

富山県沿岸におけるヒラメ種苗の放流効果

飯田直樹*¹・浦邊清治*¹・横越 淳*²・鴨野裕紀*³・渡辺 健*¹*⁴・藤浪祐一郎*⁵
(2016年3月10日受理)

Stocking effectiveness of hatchery-reared juveniles of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the coastal waters of Toyama Prefecture

Naoki IIDA, Seiji URABE, Jun YOKOGOSHI, Hiroki KAMONO, Ken WATANABE
and Yuichiro FUJINAMI

To assess the stocking effectiveness of hatchery-reared Japanese flounder, juveniles were released from 2001 to 2006 in the coastal waters of Toyama Prefecture. Total length and market price of landed wild and released flounder were examined at the markets in Toyama Prefecture from April 2001 to March 2009, which were identified according to the hypermelanosis on the blind side. Age composition of Japanese flounder landed in Toyama Prefecture was examined on the basis of the age-length relationship, and then the proportion of one-year-and two-year-old fish was estimated to be 52-70 % and 21-48 %, respectively. Young-of-the-year were rarely caught, except for in the western area where the proportion of them was 9%. Return rate of released fish ranged from 2.5 to 3.9 % in the 2001-2006 year-classes, except for 8.8 % in the 2003 year-class. Total income from each yearly release was calculated as 4.4-10.2 million yen from the weight and unit prices of recaptured fish in each year. The economic efficiency defined as the ratio of total income and production cost of juveniles was 1.04, which was slightly higher than 1. The highest (2.96) and lowest (0.64) values of economic efficiency were recorded in 2003 and 2006 year-class, respectively.

Key words: Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, stock enhancement, recapture rate, economic efficiency, Toyama Bay

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は、千島列島から南シナ海に至る広い海域に分布し、我が国周辺では北海道の太平洋沿岸を除く日本列島のほぼ全域に生息している (南 1997)。富山県では、本種は沿岸漁業の重要種となっており、漁獲量の9割が刺網と定置網で占められる (藤田 1999)。

*¹ 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 (Fisheries Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural Forestry and Fisheries Research Center, 364, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

*² 公益社団法人富山県農林水産公社氷見栽培漁業センター (Toyama Prefectural Agriculture, Forestry and Fishery Public interest incorporated association; Himi sea farming center, Sugata, Himi, Toyama 935-0411, Japan)

*³ 公益社団法人富山県農林水産公社滑川栽培漁業センター (Toyama Prefectural Agriculture, Forestry and Fishery Public interest incorporated association; Namerikawa sea farming center, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-0011, Japan)

*⁴ 現所属 富山県水産漁港課 (Toyama Prefectural Fisheries and Fishing Ports Division, 1-7, Shinsogawa, Toyama, Toyama 930-8153, Japan)

*⁵ 国立研究開発法人水産総合研究センター西海区水産研究所 (Seikai National Fisheries Research Institute, 122-7, Tamanouramachinoura, Goto, Nagasaki, Japan)

本県での漁獲量は、1975年から2010年までの農林水産統計年報によると年間55トンから164トンであり、十年余りの周期で増減を繰り返している。本県の漁業者のヒラメに対する関心は高く、2003年に資源管理計画が策定され、漁業者自らが全長制限を、それまでの15cm以下から25cm未満へ引き上げるなどの規制を設けて資源管理に取り組んでいる（富山県漁業協同組合連合会 2003）。

富山県では1971年から人工種苗の放流試験が始まり、1979年以降はその放流による栽培漁業が事業化された（堀田・藤田 1999）。事業化から1980年代前半にかけて、氷見市にある富山県栽培漁業センターにおいて生産した全長30mm未満のヒラメ種苗を、毎年47千尾から356千尾放流していた。その後、種苗のサイズが大型化され、2003年から2012年には、全長およそ80mm以上の種苗が、県内地先において中間育成を経て放流されたものも含めて、年間83千尾から285.5千尾放流されている。

種苗放流は水産増殖の代表的な手法のひとつであり、減少した水産資源の回復あるいは増大を目的として、多くの魚種で放流されている。しかし、種苗放流を効果的な増殖手段として確立する上では、単に種苗を生産して放流し続けるだけでは不十分であり、放流効果を検証し、その有効性を評価することが不可欠である（宮腰 2008）。

放流効果を明らかにするための調査は、多くの栽培漁業対象種において行われており、近年では、放流魚の回収金額が放流種苗の生産経費を上回るかどうか、すなわち経済的な効果が認められるかどうかにより放流効果を判断している事例が多くみられる（山崎ら 2007, 宍道・北田 2007 など）。ヒラメにおいては、宮古湾（岩本ら 1998）、鹿児島湾（厚地・増田 2004）および福島県（Tomiyama et al. 2008）などでヒラメの放流種苗の生産経費に対して放流魚の回収金額が上回る経済効果が認められている。富山県におけるヒラメの放流に関する調査として、放流魚の移動および再捕率などを把握するための標識調査の報告はある（土井 1974, 小谷口 1988 など）が、放流魚の回収金額を用いて放流効果を検証した例は少ない。倉本（1995）は、県東部の黒部市場における1年間の市場調査結果から、1万尾を放流した場合の回収尾数および回収金額を推定しているが、この報告では地域が限定されており、富山県全体における放流効果は明らかになっていない。

そこで、本研究では、県下全域の経済的な放流効果を明らかにすることを目的とし、2001年から2006年の間に富山県沿岸で放流されたヒラメ人工種苗を対象に、放流した年毎の回収尾数、回収重量および回収金額を推定したので報告する。

材料と方法

種苗放流の概要 本研究で対象とした2001年から2006年のヒラメ放流種苗は、富山県氷見市にある富山県栽培漁業センターと滑川市にある公益社団法人富山県農林水産公社滑川栽培漁業センターで生産された。この間の放流種苗（中間育成を経ないで放流された種苗）の全長は平均82-93mmであった。県内2カ所の栽培漁業センターで生産された放流種苗は、富山県内の沿岸9市町（氷見市～朝日町）に配付された後、それぞれの市町の1から5カ所に放流された。放流は、主に底質が砂地である場所で海岸から行われたが、一部の箇所では船上から行われた。富山県での放流時期は、原則、種苗の全長が80mmに達する時期としており、2001年から2006年の種苗は、6月から

9月にかけて放流されている (Fig.1). 放流は、2001年、2002年、2005年および2006年では、主に8月上旬と8月下旬に行われ、9月中旬まで継続した。2003年は、7月下旬と8月上旬にすべての放流を行っており、他の年と比べ早い時期に短期間で行われた。2004年は、他の年より早く6月下旬から放流を始めたが、大部分は8月に放流されていた。各年の放流尾数は、2004年に285.5千尾と最も多く、2003年に83.0千尾と最も少なく、6年のうち4ヶ年で200千尾を超えた。なお、2001年および2002年に中間育成用として全長50mmで漁業関係者等に出荷された種苗については、中間育成後の放流尾数とした。

