

紀伊半島の東岸で春季と夏季に発生する沿岸湧昇*

—水温の時間変動からみた沿岸湧昇—

竹内 淳一 (和歌山県水産試験場)

はじめに

陸岸に平行に吹く卓越風によって起こる沿岸湧昇の観測は、沿岸湧昇実験計画 (Coastal Upwelling Experiment; C U E) などにより、北米オレゴン沖・アフリカ西北部・ペルー沖などを「実験海域」として集中的かつ精密におこなわれた。その結果、沿岸湧昇のスケール (湧昇域の幅・継続時間) や湧昇域の流れの構造などについて多くの知見が得られている。

日本の沿岸域では、沿岸湧昇を観測した例は少ない。伊豆半島の東岸、北海道の渡島半島東岸、伊東沖などで「沿岸湧昇」の存在を確認しているだけである (岸, 1976, 1977; 大谷・出口, 1981; 西山他, 1976)。

吉田 (1978) は、「数日の時間スケールで消長する間欠的な沿岸湧昇」なら、有利な条件の風が数日間つづけばよいのだから、少しオーバーにいうなら、「いつでも、どこにでも、沿岸湧昇は起りうる」と述べている。

そこで、紀伊半島の東岸の沿岸域で「間欠的な沿岸湧昇」の存在を確かめるために調査をはじめた。紀伊半島の東岸で漁業をつづけてきた漁師は、次のようなことを言い伝えている。

- 1) 春から夏の季節に、水温が前日よりずっと冷たくなり長い時間海に潜ってられないことがある。そんな日は、なま暖たかい風が吹いている。(採貝漁業)
- 2) 内湾で養殖している魚の索餌が、突然わるくなることがある。このような時には、水温は前日に比べ3~4℃も低くなっているらしいこと、また同時に透明度が良くなることが知られている。この現象は数日間もつづくことがあり、夏季にしばしば起こる。これを、「わき潮^{シオ}」と呼称しているところもある。(養殖漁業)
- 3) 4~5月に強い南西の風(まぜ)が吹きつづくと、カツオなどの漁場が陸岸から遠くなることがある。これを「まぜが吹くとシオ^{**}がはなれる」と伝えている。おなじ経験則が三重県の漁師にもある。(曳縄漁業)

これら三つの体験的なことから、沿岸湧昇と関連して起きた現象の一端をいいあらわしていると考えられる。

すなわち、紀伊半島の東岸では春から夏にかけての季節に、強い南寄りの風が吹いたあと水温の急激な低下が起っているらしく、それは沿岸湧昇に伴って発生したと推察される。また曳縄漁業における「漁場の遠退」は、沿岸湧昇で沖側にできたフロントが沖に向って移動することを想像させる。

以上のことから、紀伊半島の東岸では「間欠的な沿岸湧昇」が起きているらしい、と予想した。

「間欠的な沿岸湧昇」の存在を確認し、その実態を明らかにするため、これまでに蓄積されている紀伊半島沿岸の定地観測・定置網漁場での水温の連続観測・定期的な沿岸定線海洋観測などの資料と風・天気図などの資料を収集し、解析をすすめている。

これらの資料から、水温と風の時系列変動および海洋構造の季節変化などについて検討した結果、

* 1981年11月、第11回関東・東海ブロック水産海洋連絡会で発表した。

** 「シオ」とは、カツオなどの適水温域(漁場)のこと、あるいは黒潮の北縁部を意味するのであろう。

録を観測例として使用する。

(3) 定地観測

紀伊半島の東・西海岸では、和歌山県水産試験場など5つの研究機関が、合計9つの地点で、毎日1回の定地観測をおこなっている。観測は、8～9時に、表面の水温と塩分（あるいは比重）などを測定するものである。

定地観測の地点は、図2に三角印で示した。紀伊半島の東岸では串本東提防、串本浅海漁場提防、

表1 紀伊半島の東・西沿岸における定地観測地点名など

地 点 名	測 定 項 目	観測機関名	備 考
1. 串本東提防 (KUSHIMOTO,E)	表面水温・塩分	和歌山県水産試験場	
紀伊半島東岸 2. 串本浅海漁場 (SENKAI)	表面水温・塩分	和歌山県水産試験場	
3. 浦神湾 (URAGAMI)	表面と水深1mの水温・比重	近畿大学浦神実験場	
4. 太 地 (TAIJI)	表面水温	太地町立くじらの博物館	
5. 勝 浦 (KATUURA)	水深7.5mの水温・塩分	和歌山県栽培漁業センター	水深9mの底上 2.5mからポンプ アップした海水
紀伊半島西岸 6. 串本西提防 (KUSHIMOTO,W)	表面水温	和歌山県水産試験場	
7. 錆 浦 (SABIURA)	表面水温・比重	串本海中公園	
8. 田 辺 (TANABE)	表面水温・塩分	和歌山県水産増殖試験場	
9. 比井埼 (HIIZAKI)	表面水温・塩分	和歌山県水産試験場	個人に委託

浦神湾、太地、勝浦の計5ヶ所であり、西岸では串本西提防、錆浦、田辺、比井埼の計4ヶ所である。それぞれの観測地点における測定項目、観測機関名などを、表1にまとめた。

(4) 串本浅海漁場での水温の連続観測

1979年8月14～21日の期間、串本浅海漁場に自記水温計を設置し、水温の連続観測をおこなった。観測層は水深10mである。また、その観測地点は、図2に星印で示した。

この観測は、夏季に発生する沿岸湧昇に伴う水温低下をより詳しくとらえるためにおこなった予備実験的なものである。

(5) その他

この他に使用した資料として、風向・風速・日降水量（潮岬測候所）、地上天気図および熊野川の月別平均水温などがある。

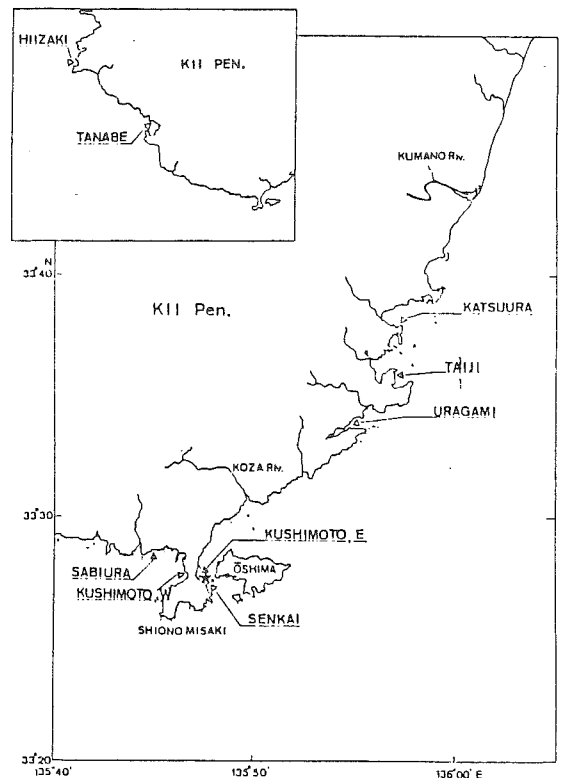


図2 紀伊半島の東・西海岸での定地観測点
(各観測点の測定項目および観測機関名は、表1に示す。)

3 結 果

はじめに紀伊半島の東岸域の海洋構造を理解するために、水温・塩分の平均的な季節変化についてふれ、そのあとで春季と夏季に南寄りの卓越風に伴って発生し、急激な水温低下として観測された間欠的な沿岸湧昇の具体例について述べる。

(1) 定期的な海洋観測資料からみた水温・塩分の平均的な季節変化

紀伊半島の東岸の沿岸域を代表する観測点 (St.31) での水温・塩分の平均的な季節変化を図3に示した。

水温は4月ころから上昇をはじめ、最高水温は上層 (0~30m深) では9月に、下層 (50~100m) ではこれより約1ヶ月遅れた10月にあらわれる。9月あるいは10月以降、水温は低下しはじめ、3月には最低となる。

上層と下層との水温差は、水温上昇のはじまる春季 (4月ころ) からあらわれはじめ、夏季へと月をおうごとに大きくなり、8月には最大となる。秋季 (9月) 以降、水温差は小さくなりはじめ、上・下層の水温差の小さい状況は冬季から3月までつづく。

