

寄稿

カリフォルニア沖カタクチイワシの研究

—その生物学, 資源加入と水産海洋学—

Reuben LASKER**

川口 弘 一訳***

私の研究室の主なテーマである, Northern Anchovy (*Engraulis mordax*) の加入の問題について開会記念講演のために招聘してくれた日本水産海洋研究会にお礼申しあげる。日本にくることができたこと, また, 日本のすぐれた同業の研究者とお会いできる機会がもてたことは心からの喜びである。

はじめに

まず, ノーザンアンチョビに関する我々の仕事を紹介する前に, 我々がマイワシとカタクチイワシの研究にたずさわることになった経緯につき簡単にふれておく。1949年に産業的に豊かな漁業であったカリフォルニア沖のマイワシ (*Sardinops sagax*) の漁業に大危機が訪れた。

つまり漁獲が急に落ち込み, 漁業者とかん詰業者が莫大な被害を蒙り, その結果, モントレイのかん詰の業界を始め, カリフォルニア州内のその他の地域において大きな経済停滞, 不景気をまねいた。図1にカナダからメキシコ沿岸にいたる北米大陸西海岸沖におけるマイワシ (*S. sagax*) の漁獲量の変遷が示してある。

ニシン目魚類の漁獲量の上下変動のはげしさは世界的に知られているところである。ペルー沖のカタクチイワシは, 1970年には世界最大の漁獲対象種であり, 1200万t以上漁獲されていた (図2)。そしてこの漁業の破滅は, 甚大な経済的困難を引き起こした。現在, フィッシュミールは米国ではトン当たり280ドルで非常に値が低い。これ

は従来のフィッシュミールの市場であった, 養鶏, 家畜飼料製造業界がカタクチイワシの壊滅的減少の間にその材料をカタクチイワシから大豆に切り替えてしまったことに原因する。そして14年たった今日でさえその市場は完全には回復していない。

ニシン目魚類の資源激減のもうひとつのよい例は, 日本のマイワシ (*Sardinops melanosticta*) である。図3は, マイワシ・カタクチイワシ類の個体群のもつもうひとつの特徴をよく示している。つまり壊滅的に減少した個体群が再び莫大な漁獲量をささえるまでになる回復力のあることを示している。ニシン目魚類の極端に低い資源量水準からの回復能力については, 大西洋—スカンディナヴィヤ周辺海域のニシン, チリー沖のいわしでも近年知られている (図4, 5)。ここでは話を殆んどニシン目魚類に限っているが, さば, たら, ハドックのような他の魚種にも, 同じような大きな資源量変動がみられるということを理解いただきたい。

カリフォルニア沖のいわし漁業の潰滅が主な理由となつて, 魚の資源量変動の研究を行なうためのアメリカ政府の研究所が設立され, それが現在の Southwest Fisheries Center のもとになっている。1950年代の初めに, カリフォルニア沖のマイワシに何が起ったかを明らかにするために共同研究組織が作られ, それには Southwest Fisheries Center, Scripps Inst. of Oceanography, California Department of Fish and Game が参加した。今日この組織は the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation いわゆる CalCOFI として知られているものである。研究の初期の段階からこれにたずさわる研究者は, 生態系という観点からこの問題にアプローチした。このことは, 単にマイワシのみを研究するのではなく, カリフォルニア沿岸及びカリフォルニア海流域のすべての重要魚種が研究されねばならないということの意味していた訳である。これらの研究の初期の主

* 本寄稿論文は, 水産海洋研究会創立25周年記念シンポジウムにおいて Lasker 博士が講演した原稿全文をほん訳したもので, 本文中, 図, 表, 文献は割愛してあるが, それらは水産海洋研究会25周年記念誌「21世紀の漁業と水産海洋研究」を参照されたい。

** Southwest Fisheries Center

*** 東京大学海洋研究所

要な推進者が E. H. AHLSTROM 博士である。彼は、(1) どのようにいわしは分布するのか？(2) そのポピュレーションは、時間的にどのように変化するのか、という問題を明らかにするために、カリフォルニア沖の魚類プランクトンに関し、ユニークな調査を始めた。

