

シンポジウム 「水産海洋」

マイワシ再生産の諸過程と資源の動向

共催 水産海洋研究会
日本海洋学会

日 時: 1986年4月6日(日) 9:30~17:00
会 場: 東海区水産研究所第一会議室
コンピーナー: 田中 昌一 (東京大学海洋研究所)
小 達 繁 (東海区水産研究所)
佐藤 祐二 (東海区水産研究所)
山下 洋 (東京大学海洋研究所)
挨拶: 平野 敏行 (水産海洋研究会会長)
趣旨説明: 小 達 繁 (コンピーナー)

話題および話題提供者

1. マイワシ 1980年卓越年級群をめぐって
 2. 道東海域へ来遊するマイワシの資源量、
年級豊度と成長、再生産の関係
 3. マイワシ九州・日本海系群の産卵状況
 4. シラス漁場内における魚群及び
餌料生物の分布と環境対応
 5. イワシ類の再生産力—資源変動と関連して
 6. 初期減耗変動に関わる諸要因
—カタクチイワシの飼育実験例から—
 7. 飼育実験によるカタクチイワシの産卵生態
- 総 合 討 論

座 長 近 藤 恵 一 (東海区水産研究所)
渡 部 泰 輔 (東北区水産研究所)
和 田 時 夫 (北海道区水産研究所)
渡 辺 和 春 (日本海区水産研究所)
座 長 平 本 紀久雄 (千葉県水産試験場)
三 谷 勇 (神奈川県水産試験場)
齋 田 義 成 (東海区水産研究所)
今 井 千 文 (東京大学海洋研究所)
高 尾 亀 次 (南西海区水産研究所)
座 長 小 達 繁 (東海区水産研究所)
佐 藤 祐 二 (東海区水産研究所)

趣 旨

日本周辺海域を生活の場とするマイワシ資源は、1971年以降、幾つかの卓越年級群の出現を契機に、急速な繁栄をもたらし、近年極東全域の漁獲量は500万トンに達するとみられている。我が国では、年間総生産量の1/3を占める膨大な量が漁獲されており、単一種の占有率としては稀有のことである。従って、この資源の動向は、漁業生産の主体を成すまき網漁業はもとより、漁獲増に伴って発展してきた養殖業、ミール・魚油生産等、関連産業側からも重大な関心が寄せられている。

既に本研究会では、この問題について環境条件との関連(会報第46号)、まき網漁業とマイワシ資源(会報第49号)等、それぞれの観点から討議を行ってきた。今回はその一連の検討のなかで、資源の変動に関連する生物学的知見、特に再生産の諸過程に焦点を当て、そこで今何が問題であるかを摘出できれば、マイワシ資源の動態解明へ迫る一歩になると考え、このシンポジウムを企画した。それぞれ専門の立場で話題提供をしていただく訳であるが、この様な方向で論議が進められることを期待したい。(小達 繁)

1. マイワシ 1980年卓越年級群をめぐって

渡部 泰輔 (東北区水産研究所)

マイワシは資源量が50~100年にも及ぶ長期的な大変動をする種であり、例えば戦前の豊漁期には漁獲量がピークに達した後、わずか数年で激減している(図1)。現在、マイワシ資源は再び著しい高水準にまで増加しているが、この資源がいつまで高水準に維持され、どのような経過をたどって減少するのか、資源の動向予測が重要な課題となっている。

ここでは、マイワシ個体群の著しい増大のもととなった1980年卓越年級群について、卓越年級群形成にいたる条件、同年級の生残過程、再生産関係や成長・成熟など生物特性の変化について太平洋側を中心に述べ、資源の変動要因並びに資源状況について検討した。

1. 資源変動に伴う生活型の変化

マイワシ個体群は、資源が低水準の時期と高水準の時期とでは環境に対する適応様式が変化し、生活型を異にしている(WATANABE *et al.* 1979; 渡部, 1981, 1982a; 平本, 1985)。資源の増加に伴う系群構造の変化から次の3つの生活型に分け、資源の増加から減少に至る経過を想定した(図2)。

1) 沿岸回遊型(資源の低水準期, 増加期I) 資源が低水準の時期には、太平洋側では太平洋系群, 足摺系群, 対馬暖流域では九州系群, 日本海系群の4系群が区別されており(伊東, 1961), これらの系群ごとに資源は変動している。しかし、この時期にあっても系群間の移動・

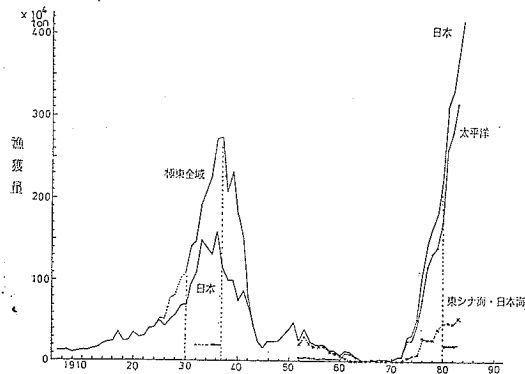


図1 マイワシ漁獲量の経年変化(NAKAI, 1962に追補)と成長の悪い年代(横線で示す)

混合が系群の資源の増加や減少に深くかかわっており、環境変動に伴う未成魚・成魚の移動や、より上流域で発生した卵・稚仔の下流域の系群への加入が認められている(渡部, 1974; WATANABE *et al.* 1979; 渡部・齋田, 1981)。そして1972年以降の資源量は太平洋側では黒潮のより下流域で東北海域の成育場に最も近い伊豆~房総海域を主産卵場とする太平洋系群, 対馬暖流域では九州北部周辺海域に主産卵場をもつ九州系群を中心に急増している。資源量の増加に伴い、産卵量は黒潮・対馬暖流のより上流域に対応した沿岸域で増加しはじめ、産卵開始時期も早まる。しかしこの時期には、まだ産卵場は沿岸域中心で回遊範囲も比較的狭い。

2) 沖合広域回遊型(繁栄期I) 資源量がさらに高水準になると、主産卵場は黒潮・対馬暖流のより上流域へ拡

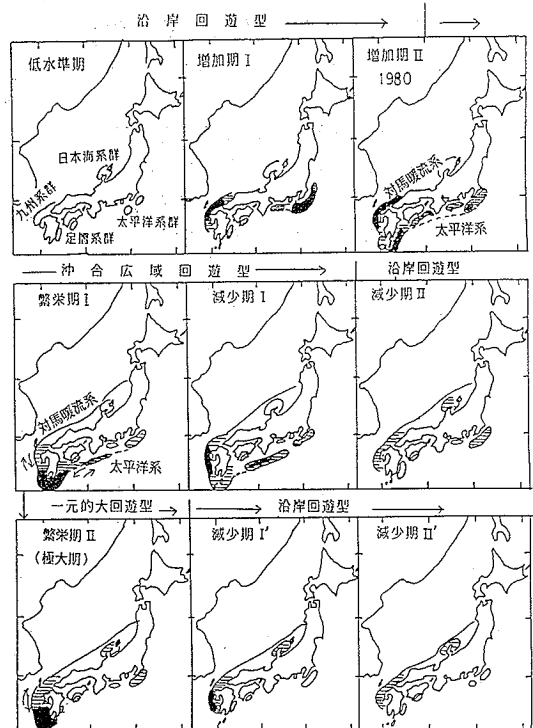


図2 マイワシの資源変動に伴う系群構造並びに産卵場の変化(模式図)

大し、太平洋側では薩南～四国沖合域に、対馬暖流域では山陰～九州北西岸～薩南に至る海域に形成され、それぞれ太平洋系、対馬暖流系の2集団により資源が維持されるとみなしうる状態となる。1980年卓越年級群の形成を境に成長が悪くなり、親魚の小型化、成熟の遅れ、産卵開始時期の遅れが認められ(4. 参照)、この生活型へ移行した。薩南海域へは、これらの両系が南下産卵し、卵・稚仔はいずれも太平洋側へ加入する。索餌・成育海域への回遊範囲も著しく拡大し、北偏・沖合化した。なお、この生活型を示す中でも、かつての系群に相当する産卵場での小規模な産卵は行われている。

3) 一元的大回遊型(繁栄期 II) さらに資源量が増加すると、我が国周辺を大回遊し、薩南に主産卵場をもつ一元的大回遊性魚群が形成される。すなわち薩南海域で産卵された卵・稚仔は太平洋側へ補給され、未成魚期を太平洋側で過ごし、II年魚末から津軽海峡を通じて日本海側へ移動する。III年魚以上の成魚は対馬暖流沿いに薩南海域へ南下・産卵後、同海域を北上する。戦前の豊漁期について、NAKAI(1962)はこのような大回遊性魚群を想定しており、この段階においても地方群による小産卵が認められるとしている。

4) 資源の減少期への移行 資源の減少期への移行は上記2)の段階と3)の段階からが想定される。2)の段階からでは、産卵場は薩南海域のほか、その下流域にも存在しており、薩南海域の産卵量が減少しても、資源の減少は比較的ゆるやかとなる(減少期 I)。3)の段階からでは、薩南海域の産卵量の低下が直ちに太平洋側資源の急減に結びつき、対馬暖流域では資源はゆるやかに減少していく(減少期 I')。今回の資源の繁栄期には3)の段階までは達せず、2)の段階からの減少が考えられる

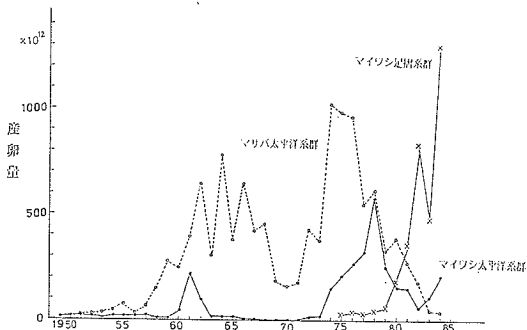


図3 マイワシ太平洋系群・足摺系群およびマサバ太平洋系群の産卵量の経年変化(1980年以降の足摺系群の産卵量は南西水研外海資源部による)

(5. 参照)。

2. 太平洋側における1980年卓越年級群形成の条件

(1) 太平洋系群の資源量は1972年以降急増し、1978～79年には一つの水準に達していた(図3, 6)。

(2) 1980年の産卵親魚は体長20cm以上の大型のIII・IV年魚(1977, 76年級), 19cm台のII年魚(1978年級)であり(長沢ほか, 1985; 図8, 10), 大型魚の抱卵数は1980年にはとくに多く(スヴィルスキー, 1985), 良質の卵が産卵されたと推定される。

(3) 1980年冬春季には黒潮の大蛇行が東偏・消滅過程にあり、これが産卵親魚の西方への分布域の拡大傾向にはずみをつけたこと、初期餌料の発生条件を良好にしたことが考えられる(渡部, 1982b)。

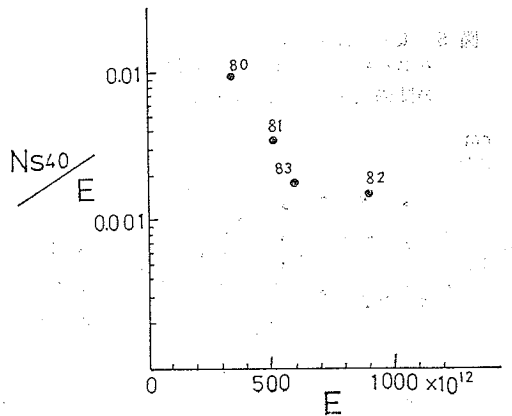


図4 マイワシ太平洋側産卵量(E)とシラス期末(全長40mm)までの生残率(N_{s40}/E)との関係(図中の数字は年級を示す)

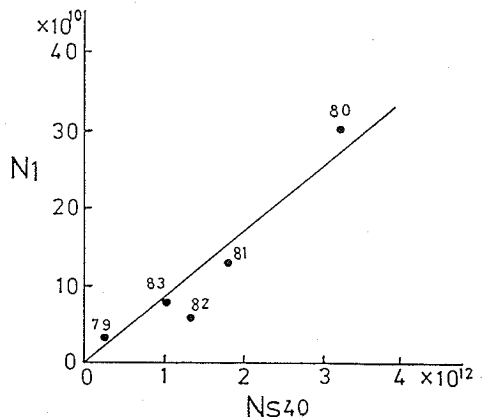


図5 太平洋側におけるマイワシシラス期末(全長40mm)の資源尾数(N_{s40})とI年魚初めの資源尾数(N_1)との関係(図中の数字は年級を示す)

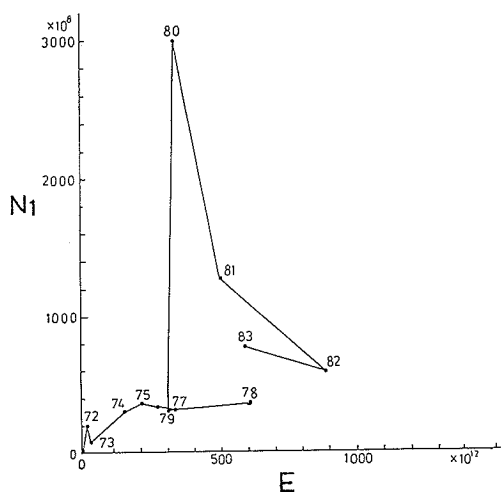


図6 太平洋側におけるマイワシ産卵量(E)とその年級のI年魚初めの資源尾数(N₁)との関係(図中の数字は年級を示す)

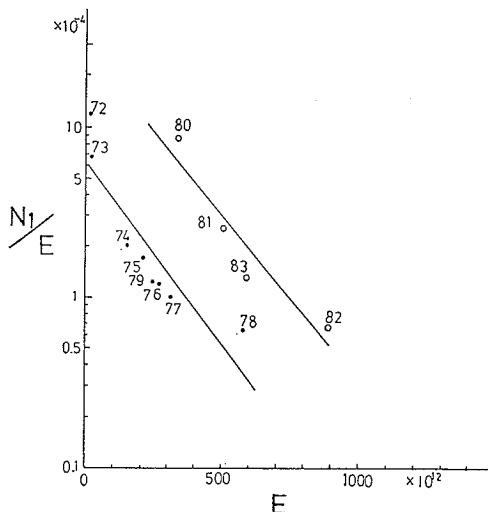


図7 太平洋側におけるマイワシ産卵量(E)と卵からI年魚初めまでの生残率(N₁/E)との関係(図中の数字は年級を示す)

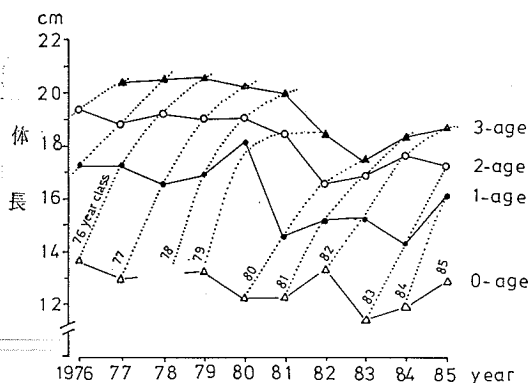


図8 道東海域産マイワシの年令別平均体長の経年変化(実線)と各年級群の成長曲線(点線)(釧路水試, 1986)

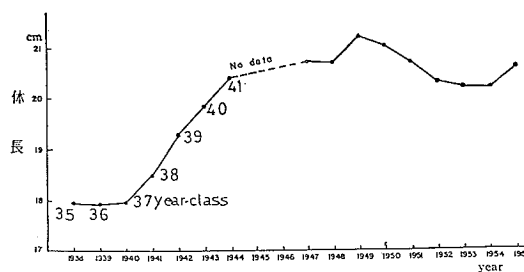


図9 日本海におけるマイワシⅢ年魚の平均体長の経年変化(NAKAI, 1962)

(4) 1980年には産卵量が潮岬以西の海域で増加し、潮岬以西と以东で、ほぼ同一水準となり(図3)、稚仔の成育場も著しく拡大した(図11)。生活型は1980年を境に沖合広域回遊型に変化した。

(5) 1980年の太平洋側全域の産卵量(太平洋系群と足摺系群の合計産卵量)は 341×10^{12} 粒で、太平洋側全体としての産卵量は中位の水準にあるが(図3)、卵から後期仔魚期末(全長40mm, シラス期末)までの生残率は1980年級では0.009で、1981~83年級の平均値0.002の約4.5倍に達した(図4)。また全長40mmからI年魚初めまでの生残率は0.093で、1980~83年級の平均値0.082をやや上回った(図5)。1980年卓越年級群の