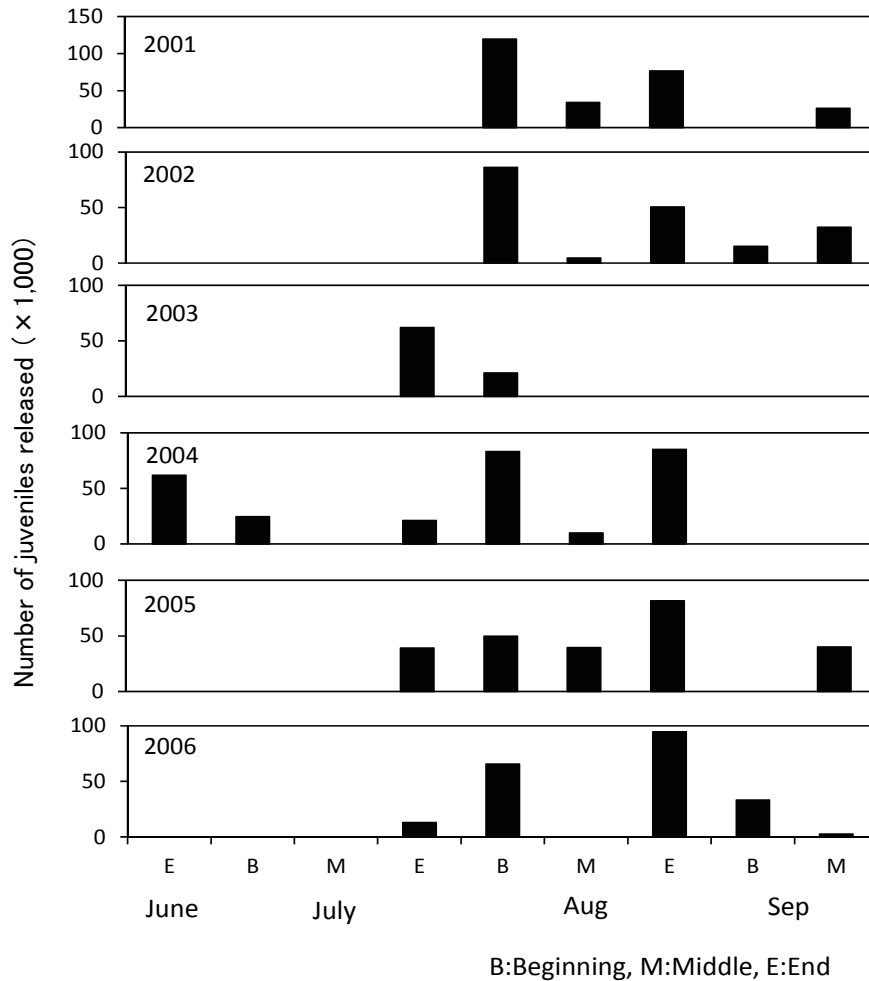


Fig. 1 The number of hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* juveniles released in the coastal area of Toyama Prefecture from 2001 to 2006. The total number for each year is indicated on the right column, marked as total.

2001年から2006年に富山県沿岸に放流されたヒラメ人工種苗の尾数合計尾数を右に示す。

放流時期の水溫 種苗の放流時期における海域の水溫は、種苗の生残、すなわち放流効果と関係している可能性があることから、富山県の地先の水溫として、富山県栽培漁業センターが計測している距岸200m、水深7mから取水している海水の6月から9月までの日別水溫から旬別の平均値を求めた。

市場調査 市場調査は2段サンプリング(北田ら 1993)により行った。県内に7つある産地市場を漁業種類別の水揚げ量および漁法の特徴から、西部(氷見市場)、中部(新湊市場、四方市場、岩瀬市場、滑川市場)および東部(魚津市場、黒部市場、朝日町漁協の組合員による漁獲物のうち、県内市場に出荷されたもの)の3エリアに分けた(Fig.2)。エリアごとの2001年4月から2009年3月まで(2001年度から2008年度)の漁獲量は、水産情報システム(<http://www.fish.pref.toyama.jp>)を用いて収集し、解析に使用した。この期間の県全体の漁獲量は90トンから144トンの範囲で推移し、いずれの年度においても東部における漁獲量が最も多く5割以上を占め、次いで西部が多く、中部が最も少なかった(Fig.3)。各エリア内で漁獲物調査を行う市場を1か所以上設定した。漁獲物調査(以下、市場調査)は、2001年4月から2007年3月までは氷見(西部)、滑川(中部)および黒部(東部)の3市場において行ったが、東部の漁獲量が多く調査率が低かったことから、2007年4月から2009年3月までは魚津(東部)を追加し、4市場で行った。調査の頻度は原則として、氷見市場は週に1回、滑川市場は週に2回、魚津市場は月に1回および黒部市場では月に2回とした。市場によっては、県外の漁業者が県外で漁獲したヒラメも市場に搬入されるため、県内の漁協に所属する漁業者が水揚げしたヒラメのみを対象に、全長測定を行うとともに、無眼側の体色異常の有無を確認した。また、ヒラメのサイズ別価格を把握するため、2005年4月から2006年3月まで、氷見、滑川および黒部の各市場において月に2回、可能な限りヒラメの市場価格を聞き取った。

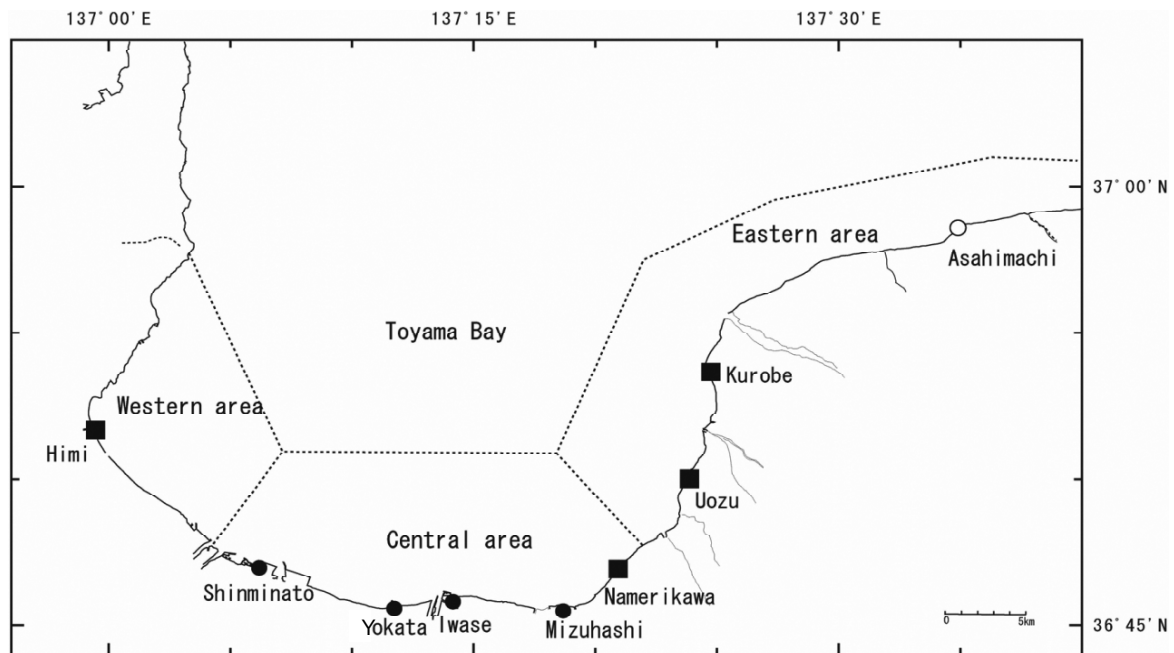


Fig.2 Map of the coastal area of Toyama Prefecture showing the location of fish markets and fisheries cooperative association. Solid squares and solid circles denote the fish markets at which the surveys for recaptured hatchery-reared Japanese flounder were conducted and were not done, respectively. Open circle denotes fisheries cooperative association that doesn't have a fish market. The broken lines divide the coastal area of Toyama Prefecture into geographic fishing areas (or grounds) where the characteristic fishing methods are different from each other.

