

石垣島北部沿岸域における 海洋表層の流れと微細構造の同時計測

長尾正之¹，橋本英資¹，高杉由夫¹，児島正一郎²，佐藤健治²，森本昭彦³

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

² 情報通信研究機構 沖縄亜熱帯計測技術センター

³ 名古屋大学 地球水循環研究センター



写真：健全なサンゴ群集（独立行政法人国際農林水産研究センター 藤岡義三氏撮影）

謝辞



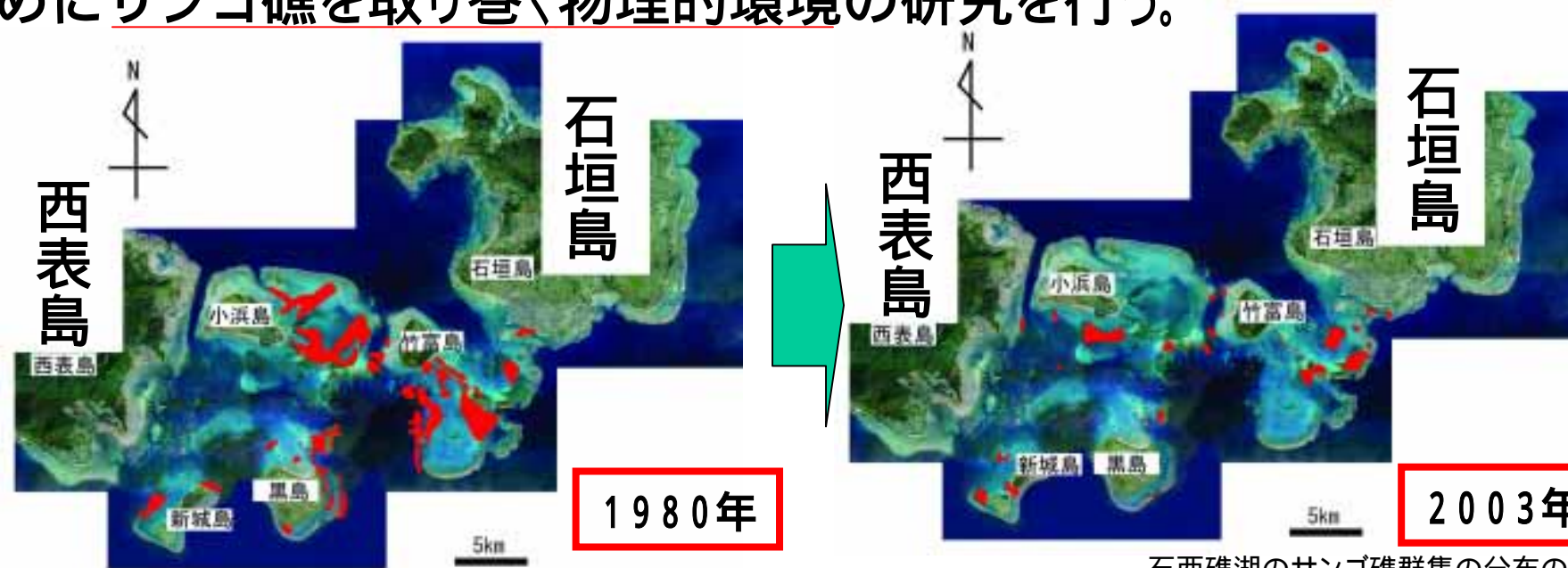
●研究助成

- ・科研費基盤B「センサーネットワークによる東シナ海南西部における外洋と沿岸の統合観測」(代表: 児島正一郎研究員)
- ・名古屋大学地球水循環研究センター共同研究
「琉球列島石垣島周辺のサンゴ礁における表層近傍の混合現象に関する観測的研究」(受入教官: 森本昭彦助教授, 代表: 長尾正之.)

●研究協力

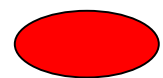
環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター
渋谷拓郎研究室長(西海区水研石垣支所)
古島靖夫研究員(海洋研究開発機構)
鈴木 淳主任研究員(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)
波平さやか(情報通信研究機構)

目的(概論):健全なサンゴ群集の維持機構を明らかにするためにサンゴ礁を取り巻く物理的環境の研究を行う。



石西礁湖のサンゴ礁群集の分布の変遷

出典:環境省国際サンゴ礁モニタリングセンター (<http://www.coremoc.go.jp>) より



サンゴ被度が高い場所。被度:海底をサンゴが覆っている割合。

被度低下の理由の一つは
サンゴの白化

1998年夏→大規模な白化
白化→30℃以上の高温で発生。
共生藻がサンゴから抜け出す。

白化で生き残ったサンゴ群集もある

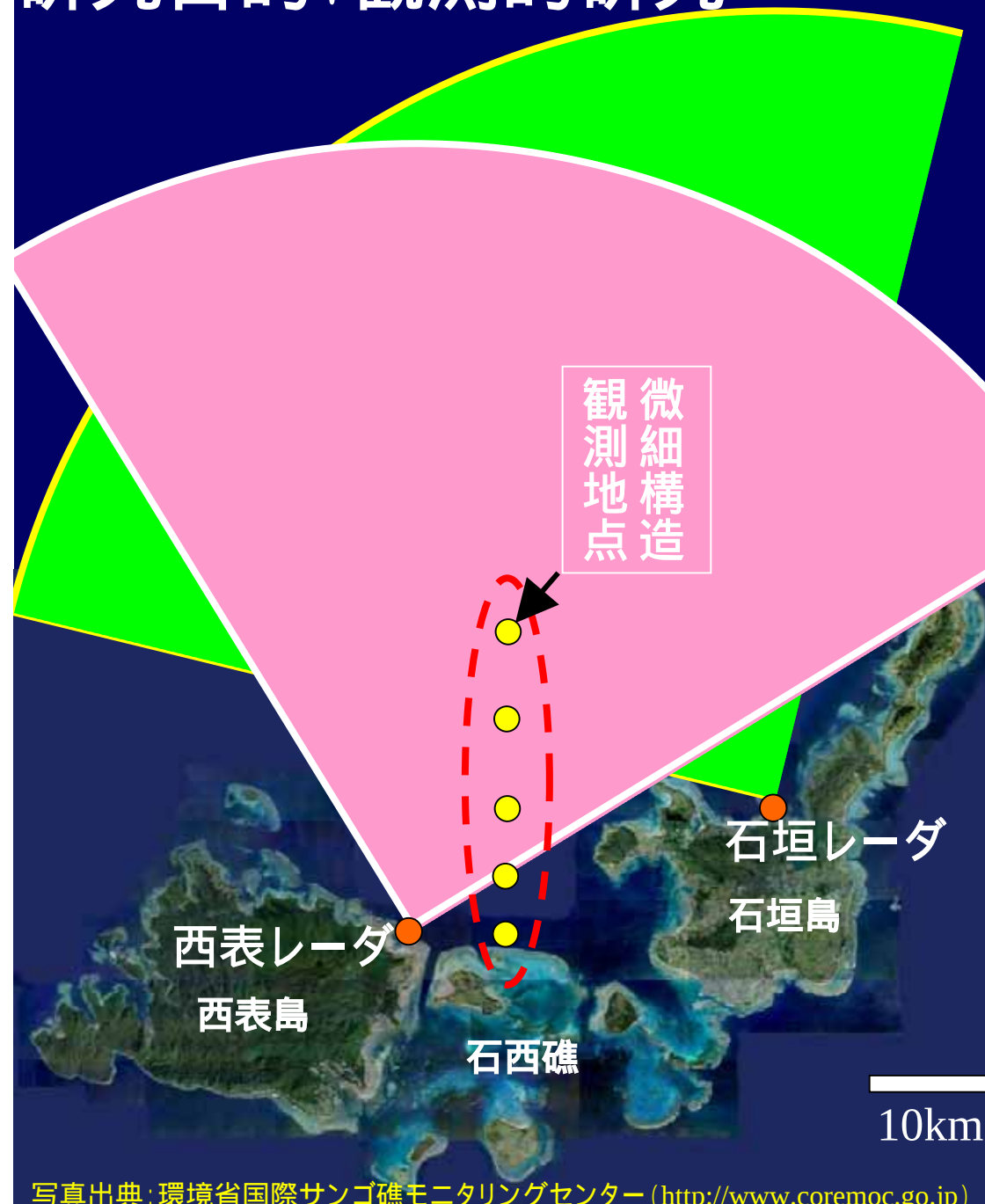
石西礁内の水温構造が、
個々のサンゴ礁群集で違う。

石西礁の中での温度分布の
決定要因を把握することが重要!

目的（各論）

- ・ 保全すべきサンゴ礁モデル海域
八重山諸島石西礁・周辺海域
- ・ 調査・解析手法について研究開発
石西礁内の熱環境，流動場，物質輸送，水質に影響
する石垣島北部沿岸域の流動場・物質輸送の特性把握
- ・ 観測技術要素のベストマッチング・ネットワーク化
 - 2005年は，
海洋鉛直微細構造計測装置による表層中
の微細構造と混合強度変化
短波海洋レーダによる表層流（高範囲・時系列）
の同時計測を実施．

研究目的: 観測的研究



写真出典: 環境省国際サンゴ礁モニタリングセンター (<http://www.coremoc.go.jp>)

短波海洋レーダによる沿岸域
の表層流観測 (情報通信研究機構)



自由浮上型微細
構造測定装置



産業技術
総合研究所

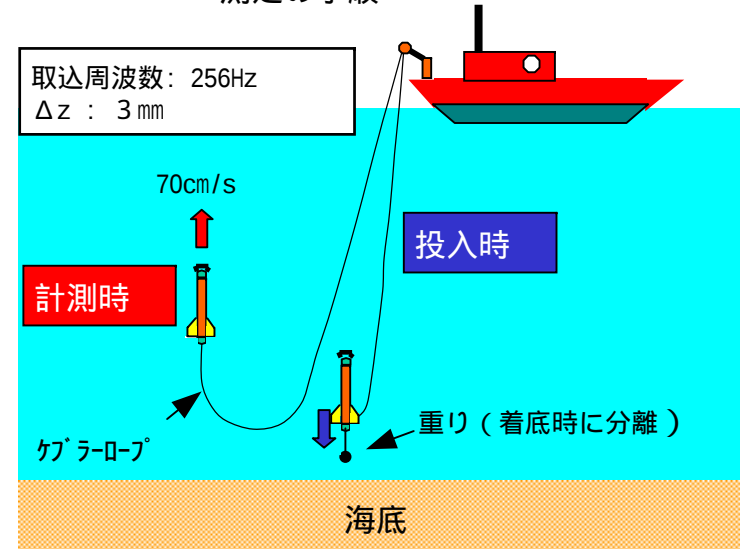
海洋表層の微細構造・混合強度観測

17年度研究:自由浮上型微細構造測定装置による鉛直微細構造データの取得

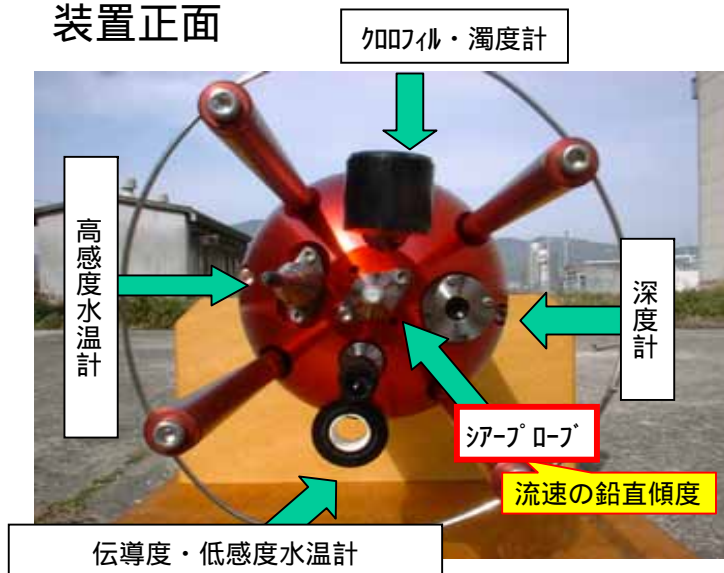
装置概観



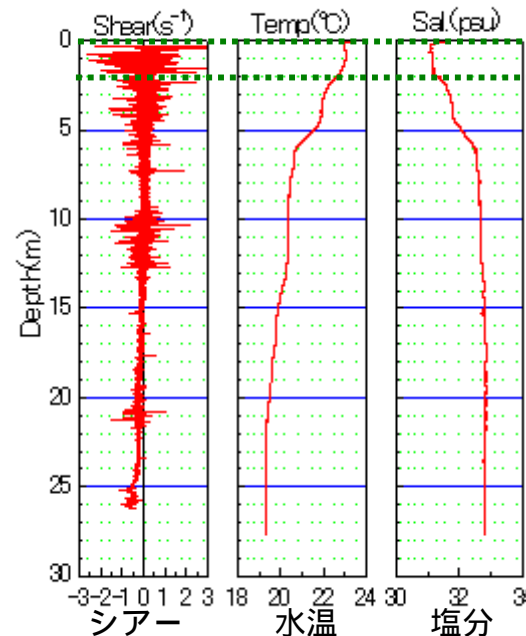
測定の手順



装置正面



微細構造の測定例



浮上型微細構造測定装置のメリット

- ・海面ぎりぎりまで水温, 塩分, シアが取得可能
- ・鉛直分解能が数mmと高分解能
- ・海面近傍の混合現象を推定可能
- ・海洋レーダ, 海面高度データとのマッチング

混合パラメタ

エネルギー逸散率 (ε)

$$\varepsilon = \frac{15}{2} \nu \overline{\left(\frac{du'}{dz}\right)^2}$$

鉛直渦動拡散係数 (K_z)

$$K_z = \gamma \frac{\varepsilon}{N^2}$$

u' : 水平流速の乱れ
 z : 鉛直座標 (上向きを正),
 ν : 海水の動粘性係数

γ : 係数で0.2と仮定.
 N^2 : Brunt-Väisälä 周波数

$\overline{\left(\frac{du'}{dz}\right)^2}$ → 鉛直シアーデータの
スペクトルを積分.
(セグメントサイズ = 一定)

鉛直上昇速度 V が一定とすると,

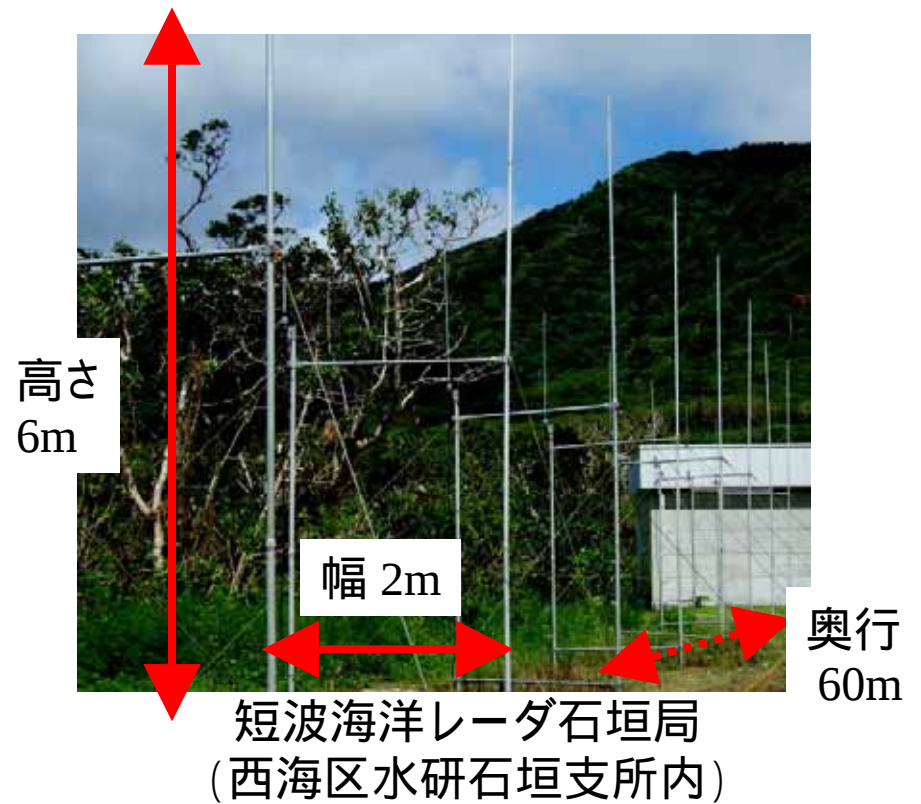
$$\frac{du}{dt} = V \frac{du}{dz}$$

シアーフロ出力 鉛直シアー

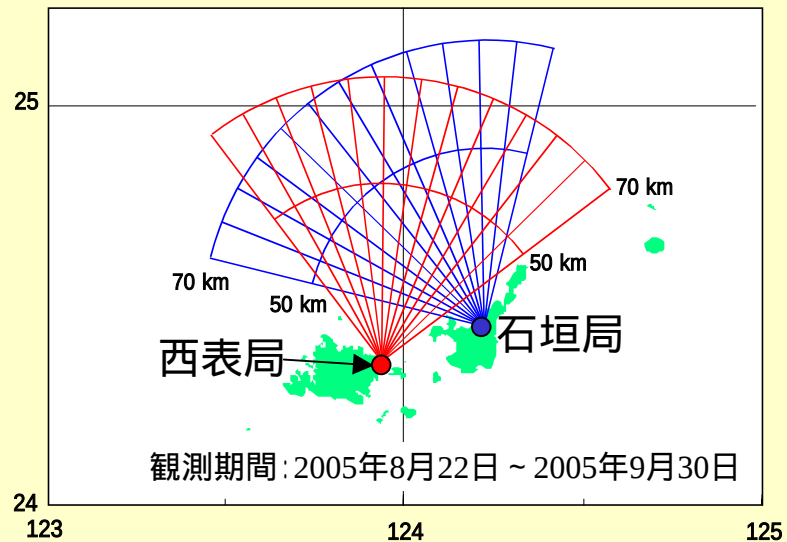
短波海洋レーダによる 表層流観測

短波海洋レーダ

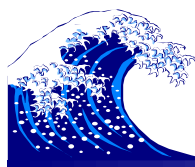
項目	内容
レーダ形式	FMICW
周波数	24.515 MHz
掃引周波数幅	100 kHz
周波数掃引間隔	0.5 s
送信出力	100W
距離分解能	1.5 km
速度分解能	4.78 cm/s
最大探知距離	75 km
ビーム幅	7.5 度
観測範囲	$\pm 45^\circ$
アンテナサイズ	60m (奥行) $\times$ 5 m (高さ)



