ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 稚魚の食物組成と 摂餌強度にみられる地域性

田中 庸介,^{1a*} 大河 俊之,² 山下 洋,³ 田中 克³

(2004 年 10 月 19 日受付, 2005 年 9 月 6 日受理)

¹水産総合研究センター遠洋水産研究所, ²高知県水産試験場,
³京都大学フィールド科学教育研究センター

Geographical differences in stomach contents and feeding intensity
of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

YOSUKE TANAKA,^{1a*} TOSHIYUKI OHKAWA,²
YOH YAMASHITA³ AND MASARU TANAKA³

¹National Research Institute of Far Sea Fisheries, Fisheries Research Agency, 5-7-1 Orido, Shimizuku, Shizuoka 424-8633, ²Kochi Prefectural Fisheries Station, Uranouchi-Haikata, Susaki, Kochi 785-0167, ³Field Science Education and Research Center Kyoto University, Kitashirakawa-Oiwakecho, Kyoto 606-8502, Japan

Japanese flounder juveniles were collected from 12 nurseries from southern to northern Japan and stomach contents of the juveniles, and density, biomass and species composition of mysids as the main prey for juvenile flounder, were examined. Juveniles fed mainly on mysids, small fishes, cragionids and gammarids. Mysid species composition in the field varied geographically and species richness and the biomass of mysids in the environment ranged from one to ten species and 3.0 to 1712.8 mg/m², respectively. The most abundant species in the field occupied the majority in the stomach contents of flounder juveniles. Relative stomach fullness (RSF) on all prey items had no relation to the mysid biomass. However, RSF on mysids increased with mysid biomass in the environment to 200 mg/m². The species composition and biomass of mysids would influence the stomach content composition and feeding intensity of juvenile Japanese flounder.

キーワード：アミ類, 食物組成, 摂餌強度, 地域性, ヒラメ

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は千島列島から南シナ海にいたる沿岸域に広く分布する¹⁾水産重要魚種であり, 栽培漁業のモデル魚種としても注目されている。^{2,3)} 本種の分布域は広範囲に及び, 日本周辺海域における形態的・遺伝的な地理的変異に関して検討が行われてきた。⁴⁻⁶⁾ また, 生息環境も多様であるため産卵期や成長などの生態的特性が海域によって異なることが知られている。^{7,8)}

ヒラメは着底後, 水深 10 m 以浅の砂浜海岸を稚魚期の成育場とし,⁹⁻¹²⁾ 着底後しばらくの期間は小型甲殻類であるアミ類を専食し, その後成長にともない魚類を摂餌するようになる。¹³⁻¹⁶⁾ ヒラメ稚魚の主要な餌料生物であるアミ類の現存量は年変動および季節の変動が大きく, さらに海域によっても大きく異なることから,^{8,17)}

アミ類の密度や生物量はヒラメの生残や成長に影響するとされている。^{18,19)} しかし, 調査の困難さなどから広域的に餌料環境と食物組成や摂餌強度との関係を調査した例はない。摂餌は外部エネルギーを取り込む唯一の手段であり直接あるいは間接的に成長や生残に影響することから, 餌生物環境の多様性に対する適応の実態を解明することは, 種の生残戦略を知る上で不可欠と考えられる。そこで本研究では, 九州西部から北海道にいたる日本海沿岸および東北太平洋沿岸においてアミ類およびヒラメ稚魚標本を採集し, 稚魚期における餌料環境に対する食物組成の対応と摂餌強度の地理的変化について検討した。

* Tel : 81-543-36-6035. Fax : 81-543-35-9642. Email : yosuket@affrc.go.jp

^a 現所属：日本学術振興会特別研究員

試料および方法

調査海域と採集方法 長崎県を起点に九州東シナ海側から日本海沿いに北海道までと（10 定点）、岩手県から宮城県まで（2 定点）の沿岸域において、ヒラメ稚魚採集調査を行った（Fig. 1, Table 1）。ヒラメの産卵期は南日本で早く北日本で遅いため、着底期以降の稚魚が採集される時期を予想し、2000 年 4 月 27 日から 2000 年 9 月 6 日まで順次採集を行った。Tanaka *et al.*⁸⁾によると、アミ類密度のピークは福岡、島根、鳥取では 6 月下旬に、京都、富山では 5 月下旬、新潟では 7 月下旬、山形、秋田、青森では 8-9 月に認められることが示されており、本調査も各海域においてアミ類密度が

Fig. 1 Sampling sites of Japanese flounder juveniles.