富山県沿岸における産地市場と漁業協同組合の位置を示した地図

黒四角と黒丸は産地市場を表し、黒四角は採捕されたヒラメの調査を行った市場、黒丸は調査を行っていない市場を表す。白丸は産地市場を有さない漁業協同組合を表す。破線は富山県沿岸を漁法の特徴が互いに異なった漁獲エリア(漁場)に分割している。

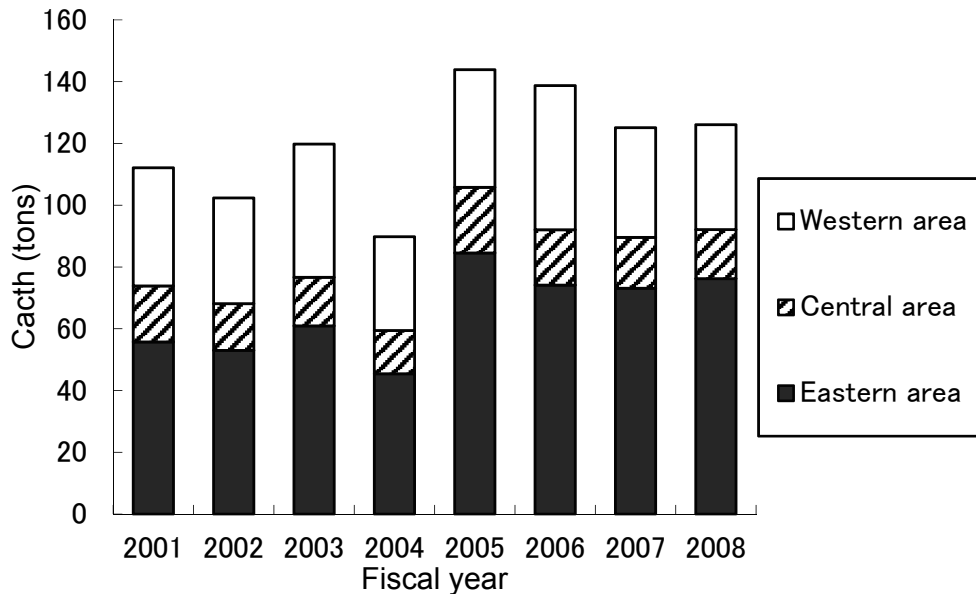


Fig. 3 Annual changes in the commercial catch of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and its regional composition in Toyama Prefecture.

富山県におけるヒラメ漁獲量の推移とその地域的組成

年齢組成の推定 富山県においては、浦邊ら（2007）が雌雄別の成長式を求めている。しかし、ヒラメは外見から雌雄の識別ができないため、市場調査において得られた全長を雌雄別に分けることができない。そこで、浦邊ら（2007）が雌雄別の成長式を求めた際に使用した293個体の年齢と全長のデータを用い、雌雄混合のヒラメの成長がvon Bertalanffyの成長曲線に適合すると仮定し、五利江（2001）に従い、Microsoft Excelのソルバー機能を用いた非線形最小二乗法により成長式を求めた。県内で漁獲されたヒラメの誕生月は浦邊ら（2007）に倣い、4月と仮定した。この成長式により得られた各月の年齢別の全長サイズを、放流効果解析プログラム（独立行政法人水産総合研究センター 2005）の「正規分布当てはめ法による年齢組成の推定」プログラムにより、市場調査で得られた各市場における年度別、月別、体色異常の有無別の全長組成を年齢群に分解し、年齢別の全長組成を求めた。なお、氷見市場においては、地びき網で他の漁法より小型のヒラメが水揚げされたことから、地びき網とそれ以外の漁法に分けて解析した。県内で漁獲されるヒラメの雌雄による成長差は2歳以上で大きくなること（浦邊ら 2007）や、漁獲物の全長組成から判断してほとんどが2歳以下と考えられたことから、本研究では3歳以上は2歳に含め、0歳、1歳、2歳の3つの年齢群に分解して解析した。

調査結果の引き伸ばしによる体色異常魚の年齢別漁獲尾数の推定 各市場における体色異常魚の年度別、月別、年齢別の全長組成を、浦邊ら（2007）の全長と体重の関係式を用いて体重組成に変換するとともに、各市場で調査した体色異常魚の合計重量（以下、調査重量）を、年度ならびに月ごとに年齢別に算出した。この体重組成を、各エリアの年度別、月別の調査率（調査重量／各エリアの水揚げ重量）により漁獲物全体に引き伸ばし、各エリアにおける体色異常魚の年齢別

漁獲尾数を、年度別、月別に推定した。なお、推定誤差を小さくするため調査率による引き伸ばしを3つのエリアに分けて実施してから、それらを合算した。また、西部エリアにおいては、地びき網で漁獲されるヒラメの全長組成が他の漁法で漁獲されるものと異なるため、他の漁法と分けてデータの解析を行い、2007年4月から2009年3月までの東部エリアについては、黒部市場と魚津市場の体重組成を合算して、体色異常魚の年齢別漁獲尾数を推定した。

回収魚単価の推定 放流魚の一部が漁獲により回収され、市場での販売を通じて経済的価値が発生することから、その算出の基となる回収魚の単価を以下のとおり推定した。まず、市場調査により確認された体色異常魚の全長データを放流年ならびに年齢ごとに整理するとともに、全長と体重の関係式(浦邊ら 2007)から個体ごとに体色異常魚の体重を求め、放流年ごとに年齢別の体色異常魚の体重を合算し、合計漁獲重量(kg)とした。次に、漁獲金額の推定を行った。後述するヒラメ1尾あたりの全長と価格の関係式に、先に得られた体色異常魚の全長データを入力し、1尾ごとの価格を推定し、それらを放流年ごとに年齢別に集計し、合計金額(円)を算出した。このようにして得られた合計金額を合計漁獲重量で除することにより、放流年ごとに年齢別の平均単価(円/kg)を求めた。なお、2005年4月から2006年3月に市場調査により得られたヒラメの全長と価格のデータを、2001年4月から2009年3月に回収された放流魚単価の推定に使用した。ここでは、年や季節によるヒラメ1尾あたりの単価に差はないこと、また、体色異常魚と体色正常魚で価格に差がないことと仮定した。ただし、調査市場でのヒラメの取引単位は、①1尾、②同程度の大きさのもの数尾、③他の魚種と混合したものとなっているが、単価の推定では、このうち①と②の形式で取引された漁獲物データを取り扱った。和田(2004)によると、魚の価格は鮮度や脂のりを除けば主に体重で決定されることから、複数尾が取引の単位となっているものに関しては、全長を浦邊ら(2007)の全長と体重の関係式を用いて体重に変換し、その体重割合に応じて価格を案分した。全長と価格の関係がアロメトリー式に適合すると仮定し、Microsoft Excelのソルバー機能を使用し、非線形最小二乗法により全長と1尾あたりの単価の関係式を求めた。

