

Ⅲ 水産海洋研究会昭和 47 年度秋季シンポジウム 「日本海浅海域の開発と保全」

主 催 水産海洋研究会
日本海洋学会

日 時 : 昭和 47 年 11 月 7 日 (火) 10 : 00 ~ 17 : 00

会 場 : 京都教育文化センター

コンピーナー : 小味山 太 一 (京都府水産試験場)
川 合 英 夫 (京都大学農学部)

趣 旨 説 明 小味山 太 一 (京都府水産試験場)
挨 拶 宇 田 道 隆 (水産海洋研究会)

話題および話題提供者

第Ⅰ部 日本海の海洋学的特性 (座 長) 花 村 宣 彦 (南西海区水産研究所)

1. 日本海の高況特性 川 合 英 夫 (京都大学農学部)
2. プラクトン相よりみた日本海の生態学的特性 小 牧 勇 蔵 (日本海区水産研究所)

第Ⅱ部 日本海浅海域開発の現状と環境保全との関連

(座 長) 岩 井 保 (京都大学農学部)

3. 日本海区における栽培漁業の現状と方策 尾 形 哲 男 (日本海区水産研究所)
4. 栽培 漁業のための生態学的調査 清 野 精 次 (京都府水産試験場)

(座 長) 国 司 秀 明 (京都大学理学部)

5. 栽培漁場造成の現状と問題点 上 北 征 男 (農業土木試験場)
6. 原子力発電と水産環境の保全 市 川 竜 資 (放射線医学総合研究所)

第Ⅲ部 総 合 討 論 (司 会) 平 野 敏 行 (西海区水産研究所)

1 日本海の高況特性

川 合 英 夫 (京都大学農学部)

人間が生きていくからには、程度の違いはあるにしても、何らかの環境開発を行なわなければならない。そして人間が生きていくために本来あるべき開発とは、環境保全と調和して一体化したものであろう。適正な保全を考えない開発も、本来なされるべき開発を否定する保全

も、ともに一面的なとり組み方であると言えよう。高度の科学技術が不可避的に必要となるのは調和して一体化した保全と開発を推進するときである。誤りを冒さず、偽りを許さないためには環境保全を前提とし、その限界のうちに開発の可能性を見いだすべきである。

日本海浅海域の開発と保全を考えるに当たっても、その海況特性について、適確な知識と奥深い理解が必要であることは、上に述べたわけによる。浅海域とは、ふつう大陸棚あたりの海域をさし、その底深は200mほどである。これは底深50m以浅の上浅海域と、50~200m間の垂浅海域とに分けられるが、ここではその辺りに限ることなく、深海域も含めた日本海全体の海況特性について考える。いうまでもなく、日本海の浅海域と深海域の海況は、密接に関連しているからである。

まず日本海をとり巻く、いろいろな自然条件を、要因別にとり上げ、それらのかかわり合いの仕方を体系的にとりまとめたのが、第1表である。左側に書いてある項目は、原因的事象であり、右側にあるものは、結果的な現象である。上下の配列順には別に意味があるわけではなく各要因の関連の仕方を表わし易くしたためだけのものである。

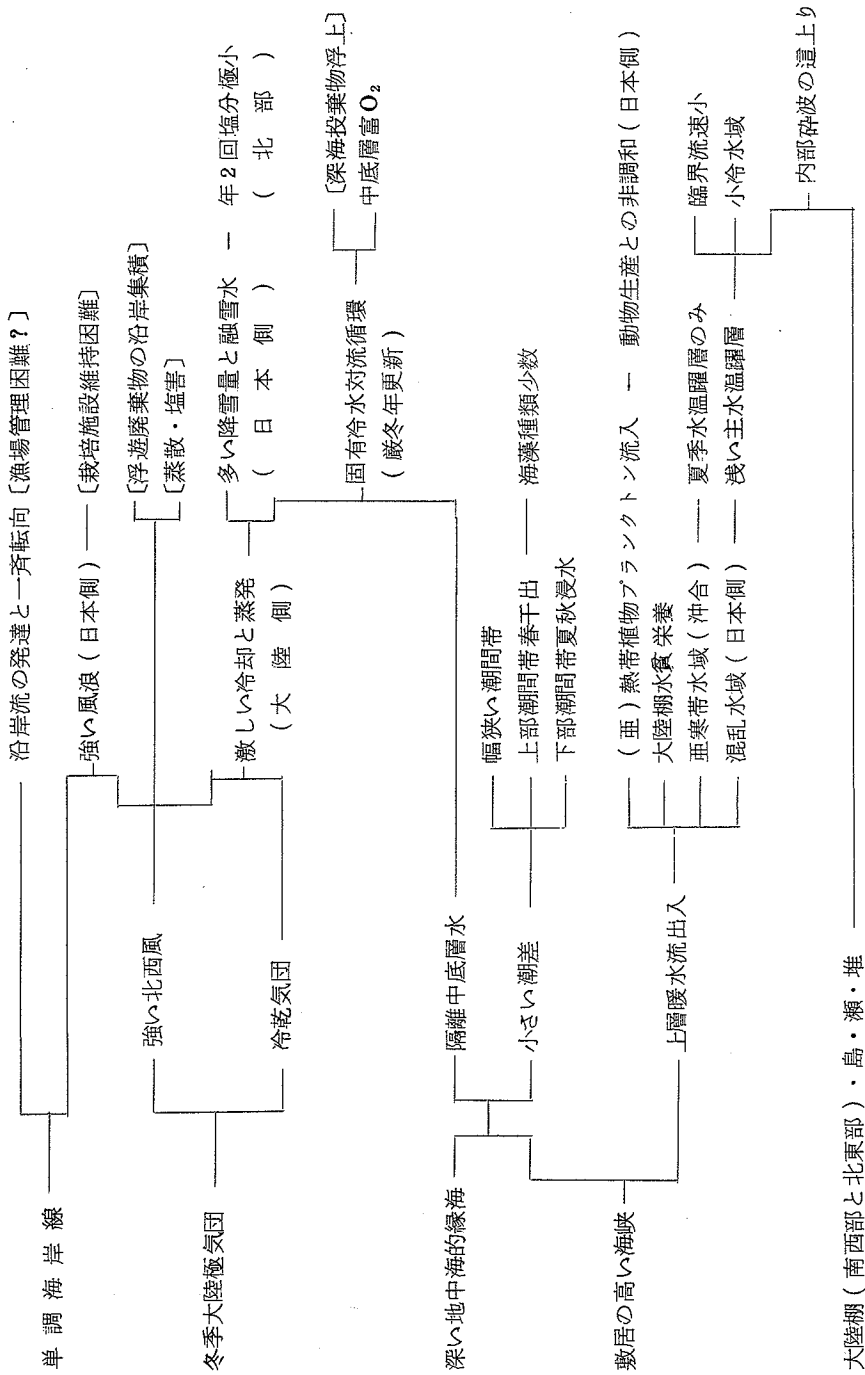
日本海の平均深度は、世界中の付属海のうちに4番目に深い、縁海というよりはむしろ地中海的である。主要な海峡のシルデプス(鞍部深度)の約2倍にあたる400m以深では、いたる所に、日本海固有冷水と呼ばれる、水温1℃以下のきわめて等質な冷水が、周りの海と隔絶して存在している。また海水密度は、200~700m深では、黒潮水域はもちろん親潮水域より大きい、1500m以深では逆に、黒潮水域・親潮水域より小さい。冬季大陸極気団の吹き出し影響下にあり、大陸側での激しい冷却・蒸発と上述の中底層水の隔絶のために、厳冬年には海底に達する対流が起きようである。ポテンシャル水温は、わずかに底層に向かって減少し、0.03℃ときには0.02℃にまで達する。O₂は底層まで、いちじるしく高く、1000m深あたりの極少層でも5ml/ℓより、わずかに低い程度である。同じポテンシャル水温値に対するO₂値は日本海盆、対馬海盆、大和海盆の順に、わずかに少なくなっており、中底層水の年令と関連している。

中底層における等密度面の起伏は、ほとんどなく、わずかに大陸斜面の中腹あたりに、微弱流があるようである。1970年6月にわれわれ(日水研・東水研・遠水研・西水研・県水試・京大理ほか)が実施した開洋丸の精密横断観測結果によれば1500m深あたりでは、沿海州の大陸斜面のそばに北東流、距岸100~200kmあたりに南西流、大和海嶺の北側には東流がある。津軽海峡西南西の対馬暖流合流域の中央では、ほとんど海底近くまでの北東流、その岸側では、上層の北東流に対して、大陸斜面上の南西向き反流があり、これらは大和海盆内の時計回りの半閉鎖循環流と連絡しているようである。

Phosphate-Pの分布では、大和海嶺の中腹周辺の800~1200m深に、ときには2μg-at/ℓのやや濃い値が現われるが、むしろ本州側や大陸側の大陸斜面に沿って、より大きな値が厚く分布している。O₂も大和海嶺の周辺で、とくに低くはなっていない。

このほか、海岸線が概して単調であることや、南西部と北東部に大陸棚が発達し、島や瀬や堆に富むことから、表に示したような、いろいろな海況特性が生じてくる。それらの説明は省略す

第1表 日本海の海況特性



るが、表をごらん頂ければよろしいと思う。

3 日本海区における栽培漁業の現状と方策

尾 形 哲 男 （日本海区水産研究所）

1. はしがき

瀬戸内海において「栽培漁業」という言葉を使用しはじめてから早くも10年を経過した。この事業は行政主導的なかたちで進められてきたが、最近ではその実現をめざして関係の研究機関が、積極的に調査研究を展開しつつある。しかしながら、日本海区における水産関係者の中には「種を作り放流すれば生物はいくらでも増える」と単純に考えている人達があまりにも多い。その言葉のうらには種苗量産技術や放流技術の確立を前提としているのであろうが、自然界における生物群集構造や種の数量変動要因の究明、さらに適正な漁業管理技術の確立なくしては、初期の目的はなかなか達成できないであろう。

日本海側においては、瀬戸内海栽培漁業の発展過程とその実態に刺激されて、昭和44年に事業化推進準備会が設立され、46～47年には事前調査として、北海道から長崎県に至る対馬暖流域の関係道府県水試が中心となって漁場資源生態調査が実施され、48年にははやくも何カ所かに事業所を設置しようとする計画が進められているようである。ここでは、日本海区における漁業の現状をとらえ、栽培漁業に対する考え方や問題点を述べる。

2. 日本海区における漁業の現状

1) 海面漁業

日本の総漁獲量は年々増大してやがて1,000万トンに達しようとしているが、その主要因は遠洋漁業の発展によるものであり、とりわけ近年の急増は北洋水域のスケトウダラの漁獲量の増加のためで、沿岸漁業は定置網も漁船漁業も停滞をつづけている。これらに対して日本海区では過去20年間の域内漁獲量は50～70万トンを上下しており、その主体は旋網と底びき網で、とくに旋網の豊凶はそのまま総漁獲量の年変動を支配している。また、近年沖合スルメイカ、漁場の開発によって釣による漁獲量が増加していることは特筆される。しかし、いずれの漁業をみても漁獲努力量は年々増大しているので単位努力当り漁獲量の低下しているものが多く、魚価の異常な高騰によって漁業は支えられている。

