

遺伝学的・生態学的手法によるヒラメ放流技術開発と効果把握

増養殖環境部 大河 俊之

1 はじめに

ヒラメは高知県で最も多く人工種苗が放流されている魚種であることから、水産業における重要な沿岸魚として位置づけられている。本種の本県における種苗放流は平成元年から本格的に開始され、20年近くが経過した。しかし、放流に適した時期、場所、サイズ、方法などの技術開発や放流効果の把握は必ずしも十分になされていない。本研究は築堤式保育場（以下、保育場）を用いた中間育成の技術開発と効果検証、放流効果把握、最適な放流条件を考えるための天然稚魚調査を行った。なお、土佐湾中部における放流ヒラメの漁獲状況は分析機器のトラブルから DNA に関するデータを得ることができなかつたため、十分な結果を得ることができなかつた。当該項目は今後も継続する予定であることから、以後にまとめることとする。

2 築堤式保育場を用いた中間育成

(1) はじめに

高知県水産試験場は平成13年から7年間にわたって保育場におけるヒラメ中間育成に関する調査研究に取り組んできた。本研究において、平成17年では平均全長80mmで陸上水槽飼育群と保育場馴致群を放流し、放流直後における生残への影響を比較した（高知県水産試験場2005）。その結果、これら2群の放流直後における生残や成長等の生態にはほとんど差がみられなかつた。平成18年は全長60mm以下のヒラメ種苗が放流直後に大きく減耗したことから、浦ノ内湾のような内湾域では全長65mm以上での放流が望ましいことを示唆した（高知県水産試験場2006）。平成19年は平成17年に実施した比較放流試験と同様の方法を全長60～70mm種苗へ適用する予定であった。しかし、放流種苗が1ロットしか入手できなかつたため、これまで実施されていない全長100mm以上の大型種苗を放流し、放流直後の生態を調べることにした。

保育場の生残状況を調べる技術開発は平成18年から開始したが、いくつかの問題が残されている。そこで、計数された種苗を保育場で飼育し、改善された計数試験を実施した。

(2) 材料と方法

1) 供試魚の飼育

供試魚は高知県栽培漁業センターで生産され、4月24日に受け入れた32,600個体（平均全長23.3mm）であった。ヒラメ種苗は30t陸上水槽2面へ収容され、16日間中間育成後に保育場へ移送された。飼育中の給餌量は体重の約6%とした。

保育場での飼育は高知県栽培漁業センター所有の保育場の一部を網で仕切った施設で実施した。施設の面積は236m²で、後述の計数試験を考慮した。すなわち、平成18年試験における飼育時の密度は約50個体/m²であったが、平成19年は約100個体/m²以上のとした。

2) 計数試験

個体数推定の試験は、計6回実施した。4回目までは仕切網を設置した施設を18区画に分割し、各区画の一部を潜水によって目視計数した。5、6回目は種苗の密度が過密になったことから、仕切網を除去し、保育場全面を使用して飼育後、放流直前に大型サイズで実施した。5、6回目の計数は1,925m²の保育場をそれぞれ80、48区画に分割して行った。調査具は平成18

年度の試験に用いたものを改良し、各区画について2m×15cmを調べた。

3) 放流追跡調査

保育場で飼育されたヒラメ種苗は保育場の水門を開放して浦ノ内湾へ放流された。放流魚の追跡は、県所有船であるサリーナ(1.1トン)と西海区水研III型桁網(幅1.5m、以下、桁網)を用いて曳網することにより、放流ヒラメを採集した。調査期間は放流個体の再捕がなくなるまでとし、放流後1、2、4、6、10、13、18、40日後の計8回実施した。

(3) 結果と考察

1) 供試魚の飼育

保育場移送時の全長は45.8mm(図1)で、個体数は約29,000個体であった。これらから、陸上水槽飼育における日間成長率は1.41mm/日で、生残率は89.1%と推定された。

保育場での飼育は37日間で、放流時におけるヒラメの平均全長は101.6mmであったため、日間成長率は1.51mm/日と推定された(図1)。この日間成長率は過去数年間実施された保育場での飼育事例の中で最も高かった(後述、表4)。この要因として、本試験で使用した種苗は飼育中の目視観察から活力が高く、摂餌が特に良好であったためと考えられた。

2) 計数試験

保育場での計数試験は29,000個体を放養して実施した。仕切網を設置した全長約50mm前後の種苗を対象とした計数結果では、3回目を除いて28,763~32,723個体と±約10%の誤差となった。3回目の計数は38,280個体と推定されたが、恣意的な計数測線の設置が原因と思われた。このことから、計数時の測線の設定はランダムに選ぶ必要があると考えられた。

平均全長約90mmを対象とした仕切網除去後の計数試験では37,141と28,741個体であった。前者は実際の分布数を3回目の計数と同じく大きく上回り、種苗の大型化によって計数された逃避個体が別の定点で計数された可能性(2重計数)が疑われた。そこで、測定点数を減らし、計数した結果、実際の分布数に近い値が得られた。本手法は平成17年の結果も考慮すると、少なくとも全長65mmまで十分適用できる。しかし、それ以上、特に100mm前後の大型種苗については適切な計数条件を考えて実施する必要がある。

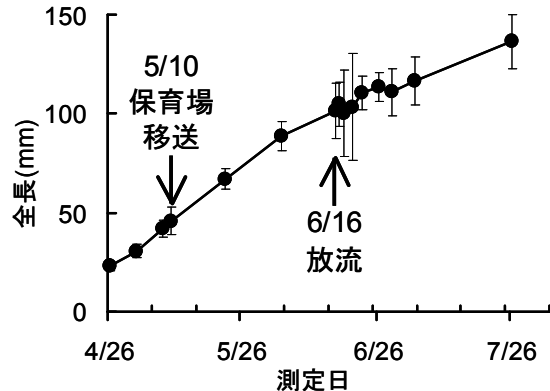


図1 飼育および追跡調査におけるヒラメの平均全長と標準誤差

表1 計数試験結果

調査日	飼育面積 (m ²)	調査点数	平均密度 (個体/m ²)	標準誤差	推定個体数
5 12	236	18	136.85	98.6	32186
5 13	236	18	122.78	87.9	28763
5 14	236	18	162.04	57.4	38280
5 17	236	18	138.78	49.3	32723
6 11	1925	80	19.29	17.7	37141
6 12	1925	48	14.93	14.6	28741

表2 追跡調査における曳網時間(分)と再捕個体数

調査日	放流後日数	曳網時間	再捕個体数
6 17	1	30.25	38
6 18	2	38.25	13
6 20	4	38.50	15
6 22	6	40.66	12
6 26	10	31.25	2
6 29	13	37.00	7
7 4	18	40.50	9
7 26	40	30.50	2
計		286.91	98

3) 放流追跡調査

放流追跡調査の結果、8回の調査で98個体の放流ヒラメが採集された(表2)。過去に水産試験場によって浦ノ内湾において放流された群(以下、水試放流群)の結果と比較するため、時系列における採集個体数を曳網時間と放流個体数で補正された指標を放流群ごとに図4に示した。平成19年水試放流群のCPUEはこれまでの水試放流群と比較して小さく、採集効率は低かった。しかし、放流サイズが100mm以上と大型であったために、網からの逃避率が高い可能性があり、18日後でも9匹(表2)と比較的まとまった放流魚の再捕があった。よって、放流魚は放流周辺海域に比較的長い期間分布していたと推察された。

再捕された放流ヒラメ稚魚は放流後2日から摂餌個体の割合が40.0%以上であった(図3)。胃内容重量からみた主要餌料はハゼ科魚類で、魚類消化物やアミ類が低頻度で出現した。これまでの対象海域における放流追跡調査は全長80mm以下で実施されている。これらの放流群はハゼ科魚類を主要餌料としており、放流後7~10日まで摂餌率が低かった。この結果と平成19年水試放流群の結果を比較すると、本放流群の摂餌状況は良好だったと考えられた。

平成19年水試放流群の平均全長は放流直後に減少し、その後、増加した(図4)。このような事例はこれまでの保育場飼育(馴致群)と陸上水槽飼育(非馴致群)された水試放流群にはほぼ例外なく観察され、移動性の高い大きな個体が調査海域外へ移動したと推察された。この放流群でも同様の現象が起こっていたと考えられた。

それに加えて、平成18年水試放流群では小型個体の減耗も示唆されていた。平成19年水試放流群でこのことを検証するため、放流時、放流後1、2日と4、6日をそれぞれまとめた全長組成を比較した(図5)。しかし、放流時と放流後4・6日の測定個体数が少なかったため、明瞭な傾向は認められなかった。

これらの結果から、放流後のヒラメにおける

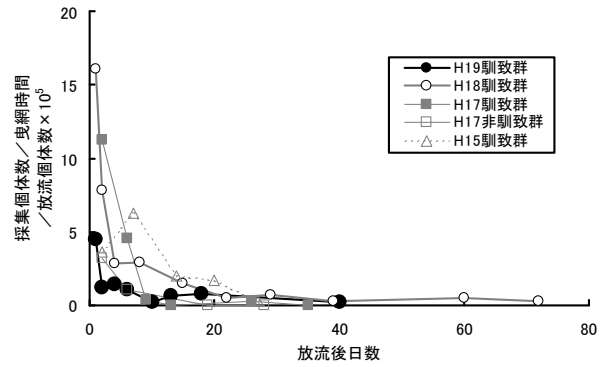


図2 各放流群における放流後のCPUE推移

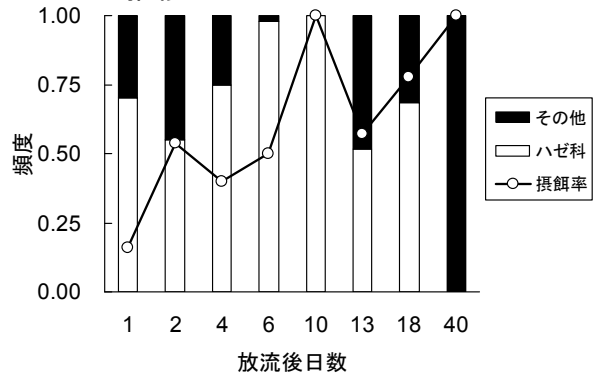


図3 放流後に再捕されたヒラメ稚魚の摂餌率と胃内容物重量の内訳

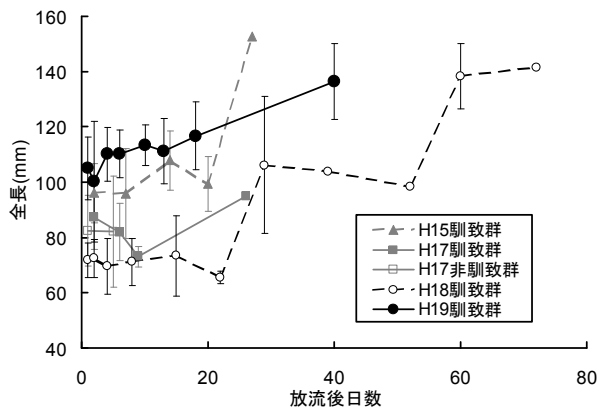


図4 放流後における各水試放流群の平均全長の推移

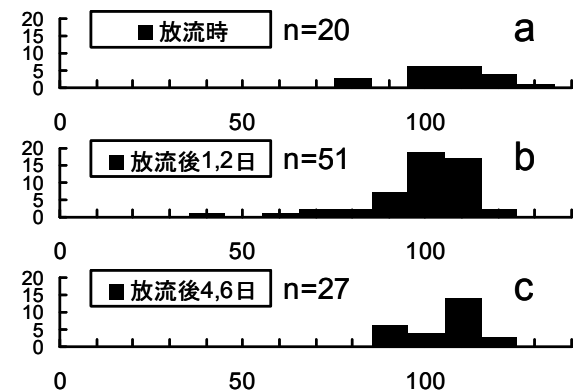


図5 放流時(a)、放流後1、2日(b)と4、6日(c)の全長組成

短期的な移動や減耗傾向は比較的安定しており、サイズによって異なると考えられた。栽培漁業センターでのヒラメ出荷サイズは基本的に 40～50mm である。浦ノ内湾のように餌料が小型魚類に限られる海域では中間育成は必要と考えられ、餌料環境の調査は後述の天然稚魚調査の結果を考慮しても重要である。また、全長 100mm での放流は放流直後から良好な摂餌であったことから、そのメリットは大きいと思われた。しかし、中間育成にかかる餌や期間の増加によるコストに問題がある。今後も飼育手法の効率化および安定化が大切な課題である。

