

海洋レーダを用いた 筑後川出水後の淡水挙動の観測

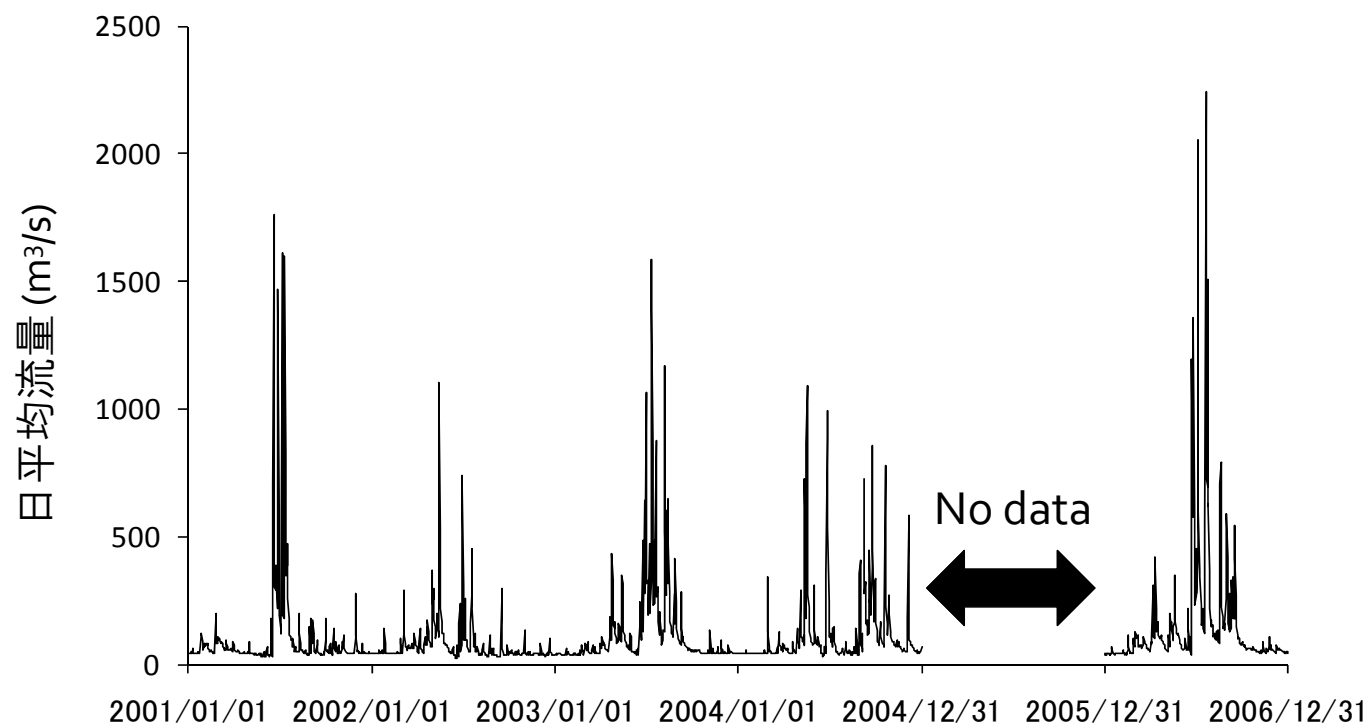
電中研 ○吉井，坪野，坂井，松山
長崎大 多田，中村

背景・目的

- 水質の問題
 - 赤潮等の発生
 - ノリの不作などの問題
- 有明海の特徴
 - 非常に閉鎖的な環境
 - 潮汐
 - 筑後川の大規模な出水
- 河川水流出が及ぼす影響
 - 海域の流動の変化
 - 海水の密度差
 - 栄養塩の供給



筑後川の流量



(国交省 水文水質データベース)

背景・目的

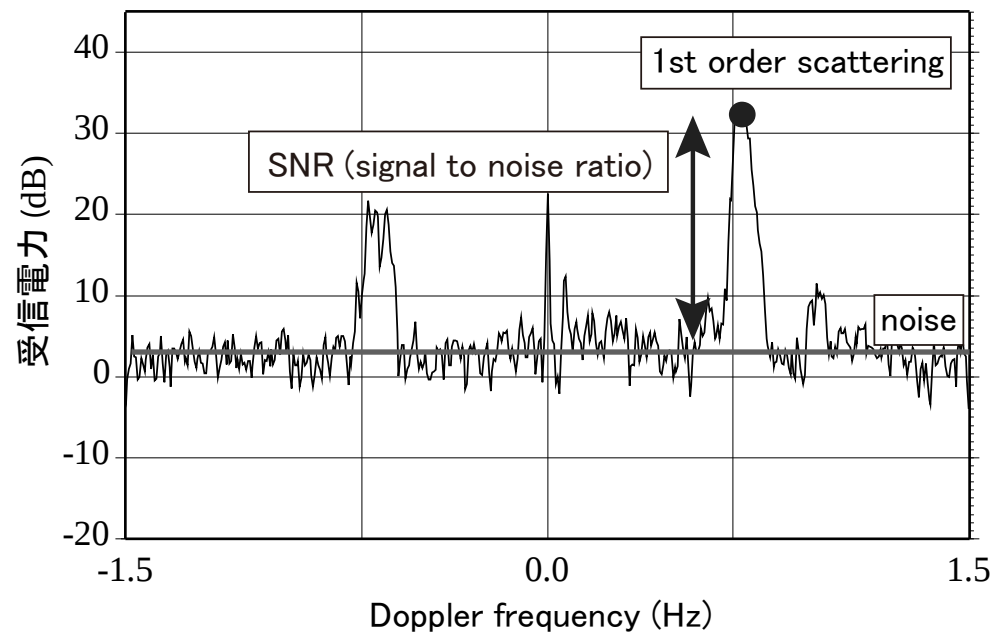
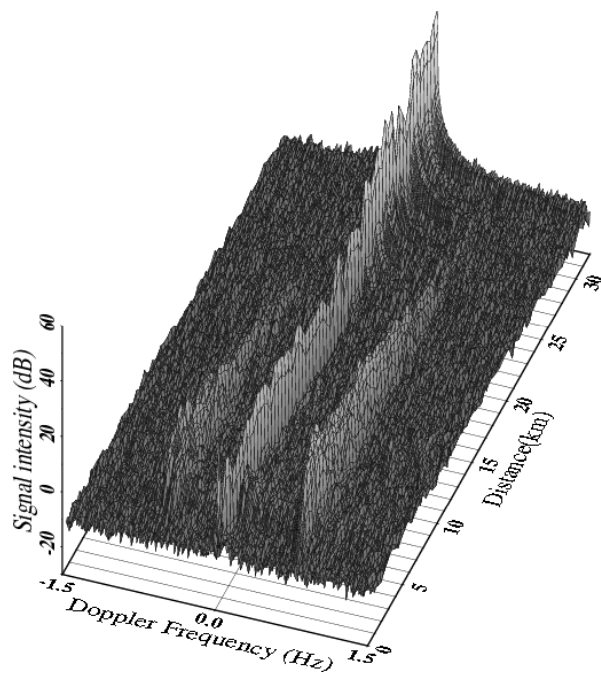
- 水質の問題
 - 赤潮等の発生
 - ノリの不作などの問題
- 有明海の特徴
 - 非常に閉鎖的な環境
 - 潮汐
 - 筑後川の大規模な出水
- 河川水流出が及ぼす影響
 - 海域の流動の変化
 - 海水の密度差
 - 栄養塩の供給

目的

海洋レーダを用いて、筑後川出水後の淡水挙動を明らかにする



1次散乱強度



受信電力

■ レーダ方程式

$$S_{rec} = \frac{P_t G_t \sigma_s A_{rec} A^4}{(4\pi)^2 R^3}$$

P_t : 送信信号強度, G_t : アンテナゲイン, σ_s : 1次散乱断面積,
 A_{rec} : アンテナ受信面積, R : 観測地点までの距離, A : 減衰係数

■ 1次散乱断面積 (Barrik, 1972)

$$\sigma_s \propto S(\pm 2k)$$

S : 波浪スペクトル, k : 送信電波の波数

受信電力

- 減衰係数(Knight and Robson, 1984)

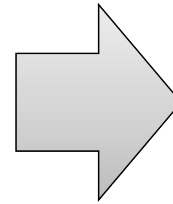
$$A = A_0 - (A_0 - A_{90})\sin(b)$$

$$A_0 = \frac{2 + 0.33p}{2 + p + 0.6p^2}$$

$$A_{[90]} = \frac{2 + 170p}{2 + 210p + 310p^2}$$

$$b = \tan^{-1} \left[\frac{(\epsilon + 1)}{60\sigma\lambda} \right]$$

$$p = \frac{\pi R}{\lambda} \frac{1}{\sqrt{(\epsilon + 1)^2 + (60\sigma\lambda)^2}}$$