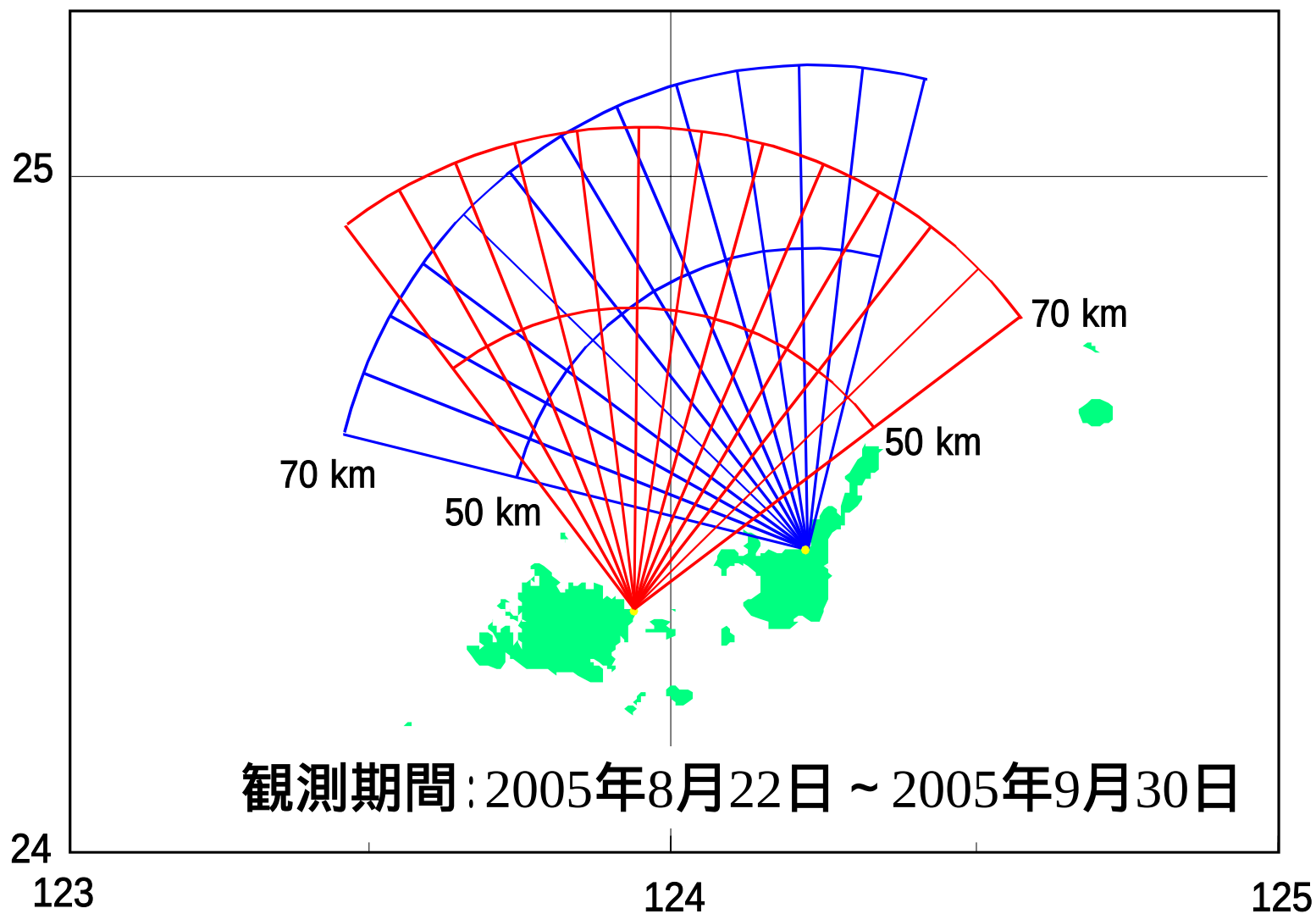
短波海洋レーダの観測海域



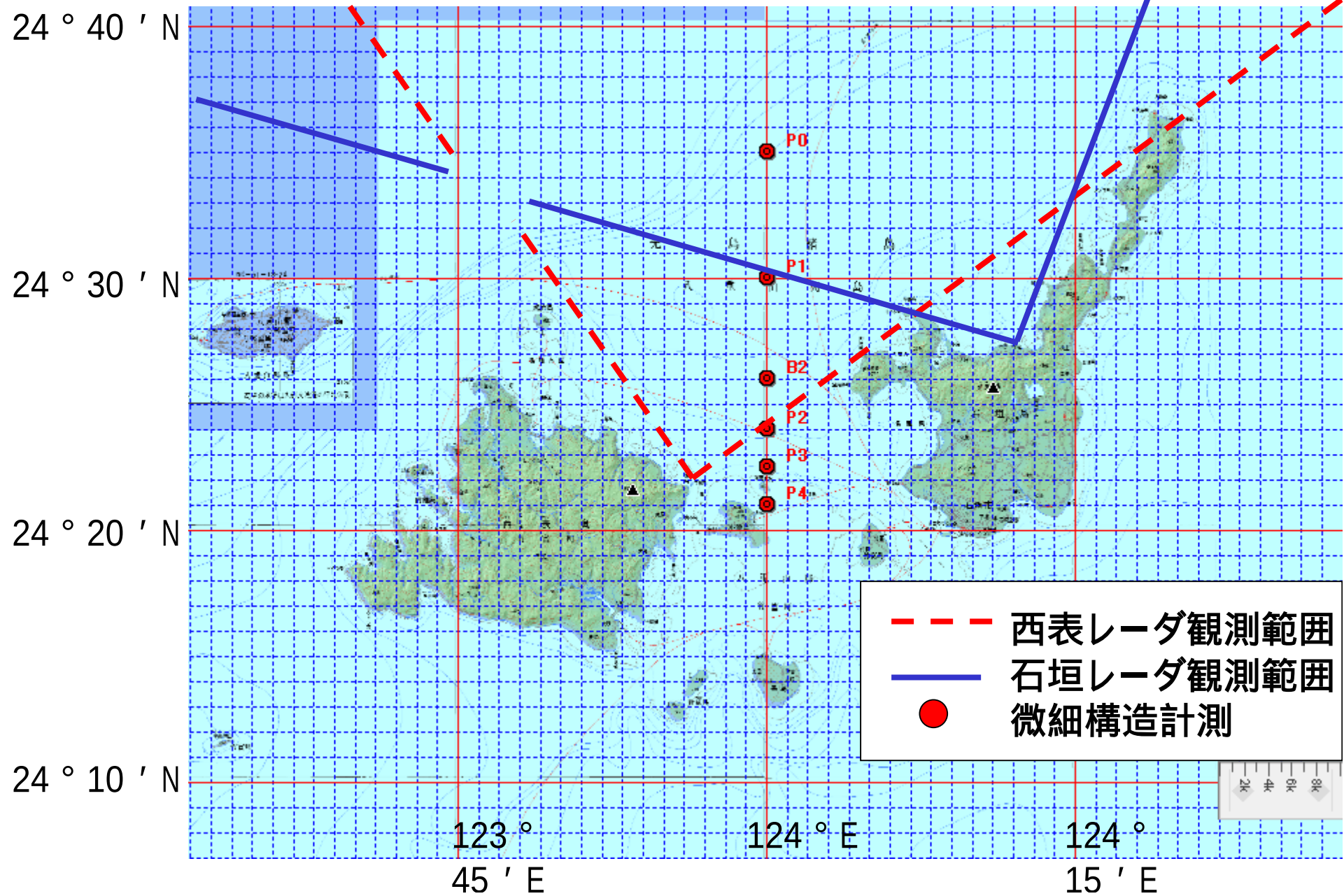
短波海洋レーダ西表局



短波海洋レーダの観測海域



観測点



レーダ + 微細構造

- ・短波海洋レーダ / 沿岸海洋レーダ
(西表島と石垣島)
- ・海洋鉛直微細構造測定装置
(ターボマップ4)



補助計測装置

- ・ADCP(600 kHz): 表層流観測用
- ・表層ブイ (GPS) : Stn.P₀から放出・
表層流方向検証・測定点確認用・
- ・クロロテックCTD: 塩分, 水温,
クロロフィル蛍光,
濁度鉛直分布鉛直方向解像度10cm

ADCP



表層ブイ + GPS



+



携帯用GPS 表層ブイ放流中

クロロテック
CTD



移動する水塊表層の微細構造など (時系列)

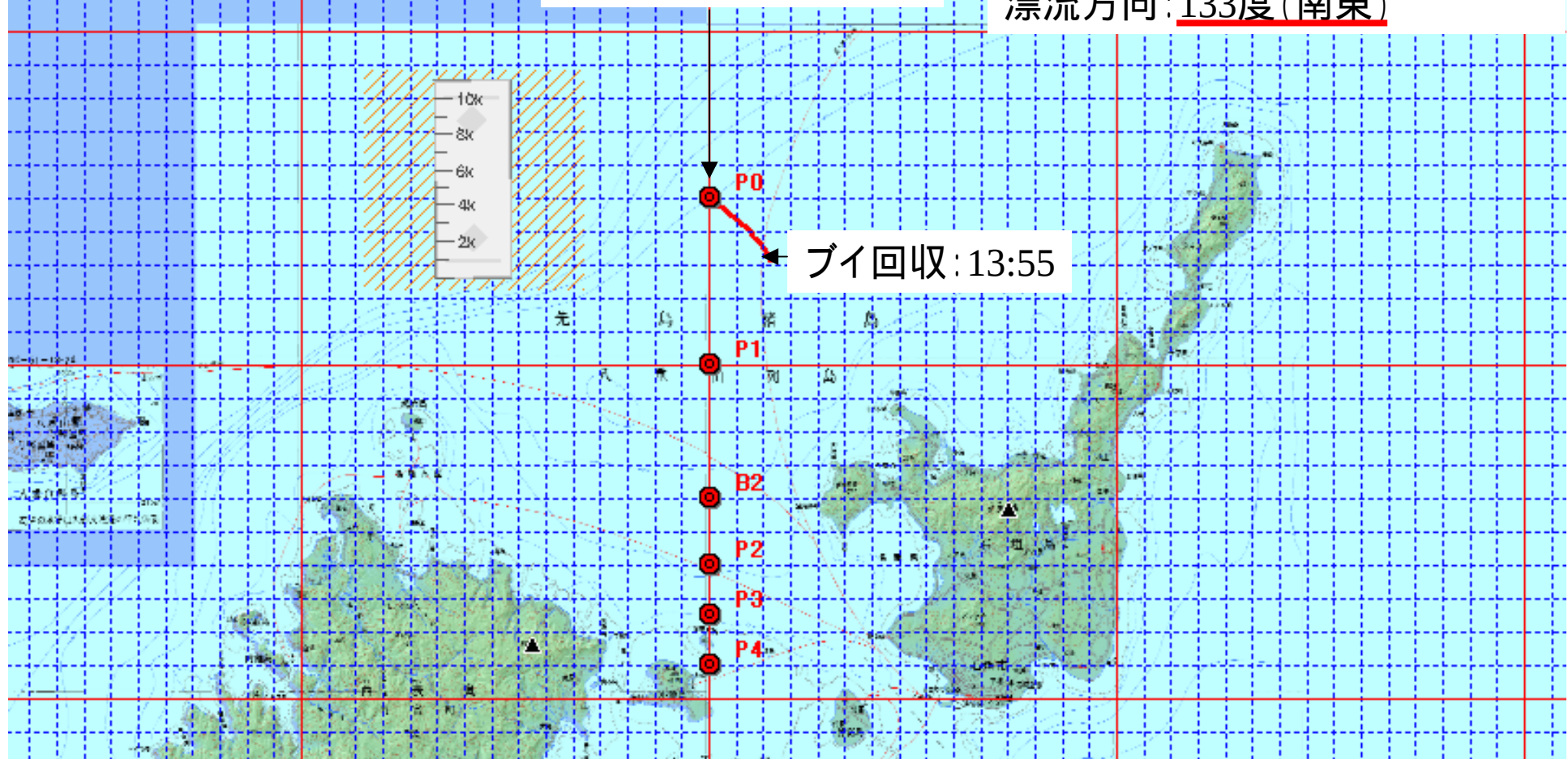
050915石垣島北部海域での微細構造観測結果 その1
GPS漂流ブイの軌跡からみた表層の流向と流速

050919 長尾

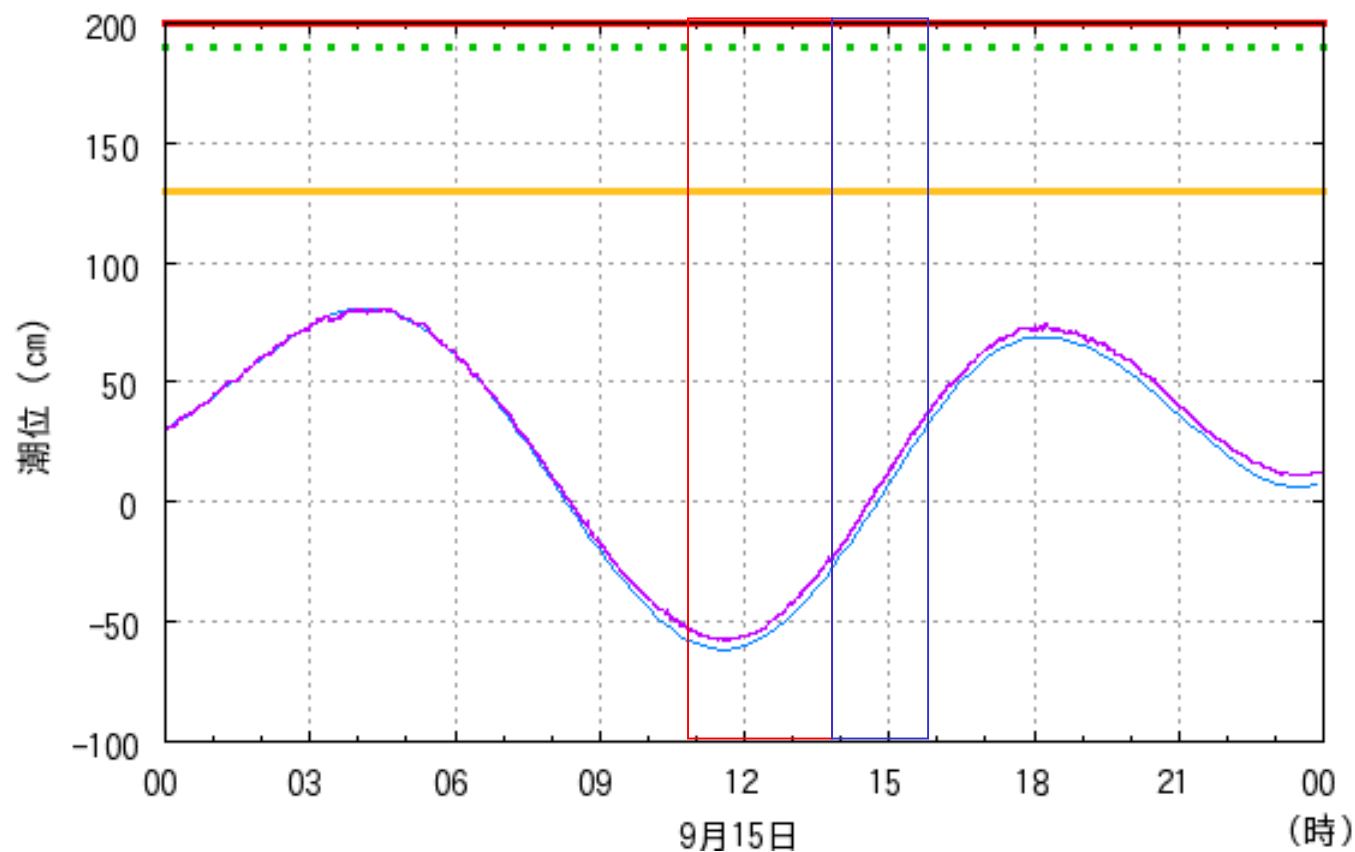
投入点と回収点の直線距離: 5km
漂流時間: 3時間
漂流速度: $5\text{km}/3\text{時間} = 1.7\text{km/h}$
 $= 0.9\text{kn}$
 $= \underline{47\text{cm/s}}$
漂流方向: 133度(南東)

P0へのブイ投入: 10:56

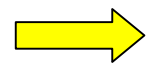
ブイ回収: 13:55



9月15日の石垣[気象庁]の潮位の実況



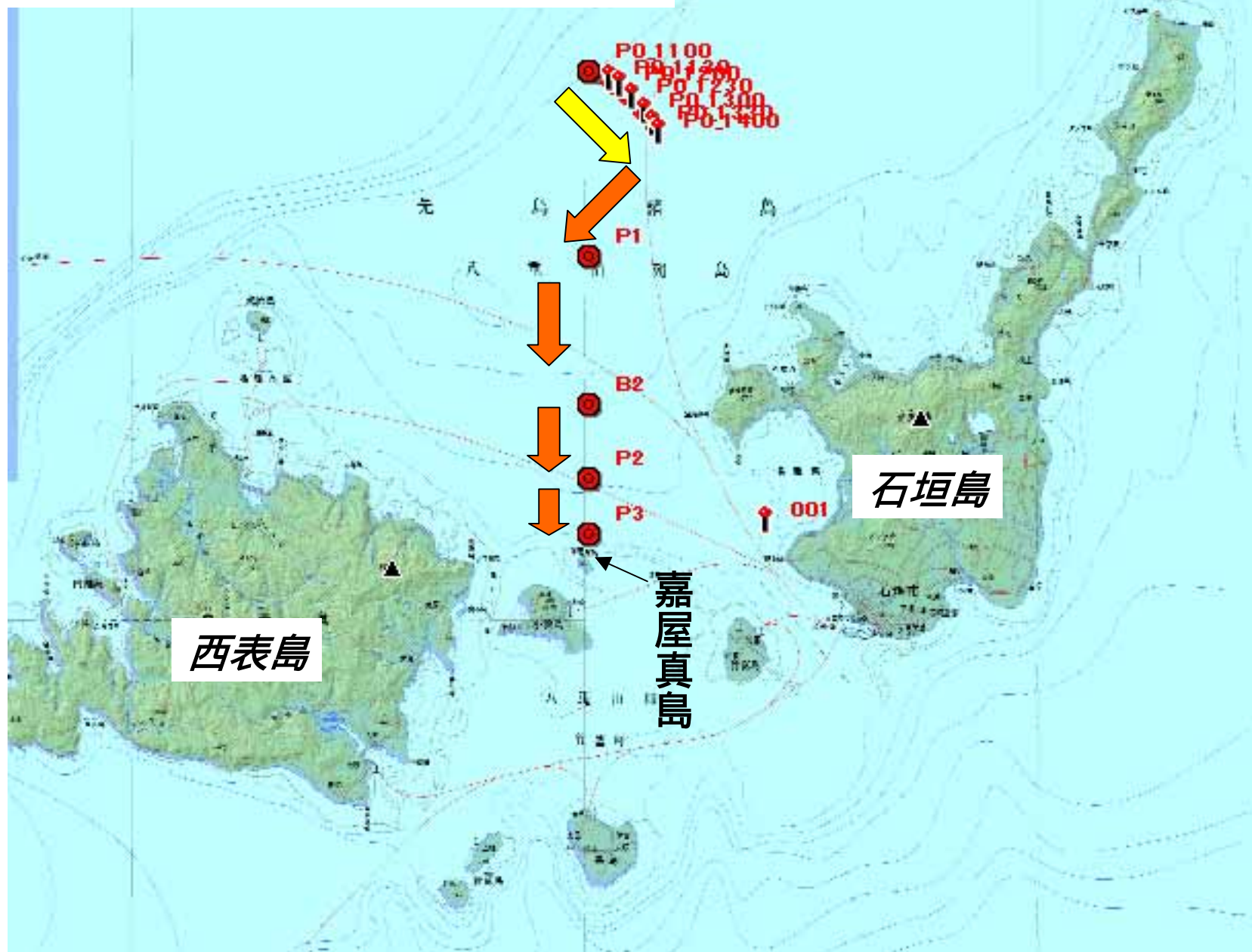
GPSブイに沿って観測(11h-14h)
P1からP3まで縦断観測(14h-16h)



