

栽培漁業技術シリーズ

クロソイの栽培漁業技術

—一定着種の種苗生産と放流効果調査—



クロソイの栽培漁業技術の刊行にあたって

クロソイ (*Sebastes schlegeli*, 英名Black Rockfish) は、日本周辺海域から朝鮮半島、中国を中心に分布しており、日本沿岸では古くから定置網や刺網等で漁獲されてきた重要な漁業資源である。また、遊漁の対象としても注目されており、経済的に重要な魚類である。本種は他のメバル属魚類と比較すると成長が早いことから、栽培漁業や養殖の対象魚種となっており、日本各地で種苗が放流されている。また、養殖用の種苗は、北海道、青森県、宮城県などを中心に生産されている。

本種は胎生魚であるため、交尾、体内受精を経て仔魚を出産するという卵生魚にはみられない繁殖生態を有しているが、飼育下では交尾に至らず出産しない親魚や、早産や死産になってしまい健全な仔魚を産めない親魚があるなど、安定的に仔魚を確保することが困難であった。栽培漁業センターでは、技術者の日々の観察や実験結果から本種の繁殖生態を解明し、それに基づいた親魚養成技術を体系的に構築してきた。また、種苗生産については、他の栽培漁業対象種と同様に、ワムシ、アルテミア、他の生物餌料および配合飼料の餌料系列で飼育が行われてきたが、実験を重ねた結果アルテミアと配合飼料のみで種苗生産が可能であることを明らかにしてきた。現在は、さらなる省力化を目指した高度な飼育方法について技術開発が行われている。

我が国で取り組まれている栽培漁業対象種の中には、マダイやヒラメのように種苗生産や放流の技術が確立している魚種もある一方で、それらの技術が発展途上であるため放流効果評価調査を充分に行うことができない魚種が多く残されている。本書では、クロソイの栽培漁業技術開発において少しでも有用な情報が提供できるよう、親魚養成や種苗生産の技術のみならず、種苗放流のための中間育成や標識付けの技術、放流効果調査の方法等についても記載した。また、論文や報告書として公表された成果はもとより、未発表の実験結果や知見についても可能な限り収集することを心がけた。そのため、必ずしも学術的表現や解析結果になっていない箇所もあることをご了解願いたい。

本書が今後、関係各機関で活用され、クロソイ栽培漁業推進の一助になれば幸いである。

平成 22 年 2 月

独立行政法人水産総合研究センター

理事長 中 前 明

クロソイの栽培漁業技術

— 一定着種の種苗生産と放流効果調査 —

執 筆 者

所 属	役 職	氏 名
独立行政法人水産総合研究センター 宮古栽培漁業センター	技術開発員	野 田 勉
独立行政法人水産総合研究センター 五島栽培漁業センター	主任技術開発員	中 川 雅 弘

取 り 纏 め

独立行政法人水産総合研究センター 五島栽培漁業センター	場 長	服 部 圭 太
独立行政法人水産総合研究センター 宮古栽培漁業センター	場 長	青 野 英 明

指 導 ・ 助 言

独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所有明海・八代海漁場環境研究センター	センター長	有 瀧 真 人
---	-------	---------

～ 目 次 ～

I 緒論 …………… (野田 勉) 1	(3) 後期の死亡…………… 31
1 分布と地方名…………… 1	5 ワムシ収穫槽利用飼育 (収穫槽飼育) …… 33
2 形態と生態…………… 1	(1) 餌料系列…………… 34
3 漁業と増養殖…………… 1	(2) 飼育管理…………… 34
4 クロソイ栽培漁業の歩み…………… 2	(3) 収穫槽飼育の利点…………… 36
(1) 人工飼育の始まり…………… 2	(4) 収穫槽飼育の課題…………… 36
(2) 技術開発の流れ…………… 2	
II 親魚養成と良質な産仔魚の確保 ……(中川雅弘) 3	IV 中間育成 …………… (野田 勉) 37
1 成長と成熟…………… 3	1 飼育水槽…………… 37
(1) 成長…………… 3	2 給餌…………… 37
(2) 成熟…………… 3	(1) 給餌量…………… 37
(3) 生殖年周期…………… 5	(2) 給餌回数…………… 37
2 交尾と出産…………… 6	(3) 餌の大きさ…………… 37
(1) 交尾…………… 6	(4) 給餌方法…………… 37
(2) 受精…………… 7	(5) 配合飼料の種類…………… 38
(3) 発生…………… 9	(6) 飼料の管理…………… 38
(4) 出産…………… 9	3 飼育環境…………… 38
3 飼育管理…………… 11	(1) 注水…………… 38
(1) 親魚の搬入…………… 11	(2) 排水…………… 38
(2) 飼育水槽…………… 11	(3) 通気…………… 39
(3) 飼育環境…………… 12	(4) 水質の測定…………… 39
(4) 餌料…………… 12	4 網換え・移槽…………… 39
(5) 底掃除…………… 12	5 成長…………… 39
4 出産の予測とコントロール…………… 13	6 中間育成期の死亡…………… 40
	(1) 共食い…………… 40
III 種苗生産 …………… (野田 勉) 15	(2) 細菌性疾病…………… 40
1 仔稚魚の発育…………… 15	7 他の機関における中間育成事例…………… 40
(1) 前屈曲期 (A～Bステージ) …… 15	(1) 飼育水槽・生け簀…………… 40
(2) 屈曲期 (Cステージ) …… 15	(2) 照度調節・防鳥対策…………… 40
(3) 後屈曲期 (D～Eステージ) …… 15	(3) 給餌…………… 40
(4) 稚魚期…………… 15	(4) その他…………… 41
2 飼育管理…………… 17	V 輸送 …………… (中川雅弘) 42
(1) 飼育水槽と飼育開始までの準備…………… 17	1 輸送の準備…………… 42
(2) 仔魚の計数と収容…………… 17	(1) 餌止め…………… 42
(3) 餌料…………… 18	(2) 輸送タンクの形状…………… 42
(4) 飼育環境…………… 21	(3) 注水…………… 42
(5) 底掃除…………… 23	(4) 通気…………… 42
(6) 取り上げと選別…………… 24	(5) 水温調整…………… 43
3 成長と生残…………… 26	(6) 種苗の積込み…………… 43
(1) 成長…………… 26	2 輸送…………… 43
(2) 生残…………… 27	(1) 通気…………… 43
(3) データの管理…………… 27	(2) 換水…………… 43
4 減耗とその対処…………… 28	(3) 種苗輸送に必要な物品リスト…………… 44
(1) 初期の死亡…………… 28	
(2) 中期の死亡…………… 28	

VI	放流効果調査	(中川雅弘)	45
1	放流		45
2	放流効果調査の目的		46
3	標識の種類と使用方法		46
(1)	外部標識		46
(2)	内部標識		47
4	放流効果調査		50
(1)	調査市場の選定		50
(2)	市場調査の実施		51
5	効果の判定		51
(1)	水揚げ量の変化		51
(2)	混入率		51
(3)	回収率		51
(4)	経済回収率の算出		51
6	至適放流条件		53
(1)	天然仔稚魚の知見		53
(2)	放流サイズ		53
(3)	放流場所		54
(4)	放流時期		55
7	他海域での回収率と今後の漁獲管理		55
VII	おわりに	(野田 勉)	56
VIII	引用文献		57

I. 緒 論

1 分布と地方名

クロソイ (*Sebastes schlegeli*, 英名 Black Rockfish) はカサゴ目フサカサゴ科メバル属の魚類であり、北海道から九州北部にかけての沿岸域、渤海、黄海および朝鮮半島東方海域に分布する。日本沿岸の本種は周年沿岸域の磯、転石域に生息する、移動範囲の狭い定着性魚である(山田ら, 2007)。地方名は、クロズイ(北海道)、ソイ(秋田県, 岩手県)、スイ(岩手県)、クロカラ(富山県, 男鹿地域, 佐渡ヶ島)、モブジ・ソエ・クロアラカブ(長崎県)などである。

2 形態と生態

クロソイの体型は紡錘形で、尾鰭の上下両端は丸味を帯びている。下顎は上顎より突出している。頭部の棘は涙骨下縁に3本、前鰓蓋骨に5本、主鰓蓋骨上方に2本あるが、眼窩下縁棘はない。外観はキツネメバルに酷似しているものの、両種は涙骨下縁の棘により見分けができる。体は暗灰色で、暗黒色斑点が散在する。眼の後方には2本、頬部に1本の暗色帯がある。尾鰭後縁は小型魚では白く縁取られるが、大型魚ではそれがない(山田ら, 2007)。

日本海や瀬戸内海などでは、稚魚が流れ藻につくことが確認されている。北海道における天然魚は、多くの場合、2歳で全長20cm、3歳で30cmを超え、最大で60cmに達する。1尾の雌が出産する仔魚の数は、42~43cmで125,000~139,000、50~51cmで269,000~294,000である(草刈, 1995)。

近年の研究では、本種は母体内で胚が栄養供給を受けていると考えられているため、胎生魚とされている

(Boehlert・Yamada, 1991; 草刈, 1995)。日本沿岸では冬季に交尾し、出産は、新潟県で4~6月(新潟県栽培漁業センター, 1995)、北海道鹿部沿岸では6月に行われる(佐々木ら, 2004)。

本種の良い成長が期待できる水温は10~20℃と考えられている(佐々木ら, 2004)。

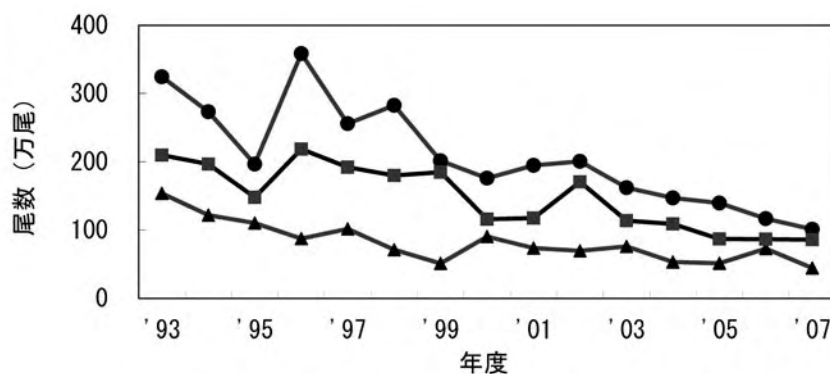
秋田県沿岸の調査などによると、本種の餌となる生物は魚類が最も多い。また、カニ類・エビ類、イカ類なども捕食することが確認されている(杉山, 1986; 山田ら, 2007)。

3 漁業と増養殖

クロソイは古くから日本沿岸の定置網や刺網等で漁獲されてきた重要な漁業資源である。しかし、本種はムラソイやキツネメバルなどの他のソイ、メバル類と混同して扱われる市場が多いため、単一銘柄で水揚げ量を把握している場所はほとんどない。

本種は他のメバル属魚類と比較すると成長が早いことから、栽培漁業や養殖の対象魚種となっている(図I-1)。1996年には全国で210万尾の種苗が放流されたが、その後、放流尾数は減少傾向にあり、2007年には北海道、青森県、岩手県、秋田県、山形県などを合わせても種苗放流数は86万尾となっている。一方、養殖用の種苗は、1993年に全国で154万尾が生産されたが、その数は放流種苗同様、減少傾向にあり、2007年には北海道、青森県、宮城県などで合計45万尾となっている(水産庁・日本栽培漁業協会, 1995~2003; 水産庁・水産総合研究センター, 2004; 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会, 2005~2009)。

本種は人工魚礁などでも多く見られることから、1990



図I-1 クロソイ放流用、養殖用種苗生産尾数および種苗放流尾数

● 放流用種苗生産尾数 ▲ 養殖用種苗生産尾数 ■ 種苗放流尾数

年頃、音響馴致と人工魚礁を組み合わせた資源管理システムの研究がなされ、宮城県において実際に施設が運用された例がある（マリノフォーラム21, 1991）。

4 クロソイ栽培漁業の歩み

前述の通り、クロソイは成長が早く、移動範囲も狭い魚類であることから、人工種苗の放流による資源の維持・管理や、養殖などの取り組みが行われてきた。以下に日本栽培漁業協会の時代から、水産総合研究センターに至る本種の栽培漁業技術開発の概要を紹介する。

(1) 人工飼育の始まり

日本では1963年頃から、沿岸漁業資源の増大策の一つとして、全国的にマダイやヒラメの種苗生産技術開発を軸とした増養殖に関する研究が進められてきた。クロソイの種苗生産は、これらの技術を応用する形で1967年から研究が始められ、1970年代後半には北海道、秋田県、宮城県、福島県などで量産が進められた。その結果、本種の栽培漁業技術開発における問題として、出産時に仔魚が未熟であったり、死産であったりする場合が多いこと、種苗生産初期に多くの死亡が起こることなどが確認され、種苗生産のための課題が明らかになった。

(2) 技術開発の流れ

（社）日本栽培漁業協会宮古事業場における本種の種苗生産技術開発への取り組みは、1980年に人工種苗を養成した親魚を秋田県から移送し、種苗生産を行ったことに始まる。それ以降は天然親魚を活け込んで、養成手法や出産に関する技術開発を行ったが、人為的環境下では仔魚の出産に至らなかったことから、人工種苗を親魚に養成し、仔魚を得る方式に変更した。その後、1984年に出産前の雌親魚を選別する技術が開発され、さらに1995～1999年に親魚の交尾から出産に至る生殖行動が判明し、一度に良質な仔魚を大量に得ることが可能になった。現在は、天然親魚から良質な仔魚を大量に得る方法も確立されつつある。

1980年代前半までのクロソイの種苗生産は、ワムシ、アルテミアノープリウス、養成アルテミアおよび冷凍養成アルテミア、スケトウダラ塩蔵卵、イカナゴシラスと冷凍アミの混合肉、クロソイの産仔魚など、多様な餌料が使われていた（岩本・芦立, 1982）。その後、餌料系列の簡略化を図り、1998年にアルテミアと配合飼料のみで種苗生産する技術が開発された。

1988年からは本種の放流試験を開始し、種苗放流の効果把握のための技術開発を行った。その結果、放流後の移動範囲が大きくないことや、水揚げの増大や最大23%の高い回収率等が確認された。

Ⅱ. 親魚養成と良質な産仔魚の確保

1 成長と成熟

(1) 成長

天然魚の成長に関しては、草刈・森 (1978) が北海道噴火湾の砂原沿岸、早川・小川 (1976) が青森県陸奥湾、飯塚 (1974) が青森県八戸沿岸、酒井ら (1990) が宮城県雄勝湾、佐々木 (1979) が秋田県男鹿半島沿岸で調べている (図Ⅱ-1)。天然魚の成長を各海域で比較すると、宮城県 (酒井ら, 1990) の成長が最もよく、高緯度のものほど成長が悪い。宮城県松島湾では、水温が10℃以下になるとクロソイの成長が停滞することを報告している。各海域における成長差は、水温環境に起因していると考えられる。

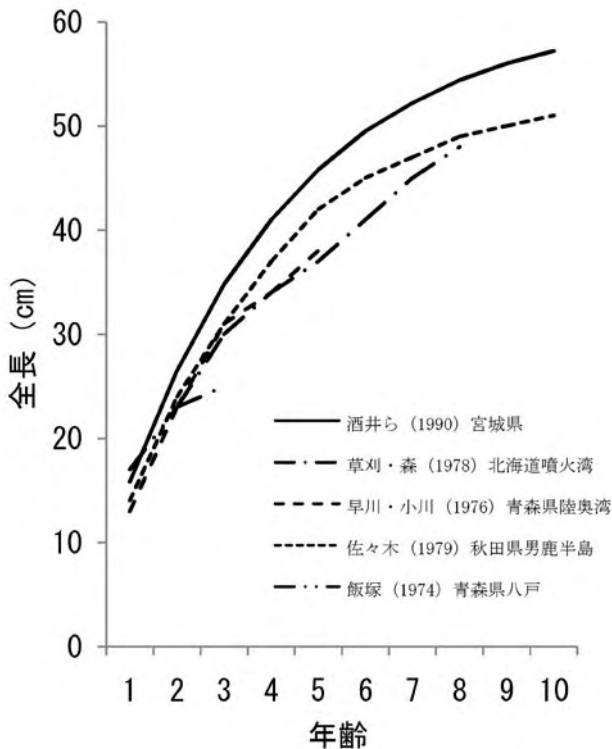
飼育下におけるクロソイの成長については、すべての個体が成熟した4歳まで3つの異なる水温下 (自然水温: 対照区, 最低水温12℃区, 最低水温15℃区) で飼育した報告がある (中川, 2007)。それによると、生後7~9カ月では、試験区間の全長に有意差は認められなかったが、10~15カ月ではすべての試験区間の全長に有意差が認められ、15℃区>>12℃区>対照区の順となった (図Ⅱ-2)。しかし、その後の対照区の成長率は他区より高くなり (図Ⅱ-3)、4歳になると試験区間の全長に差が認められなくなった。雌雄ごとに見ると、雄の成

長と水温との間に一定の傾向は見られず、概ね試験区間の全長に有意差は認められなかった。一方、雌では2.5歳までは全長において15℃区>12℃区>対照区の傾向が認められたが (図Ⅱ-4)、それ以降、一定の傾向は認められなかった。雄の成長速度は水温に対応しなかったのに対して、雌では2.5歳まで高水温ほど高成長であった。このことから、クロソイ幼魚を親魚に仕立てる場合には、水温を高めて飼育しても、成長の促進効果は概ね2歳までであり、加温飼育の効果は低いと判断された。

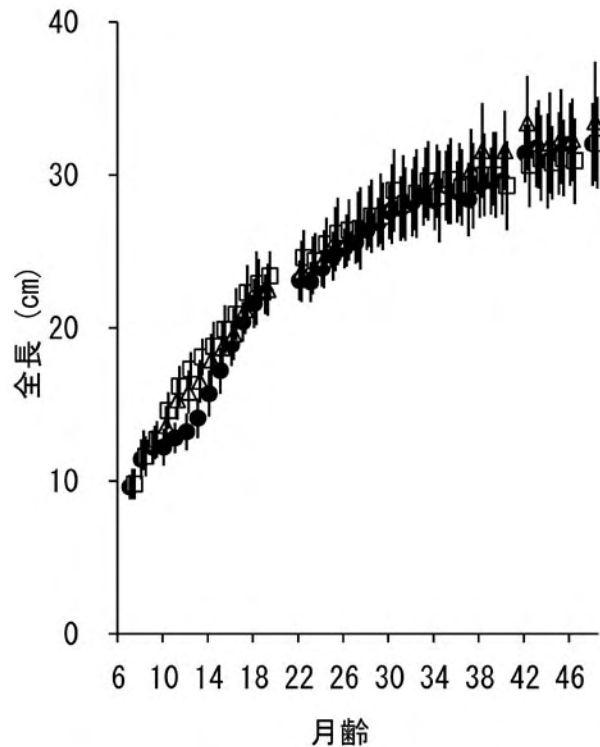
(2) 成熟

天然魚の成熟に関しては、生物学的最小形は、雌では全長35.2cm (3歳)、雄では28.0cm (2歳) とされている (佐々木, 1979)。飼育下におけるクロソイの成熟についても中川 (2007) が報告している。

雄の生殖腺体指数 (GSI) は、1.5歳の12℃区および15℃区で僅かに増加したが、対照区では変化は認められなかった (図Ⅱ-5)。2.5歳ではすべての試験区で0.5~0.7、さらに3.5歳では0.8~1.0となり、大幅な増加が認められた。一方、雌のGSI値は、2歳まで変化が認められなかったが、3歳では0.3~0.5、4歳では0.9~1.6



