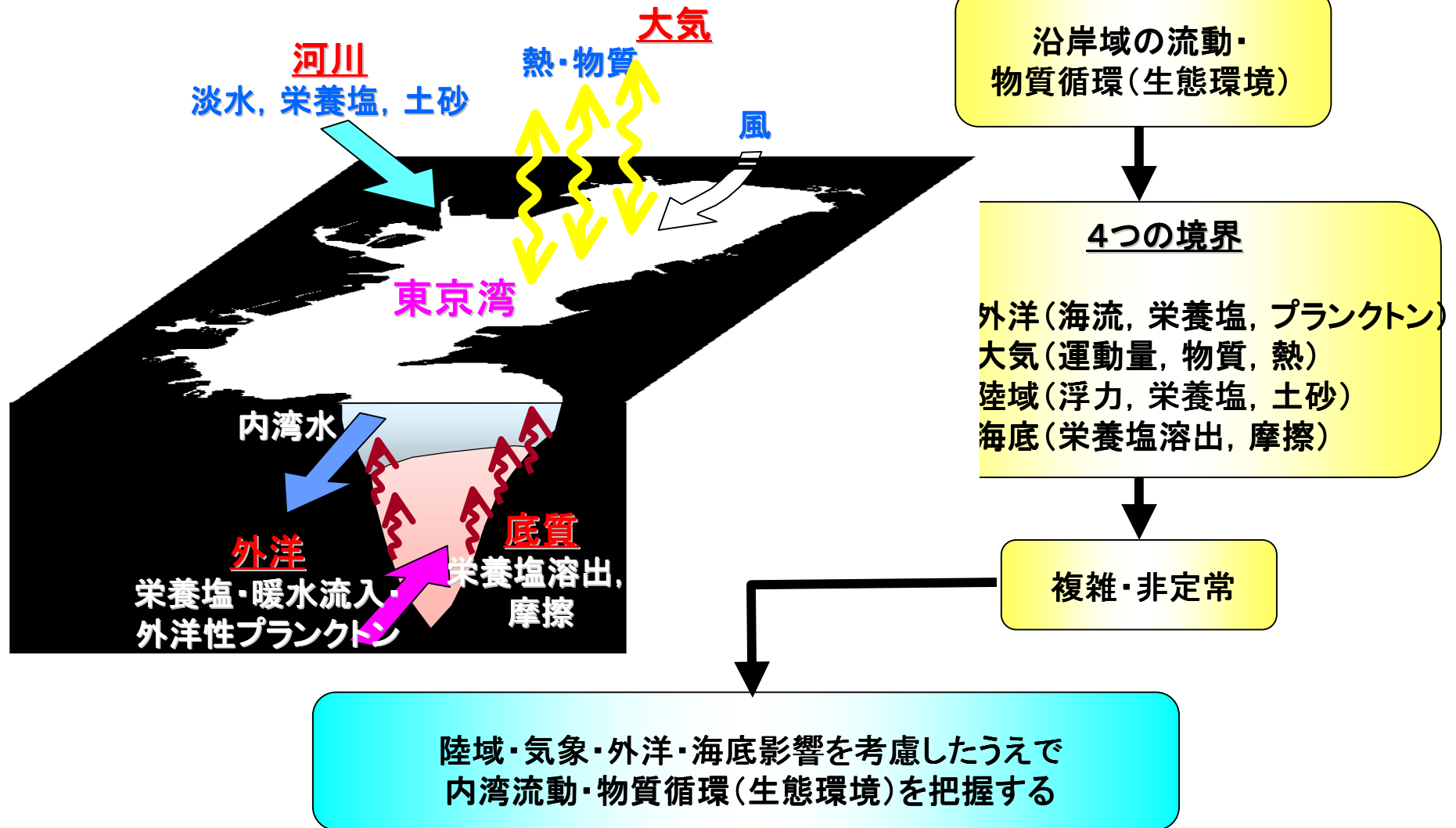


# 外洋変動が内湾環境に 及ぼす影響

国土技術政策総合研究所

日向 博文

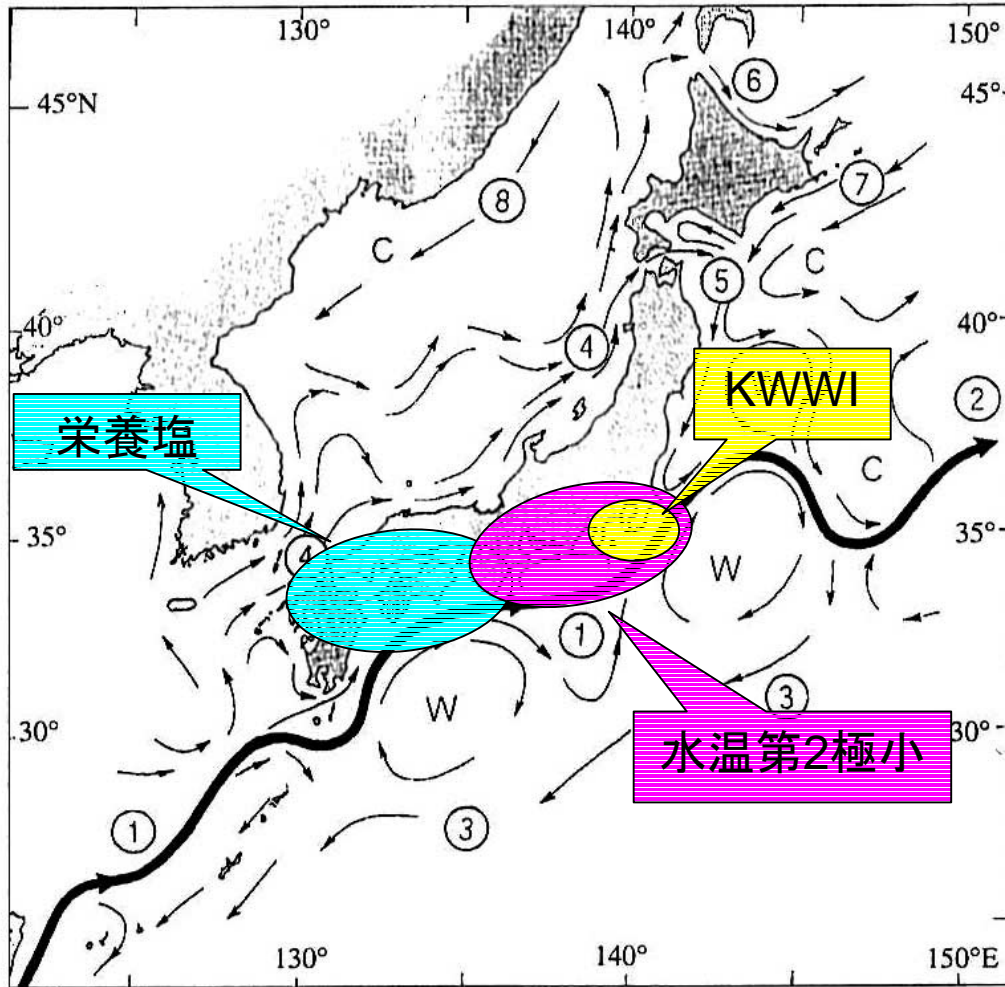
# 内湾環境をとりまく4つの境界



# 発表の目的

- 内湾・沿岸域の環境に与える外洋影響に関する既往の研究例を紹介し、今後の研究課題に関する議論の材料を提供する。

# 発表内容



## 1. 外海起源の栄養塩

瀬戸内海における最新の研究成果  
とそれらの問題点

## 2. 本州南岸亜表層における 水温第2極小について

## 3. イベント現象

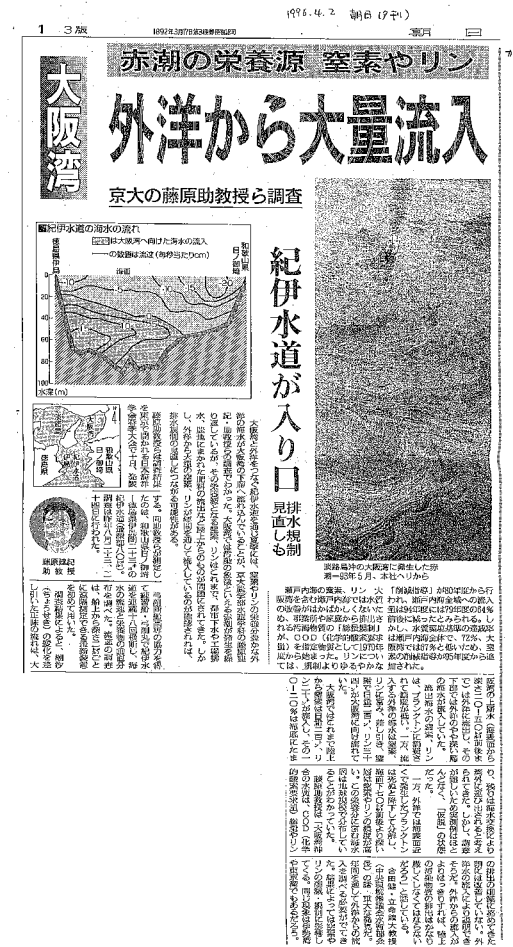
間欠的な黒潮系暖水流入が東京湾  
ー外洋間の物質輸送に果たす役割

図15-1 日本近海の表層海流図. ①黒潮, ②黒潮続流, ③黒潮反流, ④対馬暖流, ⑤津軽暖流, ⑥宗谷暖流, ⑦親潮, ⑧リマン海流. (海洋の波と流れの科学, 宇野木・久保田)

# 1. 瀬戸内海における外海起源栄養塩存在量に関する研究

- 陸域からの栄養塩の負荷を規制しているにも関わらずそれほど水質が改善されない海域があるのはなぜか？

⇒ 陸域以外（外海）からの栄養塩輸送の影響が大きいのではないか？



(藤原, 朝日新聞, 1996)

# 外海起源栄養塩存在量に関する代表的な3つの研究スタンス

## (1) BG法

武岡・村尾(1997), 柳(1997), ...

