

浮魚の生態と資源変動の解明

誌名	水産海洋研究
ISSN	09161562
著者	川崎, 健
巻/号	53巻2号
掲載ページ	p. 178-191
発行年月	1989年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



寄稿

浮魚の生態と資源変動の解明

川崎 健*1

目次

- 1. まえがき
- 2. マイワシを中心とする暖水性プランクトン食性魚類の変動
- 3. key species としての マイワシ の生活史の特性—相変異性—
- 4. グローバルな気候変動とマイワシの資源変動
- 5. マイワシと浮魚他魚種との相互作用—東北海域における浮魚資源の分布の時間的空間的変動—
 - 5.1. 資料
 - 5.2. 結果
 - 5.3. 論議と考察
 - 5.4. 何が分布を決めるか
- 6. 要約
- 7. 今後の研究課題
- 8. 文献

1. まえがき

本論文は、以下の3報告を体系的にとりまとめたものである。

(1) 主要資源の動態

シンポジウム「水産海洋」：東北海域における海洋環境と浮魚資源の動向

1988年11月19日 水産海洋学会・木村記念事業会

(2) 気候変動と海洋生物の資源変動

「地球と生物圏の未来予測」第Ⅲ期研究会人口・資源・食糧

1988年12月3日 リンクス・リセウム

(3) 浮魚の生態と資源変動の解明

研究セミナー「生態秩序の最適制御」

1988年12月9日 農林水産技術会議事務局・生物系特定産業技術研究推進機構

ODUM (1962) によると、食物連鎖には2つの基本型

がある。すなわち、緑色植物（植物プランクトン）に始まり、植食者、肉食者へと続く植食食物連鎖と、生物遺体から微生物、デトライタス食者、更にそれらの捕食者へと続くデトライタス食物連鎖である。海洋においては前者に属する魚類として、ニシン、マイワシ、カタクチイワシ、マサバ、マアジ、サンマ、カツオ・マグロ類などの浮魚、後者に属する魚類として、底層魚、底生魚、岩礁性魚類をあげることができる。本論文では、前者のうちのマイワシ、カタクチイワシ、マサバ、マアジ、サンマなどをふくむ暖水性プランクトン食性魚類群集の生態と資源変動について論ずることとする。図1に、1961年～1985年の世界の海産魚の総漁獲量の変化と、ニシン、マイワシ、カタクチイワシ、マサバ、マアジ、サンマの合計漁獲量の変化を示す。これにみるように、後者は前

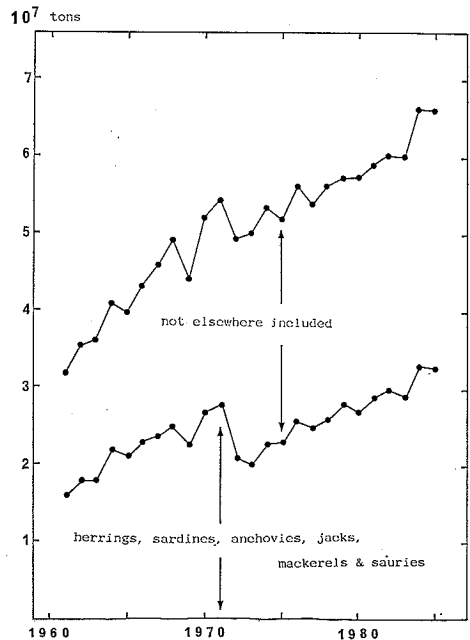


図1 世界の海産魚の総漁獲量と多獲性浮魚の漁獲量の変化, 1961~1985

*1 東北大学農学部

者の約二分の一で、変化傾向はよく似ており、後者の変化によって前者の変化が大きく支配されていることがわかる。後者の1961年～1971年の増加及び1972年・1973年の減少は主としてペルー・カタクチイワシによるものであり、1974年以後の増加は、主として太平洋のマイワシ類の増加によるものである。

2. マイワシを中心とする暖水性プランクトン食性魚類の変動

図2に、日本漁業による、暖水性プランクトン食性魚類の魚種別の漁獲量の変化を、1951年～1987年について示す。図にみるように年代によって漁獲量の多い魚種が入れかわっているが、この現象を魚種交代という。魚種間の関係についてみると、マイワシとカタクチイワシがはっきりした逆方向の変動を示しているが、他の魚種間ではこのようなことはみられない。

図3の下段は、図2を一枚の図にまとめたものである。成長してきた日本の沖合漁業が安定期に達した後の1960年～1972年には、暖水性プランクトン食性魚種の合計漁獲量は約200万tと横ばいで安定していたが、1973年からこの合計漁獲量は急増し、最近では600万tに近づいている。この増加は、図にみるようにマイワシによ

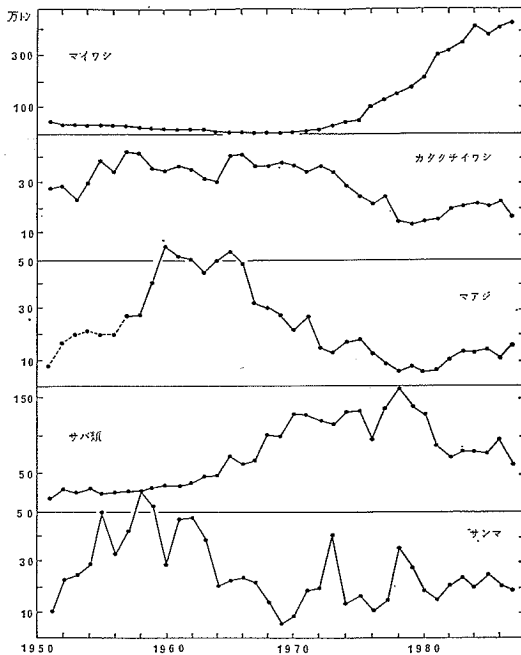


図2 日本近海における暖水性プランクトン食性魚類の漁獲量の変動, 1951～1987

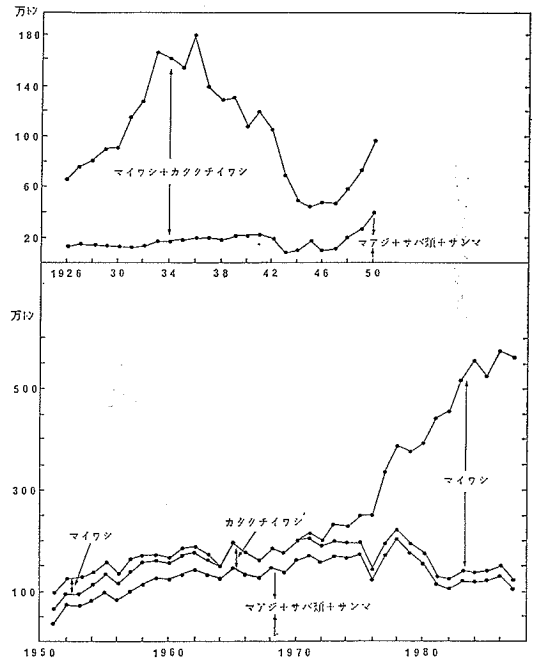


図3 日本海におけるマイワシ、カタクチイワシ、マアジ、サバ類、サンマの漁獲量の変動, 1926～1987

るものであるが、マイワシの増加と逆に他の種の合計漁獲量は、125～150万tに減少している。これについては、後章で述べることにする。図3の上段にみるようにこのようなマイワシの急増は1920年代にも生じ、1933～1936年のピークを経て、マイワシ漁獲量は減少しており、50年程度の間隔を置いた周期的変化を示している。

