

房総～三陸海域の水温環境とマイワシの再生産指数について

海老沢 良 忠・木 下 貴 博¹⁾

Relationship of Surface Water Temperature in Boso~Sanriku Area Sea and Recruitment per Spawning Biomass of the Japanese Sardine

Yoshitada EBISAWA・Takahiro KINOSHITA

1. はじめに

マイワシは数十年間隔で急激な資源の増大減少を繰り返すことが知られている。その原因は、環境変動説、食害説等いろいろあるが明確な解答は得られていない。

北部太平洋海域では、大中型旋網により1986~88年にピークに最大約170万トン程度の漁獲があったが1989年以降減少がつづき1996年にはわずかに約8万トンの漁獲となった。(図1)

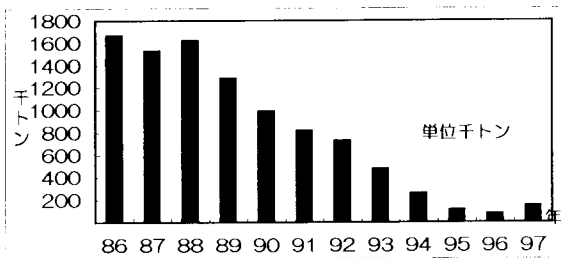


図1 北部太平洋海域旋網マイワシ水揚量の推移

これは1988年以降新たに加入する年級群が著しく減少したためと考えられ、年齢別漁獲情報及びコホート計算等により求めたマイワシの再生産指数(1kgの親資源から何尾の0歳魚が漁獲対象として資源加入したかの関係を表す)は、1985~1987年の90~100尾/kgをピークに1988年以降急激に減少し、1990年及び1991年には、わずか0.3及び0.27尾/kgとなった(図2)。このことは1970年代から80年代前半にかけての再生産関係の良い年代に資源は急激に増大し、1988年以降再生産関係の悪化とともに資源は急激に減少するという関係を示している。

近年漁獲されたマイワシの年齢構成は、資源の減少とともに若齢魚の比率が高くなってきており、1993年には0及び1歳の比が80%を超え1996年には0歳魚の比率が70%を超える状況となった(図3)。

資源の減少とともに新たに加入する年級群への漁獲依存が高まる中、漁況予測の精度向上を図る上でも新規加入群の予測の精度向上(再生産指数の予測)が求められる。

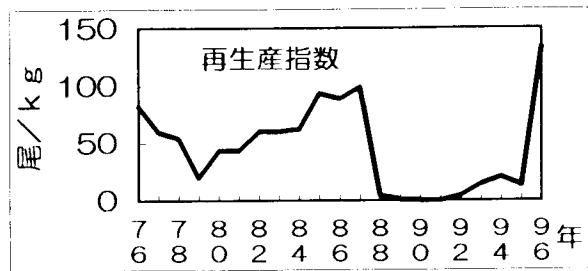


図2 マイワシ太平洋系群再生産指数

(マイワシ親資源の量と0歳魚資源加入の関係)

*関係各県の我が国周辺漁業資源調査データ及び200海里水域内漁業資源総合調査データから算出

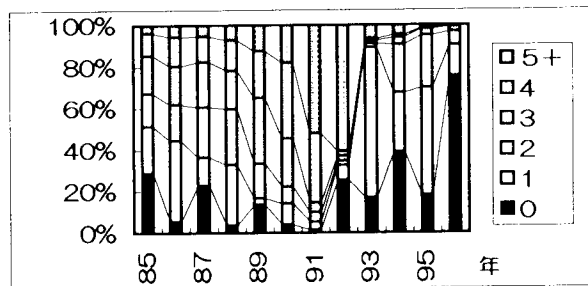


図3 マイワシ漁獲尾数年齢比の推移

*関係各県の我が国周辺漁業資源調査データ及び200海里水域内漁業資源総合調査データから算出

ている。

そこで、新規加入群の漁況予測の精度向上を図り、マイワシの資源変動の原因を推察するため、房総～三陸海域の水温環境とマイワシ再生産指数の関係を検討した。

2. 方法

(1) 定置水温との関係

宮城県江ノ島、茨城県那珂湊及び千葉県千倉定置水温の1976年~1996年の月別水温偏差とマイワシの再生産指数の関係を検討した。

(2) 表面水温等温線位置との関係

脚注1) 水産庁中央水産研究所

1977～1996年の漁業情報サービスセンターの漁海況速報及び太平洋漁海況速報のうち1～6月の毎月上旬に発行される表面水温データの東経141～150度の範囲の5、10及び15℃の等温線の北緯35度ラインからの距離を測定し、その等温線の位置とマイワシの再生産指数の関係を検討した(図4)。

