

水産資源管理談話会報

第 14 号

日本鯨類研究所 資源管理研究所

1995年10月

目次

お知らせ	2
「東北海区のカツオ漁獲量の 予測について」	櫻本和美 (東水大) 3
「太平洋のカツオ資源」	小倉未基 (東北区水産研究所) 13
「回遊魚群の行動とBiological index」	二平 章 (茨城県水産試験場) 20

財団法人 日本鯨類研究所
資源管理研究所

〒104 東京都中央区豊海町4-18 東京水産ビル

TEL 03-3536-6521

FAX 03-3536-6522

お知らせ

大変遅れましたが、水産資源管理談話会報14号をお届けします。本号は、平成6年12月2日に「カツオ資源の研究の現状と課題」というテーマの下で開催された第15回談話会の記録です。櫻本和美、小倉末基および二平 章の3氏の話題が納められています。3氏それぞれの考えに基づいたカツオ資源の話を拝聴し、統一すればおもしろい仮説が生まれるのではないかと、思いました。

なお、第19回談話会は平成7年11月頃に開催する予定です。

(北原 武)

東北海区のカツオ漁獲量の予測 について

— 異常年の予測を如何に行なうか!? —

東京水産大学

桜本和美

1. はじめに

漁獲量を漁期前に予測することは資源管理を行う上でも、また、経済的観点からもきわめて重要である。東北海区(図1)で漁獲されるカツオ(*Katsuwonus pelamis*)の漁獲量予測は東北水研、茨城水試を中心に、遠洋水研および関係する太平洋側の水産試験場等により行われている。予報会議は普通6月上旬に行われ、その年の漁獲量、主体となる漁獲物の銘柄、漁場形成位置、漁場位置の推移、海況等を予測している。漁獲量予測は主として漁期初めの5月に漁獲されたカツオの平均体長や平均肥満度などの生物情報と過去の漁獲量から推定された再生産関係などを用い重回帰分析などにより行われている。過去の予測結果は概ね良好であったが、1984年の漁獲量は予測を大きく上回った。その後、いろいろな予測方法が検討されてきたが、今のところ1984年がうまく再現できるような予測方法は確立されていない。その結果、1984年は異常年として特別に取り扱われ、予測を行う場合も1984年のデータは除外されることが多い。ところが、最近では、1980年代前半までに比べ予測の外れが大きくなってきた。特に1993年の漁獲量予測は大きく外れ、予測値の約2倍もの漁獲があった。このように1984年の再来とも言うべき予想外の大量漁獲が生じたため、再び異常年の予測を如何に行うかという問題がクローズアップされるようになった。本研究の目的はこれら異常年について検討し、それらの予測が可能となる方式を開発することにある。

2. 予測すべき漁獲量について

現在の予報会議では東北海区主要11港の竿釣り鮮魚の水揚げ量の予測を行い、その予

測値を漁獲成績報告書に変換するという方式が取られている。前者には東北海区内でまき網漁業により漁獲されたカツオ漁獲量は含まれていない。まき網漁業はクロマグロなどのマグロ類を主な漁獲対象としており、まき網漁業によるカツオの漁獲量はクロマグロ等の漁況に大きく左右される。したがって、まき網漁業によるカツオの漁獲量はカツオの来遊資源量を正しく反映しないとの観点から、まき網漁業による漁獲量を直接的な予測対象から除外している。

図2は東北水研により集計された「東北海区漁獲量と漁況海況および魚体との対応」(浅野、1994)および二平(私信)をもとに東北海区主要11港のカツオ鮮魚の水揚量を竿釣り漁業とまき網漁業それぞれについて示したものである。1980年代前半まではまき網漁業の漁獲量の両漁獲量合計に占める割合は2～3割程度であったが、1980年代後半からは5割程度を占めるように変化していることがわかる。このことは東北海区の水揚量の予測を行なう場合に、不確定要素は大きいものの、まき網漁業による漁獲量も予測対象とせざるをえなくなってきたことを示している。既に述べた理由により、現行のカツオ予報会議ではまき網漁業の漁獲量を除いた漁獲量を直接的な予測対象としている。しかし、このことがかえって異常年(漁獲量が平年に比べ異常に多い年、次節でさらに説明する)の予測を困難にし、予測精度が近年悪くなってきた原因とも考えられる。以上のことから、本研究ではまき網漁業による漁獲量を含めた東北海区主要11港の水揚量(鮮魚)を東北海区主要11港の水揚量と定義し予測対象とした。

3. 異常年とは

1984年のように漁獲量が異常に多い年(通常の2倍程度の漁獲がある年)、を異常年と定義する。

さて、予測が大きく外れ問題となった1993年について考える。図2を見ると東北海区主要11港の竿釣り鮮魚の水揚げ量は平年並あるいは平年よりやや多い程度であり、かならずしも予測が大きくはずれたとは言えない(平年よりやや低いと予測していた)。しかし、1993年にはまき網漁業による漁獲量が例年になく多く、竿釣り漁業と同程度の漁獲があった。このことが結果的に予測が大きくはずれる結果を招いたと考えられる。すなわち、来遊資源量は不確定な要素は多いものの、まき網漁業による漁獲量を含めた東北海区主要11港の水揚量(鮮魚)により正確に反映されると考えられる。そのような観点から図2を見ると、従来から言われていた1984や1993年ばかりでなく、1988年や1991年も異常年として扱うべきであることもわかる。以後、1984、1988年、1991年および1993年を異常年と定義し、解析をすすめることにする。

4. 異常年の指標となる現象を探す

まき網漁業による漁獲量を含めた鮮魚水揚量を予測対象とすることによって、極めて面白い現象に気がついた。図3は千葉県内の主要漁港に於いて曳縄漁業により漁獲されたカツオの漁獲量（1月から6月までの合計）を示したものである（川島、1994）。驚くべきことに、図2の東北海道主要11港の漁獲量変動と図3の千葉県でのカツオの漁獲量変動とは極めてよく一致している。すなわち、1984年、1988年、1991年、および1993年の漁獲量は共に非常に高く、1981年、1985年、1989年、および1992年の漁獲量は共に非常に低い。1990年のみが異なっており、千葉県では平年より漁獲が多かったにもかかわらず、東北海道では少なかった。その他の年についても両者の変動傾向はよく一致しており、1979年から1993年までの15年間で両者の変動傾向が大きく異なった年はわずかに1990年1年のみである。実際、両者の相関係数は0.86（奇与率0.73）と極めて高い（図4A）。

現在、日本近海に來遊するカツオの回遊経路として大きく4つのルートが考えられている（浅野、1994）。そのうち東北海道のカツオ漁獲量に関係するルートとしては太平洋亜熱帯海域より伊豆諸島に添って北上し、房総沖に達するルートが考えられている（図1の太い矢印）。したがって、房総沖でのカツオの漁獲量と東北海道でのそれとが真に高い相関関係をもつ可能性は十分に考えられることである。

川島（1994）はさらに2つの面白い関係を示唆している。第一は、上記千葉県でのカツオの漁獲量が多い年は、千葉県内の主要漁港に於いて漁獲されるカツオの初漁日が早い傾向がみられること、また、第二には2月から5月にかけての黒潮流型と千葉県でのカツオの漁獲量との間に何らかの関係があることである。これらのことはすなわち、千葉県での初漁日および、2月から5月にかけての黒潮流型のパターンが東北海道のカツオの漁獲量の変動とも何らかの関係をもつことを意味している。なぜならば、東北海道主要11港の漁獲量変動と千葉県でのカツオの漁獲量変動とは極めてよく一致しているからである。

さらにもう少し詳しく検討しよう。表1は2月から5月にかけての黒潮流型を示したものである（川島、1994、図1より作成）。表1で「AAAA」と記載されている年は2月から5月までずっとA型であったことを、また、「D B N N N」と記載された年は2月がD型で、3月上旬はB型、中旬からN型に変化し、4月、5月はそのまゝN型で推移したことを示している。異常年と考えられる1984、1988、1991、1993年を見るとC型、B型、N型の場合が多く、異常年と黒潮流型との間に何らかの関係が

ありそうである。次節において上記変量を数量化することを試みる。

5. 変量の数量化を行う

まず最初に以下の方法によって黒潮流型を数量化した。すなわち、黒潮流型 X ($X=A, B, \dots, W$) が東北海区主要11港の水揚量に与える効果をスコア N_x とする。1ヶ月の間に黒潮流型が変化した場合はそれぞれのスコアを平均する。2月から5月までのスコアの合計と東北海区主要11港の水揚量との相関係数がもっとも高くなる各々のスコア N_x を求める。簡単のため、 N_x はそれぞれ1、2、...、10までの範囲の整数を与え、その中から最適な組み合わせを選ぶ方法により決定した。

結果を表2に示した。表2には計算に用いるデータの範囲によって4つのケースに分けてスコアを推定した。すなわち、1977-1990、1977-1991、1977-1992、および1977-1993の4つの期間について推定した結果が示してある。ただし、最後の2つの期間では推定値が一致した。このように期間を変えてスコアを推定する目的は、黒潮流型に対して推定したスコアの安定性を調べることにある。すなわち、黒潮流型が東北海区主要11港の水揚量に与える効果が普遍的であると見なせるか否かを判定する一つの材料を得るためである。表2を見るとA型、B型、C型、W型については1992年および1993年のデータを含めて推定した場合と除外して推定した場合とで推定されるスコアが極端に異なることはないが、D型、N型は使用するデータの期間によって推定結果が大きく異なることがわかる。このことは、D型、N型は1991まではほとんど現われなかったためと解釈できる。推定したスコア(表2)と東北海区主要11港の水揚量との相関係数は0.76(寄与率0.58)であった(図4C)。以上のことから黒潮流型は東北海区主要11港の漁獲量予測のよい指標として利用できることがわかる。

