

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効果を放流追跡調査から、放流効果把握を市場調査や遺伝標識を用いた解析から、放流時期、サイズ、場所の再検討を天然稚魚の調査から調べることを目的とした。

2 築堤式保育場を用いた中間育成の効果

(1) はじめに

高知県水産試験場では平成13年から6年間にわたって保育場におけるヒラメ中間育成の効果に関する調査研究に取り組んできた。その結果、飼育方法や潜砂及び俊敏な摂餌といった天然魚に近い行動馴致に関する知見を得た。しかし、このような行動の面から見た天然環境への馴致が放流後の生残にどの程度かかわっているかは不明である。そこで、平成17年の本研究の中において、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。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った。このことを踏まえて、平成18年は保育場における中間育成効果を明らかにするため、平成17年よりも小型（平均全長60mm）の種苗を用いて放流後の初期生残状況について調べた。

保育場を用いた中間育成は飼育施設が広い上、底質や他の生物の存在から死亡個体の計数が難しい。このことから、中間育成中の適切な給餌量の設定や放流個体数は何らかの根拠に基づいて推定できていない。そこで、計数された種苗を保育場に放養し、計数試験を実施することで、個体数推定方法を検討した。

(2) 材料と方法

1) 供試魚の飼育

供試魚は(独)水産総合研究センター 宮津栽培漁業センターで生産され、5月1日に豊かな海づくり協会から配布された20,000個体（以下、宮津群。平均全長26.0mm）と高知県栽培漁業センターで生産され、5月3日に受け入れた4,000個体（以下、センター群。平均全長不明）であった。それぞれの種苗は3t陸上水槽2面（それぞれ宮津A、B群）と1面へ収容され、24日間中間育成後に保育場へ移送された。宮津群とセンター群のサイズは後者のほうが大きかったことから、飼育中の給餌量は宮津群に体重の約5%、センター群に体重の約4%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、県下の保育場における個体数密度を考慮して約50匹/m²を越えるように設定された。保育場における飼育開始時の個体数は約15,000個体で平均全長58.0mm、飼育期間は10日間であった。

2) 計数試験

個体数推定は、試験施設を 16 区画に分割し（図 1）、各区画の一部を潜水によって目視計数したデータをもとにした。計数は各区画について 2m×30cm または 2m×60cm の個体数を、チェーンを装着した幅 30 または 60cm のくまで（図 2）を用いて潜砂個体も追い出しながら、調べた。計数試験は放養後 4、6、7、8 日後に 4 回実施した。

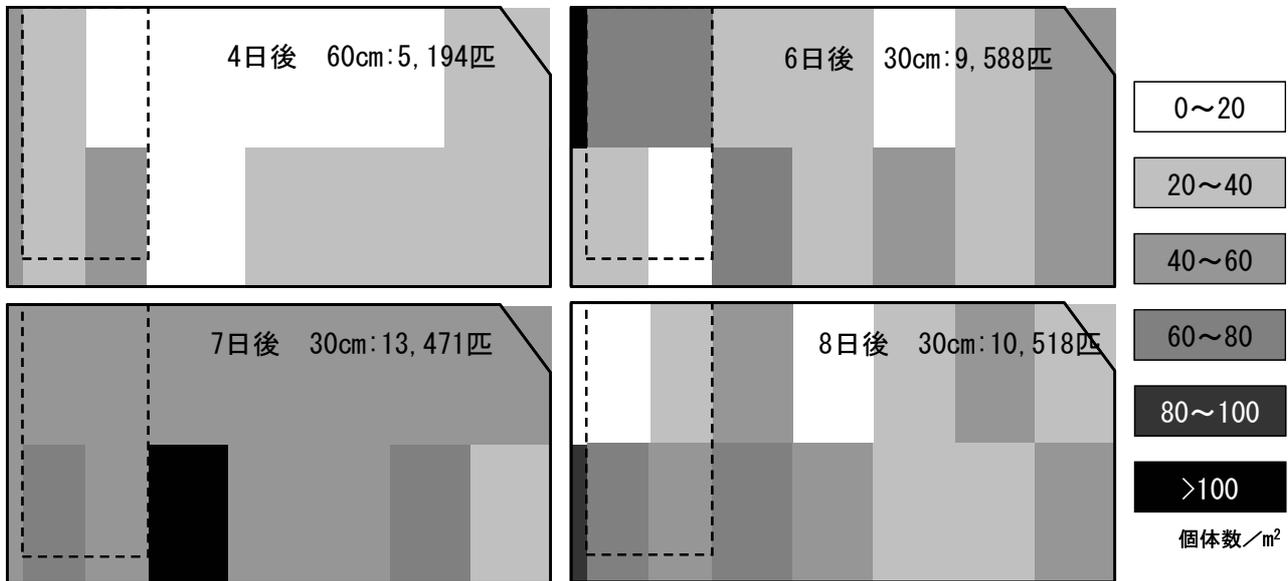


図 1 計数結果（図内の点線は魚取）

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）を用いて西海区水研 III 型桁網（幅 1.5m）で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、8、15、25、29、39、61、73 日後の計 11 回実施した。