魚種別漁獲量をみると、昭和45年にはスルメイカが首位になったが、イワシ類、アジ類、サバ類、ブリ類などの旋網対象生物や暖海性回遊性魚族が漁獲量の主体をなしている。底生生物としては、ズワイガニをはじめとしてハタハタ、ニギス、ヒラメ、カレイ類が主要なもので、以前

に多獲されていたスケトラダラやアブラツノザメは激減し、過去20年間の魚種組成に大きな変化が認められる。一方、漁労体数についてみると、全国的な傾向ではあるがとくに日本海区では採貝採藻などの磯漁業と、その他の釣、その他の延縄、その他の刺網など「その他」と名のつく沿岸地先の小規模漁業が圧倒的に多い。

2. 海面増養殖業

一般に磯漁業と呼ばれるごく浅海域の漁業の生産量をみると、日本全体に対して日本海区は面積の割合に低い値を示しており、昭和45年の例ではわずかにガザミ45.5%、サザエ32.0%、ナマコ21.9%などが注目されている程度である。一方、海面養殖業は、日本全体としては生産量がそ少ないが年とともに盛んになってきており、従来からのカキ、ノリに加えてワカメやハマチ養殖が台頭してきた。しかし、日本海区では昭和45年の生産量は12215トンで全国の2.2%にすぎず、カキ8552トン、ワカメ2631トンの両種を除いては非常に少ない。

このように、増養殖業に関するかぎり太平洋側に比べて日本海区は非常におくれているが、行政施策がとられなかったとか、漁民の努力がなかったというわけではなく、過去においても岩面搔破、投石、コンクリート面造成、魚礁造成、移殖放流、養殖、蓄養などが各地で行なわれている。しかし、それらはいずれも小規模であり、断片的であり、組織的に行なわれにくかったために十分な成果が得られなかったのであろう。なかでも、内湾が少なく、海岸は比較的単調で砂浜が多く、冬季間の季節風はきわめて強く、潮汐は非常に小さく干満の差は20~30cmであることなど、地理的、気象的、海洋的特性があるにもかかわらず、太平洋側で成功した技術をそのまま模倣した例が多かったことが大きな原因となっている。

以上の経験を通して考えられる今後の問題点としては、種苗の量的確保、漁場の老化防止、病害対策、安価な餌料の確保などとともに、砂浜開発技術、消波技術、耐波性構造施設の研究が強く望まれており、とくに、耐波施設問題が解決するならば増養殖による生産はまだまだのびると考えられているだけに、海洋学、土木工学、機械工学その他の周辺科学との連携によって根気よく進めていく努力が必要である。

3. 日本海栽培漁業の方策

1) ねらい

人力を投入して天然の再生産を補強し、生産を高めようとするのが栽培漁業であるならば、以前の増養殖も立派な栽培漁業であったわけである。しかし、今日考えているものは、単に潮干帯あるいはこれに近接するごく浅海域の生物にかぎらず、広く大陸棚資源にまで眼を向けているところに特徴がある。日本海区の各漁業は漁獲努力量の増大によって漁獲量を維持し、魚価の高騰によって採算を保ってきており、資源的には獲りすぎまたはこれに近い状態の生物が多い。資源管理論に基づく、漁獲努力量の適正化、低価値幼稚魚の保護などの施策によって資源を回復さ

せ漁獲量を増大させることは理論的には可能であっても、競走的採取漁業である現行の各漁業はこれらの施策を大幅に受け入れにくい状態に追い込まれているところに問題がある。だからといって、現存の漁業をそのままに放置しておいたのでは、他方においていくら人力を投入してもあまり効果はでないと思われる。

現在多くの人達が考えている栽培漁業のもつ基本的ねらいは、自然界において行なわれている種の再生産を補強するために、減耗率の高いと想定される発生初期段階を、人為的に保護育成して種苗を作り、これを放流することにより、漁獲対象添加群の増大をはかることにあり、とくに獲りすぎの傾向にある種に対しては有効であろうと考えられている。また、特定の種をもとに考えた場合は生活空間にしても餌料生物にしても、まだ多少のゆとりがあるという想定のもとに、人為的工作によってこれらの条件をたくみに利用して、有用種のその生態系における地位を高めることにより、漁業生産を高めることが可能ではないだろうかというあたりに、目標があることもたしかである。

昭和46年に打ち出された海洋開発推進基本方針によると水産関係では沿岸域で魚介類22万トン、海藻類9万トンの増産を計るという。しかし、日本海区においてもハタハタ、ドスイカ、ノロゲンゲなどのように漁業者には邪魔もの扱いにされて十分に利用されていない資源が残されている。単に蛋白資源を量的にみるのであれば、当面は少なくともこれらの未利用魚種や多獲性魚種の有効利用を検討した方が得策であろう。人工種苗生産にはじまる一連の行程には多額の経費が必要と見込まれるし、採算を度外視しては事業は考えられないから、必然的に漁業者の生産性向上を主目的とした種々の方策が検討されるのは、当然のことであろう。

2) 日本海型栽培漁業

日本海においては独自の型をもった栽培漁業を進めるべきであるとの声もあるが、瀬戸内海栽培漁業において考えられた基本的構想と、とくに変わるものはないと思う。ただし、環境条件が異なるし、扱かう種も異なる場合には、技術的に種々の工夫をこらさなければならないのは当然である。

何らかの人為的力を投入して、漁業生産を高めるものが栽培漁業であると規定すると、養殖型と放流型に、放流型は資源造成型と資源培養型に区分することができよう。

i) 養殖型

養殖型は、特定の施設をもちいて種の生活史の大部分を人為的に管理するので、一般的には個人または特定団体の所有の形をとる。この方法は全数採取が可能であるから、収支が明確に算定され、計画的生産が容易である。種苗の確保、漁場の老化、病害のほか、海藻の場合には栄養塩、貝類の場合には天然飼料生物、魚類の場合には安い飼料の確保などが問題であり許容力にも限界があるが、日本海区の場合は耐波施設問題が解決すれば、まだまだ発展の余地を多く残している。

ii) 放流型

養殖型とは異なり、人工種苗を生産する場合を除いては特定の施設をほとんど利用しないし、餌料問題も自然界の生産力を利用していこうとするもので、施設に難点を残している日本海区としては受け入れ易い方法である。漁獲は現行の漁業によって行なわれるから、全数を採取することは不可能であり、種苗の大量生産、放流技術、漁業管理などの技術的諸側面の開発が必須の条件となる。

(a) 資源造成型

生態系の中に天然種苗あるいは人工種苗を移植する方法で、場における再生産は期待しなかり、毎年適量の種苗を反覆放流するものである。しかし、その生物はやがてその場において再生産を開始する可能性もあり、その場合は次の培養型に移行するであろう。

(b) 資源培養型

培養型は、自然界の生物生産過程において、もっとも減耗のはげしいと推定される発生初期時代を、人為的管理によって保護または大量に生産し、これを放流することによって自然の添加群を補充しようとする方法である。放流型の場合において、種の移動力が大きい時には個人はもちろん特定団体の所有とはなりにくい。

3) 放流型栽培漁業における技術的段階

放流型栽培漁業を成功させるためには多面的な技術開発が要求されるが、大別すると、種苗量産技術、種苗放流技術、漁業管理技術の3つの技術段階を想定することができよう。

i) 種苗量産技術

日本海栽培漁業漁場資源生態調査の主対象生物として、マダイとヒラメがあげられている。他海区においては、増養殖の立場から海藻類、貝類、甲殻類などの研究がかなり進められているのに対し魚類は比較のおくれていることから、予算技術上、日本海では魚類をとりあげとくに沿岸生物の中で比較的価格も高く、需要が多く、過去の漁業に占める比重の高いことなどが、これら2種の選択の主な理由であったと思われる。しかし、本来は魚類だけに限る必要はないし、養殖型にしても放流型にしても、適地適産体系をとることがもっとも合理的であろう。

一般に底生生物の場合は水深帯や底質によって異なる生態系を形成している。また、発育段階に応じて、ある生態系から他の生態系へ移るものや、季節による変化など種の実態の実態はさまざまである。種の選択に際しては、これらの生態系の実態を基礎としながら、経済的および技術的諸側面をも考慮して、当面は高級魚であること、比較的単期間で結果の判断のつき易いこと、浅海または沿岸域の扱いやすい生物であることなどを基準の対象とすべきであろう。

種苗の放流により生産効果をあげるためには、量が少なすぎても判然としなが、かりに漁場造成が行なわれたとしても、自然界にはそれなりの許容力しかないと考えられるので、多すぎても密度効果の関係でよくないと思われる。種苗の量産を考慮する場合にはその目標

をしっかりとておく必要がある。過去20年間における域内生産量はマダイ4,000～7,900トン、ヒラメ1,300～2,800トンであるから、自然死亡係数、漁獲係数、増長増重係数などに仮の数値を入れて豊漁年の50%増としてマダイを3,500トン、ヒラメを1,500トン上積みとして増産するには、30mm程度の種苗をマダイは約5,000万尾、ヒラメは約1,100万尾必要となる。前述の仮定が満されているか否かによって目標量は多少変わるが、漁業を通じてその効果を判断するためには、龐大な種苗の量が要求されることだけはまちがいない。

種苗の適正な大きさについては、成長過程における自然減耗の度合、飼育技術、放流技術などを総合してもっとも経済的に効果のある水準におちつくであろうが、いずれにしても、集約的生産になるので、病害問題の研究も必要であろうし、将来は育種についても考慮しておくべきであろう。

ii) 種苗放流技術

種苗放流に際しては、「いつ、どこで、どれぐらい、どんな方法で」という課題が問題になる。発育段階に応じて種が要求する至適環境条件、害敵や餌をめぐる競合種の存在、餌料生物の分布生態の調査はもちろんのこと、種苗輸送技術、中間育成技術、放流方法など細部にわたる技術的諸問題は多いが、これらはいずれも放流効果判定調査とかみ合わせながら技術の改良を進めていかなければならない。

iii) 漁業管理

放流型栽培漁業の場合は現行の採取漁業によってはじめて成果として結実するのであるから、漁業をもっと合理的に組織しなおすことを忘れてはならない。漁業の現状を放置しておくならば、放流にはじまる一連の努力は無意味になってしまうであろう。また、栽培漁業は大規模でなければならないから多額の経費を要するが、採算を度外視しては成立しないから効果判定について、その精度向上のために努力を忘れてはならない。

日本海区においては大規模な実験施設は必要であるが、事業所の設置はまだ早過ぎると考えている。研究機関は今後も種々の形で努力を重ねていくであろうが、漁業者も傍観者ではなく、積極的な協力者であるべきであり、行政機関も国や府県の研究機関も漁業者も、独善的気持をすて、一体になって協力体制をしくことが成功に導びく必須の要件である。

終りにあたって、海洋における生物資源の再開発あるいは有効利用の方策は、有機塩素系、重金属、油その他各地にみられる環境汚染ないし破壊がないか、またはストップしていることを前提としてのみ考えられることを付記しておく。

