

# 東北海域におけるサンマの漁獲量変動に与える黒潮の影響

海老沢 良 忠・須 能 紀 之

Influence of Variation of the Kuroshio Water on Catch Fluctuations of Saury, *Cololabis saira*, in the Waters off Northeastern Japan.

Yoshitada EBISAWA and Noriyuki SUNOU

キーワード：サンマ、黒潮、漁況予測、資源変動

## 1. はじめに

サンマは、夏～秋季に東北海域において漁獲され、この海域における重要な漁獲対象種の一つとなっている。

1980年代中頃以降の水揚量は25～30万トン前後で安定しているが、これは全国さんま棒受網漁業生産調整組合を中心とした操業規制が実施された結果であり、サンマ棒受け網漁船の1網当り漁獲量(以下CPUEと記す)は、大きく変動している(図1)。

東北海域におけるサンマの来遊機構及び漁場形成要因については、親潮前線との関係等が詳しく報告されている(例えば、福島1979)。しかし資源変動の要因については断片的な知見があるのみでよくわかっていない。

近年、8月中旬の大・中型船漁獲開始直前期に、東北水研を中心とした各県水試等により漁況予報が発表されている。サンマ予報会議における予測手法としてはこれまで、前年秋～春の調査船による稚仔採集調査結果、5～6月頃の北上期を中心とした流し刺網による採集調査結果及び漁期直前の漁獲調査結果等を用いて行われているが、最終的には、漁期直前の漁獲情報等が重要視され、数ヶ月前からの予測は困難な現状となっている。

そこでサンマ漁況予測手法の開発及び資源変動要因の解明を目的として、稚仔発生期の黒潮の動向を中心に、

海洋環境とCPUEとの関係を検討したところ若干の知見を得たので報告する。

## 2. 資 料

サンマの資源量水準を指標するデータとしては、1971年～1997年のCPUE(1997サンマ研究チーム)を、水温環境データとしては、北海道白糠、宮城県江ノ島、茨城県那珂湊、千葉県千倉、和歌山県串本西及び鹿児島県甑の定地水温データを用いた(図2)。黒潮の変動指標としては海上保安庁の海洋速報に記載された黒潮流軸の離岸距離、流軸流速、流軸表面水温を用いた。

## 3. 結 果

### (1) 定地水温月別水温偏差との関係

1971年から1997年の27年間のCPUEと、北海道～鹿児島までの6定地水温の当該漁獲年、前年及び前々年の月別水温偏差との相関関係を検討した結果を表1に示す。

漁場海域である北海道～茨城に至る海域のサンマ漁期(当年夏～秋頃)の水温変動とCPUEとの間には、有意な相関関係は見られなかったのに対し、CPUEと漁期の

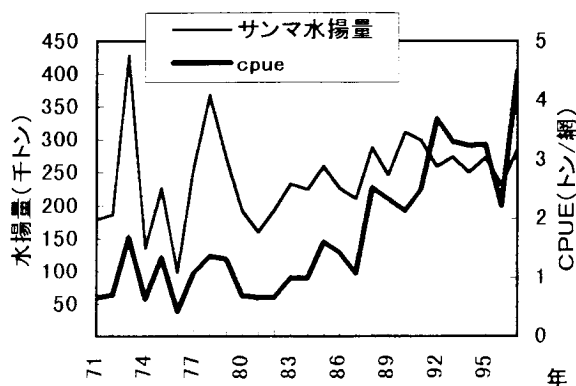


図1 全国サンマ水揚量とサンマ棒受網漁船CPUE(トン/網)の推移



図2 定地水温位置

表1 サンマCPUE変動と定地水温変動との相関関係

	月	北海道	宮城	茨城	千葉	和歌山	鹿児島
前々年	1					●	○
	2	○				○	○
	3					○	
	4						
	5						△
	6						△
	7						
	8						
	9						
	10						○
	11						○
	12	○		○			●
前年	1					●	●
	2						●
	3					○	
	4						
	5						△
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						●
	11						●
	12			●			●
当年	1			○	●	●	●
	2			○	●	●	●
	3	○				●	○
	4					○	
	5						
	6						
	7						
	8						○
	9						●
	10						○
	11						○
	12			●			●

