

燧灘・大阪湾の潮汐フロント*

柳 哲雄**・吉川和輝**

Tidal Fronts in Hiuchi-Nada and Osaka Bay*

Tetsuo YANAGI** and Kazuteru YOSHIKAWA**

Abstract

Remarkable frontal structures of surface water temperature were found at Hiuchi-Nada and Osaka Bay, Seto Inland Sea in the summer, 1986 by NOAA 9 i.r. image. The low water temperature region was vertically well-mixed while the high water temperature region was stratified as determined from the observed vertical density distribution. Therefore such fronts are considered to be the tidal front. Tidal fronts in Hiuchi-Nada and Osaka Bay are aligned to the critical value of $\log(H/U^3)$ of 2.5-3.0 (H: depth, U: tidal current amplitude).

1. はじめに

近年リモートセンシング技術の発達により宇宙から多くの海面情報が得られるようになってきた。特に熱赤外画像によって我々は現在広い空間の海面水温分布を容易に得ることができる。そのような画像の中にはしばしば水温空間勾配の大きいフロント構造が見られるが、各種のフロント構造が如何にして生成・維持され、どのような物理的・水産的な意味を持っているのかは必ずしも明らかでない。

今回瀬戸内海、燧灘・大阪湾の NOAA 9 熱赤外画像と現地観測データを比較検討し、成層期燧灘西部と大阪湾中央部に見られる表面水温のフロント構造は潮汐フロントによるものであることを明らかにし、その水産的な意味について若干検討したのでここに報告する。

2. 水温水平分布

Fig. 1 に 1986 年 6 月 9 日 14 時 35 分 JST に撮影された燧灘と大阪湾の中間赤外画像 (ch. 3) を示す。燧灘西部と大阪湾中央部に海面水温急変部が存在し、それぞれ東部に暖水域、西部に冷水域が存在している。この画像の撮影時期に最も近い時期に愛媛県水産試験場(1986)と大阪府水産試験場(1986)により行われた現地観測によ

る海面水温分布を Fig. 2 に示す。燧灘では来島海峡付近に 18°C 以下の低温水、南東部に 22°C 以上の高温水が分布し、大阪湾では明石海峡付近に 18°C 以下の低温水、東部に 20°C 以上の高温水が分布している、Fig. 1 に示した衛星画像とよく対応している。

3. 密度鉛直分布

Fig. 2 中に破線で示した E-F、G-H 線に沿った鉛直水温、塩分、密度分布を Fig. 3 に示す(愛媛県水産試験場と大阪府水産試験場の観測結果をもとにして描いた)。Fig. 3 によれば、この時期燧灘・大阪湾ともに東部では成層が発達し、西部では成層が破壊され鉛直混合している、Fig. 1 で示した水温フロントは成層した暖水域と鉛直混合した冷水域の境目に存在している。SIMPSON and HUNTER (1974) は成層期の Irish 海では、潮流振幅が小さく成層した領域と潮流振幅が大きく成層が破壊されて鉛直混合した領域の境界に顕著なフロント構造が発達することを明らかにし、このフロントを潮汐フロント (Tidal Front) と名付けた。Fig. 3 の密度鉛直分布は燧灘西部と大阪湾中央部のフロント構造もこの潮汐フロントに因ることを示唆している。

4. 潮流・水深分布

成層期燧灘西部と大阪湾中央部に存在するフロントが潮汐フロントであるとすれば、フロントの存在位置はパラメータ $\log(H/U^3)$ [H: 水深, U: 潮流振幅] で決ま

* 1987年1月30日受理

** 愛媛大学工学部海洋工学教室

Department of Ocean Engineering, Ehime University, Bunkyo 3, Matsuyama 790, Japan