質 疑 応 答

宇田道隆（東海大・海洋）：魚類以外の海藻類や貝類などの栽培漁業の将来はどうか。

尾形：養殖を除いても、別枠研究として瀬戸内海ではクルマエビを主対象に、三陸沿岸ではアワビを、サロマ湖ではホタテガイを対象に技術開発が進められているし、その他の貝類、甲殻

類、海藻類についても各水域において研究が行なわれつつある。将来は沖合や深海域の生物にも着目されるようになるであろう。ただし、今日のような環境汚染の進行を許すかぎり多くを望むことはできないだろう。

宇田： 自然の生態系の平衡を保ちながら有用種を最大限に生産する場合、タンクによる種苗生産を行ない、内湾を仕切って放流することについてどう思うか。

尾形： 内湾を仕切るということは、種によってプラスになるものとマイナスに働らくものが出ると思われるので、種の選択や、放流から採捕までのタイミングを誤らなければ生産の増大は考えられるであろう。

宇田： 養殖は、はじめ瀬戸内海、2番目は九州沿岸、次は日本海がホープという声をきくが限度はどうか。

尾形： 養殖という立場で日本海をながめた場合、夏の間だけにかぎるならば眼界は眼に見えている。先にも述べたように、冬季の季節風による風浪に耐える施設構造の解決や、砂浜開発技術が発展してくれば、まだまだ生産増の余地を多く残していると考えている。

花村宣彦（南西水研）：栽培漁業という概念は自然科学や社会科学のような科学用語としてはまだ確立されていない。したがって、当分の間は便宜的に自然採取漁業に対して、作り育て獲るという行程を含めた漁業という意味で使わざるを得ないと思うし、そのように理解しておきたい。

尾形： そのとおりと思う。行政上の問題として栽培漁業という言葉が各所に使用されているのでここでも、それらに合わせる意味で便宜的に使用した。

4 栽培漁業のための生態学的調査

清 野 精 次（京都府水産試験場）

漁業の生産量では沖合・遠洋漁業・中型まき網・底引き漁業がその主体をなしているが、漁業経営体数では1～3トン階層の釣・延縄・刺網漁業や定置漁業が多くを占めている。また、漁業労働力の面では漁業従事者が年々減少してゆく傾向がみられ、とくに若年労働力の不足により、漁業従事者の高齢化現象がみられる。この現象の基本的な原因は漁業が自然的条件に左右され易く、計画的に安定した経営が出来がたいこと、かなりの技術的経験を要することなどにその原因があるものと思われる。しかしこの反面、水産動物は動物性蛋白質としてその需要が高く、しかも質的には高級化・多様化している現状である。したがって、高級魚を多く漁獲している沿岸漁業を守り育ててゆくことは漁業経済的にも、国民経済的にも非常に重要である。

このような現状で高級魚やそれらの稚魚が多く生息している沿岸の漁場を汚染や海岸線の破壊から守り、さらに積極的に「つくる漁業」をおし進め、自然の生産力を高めることが必要である。

このような現状から、日本海の栽培漁業化を目指して1971年から日本海に面する道府県が

ヒラメとマダイを主対象魚種として生態学的調査を行ってきた。京都府水産試験場では京都大学水産学科と協同で、1971年4月から「日本海栽培漁業漁場資源生態調査」の一環として、若狭湾西部海域の通称丹後海と呼ばれる海域を中心に、若令期ヒラメの生態学的調査を行ってきたので、その結果について報告する。

1 個体群生態的調査

1) 浮遊期ヒラメについて

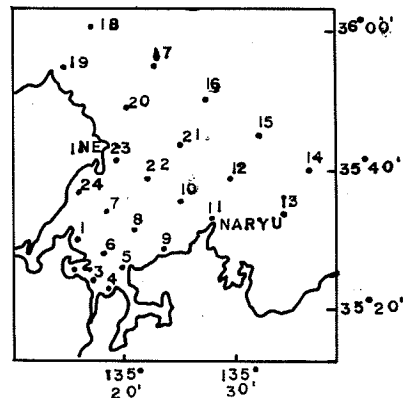
若狭湾西部海域に第1図に示す24点を設定し1971年4月から6月まで毎月2回、7月以後毎月1回稚魚ネットで浮遊期ヒラメの分布調査を行なった。

魚体各部の測定資料として、沖山(1967)が1962年5月20日および1963年5月19日に能登半島南海域で採集、報告した全長・体長・頭長の値を使用した。

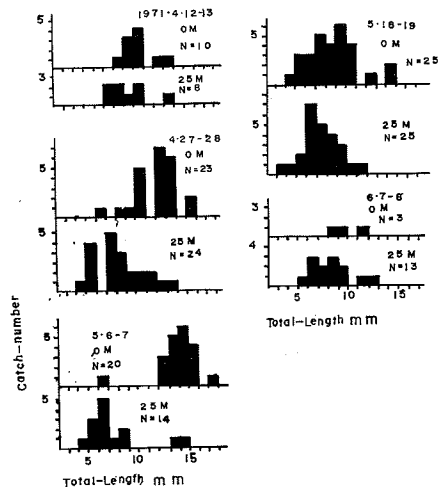
i) 出現時期および産卵期

調査結果を第1表に示す。ヒラメが採集されたのは4月中旬から6月上旬までであり、6月下旬には採集されなかった。採集尾数は4月下旬から5月中旬に多かった。なお、1954年から1968年までに京都水試が行なった沿岸・沖合定線調査および丹後海観測の稚魚ネット表層曳による調査においても、ヒラメが採集されたのは4月上旬から6月上旬であった。

第2図に全長組成を示す。4月上旬に最大14mm、6月上旬に最小5mmのものがみられた。原田ら(1967)はヒラメ仔魚の飼育実験を行ない、浮遊期は1カ月程度であり、着底期に移る時期の全長が15~17mmであると報告している。また、安永(1971)も飼育実験を行ない変態を終了するのはふ化後38~50日で、その時の全長は16.8~17.5mmであると報告している。これらの点と今回採集された浮遊期ヒラメの全長組成・出現時期を考え合



第1図 若狭湾における浮遊期ヒラメ採集定点



第2図 浮遊期ヒラメの全長組成

第1表 浮遊期ヒラメ採集状況

年月日	1971										計	計	1 定点当	採集割合		
	4/12-13		4/27-28		5/6-7		5/18-19		6/7-8							
層 (m)	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	0+25	採集尾数	0	25
A	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	014	50%	50%
B	1	0	0	2	0	1	0	0	0	3	1	6	7	047	14.3	85.7
C	0	1	2	4	1	7	2	2	0	1	5	15	20	105	25	75
D	3	1	2	3	3	3	0	2	1	5	9	14	23	115	43.5	56.5
E	2	3	15	14	10	3	13	9	1	3	41	32	73	291	56.2	43.8
F	4	2	4	1	6	0	14	12	0	1	28	16	44	176	63.7	36.3
計	10	8	23	24	20	14	29	25	3	13	85	84	169			

注 A: St. 2, 3, 4 B: St. 1, 6, 5 C: St. 24, 7, 8, 9

D: St. 23, 22, 10, 11 E: St. 19, 20, 21, 12, 13

F: St. 18, 17, 16, 15, 14

わせると、今回採集された浮遊期のヒラメは3～5月に産卵されたもので、その多くは3月下旬～5月上旬に産卵されたものと推定される。

ii) 水平分布

前記した1954年から1968年までに行なった調査では、36°N以北ではあまり採集されず、以南が多かった。また、36°N以南においては湾内の採集尾数(E・F線)は湾内(A・B・C)線より多かった(第1表)。

iii) 垂直分布

表層と25m層の採集尾数の時期的変化(第1表)をみると、湾外における6月上旬を除いて中層より表層で多い傾向がみられ、湾内においては逆の傾向がみられた。また第2図から全長組成をみると、25m層のものより表層のものの方が大きい傾向がみられた。

iv) 分布と水温・塩分

1971年の浮遊期ヒラメ調査時の水温・塩分と浮遊期ヒラメの出現状況との関係を第3図に示す。浮遊期ヒラメの出現は、水温12.1～18.6℃、塩分9.32～34.58‰の間であったが、そのほとんどが塩分33.5～34.58‰、比重1.0245～1.0260の間で採集された。

V) 形態変化と发育段階

第4図に浮遊期から底生生活期の初期までの、頭長の体長に対する比率($H.L./B.L.$)の成長に伴う変化を示す。浮遊期のものの比率は全長9mmまでは19~23%であるが、9mmを越えると急激に増加し、10~15mmで26~31%となり底生生活期の初期のものに近づく。

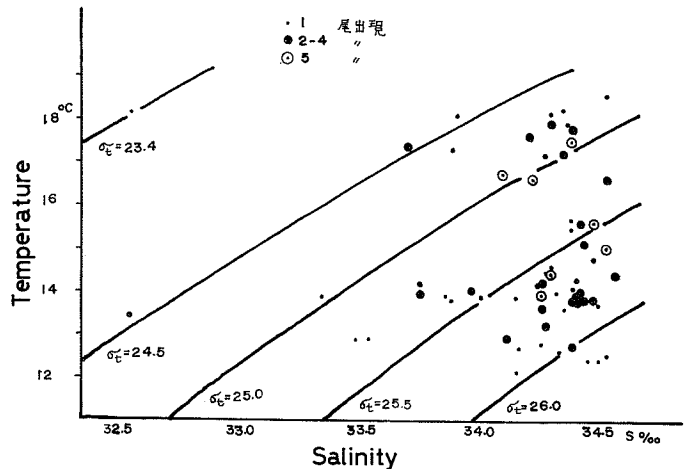
図に示さなかったが、体長の全長に対する比率($B.L./T.L.$)は全長9mmまでは93~99%の間にあり、9mmから12mmまでは急激に減少し、12mmを越えると80~86%の間に推移し、変動は緩やかとなり、底生生活初期のものとはほぼ同じ値になる。

一方、底生生活初期

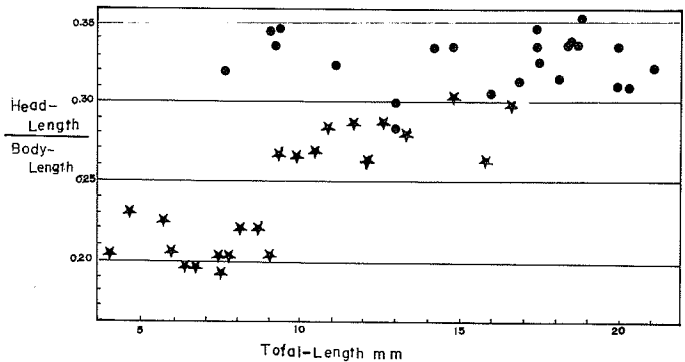
のものは頭長の体長に対する比率も体長の全長に対する比率も成長に伴う著しい変動はなく、全長10mm以下の小型のものでも、すでに15mm以上のものの相対成長比にほぼ等しい値を示した。

沖山(1967)はここで用いた全長4mm以上の標本はすべて後期仔魚期のものであると報告している。さらに、この変態の著しい後期仔魚期を体形・鱗の形成・黑色表皮の発達等の詳細な観察から前変態期・変態前期・変態中期・変態後期に区分した。

