

岩手県沿岸における放流ヒラメ種苗の被食

| | |
|-------|---------------------------|
| 誌名 | 水産増殖 = The aquiculture |
| ISSN | 03714217 |
| 著者 | 山下, 洋 山本, 和稔 長洞, 幸夫 |
| 巻/号 | 41巻4号 |
| 掲載ページ | p. 497-505 |
| 発行年月 | 1993年12月 |

岩手県沿岸における放流ヒラメ種苗の被食

山下 洋¹⁾・山本和稔²⁾・長洞幸夫³⁾・五十嵐和昭³⁾・
石川 豊³⁾・佐久間修²⁾・山田秀秋¹⁾・中本宣典³⁾
(¹⁾東北区水産研究所, ²⁾岩手県庁, ³⁾岩手県南部栽培漁業センター)

Predation by Fishes on Hatchery-raised Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus*,
Fry in the Coastal Waters of Iwate Prefecture, Northeastern Japan

Yoh YAMASHITA, Kazutoshi YAMAMOTO, Sachio NAGAHORA, Kazuaki IGARASHI,
Yutaka ISHIKAWA, Osamu SAKUMA, Hideaki YAMADA, and Yoshinori NAKAMOTO

Abstract

A total of 1138 specimens of 27 potential predatory fish species of hatchery-raised Japanese flounder fry were caught around the nursery ground until 37 days after the release of flounder fry. Flounder fry were found in stomachs of 5 species, larger Japanese flounder, greenling, *Hexagrammos otakii*, skate, *Raja porosa*, rock fish, *Sebastes schlegeli*, and barfin flounder, *Verasper moseri*. The former two species were confirmed as the most significant predator of the released flounder fry. Predation rates of predatory fishes on the fry were high, 12 to 30 % during about 1 week after release, fluctuated from 0 to 13 % in the second week and predation was found until the 28th day after release. Total length ratio of predator/prey was 3.2-5.1 for cannibalism and 2.8-7.8 for the greenling. Considering the predator-prey size relationship and size distribution of predatory fishes in the field, the best release size were estimated about 10 cm TL for effective avoidance of predation.

ヒラメ, *Paralichthys olivaceus* はわが国における作り育てる漁業の基幹魚種として北海道から鹿児島県まで各地の沿岸で放流が行われており, 放流尾数は1990年には1,300万尾を越えた。しかし, このような大量の種苗放流にもかかわらず, ヒラメの漁獲量は必ずしも増大しておらず, 放流後の生き残りや生態に高い関心が寄せられている。

天然における仔稚魚の減耗要因としては, 飢餓と被食が考えられる。近年, 仔魚期においても飢餓が直接

の減耗要因となるのは摂餌開始期に限られており, 減耗には被食がより重要であるという見方が有力である^{1,2)}。一般に, ヒラメ種苗の放流サイズは3 cmから10 cm程度であり, 仔魚期と比較すると高い飢餓耐性を有することから, 種苗放流についても, 被食が主要な減耗要因となることが考えられる。そこで, 岩手県沿岸においてヒラメ種苗放流後の種苗の被食の実態を調査するとともに, 飼育による捕食実験を行い, 主要な捕食者のヒラメ種苗に対する捕食能力を補足的に調

受領日: 1993(H5)年6月21日

索引語: ヒラメ/アイナメ/被食

連絡先: 〒985 宮城県塩釜市新浜町3-27-5 東北区水産研究所 山下 洋

Address: Y. YAMASHITA, Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhama, Shiogama, Miyagi 985, Japan

べた。

材料および方法

1981年から1983年および1990年、1991年に、岩手県南部栽培漁業センターにおいて卵から飼育したヒラメ種苗を、同センター前の門の浜湾および同湾の南側に隣接する大野湾に放流した (Fig. 1)。放流したヒラメ種苗の個体数は、門の浜湾では1981年10月16日に平均全長8.7 cmの種苗42,000個体、1982年10月27日に平均全長10.2 cmの種苗34,000個体、1983年9月6日に平均全長10.1 cm、41,000個体、大野湾では、1983年8月4日に平均全長3.2 cmの種苗100,000個体、9月6日に10.1 cmの種苗80,000個体、1990年9月6日に平均全長9.9 cm、36,000個体、1991年8月30日に平均全長9.6 cm、73,000個体である。これらのうち、1982年には1,997個体に白色15 mmアンカーディスクを、1983年には20,601個体に黄、赤、緑、水色のアンカーディスクを装着した。

