

1. 海洋生物の生産力把握に関する調査をめぐって

青山 恒雄 (東京大学海洋研究所)

1980年11月に、科学技術庁資源調査所から“海洋生物の生産力把握に関する調査”と題する報告書が出された。289頁に及ぶかなり大部のものである。この報告書は200海里時代を迎えて、わが国周辺の漁業生産力を評価しようとしたものである。

ここでは、上記報告書作成に際して行われた論議の中から、問題点のいくつかを拾い出して述べると共に、作業結果の一部を紹介して、海洋生産力に関する論議の糧としたい。

上記報告書の作成は、資源調査会海洋資源部会(天野慶之部会長)の海洋生産力小委員会(木部崎修委員長)により行われた。委員構成は次のとおりである。

[水産庁関係] 浅野一郎, 浅見忠彦, 安楽正照, 須田明, 多々良薫, 長崎福三, 林繁一, 藤谷超, 三谷文夫

[気象庁] 古橋賢造

[文部省関係] 青山恒雄, 遠藤拓郎, 西沢敏, 弘田礼一郎

また、低次生産の見積りの作業には、上記委員の他に水産庁関係から、宇野史郎, 小達和子, 木立孝, 小笹悦二, 森岡泰啓の諸技官, 北海道水試から小鳥守之技師, 気象庁から松崎正夫技官が参加した。科学技術庁側の担当官は資源調査所の伴義之調査官であった。

本小委員会は、1979年4月から2年度にわたって持たれたが、それに先立ち、1978年度に委員会活動準備のための研究会が資源調査所活動として持たれた。委員会は、海洋生物生産の基本的問題についての論議から始まり、以下にのべる項目別の論議に移った。論議の内容を含めて項目別担当者が報告原案を作成し、次回委員会で再度検討するという方法で作業を進めた。項目別担当者は次のとおりである。

海洋生物生産の特性の明確化と海洋生物資

源の利用……………長崎福三
日本近海の低次生産力……………西沢 敏・安楽正照
過去の漁獲量からみた日本近海の漁獲可能
量……………青山恒雄・長崎福三
浮魚類の生産……………林 繁一・三谷文夫
底魚類の生産……………浅見 忠彦
一過性魚類の生産……………林 繁一

内海, 内湾性生物の生産……………多々良 薫
増養殖技術からみた生産増大の可能性……………

……………浅野一郎・須田 明
基礎生産量と漁獲量との関係……………青山 恒雄
漁業による基礎生産の利用……………多々良 薫
日本近海における基礎生産量と漁獲量と
の関係……………青山 恒雄
日本近海からの漁獲可能量等の推定……………
……………青山恒雄・伴 義之

海洋における低次生産に関する問題

海域からの漁業生産可能量を推定する方法として本調査においては、漁獲統計を第一の基盤において解析を進めたが、基礎生産力をも重要な要素としてとりあげ、基礎生産力と漁獲量との対比で考察を進めた点に特徴がある。ここで先ず問題となるのが、海域別の基礎生産力の推定値である。‘一般に使用される概括的な値、たとえば RYTHER (1969) の、外洋域 50, 沿岸域 100, 湧昇域 300 gc/m²/年 といった値で計算してよいものか’ ‘それとも海域別の実測値によるとすれば、使用に耐えるような測定値が実際に有るのだろうか’ ‘年当たりとして使用するからには年間の代表値としてふさわしいものでなければならないが、そのための測定法はどのようなものであろうか’ ‘外洋に適用できるような方法は有るのだろうか’ などと論議は尽きなかった。

結局、¹⁴C 法等の直接測定法でなく、生物現存量から生産量を推定する方法をとることとした。その方が測定値も多く得られるし、年間の代表値としてもより妥当であろうと考えたからである。この作業は低次生産力班により、遠藤, 弘田委員および前記した水研・水試・気象庁からのプランクトン研究者が協同して進められた。その結果は、

資源調査所(1980): 日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査, 科学技術庁資源調査所部内資料。第9号。274p.

として報告されている。この作業は、既往のプランクトン採集結果を、海域別プランクトン現存量および生産量として換算し、基礎生産から動物プランクトンへの転送効率をも求めた点で特筆に値するものである。また動物

表 1 日本近海における低次生産力

| 海 域 | 事 項 | 動物プランクトン生産量 mg-c/m ² /年 | | | | 植物プランク トン生産量 mg-c/m ² /年 (d) | 転送率 (a)+(b)+(c) (d) |
|-----------|-----------|------------------------------------|---------------------|---------------------|--------|--|---------------------------|
| | | ネットプラン クトン (a) | 小型プランク トン (b) | 微小プランク トン (c) | 小 計 | | |
| 北海道海域: | 噴火湾 | 2,344(4) | 21,096(12) | 5,860(50) | 29,300 | 44,968(8) | 0.652 |
| | 道南 | 2,356(4) | 21,204(12) | 5,890(50) | 29,450 | 43,216(8) | 0.681 |
| 三陸沖海域: | 親潮域(1955) | 549(1.5) | 4,392(12) | 1,830(50) | 6,771 | 394,200(10) | 0.017 |
| | " (1970) | 2,804(1.5) | 22,428(12) | 9,345(50) | 34,577 | 394,200(10) | 0.088 |
| 日 本 海 海 域 | | 2,500(4) | 22,500(12) | 6,250(50) | 31,250 | 64,897(7) | 0.482 |
| 東海区海域: | 黒潮域 | 1,676(4) | 15,084(12) | 4,190(50) | 20,950 | 43,253(5) | 0.484 |
| | 駿河湾 | 2,952(4) | 26,568(12) | 7,380(50) | 36,900 | 126,047(7) | 0.293 |
| 瀬戸内海: | 燧灘 | 940(5) | 6,768(12) | 2,350(50) | 10,058 | 81,249(6) | 0.124 |
| 東シナ海: | 大陸沿岸水域 | 1,356(4) | 12,216(12) | 4,240(50) | 17,812 | 81,760(10) | 0.218 |
| | 中間水域 | 1,580(4) | 14,208(12) | 4,940(50) | 20,728 | 77,380(8) | 0.268 |
| | 対馬暖流域 | 1,780(4) | 16,032(12) | 5,615(50) | 23,427 | 49,494(6) | 0.473 |
| | 九州沿岸水域 | 4,536(4) | 40,824(12) | 14,175(50) | 59,535 | 77,672(7) | 0.766 |
| | 黒潮域 | 2,600(4) | 23,400(12) | 8,125(50) | 34,125 | 39,785(5) | 0.858 |

プランクトン現存量については、ネットプランクトン、小型プランクトンおよび微小プランクトンに3分して推計するという配慮も行っている。

表 1 に低次生産力と転送効率の推定値を示す。ここで、植物プランクトン生産量（基礎生産）は、クロロフィル a の実測値から求められた。植物プランクトン生産量の項における（ ）内の数値はクロロフィル a 量当りの光合成量 [gc/g] として使用した値である。動物プランクトン現存量は、ネットプランクトン量を基礎として、小型プランクトンと微小プランクトン量を推定した。生産量は現存量に年間世代数を乗じて求めた。表中の（ ）を付した数値が年間世代数である。表の右端にこの作業から求められた転送効率を示してある。結果は、三陸沖親潮域の 0.017 から東シナ海黒潮域の 0.858 の間に分散しているが、この種の試算としてはこの程度の分散は止むを得ないとみられる。ここで転送効率を植物プランクトン全体の生産に対する動物プランクトンのその比として求めているが、このような単純化が許容されるかどうか疑問が残されている。たとえば、ナノプランクトンからネットプランクトンに至る過程が単純な 1 段階であるとは考えられない。

基礎生産量と漁獲量との関係

この調査の特徴の一つは、食物連鎖の簡単なモデルを考え、漁獲量を栄養段階別漁獲量に分解し、栄養段階間の転送効率を利用して漁獲量を基礎生産量(食餌要求量)に換算し、プランクトン調査から求めた海域の全基礎生産量と対比した点にある。

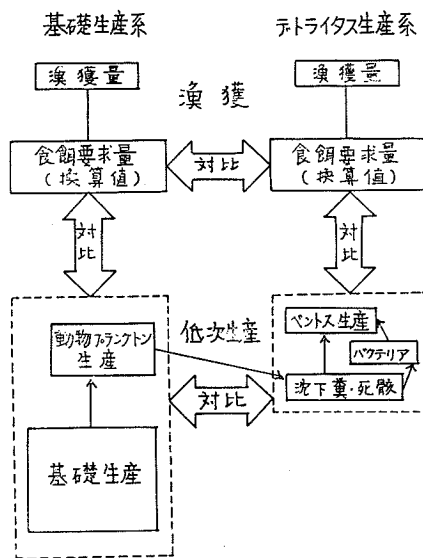


図 1 単純化した基礎生産と漁獲の関係

さらに、生産系を基礎生産系とデトライタス生産系に 2 分し、各系別に上記の対比を行うと共に、漁獲量から換算した基礎生産量の系間の対比を行ったのも特徴である。これらの関係をモデル化して図 1 に示した。なお、デトライタス生産量は基礎生産量の 45% 程度と推定した。計算の詳細は割愛するが、主な根拠は次の諸点である。まず、糞排出量を摂餌量の 30% 程度とみたこと、上位栄養段階の生物に捕食される割合を、植物プランクトンでは 1、その他では 2/3 程度とみたこと、捕食を逃

シンポジウム「水産海洋」

表 2 海域別漁業生産の状況

| 海 域 | 近海漁場 面積 ×10 ⁴ km ² | 基礎生産 力 g-c/m ² 年 | 利 用 率 | | 比 (D)/(P) | 500m 以浅の 面積 ×10 ⁴ km ² | 全漁獲量 (C) ×10 ³ トン | (C)/km ² トン |
|---------|--|-----------------------------------|-------------|---------------|--------------|---|------------------------------------|---------------------------|
| | | | 基礎生産 (P) | デトライタス (D) | | | | |
| オホーツク海 | 4 | 394 | 0.08 | 0.05 | 0.27 | 4 | 685 | 18.9 |
| 太 平 洋 | 30 | 200 | 0.32 | 0.06 | 0.07 | 16 | 2,930 | 18.7 |
| 日 本 海 | 40 | 70 | 0.39 | 0.10 | 0.11 | 32 | 2,160 | 6.8 |
| 瀬 戸 内 海 | 1.9 | 81 | 0.70 | 1.00 | 0.66 | 1.9 | 410 | 21.2 |

れて生き残ったものの1/2程度は死後沈下してデトライタスに加わるであろうと想定したこと等である。

漁獲量を両生産系に区分するに当っては、食性調査の結果を参考とした。一般的にみて、浮魚類と一過性魚類は基礎生産系に、底魚類はデトライタス生産系に属するが、底魚類には両系に関係するものや、基礎生産系に属するものがある。また成長や季節により食性が変化するものも多いが、本作業では大部分のものを種によって何れかの系に配分した。基礎生産をF₀、動物プランクトンをF₁、第2次消費者をF₂、……、デトライタス生産をB₀、デトライタス食生物をB₁、デトライタス系2次消費者をB₂と示すこととし、本計算での区分を統計銘柄の主要なもので示すと次のとおりである。

F₁ マイワシ

F₂ カタクチイワシ、ニシン、サンマ、とびうお類、ハタハタ、イカナゴ、スケトウダラ、スルメイカ(北方)

F₃ あじ類、さば類、ブリ、カツオ、さけ類、ます類、スルメイカ(西日本)、いか類、ヒラメ、えそ類

F₄ まぐろ類、かじき類、さめ類

B₁ なまこ類、うに類、貝類

B₂ その他のえび類とかに類

B₃ かれい類、めぬけ類、にぎす類、ぐち類、ハモ、えい類、マダイ、イセエビ、ズワイガニ、ガザミ、たこ類

F₃, B₃ 半々 タラ、タチウオ

なお、デトライタス系の生物については、栄養源を基礎生産とデトライタス両者に半々づつ負っているものとし、栄養段階間の転送効率は、F₀, F₁間は0.3、その他は0.1として計算した。また基礎生産力から海域の全基礎生産量を求める上で、植物プランクトン乾重量は湿重量の10%、炭素量は乾重量の30%としてある。

表2に海域別の計算結果を示した。近海漁場面積は実際の漁場分布から求めたもので、大陸斜面域内より多少広い。基礎生産力は、この近海域内の代表値として示し

表 3 日本近海における漁獲可能量

| 種 類 | 漁 獲 可能量 | 最近の 漁獲量 |
|---------------|---------------------------------|------------------|
| 浮 魚 類 | 4,000,000 | 3,450,000 |
| 底 魚 類 | | |
| オホーツク海 | 705,600 | 608,400 |
| 太平洋・北 | 419,400 | 385,900 |
| " ・南 | 125,900 | 121,800 |
| 日本海・北 | 269,900 | 257,200 |
| " ・西 | 203,600 | 193,000 |
| 東シナ海 | 48,100 | 37,800 |
| 瀬戸内海 | 186,400 | 167,200 |
| 小 計 | 1,958,900 | 1,771,300 |
| 磯 生 物 | 600,000 | 579,000 |
| 一過性魚類 | | |
| まぐろ類 | 100,000 | 120,800 |
| カツオ | 180,000 | 135,900 |
| かじき類 | 22,000 | 21,100 |
| さめ類 | 25,000 | 19,200 |
| 小 計 | 327,000 | 297,000 |
| 増 養 殖 | | |
| 魚類養殖増 | 400,000 (792,000) | — |
| 藻類養殖増 | 1,145,000 | — |
| 貝類生産増 | 687,000 | — |
| 上記の現生産量 | 800,000 | 800,000 |
| 栽培漁業 | 196,000 | — |
| さけ・ます | 166,000 | 56,700 |
| 小 計 | 3,394,000 (3,786,000) | 856,700 |
| 総 計 | 10,279,900 | 6,954,000 |

であるが、この値には問題があろう。利用率というのは両生産系別に、漁獲量を支えた基礎生産量(食餌要求量)の海域の全生産量に対する比で示されている。基礎生産の利用率は瀬戸内海を除いて常識的な値となっている。デトライタスについても同様であるが、値は基礎生産より低い。漁獲量を支えている栄養源を、基礎生産に対するデトライタス生産の比で示すと、瀬戸内海以外では0.3より低い。この比はモデルの中では0.45と置いているのだから、実際の漁業が基礎生産系に偏っていることを示している。

表 2 には、大陸斜面以内の面積当り漁獲量の数値も示してある。日本海以外では 20 トン/km² 内外となっており、東シナ海、南シナ海の値が 5 トン/km² 以下であるのに比較して著しく高い。

日本近海における漁獲可能量

表 3 が本調査の結論として出された漁獲可能量の推定結果である。推定の基礎にまだ問題が残されているが、紹介して論議に供したい。

表 2 に示したように、基礎生産力の点からみると我国周辺にはまだ余力が残されている。しかし漁業は経済行為であるから、資源量の存在が漁獲量に直結するわけではない。表 3 の推定は、経済事情や漁業経営状況が現況と大差ないものとして行われている。漁獲量自体の増大を計りたいければ、低い栄養段階で生産物を利用すればよいのだが、それが許されるためには、経済的な、また国民嗜好上のそして漁業技術上の条件が整わねばならない。

推定内容について簡単な説明を付しておこう。浮魚類については過去の漁獲量の変遷から推定した。底魚類については、面積当り漁獲量の年代間および海域間の比較結果を軸として求めた。微生物は漁獲量の変遷から求めた。これについては後述の増養殖との関係があるので増産は望めまい。一過性魚類については需要が強いので、資源診断の結果から許容量を求めた。増養殖の結果は、今後開発可能な漁場面積と、増養殖技術の進展速度を基礎として推定した。この分野も需要は強い。なお、魚類養殖については、餌魚に輸入も含めた場合〔() つき〕と、国内供給のみとした場合の 2 例について示してある。総合すると、我国周辺海域から、現在の我国全漁獲量にはば匹敵する水揚が可能なが示されている。

以上の推定結果は、かなり常識的な線におさまっているが、計算の過程でそうなるように意図的な操作が行われたのではないかと指摘される余地はある。こうした試算を行うに際して、現状では科学的な基礎情報が余りにも貧弱である。したがって、かなり大胆な仮定を置いた部分も少くない。とはいえ、この調査は海洋の生産力と、そこからの漁業生産について概容をかなり良く示していると思う。漁業の長期展望を行う上で有効な情報を提供し得るものと信じている。足らざるを補い誤りを正して行けば、学問的にも新しい展開を呼ぶことができよう。大方の御批判を仰ぐ次第である。

質 疑 応 答

質問：デトライタスから魚類生産を計算されているところで、瀬戸内海については 100% 利用されているよ

うな数字になっているが、この場合の魚類は浮魚と底魚の両者ですか。あるいは底魚だけの数値でしょうか。(辻田、東海大洋洋)

答：デトライタス生産量よりも、デトライタス利用の漁業生物量（漁獲量）の方が多いが、両者の関係を推定する上での前提に無理があります。すなわち、瀬戸内海のような閉鎖的な海域や沿岸域などでは陸上起源の栄養源が多いはずで、浅海ではアジモなどの藻類も基礎生産に含まれますが、それらも無視して推定しています。

質問：瀬戸内海の基礎生産系の 0.70 という数字は、デトライタスにまわる 45% 分を含んでいますか。デトライタス系は基礎生産系のどこに位置していますか。

(田中、東大海洋研)

答：デトライタスの 45% は基礎生産の残滓排泄物のリサイクルとみえています。すなわち、基礎生産されたものが基礎生産系の中で高次に進んでいきながら、その残滓がもう一度利用されてデトライタス系が成立しているだろうと考えたわけです。例えば基礎生産からプランクトンへは全量が利用されると推定し、その利用されたもののうちの 30% が再びデトライタスに還元されるというような計算を各栄養段階でしています。

質問：転送効率はどうに設定したのですか。その転送効率設定の理論的基礎を示して下さい。(川崎、東北大農)

答：計算の基礎として、基礎生産から次の第一次消費者に関しては転送効率を 0.3、それ以外はすべて 0.1 として設定しています。その内訳は、上位の栄養段階のものが下位のものを利用する割合について、基礎生産から第一次消費者までを 1.0、それ以上の各段階でそれぞれ 0.666 としています。同化率は基礎生産段階で 1.0、それ以上では投餌養殖の実例から 0.10 というオーダーで計算されています。それらの理論的基礎については論議がなされましたが現状では大まかな見積りということにとどまって、今後、そのつめの研究を若い人に期待したいというところです。

質問：低次生産力から漁業生産力を計算する方法のなかで、計算の対象として取上げた多くの魚種の栄養段階はどのように決定されましたか。(辻田)

答：食性に関する報告書をレビューするなかで、かなりきめ細く検討してあります。例えばスルメイカは東シナ海では魚食者に含め、三陸、道東海域ではプランクトンフィーダーとしています。

2. 生物生産機構における生物と環境との関係

—イワシ類仔魚の生残りをめぐって

関 口 秀 夫 (三重大学水産学部)

日本近海の海況が太平洋規模で、さらには地球全体の規模で他の水域の海況と密接に関連しつつ変動しているとの認識が深まってきている。同様に、日本近海のイワシ類の資源変動が極東水域全体、カリフォルニア水域のイワシ類の資源変動と類似の変動傾向を示すことが知られている。しかし、このことは海洋物理的側面、すなわち海況の変動を解明することによって日本近海におけるイワシ類の資源変動の機構解明ができることを意味しない。これは、むしろ、資源変動の機構解明のための第1歩、すなわち資源変動を理解する上でどの変数・因子を重要な環境因子としてとりあげるかの問題と関連してくるのである。多くの資源研究は、資源変動にとって重要な環境因子の同定把握にとまどっているのが現状であろう。もっとも、重要な環境因子の同定・把握ができていれば、その資源変動の機構の解明がある程度できたと考えられるのであるが。

生物あつての環境であるから、同一の海況変動が同じ効果を種々の生物に与えることはありえない。魚類の系統、さらには進化生態の中でのイワシ類の位置を考慮すれば、川崎(1980)やADAMS(1980)のように魚類の生活史を進化生態の面から類型化することは、魚類の資源変動の理解のための理論(仮説)的枠組みをあたえる。これらの理論的枠組みから直接に導き出されたものではないが、イワシ類においてはその資源変動の研究において、仔魚期の生残りの問題が最も大きく注目を集めている。

イワシ類の仔魚期の生残りの機構についての最近の北アメリカの研究者達の一連の研究は、具体的にある環境因子を重要なものと同定し、種々の作業仮説をつくり、その検証へと、海における実験的手法の導入にめざましい成果をあげている。日本近海におけるイワシ類の仔魚の生残りの問題の現状の認識と将来研究の展望において、現時点で北アメリカの研究者達の一連の研究の筋道、その方法論を批判的に検討することは、特に今日その意義が大きいと考える。

1. 孵化・飼育実験の結果と矛盾

*Engraulis mordax*の仔魚についての種々の実験から、

① first-feeding larvae の最初の数日の餌捕捉に失敗が多い、② 比較的代謝活性が高い、③ 口径が小さく、餌の大きさの上下限の幅が狭く、餌の最小サイズは約 40 μm (径) である、等がわかってきた。以上のことから first-feeding larvae はかなり高濃度の餌を要求することがわかる。生理学的および行動についての解析から、first-feeding larvae はサイズ約 50 μm の餌を1日に約 230 個必要とする。(HUNTER, 1979)。生残りの実験によれば、生残りには first-feeding larvae は copepod nauplii が1個体/1 ml、海での LASKER (1975) の実験によればサイズ 40 μm 以上の餌が 20 個体/1 ml 以上なければならないという。ところが、通常、仔魚の主餌料とされてきた copepod nauplii の濃度は、孵化・飼育実験の結果明らかになった生残りに必要な濃度、1個体/1 ml に比較して、海では2桁程度低い。

この矛盾の解決、すなわち海での仔魚の生残りの問題の解明に LASKER 達の研究が大きく貢献した。LASKER 達は種々の室内実験に加えて、実験室で孵化した仔魚を海に持込み、種々の現場海水を使って摂餌実験をおこなった；サイズ 30-50 μm (径) の *Gymnodinium* (裸体双鞭毛藻) が餌として好適であり、サイズ 30-50 μm の餌料が 20個/1 ml 以上ある亜表層のクロロフィル極大層の海水中において良好な摂餌がみとめられた。LASKER 達は、海では first-feeding larvae の生残りは、この亜表層クロロフィル極大層に分布するサイズ 30-50 μm の双鞭毛藻の集群に依存していると考えたのである。これらの研究をもとに、海での仔魚の生残りを判定するための方法(調査手段)が明確になってきた。すなわち、ある水域が first-feeding larvae にとって“良い”水域か、“悪い”水域かを推定する手がかりを、この亜表層クロロフィル極大層の分布を明らかにすることによって得ることが可能になったのである。

2. Nursery ground のアセスメント

first-feeding larvae の生残りにとって好適な水域の時間空間的構造を明らかにするために、LASKER (1975, 1978) がおこなった調査項目は次の通りである；①亜表層クロロフィル極大層の広がりとその恒常性、②この極

大層と first-feeding larvae の分布関係, ③有効餌サイズ (30 μm 以上) の粒子の濃度とサイズの分布組成, ④この極大層と海洋状況—例えば湧昇域や風系—との関係, 次に⑤主要餌料の栄養価についての検討。

first-feeding larvae にとってこの亜表層クロロフィル極大層における豊富な好適サイズの餌の高濃度分布が良好であることは疑いないが, これのみで広大な水域に分布する莫大な量のイワシ資源の仔魚の生残りを全て説明できないのではなからうか。また, *Gymnodinium* 以外の双鞭毛藻が first-feeding larvae にとって好適であっても, これのみで以後の仔魚の成長には不足であるといわれている (HUNTER, 1975)。従って, ひきつづき仔魚の生残りを支えるには, 他の適当な餌の集群がこの亜表層クロロフィル極大層に分布するか, または適当な餌の高濃度の分布が他の場所にあると考えなければならなくなる。これまでの研究過程の中で特に不足しているのは, 海での餌の分布—Microdistribution—の把握への努力であろう。本来, 生残りについての室内実験と海での餌濃度の相違についての矛盾が出てきた折に, 餌の分布構造についての論議が必要とされていたはずである。

3. 日本近海のイワシ類仔魚の生残り

カリフォルニア沖でのイワシ類仔魚の研究に比べて日本近海のイワシ類の仔魚の生残りについては, 主に copepod nauplii との関連の下でのみ論じられてきた。北アメリカの LASKER 達の研究を振り返ってみると, 彼等が室内で孵化した仔魚の生残りに必要な高濃度の copepod nauplii と現場の海における, 通常はそれより2桁低い濃度の copepod nauplii 量の間の矛盾の解決の突破口として亜表層クロロフィル極大層での 30-50 μm (径) の *Gymnodinium* を中心とする双鞭毛藻を探りあてたのであるが, 日本近海の沿岸水域および, その亜表層クロロフィル極大層においてさえ, このサイズの双鞭毛藻類は分布していないことが判明している。ここにおいて, 日本においては再び copepod nauplii の餌料としての意義とその分布量と関係した種々の問題—例えば水域全体にわたっての copepod nauplii 他の餌粒子の Microdistribution の統計的な特性他—を検討する好機にあるといえる。次にこのことは, copepods の再生産の動態についての十分な研究の背景を必要とする。特にプランクトンの成体の垂直・水平的な Microdistribution についての知見とその意義についての研究現状が貧

弱なことを考えると, 仔魚の餌料としての copepod 卵や nauplii の Microdistribution の研究は, プランクトンの動態と魚類資源研究分野が相互に刺激しあう境界域の問題として価値がある。

ところで, 仔魚の主餌料が copepod 卵や nauplii であると多くの文献に示されているが, これは本当であろうか。copepod 卵にしても nauplii にしても, その殻が仔魚の消化後も同定可能な状態で消化管内に残るために, 仔魚の餌料として過大に評価されているのではなからうか。海水中の粒状有機物としては, copepod 卵や nauplii のサイズに近い他の微小プランクトン(繊毛虫ほか)や fecal pellets や不定形のデトライタスが, 時には copepod 卵や nauplii よりも多数出現する。仔魚の消化管内内容物の同定の際, 私達は同定不可能な不定形のデトライタスを不当に無視しているのではなからうか。

文 献

- ADAMS, P.B. (1980): Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. Fish. Bull., 78, 1-12.
- HUNTER, J.R. (1979): Behaviour and survival of northern anchovy *Engraulis mordax* larvae. Rep. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest., 19, 138-146.
- KAWASAKI, T. (1980): Fundamental relations among the selections of life history in the marine teleosts. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 46, 289-293.
- LASKER, R. (1975): Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fish. Bull., 73, 453-462.
- LASKER, R. (1978): The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California Current: Identification of factors contributing to recruitment failure. Rapp. P.-V. Reum. Cons. Int. Explor. Mer., 173, 212-230.

