

2002年8月に観測された紀伊半島西岸の沿岸湧昇

諏訪 剛

和歌山県農林水産総合技術センター 水産試験場

The Coastal Upwelling Observed at the West Cost of Kii Peninsula in August, 2002

Tsuyoshi Suwa

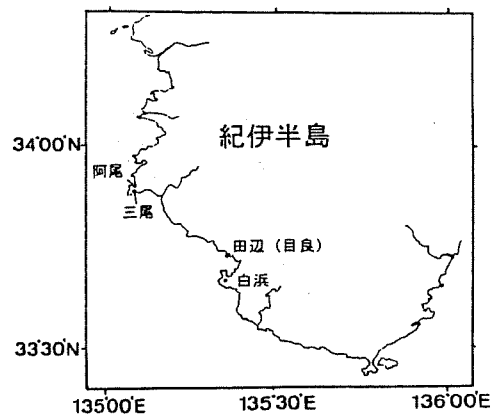
Marine Fisheries Experimental Station

Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

緒言

紀伊半島西岸（第1図）では陸岸を左にみて沿岸沿いに吹く風，すなわち北西寄りの風が連吹すると，沿岸湧昇の生じることが報告されている（吉岡ら，1998；吉岡，2001）．沿岸湧昇は，卓越風によって生じた吹送流がコリオリ力を受けて沖側へ向かい，沖へと流去した上層の水を補うために下層の水が上昇してくる現象である（水産学用語辞典，1989）．一般に沿岸湧昇によって上昇してくる下層の水は，上層の水よりも低温・高塩分であるため，沿岸湧昇がおきると水温は低くなって塩分は高くなる．ところが冬季には，鉛直混合によって上層と下層の水が混ざり合って両者の水温・塩分はほぼ均しくなるため，下層の水が上昇してきても水温・塩分に変化は現れ難いと考えられる．すなわち，冬季には沿岸湧昇が起きても，それを水温と塩分の観測結果から認知するのは難しいと推測される．紀伊半島西岸では冬季に北西風が卓越し，これにより沿岸湧昇が起きているとされるものの，このことを水温と塩分から確認するのは上述の理由により困難と考えられる．

ところで，冬季に対して夏季には沿岸の上層水が年間で最も高温・低塩分なため，沿岸湧昇が起きた際の水温低下・塩分上昇は特に顕著に顕れる．2002年8月下旬には台風13号の影響によって紀伊半島西岸で顕著な北西寄りの卓越風が吹いた．ここでは紀伊半島西岸の日高町阿尾，田辺市目良，美浜町三尾における定地観測および自動記録式水温計による水温と塩分の観測結果と，白浜町のアメダスによる風の観測結果から，8月下旬に紀伊半島西岸で起きたと考えられる沿岸湧昇について報告する．



第1図 紀伊半島西岸における観測点

材料および方法

水温と塩分

日高町阿尾（以後，「阿尾」と呼ぶ）では，比井崎漁業協同組合の活魚水槽において，基本的に毎朝9

時に棒状水銀温度計を用いた測温と塩検瓶への採水による定地観測を、組合職員に委託して実施している。活魚水槽は埋め立て地にあり、この埋め立て地には掘り抜き井戸があって、そこには地先の海底（水深3～4 m）から絶えず海水が浸み出している。この海水は常時ポンプで活魚水槽へ汲み上げられている。したがって活魚水槽で観測している水は、地先の水深3～4 mの、海底の水であるといえる。

田辺市目良（以後、「田辺」と呼ぶ）では、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場増養殖研究所の地先において、研究所職員が基本的に毎朝9時に表面海水の棒状水銀温度計による測温と塩検瓶への採水を定地観測として実施している。

美浜町三尾（以後、「三尾」と呼ぶ）では、三尾漁業協同組合の活魚水槽に自動記録式水温計（Onset社製「TidbiT」）を設置し、30分インターバルの連続的な水温測定を実施している。活魚水槽へは地先の水深1～2 mから常に海水を汲み上げている。したがって測温しているのは地先の水深1～2 mの水温である。

定地観測により塩検瓶に採水された海水は、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場においてサリノメーター（YEO-KAL社製 601MKⅢ）を用いて塩分検定した。

