

東北太平洋沿岸域におけるヒラメの摂餌生態

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	山田,秀秋 佐藤,啓一 長洞,幸夫 熊谷,厚志 山下,洋
発行元	日本水産學會
巻/号	64巻2号
掲載ページ	p. 249-258
発行年月	1998年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



東北太平洋沿岸域におけるヒラメの摂餌生態

山田秀秋, 佐藤啓一, 長洞幸夫, 熊谷厚志, 山下 洋

(1997年10月2日受付)

Feeding Habits of the Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*
in Pacific Coastal Waters of Tohoku District, Northeastern JapanHideaki Yamada,*¹ Keiichi Sato,*² Sachio Nagahora,*³
Atsushi Kumagai,*⁴ and Yoh Yamashita*¹

Stomach contents of juvenile Japanese flounders were studied from 3 sheltered and 3 exposed bays. Newly settled flounders (15–20 mm in TL) mainly consumed mysids regardless of the availability of food organisms. In sheltered bay areas where mysid densities were low, flounders larger than 60 mm preyed mainly on juvenile fish. In exposed inshore areas mysids were abundant and constituted the major dietary item of flounder until 200 mm. The amount of the stomach contents was not significantly different between the two area types. From monthly investigations it was found that seasonal changes in the feeding activity of juvenile flounders is closely associated with water temperature and mysid abundance. Analysis of the relationship between the total length of flounders (from 15 mm to 600 mm) and the size and number of prey consumed suggest that small mysid individuals are the most suitable prey items for flounders until 50 mm and fish prey items are essential for larger flounders.

キーワード：ヒラメ, アミ類, 餌料生物, 食性, 季節変化

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は浮遊期に尾虫類やカイアシ類,^{1,2)} 着底直後にはアミ類³⁻⁵⁾を主要な餌料とし, その後魚類を専食する^{6,7)}ことが知られている。このほかヨコエビ類,⁸⁾ エビ類^{7,9)}やイカ類^{7,9)}なども摂餌するが, 基本的にはヒラメは発育段階毎に特定の餌生物に比較的強く依存する狭食性の魚種とみなされる。そのため, 餌料環境はヒラメの生残¹⁰⁻¹²⁾や成長¹³⁾に大きな影響を及ぼすと考えられている。ヒラメの食性についてはこのように比較的多くの報告があるが, 時空間的な環境条件の相違や変化と摂餌生態との関係に関する知見は十分とはいえない。また, ヒラメ種苗の好適な放流場所, 時期, 大きさはヒラメの放流技術の基本的な要素であるが,¹⁴⁾ これらを適切に決定するためには環境変化に対する摂餌生態の応答を詳しく知る必要がある。本研究では, 環境とヒラメの摂餌生態との関係を明らかにすることをめざして, 東北太平洋沿岸の環境の異なるいくつか

の海域におけるヒラメ幼稚魚の胃内容物と環境特性との関係, 特定の海域での非生物的環境や餌料環境と食性の季節変化, および若・成魚期を含めた着底後の全生活史を通じた食性の変化を解析した。

方 法

食性の海域間比較 非生物的環境や餌生物の組成とヒラメの食性を比較するために, 岩手県内の6つの湾において夏・秋季にヒラメ幼稚魚とその餌生物の採集調査を実施した (Fig. 1, Table 1)。ヒラメ幼稚魚の採集には網口幅 200 cm 高さ 30 cm, 目合 2 または 3 mm のビームトロール,¹⁰⁾ 餌生物の採集には網口幅 40 cm 高さ 25 cm, 目合 0.49 mm のソリネット¹⁵⁾あるいは網口幅 60 cm 高さ 40 cm, 目合 0.76 mm のソリネット¹⁶⁾を使用し, 曳網採集は水深 10 m 前後の海域で日中実施した。曳網距離は, 曳網開始点にブイを設置し測距儀 (網

*¹ 東北区水産研究所 (Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhama, Shioyama, Miyagi 985-0001, Japan).*² 岩手県水産技術センター (Iwate Fisheries Technology Center, Hirata, Kamaishi, Iwate 026-0001, Japan).*³ 岩手県内水面水産技術センター (Iwate Inland Fisheries Technology Center, Yoriki, Matsuo, Iwate 028-7302, Japan).*⁴ 日本栽培漁業協会宮古事業場 (Japan Sea-farming Association, Miyako Station, Sakiyama, Miyako, Iwate 027-0097, Japan).

測器社製 SD5D) による測定またはフローメーター (株式会社製) により推定した。餌生物採集用の2種類のネットでは採集効率が異なると考えられるが, 本研究では採集効率については考慮していない。漁獲されたヒラメは直ちに10% 中性ホルマリンで固定して東北区水産研究所に持ち帰った後, 全長, 体重(湿重量)を測定して胃内容物を摘出した。胃内容物は, 分類群ごとに湿重量を測定した。餌生物標本は採集直後に5-10% 中性ホルマリンで固定し, 研究室において1個体当たりの体重が500 mg 未満の甲殻類, 頭足類, および魚類をヒラメ幼稚魚の潜在的餌生物とみなして分類群ごとに湿重量を測定した。また, 各調査点の水深0.5 mの海域において塩分をTS計(アレック電子機製 ACT20-D)を用いて測定するとともに, 海底の表面2 cm 以内の基質を採取して乾燥させた後, 篩分け法により粒度組成を分析した。さらに, 調査を行った各湾の開放度(湾口幅/湾長)¹⁷⁾を海図上において測定した。

幼稚魚の食性の季節変化 ヒラメ幼稚魚の食性の季節変化を調べるため, 大野湾の水深4~10 mの地点において, 1989年9月から1990年12月まで, ヒラメ幼稚魚と餌生物を前述のネットにより採集した(Table 1)。さらに, 1991年9月から同年11月にかけてもヒラメの採集調査を実施した。採集は原則として月1回行ったが, ヒラメ幼稚魚が高密度で分布する9月においては, 1989年に6回, 1990年に4回調査を行った。採集された標本は前述と同様に処理した。また, アミ類については1991年11月まで毎月の採集調査を継続して, 各月30個体ずつ無作為抽出して体長を測定した。大野湾の水温として, 岩手県南部栽培漁業センター(現岩手県栽培漁業協会)が毎日午前10時に, 大野湾に隣接する門の浜湾において測定した表面水温を用いた。