## (2) 応答法

柳ら(2003), Yanagi and Ishii(2004), ...

## (3) その他(フラックス計測, モデル, 外洋・季節変動の考慮)

Hoshika et al., (1988), 藤原ら(1997), 笠井ら(2001), Takashi et al., (2006), ...

# BG法と応答法

## (1) BG法

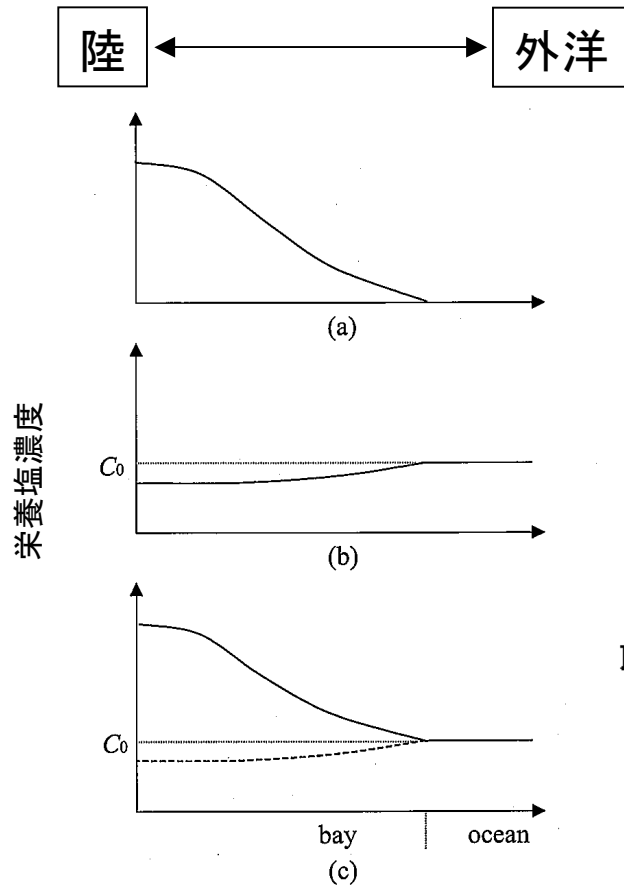


Fig.2

(武岡,沿岸海洋, 投稿中)

## (2) 応答法

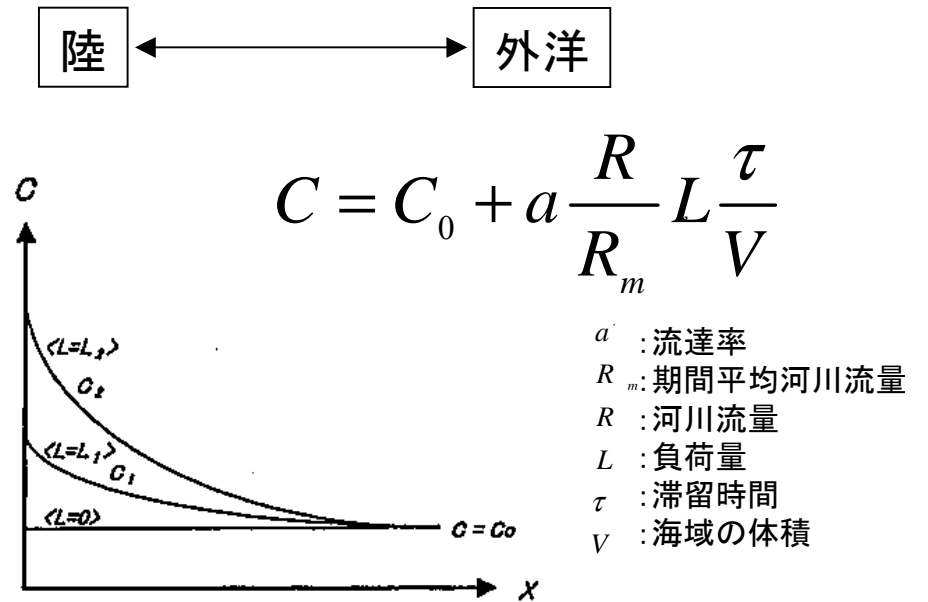


Fig. 3. Relation between TP or TN concentrations ( $C_i$ ) in the semi-enclosed coastal sea, TP or TN load from land ( $L_i$ ) and TP or TN concentrations in the open ocean ( $C_0$ ). Vertical axis shows the concentration and horizontal one the length from the river mouth to the open ocean.

(Yanagi and Ishii, JO, 2004)

# BG法・応答法で求めた瀬戸内海における外海起源栄養塩存在量

## (1) 瀬戸内海平均

|     | TN | TP |
|-----|----|----|
| BG法 | 64 | 62 |
| 応答法 | 81 | 72 |

(%)

## (2) 海域別

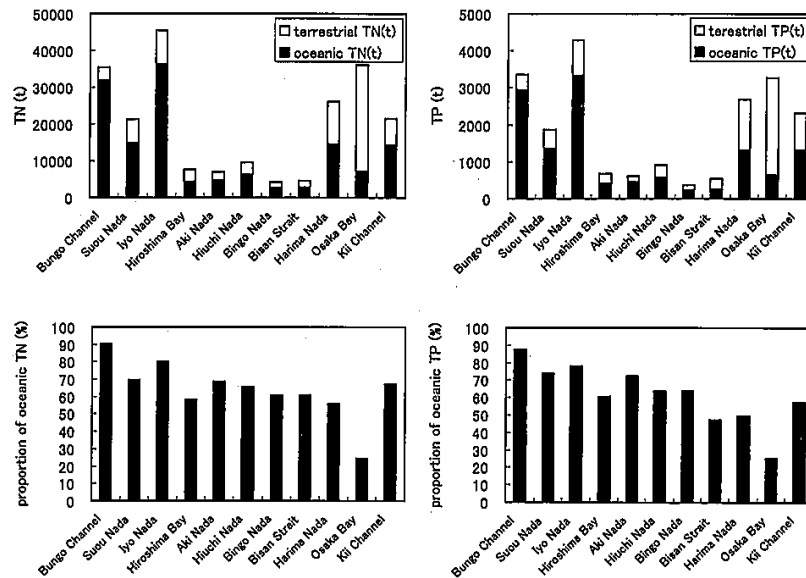
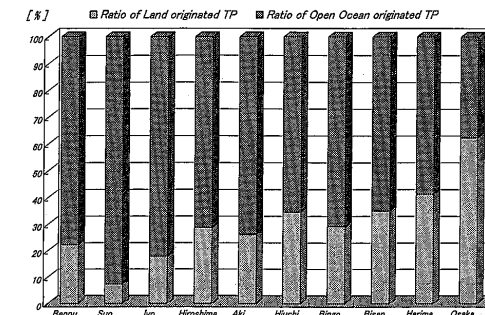


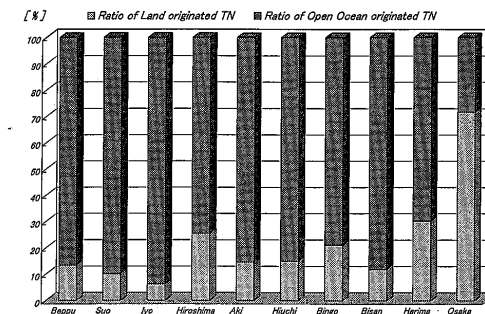
Fig. 3 The regional variation in the stock and proportion of the oceanic contents of TN and TP in the Seto Inland Sea. (速水, 海と空, 2004)

(a)

(Yanagi and Ishii, JO, 2004)



(b)



ratios of land- and open ocean-originated TP (a) and TN (b) in each region of the Seto Inland Sea.



# BG法の問題点

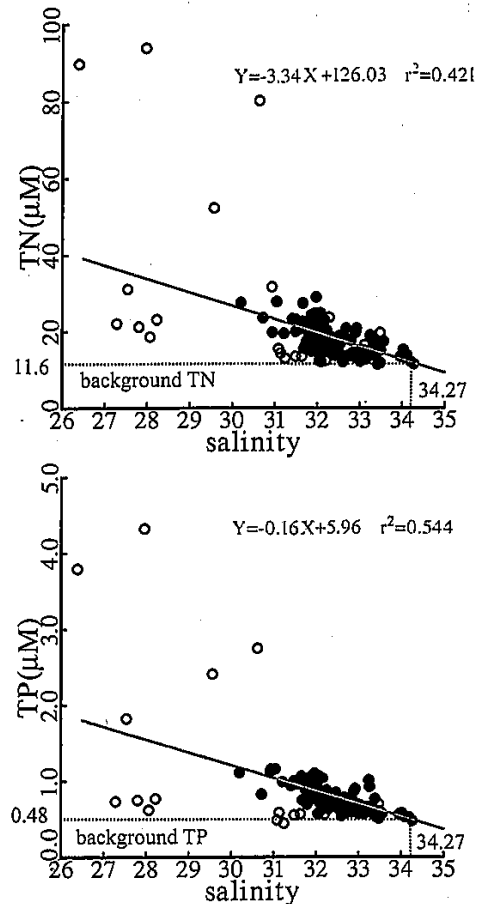


Fig. 2 The relationship between salinity and total nitrogen and total phosphorus in the Seto Inland Sea. The data taken at the stations strongly affected by the fresh water discharge (Osaka Bay, Suou Nada and at a station off the mouth of the Takahasi river) are indicated with the open circles.

