

Cohort analysisによるマサバ資源解析の妥当性

長谷川 誠 三

(日本海区水産研究所)

はじめに

日本海で漁獲されるマサバは、九州西岸等の隣接する海域を含め、日本海沿岸の各地で発生したものが混合した一つの系統群と考えられています。勿論、この系統群の定義も曖昧で、太平洋のものとどう異なっているのか決定的な研究はありません。少なくとも、標識放流の結果を見る限り、一年の中で、北海道北西岸から大和堆を含めた日本海海域、および九州西岸域に分布するものは、同一系統群と捉えて差支えありません(図1)。

越冬場は、九州西岸、山陰沿岸、隠岐諸島周辺、若狭・越前沿岸、能登半島東岸から富山湾東部、佐渡島周辺に形成されますが、北の方ほど不安定で、つまり年に依って越冬群が見られないこともあるわけです。産卵場は、概ねこれら越冬海域とほぼ一致していますが、越冬群がそのまま産卵に入るとは限りません。他に、男鹿半島周辺、大島・小島～奥尻島周辺、それにかつては石狩湾でも産卵が確認されたこともあります。しかし、これらの海域での産卵は固定的でなく、また長期にわたって見ると量的重心も変遷しています。産卵期は、西ほど早く北へ行くほど遅くなります。九州西岸では3～5月、日本海西部は5～6月、能登半島～佐渡島周辺が6～7月、男鹿半島以北は7

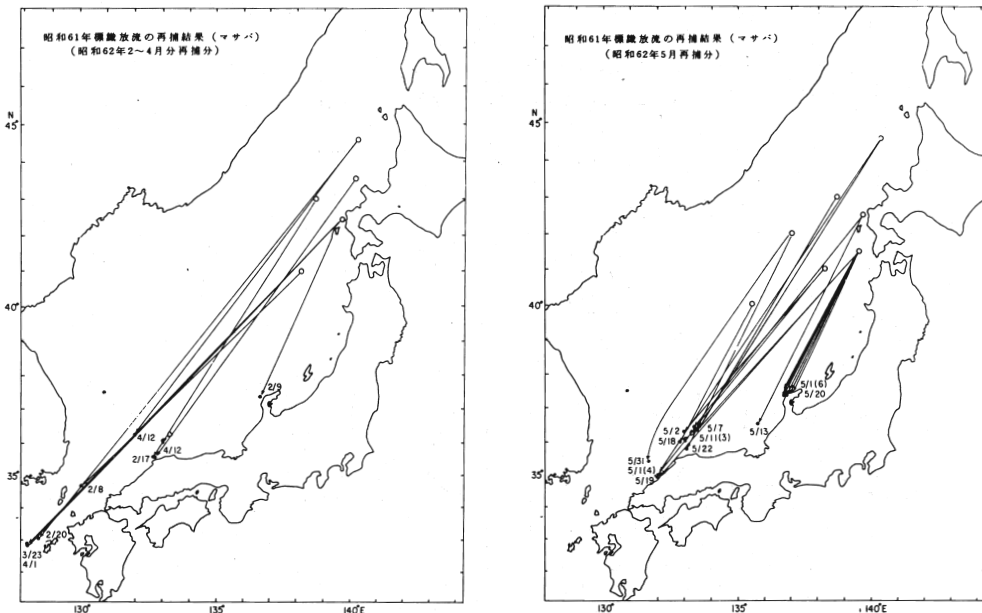


図1 マサバ標識放流の再捕結果

～8月がおおよその目安です。産卵量も、西ほど多く北ほど少ないという傾向があります。

回遊経路は、対馬暖流の蛇行の度合いによって大きく影響を受け、年により様々ですが概ね次の2つの型にわけられます。一つは、季節の変化にともない、本土或いは大陸に沿って沿岸ないし、沖合を北上・南下する型（本土平行型）と、いま一つは、対馬暖流の蛇行に影響されて魚群が接岸・離岸を繰り返す型（南北蛇行型）であります（図2）。