成長に伴う食性の変化 未成魚期以降のヒラメを採集するため, 仙台湾の水深30 mから60 mにかけての海域(Fig. 1)において小型底びき網漁船により漁獲調査を行った。漁獲調査はすべて日出時に開始し正午までに終了した。採集されたヒラメは, 採集作業中の数時間冷蔵保存した後, 東北区水産研究所において全長, 体重(湿重量)を測定し, 胃内容物を10%ホルマリンで固定して幼稚魚と同様の分析に供した。幼稚魚期については, 既述の標本を用いた。

ヒラメが摂餌した餌生物のサイズの測定では, 幼稚魚, 若・成魚いずれもヒラメ1個体当たりの胃内容物中の餌生物個体数が一分類群につき30未満の場合は全個体を, 30以上の場合は30個体を無作為に抽出して測定した。測定部位は, アミ類等の甲殻類は体長, イカ類は外套長, 魚類は全長を用いた。アミ類については, 体長の測定が困難な損傷個体が数多く出現した。そこで, 優

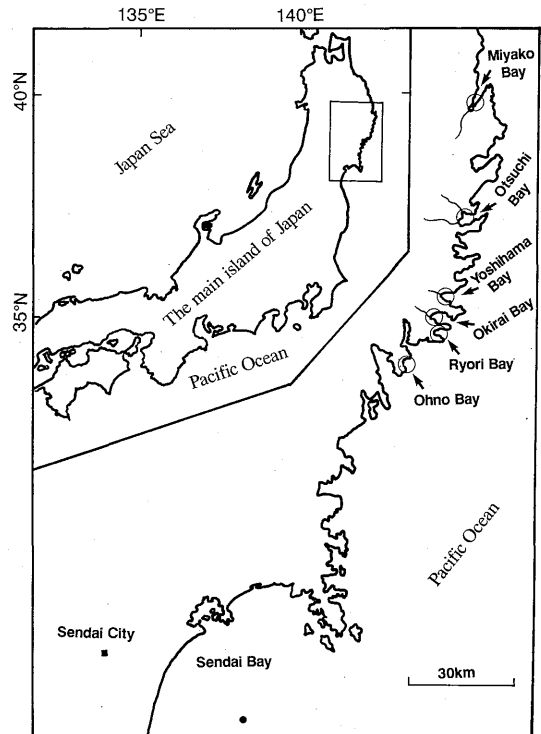


Fig. 1. Study areas.

○; Stations for sampling juvenile and young flounders, ●; Station for pre-adult and adult flounders.

占種であるミツクリハマアミ *Acanthomysis mitsukurii* とクロイサザアミ *Neomysis awatschensis* の正常個体について体長(BL; mm)と尾肢外肢長(UL; mm)を測定し, 下記の一次回帰式を用いて尾肢外肢長から体長を推定した。他のアミ類および他の生物については, 損傷の少ない個体のみ測定した。

$$\text{ミツクリハマアミ } BL = 5.116UL + 0.189$$

$$(n=80, r^2=0.933, P<0.001)$$

$$\text{クロイサザアミ } BL = 4.682UL + 0.635$$

$$(n=30, r^2=0.959, P<0.001)$$

その他, 解析に際しては, 以下の指数を用いた。

摂餌率(FI): 摂餌していたヒラメの個体数/採集されたヒラメの個体数×100

胃内容物重量指数(SCI): 胃内容物重量/胃内容物を除いたヒラメの体重×100

平均胃内容物重量指数の差の検定はANOVA および Turkey-Kramer 法,¹⁸⁾ 回帰式の比較は ANCOVA により行った。¹⁸⁾ なお, 調査海域には人工種苗が放流されており, 放流魚とみられる個体が本調査においても漁獲された。本海域では放流魚は放流後約2週間後には摂餌

Table 1. Abiotic environmental conditions, sampling month and aim of survey, number of flounder collected (N) and sampling gear for food organisms for each study areas

Area	Exposure ratio* ¹	Salinity range (PSU)	Md ϕ	Month & year/aim* ²	(N)	Sampling gear* ³ for food organisms
Sheltered						
Miyako Bay	0.48	26.0–26.3	0.97	AUG 89/a JUL–NOV 90/a	(29) (40)	— NUS
Otsuchi Bay	0.50	24.7–32.1	1.60	AUG 89/a OCT 90/a	(6) (36)	— HS
Okirai Bay	0.25	28.1–28.7	2.70	SEP–OCT 89/a OCT 90/a	(13) (16)	— HS
Exposed						
Yoshihama Bay	1.20	30.0–33.0	1.85	JUL–OCT 93/a AUG–SEP 94/a SEP 95/a	(23) (12) (7)	HS — —
Ryori Bay	1.04	33.1–33.6	1.85	SEP 89/a JUL–NOV 92/a SEP 95/a	(22) (23) (15)	— HS —
Ohno Bay	1.27	32.9–33.4	0.65	SEP–NOV 89/a, b DEC 89–DEC 90/b FEB–NOV 91/b	(233) (357) (185)	NUS NUS, HS* ⁴ HS
Offshore						
Sendai Bay				FEB 95–SEP 96/c	(442)	—

*¹ Degree of exposure was estimated from the ratio of the width of the bay mouth against the length of shore of the inner bay (Yanagi 1989¹⁷).

*² a; for comparison of feeding habits among sampling areas.
b; for analysis of seasonal variations.
c; for analysis of pre-adult and adult flounders.

*³ NUS; Nagasaki University Sledge Net, mesh aperture 0.49 mm.

HS; Hirota Sledge Net, mesh aperture 0.76 mm.

—; food organism sampling was not conducted.

*⁴ from DEC 89 to APR 90; NUS, from MAY 90 to DEC 90; HS.