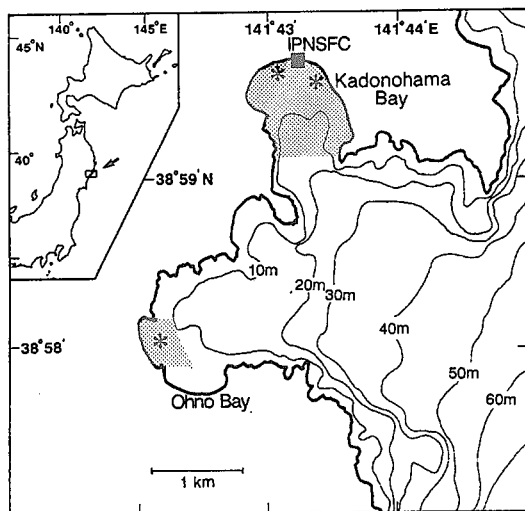


Fig. 1. Location of the study area in Kadonohama Bay and Ohno Bay. Asterisks and shaded parts show release points of flounder fry and sampling area of piscivorous fishes, respectively. IPNSFC indicates Iwate Prefectural Nanbu Sea-Farming Center.

放流後1週間から1か月にわたり刺網、磯建網、ソリネット、水中もりなどにより捕食の可能性のある魚類の採集を行った。採集直後あるいは10%ホルマリン固定後に採集した魚類の胃を解剖し内容物を調べ

た。採集魚の全長、体重、胃内容物重量を測定し、ヒラメと確認できる胃内容物については可能な限りその全長を測定した。ただし、1983年の胃内容物標本については事故のため重量、全長ともに測定できなかった。

放流ヒラメ種苗の主要な捕食者と考えられるアイナメ、*Hexagrammos otakii* と大型のヒラメを用いて、捕食者と被食者のサイズの関係を推定するための飼育実験を行った。ヒラメの飼育実験では、全長23.5 cmから31.3 cmのヒラメ4個体を1個体ずつ1 tのバンライト水槽に収容し、各水槽に全長6.5~15.7 cmのあらかじめ全長を測定したヒラメ種苗を10個体ずつ入れて10日後に生き残っているヒラメ種苗の全長を測定した。ヒラメ種苗には飢餓状態にならない程度に人工餌料 (ペレット) を与えた。

アイナメについては、全長約35 cm (34.6, 35.2, 35.8 cm) のアイナメ3個体を入れた1 t水槽に、全長5.2~13.9 cmのヒラメ種苗155個体を入れて48時間後に生き残った全種苗の全長を測定した。また、全長28.8 cmから35.5 cmのアイナメ20個体に早朝 (4時30分~7時30分) 3時間ヒラメ種苗を捕食させ、6時00分を起点として3, 5, 12時間後にアイナメの胃内容物量を測定し、消化速度を推定した。このさい、消化が進んだ胃内容物についてはいくつかの部位長から全長を推定し捕食時のヒラメ種苗の湿重量に換算した。

ホルマリン固定後のヒラメ種苗の全長-体重関係 (全長3~15 cm: N=54) と、消化速度推定に用いたモデルは以下のとおりである。

$$W = 0.00567 \cdot TL^{3.132}$$

W: 体重 (g), TL: 全長 (cm)

$$S_t = S_0 \cdot e^{-at}$$

S₀: 捕食時の胃内容物重量, S_t: t時間後の胃内容物重量, a: 瞬間減少率

アイナメおよびヒラメによる捕食実験期間中の飼育水温は20.7℃から21.5℃であった。

結 果

天然における捕食 5年間の調査で27種1,138個体の魚類の胃内容物を調べた。このうち、ヒラメ幼稚魚を捕食していたのはコモンカスベ、*Raja porosa*、クロソイ、*Sebastes schlegeli*、アイナメ、ヒラメ、マツカワ、*Verasper moseri* の5種であった (Table 1)。このほかヒラメを捕食する可能性がある魚種としては、エゾイソアイナメ、*Physiculus maximowiczii*、クジメ、

Table 1. Piscivorous fishes that preyed on flounder fry and incidence of predation in Kadonohama Bay and Ohno Bay. Number of O-year old flounder is in a parenthesis