（3）結果と考察

1) 供試魚の飼育

宮津群は輸送のトラブルから飼育開始 3 日間で 6,485 個体が死亡したが、その後の日間死亡率は 0.04~0.89%と低かった（図 3）。センター群も日間死亡率は 1%以下であった。陸上水槽における飼育期間中の生残率は宮津群が 61.6%、センター群が 88.6%であった。また、飼育開始 4 日以降の宮津群における生残率は 91.1%と受け入れ時の死亡を除けばセンター群も含めて高かった。陸上水槽飼育での日間成長率は 1.33mm/日であった。



図 2 計数に用いた道具

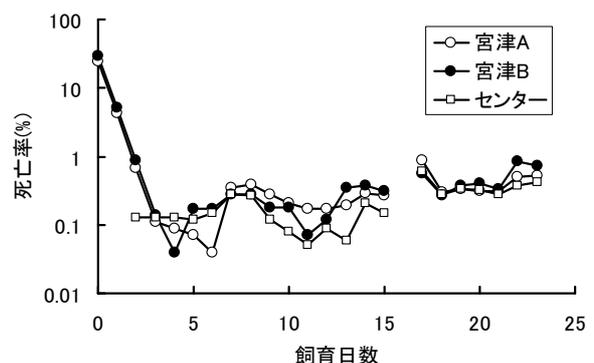


図 3 陸上水槽飼育中の死亡率の推移

保育場におけるヒラメの日間成長率は、放流直前における種苗の平均全長が 63.3mm であったことから、0.53mm/日と推定された。この成長率は平成 17 年の 1.03mm/日（高知県水産試験場、2006）と比較すると小さかった。後述の放流追跡調査では放流直後の再捕個体の全長はこのサイズよりも大きかったため、この低い成長率は偏ったサンプリングにより実際のサイズを過小評価したことが原因と考えられた。保育場における飼育期間中の生残は計数試験の結果を含めて次項で述べることとする。

2) 計数試験

ヒラメ種苗を保育場へ約 15,000 個体を移送して 60cm 幅で 4 日後、30cm 幅で 6、7、8 日後に行った結果、ヒラメ個体数の推定値はそれぞれ 5,194、9,588、13,471、10,518 個体であった（図 2）。60cm 幅での計数結果は放養個体数の約 34.6%と少なく推定されたことから、実用的ではないと考えられた。これは、個体数密度が高い場所において 60cm 幅で計数した場合、全ての個体を計数できないことによると考えられた。

30cm 幅での計数結果は、7 日後の個体数が多いものの、比較的安定していた。また、保育場での飼育期間中のヒラメの死亡は、目立った死亡個体が観察されなかったことから、少なかったものと推察された。3 回の計数結果の平均は 11,182 個体（約 74.5%）であったことから、計数結果を 1.34 倍することで実際の個体数が推定可能と考えられた。しかし、本試験では逃避個体や潜砂個体を全て計数できていない。今後、より幅の狭い計数器具を作成し、適切な個体数推定を検討する必要がある。

3) 放流追跡調査

放流追跡調査の結果、10 回の調査で 121 個体のヒラメが採集され、そのうち 2 個体は無眼側黒化や大きさから天然稚魚と判断された（表 1）。放流個体の再捕は放流 1、2 日後にそれぞれ 57、28 個体と多かった。また、主な再捕は放流後 15 日までで、それ以降は 1～3 個体と少なくなった。

これまでに水産試験場によって浦ノ内湾において放流追跡調査された再捕状況と比較するため、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単位努力あたりの採集個体数（CPUE）として放流群ごとに図 4 に示した。平均全長 63.3mm で放流した平成 18 年の CPUE の推移は平均全長約 80mm で放流した平成 15、17 年に類似していたが、放流後 1 週間以降の再捕は平成 15、18 年の方が多かった。このことから、平成 18 年放流群の密度は通常の放流試験と同様に放流直後に大きく減少したが、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。

放流直後の減耗状況を詳しく調べるため、放

表 1 平成 18 年放流群の採集状況

月 日	放流後 日数	曳網時間 (分)	採集 個体数	備考
6 5	1	27.3	57	
6 6	2	27.6	28	天然魚1個体
6 8	4	29.5	11	
6 12	8	26.5	10	
6 19	15	31.3	6	天然魚1個体
6 29	25	33.2	2	
7 3	29	33.3	3	
7 13	39	25.2	1	
8 4	61	29.2	2	
8 16	73	28.7	1	
計		291.8	121	