●は1%有意、○は5%有意  
△は負の相関関係5%有意  
■は同一地点で最も相関の高い月

前年10月頃から当年3月頃の和歌山及び鹿児島等の定地水温は高い相関関係を示した。

最も相関の高かった、和歌山県串本西における漁期当年1月の定地水温とCPUEの関係を図3に示す。1980年代後半からの水温の上昇とCPUEの上昇、1988年及び1992年の定地水温の急上昇とCPUEの上昇、あるいは1974、76、80及び96年の水温の低下とCPUEの低下と、

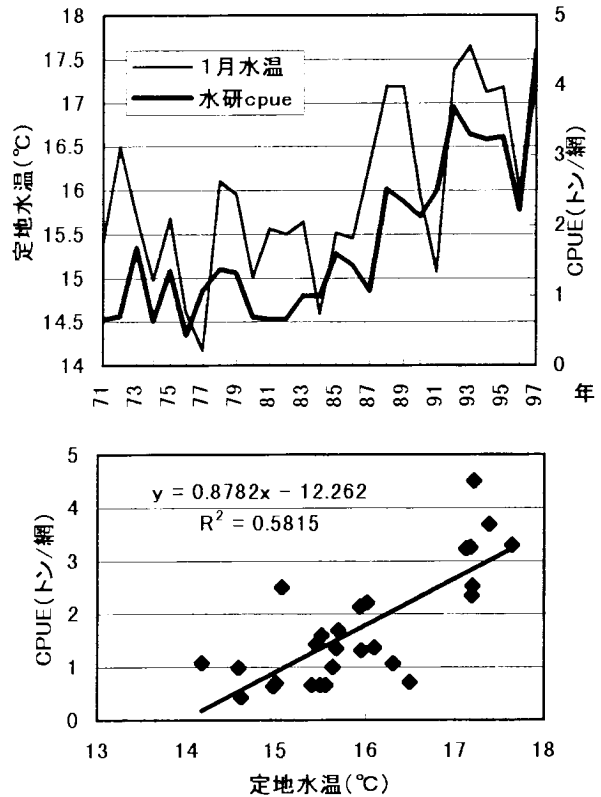


図3 サンマCPUEと和歌山串本西1月定地水温の関係

いった複数の年で両者の変動傾向は一致しており、密接な関係の存在が示唆される。

(2) 黒潮の変動とCPUEとの関係

定地水温との関係で最も相関の高かった和歌山県串本周辺は、黒潮の離接岸等の影響を強く受ける海域である。そこで1975年から1997年間の漁期前年11月～当年3月までの黒潮とCPUEの相関関係を検討した。黒潮の指標値としては、海洋速報に記載された都井岬～塩屋崎の間の12地点における黒潮流軸離岸距離、流軸表面水温及び流軸流速データを用いた。海洋速報は、月に1～3回程度発行されているが、月をまたがる観測期間の場合は観測期間の最終日の月のデータとみなし、1ヶ月に複数のデータがある場合はこれを平均して月データとした。

① 黒潮流軸離岸距離とCPUEとの関係

CPUEは黒潮流軸離岸距離と11月から3月の関係において有意な相関関係を示した(表2)。潮岬及び大王崎においては5%若しくは1%の水準で有意な負の相関関係を示し、すなわち離岸距離が近いとCPUEは高いとの関係を示し、一方野島崎、犬吠崎及び塩屋崎においては5%若しくは1%の水準で有意な正の関係すなわち離岸距離が遠いとCPUEは高いとの関係を示した。また足摺から石廊崎海域においても統計的には有意でないが負の関係を

表2 黒潮流軸の離岸距離、表面水温及び流速とサンマ CPUEとの相関関係

項目	離岸距離					表面水温					流速				
	11	12	1	2	3	11	12	1	2	3	11	12	1	2	3
海域/月															
都井岬								○							
足摺岬								○			○	●			○
室戸岬						●	○				●	●	○		
潮 岬	△	△	△	△	△		●			○		○		○	
大王崎	△	▲	▲	▲	▲		●	○			●	●			○
御前崎							●	○				○			○
石廊崎							●	●	○	○	○	●	●	●	●
八丈島						○	○	○	○						●
三宅島						○	○	○							○
野島崎		○					●	●	○		●				●
犬吠崎	●	○					●	○	●						○
塩屋崎	●				●		○	○	○						