| Date | Species of predator | No. of stomachs examined | No. of stomachs with flounder | Incidence of predation (%) | Total No. of flounder in stomachs | Mean No. of flounder in a stomach | |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|
| '81.10/17 -11/ 5 | <i>Hexagrammos otakii</i> | 72 | 9 | 12.5 | 31 | 3.4 | |
| | <i>Paralichthys olivaceus</i> | 2 | 1 | 50 | 4 | 4 | |
| | <i>Raja porosa</i> | 2 | 1 | 50 | 5 | 5 | |
| | <i>Sebastes schlegeli</i> | 5 | 1 | 20 | 3 | 3 | |
| | <i>Verasper moseri</i> | 1 | 1 | 100 | 5 | 5 | |
| | '82.10/28 -11/24 | <i>Hexagrammos otakii</i> | 82 | 2 | 2.4 | 3 | 1.5 |
| | <i>Paralichthys olivaceus</i> | 18 (24) | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Raja porosa</i> | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Sebastes schlegeli</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | '83. 8/ 5 -9/13 | <i>Hexagrammos otakii</i> | 24 | 1 | 4.2 | 1 | 1 |
| | <i>Paralichthys olivaceus</i> | 81 (31) | 16 | 19.8 | 29 | 1.8 | |
| | <i>Raja porosa</i> | 28 | 2 | 7.1 | 2 | 1 | |
| | <i>Sebastes schlegeli</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | <i>Verasper moseri</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | '90. 9/ 6 -10/ 4 | <i>Hexagrammos otakii</i> | 11 | 3 | 27.3 | 4 | 1.3 |
| | <i>Paralichthys olivaceus</i> | 18 (249) | 1 | 5.6 | 1 | 1 | |
| | <i>Sebastes schlegeli</i> | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | '91. 8/30 -11/ 6 | <i>Hexagrammos otakii</i> | 35 | 2 | 5.7 | 3 | 1.5 |
| | <i>Paralichthys olivaceus</i> | 22 (88) | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Hexagrammos agrammus, コチ, *Platycephalus indicus*, ケムシカジカ, *Hemitripterus villosus* などが考えられるが、本調査では数個体ずつ調べたもののヒラメは確認されなかった。また、被食ヒラメの多くは放流種苗であったが一部天然ヒラメも確認された。着底期前後の全長 20 mm 以下のヒラメの被食は本研究では確認されなかったが、これは着底期である 7・8 月にあまり調査が行われなかったこと、および小さいヒラメは短時間で消化されることなどが原因と考えられる。

アイナメは合計 224 個体中 17 個体 (7.6%) がヒラメ幼魚を捕食していたが、捕食個体の割合 (以下捕食率) は年度によりばらついた。1 個体当たりの被食ヒラメ個体数は 1~8 個体、平均 2.5 個体であった。1982 年と 83 年には一部のヒラメにアンカーディスクを装着して放流したが、82 年にはヒラメを捕食していた個体とは別のアイナメ 4 個体の胃内から 3~34 個、合計 69 個、83 年にはヒラメを捕食していた 1 個体と捕食していなかった 2 個体から合計 21 個のアン

カーディスクが発見された。

ヒラメは533個体中18個体(3.4%)がヒラメ幼魚を捕食していた。しかし、このうち392個体は全長15 cm以下の当才魚であり、当才魚による捕食は1例も認められなかった。1才魚以上の141個体でみると12.8%が幼魚を捕食していたことになる。また、捕食ヒラメのほとんどは1才魚と推定された。1個体当たりのヒラメ幼魚捕食数は1~4個体、平均1.7個体であった。83年には幼魚を捕食していたヒラメ6個体、捕食していなかったヒラメ3個体の胃から合計14個のアンカーディスクが見つかった。

このほか、コモンカスベは37個体中3個体が合計7個体、クロソイは11個体中1個体が3個体、マツカワは3個体中1個体が5個体のヒラメを捕食していた。

調査を行った門の浜湾と大野湾の放流場周辺では、ヒラメ幼魚の捕食者としてアイナメと大型ヒラメが卓越して多いことから、岩手県沿岸域では両種が最も重要な捕食者であることが推測された。

捕食者と被食ヒラメの全長関係 ヒラメを捕食していたアイナメの全長範囲は17.1 cmから37.5 cm、被食ヒラメの全長範囲は4.0から10.3 cm、両者の全長比は2.8から7.8であった。被食ヒラメのサイズはアイ

ナメが大型化するにつれて大きくなったが、特に被食個体の上限サイズでその傾向が明瞭であった (Fig. 2)。Fig. 2において上限に位置する*印を付した9個体の1次回帰直線は次のとおりであった。

$$TL_f = 0.208 TL_g - 2.067$$

TL_f : 被食ヒラメの全長 (cm)

TL_g : アイナメの全長 (cm)

飼育実験では、供試した155個体のヒラメ種苗のうち80個体が、全長約35 cmのアイナメ3個体により2日間で捕食された。捕食された最小個体は供試ヒラメの最小個体と同一で全長5.2 cmであり、最大個体は11.7 cmであった。ヒラメのサイズ別に供試個体中の捕食された割合をみると (Fig. 3)、全長5 cm台、6 cm台では約70%が捕食されサイズが大きくなるにつれて捕食の割合は減少するが、全長10 cmまでは8 cm台後半を除いて50%以上が捕食された。さらに、10 cm台では40%、11 cm台では20%が捕食されたが12 cm以上の個体は捕食されなかった。天然での捕食者一被食者間のサイズ関係と比較すると、やや大きい個体まで捕食されているが (Fig. 2)、これは1 t水槽という狭い空間に閉じこめられたことが原因と考えられる。