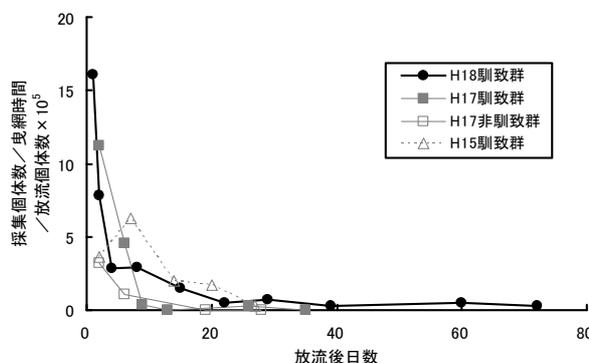


図 4 浦ノ内湾放流群の CPUE 比較

流直前と放流後 1 及び 2 日後の全長組成を比較した (図 5)。放流直前における全長組成の範囲は 43.8~78.2mm で、60mm 以下の個体は 28% を占めた (図 5A)。放流 1、2 日後における 60mm 以下の個体は 3.6% と大きく減少した (図 5B)。この違いは放流前後で分散が有意に異なっていることから統計的に支持され (F 検定、 $p < 0.05$ 、 $df = 24$ 、 $T = 1.186$)、放流 1、2 日後に小さな放流個体はほとんど減耗したと考えられた。放流後に再捕された個体はほとんどが 60mm 以上であったことから (図 5B)、浦ノ内湾における生残可能な大きさは 60mm 以上と考えられた。しかし、アミ類が少なく、ハゼ科魚類などの魚類稚魚が多いという浦ノ内湾の餌料環境を考慮すれば、65mm より大きな種苗を放流した方がよいと思われた。

平成 18 年放流群の成長は放流後約 20 日まで減少する傾向が見られた (図 6)。このような事例は平成 17 年にも観察されており、平成 18 年放流群でも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。また、再捕個体の平均全長の減少は平成 17 年放流群よりも緩やかであった (図 6)。これは、平成 18 年放流群の平均全長が平成 17 年よりも小さく、移動性が低かったことが原因と考えられた。

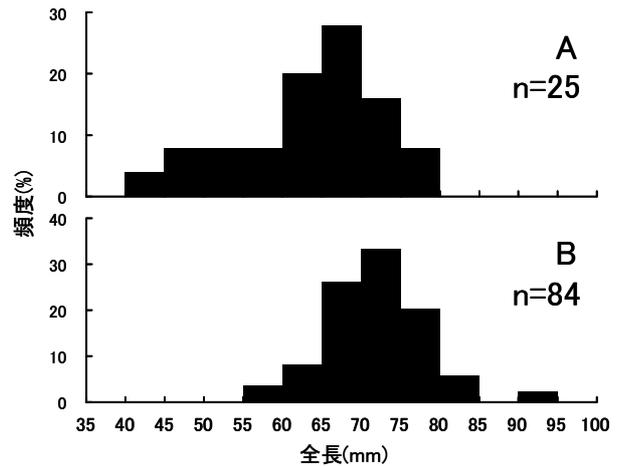


図 5 放流直前 (A) と放流後 1・2 日後再捕個体 (B) の全長組成

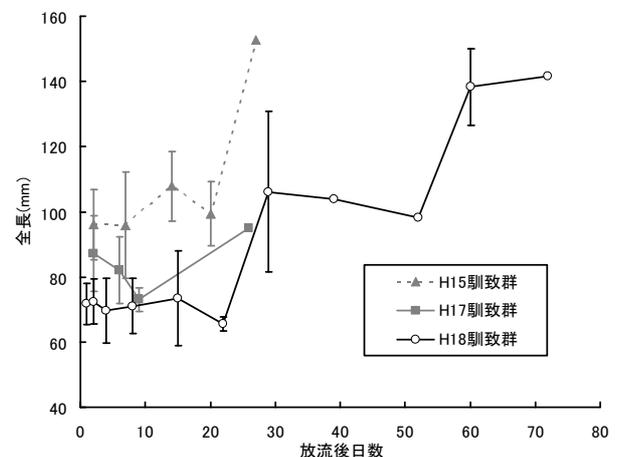


図 6 放流群の成長

3 土佐湾中部における放流ヒラメの漁獲状況

(1) はじめに

放流ヒラメの漁獲状況を把握することは放流効果やヒラメ資源を考える上で重要であるため、平成 12 年から土佐湾中央部においてヒラメの市場調査を継続している。本研究では、これに加えて、ミトコンドリア DNA 塩基配列分析による放流魚判定から無眼側が正常な放流魚の漁獲状況の把握も目的としている。平成 18 年は DNA 分析の結果が十分でないため、市場調査の結果のみを報告した。