形成はI年魚初めまでの生き残り、とくに後期仔魚期における生き残りが極めて良好であったことに起因している。

3. 再生産関係

太平洋側における産卵量とI年魚初めの加入資源尾数との関係を見ると(図6)、1972~79年級までは太平洋系群を中心に資源が増加し、一つの水準にまで達したが、1980年級以後、生活型が沖合広域回遊型に変化し、I年魚加入資源尾数はそれ以前の年級にくらべ全体に増加した。しかし、その後1980年級に匹敵する大きな年級群は出現していない。そして産卵量が大きいくほど、いずれも卵からI年魚初めまでの生残率は低下し、密度従属的に変化している(図7)。

4. 成長・成熟の変化

1980年級群は著しい卓越年級のため各年齢にわたり成

長が悪く、Ⅲ年魚の体長は戦前の豊漁期の水準にまで低下した。しかし、その後の年級では1980年級のような卓越年級群が出現していないこともあり、成長に若干の回復の兆しがみられている(図8)。戦前における成長の悪い年級として1935~37年級が推定されているが(図9; NAKAI, 1962)、マイワシ漁獲量の経年変化と成長の悪い年級との対応(図1)、北海道の漁獲物が1935年には大羽から中羽主体となり(石垣ほか, 1959)、成長の悪化が示唆されることなどからみて、1932年頃にはすでに成長が悪く、成長の悪い年級が6年以上にわたり続いたことが推定される。このことは戦前の豊漁時の資源量水準が現在のそれよりも高水準であったことを示唆している。また1941~44年にわたるわずか4年間で成長は回復し、それとともに漁獲量も急減しており、これは1938~41年級の加入量の著しい低下によるものであった(栗田, 1957; NAKAI, 1962)。

1980年級の成長のおくれを夏季の道東海域の年齢別体長組成によりみると(図10)、Ⅲ年魚でも、その3/4が体長18 cm以下で、産卵親魚の小型化が顕著に認められている。そしてⅡ年魚ではその多くが成熟せず、Ⅲ年魚でも成熟体長に達せず、産卵に加わらなかった個体のあることが推定される。このことについて、スヴィルスキー(1985)は卵巣卵の組織学的研究からも明らかにしている。

1980年級の各年齢の累積産卵量は、Ⅱ年魚では産卵せずⅢ年魚で全てが産卵するとしたとき、従来通りの成長を仮定した場合の29%、Ⅲ年魚で全体の1/4が産卵したとしたときは同じく18%に減少する。このことは産卵量の調節により、資源の過密化を防ぐ上で役立っているが、一方、親魚の質的低下が初期生残率の低下に結びつくなど再生産力の低下についても考慮する必要がある。

5. 加入量変動要因

1980年卓越年級群の形成は発育初期の高い生残率により決定されたこと、この年級を境に繁栄期の生活型に変化したことについて述べた。一方、戦前におけるマイワシ資源の急激な減少の原因は、一元的な大回遊型という生活型のもとの発育初期の生残率の数年にわたる極端な低下であった。発育初期における個体群の生き残りの良否は資源の増加期と減少期で同じ要因により決まるとは限らないが、次の諸要因が関わっているものと考えられる。

(1) 親魚の質・量・分布が産出される卵の質・量・分布さらに稚仔期の生理的活力・分布量ひいては初期生残率に影響。親魚の質には資源量水準や各発育期を過ごし

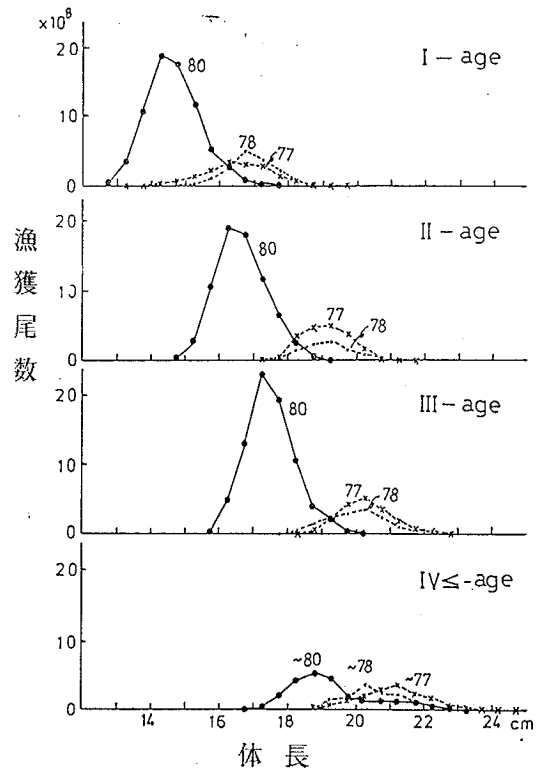


図10 マイワシの1980年級および1977, 78年級の年齢別体長の相違(7~10月道東海域)(釧路水試資料より作成)

た環境条件、遺伝的要因が関わっている。

(2) 物理的環境条件が親魚の分布様式や卵・稚仔期の分布様式・生き残り及び餌生物などの生産に影響。

(3) 生物的環境条件が発育初期の生残率に影響。(2)と関連した環境収容力、餌生物(とくに初期餌料)、害敵、種間関係、疾病など。

資源の低水準からの増加には、系群間の移動・混合などを通じてかなり長期にわたる準備期間があり、親魚の質的強化や初期餌料をはじめとする各発育期にわたる好適な環境条件のもとでの卓越年級の形成が必要である。資源は一旦増加をはじめると一つの水準に達するまで増加を続けるが、さらに高い資源量水準に達するには産卵・成育場の拡大(図11)などによる生活型の変化を伴っており、それぞれに密度従属的な再生産関係が認められる。資源の高水準からの減少は産卵量がある水準以上に達すると、子の量が親の量を大きく下回り、これが数年にわたり持続することにより起こっている(WATANABE, 1983)。このことは再生産の場が薩南海域中心に偏在し

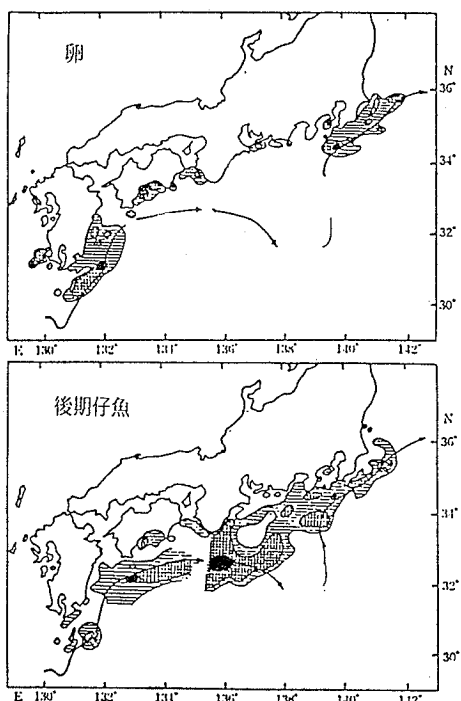


図 11 1980年1~3月におけるマイワシ卵および後期仔魚の分布 (蒼鷹丸) (⊕ A' ネットの鉛直採集 150→0 m)

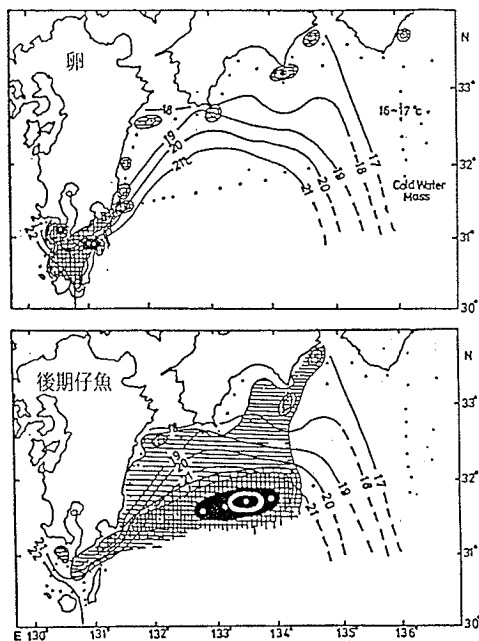


図 12 1941年3月におけるマイワシ卵および後期仔魚の分布 (NAKAI, 1962より作成) (⊕ A ネット表層 2kt, 10分曳)

索餌・成育海域が北偏・沖合化するなど適応の限界近くまで分布域を拡大している中で、密度効果による親魚の質的低下や稚仔期の生残率の低下が環境の変化と関連して起こり、個体群として環境の変化に適応できなくなったことを示している。そして資源は密度独立的に減少していく。戦前のマイワシ資源の急激な減少は薩南海域に集中して大産卵が行われたにもかかわらず、大規模な黒潮の大蛇行が続き、卵・稚仔の多くが冷水塊の西側にある暖水域へ集積され餌不足のため死亡したことによるとされている (図 12; NAKAI, 1962)。

6. 資源の現状

(1) 1980年級以後、卓越年級は出現していないが、それ以前の年級に比べ高い加入量が得られ、また漁獲により適当に間引かれている (80年級 I~IV 年魚の生残率 $S=0.4\sim0.5$)。資源は戦前の豊漁期ほど過密には達していないとみられる。

(2) 産卵は薩南海域のほか四国~本州南方の黒潮沿いの沖合域でも行われ、薩南海域でやや減少している。

(3) 1980年級以後の成長は徐々に回復しているが、戦前ほど急激な回復はみられない。

(4) 戦前にみられた様な、初期生残率の極端な低下の経年的持続はみられていない。

(5) これらのことから資源はピークを過ぎつつあるが、高水準にあり、今後、減少傾向に移行するとしても戦前のような急激な減少とはならないと考えられる。

文 献

- 平本紀久雄 (1985) マイワシの生活様式と資源変動. 海洋と生物, 7, 170-182.
- 石垣富夫・加賀吉栄・北野 裕・佐野 蘊 (1959) 昭和30年沿岸重要資源協同研究経過報告. 北海道水研, 1-188.
- 伊東祐方 (1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研研報, 9, 1-227.
- 栗田 晋 (1957) マイワシ資源量の変動に関する二三の知見, 特に1941年以降の激減について. 東海水研研報, 18, 1-14.
- 長沢和也・中田 淳・今井義弘・近藤平八 (1985) 沿岸重要資源調査. 釧路水試事業報告.
- NAKAI, Z. (1962) Studies relevant mechanisms underlying the fluctuation in the catch of Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (T. et S.). Japan. J. Ichthy., 9, 1-115.

- スヴィルスキー・ヴェ・グ (1985) 1985 年のマイワシの資源状況と漁獲量予測. 漁業に関する日ソ科学協力協定に基づく第17回サンマ, マサバ, マイワシ及びスケトウダラ協同研究会議経過報告, 水産庁研究部, 230-236.
- 渡部泰輔 (1974) イワシ類の卵・稚仔の発生と資源. 近年におけるイワシ類の資源変動, 水産海洋研究会報, 25, 156-160.
- WATANABE, T., K. HONJO and T. OKUTANI (1979) Fluctuation of population size of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck et Schlegel) and the Kuroshio. The Kuroshio IV, Proceedings of the Fourth CSK Symposium, Tokyo, 1979, 830-848.
- 渡部泰輔 (1981) マイワシの初期減耗について. 漁業資源研究会議報, 22, 67-88.
- 渡部泰輔・竊田義成 (1981) マイワシ卵・稚仔の本邦南西海域から本州南方海域への補給について. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書, (その 4), 371-393.
- 渡部泰輔 (1982a) マイワシの補給を例とした系群交流について. 東海区長期漁海況予報, 56, 2-8.
- 渡部泰輔 (1982b) 沿岸回遊性魚類の卵・稚仔分布と黒潮. 沿岸海洋研究ノート, 19, 149-162.
- WATANABE, T. (1983) Stock assessment of common mackerel and Japanese sardine along the Pacific coast of Japan by spawning survey. FAO Fish. Rep., (291), Vol. 2, 57-81.

2. 道東海域に來遊するマイワシの資源量, 年級豊度と成長, 再生産の関係

和田 時 夫 (北海道区水産研究所)

1. はじめに

襟裳岬から根室半島にかけての北海道南東沿岸海域(道東海域)では, 1976年以來7~10月にまき網によりマイワシが多獲されている。その漁獲量は1983年以降100万トンを越え, 全国の年間水揚量の1/3~1/4を占めている。

道東海域へ來遊するマイワシは太平洋系群に属すると考えられてきたが, 近年資源の増大に伴い著しい成長や成熟の遅れが指摘されている。また足摺系群も含めた太平洋側での資源全体についてみると, 産卵場の移動や海域によっては特定の年齢群の來遊がみられなくなるなど, 資源構造の変化を示す兆候が認められる。

ここでは道東海域におけるまき網の操業資料及び漁獲物の生物測定資料を解析して, 年齢別來遊資源尾数を推

定し, 資源量, 年級豊度と成長, 再生産の関係について検討した。

2. 來遊資源尾数の推定と年級豊度

年齢別來遊資源尾数の推定は以下の手順で行った。

1976~1984年のまき網船団の日別操業資料を用い, 有漁投網回数と魚群探索時間の積を努力量とし, 10分マスを漁場面積の単位として旬別の資源量指数を計算した。つぎに道東海域を6つのブロックに分け, MATSUMIYA and TANAKA (1976) 法の修正法により, ブロック間での漁場移動を利用して漁具能率 q を求め, 旬別に來遊資源量を計算した。漁獲物の体長組成を用いて体長階級別來遊資源尾数を算出し, age-length key で各年齢に振り分けた(表1)。

來遊資源尾数は1976年以降増加傾向にあり, 1979年に

表1 1976~1984年の道東海域におけるマイワシの年齢別來遊資源尾数($\times 10^6$ 尾)及び來遊資源量($\times 10^4$ トン)

Year	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	45.7	149.2	+	269.9	991.8	200.1	44.8	137.2	1,578.0
1	2,860.0	5,151.9	4,181.8	5,064.6	85.3	14,003.0	8,159.7	2,493.3	16,118.1
2	2,551.8	5,848.3	3,555.1	7,333.0	2,750.6	655.9	23,718.8	12,684.7	3,591.8
Age 3	256.9	2,243.8	3,271.3	6,303.0	5,091.0	5,632.6	2,527.7	19,746.1	17,167.9
4	74.0	82.0	543.7	1,821.0	2,399.9	2,844.6	4,521.8	1,086.8	6,959.3
5+	+	+	50.0	35.6	464.3	482.4	1,247.2	1,265.4	2,337.7
Total	5,788.4	13,475.2	11,601.9	20,827.1	11,782.9	23,818.6	40,220.0	37,413.5	47,546.2
Available stock in weight ($\times 10^4$ ton)	51.2	123.3	104.5	199.0	119.4	167.2	259.8	238.7	314.7

200×10⁸尾を越えて1つのピークに達した。1980年にはその1/2近くにまで減少したが、1980、1981年級の出現により再び増加に転じ、1984年には475×10⁸尾と1976年の約9倍に達した。

年齢組成は1976年には1、2年魚がその大半を占めたが、しだいに高齢化とともに多年齢化が進み、1979年には1~5+年魚までの安定した構成を示すに至った。しかし1980年以降は卓越した1980、1981年級の出現により、これら2つの年級を主体とする組成に変化した。

道東海域の場合、年齢別の来遊資源尾数は、2、3年魚で最高となるが、ここでは1年魚の来遊資源尾数により1975~1983年級の相対豊度を比較してみた。1980年級を100として、1983(115) > 1980(100) > 1981(58) > 1976(37) > 1978(36) > 1977(30) > 1975(20) > 1982(18) > 1979(1)の順であった。

1年魚の来遊資源尾数では1983年級が1980年級をやや上回った。しかしながら1985年の漁獲物の体長組成などからみて、2年魚以上の来遊資源尾数を含めると1983年級は1980年級には及ばないと判断される。また、1979年級についても、2年魚以降の出現状態からみて、実際の豊度は得られた結果よりも大きいと考えられる。