(速水,海と空, 2004)

## BG法の仮定

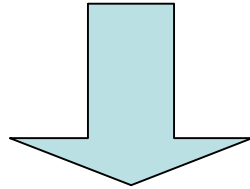
1. 河口からの淡水・栄養塩流入はゼロ.
2. 栄養塩物質は保存的に振る舞い、水と一緒に動く.
3. 内海において栄養塩のsinkとsourceがない.
4.  $C_0$ は時間的に変化しない.
5. 境界部分での $C_0$ は一様である.
6. 陸域と外海の影響は線形の足し合わせ

(武岡,沿岸海洋, 印刷中)

# 応答法の問題点

$$C(t) = C_0 + a \frac{1}{R_m V} \int_0^{\infty} R(t-t^*) L(t-t^*) r(t^*) dt^*$$

定常(平均滞留時間と比べて)を仮定



$$C = C_0 + a \frac{R}{R_m} L \frac{\tau}{V}$$

1. BG濃度, 負荷量等の変動
2. 栄養塩負荷量等の精度
3. 負荷量の短期変動
4. 線形の重ね合わせ

# 季節・経年変動

(1) 豊後水道における栄養塩フラックス

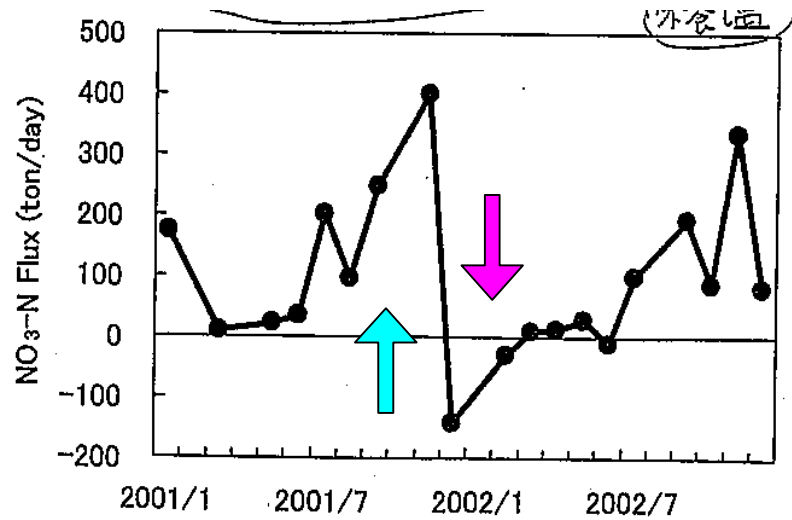


Fig. 4 Amount of nitrate flowing outward (southward) through the southern cross-section of Bungo Channel<sup>10)</sup>.

(数年~10年スケール)

(2) 紀伊水道におけるクロロフィルと栄養塩濃度

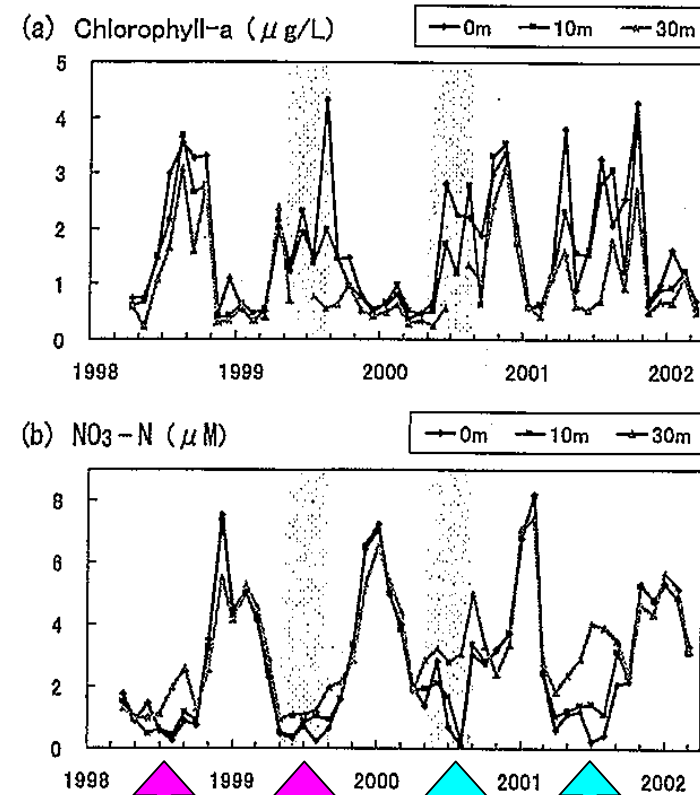


Fig. 8 (a) Chlorophyll-a and (b) nitrate concentrations in the northern Kii Channel.

←-----→  
 黒潮接岸                      黒潮離岸

(藤原ら, 沿岸海洋研究, 印刷中)

# 外洋境界における栄養塩濃度の動態 — 紀伊水道 —

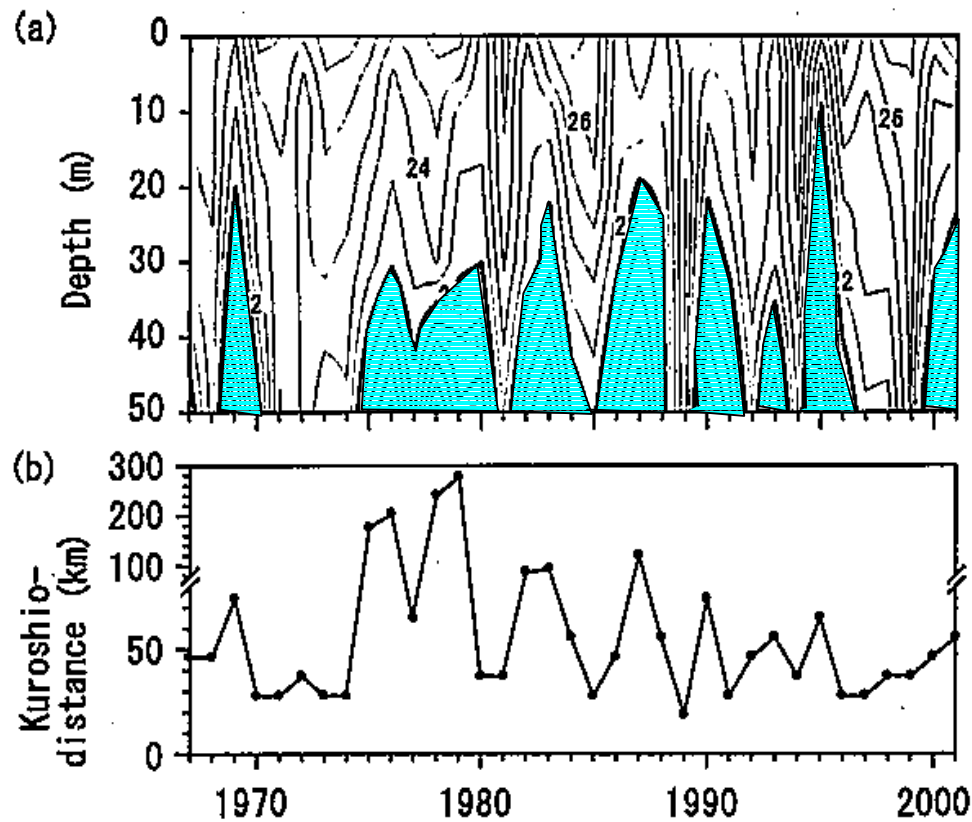


Fig. 5. (a) Annual variation in the temperature in the Kii Channel in August. (b) Annual variation in the Kuroshio distance. Shaded areas indicate the BSW.

(Takashi et al., JO, 2006)

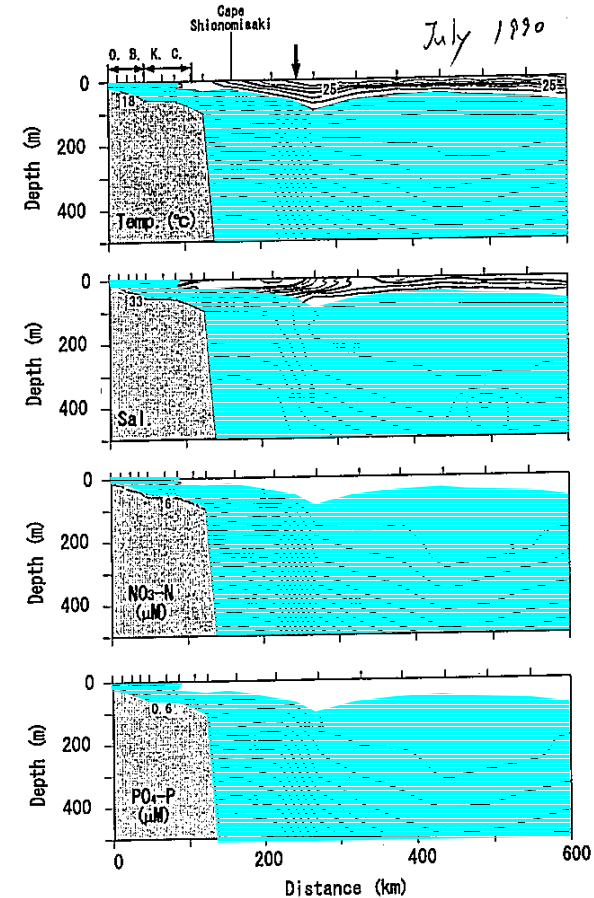


Fig. 2. Longitudinal distributions of temperature, salinity, nitrate, and phosphate from Osaka Bay to the open ocean in July 1990. Downward arrow on the top panel indicates the position of the Kuroshio axis. OB: Osaka Bay and KC: Kii Channel.

