

イシガレイ資源増大の方途についての考えかた陸奥湾をモデル海域として

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-04-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 遊佐, 多津雄 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014279

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



綜 説

イシガレイ資源増大の方途についての考えかた

陸奥湾をモデル海域として

遊佐多津雄*

I. 緒 言

イシガレイ *Kareius bicoloratus* (BASILEWSY) は沿岸水域の浅い所に生息し、稚魚は鹹水、或は、淡水域に生息している^{49,55)}。遠浅の砂浜に生息しているので釣りの対象ともなり我々はイシガレイに接する機会が多くなじみ深い魚種である。活魚はヒラメのように高値となるが⁶²⁾、普通は比較的安く、美味しい大衆魚である。カレイ類の中では最も親しみのあるカレイの一種であることは同時に水産業にとって重要な資源でもある。

現在沿岸重要水産資源の増大を目指して栽培漁業開発研究のもとで確かな資源補充群を人工的に放流⁴¹⁾追加するために人工放流用種苗を大量に生産するための技術開発が行われていることは周知のことである^{9,10,27,35,36,38,39)}。

本種は私共に身近な魚種で、水産業にとって重要な資源であるにも拘わらず、生活史に関する知識が予想外に乏しいといつてよいであろう。ここに述べるまでもなく、本種の資源増大技術の開発を計るためには、先ず対象水産生物資源の生活史を明らかにし、その諸性質を知ることが第一歩である。特に、生活史の過程で自然減耗がどの時期に大きいのか? この様子を可能な限り具体的に知る必要がある。

そして、基本的には対象種の生物学的特性を考慮しつつ自然減耗を減少させる具体的な方法を開発することである。更に、重要なことは、この技術は対象種の諸性質を考慮しつつ、生物社会を不調和に導くような方法であってはならない。一方、当然ながら経済的にもなりたつ合理的な技術でなければならないのである。

青森県陸奥湾ではホタテガイの漁獲量が 200 乃至 300 屯程度であったものが、増養殖事業によって実に予想外に大きな漁獲量を挙げるまでになった。それ等の生産増大の技術では生活過程で著しい自然減耗の時期を明らかにして、この自然減耗をどのようにして減少させることが出来るか? ということが問題であった。この考え方と方法は生物資源の増大には基本的なことで、ここに述べるイシガレイの資源増大の考え方と方途についても基本的にはホタテガイと相違はない。

普通、生活史の過程で自然減耗が著しく大きい時期は、生活過程の初期に起こる現象であることはよく知られている。資源増大の方途を確立するための調査研究を通じて魚類・介類等の産卵量が極めて多いのにも拘わらず天然での生き残りの個体数が産卵数に比べて極めて少ないことや、生き残りの過程で自然制御作用がうまく働いていることが調査研究の推進に伴って強く印象づけられるのである。

ここで述べようとしているイシガレイ資源増大の考え方と方途は、ヒラメ・カレイ類を中心とした資源増大の技術開発を目的として推進された陸奥湾における調査研究の成果である^{50,54-62)}。この調査研究でイシガレイの自然減耗が生活初期の浮游期から底棲期に移行する時に著しいことを明らかにすることが出来た。尚具体的には自然減耗の起る時期と水域が判明して、この減耗期間だけイシガレイ稚魚が光に集まる強い趨光性反応を示すこと等が明瞭になった。つまりこの報文はイシガレイ生活過程での自然減耗の様子や、趨光性等の諸性質を明らかにして自然減耗の危険な時期を乗り越える方法を述べるものである。

* 環境技術研究所 (仙台市桜木町 1-17-104)

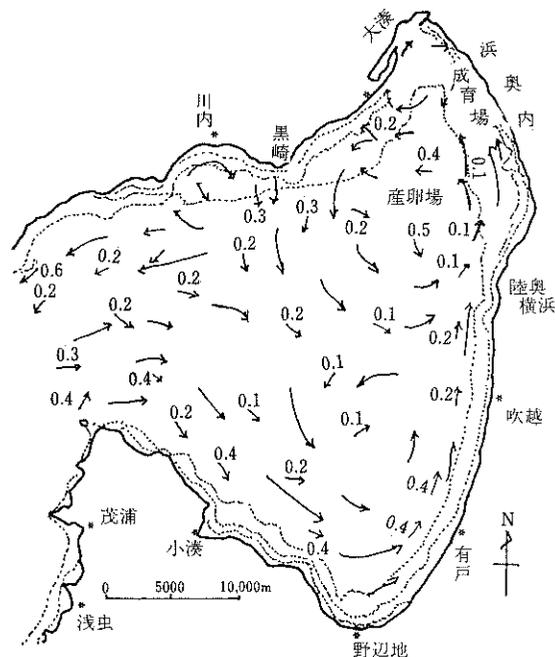


図1 青森県陸奥湾東湾の恒流図 (川田健次郎外3名²²⁾)

青森県陸奥湾のヒラメや北方性のカレイ類を中心とした生態調査研究の推進当時は東北大学理学部付属浅虫臨海実験所長鳥海 衷教授を始め所員の方々、北海道大学水産学部資源生物講座久新健一郎教授、青森県水産増殖センター魚類部員の方々、東北水産研究所八戸支所の研究員の方々の約3年間のご協力で浅虫附近浅海の定点調査、特に、冬季間の調査では貴重な資料・情報を収集することが出来た。

調査の考え方や、方法の検討では多くの方々に参加頂いて検討集会を行い貴重なご意見や、ご教示を頂き調査研究を推進することが出来た。筆者としては、ここにイシガレイ資源増大の考え方と方途について報告して衷心からお礼に代えさせて頂ければ幸いである。

II. イシガレイの生活史

(1) 分 布^{19,24,32)}

本邦北海道・本州・四国・九州の沿岸各地に広く分布し、国外では樺太以南朝鮮半島から黄海沿岸に分布している。

イシガレイの体長を水深別に比較して見ると、大きいもの程深い所に生活していることが分る³⁾。当才魚の生活している場所は砂泥で遠浅の沿岸で附近に河川があり、少々塩分が低く、底棲生物の組成は貧弱な砂浜沿岸である^{40,50)}。砂浜にトビムシ類が生息していないとその砂浜の浅瀬にはイシガレイ稚魚が殆ど生息していない。仮に生息していたとしても、この稚魚たちはイシガレイ資源への補充群ではないようである。(底棲生物調査⁴⁹⁾、沿岸採採り生物調査³⁹⁾、曳網稚魚標識放流再捕調査「遊佐・未発表資料」報告書等による予測である)。

図1は青森県陸奥湾東湾の恒流図であるが、大湊と陸奥横浜沿岸の沖合に反時計回りの渦流があり²²⁾、その中央附近にイシガレイ分布の中心がある²⁾。この生息場から産卵期の12月には陸奥湾東湾の東側沿岸寄りの少々浅い産卵場へ移動する。

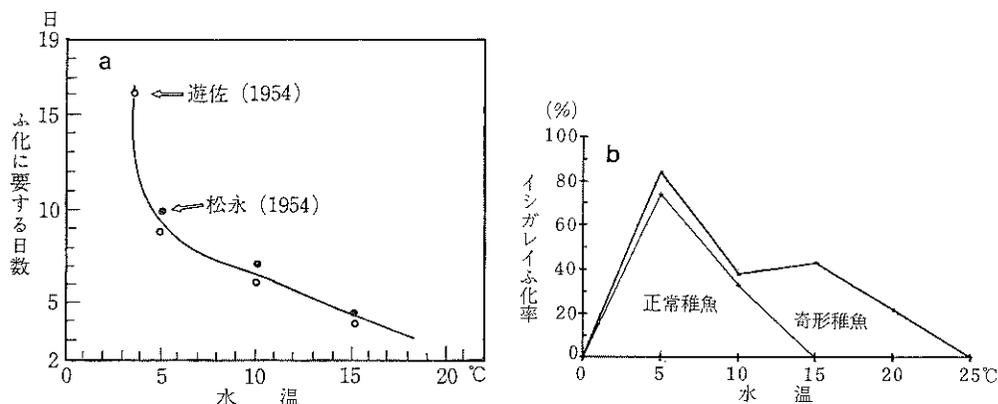


図 2 a. 水温とイシガレイ卵のふ化に要する日数との関係 b. 各恒温中におけるふ化率・奇形率

陸奥湾のイシガレイは標識放流採捕調査の結果や^{2,3}、漁場形成等の資料からみて独立した群を形成して殆んど交流がないものと判断される。従って、資源量の変動の実態を把握し易いので陸奥湾はイシガレイ資源増大の実証実験場としての適地になるだろう。然し、その反面では孤立群だけにイシガレイ漁業経営にとっては資源管理に十分な配慮をはらう必要がある。