$$A = f(\sigma, \epsilon)$$

σ : 海面の電気伝導度
 ϵ : 誘電率
 λ : 送信電波波長

受信電力

- 受信電力

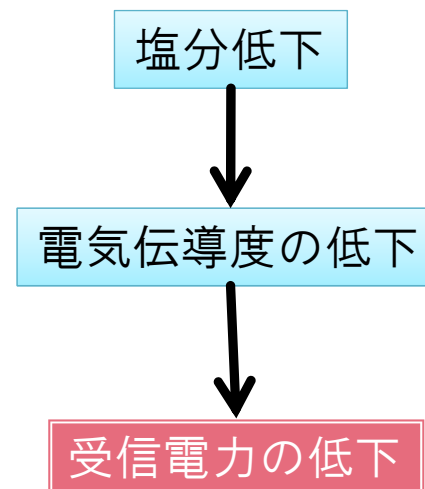
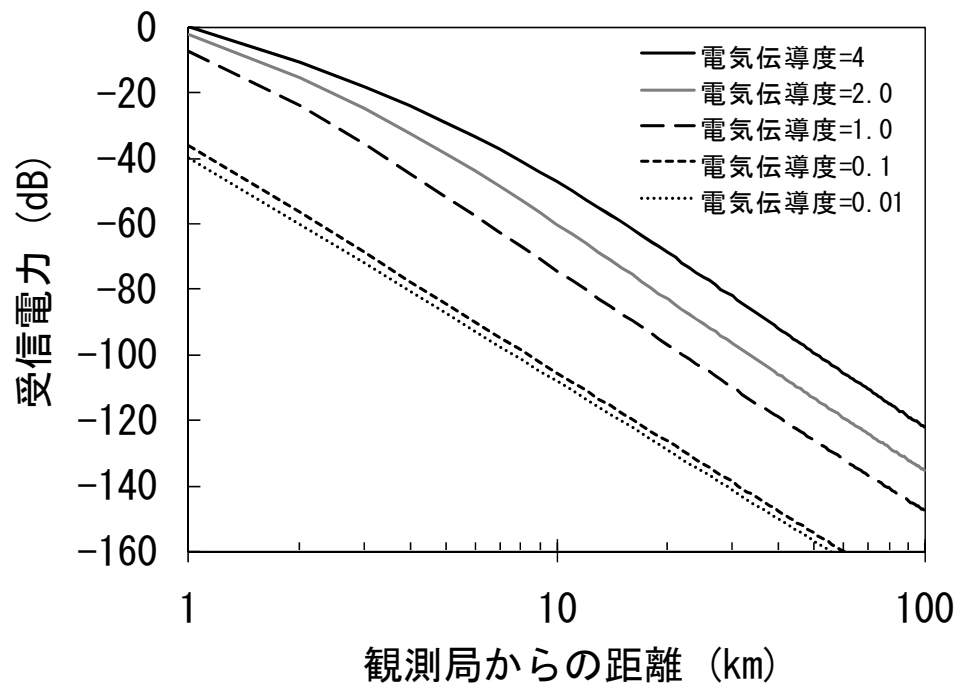
$$S_{rec} = f(\sigma, \cancel{e}, S(\pm 2k))$$

- 電気伝導度，誘電率

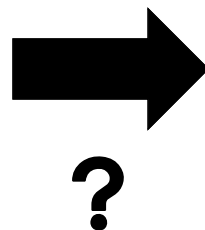
電波波長	3m以上		10cm	
	ϵ	$\sigma(\text{S/m})$	ϵ	$\sigma(\text{S/m})$
海水	80	1-5	69	6.5
淡水	80	0.001-0.1		

(土木学会編 陸上設置型レーダによる沿岸海洋観測)

受信電力



受信電力の低下



低塩分（淡水）の流出箇所

現地観測

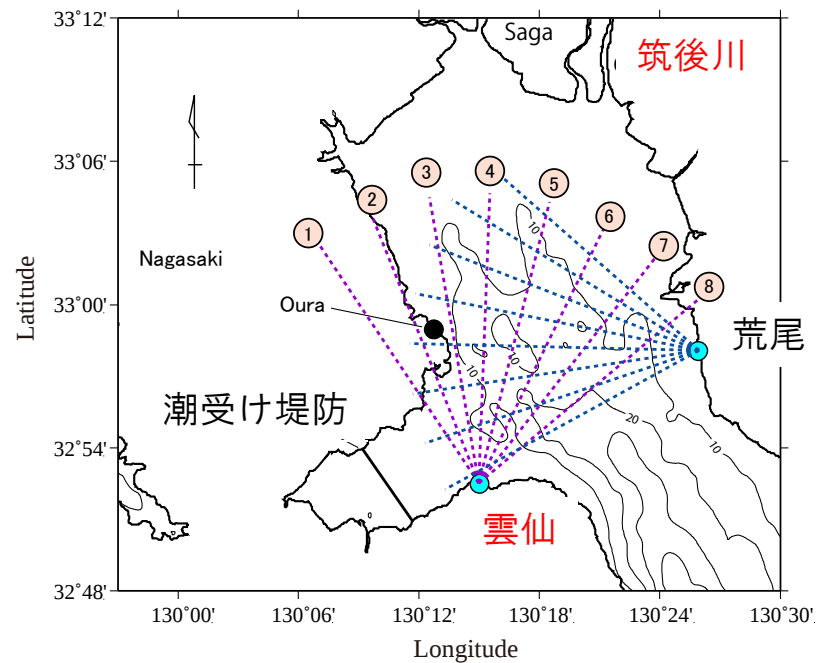
観測装置



- 送信電波：VHF帯（41.9 MHz）
- アンテナ：送信アンテナ 1 本，受信アンテナ 8 本
- タイプ：DBF方式
- 観測範囲：～25 km
- 解像度：500 m