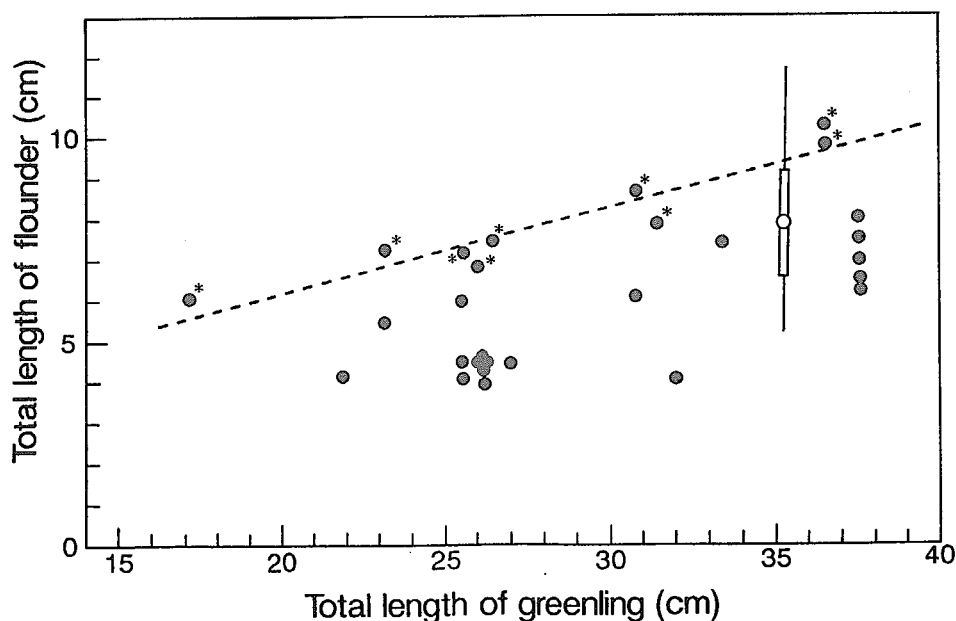


Fig. 2. The relationship between TL of the predatory greenling and the flounder prey. Closed circles indicate data from field-collected sample. The open circle, vertical lines and bars show mean TL of flounder predated in a laboratory study, its range and 1 standard deviation, respectively. A dotted line provides the linear regression of data with asterisks, and it shows the relationship between TL of the predator and the maximum TL of prey.

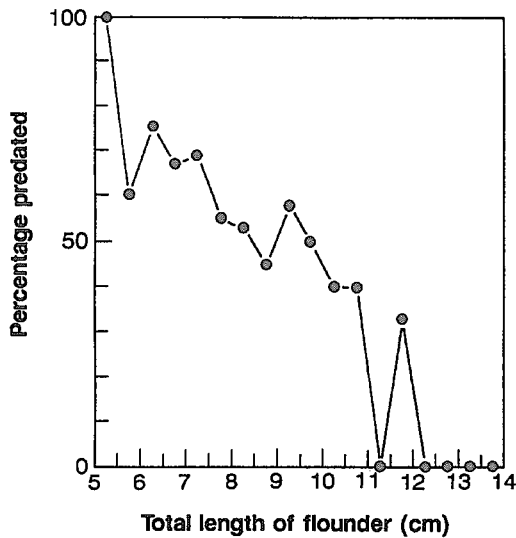
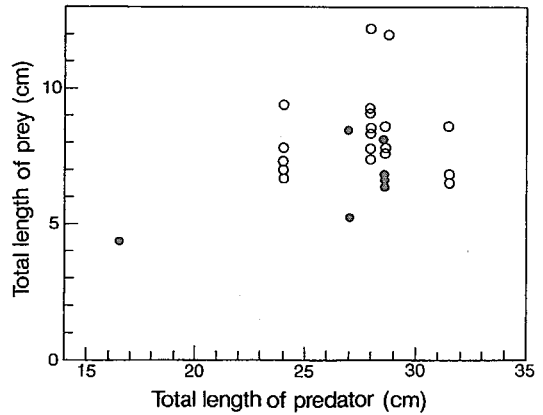


Fig. 3. Percentage of flounder fry predated by greenling of approximately 35 cm TL in a 1-ton container for two days. Total number of predated flounder was 80 out of 155 given.