図Ⅱ-1 天然クロソイの成長



図Ⅱ-2 飼育下のクロソイの成長

- : 自然水温
- △ : 最低水温12℃
- : 最低水温15℃

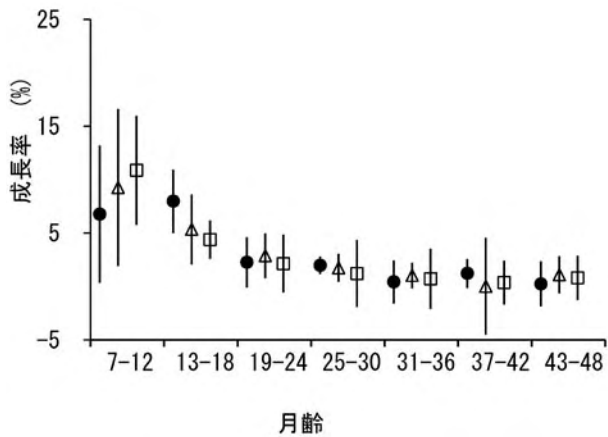


図 II - 3 飼育下のクロソイの成長率
 ● : 自然水温
 △ : 最低水温 12℃
 □ : 最低水温 15℃

となり、すべての試験区で加齢に伴い増加した。

雄の成熟率は、1.5歳の12℃区と15℃区で成熟率が6.3～8.7%と僅かに上昇傾向であったが、対照区では0%であった(図II-5)。2.5歳および3.5歳では、すべての試験区で成熟個体が認められ、成熟率は2.5歳では77.8～100%、3.5歳ではすべての試験区で100%であった。雌の各年齢の成熟率は、2歳では0%であったが、3歳ではすべての試験区に成熟個体が認められ(成熟率50～70%)、4歳ではすべての試験区で100%となった。

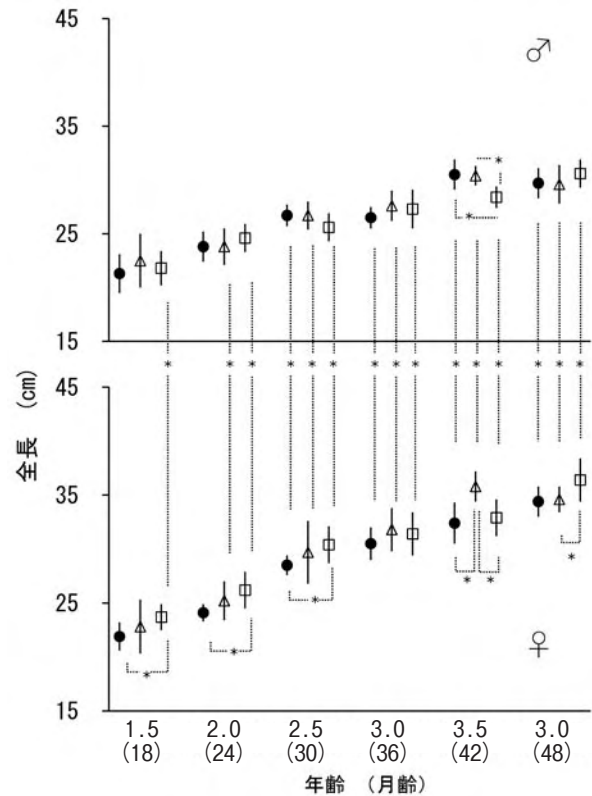


図 II - 4 飼育下のクロソイの雌雄別の成長
 ● : 自然水温
 △ : 最低水温 12℃
 □ : 最低水温 15℃
 * : 5%水準で有意差あり

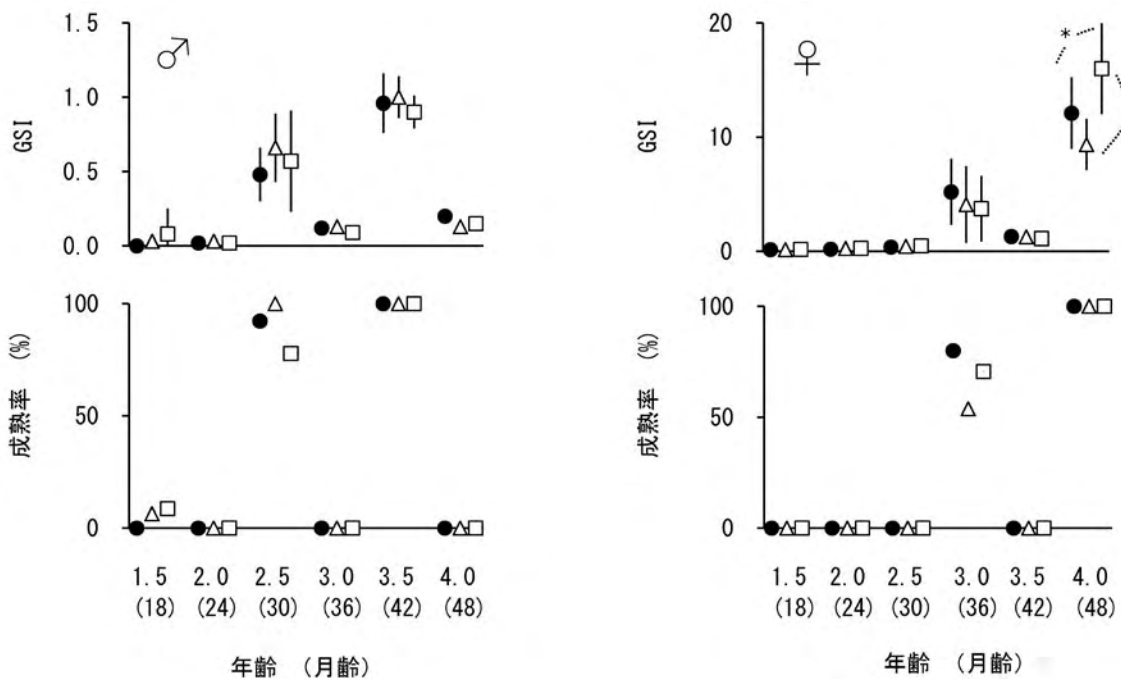
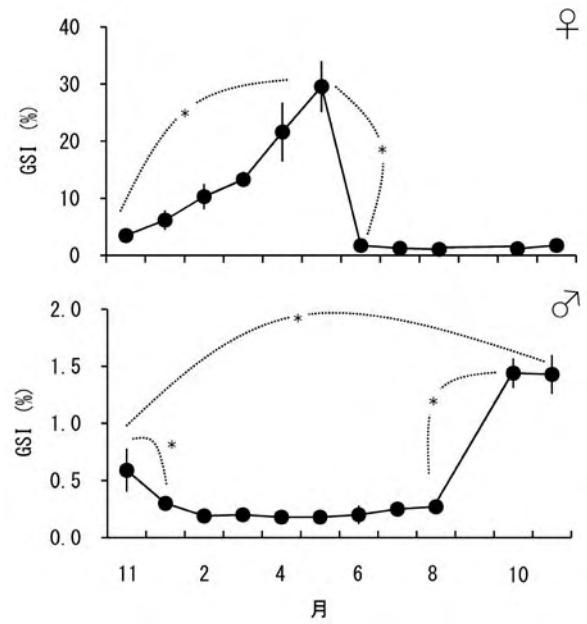


図 II - 5 飼育下のクロソイのGSIと成熟率
 * : 5%水準で有意差あり

このことから、親魚として使用するには、雌では満4歳、雄では3歳に達したクロソイを使うのが理想であるが、天然魚を確保して親魚として使う場合には年齢が不明であるため、鱗などから年齢を査定するか、全長から判断するしかない。この試験では雌は約40cm、雄は30cmで100%成熟しているの、これらのサイズを目安にして天然魚を搬入することで親魚を確保できると考える。

(3) 生殖年周期

飼育下におけるクロソイ雌雄の生殖年周期を表Ⅱ-1に記載した(Mori *et al.*, 2003)。宮古栽培漁業センターにおける飼育試験では、雌のGSIは12月から増加し始め、妊娠が確認された4月以降も増加し、出産前の5月に最高値を示した。その後、出産に伴い6月には急激に減少し、7月から12月にかけては低い値で推移した(図Ⅱ-6)。雄のGSIは12月から1月にかけて有意に減少し、7月まで低い値で推移した。8月以降急激に増加し、10月には最高値をとり、11月まで高い値で推移した(図Ⅱ-6)。



図Ⅱ-6 飼育下のクロソイのGSIの月変動
* : 5%水準で有意差あり

表Ⅱ-1 クロソイの生殖周期

生殖周期	月	特徴
♀	卵黄形成開始・交尾期	11~12 油球期の卵母細胞は卵黄蓄積を開始する。この時期に交尾が行われ、卵巣に送り込まれた精子は卵巣腔へと侵入していく。
	卵黄形成盛期	1~3 卵母細胞は除々に卵黄を蓄積し、これに伴い卵径は直線的な増大を示す。精子は卵巣腔から濾胞層内へと侵入して行く。
	妊娠期	4~5 成熟し排卵された卵は、卵巣内に貯留された精子によって受精し、卵巣腔内で胚発生が進行する。この期間にも卵巣重量は増大し続ける。
	出産期	6 卵巣内で発達した胚はやがて孵化して出産される。
	回復期	7~10 周辺仁期から油球期への移行が見られる。卵黄蓄積はまだ起きていない。
♂	精原細胞増殖期	3~5 分裂増殖した精原細胞が50%以上を占める。
	精子形成前期	6~7 精原細胞の包囊が占める割合は急激に減少し、精母細胞が50%以上を占める。精細胞および精子も見られるようになる。
	精子形成後期	8~10 精母細胞の占める割合は減少し、精細胞および精子の占める割合が増加する。この時期にGSIは急増する。
	機能的繁殖期	11~12 精子の占める割合が70%を超える。輸精管内には精子が充満する。
	回復期	1~2 精細胞および精子の包囊の占める割合が減少し、精原細胞が見られるものも出現する。輸精管には残留精子が多数存在する。

2 交尾と出産

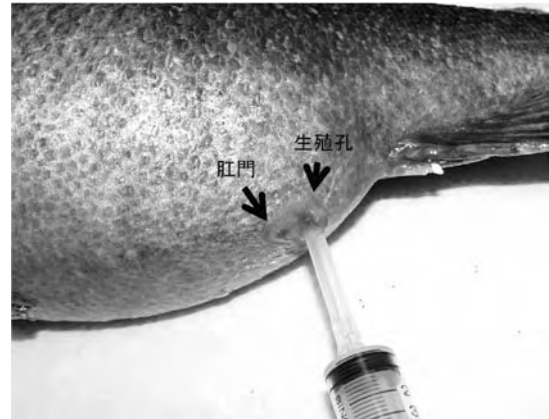
(1) 交尾

宮古栽培漁業センターでは、交尾の前段階と考えられる追尾行動が毎年11月中旬（水温約15℃）に観察されている。交尾の瞬間は確認されていないが、追尾行動が終了する12月にカニューレーション（写真Ⅱ-1）により得られた卵巢腔液（写真Ⅱ-2）を光学顕微鏡下で観察すると精子（写真Ⅱ-3）が観察されるため、追尾行動の後に交尾が行われていると考えられる。通常であればクロソイ親魚は水槽内に設置してあるシェルターの下などに隠れ、摂餌の際に出てくる程度である。しかし、交尾期になると水槽内の表層部で追尾行動が観察される（図Ⅱ-7）。この行動は夕方から活発になり、1尾あるいは複数の雄が1尾の雌を追尾する。

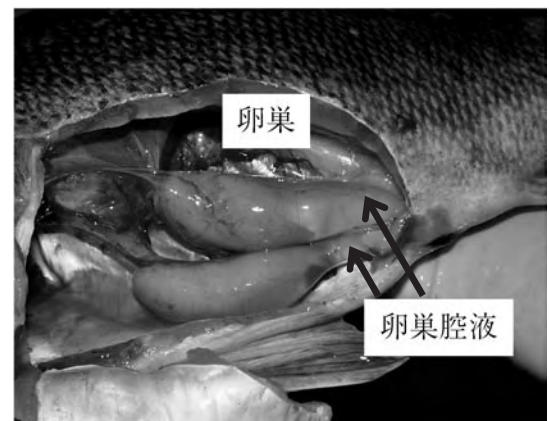
異なる年齢の雌雄12尾ずつ合計24尾を100klコンクリート水槽で交尾期前より混合飼育して、DNAマーカーを用いて胚の親子関係を調べた。その結果、複雑な交尾関係になっていることがわかった。雌は最大で3尾の雄と交尾をしていた。雄は最大で5尾の雌と交尾していた。雄の7歳魚は多くの雌と交尾していたが、3歳の雄は交尾していなかった（吉田ら、2001）（図Ⅱ-8）。また、宮古魚市場に水揚げされた、胚を持つ雌の天然魚を同様に分析したところ、多くの雌が複数の雄由来の胚を持っていた。これらのことから、クロソイの複雑な交尾関係は飼育条件下の特有な現象ではなく、クロソイが持つ繁殖特性であるといえる。通常の魚類では性比をほぼ1：1の条件下で飼育しているが、クロソイの場合は性比が1：1である必要性はないと考えられる。異なる年齢の魚を同一水槽で飼育すると、交尾していない若い親魚も認められたため、同年齢、あるいは同サイズの親魚構成が理想的と考えられる。

宮古湾周辺の採貝漁業者からの聞き取り調査では、11～12月になると宮古湾口部周辺で複数のクロソイが追尾していることがわかった。通常、クロソイ成魚は水深40～60mに生息しているが、交尾期には若干浅い場所に移動して交尾していると考えられる。

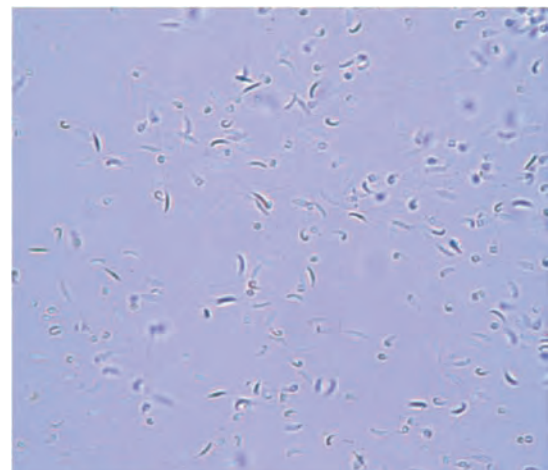
本種の親魚養成の問題点の一つとして、出産期に未受精卵を放出する、いわゆる異常出産があり（秋田県、1977）、宮古栽培漁業センターにおいても出産期の5～6月に毎年数例が確認されている（日本栽培漁業協会、1984）（写真Ⅱ-4）。同様の現象はメバルにおいても報告されている（相田ら、1999）。親魚が出産期に卵を放出する要因としては、正常な交尾ができなかったことが推測されることから、この現象を実験的に検証する目的で、交尾期の前から雄親魚を除いて雌親魚だけで単独に飼育し、交尾ができない条件を設定した。その結果、それぞれの親魚で排卵が確認され、卵径は排卵後にも多くの個体で有意に増大したが（図Ⅱ-9）、その後1尾を



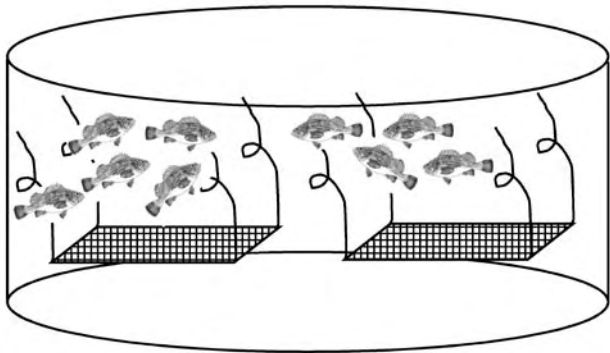
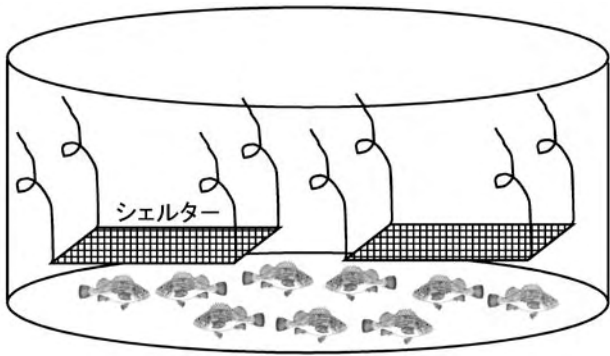
写真Ⅱ-1 カニューレーションの実施状況
容量10mlのシリンジに先端を鋭角に切断した約10cmのシリコンチューブ（外径5mm、内径3mm）を装着



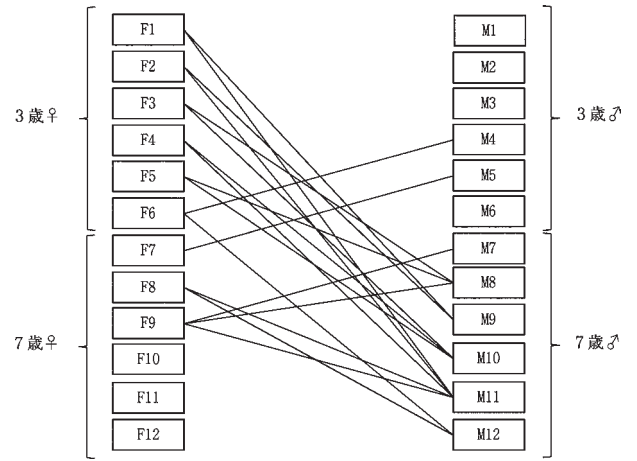
写真Ⅱ-2 交尾期の卵巢



写真Ⅱ-3 卵巢腔液中に観察された精子
（倍率×400）



図Ⅱ-7 水槽内におけるクロソイ居場所の模式図
上図が交尾期以外のクロソイ，下図が交尾期
(11月中旬から12月上旬)のクロソイ

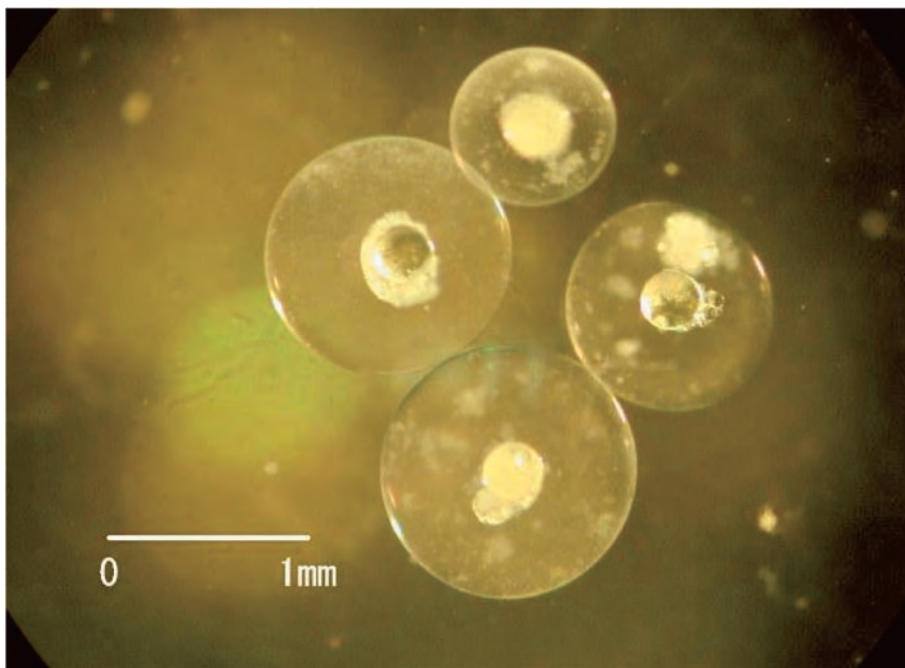


図Ⅱ-8 飼育下のクロソイの交尾関係(吉田ら2001を改変)