前に述べた全長9mm以下のものは変態の始まる以前のもので前変態期に相当し、9~13mmのものは最も変態の盛んな時期で変態前期に相当し、13mm以上の相対成長比が緩やかに



第3図 浮遊期ヒラメの全長組成



第4図 成長に伴う頭長/体長の変化

● 底生生活期のもの

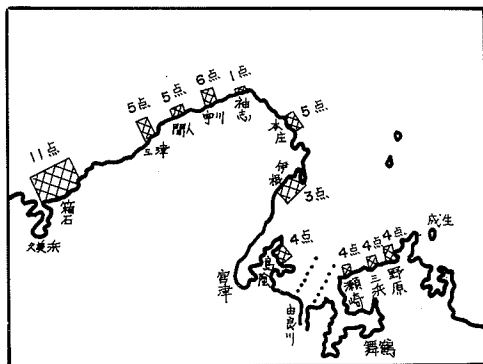
★ 浮遊期のもの

底生生活初期のものに近づく時期のものは、変態中期・変態後期に相当している。

一方、底生生活期のものの相対成長比は浮遊期のものと異なり、1.5 mm以上のものとはほぼ同じ値を示した。このように生活空間の相異は形態にも反映されており、浮遊期のものを仔魚期・底生生活期のものを稚魚期として発育期を分けることが妥当である。安永(1971)は飼育実験により、浮遊期ヒラメはワムシからブラインシュリンプに餌の切り換えを行なう時期が異なれば変態を終了する時期に若干のずれが生じ、早い時期にブラインシュリンプを与えたものは早く変態が終了すると報告している。このことは自然において浮遊期のものが他のものより早い時期に次の段階の環境に運ばれ好適な餌料にめぐり会ったものは早く変態を終了する可能性を示しているが、しかし一般の生物においては同一環境で育っても成長に個体差がみられることから、変態の終了時の体長差を餌生物の相異だけにその原因を限定することは早計であろう。

2) 底生生活期ヒラメについて

1971年6～12月に由良川河口域の水深5～60mで毎月1回定点調査を行なった(第5図)。また、1972年5～6月には同定点のほか京都府下沿岸全域のうち底質が砂地の水深3～40mの調査を行なった。調査は巾3mの桁網を使用して行なった。なお、形態測定は桁網で採集されたヒラメのほか、定置・底曳網で漁獲されたものについて行なった。



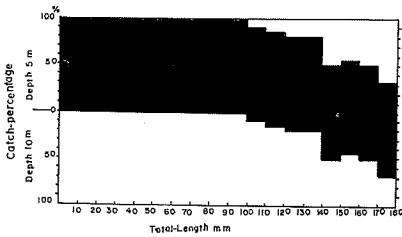
第5図 調査海域と調査点

i) 成長・発育に伴う分布水深の変化

第6図は1971年6～12月に行なった調査で得られたヒラメの全長と分布水深との関係を示したものである。

全長100mmまでは水深5mに出現し、10mには出現しなかった。全長100mmを越えると水深10mにも出現しはじめ、140mmを越えるとその傾向が一層強くなり、10mでの分布割合が増加した。第7図の月別の全長組成をみると11月から全長150mm以上のものが少なくなっており、全長140～150mmは分布水深の拡大とともに他の海域へ移動する時期でもありとおもわれる。

Edwards (1968)はplaice について、成長したものは9~10月から浅海から深海へ移動すると報告し、これをoffshore migration と呼んでいる。ヒラメの移動はこのPlaiceの例に類似している。

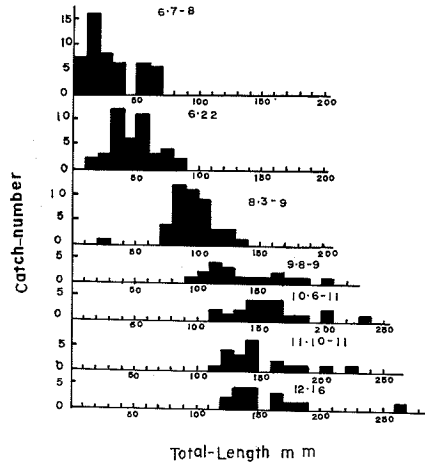


第 6 図 成長に伴う分布水深の変化

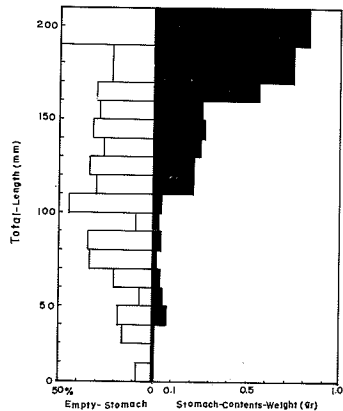
ii) 成長・発育に伴う食性の変化

第 8 図に 1971 年 6～12 月に行なった調査で得られたヒラメの全長と 1 尾当りの平均胃内容重量と空胃率との関係を示す。胃内容重量は全長 110 mm までは 0.1 g 以下であるが、110 mm を越えると急に増加し、160 mm まで 0.2～0.3 g となり、さらに 160 mm を越えると急激に増加し、その量は 0.5 g 以上となる。

第 9 図に全長と胃内容に出現する餌料生物の重量比率との関係を示す。全長 40 mm まではアミ類主体であったが 40 mm を越えると魚類の占める割合が急増した。甲殻類のうちでは全長 110 mm までは全般にアミ類の占める割合が高かったが、110 mm を越えるとアミ類の占める割合は減少し、かわって十脚・口脚類の占める割合が増加する。



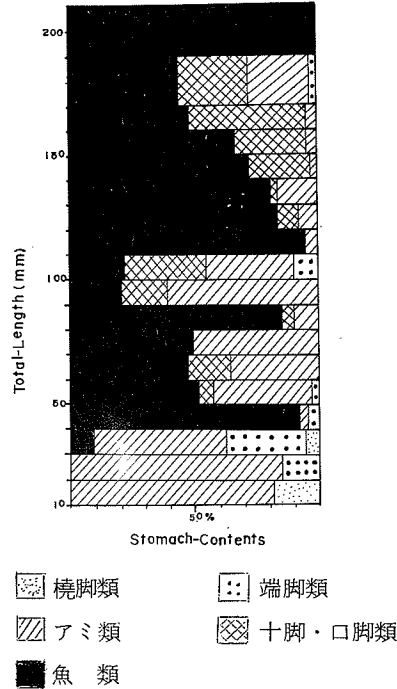
第 7 図 若令期ヒラメの全長組成



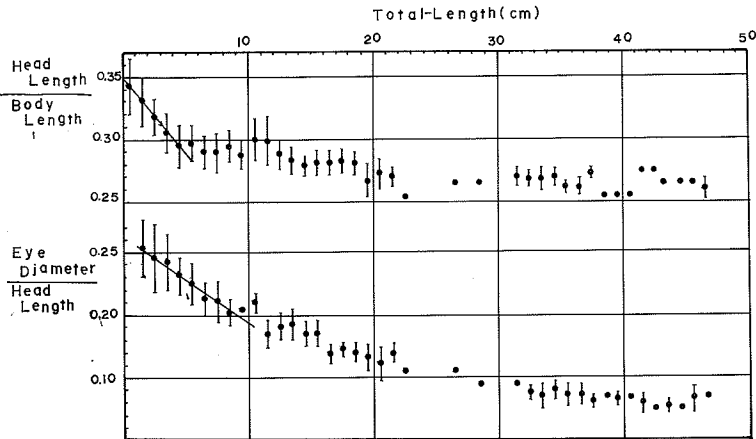
第 8 図 成長に伴う空胃率と胃内容重量の変化

iii) 形態変化と発育段階

第10図に頭長の体長に対する比率
($H.L./B.L.$) および眼径の頭長に対する
比率 ($E.D./H.L.$)の成長に伴う変化を示す。
 $H.L./B.L.$ は全長50mmまで急減し、50
mmから100mmまでは安定し、100mmを越え
ると徐々に減少し、さらに大きなものの値に
近づく。全長200mm以上のものは26%前
後でほぼ一定であった。 $E.D./H.L.$ は全長
100mmまで急減し、全長100mmを越える
とその減少傾向は緩やかとなる。全長300
mm以上のものは13%前後でほぼ一定となっ
た。上顎長の頭長に対する比率および胸鰭長
の頭長に対する比率は図に示していないが、
ともに全長30~40mmまで急増し、その後
やや増加が緩やかとなり、全長100mm以上
になるとほぼ一定となった。



第9図 餌料生物の胃内容の出現重量比率



第10図 相対成長比の成長発育に伴う変化

第11図に全長と頭長・上顎長・眼径との関係を示した。全長(T.L.)と頭長(H.L.)との関係を見ると、全長9~20mmに不連続点がみられる。全長と眼径(E.D.)との関係では、全長9~20mmおよび全長100~200mmに不連続点がみられる。全長と胸長(Pect.F.L.)との関係では全長100~200mmに不連続点がみられる。

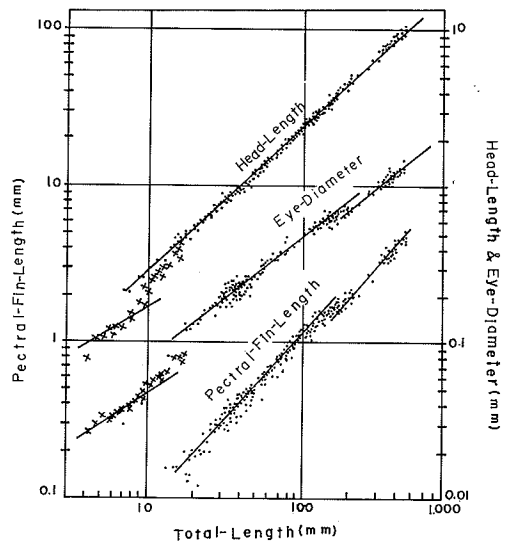
このように魚体各部の相対成長比の変化は全長100mmを境界に大きく異なる。すなわち、全長100mm以下のものは相対成長比の変化が大きく、100mm以上のものの変化は非常に緩やかとなる。また、生態的にも前に述べたように全長100~110mmを境界に分布水深・胃内容重量・摂餌内容に相違がみられた。以上から本研究では全長100mm以下を稚魚期とし、100mm以上を若魚期とした。この稚魚期はさらに相対成長比の変化がなお一層激しく、食性においても魚類をほとんど摂餌しない全長50mm以下のものを、相対成長比がやや緩やかとなり、魚類も摂餌しはじめる50mm以上のものとに区分することができる。本研究では前者を稚魚期A 後者を稚魚期Bとした。若魚期は形態的には第11図にみられるように全長100mm以下のものと200mm以上のものの移行期である。また、生態的にも浅海から未成魚が多く分布する深い方へ移行する時期に相当している。

iv) 稚魚期ヒラメの分布

第2表に1972年5~6月の調査で得られたヒラメの採集尾数を示した。この表の左の欄外に米印を付けたところは、低かん水または河川水の影響を強く受ける水域である。この表から明らかなように間入を除けば低かん水または河川水の影響を強く受ける水域の方が、影響の小さい水域に比べ採集尾数が多い。