質 疑 応 答

質問: 仔魚とノープリウスの関係については仔魚の大きさ, すなわち発育に応じて餌の大きさも変わってくるという問題を考慮されないと誤解を生ずるではありませんか (伊東, 東海水研)

答: ここでは, すべて摂餌開始時のものについて話しましたが, そのとおりだと思います。

3. 浅海・内湾域の生物生産と環境

畔田 正 格 (西海区水産研究所)

生物生産とは生物が日々の生活を通じて、減耗を回避しながら成長し、さらには子孫をつくる過程であり、種個体群を単位として営まれている。いっぽう、生物の生活を成り立たせている基盤は食物であり、特定の種個体群は餌を媒介として食う食われる、食いわけ、すみわけなどといった直接的、間接的諸関係によって多くの他種と密接に結びついている。従って、生物生産を問題とするかぎり、生物相互の諸関係の総和としての生物群集における種個体群の生産というとらえ方が必要であり、その解明には種個体群の生活の内容が把握されていることが前提となる。発育に伴う生活様式の変化や個体群の変動機構などが明らかにされつつあるマダイ当才魚の生産を素材に、浅海・内湾域の生物生産と無機環境に関して2, 3の考察を加えた。

1. 浅海・内湾域の成育場におけるマダイ当才魚の生活様式

マダイは沿岸漁業の重要資源を構成しているヒラメ、イサキなどと同様に、減耗の大きい幼期の一時期を浅海・内湾域の成育場で過ごす生活様式を持っている。一般に、浅海・内湾域の生物群集は海藻・草類、ベントス、底魚類など海底周辺を生活の基盤としている生物群が卓越することによって特徴づけられているが、マダイ当才魚は6~8月にかけての九州西岸域の成育場の生物群集内で量的にも生態的にも優位にあり、いわゆる“key species”の位置を占めている。マダイの主要な産卵場は外海の岩礁域に形成されているが成育場へのマダイ当才魚の来遊量の年変動は2~3倍から場所によっては100倍近くに達している。そして特定成育場への来遊量は浮遊期仔魚の補給量によってほぼ決定されることが九州西岸各地で明らかにされつつある。

成育場に来遊したマダイ当才魚の餌料生物は成長につれて基本的には浮遊性の橈脚類からヨコエビ類へ、さらにアミ類へと変化し、主食は甲殻類となっている。マダイ当才魚とこれら餌生物は海底周辺にスワームを形成する種が専ら捕食されたり、海底周辺で餌生物の日周期活動とマダイの摂餌活動が一致するなどマダイと餌生物相互の生活様式を介して、極めて適応的な型で密接に結びついており、結果的にはマダイ当才魚の食性の変化と対

応して生息場所も変化する。

浅海・内湾域の生物群集における“key species”であるマダイ当才魚を出発点にして、種または生活形毎の現存量や餌をめぐる関係の中での優劣によって重みづけを行いながら、骨格的な食物連鎖を下にたどると、ヨコエビ類、アミ類を主体とするベントスないしはプランクトンベントスを経て、デトライタスに連なる。デトライタスは植物プランクトンより大型海藻・草類や底生微小藻類に由来する部分の大きいものと考えられている。このようなマダイ当才魚を中心とする“デトライタス食物連鎖”によって連なる生物群集の構造はマダイをはじめとする構成種組成の大きな年変動とそれに伴う種個体群の生活様式の適応的な変化が示唆しているように決して静的固定的なものではなく、動的な状態でゆとりを持って維持されているものと考えられる(畔田, 1982)。

2. マダイ当才魚の生産と無機環境の関係に関する考察

このような生考様式をもつマダイ当才魚が生きるために必要なものをいかにして獲得し、その結果、どのようにして自分の体をつくるかという“成育場におけるマダイ当才魚の生産”を問題とする場合、基本的に重要な過程としては、マダイ当才魚にとって好適な成育場の形成過程、そこへのマダイ浮遊期仔魚の補給過程、甲殻類を主体とするマダイ当才魚の餌生物の生産にかかわる低次の生産と生産された餌生物が生物群集内の生態的諸関係によってマダイ当才魚に配分される過程などがあげられる。

(1) マダイ当才魚の成育場の形成と無機環境

九州西岸域におけるマダイ当才魚の成育場は地形的には閉鎖的な内湾から、外海砂浜域にいたる水深30m以浅の水域に広く形成されているが好適成育場に共通する環境特性としては中~細砂(Mdφ2~3, 粒径0.125~0.5mm)の底質、甲殻類比率の高いベントス組成(特にヨコエビ類)、海水流動の停滞があげられる。このような環境特性は宮地ら(1944)が多くの環境要素が地形的な立地条件の下に総合的に表わされたものとして示した内湾性の強度の基準(弱内湾性, 中内湾性, 強内湾性)からみると基本的には“弱内湾”性と符合している。内湾

度の差異は外海水からの独立の割合によってもたらされるのは容易に想像されるがその独立の割合を決定するのは海水の流動に伴う湾内外水の交換の程度であろう。マダイ当才魚の好適成育場は地形的または水力学的条件によって海水の運動が顕著で外海水との交換が活発に行なわれている中であって周囲との関連で相対的に海水流動が停滞するという動と静の微妙なバランスの上に形成されており、成育場形成にかかわる根本的な無機環境要因は海水の流動であることを示している。

(2) 好適成育場への浮遊期マダイ仔魚の補給と無機環境

外海の岩礁域で産卵されたマダイ卵は孵化・成長しながら主として中・底層を恒流に運ばれ、成育場周辺の地形的・水理学的環流域に集積される。その後成長に伴い海水流動から独立した自律的な運動を示すようになり、日周期的な垂直移動をくり返ししながら定向的に接岸し、成育場に着底する(田中, 1979)。この環流域に集積される浮遊期仔魚の量によって成育場へのマダイ当才魚の来遊量は決定されているがその年変動は開放的な成育場で小さく(2~3倍)、閉鎖的な成育場で大きい(約100倍)傾向がみられる。いっぽう、マダイ仔魚の分布量を九州西岸域レベルでみた場合、年変動は3倍程度に過ぎない。局所的にみた場合、閉鎖水域において年変動が大きい原因としては地先産卵群の年変動の反映や生残条件の地域差なども考えられるが、最も決定的なものは海水流動に左右される成育場への配分率の変化であるように思われる。

(3) マダイ当才魚の餌生物の生産過程と無機環境

マダイ当才魚の主食となる甲殻ベントスは魚類に比べて環境からの独立の割合が低く、その生産の過程は無機環境によって支配される割合が強いものと考えられる。先に述べたようにマダイの好適成育場の形成には海水の流動が大きな役割を果しているが、この海水の動きは栄養塩類の補給や水温、塩分、透明度、底質などを規定し、一次生産者の分布や生産の様式に大枠をはめている。甲殻ベントスは基本的には開放的な環境の中に地形的、水理学的に閉鎖性が維持されている水域に集中して分布している。SANDERS (1958) や土屋ら (1976) は底質の決定やベントスの分布におよぼす海水流動の影響について調べ、水の動きが大きくなると底質は砂質化するとともに、有機懸濁物が海底に沈積せずに底表を移動するようになり、スガメソコエビ類などの懸濁物食者であるベントスの生存に有利になると述べている。浅海・内湾域の場合水深が浅いこともあいまって一次生産の生産物や

それに由来するデトライタスは直接高次の生物に利用されることは少なく、底層に沈下するものと考えられる。そして底層水の流動によって底表や海底直上を輸送され、閉鎖性が維持されている水域に集積されるものと思われる。閉鎖水域の海底周辺では集積されたデトライタスを基盤に微生物の助けを借りながら、主として懸濁物食者である甲殻ベントスの生産が酸化的環境下で高能率に展開されているものと推察される。このようにマダイの餌生物を中心とする低次の生物生産過程は水域の内湾度の規定、底質の形成、デトライタスの集積、底質への酸素の補給など究極的には海水の流動によって規定されているといえる。

文 献

- 畔田正格 (1982): 日本近海生産力の有効利用と研究展望—浅海・内湾域のマダイ幼稚魚成育場における生態学的研究から—。漁業資源研究会議報, (23), 印刷中。
- 宮地伝三郎・増井哲夫・波部忠重 (1944): 内湾度と内湾の生物群集に就いて。京大生理生態業績, (3), 1~20。
- SANDERS, H.L. (1958): Benthic studies in Buzzards Bay I. Animal-sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, **3**, 245~258。
- 田中 克 (1979): マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程。水産土木, **16**(1), 47-57。
- 土屋 誠・栗原 康 (1976): 宮城県浦生干潟における底生動物の分布と微細粒子の挙動に関する研究。生理生態, **17**, 145~151。

質 疑 応 答

質問: 内湾においては、餌料生物に対するプランクトン・ベントスの概念は問題があります。例えば近海底に分布するプランクトンでもなくベントスでもないグループ (Benthoplankton) が浅海域では重要になります。この Benthoplankton を含めて餌料生物と底魚・浮魚の出合い方についての具体的な解析なしには内湾・浅海域の底魚・浮魚の生産と環境の生物生産の関係の把握は難しいのではないのでしょうか。

(関口, 三重大水産)

答: そのとおりだと思います。マダイの生産に直接つながる底層にスワームを形成する餌料プランクトン現存量のとらえ方について、これまでと違った採集方法も考える必要があります。浅海内湾域では底層にクロロフィルやデトライタスの分布量が多く、浮遊性のコペポダと底生性のヨコエビ類などが、底にたまっているデトライタスや植物プランクトンを共に喰べてお

り, grazing food chain と detritus food chain を明白に分けることは難しいと思います。

質問: マダイの餌の出発点は, 植物プランクトン由来でなく主に藻場由来のデトライタスとされていますが, どのような根拠でそう考えられたのかお聞きしたい。

答: 浅海内湾域では底生生活形群集が卓越していますがこれを支えているデトライタスの供給源として, クロロフィル量から推定される植物プランクトンの現存量はあまりにも少なく, 沿岸部に繁茂している海藻・草類を主な供給源と考えたほうが妥当だと思われます。今後, 安定同位体を用いた手法などをとり入れ, 具体的に追求していきたいと思っています。

質問: 低次生産の過程, 特にベントスの食性型を分けた

りするが, そのことが無機的環境との関連を解析する場合, 本当の食性を代表しているかが重要な点になると考えます。仙台湾での研究の経験から底魚の現存量の迅速な定量方法について教えていただきたい。

(大森, 西海水研)

答: 御指摘通りだと思います。関口氏の質問とも関連させて, マダイ当才魚の主要餌料となっているヨコエビ類の優占種について生息場所, 食性, 日周期活動, 生活史, 生命表などに関する周年にわたる調査が志々伎湾で始められています。底魚の定量調査法について名案は持ち合せていませんが, 志々伎湾では潜水ライントランセクト調査によって吾智網・底曳網によって得られた相対量 (CPUE) を絶対量に変換しています。

4. 多獲性浮魚類の再生産からみた環境変動

渡 部 泰 輔 (東海区水産研究所)

マイワシ, カタクチイワシ, マサバ, マアジ, サンマ, スルメイカなどの多獲性浮魚類は, 資源量が長期的に大きく変動し, 卓越する魚種の交替する現象がみられている。そして, このような大きな資源変動は, 漁獲対象資源への大きな加入量変動によって起ることが多く, これには魚の側のもつ諸条件と, 環境諸条件の変動とが密接に関連していると考えられる。

調査船による産卵調査の役割は, これら浮魚類が, いつ, どこで, どのような産卵を行っているのか (産卵親魚の質・量・分布), さらに産卵後, 漁獲対象資源へ加入するまでの分布・生残り, およびそれらと環境諸条件との関係について明らかにすることである。そして, 図 1, 2 に示した流れ図にしたがって, 資源量の評価および資源動向の予測を行うと同時に, これを検証して予測精度をさらに高めていく必要がある。このためには, 各対象魚種について, 発育期別にその質的側面をふまえて, 年級ごとの生命表を作成し, 再生産関係や初期生残過程, さらに加入後の漁獲の影響などを明らかにし, 加入量変動が発育期のどの段階で, 何が主要な原因となって起っているのか, 生物的・非生物的環境との関係など個体数変動機構を解明することが重要である。

ここでは主として, 太平洋側における温帯回遊性魚類 (主としてマサバ, マイワシ) の再生産と環境変動との関連について, とりあげることにする。

1. 加入量変動と環境変動

マサバやマイワシの太平洋系群を例として, ある年の親の産卵量とそれが成魚となって産卵した子の累積産卵量との関係 (再生産関係) を年級ごとにみると (図 2, 3), 資源の低水準期には親の量も子の量も少なく, 資源の増加に結びつかないが, 低水準からの増加期には親の量をはるかに上回る子の量が得られ, これが何年かにわたり持続し, 資源は急激に増加していく。しかし, 資源量の増加とともに, その増加割合は次第に低下し, ある水準以上に達すると, 逆に子の量が親の量を下回るようになり, Ricker 型の再生産曲線に適合することが多い。すなわち, 子の累積産卵量/親の産卵量 (対数值) は親の量の増加とともに直線的に低下し, 再生産関係が密度従属であることを示している。また, 資源量の高水準期には, 子の量が親の量を大きく下回り, 再生産曲線に適合しない生残りの悪い年級が現われ, 年級変動が大きくなる。そして, このような生残りの悪い年級が何年かにわたり続けば, 資源は急激に減少していくことになる。また資源の増加期には, 再生産曲線は必ずしも同じ過程をたどるとは限らず, そのときの再生産力や環境収容力によって, 相違するものと考えられる (図 3)。

このような再生産関係を考慮しながら, 発育初期の生残過程をいくつかの型に分類し, 環境とのかわりについてみると次の通りである。

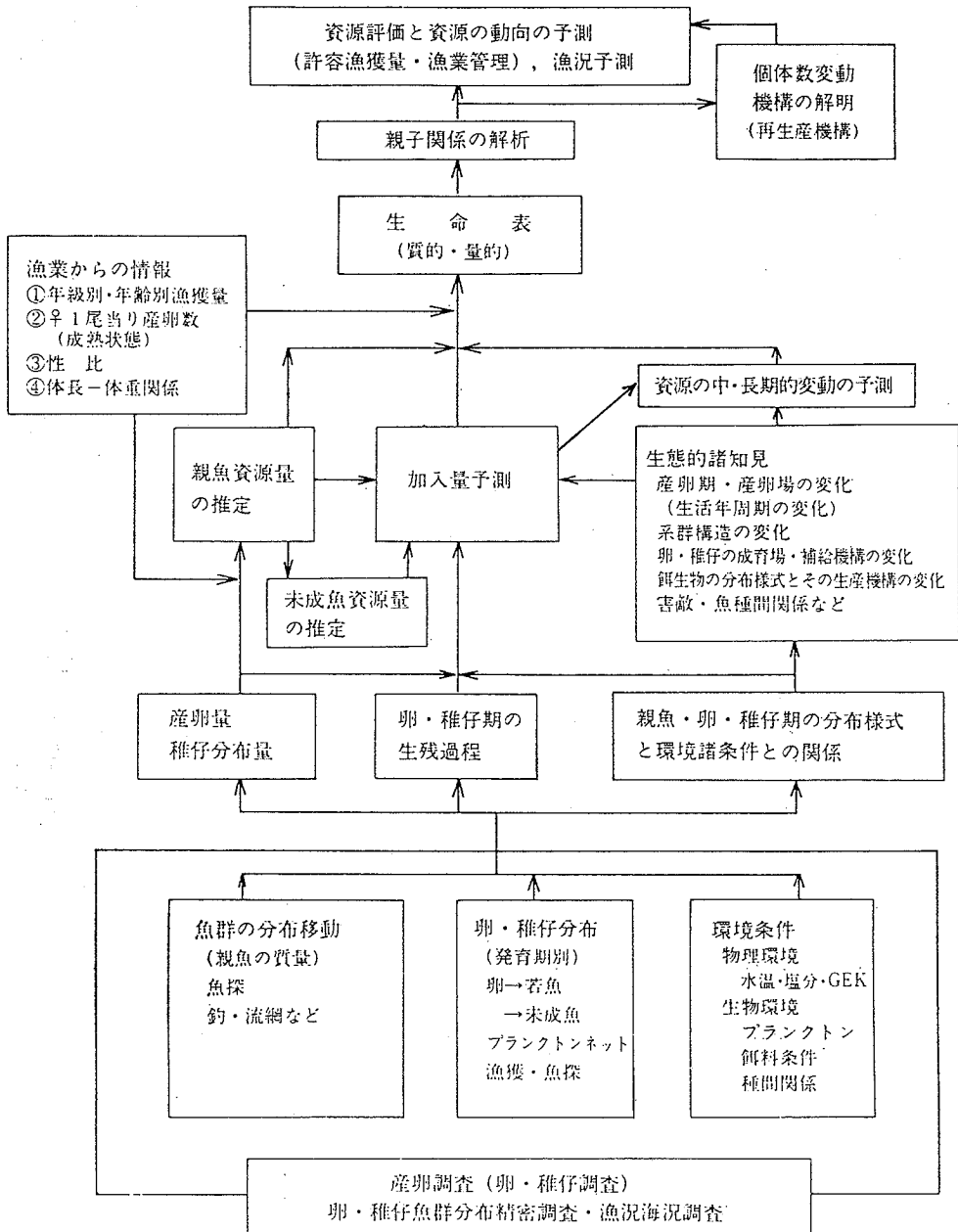


図 1 産卵調査による資源評価までの流れ図 (渡部 1981)

1) 資源量の低水準からの増加期にみられる型

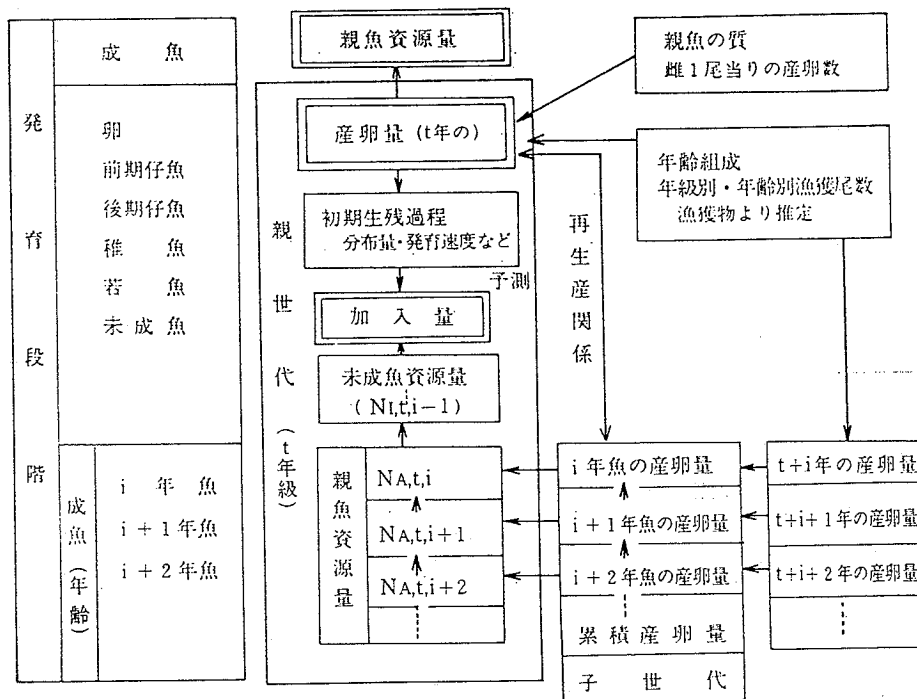
少ない産卵量から大きな加入量が得られる。これが基になって、数年にわたり良好な再生産が持続し、資源は急激に増加する (Ricker 型再生産曲線に適合)。

このためには発育初期の生残率が高く、その後の各発育期にわたり生残りが良好であることが必要条件であ

り、次のことが考えられる。

- (1) 親魚が質的に強化され、良質の卵を産出する。
- (2) 資源の増加の契機となる時期は環境の変動期に当ることが多い (渡部, 1982b)。例えば、1972年には黒潮の大蛇行のみられない時期 (非A型) における小蛇行型 (C型) から直進型 (N型) への変動期であったこと、