# 外洋境界における栄養塩濃度の動態 — 紀伊水道 —

(1) 水温—栄養塩の関係

(2) 水温—黒潮離岸距離の関係

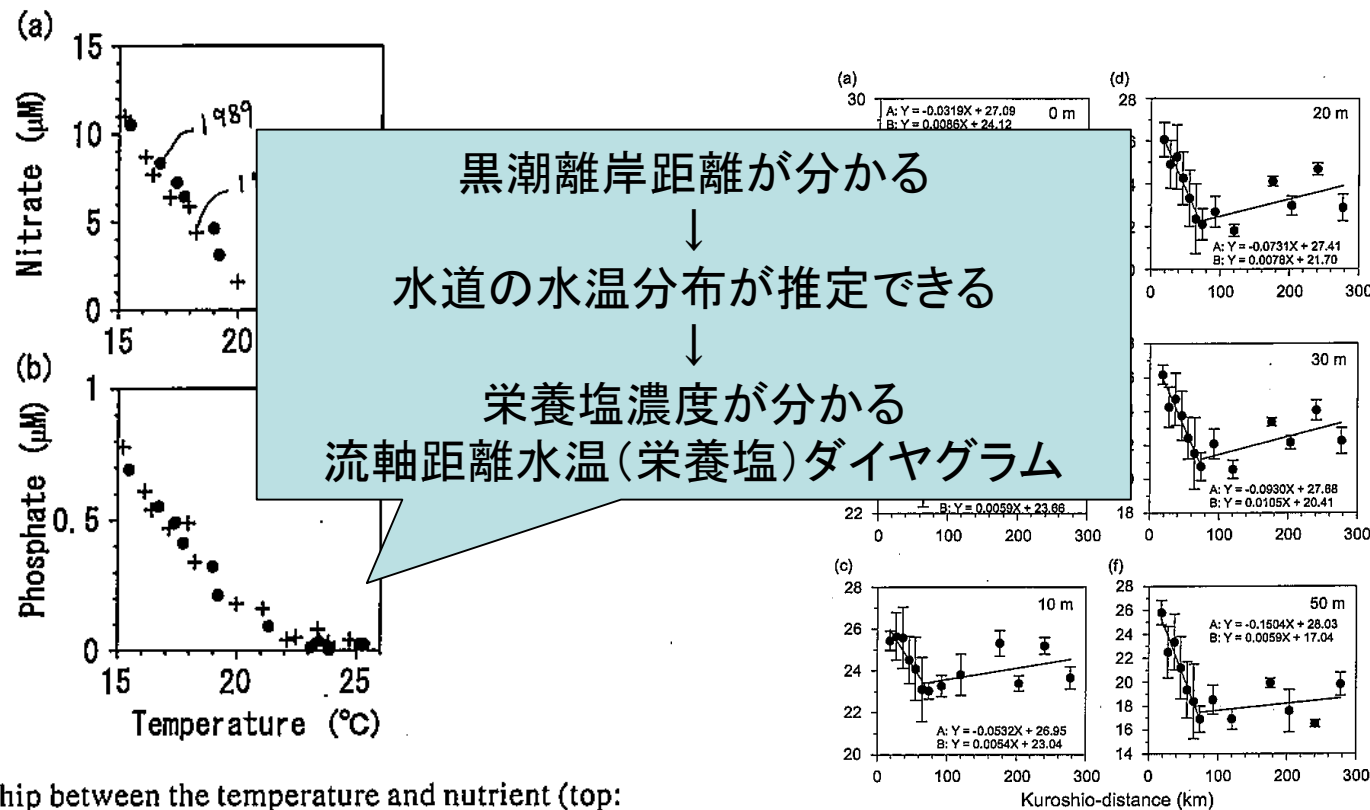


Fig. 4. Relationship between the temperature and nutrient (top: nitrate, bottom: phosphate) concentrations at the shelf edge (stns. G0 and G1) in July 1989 and July 1990. Circles and crosses indicate values for 1989 and 1990, respectively.

Relationships between the temperature and the Kuroshio distance at 0, 5, 10, 20, 30, and 50 m depths in August. Closed circles and error bars represent the average values and standard deviations from 1977 to 2001, respectively. Regression formulas of temperature vs. Kuroshio distance in each figure were calculated for the ranges of 18.5 km to 74 km and 74 km to 277.5 km, respectively.

# 外洋境界における栄養塩濃度の動態 —豊後水道—

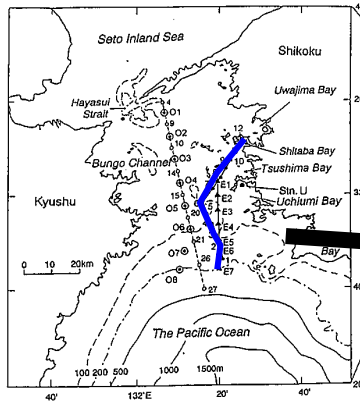
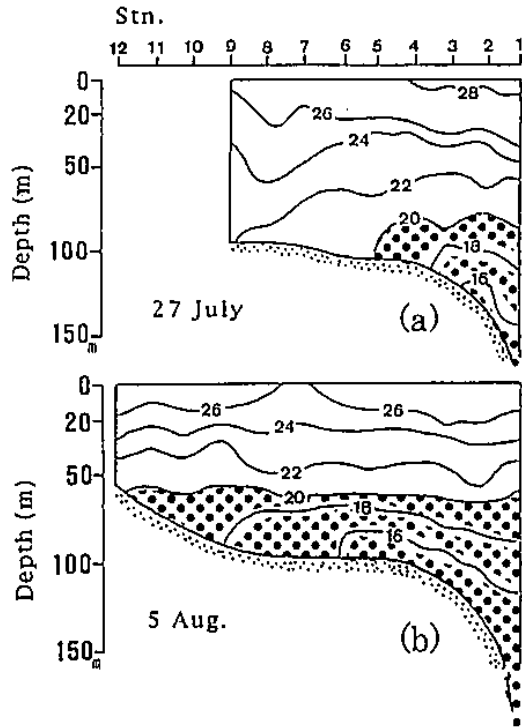


Fig. 1. Observation stations in t

初夏と晩秋に多く発生  
15日の変動周期が卓越  
↓  
水温第2極小, 大潮小潮  
と関係?



2. Distribution of water temperature in vertical between Stns. 1 to 12 on 27 July and 5 August 1995. The shaded region represents water (<20°C, represented by the shaded region) that intruded from the outer channel and finally reached the inner channel on 5 August (after Koizumi, 1999).

(Kaneda et al., JO, 2002)

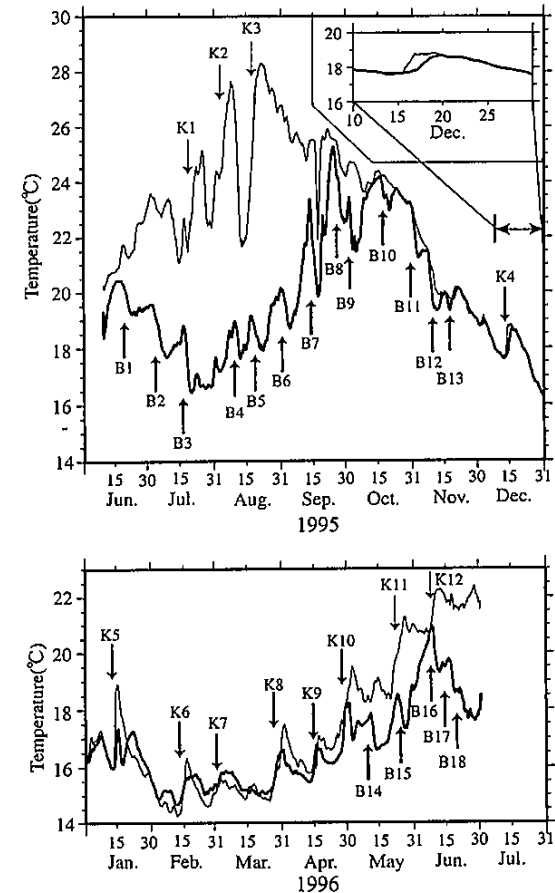
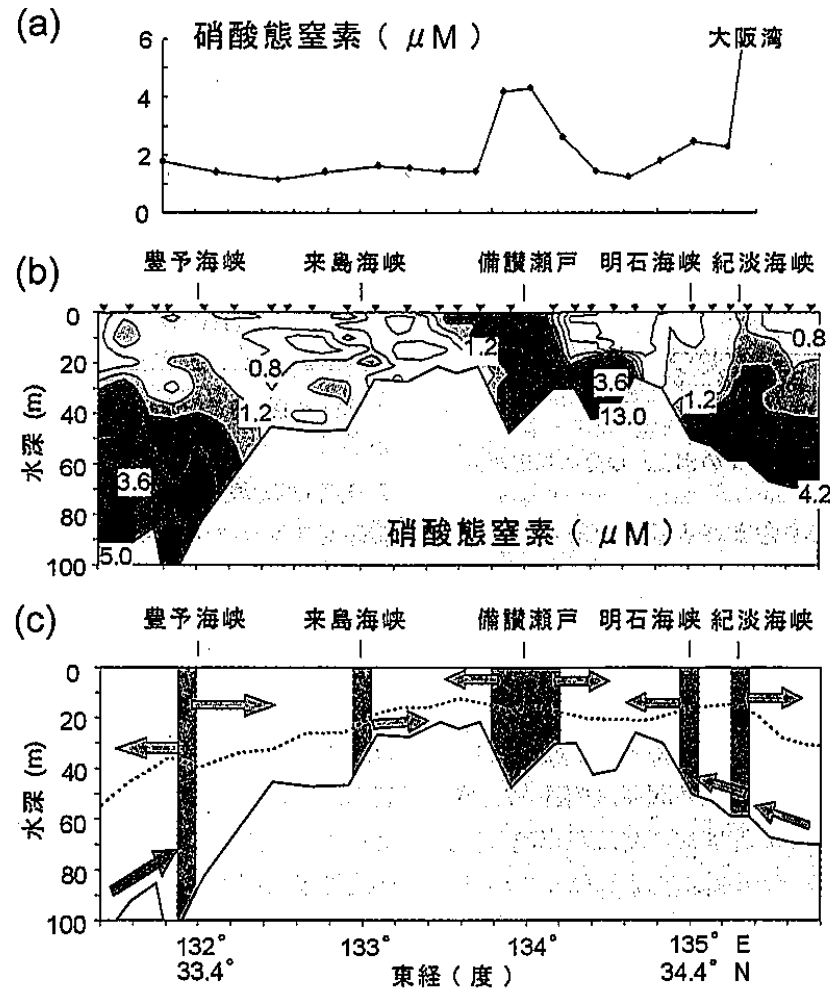


Fig. 3. Variations in the water temperature in the upper (5 m below surface, thin line) and lower layers (68 m below surface) at Stn. U between June 1995 and July 1996. Upward arrows indicate occurrences of a bottom intrusion and downward arrows occurrences of a *kyucho* (a detailed example of which is shown in the inset).