同表から各水域での分布水深をみると、箱石では水深30m以浅、宇川では20m以浅、本庄では10m以浅、由良では5m以浅に分布し、地域により分布水深範囲に相違がみられる。由良川河口域では水深10mのところは砂泥質であるが、箱石・宇川・本庄では水深30mでも砂質である。この底質の相違が由良川河口域での分布水深範囲を狭めているとおもわれる。

第12図に同調査で得られたヒラメの全長別・水深別の採集尾数割合を示す。箱石・宇川では小型の着底後間もないものは水深3~5mより10~20mに多かったが、成長が進ん



第11図 全長に対する各部位の相対成長

第2表 京都府下沿岸域のヒラメ稚魚の分布

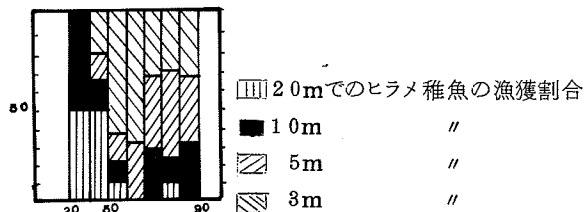
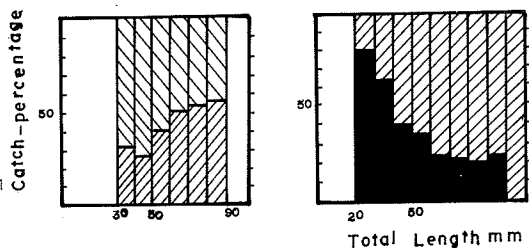
(第5図の斜線海域で5月下旬～6月下旬に桁網操業で漁獲したヒラメ稚魚を40分間曳網当りの尾数に換算したもの)

場所	採集月日	採 集 水 深						
		3m	5m	10m	20m	30m	40m	50m
箱石	6. 6		168	100	20	12	0	
三津	6. 7		8	12	8	0	0	
間人	6. 20		0	4	0	0		
宇川	6. 26	104	84	44	24	0		
袖志	6. 26			4				
本庄	6. 21		180	20				
伊根	6. 21		0	0	0			
島陰	6. 21	未整理 (数尾 採集)						
由良	6. 16～17	28	64	0	0	0	0	
瀬崎	5. 25							
三浜	6. 22	未整理 (数尾 採集)						
野原	6. 22							

だものは逆となった。しかし、宇川において水深3mと5mとを比較した場合は、小型のものは3mに多く、成長が進んだものは5mに多かった。由良では宇川の例で水深10m以深をcuiしたような形を示した。

v) 稚魚期ヒラメの日周期活動

由良川河口域において、1971年6月7～8日、1972年5月22～23日に水深5mで、1972年6月16～17日に水深3mと5mで桁網曳による24時間連続調査を行なった。



第12図 水深変化とヒラメ稚魚の体長との関係

これらの調査で採集されたヒラメの大きさは全長90 mm以下の稚魚期のものばかりであった。

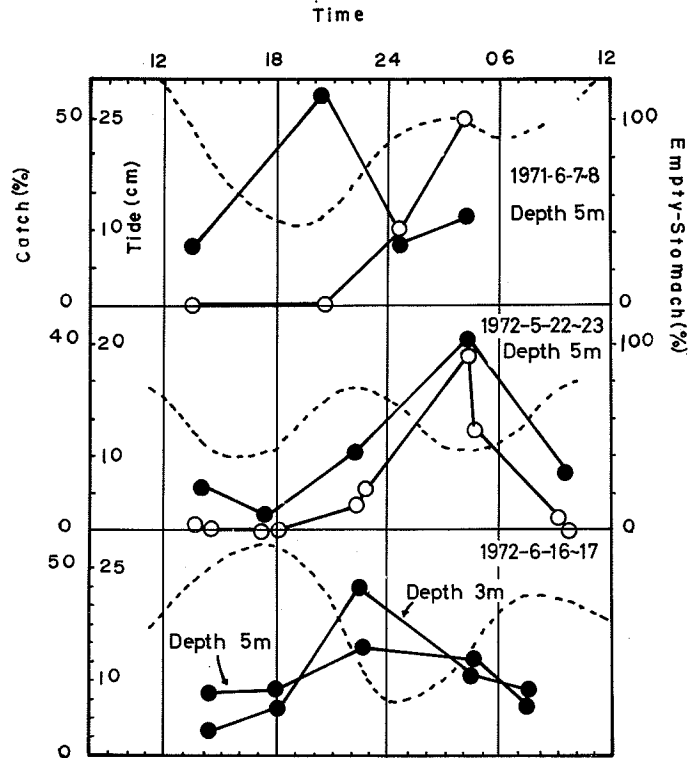
第13図に採集尾数・空胃率・潮位の時間的変化を示した。採集尾数は1971年6月7～8日には20時頃、1972年5月22～23日には04時頃、1972年6月16～17日には22時頃に最も多かった。この最多採集尾数時の潮位をみると、それぞれ干潮時近くに当たっている。1972年5月22日に昼間に14時と17時頃の干潮時近くに調査したが採集尾数は少なかった。

空胃率は夜間の22時頃から夜明前の4時頃にかけて急に高くなった。1972年5月22～23日の例をみ

ると夜明前の4時30分には空胃率はほぼ100%であったが、夜明の4時45分には50%前後となった。以上から稚魚期のヒラメは夜明とともに摂餌をはじめ、少なくとも日没頃までは摂餌をするとおもわれる。

安永(1971年)は仔魚期(浮遊期)ヒラメの摂餌の日周期を飼育実験で観察し、摂餌は早朝から夕刻の間に行なわれると述べている。このことからヒラメは仔魚期および稚魚期を通じて、視覚で餌を捜す魚種(vi-sual-day-feeders)であると云える。

Groot(1971)はヒラメ・カレイ類の活動状態を索餌のために底層に沿って泳ぐ“bo-



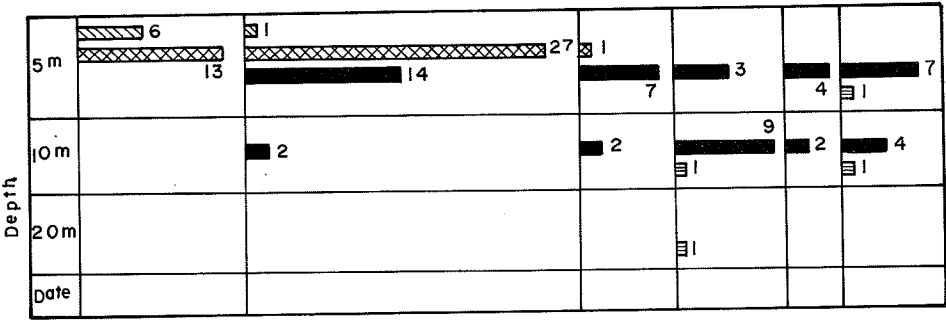
第13図 底生生活期ヒラメの採集尾数の時間的変化と潮汐との関係および空胃率の時間的変化を示す

●— 採集尾数 (%)
○— 空胃率 (%)
--- 潮位

ttom activity”と長い時間底から離れて泳ぐ“swimming-activity”に区別し、visual-day-feeders のトロールによる漁獲は産卵期を除けば“bottom activity”の活発な昼間の方が夜間より多い傾向がみられることを報告している。しかし、前述したようにヒラメ稚魚はvisual-day-feeders であるにもかかわらず、その桁網による漁獲はかならずしも昼間に多いという傾向はみられなかった。このことはヒラメ稚魚の索餌行動がbottom-activity とは異なった形のものであることを示唆しているようである。すなわち、昼間の索餌行動は底層から離れて泳ぐ“swimming-activity”的な形で行なわれる可能性も考えられる。

vi) 出現時期

第14図に1971年6～12月の由良川河口域の調査で得られたヒラメを稚魚期A・B・若魚期・未成魚期に分け、水深別にその出現状況を示した。



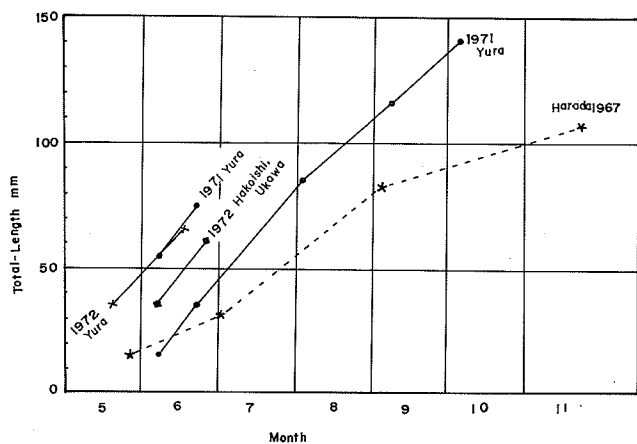
第14図 稚魚期A・Bおよび若魚期ヒラメの出現状況 1971年6月から12月に行なった調査で得られたヒラメを水深別、発育段階別に採集尾数で示した。

稚魚期 A (斜線) 若魚期 (黒塗り)
" B (格子) 未成魚期 (横線)

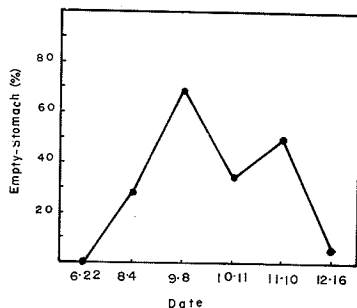
稚魚期A・Bのヒラメはすべて水深5mに出現し、時期的には稚魚期Aのものは6月から8月に稚魚期Bのものは6月から9月に出現した。若魚期ヒラメは6月には出現せず8月以後に水深5mおよび10mに出現した。

vii) 成長

第15図には各月の全長組成のモードを結んだヒラメの成長曲線を示した。着底後間もない全長15mm前後の稚魚は30日で50mm、80日で100mm、130日で140mm前後となった。



第15図 ヒラメの若魚期における成長



第16図 空胃率の時期的変化

viii) 空胃率の時期的変化

第16図に空胃率の時期的変化を示した。6月および12月に空胃率は低く、8～11月に空胃率が高かった。なお、夏期に空胃率が高くなる現象は同一海域で採集された他の多くの魚種でもみられた。

2 群集生態調査

1971年6月から、由良川河口域の若令期ヒラメ生息域を中心に群集生態調査を行ってきたが、これまでのところ質的な問題について若干の知見を得ることができただけであり、別報で量的な面も含めて詳細に報告する予定である。

1) ヒラメの生息域の魚類群集

由良川河口域では水深の深い60mでは魚類の種類数は少なかったが、浅くなる程種類数が増加し、ヒラメが多く分布する水深5～10mは種類数が最も多かった。

2) 食物関係

由良川河口域の水深5mにおけるヒラメの餌料生物は6月から11月まで魚類が約50%以上を占め、他の魚種と異なっている。ヒラメと同様に魚類を主体に摂餌するものは6・8・10・11月にはみられなかったが、9月にはスズキ・サバフグがみられた。水深10mには8月にはタマガンゾウ・ヒラメ、9月にはマゴチ・スズキ、10月にはマエソ、11月にはタチウオ・クロウシノシタがみられた。

