

# 土佐黒潮牧場1号の物理環境

藤本 實\*・石田 善久\*\*・上岡 一兄\*\*\*

## 1. 研究の背景

資源の効率的利用と漁業経営の安定化を目指して、高知県が新日本製鉄㈱の協力を得てかつお・まぐろ類など高度回遊魚を対象とする鋼製円盤型大型浮魚礁—土佐黒潮牧場1号(黒牧1号: 図1)を試作, 1984年12月に土佐湾の高知市南方40km, 水深550m地点に設置した(図2)。その後黒牧1号の浮魚礁としての耐久性や魚群網集効果などが定期的に反復して調査され(石田, 1987;

上岡ほか, 1988), 1986年12月5日に当初の実験目的を終え, 総点検のため回収された。

浮魚礁漁業として, しいら漬, よこわ漬, かつお漬などが実施されてきたが, 漬の設置が即漁業生産に結びつきやすいこともあって, なぜ浮魚礁に魚群が網集するかについて科学的なメスを入れることがおろそかにされてきた。

そこで黒牧1号の企画が軌道にのった時点から南西海区水産研究所と高知県とが実験期間中を通じて流動環境と海況変動を捉えるよう協議し, 調査船による魚類網集調査時の海洋観測・潮流調査に加え, 黒牧1号設置直後から流速計及び自記式水温計を黒牧1号の浮体から吊り下げ, 回収の直前までほぼ2年間にわたって連続観測を実施した。

この報告はその結果から黒牧1号周辺の経年的な流動特性と, 1986年5~6月に黒牧1号で行われた集中操業(上岡ほか, 1988)前後の海況の特徴をまとめたものである。

報告に当たり, 測器の改良にご助力を得た新日本製鉄㈱相模原技術センター及び調査計画の推進にご助言, 便宜を図って頂いた全国沿岸漁業振興開発協会並びに土佐湾域黒潮牧場構想策定委員会のメンバーの方々, 流速計・水温計の交換作業に絶大な協力を頂いた南西海区水

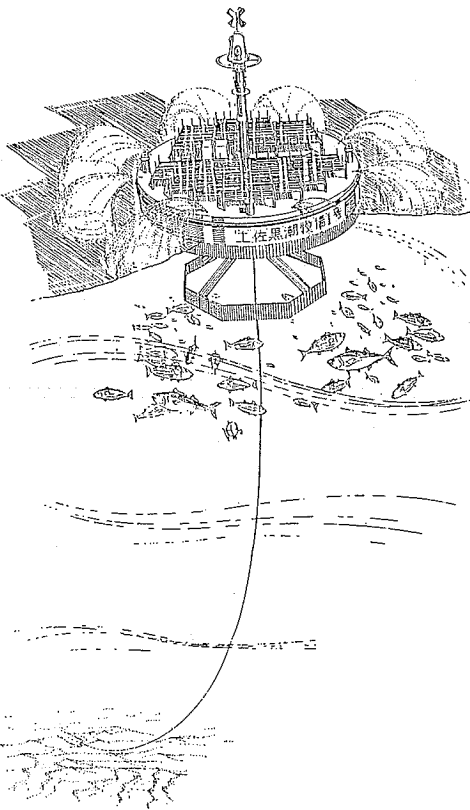


図1 土佐黒潮牧場1号

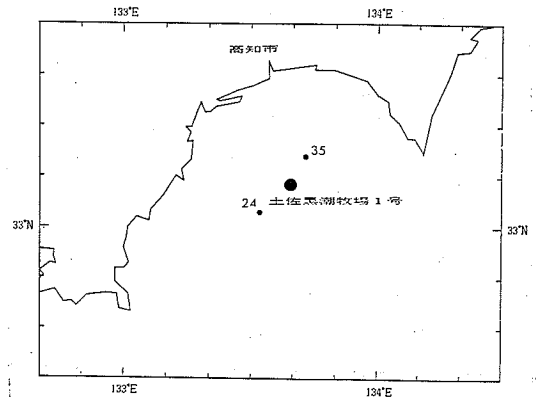


図2 土佐黒潮牧場1号の設置地点(測点24と35は近隣のGEK測定定点を表す)