また、初漁日については1月上旬、中旬、下旬、2月初旬、...、をそれぞれ順に1、2、3、...と番号を割当て数量化した(図4B)。初漁日と東北海区主要11港の水揚量との間には逆相関が認められた(相関係数-0.67、寄与率0.45)。

6. 予測モデル

以上のことから本研究では数量化された千葉県でのカツオ漁の初漁日(X_1)と1月から6月に千葉県で曳縄漁業により漁獲されるカツオの漁獲量(X_2)および、推定した黒潮流型のスコア(X_3)とを東北海区のカツオ漁獲量(C_t)の予測に用いることとし、以下に示す3つ予測モデルについて検討した。

$$c_t = a_0 + a_1 x_{i,t}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

$$c_t = a_1 x_{i,t} + a_2 x_{j,t}, \quad i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3, i \neq j \quad (2)$$

$$c_t = a_1 x_{1,t} + a_2 x_{2,t} + a_3 x_{3,t} \quad (3)$$

(2)、(3)式で表されるモデルについては定数項を含めた場合についても検討したが、結果は定数項を除いた場合に比べあまりよくないので、ここでは省略した。

予測は以下の手順で行った。1988年の東北海区の漁獲量を予測する場合は、1979年から1987までのデータを用い回帰係数を推定する。求めた回帰モデルに1988年における説明変数の値を代入し、1988年の東北海区での漁獲量を予測する。以下同様にして1995年までの予測を行なった。

予測結果の比較を行うために以下に示す観測値と予測値の偏差二乗和を計算した。

$$SS = \sum_i (C_t - \hat{C}_t)^2 \quad (4)$$

7. 予測結果

予測結果を表3に示した。7つのモデルのうちもっともSSの値が小さかったのは千葉県の漁獲量 x_2 のみを説明変数とする単回帰モデルであった。また、説明変数が2つ以上の (x_1, x_2) 、 (x_2, x_3) 、および (x_1, x_2, x_3) を用いた重回帰モデルも同様に低いSSの値を示した。すなわち、説明変数として千葉県の漁獲量 x_2 を含むモデルはいずれも小さいSSの値を示した。SSの値がもっとも小さかったモデルによる予測結果を図5に示した。SSの値が低かった他の3つのモデルも予測結果は図5とほとんど同じであった。図5をみると、異常年と考えられる1988年、1991年および、1993年は概ねよく予測されていることがわかる。しかし、1990年の予測は大きく外れている。この外れは説明変数に黒潮流路のパターンや初漁日の情報を加えた他のモデルにおいても同様であった。

8. 考察

以上の解析結果は東北海区主要11港の水揚量の予測がわずか3つの要素、すなわち、2月から5月までの黒潮流型と1月から6月までの千葉県での曳縄漁業による漁獲量および初漁日によって、ほぼ実用的な精度で予測が可能であることを示している。このことは予測が難しいと考えられる異常年の漁獲量に対しても例外ではない。特に、千葉県

での曳縄漁業による漁獲量は東北海区の漁獲量予測にとって極めてよい指標となっていることがわかる。ただし、後者の2つの変数については、千葉県での操業形態（曳縄船の数や規模、操業海域等）にあまり大きな変化がないということが大きな前提になっている点には注意する必要がある。なぜなら、上記2つの変数は人為的影響等を受けやすく、将来ともよい指標であるという保証がないからである。これに対して、黒潮流型の方は自然現象であり、人為的影響を受けないことから将来にわたってよい指標となりうる可能性があると考えられる。

ここで問題となるのは、それではなぜ、2月から5月までの黒潮流型が6月以降の東北海区の漁獲量予測のよい指標となりうるのか、それは単なる偶然なのか否かという問題である。そのメカニズムについての詳細な検討は今後の研究を待たざるを得ないが、ただ一つの可能性として次のようなことが考えられる。一般に、黒潮流型が漁場形成に大きく関与していることについてはいろいろ指摘されている。しかし、ここで示したケースは2月から5月までの黒潮流型が6月以降の東北海区の漁獲量予測の指標となりうることを示しており、黒潮流型が漁場形成を規定し、漁獲量変動に直接影響を与えているとは考えにくい。むしろ黒潮流型は大平洋の海洋状態のいろいろな変化を総合的に反映する一つの指標になっているのではないかと考える方が無理がない。すなわち、黒潮流型がC型やB型、N型になるような海洋条件のときは（あるいはその数年前は）、カツオ資源そのものにとってもよい海洋条件であり、来遊するカツオ資源の豊度そのものが高いのではないかとということである。換言すれば、「黒潮流型が直接カツオ漁獲量の増大に関与しているのではなく、黒潮流型がカツオ漁獲量の増大をもたらす海洋条件の指標になっている」という仮説である。

その論拠の一つは地球規模で海洋構造に影響を与えると考えられるエルニーニョと黒潮大蛇行（A型）との関係である。寺本（1977）は黒潮大蛇行が発生して4.2年後にエルニーニョが起こる可能性を示唆している。また、Jacobs *et al*（1994）もエルニーニョと黒潮続流のパターンとの間に10年スケールで関連があることを指摘している。実際にここで定義した異常年の1.5年から2年前にはエルニーニョの発生が認められる。第二の論拠として、遠洋カツオ一本釣り漁業および海外まき網漁業におけるCPUEの経年変化（田中有、西川康夫、1994）を上げることができる。図6は上記報告書の図2、図4を一部加筆し転載したものである。図6をみると上記で定義した異常年は、1984年の海外まき網の場合を除いていずれも際だって高いCPUEを示している。このことは、異常年と考えられる1984年、1988年および1991年は東北海区の漁獲量のみが多かったのではなく、広く南太平洋までを含めたかなり大きな海域にわたって漁獲量が多かったこ

とを示しており、上記異常年では資源豊度そのものが大きかったものと考えられる。もちろんこの見解の妥当性についてはさらなる検討が必要であるが、いずれにしても、カツオ資源の変動を明らかにするためには、広く南太平洋までを含めた広範な海域での海洋構造との関連を重視する必要があるだろう。

談話会ではファジィ・ロジックを用いた予測方式についても言及した。しかし、本研究のポイントは、見いだされた現象相互の興味深い相関関係であり、手法の相違による予測精度の差は二次的な問題である。手法相互の比較は別の機会にゆずることとし、ここでは割愛した。

9. 文献

- 浅野政宏：東北海区漁獲量と漁況海況および魚体との対応。平成6年度カツオ資源会議報告。東北水研。121 (1994)。
- G. A. Jacobs, H. E. Hurlburt, J. C. Kindle, E. J. Metzger, J. L. Mitchell, W. J. Teague, and A. J. Wallcraft: Decade-scale trans-Pacific propagation and warming effects of an El Nino anomaly, *Nature*, 370, 360-363(1994).
- 川島時英：平成5年度カツオ漁況の経過。平成6年度カツオ資源会議報告。東北水研。24-28 (1994)。
- 田中 有、西川康夫：近年に於ける南方カツオ漁業の動向と、CPUEの推移(2漁業種)。平成6年度カツオ資源会議報告。東北水研。157-166 (1994)。
- 寺本俊彦：海洋の物理。永田豊。ブルーバックス、講談社。東京(1981) p204より引用(1977)。

表 2 黒潮流型を数値化したときのスコア。東北海区主要11港のカツオ鮮魚水揚量との相関がもっとも高くなる値をスコアの推定値とする。

期間 1 (77-90)	期間 2 (77-91)	期間 3 (77-92), (77-93)
A = 6	A = 5	A = 8
B = 5	B = 4	B = 8
C = 10	C = 10	C = 9
D = 9	D = 6	D = 1
N = 2	N = 1	N = 10
W = 3	W = 1	W = 3

表 1 2月から5月に観測された黒潮流型の経年変化と千葉県に於いて愛知県産に
より漁獲されるカツオの初漁日 (川島, 1994, 図1より作成)。A、B、C
はそれぞれ、上旬、中旬、下旬を示す。

Year	黒潮流路のタイプ				初漁日
	Feb.	Mar.	Apr.	May	
1977	A	A	A	A	
1978	A	A	A	A	
1979	A	A	A	A	Apr. A
1980	B	BC	C	C	Mar. C
1981	D	BN	N	N	Apr. A
1982	C	CB	B	BC	Apr. A
1983	BC	C	CB	B	Mar. B
1984	C	C	C	C	Feb. C
1985	B	C	C	CB	Mar. C
1986	N	CDWC	C	C	Apr. A
1987	A	A	A	A	Mar. C
1988	B	CB	BC	BC	Jan. C
1989	C	CDW	CN	N	Mar. A
1990	A	A	A	A	Mar. B
1991	C	C	C	C	Feb. B
1992	N	N	NBD	CDN	Mar. B
1993	N	NNB	BBC	C	Mar. A

表 3 説明変数の組み合わせと予測結果。表中の数値は予測値と実際の漁獲量との
偏差2乗和 ($\times 10^4$) を示す。X₁、X₂、X₃はそれぞれ、千葉県でのカツ
オ漁の初漁日、1月から6月に千葉県で愛知県産により漁獲されるカツオの
漁獲量および、黒潮流型を示す。

説明変数	SS の値
X ₁	5004
X ₂	1787
X ₃	3127
X ₁ 、X ₂	1894
X ₂ 、X ₃	1950
X ₁ 、X ₃	2768
X ₁ 、X ₂ 、X ₃	1984