# 瀬戸内海の流れと栄養塩分布の様子



外海起源の栄養塩は  
どこまで届く?  
↑  
季節変動, 長期変動

(藤原ら, 海溝, 2003)

図一3 瀬戸内海縦断線上の (a) フェリーによる硝酸態窒素; 2002年7月30, 31日, (b) 硝酸態窒素, (c) 密度流, 点線は補償深度

# まとめ(1)

- 外海起源の栄養塩は瀬戸内海の生態環境に大きな影響を与えているらしい。
- 影響範囲は時間的に変動しているだろう。
- BG法や応答法に基づいて存在量を求めることは難しいのではないか？
- 外洋変動影響や季節変動を取り込んだ物質循環モデルの開発が必要。
- どこでどのくらいの頻度で何を計測すればよい？  
(距離栄養塩ダイヤグラムの様なツールは便利)



# 2. 日本南岸亜表層における 水温第2極小について

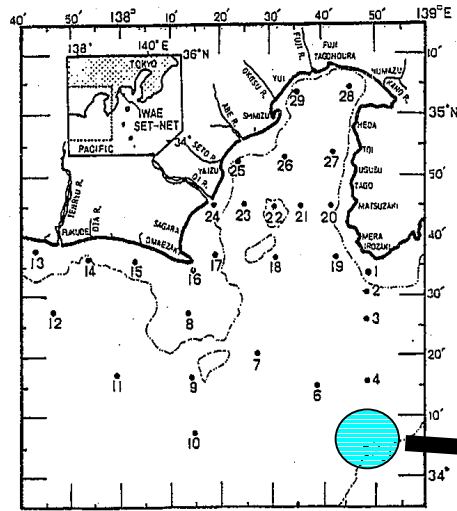


Fig. 1. Station plan in Suruga Bay and the adjacent waters (1964-1975).

(中村, 水産海洋研究, 1977)

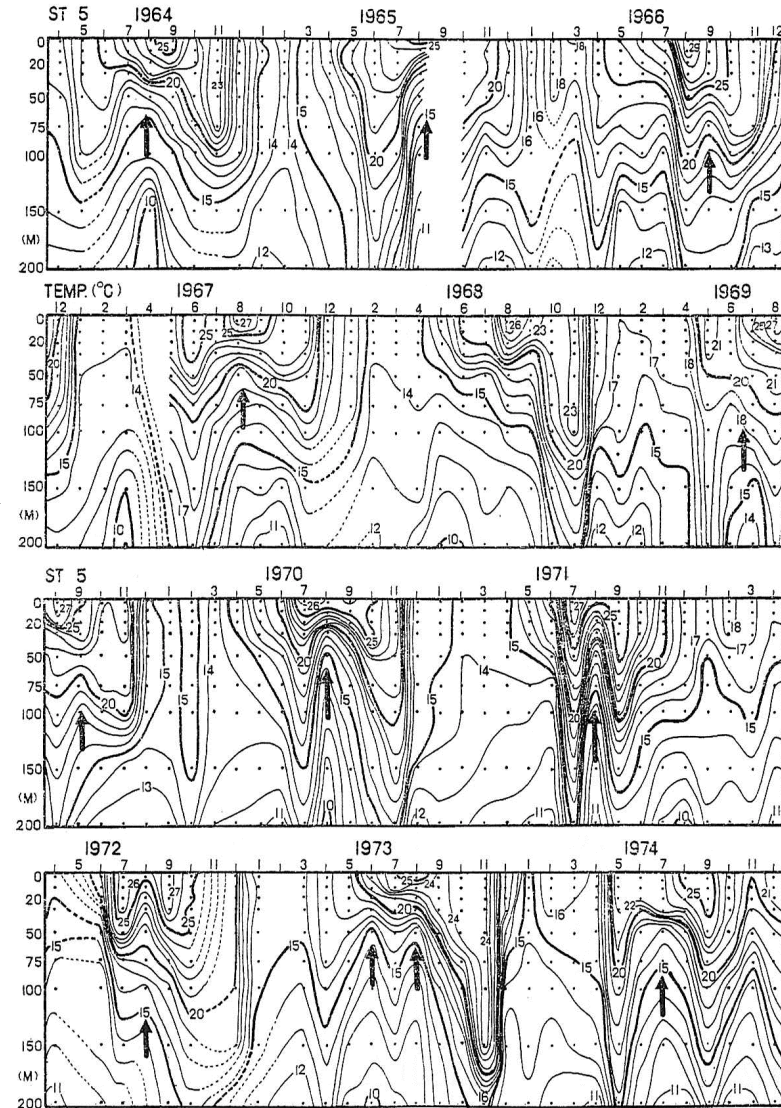


Fig. 30. Isoleth of water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at St. 5, 1964-1974.

# 水温第2極小の空間スケール

(1) 広域に発生

(2) 局所的に発生

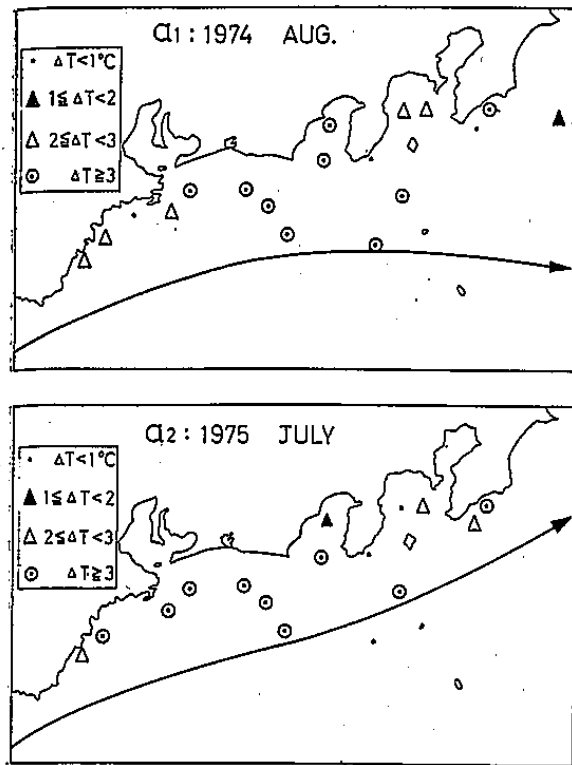


Fig. 5. Two examples when SMWT appeared at almost all of the stations in the whole sea area.  $\Delta T$  means the magnitude of the fall of water temperature, and the thick curves with the arrow show the path of the Kuroshio.

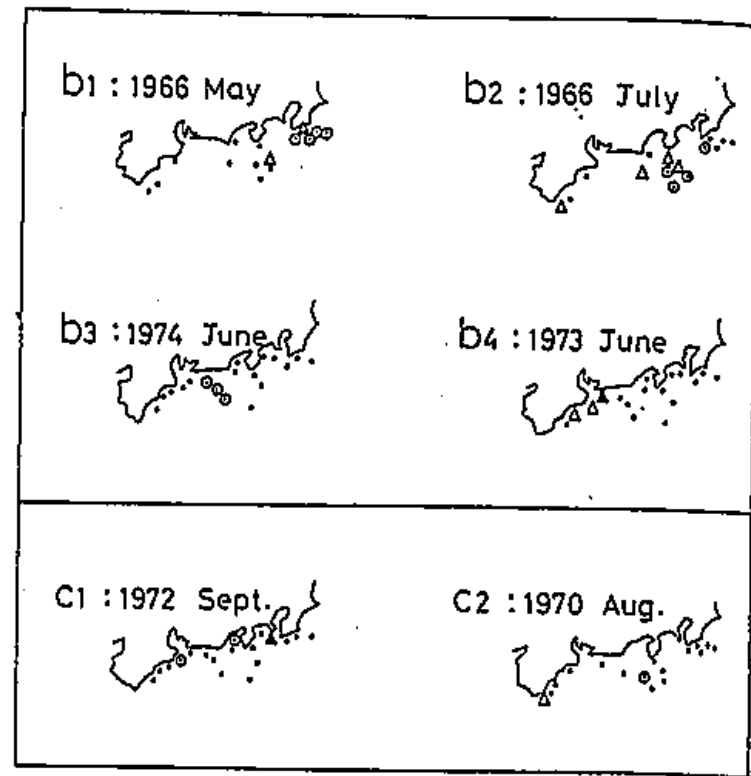


Fig. 8. Upper figure shows that SMWT is concentrated in a local sea area, and lower figure that it is isolated or scattered. The symbols are shown in Fig. 5.

# 水温第2極小の沿岸環境への影響

- 相模湾における夏季ブルーミング(森本私信)
- サクラエビ幼生の生育に悪影響(中村,1977)
- 豊後水道や紀伊水道から瀬戸内海への栄養塩流入と関係?
- 内湾域における貧酸素水塊の移動?

