

田辺湾における海象、水質およびプランクトン 個体数の観測（1998年）：TOO+WAP98

田中祐志*・芹沢重厚・吉岡 洋・山下隆男・加藤 茂・
山根 猛**・土井 崇**・菅原 亘**

* 東京水産大学水産学部水産学科

** 近畿大学農学部水産学科

要 旨

防災研究所白浜海象観測所では、田辺湾における赤潮発生予測を目的として、1997年から東京水産大学および近畿大学水産学科との共同観測研究プログラムを開始した。これにより、約10日周期で沿岸湧昇と内部潮汐が足し合わされて発生すると考えられる突発的な外洋深層水が流入する現象「内部急潮」が観測された。また、湾口部での海象観測と湾奥部での水質観測から、夏季には内部急潮が湾奥の水質浄化機構を支配している可能性が高いことが見い出された。さらに、1998年には防災研究所の一般共同研究（10G-7）として、湾奥の4定点での1日1回のプランクトン観測（午前10時に採水し、15種類の個数を集計する観測）が海象、水質観測と同期して半月間実施された。観測期間中、顕著な赤潮状態には至らなかったが、植物プランクトン個体数の1日間隔の変動が観測され、環境要因や内部急潮との対応が検討できる観測データが得られた。本研究ではこれらの共同観測結果をデータベース「TOO+WAP98」として取りまとめた。

キーワード：赤潮，内部急潮，田辺湾，海水交流

1. はじめに

紀伊水道に面する和歌山県の田辺湾では、黒潮の影響を受けた外洋水と陸から栄養塩の補給を受けた沿岸水とが境を接して混合しており、湾口部では亜熱帯性の自然環境が観光資源となる一方、湾全域が沿岸漁業の好漁場であり、波静かな湾奥部は日本有数の水産養殖域である。同湾における海水交換は、冬季には毎日の潮流混合だけでなく、季節風による吹送流循環や突発的に発生する急潮によって効果的に行われて、湾内の水質が保たれている。一方夏季においては、台風襲来時の高波浪による混合作用以外に強い混合機構が見あたらなかった。一方、湾奥において沿岸開発や水産養殖により水質は富栄養化し、いつ赤潮が起こってもおかしくない状態であり、毎年夏は水質悪化や赤潮発

生に悩まされている（竹内（1994））。それでも水産養殖が盛況である実績を考えれば、なんらかの海水交換機構によって水質が維持されていると考えられた。

この未知の混合機構に関して、2つの研究機関が個々に研究を進めてきた。防災研究所白浜海象観測所は同湾の湾口に1993年に設置された高潮観測塔で、台風シーズンを中心に海象観測を展開しており、その一環として湾口付近で長期海底設置型 ADCP（Acoustic Doppler Current Profiler）観測を実施している。それによると、当湾の夏季の潮流は上下で流れが逆になる内部モードが卓越しており、表層だけの観測（衛星観測や表面水温観測）では見逃してしまうような海面下の流動現象が、夏季の海水交換に寄与していることが予想された。近畿大学水産学科では紀伊半島を挟む田辺湾と浦神湾の近畿大学水産研究所の試験養殖施設で毎

日の水質を観測して水産環境監視を続けているが、浦神湾では夏季に南西の風が連吹すると沿岸湧昇による外洋水の侵入が発生し、水温が急変して養殖魚に被害を与えると報告している(田中ら1992)。一方、田辺湾奥の養殖水域では夏季に発生した赤潮が北よりの風が吹くと解消する傾向がみられ、外洋水の侵入の影響と考えられた。このことに関連して、浦神湾と同じく熊野灘に面している五ヶ所湾において、成層期には湾外に常に存在する内部潮汐が湾内に進行波として伝搬し、湾内で減衰しながら、海水交換に主要な役割を果たしていることを藤原(1995)、阿保(1996)が報告している。