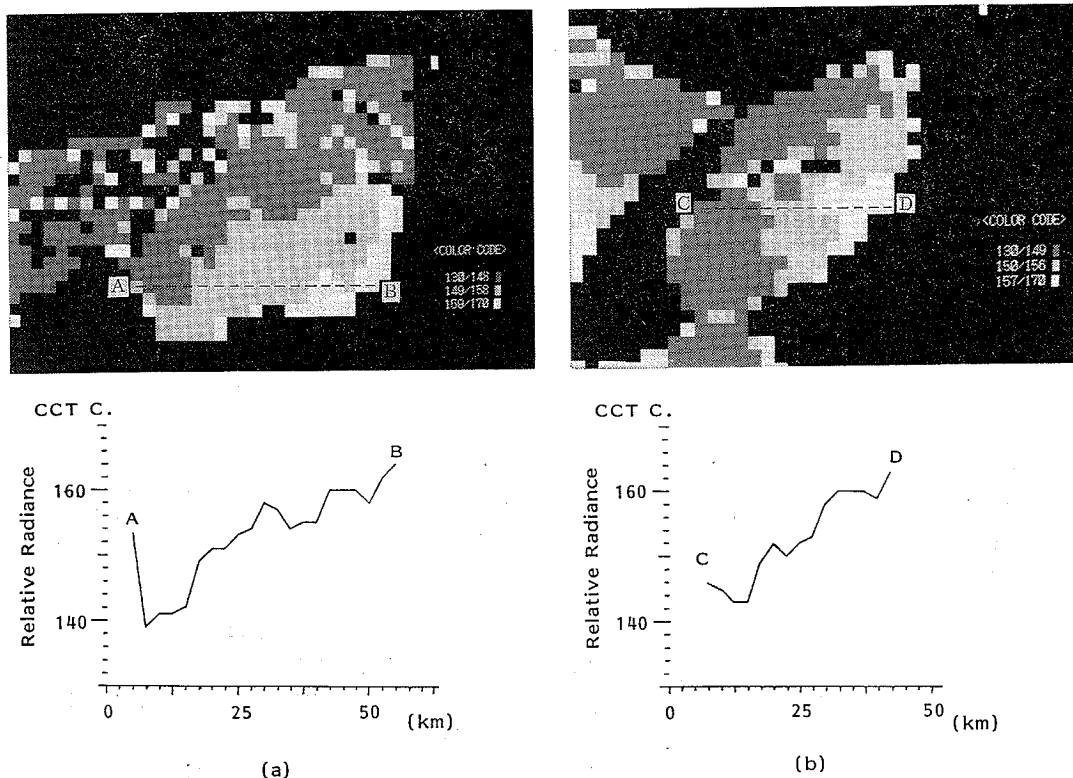


Fig. 1. NOAA 9 i.r. images of Hiuchi-Nada (a) and Osaka Bay (b) at 14:35 JST on 9 June, 1986. The dark areas on the satellite image indicate cooler water (upper). Horizontal variations of relative surface water temperature are shown along A-B and C-D transects (lower).

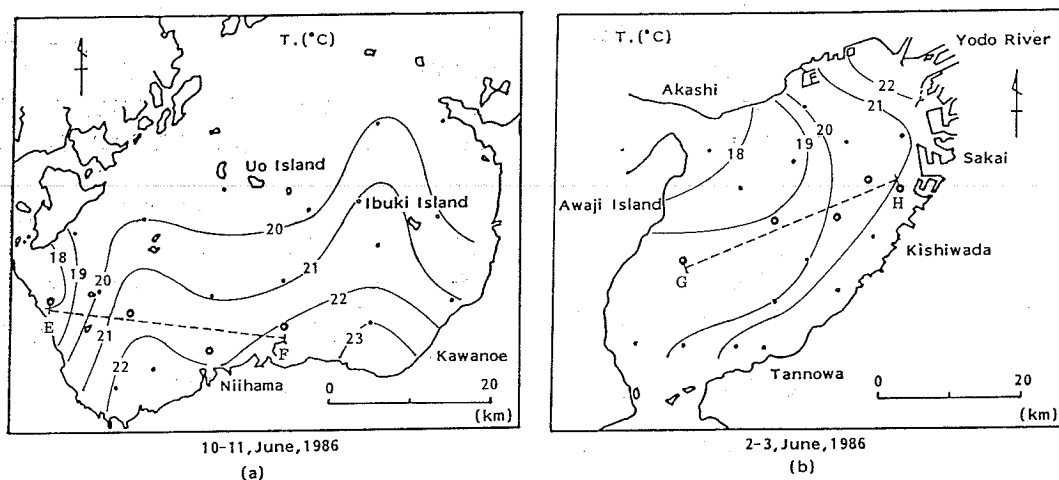


Fig. 2. Horizontal distributions of observed surface water temperature in Hiuchi-Nada (a) and Osaka Bay (b).