シンポジウム「水産海洋」



マイワシ太平洋系群

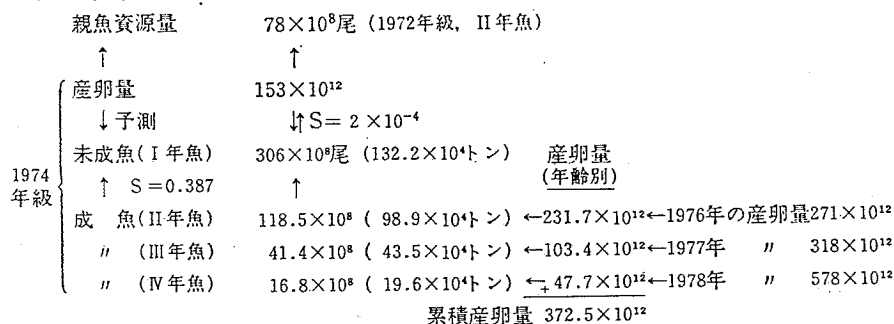


図2 親子関係の解析 (模式図) (渡部, 1981)

冬春季に親潮系水の沿岸域への南下が顕著な年代の中で、黒潮が東北沿岸沿いに北偏し、稚仔育成場が東北海域の沿岸沖合沿いに形成されたことなど。

(3) 高い生残率の何年かにわたる持続は、その後の環境条件が比較的安定していたことを示す。たとえば、産卵期に黒潮が本州南方で、直進型 (N型) が持続すると生残りの良い年が多い。

(4) このような物理環境の変動と持続は良質の初期餌料の高密度の生産に結びつき、稚仔の分布と時空間的に

うまく対応した。木立 (1977) によると、1972年には、発育初期の餌となる沿岸性の小型コペポダ (ノープリウス) の分布密度が著しく高かったことが知られている。

(5) 良好な再生産は、マイワシとマサバではほぼ期を同じくして起ることが多く (渡部, 1982b)、共通の要因に左右されている可能性がある。

(6) マイワシの1972年以降の急増は、太平洋側・日本海側ではほぼ同時に始まっており、黒潮流路の変動にみられる一連の現象は、グローバルな環境変化 (物理環境の

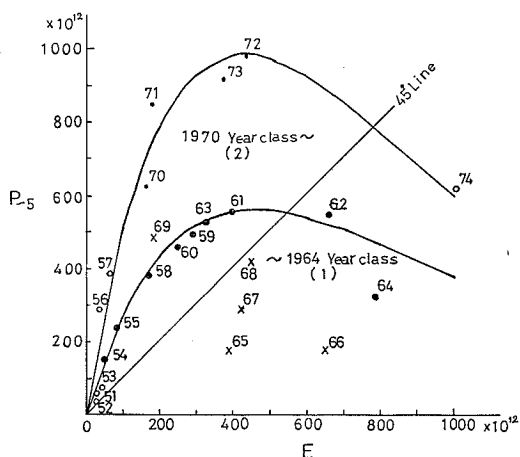


図3 マサバ太平洋系群の親の産卵量(E)と子の累積産卵量(P-5)との関係
 (1) 渡部(1970)による
 (2) 1970~72年級について当てはめ('74年級は推定値)

変化が生物環境の変化につながる)ともかかわりをもつことが推定される。

2) 資源量の高水準の中でみられる型

(1) 産卵量に見合った加入量が得られる場合(上記再生産曲線によく適合する場合)。

(2) 産卵量は大きい但稚子の分布密度が著しく低く、加入量も低水準の場合('61年級のマイワシ太平洋系群)。

- (i) 稚子の分布が初期餌料の生産とうまく対応せず、発育初期の生残りが不良の場合。たとえば、黒潮水域内や東北沖合域へ運ばれ、その海域の餌料条件が悪い場合
- (ii) 系群の分布域外へ運ばれ、生残りが悪く、たとえ成長しても系群の再生産に寄与できない場合などが考えられる。

(3) 産卵量・稚子分布量ともに極めて大きい、加入量が低水準の場合('66年級のマサバ、カタクチイワシ、1978、79年級のマサバ、マイワシの各太平洋系群)

(i) 稚子期の分布密度が高く、密度効果によると考えられる場合(特定海域への稚子の集中分布や海域の環境収容力が問題となる)。一般に、未成魚期までの成長が悪い。

(ii) 稚子期以後のやや成長した段階での餌の不足や害敵、疾病などによる減耗が大きい場合。たとえば、黒潮の大蛇行の数年にわたる持続と東北海域への北偏傾向の持続が餌料条件を悪化させたと推定される年(1978、79年)。稚魚期の濃密な集中分布は害敵(カツオ、ビンナガマグ

ロ etc.)を集め害敵による食害が大きい(1966年のマサバ、カタクチイワシ太平洋系群)。

(iii) 卵質と関連した稚子期の生理的条件の悪化や、良質の初期餌料を摂取し得なかったことが、やや成長した稚子期以後の生残りに影響する場合。

(4) 産卵量・稚子分布量ともに大きく、加入量も高水準(卓越年級の形成、例、1980年級のマイワシ)

(i) 産卵期・産卵場・稚子育成場が時空間的に拡大した(日向灘~薩南海域の産卵量急増)。

(ii) 黒潮大蛇行の衰退期に当り、A型から非A型(B→C→D型)へ移行する環境の変動期で、発育初期の餌料条件が良好であったとみられる。

(iii) 高密度のため1980年級は成長が悪く、成熟がおくれた(マイワシはII年魚で成魚となるが、1982年には成熟せず、産卵に加わらなかった)。

3) 資源量の減少期にみられる型

再生産曲線を大きく下回る(45°線を下回る)ような生残りの悪い年級が何年かにわたり続き、産卵量は急減し、遂に資源回復への復元力を失う場合。

(1) 親魚の質的劣化が卵・稚子期の生命力の低下につながる(個体数の過密による影響や環境諸条件が関連、1930~40年代前半までのマイワシ)。

(2) 環境の長期的な暖化・低温化など傾向的变化がその種にとって不適な環境となる。例えば、マイワシ、マサバでは経年的な暖化の傾向は産卵場の北偏傾向とそれに伴う産卵期のおくれ、稚子育成場の時空間的縮小へつながる(1950年代の対馬暖流域のマイワシ・マサバ)。これは環境生物の生産機構の変化(例えば発育初期に必要な餌生物の生産の変化)につながり、稚子の生残りの低下に結びつくことが考えられる。

(3) 黒潮の大蛇行の数年以上にわたる持続は再生産の悪化に結びつく例が多い。これには稚子期の餌料条件の悪化や不適な環境の海域への稚子の輸送などが考えられる。

(4) 黒潮流路の非A型期には、親潮系水の南下の状態とも関連して、再生産の良好に行なわれる年と不良の年の変動が大きく、不良年が続けば資源は減少する。

(5) 異常低温など冬春季の急激な環境変化は再生産に大きい影響を与える。1963年の異常冷年年には、マイワシ・マサバ太平洋系群ともに産卵開始時期がおくれ、産卵量が急減した。これはマイワシでは、その後の資源の減少につながり(発育初期の生残りが悪く、親魚は南西海域へも移動分散した)、一方、マサバでは再生産曲線によく適合し、資源の減少には結びつかなかった。異常低温

は種の生活周期や分布様式を変化させ、環境生物の生産の周期も同様に変化し、生活周期を調整する役割を果す。

4) 資源量の低水準期にみられる型

卵・稚仔ともにその分布密度は極めて低水準に抑えられ、分布域も狭く、環境変動など何らかの契機がないと資源の増加に結びつかない。この時期は資源回復に至る準備期である。例えば、1963年～1971年頃までのマイワシ太平洋系群（南西海域での資源量増加とも関連）にみられた。

2. 資源の長期変動と環境変動

種により個体数の長期的な変動様式は異なっているが、資源量は年々変動しながらも、資源量の大きい時期が何年かにわたり続けば、その後には資源量の小さい時期が続く。したがって浮魚類の各種についての資源の増加・減少および低水準・高水準の時期がどの位の期間続くのか予測できなければならない。

一般に資源量水準によって、その種の要求する環境や環境変動に対する適応様式が変化し、種の生活型が変化している。したがって、同じ環境変動でも、そのときの魚の側の条件が異なれば、環境変動が魚に及ぼす影響は異なることになる。

マイワシ個体群は数十年から100年の長期にわたる大きな個体数変動をくり返してきている（伊東 1961）。マイワシは太平洋系群、足摺系群、日本海系群、九州系群の4系群に分けられており、資源量の大きい時期には分布域が拡大し、系群間の移動混合が盛んとなる（伊東

1961）。現在のマイワシ個体群の構造は、資源量が高水準となり、主産卵場が暖流のより上流域に対応した沿岸水域に南偏して形成されるように変化しており、黒潮系・対馬暖流系といった大回遊する集団が系群の存在とは別に形成されつつあるとみなすことも可能である（渡部, 1982a）。さらに、資源量水準が過密な状態になれば、NAKAI (1962) のいう薩南海域を主産卵場とし、わが国周辺を大回遊する一元的な大集団の形成（この時期にも、従来からの系群に相当する小地方群は存在する）も想定される。このように、マイワシ個体群は資源量水準によって個体群の構造、回遊範囲や要求する環境（主産卵場の水温は資源の高水準の時期は低水準期に比べ2～3°C高まる）も変化している。カタクチイワシについても、沿岸・内湾の各地先の回遊群と外海を大回遊する回遊群が存在し、資源の低水準期には主として前者によって資源が維持され、資源の高水準期には、このほか後者の資源量が大きく、これが再生産に果す役割も大きいと考えられる（渡部, 1977）。

したがって、産卵期・産卵場、産卵量や稚仔の分散・補給状態の経年変化を知ることは、環境生物の生産機構の経年変化と合せて、資源の動向を予測するための重要な手がかりとなっている。

温帯回遊性魚類の種または系群レベルでみた一般的な資源変動並びに環境変動による産卵期・産卵場の変化には次のような法則性がみられ、資源変動は魚の側の条件と各発育期に対応した環境変動が複雑に絡んでいる。

資源変動:

資源量の増加 → 生活年周期の早まり（産卵期の早まり）(年令成長も関連) ⇨ 産卵場は暖流のより上流域（内側の沿岸水域）へ拡大 → 稚仔成育場の時空間的拡大

資源量の減少 → 生活年周期のおくれ（産卵期のおくれ）(年令成長も関連) ⇩ 産卵場は暖流のより下流域（内側の沿岸水域）へ縮小 → 稚仔成育場の時空間的縮小

環境変動:

環境の低温化 ⇨ 産卵場が変化しないとき → 産卵期のおくれ
⇨ 産卵場が暖流のより上流域（内側の沿岸水域）へ移動 → 産卵期の早まり

環境の温暖化 ⇨ 産卵場が変化しないとき → 産卵期の早まり
⇨ 産卵場が暖流のより下流域（内側の沿岸水域）へ移動 → 産卵期のおくれ

物理環境の変化 ⇨ [対象種の生活年周期の変化 ⇨ 分布様式の変化]
⇨ [環境生物の生活年周期の変化 ⇨ 分布様式の変化]

3. 再生産機構研究の今後の課題

1) 産卵場の形成機構の解明。産卵場は種によって、ほぼ一定の地形的条件・海洋条件の海域に形成されるが、一方、資源量水準や環境変動によって変化していく（親魚の質・量と関連）。

2) 親魚が産出する卵の質量と発育初期の生残りの問題（親魚の質・量と環境との関連）。

3) 卵・稚仔の発育に伴う分散から集合に至る分布様式の変化と物理的環境条件との関係。卵・稚仔が沿岸水域に多く分布するか沖合域（黒潮水域内、黒潮統流沿い

の沖合域、混合水域、潮境域など)に分布するか、これら海域の分布様式や稚仔の量的配分のされ方と系群としての生残りの問題。すなわち沿岸水域が必ずしも生残り条件の良い年ばかりとは限らないし、一方、東北沖合の広大な海域が稚仔の成育場となっているが、稚仔の分布様式と物理的、生物的環境条件とが複雑に関連し、稚仔の生残り条件は年変動が大きい。

4) 系群間の移動混合の問題、例えば本邦南西海域から本州南方海域への稚仔の補給による系群相互の関係。逆に本州南方海域から本邦南西海域への親魚群の回遊・移動などの解明。

5) 環境生物(餌・害敵・同位種)の生産(とくに良質の初期餌料の生産)と物理環境との関係およびこれらと稚仔分布(分散・補給・生残り・成長)との対応の問題。

6) 種の各発育段階ごとの、また浮魚類全体に対する環境収容力とその変動の問題。再生産曲線を大きく外れる年級と環境変動との関係(加入量変動に最も関与する発育段階はそのときの条件により変動すると思われる)。

ある物理環境の持続期間や変動(短期・中期・長期的)、長年月にわたる低温化、温暖化といった環境の傾向的变化および異常低温のような急激な変化と対象種の再生産、環境生物の生産機構の変化との相互関係の問題。

5. 資源診断と環境

1. 生物の特性

生物生産の特性とはとりも直さず生物の特性を知ることである。生物が鉱物資源と異なる決定的要素は繁殖と成長である。鉱物では量の推定とか品質検査はあっても、診断と言うことはない。診断とは健全であるか否かを判定することであるが、生物資源にあってはその特性である繁殖(再生産)と成長が健全であるかどうかを調べることになる。

魚に関してのもう一つの特性は移動である。移動は魚は勿論であるが、その棲んでいる海水も移動する。これが生残りの環境を著しく悪くしている。産卵数が異常とも言える程多いのはこのためである。卵・稚仔期の生残率の低さと産卵数の例を表1に示した。それ故に繁殖に対して、成長に対して、移動に対して、診断が必要となる。

7) これらを明らかにするためには、調査船による広域にわたる定線調査の継続と実験的な調査を組み合わせ、これらを充実させると同時に飼育実験を適宜行うなど、地道な調査の継続が必要であろう。

文 献

- 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. 日本海水研報, 9, 1-227.
- 木立 孝(1979): 春期, 鹿島灘~外房沿岸海域におけるマクロプランクトンについて. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書(その2), 海洋科学技術センター.
- NAKAI, Z. (1962): Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK & SCHLEGEL). Japanese Journal of Ichthyology, 9(1-6), 1-155.
- 渡部泰輔(1977): カタクチイワシ本州太平洋系群の再生産と環境. 関東・東海水産海洋研究連絡会報, 2, 33-39.
- 渡部泰輔(1981): 産卵調査による資源量評価, 昭和55年度漁業資源研究会議第13回浮魚部会議事録, 42-51.
- 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): 沿岸回遊性浮魚類の卵・稚仔分布と黒潮. 沿岸海洋研究ノート, 19(2), 149-162.

土井長之(日本エヌ・ユー・エス)

2. 環境と生物特性との相互関連

環境は上述した生物の特性と結びつけて考えねばならない。環境との相互関連で留意すべきは、環境の影響の仕方としては二通りあることである。一つは変化する環境が定常的な生物生産に及ぼす可逆的な影響であり、もう一つはある特定の環境の一つの擾乱が生物生産のシステムに非可逆的に及ぼす影響である。

図1に示したのは北東大西洋におけるタラ(0才魚, 加入量)と松の木の年輪幅との相関である。木の成長が大ならば(そのような気候環境ならば), タラの加入量も豊かであることを示しているが, この例は環境変化が定常的な生物生産に可逆的に影響を及ぼしていることを示す例である。

日本の年平均気温と降水量の長期変化を図2, 3に示

表1 稚仔期の生残率

| 生物種名 | 卵数 (オーダー) 万粒 | 稚仔期 | |
|-------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | 生残率 Se | 自然死亡係数 M' (= -log Se) |
| ホンダワラ | 1 | 0.25×10^{-2} | 6 |
| ワカメ | 20000 | 1.00×10^{-8} | 18 |
| フレカラ | 0.1 | 0.20×10^{-3} | 8.5 |
| フジツボ | 0.3 | 0.19×10^{-2} | 6.3 |
| ベントス | 50 | 0.42×10^{-4} | 10 |
| クラゲ | 0.25 | 0.80×10^{-2} | 4.8 |
| サザエ | 200 | 0.12×10^{-4} | 11.3 |
| アワビ | 500 | 0.45×10^{-5} | 12.3 |
| ウニ | 500 | 0.36×10^{-5} | 12.5 |
| 小形巻貝 | 300 | 0.80×10^{-5} | 11.7 |
| アメフラシ | 1000 | 0.26×10^{-5} | 12.9 |
| エビ・カニ | 50 | 0.13×10^{-4} | 11.3 |
| タコ | 2 | 0.44×10^{-4} | 10 |
| ヒトデ | 100 | 0.91×10^{-5} | 11.6 |
| メジナ | 10 | 0.27×10^{-4} | 10.5 |
| ベラ | 1 | 0.75×10^{-3} | 7.1 |
| キス | 1 | 0.93×10^{-3} | 7 |
| コチ | 3 | 0.36×10^{-3} | 7.9 |
| イシダイ | 10 | 0.67×10^{-4} | 9.6 |
| アジ | 5 | 0.79×10^{-4} | 9.4 |
| イワシ | 4 | 0.32×10^{-3} | 8 |
| トビウオ | 2 | 0.33×10^{-3} | 8 |
| イカ | 0.3 | 0.67×10^{-2} | 5 |
| マダイ | 500 | 0.42×10^{-6} | 14.7 |
| サワラ | 70 | 0.06×10^{-4} | 12 |
| タチウオ | 100 | 0.75×10^{-4} | 9.5 |
| コノシロ | 15 | 0.15×10^{-4} | 11 |
| シヤコ | 10 | 0.17×10^{-4} | 11 |

[注] 稚仔期の期間(卵から定着までの期間), 寿命, 成熟年齢などと関連している。

したが、この変化パターンと生物生産(或は漁獲量)との間に関連が見出されるものがあればこれも勿論定常的生物生産に及ぼす可逆的な影響である。

日本のマイワシ資源(漁獲)は1935年頃をピークとして急減し、1950年~1960年は最低となり1970年からは再び増加傾向に転ずる。図2, 3に示した日本の年平均気温と降水量をみれば、1935年頃は低温、低降水量である。また1955年頃が最高気温、最高降水量でありそれ以降気温も降水量も低下する。マイワシ資源のピーク時と低温・低降水量とは一致し、高温・高降水量は資源減少期と符合する。その上近年のマイワシ資源増加も近年の低温・低降水量によって説明できる。つまり、低気温・低降水量がマイワシ環境としては良く、高気温・高降水量は資源減少につながることになる。故に、気候の長期変動が分れば、マイワシ資源の将来の動向の予測が可能とな

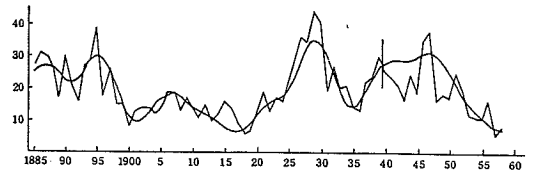


図1 タラの加入量と松の年輪の幅との相関
折線: タラの加入量指数
曲線: 年輪幅

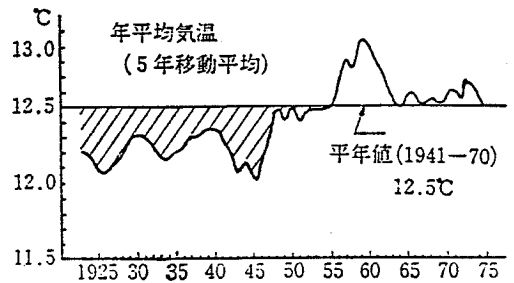


図2 日本の年平均気温の長期変化

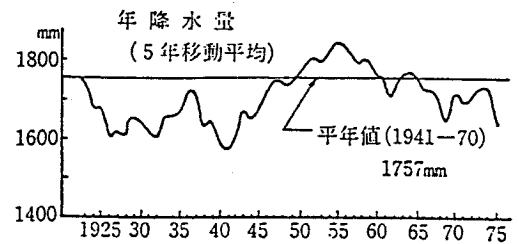


図3 日本の年降水量の長期変化

る。このような環境との対比は可逆的影響の例である。

普通論ぜられるのは定常・可逆が多いが、非可逆は重大さを秘めている。即ち、環境のちょっとした変動によって引き起こされる生態系のわずかな変化さえ、資源の興亡、盛衰、流転を生じさせる。つまり環境が引金となって生態的狂いがおきそして漁業経済上の悲喜劇がおこりもする。例えば、魚介類が突発的に異常大発生したり大不漁に見舞われたりしてその影響がいついつまでも大きくあらわれることがあり、これは非可逆的影響である。次のエルニーニョもこの例の一つである。

エルニーニョはペルーのアンチョベータ漁業に深い影響を及ぼしてきたペルー海流と沿岸湧昇流との間の反赤道海流である。その中では光合成による炭素生成率が三分の二に引き下げられる。1972~73年のエルニーニョの後、アンチョベータ漁獲高は、それまでの1,200万トンから200万トンを割るまで下る悲惨な結果となった。こ

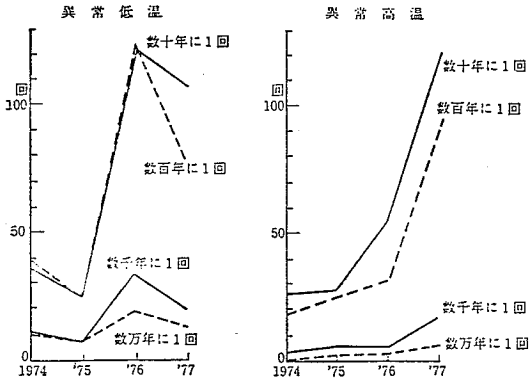


図4 北半球における異常高・低温(月平均値)の出現状況: 縦軸は異常値の出現度数の指標(北半球を緯度5度ごとのマス目に分け、月平均気温の異常値の観測されたマス目の数を年間で合計した値)

の漁獲減少のために世界の魚粉の価格が急激に上がった。

ペルーには鵜, カツオドリ, ペリカンのようなアンチョベータを捕食する鳥の大集団が居り、その糞によってグアノ産業が成立している。エルニーニョが現われると鳥は自分たちの巣を捨て、エクアドルやチリの方に飛び去る。そしてひな鳥も成鳥もかなり死ぬ。その影響を克服して鳥の集団は立ち直らなければならない。アンチョベータ漁獲開発初期の1957~58年のエルニーニョの折には鳥の集団は3年間でほぼ立ち直った。しかしながら、漁獲高が数百万トンに達していた1965年のエルニーニョの時には、鳥の数は1,800万羽から400万羽に縮小したし、1972~73年のエルニーニョ以後はさらに減って100万羽になってしまった。このように、鳥は漁夫との競合にさらされ、ペルー人はエルニーニョに直撃されて漁業とグアノ産業という二大産業の衰亡を味わった。非可逆的影響はむしろ可逆的影響より大きいのである。

図4は大気異常低温と異常高温の発生の経年変化である。このような異常気象は大気のみならず海洋や生物にも非可逆的影響を及ぼさずにはおかない。近年は異常気候の増加している時期であるので、現実把握さえうまくいけば非可逆的影響が現われるであろう。

3. 加入量の変動

魚資源は年令群の集団によって形成され、最若年の集団は資源に対する加入量と呼ばれる。環境変化に伴って最も変化すると予想されるものは加入量である。魚資源は加入量の年々の変化によって増減すると考えてよい。特に、短期変動は加入量発生機構の問題である。適水温

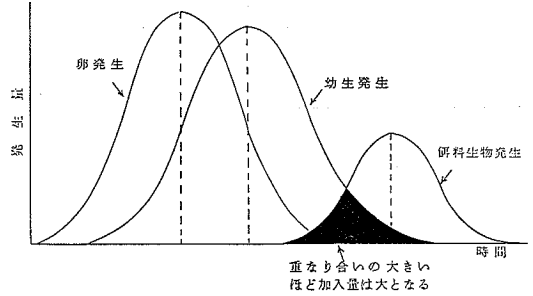


図5 魚幼生の発生と餌料生物の発生との間の一致・不一致の模式図

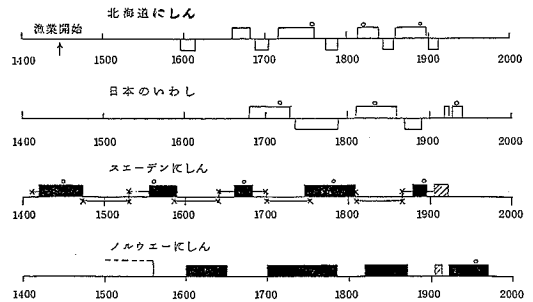


図6 北海道ニシン, 日本のいわし, スウェーデンニシン, ノルウェーニシンの出現状況

域では卵は毎年同じ頃に生まれ、それが幼生となるまでの発育は温度によって変化するのが常である。幼生の餌料生物の発生も、風の強さとか方向に、それに太陽輻射熱に左右されてかなり変化する。図5では魚の幼生と餌料生物生産の分布が示されている。両者の分布の一致する程度(図中の黒い部分)が高ければ加入量は多くなるであろうし、不一致ならば幼生は栄養物を欠くが故に加入量は少ないであろう。幼生漂流期とプランクトン発生期のずれは加入量の大小を、ひいては将来の資源の動向を決定的にする。日本では最近マイワシが増えてマサバが減る魚種交替がおきており、そのマイワシの好調がいつまで続くのであろうか?