一方、餌料生物となる小型魚類の量は、水深10mでは6月から11月まで毎月1曳網当

り200尾前後で安定していたが、水深5mでは各月により相当の変動がみられ1曳網当り6月には約15尾、9月には約2,000尾で異常に多かった。

これらのことから、水深5mで9月に肉食性魚類が増加したのは餌料生物としての小型魚類の増加によるものと思われ、また、水深10mが5mに比べ各月とも肉食性魚類が複数以上出現するのは小型魚類の量が安定していることによると思われる。

3. 種苗放流に関して

以上の結果からヒラメの放流適地として、河川水または低かん水の影響を受ける水深5m前後の砂地がよいと考えられる。(例・箱石、宇川、本庄、由良)

放流種苗の大きさは、底生生活に移る16mm前後のものが最小個体として考えられるが、食性の範囲が広がる40mm前後が最適と考えられる。

放流時期は餌料生物としてのアミ類が多く出現する5～6月がよいと考えられる。

しかし、これらのことは放流後の生産効果の予測と合わせて考えねばならない問題であり上記の結論は今後の生産効果に関連する調査を進めてゆくなかで、修正、補充してゆく必要がある。

4 生活の実体のまとめ

以上の調査結果から第3表に生活の実体を発育段階別にまとめた。

文 献

1. BLAXTER, J. H. S. (1968) : J. exp. mar. Biol. Ecol., 2:293-307.
2. EDWARDS, R. & J. H. STEELE (1968) : ibid, 2:215-238.
3. GROOT, S. J. DE. (1971) : Neth. J. Sea. Res., 5:121-196.
4. 原 田 輝 雄, 他 (1967) : 近大水研業積, 3:289-303.
5. HATANAKA, M. et al (1954) : Tohoku J. Agric. Res., 5:177-189.
6. 沖 山 宗 雄 (1967) : 日水研報, 17:1-12.
7. 渡部泰輔・服部茂昌 (1971) : さかな, 7:54-59.
8. 安 永 義 暢 (1971) : 東海区水研報, 68:31-43.

質 疑 応 答

花村宣彦(南西水研): ヒラメの生態・形態・食性などの研究結果から、減耗の大きい段階はたとえば変態前、変態後、底生着定など、どの段階にあると感じられたか。

清 野: 浮遊期のものが着底するまでに大きな減耗があるとおもわれる。また、着底してから、1971年の場合8月から9月にかけて、1972年の場合6月から7月にかけて一曳網当り採集尾数が急減しており、外的環境の悪化か密度効果的なことが予想される。

第3表 若狭湾西部海域における若令期ヒラメの生活の実体

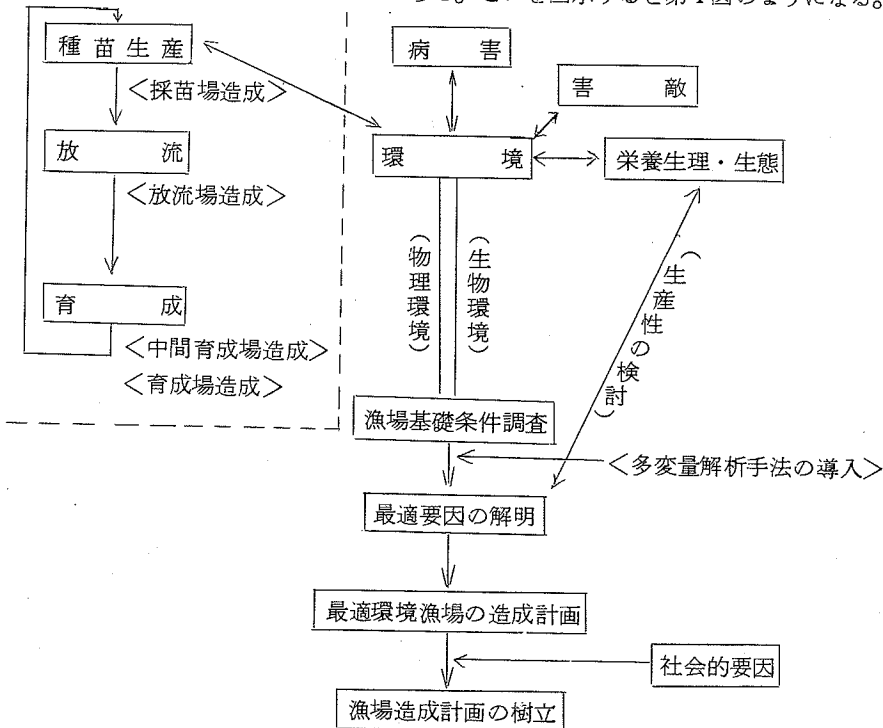
諸属性 发育段階	形 態		出現時期	生 活 の 場		移動（回遊）・成群 行動	摂 餌			他 魚 種 と の 関 連	成 長	その他	
	大きさ	特 徴		水温・塩分	分 布		日 周 期	季節変化	摂・餌 内 容				
卵 期													
前期仔魚期													
後期仔魚期													
1) 前変態期	全長 9 mm	変態が始まる以前のもの で相対成長比の変化が緩 やかである。	4 月上旬 から 6 月 上旬に出 現し 4 月 下旬から 5 月下旬 に多い。	水温は 12.1~18.6℃ 塩分は 33.2~34.58 ‰	水平分布 1) 36 °N以南に多 く出現する。 2) 湾内に少なく湾 外に多い 垂直分布 分布の中心 1) 表層・中層に浮 遊 塩分 33.5 ~34.58 ‰ 比 2) 湾外では 5 月中 旬までは中層よ り表層に多く分 布し、6 月上旬 は逆となる。 3) 湾内では表層よ り中層に多く分 布する。	1) 表層のものは中層の ものより全長が大き い傾向がみられ成長 が進むにつれ中層か ら表層へ移動するも のが多い。 2) 浮遊期のものは沿岸 の浅海域に運ばれ着 底するがこの輸送過 程は明らかでない。						若狭湾 西部海 域に出 現する 浮遊期 の仔魚 は 3 ~ 5 日に 産卵さ れたも のとお もわれ る。	
2) 変態前期	全長 9 ~ 13 mm	最も変態が盛んな時期で 相対成長比の変化が急激 である。											
3) 変態中・ 後期	全長 13 ~18 mm	変態がほぼ終了し、相対 成長比が底生生活初期の ものに近づく。 浮遊期のものが成長の早い時期に 好適な環境に運ばれたものは小型の うちに変態を終了する可能性がある											
稚 魚 期	底生生活に入ってから全長 100 mm まで		5 月中旬 から 8 月 下旬まで 出現しそ の盛期は 5 月中旬 から 6 月 下旬										
1) 稚魚期 A	全長 50 ~100 mm まで	魚体各部の相対成長比の 変化は大きい。		1) 河川水や低かん水の影響を 強く受ける浅海域で底質が 砂地のところに多く分布す る。 2) 湾外の外海に面する本庄沿 岸では水深 30 m 以浅に分 布し湾奥の由良川河口域 では水深 5 m 前後に分布し 10 m 以深にはほとんど 分 布しない。	1) 湾奥部の由良川河 口域では水深 5 m 前 後に停滞し大きな移 動はしない。 2) 昼間の索餌行動は索 餌のために底層に沿 って泳ぐ“bottom -activity”とは 異なり底層から離 れて泳ぐ“swimm ing-activity” 的な形で行なわれる ようである。	visual- day-feed- ers であり摂 餌は夜明から 夕刻までの昼 間に行なう。 このため空胃 率は夜間から 夜明前につ て高くなり夜 明前の空胃率 はほぼ 100 % となる。	6 月には空胃 の個体はほと んどみられな いが 8 月・9 月には空胃の 個体が多くな る。	1) 個体当りの胃内容 量は少なく 0.1 g 以下 である。 2) 全長 40 mm 以下のも の Crustacea- feeder でありアミ 類を主に摂餌しこの ほかに端脚類・橈脚 類・魚類を混食する 3) 全長 40 mm 以上にな ると fish-feeder の傾向を示しアミ類 と同程度にカタクチイ ワシ、ハゼ科等の稚魚 を主に摂餌する。ま た少量ではあるが十 脚類口脚類も摂餌す るようになる。一方 、橈脚類は摂餌せず 端脚類も少なくなる	1) 湾奥部の由良川河口域における稚魚期お よび若魚期ヒラメが生息する水深 5 m およ び 10 m は同海域の水深 20 ~ 60 m に比べ 魚類の種類も数量も多い。 2) 稚魚期ヒラメの生息する水深 5 m に多い 種類はササウシノシタ・クロウシノシタ・アラメ・ ガレイ・イシガレイ・アカシタビラメ・メイトガレ イ・カワハギ・スズキ・サマフグ・クサフグ・シロ ウオ・キス・カタクチイワシノシラス・ヒイラギ・ヒ メジ・テンジクダイ・ネズミゴチである。 3) 若魚期ヒラメの生息する水深 10 m に多 い種類はアラメガレイ・アカシタビラメ・メイト ガレイ・カワハギ・スズキ・サマフグ・シロウオ・ キス・カタクチイワシ・ヒイラギ・ネズミゴチ・稚魚 ・タチウオ・ヒメジ・テンジクダイ・アカハゼ・ ネズミゴチ・ハタタテメリである。 4) ヒラメ稚魚・若魚と同様の fish-feeder は水深 5 m では 6・8・10 月には ほとんどみられないが 9 月・11 月にはスズ キ・サマフグ・タチウオなどがみられる。一方 水深 10 m では 8 月にはタマガンゾウビラメ・ 9 月にはマゴチ・スズキ・10 月にはマエソ・ 11 月にはタチウオ・クロウシノシタがみられ る。	着底後間 もない 全 長 15 mm 前後の稚 魚は約 1 ヶ月で 50 mm 前後に なる。 全長 50 mm 前後の稚 魚は約 50 日で 100 mm 前後になる	8 月か ら 9 月 にかけ て由良 川河口 域での 1 曳網 当り採 集尾数 が急減 してい る。		
2) 稚魚期 B	全長 50 ~100 mm	魚体各部の相対成長比の 変化は前期よりやや小さ くなる。	6 月から 9 月まで 出現し 6 月から 8 月に多く 出現する										
若 魚 期	全長 100 ~200 mm	魚体各部の相対成長比 の変化は緩やかとなり 徐々に成魚のものに近 づく	8 月以後 出現する	湾奥部の由良川河口域では 前期と異なり水深 5 m だけ でなく、10 m にも分布す る。	1) 湾奥部の由良川河 口域では全長 100 mm から水深 5 m から 10 m へ分布範囲を拡張 してゆく (offshore- migration) 2) 全長 140 mm 以上のも のはこの傾向がより顕著 となる。全長 150 mm 以上 のものは 11 月以後同海 域に少なくなり分布の 拡張或は他の海域への 移動が活発になるもの と思われる。								