塩分は4月ころから低下する。最低塩分は上層 (0~30m深) では6~9月に、下層 (50~100m) では6月あるいは9月に記録される。上・下層の塩分差は、塩分低下のはじまる春季 (4月ころ) から秋季 (9月) の期間に大きい。上層では10月以降、塩分が増加し上・下層の塩分差が小さくなる。冬季 (12月~3月) には上・下層の塩分差はなくなる。

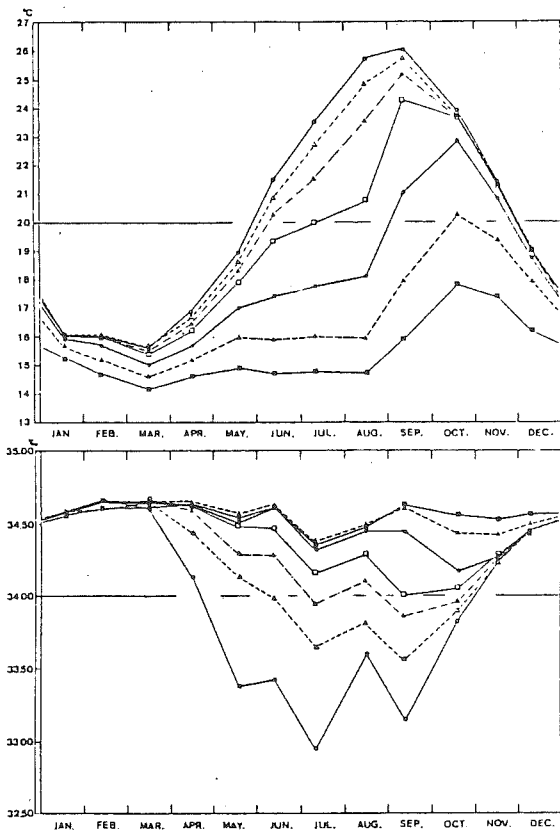


図3 紀伊半島東岸の代表的な観測点(St.31)における水温・塩分の季節変化

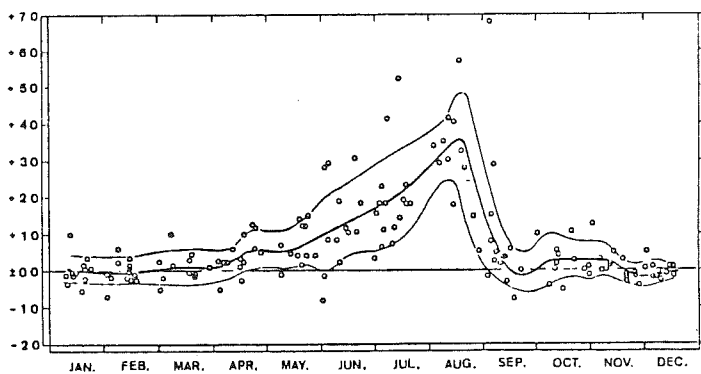


図4 紀伊半島東岸の代表的な観測点(St.31)における表面と20m深の水温差の季節変化 (表面水温T0、20m水温T20、水温差=T0-T20)

春季から夏季の季節には、上層 (20m深を中心とする0~50m深) に水温・塩分躍層が形成されている。

ちなみに、水深0mと20mとの水温差は図4のようである。春季には表面水温が0~1°C高い。水温差が最も大きくなる夏季には、表面水温が1~4°Cも高いことがわかる。

(2) 春季に発生する間欠的な沿岸湧昇

定置網漁場における水温の連続観測で、春季に南寄りの強い風が吹いたあと、水温が急激に低下することを観測した。

ここでは、以下4つの例をあげる。これらの例は、いずれも「間欠的な沿岸湧昇」に伴う水温低下現象であると推察した。

1) 1973年4月29日～5月6日の水温変動の例 (図5)

図5は、1973年4月29日～5月6日における3つの定置網漁場(太地、下田原、樫野)での水温変動と潮岬での風速変動である。水温の観測層はいずれも水深20mである。潮岬での風速は、瞬間最大風速を紀伊半島の東岸に平行の成分(SW)と直角の成分(NE)にわけて示した。図中の黒く塗りつぶした部分は、紀伊半島の東岸と平行に吹く南西の卓越風であることをあらわしている。

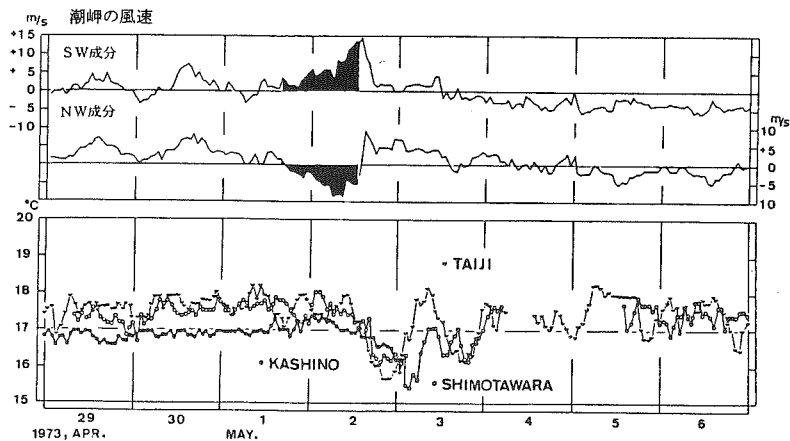


図5 1973年4月29日～5月6日の定置網漁場(太地、下田原、樫野)における20m深の水温変動と潮岬での風速変動(潮岬測候所、瞬間最大風速を紀伊半島東岸に平行の成分:SW、と直角の成分:NEにわけて示す。図中黒く塗りつぶした部分は南西の卓越風をあらわす。)

4月29日から5月1日まで、17～17.5℃の水温がつづく。この間、水温の変動巾は0.5～1.0℃と小さい。5月2日12時以降、水温は急激に低下し、5月2日21時～3日3時に最低水温(約15.5℃)となる。半日～1日で約2℃の低下である。最低水温が記録されたあと、2～2.5℃の変動幅で周期的な変動をくりかえしながら、もとの水温レベルにもどっている。

潮岬での風は、5月1日17時ころから、南西風となり、5月2日13時に南西風の最大瞬間風速20.2m/sを記録している。このあと風向は西へと変化しはじめた。

強い南西風が約20時間吹きつづいたあとに、水温が急激に低下しはじめている。水温の最低値は、南寄りの風が吹きはじめてから27～36時間あとにみられ、最大風速のあと約7～16時間で観測された。

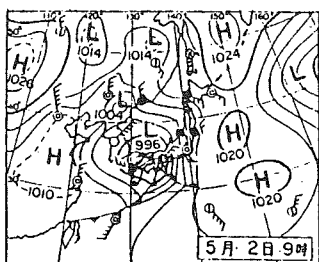


図6 1973年5月2日の地上天気図

水温の低下は、北側から太地、下田原、樫野の順序ではじまる。また、この順序で低下の割合が大きいうた。

水温の回復は、北側の太地で早く、その南の下田原でやや遅れている。樫野では5月3日以降の水温記録がないので、水温の回復状況についてはわからない。

5月2日の天気図を、図6に示す。水温の急激な低下は、日本海を発達しながら東進した低気圧に伴う強い南西風によるものである。

2) 1975年4月3日～4月10日の水温変動の例 (図7)

1975年4月3日～4月10日の3つの定置網漁場(木の本、下田原、樫野)における水温変動を図7の下段に示した。図7の上段は、潮岬における風速を南北成分にわけ、その値を図示した。斜線部分は南寄りの風である。4月5～6日は南南西の風で、4月8日の風は南南東であった。なお、潮岬の降水量は、5日0.0mm、6日17.0mm、8日48mmである。

15.5～16℃のほぼ一定の水温がつづいた(4月3～5日)あと、木の本と下田原で4月6日6時から水温が下がりはじめ、約4～6時間あと(6日10～12時)には、最低水温(13.5℃)を記録

した。ただし樫野では5日15時～6日8時に約0.5℃の低下が認められたあと、いったん水温上昇（約1℃）してから再び6日17時に水温低下がはじまり、7日2時に最低水温（14℃）が観測された。

