

アジ科魚類2種の仔稚魚期の摂餌，遊泳器官の発達 と種苗生産上の問題点—I ブリ

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 勝山, 明里
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014344

This work is licensed under a Creative Commons
Attribution 4.0 International License.



アジ科魚類 2 種の仔稚魚期の摂餌, 遊泳器官の発達と 種苗生産上の問題点—I. ブリ

勝 山 明 里*

(1990 年 1 月 5 日受理)

本種の種苗生産では、給餌する餌料の種類や投与時期の適不適が、生産結果に大きく影響する。特に、仔魚期は体形の変化が著しいうえ、内部諸器官、各骨格、鰭条が発達するとともに、前上顎骨、歯骨、鋤骨に歯が出現する時期である。このため、餌料の種類、大きさ、質、量および飼育環境等の影響をとくに受けやすいものと考えられる。したがって、生残率を向上させるうえで上述の各器官の発達過程を究明することが必要である。しかし、従来よりこの方面の研究業績が少ないのが現状である。また、種苗生産の現場では、このような基礎的知見の収集は未だ不十分であり、餌料の選択についても従来の経験に頼っているにすぎない。このため、減耗要因として比較的究明しやすい飼育環境の物理的な変化、あるいは病理学的な要因にもとづくものを除いては実態が明確にされていない場合が多かった。そこで、餌料や飼育環境が原因と考えられる減耗の防止を図り、かつ、種苗生産を行う上での給餌や飼育管理に関する指針を得ることを目的として、ブリ仔稚魚の摂餌および遊泳器官の形態の発達を調査した。また、その結果に基づいて索餌および遊泳様式の検討を行い、餌料系列のモデルの作成を試みた。本調査は、日栽協五島事業場で昭和 60~63 年にかけて実施したものである。

材 料 と 方 法

標本の作成 調査したブリの仔稚魚は、1~2 年養成した天然魚由来の親魚から人工採卵、あるいは自然採卵で得られた卵を水温 20°C でふ化させ、22°C で飼育した人工種苗である。

仔稚魚の標本は、10% ホルマリンで固定後、4% 水酸化カリウムで透明化した。透明標本の骨組織は、仔魚期ではアルシアンブルーとアリザリンレッド S で 2 重に、稚魚期ではアリザリンレッド S 単独で染色した。

各骨格、歯、担鰭骨、鰭条、鰓耙の観察は、生物顕微鏡微分干渉装置、位相差顕微鏡、実体顕微鏡および描画装置を用いて行った。鰭条数、外部形態についても透明標本で観察したが、一部の標本はホルマリン標本のままでも観察した。

標本の測定 体高、全体高の測定部位は図 1 に示した。背鰭、臀鰭、尾鰭の各鰭膜については、図 2、A の状態から、B のように完全に分離した時点で分離完了とした。脊索末端の屈曲の測定は、河野等¹⁾の方法を用いた。また、各骨格の部位、名称は基本的に HARDER²⁾、岩井³⁾にしたがった。

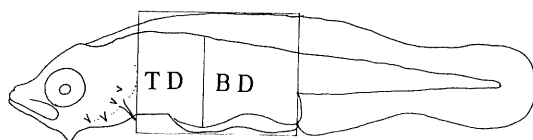


図 1 体高、全体高の測定部位
BD: 体高, TD: 全体高

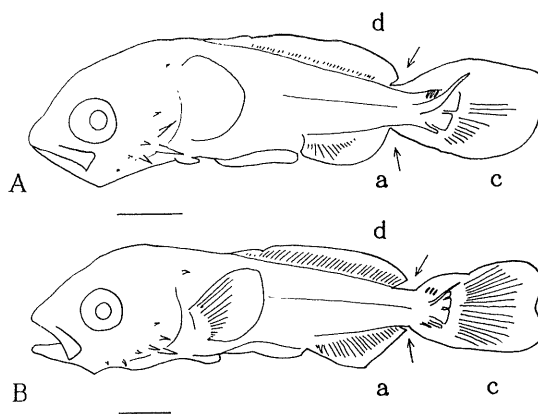


図 2 背鰭、臀鰭、尾鰭の鰭膜の分離

A: 鰭膜の分離直前, B: 鰭膜の分離完了, a: 臀鰭, c: 尾鰭, d: 背鰭, Scale indicates 1 mm

* 日本栽培漁業協会屋島事業場 (〒761-01 香川県高松市屋島東町 234)

調査結果

1. 摂餌器官の形態の発達

吻長-頭長比 (図 3) 吻長の頭長に対する比率は、全長 4~5 mm にかけて急激に増大し、5.5 mm 以上では変動幅が大きいながらもほぼ一定となった。

口裂長-頭長比 (図 4) 口裂長の頭長に対する比率は、測定値のバラツキが大きいながらも全長 7.5 mm でピークに達した。この時期にはすでに前上顎骨の骨化 (ossification) や咽頭歯の出現が見られ、以後、口裂長頭長比が漸減した。

前上顎骨長-口裂長比 (図 5) 前上顎骨長の口裂長に対する比率は、測定値のバラツキが大きいながらも成長とともに増大し、全長 10 mm ではほぼ一定となった。

前上顎骨歯 (付表) 前上顎骨歯は全長 5.4 mm の頃に出現し、10 mm と 16.6 mm の頃の 2 度にわたり急激に増加した。

前上顎骨 (図 6) 前上顎骨は、全長 4.9 mm ではまだ形成は不十分で、前上顎骨歯も出現していないが、5.4 mm にはそれが出現し、骨格の形態もほぼ基本形が整い、機能化が窺えた。6.5 mm には骨化が完了し、この頃、上顎構成骨のうち未出現であった上主上顎骨が出現した。12.7 mm の頃には前上