(2) 産卵期^{19,28,46,59}

イシガレイの産卵は、例年、水温が下降する 12 月下旬が盛期であり、仙台湾でも例年 12 月のクリスマスシーズンが産卵盛期で、前後 1 ヶ月程度である。産卵は少々浅い砂質底に移動して行われる。

(3) イシガレイの卵発生^{30,49,56,57}

イシガレイの卵は典型的な浮游卵で、卵径 1 mm 程度の球形透明卵で、個々ばらばらになって海水中に浮んで発生する。当然ながら水温が高くなる程速くふ化する^{57,61}。

実験では水温 3.0°C~20.0°C でふ化する。図 2 a に水温とふ化に要する日数を示すと、この図から分るように水温 5°C ならば約 9 日でふ化する。恒温槽中におけるイシガレイ卵のふ化率・奇形率・斃死率から最も適している水温は 5°C であることが図 2 b で分る^{59,61}。陸奥湾でイシガレイ産卵場の水温が 5°C 付近まで低下すると、産卵盛期になることは実験結果とよく合致する。尚、表 1 のイシガレイ仔魚夜間採集時にも水温が 5°C 台を示していることは興味をひくことである。

(4) イシガレイ仔魚前期^{30,60}

卵黄が腹部に残っている時期を仔魚前期と呼んでいる。ふ化したばかりのイシガレイの仔魚は浮游卵からふ化した典型的な形態で（眼は頭部の両側にあつて普通の仔魚のような形態をしている）海中に浮游している。腹部に残る卵黄の比重が軽いために腹部を上にして浮かび、時折り体を動かす動作が見られる。

ふ化してから約半月もすると腹部に残っている卵黄は吸収され成長して体長 7 mm 程度になり、次の仔魚後期と呼ばれる時期になる。

(5) イシガレイ仔魚後期

この時期になると仔魚は活発に泳ぎ廻る。この時期の過程でヒラメ・カレイ類特有の著しい形態変化があつて成魚に近い形態に変態する。

表 1 夜間燈下に集まった動物組成

和名	学名	仙台湾		関上広浦	
		調査期日 点燈時刻	水温 比重	5.2°C 1.0116	1971 II 28 03.00~04.00
イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>		42		121
シラウオ	<i>Salangichthys microdon</i>		5		—
イシカワシラウオ	<i>S. ishikawai</i>		—		2
イカナゴ	<i>Ammodytes personatus</i>		1		—
ハゼ類	<i>Gobiidae spp.</i>		23		18
アミ類	<i>Miysidae spp.</i>		—		++
ゴカイ類	<i>Polychaeta spp.</i> 游泳		—		15

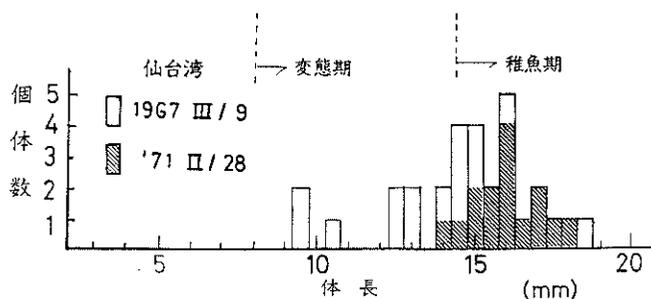


図 3 蛍光燈下で採集されたイシガレイ仔魚・稚魚体長組成

(イ) 変態

変態はふ化後約1ヶ月で始まるが、水槽内では普通の仔魚のように游泳して時折り飼育水槽の壁や、底について停止するようになり、次第に停止時間が長くなるにつれ頭部の左眼が背中線のほうに移って行く。

変態期間は長くても約1ヶ月ぐらいで此の間に体長よりも体高の伸びが大きくカレイ類特有の著しい変態で体高も高くなってくる。変態を完了して10日間もすると底に停止している時間が長くなり、底棲生活に移り始める。

(ロ) 趨光性⁵⁴⁾

蛍光燈下に集まったイシガレイ仔魚・稚魚の体長モードは16mmで、変態期の仔魚も含まれている。イシガレイ初期生活期の浮游生活の末期で、底棲生活に移ろうとしている時期だけに強い趨光性があることが仙台湾広浦や、陸奥湾大湊での夜間採集調査で分った。採捕された種類はイシガレイが多く次にハゼ類、シラウオ等が採捕された。この種類名と個体数を表1に示した。

夜間灯火で採捕されたイシガレイの体長組成は図3である。この図から分ることは、変態期から稚魚期の初期には強い趨光性があり、この特性がイシガレイの底棲移行に關与して稚魚の生息分布に反映されるものと考えられる。底棲移行直後の稚魚分布は汀から水深15M程度までの明かるい砂質底の育成場に限定されている。この理由を推測すると、趨光性や、更に、塩分が低いことと、感覚機能の発達とがあいまって底棲生活を浅い砂質底の育成場てうながすものようである。

(ハ) 浮遊期中の分散^{57, 60)}

イシガレイの分散時期は浮游期間中で、冬季の12月下旬頃に産卵された浮游卵が翌年の2月~3月中旬頃底棲生活に移るまでの3ヶ月程度の冬季間である。浮游期間中は北西の季節風が雪を伴って卓越する。こ

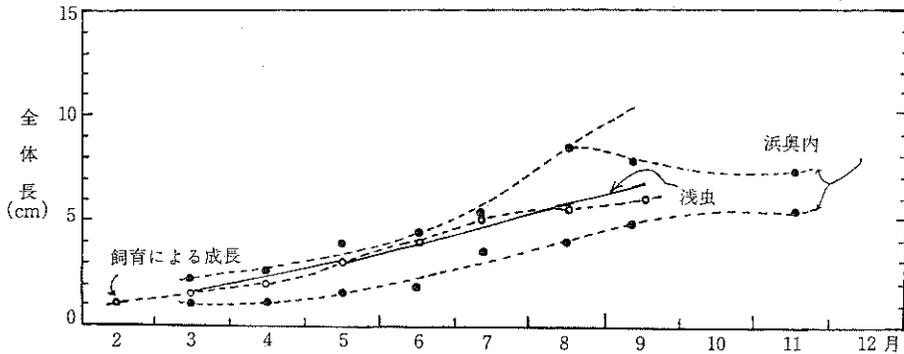


図4 インガレイ仔魚・稚魚期の成長〔浅虫・浜奥内（陸奥横浜，大湊間）飼育実験の結果を加えて作図〕

の季節風が東湾の親魚生息場や，沿岸の稚魚成育場水域の流れに関与しているものと考えられる。

底棲移行直後の稚魚は沿岸の浅い成育場以外には生息していない。尚，若魚や，成魚・親魚も渦流域の外側には僅かに生息しているにすぎない。従って，浮游期間中の分散はそれほど広範囲ではないようである。

陸奥湾のインガレイ成育場は産卵場の東側の砂底浅海にあって，先に述べたように北西季節風は東向きの表層流をおこすのであるが，この流れとともに沿岸に沿って北上する流や，沿岸から季節風の反対方向に流れがあって，浮游期の分散は複雑であろうと推察される。いずれにしても，浮游期間中の分散は成育場の形成に関与しているのである^{59,61,62)}。

(二) 浮遊期の成長

陸奥湾インガレイの産卵は12月25日頃が盛期である。青森県陸奥湾浅虫沿岸で毎月エビ曳網調査で採集した資料があるが⁵⁹⁾，この資料の3月におけるインガレイ稚魚の体長は20mm程度であった。飼育実験結果も約3ヶ月間で体長20mm程度に成長することと一致している。此等の浮游仔魚は2週間程度で，体長16mmから20mmモードに成長して底棲生活の稚魚に移る。

(ホ) インガレイ成育場の検討⁵⁶⁾

陸奥横浜から大湊までの砂浜の遠浅(100m沖で水深1m程度)沿岸での調査資料を検討してみると⁵⁶⁾，インガレイの成育場は河川が近くに流入していて，底質砂の遠浅である場所で，塩分濃度が低い。塩分濃度や，底質の粒度組成でインガレイ稚魚が棲息しているか否かを検討してみると，塩分や，底質の粒度組成条件が同様であっても稚魚が生息していない場所がいくらかもある。従って，インガレイ稚魚成育場の環境条件を塩分濃度や，粒度組成の状態だけで評価することは出来ない。そこで塩分濃度や，底質の粒度組成条件が同様な場所でも稚魚が生息している“場”としない“場”を群集生態学的な観点からみると両者の“場”の環境の相違が生物組成や，種類数・個体数の相違で認識できる。この結果インガレイの成育場は生物相が貧弱で，種類数・個体数ともに少ない場所であるということが出来る。