次のスライドは、どのようにマイワシのポピュレーションが時間的に変化するかを魚類プランクトン調査を使って行なった例である。まず最初に研究検定された仮説のひとつは、年級群の優劣が環境要因によって決定されていないかということであった (SETTE 1943)。

カリフォルニア沖では、マイワシが減少しつつある一方でカタクチイワシは増加しつつあり、漁業もカタクチの方へ移行したし、研究者の興味もまたカタクチの方へ移って行った。この両種は、同じような餌料生物を捕食し、その産卵の時期と海域も重なっていることが知られていた。カリフォルニア沖のすべての重要種を研究するという AHLSTROM 博士の主張によって、マイワシとともにカタクチイワシの研究も平行して行なわれていたので、当時カタクチイワシが我々にとって全く新しい研究対象ということではなかった。

ニシン型魚類のポピュレーション変動にみられる大きな振れは、比較的周期的かつ他に例の少ないものであるから、これらの魚類は、資源加入の研究対象として絶好のものであるといえる。

1. カタクチイワシの資源加入量は、密度依存か密度独立か

ペルー沖における莫大なカタクチイワシ漁業の潰滅にいたる原因の調査では、漁獲強度が強すぎて親資源の量が次の新しい年級群の生残を保証できない程度まで低くなってしまったこと、つまり人間による漁獲が主原因だという結論に到っている (MURPHY, 1974)。しかしここでも環境要因の影響を無視し切れないでいる。

カリフォルニア沖のマイワシに何が起ったかということに関し、1950年代初期にこれらを研究していた CLARK and MARR (1955) は、このいわし資源の再生産過程の成功のためには最低限界資源量なるものが存在するのではないかと考えていた。しかし、彼等はそれがどの位で限界なのかを決めることはできなかった。MARR は、環境要因中の何かが原因して、資源が最低限界レベル以下に減ってしまうのだとしており、一方 CLARK は乱獲によると主張している。

今日においても、このへんの混乱は依然存在している。いまだに研究者は年級群を決定する要因は密度依存

的なのか密度独立なのか、あるいはその両方がからんでいるのかを明らかにしようとしている。密度依存ということになると産卵に関与する資源量と産卵された卵の数が加入資源量と直接関係をもつということになる。一方密度独立ならば、資源量変動の主な要因は環境要因ということになるであろう。

2. カリフォルニア海流と南カリフォルニア・バイト

図7に示すカリフォルニア沿岸沖合域の衛星写真は、この辺の一般的海況を表している。150km 沖合にはカリフォルニア海流が流れており、これは大規模な時計回りに流れる North Pacific Gyre の一部をなしている。カリフォルニア沖のカタクチイワシ (Northern anchovy) とマイワシ (Pacific sardine) は、沿岸性の魚で、カリフォルニア・バイトを主な生息域にしている。カリフォルニア沿岸域は、全般に湧昇のさかんな海域で、カリフォルニア・バイトは、海岸線が内側にへこんでいることと、the Channel Islands によって沖合の方がかまれていることによって他とかく離された地形になっている。マイワシとカタクチイワシの分布図をみるとカリフォルニア・バイトが彼等の生息域として非常に重要な海域であることが分かる。そして、彼等のポピュレーションがバイトの収容能力を越えるようなときにはバイトの外へも分布を拡大していることが分る (図8, 9)。

3. 古堆積物にみられる記録

スクリプス海洋研の SOUTAR and ISAACS (1974) は、カリフォルニア・バイトにある Santa Barbara Basin の無酸素層から採取したコアを使ってカタクチイワシ、マイワシ、ヘイクの資源量水準に関する情報を得ようとした。これらのコアは Varves と呼ばれており、数千年にわたる攪乱されていないセディメントを含んでいる。魚の鱗が海底に落ち堆積し層状になっていてその年代を正確に測定することが出来る。魚鱗を堆積物の年代毎に調べることによって、カタクチイワシ、マイワシ、ヘイクの資源量水準を示す指標を得ることが出来る。図10に、彼等の論文から引用したデータを示す。これらの魚の漁獲が行なわれていなかった1800年からの各種の相対的資源量水準の変化を示している。この結果は明白で、漁業が行なわれていない時代からマイワシやカタクチイワシの資源量は変動していたことが分る。1855年と1865年に特別に優勢な年級群が出現したが、これとても1870年代の自然でしかし急激な落ち込みを防ぐことは出来なかつ

