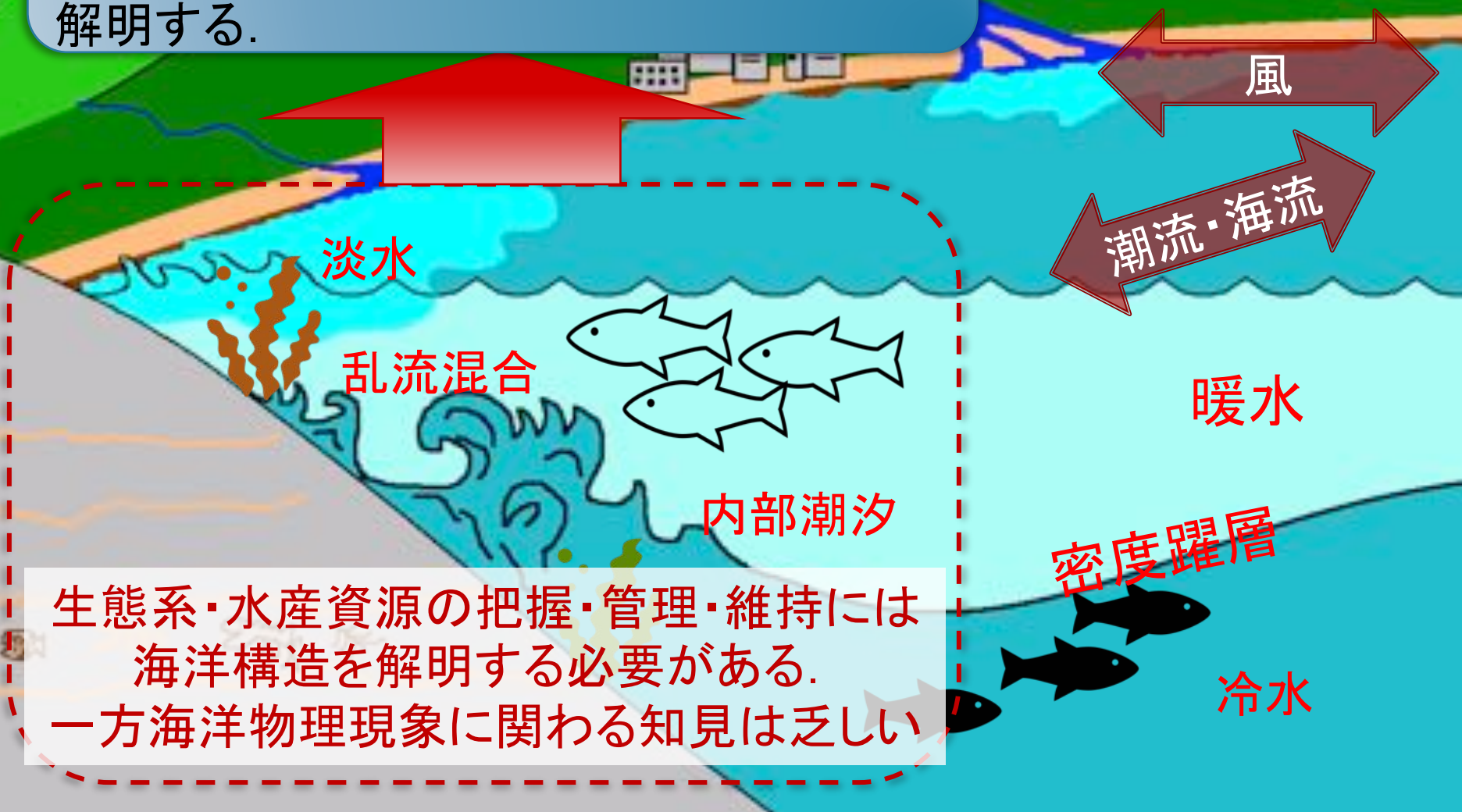
## 内部波に起因する湾内で海水混合に関する研究

- ④Masunaga, E. et al. (2016), Strong turbulent mixing induced by internal bores interacting with internal tide-driven vertically-sheared flow. *Gephys. Res. Lett.*, 43 (5), 2094-2101.
- ⑤Masunaga, E. et al. (2019). Breaking dynamics and associated mixing by internal waves in the coastal ocean. *Encyclopedia of Ocean Sciences, 3rd Edition* (総説).