日本海におけるマサバの漁場としては、北から北海道石狩湾漁場、秋田県能代沖～男鹿半島周辺の秋田漁場、山形県沖～栗島周辺～佐渡北方礁の佐渡北方漁場、佐渡島周辺～柏崎・直江津沖の佐渡島・同海峽漁場、石川県飯田湾沖～七尾湾沖の能登内浦漁場、加賀～越前沖の越前漁場、若狭湾漁場、隠岐諸島周辺～島根半島沖にいたる隠岐諸島周辺漁場、浜田沖漁場、見島沖漁場などがあります（図3）。これらのうち、石狩湾漁場は昼間浮上群を対象に昭和25～29年まで、まき網による好漁が続きましたが、30年以降急速に衰微し現在では、定置網・釣り等で漁獲されています。また、秋田沖～佐渡北方漁場は、主に南下群を狙ったものですが、ここ数年は殆ど来遊が見られず沿岸の

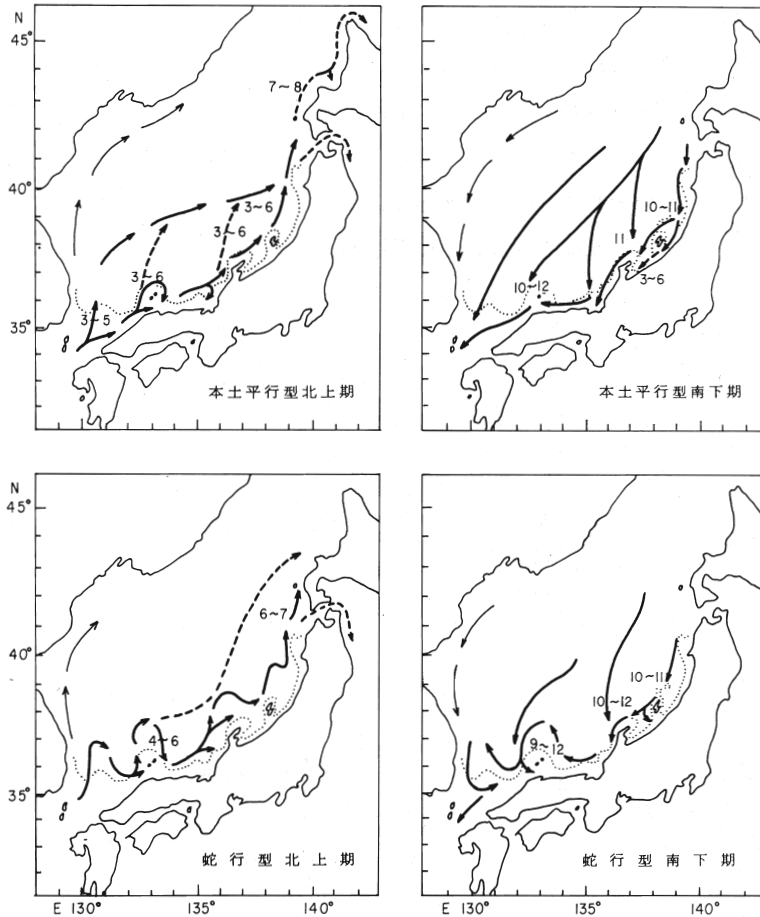


図2 マサバ回遊経路

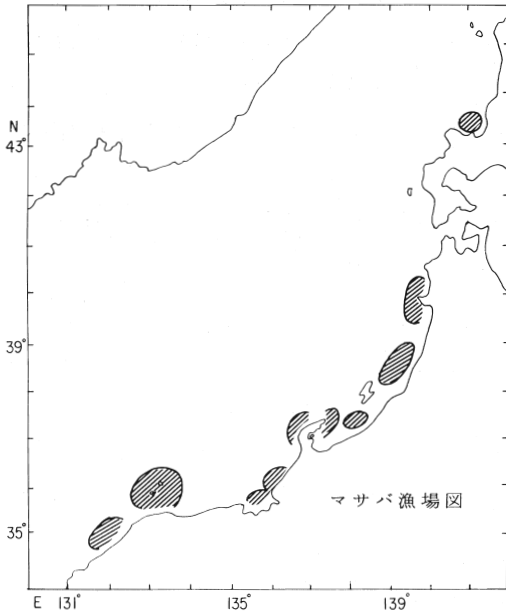


図3 日本海のマサバ漁場図

定置網で若干漁獲されるにとどまっています。佐渡海峡漁場は越冬群を主に狙っていますが、やはりここ数年、目立った漁獲はありません。内浦漁場は主に、秋～春にかけてまき網・定置網漁業がさかんです。輪島沖もまき網・ひき釣り漁業などで利用されています。若狭湾漁場は、昼間浮上群が見られなくなってからは不振で、むしろ、湾外の越前漁場が主体となっています。しかし、この周辺の漁場も、近年、低迷傾向にあります。一方、山陰地方では、隠岐諸島周辺と浜田沖、見島沖は現在でも利用され、最近の日本海で漁獲されるマサバの半分以上はこれらの漁場で漁獲されています。

日本海のマサバ漁獲量は、昭和30～35年にかけて5万トン前後を推移し、その後37年に9万トン台に増加しました。しかし、明るる38年以後減少し40年には、3.6トンが漁獲されるのみとなりました。その後、増加に転じ昭和45年には12.4万トンとはじめて10万トン台に、49年には24.1万トンと20万トン台の漁獲を上げるに至りました。