

栽培漁業技術シリーズ

ブリの種苗生産技術開発



ブリの種苗生産技術開発の刊行にあたって

独立行政法人 水産総合研究センター（水研センター）は、同センター法の改正を行い、平成15年10月1日付けで社団法人日本栽培漁業協会（日裁協）の業務を引き継ぎ、栽培漁業に関する技術開発は、栽培漁業部門（栽培漁業部および栽培漁業センター）が実施することになった。

本書で取り上げたブリは日本列島近海を南北に移動する大型回遊魚であり、我が国の水産業の中で最も重要な沿岸資源の一つである。本種の幼稚魚（モジャコ）は養殖用種苗として漁獲されるが、乱獲等による資源量の減少が懸念され、ブリ養殖を安定的に維持発展させるためには天然種苗だけに依存できない状況が予想される。

日裁協では本種の栽培漁業の推進を目的に、水産庁の委託を受けて1977年から水研センター古満目栽培漁業センター（旧 日裁協 古満目事業場）が親魚養成技術開発を開始した。当初は短期養成した天然親魚から人工授精で採卵していたが、長期養成技術の確立とともに、安定した採卵技術が可能となった（栽培漁業シリーズ5「ブリの親魚養成技術開発」参照）。その後、採卵技術は更なる進展を遂げ、現在では環境条件（照度および水温）を制御することによって、通常4～5月の採卵を、12月まで早めることが可能となる早期採卵技術の開発に成功している。

一方、種苗生産技術は1978年に同 屋島栽培漁業センター（旧 日裁協 屋島事業場）が親魚養成技術で得られたふ化仔魚を用いて種苗生産試験を開始し、続いて1979年に同 上浦栽培漁業センター（旧 日裁協 上浦事業場）、1982年に同 五島栽培漁業センター（旧 日裁協 五島事業場）が技術開発に着手した。当初は種苗生産過程での餌料系列の確立を目指して技術開発を行い、1986年には大型の生物餌料を用いることで、1場が100万尾を超える種苗の生産に成功した。更にマリノフォーラム21と共同で、生物餌料の代替として人工配合飼料の開発を行い、1993年には全長15mmサイズから配合飼料のみでの飼育を可能とした。その後、通常の産卵期より早い2月に採卵する技術が開発され、その卵を用いて種苗生産を行うことにより、天然モジャコの大きさと遜色のない人工種苗を放流することを可能とした。その結果、放流種苗の回収率は向上し、本種の放流効果が実証された。

本書は四半世紀を超えるこれまでのブリ種苗生産技術開発の成果を、歴代の担当者によって取りまとめたものである。原稿を作成する上では、論文や報告書で公表された成果はもとより、担当者の観察結果や経験から得られた情報も取り入れた。そのため、必ずしも相応しい学術的表現や解析結果で表されていない部分もあることを御了承願いたい。

本書が、これからの技術開発を担う、新しい技術者達の参考となれば幸いである。

平成18年3月

独立行政法人水産総合研究センター

理事長 川口 恭一

ブリの種苗生産技術開発

原稿執筆者一覧

執筆者

	役職	氏名
独立行政法人水産総合研究センター		
小浜栽培漁業センター	主任技術開発官	藤本 宏
屋島栽培漁業センター	主任技術開発官	山本 義久
同上	技術開発員	山崎 英樹
百島栽培漁業センター	主任技術開発官	崎山 一孝
伯方島栽培漁業センター	技術開発員	高橋 誠
上浦栽培漁業センター	主任技術開発官	西岡 豊弘
奄美栽培漁業センター	場長	塩澤 聡

取り纏め

独立行政法人水産総合研究センター		
奄美栽培漁業センター	場長	塩澤 聡

指導・助言

独立行政法人水産総合研究センター		
栽培漁業部技術開発課	技術開発課長	虫明 敬一
宮古栽培漁業センター	場長	有瀧 真人

～ 目 次 ～

I 緒 論	1	II-6 種苗生産事例	46
I-1 分布と地方名	1	II-6-(1) 生物餌料を主体に給餌した 種苗生産事例	46
I-2 形態と生態	1	II-6-(2) 配合飼料を利用した種苗生産事例	48
I-3 漁業と養殖	1	II-6-(3) 貝化石を利用した止水飼育事例	50
I-4 ブリ種苗生産の技術開発小史	2	III 中間育成（全長30mmサイズ以降）	53
I-4-(1) ブリ人工飼育の始まり	2	III-1 中間育成	53
I-4-(2) 日本栽培漁業協会における 技術開発	2	III-1-(1) 育成施設	54
I-4-(3) その他の機関の技術開発	4	III-1-(2) 種苗のサイズと小割網の目合	55
II 種苗生産（ふ化仔魚～全長30mm）	5	III-1-(3) 収容方法	57
II-1 ふ化（卵）管理と飼育水槽への収容	5	III-1-(4) 収容尾数	58
II-1-(1) ふ化	5	III-1-(5) 選別	58
II-1-(2) 飼育水槽への収容	6	III-1-(6) 給餌量と給餌方法	59
II-1-(3) 収容尾数の推定	8	III-1-(7) 成長と生残	61
II-2 飼育管理	9	III-2 輸送	62
II-2-(1) 飼育水槽	9	III-2-(1) 準備	62
II-2-(2) 換水	9	III-2-(2) トラック輸送	62
II-2-(3) 水質	12	III-2-(3) 船輸送	65
II-2-(4) 通気	14	III-2-(4) 航空便輸送	65
II-2-(5) 照度	16	IV 疾病対策	70
II-2-(6) 底掃除	17	IV-1 疾病対策	70
II-2-(7) 油膜除去	20	IV-2 ウイルス性疾病	70
II-2-(8) 分槽および選別	21	IV-3 細菌性疾病	73
II-2-(9) 水作り	25	IV-4 寄生虫性疾病	73
II-3 餌料と給餌	26	IV-5 その他の症例	74
II-3-(1) 餌料系列と給餌期間	26	V 残された課題	76
II-3-(2) 生物餌料	27	V-1 形態異常	76
II-3-(3) 配合飼料	29	V-2 種苗生産コストの低減	76
II-3-(4) 給餌量および給餌方法	30	V-3 養殖種苗への利用	79
II-3-(5) 栄養要求量と餌料の栄養強化	31	VI おわりに	80
II-4 成長と生残	32	VII 引用文献	81
II-4-(1) 仔稚魚の発達	32		
II-4-(2) 成長	34		
II-4-(3) 生残状況	36		
II-4-(4) 種苗の健全性	39		
II-5 取り揚げ	43		
II-5-(1) 取り揚げサイズ	43		
II-5-(2) 取り揚げ方法	43		
II-5-(3) 計数	45		

I 緒 論

I-1 分布と地方名

ブリ (*Seriola quinqueradiata*, 英名 Japanese amberjack) はスズキ目, アジ科のブリ属に属し, 北海道から台湾に至る日本列島沿岸および朝鮮半島東部に分布する。春から夏は日本列島を北上し, 秋から冬は南下する多獲性の大型回遊魚である (藤田, 1969)。本種はスズキ, ボラ, マグロ等とともに成長するにつれて呼び名が変わる出世魚であり, 呼び名は地方によって異なる。関東では, ワカシ・ワカナゴ (35cm以下), イナダ (35~60cm), ワラサ (60~80cm), ブリ (80cm以上), 関西では, ツバス・ワカナ (35cm以下), ハマチ (35~60cm), メジロ (60~80cm), ブリ (80cm以上) と呼ぶ。稚魚はホンダワラ等の流れ藻につくことからモジャコと呼ばれる。また, 養殖魚であれば大きさにかかわらずハマチ, 天然魚をブリと呼ぶこともある。

(塩澤 聡)

I-2 形態と生態

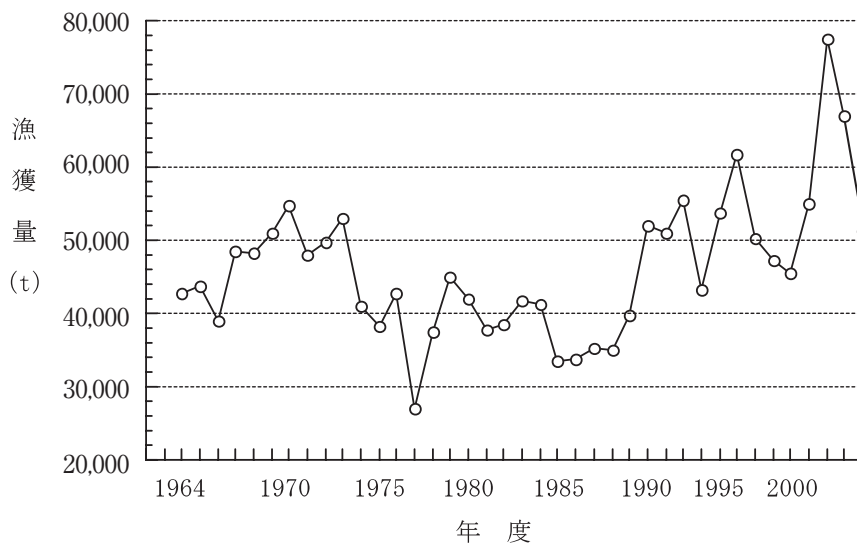
ブリの体形はやや延長した紡錘形でわずかに側扁し, 胸鰭の長さは腹鰭とほぼ等しく, 全身は細かな円鱗で覆われる。外観はヒラマサと酷似しているものの, 主上顎骨後縁上部がヒラマサに比べて鋭く角張っている点で判別できる。体色は, 背部は暗青色, 腹部は銀白色であり, 体側中央部にやや不明瞭な黄色縦走帯が1本走る。産卵場所は日本海側では能登半島以西, 太平洋側では房総, 伊豆七島以西, 東シナ海南部海域とされているが, 主産卵場は東シナ海の大陸棚縁辺と奄美, 沖縄, 先島諸

島に囲まれた帯状の海域で, 大陸沿岸水域と黒潮との混合域と推定されている。産卵時期は海域により異なり, 東シナ海中・南部海域では2~3月, 九州西方海域では4~5月, 若狭湾海域では5~6月, 土佐湾では4~6月であり, 水温が19~20℃の頃に行われる。卵は分離浮遊卵で, 産卵数はおよそ10万~150万粒と推定されている。天然での成長は海域間で差が見られるが, 概ね1年で全長40cm, 2年で全長60cm, 3年で全長70cm, 4年で全長80cm程度である (藤田, 1969)。生物学的最小形は全長60cm, 体重3kg (2歳魚) である (三谷, 1960)。

(塩澤 聡)

I-3 漁業と養殖

ブリは古くから日本沿岸の定置網やまき網等で漁獲されてきた, 我国の重要な沿岸漁業資源の一つである。本種は漁獲統計上ブリ類 (ブリ, ヒラマサ, カンパチ) として計上されているため, 単独の漁獲量を把握することは困難であるものの, その大部分はブリであると考えられる。全国の漁獲量は1970~1980年代には3~4万トンであったものが1990年以降増加傾向を示し, 2001年には6~7万トン漁獲されている (図I-1)。しかし, ブリ資源量の変動は大きく, 1973年には5万トン以上であった水揚げ量が1977年には2.7万トンにまで減少している。一方, ブリ類の養殖は1930年に香川県で始められたのを端緒とし, その後瀬戸内海を中心に西日本で盛んに行われ (大島, 1994), その生産量は15万トンに達し, 魚類海面養殖全体の50%以上を占めている (図



図I-1. ブリ類の漁獲量の推移

I-2)。中でもブリはその内2/3を占めており、我が国の養殖対象種の中でも最も重要な魚種となっている。
(塩澤 聡)

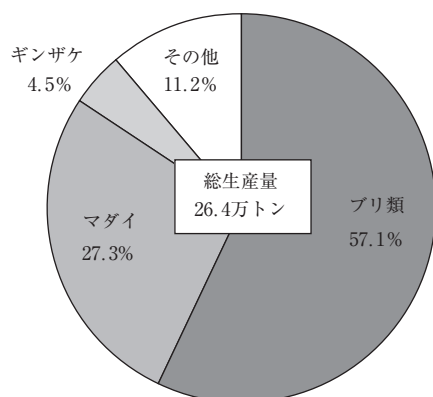


図 I-2. 魚種別海面養殖生産量 (2001)

I-4 ブリ種苗生産の技術開発小史

前述したように、ブリ資源は大きく変動することから、人工的に採卵・飼育した種苗(人工種苗)の放流による資源の維持・管理、すなわち本種の栽培漁業への取り組みが強く求められてきた。一方、ブリ養殖は、天然海域で採捕した種苗(天然種苗:写真 I-1)にほぼ依存しているため、毎年4,000万尾前後の稚魚が養殖用として採捕されている。しかし、天然種苗は安定的な確保が困難であることに加え、それらの採捕がブリ資源へ及

ぼす影響についても懸念されている(大島, 1994)。

以上のことから、本邦ではブリの人工種苗を栽培漁業や養殖へ利用することが強く期待されており、複数の試験研究機関等で本種の種苗生産に関する技術開発が行われている。

ここでは、(社)日本栽培漁業協会の時代を含め独立行政法人水産総合研究センターがこれまで25年間に渡って取り組んできた本種の種苗生産技術を総括し、その経緯と現状について紹介する。

(塩澤 聡)

I-4-(1) ブリ人工飼育の始まり

ブリの採卵および仔稚魚の飼育は、1960年に近畿大学で始められ、その後長崎大学、九州大学、長崎県および高知県水産試験場等で取り組まれた。

これらの中で1960年代には長崎県男女群島の女島、五島で漁獲された天然親魚から、1970年代には天然稚魚から養成した親魚からそれぞれ受精卵およびふ化仔魚が得られるようになり、仔稚魚の飼育に関する基礎的な研究が行われた。その結果、数千尾から1万尾レベルの種苗生産が可能となる一方で、飼育初期の減耗が大きいこと、共食いが激しいこと、コペポーダ等の生物餌料の大量確保が必要なこと、ハンドリングに弱いこと等の多くの飼育上の課題が明らかにされた(藤田, 1990)。

(塩澤 聡)

I-4-(2) 日本栽培漁業協会における技術開発

本種の本格的な種苗生産技術開発への取り組みは、前



写真 I-1. 天然稚魚(モジャコ)

述のように1970年代に天然ブリの漁獲量が著しく減少したことや、その一因として養殖用の天然種苗採捕の影響が疑われたことに端を発し、1977年に(社)日本栽培漁業協会(現:独立行政法人水産総合研究センター)が栽培漁業の促進のため水産庁の委託によりブリ種苗生産技術開発事業を開始したことに始まる。

1) ブリの親魚養成技術開発

本種の親魚養成技術開発は、1977年より(社)日本栽培漁業協会古満目事業場(現:独立行政法人水産総合研究センター古満目栽培漁業センター、以下、古満目栽培センター)、1981年から同五島事業場(現:同五島栽培漁業センター、以下、五島栽培センター)において着手された。当初は、両栽培センター近隣の大型定置網で漁獲された天然親魚を短期養成し人工授精を行っていた。その後、親魚の長期養成技術開発に取り組み、冷凍餌料の給餌、寄生虫(ベネデニア)の駆除、ホルモン注射を用いた産卵誘発等の手法や成熟・産卵に有効な餌料(モイストペレット)が開発された。また、1990年以降、環境条件(光および水温)を制御することにより通常の4~5月より2ヵ月早い2~3月に受精卵を得る早期採卵技術を開発し(Mushiaki *et al.*, 1998)、2000年には12月の採卵に成功している(浜田ら, 2006)。さらに、1995年には健全な優良産卵親魚を判定することを目的に血液性状と産卵成績について調査を行い、これらを指標とした産卵親魚の評価手法を開発した。

以上のように、親魚養成技術開発は1998年までにほぼ確立されたことから、それまでに得られた成果および知見の整理がなされ、1999年に栽培漁業シリーズ“ブリの親魚養成技術開発”(日本栽培漁業協会, 1999)として取りまとめられている。

2) ブリの種苗生産技術開発

本種の種苗生産技術開発は、1978年に同屋島事業場(現:同屋島栽培漁業センター、以下、屋島栽培センター)、1979年に同上浦事業場(現:同上浦栽培漁業センター、以下、上浦栽培センター)、1982年に五島栽培センターが取り組みを開始し、その内容から以下の3期に区分される。

第1期(1978~1989年):取り組み開始当初は小規模水槽での基礎的な飼育方法を把握することが主な目的であったが、1983年に古満目栽培センターにおいて1千万尾を超えるふ化仔魚を得る技術が開発されたことで、量産飼育の検討へと展開していった。しかし、本種はマダイやヒラメ等に比べて成長が速く、種苗生産には大型の生物餌料を大量に必要とするため、これらを量産規模で安定的に確保することが大きな問題となった。このため、ワムシ、チグリオプス、アルテミア幼生(以下、アルテミア)に続く大型生物餌料として、天然プランクトン、養成アルテミア、淡水産ミジンコ、魚類のふ化仔魚等、多種多様の生物餌料を組み込んだ餌料系列を検討した結果、1986年には1場で100万尾(最高生残率40%)を超える種苗の取り揚げに成功した(図I-3)。しかし、これら大型生物餌料の安定・大量確保は極めて困難である上、餌料不足は共食い等による大量減耗を生じさせることから、代替餌料として人工配合飼料の開発が強く望まれた。そこで、同年より上浦、屋島および五島栽培センターとマリノフォーラム21においてブリ用の微粒子人工配合飼料(以下、配合飼料)の開発を目的とする共同研究が始まった(今泉, 1990)。

第2期(1989~1996年):第1期に開発された量産技術をより安定したものとするため、配合飼料を導入した

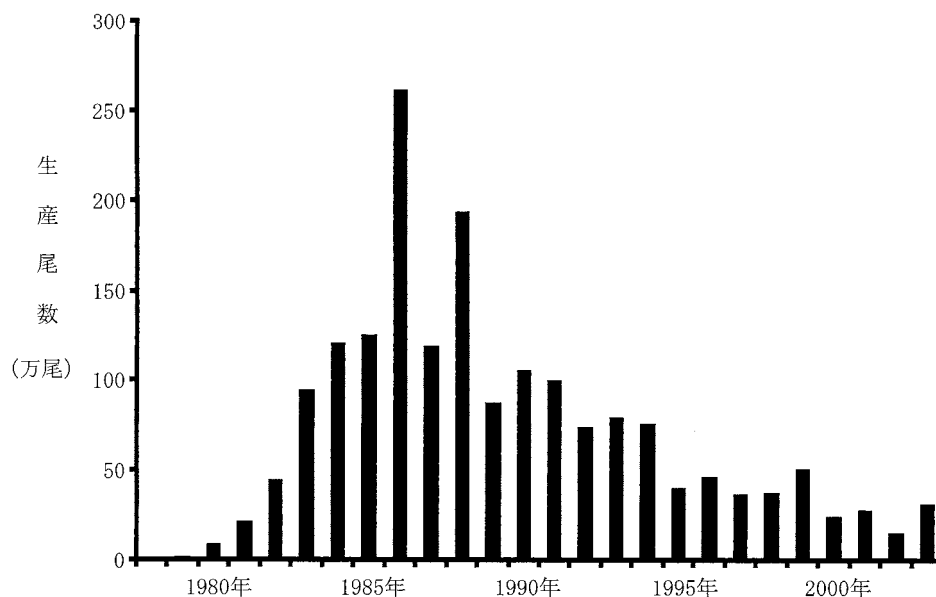


図 I-3. ブリ種苗生産尾数の推移 (水産総合研究センター)

餌料系列への転換に取り組んだ。この時期以前に開発された配合飼料は、取り揚げ（全長30mmサイズ）以降でしか利用することができなかったが、配合飼料の物性や摂餌性を改良することによって、1989～1990年には量産規模で全長25mmサイズから使用可能なものを開発した。また、これら配合飼料の改良とともに給餌方法等の飼育手法の検討が行われ、1993年にはさらに小型の全長15～20mmから、配合飼料のみで飼育可能な技術を確立した。この結果、仔稚魚期の餌料系列は大きく見直され、配合飼料を中心としたものが主流となっていった。一方で、上記のような配合飼料の使用は、生物餌料の軽減ばかりでなく仔稚魚の活力を大幅に改善する効果ももたらした。このことは、それまで取り揚げや移槽が困難であった全長15mmサイズでのサイズ選別および分槽を可能にし、共食いによる減耗を大きく軽減することとなった。

第3期（1997年～）：この時期は、早期種苗生産の技術開発を主眼として取り組んだ。それまで4～5月に採卵・生産した放流用種苗は、天然魚に比べて小さいことから、放流後の回収率が極めて悪いことが指摘された（藤本，1994）。そこで、古満目および五島栽培センターでは、水温と日長をコントロールし採卵時期を早くすることを試み、1996年にはそれまでより2ヵ月早い2～3月、2000年には4ヵ月早い12月の採卵に成功した。1999～2000年には上記の技術によって得られた卵を用

いて屋島栽培センターで早期の種苗生産・放流試験を行ったところ、放流した種苗の回収率は大きく向上し、本種の放流効果を初めて実証した（藤本ら，2001）。この早期採卵・早期種苗生産技術は2000年より新しく委託事業に組み込まれた養殖業振興支援技術開発に応用されている。

（塩澤 聡）

I-4-(3) その他の機関の技術開発

ブリ養殖業を基幹漁業とする長崎県、熊本県及び大分県では、天然種苗の好・不漁によって入手する種苗の価格が大きく左右され、養殖経営を不安定なものとしている。このため、天然種苗から人工種苗への転換を目指して、熊本県では1999年より熊本県水産試験場と財団法人熊本県栽培漁業協会が、大分県では2000年度より大分県海洋水産研究センターが、長崎県では2001年より長崎県総合水産試験場と(株)長崎県漁業公社が、ブリの早期採卵および種苗生産の技術開発に取り組んでいる。各機関は、2001年より実施している「ブリ種苗生産技術開発に関する技術交流会」において技術開発の情報交換を行い、水産総合研究センターが開発した早期採卵・早期種苗生産についても、この場を通じて技術移転を図っている。

（塩澤 聡）

II 種苗生産（ふ化仔魚～全長 30mm サイズまで）

II-1. ふ化(卵)管理と飼育水槽への収容

本種の種苗生産では、卵で飼育水槽に収容するとふ化直前に受精卵が沈降し、卵が傷ついたり酸素の欠乏を引き起こすなど、ふ化率が低下する事例が多発するため（日本栽培漁業協会，1999）、基本的にふ化仔魚を飼育水槽へ収容している。一方、この収容方法は、ハンドリングが仔魚に与える影響や作業が長時間におよび多大な労力が費やされること等の問題もあるため、近年では、飼育水槽の塗装手法や通気方法を改良し、受精卵で収容する方法も試みられている。

（藤本 宏）

II-1-(1) ふ 化

屋島栽培センターでは、古満目あるいは五島栽培センターからふ化仔魚または受精卵を輸送し、飼育試験に供している。前者の場合は、到着後直ちに飼育水槽へふ化仔魚を収容するが、後者では、到着後円錐形の亚克力製水槽（ふ化水槽：直径108cm×深さ155cm、容量1.2kl、写真II-1-1）やゴース地（黒色ゴース地テترون#c-119、東レ）で作製したネット（ふ化ネット：直径80cm×深さ75cm）に受精卵を収容し（写真II-1-2）、ふ化まで管理する。

ふ化水槽およびふ化ネットには、予め別の水槽で調温（19～20℃）した海水を注水し、ふ化水槽では目合60目（オープニング335μm）の排水ストレーナーで換水する。換水の目安は約20～25回転/日である。卵管理中の水温調整は直接水槽やネット内にヒーターを設置せず注水量の増減で行うため、気温が低い場合にはその量を増やして対応する。通気はふ化水槽およびふ化ネットともエアストーン1個による微通気（1.0～1.5ℓ/分/個）

としている。ふ化までに要する時間は、20℃の場合で受精から約66時間である（日本栽培漁業協会，1999）。

本種の受精卵は、マダイ、ヒラメ等と比べてふ化までに発生が停止することが多く、管理中にこれらの卵を除去する作業が必要となる。しかし、前述したように受精卵はふ化直前に沈降することから、沈下卵の除去はそれ以前（20℃で受精後54時間まで）に行うことが必要である。除去は、次の手順で行う。まず、ふ化水槽およびふ化ネットの注水と通気を止めて10～15分間静置する。この間に、発生が順調に進んでいる透明な受精卵のみが浮上し、白色を呈した沈下卵は水槽底に沈下するので、ふ化水槽の場合は水槽底に設置してあるドレンバルブを開放して除去する。ふ化ネットの場合は先を丸めた針金などに取り付けた直径4～6mmのビニール製ホースを用いて、底掃除の要領で吸い出す。

卵質の指標として多用されるふ化率は、収容した受精卵数に対するふ化仔魚数の割合で算出するが、ふ化容器や通気方法等のふ化条件が異なる時には単純に比較ができないため、これらを統一することが求められる。そこで、ブリでは500ml広口T型瓶へ約100粒の受精卵を収容して密閉後、20℃に調温したウォーターバス（小型水槽）に収容し、通気によりT型瓶を攪拌する方法で管理し（写真II-1-3）、ふ化率を把握している。ふ化仔魚数の計数は完全にふ化が終了する72時間後に行い、ふ化率を求める。なお、卵がT型瓶内で沈降しないように、卵を収容する時には瓶容量の5～10%の空気を入れて密閉するとともに、ウォーターバス内にはT型瓶を入れすぎないようにして攪拌する必要がある。

（藤本 宏）



写真II-1-1. アクリル製円錐形のふ化水槽（五島栽培センター）



写真II-1-2. ゴース地で作成したふ化ネット（古満目栽培センター）



写真Ⅱ-1-3. ふ化率算出のための容器とウォーターバス
(五島栽培センター)

Ⅱ-1-(2) 飼育水槽への収容

1) ふ化仔魚収容

屋島栽培センターでは、飼育水槽の容量の約2/3まで注水したろ過海水にナンノクロロシスまたは市販の淡水濃縮生クロレラ（スーパー生クロレラV12、クロレラ工業）を50～100万セル/mlになるように添加して水作りを行い、その中にふ化仔魚を収容する。収容は、ふ化仔魚で搬入した場合、輸送水槽をフォークリフトで飼育水槽の側まで運び、直径50mmのホースを用いて海水ごと仔魚を緩やかに流し込む方法を行っている（写真Ⅱ-1-4）。受精卵輸送で搬入した場合、前述「Ⅱ-1-1 ふ化方法」のようにふ化水槽またはふ化ネットに収容して卵管理を行い、ふ化が完全に終了した時点でふ化水槽から搬送水槽（通常は500ℓポリカーボネート水槽を使用）へ移し（写真Ⅱ-1-5）、ふ化仔魚と同様にフォークリフトで飼育水槽まで運び（写真Ⅱ-1-6）ホースを用いて収容する（写真Ⅱ-1-7）。

ふ化仔魚を収容するホースの手元にはサイホンをかけやすいようにバルブが取り付けられている（写真Ⅱ-1-8）。収容は次の手順で行っている。①バルブのない方のホース口から順に飼育水槽へ入れてホース内を海水で満たした後に手元のバルブを閉める、②飼育水槽よりホースを引き出して輸送・搬送水槽へバルブの付いたホース口を運ぶ、③水槽内でバルブを開放してサイホンをかけ、ふ化仔魚を吸い出す。収容時には、仔魚への物理的ダメージを軽減するため、輸送・搬送水槽側のホースの吸い込み口では空気を吸い込まないように注意するとともに、飼育水槽側のホースの吐出口は上向きにして水面下30～50cmのところへ固定し（図Ⅱ-1-1）、ホース口からの海水の吐出量を見て輸送・搬送水槽の水位を飼育水槽の水位よりやや高い位置にフォークリフトで適宜調整することが必要となる。

五島栽培センターでは、飼育水槽の横にふ化水槽を設置して卵管理を行い、そこから飼育水槽へ直接ふ化仔魚



写真Ⅱ-1-4. 輸送水槽から飼育水槽へのふ化仔魚の収容
(屋島栽培センター)



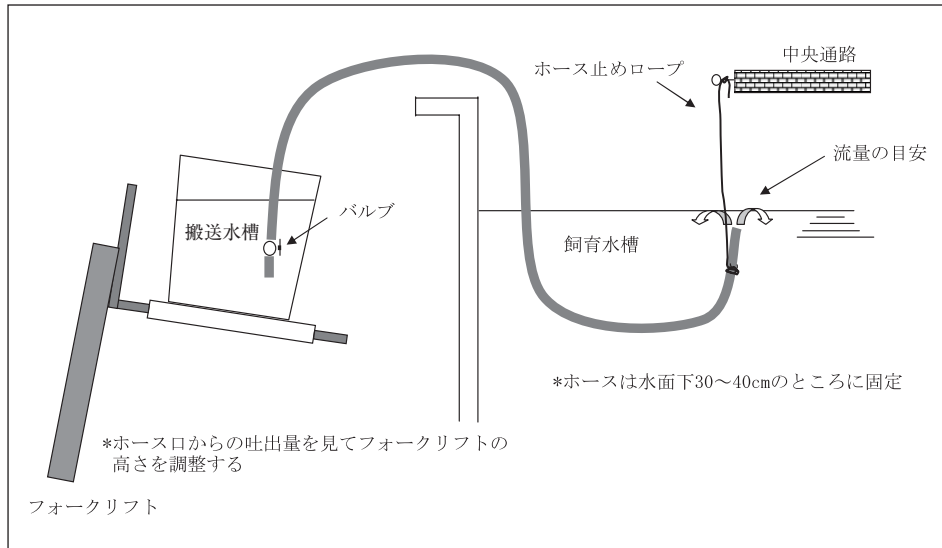
写真Ⅱ-1-5. ふ化水槽から搬送水槽へのふ化仔魚の収容
(五島栽培センター)



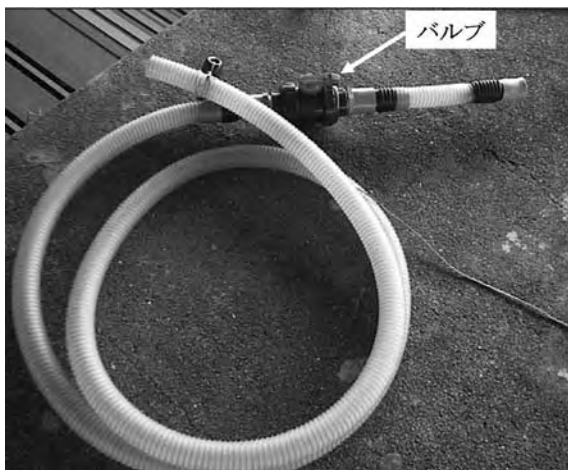
写真Ⅱ-1-6. フォークリフトによるふ化仔魚の搬送
(五島栽培センター)



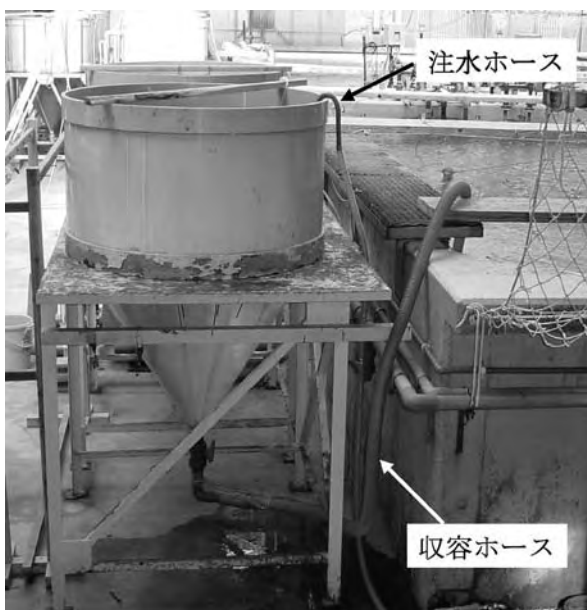
写真Ⅱ-1-7. 搬送水槽から飼育水槽へのふ化仔魚の収容
(五島栽培センター)



図Ⅱ-1-1. 飼育水槽へのふ化仔魚の収容方法



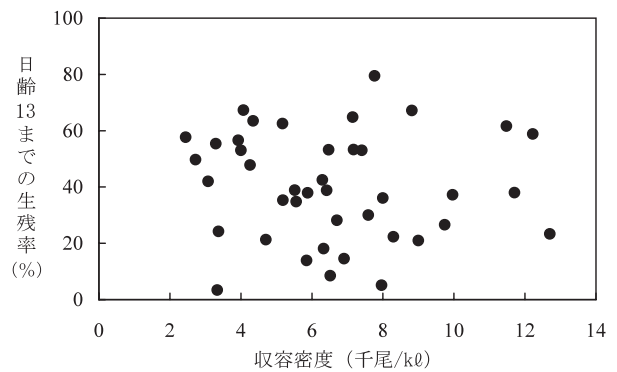
写真Ⅱ-1-8. バルブ付き収容用ホース (屋島栽培センター)



写真Ⅱ-1-9. 飼育水槽横に設置したふ化水槽からのふ化仔魚の収容 (五島栽培センター)

を収容する (写真Ⅱ-1-9)。この方法は、調温海水をふ化水槽へ注水し、水槽底部先端に設置したホースよりふ化仔魚を飼育水槽へ流し込むため、収容によるふ化仔魚への物理的ダメージが大幅に軽減できる。また、収容作業の省力化も図れることから飼育水槽近くにスペースのある場合は有効な方法である。

屋島、五島栽培センターともふ化仔魚収容後3~4日間は注水のみで飼育水の水量を増加させ、満水後に排水ストレーナーを設置して換水を開始する (表Ⅱ-2-2；



図Ⅱ-1-2. 収容密度と日齢13までの生残率との関係 (屋島栽培センター 1987)

「Ⅱ-2-(2) 換水」の項を参照)。本種の種苗生産における大きな問題の一つとして、飼育初期、特に日齢10前後までの大量死亡 (以下、初期減耗) が挙げられる。この原因には、様々な要素が考えられるものの、ふ化仔魚の収容密度と飼育初期の生残率 (日齢13) に関連は認められず (図Ⅱ-1-2)、2,000~14,000尾/kℓの密度の範囲では、他の要因により初期減耗が生じていると考えられる。そのため、収容密度はこれまでの結果から概ね1万尾/kℓを目安としている。

2) 受精卵収容

採卵当日に沈下卵を除去した後、翌日の午後に浮上卵のみをろ過海水を入れた飼育水槽へ収容する。飼育水槽へのナンクロロプシスまたは淡水濃縮生クロレラの添加は受精卵がふ化した後に50～100万セル/mlになるように添加する。受精卵収容の注意点として、①飼育水槽の表面が滑らかであること（コンクリート製水槽の場合、水槽表面を樹脂等でコーティングしてあることが望ましい）、②エアブロック等により水槽内に緩やかな流れを作り（「II-2-4 通気方法」の項を参照）、卵が水槽底面に沈降しないようにすることがあげられる。

（藤本 宏）



写真II-1-10. 搬送水槽でのふ化仔魚の計数（五島栽培センター）

II-1-(3) 収容尾数の推定

収容尾数の推定は、卵管理していたふ化水槽、ふ化仔魚の搬送水槽、あるいはふ化仔魚収容後の飼育水槽で実施する。ふ化水槽および搬送水槽では、ふ化仔魚を傷めないように緩やかに攪拌して小型カップ等で一定量を採水し、その中のふ化仔魚を計数して容量法により推定する（写真II-1-10）。飼育水槽では、ふ化仔魚を収容した後に定めた定点において（50kl水槽の場合では10～12点程度）、直径40～50mmの塩化ビニール製パイプを用いて飼育水を柱状サンプリングし、その中のふ化仔魚を計数して容量法で算出する（写真II-1-11）。両方法の比較を表II-1-1へ示した。ふ化水槽や搬送水槽では、全体の容量が300～500ℓと少ないことから、500ml程度の採水・計数により収容尾数の推定が可能であり作業量は少ないが、攪拌の際には高密度で収容されているふ化仔魚を痛めないよう、注意することが必要である。一方、飼育水槽では多数のポイントから採水・計数しなければならないので人手も時間もかかる。しかし、この方法は収容したふ化仔魚に対する作業の影響が軽微であるため、近年栽培センターで多用している。なお、ブリ仔魚は成長に伴い、強い趨光性を示し飼育水槽内で



写真II-1-11. 飼育水槽での柱状サンプリングによるふ化仔魚の計数（屋島栽培センター）

表II-1-1. ふ化仔魚の推定方法の比較

	ふ化水槽または搬送水槽での推定	飼育水槽での推定
採水方法	攪拌後に小型カップで採水	柱状サンプリングでバケツに採水
採水量	300～500ml	20～30ℓ
ふ化仔魚の密度	600～2,000尾/ℓ	10尾/ℓ
作業時間	5～10分	20～30分
作業人員	1～2人	最低2人
ふ化仔魚への影響	大	小

* ふ化仔魚数の推定は、両者とも採水中のふ化仔魚数を計数後、容量法で推定する

パッチを形成するため、計数作業は夜間が主体となるが、日齢3までの遊泳力はまだ弱く水槽内へ均一に分布していることから、昼間に柱状サンプリングにより尾数を推定することが可能である。

(藤本 宏)

II-2 飼育管理

本種の種苗生産に関する技術はこれまでに各工程で年々改良が加えられ、現在用いられている飼育方法は多くの点で過去の事例と異なっている。また、技術開発を実施している屋島、上浦、五島の3栽培センターにおいても、課題の内容や施設によってそれぞれの種苗生産手法に違いが認められる。ここでは最近の各栽培センターにおける一般的な飼育方法を中心に述べる。

(藤本 宏)

II-2-(1) 飼育水槽

近年、ブリの量産飼育で使用される水槽は、ほとんどが表面にFRPやエポキシ樹脂等をコーティングした鉄筋コンクリート製で、内壁は緑から青色系の色で塗装されている。水槽底面の形状は多くが四角形であるが、五島栽培センターや上浦栽培センターでは八角形的水槽も使用している。各栽培センターで主に使用する水槽の容量は、屋島栽培センターが50kl水槽（写真II-2-1、6.5×6.2×1.8m：実水量50kl）、上浦栽培センターが25～200kl水槽、五島栽培センターが60kl水槽（写真II-2-2、4.5×8.0×2.0m：実水量50kl）と90kl水槽（写真II-2-3、1辺2.5×2.0m八角形水槽：実水量80kl）である。なお、屋島栽培センターでは、ふ化仔魚の収容尾数に合わせて25～200kl水槽を用いる場合もある。通常飼育水槽は、生産尾数あるいは分槽や選別等の生産工程により使用する水槽が増減することから、複数の水槽が隣接して配置されている。これらの水槽は、種苗生産に先立って計画に基づき、作業に支障がないよう（種苗の移送・選別等を効率的に行うため隣接する水槽）用意しておくことが必要である。

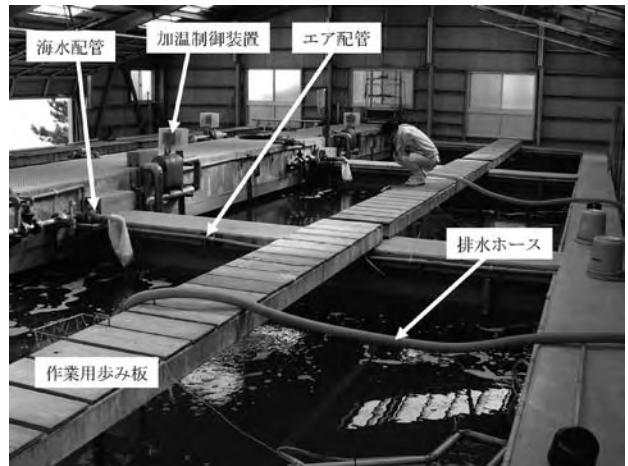
ここで紹介した飼育水槽およびその周囲には、塩化ビニール製の通気配管や海水配管、付設する定流量バルブや流量計、飼育水を加温するチタン製温水配管やそれらの制御機器、照度調整の遮光幕、飼育水を殺菌する紫外線殺菌装置等が設置されている。また、飼育魚の観察や様々な作業の効率化を図るため、水槽上面に歩み板を設置することが多い。

(山崎 英樹)

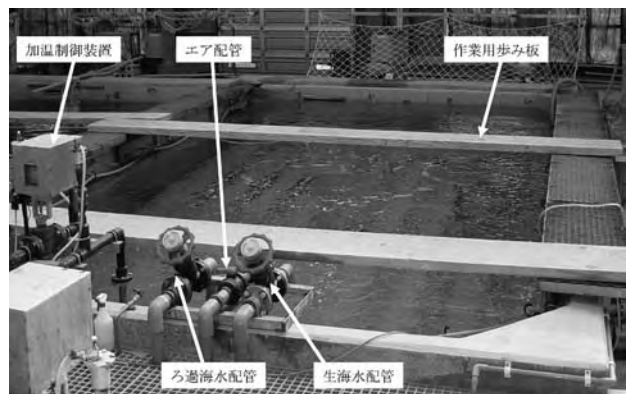
II-2-(2) 換水

1) 使用海水

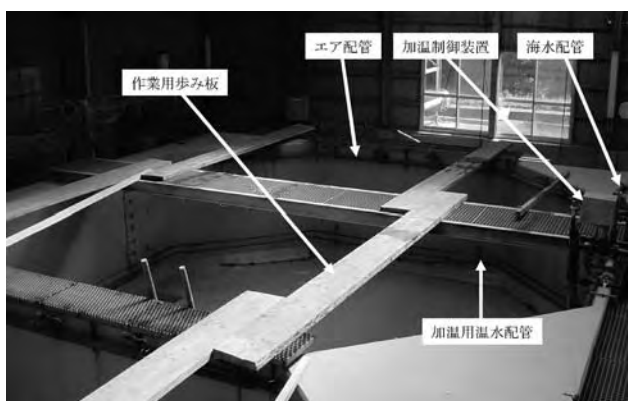
一般にブリ仔稚魚の飼育にはろ過海水を使用し、防



写真II-2-1. ブリ種苗生産水槽
(屋島栽培センター 50kl四角形水槽)



写真II-2-2. ブリ種苗生産水槽
(五島栽培センター 60kl四角形水槽)



写真II-2-3. ブリ種苗生産水槽
(五島栽培センター 90kl八角形水槽)

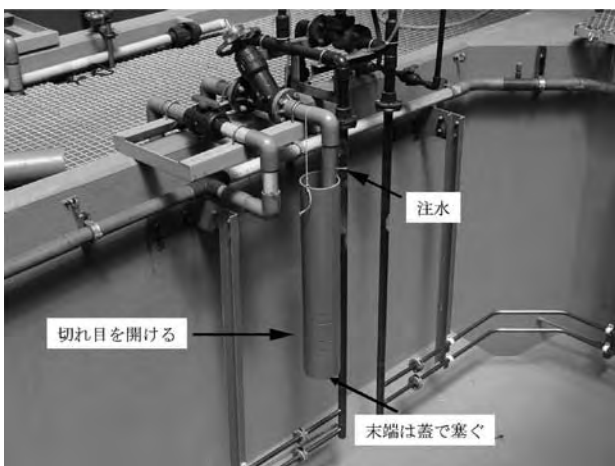
疫対策としてこれらを注水前に紫外線またはオゾンにより殺菌処理することがある。また、注水するろ過海水が飼育水温に比べて著しく低い時や飼育水槽の加温能力が低い場合には、あらかじめ別の水槽で加温した調温海水を用いる。特に、屋島栽培センターでは、過去にガス病で仔魚を全滅させた例があるため、冬期に飼育を行う場合、取水した海水を直接飼育水槽へは注水せずに、別水槽で加温および曝気して溶存ガス量を低下させた後に使用している。

2) 注水方法

飼育環境を良好に保つ方法の一つとして新鮮な海水を飼育水槽へ注水する「換水」を行う。一般に、換水時の注水はバルブが取り付けられた専用の配管で行うが、その形状と方法は仔稚魚の発育段階や各栽培センターにより異なる。

屋島栽培センターでは、配管を水面間近まで下げ、飼育水槽内へ直接注水する方法がとられている。この場合、落下する海水の衝撃が仔稚魚に及ぼす影響を和らげるため、一旦、バケツ等で注水を受けている。また、五島栽培センターでは、注水口に末端部分を塞いだ直径100mmの塩化ビニール製パイプを取り付け、側面に開けた切れ目（スリット）から注水する方法を採用している（写真Ⅱ-2-4）。

上浦栽培センターでは、配管を水面下まで伸ばし、U字型に配管して先端を水面上へ上げてから注水する方法を採用している（写真Ⅱ-2-5）。なお、先端部分は水面下に設置すると、ポンプ等の故障で注水が停止した際にサイホン効果により飼育水が逆流して仔魚が吸い出されることがあるため、必ず飼育水面より上部に設置する。上浦栽培センターでは、水槽内の飼育水を水平方向に還流させるため、1～2mmの穴を開けた直径50mmの塩化ビニール製パイプを水槽の中央部へ設置し、シャワー状に注水する方法を試みた（写真Ⅱ-2-6）。しかし流量計が設置していない場合、この方法は注水量を把握する



写真Ⅱ-2-4. 塩化ビニール製パイプを用いた注水方法（五島栽培センター）

ことが困難であることから、現在では、エアブロック方式（「Ⅱ-2-(4) 通気」の項を参照）の通気で飼育水を水平および垂直方向に循環させ対処している。

3) 排水方法

水槽への注水と排水により飼育水を交換するが、排水作業は一般に専用のストレーナーとホース（直径40～50mmのフレキシブルホース）を用いて行われる。現在、排水方法は各栽培センターで異なり、排水ストレーナーの構造、設置場所は水槽の形状等によって多種多様である。