1945年にピークがある北半球の温暖化は1880年から1970年までの90年間続いた。この期間にはノルウェーのにしん漁業は繁栄した。バルト海が凍結するような寒冷期にはスウェーデンのにしん漁業が繁栄した。温暖化・寒冷化に伴って両にしん漁業が交替するという記録は15世紀までさかのぼって存在している。またノルウェーのにしん漁業に対応するのではないと思われるのは日本のいわし漁業である。北海道のにしん漁業の変動はこれと異なりノルウェーのにしん漁業には対応していない(図6

参照)。1905年から1960年にかけての日本、カリフォルニア、スペインそしてユーゴスラビアのイワシはノルウェーのニシンと似たような傾向を示すのである。このように近年の温暖期には世界の到る所での数多くの漁業に周期的に同じような傾向が認められ、総称的に“ノルウェーのニシン”時代と特徴づけてよい。近年の温暖化は魚類資源の組成だけではなく海の生態系にも影響を及ぼした。例えば西イギリス海峡にては1930年前後ニシン、マクロプランクトン、魚によって占められていた生態系は、サップと小型動物プランクトンが優越種となるような生態系へとその構造が変化した。そして1965年以降はまた逆の変化が起りつつある。このような交替は気候の変化と結びついているのだと信じられる。なぜそのような交替が起り得るのであるか、即ち資源がどのようにしてその豊度のオーダーを切り換えるのか。それは親魚の量と加入量との関係を与える再生産曲線の形状にかかわっている。タラのように曲線がドーム形のときには回復時間は短くて環境の変化に抵抗する。ニシンのように曲線が平らな凸形のときには回復時間は長く環境の変化に抵抗することはできない。

海の生物生産における変化は一般に気候要因に関係があるので、上例では気候関係の環境で説明したが、何が環境の変数として採り上げるべきかは大事なことである。過去の相互関連解明の試みが数多く失敗しているとすればこの点が悪かったからであろう。また小さな環境の振幅は魚資源にては整流されてしまうので、短期の周期変動は把握しにくいかもしれない。

4. 現実把握

概念論だけでは問題は解決しない。物理化学的環境は、何をどのように採り上げるべきかはさておくとして、観測可能である。ではプランクトンや魚はどうかと言うと量的把握は易しくない。海中プランクトン量推定は至難であり、魚の資源解析に何年もかかることは多い。

拙速はまずいかもしれないが、百年河清を待つは尚悪い。時宜を失しない迅速さが、漁業上も行政的にも経済的にも要求される。少し位精度は犠牲にしても、資源把握の迅速解析手法を開発し現状はいつでも診断できるようにすることが望ましい。

現実把握の難しさは次のような理由による。

① 海域分布が把握にくい

調査が精力的に行われたとしても、ある時、ある場所における時空間的な変化率が大きくかつ不連続であり、その上誰も実証できない故に推測(推定)が良いのか否かの判断の根拠も無い。

② 漁獲量の測定精度が良くない

二つの方法で漁獲量調査を行えば必ず合わないのである。10%の誤差ならよい方で、100%、200%の誤差も珍しくはない。

③ 自然死亡がよくわからない

資源学者は漁獲死亡以外を十把一からげで自然死亡と呼ぶ。しかし自然死亡の中味は、病死、餓死、他生物による捕食などがあげられ、環境がからむことは論をまたない。決して一定とか漁獲死亡の残りものとかいような安易なものではない。

④ 移動、回遊、逃避、蜆集

発育に伴って移動、回遊があり、環境に従って逃避、蜆集する。

以上のように偶然に左右される要素を含むものを正確に現実把握するのは、如何に学問が進歩しても不可能に近い。

分布・漁獲量・自然死亡・移動回遊、これらがすべて正確な資料として揃った上で、それに数学を適用したり、計算したりして、資源解析ができるというものではない。何もかも不正確な所で、手探りをし、失敗を繰り返し、少しづつ次第に明らかになってゆくものである。不正確な現象が複雑に入り組んでいる場合には、不連続な構造による近似が有効である。

先般タチウオの資源診断を迅速法(後述)で解いてみた。その時、自然死亡の推定方式が正統的ではないので推定値の正確さが分らないとか、再生産曲線の記述が無いとかの批判を受けたことがある。前述したように自然死亡がピシッと求められることは有り得ないし、再生産曲線とて同じことで、真の再生産曲線はこれであると誰が示すことができようか。まさに‘百年河清を待つ’なのである。

ある人が街燈の下で何かを探している。「どうしてか」と聞くと、「鍵を落した」のだと言う。「どこで落したのか」と聞くと、「落したのはあちらだけど、ここが明るいのでここを探している。」//暗くとも落したところを手探りでよいから探すべきなのである。資源解析は不連続構造で迅速に近似的に解いて十分に有効なのである。理論に弱れ数理のみで解くのでなければ駄目だなどというのは現実把握の難しさを知らない似而非資源学である。

自然界の法則を、微小部分の構造から構成してみせたのがルネッサンス以降の近代科学の成功である。微分方程式の威力である。Newtonの力学の法則にしる、電磁気のMaxwellの方程式にしる、微小時空間の法則を以て時間も空間もマイナス無限大からプラス無限大まで外

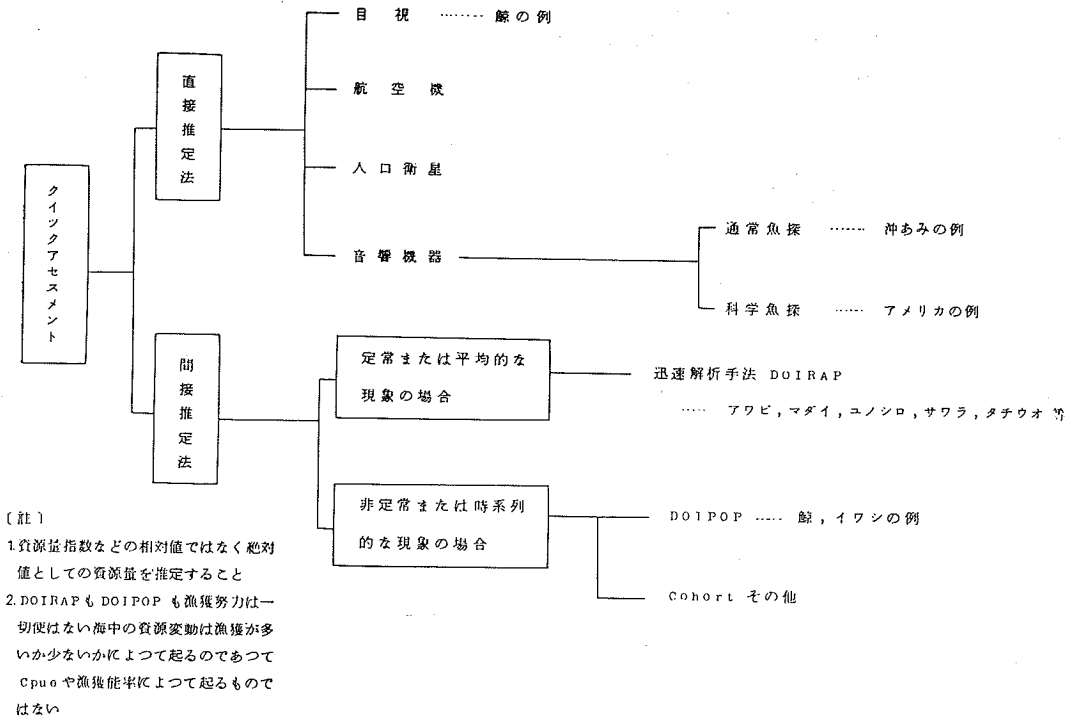


図7 絶対資源量推定のためのクイックアセスメント (分類)

挿してみせたのである。水産資源学もこれをまねしようとする。小さな水域で調査研究を行えば水産資源学の知識が豊富になるに違いないという発想法の根本には部分から全体にでてゆく、小さな部分の性質から大きなものの性質を解明し得るという古典力学的な考え方があつた。果して、環境問題解明の為に小さなタンク実験を行い、その結果が大海にあてはまるものであろうか。

5. 迅速解析

迅速解析手法は色々あり、分類を図7に示すが説明は略す。間接推定の迅速数理解析手法も改良しなければならないが、直接推定の機器としては科学魚探が近未来の有力武器となる。特にプランクトンについては科学魚探以外に海中量を的確に把めるものは考えられない。現在の科学魚探は開発初期の常として不慣れや使い難さや機器のトラブルがあつて、十分に活用されない面もあるが、使いこなす意欲さえあれば益々発展してゆくものである。研究開発面では、魚種判別、魚体推定、遠隔観測が目標となる。連続的に現状把握できることは、環境との関連において強力な情報源となり生物の特性と環境変動に関する知識を豊富にするものである。

6. 要約

- 1) 生物特性の繁殖と成長と移動の診断をする。
- 2) 環境と生物特性の関連には可逆と非可逆とある。
- 3) 環境変数として何を取り上げるかが大切である。
- 4) 生物の現実把握は迅速かつ連続的に行う必要がある。
- 5) 近未来に科学魚探がプランクトンにも魚にも有力武器となる。魚種判別可能機種の開発が望まれる。

文 献

- CUSHING, D. H. (1979): Climate variation and marine fisheries. WMO-No. 537, 605-627.
- 土井長之 (1979): 気候変化と漁業—世界気候会議よりの報告—。日本水産資源保護協会月報, 179, 180, 181, 183, 185 の各号。
- 土井長之 (1981): 群集生態とクイックアセスメント。昭和55年度漁業資源研究会議第13回浮魚部会議事録, 17-28.
- 水産庁・東海区水産研究所 (1981): 大量温排水に対する水産環境アセスメント総合調査。昭和50~55年度総括報告書, 352 pp
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1979): Proceedings of the World Climate Conference, WMO-No. 537, 791 pp.

6. 海洋環境の長期変動現象からみた場

—マイワシ資源の急増急減への環境からのアプローチ—

友 定 彰 (東海区水産研究所)

1. はじめに

1905年に始められた我国の漁獲統計をもとにして、カタクシイワシ、マイワシ、サバ等多獲性浮魚類の漁獲量の変動曲線が多くの水産資源研究者によって描かれている(近藤, 1971, 近藤ら, 1976, 宇佐美, 1973, 渡部, 1970, 平本, 1981 など)。これら多獲性浮魚類のうち、マイワシは1920年代後半の急増に続くピークが持続しないで、すぐに急減し、1940年代の初頭には、ほとんどとれないという状態になっている。当時のマイワシ漁獲量の変動曲線は、本来ならピークの状態がしばらく続く筈なのに、なんらかのマイナス要因が働いたために、急激に減少したと想像されるような変動である。漁獲量が資源量を代表しているとすれば、マイワシ資源は何かの要因で1930年代の後半に壊滅的な打撃を受けたことが想定される。その何らかの要因の中には環境に関係するものも考えられ、NAKAI (1962) は1934~1944年の10年間続いたとされている黒潮の大蛇行がマイワシ資源急減の1つの要因になっているとしている。

我国の漁獲統計が始まってからマイワシの豊漁は、上記の1930年代のものと、現在続いているものの2回しかなく、今回のマイワシ漁獲量は1982年現在ピークに達している状態で、資源の増加から減少に至る一過程を追跡できるまで完結していない。そこで、マイワシ資源の急激な増減と環境との関連を知るために、戦前の環境の資料を調べ始めた。マイワシに対する環境としては、海洋のみならず気象も、その生活に影響を与えるものと思われる。マイワシ資源の変動に関係する環境要因を明らかにし、現在ピークに達しているマイワシ資源が急減する要因を探ることを目的としている。ここでは、その方法と若干の具体例を示し、今後の研究の進め方について記述する。資源研究者からの御批判を仰ぎたい。

2. 資 料

1930年代の観測資料は、各地の燈台に委託して毎月5の倍数の日の未明に測定した定地水温、気温等沿岸域の観測、各県の水産試験場、中央水産試験場(現東海区水産研究所)、海軍水路部(現海上保安庁水路部)による外海域の海洋調査がある。また、気象要素は、全国の気象

官署で1800年代から継続した観測資料がある。これら資料のうち、気象官署の観測資料については解析を始めた所である。今回は、燈台に委託した定地観測の月平均値、各県水産試験場、中央水産試験場、海軍水路部の資料を用いる。これらの資料のうち、燈台の定地水温気温の観測結果は、台帳に記載されていたもののうち、図1、表1に示す74地点についてMT化し、海上保安庁水路部内の日本海洋資料センター(JODC)に登録されている。ただし、現在も観測が継続されているものは、1980年末までの観測結果がMT化されている。

3. 方 法

マイワシの急増、急減と環境との結びつきの可能性を整理して表2に示す。ここでは、物理環境のみを考えているが、その他の要因について、各専門分野の研究者が研究方法を提案し、他分野の研究者と共同研究出来る素地を作る必要がある。

マイワシは日本沿岸域で産卵し、シラス期を過した後、本州のはるか東方海域まで索餌回遊する。しかも、その棲息する時期は发育段階によって、多少の遅速はあるものの、概ね、毎年同一時期であるとみてよい。

1930年代のマイワシ豊漁期の産卵場は薩南海域に冬~春季に形成され、春季にはシラスとなって日本沿岸域に輸送されていた(NAKAI, 1962)。従って、卵期~シラス期の環境として、薩南海域も含めた本州南岸域の冬~春季の環境に異常があるか否かを調べる。発生初期の段階では、海洋のみならず気象の影響も受けるであろう。気象要素としては、降水量、風、日射量などを調べる。また、卵~シラス期、シラス期~索餌回遊に向う時期には、海流による輸送のされ方も生残りに大きな影響を及ぼす。従って、太平洋岸では黒潮の流路を、日本海側では対馬暖流の流路を把握しておく必要がある。

索餌期については、夏季の極前線帯付近の海況を調べる。太平洋岸では、本州東方~北海道の沖合の海況を知る必要があるが、観測が少ないので、毎年夏季の沖合の海況を知ることは困難である。そこで、沖合の海況の影響を受ける沿岸定地水温で沖合の海況を代表する。産卵回遊のために南下する群は越冬群と称される時期に黒潮前

表 1 定地水温, 気温の観測地点と観測期間地点名と期間

| No. | 地点名と期間 | No. | 地点名と期間 | No. | 地点名と期間 |
|-----|---------------|-----|---------------|-----|--------------|
| 1 | 納沙布 '13~'59 | 26 | 彭佳島 '15~'45 | 51 | 清津 '21~'45 |
| 2 | 襟裳 '13~'48 | 27 | 安渡移失岬 '19~'44 | 52 | 舞水端 '16~'45 |
| 3 | 汐首 '35~ | 28 | 能取 '19~'44 | 53 | 馬養端 '24~'45 |
| 4 | 尻屋 '13~'45 | 29 | 西能登呂 '13~'45 | 54 | 麗島 '21~'45 |
| 5 | 鮎ヶ崎 '19~'74 | 30 | 鴛泊 '19~'75 | 55 | 水源端 '16~'45 |
| 6 | 宮城江の島 '10~'80 | 31 | 焼尻島 '19~'72 | 56 | 注文津 '19~'44 |
| 7 | 塩屋 '13~'74 | 32 | 神威岬 '19~'54 | 57 | 竹辺 '16~'45 |
| 8 | 銚子 '17~'45 | 33 | 稲穂岬 '13~ | 58 | 浦項 '16~'44 |
| 9 | 勝浦 '18~'51 | 34 | 白神岬 '13~ | 59 | 長響岬 '16~'45 |
| 10 | 野島 '13~ | 35 | 入道崎 '13~'74 | 60 | 甘浦 '21~'39 |
| 11 | 神子元島 '13~'43 | 36 | 飛島 '19~'62 | 61 | 釜山 '20~'44 |
| 12 | 大王埼 '40~'74 | 37 | 姫埼 '13~'59 | 62 | 統営 '21~'43 |
| 13 | 潮岬 '10~'59 | 38 | 祿剛埼 '13~'62 | 63 | 巨文島 '16~'45 |
| 14 | 室戸 '19~'57 | 39 | 経ヶ岬 '19~'75 | 64 | 山地 '21~'45 |
| 15 | 足摺 '19~'45 | 40 | 地藏岬 '21~'32 | 65 | 馬羅島 '23~'45 |
| 16 | 宮崎島の浦 '18~'44 | 41 | 日御埼 '13~'74 | 66 | 麗水 '21~'40 |
| 17 | 宮崎内海 '18~'44 | 42 | 浜田 '18~'45 | 67 | 竹島 '16~'45 |
| 18 | 鞍埼 '19~'63 | 43 | 山口見島 '14~'44 | 68 | 黒山島 '25~'45 |
| 19 | 宮崎宮の浦 '19~'43 | 44 | 角島 '13~'63 | 69 | 七釜島 '24~'45 |
| 20 | 佐多岬 '19~'45 | 45 | 山口角島 '14~'44 | 70 | 於青島 '16~'44 |
| 21 | 大島 '50~ | 46 | 蓋井島 '14~'44 | 71 | 格列飛島 '16~'45 |
| 22 | 八丈島 '20~ | 47 | 沖島 '14~'66 | 72 | 小青島 '16~'45 |
| 23 | 屋久島 '19~'63 | 48 | 三島 '13~'75 | 73 | 西島 '21~'45 |
| 24 | 伊江島 '19~'44 | 49 | 神埼 '19~'45 | 74 | 大和島 '16~'45 |
| 25 | 津堅島 '19~'44 | 50 | 大瀬埼 '13~'57 | | |

線付近でしばらく滞留する。“越冬”の意味は“冬の寒さを過すこと。冬の季節を越すこと。冬ごし”, (角川書店版国語辞典より) となっている。南下するマイワシはそのまま南下し続ければ暖かい所に行ける筈なのに、黒潮前線付近に滞留する。越冬というよりも、むしろ、塩分の違いによる浸透圧の差に順応するために黒潮の前線帯で適応力をつけているのかもしれない。もし、そうであれば、黒潮前線帯の南北の塩分差が大きいか否かを調べることによって、越冬期の長短を知ることが出来るであろう。ところが、戦前の観測では塩分検定の精度はあまり良くない。親潮系と黒潮系の海水の違いによる塩分差であれば、それは水温差によって代用出来るであろう。従って、房総半島沿いの定地水温と塩屋崎あるいは宮城江の島の定地水温の水温差を調べれば前線帯の水温差の大小が分るであろう。

このような方法によって、マイワシの急増、急減に対する環境面からのアプローチを試みている。今回は太平洋岸の資料について若干の検討を行った。

4. 結 果

4-1. 産卵期, シラス期, 索餌期の水温

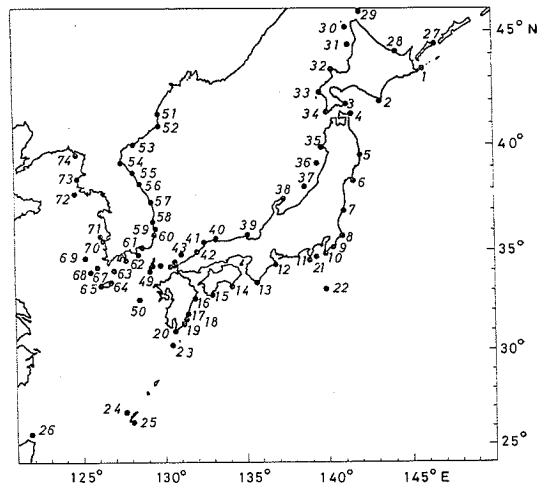
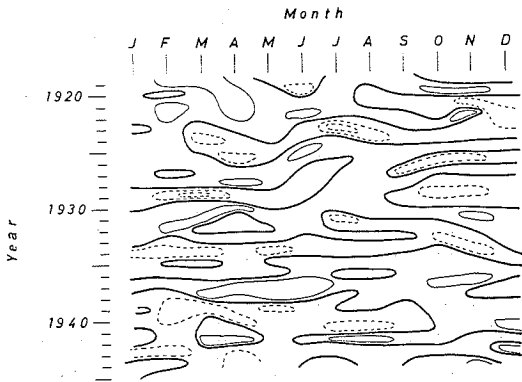
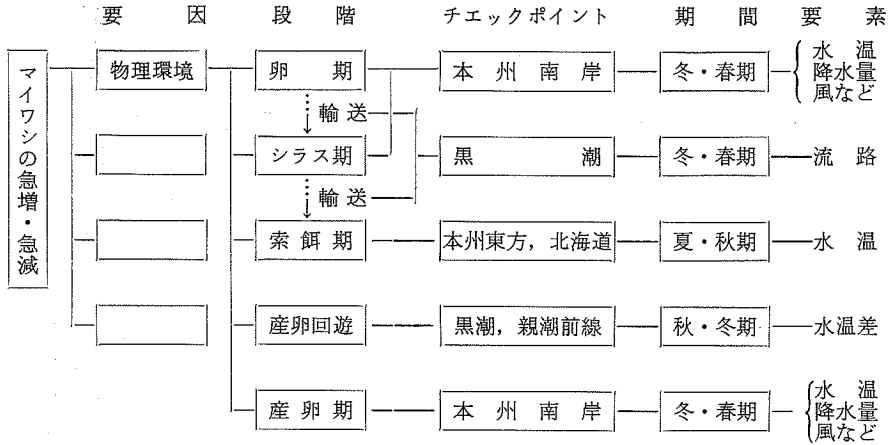