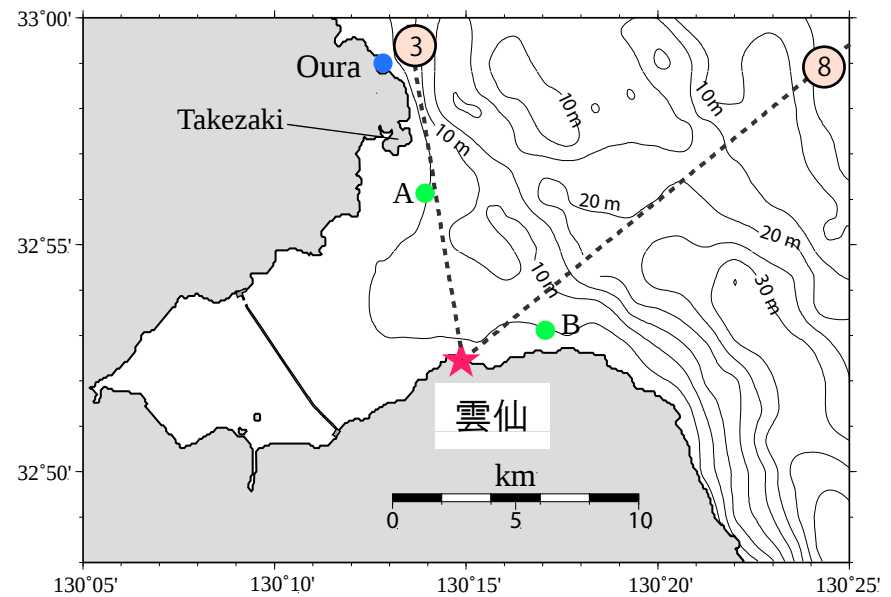
観測場所

レーダ設置位置



○レーダ地点では風速，雨量も計測

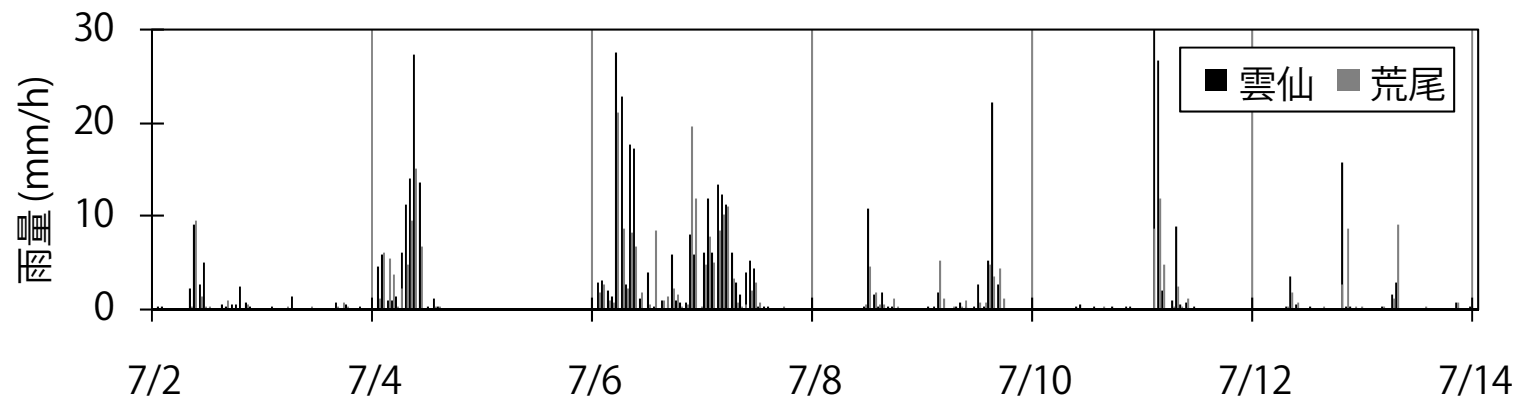
CTD設置位置



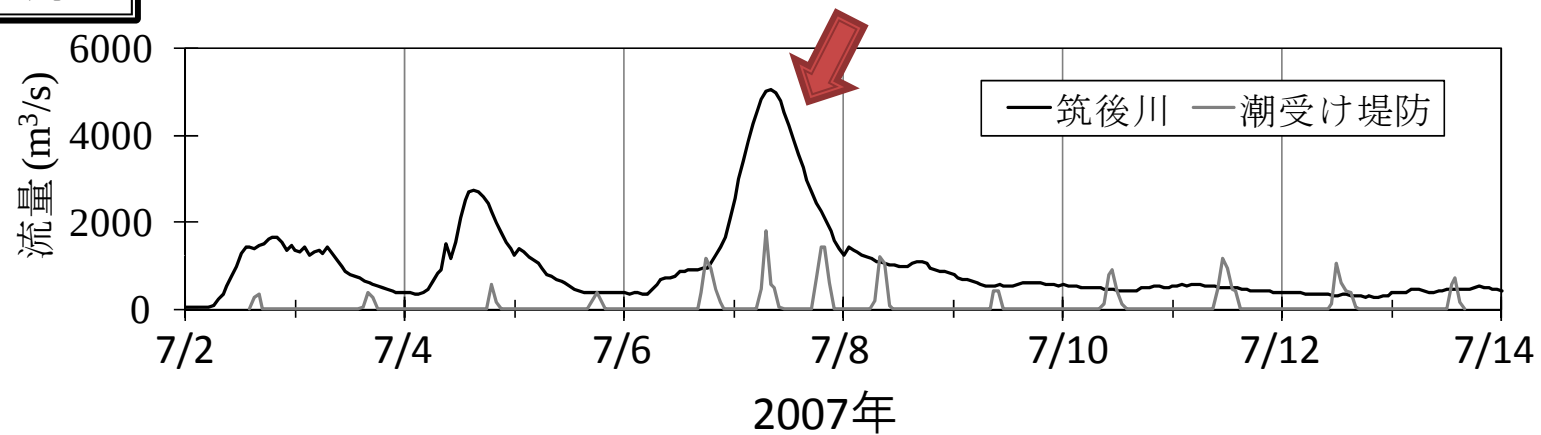
○CTDは水面下1mを計測

観測概要

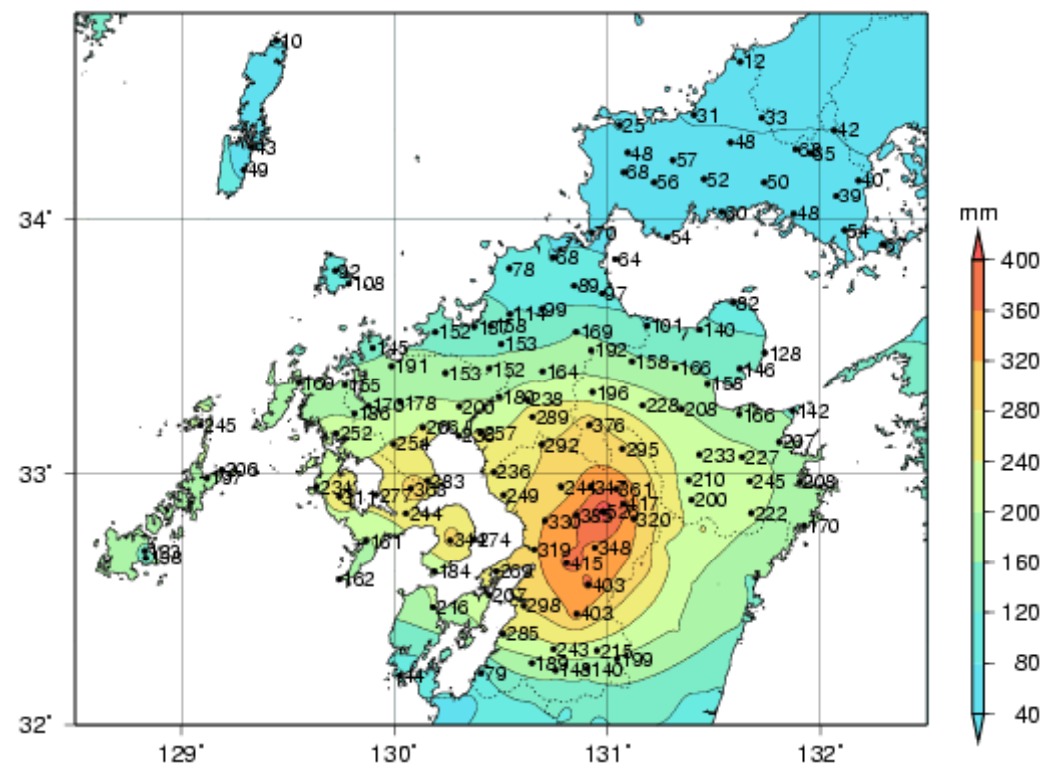
雨量



筑後川流量



7月6-7日の降水

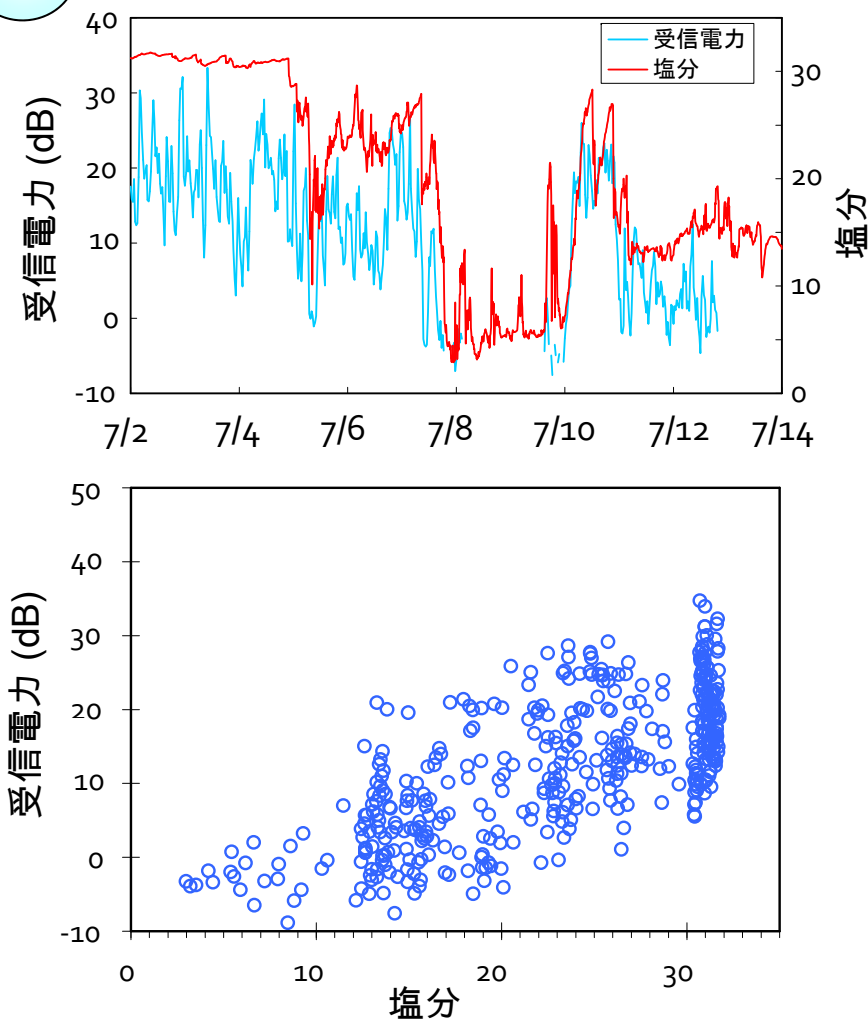


(福岡管区気象台より引用)