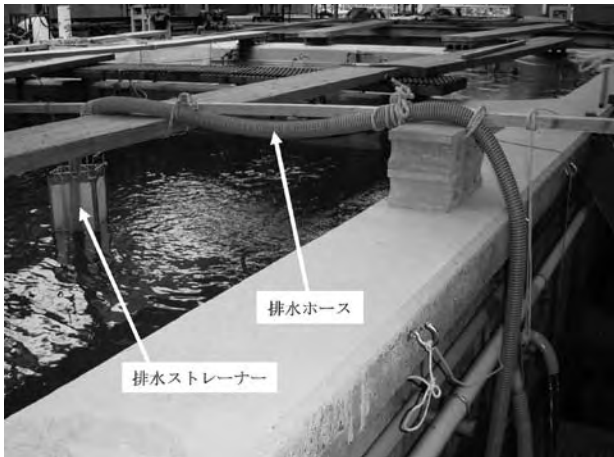
屋島や五島栽培センターでは、図Ⅱ-2-1に示すように水槽中央部または側壁付近に排水ストレーナーを設置し、その中に差し込んだホースでサイホンによって排水する方式を用いている（写真Ⅱ-2-7）。この方式の利点は、①換水量が増加した場合にはホース数を増すか、ホース径を太くすることで対処可能なこと、②ストレーナーの設置場所を容易に変更できることなどがある。しかし、排水ホースの一部は常に飼育水槽の水面よりも高い位置にあるため、排水量が少ない時はホース内に空気



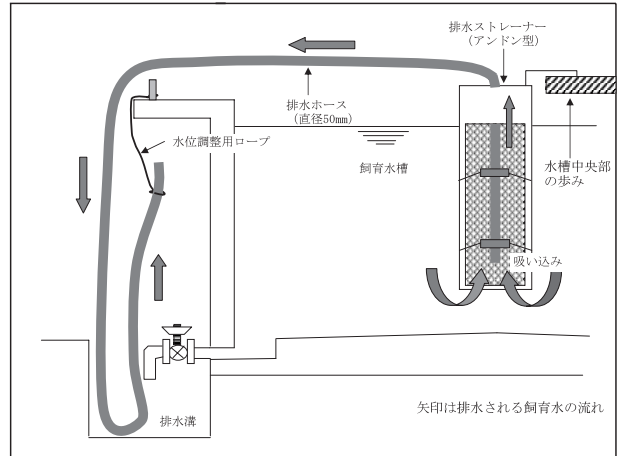
写真Ⅱ-2-5. 注水口を上に向けた注水方法（上浦栽培センター）



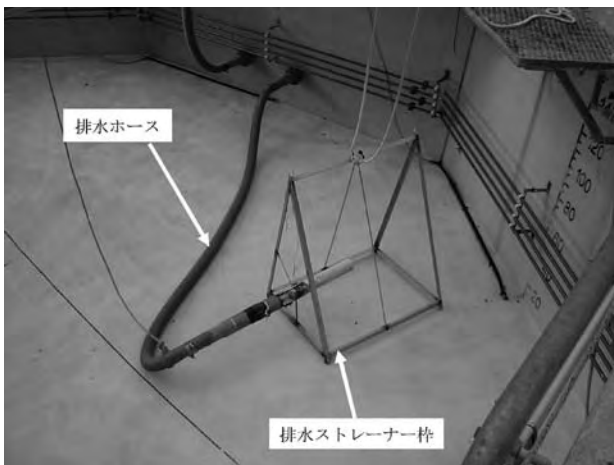
写真Ⅱ-2-6. シャワー式注水方法（上浦栽培センター）



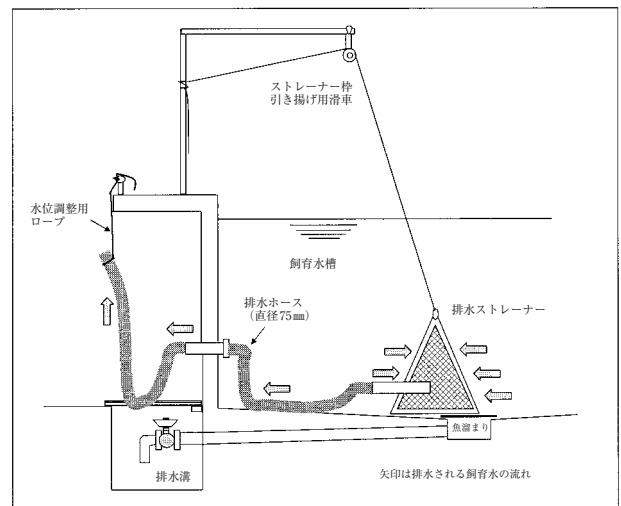
写真Ⅱ-2-7. 排水ストレーナーの設置状況：中央排水方式
(五島栽培センター)



図Ⅱ-2-1. 排水方式（中央排水方式）の模式図（屋島栽培センター）



写真Ⅱ-2-8. 排水ストレーナーの設置状況：水中投入方式
(上浦栽培センター)



図Ⅱ-2-2. 水中投入方式の模式図（上浦栽培センター）

が溜まりやすく、サイホンが切れた場合には飼育水がオーバーフローする。また、排水ストレーナー付近にエアストーンやエアブロックが設置されていると、これらから発生する気泡を吸い込んでサイホンが切れることもあるため注意が必要である。上記の問題に対する対策として、毎日1回は排水ホースに取り付けられた水位調整用ロープ（図Ⅱ-2-1）を伸ばしてホースの末端を飼育水面より低くし、溜まった空気を除去することやエアストーンやエアブロック、ストレーナーの位置などに十分注意することが必要である。加えて、ホースに亀裂等が生じた場合、そこから空気を吸い込みオーバーフローを引き起こす可能性があるため、硬化や劣化したホースの使用は避けるべきである。

上浦栽培センターでは、図Ⅱ-2-2に示すように排水ストレーナーをすべて飼育水槽の水面下へ設置し、排水ホースを水槽の側壁に付設した塩化ビニル製フランジ

へ接続している（写真Ⅱ-2-8）。この方法の利点は、ストレーナーとホースが飼育水中に常時あることから、ホース内に気泡が溜まらず、ホースに亀裂が生じた場合もエアを吸い込まないのでサイホンが切れないことである。しかし、ホースの太さを変更できないため、換水量の増加に対応するにはあらかじめ十分な太さのホースを用いるか別途排水ストレーナーの増設が必要となる。

排水ストレーナーに使用されているネットの目合を表Ⅱ-2-1に示す。目合は、仔稚魚が流出せず、かつ飼育水中の異物等によりストレーナーの目が詰まりにくいものを選択する。仔稚魚の成長に合わせて目合を大きくするが、目合が小さい時期には換水量が増加すると目詰まりにより排水量が減少し、飼育水がオーバーフローを起こすので毎日1回は洗浄する。また、ネットの洗浄や交換のために取り上げた排水ストレーナーを再び設置する場合、遊泳力が弱いサイズ（全長10mmサイズ）の仔稚

魚は、ストレーナーのネットに付着して死亡することがあるので、設置場所に仔稚魚が蝟集していないことを確認し、緩やかに飼育水槽へ入れることが必要である。

4) 換水量

換水量は、毎日測定する水質の変化や汚れの程度を考慮して調整する。各栽培センターにおける種苗サイズと換水率の基準を表Ⅱ-2-2に示す。換水の開始時期やその率はセンターにより異なるが、配合飼料の給餌を開始する全長6mm以降、換水率を高めて良好な飼育環境の保持を図っている。特に、五島栽培センターでは、止水状態から流水状態に移行する際に大量死亡が認められていることから、この対策として飼育初期より換水量を多めに設定している。また、屋島栽培センターでは飼育水槽内の加温能力が低いため、前述のように冬期の注水には別の水槽であらかじめ加温しておいた海水を使用することで換水率を高めている。

なお、全長10mmサイズまでに換水量を増加すると夜間に飼育水中の植物プランクトンが流出し、通常は淡黄色である仔魚の体色が黒くなり生残率が低下した事例があった。上記の原因として水中照度の大幅な変化等が考えられ、この時期の急激な換水量の増加は避けるとともに、定量ポンプ等を用いて夜間も連続して植物プランクトンを添加すること等が有効である。

(藤本 宏)

Ⅱ-2-(3) 水質

一般の魚類同様、ブリの飼育においても水質は重要な指標の1つであり、これらの測定により飼育期間中の環境の良否を判断することはきわめて重要である。水質の中でも水温、pH、溶存酸素量およびアンモニア態窒素は中心的な観察項目であり、毎日定時に1~2回の測定を行う。特に、換水量の少ない飼育初期には水温が、種苗が成長し摂餌量が多くなった飼育後期には溶存酸素量がそれぞれ重要な項目となり、その測定は必須である。

1) 水温

飼育水温は、仔稚魚の成長・発達速度に大きな影響を及ぼす要因の一つである。ブリのふ化仔魚を収容する時の飼育水槽の水温は、卵およびふ化管理時の水温(19~20℃)にあわせて調温する。本種では過去に得た種苗の生残率や成長および生産効率などのデータから、産卵水温(20℃)より2℃高い飼育水温が適当とされ、通常22℃に設定している。仔魚を収容した後は、0.5~1.0℃/日の割合で22℃まで徐々に上昇させ、以降この温度を維持して飼育を行う(図Ⅱ-2-3)。なお、ブリ仔稚魚の飼育水温と成長の関係については、「Ⅱ-4-(2) 成長」に述べているので参照されたい。種苗の取り揚げ前は、中間育成を行う水温にあわせて1.0℃/日の割合で調温する。特に飼育水温より温度の低い海上で中間育成を行う場合には、水温差が種苗に与える影響を軽減

表Ⅱ-2-1. 種苗の大きさと排水ストレーナーネットの目合いの目安

平均全長	ストレーナー目合い	オープニング (μm)
4~6mm	60 目	335 μm
6~8mm	40 目	526 μm
8~15mm	30 目	761 μm
15~25mm	260 径	1.8mm
25~35mm	220 径	2.2mm
35~50mm	160 径	3.0mm
50mm<	105 径	4.5mm

(屋島栽培センター 1999)

表Ⅱ-2-2. 種苗サイズと基準換水率

日齢	平均全長(mm)	換水率(%/日)		備考
		屋島・上浦	五島	
1~5	~4.5	0	0	10%/日ずつ増水
6~12	4.5~6.0	50	100	
13~25	6.0~12.0	100	150	配合飼料給餌開始
26~32	12.0~15.0	150	200	
33~45	15.0~25.0	200	180	分槽
46~	25.0~	250	240	

させるため、取り揚げの数日前より地先水温を目安に飼育水温を低下させる必要がある。なお、早期採卵の受精卵を用いた種苗生産では、取り揚げ時点でも地先水温が15℃以下となる場合がある。飼育水温が15℃以下になると、種苗の遊泳が緩慢となり摂餌量が急激に減少し成長が停滞する。このような場合は、地先水温が上昇する時期まで引き続き陸上水槽で飼育し、海上での中間育成を延期しなくてはならない。

上記に述べた飼育水温の調節は、温水ボイラーまたは蒸気ボイラーを熱源とする温水循環式の加温配管により行っている。近年、親魚の成熟促進技術の発展により早期採卵が可能になったことから、1～3月の低水温期にも種苗生産が行われている。この時期の地先水温は五島栽培センターで13～17℃、屋島栽培センターで7～12℃と飼育の設定水温より低いため、加温して5～15℃上昇させることが必要である。

2) pH

飼育時の代表的なpHの推移を図Ⅱ-2-4に示した。pHは水温、アンモニア濃度などの影響により変化するが、換水あるいは遮光等の調整によって、飼育期間を通じて概ね7.9～8.3の範囲を維持するようにしている。

初期に止水やごくわずかな換水で飼育を行う場合、直接日光により環境中の植物プランクトン（ナンノクロロプシス等）が急激に増殖し、その影響でpHが上昇することがある。このような場合は、換水量を増加させ速やかに植物プランクトンを流出させるか、遮光幕を用いて適宜照度を調節し、植物プランクトンの増殖を制御することでpHを調整している。また、pHは飼育日数

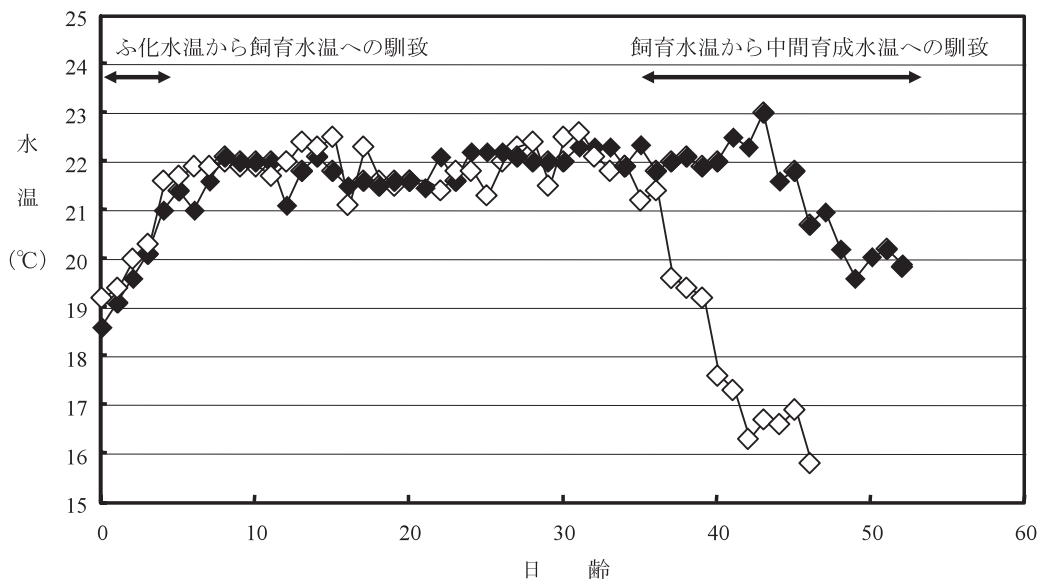
の経過とともに徐々に低下しpH7.8前後になることもあるが、これまでpHの影響により仔稚魚が死亡した事例は見られず、本種ではpH7.6まで（山本ら、2004）、ヒラメではpH7.3～7.5まで（日本栽培漁業協会、1998）低下しても仔魚への影響はみられない。しかし、pHの低下は飼育環境の悪化と関連していることが多いことから、pH8.0以下に低下した場合には換水量を増やすことによりpHの回復を図ることが必要であろう。

3) 溶存酸素量 (DO)

代表的な飼育例における、DOの推移を図Ⅱ-2-4に示した。DOは飼育日数の経過とともに徐々に低下し、配合飼料の増加によって急減する。本種稚魚の致死濃度は2 mg/ℓ以下と推定され、溶存酸素量は大きく変動することがあるため、4 mg/ℓを目安に換水量や通気量を増やすことが必要である。また、これらの処置を行ってもDOの低下が回復しない場合は、酸素ポンプや酸素発生器を用いて直接飼育水中へ酸素を添加しなければならない。通常、適切な換水と通気を行っていれば、DOの低下による種苗の死亡はほとんどみられない。しかし、魚が高い密度で集約される選別や取り揚げの作業時には酸素欠乏による死亡が生じやすいため、常に十分な換水が行えるように注水や通気、酸素の準備しておくことが必要である。

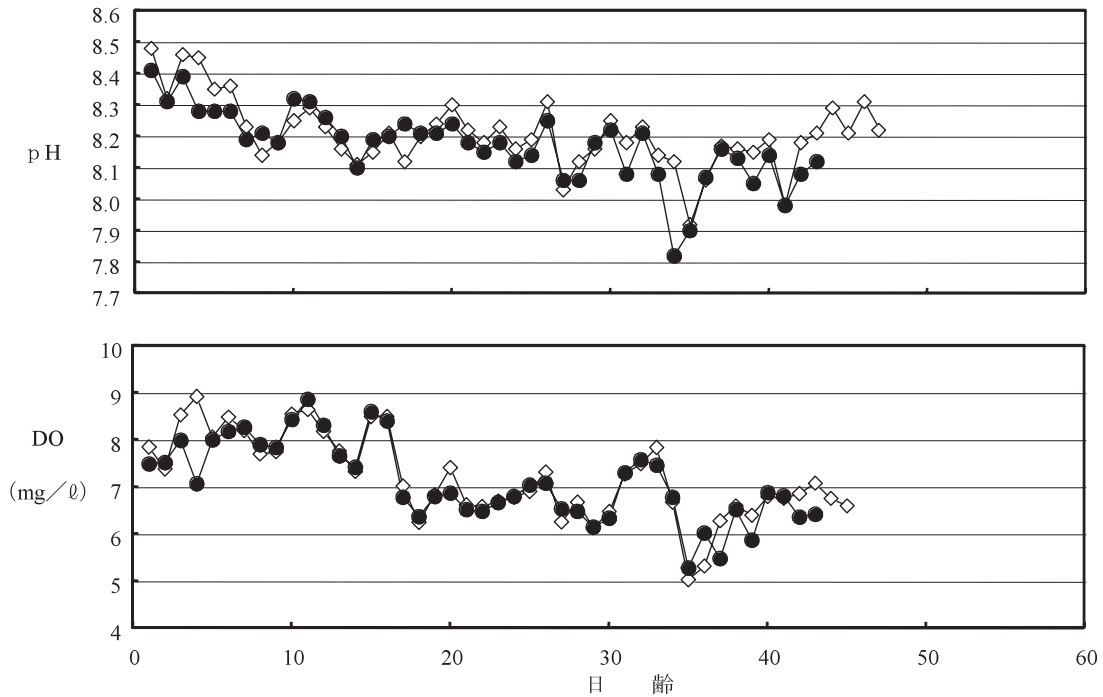
4) アンモニア態窒素

アンモニア態窒素は、飼育水中の仔稚魚や生物餌料の死亡した個体、排泄物、残餌等の分解産物として生成され、仔稚魚にとって有害な物質であるとされている。しかし、これまでアンモニア態窒素が本種の仔稚魚に与え



図Ⅱ-2-3. 飼育環境の変化 (水温) (屋島栽培センター 1996)

◇—◇ : 地先水温が15℃の時の水温調整 ◆—◆ : 地先水温が20℃の時の水温調整



図Ⅱ-2-4. 飼育環境の変化 (pH・DO) (屋島栽培センター 1996)

◇◇ : 事例1

●● : 事例2

る影響を目的とした観察や試験は行われていない。五島栽培センターでは、飼育期間中のアンモニア態窒素は、初期の止水飼育時に約1.0mg/ℓまで、屋島栽培センターで行った止水飼育事例では4.3mg/ℓまで上昇したが、仔稚魚への影響はみられず(山本ら, 2004), ヒラメでは12.0mg/ℓまで上昇しても仔稚魚への悪影響は認められなかった(日本栽培漁業協会, 1998)。このように、アンモニア態窒素の影響により仔稚魚が死亡した事例はなく、通常の適切な換水と通気を行っていけば問題はないが、pHの低下と同様、アンモニア態窒素の上昇は飼育環境の悪化と関連していることが多いことから、換水量を増やすことなどの対応が必要である。

(山崎 英樹)

の底面はほとんど流れがみられないという問題がある。一方、エアブロックは、1.0mmの穴を10cm間隔で開けた直径13mmの塩ビパイプを水槽4隅の底面部に設置して通気する方法で、飼育水を水平方向に環流させるため、全体を攪拌するという面ではエアストーンより優れている。エアブロックの配置場所や数は飼育水槽の形状によって異なるが、四角形と八角形的水槽ではいずれもエアブロック4本を壁際に設置することで飼育水全体を容易に動かすことが可能である(図Ⅱ-2-5)。なお、パイプの長さは水槽1辺の1/2程度とすると最も効率良く水流を作ることができる。また、エアブロックのみの通気で酸素の供給量が不足する場合は、水槽中央部に飼育水の流れを妨げない程度の通気量でエアストーンを1~2個設置するなど、両者を併用することもある。

2) 通気量

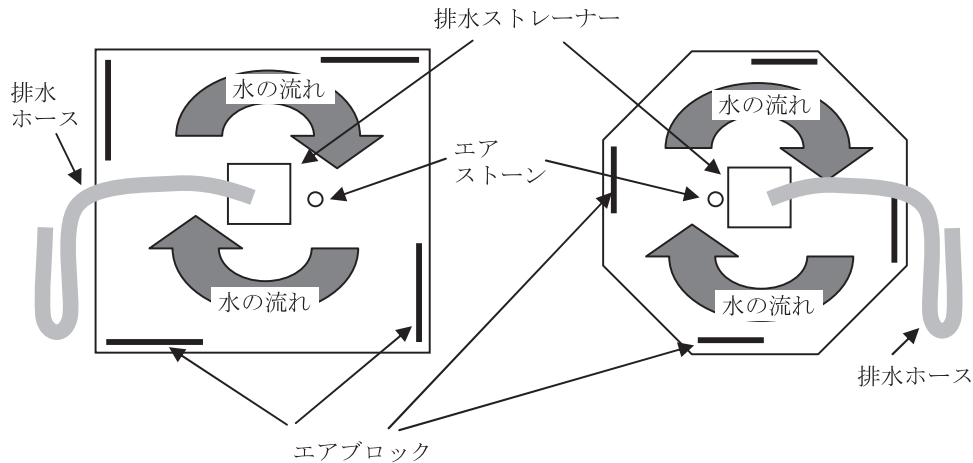
一般に通気量は、水槽内の溶存酸素量や仔稚魚の遊泳力によって調整する。本種の技術開発を開始した当初は、50kℓ水槽で飼育を行う場合、初期にはエアストーン1個で1.0~1.5ℓ/分の微通気とし、成長に伴って3.0~5.0ℓ/分まで増加させていた。しかし、飼育初期に生残率が低下する事例が続き、その要因としてふ化仔魚が水槽の底に沈み死亡していることが推察された(仔魚の沈降については「Ⅱ-4-(3) 生残状況」の項を参照)。そこで、これらの沈降を防止するため、通気量に関する試験を実施した結果、飼育初期に通気量を多くした事例で明らかに生残率が上がった(表Ⅱ-2-3)。この

Ⅱ-2-(4) 通気

1) 通気方法

通気は、飼育水中へ空気を供給することにより飼育水の溶存酸素量を高めることおよび飼育水を攪拌することを主な目的として行われている。ブリ飼育における通気は、市販のエアストーンや塩化ビニール製のパイプに穴を開けて作成したエアブロックを使用するが、その方法は仔稚魚の発育段階や水槽の形状等により異なる。

エアストーンは微細な気泡を形成するため、飼育水中の溶存酸素量を高く維持するにはエアブロックよりも優れる。しかし、飼育水の攪拌という面でこの方式は主にエアストーン直上の垂直方向のみ水を動かすため、周辺



図Ⅱ-2-5. 四角形水槽と八角形水槽でのエアブロックの配置と水の流れ

ため、以降は初期からエアストーン1個当りの通気量を4.0～5.0 l/分とし、併用するエアブロックによる通気量は、飼育水が90秒で1回転するよう長さ1.5mのエアブロック1本当り50～100 l/分としている。

しかし、仔魚の遊泳を妨げるような過度の通気を継続した場合には、開口後の摂餌や鰾の開腔が阻害され、初期の生残率等が低下する事例がみられた(表Ⅱ-2-4)。特に鰾の開腔については、マダイで明らかにされた脊柱前弯症との関係(北島ら, 1977, 1981)がブリでも確認されており(塩澤, 1993)、健全な種苗の飼育には正常な鰾の開腔が不可欠である。ブリの鰾の開腔のメカニズムについては、十分に把握されていないが、ここでは、屋島栽培センターで行ったふ化仔魚の鉛直分布の観察結果から鰾の開腔と通気に関して紹介する。

本種の仔魚のふ化後時間と鉛直分布の変化を図Ⅱ-2-6に示した。実験には透明なプラスチック製の円筒形容器(直径20cm, 高さ70cm)を用い、照度を調整して明条件(250lx)と暗条件(0lx)下でそれぞれ30尾ずつのふ化仔魚を収容後、一定時間毎に上層(容器を上中下に3等分した層の最上部)に分布する仔魚数を計数した。その結果、照度の条件に関係なく日齢4(96時間)まで上層への分布は2割程度であったが、その後、急激に増加する傾向が認められた。飼育水槽における仔魚の鰾の開腔率は、日齢4～5以降に高まり、また、この時期の油膜除去(詳しくは「Ⅱ-2-(7)油膜除去」の項を参照)の有無により鰾の開腔状況に差が見られる。これらのことから、ブリの鰾は仔魚が空気を飲み込むことにより開腔されると考えられ、その時期には仔魚の浮上を阻

表Ⅱ-2-3. 初期飼育における通気量試験結果の概要(五島栽培センター 1995)

試験区	通気方法	通気量 (l/分/水槽)	日齢10の結果		
			摂餌個体率 (%)	鰾の開腔率 (%)	生残率 (%)
弱通気区	エアストーン12個	10	68.7	54.8	21.7
強通気区	エアブロック4本 エアストーン4個	230	92.5	83.3	58.1

* 試験水槽にはいずれも60k l水槽を使用

表Ⅱ-2-4. 初期飼育における通気量試験結果の概要(五島栽培センター 1995)

試験区	通気量 (l/分/水槽)	日齢5		日齢10			
		摂餌個体率 (%)	鰾の開腔率 (%)	摂餌個体率 (%)	鰾の開腔率 (%)	成長 (mm)	生残率 (%)
無通気区	0	60.0	25.7	97.3	20.3	5.0	12.3
弱通気区	0.2	58.3	45.8	100	84.0	5.2	47.9
強通気区	6.4	3.7	0	97.9	12.5	4.8	44.1

* 試験水槽にはいずれも500 l水槽を使用

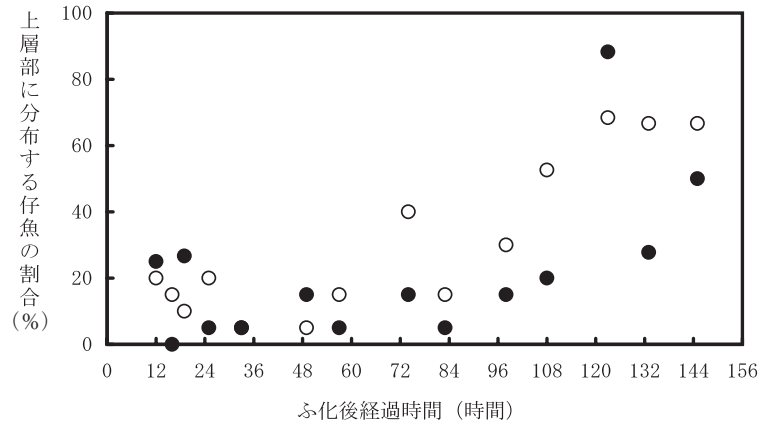


図 II-2-6. プリ仔魚の鉛直分布の変化 (屋島栽培センター 1995)

○明区 (250 lx) ●暗区 (0 lx)

害しないように通気量を調整する必要がある。現在では日齢3の開口まではふ化仔魚の沈降を防止するため、長さ1.5mのエアブロック1本当たり50~100ℓ/分で通気しているが、開口直後は仔魚への空気の飲み込みを促すために一端通気を弱め(エアストーンは1.0~1.5ℓ/分/個, エアブロックは25~30ℓ/分/本), 仔魚の鰓の開腔が完了した後に仔魚の遊泳状態や飼育水の溶存酸素量に応じて適宜通気量を増加させている。

(藤本 宏)

II-2-(5) 照 度

照度は、仔稚魚の生理や生態に大きな影響を及ぼす要因の一つと考えられるが、プリでは検討されていない。しかし、これまでの飼育試験の結果から、極度に暗いあるいは明るい光条件下では、仔魚の摂餌率や鰓の開腔率が低下するため、照度は本種仔魚の生理・生態や発達に影響を及ぼしている可能性が示唆されている。また、換水量の少ない飼育初期の高い照度はナンノクロロプシス

の急激な増殖を引き起こし、pHの上昇や溶存酸素の過飽和によるガス病を生じさせる。加えて、日光が直接水槽に差し込むと水槽の底面や壁面で付着珪藻が繁殖し、飼育環境に悪影響を及ぼす。このためプリでは、他の魚類飼育同様、遮光幕の開閉、ナンノクロロプシスなどの植物プランクトンの添加、人工照明による補助光の使用等により照度の調整が行われている。遮光幕は照度の調整に一般的に使用され、遮光率75~85%の規格のものを1枚あるいは2枚重ねて用いる。五島栽培センターでは遮光幕を適宜開閉し水面直上の照度を1,000~5,000lxに維持している。遮光幕の設置は、水槽の上面を覆うように設置する場合(主に屋外水槽, 写真II-2-9)と、給餌や底掃除等の作業に支障をきたさないように、屋根の内側に設置する場合(主に屋内水槽, 写真II-2-10)がある。

ナンノクロロプシス等の添加は、飼育初期には飼育水中の照度の調整に有効であり、遮光幕の開閉による急激な照度の変化や水槽の底面や側面からの反射光が仔魚



写真II-2-9. 水槽上面に設置した遮光幕 (五島栽培センター)



写真II-2-10. 屋根部分に設置した遮光幕 (五島栽培センター)

に及ぼす影響を緩和する働きがある。一方、飼育後期には、透明度を低下させることにより追尾、つつき、捕食など、稚魚同士の攻撃行動（共食い）を軽減させることを狙いとしたが、その効果は判然としていない。

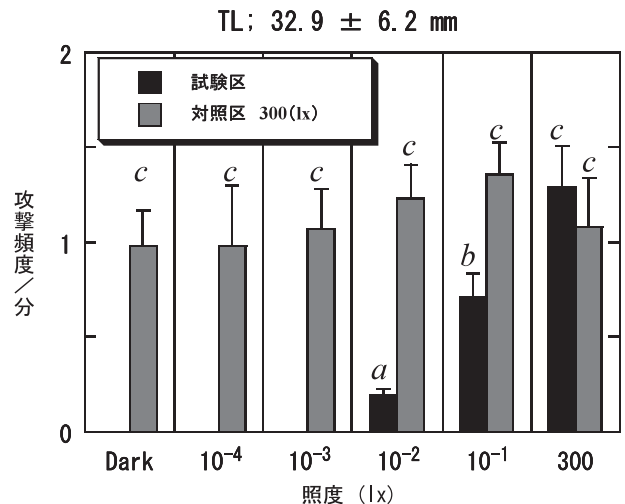
なお、本種は夜間に共食い行動がみられないことから、共食い行動の抑制手法として低照度飼育（10～100lx）を試みたが、ブリ稚魚の場合は 10^{-2} lxの低照度下でも閾値以上であれば共食いが起こることが明らかにされ（図Ⅱ-2-7, Sakakura & Tsukamoto, 1997）、その効果は期待できないと考えられる。

（山崎 英樹）

Ⅱ-2-(6) 底掃除

飼育では、仔稚魚および生物餌料の死亡した個体や排泄物、摂餌されなかった餌等が水槽の底に堆積する。これらの一部は細菌の分解や換水により水槽外へ排出されるが、大部分は腐敗し疾病発生の要因となるなど、直接的・間接的に仔稚魚へ悪影響を及ぼす。このため、堆積物の発生には十分に注意をはらい、底掃除により速やかに除去することが必要である。一方で、底掃除により除去した堆積物の中から飼育魚の死亡数を推定（計数）することで、飼育魚の死亡状況などの情報を得ることができる。

底掃除は各栽培センターとも日齢5～7より開始し、取り揚げまでほぼ毎日行っている。人手によるサイホン式の底掃除（写真Ⅱ-2-11）は、飼育魚の状態を見なが



図Ⅱ-2-7. ブリ稚魚の各照度における平均攻撃頻度 (n = 5)
 図中の縦棒は標準偏差値を表し、アルファベットは攻撃頻度に有意差が検出されたことを表す
 (a < b < c : Duncan's New Multiple Range Test, p < 0.05)
 (Sakakura & Tsukamoto, 1997 を改変)

ら慎重に行うことができるが、作業効率に個人差があるとともに、多大な労力を要する。このため、現在ではほとんどの栽培センターで自動底掃除機を導入している。市販されている自動底掃除機にはいくつかのタイプがあり、一般に普及しているものは、バッテリー駆動のランダム走行タイプ（写真Ⅱ-2-12, 神戸メカトロニクス）や水槽内に引かれたラインを読み取りながら走行するタ



写真Ⅱ-2-11. 人手によるサイホン式底掃除作業（五島栽培センター）



写真Ⅱ-2-12. 自動底掃除機（バッテリー駆動、ランダム走行型）



写真Ⅱ-2-13. 自動底掃除機（ライン読み取り走行型）

イブ（写真Ⅱ-2-13, ヤンマー）がある。どちらも水槽の形状に関係なく使用できるが、魚溜まり等、段差のある水槽では人手によりその部分を別途掃除する必要がある。

底掃除作業の詳しい手順を図Ⅱ-2-8に示した。作業は大きく分けて次の3つの工程よりなる。

①準備：底掃除機に付属している排水ホースが、作業中に排水用ストレーナーやエアストーンに絡まないように、これらを水槽内から取り除く（写真Ⅱ-2-14）。

②作業：底掃除機を飼育水槽に投入して掃除を開始し（写真Ⅱ-2-15）、排出された死亡魚や排泄物等を排水受水槽（写真Ⅱ-2-16）で受けて回収する。終了後に底掃

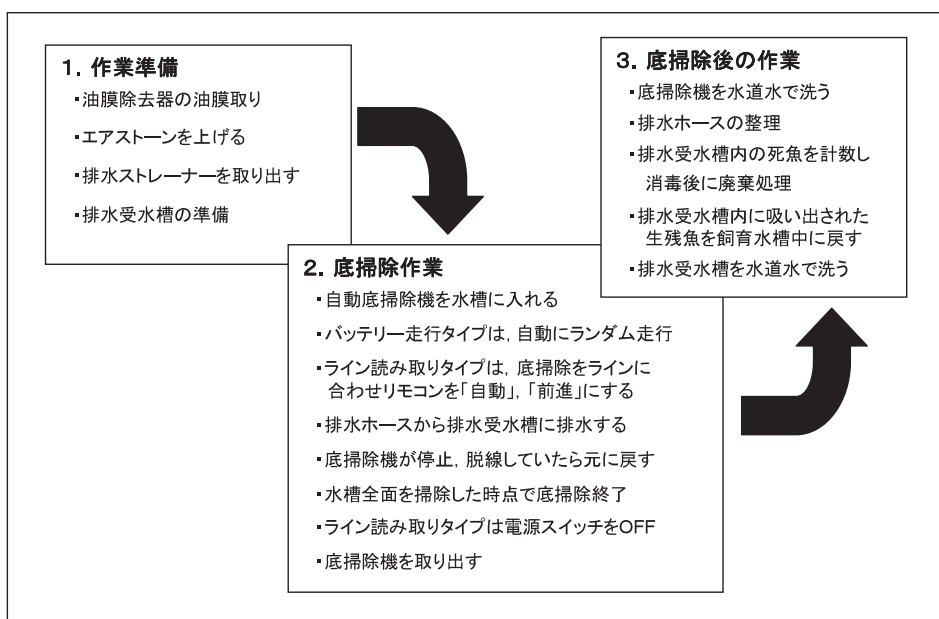
除機を飼育水槽より取り出す。

③片付け：排出された死亡魚の状態を観察するとともに、容量法等で尾数を計数する。回収物は焼却または埋設処分を行い、底掃除を終了する。

ブリでは、全長10mmサイズ頃に生きた種苗が大量に排出されることがある。このような時は、一度、死亡魚や排泄物等を取り除いた後に種苗を飼育水槽に戻すことが必要である。

なお、底掃除にともなうすべての作業は、仔稚魚に過剰な刺激を与えないように、静かにゆっくりと行うことが重要である。

（山崎 英樹）



図Ⅱ-2-8. ブリ種苗生産の自動底掃除機を使用した作業手順



写真Ⅱ-2-14. 底掃除前の準備



写真Ⅱ-2-15. 自動底掃除機の投入

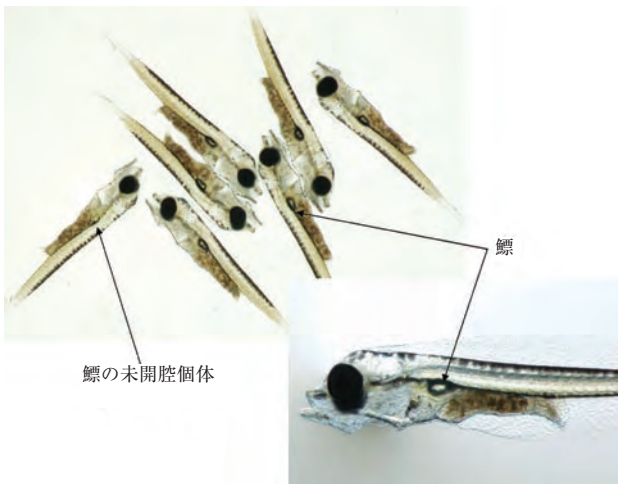


写真Ⅱ-2-16. 底掃除による排水を回収する排水受水槽

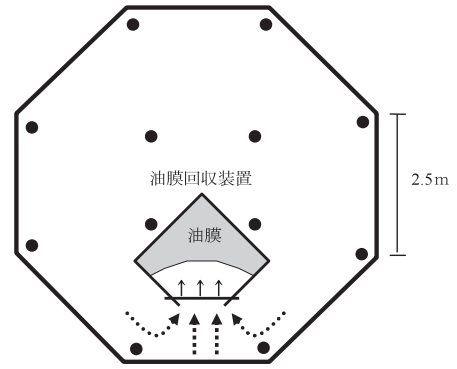
II-2-(7) 油膜除去

ブリの鰾の開腔は、仔魚が水面の空気を飲み込むことで促進されると推察され（「II-2-(7) 通気」の項を参照）、これらの個体は、外観から透明な楕円形の鰾が認められる（写真II-2-17）。空気の飲み込みを促すためには、水面を汚れない状態にしておかなければならず、上記の時期には、水面に生じる油膜等の汚れを連続的に除去することが必要である。油膜の除去法は飼育に応じていくつかあり、最も一般的に行われているのが、水面の汚れを回収する器具（図II-2-9、写真II-2-18）を設置するものである。この器具は、エアを水面に向けて斜め上方から吹きつけて流れを起し、水面に浮いている油膜等の汚れを器具の内側に集めるものである。集まった油膜等の汚れは柄杓ですくう（写真II-2-19）か、新聞紙などに吸着させて取り除く（写真II-2-20）。いずれも1日に6～8回は繰り返し実施する。飼育水を環流させている場合には、水面に油膜を除去する器具（図II-2-10）を設置し、水槽内の流れ（環流）を利用して汚れを集めることもできる。集まったものは前述と同様の方法で取り除くが、五島栽培センターではオーバーフロー口より油膜等の汚れを流し出す方法（写真II-2-21、II-2-22）を採用している（塩澤、1995）。この作業（約1分間）で一回に流出する仔魚は全体の0.2～0.4%であり、鰾の開腔時期に数日間実施しても生残率に及ぼす影響はほとんどない。

本種の鰾の開腔状況を調べた結果、日齢3で開口してから鰾が開腔し始め、その比率は日齢6にはほぼ最大となり、それ以降はあまり変化しないことが判明した（図II-2-11）。したがって、鰾を正常に発達させるには、この時期に通気量の調整（「II-2-(4) 通気」の項を参照）や油膜除去等の適正な飼育管理が必要である。なお、飼育水温等によって成長に差が生じた場合には鰾の開腔時期が前後し、日齢3より始まる飼育事例や、日齢7

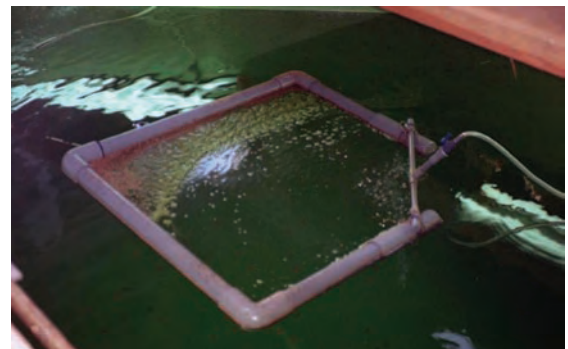


写真II-2-17. 仔魚の鰾（日齢7：平均全長4.5mm）



図II-2-9. エア吹きつけによる油膜回収

● : エアストーン : 油膜の流れ ↑ : エア吹きつけ



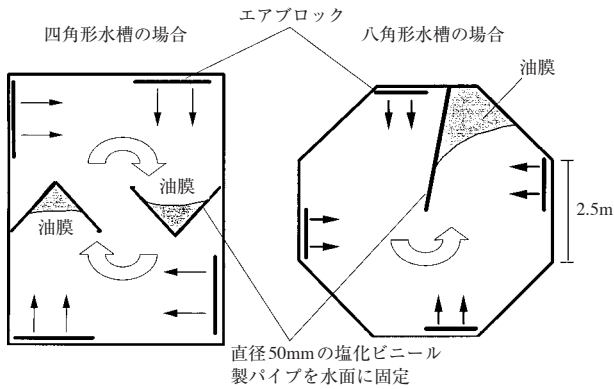
写真II-2-18. 油膜回収装置



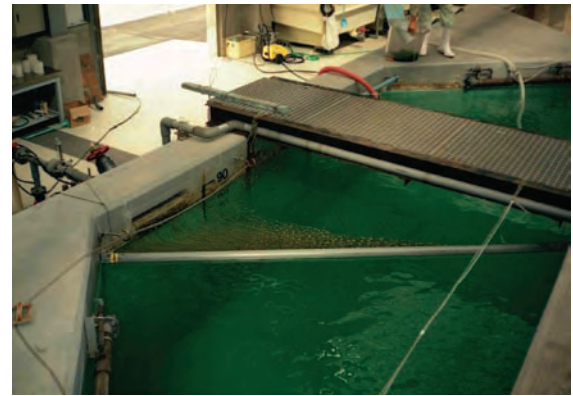
写真II-2-19. 柄杓による油膜除去



写真II-2-20. 新聞紙による油膜除去



図Ⅱ-2-10. 飼育水を環流させている時の油膜除去
 ⇨: 飼育水の環流方向

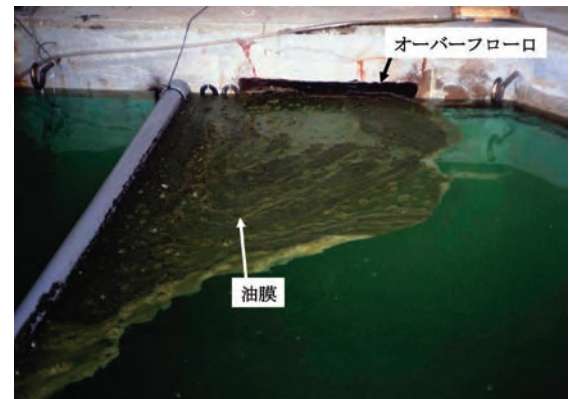


写真Ⅱ-2-21. 飼育水の環流による油膜回収

以降も開腔が続くこともある。このため、油膜等の汚れを除去する器具は日齢3～10までの期間、常時設置・稼働させておくことが脊椎骨上弯症の防除には効果的である。しかし、夜間に鰾の開腔は行われなため、停止させても問題ない。

栽培センターでは、上記のように水面の油膜除去を行った結果、除去しない時には10%以下であった鰾の開腔率が80～90%にまで向上し（図Ⅱ-2-12）、現在脊椎骨上弯症はほぼ防止できている。

（塩澤 聡）



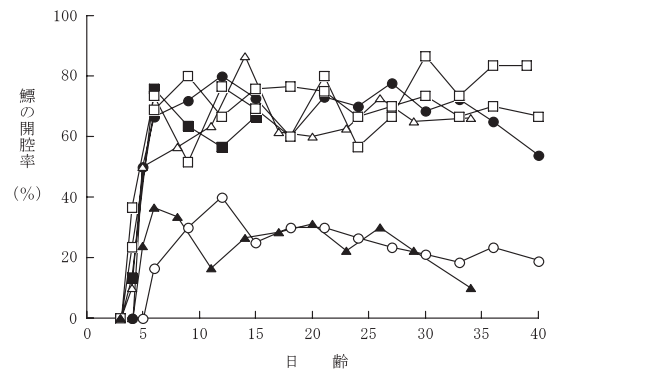
写真Ⅱ-2-22. オーバーフローによる油膜除去

Ⅱ-2-(8) 分槽および選別

魚類の種苗生産では、収容から取り揚げまで同一水槽で飼育を行うことが一般的であるが、仔稚魚の成長にともなう密度調整やサイズの大小差を軽減するため、分槽や選別を行うことがある。

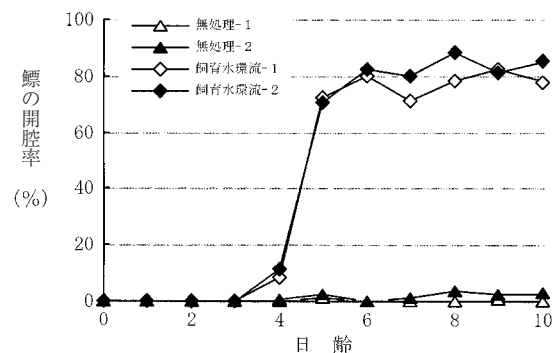
ブリの種苗生産で行われている分槽は、適正な飼育密度の維持だけでなく、サイズ選別による共食い防止も目的としている。本種はある程度の大小差が生じると激しい共食い行動を示すようになり、これがさらに大小差を大きくする。共食い行動は大小差が大きいかほど活発になるので、選別を行うことにより大小差を軽減することでその防除が可能である。

分槽方法は対象魚種によりいくつか考案されているが、本種の場合、昼間水面付近でパッチを形成する小型魚をバケツで掬う方法と夜間にサイホンで移槽する方法が行われている。前者は主に技術開発取り組み当初から1992年に、後者はそれ以降に行われた方法である。1976年に五島栽培センターで行ったバケツを用いた分槽の模式図を図Ⅱ-2-13に示した。この方法では、90kl水槽2面で飼育を開始し、日齢12～17に日中水面にパッチを形成する魚をバケツで掬って分槽を行っている。この時期、昼間に水面でパッチを形成するのは小型魚であることから、分槽と同時に選別することが可能である。しかし、この方法は、小型魚をすべて分槽するこ