# メカニズム

## (1) 黒潮流軸との関係

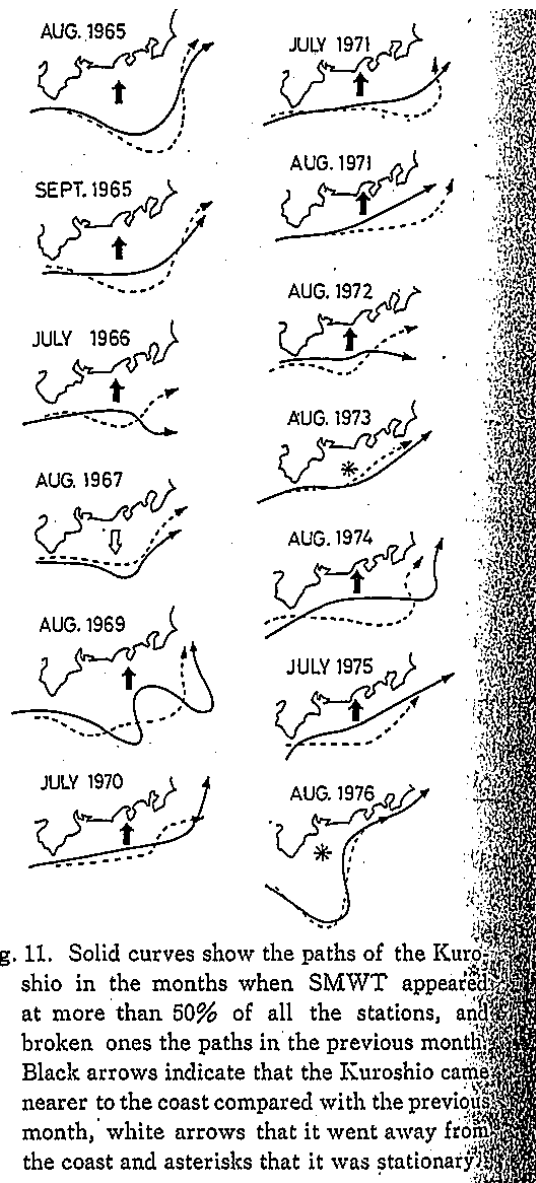


Fig. 11. Solid curves show the paths of the Kuroshio in the months when SMWT appeared at more than 50% of all the stations, and broken ones the paths in the previous month. Black arrows indicate that the Kuroshio came nearer to the coast compared with the previous month, white arrows that it went away from the coast and asterisks that it was stationary.

## (2) 沿岸風速場との関係

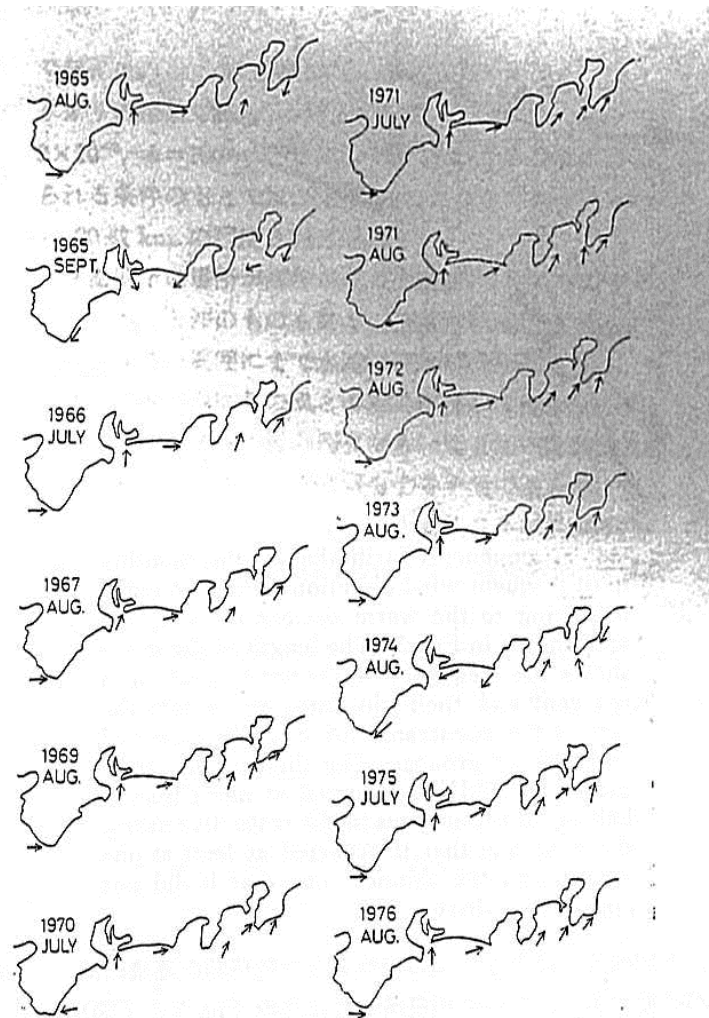
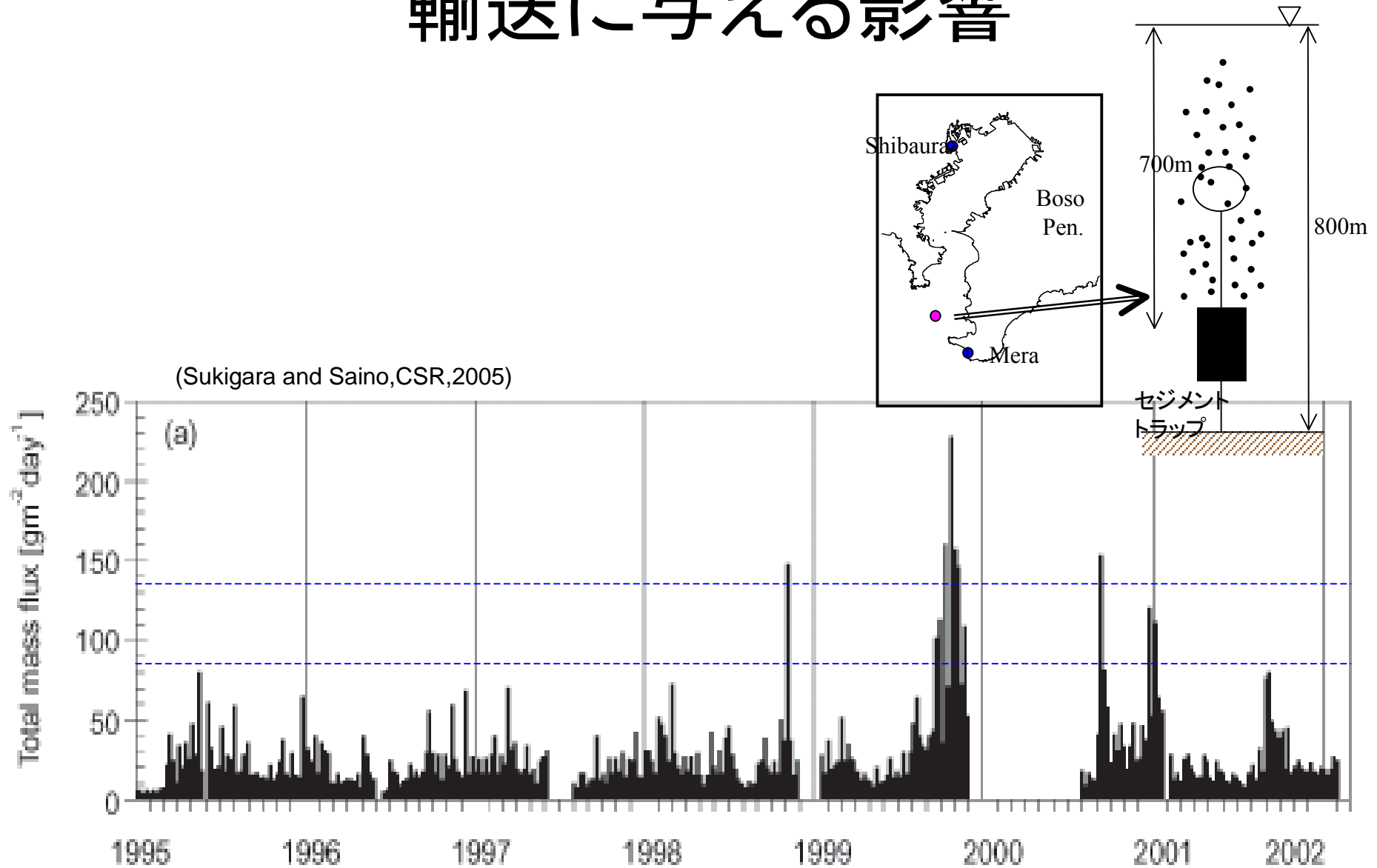


Fig. 13. Monthly most frequent wind direction at each coastal weather station when the ratio of the exceeds fifty perc (宇野木・海野, 水産海洋研究, 1983)

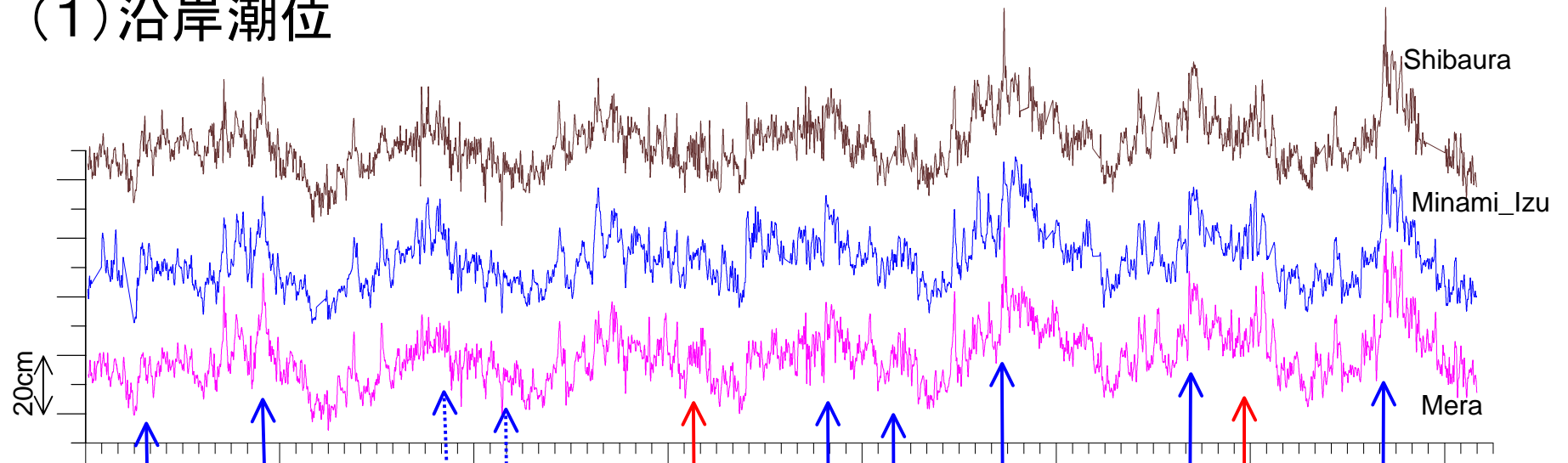
## まとめ(2)

