魚市場の全数調査に基づく宮古湾の ヒラメ種苗放流効果の推定

岩本 明雄, 大河内裕之, 津崎 龍雄, 福永辰広, 北田 修一

(1997 年 12 月 1 日受理)

Stocking Effectiveness of Flounder *Paralichthys olivaceus*
in Miyako Bay evaluated by a Fish Market Census

Akio Iwamoto,*¹ Hiroyuki Okouchi,*¹ Tatsuo Tsuzaki,*¹
Tatsuhiko Fukunaga,*¹ and Shuichi Kitada*²

This paper assesses the effectiveness of the annual releases (1987-1992) of flounder evaluated by a census of the commercial landings at the Miyako Fish Market, Iwate Prefecture, from 1988 through 1995, where nearly all the flounders fished in the area adjacent to Miyako Bay are landed. Flounders landed were classified into wild or hatchery released individuals by the difference in the pigmentation on the eyeless side of the body. Total length of all the released and almost all the wild individuals which were landed were measured. And we estimated age composition of released flounder. As a result, from the 611 thousand flounder seeds released from 1987 through 1992, a total of 77,681 were commercially landed, and a contribution rate of the released flounder to the total landings were between 16.5% and 52.7%. The recapture rate of released seed for each annual release was estimated at between 5.9% and 23.3%, and the ratio of the total landing cash value to the cost of seeds, including personnel and facilities required prior to release were evaluated at between 0.46 and 1.96. We suggest that improvement of the post-release survival rate may significantly improve the economic returns.

キーワード: ヒラメ, 放流効果, 全数調査, 資源添加効率

ヒラメは代表的な栽培漁業の対象種であり, 全国で毎年約2千万尾の人工種苗が放流されている。^{1,2)} 栽培漁業が成立するかどうかを検討するには, 経済効果を含めて放流効果を推定することが要求される。標識魚の再捕報告データから推定した放流効果は偏りが大きく, 結果の信頼性に疑問が持たれることから, 近年では市場に水揚げされた放流魚を直接調査する, いわゆる市場調査法による放流効果の評価が主流となっている。ヒラメやマダイのように広範囲に移動する種類では放流効果の波及範囲が広く, 放流魚は数多くの市場に水揚げされる。放流魚が水揚げされる範囲(調査範囲)の市場からいくつかの調査対象市場と調査日を抽出して標本調査が行われるのが一般的であり, これを2段サンプリングとみて放流効果を統計的に推定する方法が確立されている。^{3,4)} これまでの分析を通じて, 放流魚の水揚げ尾数は調査市場間でばらつき傾向があり, これに比べると各調査市場

における調査日間のばらつきは少ないことがわかってきた。従って, 放流効果の推定精度を上げるには, 各調査市場における調査日数を増やすより, 調査市場数を増やす効果が大きいと考えられた。^{3,4)} ヒラメについては一般に移動範囲が広く調査市場数も多くなることから, 放流効果が精度良く推定された事例は少ない。一方, 鹿児島湾のマダイの放流効果調査⁵⁾のように, 1つの市場を調査することによって放流効果の大部分が把握できる場合は, 比較的小規模な調査でも精度の良い推定結果が期待できる。

岩手県の宮古湾周辺海域は, ヒラメの漁獲量⁶⁾が最大でも38トン(近年では10~20トン)と比較的少量であり, 放流したヒラメの移動も少ないことから,⁷⁾ 放流魚の動向が把握しやすく, 種苗放流試験の実施に適していると考えられた。この海域には3~4カ所の魚市場が存在するが, 主要な市場は宮古魚市場1カ所であり,

*1 日本栽培漁業協会 (Japan Sea-Farming Association, Uchikanda, Chiyoda, Tokyo 101-0047, Japan).

*2 東京水産大学 (Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan).

多くの漁業者が漁獲物を宮古魚市場に水揚げする。このため、この海域からのヒラメの水揚げのおよ90%が宮古魚市場に集中している。⁶⁾これらの点に着目して、日本栽培漁業協会（以下、日裁協と略記）宮古事業場では、宮古湾において1986年から種苗放流試験を実施し、あわせて宮古魚市場において水揚げ物調査を行ってきた。1988年以降は放流効果の推定精度を可能な限り高める目的で、宮古魚市場においてヒラメ水揚げ物の全数調査を行った。

本論文では、1988年より宮古魚市場で実施した全数調査の結果に基づいて、1987～1992年に放流した6つのヒラメ種苗放流群の回収率や経済効果などを推定し、放流効果を評価する。