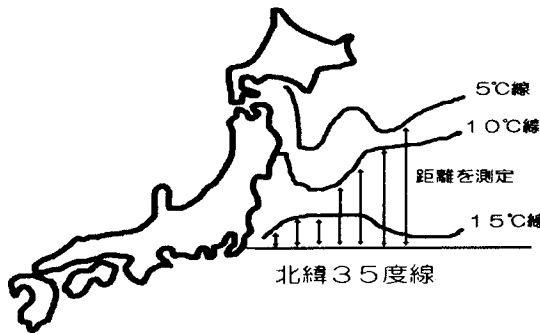


図4 等温線の推移

(3) 表面水温等温線面積との関係

1977～1996年の漁業情報サービスセンターの漁海況速報及び太平洋漁海況速報のうち1～6月の毎月上旬に発行される表面水温データの東経141～150度の範囲における北緯36、37及び38度ラインと10℃の等温線で囲まれる水域の面積を測定し、その10℃以下の面積とマイワシの再生産指数の関係を検討した(図5)。

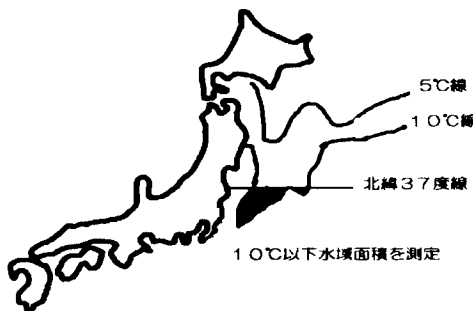


図5 10℃以下面積の測定

3. 結果

(1) 定置水温との関係

江ノ島、那珂湊及び千倉の1976年から1996年の間の月別の水温偏差とマイワシ再生産指数の相関関係を図6に示す。これらの定置水温と再生産指数の関係は一部を除きそのほとんどが負の関係を示し、水温環境が低い場合のほうがマイワシの再生産関係が良いとの関係となった。

5%の範囲で有意な相関関係は、江ノ島の1月、那珂湊の1、4、5及び7月、千倉の3及び8月、また1%の範囲で有意な相関関係は、江ノ島の2月、那珂湊の2、3及び8月、千倉の1月に出現した(表1)。

連続した2ヶ月、連続した3ヶ月及び連続した4ヶ月

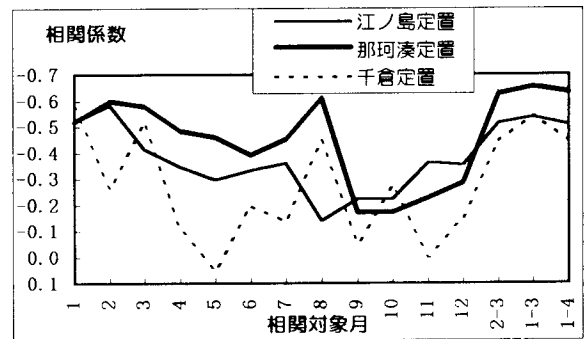


図6 月別定置水温とマイワシ再生産指数の相関関係(76～96)

表1 定置水温月別及び連続した月の平均水温偏差とマイワシ再生産指数の相関係数の関係

月別	場所	5%有意	1%有意
1ヶ月	江ノ島	1月	2月
	那珂湊	1月、4月、5月、7月	2月、3月、8月
	千倉	3月、8月	1月
2ヶ月平均	江ノ島	2-3月	1-2月
	那珂湊	4-5月、5-6月、6-7月	1-2月、2-3月、3-4月、7-8月
	千倉	1-2月、2-3月	
3ヶ月平均	江ノ島	1-3月、2-4月、11-1月	12-2月
	那珂湊	3-5月、4-6月、5-7月、7-9月	12-2月、1-3月、2-4月、6-8月
	千倉	1-3月	
4ヶ月平均	江ノ島	1-4月、2-5月、9-12月、10-1月、11-1月、12-2月	12-3月
	那珂湊	3-6月、4-7月、6-9月、11-2月	1-4月、2-5月、5-8月、12-3月
	千倉	1-4月、12-3月	

の水温偏差平均値との相関のうち最も高い相関が見られたのは、それぞれ那珂湊の2-3月、1-3月及び1-4月であり、いずれも2-3月を中心とした冬春季の水温環境であった。