しかし、再び減少傾向となり、現在は10万トン以下と低迷しております(図4)。これらを支えてきた漁業は、かつては巾着網、釣り、延縄、刺網、定置網等、ごく沿岸の小規模な漁業によって営まれてきたに

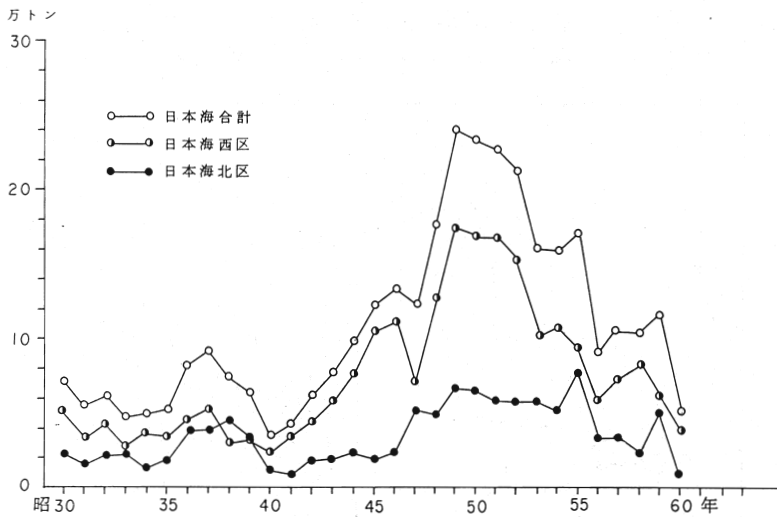


図4 マサバ漁獲量の経年変化

すぎなかったわけですが、昭和23年に初めて長崎県の夜焚巾着船が、九州沿岸で魚探により魚群を発見し、火光集魚という一連の操業を行って成果を上げました。以来、昭和26年12月には、対馬漁場に於いて、夜間、魚探で魚群を発見し直ちに投網包囲して漁獲するという、所謂、魚探投網の技術も開発されました。こうした漁具漁法の発達は、日本海でも急速に普及し、それまでの昼間浮上群を対象にした漁業の不振を一掃し、現在に至っているわけです。最近では、こうしたまき網による漁法によって、日本海全体の90%以上が漁獲されています。近年の漁法別の漁獲量の推移を見ますと、昭和45年当時は、大中型まき網が全体のほぼ66%、あぐり網（1そうまき、2そうまき、その他のまき網を含む）が29%で、この両者で全体の95%を占め、次いで、大型定置網の4%、その他が1%でありました。この傾向は、その後もさして変わりませんが、年とともに大中型まき網の比率が高くなり、52年には83%にも至りました。しかし、その後、漁獲量の減少とともにその比率も低下し、61年には30%にまで下がってきました。その反面、あぐり網、大型定置網、敷網等の比率が増加し、それぞれ、62%、5%、2%程を占めるに至りました（図5）。大中型まき網漁業の漁獲比率が低下してきているのは、マサバ漁獲量の減少にともなう採算割れから、他の魚種へ漁獲努力が移っていると見られ、あぐり網を含めた小型まき網漁業等の漁獲比率が相対的に高まってきたものと思われる。