観測結果

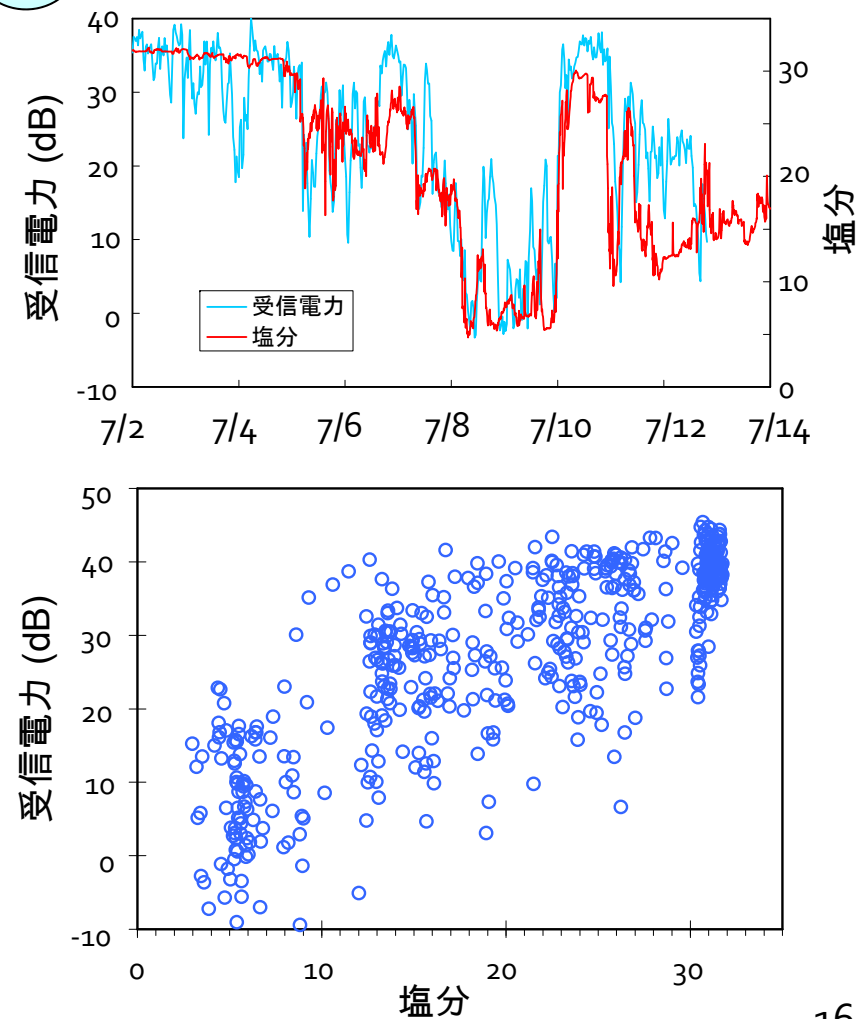
塩分と受信電力

A



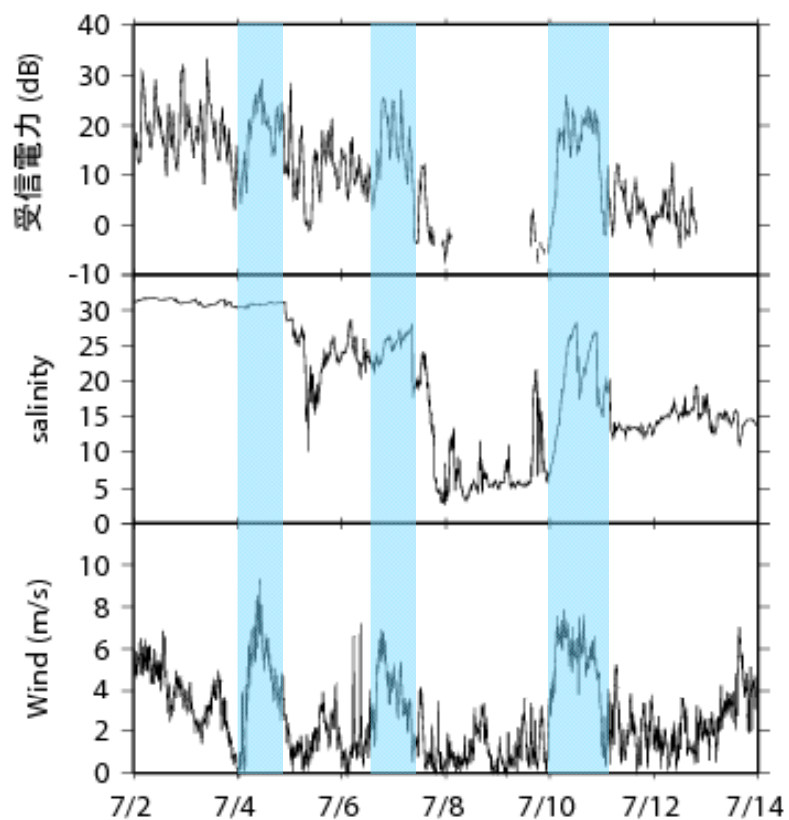
2009/12/16 ©CRIEPI

B

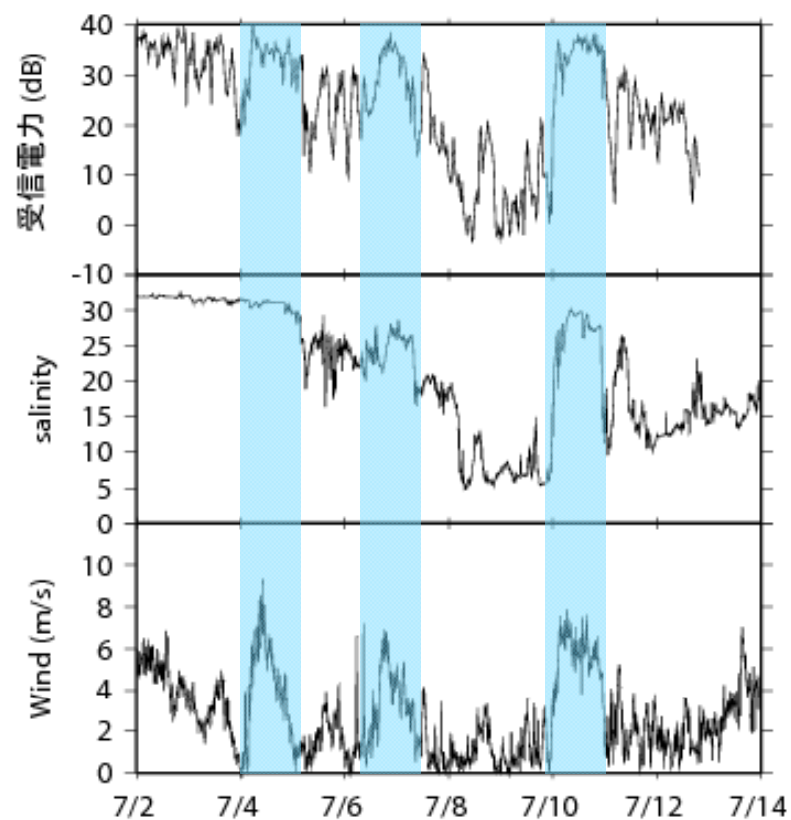


風の影響

A

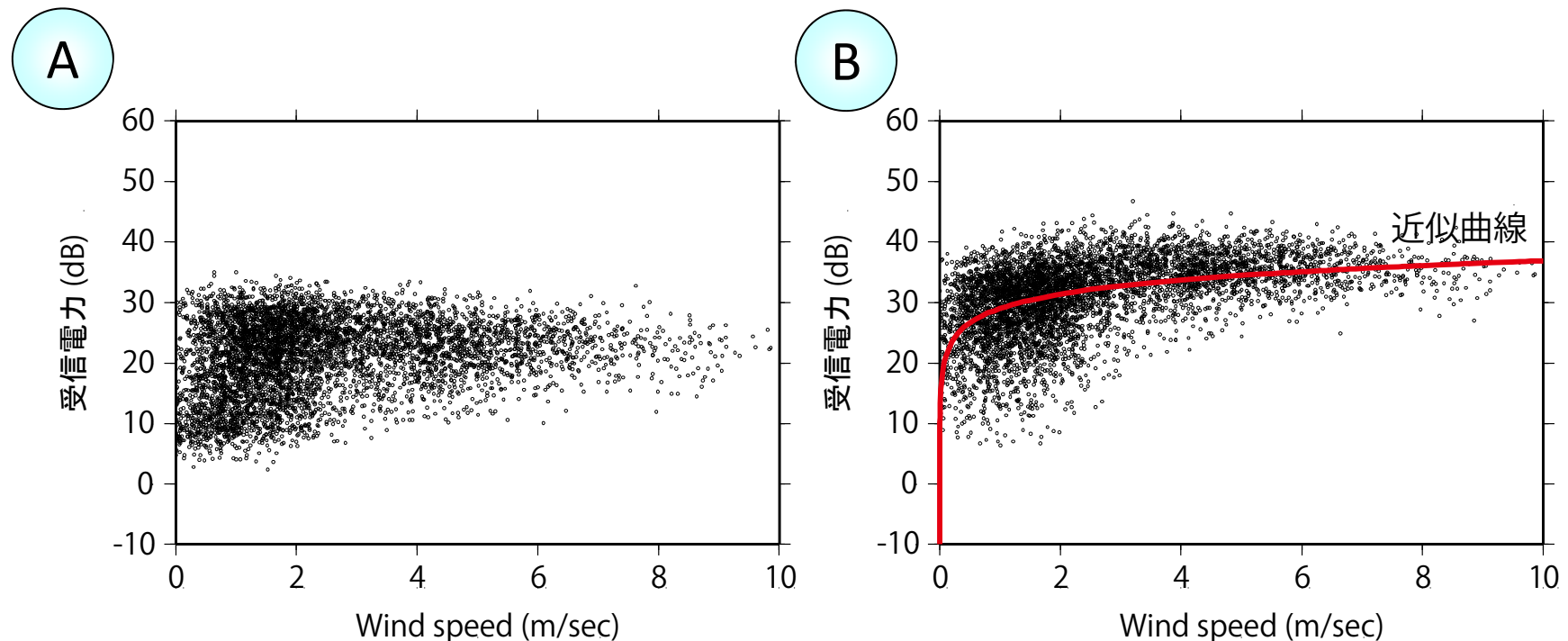


B

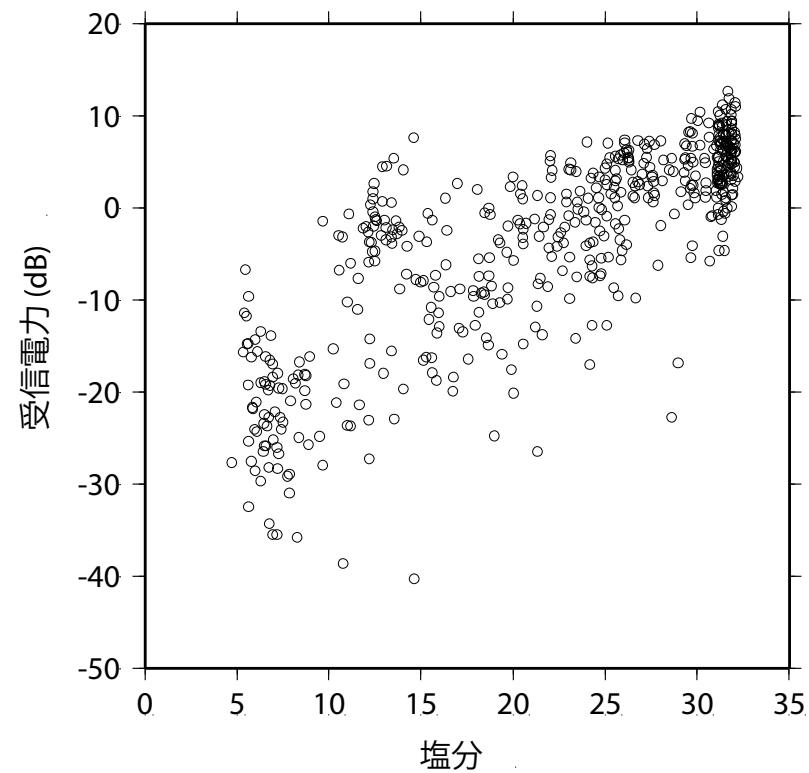
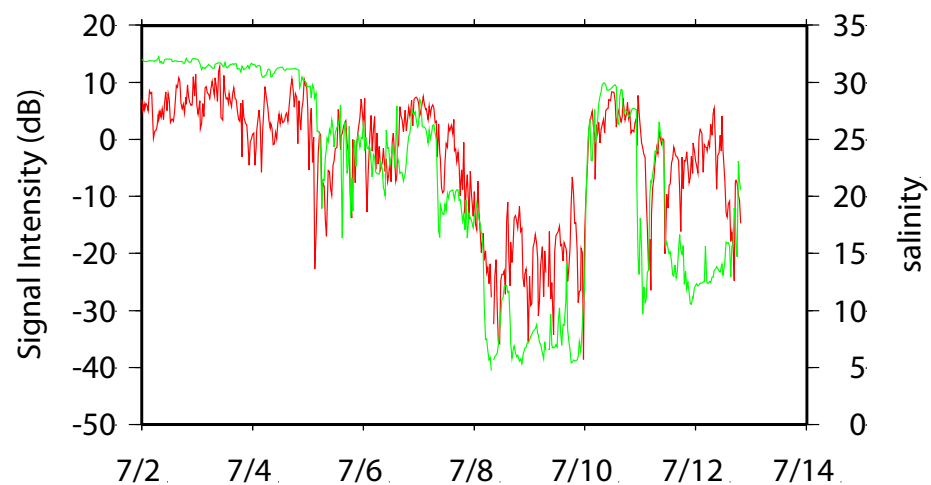