ところで、このようなマイワシ資源の大変動は、日本近海を中心とする極東水域だけで生じているのではない。図4に、極東マイワシ、カリフォルニア沖を中心に北米西側に分布するカリフォルニア・マイワシ及びチリ沖を中心に南米西側に分布するチリ・マイワシの漁獲量の変動を、1910年～1986年について示す。この図から、3つのマイワシが時間的にまったく同調した周期的変動をしていることがわかる。

ここで、これらのマイワシの類縁関係について述べると、PARRISH *et al.* (1987)*2はこれまでの分類学的研

*2 PARRISH, R. H., R. SFERRA and W. S. GRANT (1987) A Review on the sardines, *Sardina* and *Sardinops*, Part 1. Taxonomy, distribution and stock structure. (PARRISH が 1987年4月23日に口頭発表した原稿のコピーを筆者に手渡した)

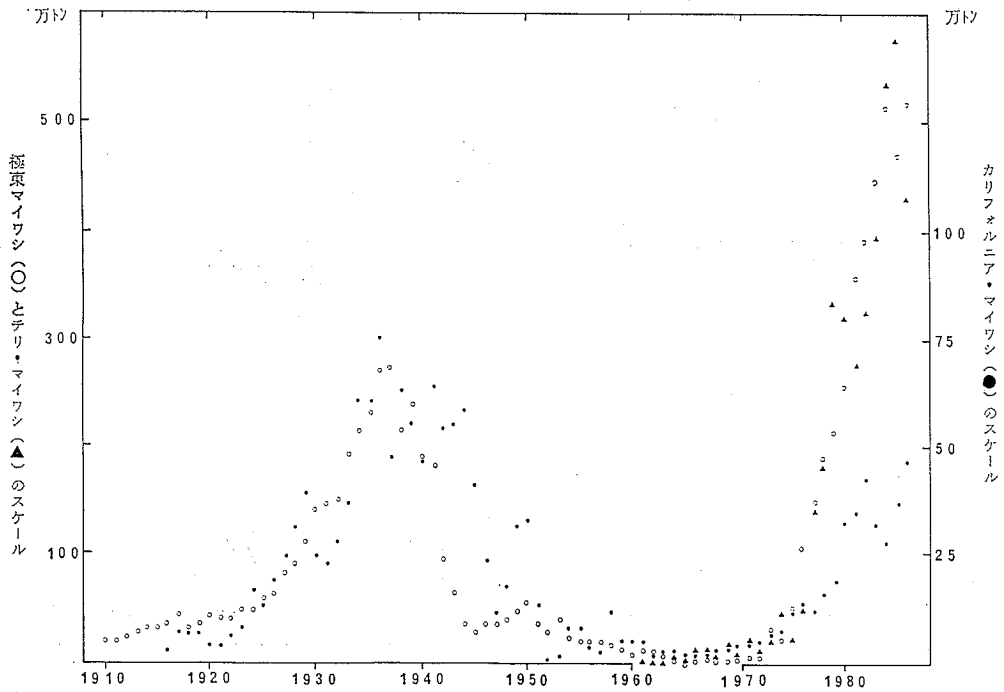


図4 極東マイワシ, カリフォルニア・マイワシ, チリ・マイワシの漁獲量の変動, 1910~1986

究を歴史的に検討した結果、ペルー沖、カリフォルニア沖、黒潮流域及び南アフリカのベンゲラ海流域のマイワシは、すべて同種の *Sardinops sagax* であるとしている。いずれにせよ、これらのマイワシは、形態的にはほとんど区別し得ないほどに、たがいに類似している。

PARRISH *et al.* (1987)*² は、マイワシの種の分化について論じている。単一種がかくも広範に分布している理由について、マイワシの化石が完新世以前にはみられないことから、マイワシはごく最近進化したもので、単一の地理的に隔離された水域からごく最近分布域を広げたと推測している。多くの研究者が3つのマイワシのグループに対して異なる学名を用い続けていることについては、それぞれが別の境界海流系に分布していることから、海流系の間で遺伝子の交換が起こりそうにないと考えられているのが主な理由だとしている。しかし、海流系間の交流の確率はきわめて高いとし、標識されたマイワシが、カリフォルニア南部とカナダの間の1,600kmをわずか106日で移動した例から、マイワシの成魚は年間に3,200km移動できるとしている。また大陸から遠く離れたガラパゴス諸島に出現した例をあげている。

PARRISH *et al.* (1987)*² によると、最も交流の起

りやすいのは、大規模な大洋循環系の内部の東部境界流と西部境界流の間である。漂流ブイを用いた北太平洋の表層流の最近の研究では、中緯度水域における西から東への太平洋の平均横断時間は700日である。マイワシの寿命は10年であり、5才のものはごくふつうに見られるところから、横断は十分に考えられるとしている。

南半球と北半球の間のマイワシの交換は、これよりむしろかしいであろう、と PARRISH *et al.* (1987)*² は述べている。最も考えやすいのは太平洋の東部熱帯域で、マイワシはカリフォルニア海流では23°N、ペルー海流では赤道に出現しており、沿岸流を伝って南から北へ移動する可能性がある。

図5に、太平洋におけるすべての海産動物の総漁獲量と、マイワシ3グループの合計漁獲量の1965年-1985年における変化を示す。これにみるように、1965年当時は3グループ合わせても8万t程度の漁獲量が、いまは1,000万tを越え、太平洋からの総漁獲量の四分の一に迫っているのである。

このようなマイワシの変動は、太平洋だけに起きているのではない。図6にみられるように、北大西洋に分布するところのマイワシときわめて近縁な European pil-

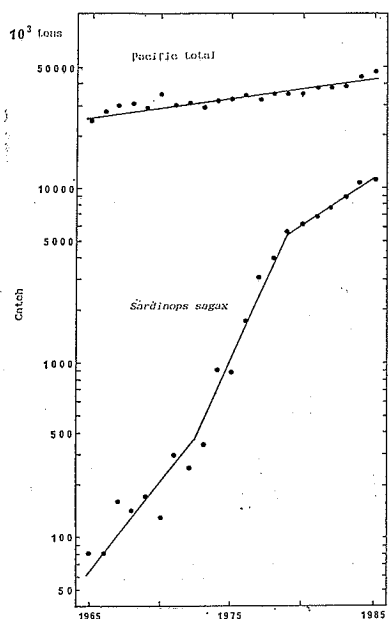


図5 太平洋における全動物種の総漁獲量とマイワシ3個体群の漁獲量の変動, 1965~1985

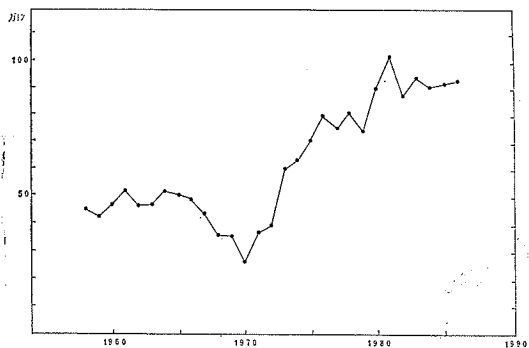


図6 European pilchard の漁獲量の経年変化, 1958~1986

chard (*Sardina pilchardus*) の漁獲量も、1970年代に入って急増している。

3. key species としてのマイワシの生活史の特性 —相変異性—

このようなマイワシ資源の近年の大きな増加の特徴は、それがその分布域の極めて大きな拡大の結果生じた、ということにある。図7Aにみるように、マイワシの資源量がひじょうに小さかった1965年頃には、マイワシの分布は、日本南岸のごく沿岸域に限られていた。当