3 飢餓・飽食条件下における放流ヒラメ種苗の成長と生残

(1) はじめに

栽培漁業において中間育成は放流後の生残率を向上させる上で重要なプロセスである。現在、ヒラメの中間育成現場では、明らかな低成長や低生残率の飼育結果がしばしば見受けられるが、それらのレベルを評価するガイドラインはないのが現状である。ヒラメ中間育成は全国的に盛んに行われ、知見が多く蓄積されている。しかし、高知県は初夏～夏にかけて高水温で推移することが多く、他地域の成長や生残をそのまま適用するのは難しい。

本研究では放流種苗を飢餓、飽食条件下で飼育する試験を実施した。この試験の本来目的は、飢餓条件下のヒラメ消化管の正常度（胆嚢容積や小腸細胞の大きさ）を調べることにより、天然稚魚の飢餓や栄養状態を明らかにすることである。ここではその基礎データとして調べた成長と生残の結果に注目することで、現在のヒラメ中間育成における「いい成長」、「悪い成長」、「普通の成長」を知ることを目的とした。

(2) 材料と方法

飼育試験は 0.2 トン水槽 4 個にそれぞれ栽培漁業センター産ヒラメ種苗（平均体長 21mm）を 150 個体収容した。試験は各 2 個を飽食区、飢餓区として、4 月 26 日から開始し、飢餓区が全滅するまで継続し、試験開始前日までは飢餓区、飽食区ともに給餌した。飽食区の餌は海産稚魚用餌料を用いた。飼育魚の成長は 2 日ごとに 10 個体サンプリングし、体長を計測し、調べた。また、死亡魚は全て計数、体長測定を行った。

本研究は既存データと比較も実施した。既存データのヒラメの大きさが全長で示されている場合、佐合(2004)による以下の天然稚魚における全長と体長の関係式から変換後に比較した。

$$\text{全長} = 1.2249 \times (\text{体長} + 0.3776)$$

(3) 結果と考察

飢餓区の 2 水槽はそれぞれ、19、21 日で全滅し、試験を終了した（図 6）。飢餓区の死亡個体は試験開始 14 日後から急増し、それまでは飽食区とほぼ同じ死亡率であった。また、飢餓区の試験魚には水槽のエアレーションに向かって泳いだり、エアーを食べ、吐き出す行動がよくみられた。

飽食区の試験終了時の生残率はそれぞれ 91.8、94.8% で（図 6）、飼育魚の状態は良好であった。試験中の水温は 19.4～21.6℃ で、上昇傾向にあったが、飼育には影響のない範囲であった。

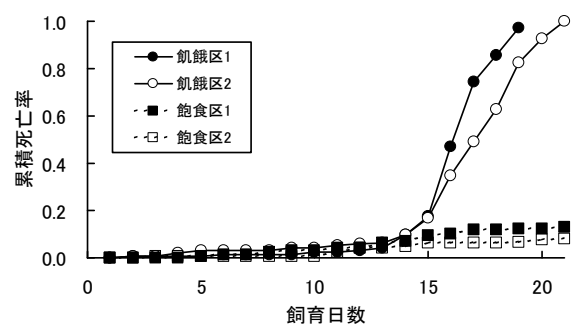


図 6 飽食・飢餓区の累積死亡率

遺伝学的・生態学的手法によるヒラメ放流技術開発と効果把握

飽食区は試験終了時に平均体長 56.1mm で、全長換算した日間成長率は 1.98mm/日であった。飢餓区は試験終了直前（試験開始 19 日）のサンプリングで平均体長 23.2mm であったことから、全長換算した日間成長率は 0.14mm/日とほとんど成長していなかった（図 7）。

試験期間中の死亡個体の体長は飽食区で生残個体よりも小さかった（図 7）。一方、飢餓区ではほとんど生残個体と同じであった。また、飼育試験中の観察からも飽食区では共食い行動がよく見られたのに対し、飢餓区ではほとんど観察されなかった。これらより、飽食区の死亡は共食いが原因であり、飢餓区では共食いはほとんど死亡に関与せず、飢餓が主要因と考えられた。

本研究と同じ種苗ロットの飼育結果 2 事例（給餌率 4% と 6%）と比較すると（図 8）、飽食区と飢餓区の成長は飼育期間を通してそれぞれ最大、最小であった。よって、本試験は通常の飼育よりもいい条件と悪い条件で飼育されていたと考えられた。

次に、様々な年や放流ロットの飼育事例と比較した（表 3）。県による陸上水槽の飼育結果では給餌率 5% 以上で良好な結果が得られており、これらの平均値は日間成長率が平均 1.57mm/日、生残率が 72.9% であった。

一方、保育場での飼育事例は生残率を算出する方法が本研究により開発されたため、ほとんどわかっていない（表 4）。今後、知見を蓄積する必要がある。しかし、日間成長率から見ると、多くの事例で 1mm/日と陸上水槽よりも悪い場合が多かった。ただし、平成 19 年度の水産試験場による飼育結果にあるように、種苗の質や飼育条件によっては日間成長率 1.51mm と良好な結果が得られる場合もある。今後、飼育場所に応じて、安定した飼育条件を探索する必要がある。

ここでの結果をまとめると（図 9）、高知県での良好な中間育成は日間成長率 1.6mm/日、

生残率は飼育日数にもよるが、70%以上と考えられた。また、保育場での中間育成は大規模に

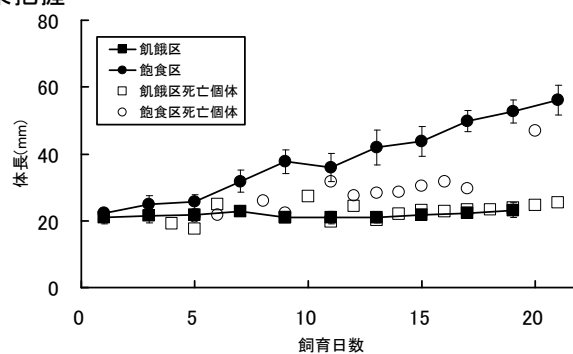


図 7 飽食・飢餓区の成長

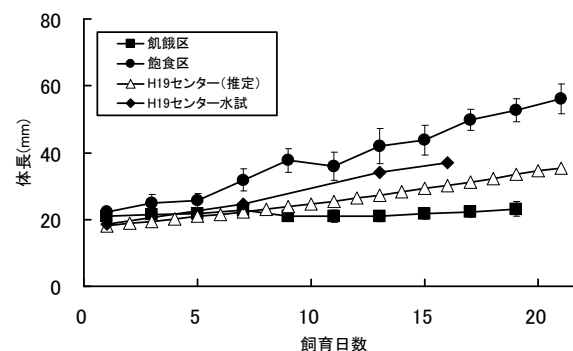


図 8 同ロットでの成長比較

表 3 他の陸上水槽飼育事例との比較

	日間成長率 (mm/日)		給餌率 (%)	生残率 (%)	水槽 容量 (t)
	TL	SL			
H19給餌区	1.98	1.61	飽食	93.3	0.2
H18宮津産	1.34	1.09	6	91.1	2
H19栽培センター産	1.41	1.15	6	89.1	30
H13栽培センター産	1.64	1.34	6	71.0	30
H14栽培センター産	1.41	1.15	6	70.6	30
H15栽培センター産	1.83	1.50	6	67.6	30
H16伯方島産	1.25	1.19	6	58.3	30
H17伯方島産	1.74	1.42	5	42.5	30
H18栽培センター産	1.35	1.10	4	88.6	2
H19栽培センター産*	1.01	0.82	4	-	100
H17栽培センター産	1.08	0.88	3	23.5	30
H19飢餓区	0.14	0.11	0	0.0	0.2

*：栽培センターによる飼育。それ以外は水産試験場による飼育事例。

表 4 保育場での飼育事例（日間成長率は全長ベース）

	日間成長率 (mm/日)	飼育 日数
H19センター	1.30	28
H17高知市	1.06	35
H18高知市	1.00	40
H19高知市	1.10	34
H17水試	1.03	13
H18水試	0.53	10
H19水試	1.51	37

行えることに大きな利点があるが、日間成長率から見た限り、飼育条件を改善する必要がある。また、高知県水産試験場で実施してきた保育場での飼育は 50mm 以上で開始する場合が多かったが、最近、栽培漁業センターや一部の漁協では 25mm 前後から飼育を開始する場合がよくみられる。今後、小型サイズにおける保育場飼育の技術開発や飼育試験も大切な課題であると考えられた。

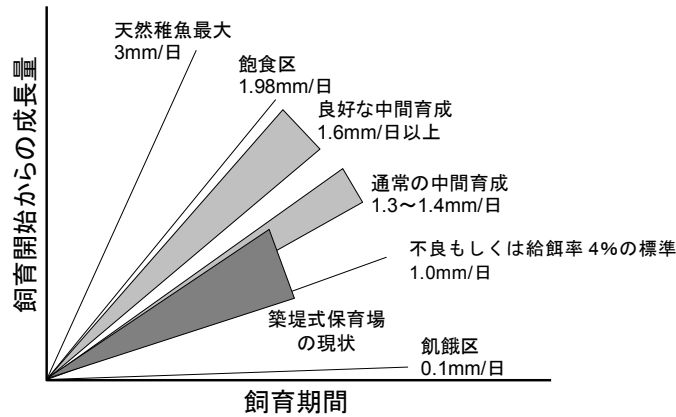


図9 高知県におけるヒラメ中間育成の現状と本研究の結果の模式図

4 天然稚魚調査

(1) はじめに

本調査は放流条件を考えるための情報を収集するため、平成 16 年から実施されている。これまでの調査では、土佐湾中部に位置する宇佐に重点を置きながら、7 地点の砂浜海岸を調べた。平成 19 年は甲浦、手結、宇佐、下ノ加江に県西部に位置する宿毛市の松田川河口を追加し、高知県全域を対象とした。また、平成 19 年はヒラメ稚魚の食性調査とアミ類の分布調査を行った。なお、この研究は本研究の一部として実施され、高知大学卒業論文として高知大学へ提出された(須賀、2008)。

(2) 材料と方法

ヒラメ稚魚調査は県下全域 5 地点(甲浦、手結、宇佐、下ノ加江、宿毛)を対象に、宇佐と手結は約 2 週間隔で、それ以外の定点は約 4 週間隔で実施した。ヒラメの採集は桁網を用い、2 月から 8 月まで行った。採集されたヒラメ稚魚は基本的に 100%エタノールで固定したが、宇佐と手結は一部ブアン液で固定した。宇佐での調査は 1.5m 以深を県有船サリーナ(1.1 トン)で、1.5m 以浅を人力で曳網した。他の 4 地点の調査は 1.5m 以浅を人力で曳網した。調査時には表層及び底層の水温と塩分を計測し、餌料環境を調べるため、広田式ソリネット(以下、ソリネット、幅 0.6m、目合 1mm)を 25m 曳網した。

本調査で採集されたヒラメには全長 20mm 以下の尾鰭が欠損した個体が含まれたため、各採集地点におけるヒラメ稚魚の成長は標準体長(SL)で調べた。ヒラメ稚魚の食性は胃内容物の重量を計測後、主要餌料であったアミ類を属レベルまで可能な限り同定した。ソリネットのサンプルはアミ類とその他生物を選別後、アミ類のみ属レベルまで同定し、個体数と重量を調べた。

(3) 結果と考察

1) 調査地点の水温及び塩分

調査期間中の水温は 15.3~26.8℃の間で推移し、表層、底層とも類似した傾向であった。し

かし、その推移は比較的直線的な増加傾向を示し、平成 17 年と類似していた (図 8 a、b)。

塩分は全地点とも平成 18 年と同様の傾向を示した。すなわち、甲浦及び手結で表層の方が低く、流入河川の影響が見られた (図 11a、b)。宇佐は流入河川がなく、表層塩分と底層塩分は近かったが、表層塩分の方が若干低かった。また、宿毛は河口域であったが、表層と底層で大きな塩分の違いは見られなかった。