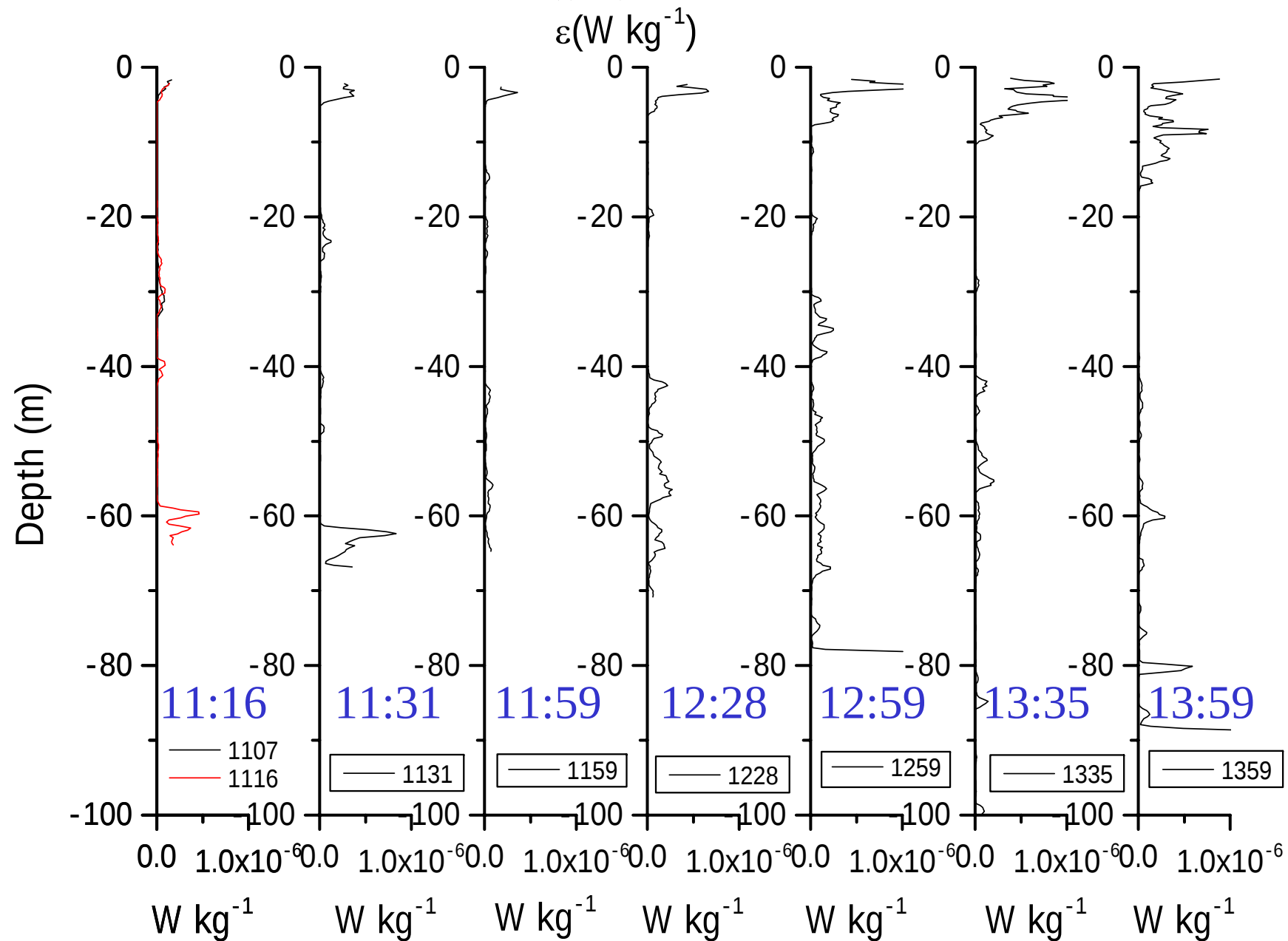
GPSブイに沿って観測



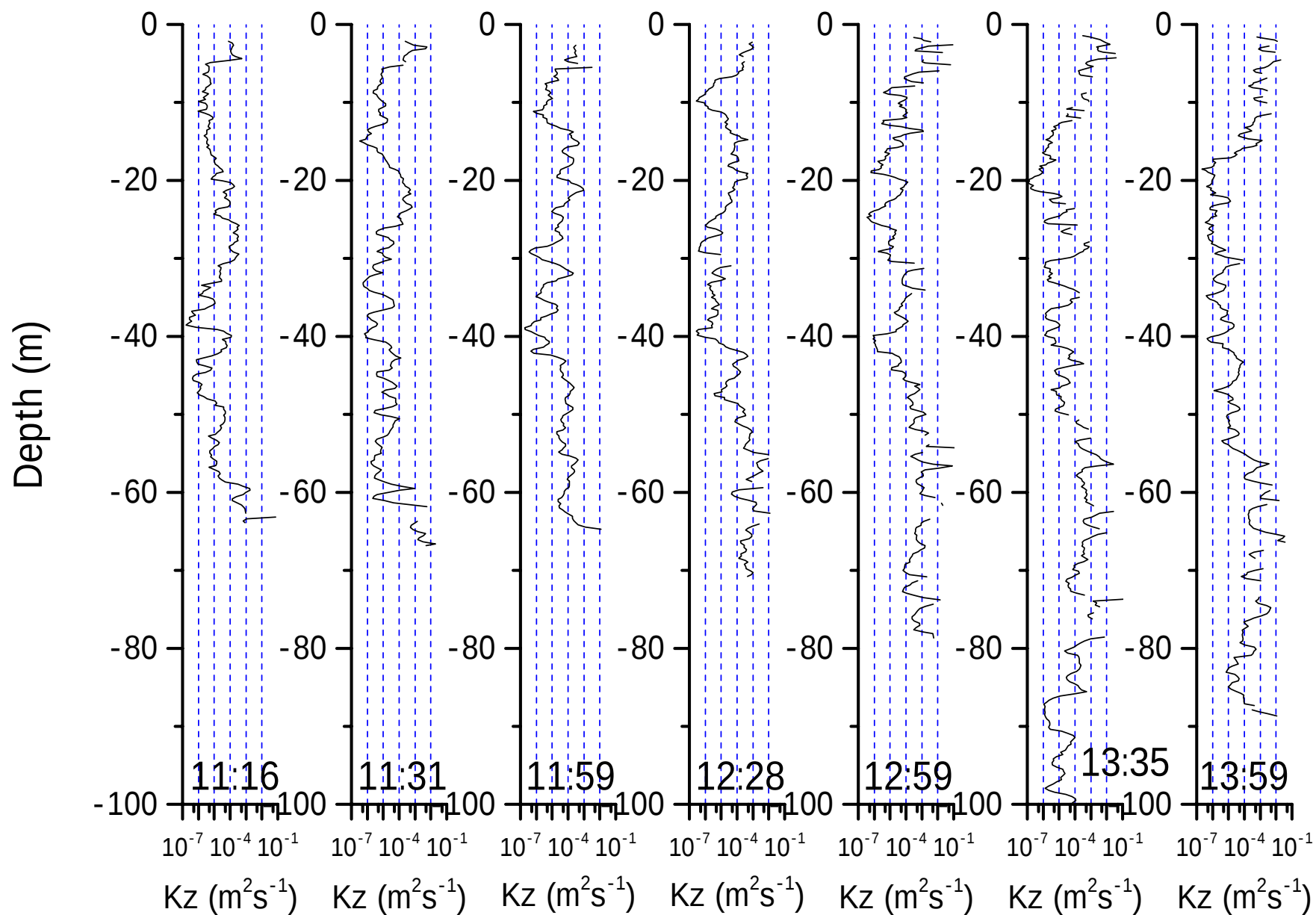
P1からP3まで縦断観測



050915 石垣島沖のエネルギー逸散 (横軸線形) GPSフロート追跡時 051011長尾



050915 石垣島沖の渦動拡散係数 (横軸対数)
GPSフロート追跡時 051011長尾



**移動する水塊表層の微細構造など
(レーダ表層流とADCPや風, 基本流速)**

気象庁風向・風速データ観測場所

伊原島 (アメリカ)

西表島

石垣島

石垣島

嘉屋真島

気象庁HP電子閲覧室より

伊原間
(アメダス)

西表島

西表島

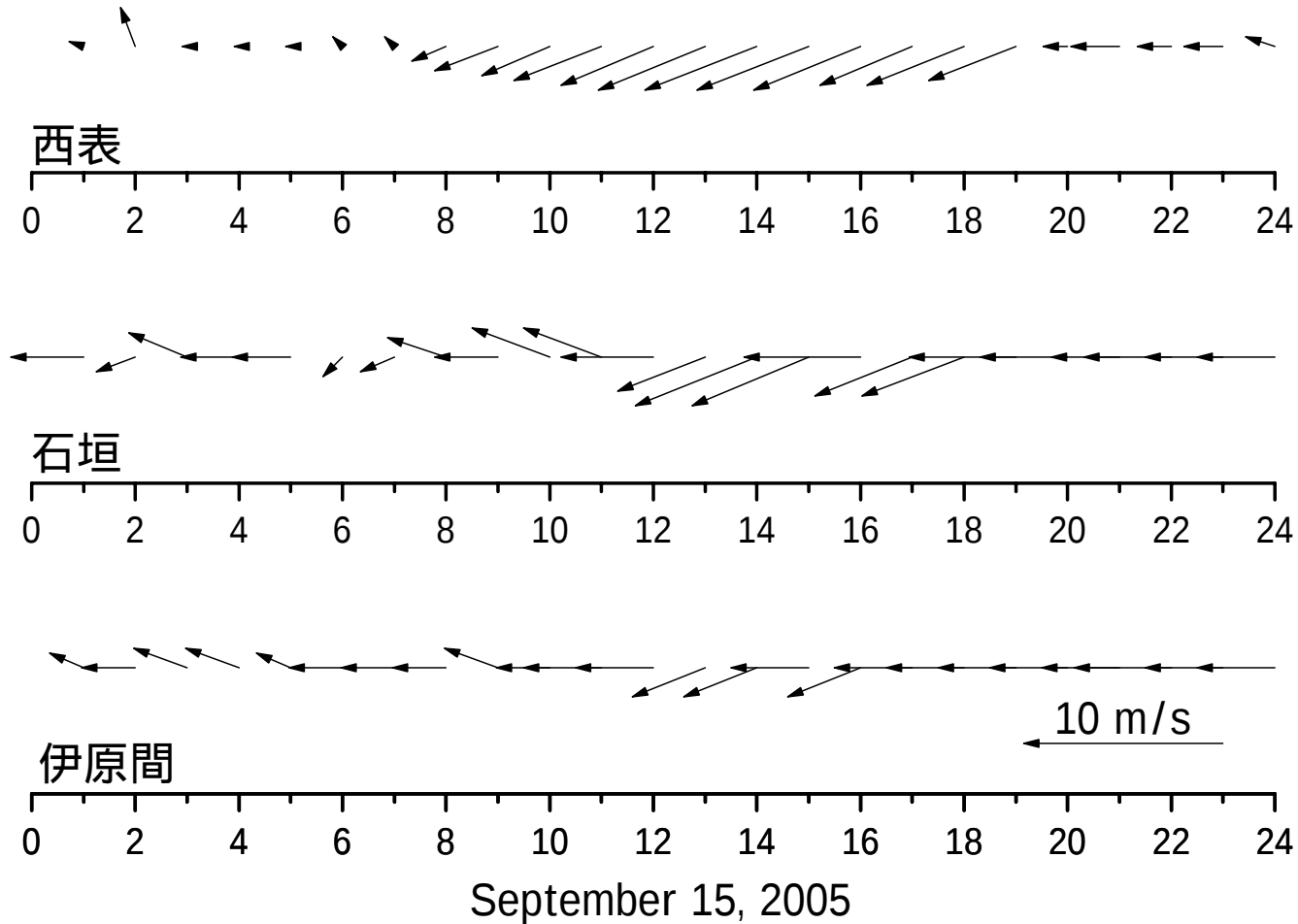
石垣島

石垣島

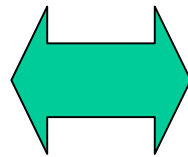
嘉屋真島

気象庁HP電子閲覧室より

3地点での風速風向時系列



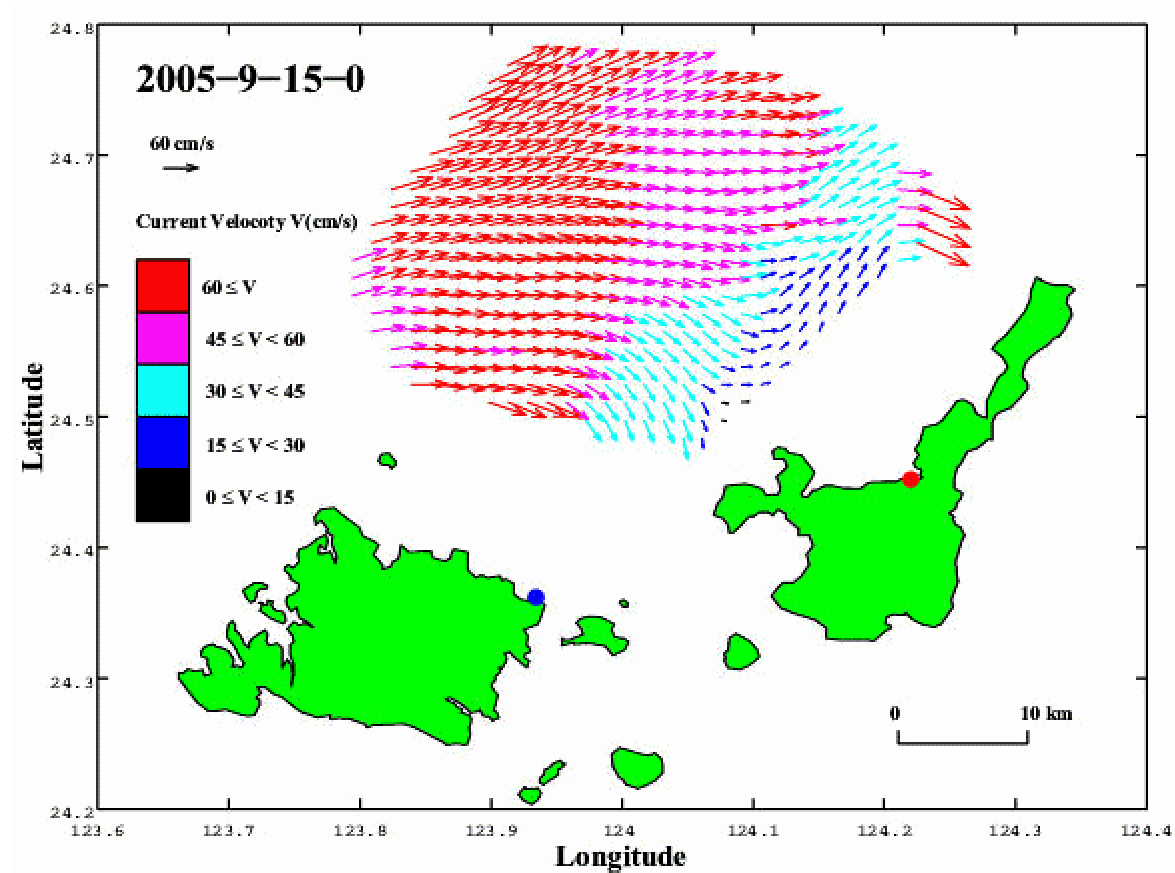
- ・風速は明け方から増加し、14時ごろに最大、夕方減少
- ・そのときの風向きは北東または東向き