すべての相関関係の中で最も高い値となったのは、那珂湊の1-3月の平均水温偏差とマイワシの再生産の関係であった。マイワシの主な産卵期は2-3月頃であるが、このことは2-3月の稚魚発生期を中心とした冬春季の水温環境がマイワシの再生産指数と密接に関係していることを示していると考えられる。

地区別に高い相関の出現が多いのは、那珂湊の定置水温であり、このことはマイワシの再生産関係の変化に関し、その重要な決定要素となっている海域は、緯度方向で考えた場合、親潮系冷水の影響の強い江ノ島や黒潮系

暖水の影響の強い千倉よりもこの両者が混合する常磐南部～鹿島灘海域であることを示していることと示唆される。

最も相関の高かった那珂湊の1～3月の平均水温偏差とマイワシ再生産指数の関係を図7に示す。ここで特徴的なのは、1979年の高温時の低い再生産関係、その後1980年から1987年にかけての水温の低下傾向と再生産指数の上昇、そして1987～1988年頃から1995年にかけての水温の上昇と再生産指数の低下、そして1996年の低温化と再生産指数の急上昇という関係である。

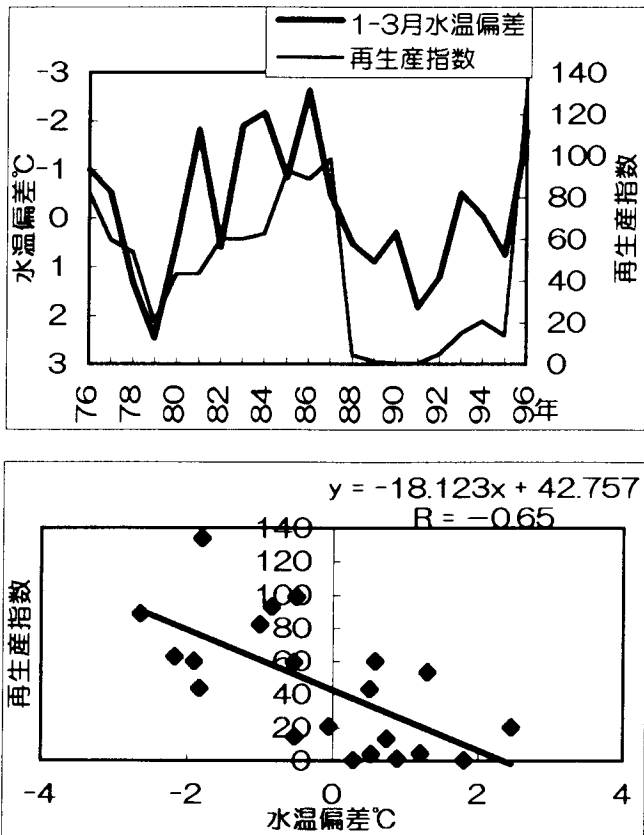


図7 マイワシ再生産指数と那珂湊定置水温の1～3月の平均水温偏差との関係

(2) 表面水温等温線位置との関係

1977～1996年の1～6月の房総～東北海域の東経141～150度の経度1度間隔の5℃、10℃及び15℃の表面水温等温線の南下位置を北緯35度線からの距離で測定し、その位置を東経141～145度及び146～150度でそれぞれ平均化し東西海域別及び月別にマイワシ再生産指数と比較した相関関係を図8に示す。また、1%及び5%範囲で有意な関係にあった月を表2に示す。

5%の範囲で有意な相関関係は、西海域の5℃の3月、10℃の1月、15℃の1月、東海域の5℃の1・3・5月、15℃の1月であった。1%の範囲で有意な相関関係は、西海域の5℃の1月、10℃の2・3月、15℃の6月であった。