陸奥湾中央部のエビ網調査や，沿岸部分の小型地曳網等の曳網調査から湾内インガレイ稚魚の生息場所が分かったので，鳥海 衷(1973)の陸奥湾沿岸生物調査報告⁴⁰⁾の資料からインガレイの稚魚が生息している沿岸砂浜の底棲生物採り調査の結果と対応させてみると生物種構成中にトビムシ類が出現し，浅海の方にはインガレイ稚魚が生息している。このような環境はインガレイ稚魚の生き残りが良好である。一方，トビムシ類が生息していないような砂浜の浅海では稚魚の生き残りが全く低いことが分った。湾外インガレイ稚魚の成育場が湾内のように稚魚の生息と砂浜のトビムシ類との関連があるかどうかは興味をひくのである。近い将来砂浜のトビムシ類の種名がインガレイの良好な成育場の環境を示すインジケーターとして使われるのではないと思われる。従って，此等の関連について外海の調査検討を推進する必要がある。

陸奥湾では2月末から3月になると，陸奥横浜から大湊までの沿岸約15kmのインガレイ成育場に体長

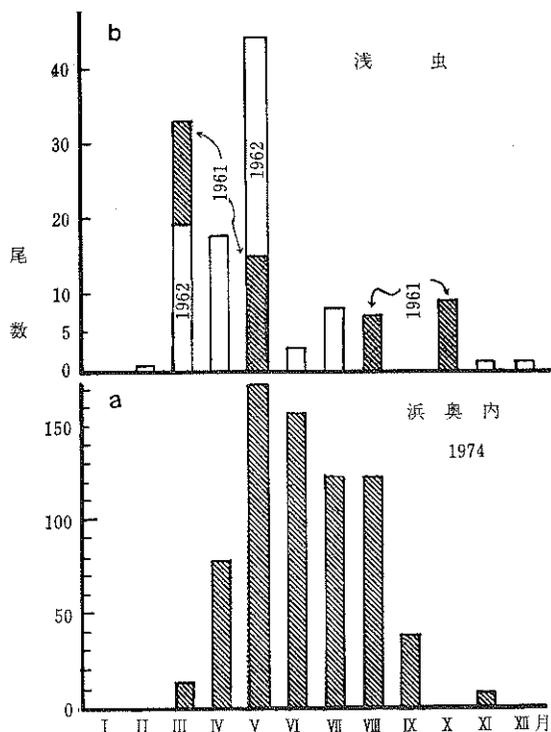


図5 イシガレイ稚魚一曳網当り採捕個体数の推移 a 浜奥内, b 浅虫

20 mm 程度のイシガレイ稚魚が汀から水深 15 m 附近までの所で底棲生活に移る。この稚魚は成長に伴って汀から浅い場所に集まり、5 月には汀から水深 1.5 m 程度まで、砂浜に沿って帯状に生息するようになる。稚魚は 7~8 月までには約 5 cm に成長し、標識調査から1ヶ月間に約 1 cm 成長することが分った。更に、沖合への移動は成長の速いものから深い方へ移って行く。この稚魚の動きは体長組成の推移や、深度別体長組成の資料から裏付けられる。

青森県浅虫調査^{50,59)}と陸奥湾東湾の浜奥内イシガレイ成育場での Latex 入墨標識放流採捕調査の資料で図4に両成育場におけるイシガレイの成長を示したが、7 月頃まで浅虫の平均成長曲線が浜奥内の最大成長線に著しく接近していることから判断すると、浅虫での成長は浜奥内より良好なことになる。Latex 入墨標識放流再捕調査結果から、成長の良好な成育場では仔魚が底棲へ移行してから沖合へ移動するまでの成育期間では僅かな深淺移動はするものの殆ど移動しないということが分った。考えられる理由としては両成育場の環境の相違であって、この点については後述する。

図5aは陸奥浜奥内イシガレイ成育場、図5bは浅虫調査定点での昭和36, 37年の採捕個体数の推移である。昭和36年浅虫での採捕稚魚には月によって著しい変動があって時にはイシガレイ稚魚が採捕されたり、次の再捕調査には全く採捕されていないこともあって採捕数は不安定である。この36年は3月に採捕数が多かったが、其の後の採捕数は減少している。

さきに述べた浜奥内での入墨標識放流再捕調査では、採捕稚魚を計数し Latex 入墨標識をして採捕地点に放流し、次の採捕調査には入墨された標識稚魚が 10% 前後再捕された。採捕調査毎に違う色の Latex を入墨に使ったので再捕された回数は明瞭で調査中3回再捕された個体が多く、この入墨標識調査は多くの情報を提供している。すでに述べたように、浜奥内の稚魚成育場では汀から水深 15 m 程度までの間で底棲

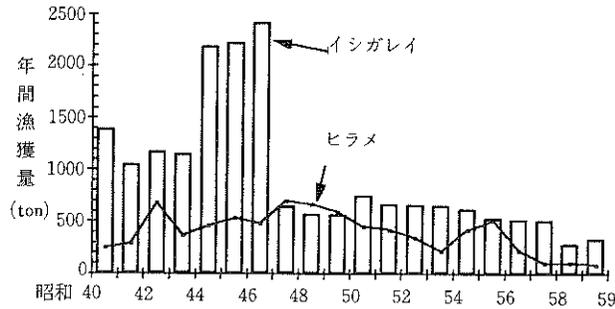


図 6 福島県イシガレイ・ヒラメの年間漁獲量の推移 (福島県庁・海面漁業水揚高統計資料より作図)

期に移った稚魚が、更に江方向に移動し5月の生息水深は江から水深 1.5 m 程度までに (浜奥内成育場) 分布生息するようになる。従って、図 5 a での一網当りの採捕個体数が5月に向かって増加して、生息密度が最も高くなるのが分る。7, 8 月になると成育場で成長したものは沖合に向かって移動し始めるのにも拘らず採捕個体数は予想外に多く5月の採捕個体数の 73% が採捕されている。

浅虫の結果は、昭和 37 年は5月に採捕数が多くて6, 7 月と著しい減少がみられる。この採捕数の変化は稚魚の移動が原因であろう。

図 5 a, b に示した浜奥内・浅虫両地のイシガレイ稚魚生息場の比較では浜奥内が浅虫より成長は劣るが、生き残りは遙かに良好であるとみられるだろう。両地の相違点は、先にも述べたが浜奥内の生物環境は非常に貧弱であって浅虫では生物種類数・量共に多く、複雑な生物環境であることが分る⁵⁰⁾。

これらの知識からイシガレイの良好な成育場は次ぎのように条件づけられる。先ず (A) 近くに流入河川があつて塩分濃度が低い、(B) 砂浜は遠浅、砂質底で、(C) 動物社会は貧弱で (生息している生物の種類数・個体数の総計が少ない)、(D) 所々にアオサ類が見られ、(E) 成育場形成の初期には水深 15 m 程度までのところとなっている。

(6) イシガレイ成魚期

陸奥湾イシガレイの生息分布の中心は、東湾の大湊と陸奥横浜の沖合にある渦流域の中にあつて、この渦流域以外には僅かに分布生息しているにすぎない。イシガレイの成魚は渦流域に生息していて、ここが漁場となっている。水深は 40 m 程度である^{2,3)}。外海の福島県沿岸のイシガレイ成魚の生息場の水深も同様である¹¹⁾。

福島県のイシガレイ・ヒラメの年間漁獲量¹²⁾の推移を昭和 40 年より県統計資料から作図したものが図 6 である。イシガレイは昭和 44~46 年の3ケ年は毎年 2,000 屯を超える漁獲を揚げている。然し、昭和 47 年には 653 屯程度に急減して、其後は次第に減少傾向にあり、近年は更に、減少して昨年度は 47 年の半分の約 300 屯にすぎない。一方、ヒラメは標識放流調査によると可成り広範囲な移動が認められているが、福島県の漁獲量は図 6 のように 1,000 屯以下を変動しながら減少して最近では 100 屯未滿 (昭和 59 年度・88 屯) に減少している。

イシガレイが漁獲されている漁業種別の漁獲量について最盛期の昭和 45 年と漁獲量の激減した昭和 47 年とを福島県資料でみると図 7 のように、漁獲最盛期当時は小型底曳網漁業が第一位で、以下図に示されたような順となっている。イシガレイの漁獲が減少した 47 年には小型底曳の漁獲が 20% 未滿になって順位が変わり沿岸刺網漁業が一位となっている。福島県小型底曳網漁船は昭和 30 年頃から大型化したのが、隻数は少々減少している。然し、漁船の大型化に伴って、馬力数も当然増加すると共に漁法の進歩等による漁