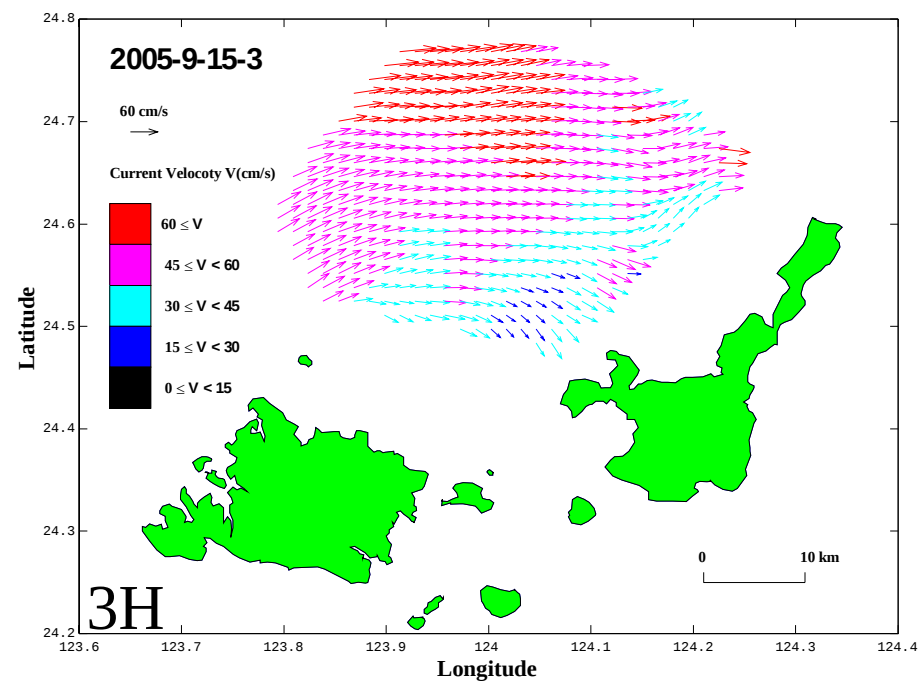
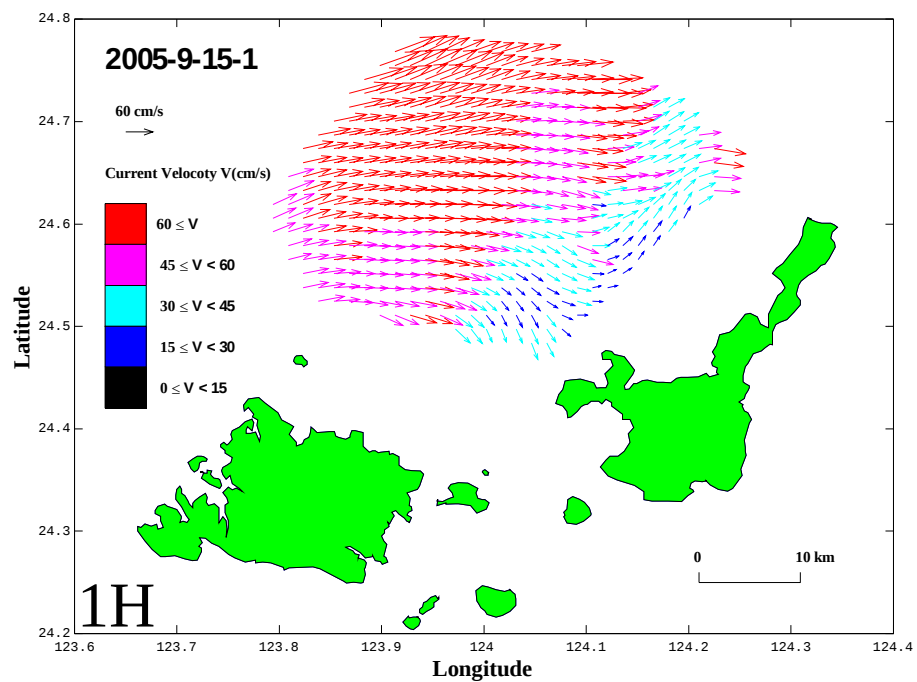
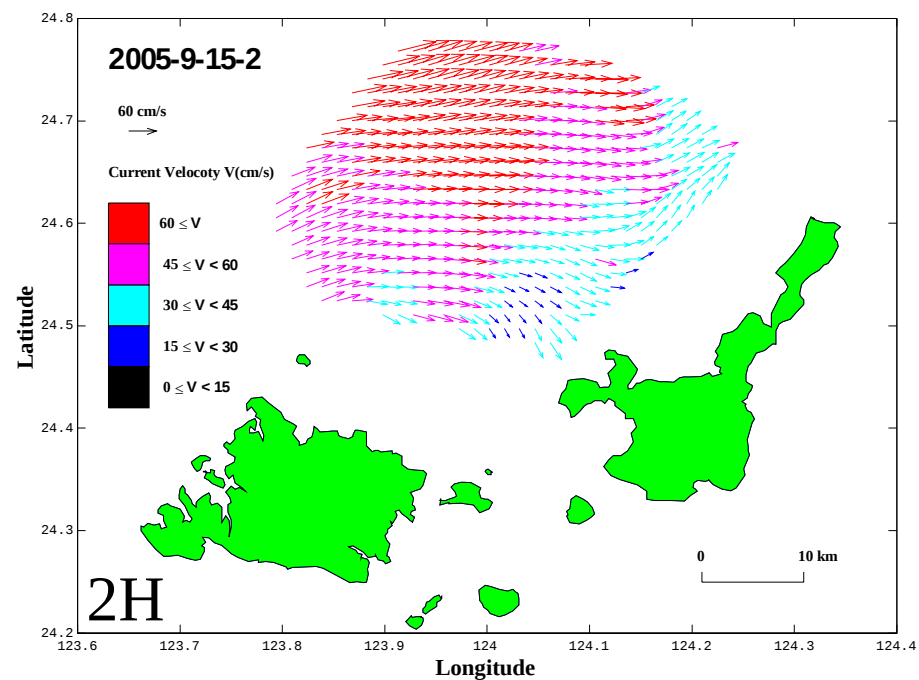
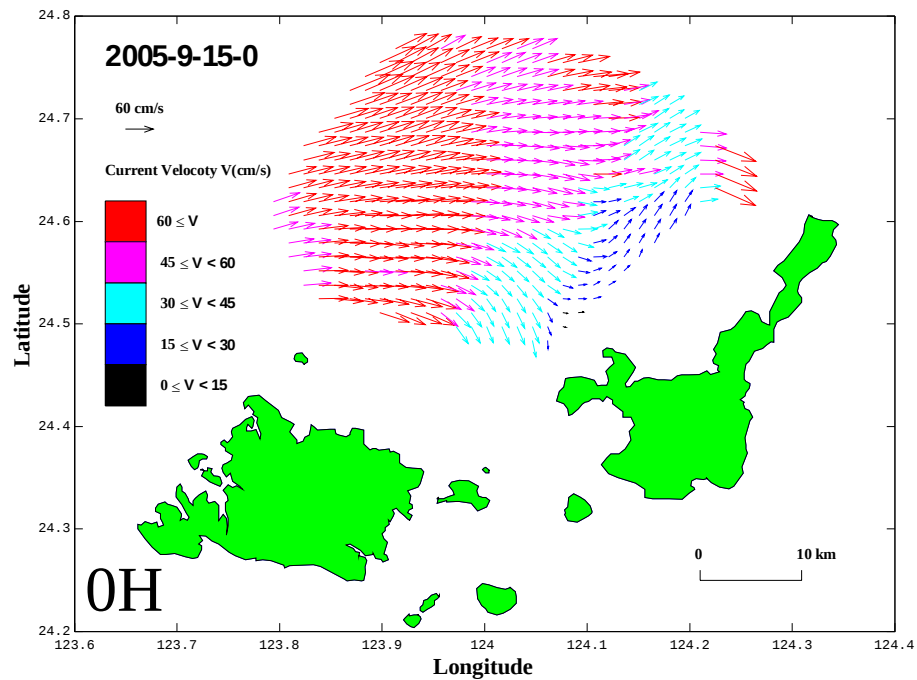


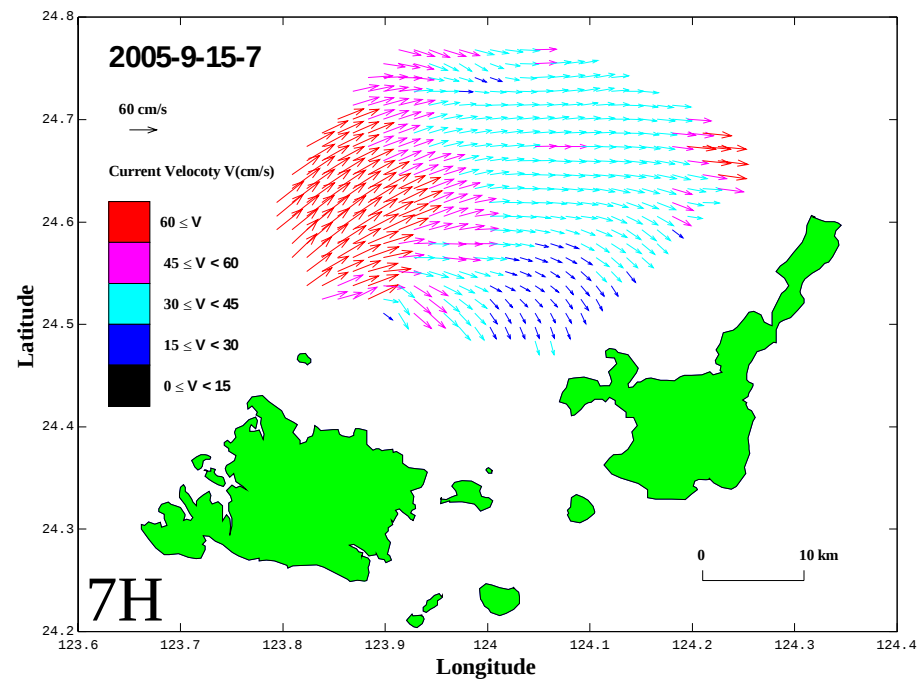
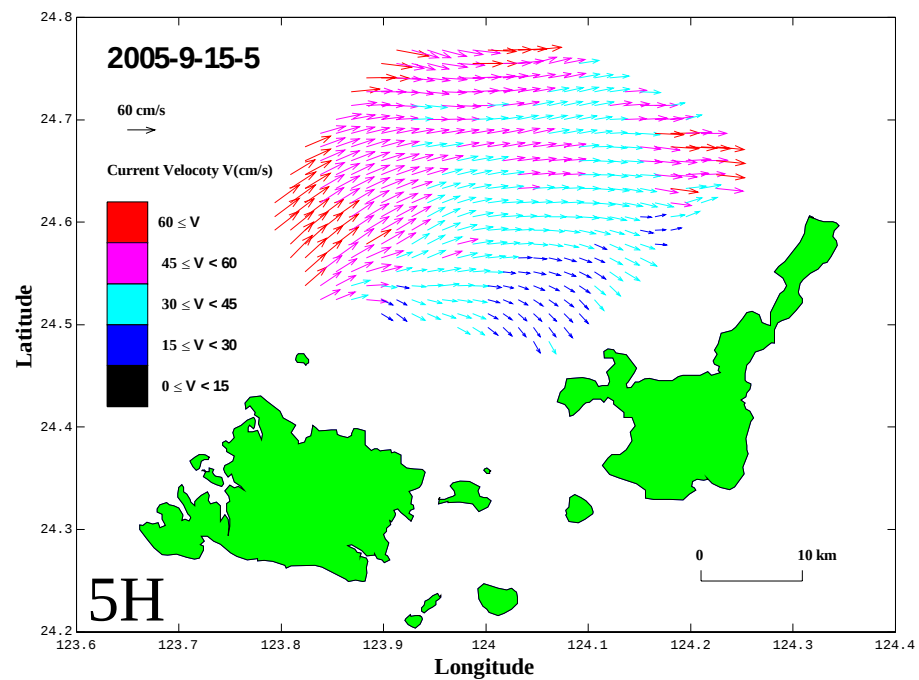
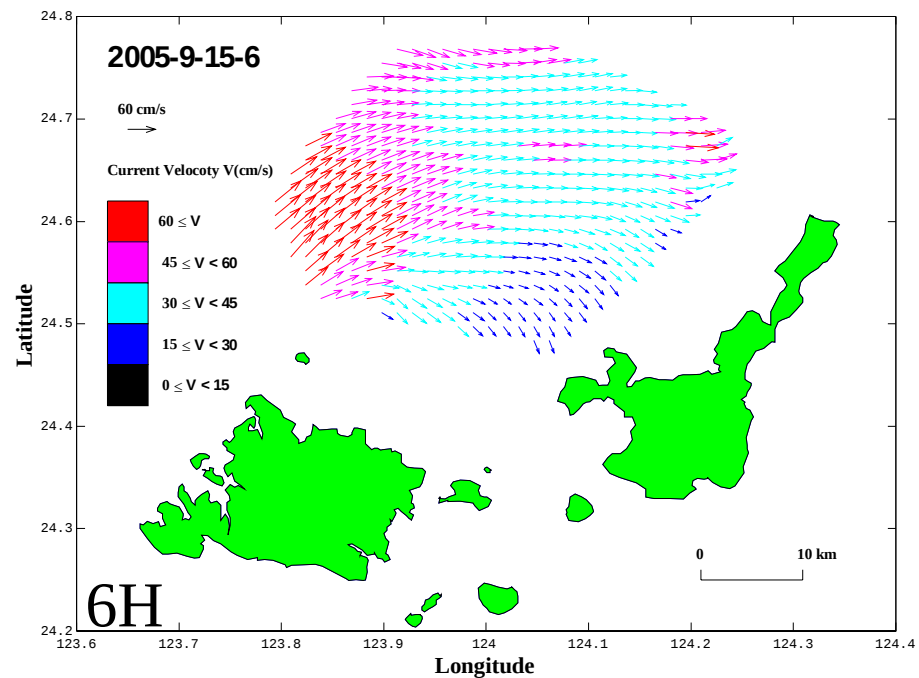
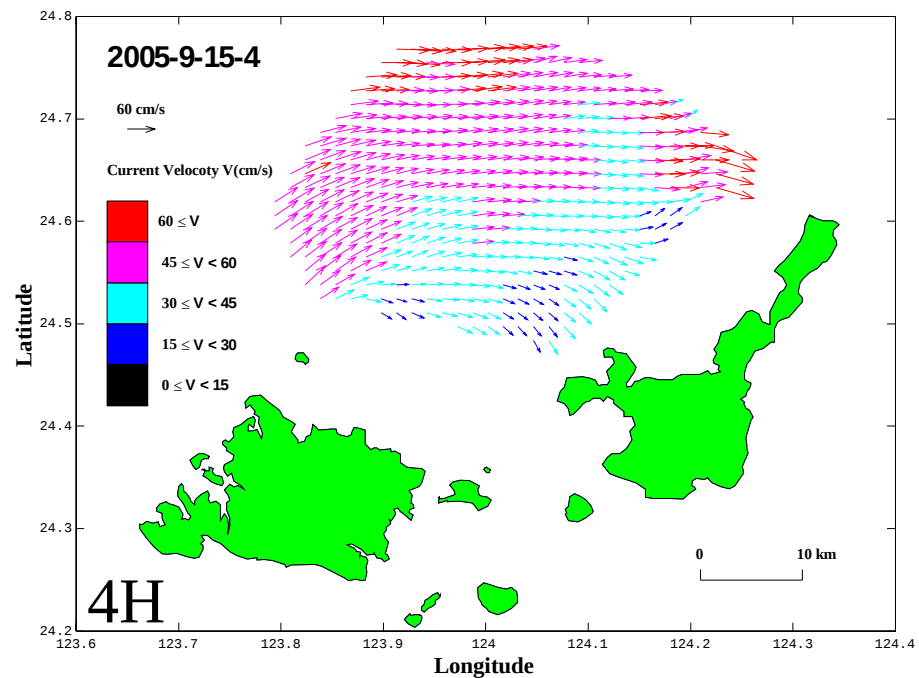
表層ブイの流下方向が南東であることと合わず。