等温線の位置とマイワシ再生産指数の関係は、月別には、1～6月の間で前半に高く後半は低下する関係がみられ、1～3月の等温線の位置とマイワシの再生産指数

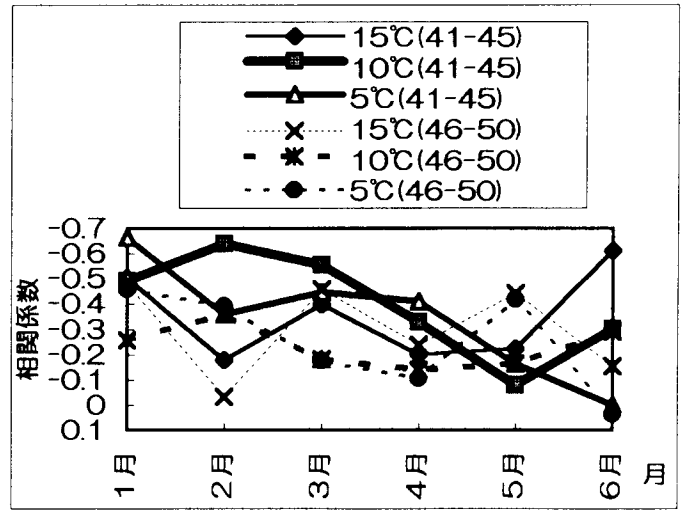


図8 等温線別月別経度別マイワシ再生産指数との相関関係

表2 月別等温線（東経141～145°E海域：西海域及び146～150°E海域：東海域）の南下位置とマイワシ再生産指数の相関関係

海域	等温線	5%有意	1%有意
西	5℃	3月	1月
	10℃	1月	2月、3月
	15℃	1月	6月
東	5℃	1月、3月、5月	—
	10℃	—	—
	15℃	1月	—

の相関関係が高くなる傾向がみられた。

またその海域は、東経141度から150度までの海域を東西に分けた場合、西側の海域のほうが、相関が高い傾向が見られた。2月及び3月の10℃等温線の1度間隔の経度別の相関関係を見ても（図9）同様に141～146度前後の西側で高く東側で低い関係になっている。この東経141～146度にかけての海域は、親潮第1分枝及び第2分枝による冷水の南下が見られる海域であり、マイワシの再生産に関し親潮系冷水の南下が大きな影響を与えている

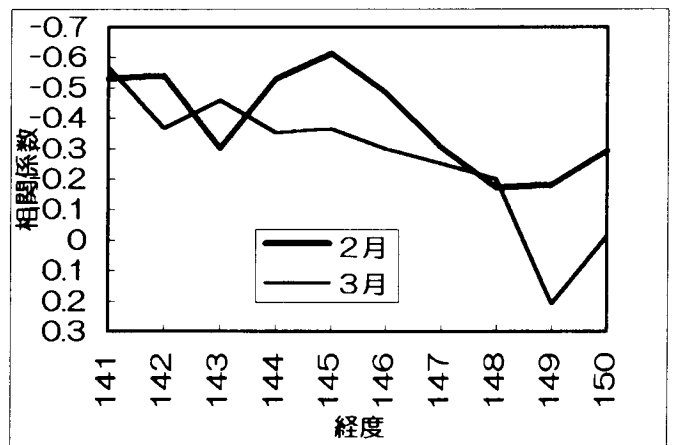


図9 10℃等温線の月別経度別マイワシ再生産指数との相関関係

可能性が高いと考えられた。

水温域としては、5℃、10℃及び15℃の3つの水温で比較した場合、10℃の等温線の位置との相関が高かった。これらのことから、マイワシの再生産関係に重要な影響を与える水温及び海域は、マイワシ稚魚の発生する2～3月、親潮系冷水の南下する東経141度から145～6度位までの範囲を中心に、10℃前後の冷水がどれだけ南下するかによる可能性が高いと考えられた。