そこで防災研究所白浜海象観測所と近畿大学水産学科とが協力して、1997年に前者が湾口の高潮観測塔で海象観測、後者が湾奥の養殖筏で水質観測を実施して、観測資料を比較検討した。その結果、夏季成層期に10日前後の間隔で北よりの風が吹くと、弱い沿岸湧昇が起こり、それがいつも発生している内部潮汐と結合して外洋の深層水を内部波の形で突発的に湾奥に侵入させる現象を見つけた。それが湾内の海水を浄化し湾奥の赤潮を抑制していると思われ、この現象を内部急潮と名付けた(吉岡ら1998)。翌1998年にはこの共同研究が防災研究所の平成10年度一般共同研究に認定され(10G-7:田辺湾の赤潮災害予測に関する研究・代表 田中祐志(東京水産大学))、前年の観測に加えて湾内全域の多点の水質観測や毎日定点でプランクトン採集を実施して、同湾の赤潮と環境要因の関係を究明した。

2. 観測方法

1998年7月22日から8月7日までの期間、田辺湾奥の近畿大学水産研究所の養殖筏4カ所(Fig.1中1~4)において毎日午前10時頃に表面および2.5m深で採水し、その日のうちに顕微鏡で覗いて植物プランクトンを15種類に分類し、1mlあたりの細胞数を計数した。採水と同時に多項目水質計(Sea-Bird-Electronics社製SBE-25)による水質(水温、塩分、溶存酸素、クロロフィルa、光透過率)の鉛直分布の観測を行った(Fig.1中1~4, 16)。さらに期間中4回田辺湾全域の水質観測(Fig.1中1~25)を行った。また湾口部の田辺中島高潮観測塔を中心にして、海上風や多層水温(水深2, 5, 10, 15, 20, 25m)、潮位などの連続観測を行い、さらに湾口水深32m地点に記録内蔵式ADCP(RD-Instrument 300kHz)を設置して(1998年7月6日~8月18日)流れと音響反射強度を観測した(Fig.2)。

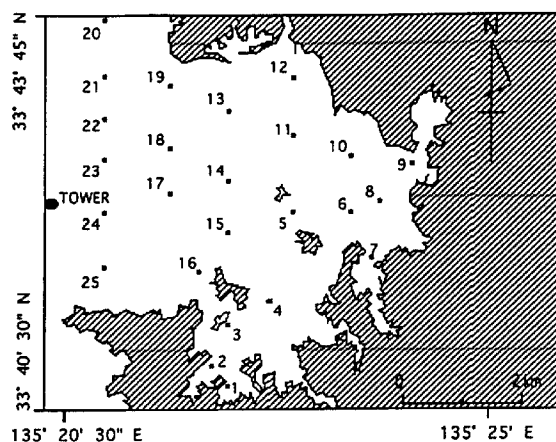


Fig.1 Location of sampling point

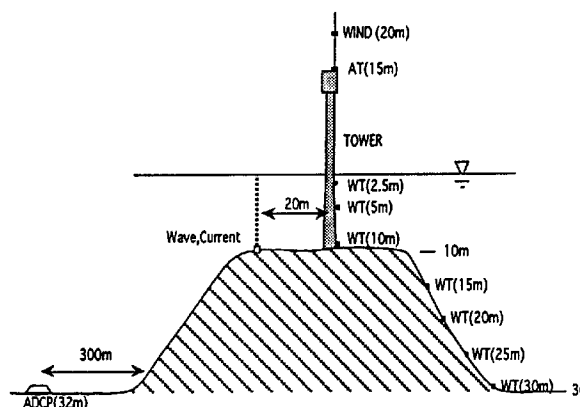


Fig.2 Observation system of Storm Surge Observation Tower at the mouth of Tanabe Bay

3. 観測結果

観測期間中に湾口付近において急激な水温低下が5回(7/18, 7/23, 7/27, 8/3, 8/7; Fig.3)確認され、ADCPデータと照合すると、水温低下時に底層において低反射率の水(濁りの少ない水)が湾内に流入していた。5回のうち3回の水温低下の直前に前線の通過による弱い北より(湧昇が期待できる風向)の風が吹いており、前年見つけれられた内部急潮が今回も確認された。しかし後の2回は南東および南(沈降が期待される風向)の風が弱まってきた時点で発生していた。これはそれまで南風により押し下げられていた沿岸躍層が南風弱化に伴い反動で盛り上がってきたのであろう。または風以外に湧昇を起こす機構を検討する必要がある。