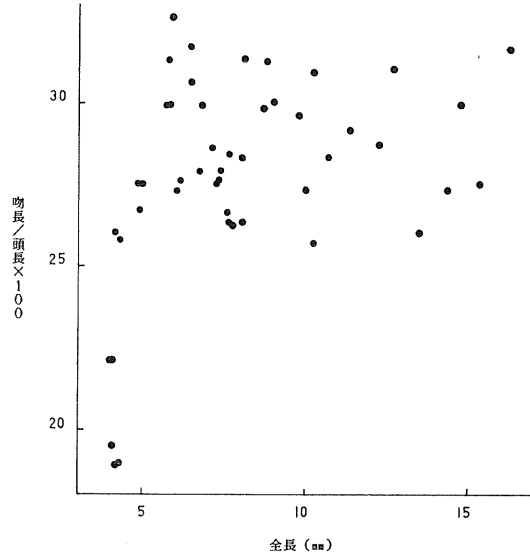


図 3 プリ仔稚魚の吻長/頭長比

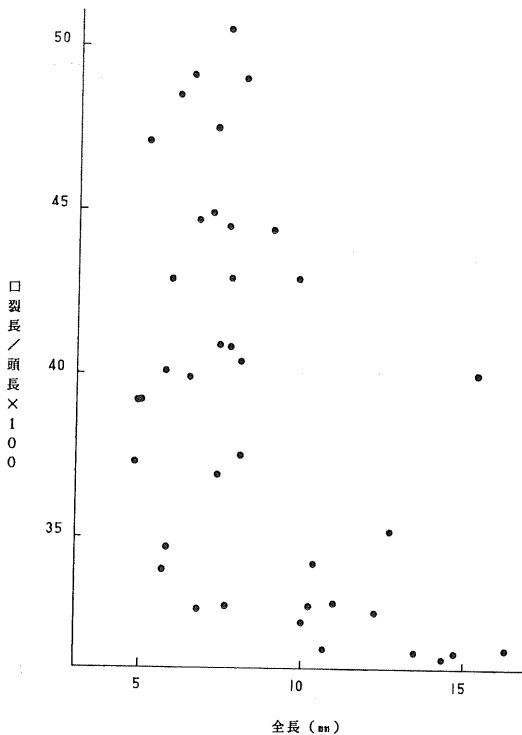


図 4 プリ仔稚魚の口裂長/頭長比

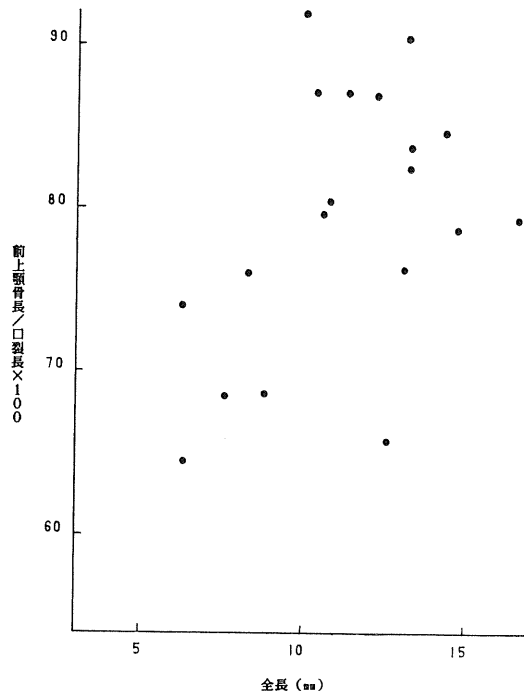


図 5 プリ仔稚魚の前上顎骨長/口裂長比

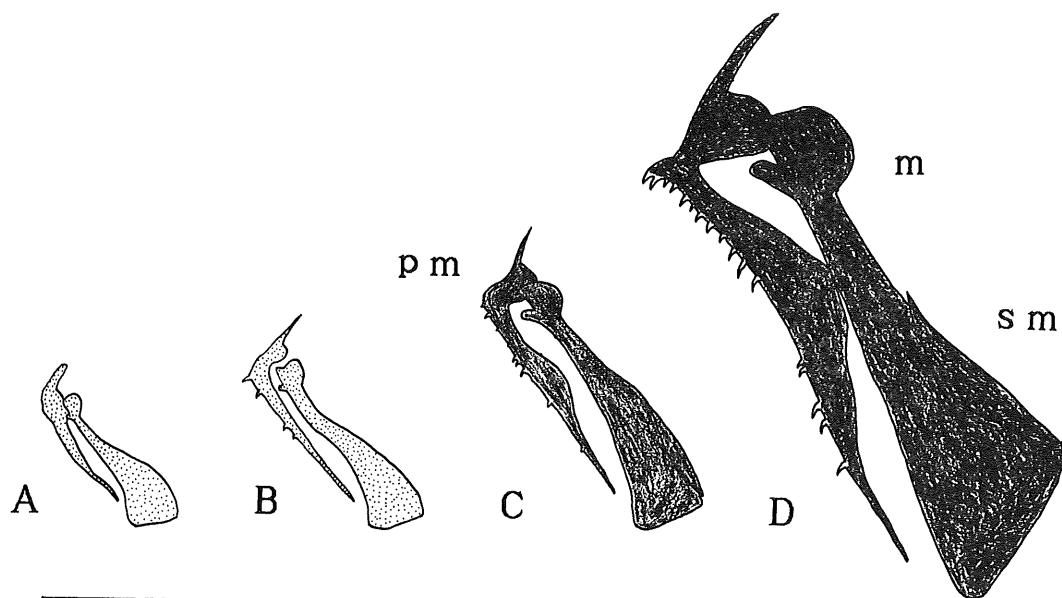


図 6 ブリ仔稚魚の上顎の発達

A: 全長 4.88 mm, B: 全長 5.36 mm, C: 全長 6.51 mm, D: 全長 12.70 mm, 点部: 軟骨, 暗部: 化骨部, pm: 前上顎骨, m: 主上顎骨, sm: 上主上顎骨, Scale indicate 0.5 mm

顎骨歯の増加と併せて、上顎構成骨の基本形はほぼ完成した。

上下咽頭歯 (付表) 上咽頭歯は、全長 6.8 mm の頃より出現し、10.6 mm と 14.4 mm の頃に急激な数の増加が見られた。一方、下咽頭歯は、7.4 mm の頃に出現し、16.6 mm の頃に急激に増加した (付表)。

鰓耙 (図 7) 鰓耙は全長 7 mm の頃に出現し、12.3 mm の頃には本数が急激に増加し、16 mm ではほぼ定数に達した。それ以後も鰓耙は発達し、形状が長くなるとともに、相互に密接していた。

2. 遊泳器官の形態の発達

鰾の開腔 (表 1) 鰾の開腔は全長 5 mm の頃より始まり、7 mm の頃に完了した。

背鰭条 (付表) 背鰭条は全長 6.7 mm の頃より出現し、7.4 mm の頃に数の増加が見られ、9.8 mm ではほぼ定数に達した。

背鰭担鰭骨 (付表, 図 8) 背鰭担鰭骨は全長 6.8 mm の頃に出現し、7.9 mm の頃にはほぼ定数に達した。また、8.9 mm の頃に 4 個の前背鰭骨が出現した。背鰭担鰭骨の骨化は 10 mm の頃より始まり、11 mm の頃には遠担鰭骨が明瞭に確認できるようになった。

臀鰭条 (付表) 臀鰭条は全長 5.9 mm の頃に出現し、7.4 mm の頃に数を増加し、9.8 mm の頃に定数に達した。

臀鰭担鰭骨 (付表, 図 8) 臀鰭担鰭骨は、全長 6.6 mm の頃より出現し、7.9 mm の頃にはほぼ定数に達した。臀鰭担鰭骨の骨化は 8.9 mm の頃に始まり、10 mm の頃には遠担鰭骨が明瞭に確認できるようになった。野上⁴⁾は、臀鰭担鰭骨の骨化は、全長 7 mm で始まって、11 mm で完了に近づき、14 mm で完了するとしているが、今回の調査結果では、臀鰭担鰭骨の骨化の開始に関してはこれよりやや遅かった。なお、本調査では化骨の完了時期については十分な調査が行えなかった。

尾鰭条 (付表) 尾鰭条は全長 5.9 mm の頃より出現し、7.4 mm で主鰭条はほぼ定数に達した。

尾骨 (図 9) 尾骨の各構成骨のうち、下尾骨は全長 4.9 mm の頃にその原基が出現し、5.4 mm の頃には準下尾骨と第 1~3 下尾骨の判別が明瞭となった。6.4 mm の頃には 3 本の上尾骨がほぼ同時に出現し、第 4 下尾骨も出現した。7.7 mm の頃には脊索末端の屈曲の完成とともに下尾骨の大型化が見られた。8.5 mm の頃には第 5 下尾骨が出現し、尾部棒状骨の骨化が始まった。9.9 mm の頃には準下尾骨、下尾骨の骨化が始まった。14.1 mm の

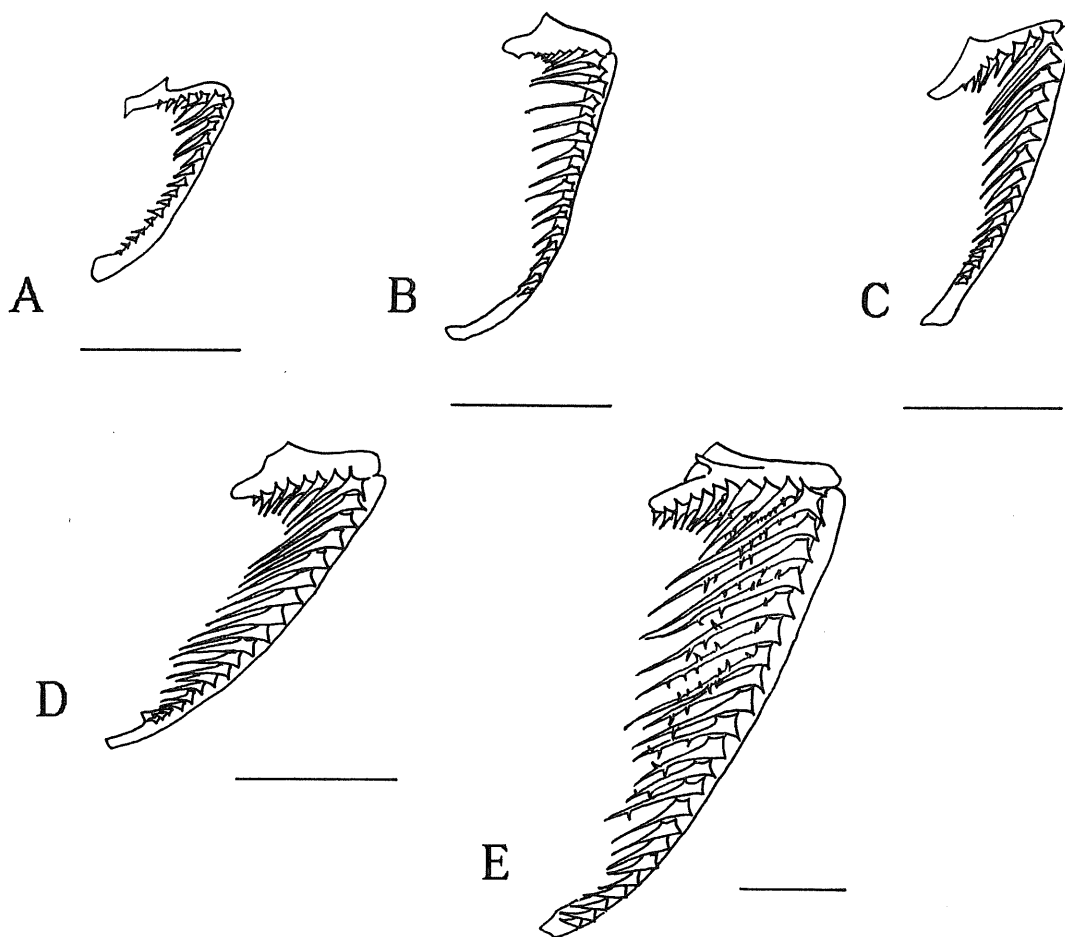


図 7 プリ稚魚の鰓耙の形態

A: 全長 13.20 mm, B: 全長 14.75 mm, C: 全長 17.40 mm, D: 全長 20.90 mm, E: 全長 35.55 mm, Scale indicates 1 mm

