

## 論文の内容の要旨

論文題目 マアジ対馬暖流系群の生物学的特性と資源管理に関する研究

氏 名 依田真里

日本周辺に広く分布するマアジ (*Trachurus japonicus*) は、漁獲可能量 (TAC) 制度に基づく資源管理が行われている。1960 年代には我が国漁船による漁獲量が 50 万トンを超えたが、近年は 15 万トン前後で推移しており、1960 年代に比べると資源水準は低いとみられる。マアジの漁獲量は西日本で多く、東シナ海から日本海にかけての対馬暖流域での漁獲量が 8 割程度を占める。資源管理に際しては、資源状態の判断に生物学的特性から得られた情報が用いられる。資源管理基準値は、資源の生産力に基づき密度依存の補償効果を前提として定められるのが一般的で、成長・成熟の生物特性値は重要な基礎的情報となる。このような生物特性値は資源量の増減に伴い変化することが知られており、資源管理基準値を適切に設定するためには生物特性値の定期的な見直しが必要である。また、資源水準によって産卵場の拡大縮小が観察されるため、産卵場の広がり把握することも重要である。本研究では、マアジ対馬暖流系群について成長および成熟、産卵に関する資源生物学的特性を解明するとともに、産卵場の分布について検討を行った。そして、これらの知見をもとに仮想的な資源動態を電算機上で構築し、具体的な管理方策が資源管理や資源状態に与える影響について検討した。

## 1. 成長

2001年2月～2004年12月までに東シナ海で漁獲された636個体の標本を用いて年齢、成長の解析を行った。耳石の縁辺成長率の変化から、耳石の表示は年1回2～3月に形成されると考えられ、雌雄間で成長に差は見られなかった。成長式は次式により示された。

$$L_t = 401 \{1 - \exp(-0.275(t + 1.149))\} \quad (0.8 < t < 6.9)$$

ここで $t$ は年齢、 $L_t$ は $t$ 歳時における平均尾叉長を示す。過去の知見と比べると満1歳時点での体長は長崎県や和歌山県で推定された結果とほぼ同じだったが、1960年代に九州北部や東シナ海中部で漁獲された標本に基づいて推定された満1歳時点での体長に比べると大きかった。2歳以上になると1960年代に九州北部や東シナ海中部で漁獲された標本に基づいて推定された成長とほぼ一致した。

## 2. 生殖年周期とバッチ産卵数

2001年1月～2004年12月までに東シナ海で漁獲された雌魚740個体を用いて、成熟の解析を行った。組織学的観察に基づき、卵巣の成熟段階を未成熟期、発達期、成熟期、産卵期、閉鎖期、休止期の6期に区分した。GSIは2月～5月まで高い水準を保ち、5月以降に低下傾向を示し、6月～11月は低い水準となった。卵巣の組織学的観察から、卵黄蓄積を開始した卵母細胞を持つ発達期の個体は夏季(8月、9月)を除くすべての月で出現した。未成熟期の卵巣を持つ個体は周年出現し、成熟期の卵巣を持つ個体は2月～6月に出現した。産卵期の卵巣を持つ個体は11月～5月(1月を除く)に出現した。成熟期あるいは産卵期の卵巣を持った個体は2月～5月に高い頻度で出現した。GSIの経月変化や卵巣の組織学的観察から東シナ海のマアジは2月～5月が産卵盛期にあたることが明らかとなった。既往の知見では夏季に成熟する群も観察されたが、本研究では認められなかった。バッチ産卵数は最大102,469粒(尾叉長379mm)、最小5,738粒(尾叉長180mm)であった。バッチ産卵数(BF)と体重(BW)の関係は次式で示された。

$$BF = 7626.1 \times e^{0.0037BW} \quad (75 < BW < 771)$$

バッチ産卵数は過去の知見に比べるとかなり少なかったが、これは推定方法が異なるために起こったと考えられる。マアジの場合は、第三次卵黄球期の卵母細胞は産卵後も卵巣内に残るため、第三次卵黄形成期の卵をバッチ産卵数に含めると過大評価につながると考えられる。このため、本研究のように胚胞移動期もしくは成熟期の卵母細胞のみをバッチ産卵数とすることが妥当と考えられる。

## 3. 最小成熟体長と成熟開始年齢

上述のサンプルにおいて発達期の卵巣を持った個体の最小尾叉長は171mmで、成熟期の卵巣を持つ個体の最小尾叉長は180mmだった。成長解析の結果を考慮すると、これらの個体は1歳魚と考えられ、マアジは1歳魚から成熟を開始すると考えられた。漁獲量の多かった1960年代に東シナ海から採集された標本に基づく報告によると、マアジの最小成熟体長は尾叉長18.5

～20.7cm で、2 歳魚であるとされており、漁獲量の増大期にあたる 1983～1997 年の標本を用いた報告では尾叉長 20cm から産卵すると推定されている。本研究の結果から、既往の知見と比べると、より小型で若齢魚から産卵を開始すると考えられた。