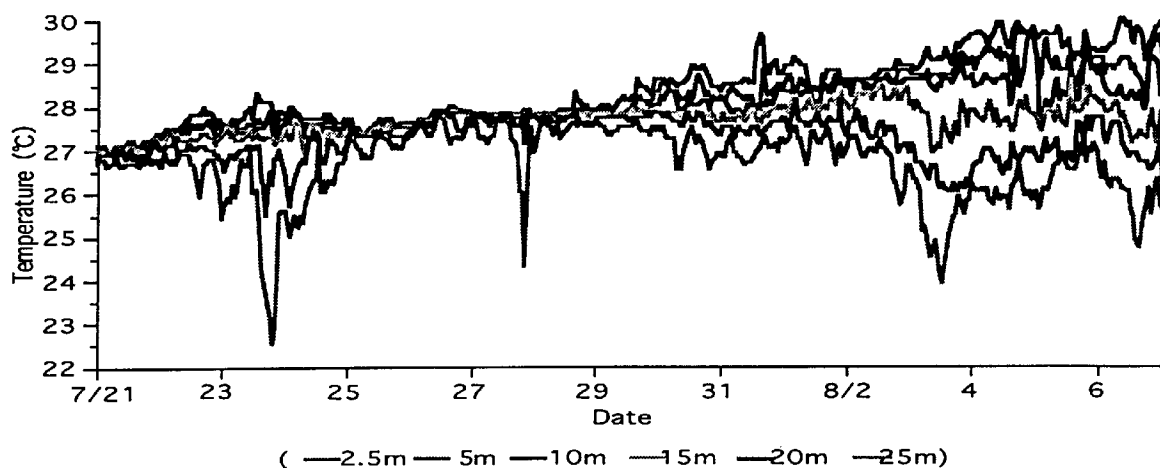


Fig.3 Variation of water temperature at the mouth of Tanabe Bay (Obvious down-shift of temperature at bottom layer indicate the occurrence of Internal Kyucho)

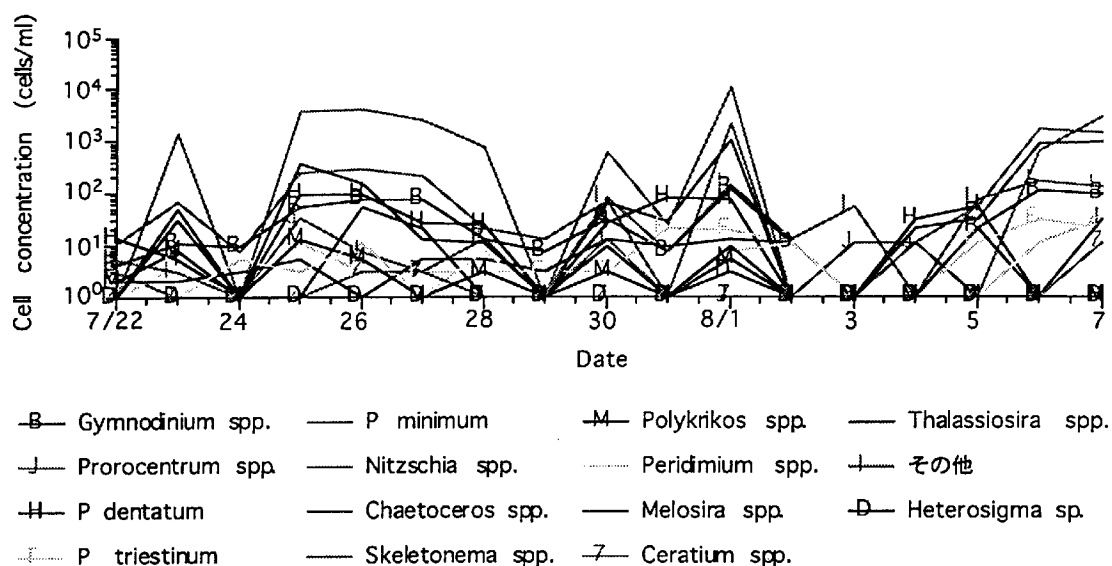


Fig.4 Variation of the population of photoplanktons

観測期間中、顕著な赤潮状態には至らなかったが、植物プランクトンは種類毎に量的な変動が見られ、種間で異なる変化より全種で増減する傾向が卓越した (Fig.4)。15種類の植物プランクトンを珪藻類、渦鞭毛藻類、その他の3種に大別し、それぞれの個数変化とクロロフィルaの変化の相関式が求められた。Fig.2と比較すると明瞭に水温低下時 (内部急潮発生) に植物プランクトン数が全ての種において減少した。一方全種にわたって増加したのは7月29日から8月1日、8月3日から7日の期間で、湾内は成層状態であり、風速は微弱で、日照時間は8時間以上継続していた。すなわち内部潮汐が起らない日は、外洋水が流入せず、風による鉛直混合も抑制され、晴れの日が継続した条件