表 1 プリ仔魚の開腔と全長の関係

全 長 (mm)	未開腔 (尾)	開 腔 (尾)	全 長 (mm)	未開腔 (尾)	開 腔 (尾)	全 長 (mm)	未開腔 (尾)	開 腔 (尾)	全 長 (mm)	未開腔 (尾)	開 腔 (尾)
4.0			5.0	3	1	6.0	4	4	7.0	1	3
4.1			5.1	4	4	6.1	2	3	7.1	1	4
4.2			5.2	4	3	6.2		1	7.2		
4.3	1		5.3	2	4	6.3	1	2	7.3		2
4.4	6		5.4	1	2	6.4		1	7.4		2
4.5	10		5.5	1	1	6.5	1		7.5		
4.6	15		5.6	1	2	6.6	1		7.6		
4.7	2	1	5.7		1	6.7	2	1	7.7		
4.8			5.8	2	2	6.8		2	7.8		
4.9	3		5.9		2	6.9	1	4	7.9		

頃には第1尾神経骨、第2尾神経骨の骨化が完了し、さらに、上尾骨の骨化が始まった。これは野上のり結果とほぼ一致するが、下尾骨5の出現は、野上の結果（全長 13 mm）よりかなり早かった。

胸鰭条（付表） 胸鰭条は、全長 5.3 mm に出現し、10 mm で定数となった。

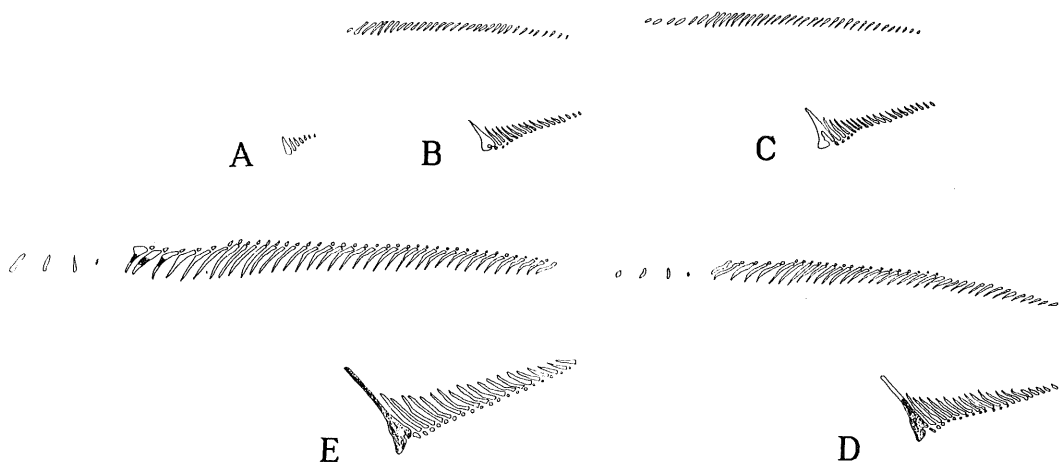


図 8 プリ仔稚魚の背鰭, 臀鰭の担鰭骨

A: 全長 6.58 mm, B: 全長 7.74 mm, C: 全長 7.91 mm, D: 全長 8.89 mm, E: 全長 10.97 mm,
暗部: 化骨部, Scale indicate 1 mm

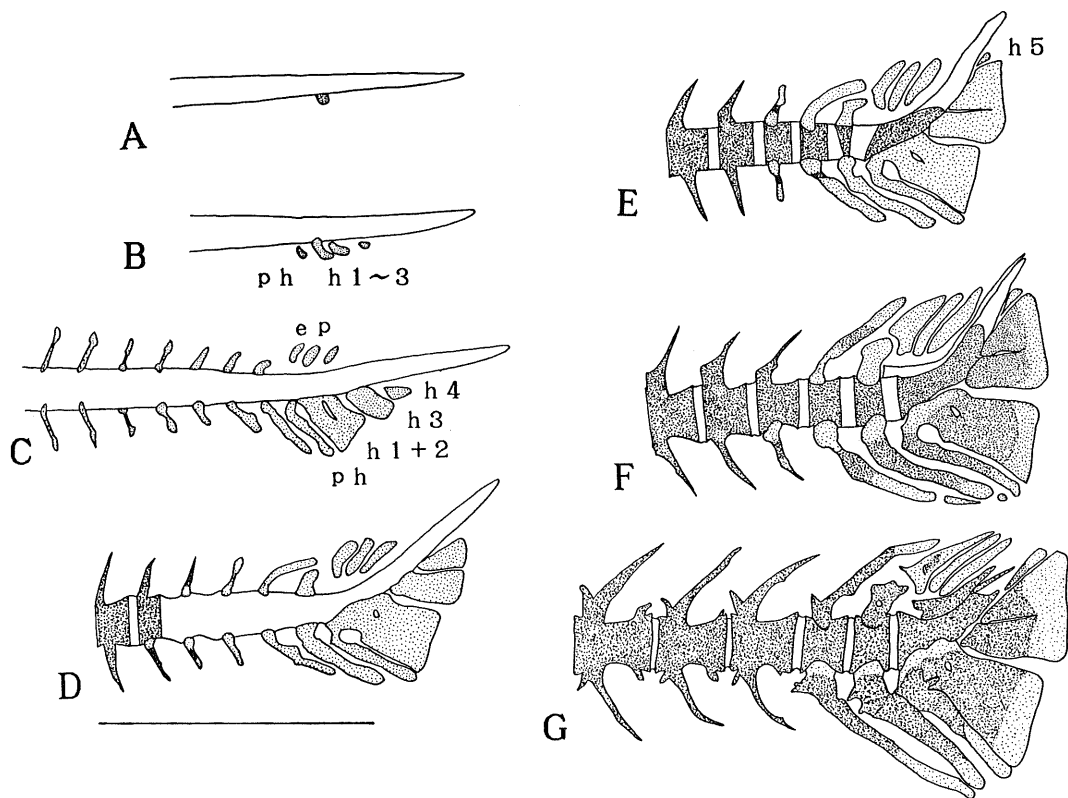


図 9 プリ仔稚魚の尾骨の発達

A: 全長 4.88 mm, B: 全長 5.38 mm, C: 全長 6.38 mm, D: 全長 7.74 mm, E: 全長 8.47 mm,
F: 全長 9.90 mm, G: 全長 14.10 mm, 点部: 軟骨, 暗部: 化骨部, ep: 上尾骨, h 1~5: 下尾骨,
ph: 準下尾骨, Scale indicate 1 mm

肩帯 (付表, 図 10) 肩帯の各構成骨のうち, 射出骨は全長 4.5 mm の頃にその原基が出現し, その頃にはまだ単一の軟骨であるが, 6.6 mm の頃には単一の軟骨から3個の骨へと分化が始まり, 8.9 mm の頃には3個の骨の分化が明瞭となった。また, 10 mm の頃には定数の4個になり, 11.9 mm の頃には骨化が始まった。

後側頭骨, 上擬鎖骨, 擬鎖骨は, 全長 5.4 mm の頃にはその区別は明瞭ではないが, 既に骨化していた。6.6 mm の頃にはそれらの骨が判別できるようになり, 11.9 mm の頃にほぼ完成した。

烏口骨, 肩甲骨は全長 5.4 mm の頃には形成が不十分であるが, 6.6 mm から 8.9 mm にかけて形成が進み, 11.9 mm の頃にほぼ形成が終り, 肩甲骨では骨化し, 烏口骨でも骨化が始まった。

腹鰭条 (付表) 腹鰭の出現は, 各鰭の中でもっとも遅く全長 5.9 mm の頃に出現し, 鰭条は 8.9 mm の頃に確認され, 10 mm の頃に定数の6本となった。腹鰭条の定数化は, 真鍋ら⁹⁾は全長 15 mm としているが, 今回の結果ではこれと比べてかなり早い時期に定数化するのが認められた。

腰带 腰带は全長 10 mm の頃に肩帯に固着して, ほぼ完成した。

体高-脊索長比 (図 11) 体高-脊索長比は, 全長 5 mm の頃に急激に増大し, 8.5 mm の頃にほぼ一定となった。

全体高-脊索長比 (図 12) 全体高-脊索長比は, 成長とともに増大し, 全長 7 mm の頃に一定になった。

体高-全体高比 (図 13) 体高-全体高比は, 成長とともに増大し, 全長 5 mm を境に大きく変化し, 8 mm の頃にほぼ一定となった。5 mm 以前は鰭膜部の多い浮遊型の体型であるが, これ以後は軀幹部の比率が大幅に増し, 浮遊に適した体形から遊泳力をそなえた体型となった。