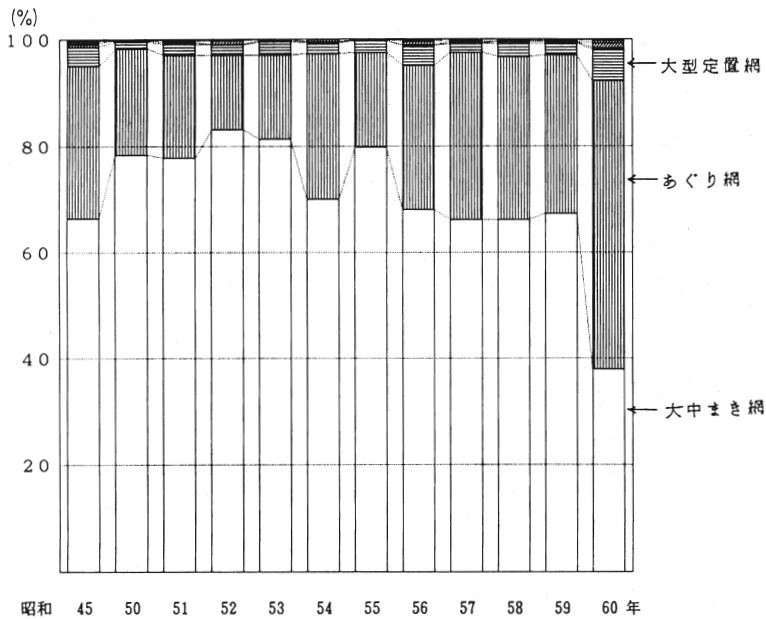


図5 マサバ漁業種類別漁獲割合

マサバ資源量推定方法の検討

昭和52年度に『我が国200カイリ水域内漁業資源調査』がスタートし、様々な魚種の資源評価のための調査が開始され、翌々年の昭和54年には早くもその結果報告を提出しなければならなくなりました。日本海マサバチームも、御他聞にもれず頭を悩ますことになったわけですが、まず資源推

