

東シナ海・日本海のいわし類の現在

マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシの資源変動のメカニズム



中層トロール操業前の調査船

独立行政法人 水産総合研究センター

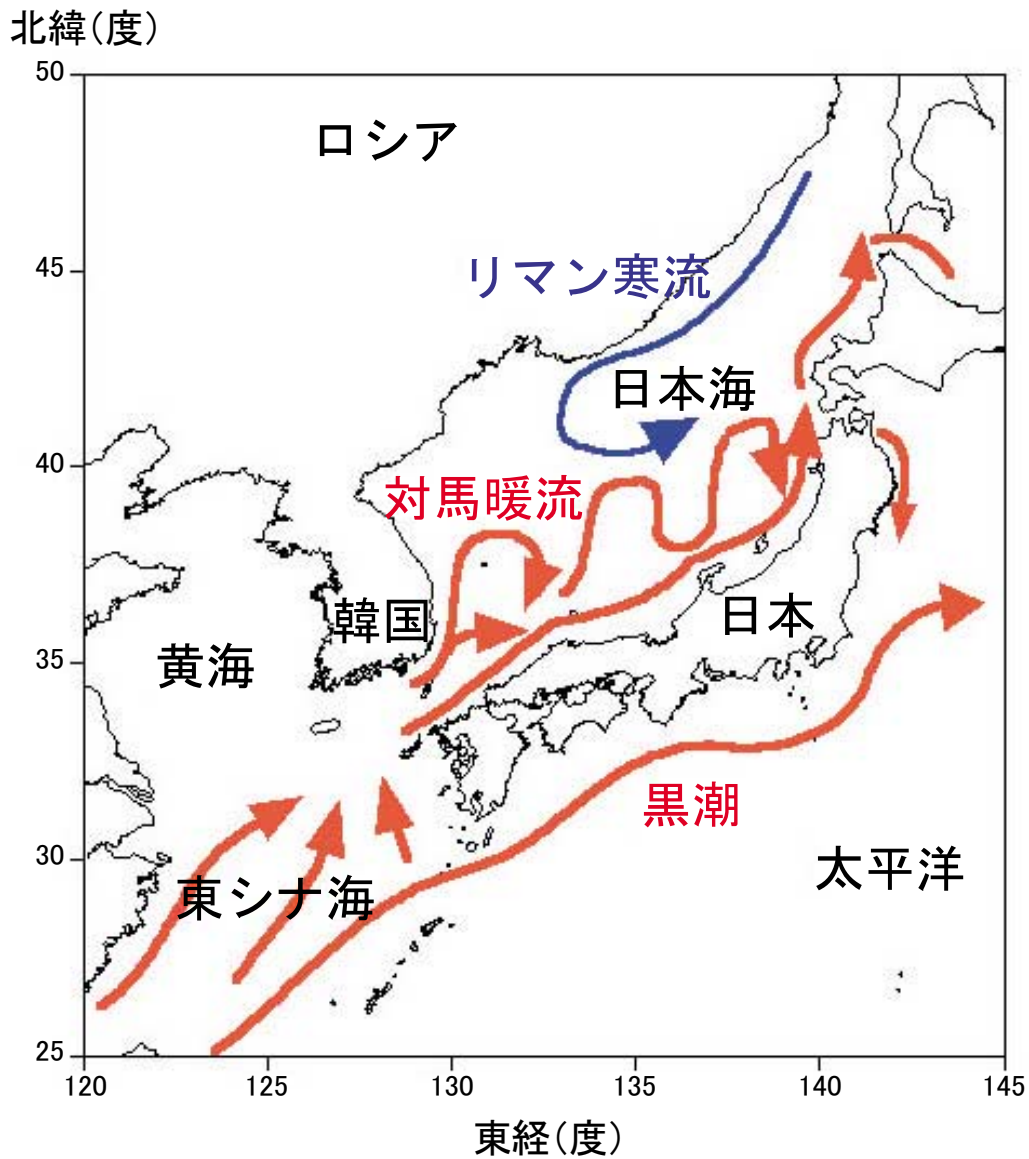
まえがき

近年、日本周辺での漁業の状況は極めて厳しいものになっている。1980年代には1千万トンを超えていた漁獲量は、21世紀の現在では相当減少してしまっている。漁業者の数が減ったことも一因であるが、いわし類、特にマイワシの漁獲量の減少の要因が大きい。日本周辺のマイワシの漁獲量の歴史を紐解くと、1980年代のピークの前には1930年代にピークがあった。それ以前にもさまざまな文献から、マイワシは豊凶を繰り返してきたことがうかがえる。

なぜ、マイワシをはじめとするいわし類は豊凶を繰り返すのかという問題に関して、これまで長期間にわたり、さまざまな調査や研究が継続されてきた。また、近年では太平洋側に分布するマイワシを主対象として、多様な機関が参加して、マイワシの資源変動の謎の解明のために集中的に研究がなされている。その結果は、多くの学術雑誌や一般叢書およびパンフレットなどによって紹介されてきている。一方、日本海側に分布するマイワシの研究もまた地道にデータを積み重ねてきた。このパンフレットでは、水産総合研究センターをはじめとする水産試験研究機関や、気象庁海洋气象台の公開されたデータをもとに、いわし類（マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシ）の資源変動の概略を示し、海洋環境の変動とあわせて説明し、なるべく平易に現象が理解できるようにとりまとめた。

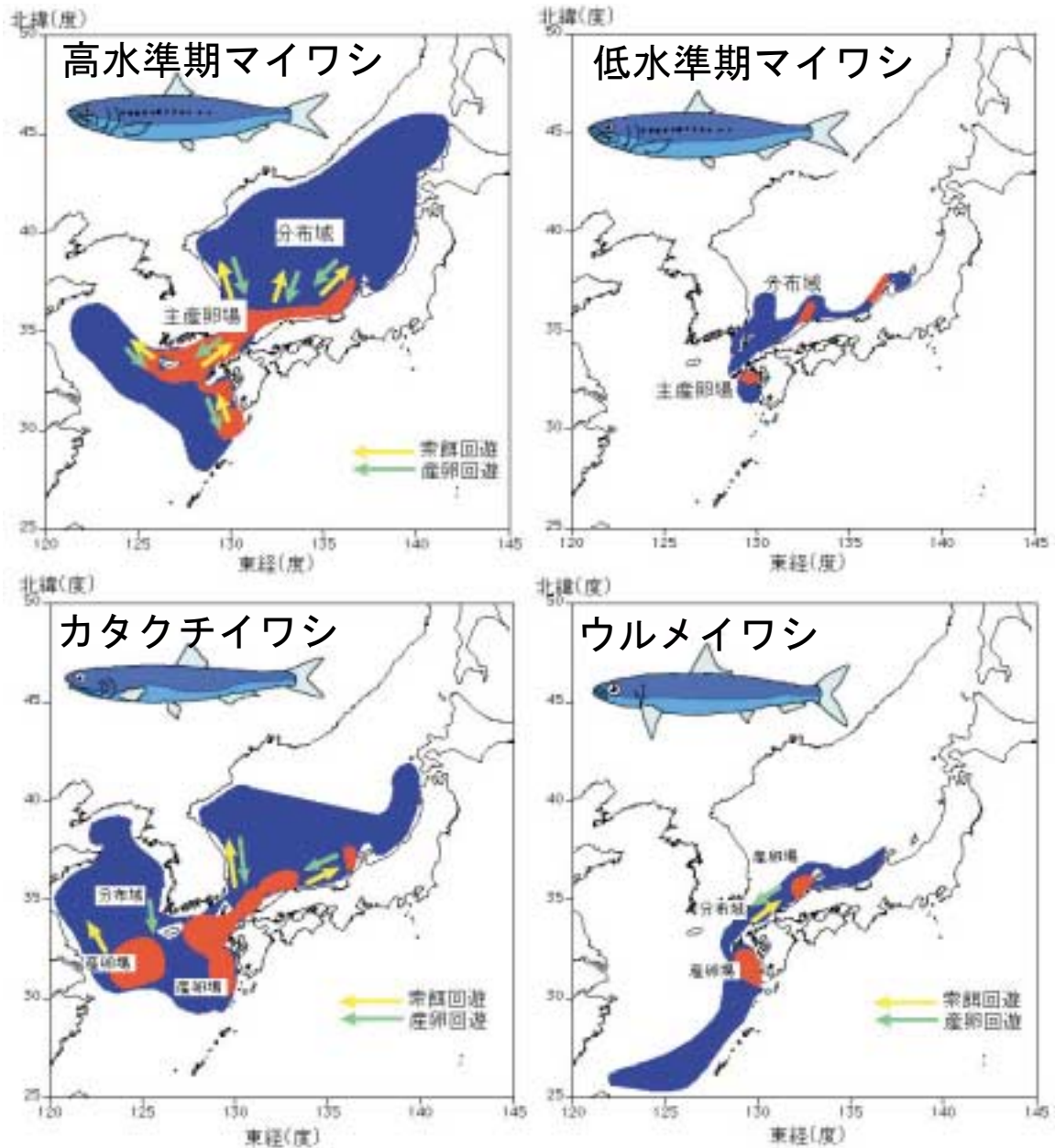
しかしながら、すべての資源変動の要因が理解され、今後どのように資源が推移していくのかということについて必ずしも明確に答えが得られたわけではない。今回資料をとりまとめて、今後の調査のありかたを考えるための知見としていくことが重要と考えている。また、今後とも地道に調査を積み重ね、将来どのようにいわし類が変動していくのかを、なるべく正確に、迅速に理解できるようにすることにより、我が国周辺の漁業活動を支えていけたら、水産科学にとってこれ以上の幸せなことはないと思う。