材料と方法

データ 解析の対象とした市場調査データは、全数調査データが揃っている1988年6月～1996年5月の8年分である。本論文では、宮古湾におけるヒラメの年齢加算時期を6月とし、当年6月～翌年5月を同一年齢の範囲とした。従って、例えば1988年の市場調査結果は、1988年6月～1989年5月のデータを集計・解析したものを指す。

本海域で放流したヒラメは、3歳までに回収の大部分が完了すると考えられる。解析の対象とする8年間の市場調査データから1～3歳魚の回収尾数を全て推定できるのは、1987～1992年の6つの放流群である。この6群を対象に放流種苗の回収率を推定するとともに、放流試験を事業とみなして利益率を試算した。

調査海域の概要 調査海域の中心である宮古湾は岩手県の海岸線のほぼ中央に位置し、湾口部の幅5 km、奥行き10 kmの奥深い内湾である（Fig. 1）。本海域の沿岸では魚類を対象として定置網、小型定置網、刺網、延縄による漁業が行われており、ヒラメはこれら全ての漁法の漁獲対象となっている。さらに沖合の水深200 m帯付近では沖合底曳網漁業が行われているが、ヒラメの漁獲は少ない。ヒラメの漁法別漁獲尾数の内訳の推移をFig. 2に示した。1988～1990年には定置網（小型定置網を含む）と延縄による漁獲が中心であり、これらが全体の70%前後を占めていたが、1991年以降は刺網による漁獲が増加し、刺網1漁法だけで全体の50%前後を漁獲するようになった。本海域沿岸の主幹漁業はサケ類を対象とした定置網漁業であるが、刺網や延縄といった小規模経営体にとってはヒラメは重要な漁業資源となっている。

本海域におけるヒラメの漁獲量⁶⁾は、1956年から1994年までの39年間の平均が17.3トン、最高漁獲量は1963年の38トン、最低漁獲量は1982年の5トン

Fig. 1. Geographic features of Miyako bay and location of Miyako Fish Market.

Fig. 2. Changes in composition of the number of landings of flounder by fishing gear.

Fig. 3. Changes in catch in weight of flounder landed on Miyako Fish Market.

Table 1. Statistics on the release of flounder seeds in Miyako Bay

Year of release	Number of seeds released ($\times 1,000$)	Mean TL $\pm$ SD (mm)	Date of release	Tagging method	Tagging rate (%)
1987	157	77.7 $\pm$ 17.0	Sep. 2, 7, 10	Latex	59.2
1988	145	81.9 $\pm$ 28.5	Aug. 26, Sep. 6, 13	Latex	86.9
1989	69	93.2 $\pm$ 19.0	Aug. 23, Sep. 8	Brand	100.0
1990	80	89.5 $\pm$ 13.0	Aug. 24, 28	Brand	100.0
1991	96	74.0 $\pm$ 10.2	Aug. 7, 28	Brand	38.5
1992	64	77.5 $\pm$ 13.2	Aug. 5, 28	Brand	31.2
Total (Average)	611	(81.4)			(69.5)

である。漁獲量の推移を Fig. 3 に示した。1960 年代の前期から 1970 年代の前期にかけては、年毎に大きく変動しながらも 20～30 トンの水準を保っていたが、これ以降 1980 年代にかけては減少傾向で推移し、近年では 10 トン程度の低水準で推移している。長期的に見た漁獲量の推移は減少傾向にある。一方、漁獲量水準は最大でも 40 t 未満であり、この海域のヒラメ資源は量的に限定された地域資源であるように思われる。

種苗放流の概要 宮古湾に放流したヒラメ種苗は、全て日裁協宮古事業場で生産した人工種苗である。これらの親魚は宮古湾で漁獲された 2～3 歳と考えられる天然魚を養成した天然群と、宮古事業場で種苗生産した人工魚を養成した人工群の 2 群である。種苗生産には各群から自然産卵によって得られた受精卵を使用した。

1987～1992 年の種苗放流の概要を Table 1 に示した。放流尾数は年あたり 6.4～15.7 万尾、平均放流サイズは全長 74.0～93.2 mm の範囲である。放流種苗にはほぼ 100% の割合で無眼側に黒化部位が認められるため、漁獲された放流魚の識別にはこれを利用することとし、さらに放流魚の放流年を特定するため、各放流群の一部あるいは全部に外部から確認できるラテックス標識 (1987, 1988 年) あるいは焼印標識⁹⁾ (1989 年以降) を装着した。ラテックス標識とは蛍光色を呈したゴム様のラテックスを注射器によって無眼側の皮下に注入するものであり、外部から容易に確認することができる。焼印標識とは細く尖った半田ゴテ (商品名はコテライザー; ㈱中島銅工所) でヒラメ種苗の背鰭あるいは尻鰭基部を無眼側から貫通させ、火傷跡を標識とするものである。焼印標識はヒラメの無眼側に円形の透明部位あるいは黒色素の沈着部位として確認できる。ラテックス標識、焼印標識ともに背鰭側と尻鰭側の 2 箇所に毎年交互に装着し、漁獲時の魚体の大きさと標識の装着部位から放流年を特定できるようにした。