● Angling — Total catch

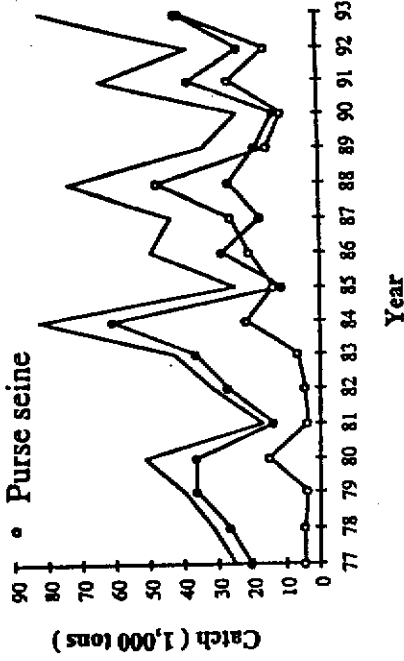


図2 東北海区主要11港のカツオ鮮魚水揚量の経年変化。黒抜きの太線は竿釣り漁業の漁獲量を、白抜きの実線はまき網漁業による漁獲量を、実線は両者の合計をそれぞれ示す。

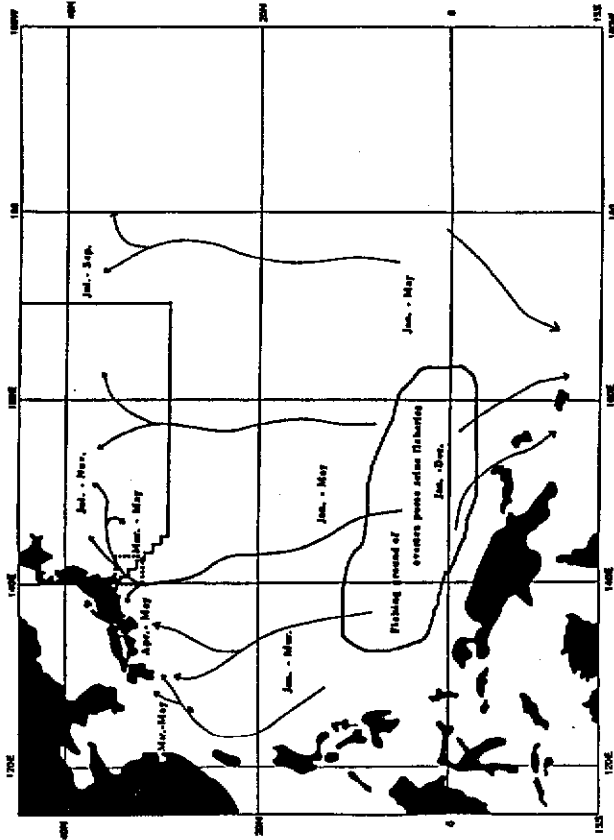


図1 東北海区の定義 (30° N - 170° Eの太線で囲ったところ) と日本近海への4つの回遊経路 (浅野、1994)。太い点線で囲った海域は千葉県の大網漁業によるカツオ漁獲を示す。

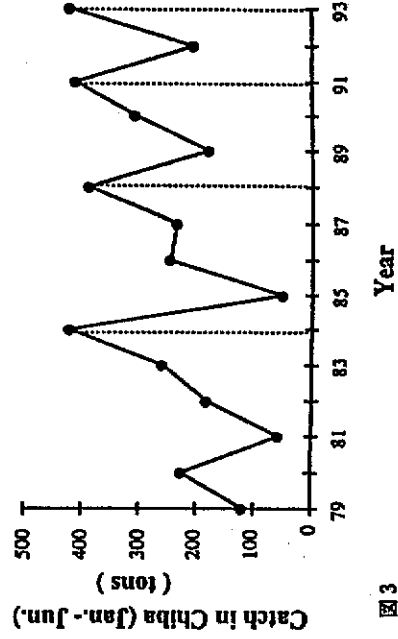


図3 千葉県の主要漁港に1月から6月までに水揚げされた大網漁業によるカツオ漁獲量 (川島、1994 表1から作成)。

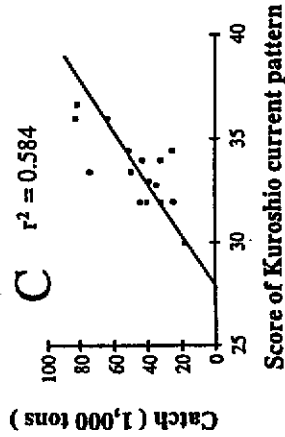
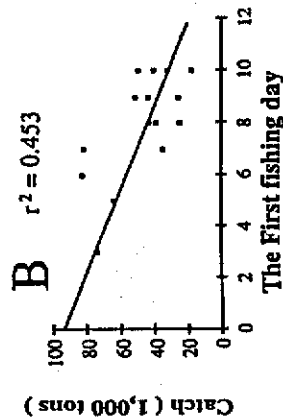
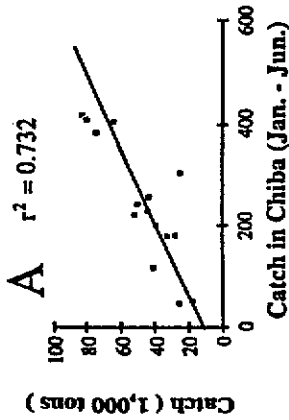


図4 東北沿岸主要11港のカツオ鮮魚水積量(まき網漁業による漁獲量を含む)と(A)千葉県において漁獲されたカツオの漁獲量、(B)初漁日(数量化した値)、および(C)黒潮流路のパターン(数量化した値)との関係。

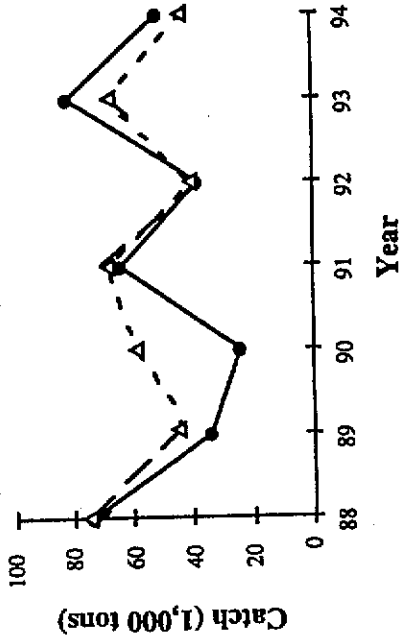


図5 千葉県において曳網漁業により漁獲されたカツオの漁獲量を説明変数とする単回帰モデルによる予測結果(外挿したもの)。●：漁獲量、▲：予測値

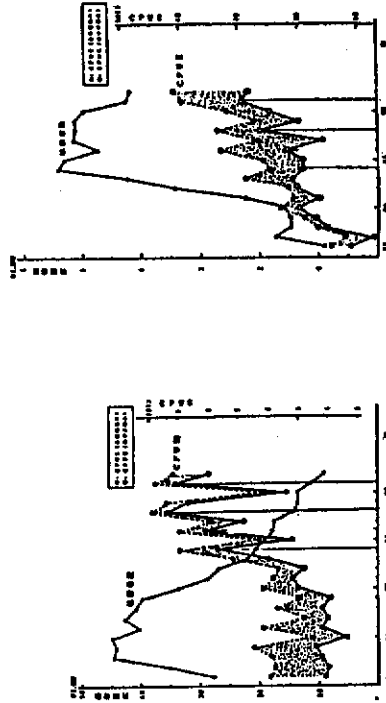


図2 遠洋かつお一本釣り漁業におけるCPUEの経年変化
図4 海外まき網漁業におけるCPUEの経年変化

図6 遠洋カツオ一本釣り漁業および海外まき網漁業におけるCPUEの経年変化(田中有、西川康夫(1994)の図2、図4を一部改変して転載)。図中の縦の線は左から順に、1984年、1988年、および1991年を示す。

太平洋のカツオ資源

小倉 未基 (東北区水産研究所)

はじめに

日本人にとってカツオは古代から利用してきた魚種の一つであり、19世紀後半には既に帆船や手漕ぎ船で約2万トンを漁獲していた。20世紀に入って漁船の動力化の進展に伴い、漁場は近海から沖合いへと拡大し、第二次世界大戦直前には南方海域にも出漁するようになり漁獲量も10万トンに達するまでになった。戦後、カツオ・マグロ漁業は他漁業に先駆けて復興・漁場の拡大が行われ、南方竿釣り漁場・南方まき網漁業の開発等、発展を続けてきた。しかし、200海里体制による入域問題や漁価の低迷、漁業経営の悪化等の問題をかかえるにいたっている。ここでは、太平洋のカツオ資源の利用状況と研究について簡単に紹介する。用いた資料は、主にFAO、SPC(南太平洋委員会)、日本の農林統計である。