日本周辺の海洋環境



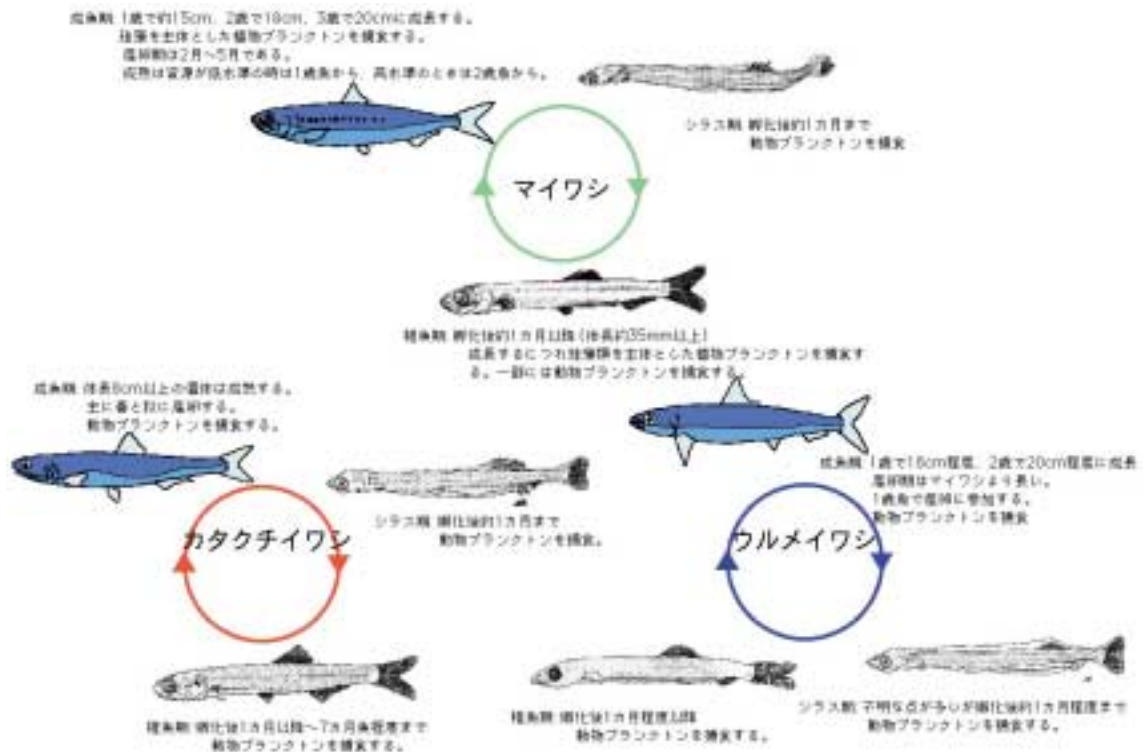
日本周辺には二つの暖流が流れています。太平洋側を黒潮が、日本海側を対馬暖流が流れています。対馬暖流は黒潮から分かれて派生した水と、東シナ海のさまざまな水塊とが集まって形成されていると考えられています。海洋環境の変動は、いわし類の資源変動に関係していると考えられ、海洋環境の変動の要因として、気象との関係や冷水や暖水塊の配置、および暖流の流量や流れのパターンの変化が考えられます。これらのことを総合的に解明するためには長期間にわたり海洋環境の調査を継続することが必要です。

いわし類の分布 ～東シナ海・日本海～



マイワシは資源の大きさによって分布域を大きく変えます。資源が多い時には東シナ海から日本海の広範囲に分布しますが、少ないときには日本の沿岸域に分布しています。カタクチイワシは、東シナ海・黄海に多いとされ、日本海の沖合域のやや暖かい海域に分布します。東シナ海・黄海と日本海のカタクチイワシの交流については知見が少なく、不明な点が多くあります。ウルメイワシはマイワシやカタクチイワシと異なり、分布域はさほど大きくなく、東シナ海の大陸棚縁辺域に沿って日本海沿岸にまで分布しています。なお、全ての魚種は太平洋測にも分布し、マイワシとカタクチイワシは資源の増減とともに分布域が拡大・縮小します。

いわし類の生活環



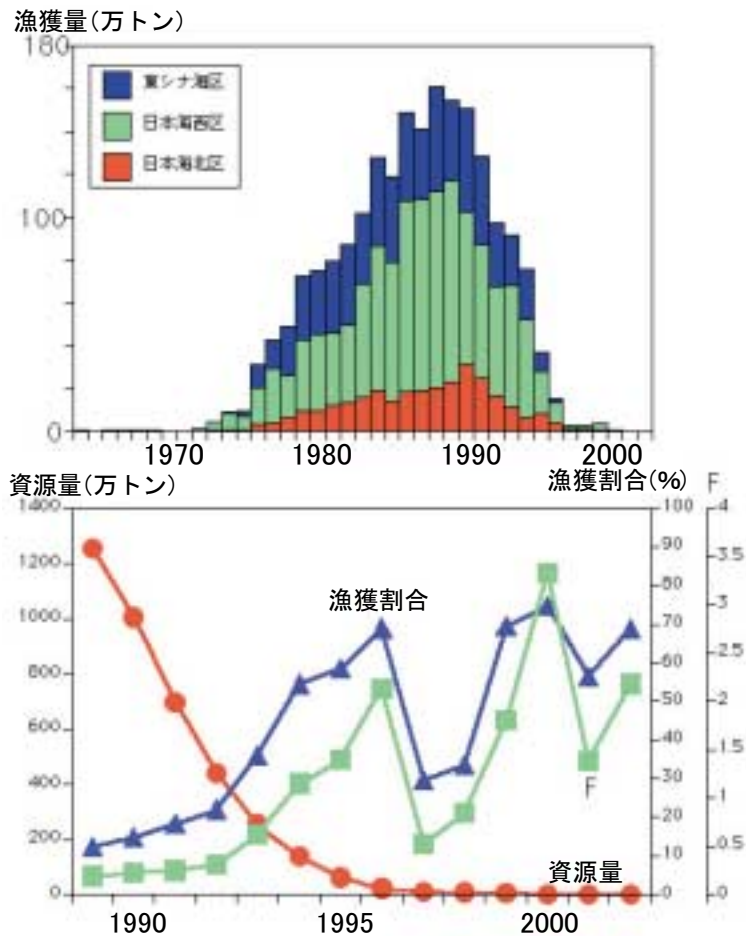
資源の変動を理解するためには、それぞれの種がどのように生活しているかを知る必要があります。マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシの生態はお互いによく似ているところがあります。いずれも仔魚期（シラス）から稚魚期にかけて変態を行います。仔魚期には、動物プランクトンを主食としますが、稚魚期以降からマイワシだけ植物プランクトンも利用できるようになります。

成長についてはマイワシが一番良く研究されています。マイワシの成長は、資源が小さいときには早く、大きいときには遅いことが分かっています。また、仔魚期および稚魚期の成長の早さがその後の生き残りに影響するという仮説もあります。

マイワシは7歳くらいまで生きると考えられています（もっと長く生きる可能性もあります）。資源が小さい時には成長、成熟が早くなることから寿命が多少短くなることも考えられます。カタクチイワシとウルメイワシの寿命についてはよく分かっていませんが、体長組成の変化などをみると2歳くらいまで生きそうです。

おそらくカタクチイワシやウルメイワシも資源の大きさによって生態を変化させていると想像され、このような資源量の変動と生態の変化を長期間にわたりモニタリングすることにより、資源変動のメカニズムの理解が進むとともに、資源評価の精度が向上します。

マイワシの漁獲量と資源量の推移



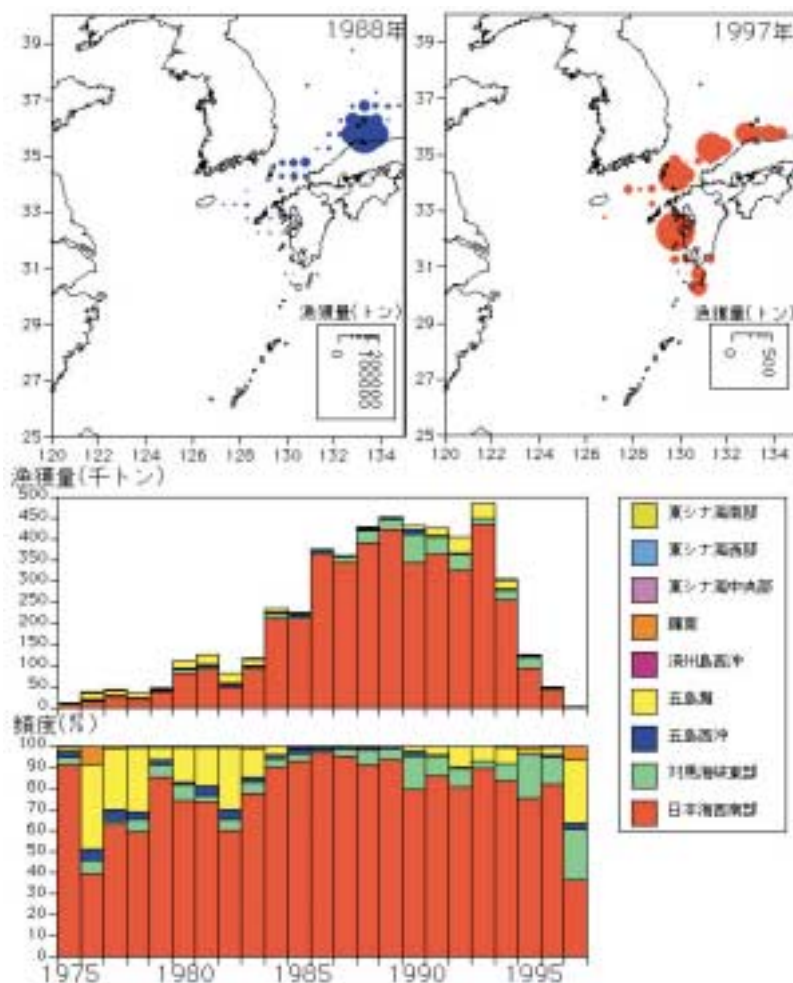
対馬暖流域（東シナ海・日本海）におけるマイワシは、日本・韓国・ロシアが漁獲していましたが、近年では日本のみが漁獲しています。日本の漁獲量の推移をみると、1990年代始めには160万トン近くの漁獲量でしたが、急激に減少し、2001年以降は1000トン程度にとどまっています。