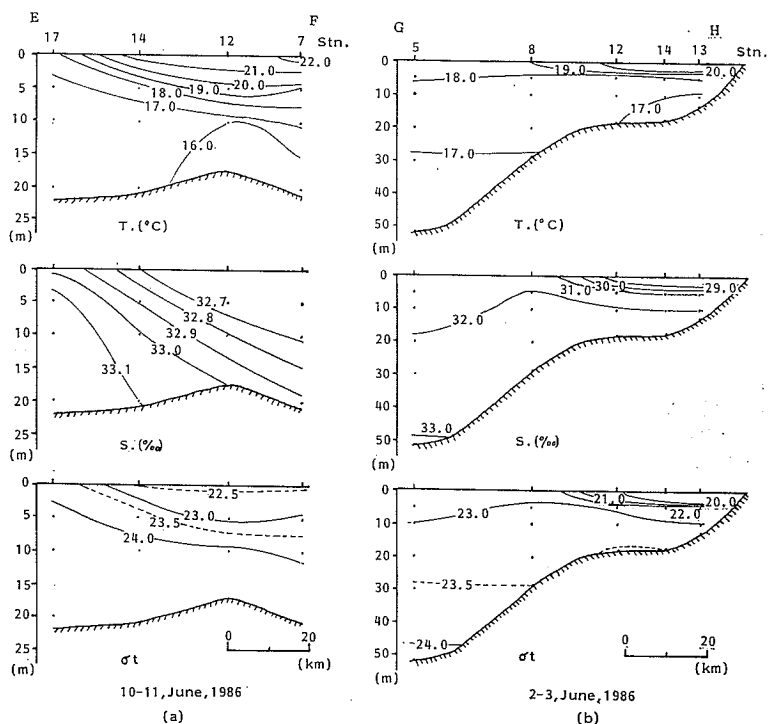


Fig. 3. Vertical distributions of water temperature, salinity and density along E-F transect in Hiuchi-Nada (a) and along G-H transect in Osaka Bay (b).

っているはずである (SIMPSON and HUNTER, 1974). Fig. 4 に燧灘・大阪湾の水深, M_2 潮流振幅分布 (柳・樋口, 1981), $\log(H/U^3)$ 分布を示す。Fig. 1 と Fig. 4 を比較すれば燧灘・大阪湾ともに水温フロントは $\log(H/U^3) \approx 2.5-3.0$ の等値線に沿って存在している。 $\log(H/U^3)$ がこの値より大きい場所では潮流振幅が小さいから、全水深にわたって鉛直混合させるだけの乱れが発生しないため成層が発達する。 $\log(H/U^3)$ がこの値より小さい場所では大きい潮流振幅による大きな乱れのために成層が破壊され、成層領域と非成層領域の境界に夏季潮汐フロントが発生するわけである。

柳・大庭 (1985) は夏季豊後水道中央部に発達する潮汐フロントは $\log(H/U^3) \approx 2.5$ の等値線に沿って存在することを明らかにしたが、今回の解析で燧灘・大阪湾でもほぼ同様な $\log(H/U^3)$ の等値線に沿って潮汐フロントが存在することが明らかとなった。

$\log(H/U^3)$ で決まる成層・非成層の境界は海面加熱による成層強化と潮流乱れによる成層破壊のバランスしか考慮していない。武岡 (1985) は燧灘の成層は海面加熱の影響が大きい、大阪湾の成層は淡水供給の影響が大

きいことを明らかにしている。しかるに海面加熱、潮流乱れに淡水供給の影響まで考慮した潮汐フロントの理論は未だ確立されていない。淡水供給の影響が顕著な場合潮汐フロントの位置は淡水供給量の変動に応じて変化し、その位置を決めるパラメータも変わってくることが予想されるが、早急な理論的検討が望まれる。

5. おわりに

城 (1980) は夏季大阪湾中央部のフロント域で動物プランクトンの現在量が高くなる傾向のあることを指摘している。潮汐フロント近傍には表面収束流が存在するので、そのような収束流により植物プランクトンや動物プランクトンが湾中央部に集積しているのかもしれない。もしそのような潮汐フロント近傍へのプランクトン集積が生じていれば、プランクトン食性のいわし類などの蜆集もフロント近傍で生じている可能性がある。

また過去瀬戸内海における夏季の貧酸素水塊による顕著な漁業被害は大阪湾東部 (城ほか, 1978), 燧灘東部 (OCHI and TAKEOKA, 1986) で報告されているが、これらの海域はいずれも今回報告した潮汐フロントの成層