\* 南西海区水産研究所  
\*\* 高知県庁  
\*\*\* 高知県水産試験場

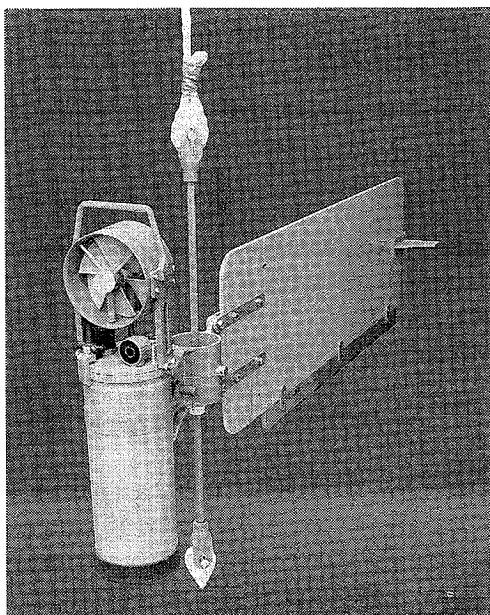


図3 P-RCM型流速計

産研究所こたか丸の乗組員の皆さんに深謝致します。

## 2. 測器と測定方法

1985年2月14日から、アーンデラ流速計(RCM-4型)とデジタル記憶方式水温記録計(DTR-4)を用いて測定を開始した。流速の測定層は水面下5m、水温の測定層は5mと25mで、RCM-4及びDTR-4の設置方法は黒牧1号の吊環(ボラード)から8mmのステンレスチェーンで吊り下げる、いたって簡単な方法である。この方式によると浮体の動揺のため流速の測定結果に誤差が生じる心配があった。そこで、3月の観測でRCM-4型流速計とこれを改良した表層域測定用プロペラー式流速計(P-RCM型; 図3)を併用し、両者の比較を行った。この結果、黒牧1号に吊り下げる方式ではRCM-4型は $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下の弱流と $80\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上の強流の測定には不向きなことがわかったため、4月以降の調査からP-RCM2台を交互に交換しながら測定を継続した。本報で用いた流速データ(測定間隔15分)は全てP-RCMによって得られたものである。

5mと25mにおけるDTR-4型水温計の測定(測定間隔15分)は1986年3月まで継続した。25m深の測定結果は4~5月の季節躍層形成期には躍層が内部波となって激しい深浅変動をするという興味ある現象を捉えていた

が、その他の季節では5m・25m深共ほとんど変化がみられなかった。このため、1986年4月の測定から25m深の水温測定は中止し、5m深の測定はP-RCMの水温測定で代用することにした。

測器の交換・データの取得は1985年中は毎月、1986年はほぼ隔月に実施した。黒牧1号における連続観測は、1986年11月18日で終了した。

## 3. 実験期間中の海況

3-1. 黒潮の変動 1984年7月に黒潮準大蛇行現象(藤本, 1985)が消滅し、その後1986年末にかけて黒潮は直進流路(非蛇行期)で経過した。1985年における四国沖の黒潮は“やや離岸”で安定した流況を示し、1986年に入っても1~4月は安定した接岸状態で経過していたが、7月に都井岬南東沖で発生した黒潮の小蛇行が、過去の例に比べると2分の1程度の速度で四国沖、紀伊半島沖を東に移動し、12月には黒潮大蛇行現象となった。

太平洋岸沿いにゆっくり東進する黒潮小蛇行の推移を図4に示した。この蛇行によって四国沖の黒潮が極端に沖合化し、7~10月にわたって四国周辺の沿岸域は変化の乏しい芒洋とした海況を呈したのが特徴的であった。