# 背景

## 目的

海洋観測や数値計算を用いて大槌湾内の海水混合や物質輸送に関わる物理現象を解明する。



生態系・水産資源の把握・管理・維持には  
海洋構造を解明する必要がある。  
一方海洋物理現象に関わる知見は乏しい

# 内部波(内部潮汐)

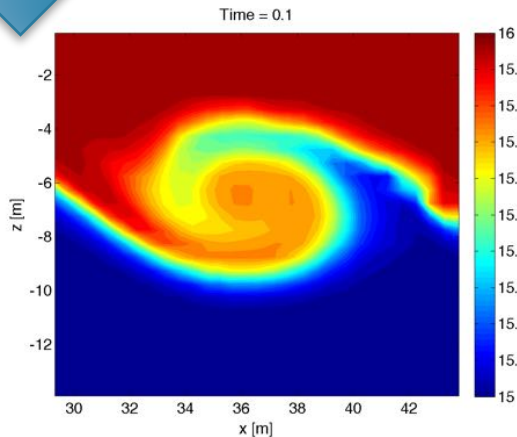
## 水面波



空気と水は混ざらない

大気と海水の境界で発生

同じ構造

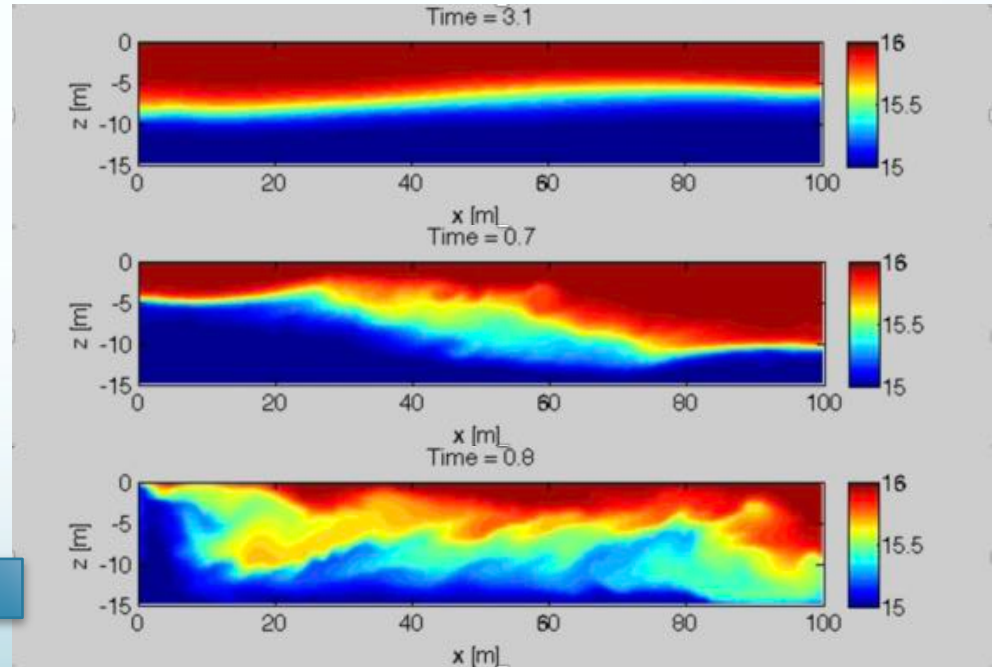


## 内部波

暖かいor低塩分

冷たいor高塩分

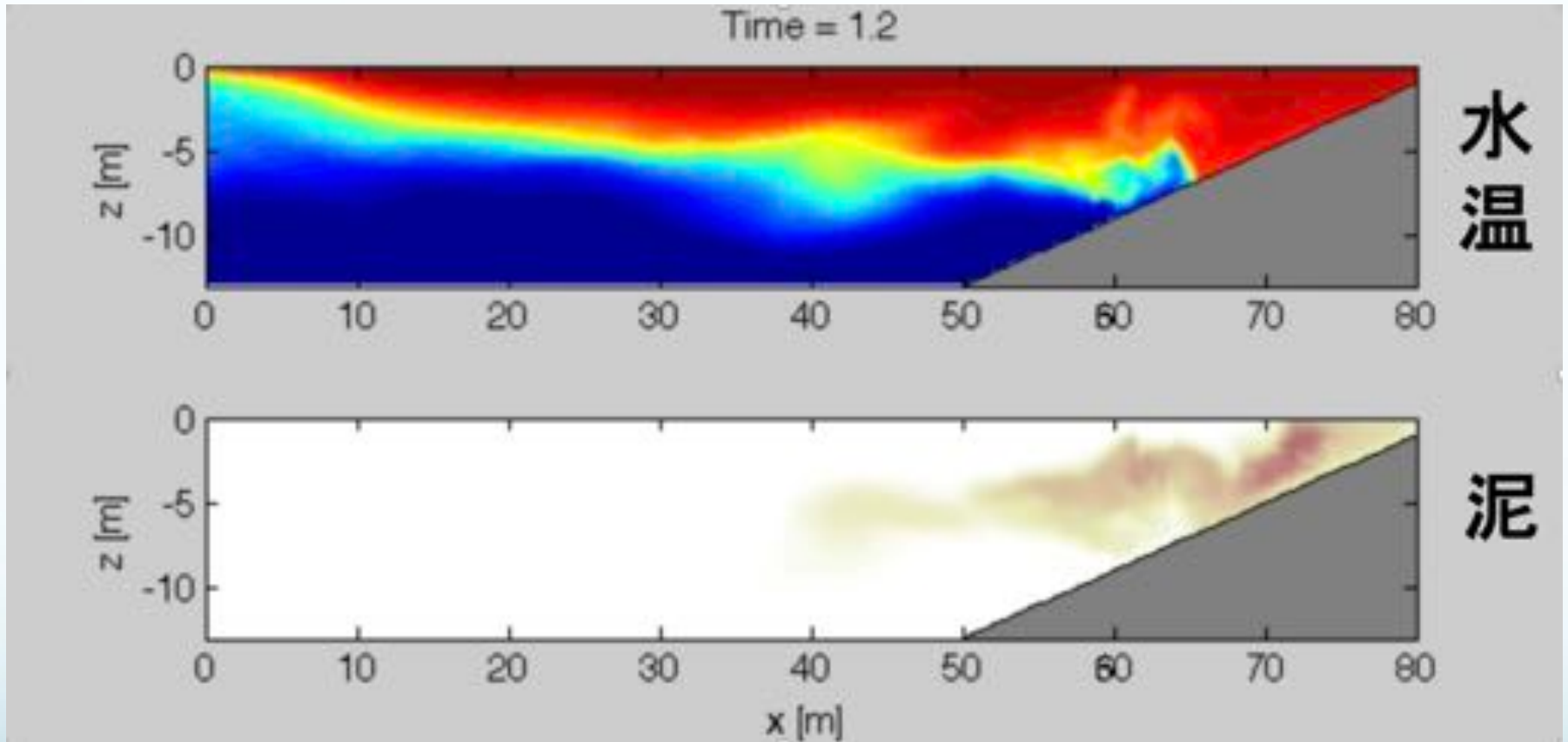
異なる密度差の流体内で発生



内部波は異なる密度差の水の混合を促進乱流混合を伴う

# 内部波と物質輸送

実際の海の中のように斜面があると・・・



本当に海の中でこんなことが起きているのか？  
三陸沿岸での実態は？生態系への影響は？

# 調査概要

大槌湾



# 調査概要

大槌湾



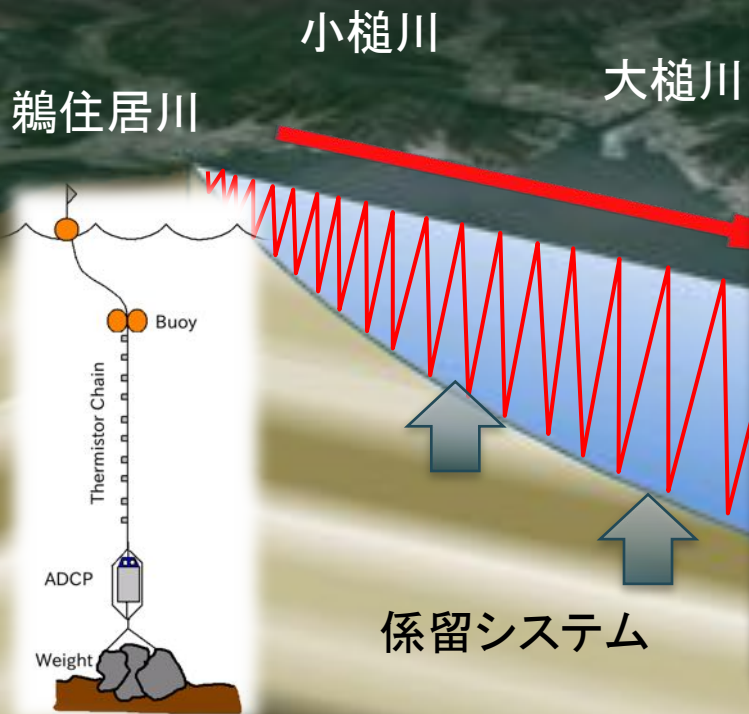
# 調査概要

2012～2013年夏季

大槌湾



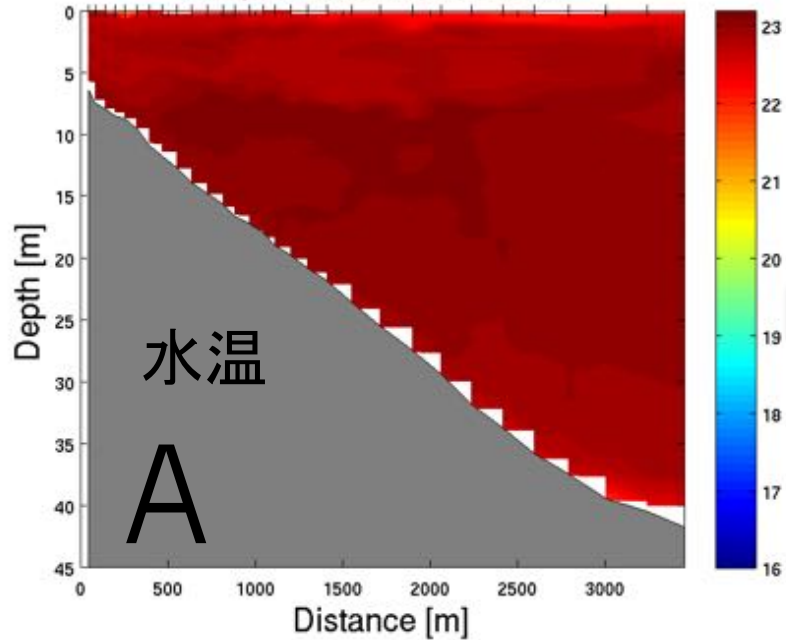
YODA Profiler(曳航式観測装置)  
Masunaga and Yamazaki (2014)