定の方法をどうするかを検討を行いました。卵・稚仔調査結果から推定する方法ですが、太平洋の方はこれで成果をおさめているようです。日本海の場合、先にも述べましたように、産卵が時空間的に広域であるため、本格的調査を組むとなると膨大な経費と労力が必要となります。卵・稚仔調査は、マイワシをターゲットに組まれましたからマサバをカバーする余力もなかったわけです。また、小型ネットの鉛直曳きではサンプル数も少なく精度を期待するのは無理だ、ということでボツになりました。残るは漁獲物に関する諸統計を利用する方法ですが、生物統計は沿岸重要資源調査等の補完もあり、かなりの量が集まって十分解析に耐えるものですが、漁獲努力の評価がネックになるわけです。確かに、標本船調査を行ったり漁場別統計で値がでてくるんですが、きちっとカバーできるかと言うと、ころもとないわけです。漁場が時空間的に不連続に存在しているにもかかわらず、それを旨く説明する方法が見当たらない。大中型まき網は、おさえられるが小型まき網をどうするか、定置網をどうするかと言った問題も解決できない。そうした問題を乗り切るために、cohort解析をやってみたらどうかと言う結論になったんです。勿論、これで問題がすべて解決したわけではありません。cohort解析は単なる計算方法ですからやはり自然死亡係数 (M) とか漁獲死亡係数 (F) は必要です。でも、漁獲物の年齢組成さえおさえれば何とか答えは出る。 M や F が出なくたって常識的(?)な値を放り込めばいいじゃないかと言うことになりました。ところが、ここで一つの問題が生じました。漁獲物の体長組成は判るが、年齢組成が確定しない。つまり、必ずしもすべてのデータで年齢査定を行っているとは限らないわけです。しかし、こんなことは当初から予測されたことです。実は、マサバの年齢形質はとても面倒なのです。鱗は見にくいわ、耳石は小さいわでルーチンでやるには膨大な時間と、熟練と、費用が必要なのです。結局、当面の打開策として体長を5つのレンジにわけて銘柄1~5を一種の年齢と見做したわけです。これをベースにしてcohort解析(FZRP/5, 加藤史彦1978)に持ち込むことになりました。さて、常識的な M とは一体いくつなのか、 F はいくつか? 様々な値を入れて計算してみたんですが、 M を0.3~0.7、 F を0.5~1.0ぐらいにすると、どれも尤もらしく見えてくるんです。

MとFの推定 (WIDRIGの方法)

当時、資源一研の岡地室長は $Z=M+q \cdot X$ の式を眺めていて、最小二乗法で解ける一番簡単な式だと気がついて、関連文献を探してきました。WIDRIG (1945) の論文です。生残率は平衡状態如何にの問題を含むにしても、LEA (1930) の方法を用いて計算しました。理由は、完全加入以後の銘柄(年齢)階級が少ないことと、型の素直さです。

$$S = \frac{\sum_{k+1}^{K+1} N_{k+1}}{\sum_k N_k} \quad (K: \text{完全加入以降の年齢})$$

また X の値として、漁獲の大半を占めていたと思われる大中型まき網(50~100トン)の漁獲成績報告書から航海数を採用しました。そして、生残率を年次別と年級別にわけ、 Z と X の10~12年間の組みから回帰定数(M)と回帰係数(q)を求めました。その結果、前者は $M=0.565$ ($r=0.745$),

後者のそれは0.566 ($r=0.933$) となりました。ちなみに、前者の q は0.00036、後者のそれは0.00031となりました。この M の値を、年次(年級)に関わらない自然死亡係数と見做し各 Z から差し引くことによって、 F を推定しました。これで、 M と F の目安がつき初年度の報告となったわけです。ですが、これらの航海数はすべてマサバにかかったものかを検討項目として残しました。この方法は、その後2~3年間は大きく変更されることなく進められました。変更点は、年齢組成の分解精度が上げられたことです。つまり、月別の体長組成を見ながら一つ一つ年齢に分け一年分を合計し実際の年齢組成に合致させる作業が行われました。しかし、年級別に見た M は0.521 ($r=0.938$) と大きな違いは生じませんでした。ところが、4年目のチーム検討会の席上で大きな問題点が提起されたのです。

- (1) 航海数は、年次毎にかかってくるのに何故、年級別の方が相関が高くなるのか？
- (2) 最近、サバの漁獲量が減少し、サバを求めて以前より走り回っているにもかかわらず、そのことは漁獲努力(航海数)に反映されていないのではないか？

(1)については明確な答えが出ませんでした。(2)については、確かにその通りです。航海数は、年々減少しているのです。ここで、航海数の定義について考えましょう。

航海数：漁業を行うために出港し入港するまでを1回として数えた回数をいい、この場合漁撈作業を行わなかったか、またはできなかった運航および漁獲皆無の運航も航海とみなす。

これは、統計情報部の公表している定義で、漁獲成績報告書もこれののっっています。これを読む限り、漁獲努力の評価を行う上で何ら矛盾はありません。しかし、操業の内容が年とともに変化していた、つまり、1航海の日数が増えていたのです。運搬船だけが漁場と港を往復し、網船は沖がかりしていたんです。かくして、漁獲努力の要素に出漁日数を使うことになります。ちなみに、