状態が天然魚とほぼ等しくなることから(山下 洋, 未発表), 放流後2週間以上経過した後には採集された個体のみを研究対象とした。採集されたヒラメの全長と胃内容物重量, 胃内容物中のアミ類重量および胃内容物中の魚類重量とのそれぞれの回帰式において, 放流魚と天然魚の間で有意な差は認められなかったことから($P>0.05$), 天然魚と放流魚を分けずにデータの分析を行った。

結 果

食性の海域間比較 調査はいずれの海域でも湾のほぼ最奥部で行ったが, 6海域は開放度や塩分から, 流入河川があり比較的閉鎖性の海域(宮古湾, 大槌湾, 越喜来湾)と外海水の影響を直接受け明瞭な流入河川のないかあるいは影響の小さい開放性の海域(吉浜湾, 綾里湾,

大野湾)に分けられた(Table 1)。底質の粒度組成からみると開放域は中砂–粗砂であったが, 閉鎖域は粗砂(宮古湾), 中砂(大槌湾), 細砂(越喜来湾)と海域ごとに異なった。

食性の海域間比較のための調査において, 閉鎖域で140個体, 開放域で335個体のヒラメが採集された(Table 1)。このうち1個体の変態途中のH期⁹⁾であったが他はすべてI期以降の着底個体であった。

餌生物調査で採集された主な動物は, 頭足類(イカ亜綱), カイアシ類(カイアシ下綱), コノハエビ類(コノハエビ目), シャコ類(シャコ目), アミ類(アミ亜目), クマ類(クマ目), フラジムシ類(フラジムシ目), ヨコエビ類(ヨコエビ亜目), エビ類(クルマエビ科およびコエビ下目), カニ類(カニ下目)および魚類であった。閉鎖域は, いずれの海域もアミ類が少ない点で共通して

Table 2. Biomass of food organisms, stomach content composition by weight for 0-group flounder and their feeding condition; the number of flounders collected (N), their average total length (TL), feeding incidence (FI) and average stomach contents index (SCI) during the period from July to November

	Sheltered area			Exposed area		
	Miyako	Otsuchi	Okirai	Yoshihama	Ryori	Ohno
Biomass of food organisms (mg/m ²)						
Fish	16.2	124.4	21.2	0.1	5.6	1.0
Mysid	70.5	23.9	15.4	935.6	897.5	399.3
(<i>A.m.</i> ^{*1})	(0.0)	(0.0)	(7.5)	(931.2)	(865.4)	(332.1)
Natantia ^{*2}	399.8	96.0	375.1	14.4	40.2	83.9
Gammarid	187.5	16.2	107.6	171.9	68.1	122.8
Others	619.5	25.7	4.0	5.5	8.8	140.9
Stomach contents composition (%)						
Fish	66.7	70.6	98.8	38.1	30.2	14.2
Mysid	5.5	0.2	1.2	52.5	69.8	78.4
(<i>A.m.</i> ^{*1})	(0.0)	(0.0)	(0.1)	(52.5)	(67.4)	(41.6)
Natantia ^{*2}	25.1	12.7	0.0	0.3	0.0	5.7
Gammarid	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4
Others	1.0	16.2	0.0	9.1	0.0	0.3
Feeding condition of flounders						
N	53	42	29	34	48	231
TL (mm)	61.1	87.9	114.5	69.4	85.0	62.1
FI (%)	94.3	97.6	75.9	97.1	91.7	94.8
SCI	2.4	2.9	1.5	3.8	2.3	2.3

^{*1} *A.m.*; *Acanthomysis mitsukurii*.

^{*2} Natantia includes Penaeidae and Caridea.

いたが、生物の組成や量は湾により大きく異なっていた (Table 2)。宮古湾ではワラジムシ類、エビ類、ヨコエビ類、コノハエビ類の順で多く、多様性に富みかつ生物量も多かった。大槌湾では魚類とエビ類、越喜来湾ではエビ類が最も多く出現した。その他、アミ類、クマ類、ワラジムシ類、ヨコエビ類がいずれの海域においても出現した。開放域では、生物相は単純でアミ類が現存量で50%以上を占めた。中でも閉鎖域にはほとんど出現しないミツクリハマアミが各海域で高密度で採集され、結果としてアミ類は開放域に多い傾向がみられた。その他、開放域の各湾においてはクマ類、ワラジムシ類、ヨコエビ類、エビ類が閉鎖域と同程度出現したが、魚類は少なかった。

閉鎖域で採集されたヒラメ稚魚は、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* やハゼ科などの仔稚魚を主に摂餌していた (Table 2)。その他、イカ類、カイアシ類、クマ類、アミ類、ヨコエビ類、エビ類も出現した。開放域では、ヒラメ稚魚はミツクリハマアミなどのアミ類を主に摂餌した。次いで、カタクチイワシなどの魚類、*Cran-gon* sp. などのエビ類が多く摂餌された。その他、イカ

類、カイアシ類、クマ類、ヨコエビ類がわずかに摂餌された。餌生物調査で採集された動物のうち、コノハエビ類、シャコ類、ワラジムシ類およびカニ類はヒラメに摂餌されていなかった。摂餌率および平均胃内容物重量指数は越喜来湾のヒラメで最も低かったが、閉鎖域と開放域とで明瞭な相違は認められなかった (Table 2)。

夏季から秋季にかけて採集された全長200 mm未満のヒラメの全長階級毎の胃内容物重量組成を海域間で比較した (Fig. 2)。いずれの海域においても着底直後のヒラメはアミ類を専食した。魚類を摂餌していたヒラメの最小全長は、閉鎖域で31 mm、開放域で30 mmとほぼ等しかったが、胃内容物中に占める魚類の割合は海域間で大きく異なっていた。閉鎖域では、全長20-40 mmで魚類の割合が約30%を占め、全長60 mm以降50%を越えた。一方、開放域では、魚食性への移行が極めて遅く、200 mm近いヒラメもアミ類を多量に摂餌していた。開放域でヒラメに摂餌されたアミ類の大部分はミツクリハマアミであった。その他、閉鎖域においては、アミ類から魚類への餌料の移行期に他の餌生物 (カイアシ類、クマ類、ヨコエビ類、エビ類など) が開放域

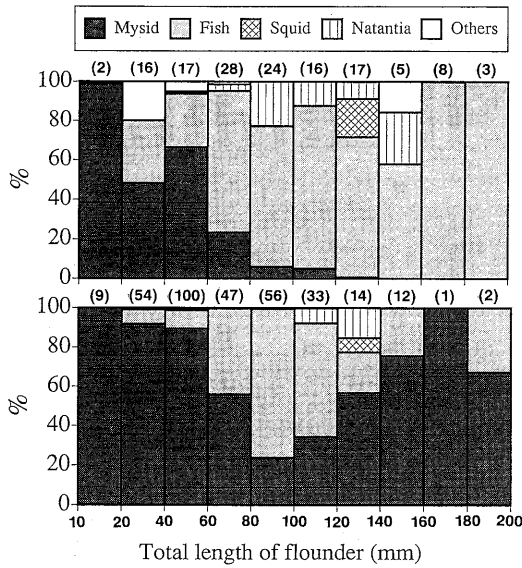


Fig. 2. Comparison of the stomach content composition by weight with the size of flounders collected in sheltered areas (upper) and exposed areas (lower).