●は1%有意、○は5%有意  
▲は負の1%有意、△は負の5%有意

示し、黒潮が、本州南岸中央部で接岸し本州南岸東部で離岸する場合にCPUEは高くなる傾向が認められた。

1%の水準で有意な関係が認められた大王崎における1月及び2月の離岸距離平均値とCPUEの関係及び犬吠崎及び塩屋崎における11月の離岸距離平均値とCPUEの

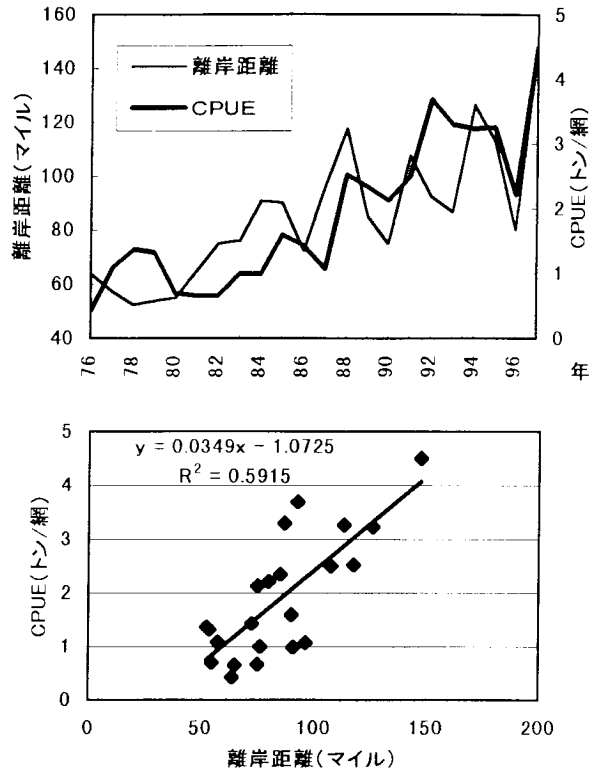


図5 サンマCPUEと11月における犬吠崎及び塩屋崎から黒潮流軸までの離岸距離平均値の関係

関係を図4並びに図5に示す。大王崎の離岸距離とCPUEの関係においては、1%の水準で有意ではあるもののCPUEの1996年の急激な減少や、1980年代以降の上昇傾向が離岸距離には現れていない。一方、犬吠崎及び塩屋崎の離岸距離とCPUEの関係においてはこれらの関係が明瞭に認められる。

② 黒潮流軸表面水温とCPUEとの関係

CPUEは黒潮流軸表面水温と12月から3月の関係において5%若しくは1%の水準で有意な正の相関関係を示し、表面水温が高い程CPUEが高くなる傾向を示した(表2)。1%の水準で有意な関係が最も多く出現したのは1月であり、これは和歌山、千葉及び鹿児島定地水温において最も相関の高かった月と一致した。1%の水準で有意な関係があった海域は潮岬から犬吠崎にかけてであったが、東側の方が長期間、相関の高い月が出現する傾向が認められた。

1月において1%の水準で有意な相関関係のあった潮岬、大王崎、御前崎、石廊崎、野島崎及び犬吠崎沖の黒潮流軸の平均表面水温とCPUEの関係を図6に示す。1988年、1992年及び1997年の水温の上昇とCPUEの上昇、1996年の急激な下降、1980年代以降の上昇傾向等において両者は密接な関係にあることが伺える。