ばピークを迎える時期に行った。ヒラメ稚魚は昼行性であり昼間摂餌を行うことから、²⁰⁻²²⁾ 採集は午前 8 時から正午までの間に行った。

ヒラメ稚魚の採集には 2 種類の網口幅のソリ型桁網、すなわち水工研Ⅱ型桁網²³⁾（幅 2.0 m、高さ 0.3 m、目合い 3 mm）および 1.5 m 幅の同型桁網（幅 1.5 m、高さ 0.3 m、目合い 3 mm）を用いた。1.5 m 幅の桁網を用いた長崎県大瀬戸、山口県萩、福井県三国、富山県国分、新潟県直江津、岩手県宮古、宮城県女川、北海道余市では、汀線付近（水深 0.5 m-1.0 m 前後）を人力で曳網して採集を行った。なお、人力曳網時には曳網者は網口から 1 m 以上離れ、網口の前を踏まないように曳網した。それ以外の 4 調査地点（長崎県加津佐、鳥取県船磯、新潟県五十嵐、青森県鯉ヶ沢）では水工研Ⅱ型桁網を使用し、調査船によって水深 10 m 以浅を曳網した。人力、調査船ともに曳網速度を 1.2 ノット（毎秒 0.6 m）前後とし、曳網開始および終了時刻を記録した。各調査地点とも、海岸の広さや採集尾数を考慮して、約 10 分間の曳網を 2 回から 10 数回行った。各調査地点におけるヒラメ稚魚の総採集個体数を総曳網時間（分）で割った単位努力量あたりの漁獲尾数（CPUE 値）を算出した。ただし、本調査では網口幅 1.5 m と 2.0 m の桁網を用いたので、2.0 m の桁網による CPUE 値に 0.75 を乗じて、CPUE を 1.5 m 桁網による 1 分間曳網あたりの採集個体数に換算した。なお、両桁網の採集効率率は、本研究では考慮しなかった。ヒラメ稚魚採集と同時にヒラメの主要餌生物であるアミ類を小型ソリネット（幅 0.6 m、高さ 0.4 m、目合い 0.3 mm）により採集した。²⁴⁾ 小型ソリネットの採集は曳網距離 20 m の採集を 2 回行った。採集されたアミ類は可能な限り種レベルまで同定・計数し、種ごとに湿重量を 1 mg 単位で測定し、密度（個体数/m²）および生物量（mg/m²）を推定

Table 1 Location, sampling date, width of beam trawl for flounder collection, surface water temperature, salinity and catch per unit effort (CPUE) of flounder juvenile

Sampling field	Prefecture	Sampling date	Width of beam trawl	Surface water temperature (°C)	Salinity	CPUE (no./min.)
Yoichi	Hokkaido	Aug. 25	1.5 m	24.5	29.4	0.41
Ajigasawa	Aomori	Sep. 6	2.0 m	25.7	31.3	0.71
Miyako	Iwate	Aug. 9	1.5 m	25.5	20.9	0.24
Onagawa	Miyagi	Aug. 10	1.5 m	24.8	30.1	0.97
Igarashi	Niigata	July 27	2.0 m	24.2	32.7	0.22
Naoetsu	Niigata	June 23	1.5 m	23.0	28.3	0.67
Kokubu	Toyama	June 22	1.5 m	25.5	26.4	2.31
Mikuni	Fukui	June 21	1.5 m	22.0	33.0	1.27
Funaiso	Tottori	May 26	2.0 m	19.8	33.3	1.46
Hagi	Yamaguchi	May 27	1.5 m	18.4	33.7	4.62
Oseto	Nagasaki	Apr. 27	1.5 m	14.6	31.9	1.50
Kazusa	Nagasaki	Apr. 28	2.0 m	16.6	32.7	2.05

Fig. 2 Relationship between total length (TL) and stomach content weight (mg). The regression line shows the relationship between predicted maximum stomach weight (SCW_{max}) and TL. $SCW_{max} = 0.0017 TL^{2.685}$. Closed triangles indicate the data used for calculating the regression.