(2) 材料と方法

市場調査の対象は土佐湾中央部の主要漁獲市場である高知市漁協、御豊瀬漁協、錦浦漁協と本研究の放流追跡調査において最も近い市場である深浦漁協とした。市場調査は各市場の職員に市場調査員を依頼し、水揚げされたヒラメの全長 (または体重)、無眼側黒化及び標識の有無を調べた。

(3) 結果と考察

平成 18 年 4~12 月におけるヒラメの漁獲は平成 17 年と比較すると (表 2)、御豊瀬漁協と深浦漁協ではほぼ同じであったが、高知市漁協と錦浦漁協はそれぞれ 13 及び 33% 増加した。

近年、土佐湾中央部で最も漁獲尾数が多い錦浦漁協では無眼側黒化魚の混獲率が 51%と平成 17 年の 30%から大きく増加した。

高知県におけるヒラメの漁獲量について、平成 12～15 年は 27～28 トンであったが、平成 16 年は 24 トン、平成 17 年は 22 トンと減少傾向であった。平成 18 年の高知県中央部における漁獲量は平成 13～14 年に近いが、無眼側黒化魚の混獲率は高かった（表 2）。今後も本調査を継続することで、ヒラメ漁獲資源の状況をモニタリングする必要がある。

表 2 土佐湾中央部における無眼側黒化ヒラメの漁獲

市場名 (調査期間)	H18		H17		H16		H15		H14		H13		H12	
	混獲率 (%)	調査尾数/ 水揚げ個体数	混獲率 (%)	調査尾数/ 水揚げ個体数	混獲率 (%)	調査尾数	混獲率 (%)	調査尾数	混獲率 (%)	調査尾数	混獲率 (%)	調査尾数	混獲率 (%)	調査尾数
御量瀬 (4～12月)	31	87 /202	23	107 /200	18	180	32	121	37	82	54	184	20	184
高知市 (4～12月)	18	80 /1371	13	15 /1,213	9	1,177	15	642	14	492	13	1,722	11	738
深浦 (4～12月)	83	138 /138	64*	28 /137	74*	35 /97	56	81	85	140	72	165	71	227
錦浦 (4～12月)	51	1,567 /—	30	1,174 /—	34	1,049	33	1,236	35	1,534	41	1,766	56	1,844

*:水産試験場職員による調査

4 天然稚魚調査

(1) はじめに

本調査は放流場所、サイズ、時期などを考えるための基礎情報を収集することを目的として、平成 16 年から実施されている。これまでの調査場所は土佐湾中部に位置する宇佐に重点を置きながら、手結、甲殿、上川口（浮鞭）、入野、下ノ加江、大岐の砂浜海岸と高知県中西部に限られていた。平成 18 年は東部に位置する東洋町甲浦の白浜海岸を追加した。また、これまでの調査定点を見直し、中部は手結と宇佐の 2 点、西部は下ノ加江の 1 点として調査を継続した。

(2) 材料と方法

ヒラメ稚魚調査は甲浦、手結、宇佐、下ノ加江の 4 地点を対象に、宇佐は約 2 週間隔で、宇佐以外の定点は約 4 週間隔で実施した。ヒラメの採集は西海区水研 III 型桁網（幅 1.5m）を用い、2 月から 6 月まで行った。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 3 地点の調査は 1.5m 以浅を人力で曳網した。曳網時間は、採集個体数が少ない場合でも調査海域にヒラメがほぼ分布していないことを確認するため、各調査で 50 分以上とした。調査時には表層及び底層の水温と塩分を計測した。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。

(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 16.7～26.8℃の間で推移し、表層、底層とも類似した傾向であった。すなわち、2～4 月まで緩やかに上昇し、5 月以降に大きく上昇した（図 7 a, b）。

塩分は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 8 a, b）。宇佐は流入河川がなく、下ノ加江は河口にテトラポッドによる突堤があるために、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。