土佐湾にカツオが来遊するのは4~6月である。図5・6に1985・1986年4~6月の南西海域主要岬沖における黒潮流軸変動と非蛇行期の主軸平均位置を示した。1985年の黒潮は4月前半に都井岬南東及び足摺岬南沖で一時的な離岸が生じたが、蛇行の東方への伝播はみられず、4月後半~6月における九州東~紀伊半島沖合の黒潮は平年並で変動の少ない安定流路で経過した。

一方、1986年4月後半から5月前半にかけて都井岬南

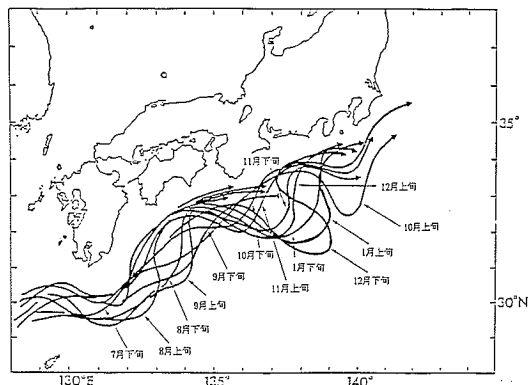


図4 黒潮蛇行の東方波及 1986年7月~12月

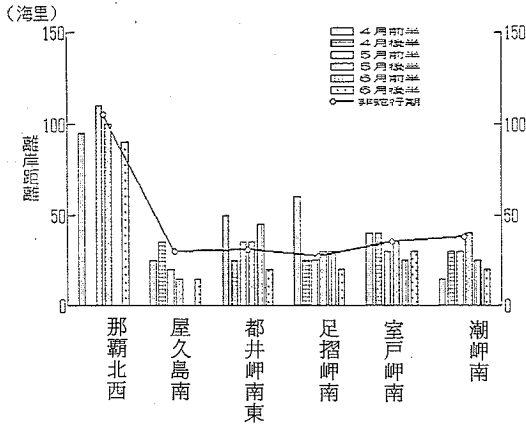


図5 九州南東及び四国沖の黒潮流軸変動  
1985年4～6月

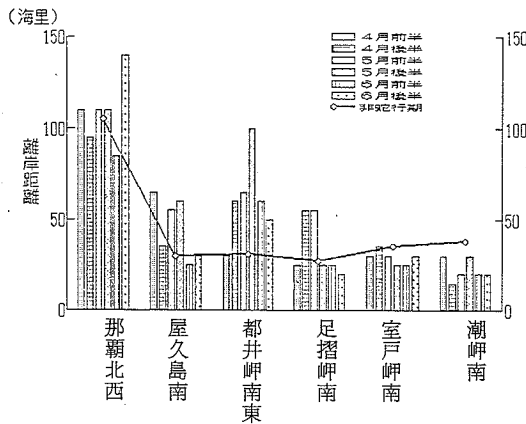


図6 九州南東及び四国沖の黒潮流軸変動  
1986年4～6月

東及び足摺岬南沖の黒潮は大きく離岸し、特に都井岬沖ではその持続期間が長かった。ところが、室戸岬南～潮岬沖合海域の黒潮は平年位置より接岸傾向で経過し、変動が少なかったのが特徴である。

1986年12月以降の大蛇行現象に連なる都井岬沖の蛇行及びその東方波及は7月に始まった。蛇行東方波及の発生に先立って、いかにも前駆現象とも思える黒潮蛇行が九州～四国沖に限って生じるのはそれほど珍しいことではない(藤本ほか, 1985)。

3-2. 流動環境 藤本(1987)は土佐湾及び周辺海域で実施されたGEK観測資料を用いて土佐湾の流動を解析し、土佐湾東部から湾中央沖合部に存在する海流不安定域と土佐湾沿岸沿いに反時計回りに南下する流れが土佐湾の流動の基本形であることを明らかにした。黒牧1

号は海流不安定域の南西端に位置する。また、黒牧1号の北々東6海里点(測点35)及び南西8海里点(測点24)において、1973年から高知県水試によって実施されている月1回のGEK観測から(図7)、黒牧1号周辺が南～南西流の卓越流域であることがわかる。