天然におけるヒラメ間の捕食者-被食者全長関係については、1983年の胃内容物データがないために詳細は不明である。それ以外の年度では、1981年に全長28.6 cmが全長6.4から8.1 cmのヒラメ4個体、1990年に全長27.0 cmが5.1 cmと8.5 cmのヒラメ2個体を捕食した2例がある。このほか門の浜湾の北20 kmに位置する吉浜湾で1990年に16.5 cmのヒラメが4.4 cmのヒラメを捕食しているのを確認した。これら3例の捕食者-被食者間の全長比は3.2から5.1でありFig. 2のアイナメにおける全長関係とほぼ一致していた。

飼育によるヒラメ間の捕食実験では、捕食者-被食者の全長比は2.4から4.8であった。全長28.0 cmと28.6 cmの2個体の1オヒラメに全長12 cm台のヒラメが捕食されたが、収容されていた10 cm前後のヒラメは捕食されていないことから、水槽内の限られた空間で偶発的に捕食されたものと考えられる。これらを除くと、捕食者-被食者のサイズ関係は天然の例に近いものとなった (Fig. 4)。

放流後の経過日数と捕食強度との関係 5年間の調査結果をまとめて、ヒラメ種苗放流後の捕食魚5種 (ヒラメは1才魚以上) による捕食率の変化をFig. 5に示した。捕食率は放流翌日から3日間は12%前後であったが、4日目に30%5日目に28.6%と上昇し6日目は17.9%と比較的高かった。しかし、7日目に



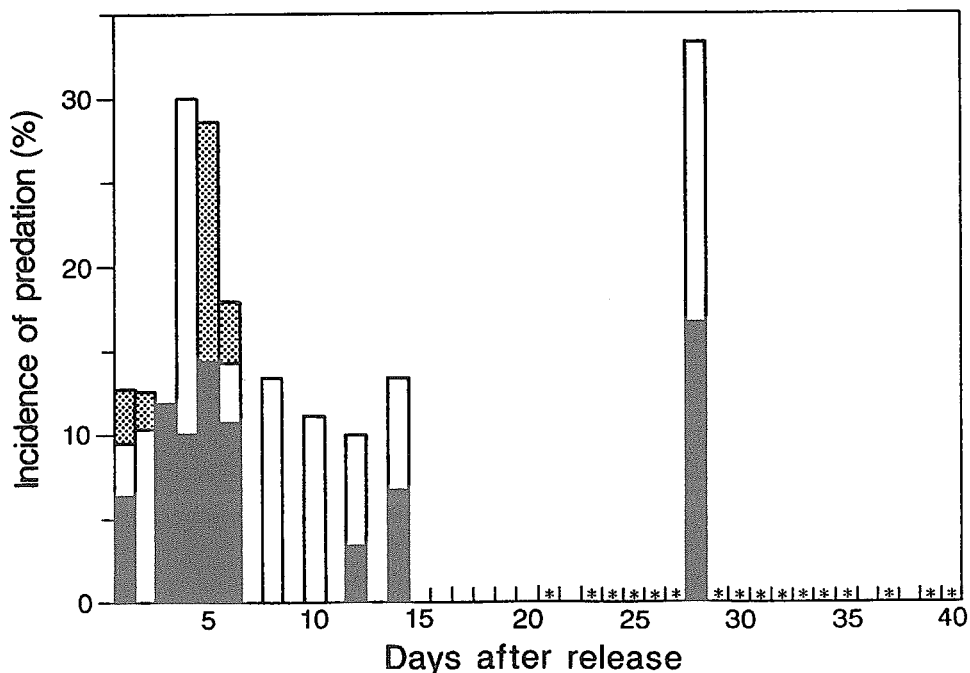


Fig. 5. Change of predation incidence (number percentage of predatory fishes having flounder prey in their stomachs/total fish examined) after the release of hatchery-raised flounder fry. Black, white and shaded area show greenling, flounder and other predatory fishes, respectively. Asterisks indicate no data.

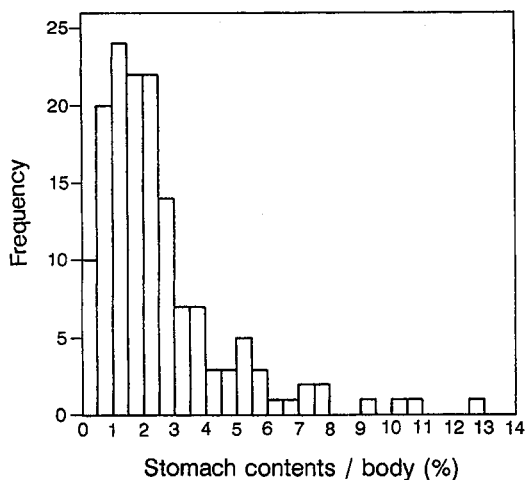


Fig. 6. Frequency distribution of the feeding rate (stomach contents weight/body weight as a percentage) in greenling larger than 15 cm TL.