図 1 磁気テープに収録した定地水温, 気温観測地点

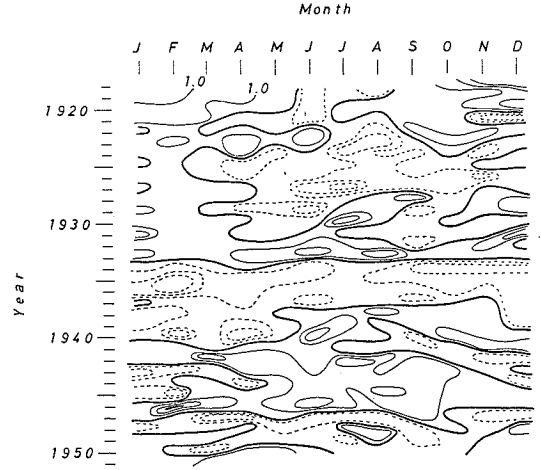
産卵場の代表点として佐多岬の水温の月平均値からの偏差を示す(図 2), 佐多岬は鹿児島県大隅半島の南端に位置している。全期の水温変動の標準偏差は 0.7°C である。マイワシの豊漁期である 1930 年代の冬~春季の産

表2 マイワシの急増と急減に対する環境面からの検討方法



Sata-Misaki SST deviation from monthly mean

図2 佐多岬の水温の月平均値からの偏差, 太い実線は偏差0, 実線はプラス, 点線はマイナスの偏差で1°C毎に描いている



Awa-Katsuura SST deviation from monthly mean

図3 安房勝浦の水温の月平均値からの偏差

卵場の水温場には、とりたてて異常な水温は認められない。図3は安房勝浦の水温の月平均値からの偏差である。全期間の水温変動の標準偏差は1.1°Cである。シラス期を過ごす春季の水温をみると、1930年代の後半の5~6年間継続して低い水温で経過し、標準偏差を越えている期間が長い。野島埼の同時期の水温も安房勝浦と同じ傾向で変動している。しかし、神子元島の水温変動は安房勝浦、野島埼の変動様式と逆になっている、1930年代後半の5~6年は高い水温が持続している(野島埼、神子元島の水温図は省略)。このように、シラス期を過ごす場の水温が5~6年間高温あるいは低温で経過することが、マイワシ資源の増減とどのように関係しているかは今後の検討課題であるが、現象としては、外房海域で

の低温の持続、伊豆半島沖での高温の持続期間中にマイワシ資源が減少している。

索餌期を代表する点として襟裳岬を選び、その水温の月平均値からの偏差を図4に示す。襟裳岬の全期間の水温変動の標準偏差は1.3°Cである。1930年代の後半から1940年代の初頭にかけて、7~9月の水温は2~3年で高くなったり低くなったりしている。その変動幅は平均値から2°C以上低温から2°C以上高温の間にある。このような、ある年と次の年の間の水温差が4°C以上になるような変動がくり返されている時、その海域に棲息する餌生物の分布も変動しているものと推定される。これがマイワシ親魚にどのような影響を及ぼすか検討する必

要がある。

ある発育段階において、マイワシの棲息する場の水温が継続して低いあるいは高い時期があること、高低をくり返すこと、前年との水温差の大小等がマイワシ再生産や成長にどのような影響を与えるかは環境の問題であると同時に生物の問題でもある。

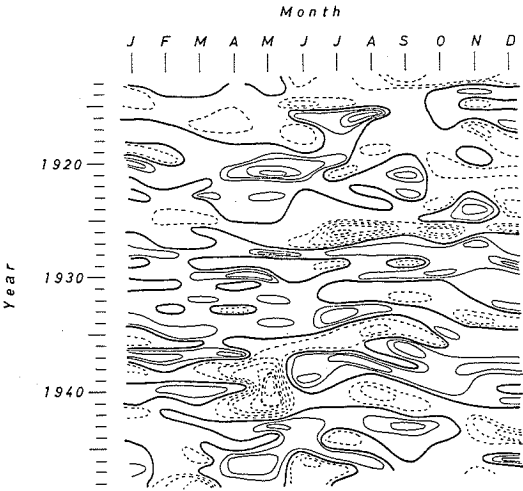
4-2. 黒潮の流路

黒潮が八丈島の南側を通過しているか北側を通過しているかによって八丈島の定地水温には大きな差がみられる。黒潮が八丈島の南を通過している時、八丈島は黒潮

の内側域に入り低水温となる。逆に、黒潮が八丈島の北側を通過している時、八丈島は黒潮の外側域になり高水温となる。定地水温は岸边での測定値であるから気温の影響を受けることも当然である。図5は八丈島の定地気温(上段)と水温(下段)の12カ月移動平均を示したものである。下段の図中、横線が引かれている年代は岡田(1978)による黒潮の大蛇行期間である。12カ月移動平均をとる際に9カ月以上データがあれば有効としているために、1920年代初頭のように冬季間に欠測がある時、高い気温を示すことになる。

気温と水温は相互に影響を与えながら変動している。例えば、1970年代はその初頭を除いて、黒潮が八丈島の北側を通り、水温はもっと高くなっていい筈である。しかし、気温が平均値を大幅に下回っているために水温が平均値よりやや高いレベルで変動している。黒潮の大蛇行が消滅する時には、黒潮は八丈島の南側を通過するために、水温は例外なく平均値を下回っている。1955年の大蛇行消滅時にも、気温は平均値より1°C以上高温であったが、水温は平均値を下回っている。

1934年から1944年までの10年間続いたとされる黒潮の大蛇行時に注目すると、1938年から1940年までの約2年間水温は平均値を下回るレベルで経過している。この間気温は平均値程度まで低くなっている。このことは、気温の低下が水温の低下をもたらしたのではないことを示している。なお、この間に欠測は一度もなく移動平均の操作に問題はない。2年間も継続して水温が平均値を下回ることが気温によるものでないとするれば、この



Erimo-Misaki SST deviation from monthly mean

図4 襟裳岬の水温の月平均値からの偏差

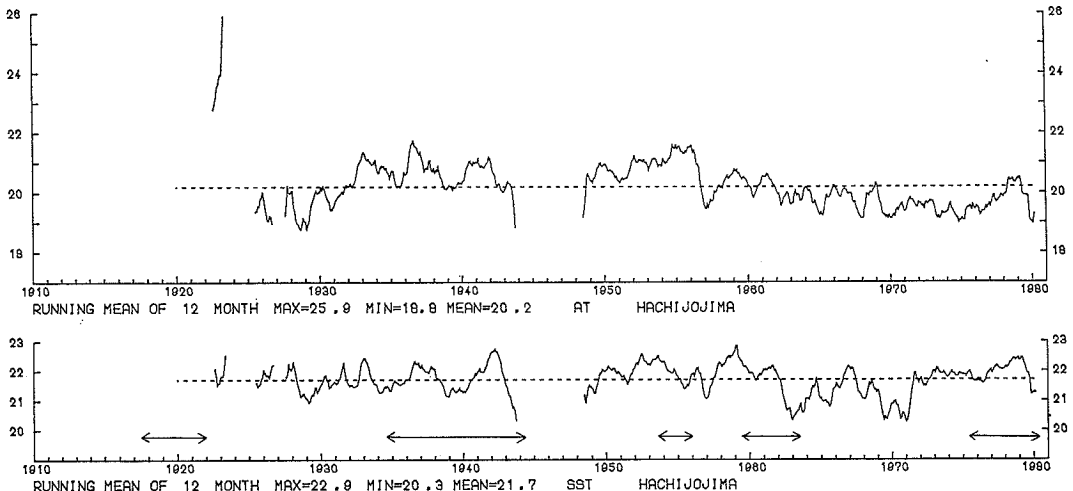


図5 八丈島の気温(上段)、水温(下段)の12カ月移動平均。下段の図中の横線は大蛇行の期間(岡田, 1978)を示す

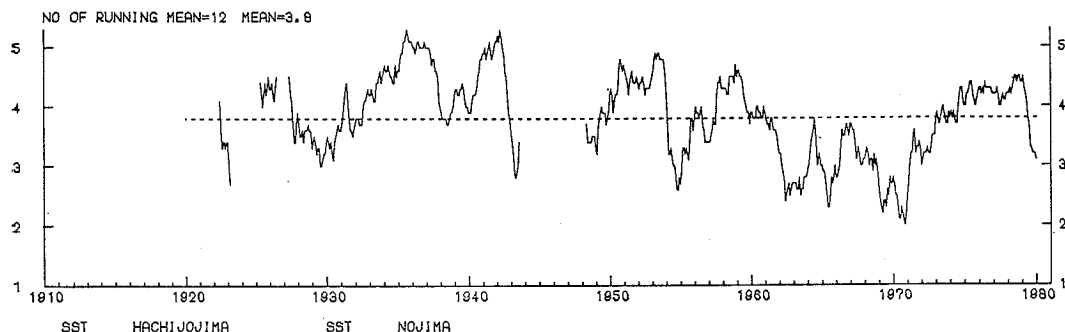


図6 八丈島と野島崎の水温差の12カ月移動平均

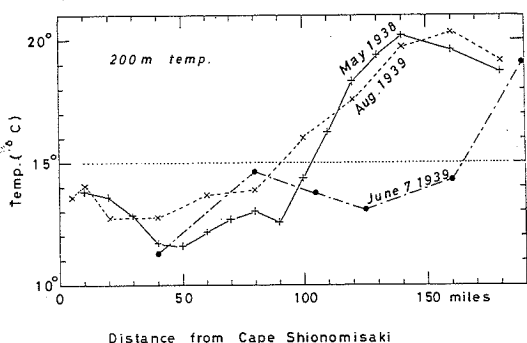


図7 潮岬沖の200m深水温

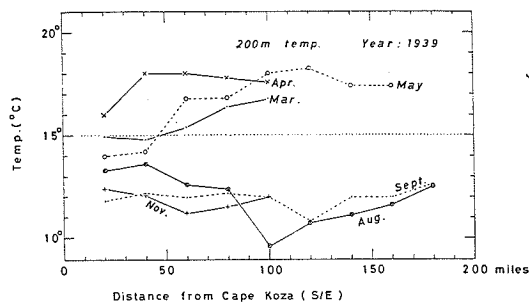
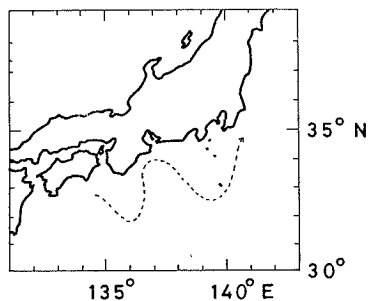


図8 三重県御座沖200m深水温

間、黒潮が八丈島の南を通過していたと考えることが出来る。

図6に八丈島と野島崎の水温差の12カ月移動平均を示す。野島崎は常時黒潮より沿岸側に位置しているため、八丈島の水温から野島崎の水温を差し引いた値が小さければ、その間、八丈島は黒潮の内側域に位置していたことになる。いずれの黒潮大蛇行消滅時にも、二点間の水温差は小さくなっている。1938年～1940年の二点間の水温差はその前後に比べて極端に小さくなっている。これによっても、この間、黒潮が八丈島の南側を通過していたことになり、1938年ごろに冷水塊が伊豆諸島域に位置していたと思われる。戦後の大蛇行では、伊豆諸島に冷水塊がかかると例外なく、すぐ後に大蛇行は消滅している。従って、1934年に始まった大蛇行は1938年ごろに一度消滅したことになる。

ところが、1938～1939年の潮岬沖の200m深水温(図7)によると、潮岬沖の黒潮流路は陸岸から90マイル以上離れている。特に1939年7月は、南々東から潮岬に向う測線ではあるが、160マイル以上も離れている。1939年の三重県御座沖(御座は大王崎から数マイルの距離に



Estimated path of the Kuroshio

1939

図9 1939年前半の推定黒潮流路

ある)の黒潮流路は、同年前半に50マイル以内しか離れていないが、同年後半になると180マイル以上離れている(図8)。

従って、1939年の前半には潮岬沖に冷水塊が存在し、黒潮は紀伊半島東岸に接して流れ、同年後半には冷水塊は熊野灘沖に移り、黒潮は潮岬沖～大王崎沖で離れて流れていたことになる。また、八丈島、野島崎の定地水温から判断して、この間、黒潮は八丈島の南を通過していたことになる。従って、1939年前半の黒潮は図9に示すよ

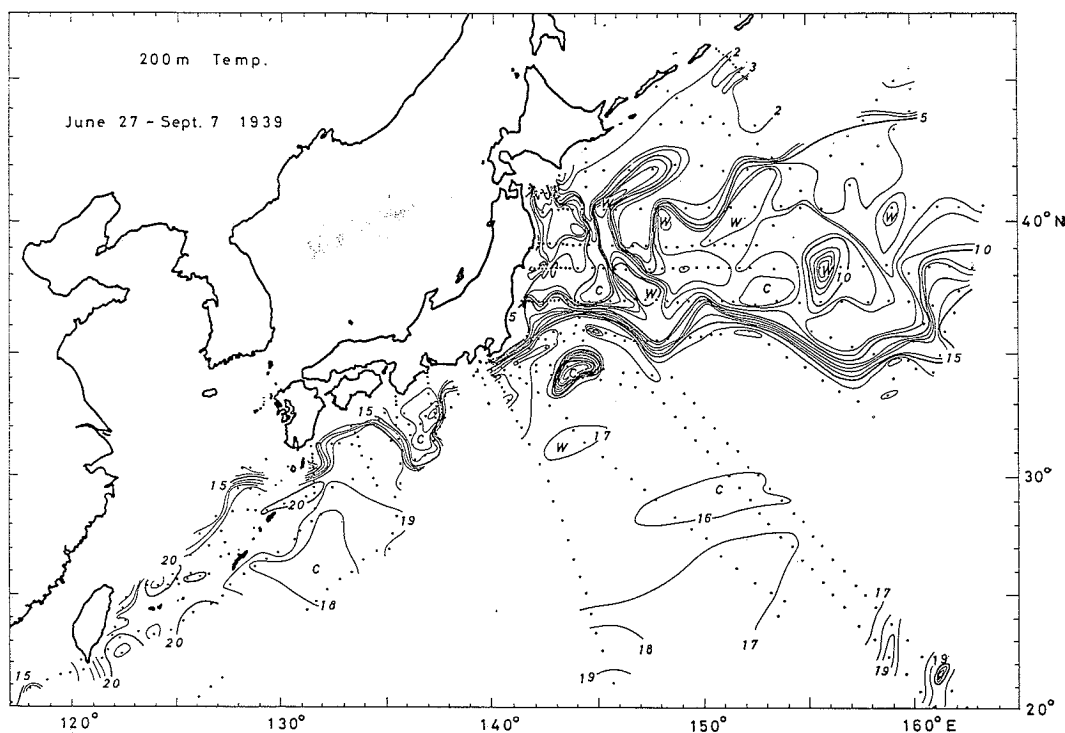


図 10 1939年6月17日～9月7日の太平洋側の 200m 深水温

うな流路をとり、1939年後半には図9のW型流路が多少東に寄ってはいるが、依然として八丈島は黒潮の内側域に位置していたと推定される。このことは、1938年ごろに黒潮の大蛇行が消滅してC型（二谷，1969）の流路になっている所へ西から蛇行が東進し遠州灘に新たに大蛇行が形成されたことを示唆している。図10は1939年夏季の日本近海の観測値をプロットしたものである。図10にみられるように、御前埼沖以西と野島埼沖以東の水温度分布はよく分るが、肝腎な伊豆諸島域の水温度分布は明らかでない。等温線がそのまま東西に描かれるとも考えられるし、石廊埼沖を南下して八丈島の南を通った後北上して野島埼に達するようにも描かれる。SHOJI (1972)によると、1939年末から1940年にかけて野島埼沖の黒潮は相当離岸し、33°30'N 付近を流れていたことになっている。これも1939年頃冷水塊が伊豆諸島域を越えたことを示唆している。

このように、1938～1940年の約2年間、黒潮の流路が図9に示すようなW型の流路になっていると、薩南海域で産卵された卵が輸送されながらシラスになった時、はたして生残率の高い海域に運ばれているだろうか。生残率の高いとされる沿岸域から、はるか沖合の潮岬沖の冷

水塊や伊豆諸島域に位置する冷水塊の中や縁辺部に運ばれると、その生残りはよいのだろうか？ 1938～1940年の黒潮流路の形態は、少なくとも戦後の頻繁な観測によってモニターされているパターンにはないC型でかつA型という極めて異例なパターンであったと推定される。それがマイワシ卵・稚仔の輸送に果たした役割りは大きなマイナス要因であったであろう。

5. 要約および結論

マイワシ資源の急増、急減に対して環境の果す役割りを知るために、増加から減少までが追跡できる戦前のマイワシ資源の変動と環境との関連性について解析を始めた。マイワシの発育段階毎に海域と時期を分け、日本全国で比較的資料の揃っている燈台委託の定地水温、気温観測の中から太平洋岸の水温度の変動を概観した。

1930年代の主産卵場であった薩南海域の代表点とした佐多岬の水温度には、産卵に異常をきたす程大きな変化は認められない。シラス期を過ごす本州南岸の代表点として、神子元島、野島埼、安房勝浦の水温度変動をみると、1930年代の後半に、神子元島で5～6年高温が持続し、安房勝浦、野島埼等外房海域では、この間低温が持続している。現象としては、この時期はマイワシ資源の急減の

時期に当たっているが、両者の因果関係は明らかでない。

また、索餌期の代表点としての襟裳岬の水温変動によると、1930年代の後半に、年による夏季の水温変動が大きい。このような水温変動の大きさがマイワシの餌となる生物の分布発育にどの程度の影響を与えるか今後検討しなければならぬ。

〔シラス期までは遊泳力に乏しく、海流による輸送が生残りの多少に大きく関係している。日本周辺の海流系のうち、当時の黒潮の流路について検討した。1938～1940年に、黒潮はC型であると同時にA型であり、戦後には例をみないパターンが想定された。このような型をした黒潮の流路がマイワシ資源の急減をもたらした1つの要因になっていると思われる。今後、これら海洋の資料を詳しく検討すると同時に、降水量、風、日射量等気象の資料も検討する予定である。〕

〔今回のシンポジウムの討論者として発表された川崎健教授によると、マイワシは最も太陽に近い所にいる魚だそうである。これは、マイワシが海洋のみならず気象変動にも大きな影響を受ける魚であることを意味している。しかし、マイワシの発育段階毎に、どのような環境の要素がどのように働くと、マイワシにとって好都合であるのか、あるいは、不都合であるのか、といった具体的な提案が資源研究者の間でも必ずしも明確になっていないという印象を受けた。この辺を明らかにする説明があれば是非お教え願いたい。もしなければ、今後の研究課題として、資源研究者と共同研究して行きたい。〕

おわりに

今回 MT に収録した定地水温、気温の中には60年以上継続したものが10カ所ある。数10年の観測の間には、何人も観測者が替ったであろう。これら観測に従事された燈台の職員の方々に感謝致します。燈台の定地観測も、無人化自動化のために、1980年現在では4カ所を残すのみとなった。惜しいことである。

これらの定地水温、気温の観測記録は台帳に記載されているが、その台帳も大正2年頃から使われていたもので、現在ではいたみが激しくなっている。そこで、今後利用しやすくすることも考えて、台帳から磁気テープに収録することにした。膨大な観測結果をデータシートに転記する作業は加藤真紀嬢の努力によってなされた。また、データシートからカードへのパンチをはじめとするテープ作成はJODCにお願いした。これらの方々の御協力によって計算機による処理が可能データとなった。また、土井長之博士からは本シンポジウムの席上で有益な助言をいただいた。ここに記して感謝致します。

文 献

- 平本紀久雄 (1981) マイワシ太平洋系群の房総およびその周辺海域における発育と生活に関する研究. 千葉県水試報, **39**, 1-127.
- 近藤恵一 (1971) カタクチイワシの生態と資源. 水産研究叢書, 日本水産資源保護協会, **20**, 1-59.
- 近藤恵一, 堀 義彦, 平本紀久雄 (1976) マイワシの生態と資源(改訂版). 水産研究叢書, 日本水産資源保護協会, **30**, 1-67.
- 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.
- 二谷頼男 (1969) 最近数年の黒潮の変動について. 水産海洋研究会報, **14**, 13-17.
- 岡田正実 (1978) 黒潮の大蛇行歴 (1954~1977) と潮汐観測. 海洋科学, 号外, **2**, 81-88.
- SHOJI, D. (1972) Time variation of the Kuroshio south of Japan, In, Kuroshio, its physical aspects, ed. H. STOMMEL & K. YOSHIDA, 217-234.
- 宇佐美修造 (1973) マサバの資源学的研究, とくにマサバ太平洋系群の成魚について. 東海水研報, **76**, 71-178.
- 渡部泰輔 (1970) マサバの発育初期における形態・生態ならびに資源変動に関する研究. 東海水研報, **62**, 1-283.