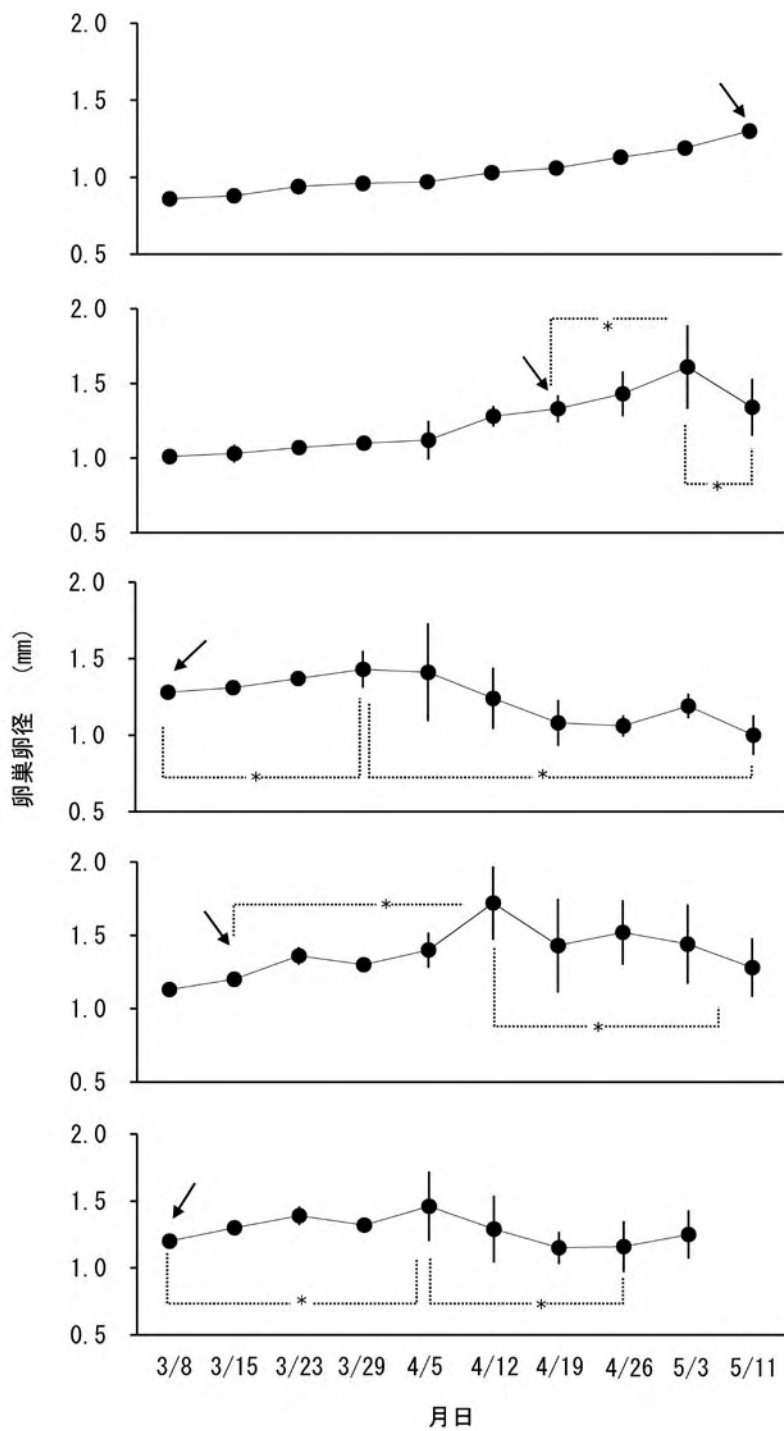
除いて減少傾向に転じた。5月11日から6月5日の間にすべての親魚が卵を放出し、その平均卵径は1.31 (1.11~1.55) mmで排卵時の卵径に近い値まで減少していた(中川・大河内, 2003a)。このことから、卵を放出する異常出産は、交尾ができないことが一つの要因であることが強く示唆された(中川・大河内, 2003a)。本種の出産は年に1回なので、交尾をしていない親魚が多数存在すると、出産期には十分な数の仔魚を得ることが困難になることが予想される。

(2) 受精

交尾することによって、卵巣に送り込まれた精子は卵



写真Ⅱ-4 出産時に放出された未受精卵



図Ⅱ-9 個体別の卵巣卵の卵径の変化
 矢印：排卵を確認した日
 *：5%水準で有意差あり

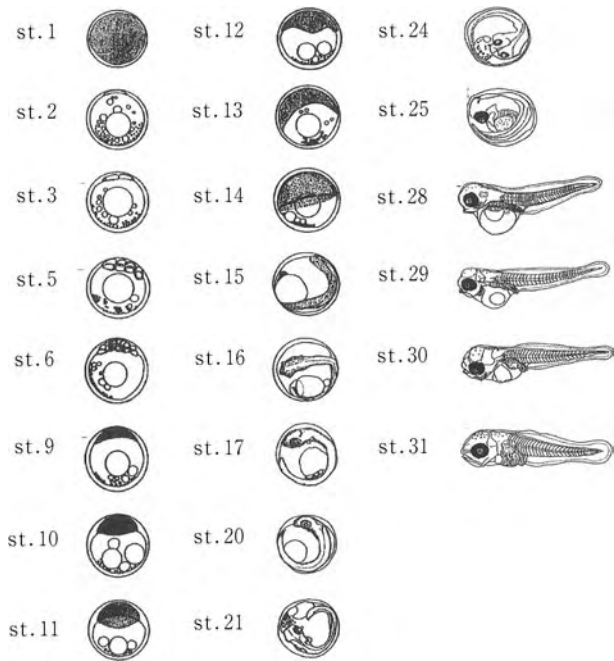


図 II - 10 クロソイ胚のステージ (草刈 1995 を改変)

巣腔へと侵入していく (写真 II - 3)。精子は、初期には隙間の広い卵巣腔に分布し、その後濾胞層内に侵入して貯留されることが示唆されており、精子の貯留部位が時期とともに変化することがわかっている (Mori *et al.*, 2003)。精子は冬の間雌の卵巣内で不活休眠状態となり、春に卵の成熟とともに再活性化され、受精に至ることが推定されているが (Mori *et al.*, 2003)、そのメカニズムは不明である。

(3) 発生

クロソイ胚の発生ステージの特徴を表 II - 2 および図 II - 10 に示した (草刈, 1995)。

(4) 出産

草刈 (1995) はクロソイ出産時の行動生態について以下のように記述している。腹部が顕著に肥大した雌親魚のうち、外部生殖口の周辺部位が一様に青紫色に色づき、この部位に胎仔の眼が見られる個体では出産が近い。出産直前になると、摂餌している個体は胃内容物をすべてはき出す。出産状態に達した雌親魚は突然遊泳し旋回する。生殖口から粘性を帯びた透明な寒天質で被われた胎仔が带状に連なって放出されると (図 II - 11A)、旋回を中止して、胸鰭と尾鰭で体を底に固定した姿勢で一塊の胎仔を出産する。同時に、雌親魚は胸鰭を激しく動かし、その塊をあおる (あおり行動) と (図 II - 11B)、带状に連っていた仔魚は瞬時に水中に舞い上げられ、分散した仔魚は表層に向かって活発に遊泳を開始する。これを数回繰り返しながら 1 日ですべての仔魚を出産す

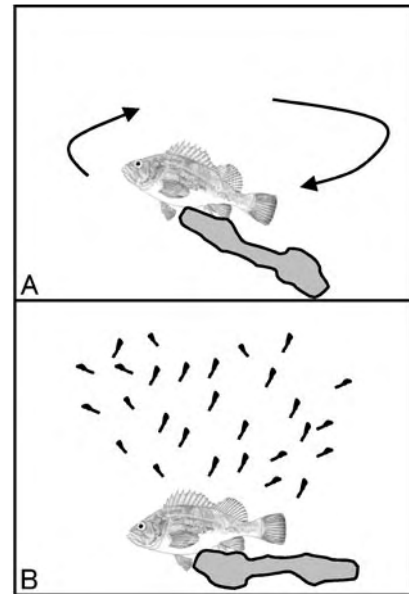


図 II - 11 飼育下のクロソイの出産行動 (草刈 1995 を改変)

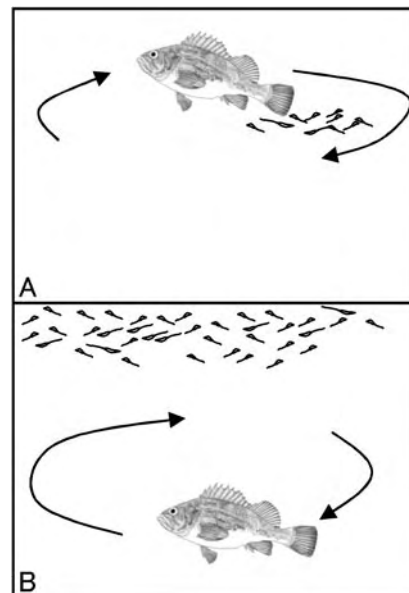


図 II - 12 飼育下のクロソイの出産行動 (野田未発表)

る。あおり行動を受けなかった仔魚は浮上することなくすべて死亡する。このことから、雌親魚が行うあおり行動は仔魚の生残にとって不可欠であるとしている。出産は日没から夜半にかけて行われ、大部分は 22 時から 1 時ころに集中していた。

日本栽培漁業協会 (1994a) も、20 時から 3 時の間に出産が行われることを確認している。これらのことから、クロソイの出産は夜間に行われると考えられる。また、野田 (未発表) の観察によると、クロソイは夜間に水槽の表層を旋回しながら仔魚を連続的に放出し (図 II - 12A)、仔魚はそのまま遊泳を開始することが観察され

表Ⅱ-2 クロソイの胚のステージ (草刈1995)

胚のステージ	No.	特徴
未受精成熟卵	1	卵径は1.2~1.3mmで球形である。卵は透明で薄い膜で覆われている。卵内には透過光線で乳白色の卵黄中に黄色に輝いて見える大小さまざまな油球群が分布している。
胚盤形成期	2	動物極側の卵膜が隆起し、胚盤が形成される。大・中・小の油球群は卵中央から植物極にかけて分布している。
2細胞期	3	胚盤上に2個の割球が出現する。
4細胞期	4	4個の割球が出現する。
8細胞期	5	8個の割球が出現する。
16細胞期	6	16個の割球が出現する。
32細胞期	7	32個の割球が出現する。
64細胞期	8	64個の割球が出現する。
桑実胚期	9	乳頭状に隆起した胚盤には大小の割球が見られ、桑実状に見える。
初期胞胚期	10	胚盤の隆起はより顕著になり、胚葉にでこぼこが見られる。
後期胞胚期	11	胚盤葉は滑らかに見え、一様に乳白色を示す。
胞胚伸張期	12	胚盤葉はやや扁平となり、卵黄面上を被包する。
初期原腸胚期	13	さらに扁平化した胚盤葉は卵黄面上を1/3~1/2被包している。
後期原腸胚期	14	胚葉が卵全体の1/2を被包する。卵黄と胚葉の境界部位に胚盾が出現する。植物極側に通常1個の大油球が見られ、その周辺部に小油球が密集している。
胚体出現期	15	胚体は卵黄面を約1/2巡る。胚の全長は約3mmである。
頭側皺襞期	16	胚の頭部がほぼ菱形に見られる。
眼胞出現期	17	頭部の両側に眼胞の膨隆が見える。胚は卵面を約2/3巡る。
体節出現期	18	胚体幹に数条の体節が見える。
鰭褶出現期	19	胚の頭部後方から尾端にかけて背腹縁は透明な鰭褶で被われる。
眼盃出現期	20	眼胞中央部に窪みが見られる。脊索、神経索が形成される。
耳胞原基出現期	21	眼胞後方に耳胞原基が出現する。胚は卵黄面約3/4巡る。脊索および神経索が明瞭に見える。体節数は20~22個。
水晶体出現期	22	水晶体の輪郭がはっきりする。
耳石出現期	23	耳胞内に2個の粒状の耳石が見える。膀胱原基とみられる管が体節の一部から分化している。
胸鰭原基出現期	24	耳胞後方に胸鰭原基が形成されている。網膜に微かに色素の沈着が見られる。心臓の周辺部に無色の血流が見える。体節数は26~27個。胚の全長は約3.9~4.2mm。検鏡時に光刺激に対し胚は自在運動する。
網膜色素沈着期	25	眼裂を除く網膜に色素が沈着する。耳石は明瞭に見える。心臓の鼓動が見られ、その周辺部は赤色に見えるが、胚体幹後方の血管内には無色の血球が流れている。棒状の消化管の末端に膨らみが形成されてみえる。
血液循環期	26	卵黄面に血管が多数分岐し、赤色の血球が心臓を経て胚体の背腹血管内を循環している。胚の自在運動は活発となる。
水晶体の透明化期	27	眼裂は消失し、水晶体を通して網膜色素が見える。胸鰭が明瞭となる。消化管のほぼ中央部が緩やかに屈曲している。頭頂部は丸みを帯び、鰓弓が見える。
開口期	28	口が開き、消化管後端では管腔内には封入物が観察される。消化管は中央部で左方向に一回りしており、消化管および肝臓と膀胱の原基が出現している。頭頂部と尾柄部の背腹両縁と鰭膜との境界部には体節に沿って数個の、また腹膜面には5~6個の黒色素胞が点状に沈着している。体節数は28~29個。
体表色素沈着期	29	体各部位に色素が密に沈着する。頭頂部で7~8個、腹膜面で15~20個、尾柄部の背面部では8~9個の色素胞が出現する。消化管後端はやや紡錘形となり、内部の管腔構造が明瞭に見える。鰓蓋部および頭の輪郭が明瞭になる。心臓後方にある卵黄嚢は卵黄の吸収により、徐々に扁平になり、その内部には1個の大油球が見える。
卵黄嚢減少期	30	卵黄嚢はさらに小さくなり、油球はその前端に位置する。消化管の始部に肝臓、膀胱、胆嚢が分化している。体表各部位には点状および星状の色素胞が頭部で12個、頸部で12個、尾柄部9~12個、腹膜で20~25個出現している。吻部が明瞭となる。胚の全長は5.4~5.6mm。
ふ化前期	31	卵黄と油球の吸収が進み、内臓腔はほぼ消化器官により占められる。腹膜と頭部に星状色素胞が密に沈着するが、尾柄部の色素胞数は前期と同じである。なお、色素胞の発現状態は、背側で星状、腹側で点状である。消化器官は、胃と前腸、中腸および後腸の3区分が識別される。肝臓、膀胱は胃の背側に、胆嚢は腹側に見られ、胆管が胃の後方に連絡している。検鏡時の光などの刺激で容易にふ化する。ふ化した胚は鰓蓋を開閉し、胸鰭、尾鰭により直進する。
ふ化期	32	胚は透明な寒天質物質で被われている。心臓は活発に鼓動している。ふ化と出産はほぼ同時に進行するものとみられる。

ている（図Ⅱ-12B）。この行動を数回繰り返して出産を完了させる。草刈（1995）が述べた雌親魚の「あおり」行動については、この場合にはまったく観察されなかったが、仔魚は死亡していない。このように、クロソイの出産行動にはいくつかのパターンがあると考えられる。

3 飼育管理

(1) 親魚の搬入

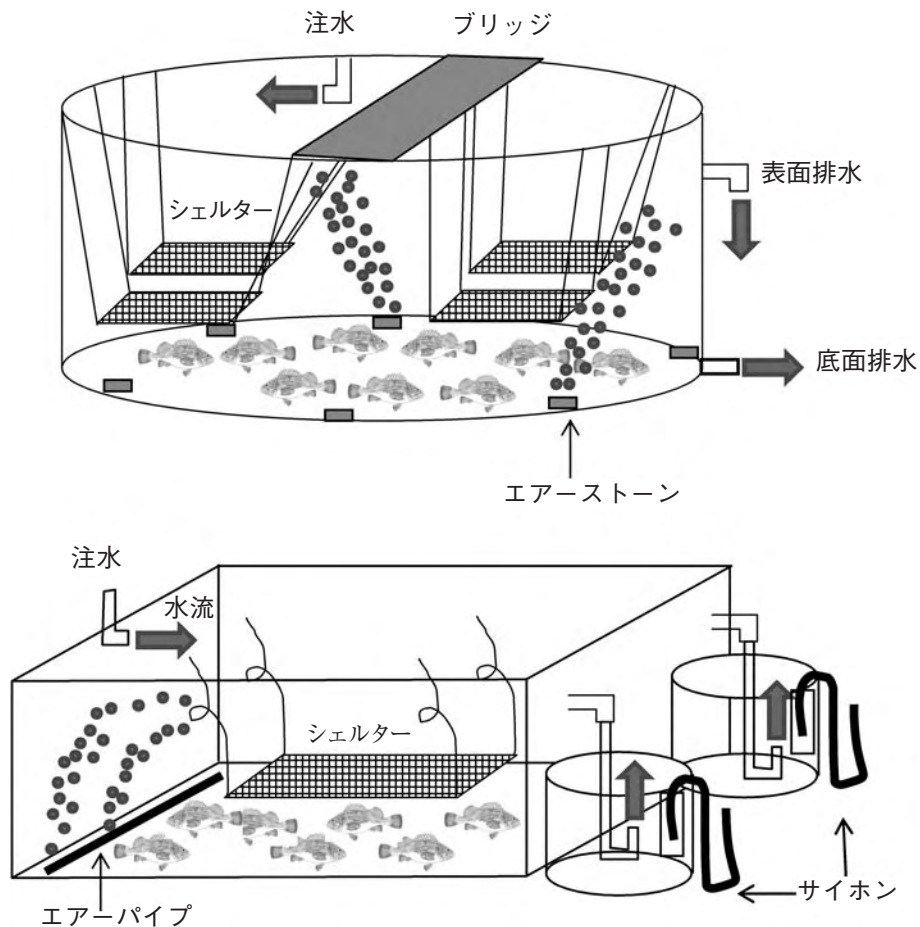
親魚候補魚の搬入は、出産直前、または漁の盛期である秋期に行う。出産直前に搬入する場合には、漁業成績の影響によって親魚の確保は不確実であるが、養成期間も短くなり、親魚養成にかかる経費は購入費用だけと考えて良い。一方、秋期に確保する場合には出産期までにほぼ半年あるため、計画的に搬入することができる。しかし、成魚の餌付けは難しいため、餌付けに失敗して衰弱することも考慮し多めに親魚を確保する必要がある。搬入は魚市場で購入するか、直接漁業者に依頼して確保することが考えられる。クロソイは定置、刺網および釣りなどで漁獲されるが、釣りの場合には体内に釣り針が残り、その場合には高い確率で死亡する（草