図Ⅱ-2-11. ブリ飼育期間中の鰾の開腔率の推移（五島栽培センター 1992）

○ 1回次生産-1 □ 2回次生産-1 □ 2回次生産-3 ▲ 3回次生産-2
 ● 1回次生産-2 ■ 2回次生産-2 ▲ 3回次生産-1



図Ⅱ-2-12. 油膜回収方法の違いが鰾の開腔に及ぼす影響

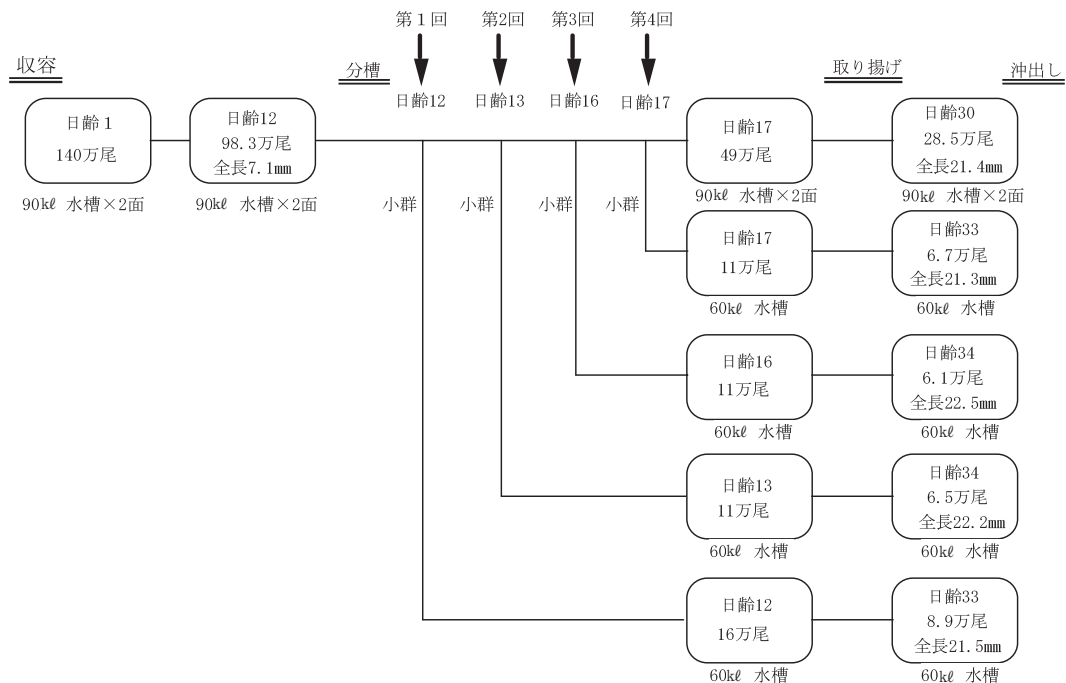
とが困難である上に大型魚の一部が混入するため、完全なサイズ選別ができないこと、また作業に多大な労力を要することが問題であった。

一方、1993年から行われている分槽方法は、本種の夜間の行動特性を利用している。ブリは、全長10mmサイズから照度が 10^{-3} lx以下になると浮上横臥する行動特性があり、夜間水面を漂うようになる（写真Ⅱ-2-23）。ここで行う分槽では、この浮上横臥魚をサイホンで吸い出し、別の水槽（移槽先）に設置したサイズ選別用小割網の中に收容する。收容された種苗のうち小型個体は網外へ、大型個体は網内に残るためこれらを別の水槽に移すことにより、分槽と同時にサイズ選別を行うことができる。1996年に五島栽培センターで行った上記分槽方法のフロー図を図Ⅱ-2-14に、模式図を図Ⅱ-2-15に示した。この事例では、90kℓ水槽で飼育を開始し、平均全長15.1mm（日齢32）の時に分槽とサイズ選別を行った。元水槽に隣接した水槽を移槽先にし、その水槽内に160径の小割網を張っておく。元水槽から移槽先にサイホンをかけ、出口は小割網内に設置する。元水槽では通気により飼育水をゆっくり環流させているため、夜間になると浮上横臥したブリが水面を漂うようになる。種苗は幅20cm、長さ2mの板で水面付近に作られたガイド板（板は水面上に5cm程度出るように固定）により一点に集められ、サイホンの吸い込み口に入って取り揚げられる（写真Ⅱ-2-24、Ⅱ-2-25、図Ⅱ-2-15：A）。サイホンは吸い込み口に異型ソケット（50×

75mm）を付けた直径50mmのホースを使用し、上向きにして水面直下に固定する。元水槽と移槽先の水槽との水位差は約10cmほどであるが、魚の吸い込み状況を見て、元水槽の注水量や移槽先の排水量によって水位を調節する。この方法により、作業を開始して約1時間で9割程度、2時間でほとんどの個体を移槽できる。翌日、選別網内に残った大型個体を他の水槽に移す。なお、この時期は種苗が小さくハンドリングの影響を受けやすいため、作業時には稚魚に負荷をかけないように細心の注意が必要であり、選別網から稚魚を取り上げる時も極力タモ網は用いずに、バケツや水タモ（写真Ⅱ-2-26）を使



写真Ⅱ-2-23. 夜間水面上を横臥するブリ仔魚（日齢30、平均全長16.7mm）



図Ⅱ-2-13. 分槽方式の模式図（五島栽培センター 1976）

分槽：水面付近でパッチを形成する小型魚をバケツですくい取って移槽する

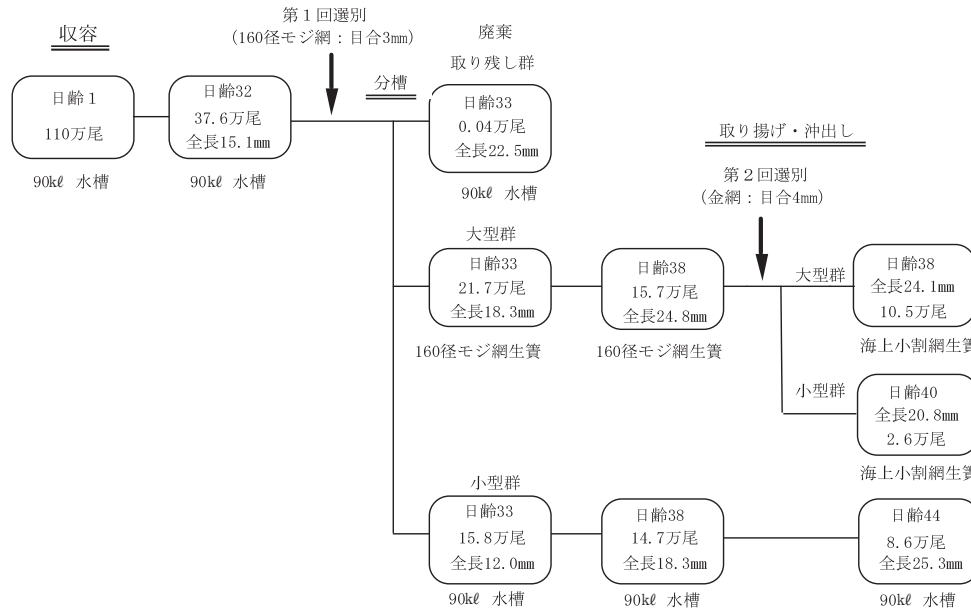


図 II-2-14. 分槽方式の模式図 (五島栽培センター 1994)

分槽：夜間水面付近でパッチを形成する稚魚をホースで吸い出して移槽する

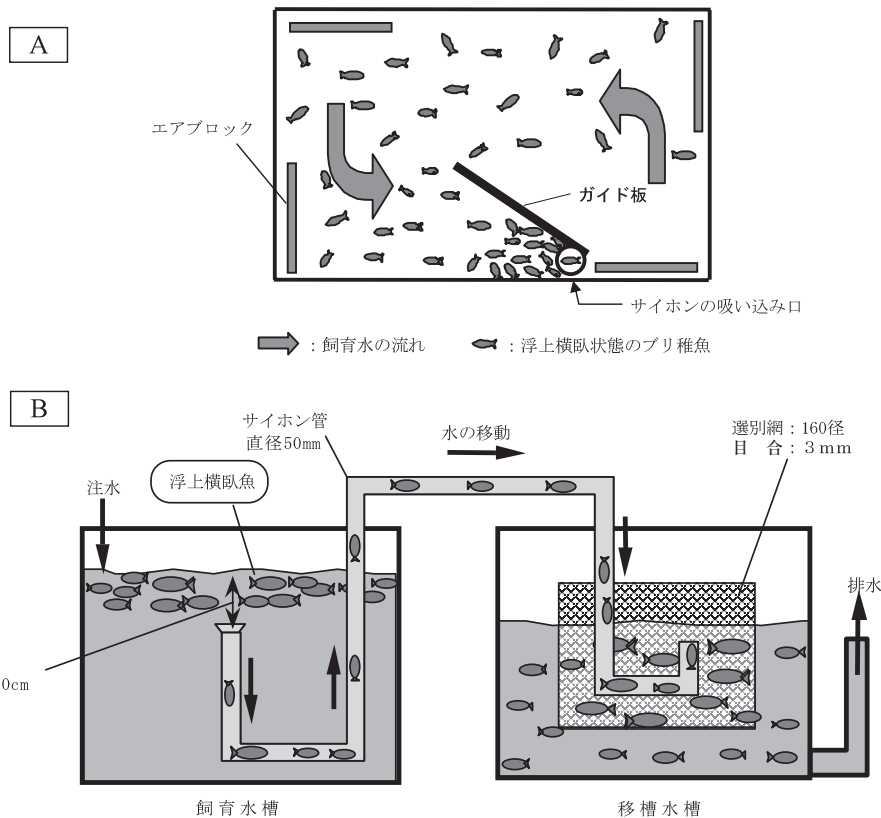


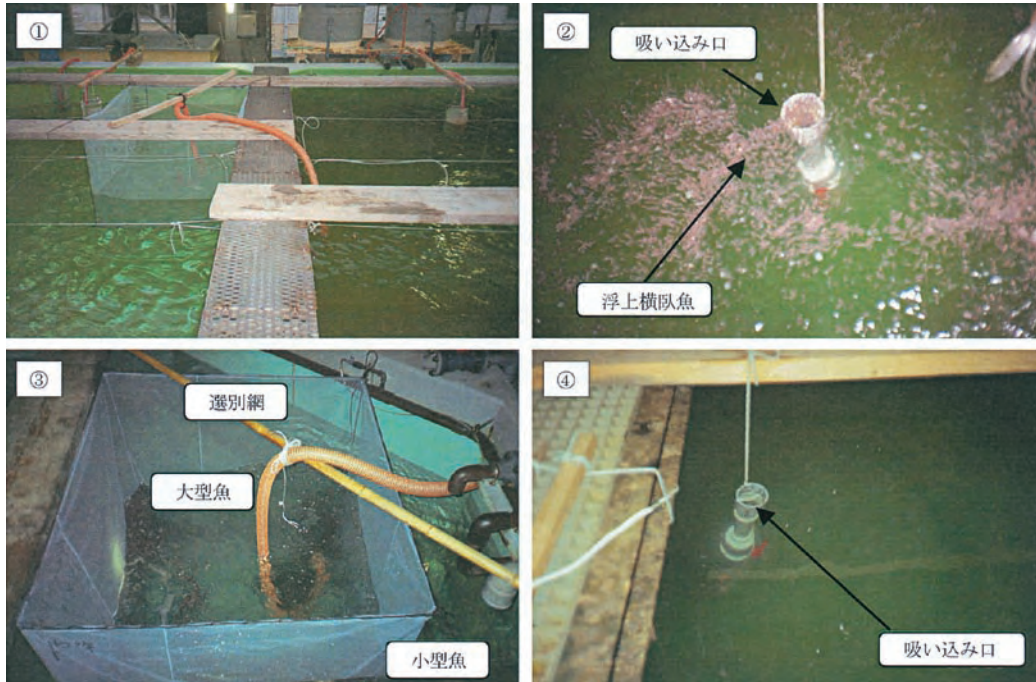
図 II-2-15. ブリの夜間取り揚げおよび選別

A：飼育水槽直上からみた飼育水の流れと種苗の分布 B：種苗の取り揚げとサイズ選別の概要

用して飼育水とともに移すことが重要である。

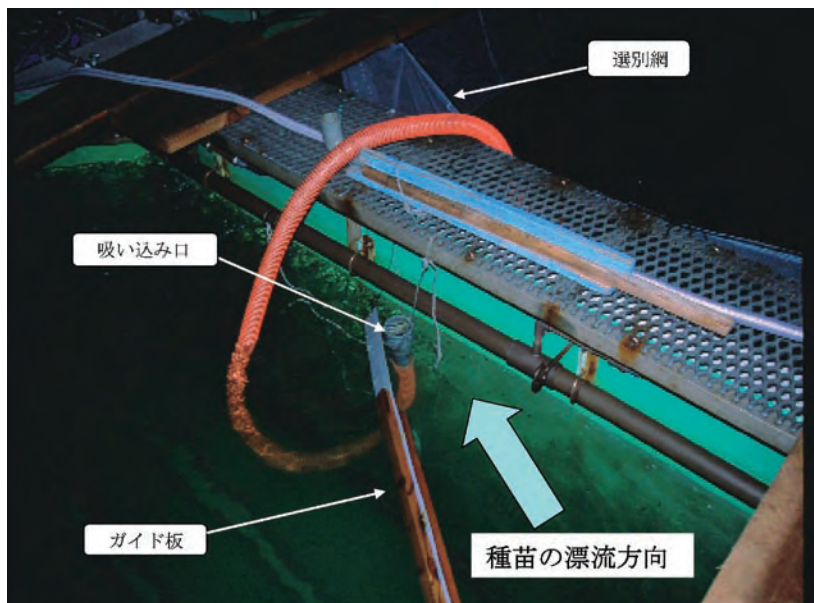
五島栽培センターでは、夜間の分槽およびサイズ選別を、共食い行動が激しくなる前の日齢30（全長15mmサイズ）を目安に実施している。しかし、飼育例によっては共食いの始まる時期が異なることがあるので、種苗の状況を観察しながら、適宜、分槽・選別のタイミングを変更することが必要である。なお、全長10mmサイズ

と20mmサイズで分槽および選別を行ったところ、前者は夜間浮上しない仔魚もみられたため選別できなかったが、後者は十分可能であった。15mmサイズで分槽・選別を行った飼育群の選別前と選別後の全長組成を図Ⅱ-2-16に示した。160径の小割網を用いて選別を行った大小2群の境界は全長15mm、120径では全長20mmであった。



写真Ⅱ-2-24. 取り揚げ・選別作業概要（五島栽培センター 1995）

- ① 取り揚げ開始前（左：移送水槽，右：飼育水槽）
- ② 取り揚げ開始時（飼育元水槽）
- ③ 取り揚げ終了時（選別網）
- ④ 取り揚げ終了時（飼育元水槽）



写真Ⅱ-2-25. 取り揚げ作業概要（五島栽培センター 1999）

この項で述べてきたように、ブリの飼育では選別を行い、仔稚魚を大小2群に分けることで共食いによる減耗を軽減することが可能となったが、大小差が大きくなると再び共食い行動が活発になるため、選別は必要に応じて適宜行う必要がある。

(高橋 誠)



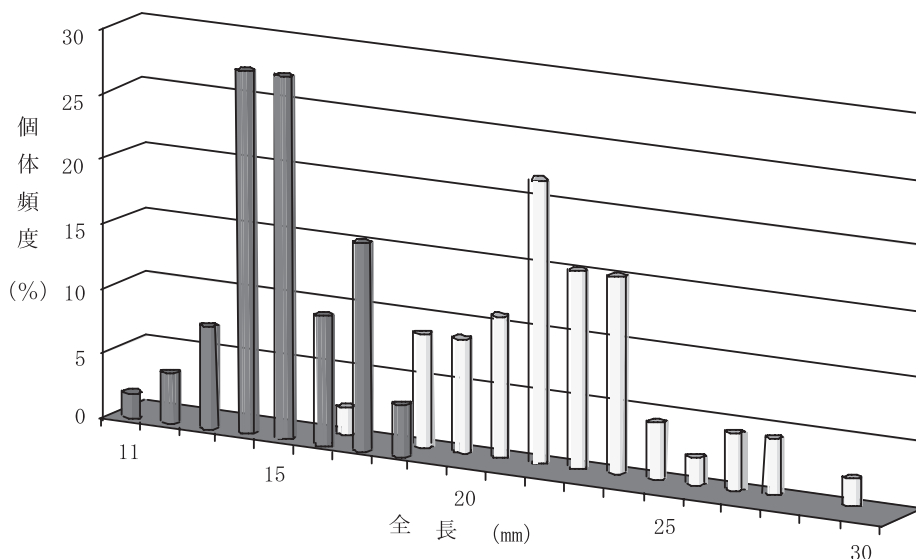
写真Ⅱ-2-26. 水タモ

Ⅱ-2-(9) 水作り

ブリの飼育の初期には、植物プランクトンを飼育水に添加する水作りを行い、給餌したワムシが飢餓状態になるのを防ぐとともに、照度やpH、溶存酸素量等を調整し水質の安定を図っている。植物プランクトンを添加しない飼育事例では、開口直後の仔魚の摂餌量が減少するとともに、鰾の開腔率が低下することから*、水作りは初期の飼育環境の安定に寄与していると考えられる。

植物プランクトンにはナンノクロロプシスまたは市販の濃縮淡水生クロレラを使用し、ふ化仔魚収容前に飼育水へ50～100万セル/mlを目処に添加する。これらは換水やワムシの摂餌によって時間とともに減少するため、通常1日に2～3回添加する。また、終日換水を行っている飼育では、早朝には飼育水中の植物プランクトンはほとんどなくなっている場合が多いため、定量ポンプを用いて連続的に添加することもある。なお、本種は全長15mmサイズを超えると共食い行動が激しくなるため、被捕食者の“目隠し効果”(勝山, 1986)として、全長20～25mmサイズまで上記の濃度で添加している。その他に飼育水の水作りとしては、多孔質物質(貝化石)を飼育水に添加した事例もあり、利点として水質の保持と安定のほか、底掃除作業の大幅な省力化があげられる。

(藤本 宏)



図Ⅱ-2-16. 夜間サイズ選別結果(選別網:160径使用)

■ 小型群 □ 大型群

* 塩澤 私信 (1993)

II-3 餌料と給餌

本種はマダイやヒラメに比べて成長速度が速いため、大量の飼餌料を要求する。このため、これらの給餌量が不足した場合には稚魚間に著しい成長差が生じ、大型魚の小型魚に対する捕食行動（共食い）が頻繁になり、生残率は著しく低下する。したがって、本種を安定的に生産するためには、魚肉ミンチ肉に餌付けるまでに給餌する天然プランクトンや養成アルテミア、淡水産ミジンコ、魚卵などの大型生物餌料を大量かつ安定的に確保する技術が必要であった。一方、1986年よりこれらの生物餌料の代替餌料として(社)マリノフォーラム21（以下、MF21）と共同で微粒子配合飼料（以下、配合飼料）の開発を行い、1991、1992年には全長20mmサイズで使用可能な配合飼料が開発され、ワムシ、アルテミア、配合飼料を給餌する現在の餌料系列が確立された。

ここでは、本種の種苗生産で採用している餌料系列と給餌方法について、配合飼料が開発される以前の生物餌料等の紹介も含めて述べる。

（藤本 宏）

II-3-(1) 餌料系列と給餌期間

五島栽培センターにおいて種苗生産に使用した餌料の変遷を表II-3-1に示す。以下には生物餌料を主体とした餌料系列と配合飼料を主体とした餌料系列に分けて概要を述べる。

1) 生物餌料を主体とした餌料系列

陸上水槽におけるブリの飼育では、開口から全長18mmサイズまでワムシ（L型）、全長20mmサイズまでアルテミア、チグリオプス、全長25mmサイズまで天然プランクトン、養成したアルテミア（体長2～3mm：以下、養成アルテミア）、淡水産ミジンコ、マダイ等魚類の卵およびふ化仔魚を成長に合わせて取り揚げまで与える。20～25mmサイズで取り揚げ後、海上に設置した小割生簀へ沖出しし、生物餌料から徐々に魚肉ミンチ肉（カタクチイワシやイカナゴ等）へと移行しながら、ほぼ全個体が餌付く全長40～50mmサイズには魚肉ミンチ肉のみを給餌する（表II-3-1）。

上浦栽培センターにおける種苗生産事例（1984、1985年）を元に、ブリとマダイで生物餌料の給餌量を比較した（表II-3-2）。ブリ仔稚魚の1尾当たりの給餌量は、

表II-3-1. ブリ種苗生産に使用した餌料の変遷（五島栽培センター 1982～1996）

餌料の種類	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
ワムシ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
冷凍ワムシ						●									
アルテミア	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
養成アルテミア*1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
冷凍養成アルテミア					●	●	●	●	●						
天然プランクトン*2	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
冷凍天然プランクトン		●	●	●	●	●	●	●	●						
チグリオプス		●	●	●	●	●	●	●	●						
淡水産ミジンコ	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
冷凍淡水産ミジンコ		●	●	●	●	●	●	●	●						
マダイふ化仔魚	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
冷凍マダイふ化仔魚		●	●												
イサキふ化仔魚	●														
冷凍マダイ受精卵					●										
アミエビ				●	●	●									
魚肉ミンチ肉						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
配合飼料					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

*1：アルテミアに配合飼料等を給餌し、全長2～3mmに養成したアルテミア

*2：主にコペポダ類のアカルチア、オイトナ

表II-3-2. ブリおよびマダイの種苗生産における稚魚1尾当たりの給餌量の比較（上浦栽培センター 1984、1985）

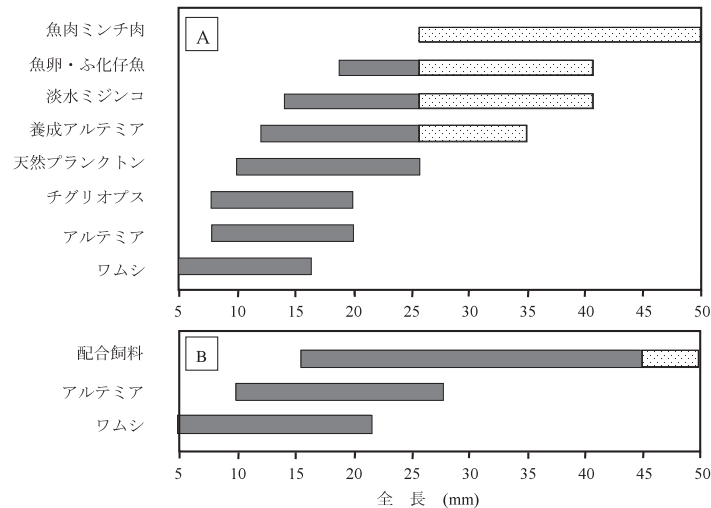
	ワムシ (万個体/尾)	アルテミア (万個体/尾)	チグリオプス (個体/尾)	天然採集 プランクトン (個体/尾)	養成 アルテミア (個体/尾)	淡水産 ミジンコ (個体/尾)	ふ化仔魚 (尾/尾)	配合飼料 (g/万尾)	イサザミ (kg/万尾)
ブリ*1 (1984)	9.9	1.23	12,260	4,653	7,603	0	411	0	0
ブリ*2 (1985)	13.2	1.47	5,850	1,572	1,675	335	0	0	0
マダイ*3 (1984)	10.7	0.47	402	48	0	0	105	292	1.8
マダイ*4 (1985)	12.2	0.23	223	277	0	0	99	188	1.3

*1：生産尾数38.8万尾，平均全長17.8mm（13.2～26.0）

*3：生産尾数201.9万尾，平均全長15.8mm（9.1～25.1）

*2：生産尾数14.6万尾，平均全長22.1mm（20.2～22.5）

*4：生産尾数208.9万尾，平均全長13.9mm（12.3～19.6）



図II-3-1. プリ種苗生産における餌料系列

A: 生物餌料を主体とした餌料系列 (上浦栽培センター 1986)
 B: 配合飼料を主体とした餌料系列 (五島栽培センター 1994)
 ■ 陸上飼育 □ 海上飼育

ワムシがほぼ同等であったのを除くと、アルテミアが2.6～6.4倍、チグリオプスが26～30倍、天然プランクトンが6～97倍とマダイに比べきわめて多いことがわかる。また、当時マダイの種苗生産ではすでに配合飼料が使用されており、養成アルテミアや淡水産ミジンコは不要であった。このように、プリを生物餌料で飼育しようとする、ワムシ、アルテミアに続いて大型の動物プランクトン等を大量に安定して確保することが必要で、それらを培養あるいは採集して生体や冷凍物で給餌しなければならない。

2) 配合飼料を主体とした餌料系列

1993年に全長15～20mmサイズで実用可能な配合飼料が開発されると、それ以前の生物餌料を主体とした餌料系列は大きく変更された(図II-3-1)。仔魚の開口から全長20～25mmサイズまではワムシ・アルテミアを与えるものの、配合飼料を全長8mmサイズから給餌し、これに餌付く全長15mmサイズ以降では配合飼料が主体となり、20mmからは成長にあわせて粒径を変えながら単独給餌となる。これらの餌料系列が可能になった原因として、①配合飼料のサイズや形状、物性が改良され、より小型サイズのプリ仔魚でも摂餌可能となったこと、②仔稚魚の成長に合わせて少量の配合飼料を一日に必要な回数に分けて給餌できる自動給餌器が開発され、餌付けが容易になったことがあげられる。なお、配合飼料はそれまで生物餌料の次に与えていた魚肉ミンチ肉と比べると水質の悪化を招きにくいいため、陸上水槽において長期間の飼育が可能となり、取り揚げおよび沖出しの種苗サイズは配合飼料を導入する前の全長20～25mmサイズから全長40～50mmサイズへと大型化した。

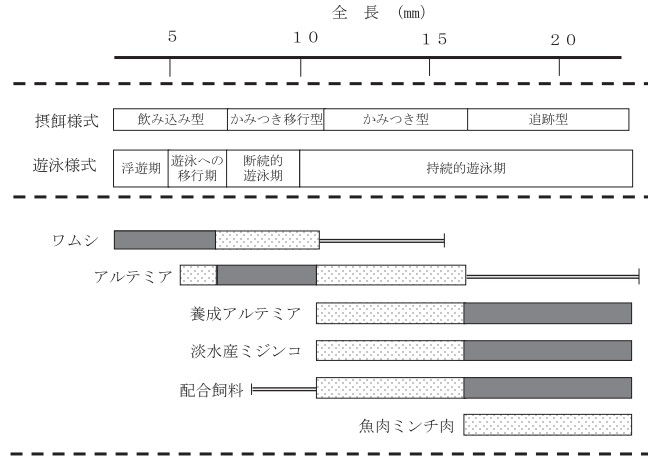
(藤本 宏)

II-3-(2) 生物餌料

前述のようにプリの種苗生産では、成長に合わせて様々な生物餌料を必要とするが、その種類や給餌の時期・量が適切でないと生産結果に大きく影響する。勝山(1989)は量産水槽における仔稚魚の摂餌状況および遊泳器官の発達過程や胃内容物の観察結果から本種における餌料系列のモデルを示している(図II-3-2, II-3-3)。それによれば、摂餌様式は全長7mm, 10mm, 16mmサイズを大きな変曲点とし次のように発現する。①全長7mmサイズでそれまでの「飲み込み型」から「かみつき移行型」になり、摂餌の対象生物はワムシからやや大型のアルテミアへと変化する、②全長10mmサイズからは「かみつき型」の索餌を行い、養成アルテミアや小型の淡水産ミジンコが餌料として適するようになる、③全長16mmサイズからは「追跡型」の索餌様式となり、遊泳器官も完成してミンチ肉の摂餌が可能になる。一方、消化管の内容物からは、①ワムシを給餌する最適期は全長7mmサイズまでであるが、全長15mmサイズまでは給餌適期にあり、全長30mmサイズでも摂餌は確認される、②アルテミアは全長7～14mmサイズが給餌最適期で全長20mmサイズまでが給餌適期である、③養成アルテミアと淡水産ミジンコはほぼ同様な給餌適期を示すが、全長30mmサイズになると養成アルテミアはやや小さすぎるため、最適期は全長25mmサイズまでであることを考察している。なお、本論文が掲載された当時はまだプリ用の配合飼料が開発されていないものの、配合飼料についても給餌期が示されており、現在と概ね一致した給餌時期が示されている。

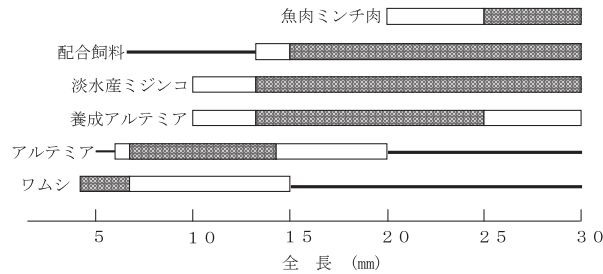
以下に種苗生産に使用した各種生物餌料の特徴を示す。

① ワムシ：被甲長はL型ワムシでは220～270 μm, S



図II-3-2. プリ仔稚魚の摂餌・遊泳様式と想定される餌料系列（勝山 1990を改変）

■ : 最適 □ : 利用に適す ≡ : 利用可



図II-3-3. プリ仔稚魚の消化管内用物調査から想定される餌料系列（勝山 1990を改変）

■ : 投与最適期 □ : 投与適期 ≡ : 摂餌確認

型ワムシでは150～180 μmである。パン酵母，ナンノクロロプシス，あるいは淡水クロレラを給餌して培養したものを栄養強化し，開口前日（日齢2）より給餌を開始する。本種はS型ワムシでは全長8mmサイズまで，L型ワムシでは全長10mmサイズまで単独給餌による飼育が可能であるが，L型ワムシの方が長期間給餌できるため望ましい。

② アルテミア：体長0.9～1.2mm。水温28～30℃で耐久卵をふ化水槽に収容し，24時間後にふ化した幼生を栄養強化して給餌する。ブリの仔魚はアルテミアへの嗜好性が強く，全長20mm以上に成長しても摂餌するが，栄養強化が不十分なアルテミアを単独で長期間給餌すると取り揚げ時の刺激で種苗が大量死亡する事例が多くみられるため避けるべきである。

③ チグリオプス：体長1.0～1.5mm。匍匐性のコペポダで，標準和名は「シオダマリミジンコ」。上浦栽培センターでは200kl水槽でパン酵母を餌料として培養していた。給餌したチグリオプスがブリの魚体の体表に付着し，外観的に稚魚がキラキラと体をくねらせる状態が観察されるが，それによって死亡することはない。

④ 養成アルテミア：体長2～3mm。ふ化したアルテ

ミアにアルテミア用配合飼料を与え，1～2週間養成したものを給餌するが，安定した生産が困難である。養成日数や配合飼料の給餌量を調整することにより，適正な大きさの餌料を確保することが可能。

⑤ 天然プランクトン：地先の海面で夜間に灯火採集したプランクトンを給餌する。主な種類はコペポダ類のアカルチア *Acartia sp.*（体長1～1.2mm），オイトナ *Oithona sp.*（体長0.8～1mm）で，その他にカニのゾエア幼生等も含まれる。種苗生産期間中は生体で給餌するが，その他の時期には採集して冷凍保存する。

⑥ 淡水産ミジンコ：休耕田や水槽で培養したミジンコを給餌する。主な種類はモイナ *Moina macrocopa*，ダフニア *Daphnia plex*，（体長0.8～2mm）である。1個体当たりの容量が大きいいため，飼育の後半に給餌する。なお，海水中では長時間生き残らないため，適量を分けて給餌することが必要。

⑦ 魚卵，ふ化仔魚：卵径約1mmのマダイやイシダイの浮上卵および沈下卵を使用する。また，ふ化仔魚でも使用できるが，餌料としては卵で十分である。

（藤本 宏）

II-3-(3) 配合飼料

1) MF21 との微粒子配合飼料の共同開発試験

ブリ種苗生産の技術開発当初は、多種・大量の生物餌料が利用されたが、これらを必要量培養し確保するには、多大な労力と施設の整備が必要であり、安定した種苗生産技術を確立するためには、生物餌料に代わる配合飼料の開発が求められた。

ブリの微粒子配合飼料の開発は、屋島栽培センター、上浦栽培センター、五島栽培センターとMF21の共同研究として、1986年から進められた。この研究では、全長30mmサイズ以下のブリ仔魚が摂餌できる配合飼料の開発を目的とし、大学と複数の企業がそれぞれ独自に試作した配合飼料を使用して飼育試験を行った。当初は全長30mmサイズの稚魚を、その後は全長25mm、15mm、10mmサイズの仔稚魚を順次供試魚として用い、より小型サイズのブリで利用可能な配合飼料の開発を目指した。試験では、配合飼料を給餌して飼育したブリ仔稚魚の成長、生残および活力（測定方法については「II-4-4 種苗の健全性」の項を参照）を生物餌料で飼育した試験区の魚と比較・検討した。

飼育試験を実施した年度と、飼育に成功した仔稚魚のサイズを図II-3-4に示した。全長30mmサイズでは初年度の1986年から配合飼料による飼育に成功し、その後、1988年には全長25mmサイズで、1990年には全長15mmサイズで配合飼料の単独給餌による飼育が可能となった。全長10mm以下のサイズでは、配合飼料による飼育は困難であったが、試験を開始した8年目の1993年には、一部で有効性が認められた。

配合飼料による飼育の可否は、第一に仔稚魚の摂餌の有無（摂餌誘因性）により決定される。そこで、1997年に摂餌誘因性の向上を目的とした飼育試験を実施し、甲殻類エキスの有効性を把握した。

一般的に量産規模の飼育において配合飼料は、生物餌料と併用しながら餌付け徐々に切り替えていく方法をとっており、現在では全長8mmサイズから配合飼料を

え始め、全長15mmサイズからはそれを主体に給餌する手法が確立している。

2) 配合飼料給餌の効果

ブリの種苗生産に配合飼料を使用した場合の経済性、利便性、栄養価および問題点を表II-3-3に示した。飼育に用いる仔稚魚用の配合飼料は、育成（養殖）用飼料に比べて単価は高いが生物餌料の培養に必要な施設等が不要であり、加えて培養に要する労力と経費を削減することができる。さらに、配合飼料の給餌に自動給餌器を使用することにより、省力化が図られる。

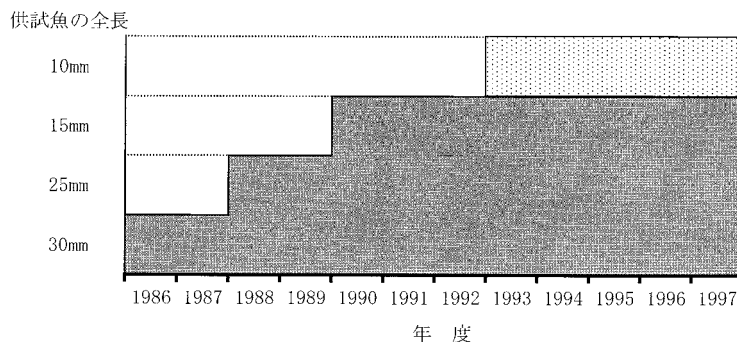
栄養価の面では、配合飼料に餌付いた後の成長は生物餌料のみを給餌した場合より優れ、また、生物餌料の飼育で発生する取り揚げ（全長15mmサイズ）等の刺激による死亡（ショック死）が減少するため、活力向上の点からも配合飼料の給餌は優れていると判断される。

一方、問題点としては、①生物餌料に比べ水質悪化を起しやすいため、②配合飼料の原材料により品質が異なること、③栄養的に問題のある製品を使用した場合、死亡率と形態異常個体の出現率が高まることなどがあげられる。対策として、①については配合飼料を給餌するときに水質（溶存酸素量）のチェックを行い水質の変化に注意すること、②、③については、2～3種類のメーカーの配合飼料を混合して使用方法がある。

（崎山 一孝）

表II-3-3. 配合飼料の餌料特性

項目	効果と問題点
経済性	育成（養殖）用飼料に比べて単価は高いが、使用量が少ないため生物餌料の培養、天然プランクトン採集の経費より安価。
利便性	生物餌料の培養と天然プランクトン採集の施設設備、労力および経費が不要。自動給餌器を導入することにより、さらに給餌作業の省力化が図られる。
栄養価	生物餌料に比べて、仔稚魚の成長が早い。ハンドリングに対する耐性が向上し、全長15mmサイズでの取り揚げ、選別が可能となる。
問題点	生産ロットにより品質が異なることがある。



図II-3-4. 微粒子配合飼料による飼育が可能となったブリ仔稚魚の大きさの推移

■ : 飼育可能 □ (点線) : 一部の飼料で有効性確認

II-3-(4) 給餌量および給餌方法

1) 生物餌料

中川 (1983) はブリ仔稚魚にワムシやアルテミア等を給餌し、1～2時間後の胃内容物から仔稚魚の成長に応じた生物餌料の摂餌状況を調査している (図II-3-5)。図中の点線で示した消化管内の摂餌数が各餌料におけるブリの1回当たりの飽食量と考えられる。ワムシは開口直後から摂餌され、全長6～8mmの間におよそ100個体でピークに達する。アルテミアは全長5.5mmから摂餌され、成長するに伴って摂餌量は増加し、全長15mmでは最大130個体前後を摂餌するようになる。本種の種苗生産では、過去のデータからS型ワムシを単独で給餌して飼育できるブリ仔稚魚の最大サイズは全長8mmサイズ、L型ワムシでは全長10mmサイズとされており、これ以降では配合飼料を摂餌するまではアルテミアの給餌が必要となる。

飼育水槽中のワムシは、5～10個体/mlの密度を維持するように、1日に2～3回、栄養強化した後に給餌する必要がある (表II-3-4)。なお、栄養強化されたワムシの栄養状態を維持しつつ、効率的に摂餌させるには給餌を3～4回に分けて行った方がさらに良い。

アルテミアは、仔稚魚の密度や飽食量を参考に、全長5～7mmサイズから飼育水中の密度が0.2個体/mlになるように給餌を開始し、成長に応じて0.5個体/mlまで増加する。アルテミアの摂餌が活発になれば、給餌後30分以内に食べきる程度に1回当たりの量を調整する。アルテミアとワムシを併用して飼育する場合には、1日2回ワムシの給餌後、2時間程度経過してからアルテミアを与えるのが望ましい。なお、アルテミアはブリの仔稚魚の栄養要求を十分満たしていないため、栄養強化剤による栄養富化を怠ると仔魚の活力の低下や形態異常を引き起こす原因となる。

2) 配合飼料

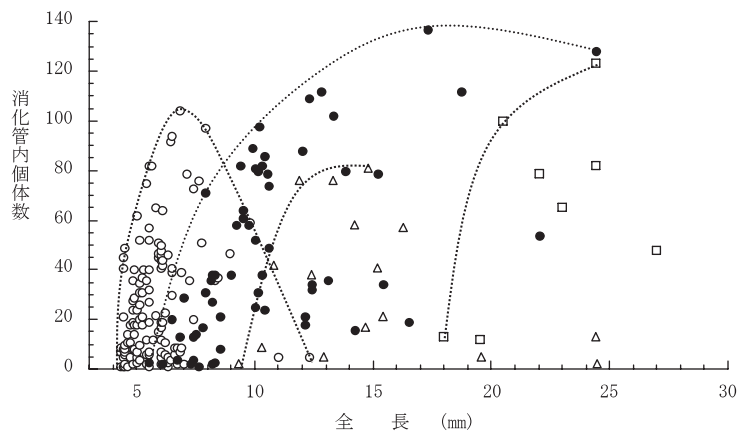
配合飼料は、近年の造粒技術の発展により微粒子化が図られ、種苗生産の初期餌料であるワムシ、アルテミアと併用できるようになった。配合飼料は主に自動給餌器で与えるが、餌付け時期には手撒きによる給餌も併用し、以下の点に注意する。①仔魚の摂餌状況を観察しながら、水槽全体に行きわたるように給餌する。②1日に一定の時間 (7～18時)、一定量 (成長により増量) を少量ずつ連続的に給餌する (表II-3-4)。③仔稚魚をよく観察し配合飼料の摂餌を認めた後は、生物餌料を少しずつ減らし、代わりに配合飼料の割合を高めるようにする。④ワムシは配合飼料に餌付くまでは常に水槽中に存在 (5～10個体/ml) するようにする。⑤アルテミアは午前 (11時50分頃：飽食にならない量) と午後 (夕方18時頃：飽食量) の最後にそれぞれ1回のみ与える。なお、配合飼料に餌付かない個体を基準にアルテミアを充分量与え続けると、餌付けが困難となり、共食い、餌不足、取り揚げ時の外因性のショック死等により死亡する個体が増え、生残率が低下するので注意が必要である。現在栽培センターでは、上記の方法を実践し配合飼料の給餌開始サイズを全長8mmとし、全長12mmサイズまでに摂餌個体率を80%以上にすることを可能にしている。

(山崎 英樹)

表II-3-4. 餌料の種類と給餌基準量

餌料の種類	給餌対象魚のサイズ (全長: mm)	給餌基準量 (給餌密度)
ワムシ	4.5～20.0	5～10個体/ml
アルテミア	5.0～20.0	0.2～0.5個体/ml
配合飼料	200～400 μm	少量*
	400～700 μm	体重の20%
	700～1,000 μm	体重の10～20%
	1,000 μm	体重の10%

* 配合飼料の餌付けを目的として、少量を多回給餌する



図II-3-5. ブリ仔稚魚の成長にともなう餌料の消化管内個体数 (屋島栽培センター 1983を改変)

○ ワムシ ● アルテミア △ コペポーダ □ ミジンコ
 想定される1回当たりの飽食量

II-3-(5) 栄養要求量と餌料の栄養強化

ブリ仔稚魚の栄養要求を把握するため、1989年から「海産稚魚の栄養要求に関する研究」が東京海洋大学（旧東京水産大学）と上浦栽培センターの共同研究として開始された。ここでは上浦栽培センターで行われた栄養要求に関する研究成果について紹介し、実際に行われている各栽培センターでの生物餌料（ワムシ、アルテミア）の栄養強化方法について述べる。

1) ブリ仔魚の高度不飽和脂肪酸要求量把握試験

ブリ仔稚魚における高度不飽和脂肪酸（以下、HUFA）の要求量を把握するため、アルテミア給餌期の仔魚（全長7mmサイズ）を用いて、2回の飼育試験を行った。

1回目の試験では、餌料のHUFA強化レベルを変えるためにそれぞれ異なる栄養強化剤で処理したアルテミアを仔魚に給餌して10日間飼育し、成長、生残率、活力（小型容器に収容した種苗をタモ網で掬い、30秒間空中干出して再び小型容器へ戻し、24時間後の生残率を指標とする）を比較した。その結果、成長、生残率、活力は強化レベルを最も高めたエスター85（オリエンタル酵母工業）とマリンアルファ（日清マリンテック）区がともに優れた。この試験区のアルテミアのn-3系高度不飽和脂肪酸（以下、n-3HUFA）量は3.9%（乾燥重量換算）であり（藤本、1989）、マダイ（3.0%）やヒラメ

（3.5%）に比べてブリのn-3HUFA要求量は高いことが明らかとなった（竹内、1991）。

2回目の試験では、n-3HUFAのうちドコサヘキサエン酸（以下、DHA）の要求量について検討した。試験結果を表II-3-5に、試験に用いた餌料、魚体の分析結果を表II-3-6に示す。n-3HUFA含量の最も少ない1区は必須脂肪酸欠乏と思われる体色の黒化や異常遊泳および死亡魚がみられ、生残率も55.1%と低かった。一方、n-3HUFA含量を高めた2、3区は90%以上の生残率を示し、成長、活力試験ともに強化油脂中のDHA濃度に比例した結果を得た。使用した餌料の分析結果からこの時期のブリのDHA要求量はアルテミアの乾物当たり1.78~3.13%の範囲にあると考えられ、DHAを強化したアルテミアを給餌することにより、成長、生残率、活力の改善が図れることが明らかとなった（関谷、1991）。

2) 栄養強化方法

ワムシ、アルテミアの栄養強化は、これらの生物餌料にDHA、エイコサペンタエン酸（以下、EPA）等のHUFAを取り込ませるために実施するものである。栄養強化で重要な点は生物餌料の活力を維持することであり、通気量、収容密度、水温等を十分注意して管理することが必要である。また、弱った生物餌料は十分に栄養強化されていないばかりか、給餌後に飼育水槽内で死亡

表II-3-5. ブリ仔魚のDHA要求量把握試験結果の概要（上浦栽培センター 1991）

試験区	使用油脂	収容			取り揚げ				
		月日	尾数	全長 (mm)	月日	尾数	全長 (mm)	生残率 ^{*1} (%)	活力試験 ^{*2} (%)
1	OA ^{*3}	5.19	1,000	7.2±0.3	5.30	515	13.9±2.5	55.1	6.0
2	OA + DHA	5.19	1,000	〃	5.30	859	15.7±2.2	93.4	32.0
3	DHA	5.19	1,000	〃	5.30	845	17.6±2.1	91.5	84.0

*1: サンプル尾数を除いて計算
 *2: 30秒間干出し、12時間後の生残率で示す
 *3: オレイン酸

表II-3-6. ブリ仔魚のDHA要求量把握試験に用いたアルテミアと魚体の脂質、総n-3HUFA、EPAおよびDHA含量（上浦栽培センター 1991）

（単位は湿物・%、（ ）内は乾物・%を示す）

試験区	使用油脂	アルテミア				魚体			
		脂質	Σn-3HUFA	EPA	DHA	脂質	Σn-3HUFA	EPA	DHA
	イニシャル	3.50 ^{*1} (26.2)	0.11 ^{*1} (0.84)	0.08 ^{*1} (0.58)	ND ^{*1} (ND)	3.00 ^{*2} (19.1)	0.89 ^{*2} (5.67)	0.36 ^{*2} (2.31)	0.36 ^{*2} (2.29)
1	OA ^{*3}	3.20 (29.6)	0.08 (0.77)	0.06 (0.56)	ND (ND)	3.40 (18.5)	0.22 (1.20)	0.14 (0.76)	0.02 (0.13)
2	OA + DHA	3.34 (30.1)	0.32 (2.89)	0.11 (1.02)	0.20 (1.78)	2.97 (16.9)	0.42 (2.40)	0.17 (0.96)	0.26 (1.45)
3	DHA	3.25 (32.4)	0.52 (4.88)	0.16 (1.47)	0.33 (3.13)	2.84 (16.1)	0.58 (3.27)	0.16 (0.93)	0.35 (2.00)