最も相関の高かった10℃の2月の141～145度の平均位置とマイワシ再生産指数の関係を図10に示す。

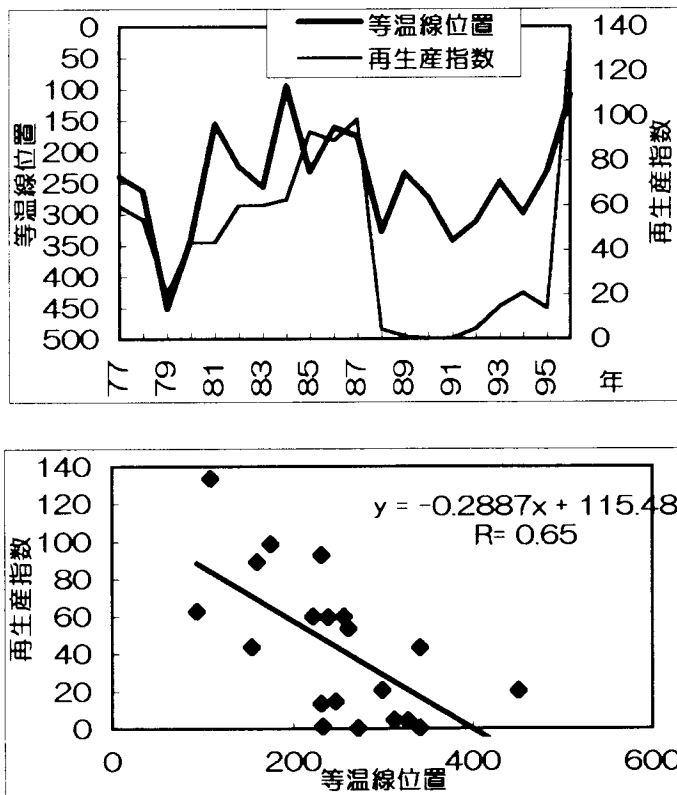


図10 マイワシ再生産指数と2月の10℃の東経141～145度の平均等温線位置の関係

(3) 表面水温等温線面積との関係

1977～1996年の2～3月の東経141～150度までの海域の北緯36度以南、北緯36～37度及び北緯37～38度のそれぞれの海域における10℃以下の水温の面積とマイワシ再

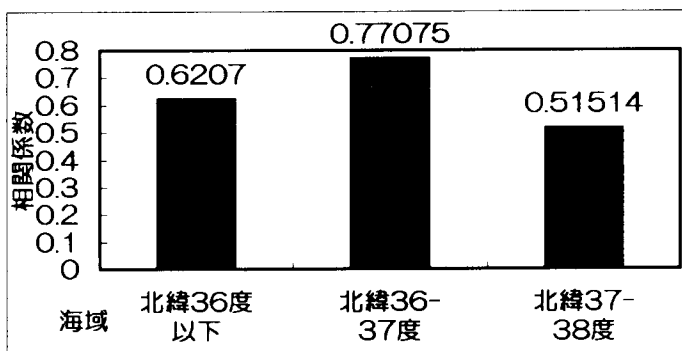


図11 東経141～150の海域の水温10℃以下の経緯別面積とマイワシ再生産指数の関係

生産指数の関係を図11に示す。

緯度別には北緯36～37度の範囲の10℃以下の水温域の出現がマイワシの再生産指数ともっとも高い相関を示した。この付近の海域はちょうど黒潮続流北辺部にあたり、黒潮続流北辺部への10℃前後の親潮系冷水の南下混合がマイワシの再生産指数の上昇に重要となっていることが推察される。

2～3月の北緯37度以南海域の10℃以下の水温面積と再生産指数の関係を図12に示す。10℃以下の面積と再生産指数の関係は、定置水温及び10℃等温線との関係の場合にくらべ相関係数がかなり上昇している。年毎の変動も1977～78年及び1982年の数値が再生産指数よりやや低い、1984年の数値がやや高いといった数年の誤差を除くとかなりの精度で一致しており、マイワシの再生産指数も漁獲情報やコホート計算により推計した数値であることを考えあわせると両者は極めて高い相関関係と考えられる。