- 水温第2極小は日本南岸熊野灘～房総沖に見られる現象である.
- 内湾・沿岸環境に影響を与えているらしい.
- 黒潮変動や風速場変動の影響は必ずしも明確ではない。(両者の影響範囲は異なるだろう)
- 南岸域における黒潮流路季節変動に関する報告例は多分無い.
- メカニズムと詳細な影響の解明
- 第2極小の再現できる沿岸物質循環モデルの開発が必要か？

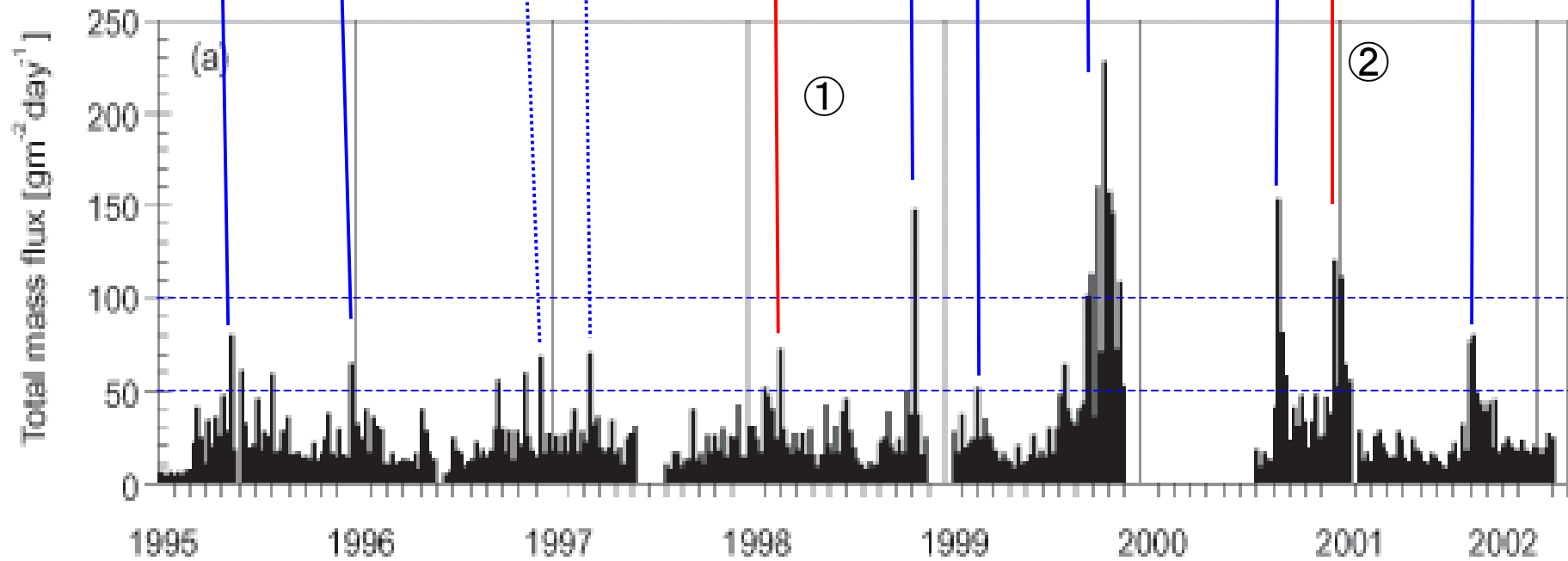
### 3. KWWIが東京湾—外洋間の物質 輸送に与える影響



# (1) 沿岸潮位



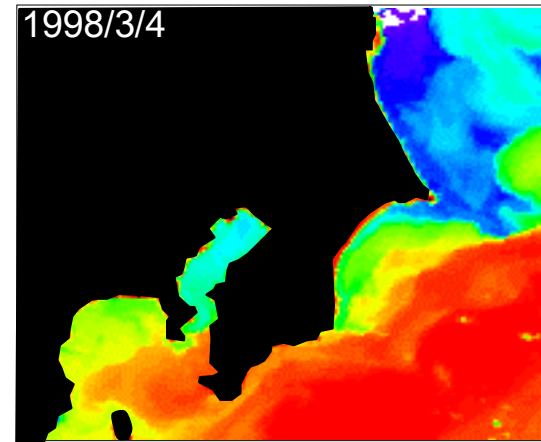
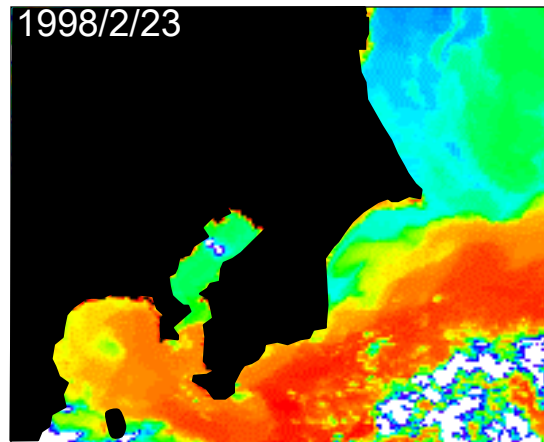
# (2) マスフラックス



(Sukigara and Saino, CSR, 2005)

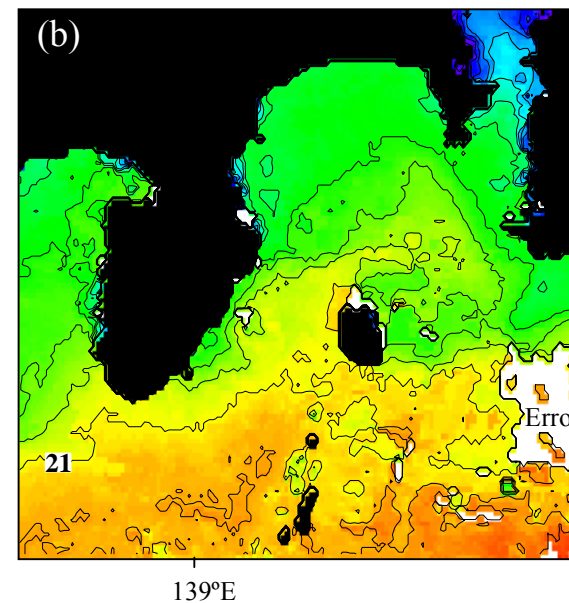
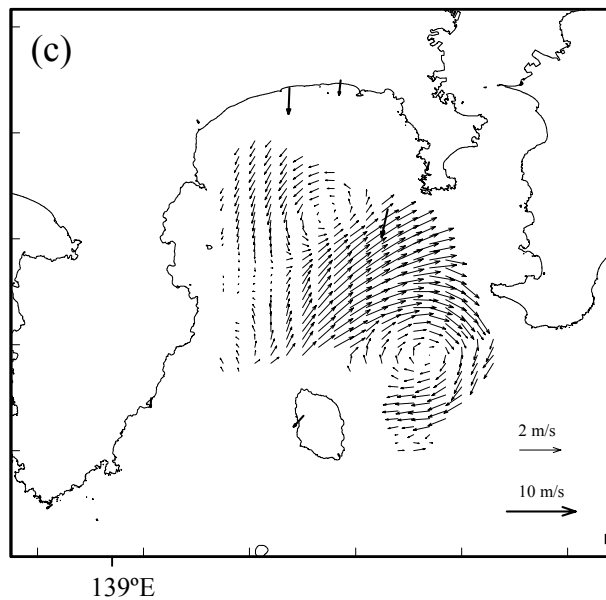
# マスフラックス極大時における海況

(1) 1998年冬季



(日向ら, 土論, 2000)