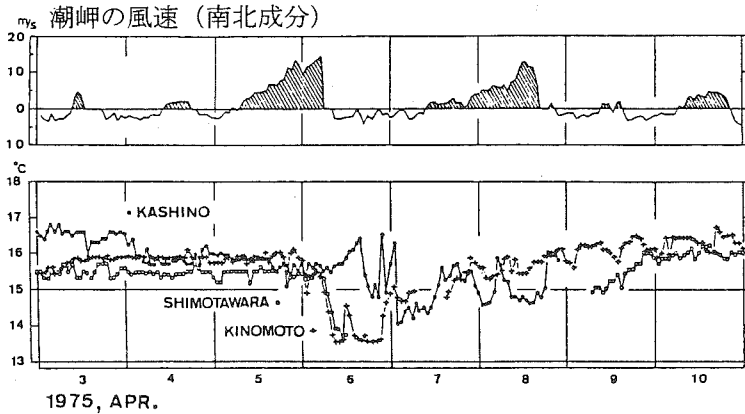


図7 1975年4月3～10日の定置網漁場（木の本、下田原、樫野）における20m深の水温変動と潮岬での風速変動（潮岬測候所、瞬間最大風速を南北成分にわけて図示した。斜線部分は南寄りの風、4月5～6日は南南西の風、4月8日は南南東の風である。）

7日以降、周期的な変動を伴いながら、水温上昇がはじまり9～10日にはもとの水温に回復している。

水温低下の発生は、木の本で6日01時、下田原で6日09時、樫野で6日17時である。南寄りの風が吹きはじめてからそれぞれ20時間、28時間、36時間後にあたる。とくに樫野での時間的な遅れが特徴的だ。

この時の天気図を、図8に示した。深い気圧の谷に伴い、日

本海で低気圧が発達し、寒冷前線が通過していることがわかる。この場合にも、日本海の低気圧あるいはその寒冷前線に吹き込む強い南寄りの風（南南西）で、水温低下が発生したと判断される。

8日にも強い南寄りの風が吹いている。しかし、この時には風向が南南東であったため、水温低下が発生しなかったと推測される。

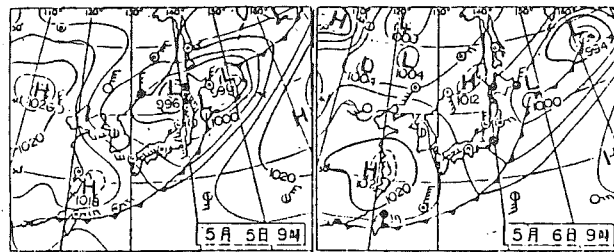


図8 1975年5月5日、6日の地上天気図

3) 1977年5月12日～20日の水温・流速変動の例（図9）

1977年5月12日～20日の宇久井定置網漁場での水温変動を図9の上段に、下段には岸と平行の流速成分を太い実線で、岸に直角の流速成分を細い実線で示した。

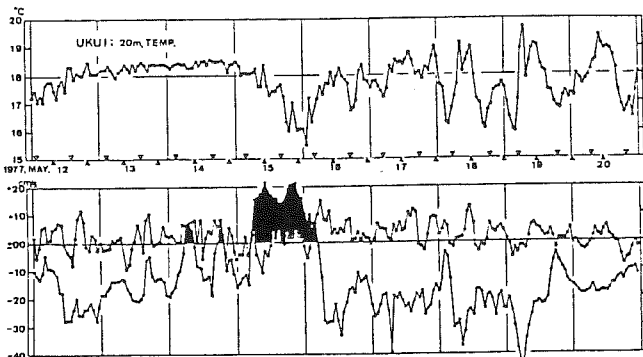


図9 1977年5月12～20日の宇久井定置網漁場における20m深水温（上段）と流速（下段）の変動（図中上段の黒三角印は干潮時刻、白三角は満潮時刻を示す。流速は岸と平行の成分を太い実線で、岸に直角の成分を細い実線であらわした。）

水温は5月15日02時ころから低下しはじめ、16日01時に最低水温が観測されている。約1日で3℃の水温低下である。

水温低下とほぼ同時に、南寄りの風による流れ（図中黒く塗りつぶした部分）が強くなり、その流れが弱くなると水温低下は止まる。そして逆方向へ強く流れはじめると、水温の上昇がはじまっている。このように南風による水温低下は、流れの変化とも良く対応していることがわかる。この現象は短時間で発生・終了しており、吉田（1978）のいう「間欠的

な沿岸湧昇」が発生した結果であろう。

水温上昇の時およびもとの水温レベルに回復してからも、水温は大きく周期的な変動をくりかえす。その周期は、およそ12時間の潮汐周期であり、満潮時に低温、干潮時に高温となる。また沖への流れが強い時に高温となる傾向がうかがえる。

この観測は、1地点での1層（水深20m）だけなので、くわしいところはよくわからない。しかし、最低水温のあとの激しい水温変動などから、沿岸湧昇によって形成されたフロントの移動、あるいは湧昇によってシャープとなった水温躍層の浅深移動が起きていると想像される。

5月14、15日の天気図を、図10に示した。日本海北部から東シナ海にのびる気圧の谷が近づき、15日には発達した低気圧が通過している。このため14～15日には、南寄りの強い風が吹きつづいた。潮岬では、15日に最大瞬間風速14.6m/s（風向は南南東）を記録し、日降水量は14日9.0mm、15日24.0mmであった。

4) 1978年5月17～23日の水温変動の例（図11）

1978年5月17～23日における3つの定置網漁場（太地、下田原、檜野）での水温変動を、図11に示した。上段の矢印は、潮岬の風の記録である。

水温の低下は、太地と下田原で5月19日00～03時ころはじまり、檜野では19日16時ころにはじまった。最も南側に位置する檜野で、水温低下が遅れていること、水温上昇がゆっくりと変動が小さいことが特徴的である。

5月18から19日にかけて、本邦上を寒冷前線を伴った低気圧が発達しながら東へ通過している。

(3) 夏季に発生する間欠的な沿岸湧昇

定地観測資料を整理検討した結果、夏季（7～9月）に南寄りの強い風が吹いたあと、紀伊半島の東岸だけで水温が急激に低下し、同時に塩分はやや増加すること、これに対し半島の西岸では顕著な水温低下が起きていないことなどが明らかになった。

夏季の沿岸湧昇に伴う水温低下現象をとらえるために行なわれた予備実験的な観測では、南寄りの卓越風が吹きはじめてから、約1日あとに水温の急激な低下がはじまり、その風がやむと水温はゆっくり回復しはじめることを観測した。水温は、風の変化にすばやく応答して変動することがわかった。

これらの現象は、南寄りの卓越風によって紀伊半島東岸に「間欠的な沿岸湧昇」が発生し、東岸だけで水温の急激な低下が観測されると推察した。

その典型的な例として1967年、1972年、1974年、1977年、1979年など6ケ年の観測記録をとりあげ

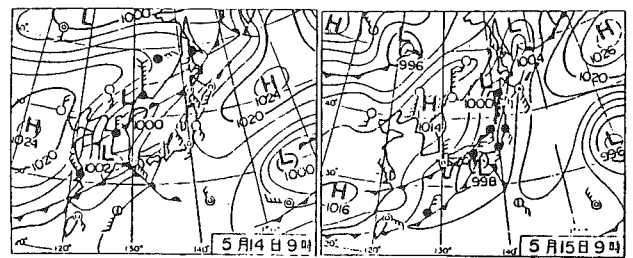


図10 1977年5月14日、15日の地上天気図

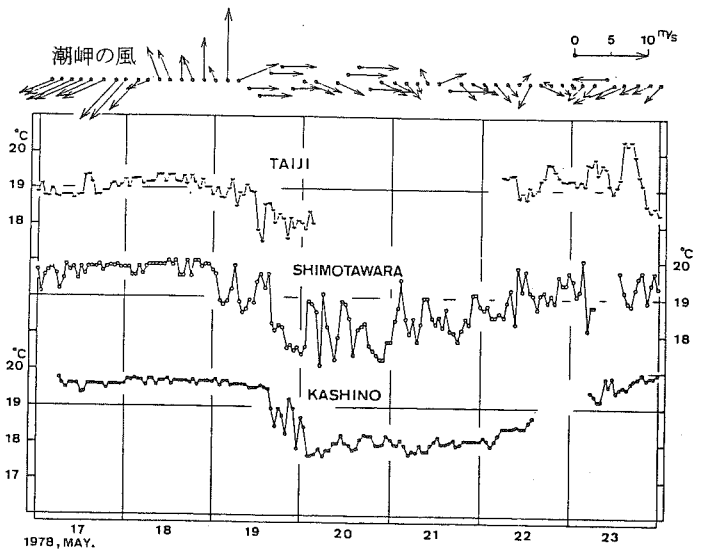


図11 1978年5月17～23日の定置網漁場（太地、下田原、檜野）における20m深水温変動と潮岬の風（潮岬測候所、瞬間最大風速、風の吹き去る方向を矢印で示した。）