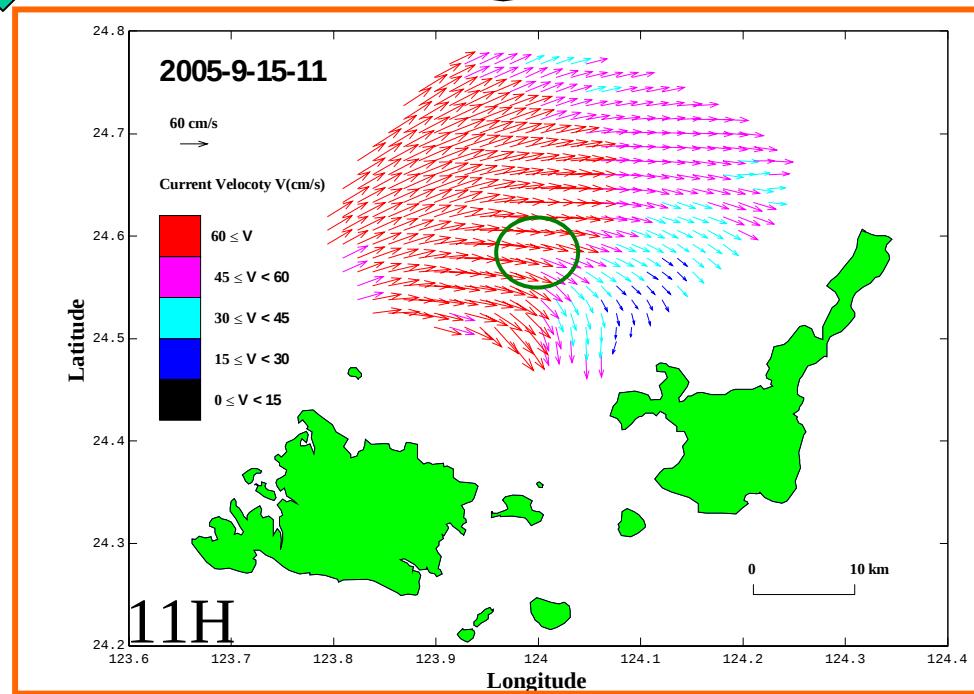
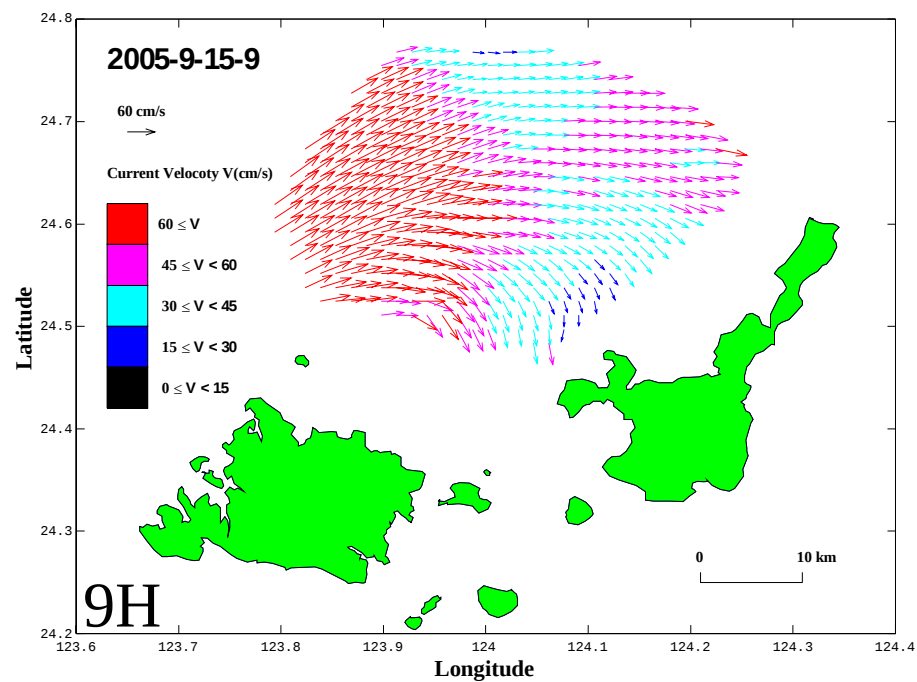
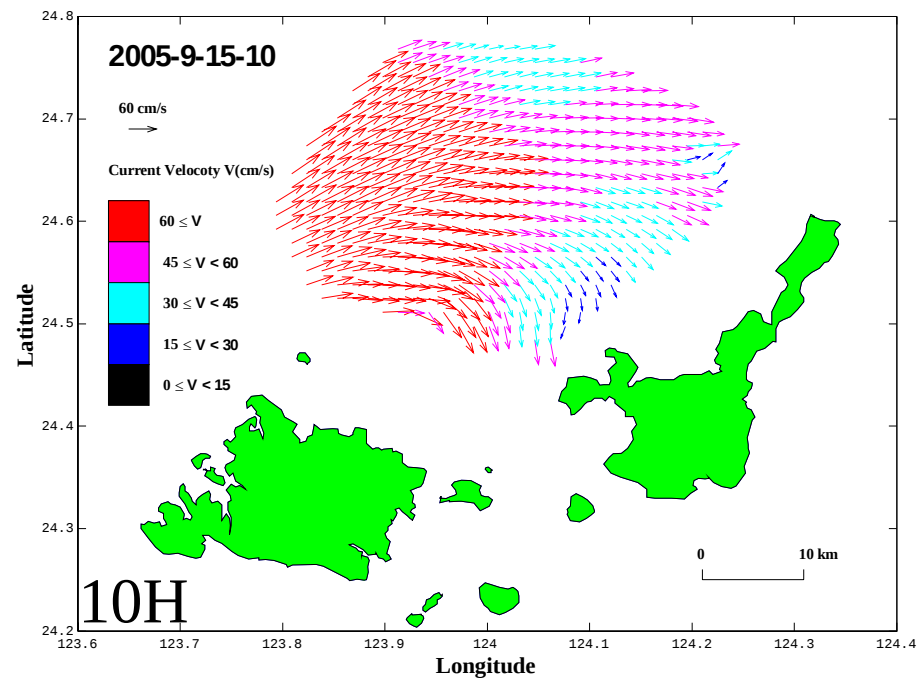
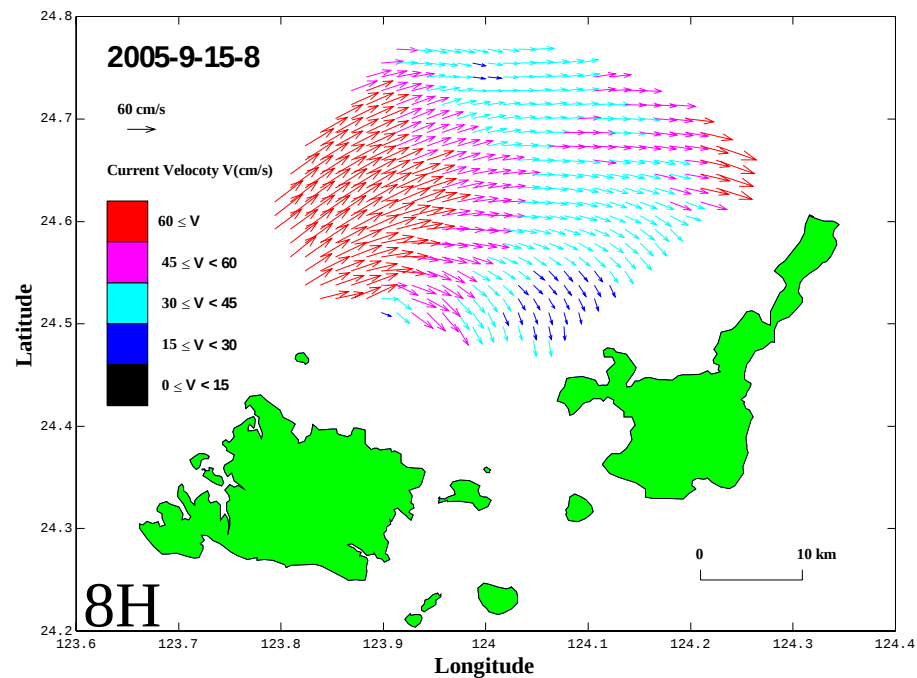
短波海洋レーダ

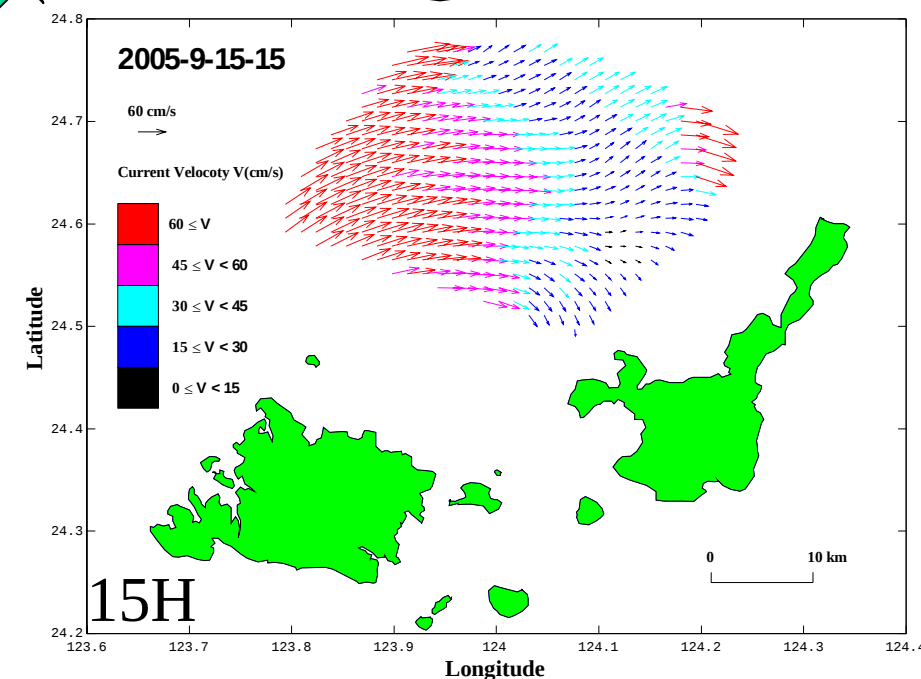
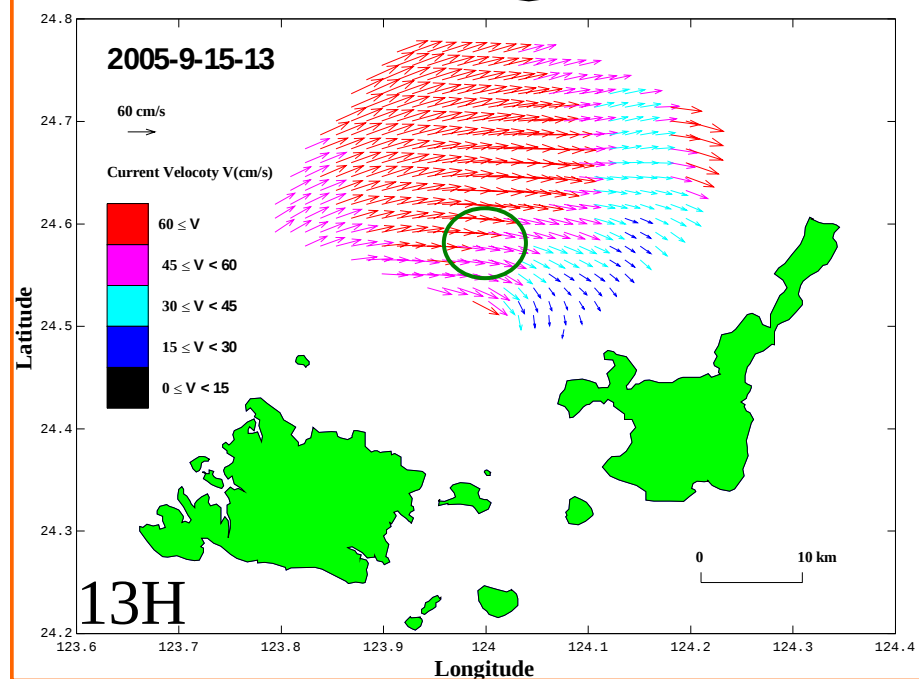
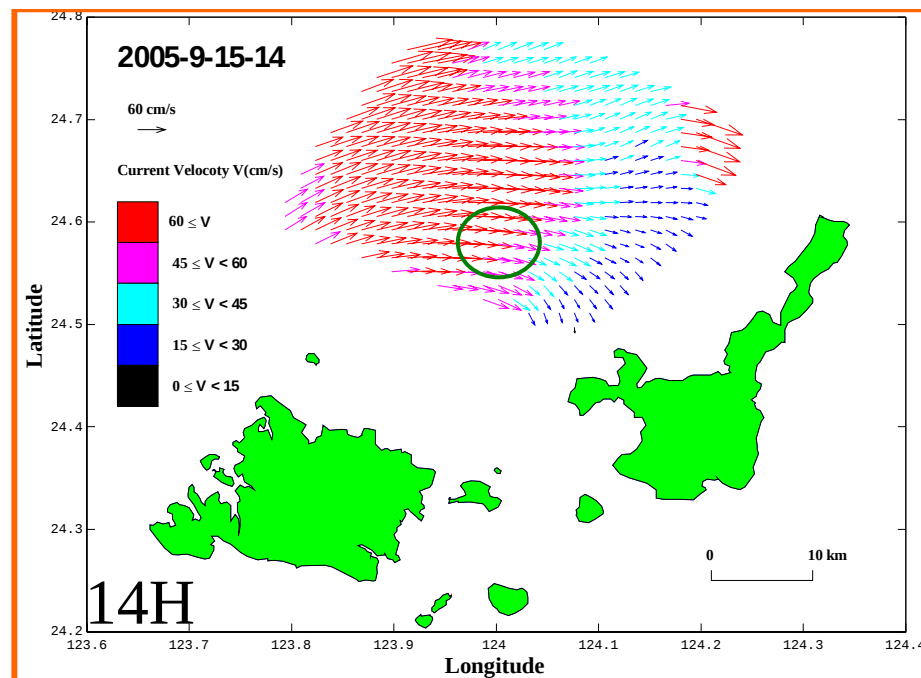
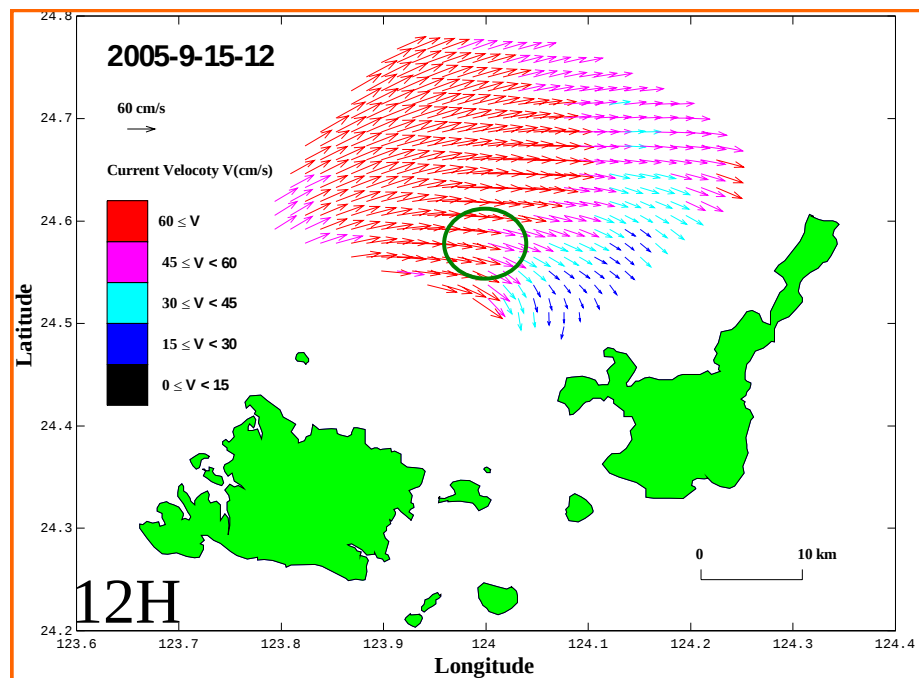
表層流速動画

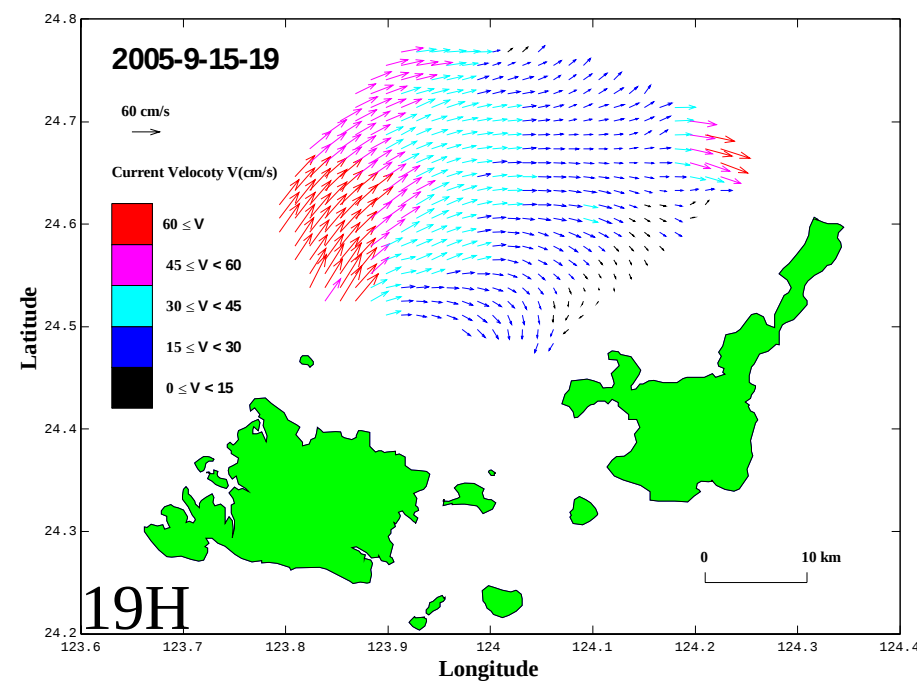
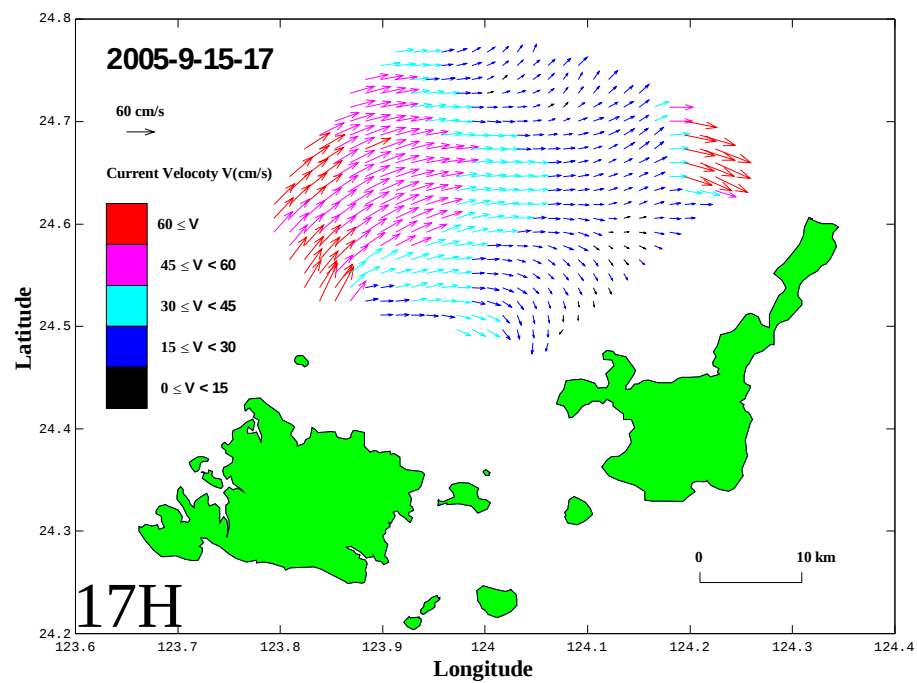
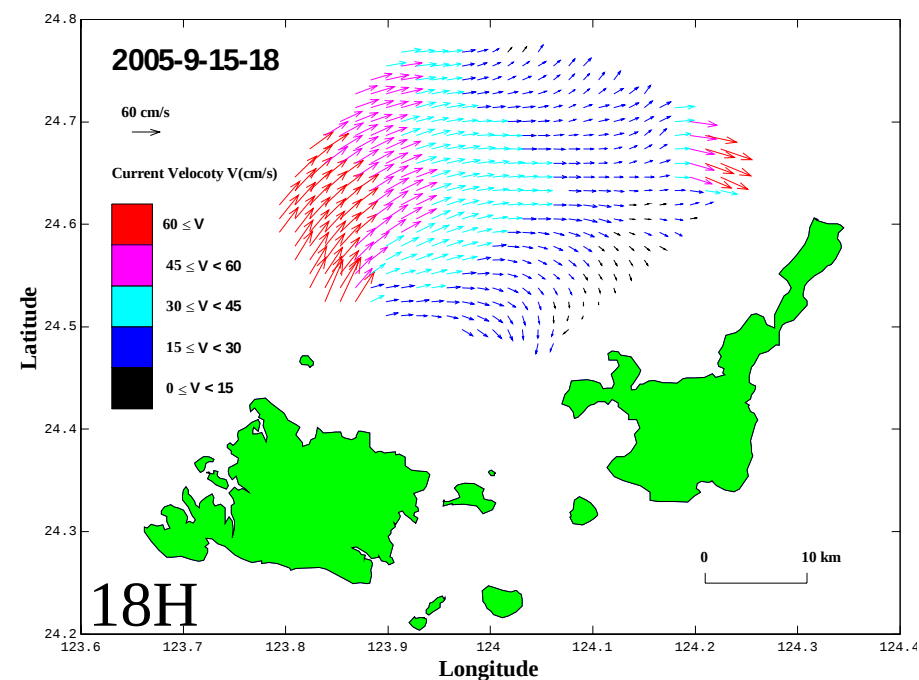
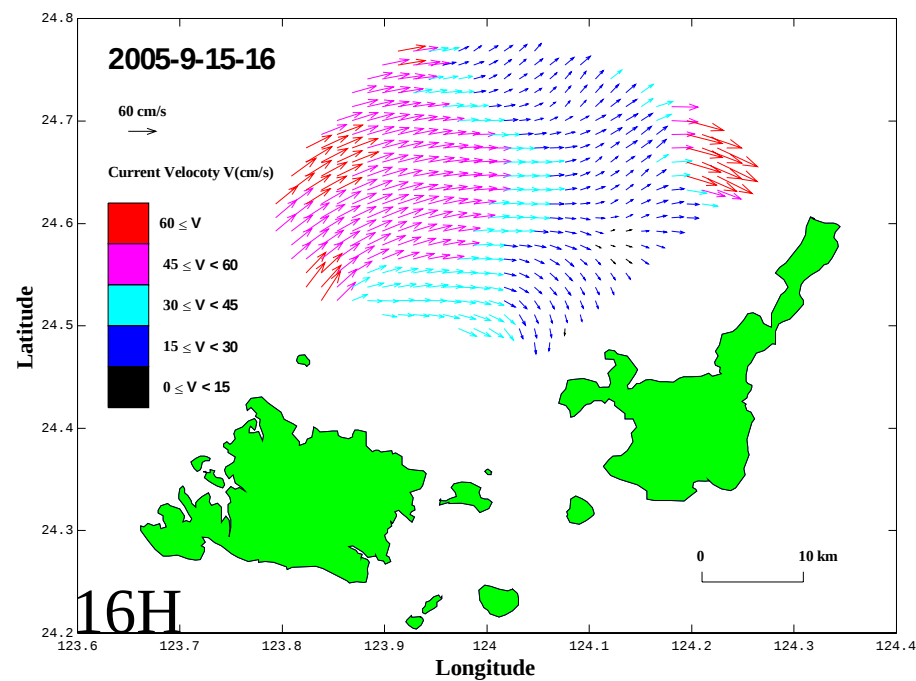