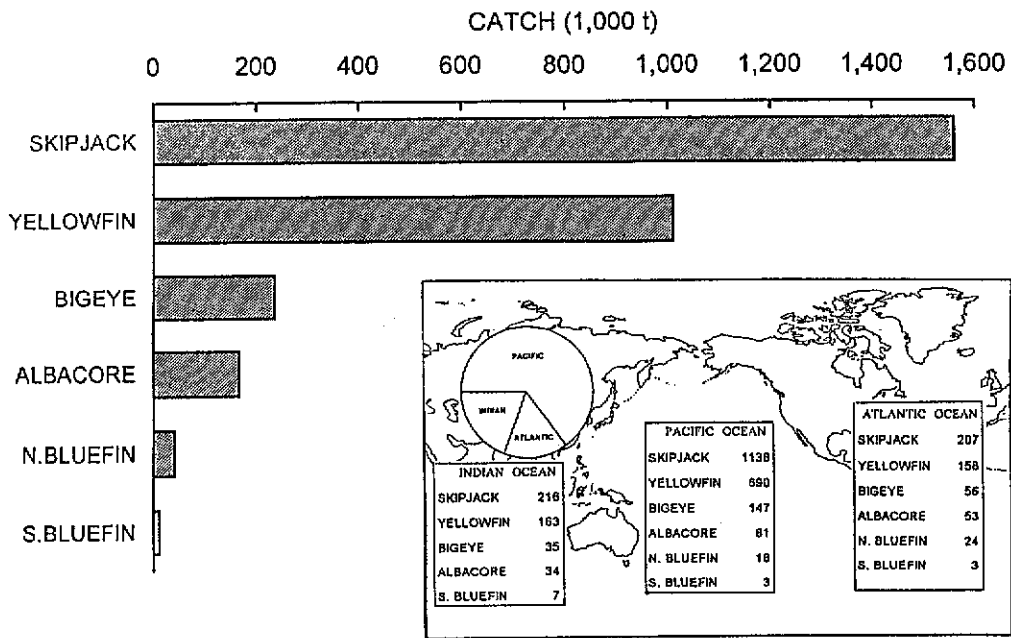
世界のカツオ漁業生産の概要

1992年には全世界でカツオ・マグロ類は約300万トンの漁獲があったが、そのうちカツオは約半分の156万トンを占めている(図1)。これに続くのはキハダの約100トン程度で、その他のマグロ類は20万トン以下の漁獲でしかない。カツオは全世界の熱帯から温帯水域の水温約20℃以上(日本の東北海域漁場のように15℃付近まで達する場合もある)の水域に広く分布しており、3大洋すべてにおいて他のマグロ類をしのぐ漁獲量が揚げられている。3大洋中では太平洋での漁獲が全体の約73%の114万トンあまりで、インド洋・大西洋の約20万トンを大きく引き離し、重要な生産地域であることが示されている。大洋別の漁獲量の経年変化を見ても、特にこの10年間で太平洋でのカツオ漁獲量は約30万トンの急激な伸びを示している(図2)。

太平洋のカツオ漁業

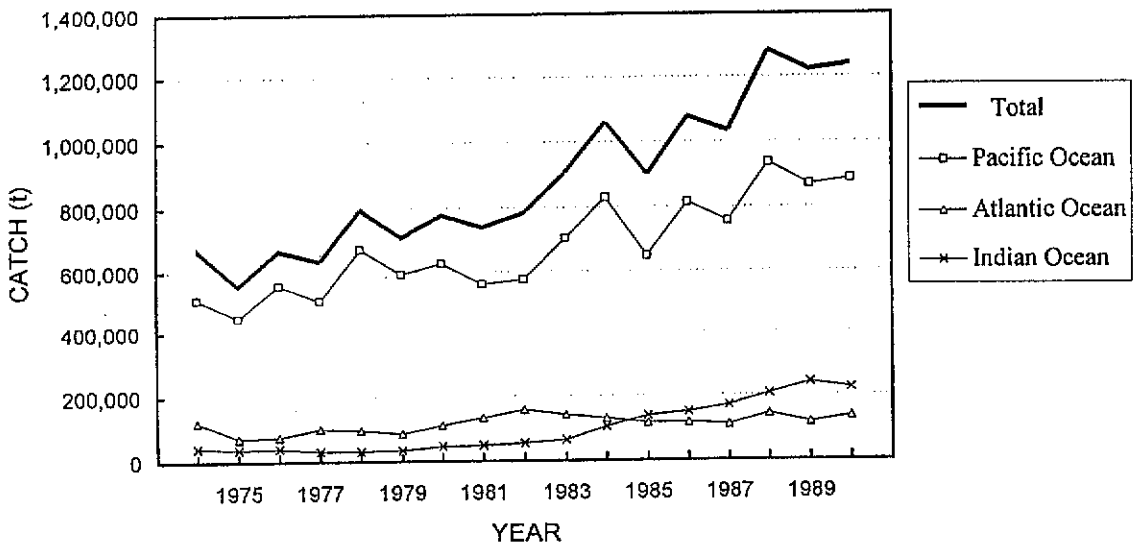
太平洋における主たるカツオ漁業は、竿釣り(カツオ一本釣り)とまき網漁業である。それぞれの漁業による相対的漁獲量の地理的分布を図3に示した。竿釣り漁業は主に日本漁船によるもので東部太平洋ではほとんど見られない。主たる漁場は日本近海と遠洋竿釣り船による中西部太平洋水域、ソロモン諸島に展開している。一方、まき網漁業は中西部太平洋に加えて中東部太平洋にも分布する。これはキハダを対象としたイルカ付き群操業のもので、国際的なイルカ保護の波の中で大きな関心を集めているものである。また、この図には示されていないが日本近海でも竿釣り漁業に匹敵する漁獲が大中型まき網漁業でなされている。

太平洋をFAOの統計区分から4つに分けてその漁獲量の経年変化を見ると、中西部太平洋の漁獲量は1970年代の約30万トンから近年では70万トン近く(1991年は約90万トン)に増大しており、太平洋の中で最大の漁獲量を示している(図4)。日本近海を含む北西太平洋は10万トンから20万トンのレベルでほぼ一定の漁獲量を揚げているが、同様の漁獲があった



IATTC, ANNUAL REPORT 1992

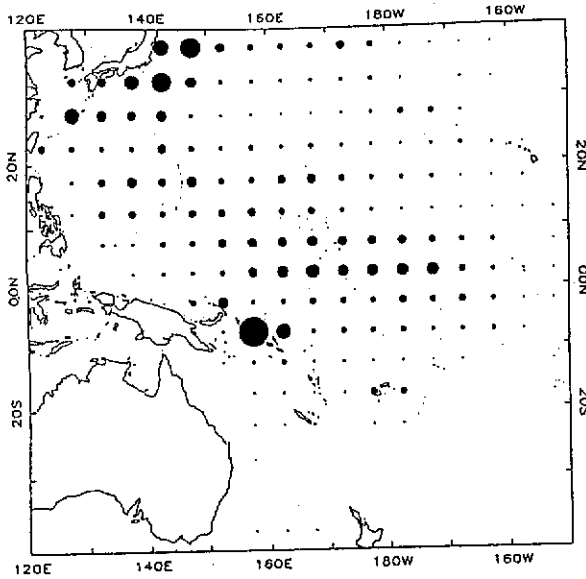
図1 1991年の世界のカツオ・マグロ類漁獲量



FAO, Fishery statistics 1990

図2 大洋別のカツオ漁獲量経年変化

Geographical distribution of skipjack catch
by pole-&-line vessels in the Pacific Ocean, 1981-1991
(SPC 1993)



Geographical distribution of skipjack catch
by purse seiners in the Pacific Ocean, 1981-1991
(SPC 1993)

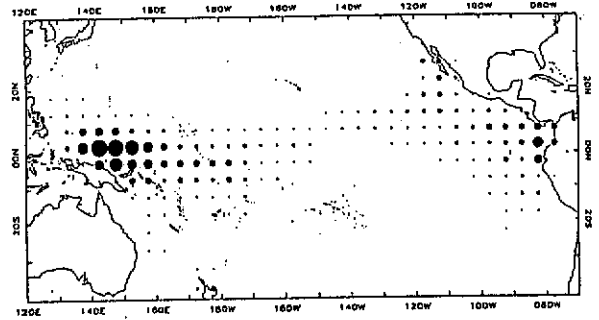
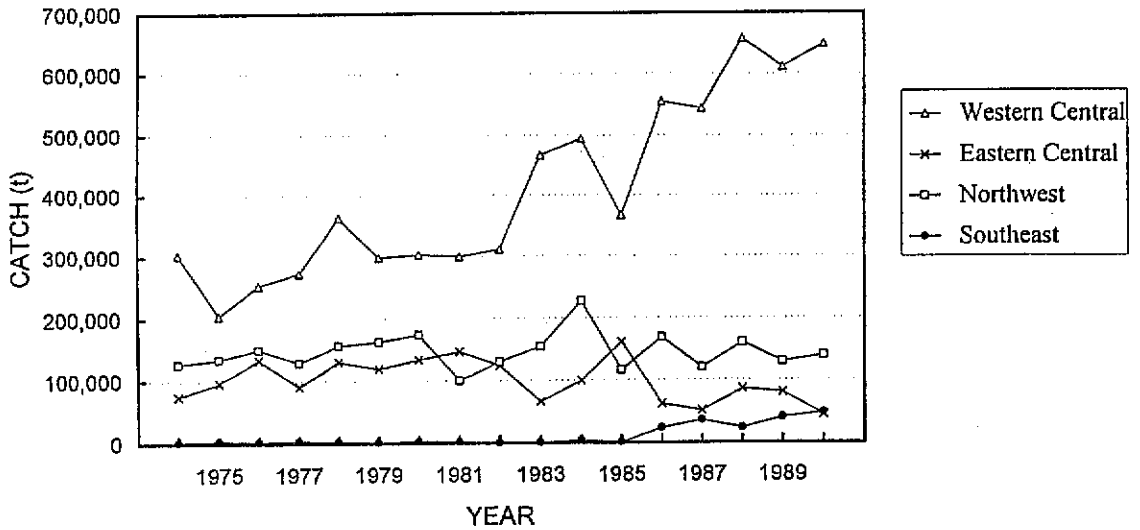


図3 太平洋における竿釣り漁業およびまき網漁業の漁獲量分布
(相対値、円の大きさの単位は両漁業種で異なる)