市場調査の概要 宮古魚市場は岩手県内では久慈、釜

石、大船渡の各市場と並ぶ主要市場の 1 つであり、宮古湾周辺海域で漁獲されたヒラメが水揚げされ、これらの大部分が活魚で取引されている。ヒラメを漁獲している定置網、小型定置網、刺網、延縄の 4 漁法の漁場は、宮古湾内および湾口から北方 30 km～南方 20 km におよぶ 50 km の沿岸域である。

市場調査の実施にあたっては、専属調査員が年間約 280 日の全ての市場開設日に水揚げされたヒラメを全数調査した。調査項目は①無眼側の黒化部位の有無の確認、②全長の測定、③外部標識の有無の確認の 3 項目である。放流魚の無眼側に認められる人工種苗特有の黒化部位を利用して放流魚と天然魚を識別した。さらにラテックス標識および焼印標識が確認できる個体 (以下、標識魚という) については、全長の測定値に標識の種類と標識部位を付記し、後に放流年を特定した。全長測定は水揚げされたヒラメの全個体について行うことを基本としたが、1 日の水揚げ量が多く全数測定が困難な場合には放流魚のみ全数測定とし、天然魚はランダムに抽出したサンプルについて測定を行った。測定できなかった天然魚については全て水揚げ尾数を数え、測定サンプルの抽出率を把握した。

この調査の実施により、宮古魚市場に水揚げされたヒラメの尾数を放流魚と天然魚の別に全て把握し、あわせて放流魚の全数と天然魚の大部分についての全長測定データを得た。さらに、放流魚の一部については装着した外部標識から放流年度 (年齢) を特定できた。

水揚げ重量、水揚げ金額、および種苗放流経費の算出 市場調査から得た全長測定データをもとに、北川ら⁹⁾が太平洋北部沿岸のヒラメ天然魚の測定に基づいて推定した全長と体重の関係式を用いて全長別の個体重を求め、これを積算した月別あるいは年齢別の水揚げ重量を算出した。

水揚げ金額の算出には銘柄別単価が必要であるが、宮古魚市場では毎日の平均単価のみ記録されており銘柄別

単価が得られないため、宮古魚市場と同様にヒラメを活魚で扱っている岩手県三陸町の綾里魚市場の1992年の月別銘柄別単価データを用いた。各銘柄に含まれる個体重の範囲がわかっているため、この情報から体重量単価を求め（例えば銘柄Aの体重量範囲が400～800gの場合、この体重量範囲に含まれる個体には銘柄Aの単価をあてはめる）、これと各個体の体重の積から個体別の金額を算出した。これを積算して月別あるいは年齢別水揚げ金額を算出した。この方法によって算出した1992年6月～1993年5月の1年間の平均単価は2,235円/kgであり、同じ期間の宮古魚市場の実際の平均単価2,182円/kgとの間には大きな差は認められなかった。なお、宮古魚市場では放流魚についても天然魚と同じ単価で取り扱われている。

日裁協宮古事業場におけるヒラメ種苗1尾あたりの種苗放流単価は、種苗生産経費、施設償却費、人件費を含めて15mm種苗では3.9円、30mmでは8.2円、50mmでは33.5円、100mmでは74.5円と試算されている。¹⁰⁾ これらを参考に、本論文では50mm種苗の1尾あたり単価を35円、60mmでは45円、70mmでは50円、80mmでは60円、90mmでは70円、100mmでは80円と設定し、種苗放流経費を算出した。

なお、水揚げが集中したために天然魚の全長測定個体をサンプル抽出した場合には、測定サンプルの全長組成から求めた水揚げ重量および水揚げ金額を抽出率で除して、1カ月毎に天然魚の総水揚げ重量および総水揚げ金額を推定した。天然魚の水揚げ尾数全体からの測定サンプルの抽出率は1988年は40%と低いが、1989年は75%、1990年以降は90%以上である。