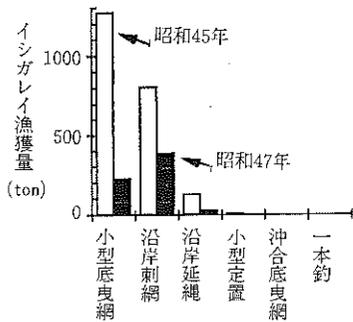


図7 福島県漁業種別イシガレイ漁獲量 (福島県資料¹²⁾)

獲努力量の増大によって、図6のように一時的には漁獲量の増加があったものと考えられる。然し、昭和47年以降は前述したように減少傾向にある。

現在福島県イシガレイ漁獲の主体も沿岸刺網漁業であって陸奥湾と同様であるが、刺網は綿糸網から化繊、更には、テグス網となっている。テグス網の漁獲効率は予想外に高く十分留意する必要がある。また、出漁日数や、刺網の浸漬日数が長くなっていること等漁獲努力量は更に増大している。

流通の面では、我国の経済高度成長に伴って、イシガレイはヒラメと同様に活魚としての消費が急速に伸びる諸条件が整っていたようである。そして、活魚販売によって益々漁獲努力の増強に拍車を

かけたことは理解される。

このようにして、漁獲量は一旦飛躍的に増大したものの、其後は減少し、今日に至ったと考えられる。

図8に福島県と陸奥湾の昭和45年イシガレイ漁獲物の体長組成を示したが、この当時は未だ漁獲量が多い時期であった(図6参照)。漁獲の主体は25~32cmにあって3才以上の成魚と一部の2才魚である。

福島県と陸奥湾の魚体の大きさについてみると、陸奥湾のイシガレイ漁獲物の体長モードは26~27cm

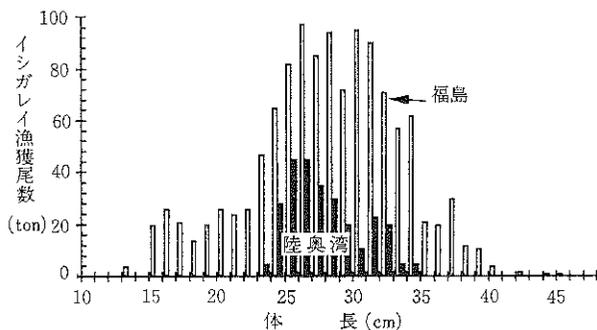


図8 福島県・陸奥湾イシガレイ体長組成 (福島県水産課¹²⁾)

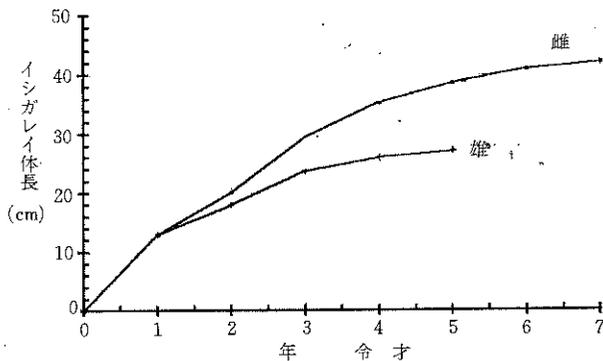


図9 イシガレイの成長 (平川²⁰⁾, 高橋等³⁷⁾)

表 2 インガレイ産卵期漁獲物年齢組成

漁業種名	雌雄	2才	3才	4才	5才	6才	7才
刺網漁業	尾数	126	76	33	13	2	—
	♀%	50.30	30.49	13.18	5.24	0.80	—
	尾数	521	48	5	—	—	—
	♂%	90.73	8.40	0.87	—	—	—
小型底曳	尾数	50	48	28	35	13	1
	♀%	28.75	27.28	15.87	20.01	7.32	0.78
	尾数	279	36	5	—	—	—
	♂%	86.55	11.79	1.66	—	—	—

福島県相馬原釜 福島水試資料 (1985)

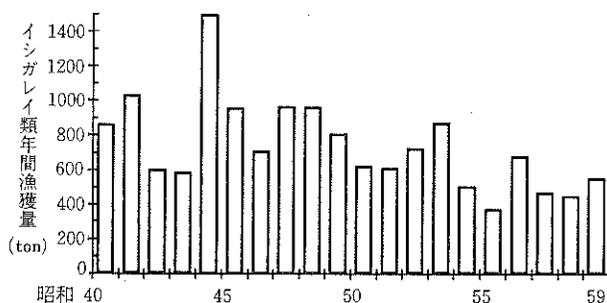


図 10 a 陸奥湾カレイ類年間漁獲量の推移 (青森県統計資料)

で福島県に比べると少々小さい傾向が窺われるのであるが、昨年 (昭和 59 年 12 月) の福島県相馬原釜での刺網・小型底曳網漁業漁獲物の年齢調査資料を表 2 に掲げた。尚、福島県のインガレイの成長を図 9 に示す。刺網漁業漁獲物のインガレイ雌魚中 50% が 2 才魚で、雄では 2 才魚が 90% と漁獲物の大部分を占めている。3 才・4 才魚が含まれる割合は少なく、4 才の雄魚は 1% 以下である。小型底曳網の操業水深が深いためか刺網より少々年齢が多い傾向が窺われるが、それでも雌 2 才魚が 90% 近く含まれている。漁獲の 60% を刺網漁業が、小型底曳網漁業が 35% 程度を漁獲しているので、刺網による漁獲量が多く、漁獲物の年齢組成をみると、福島県沿岸インガレイ漁獲物は小型化しているとみられる。

図 9 でインガレイ 1 才魚の体長をみると雌雄共に 13 cm であり、2 才魚になると雌のほうが雄より成長が良好で、雌魚が 20.1 cm で、雄魚が 18.0 cm である。陸奥湾インガレイの成長は福島県のものより速く 1 年魚で 10 cm である。年齢の調査からは、大部分のインガレイは 5~6 年で一生を終ることになる。

陸奥湾カレイ類年間漁獲量の推移を図 10 a に示した。湾内のカレイ類年間の漁獲量 (青森市場への湾外からの搬入を除く) の多い年で 1,500 屯であるが、例年は 600 屯前後で、少々減少傾向が窺われないこともないが、割合に安定しているとみている⁵⁾。漁獲の大部分は刺網 (80%) で、次に小型定置・延縄の順で漁獲されている。青森県資料^{2,3)}で、かけ廻し網 1 曳網当り魚種別平均漁獲量からカレイ類だけについて比率を湾の全水域と、東湾についてみると表 3 のようになっている。

表 3 から陸奥湾カレイ類中マコガレイとマコガレイが多く底質泥、又は、泥砂場が広いことを反映しているようである。尚、東湾では、泥場が広く漁獲物中マコガレイが大部分を占めている。次に、マガレイが多く、インガレイの分布も陸奥湾全体では東湾水域に多いことをこの資料が示している。

この資料は昭和 48 年の調査であって陸奥湾カレイ類の漁獲量は 380 屯でその中でインガレイが 24 屯である。陸奥大漁協での水揚げは 5,454 kg であった (漁獲物水揚げ日伝表の集計による)。この漁獲量は東湾

表 3 陸奥湾カレイ採集物中に占める魚種別比率表
(青森県^{2,3,5)} 出現率%)

種名	1~3月	9~10月	東湾
1 イシガレイ	1	1	6
2 マガレイ	42	54	21
3 マコガレイ	22	32	69
4 ムシガレイ	4	8	1
5 メイタガレイ	0	1	1
6 ソウハチガレイ	24	0	1
7 スナガレイ	0	2	0
8 アサバガレイ	6	—	0
9 ヤナギムシガレイ	0	1	—
10 ババガレイ	1	—	0
11 マツカワガレイ	—	—	0
12 ヌマガレイ	—	—	0

イシガレイ漁獲量の約 23% を漁獲していることになる。其後、昭和 51 年から青森県漁協別・魚種別統計資料(青森県庁企画部統計課)があつて、この資料が図 10 b である。これによると、東湾イシガレイ成魚場での漁獲はそれ程変動なく推移している。図中大湊漁協の昭和 54 年のように、東湾漁獲の 48% を漁獲した年もあるが、普通は 30% 程度である。東湾イシガレイ漁場では陸奥大湊と横浜、及び、野辺地各漁協組合員が操業しているが、夫々、大湊漁協のような状況で、ほぼ安定している。