した。曳網面積は曳網距離 (20 m) と網口幅 (0.6 m) の積で求め、採集効率は考慮しなかった。

採集されたヒラメ稚魚は、ドライアイスを用いて即座に凍結保存した。また、採集されたアミ類は 10% 海水ホルマリンで固定保存した。現場で棒状水温計を用いて表層水温を測定し、海水を研究室に持ち帰った後、塩分計 (Model85, YSI ナノテック) により実用塩分値 (practical salinity unit) を測定した。

標本測定および胃内容物分析 ヒラメ稚魚標本は研究室に持ち帰った後、全長 (0.1 mm), 体重 (mg), 内臓除去重量 (mg) を測定した。摘出した胃は 10% ホルマリン液に保存した。全調査地点において、調査の直前にはヒラメ種苗放流が行われていないことを確認したが、無眼側の黒色素等によって人工種苗と判断されるヒラメ稚魚については本研究の対象外とした。

ヒラメ稚魚胃内容物は目レベルで同定し、アミ類は属レベルまで同定した。胃中から出現した生物の個体数を計数し、アミ類については属ごとに、その他の生物については目ごとに湿重量 (mg) を測定した。

広い全長範囲にわたるヒラメ稚魚の摂餌強度を比較するために、以下の方法で相対的な胃の充満度を求めた。採集されたヒラメ稚魚の全長 (TL, mm) とその胃内容物重量の関係を Fig. 2 に示した。全長 10 mm ほどの胃内容物重量の最大値と全長の関係から各全長における最大胃内容物重量 (SCW_{max} , mg) を推定した。その関係は次式で表された (Fig. 2)。

$$SCW_{max} = 0.0017 TL^{2.685}$$

この関係式から推定した最大胃内容物重量に対する各個体の胃内容物重量の割合を相対胃充満度 (Relative

Stomach Fullness, 以下 RSF) として以下の式により求め、ヒラメ稚魚の摂餌強度の指標とした。

$$RSF_{all}(\%) = 100 SCW_{all} / SCW_{max}$$

$$RSF_{mysid}(\%) = 100 SCW_{mysid} / SCW_{max}$$

ここで RSF_{all} は胃内容物の総量による胃充満度, RSF_{mysid} はアミ類のみによる胃充満度, SCW_{all} は胃内容物重の総湿重量 (mg), SCW_{mysid} は胃内容物中におけるアミ類の湿重量 (mg) である。

結 果

各調査地点における水温、塩分、稚魚の CPUE、全長組成 調査時における水温は 14.6°C (4 月 27 日長崎県大瀬戸) から 25.7°C (9 月 6 日青森県鯉ヶ沢) の範囲にあり、約 11°C の差が認められた (Table 1)。季節の進行とともに、また調査海域が北東に進むにつれて水温が上昇した。塩分は 20.9 (8 月 9 日岩手県宮古) から 33.7 (5 月 27 日山口県萩) の範囲にあり、季節や調査海域に対応した傾向は認められなかった。宮古では調査地点が津軽石川の河口部であったため、他の調査地点より比較的低い塩分 (20.9) を示した。

CPUE は 0.22 (6 月 27 日新潟県五十嵐) から 4.62 (5 月 27 日山口県萩) の範囲を示した。加津佐、船磯、五十嵐、鯉ヶ沢の 4 地点では、2 m の桁網を用いてやや深い水深帯で採集を行ったが、浅い水深帯で採集を行った他の 8 地点の CPUE との間に有意差は認められなかった (Mann-Whitney test, $p = 0.80$)。能登半島を境界に福井県以南における 5 地点 (以下南日本) と日本海側富山県以北から東北太平洋側沿岸の 7 地点 (以下北日本) 間で CPUE を比較したところ、前者は後者より有意に高かった (Mann-Whitney test, $p < 0.05$)。

調査が長期にわたったため、各地点間におけるヒラメ稚魚の全長の差はかなり大きいものとなった (Fig. 3)。採集されたヒラメ稚魚の平均全長は長崎県加津佐で最も小さく (20.1 mm), 新潟県五十嵐で最も大きかった (102.7 mm)。採集された稚魚の平均全長 (Fig. 3) と調査地点の緯度の間には有意な正の相関が見られ (Spearman's correlation coefficient by ranks, $r_s = 0.77$, $p < 0.01$), 平均全長と CPUE の間には有意な負の相関 ($r_s = -0.85$, $p < 0.01$) が認められた。

餌料環境 全 12 地点から、6 属、20 種のアミ類が出現した (Table 2)。優占種は各調査地点で異なった。加津佐では *Archaeomysis japonica* が密度、生物量ともに 60% 以上を占めた。大瀬戸では *Iiella ohshimai* が密度、生物量ともに優占した。萩、国分、女川、鯉ヶ沢では *Nipponomysis toriumii*, 余市では *Ni. imparis* が密度、生物量ともに優占した。鳥取県船磯では *Acanthomysis pseudomitsukurii*, 三国と五十嵐では *Ac. nakazatoi* が最も多く出現した。直江津では *Ni. imparis* が密

Fig. 3 Size frequency distributions of the Japanese flounder juveniles collected from 12 nurseries, with mean total length and standard deviation.