背鰭, 臀鰭, 尾鰭の分離 背鰭, 臀鰭, 尾鰭の分離は全長 9 mm に完了し, 各鰭の基本形が完成した。

脊索末端の屈曲* (図 14) 脊索末端の屈曲は, 全長 5 mm 頃に始まり, 7.5 mm 頃にほぼ終了する。

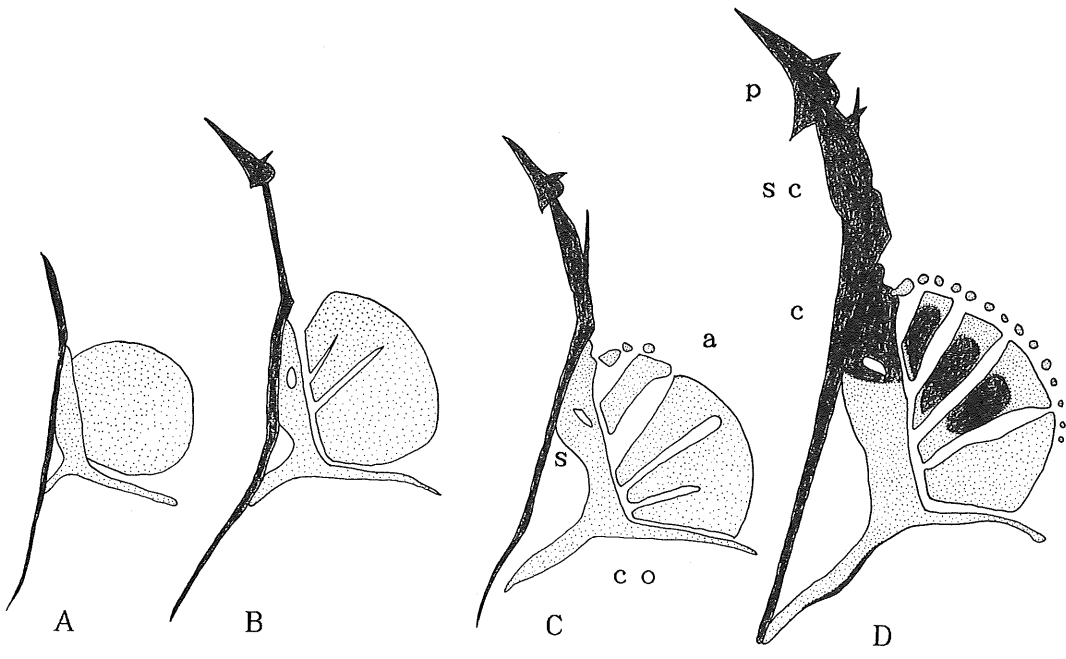


図 10 ブリ仔稚魚の肩帯の発達

A: 全長 5.38 mm, B: 全長 6.58 mm, C: 全長 8.89 mm, D: 全長 11.85 mm, 点部: 軟骨, 暗部: 化骨部, a: 射出骨, p: 後側頭骨, sc: 上擬鎖骨, c: 擬鎖骨, co: 烏口骨, s: 肩甲骨, Scale indicate 0.5 mm

* 脊索末端の屈曲の測定は河野等¹⁾の方法を用いた。

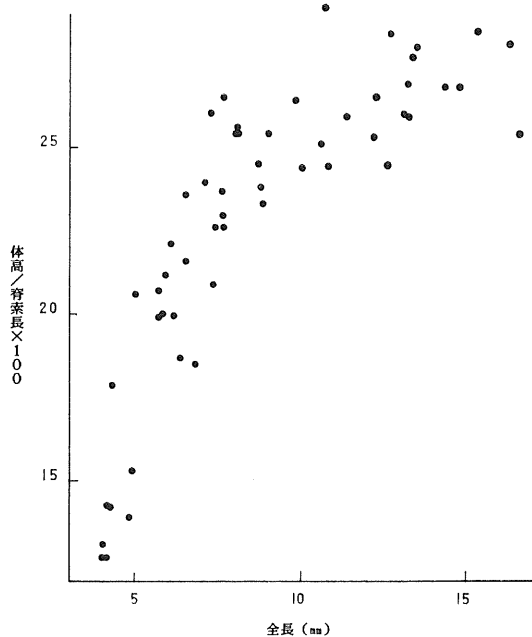


図 11 プリ仔稚魚の体高／脊索長比

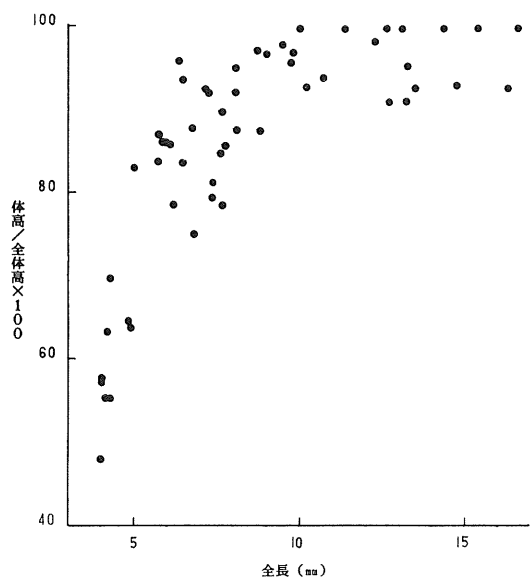


図 13 プリ仔稚魚の体高／全体高比

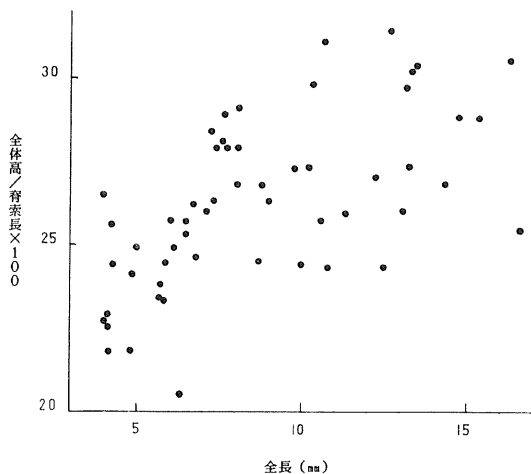


図 12 プリ仔稚魚の全体高／脊索長比

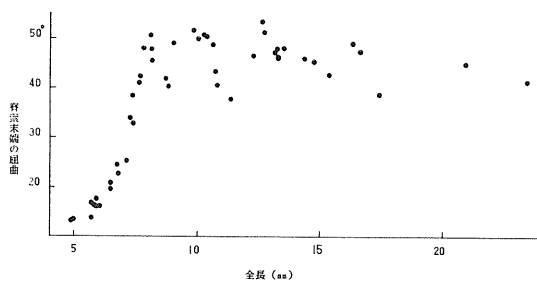


図 14 プリ仔稚魚の脊索末端の変化

3. 中軸骨格の発達

中軸骨格については本調査では十分な検討は行わなかった。中軸骨格のうち脊椎骨に関しては、野上⁶⁾によると全長 10～11 mm で骨化する。これによって遊泳に関与する骨格系の発達ほぼ完了するものと考えられた。

考 察

1. プリ仔魚期の索餌、遊泳様式の変化

摂餌、遊泳器官の調査結果から、索餌、遊泳様式の変化する時期について考察し、それに適合する餌料系列のモデルの作成を試みた (図 15)。

索餌様式の変化 田中⁷⁾は、「浮遊卵より生まれる

魚種の場合、ふ化時 (仔魚前期) には消化系の諸器官はほとんど未分化であるので内部栄養であるが、仔魚後期にはふ化当初の内部栄養から外部栄養に転換する」とし、また、楳田等⁸⁾によれば、「プリでは 4 mm で卵黄を吸収し、開口と同時に仔魚後期になる」としている。しかし、本調査での吻長と頭長の比率の変化 (図 3) を見るかぎり 5.5 mm 以前ではまだ前上顎骨の発達が不十分で、前上顎骨歯も少なく (図 6, 附表)、とくに 5 mm 以前では遊泳器官の多くは出現しておらず、索餌能力は貧弱なものであると判断される。以上から、開口と同時に完全に外部栄養に切り替わるとは考えにくく、この時期は内部栄養と外部栄養の併用期であると考えた方がよさそうである。