こうして得られた2002年8月における毎日の阿尾、田辺、三尾の水温、および阿尾と田辺の塩分の観測結果を第1表にまとめた。三尾の水温は、自動記録式水温計で観測した30分インターバルの連続水温観測値を1日毎に平均したものである。なお、田辺の水温は4、11、18、25日が、田辺の塩分は4、11、12、18、25日が、三尾の水温は18～20日と29～31日が、それぞれ欠測となっている。

第1表 紀伊半島西岸の各観測点における2002年8月の水温、塩分、風の観測データ

2002年	阿尾(3~4 m)		田辺(表層)		三尾(1~2m)	白 浜	
	水温 (°C)	塩分 (PSU)	水温 (°C)	塩分 (PSU)	水温 (°C)	最大風速* (m/s)	最大風速* の風向
8月1日	27.8	33.19	29.1	33.80	28.6	4	西南西
8月2日	27.9	33.32	29.3	33.70	28.6	4	西北西
8月3日	27.8	33.59	29.0	33.83	28.0	4	西南西
8月4日	27.5	33.76	欠測	欠測	27.6	3	北北西
8月5日	27.2	33.84	29.0	33.89	27.9	3	西南西
8月6日	27.4	33.83	29.1	33.99	28.7	3	南西
8月7日	27.5	33.78	29.5	33.97	29.1	3	南西
8月8日	27.8	33.90	29.4	34.04	29.3	4	南南西
8月9日	28.0	33.71	29.0	33.91	28.9	3	南
8月10日	28.0	33.64	28.6	33.64	28.5	3	南南東
8月11日	28.0	33.75	欠測	欠測	28.7	3	西南西
8月12日	28.2	33.57	28.7	欠測	28.8	2	南西
8月13日	28.2	33.57	28.7	33.67	28.8	3	南南西
8月14日	28.2	33.58	29.2	33.68	28.7	2	東南東
8月15日	28.1	33.67	28.5	33.77	28.7	3	西南西
8月16日	28.2	33.62	28.6	33.83	28.7	3	南南西
8月17日	28.4	33.53	28.5	33.81	28.8	4	北北西
8月18日	28.5	33.58	欠測	欠測	欠測	4	北北西
8月19日	28.3	33.58	27.7	33.96	欠測	7	北北西
8月20日	27.4	33.90	26.5	34.08	欠測	8	北北西
8月21日	26.4	34.15	25.9	34.23	24.5	5	北北西
8月22日	25.4	34.34	26.0	34.23	25.7	6	北北西
8月23日	25.5	34.26	26.3	34.09	26.0	2	南南西
8月24日	25.7	34.23	26.5	33.96	26.1	3	南南東
8月25日	26.4	34.23	欠測	欠測	26.8	3	南西
8月26日	26.8	34.23	26.5	33.39	27.4	3	南南西
8月27日	27.0	34.18	27.5	33.98	27.8	3	東
8月28日	27.1	33.99	26.5	33.83	27.8	2	東
8月29日	27.1	33.84	27.4	33.84	欠測	4	東南東
8月30日	27.1	33.84	27.5	33.46	欠測	4	東南東
8月31日	27.1	33.88	27.9	33.49	欠測	5	南南東

* 毎正時に観測された風速のうち最大の値

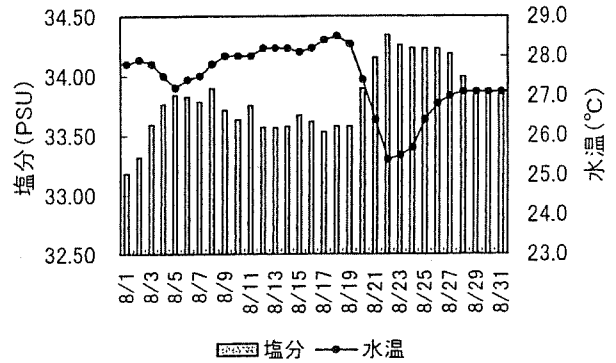
風

白浜町（以後、「白浜」と呼ぶ）のアメダスによって観測された2002年8月の毎日の風速と風向を、インターネットの「電子閲覧室」(<http://www.data.kishou.go.jp/>)で調べた（第1表）。風速と風向は、いずれも最大風速のものである。最大風速は毎正時24個の観測値のうち最も大きい値である。