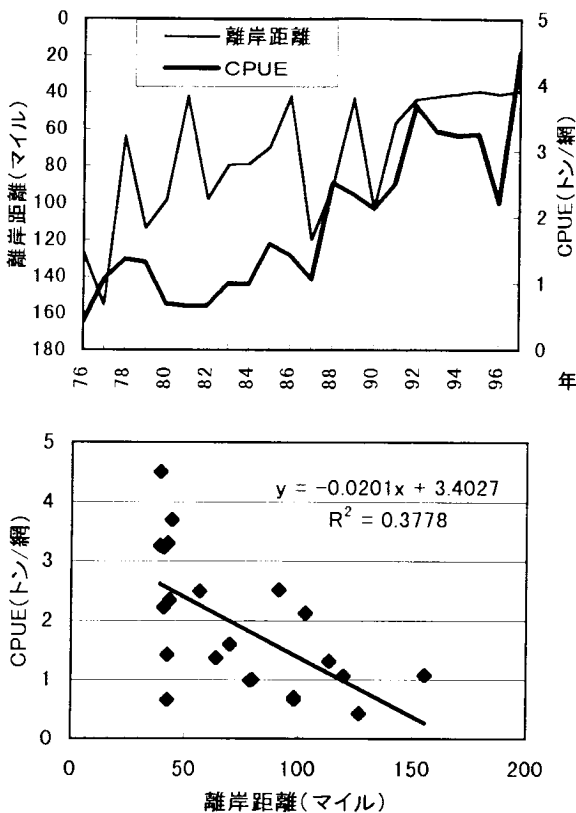


図4 サンマCPUEと1-2月における大王崎から黒潮流軸までの離岸距離平均値の関係

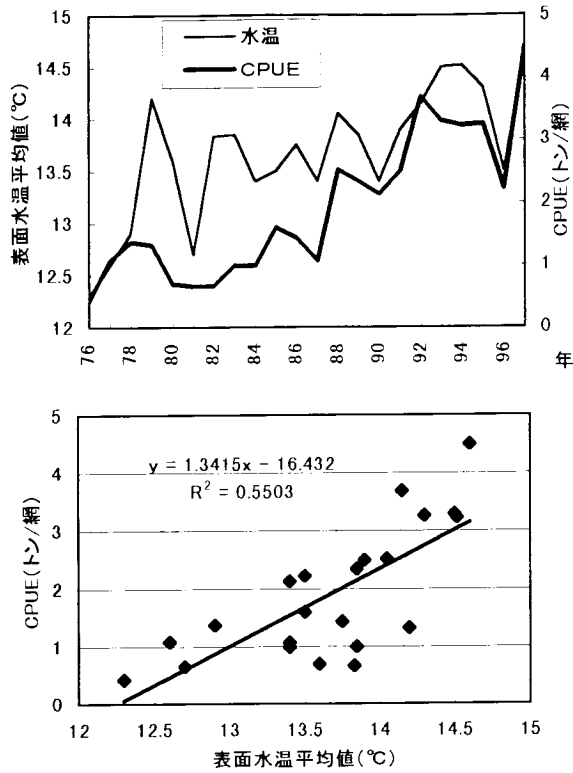


図6 サンマCPUEと1月の潮岬、大王崎、御前崎、石廊崎、野島崎及び犬吠崎の表面水温平均値の関係

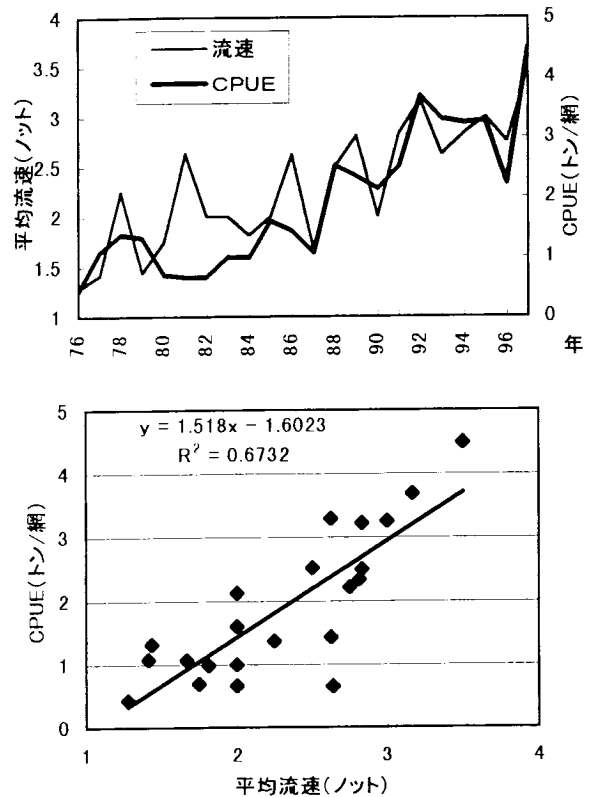


図7 サンマCPUEと12～3月における石廊崎沖の黒潮平均流速の関係

③ 黒潮流軸流速とCPUEとの関係

CPUEは黒潮流軸流速と11月から3月の関係において5%若しくは1%の水準で有意な正の相関関係を示し、黒潮流速が速い程CPUEが高くなる傾向を示した(表2)。1%の水準で有意な関係が最も多く出現したのは12月であり次に多かったのは2月であった。石廊崎沖においては12～3月の4ヶ月間とも1%の水準で有意な関係が認められた。

この石廊崎沖における12～3月の平均流速とCPUEの関係を図7に示す。1988年、1992年及び1997年の流速の上昇とCPUEの上昇、1996年の下降、1980年代以降の上昇傾向等において両者は密接な関係にあることが伺える。