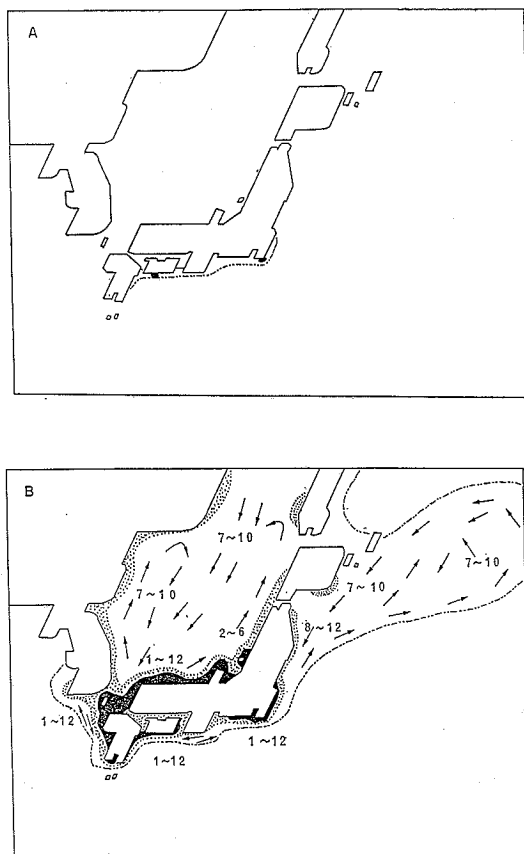


図7A 資源量低水準期(1965年前後)のマイワシの分布の模式図

黒く塗りつぶしたところ: 産卵場
.....: 分布域

B 資源量高水準期(1980年代)のマイワシの分布, 移動の模式図

打点域: 漁場 矢印: 移動方向
数字: 月 他は図7Aと同じ。

(水産資源保護協会, 1984: パンフレット。
わが国の水産業「いわし」より引用)

時は、マイワシは沿岸性魚種であり、沿岸水の影響範囲にしか生息できない、と考えられていた。図7Bは、資源がひじょうに大きくなった1975年以降のマイワシの分布・移動の模式図である。現在ではマイワシは、朝鮮半島西岸から北はサハリンに至る日本海一円、東は太平洋のはるか東方まで分布している。

北海道区水産研究所の和田時夫氏から送っていただいた1977年~1984年のおしよる丸、北星丸その他のデータによると、6月~8月の夏季に、35°~50°N, 155°E~

173°Wの広範な水域で、流網、まき網、手釣によってマイワシが採集されている。173°Wまでは、日本沿岸から約4,000kmある。マイワシはいまや、まったくの沿岸性魚種から沖合大回遊性魚種へと、劇的な変身を遂げたことになる。これはまさに、バッタ類や鱗翅目などの昆虫にみられる相変異 (phase variation) の魚類版にほかならない。

図8に、マイワシ3才魚の平均体長の推移が、1935年級～1982年級について示されている。生長速度は年級変動に伴って大きく変化し、大年級であった1935～1938年級及び1979～1982年級の体長はひじょうに小さい。

分布域の極端な拡大・縮小や、生長速度の大変化のような相変異現象の生ずる生物学的基礎について考えてみよう。筆者は、海産硬骨魚類の個体数変動様式を各魚種が進化の過程で選択した適応としてとらえ、IA, IB, IIの3つのタイプに類型化した (KAWASAKI 1980; 川崎, 1980; KAWASAKI *et al.*, 1983; 川崎, 1983)。IB型は長い周期の大変動を行うタイプで、マイワシはその典型的な魚種である。

このタイプの特徴は、図9の「生活史の三角形」に示されるように、(1)小型で相対的に少数の卵を産む、(2)最

大 GSI が大きく、生長よりも再生産により多くのエネルギーを配分する、(3)寿命が長いにもかかわらず生長速度 (Bertalanffy の式の生長速度 k) が大きく、若いうちにうんと生長し、初成熟年齢が低く、それ以後はほとんど生長しないで、再生産により多くのエネルギーを注

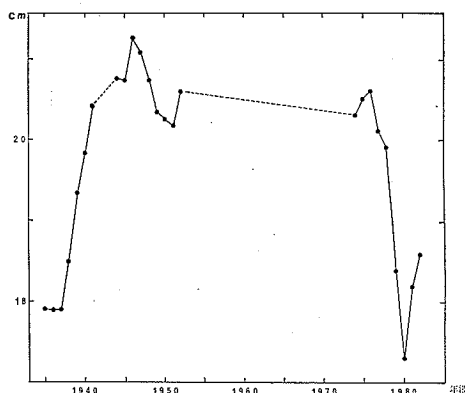


図8 マイワシ3才魚の平均体長の年級変動, 1935～1982

1935～1953: NAKAI (1962)
1974 { 1982: 鋼路水試 (1986)

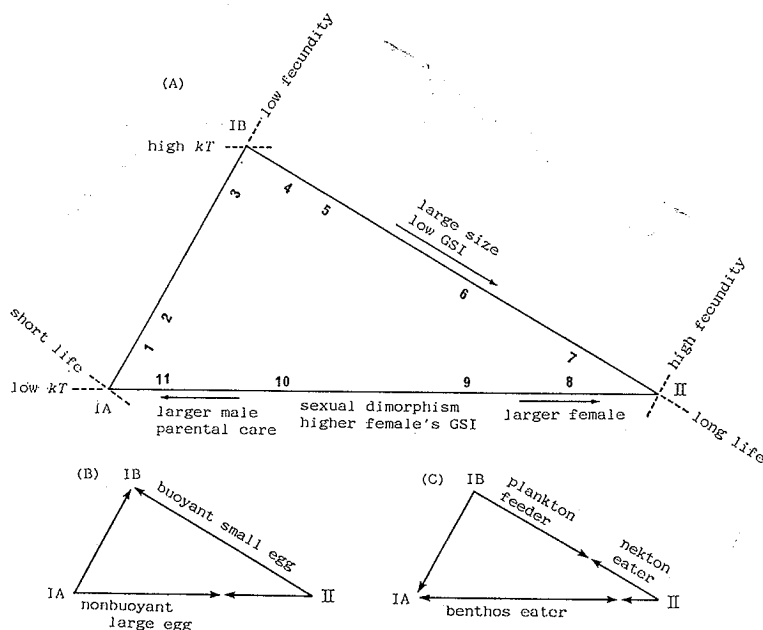


図9 海産硬骨魚類の生活史の三角形

1: サンマ, 2: イカナゴ, 3: ニシン, 4: マイワシ, 5: マアジ, 6: マサバ, 7: カツオ・マグロ類, 8: ヒラメ・カレイ類, 9: タラ類, 10: ハゼ類, 11: クサウオ (KAWASAKI *et al.* 1983)

ぎ込む、(4)寿命が長いために、個体数を積みあげていくことができる、(5)プランクトン食性である。

IB 型の魚類の中でもマイワシの特に目立つ特徴は、食物を植物プランクトンに大きく依存している点である (KAWASAKI and KUMAGAI, 1984)。HYATT (1979) が指摘しているように、海産魚類は基本的に動物食性であり、植物プランクトン食性のものは、特に稀である。

したがって、マイワシの資源量が飛躍的に増大し、分布域が飛躍的に拡大したことの意味は、それまでは魚類によっては直接には利用されていなかった外洋域の植物プランクトンが、直接利用されるようになることである。このことは、魚類による太陽エネルギーの利用効率が高まることを意味する。その結果、暖水性プランクトン食性魚類全体のバイオマスも、飛躍的に大きくなる。

