

新潟県北部沿岸域における底生魚類の群集構造

Ⅲ. 標識放流結果によるヒラメ若齢魚の漁獲死亡係数の推定

梨田一也¹⁾・加藤和範²⁾

Studies on Groundfish Communities in the Coastal Waters of Northern Niigata Prefecture

III. Estimation of Fishing Mortality Coefficient of Young Bastard Halibut, *Paralichthys olivaceus*, from Tagging Experiments

KAZUYA NASHIDA AND KAZUNORI KATO

Abstract

Recently several attempts have been made to estimate the fishing and natural mortality coefficients of bastard halibut from tag recoveries. The methods of GULLAND (1955) and TANAKA (1967) are often used, however sometimes deriving unreasonable estimates. The method depends on the assumption that a tagging experiment continued under the condition of a constant mortality coefficient over a long period, so that most tagged members died or were recaptured. These conditions would be satisfied in few cases. The present paper depends on the method used by KITAHARA *et al.* (1986). Using this method, the fishing mortality coefficient can be estimated from tag recoveries over a finite period. Tag recoveries data in 1984 and 1985 were applied to the method, and fishing mortality coefficients were estimated as 0.0037 day⁻¹ and 0.0015 day⁻¹, respectively.

Key words bastard halibut, tagging experiment, fishing mortality coefficient

I. はじめに

天然のヒラメを用いた標識放流は、主に系統群の分離や、移動・回遊の情報を得るために、これまで各地で数多く行われてきた(三上・田村 1966, 植野 1971, 富山県水試 1974, 渡部 1983)。しかし、天然魚を用いた放流では、大量放流が困難であること、底びき網等による漁獲物を利用する機会が多いため、放流直後に斃死する個体が多いなど、漁獲死亡係数等の資源

1987年10月13日受理, 日本海区水産研究所業績A第448号

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

2) 〒952-03 新潟県佐渡郡真野町豊田 新潟県栽培漁業センター

(Niigata Prefectural Fish Farming Center, Toyota, Mano-machi, Sado-gun, Niigata 952-03, Japan)

特性値を推定するのが困難である場合が多い。

一方、種苗生産技術の発達に伴い、人工種苗ヒラメの放流が各地で盛んに行われるようになり、資源生物学的知見が集積されつつある（内野・中西 1983, 野村 1985, 宇野 1986, 板野 1987）。しかし、人工種苗を用いた放流実験では放流サイズの関係から標識を装着することができなかつたり、標識を装着しても脱落等により長期間にわたって追跡するのが困難である。また、天然魚と人工種苗の行動生態の違いや、人工種苗には白化個体が多いため食害されやすいことによる減耗増も無視できない。

このように、天然魚や人工種苗を用いた標識放流調査には、それぞれ一長一短があるが、標識放流から得られる情報量は依然大きいといえよう。

新潟県沿岸域におけるヒラメの資源生態について植野（1974）、加藤ら（1987）は天然魚の標識放流結果に基づく移動・回遊を、また、加藤（1987）は着底期から沖合逸散期までの分布生態を、そして、梨田（1984）、梨田ら（1986）は、漁獲調査に基づき沖合域の分布生態について報告している。

筆者らは、当海域において天然の1～2歳魚の標識放流を行い、移動・回遊及び資源特性値について若干の知見が得られたので報告する。

本文に入るに先立ち、標識放流調査にご協力いただいた新潟県水産試験場山吹孝司、大塚修両氏、新潟県栽培漁業センター村上支場安沢弥氏、北海道立中央水産試験場富永修氏並びに日本海区水産研究所職員各位、新潟市漁協所属東新丸北沢英彦氏、第三さち丸宮崎智氏に深謝するとともに、再捕報告をいただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。また、ご助言いただいた京都大学農学部水産学科北原武博士、ご校閲いただいた北野裕部長、田中實室長に謝意を表します。

II. 材料および方法

標識放流は、1984年8月28～30日、9月18、19日、10月25日及び1985年8月28、30日に、新潟市西方の水深30～60mの海域で、新潟市漁協所属の板びき船2隻を用船して実施した（図1）。曳網時間は40～60分で、採集後直ちに200ℓの流水式水槽に収容し、活力のあるもののみ取り出して全長を測定した後、長さ30mm（1984年）及び20mm（1985年）の黄色スパゲティタグを有限側背鱗前端下部に装着して、揚網地点付近に放流した。放流魚の全長組成及び尾数を図2に示した。放流したヒラメの年齢は、放流時の全長から age-length key（日本海区水産研究所未発表）によって求めた。再捕報告は、1986年10月までのものを整理した。資源特性値の推定には、このうち新潟県北部沿岸域（山形県と新潟県の県境沖から、新潟県西蒲原郡岩室村間瀬沖までの本土側の沿岸）で再捕されたものを用い、KITAHARA *et al.* (1986) の方法によって解析した。また、TANAKA (1967) の方法を、報告のあった全期間の再捕データに適用して資源特性値を求め、上記の結果と比較した。