水産庁・水産総合研究センター・各都道府県の水産試験研究機関では共同してマイワシの資源量を推定するためのデータを収集しています。下段の図は、コホート解析によって推定されたマイワシの資源量、漁獲割合（漁獲量÷資源量）、漁獲死亡係数（F）の推移を示しています。

資源が高水準の時には漁獲割合は低く、資源が低水準の時には漁獲割合が高くなっています。このことは資源が低水準の時には漁獲の影響を受けやすいことを示しています。最近では、マイワシの漁獲量が極端に少ないことで年齢別漁獲尾数を精度良く推定することが難しいことなどにより、Fや漁獲割合が高めに推定されている可能性はありますが、マイワシの資源量は極端に低い状態にあると考えています。

資源の減少要因としては、自然環境の変化による加入量の減少と資源減少期の漁獲の影響があげられます。

大中型まき網によるマイワシ漁場の変化



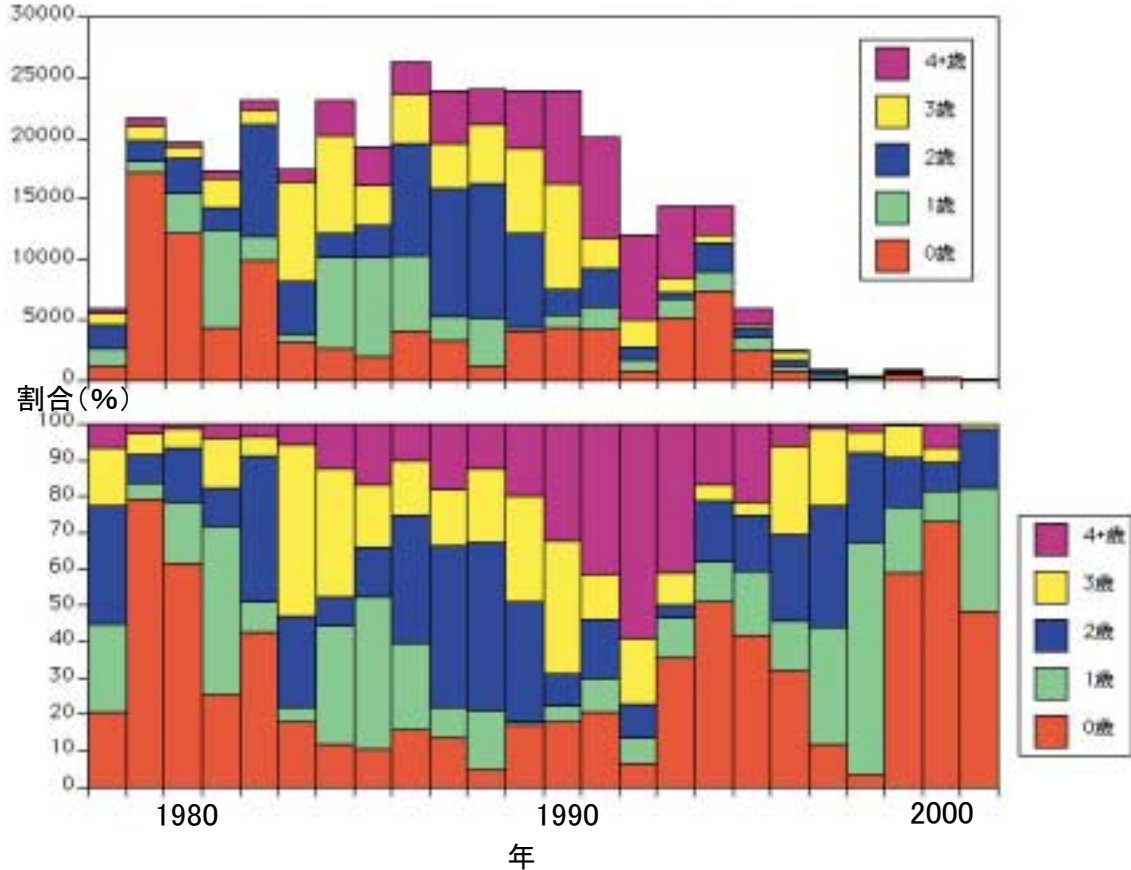
マイワシをもっとも多く漁獲するのは大中型まき網漁業です。マイワシを多獲していた1988年を見ると、日本海の隠岐諸島周辺で漁獲していたことが分かります。漁獲量が少なくなった1997年では沿岸域で極わずかの量を漁獲していました（図中の単位に注意）。

次に大中型まき網漁業がどこでマイワシを漁獲しているのかを年別に見てみると、ほとんどの年で日本海南西部が多いことが分かります。特に、マイワシの漁獲量が非常に多かった1980年代半ばから1990年代半ばまではほとんどが日本海南西部で漁獲していました。1975年を除いて1970年代後半から1980年代前半までは、五島灘での漁獲量の割合が減り、日本海南西部での漁獲量の割合が増えています。また1990年代後半では日本海南西部の漁獲量の割合は減っていました。

漁獲量をもっとも多かった1988年には島根県隠岐諸島周辺での漁獲量が多く、それから10年後の1997年には九州西岸から日本海の沿岸域で漁場が形成されました。

マイワシの年齢構成の推移

漁獲尾数(100万尾)



資源量を計算する方法のひとつにコホート解析があります。コホート解析を行うためには、年ごとに年齢別の漁獲尾数を推定することが必要です。この図は、1978年以降の対馬暖流域におけるマイワシの年齢別の漁獲尾数とその割合を示したものです。

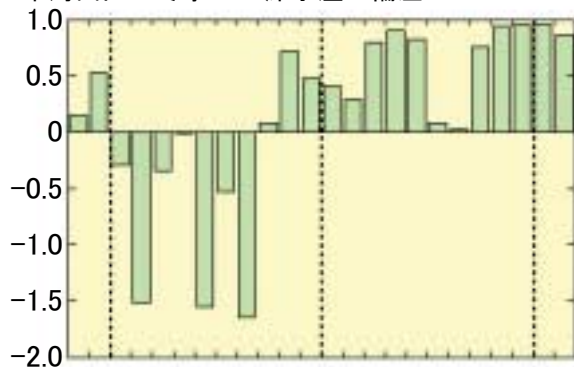
1970年代末から1980年代初めにかけて0歳魚の漁獲尾数が多くなり、80年代半ばには1～3歳魚の漁獲が増加しました。そして1980年代後半から1990年代半ばまで4歳魚以上の割合が徐々に増加していたことが分かります。

コホート解析によって各年齢の資源尾数を計算すると、1980年代前半に引き続いて0歳魚の大量の加入(漁獲される大きさまで生き残った尾数)があったので資源が増大し、1988年以降は親魚量に比べて0歳魚の加入量が少なくなって年齢構成が高齢化し、やがて親魚量の減少とともに加入量も減少を続けたと考えられます。