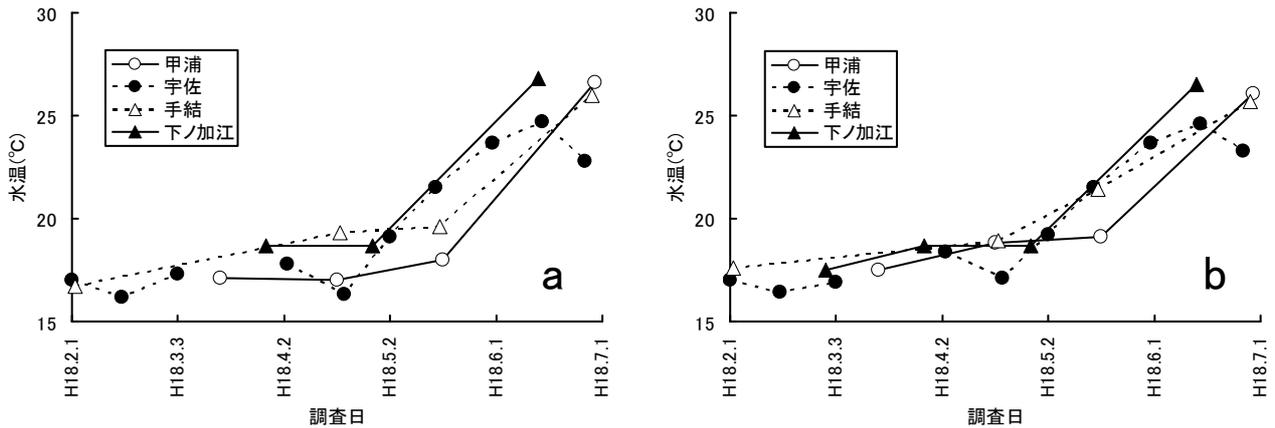


図7 各調査地点における水温の推移。a：表層水温、b：底層水温

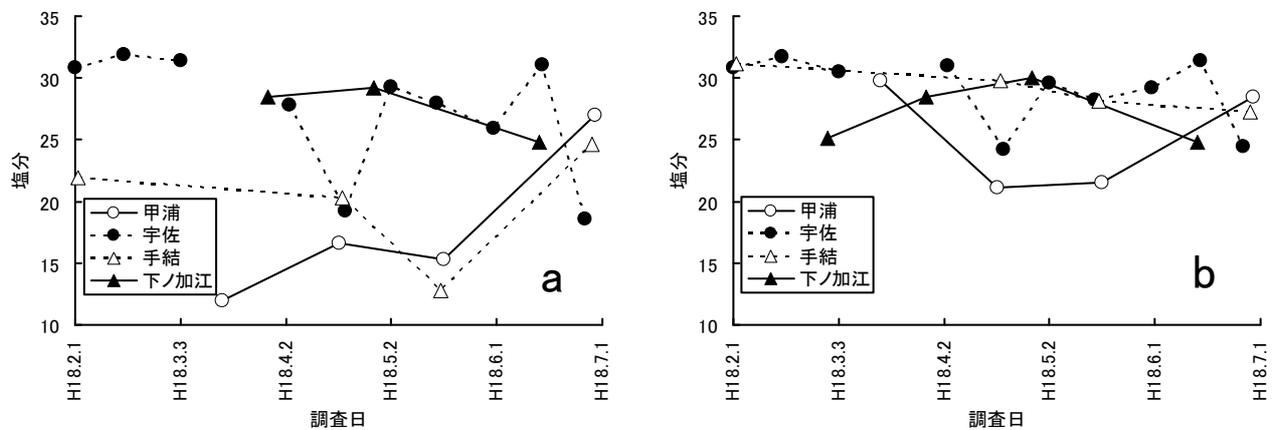


図8 各調査地点における塩分の推移。a：表層塩分、b：底層塩分

2) ヒラメ稚魚採集状況の全般

調査は23回実施し、調査期間を通して181個体のヒラメ稚魚が採集された。採集個体数は甲浦が10個体、手結が36個体、下ノ加江が12個体、宇佐が123個体であった(表3)。

表3 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	1.5m以浅		採集場所	採集日	1.5m以浅		1.5m以深		計	
		個体数	時間			個体数	時間	個体数	時間	個体数	時間
甲浦	3月15日	3	67.5	宇佐	2月1日	0	33.0	0	28.0	0	61.0
	4月17日	6	56.9		2月15日	2	36.5	1	28.0	3	64.5
	5月17日	1	60.7		3月3日	14	37.0	2	25.0	16	62.0
	6月29日	0	66.7		3月17日	19	46.3	1	20.0	20	66.3
手結	2月2日	4	66.0	4月3日	8	40.0	0	23.2	8	63.2	
	4月18日	32	58.2	4月19日	41	32.0	7	25.8	48	57.8	
	5月16日	0	58.3	5月2日	17	24.5	1	19.0	18	43.5	
	6月28日	0	58.3	5月15日	7	37.8	0	28.8	7	66.5	
下ノ加江	2月28日	2	55.0	5月31日	2	46.5	0	24.0	2	70.5	
	3月28日	3	63.0	6月14日	1	43.7	0	22.5	1	66.2	
	4月27日	7	44.0	6月26日	0	42.0	0	17.0	0	59.0	
	6月13日	0	57.0								