当海域において、ヒラメの約5割を漁獲する板びき網漁業（梨田ら1986）の操業実態を調べため、1982年の新潟及び岩船港の標本船調査資料を整理した。

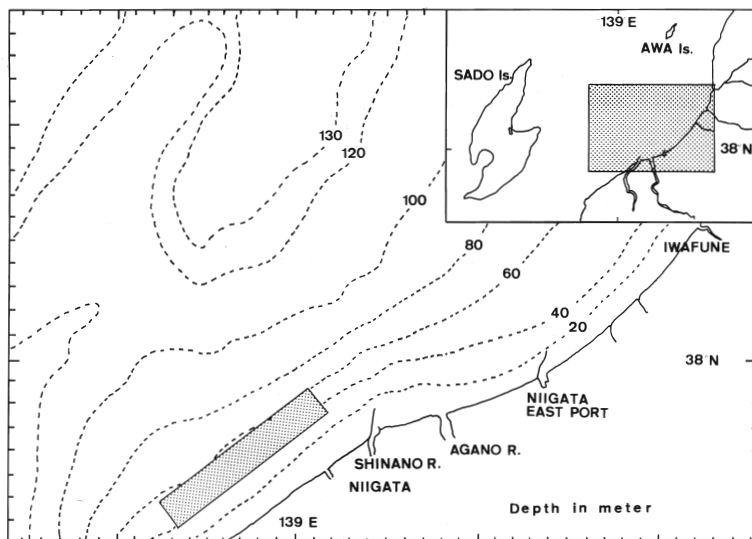


図1 ヒラメの標識放流実施海域

Fig. 1. Location of tag-release experiments of bastard halibut in 1984 and 1985.

表1 ヒラメ標識放流魚の年齢別再捕状況, 1986年10月現在

Table 1. The numbers of bastard halibut released and recaptured, and recapture rates until October, 1986.

Date of release	Age	No. of fish released	No. of fish recaptured	Recapture rate (%)
1984				
August	0	320	10	3.1
	1	199	20	10.1
	2	202	28	13.9
	3 \leq	5	0	0.0
September	0	776	29	3.7
	1	128	16	12.5
	2	132	15	11.4
	3 \leq	2	0	0.0
October	0	721	9	1.2
	1	59	11	18.6
	2	24	2	8.3
	3 \leq	5	0	0.0
1985				
August	1	1,453	66	4.5
	2	62	10	16.1
	3 \leq	2	0	0.0