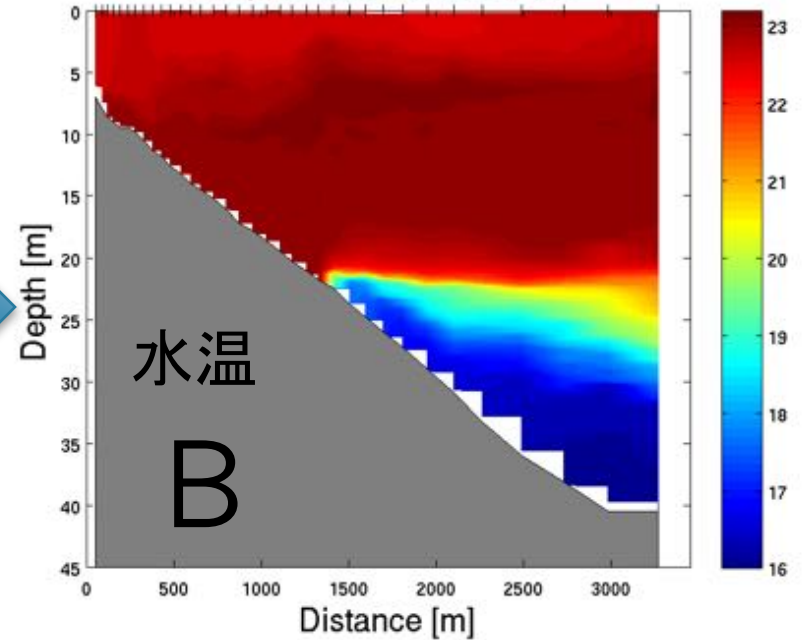
UCTD(曳航観測) TurboMAP(乱流計)