波浪スペクトルの影響

- 風速を用いて波浪スペクトルの変化分を評価。

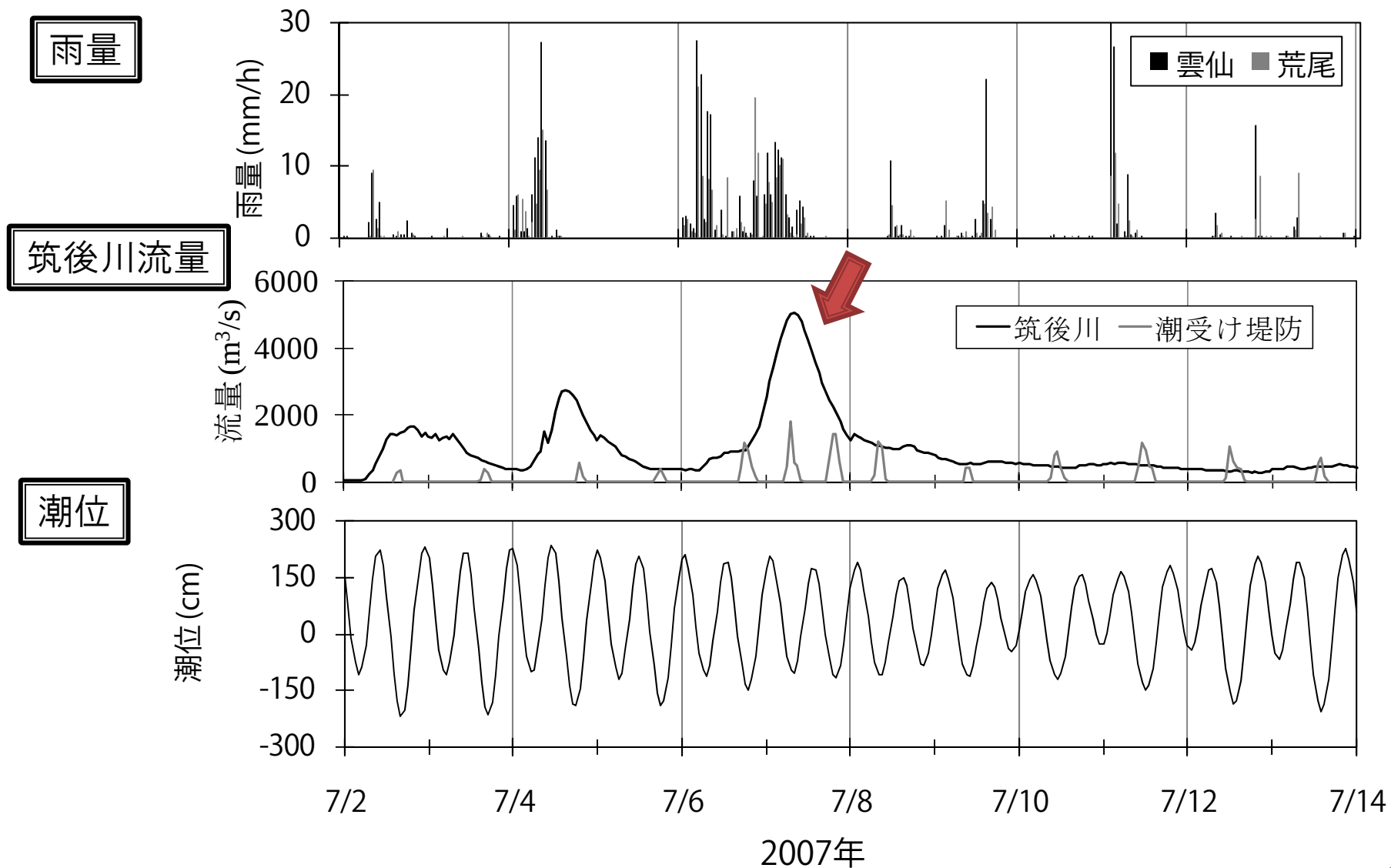


塩分の影響

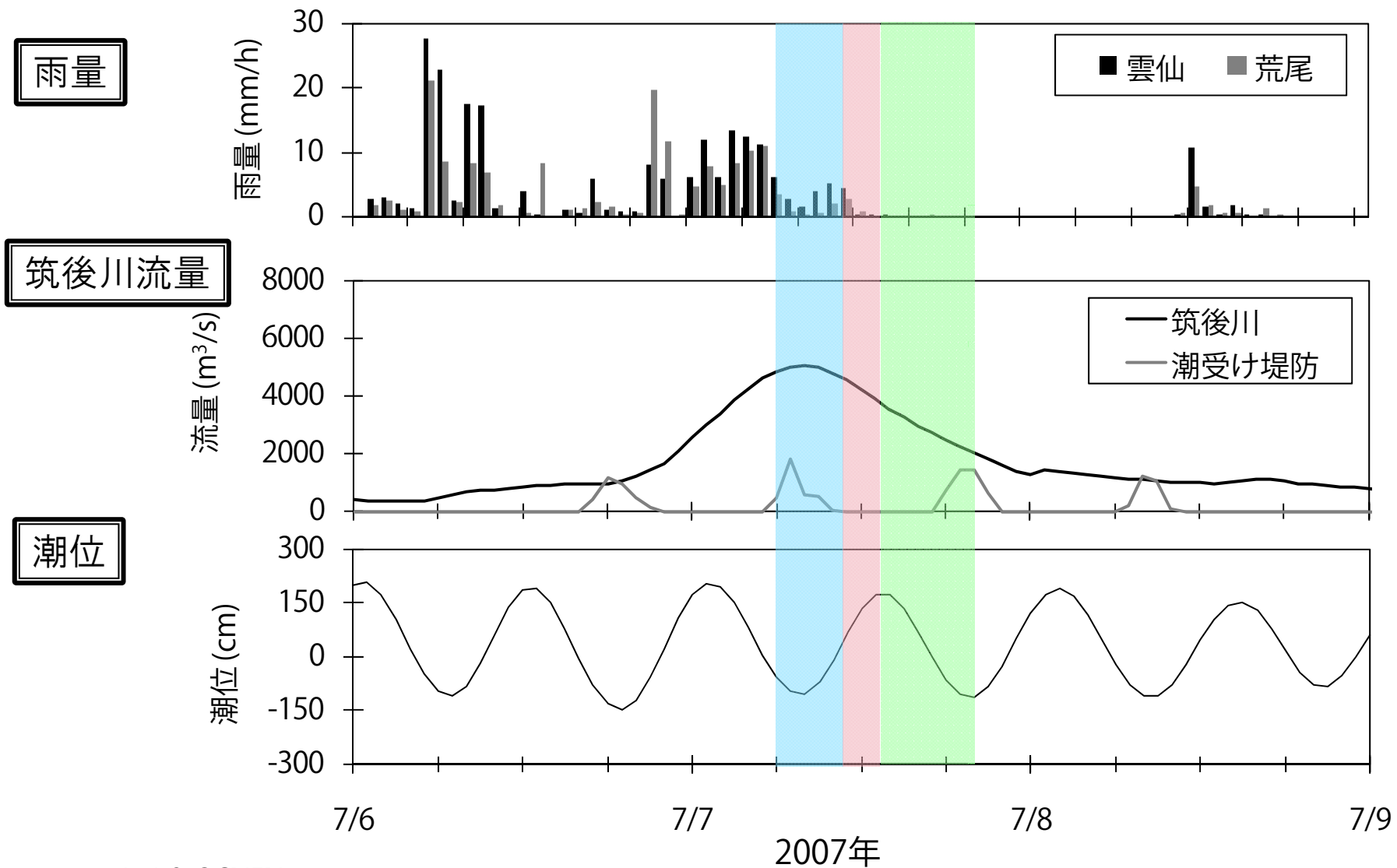


淡水挙動の観測

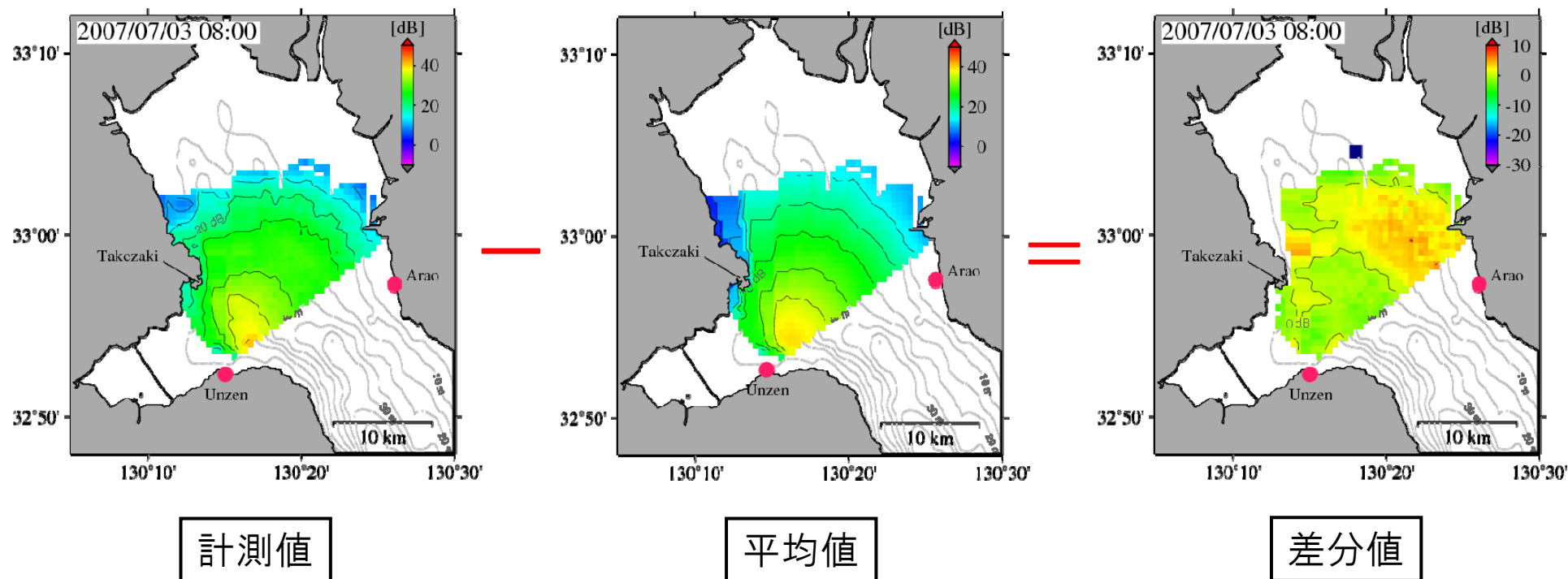
観測概要



観測概要



算出方法

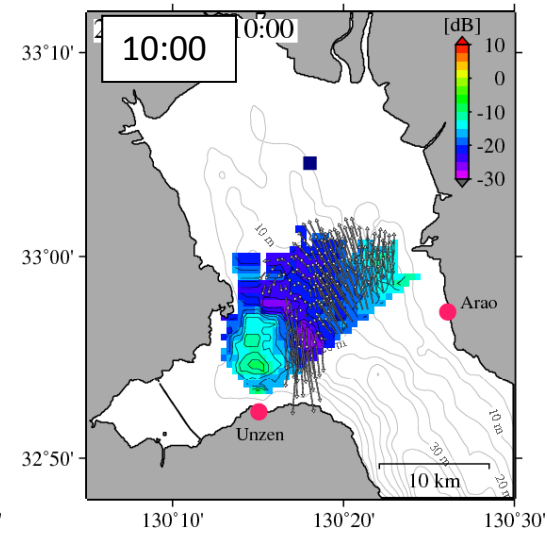