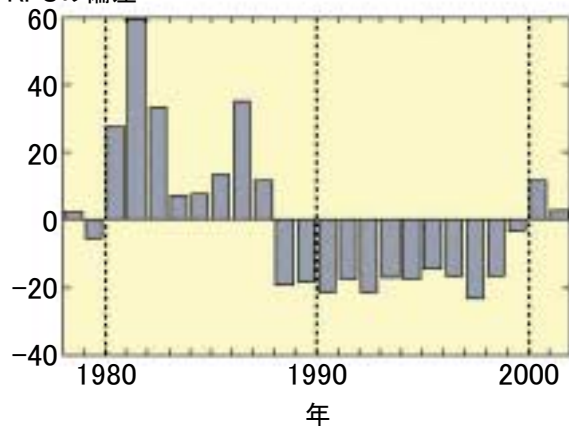
1988年以降はそれまでと比べて、発生初期の生残率が低くなったと推察されます。

海水温の変動とマイワシの加入の関係

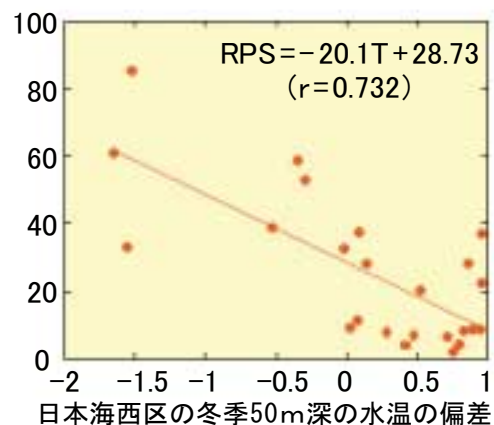
日本海西区の冬季50m深水温の偏差



RPSの偏差



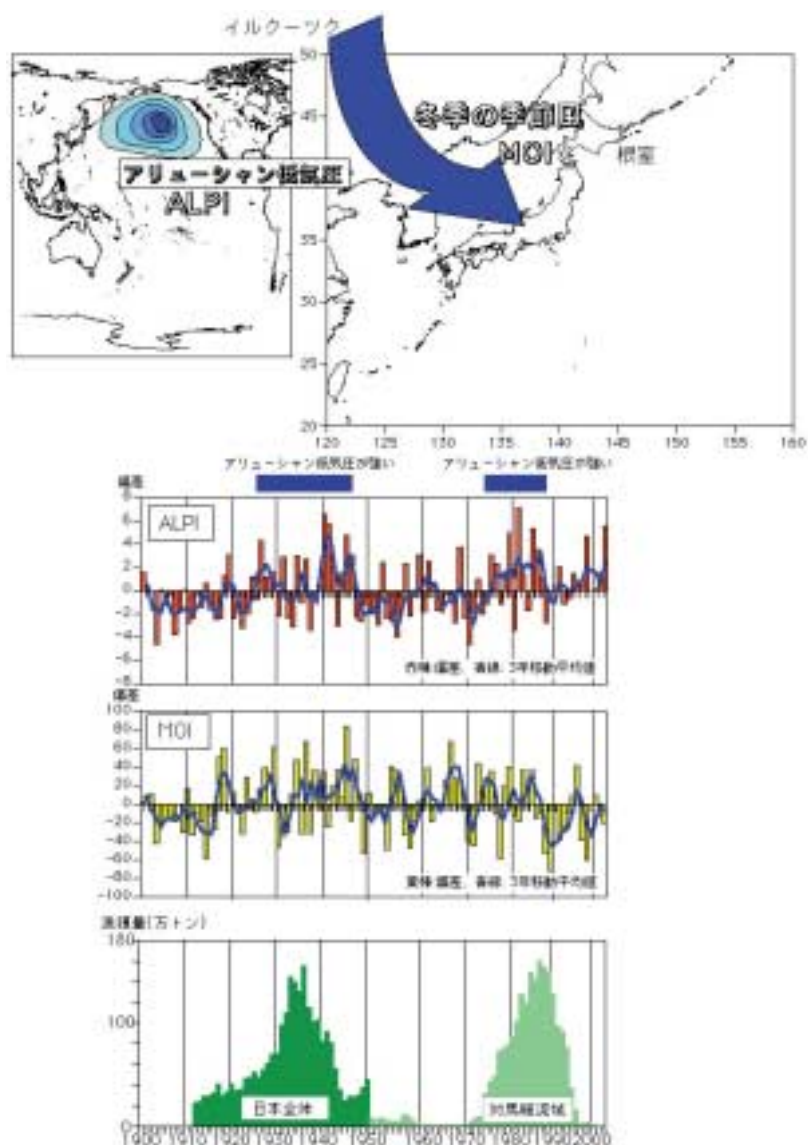
RPS



マイワシの年齢別の漁獲尾数の推移から1980年代後半に、マイワシの資源にとって何らかの環境の変化があったと推察されます。水産総合研究センターや各府県の試験研究機関が調査して得た冬季の日本海西部海域の50m深の水温の偏差の推移をみると、1980年代後半にそれまで負偏差であったものが、正偏差になってます。マイワシの再生産成功率（RPS：加入尾数÷親魚量）の推移をみると、逆に1980年代後半に正偏差から負偏差になっています。

横軸に50m深の水温の偏差をとり、縦軸にRPSの偏差をとって比較すると、水温の偏差が高いほどRPSの偏差が低くなることが分かりました。このことは、水温が高くなるとマイワシの加入率が悪くなることを示しています。

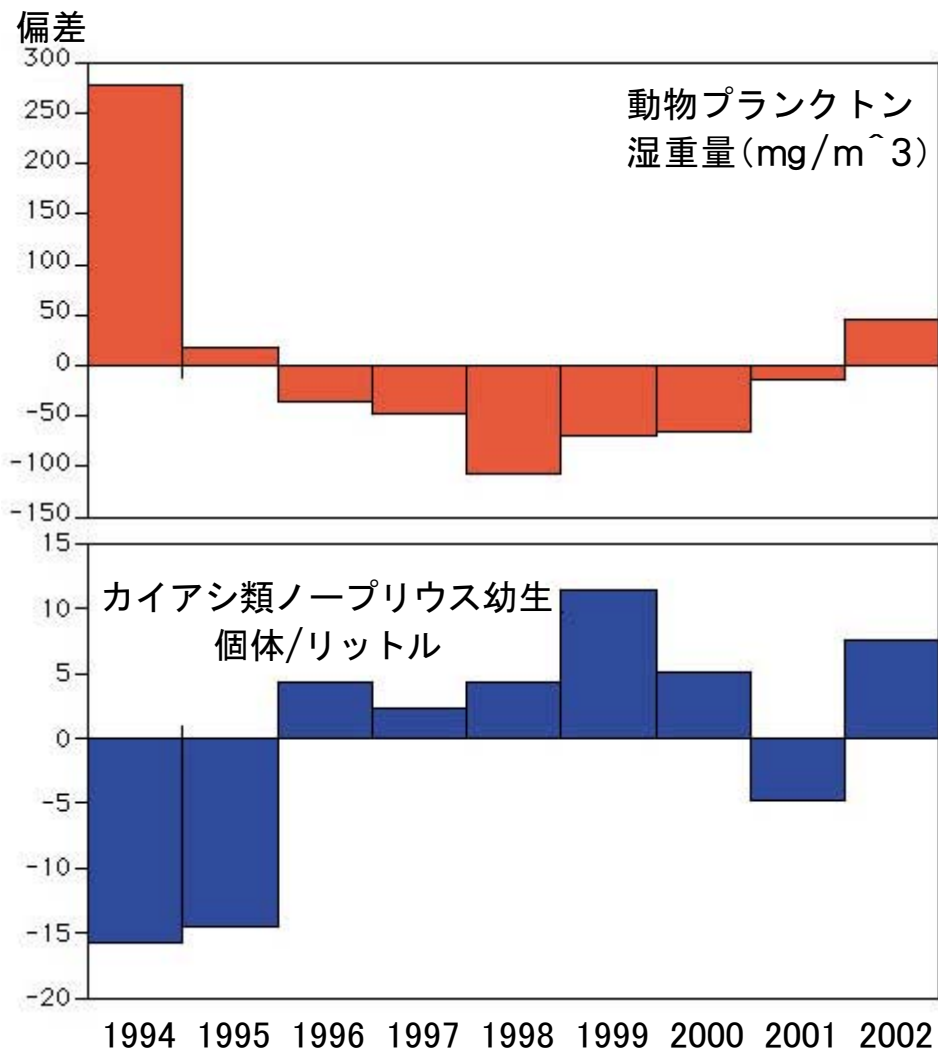
気象の変化とマイワシの漁獲量との関係



冬季の海水温の変動と気象要因の変動には相関関係が指摘されています。気象要因の代表的なものとして、北太平洋に形成されるアリューシャン低気圧の強さの指数（ALPI）やイルクーツクと根室の気圧差の指数（MOI）などがあります。ALPIやMOIの長期的な偏差をみると、いずれも正の偏差（季節風が強く厳しい冬の時）にマイワシの漁獲量が増えている場合が多いことが分かりました。

冬季のALPIやMOIが正の偏差をすることで、海水温が低下します。海水温が低下することは、表面の水がより深く混合し、深い水深帯にある栄養塩類を表層に供給することにより、マイワシの成長に影響するプランクトンの発生量が多くなると考えられます。

日本海沿岸域における動物プランクトンの推移

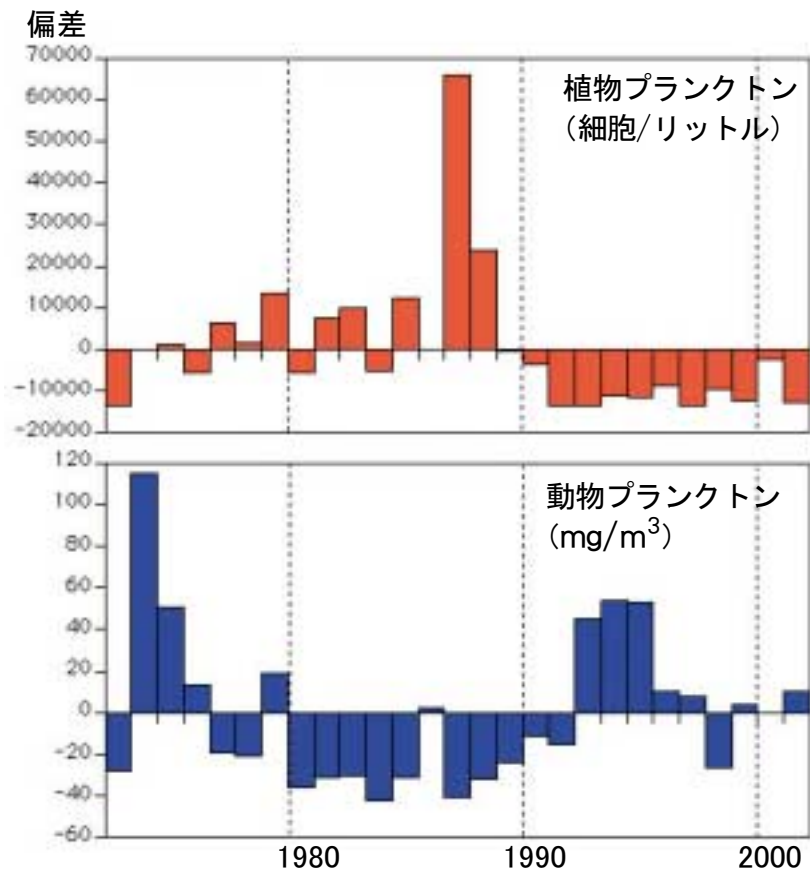


水産総合研究センター日本海区水産研究所が能登半島周辺で春季に動物プランクトン量を調査した結果によると、動物プランクトンの総湿重量は1990年代後半から2000年にかけて低い水準で推移したのに対し、いわし類の生活史初期の重要な餌生物であるカイアシ類のノープリウス幼生の量は、1998年から2000年および2002年に高い水準で推移していました。