た。以下、それぞれの例について説明する。

1) 1967年の例 (図12 a, b, c)

図12 a は、紀伊半島東岸の2地点での水温変動および潮岬の風（南北成分であらわしている）の変化であり、図12 b に紀伊半島西岸での3地点の水温変動と潮岬の降水量を示した。以下、紀伊半島東岸を東岸といい、紀伊半島西岸のことを西岸と記述する。

7月中旬ころまでに断続的に吹いていた南西の風が止んだあと、水温は急上昇して7月下旬～8月上旬に最高水温となっている。

このあと、8月8～13日に南西の風が吹き、これと対応するように東岸では、8月10～15日に水温の急激な低下が起きている。西岸では、この水温低下と直接対応するような変化はみられない。

東岸での水温低下は、5日間で約7℃にも達する急激なものであった。水温が低下するときには変化が急であり、水温が上昇するときはややゆっくりと変化しているのが特徴的である。

東岸の串本東提防におけるTSダイアグラム (図12 c) から、水温低下の発生した8月10～15日には、降雨があつたにもかかわらず塩分が増加しており、それまでの水塊とはまったく異なる低温で高かんな水が、ごく短期間あらわれていることがわかる。

2) 1972年の例 (図13 a, b, c, d)

東岸における3地点の水温変動と潮岬の風の変化を図13 a に、西岸での3地点の水温変動と潮岬の降水量を図13 b に示す。

東岸では、7月9～13日、8月9～12日、8月20～23日の3回、強い南西風と対応して急激な水温低下が起きている。これに対し西岸では、7月13～17日、8月11～13日、8月22～26日に小さな水温低下があらわれている。

西岸での水温低下は、東岸よりもやや遅れていること、低下の程度が小さいことが特徴であり、西岸の水温低下は降雨による影響が考えられる。

東岸の串本東提防での8月1～31日のTSダイアグラムを図13 c に示した。8月20～22日の水温低下は降雨にもかかわらず塩分が増加しており、

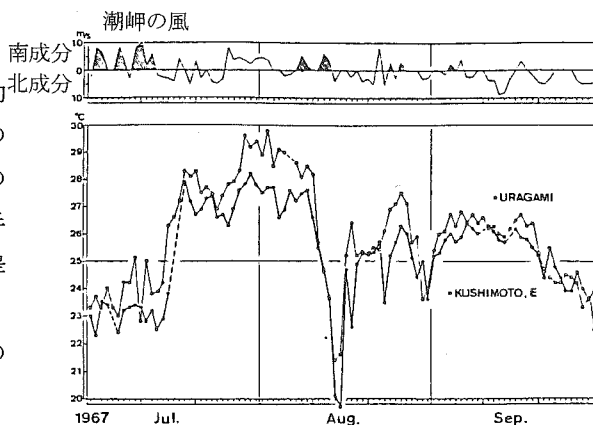


図12 a 紀伊半島東岸の定地水温（串本東提防、浦神湾）と潮岬の風（瞬間最大風速を南北成分で示した。斜線部が南西の風である。）（1967年7～9月）

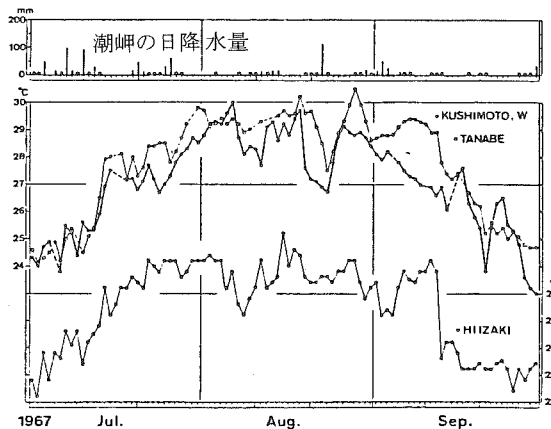


図12 b 紀伊半島西岸の定地水温（串本西提防、田辺、比井崎）と潮岬の日降水量（1967年7～9月）

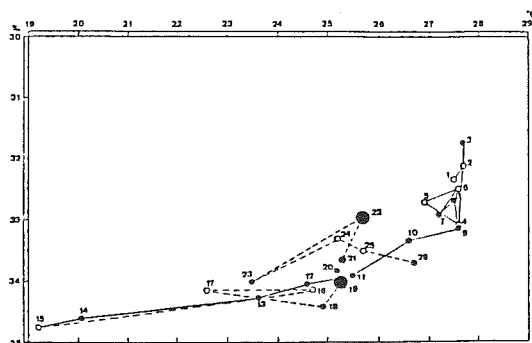


図12 c 紀伊半島東岸定地観測点（串本東提防）における1967年8月1～26日のTSダイアグラム（図中の数字は観測日をあらわす。黒丸印は日降水量を3階級：0 mm以上、30 mm以上、50 mm以上にわけて示した。）

8月9～10日の場合は大雨であったのに塩分はほとんど低下していない。水温低下に伴って塩分が高くなっていることが特徴的だ。

8月10、11日の天気図は図13dのようであった。

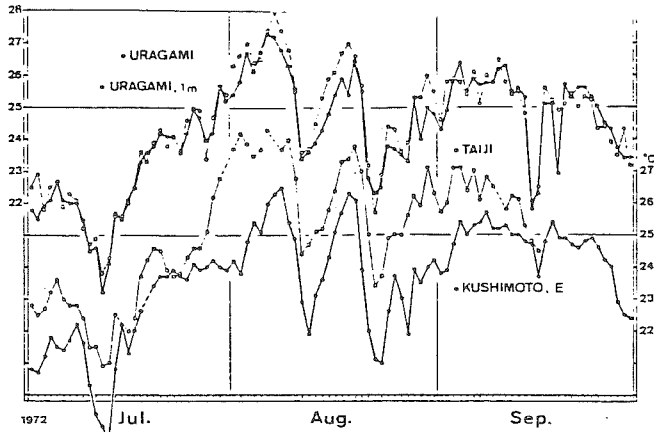


図13 a 紀伊半島東岸の定地水温（串本東提防、浦神湾、太地）と潮岬の風（最大瞬間風速を南北成分で示した。斜線部が南西の風である。）（1972年7～9月）

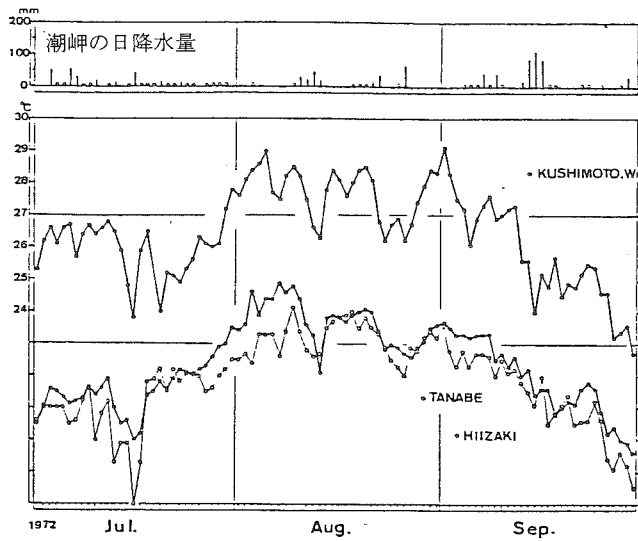


図13 b 紀伊半島西岸の定地水温（串本西提防、田辺、比井崎）と潮岬の日降水量（1972年7～9月）

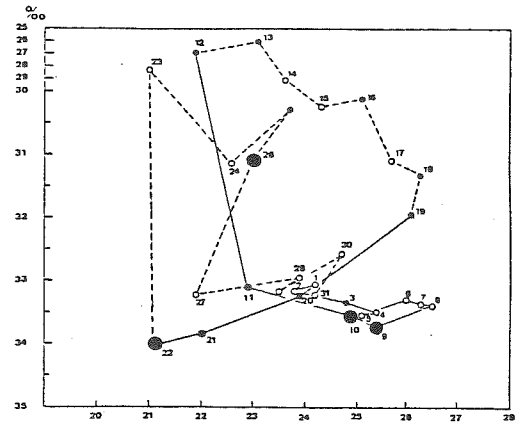


図13 c

紀伊半島東岸の定地観測点（串本東提防）における1972年8月1～31日のTSダイヤグラム（図中の数字は観測日をあらわす。黒丸印は降水のあったことをあらわし、その大きさと日降水量を3階級：0 mm以上、30 mm以上、50 mm以上にかけて示した。）