た。我々の研究のきっかけとなり、かつ漁獲量の減少を伴った1940年代の急激な資源の落ち込みも、このサンタバーバラ ベーズンのコアに読みとることが出来る。

4. 日本産マイワシ

マイワシ (*Sardinops melanosticta*) の例は、もし生残に関係する要因が良好なら、ニンシ型魚類は資源回復能力をもっているのだということを示した注目すべき例である。

事実上漁獲不能な資源量レベルから1984年の日本沖における420万tの漁獲レベルまでの回復が起こったのである。近藤(1980)によると黒潮流軸の変化により1972年級群の仔稚魚が特によい環境条件に恵まれたであろうという。ここで重要なことは、この例が非常に低レベルの資源量水準からでもニンシ型魚類は普通では考えられないような高レベルの加入を行なうことができることを示していることである。

5. カリフォルニア沖カタクチイワシ

他のニンシ型魚類と同様カリフォルニア沖カタクチイワシ (Northern Anchovy) も沢山の卵を生む。雌は約4ヶ月間の産卵期に20~30回産卵する。カリフォルニアからバハカリフォルニアにかけての沿岸域での産卵期は12月から4月で、この産卵回数は、私の同僚のハンター博士とゴールドバーグ博士により1980年に明らかにされている。そしてこれは、浮魚に関する我々の知識、理解に重要な貢献をしたものである。

これは、産卵数と産卵回数に基づき、加入量が密度依存するのか、それとも環境要因にコントロールされる密度独立なのかを確かめる手段を我々に与えてくれた。

6. 摂餌開始仔魚とクリティカル・ピリオッド

Johan HJORT は、1913、1926年に大西洋スカンディナヴィア海域のニンシに関し、摂餌可能期に達してすぐに適当な餌にありつけない場合、仔魚は死亡するというを示唆している。このことは、摂餌開始期に餌となる特定の植物プランクトンとノープリウスが同時に繁殖発生していなければならないことを示している。HJORT のこの仮説は、フランスの FABRE DOMERGUE and BIETRIX (1905) による初期の飼育研究に基づいている。つまり彼等はシタビラメの1種 (*Solea solea*) の仔魚が卵黄吸収以前に餌をさがし始め、それに失敗すると“anaemic”貧血になり、飢餓で死亡するとした。ノルウェー近海では時々数種の異った魚類が同時に卓越

年級群を発生させるという事実があった。HJORT はこのシタビラメを用いた実験室での観察結果により卓越年級群の同時発生が説明できるのではないかと考えた。つまり仔魚の餌が十分のときは、多くの種が餌にありつるということである。

仔魚の初期生活史において、ある時期の摂餌の成功・不成功がその年級群の優劣を決定してしまうような時期が存在するという考え方は、“クリティカル・ピリオッド”仮説と呼ばれて来た。この仮説は、ラホヤにおけるカタクチイワシ仔魚の死亡率と生残率の研究の動機となったものである。しかし、我々の研究の初期の段階で仔魚の死亡には2つのプロセスが関与していることが分ってきた。それは、飢餓と被食である。この2つのプロセスをカタクチイワシに関連させてお話ししたい。