Table 2 Density (no./m²) and biomass (mg/m²) of mysids

Mysids species	Yoichi		Ajigasawa		Miyako		Onagawa	
	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass
<i>Siriella japonica sagamiensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Siriella</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Archaeomysis japonica</i>	—	—	—	—	—	—	6.83 (38.1)	2.63 (34.2)
<i>Ar. kokuboi</i>	24.38 (16.2)	17.88 (19.0)	—	—	—	—	—	—
<i>Iiella ohshimai</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Neomysis. awatschensis</i>	0.04 (—)	0.08 (0.1)	—	—	1706.63 (100)	1712.75 (100)	—	—
<i>Ne. czerniauskii</i>	0.50 (0.3)	1.79 (1.9)	—	—	—	—	—	—
<i>Ne. japonica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ne. spinosa</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Nipponomysis fusca</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. imparis</i>	119.46 (79.5)	48.04 (51.1)	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. linguura</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. ornata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. perminuta</i>	—	—	1.42 (47.9)	1.08 (36.1)	—	—	—	—
<i>Ni. toriumii</i>	0.13 (—)	0.13 (0.1)	1.50 (50.7)	1.92 (63.9)	—	—	11.08 (61.9)	5.04 (65.8)
<i>Ni. spp. (young)</i>	—	—	0.04 (1.4)	—	—	—	—	—
<i>Acanthomysis japonica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. nakazatoii</i>	5.79 (3.9)	26.13 (27.8)	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. pseudomitsukurii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. robusta</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. tamurai</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
In total	150.30	94.05	2.96	3.00	1706.63	1712.75	17.90	7.70

Values in parentheses indicate percentage (%).

度で, *Ac. nakazatoii* が湿重量で優占した。宮古では *Neomysis awatschensis* のみが出現した。

アミ類全体の密度, 生物量は, とともに調査地点によって大きく異なった。密度は岩手県宮古が最も高く

1706.6 個体/m² であった。また, 長崎県大瀬戸が最も低く 2.1 個体/m² であった。生物量においても宮古が 1712.8 mg/m² と最も高く, 青森県鯉ヶ沢で 3.0 mg/m² と最も低かった。アミ類密度, 生物量とともに南北日本間

Table 2 Continued

Mysids species	Igarashi		Naoetsu		Kokubu		Mikuni	
	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass
<i>Siriella japonica sagamiensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Siriella</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Archaeomysis japonica</i>	0.83(0.2)	2.96(0.5)	46.50(15.5)	29.75(17.1)	1.79(15.6)	1.71(18.1)	182.91(27.3)	69.75(31.2)
<i>Ar. kokuboi</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Iiella ohshimai</i>	—	—	—	—	0.67(5.8)	1.04(11.0)	—	—
<i>Neomysis. awatschensis</i>	—	—	—	—	0.54(4.7)	0.42(4.4)	—	—
<i>Ne. czerniawskii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ne. japonica</i>	1.58(0.4)	4.75(0.9)	—	—	—	—	—	—
<i>Ne. spinosa</i>	—	—	—	—	—	—	0.13(—)	0.08(—)
<i>Nipponomysis fusca</i>	49.54(13.0)	15.71(2.8)	—	—	0.54(4.7)	0.13(1.3)	—	—
<i>Ni. imparis</i>	—	—	180.08(59.9)	49.42(28.5)	1.13(9.8)	0.25(2.6)	163.96(24.5)	50.91(22.8)
<i>Ni. linguura</i>	—	—	0.08(—)	0.50(0.3)	—	—	—	—
<i>Ni. ornata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. perminuta</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. toriumii</i>	—	—	—	—	6.50(56.5)	5.33(56.4)	—	—
<i>Ni. spp. (young)</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Acanthomysis japonica</i>	1.08(0.3)	1.13(0.2)	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. nakazatoi</i>	321.58(84.2)	520.54(94.0)	72.75(24.2)	90.08(51.9)	0.33(2.9)	0.58(6.2)	309.33(46.2)	97.79(43.8)
<i>Ac. pseudomitsukurii</i>	2.54(0.7)	2.79(0.5)	0.17(0.1)	0.08(—)	—	—	12.75(1.9)	4.79(2.1)
<i>Ac. robusta</i>	4.00(1.0)	5.46(1.0)	0.92(0.3)	3.83(2.2)	—	—	—	—
<i>Ac. tamurai</i>	0.67(0.2)	0.71(0.1)	—	—	—	—	0.21(—)	0.17(—)
In total	381.82	554.05	300.50	173.67	11.50	9.46	669.29	223.50

Values in parentheses indicate percentage (%).