質 疑 応 答

質問: ①日本の平均気温は、イワシが豊漁であった1930年頃に低かった。降水量もその頃少なかった。これらとイワシ豊漁とを短絡させるつもりはありませんが、先程のタラと松の年輪の問題の例にもありますように、環境として気候やエネルギー根源の太陽輻射を入れて考えるべきだと思います。②精度が悪くとも、大昔のイワシ豊漁(1840年, 1720年級)も考慮に入れて、その頃の気候資料があれば良いと思う。③近年は数百年に一回とか数千年で一回しか起らないような異常高温、異常降雨がよく発生している。これが非可逆的な影響を与えるのではないのでしょうか。将来資源変動がより大きくなるのではないのでしょうか。

(土井, 日本エヌ・ユー・エス)

答: ①御指摘の通り、マイワシ資源の環境としては、海況のみならず気象の要素も考慮する必要があると思います。そこで、気象庁の全国気象官署の気候の測定結果をいただき現在解析中で御座ります。気候の要素として、気温、降雨量、日射量、風速等を取りあげて、図を描き始めました。これらの図を描くにあたって、マイワシの生活周期に合った時期のものを描くようにしています。たとえば、産卵場の環境を見るために、

冬期～初春の薩南海域のものを描くといった具合です。

②我が国の明治以前の海象，気象資料は古文書をあたることと，当時伐採された樹木の年輪を調べること等があると思います。これらの資料を手に入れる方法を教えていただきたい。気候の長期変動をあつかった本が出版されているので，それらを参考にして，昔の記録を調べてみようと思っています。

③マイワシ資源の変動がどのような機構で起っている

のか，という所を整理してみる必要がある。純粹に生物サイドの要因で資源量変動しているかもしれない，環境と関連しているとして，どこがどのように関連しているのかも分らない。現在では，考えるあらゆる要因をピックアップして，その中からある種の要因をみつけるという，試行錯誤的な方法でいくしかないと思います。

資源の変動が非可逆的であるというのは，ある意味では，どの変動をとっても非可逆的であると思います。

7. 漁海況予測研究の現状と生産力評価

黒田 隆 哉 (東北区水産研究所)

生物の分布・行動と生物をとりまく環境との関係を考える場合，両者に共通の時間・空間スケールで考え(調査・研究)しなければならない。従来水産海洋では諸々の制約から，結局は生物側は生物側の時空間スケールでものを考え(現象を調査・研究)，環境側は環境側の都合のよい時空間スケールでものを考え，両者の結果を必然性が必ずしも明らかになれないまま強引に対応(若しくはドッキング)させようとしてきたことが多いと思われる。現在国立の水産研究所ではブロック内の水産試験場と組んで，担当海域を主とする重要浮魚資源の漁海況予測を行っている。これまでのところ各ブロックとも予報(一漁期を通じての予報—長期予報)は当該魚種の漁が始まる直前に作成・発表されている。しかし実用の見地からいえば，漁業者は漁の準備に入る前にそういう話はききたいわけである。計画立案や仕込み，人の手配その他の準備もあるので，出漁直前に長期的な予報をきかされても，それでどうこうするというわけにはいかない。この時点ではもうどこへ行ったら獲れるかという短期予報的なものが大事になってくる。また漁業を管理する立場からいっても，漁の始まる直前では計画を立てにくいであろう。しかし現状の予報技術では止むを得ない点が多い。したがって，いま予報で要求されるのは，精度の向上はいくらでもないが，もっと早く予報を出すということにしばられるだろう。現在行われている予報は，海区ブロック，対象魚種によりその内容・組立てに多少違いがあるが，ここでは筆者が関係している東北海区ブロックについて考えてみたい。対象魚種はカツオ・サンマ・マサバ・マイワシ・スルメイカで，予報の項目は①漁期中の漁場，

②魚体の大きさ，③総漁獲量が支柱である。漁場については，初漁期の漁場位置，その後の移動経路，停滞場所，終漁期の漁場位置等の見通しが求められる。魚体についてはどの大きさのものが主体となるか，その他との割合等。漁獲量については総漁獲量のほかに，いつ頃が盛漁期となるか，魚体別漁獲量等の見通しが求められる。漁場の形成・移動・消滅等を考えるにあたっては，物理環境(水温，水塊，前線等の分布)や生物環境(餌料，他魚種の分布等)が重要な資料となる。また魚体の大きさ，資源量水準の高低等も漁場の地理的分布を知る要因として考慮されよう。魚体については漁の始まる直前の分布調査や，他海区における発見魚群の地理的分布，魚体組成，発見状況等を参考にして，その年の漁期中の魚体の見当をつけることになる。漁獲量についても同様に漁期の直前の発見群の分布状況や発見数のほか，群の性状など漁の始まる直前ぎりぎりまでの諸情報をできるだけ多く集め，これらに基づいてようやく予報を作成することになる。予報を作成するにあたって用いられる諸要因ないしは諸情報は，現在の研究段階で必ずしも予報項目との間に物理的な意味，必然性といったものがすべて明らかにされているわけではなく，経験・相関・前兆・周期・類似等の諸関係を勘案しながら予報項目の内容を種々引出し，これらを総合して最終案を作成することになる。このような方法では予報の作成はどうしても漁の始まる直前になるので，さきに述べた予報の早期作成は難しいし，また検証によって精度を向上させることも難しい。早期作成のためにはやはり初漁より数カ月前に来遊資源量(水準)の見積り，漁期中の海況の予測が必要で

ある。最近では漁海況予報事業の予算が窮屈になってきたのにもなって、事業の内容の見直しが再三行われ、予報の手法についてもその根拠の明確化や集めた資料の迅速処理のためのテープ化等が次第に軌道に乗りつつある。ここでは根拠の明確化と早期作成につながる一つの関係即ち海況と魚群の分布様式（いわゆる海況と漁況との関係）という古くて新しい問題の解明を取り上げたい。最近の急速に進歩しつつある海洋測器によって、工夫次第では海上において魚群の存在状態とその変化が、それに見合った時・空間スケールの繰り返しの観測によって把握出来るようになってきた。いわゆる“海況と漁況と

の関係”が海上において具体的に明らかにされ始めている。ここでは、東北水研でこのような方法で研究されつつある 1, 2 の例を紹介したい。

1) 冬季における黒潮流域のサンマの分布・移動について

北西太平洋系群は10月から5月にかけて本州南東沖合から伊豆諸島近海～薩南海区で産卵する（小達 1977）。このうち 1~4 月野崎埼沖～足摺岬沖の仔魚量は、秋の中型サンマの漁獲尾数と正の相関（0.73）を示した（ODATE & HAYASHI, 1979）。しかしこの程度では1~4月の仔魚の存在量から中型サンマ資源量を予測するうえ

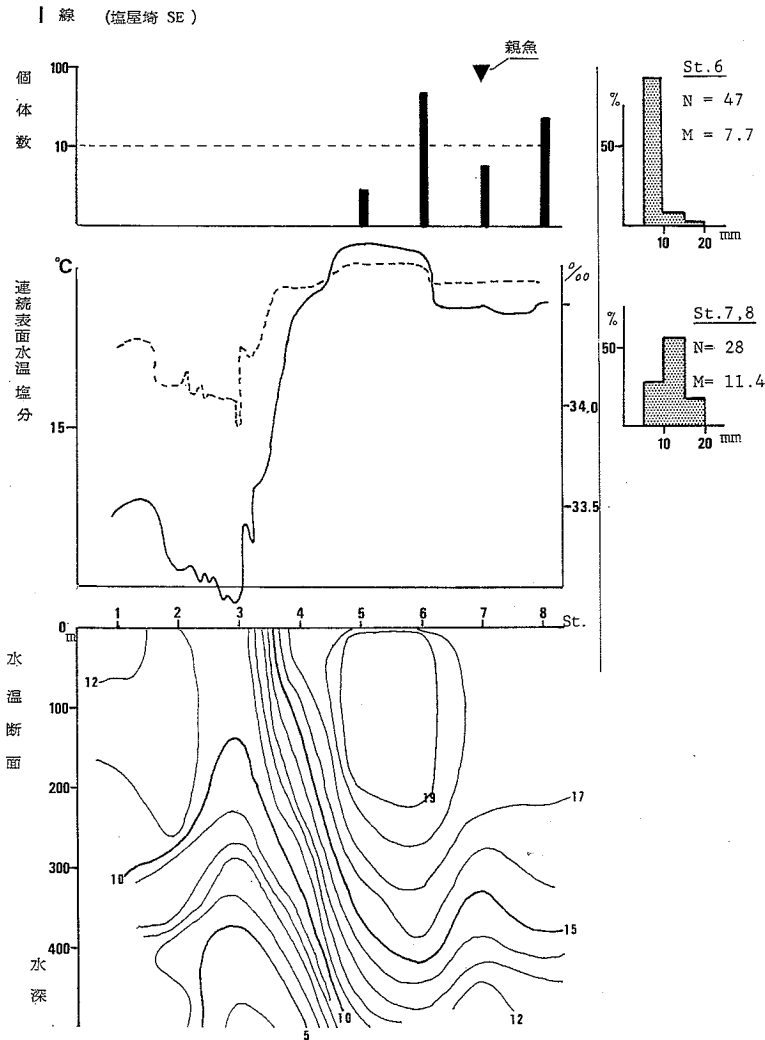


図 1 A 線（塩屋崎 SE）における水温鉛直分布，表面水温塩分連続記録，サンマの分布，体長組成（林，小坂 1981b）

で充分高いとはいえず、仔魚の発生量が多いにもかかわらず漁獲量が少ない(1973年)、逆に発生量が少ないにもかかわらず漁獲量が多い(1977年)こともあり(林, 小達 1979), 両者の関係についてはなお検討を要する問題があるとし、その主要な原因として ① 発生量そのものの正確な把握と、② 仔魚のその後の生残りを支配する要因が黒潮続流の流れかたにあるのではないかという2点を考えた。即ち東海道沖で黒潮が大きく蛇行し、房総半島に接近して東北海区に北上するときは、混合水域に多くの仔魚がもたらされ、これに対して大きく蛇行せずに房総半島沖を流去するときは、仔魚は沖合水域に運ばれると推定した(ODATE & HAYASHI, 1979)。そしてこの点について林(1980)はさらに検討を進め、1969~80年の春季(5月頃)サンマ北上期の犬吠埼南東線以北の金華山東方沖合までの稚仔分布調査結果を整理し、1969~72年は稚仔の生残量水準が高く、1973~77年は著しく低く、1978年以降80年までは再び高くなっていることを確かめ、この要因が先述した黒潮の流れかたであろうと考えた。しかしこの程度の関係だけでは矛盾が生じる。例えば、1~2月の仔魚はもし先述した条件の良いほうの黒潮の流れかたによって、うまく東北海区に移送されたとすると、厳冬期に混合水域へ入ってしまうことになり、結局は生き残れないことになる。そこでこの矛盾を回避するためにさらに次の仮説が設けられた。冬期(1~4月)に産卵し発生した稚仔が東北海区の成育場に移るには、黒潮に運ばれて150°E 以東の沖合から北上するか、あるいは春季、黒潮の蛇行が盛んになり北偏傾向が強まるまで黒潮前線の南側に滞留し、4、5月に成育場の環境が良くなってから東北海区に進入するのではないかというのである。この点は未だ良くつめられていないようであるが、さらに黒潮につかず離れずといった格好で東北

海区の南部の近海~沖合に運ばれてきた稚仔魚が、いつ頃、どの辺からどのようなメカニズムで混合水域に、さらに親潮域に入っていくのかを明らかにする必要があるが、これについては2)で触れる。次に、先述した①の点については次のような結果が得られている。本州南方の黒潮域の産卵場水域で発生した稚仔が黒潮により東北海区南部に移送される具体的なメカニズムや稚仔の分布密度を正確に知るために必要な魚群パッチの大きさの推定等に関して林, 小達(1981)や武藤, 林, 小坂(1981), 林, 小坂(1981a, 1981b)の結果を総合すると、おおよそ以下の通りである。まず稚仔の分布は黒潮強流帯からはずれた沖合側にあり、強流帯または縁辺部に近づくに

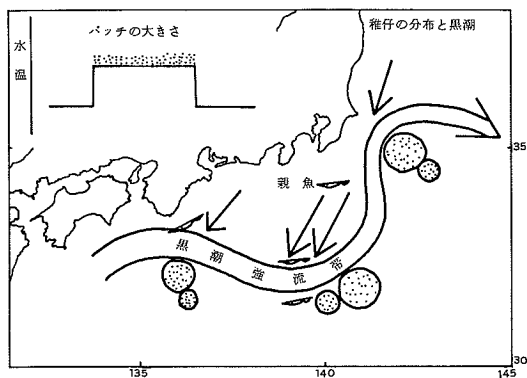


図 2 稚仔・親魚の分布と黒潮(林, 小坂 1981a)

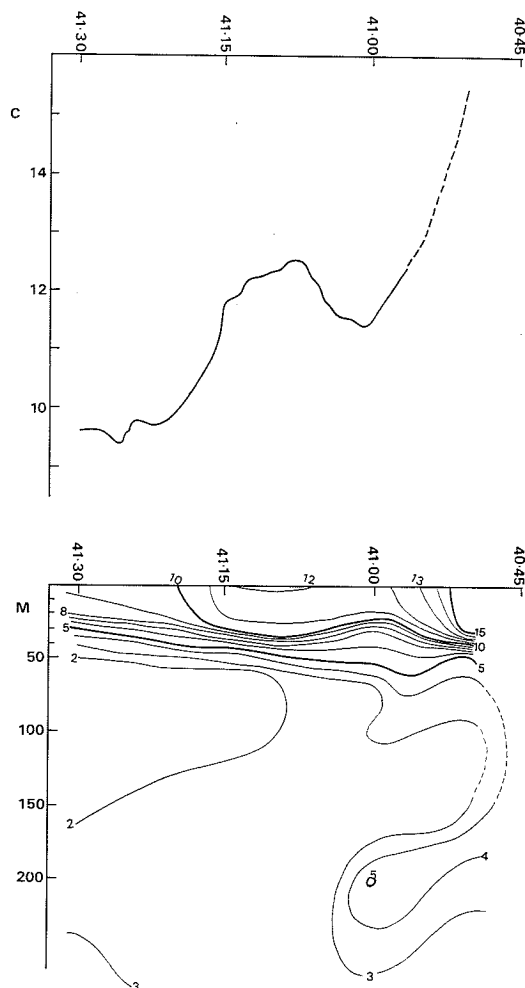


図 3 1974年6月30日, 149°00E 線における表面連続水溫(上)と水温の鉛直断面図(下)(小坂 1976)

つれ、体長の大きいものが分布している(図1)。一方、この強流帯の沖側には表面水温・塩分の連続記録から図1で見るとように1°C前後の水温差(勾配、潮境)を持つ数~10海里の小水塊(帯)ないし渦の存在が暗示され、それぞれの小水塊ないし渦上で採取される稚仔集団の体長組成(平均体長も)は異なっており(図1)、これらが異なる集団であることが分る。しかも魚体の大きい集団ほど強流帯に近いところに出現している。これらのことから、サンマ稚魚は強流帯の南側で発生し、それぞれ小水塊上で1集団のパッチ(その大きさは数~10数海里か)を形成する。これは永續せず、パッチは崩れ、再び別の小水塊に集まって別のパッチを形成するのであろうと整理された(林, 小達 1981)。このような考え方をさらに検討し、模式化したものが図2(林, 小坂 1981a)である。この図中で、稚仔がどのようにして東北海道南部へ運ばれ、どの海域から混合水域へ、さらに親潮水域へ移っていくかが次の問題となる。

2) 春季におけるサンマ幼未成魚の北上回遊過程

先述したようにサンマ幼稚仔が黒潮統流を越えて混合水域に進入する過程には黒潮の流れかたが大いに関係するとされている。このメカニズムは未だ具体的に明らか

にされていないが、その入口は沿岸~近海(ほぼ 150°E 以西)と沖合との二通りがあるらしく、海況により沿岸~近海を大量に北上する年と沖合を北上する年とで年代的な交替があるらしい。秋の漁況を予測するためには5~6月の時期にこの点も明らかにしなければならない。次にいったん混合水域(黒潮北上分派)に入った幼稚仔は成長しながらさらに親潮前線を越えて親潮水域に入り、秋再び南下することとなるが、この親潮前線を越える際の分布状況の変化と海況との具体的な対応関係については、最近明らかにされつつある。1975年以後の調査において、幼魚~未成魚の北上期である6~7月に沖合の黒潮北上分派の先端付近における分布と海洋構造との対応を見るため、DBT・XBT・サーモサリノグラフ(自記表面水温・塩分記録計)等を用意し、5ノットで航走のまま5分毎にXBTを投下し、表面水温・塩分を連続的に記録し、10分毎に高速ネットで採集を行った。いつの年にも北上分派の先端域(親潮前線と接するところ)の表層部分では二筋の温度前線が形成され(図3, 小坂 1976)、南側を第1前線、北側を第2前線とよぶと、第1および第2前線を越えて南から北へ順次魚体が相対的に大きくなっており、第2前線の北側では体長は少なくとももいわ

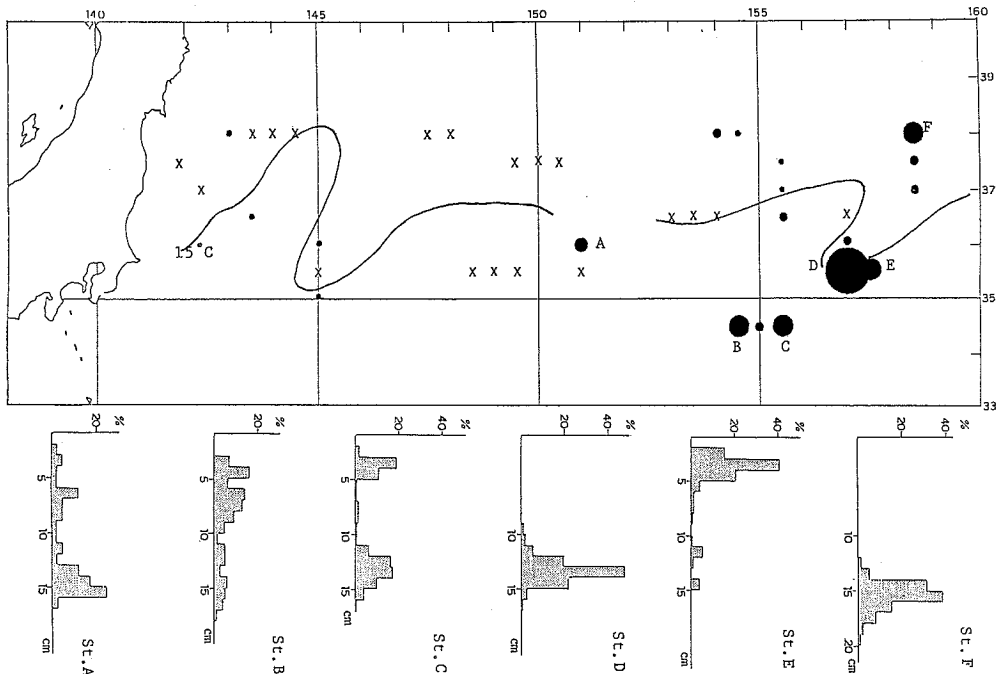
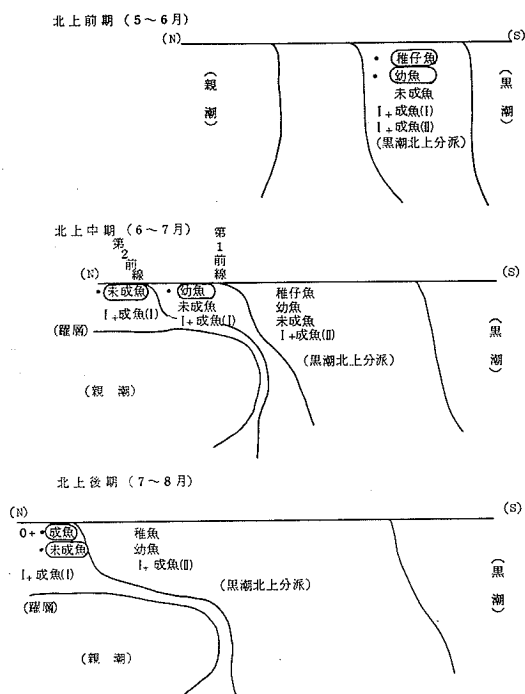


図4 北上期サンマ稚・幼魚の分布、体長組成(高速網)1981年4月24日~5月11日 俊鷹丸, 15°C線は第1前線を示す。(林, 小坂 1981b)



I+成魚 (I); 卵黄体期より発達した卵の退化吸収がみられる
 I+成魚 (II); 卵黄体期以上の卵をもつもの、産卵可能なものもある

図5 海洋の構造変化に対応したサンの发育に伴う北上回遊過程の模式図 (小坂 1980b)

ゆるな未成魚の示す 15 cm 前後以上になっていた (КОСАКА 1977, 小坂 1980a) (図4, 林, 小坂, 1981b)。そして、これら移行期のサンマは海洋構造との対応で見ると、この二筋の前線間に集中的に集合していることが分った。この第1前線付近は水温・塩分から考えて明らかに黒潮北上分派の表層での北方への張り出しによって形成されている (工藤, 1980, 小坂, 工藤, 1982)。以上の知見を総合して小坂 (1980b) は海洋構造の変化に対応したサンの发育にとまう北上回遊過程の模式図 (図5) を提案している。そして今後はさらにこのような親潮前線付近に現われる表層の海洋構造の変化の過程とサンの分布様式との関連をもっと明らかにしなければならぬとし、そのためには調査の方法特に観測点の時空間スケールのとりかたの検討が必要であり、サンの場合、群の段階の魚群分布の実態を明らかにするためには少なくとも半月毎に10海里程度のメッシュの調査が望ましい (小坂, 1981) としている。

以上 1), 2) で紹介したサンの分布様式と海洋構造

(いわゆる漁況と海況との関係)を、時空間規模で合せて、現場で具体的にその関係を明らかにしていくという努力は、年々のサンの分布、様式を发育段階別、生活年周期別に海況図と結びつけていく努力とともに、難しいけれどもサンの漁況予報の精度を高め、また漁業者の求める予報の早期作成にも役立つ地道で確実な手法ではないかと考える。さらに短期予測における海況と漁況との関係究明にもこのようなやりかたが有効ではないか。

文 献

林 小八, 小達 繁 (1979) サンマ仔魚の分布と海況の果たす役割. 第28回サンマ研究討論会議事録 (昭和54年3月), 101. 東北水研.
 林 小八 (1980) 黒潮統流域における春季サンマ稚仔の分布. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書 (その3) 383-388. 科学技術庁・海洋科学技術センター.
 林 小八, 小達 繁 (1981) サンマ仔魚の分布様式について. 日本水産学会誌, 47(6), 705-711.
 林 小八, 小坂 淳 (1981a) サンマ産卵場水域の海洋構造とサンの分布 II. 第30回サンマ研究討論会議事録 (昭和56年3月), 144-162, 東北水研.
 林 小八, 小坂 淳 (1981b) 冬季における黒潮統流域のサンマ親魚および稚仔の分布・移動について. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書 (その4), 432-440, 科学技術庁・海洋科学技術センター.
 工藤英郎 (1980) 俊鷹丸による三陸沖合調査結果 (1979年5・6月) に関する一考察. 第29回サンマ研究討論会議事録 (昭和55年3月), 75-78, 東北水研.
 小坂 淳 (1976) サンマの北上期における生態についての一知見. 第25回サンマ研究討論会議事録 (昭和51年3月), 115-116, 東北水研.
 КОСАКА, С. (1977) О Поведении сайры в период северных миграций в северо-западной части тихого океана. Известия ТИНРО, том 101, 78-84.
 小坂 淳 (1980a) 親潮前線とその周辺の海洋の微細構造とサンの北上期の分布との関連について. ミチューリン生物学研究, 16(1・2), 177-188.
 小坂 淳 (1980b) 俊鷹丸による三陸沖合調査結果 (1979年5・6月) に対する一考察. 第29回サンマ研究討論会議事録 (昭和55年3月), 79-82.
 小坂 淳 (1981) 北上期サンマ幼一未成魚の海洋前線乗り越えについて. 水産海洋研究会報, 39, 123-124.
 小坂 淳, 工藤英郎 (1982) サンマ北上期の魚群分布に関する反復調査結果について. 第31回東北海区海洋調査技術連絡会議事録 (1981年12月), 38, 二管海保本部.
 武藤清一郎, 林 小八, 小坂 淳 (1981) サンマ産卵場水域の海洋構造とサンの分布 II. 第30回サンマ研究討論会議事録 (昭和56年3月), 143-144, 東北水研.
 小達 繁 (1977) 北太平洋におけるサンの分布. 北大水産 北洋研業績集特別号, 358-381.