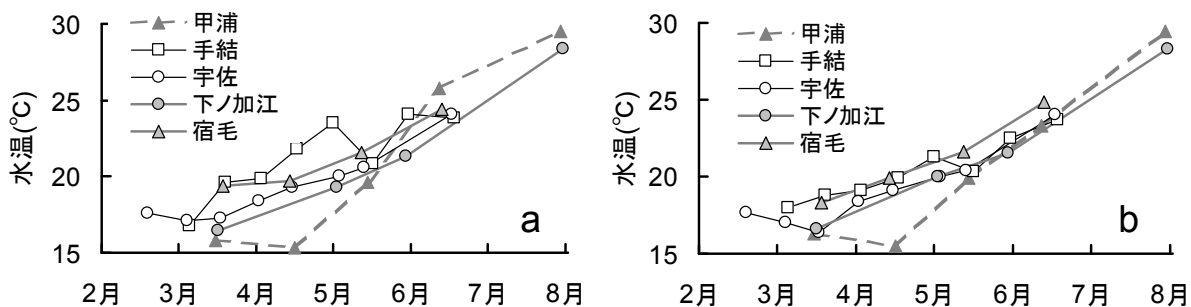


図 10 各調査地点における水温の推移。a: 底層、b: 表層

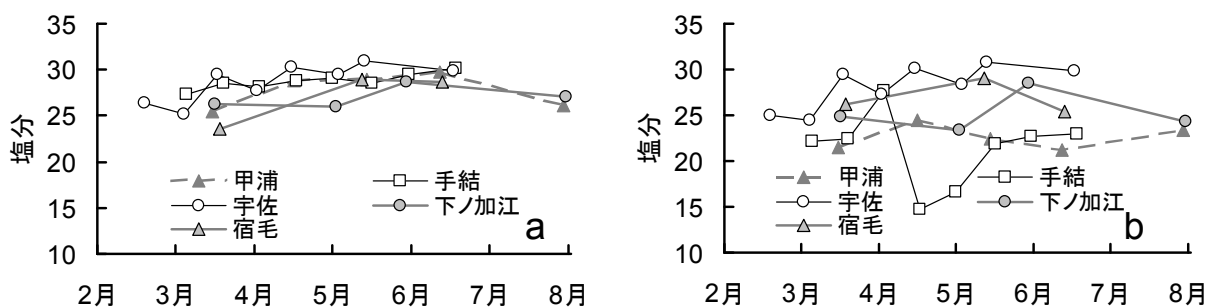


図 11 各調査地点における塩分の推移。a: 底層、b: 表層

表 6 各調査におけるヒラメ採集個体数と調査時間 (分)

採集場所	採集日		水深1.5m以浅		備考	採集場所	採集日		水深1.5m以浅		水深2~8m		全体		備考
	月	日	個体数	時間			月	日	個体数	時間	個体数	時間	個体数	時間	
甲浦	3	18	0	53.5		宇佐	2	20	19	38.0	5	18.7	24	56.7	
	4	18	43	46.3			3	7	34	59.6	10	21.1	44	80.7	
	5	16	5	48.8			3	20	39	61.3	9	24.0	48	85.3	
	6	13	12	55.0			4	4	20	73.5	2	21.6	22	95.1	
	7	30	0	22.8			4	17	19	61.5	0	18.0	19	79.5	
	計		60	226.3			5	5	34	58.0	0	19.8	34	77.8	他に放流魚2個体
下ノ加江	3	19	1	33.5		5	15	15	30.8	0	18.0	15	48.8	他に放流魚2個体	
	5	4	4	36.5		6	18	1	29.5	0	21.0	1	50.5		
	5	31	4	23.5		計		181	412.1	26	162.1	207	574.2		
	7	31	0	29.5		手結	3	8	116	20.5					
宿毛	3	21	4	30.5		3	22	80	32.4						
	4	16	6	31.3		4	5	58	31.3						
	4	19	48	30.3		4	19	48	30.3						
	5	14	1	40.8		5	3	28	27.5						
	5	18	5	32.5		5	18	5	32.5					他に放流魚1個体	
	6	14	0	26.7		6	1	0	32.0						
	計		11	129.3		6	19	3	37.5						
計					8	1	2	32.5							
計					計		340	276.5							
総計			601	1167		26	162	627	1329.3						

2) ヒラメ稚魚採集状況の全般

調査は 30 回実施した。627 個体のヒラメ稚魚が採集され、総曳網時間は 1329.3 分であった（表 6）。各地点の採集個体数は甲浦が 60 個体、手結が 340 個体、宇佐が 207 個体、下ノ加江が 9 個体、宿毛が 11 個体であった。宇佐と手結では放流魚がそれぞれ 2 個体、1 個体採集された。これら放流魚のデータは以下の解析から除外した。

採集地点間で採集量を比較するため、曳網時間あたりの採集個体数を CPUE として比較した（図 12）。その結果、これまでと同様に、高知県中部に位置する手結と宇佐は CPUE が高く、西部の下ノ加江における CPUE は低かった。甲浦は平成 18 年から調査を開始したが、平成 19 年は全採集個体数が 6.2 倍、ピーク時の CPUE が約 10 倍であった。この出現量が多かった原因は採集された他の情報と関連づけて考える必要があるため、後で考察する。

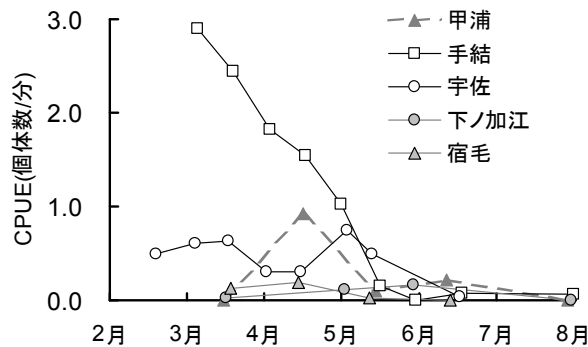


図 12 水深 1.5m 以浅におけるヒラメ稚魚の CPUE (個体数/分)

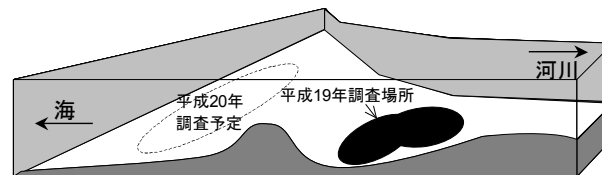


図 13 宿毛市松田川河口の断面と調査場所の模式図

宿毛は平成 19 年から新たに調査地点として追加したが、採集個体数が少なかった。本調査海域は比較的面積が広い。このため、全ての範囲をカバーすることができず、今回調査した場所は沖合に面した砂浜域に形成された砂堤の内側に限られた（図 13）。平成 20 年は沖合に面した海域を調査する必要がある。

表7 餌料環境調査で採集された各属別アミ類の個体数と密度

属名	生態	宇佐		手結		甲浦		下ノ加江		宿毛		計		備考
		個体数	平均密度 (個体/m ²)	個体数	平均密度 (個体/m ²)	個体数	平均密度 (個体/m ²)	個体数	平均密度 (個体/m ²)	個体数	平均密度 (個体/m ²)	個体数	平均密度 (個体/m ²)	
<i>Acanthomysis</i>	浮遊性	269 (2.24)		5,804 (42.99)		7 (0.09)		385 (6.42)		0 (0.00)		6,465 (14.37)		<i>A. japonica</i> (手結、下ノ加江)、 <i>A. tamurai</i> (宇佐・下ノ加江)が主に出現。宇佐と手結では <i>A. mitsukurii</i> 、 <i>pseudomitsukurii</i> 、 <i>nakazatoi</i> が少数
<i>Anisomysis</i>	浮遊性	0 (0.00)		0 (0.00)		0 (0.00)		0 (0.00)		26 (0.43)		26 (0.06)		<i>A. aikawai</i> と思われるが、未確定
<i>Archaeomysis</i>	潜砂性	188 (1.57)		5 (0.04)		154 (2.05)		573 (9.55)		4 (0.07)		924 (2.05)		<i>A. japonica</i>
<i>Iiella</i>	潜砂性	109 (0.91)		308 (2.28)		578 (7.71)		0 (0.00)		154 (2.57)		1,149 (2.55)		複数種出現、種名不明
<i>Mysidopsis</i>	浮遊性	0 (0.00)		0 (0.00)		0 (0.00)		0 (0.00)		19 (0.32)		19 (0.04)		<i>M. japonica</i>
<i>Neomysis</i>	浮遊性	1,006 (8.38)		0 (0.00)		0 (0.00)		0 (0.00)		0 (0.00)		1,006 (2.24)		<i>N. spinosa</i>
<i>Nipponomysis</i>	匍匐性	271 (2.26)		634 (4.70)		327 (4.36)		134 (2.23)		13 (0.22)		1,379 (3.06)		<i>N. imparis</i> (主体)、 <i>N. toriumi</i> (宇佐、宿毛)
<i>Siriella</i>	浮遊性	72 (0.60)		781 (5.79)		0 (0.00)		5 (0.08)		0 (0.00)		858 (1.91)		<i>S. longipes</i>
<i>Tenagomysis</i>	浮遊性	12 (0.10)		2,494 (18.47)		7,690 (102.53)		13 (0.22)		27 (0.45)		10,236 (22.75)		<i>T. orientaris</i>
不明		172 (1.43)		217 (1.61)		42 (0.56)		46 (0.77)		67 (1.12)		544 (1.21)		
合計		2,099 (17.49)		10,243 (75.87)		8,798 (117.31)		1,156 (19.27)		310 (5.17)		22,606 (50.24)		

2) アミ類採集状況の全般

ソリネットで採集されたアミ類の個体数は調査期間を通して 22,606 個体であった (表7)。同定の結果、9 属が出現した。各属の個体数は *Tenagomysis*、*Acanthomysis* 属がそれぞれ 10,236、6,465 と多く、*Anisomysis*、*Mysidopsis* 属がそれぞれ 26、19 と少なかった。その他の属は 1,000 個体前後出現した。

Nipponomysis、*Tenagomysis*、*Archaeomysis* 属は全ての採集地点で、*Acanthomysis*、*Iiella* 属はそれぞれ宿毛、下ノ加江以外の全地点で採集された (表7)。*Anisomysis* と *Mysidopsis* 属は宿毛で、*Neomysis* 属は宇佐で特異的に採集された。

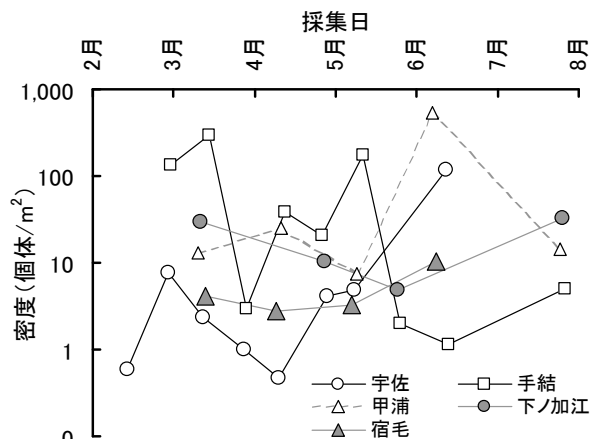


図14 各採集地点におけるアミ類密度の経時的変化

採集されたアミ類の密度は3月と5月に高く (図14)、甲浦、宇佐では5月以降も高かった。これら以外の調査地点におけるアミ類の密度は多くの採集日で10 個体以下と少なかった。

ヒラメ分布時のアミ類密度を評価するため、日本海沿岸を中心として全国的なヒラメ稚魚採集と同時に行われたアミ類調査の結果 (田中他 2006)を本研究と比較した。日本海側採集地点におけるアミ類の密度の10 地点間の平均値は169.9 個体/m²であった。本研究ではヒラメが主にアミ類を摂餌していた3~4 月のアミ類密度の5 地点間の平均値は40.1 個体/m²であったことから、高知県におけるアミ類の密度は日本海側と比較すると低いと考えられた。

各属の主要種のほとんどは1 種であったが、*Acanthomysis*、*Iiella*、*Nipponomysis* 属は複数種が出現した。そこで、種同定ができなかった *Iiella* 属を除く2 属の各種について各月の採集個体数を比較した (図15)。3 月と5~6 月以降に *Acanthomysis* 属はそれぞれ *Ac. japonica* と