種苗代金 種苗代金は、実際に漁業関係者等に販売されている金額とした。すなわち、全長約80mmの種苗の金額は、2001年から2005年までは1尾30円、2006年は1尾40円であった。また、漁業者が中間育成して放流する全長50mmの種苗の金額は1尾10円とした。なお、2006年に種苗生産機関が無償で放流した34.6千尾の種苗については種苗代金に含めていない。

放流効果の推定 無眼側の体色異常を標識として、放流種苗のうち体色異常がある種苗の割合を体色異常率(%)とした。体色異常率は放流日および放流地域別で調査し、その年のすべての放流での値を加重平均することで、その年の放流種苗の体色異常率とした。放流種苗の中には、無眼側の体色異常がなく天然魚と区別がつかない個体がいることから、2001年から2006年の各年の体色異常率を標識率とみなし、市場調査から推定された体色異常魚の水揚げ尾数を、体色異常率で割り戻すことで回収尾数を算出した。本研究では、市場調査において無眼側の体色異常の有無を判断する基準として、尾鰭および尾柄部の軽微な着色や傷跡と思われるような着色は、体色異常とみなさなかった。また、天然魚の無眼側には体色異常がないと仮定し、体色異常を有するヒラメはすべて放流魚として扱った。

各年の放流魚の回収率は、回収尾数を放流尾数で除して算出した。なお、回収率は、放流魚が

0, 1, 2歳ですべて回収されると仮定し, 2001年から2006年の放流魚を対象に算出した. 放流魚の回収重量は, 測定した体色異常魚の全長を, 全長と体重の関係式(浦邊ら 2007)により全長から体重に変換した上で, 放流年ごとに年齢別に合計した重量を算出し, 上述の調査率による引き伸ばしと, 体色異常率による割り戻しにより補正して求めた. 放流魚の回収金額は, 回収魚の平均単価に回収魚重量を乗ずることで算出した. さらに, ある年の種苗放流に由来する回収金額を, 放流年の放流種苗代金で除したものを経済効率とした.

結 果

放流時期の水温 放流時期における富山県栽培漁業センターの取水水温をFig.4に示した. いずれの年においても6月から水温は徐々に上昇し, 8月で最高水温に達した後, 9月に低下した. なかでも, 2001年および2006年の水温は, 最高で28°C台に達した. 2002年, 2004年および2005年の水温は, 最高で27°C台に達した. 2003年の水温は, 6月下旬から他の年より低く推移し, 最高で25.5°Cまでにはしか上昇せず, その後ゆっくりと低下した.

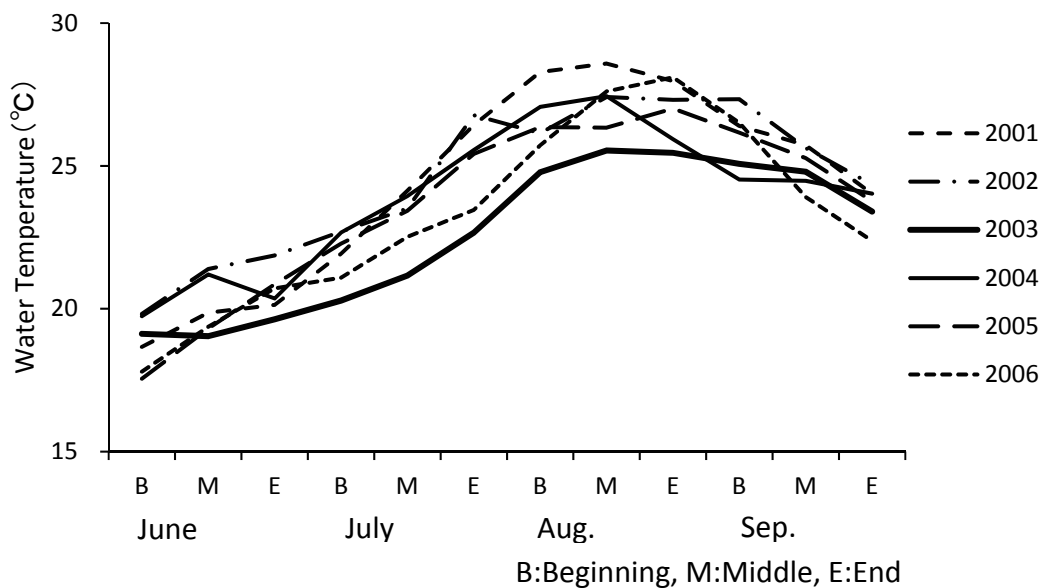


Fig.4 Seasonal changes in water temperature pumped up from the shallow coastal area of Himi to Toyama Prefectural sea farming center during the release season of hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* from 2001 to 2006.

ヒラメ人工種苗の放流時期における富山県栽培漁業センターの取水水温

年齢組成 富山湾産ヒラメの雌雄混合の成長式は,

$$Lt = 115.75(1 - \exp(-0.1376(t + 0.8817)))$$

で表された (Fig.5). ここで, Lt は全長 (cm), t は年齢を表す. この式から得られる各年齢の全長を, 「正規分布当てはめ法による年齢組成の推定」プログラムにより各市場調査で得られた全長組成から年齢別の全長組成を求め, 各年齢割合を算出した (Table 1). 最も割合が高かった年齢はすべての市場において1歳で50%以上を占めたが, 県東部 (魚津および黒部) では県西部 (氷