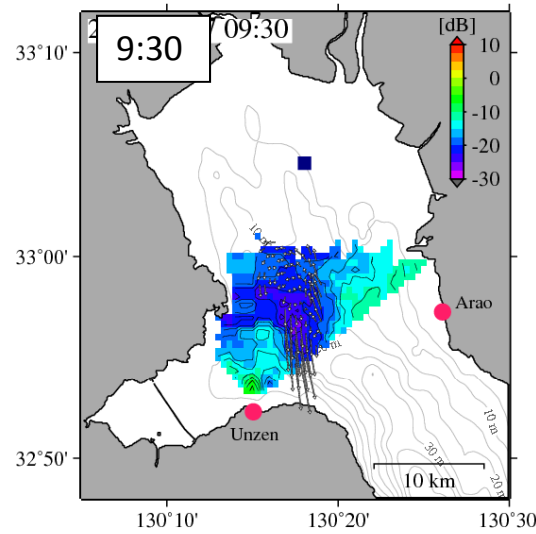
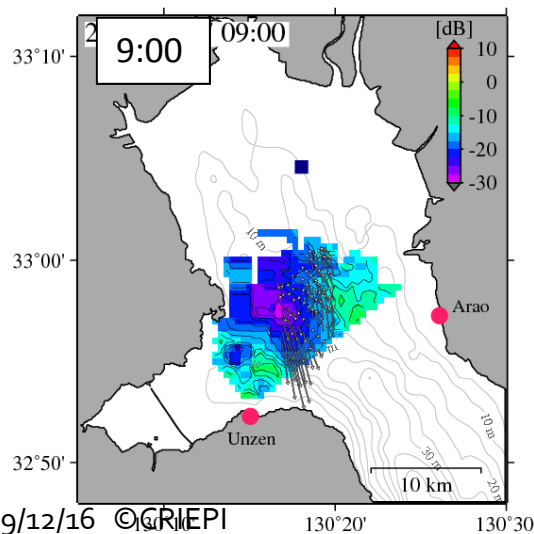
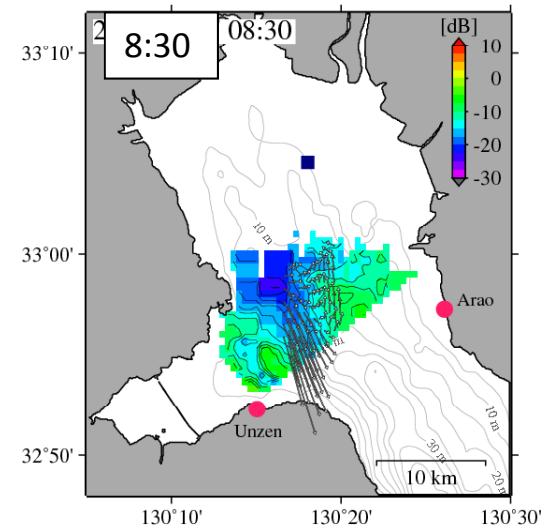
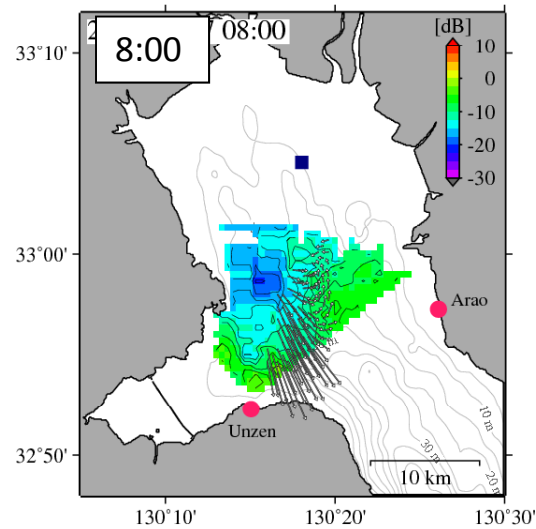
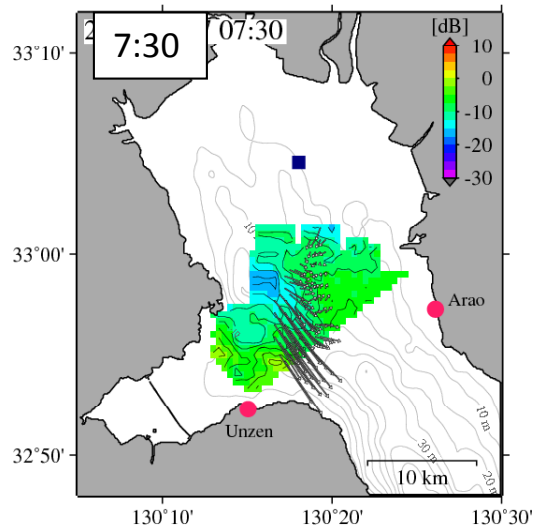