Ac. tamurai が、*Nipponomysis* 属はそれぞれ *N. imparis* と *N. toriumii* が多かった。また、本調査水深は 1m 前後で、*Archaeomysis* 属は *Ar. japonica* が優先した。宇佐、下ノ加江の水深 15cm 前後の優占種は *Ar. vulgaris* であることが確認されている（富永、私信）。このように、高知県の砂浜海岸では多くの地点で出現する種がある一方、時期や微細な生息水深で近縁種の分布が異なるケースが観察された。多様な分布パターンや生態はヒラメの分布や摂餌に大きく関連している可能性があるため、次項でヒラメの採集結果と食性を考慮しながら考察する。

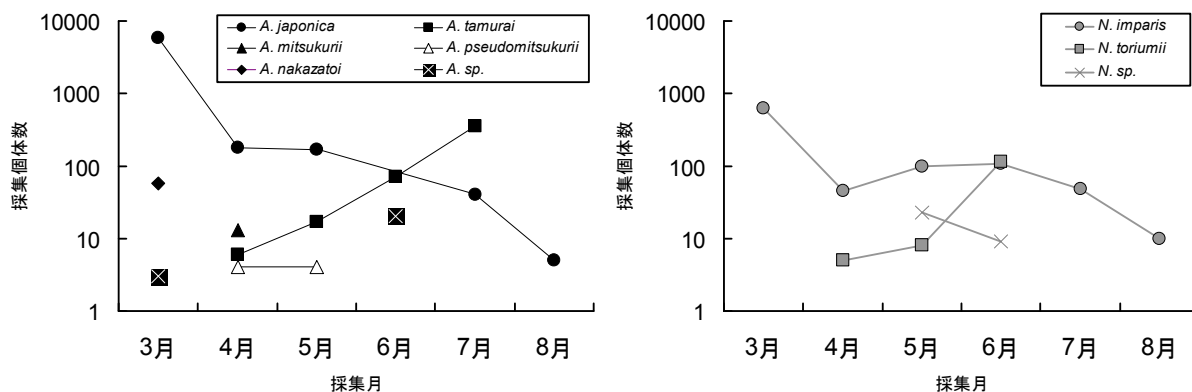


図 15 アミ類の調査で複数種が採集された *Acanthomysis* 属 (左) と *Nipponomysis* 属 (右) 各種におけるの月ごとの採集個体数

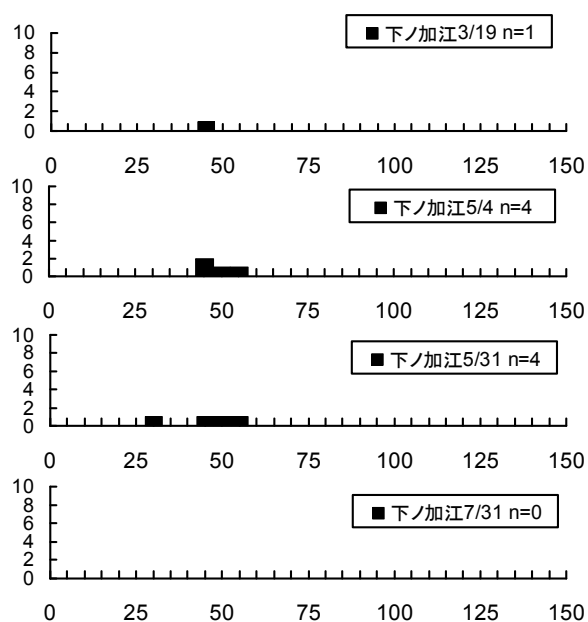


図 16 下ノ加江で採集されたヒラメ稚魚の体長組成。縦軸は個体数、横軸は体長。

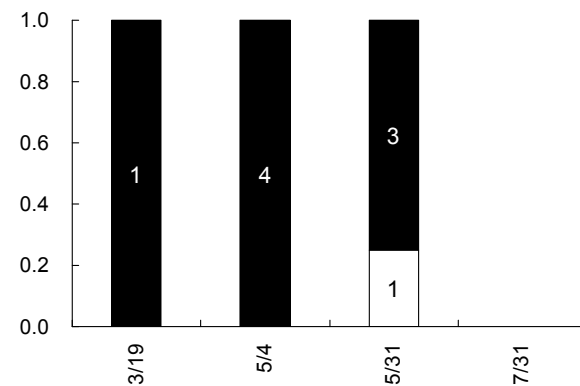


図 17 下ノ加江で採集されたヒラメ稚魚の摂食状況。グラフ中の数字は分析個体数、縦軸は頻度、黒は摂餌個体、白は空胃個体を示す。

3) 各採集地点におけるヒラメ稚魚の出現と食性およびアミ類の詳細な分布状況

① 下ノ加江

調査期間を通して下ノ加江で採集された多くのヒラメ稚魚の体長は 50mm 前後であった (図 16)。また、前述のように各調査での採集個体数も少なかった。

ヒラメ稚魚の摂食状況を調べた結果、5月31日に採集された1個体を除いて全て摂餌してい

た(図 17)。胃内容物の内訳はほとんどがアミ類で、個体数、重量ともに約 80%以上を占めた(図 18)。

ヒラメ稚魚が採集された 3、4、5 月における環境中のアミ類組成は *Archaeomysis* 属が主体で(図 19)、6 月のみ *Acanthomysis* 属が優占していた。これに対して、ヒラメ稚魚が摂餌していたアミ類は *Acanthomysis*、*Tenagomysis*、*Siriella* 属が多く、環境中のアミ類組成を反映していなかった。

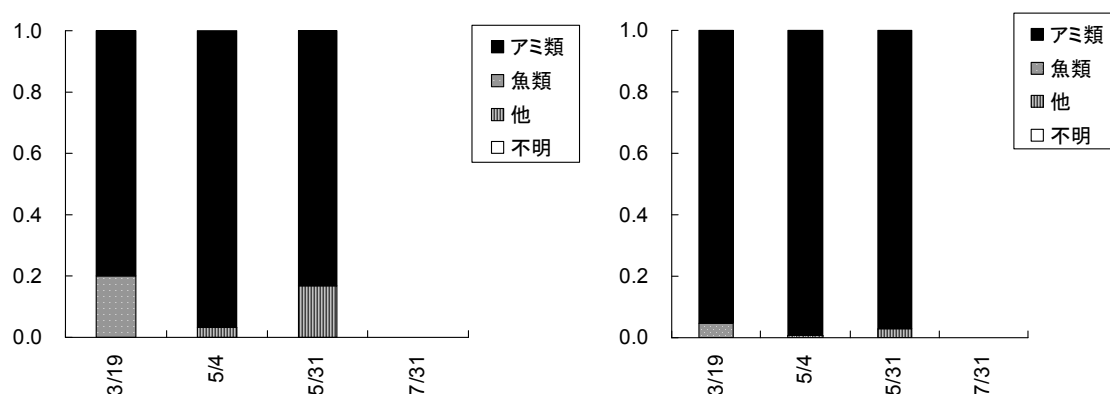


図 18 下ノ加江で採集されたヒラメ稚魚の胃内容物個体数(左)と重量(右)。縦軸は頻度。

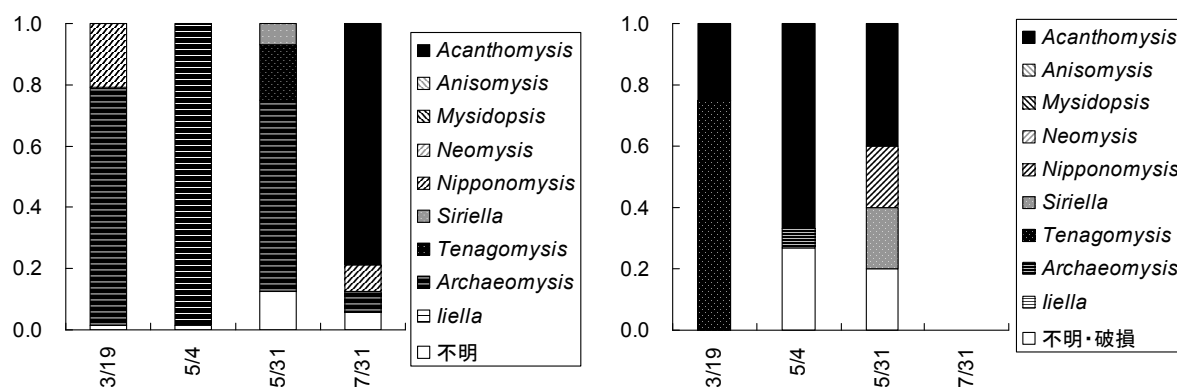


図 19 下ノ加江で採集されたアミ類の種組成(左)とヒラメ胃内容物中アミ類の種組成(右)。縦軸は頻度。

② 宿毛

宿毛で採集されたヒラメ稚魚は全て 50mm 以下と小型で、その数も少なかった(図 20)。また、多くの個体が摂餌しており、空胃は 2 個体であった(図 21)。

ヒラメ稚魚の胃内容物にアミ類が占める割合は下ノ加江よりも低く(図 22)、3 月の調査ではその他(かいあし類)が個体数のほとんどを占め、その後、魚類の割合が増加した。5 月の調査では魚類が胃内容物重量で全体の 80%であった。

宿毛で採集されたアミ類は 310 個体と少なかったが、主体は *Iiella* 属で(図 23 左)、調査ごとに他種が占める割合が増加した。胃内容物中のアミ類は分析個体数が少ないうえに、同定不能の標本も多かった。そのため、明瞭な傾向は認められなかったが、4 月は *Iiella* 属、5 月は *Tenagomysis* 属が主であった(図 23 右)。