見) に比べて2歳以上の割合が高く40%以上を占めた。

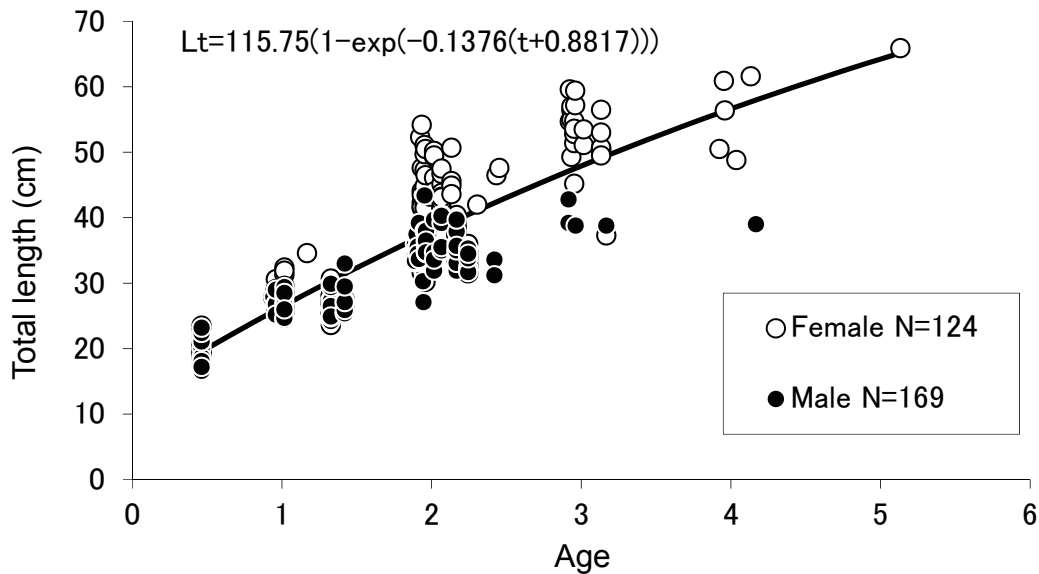


Fig. 5 Growth curve of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fitted to the von Bertalanffy equation. The data of male and female were combined in this curve fitting (modified from Urabe et al. 2007).

von Bertalanffy の成長式に当てはめた雌雄を混合したヒラメの成長曲線

Table 1 Age composition of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* landed in the surveyed fish markets of Toyama Prefecture in the fiscal years from 2001 to 2008.

2001～2008年度に富山県沿岸の調査市場で水揚げされたヒラメの年齢割合

age	Fish Market			
	Himi	Namerikawa	Uozu	Kurobe
0	8.8%	0.1%	0.0%	0.0%
1	70.0%	66.2%	55.8%	52.0%
2 ≤	21.2%	33.8%	44.2%	48.0%

※Uozu fish market was surveyed in the fiscal year from 2007 to 2008.

体色異常率 2001年から2006年に放流された種苗の体色異常率は73.5～99.8%であった (Table 2)。なお、2003年に放流された種苗においては体色異常率が不明であったため、その後の体色異常率を必要とする計算では2003年の前後2年、計4年の体色異常率の平均値である83.0%と仮定した。

Table 2 Melanism rate on the blind side of hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* released in Toyama Prefecture in the years from 2001 to 2006.

2001～2006年に富山県沿岸で放流したヒラメ人工種苗の無眼側の体色異常率

Release year	2001	2002	2003 [※]	2004	2005	2006
Melanism rate (%)	99.8	75.0	83.0	77.5	79.7	73.5

※Melanism rate in 2003 was not recorded. Therefore the value for 2003 was estimated by averaging the data from 2001-2005 except for 2003.

ヒラメの価格 ヒラメの全長 (TL) と1尾あたりの価格の関係は、
 1尾の価格 (円) = $7.1 \times 10^{-4} \times TL^{3.92324}$ (cm)
 で表された (Fig.6).

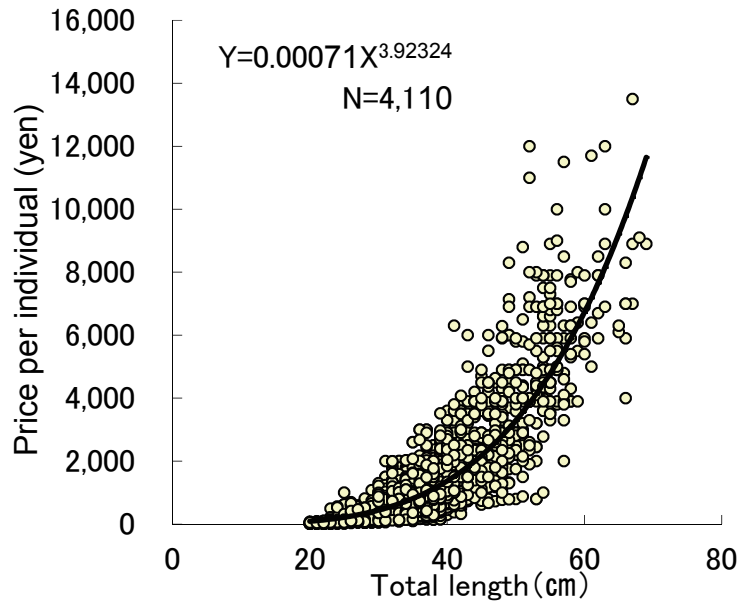


Fig.6 Relationship between total length and price per individual of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the surveyed fish markets in fiscal year 2005.
 2005年度における調査市場でのヒラメの全長と1尾あたりの価格の関係

回収率の推定 2001年から2006年に放流された人工種苗の年齢別の回収尾数および回収率をTable 3に示した。すべての放流年において、1歳で回収された放流魚の漁獲尾数が最も多く、およそ3,700~8,100尾の範囲にあった。次いで、2歳で回収された放流魚が多く、およそ1,500~3,900尾であった。一方、0歳で回収された放流魚の漁獲尾数はいずれの年も800尾未滿で最も少なかった。すべての年齢を合計した回収尾数は、最も少なかった2006年で約5,500尾、最も多かった2004年ではおよそ10,100尾で、2001年から2003年には6,000~7,000尾前後であった。回収率は、2003年に8.8%と最も高く、2001年ならびに2006年にはそれぞれ2.5、2.6%と低い値であった。それ以外の年の回収率は、3.5~3.9%の範囲にあった。

Table 3 Recapture number and rate of the hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* which were released in Toyama Prefecture in the years from 2001 to 2006.

2001~2006年に富山県で放流されたヒラメ人工種苗の回収尾数および回収率

Release year		2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Number of juveniles released (×1,000)	Age	255.8	188.1	83.0	285.5	250.0	209.1	1,271.5
Recapture year and recapture number of released fish	0	135	140	720	160	41	268	
	1	4,295	5,300	3,957	5,992	8,075	3,702	
	2	1,919	1,835	2,596	3,947	1,469	1,529	
	Total	6,349	7,275	7,273	10,099	9,585	5,499	46,080
Recapture rate (%)		2.5	3.9	8.8	3.5	3.8	2.6	3.6

経済効率の推定 2001年から2006年の6年間に放流されたヒラメの回収重量、平均単価、回収金額および経済効率をTable 4に示した。2003年と2004年に放流された群では、2歳魚の回収重量がそれぞれ1,850kgおよび2,493kgと多く、0～2歳魚の合計回収重量も、およそ3,200kgおよび4,600kgと多かった。それ以外の年に放流された群では、2005年に放流されたものを除き、0～2歳魚の合計回収重量は2,100～2,800kgの範囲にあった。平均単価は、いずれの年でも2歳魚の価格が2,400～2,700円/kg前後で最も高く、次いで1歳魚が1,800～1,900円/kg前後、0歳魚ではおよそ1,300～1,400円/kg前後と最も低かった。放流年ごとの回収金額の合計は、2006年に444万5千円と最も低く、2004年には1,016万9千円と最高となった。これは、回収重量、中でも単価の高い2歳魚の回収重量の多寡と対応していた。放流年別の経済効率は0.64～2.96の範囲にあり、種苗を放流した年による違いが見られた。放流経費（放流種苗代金）が小さかった2003年の放流群で経済効率は2.96と極めて高かった一方、回収金額の少なかった2001年や2006年の放流群で経済効率はそれぞれ0.68と0.64と、1を大きく下回った。

Table 4 Recapture weight and economic efficiency of the hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* which were released in Toyama Prefecture in the years from 2001 to 2006.