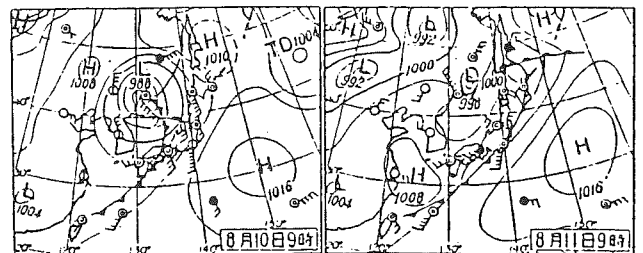


図13 d 1972年8月10日、11日の地上天気図

3) 1974年の例 (図14 a、b)

東岸での3地点の水温変動と潮岬の風の変化を図14 aに、西岸の3地点での水温変動を図14 bに示す。

夏季を通じて強い南西風がかなりの割合で吹いており、水温は短い周期の小さな変動が多い。

7月28日～8月1日にかけて、東岸で水温が低下しているのに、西岸では水温が上昇している。東岸での水温低下は、北よりの風から南寄りの風に変化したあとで発生している。

これ以外には東岸と西岸の水温変動が異なる期間はないようだ。

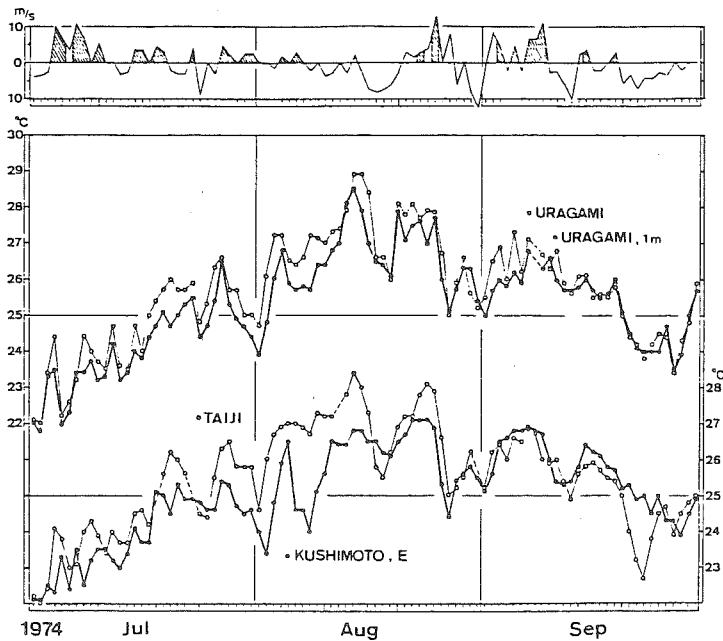


図14 a 紀伊半島東岸の定地水温（串本東提防，浦神湾，太地）と潮岬の風（最大瞬間風速を南北成分を南北成分で示した。斜線部が南西の風である。）（1974年7～9月）