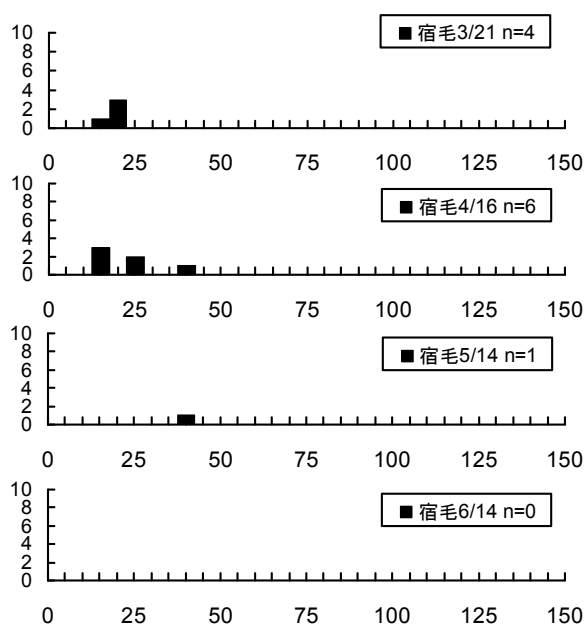


図 20 宿毛で採集されたヒラメ稚魚の体長組成。縦横軸は図 14 と同じ。

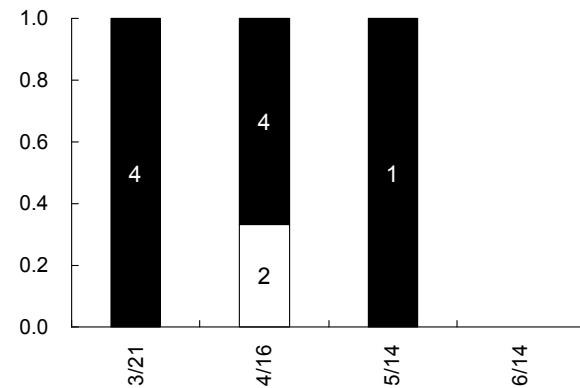


図 21 宿毛で採集されたヒラメ稚魚の摂食状況。図中の縦軸、数字、凡例は図 15 と同じ。

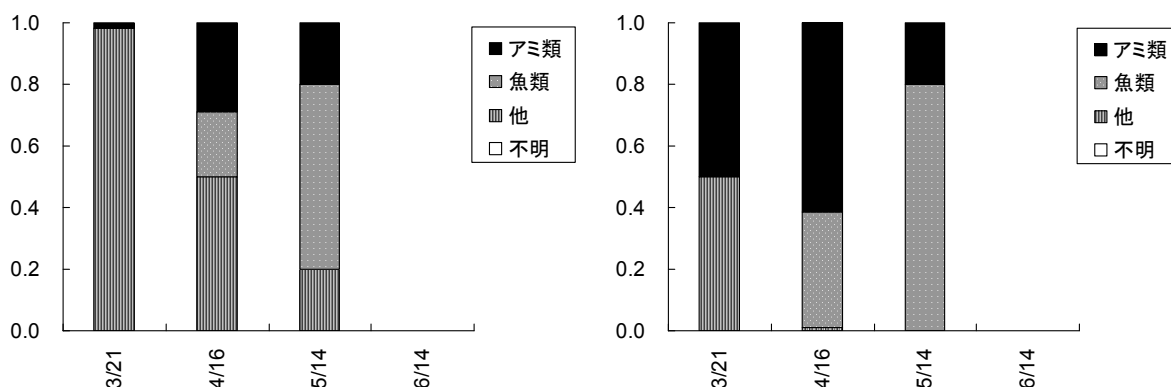


図 22 宿毛で採集されたヒラメ稚魚の胃内容物個体数 (左) と重量 (右)。縦軸は頻度。

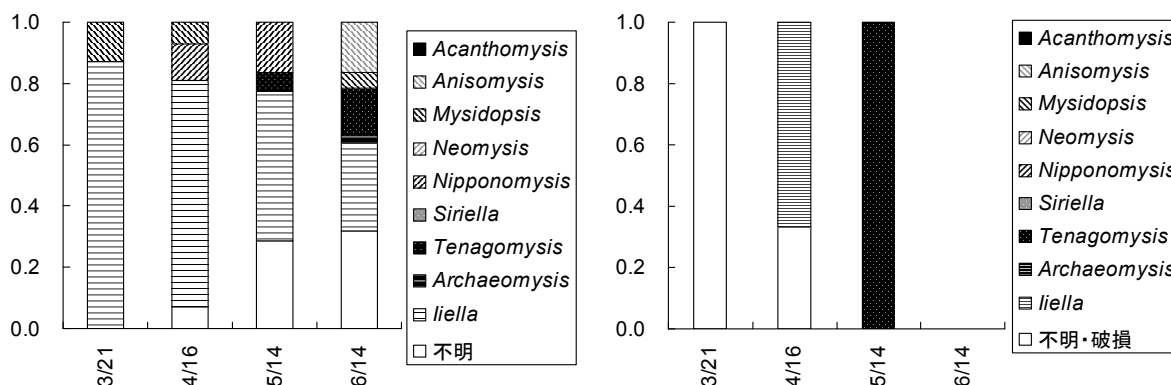


図 23 宿毛で採集されたアミ類の種組成 (左) とヒラメ胃内容物中アミ類の種組成 (右)。縦軸は頻度。

③甲浦

甲浦で4月18日に採集されたヒラメ稚魚の体長は20mm以下が主体であった(図24)。3月はヒラメ稚魚の採集がなかったことを考慮すると、4月にまとまった加入があったと考えられた。

5、6月の調査ではそれぞれ25~50mm、35~90mmの個体が出現し、採集個体が体長50mm以下であった下ノ加江や宿毛(図16、20)よりも大きな個体が採集されていた。甲浦で採集されたヒラメ稚魚の空胃率は加入初期にあたる4月に67.4%と高かったが、その後は全ての個体が摂餌していた(図25)。

採集個体の胃内容物は個体数からはアミ類・魚類以外の生物が4月に多く、それ以降も高頻度で出現した(図26左)。これらは同定不能な小さな生物が多く、胃内容物重量に占める割合は非常に低かった(図26右)。

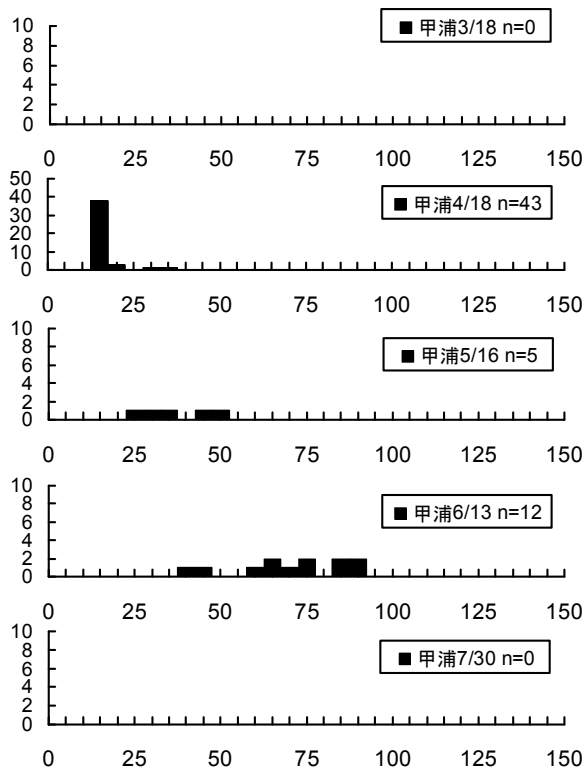


図24 甲浦で採集されたヒラメの体長組成。縦横軸は図14と同じ。

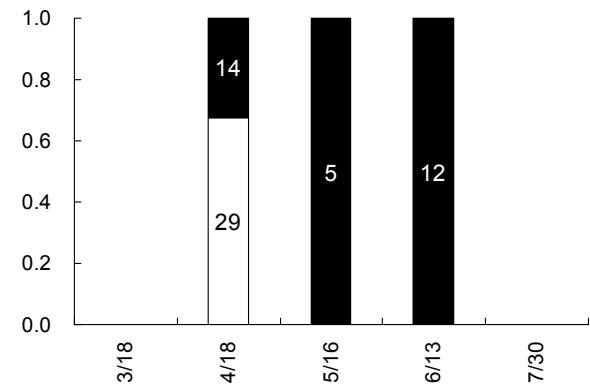


図25 甲浦で採集されたヒラメ稚魚の摂食状況。図中の縦軸、数字、凡例は図15と同じ。

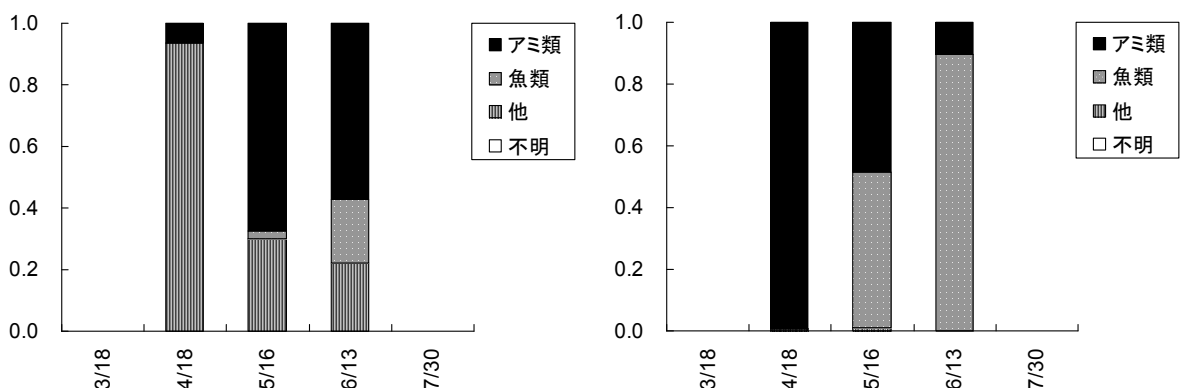


図26 甲浦で採集されたヒラメ稚魚の胃内容物個体数(左)と重量(右)。縦軸は頻度。

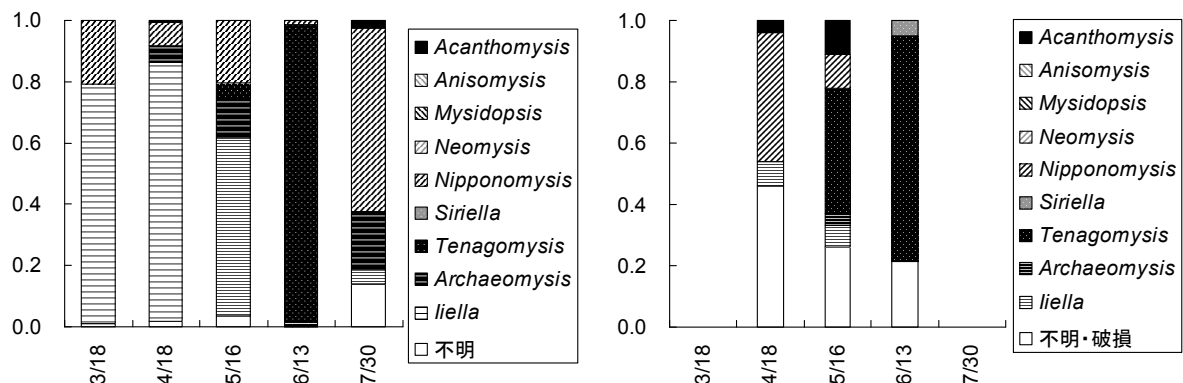


図 27 甲浦で採集されたアミ類の種組成（左）とヒラメ胃内容物中アミ類の種組成（右）。縦軸は頻度。

アミ類と魚類の摂餌状況（図 27 右）は胃内容物重量から 4 月がアミ類主体で、5 月以降に魚類の出現頻度が高くなった。しかし、5、6 月に胃内容物に占める重量はそれぞれ 48.5、10.2%であったが、個体数では 67.5%、57.0%と高率であったことから、アミ類は比較的大きなヒラメ稚魚でも主要餌料の一つとしていたと考えられた。

環境中のアミ類種組成（図 27 左）は 3～5 月に *Iiella* 属が優占した。*Tenagomysis* 属は 5 月に低頻度で出現し、6 月に優占種となった *Nipponomysis* 属は調査期間を通して採集されたが、7 月に多かった。ヒラメ胃内容物中のアミ類における *Iiella* 属の出現頻度は低く、4 月は *Nipponomysis* 属、5・6 月は *Tenagomysis* 属が高かった。

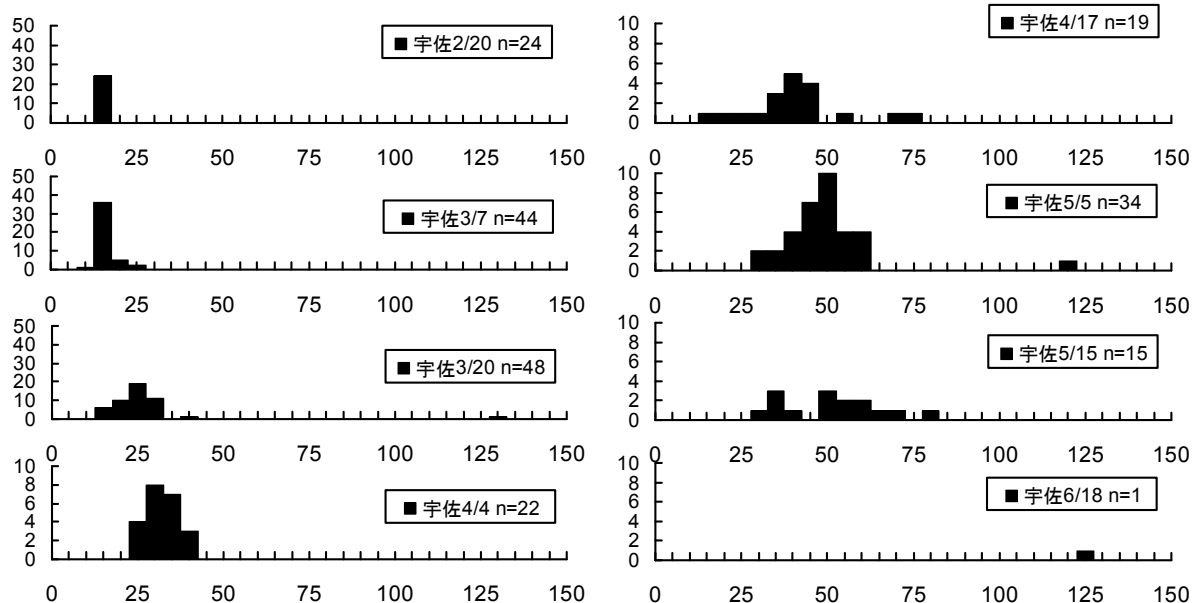


図 28 宇佐で採集されたヒラメの体長組成。縦横軸は図 14 と同じ。

④宇佐

宇佐における調査は 2 月 20 日から 6 月 18 日まで約 2 週間隔で実施し、ヒラメ稚魚は 2 月の開始時から少ない個体数ながら採集された（図 28）。3 月 20 日には体長 20mm 以下の採集個体数が減少したことから、主要な加入時期は終了したと推察された。4 月、5 月の調査でもヒラメ稚魚は採集されたが、50mm 以上の個体は少なかった。