*1: 未強化アルテミア
 *2: 試験開始時の魚体
 *3: オレイン酸

表II-3-7. ワムシ、アルテミアの栄養強化方法 (1996~1998)

種類	水槽	栄養強化方法				備考		
		強化剤	添加量	収容密度 (億個体/kℓ)	水温 (℃)		時間 (h)	
ワムシ	事例-1	2.0~2.5kℓ FRP水槽	ナンノクロロプシス アクアラン	2000万セル/ml 150~250g/kℓ	3~11	20	1~24	1次強化はナンノクロロプシスのみで7時間 またはアクアランのみで16~21時間実施
	事例-2	2.0kℓ FRP水槽	アクアラン	250g/kℓ	5~10	20	5~22	ろ過海水に収容
	事例-3	2.0kℓ FRP水槽	生クロレラV12 アクアラン	300~500ml/kℓ 300g/kℓ	5~7	20	12~16	1次強化は生クロレラで7時間実施
アルテミア	事例-1	2.5~6.0kℓ FRP水槽	乳化オイル (パワッシュA)	50~75ml/kℓ	0.5~1	20	15~26	ろ過海水に収容
	事例-2	2.0~2.5kℓ FRP水槽	アクアラン	150~200g/kℓ	0.3~2.6	20~22	16~24	ろ過海水またはオゾン処理海水に収容、高水温時は酸素通気併用

し水質を悪化させるため使用するべきではない。栄養強化方法の事例を表II-3-7に示す。

ワムシでは、市販の栄養強化剤（アクアラン、BASF ジャパン）とナンノクロロプシスまたは市販の淡水濃縮生クロレラを用いる。ナンノクロロプシス（2000万セル/ml）または淡水濃縮生クロレラ（300~500ml/kℓ）を添加した栄養強化水槽にワムシを収容し、ミキサーで十分攪拌して乳化させたアクアランを150~300g/kℓ加える（海水にアクアランのみを添加する場合もある）。その他、近年ではDHAやEPAを添加した淡水濃縮生クロレラも市販されており、栄養強化剤として使用することも可能であるが栄養強化レベルについては未検討である。栄養強化水槽に収容する密度は、酸素欠乏による活力低下や栄養強化剤の摂取による飢餓を防ぐため、10億個体/kℓを上限とする。栄養強化水温は飼育水温に合わせて20~22℃、強化時間は12~24時間とする。また、栄養強化水槽にはフィルターを垂下し、ワムシの糞や死骸等によるフロックを除去する。給餌は、ワムシを栄養強化水槽からネットで抜き取り、ろ過海水を注水しながらよく洗い、バケツに移した後に小型のタモ網でゴミ、死骸等を取り除いて行う。また、複数回に分けて給餌する場合は、給餌後のワムシを新しい強化水槽に植え替え、再度栄養強化剤を取り込ませてから使用する。

アルテミアでは、ふ化した幼生と卵殻を分離後、海水が入った栄養強化用水槽へ収容し、乳化オイル（パワッシュA、オリエンタル酵母工業）あるいはアクアランで強化する。パワッシュAもアクアランと同様にミキサーで十分に乳化させてから使用する。収容密度は1~2億個体/kℓを、栄養強化水温は20~22℃を目安とする。なお、ふ化直後のアルテミアは消化管がまだ未形成であるが、水温28℃ではふ化後1日以内に摂餌を開始する（1988 二村）ことから、栄養強化剤はこの時以降から体内に取り込まれる。したがって、栄養強化を開始する時期は注意する必要がある。15~26時間栄養強化したアルテミアは、抜き取り後よく洗浄して給餌する。なお、複数回に分けて給餌する場合は、前述のワムシと同様である。

(藤本 宏)

II-4 成長と生残

魚類の種苗生産では、飼育期間中の死亡原因および形態や体色異常の発現機構等を解明し、健全な種苗を大量に生産する技術開発が求められる。そのためには、対象とする魚類の卵・仔稚魚期について、形態、生態および生理学的な面を総合的に検討し、それぞれの特徴に応じた飼育手法の開発が必要である。ここでは、本種の仔稚魚期の発達段階に関する知見を整理するとともに、種苗生産における成長、生残および健苗性について述べる。

(崎山 一孝)

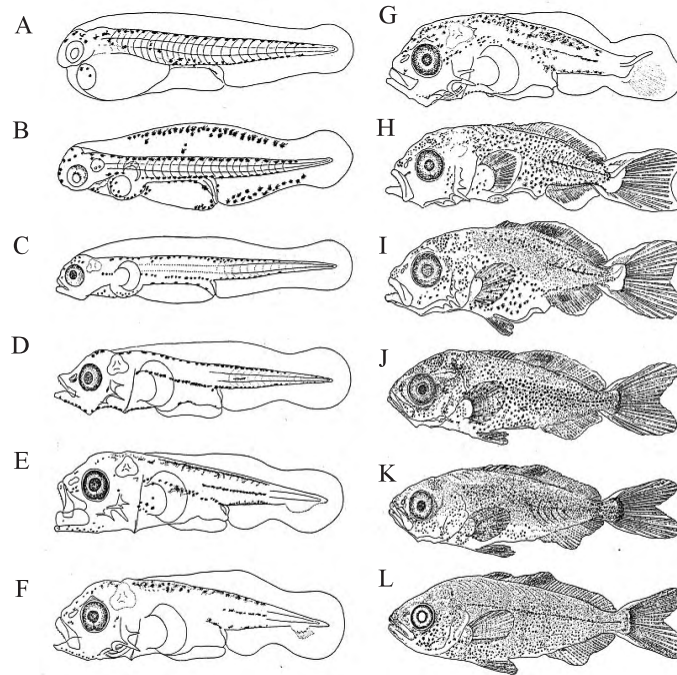
II-4-(1) 仔稚魚の発達

ブリ仔稚魚の発達に関しては、外部形態（三谷, 1960; Fukuhara *et al.*, 1986; 李, 1994）、骨格（勝山, 1989; Fukuhara *et al.*, 1986）、消化器官（椋田・落合, 1973; 椋田・落合, 1975）および行動（勝山, 1989; 安楽・畔田, 1965; 阪倉, 1996）等の研究が行われている。Fukuhara *et al.* (1986) はブリ仔稚魚の成長に伴う外部形態の変化について詳細な研究を行い、仔魚から稚魚への移行期は全長10~14mmであることを示した（図II-4-1）。さらに李（1994）は、本種仔稚魚の発達過程を形態学的、生化学的側面から観察し、以下のI~VI期に分ける（図II-4-2）とともに各段階の特性を明らかにした。

第I期（ふ化直後から全長4mm）形態的に未分化な状態で内部栄養に依存する段階である。

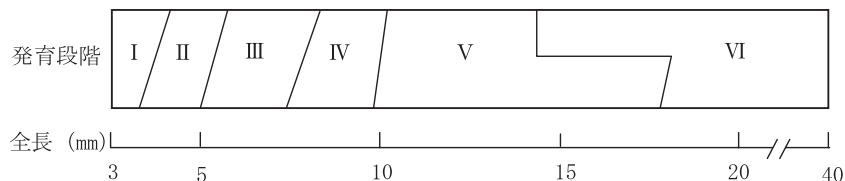
第II期（全長4~5.5mm）摂餌に関連する骨格と筋肉が発達し、遭遇した餌料を丸呑みする機能が発現する。この段階は、エネルギーの蓄積量が少ないにもかかわらず摂餌するための運動能力を有していないため、最もcriticalな時期であるといえる。

第III期（全長5.5~8mm）諸器官が著しく発達する時期。特に、遊泳に関連する骨格が形成されるなど、摂餌能力は飛躍的に向上する。一方で、取り込まれた栄養の大部分は各器官の形成に費やされるため、十分な摂餌が行えたとしても、エネルギーは蓄積されない。したがって、エネルギーの蓄積量から判断すれば摂餌開始時期



図II-4-1. 成長に伴うブリ仔稚魚の外部形態の変化 (Fukuhara *et al.* 1986を改変)

A : 日齢0, SL3.5mm	B : 日齢1, SL3.7mm	C : 日齢2, SL4.1mm
D : 日齢5, SL5.6mm	E : 日齢10, SL5.9mm	F : 日齢15, SL6.4mm
G : 日齢18, SL7.0mm	H : 日齢25, SL8.9mm	I : 日齢27, SL12.2mm
J : 日齢30, SL19.3mm	K : 日齢34, SL21.0mm	L : 日齢40, SL25.8mm



図II-4-2. 形態と体成分からみたブリ仔稚魚の初期発育段階 (李 1994を改変)

- 第I期：細胞内の物質を分解して発育する時期。形態的に未分化
- 第II期：外部栄養への移行期。摂餌・消化吸収に関わる器官の発達
- 第III期：サイズの急増，遊泳器官の発達。エネルギー源の蓄積量の減少
- 第IV期：仔魚から稚魚への生化学的な移行開始。エネルギー蓄積量の増加
- 第V期：形態，生理の両面からみた仔魚から稚魚への移行期
- 第VI期：筋肉の収縮能の増大，鱗形成。真の稚魚段階への移行期

(全長 4 mm サイズ)と同様にcriticalな時期と考えられる。

第IV期 (全長 8 ~ 10mm) エネルギーの蓄積量は増加し，筋肉の収縮能が発達する。全長 10mm サイズでは摂餌と遊泳に関連する骨格が全て出現し，長時間水流に逆らって持続的に泳ぐことが可能となる。

第V期 (全長 10 ~ 14mm) 生理学的，生化学的にみると仔魚から稚魚への移行期であると推察される。また，形態的な稚魚期の定義である鱗条の定数への到達は全長

14mm 前後に観察される。

第VI期 (全長 14mm 以上) 外部形態は稚魚であるが，筋収縮能の発達，消化酵素であるトリプシン比活性の低下は仔魚期から継続しており，生化学的な安定期に入るのは全長 18mm サイズ以降である。ブリが外部形態のみでなく，生理・生化学的にも稚魚型になるのは全長 20mm サイズ前後であると判断される。

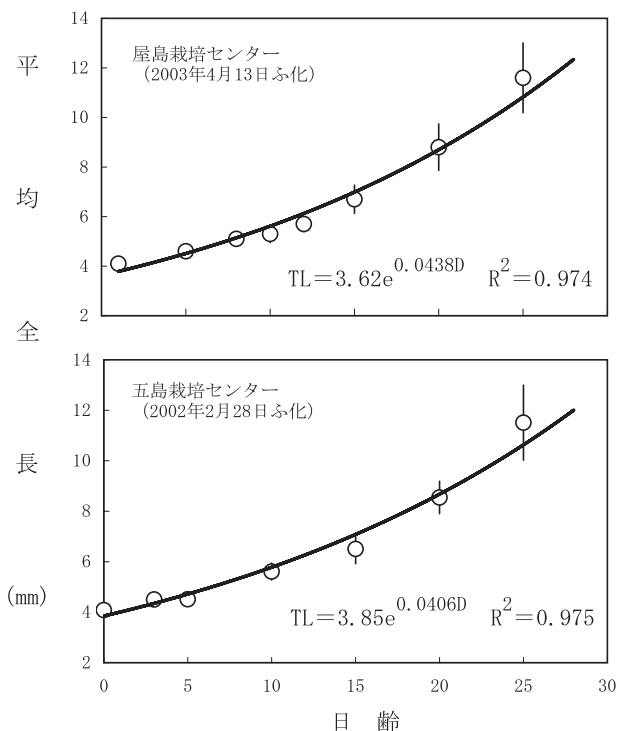
(崎山 一孝)

II-4-(2) 成長

一般に、魚類の種苗生産過程における成長を示す指標として、全長、体長、および体重が用いられる。通常、生産回次ごとにふ化直後より3～5日間隔でサンプリングした仔稚魚を測定する。

全長や体長の測定では、飼育水槽から偏りのないよう30～50個体を採集し、薬剤（MS-222, SigmaまたはFA-100, 田辺製薬）を使用して麻酔する。小型魚の場合は魚体を傷めないようにピペット等で、大きくなったらピンセットで枠付きのスライドガラスやシャーレへ移す。全長30～40mmサイズまでは万能投影機を用いて5～10倍に拡大投影した映像をノギスで、万能投影機に取まらない大型の稚魚は、直接ノギスや測定板で測定する。

仔稚魚の体重を示す方法には湿重量と乾燥重量とがあるが、一般には湿重量が用いられる。湿重量は、サンプリング・麻酔処理後に魚体表面の水分をろ紙等で除き、台秤や電子秤で測定する。個体別の重量を求める場合は1尾ずつ測るが、全長20mmサイズまでの小型個体では誤差が大きくなるため、数尾～数十尾をまとめて実施し、尾数で除して平均体重を求めることが多い。なお、湿重量の値は、体表面に付着した水分や体内の水分含量に影響されやすいので、乾燥重量を用いる場合もある。これは、水分を機械的に除去することから、湿重量に比べて誤差も少なく、体成分分析等で正確な体重を示す場合に有用である。測定は、魚体を蒸留水で洗浄後、105℃の乾燥機で24時間乾燥させてから行うのが一般的で



図II-4-3. 陸上水槽で飼育したブリ仔稚魚の成長

ある。

上記測定により得られた情報から仔稚魚の成長を把握し、それらを飼育管理手法にフィードバックさせる。また、データを解析して得られた成長に関する情報（成長率、変動係数、肥満度等）より、種苗の健全性を評価することができる。

1) 全長

全長（Total length：TL）は、体の最前端から尾鰭の後端までの長さを指し、魚類の種苗生産では仔稚魚の成長を示す指標として最も良く使用される。

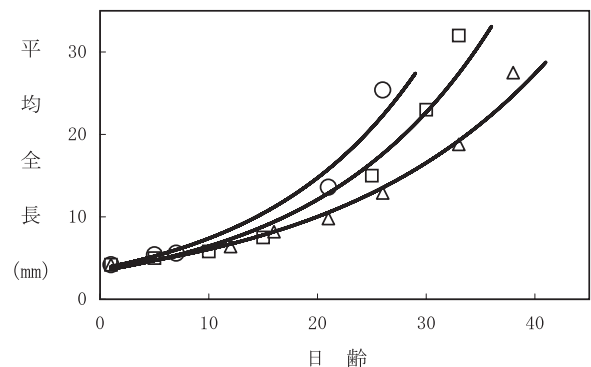
屋島栽培センターと五島栽培センターで得られたふ化から日齢25前後までの日齢と全長の関係を図II-4-3に示す。平均全長（TL：mm）は日齢（D：日）の経過に伴い指数関数的に増加し、次式で表された。

$$\text{屋島栽培センター： } TL = 3.62e^{0.0438D} \quad R^2 = 0.974$$

$$\text{五島栽培センター： } TL = 3.85e^{0.0406D} \quad R^2 = 0.975$$

飼育開始時期は五島栽培センターが2月末、屋島栽培センターが4月中旬と両者で約1.5カ月の隔りがあるが、飼育水温はいずれも22℃に設定されており、全長（TL）の増加係数も約0.04と両センターで有意な差は認められなかった。これらの成長式から、ブリの仔魚は日齢10で全長6mm、日齢20で8mm、日齢25で11mmに成長すると予想される。なお、日齢25以降は共食い防止を目的に選別するため、それぞれの群ごとの測定が必要である。

仔稚魚の成長は、水温、飼育密度、餌料、給餌量等さまざまな要因によって大きく影響される。ここでは、異なる水温で飼育した事例を図II-4-4に示した（水田，1981）。水温が高いほど成長は速く、全長の増加係数は20.5℃で0.050、21.3℃で0.062、22.1℃で0.069と、わずか0.8～1.6℃の違いでも差が認められる。この違いは日齢20以降特に顕著で、原因は水温の影響の他に共食い等によって小型魚が減少した結果、測定した平均値が高



図II-4-4. 異なる水温で飼育したブリ仔稚魚の成長
(水田 1981を改変)

$$\triangle : 20.5^\circ\text{C} \quad TL = 3.67e^{0.050D} \quad R^2 = 0.988$$

$$\square : 21.3^\circ\text{C} \quad TL = 3.43e^{0.062D} \quad R^2 = 0.975$$

$$\circ : 22.1^\circ\text{C} \quad TL = 3.70e^{0.069D} \quad R^2 = 0.978$$

まるためと考えられる。

2) 体長

体長 (Standard length : SL) は吻端から下尾骨の後端までの長さを指す。一般にブリの種苗生産では、トラフグのように尾鰭が傷むことが少ないのであまり使用されない。Fukuhara *et al.* (1986) はブリ仔稚魚の全長 (TL : mm) と体長 (SL : mm) の関係を

$$SL = 0.783TL + 0.07 \quad (R^2 = 0.999)$$

で示し、高い相関が認められたと報告している (図 II-4-5)。

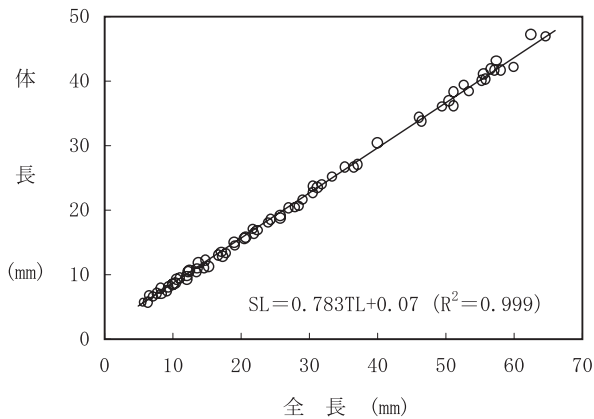


図 II-4-5. ブリ仔稚魚の全長 (TL) と体長 (SL) の関係 (Fukuhara *et al.* 1986 を改変)

3) 体重

体重 (Body weight : BW) は全長と同様に成長の指標としてよく用いられ、特に給餌量や投薬量の目安として利用される。

上浦栽培センターで測定した全長と湿重量の関係を図 II-4-6 (ふ化仔魚～全長 10mm)、図 II-4-7 (全長 10～300mm) に示す。いずれも全長 (TL : mm) と体重 (BW : mg または g) の関係は累乗関数で示され、以下の関係式が得られた。

ふ化仔魚～全長 10mm :

$$BW \text{ (mg)} = 3.97 \times 10^{-4} \times TL^{4.525}$$

全長 10～300mm :

$$BW \text{ (g)} = 1.02 \times 10^{-5} \times TL^{3.012}$$

これらの式から、全長 5mm サイズの湿重量は 0.57mg、10mm サイズで 13.3mg、30mm サイズで 0.28g、50mm サイズで 1.32g、100mm サイズで 10.6g と推定される。

李 (1994) はブリ仔稚魚の生化学的発育を検討するために乾燥重量 (DBW : μg) を測定し、成長に伴う変化を調査している (図 II-4-8)。ふ化直後の仔魚の乾燥重量は $63.2 \mu\text{g}$ で、日齢 3 (開口時) には $53.1 \mu\text{g}$ へと減少するが、その後は日数の経過に伴い増加する。その結果、全長 10mm サイズ、20mm サイズおよび 30mm サイズでの乾燥重量は、それぞれ $3.021 \mu\text{g}$ 、 $25.264 \mu\text{g}$ および $70.140 \mu\text{g}$ で、全長 (TL : mm) との関係は、全長

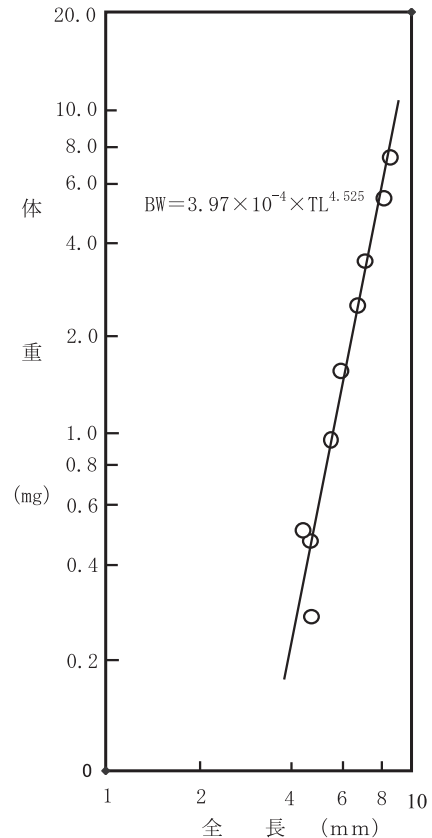


図 II-4-6. ブリ仔稚魚の全長と湿重量の関係 (ふ化～全長 10mm) (上浦栽培センター)

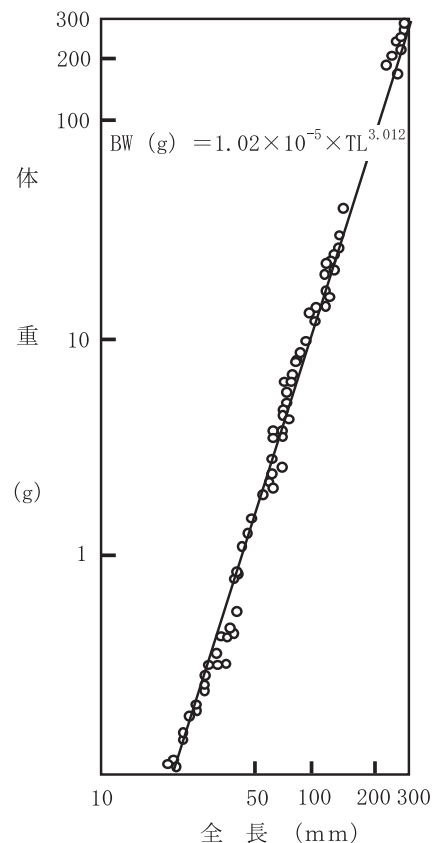
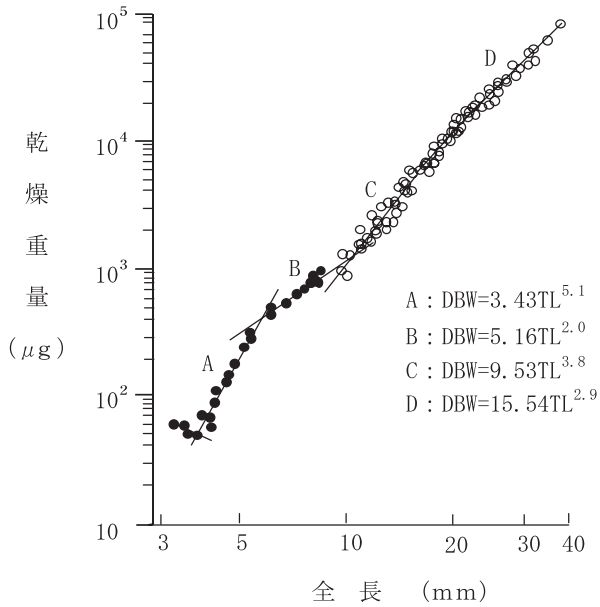


図 II-4-7. ブリ仔稚魚の全長と湿重量の関係 (全長 10～300mm) (上浦栽培センター)



図II-4-8. ブリ仔稚魚の全長と乾燥重量の関係(李 1994を改変)

● : 複数個体の平均値 ○ : 個体別の測定値

5.1mm, 9.5mmおよび15.5mmに変曲点を持つ次式で示された。

開口～5.1mm : $DBW = 3.43 \times TL^{5.1}$

～9.5mm : $DBW = 5.16 \times TL^{2.0}$

～15.5mm : $DBW = 9.53 \times TL^{3.8}$

15.5mm～ : $DBW = 15.54 \times TL^{2.9}$

(崎山 一孝)

II-4-(3) 生残状況

水槽で飼育する仔稚魚は、収容直後より様々な原因で死亡していく。適切な飼育を行う上で、常に的確な生残状況を把握することが重要であり、このことにより大量死亡を防止することも可能になる。しかし、飼育している魚の生残状況は水面からの観察だけで把握することが困難であり、特に魚のサイズが小さい初期には、飼育水へナンクロロプシスが添加されているため、目視による観察はほとんど不可能である。このため、柱状サンプリングによる計数や底掃除で排出された死亡魚の尾数より、仔稚魚の生残尾数の推定を行わなければならない。

ここでは、過去の飼育結果に基づき、ブリ仔稚魚の生残状況の傾向、減耗要因及びその防止対策について述べる。

1) 生残尾数の推定

飼育水槽内の生残尾数の推定は、通常、直径40～50mmの塩化ビニール製パイプを用いた柱状サンプリング(写真II-1-11)により行う。サンプリングは、収容から日齢3まで(ふ化仔魚を飼育水槽に収容してから開口まで)は昼間に、日齢4～15までは夜間にそれぞれ行う。しかし、これ以降は仔稚魚が部分的に蟄集し、分布の偏りが大きいため、柱状サンプリングによる推定は行えないので、底掃除より排出された死亡尾数を差し引いて生残尾数を推定する。取り揚げ時には、重量法や目視による比色法あるいは魚数計により尾数を推定するが(「II-5-(3) 計数」の項を参照)、この計数値と上記の推定値が一致することはほとんどなく、一般的に死亡尾数からの推定値の方が多い値となる。これは、本種の

表II-4-1. ブリの年度別種苗生産結果の概要

年度	五島栽業センター			屋島栽培センター		
	収容尾数 (万尾)	生産尾数 (万尾)	生残率 (%)	収容尾数 (万尾)	生産尾数 (万尾)	生残率 (%)
1982	277.0	5.6	2.0	253.0	27.0	10.7
1983	291.0	50.3	17.3	468.7	23.6	5.0
1984	432.0	69.8	16.2	238.6	30.4	12.7
1985	358.0	55.2	15.4	594.3	55.6	9.4
1986	370.0	138.6	37.5	605.0	115.9	19.2
1987	485.0	76.7	15.8	551.0	39.5	7.2
1988	483.0	100.1	20.7	548.5	87.8	16.0
1989	451.7	44.0	9.7	420.8	42.4	10.1
1990	483.6	50.5	10.4	186.1	3.1	1.7
1991	606.3	52.5	8.7	482.8	28.7	5.9
1992	617.8	44.9	7.3	269.4	18.5	6.9
1993	295.0	27.4	9.3	432.1	49.0	11.3
1994	290.0	49.6	17.1	218.0	18.8	8.6
1995	218.3	30.7	14.1	234.3	4.1	1.7
1996	124.8	15.7	12.6	174.8	29.8	17.0
1997	228.8	11.1	4.9	252.0	25.9	10.3
1998	141.7	12.8	9.0	223.7	24.4	10.9
1999	56.6	10.4	18.4	198.8	40.3	20.3
2000	120.0	16.8	14.0	141.5	7.8	5.5

特徴である共食いが激しく、底掃除から排出された死亡個体の他に捕食されて死亡する個体が多いためである。したがって、底掃除から排出された死亡個体の数は、毎日の死亡状況の相対的な変化を把握するためのものであり、実際の死亡尾数とはある程度の誤差を伴うものと理解して飼育に反映させることが必要である。

2) ブリの種苗生産結果

五島および屋島栽培センターにおける1982～2000年までの19年間の年度別種苗生産結果（全長30mmサイズまで）を表Ⅱ-4-1に示す。収容から取り揚げ時（全長25～30mmサイズ）までの平均生残率は、五島栽培センターが13.7%、屋島栽培センターが10.0%である。このうち、生物餌料が餌料系列の主体であった1982～1990年までの平均生残率は、五島栽培センターが16.1%、屋島栽培センターが10.2%、配合飼料が餌料系列の主体となる1991～2000年までの平均生残率は、五島栽培センターが11.5%、屋島栽培センターが9.8%と、いずれも配合飼料の導入以降生残率が低下している。

これは配合飼料を与えることにより、成長の遅れた個体の一部に配合飼料に餌付けないものが生じ、これらの仔稚魚が減耗することが原因である。しかし、前述（「Ⅱ-3-3）配合飼料」の項）したように、配合飼料の給餌は稚魚の活力を高めるため、取り揚げ以降、沖だしから1週間の小割網での生残は生物餌料（魚肉ミンチ肉）を与えていた期間が50～60%であったのに対し、配合飼料を与えていた期間では80～90%と著しく向上している。

3) 生残率の推移

代表的なブリ種苗生産事例での生残状況を図Ⅱ-4-9に示す。日齢10前後までに収容尾数の60～70%が死亡する大きな減耗がある。その後、生残状況は安定するが、日齢25～35にかけて約10～20%が共食いによって死亡し、最終的な生残率は10～20%となる。

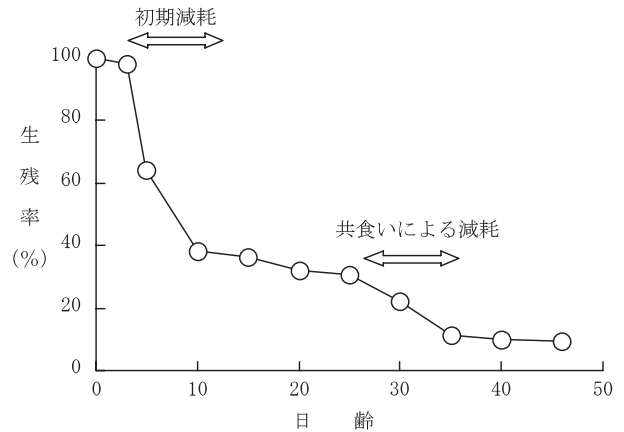
種苗生産で初期減耗が大きかった事例と共食いによる減耗が大きかった事例の日間死亡率の推移を図Ⅱ-4-10に示す。いずれも、日齢5～13（初期減耗）と日齢35前後（共食いによる減耗）に日間死亡率のピークを持つ2峰型を示す。一般的に、初期減耗が大きい場合は後半の共食いによる減耗は比較的小さく、反対に初期減耗が小さかった場合は後半の共食いによる減耗が大きくなる傾向にあり、これは共食いの発生に飼育密度が大きく影響するためと考えられる。

4) 死亡要因と防止対策

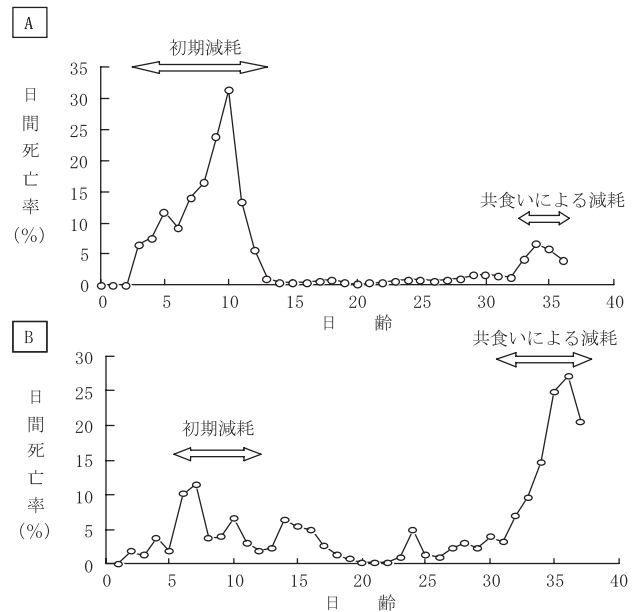
仔稚魚の死亡要因としては、前述したように初期減耗と共食いが挙げられる。しかし、このほかにも配合飼料への切り替えに伴う餌付き不良による死亡や栄養的欠陥による死亡も大きな原因となりうる。

① 初期減耗

初期減耗は、ふ化仔魚を飼育水槽へ収容してから日



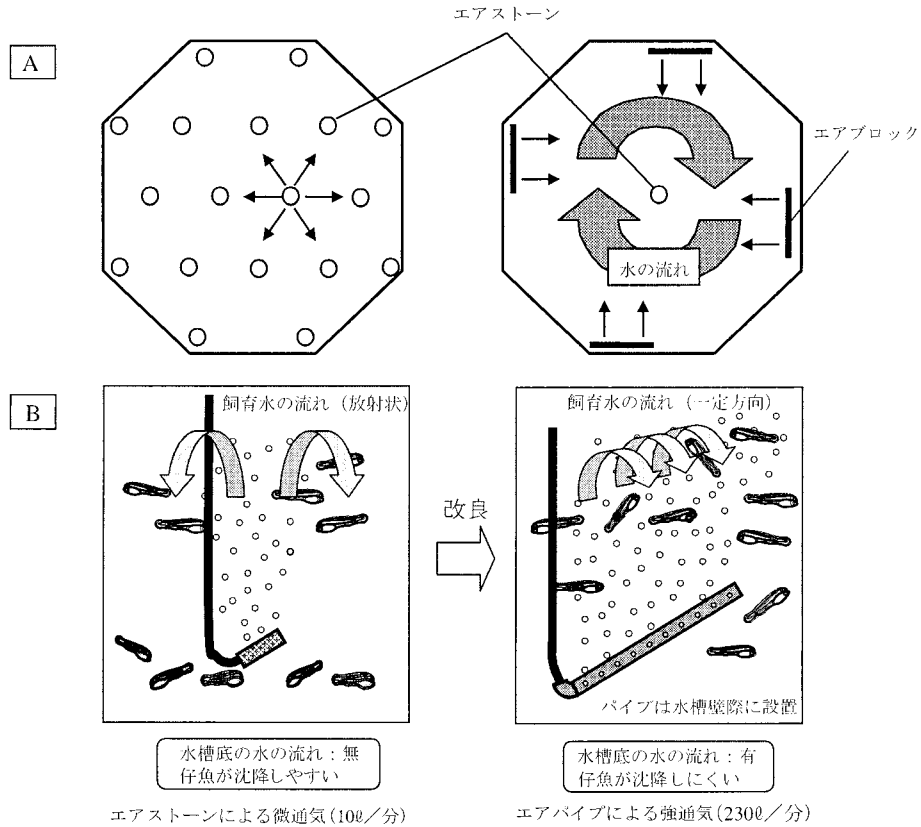
図Ⅱ-4-9. 代表的なブリ種苗生産事例における生残状況
(五島栽培センター 1993)



図Ⅱ-4-10. ブリ種苗生産における日間死亡率の推移
(五島栽培センター 1994)

A : 初期減耗が大きい事例 B : 共食いによる減耗が大きい事例

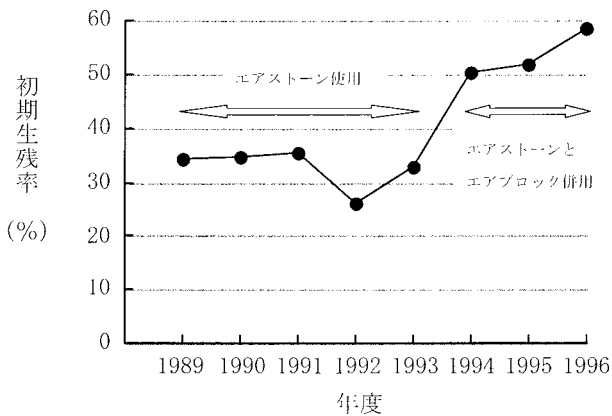
齢10前後までにみられるものを指す。この減耗が種苗生産期間中を通して最も大きく、生残率は10～30%まで低下することが多い。原因として、親魚由来のふ化仔魚の質、輸送および収容時のハンドリングや飼育環境の悪化等が考えられる。しかし、他の魚種同様、初期減耗の主因は本種においてもいまだ未解明のままである。一方、ブリでは、収容直後のふ化仔魚の沈降と初期減耗の関係が推察され、通気手法の改善によりその防除が確立されている。当初、エアストーンを水槽内へ均等に配置して通気を行っていたが、飼育水は気泡の動きにより主に垂直方向にのみ攪拌されるため、水槽底部には飼育水が動かない部分が形成され、開口前の仔魚はその部分に沈降して死亡すると考えられた(図Ⅱ-4-11)。そこで、エアストーンとエアブロックを併用して飼育水に環流を作り、垂直方向だけでなく水平方向にも攪拌した結果、



図Ⅱ-4-11. 通気方法により生じる飼育水の流れが仔魚の沈降に及ぼす影響

A: エアストーンおよびエアパイプの配置と飼育水の流れ B: 飼育水の流れと仔魚の沈降
 エアパイプは1辺の1/2程度の長さのパイプに10cm間隔で直径1mmの穴をあけ、水槽の4隅に設置して通気を行う
 → 局所的な水の流れ ⇨ 水槽全体の水の流れ

開口前後に見られる仔魚の沈降が防止できることが明らかになった。なお、上浦栽培センターのクエの種苗生産でも、ふ化仔魚の沈降傾向が強い時期は通気による攪拌により初期の死亡の防除に効果がみられる*。このように、飼育初期の通気量を高めるとともに飼育水を環流することにより、ふ化仔魚の沈降防除や餌料生物および仔魚の均一分布が可能になり、ブリ仔魚の初期の生残率は



図Ⅱ-4-12. 平均初期生残率の推移 (五島栽培センター)

著しく向上した (図Ⅱ-4-12)。

② 共食い

Sakakura and Tsukamoto (1998) は、ブリの種苗生産において、共食いが初めて確認されてから2週間にこれにより死亡した個体は、共食いが始まった時点の生残尾数の60%以上であったことを明らかにしている。また、蛭子ら (1993) は、ヒラマサの種苗生産で日齢20から日齢35までに死亡する個体の80%以上が共食い行動に関連するものであることを明らかにしている。このようにブリ類の減耗の中でも共食いは初期減耗とともに大きな要因となっている。

共食いによる減耗には、捕食個体 (大型個体) が被捕食個体 (小型個体) を「捕食」することによって起こるもの、捕食個体が被捕食個体を捕食したが飲み込めず両者とも死亡するもの (共倒れ; 写真Ⅱ-4-1) そして捕食個体が被捕食個体を攻撃することにより被捕食個体がショック症状を呈して死亡するもの (ショック死; 写真Ⅱ-4-2) がある。これらのうちで最も大きい減耗は“ショック死”で、これは受けた刺激により数秒間狂奔状態になり、鰓を大きく開いて酸素欠乏症状で死亡するもの

* 桑田 私信 (1992)

を指す。次に大きい減耗は“捕食”で“共倒れ”はわずかである。

共食いは個体間の成長に差が生じることに起因するので、成長を同調させることがその防除に有効であるが、未だそのような飼育方法は開発されていない。このため、現状で共食いによる減耗を軽減するには、成長差の生じた種苗を大小に分ける「選別」が一般的に用いられる。詳細については「Ⅱ-2-(8) 分槽および選別」の項を参照されたい。

③ 餌料の切り替えに伴う餌付き不良

新たに給餌した餌料への切り替えが順調でない場合に摂餌量の不足によって飢餓状態に陥り死亡するもので、生物餌料の生体から冷凍餌料へ、また生物餌料から配合飼料へと切り替える時にみられる。この減耗は、餌料の切り替えを行う時期や方法によってその発生状況が異なり、スムーズに配合飼料へ移行できればほとんど死亡はみられない。なお、配合飼料の給餌方法等については「Ⅱ-3-(3) 配合飼料」, 「Ⅱ-3-(4) 給餌量および給餌方法」の項を参照されたい。

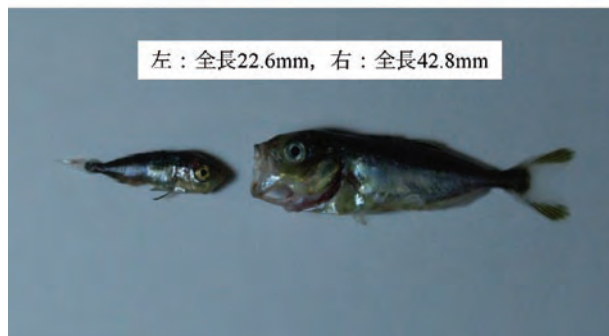
④ 栄養的欠陥

アルテミアを長期間単独給餌すると、仔稚魚の活力が大きく低下し、捕食個体の攻撃「つつき」や選別、取り揚げ時のハンドリング等の刺激に対して、ショック症状を呈して死亡する（写真Ⅱ-4-2）。これはDHAの不足に起因するものであり、天然コペポードや魚卵に比べてDHA含量の少ないワムシやアルテミアは、十分に栄養強化してから給餌する必要がある。また本種のHUFA要求量はマダイ、ヒラメ等と比べて高く、現在市販されている配合飼料はそれを考慮してHUFAが添加されている。そのため、配合飼料を初期飼料として使用する前は全長20～30mmサイズでの取り揚げ時に多くの個体がショック死を起こす事例がみられたが、その導入によって仔稚魚の活力は大きく向上した。しかし、餌付けが遅れるとアルテミアの単独給餌となり、種苗の活力が低下するので注意が必要である。

（塩澤 聡）

Ⅱ-4-(4) 種苗の健全性

ブリの種苗量産技術は、1980年代に1カ所の栽培センターで100万尾以上の生産が可能になったことにより、いくつかの問題は残されているもののほぼ確立したと言える。しかし、天然魚に比べて、あるいは生産された種苗の間でも形態や活力に違いがあることから、種苗の“質（健全性）”について検討する必要性が生じた。一般に種苗の健全性について述べる時、「健苗性」という言葉が使われているが、その定義を明確にしなければ、健全性を論じることはできない。塚本（1993）によれば、「健苗とは一般に正常な形態や栄養状態、活力、体力など種苗の基本的な健康状態を持つことを指し、そ



写真Ⅱ-4-1. 共食い



写真Ⅱ-4-2. ショック症状で死亡したブリ仔魚

の評価は天然魚を手本とする」としている。しかし、これまで行われてきた健苗性の評価は、手本となるべき天然仔稚魚の情報が不足しており、これらを基準にした評価方法の確立が急務となっている。

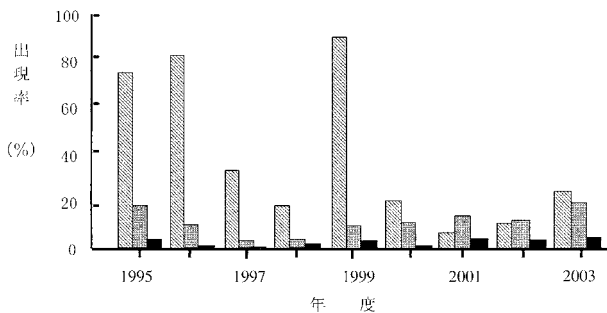
現在、ブリの生産現場では種苗の外部形態の正常性と活力を指標に種苗の質を評価することが多いため、ここではこれらに基づいた本種の健全性について述べる。

1) 形態異常

天然魚と異なる形質を持った個体を形態異常とし、その出現率で生産された種苗の健全性を評価している。本種の形態異常はいくつかの種類があるが、それらは明確な区分や定義が確立されていなかった。そこで、「ブリ種苗生産技術に関する技術交流会」（Ⅰ-4-(3), 緒論参照）において、主な形態異常のタイプと呼称が統一された（表Ⅱ-4-2）。五島栽培センターにおけるブリの形態

表Ⅱ-4-2. プリ種苗生産でみられる主な形態異常の種類

出現部位	呼称	形態異常の症状	
頭部	頭部陥没	前頭部（眼窩の上）が陥没する。骨格的には頭蓋骨の前頭部と上後頭骨の縫合面が陥没している。	
	顎	口部異常	上顎と下顎が不整合である。
	鰓	鰓蓋欠損	主鰓蓋骨と下鰓蓋骨の形成不全により鰓が露出する。
体幹部	脊椎骨	脊椎骨上弯	脊椎骨の前部が屈曲し頭部が上方に屈曲する。
	〃	脊椎骨側弯	脊椎骨が左右に側弯する。粘液胞子虫の脳寄生により側弯症が起こることが知られている。
	〃	短躯	脊椎骨の癒合により体長が短縮する。
	〃	肛門部陥没	脊椎骨の中央部（第10～13）椎体が屈曲または癒合するため、肛門部がくびれて陥没する。



図Ⅱ-4-13. プリ種苗の形態異常出現率の推移(五島栽培センター)

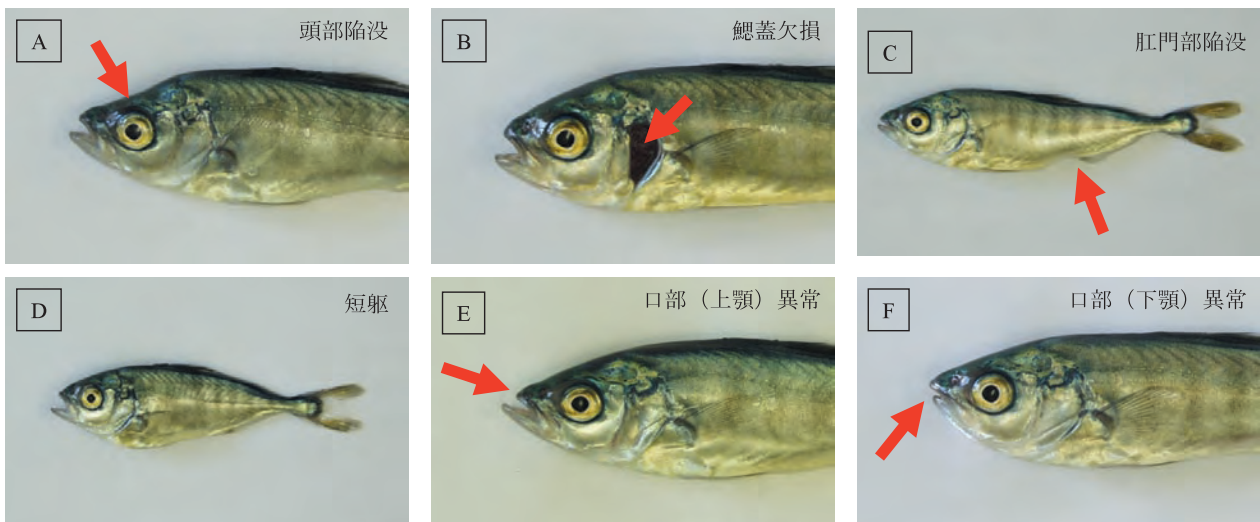
■ 頭部陥没 ▨ 口部異常 ■ その他

異常率はおおよそ20～40%とマダイ、ヒラメ等に比べ高く、事例によっては90%以上に達する(図Ⅱ-4-13)。また、これら形態異常は近年ほとんどが頭部陥没と口部異常であるのも特徴である。