のもとで植物プランクトンは増加した。

Fig.5は湾奥の3点 (St.1,3,16)の水質 (クロロフィルa, 水温, 塩分, 光透過率)の鉛直分布で、横軸は時間 (月日)であり、ハッチをつけた4角は内部急潮発生を示す。湾口で内部急潮が発生すると、水温、塩分にも変化がみられるが、それ以上に明瞭に、クロロフィルaは減少し、光透過率は増加し、底層の溶存酸素量 (図省略)は増加して、明らかに水質が向上している。

夏季に赤潮が一度も発生しないことは田辺湾においては異例の年であった。水温が例年になく高温であったこともあるが、内部急潮が1週間足らずの内に繰り返し発生し、赤潮プランクトンが湾奥で増殖してもその度に外に流失したとも考えられる。

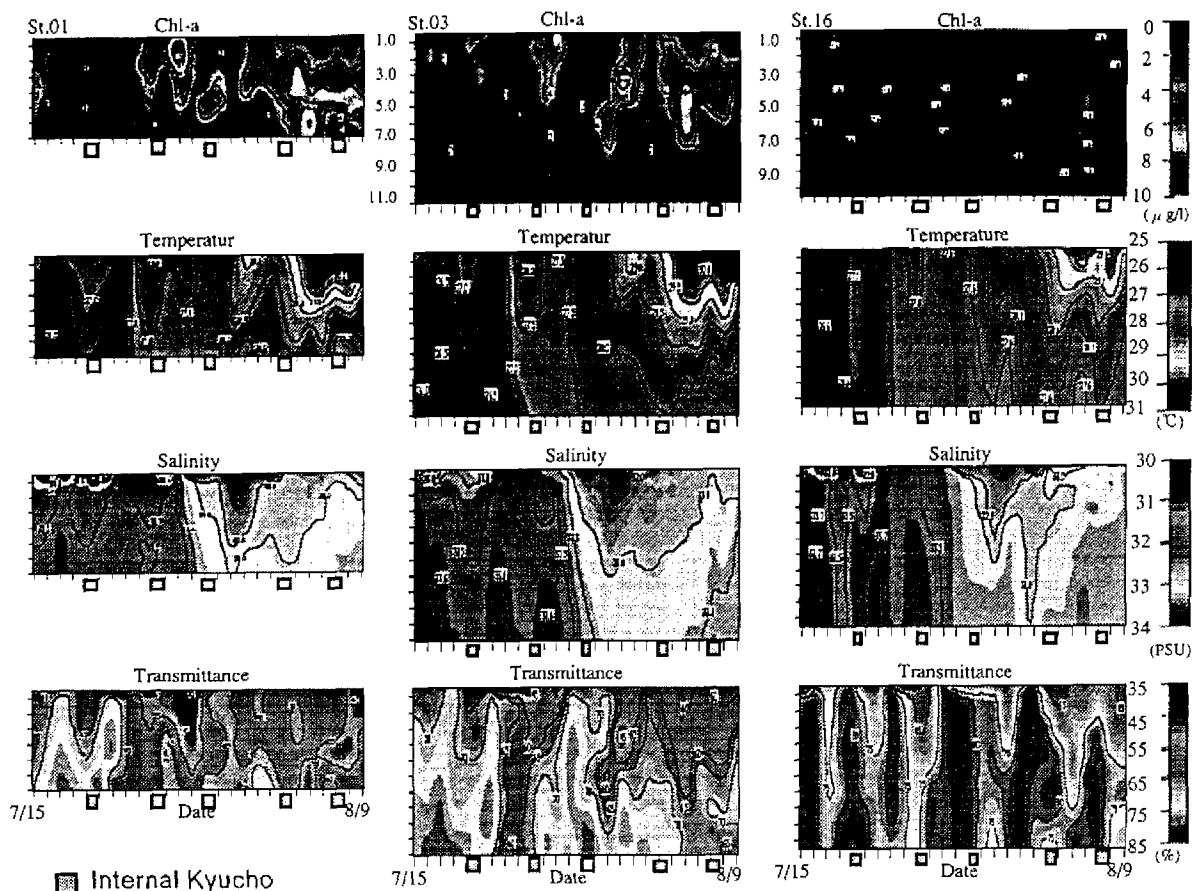


Fig.5 Vertical profile change of water quality (Chlorophyll-a, Temperature, Salinity and Transmittance) at Station 1, 3 and 16 in Tanabe Bay