#### 4. マアジの産卵生態

1996 年～2000 年の大中型まき網漁業の月別銘柄別漁獲量と 1998 年～2002 年に行った生物測定調査結果から東シナ海におけるマアジ産卵場を推定した。雌魚の生殖腺指数 (GSI) と卵巣の組織学的観察より、GSI が 3 以上の個体では最も発達した卵母細胞が胚胞移動期もしくは成熟期に達している卵巣を持つ個体が半数以上を占めており、産卵間近と考えられた。この成熟の基準を基に銘柄 (体サイズ) 別に見た産卵期間は体サイズによって異なり、大型個体ほど産卵期間が長かった。産卵場は九州西岸域では 11 月～6 月に、東シナ海南部では 1 月～6 月に形成されると考えられた。産卵場の表面水温は 15～25℃で、広い範囲にわたったが、おおむね 15～20℃の範囲に産卵親魚の分布は集中しており、15℃以下や 25℃以上の海域での分布量は少なかった。

#### 5. 資源管理方策評価 (MSE)

資源管理基準値を設定するにあたり、前章までで明らかにした成長や再生産などの生物特性に関わるパラメータは不可欠のデータである。しかし、十分な情報が得られていると考えられる場合にも不確実性を考慮する必要があるだろう。実際に資源管理を行う際に想定される問題を考慮したうえで、頑健な管理方策を策定するため、あらかじめシミュレーションによって資源管理方策評価 (MSE) を行うという手法が広く用いられている。本研究では資源管理スケジュールに着目して資源管理方策評価を行った。我が国では TAC 算定の基礎となる資源評価が毎年行われ、生物学的許容漁獲量 (ABC) が算定される。実際の資源管理プロセスではデータ取得 ( $t$  年) から ABC 実施年 ( $t+2$  年) までの間には 2 年間の時間遅れが生じる。日本の多くの資源評価対象種の資源量推定に用いられている VPA では、最近年の資源量推定値の不確実性が高く、なかでも加入量変動の大きい魚種では新たな年の情報が加わることにより資源量が大きく変化する場合がある。マアジは、尾数を基準に見ると 0、1 歳魚が漁獲の 9 割以上を占める。資源管理プロセスにおいては評価実施年 ( $t+1$  年) と翌年 ( $t+2$  年) の加入量は暫定的な値を仮定するため、マアジの場合には ABC は仮定に基づく予測値という側面が強くなる。また、第二章で明らかにしたように、マアジは 1 歳魚から成熟を開始して親魚となるため、時間遅れの問題が管理効果に与える影響が大きいことが予想される。さらに、近年は成長が速まり、成熟開始年齢も早まったと考えられることから、以前の年代に比べて世代間隔が短くなり、資源管理の時間遅れの問題は、近年ではさらに重大な問題となり得る。そこで本研究では資源管理における情報取得からの時間遅れが資源動態や管理効果に与える影響についてオペレーティングモデル (OM) を用いたシミュレーションにより検討した。実際の資源管理プロセスに合わせて、検討したシナリオは、(S1) データ取得年 ( $t$  年) の 2 年後 ( $t+2$  年) の ABC を算定する (通常スケジュール)、(S2)

データ取得年 ( $t$  年) の 1 年後 ( $t+1$  年) の ABC を算定する (再評価)、(S3) データ取得年 ( $t$  年) の 1 年後 ( $t+1$  年) の ABC を算定し、前年 ( $t-1$  年) に算定された ABC と比較して大きい方の ABC を採用する (上方修正)、(S4) データ取得年 ( $t$  年) の 1 年後 ( $t+1$  年) の加入量の情報がある場合の 4 通りを設定し、10 年間のシミュレーションを行った。

親魚量は、S1、S2、S4 ではほぼ同水準を維持したが、S3 では減少傾向がみられ、開始時点と比べると 3 割程度減少した。ABC が資源量の 6 割を超えるような過大 ABC が勧告される割合は S1 と S3 で高かったが、加入量の情報が得られる S4 では減少し、再評価値で管理を行う S2 では大きく減少した。さらに、親魚量が Blimit を下回る確率は S3 が最も高く、これに次いで S1、S4、S2 となった。一方、ABC の変動幅でみると S3 が最も低く、S1 が最も高くなり、S2 と S4 は同程度であった。以上の結果から、再評価値で管理することにより親魚量を維持でき、管理の失敗も少なく、漁獲量の変動幅も抑えられることが明らかとなった。一方で、S1 と S4 を比較すると S4 でパフォーマンスの改善がみられたのは、加入量観測誤差が小さい場合で、観測誤差が大きくなると S1 と同程度のパフォーマンスになると考えられた。

## 6. まとめ

本研究の結果、マアジ対馬暖流系群は資源量が多かったとみられる 1960 年代に比べると成長が速まり、より若齢で成熟することが明らかとなった。1960 年代には東シナ海南部から九州北部域まで広い範囲で産卵場が形成されていたと報告されているが、漁獲統計と生物測定結果に基づいて推定した産卵場も過去の知見と一致しており、大きな変化はみられなかった。仮想的な個体群動態モデル (OM) によって検討した結果、資源管理スケジュールが資源管理効果に与える影響は大きく、適切な再評価や精度の高い加入量推定値が得られることによって管理パフォーマンスの向上が見込まれた。一方で、現行の資源評価で行われているような再評価の際に上方修正のみを行う管理方策では資源量の減少を招くことが明らかとなり、慎重に行う必要性が示唆された。特に東シナ海のように国際的入会漁場においては、資源管理の実行にあたり外国船の漁獲量の不確実性などの問題が付きまとう。本研究で示したように MSE により管理方策を評価することは様々な不確実性を考慮できるとともに、意思決定を助けるための有効な手段となるだろう。