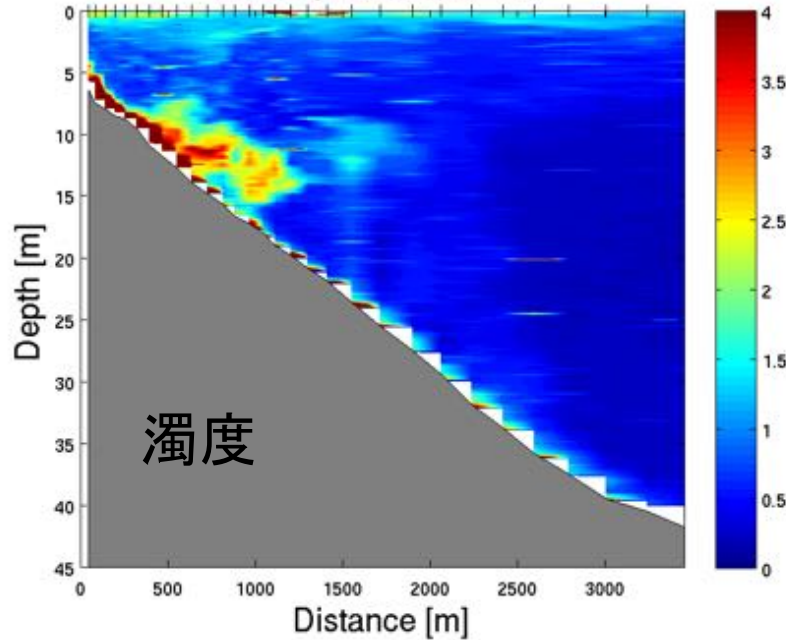
temperature Line2 9/27 AM



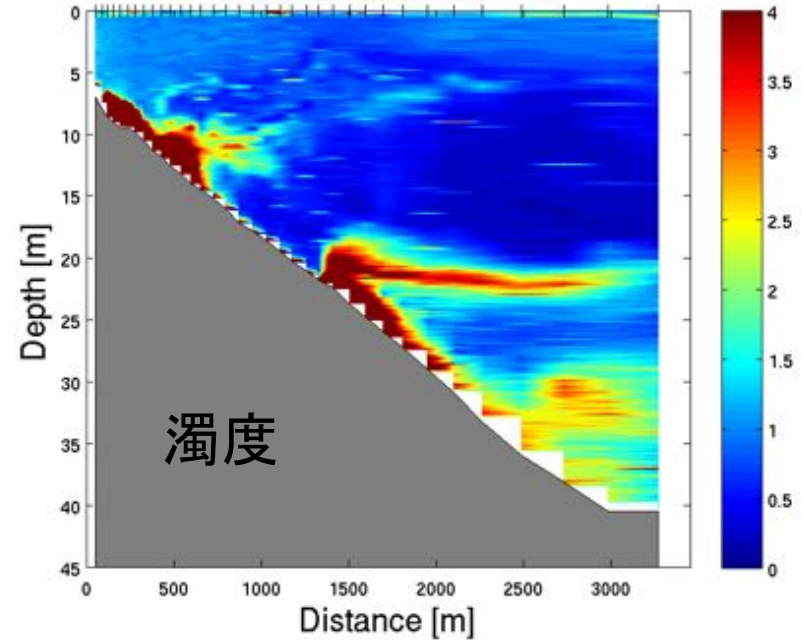
temperature Line2 9/27 PM



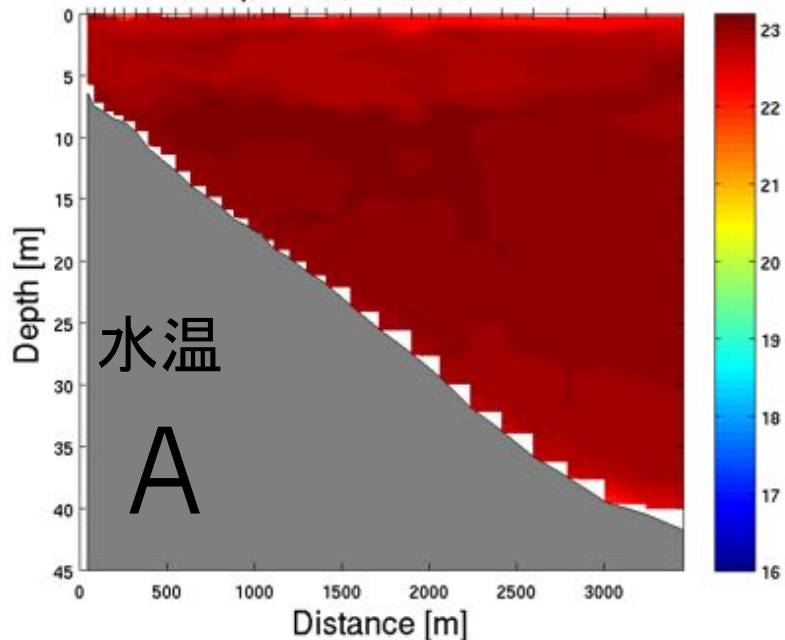
turbidity Line2 9/27 AM



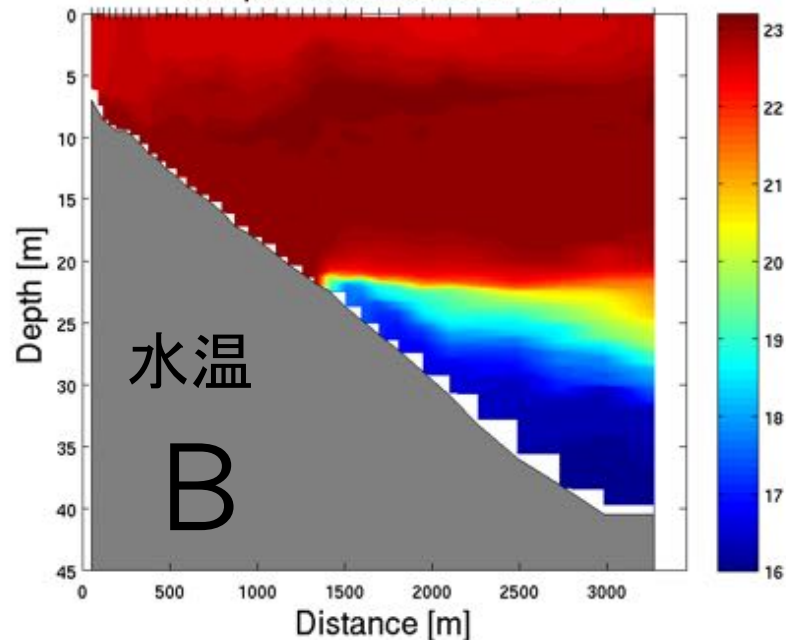
turbidity Line2 9/27 PM



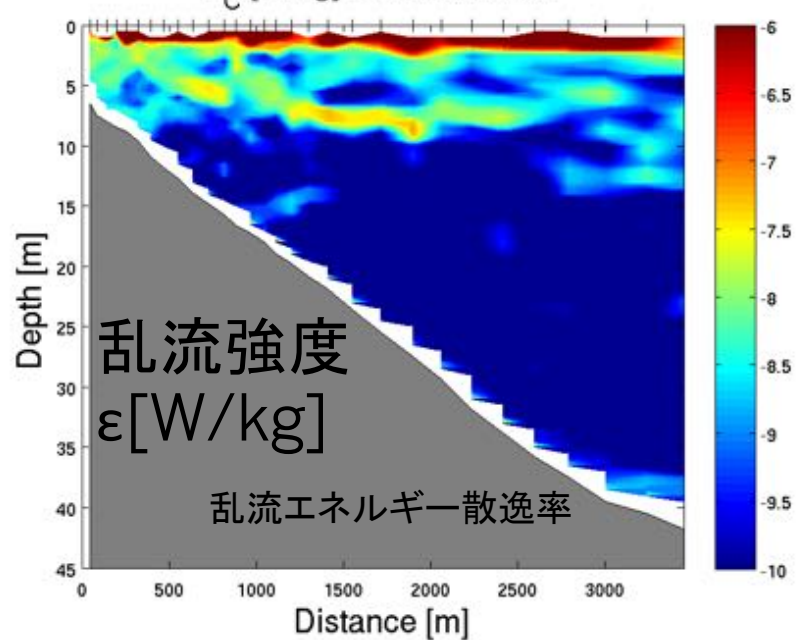
temperature Line2 9/27 AM



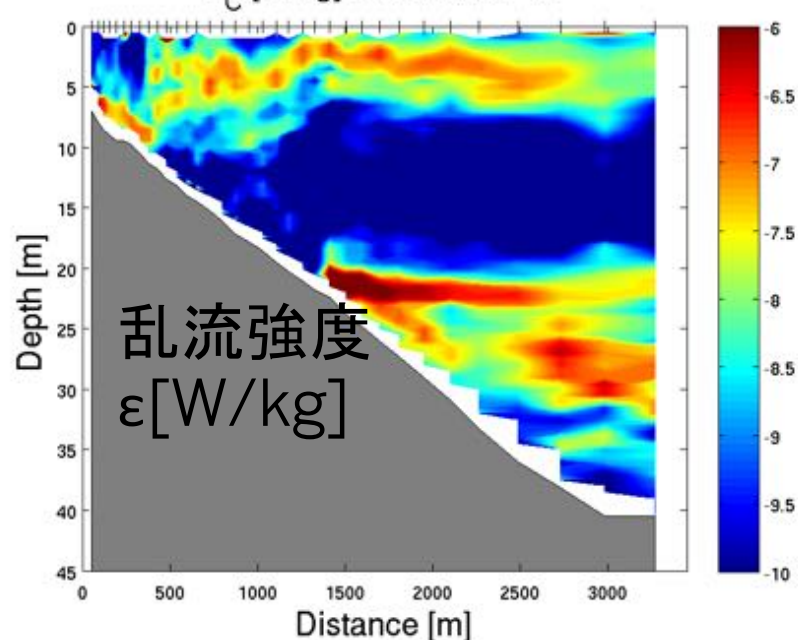
temperature Line2 9/27 PM



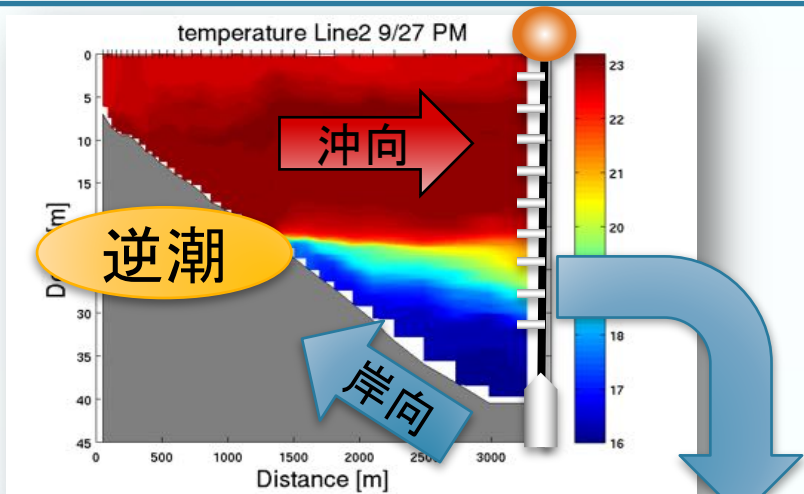
$\epsilon_c$  [W/kg] Line2 9/27 AM



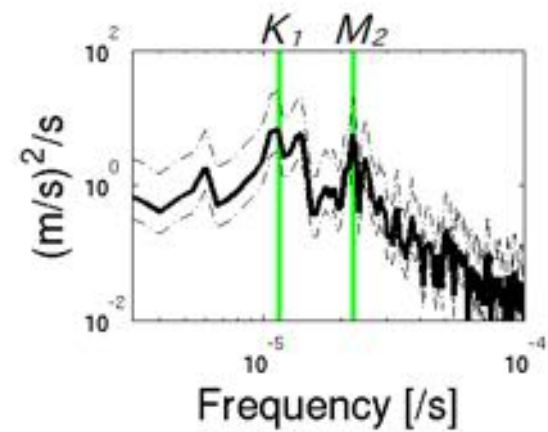