3. 年級別の成長及び成育状態

age-length keyを用いて年級毎に年齢別平均体長を計算した(図1)。年齢査定が可能であった個体数が少なく平均体長に逆転がみられた年級を除き1976~1978、1980、1981年級について、0~4年魚(1981年魚は0~3年魚)を対象にVon Bertalanffyの成長曲線をあてはめ、以下の結果を得た。

$$1976: Lx = 225.0[1 - \exp\{-0.528(x + 1.781)\}]$$

$$1977: Lx = 225.4[1 - \exp\{-0.522(x + 1.610)\}]$$

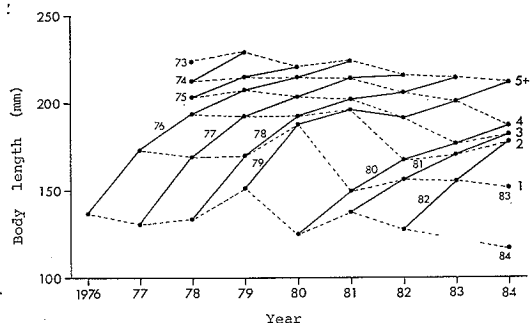


図1 道東海域におけるマイワシの年級別年齢別平均体長の変化 図中の数字は年級を表し、右端の数字は年齢を表す

$$1978: Lx = 212.4[1 - \exp\{-0.647(x + 1.550)\}]$$

$$1980: Lx = 204.7[1 - \exp\{-0.368(x + 2.505)\}]$$

$$1981: Lx = 218.6[1 - \exp\{-0.263(x + 3.759)\}]$$

成長式の極限体長と、曲線が極限体長に近づく早さの程度を決めるパラメーターは、相対的に1976~1978年級で大きく、1980、1981年級で小さい関係にあり、2つの年級群間で明らかに異なる曲線群を示した(図2)。

つぎに1976年級を除く4つの年級について1~4年魚を対象に体長-体重関係を検討し、以下に示す関係式($W = aL^b$, W: 体重(g), L: 体長(mm))を得た。

$$1977: W = (10.009 \times 10^{-6}) L^{3.050}$$

$$1978: W = (5.608 \times 10^{-6}) L^{3.154}$$

$$1980: W = (1.960 \times 10^{-6}) L^{3.380}$$

$$1981: W = (0.526 \times 10^{-6}) L^{3.615}$$

パラメーター a, b の相対的な大小関係から、体長-体重関係においても成長式と同様に2つのグループに分け得ると考えられた。

1980、1981年級では、体長が小さい間は1977、1978年級に比べて体重は軽かったが、体長180~190mm付近で1977、1978年級の体重に追いついた。しかしながら1980、1981年級の実質的な成長はこの辺りで停止しており、結果的に体長-体重関係が後者を上回ることはないと考えられた。

体長-体重関係の年級群間での相違に関連して、消化管回りの脂肪蓄積状態の年級別年齢別変化を検討した。1980、1981年級では体重に対する脂肪重量の割合は年々低下したのに対し、1977、1978年級では来遊資源尾数が

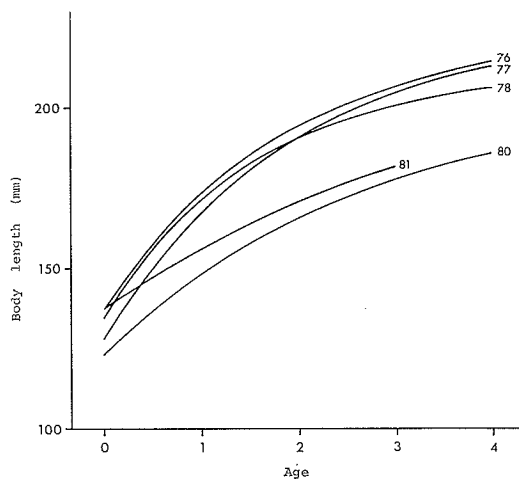


図2 道東海域におけるマイワシの年級別のBertalanffyの成長曲線

急激に増大した1982年に突然低下し、平均体重も1歳若齢のときと同じか、それを下回った。

4. 来遊資源尾数に基づく再生産関係

1980年級以降では成長の遅れにより、その年級のほぼ全ての個体が再生産に加わる年齢は、それまでの2歳から3~4歳に変化したとみられている(渡部, 1983)。本報告では、先に示した年級別の成長曲線から翌年冬~春の産卵期に親魚となり得る個体の漁期中の体長を、1976~1981年までは170 mm, 1982年以降は180 mmと仮定して、体長階級別に親魚尾数 E (逸散尾数: 来遊資源尾数-漁獲尾数) を求めた。さらに宇佐美 (1964) の報告に基づいて産卵数は体重に比例すると仮定し、親魚尾数を体長階級の階級中央値の3乗で重み付けして親魚尾数指数 E' を計算した。

親魚尾数は 1976~1980 年では来遊資源尾数とほぼ同様に変動し、1979年には約120億尾のピークに達した。来遊資源尾数に対する割合も40~60%と高かった。1981年以降は来遊資源尾数は急増したものの親魚尾数は横ばい状態であった。1984年には1980, 1981年級の相当部分が体長180 mmに達したことから、親魚尾数は1979年並に回復したが、来遊資源尾数に対する割合は約27%にとどまった。親魚尾数指数の変動は親魚尾数のそれとほぼ同様であった(図3)。

子世代の加入量として生み出された年級の1年魚の来遊資源尾数 R_1 (1979年級は1~4年魚の平均値)を用い、

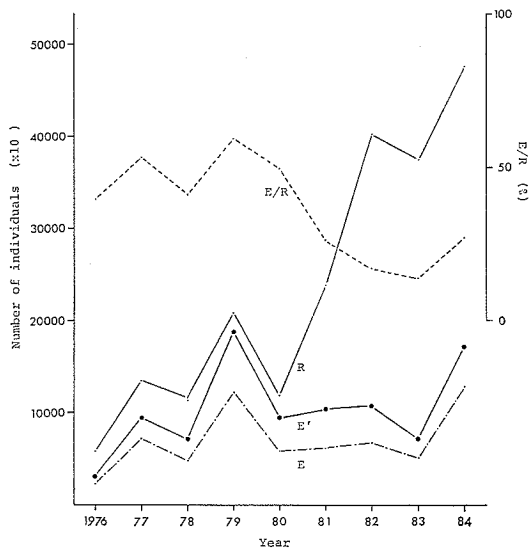


図3 道東海域におけるマイワシの親魚尾数 E, 親魚尾数指数 E', 来遊資源尾数 R, E/Rの経年変動

親魚尾数指数との間で親子関係を検討した。親子関係には正の相関関係の存在がうかがわれたが、1979, 1982年級では親魚尾数指数に比べ加入量が著しく小さかった。これらの年級を除いて Ricker 型, Beverton-Holt 型の再生産曲線のあてはめを試み、

$$\text{Ricker 型: } R_1 = 1.288 E' \exp(-3.117 \times 10^{-5} E')$$

$$\text{Beverton-Holt 型: } R_1 = \frac{1.192 E'}{1 + 3.614 \times 10^{-5} E'}$$

の式を得たが、あてはめは統計的に有意とはならなかった(図4)。

5. 来遊資源量, 年級豊度と成長, 再生産との関係
ニシンやマイワシでは成長と資源量との間に逆相関がみられる例が多い (NAKAI, 1962; MOTODA and HIRANO, 1963; ANTHONY, 1971; LETT and KOHLER,

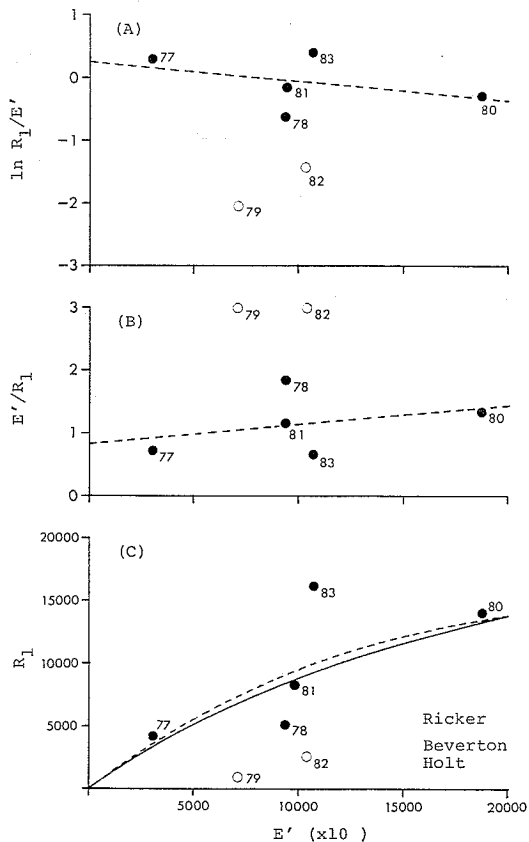


図4 道東海域における来遊資源尾数に基づくマイワシの再生産関係 (A): Ricker型再生産曲線のあてはめ, (B): Beverton-Holt型再生産曲線のあてはめ, (C): 親子関係 図中の数字は年級を表す

1976)。しかしながらこれに反対する見解 (CUSHING and BURD, 1957; CUSHING, 1962) も多く, BLAXTER and HUNTER (1982) は, 成長の変化が資源量の大小による餌の割当量の変化, すなわち密度依存的な要因によるものであることを実証することは困難であると述べている。

本報告で示された 1980, 1981 年級の成長の遅れは, 道東海域のみでの検討結果ではあるが, 体長-体重関係の悪化や消化管回りの脂肪蓄積状態の低下を伴っており, 主として密度依存的な効果によるものである可能性が高い。また 1980, 1981 年級の出現は, その前後の年級にも影響を及ぼしている。特に, これらの年級よりも先に生まれた 1977, 1978 年級に対する影響が 1980, 1981 年級と生活領域 (索餌域) を共有したと考えられる段階で急速に現れたことは興味深い。

再生産関係は, 基本的には大きな親魚量から大きな子世代の加入量が得られることを示している。今回の増大期で最も卓越している 1980 年級が, 年々親魚が蓄積されそれがピークに達した段階で生み出された結果は合理的である。しかし一方で, 1979, 1982 年級の出現は, 子世代の加入量の決定には親魚量とは独立した要因の作用も大きいことを示している。

ここでは成長の遅れが再生産に与える影響を, 翌年の産卵期に親魚となり得る個体の漁期中の体長を 10mm ずらすという形でのみ評価した。成長の遅れやこれに伴う体長-体重関係, 脂肪蓄積状態の低下が, 再生産に及ぼす質的な影響については, 今後実証的な検討が加えられねばならない。

ここで示した再生産関係は, 道東海域への来遊資源尾数に基づき, いくつかの仮定のもとに行った 1 つの計算結果であり, 産卵量調査結果に基づく見解 (例えばマイワシ太平洋系群研究チーム, 1985) とは必ずしも一致しない。しかしながら, マイワシ資源の変動過程を追跡しその原因を探る上で, チェックすべきポイントを示唆するように思われる。今後も, 来遊資源量評価の精度を高めると同時により広い海域を対象として, このような試

みが進められるべきであろう。

文 献

- ANTHONY, V.C. (1971) The density dependence of growth of the Atlantic herring in Maine. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, **160**, 197-205.
- BLAXTER, J.H.S. and J.R. HUNTER (1982) The biology of the clupeoid fishes, *In* Advances in Marine Biology, ed. J.H.S. BLAXTER *et al.*, Academic Press, London, 1-223.
- CUSHING, D.H. (1962) Recruitment to the North Sea herring stocks. Fish. Invest., Ser. 2, **23**, 45-71.
- CUSHING, D.H. and A.C. BURD (1957) On herring of the southern North Sea. Fish. Invest., Ser. 2, **20**, 1-31.
- LETT, P.F. and A.C. KOHLER (1976) Recruitment: a special problem of multispecies interaction and environmental perturbations, with special reference to Gulf of St. Lawrence Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*). J. Fish. Res. Bd. Canada, **33**, 1353-1371.
- マイワシ太平洋系群研究チーム (1985) 太平洋のマイワシ資源. 昭和58年度我が国 200 カイリ水域内漁業資源調査結果報告書, 水産庁研究部ほか, 48-57.
- MATSUMIYA, Y. and S. TANAKA (1976) Dynamics of the saury population in the Pacific Ocean off northern Japan-II. Estimation of the catchability coefficient q with the shift of fishing ground. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 943-952.
- MOTODA, S. and Y. HIRANO (1963) Review of Japanese herring investigations. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, **154**, 249-261.
- NAKAI, Z. (1962) Preliminary studies on fluctuation in the Japanese sardine stock, mainly for the prewar period. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., **9**, 1-22.
- 宇佐美修造 (1964) 日本産マイワシ *Sardinops melanosticta* (T. & S.) の再生産力について-I, 日本海大羽マイワシの卵径組成からみた成熟と卵数. 東海水研研報, **38**, 1-30.
- 渡部泰輔 (1983) 卵数法. 水産資源の解析と評価, 石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-29.

3. マイワシ九州・日本海系群の産卵状況

1. はじめに

対馬暖流水域におけるマイワシは近年の環境の好転に

より 1972 年より日本海域で, それよりおくれて 1976 年より九州西方海域で資源が回復してきた。ここでは近年

渡 辺 和 春 (日本海区水産研究所)

漁獲の増大期にあるマイワシ九州・日本海系群の産卵状況について述べる。

2. 方法および資料

資料は西海区水産研究所ブロック卵・稚仔調査報告 I ~ V. 1978~1982年度調査結果概要, 1982, 1983年福岡県卵・稚仔調査結果および日本海区水産研究所ブロック各府県水産試験場で実施した 1978~1984 年 200 カイリ水域内漁業資源卵・稚仔調査結果, さらに日本海区水産

研究所の 1978~1982 年のみずほ丸, 漁業資源評価高度化調査で用船した 1983 年の若潮丸, 1984年のみずなぎによる一連の調査結果によるものである。

これらの資料は, 口径 45 cm (通称 ϕ 網) プランクトンネット (網目の空隙部における 1 辺の長さは約 300 μ m) によって, 水深 150 m から表面まで鉛直曳き採集で得られたものである。

産卵量の推定は NAKAI and HATTORI (1962) によ

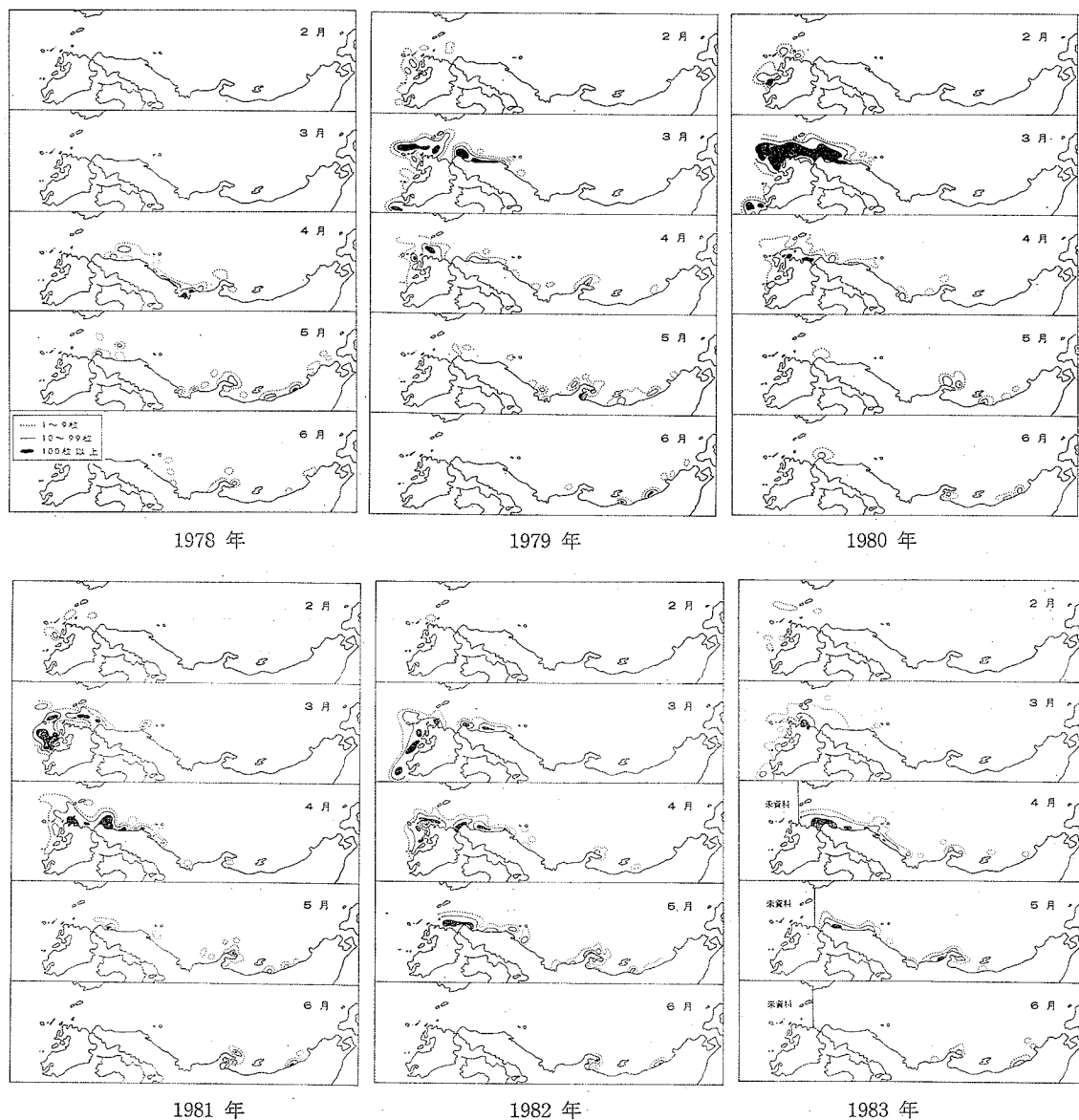


図 1 1978~1984 年マイワシ九州・日本海系群卵月別分布 (1 m² 当たり)