1985年3～6月及び9～11月と1986年1～11月に黒牧1号で計測した流向・流速の出現頻度(%)を図8・9に示した。

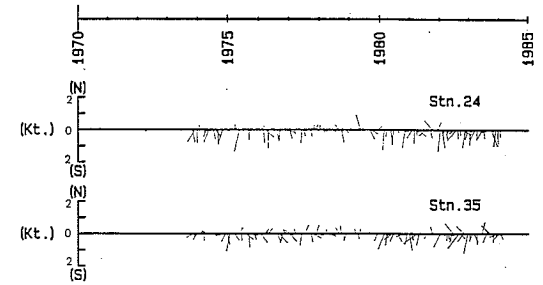


図7 土佐黒潮牧場1号周辺のGEK定点における流向・流速月次変動(測点は図2参照)

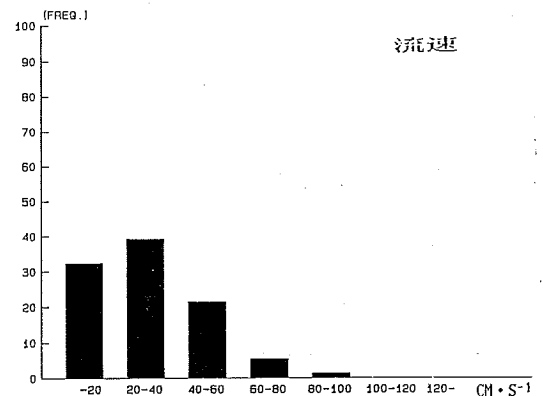
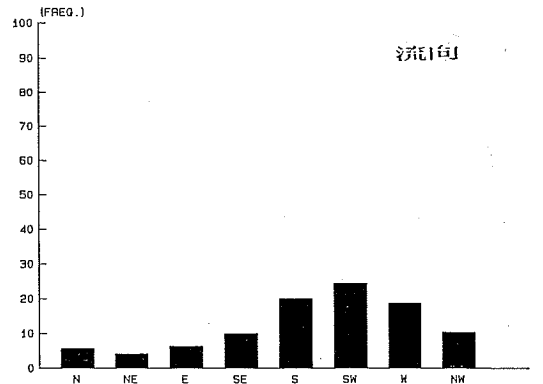


図8 土佐黒潮牧場1号周辺の流向・流速出現頻度(%) 1985年3～6月, 9～11月

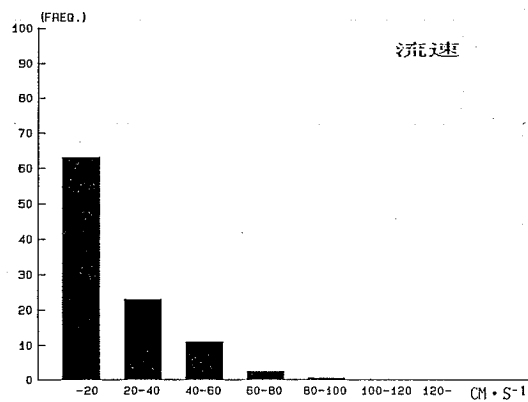
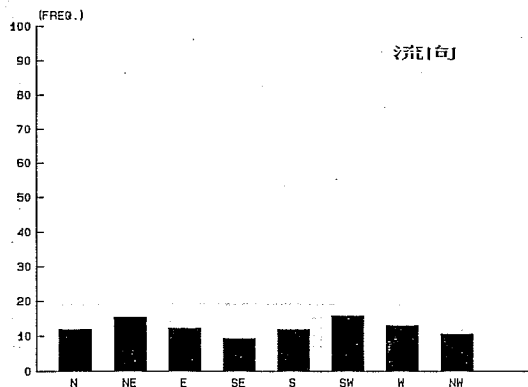