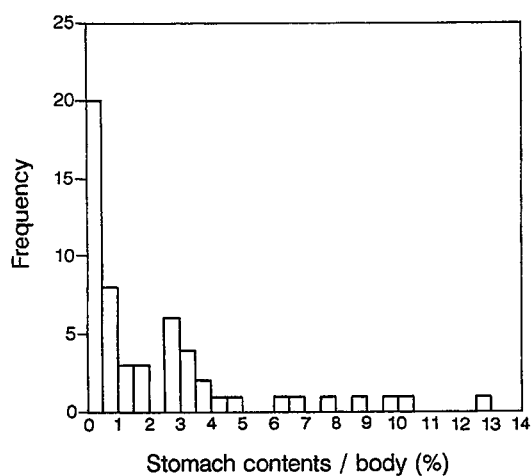


Fig. 7. Frequency distribution of the feeding rate (stomach contents weight/body weight as a percentage) in flounder larger than 15 cm TL.

メの脊椎骨の一部などが確認された。このことから水温 21℃では、アイナメに捕食されたヒラメ幼魚が完全に消化されるには 12 時間以上必要と考えられた。 $a = 0.143$ を用いて消化の指数モデルから胃内容物の

90%が消化される時間を計算すると 16.1 時間となった。指数モデルでは消化が進み胃内容物が少量になると、消化時間を過大に評価する方向に誤差が大きくなる。このことから、実質的な消化時間は 12 時間程度

と推定された。

ヒラメについては標本数が不十分なため、種苗の放流前調査において採集された個体も含め全長 15 cm 以上の 55 個体について、全長と胃内容物の関係を調べた。胃内容物重量指数は 0 から 12.9 % の範囲にあり、アイナメと同様にサイズの増大に伴って減少する傾向がみられ一次回帰係数は -0.012 であったが、相関係数に有意性は認められなかった。胃内容物重量指数の平均値は 2.31 % であった。ヒラメはアイナメに比較すると重量指数 0.5 % 以下の空胃および空胃に近い個体の割合が高いことが特徴的であるが、その他はアイナメと比較的類似していた (Fig. 7)。ヒラメについても満腹時の胃内容物重量指数は 10 % 前後と考えられた。

考 察

岩手県沿岸ではアイナメ、ヒラメ、コモンカスベ、クロソイ、マツカワの 5 種が放流ヒラメ種苗の捕食者であることを確認し、とくに、アイナメとヒラメが最も重要な捕食者であることが明らかになった。ヒラメ幼稚仔魚の捕食者としては、これまでに本報も含めると 30 種以上が報告されている³⁾。ヒラメの放流技術開発事業の一環として放流種苗の捕食者調査が断片的ではあるが日本各地で行われており、最も重要な捕食者としてヒラメの未成魚、成魚が北海道から九州までの広い範囲で報告されている⁴⁻¹⁸⁾。このほか、1986 年以降毎年種苗放流後の捕食者調査を行っている鳥取県では、ヒラメとともにコチが重要であり、捕食率、1 個体当たりのヒラメ捕食数ともに大きいことが報告されている^{9-11, 14, 16, 18)}。いっぽう、全長 3 cm 未満の着底直後のヒラメの捕食者としては、ウグイ、*Tribolodon hakonensis*、クロダイ、*Acanthopagrus schlegelii*、アナハゼ、*Pseudoblennius percoides*、アサヒアナハゼ、*Pseudoblennius cottoides*、ホウボウ、*Chelidonichthys spinosus* などが重要であり^{3, 4, 7)}、サイズから判断して被食ヒラメのほとんどは天然と考えられた。

捕食者と被食者のサイズの関係はアイナメおよびヒラメで類似することが示唆され、天然ではヒラメ種苗が両種により捕食される可能性は全長比が約 3 倍を越えると増大することが明らかになった。ヒラメの共食に関する飼育実験では、最小の全長比 1.5~1.7 倍で捕食された例が確認されている^{19), *1)}。本調査で採

集された全長 15 cm 以上のアイナメのうち 90.5 % は全長 35 cm 以下であり、全長 35 cm のアイナメが天然で捕食可能なヒラメのサイズは前述の式から 9.3 cm となった。放流場周辺における 1 才以上のヒラメについても同様なことが推測される。これらのことから放流ヒラメの被食をできるだけ防ぐためには、全長 10 cm 前後で放流するのが最も効率的と考えられた。

放流直後の混乱した状態では放流種苗間の共食いが起きやすいことが指摘されている²⁰⁾。ヒラメ種苗は野外では体長差が 3 倍程度ないと捕食され難いが、放流直後の混乱時には 2 倍程度でも捕食が可能なが考えられるので、放流種苗の体長差は 2 倍以内が望ましいであろう。