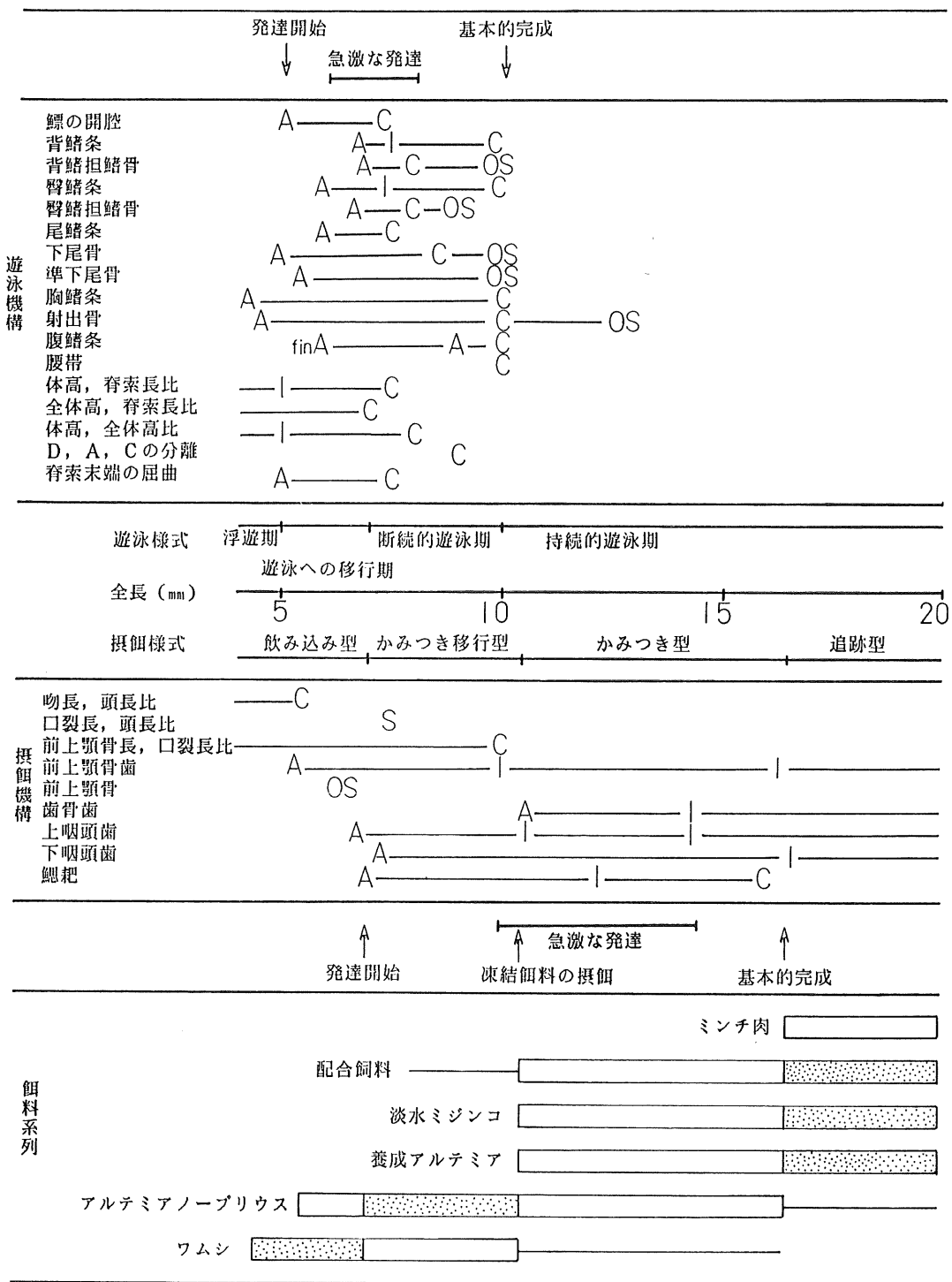


図 15 プリ仔稚魚の摂餌機構, 遊泳機構の発達段階とそれより想定された餌料系列

A: 出現, fin A: 鰭の出現, C: 数量的完成, I: 急激な増加, OS: 骨化, S: 最大, ◻: 利用に適する, —: 利用可能

一方、代田⁹⁾は、ブリではふ化後4日で卵黄を吸収し、摂餌開始時期は全長 5.1 mm としている。しかし、種苗生産の現場においては 5 mm 未満ですでに摂餌が確認されており、代田のいうサイズよりやや早いように思われる。完全に外部栄養に転換する時期の推定は困難であるが、少なくとも吻長-頭長比、前上顎骨歯の発生と併せて推察すると、楳田等より遅く、全長 5 mm 以降である可能性もありうる。

索餌習性に関しては、摂餌器官の形態の発達状況から、以下に述べるように全長 7 mm 頃、10~10.5 mm 頃、16~16.5 mm 頃の3度の大きな変化点があるように思われる。

全長 7 mm の最初の変化点以前は、摂餌に関与する器官はほとんど発達しておらず、吻、口裂が未発達で、前上顎骨は骨化しておらず、その歯もまだ少ない。また、上下咽頭歯、鰓耙は出現していない。さらに遊泳器官の多くは未発達である。このためこの時期は基本的には浮遊中に遭遇する小さな餌料を丸呑みにしていると考えられる。この時期の索餌様式を「飲み込み型 (swallowing)」とする。この時期の給餌は、給餌率より餌料密度を考慮した給餌体系が必要と考えられる。

7 mm 以降ですでに前上顎骨が骨化しており、吻、口裂も発達し、上下咽頭歯、鰓耙が出現する。この頃は、歯骨歯をのぞいた各摂餌器官が出現していることから、かみつき能力が発達する時期と思われる。また、遊泳器官の一部、すなわち尾鰭条数、脊索末端の屈曲、鰾の開腔は完成に近づき、遊泳力も備ってくる。この時期の索餌様式を次の摂餌様式である「かみつき型」へ移行する時期、すなわち「かみつき移行型」とする。餌料面では、7 mm 頃に小型のもの（ワムシ）からやや大型のもの（アルテミアノープリウス）へと変化する。「かみつき移行型」の索餌を行う時期には、その前半では尾鰭の振り動かしにより短距離を直線的に遊泳できるのみであり、7 mm 以前と比較して索餌行動は活動的になっているが、まだ十分とはいえず、ある程度の餌料密度を必要とすると思われる。このため、動きの早い餌料の投与は不適と考えられる。しかし、後半には遊泳力が増して、ある程度離れたところにある餌料でも索餌できるようになり、給餌率を考慮した投餌が可能となってくると思われる。

2回目の変化点である全長 10~10.5 mm では、吻、口裂が完成し、前上顎骨歯、上咽頭歯が発達する。また、歯骨歯の出現により摂餌に関与するすべての器官がそろい、かみつき能力が向上する。また、この時期には遊泳器官のほぼ全てが完成し、遊泳力も備っていると考えられ、離れた餌料を目標とし、積極的な遊泳索餌が可能になると思われる。この時期の索餌様式を「かみつき型」とする。全長 10 mm 程度になると養成アルテミア、淡水ミジンコ等の大型生物餌料、凍結した生物餌料、配合飼料に餌付くようになる。「かみつき型」索餌を行うようになると、遊泳力の大きい餌料の摂餌や、短時間で水底に沈んでしまう凍結した生物餌料、さらには配合飼料でも摂餌が可能になると思われる。

3回目の変化点である全長 16.5 mm では、すでに歯骨歯、上咽頭歯が数を増しており、この頃前上顎骨歯、下咽頭歯が急激に数を増し、鰓耙が完成する。これ以後、摂餌器官の形態の発達は緩やかで、大きな変化は見られない。したがって、この時期には摂餌器官が基本的に完成したものと考えられ、遊泳器官もすでに完成しており、広い範囲を遊泳し索餌するようになる。この時期の索餌様式を「追跡型」とする。この頃から完全配合飼料化が可能となり、稚魚期に特有の共食い現象も見られるようになる。また、この時期には水面に浮いた凍結餌料のブロックやミンチ肉などにも集まって摂餌するようになる。

遊泳様式の変化 遊泳に関与する各形態の発達状況から、全長 5 mm、7 mm 前後、10 mm の3つの大きな変化点があるように思われる。

全長 5 mm の1回目の変化点までの仔魚は浮遊状態にあり、遊泳に関与する器官すなわち鰾、各鰭条および担鰭骨、脊索末端の屈曲は未発達、あるいは出現していないので、体制的にもこのことが裏付けられる。この時期は「浮遊期」といえる。

全長 5 mm から脊索末端の屈曲の開始、下尾骨の出現、体形の急激な変化などがあり徐々に遊泳力が発達することから、浮遊から遊泳への移行時期と考えられ、この時期は「遊泳への移行期」といえる。

2回目の変化点である 7 mm 前後には各鰭条、担鰭骨の出現や発達、腰帯、体形の変化、脊索末端の屈曲の完成により尾鰭の振り動かしによる遊泳が可能となり、この時期は「断続的遊泳期」といえる。

3回目の変化点である全長 10 mm 前後では、9 mm の頃に臀鰭の骨化、下尾骨の完成、背鰭、臀鰭、尾鰭の分離の完了、腹鰭条の出現により遊泳が徐々に持続化し、10 mm の頃には遊泳に関与する各器官の発達がほぼ完了し、遊泳も持続的となる。この時期を「持続的遊泳期」とする。

以上要約すると、ふ化直後、開口以前の全長 4 mm 頃には体全体を膜鰭が覆い、浮遊に適した形態となってい

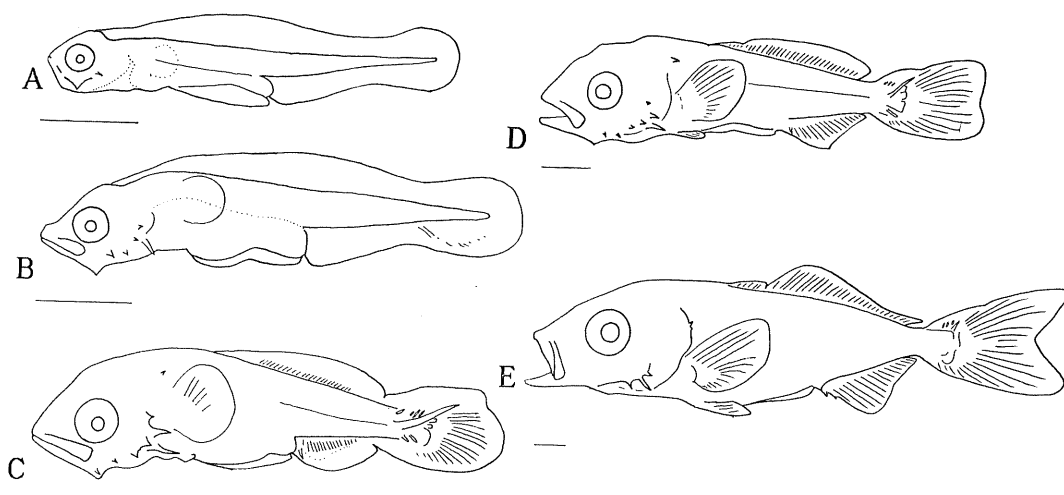


図 16 ブリ仔稚魚の形態

A: 全長 4.17 mm, B: 全長 4.90, C: 全長 7.83 mm, D: 全長 9.00 mm, E: 全長 16.30 mm, Scale indicates 1 mm