よく知られているように、著しい相変異現象を示す動物群は、昆虫特にバッタ類及び鱗翅目である。敵 (1967 b) は、バッタ・ヨトウガ類の相変異について研究し、「相変異をしめす種はいずれも個体数変動が大きい種である。相変異の意義はしたがって、生息密度の極端な変動に対応して生活様式のスイッチ・オーバーが起こることにある」と述べている。また IWAO (1962) は、鱗翅目昆虫の幼虫を飼育した結果、「個体群密度の変動につれて、個体群内の個体の性質が著しく変化し、このことが

個体群動態に非常に重要である」ことを指摘している。更に敵 (1967 a) は、「従来の個体群動態の理論は、一般に個体群を構成する個体の性質が平均的に一定であるとして組み立てられてきたが、最近になって、個体数の変動と個体の性質の変化をより深く分析する必要があることが認識されるようになってきた。このような多型は、一部の昆虫にのみみられる特殊現象とみなされやすいが、そこには動物の個体群の動態や進化について考えるにあたっての、よりよい一般的な原理を見いだす手がかりがかくされているにちがいない」と述べている。

4. グローバルな気候変動とマイワシの資源変動

太平洋において互に離れて分布するマイワシの3つの個体群が、時間的に全く同調する変化を繰り返している事実は、これらの変動がグローバルな気候変動によって支配されていると考えると説明しやすい。図10に、1880年から最近までの、全球の地上平均温度のアノマリーの変動を示す。図10と太平洋のマイワシ3個体群の漁獲量の変動を示した図4とを比較してみると、両者の変動がひじょうによく似ていることがわかる。すなわち、1920年～1930年代後半が上昇期、その後1965年までが下降期、それ以後が再び上昇期、というパターンである。温

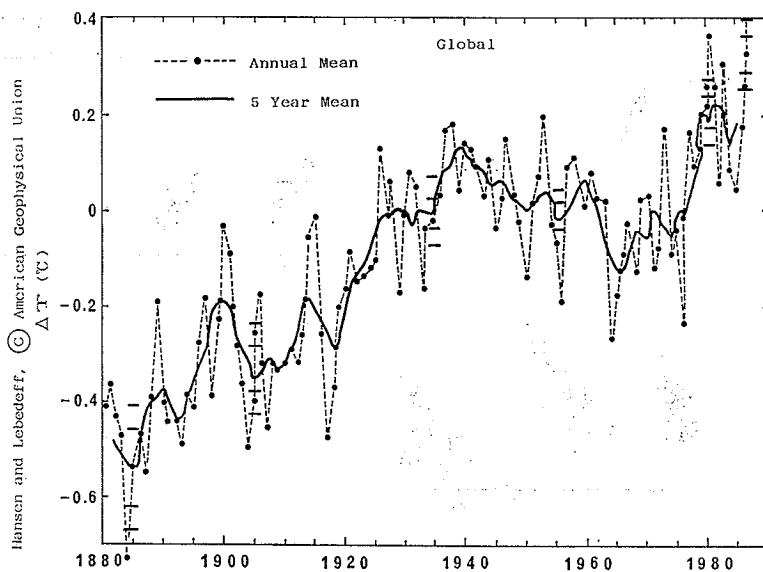


図 10 地表温度のアノマリーの全球的変動, 1880~1987 (KERR, 1988)

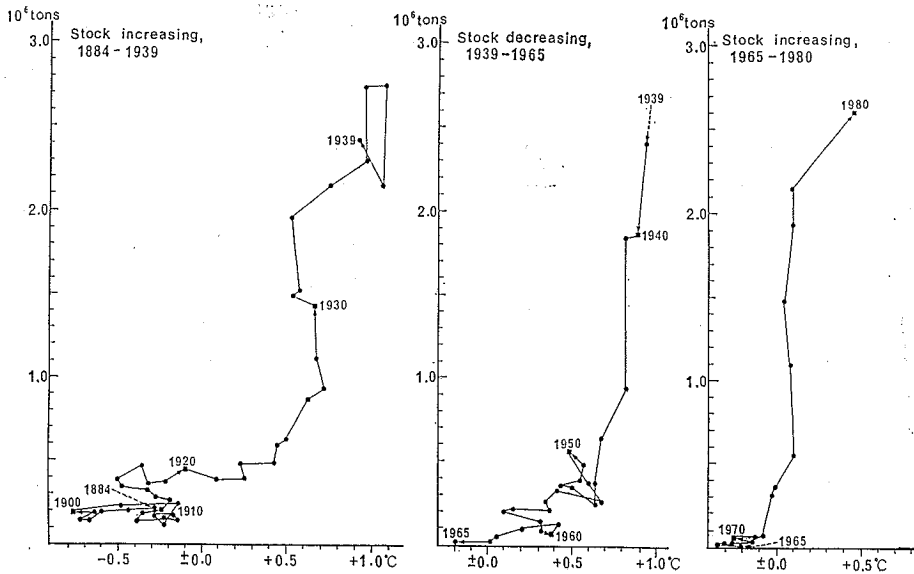


図 11 極東マイワシの漁獲量の平均地上気温のアノマリー (64.2°~90°N; HANSEN *et al.*, 1983) に対する回帰 (KAWASAKI and OMORI, 1988)

度変化の方は別の著者によるものであるが、極東マイワシの漁獲量と北半球北部の平均地上気温のアノマリーとの関係を、図11に示す。この図から、資源の増大期においても減少期においても、両者の関係がひじょうに密接であることがわかる。

地上平均温度の変動がどのような個別の大気現象と結びついているのかを説明することは困難であるが、平均気温の変動は、気候変動のひとつの指標と考えることができよう。図10にみるように、近年の温暖化は特に著しい。これが、化石燃料多消費の結果としてのいわゆる温室効果であるとする考えもあるが、その当否はさておき、グローバルな温暖化は、陸上気温 (land) と表面水温 (SST) を総合した平均地球上温度*3の上昇であって、ローカルにみると昇温しているところと降温しているところがあり、そのプラス・マイナスを平均すると、結果的にプラスとなるのである。

図12に、VENRICK *et al.* (1987) の示した北太平洋の SST の、1980年~1985年の平均値から1968年~1973

年の平均値を差引いたアノマリーを示す。図にみるように25°~50°N, 140°W以西の中緯度の中西部水域では水温は近年低下しているが、高緯度・低緯度水域、東部水域では上昇している。つまり、水域によって水温が逆方

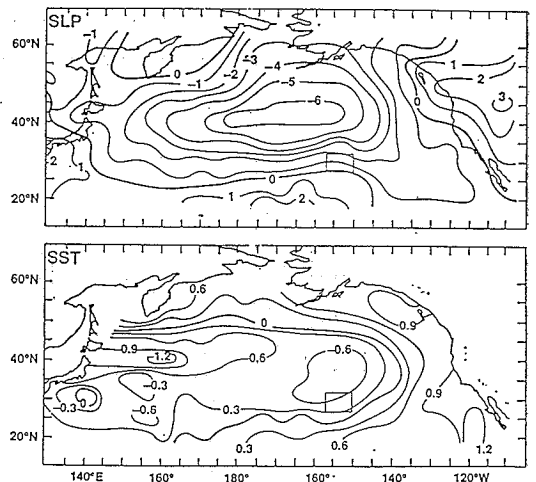


図 12 北太平洋における SLP と SST の変化。1980年~1985年の冬の平均値から1968年~1973年の冬の平均値を差引いたもの。四角形は調査水域 (図13) を示す。SLP の単位は mb, SST の単位は: °C (VENRICK *et al.*, 1987)

*3 たとえば JONES *et al.* (1986) の全球温度 (T global) の計算式は、次のようなものである。
 全球温度 = 0.25NH land + 0.25NH SST + 0.25SH land + 0.25SH SST
 NH: 北半球, SH: 南半球