放流魚の貢献率の測定 ヒラメの水揚げ全体に占める放流魚の割合を貢献率と呼ぶ。ここでは宮古魚市場における水揚げを調査海域全体からのものとみなし、水揚げ尾数、水揚げ重量、水揚げ金額の3つの項目について各々貢献率を求めた。水揚げ尾数での貢献率は全数調査に基づく実測値であり、水揚げ重量および水揚げ金額での貢献率は、前述した算出方法に基づく推定値である。なお、水揚げ尾数に占める放流魚の割合は一般に混獲率あるいは混入率と呼ばれるが、本論文では一括して貢献率とした。

放流魚の年齢組成の推定 テラックスおよび焼印標識魚の再捕データをもとに年齢情報（年齢の特定された個体群の平均全長とその標準偏差）を整理し、これを用いて放流魚の全長組成を年齢別に分解する方法¹¹⁾によって水揚げされたヒラメ放流魚の年齢組成を推定した。解析の対象とした8年間に宮古魚市場に水揚げされた放流魚は合計90,156尾であり、このうち標識魚は24,020尾（放流魚全体の26.6%）であった。標識魚の

年齢別比率は1歳魚が77.5%、2歳魚が21.3%、3歳魚以上が1.2%であった。3歳以上では標識魚の再捕が少なくなり、有効な年齢情報が得られにくいと判断したこと、また、本海域での漁獲の中心は1～2歳魚と考えられることから、月別平均全長と平均全長の標準偏差が得られる1歳魚および2歳魚をはじめに分離し、残りを一括して3歳以上と推定した。ただし、1988年については2歳魚の標識再捕データが少なかったこと、3歳魚にあたる1985年群が放流されておらず、3歳魚以上の水揚げが非常に少ないと考えられたことから、年齢情報を用いた分離は1歳魚のみとし、残りを2歳魚以上とした。推定はすべて1カ月毎にデータをプールして行った。

回収率と利益率の推定 放流魚の年齢組成の推定結果から各放流群の回収尾数および回収率を求めた。さらに回収金額と放流経費を前述した算出方法により推定し、放流経費を回収金額で除して利益率を求めた。なお、3歳およびそれ以上の年齢群については調査年毎に一括して集計した。

ラテックスおよび焼印標識の残存率の推定 年齢組成の推定結果から得られた各放流群の水揚げ時点での放流魚全体に占める標識魚の比率と、各放流群の放流時点での標識装着率（Table 1）から、ラテックス標識および焼印標識の残存率を推定した。推定は、本海域でのヒラメの水揚げの盛期である6～11月の6カ月間のデータをプールして年齢毎に行った。推定期間の起算日（放流日）を8月末日として、1歳での標識残存率の推定期間を放流後10～15カ月、同様に2歳では放流後22～27カ月、3歳以上では放流後34カ月以上とした。

結 果

放流魚および天然魚の漁獲動向 調査を行った8年間に宮古魚市場に水揚げされたヒラメ放流魚は合計90,156尾、各調査年毎の水揚げ尾数は4,394～19,415尾の範囲にあった。天然魚は合計177,982尾が水揚げされ、各調査年における水揚げ尾数は8,020～38,109尾の範囲にあった。また、各調査年における放流魚の水揚げ重量は810～6,366kg、水揚げ金額は887～10,218千円と推定された（Table 2）。放流魚の水揚げ尾数は1988～1992年の間には年々増加する傾向がみられるが、1993年以降は減少傾向に転じている。天然魚の水揚げ尾数には1989年と1990年にそれぞれ急激な減少および増加が認められるが、これ以外は各年とも2.0～2.4万尾の範囲で安定している。

放流魚の漁獲への貢献率 1988～1995年の8年間ににおける平均貢献率は、水揚げ尾数では33.6%、水揚げ重量では27.7%、水揚げ金額では22.7%となった（Ta-

ble 2)。各項目における貢献率が最も高い年は、水揚げ尾数では1989年の52.7%、水揚げ重量では1992年の38.1%、水揚げ金額では1991年の29.9%であり、それぞれの年は異なっている。

各項目における貢献率は1989年に急激に上昇し、以降は高いレベルで推移しているが、1995年に再び低下している。1988~1995年の宮古湾におけるサイズ別平均貢献率（尾数）は、全長30 cm未満では23.4~66.9%（8年間の平均は49.4%）、30~40 cmでは4.4~41.6%（同30.1%）、40 cm以上では0.9~32.4%（同18.5%）であり、小型魚ほど混入割合が高い傾向がある。1995年7月より岩手県下で全長30 cm未満のヒラメの漁獲を禁止する自主規制が導入され、放流魚の混入