るが、5 mm 頃には軀幹部が発達し、「断続的遊泳期」への移行に備えた形態となる。7 mm を越えると成長とともに膜鰭が消失して、各鰭の分化が明瞭となる。また、脊索末端の屈曲の完成、尾鰭の発達とともに尾鰭遊泳の可能な形態となる。9 mm になると各鰭の分離が完了して、他の遊泳器官の発達とともに持続的遊泳能力が増してくる。10 mm を越えると遊泳器官が基本的に完成するとともに持続的遊泳が可能な体形となり、15 mm で稚魚期の形態がととのう (図 16)。

2. 索餌, 遊泳様式の変化時期を基準にしてみた餌料系列のモデル

現在ブリの種苗生産では、生物餌料として、小形のものから順にワムシ (L型, 被甲長 0.22 mm), アルテミアノープリウス (全長 0.9 mm, ふ化後 24 時間以上経過), 養成アルテミア (全長 1.5~2 mm), 淡水ミジンコ (全長 1~3 mm) を成長にあわせて投与している。

この餌料系列にブリ仔稚魚の摂餌, 遊泳様式を対応させると、現在ワムシは開口から全長 10 mm の頃まで給餌されている。ワムシは、ほぼ浮遊性の餌料生物であり、ブリの摂餌様式が「飲み込み型」の時期、すなわち開口時から全長 7 mm の頃までが投与に最適な期間である。しかし、それ以後の仔魚でも鰓耙が長密なことから推察して「かみつき型」の索餌が始まる 10.5 mm までも適当な餌料と考えられる。さらに「追跡型」の索餌が始まる 16.5 mm の頃まで摂餌可能と思われる。

アルテミアノープリウスは、ワムシより運動性も大きくサイズも大型なため、「飲み込み型」から「かみつき型」に摂餌様式が移行する時期、すなわち全長 7~10.5 mm の頃が投与最適期と思われる。また、これ以前の「飲み込み型」の索餌を行っている時期の後半 (5.5~7 mm), ならびに「かみつき型」の索餌を行っている時期 (10.5~16.5 mm) でも適している。また、前出の鰓耙の形状から見てそれ以後でも摂餌は可能と思われる。

養成アルテミアと淡水ミジンコは、その大きさ、遊泳力から見て (後者については海水中での生存時間も含めて)、摂餌器官が基本的に完成し、遊泳器官も十分に発達して「追跡型」の索餌が行われる 16.5 mm 以降の時期が投与の最適期と思われる。特に、小型のもの (モイナ等, 凍結した小型の淡水ミジンコ) は、「かみつき型」の索餌を行う時期 (10.5~16.5 mm) でも十分餌料として適していると思われる。

配合飼料に関してはある程度実用段階に近づいてきたが、投与適期を判断するにはなおデータの蓄積が望ましい。しかし、近年の状況からみてその物性面、誘因性の面で適した配合飼料であれば、「追跡型」の索餌が始まる全長 16.5 mm 以降が投与最適期と思われる。なお、粒径を吟味すれば「かみつき型」の索餌を行う時期 (10.5~16.5 mm) にも適しているといえるし、小さな粒径のものであれば、それ以前の仔魚での利用も考えられる。煤田等⁹⁾は「全長 7.5 mm 頃には胃腺が出現し、消化活動が新たな段階に入る」としている。このことは、7.5 mm に

はすでに配合飼料を摂餌した場合に消化吸収が可能であること意味しており、実際に全長 8 mm の個体でも配合飼料の摂餌を確認している。

ミンチ肉を摂餌するには、投与されたミンチ肉に泳ぎ集り、その塊を食いちぎる能力が必要であり、摂餌、遊泳器官の完成以前は不適と考えられる。「追跡型」の索餌が始まる 16.5 mm 以降ではすでに摂餌、遊泳器官は基本的に完成しており、したがってこの頃からミンチ肉の摂餌が可能になると思われる。

3. 各種餌料の摂餌状況からみた餌料系列のモデル

前出の餌料体系モデルの検証として、餌料試験の際に行った消化管内容物の調査結果に基づいて餌料系列のモデルを検討してみた（図 17）。通常の種苗生産で消化管内容物の調査を行う場合、各種の餌料を次々に投与して、ある時点で一度に仔稚魚をサンプリングし、摂餌数を調べる場合が多い。この方式では最後に投与した餌料が消化管内から多く発見され、初めに投与した餌料の正確な摂餌状況はつかめない。また、各種餌料を同時に投与して一度に仔稚魚をサンプリングした場合にはブリの嗜好性試験となり、嗜好性の強い餌料の投与量の多寡が他の餌料の摂餌量に強い影響を及ぼし、実態把握が困難となる。本試験では、量産水槽で各水槽毎に餌料の種類別重点投与区を設け、当該餌料を投与した後 30 分以内にサンプリングを行い、消化管内容物を餌料の種類別に計数した（表 2～6）。このため、本調査では個々の餌料の実際の摂餌率（調査尾数に対する当該餌料を摂餌している個体数）をかな

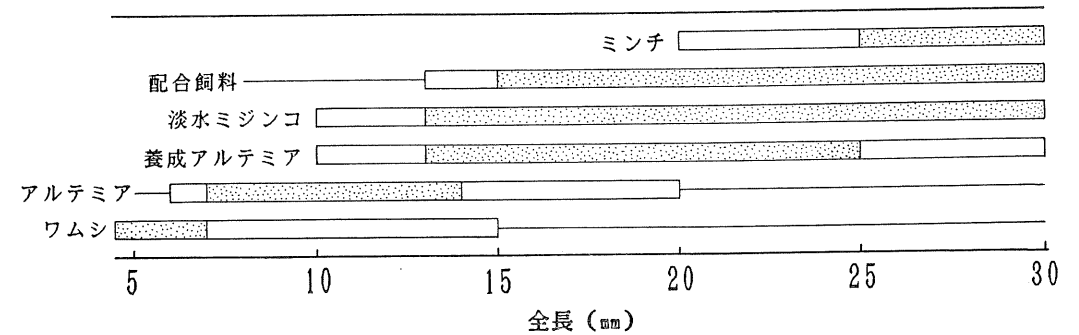


図 17 ブリの消化管内容物調査結果から想定した餌料系列

表 2 ブリ消化管内容物調査結果（ワムシ調査区）

全 長 (mm)	ワムシ	アルテミア ノープリウス	チグリオプス	天 然 採 集 ブラシヨウ	養 成 アルテミア	アルテミア 卵	淡 水 ミジンコ
5 mm 未満	90.0 (5.7, 2-13)						
5-6 mm	100 (45.7, 25-86)	28.6 (2.2, 1-4)					
6-7 mm	100 (11.0, 3-29)	66.7 (5.5, 4-7)					
7-8 mm	100 (3.0, 1-5)	66.7 (3.5, 3-4)			33.3 (7)		
8-10 mm	75.0 (2.7, 2-6)	100 (9.3, 5-15)					
10-15 mm	100 (12.2, 3-31)	100 (55.0, 3-197)	69.2 (5.0, 1-19)			33.3 (1)	23.1 (2.7, 1-4)
15-20 mm	66.7 (6.0, 2-10)	100 (72.3, 40-97)	50.0 (5.0, 3-7)	25.0 (1)	50.0 (2.0, 1-3)	25.0 (1)	50.0 (5.5, 3-8)
20-30 mm	28.6 (9.0, 7-11)	85.7 (90.7, 10-278)	100 (11.1, 2-35)			71.4 (5.0, 2-12)	100 (20.4, 1-69)

上段 摂餌率 %
下段 （平均摂餌量，最小摂餌量-最大摂餌量）

表 3 ブリ消化管内容物調査結果 (アルテミア調査区)

全 長 (mm)	アルテミア ノープリウス	ワムシ	チグリオプス	天 然 採 集 プランクトン	養 成 アルテミア	アルテミア 卵	淡 水 ミジンコ
5 mm 未満		100 (19.9, 7-56)					
5-6 mm	42.9 (3.0, 2-4)	100 (46.8, 24-80)					
6-7 mm	100 (3.5, 2-5)	100 (15.3, 4-37)					
7-8 mm	100 (8.0, 6-9)	100 (16.3, 2-37)					
8-10 mm	100 (13.0, 12-14)	50.0 (4)					
10-15 mm	94.4 (32.9, 6-71)	33.3 (7.8, 2-24)	16.7 (2.0, 1-4)	5.6 (1)	20.0 (11)	27.8 (3.0, 1-9)	22.2 (5.8, 2-18)
15 mm 以上	83.3 (46.4, 1-117)	16.7 (14)	66.7 (3.5, 1-9)		66.7 (18.0, 4-47)	83.3 (4.0, 2-11)	83.3 (7.0, 2-15)

上段 摂餌率 %

下段 (平均摂餌量, 最小摂餌量-最大摂餌量)

表 4 ブリ消化管内容物調査 (養成アルテミア調査区)