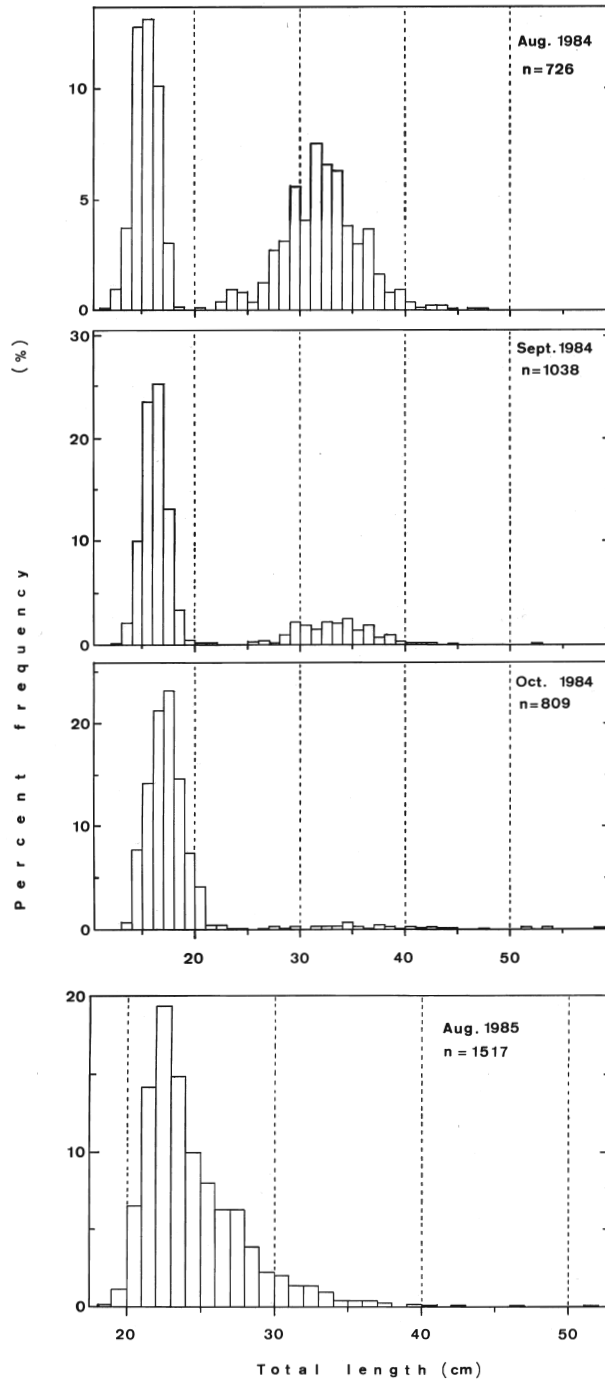


図2 ヒラメ標識放流魚の尾数と全長組成

Fig. 2. Numbers and percent frequencies of total length of bastard halibut tagged and released in 1984 and 1985.

Ⅲ. 結 果

1. 再捕状況

放流月ごとのヒラメの年齢別尾数と再捕尾数及び再捕率を表1に示した。この再捕尾数及び再捕率には新潟県北部沿岸域以外で再捕されたものも含まれている。1984年についてみると、8月では0歳魚は30m以浅の極沿岸域に主群が生息しているため、放流尾数は320尾と少なかったが、1・2歳魚は合計401尾放流した。9月になると、0歳魚が沖合に逸散してくるため、0歳魚の放流尾数は増えて776尾となったが、1・2歳魚は逆に減少した。10月になると0歳魚主体となり、1・2歳魚は合計83尾放流したに過ぎない。なお、1984年の当海域における0歳魚の加入量（以下、1984年級群と記す）は、ここ数年で最大であった。一方、1985年についてみると、この年の0歳魚の加入量は極めて少なかったため、ほとんど放流できず、1984年級群の1歳魚が96%を占め、1・2歳魚合わせて1,515尾放流した。再捕率をみると、1984年放流魚では0歳魚が1.2~3.7%と低いのに対し、1・2歳魚は8.3~18.6%と高い値を示した。一方、1985年放流魚では、1歳魚が4.5%とやや低かったのに対して、2歳魚は16.1%と高い値を示した。

放流後の移動・回遊の実態をみるため、1984年及び1985年の8月放流魚につき、経過日数別、年齢別の再捕位置を図3・4に示した。これらの図で、新潟市周辺の再捕位置は集中しているので分散させて記入したために、実際の位置とは若干異なっている。1984年8月放流魚では50日まで（8月下旬~10月下旬）は1・2歳魚を主体に新潟県北部沿岸域内の新潟市以西を中心に再捕されたが、51~100日（10月下旬~12月上旬）には、1歳魚は新潟県中部から西部にかけて、また2歳魚は富山県黒部沖で再捕された。更に、101~200日（12月中旬~3月下旬）では、岩船沖の0歳魚の1例を除いて、新潟県西部から富山湾内で1・2歳魚が再捕され、201日（3月下旬~）以降では、放流地点周辺と新潟県中部及び富山県との県境付近で再捕された。一方、1985年8月放流魚の1・2歳魚は、50日までは放流地点周辺で集中的に再捕され、51~200日までは新潟県では岩船沖でわずかに1例あるのみであったが、富山湾では1・2歳魚が数尾再捕された。201日以降になると、再び放流地点周辺で再捕されるようになったが、新潟県西部から富山湾内、更には石川県能都町沖でも再捕されている。

2. 資源特性値の推定

これまでに述べた標識魚の再捕状況から、0歳魚は漁場に完全加入していないと考えられること、0歳魚と1・2歳魚の移動・回遊の仕方はかなり異なっていること、また、1・2歳魚のそれらには顕著な差を見いだせないことから、以下の資源特性値の推定にあたっては1・2歳魚を一つの放流群として取り扱うことにした。更に、1984年放流分については8月と9月の放流魚を一つの放流群として検討した。

1984年8・9月（以下、1984年放流群と記す）及び1985年8月（以下、1985年放流群）に放流したヒラメの経過日数と再捕尾数の関係を図5に示した。ただし、1984年放流群では放流開始から20日間ごと、1985年放流群では10日間ごとの再捕尾数である。1984年放流群では、最初の20日間で23尾再捕され、それ以降13、10尾と減少し、80日から140日までは再捕報告がなく140日以降散発的に1尾ずつ再捕されている。一方、1985年放流群では最初の10日間は9尾と少ないが、それ以降17、11及び9尾再捕された。しかし、50日から180日までは再捕がなく、180日以降は散発的に1~3尾再捕されている。