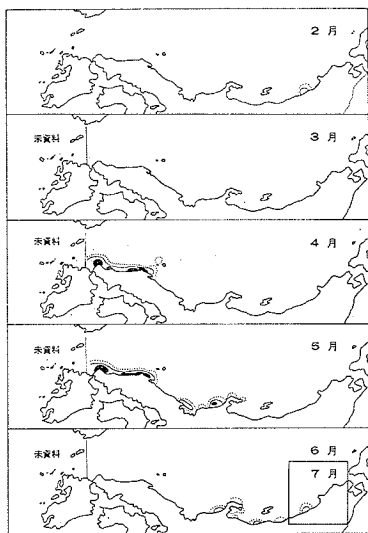


図1 1984年 (続き)

った。

3. 結果および考察

(1) マイワシ九州・日本海系群の卵の年・月別分布(図1)

1978年 4月のマイワシ卵分布は山陰西部海域より能登半島先端までみられ、100粒以上(1m²当たり)の濃密分布は山陰東部海域から若狭湾にみられた。5月にはひきつづき山陰西部海域にみられたほか若狭湾から青森県西岸まで広く分布し、濃密な分布は山形県沿岸にあった。6月に入ると分布は散発的となり、山陰東部海域・能登西岸・山形・秋田両県沿岸にみられ、中でも能登西岸でやや濃密であった。

1979年 2月に卵の分布は薩南海域から九州北岸域にかけて沿岸域一帯に出現した。3月には薩南海域・五島西沖・宍道水道・日本海山陰西部海域に濃密域が形成された。4月に五島近海・九州北岸域に濃密な分布がみられるが、分布は広く日本海山形県沿岸に達している。5月に日本海山陰西部海域から秋田県沿岸まで分布し、濃密な分布は富山県に出現した。6月に入ると、日本海北部海域に移り、分布の中心は新潟、山形両県沿岸であった。

1980年 2月の分布は天草灘を中心に九州西岸から九州北岸域にかけて沿岸域一帯にみられた。3月には薩南海域および五島灘から日本海山陰西部海域一帯に近年にない濃密域が形成されたのが特徴的であった。4月には九州北岸域に濃密な分布が残されているが、卵の出現は天草灘から日本海西部海域にかけての沿岸一帯である。5・6月に山口県沿岸に産卵が残されているが、分布は日本海北部海域におよんでおり、その中心は能登西岸・富

山湾・新潟、山形両県沿岸である。

1981年 2月に天草灘から九州北岸域にかけて卵が断続的に出現した。3月に入ると、天草灘・五島近海・九州北岸域・山口県沿岸にかけて濃密域が形成され、北限は島根半島に達する。4月の分布は天草灘から日本海北部海域の富山湾におよんでいる。濃密域は九州北岸および日本海山陰西部海域に形成されている。5月には山口県沿岸・能登西岸に濃密な分布がみられるが、分布域は山形県沿岸におよんでいる。6月の分布は日本海北部海域に限られ、能登西岸・山形県沿岸に濃密域が存在する。

1982年 2月には九州北岸にわずかに分布がみられたにすぎない。3月には濃密な分布域が薩南海域・天草灘・長崎県沿岸・宍道水道・日本海西部海域に点的にみられた。4月も濃密な分布は天草灘・長崎県沿岸・九州北岸・日本海山陰西部海域に点的に出現し、分布の北限は新潟県沿岸におよんでいる。5月に濃密な分布は過去にみられない九州北岸から山口県沿岸の南西海域に残されており、北限は山形県沿岸におよんでいる。6月に入ると分布は日本海北部海域に限られ、その中心は富山湾・山形県沿岸に存在している。

1983年 2月に天草灘から宍道島周辺にかけて断続的に分布がみられている。3月には宍道島周辺に濃密な分布が存在するが、その規模は小さい。分布は日本海の島根半島に達している。4月には九州西海域の資料は入手していないが、濃密な分布は九州北岸から日本海山陰海域にかけて点的にみられ、北限は山形県沿岸に達している。5月の分布域は新潟県までの日本海沿岸一帯にみられ、分布の中心は山陰西部海域と石川県沿岸に形成された。6月の分布は能登西岸および山形、秋田両県沿岸にみられている。

1984年 九州海域の資料は入手していないが、3月に日本海山陰西部海域に卵の出現はみられなかった。4月には卵の濃密な分布は山陰西部海域に限られていた。5月の分布域は能登西岸に達するが、濃密分布は山口県沿岸・島根半島・石川県沿岸にみられている。6月に入ると石川県沿岸・富山湾・新潟県沿岸に分布がみられている。そして7月には山形県沿岸で卵の出現がみられた。この年は異常低温年で産卵期がおくれ、日本海山陰海域で3月に卵の出現はみられず、一方、北部海域では7月まで出現がみられたのが特徴的であった。

以上に述べたように、九州および日本海両系統群のマイワシの産卵期は1~6月の長期にわたり、産卵場は九州薩南から日本海青森県西岸海域一帯に広がり、その中で天草灘から日本海西部海域が主産卵場である。1950~

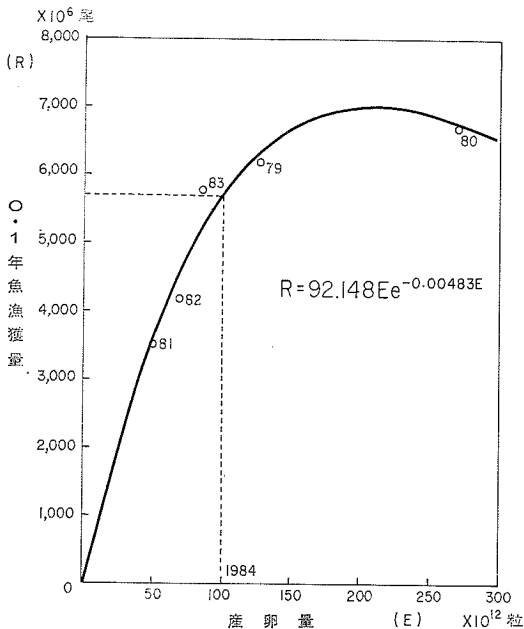


図 2 日本海におけマイワシ産卵量と0.1年魚漁獲尾数との関係（産卵海域：宍岐島以北日本海，漁獲量：山口～新潟県）1984年の産卵量は山口・島根県水試および日水研資料による

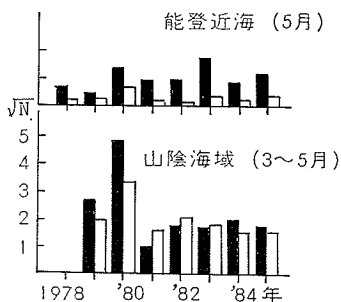


図 3 山陰海域および能登近海のマイワシの卵・稚仔出現量の経年変化

1957年当時の日本海系群の主産卵場は能登近海であったが、この海域での近年の産卵の比重は小さい。

1978～1984年の7年間のうち、産卵量の多かったのは1980年3月で主産卵域は九州薩南海域および五島灘から日本海山陰西部海域にかけての沿岸一帯である。1979年も同様な傾向を示した。しかしながら、1981年の主産卵場は3月には南西に移動し、天草灘が中心になり、一方、4月には九州北岸域から日本海山陰西部海域にみられるようになった。このように1981年以降産卵期のおく

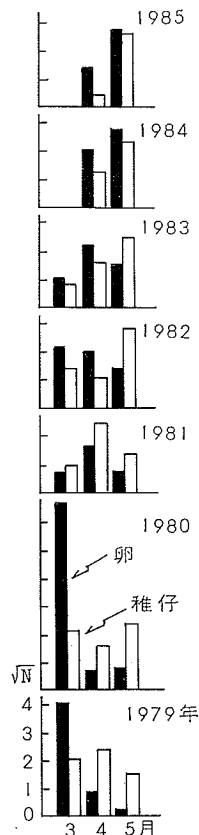


図 4 山陰海域におけるマイワシの卵・稚仔出現の年・月別経年変化

れが目立ってきた。1982・1983年の主産卵期は3、4、5月と長期にわたる一方、卵の濃密分布は薩南海域から日本海山陰西部海域にかけて点状的に形成されるようになった。1984年3月にはこの年の異常低温と関連して日本海西部海域で産卵が行われなかった。このように産卵域および産卵期にかなり年変動が認められるようになったことは、両系統群の今後の資源の動向と関連して注目していく必要がある。

(2) 産卵量と0.1年魚の漁獲量の関係

宍岐島以北の日本海のマイワシ産卵量 (E, $\times 10^{12}$ 粒) とそれに由来する山口県以北日本海における当年の0年魚および翌年の1年魚の漁獲尾数 (R, $\times 10^6$ 尾) との間には1979～1983年のデータに関する限り

$$R = 92.148 E e^{-0.00483E}$$

の関係がある (図 2)。

この関係に基づくと、日本海のマイワシ資源をもっとも好適な水準に保つためには産卵量を 200×10^{12} 粒に保

つ必要があるといえる。

近年の日本海のマイワシの年級の強さは1980>1979
1983>1982>1981の順で上述の産卵量・加入量曲線上の
極大点の左側に多く散在するようになった。

(3) 卵・稚仔出現量および時期の経年変化

ここでは近年の卵・稚仔採集量(1地点当たり出現数の平方根)の経年変化を述べる(図3)。山陰西部海域では卵は1980年を最高に1981年はやや減少し、1982・1983・1985年は同程度で1979年にはやや上昇している。稚仔も1980年に最高で、ついで、1979・1982年の順で1981年にはやや少なく、1983・1984・1985年は同程度であった。一方、能登近海の1980年以降近年の卵の出現は1983年にもっとも多く、ついで1980・1985年の順で1981・1982・1984年は同程度で少なかった。稚仔は1980年にやや多かったが、他の年代は全般的に少なかった。主産卵域にあたる山陰西部海域の卵の出現時期のピークは従来3月であったが、1981年以降1カ月おくれ、4月にみられるようになった(図4)。とくに、1984年の異常低温を契機に産卵期のおくれが目立ち、1985年もひきつづき3月の卵・稚仔出現は皆無で5月にピークがみられた。一方、稚仔の出現は1979~1981年には3・4・5月と平均的に出現したが、1982年以降5月にピークの移

行がみられた。

4. むすび

日本海におけるマイワシの産卵量は1980年の 270×10^{12} 粒を頂点として年々減少傾向にある。一方、主産卵域の山陰西部海域の卵の出現時期のピークは最近2カ月おくれるようになった。このような産卵時期の変動がマイワシ稚仔の生き残りなど今後の資源に与える影響が憂慮される。

近年におけるマイワシ資源の状態は1980年級が最高で、これに続く各年級も高水準にあると判断される。漁獲量も1984年には史上最高の53万トンに達したと推定される。しかし、漁獲水準は1984年を頂点として今後横ばいもしくは減少傾向をたどるであろう。

文 献

- 西海区水産研究所(1980~1984) 西海区ブロック卵・稚仔調査報告I~V. 昭和53~57年度調査結果概要.
- NAKAI Z. and S. HATTORI (1962) Quantitative distribution of eggs and larvae of the Japanese sardine by year 1949 through 1951. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 9, 23~60.

4. シラス漁場内における魚群及び餌料生物の分布と環境対応

三 谷 勇 (神奈川県水産試験場)

1. はじめに

神奈川県沿岸におけるマイワシ卵は主として3月から6月まで採集され、マイワシ後期仔魚(以下マシラスという)は、3月下旬から5月上旬にかけて来遊する。マイワシ卵は本県沿岸のマシラスよりも遅く出現し、また、漂流ハガキ等の調査結果から、この卵は鹿島灘以北の海域のマシラスと関連深いものと考えられている。マシラスは来遊した魚体の大きさからみて2月頃発生したものと推定され、この時期はマイワシ太平洋系群の主産卵期に相当する。マイワシ太平洋系群の産卵場は関東近海では伊豆諸島近海である。相模湾のマシラスはこの海域で産卵・発生し、海況によって移送または回遊してきたものである。2, 3月のシラス漁期前調査によると、マシラスは大島の北側海域を西から東に流れる黒潮系水と相模湾の沿岸系水との潮目付近に分布し、特にこの潮目の黒潮系水側に多かった。これはマシラスが沿岸海域への

接岸過程において幾つかの潮目を乗り越えていることを示している。相模湾のマシラスは伊豆諸島近海の産卵場から本県沿岸域まで大きくみて次の三つの流れを受動的にまたは能動的に乗り越えなければならない。それは、島回りにある地形性渦流、相模灘の大島北側を西から東に流れる黒潮分枝流、相模湾にある反時計回りの環流である。従来の沿岸域のシラス漁場がマシラスの発育過程において重要な生活領域であるならば、伊豆諸島近海で発生したマイワシがどの発育段階で受動的な移送から能動的な回遊に変わるのか、また、シラス漁場への接岸回遊は何によってもたらされるのかはマイワシの資源変動を解析する上で非常に重要である。しかし、相模湾はマイワシの産卵場から遠く離れているため、マイワシの卵期からシラス期に至る成長過程を把握することはむずかしく、また、前述した三つの流れのために移送または回遊形態の変化時期を解明することは困難である。そこで

これらの問題点を比較的容易に解決できるカタクチワシの夏シラスを例にとり、シラスの接岸行動を検討した。

2. 資料と方法

シラス漁場内における魚群、及び餌料生物、特に Copepoda nauplius と *Oithona* の分布、海洋環境等は昭和 57～59 年度に相模湾平塚地先で実施した指定調査研究総合助成事業による船曳網漁業の標本調査の資料を用い、カタクチワシ卵量は沿岸定線観測で得られた資料を用いて解析した。

3. 卵とシラスの関係

本県沿岸におけるカタクチワシ卵は 1 月を除くすべての月に採集されるが、主たる出現時期は 5～7 月である。これらの卵は発生後 1～2 カ月でシラス船曳網の漁獲対象になる。卵とシラスの量的関係を求めると、春季 3～4 月の卵量と 5～6 月のシラスの漁獲量との間には相関が認められず、主産卵期である 5～6 月の卵量と 7～8 月のシラスの漁獲量との間には密接な正の相関が認められる(図 1)。これ以後の卵量とシラスの漁獲量との間にも若干の相関が認められる ($R=0.685$)。これらは産卵場とシラス漁場とが、マイワシのように遠く離れている場合には海流等の影響によって量的な相関がみられなくなり、また、産卵場とシラス漁場が比較的近く、卵量及び漁獲量が多い時期では両者の関係がより明確になると考えられる。また、主産卵期に発生したカタクチワシはその生残率が年によって多少の変動を示すものの巨視的にみてほぼ一定の割合で生き残り、沿岸域のシラス漁

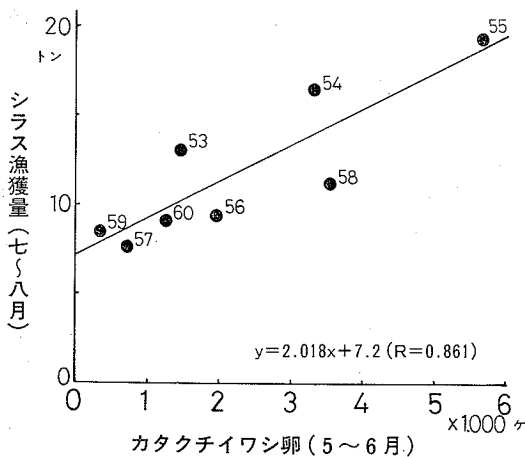


図 1 神奈川県沿岸における 5～6 月のカタクチワシ卵と 7～8 月のカタクチワシ漁獲量との関係 (添字: 昭和年次)