全 長 (mm)	養 成 アルテミア	ワムシ	アルテミア ノープリウス	アルテミア 卵	淡 水 ミジンコ	配合飼料
8-10 mm		50.0 (147)	100 (37.0, 17-57)			
10-13 mm	66.7 (7.0, 2-16)	66.7 (43.2, 3-98)	88.9 (40.1, 11-78)	44.4 (1)		
13-16 mm	92.9 (18.2, 1-48)	21.4 (305.7, 260-337)	57.1 (62.3, 16-240)	50.0 (28.7, 1-109)	57.1 (10.6, 1-30)	
16-18 mm	88.9 (18.7, 2-36)	33.3 (95.3, 4-196)	33.3 (76.7, 44-130)	77.7 (33.5, 1-160)	66.7 (10.3, 1-40)	
18-20 mm	87.5 (41.4, 11-76)		37.5 (81.0, 26-108)	62.5 (7.4, 3-26)	87.5 (8.0, 4-17)	
20-25 mm	82.4 (40.0, 1-67)		58.8 (85.6, 2-184)	58.8 (12.9, 2-65)	82.4 (14.0, 1-36)	
25-30 mm	88.9 (28.5, 1-67)		77.8 (102.3, 36-275)	77.8 (18.8, 4-50)	88.9 (44.5, 1-117)	
30 mm 以上	50.0 (21)		100 (267.5, 254-281)	50.0 (21)	100 (92.5, 68-117)	100

上段 摂餌率 %

下段 (平均摂餌量, 最小摂餌量-最大摂餌量)

りよく反映したものになったと考えている。

摂餌, 遊泳様式からみたモデルと消化管内容物から見たモデルとは, 基本的には一致している。ワムシの場合では, 投与最適期は一致するが, 投与適期は後者のモデルでは全長 15 mm 頃までと長く, 摂餌そのものも 30 mm まで確認され, 稚魚前期まではワムシの摂餌が可能と考えられる。これは, この時期の鰓耙の形状が, 基本的にはへら型であるが, プランクトン食に適しているとされる櫛形に近い形状となっているためと考えられる (図 7)。また, 同様のことがアルテミアノープリウスの場合にもいえる。養成アルテミア, 淡水ミジンコの場合, 投与最適期, 投与適期とも両モデル間ではほぼ一致するが, 最適期の始まりは消化管内容物から見たモデルでは早くなっている。

ミンチ肉の投与適期については, 両モデルは一致せず, 消化管内容物からみて適期の始りが遅くなっている。これは, ブリではミンチ肉への嗜好性が弱いため, その摂餌が餌付け技術に左右される面が大きく, 餌付きが遅れる

表 5 ブリ消化管内容物調査結果 (淡水ミジンコ調査区)

全 長 (mm)	淡 水 ミジンコ	ワムシ	アル テ ミ ア ノ ー プ リ ウ ス	養 成 アル テ ミ ア	アル テ ミ ア 卵	配 合 飼 料
8-10 mm			100 (24.7, 6-53)		66.7 (1.5, 1-2)	
10-13 mm	20.0 (7.0, 7)	20.0 (4.0, 2-6)	100 (68.3, 18-120)		50.0 (21.8, 1-68)	
13-16 mm	84.6 (8.5, 1-27)	14.0 (1.5, 1-2)	100 (120.8, 6-450)		61.5 (36.8, 4-75)	
16-18 mm	100 (16.4, 1-33)	20.0 (26)	100 (102.6, 22-240)		100 (34.6, 4-116)	
18-20 mm	90.9 (25.5, 2-56)		72.7 (107.1, 21-270)		81.8 (62.6, 6-250)	9.1
20-25 mm	92.3 (39.2, 4-113)		69.2 (100.2, 11-278)		76.9 (42.5, 3-164)	7.7
25-30 mm	92.9 (40.8, 7-83)		50.0 (130.8, 16-221)		92.9 (83.8, 3-256)	42.9

上段 摂餌率 %

下段 (平均摂餌量, 最小摂餌量-最大摂餌量)

表 6 ブリ消化管内容物調査結果 (アミ, ミンチ肉調査区)

全 長 (mm)	ア ミ ミ ン チ 肉	ワムシ	アル テ ミ ア ノ ー プ リ ウ ス	チ グ リ オ プ ス	養 成 アル テ ミ ア	アル テ ミ ア 卵	淡 水 ミジンコ	配 合 飼 料
15-20 mm		5.9 (36)	29.4 (132.6, 36-240)	52.9 (2.0, 1-5)	5.9 (1)	64.7 (74.7, 1-360)	41.2 (13.6, 9-16)	5.9
20-25 mm	25.0	6.7 (97)	40.0 (95.2, 2-260)	40.0 (8.2, 1-26)	20.0 (31.3, 7-51)	80.0 (62.9, 2-420)	80.0 (25.4, 2-50)	33.3
25-30 mm	56.3		6.3 (200)	6.3 (7)	12.5 (24.0, 8-40)	37.5 (55.7, 1-254)	93.8 (29.7, 7-95)	68.8
30 mm 以上	80.0				30.0 (11.5, 1-27)	15.0 (43.0, 2-106)	85.0 (31.6, 6-106)	60.0

上段 摂餌率 %

平均 (摂餌量, 最小摂餌量-最大摂餌量)

ためと思われる。

配合飼料では、ブリ用のものが開発されておらず(試験当時)、投与適期を判断するのは時期早尚であるが、両モデルではほぼ一致している。

なお、今後、より正確に適性餌料を把握していくうえで、餌料のサイズと運動速度、および仔稚魚の遊泳速度、行動との関連についても調査していく必要がある。

4. 摂餌および遊泳器官の発達と種苗生産上の問題点

ブリの種苗生産では、例年ふ化後9~12日目(全長約6~9mm)にかけて減耗が見られる(図18)。この時期は摂餌に関与する各器官が一斉に出現し、また、遊泳器官の多くが急激に発達する時期と一致している。全長7.5mmの頃には胃腺が出現し、消化吸収のメカニズムも、これ以前の腸後部の上皮細

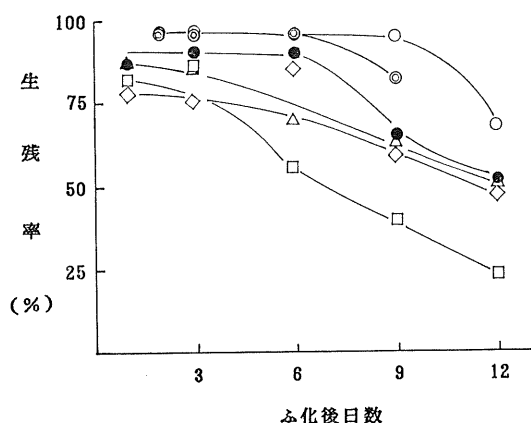


図 18 過去6年間の日栽協・五島事業場のブリの初期生残

◎: 昭和63年度, ●: 昭和62年度, ○: 昭和61年度, □: 昭和60年度, △: 昭和59年度, ◇: 昭和58年度

胞の飲細胞作用による直接的なタンパク質の取込み(渡辺¹⁰⁾)から大きく変化する。このようにこの時期は内外部形態や生理面での変化が著しく、仔魚の生理条件が不安定な時期に相当すると考えられる。したがって、わずかな飼育環境の変化、餌料の適不適が上記の生理条件を乱し、減耗へとつながっていくものと考えられる。

例年全長 7 mm の頃に水面でパッチを形成した仔魚をすくって分槽を行っているが、分槽した魚体に形態異常が多く見られている。この時期は上述のように各器官が急激に出現あるいは発達するときである。一方、遊泳に関与する各器官の形成は、全長 10 mm の頃にはほぼ完了すると同時に骨化が始まる。したがって、10 mm 以前の分槽は魚体に大きな物理的ショックを与える可能性が大きいと考えられ、このため形態異常が生じた可能性も十分に考えられる。

このようにブリ仔魚は 10 mm 以前の段階では飼育環境の変化や、物理的刺激などに弱いと考えられ、飼育管理には十分な注意が必要といえる。

篩網による選別は中軸骨格の骨化が完了する全長 15 mm 以前では影響が大きいと思われるが、それ以後でもなお影響する危険性を残している。したがって、選別可能なサイズ、選別手法については今後なお詳細な検討を行う必要がある。

謝 辞

本報告のとりまとめに当り、貴重な助言を賜った北里大学平野禮次郎教授、当協会須田 明常務理事、古澤徹第 1 技術部長、屋島事業場大槻三場長にお礼申し上げる。また、調査の実施について指導、協力いただいた五島事業場水田洋之介場長および職員各位に感謝する。

要 約

ブリの種苗生産では餌料の種類、および投与時期の適不適が生産結果に大きく影響する。そこで給餌等の飼育管理の指針を得ることを目的とし、摂餌、遊泳器官の発達状況を調査し、その結果に基づいて餌料系列のあり方を考察してみた。その結果、現行の餌料系列については生物餌料の選択の仕方と、その投与時期の妥当性について裏付けが得られた。また、飼育後期に使用する凍結餌料および配合飼料についてはその投与開始時期の指針が得られた。初期減耗の発生期と、摂餌、遊泳各器官の出現、あるいは発達する時期との間に関連のあることが示唆された。また、選別、分槽の影響から形態異常が生ずる可能性が示された。

文 献

- 1) KOHNO, H., Y. TAKI, Y. OGASAWARA and Y. SHIROJO (1983) Development of swimming and feeding functions in larval *Pagrus major*. *Japan J. Ichthyol.*, **30**(1): 47-49.
- 2) HARDER, W. (1975) *Anatomy of Fishes*. e. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- 3) 岩井 保 (1985) 水産脊椎動物 II, 魚類. 恒星社厚生閣.
- 4) 野上欣也 (1982) ブリの尾骨の形所過程. 魚類解剖学, 落合明編: 52 p., 図 IV, 15.
- 5) 真鍋卓巳・小沢貴和 (1988) ブリ. 日本産稚魚図鑑, 沖山宗雄編: 460-461.
- 6) 野上欣也 (1982) ブリ *Seriola quinqueladiata* の脊椎骨の形成過程. 魚類解剖学, 落合明編: 59 p., 図 IV, 22.
- 7) 田中 克 (1975) 消化器官, 稚魚の摂餌と発育. 日本水産学会編, 恒星社厚生閣: 7-22.
- 8) 煤田 晋・落合 明 (1973) 仔魚期におけるブリの消化管の構造と機能の発達について. 日水誌, **39**(9): 923-930.
- 9) 代田昭彦 (1970) 日水誌, **36**: 353-368.
- 10) 渡辺良郎 (1987) 消化吸收機構から見た海産仔魚用人工飼料の必要条件 (上). 水産の研究, **6**(29): 108-111.