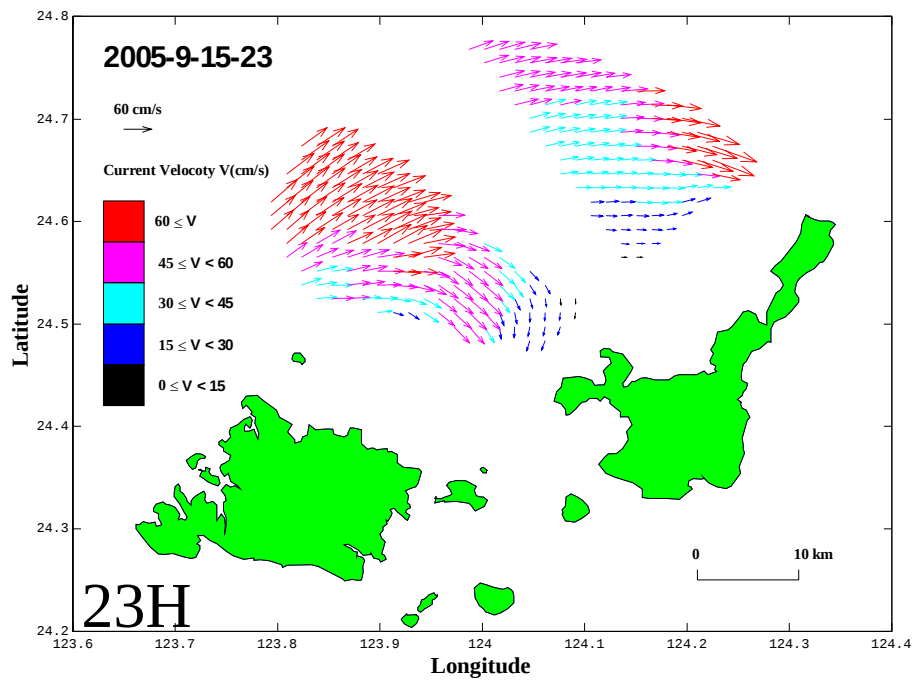
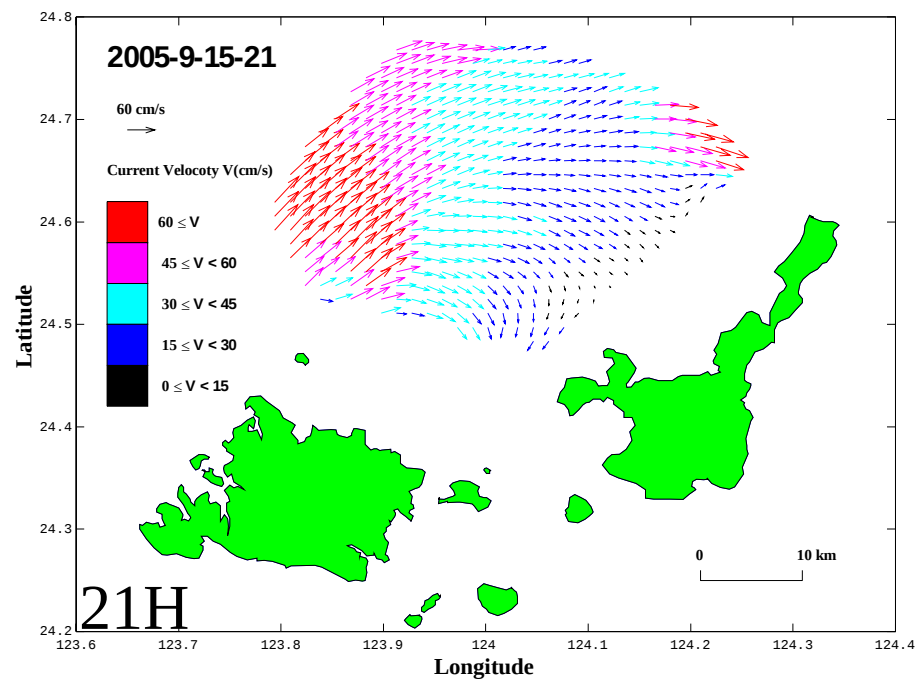
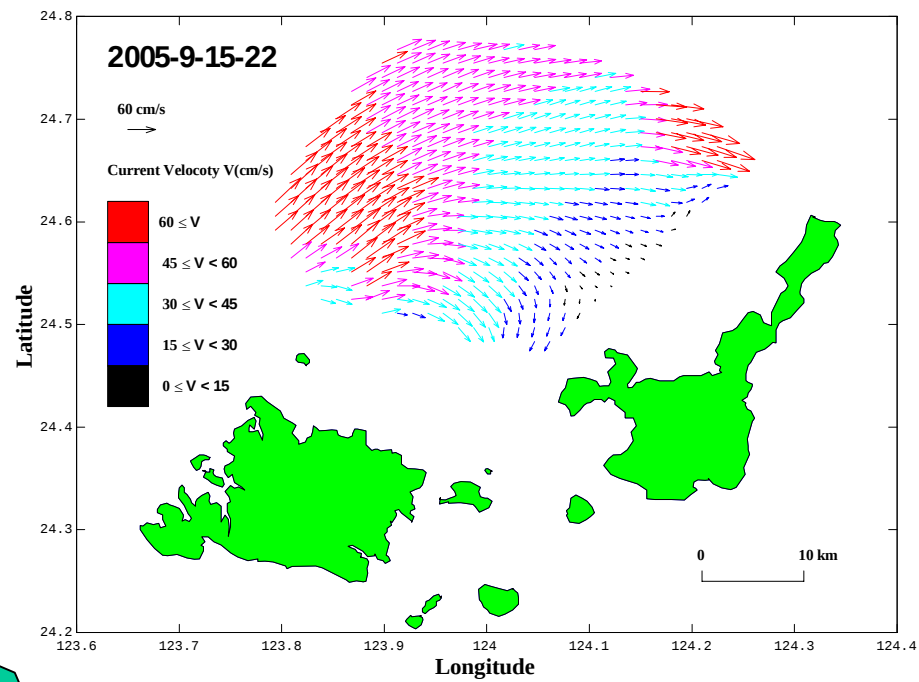
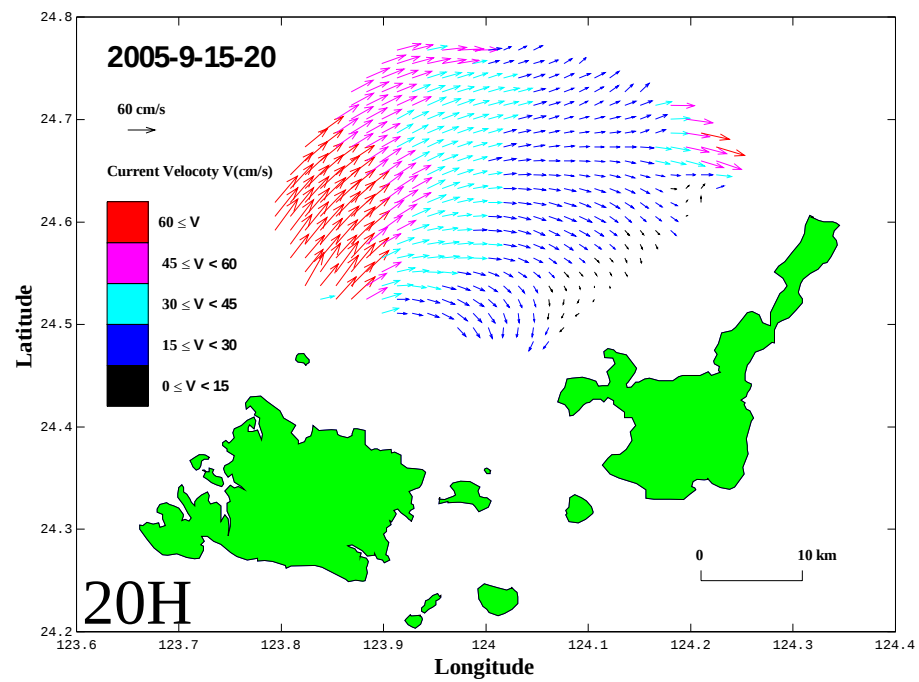












GPS 表層ブイの流下の原因

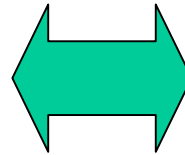
GPSブイ

漂流速度 : $5\text{km}/3\text{時間} = 1.7\text{km/h}$
 $= 0.9\text{kn}$
 $= 47\text{cm/s}$

漂流方向 : 133度 (南東)

風

- ・風速は明け方から増加し、
14時ごろに最大、夕方減少
- ・そのときの風向きは北東
または東向き



表層ブイの流下方向が
南東であることと合わず、
吹送流ではないらしい。

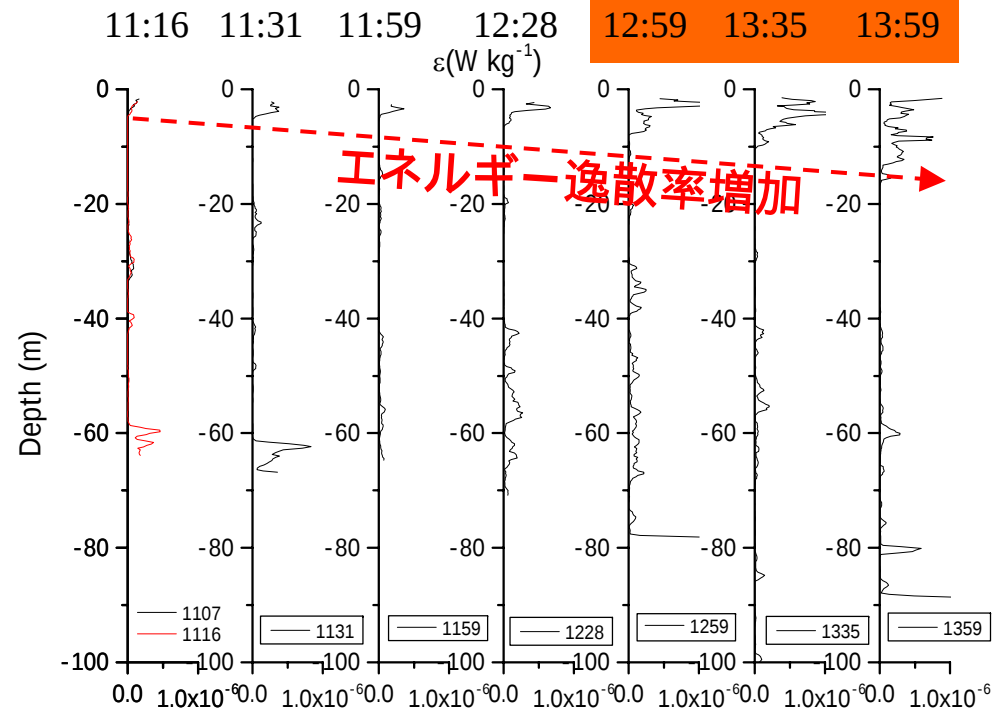
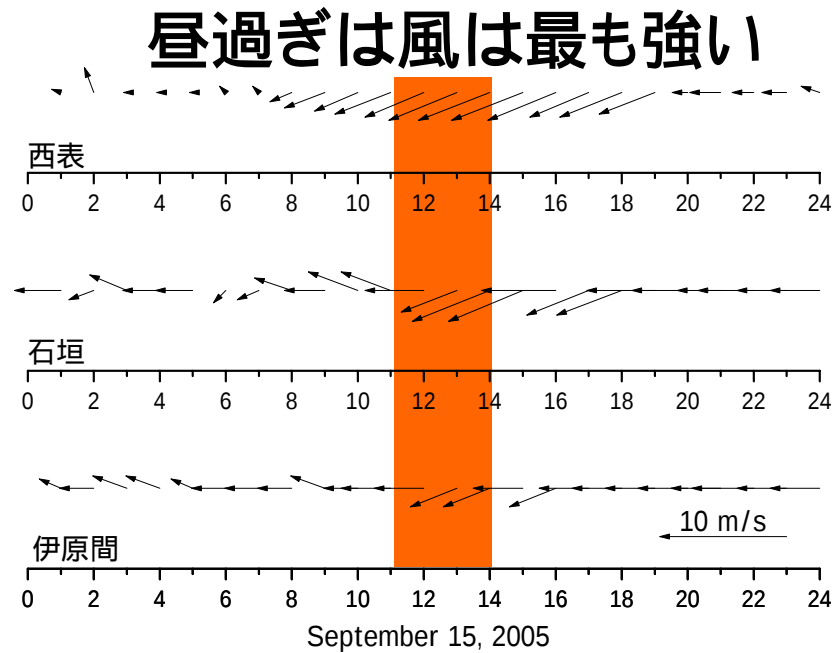
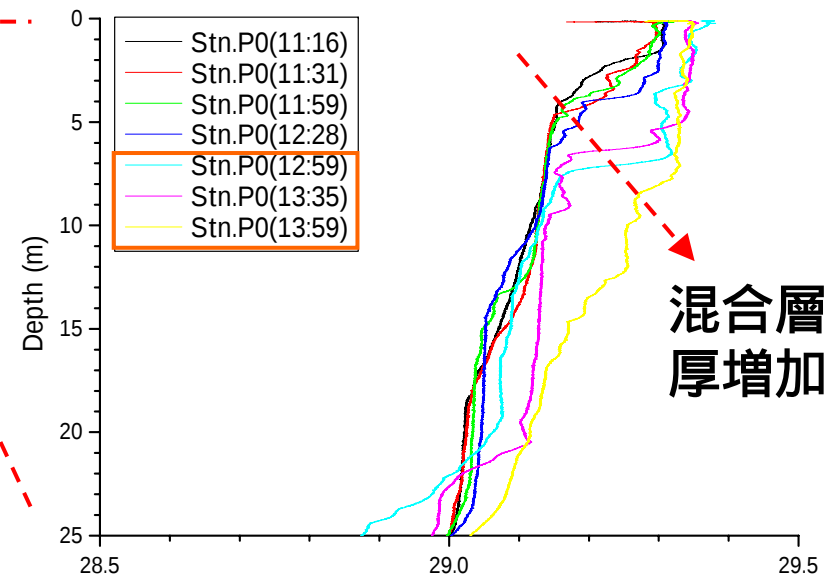
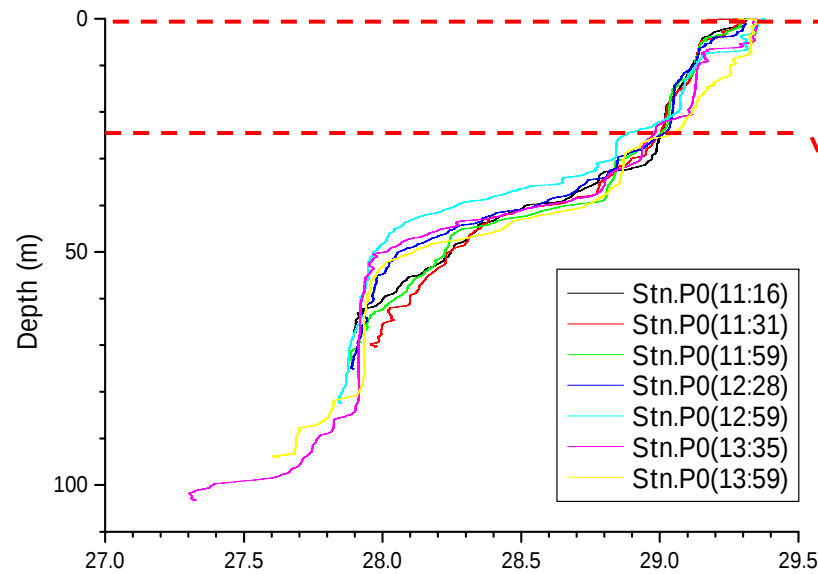
表層流 (海洋レーダ)