④ 黒潮の流軸流速、表面水温及び離岸距離相互の関係

11～3月における都井岬～塩屋崎沖の黒潮流軸の平均流速と平均表面水温との間には1%の有意水準で正の相関関係が認められ、流速が速いと水温も高くなる傾向を示した(図8)。また、同じく1%の有意な相関関係で流速が速い程、潮岬周辺では流軸が接岸し、野島崎周辺では離岸する傾向を示した(図9及び図10)。

これらのことは黒潮流軸の流速が速い場合には、表面水温は高く、潮岬周辺で接岸し、野島崎周辺で離岸する傾向があることを示唆している。

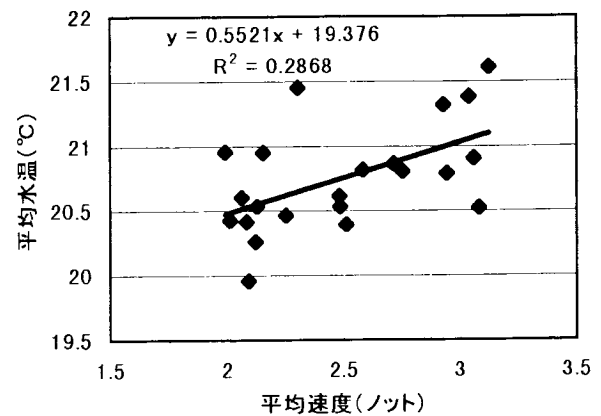


図8 11～3月における都井岬から塩屋崎における黒潮流軸平均速度と平均水温速度の関係

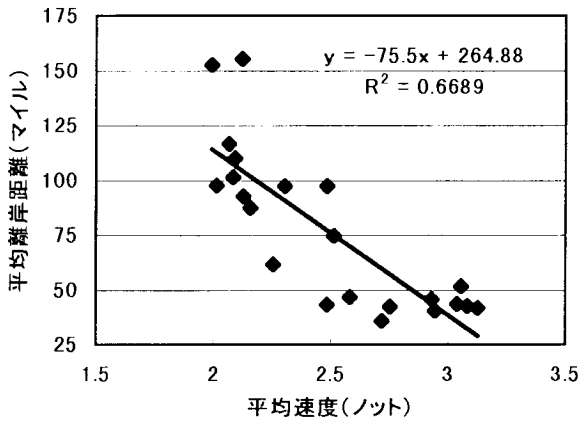


図9 11～3月における都井岬～塩屋崎の黒潮流軸平均速度と潮岬及び大王崎の平均離岸距離の関係

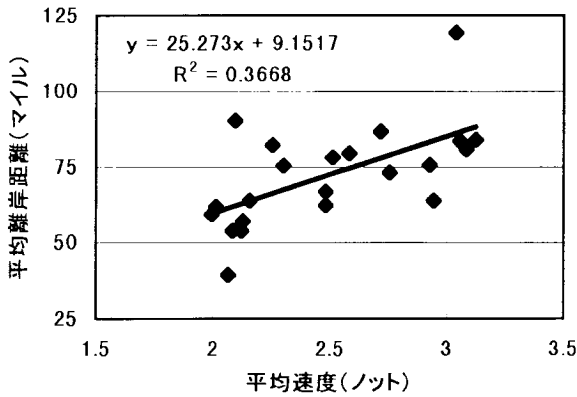


図10 11～3月の都井岬から塩屋崎の黒潮流軸平均速度と野島崎～塩屋崎の平均黒潮離岸距離の関係

(3) 重回帰式による予測式の算定

以上のようにCPUEと漁期前年秋～冬季の黒潮指標値の間には高い相関関係が出現した。このことは漁期の約半年程度前の環境条件からある程度漁況予測を行うことが可能であることを示している。

そこで相関の高かった、黒潮流軸の離岸距離、表面水温及び流速を変数とした重回帰分析による予測式の算定

を行った。離岸距離データには11月の犬吠崎及び塩屋崎沖の平均値を、表面水温データには1月の潮岬、大王崎、御前崎、石廊崎、野島崎及び犬吠崎沖の平均値を、そして流速データには12～2月の石廊崎の平均値を使用した。

1976～1997年間のデータの解析により得られた算定式を表3に、そしてこの関係式により求めた予測CPUEと実測CPUEの関係を図11に示す。両者の関係は、1988年のCPUEの急上昇1992～1995年の高い水準での推移、1996年の急速な下降、1997年の急上昇といった点でかなり一致した関係になった。