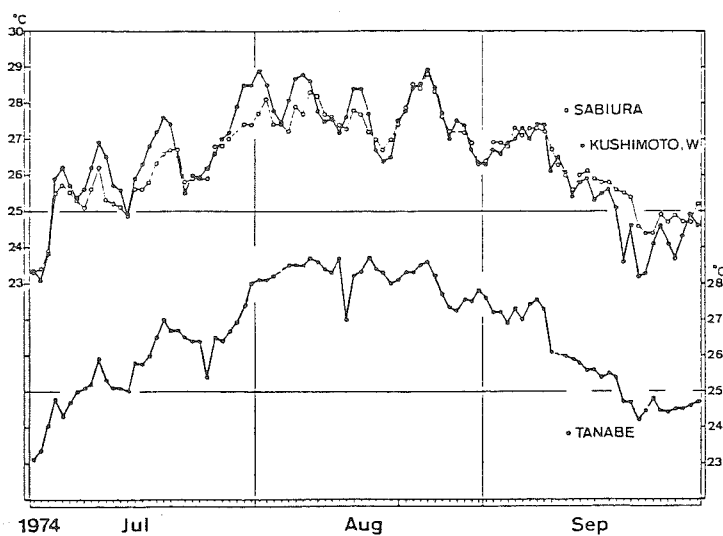


図14 b 紀伊半島西岸の定地水温（串本西提防，鏑浦，田辺）（1974年7～9月）

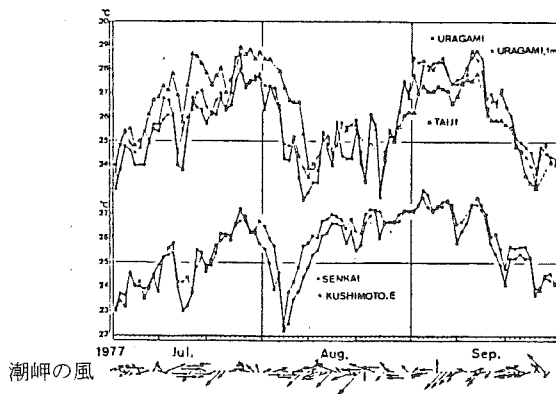


図15 a 紀伊半島東岸の定地水温（串本東提防，串本浅海漁場，浦神湾，太地）と潮岬の風（風の吹き去る方向を矢印であらわした）（1977年7～9月）

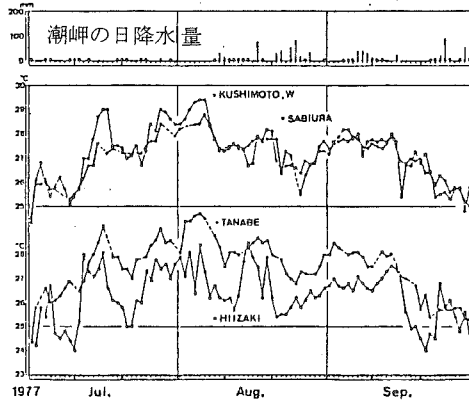


図15 b 紀伊半島西岸の定地水温（串本西提防，錆浦，田辺，比井崎）と潮岬の日降水量（1977年7～9月）

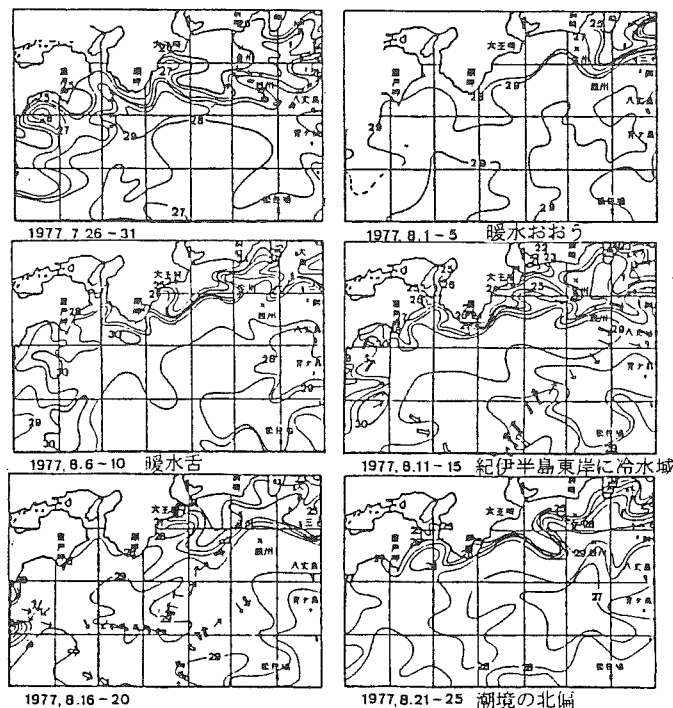


図15 c 1977年7月下旬～8月下旬の表面水温分布（漁業情報サービスセンター，海況速報）

4) 1977年の例（図15 a、b、c）

東岸における4地点の水温変動と潮岬の風の変化を図15 aに、西岸での4地点の水温変動と潮岬の降水量を図15 bに示した。

明らかに南寄りの風で発生したと思われる東岸での水温低下は、7月14日～15日と8月2日～5日に起きている。この期間、西岸では水温が上昇している。

8月2～5日にはじまった東岸の水温低下についてみてみると、紀伊半島の南端の地点（串本東提防，串本浅海漁場）では13日もとの水温に回復しているのに対し、その北側に位置する地点（錆浦，太地）では25℃前後の低水温がつづき、もとの水温にもどったのは29日以降である。この時間的な遅れは約半月であり、例年とは違う特徴的な変動だ。

錆浦，太地の8月中旬～下旬の低水温現象は、その発生のきっかけが南寄りの風であったと推察されよう。しかし、その後の特徴的な低水温の持続は南寄りの風で起きたものではない。風の記録では、8月中旬～下旬に東寄りの強い風が多いことが特筆される。

前記の定地水温の変動を十分に説明できる資料はないが、7月下旬～8月下旬の海況速報（図15 c）をみると、東岸に冷水域が存在（8月11～15日）したあと、暖水が波及し（8月16～20日）、顕著なフロントが通常よりも北偏して形成されている（8月21～25日）。この海域では、檜野崎から東に向ってフロントが形成されるのが普通である。

暖水波及によるフロントの北偏と強い東風が吹きつづいたことなどが、

浦神と太地での特徴的な低水温持続に関連があると推測される。

5) 1979年の例 (図16 a、b、c、d)

東岸における5地点の水温変動を図16 aに、西岸での4地点の水温変動と潮岬の風・降水量を図16 bに示した。

南寄りの卓越風が吹くと、東岸にかぎって水温低下が起きている。また7月下旬～8月上旬では、それまでの水温上昇が中断され、東寄りの風にかわってから再び水温上昇がはじまる。

最も顕著な例は、8月19～20日に起きたものだ。東岸では1～2日の間で3～4℃もの急激な水温低下が起きているのに、西岸では水温低下はなく、同じ水温が続いたり、やや水温が上昇している地点さえある。

この時の詳細な時間変動は、串本浅海漁場で行った予備実験的な観測でとらえられた。その記録を図16 cに示す。水温の測定層は水深10mである。図の上段には、潮岬の風を3時間ごとに示した。

8月17日14時ころから南寄りの風にかわり、18日の夜半にかけて南西の風が強くなった。この風は19日22時ころまで続いた。

強い南西風に対応して、水温は27℃台から22℃台へと一方的に低下する。水温低下は、1日でおよそ5℃であり、定地水温(表面水温)よりも激しい。

南西風が吹きはじめてから、16～19時間あとに水温の低下がはじまり、その2日目にあたる19日13時に最低水温が記録された。南西の卓越風が止んだ8月20日夜半から水温はゆっくりと回復しはじめる。風に対する

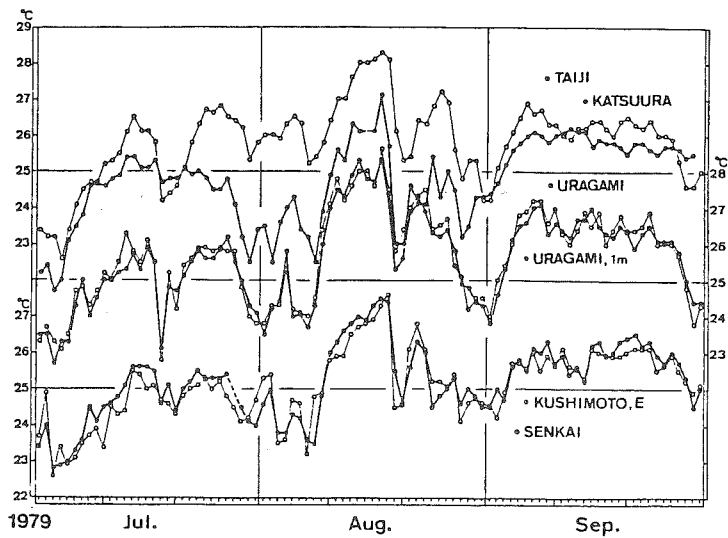


図16 a 紀伊半島東岸の定地水温(串本東提防, 錆浦, 浦神湾, 太地, 勝浦) (1979年7～9月)

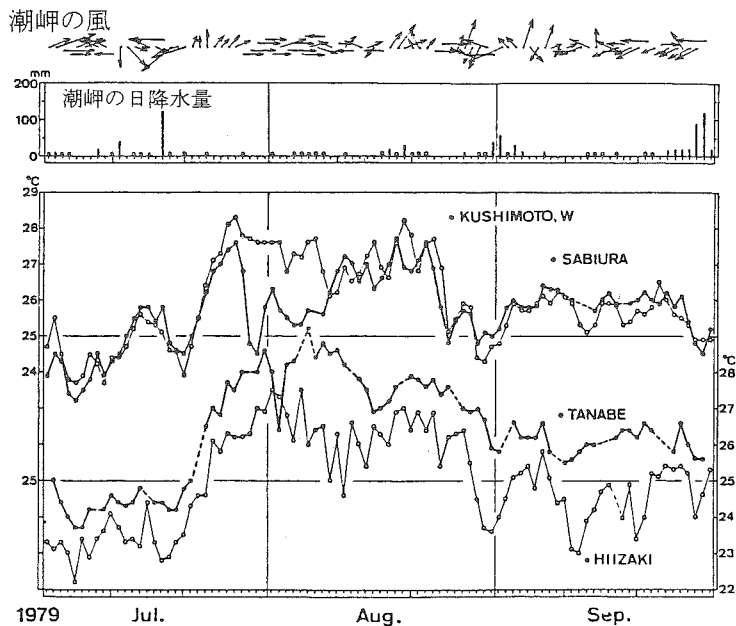


図16 b 紀伊半島西岸の定地水温(串本西提防, 錆浦, 田辺, 比井崎)と潮岬の風、日降水量 (1979年7～9月)

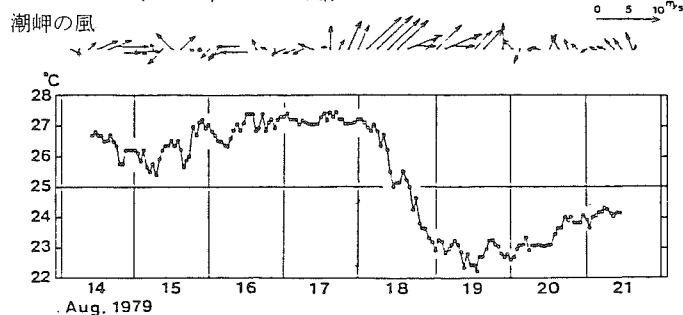


図16 c 串本浅海漁場の水深10mにおける水温変動と潮岬の風(風の吹き去る方向を矢印で示した。) (1979年8月14日～21日)

水温の応答は、きわめて早いことがわかる。

南西の風が最も強かったころの天気図が、図16dである。朝鮮半島をへて日本海に進んだ台風10号くずれの強い低気圧が日本海北部にあり、この低気圧に吹きこむ南西風で顕著な水温低下が起きたと考える。

水温低下前後の漁海況速報（漁業情報サービスセンター、第444～447号）や8月13日～14日に行なわれた熊野灘南部の海洋調査などから、東岸の沿岸域には表面水温で3～4℃の水温差のある冷水域は存在しない。8月13日～14日の海洋観測では、水温躍層が10～20m深にあり、躍層の下層水温は21～22℃台、表面水温は28℃台であった。このことから、急激な水温低下は躍層の下層冷水が上昇した結果であり、間欠的な小規模の沿岸湧昇が起きていたと判断される。