プリの形態異常として、頭部陥没(写真Ⅱ-4-3; A)、鰓蓋欠損(写真Ⅱ-4-3; B)、肛門陥没(写真Ⅱ-4-3; C)、短躯(写真Ⅱ-4-3; D)、口部異常(写真Ⅱ-4-3; E, F)、脊椎骨上弯症がある。

頭部陥没は全長20mm頃から眼窩上部がややくぼむ症状を呈する。出現率は、成長とともに高まるが、全

長25～30cmサイズになると異常は緩和され、ほとんどの個体で外見からは判別困難となる。しかし、軟X線を用いて観察すると骨は陥没した状態であり、治癒したように見えるのは、成長にともない頭部の肉が盛り上がったためと考えられる。口部異常の典型的な症状として、下顎と上顎の長さが不整合なものがある。このような口部異常は、魚体の小さい時には判別できない異常であり、成長にともなってそれが顕著になるため出現率が高くなる。これらの形態異常の大部分は未だ原因が究明されていないが、脊椎骨上弯症については発現の機序および防除対策が明らかにされた。脊椎骨上弯症は、全長130mmサイズ以降から脊椎骨が背面方向にV字型に屈曲する形態異常(写真Ⅱ-4-4)であり(小林, 1986)、その症状は成長にともない進行し、発現率が高くなる。これは鰾の未発達が原因であり、マダイでは鰾の未発達個体が水槽内で頭部を上にした状態で泳ぐため、体幹部の成長度が不整合となり最終的に脊椎骨上弯症が生じると推測されている(北島ら, 1981)。プリでも鰾の開腔の有無と脊椎骨上弯症との関係を調べた結果、脊椎骨上弯症は未開腔魚のみに発生することが明らかとなった(表Ⅱ-4-3)。防除対策として、飼育初期に鰾の開腔を促す飼育管理が必要である(「Ⅱ-2-(7) 油膜除

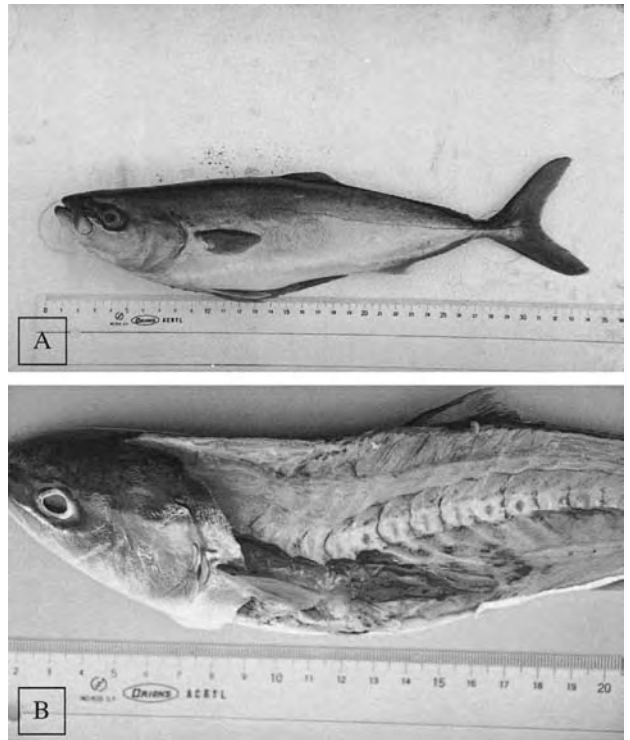


写真Ⅱ-4-3. 主な形態異常の症例

去」を参照)。なお、鰾の開腔の有無は、体表の色素が少ない日齢15くらいまでは実体顕微鏡下で、比較的容易に観察できる。また、取り揚げ以降の大型サイズでの開腔率の調査には、比重法（塩分濃度7.5%の塩水に麻酔した種苗を收容し、その浮沈状態で鰾の開腔の有無を判断する方法）や切断法（水中で躯幹部を切断し、気泡の出現の有無で鰾の開腔の有無を判断する方法、写真Ⅱ-4-5）を用いる。



写真Ⅱ-4-5. 鰾の開腔の有無の観察方法



写真Ⅱ-4-4. 脊椎骨上弯症
A：頭部が上向きに屈曲
B：第5椎体で屈曲。鰾が未発達

表Ⅱ-4-3. 鰾の開腔の有無*¹がブリの脊椎骨上弯症個体の出現に及ぼす影響（五島栽培センター 1991）

試験区	試験開始時			試験終了時				
	平均全長 (cm)	尾数 (尾)	鰾の開腔率 (%)	平均全長 (cm)	尾数 (尾)	生残率* ² (%)	脊椎骨上弯症 個体の出現率 (%)	鰾の開腔率 (%)
開腔魚	13.4 (10.8~16.0)	1,201	100	38.0 (33.0~40.0)	1,090	90.8	0.09	100
未開腔魚	13.4 (10.8~16.0)	316	0	35.1 (30.0~41.5)	168	90.8	41.5	5.9* ³

*¹ 鰾の開腔魚・未開腔魚の選別は塩分濃度7.5%の塩水の中での比重差によって選別した

*² 生残率の計算は、生残尾数にサンプリング尾数を含めた

*³ 鰾の開腔魚の鰾はいずれも不完全形成

2) 活力

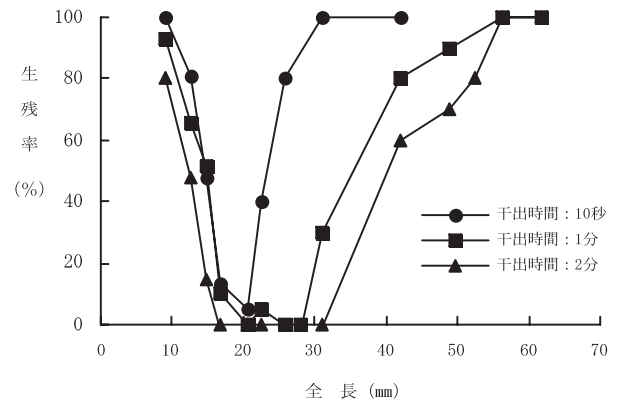
種苗の活力をみる具体的な方法に空中干出試験がある。これは、タモ網で種苗を掬い取り、一定時間空中に放置後、再び海水へ戻し、その後の生残により活力を数値化するものである（写真Ⅱ-4-6）。配合飼料を初期餌料として使用する前は、全長20~30mmサイズでの取り揚げ時に多くの個体がショック死を起こす事例がみられた。一般に、成長にともないハンドリングなどに対する耐性は高まると考えられるが、全長10~30mmの間で供試サイズを変えて空中干出試験を行った結果、15~30mmが全長10mmより生残率が低く、特に15~20mmで試験成績が悪かった（図Ⅱ-4-14）。また、アルテミアと天然コペポダをそれぞれ給餌した飼育群の空中干出試験では、前者は上記と同様の結果を示したが、



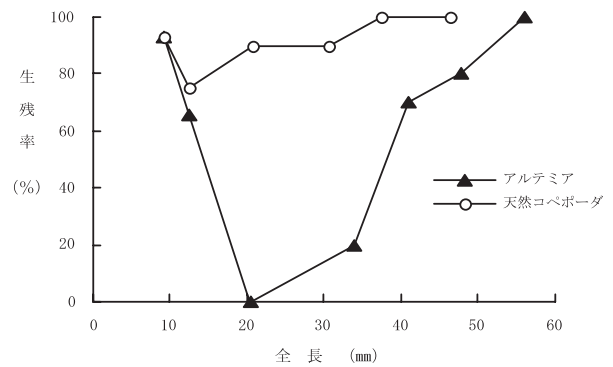
写真Ⅱ-4-6. 空中干出試験

後者は生残率が低下する顕著な時期はみられなかった(図Ⅱ-4-15)。これらの結果から種苗の活力の差は餌料の栄養に起因していると考えられた。アルテミアと天然コペポータにはDHA含有量に差がみられDHAの関与が示唆された(表Ⅱ-4-4)。現在では配合飼料へ完全に餌付けてから取り揚げるので、取り揚げ時のハンドリングによるショック死等の減耗はみられなくなった。

(高橋 誠)



図Ⅱ-4-14. 種苗生産期間中に行った空中干出試験結果の推移 (五島栽培センター 1997)



図Ⅱ-4-15. 異なる餌料を給餌した種苗の空中干出試験における生残率の推移 (五島栽培センター 1997)

表Ⅱ-4-4. アルテミアと天然コペポータにおける脂肪酸分析結果

Fatty acid	アルテミア		天然コペポータ
	未強化	強化*	
Σmonoene	26.50	23.58	6.69
Σn-3	42.55	47.96	47.20
Σn-6	6.65	7.11	2.86
Σn-3HUFA	3.88	10.97	41.40
EPA in sample(d. b.)	0.44	1.92	1.60
DHA in sample(d. b.)	0.00	0.73	1.35
Σn-3HUFA in sample(d. b.)	1.06	3.46	3.02
Crude lipid (%w. b.)	3.09	5.04	0.86
(%d. b.)	27.40	31.57	7.30
Crude protein (%w. b.)	7.34	9.39	7.42
(%d. b.)	65.02	58.81	62.69
Moisture (%)	88.72	84.03	88.16

* 栄養強化剤: Powersh A

II-5 取り揚げ

取り揚げは、種苗生産過程の最終段階であり、取り揚げた種苗は陸上水槽あるいは水槽に設置した小割網に收容し、尾数の推定、サイズ選別、飼育密度の調整、沖出しおよび出荷（輸送）等の作業を順次行う。ここでは、取り揚げサイズ、方法および種苗の計数方法について述べる。

(高橋 誠)

II-5-(1) 取り揚げサイズ

取り揚げは、種苗がハンドリングに耐えられる大きさに達してから行うことを基本とし、そのサイズは魚種により異なる。

ブリの場合、配合飼料が餌料系列に導入される以前は、養成アルテミアやミジンコ等が続く餌料として魚肉ミンチ肉が用いられたが、この餌は水質を悪化させるため、陸上水槽では多量に給餌することができなかった。そのため、大型生物餌料だけでは給餌量が不足する全長20～25mmサイズになると、取り揚げて海上の小割網へ沖出しせざるを得なかった。しかし、このサイズの種苗はハンドリングに対して耐性が十分でないため、取り揚げあるいは沖出し後に小型魚が多数死亡する事例がみられた。

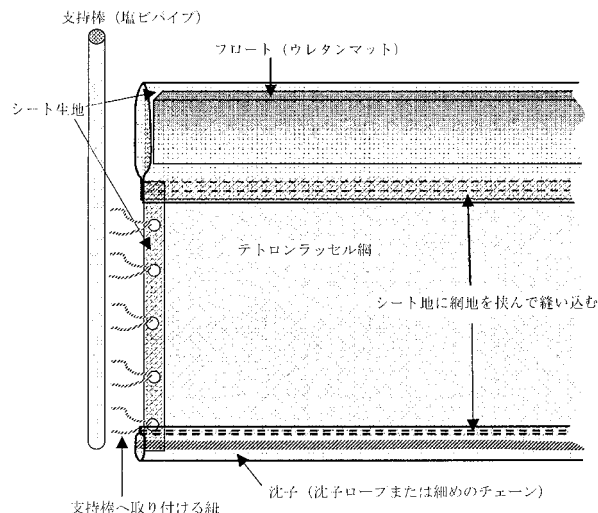
その後、水質の悪化を起しにくい配合飼料が魚肉ミンチ肉の代りに導入されると陸上水槽で種苗を長期間飼育することが可能となった。また、配合飼料の改良および給餌方法の開発により給餌サイズも小型化し、それにともないハンドリングに対する耐性も向上したことから、現在取り揚げは全長20～30mmサイズで行われている。

(高橋 誠)

II-5-(2) 取り揚げ方法

取り揚げは、種苗の活力、水槽の形状、そして取り揚げ機器の有無等によりいくつかの方法があり、各栽培センターで異なる。取り揚げは、作業による死亡を極力少なくすることが重要であり、それぞれの生産現場では、種苗に負荷をかけない工夫をこらしている。

一般的な取り揚げとして、「巻き網」を使って稚魚を集める方法がある。この巻き網は各現場で水槽の形状等にあわせて作製している。以下に、巻き網の一例（図II-5-1、写真II-5-1）を示す。網地は、稚魚を傷めないように柔らかなテトロンラッセル網が良いが、網地が弱い場合取り扱いに注意を要する。目合は、取り揚げる種苗の大きさにもよるが、全長20～30mmサイズであればT-140（オープニング1.5mm）程度が良い。長さは取り揚げる水槽の周囲を十分巻けるものが必要である。網の上部にフロートとしてウレタンマットを約10cmの



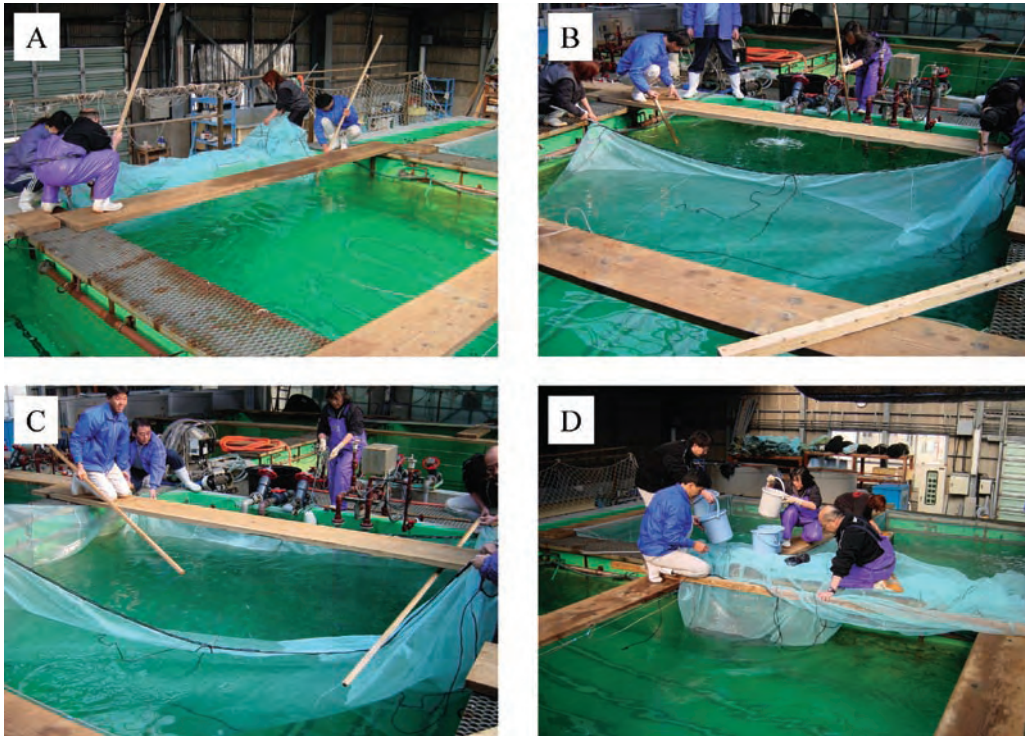
図II-5-1. 稚魚取り揚げに用いる巻き網の模式図



写真II-5-1. 巻き網

幅に切断して縫い付け、網の底部へ沈子として鉛入りロープを取り付ける。このロープはチェーン等でも代替できる。

取り揚げ作業は以下の手順で行う。まず、水位を60～80cmに下げ、換水しながらこれを維持する。水槽内に2名が入り、巻き網の両端を持って壁際から網を広げていく。魚が多い場合には何回かに分けて巻く。種苗を網の中に巻き込んだら、巻き網の両端を合わせ、それを巻きながら徐々に網を狭めていく。十分に狭めてから、1名は網の両端を合わせて持ち、稚魚がこの隙間から逃げないように押さえ、もう1人はタモ網でバケツに稚魚を追い込んで取り揚げる。この時巻いた網の中で酸素欠乏にならないように通気を行う。また、稚魚が小さい時は、バケツで飼育水とともに種苗を取り揚げた方が良い。屋島栽培センターでは、巻き網で集めた魚をフィッシュポンプで取り揚げている（「III-1-(3) 收容方法」の項を参照）。



写真Ⅱ-5-2. 掬い網による取り揚げ
A：網を投入， B：追い込み， C：掬い揚げ， D：取り揚げ

他の取り揚げ方法として、五島栽培センターでは、飼育水槽（4.5×8.0×2.0m）の大きさに合わせた大型の「掬い網」を作製し、取り揚げている。掬い網を水槽の一端から投入し（写真Ⅱ-5-2；A）、それを反対の端まで移動することにより（写真Ⅱ-5-2；B）、一度に水槽内の種苗を掬い揚げることができる（写真Ⅱ-5-2；C）。この作業では、掬う時に網と水槽壁面および底面との間に隙間を作らないことや、最後に網を揚げる時、水槽壁にいる稚魚を網の中にできるだけ追い込んでやるのが重要である。なお、水槽底面と網との間に隙間がなくなるよう底面と接する掬い網の一辺にはステンレス棒を錘として縫いつけてある。この方法を用いれば、1回の掬い網で水槽内の稚魚の9割以上を取り揚げることが可能である。

巻き網または掬い網を用いた取り揚げでは、飼育水槽内の種苗を完全に取り揚げることは不可能である。このため、取り残した種苗が多い時は、水位を10～20cmまで下げてタモ網で掬い、最終的には排水溝より飼育水とともに専用のネットに排出し、取り揚げる（写真Ⅱ-5-3）。

取り揚げやその後に続く計数および選別では、種苗に与える負荷が大きく、作業中に種苗が吐出・排泄する消化管内容物・糞により水質を悪化させ酸素欠乏を起こしやすい。このため、作業前には完全に餌止めするとともに、あらかじめ底掃除を行って水槽内の環境を好適にしておく。また、十分な換水および通気や場合によっては



写真Ⅱ-5-3. 排水溝からの取り揚げ

酸素の供給が必要である。さらに、ハンドリングに対する耐性（活力）が種苗に備わっていることを事前に確認することが望ましい。活力が低いときには、取り揚げ直前にハンドリング等の外部刺激に耐えられるように飼育水を攪拌しながら水槽内で種苗を追いかけ回し、刺激に対する馴致を行うことも必要である。

（高橋 誠）

II-5-(3) 計 数

取り揚げた種苗を計画的に利用するためには、尾数を計数し、正確に把握しなくてはならない。ブリの取り揚げ作業で行う計数方法には、一般に目視による比色法、重量法、実数計数法がある。

1) 比色法

種苗生産に配合飼料が導入される前は、取り揚げた種苗はハンドリングに弱く、頻繁にタモ網で掬い取ると死亡する個体が多数見られた。直接種苗に触れずに計数を行うことのできる比色法は、このようなハンドリングに弱い種苗、特に小さいサイズの計数法として有効である。

比色法では、同形同量の小型水槽（60ℓテタルや0.5kℓポリカーボネート水槽を使用）を複数用意しておき、そのうちの1つにあらかじめ実数計数した種苗を収容し、これを基準サンプルとする。次に、取り揚げた種苗を海水とともにバケツ等ですくい取って各水槽に収容し、密度を目視で基準サンプルと比較することにより尾数を推定する（写真II-5-4）。この方法には、計数する種苗を基準サンプルと同じ尾数となるように容器へ収容する方法と、収容した種苗が基準サンプルの何倍に当たるかを判断して計数する方法がある。

比色法の問題点として、推定の精度を向上させるにはある程度種苗のサイズが揃っていなければならないこと、計数値は担当者の判断に左右されるため客観性に欠けることが挙げられる。したがって、比色法による計数値は誤差を含むことをふまえた上で、作業中に推定し終えた種苗を実数計数し、得られたデータの誤差の把握や補正を行うことが必要である。

2) 重量法

重量法は、計数する種苗の総重量に単位重量当りの尾数を乗じて総尾数を推定する方法である。この方法では、計数する種苗を複数回に分けてタモ網で掬い、その都度、バネ秤や電子秤で重量を測定し、総重量を求める（写真II-5-5）。また、重量を測定した一部の種苗を基準サンプルとして実数計数を行い、単位重量当りの尾数から取り揚げ尾数を算出する。

重量法において比較的大型の種苗は、タモ網で掬い、水を切った状態でタモ網ごと測定することができるが、取り揚げ直後の計数では魚体に過度の負荷がかからないように、タモ網で掬った種苗を海水の入った別の容器に移して測定する。この方法では、種苗の重量のみを求めるために、計量した総重量から風袋（容器と海水の重量）を引く必要があり、風袋引き機能のある電子秤が便利である。

重量法による計数値の精度を高めるには、比色法と同様種苗の大きさが揃っていることが必要である。そのため、大小差の大きい種苗の計数は、サイズ選別の後に行うことが望ましい。また、計数の始めと終わりでは種苗



写真II-5-4. 比色法による尾数計数



写真II-5-5. 重量法による尾数計数

の大きさが異なり、単位重量当りの尾数が異なる場合があるので、基準サンプルの採取は作業中に複数回行った方が良い。本方法では、タモ網や種苗の体表面についている海水の残り具合が計数値の精度に影響するため、タモ網で1回に掬う稚魚の量とタモ網の水を切る加減をサンプルと同等にすることが重要である。

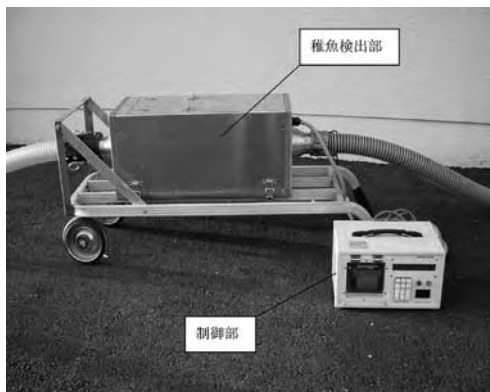
重量法による計数は、比色法あるいは以下に説明するフィッシュカウンターによる実数計数法に比べて作業効率が良く、最も一般的に行われているが、直接タモ網で稚魚を掬い取るため種苗にかかる負荷が大きいため、事前にハンドリングへの耐性を確認することが必要である。五島栽培センターでは、全長35mmサイズ以降から重量法で計数を実施している。

3) 実数計数法

実数計数法は、作業員が種苗をバケツやカップに採り、移送先の水槽に流し込みながら、カウンター等を用いて計数する方法である。しかし、取り揚げた種苗全数を実数計数法で行うと、多大な労力と時間を要することから、一般には、比色法や重量法のサンプルや少数の種苗の配付・出荷時の計数にのみ実施している。

一方、実数計数の省力化を図るために、屋島栽培センターでは、フィッシュカウンター（フィッシュカウンター、日本海洋；写真Ⅱ-5-6）を利用している。本装置は、直径50mmのホースを通して海水とともに運ばれてきた稚魚を内部の光センサーで感知して計数する仕組みになっている。装置は、稚魚が1尾ずつ通り抜けるように細い10本のパイプに枝別れしており、その各々に光センサーが取り付けられている。フィッシュカウンターの計数誤差は±5%（メーカー発表）とされているが、単位時間当りに通過する稚魚の量が多過ぎると、重なり合った魚が1尾と計数されてしまうため、実数より少なくなる。逆に少ないと、作業に時間がかかり作業効率が悪くなるため、装置内に流入させる種苗の量は適量に調整する必要がある。フィッシュカウンターへの海水の流入量は、ホースに取り付けたバルブの開閉によっても可能であるが、調節が容易なフィッシュポンプを組み合わせる使用するのが一般的である（写真Ⅲ-1-9）。この方法で屋島栽培センターが4万尾の種苗（平均全長28mm）を計数したところ、作業時間は約1時間、種苗の死亡はなく、計数誤差は+6.1%という結果が得られた。本装置を用いた計数では、作業の大幅な省力化が可能であり、魚体を傷めることが少ないので、小型サイズの稚魚でも計数が可能である。しかし、移送中にホースの中で酸素欠乏になる場合があり酸素を通気しながら移送する等の注意が必要である。また、小型の種苗では光センサーに反応しないことから、計数する種苗は全長10mm以上のサイズであることが望ましい（メーカー発表）。また、稚魚検出部のパイプの内径は10～13mmと細いため、体高の高い大型種苗には使用できない。

（高橋 誠）



写真Ⅱ-5-6. フィッシュカウンター

Ⅱ-6 種苗生産事例

ブリの種苗生産は技術の向上により、その方法も大きな変遷をとげている。ここでは、これまでに確立したあるいは新しい試みとして実施された種苗生産方法について、代表的な飼育事例をもとに紹介する。

（塩澤 聡）

Ⅱ-6-(1) 生物餌料を主体に給餌した種苗生産事例

生物餌料主体の餌料系列によるブリの飼育は、配合餌料が導入される前の1990年頃まで行われた。生物餌料として、飼育初期に給餌するワムシ、アルテミアのほかに、養成アルテミア、天然コペポータ、チグリオプス、ミジンコ、魚類のふ化仔魚等を使用した。以下に、五島栽培センターで平均全長21.6mmの種苗を56.6万尾（生残率40.4%）生産した1986年の飼育事例（表Ⅱ-6-1）を示す。

1) 飼育方法

① 飼育水槽および設備

飼育には屋外コンクリート製八角形水槽（1辺4m、深さ2m、実容量80kl）2面、屋外コンクリート製四角形水槽（4×8×2m、実容量50kl）4面を使用した。ボイラーで飼育水温を22℃に調整し、遮光は水槽上面に遮光幕（遮光率85%）を2重にして施した。通気は、八角形水槽ではエアストーン15個、四角形水槽では8個を等間隔に水槽底面に配置し、日齢7～10までは微通気で、その後は成長に応じて適宜通気量を増加した。

② 水作り

前日よりろ過海水を飼育水槽へ注水（満水量）して20℃に調温しふ化仔魚収容した。収容後は水温を1℃/日の割合で昇温し、最終的に22℃を維持した。ふ化仔魚収容前日から飼育水にナンノクロロプシスを30～40万セル/mlの濃度になるように添加し、その後はこの濃度を維持した。

③ 換水

飼育は、仔魚が開口するまでは止水で、それ以降は注水を開始し流水で行った。当初の換水率は0.3回転/日とし、その後は成長に応じて1.5～2.0回転/日まで増加した。

④ 餌料

L型ワムシ、アルテミアのほかに、養成アルテミア、天然コペポータ、チグリオプス、ミジンコ、ふ化仔魚等、合計11種類の餌料を給餌した（表Ⅱ-6-1）。ワムシはパン酵母とナンノクロロプシスで培養・栄養強化した。アルテミアは北米産を使用し、乳化オイルω85（オリエンタル酵母）で栄養強化した。養成アルテミアは、鶏糞で水作りを行い、アルテミア用配合餌料（ニッチク

表II-6-1. 代表的な飼育例での餌料とその給餌量

餌料の種類	生物餌料を主体に給餌した種苗生産	配合飼料を主体に給餌した種苗生産
	1986年	1994年
ワムシ	203.0 億個体	345.0 億個体
アルテミア	66.3 億個体	63.2 億個体
養成アルテミア	1.4 億個体	
冷凍養成アルテミア	3.3 億個体	
冷凍天然コペポーダ ^{*1}	700 万個体	
チグリオプス	0.3 億個体	
ミジンコ ^{*2}	5.8 億個体	
冷凍ミジンコ ^{*3}	161.0 kg	
マダイふ化仔魚	1130.4 万尾	
アミエビ ^{*4}	10.0 kg	
配合飼料	10.6 kg	16.8 kg
生産尾数	566,000 尾	304,000 尾
生残率	40.4 (%)	27.6 (%)

*1: *Oithona sp*, *Acartia sp*

*2: *Daphnia pulex*

*3: *Moina macrokopa*

*4: *Anisomysis sp*

薬品工業)を給餌して培養後、ナンノクロプシスで栄養強化した。天然コペポーダは地先海面より灯火採集したものを使用した。ミジンコは、鶏糞による水作りを行った素堀池でパン酵母を給餌して培養したものを使用したが、これ以外に市販の冷凍ミジンコも与えた。ふ化仔魚はマダイを用いた。

⑤ 分槽

八角形水槽2面にふ化仔魚を収容して飼育を開始し、共食い防止のため日齢13~14, 日齢15~16, 日齢17~18, 日齢18~19に成長が遅れ表層に蟄集した仔魚をバケツで掬い取り四角形水槽4水槽へそれぞれ分槽した。その後は、取り揚げまで元水槽2面と分槽水槽4面の計6面で飼育を継続した。

⑥ 取り揚げ

取り揚げは、全長20mmサイズに達する日齢30前後に、以下の手順で行った。①あらかじめ飼育水槽の底掃除を行い、水位を約50cmまで下げる。②ハンドリングによる急激な刺激に対するショック死を防止するため、水槽内へ人が入り、換水しながら数分間種苗を追い回して刺激に馴致させる。③巻き網で種苗を集め、タモ網により飼育水とともに種苗をバケツに移し、輸送水槽に収容して海上筏へ沖出しする。

2) 飼育結果の特徴

上記飼育の成長、生残、餌料系列を図II-6-1に示した。

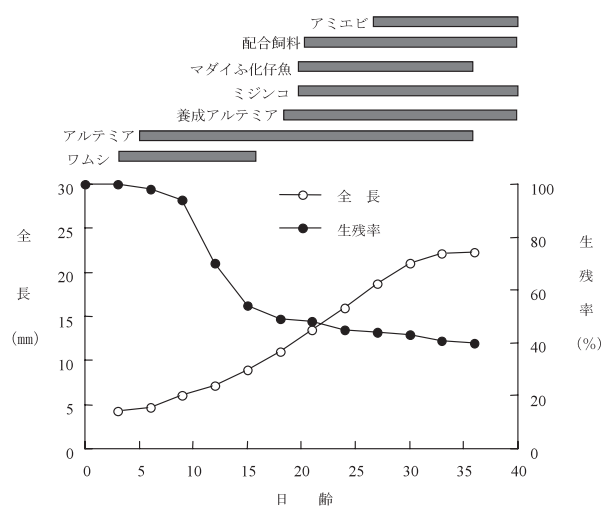
① 減耗状況

日齢15までの減耗が大きく、生残率はおよそ50%まで低下したが、それ以降、大きな死亡はみられなかった。特に日齢30からみられる共食いによる減耗も小さ

く、日齢13~19で行った分槽による密度調整の効果がうかがわれた。日齢32~36にかけて平均全長21.6mmの種苗56.6万尾を取り揚げた。しかし、取り揚げ時のハンドリングで死亡する個体が多く、海上筏へ収容した翌日も多数の種苗が減耗した。

② 健苗性

取り揚げ時および海上筏へ収容直後に大量減耗が生じ、種苗の活力が低いことが明らかとなった。原因として使用した餌料の栄養的欠陥が推察された。また、全長15cmサイズ以降に脊椎骨上弯症の形態異常個体が多数出現した。



図II-6-1. 生物餌料を主体に給餌した飼育事例 (五島栽培センター 1986)

③ その他

生物餌料を主体に給餌する種苗生産では、養成アルテミアやミジンコ等の大型生物餌料の培養、天然コペポダの採集、餌料とするふ化仔魚を確保するためのマダイの親魚養成など、多大の労力が必要である。また、餌料培養の好不調や天然コペポダの発生量によりその供給量が左右されるため、魚肉ミンチ肉に餌付けするまでは一時的に成長が停滞する等、種苗生産が安定しないという欠点がある。

(塩澤 聡)

II-6-(2) 配合飼料を利用した種苗生産事例

配合飼料の導入により餌料系列は単純化され、通常ワムシ、アルテミア、配合飼料の3種類の飼餌料で現在飼育が行われている。ここでは、1994年に五島栽培センターで平均全長23.3mmの種苗を30.4万尾(生残率27.6%)生産した飼育事例(表II-6-1)を紹介する。また、配合飼料を利用した種苗生産事例のうち、早期産卵によって得られた受精卵を用いて天然稚魚と同等サイズの人工種苗を生産することに成功しており、これらの飼育事例についても紹介する。

1) 飼育方法の特徴

① 飼育水槽および設備

飼育には、屋内コンクリート製八角形水槽(「II-6-(1) 生物餌料を主体とした種苗生産事例」と同様)2面を使用した。ボイラーで飼育水温を22℃に調整し、遮光は水槽直上5mに幕(遮光率90%)を設置して行った。通気には、直径13mmの塩ビパイプによるエアブロック(長さ2mに直径1mmの穴を10cm間隔で開けたもの)を水槽4隅に設置し、飼育水に緩やかな環流を作った。また、エアストーン18個を水槽底面より約18cmの位置に等間隔で垂下した。開口までは強通気とし、開口～日齢10までは微通気とした(通気量については、「II-2-(4) 通気」の項を参照)。その後は成長に応じて適宜通気量を増やした。

② 水作り

収容前日にろ過海水を50klまで注水後、通気を行いながら止水で1日放置し、ふ化仔魚を収容した。ナンノクロロプシスは、ふ化仔魚を収容した後に50万セル/mlになるように添加した。

③ 換水

換水は、ふ化仔魚収容直後より開始し、日齢15までは0.3～0.4回転/日、その後は成長に応じて適宜1.0～1.5回転/日まで増加した。

④ 餌料

餌料は、S型ワムシ、アルテミア、配合飼料の合計3種類を給餌した(表II-6-1)。ワムシは、パン酵母、ナンノクロロプシス、市販の淡水濃縮生クロレラで培養したものをを用いた。ワムシの栄養強化はナンノクロロプシス

で行い、さらにイカ乳化オイルで再度処理した。アルテミアは北米産を使用し、イカ乳化オイルで栄養強化した。

⑤ 分槽

全長15mmサイズで夜間水面に浮上横臥している種苗をサイホンで移し、小割網内でサイズ選別及び分槽を行った。選別後は、大型魚と小型魚を別々の水槽に収容し飼育を継続した(「II-2-(8) 分槽および選別」の項を参照)。

⑥ 取り揚げ

取り揚げは、日齢38(平均全長23mm)に、以下の手順で行った。i) あらかじめ飼育水槽の底掃除を行い、水位を約50cmまで下げる、ii) ハンドリングによる急激な刺激に対するショック死を防止するため、飼育水槽内に人が入り換水しながら数分間種苗を追いかけ馴致させる、iii) 排水溝に設置した取り揚げ水槽(組み立て式キャンパス水槽)へ水槽底部のドレン口から飼育水とともに種苗を抜き取る、iv) タモ網で輸送水槽へ取り揚げて海上筏へ沖出しする。

2) 飼育結果の特徴

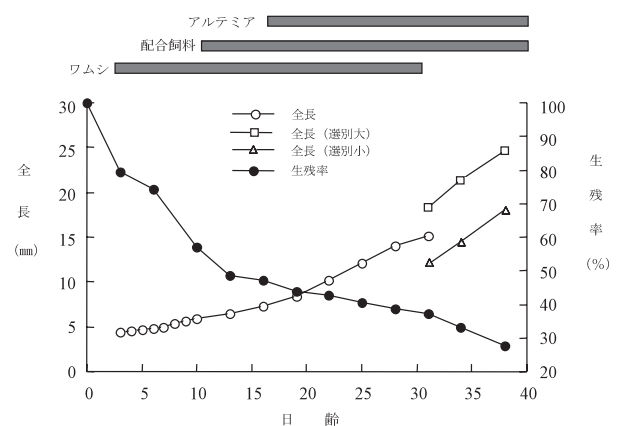
上記飼育の成長、生残、餌料系列を図II-6-2に、飼育データを表II-6-2にそれぞれ示した。

① 減耗状況

初期に減耗がみられたが、飼育水を環流することで開口までの仔魚の沈降が防止できたため、日齢10の生残率は57%と高くそれ以降も日齢15～30まで良好な状態を維持した。全長15mmサイズ(日齢32)で選別および分槽を行った結果、通常35日前後に生じる共食による減耗は大幅に軽減された。日齢38に取り揚げを行い、平均全長23.3mmの種苗30.4万尾を取り揚げた。なお、取り揚げ時のハンドリングやそれに伴う海上筏への収容後の死亡はほとんどみられなかった。

② 健苗性

生物餌料主体の飼育事例でみられた取り揚げ時や沖出し後の死亡はほとんど生じなかった。これは配合飼料を給餌したことによって、種苗の活力が向上したためと考えられた。形態異常は、飼育手法の改善により脊椎骨上



図II-6-2. 配合飼料を主体に給餌した飼育事例 (五島栽培センター 1994)

表Ⅱ-6-2. 配合餌料を主体に給餌した種苗生産データ (五島栽培センター 1994)

月日	飼育日数 ≠化後開口後	飼育環境測定		成長				S D	生残尾数	總死尾数	生残		生残率 (%)	摂餌個体率 (%)	標の閉群率 (%)	餌料系列					換水量 (%)	備考							
		水温	pH	NH3	N	平均	最大				最小	共倒れ				生残率	ナンノ	ワムシ	アホデマ	配合餌料			A-100	B-100	B-700	C-700			
940503																										HCG打注			
940504																											産卵		
940505																											増水開始		
940506																											ふ化		
940507	0								110			100.0															収容		
940509	1	20.0							84.6								1.0											開口、油膜除去、標の閉群	
940510	2	20.2							91.3				51.2		1.7													標の閉群	
940511	3	20.4			31	4.44	4.14	4.72	0.14	87.3		79.4		90.9	9.1	1.0	6.0											標の閉群	
940512	4	21.5	8.32	0.05	30	4.48	4.12	4.77	0.17	92.5				94.3	46.7	1.0	2.5											換水開始	
940513	5	21.3	8.32	0.05	30	4.67	4.26	5.01	0.20	79.7				99.1	77.6	1.0	2.5											換水開始	
940514	6	21.7	8.29	0.05	30	4.79	4.36	5.26	0.25	81.7	52,000	0	74.3	91.9	72.7	1.0	2.5											換水開始	
940515	7	21.9	8.25	0.05	30	4.95	4.19	5.37	0.31	69.9	72,000	0		94.3	66.0	1.0	5.0											換水開始	
940516	8	21.8	8.26	0.05	30	5.41	4.66	5.92	0.30	67	48,000	0		97.2	74.3	1.0	5.0											換水開始	
940517	9	21.7	8.30	0.05	30	5.67	4.68	6.31	0.33	56.7	64,000	0		100.0	77.4	2.0	10.0											換水開始	
940518	10	21.8	8.38	0.05	30	5.98	5.30	6.37	0.25	62.6	32,000	0	56.9	98.9	87.4	2.0	10.0											換水開始	
940519	11	21.7	8.37							11,500	0			100.0	80.2	2.0	15.0				200	200						換水開始	
940520	12	21.5	8.35							1,800	0			100.0	89.3	2.0	15.0				200	200						換水開始	
940521	13	21.2	8.36		30	6.44	5.12	7.17	0.48	57.8	10,300	0	52.5	100.0	85.1	2.0	15.0				200	200						換水開始	
940522	14	21.2	8.34							2,320	0			100.0	100.0	2.0	15.0				200	200						換水開始	
940523	15	21.2	8.40							2,000	0			100.0	97.1	2.0	13.0				200	200						換水開始	
940524	16	21.2	8.40		30	7.28	6.10	8.46	0.69	49,430	13,000	0	45.0	100.0	100.0	2.0	16.0	0.10		200	200							換水開始	
940525	17	21.3	8.38							48,1830	14,300	0		100.0	94.2	2.0	15.0	0.30		200	200							換水開始	
940526	18	21.3	8.32							467530	9,300	0		89.8	100.0	3.0	15.0	0.50		200	200							換水開始	
940527	19	21.1	8.31		61	8.42	5.64	10.46	1.18	458230	3,300	0	41.6			3.0	7.5	1.00		200	200							換水開始	
940528	20	21.2	8.36							45,930	6,500	0				3.0	15.0	1.50		200	200							換水開始	
940529	21	21.2	8.30							44,8430	2,700	0				3.0	15.0	2.00		200	200							換水開始	
940530	22	21.2	8.32		30	10.20	6.30	13.10	1.93	44,5730	2,760	0	40.5			3.0	15.0	2.50		200	200							換水開始	
940531	23	21.3	8.33							44,2970	7,800	1		100.0	90.6	2.0	15.0	2.50		200	200							換水開始	
940601	24	21.1	8.33							43,5170	13,000	6				2.0	15.0	2.50		200	200							換水開始	
940602	25	21.2	8.31		50	12.10	8.20	14.50	1.46	42,2170	7,000	7	38.4			2.0	15.0	3.00		400	400							換水開始	
940603	26	20.9	8.34							41,5170	5,400	10				2.0	15.0	4.00		500	500							換水開始	
940604	27	21.4	8.28							40,9770	6,540	13		100.0	100.0	2.0	15.0	4.00		600	600							換水開始	
940605	28	21.2	8.25		50	14.00	9.20	17.10	1.91	40,3230	5,800	24	36.6			2.0	15.0	4.50		700	400	300						換水開始	
940606	29	21.3	8.29							39,7430	3,900	41				2.0	15.0	4.00		800	300	500						換水開始	
940607	30	21.1	8.25							39,3530	6,800	16				2.0	15.0	3.90		900	200	700						換水開始	
940608	31	21.2	8.22		50	15.10	10.70	25.40	2.82	38,6730	10,550	26	35.2			2.0	10.0	3.90		1000	100	800	100					換水開始	
940609	32	21.2	8.15							37,6180	7,000	32				2.0		4.00		1100	900	200						換水開始	
940610	33									36,9180	4,500	0						4.00		1400		1000	400					換水開始	
940611	34	31								36,6680	29,500	0	33.2					4.00		1500		900	600					換水開始	
940612	35	32			96	19.60	28.10	11.00		33,5180	15,200	1						4.00		1600		800	800					換水開始	
940613	36	33								31,9980	7,400	0						4.00		1700		700	1000					換水開始	
940614	37	34								31,2580	8,480	2						4.00		1800		600	1200					換水開始	
940615	38	35			88	23.30	38.10	14.30		30,4100	13,500	2	27.6					4.00		1900		500	1400					取り揚ぎ	
940616	39	36								9,100								3.80		2000		400	1600						換水開始
940617	40	37																4.50		2100		400	1700						換水開始

彎症の防除はできたものの頭部陥没や口部異常個体の出現率は高くなった。

③ その他

配合飼料の導入により、ワムシ、アルテミア以外の生物餌料の培養が不必要になり、種苗生産を行う上で大幅な省力化が図られた。

また、餌料系列以外にも飼育が検討され、通気方法の改善により初期生残率が向上するとともに、全長15mmサイズの選別により日齢30以降の共食いによる減耗が大幅に軽減された。

3) 早期種苗生産結果の特徴

早期採卵により得られた受精卵を用いた種苗生産は、従来の4月下旬～5月上旬の採卵による種苗生産と同様の方法で行われている。これらの飼育結果を表Ⅱ-6-3に示した。

五島栽培センターでこれまでに行われた早期種苗生産では、採卵時期と種苗生産結果の間に差は見られず、通常期の4月下旬～5月上旬の採卵による種苗生産結果と遜色はみられない。ただし、早期採卵を行う時期は通常期に比べて海水温、気温が低いいため、飼育水および餌料生物の培養に多くの光熱費が必要となり種苗生産コストは高くなる。

(塩澤 聡)

表Ⅱ-6-3. 採卵時期別種苗生産結果 (1989～2000)

採卵時期 (月)	飼育事例数	生残率 (%)
2	5	16.1 (8.7～23.8)
3	10	8.4 (1.6～16.1)
4	20	10.9 (0.4～22.1)
5	10	12.9 (5.1～27.6)

*五島栽培センターにおける飼育事例

*分槽事例，全減事例は除く

Ⅱ-6-(3) 貝化石を利用した止水飼育事例

ブリの飼育では、他の魚種と同様に、成長に伴って換水率を増加させ、水質悪化を防ぐ方法がとられてきた(有元, 1999; 山崎ら, 2002)。しかし、換水に使用する地先海水は、降雨や波浪などの影響を受けやすく、赤潮プランクトンの発生等により常に良質な水質状態が得られるとは限らない。また、生体防御が十分に発達していない仔魚期では換水による飼育環境の急激な変化に適應できない場合もあると考えられている(高橋, 1999; 照屋, 2002)。ここでは、上記の問題や本種の初期減耗に対応するため2003年に屋島栽培センターで実施した貝化石を用いた止水飼育の事例を紹介する。

1) 飼育方法

① 飼育水槽

飼育水槽には25kℓ水槽(実容量22kℓ)2面を用い、止水区と流水区をそれぞれ設けた。通気は、水槽中央部に2個のエアストーンと四隅に設置したエアブロックで

行った。

② 水作り

ふ化仔魚収容時の飼育水は、両試験区とも収容する8日前から貝化石(フィッシュグリーン, グリーンカルチャ)を2回に分けて計10kgを添加して通気したものを使用した。飼育水には、貝化石を飼育開始後毎日50g/kℓの割合で飼育水に添加した。また日齢4～23の間、市販の冷蔵濃縮ナンノクロロプシス(マリーフレッシュ, メルシャン)も50万セル/mlの密度で添加した。

③ 換水および底掃除

流水区は日齢5から0.5回転/日の割合で換水を開始し、10日毎に0.5回転ずつ増加させた。止水区では日齢25まで換水を行わず、蒸発分を水道水で補給した。なお、止水区は日齢25から換水を開始して継続飼育を行った。この換水率は0.2回転/日から徐々に高め、取り揚げ時には4回転/日とした。