Table 2 Continued

Mysids species	Funaiso		Hagi		Oseto		Kazusa	
	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass	Density	Biomass
<i>Siriella japonica sagamiensis</i>	2.25(3.4)	0.79(1.5)	—	—	—	—	—	—
<i>Siriella</i> sp.	—	—	—	—	—	—	0.04(0.7)	—
<i>Archaeomysis japonica</i>	—	—	0.25(0.2)	2.13(1.3)	—	—	4.17(69.9)	3.71(65.0)
<i>Ar. kokuboi</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Iiella ohshimai</i>	1.25(1.9)	0.42(0.8)	1.75(1.6)	9.75(5.8)	1.67(78.4)	1.38(89.2)	—	—
<i>Neomysis. awatschensis</i>	—	—	0.42(0.4)	0.92(0.6)	0.38(17.6)	0.13(8.1)	—	—
<i>Ne. czerniawskii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ne. japonica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ne. spinosa</i>	0.17(0.2)	0.13(0.2)	0.04(—)	0.17(0.1)	—	—	—	—
<i>Nipponomysis fusca</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. imparis</i>	—	—	30.75(28.7)	30.21(18.1)	0.04(2.0)	0.04(2.7)	0.17(2.8)	0.17(2.9)
<i>Ni. linguura</i>	0.04(0.1)	—	0.04(—)	0.04(—)	—	—	—	—
<i>Ni. ornata</i>	0.17(0.2)	0.08(0.2)	—	—	—	—	0.17(2.8)	0.04(0.7)
<i>Ni. perminuta</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ni. toriumii</i>	2.08(3.1)	5.08(9.9)	64.54(60.2)	119.08(71.1)	—	—	0.96(16.1)	1.13(19.7)
<i>Ni. spp. (young)</i>	0.08(0.1)	—	8.00(7.5)	0.88(0.5)	0.04(2.0)	—	0.29(4.9)	—
<i>Acanthomysis japonica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. nakazatoi</i>	14.33(21.3)	14.67(28.5)	1.46(1.4)	4.17(2.5)	—	—	0.17(2.8)	0.67(11.7)
<i>Ac. pseudomitsukurii</i>	46.88(69.7)	30.29(58.9)	0.04(—)	0.04(—)	—	—	—	—
<i>Ac. robusta</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ac. tamurai</i>	—	—	—	—	—	—	—	—
In total	67.25	51.46	107.29	167.40	2.13	1.55	5.97	5.71

Values in parentheses indicate percentage (%).

で有意な差は認められなかった (Mann-Whitney test, 密度 : $p=0.63$, 生物量 : $p=0.53$).

胃内容物 余市, 鯨ヶ沢, 女川を除く 9 地点では,

アミ類が胃内容物の 50% 以上を占めた (Fig. 4)。アミ類以外の生物では魚類, エビジャコ類, ヨコエビ類が胃内から認められた。胃内からは多くの海域で複数種のア

Fig. 4 Regional changes in stomach content composition in wet weight (WW%) of the Japanese flounder juveniles collected from 12 nurseries. Unidentified mysids mainly consisted of digested broken carapace.

ミ類が認められたが、五十嵐、直江津、三国では *Acanthomysis* 属が、国分、船磯、萩、加津佐では *Nipponomysis* 属が胃内容物中の多くを占めた。上記 2 属以外が胃内を優占した海域は宮古と大瀬戸であり、特に宮古では環境中に *Ne. awatschensis* のみが認められ (Table 2), 胃内にも *Neomysis* 属のみが出現した。アミ類が胃内容物の 50% 以上を占めていた 9 地点のうち、加津佐を除いた 8 地点において胃内容物中のアミ類重量組成 1 位の属は環境中アミ類重量組成 1 位の属と一致した。余市、鯨ヶ沢、女川ではアミ類以外の生物が胃内容物重量の半分以上を占めた。余市では胃内から出現したアミ類のほとんどが *Nipponomysis* 属であったが、その重量割合は 40% 以下であり、魚類とエビジャコ類が約 60% を占めた。鯨ヶ沢では魚類が 90% 以上を占めた。女川では魚類、エビジャコ類、ヨコエビ類が胃内容物の約 80% を占めたが、ヨコエビ類の割合が比較的高かった (約 25%) のは女川のみであった。