マダイでは、不慣れた天然環境に急激に移されたために生じる放流直後のパニック時に種苗が大量に捕食されることが報告されている²¹⁾。また、ヒラメやマダイの放流種苗は行動特性や運動能力のちがいのために捕食者に対する逃避能力において天然魚に劣ることが知られている²²⁻²⁴⁾。このため、放流直後に捕食による減耗が大きいことが推測され、鳥取県のヒラメ種苗の捕食者調査でも放流後の数日間を越えると種苗の被食は確認されていない^{9, 11, 14, 16, 18)}。しかし、本調査では放流後 1 週間程度放流ヒラメの捕食率の高い期間が続き、その後もヒラメ種苗の分散により捕食率は下がるものの捕食は継続して行われていることが示唆された。放流時の潜水観察では、放流されたヒラメ種苗は速やかに海底へ移動し、パニック的な行動はほとんどみられなかった。ただし、放流後数日間は潜砂しない個体が多く、これが放流後 1 週間捕食率がとくに高かった原因のひとつと考えられる。また、岩手県の沿岸では砂浜海岸の規模が小さく、しかも岩礁に囲まれた地形となっており、放流ヒラメの分散が遅く比較的高密度な状態が長く続く傾向にある^{*2)}。そのため捕食調査において長期間被食事例がやすいが、ほかの海域においてもヒラメ種苗の分散後に調査域外で捕食が行われている可能性は否定できない。岩手県ではヒラメの種苗放流は 8 月下旬から 9 月に行われるが、この時期のアイナメは全長 35 cm 以下の小型の個体が多く、産卵期が近づく 11 月から 12 月にかけてより大型の個体がヒラメの成育場である浅海域に接岸してくる。このことから、アイナメによる捕食はヒラメ当才魚が成育場を離れる冬季まで放流後数か月間にわたっ

*1 長洞幸夫：未発表。

*2 山下 洋：未発表。

て起こっているものと推測された。

アイナメでは平均胃内容物重量指数 2.5%，満腹時約 10%，消化時間約 12 時間（瞬間排出率 $a = 0.143$ ）であることが明らかになった。また、アイナメの摂餌活動は基本的には昼型と推測されることから Hunter and Leong²⁵⁾の以下のモデルにおいて $t = 13$ ， $S_t = 2.5$ と仮定すると、

$$R = a \cdot S \cdot t + S_t$$

R：日間摂餌量，t：摂餌時間，

S_t ：摂餌時間終了時の胃内容物量

日間摂餌量は体重の 7.1% となった。また、ヒラメでは平均胃内容物重量指数 2.3%，満腹時の重量指数約 10% であり、水温 21.6℃ で 0 才と 1 才魚が魚類を捕食した場合の瞬間排出率は 0.164 が報告されている²⁶⁾。ヒラメの摂餌活動も基本的には昼型であることから^{26,27)}同様に計算すると、日間摂餌量は 7.2% となった。この数字は梨田ら²⁶⁾が推定した 3.2% から 4.6% と比較するとかなり大きい。これは日間摂餌量推定モデルが異なることや、胃内容物重量指数が 0% から 12.9% まで個体ごとにかなり変動したことから日間摂餌量も餌生物環境などにより大きく変動すると考えられることなどが原因と推測された。本研究結果を踏まえ今後放流ヒラメの被食量を定量的に推定するためには、放流場周辺の捕食者の分布量とサイズ組成が必要になる。しかし、捕食者の個体数の把握は非常に難しく現実的には被食量の定量的推定には未だに多くの問題が残されている。

近年、ヒラメの成育場を造成するために、浅海砂浜域に様々な構築物の設置が行われている。岩手県などのように放流場に岩礁域が隣接し、大型のアイナメが多数生息する環境では、成育礁はアイナメを誘引しないように陰をできるだけ作らない構造が望ましいと考えられる。

要 約

岩手県沿岸ではヒラメ種苗の捕食者としてアイナメ、ヒラメ、コモンカスベ、マツカワ、クロソイの 5 種が確認され、前 2 種が主要な捕食者であった。放流ヒラメに対する捕食率は放流後 1 週間が高く、2 週間後までは捕食が断続的に確認された。放流後 28 日目にも捕食が確認されており、種苗に対する捕食が放流後かなり長期にわたって行われていることが推測された。天然におけるアイナメと被食ヒラメの全長比は 2.8 から 7.8、大型ヒラメとの全長比は 3.2 から 5.1 であった。ヒラメ種苗放流場周辺における捕食者のサ

イズと捕食者：被食者の全長比から、捕食を防ぐためのヒラメ種苗の効率的な放流サイズは全長 10 cm 前後と考えられた。また、今後定量的な被食量推定を行うためのパラメータについて検討を加えた。