底掃除は両試験区とも日齢25まで行わず、これ以降止水区のみ毎日実施した。

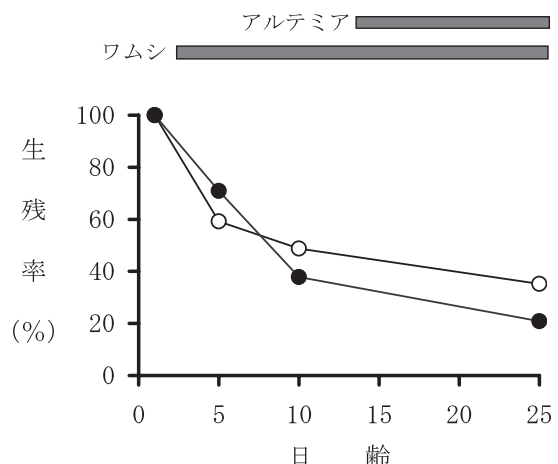
④ 餌料

餌料にはL型ワムシ(以下、ワムシ)、アルテミアおよび配合飼料を用いた。ワムシは日齢4～25、アルテミアは日齢14～25、配合飼料は日齢25以降に給餌した。栄養強化剤として、ワムシはプラスアクアラン(添加量100g/kℓ, BASFジャパン)とDHAプロテインセルコー(添加量200g/kℓ, INVE社)を、アルテミアはプラスアクアラン(ワムシと同様)とDCDHAセルコー(添加量300g/kℓ, INVE社)を用い、それぞれ22時間強化した後に、餌料密度をワムシは5～10個/ml、アルテミアは0.3～3.0個/mlとなるように給餌した。

2) 飼育結果

① 減耗状況

日齢10の生残率は、流水区が37.8%、止水区が48.8



図Ⅱ-6-3. ブリ止水飼育試験における推定生残率の推移(屋島栽培センター)

○— 止水区 ●— 流水区

%と止水区で初期死亡が少ない傾向が示された(図Ⅱ-6-3)。また、試験終了をした日齢25の生残率も、流水区20.9%に対し止水区は35.2%と高かった。以上の結果から、ブリの種苗生産における初期減耗防除に止水飼育が有効であることが示された。継続飼育した止水区では、日齢30~45にみられた共食いによる減耗以外は大きな死亡もなく、止水飼育から流水飼育への切り替えも問題はなかった。

② 成長

試験終了した日齢25の平均全長は流水区が11.6mm、止水区が11.8mmであり、両者に差はみられなかった。また、後者では止水から流水へ切り替えたことによる成長の遅滞もみられなかった。

③ 水質の推移

飼育水のpHと溶存酸素飽和度は流水区で8.0以上、100%前後を維持したが、止水区では徐々に低下し日齢25には7.62、90.0%まで下がった。また、流水区のアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素は0.01~0.09ppm、0.003~0.005ppmであったのに対し、止水区は試験終了に4.25ppm、0.13ppmまで増加した。しかし、成長・生残とも止水区は流水区と同等以上であったことから、これらの水質変化は種苗へ影響しないと考えられる。

なお、日齢25より換水した止水区では、開始後7日目以降アンモニア態窒素が1ppm以下、亜硝酸態窒素が0.05ppm以下となった(図Ⅱ-6-4)。このように止水飼育から徐々に流水に移行する方法は、長期間の止水飼育で蓄積したアンモニア態窒素や亜硝酸態窒素を低減させる有効な方法であることが明らかとなった。

④ 生菌数の推移

飼育水中の一般細菌数は、両試験区とも飼育開始直後から安定して $10^4 \sim 10^5$ CFU/mlで推移した。一方、ビブリオ属細菌数は、日齢8には流水区が止水区よりも多かったが、それ以外は両区とも同様な傾向を示し、 $10^2 \sim 10^3$ CFU/mlで推移した(図Ⅱ-6-5)。このように、流水区は日齢8にビブリオ属細菌数の増加がみられたが、前後して生残率が約30%も低下し(図Ⅱ-6-3)、摂餌が不活発になるなど、この観察項目と仔魚の活力に関連が認められた。今後、ブリの飼育に関してビブリオ属細菌数の動向を踏まえた指標の検討が必要であると考えられる。

⑤ 底質

本試験では日齢25まで飼育水槽の底掃除は行わなかった。日齢25での底質の状態は、流水区ではわずかに硫化物が確認された程度であったが、止水区では大量の沈殿物が観察された。

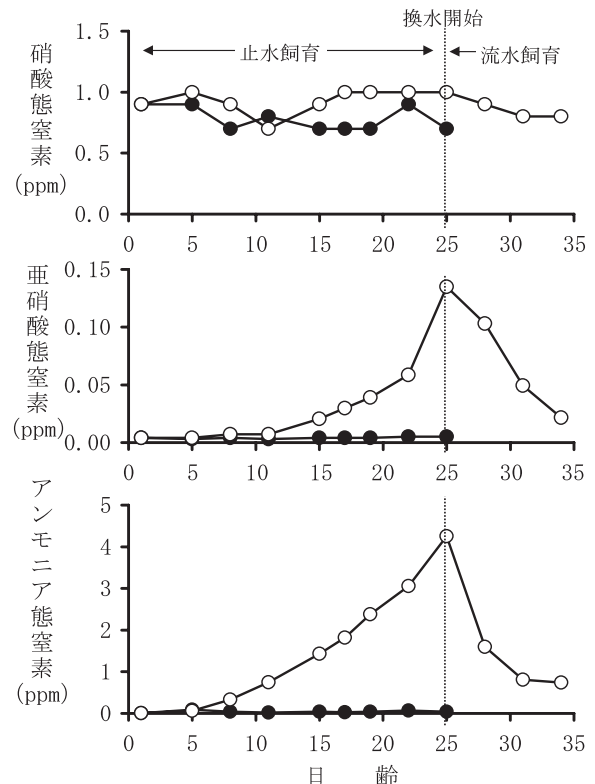
⑥ 健苗性

日齢25に両試験区の種苗を用いて干出耐性試験(干出時間1分間)を行ったが差はなく、止水区の種苗は上記の水質でも流水区と同等の活力を維持していると推察された。また、両区の形態の正常率は同等で、健苗性に

も問題は認められなかった。

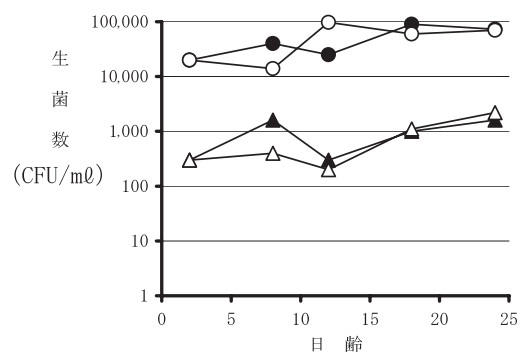
⑦ その他

貝化石の添加効果については、止水飼育期間に上昇するアンモニア態窒素の硝化の促進に寄与するなど、水質の安定維持に効果があるとされている(小金, 2000)。しかし今回の試験では、このような効果は確認できず(図Ⅱ-6-4)、止水飼育を日齢25以降も継続すれば、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素がさらに蓄積され大量死亡に至る可能性も示唆された。



図Ⅱ-6-4. ブリ止水飼育試験における水質の推移(屋島栽培センター)

● 流水区 ○ 止水区



図Ⅱ-6-5. ブリ止水飼育試験における生菌数の推移(屋島栽培センター)

● 一般細菌 流水区 ▲ ビブリオ属細菌 流水区
○ 一般細菌 止水区 △ ビブリオ属細菌 止水区

3) まとめ

今回の試験から日齢25まで止水飼育した種苗の成長、生残および健苗性は流水飼育と同等かそれ以上であり、ブリにおいてこの飼育手法は初期の減耗防除等に有効であることが示唆された。また、止水飼育ではアンモニア

態窒素と亜硝酸態窒素の蓄積がみられたが、日齢25以降徐々に注水すれば大きな問題は避けられると考えられた。

(山本 義久)

Ⅲ 中間育成（全長 30mm サイズ以降）

Ⅲ-1 中間育成

中間育成の方法は魚種や種苗の使用目的（放流用、養殖用）により異なる。ブリの場合、いままでそのほとんどは標識放流試験に利用されており、生き残りを高めるためには、放流サイズをできるだけ大きくすることが重要であった。また、広域回遊種である本種を効率よく資源に添加するためには、放流時期等の環境条件や種苗自体の遊泳能力および体力の確保（種苗性の賦与）を考慮した中間育成手法の検討も必要とされてきた。

本種の中間育成では、4月下旬から6月上旬にかけて陸上水槽で生産した全長25～30mmの種苗を海上の筏で放流サイズまで育成（写真Ⅲ-1-1）する。一方、近年では早期採卵技術が開発され、4月上旬に全長30mmサイズに達する種苗の生産が可能となり、中間育成を従来に比べて2カ月以上早く始めている。しかし、その時期の海面の水温は、ブリの飼育が可能な15℃に達していないため、取り揚げ後陸上水槽で継続して育成（写真Ⅲ-1-2）し、水温の上昇を待って海上の筏へ沖出ししている。また、赤潮発生等による海上環境の悪化お



写真Ⅲ-1-1. 海上筏での中間育成



写真Ⅲ-1-2. 陸上水槽での中間育成

よび疾病等の対策として、種苗生産で取り揚げた種苗を沖出しせずの一貫して陸上水槽で中間育成を行う事例もある。

ここでは、栽培センターで代表的な海上筏を用いた中間育成（全長30～200mm）方法について、五島および屋島栽培センターの例を中心に述べる。

（山崎 英樹）

Ⅲ-1-(1) 育成施設

海上での中間育成施設は筏、小割網および筏固定のための資材からなる。

屋島栽培センターでは4×4 mの小割網6面が設置できる筏（11×16m）をブリ種苗の中間育成に使用している。筏はロープでアンカーに固定しているため、赤潮発生時等にはアンカーを引き上げ、安全な海域へ容易に移動することができる（図Ⅲ-1-1）。

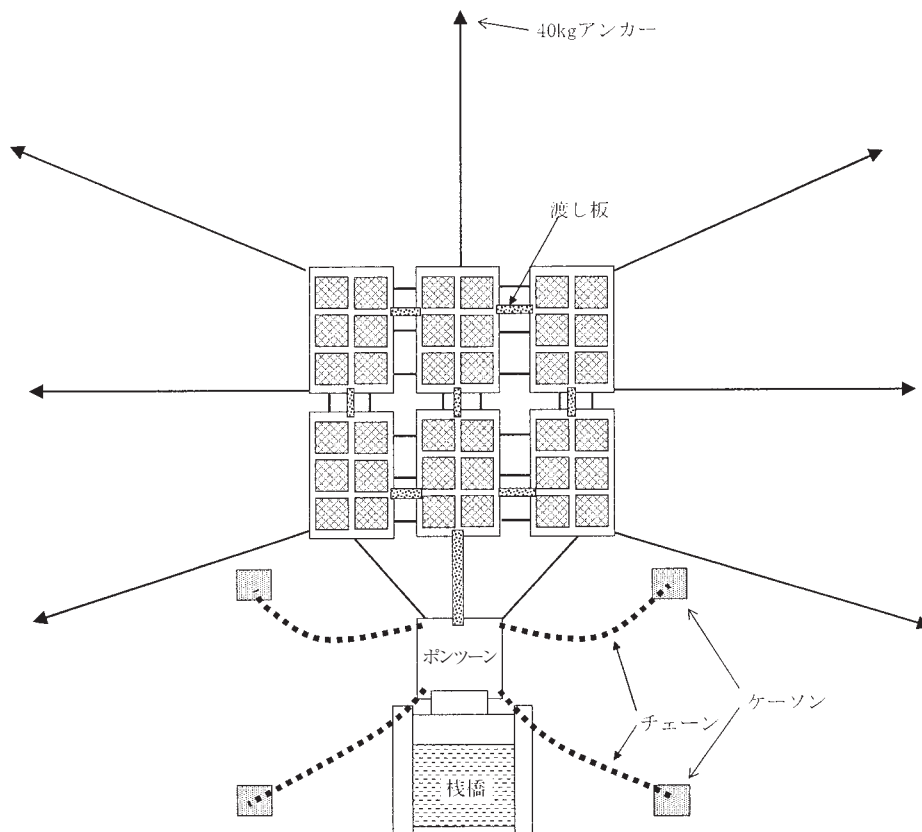
五島栽培センターでは、4×4 m小割網が2面設置できる“日”字型（波浪に強い）の筏（6×11m）を使用している。この筏は、ケーソンとアンカーで海底に固定された側張り（ワイヤーロープ）へロープで

繋ぐことにより、波浪の影響に対応している。（図Ⅲ-1-2）。

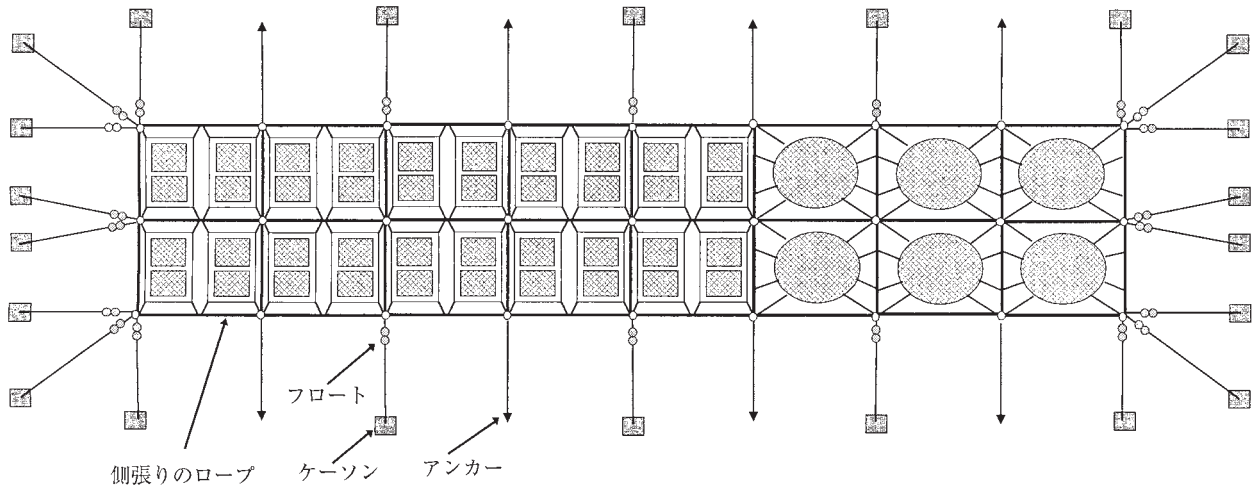
筏を用いた中間育成では、一般に網替え、サイズ選別、給餌、寄生虫の駆除および死亡魚の回収等の作業があり、これらの作業を安全かつ効率的に実施するため、小割網の周りには約1 mの幅で板張りの通路が設けられている。また、鳥による食害防除の目的で小割網の上面または筏全体を防鳥網で覆っている（写真Ⅲ-1-3）。

種苗を収容する小割網は、ナイロンモジ網やハイゼックス製の網が使用されている。小割網の大きさは、五島栽培センターでは4.0×4.0×3.0m、屋島栽培センターでは筏を設置している場所に応じて3.8×3.8×1.5mとやや浅いものを使用している。小割網の底面4隅には鉛の沈子（重量5kg）を取り付けるが、潮流により小割網が吹き上がってしまう場合はさらに底面各辺の中央に適宜沈子を追加していく。また、小割網の底面中央部にロープを付けた沈子を投入して凹部をつくり、死亡魚をその部分へ集めて効率的に回収できるよう工夫している。

（山崎 英樹）



図Ⅲ-1-1. 屋島栽培センターの筏設置模式図



図Ⅲ-1-2. 五島栽培センターの筏設置模式図



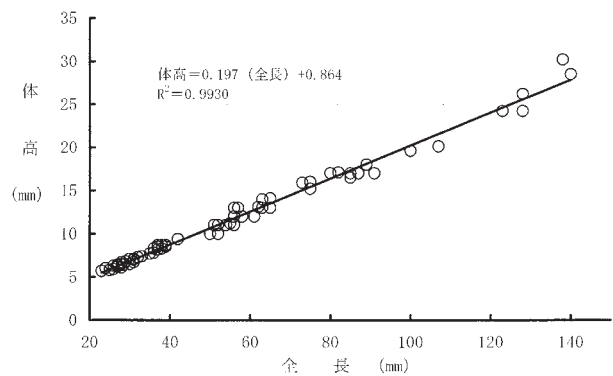
写真Ⅲ-1-3. 筏上面を覆う防鳥ネット

Ⅲ-1-(2) 種苗のサイズと小割網の目合

小割網を用いた中間育成では、種苗の体高に応じて網の目合を選択する必要がある。一般にブリ種苗の大きさは全長で示されるが、目合の選択の基準である体高は、次式から算出できる（図Ⅲ-1-3）。

$$\text{体高(mm)} = 0.197 \times \text{全長(mm)} + 0.864 \quad R^2 = 0.9930$$

この関係式をもとに、ブリ人工種苗の全長（体高）に、応じた小割網の規格と目合の大きさを表Ⅲ-1-1に示した。小割網は、海水の交換を少しでも良くするため、種苗が網を抜いたり刺さったりしない程度の目合へ順次交換する必要がある。また、標識装着した種苗を育成する場合には、使用する網の目合によって標識が引っかけ易いので十分注意しなければならない。しかし、目合の異なる網を数多くの揃えることは様々な点で負担が



図Ⅲ-1-3. ブリ人工種苗の全長と体高との関係（五島栽培センター 1987）

大きいため（原田 1969），五島栽培センターと屋島栽培センターでは，以下の3種類の小割網を用いて，全長200mmサイズまで中間育成を行っている。

全長30mmサイズ（沖出し時）：120径ナイロンモジ網製小割網

全長50mmサイズ：24節ハイゼックス製小割網

全長100～150mmサイズ：15節ハイゼックス製小割網

使用日数の経過に伴い，小割網は付着物による目詰まりが生じるので，適宜交換（以下，網替え）しなければならない。

網替えは，網が目詰まりにより潮汐に吹かれる状態になったら行う。その目安は育成場所の状況によって大きく異なるが，モジ網で1～2週間，24節または15節で2～3週間に1回の頻度である。ただし，赤潮が発生している時や梅雨時などで塩分濃度が下がっている場合は，種苗へ与える影響が大きいため網替えは控える。網替え後の小割網は，自動網洗浄機（写真Ⅲ-1-4，カタシマクリエイト）を用いて汚れを落とし，乾燥させた後に網の破れ等を点検・修理し，保管する。

（山崎 英樹）

表Ⅲ-1-1. プリの大きさと小割網の目合の規格

全長 (mm)	23～27	27～35	35～50	50～55	55～60	60～85	85～115	115～136	136～	
体高 (mm)	5.4～6.2	6.2～7.8	7.8～10.7	10.7～11.7	11.7～12.7	12.7～17.6	17.6～23.3	23.3～27.7	27.7～	
小割網 材質	ナイロン・モジ網			ハイゼックス網						
小割網 規格	160径	120径	105径	24節		15節	12節		10節	
小割網 目合 (mm)	3.1	4.2	4.9	6.5		10.7	13.6		16.7	
最大目合 (mm)	4.4	5.9	6.9	9.2		15.1	19.2		23.6	



写真Ⅲ-1-4. 自動網洗浄機

Ⅲ-1-(3) 収容方法

陸上水槽で生産した種苗は、全長30～40mmサイズで取り揚げ、海上の筏で中間育成を行う。取り揚げから中間育成の収容までは一連の作業であり、取り揚げ、計数については「Ⅱ-5-(2)取り揚げ方法」,「Ⅱ-5-(3)計数」の項で述べた。ここでは、五島および屋島栽培センターでの中間育成の収容事例をもとに、その方法を紹介する。

1) 船による搬送（五島栽培センター）

取り揚げおよび計数を行った種苗を、フォークリフトやトラック等の作業車両（写真Ⅲ-1-5）で船に積載した水槽（500ℓパンライト水槽）へ移し、筏まで搬送する。筏では、後述する密度に基づいて各小割網に収容する。この方法では、取り揚げ、計数、作業車両への収容、船の水槽への収容、小割網への収容と5回のハンドリングが行われ、種苗への負荷が大きい。さらに、上記の作業過程は種苗が高密度の状態で行われ、酸素欠乏を引き起こしやすい。このため、酸素等を通気するとともに使用する水槽の海水は毎回新鮮なものに換えなければならない。また、種苗を運ぶ水槽は内側にネットを張るなどして搬送作業を効率的に行うことが必要である。

2) ホースによる搬送（屋島栽培センター）

筏が岸から近くにあるときは、直径50mmのホースを陸上水槽から伸ばし、サイホンによって種苗を搬送する方法が用いられる。この方法は、陸上水槽と沖出しする海面との間で一定以上の水位差が必要であったが、現在では、両者の差に関係なく容易に種苗の搬送が行えるフィッシュポンプが市販されているため、陸上水槽から筏へ、あるいは陸上水槽間でも種苗の搬送が可能である。

フィッシュポンプを使用して筏へ搬送する場合は、次の手順で行う。①飼育水槽の水位を下げて中に作業員が入り、巻き網で種苗を集める（写真Ⅲ-1-6）、②ゴミ等を吸い込ませると魚数計（「Ⅱ-5-(3)計数」の項を参照）の誤カウントの原因となるため、巻き網の中よりバケツで取り揚げた種苗を水槽上に設置した500ℓ小型水槽の中に設置したネットへ収容してゴミを除去し（写真Ⅲ-1-7）、このネットの底にフィッシュポンプへ繋がるホースを接続して種苗を吸い出す（写真Ⅲ-1-8）、なお、現在ではバケツでの移動作業を省くため、ネットを水槽内へ入れ、巻き網から直接種苗をネット内へ入れる方法を採用している、③フィッシュポンプ（写真Ⅲ-1-9）から延びるホース先を中間育成する水槽あるいは筏まで引き込み、収容する。

フィッシュポンプによる搬送では、水槽から収容先までの距離が長いとホースの中で酸素欠乏を起こすことがあるので、その対策として吸い込み口付近で酸素通気を行うことが必要である。

（藤本 宏）



写真Ⅲ-1-5. 沖出し(比色法による計数後、トラックで船まで搬送)



写真Ⅲ-1-6. 巻き網により集めた稚魚



写真Ⅲ-1-7. 巻き網から取り揚げた稚魚を水槽に収容



写真Ⅲ-1-8. ネット内に収容された種苗



写真Ⅲ-1-9. フィッシュポンプと魚数計

Ⅲ-1-(4) 収容尾数

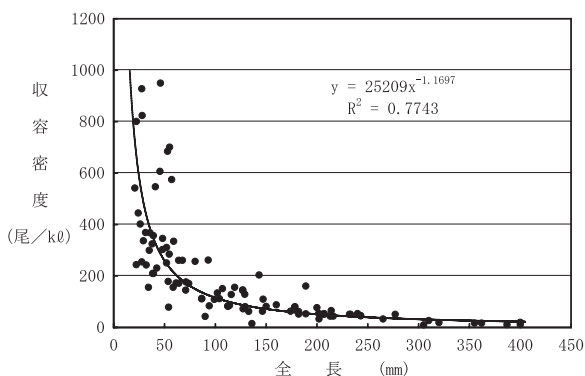
五島栽培センターにおける小割網（4×4×3m）で中間育成したブリの全長と飼育密度の関係（1990～1998年の飼育例）を図Ⅲ-1-4に示した。これらの事例で各サイズの飼育密度は、おおむね30mmで500尾/kℓ、100mmで100尾/kℓ、200mmで50尾/kℓ、単位水量当たりの魚体重は5.0kg/kℓ以下であった。なお、この規模の小割網を用いて全長30mmサイズのブリ種苗を育成する場合、最低200～300尾/kℓの密度で収容しないと給餌などの作業効率が悪くなるので注意が必要である。

種苗の成長に伴い、小割網内では単位水量当たりの重量が増加するので、魚を分けて（分養）飼育密度を調整しなければならない。

その目安は、前述した全長と密度の基準に沿って、1小割網あたり30mmサイズでは15,000～20,000尾、50mmサイズでは8,000～10,000尾、100mmサイズでは4,000～5,000尾としている。

なお、分養は網替えや寄生虫駆除のための淡水浴作業にあわせて同時に行うと効率的である。

（山崎 英樹）



図Ⅲ-1-4. 種苗のサイズと飼育密度の関係（五島栽培センター）

Ⅲ-1-(5) 選別

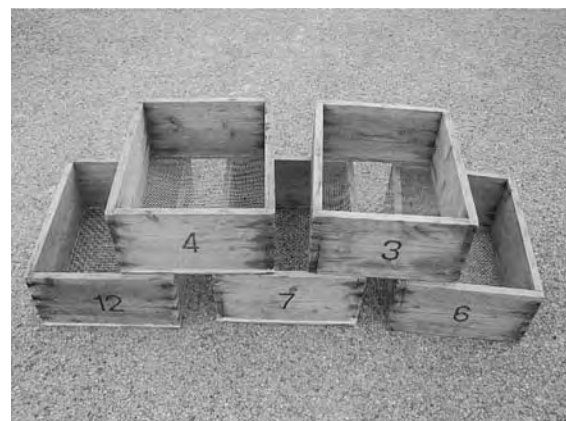
ブリは、全長10mmサイズ以降から種苗間の成長差が顕著になり共食い行動（「Ⅱ-4-(3)生残状況、②共食い」

の項を参照）が始まる。このため、全長30mmサイズまでの選別は、主に共食いによる減耗を防止するために実施するが、中間育成で行う選別はこの他に効率的な給餌や成長の促進も目的としている。また、発育が不全な小型魚および骨格等の変形した形態異常魚を除去することもねらいの一つである。

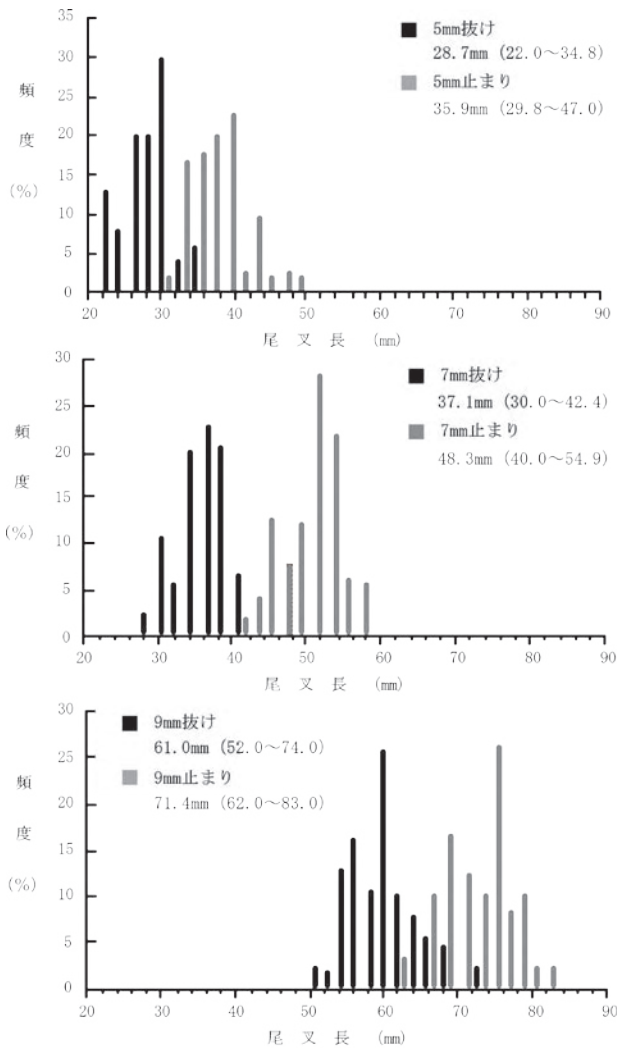
五島栽培センターの選別作業は、中間育成を開始する全長25～30mmサイズで一度、その後は成長のバラツキや飼育密度に応じて適宜行っている。選別は40×50cm程度の大きさの木枠の底へ金網を張った選別器（写真Ⅲ-1-10）を小割網内または水槽内へ浮かべ、その中へ種苗を収容する。種苗は、底へ向かって頭部から突っ込むため、小型個体は金網を通り抜け（抜け群）、大型個体は選別器に止まる（止まり群）。この時、選別器を数回上下させることにより、効率的に選別できる。選別器内の止まり群は、別の小割網もしくは水槽へ収容し、選別を繰り返す。この方法は金網の網目によって魚をより分けるため、いくつかの種苗サイズで選別を行う場合は、予め目合の異なる選別器を揃えておくことが必要である（写真Ⅲ-1-11）。ここで5mm、7mm、および9mmの目合で選別した後の抜け群と止まり群の尾叉長組成を図Ⅲ-1-5へ示す。両群の分岐サイズは5mm



写真Ⅲ-1-10. 選別器



写真Ⅲ-1-11. 各種目合の選別器



図Ⅲ-1-5. プリ選別器の目合と選別後の尾又長組成

目合で尾又長32～34mm（全長35～38mm），7mm目合で40～42mm（全長44～47mm），9mm目合で66～70mm（全長74～78mm）となった。選別に当たってはこれらの事例を参考に，適切な選別器の目合を選択することが重要である。

選別作業時の注意点を以下に述べる。

①一度に大量の種苗を選別器へ収容しない。これは選別器内で種苗が重なり合うことや大型個体が網目を塞ぐことにより小型個体が抜けず，作業効率が低下するのを防ぐためである。おおよその目安は，1回につき全長30mmサイズでタモ網1杯程度（約800g）である。②育成中の選別回数は必要最小限とする。選別をあまり頻繁に行くと，種苗は作業によるストレスや擦れによる損傷から疾病に感染しやすくなる。③酸素欠乏に注意する。選別する稚魚は作業の都合上小割網を手繰り寄せするなど集約しておかれる。選別中はこの状態を継続するため，特に高水温期は酸素欠乏になりやすく，十分に注意することが必要である。

形態異常魚は，選別作業時に発見したものを適宜取り

除く。ただし，脊椎骨上弯症は全長15cm以上にならないと目視では症状（写真Ⅱ-4-12）が判断できない。本症は鰾の未発達により引き起こされるため，この特徴を利用した比重選別が有効である（写真Ⅲ-1-12）。この方法は，種苗を麻酔（麻酔剤：ジフェノキシエタノール300ppm，約3分間浸漬）し，塩分濃度を7.5%に調整した海水へ収容後静置する。鰾を有する個体は浮上するので，これらはタモ網を使って取り揚げて中間育成を継続し，沈下した個体は形態異常として除去する。なお，近年は飼育技術が向上したため，陸上水槽での鰾の開腔率も高まり，本症の出現率は激減している。

（塩澤 聡）



写真Ⅲ-1-12. 塩分濃度を調整した海水による鰾の有無の比重選別
浮上個体：有鰾個体 沈下魚：無鰾個体

Ⅲ-1-(6) 給餌量と給餌方法

陸上水槽で種苗生産した種苗は，すでに配合飼料へ餌付いていることから，中間育成では，市販の海産稚魚用の配合飼料のみを給餌する。配合飼料の大きさ（粒径）と給餌量は種苗の成長に合わせて調整する。

沖出し後，全長100mmサイズまでは自動給餌器での



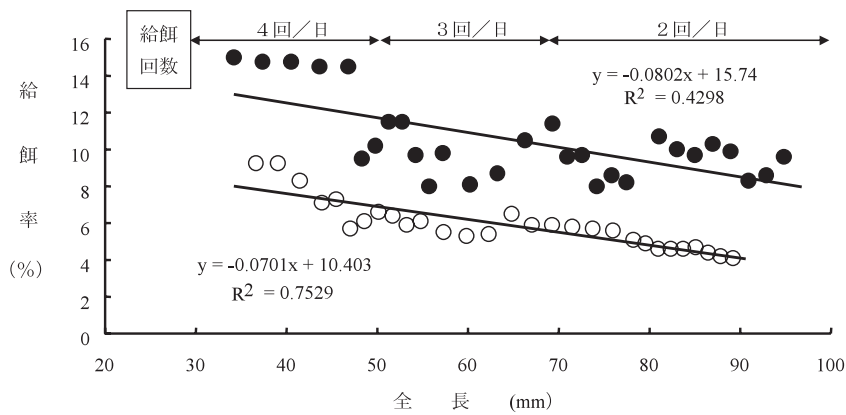
写真Ⅲ-1-13. 自動給餌器による給餌

給餌（写真Ⅲ-1-13）が可能であるが、成長に伴い給餌量が増加するのに加え1日当たりの給餌回数が減少するため、手撒きで行う場合もある。なお、全長200mmサイズまで自動給餌器を用いて育成する場合は、中間育成の規模（小割数、育成尾数等）と使用する餌の量を検討し、それに対応できる自動給餌器を確保することが必要である。

1日の給餌回数（育成水温20～24℃）は、沖出し直後の全長30mmサイズで4～5回、それ以後は徐々に回数を減らし、全長100mmサイズ以降では1～2回で十分となる。しかし、成長を早める必要がある場合には、給餌回数を増やすこともある。

1回の給餌量は、飽食量の8割程度（目安として撰

餌の勢いがなくなったころ）を目安とする。飽食量を給餌した区（飽食給餌区）と飽食量の50～70％に制限した区（制限給餌区）の成長と給餌率（給餌量/魚体重％）の推移および試験終了時の全長-生残率を図Ⅲ-1-6にそれぞれ示した。両区を比較すると、飽食給餌区の成長が若干優れたが、生残率にはほとんど差は認められず、飽食まで給餌しなくても同等の生残率が得られることがわかった。この試験の全長と給餌率の関係から計算される給餌量の目安は、全長30～40mmサイズで体重の約8％、全長50～70mmサイズで5～7％、全長80～100mmサイズで4～5％となる。また、この他のデータから全長100mmサイズ以降の給餌量は魚体重当たり約4％が適切であると考えられている。



	給餌率 (%)	試験終了時の全長 (mm)	生残率 (%)
飽食給餌区	●	96.8 ± 10.2	53.3
適正給餌区	○	90.6 ± 9.5	54.6

図Ⅲ-1-6. 給餌率の推移と給餌量試験結果

*試験途中に両区ともウイルス性腹水症が発生したため、全体として生残率が低い

給餌量を決定するには、種苗の体重を把握することが必要であり、ブリ人工種苗の全長と体重の関係は以下の式で示される（図Ⅲ-1-7）。

$$\text{体重 (g)} = 0.000007 \times (\text{全長} \cdot \text{mm})^{3.0967}$$

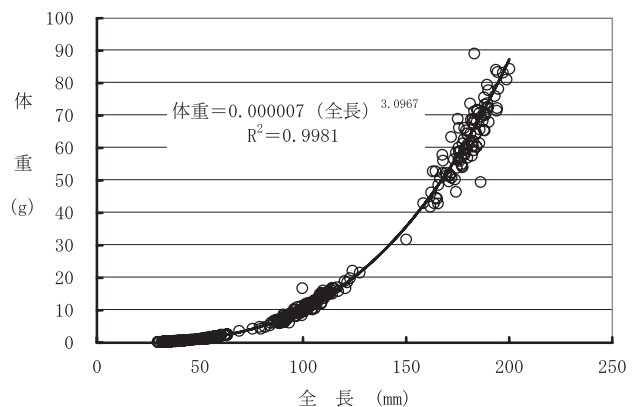
$$R^2 = 0.9981$$

ブリ人工種苗の1尾当たりの重さは、関係式を用いると全長30mmで体重は0.3 g、100mmで11 g、150mmで38 g、200mmで94 gとなる。全長30mmサイズの種苗20,000尾で中間育成を開始した場合、総魚体重は0.3 g × 20,000尾 = 6kgとなり、給餌量は約500g（給餌率8.3％）となる。

中間育成の現場では、育成尾数やそれらの成長を的確に把握・予測し、上記の給餌量と給餌回数を元に飼育すれば、計画的かつ効率的な作業が可能になる。ただし、水温条件によって種苗の摂餌量は異なり、低い水温ではここで示した基準より少なく、逆に高水温下では多くなる。従って給餌作業は、種苗を毎日観察し、摂餌状況に応じて臨機応変に対応することが重要である。また、給

餌した後に淡水浴、網替え等の作業を行うとストレスにより餌を吐き出すことがあるので、これらの作業を行う日は給餌時間を十分検討することが必要である。

（山崎 英樹）



図Ⅲ-1-7. ブリ人工種苗の全長と体重の関係（五島栽培センター 1995）

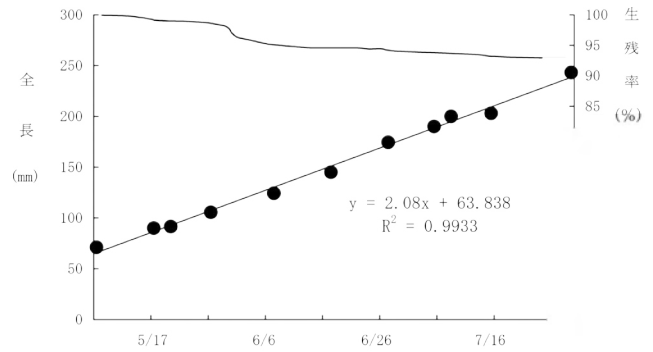
Ⅲ-1-(7) 成長と生残

五島栽培センターで生産した早期種苗8,500尾を用い、1996年5月7日から7月29日(83日間)まで海上筏で中間育成した時の成長と生残状況を図Ⅲ-1-8に示した。飼育期間中の平均水温は22.7℃(16.6~29.1℃)であり、平均全長71.1mmで沖出しした種苗は、全長243mmまで成長した。この期間の種苗の成長速度は2.08mm/日、生残率は93.1%であった。

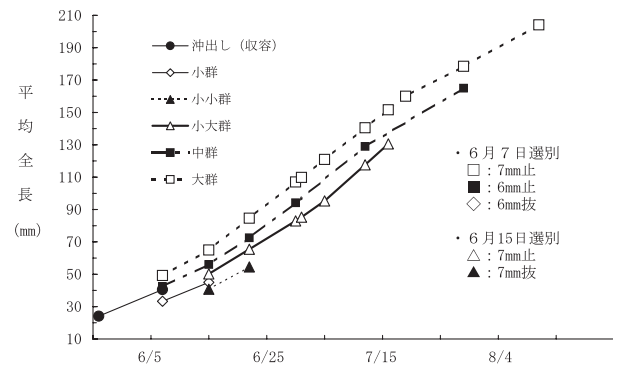
一般に、沖出し後のブリの成長速度は水温18~20℃では約2mm/日、水温20~24℃では2~3mm/日であり、全長30mmサイズの種苗は、70~80日の飼育で全長200mmサイズに達する。ただし、様々なサイズの種苗を混合して飼育すると、個体間の成長差が大きくなるので、前述(「Ⅲ-1-(5) 選別」の項)した選別を用い大きさを揃え育成することが必要である。この方法では、図Ⅲ-1-9に示すように大きさの異なる各群の成長に差は認められなくなる。

中間育成期間中の生残率は、沖出し時の種苗のサイズとその後の疾病の発生状況等により大きく異なる。屋島栽培センター、上浦栽培センターおよび五島栽培センターの海上筏での育成結果を表Ⅲ-1-2に示した。全長30mmサイズから育成した場合、全長50~60mmサイズまでの生残率は70~80%、全長200mmサイズでは50~60%である。一方、前述のように2月に種苗生産を開始する早期種苗では、5月に全長70mmサイズで沖出しし、200mmサイズの生残率は90~100%となる。

(山崎 英樹)



図Ⅲ-1-8. ブリ人工種苗の海上育成における成長と生残状況
●: 全長 (mm) —: 生残率



図Ⅲ-1-9. ブリ人工種苗の選別群別の成長 (上浦栽培センター 1994)
6月7日に●群を□, ■, ◇の3群に選別
6月15日に◇群を△, ▲, ◇の2群に再選別

表Ⅲ-1-2 各栽培漁業センターにおけるブリ人工種苗の海上育成結果の一覧

年	屋島栽培センター							上浦栽培センター							五島栽培センター						
	収容時			配付・放流時				収容時			配付・放流時				収容時			配付・放流時			
尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)				
1979	9.8	26~37	35~67	8.0	43~163	81.1															
1980	10.6	23~31	53~86	2.2	134~142	21.2															
1981	13.8	17~36	38~144	1.7	55~240	12.4	22.7	10~20	119~132	5.3	13~30	23.2									
1982	26.7	15~32	37~108	17.0	40~229	63.7	27.5	6~18	48~101	5.5	55~190	20.0	5.6	29.8	147	1.4	206	25.0			
1983	23.6	20~27	15~123	7.8	47~206	33.2	57.2	8~15		4.9	152	24.4	50.3	19~31	37~112	11.1	44~282	22.1			
1984	24.9	19~29	35~86	15.1	20~207	60.6	38.8	16~21	10~74	17.5	25~148	45.1	20.6	21~28	32~85	8.8	21~198	42.7			
1985	34.0	22~35	2~181	23.3	22~31	68.7	6.8	26.9	50~56	2.9	154~168	43.0	23.4	21~27	89~102	4.5	143~273	39.8			
1986	34.5	22~28	3~187	24.7	25~265	71.5	7.1	22.3	26~99	4.2	53~274	59.2	31.1	21~39	57~182	9.5	50~351	30.6			
1987	16.5	24~29	12~164	8.7	37~331	52.7	3.0	25.2	106	0.2	264	5.1	67.6	26~41	14~221	25.3	34~306	37.5			
1988	66.0	27~38	3~187	33.4	34~328	50.6	5.5	21~25	36~104	2.1	106~267	38.2	91.4	26~35	11~122	36.6	41~268	40.0			
1989	39.5	25~37	7~176	29.1	40~317	73.7	1.4	26	103	0.2	243	12.7	41.5	26~37	43~134	14.3	44~290	34.5			
1990	19.3	39~53	13~80	12.6	69~268	65.3	52.1	19~31	4~90	27.8	41~232	53.4	44.8	28~80	34~230	23.1	59~357	51.4			
1991	27.8	26~39	19~58	23.0	52~176	82.8	18.8	27~36	5~60	12.9	41~190	68.6	51.5	31~52	2~312	45.3	35~400	88.0			
1992	18.5	31~36	6~150	17.7	49~283	95.8	10.8	35~37	7~72	7.2	44~206	66.5	30.8	22~60	11~315	17.9	28~400	58.2			
1993	49.0	33~38	5~207	41.8	35~321	91.4	2.9	28	6~83	2.4	38~210	97.3	6.4	40	69~283	2.9	175~360	45.2			
1994	6.7	35	59~186	4.8	149~287	72.1	7.4	24~29	14~76	5.3	60~204	71.6	16.3	21~55	34~57	13	91~182	81.0			
1995	0.5	37	75	0.2	188	29.0	5.1	27~34	10~104	2.5	37~226	49.5	5.6	30~71	18~126	2.8	99~355	50.0			
1996	21.5	35~47	96~102	19.0	98~160	88.2	1.0	25~35	1~13	0.9	35~41	84.0	5.6	34~71	30~83	4.7	94~243	83.4			
1997	25.9	28~33	21~77	18.1	34~178	69.9							1.4	64~87	45~56	1.3	178~182	91.2			
1998	24.4	28~40	60~69	15.5	116~123	63.5							1.6	73.8	58~64	1.4	200~213	82.2			
1999	33.3	42~48	33~69	18.0	83~154	53.1							7.7	52~90	42~112	7.3	113~240	94.7			
2000	9.6	58~82	48~65	4.4	127~149	45.8															
2001	16.7	36~57	55~59	13.8	113~129	82.5															

Ⅲ-2 輸送

陸上水槽や海上筏で中間育成した種苗は、利用目的に沿って随時関係県および各機関へ輸送し、放流または育成・養殖試験等に供される。輸送する種苗のサイズはその方法や尾数、受け入れ先の小割網の目合い等により決定される。ここではトラック、活魚運搬船および航空便を用いた輸送方法について述べる。なお、1985年以降の各センターにおけるブリ種苗輸送状況（付表1～3）を章末に示したので参照されたい。

（藤本 宏）

Ⅲ-2-(1) 準備

陸上水槽で育成している場合は、輸送する数日前に必要な尾数を計数し、小割網へ収容する。計数は、全長40～50mmサイズまでであれば魚数計が利用できるが、それより大きい時は重量法で行う（「Ⅱ-5-(3) 計数」の項を参照）。一方、種苗を筏で育成している場合には、通常、小割網収容時に収容尾数を把握しているので、この時点から輸送するまでの累積死亡尾数を差し引いてそれぞれの保有尾数を確定する。しかし、生残尾数が不明の場合は、前述したように海面の筏でも重量法で計数することもあるが、波浪の少ない内湾でない電子秤が使用できないので注意する必要がある。なお、輸送前の準備では餌止めが最も重要で、種苗が空胃になるよう輸送前日から給餌をやめ輸送中の水質悪化を防止する必要がある。

（藤本 宏）

Ⅲ-2-(2) トラック輸送

1) 輸送水槽

自動車による種苗の輸送では、専用の水槽が取り付けられた活魚車（4～11t）や輸送水槽を積載したトラック（主に11t車）を用いる。活魚車にはFRP製の水槽が設置され、酸素ポンプ、エアポンプ、通気量調整器等が常備されている。また、水槽内の水質を維持するための循環ろ過設備、水温を調節するための冷却機を装備した車輛もある。通常のトラックでは、容量0.5～1.2klの輸送水槽を荷台に積載する。輸送水槽には、四角形、円形、かまぼこ型と各種形状のものが市販され、材質はポリエチレン製が多い（写真Ⅲ-2-1）。いずれの水槽も輸送中に稚魚が飛び出さないように蓋で取り出し口を密閉できるものが良い。

屋島栽培センターではかまぼこ形の容量1.2kl（1.1×1.3×1.1m）のポリエチレン製ヒドロタンクを用いて輸送を行っている。この水槽は11tトラックに最大7個まで積載可能である。また、フォークリフトによる輸送水槽の積み降ろしを容易にするため、水槽ごとに専用枠を使用している（写真Ⅲ-2-2）。

2) 輸送水温と通気

通常のトラック（写真Ⅲ-2-3）では、輸送中に外気の影響を受けて水槽内の水温が大きく変動しないように、保冷用コンテナが付いていることが望ましい。このようなトラックが手配出来ない場合は、シート等で水槽を覆い、直射日光が輸送水槽に当たらないようにする。高水温期に輸送する時は、水槽に種苗を収容後、海水水