上記の結果より、冬期間においては再捕尾数が極端に減少する傾向が見られたが、この原因

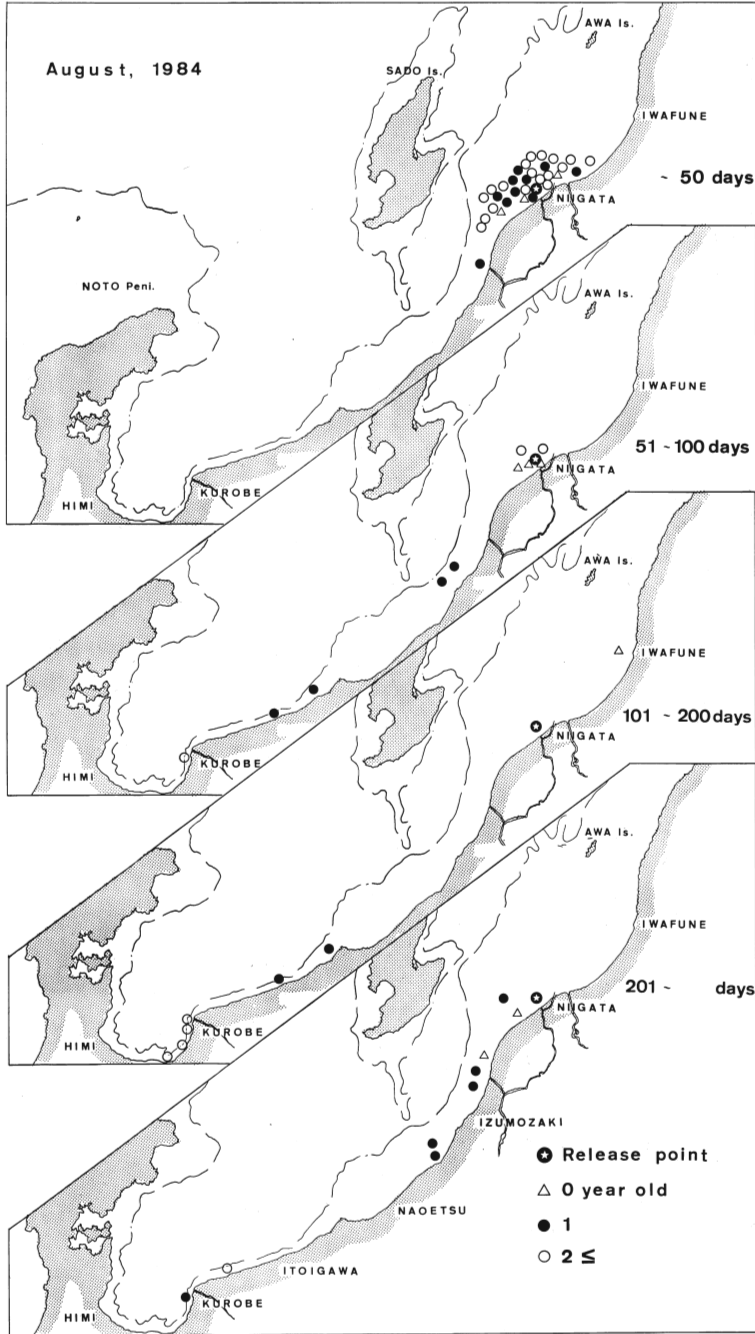


図3 ヒラメ標識放流魚の経過日数別再捕位置, 1984年8月放流魚
Fig. 3. Recovered points of bastard halibut released in August, 1984.