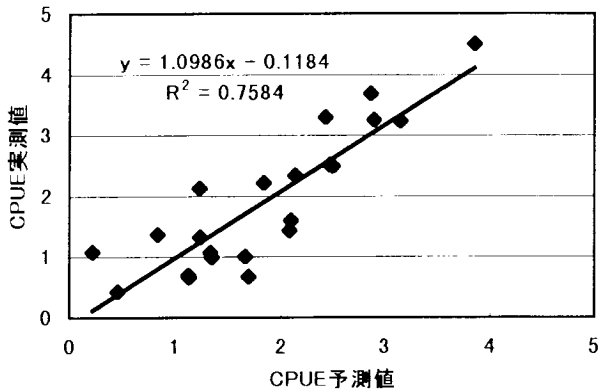
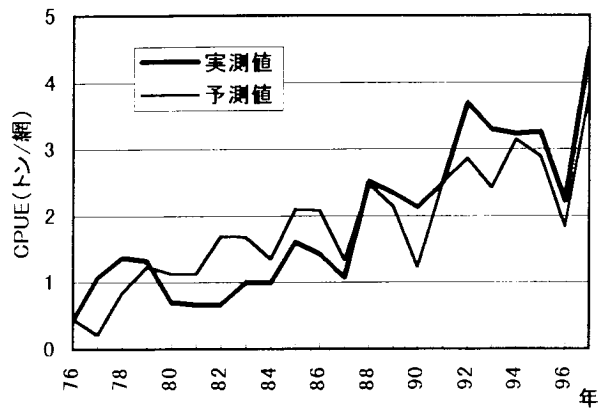


図11 サンマCPUE実測値と重回帰による予測値の関係 1996～1997

表3 重回帰分析結果

予測式	予測値 Y = A1X1 + A2X2 + A3X3 + A4				
変数	X1 = 離岸距離マイル	係数	A1 = -8.29739	重相関 R	0.871526
	X2 = 表面水温℃		A2 = 0.014842	重決定 R <sup>2</sup>	0.759558
	X3 = 流速ノット		A3 = 0.376305	補正 R <sup>2</sup>	0.719484
計算期間	1996～1997年		A4 = 0.612075	標準誤差	0.602915

表4 重回帰分析結果

予測式	予測値 $Y = A1X1 + A2X2 + A3X3 + A4$				
変数	X1 = 離岸距離マイル	係数	A1 = -8.24472	重相関 R	0.872457
	X2 = 表面水温°C		A2 = 0.01189	重決定 R <sup>2</sup>	0.761181
	X3 = 流速ノット		A3 = 0.389808	補正 R <sup>2</sup>	0.721378
計算期間	1996~1994年		A4 = 0.556831	標準誤差	0.600877

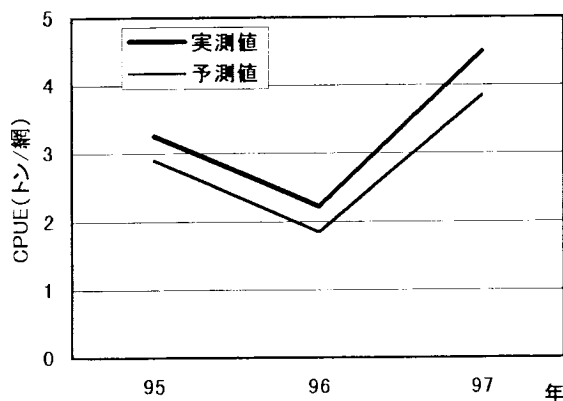


図12 1976~1994の関係から求めた重回帰予測式によりその後3年間で予測した値と実測値との関係

この予測式が実際に有効であるかどうかを確認するため、1976~1994年の間のデータを使用し求めた計算式を表4に示す。そして表4の関係式により求めたその後3年間の予測値と実測値の関係を図12に示す。予測値のほうが0.5前後低い傾向があるが両者はかなり一致した。

#### 4. 考 察

##### (1) 重回帰予測式について

サンマのCPUEは、漁船の漁獲能力や漁期における来遊海況条件によって左右されており、この値がただちに資源水準を表すと考えるのは早計である。しかし、資源水準をある程度指標する数値であるとみなすことに異論はないであろう。