$\epsilon_c$  [W/kg] Line2 9/27 PM



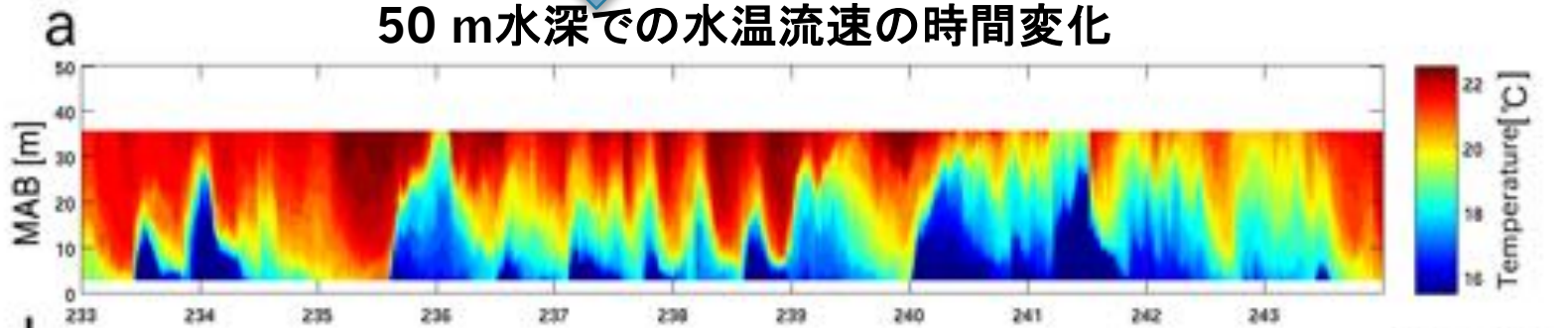
# 湾口での係留調査



流速スペクトル  
日 半日



50 m水深での水温流速の時間変化



沖向

岸向

冷水は潮汐周期で湾に侵入し、強い底質の巻き上げと輸送、乱流混合を発生させていた  
冷水の侵入 = 内部潮汐

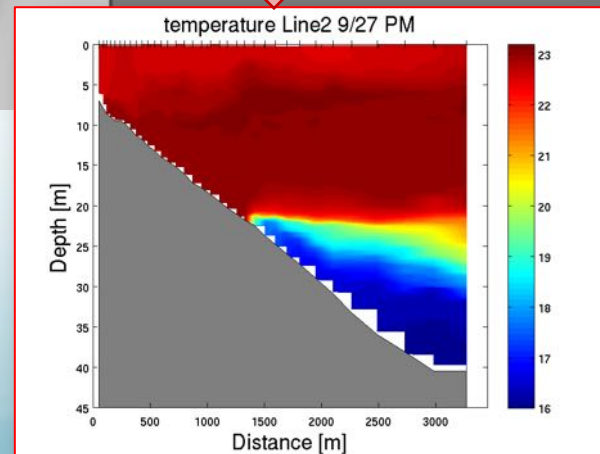
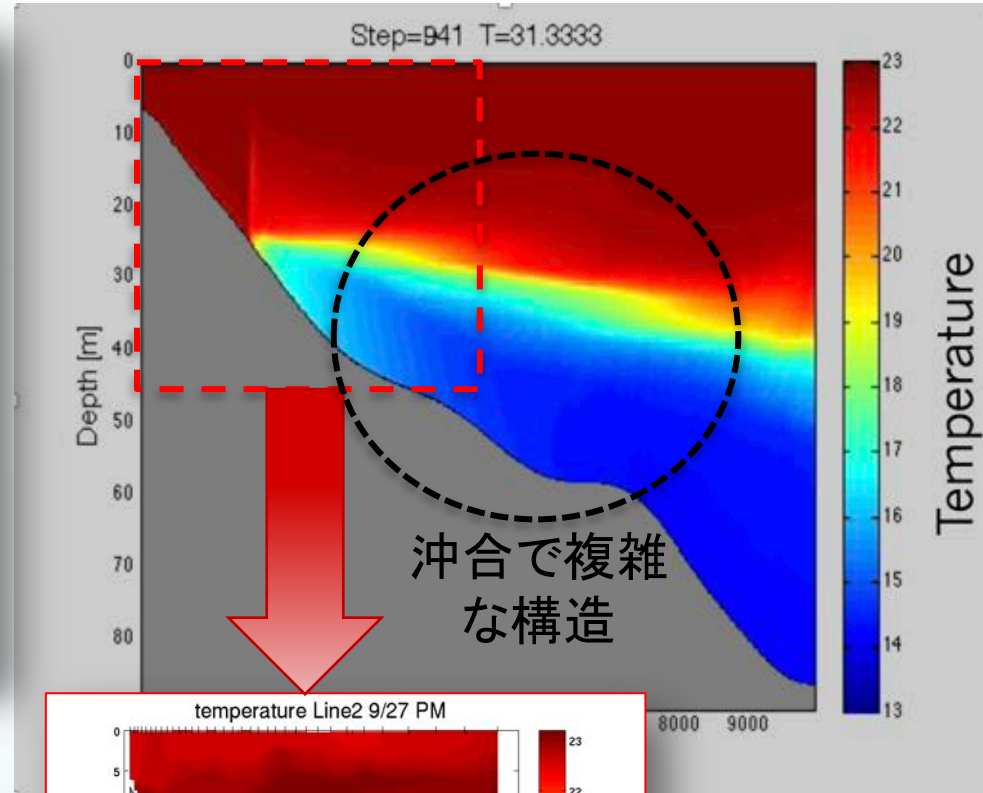
# 数値実験

SUNTANSを用いた2次元の内部潮汐の遡上実験

(Stanford Unstructured Nonhydrostatic Terrain-following Adaptive Nernier-Stokes Simulator)

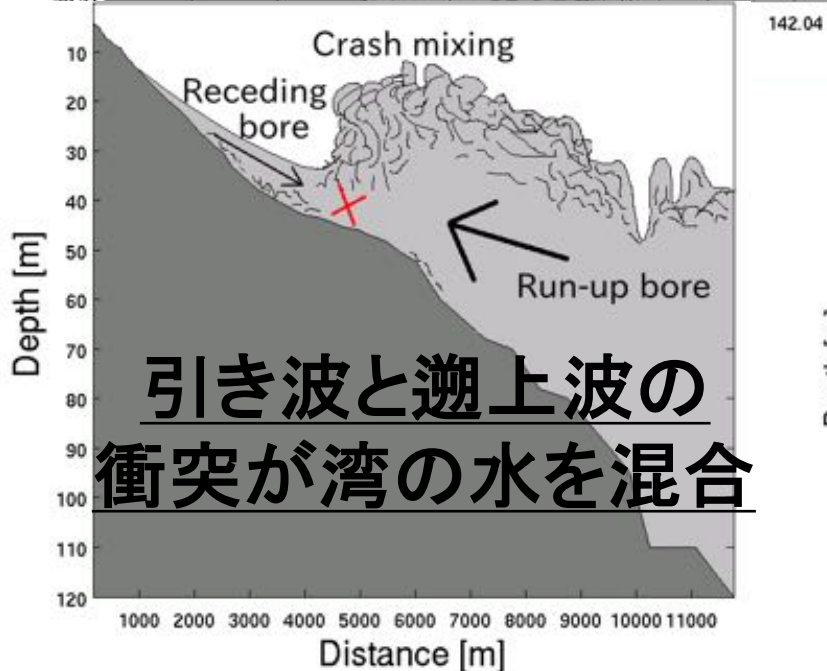
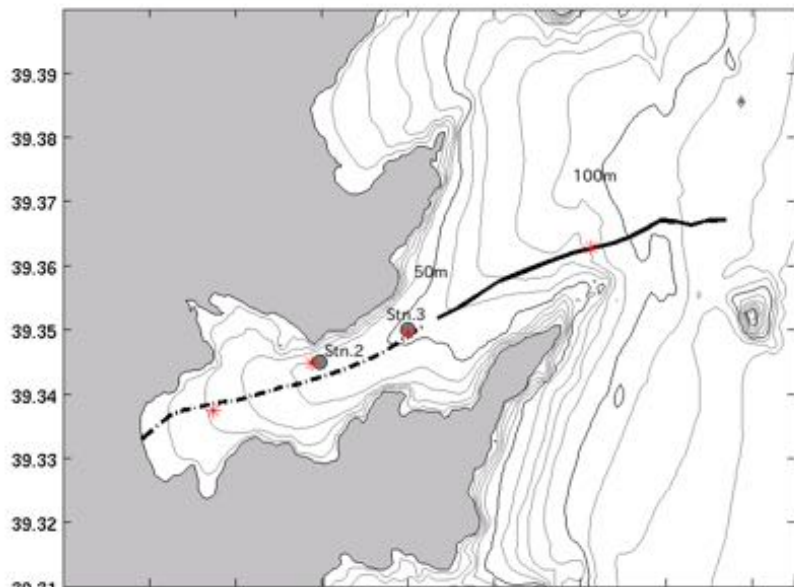
$dX=20m$   $dZ = 0.6m$  for all cells  
Boundary : First mode internal wave