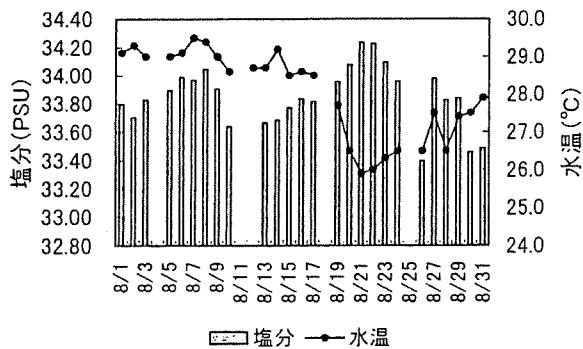
グラフ化

第1表のデータを基にして、2002年8月における阿尾と田辺の水温と塩分、および三尾の水温の経過をそれぞれグラフで表した（第2、3、4図）。水温は折れ線グラフで、塩分は棒グラフで表示した。

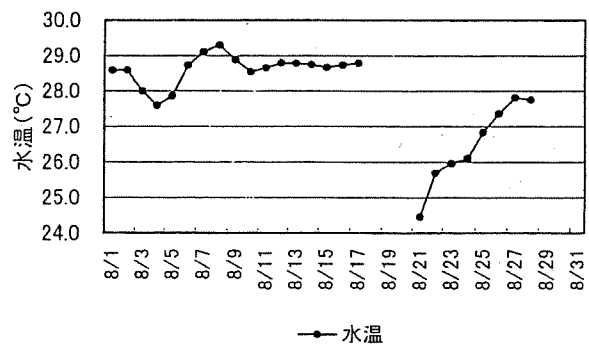
同じく第1表のデータを用いて、阿尾、田辺、三尾の水温と、白浜の風の経過をグラフ表示した（第5図）。水温は折れ線グラフで示した。風は最大風速の風向をベクトルの向きで、風速をベクトルの大きさで、それぞれ表した。風速とベクトルの大きさについては、グラフの凡例に示したとおりである。



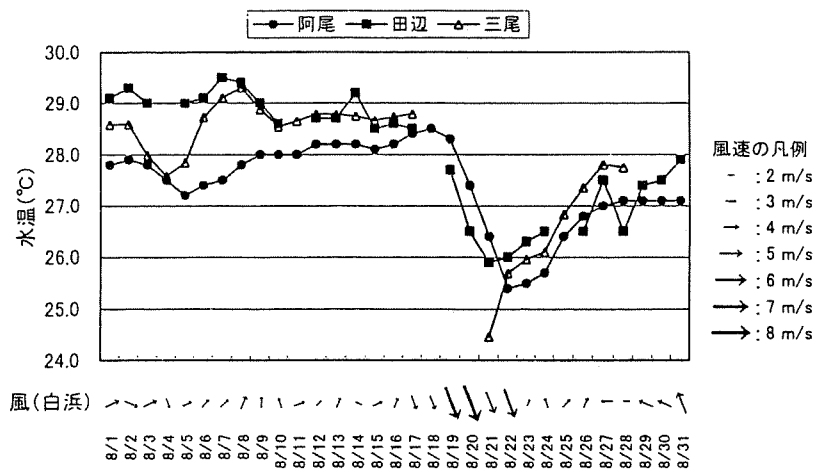
第2図 阿尾の水深3~4 mの水温と塩分（2002年8月）



第3図 田辺の表層の水温と塩分（2002年8月）



第4図 三尾の水深1~2 mの水温（2002年8月）



第5図 阿尾、田辺、三尾の水温と、白浜の風（2002年8月）
ベクトルの向きと大きさは、それぞれ風向と風速を表す。

結 果

2002年8月の阿尾および田辺の水温と塩分、三尾の水温、白浜の風の経過は次のとおりである。

阿尾の水温と塩分（第2図、第1表）

1～18日まで27～28℃台で経過してきた水温は19日から急激に低下し始め、22日には25℃台まで低くなった。この急激な水温低下は、19日が28.3℃で22日が25.4℃なので、 $28.3℃ - 25.4℃ = 2.9℃$ 、すなわち約3℃にもおよぶ顕著なものである。この後、水温は徐々に上昇していったものの、25℃台の水温は24日まで続いた。月末は27℃台で経過した。

一方、塩分は上記の急激な水温低下が起きるまでは33PSU台で経過し、急激な水温低下に伴って高くなった。この塩分上昇は水温が最も低くなった22日にピークに達した。塩分上昇が始まる前の19日の塩分は33.58PSU、塩分上昇がピークに達した22日の塩分は34.34PSUなので、この塩分上昇は $34.34PSU - 33.58PSU = 0.76PSU$ におよぶものである。34PSU台の塩分は27日まで継続した。月末には33.8～33.9PSUとなった。