FAO, Fishery statistics 1990

図4 太平洋の海区別カツオ漁獲量の経年変化

中東部太平洋では近年10万トンを超える漁獲量になっている。

日本近海を含む北西太平洋でのカツオの漁獲はほとんどが日本漁船によるもので、日本の農林統計から漁業種構成の変化を見ることができる(図5)。1970年代まで、ほとんどの漁獲が沿岸および近海カツオ一本釣りによって揚げられてきたが、80年代前半からまき網漁業による漁獲が増加し、多い年には5万トンを超える漁獲量、約30%近くを占めるにいたっている。特に夏から晩秋にかけて活況を呈する東北海域の漁獲量の中でも、まき網漁業の占める割合は、80年代前半の10%以下から近年では50%近くにまで増加している。

中西部太平洋での竿釣りとまき網漁業によるカツオ漁獲量の経年変化をSPCの統計から見ると、70年代から現在まで竿釣り漁業では毎年10万トンから多い年でも20万トン程度のほぼ一定の漁獲を続けているのに対し、まき網漁業の急速な発展が目立っている(図6)。70年代後半から顕著になったまき網漁業によるカツオ漁獲は、80年代に入り飛躍的な増大を見せ現在に至っている。これを漁業国別の漁船隻数・漁獲量で見ると、日本が80年代に入って概ね一定の漁船数でほぼ10万トンを超えて漁獲しているのに対し、80年代前半からの米国漁船の参入・米国の漁獲量の増大、さらに80年代中後半からの台湾漁船による漁獲の増加、少し遅れて韓国船の参入等により、現在ではこの4ヶ国(日本・韓国・台湾・米国)がこの地域のまき網漁業を構成するに至っている(図7)。これら各国のまき網漁船の操業水域を見ると、それぞれの入域相手国との関係もあって固有の分布を示している(図8)。

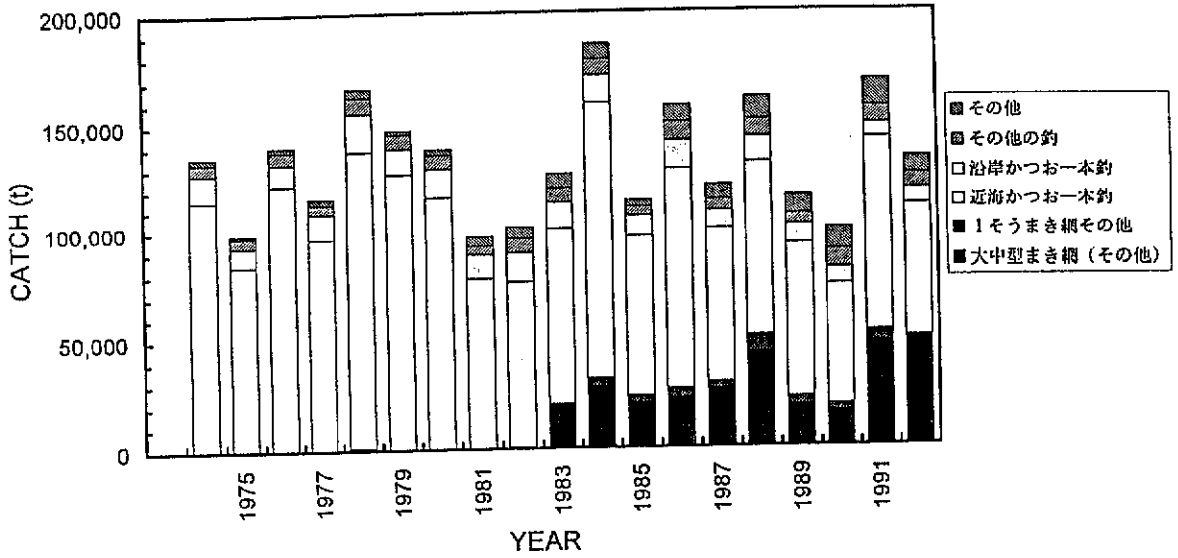
熱帯水域でのカツオ資源管理

中西部北太平洋は、多くの島嶼国の200海里水域が設定され、ここに複数の遠洋漁業国が複雑に関与している。また、この水域に広く分布するカツオは、日本近海にも回遊し重要な漁業資源となっている。カツオの様な高度回遊性魚の資源管理は、国連海洋法64条に定められるように、回遊域全域にわたる沿岸国と漁業国の参加による漁業機関のもとで管理されるべきものであるが、現在のところこの様な機関は存在していない。現在は、遠洋漁業国が参加しない島嶼国を中心としたいくつかの漁業に関連した機関が存在するのみである。

このうちこれら島嶼国共有の科学的機関とも言えるSPC(南太平洋委員会)では、大規模標識放流調査など熱帯水域のカツオ・マグロの調査・研究を精力的に行っている。標識放流再捕データと漁獲データを用いたSPCによるカツオ資源評価では、中西部太平洋のカツオ資源に対して現状の漁獲圧は相対的に低いと見積もられ、今後も開発の余地があるとされている。いづれにしても、一国の漁業データのみではもはやこの水域の漁業を把握することが困難であり、遠洋漁業国も対等な立場で資源評価に参加できる機構の確立が待たれている。

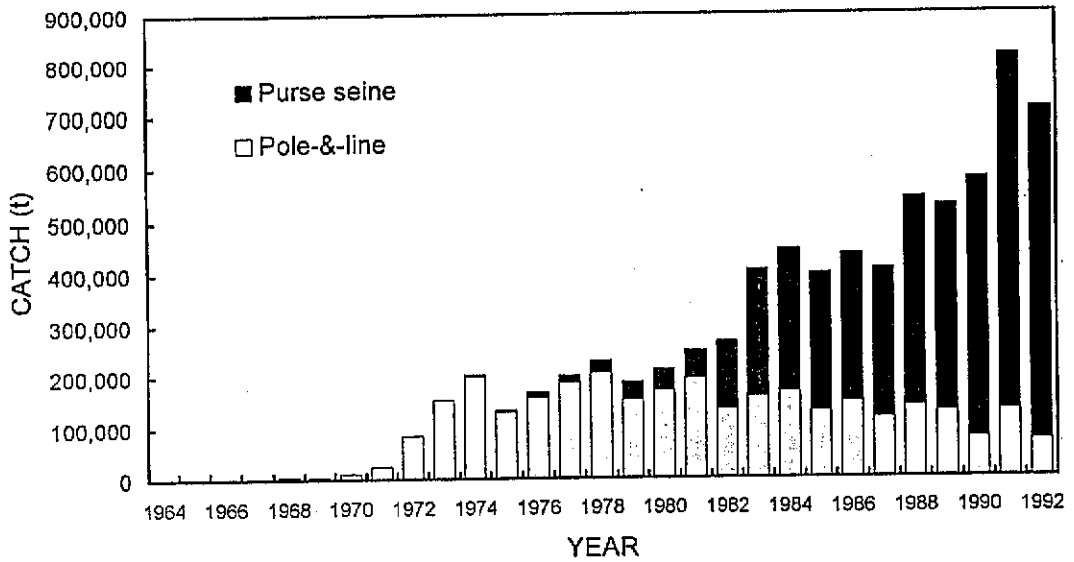
東北区水産研究所における現在のカツオ研究

毎年6月に、東北海域(北西太平洋)の竿釣りカツオ漁況予報を行っており、水産試験場、大学、水産研究所により数々の予報手法の考案・検討が行われている。また、日本竿釣り漁船から提出される漁獲成績報告書の整理と、公庁船、実習船によるカツオ・マグロ調査データ、水揚地での魚体測定データの収集、これら漁業の基礎データのデータベース化を進めている。