各調査地点における総胃内容物による充満度 (RSF_{all}) およびアミ類による充満度 (RSF_{mysid}) の平均値を Fig. 5 に示した。両者ともにこれらの値は海域により大きく異なった。三国、船磯、大瀬戸、加津佐では RSF_{all} の平均値は相対的に低く、それぞれ 8.7–15.0% の範囲にあった。鯨ヶ沢、国分、萩では 26.2–28.0%, 余市、宮古、直江津では 33.7–34.3% であった。女川では 40.8%, 五十嵐が最も高い 44.6% を示した。南日本と北日本の RSF_{all} の中央値を比較したところ、北日本の方が有意に高かった (Mann-Whitney test, $p < 0.01$)。

Fig. 5 Regional changes in relative stomach fullness (RSF) of the Japanese flounder juveniles collected from 12 nurseries. Closed squares and open circles indicate mean values of RSF_{all} and RSF_{mysid} , respectively. Each error bar shows standard error.

RSF_{mysid} では、南日本の調査地点における平均値の範囲が 3.9–26.6%, 北日本では 2.1–33.7% であり、両者間に有意差は認められなかった (Mann-Whitney test, $p =$

Fig. 6 Relationship between the biomass of potential prey (BPP; mg/m²) and RSF_{mysid} (%). See the text for definitions of BPP and RSF_{mysid}. $RSF_{mysid} = 2.90 \log BPP + 7.35$ ($n = 12$, $r^2 = 0.63$, $p < 0.05$).

0.53)。各調査地点における表在性あるいは遊泳性のアミ類 (*Acanthomysis*, *Neomysis*, *Nipponomysis* 属) 生物量 (Biomass of potential prey, BPP) と平均 RSF_{mysid} との間には有意な対数関数関係が認められ ($RSF_{mysid} = 2.90 \log BPP + 7.35$, $r^2 = 0.63$, $p < 0.05$), RSF_{mysid} の増加はアミ類生物量が約 200 mg/m² 以上では鈍化する傾向が認められた (Fig. 6)。

考 察

ヒラメ稚魚は着底後しばらくの間アミ類を専食することがよく知られており,¹³⁻¹⁶⁾ 本研究においても余市, 鰯ヶ沢, 女川を除いた 9 定点でアミ類が胃内容物の 50 % 以上を占めていた。ヒラメ稚魚が摂餌していたアミ類の種類は海域によって多様であったが, 環境中に豊富に生息する種類を多く摂餌する傾向が明らかとなった。例えば, 宮古では環境中に *Neomysis* 属のみが出現し, 胃内容物中のアミ類も *Neomysis* 属のみであった。加津佐, 萩, 国分, 余市では *Nipponomysis* 属が, 船磯, 三国, 直江津, 五十嵐では *Acanthomysis* 属のアミ類が主に摂餌されており, 加津佐を除けばそれらは環境中においても最も豊富にみられたアミ類であった。一方, 加津佐では, 環境中においては *Ar. japonica* が最も多い種であったが, 胃内容物中に占める *Archaeomysis* 属の割合は 10 % 未満と非常に低く, *Nipponomysis* 属が 50 % 以上を占めた (Fig. 4)。アミ類には鉛直分布に日周性があることが報告されており, 萩, 国分, 女川, 鰯ヶ沢で優先した *Ni. toriumii* や三国, 直江津, 五十嵐で多く見られた *Ac. nakazatoi* は昼間には海底直上から約 40 cm に分布する。²⁵⁾ しかし, 加津佐, 大瀬戸で優占した *Ar. japonica* および *Iella ohshimai*, 余市において湿重量で約 20 % を占めた *Ar. kokuboi* は昼間には潜砂性であ

り, 夜間に水柱に浮上する。²⁶⁾ ヒラメは視覚捕食者であり, 海底から数十 cm にある餌生物を海底から浮上して摂餌する摂餌行動をとるため,²⁷⁾ 上記 3 種については, 餌として十分には利用できないことが考えられる。

女川ではエビジャコ類やヨコエビ類が多く摂餌され, 鰯ヶ沢では胃内容物のほとんどが魚類であった。この 2 海域はアミ類の密度および生物量が非常に少ない海域であった。山田ら¹⁵⁾ は, アミ類分布量が不十分でかつ魚類の摂餌が可能な条件下では魚食性への転換が早期に生じる可能性を示している。また, アミ類密度が 2.74 個体/m² と低い瀬戸内海燧灘沿岸では, 摂餌選択性は低いもののエビジャコ類がヒラメ稚魚の重要な餌生物となっている。²⁸⁾ 女川と鰯ヶ沢においてアミ類以外の生物が胃内容物のほとんどを占めていたことは, アミ類の密度および生物量の少なさに起因するものと考えられる。しかし, 女川や鰯ヶ沢で採集されたヒラメ稚魚は小型魚類やエビジャコ類を摂餌できる体長であったためにこれらの餌を捕食していた。一方で, 大瀬戸, 加津佐, 国分では, アミ類の生物量が低く, 採集された稚魚が魚類の摂餌を開始する全長 30 mm 前後^{15,16,19,20)} より小型であったために魚類を摂餌できなかったのかもしれない。