重回帰による解析からは1980~1987年頃の古い年代の予測値は実測値より大きく、1989年以降の年代の予測値は、実測値より小さい傾向が認められた。1988年以前の古い年代の実測値が予想値を下回っているのは、この古い年代の漁獲能力が、近年の漁獲能力に比べ低いことを反映している可能性が考えられる。

また、CPUEは資源量を指標する数値であるのに対し、冬季の海洋環境は稚仔の再生産関係の良否をあらわしている可能性が高い。つまり資源水準が低い場合には、再生産関係が良好であっても加入する資源量はあまり多く

なく、資源水準が高い場合は再生産関係があまり良好でなくても、加入する資源量は多いとの関係が出現する可能性がある。1988年以前の予測値が実測値を下回りそれ以降の関係が逆に上回る関係になっている要因の2つ目の可能性として、この1988年前後の資源水準の差により発生している可能性が考えられる。したがって予測の精度を高めるためには、漁船の漁獲能力の差を勘案したCPUE値の補正や、予測変数に親の資源水準値を加えることが今後の課題であろう。

##### (2) サンマの年齢について

サンマの生活史は完全には解明されていないが、北西太平洋におけるサンマの年齢と成長に関して、Watanabe et al. (1988) は、耳石日周輪の解析から一年以内に体長300mmを超える大型魚に達し本種は年魚であろうと推定している。また福島等 (1990) は稚仔の出現状況及び漁期中の体長組成等から前年秋に発生したものが大型魚に、冬期に発生したものが中型魚に、また当年春にかけて発生したものが小型魚に該当すると述べている。

一方、巢山ら (1992) 及び巢山 (1995) は、同じく耳石日周輪及び耳石透明帯の観察からサンマの寿命は2年程度と報告している。

しかし、今回の解析結果は、サンマのCPUEは漁期前年の秋~当年冬の稚仔発生期の海洋環境により決定されている可能性を示唆するものであった。またこのCPUEの主体をなすサンマは大・中型群であることを考え合わせると、今回の解析は、サンマの寿命に関しては1年説を支持する結果となった。

ただし、この黒潮とCPUEの関係を、黒潮が強い場合に1歳魚の死亡率が低くなると考えられると、逆の関係が成り立ち巢山らの説を支持する結果となる。しかし資源変動をおこす要因として発生初期の生残率と1年魚に達した段階での死亡率を比較した場合考えやすいのは前者の方であろう。

##### (3) 再生産関係良否の原因について

黒潮がサンマの稚仔発生期の再生産関係の良否を決定している可能性が高いとの考えに対し、ではいったいどのような具体的なメカニズムで再生産関係が決定されているのだろうか。

福島信一ら(1992)は、「北西太平洋のサンマ産卵水域は、凡そ27~42度Nの広範囲で、主産卵期は秋から翌年春に亘る。秋生まれ群と春生まれ群とは黒潮以北水域を、冬生まれ群は黒潮とその反流域を主産卵場とする。これら秋・冬・春の各季節別発生群と秋の漁獲魚の大・中・小型魚とがそれぞれ対応し、冬生まれ中型魚の出現は安定性がある。また稚仔魚の漂流・来遊には黒潮反流域の役割を重視することが肝要である」と述べている。

今回の解析では、大・中・小型群別の分析を行っていないし、また調査船調査によって稚仔の分布が確認されている黒潮以北或いは以南の海域の分析も行っていない。したがって黒潮の性状のみで再生産関係を述べるのは早計であるが、再生産関係の良否の原因について次の仮説が考えられた。

稚仔発生期の黒潮流軸表面水温とサンマCPUEとの間には、高い相関関係が認められた。したがって、稚仔期の生育環境の高水温化が、稚仔の生残を高めている可能性が考えられる。また黒潮流軸流速が速い場合にCPUEが高くなる傾向が認められた。したがってこの現象からは、黒潮周辺海域で発生した稚仔が、すばやく日本東北方面海域へ輸送されることが稚仔の生残を高めている可能性及び黒潮流軸流速が速いことによって周辺水域との間に発生する低気圧性渦等の現象により稚仔の餌料環境が変化し生残率を高めている可能性が考えられる。このほか、黒潮流軸が本州南部中央部で接岸し房総付近で離岸する場合にCPUEが高くなる傾向が認められた。した

がってこの現象からは、本州南岸中央部から卵付着浮遊物が多く運ばれることにより稚仔の生残を高めている可能性が考えられる。(表5)。しかし、これらの仮説は、実証データ等による裏づけのほとんどないものであり今後入念な検証が必要である。