田辺の水温と塩分（第3図、第1表）

1～17日は28～29℃台の水温で経過した。19日には27.7℃まで水温は低下した。水温は翌日、翌々日と低下し続け、21日には25.9℃になった。この後、水温は徐々に上昇したものの、22～26日は26℃台と低水温であった。月末は27℃台で経過した。

塩分は1～17日の間、概ね33PSU台で経過した。ただし6～9日は34.0PSU前後と高めであった。水温の低下がみられた19～21日にかけては塩分が上昇し、その値は19日が33.67PSUで、21日には34.23PSUとなった。

三尾の水温（第4図、第1表）

1～17日までの水温は、27～29℃台で経過した。18～20日は、台風13号の接近を警戒して取水ポンプが停止され、欠測である。21日には水温は24.5℃と、かなり低くなっていた。22日以降、水温は次第に上昇するものの、23～25日は26℃台と比較的低水温で経過した。26日には27℃まで上昇し、この水温は28日の観測まで続いた。

阿尾、田辺、三尾の水温、白浜の風（第5図、第1表）

阿尾の水温は19日から急低下し、22日に最も低くなっている。田辺は18日が欠測のため、水温低下の始まった日は特定できないものの、阿尾と同じ時期に水温低下が起きている。三尾は18～20日が欠測のために詳しい経過が判りにくいけれども、21日には24℃台の最低水温を観測している。つまり、阿尾、田辺、三尾のいずれも19～21、22日頃に顕著な水温低下が起きている。

白浜の最大風速は、1～18日は2～4 m/sと比較的弱く経過している。ところが19日には7 m/s、20日には8 m/s、21日には5 m/s、22日には6 m/sと4日連続で強い風が観測された。23～30日は2～4 m/sと弱くなった。31日は5 m/sとやや強かった。

19～22日の4日間に観測された強風の風向きは、いずれも北北西であった。この北北西の最大風速は、この4日に先立つ17～18日にも4 m/sで観測されている。

考 察

第2図より、阿尾では19～22日に水温の急低下と、それに伴う塩分の上昇がみられた。また第3図より、田辺では19～21日に水温の急低下と塩分の上昇が確認された。さらに第4図より、三尾では21

日の水温が他の日に比べて非常に低くなっていた。これら阿尾、田辺、三尾で19～21、22日に観測された水温の急低下は、時期的な一致（第5図）から、いずれも同一のイベントと推定される。このイベントとは、塩分の上昇を伴う水温の急低下である。

一方、白浜では19～22日に北北西の強風（最大風速）を観測している。北北西の風は紀伊水道西岸では陸岸を左に見て、ほぼ岸に沿った風であり、理論的には沿岸湧昇を起こし得る。この北北西の強風が観測された19～22日には、前述のとおり、阿尾、田辺、三尾で塩分上昇を伴う水温の急低下が起きている。つまりこれは、この北北西風によって紀伊半島西岸に沿岸湧昇が起き、その結果、水温低下と塩分上昇が起きたことを意味していると考えられる。

紀伊半島西岸に沿岸湧昇をもたらしたと考えられる北北西風は、台風13号の影響によるものである。8月18日に紀伊半島の南沖に接近した台風13号は、19日には紀伊半島の南東沖に進み、その後本州の東沖を北上して21日には北海道の東海上で温帯低気圧になった。このように日本列島の東側を迂回するようなコースを辿った台風13号は、紀伊半島西岸に北西寄りの風を継続的にもたらしたわけである。この北西寄りの卓越風は台風の進路の関係によりたまたま生じた風であり、このことにより偶然、夏季に沿岸湧昇を確認する機会が得られた。

冬季には、紀伊半島西岸では頻繁に北西寄りの季節風が吹く。当該海域では今回、夏季の北北西風で沿岸湧昇が確認されたことから、冬季の北西風でも沿岸湧昇が起きていると考えられる。吉岡ら（1998）および吉岡（2001）は、冬季の北西風による沿岸湧昇により下層から湧き上がってきた水が、田辺湾に侵入する黒潮系暖水を沖側へ押し出すことを報告している。