割合が高い小型魚の水揚げが減少したため、1995年の貢献率は全般的に低下している。

放流魚の年齢組成と年齢別の漁獲動向 各調査年における放流魚の年齢組成の推定結果のうち、この海域におけるヒラメの水揚げの盛期である6月~11月の6カ月分をFig. 4に示した。1989, 1990年には各年齢群の全長組成の分布範囲、特に2歳魚の分布範囲が広いために、1, 2歳魚の全長組成の重なりが大きくなっている。これとは対照的に1991~1994年については、1, 2歳魚の全長組成の重なりが少なく、それぞれの分布範囲が明瞭に分かれている。1995年については、この年の7月から前述した全長30 cm未満の漁獲自主規制が導入されたため、1歳魚の一部は6月に漁獲加入したものの、

Table 2. Result of the census of flounder in the Miyako Fish Market. Released flounders were identified by pigmentation on the eyeless side

Survey year	Landings	Released fish	Wild fish	Total fish	Contribution rate (%)
1988	Number	4,394	21,659	26,053	16.9
	Weight	810	9,087	9,897	8.2
	Income	887	22,613	23,500	3.8
1989	Number	8,926	8,020	16,946	52.7
	Weight	2,059	3,568	5,627	36.6
	Income	2,621	8,782	11,403	23.0
1990	Number	15,311	38,109	53,420	28.7
	Weight	4,642	11,122	15,759	29.5
	Income	7,591	18,257	25,849	29.4
1991	Number	14,923	21,854	36,777	40.6
	Weight	5,078	9,646	14,727	34.5
	Income	9,185	21,585	30,770	29.9
1992	Number	19,415	20,626	40,041	48.5
	Weight	6,366	10,359	16,725	38.1
	Income	10,218	27,163	37,381	27.3
1993	Number	12,437	23,396	35,833	34.7
	Weight	4,705	10,265	14,970	31.4
	Income	8,672	21,966	30,638	28.3
1994	Number	10,051	20,474	30,525	32.9
	Weight	3,682	10,270	13,952	26.4
	Income	6,936	24,630	31,566	22.0
1995	Number	4,699	23,844	28,543	16.5
	Weight	2,498	13,423	15,921	15.7
	Income	6,179	33,210	39,389	15.7
Total	Number	90,156	177,982	268,138	33.6
	Weight	29,840	77,740	107,578	27.7
	Income	52,290	178,205	230,496	22.7

Weight; kg, Income; 1,000 yen.

Fig. 4. Estimated age compositions of flounder released in Miyako Bay from 1988 through 1995.

7~8月には全く漁獲されていない。9月以降には1歳魚が全長30cmを越えて再び漁獲され始めている。

1歳魚の漁獲加入時期は年により異なっており、1991年には6~7月、1988, 1989, 1990, 1992, および1994年には8月、1993年には9月以降に本格的に漁獲加入している (Fig. 4)。宮古湾ではこの時期に漁具の設置場所や漁獲圧が大きく変化することはないので、1

歳魚の漁獲加入は、宮古湾の湾奥部等の漁業が存在しない海域で生息していたヒラメ1歳魚が、成長とともに漁場へ移動することによって起こると考えられる。

放流魚の回収率と利益率 各放流群の年齢別回収尾数および回収率の推定結果をTable 3に示した。1987, 1988年放流群の回収率は5.9~6.9%, 平均回収率は6.4%であったが、1989~1992年の4つの放流群では

Table 3. Estimated number of returns and return rates of flounder released in Miyako Bay from 1987 through 1992

Year of released	Number of seeds released	Number of returns			Total returns	Return rate (%)
		1+	2+	≥3+		
1987	157,000	3,448	5,143	702	9,293	5.9
1988	145,000	2,751	5,605	1,715	10,071	6.9
1989	69,000	9,004	5,994	1,112	16,110	23.3
1990	80,000	7,214	4,808	728	12,750	15.7
1991	96,000	13,495	6,645	643	20,783	21.6
1992	64,000	5,064	3,426	244	8,734	13.6
Total	611,000	40,976	31,621	5,144	77,741	(12.7)

Table 4. Release cost, estimates of landing cash value from released flounder, and economic return rate in Miyako Bay

Year	Release cost* (A)	Landing cash value from released fish*			Total landing cash value*(B)	Economic return rate(B/A)
		1+	2+	≥3+		
1987	9,420	475	1,553	2,313	4,341	0.46
1988	8,700	331	3,939	3,478	7,702	0.83
1989	4,830	1,890	4,273	2,841	9,004	1.86
1990	5,600	1,434	4,052	2,236	7,722	1.38
1991	5,760	3,328	5,366	2,613	11,307	1.96
1992	3,840	1,070	2,656	1,432	5,158	1.34
Total	38,150	8,528	21,293	14,913	44,734	(1.17)

*1,000 yen.