7. 摂餌開始期の仔魚の死亡に関する実験

我々のカタクチイワシに関する実験室での研究で常に示されたことは、何尾かの仔魚の生残り、それは通常非常に低いパーセンテージであったが、を確保するための唯一の方法は、餌料密度を高くするというであった。この観察は我々が外洋域で知っている事実と相容れないように思われた。例えば、実験室内での飼育では1ml当り約1個体、つまり1000個体/lのノープリウスが必要だということが分った(O'CONNELL and RAYMOND, 1970)。ところがカリフォルニア海流域で観察されるノープリウスの最大密度値はわずかに200個体/l位のものである。(BEERS and STEWART, 1967; LASKER, 1978)。他の飼料生物もカタクチイワシの生長と生残に有効なことが明らかになったが、その最低有効餌料密度はノープリウスよりさらに高いものであった。例えば、無殻鞭毛藻類の *Gymnodinium splendens* は、30,000個体/lまたはそれ以上の密度でよい飼料であることが分ってきた。問題は海洋のどこに適当なサイズの餌が適当な密度で存在するかを見つけることであり、かつ何がそれらの分布や密度を規定しているかである。このことが分かると、次の目標は仔魚餌料条件に基づき仔魚の生残がよいか悪いかを予測すること、更には卓越した年級群が出現するかどうかを予測することである。

8. しけと湧昇の影響

カタクチイワシ仔魚の餌料生物の餌料としての評価を1974年に考え始めた。研究室で採卵・孵化させたカタクチイワシの仔魚を実験水槽に入れて実際の海にもって行き、生息海域のいろいろな深さから採水した異った餌料

密度の海水で飼育した。その結果意外なことがわかった。餌として適当なサイズと密度をもった生物 (20~30 個体/ml 以上) は大部分鞭毛藻類であり、それはクロロフィル極大層附近に層状に分布していた (表1)。20~30 個体/ml というのは摂餌開始期の仔魚に必要な最低密度と思われた。このフィールド実験の間にしげが1日あり、我々は港に避難した。翌日実験現場に戻ったときは、仔魚の餌料生物の成層はなくなっていた (図11)。風による攪はんで餌料生物の集合がこわされ、希釈された結果、カタクチイワシ仔魚の摂餌開始期における最低必要餌料密度以下になってしまったことは明らかであった。これにより私は、しげによる成層のみだれがカタクチイワシ仔魚の生残、ひいては加入に関係しているかも知れないという仮説をもつに到った。換言するならば、変動のない安定した海況は、仔魚に必要な最低餌料密度に餌料生物が集合するのに有利に働くということである。

次の年 (1975年)、カタクチイワシ仔魚に好適なサイズの餌料の成層に及ぼす風の影響を調べるために大がかりな海洋調査が準備された (LASKER, 1978)。このとき自然はまたまた興味深い実験を演じてくれた。天候は静かで、海況は安定し、成層が発達していたのだが、有殻鞭毛藻類の *Gonyaulax polyedra* の赤潮がカタクチイワシの産卵期前半を通じ仔魚の生息環境を支配していた。それ以前に、実験室内で *Gonyaulax* は摂餌開始期の仔魚に活発に利用されるが、仔魚は成長せずまもなく死んでしまうことが分っていた (SCURA and JERDE, 1977)。産卵期中頃にカリフォルニア沿岸域に湧昇を起こさせる北西風が吹き、この風は、*Gonyaulax* を吹きはらってしまう程強いもので、栄養塩の豊富な水を運び込み、それが珪藻のブルームを引き起こした (図12)。しかし我々の室内実験の結果では珪藻はカタクチイワシ仔魚に利用されないことが分っていた。このような訳で1975年の仔魚の生息域には餌料価値の低い2つのタイプの植物プランクトンが優占していたことになる。このようなことから、1975年級群のレベルが莫大な産卵 (図13) と1次生産量 (図14) があったにもかかわらず、過去16年の記録中最悪のものであったということは偶然の出来事ではなかったと確信している。仔魚の生息環境における主な餌料密度がその生存と生き残りを保証するほど十分でなかったために大部分の仔魚が飢餓状態となり加入に失敗したのだと考えられる。