受信電力の低下が大きい



差分値が負に

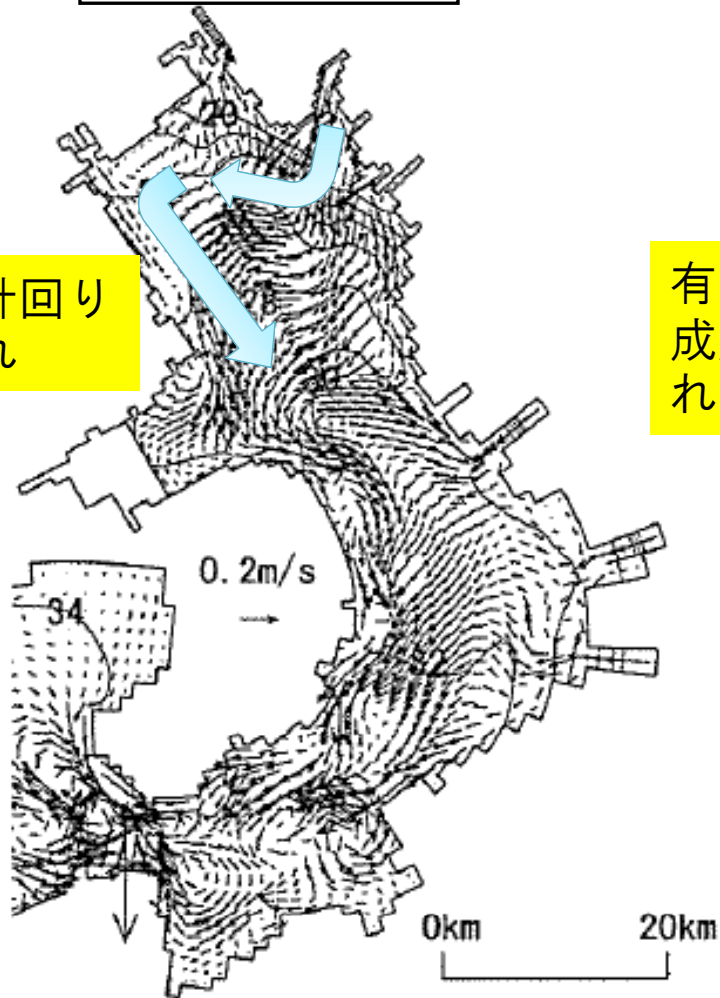
出水後の受信電力の面的な変動



有明海内の流動

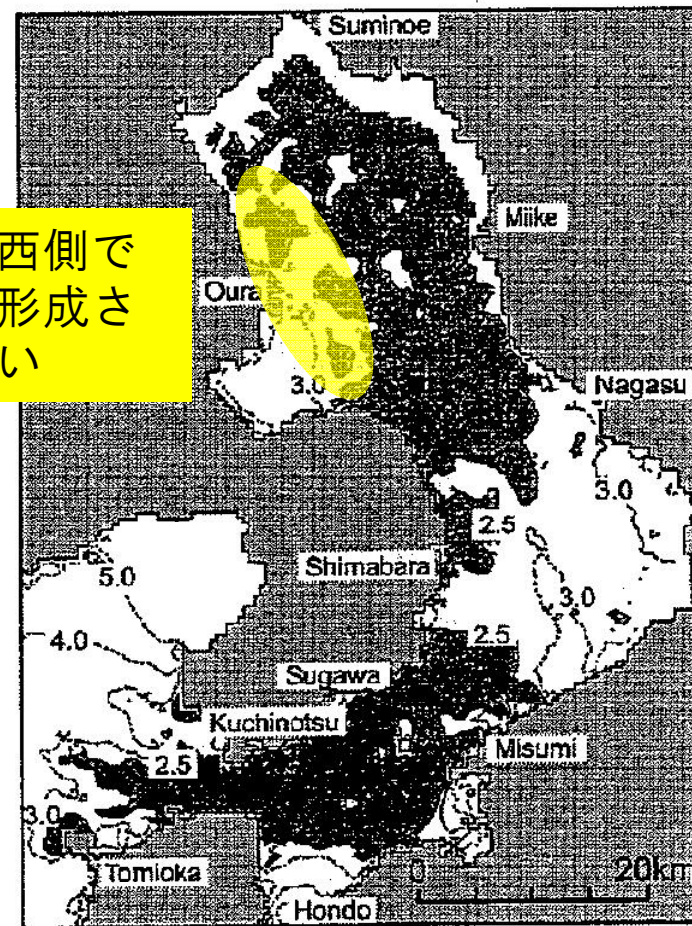
出水後の流動場

反時計回りの流れ

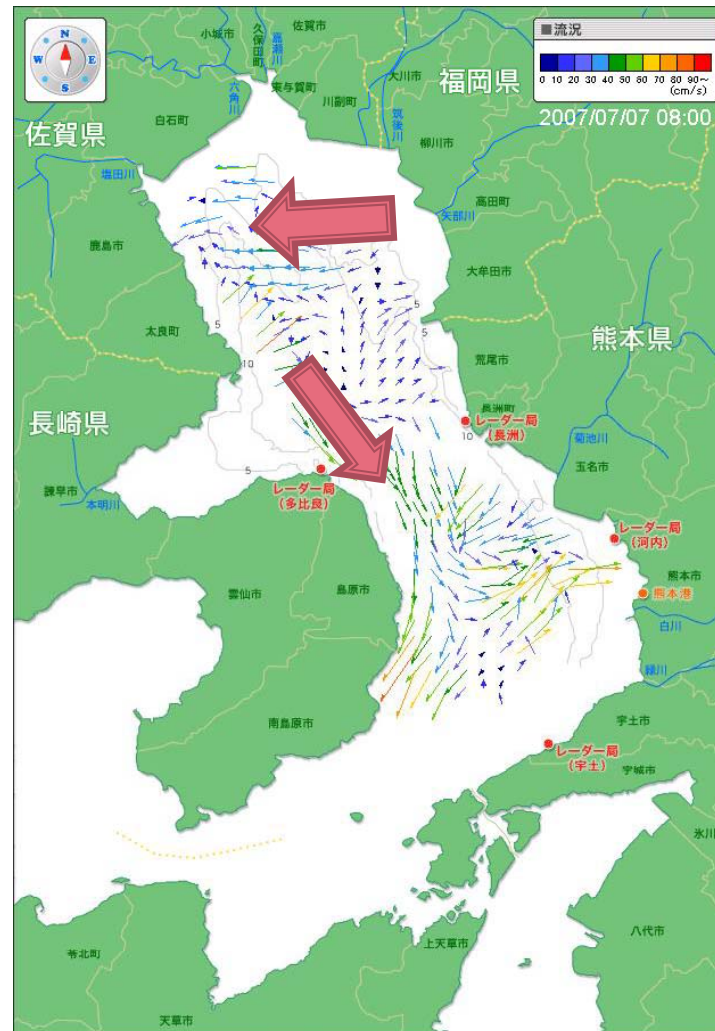


成層場

有明海西側で成層が形成されやすい



HFレーダの計測結果

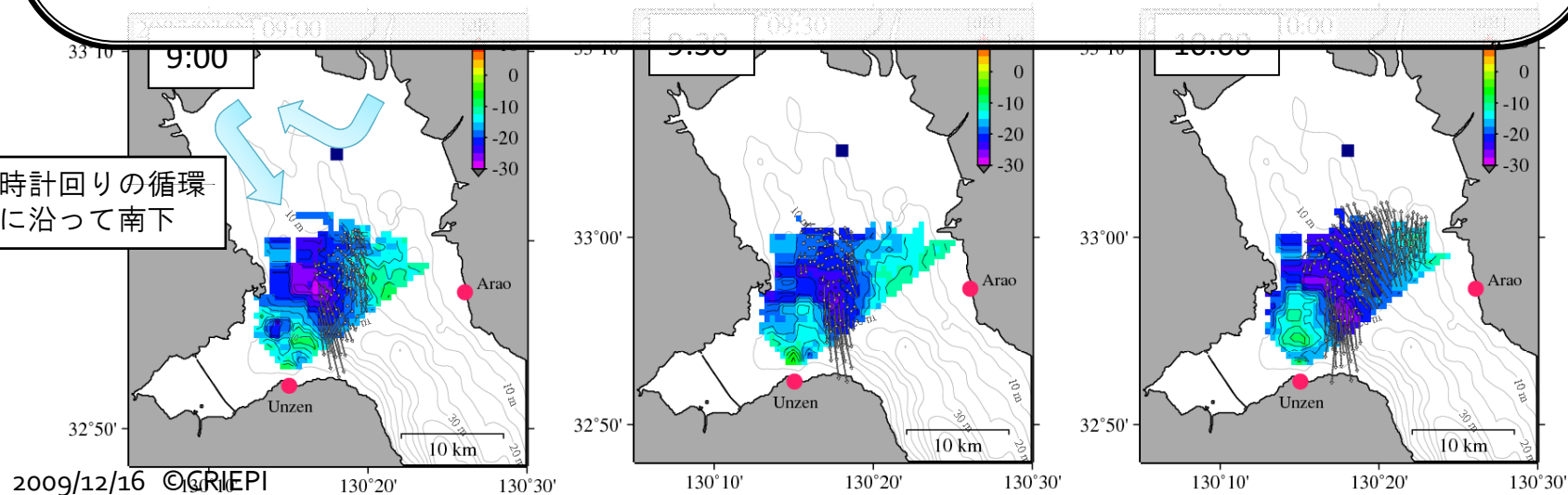


受信電力の面的な変動

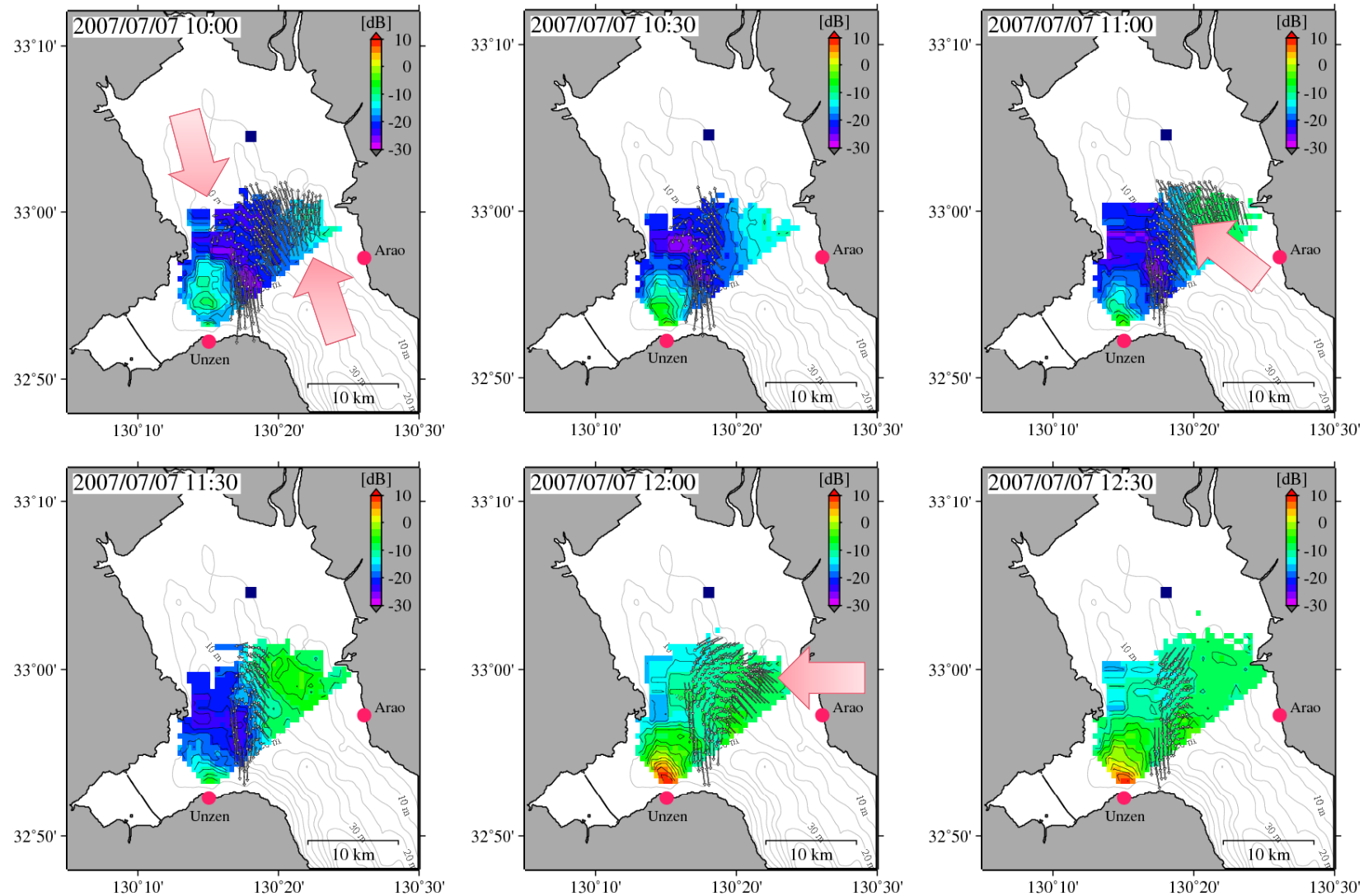
- ・ 既往の研究による淡水流出経路と受信電力の低下場所は一致
- ・ 表層ベクトルの方向と受信電力の低下場所が移動する方向が一致