アミ類の分布密度や RSF_{mysid} には南北間に有意差は認められなかった。一方, RSF_{mysid} とアミ類生物量の間には有意な対数関数関係がみられ, 約 200 mg/m² 付近まではアミ類生物量の増加に対応して RSF_{mysid} が増加した。Fujii and Noguchi¹⁹⁾ はアミ類密度 (*Ac. robusta*) が約 100 個体/m² 以下ではアミ類密度とヒラメ稚魚の成長速度の間に正の相関がみられることを報告している。本研究で採集された *Ac. robusta* の平均湿重量は 1.89 mg/個体であった。この値を用いると 200 mg/m² は 105.2 個体/m² と換算でき, Fujii and Noguchi の最大成長を保障するアミ類密度 (>100 個体/m²) とほぼ一致する。したがって, ヒラメ稚魚の餌利用可能性は環境中のアミ類の生物量に依存し, 成長速度にも影響を与えていることが考えられる。

ヒラメは我が国周辺の温帯域に南北に広く分布しており, 本種の生息環境は緯度によって多様に変化する。このような魚種では分布域間で初期減耗や資源変動機構が大きく異なる可能性が示唆されている。²⁹⁾ 本研究ではヒラメの初期生態の緯度差を解明することを試みたが, 北日本の調査が相対的にやや遅れたことから採集された稚魚に採集地点間で有意な体長差が生じ, 初期生態と緯度との関係を明確に抽出することができなかった。また, 稚魚の CPUE は南日本において北日本よりも有意に高かったが, 平均全長と CPUE の間に負の相関が認められたことから, CPUE の差には北日本における調査時期の遅れが影響している可能性を否定できず, 南日本において稚魚密度が高いと断定することはできなかった。

今後は餌料環境の季節変化や成長に伴う摂餌生態の変化を考慮した継続的な調査を全国的な規模で実施することにより、ヒラメの初期生態に対する緯度の影響を分析することが必要と考えられる。