出漁日数：漁獲の有無にかかわらず、漁業のため出港した航海の所要日数をいい、日帰り操業の場合は出漁した日を1日と数え、1航海が1夜の場合も1日と数え、また1航海が2夜以上にわたる場合は出港した日から入港した日までを通算して数える。

かと言って、航海数を使ったことは間違いだったのかと言いますと実はそうではないのです。1日のうちに網船が2回以上、港と漁場を往復することがあるからです。これを論議し始めるときりがない気がしますから、現在、より現実的なパラメタを用いるのが妥当だと思います。しかし、この方法によっても $M=0.552$ ($r=0.960$) と、さして大きな変化はありませんでした。ただし、 q の値が0.00013に変わりました。

MとFの推定 (W_{IDRIG}の拡張)

昭和61年になりますと、指定漁業の一斉更新で資源研究者にとって悩みの年となるわけです。あの、ブループリントの印刷があるからです。日本海は、大中型まき網漁業、いか釣り漁業、沖合底びき網漁業(他にズワイガニ漁業)が対象となりますが、マサバ資源は大中型まき網漁業の提言に関わるものとなります。先にも述べましたように、日本海のマサバ漁業は、大中型まき網ばかりではありませんので他の漁業との比較の中で、大中型まき網の位置づけをしなくてはなりません。そ

れに、過去のチーム検討会の中で時々指摘されてきたこともあるのです。つまり、昭和52年以後目に見えて漁獲量が落ちてきたんですが、『資源量は依然としてたっぷりある（漁獲量の3～4倍）。これだけあるなら何処かへ探しにでかければ獲れるんじゃないか、何処にいるんだ。』という指摘です。その時の説明は、『沖合にいるだろう』だったと思います。確かに、いか釣りの漁業者の話や、クイックアセスメント調査を総合すると、沖合にサバがいるようでした。しかし、そうした話は昔からあったようですし、それ以上にマイワシがいるという話にもなったわけです。かくして、

- (1) 現在の方法で算出された資源量とは、一体、どの範囲までをカバーしているのか？ 朝鮮半島沿いに沿海州の方へ北上する群は計算に入るのか？ 沖合の群は？ 九州西岸から東シナ海まで含まれるのではないかな？
- (2) M の値が大き過ぎるのじゃないか？ だから、資源量が多く出るのだ。他の漁業も含めないと駄目だろう。

という宿題が出ることになりました。(1)の解答は、若干頭の体操に近いので多少論議できるかと思えます。私自身、あまり自信はないのですが、漁獲物の年齢組成から求められる生残率は、対馬暖流系のマサバで、しかも、日本海沿岸の漁場に来遊した群を代表しています。ただし、日本海全体の分布生態が、年齢別に極端な偏りを持っているとか、沿海州のものは生涯日本沿岸で漁獲されないとかそうした事実がないかぎり、全減少係数 Z は一応共通だと考えられます。さて、 F ですが、これは日本海沿岸で漁獲によって間引かれる（ここでは、大中型まき網）ものです。 Z と F の差（ M ）は、それ以外のものがすべて含まれるわけです。この、 F と M と日本海沿岸の年齢別漁獲尾数から、初期資源量を推定しているわけですから、把握している資源とは、日本海沿岸漁場へ来遊したものと同じ群が分布している範囲全域ということになると思います。ですから、初夏、山陰漁場へ来遊し一部が漁獲され、その後、沖合を経て漁場外へ逸散し、再び南下後、能登周辺で漁獲された群なんか対象になると思います。他に、いろんな場合が考えられますが、一言で言えば、日本海沿岸の漁獲可能範囲における初期資源量と言うことになりましょうか。さて、(2)の問題ですが、異漁業種間の漁獲努力量をどのように同じ組にのせるかが命題となります。WIDRIGの方法で次の式を眺めていたら、重回帰分析しか頭に浮かびませんでした。