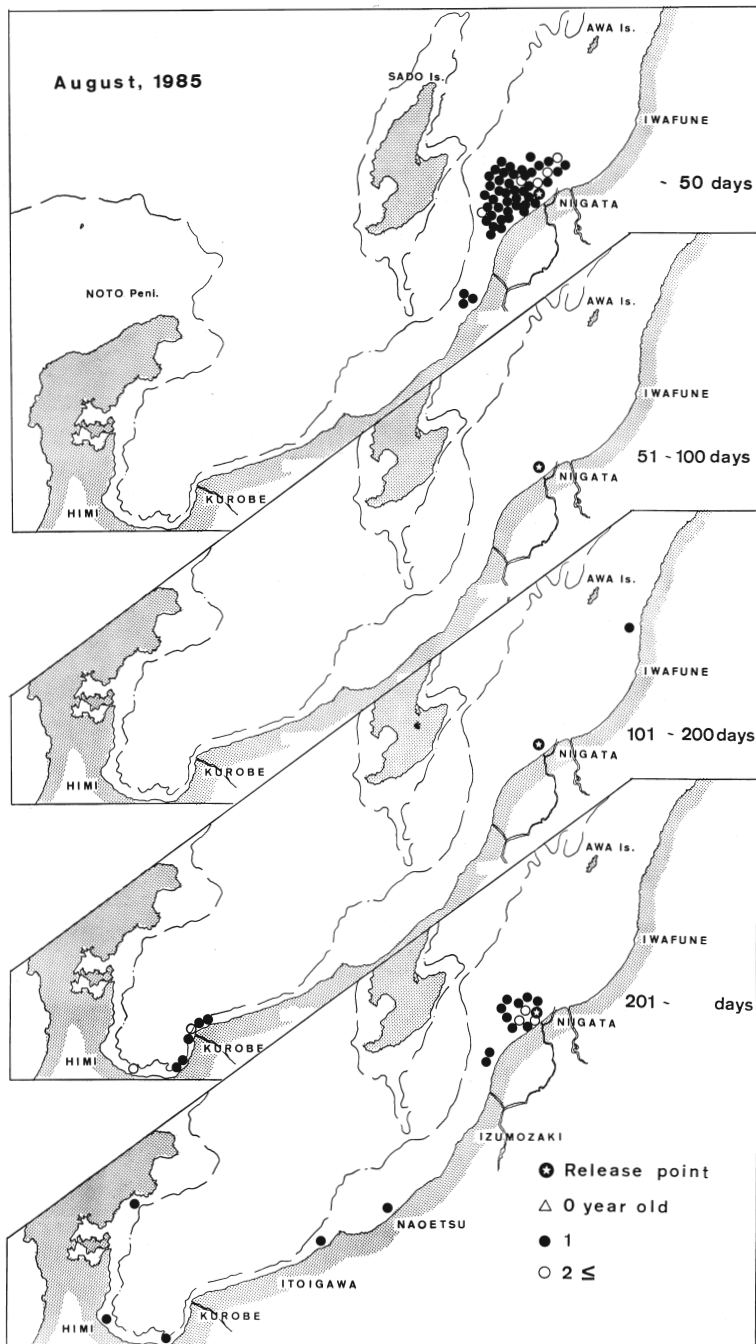


図4 ヒラメ標識放流魚の経過日数別再捕位置, 1985年8月放流魚

Fig. 4. Recovered points of bastard halibut released in August, 1985.

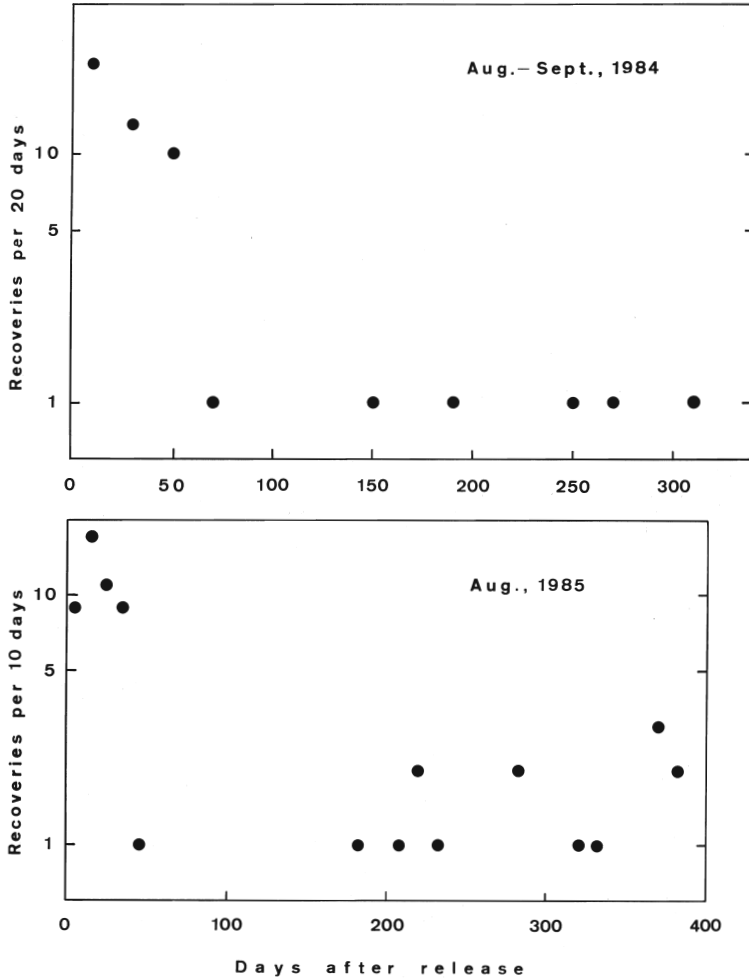


図5 ヒラメ標識放流魚のうち、新潟県北部沿岸域内で再捕された1・2歳魚の20日間(1984年8・9月放流群)および10日間(1985年8月放流群)ごとの再捕尾数
 Fig. 5. Recoveries per every 20-day (released in August and September, 1984) and 10-day (released in August, 1985) term after release in the tagging experiments of 1 and 2-year-old bastard halibut.