質 疑 応 答

質問：サンマ稚仔の前線越えに関して具体的な調査はなされていきますか（藤本，東海水研）

答：サンマの分布域での潮境を中心に例えば STD で細

かく観測することによる水塊断面の解析とサンマの主
体的条件からの乗り越えとの関連をより具体的に把握
する方向で調査が行われています。

総 合 討 論

座長：先程から生物と環境の関係の問題を広範囲にわたって、お話を聞いて来ました。本年度は生産力評価のシンポジウムの第3回目として「生物生産の特性と環境変動」をテーマとして、生物と環境の接点をどうとらえるか、とくに生物の生産、すなわち再生産と、いわゆる生物の量的増大がありますが、そこに環境である海洋の条件がどのように働いて、それにどう生物が反応してい

座長 大方 昭 弘（茨城県水産試験場）

くか、その反応の仕方の中に生産力評価の問題が潜在しているものと考えます。

先ず総括討論として、それぞれの専門の立場で生物の生活と環境とのかかわりの問題について第1回、第2回それに今回の話題を総括して討論していただきたいと思

総 括 討 論（1）

漁業資源の生産力評価を行う場合の問題点

川 崎 健（東北大学農学部）

生活史三角形の一部改訂

筆者は1980年4月に行われた第1回シンポジウムにおいて、“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”（水産海洋研究会報 No. 37）という話題提供を行った。今回は、それを発展させる形で総括討論を行いたい。

第一回のシンポジウムにおいて筆者は、“生活史の三角形”について話をした。これはその後の研究によって若干の改訂が行われたので、それを含めてあらためて述べたい。生活史の三角形というのは、海産硬骨魚類の個体数変動様式は3つの extreme type、すなわち、IA、IB、IIの3つの方向に選択され、このような変動様式は産卵数と生長速度 kT (k は Bertalanffy の生長式の生長パラメーター、 T は世代時間) と寿命という3つの生活史のパラメーターによって基本的に規定され、これらの諸関係は三角形で表されるということである（図1(A)）。

この考え方の根底には、外界から取入れた生活資料すなわち物質やエネルギーをより多く種属維持に配分するのか、あるいは個体維持に配分するのか、といった問題がある。個体数変動の大きなタイプ I は前者に対応し、

変動の小さなタイプ II は後者に対応する。個体数が小刻みに変動するサブタイプ IA は少産・短命で、内的自然増加率 r が大きい。大規模変動をする IB は少産・早熟・長命で、 kT が大きい。変動の小さなサブタイプ II は、多産・晩熟・長命である。

図1(A)において、辺 IA-II は雌雄差 (sexual dimorphism) に対応し、磯魚などのごく沿岸性の魚類や底生魚類は、この辺に沿って並ぶ。このグループでは受精効率が高いため、雄の GSI は雌に比して著しく低い。この辺に沿って II に近づくと雌のサイズが雄より大きくなり、IA に近づくと雄のサイズが雌より大きくなる。

雄のサイズが雌より大きくなる適応的意義は、クサウオやキヌバリにみられるように雄が卵の世話をすることである。クサウオの場合には、雌が何回かに分けて産んだ卵塊を雄がひとつにまとめて、海藻や石の間に隠して見張るのである。このためには雄は強く大きくなる必要がある。雄の方へより多くのエネルギーを配分するのは一見種属維持へのエネルギーの配分と矛盾するようにみえるが、しかし雄の保護によって卵の生存率が高まるのであるから、結局種属維持につながるのである。

つぎに卵の性質について考えると (図 1 (B)), 頂点 IB から IA を廻って II の方向へかなり進んだところまでは沈性大卵を産む種の領域であり, その他は浮性小卵を産む種の領域である。

食物について考えると (図 1 (C)), 頂点 IA から II へ進んで, さらに IB の方へしばらく進んだところまでが, 食物をめぐる種間関係がきびしい領域で, 食物はベントス (無脊椎動物および魚類) からネクトン (魚類, イカ類) へと移っていく。IA から IB を廻って II の方向へしばらく進んだところまでは種間関係がゆるやかな領域で, プランクトン食性魚が分布する。前者の場合には食物は効率的に利用されるが, 生産性は低い。後者の場合には食物利用は非効率的であるが, 生産性は高い。

IA から IB に向かってサンマ, イカナゴ, ニシンと並び, IB から II に向かってマイワシ, マアジ, マサバ, カツオ・マグロ類と並ぶ。II から IA に向かっては異体類, タラ類, ハゼ類, クサウオと並ぶ (図 1 (A))。

効率性の論理で資源の生産力を評価できるか?

青山氏は科学技術庁で行った「海洋生物の生産力把握に関する調査」の紹介をした。この場合も例外ではないが, 海洋における生物生産を推定し資源の生産力を推定

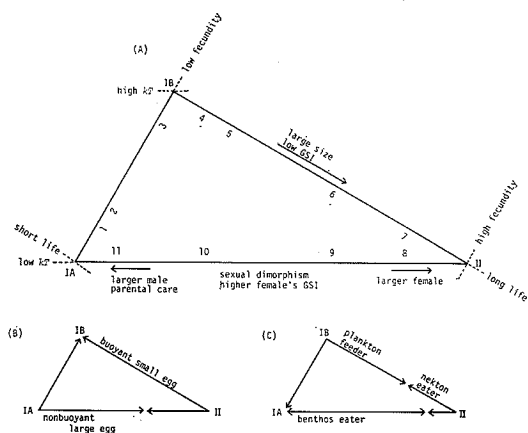


図 1 (A) 海産硬骨魚類の生活史の三角形
 1: サンマ, 2: イカナゴ, 3: ニシン, 4: マイワシ
 5: マアジ, 6: マサバ, 7: カツオ・マグロ類,
 8: ヒラメ・カレイ類, 9: タラ類, 10: ハゼ類,
 11: クサウオ
 (B) 生活史の三角形と卵の特徴との関係
 (C) 生活史の三角形と食物との関係

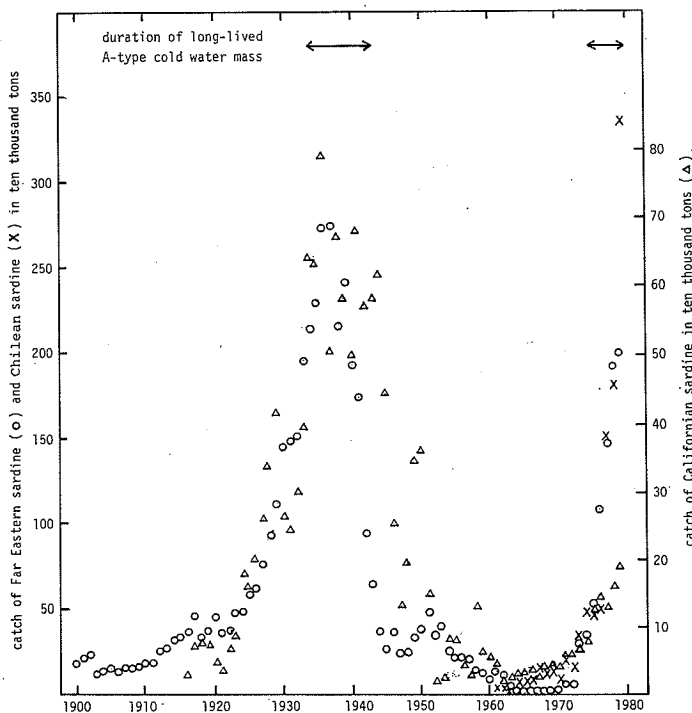


図 2 マイワシ, カリフォルニア・マイワシおよびチリ・マイワシの漁獲量の長期変動

する論理は、多くの場合下位の栄養階層から上位の栄養階層へどのような効率でエネルギーが流れていくのかという、RYTHER (1969) 流の効率性の論理に基づくことが多い。このような論理で漁業資源の生産力を評価できるか検討してみたい。

効率性の論理は、食物が効率的に利用される領域、すなわち礁魚や底生魚やマグロ類については適用可能であるが、食物が必ずしも効率的には利用されない領域、すなわちプランクトン食性魚には適用できない。ところが、海洋の魚類生産力の評価はより後者にかかっているのである。

プランクトン食性魚においてはニッチが大きく拡大・縮小し、このメカニズムをつかむことが重要である。predator と prey を量的に対比して環境にゆとりがあるかどうかを論ずる効率性の発想では、このメカニズムを理解することはできない。

プランクトン食性魚においては、ある場合には効率的に、ある場合には非効率的に、エネルギーが流れる。そしてエネルギーは、種属維持に多く注がれる。ベントス・ネクトン食性魚の世界は、静的で効率的で生産力の低い世界であるが、プランクトン食性魚の世界は、動的で非効率的で生産力の高い世界である。

太平洋のマイワシ属 3 種の資源の大規模変動

プランクトン食性魚はより太陽エネルギーに近いから、海況変動を通じて気候変動の影響を強く受ける。中でも、半ば植物食者のマイワシ属 *Sardinops* ではそうである。問題はマイワシがなぜある年代には植物プランクトンを効率的に利用して資源が大きくなり、またなぜある年代にはあまり利用しないで資源が小さいのか、ということである。

このようなこと背景には、マイワシの生活の仕方の変化があるものと思われる。すなわち環境条件がよくなってニッチが拡大したときには、個体群をなるべく大きくするような生活様式をとって繁栄し、逆に環境条件が悪化してニッチが縮小したときには、個体群を必要以上に大きくしない生活様式をとって種の保存を図り、次の繁栄に備えるのである。

このようなことを支配する海況変動はどのようなもの

であろうか。図 2 に、太平洋でたがいに遠く離れた水域に独立に分布するマイワシ属 3 種、すなわち日本近海を中心に分布するマイワシ、北米西岸に分布するカリフォルニア・マイワシ、南米西岸に分布するチリ・マイワシの漁獲量変動を示す。これにみられるように、この同属の 3 種はいずれも大規模な資源変動を行い、しかも変動の位相がよく一致している。西村 (1981) によれば、マイワシとカリフォルニア・マイワシは日本—オレゴン要素の双生種で、日本側から北洋を通して北米西岸に達したものが、その後別種になったとされる。私は、その一部はさらに南進して南米西岸に達し、チリ・マイワシになったと考えたい。これは三つ子ではなからうか。

このようなマイワシ属 3 種の共通の資源変動は、太平洋規模の海洋変動と、それに関連する気候変動を考慮に入れないと説明できそうにない。THOMPSON (1981) は、El Niño をひき起こすのは、従来考えられていたような沿岸湧昇域の風が弱かったということだけではなく、赤道貿易風の強さや、北赤道反流や南赤道海流の状態が関与していることを示した。寺本 (1981) は、黒潮の蛇行は北太平洋域あるいはより広い太平洋の海洋循環の変動の一環であり、海洋一大気系の大規模変動の局所的強調であるという。したがってマイワシ属の資源変動を問題にする場合には、このような海洋一大気系の大規模変動が資源変動をひき起こすメカニズムが明らかにされなければならない、それぞれの種が分布するローカルな水域での海洋変動と資源変動との関連のみを追究しても、問題は基本的には解決されないであろう。

文 献

- 西村三郎 (1981) 地球の海と生命。海鳴社、東京、284 頁。
 RYTHER, J. H. (1969) Photosynthesis and fish production in the sea, *Science*, **166**, 72-76.
 寺本俊彦 (1981) 黒潮の長期変動。気象研究ノート, **141**, 45-48.
 THOMPSON, J. D. (1981): Climate, upwelling, and biological productivity: some primary relationships, *In*, Resource Management and Environmental Uncertainty, ed. M. H. GLANTZ and J. D. THOMPSON, John Wiley and Sons, New York, 13-33.

総 括 討 論 (2)

田 中 昌 一 (東京大学海洋研究所)

1. 「生産力評価」とはなにか

生産力評価の基本的な方法論の問題について、少し考えてみたい。一連の本シンポジウムの表題は「日本近海漁業資源の生産力評価」となっているが、どういう目的で、誰のために、なにを評価しようとしているのか、が必ずしも明確になっていないように思われる。提供されている話題の内容を見ると、資源の開発可能な限界、および資源変動の機構についての論議が含まれている。前者が生産力評価に直接的につながっていることは容易に理解できる。では後者はどういう意味をもっているのであろうか。

第1回シンポジウムのコンビーナーのまとめ(大方、鈴木、1980)を見ると、水産資源の生産力とは、一次生産の結果を利用する動物群の生産力を指し、したがって、海域の一次生産力と、ある種資源のもつ固有の生産力とを同時に考える必要があり、さらに一次生産者から種個体群の各発育段階における生物生産までの間をつなぐ生産諸過程が明らかにされなければ、資源の生産力を評価することは極めて困難である、とされている。そして、資源の合理的な管理技術を確立するためには、種の質的な特性を明らかにすると同時に、種資源の量的な変動特性を解明する必要があると、主張されている。

これらの文面から、「生産力評価」の目的についてのコンビーナーの考え方を要約すれば、生物生産過程を明らかにし、資源と環境との関連を知り、資源の合理的な管理技術を確立すること、となる。この目的は、資源研究一般の目的とほとんど変る所がない。明らかに資源研究と「生産力評価」は別のものであるのに、その目的として同じことを目指そうとしているところに、「生産力評価」を単なる開発の限界の問題に閉じ込めておきたいというコンビーナーの意図を見ることができる。

2. 一次生産と漁業生産

開発可能な限界を推定するために、一次生産からはじめて、生態効率を用いて食性段階を積上げていく方法がしばしば用いられる(たとえば SCHAEFER, 1965; RYTHER, 1969)。生態効率とは、食べられる率と食べられたものの肉となる率の積であるが、これらの率、特に前者は、生産系のあり方によって著しく変り得る。食物連鎖の長さも生産系によって異なり、資源の生産量を大

きく左右する。サバがオキアミを直接利用する場合とカタチイワシを通して利用する場合には、サバに至る物質量は大きく異なる。深海魚類群集では、少ない餌を有効に利用するため、デトライタスをめぐる食物連鎖が効果的に機能しているように見える。ISAACS (1972, 1973)の提唱した無構造食物網モデルのようなものを考える必要がある。一次生産と漁業生産がよく対応しないのは、生産系のあり方が海域や生態系によって異なっているからであろう。

SCHAEFER (1965)は、全世界の利用可能な魚類等の資源の生産量を見積っているが、この量は、生態効率10%で11億トン、15%で24億トンとなる。SCHAEFERは、これらの数字から、実際に利用可能な量は2億トン程度であろうとしている。なぜ利用可能量が生産量の1/10程度であると考えたのかについて、根拠は明らかでない。オプションの幅の大きさを考えると、利用可能量として任意の値を結論することができるように思われる。

最近の漁業資源の開発は頭打ちに近い状況を示しており、世界の総漁獲量は7,000万トンの水準で伸び悩んでいる。その一方で、海の中には食べきれないほど豊富な生物がいることも事実である。食性段階を一段下げてオキアミ等を利用することになれば、利用可能量はたちまち数千万トン増大することになる。利用可能量は明らかに、捕獲・利用加工技術および市場の大きさの函数であって、純粋生物学的問題ではない。とすると、生態効率と食物連鎖を用いた開発可能な限界の推定が、学問的興味は別にして、どれだけ実際の意味をもち得るのか疑問である。最終的な数字よりは、生産過程を明らかにすることの方がはるかに重要な意味をもっているといえる。

3. 面積当りの生産性

一次生産から積上げる方法に対して、既開発漁場の面積当りの漁獲量から外挿する方法(GULLAND, 1971)は、それなりの実用的意味を持っているように思われる。日本沿岸海域の漁業生産は1トン/km²から10トン/km²程度である。高生産性海域は北海道周辺に多い。閉鎖的内湾域ではさらに高く、瀬戸内海では30トン/km²に達する。海域によって生産性は著しく異なるが、海の条件を層別してきめ細かく比較をするならば、開発計画のた

めの指標としてかなりよい生産性の予想値が得られると期待される。しかし、この種の研究を行うためには、海の状態の類型化と同時に詳細な海区分別の生産量のデータの整備が不可欠である。

4. 実用的な資源の開発・管理法

実用的な意味でいうならば、資源の開発や管理の方法は他にあり得る。たとえば、資源の増減につれて漁獲努力を操作することによって、適確な生産力評価なしでも、資源の管理が可能である (TANAKA, 1980)。たん白質の供給をふやす目的で生産量を増大させたいならば、日本近海のプランクトン等の未利用資源の開発を試みればよい。現在の1,000万トンの水準の漁獲量を、総量として維持したいならば、マイワシ、サバ等の少数の多獲性魚の資源研究を強力に進める必要がある。

生産力評価に関連して、現在、より重要でより興味ある問題は、沿岸・内湾域での海域の生産力の総合利用である。漁船漁業の増殖・養殖を合理的に組合せて、地域の社会、経済と結びついた総合開発を実施するならば、海域の生産性の改善、維持が可能になると期待される。

5. 資源変動の要因の研究について

今までの議論から、生産力評価を真に役に立つものにするためには、資源の生産過程を明らかにし、資源変動の機構を解明することが必要であることが理解されるであろう。私は1978年春、「多獲性魚類の漁獲量変動と海洋環境」に関するシンポジウムの討論 (田中, 1978) において、資源変動の研究について、以下のような3つの新しい研究の方向を提案した。

1) 実験生態学的手法、特に卵・稚仔の飼育による研究、

2) 卵・稚仔の具体的生活にそくした研究、特にミクロな分布特性およびこれに関連した生態の研究、

3) 種内の異質性、あるいは種の属性の変化の可能性についての研究。

第1、第2の問題は一般に初期生活史に関する研究であるが、この面で世界的に研究の進展が見られており、日本でも近年著しく関心が高まって来たことは大変喜ばしい。現場での広汎な研究と相まって初期減耗およびその変動の機構が次第に明らかになることを期待したい。一方第3の方向については、その後も研究の進展は見られていないようである。マサバやマイワシの変動に続いて、最近ニシン資源について変化の兆しらしいものが見えるとの情報もあるので、これらを材料にした研究の展開を望むものである。

以上に加え、ここではさらに、生産力評価とも関連づ

けて、次の2点を提案したい。これらは、もちろん内容として研究を含むものではあるが、実行を決意し、そのための体制を確立すれば、確実に実現できるものであると考えられるので、その推進を特に強調したい。

4) 毎年の一次生産量の海域別の測定。この測定を全く従来の方法によって実行しようとするならば、その労力、経費は膨大なものとなり、実現は困難であろう。当然人工衛星の利用を考えなければならぬ。人工衛星からの情報と、いくつかの現場観測のデータを組合せて、年々の一次生産量の変動傾向を大雑把につかむための方法を開発する必要がある。今までは、日本近海の一二次生産量の変動についてはほとんど情報がなく、数百倍にも達するマイワシやニシンの資源量変動を一次生産量の変動と比較できないのは残念である。

5) プランクトン量のデータベースの整備。毎年日本近海で行われているプランクトン採集回数は数千回には達するであろう。標準化された方法による採集だけに限っても、その数は大変なものである。これだけの資料がありながら、日本近海でのプランクトン量の年変化は、必ずしも明確にされていない。川崎 (1980) は、最近のマイワシ資源の増大と動物プランクトン増加とを関連づけて論じている。三陸沖の前線海域でのプランクトン量について、たまたま整理された資料があったため、このような比較が可能になったのである。

水温データなどとは異なり、いろいろな形態や生活型、生態系の中での役割をもったさまざまなプランクトンのデータを、どのような方法で、どのような型に整備するかは、大きな研究課題であるが、苦勞して採集したプランクトンのデータを真に役立てるためには、欠かせないことのように思われる。

文 献

- GULLAND, J.A. (1971) Summary. *In* The Fish Resources of the Ocean, ed. J.A. GULLAND, Fishing News (Books) Ltd., 246-255.
- ISAACS, J.D. (1972) Unstructured marine food webs and "pollutant analogues". *Fish. Bull.*, **70**, 1053-1059.
- ISAACS, J.D. (1973) Potential trophic biomasses and trace-substance concentrations in unstructured marine food webs. *Mar. Biol.*, **22**, 97-104.
- 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. *水産海洋研究会報*, **37**, 49-59.
- 大方昭弘, 鈴木秀弥 (1980) コンピューナー むすび. *水産海洋研究会報*, **37**, 75-76.

RYTHER, J.H. (1969) Photosynthesis and fish production in the sea. *Science, N.Y.*, **166**, 72-77.
 SCHAEFER, M.B. (1965) The potential harvest of the sea. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **94**, 123-128.
 田中昌一 (1978) 漁業生物一般. 討論 (1). 水産海洋研

究会報, **33**, 120-122.

TANAKA, S. (1980) A theoretical consideration on the management of a stock-fishery system by catch quota and on its dynamical properties. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 1477-1482.

総 括 討 論 (3)

平 野 敏 行 (東京大学海洋研究所)

今回、3回にわたって行われた生産力評価についてのシンポジウムの命題を考える基本には、海洋の生産力とは何かということがあろう。

漁業資源の生産力ということから、生物生産の変動の問題に関心をもたれることは当然であるが、これまでに資源変動、魚種交替についての議論は一応出つくしたようにも思われる。しかし、昨年 FAO の千国さんから手紙で、*New Scientist* 誌 (1981年9月号) に掲載された Western England Channel における資源変動の問題に関連して、魚種交替現象について意見を聞かれた。むずかしい問題なのでとうとう返事を出す機会を失ったが、英国の場合は、基本的には種間のバランスの中で自然変動に対応して資源変動が起っているという考え方が提起されていたように思う。しかし、私は、すでにいままでの2回のシンポジウムにおいて、「日本の沿岸における総漁獲量は、明らかに増大しつづけてきており、特に、1955年以降現在にいたる増加の傾向には著しいものがある。そしてこの傾向は、瀬戸内海におけるものともよく一致している。海洋における生物の生産力は基本的には一定で、その枠の中で変動がおこっているという理解が今まで一般的であったように思われるが、生産力自体も、人間活動ともなう富栄養化など、海洋の環境変化に対応して変わることがありうるものであることを考えなければならぬのではないか」ということを述べた。

この問題とも関連して生態系あるいはそれをとりまく環境を理解するに当たっては、理解しようとするシステムの変動がどのような時空間的スケールでおこっているのか、またそれを正しくとらえるためにはどのような時空間的広がりや間隔で測定していく必要があるのかを考えて、それに対応した調査観測計画が立てられることが重要である。

海洋の自然の長期変動に対応して、海洋環境とはどのようなものであるかについて、黒潮、沿岸水など現象面から、宮田、永沼、岩田、中村の諸氏の、また、電算機

を活用して過去のデータでどこまで海洋環境の変動のメカニズムを明らかにし得るかということについて友定氏の話があった。さらに、「生物の分布・行動と生物をとりまく環境との関係を考える場合、両者に共通の時間空間スケールで考えなければならない」という黒田さんのお話があった。これらに関連して、主として海洋の調査、研究の手法について、少し述べてみたい。

まず、いままでの定線観測とその解析についてであるが、最近では、計算機の発達によって、これらの資料から実際にどれだけの有用な情報が得られているのかということについての解析は、そんなにむずかしいことではなくなったし、また、このような貴重な調査資料とその解析結果は、海洋の生物環境を理解するための重要な情報を将来とも提供するものであることは言うまでもない。しかし、過去から現在さらに将来にわたって続けられる観測結果から海洋のすべての海況変動が解明されるというものではない。したがって、伝統的な水産海洋調査システムである現在の定期定線調査から、どのような時空間的広がりや変動をもった海洋現象は理解され得るがこういう現象は知ることができないものであるということをはっきりさせておく、あるいは、はっきりさせていくことが重要であると考えられる。

それには、生物のこんな変動、また、これに関連する海洋環境のこんな変化をおさえるためには、どんな時空間スケールのデータをとらなければならないのかということを見極めなければならないし、またそれには、どんな時空間変動が現実におこり、それらがそれぞれにどんな重要性をもっているかを見極めていかなければならない。最近の観測手段の進歩は、こと海洋環境に関する限り、かなりそれを可能なものにするようになってきたのではないと思われる。たとえば、蓮沼さんが相模湾で行っている水温の連続測定記録の分析から、水温の変動の幅について、年のスケールでおこる大きさのものが、1日のスケールでもしばしばおこっているものであるし、

また、数日程度でも、ほぼ同じスケールの変動がおこっているという結果が得られている。生物の生活周期に対応して、海洋のどのような変動が重要なはたらきをしており、そのような変動をとらえるにはどのような観測手段をとればよいかということをはっきりと示す手がかりは、すでにかなり得られてきているように思われる。人工衛星等によるリモートセンシング、繫留ブイによる連続測定、漂流ブイによるラグランジュタイプの観測も有力な手段と考えられるし、さらにこれらの豊富な資料の計算機による解析など、従来の船による観測という概念にとらわれなくて、意欲的な海の測定手段が開発され、それらをどんどんとり入れていくこともこれからは必要であろう。