$$Z = M + q_0 \cdot X_0 + q_1 \cdot X_1 + q_2 \cdot X_2 + \dots$$

そこで、大中型まき網、あぐり網、大型定置網の出漁日数を説明変数にし、全減少係数 Z を目的変数にとって重回帰分析（昭和40年～58年）を行ったわけです。ただし、生残率の求め方はLEAの方法を若干修正し、

$$S = \sum_{i=2}^1 Y C_i / \sum_{i=0}^1 Y-1 C_i \quad (Y C_i : Y \text{年} i \text{才の漁獲尾数})$$

で年次別の生残率を算出しました。回帰定数を年次、年齢に関わらない自然死亡係数と見做したわ

けです。計算の結果、 $R=0.76001$ という重相関係数を得、また1%の有意をもって、各説明変数がZを説明するのに役立っているという結論を得ました。そして、この時のMは0.295という値になったのです。ちなみに、

$q_0=0.000136$ 大中型まき網

$q_1=0.000022$ あぐり網

$q_2=0.000001$ 大型定置網

でありまして、この値を出漁日数で基準化した漁獲能率と決めました。あとの計算は、前年までと同様です。その結果、資源尾数はかつての計算の約半分に落ち込みました。ここで、勇んで漁獲率の高さを指摘することになります。しかも、あぐり網の漁獲率もけっして小さくはない、大中型と同じように規制を考える必要があると言う報告ができあがったわけです。

問題点

200カイリ調査が始まって、10年になろうとしています。報告書の案を書いていて、毎年感ずることですが、cohort解析ばかりでいいのだろうか？ 他の解析方法があるんじゃないのか？ 実は、チームリーダーにも『いつまでもこの方法じゃねえ』と指摘されたことがあります。『cohort解析は、漁獲努力が判らなくても計算できる』というのは、計算上はそうかも知れませんが本当は嘘のような気がします。本件の場合、Mをもっともらしく推定するには、やはりそれなりの漁獲努力量が要ります。標識放流でもいいじゃないか、Biomass解析もあるじゃないかと言われるとなる程と思いますが、マサバ漁業を考えた時に再捕率の実体は何かと不安を抱きますし、我々が入手できる年齢組成は漁業というフィルターを通してきています。これだけ報告書を書けばMを年次、年齢に関係なく一定にするという愚かさはいやという程判ってきます。結局、たちかえる式と結論はおなじで、

$$\frac{dN}{dt}=F(N)$$

を、どう料理しようかと思案の明け暮れとあいなるわけです。でも、思案ばかりしてはニーズに答えられません。現に、日本海のマサバ資源は底を打ったと言う噂もあるくらいでして、それが嘘か真か何とかして掴みたい。考えてみれば簡単なことなんです。長期トレンドの中で、上の式が正か負かを判定するだけなんです。それで、漁業者も安心すれば、仲買も加工業者も安心する。勿論、消費者だって、美味しく健康的な秋サバを食べるか、輸入牛肉で子供達を喜ばせるかを簡単に決定できる。それだけのことだったら、取敢えず、今、何が出来るか？ それが今日述べてまいったことなんです。でも、こうした方法は曲がり角に弱い。曲がる方向は大体わかるんですが、角度や、その先がわからない。これは、やはり安全運転をしようとする大変に気を遣うことなんです

す。何度も同じ道を通れば覚えるんですが、自然ではあり得ないことです。詰るところ、運転に十分慣れることと、勘を研ぎすませることが最良の方策でしょうか？

質 問

安達（島根水試）：（資源評価とは結局 dN/dt がプラスかマイナスかを判定することだという発言に対して） dN/dt がプラスになることがあるのか。

長谷川：アジ，サバみたいに西から入って来ると，親も増加してしまうことがある。

村山（島根水試）：もしそうならば，東シナ海区と日本海区をあわせて解析するべきではないか。

長谷川：そのとおりで，西水研との協力を強めたい。