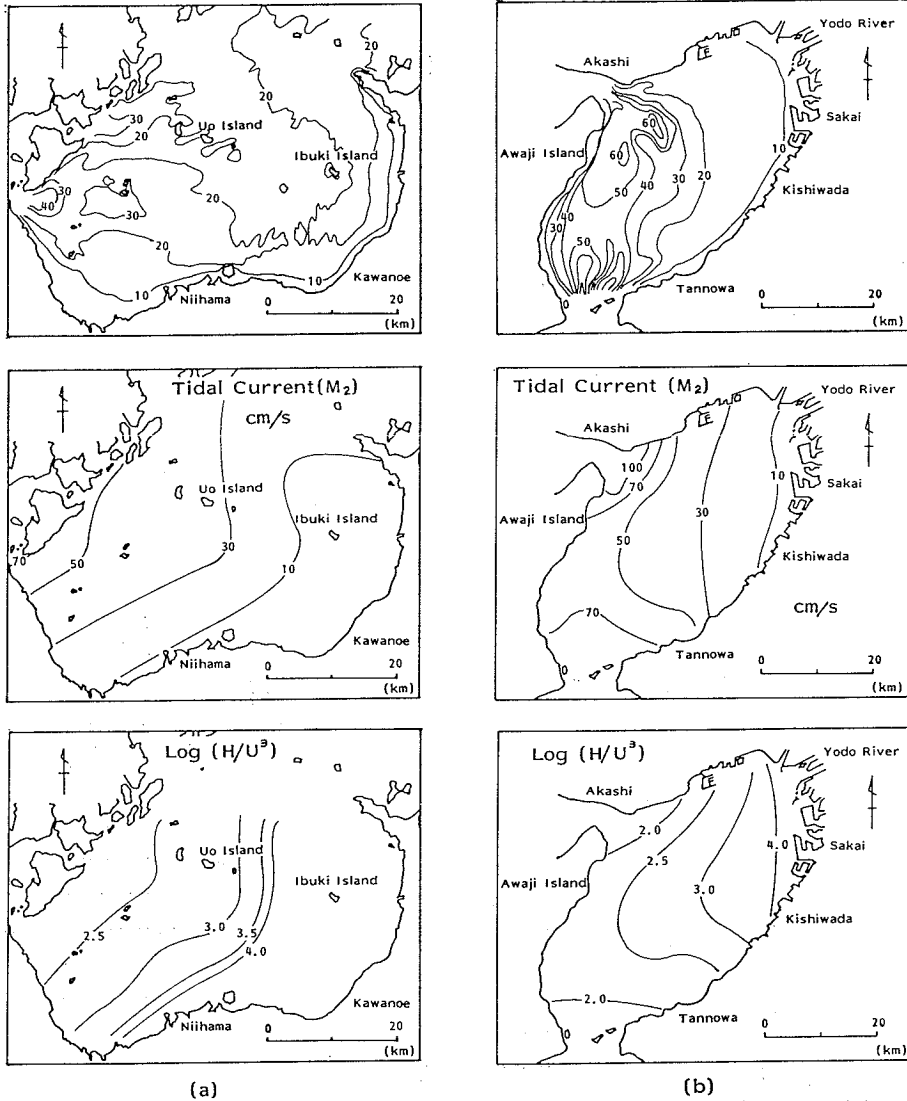


Fig. 4. Horizontal distributions of water depth (H), M₂ tidal current amplitude (U) and log(H/U³) in Hiuchi-Nada (a) and Osaka Bay (b).

側の領域に相当している。

水産上の諸現象を背後にある海洋物理構造と関連させて把握することで、水産の諸問題に対する我々の理解が一層深まるであろうことは言を待たない。

今回の解析により夏季燧灘西部と大阪湾中央部には顕著な潮汐フロントが存在すること、その潮汐フロントは水産とも何らかの関連を持つことが明らかとなった。潮汐フロントは大潮・小潮でそのシャープさは変化するが、存在する場所はほとんど変化しない (YANAGI and

KOIKE, 1987) ので、今後フロント周辺の詳細な物質分散過程や生物過程、水産との定量的な関係を明らかにするような学際的研究が推進されることが強く望まれる。

文 献

- 愛媛県水産試験場 (1986) 燧灘漁海況速報.
- 城 久・矢持 進・安部恒之 (1978) 大阪湾における貧酸素水塊の発生状況. 大阪府水試研報, 5, 71-84.
- 城 久 (1980) 大阪湾における動物プランクトンの

燧灘・大阪湾の潮汐フロント

- 出現状況. 昭和53・54年度関西空港漁業影響調査報告(環境生物編), 日本水産資源保護協会, 231-326.
- OCHI, T. and H. TAKEOKA (1986) The anoxic water mass in Hiuchi-Nada Part 1 Distribution of the anoxic water mass. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**, 1-11.
- 大阪府水産試験場(1986) 大阪湾海洋観測報告.
- SHIMPSON, J.H. and J.R. HUNTER (1974) Fronts in the Irish Sea. *Nature*, **250**, 404-406.
- 武岡英隆(1985) 瀬戸内海の密度成層. *海と空*, **60**, 145-152.
- 柳 哲雄・樋口明生(1981) 瀬戸内海の潮汐・潮流. 第28回海岸工学講演会論文集, 555-558.
- 柳 哲雄・大庭哲哉(1985) 豊後水道の Tidal Front. 沿岸海洋研究ノート, **23**, 19-25.
- YANAGI, T. and T. KOIKE (1987) Seasonal variations of thermohaline front and tidal front. *Continental Shelf Research*, **7**, 149-160.