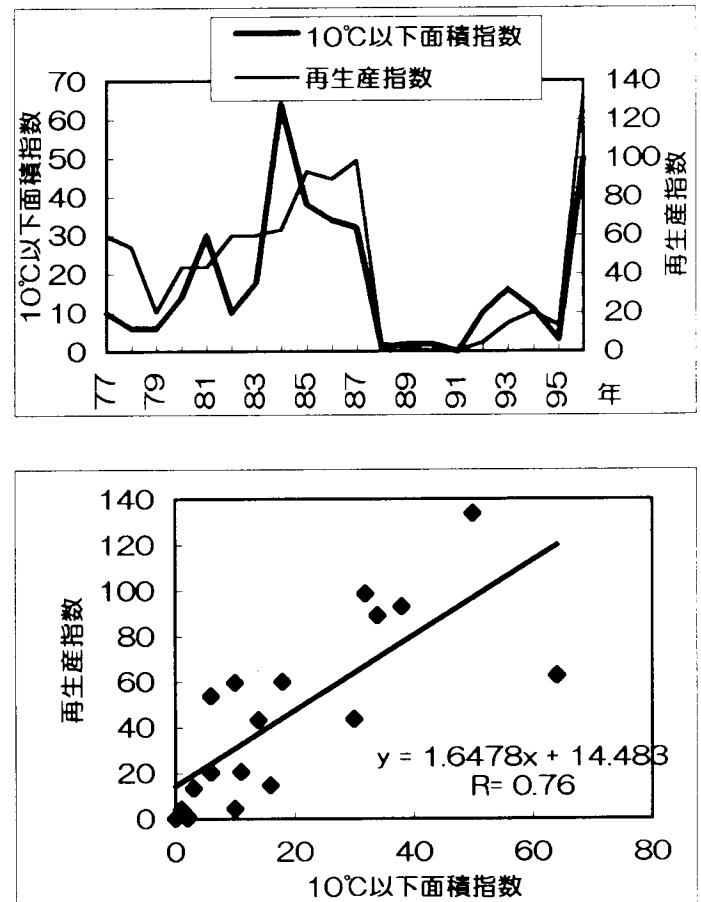


図12 マイワシ再生産指数と東経141～150度の北緯37度以上南の2～3月の10℃以下の面積の関係

これらのことは、2～3月の黒潮続流と親潮系冷水との混合がマイワシの再生産に関しかなり重要な変動要因となっていることを示唆していると考えられる。

4. 考 察

マイワシ再生産指数と房総～三陸海域の表面水温環境との間に高い相関関係にあったのは、2～3月における北緯37度以南への東経141～146度付近における水温環境であった。

このことはマイワシ稚魚発生期における親潮系冷水の黒潮統流北辺部への南下混合がマイワシの生残りに関し重要であることを示している可能性が高い。

近年の資源増大期のマイワシの主な産卵域は、東海～薩南海域の黒潮周辺海域でその主な時期は2～3月であることが知られている。その後発生した稚仔魚の主な生息域はよく分かっていないが、黒潮流路で東北東へ輸送されると仮定すると、比較的早い速度で、親潮系冷水の南下する房総から常磐沖の海域に達することも可能であろう。またマイワシの卵稚仔の主分布域の下限水温を15℃前後と仮定すると、2月及び3月における房総～常磐沖東経141度～150度までの海域の15℃等温線は主に北緯35度～37度前後の海域で北上南下を繰り返しており、マイワシの卵稚仔の分布北限域は、緯度方向で考えた場合この前後の海域である可能性が高い。

一般的に親潮系冷水は、栄養塩類を多く含んでいることが知られている。この栄養に富んだ冷水と暖かな黒潮統流との大規模な混合は、動植物プランクトン等の魚類の餌生物の発生に有利な現象と考えられよう。資源の高水準期に黒潮周辺の沖合域で産卵されたマイワシ卵の一部はストリーマー等の暖水の波及によって沿岸域へ輸送されるが、むしろその多くの卵や稚仔は黒潮によって輸送され、房総～常磐沖の栄養の豊富な親潮系冷水と黒潮統流の混合域へ到達するのではないだろうか。

そしてこの房総～常磐沖海域における冬春季の親潮系冷水と黒潮統流の混合の多少によりマイワシ稚魚の餌料条件等が左右され親潮系冷水の南下混合が多い年は再生産関係が良く、南下混合が少ない年には再生産関係が悪いとの関係になっているのではないだろうか(図13)。事実、マイワシ稚魚の生残りとこの海域の親潮系冷水の

南下補給量の関係は極めて高く、この考えの正当性を裏付けているように見える。

マイワシの産卵域は、資源水準の変化や年代により大きく変化することが知られている。近年の現象としては資源の増加した1980年代前半以降に沿岸域から黒潮内側域へ産卵域が沖合化したことが黒田(1991)等により報告されている。もし、資源高水準期におけるマイワシ稚仔の主な生息域が、房総から常磐沖の親潮系冷水と黒潮統流の混合域であるとの仮説が正しいとするならば、この年代のマイワシの産卵域が黒潮内側域を中心とした黒潮周辺海域にあるのは、この海域の潮流方向の延長線が房総～常磐南部沖海域の黒潮統流北辺部にあることから理屈にあう産卵域であることが言えよう。つまりマイワシ親魚は、栄養分を豊富に含む親潮系冷水と黒潮統流の混合水への到達を目的として、潮流方向の上流側の海域である東海～薩南の黒潮内側域を中心に産卵活動を行うのではないかと考えている。

一方ではなぜこの混合域で直接産卵活動を行わないのかとの疑問は残る。しかしこれは、卵から前期仔魚期に至る餌を必要としない期間及びその後の初期の発育段階の期間には、すこしでも早い成長をとげるため、生育の早い高温な環境下に置くことを目的として黒潮域の上流側にさかのぼり産卵活動を行うとの解釈で説明できるのではないだろうか。

またなぜ沿岸水域を主体とした産卵域の年代があるのだろうか。これは逆に親潮系冷水の南下が弱く黒潮統流との混合がほとんどない海域に、稚仔を送り込む必要性がなくなるためではないだろうか。

マイワシ稚魚の生残率が急激に低下した1988年は、親潮系冷水の南下が急激に弱まった年でもある。それまで北緯37度以南に大きく広がり黒潮統流と混合していた10℃以下の冷水の南下は、北緯38～39度の海域にとどまり、黒潮及び黒潮統流によって輸送されてきたマイワシ稚仔は、この栄養豊富な親潮系冷水にありつけなかったように見える。