宇佐で採集されたヒラメ稚魚の摂食状況は甲浦と類似しており、加入初期に空胃率が高く、その後はほとんどの個体が摂餌していた（図 29）。胃内容物の内訳は4月4日までは個体数、重量ともにアミ類が優占した（図 30）。50mm を超える個体が出現した4月17日以降は魚類を摂餌した個体も見られた。

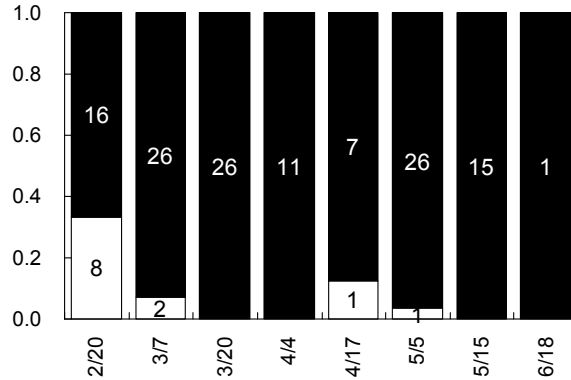


図 29 宇佐で採集されたヒラメ稚魚の摂食状況。図中の縦軸、数字、凡例は図 15 と同じ。

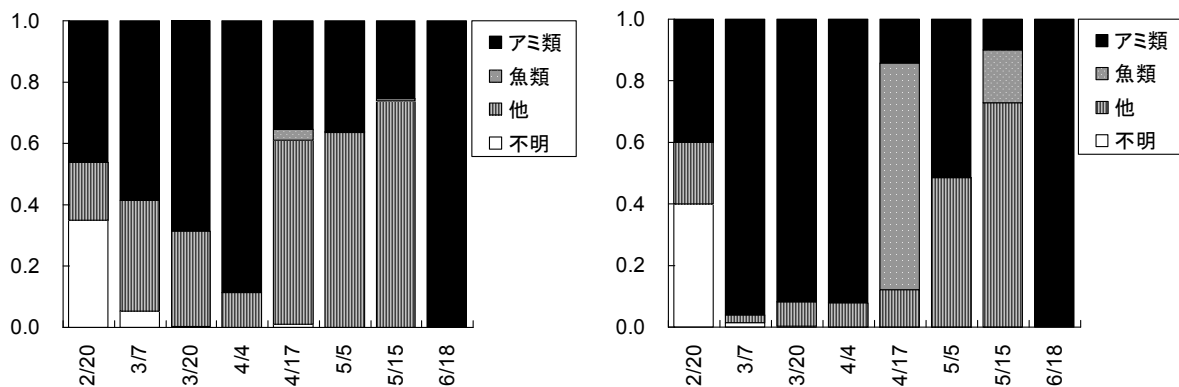


図 30 宇佐で採集されたヒラメ稚魚の胃内容物個体数（左）と重量（右）。縦軸は頻度。

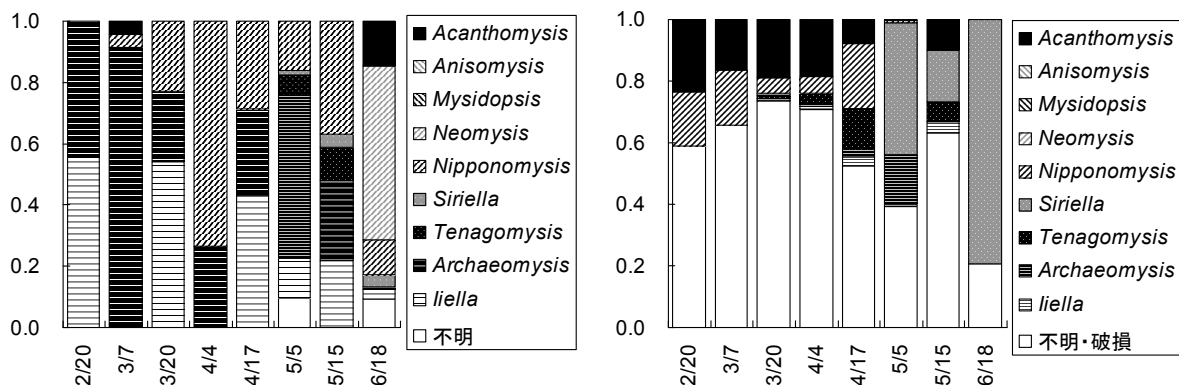


図 31 宇佐で採集されたアミ類の種組成とヒラメ胃内容物中アミ類の種組成。縦軸は頻度。

ヒラメ稚魚に摂餌されたアミ類は同定不能個体が多かったが、4月17日までは *Acanthomysis*、*Nipponomysis*、*Tengomysis* 属が多かった（図 31 右）。5月5日以降は *Siriella* 属が主体となった。環境中のアミ類は調査日によって優占種が変化した（図 31 左）、*Archaeomysis*、*Iiella* 属は調査期間を通して比較的多く採集された。4月以降は

Nipponomysis 属も多く採集され、6月の調査では他の調査で採集されなかった *Neomysis* 属が出現した。胃内容のアミ類で高頻度であった *Acanthomysis* および *Siriella* 属の環境中における頻度は低かった。

⑤手結

3月8日の手結で採集されたヒラメ稚魚の体長組成は15~20mmを最頻値とする単峰型で、その後、最頻値は大きくなったことから、3月上~中旬が主要加入時期と考えられた(図31)。また、3月8日と22日の調査の採集個体数は本年度の調査中最も多かった。これまでの調査における手結の採集状況は加入初期の個体が非常に多いものの、50mm以上の個体の採集個体数が少ないことに特徴があった。平成19年の加入初期は例年と同様の傾向を示したが、50mm以上のヒラメ稚魚は例年より多く採集されていた。

ヒラメの摂食状況は3月8日の加入初期のみ空胃率が低く、比較的採集個体数の多かった甲浦、宇佐と同じ傾向を示した(図32)。その他の採集日はほとんどの個体が摂食していた。

摂餌個体の胃内容物は個体数から見ると、5月までアミ類が主体で、6月以降は全て小型魚類であった(図34左)。胃内容物重量は3月から魚類の占める割合が比較的高かった。これは、摂餌されていた魚類の方がアミ類よりも大きく、重かったためであった(図34右)。

稚魚に摂餌されたアミ類は *Acanthomysis* と *Nipponomysis* 属が主で(図35右)、5月18日のみ *Tenagomysis* 属と *Nipponomysis* 属がほとんどを占めた。これに対して、環境中のアミ類は優占種が短期的に変化した(図35左)。すなわち、3月は *Acanthomysis* 属が優先した後、*Siriella* 属、*Tenagomysis* 属、*Iiella* 属が順に主体となった。採集個体数が少なかった4月5日と5月18日以降は *Iiella* や *Nipponomysis* 属の出現頻度が高い場合が多く、5月18日のみ *Tenagomysis* 属が優占していた。これらを比較すると、摂餌していたアミ類組成は他地点よりも環境中のアミ類を比較的反映していたと考えられた。