刈, 1995)。また、漁獲時に雌親魚の腹部を強打した場合にも死産や早産もすることが示唆されている（草刈, 1995）。親魚の確保を直接的に漁業者に依頼する場合でも、親魚の取り扱いには十分に注意してもらうことが必要である。また、交尾期前の天然魚を利用する場合には、成熟した雌雄を混養させる必要がある。交尾の確認には、カニューレションにより卵巣腔液を採取して、その中に精子が見られるかどうかを調べるのが必要であるが、交尾の2ヶ月後になると精子が卵巣腔液から組織内に侵入するので、カニューレションで判断できないことがあり、注意しなければならない。

(2) 飼育水槽

宮古栽培漁業センターにおけるクロソイの親魚養成はすべて陸上水槽を用いて行われており、海上施設を利用した親魚養成は実施していない。交尾期を含む7月から2月には、雌雄合わせて100~200尾を混合して屋内のコンクリート製円型100kℓ水槽（養成水槽）で飼育している。

養成水槽の底面および壁面は、樹脂加工を施したベージュ色である。加温設備は設置されていない。（図Ⅱ-13）



図Ⅱ-13 上図が養成水槽（100kℓ）、下図が出産水槽（10kℓ）

一方、出産期を中心とした3～6月には、出産された仔魚を効率よく回収するため、出産の約2カ月前の3月上旬に雌親魚のみをFRP製角型10kℓ水槽（出産水槽）に移して出産させている。出産水槽の底面および壁面は暗褐色である。水槽壁面にはチタン製の加温管が設置され、水温制御が可能である（図Ⅱ-13）。出産時には出産水槽のオーバーフロー口に取り口を付けて、500ℓのパンライト水槽に仔魚を回収する。

卵生魚と同様に雌雄を混合飼育して出産させる場合、出産水槽の親魚の飼育密度が高すぎると（40～50尾）、死産などが多く観察される。そのため、雌のみを出産水槽（20尾/水槽）に収容することが望ましい。

(3) 飼育環境

① 飼育水温

養成水槽で雌雄混合飼育する場合の飼育水温は自然水温であり、宮古栽培漁業センターでは例年5～22℃の範囲である。出産水槽では加温飼育を行い、出産に至るまでの水温条件は、4月までは自然水温（5～8℃）、それ以降毎日0.3℃ずつ上昇させ5月上旬に13℃に達した後はそれを維持している。この飼育水温で設定すると概ね5月上旬ごろから出産が始まる。

② 換水および通気

飼育用水には、砂ろ過海水を使用し、特に殺菌処理はしていないが疾病などの発生例はほとんどない。養成水槽および出産水槽では、1日あたり200～300%を換水している。養成水槽では、夏期（7～9月）には外気温の影響による飼育水温の上昇を抑えるため、水位を下げ換水率を高めている。

通気方法は養成水槽ではエアーストーンを6個（長さ約20cm）設置している（図Ⅱ-13）。出産水槽ではエアープイプを用いて水回りに留意している。クロソイは活発に遊泳する魚種ではないため、酸素消費量も高くなく、必要以上にエアーストーンを入れる必要はない。

出産された仔魚は表層部を遊泳するため、注水側の底面にエアープイプを1本設置し、水槽表層部からオーバーフロー口に向けて水流をつくり、パンライト水槽への仔魚の回収を促している。仔魚の回収時の換水率が高すぎるとパンライト水槽内で仔魚がもまれ、少なすぎると酸欠を起こすことが考えられるため、状況をみながら換水率を調整することが重要である。

③ 照度調節

クロソイは夜行性のため、明るい場所を嫌い物陰に潜む習性がある。水槽上面は遮光率90%の寒冷紗で覆い水槽内に直接日光が入らないようにするが、クロソイは寒冷紗の開閉には過剰に反応することや作業性等のことを踏まえて、水槽上部から約1.5mの位置に寒冷紗を設

置している。

水槽内にはトリカルネット（2×1m）を加工したシェルターを4基投入して、さらに物陰をつくる（図Ⅱ-13）。親魚は通常このシェルターの下に隠れる。

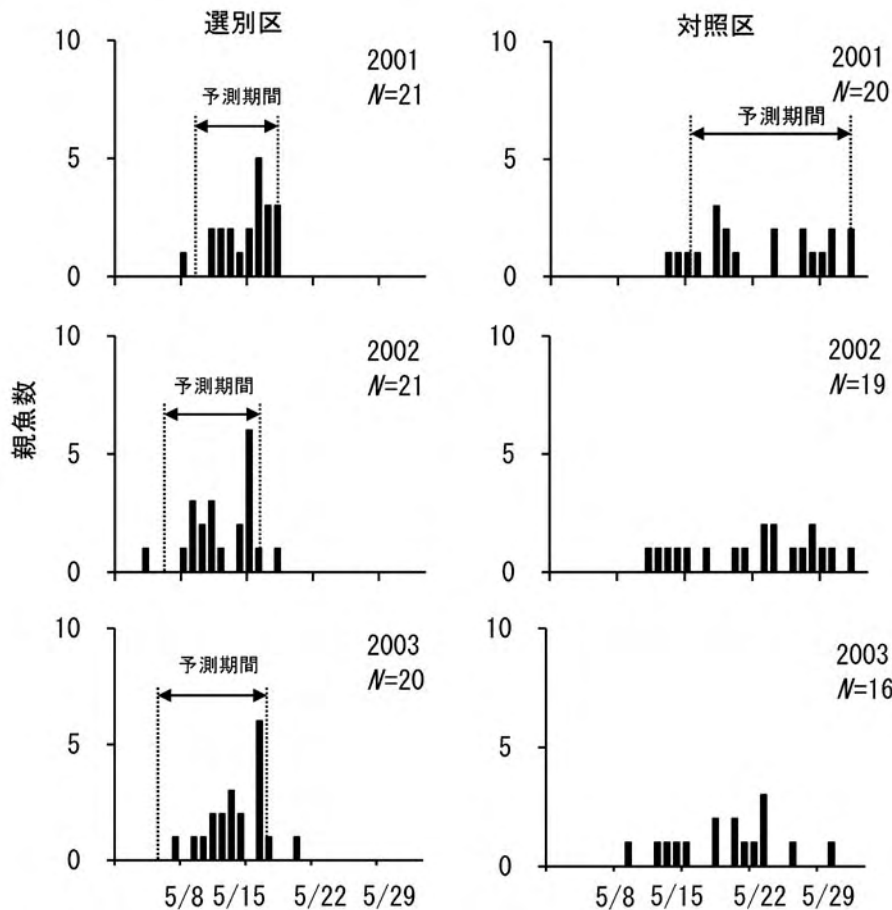
(4) 餌料

餌には冷凍スケソウダラ、マサバおよびカタクチイワシを、通常1週間に3回、給餌時に残餌が少し出る程度与えている。クロソイは、水槽の底面に落ちた餌も「拾い食い」するため、給餌直後に残餌が多少あっても、翌朝にはすべて摂餌している。雌は出産直後の卵巣回復期と秋期から冬期にかけての卵黄蓄積盛期に摂餌が活発になる。一方、雄に関しては交尾期には摂餌が不活発となるものの、雌のように周期的な変化はない。ただし、雌雄ともに、8～9月の高水温期には摂餌が緩慢となるため、この時期は1週間に2回給餌している。天然のクロソイ成魚は通常20～40m水深に生息しているため、水深の浅い地先から取水している海水では、夏期水温は高すぎて摂餌が緩慢になるものと考えられる。本種は夜行性であり、日中は物陰に潜んでいる。このため、給餌作業は15時以降の日没時に行うと摂餌の反応が良い。また、クロソイ親魚は非常に臆病であるため、人の動きや振動に敏感に反応する。給餌作業は水槽の縁に座り、人や手などの陰が水槽内に映らないようにしながら行う。

餌料の確保は、従来必要量を計算して冷凍魚を1度に大量に搬入、あるいは仲買人から購入して漁協の冷凍庫に預ける方式をとっていた。しかし、餌料の質が悪く、解凍時に酸化して黄色化した餌料が混じることがあった。現在では魚市場に水揚げされた状態の良い鮮魚を職員が指示して、漁協に直接購入してもらい、漁協で急速冷凍・保存する方式に変更した。その結果、状態の良い餌料の確保が可能になった。

(5) 底掃除

養成水槽では1週間に1回程度の間隔で、水槽底面に溜まった糞などをサイホン方式で除去している。ただし、交尾期には、親魚にストレスを与えて交尾をしなくなる可能性が考えられるため、底掃除の間隔を約2週間に1回程度にしている。このため、交尾期の給餌量には十分に注意しなければならない。一方、出産水槽の底掃除については、1週間に2回程度実施している。さらに、出産期に死産等があった場合は、その都度底掃除をする。卵生魚の場合には採卵後に卵洗浄および卵消毒の過程があるが、胎生魚であるクロソイの場合には仔魚で生まれ、海水ごと種苗生産水槽に移槽される。従って、出産水槽の底掃除を怠ると、出産水槽由来の寄生虫が種苗生産水槽に混入することが懸念される。実際に出産水槽が由来と考えられる寄生虫の発生により、種苗生産工程で寄生虫が発生し、種苗生産成績が低下した事例もある。



図Ⅱ-14 各試験区のクロソイの出産予測期間と実際の出産期間

4 出産の予測とコントロール

効率的な種苗生産を行うには良質なふ化仔魚を集中的、かつ大量に確保する技術が必要である。ヒラメなどの多回産卵魚では、親魚養成技術の進歩により1日あたり100万尾以上のふ化仔魚を安定して得ることが可能となっている（日本栽培漁業協会，1994b）。しかし、胎生魚であるクロソイは、出産が年1回であり（草刈，1995），1尾あたりの産仔数も20万尾前後（清水・八幡，1991）と少なく，群としての同調性がないため，集中的に大量の仔魚を得るのが難しい。さらに，仔魚を大量に得るために親魚の飼育密度を高めると死産が増加し（日本栽培漁業協会，1992），大型水槽を用いて親魚数を増やすと，遊泳力のある仔魚を回収できないという問題が生じる。これらのことから，クロソイの種苗生産機関では，大量の仔魚の安定確保が大きな課題となっている。

草刈(1995)はクロソイ胚の発生段階を詳しく研究し，水温条件が同じであれば，時間的に高い正確さを持って胚発生が進行することを報告した。すなわち，胚発生段階を調べることによって，出産日を予測できる。妊娠期間中の平均水温9.8℃では，出産までの所要日数（Y）

と胚の発生段階（X）の間には $Y = -0.00142X^3 + 48.0028$ の関係式が得られている。

一方，クロソイ親魚群の出産の同調性を高めるために，カニキュレーションによりクロソイ親魚から胚を採取し，発生段階を調べて出産日が互いに近いと判断された個体を選別し，選別親魚群と非選別親魚群（対照区）の出産日を比較して，出産の同調性に対する選別の効果を検証した。あわせて，草刈（1995）の式を用いて，胚の発生段階に基づいた親魚の出産日の予測精度を検証した。

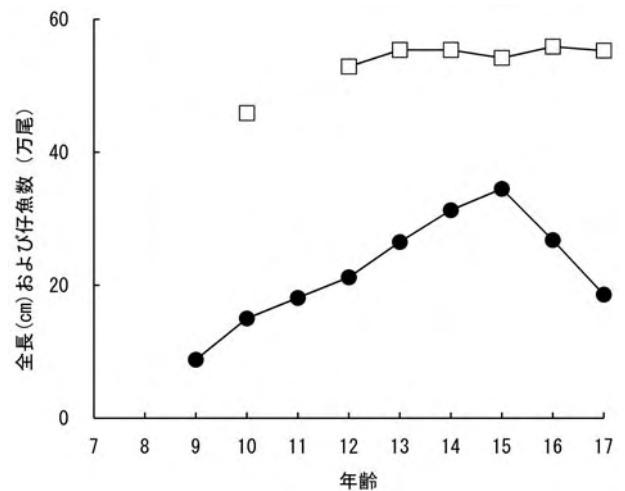
出産の開始から終了までに要した日数は，選別区では11～15日間，対照区では20～23日間であった。選別区は対照区に比べて出産期間が短縮され，かつ1日あたりに出産した親魚数も増加したことから（図Ⅱ-14），この方法は同調性を高め大量の仔魚を得るために有効である（中川・大河内，2005）。

現在行われている50kl以上の大型水槽を用いたクロソイの種苗生産では，仔魚が集中的に得られないため，出産日の異なる仔魚をまとめて同一水槽に収容するのが一般的である。このような状況で種苗生産を行うと，飼育魚の大小差が拡大して共食いが増加するために，生残率の低下や疾病の発生が問題となる（清水・八幡，

1991)。親魚を選別することにより効率的にふ化仔魚が得られれば、飼育規模が大きくても短期間で仔魚を収容することが可能になる。宮古栽培漁業センターのクロソイ種苗生産試験では、毎年40～50尾の親魚を用いて、1水槽あたり50万尾の仔魚の収容を目標とするが、1990～2000年に実施した延べ33回の飼育事例では、収容に平均1.8日、最大5日（日本栽培漁業協会、1992; 1993; 1994a; 1995; 1996; 1997; 1998; 1999a; 2000a）を要した。しかし、本方法で親魚を選別した2001～2003年の8例では最大でも2日（平均1.1日）に短縮された（日本栽培漁業協会、2003a; 2003b; 2003c）。

なお、クロソイの胚発生は親魚ごとに進行に差があり、発生が早い個体は毎年早く、遅い個体は毎年遅い傾向が認められている（Nakagawa and Hirose, 2004）。従って、この傾向を把握して親魚をグループ化し、異なる水温下で管理することで成熟段階が違う親魚の出産を同調できる可能性も考えられる。

クロソイの親魚1尾あたりの出産仔魚数を把握することは、種苗生産を計画的かつ効率的に行う上でも重要である。クロソイでは全長と卵巣卵数の関係は明らかにされているが（草刈, 1995）、卵巣卵数は受精前と受精後で異なることも明らかになっている（草刈, 1995）。これは、卵巣卵数と出産数が一致しないことを示唆している。図II-15に親魚1尾あたりの出産した仔魚数を示したが、12歳（全長40～45cm）までは概ね10～20万尾、それ以降の年齢になると20～30万尾の仔魚を出産している。15歳では30万尾を出産し、この年齢を境にして出産数の減少が認められた。この親魚群は17歳で処分したが、出産期には全長6.5mm以下の卵黄がまだ大きい未熟な仔魚や全長7.5mmの成長しすぎた仔魚が観察され、年齢的に限界にきている可能性が考えられる。天然魚を親魚として用いる場合には年齢査定が困難であるため、このような仔魚の出産が認められた親魚群は入れ替えて処分した方が良いと考えられる。



図II-15 クロソイ雌親魚の平均全長と1尾あたりの平均出産仔魚数
●：親魚1尾あたりが出産した仔魚数の平均値
□：全長の平均値

Ⅲ. 種苗生産

1 仔稚魚の発育

クロソイの種苗生産では、仔稚魚の成長に伴って注水や餌料などの飼育条件を変えていくため、その成長過程を的確に把握することは極めて重要である。仔稚魚の形態変化は沖山(2008)、草刈(1995)、永沢(2001)によって詳細な研究が行われている。本書ではこれらの知見を再整理し、前屈曲期、屈曲期、後屈曲期、稚魚期の段階に基づいてA～Iステージに区分し、形態的・生態的な特徴や飼育のポイントを記述する(表Ⅲ-1)。

以下各ステージ、サイズに達する日齢は水温18℃で飼育した宮古栽培漁業センターの例である。なお本書では、サイズは全長を用い、出産日を0日齢とした。

(1) 前屈曲期 (A～Bステージ)

本ステージは、出産直後から脊索末端が屈曲を開始するまでであり、全長は7～8mm、体重は2mg以下、日齢は0～5である(表Ⅲ-1a)。

仔魚は出産直後既に開口しており、ワムシやアルテミアを活発に摂餌する。仔魚には卵黄や油球があるが、ほとんどが吸収されている(草刈, 1995; 永沢, 2001)。本種はマダイやヒラメのような卵生魚とは異なり、卵黄囊期は母体内で経るため、出産後極めて早い段階で内部栄養から外部栄養に変換すると考えられる。

黒色素胞は左右対称に頭頂部で各7～10個、頸部で各2～3個、さらに内臓部の背側に密に出現している。また本種は、出産直後に肝臓や消化管といった主要な臓器の分化が確認されるなど、発達が進んだ段階で産まれる(永沢, 2001)。

一方、早産の個体では、平均全長が6.6mm未満であり、卵黄や油球が多く残留している、黒色素胞の数が少ないなど、正常に出産された仔魚とは発育段階が異なる。これらの点は仔魚の質の指標となることから、詳細はⅢ-4(1)で述べる。

飼育水槽の仔魚は、日中は表層付近を遊泳しているが、夜間はあまり行動せず、水流に流される。

(2) 屈曲期 (Cステージ)

本ステージは、脊索末端が上方に屈曲している段階であり、全長は8～9mm、体重は2～5mg、日齢は5～10である(表Ⅲ-1b)。

卵黄、油球は完全に吸収される。黒色素胞の形成が進み、尾部や内臓部の表面にまで広がる。仔魚は水温18℃において、無給餌では概ね10日齢以前に死亡することから、このステージ以前に摂餌していることが重要である。また、摂餌の状況が仔魚の状態を判定する大きな指標となる。

(3) 後屈曲期 (D～Eステージ)

本ステージは、脊索屈曲後、各鰭条総数が定数に達するまでであり、全長は9～11mm、体重は5～13mg、日齢は10～15である(表Ⅲ-1c)。

魚体の体側面、内臓部、頭部などに色素胞が密に出現する。また、背鰭や臀鰭の基底が隆起し、軟条の形成が開始することから、背鰭、臀鰭および尾鰭の区別ができるようになる。クロソイでは、10日齢で消化酵素であるトリプシンおよびペプシンの活性が認められている(川合, 1993)。宮古栽培漁業センターでは、このステージから粒径400 μ m程度の配合飼料の給餌を開始する。複数日に渡って仔魚を収容した場合や初期の仔魚の活力が悪い時は、成長に差が見られ始める時期でもある。

(4) 稚魚期

稚魚期は、各鰭の鰭条数が定数に達した後、体が完全に被鱗し、成魚と同様の斑紋、体色を獲得するまでである。以下の項では、この稚魚期をF～Iステージに区分し記述する。

1) Fステージ

全長は11～14mm、体重は13～35mg、日齢は15～25である(表Ⅲ-1d)。稚魚の背鰭の棘の形成が開始され、鰭条が定数に達する。遊泳層は表層から中層へ移行する。また、黒色素胞が頭部から体幹部にかけて増加する。20日齢の本種は、ペプシンの活性が10日齢の10倍程度まで上昇することが確認されている(川合, 1993)。配合飼料は粒径400～700 μ mのものを給餌する。

2) Gステージ前半

全長は14～18mm、体重は約35～70mg、日齢は25～30である(表Ⅲ-1e)。尾柄部の側線周辺から鱗が形成され始める。配合飼料を摂餌する個体の割合が増加する。成長差の生じた水槽では、この頃から共食いが起こる。注水量を増やす時期でもあるため、ガス病(Ⅲ-4(2)参照)が発生しやすく、注意が必要である。