残念ながら、1993年より以前の調査がなく、マイワシ資源の変動要因との関わりについては不明です。後ほど出てきますが、カタクチイワシの資源が高水準になったのが1997年から1999年であり、カイアシ類ノープリウス幼生の高い水準期と一致します。

このように、餌生物である動物プランクトンの量的な変化を見ることは、いわし類の生き残りの過程を理解する上で重要です。

日本海沖合域におけるプランクトンの推移

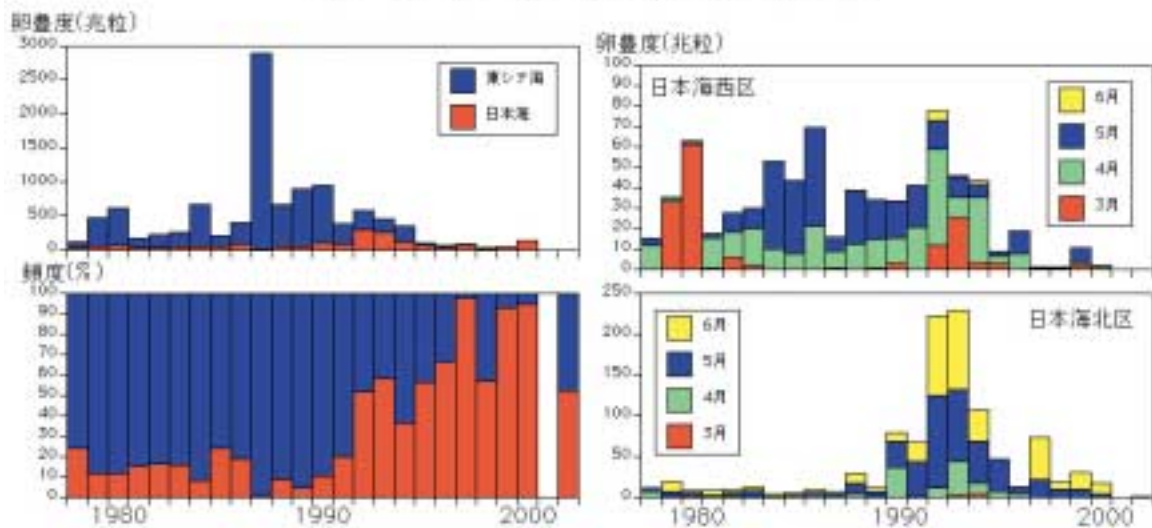
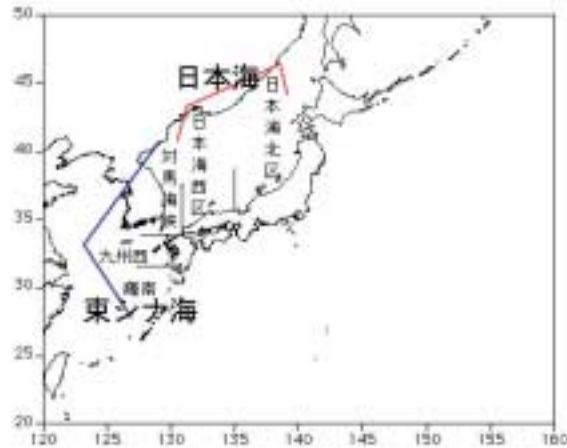


気象庁舞鶴海洋気象台では年に数回ほど日本海の海洋観測を行って情報を公開しています。日本海で春季に調査されたデータから植物プランクトン量（細胞数）と動物プランクトンの湿重量の平均値の偏差の経年変化を示しました。

春季はマイワシなどの浮魚類の仔魚や稚魚が加入してくる時期にあたり、この時期のプランクトン量は非常に重要な意味を持ちます。植物プランクトン量は、1980年代に正偏差で推移することが多く、1990年代以降は負偏差で推移することが多かったようです。一方、動物プランクトン量は、1980年代は負偏差で、1990年代後半以降は正偏差で推移することが多かったようです。いわし類ではマイワシのみ植物プランクトンを餌として利用することができるので、マイワシ資源が多かった時代に植物プランクトンが正偏差していることは興味深い現象です。

1990年代の日本海沿岸域における動物プランクトンの推移（前述）では、動物プランクトンの湿重量が負偏差である時に、マイワシ稚仔魚の重要な餌生物であるカイアシ類ノープリウス幼生の量は正偏差で推移している傾向もみられており、海洋環境によって動物プランクトンの種類や量が変化していると考えられます。今後、動物プランクトンの種組成と量などを明らかにしていくことが資源変動の機構解明に重要だと考えられます。

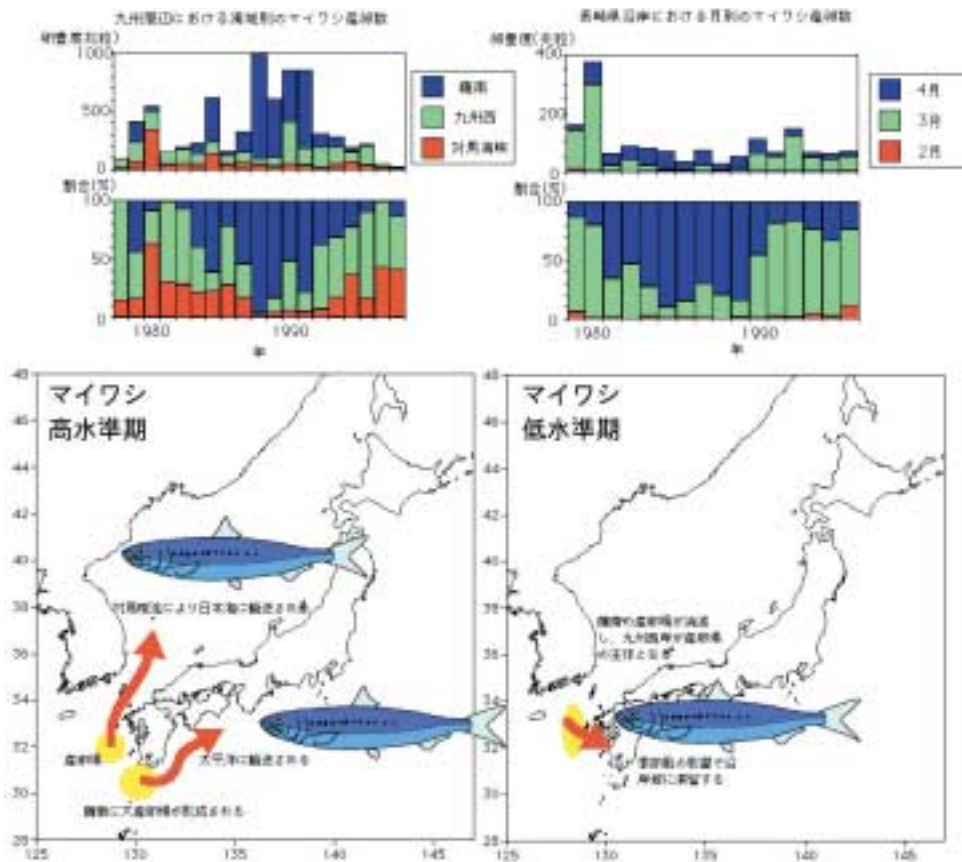
マイワシの産卵調査の概要と 日本海における卵豊度の推移



口径45cmの小型の網を用いて、マイワシなどの卵を採集することで、各年の卵豊度を推定することができます。1978年以降の調査結果をみると、マイワシの卵豊度は、対馬暖流域では1980年代に多かったことと、東シナ海で多かったことがわかります。1990年代は卵豊度が少なくなり、日本海での割合が増えました。日本海西区では、一部3月が主産卵期の年代もありますが、ほとんどは4・5月が主産卵期でした。日本海北区では、1990年代に卵豊度が増加し、その時の主産卵期は5・6月でした。ただし、日本海西区の6月および北区の3月は調査を実施していない年があります。