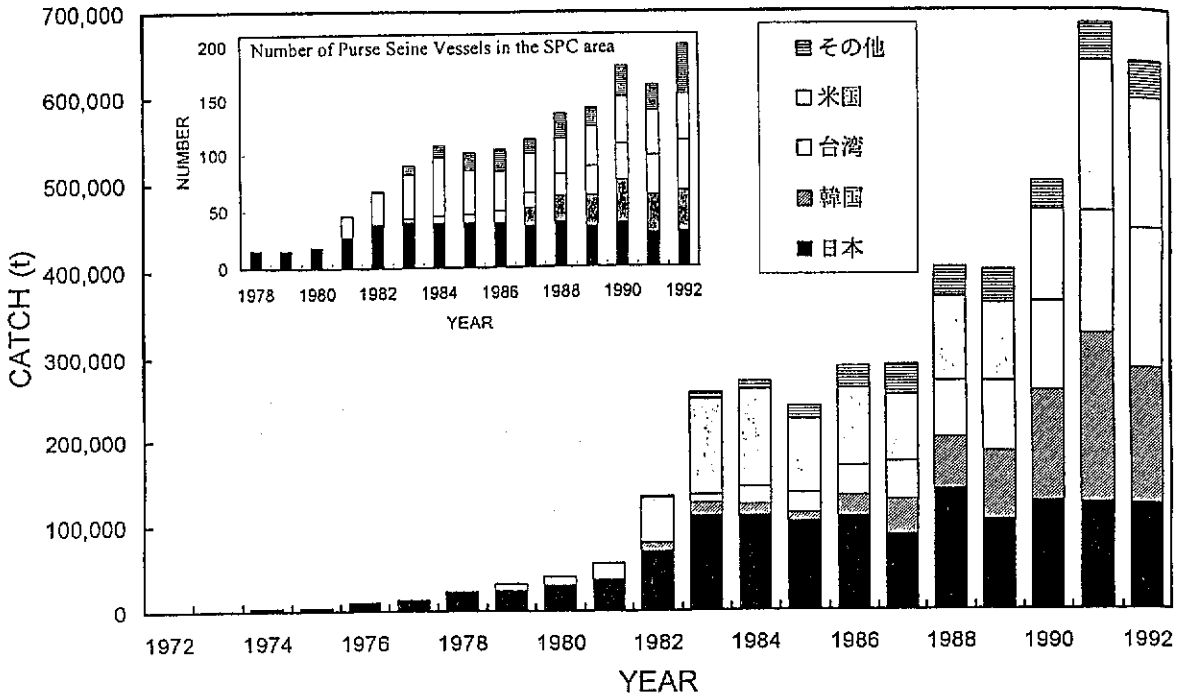
農林統計

図5 北西太平洋における漁業種別カツオ漁獲量の経年変化



SPC, Yera Book 1993

図6 中西部太平洋（SPC統計水域）における漁業種別カツオ漁獲量の経年変化



SPC Year Book 1993

図7 中西部太平洋（SPC統計水域）における国別まき網漁船隻数・カツオ漁獲量の経年変化

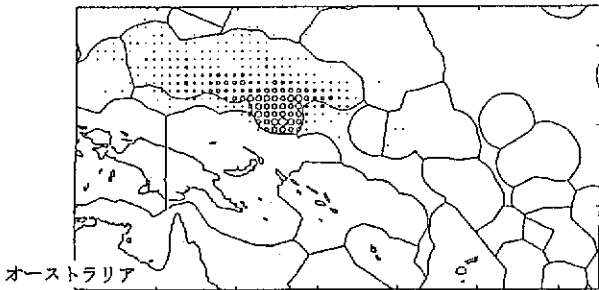


Figure 17. Japanese purse seine effort, 1993

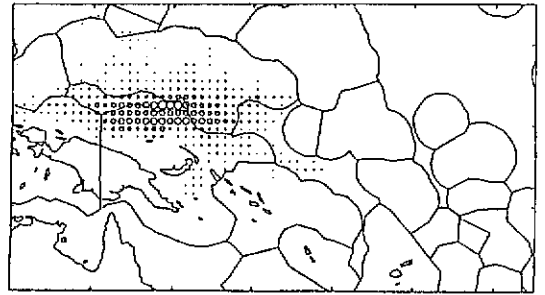


Figure 21. Taiwanese purse seine effort, 1993

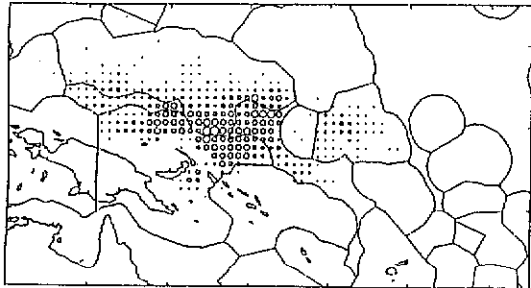


Figure 18. Korean purse seine effort, 1993

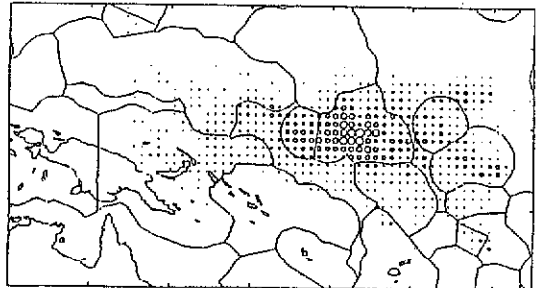


Figure 22. American purse seine effort, 1993

図8 中西部太平洋における日本、韓国、台湾、米国のまき網漁船の操業位置

1992年より熱帯水域において中層トロール網を用いたカツオ・マグロ類幼稚魚調査を開始した。これまでほとんど採集不可能であった20～160mmの幼魚を含めて、3年間の調査で3000尾以上のカツオ稚・幼魚および1500尾以上のマグロ類稚・幼魚の採集に成功している。これらの標本・データは、今後各機関との協力体制を整え、形態・食性・年齢・成長・栄養状態・環境要因との関連等各種の解析に供する予定であり、国際的にも貴重なサンプルとして注目されている。

1968年から始まった標識放流調査では、これまで約14万尾の放流と約8000尾の再捕情報を得ている。これにより日本近海へのカツオの北上ルートの概要が示されるなど興味ある分析が行われている。一方SPCでは熱帯水域で70年代後半と90年代初頭に2度にわたる大規模な標識放流を行った。これらの情報と合わせた西部太平洋全域のカツオの移動の総合的解析が必要であり、現在SPCおよび米国ハワイの研究者と共同研究を進めている。

おわりに

カツオに関しては中西部太平洋での大幅な漁獲量増大にもかかわらず、今のところはっきりとした資源的な危惧は示されていない。これまでの資源診断の根拠には、カツオが資源の回転率の高い（自然死亡も高いが、加入・成長も良い）魚種であることが基本となっている。しかし、現在でも年齢査定法や基本的な生物学的パラメータの多くが未解明で残されているのが現状である。今後、各分野からの幅広い研究の推進と新たな研究者の参加が待たれている。

回遊魚群の行動とBiological index 宇田海洋漁場学の「潮境」は乗り越えられるか？

二平 章（茨城県水産試験場）

潮境は陸棚や湧昇域とともに回遊性浮魚類の重要な漁場となることが多い。北原（1913, 1918）は、「①魚族は二海流の衝突線に多きこと。②洋流の圧迫は沿海の魚群を濃厚ならしむること。③水道においてはその通ずる二海より来襲する海流の圧迫によりその魚群を濃厚ならしむること。」という、いわゆる「北原の漁況に関する法則」を発表し、宇田（1936, 1960）はこの第一法則を拡張して「魚群は一般に潮境に集群する傾向をもっており、特に潮境の凹凸出入の大きい場所に偏在する傾向がある。潮境には海洋生物の濃集を見、好漁場を形成し、海面に現れる潮目がその指標となる。」ことを、漁場一般について実証した。これがいわゆる北原、宇田の「潮境漁場論」である。

以来、多くの研究者によって回遊魚群と潮境との関係に関する研究がなされた。しかし、これまでの研究の大半は、潮境と漁場の位置関係を示す事実記載的な研究や海洋物理的な研究を中心として展開されてきており、潮境に集結する魚群の行動生態学的な研究や生理生態学的な研究はほとんどない。魚群の回遊メカニズムや漁場形成機構、資源変動と分布域の拡大・縮小のメカニズムの解明など、生物と環境の相互作用の問題を解き明かす上でも、また、これらの生態学的な知見を基礎とした回遊魚群の漁況予測手法の開発に貢献しうる点でも、潮境と回遊魚群の行動および生理生態学的な研究展開によって北原・宇田の「潮境漁場論」を一層発展させることが水産海洋学の重要な課題の一つとして期待されている。

演者は、東北近海域の潮境域に来遊するカツオを対象として、標識放流や流し刺網、

体温測定などの調査手法を用い、回遊魚群の行動生態および生理生態学的な研究を行い、潮境と回遊魚群の相互連関性を明らかにすることを試みた。成果の概要は以下のとおりである。

1、日本近海に來遊するカツオの生物特性

本研究ではまず日本近海における典型的な潮境魚場である東北近海域を調査海域とし、そこに來遊するカツオの資源構造を茨城県那珂湊港における1971年から1993年までの23年間の体長データから検討した。また、カツオの生物特性値（生殖腺指数、肥満度、内臓除去肥満度、肝臓重量指数、腸間膜脂肪量指数）の変化と潮境の位置関係、標識放流調査などからカツオの回遊生態を検討した。結果を要約すると、

1) 東北海域に來遊するカツオには冬生まれ群夏生まれ群に由来する、A～Eの5つの体長群が存在する。各体長群はE→C→A群、D→B群の成長過程を持つ。B・C群に相当する魚群は秋期に亜熱帯反流域および赤道海域まで南下し、翌年の春にC群はA群の魚となって一部が日本近海にまで再來遊するが、大半の魚群は黒潮前線を越えて北上はしない。D群は翌春B群の魚となって再來遊する。黒潮前線を越えて北上する個体も多いが、栄養蓄積の進んだ個体では南下する個体が多い。E群は翌春C群になって、(図1)再來遊する。ほとんどの個体が黒潮前線を越えて北上する。

2) 北上期における緯度別生殖腺熟度指数を検討し、完全な未成熟個体のみが春季に黒潮前線を越えて北上移動すること。北上期に体長、肥満度、内臓除去肥満度、肝臓重量指数、腸間膜脂肪重量指数のすべてが黒潮前線を境に北側で不連続的に高くなる。

3) 成熟度は体長45.0cm付近から増加する。中熟魚 (GI 4.0～5.9) は表面水温21°C付近までを回遊範囲とし、完熟魚 (GI 8.0以上) は24°C以上、30°N以南で出現することから、成熟準備期に入った個体は春季に黒潮前線の南側34°N付近まで北上したあと、南下回遊して東北海域から去り産卵活動に入る。また、秋季には順次、肥満度、肝臓重量指数の高い個体の割合が減少することから、南下回遊には栄養蓄積度の高い個体から順次移行する。

2、標識放流調査からみた潮境海域におけるカツオの行動生態

潮境における魚群の行動調査のため、1981年8月に497尾および1986年5、6月に710尾のカツオを2次黒潮前線および黒潮前線付近で標識放流し、放流時と再捕獲時の生物特性

値を比較検討した。結果を要約すると、

1) 春季に黒潮前線南側水域まで北上してきた個体のUターン行動の決定は黒潮前線に至らないWarm coreの南側で行われ、黒潮前線まで北上した個体は最終的にはすべて北上する。

2) Warm streamerへの侵入には、水温フロントを越えて低水温域へ入り込む積極的侵入とWarm streamer内の水温上昇にともなって移動する受動的な侵入がある。積極的侵入個体は受動的侵入個体に比較して体長および肥満度が高い傾向にある。