回収率が向上し、13.6～23.3%となった。後者の平均回収率は18.9%であり、前者のおよそ3倍であった。回収率が高かった1989～1992年放流群では、各群の総回収尾数に占める1歳魚の比率は55.9～64.9%（平均59.6%）、2歳では32.0～39.2%（平均35.6%）、3歳以上では2.8～6.9%（平均4.8%）となっており、1歳魚での回収が最も多くなっている。これに対し、回収率が低かった1987, 1988年放流群では1歳より2歳での回収が多くなっている。後に述べるように、1987, 1988年放流群は他群に比べて放流後の成長が劣っていたために、1歳魚で漁獲加入した個体が少なかったものと考えられる。

各放流群の年齢別回収金額および利益率の推定結果をTable 4に示した。各放流群の回収金額は4,341～11,307千円と推定された。回収率が低かった1987, 1988年放流群では利益率が1を下回ってマイナスとなったが、回収率が向上した1989年以降の放流群では水揚げ金額が種苗放流経費を上回っており、利益率は1.34～1.96の範囲であった。回収率が高かった1989～1992年放流群では、各群の総回収金額に占める1歳魚での回収金額の比率は18.6～29.4%（平均23.3%）、同

様に2歳魚では47.5～51.5%（平均49.3%）、3歳魚以上では23.1～31.6%（平均27.5%）となっており、金額の面では2歳魚の回収が主力になっていることがわかった。

推定した6群の回収率および利益率のデータ系列には $r=0.975$ の正の相関が認められ（Fig. 5）、利益率は回収率に主に依存していることがわかる。ここから得られた一次回帰式 $y=0.0782x+0.1713$ より、宮古湾では回収率が10.6%を越えると利益率が1を上回ると考えられた。

ラテックスおよび焼印標識の残存率 各放流群の標識残存率の推移をFig. 6に示した。ラテックス標識を装着した1987, 1988年放流群の標識残存率は、1歳では71.3～73.3%と高いが、2歳では4.5～23.3%に低下し、3歳以上では0～7.1%であった。焼印標識を装着した1989～1994年の各放流群のうち、1991～1994年の4群については、1歳では80.0～98.4%、2歳では39.7～51.4%（1991～1993年の3群）、3歳以上でも21.5～35.8%（1991～1992年の2群）とラテックス標識に比べて高い残存率であった。一方、1989, 1990年2群については、同じ焼印標識であるのに残存率が低く、

1歳では44.4~47.1%, 2歳では15.5~29.0%, 3歳以上では3.0~20.9%であった。1989, 1990年放流群の焼印標識には市販の半田ゴテをそのまま用いたが、チップの先端が太く魚体を貫通させづかったため、1991年以降はチップを改良し、先端を細く成形するとともにテフロン加工を施した。1991年以降の放流群で焼印標識の残存率が向上したのは、チップの改良によってより確実な標識付けが可能になったためと考えられる。

放流魚の成長 ラテックスおよび焼印標識魚の再捕データから求めた放流魚の月別平均全長を放流群毎に図示

Fig. 5. Relation between return rate and economic return.

Fig. 6. Estimated tag retention rates for every release group. Solid lines show brand tag and broken lines show latex tag.

し、比較のため北川ら³⁾が求めたヒラメ天然魚の年齢別全長(雌雄の平均値)を併記した(Fig. 7)。放流魚の成長には季節的な周期が認められ、6月から12月が成長期、1月から5月が成長の停滞期と見ることが出来る。回収率の低かった1987, 1988年放流群は、他に比べて明らかに成長が劣っている。1989~1992年放流群では群により成長が若干異なるものの、天然魚と遜色のない成長が認められた。

考 察

放流群により回収率に差が生じた原因 回収率が高かった1989~1992年の4つの放流群と、低かった1987, 1988年の2つの放流群では、平均回収率におよそ3倍の差が生じた。日裁協宮古事業場のヒラメ種苗生産においては、成長の遅れた種苗を選別し、順調に成長している種苗とは別の水槽で飼育を行っている。回収率が高かった1989~1992年放流群には順調に成長した種苗のみが使用されているのに対し、回収率が低かった1987, 1988年放流群には主として成長が遅れた種苗が使用されていることから、使用された種苗の違いによって回収率に差が生じたと考えられる。成長が遅れた種苗を用いると回収率が低下する理由の1つとして、成長の遅れに伴う放流サイズの小型化や放流時期の遅れ等が考えられる。藤田ら¹²⁾は福島県海域での調査を通して、放流時期が遅れて水温下降期にずれ込むと、放流魚の成長が悪く再捕率も低くなることを指摘している。また岩本*は1991年以降に宮古湾に標識放流したヒラメ種苗の一

* 岩本明雄：魚市場調査に基づくヒラメ放流サイズの検討。平成8年度日本水産学会春季大会シンポジウム「種苗放流をめぐる諸問題」。

Fig. 7. Growth of released flounder for every release group.