写真Ⅲ-2-1 輸送水槽（ポリエチレン製：1kl）



写真Ⅲ-2-2 輸送水槽と専用枠（屋島栽培センター）



写真Ⅲ-2-3 輸送水槽を積載したトラック（屋島栽培センター）

を適宜添加し、水温を18～19℃まで下げて輸送する。輸送中は酸素のみを通気し、専用の微量流量計でその量を調整する。通気量は種苗の収容密度や大きさにもよるが、通常1～2ℓ/分としている。

3) 輸送密度

トラック輸送に用いる輸送水槽2個を用いて全長27～28mmサイズの種苗をそれぞれ異なる密度で収容し、24時間後の生残状況を比較した模擬輸送試験の結果を表Ⅲ-2-1、図Ⅲ-2-1に示す。この試験では、1.25kℓ容量の輸送水槽へ種苗を6,640尾/kℓ（A区）と11,840尾/kℓ（B区）の密度で収容し、24時間放置して水質の経時変化と終了時の生残率を調査した。その結果、高密度のB区は試験途中で酸素欠乏により種苗が大量死亡したため、生残率は20.9%と低かった。一方、低密度としたA区の生残率は90.7%と高かったが、試験終了後に死亡個体数が増加し、5日後の生残率は58.0%まで低下した。同試験区では、試験中にpHの低下、アンモニア態窒素の上昇がみられたことから、これらの水質変化が試験終了後の生残状況に影響を及ぼしたものと考えられた。

屋島栽培センターの輸送事例の中で、輸送直後の生残率が90%以上となった種苗の大きさと密度の関係を図Ⅲ-2-2、Ⅲ-2-3に示す。種苗の大きさと輸送密度の関係は次式で示される。

尾数換算による輸送密度：

$$\text{輸送密度(尾/kℓ)} = 845,000 \times (\text{種苗の大きさ(mm)})^{-1.4503}$$

重量換算による輸送密度：

$$\text{輸送密度(kg/kℓ)} = 0.0029 \times (\text{種苗の大きさ(mm)})^{1.758}$$

事例ごとに輸送時間は異なる（1～30時間）が、全長40mmサイズで4,000尾/kℓ、全長50mmサイズで2,900尾/kℓ、全長80mmサイズで1,500尾/kℓ、全長100mmサイズで1,000尾/kℓが妥当な輸送密度と言えよう。

4) 注意事項

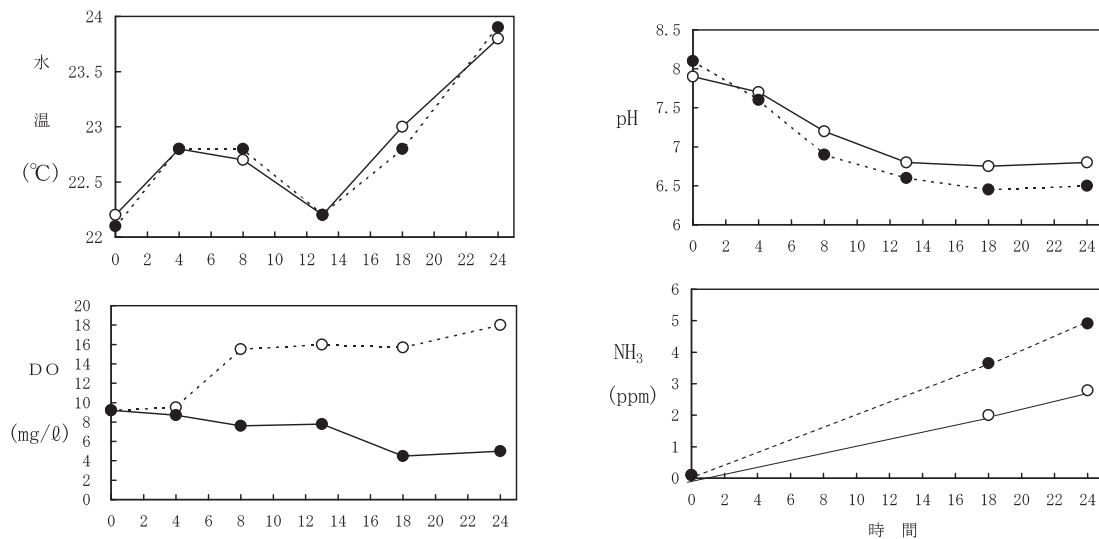
輸送における死亡原因は、そのほとんどが酸素欠乏によるものである。酸素欠乏は酸素バルブの調整不良やホースの破損等でおこる場合が多いので、輸送前の通気設備の点検はもちろん、輸送途中にも数回、これらの確認を行う必要がある。また、種苗を輸送水槽に収容する時に、網で掬うなどのストレスを与えると体表から粘液を出す場合がある。トラック輸送では、輸送途中の換水はほとんどの場合不可能であるため、水槽へ種苗を積み込んだ後に十分換水を行い、粘液等を排出しておく必要がある。

なお、輸送中フェリーを利用する場合、酸素ポンベの持ち込みが禁止されていることや航行中はトラックに装備されたる過設備および冷却機等が使用できないこともあるので、事前の確認が必要である。

（藤本 宏）

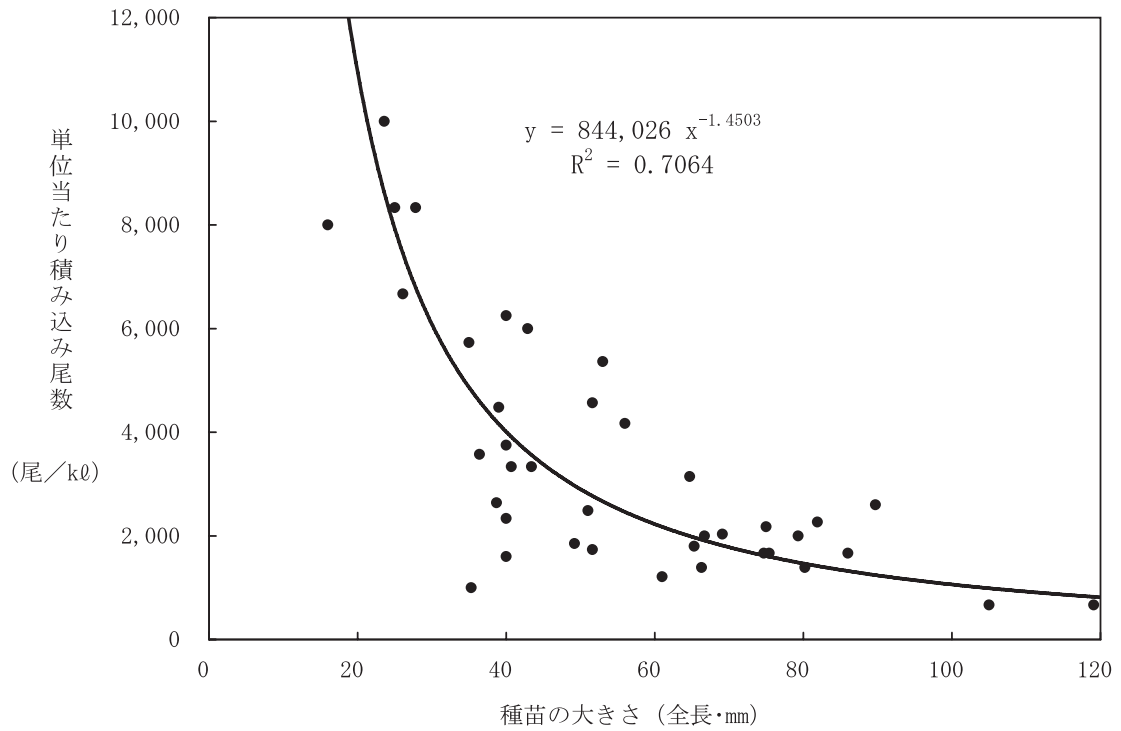
表Ⅲ-2-1 プリ種苗の模擬輸送試験結果の概要（屋島栽培センター 1987）

試験区	平均全長 (範囲・mm)	収容		取り揚げ		生残率 (%)
		尾数 (尾)	密度 (尾/kℓ)	尾数	密度 (尾/kℓ)	
A	27.2 (20.3～34.2)	8,300	6,640	7,530	6,024	90.7
B	28.2 (23.4～34.6)	14,800	11,840	3,100	2,480	20.9

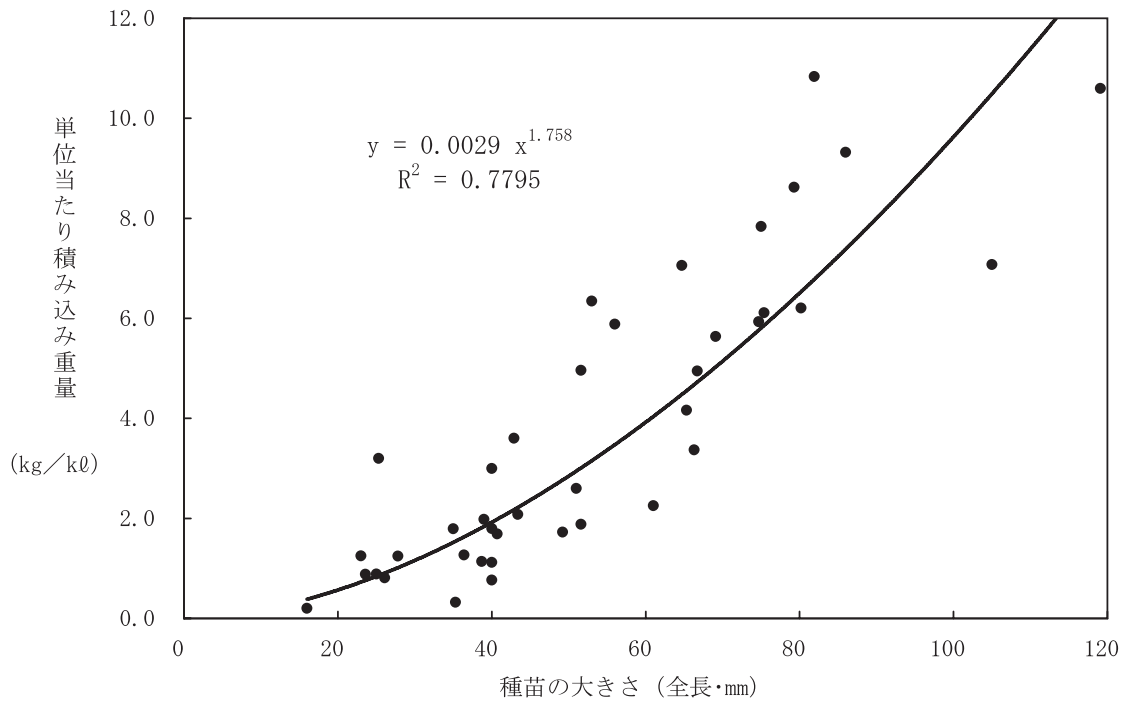


図Ⅲ-2-1 プリの模擬輸送試験における水質変化(屋島栽培センター)

○：A区 6,640尾/kℓ ●：B区 11,840/kℓ



図Ⅲ-2-2 プリ種苗のトラック輸送で90%以上の生残率を得た事例における種苗の大きさと単位当たり積み込み尾数 (尾/kℓ) の関係



図Ⅲ-2-3 プリ種苗のトラック輸送で90%以上の生残率を得た事例における種苗の大きさと単位当たり積み込み重量 (kg/kℓ) の関係 (屋島栽培センター)

Ⅲ-2-(3) 船輸送

1) 輸送水槽

船を利用して数十万尾の種苗を大量に輸送する場合は、専用の活魚運搬船を用いる。使用する活魚運搬船は、船の輸送能力（水槽の大きさ、通気設備）と輸送する種苗のサイズおよび尾数を基に決定する。通常、種苗は船に取り付けられた活魚水槽（活け間）に収容するが、輸送する尾数がわずかな場合や種苗が小さい時には、トラック輸送で使用する輸送水槽を船上に設置して運ぶこともある。ここでは活け間を用いた輸送方法について述べる。

2) 収容

一般に活魚運搬船の活け間には海水が入り出る穴（以下、スカッパー）が数個備えられており、このスカッパーの栓を抜いたり、ポンプを用いたりして海水を取り入れる。航行中はスカッパーからの海水の出入りが激しいため、輸送する種苗の遊泳力が弱い全長150mmサイズまでは、スカッパーを閉め、酸素通気のみで輸送する。遊泳力のある大型種苗ではスカッパーを開放して輸送する。この場合、航行中は酸素通気はほとんど不要であるが、停泊した場合や種苗の積み込み時には酸素欠乏を引き起こすことが多いので、酸素ポンプを準備しておく。また、船によっては航行中に活け間の水深が浅くなることがあるので注意する。

活け間への種苗の収容は、活魚運搬船に装備されたタモ網を用いて直接小割網から種苗をすくい取り、積み込む。また、船と筏が離れている場合は、バケツリレーにより積み込むが、前述したように、この積み込み時に酸素欠乏を起こす可能性があるため、積み込み作業を素早く終わらせるため、十分な人員を確保しておくことも必要である（写真Ⅲ-2-4）。



写真Ⅲ-2-4 海上小割生簀でのバケツリレーによる種苗の積み込み（屋島栽培センター）

3) 輸送密度

活け間の栓を閉めて輸送する場合は、トラック輸送とほぼ同様の積み込み密度が目安となる。

離島にある五島栽培センターから日本海側の関係各県への種苗輸送には3～4日間を要するため、比較的大型の活魚運搬船（100～200t）を使用した。この場合、一つの活け間の容量が大きく、輸送密度は全長100mmサイズで1,000尾/kℓ以下となったため、輸送中の種苗の生残状況と活力は良好であった。

一方、失敗事例を以下に紹介する。5tの活魚運搬船を使用し全長60mmサイズの小型種苗3万尾を、1.1kℓの活け間に収容（27,300尾/kℓ）し、スカッパーを閉めて運んだ事例では、途中で種苗が酸素欠乏の症状を示したため、約7,000尾をその場で放流し、23,000尾で輸送を継続した。しかし、7時間後に現地へ到着した時点では17,000尾が死亡し、6,000尾しか生き残らなかった。この輸送事例の失敗原因は、密度が高すぎたことと換水を行わなかったことによると考えられる。また、全長220～270mmの大型種苗を1.6kℓの活け間へ約3,000尾（輸送密度1,800尾/kℓ）収容して輸送した事例では、積み込み時点で酸素欠乏による死亡が発生した。このように種苗のサイズが大きくなると酸素消費量も急激に増加するので、積み込み時には酸素通気を施し、すぐに出航できるように準備しておく必要がある。

船を用いた輸送は、一度に大量の種苗を輸送することが可能であり、酸素欠乏等が起こっても容易に換水できるため、トラック輸送等に較べて比較的安心できる手段である。しかし、船の輸送はトラック輸送に比べて経費が高額であることから、種苗の大きさ、輸送尾数および輸送距離を考慮して、船とトラックを使い分けることが重要である。

（藤本 宏）

Ⅲ-2-(4) 航空便輸送

1) 輸送水槽

航空便輸送とは、酸素を封入したビニール袋に稚魚を収容し、発泡スチロール箱で梱包して空輸するものであり、これと同様の方法で受精卵やふ化仔魚の輸送も行われている。ビニール袋にはウナギの輸送に用いられる市販のウナギ用ポリ袋（30×26×60cm）を利用する。この袋は二重構造になっているため破損しにくく、底面が四角形で既製の発泡スチロール箱（35×27×21cm）に隙間なく収まるようになっている（写真Ⅲ-2-5）。発泡スチロール箱の中に入れてビニール袋へ海水を約10ℓほど入れ、稚魚を収容してからホースで酸素を封入し輪ゴムで止める。なお、航空便で輸送する場合、飛行中の機内圧は0.8～0.9気圧に低下するため、ビニール袋内に酸素を過剰に充填すると破裂する恐れがある。そのため、ビニール袋への酸素の充填は80～90%程度（ビニール袋がわずかに弛む状態）とした方がよい。

2) 輸送密度

村井（1984）は、ウナギ用ポリ袋を用いて10ℓの海

水中へ平均体長38mm，平均体重0.7gの種苗を1尾，5尾，10尾および20尾／ℓの密度で収容し，屋島栽培センターから三重県養殖研究所まで10時間かけて輸送する試験を行った。その結果，10尾／ℓ以下の密度では死亡魚はみられなかったが，20尾／ℓでの死亡率は平均39%に達したことから，上記の輸送では，10尾／ℓ（約7g／ℓ）が適正な収容密度であるとしている。五島栽培センターでは，1994年から沖縄県糸満市の沖縄県水産試験場まで航空便による輸送を行い，95%以上の生残率を得ている。輸送に要した時間は7～10時間，

種苗の大きさは全長25～31mm，密度は10～30尾／ℓ（1.7～5.5g／ℓ）であった。

航空便輸送では，種苗を大量に運ぶことは難しいが，遠隔地へ短時間で送る方法として有効である。また，輸送中は止水状態となるため，出来る限り時間を短縮するように運送業者と事前に打ち合わせ，送付時は飛行場までの，到着時は飛行場から目的地までの輸送ルートも検討しておく必要がある。

（藤本 宏）



写真Ⅲ-2-5 酸素封入したビニール袋と梱包する発泡スチロール箱

付表1 プリ種苗のトラック輸送状況一覧

年	月日	生産 事業場名	輸送先	輸送時間	輸送方法	水槽			積み込み時			到着時			備考			
						個数	大きさ (kℓ)	全容量 (kℓ)	尾数 (尾)	大きさ (全長mm)	推定 総重量 (kg)	密度 (kg/kℓ)	密度 (尾/kℓ)	水温 (℃)		死亡率 (尾)	水温 (℃)	生残率 (%)
1985	6月1日	屋島	高知県須崎	5:30	6 t	1.3	6.5	100,000	23.0	8.1	1.3	15,385	18.4	0	19.0	100	良好	
	6月26日	屋島	高知県須崎	5:30	6 t	1.4	1.4	5,000	36.4	1.8	1.3	3,571	21.6	0	26.0	100	良好	
1986	6月6日	屋島	香川県引田	1:20	トトラック	1.0	2.0	58,000	25.3	6.4	3.2	29,000	21.5	0	ND	100	良好	
	6月11日	屋島	高知県須崎	5:20	7tトトラック	1.2	6.0	50,000	25.0	5.3	0.9	8,333	19.2	0	22.5	100	良好	
	7月2日	屋島	島根県隠岐	15:05	7tトトラック	1.2	6.0	60,000	23.6	5.3	0.9	10,000	21.8	15,000	20.5	75	不良	酸素バルブ誤操作により酸欠死あり
	7月3日	屋島	石川県能登	13:40	10tトトラック	1.2	6.0	20,000	40.7	10.1	1.7	3,333	22.2	500	21.2	98	良好	小型魚の酸欠死あり
	7月4日	屋島	島根県隠岐	16:00	7tトトラック	1.2	6.0	40,000	26.1	4.9	0.8	6,667	21.0	6,000	21.0	85	不明	到着後の移送時に酸欠で酸欠死
	7月7日	屋島	静岡県沼津	13:30	7tトトラック	1.2	6.0	50,000	27.8	7.5	1.2	8,333	21.2	1,400	20.5	97	良好	
1987	5月29日	屋島	三重県南勢	10:10	1tトトラック	0.5	0.5	4,000	16.0	0.1	0.2	8,000	ND	40	19.5	99	良好	
	6月10日	屋島	高知県須崎	5:15	11tトトラック	1.2	9.6	55,000	35.0	17.2	1.8	5,729	21.5	0	24.5	100	良好	
	6月22日	屋島	高知県須崎	5:35	8tトトラック	1.2	7.2	19,000	38.7	8.2	1.1	2,639	ND	0	ND	100	良好	
	7月13日	五島	長崎県小佐々	9:30	4tトトラック	1.0	4.0	15,000	40.0	7.2	1.8	3,750	18.5	50	21.5	100	良好	
1989	6月15日	屋島	三重県尾鷲	12:00	8tトトラック	1.2	3.6	12,000	43.4	7.5	2.1	3,333	23.1	400	ND	97	良好	到着後の移送中に酸欠で酸欠死
	6月15日	屋島	高知県須崎	5:30	11tトトラック	1.2	7.2	45,000	40.0	21.6	3.0	6,250	ND	15	21.5	100	良好	
	6月26日	屋島	静岡県熱海	15:00	8tトトラック	1.0	5.0	10,000	66.7	24.7	4.9	2,000	24.0	3,000	24.0	70	良好	水槽1個分事故死
	12月1日	屋島	和歌山県阿尾	3:00	4tトトラック	7.0	7.0	950	317.0	349.1	49.9	136	ND	0	ND	100	良好	
1990	6月26日	上浦	高知県須崎	9:30	10tトトラック	1.2	9.6	43,000	39.0	19.0	2.0	4,479	ND	150	26.4	100	良好	
	7月9日	屋島	静岡県熱海	16:30	8tトトラック	1.2	6.0	12,200	69.1	33.8	5.6	2,033	24.7	10	24.2	100	良好	
	7月10日	屋島	三重県尾鷲	10:40	10tトトラック	1.2	6.0	12,000	79.3	51.7	8.6	2,000	24.0	1,000	21.0	92	良好	
1991	6月13日	屋島	高知県須崎	5:30	11t,8tトトラック	1.2	13.2	60,300	51.6	65.5	5.0	4,568	ND	200	24.7	100	良好	
	6月20日	屋島	静岡県熱海	17:30	8tトトラック	1.2	6.0	10,500	53.4	12.7	2.1	1,750	17.0	20	17.0	100	良好	
1992	5月27日	屋島	静岡県熱海	3:00	0.4tトトラック	0.5	0.5	500	35.3	0.2	0.3	1,000	18.0	4	18.0	99	良好	
	6月2日	屋島	広島県福山	11:00	8tトトラック	1.2	6.0	11,100	49.2	10.3	1.7	1,850	21.0	6	21.0	100	良好	
	6月10日	屋島	高知県須崎	3:30	11t,8tトトラック	1.2	13.2	41,500	64.7	93.1	7.1	3,144	19.0	100	19.0	100	良好	
	6月11日	屋島	静岡県熱海	17:30	8tトトラック	1.2	6.0	10,800	65.3	25.0	4.2	1,800	21.7	5	20.0	100	良好	
	6月25日	五島	石川県能登	29:20	11tトトラック	8.3	8.3	20,500	51.0	21.4	2.6	2,485	21.8	300	21.0	99	良好	
	6月25日	五島	島根県美保関	13:45	11t,8tトトラック	1.2	13.2	41,500	67.5	106.7	8.1	3,144	17.0	36	ND	100	良好	
1993	6月17日	屋島	三重県尾鷲	10:00	8tトトラック	1.2	6.0	11,000	71.3	33.7	5.6	1,833	17.4	45	19.3	100	良好	
	6月21日	屋島	静岡県熱海	17:00	8tトトラック	1.2	6.0	11,000	80.5	49.8	8.3	1,833	17.0	20	18.0	100	良好	
1994	6月21日	五島	高知県須崎	22:40	11tトトラック	3.0	6.9	37,000	53.0	43.8	6.3	5,362	ND	32,000	20.1	14	不明	
	6月28日	五島	高知県須崎	18:30	11tトトラック	3.0	9.0	21,000	40.0	10.1	1.1	2,333	20.3	1,600	20.0	92	良好	
	6月30日	屋島	三重県尾鷲	11:10	8tトトラック	1.2	6.0	13,600	81.9	65.0	10.8	2,267	19.8	450	20.0	97	良好	
	7月5日	屋島	静岡県熱海	15:00	8tトトラック	1.2	6.0	15,600	89.7	99.9	16.6	2,600	20.0	5,085	21.0	67	良好	5水槽中2水槽で通気ホース破損により事故死
1995	5月31日	屋島	三重県南勢	6:50	1tトトラック	0.01	0.2	1,200	42.9	0.7	3.6	6,000	18.0	150	15.0	88	良好	小型魚の酸欠死あり
	6月15日	上浦	香川県屋島	6:30	8tトトラック	1.2	6.0	13,000	45.8	9.6	1.6	2,167	17.1	0	18.5	100	良好	
	6月22日	屋島	静岡県熱海	16:00	8tトトラック	1.2	6.0	10,000	86.0	55.9	9.3	1,667	18.0	0	19.0	100	良好	
	6月26日	屋島	三重県尾鷲	12:00	8tトトラック	1.2	6.0	10,000	75.4	36.7	6.1	1,667	19.0	9	19.0	100	良好	
	7月11日	五島	香川県屋島	17:40	10tトトラック	2.3	6.9	15,000	75.0	54.1	7.8	2,174	18.5	0	21.4	100	良好	
1996	5月16日	屋島	三重県尾鷲	11:05	8tトトラック	1.2	6.0	10,000	74.7	35.6	5.9	1,667	17.5	1	17.5	100	良好	
	6月25日	屋島	静岡県熱海	17:30	8tトトラック	1.2	6.0	4,000	119.1	63.6	10.6	667	18.8	0	19.0	100	良好	
1997	5月21日	屋島	三重県尾鷲	10:00	8tトトラック	1.2	7.2	10,000	66.3	24.3	3.4	1,389	18.3	0	17.6	100	良好	
	5月22日	屋島	高知県須崎	4:15	10tトトラック	1.2	7.2	30,000	56.0	42.4	5.9	4,167	17.4	50	17.0	100	良好	
	6月13日	屋島	静岡県熱海	17:00	10tトトラック	1.2	7.2	10,000	80.2	44.7	6.2	1,389	17.5	10	18.0	100	良好	
1999	4月27日	屋島	三重県南勢	15:30	1tトトラック	1.2	2.4	5,000	34.8	1.5	0.6	2,083	16.2	100	17.0	98	良好	
	6月22日	屋島	大分県上浦	8:30	10tトトラック	2.5	7.5	5,000	105.0	53.0	7.1	667	21.8	15	22.5	100	良好	
2000	4月1日	五島	鹿児島県集人	22:30	10tトトラック	3	7.5	12,000	40.0	5.8	0.8	1,600	18.3	100	17.2	99	良好	

付表2 プリ種苗の活魚船輸送状況一覧

年	月日	生産事業場名	輸送先	輸送時間	輸送方法	水槽			積み込み時			到着時			備考			
						個数	大きさ (ℓ)	全容量 (ℓ)	尾数 (尾)	大きさ (全長mm)	推定総重量 (kg)	密度 (kg/ℓ)	密度 (尾/ℓ)	水温 (℃)		死亡率 (尾)	水温 (℃)	生残率 (%)
1986	7月4日	五島	長崎県小佐々	8:00	40 t 活魚船	1	30.0	30.0	41,000	50.0	40.2	1.3	1,367	22.0	100	22.5	100	良好
	7月4日	上浦	大分県佐賀関	1:30	5t 活魚船	4	0.6	2.4	13,000	65.1	29.8	12.4	5,417	ND	0	19.0	100	良好
	7月23日	五島	島根県浜田	17:00	139t 活魚船	1	8.0	8.0	2,600	152.0	90.4	11.3	325	25.0	30	24.4	99	良好
	9月2日	五島	五島西沖	3:00	108 t 調査船	4	2.3	9.0	5,400	632.9	632.9	70.3	600	27.5	3,364	27.4	38	過密積み込みにより斃死 積み込み時に酸欠あり
1987	10月1日	上浦	山口県上関	4:20	16 t 活魚船	4	0.4	1.6	3,000	274.0	690.7	431.7	1,875	23.6	0	23.0	100	良好
	10月8日	上浦	大分県臼杵	1:30	16t 活魚船	4	0.4	1.6	3,500	265.0	723.9	452.5	2,188	22.8	0	23.2	100	良好
	6月14日	五島	島根県美保関	39:00	199t 活魚船	5	90.0	450.0	103,700	41.0	53.9	0.1	230	ND	8,790	ND	92	良好
	6月15日	五島	福井県小浜	63:00	199t 活魚船	1	20.0	20.0	12,200	43.0	7.4	0.4	610	22.3	0	21.2	94	良好
	6月16日	五島	石川県能登島	91:00	199t 活魚船	1	25.0	25.0	28,600	40.0	13.7	0.5	1,144	ND	9,950	ND	65	不明
	6月16日	五島	石川県能登島	89:00	199t 活魚船	1	25.0	25.0	16,800	61.0	31.2	1.2	672	22.3	1,350	18.4	92	良好
	6月30日	五島	鹿児島県東町	5:00	4.9 t 活魚船	3	0.7	2.1	30,000	33.5	8.1	3.9	14,286	23.5	0	22.0	100	良好
	6月26日	五島	山口県須佐	26:00	199t 活魚船	1	15.0	15.0	20,300	83.2	102.1	6.8	1,353	21.8	300	ND	99	良好
	6月26日	五島	山口県大井浦	24:00	199t 活魚船	2	15.0	30.0	37,000	34.8	11.4	0.4	1,233	21.8	2,000	22.0	95	良好
	6月27日	五島	島根県浜田	39:30	199t 活魚船	1	20.0	20.0	40,500	70.8	121.4	6.1	2,025	21.8	100	20.5	100	良好
1988	6月27日	五島	島根県大井浦	45:30	199t 活魚船	1	25.0	25.0	50,500	68.0	132.9	5.3	2,020	21.8	200	21.4	100	良好
	6月27日	五島	島根県美保関	49:00	199t 活魚船	1	20.0	20.0	50,500	54.4	65.0	3.2	2,525	21.8	300	21.2	99	良好
	6月28日	五島	福井県小浜	62:20	199t 活魚船	1	20.0	20.0	10,300	76.4	39.4	2.0	515	21.8	100	21.4	99	良好
	6月29日	五島	石川県能登島	85:00	199t 活魚船	1	25.0	25.0	40,500	60.0	71.4	2.9	1,620	21.8	5,500	21.8	86	良好
	6月29日	五島	石川県能登島	85:00	199t 活魚船	1	20.0	20.0	20,500	65.0	46.7	2.3	1,025	21.8	200	21.8	99	良好
	7月8日	上浦	熊本県牛深	7:00	49 t 活魚船	1	1.5	1.5	10,000	45.0	7.0	4.7	6,667	22.7	0	23.7	100	良好
	7月18日	上浦	大分県佐賀関	1:30	4t 活魚船	6	0.8	4.8	13,000	106.0	142.2	29.6	2,708	23.0	300	24.0	98	良好
	7月25日	五島	鹿児島県東町	7:00	5t 活魚船	1	1.1	1.1	30,000	63.0	61.8	56.2	27,273	25.2	17,000	26.4	43	不良 活間が小さく、途中で0.7万尾放流
	9月16日	上浦	宮崎県深島	2:50	16t 活魚船	2	6.0	12.0	6,000	267.0	1271.3	105.9	500	20.7	0	21.0	100	良好
	6月28日	五島	島根県美保関	40:10	120t 活魚船	1	16.5	16.5	10,980	86.0	61.4	3.7	665	20.9	130	19.6	99	良好
1989	6月28日	五島	島根県深島	64:10	120t 活魚船	1	18.9	18.9	25,060	97.0	206.2	10.9	1,326	20.9	260	21.1	99	良好
	6月28日	五島	福井県小浜	88:10	120t 活魚船	1	36.8	36.8	20,030	113.0	269.0	7.3	544	20.9	210	19.6	99	良好
	6月29日	五島	石川県能登島	88:10	120t 活魚船	1	36.2	36.2	30,080	106.0	329.0	9.1	831	20.9	230	19.6	99	良好
	6月29日	上浦	高知県古瀬目	4:35	17t 活魚船	1	3.5	3.5	22,000	52.1	24.6	7.0	6,286	ND	180	25.0	99	良好
	7月5日	五島	島根県浜田	23:30	199t 活魚船	1	33.0	33.0	21,800	127.0	425.8	12.9	661	24.0	150	22.9	99	良好
	7月5日	五島	島根県美保関	33:30	199t 活魚船	1	18.9	18.9	21,500	108.0	249.7	13.2	1,138	24.0	100	23.4	100	良好
	7月5日	五島	熊本県牛深	8:00	49 t 活魚船	2	1.8	3.6	6,800	102.0	65.7	18.3	1,889	24.1	5	25.8	100	良好
	7月6日	五島	福井県小浜	47:30	199t 活魚船	1	35.8	35.8	22,100	124.0	399.8	11.2	617	24.0	100	23.7	100	良好
	7月7日	五島	石川県能登島	72:00	199t 活魚船	1	18.9	18.9	16,900	122.0	290.2	15.4	894	24.0	200	22.5	99	良好
	7月7日	五島	石川県能登島	72:00	199t 活魚船	1	36.2	36.2	24,900	117.0	373.8	10.3	688	24.0	180	22.5	99	良好
1991	6月24日	五島	島根県美保関	32:10	120t 活魚船	1	30.0	30.0	11,000	107.0	124.0	4.1	367	20.0	200	20.7	98	良好
	6月25日	五島	福井県小浜	45:50	120t 活魚船	1	40.0	40.0	22,000	92.0	152.7	3.8	550	20.0	100	22.0	100	良好
	6月26日	五島	石川県能登島	69:10	120t 活魚船	1	50.0	50.0	32,000	91.0	154.2	3.9	575	20.0	600	22.0	97	良好
	6月26日	五島	石川県能登島	1:00	5t 活魚船	1	6.4	6.4	25,000	66.2	60.4	9.4	3,906	19.7	20	20.0	100	良好
	7月1日	上浦	大分県佐賀関	2:00	2.6t 活魚船	1	8.0	8.0	10,000	122.0	171.7	21.5	1,250	21.5	0	ND	100	良好
	7月12日	上浦	大分県佐賀関	101:00	19t 活魚船	1	20.0	20.0	7,000	74.0	24.2	1.2	350	ND	1,200	ND	83	良好
1992	5月23日	五島	沖縄県糸満	0:40	19t 活魚船	3	1.0	3.0	30,000	82.7	148.0	49.3	10,000	21.5	0	21.5	100	良好
	5月31日	屋島	香川県津田	8:30	19t 活魚船	6	5.3	31.8	13,000	213.0	1334.2	42.0	409	25.7	0	ND	100	良好
	2000 7月18日	五島	長崎県野母崎	4:50	19t 活魚船	4	0.8	3.2	20,000	58.0	31.6	9.9	6,250	17.8	52	17.0	100	良好
	2001 4月18日	五島	鹿児島県東町	2:00	19t 活魚船	2	36.0	72.0	10,000	129.2	206.4	2.9	139	20.0	0	20.0	100	良好

付表3 プリ種苗の航空便輸送状況

年	月日	生産 事業場名	輸送先	輸送時間	輸送方法	水槽			積み込み時			到着時			備考				
						個数	大きさ (kℓ)	全容量 (kℓ)	尾数 (尾)	大きさ (全長mm)	推定 総重量 (kg)	密度 (kg/kℓ)	密度 (尾/kℓ)	水温 (℃)		死亡数 (尾)	水温 (℃)	生残率 (%)	種苗の 活力
1994	6月17日	五島	沖縄県糸満	6:45	航空便	50	0.01	0.5	15,000	29.7	2.8	5.5	30,000	22.0	7,400	22.5	51	良好	到着後酸欠が急速に進行
	6月21日	五島	沖縄県糸満	7:00	航空便	60	0.01	0.6	13,000	23.4	1.1	1.9	21,667	18.5	320	20.2	98	良好	
	6月22日	五島	沖縄県糸満	6:35	航空便	50	0.01	0.5	10,000	23.4	0.9	1.7	20,000	19.5	420	19.0	96	良好	
1995	6月2日	上浦	沖縄県糸満	7:00	航空便	20	0.01	0.2	4,000	28.4	0.6	3.2	20,000	20.1	788	20.8	80	良好	酸素量調整不良により死亡
	6月21日	五島	沖縄県糸満	7:30	航空便	10	0.01	0.1	2,000	31.0	0.4	4.2	20,000	22.0	1,209	23.6	40	良好	
1996	4月26日	五島	沖縄県糸満	9:30	航空便	50	0.01	0.5	5,000	37.0	1.9	3.7	10,000	17.9	88	20.1	98	良好	
	6月11日	五島	沖縄県糸満	9:00	航空便	25	0.01	0.3	5,000	25.5	0.6	2.3	20,000	22.1	224	23.2	96	良好	
1998	6月9日	五島	沖縄県糸満	7:30	航空便	50	0.01	0.5	10,000	27.6	1.5	2.9	20,000	21.5	109	21.3	99	良好	
1999	4月9日	五島	沖縄県糸満	9:00	航空便	15	0.01	0.2	2,000	29.4	0.4	2.4	13,333	20.0	25	22.2	99	良好	
2000	4月11日	五島	沖縄県糸満	9:00	航空便	25	0.01	0.3	5,000	29.9	0.9	3.8	20,000	18.0	12	20.0	100	良好	

IV 疾病対策

IV-1 疾病対策

本種の仔魚期には、マダイ、クロダイの腹部膨満症やヒラメの細菌性腸管白濁症などの細菌症およびシマアジ、ヒラメのウイルス性神経壊死症 viral nervous necrosis (VNN) 等のように種苗の生産に大きな影響を与える疾病は少ない。しかし、稚魚期では、陸上あるいは海上飼育においてさまざまな疾病が発生し、健全なブリの種苗を計画的に生産する上で重大な阻害要因となっている。特に、ウイルス性疾病が発生した場合には放流することができないことから、この防除対策が重要となる（栽培漁業技術開発推進事業全国協議会，1999）。

本項では、これまでの種苗生産過程において発生した疾病について取りまとめ（表IV-1）、特に問題となった疾病を中心に、その発生時期、対処方法および予防方法について述べる。

（西岡 豊弘）

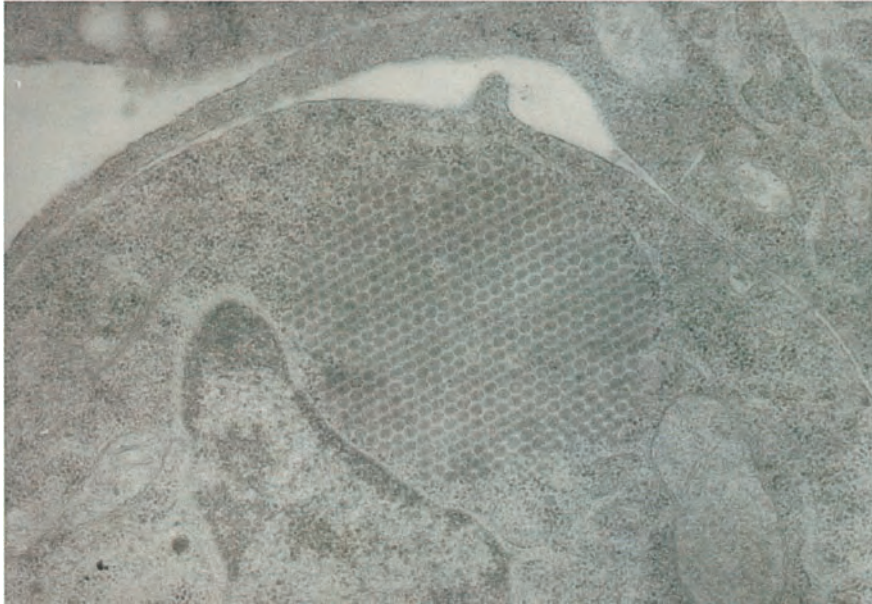
IV-2 ウイルス性疾病

ブリ稚魚におけるウイルス性疾病には、ウイルス性腹水症（viral ascites）、ウイルス性変形症（viral deformity）、マダイイリドウイルス病（red sea bream

iridoviral disease）が知られている。その中でウイルス性腹水症は種苗生産・中間育成過程において特に注意を要する疾病であり（江草・反町，1986）、計画的な飼育に支障を来たす事例が多々見られる。五島栽培センターでは、1987～2000年にかけて14年間の内13年間で本症が確認されており、特に海面での中間育成中に必ず発生している。このウイルス性疾病は、早い時には4月上旬から認められるが、主に6、7月に発生する事例が多い。発生時のブリ稚魚の大きさは、小さいものでは全長18～25mm、概ね全長40～200mmの範囲である（西岡ら，2005）。原因ウイルスは、直径62～69nmの大きさのRNAウイルスでビルナウイルス科の *Aquabirnavirus* 属に分類される yellowtail ascites virus (YTAV, 写真IV-2-1) である（反町・原，1985）。病魚は外観的には腹部の膨張が特徴的であり、開腹すると腹水の貯留や肝臓の褪色が観察される（写真IV-2-2）。診断は、サケ科魚類由来のCHSE-214細胞などを用い、核濃縮を特徴とする細胞変性を確認する方法と、RT-PCR法およびnested PCR法（Suzuki *et al.*, 1997）によりウイルス遺伝子を検出する方法がある（写真IV-2-3）。種苗生産過程で発生する本症は、採卵用親魚からの垂直感染の可能性が示唆されている（一色ら，1993）。このことから、種苗生産ではウイルスに感染し

表IV-1. ブリ種苗生産および中間育成過程で見られた主な疾病の発生状況

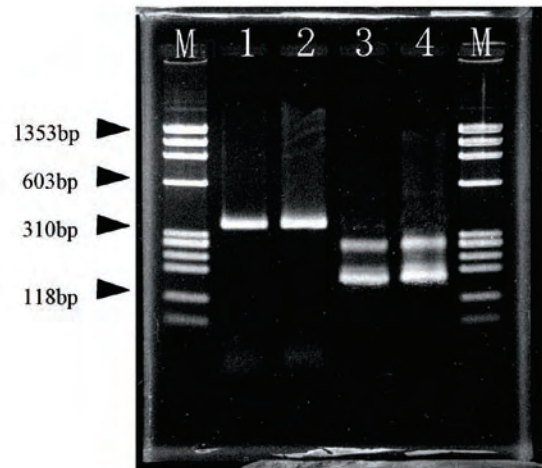
病名	発生時期	被害状況	主な症状	対応策
ウイルス性 疾病	ウイルス性腹水症 4月～8月 (水温上昇期)	陸上および海上飼育で発生し、飼育群の数%～60%が死亡	腹部の膨張、腹腔内に腹水が貯留、肝臓の発赤	発病魚の除去
	ウイルス性変形症 6月～7月 (水温上昇期)	陸上および海上飼育で発生し、飼育群の数%～25%が死亡	水面を狂奔、側湾を特徴とする変形症状、肝臓に出血、腹腔内に腹水貯留	衰弱魚、死亡魚の除去
	イリドウイルス病 5月～11月	主に海上飼育で発生	体色の黒化と退色、貧血による鰓の退色および褐色点の出現、脾臓の腫大	発病魚の除去
細菌性疾病	ピブリオ病 6月～7月	主に海上飼育で発生	魚体のヤセ、眼球周囲の出血、背、尾鰭のスレ、肝臓、腎臓、脾臓などに点状出血	塩酸オキシテトラサイクリン、スルフィソゾールの投与
	類結節症 6月～8月 (梅雨時期)	主に海上飼育で発生	外観的な病徴は少ない、脾臓、腎臓に白色結節が存在	アンピシリン、オキシリニン酸、フロルフェニコール、スルフィソゾールの投与
	レンサ球菌症 5月～8月	主に海上飼育で発生	眼球の突出や白濁および出血、各鰭基部の出血、心外膜の炎症、脳発赤	フロルフェニコール、エリスロマイシンの投与
	滑走細菌症 5月～6月	主に海上飼育で発生	体表や鰭にスレ状の潰瘍形成	
寄生性疾病	ベコ病 6月～8月	主に海上飼育で発生	体側の膨留、陥没、筋肉内に白色のチーズ状の集塊が存在	自然治癒
	ハダムシ症 周年 (特に水温上昇期)	主に海上飼育で発生	体表の白濁、体を水槽底や網地に擦りつける	3～5分間淡水浴
	血管内吸虫症 5月、11月	陸上飼育、海上飼育で発生	軽微な感染では、外観的な症状は認められない。重度の感染では、摂餌時や淡水浴時に酸欠症状で死亡	陸上飼育では、目合40μmのネットで飼育用水をろ過。海上飼育では収容密度の低下
その他	エピテリオシスチス類症（仮称） 付着生物 5月	陸上飼育で発生 100%の高い死亡率	鰭、体表、鰓にシストを形成	UV殺菌装置による飼育水の消毒
	日齢12～14	陸上飼育で発生	珪藻の付着	UV殺菌装置による飼育水の消毒
	ガス病 全長8～12mm	陸上飼育で発生	腹腔内にガスが充満	配管の点検、貯水槽を設けエアレーションによるガスの除去



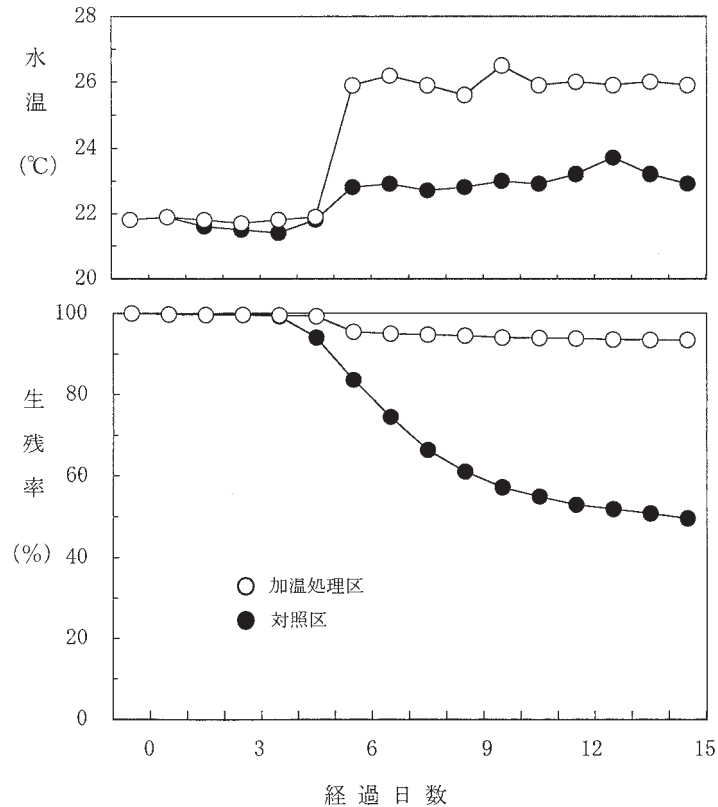
写真IV-2-1. 組織中のYTAV粒子（直径約62～69nm）



写真IV-2-2. ウイルス性腹水症罹病魚
 A：腹水の貯留により腹部が膨満
 B：腹腔内に貯留した血液の混ざった腹水



写真IV-2-3. RT-PCR法およびnested PCR法により増幅したYTAVの電気泳動像
 M：マーカー
 1・2：RT-PCR（359bp）
 3・4：nested PCR（168bp）