5. 栽培漁場造成の現状と問題点

上 北 征 男 （農林省農業土木試験場）

栽培漁場造成の目標は、自然の生産場に資源を添加、その場のもっている生産力を有効に利用して有用資源の生産増大を図る、漁業のための最適な生産場を造成することにある。

従来、漁場造成は、養殖のための生産場の造成および改善に主眼がおかれてきた。例えば、養殖場の過密化に伴う漁場拡大のための外郭施設の設置、または漁場の水質悪化改善のための海水交流促進工法等があり、これらはすべて積極的に資源の増加を目的として出てきたものではなく既存漁場の拡大、改良を目的としたもので、その場での生物生態系をあまり考慮せず物理環境のみを考慮したものである。しかしながら、自然の生産力の有効的な利用を考えるならば、自然生態系における生物生産過程と、その場における物理環境との関係を見出し、目的とする生物生産が最大となるための環境をもった漁場を造成しなければならない。すなわち、生物生産の各 stage における生態環境を把握し、もっとも減耗の激しい stage に、人工的に最適な環境の場を造成管理して生産増を図ることにある。これを図示すると第1図のようになる。



第1図 栽培漁場造成計画手順

第1表 稚エビ棲息率と主な環境因子の区画へのわりつけ(昭和45)

区画 (JI)	クルマエビ 稚子率 %	標高 m	水温 ℃	泥中温 ℃	表面 塩素 ‰	干潟 塩素 ‰	粒子径 mm	有機 炭素 mg/g	全硫 化物 r/g
2.2	877	-0.20	27.6	26.6	15.7	7.5	0.5	3.2	3.9
2.3	0.62	-0.10	29.0	28.0	15.3	12.5	0.5	2.8	6.1
2.4	0	0.12	32.0	28.0	15.7	15.0	0.6	3.5	6.5
2.5	0	0.30	30.0	28.5	15.6	12.5	0.9	2.6	3.6
2.6	1.65	0.36	27.0	26.5	15.6	7.0	0.9	2.5	2.3
2.7	4.26	0.36	29.0	28.0	15.6	15.0	0.8	3.1	6.1
2.8	2.74	0.42	30.0	28.0	15.7	15.5	0.7	3.3	4.4
2.9	0	0.70	30.0	28.0	16.1	4.0	0.5	4.1	3.1
2.10	0	0.70	27.0	27.0	15.6	3.0	0.5	3.0	2.8
3.2	9.95	0.50	30.5	29.0	15.2	3.0	0.5	3.0	5.2
3.4	0	0.93	33.0	30.0	15.2	10.0	0.5	3.6	18.0
3.5	18.70	1.20	29.0	27.0	14.5	9.0	0.8	2.9	4.4
3.6	4.35	1.00	29.0	27.5	15.3	10.0	0.9	2.8	3.9
3.7	10.61	1.00	30.0	29.0	15.4	15.8	1.0	3.0	6.2
3.8	36.05	1.10	32.0	30.0	15.7	16.0	1.0	3.6	6.4
3.9	0.84	1.00	29.0	28.0	15.4	4.0	0.9	3.9	5.4
3.10	1.46	1.00	27.0	27.0	15.1	1.5	0.6	4.6	5.2

表2. 稚えび棲息率の高い区画, 低い区画と各因子の関係(昭和45)

区画	稚えび	標高	水温	泥中温	表面 塩素	干潟 塩素	平均 粒子径	有機 炭素	全硫 化物	含水率	距離	泥上温	O.R.P
3.5	大	大	中	小	小	小	中	小	小	小	69 m	大	大
3.7	大	大	大	大	中	大	大	中	中	小	776	大	中
3.8	大	大	大	大	大	大	大	大	中	小・中	100	大	中
2.3	小	小	中	中	小	中	小	小	中	中	181		
2.4	小	小	大	中	大	大	中	大	中	中	224		
2.5	小	小	大	中	中	中	中	小	小	中	241	大	大
2.9	小	中	大	中	大	小	小	大	小	大	370		
2.10	小	中	小	小	中	小	小	中	小	中	431	小	小
3.4	小	大	大	大	小	中	小	大	大	中	48	大	大
3.9	小	大	中	中	中	小	中	大	中	小	164	中	小

この一具体例として現在実施中の総合研究、クルマエビ資源培養のための放流環境について簡単な環境分析を行い、その結果として放流場としての人工干潟を造成したので、その経過を簡単に紹介する。なおここで行った環境分析は、観測データ不足のため、環境因子間の評価は互いに交絡した複雑な総合現象の中で非常に困難であり、数値化した検討は今後の課題として残した。

用いたデータは、45～46年度愛媛県西条干潟でのエビの放流生息率と、その時の干潟上の環境観測結果である。まづ干潟を1区画300m×300mの単位で27区画に分割し、各区画毎にエビの生息百分率と環境各因子の代表値を明示した。それを表にまとめたのが第1表である。次にそれらの因子とエビの生息率との関係を明瞭にするため、その代表値の最大最小間を3等分し各因子について大、中、小に区分け、特にエビの生息率の大なるものおよび小なるものを選び出してまとめたのが第2表である。

このようにまとめてみると、稚エビの生息率が大なる場所と環境因子との間に相関の高いもの低いものが明確化されると共に、疎外因子として強力に働く因子が明瞭になる。例えば第2表にみられるように“標高” “泥上温” “平均粒子径”は大なる程良く、“含水率”は小なる程良いと判断出来る。しかしながら区画(3、4)にみられるように上記の条件を満足しながら、なお、稚エビの生息率が悪いのは、この区画について全硫化物が大きいためである。

以上の結果を総合判断し、クルマエビ稚仔の生息に主として強く作用している環境因子を列挙すると次のようになる。

標 高 (大)	0.9 m以上
泥 上 水 温 (大)	30℃以上
含 水 率 (小・中)	22%以下
平均粒子径 (中・大)	0.5 mm以上
硫 化 物 (小・中)	0.1 mg/g 以下

上記の環境因子の適否を検証すること、また定量的な解析(多変量解析)を行うため、昭和47年度は、山口県大海湾に4×3の実験配置を考えた人工干潟を造成した。実験配置の1区画の面積は15m×33mであり、とり上げた因子は、1)標高(小潮平均満潮位、平均潮位、小潮平均干潮位の3水準) 2)底質(砂質、泥混り砂の2水準) 3)灌水区、非灌水区の2水準とした。

これによると、放流後2～3日の定着は、上段が最も良く中段、下段になるにつれて悪くなる。また、天然の干潟(標高は下段よりやや低い)よりも定着率は20～30倍多いことが判明した。しかしながら、2週間後の人工干潟上の生残率は、中段が最も良く、下段、上段と生残率は小となっている。この結果が何に起因しているかはこれからの解析に待つ以外ないが、以上の結果より云える事柄は、

- 1) エビの生息に適した場所を人工的に造成することにより放流後の定着を大巾に増大させることが可能である。
- 2) 稚エビの定着場として適しているのは、上段(小潮満潮位程度)であり、中間育成場としては、中段(平均潮位)、下段(小潮平均干潮位)が適していると思われる。

以上クルマエビ資源培養のための放流場としての人工干潟造成に到った経過、およびその結果の概略を説明したが、46年度迄の環境分析には、

- 1) 波、潮流等の動的環境因子が欠けている。
- 2) 生物生態よりみた各因子の生息環境の上限、下限が考慮されていない。
- 3) 各因子間の相互作用が評価されていない。

等不備な点が多々あるが、今後47年度のデーターをもとに、主成分分析、因子分析等多変量解析手法を用いて定量的に解決していくつもりである。

以上与えられた題目とは、非常に異った内容となったが、現在筆者等が漁場造成計画を立案する場合、最も懸案事項となっている環境把握の一手法について紹介した。なおこの研究は、プロジェクト研究として昭和45年度より昭和49年度の5ヶ年間にわたって行われているもので、南西水研、東海水研、農業土木試験場その他関係大学が加わっている。

質 疑 応 答

宇田(東海大・海洋) : 稚エビは潮流のつくる渦流との関係で集ったエサ(seston, detritus)の多いところに多く集まるのではないか。

上北 : 現地での稚エビの分布をみると云われるとおりになっているようにもみえる。しかしそれらを証明する動的環境因子の把握が現在の段階では皆無なので、今後稚エビの流水に対する抵抗等を測定し、稚エビと同じような抵抗を持つ無機物を代用して、その分布と稚エビの分布を対比し検討して行きたい。

川上(京大・農) : 因子間の相関を調べられたか。

上北 : 単因子間同志の相関については調べた。しかし因子間の相互作用を考慮した解析は今回のデーターでは不足であるため、今回は極く大ざっぱに傾向をみるのみにとどめた。このようなものでも、大略の傾向はつかめるのではないかと考えている。

国司(京大・理) : クルマエビの育成に潮汐の伴う干潟の存在が重要であるようだが、日本海のように潮汐の少ないところの問題としてはどうか。

上北 : 確かにいわれる通り自然の干満差を利用して最適な人工干潟をつくるのは経費も安く良いが、もし日本海のように干満差がなくても、その場がクルマエビの生息環境として十分な条件をそなえていれば、放流による生産高がポンプその他動力導入による人工干潟への灌水費用等より大きければ、充分可能だと考えられる。

花村(南西水研) : 共同研究グループの一員として補足説明をつけ加える。

- 1) 稚エビの生息分布の高いところは、食害動物との遭遇確率の低いところに当たっている。標高が高く、干出程度(稚エビの生活に影響しない干出)が多い方がよい。
- 2) 10mm種苗を撒いて2~3日間に人工干潟の上段で定着が良く、数日後には中、下段で生息量が多い。従って上段は播種場として、中、下段は、中間育成場として都合がよいのであろうと考えている。

6 原子力発電と水産環境の保全

市 川 龍 資 (放射線医学総合研究所)

原子力発電所からの沿岸海域への排水にまつわる問題は、これにふくまれる放射性物質が海食物連鎖をへて人体に放射線被曝をもたらすこと、同じくそれら放射性物質が水産資源に与える影響および温水影響との3点に大別することができる。温排水問題については他の専門家にまかせこゝでは前の2点について考察する。

世界各国のエネルギー需要は人口増加、生活水準の向上、産業の拡大などによって急速に伸長しつつあり、一方今世紀中頃から開発されてきた原子力による発電が現在実用化が進み、近い将来その伸張は極めて大きいものと考えられている。我が国も同様の事情にあり、原子力発電の規模は1980年に3,200万KW(e)、1985年には6,000万KW(e)、1990年には1億KW(e)と予想され、これらは火力水力を含める全発電のそれぞれ20、28、42%に当る。さらに、我が国の自然的、社会的条件から考えて、原子力発電所の立地はおそらくその殆どが海岸であろうと予測することが自然である。事実現在操業している原電東海、敦賀発電所、関電美浜1号2号機、東電福島1号機のほか、建設中もしくは建設予定の多数の原子力発電所が日本各地の沿岸地域に分布している。

このような原子力発電所からの排水中にはどのぐらいの放射性核種が含まれ、またその組織はどのようなものかを知る例としてあげたのが、第1表および第2表にみられる放射性物質放出量と核種組成の数値である。

第1表 敦賀 福島発電所の放出廃液中放射能 (mCi)

期 間		敦 賀	福 島
昭和45年	3 ~ 6月	1343	
	7 ~ 9月	552	
	10 ~ 12月	597	
昭和46年	1 ~ 3月	23	
	4 ~ 6月	83	2379
	7 ~ 9月	19	625
	10 ~ 12月	62	133
昭和47年	1 ~ 3月	10	17