を調べるため、1982年の当海域における板びき網漁業の操業実態を図6に示した。月間の平均出漁日数をみると、厳冬期の1・2月は5日以下であるが、3月になると13日前後に増加し、この水準が7・8月の禁漁期をはさんで10月まで続いた。しかし、11月になると10日、12月では再び5日前後まで落ち込んだ。このように、12月から2月までの冬期間は平均出漁日数が減少し、月間漁獲量(他の漁業種類も含む)は、7・8月の禁漁期と同水準となることから、実質的な底びき禁漁期にあたると思われる。

KITAHARA *et al.* (1986) は、休漁期を含む有限期間の標識放流実験による漁獲死亡係数の推定法を導出し、マダイ1歳魚の再捕データをもとに各種のパラメータを推定している。この方法で推定するためには2期以上にわたる再捕データが必要であるが、今回の調査ではこの条件を満たすデータが得られなかったため、漁期が1期だけの場合の次式を用いてパラメータの推

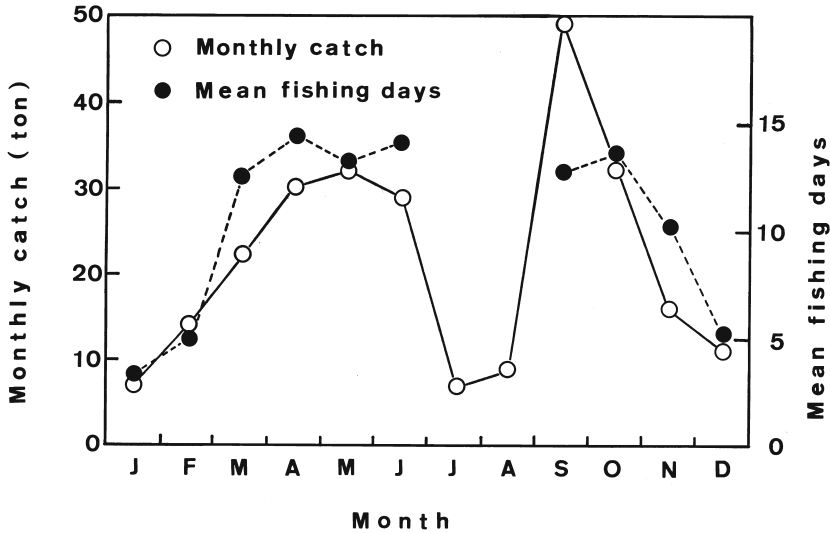


図6 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの月別漁獲量，板びき船の月別平均出漁日数，1982年の標本船調査の結果より推定

Fig. 6. The changes of monthly catches of bastard halibut and of monthly mean fishing days of the small otter trawl fisheries in the coastal waters of northern Niigata Prefecture, estimated from sample surveys in 1982.

定を行った。

$$\frac{1}{Z} = \bar{t} - S_1 + \frac{T_1 - S_1}{\exp\{Z(T_1 - S_1)\} - 1} \quad (1)$$

$$F = \frac{CZ}{k(S_1)N[1 - \exp\{-Z(T_1 - S_1)\}]} \quad (2)$$

$$Z = F + M \quad (3)$$

ここで、

- Z : 全減少係数 (一定)
- F : 漁獲死亡係数 (一定)
- M : みかけの自然死亡係数 (一定)
- S₁ : 漁期の開始日
- T₁ : 漁期の終了日
- N : 放流尾数
- C : 再捕尾数
- \bar{t} : 平均再捕日数

$k(S_1)$: $t = S_1$ までの生残率，標識の発見率および報告率の積

である。これらのパラメータのうち、未知数はZ, F, M及び $k(S_1)$ の4つである。このうち、Zは(1)式を数値解法により解くことによって得られるが、(2)式のFは $k(S_1)$ が与えられなければ求めることができない。後述のように、今回の放流実験では兩年とも $S_1 = 0$ としており、放流直後の死亡は起こらないと仮定すると、 $k(S_1)$ は標識の発見率と報告率の積に等しくなる。板野 (1987) は、発見率と報告率の積に相当する標識報告率として0.43~0.82を得ている。ここではこれらの値を参考にして0.6を採用した。資源特性値の推定に用いたパラメータの値を表2に示した。その結果、1984年放流群では $Z = 0.0242 \text{ day}^{-1}$, $F = 0.0037 \text{ day}^{-1}$ 及び

表2 新潟県北部沿岸域におけるヒラメ標識放流実験結果

Table 2. Summary of bastard halibut tag recoveries in the coastal waters of northern Niigata prefecture.