4. まとめ

顕著な赤潮こそ起こらなかったが、半月間の赤潮プランクトンの毎日の変化が現場の水質や湾口の海象条件とともに記録され、赤潮発生機構のモデルの検証に役立つ貴重なデータベースが作られた。内部急潮は北風が吹かなくても南風が収まるような条件でも発生し、湾奥の水質を浄化し、赤潮発生寸前まで増殖したプランクトン数を激減させた。赤潮に至らなかったためか、プランクトンの変動は種類別の差よりは全体が同じように増減する傾向が目立った。共同観測は今後も継続され、毎年データを蓄積する予定であるが、1998年度の資料（赤潮プランクトン個数、水質、ADCPデータ、観測塔海象データ）は、TOO+WAP98 (Tanabe Oceanographic Observation + Water quality And Plankton cells in 1998) の名で、防災研究所白浜海象観測所、東京水産大学水産学科および近畿大学水産学科の関係者に共同保管されて、一般の利用希望に対応している。またデータベース応用の一環として赤潮モデリングの検証が行われている（山下（1999））。

謝辞

プランクトン観測を指導監督し、貴重な観測資料を快く提供していただいた、和歌山県水産増殖試験場の竹内照文主任研究員、および近畿大学水産研究所所長の熊井英水教授はじめ、関係者の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 竹内 照文(1994): 和歌山県田辺湾における赤潮渦鞭毛藻 *Alexandrium catenella* の生体に関する研究, 和歌山県水産試験場特別報告, 第2号
- 田中祐志・篠原 潤・津田良平 (1992): 浦神湾の急潮, 沿岸海洋研究ノート, 第30巻, 第1号, pp.37-44.
- 阿保勝之・杜多哲・西村昭史 (1996): 五ヶ所湾への湾外水の侵入と沿岸湧昇, 沿岸海洋研究, 第33巻, 第2号, pp.211-220.
- 藤原建紀・高橋鉄哉・阿保勝之・杜多哲 (1995): 内部潮汐による五ヶ所湾の海水交換, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.1111-1115.

吉岡洋・芹沢重厚・田中祐志ら (1998) : 夏季田辺湾における内部急潮による海水交換, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.456-460

山下隆男・福神和興 (1999) : 珪藻類・過鞭毛藻類の種間競争を考慮した田辺湾の赤潮発生モデル, 海岸工学論文集, 第46巻, 印刷中

Oceanographic observation in Tanabe Bay together with water quality and plankton cells in the summer, 1998 (TOO+WAP98)

Yuji TANAKA *, Shigeatsu SERIZAWA, Hiroshi. YOSHIOKA, Takao YAMASHITA, Shigeru KATO, Takeshi YAMANE**, Takashi DOI** and Wataru. SUGAWARA**

* Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Fisheries

** Department of Fisheries, KINKI University

Synopsys

The project of red-tide prediction in Tanabe Bay has been launched in 1997 as a joint observation program of the Shirahama Oceanographic Observatory, DPRI, Kyoto University, Tokyo University of Fisheries and the Department of Fisheries in Kinki University. According to the oceanographical observations at the entrance of the bay and water-quality observations inside the bay, it is found that the coupling of coastal up-welling and internal tidal flow may cause an intermittent intrusion of ocean water resulting in water exchange inside the bay in summer.

In 1998 summer, the DPRI's collaboration study project, #10G-7, realized the day-to-day observation of plankton sampling and counting (at 10:00am, 15 kinds of plankton, for two weeks) at four observation points inside the bay together with normal oceanographical and water-quality observations. A conspicuous red-tide was not observed during the observation period, however, we got data of both daily changes in phytoplankton populations and sea states which will be useful to make clear the red-tide mechanism. These data are gathered up as the database named "TOO+WAP98" of which outline will be introduced in this paper.

Keyword: red tide; internal Kyucho; Tanabe Bay; Water Exchange