Mean total length of released flounder obtained from tagged fish was plotted with an expected growth curve which is calculated as a mean from growth equation $L_t = 896.6 \cdot (1 - e^{-0.1576 \cdot (t+1.238)})$ (♀), $L_t = 592.1 \cdot (1 - e^{-0.2735 \cdot (t+1.151)})$ (♂) obtained by Kitagawa *et al.* (1994).

定期間の回収率を比較した結果から、添加効率¹³⁾の面では大型サイズの放流が有利であることを示唆している。宮古湾において回収率が低かった1987, 1988年放流群の放流サイズは、ほぼ同じ時期に放流している1989年放流群に比べて全長が11.3~15.5 mm小型であり、放流日(2~3回に分けて放流しているのでその最終日)についても1990年以降の放流群と比べて13~16日遅くなっている。しかし、この違いから回収率に3倍の差が生じるか否かについては、さらに詳細な検討を要する部分であろう。この他、種苗そのものの活力に問題があり、放流後の減耗が大きかったことも考えられる。また、回収率の高かった1989~1992年放流群には全て焼印標識、低かった1987, 1988年放流群にはラテックス標識を使用しており(Talbe 1)、標識装着の影響により回収率に差が生じた可能性も否定できない。

本海域では放流魚の漁場外への移動は少なく、各放流群の逸散状況に差はないと考えられる。従って、各放流群間で逸散量に差があるために回収率に差が生じた可能性は少ないと考えられる。次に、本海域における定置網の設置数や、刺網、延縄に従事する漁業者数は各年で大きく変化していないので、各放流群に対する漁獲圧も大きく変わらないと考えられる。かつ、各放流群の自然死亡についても、漁獲加入した全長20 cm以上の個体で大きな差があるとは考えにくい。とすると、漁獲加入以降に放流群間の死亡率に差が生じる可能性は大きくはない。これらのことから、著者らは各放流群の回収率の差は、放流から漁獲加入までの生残率、すなわち資源添加

効率¹³⁾の差に起因している可能性が大きいと考えている。

放流効果の評価と今後の課題 本調査では、ヒラメ放流魚の動向が把握しやすい宮古湾を調査海域として、宮古魚市場における全数調査の実施と、標識魚の放流による年齢情報の確保、およびその情報を利用した年齢組成の推定法の導入という計画的な調査・解析を実施し、推定値の信頼性を高めるよう努めた。そして、宮古湾における1987~1992年の6つのヒラメ種苗放流群の回収率を5.9~23.3%、平均回収率を12.7%と推定した。1989年以降の放流群では1.34~1.96倍の範囲で回収金額が放流経費を上回っているものの、今後ヒラメ種苗放流を経済的に成立させるには、利益率をできるだけ高い水準に安定させる必要があると考えられる。

本解析を通して、ヒラメ種苗放流の利益率は主に回収率に依存しており、回収率は資源添加効率の影響を受けていると考えられた。ヒラメの種苗放流効果を向上させるには、資源添加効率の向上が重要な課題となろう。具体的な取り組み方法としては放流時期、放流場合、放流サイズ、あるいは種苗の質等を検討項目とした同時放流試験が考えられるが、いずれの場合においても、資源添加効率を直接あるいは間接的に比較する手法(例えばサンプリング調査から推定した初期死亡率の比較や、市場調査から把握した1歳魚の漁獲加入尾数の比較等)を開発することにより、効率的な放流技術開発が可能になると考えられる。

もう一つの課題としては、種苗生産・放流経費の低減

による利益率の向上があげられる。前述した日裁協宮古事業場におけるヒラメの種苗放流経費は、ほぼ限界と思われるほど節減されているが、画期的な種苗生産方法の開発等により更なる低コスト化を検討してゆく必要がある。

一方、漁獲方法の改善によっても利益率を向上させることが可能と考えられる。岩手県下では既に1995年7月から全長30 cm未満のヒラメの漁獲自主規制が導入されており、この規制の効果が注目される。規制が導入された1995年の放流魚の年齢組成 (Fig. 4) をみると、1歳魚に相当する小型のヒラメの水揚げが減少していることがわかる。この規制が有効に機能すれば、1歳魚の大半が保護されて経済的に価値の高い2歳魚以上の漁獲が増加すると考えられ、ヒラメ漁業全体の経済効率の向上とともに、ヒラメ種苗放流の利益率の向上も期待される。