3) Gステージ後半

全長は18～23mm、体重は70～150mg、日齢は30～35である(表Ⅲ-1f)。背鰭の黒色素胞が発達する。また、活発な摂餌行動を示す。水槽内に群が形成され、音や光に敏感に反応する。また、共食いによる共倒れが頻繁に見られ始める(Ⅲ-4(3)参照)。配合飼料は粒径700 μ m前後のものを給餌する。魚は鱗の形成がまだ十分でないため、このステージ以前の個体を取り上げると、死亡することが多い。

4) Hステージ前半

全長は23～28mm、体重は150～300mg、日齢は35～40である(表Ⅲ-1g)。魚体の斑紋が明瞭になる。共食

表Ⅲ-1 仔稚魚の発育の概要

日齢	全長 (mm)	ステージ	形態	飼育	図*	写真
0~5	7~8	前屈曲期 A~B	<ul style="list-style-type: none"> 仔魚は開口している 放射状の黑色素胞が頭頂部で左右対称に7~10個、頭部で左右対称に2~3個内臓部の背側に密に出現している 主要臓器の分化が起こっている 	<ul style="list-style-type: none"> 昼間は緩やかな流れに逆らう形で遊泳する 夜間は遊泳せず、水流に流される状態で浮遊する 7.5mm以下の仔魚がアルテミア卵を摂餌すると、消化管内で卵が詰まり、衰弱する場合がある 		
5~10	8~9	屈曲期 C	<ul style="list-style-type: none"> 卵黄、油球は吸収され、見えなくなる 黑色素胞の形成が進み、尾部や内臓部の表面にまで広がる 	<ul style="list-style-type: none"> 水温を18℃まで上昇させる 初期死亡が起こり始め、10日齢までに活力の悪い仔魚はほとんどが死亡する 		
10~15	9~11	後屈曲期 D~E	<ul style="list-style-type: none"> 体側面、内臓部、頭部などに色素胞が密に出現する 背鰭や臀鰭の基底が隆起し、軟条の形成が開始する 背鰭、臀鰭および尾鰭の区別ができるようになる 	<ul style="list-style-type: none"> 配合飼料の給餌を開始する 複数日に渡って収容した場合などは、この段階で明確な成長差が見られる 		
15~25	11~14	F	<ul style="list-style-type: none"> 棘の形成が開始され、鰭条が定数あることが確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> 遊泳層は表層から中層へ移行する 		
25~30	14~18	稚魚期 G	<ul style="list-style-type: none"> 臀鰭後端と尾鰭前端にかけて、側線を中心に鱗が形成される 	<ul style="list-style-type: none"> 配合飼料を摂餌する個体の割合が増加する 成長差の生じた水槽では、この頃から共食いが起こる 注水量の増加に伴い、ガス病が発生しやすい 		
30~35	18~23		<ul style="list-style-type: none"> 背鰭の黑色素胞が発達し、活発な摂餌行動を示す 水槽内に群が形成される 魚は音や光に敏感に反応する 鱗で被われる部分はまだ十分でない 	<ul style="list-style-type: none"> 配合に餌付くが、鱗が未完成のため、20mm以下のサイズは取り上げ時に死亡することが多い 共食いによる共倒れが頻繁に見られる 		
35~40	23~28		<ul style="list-style-type: none"> 魚体の斑紋が明瞭となる 	<ul style="list-style-type: none"> 黒い排泄物が見られるようになり、共食いが活発になる 水槽内の小型魚は隅に集まる 配合飼料の給餌量が增大するため、注水量を上げて対応する 		
40~45	28~40	H	<ul style="list-style-type: none"> 体全体は暗褐色を呈する 尾鰭軟条に黑色素胞が散在し、鰭軟条の分枝が見られる 魚体は概ね鱗で被われる 	<ul style="list-style-type: none"> 取り上げの目安の全長（平均30mm）に近づく アルテミアの給餌を終了する 共食いが活発に見られる 取り上げ後は加温を行わない場合、この時期に飼育水温を自然海水の水温に近づけていく 		
45~	40~	I	<ul style="list-style-type: none"> 体表にクロノイ特有の模様が出現する 鱗の形成が完了する 	<ul style="list-style-type: none"> 取り上げ、選別を終了する 種苗の輸送や腹鰭抜去標識の装着などは、このサイズから行うことができる 		

*永沢(2001)

いが活発になる時期でもあり、共食いした個体は、排泄物が黒くなる（Ⅲ-4(3)参照）。配合飼料の給餌量が増大するため（Ⅲ-2(1)参照）、注水量を増やし、水質の管理に注意を払う必要がある。

5) Hステージ後半

全長は28~40mm、体重は300mg以上、日齢は40~45である（表Ⅲ-1 h）。体全体は暗褐色を呈する。黒色素胞が尾鰭の鰭条に沿って出現し、鰭軟条の分枝も見られる。取り上げの目安は、平均全長が30mmを超えた時点である。取り上げ後に加温を行わない場合は、このステージで飼育水温を自然海水に近づけていく。水温は1℃/日で下降させ、自然水温まで低下させる。また、アルテミアの給餌を終了する。

魚体は概ね鱗で被われるため、タモ網で掬う作業など（以下、ハンドリング）への耐性ができ始める。共食いがさらに活発になるため、取り上げを行ったのち、すぐに大小選別を行う（Ⅲ-2(5)参照）。選別した魚は、別々の水槽や生け簀に収容し、中間育成を開始する（Ⅳ-1参照）。配合飼料は粒径700~1,000μmのものを給餌する。

6) Iステージ

全長が40mm、体重が約1,000mgに達したステージで、日齢は概ね55である（表Ⅲ-1 i）。体表にクロソイ特有の模様が出現する。また、鱗の形成が完了することで、ハンドリングへの耐性が大きく向上する。このため、輸送や腹鰭抜去標識などは、このサイズから行うことができる（Ⅵ-3参照）。配合飼料は粒径1,000~1,800μm程度のものを給餌する。

2 飼育管理

宮古栽培漁業センターでは、仔魚の収容から日齢40~45（平均全長30mm前後）で取り上げるまでの飼育を種苗生産、その後の放流までの飼育を中間育成と定義している。本項では標準的な種苗生産方法を紹介する。

(1) 飼育水槽と飼育開始までの準備

実容量50kℓの角型コンクリート水槽（8.0×4.8×1.6m、写真Ⅲ-1、図Ⅲ-1）を用いて飼育を行っている。飼育開始前には、ウイルス性疾病や細菌性疾病の水平感染を防除する目的で、水槽および機材を塩素で処理する。消毒は次亜塩素酸ナトリウムまたは次亜塩素酸カルシウムを用い、それぞれ有効塩素濃度で約50ppmとなるよう添加し、2時間以上殺菌する。処理後はチオ硫酸ナトリウムで残留塩素を中和し、20%ヨウ化カリウム溶液を加えても茶色に呈色しないことで確認している。

(2) 仔魚の計数と収容

1) 計数

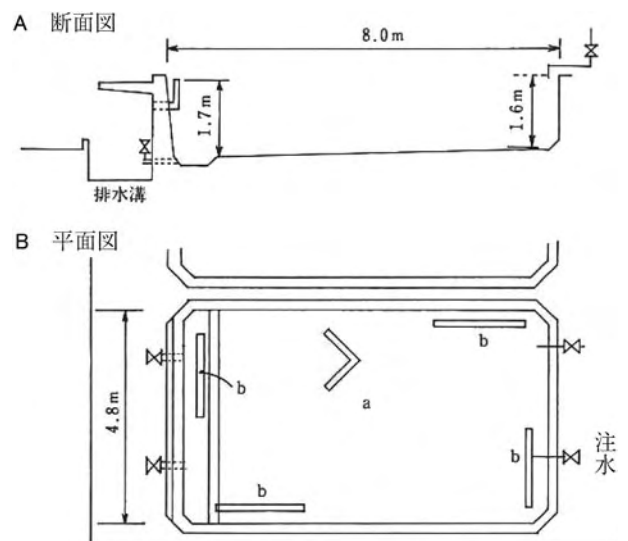
500ℓパンライト水槽（以下、回収水槽）で回収した仔魚の数は（Ⅱ-3(2)参照）、器具（風呂用のかきませ棒、写真Ⅲ-2）で緩やかに攪拌し、1ℓ当たりの仔魚尾数を計数して収容総数を算出する（以下、同様な計数法を「容積法」という）。

2) 収容

使用する仔魚の質は後の生残や成長に大きく影響を及ぼす。このため、得られた仔魚の質をしっかりと見極め、飼育に適するか否かを判断しなくてはならない（Ⅲ-4(1)参照）。良質な仔魚が得られたら、フォークリフトを用いて回収槽を飼育水槽まで移動させる。回収槽の水位を飼育水槽の水位の30~50cm程度高くなる位置まで上げ、呼び径（以下、φと表記）40mmのVS-A型サクシオンホース（カナフレックスコーポレーション、以下、



写真Ⅲ-1 種苗生産用の50kℓ水槽



図Ⅲ-1 種苗生産用50kℓ水槽の模式図
a: 油膜除去器 b: エアブロック

サクシオンホース)を用いて、回収槽から飼育水槽にサイホン方式で仔魚を収容する。回収槽と飼育水槽の水位差が前述の値以上になると水流が強くなり、仔魚が傷付く可能性があるので注意する。なお、回収槽に親魚の排泄物や死魚が混入している場合にはこれらを除去してから仔魚の計数、収容を行う(Ⅲ-4(2)参照)。

種苗生産における収容密度は、概ね0.8~1.1万尾/kℓである。収容は1日で行うことが望ましいが、1回の収容でこの値に満たない場合は後日に得られた仔魚を追加収容する。ただし、最初の収容から3日以上後に生まれた仔魚を追加収容した場合、全長差から共食い等を誘発する可能性があることから、1水槽への収容の目安は2日以内とする。



写真Ⅲ-2 仔魚などの攪拌に使う風呂用のかきませ棒

(3) 餌料

1) 餌料系列

1980年代前半まではワムシ、アルテミアノープリウス(以下、アルテミア)、養成アルテミアおよび冷凍養成ア

ルテミア、スケトウダラ塩蔵卵、イカナゴシラスと冷凍アミの混合肉、クロソイの仔魚など、多様な餌料が使われていたが(岩本・芦立, 1982)、近年では餌料系列の再検討がなされ、現在は多くの機関でワムシ、アルテミア、配合飼料が中心となっている(図Ⅲ-2)。

宮古栽培漁業センターにおける一般的な種苗生産ではワムシを使用せず、北米産アルテミア(0日齢~40日齢)と配合飼料(10日齢以降)のみを用いている(中川・大河内, 2007)。25日齢前後までのアルテミアの給餌は朝、昼、夕方の3回であり(表Ⅲ-2)、1回の給餌量は1~2時間で食べきる量を基準としている。仔魚1尾あたりの日間給餌量は、全長7~8mmで100~200個体、8~9mmで200~400個体、9~11mmで400~600個体、11mm以降は600~700個体である。クロソイの飼育において摂餌状況の観察は、種苗の状態を把握する上で極めて重要な事項の一つであり、一定時間後の残餌量の増減に注意を払う必要がある(Ⅲ-4参照)。

配合飼料の給餌は、手撒きと自動給餌機を併用する。なお、仔魚は配合飼料よりも生物餌料を好んで摂餌するため、配合飼料の餌付け時には朝のアルテミア給餌の時間を遅らせることや、アルテミアの給餌量を減らす等の対策が必要である。1日の給餌量の基準は魚体重の5~10%程度、給餌回数は15~20回としている。種苗生産における配合飼料の給餌量は、中間育成の数値と比較すると大きい。摂餌の機会を増やすためであり、ある程度の量が残餌として出てしまうことはやむを得ない。一方、過剰な給餌は水質の悪化を招くことから、給餌量は摂餌状況や水質等を観察して適宜調整する。給餌する粒径の目安は、全長10~18mmの魚に対しては400μm、12~30mmでは700μm、28mm以降では1,000μmである。配合飼料を活発に摂餌するようになったら、アルテミアの給餌量・給餌回数を減らし、最終的には取り上げまでにアルテミアの給餌を終了する。

種苗生産機関	餌料	日齢									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
宮古栽培漁業センター (通常量産)	ワムシ										
	アルテミア										
	配合飼料										
宮古栽培漁業センター (収穫槽飼育*)	ワムシ										
	アルテミア										
	配合飼料										
宮城県水産技術総合センター 養殖生産部	ワムシ										
	アルテミア										
	配合飼料										
青森県脇野沢漁業協同組合	ワムシ										
	アルテミア										
	冷凍コペポーダ										
	配合飼料										

*Ⅲ-5参照

図Ⅲ-2 各機関の種苗生産における餌料系列

表Ⅲ-2 アルテミアと配合飼料の給餌時間帯

給餌時間	日齢								
	0	1~10	11~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~
4:00									
5:00			AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
6:00			AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
7:00		Ar	Ar	AD	AD	AD	AD	AD	AD
8:00				Ar	AD	AD	AD	AD	AD
9:00	収容		AD		Ar	AD	AD	AD	AD
10:00	Ar		AD	AD		Ar	AD	AD	AD
11:00		Ar	Ar	Ar	AD		Ar	AD	AD
12:00					Ar	AD		AD	AD
13:00			AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
14:00	Ar		AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
15:00		Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	AD
16:00									AD
17:00			AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
18:00			AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
19:00									

Ar : アルテミア
AD : 配合飼料

配合飼料に餌付いてからは、成長速度が上がり、給餌量も増加するため、密度と注水、配合飼料のバランスに注意する。本種が配合飼料へ餌付き始めるのは全長12mm、全ての個体が摂餌するのは全長20mm（表Ⅲ-1参照）が目安となる。

一般的に、魚は活力によって配合飼料への餌付け易さが大きく異なる。飼育が順調であれば早く配合飼料に切り替えることが可能であるが、逆の場合、取り上げまで配合飼料に餌付かない個体が多くなる。このように、配合飼料の切り替えについては、そのタイミング、手法、魚の状態など多様な条件が影響するため、課題が多く残されている。

2) アルテミアのふ化と栄養強化

アルテミア卵の消毒手順は表Ⅲ-3、アルテミアふ化幼生の回収手順は表Ⅲ-4に示した。アルテミアのふ化条件は水温24℃で約48時間である。ふ化には500ℓあるいは1ℓのアルテミアふ化槽を使用し、耐久卵の収容密

度は1.0~1.3kg/kℓ（約3億個）を上限としている。

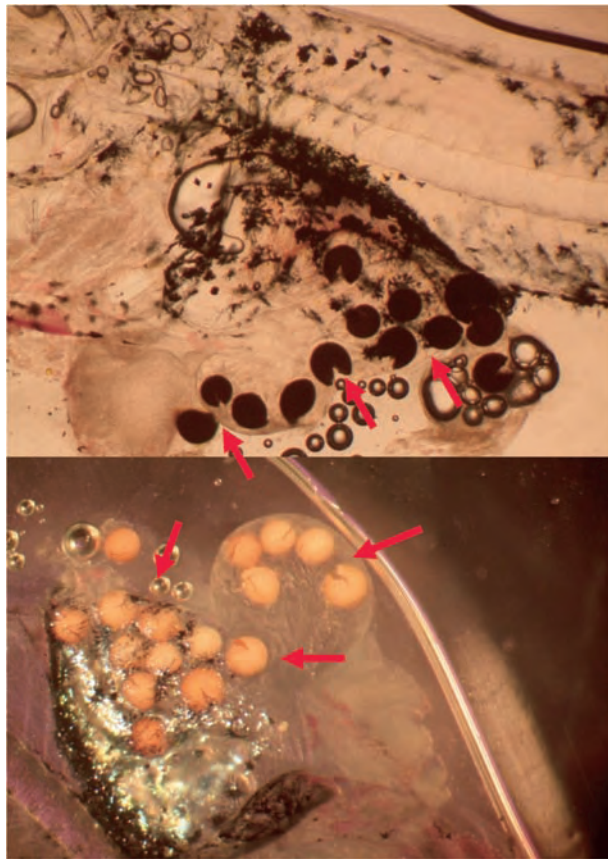
ふ化したアルテミアは200目のナイロンネット（写真Ⅲ-3）で回収する。全長7.5mm以下の仔魚がアルテミア卵を摂餌すると、消化できずに消化管内で卵が詰まり、衰弱することが確認されている（写真Ⅲ-4）（中川，2008）。このため、卵殻の過度な混入を避けるためにふ化率が高く、分離の良いアルテミアを選択する。

得られたアルテミアはDHA、EPA等の高度不飽和脂肪酸の含有量を高めることを目的として、プラスアクアラン、（科学飼料研究所、以下、アクアラン）で栄養強化を行う。強化時の水温は20℃、強化時間は16時間、栄養強化時の収容密度は1億個体/kℓを基準としている（写真Ⅲ-5）。なお、アクアランの適正添加濃度について検討した結果、50g/kℓで十分な効果が得られたため、現在この濃度で処理している（中川・大河内，2003b）。栄養強化剤は、100gまでは2ℓのサンプル瓶に水道水約1ℓを入れて攪拌、それ以上はミキサーを使用して

表Ⅲ-3 アルテミア卵の消毒手順

作業項目	手順	作業内容
前準備	1	卵を収容する1000ℓアルテミアふ化槽に24℃に調温した海水を1000ℓ入れておく
	2	中栓（中央の塩ビ管）、エア、加温管（ヒーター）、温度センサーをセットしておく
	3	24℃になっていることを確認する
卵消毒	4	100ℓアルテミアふ化槽に海水100ℓを入れ、エアを入れる
	5	アルテミア卵をネット（200目程度）に入れ、ネットの上から水道水を流して洗う
	6	洗った卵をふ化槽に入れ、塩素を5mℓ/100ℓ（有効塩素6ppm）入れ、15分間エアレーションを続ける
	7	ハイポ0.5gを入れ、中和する
卵収容	8	100ℓアルテミアふ化槽の下部にネットを置き、卵を回収する
	9	消毒した卵を1000ℓアルテミアふ化槽にセットする
	10	48時間かけて完全にふ化させる

塩素：次亜塩素酸ナトリウム12%溶液
ハイポ：チオ硫酸ナトリウム5水和物



写真Ⅲ-4 アルテミア卵（矢印）が残った消化管



写真Ⅲ-3 アルテミア回収用ネット



写真Ⅲ-5 アルテミアの栄養強化水槽

表Ⅲ-4 アルテミアふ化幼生の回収手順

作業項目	手順	作業内容
前準備	1	回収した幼生を収容するための栄養強化槽に、20℃に調温した海水を1000ℓ入れておく
	2	中栓、エアアerator、加温管（ヒーター）、温度センサーをセットしておく
	3	24℃になっていることを確認する
	4	回収のためのネット、回収容器を用意する
卵殻と幼生の分離	5	回収するアルテミアふ化槽の加温装置のスイッチを切る
	6	エアアerator、中栓を抜く。エアアeratorは回収のための水槽に入れておく
	7	15～20分、この状態で卵殻と幼生を分離するために静置する
	8	回収容器に通気を施しながら、バルブを半開状態で回収する
	9	幼生がネットに溜まったら、一旦バルブを閉め、栄養強化槽に幼生を移槽する
	10	幼生の移槽を繰り返し、ネットに卵殻が混じるようになったら回収を終了する
	11	栄養強化槽に幼生を移槽した後、卵殻を全て回収し、よく水を切って廃棄する

注意点

- ・卵収容は1000ℓあたり1.0～1.3kg（約3億個）が上限
- ・収穫時は濃縮された状態となるため、酸欠によるアルテミアの活力低下、死亡が起こらないように常に通気を施すと共に、緩慢な作業をしないように留意する
- ・ヒーターを使用する場合、焼き付けを起こさないように注意する