なお、2001年は東シナ海・日本海でマイワシの卵が採集されませんでしたのでデータを示していません。

東シナ海での産卵生態と卵・仔魚の輸送

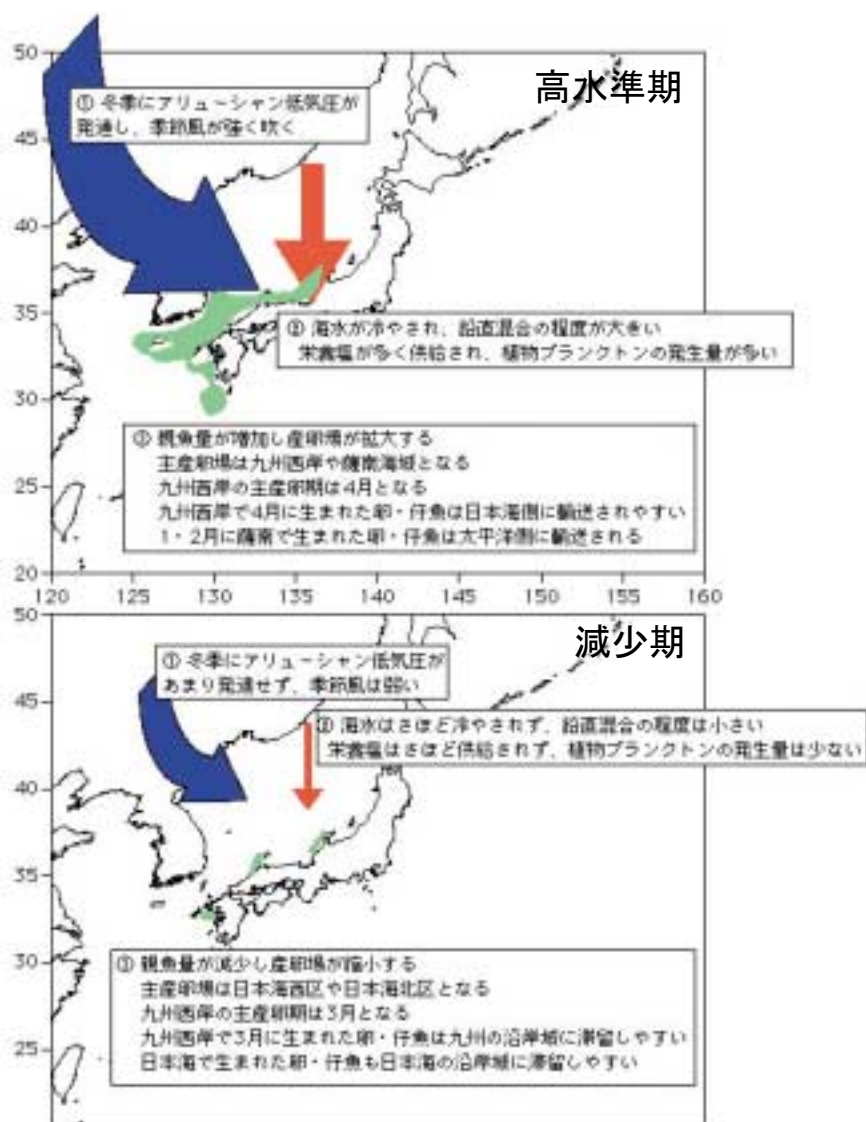


資源が大きいときには、産卵場は薩南海域まで大きく拡大しますが、資源が小さいときには九州西や対馬海峡に縮小します。なお、薩南海域に分布するマイワシは太平洋からも日本海からも来遊すると考えられています。

九州西（長崎県沖合）では、1980年代には4月が主産卵期であったのに対し、1990年代には3月が主産卵期となりました。これは水温の上昇傾向により産卵が早まった可能性が示唆されています。そこで、2～5月に九州西岸の広い海域で漂流はがきを投入して、その輸送される海域をみると、4月には日本海に輸送される場合が多く、3月には九州西の沿岸域に輸送される場合が多くなります。また薩南海域で投入された漂流はがきは、すべて太平洋に輸送されましたので、主に太平洋側へ卵・仔魚が輸送されたと考えられ、日本海側のマイワシ資源への加入は少ないと思われます。

マイワシの資源量の多寡や海洋環境の変化が卵や仔魚の輸送される海域を変化させていることが推察されました。対馬暖流域では、生活史初期の段階で九州西から日本海に広く分布することがマイワシの資源の増大に働くと考えられます。1990年代のように、一部の沿岸域に仔魚や稚魚が滞留するような条件のときには資源の増大の可能性は少ないと考えられます。

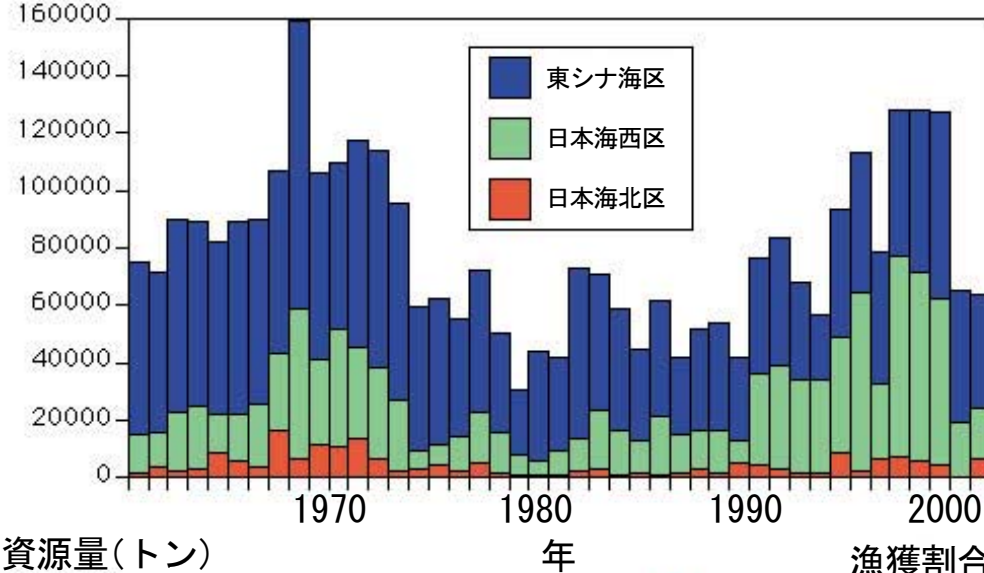
マイワシの資源変動の要因についてのまとめ



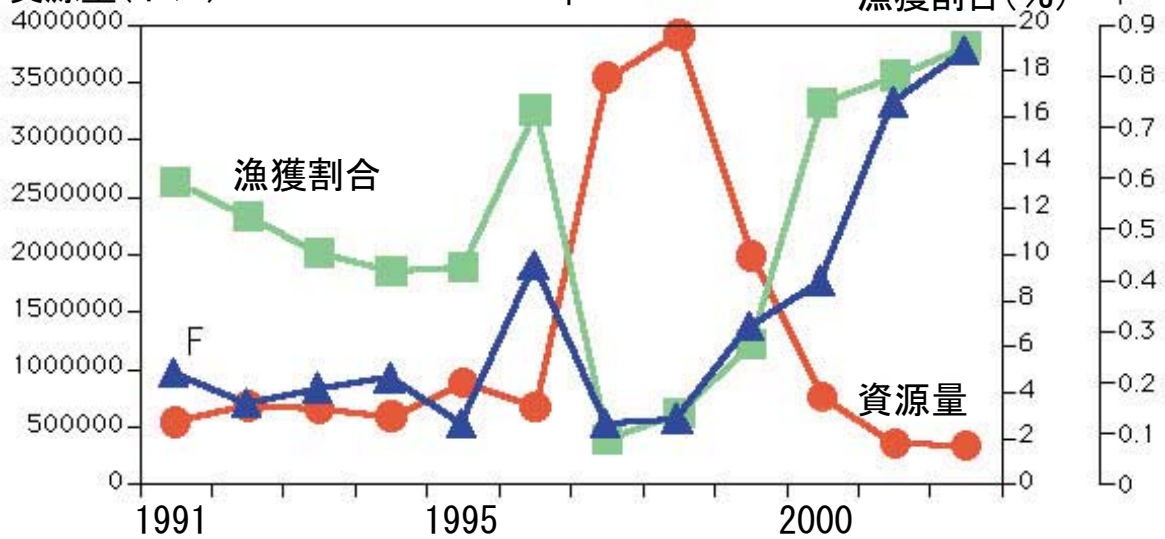
マイワシがなぜ大規模な資源変動をするのか完全に分かりませんが、これまで蓄積されたデータをとりまとめて整理すると、冬季のアリューシャン低気圧が強く、季節風が卓越すれば九州西～日本海の冬場の海水の鉛直混合が盛んになり、マイワシ稚仔魚の成長に影響するプランクトンが増加し、稚魚の生残率を高めると考えられます。水温など海洋環境の変化が産卵場や産卵期に影響を及ぼし、発生した卵や仔魚の輸送条件などが、マイワシの生残率に影響すると考えられます。卵・稚仔魚が一部の沿岸水域に滞留する状況よりも、日本海に広く輸送されることが生き残りがよいと考えられます。

カタクチイワシの漁獲量と資源量の推移

漁獲量(トン)



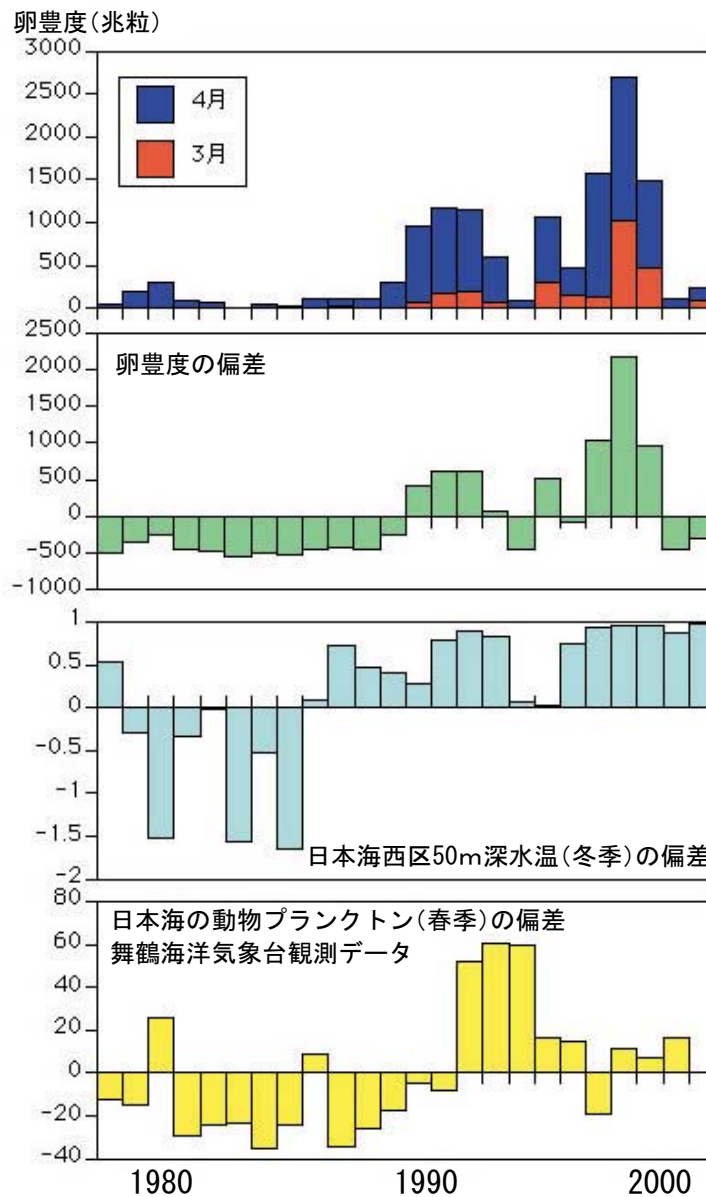
資源量(トン)