謝 辞

捕食魚の採集調査を行うに当たって協力して頂いた岩手県南部栽培漁業センターの井ノ口伸幸増殖科長はじめ開発部の方々に対して心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) Hewitt, R. P., G. H. Theilacker, and N. C. Lo (1985): Causes of mortality in young jack mackerel. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 26(1), 1-10.
- 2) Houde, E. D. (1987): Fish early life dynamics and recruitment variability. *Am. Fish. Soc. Symp.*, (2), 17-29.
- 3) 乃一哲久・草野 誠・植木大輔・千田哲資 (1993)：長崎県大瀬戸町柳浜においてヒラメ着底仔稚魚を捕食する魚類の食性。長崎大学水産学部研報，(73)，1-6.
- 4) 新潟県栽培漁業センター (1981)：昭和 55 年度放流技術開発事業報告書，ヒラメ班，pp.47-62.
- 5) 青森県水産増殖センター・青森県水産試験場 (1985)：昭和 55～59 年度放流技術開発事業総括報告書，ヒラメ班，pp.1-4.
- 6) 南 卓志 (1986)：日本産カレイ目魚類幼稚仔魚の被食事例。日水研報告，(36)，39-47.
- 7) 富山県栽培漁業センター・富山県水産試験場 (1986)：昭和 61 年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.117-137.
- 8) 静岡県栽培漁業センター・静岡県水産試験場 (1987)：昭和 61 年度放流技術開発事業報告書，太平洋ヒラメ班，pp.218-253.
- 9) 鳥取県水産試験場栽培漁業部 (1987)：昭和 61 年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.126-196.
- 10) 鳥取県水産試験場栽培漁業部 (1988)：昭和 62 年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.165-218.
- 11) 鳥取県水産試験場栽培漁業部 (1989)：昭和 63 年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.251-294.
- 12) 愛媛県栽培漁業センター・愛媛県水産試験場

- (1989)：昭和63年度放流技術開発事業報告書，ヒラメ班，瀬戸内・九州海域，pp.1-37.
- 13) 藤井徹生・首藤宏幸・畔田正格・田中 克(1989)：志々伎湾におけるヒラメ稚仔魚の着底過程. 日水試, 55(1), 17-23.
- 14) 鳥取県水産試験場栽培漁業部(1990)：平成元年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.183-235.
- 15) 北海道立中央水産試験場・北海道立函館水産試験場・北海道立栽培漁業総合センター(1990)：平成元年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.17-42.
- 16) 鳥取県水産試験場栽培漁業部(1991)：平成2年度放流技術開発事業報告書，日本海ブロックヒラメ班，pp.92-154.
- 17) 首藤宏幸・後藤常夫・池本麗子・富山 実・畔田正格(1992)：志々伎湾におけるヒラメ放流種苗の減耗過程. 西水研研報, (70), 29-37.
- 18) 古田晋平・西田輝巳・山田英明・宮永貴幸・渡辺敏明・平野誠師(1992)：鳥取県中西部砂浜域におけるヒラメ放流稚魚と天然稚魚の追跡調査結果に基づく放流技術的考察. 鳥取水試報告, (33), 61-82.
- 19) 茨城県栽培漁業センター・茨城県水産試験場(1987)：昭和61年度放流技術開発事業報告書，太平洋海域ヒラメ班，pp.98-163.
- 20) Tsukamoto, T., H. Kuwada, J. Hirokawa, M. Oya, S. Sekiya, H. Fujimoto, and K. Imaizumi (1989): Size-dependent mortality of red sea bream, *Pagrus major*, juveniles released with fluorescent otolith-tags in News Bay, Japan. *J. Fish. Biol.*, 35 (Suppl. A), 59-69.
- 21) 塚本勝巳(1991)：魚類の初期減耗過程とそのメカニズムに関する標識放流実験. 魚類の初期発育(日本水産学会監修)，恒星社厚生閣，東京，pp.105-118.
- 22) 中野 広(1993)：種苗の評価基準. 放流魚の健苗性と育成技術(日本水産学会監修)，恒星社厚生閣，東京，pp.9-18.
- 23) 津村誠一・山本義久(1993)：飼育方法と健苗性. 放流魚の健苗性と育成技術(日本水産学会監修)，恒星社厚生閣，東京，pp.84-93.
- 24) 古田晋平(1993)：放流技術と健苗性. 放流魚の健苗性と育成技術(日本水産学会監修)，恒星社厚生閣，東京，pp.94-101.
- 25) Hunter, J. R. and R. Leong (1981): The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull., U. S.*, 79(2), 215-230.
- 26) 梨田一也・富永 修・宮島英雄・伊藤光郎(1984)：新潟県北部沿岸域における底生魚類の群集構造Ⅰ. ヒラメ若令魚の日間摂餌量の推定. 日水研報告, (34), 1-17.
- 27) 興石裕一・中西 孝・赤嶺達郎・田中邦三・長沼典子(1982)：ヒラメ増殖上の諸問題に関する基礎的研究Ⅲ. ヒラメ0才魚の摂餌日周性. 日水研報告, (33), 67-80.