図9 土佐黒潮牧場1号周辺の流向・流速出現頻度(%) 1986年1~11月

1985年は南～西向きの流れが卓越し、流速も20~40 cm・s<sup>-1</sup>にモードがあったのに対し、1986年は特に卓越した流向は出現せず、流速も20cm・s<sup>-1</sup>以下の弱い流れで終始したのが特徴である。これは、1986年中は黒潮が沖合に遠ざかる期間が長く、多くを黒潮系水の貫入に依存する土佐湾特有の海水流動(藤本, 1987)が発達しにくかったためと思われる。

流向・流速の出現頻度をカツオ来遊期の4~6月に限ってみると、1985年、1986年共に南～西向きの流れが卓越し、両年の流動に差はみられない。20cm・s<sup>-1</sup>以下、20~40cm・s<sup>-1</sup>の流速の出現率は1985年がそれぞれ34%, 40%, 1986年が49%, 28%で、1986年は1985年に比べると全般的に弱流で経過した。40cm・s<sup>-1</sup>以上の流速の出現率には、両年に違いがみられなかった。

#### 4. 集中操業時の海洋環境

4-1. 黒牧1号付近の流動 図10に、カツオ、ヨコワなどが網集した1986年5月16日~6月10日を含む5月1日~6月20日の流向、流速、水温の時系列を示した。

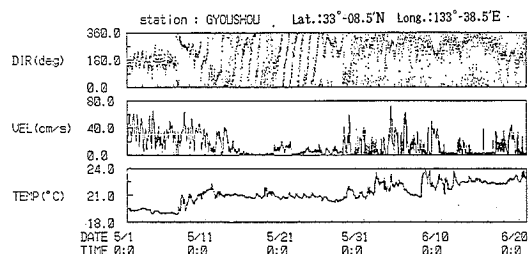


図10 土佐黒潮牧場1号周辺の流向・流速と水温変動 1986年5月1日~6月20日

5月1日から8日にかけて、南流が持続していた。その後、急速に北流に転じ3日半ほどかけて徐々に反時計回りに流向が変化した。

12日から26日にかけて、黒牧1号周辺の流れはほぼ1日周期の規則正しい時計回りの流動で推移したが、27日以降は南々西~西~北流となった。

流速は5月1日から8日にかけて15~60cm・s<sup>-1</sup>で変動していたが、急速な北流の出現及び反時計回りの転流と共に徐々に流速が減少し、15日頃からほとんど微弱流状態となった。微弱流状態は20日頃から20cm・s<sup>-1</sup>程度の弱流に転じたが、この弱流状態は時計回りの流動が終了した27日以降もみられ、29日まで持続した。

30日から流速は10~60cm・s<sup>-1</sup>の間でかなり大幅に変化しつつ6月10日に至った。

黒牧1号における漁獲は5月16日~6月10日にみられた。この期間における流動は時計回りで微弱流であった5月16日~29日と、西~北流で弱流であった29日~6月10日に大きく分けることができる。そして、微弱流期にはカツオ・キハダ幼魚主体、弱流期にはカツオ・ヨコワ主体(上岡ほか, 1988)と、集中操業期間中において網集魚種に相違があったことが注目される。

4-2. 黒牧1号付近における水温変動 5月1日から8日にかけて黒牧1号周辺の水温は19°Cで経過していた(図10)。この水温はカツオの適水温よりやや低い。8日頃、水温がカツオの適水温の20~21°Cに急上昇した。これは流れの北転時と一致し、黒潮系水の貫入を示唆している。水温の記録から黒潮系水の貫入は一日周期で2回生じたと思われる。水温は4日後に22.5°Cの高極に達した後21°C前後で推移した。