場内に来遊するものと考えられる。

4. シラス漁場の海況特性

シラス漁場は河川水の流入する沿岸の砂泥質の海域に形成される。相模湾平塚地先のシラス漁場の海況は相模川や金目川の河川水の流入状況や塩分の高い沖合水の波及状況及び沿岸流(夏季の平塚地先では西流の頻度が高い)によって変化する。そこで、このシラス漁場内に岸から沖に向かって 400 m 間隔に 6 定線を設け、各定線上に 200 m 間隔に 3 点(1 点目は岸から 100 m) 地点を設定した。各定点での表層及び底層の水温、塩分測定によると、表層の水温は底層の水温よりも $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高いが、各定点間の水温は表底層ともほとんど変わらず、この傾向は底層塩分でも認められた。しかし、表層塩分は河川水の流入状況によって各定点間で大きく異なるので、表層塩分を指標にして 4 つの海況パターンに区分した(図 2)。A パターンは河川水がシラス漁場に大量に流入し、25% 以下の塩分帯が大部分を占めた海況状態、B パターンは河川水がやや多く流入し、河口付近に 25% 以下の塩分帯があり、相模川と金目川との中間に 25～30% 塩分帯が分布する海況状態、C パターンは河川水の流入が少なく、沖合水の張り出しがやや強い海況状態、D パターンは沖合水の張り出しが非常に強く、シラス漁場の大部分を 30% 以上の塩分帯が占める海況状態を示す。A パターンは梅雨時期や台風通過時の大雨などによって、D パターンは湧水時の沖合水の波及によって生じ、また、1 日の中では干潮時に A パターンが、満潮時には D パターンが生じる。しかし、沖合水の勢力が弱い場合には河川水の流入量が平年並であっても A パターンが生じる。すなわち、シラス漁場の海況パターンは河川水と沖合水との勢力関係によって決定され、これらの海況パターンがシラス魚群の分布位置に影響していると考えられる。

5. シラス及びカエリ以上の魚群の水塊別分布

漁業者は魚探による魚群反応の垂直分布からシラス魚群とカエリ以上の魚群とを経験的に区分している。魚探反応からこの分布層を求めると、8 月ではシラス魚群は海底から約 2 m の高さであり、それ以上の高さの魚群はカエリ以上のものである。この高さを基準にしてシラス魚群とカエリ以上魚群を区分し、かつ、それぞれの魚群の魚群量を魚探映像から求めると(図 2)、A パターンの海況時ではシラス魚群は 20～25% の塩分帯に多く分布し、カエリ以上の魚群は 20～30% に多い。B パターンではシラス魚群は 25～30% に多く、カエリ以上の魚群は A パターンと同じ塩分帯に多い。C パターンではシラス、カエリ以上の両魚群とも 25% 以上の塩分帯に多い。D

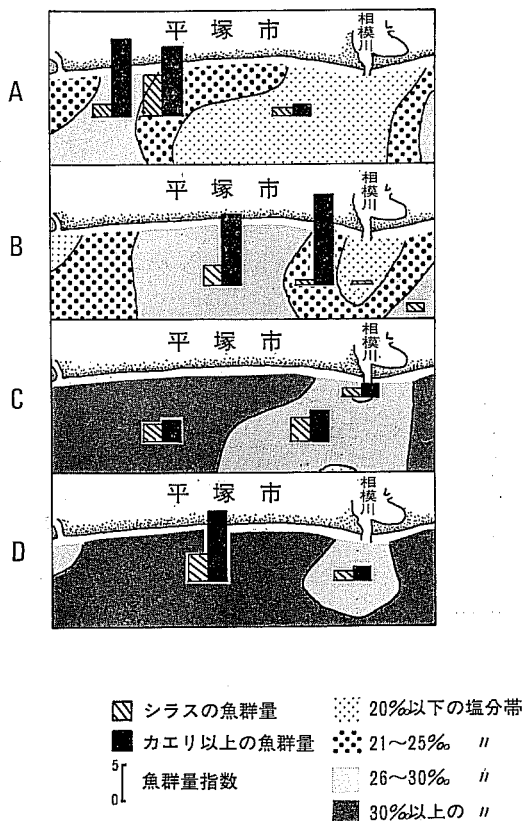


図2 平塚地先におけるシラス及びカエリ以上の水塊別漁獲量

パターンでは 30% 以上の塩分帯に多い。これらのことからシラス、カエリ以上の両魚群とも 20% 以上の塩分帯に分布し、これより低い塩分帯での分布はごくわずかである。シラス魚群は 20% 以上の塩分帯の中では、特に多く分布する塩分帯はみられない。しかし、シラスの体長別にみると、体長の小さいものほど塩分の低い水塊に分布し、体長が大きくなるに従いより高い塩分の水塊に分布するようになる。このことは餌料生物の種類とその分布位置が関連していると考えられる。

6. シラスの体長別消化管内容物

7. 8月の相模湾におけるシラスの消化管内容物は魚谷(1985)の報告と同じく *Oithona*, *Paracalanus* が非常に多く、次いで、*Oikopleura*, *Penilia*, *Evadne* が多い。

体長別にみると(図3)全長 4~5 mm では *Copepoda nauplius* を、全長 6~15 mm では *Oithona*, *Paracalanus* を、全長 16~22 mm では *Penilia*, *Evadne*, *Euterpina* が加わり、全長 23~26 mm ではさらに *Podon*

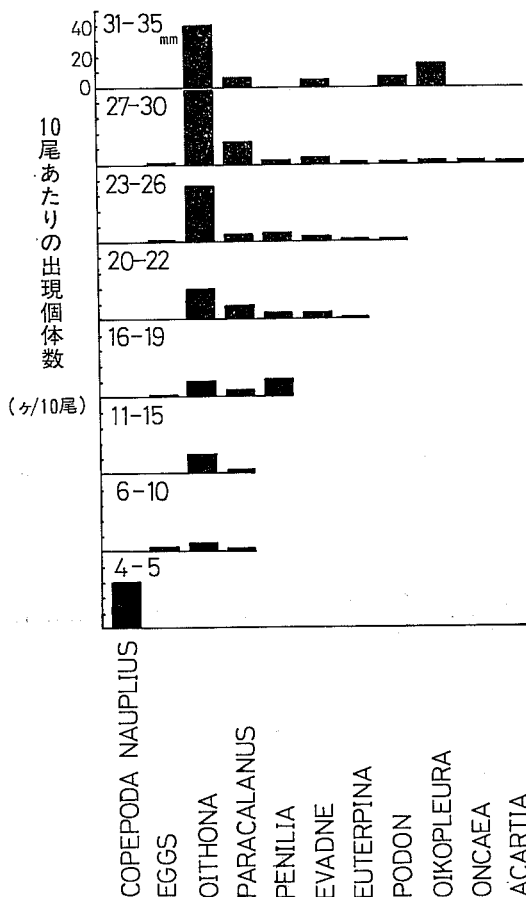


図3 カタクチシラスの体長別消化管内容物組成

が、全長 27 mm 以上では *Oikopleura*, *Oncaea*, *Acartia* が加わる。シラスは成長に伴い、より大型の動物性プランクトンを摂餌し、また、シラス期全体にわたって *Oithona* の摂餌割合が高い。

7. シラス魚群と *Oithona* との関係

1984年8月10日の調査では、底層における *Oithona* の分布と、同時に魚探によって測定されたシラス魚群の分布が良く一致した(図4)。また、この魚群のシラスの大きさは漁獲調査から全長 25~30 mm にモードが見られた。この体長のシラスは *Oithona* を主食にし、*Oikopleura* のような大型プランクトンをあまり摂餌しない。

一方、1984年8月3日の調査ではシラス魚群は *Oithona* が多く分布した潮目付近の底層にも出現したが、むしろ *Oithona* のやや少ない水域に多く分布した(図5)。潮目付近のシラスの大きさは全長 20 mm 前後にモードがみられ、潮目より沖合水側のシラスは全長 30~35 mm に

モードがみられる。前者のシラスは小型の動物性プランクトン、特に *Oithona* を主に摂餌しているのに対して、後者のシラスでは *Oikopleura* などの大型の動物性プランクトンを摂餌する割合が高い。すなわち、シラス魚群は、体長に応じて餌料生物を選択し、その分布密度の高い海域に主に分布すると考えられる。

8. 餌料生物の分布

1) *Oithona* シラス漁場における *Oithona* は表層よりも底層に多い。表層における *Oithona* は河川系水と沖合水との潮目付近に多く、底層における *Oithona* は表層の潮目を境に河川系水寄りに少なく、沖合水寄りに多い。

また、シラス漁場周辺海域における *Oithona* はカタクチワシの産卵最盛期である6月には低密度で分布し、8月にはごく沿岸域に高密度で分布する(図6)。

2) *Copepoda nauplius* シラス漁場内における *Copepoda nauplius* は表底層とも *Oithona* とほぼ同じ水域に分布する。また、シラス漁場の周辺水域では6月にはカタ

クチワシ卵の分布と一致して沖側に多く、シラス漁場内では少ない。しかし、8月には沖側の分布密度は小さくなり、沖、岸とも同じレベルの分布状態となる(図7)。

3) *Oikopleura* 6月における *Oikopleura* の分布はシラス漁場内外とも少ないが、8月にはシラス漁場内よりも沖側の漁場外に多く分布する(図8)。

以上をまとめると、*Oithona* はシラス漁場側に多く、*Copepoda nauplius* と *Oikopleura* はシラス漁場よりも沖側に多い。また6月と8月を比較すると、*nauplius* は6月に多く、他の二者は8月に多いことがわかった。

9. 卵からシラスに至る生活域の変化

相模湾におけるカタクチワシ卵は、5~6月には城ヶ島周辺海域に多く分布する。この卵は北西~北北西に向かう流れに乗って相模湾奥部に移送される。前期仔魚は平塚地先では卵の分布量と同じ経日変化を示すので、卵と同じ海域に滞留すると考えられる。摂餌開始期の餌料生物としては *Copepoda nauplius* が重要と考えられる。*nauplius* は6月にはシラス漁場の形成される沿岸域よりもカタクチワシ卵の多い沖合に多く分布する。摂餌開始期の小型の後期仔魚と *nauplius* は結果的にはほぼ同一の海域に分布する。この仔魚は成長するに従い他の動物性プランクトンを摂餌するようになるが、全長13mm位(モード7~8mm)までは沖合水の消長と一致してシラス漁場内に出現する(三谷, 1984)ので、主な分布域

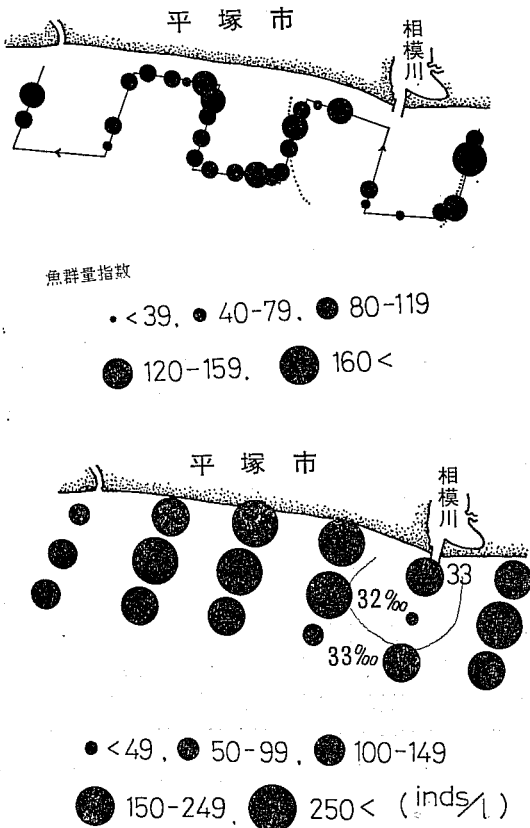


図4 シラス魚群(上)および底層における *Oithona* (下)の分布(1984年8月10日)点線は潮目を示す

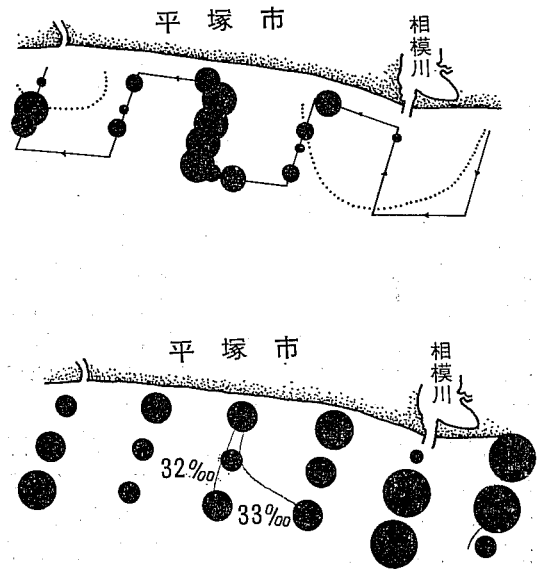


図5 シラス魚群(上)および底層における *Oithona* (下)の分布(1984年8月3日)点線は潮目を示す

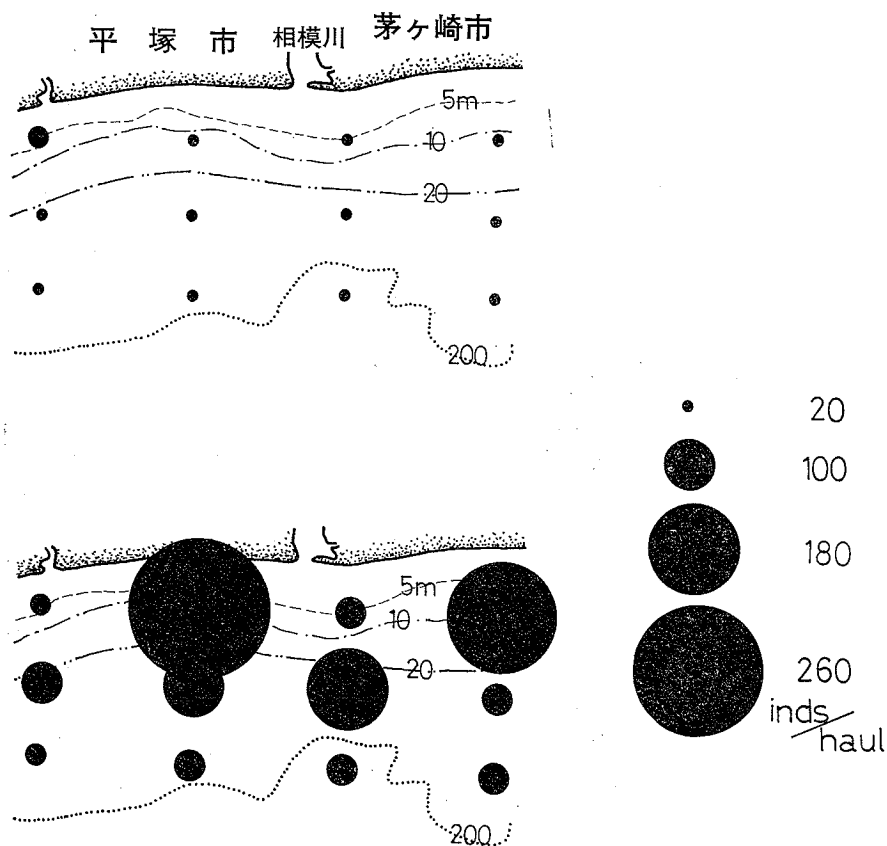


図6 *Oithona brevicornis* の分布, 1984年 上: 6月, 下: 8月 (中田, 1985 より)

はシラス漁場にはないものと考えられる。シラス漁場に魚群として出現し始めるのは全長 19 mm 前後からなので、体長が 13~19 mm の間に沖合域からシラス漁場内に接岸するものと考えられる。この大きさのシラスは主として *Oithona* を摂餌し、また、6~8月には *Oithona* が沿岸域で増加する時期である。このことは魚群の集合、シラス漁場の形成の重要な要因となる。シラス漁場に達した仔魚は *Oithona* の最も多く分布する河川系水と沖合水とが接する潮目付近に滞留する。更に、シラスは成長するに従い *Oithona* 以外の大型の動物性プランクトンも摂餌するようになる。この餌料生物は *Oithona* よりも高塩分帯に分布するために、シラス魚群は潮目よりも沖合水寄りに分布する。このシラスの大きさは全長 30~35 mm である。しかし、カエリ以上に成長すると、再び 20‰前後の低い塩分帯にも分布し、その生息域は低塩分帯から高塩分帯まで広がる。これはカエリ期の食性や生理と関連があると考えられる。