1978年には全産卵期を通じてカタクチイワシシラスの生息域を調査する機会を得た (LASKER, 1981)。1977年

12月、つまり産卵初期に米国太平洋岸を非常に大きな嵐が襲い、その後翌年3月まで頻繁に小さな嵐がやってきた (図15)。1977~8年にかけて南カリフォルニアの降雨量は20年間の最高 560mm を記録し (過去100年の平均は250mm)、更にこれらの嵐は広い海域を襲い、カタクチイワシの産卵海域全域に影響を与えた。過去の研究成果に基づき、私は摂餌開始期仔魚に適当な餌料生物の集合がみられないことを予測した。そして嵐の最中にも産卵は盛んに続けられているにもかかわらず、予想通り餌料生物の成層集合の方は見いだすことができなかった。3月に嵐は治まり、安定した海況が再び訪れ、5月初めの産卵終期までつづいた。カタクチイワシ仔魚の餌料生物の成層化 (層状分布) は、3月中旬には明らかに観測され、それが産卵終期まで続いた。

私は、1978年級群の産卵期前半の生き残りは非常に悪いが、3月中旬から5月初めの産卵終期にかけては良好または非常に良好となるだろうと予測した。この予測は METHOT (1983) により確認されている。つまり彼は、1978年級群の未成魚の誕生日組成が私の予測と一致していることを示すことができたのである。産卵期の12月~3月期と3月~5月期とをくらべると産卵量はほぼ等しいにもかかわらず、生き残り数は3~5月期の方がはるかに多かったのである (図16)。

9. 仔魚の飢餓

現場における仔魚の飢餓は非常に重要な現象の可能性があるので、Southwest Fisheries Center の研究者達は、形態測定学または組織学的方法を用いて、飢餓の程度を数量化することを試みた。O'CONNELLE (1976, 1980) は仔魚が飢餓状態にあるか否かを定める組織学的な指標を研究発展させた。最近、THEILACKER (1986) は O'CONNELLE のデータを再検討して、組織学的に見ると毎日かなりの数の仔魚が飢餓状態になっていることを明らかにしている。例えば、1977年3月には、毎日35~46%の仔魚は飢餓により死亡しつつあることが示された。THEILACKER はまた、アジ (*Trachurus symmetricus*) について、外洋域の貧栄養の産卵海域では摂餌開始期の仔魚は大部分飢餓状態にあること、しかし島の周辺のような富栄養の海域では大部分がよく摂餌をしていることを示している (図17)。

10. 仔魚の輸送

衛星による赤外写真や Coastal Zone Color Scanner による観測では、環流 (Gyres)、島の影響、フロント、

そして湧昇の流れ出しとはカリフォルニア及びバハカリフォルニア沿岸の海洋構造の中で最も顕著な特徴である (LASKER *et al.*, 1981; FIEDLER, 1983)。米国西海岸沖湧昇域では沿岸から 100km あるいはそれ以上沖まで沿岸水が“ジェット”となって流れたことのあることが衛星写真でわかっている。このような衛星による情報が得られるようになる以前には、外洋に向けて流れ出す沿岸水の拡りの重要性が十分認識されていなかった (図18)。

南西水産研究所 (SWFC, La Jolla) での最近の研究によれば、カタクチイワン仔魚は通常カリフォルニア・バイト内に限って分布するが、時には生残に著しく不適な外洋域にまで流されてしまうことが分ってきた。この種の外洋へ向けての強い流れは大きな環流 (Gyres) と関連づけて理解されるようになってきた (FIEDLER, 1986)。

PARRISH *et al.* (1981) は、通常の輸送状態からの振れにより、仔魚が生存不適な餌の乏しい海域に運び去れることによって年級群への加入が著しく損われる可能性があることを仮説として提出している。METHOT (1983) は、1978年と1979年級群を比較し、1978年産卵期前半の仔魚の比較的低い生残率にもかかわらず、1978年の加入量は過去における最大なもののひとつであった。これに反して、1979年級群の加入は極めて低い水準であった。彼はこの差を1979年における湧昇の増加及び餌料条件の悪い外洋域への仔魚の輸送の増加が原因としている。ただし外洋への流出が機械的に引き起こされるとしても、結局は仔魚の餌料不足がレベルの低い年級群出現の原因となるという仮説が依然として主流である。