2001～2006年放流群の回収重量および経済効率

Release year		2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Release cost (×1,000 yen)	Age	7,425	5,325	2,490	8,565	7,500	6,980	38,285
Recapture weight (kg) of released fish	0	22	22	112	24	7	44	
	1	1,243	1,589	1,259	2,125	2,245	1,206	
	2	1,156	1,142	1,850	2,493	1,069	897	
	Total	2,421	2,753	3,221	4,642	3,321	2,147	18,505
Average unit price (yen/kg)	0	1,402	1,335	1,354	1,347	1,292	1,389	
	1	1,778	1,849	1,879	1,917	1,766	1,869	
	2	2,400	2,484	2,628	2,431	2,729	2,375	
Amount of recaptured fish (×1,000 yen)	0	31	30	151	33	9	61	
	1	2,209	2,939	2,365	4,074	3,964	2,255	
	2	2,774	2,836	4,863	6,062	2,918	2,129	
	Total	5,014	5,805	7,379	10,169	6,891	4,445	39,703
Economic efficiency		0.68	1.09	2.96	1.19	0.92	0.64	1.04

考 察

他海域との回収率の比較 本研究における2001年から2006年の6年間の放流に対する回収率が2.5～8.8%であったのに対し、同じ時期の日本海側では、北海道北部で0.53～3.39%、北海道南部で0.88～4.13%、秋田県で1.2～19.5%であり、山形県では2004年までで2.5～3.6%であった（社団法人全国豊かな海づくり推進協会 2011）。秋田県の2004年の回収率19.5%を除けば、これらの道県と回収率に大きな差はなかった。ただし、富山県の全長制限25cm未満と比べて、北海道では全長30cm未満の水揚げ禁止、秋田県では30cm以下の全長制限、山形県では全長30cm以下の荷受け

禁止の全長制限を設けていることから、回収されるヒラメが富山県より大きいと推測される。ヒラメのサイズが大きくなるにつれて単価も上昇することから (Fig.6), 全長制限サイズを大型化することにより回収されるヒラメの単価も上昇することが予想される。富山県においてもこの制限サイズを大きくした場合に、経済効率にどのような変化が生じるかについて、今後検討していくべきと考えられる。

放流年による回収率の差とその要因の検討 今回の結果から、回収率が放流年により大きく異なることが明らかとなった。なかでも2003年に放流された種苗の回収率は8.8%と他の年度を大きく上回ったが、それ以外は概ね2~4%で推移した。2003年に放流された種苗の回収率が高かった要因の一つとして、放流時の沿岸域における水温の違いが関与している可能性がある。

放流時期 (Fig.1) と水温 (Fig.4) および回収率 (Table 3) の関係について検討する。2001年および2006年は最高水温が28°C以上となった年であり、両年の種苗は、ほとんどが8月に放流された。両年に放流された人工種苗の回収率はいずれも2%台と低かった。2002年、2004年および2005年は、最高水温が27°C台まで上昇した年であった。2004年に一部の種苗が6月下旬から7月上旬に放流された以外は、いずれの年も大部分の種苗が8月に放流され、これら3カ年に放流された人工種苗の回収率は3%台であった。2003年は、6月下旬から8月にかけて他の年と比べ水温が低く推移した年であった。また、2003年以外の年では、水温の旬平均値が8月に最高で27°C以上を記録したのに対し、2003年のそれは25.5°Cであり、他の年より明らかに低かった。加えて、2003年は、放流を7月下旬から8月上旬の短期間に行っており、他の年と比べて放流時期が早期に終了したことが特徴であり、この年に放流された人工種苗の回収率は8.8%と高かった。この2003年に放流された種苗では体色異常率が不明なため、他の年の値から推定された値 (83.0%) を用いているが、仮に体色異常率が100%と仮定した場合 (回収尾数が最も少なくなる場合) においても、回収率は7.3%となり、他の年と比べて明らかに高い。

高水温がヒラメに与える影響として原田 (1980) は、ヒラメの養成に適当な水温は18~25°Cであり、なかでも20~24°Cが最適で27°C以上では摂餌が劣り、死亡率が高くなったとしている。また、高水温がヒラメの餌料環境に与える影響として、広田 (1990) は、新潟県五十嵐浜におけるアミ類は、水温が最も高くなる8月中旬から9月中旬に激減したと報告しており、その原因のひとつに水温上昇等の環境変化に伴い死滅した可能性を考察している。町 (2011) が富山県の8か所の渚帯において5月から8月の期間にアミ類の個体を調査した結果においても、6月下旬から7月中旬に個体数が最も多くなり、沿岸域の水温が最も高くなる8月では最も減少していた。これらのことから27°Cに達するような高水温がヒラメおよびヒラメの餌料にとって負の影響を与えるものと考えられる。さらに古田ら (1997) は鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人工種苗の摂餌状態と餌料条件を調査したところ、人工種苗は放流初期には十分な摂餌ができず、飢餓が進行したと推定しており、十分な餌料 (アミ類) を確保できる放流時期とサイズの設定が極めて重要であると指摘している。本研究では、2003年を除く2001年から2006年までの放流群については、放流が9月まで行われているが、2003年は8月上旬までに放流を終えている。以上のことから、水温が低く推移し、放流時期も早かった2003年は、ヒラメ種苗に対する高水温の影響が少ない上、餌料環境も良好であったと推測され、放流直後の生残率が他の年より高かったと考えられる。さらに、2003年は放流尾数が少なかったことで、1個体あたりの餌の量が多かったことも推測され

る。したがって、今後、回収率を高くするためには、水温や餌料生物の季節的な分布状況もあわせて、より適切な放流時期について検討していく必要があると思われる。

その他、種苗の活力や捕食能力などの差についても、人工種苗の放流後の生残に影響を及ぼす重要な項目と考えられたが、これらについては評価できなかった。今後はこれらを実地評価する指標をつくり、毎年実際に放流される人工種苗の健苗性や種苗性を評価していくことも課題であろう。

経済効率について 調査期間を通じた経済効果は1.04であり、市町および漁業関係者がヒラメの放流種苗に支払った金額（種苗代金）より回収された放流魚の市場での金額がわずかに上回ると推定された。放流魚の水揚げ金額が種苗代金を上回ったことは一定の評価に値する。ただし、今回は体色異常魚と体色正常魚で価格に差がないと仮定しているが、一般的に体色異常魚は市場で安く取引されることがある（独立行政法人水産総合研究センター 2004）。今回の調査時にも、重度の体色異常魚が体色正常魚に比べ安値で取引されていたこともあった。富山県において、体色異常の程度は、年々軽微になってきており、重度の体色異常魚は少なくなっているが、まだ、放流魚の単価を過大評価している可能性がある。また、年や季節によるヒラメ1尾あたりの単価に差はないものと仮定したが、時期や漁獲量などによりヒラメの単価は変動している（富山県 2011）ため、当然誤差もあると考えられる。今後、経済効率の算出精度を高めるためには、時期や市場ごとに単価を設定することも必要であろう。