以上のように、カタクチシラスはそれぞれの成長段階に応じて餌料生物の種類を増加させ、その生活領域はその餌料生物の分布密度の高い海域へと変わる。これが必然的にシラスの回遊をもたらしていると考えられる。しかし全長 30 mm 以上のシラスの主な餌料生物は年によって海域によって変わる場合もあり、今後これらについて詳細に研究していく必要がある。

また、マシラスは発生してシラス漁場に到達するまでに食性がどのように変化するか知られていない。マイワシの産卵場から相模湾までの間に性質の異なる水塊があり、当然この中に分布するマイワシの餌料生物の種類や分布密度が異なることが考えられる。このような餌料生物の変化がマイワシの成長とどう関係しているかの研究がマイワシ資源の動向を検討するうえで重要であると考えている。

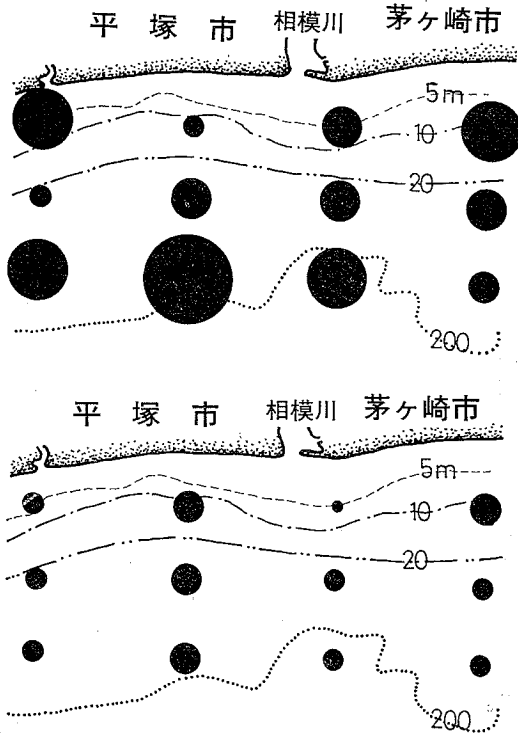


図7 Copepoda nauplius の分布 1984年
上: 6月, 下: 8月 (凡例は図6に同じ)

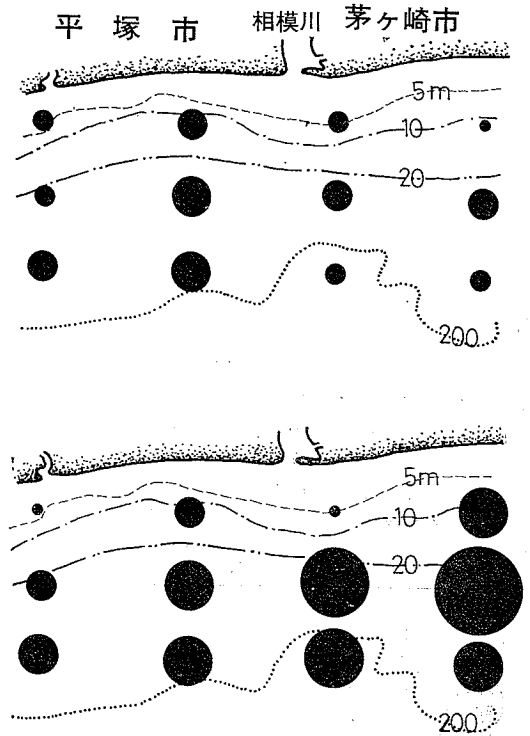


図8 *Oikopleura dioica* の分布 1984年
上: 6月, 下: 8月 (凡例は図6に同じ)

文 献

- 三谷 勇 (1984) 昭和58年度指定調査研究総合助成事業結果報告書. 神水試資料, No. 296.
中田尚宏 (1985) 昭和59年度相模川流域下水道左岸処

- 理場にかかる処理水の海域への放流に伴う影響調査. 神奈川県水産試験場.
魚谷逸朗 (1985) カタクチシラスの摂餌方法と食性. 日水誌, 51, 1057-1065.

5. イワシ類の再生産力—資源変動と関連して

鶴田 義成 (東海区水産研究所)

1. 研究の問題点

我が国の重要魚種であるマイワシの漁獲量は、1936年の豊漁期 (270万トン) から 1965年の低極 (1万トン以下) を経て、最近では 400万トンを越える豊漁となり、豊凶が極めて激しい (図1)。

漁獲量の70%以上を占める太平洋系群では、資源の増大とともに生態的諸特性に変化がみられている (表1)。すなわち、資源の増大につれ産卵期が早まってきたが、1980年に大卓越群が発生して、資源の増大に寄与した一方、成長の悪化、成熟年齢の遅れが続いており、産

卵期も遅れつつある。また、産卵場も変化している (渡部・鶴田, 1981; 黒田・鶴田, 1986)。

このような徴候は、卵の質的低下や雌1尾当たりの産卵数の減少、仔稚魚の生残率の低下など、生物学的变化の重要な要因となり、資源の増減に関与することが推察される。

例えば、近縁種のカタクチイワシでは、漁獲量が13~43万トンと小さいが (図1)、産卵総量はマイワシに比べて大きく、高水準で安定している (図2)。

本種では、産卵期が7, 8カ月間にもおよび、産卵間

隔(図3), 雌1尾当たり産卵数(表2), 卵の大きさ(浅見, 1953; 今井, 1985)が季節, 年によって大きく変化する。また, 産卵期の中心は資源水準の高い時代には春季に, 低い時代には夏秋季にある。これら産卵期, 再生産力の変化が水温, 栄養状態, 個体群密度によって決まることを実験的に明らかにしつつある。

すなわち, 資源の安定性は再生産力の調節に基因することが推察される。

本報告では, カタクチイワシとマイワシの再生産力に関する飼育実験の成果を紹介する。

一般に, 再生産力は, $R = E\phi\psi$ (R : 加入量, E : 産卵量, ϕ : 孵化率, ψ : 加入までの仔稚魚の生残率)で表される(久保・吉原, 1975)。ここでは狭義の再生産力,

表1 マイワシ太平洋系群の資源増大にともなう生態的諸特性の変化

年代	'70	'75	'80	'85
資源量水準	増	大	極	大
成長		良		不良
栄養状態		良		不良
(体長-体重関係 脂肪蓄積)				
成熟年齢		2		3・4
産卵盛期(月)		4→3→3・2		3
産卵場		拡大・西偏 黒潮内側域		西偏・薩南海域 黒潮主流域

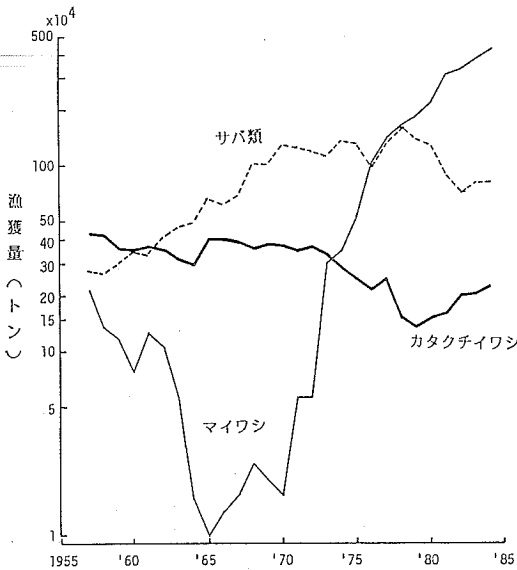


図1 多獲性浮魚種の漁獲量の経年変化

すなわち, 産卵量の要素である産卵期間, 産卵間隔, 雌1尾当たり産卵数と卵質の指標として卵径を用いる。

2. カタクチイワシの再生産力

カタクチイワシは索餌期と産卵期がほぼ同時進行する。そのため瘦せて生殖腺が未熟な状態の群も, 良好な餌料条件下におくと速やかに産卵を始める。

表3は再生産力に影響をおよぼす主要因とその結果を示している。以下, 項目ごとに実験結果を説明する。

産卵期間 カタクチイワシは春になると産卵を開始し, 秋になると停止する。メダカと同様, 長日性で, 産卵期間の大枠は日長で決まり, 臨界日照時間は12時間と12時間30分の間にある。また産卵の臨界水温は 15°C 付近にある。産卵の盛期は 7~9 月の3カ月間で, 水温 23°C 以上である。

良好な餌料条件および低個体群密度で飼育すると, 産卵期間は長くなる。

卵径 春秋に産出された卵は大きく, 夏季には小さい。卵径は水温の影響を強く受け, 23°C 付近に屈折点がある。23°C 以上では卵径は一定で小さい, 23°C 以下では負の関係がみられ, 水温が低くなるほど大きくなる。

孕卵数 卵巣卵の最大卵径群の卵数は, 季節変化し, 夏季に多く, 春秋期に少ない(表2)。

餌の量の影響 餌の量と産卵数の間には正の相関がみられ, 餌の量が少ないと産卵間隔は長くなる。1回当たりの産卵数, 産卵期間も変化が予想される。水温 23°C 以

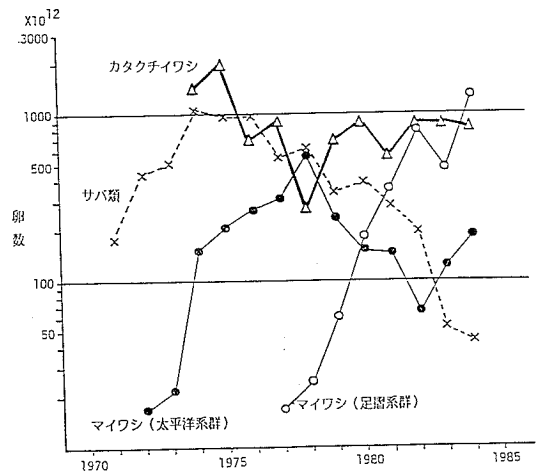


図2 潮岬以東水域における多獲性浮魚3種の産卵総量の経年変化(マイワシについては潮岬以西の足摺系群を含む)

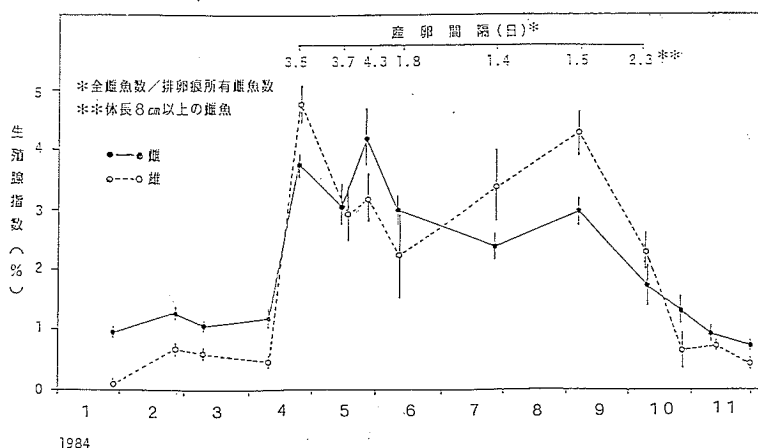


図3 相模湾におけるカタクチワシの生殖腺指数と産卵間隔の季節変化。産卵間隔の求め方は、標本中の全雌魚尾数を排卵痕所有雌魚数で除した。単位は日である

表2 相模湾におけるカタクチワシの孕卵数の季節変化

採集日	1984 4.18	5.26	7.18	9.19	10.11
尾数	4	4	7	4	5
体長 (cm)	平均値 12.5 標準偏差 0.33	平均値 12.0 標準偏差 0.85	平均値 12.0 標準偏差 0.73	平均値 12.0 標準偏差 0.66	平均値 11.8 標準偏差 0.33
体重 (g)	平均値 19.7 標準偏差 1.27	平均値 16.0 標準偏差 2.59	平均値 17.6 標準偏差 3.53	平均値 17.2 標準偏差 2.31	平均値 15.6 標準偏差 2.01
最大卵径群の卵数	平均値 3,834 標準偏差 1,248	平均値 5,410 標準偏差 2,849	平均値 10,548 標準偏差 3,042	平均値 6,784 標準偏差 1,722	平均値 5,993 標準偏差 1,537
相対卵数 (g当たり)	平均値 195 標準偏差 63	平均値 330 標準偏差 152	平均値 611 標準偏差 239	平均値 392 標準偏差 74	平均値 384 標準偏差 82

表3 カタクチワシの再生産力に影響をおよぼす主要因と影響の仕方

項目	要因						
	水 高	水 低	餌 高	水 低	準 低	個体群密度 高	個体群密度 低
産卵期間	長い	短い	長い	短い		短い	長い
産卵間隔	短い	長い	短い	長い		長い	短い
1回当たり産卵数	多い	少ない	多い	少ない		少ない	多い
卵径							
水温 > 23°C	小さく、一定		大きい、小さい			小さく、一定	
水温 < 23°C	小さい 大きい		未定 未定			未定 未定	

上では、餌の量が体維持以下なら卵径は小さい。

個体群密度の影響 密度が高いと雌1尾1回当たりの産卵数は少なく、産卵間隔は長くなる。密度が低いと1回当たりの産卵数は多く、産卵間隔は短くなる。水温23°C以上では、産出卵の卵径に違いはみられない。

3. マイワシの再生産力

マイワシは春から夏にかけて栄養を蓄積し、冬春期に

産卵する。栄養蓄積と産卵の間には、およそ半年の時間的ずれがあり、カタクチワシとは異なる。

現在、太平洋系群でみられている成長の悪化、道東沖での夏季の栄養蓄積の低下が再生産力へどのように影響するか知るため、給餌量を変えて飼育した。図4は雌魚の結果である。

卵巣卵の発達が第3次卵黄球期に進んだ時点で給餌量

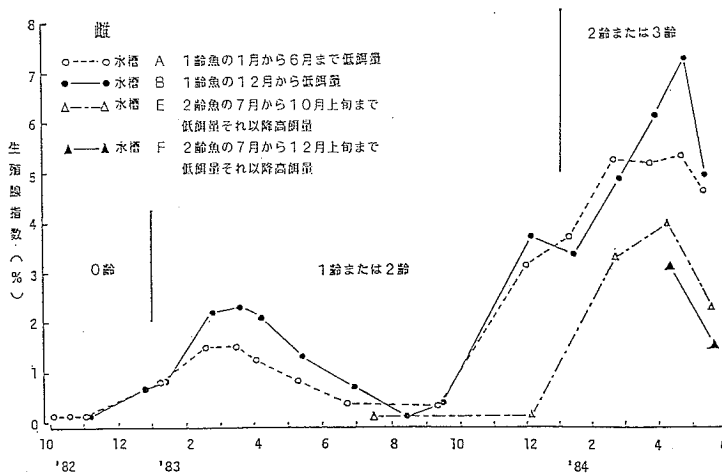


図4 給餌量の違いがマイワシの卵巢におよぼす影響

を低下させると、生殖腺への影響は成長段階で違いがみられる。0 齢から 1 齢になる若齢魚では、給餌量の低下は、ただちに生殖腺に影響をおよぼす。それは、生殖腺の発達が鈍化するだけでなく、すでに卵黄を蓄積していた卵母細胞も退化変性が進み、再吸収されるからである。

他方、1 齢から 2 齢になると、夏季に十分栄養を蓄積しておれば、その後の給餌量の低下は、生殖腺の発達に重大な影響をおよぼさない。しかし、この年齢の魚であっても、夏季に給餌量をおさえ、その後、10 月、12 月と時期をずらして給餌量を回復させると、体は前者以上に肥満するが、生殖腺は十分に発達しない。その発達の度合は、回復時期の遅れたものほど低い。このことは夏季の栄養蓄積が生殖腺の発達の重要な要因であることを示している。

4. 今後の研究

カタクチイワシにおいて、個体群密度が、餌料条件を介さず直接再生産力に影響を与えることは、極めて重要な問題である。これが自然でも起こりうるような機構で作動しているのか、その究明がまず必要である。また容易に入手出来る数値を用い、再生産力の数値化が望まれる。

マイワシにおいて、太平洋側の産卵場は資源の増大とともに西偏化し、従来黒潮内側域で産卵していたもの

が、近年、黒潮の縁辺から中心部で産卵するようになった。このことは、成熟年齢の遅れと夏季の栄養蓄積の低下が引き金となり生じたものと考えられる。

産卵場の変化による発育初期の生き残り研究と合わせ、なぜ黒潮内で産卵するのか、索餌期と産卵期の時期的なずれの意味することも含め生理的研究が必要である。

本報は、水産庁養殖研究所、広瀬慶二氏と共同で行った研究成果の一部である。詳細については、原著論文として投稿準備中である。

文 献

- 浅見忠彦 (1953) カタクチイワシ *Engraulis japonicus* T. et S. の浮遊卵に関する研究. 南海区水産研究所業績集, 1, 1-7.
- 今井千文 (1985) カタクチイワシの卵サイズ, 産卵数および初期減耗に関する水温の影響に関する資源学的研究. 東京大学農学部博士論文, 130 pp.
- 久保伊津男・吉原友吉 (1975) 水産資源学. 改訂版, 共立出版, 東京, 482 pp.
- 黒田一紀・鶴田義成 (1986) 1984 年および 85 年冬春の日本南方海域におけるマイワシの産卵. 水産海洋研究会報, 50, 88-92.
- 渡部泰輔・鶴田義成 (1981) マイワシ卵・稚仔の本邦南西海域から本州南方海域への補給について. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書, (その 4), 科技厅, 371-393.