外洋への流失は、ある特定年級群の生残を低くする可能性のあるメカニズムのひとつである。しかしカタクチイワンとマイワシはその進化の過程で湧昇と外洋への輸送が最も穏やかな場所 (California Bight) と時期 (晩冬から早春) に産卵するようになったようである (PARRISH *et al.* 1981)。カタクチイワシの3つのサブポピュレーションの主産卵場の風による混合と安定度指数を比較すると、産卵のピークは季節的にも海域的にも安定した成層期、つまり比較的攪拌エネルギーの低い時期 (風弱い) と、外洋への輸送の弱いとき (湧昇の弱いとき) に一致している (HUSBY and NELSON, 1982)。BAKUN and PARRISH (1982) らは、カリフォルニアとペルー沖のカタクチイワシを比較し、強い攪拌混合と外洋への輸送を伴う湧昇活動が最大となる中心海域をカタクチイワシが常にさけることを示した。大きなストックは、攪はん混

合の低い、湧昇の中心からはずれたところに出現する傾向がある。

11. 加入量変動の海洋学的説明

ある特定の海洋学上の出来事がカタクチイワン仔魚の生残に影響を及ぼしていることは、これまでカリフォルニア沖で行なった我々の仕事から明らかなことである。まず第1に湧昇はその起るタイミングとカタクチイワン仔魚のそれに対する反応によってプラスにもマイナスにも作用する。例えば、持続する北西風による湧昇は、沿岸域で栄養塩を表層に供給し、コペポダのようなカタクチイワシの仔稚魚の餌料生物に好都合な生息環境を作りあげる。一方、持続する湧昇、余りに強すぎる湧昇は、仔稚魚の生残に必要な高い餌料密度形成に必要な成層をこわしてしまう可能性がある。このことは産卵期に特に重要である。更に湧昇が持続することにより、仔稚魚が餌料条件の悪い外洋へ流されてしまうこともある。湧昇の結果珪藻の生産されるような場合は、カタクチイワン仔稚魚はこの恩恵に直接あずかれない。特に摂餌開始期の仔魚にとっては最悪である。しかしながらもっと生育の進んだ仔魚にとっては、珪藻を餌として増殖を加速したコペポダのノープリウスが増えるということでも有利になる。

しけは、(高密度)成層した仔魚の餌料の分布を乱し、それが再び成層するのを妨げることによって、仔魚の生残に大きな影響を与える。私のラホヤの同僚研究者である PETERMAN 博士と BRADFORD 氏は、13年間の風のデータを分析し、カタクチイワン仔魚の平均瞬間死亡率と産卵期の各月毎に4日間風の静かな日が続いた回数との関係を調べた (図19)。これらの間には $r=0.81$ という非常に高い有意な相関が見られ、この種の仔魚の生残には、海況の安定が必要条件であるという考えを支持している。FORSBERGH (印刷中) は、24年間の漁獲量データを分析して、風速の3乗と太平洋の広汎な海域におけるカツオ (Skipjack tuna) の1年魚の漁獲量の間には非常によい相関のあることを示した。このように海の安定が、よい年級群の出現には必要であるという考えは他種にも当てはまるようである。

12. 発育の進んだ仔魚と死亡曲線

HJORT の仮説には発育の進んだ仔魚は省かれているが、多くの研究者は、摂餌開始期の仔魚の高死亡率よりも、仔魚期全体を通じての死亡率の方が加入決定により密接に関係していると考えている。この考えは、我々が