総曳網時間は 1392.2 分で、調査日ごとの平均曳網時間は 60.5 分であった。曳網時間が異なる調査間で採集量を比較するため、水深 0~1.5m における調査ごとの曳網時間あたりの採集個体数を CPUE として算出し、比較した (図 9)。その結果、東西部における CPUE のほとんどは 0.2 以下と中部と比較して小さかった。このことから、東西部の砂浜域におけるヒラメ稚魚の分布は中部と比較すると少なく、分布の中心が中部にあると考えられた。今後、この要因を明らかにするには、産卵場や卵稚仔の出現状況を調べる必要がある。

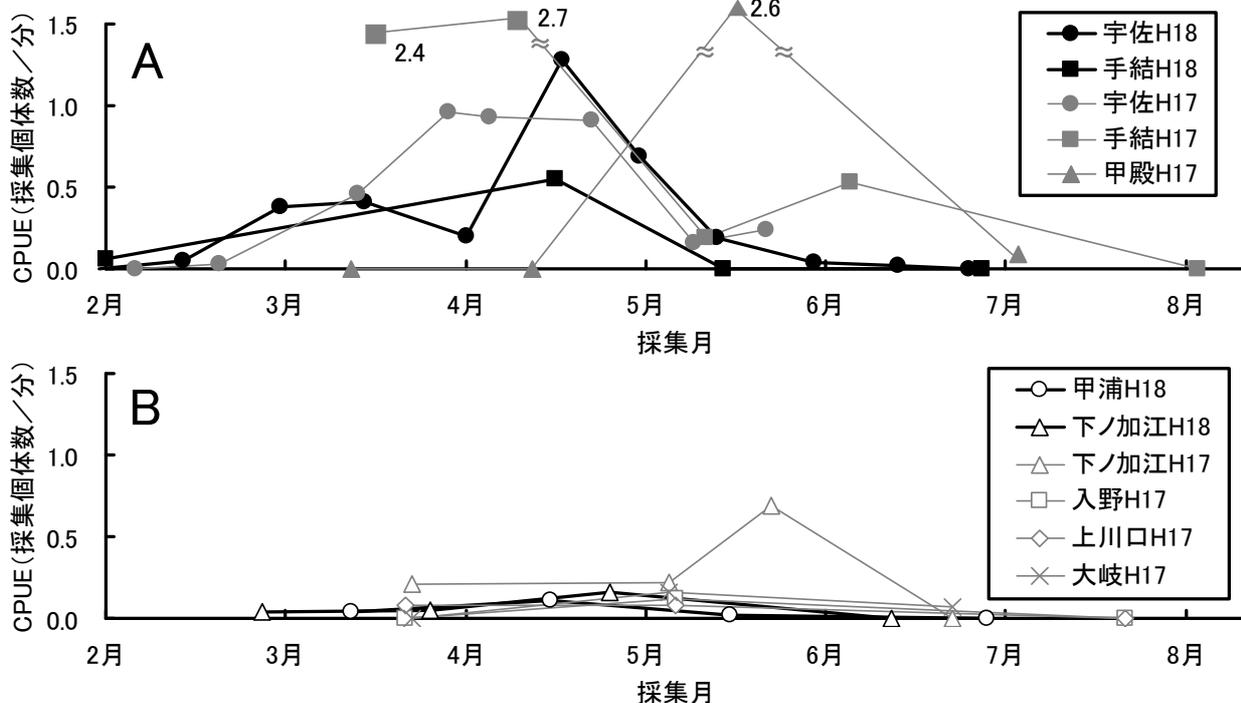


図 9 平成 17 と平成 18 年の水深 0~1.5m におけるヒラメ稚魚の採集結果。
A: 中部、B: 東部及び西部。

ヒラメ採集量を年度間で比較するため、各年全体と採集個体数が多い 3~4 月における CPUE を比較した (表 4)。採集個体数が比較的多い宇佐のみを調査した平成 16 年を除いて平成 17 と 18 年を比較すると、平成 18 年の CPUE は約 1/3 と低かった。このことから、平成 18 年の高知県におけるヒラメ稚魚の発生量は少なかったと考えられた。また、平成 16 と 17 年を比較した場合、データによって 1~2 倍異なっており、稚魚発生量に明確な違いは認められなかった。今後、天然ヒラメ資源の状況を考える上で、ここで観察された稚魚採集量の変動と漁獲量や資源に対する関連を調べていくことは重要と考えられた。