100gあたり約1ℓの水道水を用いて溶解させる。溶かした強化剤は、終業直前に翌日使用するアルテミアの水槽へ全量を添加する。

(4) 飼育環境

1) 飼育水温

水温別飼育試験（14～20℃）等の結果から（中川，2000），飼育水温は18℃としている（図Ⅲ-3）。収容時は親魚水槽と同水温の13℃に設定し（Ⅱ-2参照），その後，18℃まで毎日1℃上昇させる。

2) 注水と排水

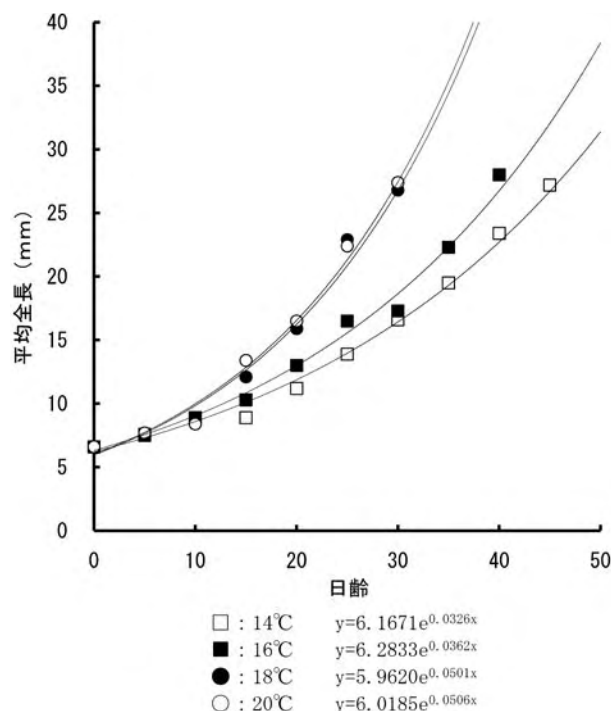
飼育水には砂ろ過海水を使用している。用いる海水は、過飽和状態のガスを極力減らすため、別水槽で加温、曝気し、水中ポンプを使って注水している（Ⅲ-4(2)参照）。また、落下する海水の衝撃が仔稚魚に及ぼす影響を和らげるため、注水用アンドンを使用している（写真Ⅲ-6）。

注水は0日齢から開始する。1日あたりの注水量は0日齢で水槽の総水量の50%，5日齢で100%，10日齢で150%，15日齢で200%，20日齢で300%，25日齢で400%，30日齢で500%，35日齢で700%，40日齢で900%を目安としているが、仔稚魚の状態や水質を勘案し、適宜調整する（表Ⅲ-5）。

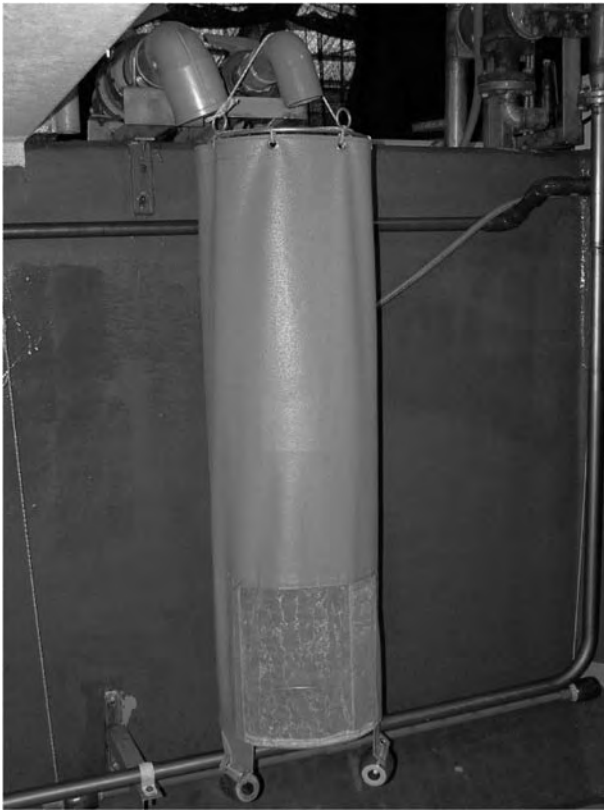
飼育水は、排水用アンドン（2.0×1.0×1.0m）とホースを用い、サイホン方式で排水している。排水用のホースは、注水量400%（8.3kl/h）まではφ65mmのカナラインホース（カナフレックスコーポレーション），これを上回る場合はφ75mmのサクシオンホースを使用している。排水用アンドンの目合いは、40目（魚の全長7mm～），30目（全長9mm），18目（全長12mm～），3mm（全長25mm～）の4種類を仔稚魚の成長に応じ

て使い分けている（表Ⅲ-5，写真Ⅲ-7）。

排水用アandonは、底掃除作業および目詰まりの防止のため1日1回、ホイストクレーンで水槽から吊り上げ、水槽外に出して洗浄する。また、遊泳力の弱い仔魚がアandonによってスレたり、圧迫されたりすることを防ぐため、これを水槽から出し入れする際には、急な操作を避ける。



図Ⅲ-3 クロソイの水温別の成長（中川，2000）



写真Ⅲ-6 注水用アンドン



写真Ⅲ-7 排水用アンドン

表Ⅲ-5 クロソイ種苗生産における日齢と換水率、排水ホースの径およびアンドンの目合いの目安

日齢	全長 (mm)	換水率 (%)	ホース の種類	アンドンの 目合い
0~5	7.0~8.0	50~100	カナライン φ65	40目
5~10	8.0~9.0	100~150		30目
10~15	9.0~11.0	150~200		
15~20	11.0~12.0	200~300		
20~25	12.0~14.0	300~400		
25~30	14.0~18.0	400~500	サクシヨン ホース φ75	18目
30~35	18.0~23.0	500~700		
35~40	23.0~28.0	700~900		3mm
40~	28.0~	900~		

3) 通気

通気は、φ13mmの塩ビパイプに直径1mmの穴を開けたもの（以下、エアブロック）を用いる。エアブロックは、水槽の中央に1個、水槽の四角に各4個設置している（図Ⅲ-1）。エアブロックを図示したように設置すると、環流が生じる。環流の強さは通気量で調節し、成長に伴い増加させる。なお、エアブロックは、環流をうまく生じさせるため、水槽側面に設置する

ことに加え、底面に堆積する残餌や排泄物、貝化石（後述）等の巻き上げを防止するため、底面に置かず、底から10~15cm程度上げた部分に固定している。また、ユニホース（ユニホース）を用いた通気は微小気泡を仔稚魚が誤食（エア食い）する原因となるため、種苗生産期は原則として使用していない（Ⅲ-4(2)参照）。

4) 水質の測定

水質の測定項目は、水温、溶存酸素（以下、DO）、

pHである。飼育水中のDOは、仔稚魚の成長に従って低下する傾向があるが、値を7.0以上に保つように注水と通気を調節する。なお、DOを上げるためには酸素通気が有効であるが、クロソイが気泡を誤飲する可能性があることから、酸素を使用する際は注意が必要である。

pHは配合飼料の排泄物や残餌の増加などにより低下するため、その値は摂餌と注水のバランスを調節するのに参考となる。特に、配合飼料の給餌開始後にpHが大きく低下した場合、水質が急激に悪化している可能性があり、給餌量や注水量を見直さなければならない。

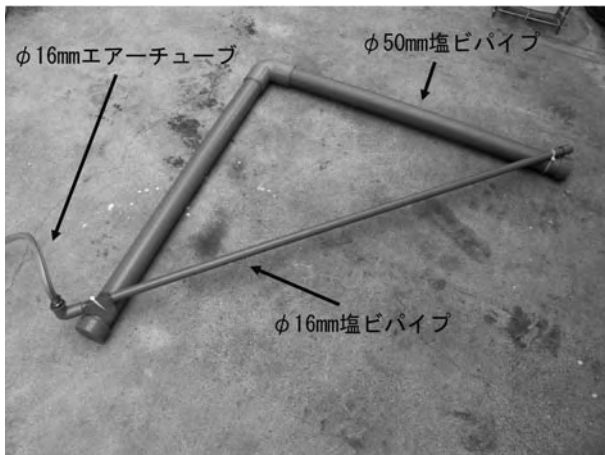
5) 照度調節

クロソイ仔魚は正の走光性を示し(足立, 1994)、明るい場所に集まる習性がある。このため、飼育水に植物プランクトンを添加して水中の光を分散させ、仔魚が水槽の1ヶ所に集まらないようにしている。現在は市販の濃縮淡水クロレラ(生クロレラV12:クロレラ工業, 以下、クロレラV12)を使用しており、添加量は1日あたり10~20ml/kℓ(0.5~1.0ℓ/50kℓ)である。添加する際には、水槽内の照度が急激に変化することを避けるため、水道水で希釈したクロレラV12を100ℓパンライト水槽に入れ、そこからエアチューブで徐々に滴下している。クロレラV12の添加は、概ね30日齢(全長18mm)まで毎日行っている。

水槽上面は遮光率99%の寒冷紗で被い、直接日光が水面に当たらないようにする。こうした照度調節を行うことにより、種苗は流れに向かって落ち着いて群泳するようになる。

6) 油膜の除去

水面の油膜や汚れは、塩ビパイプを加工した専用の器具を水槽に浮かべて回収する(写真Ⅲ-8)。この油膜除去器は色々な形があるが(水産総合研究センター, 2006)、宮古栽培漁業センターではφ50mmの塩ビパイプを水面に浮かすようV字型に組んで、開口部にφ1mm



写真Ⅲ-8 油膜除去器

の穴を5cm間隔で開けたφ16mmの塩ビパイプを取り付けている。水槽内への設置は、エアーが水面に対して斜めに噴出するようにし、集まった汚れは適宜取り除く。

7) 貝化石の散布

底掃除(Ⅲ-2(5)参照)などに伴う汚れの巻き上げ防止には、貝化石が有効である。貝化石はロイヤルスーパーグリーン(グリーンカルチャア)を使用し、50kℓ水槽に0.8~1.0kg(16~20g/kℓ)を底掃除後に毎日散布している。

(5) 底掃除

底掃除は1日齢より開始し、取り上げまで毎日1回行う。宮古栽培漁業センターでは、主に自走式の底掃除機(かすべえ:ヤンマー)を用い、底掃除機では吸引しきれない範囲の汚れは手作業で除去している。

底掃除の手順と注意点を表Ⅲ-6に示した。底掃除の際は、底に沈殿した汚れを巻き上げさせないように注意する。また、アルテミアを給餌した直後は、摂餌した仔魚が底に集まっている場合があるので、底掃除は避けた方がよい。

底掃除で排出された死魚は、200ℓ水槽で受けて回収し、容積法で尾数を算出している(写真Ⅲ-9)。



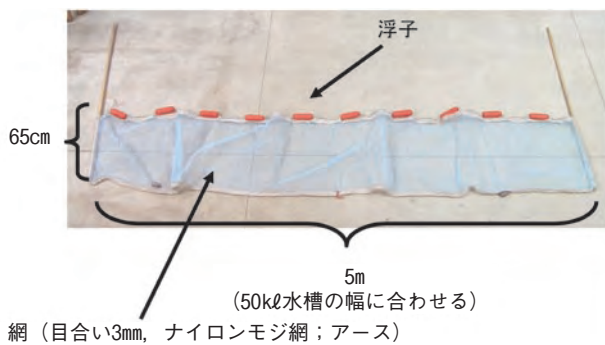
写真Ⅲ-9 底掃除の排水方法
矢印は排水の方向を示す

(6) 取り上げと選別

全長30mmに達した種苗は取り上げ、大小選別、計数後に中間育成に供する。

種苗の取り上げ時期は、タモ網で掬う、網で寄せるなどの作業（以下、ハンドリング）に対して影響が小さくなる全長30mm、40～45日齢を目安に行う。取り上げ間近のクロソイは後述する通り共食いが激しくなる時期にあたるため、なるべく早く大小選別を行う必要がある。一方、全長20mm未満の魚は取り上げや選別などのハンドリングによって、死亡する可能性が高い。このため、取り上げのタイミングは魚の成長や状況からの確に見極めることが重要である。

中間育成を無加温、無曝気で行う場合は、取り上げ



写真Ⅲ-10 取り上げ時に使用する巻き網

の数日前から1℃/日の割合で水温を低下させるとともに、曝気海水から自然海水に徐々に切り替えておく。また、取り上げ時には、後述するように巻き網や選別などの作業が魚にとって大きなダメージとなる（写真Ⅲ-10）。特に飽食状態の場合に腹部が圧迫されると、こうした影響が大きくなるため、取り上げ前日の午後から餌止めを行う。

1) 取り上げ方法

取り上げは巻き網（写真Ⅲ-11）とフィッシュポンプ



写真Ⅲ-11 フィッシュポンプを使った種苗生産魚の取り上げ作業の様子

表Ⅲ-6 クロソイ種苗生産の自走式底掃除機を使用した作業手順

作業場所・機器	手順	作業内容
油膜除去器	1	水面の油膜を取り、油膜除去器を外す
排水	2	死魚受けの200ℓ水槽のセットを確認
	3	寒冷紗を外す
水槽	4	中央のエアーストーンを取り出す
	5	排水ホースを外し、アンドンを水槽外へ出して洗浄する
	6	自動底掃除機を水槽のコース上にゆっくり入れる
自動底掃除機	7	自動底掃除機のホースを水槽内にゆっくり入れる
	8	操作盤を確認し、電源を入れる
	9	底掃除が始まる*
手作業の底掃除	10	自動底掃除機が動いている間に、底掃除が行き渡らない範囲を手作業で底掃除する
	11	排水は200ℓ水槽で受け、死魚を回収する
	12	自動底掃除機が正常に動いているか確認しながら作業を行う
	13	汚れを巻き上げないように注意する
	14	終了したら、手作業の底掃除器具を洗浄する
	15	自動底掃除機がラインを一周したら、走行を停止させる
自動底掃除機	16	一旦ポンプを回して排水する
	17	自動底掃除機のホースを水槽内からゆっくり上げ、これを巻いて収容する
	18	自動底掃除機を水槽から取り出し、洗浄する
水槽	19	排水用のアンドンとホースをセットし、排水を再開する
	20	中央のエアーストーンを入れる
油膜除去器	21	油膜除去器を付ける
200ℓ水槽	22	200ℓ水槽の排水ホース等を一旦外し、容積法で死亡魚を計数する
	23	計数後、死魚を処分し、200ℓ水槽を洗浄する
貝化石	24	貝化石を散布する
水槽周辺	25	寒冷紗をセットし、水槽周辺の確認を行う

*底掃除はポンプで吸い上げるか、サイホンで吸い上げるかは、汚れの具合で判断する

表Ⅲ-7 クロソイの取り上げ作業手順

作業場所・機器	手順	作業内容
飼育水槽	1	取り上げ前日までに飼育水を曝気水から無加温の海水へ切り替えを行う
飼育水槽	2	取り上げ前日から餌止めを行う
取り上げ水槽	3	海水をため、小割網を張っておく
飼育水槽	4	取り上げ当日の朝、底掃除を行う
フィッシュポンプ*	5	フィッシュポンプとφ50mmのカナラインホースを連結する
	6	吸い込み口を水面下に設置し、吐出口は小割網の水面の上に出しておく
	7	フィッシュポンプを起動させる
	8	吐出口を水面下に入れ、種苗が小割網にたつきつられないような位置にホースを設置する
飼育水槽	9	注水を減らしつつ、水槽の水位を50cm程度（巻き網の高さに合わせる）まで下げる
巻き網・エアーストーン	10	巻き網中の酸欠を防止するためのエアーストーンを入れる
飼育水槽	11	水槽内に3人入り、2人で巻き網を行い、1人がフィッシュポンプにつないだホースで種苗を吸い取っていく
	12	エアレーションで酸欠を防止しつつ、作業を行う
	13	巻き網を複数回行い、種苗を取り上げる
各機材	14	取り上げ終了後、機材の片付けを行う

*フィッシュポンプの吸い込み速度の値は、50%前後に設定している

(Z-651：松阪製作所)を用いて行う。なお、フィッシュポンプにはφ50mmのカナラインホースを接続している。宮古栽培漁業センターでクロソイを取り上げる場合、飼育水槽内で魚を集める巻き網担当が2人、集めた魚をホースで吸い込む担当が1人、輸送先の魚の確認などが1人の計4人で作業を行っている。上記の方法で取り上げると、輸送水槽まで距離があっても少人数で作業を行うことができる。

取り上げの作業手順を表Ⅲ-7に示した。取り上げ時は、巻き網で種苗をなるべくスレさせないようにすること、巻き網内は高密度となるため、十分な通気などで酸欠を防止すること、1回に種苗を多く巻きすぎないことなどがポイントとなる。

種苗への給餌は、取り上げと選別（計数）が終了したあとに行う。

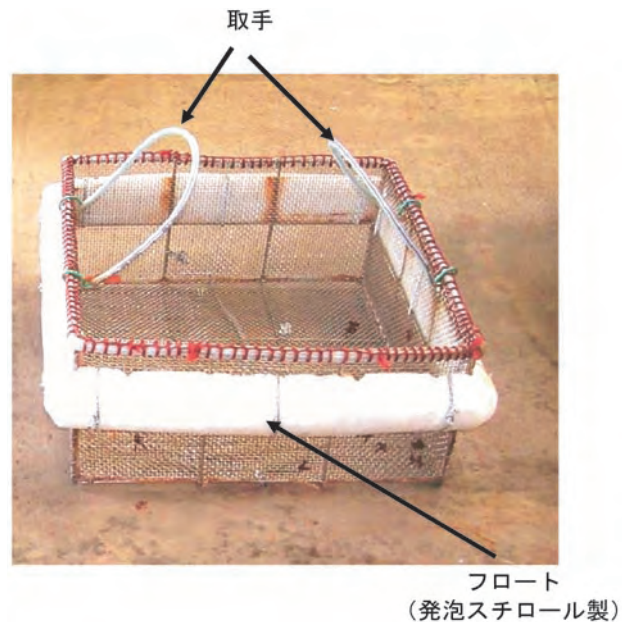


写真Ⅲ-12 種苗の選別作業

2) 選別方法

クロソイの中間育成において、共食いを防止するための選別は不可欠である（写真Ⅲ-12）。選別網を使うと、網地が棘に絡むなどの弊害があることから、ステンレス製の金網を用いている（写真Ⅲ-13）。

選別の作業を表Ⅲ-8に示した。通常、選別は取り上げ直後に行う。これは、少しでも早く共食いを避けるためであるが、取り上げから日をおいて行う場合は、一旦給餌を行い、選別を行う前日からは再び餌止めを行うなどの対応が必要となる。



写真Ⅲ-13 種苗の選別に用いる金属製カゴ (50×50×16cm)

表Ⅲ－8 クロソイの選別作業手順

手順	作業内容
1	選別用の小割網を張り、選別カゴを浮かべる*
2	小割網を寄せ、エアーストーンを入れる
3	バケツで水ごと魚を掬い、バケツリレーで魚を選別カゴに入れる
4	選別カゴの目合いを通る小さい群をカゴから抜き、カゴに残る大きい群は別の小割に入れる

*選別カゴの目合いは4mmのものを使用している

表Ⅲ－9 クロソイの計数作業手順

手順	作業内容
1	バケツに海水を50程度入れて計量しておく
2	網で掬い取った種苗を入れて計量し、バケツリレーで別の小割網に收容する
3	1回にバケツに入れる種苗の重量は、0.5～0.8kgとする
4	計量中に何度か、1バケツ内の尾数を数え、1尾あたりの重量を算出しておく
5	計数作業を最後まで行う