南西の強い風が吹くときは、降水および河川水の流出を伴うことが多い。このため、定地観測など表層水の観測では湧昇現象をはっきりとらえることが難しい場合もある。

当海域では夏季になると、水深10～30m付近に強い水温躍層が形成される。予備実験での観測層である水深10mは、躍層の直上部にあたる。

このような理由から、沿岸湧昇に伴う水温の低下は、定地水温よりも予備実験（水深10mでの水温）のほうが急激な現象として現われたと考えられる。

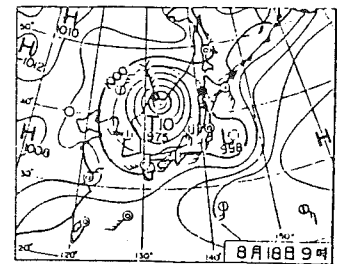


図16d 1979年8月18日の地上天気図

(3) 低気圧の通過経路 (図17a、b)

紀伊半島の東岸では、強い南風により1～5日くらいの時間スケールで消長する間欠的な沿岸湧昇が起きていることがわかった。南寄りの卓越風が吹いた時の低気圧の通過経路を、春季と夏季について

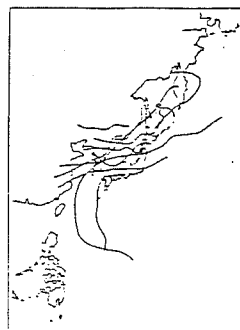


図17a 紀伊半島東岸の水温低下（沿岸湧昇）の原因となった低気圧の通過経路（春季）

図17b 紀伊半島東岸の水温低下（沿岸湧昇）の原因となった低気圧の通過経路（夏季）

それぞれ図17a、図17bに示した。いずれも低気圧が日本海に入り、発達しながら東へ進んでいる。春季には、土佐沖で発生した低気圧が急速に発達し、南岸を進む場合がある。夏季では、台風が東シナ海に入って熱帯低気圧となり、日本海で再び発達するケースが含まれている。

その低気圧の移動経路は、次のようにまとめられる。

- 1) 春～初夏
 - a 台湾付近に発生した低気圧が、急速に発達しながら日本海を東進する場合。
 - b 土佐沖で発生した低気圧（日本海の低気圧とともに発達する二つ玉低気圧となることが多い）が、急速に発達しながら南岸沿いを通過する場合。
 - c 日本海沿岸や本邦上に梅雨前線が停滞し、活発となった場合（とくに梅雨末期によくみられる）。
- 2) 夏～初秋
 - a 台風が東シナ海に入って熱帯低気圧となり、日本海で再び発達・東進する場合。
 - b 日本海沿岸の秋雨前線を低気圧が発達しながら東進する場合。

このような気象状況のときには、紀伊半島を含む日本南岸に暖たかい湿った気流が流れ込むため蒸し暑い気候となること、山陰や北陸地方ではフェーン現象が起こることが多い。

このような気圧配置となったときの南寄りの卓越風は、紀伊半島東岸に沿岸湧昇を発生させ、水温は急激に低下する可能性が高い。

沿岸湧昇の予知に関して、発達した低気圧の移動経路が重要である。

(4) 長期間の資料からみた紀伊半島東岸の水温低下と南寄りの風との対応 (図18)

長期間の資料が整っている串本東提防と浦神の定地水温を使い、紀伊半島東岸の水温低下と南寄りの風との対応を、図18にまとめた。資料の期間は、1967~1981年の7・8月である。

ここでは資料の季節として、沿岸湧昇による水温低下が最も現われやすい7~8月の期間を選んで解析に使用した。7~8月は、他の季節に比べて沿岸湧昇を確認するのに、次のような有利な条件が

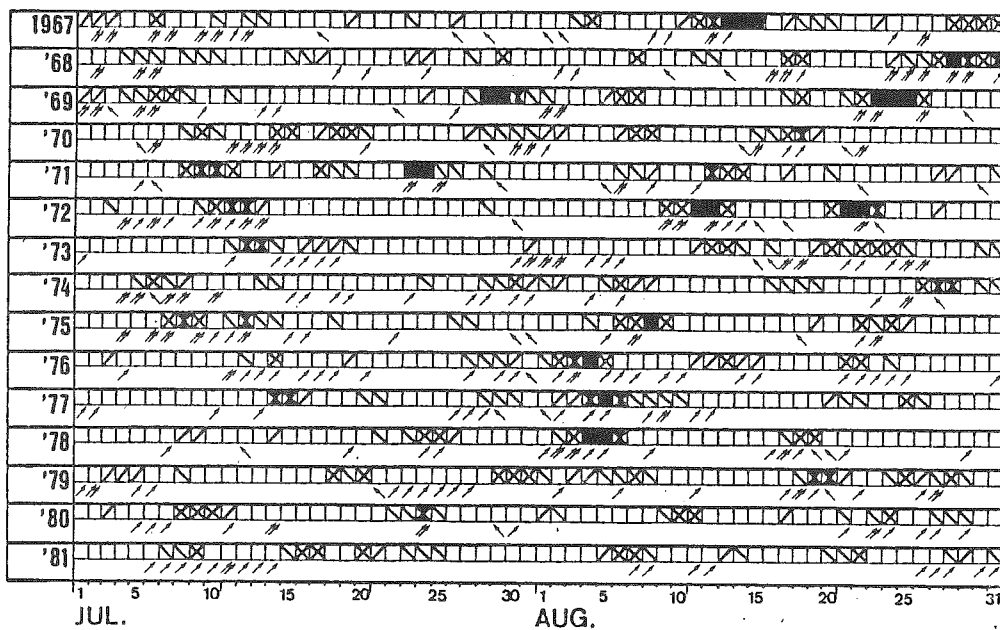


図18 紀伊半島東岸 (串本東提防, 浦神湾) の水温低下と潮岬の風のダイアグラフ

整っている。それは、季節水温躍層が浅い水深に形成・発達すること(図3, 4) 7月中旬~8月中旬にやや降水量が少なくなること(図19)、また河川水と海水との水温差が最も小さいことなどである。図18から、強い南西の風が吹き続いた

あとには、必ずといってよいほど水温は前日よりも低下していることがわかる。

水温低下は約3~5日間くらい続き、前日よりも3℃以上低くなることも珍しくない。顕著な水温低下は、串本東提防と浦神で同時に起きている。

また、顕著な水温低下は毎年夏季に1~3回くらい起きていることがわかる。

紀伊半島東岸では、毎年夏季になると、南西風によって小規模の沿岸湧昇がくりかえし間欠的に発生していることがうかがえる。

4 まとめ

紀伊半島の東岸において、水温躍層が発達する季節

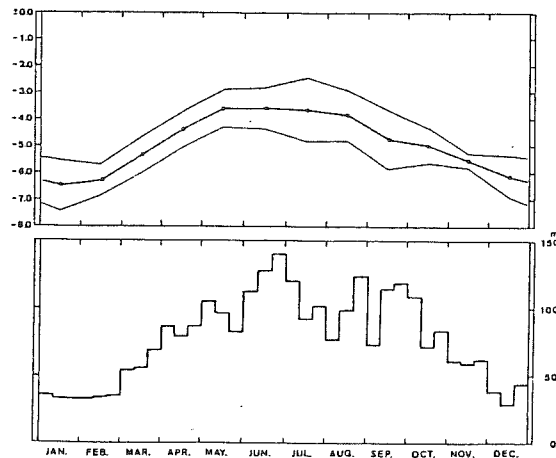


図19 新宮川河川水と串本東提防との水温差 (上段、細線は標準偏差) と潮岬の降水量 平年差 (下段)

(春～夏季)に南寄りの強い風が吹くと、水温が急激に低下することを観測した。それは、陸岸と平行に吹く卓越風で起こる表層水のエクマン輸送に伴って生ずる間欠的な沿岸湧昇によるものと推論した。