表 4 平成 16~18 年におけるヒラメ稚魚の採集状況

	地点数	採集個体数			曳網時間(分)			CPUE(個体数/曳網時間)		
		水深1.5m		計	水深1.5m		計	水深1.5m		計
		3~4月	全体		3~4月	全体		3~4月	全体	
平成18年	4	133	169	181	444.9	1130.9	1392.2	0.30	0.15	0.13
平成17年	7	264	372	457	302.1	714.0	1019.8	0.87	0.52	0.45
平成16年	1	181	213	239	132.8	269.6	517.9	1.36	0.79	0.46

3) 各採集地点におけるヒラメ採集状況

①甲浦

本調査地点における採集個体数は4回で10個体と少なかった。調査期間を通して最も多くヒラメ稚魚が採集されたのは4月17日で、6個体であった(表3)。その平均標準体長(平均体長)は12.1mmで(図10)、3月の調査で採集された個体の標準体長(体長)も含めて10.7~13.2mm(n=9)の範囲にあったことから、甲浦で採集された稚魚はほとんどが着底直後であったと考えられた。

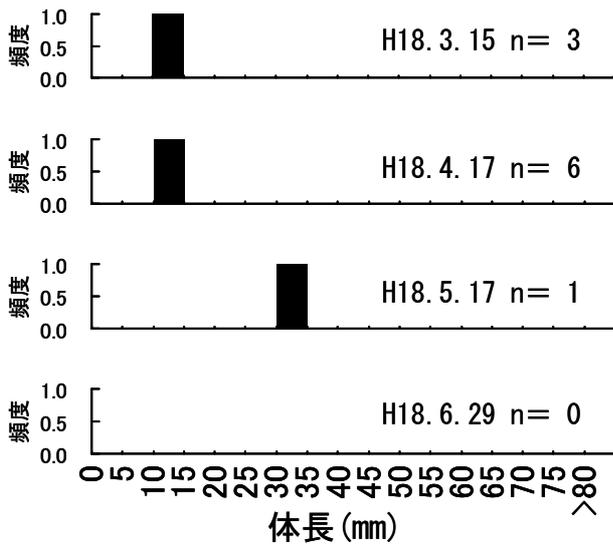


図10 甲浦で採集された天然稚魚の体長組成

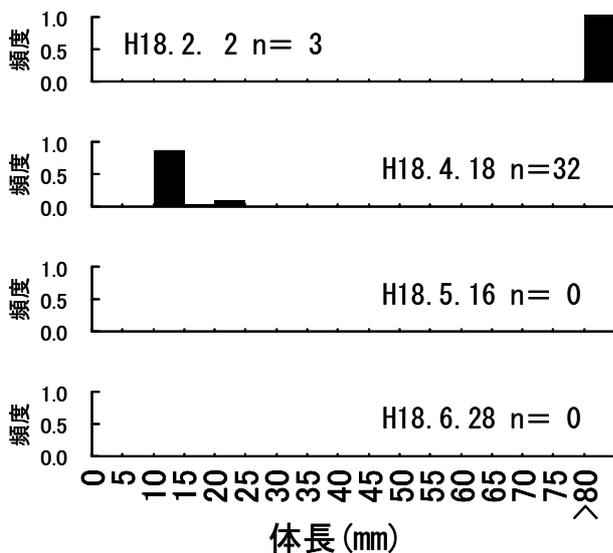


図11 手結で採集された天然稚魚の体長組成

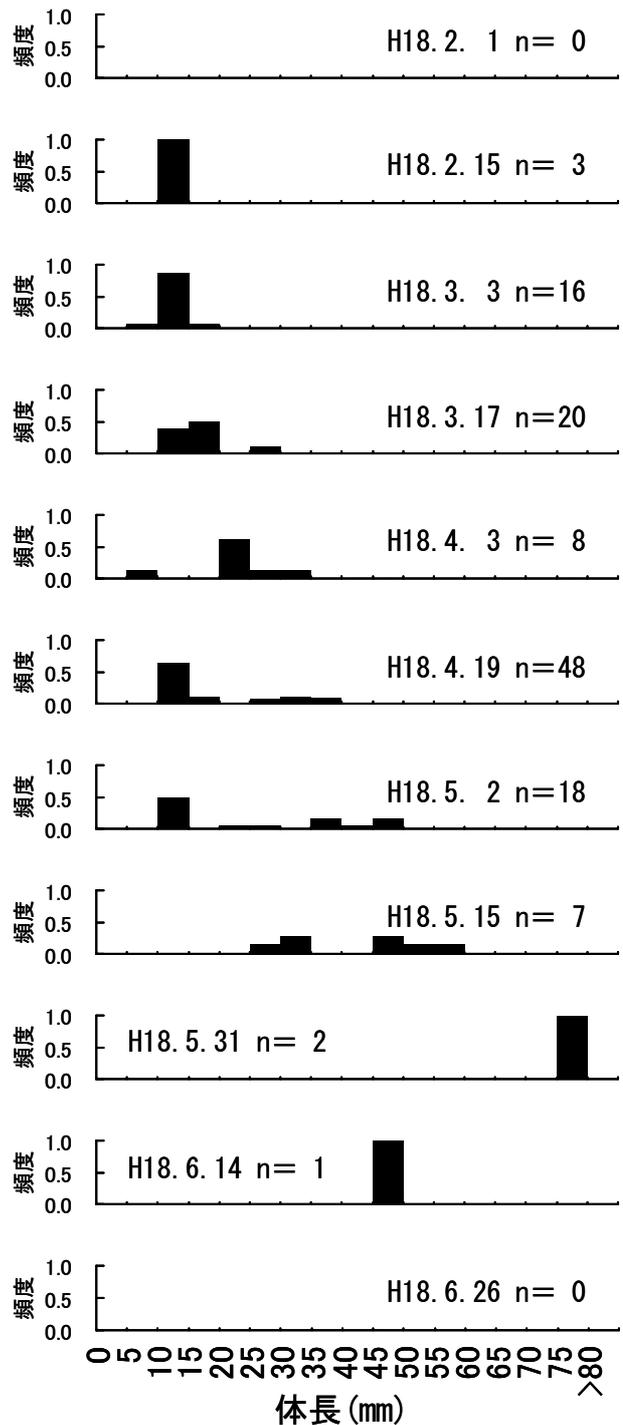


図12 宇佐で採集された天然稚魚の体長組成

②手結

手結におけるヒラメ稚魚の採集は2月と4月の調査のみで(表3、図11)、2月2日の調査では体長131mmの放流魚が1個体採集された。2月の採集個体の体長は120.5~148.0mmと大型であったことから、1才魚と考えられ、当才魚の採集は4月18日の32個体のみであった。その平均体長と範囲は13.7(10.2~24.1)mmと(図11)、多くは着底直後の小型個体であった。5月以降の調査ではヒラメ稚魚は採集されず、この傾向は平成16、17年と類似していた(高知県水産試験場、2005・2006)。