3) 計数方法

計数の作業手順を表Ⅲ-9に示した。通常、計数作業は取り上げおよび選別に続けて同日中に行うが、小さい群が計数作業に耐えられないようであれば、この群は後日改めて計数を行うようにする。

4) 取り上げ・選別・計数に伴う減耗

クロソイの取り上げ・選別・計数に伴う大型群の死亡率は概ね1%未満であるが、小型群は約8%（4～16%）である。これらの作業による減耗はハンドリングによるスレが原因と思われる、死亡は小型魚が多いロットほど増加する。また、取り上げ直前までアルテミアの給餌を続け、配合飼料に餌付いていない個体が多い場合にも、死魚は増える傾向がある。

3 成長と生残

種苗生産の現場では、常に効率化と高度化が求められている。このニーズに対応するためには、飼育事例や生産年度毎に「どのような状態の魚をどのように飼育したか」を評価して、飼育管理手法にフィードバックしていくことが必要である。こうしたデータの蓄積が裏付けのある技術となることから、飼育データを保存するとともに、飼育魚のサンプルを定期的に固定・保管する事が望ましい。

(1) 成長

クロソイの種苗生産過程における成長を把握するために、收容日から5日間隔で飼育水槽からサンプルを採集し、全長測定を行う。水槽内の飼育魚はサイズにより遊泳する場所が水平的、垂直的に偏っており、特に飼育後半ではその傾向が顕著である。サンプリングにあたっては飼育魚を代表する個体群の採集に努める。測定数は統計的な処理を行うことも考慮し、30尾以上が望ましい。

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多く使用される。

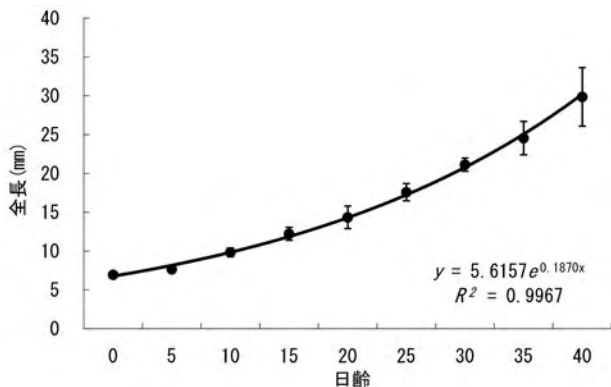
全長の測定では、飼育水槽から無作為に30～50個体を採集し、2-フェノキシエタノール（以下、フェノキシエタノール）を使用して麻酔する。なお、高濃度のフェノキシエタノールは魚体の屈曲や縮み等、変形の原因となることから、あらかじめ調製した1～5%溶液を少量ずつ添加する。フェノキシエタノールは水に溶けにくいので、使用する際には十分に攪拌する。

麻酔がかかった魚は、魚体を傷めないようにピペットやピンセット等でシャーレやスライドグラスに移す。20mmサイズまでの魚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測定し、それ以上の個体は、直接ノギスや測定板で測定する。

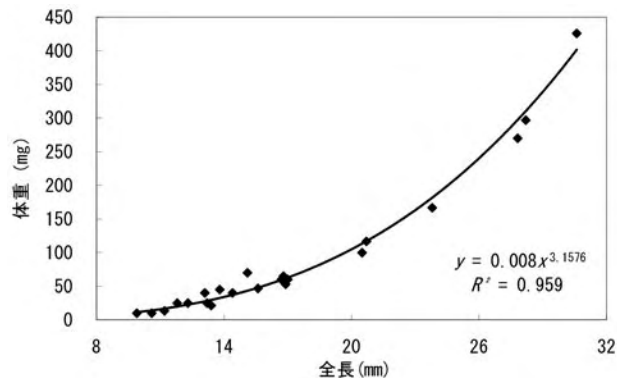
2002～2006年の種苗生産における平均的な日齢と全長の関係式は次の通りである。

表Ⅲ－10 クロソイの種苗生産における全長と湿重量の関係

平均全長 (mm)	10	12	14	18	23	28
体重 (mg/個体)	10	25	35	70	150	300



図Ⅲ-4 クロソイの種苗生産における日齢と全長の関係
2002～2006年に種苗生産した結果の平均値±標準偏差，マーカーは平均値，範囲は標準偏差を示す。飼育水温は18℃



図Ⅲ-5 クロソイの種苗生産における全長と湿重量の関係

$y = 5.6157e^{0.1870x}$, $R^2 = 0.9967$, $y =$ 全長, $x =$ 日齢 (図Ⅲ-4)

成長差は、全長の変動係数 (= 標準偏差 / 平均値) を求めることによって把握することが出来る。成長差の拡大は、後述するとおり共食いの発生につながるため、十分な給餌等で成長差の縮減を図る (Ⅲ-4(3)参照)。

2) 体重

仔稚魚の体重を示す方法は、湿重量と乾燥重量があるが、一般には湿重量が用いられる。本書でも、魚体重は湿重量で表している。測定の際は魚体表面の水分をろ紙等で除去する

測定した全長と湿重量の関係式は次の通りである。

$y = 0.0082x^{3.1576}$, $R^2 = 0.9591$, $y =$ 湿重量, $x =$ 全長 (図Ⅲ-5, 表Ⅲ-10)

3) サンプルの保存

測定した仔稚魚は、標本として固定し、保管する。これらの標本は、写真撮影や外部形態のスケッチ、鰭条、鱗、骨格 (軟骨・硬骨) の発達、体各部の相対成長等の観察を行うことを想定し、10%ホルマリンで約1日固定後、70%エタノールに置換して保管する。

測定を行わないで仔稚魚の標本を作製する場合でも、固定時に魚体に変形することを避けるため、フェノキシエタノールで麻酔した状態で固定する。

(2) 生残

仔稚魚の死亡要因は様々である。適切な飼育を行う上では、日間死亡率の推移を把握し、大量死亡の防止に役立てることが必要となる。水面上からの観察では死亡状況の把握が困難であるが、底掃除により排出された死亡尾数を数数することで日間死亡率が推定可能である。飼育水槽内の生残尾数は、収容時の計数値から、毎日の死亡尾数を差し引くことによって推定する。なお、ヒラ

メなどでは柱状サンプリングにより生残尾数を推定する (日本栽培漁業協会, 1994b) が、クロソイでは飼育魚の分布の偏りが大きいため、この方法は使用していない。

魚の取り上げ時には重量法により尾数を求める (Ⅲ-2(5)参照)。この計数値と、死亡尾数を差し引いて求めた生残尾数の関係は、一般的に後者の方が大きな値となる。これは、底掃除により排出された死亡個体の他にも、捕食された個体が多く存在するためである。したがって、特に共食いが多くなる飼育後半では、実際の死亡尾数と底掃除で排出された死亡尾数に差があることを理解して飼育することが重要である。

(3) データの管理

全長測定の結果や毎日の死亡状況、水温やDOなど、魚を管理する上での基本情報 (Ⅲ-2参照) は、データとして管理しておく、生産状況の把握や、結果の整理に役立てることができる。ここでは、野帳とパソコンによるデータ管理の例を記述する。

1) 野帳

野帳は生産現場や水槽の近くに置いておき、毎日の水温、DO、pH、注水量、死亡尾数、給餌した餌料などを記入する。給餌やクロレラ V12の添加、底掃除などは、作業時間が分かるようにしておくことが望ましい。また、野帳には備考の欄を設け、摂餌率や魚の状態、排水アンドンの目合いの変更など、特記事項を記入できるようにしておく (図Ⅲ-6)。

2) パソコンによるデータ管理

野帳に記入したデータは、パソコンに入力することによって、日々変化していく飼育環境を連続的に把握することが出来る。データ管理はエクセルを使用すると、給餌したアルテミアや、配合飼料の量、死亡尾数などの合計値を出すことも簡単にできる (図Ⅲ-7, 図Ⅲ-8)。

水槽NO	E5		E7		E9		備考 E9取り上げ準備 フィッシュポンプ 確認
日齢	25		35		40		
水温	18.1	17.9	17.5	17.2	12.8	12.6	
pH	8.05	8.02	8.11	8.09	8.14	8.12	
DO(mg/l)	7.3	6.9	7.5	7.2	7.9	7.6	
注水量(回)	3.5	4	6	7	12	12	
死亡尾数	3,100		4,100		3,900		
その他	換水率アップ		換水率アップ 水温18.0→ 17.0 共食いあり		自然水温 設定 共食いあり		

餌料等	淡水クロレラ他			AR-N (億個体)			配合飼料 (g)			
水槽No.	E5	E7	E9	E5	E7	E9	AM	E5	E7	E9
時間	0.5						N400	50g		
8:00							C700	250g	2,000g	2,750g
9:00				1.0			合計	300g	2,000g	2,750g
10:00							10回	10回	10回	
11:00	0.5						PM	E5	E7	E9
12:00				1.0	1.5		N700	50g		
13:00							C700	250g	2,000g	2,750g
14:00							合計	300g	2,000g	2,750g
15:00							10回	10回	10回	
16:00				1.0	1.5	1.0				
17:00										
合計	1.0			3.0	3.0	1.0				

注) E5～E9は宮古栽培漁業センターにおける水槽名

図Ⅲ-6 野帳の記入例

4 減耗とその対処

本種の種苗生産過程における死亡尾数は3～7日齢(初期)、18～25日齢(中期)、35～40日齢(後期)に増加する傾向がみられる(図Ⅲ-9)。本項では各々の減耗要因、特徴、対策について記述する。

(1) 初期の死亡

産出時の全長が6.6mm以下の早産個体群(Ⅲ-1参照)、口や脊椎骨に形態異常が多くみられる個体群、飼育初期の摂餌率が低い個体群、横転や回転などの異常遊泳が散見される個体群では初期の死亡尾数が多い傾向がある(写真Ⅲ-14)。一方、産出時の全長が大きい個体群や産出当日にアルテミアを活発に摂餌する個体群では初期死亡が少ないことが経験的に知られている。そこで、各飼育事例について、産出時の全長ならびに初回給餌の

摂餌率と、10日齢までの生残率の関係を調べた結果、摂餌率で高い相関関係が認められた(野田ら、投稿中、図Ⅲ-10)。この結果から、初回摂餌率は仔魚の“質”を判断する指標になると考えられる。なお、産出時の全長は大型の個体群ほど生残率が高い傾向を示したものの摂餌率ほど高い相関関係は認められなかった(野田ら、投稿中；図Ⅲ-11)。

初期の死亡は産出時の仔魚の“質”に起因すると考えられる。初期死亡を回避するためには、得られた仔魚の“質”を見極め、先天的な“異常”のある個体群を飼育に供さないことが重要である。

(2) 中期の死亡

1) ガス病

鰾が著しく膨満し(写真Ⅲ-15)、水面付近で腹部を上にして不安定に遊泳する場合はガス病の疑いがある。

図Ⅲ-7 クロソイの飼育計画例

(著者飼育計画をもとに作成)

月日	日齢	水温 (℃)	全長 (mm)	換水率 (%)	クレ V12 (ℓ)	アルテミア 給餌量		配合飼料			死亡尾数	死亡率 (%)	生残数	生残率 (%)
						(億)	個体/尾	N400	C700	合計				
5月11日	0	13.0	7.0	50	1.0	0.7	140					500,000		
5月12日	1	14.0		50	0.5	0.5	101				2,500	0.5	497,500	94.6
5月13日	2	15.0		50	0.5	1.0	202				2,500	0.5	495,000	94.1
5月14日	3	16.0		70	0.5	1.0	203				2,500	0.5	492,500	93.6
5月15日	4	17.0		70	0.3	1.0	204				2,500	0.5	490,000	93.2
5月16日	5	18.0	8.0	100	0.4	1.0	206				3,400	0.7	486,600	92.5
5月17日	6	18.0		100	0.5	1.0	207				3,900	0.8	482,700	91.8
5月18日	7	18.0		100	0.5	1.5	314				4,800	1.0	477,900	90.9
5月19日	8	18.0		120	0.7	1.5	316				3,800	0.8	474,100	90.1
5月20日	9	18.0		120	0.7	2.0	425				3,800	0.8	470,300	89.4
5月21日	10	18.0	9.0	150	0.8	2.0	427				2,400	0.5	467,900	89.0
5月22日	11	18.0		150	0.8	2.5	537	50			2,300	0.5	465,600	88.5
5月23日	12	18.0		150	1.0	2.5	540	50	50		2,300	0.5	463,300	88.1
5月24日	13	18.0		170	1.0	3.0	649	80	80		1,400	0.3	461,900	87.8
5月25日	14	18.0		170	1.0	3.0	651	80	80		1,400	0.3	460,500	87.5
5月26日	15	18.0	11.0	200	1.0	3.0	653	80	100	180	1,400	0.3	459,100	87.3
5月27日	16	18.0		200	1.0	3.0	655	80	100	180	1,400	0.3	457,700	87.0
5月28日	17	18.0		250	1.0	3.0	657	100	200	300	1,400	0.3	456,300	86.7
5月29日	18	18.0		250	1.0	3.0	661	100	200	300	2,300	0.5	454,000	86.3
5月30日	19	18.0		250	1.0	3.0	664	100	400	500	2,300	0.5	451,700	85.9
5月31日	20	18.0	12.5	300	1.0	3.0	668	100	400	500	2,300	0.5	449,400	85.4
6月1日	21	18.0		300	1.0	3.0	671	100	600	700	2,200	0.5	447,200	85.0
6月2日	22	18.0		350	1.0	3.0	674	100	600	700	2,200	0.5	445,000	84.6
6月3日	23	18.0		350	1.0	3.0	678	100	800	900	2,200	0.5	442,800	84.2
6月4日	24	18.0		350	1.0	3.0	681	100	800	900	2,200	0.5	440,600	83.8
6月5日	25	18.0	14.0	400	1.0	3.0	686	100	500	600	3,100	0.7	437,500	83.2
6月6日	26	18.0		400	1.0	3.0	691	50	500	550	3,100	0.7	434,400	82.6
6月7日	27	18.0		450	1.0	3.0	695	50	500	550	3,000	0.7	431,400	82.0
6月8日	28	18.0		450	1.0	3.0	700	50	1000	1050	3,000	0.7	428,400	81.4
6月9日	29	18.0		450	1.0	3.0	705	50	1000	1050	3,000	0.7	425,400	80.9
6月10日	30	18.0	18.0	500	1.0	3.0	710		1500	1500	3,000	0.7	422,400	80.3
6月11日	31	18.0		500		3.0	715		2000	2000	3,000	0.7	419,400	79.7
6月12日	32	18.0		600		3.0	720		2500	2500	2,900	0.7	416,500	79.2
6月13日	33	18.0		600		3.0	728		2500	2500	4,200	1.0	412,300	78.4
6月14日	34	18.0		600		3.0	735		3300	3300	4,100	1.0	408,200	77.6
6月15日	35	17.0	23.0	700		3.0	742		4000	4000	4,100	1.0	404,100	76.8
6月16日	36	16.0		700		2.0	500		4000	4000	4,000	1.0	400,100	76.1
6月17日	37	15.0		800		2.0	505		4700	4700	4,000	1.0	396,100	75.3
6月18日	38	14.0		800		1.0	255		4700	4700	4,000	1.0	392,100	74.5
6月19日	39	13.0		800		1.0	258		4700	4700	3,900	1.0	388,200	73.8
6月20日	40	12.0	28.0	900		1.0	260		5500	5500	3,900	1.0	384,300	73.1
6月21日	41	12.0		1000					5500	5500	3,800	1.0	380,500	72.3
6月22日	42	12.0		1000					-		3,800	1.0	376,700	71.6
6月23日	43	12.0		1000					取り上げ		3,800	1.0	372,900	70.9
合計					26.2	94.2		1520			119,500			

図 III-8 クロソイ顔育のデータ管理シートの例

(H15-50t-1R-E9-宮古のデータをもとに作成)

月日	日齢	水温 (°C)	pH	DO (mg/l)	換水率 (%)	加ワ V12 (l)	アルテミア 給餌量 (億)	個体/尾	配合飼料		合計 (g)	全長 (mm)	死亡 尾数	死亡率 (%)	生残数	生残率 (%)	備考	
									N400 (g)	C700 (g)								
5月11日	0	13.0	8.10	8.7	50	1.0	0.70	133			6.9	526,000		526,000	43.2万尾取容, 14:00摂餌率100%			
5月12日	1	13.5	8.07	8.3	50	0.5	0.50	96				3,500	0.67	522,500	99.3	9.4万尾追加取容		
5月13日	2	14.0	8.05	8.2	70	0.5	1.00	192				1,400	0.27	521,100	99.1	フラツキなし		
5月14日	3	14.7	8.01	7.8	70	0.5	1.00	192				1,100	0.21	520,000	98.9	フラツキなし		
5月15日	4	15.8	7.97	7.8	90	0.3	1.00	193				2,500	0.48	517,500	98.4	フラツキなし		
5月16日	5	16.7	7.97	7.4	90	0.4	1.00	194			8.0	2,700	0.52	514,800	97.9	フラツキ若干見える		
5月17日	6	17.6	7.99	7.7	100	0.5	1.00	195				3,000	0.58	511,800	97.3			
5月18日	7	17.5	7.97	7.4	100	0.5	1.50	295				2,500	0.49	509,300	96.8			
5月19日	8	18.0	7.99	7.3	140	0.7	1.60	315				1,500	0.29	507,800	96.5	フラツキ(エア一食い), 1回次のみ, 給餌後直る		
5月20日	9	18.0	7.96	7.0	140	0.7	2.10	416				2,400	0.47	505,400	96.1	生き魚若干吸い出し		
5月21日	10	18.2	7.96	7.1	160	0.8	2.20	436			10.5	1,100	0.22	504,300	95.9	エア食い, 表面寒冷沙強る		
5月22日	11	18.0	7.94	7.1	160	0.8	2.80	557	80	80	80	1,500	0.30	502,800	95.6	エア食い収まり, 鰾肥大(ガス病) 見える		
5月23日	12	18.2	7.91	7.2	170	1.0	2.80	560	85	85	85	2,600	0.52	500,200	95.1	朝のみ鰾肥大, 午後なし		
5月24日	13	18.2	7.93	7.0	190	1.0	3.20	641	96	96	96	920	0.18	499,280	94.9	表層浮上個体見える		
5月25日	14	18.3	7.91	7.0	190	1.0	3.20	642	105	105	105	700	0.14	498,580	94.8			
5月26日	15	17.8	7.91	7.0	200	1.0	3.20	643	112	22	134	700	0.14	497,880	94.7	主群20~30%の死亡混じる		
5月27日	16	17.9	7.89	6.8	250	1.0	3.20	644	112	62	174	750	0.15	497,130	94.5	主群20~30%の死亡混じる		
5月28日	17	17.9	7.89	6.7	250	1.0	3.20	647	112	130	242	2,200	0.44	494,930	94.1	生き魚吸い出し多, 水槽底面強光あたる		
5月29日	18	17.8	7.90	6.8	300	1.0	3.20	656	112	160	272	7,200	1.45	487,730	92.7	局所的に生き魚吸い出し		
5月30日	19	17.9	7.92	7.3	350	1.0	3.20	663	120	280	400	4,900	1.00	482,830	91.8	底掃除機*が停止, 水体で吸い出し		
5月31日	20	18.0	7.90	7.0	350	1.0	3.00	624	120	460	580	1,800	0.37	481,030	91.5			
6月1日	21	18.0	7.87	6.6	350	1.0	3.00	625	120	675	795	1,000	0.21	480,030	91.3	人影に反応する		
6月2日	22	17.9	7.85	6.3	380	1.0	3.00	626	120	900	1020	900	0.19	479,130	91.1	底掃除後に溶クロ投入		
6月3日	23	18.0	7.86	6.4	400	1.0	3.00	628	120	1020	1140	1,800	0.38	477,330	90.7	ほとんど生き魚, 底掃除1周のみ		
6月4日	24	17.8	7.89	6.2	450	1.0	3.00	630	120	1140	1260	1,000	0.21	476,330	90.6	寒冷沙締めて底掃除, アンドンに黒い糞		
6月5日	25	17.5	7.92	6.2	500	1.0	3.00	631	120	1600	1600	760	0.16	475,570	90.4	曝気ポンプ異常のため, 濾過海水に切り替え		
6月6日	26	16.7	7.99	6.5	550	1.0	3.00	632	1920	1920	1920	900	0.19	474,670	90.2	切り替えの影響なし		
6月7日	27	16.5	7.97	6.4	650	1.0	3.00	634	2190	2190	2190	1,200	0.25	473,470	90.0			
6月8日	28	16.3	7.97	6.5	700	1.0	3.00	635	2560	2560	2560	900	0.19	472,570	89.8	死亡はピリ又は共倒れ		
6月9日	29	16.0	7.97	6.5	800	1.0	3.00	636	2610	2610	2610	930	0.20	471,640	89.7	生き魚入らなくなった		
6月10日	30	15.3	7.96	6.4	800	1.0	3.00	638	2740	2740	2740	1,600	0.34	470,040	89.4	死亡はピリ又は共倒れ		
6月11日	31	15.0	7.93	7.0	800	1.0	3.00	641	3110	3110	3110	1,900	0.40	468,140	89.0			
6月12日	32	15.8	7.93	6.8	900	1.0	3.00	646	3200	3200	3200	3,975	0.85	464,165	88.2	死亡個体浮く		
6月13日	33	15.5	7.91	6.9	950	1.0	3.00	652	3470	3470	3470	4,015	0.86	460,150	87.5	死亡個体浮く		
6月14日	34	14.9	7.92	6.9	950	1.0	3.00	664	4040	4040	4040	8,442	1.83	451,708	85.9	死亡個体浮く		
6月15日	35	14.5	7.91	6.3	950	1.0	3.00	673	4590	4590	4590	5,614	1.24	446,094	84.8	死亡個体浮く		
6月16日	36	14.0	7.88	6.2	1000	1.0	3.00	679	4800	4800	4800	4,348	0.97	441,746	84.0	死亡個体浮く		
6月17日	37	13.5	7.90	6.2	1200	1.0	3.00	685	4800	4800	4800	3,583	0.81	438,163	83.3	死亡個体浮く		
6月18日	38	12.7	7.92	6.4	1200	1.0	3.00	692	4800	4800	4800	4,684	1.07	433,479	82.4	死亡個体浮く		
6月19日	39	12.1	7.91	6.5	1200	1.0	3.00	0	900	900	900	4,617	1.07	428,862	81.5	死亡個体浮く		
6月20日	40							0	0	0	0	428,862	0.00	428,862	81.5	取り上げ準備		
合計					29.2	98.6		1534		54313		97,138						