Flounders were caught in summer and autumn around 10 m depth. Values in parentheses indicate the number of flounders collected.

よりも多く出現した。

閉鎖域と開放域それぞれについて、ヒラメの全長に対する胃内容物重量、胃内容物中の魚類の重量、胃内容物中のアミ類の重量との関係を空胃個体も含めて調べた結果、いずれも有意な回帰関係が得られた (Table 3)。閉鎖域と開放域で回帰式を比較すると、胃内容物重量には

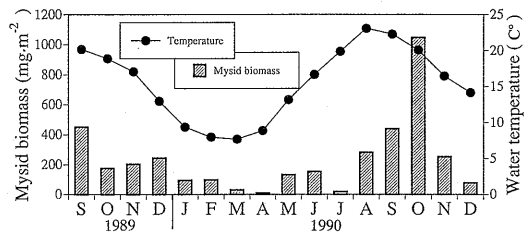


Fig. 3. Monthly variations in the mysid biomass (mean of samples from 4 m and 8 m depths) in Ohno Bay, an exposed area, and the surface water temperature measured on the same day as the mysid collections in Kadonahama Bay, located close to Ohno Bay.

有意差はなかった ($P>0.05$)。一方、魚類のみの重量には全長 29 mm を交点として両海域の傾きに有意差があり ($P<0.01$)、成長するに伴い閉鎖域でより魚類の胃内容物重量が増えた。アミ類の重量にも全長 22 mm を交点として傾きに有意差があり ($P<0.001$)、開放域では成長に伴い増加したのに対し、閉鎖域では成長に伴い減少した。アミ類と魚類の摂餌量のヒラメの成長に伴う変化を両海域間で比較すると、開放域では常にアミ類が多かったのに対して、閉鎖域では全長 46 mm を交点として、それ以下のヒラメはアミ類、それ以上では魚類を多く摂餌していた。

幼稚魚の食性の季節変化 大野湾におけるアミ類の現存量と隣接する門の浜湾の表面水温の周年変化を Fig. 3 に示す。アミ類の現存量と水温はどちらも秋季に高く春季に低い季節変化を示し、両者の間に有意な正の相関が認められた ($n=16, r=0.541, P<0.05$)。アミ類の中ではミツグリハマアミがほぼ周年卓越して出現した。

Table 3. Regression equations ($\log(y+1)=a \times \log x+b$) relating weight of stomach contents (y ; mg), prey fish weight in stomach (y ; mg), and mysid weight in stomach (y ; mg) to the total length of the flounders (x ; mm) for each area type, and results of ANCOVA between area types

	N	a	b	r ²	L	ANCOVA
Total						
Sheltered	136	1.672	-3.806	0.202	$P<0.001$	$P>0.05$
Exposed	328	1.990	-4.884	0.407	$P<0.001$	
Fish						
Sheltered	136	2.233	-7.415	0.236	$P<0.001$	$P<0.01$
Exposed	328	1.237	-4.065	0.113	$P<0.001$	
Mysid						
Sheltered	136	-0.578	3.354	0.057	$P<0.01$	$P<0.001$
Exposed	328	0.880	-1.162	0.072	$P<0.001$	

N; the number of flounders examined (under 200 mm in TL).
L; level of significance of the regression analysis.

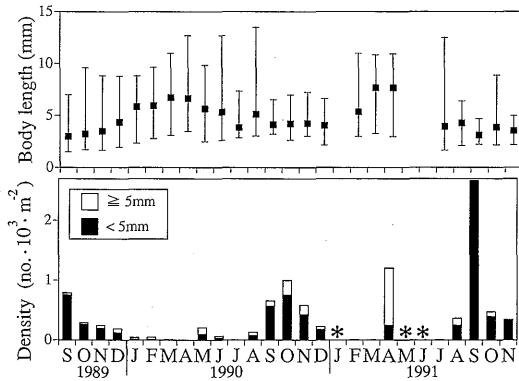


Fig. 4. Monthly variations in the average body length and the density of mysids collected at 8 m depth in Ohno Bay.

Error bars show the range of the body length. Asterisks indicate no data.

次に、アミ類の季節変動の詳細を把握するため、1991年の結果も含めてアミ類の密度および体長の季節変化を調べた。ミツクリハマアミを中心としたアミ類の平均体長は水温が最低となる春季に7 mm前後と大きく、水温の高い夏季から秋季には4 mm前後と小さくなった (Fig. 4)。アミ類全体の個体数密度は秋季に高い傾向がみられたが、春季にも増大した。一方、後述するように着底直後のヒラメは5 mm未満のアミ類を主な餌料とするが、それらの密度は、アミ類全体の密度よりも明瞭な季節変化を示し、秋季に最大で冬・春季に最低となった (Fig. 4)。平均体長は水温に対して負の相関 ($n=24$, $r=-0.751$, $P<0.001$), 5 mm未満のアミ類の密度は水温に対して正の相関 ($n=24$, $r=0.476$, $P<0.05$) をそれぞれ示した。これに対して、5 mm以上のアミ類の密度は水温に対して有意な相関関係を示さなかった ($n=24$, $r=0.062$, $P>0.05$)。

大野湾で採集されたヒラメは季節に係わらずアミ類と魚類を主に摂餌していた (Fig. 5)。それらの餌生物の中でも特に、カタクチイワシとミツクリハマアミの2種が重要であり、両者をあわせるとほぼ周年湿重量で50%以上を占めた。他の餌料生物としては、エビ類 (*Crangon* sp. など) とイカ類が、特に1990年生まれの年級群に多く出現した。また、摂餌率、胃内容物重量指数ともに、水温が低くアミ類も少ない晩冬から初春に最も低くなった。1991年には9, 10, 11月にのみ採集調査を行ったので Fig. 5には載せなかったが、1991年の結果も含めて9月から11月にかけての平均胃内容物重量指数を年間で比較すると、1989年には2.30 (平均全長62.6 mm), 1990年には1.81 (87.7 mm), 1991年には

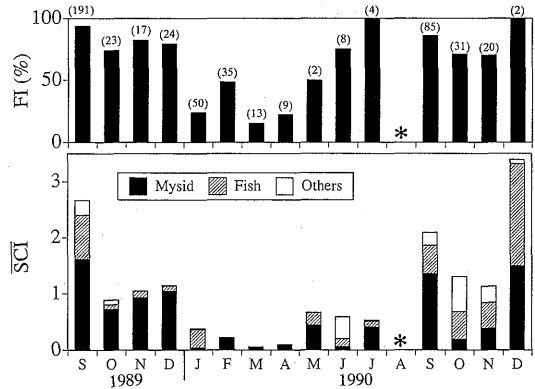


Fig. 5. Monthly variations in the feeding incidence (FI) and average stomach contents index (\overline{SCI}) of 0-group flounder in Ohno Bay.