昭和 47 年・48 年の大湊漁協イシガレイ月間水揚量の推移を図 11 a, b に図示してみると(日計伝表の集計)、産卵期の 12 月に向かって

10, 11 月と漁獲量が増加し、又、春にはイシガレイ資源へ補充される添加群で漁獲量が増えている。図の単位努力量当り漁獲量(kg)の推移も同様な傾向である。

福島県のイシガレイ漁獲量が減少する前の昭和 42 年と、減少した後の昭和 47 年の月間漁獲量の推移を図 12 に示してみると漁獲量減少以前には陸奥湾大湊と同様な推移をたどっているが、漁獲量が減少し、漁獲物が小型になると月間漁獲量の推移は図のように反対に変化している。

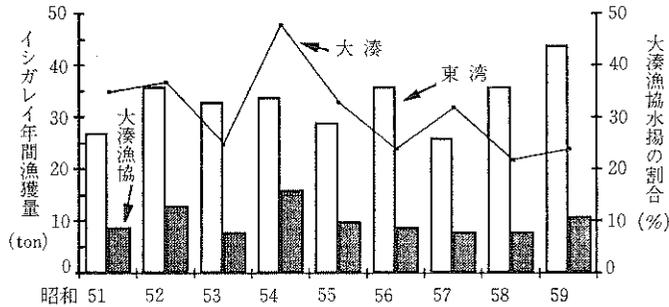


図 10 b 陸奥東湾・大湊年間漁獲量の推移

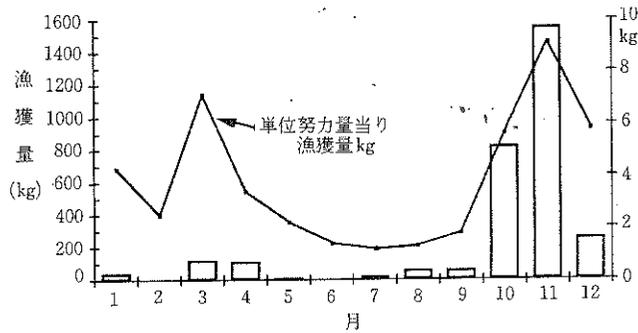


図 11 a 陸奥大湊漁協月間イシガレイ漁獲量と単位努力量当り漁獲量の推移

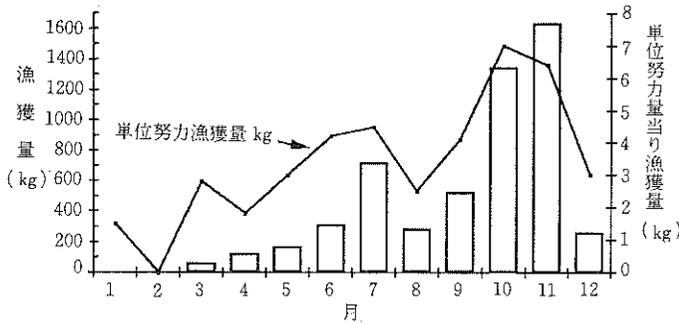


図 11 b 陸奥大湊漁協 月間イシガレイ漁獲量と単位努力量当り漁獲量の推移

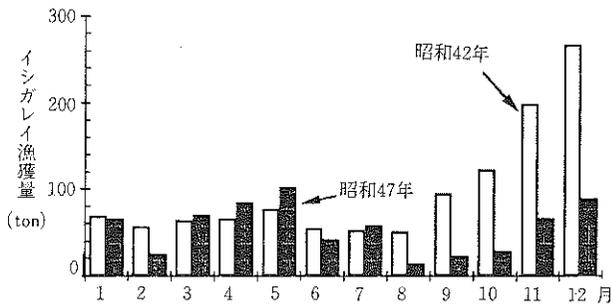


図 12 福島県イシガレイ月間漁獲量の推移 (福島県統計資料を作図)

外海の福島県沿岸でもイシガレイは水深 30~40 m を中心に沿って南北に帯状に分布生息している¹¹⁾。この生息場で成魚を対象として刺網・小型底曳網漁業が操業している。前述したように、稚魚の生育場は浅所の汀近くで、ここで、5 cm 程度に成長して成長の速いものから深所の成魚生息場に向かって移動し成魚群に補充される。この過程での生き残りについての知識は少ないが、標識放流調査の結果³²⁾をみると大きな自然減耗がないものようである。

成魚の移動については、陸奥湾内のものは先に述べたように他と殆ど交流がなく、外海の福島県では或る程度の移動がある³²⁾。

III. イシガレイの資源増大

(1) イシガレイ稚魚の自然減耗^{53,57)}

イシガレイの初期生活史を模式的に図示したものが図 13 である。図中左側の生息場から産卵期が近づくと産卵親魚は沿岸よりの浅い産卵場に移動し、12 月下旬には産卵盛期となる。

卵は浮游しながら発生・成長し流れに乗って分散してゆく。図にはイシガレイの浮游卵が A の沿岸方向と B の沖合方向の流れに乗って分散する場合を図示したが、沿岸方向に分散するものは、約 3 ヶ月近く浮游し、その間に仔魚は変態を完了して沿岸の成育場に流入する。流れ込んできた稚魚は体長 20 mm 程度で、汀からすくなくとも水深 15 m 以浅の成育場に底着して生き残る。この底棲生活を始めた稚魚だけが 7~8 月までに体長 5 cm 程度に成長し沖合に移動し、イシガレイ資源に補充されるのである。然し、図中 B 方向の沖合への流れに乗って分散するものは、沖合で底着する仔魚に成長しても沿岸の成育場に到達できずに沖合で自然死亡して終る。沿岸に流されて生き残る仔魚はごく一部分で極めて少なく、沖合で自然死亡するも

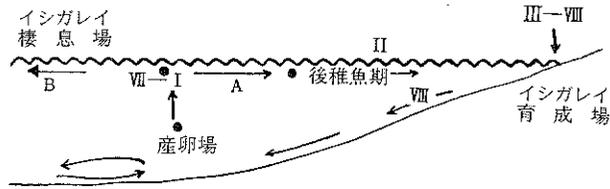


図 13 イシガレイ初期生活史模式図

のは毎年極めて多いのである。

以上述べた資源への稚魚の補充と、自然死亡の機構はヒラメ・マコガレイ等でも基本的には同様で、浮游期から底棲移行期に著しい自然減耗がある。

成育場で底棲生活に移れない浮游仔魚群は2月下旬～3月中旬に渦流域内外で自然死亡してしまう。この群はパッチをつくらず一様に分散して流れに乗って移動している。この自然死亡する仔魚群を放流種苗として採捕して使うのである。

この自然のままでは減耗する浮游仔魚(全体長モード16mm, 図3参照)を採捕して仮に陸奥湾以外のイシガレイ成育場適地, 例えば, 福島県沿岸に種苗として放流しても陸奥湾の現在の資源補充には影響しないわけである。然し, 資源増大の第一歩は, 前述したように, 陸奥湾イシガレイ資源の増大であり, 湾内生物相のバランスを保つ程度までは陸奥湾内成育場に放流補充して資源の増大を図ることが第一歩である。

(2) 稚魚のもつ趨光性の利用⁵⁴⁾

陸奥湾の大湊・陸奥横浜沖の渦流域で2～3月中旬にイシガレイ浮游仔魚を大量に, 損傷や, 他種の混入を少なく, しかも経費を安く, 安全に採捕する方法を検討する必要がある。陸奥湾での採捕水域は(5)の(ロ)の項で述べるように, 水深20m以深の少々沖合にあり, かつ採捕時期には北西の季節風が卓越し採捕可能日が少ない気象状況であることを考慮して採捕方法を考案しなければならない。

従来のような魚卵稚魚網, 或いは, 動物用プランクトンネットを曳網したり, 掬い網で採捕する方法があるであろうが, 此等の方法は何れも船舶を使用しなければならないので, 一般に, 気象状況が影響し採捕の機会が極めて少なくなる。従って, 天候の変化をみながら採捕トラップの設置や, 採捕稚魚の回収を実施することになる。

イシガレイの生活初期の浮游末期から底棲移行の時期に強い趨光性のあることは生活史の項で既に述べた。この特性を利用して夜間照明を仔魚・稚魚採捕トラップに装備してトラップ内に誘導し採捕する方法で仔魚・稚魚の採捕を実験的に実施した結果, 仔魚や稚魚を損傷することなく容易に採捕することが出来た。この方法は気象の悪条件を克服する手段となり, 同時に, 稚魚大量採捕の際の経費軽減を図ることが出来る。

(3) 人工種苗と天然種苗

栽培漁業を旨とし成熟親魚から採卵・採精して人工授精したり^{36, 38, 39)}, 或は, 親魚を飼育して飼育槽内で自然産卵させたりして受精卵を人工ふ化させ, 更に, ふ化仔魚を放流サイズまで飼育することが試みられて^{10, 27, 35)}いる。