一方、沿岸水域は、河川水等の流入により栄養分の多い海域と考えられており様々な水産生物が多数生息している海域である。事実マイワシの仔魚は、3～5月頃沿岸浅海域において魚群探知機によって探索できるほど高密度に集群し、沿岸漁業により漁獲されている。しかし渡辺(1997)によると、この沿岸域におけるシラスの成長は仔魚期後半には成長の遅滞が認められ、良好な餌料環境におかれた場合の成長過程と比較し、マイワシ仔稚魚の生育の場としてはあまり好適とは言えないと報告している。

さらに沿岸水域は、捕食生物を含めた様々な水産生物が混合して生息している海域でもあり、水温の上昇とともにカツオやシイラ、ブリ、マグロ類といった索餌能力

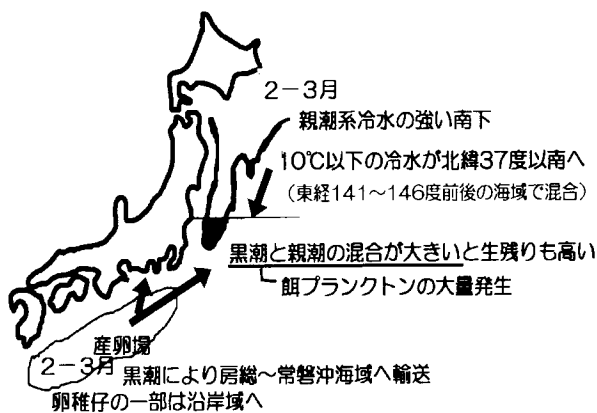


図13 マイワシの再生産関係図

の強い暖水性魚類が来遊する海域でもある。東北海域にも様々な捕食生物が存在するであろうが、マイワシ仔稚魚は、黒潮統流から派生する北上暖水に乗って、北の冷たい海域へ北上することにより、これらの索餌能力の強い暖水性魚類との接触を逃れることができるとの考えも可能であろう。

つまり、沿岸水域は、ある程度稚魚の生育に適した海域であるが、親潮系混合水域ほどの稚魚収容能力を有してないため、冷水の南下が強く混合水域が多く発生する年代には、マイワシはこの混合海域への稚魚の到達を主目的として沖の黒潮周辺域で産卵活動を行い、また南下が弱く、黒潮統流との混合が起こらない年代には、この沖での莫大な再生産力が著しく低下するため、稚魚収容能力は少ないながらもやむを得ず、沿岸水域を主目的として産卵場を沿岸に移し再生産活動を行う、との生残り戦略の方向転換を行い、結果として資源の高水準期には沖合で産卵し、資源の低水準期には沿岸側で産卵をおこなうとの関係になっているのではないだろうか(図14)。

1988年以降、冬春季における親潮系冷水の南下は急激に弱まった。しかしマイワシの親達は、前述の生残り戦略の方向転換を行わずに沖合で産卵をし続けている。これは1988年以前にこの混合水域で育った記憶をもつ親達が、急激な戦略転換を行わずに、沖合での産卵活動を継続しつづけたということであろうか。とくに資源の低下する直前の1984～1987年には親潮系冷水の南下は最強を極め、この時期の水溫図を見ると、北辺部のみならず本流域まで大規模に黒潮統流と混合しているように見える。中田(1997)は、1988年以降のマイワシ資源の減少に関しその原因を、産卵場のさらなる沖合化によりマイワシの卵稚魚が栄養状態の悪く捕食生物の多い黒潮外側域へ運ばれたためとの仮説を述べている。これらの混合の大きかった年代に生まれ育った親は、親潮系冷水が弱勢化したにもかかわらず、自分の稚仔期の記憶をもとに

産卵域の中心を黒潮の本流域へとさらに沖合化したのかもしれない。

児玉(1992)は、1910年頃から近年に至る宮城県江ノ島定置水溫の推移から、冬春季における親潮系冷水の南下は数十年間隔で強勢年代が生じているとし、1920～1940年頃を昭和前期冷水期及び1970年代半ばから1980年代後半を昭和後期冷水期とまとめ、マイワシ資源の増加は、これと附合していると報告している。この報告にあるように親潮系冷水の南下は、強勢に南下する年代及びあまり南下しない年代が交互に連続性をもって発生している。この連続した環境の好転及び悪化に対応しマイワシ資源は数十年間隔で資源の増大減少を繰り返しているのではないだろうか。