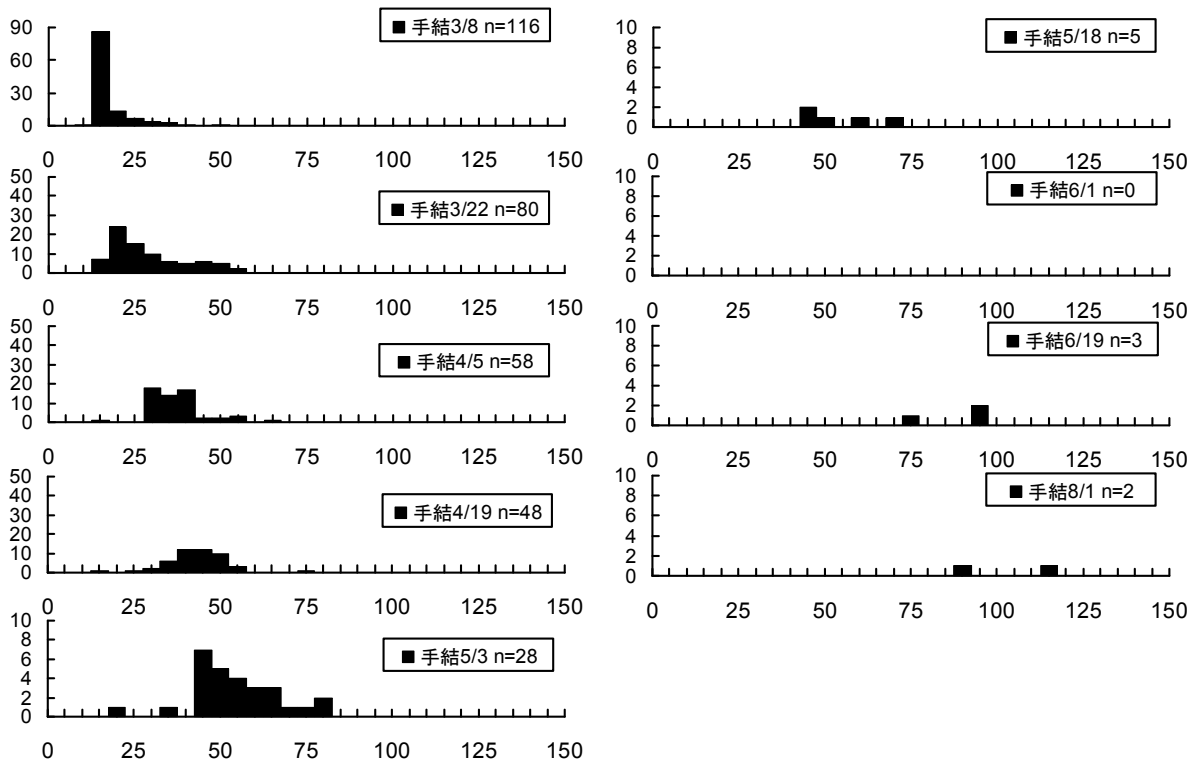


図32 手結で採集されたヒラメの体長組成。縦横軸は図14と同じ。

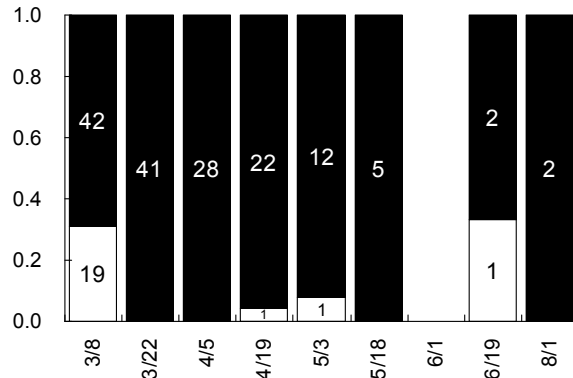


図 33 手結で採集されたヒラメ稚魚の摂食状況。図中の縦軸、数字、凡例は図 15 と同じ。

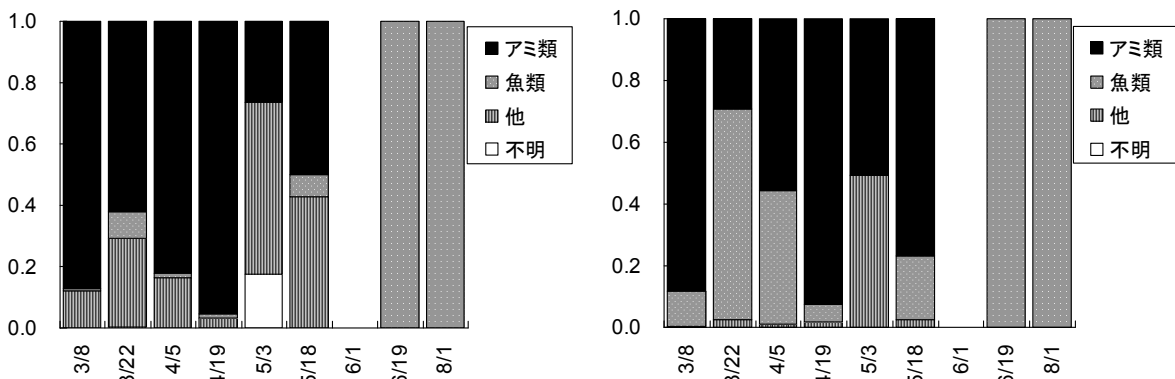


図 34 手結で採集されたヒラメ稚魚の胃内容物個体数（左）と重量（右）。縦軸は頻度。

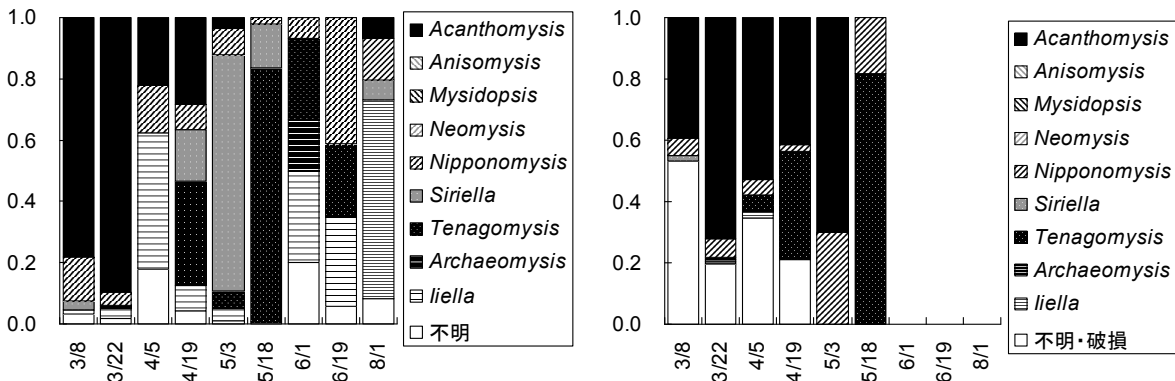


図 35 手結で採集されたアミ類の種組成（左）とヒラメ胃内容物中アミ類の種組成（右）。縦軸は頻度。

ヒラメとアミ類の採集個体数が多かった手結についてはアミ類の大きさを調べた。ヒラメ稚魚の体長と摂餌していたアミ類の頭胸甲長の間には有意な相関があり ($r^2=0.203$, $p<0.000$, 図 36)、ヒラメは大きくなるに従い、大型のアミを摂餌する傾向にある、と考えられた。ただし、体長 40mm 前後のヒラメが摂餌していたアミ類の頭胸甲長は小型個体に偏る傾向がみられた。そこで、ヒラメ稚魚の採集個体数が多かった 3 月 8 日と 22 日における環境中およびヒラメ稚魚が摂餌していたアミ類の頭胸甲長を比較した (図 37)。胃内容中のアミ類は頭胸甲長 1mm 以下

の個体が多いのに対して、環境中のアミ類は頭胸甲長 1 mm 以上の頻度が高かった。しかし、環境中のアミ類組成は、採集具の目合いが 1 mm であったことから、1 mm 以下の小型個体の頻度が過小評価されている可能性がある。このため、ヒラメ稚魚のアミ類に対するサイズ選択性は十分に検討することができなかつたことから、環境中アミ類の採集方法を再検討する必要がある。

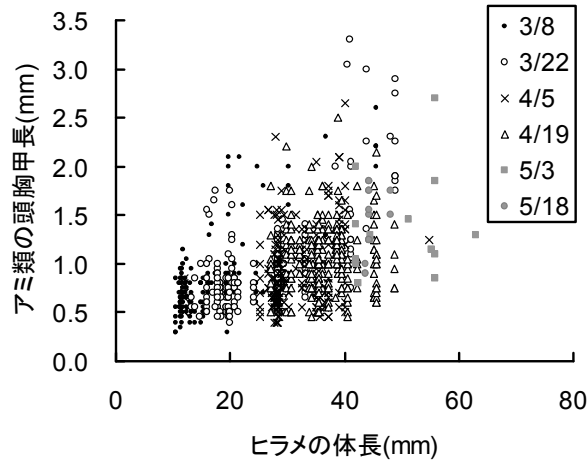


図 36 手結で採集されたヒラメ稚魚の体調と摂餌されたアミ類の頭甲長の関係

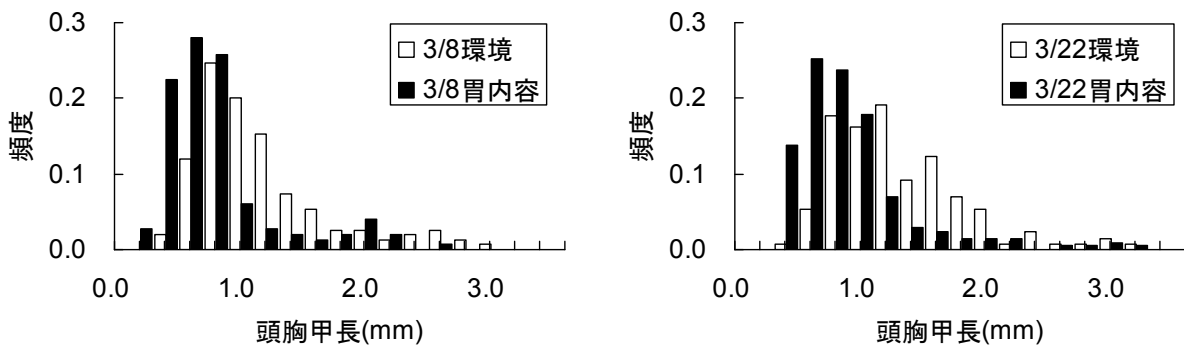


図 37 3月8日（左）と22日（右）に広田式ソリネットで採集されたアミ類とヒラメ稚魚胃内容物中のアミ類の頭胸甲長組成

4) まとめ

これまでに、いくつかの結果については考察を加えたが、ここでは複数地点または複数年度にわたる結果について考察する。また、ヒラメ天然稚魚調査は開始から 4 年が経過した。そこで、短期的な視点から明らかになった結果と残された課題を整理した。

①ヒラメ稚魚の加入パターンと由来

宇佐や手結の結果や前年までの調査結果から、高知県における砂浜域へのヒラメ稚魚の加入は 3 月が主であると考えられた。しかし、平成 19 年における甲浦でのヒラメ稚魚の出現時期は約 1 ヶ月遅かった。瀬戸内海東部海域のヒラメ産卵期は 2～5 月で（水研センター、2008）、高知県中部海域におけるヒラメの産卵期は 12～4 月よりも遅い（明神、2006）。さらに、4 月調査時の底層における水温は約 15.5℃と 19.1～19.9℃であった同時期の他地域と比較すると約

4℃低く（図 10a）、底層塩分は 28.8 と淡水の影響が少なかったことから（図 11a）、4月の甲浦における調査海域は紀伊水道における冷水の影響を強く受けていたと推察された。これらから、甲浦で採集されたヒラメ稚魚は他の調査場所で採集されたヒラメ稚魚とは由来が異なる可能性が示唆された。平成 18 年の調査において、甲浦における採集個体数は非常に少なかった。調査時の水温や塩分データを見ると、平成 19 年のような冷水の影響は観察されなかったことから、甲浦のヒラメ稚魚における加入パターンは年によって異なると考えられた。

平成 17 年の本研究の結果から、手結、宇佐、下ノ加江で採集された天然ヒラメ稚魚には遺伝的な違いが認められなかった。これは 3 地点で出現する稚魚が同じ集団を由来とすることを示唆しているが、甲浦を含む高知県東部海域と他地点間についても遺伝的差異を検討する必要がある。

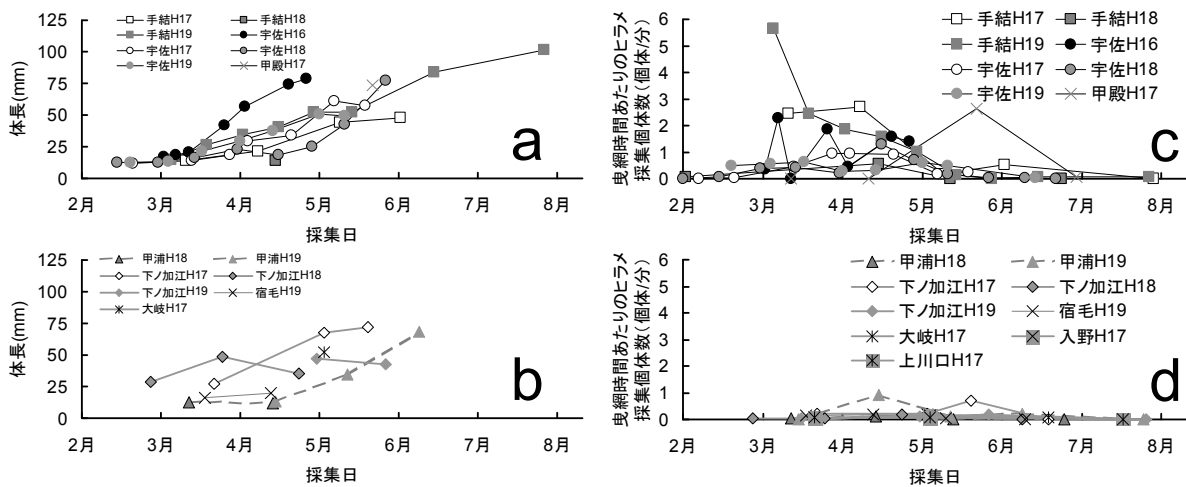


図 38 平成 16～19 年に採集されたヒラメ稚魚の平均体長（2 個体以上採集）と曳網時間あたりの採集個体数。a、c：中部（手結～宇佐）、b、d：東西部（甲浦、上ノ加江～宿毛）。

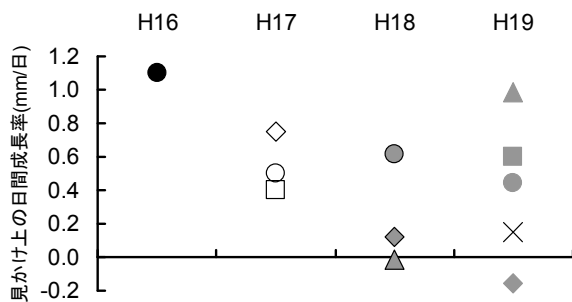


図 39 各採集地点における見かけ上の日間成長率。シンボルは図 17 と同じ。

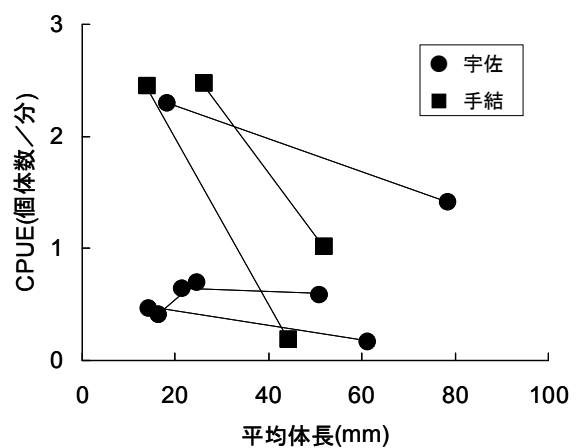


図 40 宇佐・手結における 3 月中下旬および 4 月下旬～5 月上旬の CPUE と平均体長の関係。

②ヒラメ稚魚の分布と成長における地理的変異

各調査において採集されたヒラメの平均体長と CPUE（曳網時間あたりのヒラメ採集個体数）をこれまでの調査結果も含めて比較した（図 38）。その結果、宇佐および手結における各地点