第2表 昭和46年10～12月敦賀廃液の核種組成

^{58}Co	6 %
^{60}Co	38 %
^{54}Mn	19 %
^{59}Fe	10 %
^{51}Cr	10 %
^{137}Cs	2 %

再処理工場とちがって発電所の場合は、誘導放射性核種が排水中放射性物質の大部分を占めており、表中の敦賀の場合、 ^{60}Co が最も多い割合で含まれている。排水中に含まれて海域に入ったこれらの核種は、希釈拡散されると共に海洋生物に水中から直接にもしくは餌料生物をへて体内にとりこまれる。その程度は各核種によって相違するが、環境水中の濃度と生物体内の濃度とが平衡に達した状態での相互関係を定量的にあらわすことができれば、放射性物質の海域放出による影響評価に有益である。このような目的で設定されたものが、ふつう濃縮係数 (concentration factor) を略してCFとかくことがある) といひ、主要な核種についてそれを示したものが第3表である。濃縮係数は簡単に次式であらわされる。

$$CF = \frac{\text{生物体中の核種濃度}}{\text{海水中の核種濃度}}$$

第3表 主な放射性核種の海産生物(可食部)における濃縮係数

核 種	無脊椎動物	海産魚類
^{54}Mn	5×10^3	3×10^2
^{59}Fe	2×10^4	3×10^3
^{60}Co	10^3	5×10^2
^{65}Zn	10^5	2×10^3
^{90}Sr	6	0.5
^{106}Ru	2×10^3	10^2
^{137}Cs	20	30
^{144}Ce	10^3	10^2

ただし、これは両者の濃度が平衡関係すなわち最大のCF値を与える場合の関係であり、また本来はこの値は核種の存在状態（物理化学的性状）や水温その他の環境要因および生物体の生理的要因によって変化するものであって、一定の値をとるものではない。しかし、濃縮係数というものの意義は、環境放出に対する事前評価の有力な手段であって、およそその目安が判断されれば十分有効なものである。CF値は必ずしも放射性核種に限ったわけではなくふつうの物質でも全く同様のことがあてはまり、水銀やカドミウム汚染の評価にも有用であることはよく知られている。CF値を求める方法には3法あり、生物体と海水とについて非放射性元素濃度を定量してその比をとる方法、放射性核種を実験的に海水に添加してその中に飼育した生物体の放射性核種濃度を経時的に追跡し、平衡に達した時の値を水中濃度と比較する方法、およびフオールアウトや原子力施設排水の流入によって、ある海域に人工放射性核種が存在する場合、その水域に生息する生物体の核種濃度を水と共に測定して比較する方法がある。しかし非放射性元素の定量には時として困難な元素があり、十分信頼性のあるデータの得られないこともある。また飼育実験では十分に平衡に達するまで飼育することが一般に困難で、この方法で求めたCF値は多くは実用にならない。一方現実に放射性核種が導入されている海域の水と生物とを比較する方法は、長期間その水域の濃度が安定しており、生物がその場所に長くいたことが条件となっているから、これに適合する機会は限られてくる。

貝類は一般に魚類より種々の核種の濃縮係数が高い。またふつう誘導放射性核種の濃縮係数は核分裂生成核種より高いものが多い傾向がある。原子力発電所からの放射性物質の放出は、このような海産生物への濃縮を考慮に入れ、それらを人間が摂取する場合の被曝線量を評価した上でできるだけ安全な水準に管理しなければならない。では海産食用生物中に種々の放射性核種が蓄積されるとすると、その放射能の見地からの意味はどれくらいであるかを知る必要がある。この目的のために簡便な推算表をつくったのが第4表であって、各核種が魚体など食生物体に1pCi/g（生）の濃度で存在するとし、これを人が毎日100gづつ食べつづけるときの被曝水準を示してある。摂取量が異なればそれに従って線量水準も変化する。核種によって値に大差があるのは、それらが人の消化管での吸収率、体内での滞留期間、半減期などに相違があるからである。消化管吸収が極めて小さい核種では体内組織の被曝より消化管壁が照射される量が大きくなる。以前教習でさわがれたイガいの ^{60}Co 濃度がほぼ1pCi/gとすると、これを毎日10g平均で食べつづけた場合の体内被曝水準は年間0.02mradということができる。

pCi（ピコキュリー）とかmrad（ミリラド）というのはどのくらいの放射能あるいは放射線量であるか、およそその感覚を持つ方法として、第5表および第6表にその材料を例示した。近頃の1人1日分に含まれる ^{90}Sr や ^{137}Cs が5～10pCiくらいである。これはもちろん核実験に由来するもので、5～6年前はこの数倍の値であったが、大気圏内核実験が中国とフランスを除いて停止されたため減少したものである。同じ起源の ^{90}Sr と ^{137}Cs の濃度を海水と海水魚でその水準を併せて表に示した（第5表）。 ^{40}K は自然放射能である。

第4表 魚介類に 1pCi/g (生)の放射性核種を含むとき、これを毎日 100g 食べつづける場合の年間被曝線量

核 種	全身 (mr em/yr)	消化管 (mr em/yr)
^3H	8×10^{-3}	
^{54}Mn	3×10^{-2}	7×10^{-1}
^{59}Fe	10^{-2}	
^{60}Co	2×10^{-1}	1.4
^{65}Zn	2×10^{-1}	
^{95}Zr	2×10^{-5}	1
^{106}Ru	10^{-2}	7
^{137}Cs	1	
^{144}Ce	8×10^{-4}	7

第5表 pCi (ピコキュリー) のめやす

1日分の食事 (近年)	^{90}Sr およそ $5\text{pCi} / \text{日}$ ^{137}Cs およそ $10\text{pCi} / \text{日}$
海 水	^{40}K $300\text{pCi} / \ell$, ^{90}Sr $0.2\text{pCi} / \ell$
魚	^{40}K $2\text{pCi} / \text{g}$, ^{137}Cs $1 \sim 10\text{pCi} / \text{kg}$

第6表 線量のめやす

宇 宙 線	28 mrad	ジェット機	0.6 mrem/時
大 地	44 " (変動大)	胸 X 線	100 mrad/回
体 内 ^{40}K	19 "	体内 { ^{137}Cs	0.2 mrad/年
そ の 他	2	{ ^{90}Sr	1~3 mrad/年
計 (生殖腺)	93		

線量のめやすとしては自然放射線に対する被曝が年間100 mrad くらい、体内のフォールアウト起源の核種による体内被曝も現在はずっと減って僅かな mrad 数が示されている。医療目的で用いる放射線量は環境放射能に比してはるかに大きく、胸のX線検査で100 mrad くらいあり、この時の骨ずい線量だけでは35 mradくらいである。ジェット機で海外旅行をすると、高度1万mほどを飛ぶので宇宙線量が高く、1時間0.6 mrem の線量率が考えられるので欧米旅行に往復30時間飛行機に乗るとすると約20 mrem 被曝する計算になる。

原子力発電所から排水中に放出される放射性物質に由来して住民がうけるかも知れない放射線被曝水準は極めて低いものではあるが、住民集団の被曝をできるだけ低い水準におさえておく努力を怠ってはならない。その原理となる方式は、まず放出規制からはじまる。すなわち、放出放射能の軽減努力が十分なされているかの検討、放出する放射能物質が海域中から食物連鎖をへて人体に達するとき、その被曝水準はどれくらいになり、それが十分低いレベルに保たれるかの評価が操業前になされなければならない。これらの仕事の材料になるのは、その地域の海況、生物分布、核種の水中および生物での挙動データおよび住民による利用度などの情報である。一方操業後はその海域についてのモニタリングにより安全度を確認するとともに事前評価の際用いた情報に新しいデータを追加することができる。一般にモニタリングの対象となるものは2種あり1つは指標物と云って環境中放射能の検知や変動の尺度になり易いもの、たとえば底土や海藻、無脊椎動物などである。いま1つは人体被曝に寄与し易いもの、すなわち食用となる魚貝類などであり、これは線量評価を目的とするものである。

このような仕事にはその地域の特性に通じている地方の水研、水試の研究者の知識が最も有力な基盤となるであろう。沿岸漁業の保護育成にあたってきた水産研究者が、放射能と漁業の問題についても大きな役割を果たすことが期待される。漁民もそれを望んでいる。

次に海水中の低レベル放射能の水産資源への影響はどうであろうか。これに関しての過去の研究結果はその殆どが飼育実験によるもので、魚貝類の受精卵を種々の濃度の放射性核種を含む海水中に入れて発生させ、ふ化率、奇型発生率、稚魚の死亡率などを観察したものが多い。以前にソ連で10~100 pCi/lの ^{90}Sr 濃度でも魚卵のふ化率や奇型発生率に对照群と有意差がみられたという報告があつて以来、英米日その他で同種類の実験が数多く行なわれたが、いづれ

もそれより何桁も高い濃度でなければふ化率や奇型発生率に有意差を見出すことができなかった。われわれのところでもトリチウム添加海水でクサフグ、ヒラメのふ化率を観察したが、 $1\text{Ci}/\ell$ の高濃度で僅かに対照群より低い値を検知した。

もちろんこれらの実験の結果は受精卵への生物学的効果を研究したものであって、これがそのまま水産資源に影響するものということとはできない。発生から漁獲対象群となるまでの間における水産生物の減損率は極めて大きくかつ環境要因で大きく変動するものだからである。

めずらしい野外研究の例として、米国ワシントン大学のドナルドソンらのサケ標識放流に放射線照射を併用した実験がある。すなわち受精卵を1日0.5レントゲンの照射率で摂餌期まで照射(全線量30~40レントゲン)し、放流した。10万尾以上をこのようにして標識放流したサケは3~4年目に帰ってくるが、帰還魚数は照射魚の方が非照射魚より多かったという。

質 疑 応 答

坂本市太郎(三重県立大・水産): 1) 放出量が初めの頃1000 mCiのオーダーであったのが10 mCiのオーダーにおちたのはなぜか。 2) 放出量はゼロにできないか。

3) 海に出すほかないか。

市川: 1) 技術改良の結果であろう。 2) ゼロは無理である。 3) そうである。

市川克樹(京大・工): 1) 放出放射能は誘導放射能ばかりでなくピンホールによるFPもあるはずではないか。 2) トリチウムの問題を残していないか。 3) 再処理、廃棄物処分のことも総合的にとらえねばならないのではないのか。 4) 低レベル放射能については必ずしも安全ではないというムラサキツユクサの実験もあるが。

市川: 発電所排水にでる核種はその大部分が誘導放射性核種である。FPははるかに少ない。

2) 発電所からでるトリチウムの人体への線量寄与は他核種に比して極めて小さい。

3) 再処理、廃棄物処分の問題を考慮することは当然のことである。 4) 少ない線量でも何らかの生物学的効果のある可能性を考慮することはすでに常識になっている。ムラサキツユクサで人体や水産資源のことは何もいえない。

福田雅明(原研): 燃料破損などがあった場合、冷却池の放射性物質濃度が増大し、それが海に放出されればその影響はどうか。

市川: 燃料冷却池の水をそのまま海に出すことは考えられない。