③宇佐

宇佐におけるヒラメ稚魚の出現は2月中旬の調査から採集され始めた(図12)。3月に採集された個体は体長20mm以下が主であった。その後、4月3日の調査では小型個体の採集個体数は減少した後、4月中旬と5月上旬の調査で増加したことから、平成18年は3~4月が砂浜海岸への加入時期と考えられた。また、採集個体の体長はほとんどが60mm以下であったことから、50~60mmで調査海域外へ移動したと考えられた。これらの傾向は平成17年とほぼ同じであったが(高知県水産試験場、2006)、採集状況全般の項で報告したとおり、採集量は少なかった。

宇佐の調査海域の付近では4月28日にヒラメ稚魚が5,327個体放流されており、5月2日の調査において3個体の無眼側黒化稚魚が採集された。これらの平均体長と範囲はそれぞれ41.1mm及び39.3~43.1mmであった。

④下ノ加江

下ノ加江で採集されたヒラメの体長は各調査で比較的ばらついたことから、明瞭な加入時期や調査海域外への移動時期やサイズは把握できなかった(図13)。下ノ加江における採集個体のサイズのばらつきが大きいことは平成17年にも観察されており(高知県水産試験場、2006)、本調査地点に特徴的であった。このことから、西部では他地域よりも長期的に砂浜域へヒラメが加入している可能性がある。しかし、このことを解明するためには、長期的な本調査の継続や浮遊期の生態調査が必要であると考えられた。

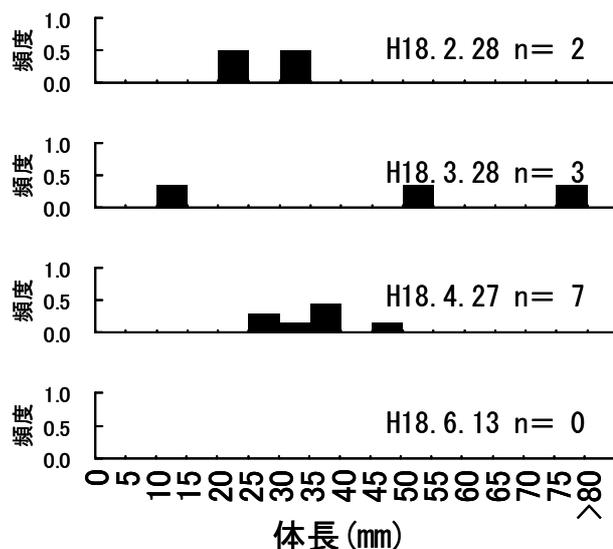


図13 下ノ加江で採集された天然稚魚の体長組成

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.