Date of release		Aug.・Sept., 1984	Aug., 1985
Start of fishing season	(S_1)	0	0
End of fishing season	(T_1)	60	40
No. of fish released and surviving up to S_1	(N)	661	1,515
No. of fish recaptured from S_1 to T_1	(C)	46	46
Mean recovery time (day)	(\bar{t})	22.98	18.65

表3 これまでに得られた漁獲死亡係数および自然死亡係数の推定値

Table 3. Summary of fishing and natural mortality coefficient estimates of bastard halibut from release experiments in recent years.

Date of release	Method	Fishing mortality F (day ⁻¹)	Natural mortality M (day ⁻¹)
NOMURA 1985 May~June, 1982	TANAKA 1967	0.0003 ~0.0068	0.0092 ~0.0704
KITAHARA 1985 Apr.~July, 1984	KITAHARA 1986	0.0014 ~0.0025	0.0074 ~0.0250
UNO 1986 Oct. 1982~ Nov. 1985	TANAKA 1967	0.00002~0.0033	0.0041 ~0.1331
NASHIDA・KATO Aug.・Sept. 1984	KITAHARA 1986	0.0037	0.0205
	TANAKA 1967	0.0018	0.0214
	KITAHARA 1986	0.0015	0.0086
	TANAKA 1967	0.0005	0.0118

みかけの自然死亡係数 $M=0.0205 \text{ day}^{-1}$, 1985年放流群では $Z=0.0102 \text{ day}^{-1}$, $F=0.0015 \text{ day}^{-1}$ 及び $M=0.0086 \text{ day}^{-1}$ と推定された。

一方, TANAKA (1967) は, $\exp\{-(F+M)t\}$ がほとんど0になる時, F 及び M は次式で与えられるとしている。

$$F = \frac{1}{\bar{t}} \cdot \frac{C}{N} \quad (4)$$

$$M = \frac{1}{\bar{t}} \cdot \frac{N-C}{N} \quad (5)$$

ここで用いた記号は, (1)~(3)式の記号と同義である。1984年放流群では, $N=661$, $C=52$ 及び $\bar{t}=42.98 \text{ day}$ であることから, $F=0.0018 \text{ day}^{-1}$, $M=0.0214 \text{ day}^{-1}$, また, 1985年放流群では, $N=1,515$, $C=62$ 及び $\bar{t}=81.42 \text{ day}$ であることから, $F=0.0005 \text{ day}^{-1}$, $M=0.0118 \text{ day}^{-1}$ と推定された。

IV. 考 察

近年, 他海域において実施されたヒラメの標識放流実験によって得られた漁獲死亡係数と自然死亡係数の値と, 今回得られた値を表3に示した。野村(1985), 宇野(1986)らはTANAKA (1967)の方法を再捕データが得られた全期間にわたって適用したが, 野村(1985)の場合,

放流群ごとの最大経過日数をみると最長で350日、最短で38日、平均で166日と比較的短く、TANAKA (1967)の方法を適用するにはやや短か過ぎると考えられる。一方、宇野 (1986)の場合、3～5月に放流した群と、10～12月に放流した群の漁獲死亡係数は、前者の方が有意に大きくなっている。これは、春先は次第に出漁日数が増加するため放流直後の再捕が最も多く、それ以降減少するのに対し、秋以降放流した場合、冬期間の荒天による実質的な休漁期間を含んでいるために、翌春以降再捕が集中するためである。TANAKA (1967)の方法では漁期間中、漁獲死亡係数を一定と仮定しているの、実質的な休漁期がある場合、漁獲死亡係数は過小評価となる。

北原 (1985)は、有限期間内の再捕データから推定しているが、標識の発見率と報告率の積を0.5とおいており、今回用いた値0.6と異なっている。仮に、この値を0.5とおくと今回得られた結果のうち漁獲死亡係数は1984・1985年それぞれ 0.0044 day^{-1} 、 0.0018 day^{-1} となる。2期以上にわたる再捕データが得られない場合、KITAHARA *et al.* (1986)の方法では $k(t)$ を与えなければならない、誤差の要因となっている。これを回避するためには、大量放流の実施とともに、放流時期を慎重に選んで2期以上にわたるデータを得なければならない。今回得られた結果をみると、1984年放流群の漁獲死亡係数は、1985年放流群のその約2倍となっている。この原因としては、1985年放流群の主体である1984年級群は卓越年級で漁獲尾数も多かったことから、発見率と報告率の積が1984年放流群のそれより低かったことが考えられる。仮に、この値を0.3とすると、1985年放流群の漁獲死亡係数は 0.0031 day^{-1} となり、1984年放流群の結果と同程度になる。TANAKA (1967)の方法を適用した場合、漁獲死亡係数は KITAHARA *et al.* (1986)の方法による結果よりも小さくなる。これは、放流実験中に実質的な休漁期を含む場合、TANAKA (1967)の方法を適用すると、漁獲死亡係数は過小評価となることを示している。