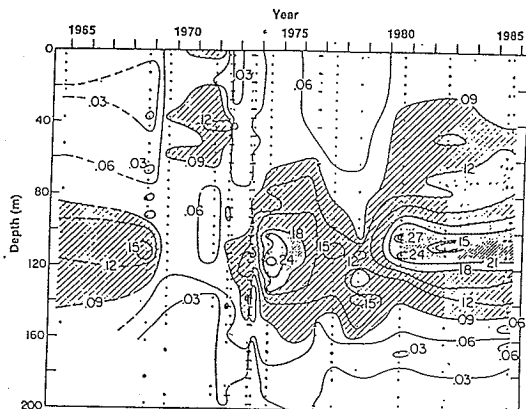


図 13 図12に示された調査水域におけるクロロフィル a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) の鉛直分布の時間的変化打点は観測層 (VENRICK *et al.*, 1987)

向に変化しているのである。

図 4 でみるように、1970年以降極東水域でもカリフォルニア沖でもマイワシ資源は激増しているが、SST は前者では低下傾向、後者では上昇傾向である。同じ種のマイワシの資源変動が、水温変動に対して全く逆方向に反応することの説明は困難であり、マイワシの資源変動はローカルな水温変動とは無関係であって、グローバルな環境変動によって引き起こされたと考えの方が説明しやすい。

図12で示すように、近年北太平洋の中緯度水域の海面気圧 (SLP) が低下し、低緯度水域の SLP は上昇した。風がほぼ地衡風であれば、この水域の偏西風は冬季には少なくとも $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 強くなったはずである。その結果潜熱及び顕熱が海から奪われ、南北方向のエクマン流、鉛直混合によって、SST が低下した (VENRICK *et al.*, 1987)。

図13は、図12の太平洋中央部の四角で囲んだ水域におけるクロロフィル a の、1965年から1985年にかけての変化を示している。クロロフィル a は植物プランクトンの現存量の指数であり、この場合水深100~120mに分布の中心があるが、1968年以降その量はほぼ倍になった。これについて VENRICK *et al.* (1987) は、冬季における海面の冷却と偏西風の応力の増大が鉛直混合を増大させ、栄養塩が下層から有光層へ輸送された結果であると説明している。

何れにせよ、近年のグローバルな地上平均温度の上昇に示されるような傾向的な気候変動の結果、海洋においても大きな傾向的な変動が生じ、それがマイワシの相変異

を誘起し、マイワシの分布域が爆発的に拡大し、その結果資源量も爆発的に増加したのであろう。

5. マイワシと浮魚他魚種との相互作用 ——東北海区における浮魚資源の分布 の時間的空間的变化を中心として——

東北海区に分布する浮魚資源は、大きな消長を繰り返している。このような「魚種交代」においては、ある種が優勢となり、それと競合する他種が劣勢となっていくように単純に受け取られがちであるが、この消長を子細にみると、「競争」、「排除」、「すみ分け」、「共存」などの諸側面が複雑にからみ合った、種間の相互作用の中で進行しているようである。

5.1 資料

東北海区の各沿岸水域に來遊するマイワシ、カタクタイワシ、マサバの來遊量の指数として、釧路、八戸、大船渡+気仙沼+女川+石巻、銚子の各港における年別、月別の水揚量を用いた。年別水揚量は、1964年—1987年の「水産物流通統計年報」(農林水産省統計情報部)の主要漁港別水揚量(生鮮品)を、月別水揚量は、1975年~1989年の「漁海況速報」(漁業情報サービスセンター)の産地主要漁場における水揚量を用いた。

5.2 結果

マイワシとカタクタイワシの漁獲量の消長が逆相関関係にあることは、古くから世界各地で知られてきた事実である。図14に、東北海区沿岸水域における、マイワシとカタクタイワシの1964年~1987年の漁獲量の時系列を示す。マイワシはこの期間の前半に南から北へ向かって分布域を拡大したのであるが、これに対応して、カタクタイワシの分布量は急速に低下している。カタクタイワシの分布量は、マイワシの増加に対して極めて鋭敏であって、三陸(八戸)沖から常磐・房総(銚子)沖に至るなどの水域においても、マイワシの分布が増加するかなり以前に、すでに減少の局面に入っている。

つぎに、マイワシとマサバについて同様の関係をみよう(図15)。マイワシとマサバの関係は、マイワシとカタクタイワシの関係とは、かなり様子がちがう。最も北の道東水域(釧路沖)においては、マイワシは1976年に初めて大量に出現したが、その年には、1975年までそこに大量に分布していたマサバはほとんど姿を消した。

三陸沖(八戸沖)では、マイワシの分布量は道東水域と同様に1976年から徐々に増えたが、マサバの方もマイワシと平行して増え続け、1978年にはこの水域における

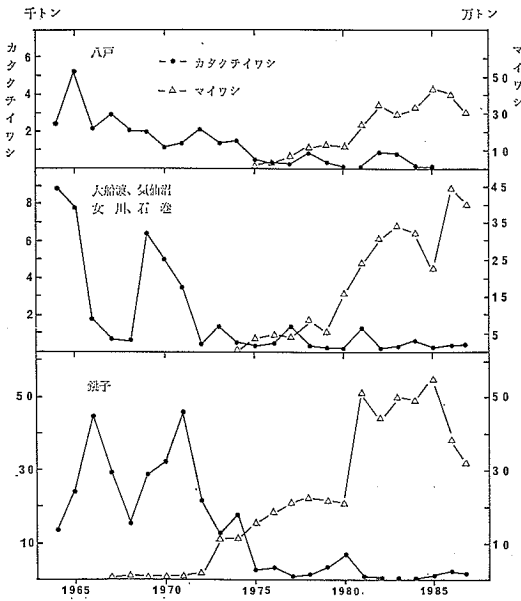


図 14 東北海区の主要漁港におけるカタクチイワシとマイワシの水揚量の経年変化, 1964-1987

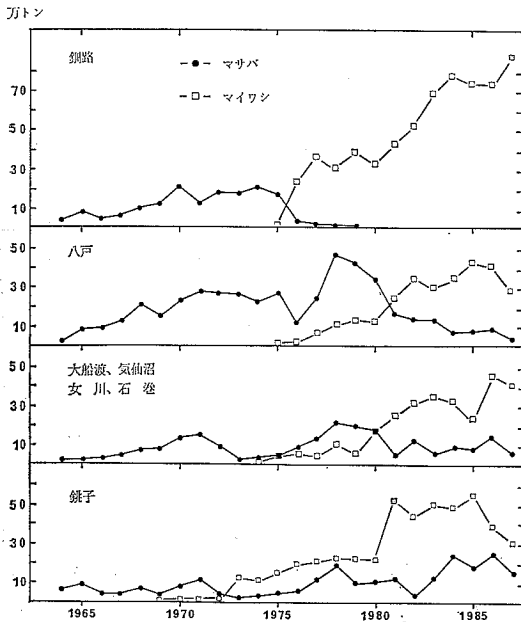


図 15 東北海区の主要漁港におけるマサバとマイワシの水揚量の経年変化, 1964-1987

ピークに達し, 1979年から減少の局面に入っている。しかし減少のテンポはゆるく, マイワシとマサバの水揚量は, 1981年になってはじめて逆転している。

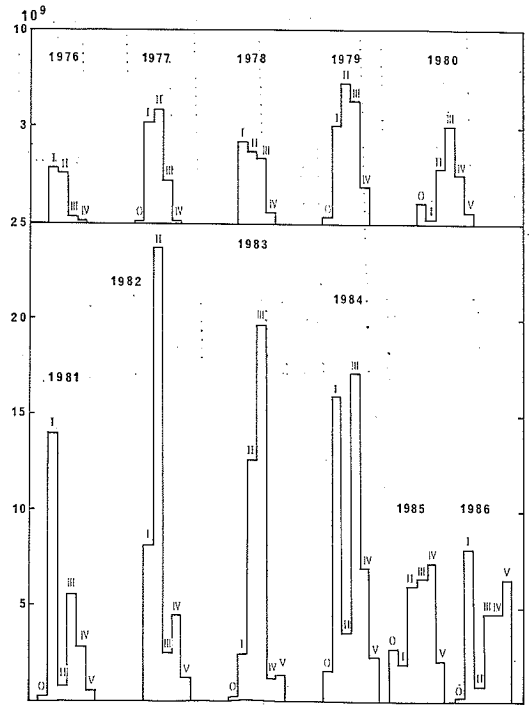


図 16 道東水域におけるマイワシの年別年齢別資源尾数, 1976-1986

1976-1984: 和田 (1987 a)