付表 ブリの鰭条数, 担鰭骨, 歯の発達状況

全 長 (mm)	鰭 条 数					背 鰭 担鰭骨	臀 鰭 担鰭骨	腰 帶
	背 鰭	臀 鰭	胸鰭	腹 鰭	尾 鰭			
4.00				未出現				
4.03				未出現				
4.07				未出現				
4.11*				未出現				未出現
4.15				未出現				
4.17				未出現				
4.17*				未出現				
4.23				未出現				
4.27*				未出現				未出現
4.30				未出現				
4.45*				未出現				
4.79*				未出現				未出現
4.83				未出現				
4.84*				未出現				未出現
4.88*				未出現				未出現
4.90				未出現				
4.97				未出現				
5.08*				未出現				未出現
5.19*				未出現				未出現
5.27*			4	未出現				
5.35*			4	未出現				
5.36*				未出現				未出現
5.38*				未出現				未出現
5.46*				未出現				未出現
5.70				未出現				
5.73				未出現				
5.83				未出現				
5.90		8	4		0, 6-7, 0			
5.93*			4					
6.05		6			0, 6-6, 0			
6.17		7	6		0, 6-6, 0			
6.35*								
6.38*								
6.48		8	3		0, 4-5, 0			
6.48		14	6		0, 8-4, 0			
6.51*								
6.58*							10	
6.73	23	11	12		0, 8-7, 0			
6.80*			6					
6.83*						20	13	
7.13	24	14	10		0, 7-7, 0			
7.22*							13	
7.25	26	I, 15	8		0, 8-7, 0			
7.33*		8	5		0, 5-5, 0			
7.40	32	I, 18	9		0, 9-8, 2			
7.60	33	I, 18	7		0, 9-8, 0			
7.65	32	12	12		0, 9-8, 0			
7.65*		12	6		0, 9-8, 0			
7.74*						32	17	
7.75	26	I, 14	11		0, 9-8, 3			
7.91*						6-31	20	
8.05	28	I, 14	12		0, 9-8, 0			
8.05	28	I, 18	9		0, 9-8, 3			
8.10	33	I, 18	10		0, 9-8, 0			
8.47*						6-32	20	
8.70	28	I, 19	14		0, 9-8, 4			

射出骨	準下尾骨	下尾骨	咽頭齒		齒			
			上	下	齒 骨	前上顎骨	口蓋骨	鋤 骨
未出現								
未出現								
1 軟骨 未出現								
1 軟骨 1 軟骨		1						
1 軟骨 1 軟骨								
1 軟骨 1 軟骨 1 軟骨	1	3				4		
		1						
	1	4						
1 軟骨 1-3						9		
1 軟骨 1 軟骨	1	4 4	5					
	1	4		4		5		
1 軟骨 3	1 1	4 4				7		
1-3								
2-4	1	5				7		

付表 (つづき)

全 長 (mm)	鰭 条 数					背 鰭 担鰭骨	臀 鰭 担鰭骨	腰 帶	
	背 鰭	臀 鰭	胸鰭	腹 鰭	尾 鰭				
8.73*						6-32	19		
8.80*	32	I, 17	19		3, 9-8, 1				
8.89*				6		6-31	21		
9.00	VI-34	I, 20	18		0, 9-8, 4				
9.11*						6-29	19		
9.80	VI-I, 33	II, 17	11	3	5, 9-8, 5				
9.89*						6-31	20	完	成
9.90*				3		6-28	20	完	成
10.00*	VI-I, 33	II, 19	21	6	7, 9-8, 5	6-32	18	完	成
10.23	VI-I, 34	II, 19	12	3	0, 9-8, 3				
10.35*	VI-I, 31	II, 18		6	6, 9-8, 6	6-28	21	完	成
10.60*	VII-I, 33	III, 19	21	6	7, 9-8, 8	6-33	20	完	成
10.70*	VII-34	III, 19	19	3	3, 9-8, 4				
10.80*	VI-I, 33	III, 19	14	6	6, 9-8, 6	6-24	16	完	成
10.89*				6		6-32	20	完	成
10.99*				3		6-32	20	完	成
11.35*	VII-I, 33	III, 19		6	7, 9-8, 7	7-20	16	完	成
11.57*				3		6-31	20	完	成
11.60*				6		6-33	20	完	成
11.85*				6		6-31	21	完	成
12.25*	VI-I, 33	III, 19		6	9, 9-8, 11	6-33	19	完	成
12.60*	VII-I, 33	III, 19	11	6	8, 9-8, 8	6-34	19	完	成
12.70	VII-I, 34	III, 18	21	6	7, 9-8, 8	6-32	20	完	成
12.70*				6		6-32	20	完	成
12.92*				6		6-34	19	完	成
13.10*	VI-I, 31	III, 19	16	6	12, 9-8, 10	6-31	19	完	成
13.20*	VI-I, 32	III, 17	22	6	9, 9-8, 11	6-32	17	完	成
13.25*	VI-I, 32	III, 18		6	12, 9-8, 12	6-34	19	完	成
13.35*	VII-I, 31	III, 18	21	6	9, 9-8, 10	6-32	19	完	成
13.50	VI-I, 33	III, 19	19	6	5, 9-8, 5				
13.77*				6		6-30	20	完	成
13.93*				6		6-33	20	完	成
13.95*				6		6-33	20	完	成
14.10*									
14.19*				6		6-34	20	完	成
14.35*	VII-I, 31	III, 18		6	11, 9-8, 13	6-32	19	完	成
14.46*				6		6-33	21	完	成
14.68*				6		6-29	18	完	成
14.75*	VI-I, 31	III, 19		6	13, 9-8, 13		20	完	成
14.79*				6		6-33	21	完	成
15.35	VII-I, 33	III, 18	21	6	13, 9-8, 13				
16.20*				6		6-32	20	完	成
16.30	VI-I, 34	III, 18	21	6	13, 9-8, 14				
16.60*	VII-I, 34	III, 19	20	6	13, 9-8, 13	6-34	20	完	成
17.40*	VII-I, 32	III, 19	21	6	13, 9-8, 13	6-32	22	完	成
17.73*				6					
20.00*	VI-I, 34	III, 16	20	6	13, 9-8, 13	6-33	20	完	成
20.23*				6					
20.90*	VI-I, 32	III, 18	21	6	13, 9-8, 13	6-32	20	完	成
23.40*	VI-I, 31	III, 19	21	6	13, 9-8, 13	6-32	18	完	成

* 透明骨格標本

背鰭条 第1背鰭棘-第2背鰭棘 (ローマ数字), 第2背鰭条

臀鰭条 臀鰭棘 (ローマ数字), 臀鰭条

尾鰭条 上葉前部鰭条, 上葉主鰭条-下葉主鰭条, 下葉前部鰭条

背鰭担鰭骨 第1背鰭神經間棘, 第2背鰭神經間棘

射出骨 ○-○ (分裂状態)

射出骨	準下尾骨	下尾骨	咽頭齒		齒			
			上	下	齒 骨	前上顎骨	口蓋骨	鋤 骨
2-4								
	1	5		5		6		
2-4								
2-4								
4								
	1	5						
	1	5	13	8		16	1	1
	1	5	11	6		12		3
	1	5	19	9	8	15		3
	1	5	12	6	5	14		
4								
3-4	1	5	17			16		
3-4								
3-4								
4	1	5						
	1	5	20	11	3	17		
	1	5	17	6	7	8		
4								
4								
4								
4	1	5	27	16	10	19	1	
4	1	5	17	11	7	14	4	1
	1	5	20	11	4	22	3	2
4	1	5	22	8	7	10	2	3
4								
4								
4								
	1	5						
	1	5	44		18	21	5	6
4								
4								
	1	5	34	12	7	19	1	
4								
4	1	5	49	27	18	27	3	4
4	1	5	47	31	17	36	3	4
4								
4	1	5	50	26	13	27	8	4
4								
4	1	5	48	24	18	33	11	5
4	1	5	58	22	21	35	8	5