一方、自然死亡係数をみると、いずれの結果でも年間に換算すると1以上となり、資源特性値として採用するには疑問が残る。このように大きな値となる原因としては、標識装着による死亡の増大、標識の脱落及び他海域への移出などが考えられる。今回の結果では、放流後40日ないし60日までの再捕データをもとにしており、これらの期間中には経過日数ごとの再捕位置からみると他海域への移出はほとんどみられない。したがって、高い自然死亡係数は残りの2つの要因によっているものと考えられる。石田ら (1987)はヒラメ1歳魚の放流後13か月間の標識の脱落率を42%と推定しているが、これを脱落係数で表わせば 0.0014 day^{-1} となる。いずれにしても、標識放流実験に基づく自然死亡係数の推定は困難であるといえよう。

V. 要 約

新潟県北部沿岸域において、天然のヒラメ若齢魚を用いた標識放流実験を行い、移動・回遊の実態及び資源特性値の推定を試み、以下の結果が得られた。

1. 0歳魚は放流地点周辺からあまり移動しないが、1・2歳魚はその周辺に留まるものと南西方向に移動するものがあった。最も離れた再捕地点は石川県能都町沖合であった。
2. KITAHARA *et al.* (1986)の方法を用いて、標識放流結果から1・2歳魚の漁獲死亡係数を求めたところ、1984年放流群では 0.0037 day^{-1} 、1985年放流群では 0.0015 day^{-1} と推定された。

文 献

- GULLAND J. A. (1955) On the estimation of population parameters from marked members. *Biometrika*, **42**, 269-270.
- 石田 修・伊藤光正・佐藤 新 (1987) ヒラメ標識放流魚の脱落率の推定. 千葉県水試研報 (45), 9-16.
- 板野英彬 (1987) ヒラメ人工種苗の標識脱落率と報告率. 日水研. 日本海ブロック試験研究集録 (11), 77-87.
- 加藤和範 (1987) 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究 I. ヒラメ幼稚魚期の分布と食性. 新潟県水試研報 (12), 27-41.
- 加藤和範・安沢 弥・梨田一也 (1987) 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究 II. 標識放流結果からみたヒラメ未成魚の移動およびヒラメの成熟と成長. 新潟県水試研報 (12), 42-59.
- 北原 武 (1985) 大社湾海域におけるマダイ, ヒラメおよびブリ資源の現状. 昭和57-59年度鳥根県中部海域総合開発調査事業報告書. 鳥根県水試資料 (31), 160-179.
- KITAHARA T., K. TAKAHASHI, Y. HUIKAWA, K. ISHIDA and J. YOSHIO (1986) Estimation of fishing mortality coefficient from tag recoveries in a finite period with a few closed seasons. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **52** (4), 579-584.
- 三上正一・田村真樹 (1966) 北海道日本海海域におけるヒラメの系統群について 1. 1964年に実施したヒラメの標識放流試験結果. 北海道立水試報告 (6), 33-35.
- 梨田一也 (1984) ヒラメの生態と食性. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究. 北陸沿岸地域調査成果報告書. 日水研, 133-143.
- 梨田一也・長谷川誠三・加藤和範 (1986) 新潟県北部沿岸域における板曳網漁業の現状と資源管理. 水産庁. 漁業資源研究会議報 (25), 117-137.
- 野村忠綱 (1985) 熊本県における人工養成ヒラメ1歳魚の標識放流結果—I 再捕数の経時的変化. 熊本県水試研報 (4), 35-41.
- TANAKA S. (1967) Estimation of fishing coefficient of mojako by tagging experiments on drifting seaweeds-I. Method and an example. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **33** (12), 1108-1115.
- 富山県水試 (1974) 昭和48年度日本海栽培漁業魚類放流技術開発調査結果報告書. 1-15.
- 内野 憲・中西雅幸 (1983) 若狭湾西部海域 (丹後海) における種苗生産ヒラメの標識放流. 京都府海洋センター研報 (7), 17-27.
- 植野敏之 (1974) 新潟県沿岸海域におけるヒラメの分布と移動について. 新潟県水試研報 (3), 111-122.
- 宇野勝利 (1986) ヒラメ標識魚の放流と再捕. 石川県増試資料 (28), 57-69.
- 渡部俊明 (1983) ヒラメの標識放流調査結果について. 鳥取県水試報告 (26), 77-83.