Stn.P0付近では、南南東から南東の流れを観測。
流速は50-75 cm/sの範囲。



表層ブイの
挙動と合う。
沿岸流？

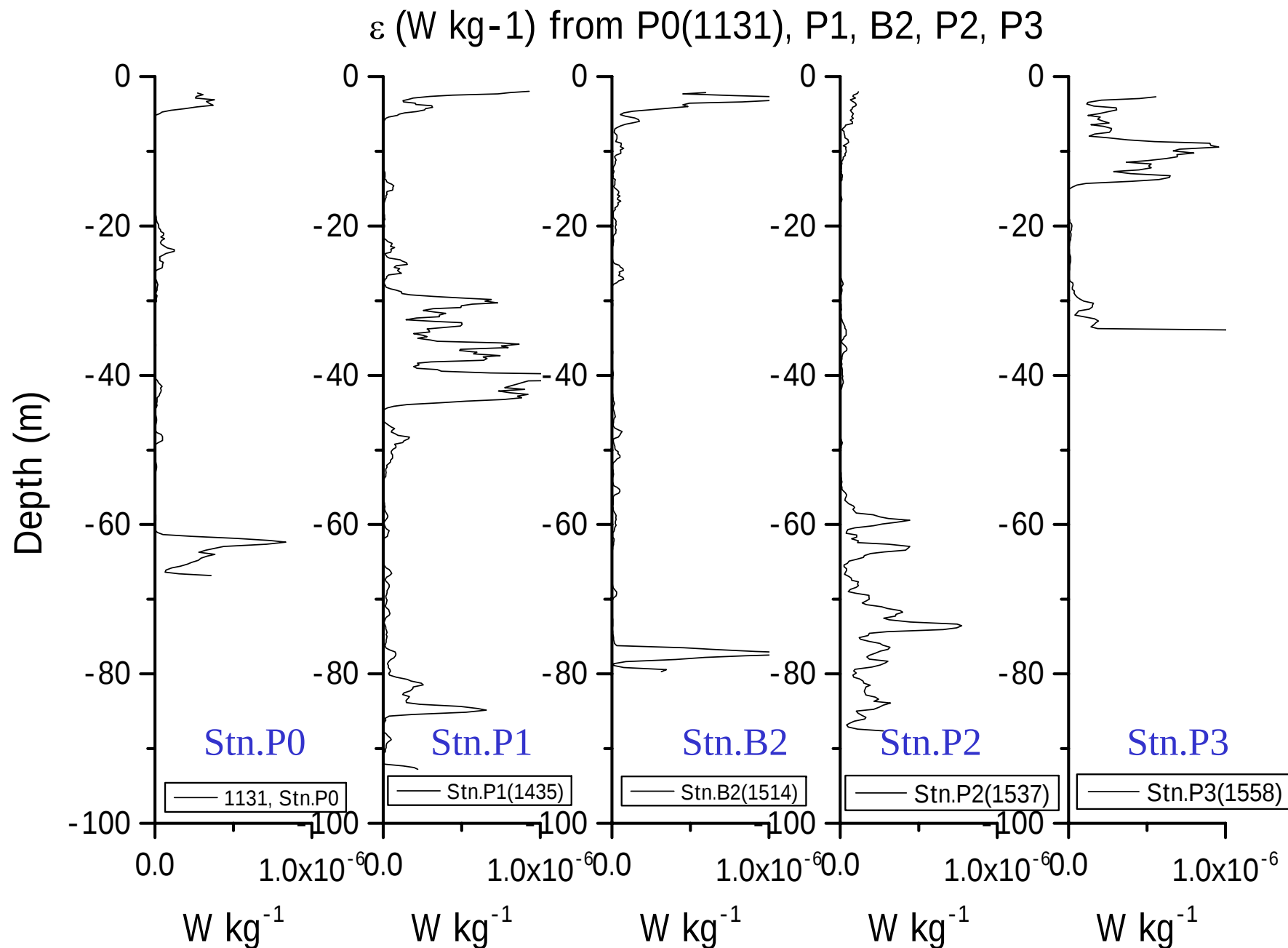
風とターボマップ4による水温とエネルギー逸散率鉛直分布



050915 石垣島沖のエネルギー逸散 (横軸線形) 縦断測点観測時

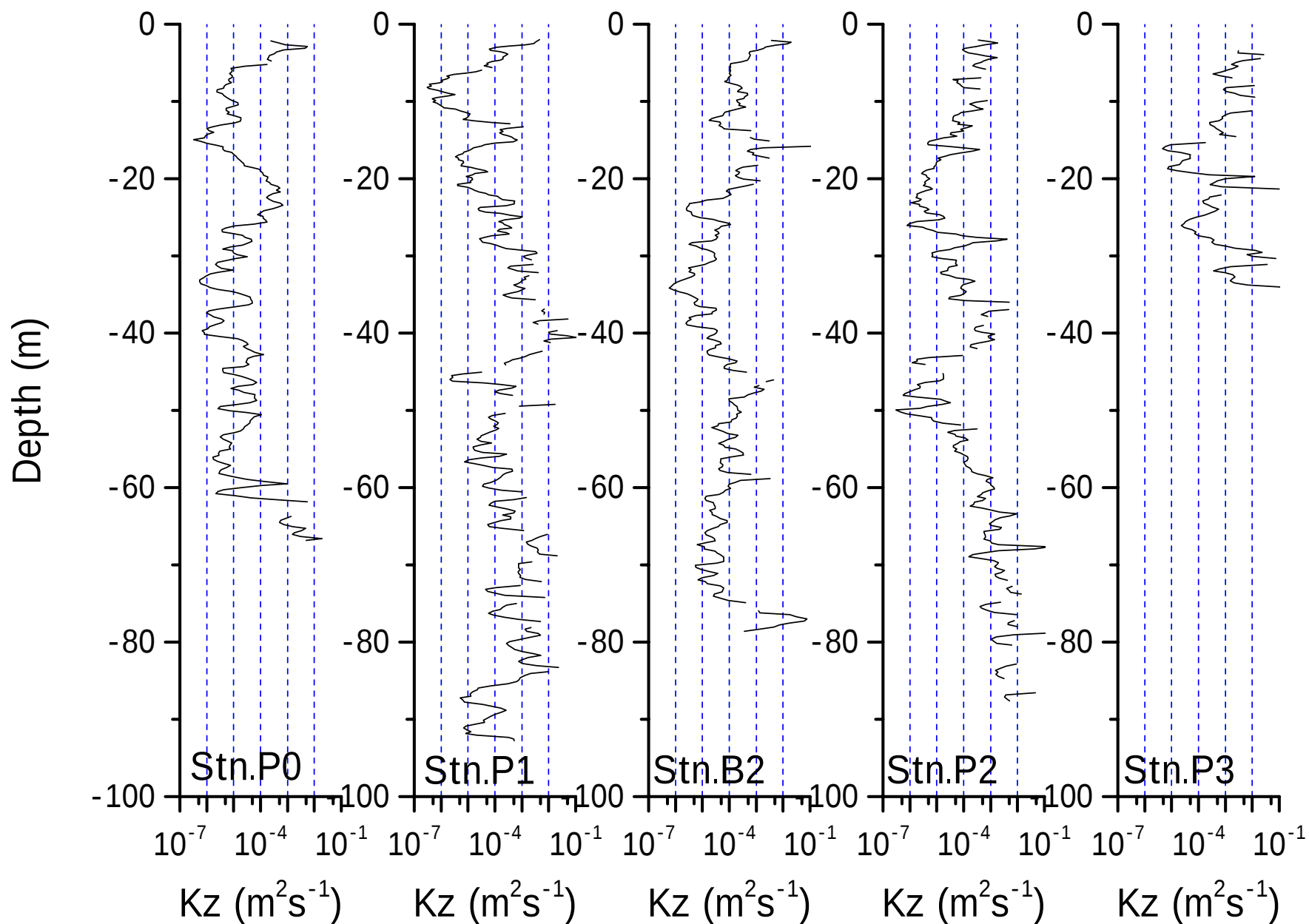
051011

長尾



050915 石垣島沖の渦動拡散係数 (横軸対数)

縦断測点観測時 051011長尾



北部から嘉屋真島の微細構造 縦断分布

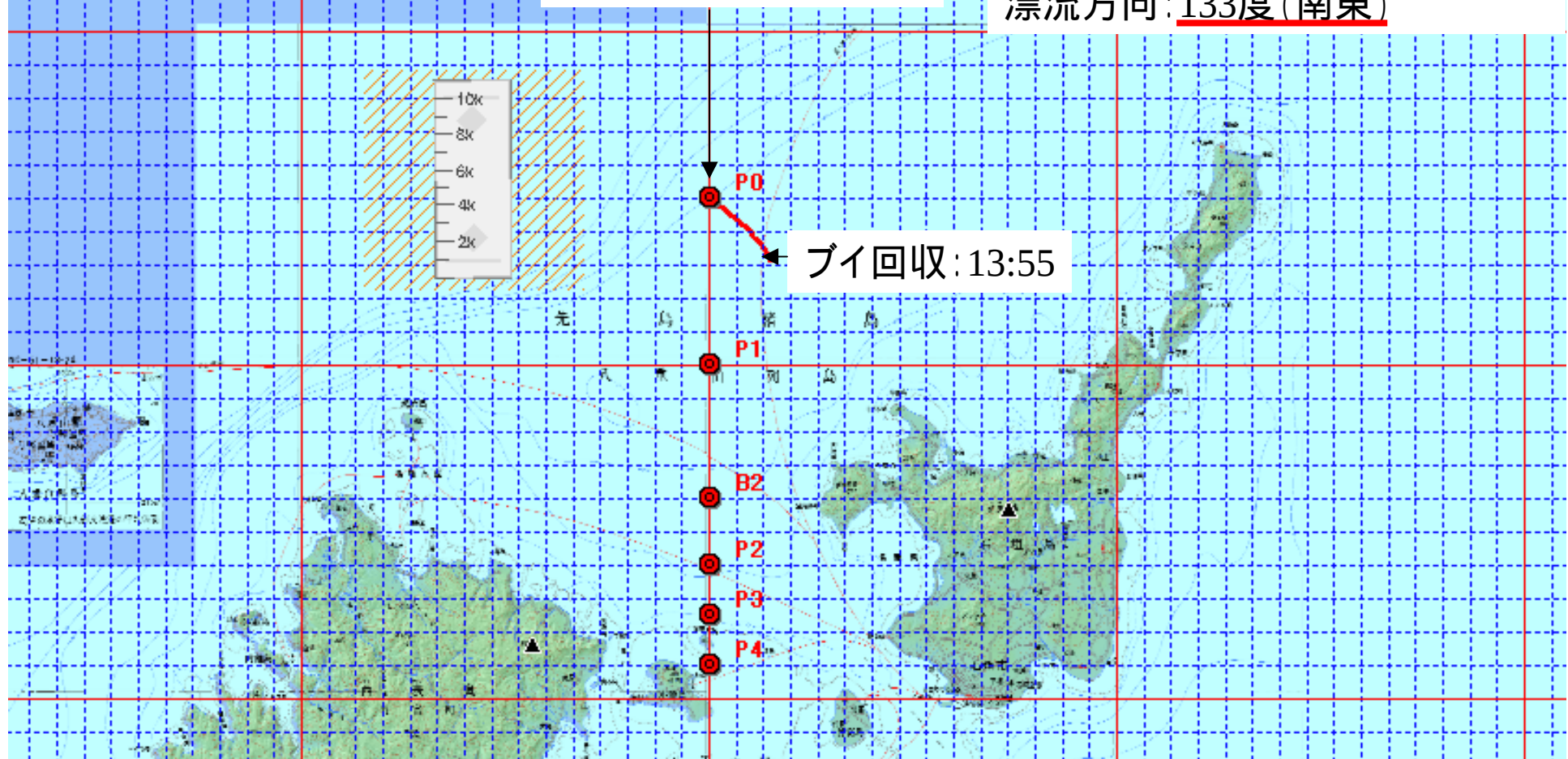
050915石垣島北部海域での微細構造観測結果 その1
GPS漂流ブイの軌跡からみた表層の流向と流速

050919 長尾

投入点と回収点の直線距離: 5km
漂流時間: 3時間
漂流速度: $5\text{km}/3\text{時間} = 1.7\text{km/h}$
 $= 0.9\text{kn}$
 $= \underline{47\text{cm/s}}$
漂流方向: 133度(南東)

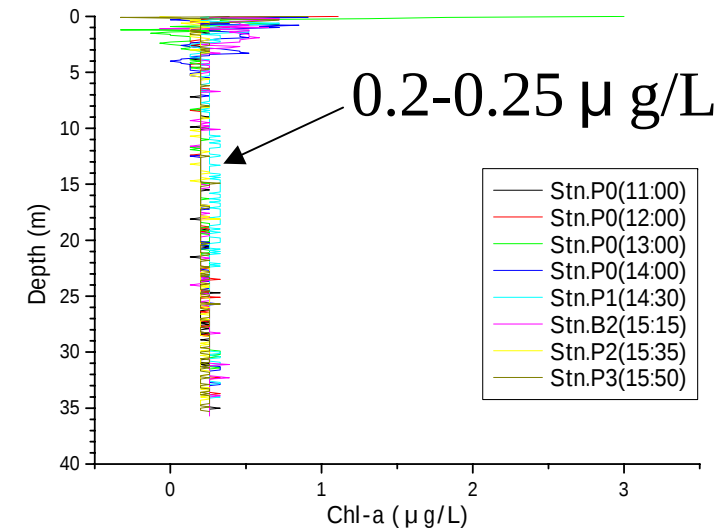
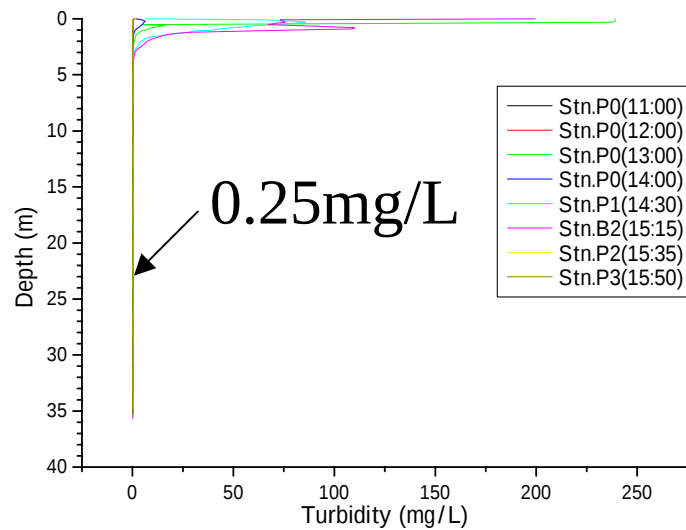
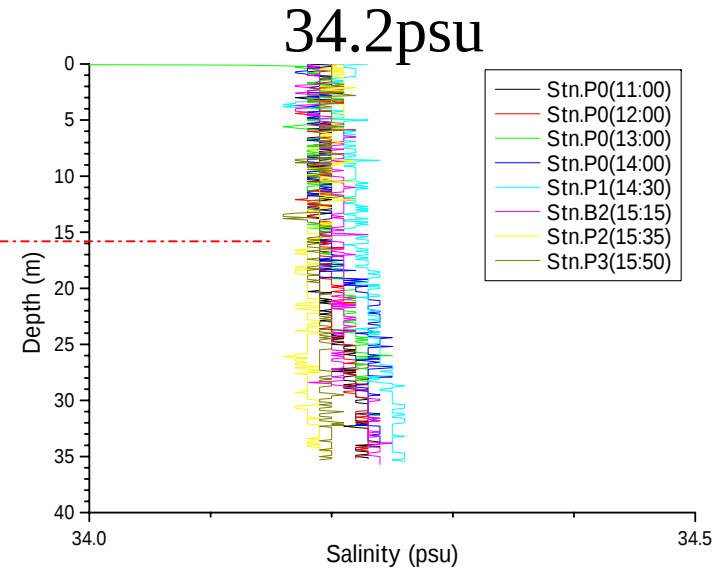
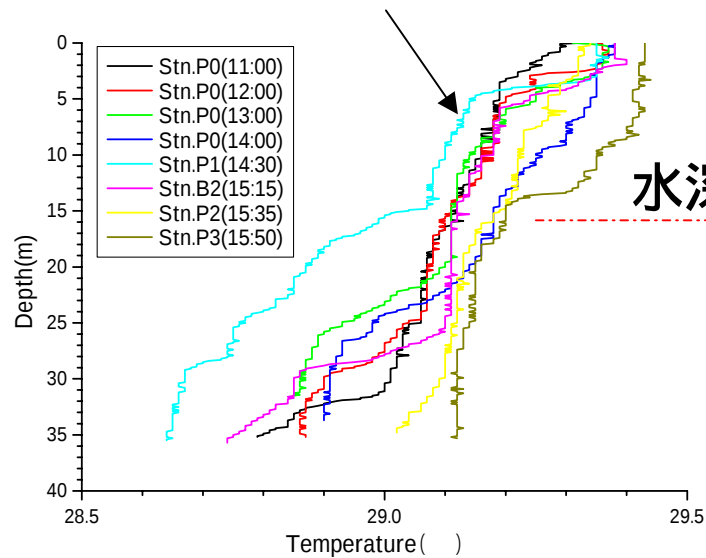
P0へのブイ投入: 10:56