青木(1995)は、ニューラルネットワークを用いたマイワシ未成魚漁獲量と親潮、黒潮等の環境要因の解析から、マイワシの資源の増減は東北海域の海面水溫等、太平洋の気象海洋の環境変動と密接な関係にあると述べている。また日本周辺における多獲性浮魚資源は年代とともに資源が増減しその優先魚種を交代しているが、世界各地でも同様な優先魚種の交代現象が、ほぼ同じ時期に発生していることが知られている。このような浮魚資源の変動の原因を、親潮の南下変動等、世界規模な気候海洋環境の変化ととらえることはそう間違った考えではないようにも感じられる。

5. 要 約

- ① 宮城県江ノ島、茨城県那珂湊及び千葉県千倉の定置水溫月別偏差とマイワシ再生産指数の関係から、マイワシ稚魚の発生する2～3月の水溫環境の低温化がマイワシの再生産指数の上昇と相関が高いこと、水域別には、黒潮と親潮の混合水域である那珂湊の水溫変動との相関が高いことが推察された。
- ② 5℃、10℃並びに15℃の等温線の位置とマイワシ再生産指数の関係から、2月及び3月を中心とした冬春季の東経141度～146度前後の海域における10℃前後の親潮系冷水の南下がマイワシの再生産と密接な関係にあることが示唆された。
- ③ 北緯度線及び10℃以下の水溫線に囲まれる面積とマイワシの再生産指数の関係から、2～3月の北緯37度以南の10℃等温線で囲まれる水域の面積とマイワシの再生産指数の関係が極めて高い相関を示し、このことは稚魚の生残りに関しこの海域が重要な役割を果たしていること及び東海～薩南海域で産卵されたマイワシ太平洋系群の稚仔の主な生育の場は房総～常磐沖海域の黒潮統流北辺部の混合域である可能性が高いことが推察された。
- ④ 親潮系冷水は、卓越して連続的に大きく南下する年代と、連続的にあまり南下しない年代が交互に生じて

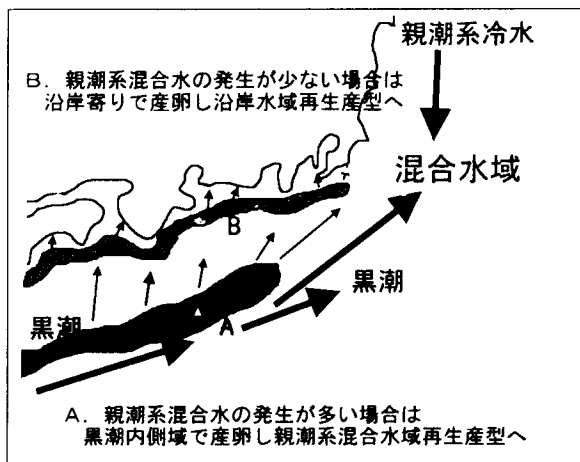


図14 マイワシ産卵場の推移

いるが、マイワシ資源はこの連続した環境の変化及び生残率の変化に対応し急激な増加と減少を繰り返している」と推察された。

- ⑤ 2～3月の北緯37度線及び10℃以下の水温線に囲まれる面積とマイワシの再生産指数の関係は極めて高い相関をしめし、10月頃から小羽として漁獲される0歳魚の資源加入予測及びその後の資源変動の予測に有効と考えられる関係式が得られた。

6. 謝 辞

マイワシ再生産指数の算出にあたり、関係各県から長年にわたる水揚、体長及び成熟等の貴重なデータを提供頂いたことを心から感謝申し上げます。また宮城県水産研究センター上田氏、千葉県水産試験場粕谷氏及び茨城県水産試験場武士氏から定置水温データを提供していた

いただきましたので重ねてお礼申し上げます。

7. 参考文献

- 青木一郎 (1995) マイワシ資源変動解析へのニューラルネットワークの応用 月刊海洋 27(7)428-433
- 黒田一紀 (1991) マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究。中央水研研報 3, 25-178
- 児玉純一 (1992) 金華山近海域における海況変動と漁況特にマイワシ資源の長期変動との関係 水産海洋研究50(2) 151-154
- 中田 薫 (1997) 黒潮周辺海域におけるマイワシの初期餌料環境, 中央水研研報 9, 19-128
- 渡辺良朗 (1997) 変態期前後のマイワシの成長97東大海洋研シンポジウム要旨集「魚類の変態機構と生残への適応」 14