水温の時間変動、定期的な海洋観測および風などの資料を整理した結果、水温の急激な低下現象は、

- (1) 南寄りの強い風が1～2日以上吹くと、紀伊半島の東岸で間欠的に起こる、しかし、その西岸では起こらない。
- (2) 南寄りの風が吹きはじめてから、約1日あとに水温の低下が始まる。その風が止んだり、風向が変化すると、水温はすばやく回復しはじめる。
- (3) 水温低下とともに塩分はやや増加し、海水の密度が大きくなる。
- (4) 水温躍層が浅い水深に形成・発達する春～夏季、なかでも4～5月と7～8月には毎年くりかえし観測される。
- (5) 水温と流速の変動は、良い対応関係がある。
- (6) 陸岸に沿った発生海域の長さは、少なくとも串本から勝浦あるいは木の本までの長さ25～50kmが十分に含まれるものである。
- (7) その発生・回復には、場所による時間的なずれがあるようで、半島のやや北側で早くはじまり、半島の南端付近では遅い。

などの特徴がある。

これらのことから、

- (1) 紀伊半島の東岸では、陸岸とほぼ平行に吹く強い卓越風(南～南西の風)によって、表層にエクマン輸送が生じ、間欠的な沿岸湧昇がくりかえし発生している。
- (2) 春～夏季には、水温躍層が水深50mよりも浅い水深に形成・発達するため、その躍層下の冷たい海水が表層付近まで比較的容易に上昇できる。このため、ほかの季節にくらべて著しい水温低下現象としてあらわれやすく、沿岸湧昇の発生を認知しやすい。
- (3) 南寄りの卓越風が止んだあと、湧昇域は半島の南端付近へと南下移動しているようだ。と推論した。

その予報に関連して、日本海での低気圧の発達と移動経路が重要であることを指摘した。

5 問題点など

ここでは、間欠的な沿岸湧昇が紀伊半島東岸でも起きていることが確認されただけであり、現象の詳細については不明な点が多く残されている。

この沿岸湧昇は、毎年くり返して起こっており、とくに夏季に顕著なものが発生する。

また、日本海を発達・東進する低気圧を予測することによって、その発生をある程度予知できそうである。

したがって、期間を絞った集中的な観測計画により、沿岸湧昇の詳しい観測を行なうことができよう。沿岸湧昇の発生から消滅までの期間は非常に短いので、1日あるいはそれ以下の時間単位で観測が行なわれねばならない。時間単位で海況変動をモニタリングするためには、紀伊半島沿岸の数ヶ所に自記水温計あるいは流速計などを設置することが必要であろう。なお、これと平行して実施する調査船による観測は、なるべく短時間に終了するよう配慮すべきだ。

また、その水平規模などについては、人工衛星の情報を利用すること、定期航路船による観測方法

などが考えられる。

沿岸湧昇によって、おもに大陸棚以浅の表・中層の海水に急激な海水交換が起こると推定される。その発生範囲は、沿岸漁業の漁場をすべて含むことが予想される。沿岸湧昇は、漁業にも大きな影響を及ぼしているはずである。影響を受けると予想される漁業は、浅海域を漁場とする棒受網、定置網、まき網、釣りなどの沿岸漁業全般、そして内湾の養殖漁業があげられる。

沿岸漁業では、それまで漁場となっていた水域の水温が急激に低下することにより、魚群の移動・逸散が起こることが予測される。また、釣りなどでは釣獲の適水温でなくなるために、いわゆる魚が口をつかなくなり釣獲率が悪くなることが考えられよう。

ただし、沿岸湧昇は漁業にとって必ずしも悪い面ばかりとは断定できない。つまり、湧昇によって下層から栄養塩の捕給があり、その後のプランクトン増加をもたらす。湧昇のあとは魚にとって好適な餌料環境となり、沿岸域は再び好漁場となることが期待される。そして大規模な海水交換に伴い、有用な魚群が来遊することもあろう。

養殖漁業では、水温低下により養殖魚の摂餌が悪くなると考えられる。そのため食べ残しが多くなり、養殖漁業の底質が悪化する。湧昇によって下層水が、養殖魚の遊泳層にまで上昇すると、底質の悪化は養殖魚に思わぬ被害を出す原因にもなりかねない。とくに、春～夏季に成層していた海水が対流期をむかえる秋季には、十分な注意が必要であろう。

この他、湧昇による低温は養殖魚の生長にも関連しているかも知れない。

以上のことから、今後は漁業への影響を含めた沿岸湧昇の調査・研究を進めなければならない。また、一般的な海洋観測だけでなく海水の栄養塩やプランクトンの調査が必要である。

おわりに

定置網漁場での自記水温計の設置作業には、宇久井・太地・下田原・檜野・阿田和・木の本などの定置網漁業者の方々にお世話になった。厚くお礼申し上げます。

また、ここで使った定地観測資料は、和歌山水産試験場のほかに近畿大学浦神実験場、太地町立くじらの博物館、串本海中公園センター、和歌山県水産増殖試験場、和歌山県栽培漁業センターなどで行なわれたものである。いずれも長年にわたり観測が継続されている貴重な資料である。観測にあたられた職員の方々の努力に敬意をあらわし、大切な資料を提供して下さった各機関の担当者の皆様に感謝いたします。特別のご理解によって大切な資料を提供していただいた近畿大学浦神実験場教授熊井英水博士、太地町立くじらの博物館柳沢践夫氏にお礼いたします。

文 献

- BANG N.D.(1971) *The southern Benguela Current region in February, 1966 : Part II . Bathythermography and air-sea interactions. Deep-Sea Res.,18.209-224.*
- HALPERN D.(1976) *Structure of a coastal upwelling event observed off Oregon during July 1973. Deep-Sea Res., 23,495-508.*
- JONES P. G. W.(1971) *The southern Benguela Current region in February, 1966 : Part I . Chemical observations with particular reference to upwelling. Deep-Sea Res.,18.193-208*
- JONES D. R. and W. R. JHONSON(1979) *Vertical and cross-shelf flow in the coastal upwelling region off Oregon. Deep-Sea Res., 26A, 399-408.*
- KISHI. M. J.(1976) *Upwelling along the east coast of the Izu Peninsula (I) . Umi to Sora.*

51, 105-113.

- KISHI, M. J.(1977) *Upwelling along the east coast of the Izu Peninsula (II)*. *Umi to Sora*, 52, 59-66
- LEE T. N., ATKINSON L. P., R. LEHECKIS (1981) *Observation of a Gulf Stream frontal eddy on the Georgia continental shelf, April 1977*. *Deep-Sea Res.*, 28(4), 347-378.
- MAEDA S.(1967) *On the cold water belt along the northern coast of Hokkaido in the Okhotsk sea! (Hydrography of the Okhotsk Sea, Part I)*. *Umi to Sora*, 43(3), 1-20.
- MAEDA S. and R. KISHIMOTO (1970) *Upwelling off the Coast of Peru*. *Jour. Oceanog. Soc. Japan* 26(5), 300-309.
- MOOERS C. N. K., C. A. COLLINS and R. L. SMITH (1976) *The dynamic structure of frontal zone in the coastal upwelling Region off Oregon*. *Jour. Phy. Oceanog.*, 6(1), 3-21
- 西山 勝 暢・小 泉 宗三郎・小 長 俊 二 (1976) 伊東海洋気象観測塔の周辺の海況について (III) —風による水温変動—。海と空, 51(2), 79—84.
- 大 谷 清 隆・出 口 良 二 (1981) 渡島半島東岸の沿岸湧昇—1。北大水産彙報, 32(1), 77—96.
- 竹 内 淳 一 (1981 a) 紀伊半島東岸の沿岸湧昇 —南西風(ませ)が吹くと熊野灘沿岸の水は冷たくなる?—, 水試だより(和歌山県) No.92, 7—10.
- 竹 内 淳 一 (1981 b) 紀伊半島東岸の沿岸湧昇, 第12回南海・瀬戸内海洋調査連絡会議事録, 調査研究発表要旨, 神戸海洋気象台.
- 吉 田 耕 造 (1978) 湧昇流研究の展望, 沿岸海洋研究ノート, 15(2), 96—108.
- YOSHIDA K.(1955) *Coastal upwelling off the California coast*. *Records of Oceanog. Works in Japan*, 2(2), 8-20.
- 和 歌 山 県 (1982) 熊野周辺海域総合開発事業報告書(昭和55・56年度), 昭和57年3月.