18日から19日にかけて、第2波の黒潮系水の貫入があった模様で、この時期に黒牧1号周辺の規則正しい時計回りの流れに乱れが生じている。

水温はその後も21°C前後で経過していたが、29日か

土佐黒潮牧場 1 号の物理環境

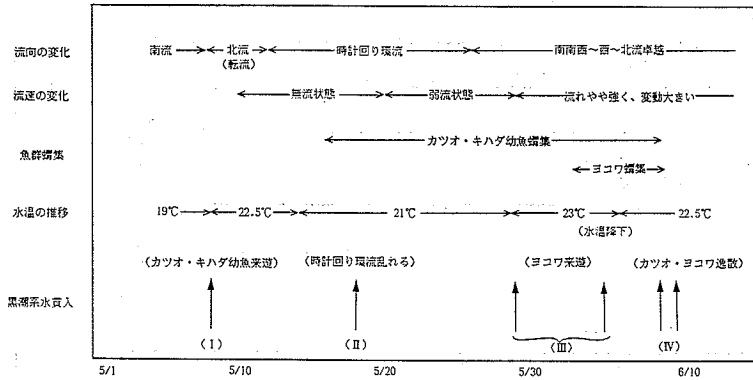


図11 土佐黒潮牧場 1 号周辺の流向・流速・魚群蝟集・水温変動及び黒潮系水貫入の相関 1986年 5 月 1 日～6 月 15 日

ら 6 月 4 日にかけて断続的に黒潮系水の貫入があり、水温は一時 23°C に達した。これを契機に黒牧 1 号周辺の流れが一変し、また、流れもやや強くなった。

黒潮系水の貫入の終了と共に水温は徐々に降下し、6 月 6 日には 21°C にまで達したが、7 日から 8 日にかけて再び強烈な黒潮系水の貫入が生じた後は 22.5°C で推移した。

図11に測流結果、測温結果、魚群の来遊状況及び水温の変化から推測した黒潮系水の貫入の相互関係を示した。

黒潮系水貫入 (I) によってカツオ・キハダ幼魚が土佐湾海域に来遊、約 1 週間後に黒牧 1 号に蝟集、集中操業が開始された。黒潮系水貫入 (III) によりヨコワが黒牧 1 号に添加、漁況の変化が起こり、黒潮系水貫入 (IV) によって、カツオ、ヨコワが共に土佐湾海域から逸散したとする仮説を立てることができる。しかしながら、黒牧 1 号は今までに科学調査体制の行届いた浮魚礁であった割には、流向、流速、水温変動、魚群の蝟集状況、漁獲量などが微妙に食違っており、現有のデータからこれらの因果関係を総合的に解説するまでには至っていない。

黒牧 1 号など高度回遊魚を対象とする浮魚礁にいつ、どのような海況の時に魚群が蝟集したかを知り、浮魚礁の設置効果、集魚効果を高めていくためには、黒牧 1 号で行った類の環境調査に加え、更に魚群の蝟集を試験操業など人為的影響の及ばない客観的な方法、例えば魚探の常時稼働などで捉えていく方法を講じていく必要がある。

4-3. 衛星画像からみた黒潮系水の土佐湾への貫入 (カツオの来遊) と黒潮の変動 図12は土佐湾へのカツオ・キハダ幼魚群の来遊をもたらしたと思われる 5 月 10

日の黒潮系水貫入 (I) から 2 日たった 12 日の NOAA AVHRR 画像をドットパターンで表したものである。図中で四国沖合に黒く示されているのが黒潮系沖合水 (黒潮? : 現在の画像解析技術では画像データから黒潮を継続して追跡するのは難しいため、黒潮水に限りなく近い水塊という意味でこの表現を用いている) で、足摺岬沖でやや離岸しているが、その後北東に分布を変え、室戸岬沖で接岸している。室戸岬沖から土佐湾の中央部に伸びるやや色の薄い部分が黒潮系水の貫入である。このようなパターンは土佐湾ではそれほど珍しくはないが、紀伊水道外域西部沖に分布する黒潮系沖合水の転向域西側から派生していることに注目されたい。

図13はカツオ・キハダ幼魚群が黒牧 1 号で漁獲され始めてから約 1 週間後の 5 月 21 日の衛星画像である。12 日に紀伊水道外域西部沖にあった黒潮系沖合水の転向域は更に東に移動し、室戸岬沖で黒潮系沖合水は沖寄りに分布している。土佐湾に貫入した黒潮系水は湾全域に広がり、黒潮系沖合水からは孤立した状況となっている。