1985-1986: 和田 (1987 b)

もっと南の大船渡, 気仙沼, 女川, 石巻 4 港の合計水揚量についてみると, マイワシは1975年に初めてこの水域に出現し, その後増加しているが, マサバも平行して増え続け, 分布量は1978年にピークとなるが, その後減少の局面に入り, 両者の分布量は, 1981年に逆転している。東北海区最南部の常磐・房総沖では, マイワシの分布量は1973年以降増加して1981年以後は高い水準にあるが, マサバの分布量も, マイワシと平行して増加傾向にあり, 1984年-1986年は過去最高の水準にある。

図16に, 道東水域におけるマイワシの年別年齢別資源尾数を示した。最近の大きな分布量は, 1980年級以降の大年級によって支えられていることがわかる。

マイワシとマサバの相互関係をもっと詳しくみるために, 銚路, 八戸, 銚子における両種の月別水揚量の時間的変化を図17に示した。図17にみられる水揚量のモードの月を整理して示したのが, 図18である。図17と図18を子細に点検すると, いくつかの興味ある事実が浮かび上がってくる。

まず銚路からみてみよう。道東水域では, 1975年には

浮魚の生態と資源変動の解明

万吨

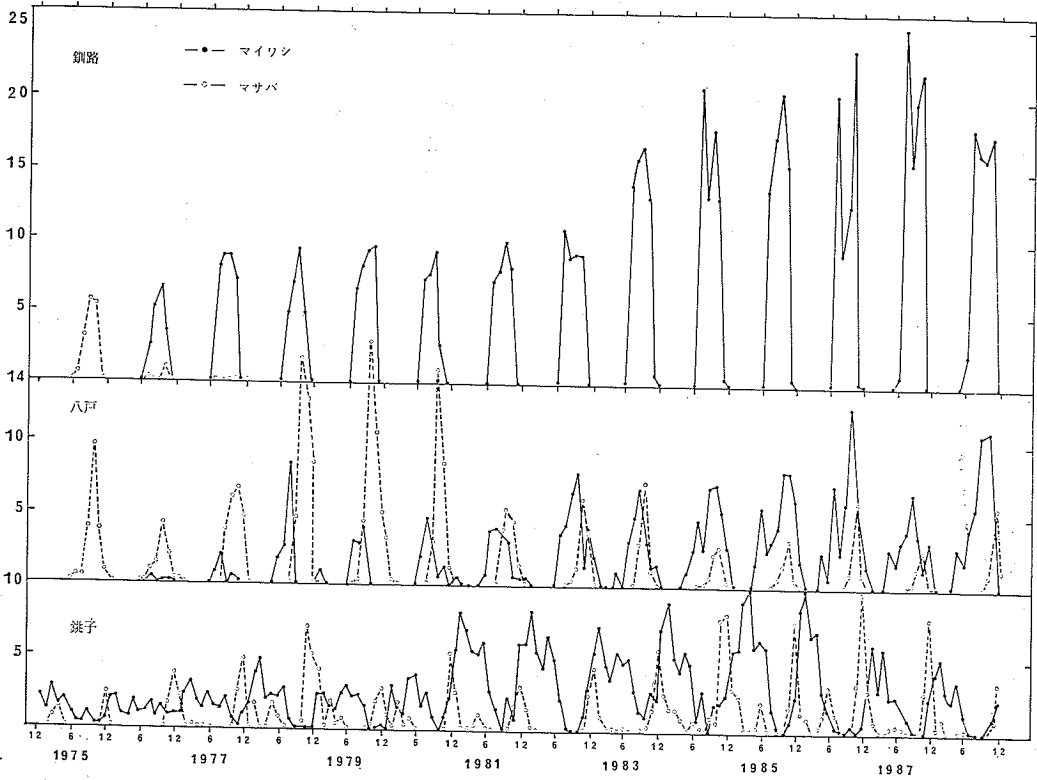


図 17 東北海区の主要漁港におけるマサバとマイワシの水揚量の経月変化, 1975~1988

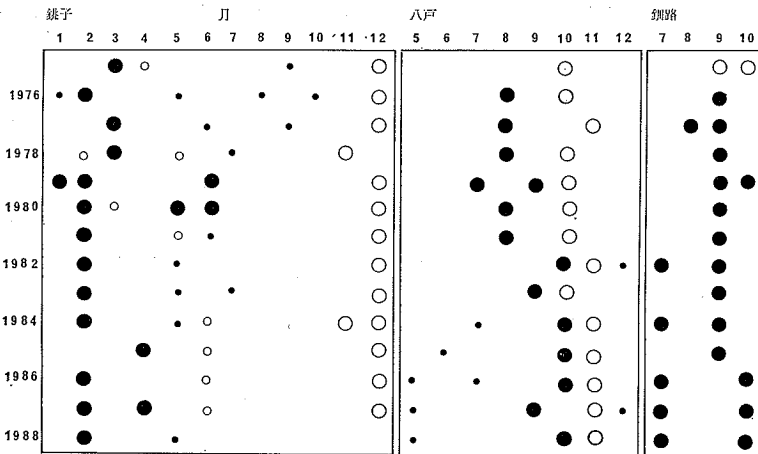


図 18 東北海区の主要漁港においてマサバとマイワシの漁獲量がピークとなる月の変化, 1975~1988
 黒丸はマイワシ, 白丸はマサバを示す。大きな記号は、同一年内における主要なピークを示す

マサバの分布量のピークが9月にあるが、1976年にはマイワシとすっかり入れかわり、マイワシのピークが同じく9月にみられる。1984年以後は、マイワシの分布量のピークが漁期中に2つ顕著に現れるようになるが、これは図16にみられる双峯型の年齢組成に対応しているのであって、早い時期のピークが高齢群、遅い時期のピークが若齢群に対応している。道東水域のマイワシにみられる特徴は、若齢群（Ⅰ、Ⅱ才魚）に対応する分布量のピークの月が、最近では遅くなっていることである。すなわち、1985年までは9月にあったのが、1986年以後は、10月にシフトしている。

つぎに八戸の水揚量をみよう。三陸沖では、マサバの分布のピークの時期は、マイワシが大量に来遊するまでは10月であった。この状態はマサバの分布レベルが高かった1980年まで続くが、分布レベルが低くなる1981年からピークが遅れだして、1984年以降は完全に11月に移行している。マイワシについてみると、ピークの月は1980年までは8月であった。三陸沖におけるマイワシの資源水準が高くなった1981年には9月の分布量が増え、1982年にはピークは完全に9月に移行した。マイワシの分布量は更に増加し、1984年にはピークは完全に10月に移行した。