Values in parentheses indicate the number of flounders collected. Asterisks indicate no data.

2.36 (98.2 mm) であり、年の間に有意な差はみられなかった ($P>0.05$)。魚類のみの胃内容物重量指数を比較すると、それぞれ0.27 (胃内容物重量の12%), 0.38 (21%), 0.99 (42%) であり、1991年が有意に高かった ($P<0.05$)。

1991年も含めた資料について各調査日の環境条件とヒラメの平均胃内容物重量指数 (\overline{SCI}) との関係について重回帰分析を行ったところ、水温 (T ; $^{\circ}\text{C}$)、アミ類の現存量 (M ; mg) およびそれらの交互作用 ($T \times M$) を説明変数とした以下の回帰関係が認められた。

$$\ln \overline{SCI} = 4.80 \ln T + 2.60 \ln M$$

$$- 0.79 (\ln T \times \ln M) - 15.41$$

$$(n=26, r^2=0.660, P<0.001)$$

この回帰式は、観察された環境条件の範囲内では、水温およびアミ類の現存量が高いほどヒラメの胃内容物重量指数は増大する傾向があることを示している。

成長に伴う食性の変化 ヒラメはいずれの发育段階においても全長の数%から約50%に相当するサイズの餌生物を摂餌し、餌生物の最大体長と体長の範囲はヒラメの成長とともに増大した (Fig. 6)。初期の主要餌料であるアミ類についてみると、着底直後の稚魚は主に体長5 mm未満の小型の個体を摂餌し、広田ら¹⁹⁾の調査結果とよく一致した。その後全長50 mm前後まで被食アミ類の最大体長が増加し、50 mmを越えると体長11 mm前後で一定となり天然におけるアミ類の最大体長とほぼ一致した。アミ類を摂餌していたヒラメの最大個体は281 mmであった。ヒラメに摂餌されたアミ類の体長 (MBL; mm) とヒラメの全長 (TL; mm) との関係について、ヒラメの全長50 mmを境界として回帰分

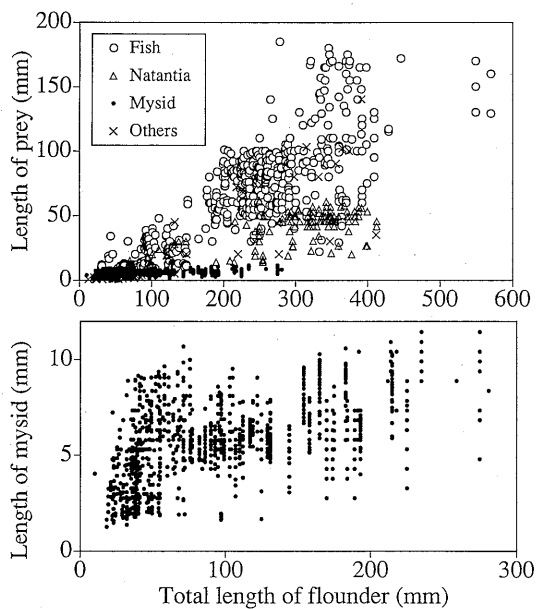


Fig. 6. Relationship between the total length of flounders (N=287) and the size of prey consumed (Upper; total data, Lower; mysid only). For 'Others', prey items smaller than 20 mm were copepods, cummaceans or gammarids and the remaining items larger than 20 mm were squid.

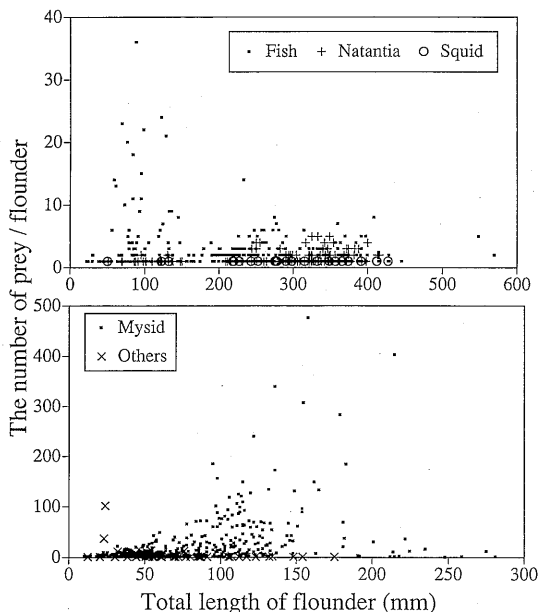


Fig. 7. Relationship between the total length of flounders (N=876) and the number of prey items consumed. Others include copepods, cummaceans and gammarids.

析を行うと、傾きに有意差 ($P < 0.001$) がみられる 2 つの回帰式が得られた。

全長 50 mm 未満 : $MBL = 0.090TL + 0.944$
 ($n = 384, r^2 = 0.139, P < 0.001$)
 全長 51 mm 以上 : $MBL = 0.014TL + 4.738$
 ($n = 933, r^2 = 0.165, P < 0.001$)

ヒラメ稚魚は全長 30 mm から魚類を摂餌し始めた (Fig. 6)。小型のヒラメはハゼ科の稚魚や成魚およびカタクチイワシとイカナゴの稚魚を摂餌し、大型のヒラメはカタクチイワシとイカナゴの若・成魚を中心に摂餌した。捕食された魚類の全長はヒラメの成長とともに増大し、全長 300 mm ではほぼ最大値 (170~180 mm 前後) に達した。また、エビ類やイカ類の大きさもヒラメの成長とともに増加し、エビ類ではヒラメの全長 250 mm 前後で最大値の約 60 mm となったが、イカ類ではヒラメの全長 400 mm まで最大外套長が増大し 140 mm に達した。餌生物の最小分類群は、アミ類を摂餌している間はカイアシ類などを除くと基本的にアミ類であり、アミ類が摂餌されなくなるとエビ類となりこの時期に被食生物の最小体長が数 mm から 20 mm へ上昇した。この時期以外には顕著な最小体長の増大は認められなかった。