人工種苗の放流サイズについては種々論議されているものの, 検討するのに十分な資料がないようだが, このイシガレイ生活史の調査研究から検討に値する結果が得られたものと考えられる^{56, 58, 61)}。イシガレイの自然減耗期は仔魚の浮游末期から底棲移行期に非常に大きいことが明瞭になったので, 資源を増大させるにはこの危険な時期を人工的に乗り越えさせて, 減耗を避けなくてはならないことは明らかである。

成育場での底棲移行直後の体長モード20mm程度で, 3月から7月末頃の沖合移動期までの生き残りは

70~80%である。その後の生き残りの資料はないが、少なくとも成育場での生き残り率より大きいと推測される。従って、人工種苗の放流サイズは体長では20mmで底棲移行後の反趨光性になったものである。つまり、このサイズ以下であればインガレイの場合生き残りは極めて少ないし、大きければ種苗生産コストも高くなるばかりでなく、稚魚自体の自然順応力が失われる可能性があり、生き残りの比率低下を招くことが十分に予測される。

天然種苗と人工種苗の間には自然への順応力に基本的な差があるように思われる。そして、人工種苗の場合は飼育期間が長期になればなるほど稚魚本来の特性を失って不健全になることが多いと考えられる。

ヒラメ・カレイ類の種苗生産では、色素異常個体の出現について飼育のときの投餌餌料が原因の一つと予想しているが、このような色素異常は天然稚魚では観察報告されていない。ただし、成魚では体色異常魚としての報告がある²⁹⁾。いずれにしても、以上のような色素異常個体は天然で食害を受け易いようであり、生き残りが低いものと考えられる。

底棲移行間もない天然稚魚約2,000尾の無限側に男子中学生がツベルクリン注射器を使って皮下入墨注射をしたが1尾の斃死もなかった。一方、人工種苗の稚魚を用いて、数年飼育経験のある女子職員が実施した入墨作業では50%以上(100尾程度の稚魚で)の稚魚が斃死している。標識技術では女子職員の方が高いのにも拘わらず人工種苗の標識では多くの斃死稚魚があって、少なくとも、この実験に用いた飼育稚魚は天然稚魚に比較して可なり弱いようである。

小型曳網を使って稚魚成育場で採捕した体長25mmモードのインガレイ稚魚を水深50cmに放流すると、全数が沖合に向かって泳ぎ急いでいるかのように砂質底に達して鰭を使ってただちに砂を被って両眼だけを出して静止する。然し、人工種苗で既に底棲期(体長30mm程度)に達している稚魚を放流すると四方に散って浮游しているものや、海底に潜っても砂を被らないでいるものがある。磯波が来ると人工種苗は最初の波に乗って砂浜の汀に打上げられ、次々に来る波で繰返されて斃死するものがあるが、天然稚魚は波に打上げられることはない。このように人工種苗の動きと天然稚魚のそれとは著しく相違していて、尚、問題を残している。

(4) イシガレイ資源増大の手順

(イ) 沖合へ分散する天然稚魚の大量再捕の方法

天然では健全な稚魚が大量に自然減耗してしまうことは既に述べたとうりである。これらの稚魚を自然減耗以前に毎年大量に、安く、損傷せずに採捕する方法として、インガレイの浮游末期から沈着移行する時期にだけ強い趨光性があり、この特性を利用して採捕することを検討考案した。

採捕トラップ網の構造

図14に示したトラップ網は、上部の二つのリング間に不透明な筒内に電燈を取り付け、トラップ網の誘導口に夜間燈火光で、海中に浮游している仔魚・稚魚を趨光性により誘導し採捕するものである。図14-1は仔魚・稚魚採捕トラップ網斜視図である。①A~①Dリングはトラップ網の本体を形成し、上部の①A、①Bリングの二つは浮力をつけるために硬質塩化ビニール管(金属製パイプ)をリング状とし、下部の①C、①Dの二つのリングは沈子としての役割をかねるよう金属製としてある。リングはいずれも直径2m程度、各リング間隔は1mとしてクレモナモジ網⑥で覆って底に採集物取りだし口をつけてある。取り扱い易いように折りたたみ式とした。②浮子はトラップ網を海中に設置する場合の浮力にする。③の照明、⑤、⑥仔魚・稚魚誘導部分は図14-2に拡大して示した。③照明は不透明な硬質塩化ビニール管等(長さ50cm程度)の内部に電燈④を取り付け二方向に照明する。④電燈は100ワット(昼色光)程度が集魚効果がよい。トラップ網の上部(①Aと①Bリング)両側に仔魚・稚魚誘導口⑨があり、これについて⑥稚魚誘導路が図14-2に示したように照明筒に向かって取り付けられている。入口直径約50cm、トラップ網内部への出口は15cmで誘導路の長さは夫々約50cmの漏斗型とし、クレモナモジ網の網目は8×8mm×105径程度とする。⑥クレモナモジ網の網目の大きさは8×8mm×105径程度とし採捕稚魚の大きさにより交換す

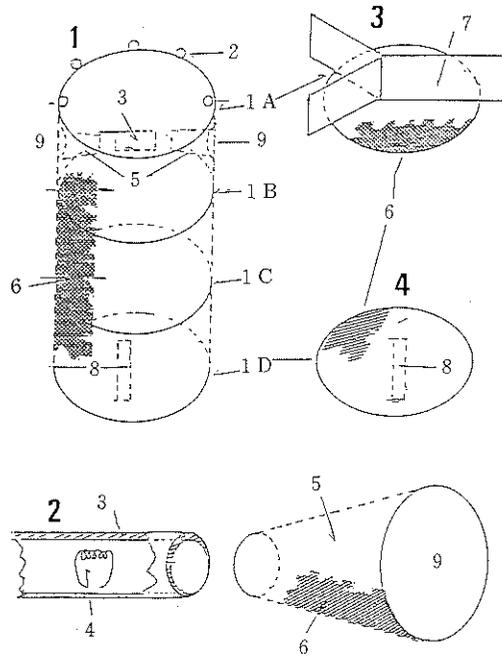


図 14 稚魚再捕トラップ網

るが、海水の交換を良好にする為に大きい網目にする方が得策である。

図 14-3 は稚魚採捕トラップ網方向板斜視図である。⑦方向板は採捕トラップ網を流れに向けて常に一定方向に維持するためのもので両側誘導口⑨を結ぶ線に沿って固定する。図 14-4 は①D リング斜視図で⑧エアレーション石の先端部で採捕トラップ網内部の海水交換促進と酸素の補給をする。

自然減耗する稚魚の数量は極めて大きいことは容易に予測出来る。そして、此等の仔魚・稚魚を大量に採捕しても資源の変動には影響しないことは既に述べた。そこで大量に採捕するにはトラップ網を数個連ねて網の連ねた線は流れを横切るように設置する。設置水深は表面を避けて 3 m から 10 m 程度にすると採捕数が多くなり、稚魚の体長が 20 mm に近いものが採捕される。従って、水深を調整する必要があることも予想しなければならない。

(ロ) 採捕トラップ網の設置時期と場所

青森県陸奥湾でのインガレイ仔魚の底棲移行期は例年 2 月下旬から 3 月中旬であり、今後のトラップ網での採捕資料をかさねて最も有効な設置時期の検討も必要である。流れの状況によるが、日没後流れに向かう照明を光束として照射する方法が有効である。数個のトラップ網を設置すれば当然採捕尾数が多くなる。トラップ網の設置場所はインガレイ資源に補充される稚魚が分布している成育場では資源補充群を採捕してしまうので避けなければならない。親魚の生息する沖合と 0 才底棲稚魚の成育場の場所が分ると親と子の位置関係が明瞭になるので、流れの状況から自然減耗する浮游稚魚の採捕位置がおのずから決まってくる。

陸奥湾の場合は浜奥内のインガレイ成育場 (図 1 参照) には北方に向かう緩やかな流れがある。この流れに乗った浮游仔魚・稚魚が成育場で沈着するが、底棲移行出来ずに成育場から流し出されるものもある。そして再度成育場に戻って来るまでには成長して沖合で沈着の時期を迎えて、結局は成育場に沈着できずに自然減耗稚魚となることが予想される。この予想から陸奥大湊沖合の渦流域が自然減耗浮游仔魚・稚魚を採捕するトラップ網設置場所となるのである。陸奥湾でのインガレイ仔魚・稚魚採捕位置で採捕される浮游仔魚