つぎに銚子についてみよう。常磐・房総沖における1975年以降のマサバの分布のピークは基本的に12月、マイワシのそれは2月であり、この関係は一貫して変化していない。

5. 3 論議と考察

東北海区における近年のマイワシの来遊量の増大に伴い、それがマイワシと多かれ少なかれ生態的な重なりを持つ他の浮魚資源にどのような影響を及ぼすかが、極めて興味のある問題となってきた。

まずカタクチイワシとの関係であるが、両種は完全に相互排除的で、ある意味ではひじょうに単純な逆相関関係が、三陸沖から常磐・房総沖までみられる。カタクチイワシの分布量は、マイワシが増加し始める前からすでに減り始めているが、これは黒潮のより上流域の両種の再生産域でのより早い時期におけるマイワシの増加が、カタクチイワシに影響を及ぼしていたことの反映であろう。

マイワシとマサバの関係はずっと複雑である。分布の縁辺域である道東水域では、1976年を境にマイワシが一挙にマサバと入れかわった。これは空間的に入れかわっただけではなくて、時間的にも入れかわった。つまり道東水域では、それまではマサバが占めていたニッチを、

ほぼ完全にマイワシが引き継いだといえよう。マイワシの個体群圧 (population pressure) が、マサバを排除したのであろう。

つぎに三陸沖をみると、事情はいくらか異なる。この水域にマイワシが来遊し始めたのは道東水域と同様に1976年であるが、道東水域とちがってこの時の来遊量は小さく、その後年を追って大きくなっている。他方マサバの来遊量もマイワシと平行して増加し、1978年～1980年には、極めて大きくなっている。分布の中心となる月をみると、この間マサバでは10月と変わらず、マイワシでは8月で、両者の間の時間的關係は安定している。すなわち両者は、分布中心月を2ヵ月隔てることによって、三陸沖では時間的にすみ分けていたのである。1980年までは分布量はマサバがマイワシを上回っていたが、1981年にはマサバの分布量が大きく減少して、両者の量的關係が近づいてくる。しかし、この年までは分布の中心月には変化はみられない。

1982年になると、マイワシの分布量が大きく増加して、両者の量的關係が逆転し始める。それとともに、分布中心月に変化が生じてくる。マイワシの分布中心月が一挙に2ヵ月遅れて、かつてのマサバの中心月であった10月となり、マサバは1ヵ月遅れて11月となる。このことは、マイワシの個体群圧が強くなって、時間的にもマサバにとって代り^{*4}一方マサバの分布中心月は、あたかも押し出されるようにして、1ヵ月遅くなったのである。1983年にはマサバの来遊量が一時的に増えて、分布中心月はマイワシ9月、マサバ10月となるが、1984年以降マイワシの分布量が圧倒的に大きくなり、分布中心月はマイワシ10月、マサバ11月で、接近して定着するに至る。

マイワシとマサバの分布中心月がこのように接近したということは、両者の空間的な競合關係もきびしくなったということを意味している。三陸沖におけるニッチをめぐる両者の競合の中で、マサバが主役の地位をしいだいにマイワシにゆずって（あるいは奪いとられて）いったことを、この十数年間の時間的経過の中から読みとることができる。

最後に、常磐・房総沖に眼を転じてみよう。この水域における特徴は、1970年以降1986年に至るまで、マサバとマイワシの両者とも分布量は上昇傾向にあり、極めて大きなレベルに達しているとともに、分布中心月もマサ

^{*4} このような両種の漁期の入れかわりは、小川(1987)も指摘している。

バ12月マイワシ2月と2ヵ月の間隔を隔てて安定しており、両者は競合関係というよりも、時空間的すみ分けを通じて、共存関係にあると言えよう。

以上みてきたように、マイワシの資源が増大し、東北海区の沿岸水域を北へ向かって分布を広げていく過程の中で生じてきたマイワシとマサバの関係は、ひじょうに興味深い。

漁場の北端域である道東水域では、両者の関係は、排除と撤退である。両種は共存も競合もせず、マサバのニッチは、ある時間的断面(1976年)を境にして、マイワシによって完全にとって代られた。中間域である三陸沖では、マイワシの分布拡大の初期の1980年までは圧倒的にマサバが優勢であったが、1981年～1983年の競合的共存時代を経て、1984年以降はマイワシが優位に立ち、マサバのニッチは、マイワシによって大きくとって代わられた。東北海区漁場の南端域である常磐・房総沖では、両種は部分的に競合しながら、基本的には共存関係にある。マサバ太平洋系群は、1978年をピークにして資源量が減少する中で、北部水域から撤退することによって南部水域でむしろ分布量を増加させ、分布の中心時期をマイワシとずらせることを通じて、そのニッチを保っている。

5.4 何が分布を決めるか?

ここで、ある水域におけるある魚種の分布は、どういう要因によって決まってくるのだろうか、ということについて考えてみたい。魚類は変温動物であり、マイワシやマサバは、ベーリング海や熱帯水域では生活できないという意味では、当然一定の物理的環境条件によってその分布が支配されている。しかしこれらの海産動物の耐忍範囲は、意外と広い。沿岸魚から沖合大回遊魚に変身したマイワシは、このよい例である。このように、各魚種の広い耐忍範囲の中では、生物的要因が分布を決めていく面が強い。

ところで、生物的要因にはどのようなものが考えられるであろうか、これには、(1)各魚種の資源レベル、(2)資源レベルを背景にした種間の相互作用、が考えられる。相互作用には、ある魚種を中心にして考えると、それを食べる捕食種、それが食べる被食種(食物)、それとニッチの近いあるいは多かれ少なかれ重なる同位種、との関係が考えられる。日本周辺の暖水性プランクトン食性魚種であるマイワシ、カタクチイワシ、マサバ、サンマ、マアジは、このような意味での同位種と考えることができよう。

これに関して、すでにみたマイワシとマサバの相互作

用は興味ぶかい。この2種に関して言えば、それぞれの水域には、これらの暖水性プランクトン食性魚が占める、時空間的な「座」(locus)が存在するようである。道東水域では、この「座」は9月を中心にして存在している。この水域では冬春期は表層まで親潮におおわれるため、これらの魚種は生息できず、したがって分布は夏秋期(6月～11月)に限られるため、種間の相互作用はきびしく、排除-撤退の関係となる。

三陸沖では、この「座」は10月を中心にして存在する。この水域における分布可能期間は道東水域より長く、晩春～初冬(5月～1月)である。この期間の中で、きびしい相互作用が進行し、量的に優位に立った魚種が最適な「座」を占め、劣位の種は副次的な「座」を占める。常磐・房総沖では、周年分布が可能である。相互作用の中でそれぞれの種にはそれぞれの「座」(マサバ12月、マイワシ2月)が定まり、それぞれが自己を主張し得る物理的環境条件が客観的に存在する。

これらの「座」は、かなり consistent に存在しており、その水域における環境変動とは相対的に独立で、主として種間の相互作用によって定まっている。この相互作用は、ニッチの重なり大きな魚種の間(マイワシとカタクチイワシ、前者は植物(主)・動物(従)プランクトン食性、後者は動物(主)・植物(従)プランクトン食性)では完全に相互排除的であるが、重なりが小さくなると(マイワシとマサバ、後者は動物プランクトン食性)、複雑な形をとるようになる。

それぞれの魚種は、それぞれの水域にその発育段階と生活サイクルに対応して移動し、生活サイクルの進行に伴ってそこを去るのであろうが、どの水域をいつ利用するかという問題は、先に述べたように、主として資源レベルと種間の相互作用にかかわっている。魚がいつどこに来遊し、いつそこから去るのかということは、このような大きな状況設定の中で大わくが定められ、その中で現場の物理的海洋条件や餌となる生物の分布などによって調整されていくものであろう。