5. 要 約

- (1) サンマ棒受網漁船のCPUE変動と前年秋~冬季の和歌山及び鹿児島島の定地水温変動との間には高い相関関係が見られ、サンマのCPUE(資源来遊水準)は本州南岸海域付近の稚仔発生期における海洋環境で決定されている可能性が高いことが示唆された。
- (2) サンマのCPUE変動と前年秋~冬季の黒潮流軸離岸距離の関係は、本州南岸中央部で接岸し房総付近で離岸する場合にCPUEが高くなる傾向が認められた。
- (3) サンマのCPUE変動と前年秋~冬季の黒潮流軸表面水温との関係は、表面水温が高い場合にCPUEが高くなる傾向が認められた。
- (4) サンマのCPUE変動と前年秋~冬季の黒潮流軸流速との関係は、流速が速い場合にCPUEが高くなる傾向が認められた。
- (5) これらの関係から漁期前年の秋~冬季の黒潮の指標値からサンマのCPUEを予測する関係式が得られた。
- (6) CPUEは漁期前年の秋~当年冬の黒潮変動と高い相関関係があること及びこのCPUEの主体は大・中型魚であること等から、サンマの年齢に関し1歳魚である

表5 サンマ再生産関係の仮説

	解析結果	解析結果から考えられるサンマ再生産関係の仮説	今後の課題
①	サンマCPUEは、稚仔発生期の黒潮流軸表面水温と高い相関関係にあり、水温が高い場合に高くなる傾向があった。	稚仔発生期の水温の上昇が稚仔の生残を高めている可能性が考えられた。	水温と生残率の解明等
②	サンマCPUEは、稚仔発生期の黒潮流軸流速と高い相関関係にあり、流速が速い場合に高くなる傾向が見られた。	黒潮周辺で発生した稚仔が、すばやく日本東北方面海域へ輸送されることが生残を高めている可能性が考えられた。	海域別生残率の解明等
③	同上	黒潮流軸流速が速いことによって周辺水域との間に発生する低気圧性渦等の現象により稚仔の餌料環境が変化し生残を高めている可能性が考えられた。	黒潮流速と周辺の餌料環境の解明等
④	サンマCPUEは、稚仔発生期の黒潮流軸離岸距離と高い相関関係にあり、黒潮流軸が本州南部中央部付近で接岸し東部付近で離岸する場合に高くなる傾向が見られた。	サンマ卵は浮遊物に沈着することが知られているが、本州南側中央部で接岸することにより、沿岸域からの卵付着浮遊物が多く運ばれ稚仔の生残を高めている可能性が考えられた。	黒潮流軸流路と浮遊物の関係及び浮遊物の多少による生残率の差の解明等

との説を支持する結果となった。

- (7) サンマ再生産関係の良否の原因として表5の仮説が考えられた。

## 6. 謝 辞

各地の定地水温データを提供して頂いた北海道釧路試験場の三原氏、宮城県水産開発センター上田氏、千葉県水産試験場粕谷氏、和歌山県水産試験場竹内氏、鹿児島県水産試験場の池上氏及び茨城県水産試験場の武士氏並びに資料の提供を配慮頂いた各所属組織に心より御礼申し上げます。

## 文 献

- 栗山 哲・桜井泰憲・目黒敏美・島崎健二 (1992) 中部北太平洋におけるサンマ *Cololabis saira* の耳石日周輪に基づく年齢と成長の推定. 日本誌, 58, 1607-1614.
- 栗山 哲 (1995) 耳石透明帯に基づくサンマの加齢と寿命の推定. 第44回サンマ資源研究会議報告, 316-323.
- Watanabe, Y., L. Builer, and T. Mori (1988) Growth of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northeastern and northwestern Pacific Ocean. Fish. Bull., U.S., 86, 489-498
- 福島信一・高杉 知・高橋祐一郎 (1992) サンマ再生産の特徴. 大型魚の多獲と関連して. 第41回サンマ資源研究会議報告, 246-256.
- 福島信一・渡辺良朗・小川嘉彦 (1990) 北西太平洋におけるサンマの季節別発生群と大型魚・中型魚・小型魚との対応. 東北水研研報 (52), 17-27.
- 全国さんま棒受網漁業協同組合・社団法人全国さんま漁業協会 (1998) さんま棒受網漁業関係資料36.
- 全国サンマ研究チーム (1998) 1997年のサンマ漁況の経過. 1997年第48回サンマ資源研究会議報告, (印刷中).