10km

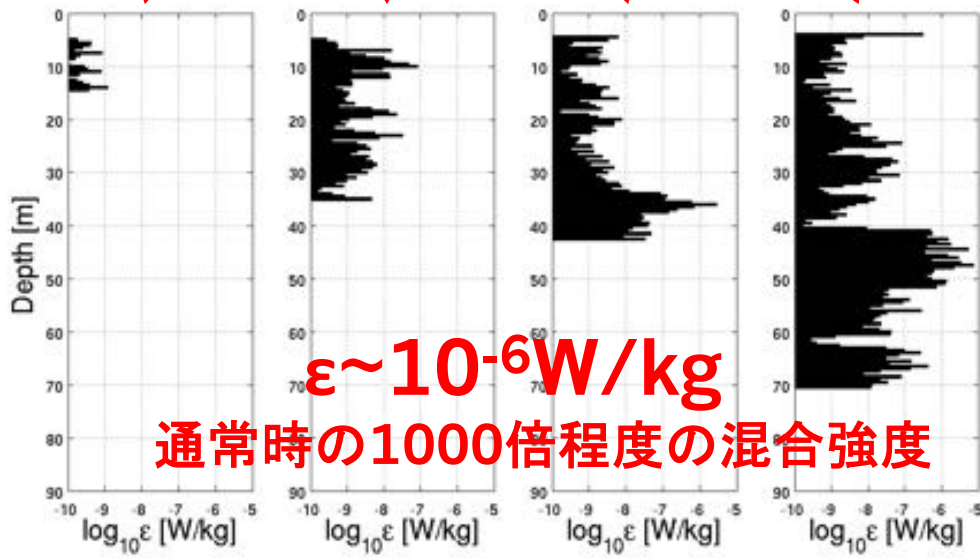
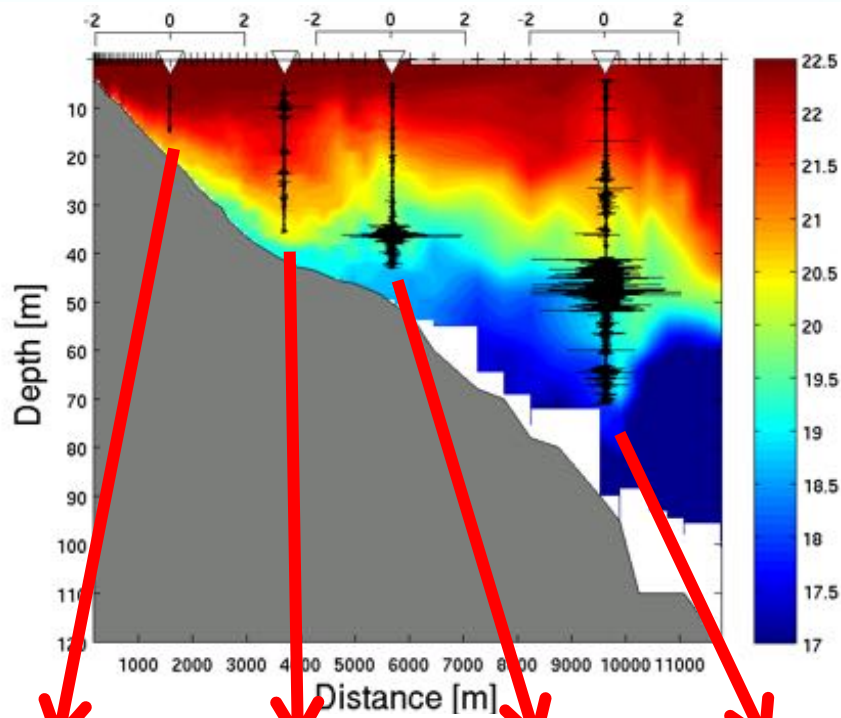


# 広範囲の調査

Masunaga et al. (2016GRL)

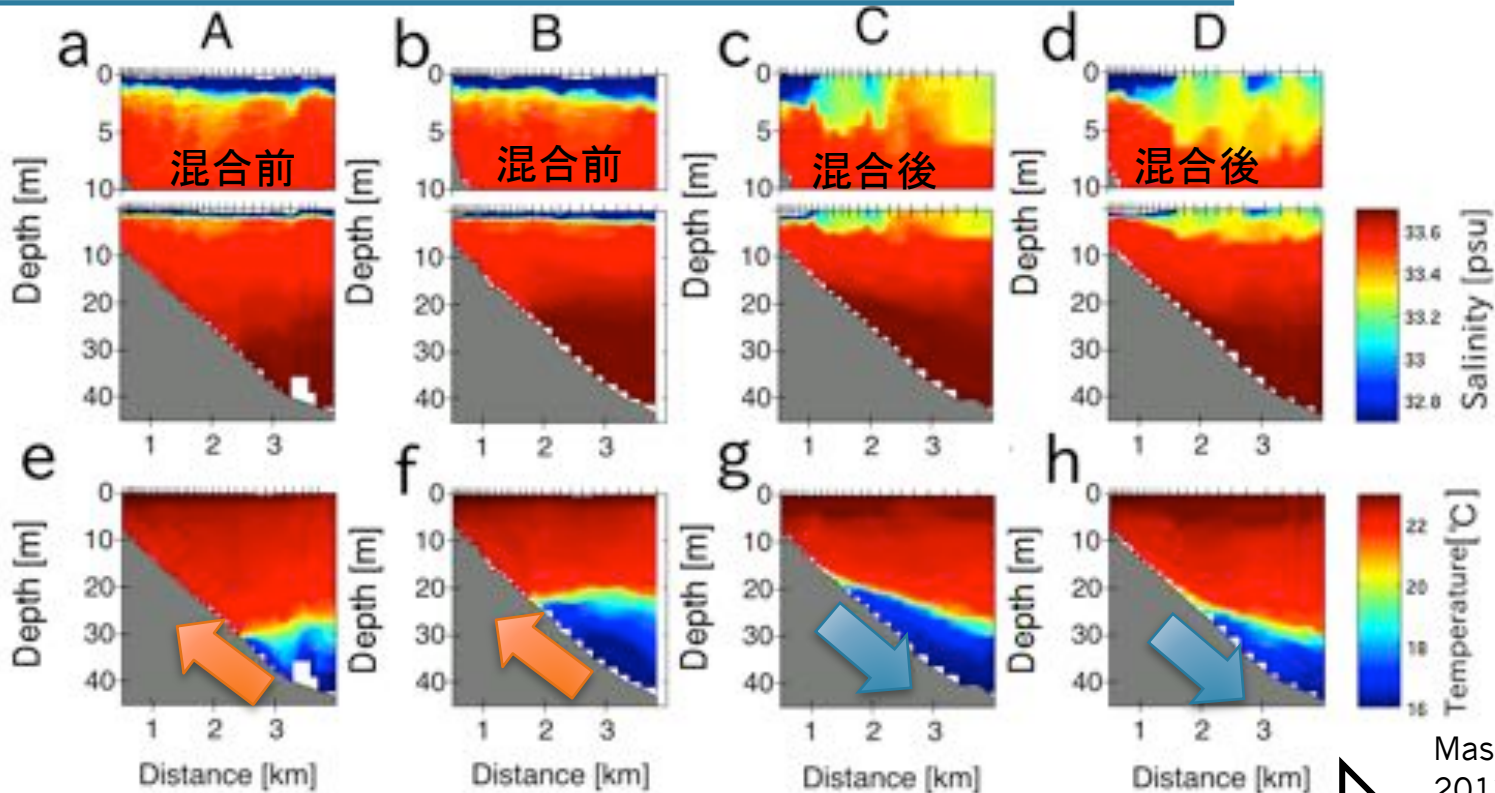


## 乱流シアー



# 河川水と内部潮汐(観測)

塩分



Masunaga et al. (2016JO)  
2013年9月11日

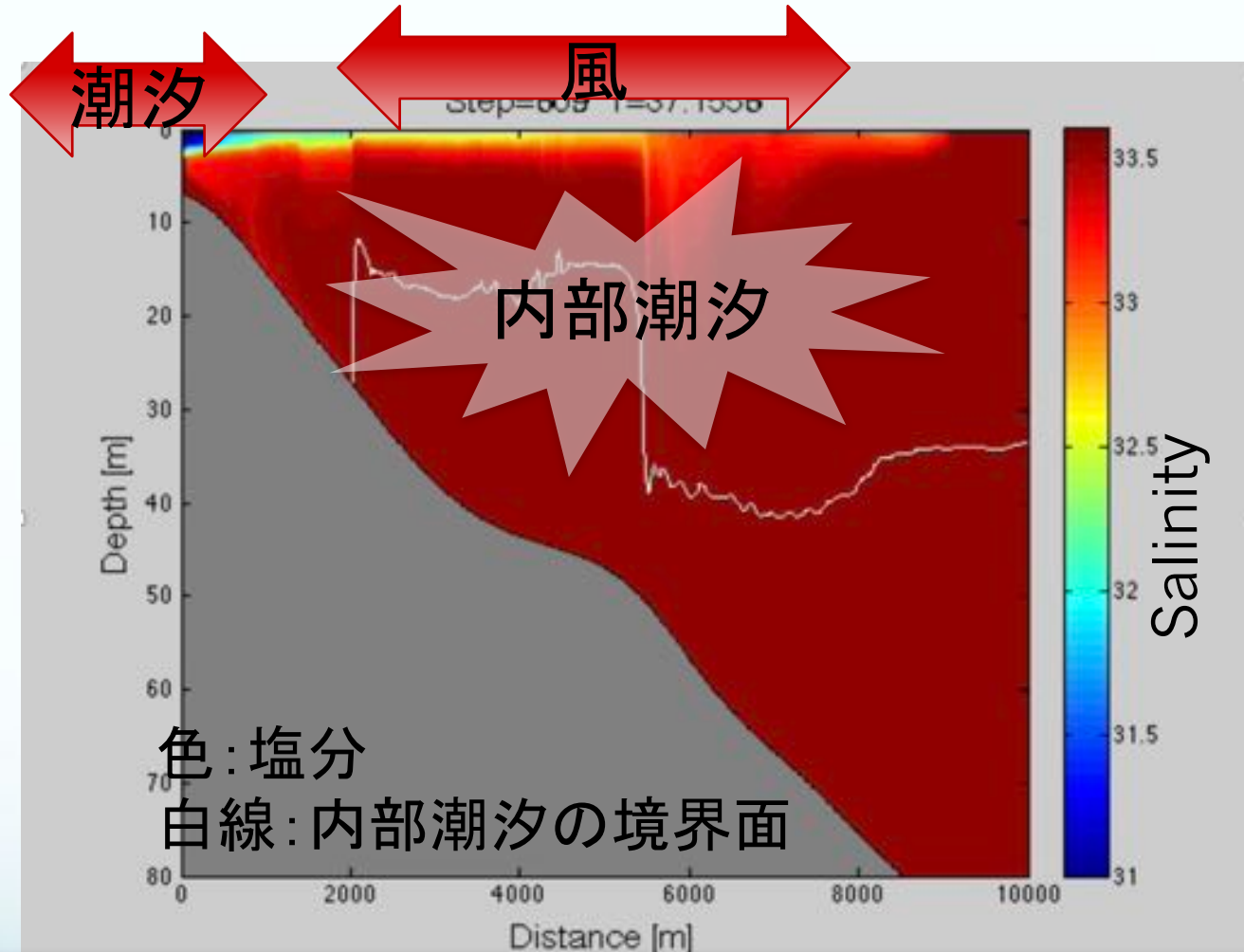
時間 内部潮汐による冷水の侵入 (約6時間)