図IV-2-1. 加温処理区と対照区の生残率と飼育水温の変化

た親魚から垂直感染により一部の稚魚が発病し、その後、水平感染により他の飼育魚に伝播・拡大すると思われる。五島栽培センターにおける本症の主な発生水温は22～23℃の範囲であるが（西岡ら，2005），実験的には20℃での死亡率が最も高く死亡までの時間が短いこと（反町・原，1985），累積死亡率が50%以上に達することが報告されている（西岡ら，2005）。当センターでは，1995年にウイルス性腹水症が認められた飼育群を二つに分け，飼育水温を25℃以上に加温することによる治療効果を検討している。その結果，対照区である無加温の飼育群では，15日間にわたり腹水を貯留した病魚がみられ，累積死亡率が50.3%であったのに対し，加温処理した区は6.5%と顕著に低かった（図IV-2-1）。このように飼育水温を25℃以上に加温することにより，量産規模においても本症による死亡を抑えられることが明らかとなった（西岡ら，2005）。海産魚のウイルス性疾病で親魚からの垂直感染により仔稚魚が死亡する疾病として，シマアジのウイルス性神経壊死症（VNN）が知られている（Arimoto *et al.*, 1992）。この疾病の有効な対策として，親魚の選別方法が開発されている。これは，RT-PCR法により親魚生殖腺からSJNNV（striped jack nervous necrosis virus）が検出された陽性魚を取り除き，陰性魚からの受精卵のみを種苗

生産に使用し，VNNの発生を防除することを目的としている（Mushiake *et al.*, 1994）。前述のようにYTAVでも nested PCR法による検出手法が開発されており，検出感度はCHSE-214細胞を用いた培養細胞法よりも高いことから，シマアジと同様に，親魚選別による防疫対策が可能であると考えられる。

ウイルス性変形症は，五島栽培センターでは1988年と1990年の6月に陸上水槽および海面の中間育成において発生している（中島ら，1993）。本症の原因ウイルスは，YTAVに近縁のビルナウイルス科に属し，viral diformity virusと呼ばれている。病魚は水面を狂奔するなどの異常遊泳とともに脊椎が若干彎曲（側弯）し魚体が“く”の字に曲がる症状を呈する。感染実験では20℃での死亡率が最も高いことが示されているが，ウイルス性腹水症の発生事例に比べ件数は少なく，現在のところ他のウイルス性疾病に比べて種苗生産に大きな被害を与える可能性は低い。しかし，今後，病原ウイルスの迅速な検出系の開発や疫学調査に基づき，種苗生産過程における本症の発生を予防する技術の開発が必要であろう。

マダイイリドウイルス病は，イリドウイルス科のred seabream iridovirus (RSIV) による感染症で，マダイを始め，ブリ，カンパチでも発病が認められている（川

上・中島, 2002)。屋島栽培センターにおいても1994年の9月に海上筏で育成中の稚魚(平均全長207mm)に本症が発生している。感染経路は解明されていないが、一般に養殖場では毎年秋に発病することや、屋島栽培センター近隣の養殖場においても同時期にブリ、メバル、スズキなどに確認されたことから、ここからの水平感染により伝播した可能性が考えられる。養殖魚ではイリドウイルスワクチンを接種することで予防が可能で、マダイは10~20日間の絶食が被害軽減に有効であるが(田中ら, 2003)、放流用種苗で本症が発生した場合には、取り揚げて処分しなければならない。

(西岡 豊弘)

IV-3 細菌性疾病

ブリの陸上水槽での種苗生産および海上筏における中間育成で主に発生する細菌性疾病として、*Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* による類結節症、腸球菌の *Lactococcus garviae* によるレンサ球菌症、*Vibrio anguillarum* とその近縁種細菌によるピブリオ病および滑走細菌症がある。

類結節症は、梅雨時期に地先海域の塩分濃度が低下する7月から水温が高くなる8月に発生する。レンサ球菌症は主に水温の高い8月に、ピブリオ病は6~7月に、滑走細菌症は、5~6月の中間育成の初期にそれぞれ発生がみられる。

以上述べてきた各疾病の被害状況は詳細に把握されていないが、死亡率が高い場合には50%以上になることもあり、早期に対処することが重要である。その方法として、抗菌抗生物質の投与が有効であるが、適切な処

置を行うためには、細菌性魚病迅速診断マニュアル(水産庁養殖研究所, 1994)などを参考とし、確定診断をすることが望ましい。また、抗菌抗生物質を投与する場合には、水産用医薬品の基準が薬事法の中で定められており、これに則って適正な投薬を行わなければならない。

(西岡 豊弘)

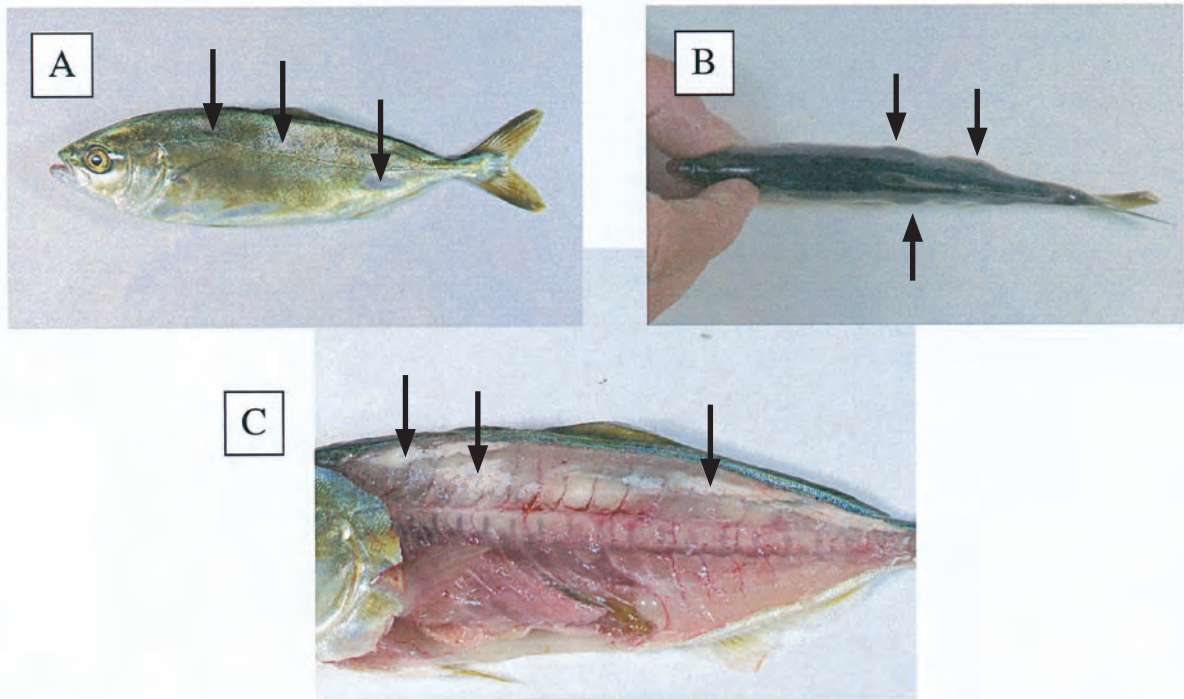
IV-4 寄生虫性疾病

ブリの海上飼育における寄生虫性疾病は、*Benedenia seriolae* によるハダムシ症、*Microsporidium seriolae* によるべこ病および *Paradeontacylix* sp. による血管内吸虫症が確認されている。

ハダムシ症は周年観察され、特に高水温期は寄生数が増える傾向にある。虫体は体長6~12mmで扁平な楕円形または小判形を呈し、前端に2個、後端に3対の鉤のある1個の吸盤を持ち、これにより種苗の体表に寄生する。卵は四面体で一端に長いフィラメントがある。産卵された卵はこのフィラメントにより卵塊となり小割網に付着する(写真IV-4-1)。本種の卵は約1週間でふ化し、仔虫(オンコミラキジウム)は宿主に到達後約2週間で成虫となる(水温20℃)。本種はブリの体表に鉤や吸盤で寄生するため擦過傷を生じやすい上、口で舐めるように表皮を食べるので大量に寄生されると皮膚がびらんする。また、寄生された種苗は網地に体を擦りつけるため、それによってできた傷口からピブリオなどの二次感染を受ける事例もみられる。対策として、虫体の早期発見と淡水浴による駆虫が効果的である。淡水への浸漬時間は水温24℃以下では5分間、それ以上の水温では3分間程度としている。感染が著しい時期には2~4週に



写真IV-4-1. 淡水浴により白化したベネデニア(A)とベネデニア成体(B)および網地に付着した卵(C: 矢印)



写真IV-4-2. べこ病
 (A) 側面からの症状, (B) 背鰭側からの症状, (C) 筋肉中のシスト
 矢印はシスト部位

1回の割合で淡水浴を実施することもあるが、梅雨時期等の環境変化が大きい時の淡水浴は避けた方が良い。また、水温が28℃以上になると寄生数自体が少なくなること、高水温時の淡水浴はブリの酸素欠乏を起こしやすいことから、水温26℃までの時期に淡水浴による駆虫を済ませておいた方が良い。加えて、小割網に付着した虫卵を除くため、淡水浴と同時に網替えを実施するとより効果的である。

べこ病はブリ稚魚の体側筋肉に微胞子虫が寄生することにより筋肉組織が融解して体表が陥没する。筋肉内に寄生した虫体の集塊（シスト）は白色のチーズ状である（写真IV-4-2）。本病はブリ養殖で全国的に認められており、特に全長5～15cmサイズの稚魚で6～7月に発生する。寄生量が多いときは魚体が痩せ、患部の表皮が剥離するため細菌の感染門戸となり、二次感染を受けることが多いものの、本病による大量死亡はほとんどない。現在のところ、べこ病に対する有効な防除・治療法は認められていない。五島栽培センターで体重22gと0.3gのブリ稚魚を同時に沖出した結果、いずれの魚も本症に罹病したことから、大きさによる感受性の違いは小さいと考えられている（Sano *et al.*, 1998）。本症の感染について検討するため、砂ろ過海水を用いた陸上水槽と海上筏に分けてブリ稚魚の飼育試験を行った。その結果、陸上水槽の稚魚はべこ病に罹病しなかったが、海上筏の稚魚では80%以上の個体に感染が認められ、地先の海面で感染することが明らかとなった。また、目合の異なる

ネットでもろ過した海水を用いた飼育試験から、病原体は63 μm以下のサイズである可能性が示唆されている（佐藤, 1996）。

血管内吸虫症は、1992年に屋島栽培センターで発生が認められている。発生時期は5月と11月であり、寄生されたブリは吸虫の卵が鰓の入鰓動脈に蓄積するため血行不良により酸素が欠乏し死亡する。また、血管内吸虫症に罹病したブリは、レンサ球菌症による死亡を助長することが報告されている（Kumon *et al.*, 2002）。カンパチでは2種の吸虫（*Paradeontacylix grandispinus* および *P. kampachi*）が報告されているが（Ogawa and Egusa, 1986）、ブリに寄生する吸虫は別種であり、属種は決定されていない（福田, 2002）。本虫の感染には底棲生物が中間宿主として関与する可能性が示唆されており（福田, 2001）、陸上水槽では飼育用水の注水口にオープニング40 μmのネットを設置することにより、本症の防除が可能である。しかし、海上での育成時に本疾病を予防する効果的な方法はなく、魚の酸素消費量を増加させないために収容密度を低くすることや海上筏を用いずに陸上水槽で飼育することが必要であろう。

（西岡 豊弘）

IV-5 その他の症例

前章までに述べてきた疾病の他に、ブリの飼育ではエピテリオシスチス類症、珪藻類のリクモフォラ

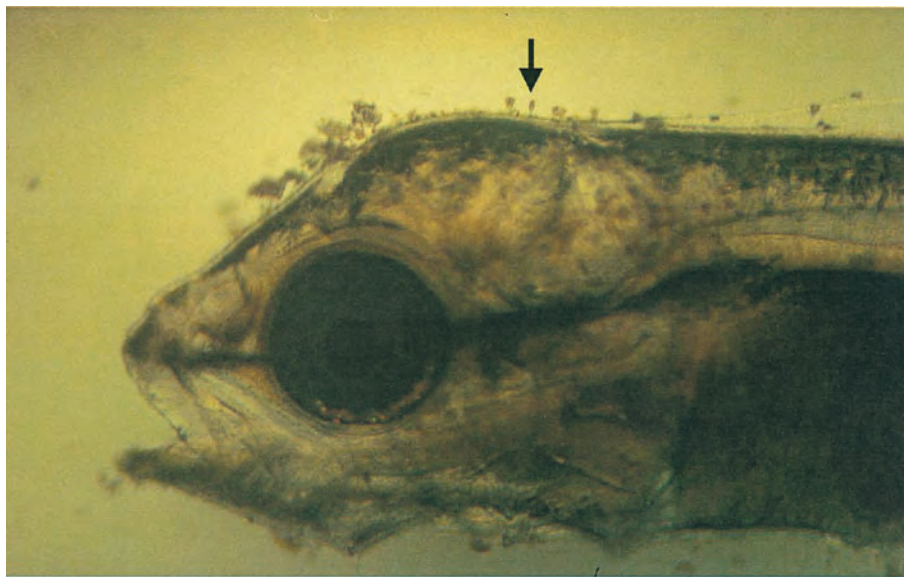
Licmophora sp. の付着，ガス病が認められている。

エビテリオシスチス類症は，イシガキダイ（江草ら，1987），ヒラマサ（津崎，1990），スジアラ（照屋，1992），カンパチ（升間，1992），シマアジ（崎山，1997），マゴチ（宮木ら，1998）等で症例の報告があり，ブリでは五島栽培センターで1989年の5月に本症の発生が認められている（塩澤，1991）。症状は仔稚魚の鰭，鰓，皮膚の上皮に約10～50 μ mのシストが多数形成され，肉眼的には白点として観察される。シスト内には大きさが約0.5×1～3 μ mで未分類の杆菌様体が充満している。症状が認められた時には一日で全滅することもあり，死亡率がきわめて高い。カンパチおよびスジアラでは，飼育海水を紫外線により殺菌することで本症を防除できるため，使用海水からの水平感染が原因と考えられている（升間，1993a，1993b，1994a，1994b，1995；照屋，1995）。ブリでの発生は上記の1例のみであり，現在のところ種苗生産に大きな支障が出る確率は低いと考えられる。

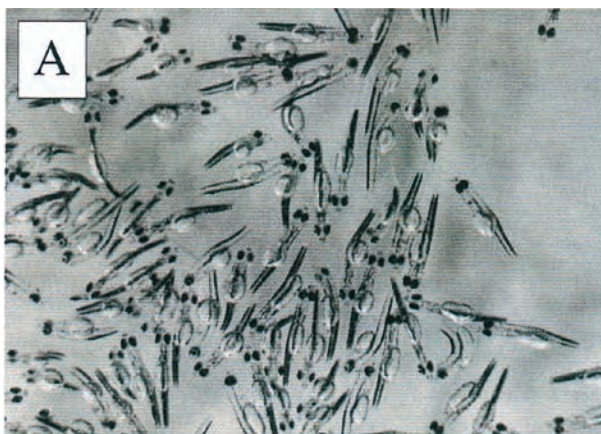
付着性の珪藻であるリクモフォラは，五島栽培センターで1989年の5月に日齢15前後の仔魚の体表に多数付着し（写真IV-5-1），症状が顕著な個体では衰弱・死亡しているのが観察された（塩澤，1992）。リクモフォラ属は汽水域に出現する羽状珪藻であり，飼育海水を紫外線により殺菌することにより侵入を低減できる。水槽内で発生した場合には，換水率を高めることにより珪藻の増殖を抑えることが可能である。

五島栽培センターでは1992年にガス病が発生し，日齢3（全長4mm）と日齢17（全長8mm）では100%，日齢29（全長15mm）では25%の仔魚が死亡した（塩澤，1994）。仔稚魚は腹腔内にガスが充満し，水面付近に浮上し死亡した（写真IV-5-2）。この原因としては，取水配管に亀裂が生じていたことで，送水される海水中に空気が混入することにより，飼育水中の溶存ガス濃度が高くなったことが考えられる。本疾病を防止するには，飼育水槽とは別の水槽に海水を溜め十分曝気した後，使用すると良い。

（西岡 豊弘）



写真IV-5-1. リクモフォラ（↓）が付着した仔魚（日齢13：全長6mm）



写真IV-5-2. ガス病
A：ふ化仔魚（日齢3），B：仔魚（日齢25）

V 残された課題

V-1 形態異常

ブリの種苗生産で、当初より多発し大きな問題となっていた脊椎骨上弯症は鰾の開腔との因果関係が明らかになり、防除がほぼ完成した（「Ⅱ-2-(7) 油膜除去」, 「Ⅱ-4-(4) 種苗の健全性」の項を参照）。しかし、その他の形態異常（頭部や肛門部の陥没、口部の異常、鰓蓋欠損、短軀等）は、これまでの調査で出現の時期や部位はほぼ把握されたが（Ⅱ-4-(4)種苗の健全性の項参照）、その原因は不明で対策が確立されたものはまだない。このため、程度の差はあれ生産した種苗の形態異常率の高いことが、現在も大きな問題として残されている。

ニシンの種苗放流では、脊椎骨異常が回収率低下の大きな要因となることが報告されており（鈴木ら, 2004）、ブリでも同様である可能性が高い。また、ヒラメの人工種苗に生じる有眼側・無眼側の体色異常は、市場に水揚げされた放流魚の商品価値を下げるのが問題となっている（加治ら, 1999）。ブリでも養殖に人工種苗が利用されるようになると、先に述べた形態異常が商品価値を低下させることも考えられる。五島栽培センターでは先行的に人工種苗を用いた養殖試験を漁業者と共同で実施したが、商品としてそれらの評価は厳しく、これまで放流種苗としては見逃されてきた軽微な形態異常についても今後その原因および防除対策を講じる必要がある。

形態異常の出現要因として、親魚（卵質、遺伝）、餌料（栄養素、栄養要求量）および飼育環境に由来するものが考えられる。これらと形態異常との関連を解明するためには、それぞれ飼育試験を行い、異常魚の出現状況を調査することが必要である。ブリ以外の魚種では、様々な研究の結果、外部の変形を伴う形態異常は仔稚魚期に摂取する各種栄養素の過剰や欠乏が大きな影響を与えることが示唆されている（竹内, 1991）。しかし、本種の場合、これまでに仔稚魚期の栄養要求については、DHAとリン脂質について数回の飼育試験が試みられたが、再現性が確認されておらず明確な結果は得られていない。仔稚魚期の栄養要求については、初期減耗対策にも関連することであり、早急に解明することが必要である。なお、ブリの形態異常の種類やタイプについて明確な区分が確立されていないことから、科学的な根拠をもとにした判断基準を明確にすることが重要と思われる。

（高橋 誠）

V-2 種苗生産コストの低減

ブリにおいて種苗生産コストの把握は、放流効果の評価や養殖用種苗として普及を図る上で重要であるのに加え、より効率的な飼育技術を構築するために必要・不可欠な資料となる。本種種苗を生産するコストには、親魚養成にかかる経費を含めたふ化仔魚の生産費や仔稚魚を飼育するための餌料費、光熱水量費、人件費、資材・消耗品費等が挙げられる。

屋島栽培センターにおいて全長12cmのブリ放流種苗15万尾を生産するのに要した経費の試算例を表V-2-1に、また、その内訳を表V-2-2～5に示した。なお、ここに示した計算には水槽や生簀等の施設の減価償却費は含まれていない。この時の総費用は約1,674万円であり、種苗1尾当たりの生産単価は112円となる。近年、養殖用種苗として利用されている天然稚魚は体重10g（全長約10cm）サイズが約100円/尾で取引されており*、屋島栽培センターで試算した放流用種苗の価格はこれらとほぼ同程度であった。

種苗生産コストの内訳の中で、ふ化仔魚の生産費は五島栽培センターが親魚を養成し、12月に受精卵約1千万粒を得た時に要した費用から受精卵1粒当りの価格（1.53円/粒）を算出した（表V-2-2、V-2-3）。ふ化仔魚の生産経費に含まれる親魚養成費、種苗生産費ともに光熱水量の占める割合が大きい（表V-2-4）。これは、近年放流用に早期の採卵や種苗生産が求められ、それらに対応する加温の燃料代がコストを押し上げる要因となっているためである（岩本, 2001）。今後、光熱水量費を低減するために、循環ろ過方式や止水飼育等の新たな種苗生産技術開発に取り組む必要がある。また、親魚養成、ふ化仔魚の確保、種苗生産と何れの経費においても人件費の占める割合がきわめて大きいことから、コストの節減には今後、さらなる省力化が求められる。

前述したように放流用、養殖用を問わず、生産コストの問題は避けて通れない課題である。ここではブリ種苗生産に占める経費の内訳を記したが、コストを下げる一番の処方箋は生残率並びに単位当たり生産量を上げることである（岩本, 2001）。ブリの種苗生産では、飼育管理手法を改善することで以前に比べれば安定した飼育が可能となってきた。しかし、取り揚げ時の生残率は平均10～15%と低く、初期の減耗が依然として飼育期間中で最も大きな問題となっている。本種の初期減耗は複数の要因が関与して起きていると考えられ（山崎ら, 2002）、今後もさらなる生残率の向上を目指し、対策を検討していく必要がある。

（藤本 宏）

* 内山 私信 (2000)

表V-2-1. 全長12cmブリ種苗15万尾生産に要する経費の試算(屋島栽培センター)

項 目	試算金額 (千円)	備 考
ふ化仔魚生産費	2,518	ふ化仔魚生産目標100万尾 (ふ化率65%)
種苗生産費	9,200	生産目標 全長30mm種苗20万尾 (生残率20%)
・ 餌料培養	(1,946)	
・ 陸上飼育	(7,254)	
中間育成費	5,018	取り揚げ目標 全長120mm種苗15万尾 (生残率75%)
合計	16,736	(種苗1尾当たり112円)

表V-2-2. ふ化仔魚生産費積算の根拠 (五島栽培センターで早期受精卵10,390千粒を採卵した事例での試算)

費 目	金額(千円)	備 考
1. 親魚養成費	15,893	
① 人件費	5,190	
・ 正規職員	(4,200)	150日・人 × @ 28,000円
・ 臨時職員	(990)	165日・人 × @ 6,000円
② 親魚購入費	780	975kg × @ 800円 (150尾; 6.5kg/尾)
③ 餌料費	623	150袋 × @ 4,150円
④ 光熱水量	8,500	
・ 電気	(4,300)	取水ポンプ等稼働費、ブロー稼働費
・ 重油	(4,200)	100,000Kℓ・日 × @ 42円 (A重油 1kℓ/日×100日)
⑤ 消耗品費	800	HCG、注射器、血液性状検査関連品等
受精卵 円/粒	1.53円	15,893/10,391=1.53
ふ化仔魚 円/尾	2.35円	受精卵からのふ化率65%として 1.53/0.65=2.35

* 五島栽培センターで平均体重6.5kgのブリ親魚150尾を養成して、12月に受精卵10,391千粒を採卵した事例をもとに人件費を考慮して算出

表V-2-3. ふ化仔魚生産費の内訳

費 目	金額(千円)	備 考
1. ふ化仔魚生産費	2,518	
① 親魚養成費	2,350	ふ化仔魚100万尾 × @ 2.35円 (円/尾) *表V-2-2参照
② ふ化仔魚管理費	88	
・ 人件費	(28)	1日・人 × @ 28,000円
・ 光熱水量	(50)	1式 電気、燃油費
・ 消耗品・資材費	(10)	1式 バケツ、ふ化ネット等
③ 輸送費	80	4トン車 1台 × @ 80,000円 (屋島〜古満目)

表V-2-4. 種苗生産費（ワムシ培養費含む）の内訳：全長30mm種苗20万尾生産の経費

費目	金額(千円)	備考
2. 餌料培養費	1,946	
① 人件費	600	
・正規職員	(420)	15日・人 × @ 28,000円
・臨時職員	(180)	30日・人 × @ 6,000円
② ワムシ培養費	1,204	340億個体 × @ 3,540円
③ 資材・消耗品費	142	培養並びに作業用資材、消耗品1式
3. 随上飼育費	7,254	
① 人件費	3,510	
・正規職員	(2,730)	97.5日・人 × @ 28,000円
・臨時職員	(780)	130日・人 × @ 6,000円
② 餌料費	1,283	
・配合飼料	(376)	47kg × @ 8,000円
・アルテミア	(450)	90缶 × @ 5,000円
・栄養強化剤等添加物	(371)	
・薬剤	(57)	
・その他	(29)	
③ 光熱水量	2,390	
・電気代	(1,050)	最大使用水量430トン/日
・燃油代	(1,340)	最高時自然水温+10℃
④ 資材・消耗品費	71	飼育用資材・消耗品1式
計	9,200	

* 30mm種苗 46.00円/尾 9,200千円/20万尾（稚魚の平均生残率は20%）

表V-2-5. 中間育成費の内訳：全長30mm種苗20万尾から120mm種苗15万尾までの育成経費

費目	金額(千円)	備考
4. 中間育成費	5,018	
① 人件費	3,120	
・正規職員	(1,680)	60日・人 × @ 28,000円
・臨時職員	(1,440)	240日・人 × @ 6,000円
② 餌料費	1,328	
・配合飼料	(1,148)	3,600kg × @ 319円
・餌料添加物	(30)	
・薬剤	(150)	
③ 光熱水量	120	
・水道代	(90)	小割網洗浄作業用
・電気代	(30)	小割網洗浄作業用
④ 資材・消耗品費	450	45枚 × @ 50,000/5年

* 120mm種苗 33.45円/尾 5,018千円/15万尾

V-3 養殖種苗への利用

マダイやギンザケの養殖では人工種苗が使用されているのに対し、ブリではすべて天然種苗に依存している。しかし、その発生量は年変動が大きく安定した種苗の確保が困難であるうえ、過剰な採捕やそれによる種苗価格の下落が大きな問題にもなっている。ブリの種苗生産が普及し、人工種苗が天然種苗の代りに活用できるようになれば、安定した種苗の供給と計画的な養殖生産が可能となる。

五島栽培センターでは、それまで放流を目的として行ってきたブリの栽培漁業技術開発の成果を応用し、2000年から養殖用種苗の確保を主眼とした種苗生産技術開発に着手している。その中で、付加価値を持った人工種苗の技術開発として、天然種苗より大きな稚魚を生産するための早期採卵や早期種苗生産および耐病性や高成長といった優良経済形質を対象とした選抜育種に取り組んでいる。

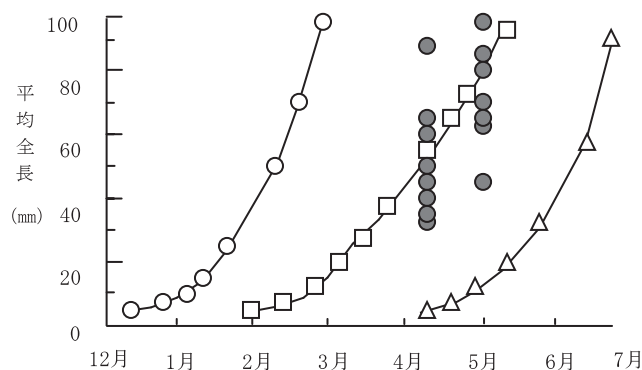
ブリの技術開発当初、採卵は4～5月に行ってきたが、水温や光など親魚の飼育環境条件を制御し、1995年には2月に、2000年には12月に採卵することが可能となった。また、2002年には12月に大量の受精卵の確保に成功し、量産規模でブリの早期種苗生産を実施している。これまでに五島栽培センターで生産されたブリの成長曲線と長崎県地方で過去10年間に採捕された天然種苗のサイズを図V-3に示した。前述したように、通常五島栽培センターにおけるブリの産卵期は、適水温の19℃に達する4月下旬～5月上旬であるが、これは天然魚より約2カ月遅く、その卵を用いて生産した種苗の

大きさは同時期の天然稚魚より小さかった。しかし、2月に採卵・生産した種苗は天然稚魚と同等の大きさを示し、12月に採卵・生産した種苗は同時期の天然魚よりはるかに大型で、3月には全長100mmサイズに達した。今後この技術を実用化し、健全な種苗が安定して生産できるようになれば、養殖業者にとって大きな利点があるものと考えられる。

選別育種の技術開発では、耐病性や成長効率の高い種苗を生産することを目的に、家畜で進められている分子生物学手法（DNAマーカーアシスト選抜育種）が応用されている。この方法では、従来の表現型による選抜育種（例えば高成長を対象に選別育種をする時、成長の良い個体を継代して選抜する方法）に比べ優良形質を選出する精度が高く、それに要する時間が著しく短縮できる。この研究は端緒についたばかりであり、現在上記方法の基本となる遺伝子連鎖地図の作成（Ohara *et al.*, 2005）とそれぞれの形質に関する情報収集（長倉, 2003a, 2003b；長倉ら, 2005）を行っているが、耐病性や高成長といった性質を持つ種苗が生産可能となれば、養殖業にとって大きな成果となる。

将来的にブリの養殖種苗を人工種苗でまかなうにはブリの健全種苗の生産技術を確立する必要があり、そのためには前述したように形態異常防除や種苗生産コストの低減など解決しなければならない問題は多い。しかし、天然種苗に依存している本種の養殖を人工種苗で代替可能になれば、天然稚魚の漁獲が軽減され、ブリ資源の安定・維持にも繋がることが期待される。

（高橋 誠）



図V-3. 採卵時期別のブリ種苗生産における成長曲線と五島海域に出現する天然モジャコのサイズ（五島栽培センター）

○：12月採卵 □：2月採卵 △：4～5月採卵における生産魚の成長曲線
●：天然モジャコの全長を示す

VI おわりに

本報告書でふれてきたように、ブリの種苗生産はいくつかの問題を残しながらも、一定の水準でほぼ安定した飼育が可能となった。既に養成親魚からの採卵技術は2月までの早期採卵が技術的に確立され、生産された人工種苗は同時期のモジャコと比較しても遜色のない大きさのものであることが明らかになっている*。また、この手法によって得られた種苗は放流によって資源に加入することや天然魚と同等に成長する可能性も示唆された(藤本, 2001)。現在、次の段階として、従来よりもさらに早い時期での超早期種苗生産の実施に取り組むとともに、モジャコの一部を人工種苗に置きかえるため養殖種苗の供給を視野に入れた種苗生産技術に取り組んでいる。一方で種苗生産技術の進展には、これまでに得られた成果や知見を再検討することが重要であり、そのために今回栽培センターで取り組んで来たブリの飼育手法をマニュアルとして整理し取りまとめた。

現在、ブリ類の中でも市場価値の高いカンパチ、ヒラマサは、ブリに替わる養殖対象種として九州、四国の太平洋沿岸で盛んに養殖されているが、使用される種苗の大部分は海外からの輸入に頼っている。これらは、疾病の持ち込みや薬剤の使用状況など多くの問題が懸念されるため、飼育による種苗供給体制の確立が強く求められている。今後、これらの問題を解決するためにも本報告書で述べてきたブリ種苗生産の技術体系は、カンパチやヒラマサを含めたブリ類全体の応用技術として検討されることが急務であろう。また、ブリ類の養殖用種苗を天然種苗から人工種苗に置きかえていくことは、漁業資源の維持・管理や養殖漁業の発展、さらには食の安全の観点からも重要であり、本報告書でマニュアルとして取りまとめたブリの飼育技術が様々な面で大きく貢献されることを期待する。

(塩澤 聡)

* 浜田 私信 (2003)

Ⅶ 引用文献

- Arimoto, M., K. Mushiake, Y. Mizuta, I. Furusawa, T. Nakai and K. Muroga (1992): Detection of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV) from striped jack by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Fish pathol.*, 27, 191-195.
- 有元 操 (1999): 海産魚の種苗生産技術の問題点と微生物利用. *アクアネット*, 11, 22-26.
- 安楽正照・畔田正格 (1965): 流れ藻に付随するブリ稚仔魚の食性. 西海区水産研究所業績第195号, 13-45.
- 蛭子亮制・立原一憲 (1993): ヒラマサ種苗生産における共食いによる減耗. 長崎県水産試験場報告, 1-7.
- 江草周三・反町 稔 (1986): ブリ稚魚の Yellowtail Ascites Virus (YAV) 感染症の病理組織学的研究. *魚病研究*, 21, 113-121.
- 江草周三, 宮崎照雄, 塩満捷夫, 藤田征作 (1987): 種苗生産過程でみられたイシガキダイ仔魚のエピテリオシスチス類症. *魚病研究*, 22, 29-30.
- Eriko Ohara, Takuya Nishimura, Yoshitomo Nagakura, Takashi Sakamoto, Keiich Mushiake, Nobuaki Okamoto (2005) Genetic linkage maps of two yellowtails (*Seriola quinqueradiata* and *Seriola lalandi*). *Aquaculture*, 244, 41-48.
- 藤本 宏 (1989): 種苗生産技術の開発, *ブリ*. 日本栽培漁業協会事業年報平成元年度, 143-145.
- 藤本 宏・池脇義弘・城 泰彦・上田幸男・天真正勝・大槻観三 (1994): 徳島県鳴門海域に放流したブリ天然0歳魚と人工種苗0歳魚の特性について. *栽培技研*, 23 (1), 61-75.
- 藤本 宏・山崎英樹 (2001): 瀬戸内海東部海域におけるブリ早期種苗の放流効果. *栽培技研*, 29 (1), 21-34.
- 藤田矢郎 (1969): ブリの生態. 養魚講座「ハマチ・カンパチ」, 緑書房, 東京, 13-23.
- 藤田矢郎 (1990): ブリ人工採苗事始. *水産増殖*, 38 (3), 303-304.
- 福田 穰 (2001): ブリの血管内吸虫症-その後の研究展開. *魚病研究*, 36, 257pp.
- 福田 穰 (2002): 魚病NOW ブリの血管内吸虫症. *養殖*, 6, 39-40.
- Fukuhara O., T. Nakagawa, T. Fukunaga (1986): Larval and juvenile development of yellow tail reared in the laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 2091-2098.
- 浜田和久・虫明敬一 (2006): 日長および水温条件の制御によるブリの12月産卵. *日水誌*, 72 (2), 印刷中.
- 原田雄四郎 (1969): 生簀網養殖. 養殖講座4 ハマチ・カンパチ. 緑書房, 東京, 84-96.
- 一色 正・川合研児・楠田理一 (1993): 採卵用ブリ親魚からのYAVと抗YAV中和抗体の検出. *魚病研究*, 28, 65-69.
- 今泉圭之輔 (1990): ブリ種苗生産の現状について. *水産増殖*, 38 (3), 308-309.
- 岩本 明雄 (2001): ブリ種苗生産の現状とこれから. *養殖*, 38, 緑書房, 78-82.
- 加治俊二・福永辰廣 (1999) ヒラメ種苗生産の現状と体色異常の魚市場での価格に関するアンケート結果について. *栽培技研*, 27 (2), 67-101.
- 勝山明里 (1986): 種苗生産技術の開発, *ブリ*. 日本栽培漁業協会事業年報昭和61年度, 170-172.
- 勝山明里 (1990): 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*. *栽培技研*, 18, 65-82.
- 川上秀晶・中島員洋 (2002): 1996年から2000年にマダイイリドウイルス病が確認された海産養殖魚種. *魚病研究*, 37, 45-47.
- 北島 力・岩本 浩・藤田矢郎 (1977): 人工マダイにおける鰾のみ発達と脊柱屈曲の関係. *長崎水試研報*, 3, 23-32.
- 北島 力・塚島康生・藤田矢郎・渡辺 武・米 康夫 (1981): マダイ仔魚の空気飲み込みと鰾の開腔および脊柱前彎症との関連. *日水誌*, 47, 1289-1294.
- 小林 孝 (1988): 種苗生産技術の開発, *ブリ*. 日本栽培漁業協会事業年報昭和61年度, 186-189.
- 小磯雅彦 (1992): 種苗生産技術の開発, *ブリ*. 日本栽培漁業協会事業年報平成4年度, 219-220.
- 小金隆之 (2000): 種苗生産技術の開発, 新しい栽培漁業種として期待される魚種, *クエ*. 日本栽培漁業協会事業年報平成10年度, 193-194.
- Kumon, M., T. Iida, Y. Fukuda, M. Arimoto and K. Shimizu (2002): Blood fluke promotes mortality of yellowtail caused by *Lactococcus garviae*. *Fish Pathol.*, 37, 201-203.
- 李 培翼 (1994): ブリ初期發育に関する形態学的・生化学的研究. 博士論文, 東京水産大学, 東京, 200.
- 升間主計 (1992): III-3種苗生産技術の開発, *カンパチ*. 日本栽培漁業協会事業年報(平成2年度), 205-207.
- 升間主計 (1993a): III-3種苗生産技術の開発, *スジアラ*. 日本栽培漁業協会事業年報(平成3年度), 175-176.

- 升間主計 (1993b) : III-3種苗生産技術の開発, カンパチ. 日本栽培魚漁協会事業年報 (平成3年度), 182-183.
- 升間主計 (1994a) : III-3種苗生産技術の開発, スジアラ. 日本栽培魚漁協会事業年報 (平成4年度), 160-162.
- 升間主計 (1994b) : III-3種苗生産技術の開発, カンパチ. 日本栽培魚漁協会事業年報 (平成4年度), 169-171.
- 升間主計 (1995) : III-3種苗生産技術の開発, スジアラ. 日本栽培魚漁協会事業年報 (平成5年度), 171-175.
- 三谷丈夫 (1960) : ブリの漁業生物学的研究. 近畿大学農学部紀要(1). 60, 81-300.
- 宮木廉夫, 水田浩二, 山元宣征, 吉越一馬, 金井欣也, 多部田修 (1998) 種苗生産中に発生したエビテリオシスチス類症によるマゴチ稚魚の大量死. 長崎水試研報, 24, 7-10.
- 水田洋之介 (1981) : ブリの種苗量産について. 栽培技研, 10, 85-97.
- 村井武四・秋山敏男・中川 亨・白井重行・能勢健嗣 (1984) : ビニール袋によるモジャコ輸送の適正収容量. 栽培技研, 13, 83-84.
- Mushiake, K., T Nishizawa, T. Nakai, I. Furusawa and K. Muroga (1994) : Control of VNN in striped jack: Selection of spawners based on the detection of SJNNV gene by polymerase chain reaction (PCR). *Fish Pathol.*, 29, 177-182.
- Mushiake, K., K. Kawano, T. Kobayashi and T. Yamasaki (1998) : Advanced spawning in yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, by manipulations of the photoperiod and water temperature. *Fisheries Sci.*, 64, 727-731.
- 中川 亨 (1983) : 種苗生産技術の開発, ブリ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和57年度), 163-186.
- 長倉義智 (2003a) II-1 各事業場において実施した技術開発, 14五島事業場, 6. (2)優良親魚育種技術開発. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成14年度), 331-332.
- 長倉義智 (2003b) II-1 各事業場において実施した技術開発, 14五島事業場, 6.優良親魚育種技術開発 (ブリ). 日本栽培漁業協会事業年報 (平成15年度), 129-130.
- 長倉義智・西村卓哉・大原恵理子・佐藤 純・虫明敬一・岡本信明 (2005) ブリの戻し交配家系を用いたイリドウイルス感染試験. 栽培漁業センター技報, 第3号, 72-74.
- 中島員洋・前野幸男・有元 操・井上 潔・反町 稔 (1993) : ブリ稚魚の“ウイルス性変形症”. 魚病研究, 28, 125-129.
- 西岡豊弘・塩澤 聡・小金隆之・小磯雅彦・虫明敬一・有元 操 (2005) : ブリおよびヒラマサの種苗生産過程におけるウイルス性腹水症の疫学調査. 栽培技研, 33, 印刷中.
- 日本栽培漁業協会 (1995) : 餌料生物の培養技術と配合飼料の開発, 人工配合飼料の開発, 導入. 日本栽培漁業協会事業年報平成6年度, 101-105.
- 日本栽培漁業協会 (1998) : ヒラメの種苗生産マニュアル-「ほっとけ飼育」による飼育方法-. 栽培漁業技術シリーズ, 4, 57.
- 日本栽培漁業協会 (1999) : ブリの親魚養成技術開発, 栽培漁業技術シリーズ5, 日本栽培漁業協会, pp72.
- 二村義八郎 (1988) : プラインシュリンプの生物学, 栽培漁業技術研修事業基礎理論コーステキスト集, 餌料生物シリーズII, No7, pp17.
- Ogawa, K. and S. Egusa (1986) : Two new species of *Paradeontacylix McIntosh*, 1934 (Trematoda: Sanguinicolidae) from the vascular system of a cultured marine fish, *Seriola purpurascens*. *Fish Pathol.*, 21, 15-19.
- 大島泰雄 (1994) : 水産増・養殖技術開発史, 緑書房, pp.254-260.
- 栽培漁業技術開発推進事業全国協議会 (1999) : 防衛的見地からみた放流種苗に関する申し合わせ事項 (I).
- 阪倉良孝 (1996) : ブリの攻撃行動の発現と発達に関する研究. 博士論文, 東京大学, 東京, pp.114.
- Sakakura, Y., K. Tsukamoto (1997) : Effects of water temperature and light intensity on the aggressive behavior in the juvenile yellowtails. *Fisheries Sci.*, 63, 42-45.
- Sakakura, Y., K. Tsukamoto (1998) : Effects of density, starvation and size difference on aggressive behaviour in juvenile yellowtails (*Seriola quinqueradiata*). *J. Appl. Ichthyol.*, 14, 9-13.
- 崎山一孝 (1997) : III-3種苗生産技術の開発, シマアジ. 日本栽培魚漁協会事業年報 (平成7年度), 164-165.
- Sano, M., J. Sato and H. Yokoyama (1998) : Occurrence of beko disease caused by *Microsporidium seriolae* (*Microspora*) in hatchery-reared juvenile yellowtail. *Fish Pathol.*, 33, 11-16.
- 佐藤 純 (1996) : 種苗生産技術の開発, ブリ. 日本栽培漁業協会事業年報平成8年度, 156-157.
- 関谷幸生 (1991) : 種苗生産技術の開発, ブリ. 日本栽培漁業協会事業年報平成3年度, 152-155.
- 塩澤 聡 (1991) : III-3種苗生産技術の開発, ブリ. 日

- 本栽培魚漁協会事業年報（平成元年度），145-146.
- 塩澤 聡（1992）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成2年度），178-179.
- 塩澤 聡（1993）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成3年度），248-249.
- 塩澤 聡（1994）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成4年度），139-141.
- 塩澤 聡（1995）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成5年度），145-146.
- 塩澤 聡（1996）：種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報平成6年度，135-137.
- 塩澤 聡（1997）：種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報平成7年度，157-159.
- 塩澤 聡（1998）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，ブリ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成8年度），151-154.
- 反町 稔・原 武史（1985）：腹水症を呈するブリ稚魚から分離されたウイルスについて．魚病研究，19，231-238.
- Suzuki, S., N. Hosono and R. Kusuda (1997) : Detection of aquatic birnavirus gene from marine fish using a combination of reverse transcription and nested PCR. *J.Mar. Biotechnology*, 5, 205-209.
- 鈴木重則・福永恭平・山本義久（2004）ニシン人工種苗脊椎骨癒合の重篤度と回収結果との関係．栽培漁業センター技報，第2号，13-16.
- 高橋庸一（1999）：ヒラメ仔魚の「ほっとけ飼育」による疾病防除の可能性．アクアネット，11，38-42.
- 竹内俊朗（1991）：魚類における栄養素の欠乏症と要求量，平成3年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コーステキスト集，1-29.
- 竹内俊郎（2001）：栄養要求に関する基礎理論．平成12年度栽培漁業技術体系化事業基礎理論コース魚介類幼生の栄養要求と餌料の栄養強化，日本栽培漁業協会，東京，1-32.
- 田中真二・青木秀夫・井上美佐・栗山 功（2003）：マダイイリドウイルス病に対する絶食の有効性．魚病研究，38，67-69.
- 照屋和久（1992）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，スジアラ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成2年度），200-202.
- 照屋和久（1995）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，カンパチ．日本栽培魚漁協会事業年報（平成5年度），182-184.
- 照屋和久（2002）クエ種苗生産の初期減耗対策．養殖，2，66-69.
- 塚本 勝巳（1993）．放流魚の健苗性と育成技術，9.種苗の質，水産学シリーズ93，102-113.
- 津崎龍雄（1990）：Ⅲ-3種苗生産技術の開発，ヒラマサ．日本栽培魚漁協会事業年報（昭和63年度），207-209.
- 榎田 晋・落合 明（1973）：仔稚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，39，923-930.
- 榎田 晋・落合 明（1975）：摂餌または飢餓状態のブリ仔魚における消化器官の組織学的構造と機能について．魚類学雑誌，21，213-218.
- 渡辺 武（1980）：4.種苗生産と生物餌料．「魚類の栄養と飼料」（荻野珍吉編），恒星社厚生閣，東京，91-109.
- 山本義久・山崎英樹・岩本明雄・今泉 均（2004）：ブリ種苗生産における止水飼育の試み．栽培漁業センター技報，2，44-50.
- 山崎英樹・塩澤 聡・藤本 宏（2002）：日本栽培漁業協会におけるブリ種苗生産の現状．水産増殖，50，503-506.
- 養殖研究所（1994）：細菌性魚病迅速診断マニュアル．農林水産技術会議事務局．

栽培漁業技術シリーズ No. 12

ブリの種苗生産技術開発

平成 18 年 3 月 30 日発行

発行 独立行政法人 水産総合研究センター
〒220-6115
神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-3
クイーンズタワー B 棟15階
電話 (045) 227-2715

印刷所 日昇印刷株式会社
〒104-0043 東京都中央区湊1-14-14
電話 (03) 3553-3161 (代)