摂餌開始期仔魚の死亡率だけでは加入を説明出来ないことからでてきている。すべての発育段階の仔魚が加入量決定に関与しているのではという疑問に答えるには、年間死亡曲線を正確に把握することが必要であるがまだできていない。カタクチイワシに関しては、我々の得た最もよい死亡曲線は、数千平方 km 以上の海域におけるカタクチイワシ産卵中期の40日間にわたって得られた卵仔魚の数から求めたものである(図21)。プランクトンネットの網目からの卵仔魚の抜け、大きくなるにつれて起こる網からの逃避、各々の生長率の考慮、卵には孵化後日数とは独立の死亡率を、仔魚には日令に応じた死亡率を採用して補正が行われた(Lo, 1986)。この曲線の精度がよくない為にライフサイクルのなかの特定時期が加入量に決定的に影響しているかどうか判断することはむずかしい。PETERMAN (MS) は、うまい統計的方法を用いて、摂餌開始期のカタクチイワシの死亡率や出現量からその年級群の加入を予測するのは難しいことを示している。これらの間の有意な相関を得るためには、仔魚期全体を通じての死亡率を考慮すべきことを彼のデータは示している。

13. 被 捕 食

卵仔魚の死亡率に加入量変動の原因を求めようとする試みのなかで、ラホヤでの我々の仕事はもうひとつの大きな仮説のもとに行なわれている。それは被捕食が仔魚死亡の主原因の1つであるという仮説である。LILLE-LUND and LASKER (1971) によるコベポーダが摂餌開始期仔魚を捕食し得るという論文以来、仔魚を捕食する多くの海産生物に関する研究が行なわれている。例えば、オキアミ (THEILACKER and LASKER, 1974)、クシクラゲとクラゲ (PURCELL, 1985; BAILEY and BATTY, 1984)、ヤムシ (ALVARIÑO, 1985) そして魚 (HUNTER and KIMBRELL, 1984) などである。最近の SFC における THEILACKER 等 (1982) による免疫学的方法を使った新しい研究では、卵黄期仔魚のオキアミによる捕食が明らかになっている。しかしながら現在我々が到達し得た結論は、他の海産生物と同じくカタクチイワシ仔魚もまた捕食されているが、これまでのところどの程度かは分からないといったところである。

14. 密度依存型の個体群調節

ニシン型魚類の個体群変動に密度効果を当てはめることは極めて困難である。日本のマイワシの例からみると、条件さえよければ通常の年級群を確保するのに必要

な最低資源量など存在しないようにみえる。一方、ある場合には、2種が何らかの形で相互に作用し、それが見かけ上一方が他方に影響を与えているようにみえることがあるというよい証拠もある。カリフォルニア沖でのマイワシの減少期間中におけるカタクチイワシの増加はこの可能性を示唆している(図22)。一方ペルーとチリーではカタクチイワシの減少にともないマイワシ資源が大きく増加している(図5)。私の研究室の BUTLER 氏は、イワシの仔魚の死亡率をカタクチイワシの資源量水準と関連させ、マイワシ卵のカタクチイワシによる捕食がカリフォルニア沖におけるマイワシ資源崩壊の原因である可能性の高いことを指摘している。(BUTLER, 1987)。

ラホヤの水産研究所におけるカタクチイワシ漁業の管理において、もっとも重要なことは生物量を正確に決定する方法の確立である。我々はそのために“Egg Production Method”つまり産卵量から親資源量を推定する方法(LASKER, 1985)を工夫した。そして今では、6年間の産卵数と産卵親魚の年変動に関するデータを蓄積するに到っている。これらのデータを表2に示す。カリフォルニア沖でのカタクチイワシの生物量は増加しつづけていること、及び産卵総数、個体別産卵数、産卵頻度といったカタクチイワシの生物学的なパラメーターがそれなりの一貫性を示していること、しかし1982~3年に起きたエル・ニーニョによって変化がもたされていることを示している。

15. エルニーニョ (El Niño)