図14はカツオ・ヨコワが急激に黒牧 1 号から逸散する直前の 6 月 8 日の衛星画像である。黒潮系沖合水は足摺岬沖に近接して分布し、室戸岬沖で大きく離岸している。土佐湾は全般的に沿岸水で被われ、黒潮系水の色合の強い混合水が黒潮系沖合水沿いに沖合に流出している様子が見える。

以上の経過から、黒牧 1 号における魚群蝟集直前に黒潮系沖合水の転向域が室戸沖に出現し、そこから派生した黒潮系水がカツオを土佐湾内に運び込み、魚群逸散直前には黒潮系沖合水の転向域が足摺岬に出現、混合水と共にカツオを東の海に運び去ったという一連の過程が推察できる。

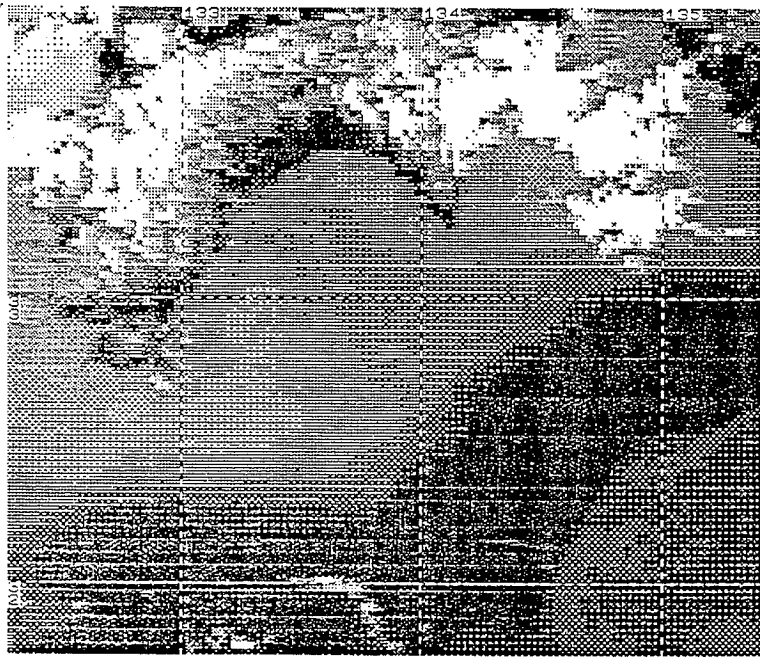


図12 NOAA 画像 1986年 5月12日

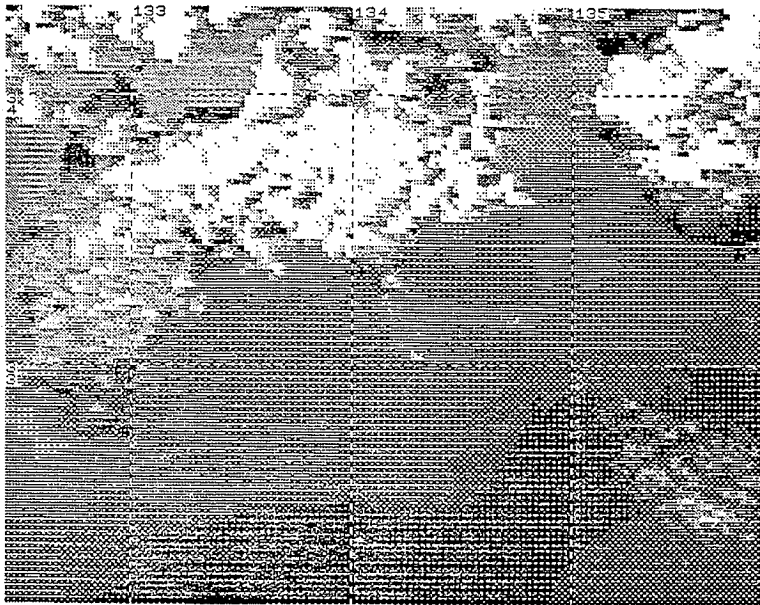


図13 NOAA 画像 1986年 5月21日

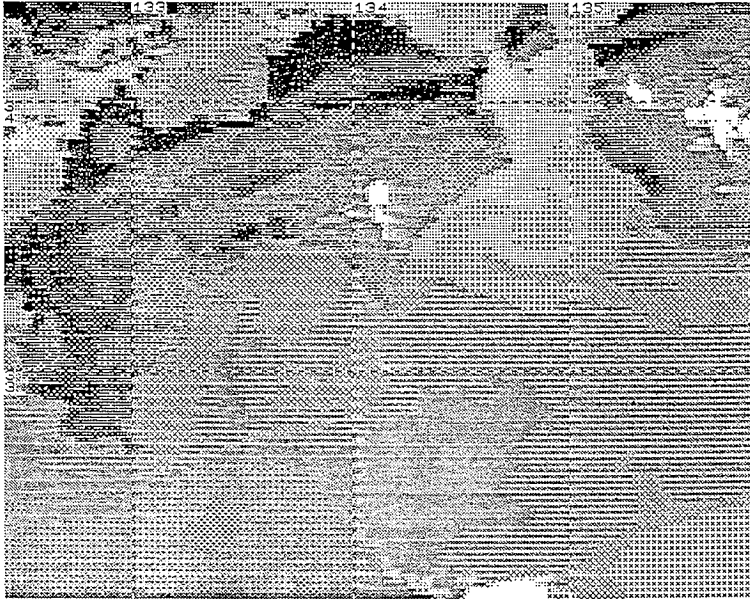


図14 NOAA 画像 1986年6月8日

黒潮蛇行の転向域付近で黒潮系水が沿岸域に派生・滞留したり、沿岸水が黒潮に取込まれる現象は、標識ブイの漂流実験（蓮沼，1978）やアルゴスブイの追跡調査（西田，1978）などから明らかにされている。また、藤本（1984）は転向域の西側では黒潮が黒潮系水を沿岸域に派生し、転向域の東側では黒潮が沿岸水を取込む機能があるようで、この機能は黒潮の卵・稚仔輸送拡散機構として重視すべきことを提言している。同様な過程がカツオなど高度回遊性浮魚類の土佐湾への来遊に一役買っていると思われる現象を把握できたことは大きな成果であった。