の平均体長の推移は平成 16 年宇佐のように 5 月で 70mm を超える場合から、25mm 程度の場合まで大きく幅があった（図 38a）。この傾向は東西部でも同様であった（図 38b）。そこで、各地点において採集されたヒラメ稚魚の成長速度について検討すると（図 39）、場所や地域によってまとまる傾向は見られず、場所によっては負の値をとることもあった。飼育環境下での不良な成長は 1.0mm/日であり（図 9）、ここで得られた天然稚魚における主に 1.0mm/日以下という値は、良好ではない。しかし、成長した個体が調査海域外へ移出したために過小評価していた可能性がある。実際の天然海域におけるヒラメ稚魚の成長速度はここで算出した見かけ上の値よりも高いものと推察された。

高知県中部でヒラメ稚魚の密度が高く、東西部で低いという傾向はこれまでも報告してきたが、平成 19 年も同様の傾向であった（図 38c・d）。ただし、4 年間のデータ蓄積により、中部での変動幅は比較的大きいものと考えられた（図 38c）。

次に、中部における仔稚魚の密度の変動幅を考えた。平成 17 年甲殿を除く高知県中部で採集された体長 15mm 以上のヒラメ稚魚は、3～5 月に調査海域を生育場として利用していた。そこで、調査海域における加入盛期である 3 月中～下旬と移動時期にあたる 4 月下旬～5 月上旬について、宇佐と手結で CPUE と平均体長の変動幅を比較した（図 40）。その結果、加入時時の CPUE は大きく 2 つのグループに分かれた。各グループにおける CPUE の平均値はそれぞれ 0.50 と 2.40 であり、平成 19 年手結のように 3 月上旬に大きな加入があったことを考慮すれば、生育場への加入量の変動幅は 5 倍以上と推定された。

加入したヒラメ稚魚が成長した後、調査海域外へ移動する 4 月下旬～5 月上旬における CPUE の変動幅は加入時の変動幅と同様に大きく、0.16～0.69 の範囲であったが、必ずしも加入量に対して明瞭に相関していなかった。これは、成長に伴う調査海域外への移動時期が年や場所によって異なるためと考えられた。また、この時期の平均体長の範囲は 24.8～76.4mm で、6 点中 4 点が 40～60mm であった。平成 19 年の宇佐や手結における体長組成でも 50mm 以上の個体の採集が少なかったことから、成長に伴う調査海域外への移動は 50mm 前後で起こる場合が多いと考えられた。

③ヒラメ稚魚の食性の地理的変異

小型のヒラメ稚魚が多く採集された甲浦、手結、宇佐では 3 地点に共通して加入初期に空胃個体が高頻度で出現した（図 25、29、33）。これは、他地域でも報告されており、加入直後の個体が、浮遊生活に戻ることによって、適した生育場を探すために有利であろうと考えられている（乃一 1997）。

加入後のヒラメ稚魚における食性はアミ類主体で、下ノ加江、手結、宇佐においてそれが顕著であった（図 18、30、34）。甲浦でも胃内容物重量から見た加入初期の食性はアミ類が主体であり（図 24）、高知県における加入後の主な食性はアミ類と考えられた。これは、瀬戸内海（Yamamoto 2007）を除くと全国的にみられる一般的なヒラメ稚魚の食性であった（乃一 1997、増殖場造成計画指針編集委員会 1997）。

例外的に、宿毛における加入初期の主要餌料はかいあし類で、次にアミ類が多かった（図 22）。宿毛におけるアミ類の密度や採集個体数は調査した 5 地点中最も低かったことから（表 7、図 14）、宿毛に加入したヒラメ稚魚は通常利用しないかいあし類を摂餌せざるをえなかったのかもしれない。また、このように餌が少ない上に天然稚魚の分布が少ない場所は人工種苗放流には適していない可能性が高いと考えられた。

環境中のアミ類組成とヒラメ胃内容物中のアミ類組成は手結でほぼ一致し（図 35）、その他の場所では一致しなかった（図 19、23、27、31）。ヒラメ胃内容から出現したアミ類は浮遊性もしくは匍匐性種が多く（表 7）、潜砂性種の出現頻度は低かった。これに対して、環境中のアミ類組成は、浮遊性もしくは匍匐性種が安定して出現したのは手結のみで、他の場所は潜砂性種主体の場所が多かった。これらから、多くの地点で環境中のアミ類組成と胃内容物中のアミ類組成が異なったのは、ヒラメ稚魚が摂餌するアミ類が特定の生態を持つグループに限定されているため、潜砂性種を捕食対象としなかったためと考えられた。また、このことから、アミ類全体を餌料生物として評価する場合、その潜砂性種の頻度によっては過小評価となる可能性を示唆している。

ヒラメ稚魚は一般的にアミ類食性から魚食性に移行することが知られており、そのサイズは体長 50~90mm 以上と範囲が広い（増殖場造成計画指針編集委員会 1997）。本研究において食性移行は他地域と同じ傾向であった。しかし、手結と宇佐において魚類を摂餌していたヒラメの体長組成の最頻値が 45~50mm であったことから（図 41）、魚食性への移行は体長約 40mm 以上と既往知見と比較して小さいグループに属していた。前述の低いアミ類分布密度や小さな魚食性移行サイズを考えると、高知県砂浜海岸の水深 1.5m 以浅におけるヒラメの餌料環境は日本海沿岸と比較して良くないと考えられた。

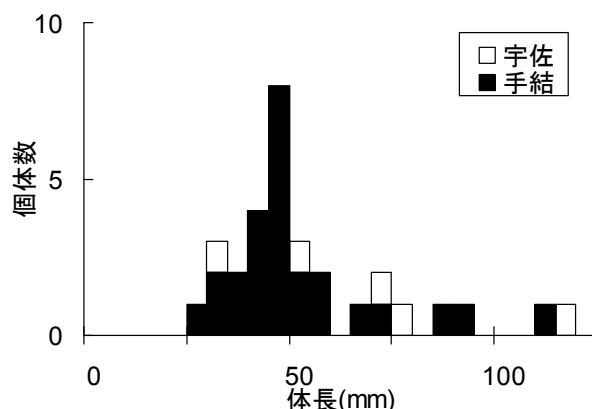


図 41 手結と宇佐で魚類を摂餌していたヒラメ稚魚の体長組成

④ヒラメ稚魚調査から考えられたヒラメ資源の維持構造

前田（2002）は、京都府若狭湾西部海域において、浅海砂浜域へ加入した稚魚が成長とともに約 10cm で沖合へ移動する時期の分布密度とヒラメ 1 歳魚漁獲量の間には正の相関があることを示している。このことから、高知県においても検証する必要があるが、特定の時期のヒラメ稚魚の CPUE（密度）が漁獲量変動と関係している可能性が考えられる。そこで、本研究の結果と高知県におけるヒラメ漁獲量との関係を考えて。

高知県におけるヒラメ稚魚の密度や成長には各地点内で年変動が観察され、良好な生育場は年や場所によって異なるものと考えられた。すなわち、本研究において、平成 19 年度は手結が最も良好な加入と成長を示した（図 38a、c）。平成 16 年度の宇佐はヒラメ稚魚の成長が本研究の中では最も良好であった（図 38a）。また、西部では平成 17 年度下ノ加江のように CPUE は中部と比較して低いものの、東西部の中では比較的高く、成長が良好な場合も見られた（図 38c、d）。一方、高知県における平成 17、18、19 年のヒラメ漁獲量はそれぞれ 22、22、23 ト

ンと大きな変動はなかった。この両者をあわせると、本研究で採集されたヒラメ稚魚と漁業資源の関係には以下のような2つの場合が考えられた。

- ・ 高知県におけるヒラメ生育場における餌料環境は不安定であるが、ヒラメ稚魚は様々な場所に加入する。そして、良好な場所が年によって異なる場所で形成され、その場所に加入した群が主に生き残り、漁業資源へ加入する。いわば、メタ個体群的な資源維持構造をとる。
- ・ 本調査では海水浴場のような水深 1.5m 以浅の底質が砂である場所を対象とした。しかし、他海域ではヒラメ稚魚の成育場は水深 3.5~5m の砂底である場合も報告されている（静岡県 1989、1991、前田 2002）。よって、主要な生育場が本研究以外の場所にあり、その生育場への加入量や成長が安定している可能性もある。そのような場所として、仁淀川、物部川、四万十川など比較的大きな河川の河口沖の水深 10m 以浅が考えられた。

⑤残された課題

前項におけるヒラメ稚魚の分布と漁獲量の関係は、検討年数が少ないため、今後もデータを蓄積する必要がある。また、本研究ではヒラメ稚魚の摂餌生態を調べた結果、ヒラメ稚魚の分布はアミ類を主とする餌料環境との関連が強く考えられた。また、ヒラメ稚魚の成長や分布は年や場所により変動していることも示された。安定した放流適地と天然魚の資源加入を考えていくために、今後、ヒラメとアミ類について出現の変動パターンと漁獲量との関係を中長期的な視野に立って把握する必要がある。

一方、放流技術開発については、ヒラメ種苗放流が継続的に実施されている現在でも多くの問題が残されている。本稿では触れることができなかったが、ヒラメ栽培漁業には飼育手法、最適放流条件、効果把握だけでなく、種苗生産用親魚の確保や種苗の輸送などの問題もあり、これらの問題は地域や組織によって異なっている。今後、放流ヒラメの資源添加効率を向上させるため、本研究で得られた情報やアプローチ方法を取り入れながら、それぞれの現状に合わせた最適な方法を考える必要がある。

4 謝辞

中央水産研究所 高知庁舎 広田祐一博士にはアミ類の同定および生態についてご指導いただいた。高知県水産試験場 増養殖環境課 安藤裕章氏、田井野清也氏、林芳弘氏にはヒラメ稚魚調査のいろいろな面でサポートしていただいた。飢餓試験は漁業資源課 梶達也博士との共同研究で、いろいろな助言や飼育補助をしていただいた。高知県栽培漁業センター 石川徹氏にはヒラメ種苗飼育のデータを提供していただいた。

調査を行うにあたり、室戸漁業指導所、中央漁業指導所、土佐清水漁業指導所、宿毛漁業指導所の職員の方々には多くの協力や助言をいただいた。最後に、この研究は前述の方々に加えて、増養殖環境課の中村千恵子、黒岩須美雄、坂本清子氏をはじめとする研究員および職員の方々の協力なしにはできなかったものである。ここに記して、これらの方々には厚くお礼申し上げる。

5 参考文献

高知県水産試験場, 2005:平成 16 年度資源増大技術開発事業報告書.

高知県水産試験場, 2006:平成 17 年度資源増大技術開発事業報告書.

佐合慶祐, 2006:高知県中西部におけるヒラメ稚魚の出現および遺伝的特性に関する研究. 高

遺伝学的・生態学的手法によるヒラメ放流技術開発と効果把握

知大学卒業論文.

静岡県, 1989: 大規模砂泥域開発調査事業 (遠州灘海域) 昭和 59~62 年度調査報告書, 98p.

静岡県, 1991: 大規模砂泥域開発調査事業 (遠州灘海域) 昭和 63 年度, 平成元年度調査報告書, 338p.

(独)水産総合研究センター 中央水産研究所 資源評価部, 2008: 平成19年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 東京, 162.

須賀悠, 2008: 高知県浅海砂浜域におけるヒラメ稚魚の食性とアミ類の分布に関する研究. 高知大学卒業論文.

田中庸介・大河俊之・山下洋・田中克, 2006: 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. Nippon Suisan Gakkaishi, 72, 50-57.

乃一哲久, 1997: 初期生態. ヒラメの生物学と資源培養, 恒星社厚生閣, 東京, 25-40.

前田経雄, 2002: 若狭湾西部海域におけるヒラメ仔稚魚の加入機構に関する研究. 京都大学学位論文.

明神寿彦, 2007: 高知県海域におけるヒラメの年齢と成長. 平成17年度高知県水産試験場事業報告書, 54-57.

Yamamoto, M. 2007: Feeding ecology of settled Japanese flounder in nursery grounds in Eastern Hiuchi-Nada, the Seto Inland Sea, Japan. Bulletin of Kagawa Prefecture Fisheries Experimental Station, 8, 17-67.

増殖場造成計画指針編集委員会, 1997: 沿岸漁業整備開発事業 増殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編. 社団法人 全国沿岸漁業振興開発協会, 東京, 316p.