冷水(内部潮汐)の侵入と同時に  
強く拡散する河川水を観測



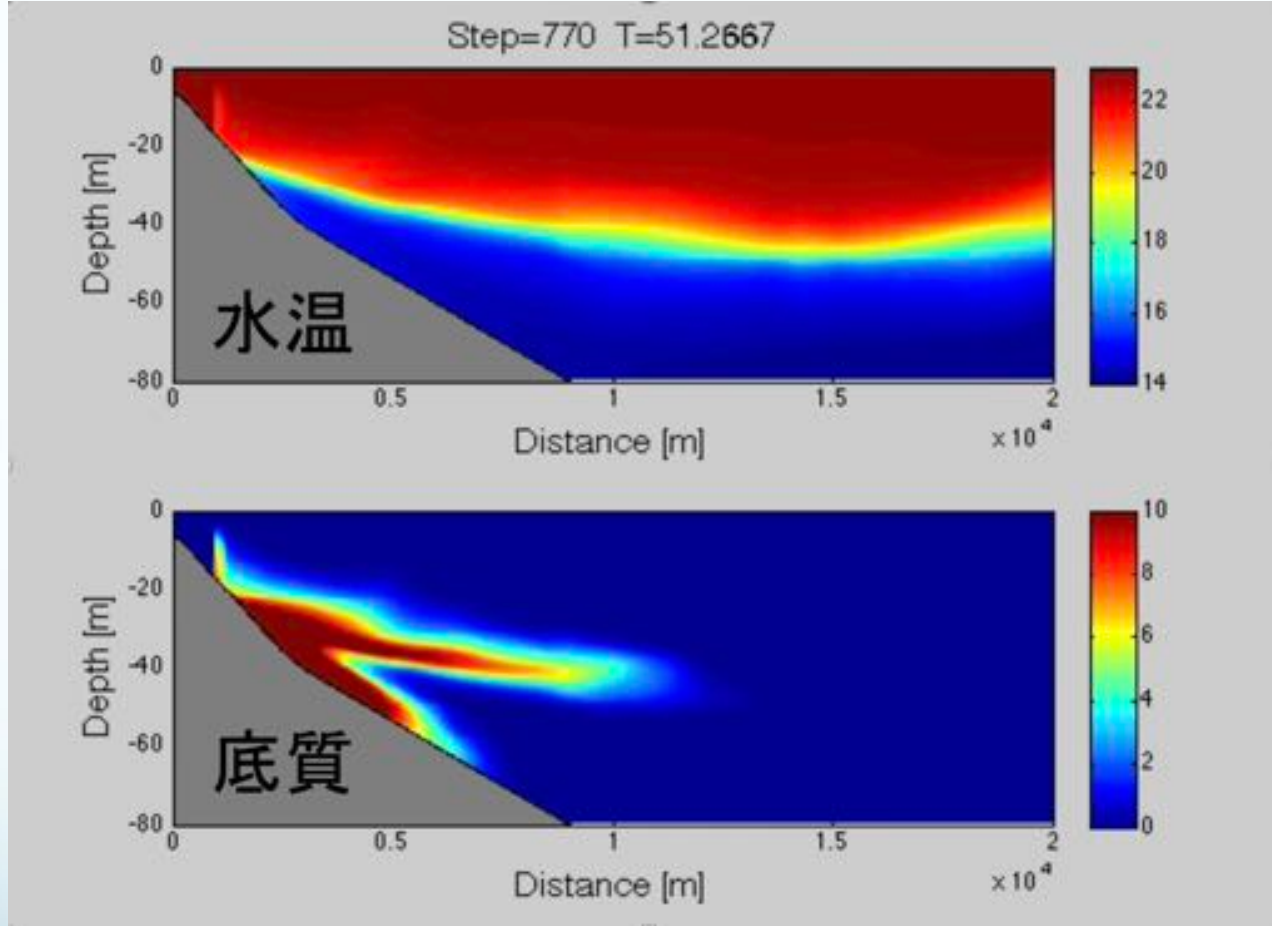
内部潮汐が湾の水全体をかき混ぜている

# 河川水と内部潮汐(数値モデル)

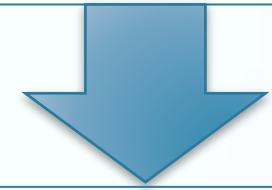


内部潮汐によって複雑かつ強い拡散  
河川水の混合には、①潮汐、②風、③内部潮汐  
の3つの要因が必要

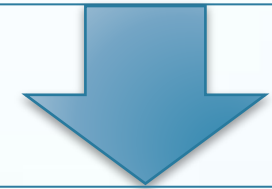
# 底泥輸送と内部潮汐（数値モデル）



引き波で強く  
底質が巻き上がる



次の波で上層へ  
輸送



高濁度層の形成

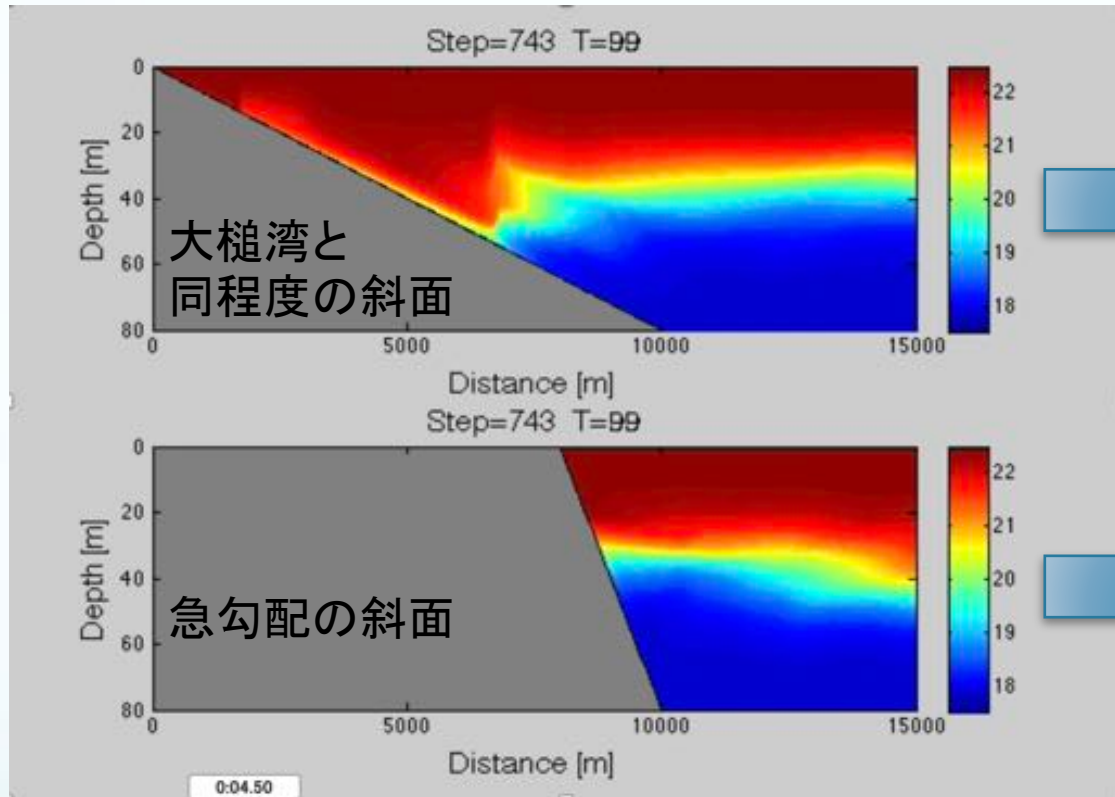


繰り返す波で  
濁度層が成長

潮汐周期で繰り返す内部潮汐が、  
沖合に広がる中層高濁度層を形成



# 湾斜面と内部潮汐(数値モデル)

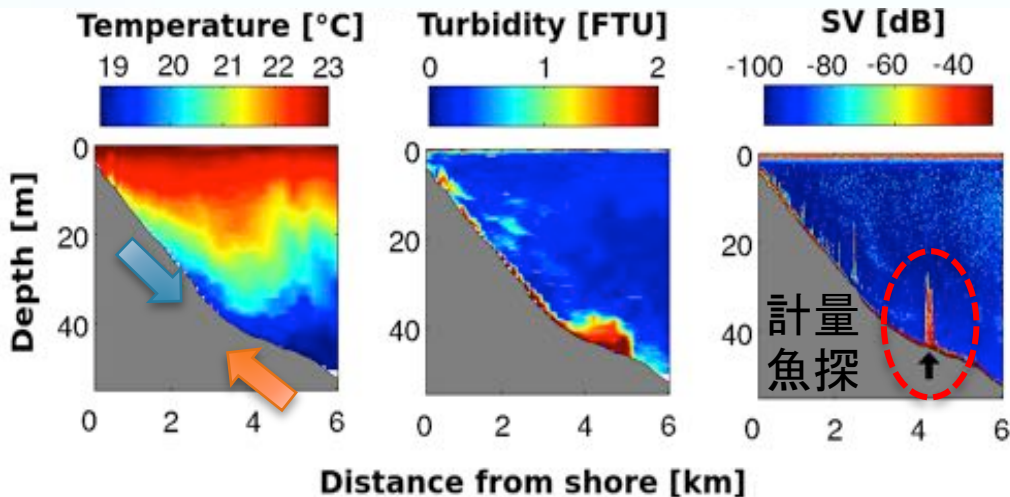


引き波と次の波の干渉  
が起き強い混合や底質  
の巻き上げを引き起こす

引き波と次の波の干渉  
が起きず、強い混合は  
発生しない。

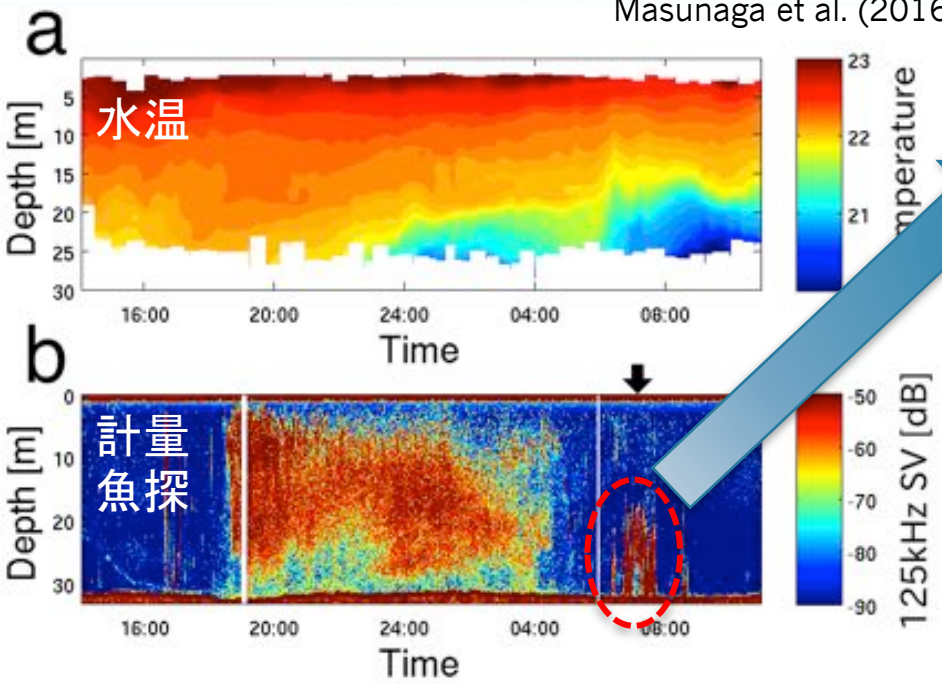