3) 9月、2次黒潮前線付近での標識魚は体長45cmを境として、小型魚は潮境から高水温域側に南下移動し、大型魚は潮境を通過して低水温域側へ北上移動した。南下魚と北上魚の体長と肥満度には明瞭な違いが認められた。潮境において大型魚のみが低水温域に侵入する現象を「size screening現象」と命名した。

→(図2)

3、流し網調査による潮境におけるカツオの分布と海洋環境

潮境域の海洋構造とカツオ分布の関係を調べるために、1987年6月と1988年6月に黒潮水域からWarm streamer内において流し刺網調査と海洋観測調査を実施した。結果を要約すると

1) 6月、黒潮前線付近の表層に形成された水温フロントの暖水側(表面水温21.0℃)で最も多数のカツオを採集し、フロント付近にカツオが高い密度で集合していることを確かめた。これらのカツオには体長45cm以下の小型魚と以上の大型魚が認められたが、表面水温18.9℃のWarm streamer内での採集個体は大型魚のみであった。このように流し網調査からもフロントでの「size screening現象」を確認した。

2) 黒潮続流から派生したWarm streamerと親潮水で形成される顕著な潮境の暖水側の表面水温17.8℃の調査点でマイワシの高密度分布が認められ、カツオは、さらに暖水側の表面水温およそ20℃の温度前線付近で多くの群が目視観測され、また流し網でも採集され、フロントを境に暖水側にカツオ、低水温側に餌生物であるマイワシの高い分布が認められた。Warm streamerの西縁部のフロント付近、表面水温20.4℃の調査点に分布したカツオはオキアミ類とカタクチシラス、表面水温18.3℃の調査点に分布した魚ではオキアミ類とマイワシが主要な餌生物であった。西縁部のフロント付近に分布したカツオはWarm streamerの中央部付近の調査点に分布したカツオよりも約2~5倍の胃内容重量を示し、フロント付近に分布するカツオの方がより活発な採餌行動を行っている

と推察された。

4、 温度生態学的視点からみた潮境域におけるカツオの行動

カツオは北上時期には潮境を越えて低水温環境へ侵入し、南下時期には再び潮境を越えて高水温環境へ回帰する。潮境は温度勾配が大きいことから、通過する個体は温度ストレスを伴い、ストレスが大きい個体は通過をためらい小さな個体は潮境を通過すると考えられる。そこで、温度生態学および温度生理学的視点から個体の行動解析を試みた。具体的には混乱水域に分布するカツオ51尾の部位別蓄積脂肪量の測定と北西部太平洋全域のカツオ722尾の体温測定を行った。結果を要約すると

1) 脂肪蓄積部位は皮下部と胃腸壁部である。この部位に蓄積される脂肪層は、低水温環境域に侵入するカツオの体温保持にとって適応的と考えられた。脂肪量は黒潮前線を乗り越え混乱水域に北上する時、また、秋期に19℃以下の低水温域に侵入する時に増加していたことから、脂肪の蓄積は潮境を乗り越える行動にともなって生起していると考えられた。体長45cm以上の大型個体は45cm以下の小型個体に比べ、蓄積脂肪量が高くなる傾向があった。

2) 混乱水域に來遊する体長30~55cmのカツオでは、環境水温が低下すると環境水温と体温の差(Δt)を大きくして体温を22℃以上に保つ傾向が認められたことから、代謝のための最低体温は22℃付近にあると推察された。体長45cm以下の小型個体は、水温環境が20℃以下になると肥満度が低下すること、断熱層としての脂肪蓄積量が少ないことから、大型個体に比較して Δt を大きく保つ能力が劣ると推察され、代謝活性が低下すると考えられた。このことが潮境におけるsize screening現象の基本的な要因であろうと推察された。

3) 南下期におけるカツオの体温は同じ体長群、同じ環境水温下でも北上期と比較して高い傾向が認められた。カツオは低水温域から高水温域に南下する準備として体温を上昇させ、潮境を通過する際のストレスを緩和させる準備をした後に、一気に水温26~27℃の水温域まで南下移動するものと考えられた。南下期の体温が大型個体ほど高くはならない体長42~43cm以下の小型個体の一部では、列島線沿いの黒潮内側域の比較的水温が低い水帯をストレスが大きくなるような環境を選択しながら南下していると考えられた。

5、カツオ魚群の北上回遊パターンと潮境

生物特性値、標識放流結果から、北上回遊群には以下の4つの回遊パターンが推定された。①黒潮前線の南側ですでに成熟過程に入った魚群は前線の南側までが北上限界でUターンする。②黒潮前線の南側ですでに肥満度が高い魚群は一部は前線を越えて混乱水域に入るが、前線南側におけるUターン個体の割合が低肥満度魚群に比較して高い。③混乱水域に來遊するカツオのうち体長30~45cmの個体は20℃以下の水温環境下では高体温保持機構を備えないことから20℃以上の暖水内にとどまる。④高体温保持機構を備えた体長45cm以上の索餌群だけが潮境を越えて最も低い水温域にまで侵入する。これらの群は親潮水域表層部に発達するwarm streamerを利用して多量の栄養蓄積を行った後に、産卵回遊に移行し、そのエネルギーを南下回遊と再生産に振り向ける。

→ (図3)

6、黒潮前線漁場形成

資源量変動はまず魚群の成長と発育に影響を及ぼし、発育と成長のテンポの早い場合は未成熟・低肥満度・小型魚の出現割合を低下させ、その結果前線漁場の形成は不活発となり、逆にテンポが遅い場合にはこれらの魚の出現割合が増加し、北上した魚群が黒潮前線に集結し、フロントでsize screeningのために滞留することから前線漁場の形成は活発になり、しかも前線を乗り越えて北方低温域へ分布拡散する個体数の増加をおよぼす。潮境漁場形成と北方分布拡散には來遊魚群の質的な側面がかかわる生物学的なメカニズムが存在する。

→ (図4)

潮境という海洋現象の水産海洋学的位置付けを科学的なものにするためには、潮目論の一方の主役である生物側からの解析が是非とも必要である。回遊性浮魚類における海洋漁場学研究は、今後、単なる生物分布論にとどまることなく、生物と環境の交互作用の実体に迫るような、群や個体の行動生態学的あるいは行動生理学的研究に歩を進めて行く必要がある。

生物と環境の科学として回遊魚群の行動生態研究がもう少し進展するならば、漁況予測技術化にも貢献できる道が開かれるであろう。すでに肥満度の高くなってしまった漁者では宇田海洋漁場学の「潮境」の手前でUターンをせざるをえないが、今後スリムな若手にはぜひ宇田の「潮境」を越えて、新たな漁場論をうちたててくれることを期待したい。