や稚魚が自然減耗群であることを再検討するためには、浮游仔魚・稚魚の標識調査を実施して再確認すればより安全である。

稚魚への標識技術は既に開発されて有効に使われているので此等の方法を採用して実施することを希望したい。尚、標識方法に就いては概要を後述する。

(ハ) トラップ網採捕仔魚・稚魚の回収と飼育

陸奥湾ばかりでなく、採捕期間には例年強い北西季節風が卓越してインガレイトラップ網の設置も仲々容易ではないと思われる。従って、気象状況をみはからって船を出してトラップ網の設置や、採捕された仔魚・稚魚を回収しなければならない。

仔魚・稚魚の回収にあたっては、トラップ網を数日設置して採捕仔魚・稚魚を運搬用水槽に移さなければならないような気象状況が多いと考えられるので、採捕網の海水交換を良好にする必要がある。

陸奥湾では大湊足崎に入江がありインガレイの稚魚が生息している。この入江の汀には Copepoda が多く観察され、水深 2 m 程度で採集した稚魚飼育の囲い網設置には好都合である。尚、飼育囲い網の海水交換を良好にするためにエアリフト法で海水を交換するとともに汀の餌生物を送り込み、努めて天然餌料の利用を基本とする必要がある。自然減耗すると考えられる浮游仔魚の体長モードは 16 mm だから約 2 週間もすると底棲生活に移るので放流種苗となる。実験で確かめていないが、変態期を終わった直後から海水塩分を低めることによってインガレイの底棲移行の時期を促進出来るものと考えられる。

(ニ) インガレイ稚魚の放流法

放流サイズについては、既に述べたように底棲移行後の体長モード 20 mm より大きく成長した稚魚でないと生き残りが極めて低い。従って、現在の知見からでは沈着後沖合移動までに多い場合には 30% 程度の斃死があり、かつ漁獲サイズに達するまでの減耗を見込んで、とりあえずインガレイ成育場へ 3 尾/1 m² 程度* を目標密度に放流して、この放流結果を具体的に検討出来る資料を収集し、改善を加えながら放流を実施しなければならない。

インガレイ天然稚魚の放流調査研究は成育場から沖合移動期までの段階を対象としており、成育場の稚魚を中心にした生態研究の資料を主として検討している。成育場で小型地曳網を用いて採捕した稚魚に、月毎に Latex 色素を変えて無眼側へ皮下注射し標識放流調査した結果では、底棲移行から 7~8 月始めの沖合移動までは僅かに (50 m 以内) 潮下に移動する個体があるが、殆ど移動しないのが多い。前述したが、沈着直後の水深は少々深く 15 m 程度まで分布しているものが、5 月頃には水深 1 m 程度までに集まるから放流水深も考慮する必要がある。

成育場での標識放流の結果によると、底棲に移ってから移動期の 7 月末頃迄は殆ど移動しないので、放流する時に分布密度を考慮したほうがインガレイの稚魚にとって好都合であろう。陸奥湾浜奥内の成育場で分布密度が高い所は水深 50 cm 程度の所で、ここから汀と沖合水深 1 m (汀より 100~150 m) に向かって低くなっている。深浅移動が見られるので汀に沿って放流することにより良好な結果が期待出来る。

(5) インガレイ稚魚の標識法

カレイ・ヒラメ類の標識方法としては、下記の二方法を推薦したい。

(イ) 磁気針標識法

この標識方法はカナダ太平洋生物研究所が約 20 年以前からベビン湖にそ上来遊するベニザケ稚魚の吻端に磁気を帯びた標識針長さ 1.067 mm 直径 0.254 mm のステンレス製の小さな針を迅速、且つ、確実に標識個体の皮膚直下に打ち込んで放流している。漁獲物の中から再捕魚の発見には標識磁気針感知機を使い磁気針をつけた魚が感知機に接近するとブザーが鳴り標識個体を容易に発見することが出来る。次に、この針の標識に所定の切り込みがあるので顕微鏡で直接調べるか、或は、ソフテックス撮影で調べて放流場所・日時・大きさ等が分るように仕組まれた標識法である。

* 図 5, a から換算すると天然稚魚の分布密度は凡そ 1 尾/m² となる。

の特徴は、(A) 標識個体の成長、行動に影響なく、海水でも標識針は錆びることがないので半永久的に識別可能である。(B) 小さい稚魚に標識可能で標識作業による斃死は皆無である。(C) 標識作業は簡単で、標識魚の発見は確実に簡単に出来る等の長所がある。

(ロ) 入墨標識法

Latex は6色の蛍光色素で着色されたものがあり、最近では10色以上もあって、特殊光源を使って見る特殊な Latex まである。この溶液を注射器でカレイやヒラメ稚魚の無眼側の皮下に注射器で注入する。注入時に注射針を抜きながら Latex を注入するときれいな線となり、注射針を動かさずに注入すると不整形となって入墨される。

この方法がヒラメ・カレイ類稚魚の無眼側への入墨に適していることは、筆者の入墨標識実験や、放流調査で確かめられている。更に、近年は輸入しなくても入手出来るようになり、従来の Latex よりも遙かに使い易く、保存出来るようになっている。

IV. 要 約

インガレイ資源増大の方途についての考え方は、ヒラメ・カレイ類を中心とした資源増大の技術開発を目的として陸奥湾で実施された調査研究の成果として生まれた発想である。この調査研究でインガレイの自然減耗は生活初期の浮游期から底棲期に移行する時期に著しいことを知った。青森県陸奥湾では2月下旬から3月中旬に親魚分布の中心である大湊と陸奥横浜沖合渦流水域で著しい自然減耗が起きていることが明らかになった。

インガレイ稚魚の成育場は渦流水域の東側、浜奥内の汀からの浅海に2~8月の間形成される。このインガレイ成育場で底棲へ移行する時期だけ、仔魚・稚魚は光に集まる強い反応を示すことが採捕トラップ調査で分った。従って、仔魚・稚魚のこの特性を利用して健全で、損傷のない、安価なインガレイ種苗を大量に採捕出来る。

自然に減耗する稚魚をトラップ網で採捕しても陸奥湾のインガレイの資源の変動には影響がないと考えられる。それを裏づけるものは、陸奥湾大湊漁業協同組合カレイ類漁獲水揚台帳の資料から漁獲量の年変動が小さいことである。また、カレイ刺網1操業当り漁獲量も年変動が少ないことも、このことを裏付けている。従って、浜奥内稚魚成育場に底棲移行したインガレイ稚魚が、沖合の資源に補充される状況には年変動が殆どないものと予測される。

以上のような予測を前提として、陸奥湾インガレイの資源増大構想では、渦流水域の体長16mmモードのインガレイ天然稚魚を採捕トラップ網を設置し採捕して、長くとも2週間入江の網囲い飼育場で飼育して底棲稚魚とする。この健苗を適地に、適量(2~3尾/1m²)、適サイズ(体長20mm以上)で毎年3~4月に放流すれば2年後から漁獲量が増加し始めるものと推定される。

沖合浮游仔魚、底棲放流種苗や成魚資源量の推定のための標識放流追跡調査を実施し、具体的な検討に耐える資料を収集しながら増大計画を推進すれば、陸奥湾のインガレイ天然種苗を他県の棲息適地に供給することも可能と考えられるので、天然種苗には十分な余剰が生じ、天然インガレイ種苗の放流によって漁獲量を増やしながらか資源の増大が期待される。

V. 文 献

- 1) 青森県水産試験場 (1972) 陸奥湾底棲生物分布調査。青森県水試報: 1~55。(インガレイ・マコガレイ等を含む)
- 2) 青森県庁 (1973) むつ湾漁業開発基本計画調査報告。昭和47年度同報告書: 1-129。
- 3) ——— (1974) 同上。昭和48年度同報告書: 1-193。
- 4) 青森県水産増殖センター (1974) 昭和48年度太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査報告(陸奥湾)。同報告書, 青森県水増セン: 1-63。