大榎湾は地形的に内部潮汐による冷水の  
侵入の影響を受けやすい特有な海域  
→水産資源にも関わる・・・？

# 内部潮汐と魚群（観測）



引き波と次の波が衝突し強い混合と巻き上げが起きている海域で強い魚群のシグナルを観測

時系列の観測からも日周園直移動とは明らかに異なる冷水と関連する魚群を観測



水中カメラの映像からも明らかな魚群を冷水中に確認した。

Masunaga et al. (2016GRL)

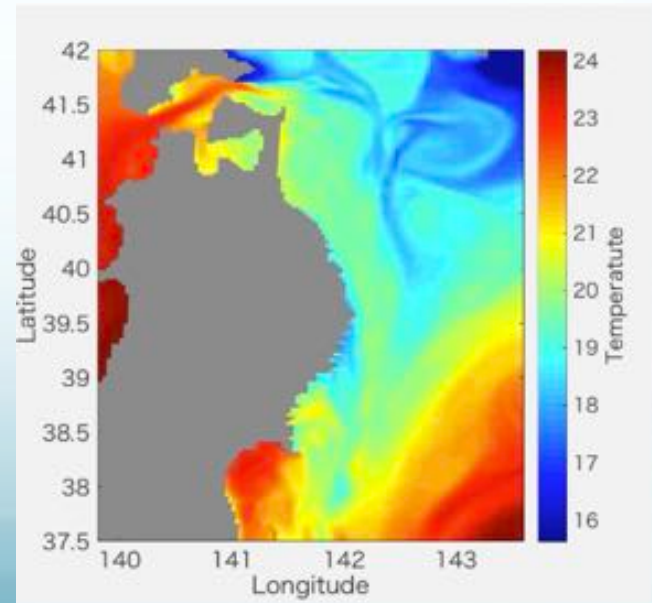
# まとめと今後の展望

1. 大槌湾において底質の巻き上げ，河川水の混合に強く関わる**内部潮汐による冷水の侵入**を明らかにした。
2. 内部潮汐による底質の巻き上げや混合は，**大槌湾特有の緩斜面上で発達しやすい**。
3. 冷水の侵入との関連性が示唆される**魚群**が確認された。



三陸沿岸で発生する内部潮汐と関連する現象が**海洋環境に強い影響**を与え，**生態系・水産資源**にも関わっている可能性がある。

今後は湾外を含めた**広域の調査**やより**詳細な数値実験**を実施し，内部潮汐に関わる物理現象と生態系，水産資源の関係性を明らかにしていく予定。



ご清聴ありがとうございました