6. 要約

1984年以後の日本魚業による海からの漁獲量は年間約1,100万tであるが、半分以上の約600万tが、日本列島周辺から漁獲される暖水性プランクトン食性魚(マイワシ、カタクチイワシ、マサバ、サンマ、マアジ)である。しかし、1972年頃までは、この量は約200万tであった。この差はマイワシ(極東マイワシ)である。1965年には魚獲量が9,000tに過ぎなかったマイワシが、19

66年から爆発的に増え始めたのである。

マイワシは、資源量が大规模な周期的変動を行う典型的魚種であり、極東マイワシのこの前のピークは1930年代であり、1936・37年には年間約270万tが漁獲された。

太平洋では、極東水域のほかに、カリフォルニア沖、チリ沖にそれぞれ別の個体群のマイワシが分布しているが、この2個体群は、極東マイワシと時間的に全く同調した変動を繰り返している。

マイワシのこのような大変動の秘密は、その生活史の特性、特にその食性と相変異性にある。マイワシは、海産魚ではひじょうに稀な、植物（及び動物）プランクトン食性であり、太陽エネルギーにもっとも近い魚である。またマイワシは、資源量の小さかった1965年頃には南日本沿岸に分布する沿岸性魚種に過ぎなかったが、現在は日本海一円、北はサハリンから東は西経域に及ぶ沖合大回遊性魚種に変身し、分布域が飛躍的に拡大した。これは明らかに相変異現象であり、極めて大きな生理的生態的变化を伴っていると考えられる。

この結果、かつては魚類によっては直接には利用されていなかった太平洋沖合の植物プランクトンが、魚類によって利用されるようになったのである。このことは、魚類による太陽エネルギーの利用効率が、飛躍的に高まったことを意味する。

このような太平洋のマイワシ3個体群の大規模資源変動は、地表平均温度の長年の時系列と高い相関を持っている。すなわち、長周期の大気変動=気候変動が、マイワシ3個体群の資源変動を誘起していると考えられる。

マイワシは、暖水性プランクトン食性魚のグループの中での key species である。マイワシ資源がきわめて小さかった時代の他の4種の合計漁獲量200万tは、最近では125~150万tへ低下した。このことは、ニッチの重なっている他魚種への、マイワシの個体群圧の強まりの結果と考えられる。

マイワシと他の浮魚との間の相互作用の内容は、各魚種の生態的特性により異なる。動物（主）・植物（従）プランクトン食性のカタクタイワシの資源量の変化は、マイワシの変化とは、全くの逆相関の関係にある。動物プランクトン食性のマサバの資源量は、1978年まではマイワシと競い合いながら増加したが、マイワシの個体群圧に押されて、1976年には黒潮下流域の道東水域から完全に撤退し、また1979年以後は、中流域の三陸沖における勢力が弱まった。しかし、上流域の常磐・房総沖では、マサバはそこに勢力を集中させて、逆に分布量を増大させ、マイワシと拮抗している。

このように日本近海の浮魚資源は、太陽の申し子ともいふべきマイワシの変動を軸に、壮大なドラマを展開しているのである。

最後に、貴重な資料をいただいた北海道区水産研究所和田時夫博士に心から感謝の意を表する。

7. 今後の研究課題

最後に、今後重要と思われる研究課題をあげておこう。

- I. グローバルな環境変動がマイワシの資源変動をひき起こすメカニズム
- II. マイワシの相変異性の研究——マイワシの適応戦略（生長、発育、行動、食物摂取、個体間関係、分布域の拡大・縮小）
 - II-1 低密度と高密度における仔稚魚の個体の性質の変化の研究（飼育実験）——こみあいの生理生態学
 - II-2 マイワシはなぜ植物プランクトンを利用できるのか？
- III. key species としてのマイワシとニッチの重なる他の浮魚との相互作用——とくに「座」をめぐる競争、排除、すみ分け、共存関係
- IV. マイワシの大規模な標識放流
- V. 極東マイワシ、カリフォルニア・マイワシ、チリ・マイワシの間の類縁関係に関する分類学的・遺伝学的研究

文 献

- HANSEN, J., D. JOHANSEN, A. LACIS, S. LEBEDEFF, P. LÉE, D. RIND and G. RUSSELL (1983) Observed temperature trends. *Science*, **220**, 874-875.
- 北海道立釧路水産試験場 (1986) 沿岸重要資源調査、昭和60年度事業報告書、35-43.
- HYATT, K. D. (1979) Feeding Strategy. *In*, Fish Physiology III, ed. W. S. HOAR, D. J. RANDALL and J. R. BREFF, Academic Press, New York, 71-119.
- IWAO, S. (1962) Studies on the phase variation and related phenomena in some lepidopterous insects. *Mem. Coll. Agril. Kyoto Univ.* **84**, 1-80.
- 巖 俊一 (1967 a) 生息密度に依存した昆虫の多型一定住型と移住型の分化一。植物防疫, **21**, 225-227.
- 巖 俊一 (1967 b) バッタ・ヨトウガ類の相変異。植物防疫, **21**, 228-337.
- JONES, P. D., T. M. L. WIGLEY and P. B. WRIGHT (1986) Global temperature variations between

- 1861 and 1984. *Nature*, **322**, 430-434.
- KAWASAKI, T. (1980) Fundamental relations among the selections of life history in the marine teleosts. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 289-293.
- 川崎 健 (1980) 海産硬骨魚類の生活史の選択と生物群集内での生態的地位 — 漁業資源の生産力評価の基礎 —. *水産海洋研究会報*, **37**, 49-59.
- KAWASAKI, T., H. HASHIMOTO, H. HONDA and A. OTAKE (1983) Selection of life histories and its adaptive significance in a snailfish *Liparis tanakai* from Sendai Bay. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **49**, 367-377.
- 川崎 健 (1983) 漁業資源の生産力評価を行う場合の問題点. *水産海洋研究会報*, **42**, 75-77.
- KAWASAKI, T. and A. KUMAGAI (1984) Food habits of the Far Eastern sardine and their implication in the fluctuation pattern of the sardine stocks. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 1657-1663.
- KAWASAKI, T. and M. OMORI (1988) Fluctuations in the three major sardine stocks in the Pacific and global trend in temperature. *In*, Long-term Changes in Marine Fish Populations, A Symposium held in Vigo, Spain, 18-21 Nov. 1986, ed. T. WYATT and M. G. LARRAÑETA 37-53.
- KERR, R. A. (1988) The weather in the wake of El Niño. *Science*, **240**, 883.
- NAKAI, Z. (1962) Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel). *Japan. J. Ichthyol.*, **9**, 1-115.
- ODUM, E. P. (1962) Relationship between structure and function in the ecosystem. *Jap. J. Ecol.*, **12**, 108-118.
- 小川嘉彦 (1987) 東北海区における多獲性浮魚漁況の変動様式. *東北水研研報*, **49**, 17-33.
- VENRICK, E. L., J. A. MCGOWAN, D. R. CAYAN and T. L. HAYWARD (1987) Climate and chlorophyll a: Long-term trends in the central north Pacific Ocean. *Science*, **238**, 70-72.
- 和田時夫 (1987a) 道東海域に來遊するマイワシの資源量, 年級豊度と成長, 再生産の關係. *水産海洋研究会報*, **51**, 39-42.
- 和田時夫 (1987b) 道東海域におけるマイワシの年齢と成長について, 昭和62年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 25.