全数調査によって得られた放流魚の日別水揚げ尾数データのうち1992～1995年の4年分を用いて、調査日数を変化させた場合に、放流魚の総水揚げ尾数の推定値がどの程度変動するかを検討した。市場の開設日が年間 N 日あり、そのうち n 日について水揚げされた放流魚を全て調査した場合、放流魚の総水揚げ尾数は

$$\hat{T} = \bar{y} \cdot N$$

で推定される。ここで、 $\bar{y}$ は放流魚の1日当たりの平均水揚げ尾数である。 $\hat{T}$ の分散は

$$V(\hat{T}) = N^2 \cdot \frac{N-n}{N-1} \cdot \frac{\sigma^2}{n}$$

で評価されるが、日間分散 σ^2 は

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

として全数調査データから得ることができる。Fig. 8に、調査日数 n に対する放流魚の総水揚げ尾数の推定精度を変動係数 (CV) で示した。1993～1995年についてはCVはほぼ同じレベルであるが、1992年は他に比べて若干高かった。推定値の許容誤差をどの程度に設定するかは予算や労力に左右されるが、もし、CVを10%以下にしたい場合は、1993～1995年の場合で80～90日、5%以下にしたい場合は170～180日程度の調査が必要と考えられた。なお、この調査日数の検討は、1年間の市場開設日を単純ランダムサンプリングによって抽出する前提であるが、水揚げ量等を基準に時期や曜日で層別にサンプリングすると、同じ調査労力でも更に推定精度が向上すると期待される。層別した場合の推定精度の検討については今後の課題としたい。

謝 辞

本論文のとりまとめにあたり、有益なご助言とご校閲

Fig. 8. Relation between number of sampling days of fish market survey and CV of estimated recaptures.

を頂いた(株)日本栽培漁業協会技術アドバイザー須田 明博士に深謝申し上げる。本調査を行うにあたり、ご助言を頂いた水産庁東北水産研究所魚介類増殖研究室の山下 洋室長をはじめとする皆様方に感謝申し上げます。市場調査にご協力頂いた宮古市場の職員の皆様方、および各種調査にご協力頂いた宮古漁業協同組合高浜種苗センターの佐々木常雄係長をはじめとする職員の方々に厚くお礼申し上げます。最後に、宮古市場において専属調査員として調査に携わった佐々木昭治氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 水産庁・(株)日本栽培漁業協会：平成5年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国)、日本栽培漁業協会、東京、1995, p. 109.
- 2) (株)日本栽培漁業協会：栽培漁業種苗生産・放流統計、栽培資源調査検討資料、11、日本栽培漁業協会、東京、1995, p. 141.
- 3) 北田修一、岸野洋久、多賀保志：2段階抽出の市場調査による種苗放流効果の推定。日水誌、59, 67-73 (1993).
- 4) S. Kitada, Y. Taga, and H. Kishino: Effectiveness of a Stock Enhancement Program Evaluated by a Two-Stage Sampling Survey of Commercial Landings. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 1573-1582 (1992).
- 5) 椎原久幸：鹿児島湾における放流の成果と問題点、「マダイの資源増養技術」(田中 克、松宮義晴編)、恒星社厚生閣、東京、1986, pp. 106-126.
- 6) 東北農政局岩手統計情報事務所：岩手県農林水産統計年報 (水産編)、岩手県農林統計協会、岩手、昭和31年～平成7年.
- 7) 日本栽培漁業協会：日本栽培漁業協会事業年報 (平成元年度)、(株)日本栽培漁業協会、東京、1991, pp. 263-265.
- 8) 津崎龍雄、熊谷厚志：ヒラメ焼印標識の可能性について、平成2年度東北ブロック増養殖研究連絡会議報告書、東北ブロック増養殖研究会、5-12 (1991).

- 9) 北川大二，石戸芳男，桜井泰憲，福永辰広：三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢，成長，成熟．東北水研報，**56**，69-76 (1994).
- 10) 日本栽培漁業協会：日本栽培漁業協会事業年報（昭和62年度），(財)日本栽培漁業協会，東京，1989，pp. 146.
- 11) 大河内裕之，北田修一，岩本明雄：標識再捕の年齢情報を用いた放流魚の体長組成の年齢分解法．日水誌（印刷中）.
- 12) 藤田恒雄，水野拓治，根本芳春：福島県におけるヒラメ人工種苗の放流効果について．栽培技研，**22**，67-73 (1993).
- 13) (財)日本栽培漁業協会：栽培漁業技術についての考え方，**1**，日本栽培漁業協会，東京，1989，p. 18.