ヒラメ一頭当たりの胃内容物の個体数は、アミ類を中心に摂餌していた全長約 150 mm まで増加し、最大値は大野湾で採集された全長 158 mm のヒラメが捕食していたアミ類 476 個体であった (Fig. 7)。また、被食魚類の個体数は全長 100 mm まで増加した。エビ類の被食個体数は最大 5 個体であった。イカ類はすべて 1 個体ずつ出現した。全体としてみると、主食がアミ類から魚類へ移行し、被食魚類の体長が大きくなるにつれて胃内容物の個体数は減少した。

空胃個体を除いた全ての標本のヒラメの全長 (TL ; mm) と胃内容物重量指数 (SCI) の関係は次式の通りであり、ヒラメの体重当たりの胃内容物重量は成長に伴い低下した。

$SCI = -0.0041TL + 2.673$
 ($n = 1056, r^2 = 0.040, P < 0.001$)

同じ標本について、全長 (TL ; mm) と胃内容物重量 (SCW ; mg) の間には次式のべき乗回帰が認められた。この全長から回帰される胃内容物重量を基準胃内容物重量とした。

$SCW = 0.00033TL^{2.715}$
 ($n = 1056, r^2 = 0.693, P < 0.001$)

次に、アミ類の餌料としての役割を詳細に明らかにするために、実際の胃内容物重量と基準胃内容物重量の比

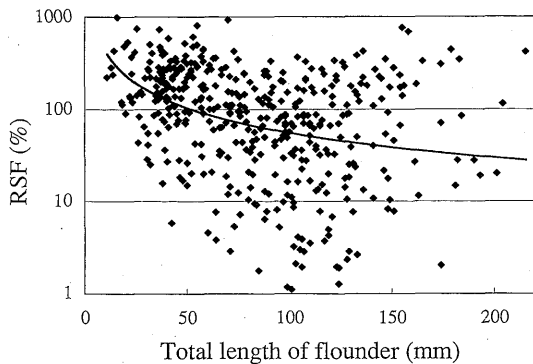


Fig. 8. Relationship between the total length of flounders preying only on mysids and their relative stomach fullness (RSF).

See text for a definition of RSF.

$$RSF = 3462.54TL^{-0.898} \quad (n=440, r^2=0.126, P<0.001).$$

(胃内容物重量/基準胃内容物重量×100)を相対充満度(RSF)として, アミ類のみを摂餌していたヒラメの全長と相対充満度との関係を調べた (Fig. 8)。着底直後のヒラメの相対充満度は大部分が100%以上であり, 全長の増大に伴い相対充満度は減少した。相対充満度と全長の回帰式 (Fig. 8) と相対充満度100%との交点は52 mmであり, これ以上大型のヒラメの多くはアミ類のみの摂餌では十分な摂餌量が得られないことが判明した。しかし, 全長150 mm以上でも一部の個体は, 100%以上の相対充満度を示した。

考 察

一般的に着底後のヒラメの主食はアミ類であり, その後魚食性へ転換することはよく知られている。^{13,20,21)} 本研究においても, 着底直後のヒラメはアミ類を専食し, その後, 徐々に胃内容物中に占める仔稚魚の割合が増大し, 若・成魚期には明瞭な魚食性を示した。しかし, 成育場におけるアミ類と魚類の餌料としての役割は海域の環境特性により異なっていた。餌料生物調査の結果, アミ類の分布量は開放域に多く, ハゼ類の幼稚魚など魚類は閉鎖域に多い傾向が認められた。このような海域間の餌料環境の相違を反映して, 閉鎖域のヒラメは開放域よりも胃内容物中に占める魚類の割合が高く, 全長60 mm前後で魚食性に移行した。これに対して, 開放域では全長200 mm近くに達しても多くの個体がアミ類を主食としていた。本研究でみられたようなアミ類分布量の閉鎖域と開放域との違いは, 他の東北太平洋沿岸域で

も報告されている。²²⁾ また, 仔稚魚の分布量は, 一般に湾奥の河口域に多い。^{23,24)} 開放性の外海域に生息するヒラメと比較して閉鎖性の内湾域のヒラメで魚食性への移行が早いことは他の海域からも報告されており,^{21),*5)} アミ類の分布量が不十分でかつ魚類が摂餌可能な条件下では早い時期に魚食性への移行が起こるものと考えられる。アミ類の少ない海域では魚類のほかカイアシ類やヨコエビ類などが摂餌されるが,^{4,8,21)} カイアシ類はその大きさから着底直後の小型個体にのみ有効な餌料と考えられ, またヒラメはヨコエビ類に対して明瞭な負の選択性を示すことから,²¹⁾ これらだけでは成長や生き残りにとって十分ではないと考えられる。^{4,10)} ヒラメ稚魚は着底直後から小型の仔魚の摂餌が可能であり,^{20),*5)} 本研究でも示したように全長20~30 mmを越えると魚食はかなり普通にみられるようになるので,^{4,13,20,21),*5)} アミ類が少ない場合にも仔稚魚が多ければ初期にカイアシ類などを摂餌し早い段階で魚類に転換することはある程度可能かもしれない。しかし, 着底直後の稚魚期の餌不足は大きな減耗につながる可能性が高いと考えられていることから,^{4,11)} この時期のアミ類に対する摂餌はヒラメの生き残りに重要な意味を持つと考えられる。本研究の閉鎖域では, アミ類の分布量は開放域と比べると10分の1前後であったが, 全長30 mmまでのヒラメのアミ類についての胃内容物重量指数に閉鎖域と開放域間で有意差はなく ($P>0.05$), 着底直後に不可欠な体長5 mm未満の小型のアミ類は閉鎖域においても十分量存在したと考えられる。このことから, 着底期に必要な量を満たす小型アミ類が分布ししかも仔稚魚が豊富な閉鎖域は, アミ類が豊富な開放域と同様に好適な成育場となるものと推察された。