6. 初期減耗変動に関わる諸要因—カタクチイワシの飼育実験例から—

今井 千文 (東京大学海洋研究所)

1. はじめに

海産魚類の多産性は、高い初期減耗率を示唆しており、資源変動の主体となる加入量変動の研究における初期減耗問題の重要性が指摘されている (MAY, 1974)。初期減耗率を変動させる要因として無機環境のほかには餌生物量、捕食者量などの生物環境が重要視されている。浮遊卵産出種の多くは各組織が未発達な状態でふ化し、卵黄吸収後一定時間内に適量、適質の餌を摂取せねば生残することができない (LASKER *et al.*, 1970)。卵サイズは飢餓耐性が最も低い (HUNTER, 1972) 摂餌開始期の仔魚が利用できる卵黄エネルギー量を決定し、潜在生残能力を変化させる重要な要因である。本研究ではカタクチイワシの卵サイズと水温の関係を中心に、それに伴う1回当たり産卵数の補償的变化、卵サイズと潜在生残能力に関わる飼育実験結果について述べる。

2. 材料と方法

測定に用いたカタクチイワシ卵は、海域調査でネット採集されたもの、および水槽内で自然産卵、受精されたものである。いずれも 5-10% ホルマリン海水で固定後、収縮が安定する1ヶ月以上経過してから測定した。

採卵用の親魚は東大三崎臨海実験所の流水水槽に收容し、マス稚魚用の人工飼料クランブル 2c を与えて飼育した。5~9月の夜間にはほぼ連日産卵が確認された。受精卵はオーバーフローの排水口に取付けたネットにより集卵した。

卵巣卵の解析に用いた標本は相模湾、東京湾の定置網漁獲物より得た。卵数の推定は重量法により、卵径頻度分布の解析には今井・田中のプログラム(未発表)を使用した。

仔魚の飼育実験は 1ℓ ビーカーに受精卵 50-100 卵を收容して行った。餌料にはシオミズツボワムシ (以下ワムシと略称) を用いた。

3. 結果と考察

(1) 卵サイズの時空間的变化と水温 卵殻と卵黄の長径、短径、および回転楕円体とみなして計算した体積を生時と固定後について比較した。卵黄のサイズは固定・成長の度合いにより変化し不安定であるが、卵殻サイズは安定であった。囲卵腔は受精時には僅少であり、卵殻

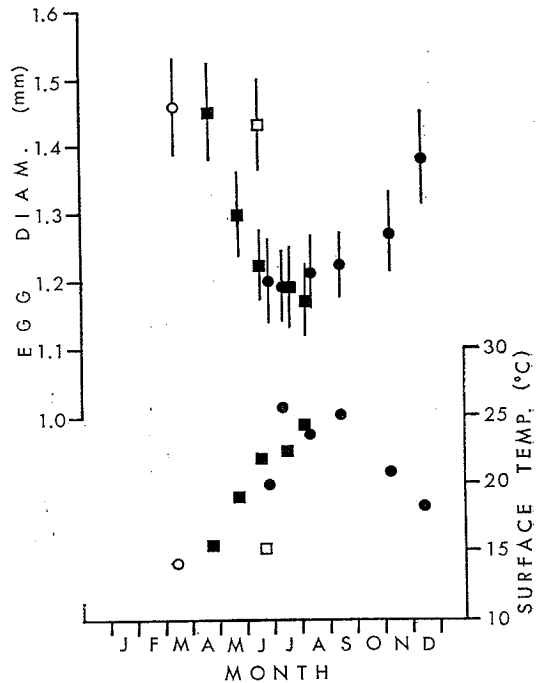


図1 平均表面水温と卵径の平均値±標準偏差(棒線)の季節変化 [相模湾: 1977年(黒丸), 1978年(白丸), 1984年(黒四角), 大槌湾: 1978年(白四角)]

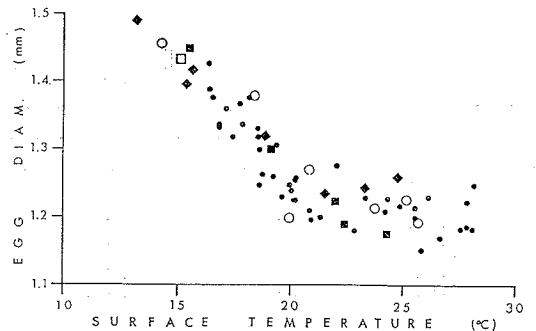


図2 水温と卵径の相関図 [九州太平洋岸: 1951-52年 {浅見(1953)より} (黒点), 相模湾: 1977-78年(白丸), 大槌湾: 1978年(白四角), 1980年(黒四角), 愛知, 三重県沿岸: 1981-83年(菱形)]

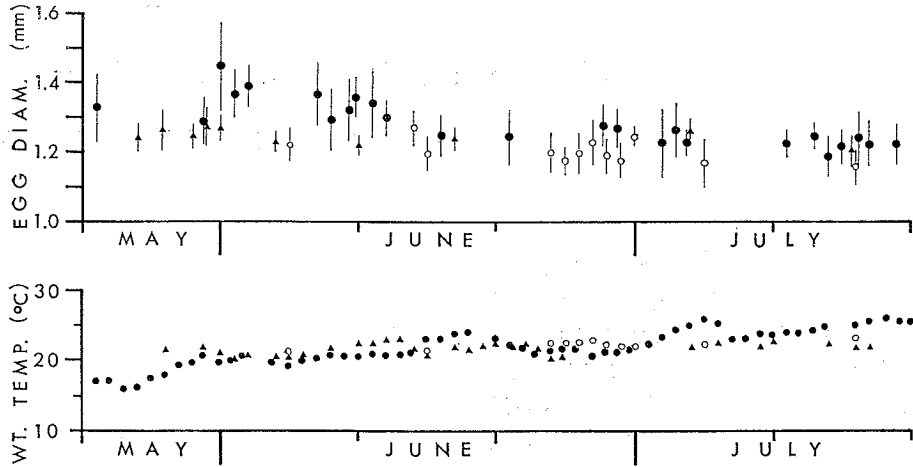


図3 水槽での水温と卵径±標準偏差(棒線)の経日変化
[1980年(三角), 1982年(白丸), 1984年(黒丸)]

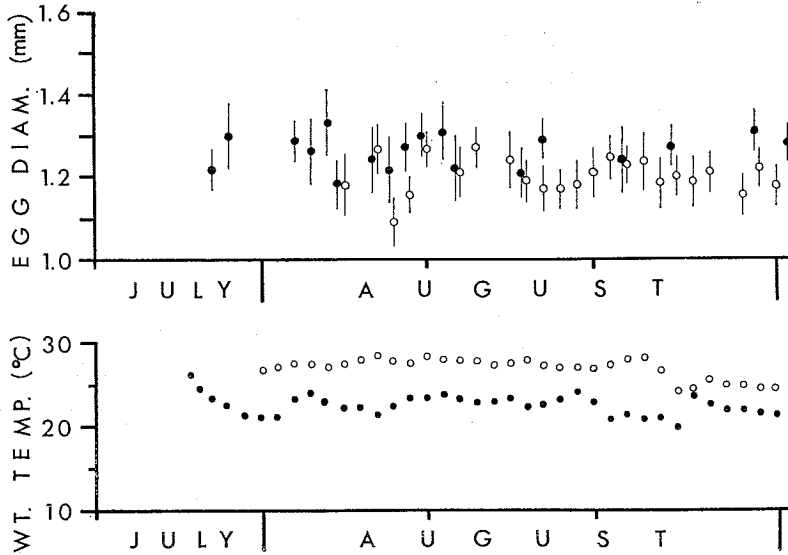


図4 1984年の温度制御水槽での水温と卵径の平均値±標準偏差(棒線)の経日変化[低温制御水槽(黒丸), 常温水槽(白丸)]

表1 卵巣卵の解析結果 [平均値(標準偏差)]

	1982年			1984年	
	4月14日	5月13日	6月16日	5月12日	6月14日
個体数	20	50	20	15	12
標準体長 (cm)	10.4 (0.4)	10.1 (0.5)	9.8 (0.6)	10.1 (0.8)	9.6 (0.5)
体重 (g)	11.4 (1.4)	10.7 (1.7)	9.3 (1.5)	12.3 (3.0)	8.6 (1.4)
平均大型 卵径(mm)	0.750 (0.052)	0.658 (0.032)	0.630 (0.029)	0.731 (0.068)	0.645 (0.026)
最大卵径群 卵数	4,144 (1,897)	7,683 (2,942)	8,050 (2,550)	4,319 (3,002)	5,801 (1,482)
最大卵径群 卵数/体重	376 (141)	712 (230)	854 (192)	338 (178)	667 (182)

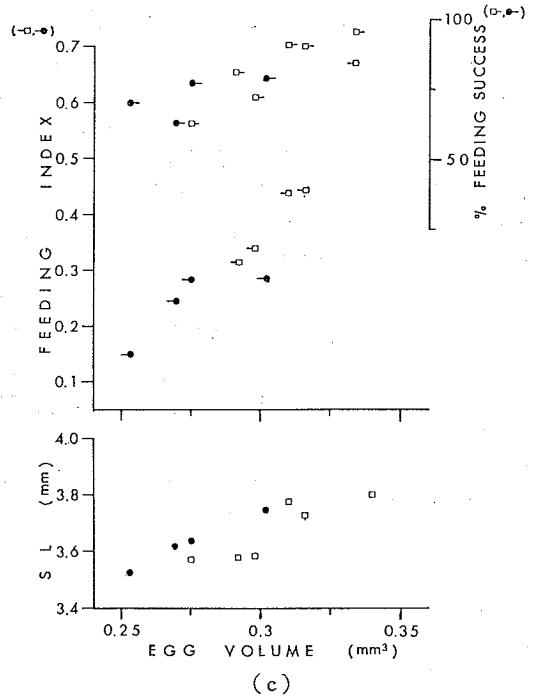
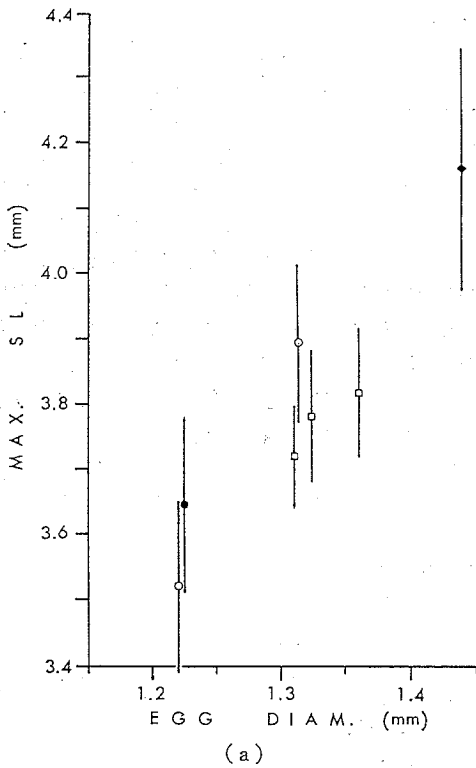
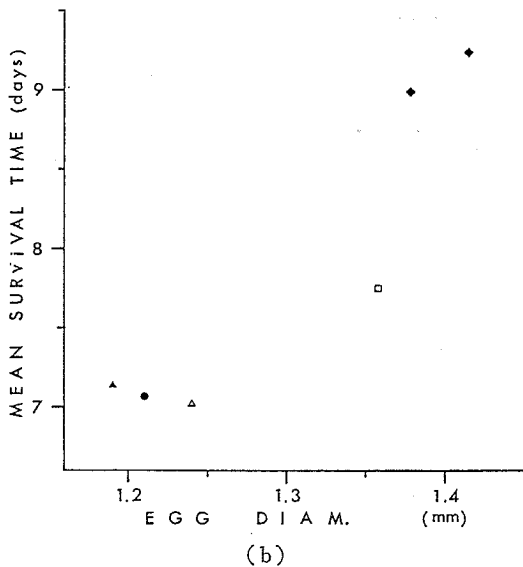


図5 卵径とふ化後3日目の平均体長 (a), 卵径と平均飢餓死亡日数 (b), 卵体積と摂食指数, 摂食成功率および平均体長 (c) の関係 [1980年5月(黒三角), 1982年10月(白三角), 1984年5月(菱形), 6月(白四角), 7月(黒丸)]



サイズは受精時の卵黄量の良い推定値であった。卵殻長径は乾重量との相関が高く、測定が容易で生卵での飼育実験にも応用可能なことからこれを卵サイズ指標とし、卵径と称することとした。

図1に相模湾と大湊湾における卵径と表面水温の季節変化を示す。卵径は低温の冬春に大きく、高温の夏秋に小さい。6月に水温が15.2°Cと低かった大湊湾では相模湾の6月よりはるかに大きい平均卵径1.43 mmが得られた。図2は図1のデータに、愛知、三重県沿岸の測定結果、浅見(1953)が九州太平洋岸について報告したデータを加えた、水温-卵径の相関図である。水温-卵径間の顕著な負相関は時空間的に普遍に存在すると考えられる。水温の効果は低温域で強く、22-23°C以上では水温によらずほぼ一定となる。図3に1980, '82, '84年の5~7月に実験水槽で産卵された卵の卵径、水温の経日変化を示す。水温が20°C以上で推移した1980, '82年には減少傾向は顕著ではないが、低温年の1984年には春期に大卵が得られ、水温上昇に伴う顕著な減少傾向が認められた。

図4は1984年夏に行った温度制御水槽での実験結果を示している。低温水槽での平均卵径1.264 mmは常温水槽の1.204 mmよりも有意 ($p < 0.01$) に大きかった。

水温-卵径間の負相関が普遍であること、水温制御に

より人為的に卵サイズを変更できることの2点から、水温が卵サイズ調節の制御要因であると結論できる。

(2) 卵巢卵の解析 卵径頻度分布を細査した結果、最大卵径群の平均卵径が 0.6 mm 以上であれば、宇佐美・杉山 (1962) が報告している最大卵径群の成熟に伴う増加は認められなかった。最大卵径群の全卵を次回に産卵するものと考え、その平均卵径を平均大型卵径、卵数を最大卵径群卵数と呼ぶこととした。

表 1 に結果を要約して示す。平均大型卵径には親魚の大きさとは無関係に浮遊卵の卵径変化を反映する季節変化が認められ、水温の上昇とともに減少した。低温年の 1984 年には 1982 年の同月よりも大型であった。最大卵径群卵数は親魚の体重と比例し、体重 1 g 当たりの卵数は卵径とは逆に低温期に少なく、高温期に多かった。即ち、低温で大卵少産、高温で小卵多産への調節機構が働くものと推察される。

1984 年夏期に水槽内で親魚を低密度 (20尾/m³ 以下) で飼育した結果、1尾1回当たりの産卵数は最大卵径群卵数に近く、その1回当たり産卵数の推定値としての妥当性が確認された。1尾の産卵間隔は4日以内の短期間になる場合もあり、年間総産卵数は高尾ほか(1983)が試算した結果よりはるかに多いものと思われる。飼育密度が高いと産卵数、産卵頻度が減少することは鶴田(1987)も報告している。同様の傾向は親魚を蓄養している高密度水槽でも認められた。しかし、自然海域で飼育環境のような高密度になることは考えにくい。カタクチイワシは産卵盛期には卵サイズ、産卵数を水温情報により調節しながら、高頻度で産卵を繰り返すものと考えられる。