ブイ回収: 13:55

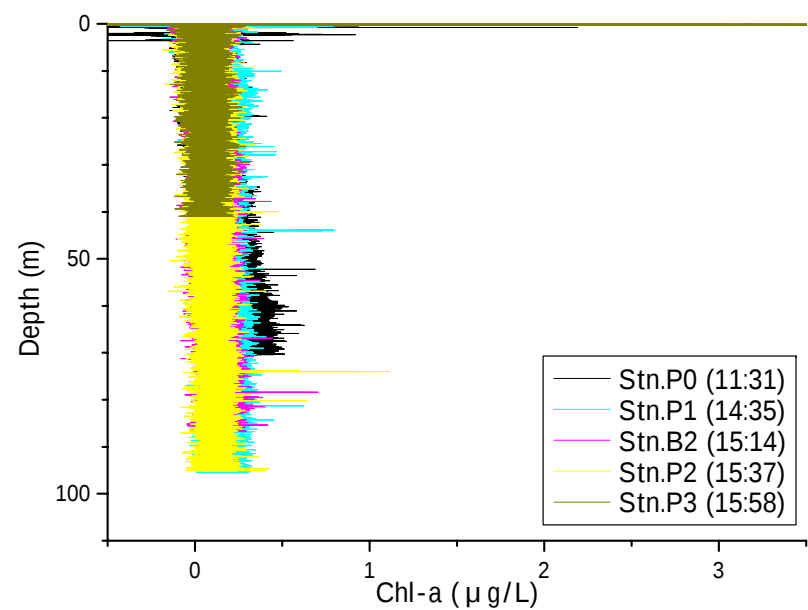
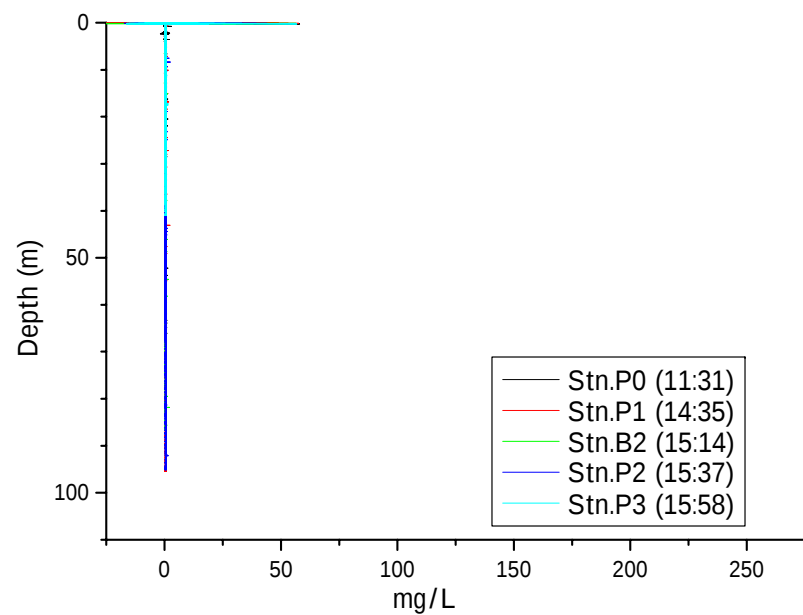
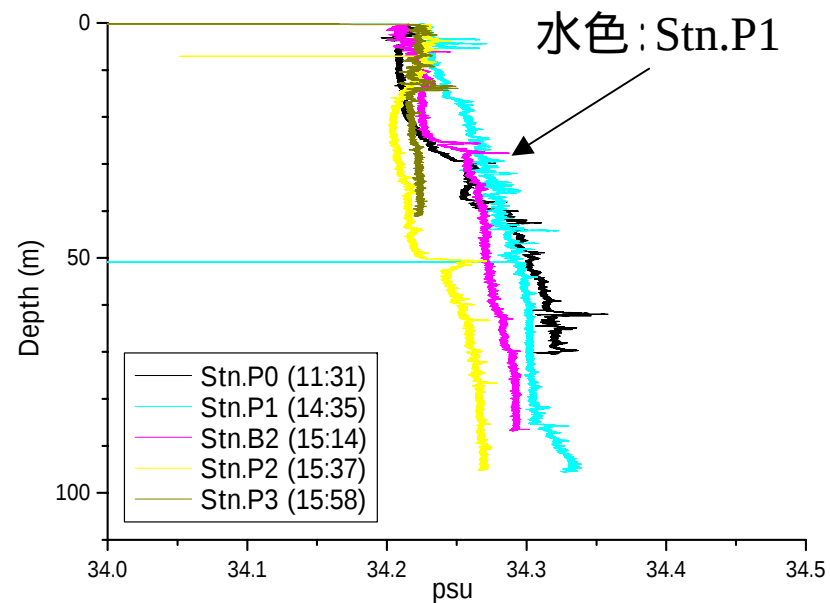
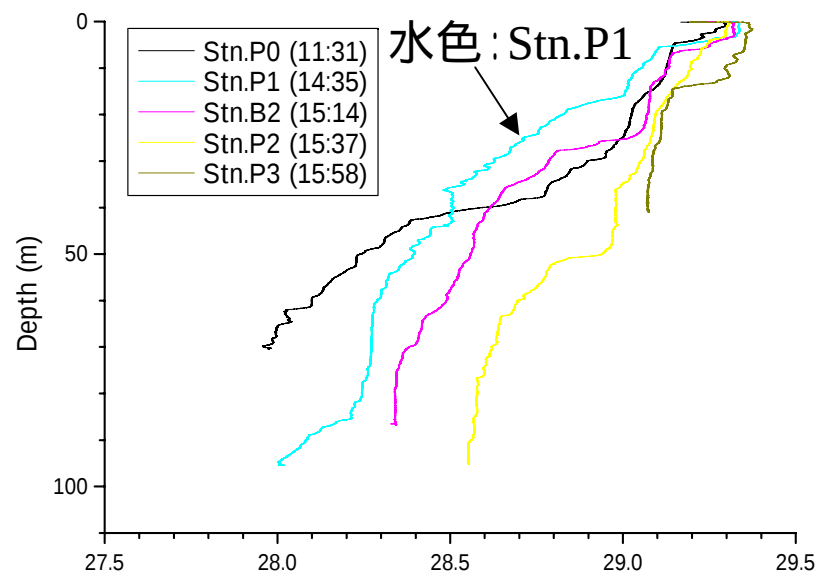


クロロテック(ACL208DK;鉛直分解能10cm)による水質分布

水色: Stn.P1

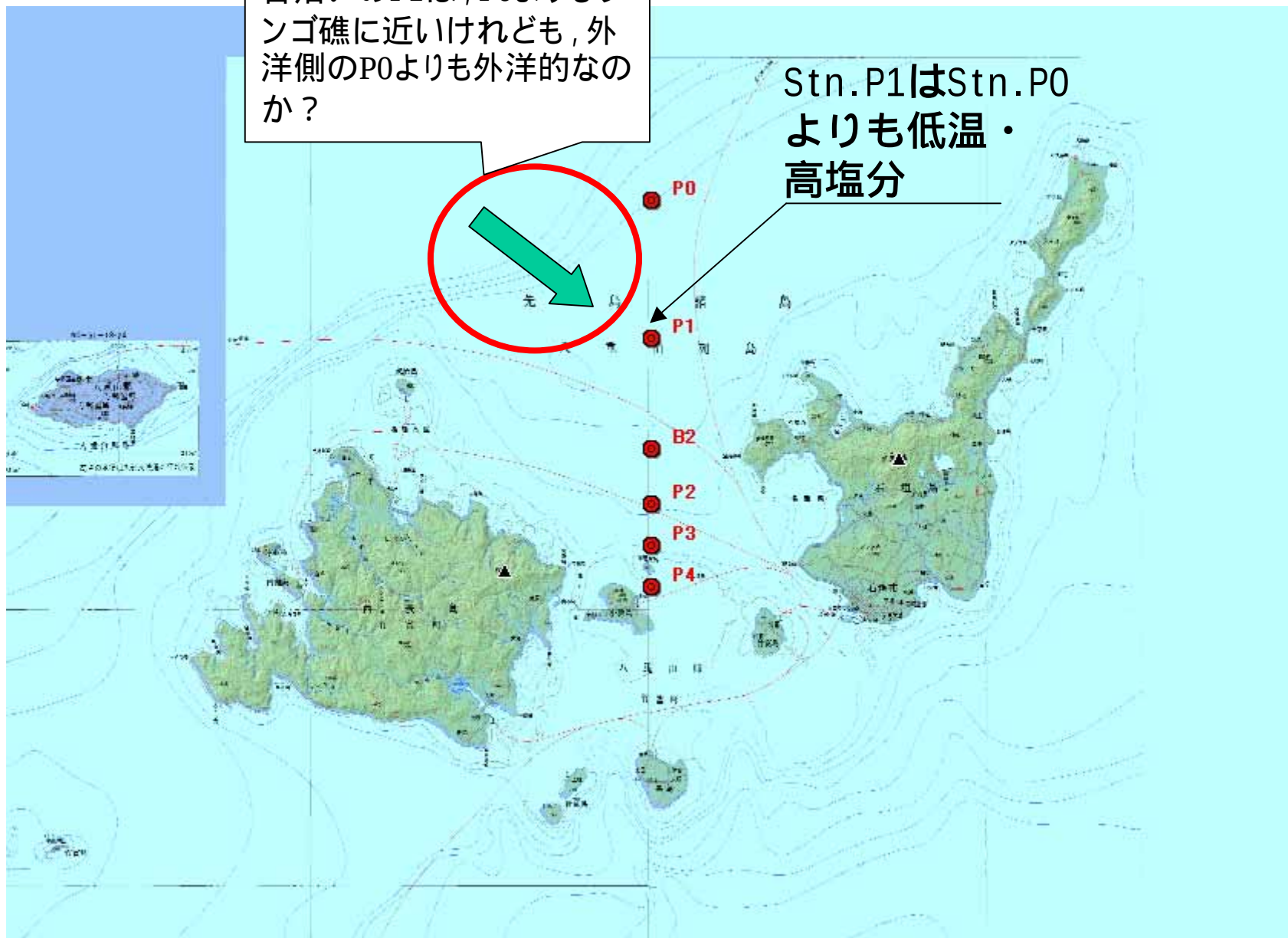


ターボマップ4による水温鉛直分布



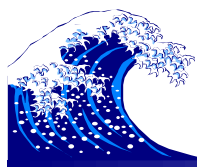
ここで谷になっているので、
谷沿いのP1は、P0よりもサ
ンゴ礁に近いけれども、外
洋側のP0よりも外洋的なの
か？

Stn.P1はStn.P0
よりも低温・
高塩分

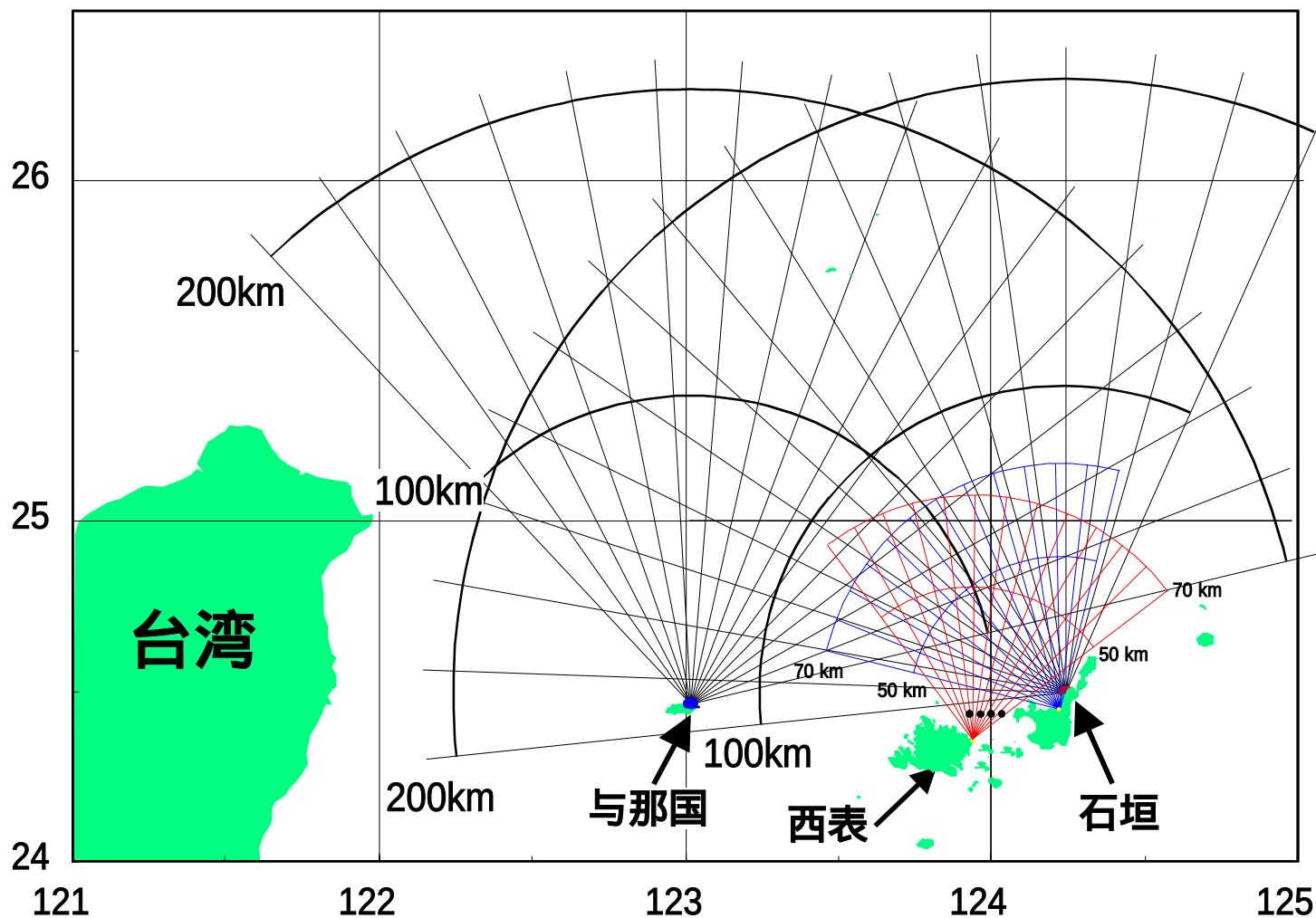


まとめ

- ε のオーダーの違い
- 平均流速は石垣島北部で意外と大きいが乱れは小さい→
水平流速シアが小さい→一様流で押し出し流れ
 - 結論：北部海域は強い流れの作用を受けるが
表層流中の乱れにそれはあまり作用していない。
ただし、風が表層から持ち込む乱れエネルギーはある。
 - 今後は、日を同じにして石西礁内から北部(または南部)の
外洋部で混合強度、微細構造の縦断分布を取って比較したい

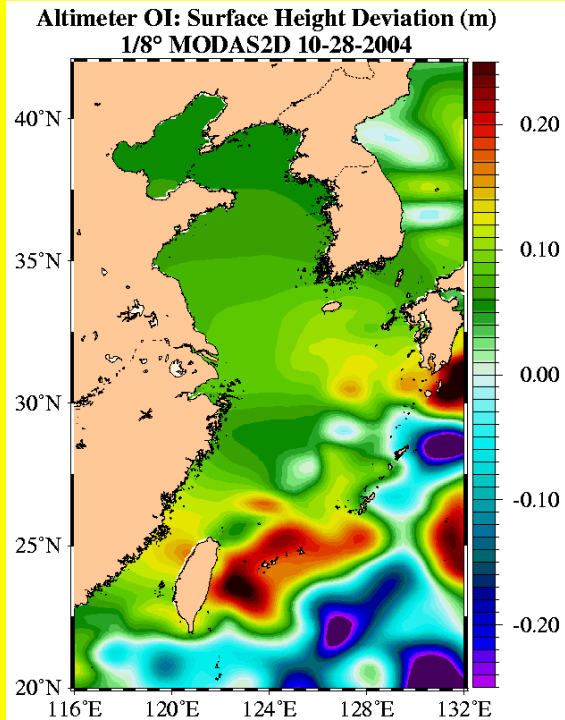
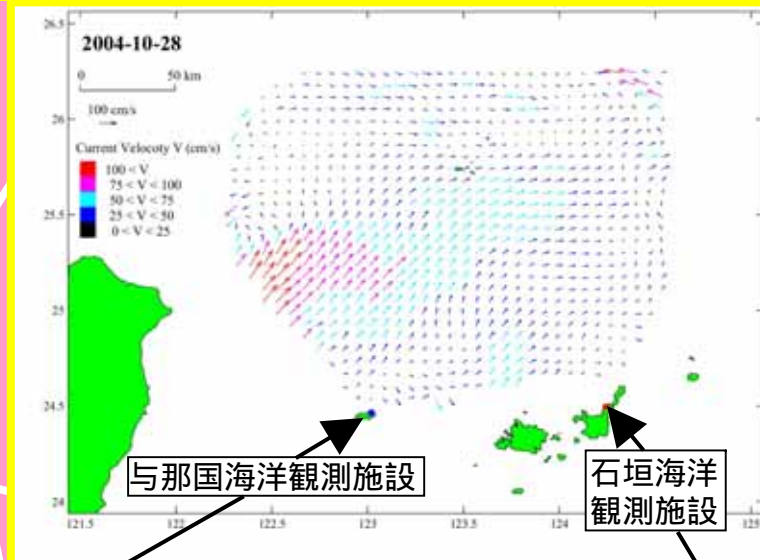


観測について



東シナ海における海面高度の偏差観測 (名古屋大学 地球水循環研究センター)

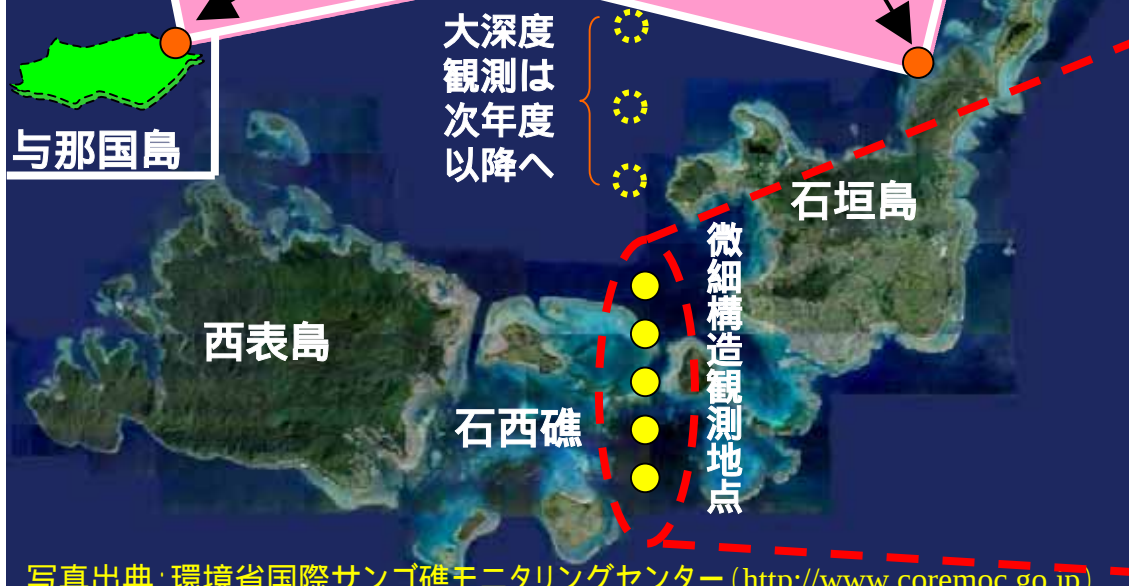
遠距離海洋レーダによる外洋域の表層流速観測 (情報通信研究機構 沖縄亜熱帯計測技術センター)



自由浮上型微細 構造測定装置



産業技術
総合研究所



写真出典: 環境省国際サンゴ礁モニタリングセンター (<http://www.coremoc.go.jp>)