宮城県北部から岩手県にかけての沿岸域では, ヒラメの浮遊期仔魚は7~9月に出現し,^{23,25)} 着底期は7月下旬から9月と考えられる。²⁶⁾ 本研究により, 大野湾では3年にわたる9, 10月を最大としたアミ類の分布密度の明瞭な季節変化が確認された。また, この夏・秋季の最大値は底生初期のヒラメの餌となる体長5 mm未満の小型の個体により構成されていた (Fig. 4)。すなわち, ヒラメの着底期は主要な餌である小型のアミ類の分布量が最大となる時期とはほぼ一致していることが明らかになった。鳥取県沿岸^{12,27)} や新潟県五十嵐浜¹³⁾ においてもヒラメはアミ類の分布量の最大期に着底することから, アミ類の個体群の変動がヒラメの生活戦略に組み込まれている可能性が考えられ, 適応的視点からもヒラメの稚魚期におけるアミ類の重要性が強く示唆された。

重回帰分析によると大野湾で採集されたヒラメの胃内

*5 平成2~6年度放流技術開発事業総括報告書要約編。瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班, 1-69 (1995)。

容物重量指数は、観察された環境条件下においては、水温とアミ類の量に対して正の関係を有していた。ヒラメの日間摂餌量は20°C以下では水温が低いほど減少し、10°C以下ではほとんど摂餌しない。²⁸⁾ また、Fujii and Noguchi¹³⁾によるとアミ類の密度が100個体/m²以下では、アミ類密度の低下とともにヒラメ幼稚魚の成長速度が減少することから、100個体/m²以下ではアミ類の密度が直接摂餌量に影響することが推察された。大野湾においてもヒラメの摂餌量は冬季に明瞭に減少したが、これは水温の低下と餌生物の減少が複合的に影響したものと考えられる。

本研究では着底直後から成魚に至るまでの食性を分析したが、ヒラメの成長に伴う餌生物の種類、大きさ、量の変化は以下のように考えられた。

着底直後のヒラメが摂餌した餌生物の大きさは5 mm以下であり、全長50 mmまでは主として摂餌する餌生物、特にアミ類のサイズが大型化することによって摂餌量が増大した (Fig. 6)。ヒラメの全長が50 mmを越えると摂餌したアミ類の大きさの上限値がほぼ天然域に生息するアミ類の最大サイズに達するため (Fig. 4)、摂餌量増加のためには摂餌するアミ類の個体数を増やすか、魚類などのより大型の餌生物を摂餌するかのいずれかの方法をとる必要がある。開放域では全長200 mm前後までのヒラメが多数のアミ類を摂餌し (Fig. 2, Fig. 7)、その一部は十分量の餌を摂取したと考えられる (Fig. 8)。しかし、平均的にみるとアミ類のみを摂餌した場合の相対充満度は全長約50 mmで100%以下となり、アミ類だけを摂餌していた50 mm以上の個体の多くが餌不足の状態であった (Fig. 8)。このことから、アミ類が非常に豊富な海域を除けば、全長50 mm前後で主食を魚類に転換した方が摂餌効率が高いと推察される。実際に全長50 mm以上のヒラメの多くは魚食性に転換し、100 mmまでは全長10~40 mmの稚魚を摂餌し、餌サイズおよび摂餌個体数の増大によって摂餌量も増大した。このようなヒラメの幼期における餌生物の種類、大きさ、数の変化は、五十嵐浜でのヒラメ幼稚魚の胃内容物分析結果とも傾向が一致した。²⁰⁾ 魚食性への転換後は補助的にイカ類やエビ類も摂餌されていたが、主食はカタクチイワシやイカナゴなどの魚類であった。全長300 mmを越えると被食魚の最大全長が170~180 mm前後となりそれよりも大きな魚類の被食は認められなかった。このサイズは天然域に生息するイカナゴの最大全長とはほぼ一致した。²⁹⁾ 全長300 mm以降は被食魚類の個体数の増加も認められなかったが、被食餌生物中の大型個体の割合が増加したことにより、250 mm以上のヒラメの胃内容物重量指数に明瞭な減少傾向はみられなかった。

Fujii and Noguchi¹³⁾は、全長100 mm前後まではアミ類が100個体/m²以上分布していれば、最大に近い成長が得られることを報告している。一方、Yamashita *et al.*³⁰⁾は大野湾に放流後再捕された人工種苗 (平均全長約100 mm) の成長速度を解析し、1990年に放流されたヒラメ種苗の秋季の平均日間成長速度は0.52 mmであったのに対して、1991年のそれは2倍近い0.96 mmであることを明らかにした。本研究において、大野湾で両年の9月から11月に採集されたヒラメの摂餌状況を比較した結果、被食魚類の胃内容物重量指数は1991年の方が有意に大きかった。また、両年度間で、分析に供されたヒラメの全長に有意な差は認められなかった ($P>0.05$)。これらのことから、1990年放流魚と1991年放流魚の成長速度の違いは来遊したカタクチイワシの量によって生じた可能性が推察される。魚類はアミ類よりも単位体重当たりのカロリーが高いこと、³¹⁾ 1個体当たりのサイズも大きいことから、大野湾のようなアミ類が豊富な海域でも100 mm前後を越えると魚食性へ転換した方がエネルギー獲得の面で有利になるであろう。しかし、アミ類と仔稚魚とは分布密度が大きく異なっており、索餌や摂餌行動に要するコストも両者で異なる可能性がある。一方、ヒラメ幼稚魚の摂餌行動に伴う離底時間が他の魚食性の捕食者から捕食される確率と密接な関係にあることが指摘されている。^{12,32)} カタクチイワシやイカナゴの仔稚魚はヒラメが活発に摂餌する昼間にはアミ類以上に海底から離れて分布している可能性も考えられ、^{33,34)} そのような場合には摂餌のための離底時間も長くなり被食の確率が増大する可能性がある。これらのことから、魚食性へ転換することによって生じる不利さや危険性についても今後検討する必要があるであろう。

謝 辞

調査にご協力をいただいた岩手県水産技術センター武蔵達也専門研究員、同遠藤裕樹技師、日本栽培漁業協会伯方島事業場福永辰廣場長、同屋島事業場岩本明雄場長、東京大学海洋研究所川口弘一教授に深く感謝する。

文 献

- 1) Y. Ikewaki and M. Tanaka: Feeding habits of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae in the western part of Wakasa Bay, the Japan sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 951-956 (1993).
- 2) 桑原昭彦, 鈴木重喜: ヒラメ仔魚の鉛直分布と食性. *日本誌*, **48**, 1375-1381 (1982).
- 3) 南 卓志: ヒラメの初期生活史. *日本誌*, **48**, 1581-1588 (1982).
- 4) Subiyanto, I. Hirata, and T. Senta: Larval settlement of the Japanese flounder on sandy beaches of the Yatsushiro

- sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 1121-1128 (1993).
- 5) 今林博道: 生物群集内における稚魚期および若魚期のヒラメの摂餌生態-I. 個体群の種内関係. 日水誌, **46**, 427-435 (1980).
 - 6) 石田 修, 田中邦三, 佐藤秀一, 庄司泰雅: ヒラメの資源生態調査-II. 館山湾における若令期の生態. 千葉水試研報, **36**, 23-31 (1977).
 - 7) 北川大二, 石戸芳男, 桜井泰憲, 岡本浩明, 山田秀秋, 福永辰廣: 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢, 成長, 成熟および食性. 平成2年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 13-27 (1991).
 - 8) 首藤宏幸, 後藤常夫, 池本麗子, 富山 実, 畔田正格: 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 (1992).
 - 9) 佐藤祐二: 仙台湾を中心としたヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) の生活史について. 東北水研研報, **35**, 15-30 (1975).
 - 10) 藤井徹生, 首藤宏幸, 畔田正格, 田中 克: 志々伎湾におけるヒラメ稚仔魚の着底過程. 日水誌, **55**, 17-23 (1989).
 - 11) M. Tanaka, T. Goto, M. Tomiyama, and H. Sudo: Immigration, settlement and mortality of flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae and juveniles in a nursery ground, Shijiki Bay, Japan. *Neth. J. Sea Res.*, **24**, 57-67 (1989).
 - 12) S. Furuta: Predation on juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) by diurnal piscivorous fish: field observations and laboratory experiments, in "Survival Strategies in Early Life Stages of Marine Resources" (ed. by Y. Watanabe, Y. Yamashita, and Y. Oozeki), A. A. Balkema, Rotterdam, 1996, pp. 285-294.
 - 13) T. Fujii and M. Noguchi: Feeding and growth of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the nursery ground, in "Survival Strategies in Early Life Stages of Marine Resources" (ed. by Y. Watanabe, Y. Yamashita, and Y. Oozeki), A. A. Balkema, Rotterdam, 1996, pp. 141-151.
 - 14) 山下 洋: 放流技術と生態, 「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, 1997, pp. 107-116.
 - 15) 東 幹夫: NUS ネットの使用法と採集効率の推定. 魚類研究会報 (西海区ブロック浅海開発会議), **1**, 93-101 (1983).
 - 16) 広田祐一, 富永 修, 上原子次男, 児玉公成, 貞方 勉, 田中 克, 古田晋平, 小嶋喜久雄, 興石裕一: 日本海浅海域におけるアミ類の地理分布. 日本海ブロック試験研究集録, **15**, 43-57 (1989).
 - 17) 柳 哲雄: 沿岸海洋学—海の中でもものはどう動くか—. 恒星社厚生閣, 東京, 1989, p. 17.
 - 18) R. R. Sokal and F. J. Rolf: Biometry, W. H. Freeman & Co., New York, 1981, pp. 1-859.
 - 19) 広田祐一, 興石裕一, 長沼典子: ヒラメ稚魚が摂餌したアミの大きさと摂餌日周期性. 日水誌, **56**, 201-206 (1990).
 - 20) 興石裕一: 小型人工種苗の放流初期の摂餌特性. 日本海ブロック試験研究集録, **13**, 73-80 (1988).
 - 21) 小嶋喜久雄, 花淵信夫, 大森迪夫, 花淵靖子: 油谷湾内の落砂底域におけるヒラメ幼稚魚の分布生態. マリーナランディング計画 (ヒラメ・カレイ) プロGRESS・レポート, (1), 81-91 (1985).
 - 22) 山田秀秋, 長洞幸夫, 佐藤啓一, 武蔵達也, 藤田恒雄, 二平 章, 影山桂之, 熊谷厚志, 北川大二, 広田祐一, 山下 洋: 太平洋沿岸域におけるアミ類の種組成と分布特性. 東北水研研報, **56**, 57-67 (1994).
 - 23) Y. Yamashita and T. Aoyama: Ichthyoplankton in Otsuchi Bay on northeastern Honshu with reference to the time-space segregation of their habitats. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 189-198 (1984).
 - 24) 森 慶一郎: 山口県油谷湾における魚類の生態学的研究. 中央水研研報, **7**, 277-388 (1995).
 - 25) 川端 淳: 宮城県女川湾における異体類の浮遊期仔魚の分布について. 平成3年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 17-22 (1992).
 - 26) 山下 洋, 北川大二, 畔田正格, 佐藤啓一: 仙台湾, 三陸沿岸におけるヒラメ稚魚の出現と成長. 日本水産学会東北支部会報, **43**, 58 (1993).
 - 27) 野沢正俊: ヒラメ稚魚前期の分布. 鳥取水試報告, **15**, 6-15 (1974).
 - 28) 安永義暢: ヒラメ仔稚魚の生理生態に関する研究. 水工研報告, **9**, 9-164 (1988).
 - 29) 児玉純一: 宮城県沿岸に生息するイカナゴの系群構造と資源生態. 宮城県水産試験場研究報告, **10**, 1-41 (1980).
 - 30) Y. Yamashita, S. Nagahora, H. Yamada, and D. Kitagawa: Effects of release size on survival and growth of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in coastal waters off Iwate prefecture, northeastern Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **105**, 269-276 (1994).
 - 31) G. W. Thayer, W. E. Schaaf, J. W. Angelovic, and M. W. LaCroix: Caloric measurements of some estuarine organisms. *Fish. Bull. U.S.*, **71**, 289-296 (1973).
 - 32) 古田晋平: 放流技術と健苗性, 「放流魚の健苗性と育成技術」(北島 力編), 恒星社厚生閣, 東京, 1993, pp. 94-101.
 - 33) 三谷 勇: 相模湾奥部シラス漁場におけるカタクチイワシ魚群の仔稚魚組成の魚探映像による判定. 水産海洋研究会報, **51**, 120-123 (1987).
 - 34) Y. Yamashita, D. Kitagawa, and T. Aoyama: Diel vertical migration and feeding rhythm of the larvae of the Japanese sand-eel *Ammodytes personatus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**, 1-5 (1985).