謝 辞

ヒラメ稚魚を採集するに当たり、調査にご協力いただいた当時北海道立中央水産試験場藤岡 崇氏、青森県水産試験場小田切譲二氏、日本栽培漁業協会宮古事業場有瀬真人氏、同山田徹生氏、日本海区水産研究所首藤宏幸氏、新潟県立海洋高校渡辺憲一氏、富山県水産試験場前田経雄氏、鳥取県水産試験場古田晋平氏、西海区水産研究所興石裕一氏に深く御礼申し上げます。また、査読者の方々からは多数の有益なご助言をいただきました。心から感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 尼岡邦夫. ヒラメ. 「日本産魚類大図鑑」(益田 一, 尼岡邦夫, 荒賀忠一, 上野輝彌, 吉野哲夫編), 東海大学出版会, 東京. 1984: 332.
- 2) 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: 107-116.
- 3) 田中 克. ヒラメにみる栽培漁業の根幹に関する生物学的諸問題. 水産育種 1999; **27**: 3-13.
- 4) Fujii T, Nishida M. High sequence variability in the mitochondrial DNA control region of the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish. Sci.* 1997; **63**: 906-910.
- 5) 朝日田卓, 齊藤憲治, 山下 洋, 青沼佳方, 小林敬典. ミトコンドリア DNA の制限酵素切断型分析によるヒラメ天然集団の遺伝的変異. 日本水誌 1998; **64**: 377-383.
- 6) Kinoshita I, Seikai T, Tanaka M, Kuwamura K. Geographic variations in dorsal and anal ray counts of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, in the Japan Sea. 2000; *Env. Bio. Fishes*; **57**: 305-313.
- 7) 南 卓志. 生活史特性. 「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; 9-24.
- 8) Tanaka M, Ohkawa T, Maeda T, Kinoshita I, Seikai T, Nishida M. Ecological diversities and stock structure of the flounder in the Sea of Japan in relation to stock enhancement. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult.* 1997; **Suppl. 3**: 77-85.
- 9) 野沢正俊. ヒラメ稚魚前期の分布. 鳥取水試報告 1974; **15**: 6-15.
- 10) 興石裕一, 野口昌之, 田中邦三. 外海性砂浜域におけるヒラメ幼稚仔の分布と成長. マリーナランニング計画(ヒラメ・カレイ) プロGRESS・レポート 1985; **1**: 11-23.
- 11) 小嶋喜久雄, 花淵信夫, 大森迪夫, 花淵靖子. 油谷湾内の渚砂底域におけるヒラメ稚魚の分布生態. マリーナランニング計画(ヒラメ・カレイ) プロGRESS・レポート 1985; **1**: 81-91.
- 12) 藤井徹生, 首藤宏幸, 畔田正格, 田中 克. 志々伎におけるヒラメ稚魚の着底過程. 日本水誌 1989; **55**: 17-23.
- 13) 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. 日本水誌 1980; **46**: 427-435.
- 14) 加藤和範. 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究-1. ヒラメ幼稚魚の分布と食性. 新潟水試研報 1987; **12**: 27-41.
- 15) 山田秀秋, 佐藤啓一, 長洞幸夫, 熊谷厚志, 山下 洋. 東北太平洋沿岸域におけるヒラメの摂餌生態. 日本水誌 1998; **64**: 249-258.
- 16) Tanaka Y, Tominaga O, Tsusaki T, Nogami K, Fushimi H, Tanaka M. UJNR experimental release of Japanese flounder at Wada Beach, Wakasa Bay: Feeding habit of wild and released juveniles. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult.* 1999; **Suppl. 1**: 125-133.
- 17) 広田祐一. 餌料としてのかいし類・アミ類の生態. 「砂浜海岸における仔稚魚の生物学」(千田哲資, 木下 泉編), 恒星社厚生閣, 東京. 1998; 78-88.
- 18) 古田晋平. 鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人口種苗の摂餌状態と餌料条件. 日本水誌 1997; **63**: 886-891.
- 19) Fujii T, Noguchi M. Feeding and growth of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the nursery ground. In: Watanabe Y, Yamashita Y, Oozeki Y (eds) *Survival Strategy in Early Life Stages of Marine Resources*. A. A. Balkema, Rotterdam. 1996; 141-151.
- 20) 興石裕一, 中西 孝, 赤嶺達郎, 田中邦三, 長沼典子. 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. 日本研報告 1982; **33**: 67-80.
- 21) 広田祐一, 興石裕一, 長沼典子. ヒラメが摂餌したアミの大きさと摂餌日周性. 日本水誌 1990; **56**: 201-206.
- 22) Tominaga O, Seikai T, Tsusaki T, Hondo Y, Murakami N, Nogami K, Tanaka Y, Tanaka M. Daily ration of hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* as an indicator of release place, time and fry quality. In situ direct estimation and possibility of new methods by stable isotope. *UJNR Tech. Rep.* 2001; **30**: 7-24.
- 23) 木元克則, 藤田 薫, 野口昌之, 興石裕一. 水産工学研究所Ⅱ型2m幅桁網の開発とヒラメ稚魚の採集効率の推定. 水工研研報 2001; **22**: 67-90.
- 24) 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 1989; **15**: 43-57.
- 25) 山田秀秋, 遠藤裕樹, 武蔵達也, 山下 洋. ヒラメ幼稚魚育成礁周辺のアミ類とカタクチイワシシラスの分布特性. 水産増殖 1998; **46**: 487-494.
- 26) Takahashi K, Kawaguchi K. Diel and tidal migrations of the sand-burrowing mysids, *Archaeomysis kokuboi*, *A. japonica* and *Iiella ohshimai*, in Otuchi Bay, northeastern Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1997; **148**: 95-107.
- 27) Furuta S. Predation on juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) by diurnal piscivorous fish: Field observations and laboratory experiments. In: Watanabe Y, Yamashita Y, Oozeki Y (eds) *Survival Strategy in Early Life Stages of Marine Resources*. A. A. Balkema, Rotterdam. 1996; 285-294.
- 28) Yamamoto M, Makino H, Kobayashi J, Tominaga O. Food organisms and feeding habits of larval and juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* at Ohama Beach in Hiuchi-Nada, the central Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Sci.* 2004; **70**: 1098-1105.
- 29) Miller JM, Burke JS, Fitzhugh GR. Early life history patterns of Atlantic North American flatfish: likely (and unlikely) factors controlling recruitment. *Neth. J. Sea Res.* 1991; **27**: 261-273.