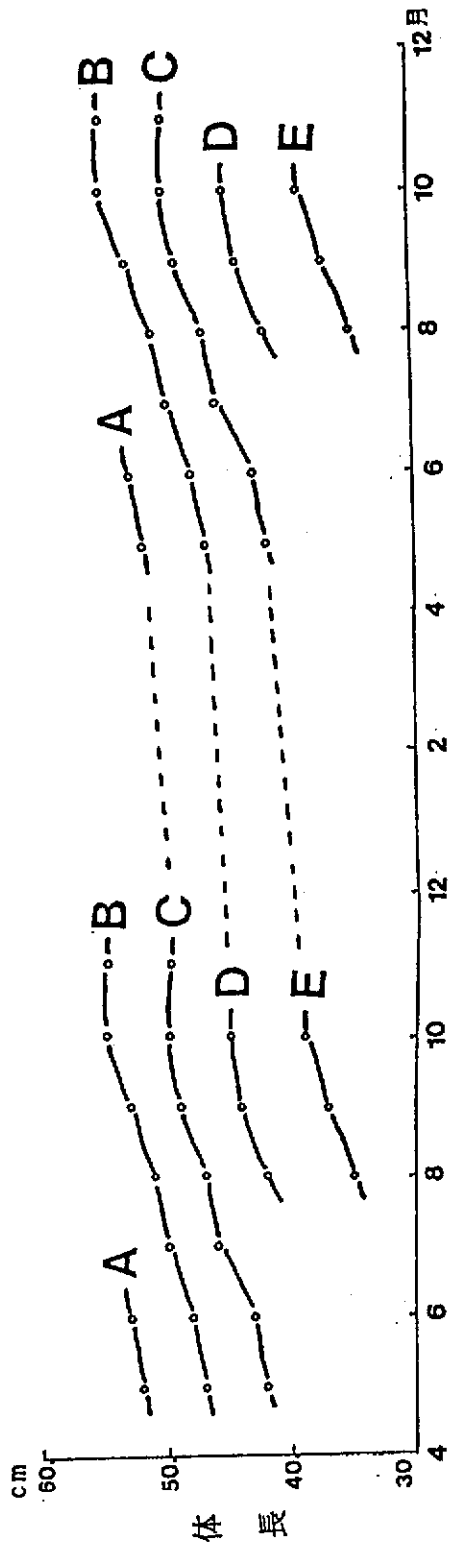


図1 5つの体長群の成長模式

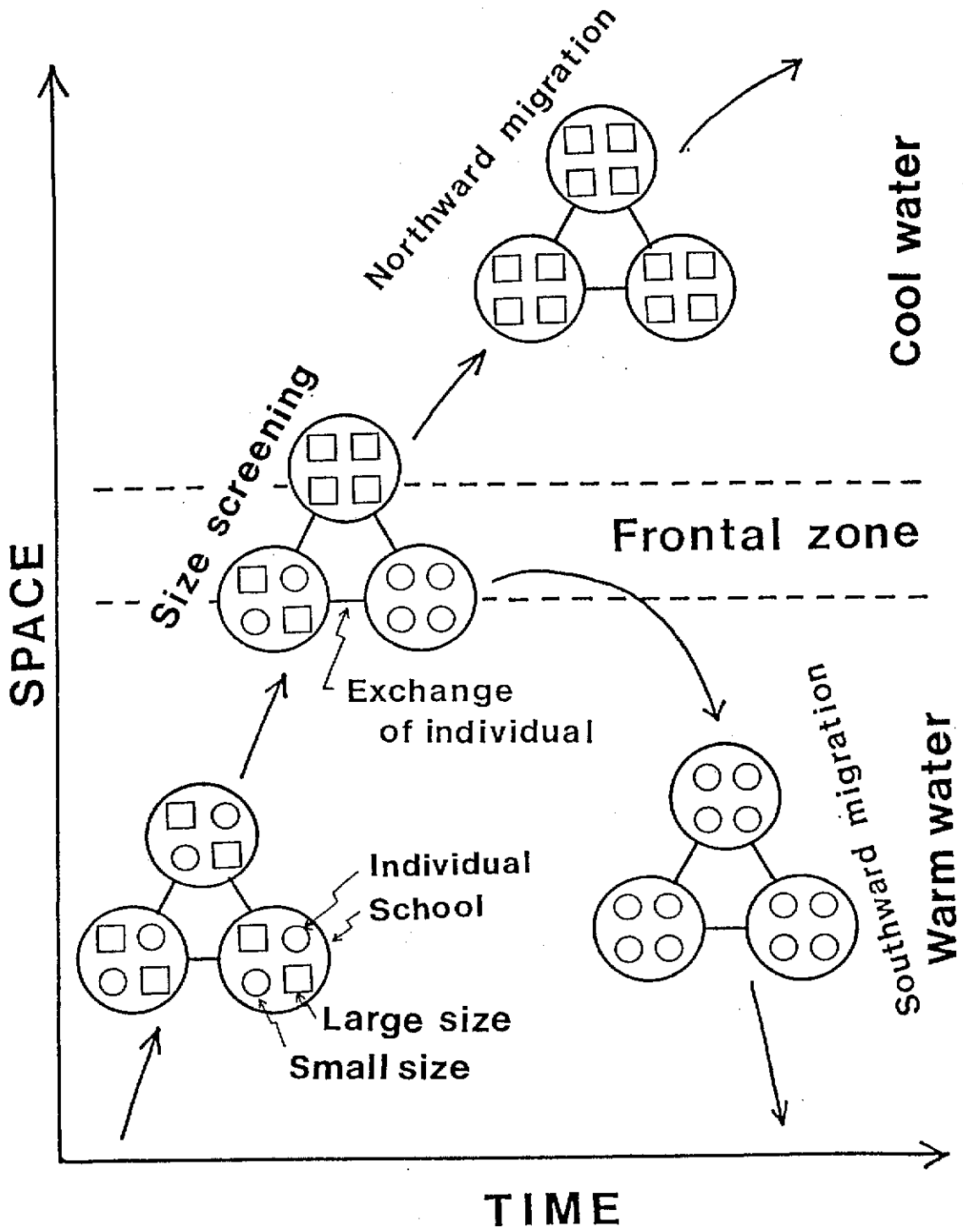


図2 潮境域における回遊魚群のサイズスクリーン現象の模式図

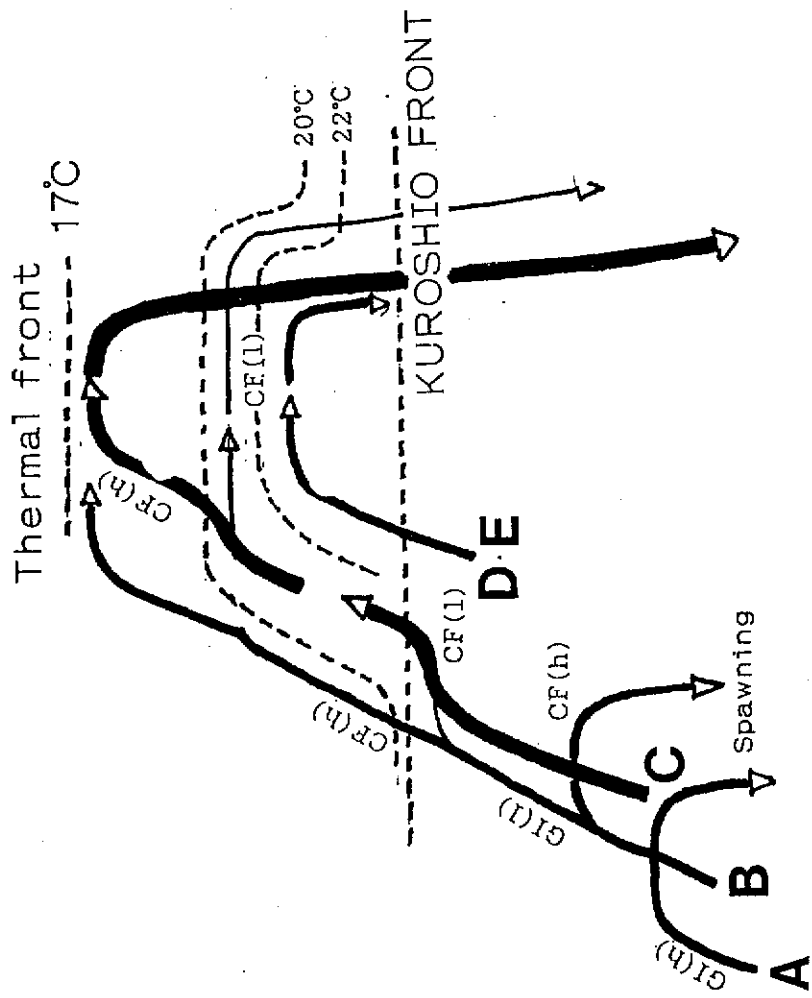


図3 各体長群の回遊モデルと水温フロントの関係

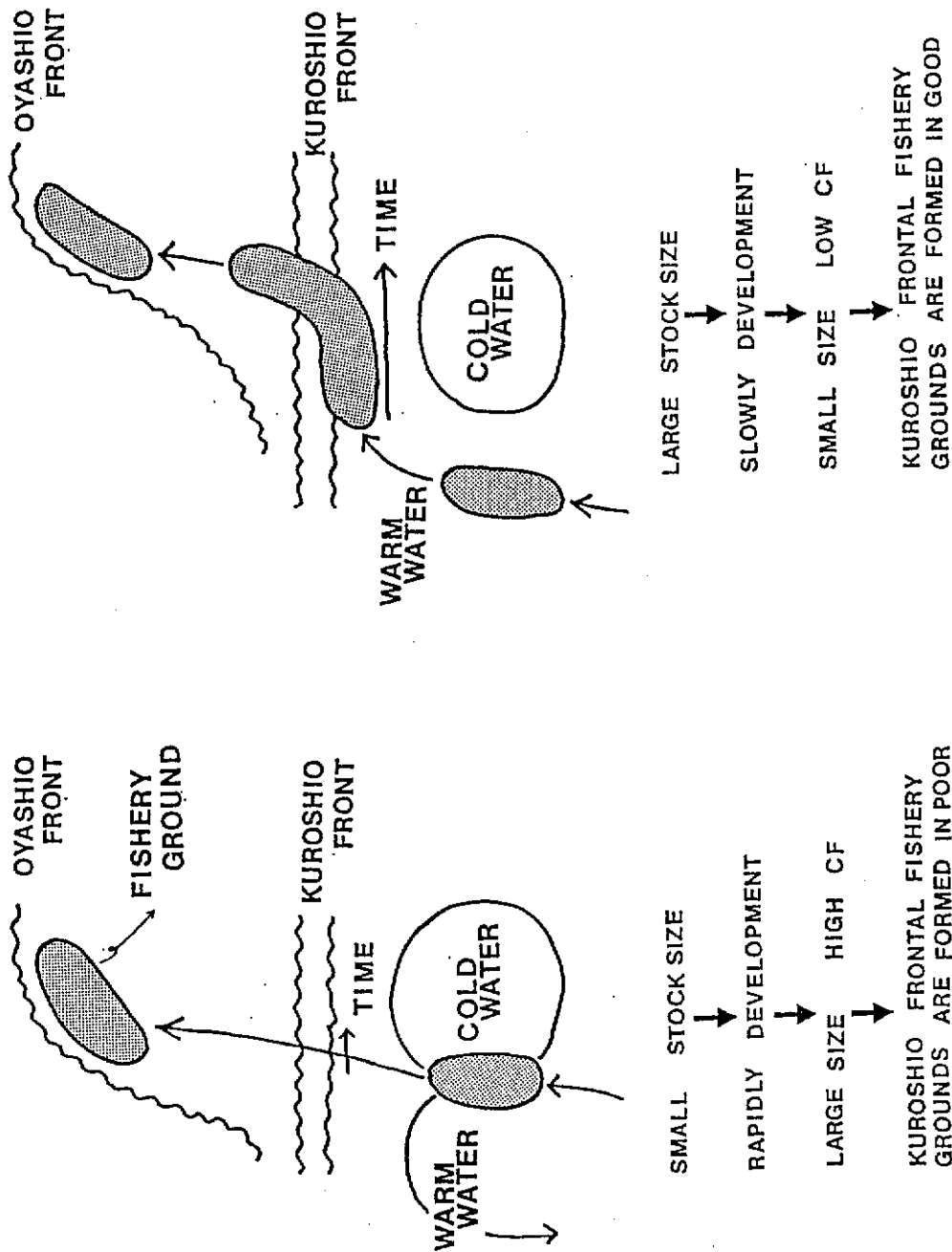


図4 黒潮前線漁場の形成メカニズムにかんする模式図