本研究では放流経費として種苗代金を用いた。しかし、放流効果を費用対効果として考える場合、種苗代金ではなく、人件費や施設償却費などを含んだ種苗生産経費で評価することが多く、岩本ら（1998）、厚地・増田（2004）、山崎ら（2007）などの報告についても同様の方法で放流効果が推定されている。さらに、藤浪（2010）は、より精度の高い放流効果の推定を目的とし、費用対効果を算出している。その中で、種苗生産のコストとして、人件費や施設償却費などの種苗生産に係るコスト計算を詳しく解説しており、それに対する放流効果（利益）の推定方法にも、放流魚が流通することによる波及効果や遊漁による経済効果、再生産効果などによる概念を取り入れている。再生産については、一色・片山（2008）が神奈川県沿岸域においてヒラメの種苗放流効果を推定した際にも産卵期に成熟した親魚を確認していることから、その効果を見逃すことができないとしている。また、藤井（2007）は2006年の日本海中部海域におけるヒラメの資源量547トンのうち、放流魚が64トンを占め、2001年以降に放流されたヒラメが再生産に貢献したことによる資源量の増加を43トンと推定している。よって、今後は種苗生産に要した経費を算出し、それに対する放流効果（利益）を再生産効果も含めたかたちで評価することを目指していくべきであろう。

放流効果の推定においては、仮に人件費や施設償却費などを含んだ種苗生産経費を算出した場合、現在の回収金額は種苗生産経費を大きく下回ることが容易に予想される。回収金額が低い大きな要因としては、回収率が低いことのほか、富山県におけるヒラメの価格が、近年低迷していることが大きな要因と考えられる。1979年から2007年の農林水産統計における単価（生産額/漁獲量）をFig.7に示した。2000年以降の単価は、最も高かった1990年の4,725円/kgの半分にも満たず、極めて低い水準である。このような厳しい現状では、種苗生産におけるコストの低下や漁獲金額の増加を狙った戦略を検討することが重要と考えられる。

回収率の推定精度 本研究では県内にある市場を東部、中部および西部の3エリアに分け、各エリアから調査対象市場を選定した。このような調査設計により、市場での標本調査結果を漁獲物

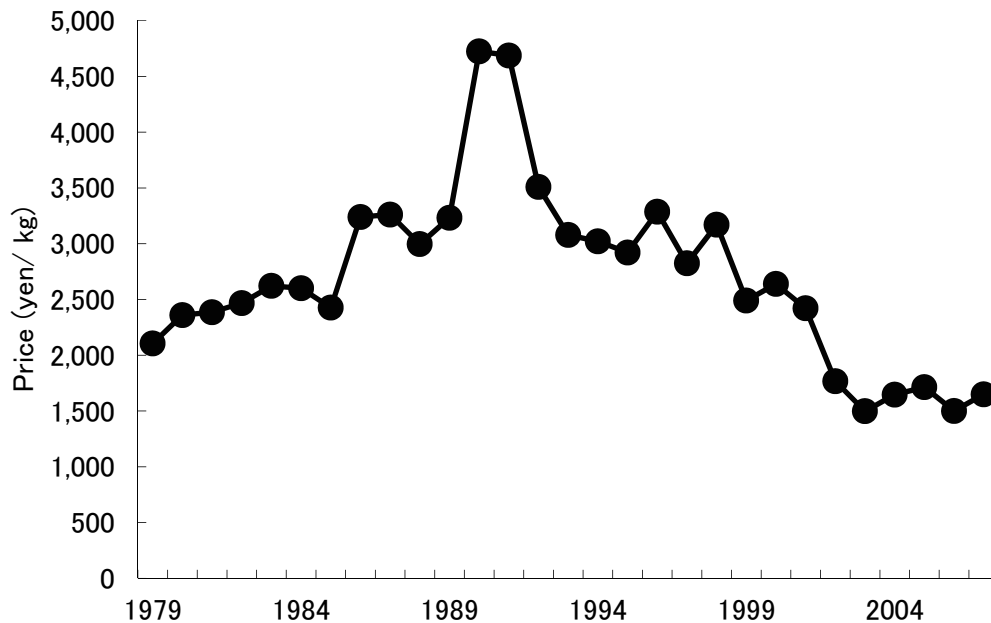


Fig. 7 Trend in unit price (yen/weight (kg)) of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in Toyama Prefecture, data from the Statistical Yearbook of Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

富山県におけるヒラメの単価 (円/kg) の推移
データは農林水産統計年報による。

全体に引き伸ばす際の誤差を小さくできたと考えられる。さらに、漁業種類により漁獲サイズが異なるものについても分けて集計した。それらにより、富山県全体で漁獲される回収尾数の推定誤差を小さくすることができた。富山県において、県下全域で放流されたヒラメの回収尾数や回収金額を放流年ごとに推定した例はこれが初めてであり、今後富山県におけるヒラメの放流事業を考える上でとても有用な知見となる。

本研究ではいくつかの仮定を置いて推定しており、放流効果推定の精度を高める余地が残されている。まず、水揚げされた体色異常のある魚はすべて放流したものとして扱ったが、他海域においては、天然魚でも無眼側に体色異常を呈する個体の存在が報告または示唆されている（浜中 1988, 福島県 1991, 茨城県 1991, 静岡県 1991, 千葉県 1991, 藤井 2005, 富山ら 2008）。福島県における1986年の調査では、全体の0.26%が（福島県 1991）、2006年に調査した際には天然魚の1.2%に無眼側の体色異常がみられた（富山ら2008）。このことに関しては、天然魚にみられる無眼側の体色異常は軽微なものが多いと考えられること（福島県 1991, 茨城県 1991, 千葉県 1991, 藤井 2005）、並びに本研究では尾鰭および尾柄部の軽微な着色や傷跡のような着色は、体色異常とみなさなかったことから、回収尾数が大きくは異ならないと考える。しかし、軽微な体色異常に関しては、市場調査員による判定の違いなども考えられることから、今後、回収率の精度を向上させるためには、放流魚とみなす無眼側の体色異常の判定基準を明確にすることが必要と考えられる。

本研究では、無眼側に体色異常のあるヒラメは、県内で放流された魚であると仮定した。この点について、藤井（2005）はミトコンドリアDNAによる放流魚の遺伝子タイプの違いから、放流