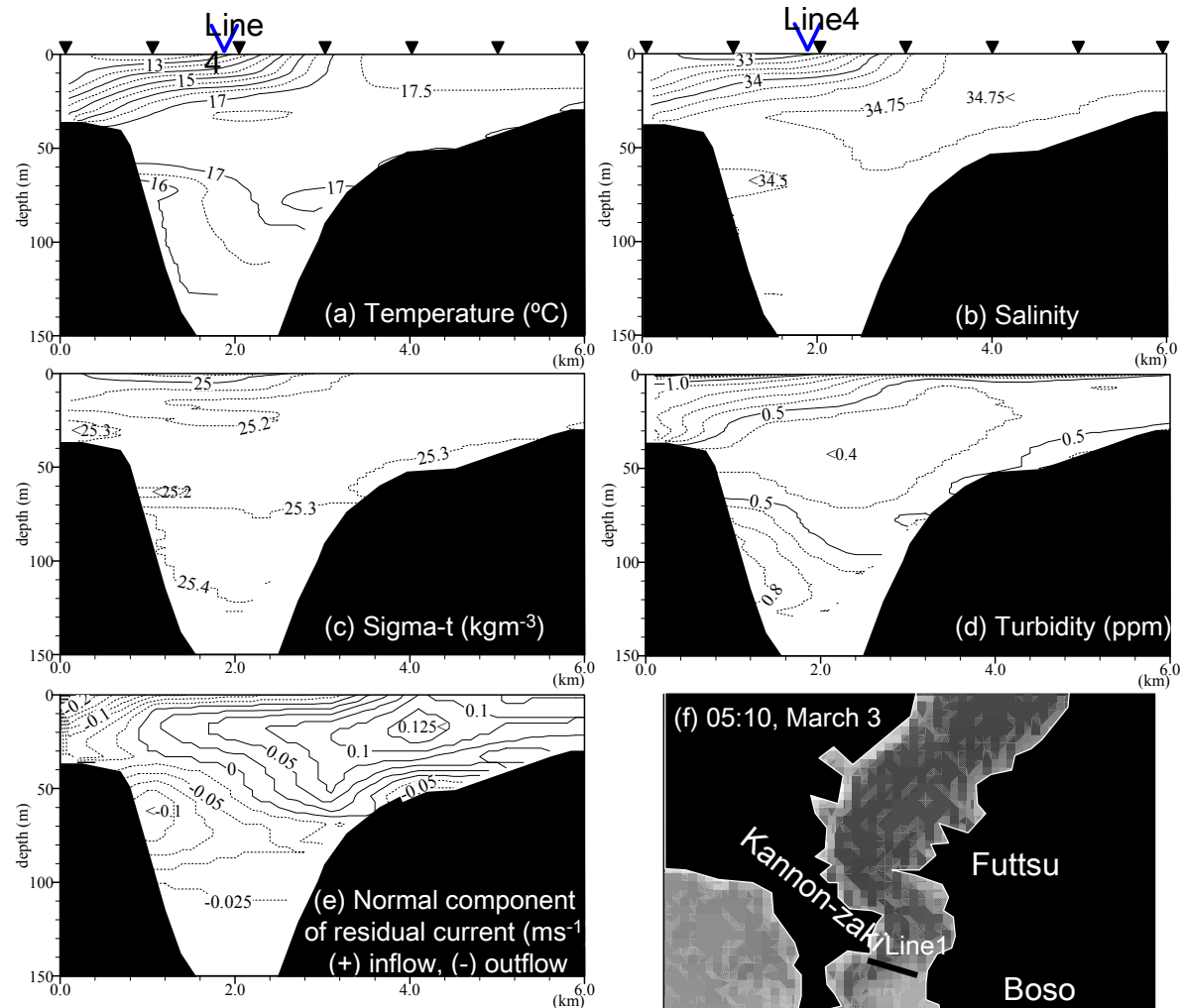
(2) 2000-2001年冬季



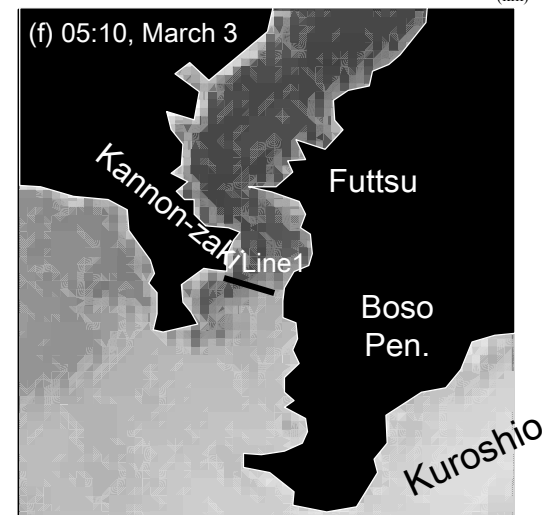
(Hinata et al., JGR, 2005)



# KWWI時の湾口部海洋・流動構造

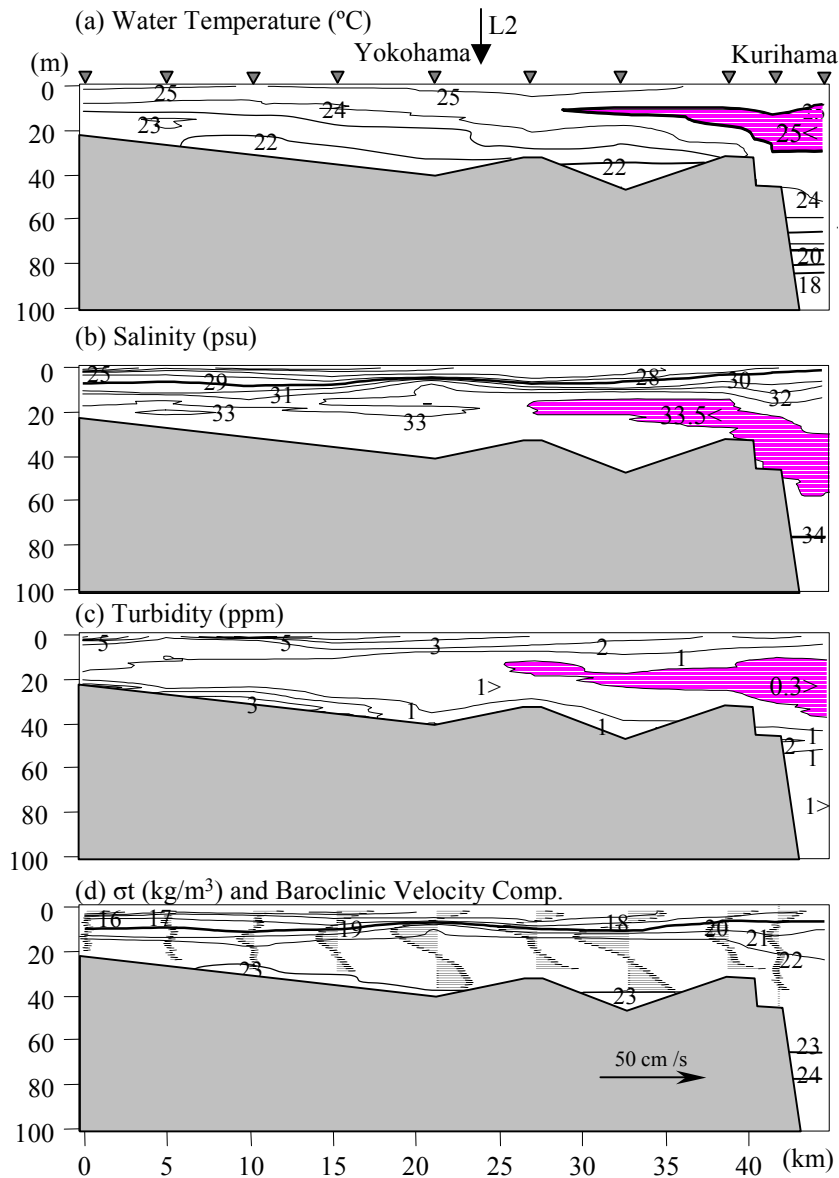


1998/3/3,4

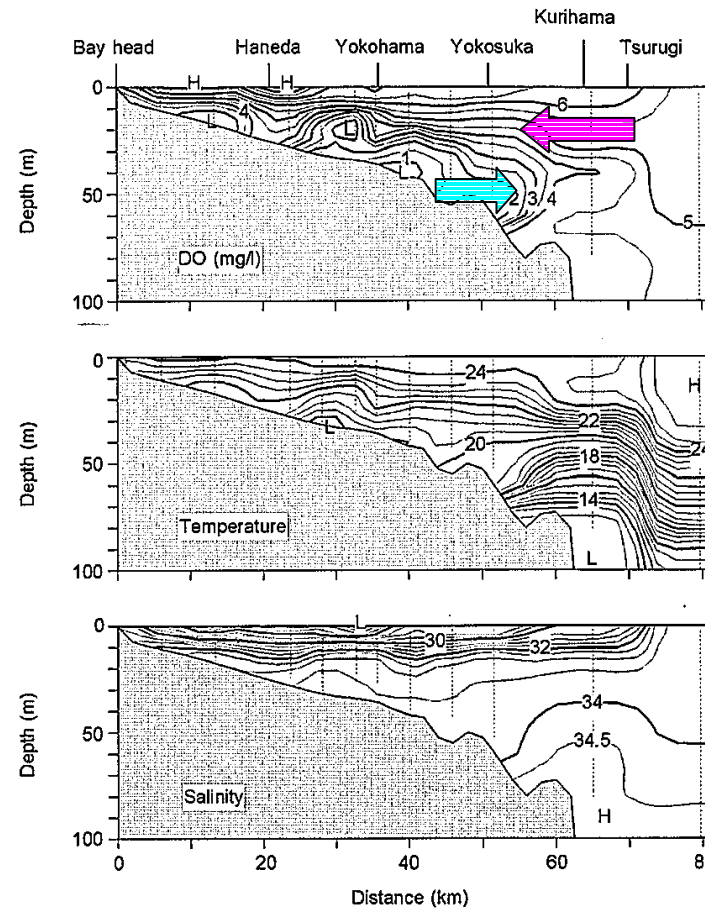


(日向ら, 土論, 2000)

# 東京湾中層への暖水進入 (成層期)



1998/9/15



(日向ら, 土論, 2001)

(Fujiwara and Yamada, JGR, 2002)

## まとめ(3)

- KWWI時における(底層付近も含めた)流動構造の解明  
傾圧性地形成ロスビー波？
- イベントの平均場への影響解明  
アナロジー:レイノルズ応力 $\Leftrightarrow$ 平均流速場
- モニタリング手法
- 水温第2極小との関係

## 謝 辞

- 藤原先生(京大), 武岡先生, 兼田先生(愛媛大), 柳先生(九大), 速水先生(佐賀大), 石丸・堀本先生(海洋大), 才野先生, 森本先生, 堀本氏D3(名大), 磯部先生(九大)には(未発表のものも含め)貴重な資料を提供していただくと共に,発表者の初歩的な質問に対し,親切なご回答をいただきました. ありがとうございました.