受信電力の低下場所は筑後川からの淡水の流出経路？

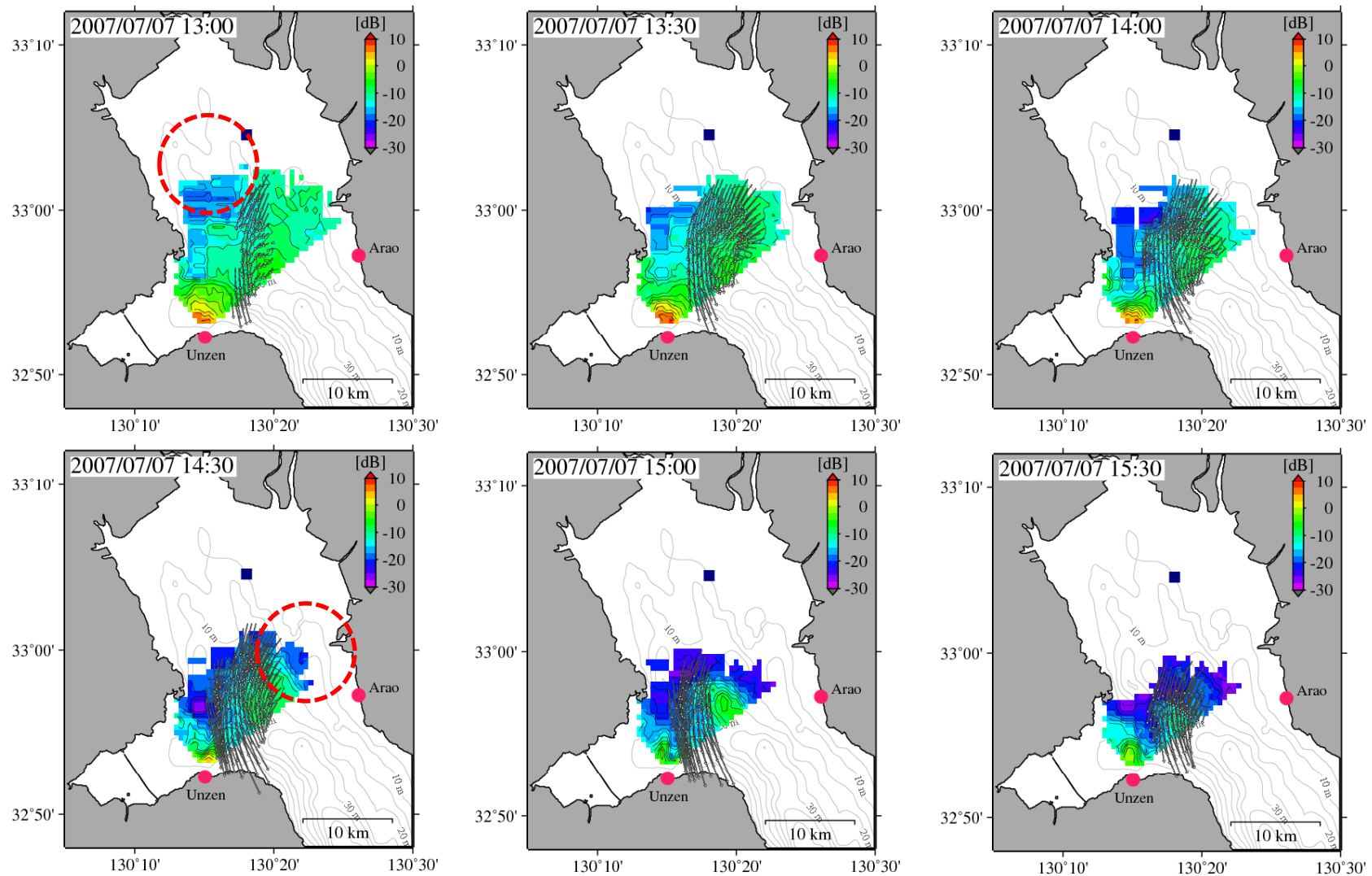
- ・ 反時計回りの循環
- ・ 岸に沿って南下



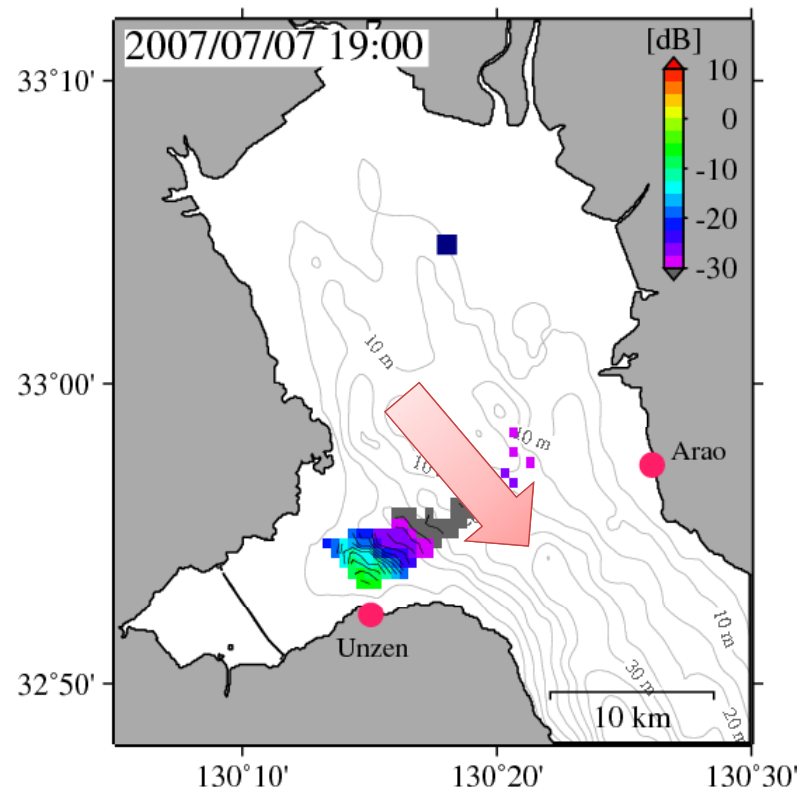
上げ潮時の変動



2度目の下げ潮時

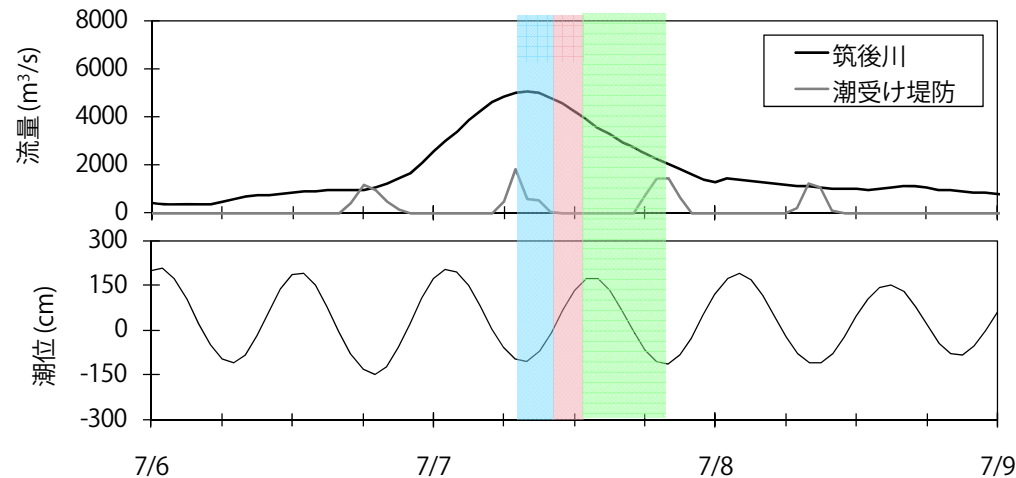


干潮時



受信電力が低下し，ノイズ以下となったため近傍以外は算出できない状況

推測される淡水の挙動



- 7月7日に筑後川から出された淡水は有明海西部に沿って南下し，7月7日9時に諫早湾湾口部に達した。
- その後の上げ潮により，一時的に淡水は有明海湾奥部へ押し戻された。
- 7月7日13時～の下げ潮時には，湾奥に溜まった淡水が全面的に南下し，諫早湾湾口部よりも南に伝搬した。

結論

- 海洋レーダの受信電力は海面の塩分の影響を受けており，塩分が低下すると受信電力が低下する。
- 受信電力の低下範囲出現場所は既往の研究による筑後川からの淡水流出経路と矛盾せず，表層流速と同じ方向へと伝搬した。
- 以上の結果から，海洋レーダの受信電力を用いた淡水の追跡が可能と考えられる。