- 5) 青森県庁 (1976) 陸奥湾漁業開発基本計画調査報告, 最終報告書: 1-372.
- 6) 藤本知之・松本紀男・篠岡久夫 (1973) イシガレイ幼稚魚の河口域における生態. 栽培漁業技術開発研究, 2(1): 23-26.
- 7) 藤田経信 (1924) カレイ類の人工ふ化. 動物学雑誌, 36(432): 409-425.
- 8) 福島県水産試験場 (1973) 太平洋北区栽培漁業資源生態調査. 昭和 47 年度中間報告書. 福島県水産試験場調査研究資料, (124): 60-70.
- 9) ——— (1974) 種苗生産研究 (イシガレイ). 同報告書, 福島水試調査研究資料, 128: 3-22.
- 10) ——— (1975) イシガレイ種苗生産試験 (昭和 47~49 年度総括), 指定調査研究総合助成事業, 種苗生産技術報告書: 1-31.
- 11) ——— (1985) 昭和 59 年度沿岸域漁業管理適正化方式開発調査委託事業 福島県沿岸域海域別調査事業報告. 同報告書, 福島水試: 1-254.
- 12) 福島県農政部水産課 (1985) 福島県海面漁業漁獲高統計 (昭和 40 年度~59 年度).
- 13) 藤田経信 (1933) カレイ類の養殖. 水産養殖学, 厚生閣 (東京): 56-78.
- 14) GIBSON, R. N. (1973) The intertidal movements and distribution young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 12: 79-102.
- 15) HATANAKA, M., K. SEKINO and A. OTSUKA (1952) Studies of the populations of the flatfishes in Sendai Bay. II Age, Growth and Spawning of *Kareius bicoloratus* (BSILBUSKY). *Tohoku Jour. Agr. Res.*, 2(2): 25-32.
- 16) 畑中正吉・小坂昌也・佐藤裕二 (1954) 底棲魚類の集団解析について. 日本生態学会誌, 4(3): 133-136.
- 17) HATANAKA, M., M. KOSAKA and Y. SATO (1956) Growth and food consumption in plaice part II *Kareius bicoloratus* (BASILEWSKY) *Tohoku J. Agri. Res.*, VII(2): 163-174.
- 18) 疋田裕雅 (1956) 北海道各河川及びそれら河口付近に産する魚類と水産動物. 水産ふ化場試験報告, (11): 155-170.
- 19) 疋田豊次 (1934) 北日本産鱈類. 水産研究彙報, 4: 187-296.
- 20) 平川英人 (1980) 福島県における小型底曳網漁業の資源に関する研究 I. イシガレイの漁業への加入以降の年齢と生長について. 福島水試研報, (6): 1-10.
- 21) HUBBS, C. L. and K. KURONUMA (1942) Hybridization in nature between two genera of Flounders in Japan. *Rap. Michigan Acad. Sci.*, 27: 267-306.
- 22) 川田健次郎・外 3 名 (1939) 陸奥湾海象観測報告. 海上保安部, 水路部報告.
- 23) KITAMORI, R. (1963) Studies on the benthos communities of littoral areas in the Seto-Inland sea and the adjacent waters. *Bull. Naikai Reg. Fisheries Lab.*, (21): 1-90. (Japanese, with English Summary)
- 24) 小松昭衛 (1968) 福島県におけるイシガレイの分布移動. 福島水試調査資料, (70): 2-10.
- 25) 倉上政幹 (1914) 北海道産四種のかレイ類 (*Pleuronectidea*) の卵及び仔魚に就いて. 水産調査報告, 第三冊: 38-46.
- 26) 黒沼勝造 (1940) イシガレイとホシガレイの両面色奇形 (予報). 動物学雑誌, 52(2): 92.
- 27) 松永 繁・山崎哲男・赤川能久 (1969) イシガレイの人工種苗生産について. 瀬戸内海栽培漁業センター玉野事業場報告: 1-28.
- 28) 松岡沢良 (1975) 日本産魚類の産卵期同記録集. 瀬戸内海栽培漁業協会: 1-54.
- 29) 水戸 敏 (1963) 日本近海に出現する浮遊性魚卵 IX. コパンザメ目およびカレイ目. 魚雑, 11(3-6): 81-102.
- 30) ———・鶴川正雄・樋口正毅 (1969) イシガレイの卵発生, ふ化仔魚の飼育, および陸上池内における産卵. 南西海区水研研究報告, (7): 87-102.
- 31) 日本水産資源保護協会 (1980) 水産生物適水温図 (水産環境水質基準説明追録): 1-63.
- 32) 二平 章・高橋 惇 (1985) 標識放流調査結果からみた常磐・鹿島灘域におけるイシガレイの移動と成長. 日水学会東北支部会報, (35): 24-27.
- 33) 小川弘毅・早川 豊 (1975) 太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査結果 (ヒラメ・マコガレイ・イシガレイ) (昭和 47 年~49 年). 同報告書: 12-41.
- 34) 大島泰雄 (1954) 藻場と稚魚の繁殖保護について. 水産学の概観, 日本学術振興会: 128-181.
- 35) 高越哲男・秋元義正・天神 愷 (1974) 飼育イシガレイ稚魚の成長と歩留りについて. 福島水試研報, (2): 31-38.

- 36) ——— (1975) 採卵における生殖腺刺激ホルモン剤の利用に関する検討—イシガレイ—. 福島水試調研資料, (133): 1-31.
- 37) ———・秋元義正 (1975) イシガレイの生態に関する研究 I. 0年魚群の成長と生息場. 福島水試研報, (3): 41-50.
- 38) ——— (1976) イシガレイの採卵における生殖腺刺激ホルモン剤の利用に関する検討 I. 魚の選定とホルモン剤の効果. 水産増殖, 23(4): 155-160.
- 39) ——— (1976) イシガレイの採卵における生殖腺刺激ホルモン剤の利用に関する検討 II. 未成熟個体に対するシナホリンおよびセゴナトロピンの効果. 水産増殖, 23(4): 161-167.
- 40) 鳥海 衷 (1973) 陸奥湾沿岸の動物調査. 青森県庁: 1-34.
- 41) 富山 昭 (1974) 魚類放流技術開発調査カレイ類総括報告. 同報告書: 1-25.
- 42) TSURUTA, Y. (1978) Field observations on the immigration of larval stone flounder into the nursery ground. *Tohoku J. Agri. Res.*, 29(3,4): 136-145.
- 43) 内田恵太郎 (1941) 魚卵の生態. 海洋の科学, 1(3): 9-16.
- 44) 内田恵太郎 (1958) 魚の生活史 (1~5), 自然, 13(9): 3-12, 13(10): 36-44.
- 45) 山下 豊・苫米地洋文・森田 祥 (1963) 石狩湾におけるイシガレイ. 北海道水産試験場北水試月報, 20(6): 18-20.
- 46) ———・苫米地洋文 (1964) 余市沿岸における産卵期のイシガレイ. 北海道, (1): 3-8.
- 47) 安永義暢 (1974) 海産魚類卵仔魚に与える高温水の影響 温排水の生物に及ぼす影響に関する研究. 昭和 48 年度研究成績報告.
- 48) ——— (1975) 海産魚類卵仔魚期の環境 主に水温・塩分・溶酸素・水素イオン濃度について. 東海水研報, (81): 171-183.
- 49) 遊佐多津雄 (1954) イシガレイ *Kareius bicoloratus* (BASILEWSKY) の発生に就いて. 北海道区資源調査要報, (9): 60-63.
- 50) ———・星谷孝男・佐藤裕二・久保田清吾 (1961) 沿岸における有用魚の生活史に関する研究 I. 生態学的に見られた調査地点の概況. 底魚情報東北水研・八戸支所, (29): 22-29.
- 51) ——— (1961) イシガレイ *Kareius bicoloratus* (BASILEWSKY) 骨格化骨過程. 底魚情報東北水研・八戸支所, (30): 44-47.
- 52) ——— (1971) 陸奥湾における魚類資源の開発について. 日水資保協月報, (80): 6-15.
- 53) ——— (1972) カレイ類を中心とした沿岸魚類の生態と海洋開発. 水産海洋研究会報, (20): 68-75.
- 54) ——— (1973) カレイ類稚魚期の趨光. 日本生態学会・東北支部会報, (33): 1-2.
- 55) ——— (1974) 陸奥湾におけるイシガレイ *Kareius bicoloratus* の分布. 日本生態学会・東北支部会報, (34): 8-10.
- 56) ——— (1975) 海産有用魚類の増殖に関する研究. イシガレイの初期生活史. 第3回国際海洋開発インボジウム論文集・和文, 2: 9-17.
- 57) YUSA, T. (1975) Study of the propagation of useful marine fish. Early life history of Stone Flounder. The 3rd International Ocean Development Conference. Reprints, 3:67-79.
- 58) ——— (1976) カレイ類の初期生活史と海洋における再生産機構. 水産界, (1106): 20-26.
- 59) ——— (1977) I 北方水域における魚類の再生産機構. 水産海洋研報, (31): 13-29.
- 60) YUSA, T., K. KYUSHIN and C. R. FORRESLER (1977) Outline of Life History Information on Some Marine Fish. 北大水産学部北洋水産研究施設業績集特別号: 123-173.
- 61) ——— (1979) ヒラメ・カイレ類の生活史と環境. 水産土木, 16(1): 33-45.
- 62) YUSA, T. (1981) Early life history of Stone Flounder, *Kareius bicoloratus* Rapp. P.-v R'eun. Cons. iht, Explor. Mer., 178: 595-596.
- 63) ——— (1984) 沿岸海水揚水と養魚「蓄養」関連文献調査. 未発表.