されたヒラメが自県でどれくらい漁獲されているか日本海で調査した結果、全体的にみれば放流ヒラメの80%以上は自県で放流されたものと考えながらも、1歳の晩秋から冬にかけて移動が活発になると推察している。このことから、今後は放流効果を考える場合には、他県との移動を考慮するか、または、より大きな海域の単位で放流と回収の関係を考えていくことも必要であろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、市場調査にご協力いただいた公益社団法人富山県農林水産公社の磯野文英氏、西淵光哉氏、尾山裕幸氏および潟沼伸夫氏に厚くお礼申し上げます。また、市場調査にご理解とご協力をいただいた黒部市場、魚津市場、滑川市場および氷見市場の各漁業協同組合の職員および組合員の方々に感謝の意を表す。さらに、本調査を行うにあたり富山県農林水産総合技術センター水産研究所を退職された林清志博士、宮崎統五博士、富山県農林水産総合技術センター食品研究所の大津順博士、当水産研究所の武野泰之氏および公益社団法人富山県農林水産公社の倉本剛氏には有益な助言をいただき深く感謝申し上げます。論文のとりまとめにあたり、広島大学富山毅准教授には、有益なご助言を頂いた。また、富山県農林水産部水産漁港課の前田経雄博士および公益社団法人富山県農林水産公社の南條暢聡博士から貴重なご意見を頂いた。ここに心を込めて感謝の意を表す。

文 献

- 厚地 伸・増田育司 2004. 鹿児島湾におけるヒラメ人工種苗の放流効果. 日本水産学会誌, 70: 910-921.
- 千葉県 1991. 昭和60年～平成元年度放流技術開発事業総括報告書. 太平洋ブロックヒラメ班. 千葉県 第5章体色異常出現状況: 千葉15-16.
- 土井捷三郎 1974. 漁業資源生態調査. 日本海栽培漁業魚類放流技術開発調査結果報告書: 2-15.
- 独立行政法人水産総合研究センター 2004. ヒラメ種苗生産期間における黒化個体の出現状況および魚価等の調査. 栽培漁業技術シリーズ10「ヒラメの無眼側体色異常個体の出現要因と防除技術」: 135-137.
- 独立行政法人水産総合研究センター 2005. 放流効果解析プログラムVersion1.0.
- 藤井徹生 2005. 日本海における放流ヒラメの移動～DNA標識を用いた調査でわかったこと～. 日本海区水産研究所連絡ニュースNo.408: 1-4.
- 藤井徹生 2007. ヒラメの「見えない放流効果」に迫る. 養殖44(13): 81-83.
- 藤浪祐一郎 2010. 栽培漁業の費用対効果分析の現状と新たな評価方法の提案. 平成22年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集 栽培漁業の事業効果評価. 総論2: 1-10.
- 藤田大介 1999. 富山県におけるヒラメ漁獲量の推移と最近の傾向. 富山県水産試験場研究報告, 11: 31-45.
- 福島県 1991. 昭和60年～平成元年度放流技術開発事業総括報告書. 太平洋ブロックヒラメ班. 福島県 第5章体色異常出現状況: 福島14-15.

- 古田晋平・渡部俊明・山田英明・宮永貴幸 1997. 鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人工種苗の摂餌状態と餌料条件. 日本水産学会誌, **63**: 886-891.
- 五利江重昭 2001. MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖, **49**: 519-527.
- 浜中雄一 1988. 鱗形状による裏面黒化ヒラメの人工・天然魚の識別について (予報). 京都海洋センター研究報告, **11**: 71-72.
- 原田輝雄 1980. ヒラメ養殖の現状と問題点. 養殖17(4): 48-53.
- 広田祐一 1990. 新潟五十嵐浜におけるアミ類の季節変動とヒラメ稚魚に捕食されるサイズ. 日本海ブロック試験研究集録19: 73-88.
- 堀田和夫・藤田大介 1999. 富山湾東部で放流されたヒラメの再捕と移動. 富山県水産試験場研究報告, **11**: 47-59.
- 茨城県 1991. 昭和60年～平成元年度放流技術開発事業総括報告書. 太平洋ブロックヒラメ班. 茨城県 第5章体色異常出現状況: 茨城23-25.
- 一色竜也・片山知史 2008. 神奈川県沿岸域におけるヒラメ種苗放流効果の推定. 神奈川県水産技術センター研究報告, **3**: 49-57.
- 岩本昭雄・大河内裕之・津崎龍雄・福永辰広・北田修一 1998. 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. 日本水産学会誌, **64**: 830-840.
- 北田修一・岸野洋久・多賀保志 1993. 2段抽出の市場調査による種苗放流効果の推定. 日本水産学会誌, **59**: 67-73.
- 小谷口正樹 1988. 標識放流ヒラメの再捕結果について. 日本海ブロック試験研究集録13: 91-95.
- 倉本 剛 1995. ヒラメ放流魚はどの程度漁獲されているのか～市場調査結果からみた推定～. pp. 10-16, 平成6年度富山県水産試験場研究発表会要旨.
- 町 敬介 2011. ヒラメ放流適地調査. 平成22年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報: 56-64.
- 南 卓志 1997. 1. 生活史特性. pp. 9-24, 「ヒラメの生物学と資源培養」(南 卓志・田中 克編). 恒星社厚生閣, 東京.
- 宮腰靖之 2008. 第3章 種苗放流効果と資源増殖—北海道のサクラマスを事例として—. pp. 48-65, 水産資源の増殖と保全 (北田修一・帰山雅秀・浜崎活幸・谷口順彦編). 成山堂書店, 東京.
- 宍道弘敏・北田修一 2007. 鹿児島湾におけるマダイの種苗放流効果. 日本水産学会誌, **73**: 270-277.
- 静岡県 1991. 昭和60年～平成元年度放流技術開発事業総括報告書. 太平洋ブロックヒラメ班. 静岡県 第5章体色異常出現状況: 静岡18-19.
- 社団法人全国豊かな海づくり推進協会 2011. 栽培漁業資源回復等対策事業 (平成18～22年度) 総括報告書. pp. 99-126.
- 富山 毅・水野拓治・渡邊晶人・藤田恒雄・川田暁 2008. ヒラメ天然魚における無眼側体色異常のパターンと出現頻度. 日本水産学会誌, **74**: 171-176.
- Tomiyama T., M. Watanabe and T. Fujita 2008. Community-Based Stock Enhancement and Fisheries Management of the Japanese Flounder in Fukushima, Japan.

Reviews in Fisheries Science, **16** : 146-153.

富山県 2011. ヒラメ. 平成22年度資源管理関係事業報告書. pp.4-6.

富山県漁業協同組合連合会 2003. 複合型資源管理型漁業促進対策事業資源管理計画魚種ヒラメ.
p.2

浦邊清治・横越 淳・鴨野裕紀・増田育司 2007. 耳石横断薄層切片を用いて解析した富山湾産
ヒラメの年齢と成長. 富山県水産試験場研究報告, **18** : 1-11.

山崎英樹・竹森弘征・岩本明雄・奥村重信・藤本宏・山本義久・小畑泰弘・草加耕司・北田修一
2007. 瀬戸内海東部海域におけるサワラの種苗放流効果. 日本水産学会誌, **73** : 270-277.

和田時夫 2004. 体長-体重関係. 水産海洋ハンドブック. p.140