最近、大学院生の稲掛君は、北海道南東沖のまき網漁場におけるマイワシの分布・移動と海洋構造との関係について興味ある研究を行った。これは、漁期中、まき網船に乗船し、漁船のもっている最新の計器をフルに活用して、魚探で魚群の分布移動を詳細に追跡すると共に、XBT などによって漁場およびその周辺の水温場を明らかにし、さらに、QRI データや目視によって、魚群の動きや漁場の動き、また漁獲の状況なども詳細にしらべ、マイワシの生態と海洋環境との関係をかかなりのところまで明確にすることに成功している。このような漁業の現

場に踏みこんだ詳細な海洋環境研究も今後もっと積極的に行われることが望ましい。

一方、川崎さんの話にもあったように、生物現象をグローバルに考えていくことも必要である。とかく、わが国の沿岸、沖合域の漁業資源の調査研究は、たとえば一つの系統群のみをおっかけていけば足りるという風がないでもないように思われる。200 年時代になると益々その傾向が強くなることが考えられる。海洋環境の変動は、黒潮や親潮ばかりでなく日本の沿岸域においても、地球的規模でおこる現象と関係が深いものである。生物の種のレベルでも本来、地球全体のスケールで考えなければならぬものであろうと思われる。

ペルーの El Niño も、これがおこる主たる要因は太平洋スケールの風とそれにとまらう水位や海流の変動であると言われている。日本周辺の沿岸沖合域も太平洋スケールでおこる変動から切り離された存在ではない。日本周辺の生産力評価は世界の生産力評価と切り離すことはできないであろう。最近、地球の気候変動と海洋現象との関連について世界の関心が集まっており、IOC では CCCO という作業委員会ができています。水産海洋の研究ももっと世界に目を向けて、広い視野で調査研究が進められることが必要であろう。

総 括 討 論 (4)

畑 中 正 吉

本日のシンポジウムの副題は「生物生産の特性と環境変動」ですが、この「生物生産」の「生物」をある単一の種と解釈して、その生産を問題にされた場合と、そうではなく、生物的生産 (biological production) というのは生物界における生産、つまり、生物群集を流れる物質とエネルギーの流れ方であると解釈された場合とがありました。

単一の種の問題にされる方は、資源学の研究者に多いようであります。資源学では、発生数量の大小が資源を変動させるといい、これが HJORT 以来の定説となっています。最近は少し変わって参りましたが、一般には生物が成長生育することを、余り問題にしないという立場であります。従って発生量の変動は何によって起るかとか、あるいはマイワシのような低位の資源の変動と環境との関係に関心が集まるわけで、本日も色々と同

せていただきました。

たしかに、資源の個体数は発生数 (再生産) によってきまりますが、体の大きさ、つまり成長量 (生産) はその後の食物獲得量によって決まるはずであります。動物界では、他の生物を食ひ、別の生物に食われて、生産が行われております。こういう見方をしますと、食物連鎖に関心が向けられ、さらに、生物生産系を流れる物質の流れ方に注目します。これが生産生態学の立場だと思えます。

さて、漁業資源の生産力の問題であります。例えば、マイワシとブリとを資源量のレベルとして比べてみます。両者とも資源は変動しますが、その変動の上下はある幅の中にあり、その幅を水準として比べますと、マイワシの方が圧倒的に多量です。これは当然のことのように思われておりますが、この違いが資源の生産力の違い

だと思えます。これは申すまでもなく、生物生産系のなかにおけるマイワシとブリの地位 (food niche) が違うため、マイワシは主に豊富な植物プランクトンに依存しており、ブリは高位の魚食性であります。つまり、Elton のピラミッドに従って、食物獲得の絶対量が違うことが基本的原因をなしていると思われま。

「漁業資源の生産力評価」というのが、このシンポジウムの主題ですから、まず、生産力の評価というものがなければならず、そして、その生産力が変動するわけですが、それは発生量だけが問題ではないはずであります。生産力をどう評価するのか、海洋のもつ基礎生産力は各資源にどのようにして配分されるのか、環境は生物生産系にどう影響するのか、というような議論は残念ながら

充分伺うことができませんでした。

3回にわたるシンポジウムを通覧してみますと、第1回の富士教授の「増殖論的立場からみた漁業資源の生産力評価」とか、同じく川崎教授の「資源論的立場からみた漁業資源の生産力評価」などは、それぞれ立場は違っても、生物生産に関する問題の提起、将来の展望について、極めて示唆に富む話題を提供してくれたと思われま。しかし、それらの提言は、その後発展的にとり上げられなかった様に思われま。やはり、第1回の提言に戻り、迂遠のようでも、ある環境のもとで、生物群集の構造と機能の研究に力をつくすというのが、生物生産の本来的研究方向と思われま。

総括討論 (5)

生態系のなかで変動する漁業資源の生産力認識について

辻田 時美 (東海大学海洋学部)

海洋において基礎生産から始まる連鎖構造が出来て機能する生態系の生産現象の根底には、その生産力を生み出す水域に autotroph の生物と heterotroph の生物がシステムの要素となって生態系を構成しているところから出発して、それが漁業生物生産へと繋がってゆく生産過程の連鎖構造を設定して、その内部の組織と機能を解明することが、漁業生物が生産され、また変動する過程を理解するひとつの方法であると考えられる。

即ち、海洋の生態系の構造要素である群集の特性とその変動および生態系がもっている構造と機能に関与する群集代謝のなかで、漁業資源という種集団の生産変動が起ってくる過程のなかで、漁業生産機構の一面を解明する道が見出される。即ち海の生態系における基礎生産から漁業生産への物質の転換過程が少しでも判ってくれば、変動する漁業資源の評価の方法の一端が浮び上がってくる。このような考え方に従って、栄養階層構造 (tropic structure) についてリンデマン型 (Lindeman type) の物質循環過程を路線において、漁業資源生産力の評価に関する問題を整理してみる。

1. 栄養階層別環境解析

生物の環境要因には大要因 (光、水温、塩分など) と微小要因 microfactor (栄養塩類、重金属など) があり、どちらも生態系にとっては要素 (component) となっ

ている。

これらの要因のなかで、例えば水温は直接生物の物質代謝の速度を通して生長度や生殖に影響し、あるいは直接生物の行動に反映する。生産系 (栄養構造) の基底をなす基礎生産に関しては植物プランクトンの増殖速度に直接作用する。

また、一方で大要因は、生態系の上位 (時に頂上位) を占めて漁業生産の対象となっている魚類などの分布を規制し、その生態系の空間構造 (分布回避の場合は大規模な空間) を決定する。

間接的な大要因の作用としては、例えば湧昇や大規模な鉛直混合 (例えば北洋、東シナ海の冬季) の原因に関与し、生態系の要素をなして無機物 (栄養塩類) や有機化合物などの供給を高め、従って基礎生産力に間接的に働く物理過程として知られている。

このように、基礎生産力に大要因と微小要因が coupling の状態をとって作用するような環境の変動は、栄養階層構造の上位にある魚類その他大型ネクトン類に対する環境作用にはみられない。

湧昇や沿岸水域における栄養塩類の分布効果に物理的に作用している大要因の変動が微小要因を機能させる働きをしていることを考えると、大要因 macrofactor と微小要因 microfactor は連鎖して基礎生産力の要因として働

いているが、魚類その他の大型遊泳動物に対する環境要因と同質に作用していないことは確かである。

このような生産系の階層別環境の特性をみると、問題によっては基礎生産に関連する環境は上位階層生物群の環境とは分離して処理したうえで、漁業生産の重要な条件である分布、数量変動と環境との関係を解析することが実際的のようである。SCHAEFER, M. B. (1965) や RYTHER, J. H. (1969) 等の理論計算が数値による物質流動のスケールを量的に説明することは出来ても、その計算値が実際上の海域別、漁場別漁業生産力を動的にとらえようとする現実具体的目的には必ずしも結びつかないであろう。

漁業生物群集の生産力解明の一つの方法として LAE-VASTU, T. & LARKININS, H. A. (1981) は食性調査のデータと餌生物の生産との関係および環境条件を用いて電算用プログラムを作成して、ベーリング海のスケトウダラ資源状態の評価を行った。その結果によれば、スケトウダラの資源が大きな状態で維持される理由として、その捕食生物の多様性があげられる。これはスケトウダラの鉛直移動が大きく、従って索餌の有効範囲が大きいと同時に餌に対する出会いの頻度を高める結果と関連していることと、東部ベーリング海の環境容量が大きいことによって、大きな資源量が維持されていると言うことが出来る。このような資源解析の方法は、近年漁業生態学 (Fishery Ecology) と称される漁業生物学のひとつの発展の方向になっている。

2. 生産系の階層別時空分布の特性比較

基礎生産者、第2次生産者の一部あるいは遊泳力の弱い幼生類の時空分布は受動的移動 *passive movement* (transport) など、力学的環境条件によって規定される。また一方、遊泳力をもった上位階層（一部は第2次生産者を含む）生物群は自律的運動 *active movement* (migration) を行って棲所を選択する。この場合、生態系の空間構造としては大空間をとる生物が多い。また上位階層生物群のなかには、その生活史における生長初期の段階では *passive movement* の状態にあるが、生長が進むと *active movement* に移る生物群が多い。これは輸送分布 (*translocation*) の過程をたどる生産系の上位階層群 (漁業生物群) である。

大空間をとる生産資源生物を栄養構造の頂上位とする生態系の空間構造の内部は、生物量 (biomass) 分布の時空間パターンのスケールをもって表わす単位時空間を想定して、その単位の集合した時空間は漁業における生態系 (fisheries ecosystem) と考えることが出来る。

即ち、実際には基礎生産力あるいは第2次生産力までの栄養構造をもつ水体の時空間単位を考えて、これを生物現存量分布のパターンスケールとすることから生態系の生産構造とする。

このようにみえてくると、基礎生産の場の生産力とその場における第2次生産 (第1次消費者) との間には温帯水域ではほぼ1カ月の時相の遅れがあり、一方、魚のような高次生産層の生物は大きく移動するものが多く、殊に個体群としての棲所は大きな空間をとる。従って集団の大きな資源生物の棲所 (habitat) は大きく、また現在量はこの資源生物を構造要素として集団を大きく抱容するためには生態系の大きな空間構造と大きな環境容量 (*carrying capacity*) が要求される。

このような見解から知られるように、資源量を推測するには生態系空間構造の大きさや、多くの特性の調査が必要である。例えば産卵期、幼生生育期、成体索餌期のそれぞれの適水温分布範囲の調査、漁船によるサイティング情報調査などによって空間構造の大きさを推定し、同時に餌料生物の生産力などによる環境容量の推測がなされる。

環境の大要因から推定される生態系の空間構造は個々の資源生物にとっては進化の過程で獲得した棲所であるから、大きな海洋環境の変動によってこの棲所が小さくなると、小さな空間における個体密度の高低が資源評価にとって重要な意味をもってくる。先年 (多分1972年) から北西太平洋でマイワシ資源の回復が始まったが、これより以前のマイワシ資源水準最低レベルの時期の環境の記録、シーディング集団の生物学的特性の記録の解析は充分なされていない。

3. 漁業生産力の評価に必要な力学的環境

漁業生物群の時空分布とその変動は漁獲を通して把握される漁業生産力の評価に不可欠の情報となるもので、このところに力学的環境が重要な意味をもっている。これは従来から漁況海況と言う表現で環境大要因と漁場形成予測条件として水温分布やその変化の速度などが取扱われていることでも容易に理解することが出来る。

環境水理 (水塊分布、流況など) を生物現象とは独立的に処理して得た海洋空間の力学的場の中に、漁業の側から得た情報を組込んで現象を解析するだけでは水産海洋学的資源評価の方法としては言い難く、漁業生物生産の過程が同時に明らかにされなければ機構の解明にはならない。

近年、漁業生物資源の変動機構を解明するのに、生態系が生み出す生産力のひとつの指標として特定の種生物

資源の変動が取上げられる場合、これは生態系力学の観点から環境容量の問題として取組まれるようになった。

資源生物の生産力を生み出す環境の大要因と生物学的諸条件とを結合した学際的研究が資源生産力評価を一層確かなものにしてゆく水産海洋学の方法であろう。

このように、基礎生産力が長期間の時間規模をもって漁業生物生産に結びついていることを示唆している例として、北大西洋におけるニシン資源の変動と基礎生産力との関係を解析した研究を紹介しよう。

北大西洋では1958年から1969年に亘る12年間にContinuous Plankton Recorderを用いてプランクトンの広域分布変動の観測を実施したが、この調査結果の記録をROBINSON, G. A. (1970) が主成分分析法によって解析し、近年北大西洋では栄養塩類が増加してきており、これに対応して基礎生産力が高まってきていることから、ニシン資源が再び回復するであろうとの確実な予測がなされた。

そして、このことは先にも述べたように、基礎生産力の短期変動だけ見ては漁業資源の変動と直接関連しないが、他面、長期間に亘る基礎生産力などの環境変動とは密接な関係のあることが実証された例と言えよう。これはひとつの生態系解析における海況と生物現象とが結びついた生物水理学または生物海象学 (biohydrography) の方法で得られた成果を具体的に示した例と言えよう。また同時に環境容量論の良い実証でもある。

このようにみえてくると、日本における海洋環境データで長期持続されているのは水温観測記録くらいのもので、水質や生物に関する永年の連続記録は極めて乏しい。水温はしばしば述べるように環境の大要因としては最も重要かつ測定が簡便に出来るため、多方面の調査で測定値が得られるが、その有効利用となると意外に少ない。殊に生物変動現象に結びつけた水温記録の解析が少ないのは、生物現象の長期連続記録が貧弱なことも原因であろう。資源変動の要因を探るとともに環境容量の推測を行なうためには、漁獲統計の他にプランクトンの定型的調査による生物学的情報を把握し、これらの情報と環境の大要因に水質などの微小要因を少しでも利用できるような資源環境の長期連続調査が望ましい。

文 献

- 辻田時美 (1954) 対馬暖流の生態系について (1). 日本海洋学会誌, 10, 132-157.
 辻田時美 (1970) 漁業における海洋生態学の諸問題. 東北区水研研究報告, 30, 29-42.

CUSHING, D.H. (1976) Introduction, *In*, The Ecology of the Seas, eds. CUSHING, D.H. and J.J. WALSH, Blackwell Sci. Pub. London, 1-20.

LAEVASTU, T. and H.A. LARKINS (1981) Marine Fisheries Ecosystem, Fishing News Books Ltd, Surry, England, 162 pp.

討 論

青山 (東大海洋研): 川崎氏の“生態効率で論議できない生物生産変動が重要である”という御指摘に対し、本日報告の内容の補足をさせていただきます。

資源調査会での試算は、単純な食物連鎖モデルを仮定して実施したもので、計算結果を、生産系別に、海域別に比較することにより、モデルの成立の可能性自体を推測するものです。これは結論でなく、問題点の提起であり、次の解析の出発点と解釈していただきたい。

座長: 一次生産から高次の生産、いわゆる漁獲対象になるような生産物が出来上るまでの food chain の構造そのものは、まだ完全に明らかにされていない段階で漁獲対象資源の量を推算する場合の転送効率をどう見積るかという問題です。川崎さんの生活史の三角形の中の種のあり方、種の位置づけについて栄養問題と密接に関係があるかと思いますが。

辻田 (東海大海洋): 青山教授他の研究者による日本周辺海洋資源の生産力計算は、その根底には Lindemann type の生産系があると思われます。

この Lindemann type の生産モデルでは比較的空間の小さな湖沼の生態系の中で探究されたものですから、比較的整然としたモデルになっています。この思想、方法を日本周辺の海域に持込むには対象海域を幾つかに区分 (例えば黒潮主流域、親潮域、日本海、東シナ海など) して計算する方法が、日本周辺の海域の漁業生産力分布と物理環境と結びつけて資源変動機構を解明するのによりリアルな手段ではないでしょうか。言うまでもなく、計算された種々の数値は今後の資源推定のひとつの貴重な試算であると思われます。

畑中正吉: 川崎さんのお話しは種の変動様式に重点がおかれているように思います。またこのシンポジウムで他にあまりふれられなかった問題として興味もたれます。生物生産系における、種の食地位は、種の歴史的発展の中で大きな位置を占めると考えられ興味深い。

この食地位は、種の三角形で示される生活様式の中で、どういう所に位置づけられると考えられますか。

川崎 (東北大農): IA から II を回ったところまでが無脊椎動物食一魚食というニッチにあり、ここではニッ

チのサイズはあまり変動しません。他方、IA から IB を回ったところまでがプランクトン食というニッチにあり、ここではニッチのサイズは大きく変動します。

座長：ニッチのサイズとは、いわゆる ecological niche という空間的広がりをいうのですか。

川崎：ニッチには、位置とサイズの2つの内容があります。位置とは、食物段階における地位であり、サイズとは、広い位置をもっているか、狭い位置を持っているかということです。

Food niche は、ecological niche に含まれます。

座長：田中さんのいわれる基礎データの蓄積という提案のうち、基礎生産に関したデータとは、どのような内容のものでしょうか。

田中（東大海洋研）：リモセンの熱赤外映像を処理して、クロロフィル量を、安直に、リアルタイムで知ることができれば、このようなデータを組織的に集め、整理した後、データバンクに保管する。というような状態が今後の研究に必要なではないでしょうか。

ト ネット採集によって得られたプランクトンと同様に、何らかのフォーマットで整理して、保管すれば、今後、益するところが大きいでしょう。

青山：基礎生産のリモートセンシングについてはMSS から OCS ヘシステムを改進して実用化するための基礎研究が行われています。これは海洋衛星 MOS の打上げに向けての準備です。リモ・センによる基礎生産計測には、まだ問題が残されていますが、MOS 観測の成功に向けて本会も本件にかかる研究の推進をプッシュすべきだと考えます。

宇野（南西水研）：南西水研ではこの5年間にクロロフィルを指標として植物プランクトン分布を把握することを試みかなり現実化しつつありますが、実用化については多くの問題を残しています。一つは濃度の低い外海域でどの程度の精度が期待できるか、次に、しばしば深層に存在するクロロフィル極大層を MSS などでもとることができるかどうかという点です。また現状では人工衛星データとして最も入手しやすいのはランドサットですが、周期が18日もあり、更にこの周期に雲が多かったりするとデータをとるのは困難で、例えば一昨年夏の瀬戸内海周辺のデータは殆ど入手できていません。

鈴木（東海水研）：田中さんの、プランクトンを資源の問題としてとらえるという指摘は心強く思います。プランクトン資料の整備に関しては、使いうるデータを蓄積することが必要です。例えば、プランクトン量は、ネットの種類によって異なるので、これを補正して、共通

のものとしなければなりません。

使いうる形にする手段としては、ネットを使用することによつた条件を整理すること、すなわち採集技術ならびに資料処理を容易にすること、あるいは科学魚探等を用いた連続的な資料を蓄積することなどをあわせて考えていく必要があります。

座長：この辺で種の交替現象に関連して、環境変動との関連も含めて、宇佐美さんいかがでしょうか。

宇佐美（東海水研）：設問である種の交代現象は、大きなテーマで簡単に意見を述べられないし、いささか荷も重い感じがします。第1回目はこの問題に関して討論に参加したことがあるので、ここでは漁海況予測研究の問題にふれさせていただきます。黒田さんの報告にあったように、漁海況予測研究は、水産海洋学的研究の実戦(実践)的な一典型であろうと思われます。すなわち、対象種の変動特性と生活環境の結びつきをとらえる面では、生態学的基盤に立つ有効な実戦的研究のアプローチが可能となるでしょう。

座長：生産の場の生産力、別の言葉でいうと環境容量の問題についていかがでしょうか。

佐々木（東海水研）：志々伎湾ではクロロフィル a が $1\sim 2\ \mu\text{g}/\text{l}$ 程度なのに、マダイの来遊量は多く、一方 $10\sim 100\ \mu\text{g}/\text{l}$ もある三河湾ではかえって漁業生物生産が少ないです。このことは一方では、かなり栄養が少ないと思われるところで、予想以上に生産性(ゆとり)があり、他方では栄養が多ければ良いというわけにいかないことも示しています。三河湾の場合、春先に larvae は豊富ですが、夏の貧酸素で全部だめになります。貧栄養海域で栄養レベルを上げれば、どれだけ漁業生産が上がるか、富栄養化海域で環境改善して貧酸素をなくすと、どれだけ漁業生産が上がるか、この両面から、沿岸・内湾の生産力問題を追求することが今後の課題と思います。

座長：平野さんはグローバルな観点で変動をおさえていく方向を言われました。一方ではごく沿岸のせまいところに限定されて調査が多いのですが。

平野（東大海洋研）：観測自体は、色々なスケールに対応した観測をやらねばならない。同時に、その結果をグローバルな形で解析していく必要があります。両者は相反することではなく、両方が必要です。

土井（日本エヌ・ユー・エス）：①海洋や気候の多項目観測資料を並べて資源変動と対比するだけでは相互関係は出て来ないでしょう。何か手さぐりで“観測値を総合した、あるメカニズムかモデル(例えば卵と餌生物の発生時期の重なり具合)”を帰無仮説として立て、それ

で変動が説明出来るかを検証してみるという研究の進め方が必要になろう。②データの mapping を細かく作る必要があることは言うまでもないことですが、水温、塩分は近代化しコンピュータ化していますがプランクトンなどの生物は採集、同定、定量を多量にすることは至難です。科学魚探などで近代化しないとアンバランスになります。

座長：資源評価をシンポジウムとしてとり上げた最初のねらいは、どこをどういうふうに集中的に行う必要があるかということも集約していきたいという考え方もありました。そここのところでご意見をどうぞ。

青山：発育初期の生残りの研究をしていると、餌とのめぐり合せの問題と同時に、天敵とのめぐり合せの問題が重要であることが判ります。こうした関係を環境とのからみで、どう把握すべきか、観念的には理解している積りでも、具体的研究となると手法的にも苦慮しています。

座長：生物生産過程を通じて生物が環境に対してどう反応するか、資源がどう変動するかという基本的課題について、考え方、技術的な問題についても今後の方向性について各分野から数多く提起されました。ここを出発点として研究を発展させていきたいと思えます。

コンビーナーむすび

<生産力評価と水産海洋研究>

大 方 昭 弘 (茨城県水産試験場)
鈴 木 秀 弥 (東海区水産研究所)
藤 本 実 (")*

シリーズとして開催された、前後3回にわたる漁業資源の生産力評価のシンポジウムを終るにあたって、とくに今回は生物生産の過程での環境の問題を「生産力評価」にむすびつけるとらえ方について生物ならびに環境の研究のそれぞれの立場から討論がなされた。

当初から、生産力の具体的数値を問題とするのではなく、資源の生産力を評価するために、とりくまなければならない多くの困難な研究、例えば資源変動のメカニズムに迫る方法、手段というものを改めて考えなおすと同時に生物と環境の問題を通じて各研究分野の総合化、組

織化あるいは、その体系化をめざすための共通した論議を期待して、シンポジウム運営の組立が行われたため、生産力研究そのものからは、やや隔たりのあるところで議論が足踏みした感は拭い切れない。しかし生産力評価にかかわる生物と環境の問題は、水産海洋研究の基本的課題であり、今後もこの命題を見据えて個別的なテーマによるシンポジウムなどによって多くの分野の研究が効率的に展開される下地が築かれていくこと礎としての役割を今回の生産力シンポジウムが果たしたとすれば幸である。

* 現在、南西海区水産研究所