黒牧1号は1986年12月総点検のため回収されたが、近い将来に漁海況情報収集伝達機能を兼ね備えた大型魚群鰯集浮魚礁—土佐黒潮牧場1号として再生することが検討されている。

#### 文 献

- 藤本 實（1984）黒潮大蛇行と南西海域の黒潮変動．南西水研ニュース，31，2—4．
- 藤本 實（1985）黒潮蛇行1981について．南西水研研報，19，87—97．
- 藤本 實・百田方子・坂本久雄・中川倫寿（1985）南西海域の黒潮主軸変動について．南西水研研報，19，99—109．
- 藤本 實（1987）土佐湾に出現する海水流動の型と流れの安定度．海と空，62，4，127—140．
- 蓮沼啓一（1978）切離された海洋輪の黒潮への接合．黒潮大蛇行と大冷水塊 その消長と予測に関する研究，昭和52年度文部省科学研究費 研究報告書，76—80．
- 石田善久（1987）土佐湾域黒潮牧場構想と今後の展開．水産土木，23（2），33—42．
- 上岡一兄・藤本 實・石田善久（1987）黒潮牧場1号の魚群鰯集効果．水産海洋研究会報，52，63—68．
- 西田英男（1978）衛星追跡ドリフターによる観測．黒潮大蛇行と大冷水塊 その消長と予測に関する研究，昭和52年度文部省科学研究費 研究報告書，81—90．