カタクチイワシの漁獲量は1970年頃に多く、1980年代は少なめで推移しました。1990年代半ば以降には再び多くなりましたが、2000年以降は再び減少しています。コホート解析により、1991年以降の対馬暖流域のカタクチイワシの資源量を計算したところ、1997年から1999年にかけて資源量が多く、その他は数十万トンレベルと推定されました。

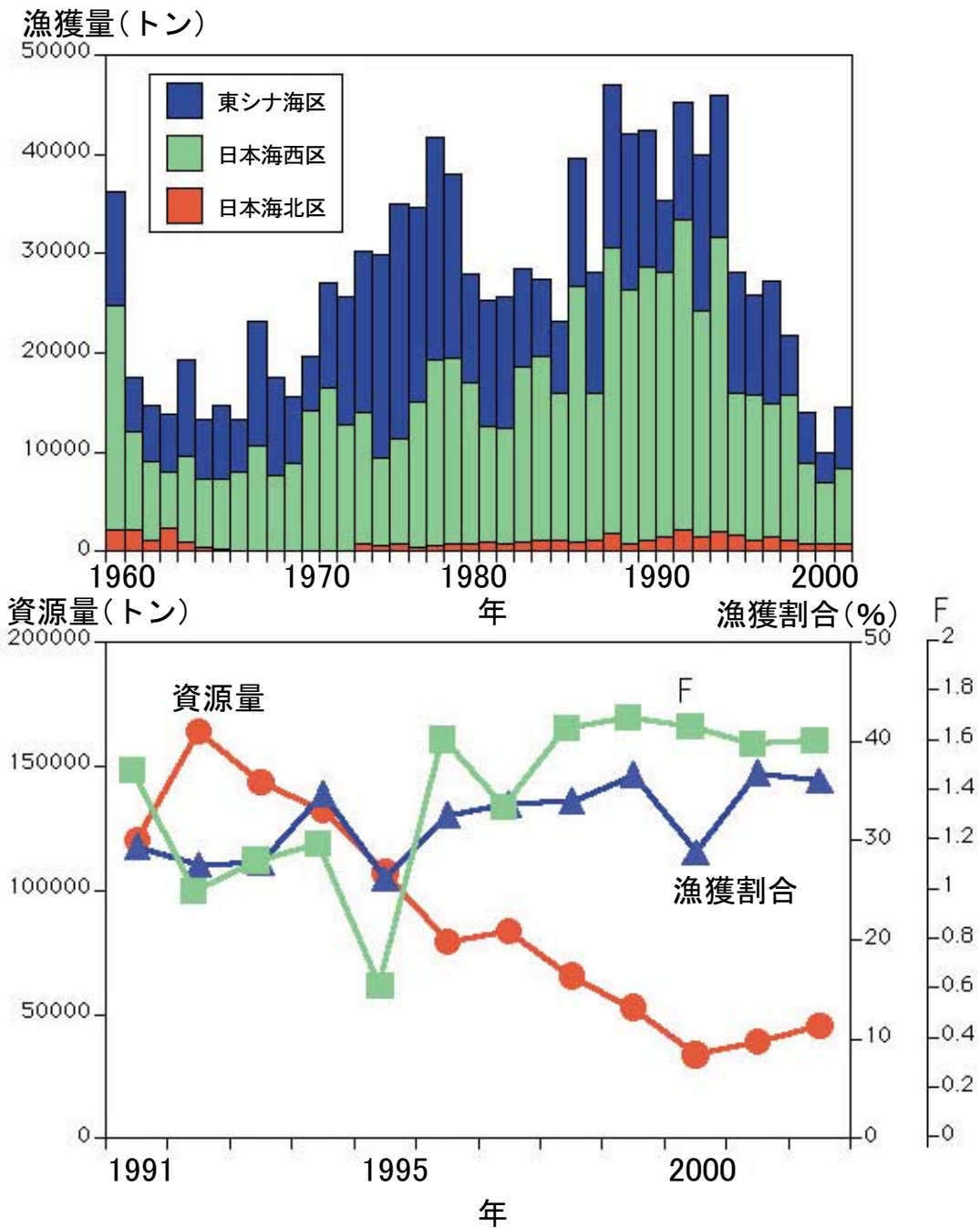
マイワシと比較すると、漁獲割合は著しく高いとは言えず、過度の漁獲圧がかかっているとは判断していません。ただし、この計算結果は日本の漁獲量と体長組成のみを用いており、中国や韓国のデータとあわせると資源量はさらに大きくなります。

カタクチイワシの卵豊度と海水温の変動の推移



カタクチイワシの卵豊度をみると、1990年代に増加しており、うち3月の卵豊度の割合が高くなっていることが分かりました。カタクチイワシはマイワシと違って産卵期が長いことが知られています。日本海西区の冬季の50m深の水温の偏差が負から正へ変化した年とややずれますが、1990年代には海水温が高めで推移し、卵豊度が増加しています。卵豊度の増加は親魚資源の増加を示しています。1990年代に水温が上昇するなどの海洋環境の変化によりマイワシ資源が減少し、競合条件の緩和からカタクチイワシの稚仔魚の生残率が高くなった可能性が考えられます。また、仔魚期から成魚期までの餌生物となる動物プランクトン量も1990年代に増加していることから、カタクチイワシの生き残りにより条件であったと考えています。

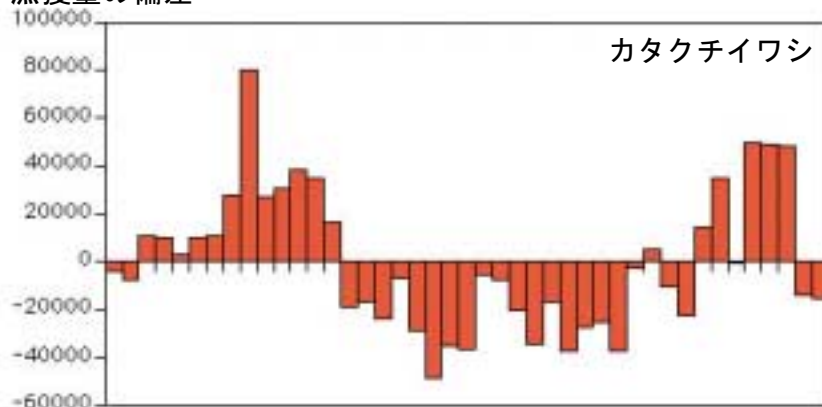
ウルメイワシの漁獲量と資源量の推移



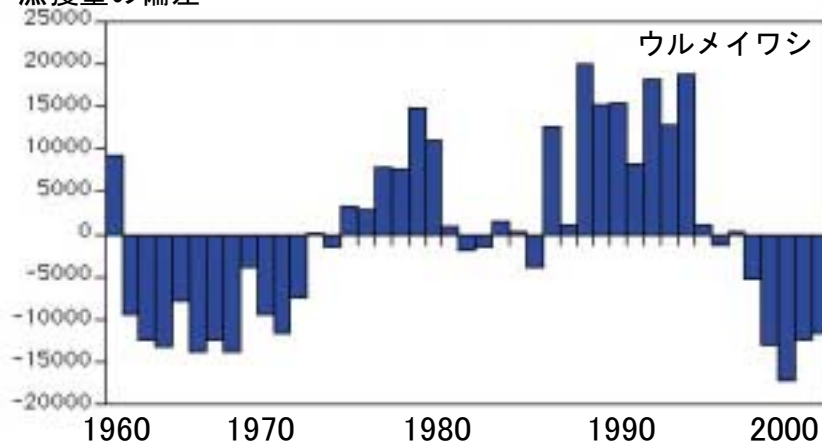
ウルメイワシの漁獲量は1970年代後半と1990年代前半ころに多くなりました。1991年以降の資源量をコホート解析を用いて計算したところ、2000年まで減少傾向でしたが、近年やや持ち直しています。漁獲圧はマイワシほど高くないと判断しています。