(3) 仔魚の潜在生残能力と卵サイズ 仔魚の潜在生残能力は仔魚の大きさ、飢餓耐性、摂食能力の3点により評価した。実際の実験では摂餌開始期に当たるふ化後3日目の体長、飢餓条件での平均生残日数、摂餌開始期に1,000個体/lのワムシを与え、1日摂餌させた後の消化管内のワムシ量をそれぞれの指標とし、卵の大きさによる違いを比較した。結果を図5に示す。卵サイズと仔魚の体長の間には正の相関が見られた(図5a)。大卵に由来する大型の仔魚はふ化時の卵黄保持量も多く、飢餓耐性(図5b)、摂食能力(図5c)も高かった。この結果は季節間の平均的な差、個々の卵径を測定して選別した個体間の差の双方について認められた。卵を大型化することは餌条件の悪い場合に生残の確率を高める効果を持つものと考えられる。

4. 論 議

適応戦略論では、餌が得にくく生物相が貧困な環境では競争力を強めるため大卵少産が、生物の豊富な環境では捕食に備えて小卵多産が進化すると考えられている。低温の冬季には海洋の環境は貧困で、春から秋の高温期に生物量が増大する海洋生産サイクルが一般的であるなら、カタクチイワシの水温による調節は合理的であろう。

一方、静岡水試(1980)は海洋における仔魚の主餌料であるかいあし類のノープリウス幼生のサイズが春季に大きく、夏季に小さい事を報告している。餌の大きさの面からも卵サイズの変化は適応的であるといえる。

カタクチイワシは小型、短命でマイワシと異なり年級群を蓄積する事ができず、短い産卵期による危険の集中を避けなければならない。卵サイズ、産卵数を適応的に変化させ、長い産卵期に高頻度で産卵して、危険を分散させる戦略が、個体数の高レベル安定に寄与しているものと思われる。

文 献

- 浅見忠彦 (1953) カタクチイワシ *Engraulis japonicus* T. et S. の浮遊卵に関する研究. 南西海区水研業績集, 1, 1-7.
- HUNTER, J. R. (1972) Swimming and feeding behavior of larval anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. U. S., 70, 821-838.
- LASKER, R., H. M. FEDER, G. H. THEILACKER and R. C. MAY (1970) Feeding, growth and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. Mar. Biol., 5, 345-353.
- MAY, R. C. (1974) Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In The Early Life History of Fish, ed. J. H. S. BLAXTER, Springer-Verlag, 1-29.
- 静岡県水産試験場 (1980) 駿河湾・遠州灘におけるイワシ類シラスの魚種交代現象の生物学的解明. 昭和55年度指定調査研究総合助成事業年度報告書, 1-15.
- 高尾亀次・岸田 達・上田和夫 (1983) 飼育実験によるカタクチイワシの雌1尾当たり年間産卵数の推定. 南西海区水研研報, 15, 1-11.
- 鶴田義成 (1987) イワシ類の再生産力—資源変動と関連して. 水産海洋研究会報, 51, 51-54.
- 宇佐美修三・杉山久次 (1962) カタクチイワシ *Engraulis japonicus* (Houttuyn) の再生産力について—I 陸奥湾におけるカタクチイワシ卵巢卵の卵径組成からみた成熟と卵数. 東海区水研研報, 34, 19-35.

7. 飼育実験によるカタクチイワシの産卵生態

高尾 亀次 (南海海区水産研究所)

瀬戸内海におけるカタクチイワシ(*Engraulis japonica*)の産卵主群は、他海域と相違して成魚1才魚(BL 8~9 cm)である。本種の産卵温度範囲は天然では、水温14~25°Cと広く、飼育実験でも同様な結果が得られた。1978年から本種の親魚量を漁獲統計の解析による方法と、産卵調査からの卵分布量にもとづく方法とを併用して推定している。卵分布量から親魚量を推定する際に用いる雌1尾の産出卵数については、従来卵巢内卵数(抱卵数)が指標として用いられてきた。しかし、本種は多回産卵を行うと想定されるため(浅見, 1953; 巻田, 1954; 相川, 1954)海中に放出する卵数を決定するためには抱卵数のみでは不十分である。そこで産出卵数の知見を得るため1980年から親魚の長期飼育を行ってきた。その結果、海中に放出した卵数及び産卵と卵サイズの関係などの知見を得たので以下に述べる。

飼育実験は、1981年から1985年にわたって行った。供試魚は1981年のみ、広島湾でイワシ機船船曳網により漁獲された成魚326尾を用いた。1982年以降は、広島湾内当研究所地先に来遊したカエリ期の魚群約300尾を採捕した。これらの魚群は、翌年の春から夏季にかけて成魚に成長し自然産卵を行った。飼育は陸上10トン水槽(4×4×0.7 m)と20トン水槽(4×4×1.4 m)で、すべて自然水温条件で行った。餌としては、主にオキアミを用い、一部イカナゴすり身を混ぜ毎朝(8:30~9:00)投与した。

また、給餌時に卵採集、天候、水温の測定を行った。採集された卵は魚卵計数器により全数を計数した。

1. 雌1尾当たり年内産出卵数

1981年6月23日に成魚1才魚を採捕し陸上20トン水槽に収容した。本実験に供したのは326尾(平均体長7.80 cm, 平均体重4.60 g)で、日間給餌量として体重の約40%を投与した。産出卵数は産卵開始7月12日で32粒、その後は途切れて7月22日に283粒が採集されたのみであった。連続的な産卵が認められたのは7月31日から、11月2日までの95日間続いた。その後は水温の低下とともに年内の産卵を休止した。最多の産卵数を示した8月中~下旬での総尾数は73~63尾で、うち雌は29尾であった。本実験期間の雌1尾当たりの総産出卵数は21,000

粒と推定された。

この供試魚は翌年の1982年4月30日より成魚2才魚となり再び産卵を行った。この2才魚となった供試魚の総尾数は31尾(平均体長10.74 cm, 平均体重11.70 g)であり、そのうち雌は15尾であった。日間給餌量は体重の15~18%とした。実験期間中の水温、雌1尾当たりの産出卵数を図1に示す。産卵は4月30日から10月23日までの177日間連続して観察された。最多の産卵数を示した5月中旬と6月の総尾数は31~21尾、うち雌は15~12尾であった。本実験期間の雌1尾当たりの総産出卵数は30,550粒であった(高尾ほか, 1983)。

以上の実験はいずれも20トン水槽で行ったため、全産出卵が回収できなかった可能性があり、産卵数については過小評価したことが考えられる。

そこで、1985年に成魚1才魚19尾(平均体長8.72 cm, 平均体重9.12 g)を屋内1トン容量の円形水槽(直径150 cm, 深さ60 cm)に収容して再び実験を行った。日間給餌量は体重の28~40%とした。実験期間中の水温、雌1尾当たりの産出卵数を図2に示す。産卵は6月3日から始まり7月19日までの46日間連続して行われた。しかし、7月20日に生き残り10尾中9尾が死亡したため実験を中止した。最多の産卵数を示した6月下旬から7月中旬には、総尾数は17~10尾、うち雌は9~5尾であった。本実験期間(6月3日~7月19日)における雌1尾当たりの産出卵数は28,250粒であった。今回の実験期間が全産卵期を包含しているとすればこの値は年内総産出卵数とみなすことができる。しかし、広島県水産試験場で実施している天然における本種の産卵調査結果をみると、卵の出現は5~11月にわたっている。そこで5~7月の採集卵数と8月以降の採集卵数との比較をみると5~7月の採集卵数がほぼ8割を占める。これによって8月以降の卵数を補正すると、雌1尾当たりの年内総産出卵数は約30,000粒と推定される。瀬戸内海における本種の産卵主群は、成魚1才魚であるので、雌1尾当たり年内総産出卵数は、この推定値と先述した飼育実験結果などから約30,000粒が妥当と考えられる。この30,000粒を用いて親魚量を推定し、一方、漁獲統計の解析から推定した親魚量とを対応させた。なお、両方法は

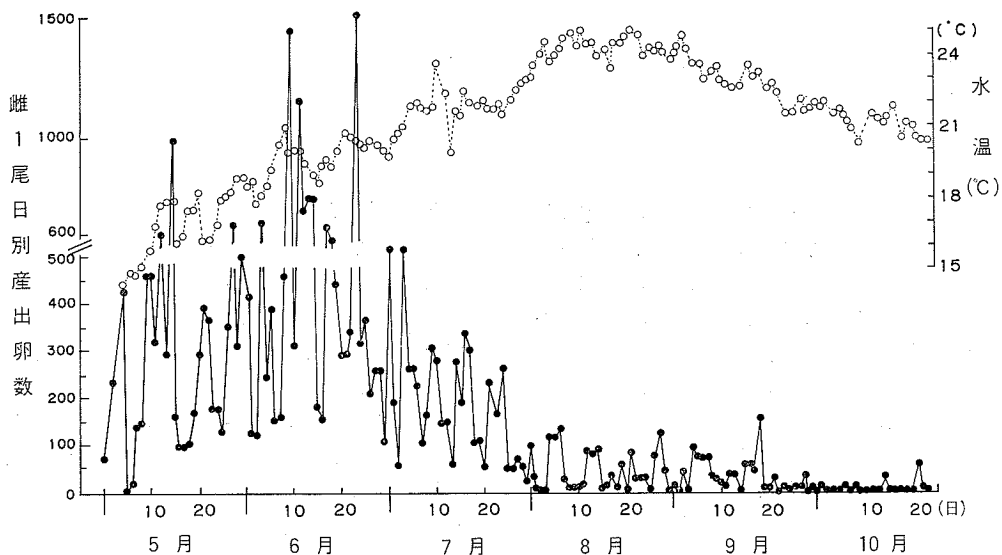


図1 飼育実験による水温，雌1尾当たり産出卵数の経日変化 (1982.5.1~10.23)
雌1尾日別産出卵数 (黒丸)，水温(°C，白丸)

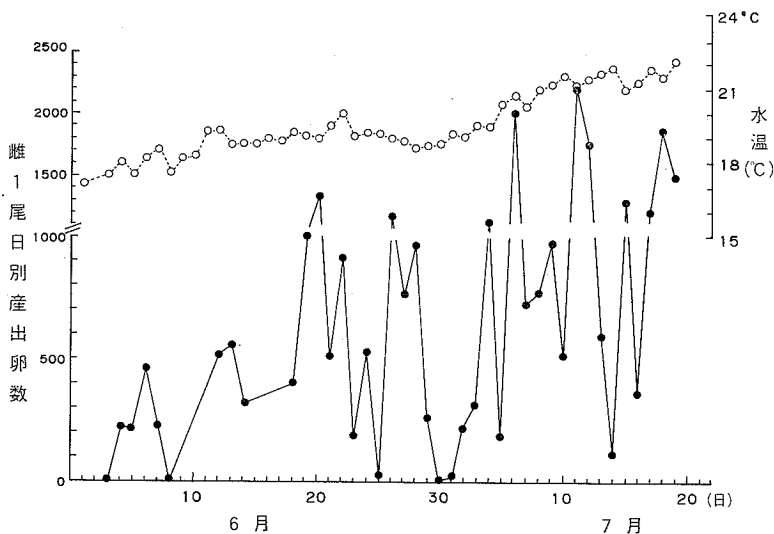


図2 飼育実験による水温，雌1尾当たり産出卵数の経日変化 (1985.6.3~7.19)
雌1尾日別産出卵数 (黒丸)，水温(°C，白丸)

次のようである。

① 産卵量からの親魚量推定

$$\text{総産卵量 } E = \frac{S}{d \cdot s \cdot r} \int u(t) dt$$

$$\text{雌親魚量 } P = \frac{E}{f}$$

ただし、S: 灘面積 (m²)，s: ネット輪部分面積 (0.159

m²)，r: 濾水率 (50%)，d: ふ化日数 (2日)，f: 産卵数 (30,000粒)，u(t): t日の1曳き網当たりの平均卵量，なお性比は 1:1 とした。

② 漁獲統計からの親魚量推定

土井ほか (1979) の方法により親魚量推定を行った。両方法から得られた瀬戸内海におけるカタクチイワシの親魚量を表1に示すが，親魚量に関してはほぼ近似し

表 1 産卵量, 漁獲統計から推定した瀬戸内海におけるカタクチイワシの親魚資源量

年次 推定方法	1979		1980		1981		1982		1983		1984	
	10 ⁶ 尾	重量(t)	10 ⁶ 尾	重量(t)	10 ⁶ 尾	重量(t)	10 ⁶ 尾	重量(t)	10 ⁶ 尾	重量(t)	10 ⁶ 尾	重量(t)
産卵量	1,123	9,379	1,601	13,475	1,919	20,518	1,181	11,629	1,627	18,501	1,781	16,654
漁獲統計	1,005	10,465	1,500	12,850	1,000	10,840	820	8,250	—	—	—	—
	1,380	14,432	1,770	15,420	1,100	12,340						

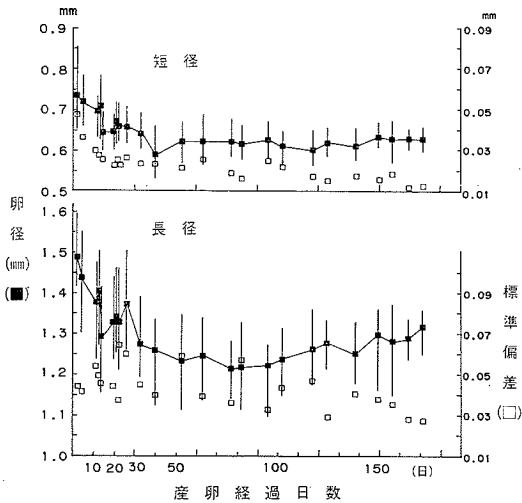


図 3 カタクチイワシ卵径の産卵開始後の時間的な変化
なお、黒四角は卵径 (mm, 上段: 短径, 下段: 長径), 白ぬき四角はそれぞれの標準偏差を表す

た結果が得られた。

2. 産卵時期によるサイズの変化

魚類の産卵数と卵サイズの間には負の相関関係があることは従来から指摘されている。即ち、大卵小産、小卵多産の関係である。カタクチイワシの卵は長球形の浮遊卵である。親魚1才魚, 2才魚について卵径(長径・短径)の産卵開始後の時間的な変化をみると、両親魚群とも産卵初期は卵径が大きいという傾向がみられた。図3に親魚2才魚のみの卵径の時間変化を示す。卵サイズは産卵初期に大きく、時間の経過と共に小さくなる傾向がみられる。すなわち、産卵初期の春に大きく、産卵数の多い夏季に小さくなることを示している。WARE (1977) は、大西洋のサバで、HISLOP (1975) はマダラの1種の飼育実験から、今井 (1985) はカタクチイワシで同様の知見を得ている。そして、この現象は餌生物への適応で

あり、餌の少ない時期は生き残りをよくするため卵を大きくし、仔魚を大きくすることで、大きな索餌能力、飢餓に耐える力および広い範囲のサイズの餌を利用する能力を高めるためと指摘している。城・宇野 (1983) は、大阪湾における動物性プランクトンの現存量は季節的消長からみると、春・秋には少なく夏季に多いと述べている。このことは、瀬戸内海におけるカタクチイワシについても、先述した WARE (1977) らの指摘が想定されるが、これらに関しては今後検討を行う。

文 献

- 浅見忠彦 (1953) イワシ類の卵巣卵に関する研究. 日本水誌, **19**, 398-404.
- 相川広秋 (1954) カタクチイワシの資源生物的研究. 九大水産学教室(謄写版), 1-20.
- 土井長之・高尾亀次・石岡清英・吉田俊一・林 凱夫・辻野耕實・鍋島靖信 (1979) カタクチイワシの資源解析. 関西国際空港漁業環境影響調査報告. 第3分冊 漁業生物編(上), 794-805.
- 今井千文 (1985) カタクチイワシの卵サイズ, 産卵数および初期減耗に対する水温の影響に関する資源学的研究. 日本生態学会関東地区会報, **34**, 9-11.
- HISLOP, J.R.G. (1975) The breeding and growth of whiting, *Merlangius merlangus* (L) in captivity. J. Cons. int. Explor. Mer, **36**, 119-127.
- 城 久・宇野史朗 (1983) 大阪湾における動物プランクトンの現存量とそれから見積もられる生産量. 日本プランクトン学会報, **30**, 41-51.
- 巻田一雄 (1954) 大阪湾重要魚類生態調査 1, カタクチイワシ. 大阪水試報, 1-20.
- 高尾亀次・岸田 達・上田和夫 (1983) 飼育実験によるカタクチイワシの雌1尾当たり年間産卵数の推定. 南西水研報, **15**, 1-11.
- WARE, D.M. (1977) Spawning time and egg size of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*, in relation to the plankton. J. Fish. Res. Bd. Canada, **34**, 2308-2315.