ニシン型魚類の個体群に影響を与えている最も興味深い環境変化のひとつが、エルニーニョとして知られている東太平洋の大規模な暖化現象である。1982~3年にかけて起きたエルニーニョは、今世紀で最も印象的な出来事で、ペルーからカリフォルニアにかけての漁業に影響を与えた(表3)。カリフォルニアとペルー沖の両海域において、動物プランクトンの生産量が平年より著しく低かった証拠がある。これが原因で、ペルー沖ではカタクチイワシとマイワシの体重がそれぞれ30%と15%減少し、産卵総数も減ったといわれる(ARNTZ, 1986)。我々のカリフォルニア沖でのデータも1983年の雌の体重に同様な減少がみられ、かつ産卵回数の減少、1回当たり産卵数の減少もみられたが、この減少にもかかわらず、総産卵数はほぼ平年並みであった。これは1983年の資源量が82年よりやや大きかったことと、高水準の影響で前年より1年魚の産卵が多かったことによる(FIEDLER, et al., 1986)。この大規模なエルニーニョの漁業への

影響に関する限り、個体群や総産卵数の変化による影響というよりは、魚の分布海域の変化とそれによる漁獲効率の変化による影響のように思える。

16. SARP (Sardine/Anchovy Recruitment Project)

これまで紹介してきた研究は、かつては不可能であった加入量に関する研究の基礎を与えた。現在我々は、産卵期間中の諸現象を分析出来るようになったし、ある特定の海洋学的現象が仔魚の生残や死亡に及ぼす影響を測ることができるようになった。コホート解析を併用して、我々はある年級群の豊凶を何が決定しているのかに答えることができるようになるだろう。IOCとFAOとは、このアイデアにもとづく研究計画推進を支持しその計画はSARPと呼ばれている。ここで私は、このような計画がどのようにして総合され、どのような測定が必要なのか、そしてそれらのデータから何が分るのかということについて概説してみたい。

17. 仔魚の生産

SARPの基礎となるものは、月別の仔魚生産量と生残率であり、それらは大型の仔魚や幼魚の日令から求められるものである(METHOT, 1983)。耳石に出来る日輪を数えて仔魚や稚魚の日令を正確に知ることができるようになって、水産研究者は、加入量研究に強力な武器をもつことになった。我々は日令の分っている仔魚の耳石上の輪較を計数し、それが日に1本できることを証明した(BROTHER, MATHEWS and LASKER, 1976)。それ以来、多くの種が研究され、日輪をもつことが分ってきた。カタクチワシの産卵期は1月から5月までと長いので、産卵期中に起こった環境要因を仔魚の生残と結びつけて考えることは可能である。であるからニシン型魚類の大部分はこのような手法で研究できる。完全な解

析には、単一年級群の個体数と質、産卵総数、産卵親魚量、食害生物の分布と密度、仔魚の産出数、飢餓仔魚の割合、仔魚の生長速度、卵・仔魚期を通じての死亡率、産卵期を通じての後期仔魚量の推定などの情報が更に必要である。これまでのべてきたカタクチワシの資源量推定法としての総産卵数法(Egg Production Method)は、これらのパラメータの多くを提供してくれる。これに対し、漁獲統計は加入量や親魚の情報を与えてくれる。

そこで、IOCのワーキンググループによって、加入量研究に最低限必要な計画が決定された。

- 1) 定量的仔魚調査と総産卵数による資源量調査が実施されること。
- 2) 大型仔魚と稚魚を十分に採集し、耳石の日輪による日令査定を行ない誕生日組成を明らかにすること。
- 3) 海洋物理学的観測とモニタリングが産卵期を通じて行なわれること。
- 4) 気象観測(特に風)が船及び陸上で行なわれること。
- 5) 年級群強度の定量的解析が漁獲統計資料から行なわれること。

マイワシ類やカタクチワシ類は、これらの研究対象として最も重要なものである。というのは、これらの魚類は長い産卵期、耳石の日輪が読み易いこと、多回産卵を行なうこと、他と独立した資源であること、変動の激しい個体群であることなど、研究成功に必要な条件をすべて備えているからである。更につけ加えるならば、場所によってはこれらの適当な採集や漁獲統計試料があり、かつその地理的分布範囲もわかっており、商業的に重要な種であることが上げられる。

(訳註: カリフォルニア沖のマイワシ及びカタクチワシの1種をすべてマイワシ、カタクチワシと訳した)