紀伊半島の西岸で冬季に沿岸湧昇が起きることは、同半島の東岸で春～夏季に南西風により沿岸湧昇が起きることと対照的である。竹内（1985）は、紀伊半島東岸における春～夏季の沿岸湧昇が、定地観測では顕著な水温低下と、緩やかな塩分上昇として顕れることを報告しており、この沿岸湧昇により底層から栄養塩がもたらされることが期待されると考察している。これに対し、冬季に起きる沿岸湧昇は、水温低下や塩分上昇は顕著に顕れないと推測される。なぜなら、冬季は鉛直混合により上下層の水が混合しているため、沿岸湧昇によって下層の水が上昇しても上層の水温・塩分は変わらないと考えられるからである。これと同様の理由により、栄養塩についても冬季の沿岸湧昇による沿岸域への顕著な栄養塩の添加は少ないと推測される。このように紀伊半島の東岸と西岸で起きる沿岸湧昇は、その発生時期や環境に及ぼす影響が全く異なっており、このような違いがそれぞれの海域の特性に関与していると推測される。

ところで紀伊半島に黒潮が接岸すると、紀伊半島西岸の主に白浜沖から切目埼沖にかけての海域では北西向きの黒潮分枝流（紀南分枝流）が流れることが多い。紀伊半島西岸ではこの黒潮分枝流は北西風とは全く逆向きに流れるため、北西風が海面に及ぼす応力は打ち消され、この風による吹送流は生じ難くなると推測される。つまり、黒潮が接岸して黒潮分枝流が流れると、北西風による沿岸湧昇は起き難いと推測される。紀伊半島西岸における黒潮分枝流と沿岸湧昇の関係については今後の検討が要される。

謝 辞

京都大学防災研究所の吉岡洋助手には田辺湾の沿岸湧昇に関する情報を頂いた。比井崎漁業協同組合および三尾漁業協同組合の方々には定地観測および自動記録式水温計による観測に御協力して頂いた。和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場増養殖研究所の竹内照文氏と巨海敏之氏には定地観測のデータを提供して頂いた。和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場の沖合・沿岸資源部からは定地観測のデータを頂いた。同水産試験場の竹内淳一氏には常日頃より海洋調査・研究に関するアドバイスを惜しまず頂いている。ここに合わせて御礼申し上げます。

摘 要

2002年8月下旬に台風13号の通過に伴って北西の卓越風が紀伊半島西岸に吹いた。この時、紀伊半島西岸の阿尾、三尾、田辺では顕著な水温低下と塩分上昇が観測された。これは、北西の卓越風が紀伊半島西岸に沿岸湧昇を起こしたためと考えられる。当該海域では冬季には北西の季節風が卓越して吹く。冬季には鉛直混合のために、沿岸湧昇が起きても水温と塩分は変化し難いと考えられる。これに対して今回は夏季の成層期に北西の卓越風が吹いたため、水温と塩分の変化から沿岸湧昇を認知することができた。

引用文献

- 吉岡 洋・芹沢重厚・高山知司・田中祐志. 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, 456-460.
- 吉岡 洋. 2001. 田辺湾の海水交換や赤潮に対する海上風の影響について. 海と空, 第77巻, 第2号, 83-90.
- 日本水産学会編. 1989. 水産学用語辞典. 恒星社厚生閣
- 竹内淳一. 1985. 紀伊半島の東岸で春季と夏季に発生する沿岸湧昇. 関東・東海ブロック水産海洋連絡会報, 7・8合併号, 38-54.

Summary

At the west coast of Kii Peninsula, to detect the costal upwelling by the changes of water temperature and salinity is difficult. Because, in that region, the northwest wind which causes the coastal upwelling is usually the monsoon of the winter in which the coastal water is mixed by the vertical convection. In summer season, to the contrary, the costal upwelling is easely detected because the costal water is stratified. In the late August, 2002, the typhoon 13th approaching Japan archipelago generated remarkable northwestern wind at the west coast of the Kii Peninsula. The examination of the daily observational data of temperature and salinity of Ao, Hidaka-cho, Mio, Mihama-cho, Mera, Tanabe city, and the meteorological data of AMEDAS at Shirahama, show the marked decrease and increase of temperature and salinity respectively in 19-22, August, 2002, when the northwestern wind generated by the typhoon 13th blowed continually at the west coast of Kii Peninsula. Then, at the west coast of the Kii Peninsula, it is thought that the northwestern wind effected by the typhoon 13th caused the upwelling with the decrease of temperature and the increase of salinity.