ウルメイワシとカタクチイワシの漁獲量の推移

漁獲量の偏差



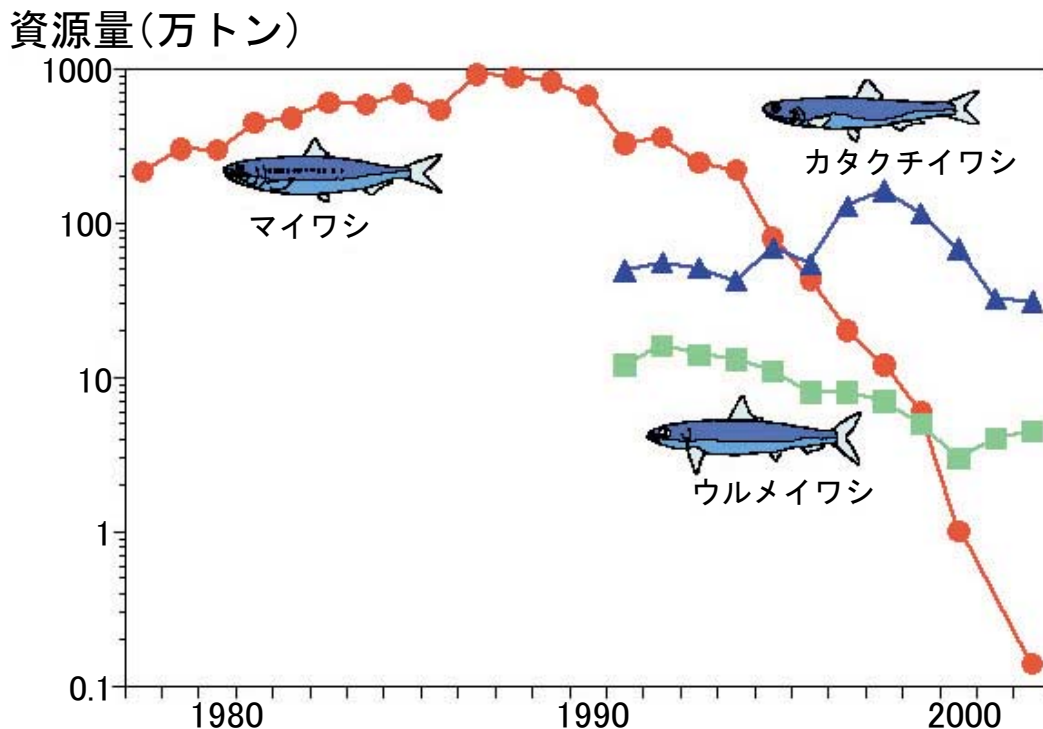
漁獲量の偏差



ウルメイワシの卵豊度などのデータはここ数年間のものしかなく、環境要因との因果関係は不明です。ウルメイワシはカタクチイワシと同様に仔魚期から成魚期に至るまで動物プランクトンを捕食しています。また、分布域もカタクチイワシと似ている上に、寿命などもほぼ同じ程度と考えられています。したがって、この両種はお互いに競合関係にあると判断し、両種の漁獲量の偏差を比較しました。

カタクチイワシの漁獲量が多いときには、ウルメイワシの漁獲量は少ないという結果が見取れます。ただし、対馬暖流域の漁業者にとって、カタクチイワシのほうが経済的な価値が高いため、カタクチイワシが不漁の時にウルメイワシを漁獲しているという要因があるかもしれません。

いわし類の資源量の推移



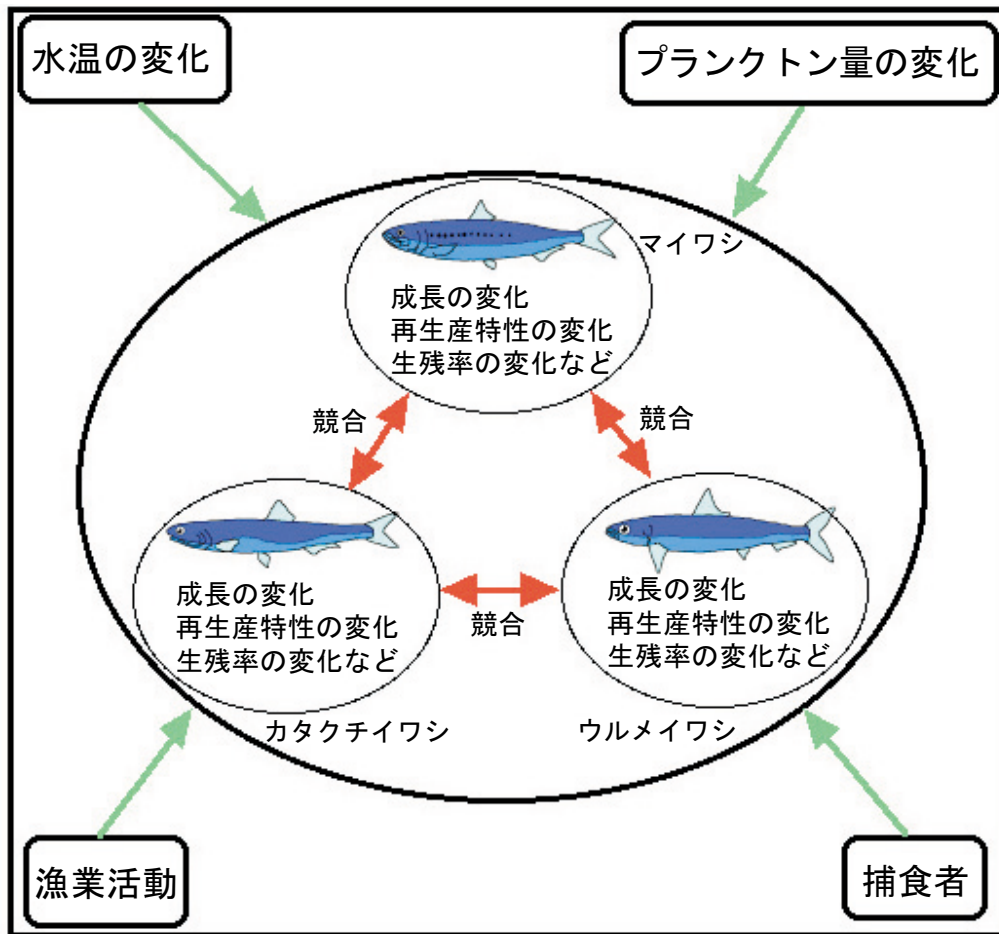
いわし類三種の資源量を比較すると、マイワシがもっとも資源量が增大し、ついでカタクチイワシであり、ウルメイワシの資源量はさほど大きくないことが分かりました。三種の対馬暖流域における分布域を考えると、分布域をもっとも広く活用できるのがマイワシであり、ついでカタクチイワシ、ウルメイワシとなります。

マイワシは1980年代始めに卓越した年級群が現れ、その後もしばらく連続して卓越した年級群が現れたことにより、マイワシ資源は急速に増大しました。しかしながら、1980年代後半に水温が上昇し、産卵期や産卵場所および輸送条件やプランクトン量などが変化することにより、マイワシが日本海を広く活用することがなくなったため加入量が減少し、資源量の減少に伴い、漁獲強度が強くなり資源量の急激な減少を招いたと考えられます。

逆に、カタクチイワシにとってはマイワシ資源が減少し競合条件が大きく緩和されたことや1990年代後半に動物プランクトンの量が増加したこともあり、カタクチイワシ資源が増加したと考えられます。生態がカタクチイワシと似ているウルメイワシは、カタクチイワシ資源が増加するにあわせて、資源量が減少しました。2000年以降にカタクチイワシ資源がやや減少するにあわせて、ウルメイワシの資源量がやや回復しました。

このように、環境変動に対するいわし類の応答の他に、お互いのいわし類の競合関係も資源変動の要因となります。

ま と め



海水温やプランクトン量などの環境要因の変動の他にも、資源変動の要因として、漁業活動や捕食者の動態が考えられます。極めて少なくなったマイワシ資源を積極的に漁獲することは好ましくないと考えています。

今後も、さまざまなデータを継続して収集し、さらに資源変動のメカニズムを解明することと、漁業活動の影響がいわし類の資源変動に与える影響について考慮し、合理的に資源管理をしていくことが必要です。

語句の説明

コホート解析：対馬暖流域のいわし類はコホート解析と呼ばれる解析方法で資源量を計算しています。

コホート解析では、ある年（月）の年齢別の漁獲尾数から年齢別の資源尾数が計算できます。年齢別の資源尾数に各年齢の体重をかけたものを総和すると資源量となります。ある年の資源尾数は漁獲死亡係数（F）と自然死亡係数（M）によって減少すると仮定します。ある年のある年齢の資源尾数を N_t とすると、翌年の同じ年齢の資源尾数は、 $N_{t+1} = N_t \times e^{-(F+M)}$ となります。

偏差：ある年の観測されたデータから、すべての観測されたデータの平均値をひいた値です。

年級群：ある年に加入してきた資源を意味します。その加入した資源が著しく多いと卓越年級群と呼ばれます。

漁獲死亡係数：コホート解析の時に使います。Fと略し、漁獲によって死亡する量の係数です。

自然死亡係数：コホート解析の時に使います。Mと略し、自然に死亡する量の係数です。

漁獲割合：漁獲量を資源量で割った値です。

再生産成功率：0歳魚の資源尾数を産卵親魚重量で割った値です。RPSと略します。RPSが高いと良好な加入があったことを意味します。

参考文献

一般叢書

渡邊良朗・和田時夫編（1998）マイワシの資源変動と生態変化。水産学シリーズ119。恒星社厚生閣。東京，pp113。 に詳しい報告が掲載されている。

このうち対馬暖流域のマイワシを記述したものとして、

檜山義明（1998）対馬暖流域での回遊範囲と成長速度。同書，35-44。

大下誠二・永谷浩（1998）九州西方海域の稚魚・未成魚。同書，93-102。 がある。

マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシの各資源に関する資源量に関する情報は、水産庁ホームページに掲載されている。（<http://abchan.job.affrc.go.jp/>）

気象庁のデータは、気象業務支援センター（<http://www.jmbc.or.jp/>）で購入することができます。

平成16年3月1日

独立行政法人 水産総合研究センター
西海区水産研究所

〒851-2213 長崎市多以良町1551-8

TEL 095-860-1600

<http://www.snf.affrc.go.jp>