ガス病は水中の窒素や酸素などが過飽和状態になった場合に発生し、血液に取り込まれたガスが体内で気泡となって大きな影響を及ぼす（山本，2001）。特に注水量を上昇させた時や、冬～春季に取水している地先の海水温が急激に低下した時に発生しやすい。

本症の対策として、曝気槽を設置し、加温、強曝気により溶存する過剰なガスを取り除いた海水を使用する事が有効である（写真Ⅲ-16）。ガス病と「エア食い」は一見すると症状が似ているが、ガス病では気泡が鰓や血管に入るのに対し、エア食いは胃に空気が入る点で識別できる。エア食いは微細な水中の気泡を飲み込んでしまった場合に起こることから、①ユニホースを使用しない、②エアブロックの目合いを大きくし、小さな気泡を出さないようにする等の対策により防除が可能である。

2) 寄生虫症（ブルークリネラ・イクチオボドなど）

2000年の生産において、寄生虫による死亡が増加した（写真Ⅲ-17）。原因は原生動物繊毛虫類のブルークリネラ（*Brooklynella* sp.）や鞭毛虫類のイクチオボド（*Ichthyobodo* sp.）である。これらの寄生虫は共食い等で傷ついた個体や疾病などで衰弱した個体に寄生することが多く、寄生された魚は摂餌不良や異常遊泳を起こし、その後死亡する。これらの寄生虫は水槽内に常在していると考えられ、不十分な注水から来る水質の悪化や、死亡魚が増加した時に急激に増殖し、大きな被害を生じさせる。

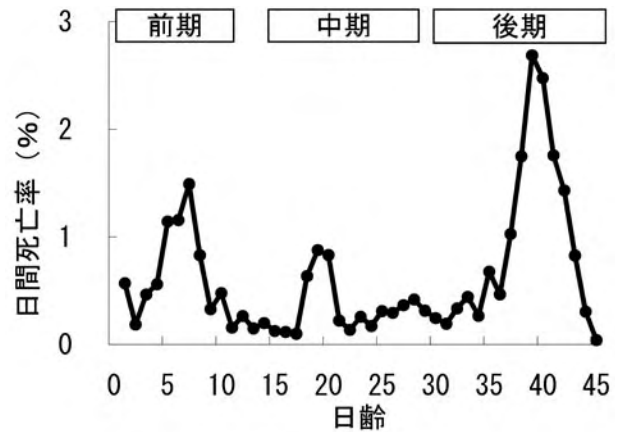
寄生虫症の発生を抑えるためには、飼育密度と注水量、給餌のバランスが重要であり、本症が確認された場合には、底掃除を徹底して死亡魚を除去する、稚魚の密度を下げる、注水量を増加させる等の措置が必要である。また、親魚の排泄物などからも原虫が入り込むこともあるので、産出仔魚を収容時にこれらの混入を防ぐことが重要である（Ⅲ-2(2)参照）。

(3) 後期の死亡

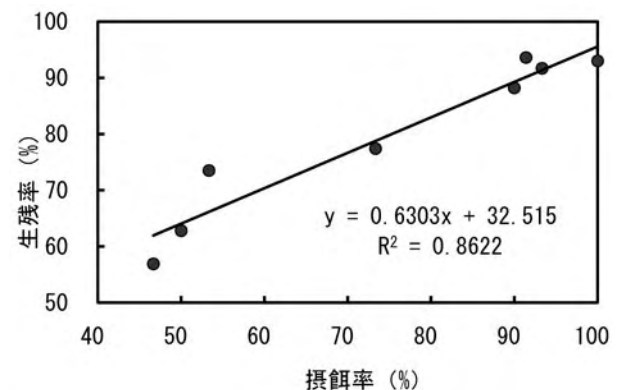
1) 共食い

共食いは、ブリやオニオコゼなど、魚食性の魚で頻発し、どの魚種でも対処が遅れると加速度的な減耗が生じる（水産総合研究センター，2006；八木，1996）。クロソイの共食いには、①小型魚が噛まれることによって死亡する場合、②捕食魚が被食魚を完全に飲み込んでしまう場合（以下、飲み込み）、③捕食魚が被食魚を完全に飲み込むことができずに窒息し、両者とも死亡する場合（以下、共倒れ）（写真Ⅲ-18）の3タイプが存在する。また、共食いは外傷を受けた個体が細菌性疾病や寄生虫症の二次感染により死亡する場合があります、種苗生産後期、中間育成期の大きな死亡要因となっている。

共食いは同一水槽内で成長差が生じた場合に発生する。共倒れで死亡した捕食魚と被食魚の全長を測定した

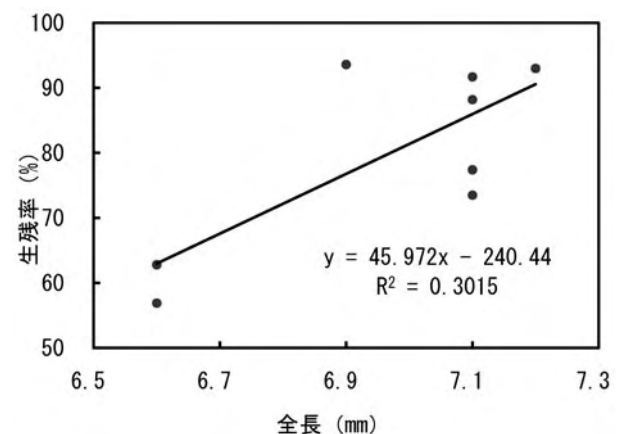


図Ⅲ-9 クロソイの種苗生産における日間死亡率の推移 (2002年)

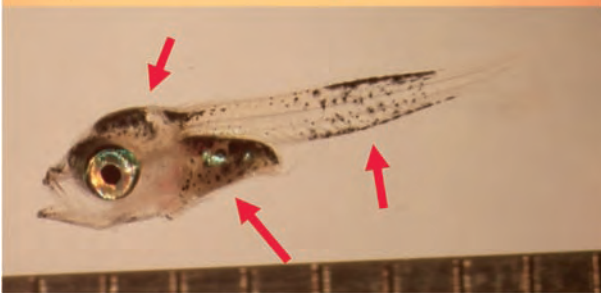
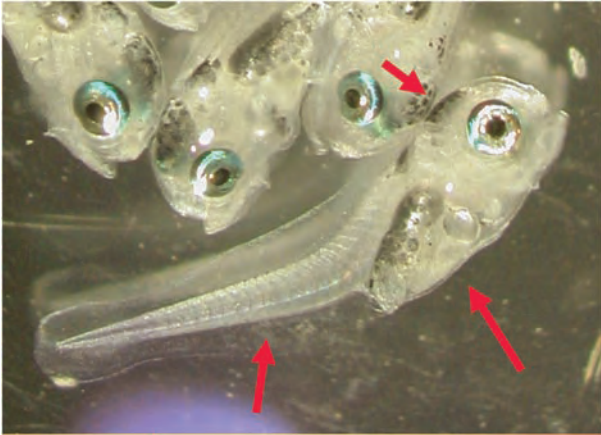


図Ⅲ-10 初回給餌における仔魚の摂餌率と10日齢の生残率の関係

* 摂餌率は、初回給餌の4～5時間後に30個体の仔魚を採取し個体毎に胃の内容物の観察を行い、採取個体に占める摂餌個体の割合で示した。また、摂餌した仔魚の判定は、アルテミアを5個体以上確認できた個体とした。



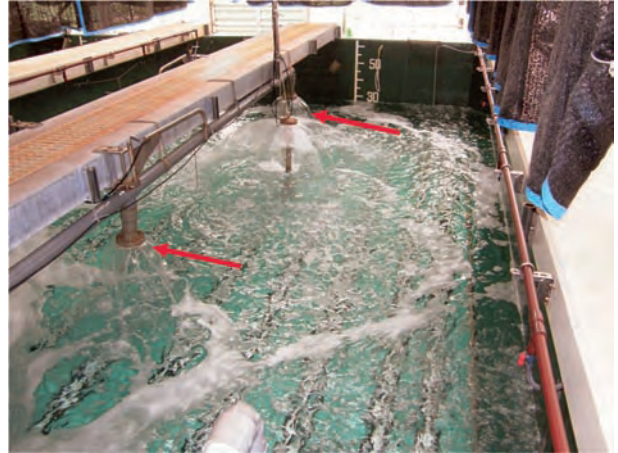
図Ⅲ-11 産出時の仔魚の平均全長と10日齢の生残率の関係



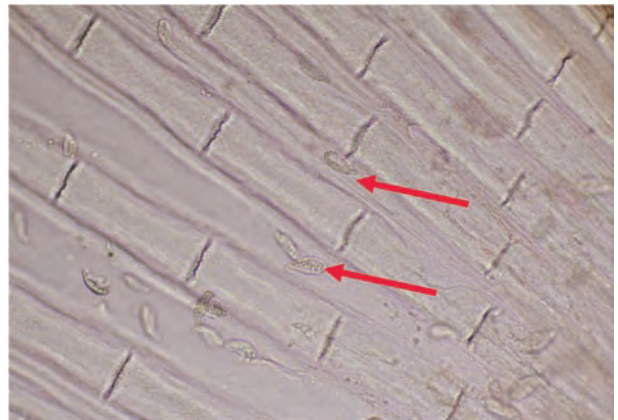
写真Ⅲ-14 早産仔魚
 (上, 中: 早産 下: 正常)
 矢印は正常な個体との相違点を示す。
 正常個体と比較すると, 早産個体では油球
 の吸収が不完全であったり, 尾柄部や頭部
 の色素胞の分化が不十分などの点が観察さ
 れる。



写真Ⅲ-15 ガス病の個体
 矢印は腹部(鰾)の膨満部位を示す



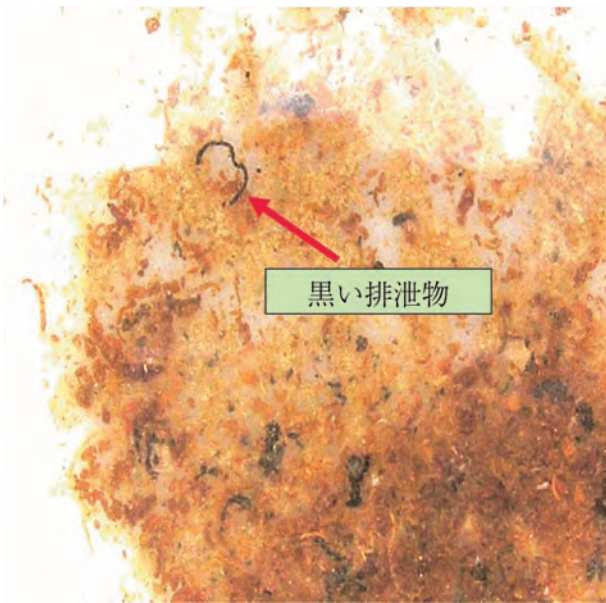
写真Ⅲ-16 ガス病防除のための曝気槽
 矢印部分から水を散水する



写真Ⅲ-17 尾鰭に付着した寄生虫
 (矢印は寄生虫, 下は拡大したもの)



写真Ⅲ-18 共倒れした個体



写真Ⅲ-19 共食いによる黒い排泄物



写真Ⅲ-20 細菌性疾病が疑われる個体
鱭の付け根の発赤や出血、眼球の突出などが
見られる

表Ⅲ-11 クロソイの種苗生産において共食いが起こりにくい平均全長と全長の最大値、最小値の関係

平均全長 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)
20	23.4	16.6
25	29.2	20.8
30	35.1	24.9

結果、捕食魚/被食魚の最小値は1.41、最大値は2.14であった(野田ら、投稿中)。このことから、全長の最大値と最小値の比が1.41を上回ると共倒れが、2.14を上回ると飲み込みが発生すると考えられる(表Ⅲ-11)。なお、飲み込みの場合、捕食魚に摂餌・消化されるため死魚は確認できないが、捕食者の排泄物が黒くなることから、底掃除時の観察で、発生の確認が可能である(写真Ⅲ-19)。

共食いを防除するためには成長差を生じさせないことが必要である。クロソイでは同一水槽に産出日の異なる仔魚を収容した場合は飼育初期から全長の分散が大きくなり、共食いを生じやすくなることから、仔魚の収容は1日で行うことが望ましい(Ⅲ-2(2)参照)また、疾病等による摂餌不良の発生、給餌量の不足等を起こさないように飼育管理を行う。一方、ヒラメでは、アルテミアや配合飼料の開始時期を遅らせつつ、やや小さい粒径の飼料を多く与える手法で成長差を縮減した事例がある(畑中, 2007)。

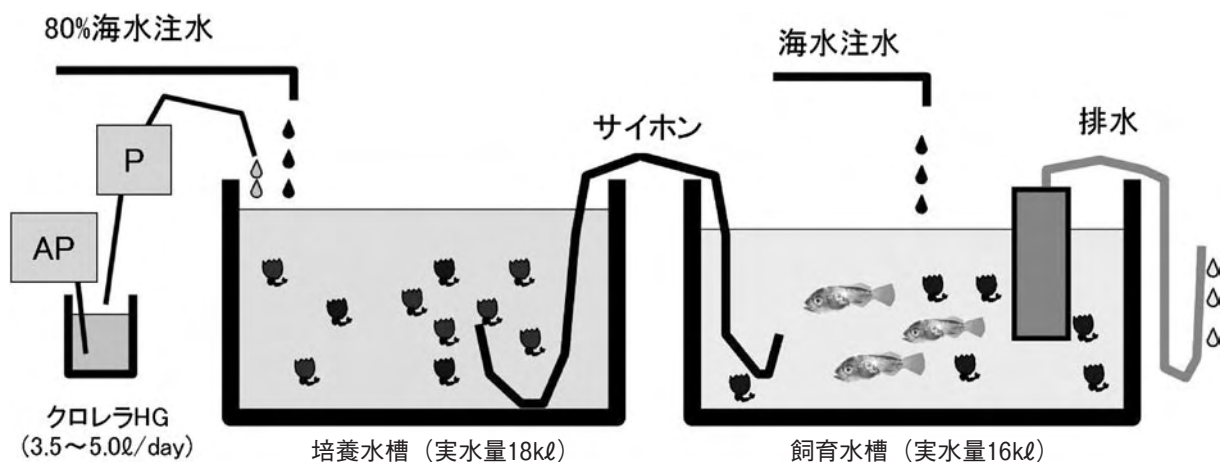
近年、クロソイの成長を縮減するための飼育方法として、ワムシ収穫槽利用飼育(以下、収穫槽飼育)の有効性が報告された。収穫槽飼育の詳細はⅢ-5で解説する。

2) 細菌性疾病

クロソイの細菌性疾病はビブリオ(*Vibrio* sp.)症、連鎖球菌症、滑走細菌症等が報告されている(野田ら, 2007)。発症した個体には、病変部の発赤や糜爛(びらん)、眼球の突出、鱭の欠損などが見られる(写真Ⅲ-20)。2002年には、餌料不足から共食いが発生し、外傷を受けた小型個体がビブリオ症で死亡した。また、罹病した小型個体を攻撃した大型個体も細菌に感染して被害が拡大した。細菌性疾病は過度な給餌などにより水質が悪化した場合に発症しやすい。細菌性疾病の発生を抑えるためには、ビブリオが感染するような状況、即ち共食いやすれを生じさせないことや、寄生虫症の対策同様、飼育密度と注水量、給餌のバランスが重要である。

5 ワムシ収穫槽利用飼育(収穫槽飼育)

クロソイ種苗生産の作業時間を測定した結果、底掃除が全体の53.8%、アルテミアの分離・強化・給餌が35.9%を占めている事が分かった。これらの作業時間を軽減する事が種苗生産の省力化を図る上での鍵になると考えられる。種苗生産作業の省力化策として、ヒラメの「ほっとけ飼育」が知られている。本手法は種苗生産水槽内でナンノクロロプシスの培養、ワムシの培養・栄養強化、ヒラメ仔魚の飼育を同時に行うものであり、作業時間を大幅に縮減できる事が報告されている(高橋, 1998)。しかし、クロソイでは飼育開始の水温が13℃とヒラメと比較すると低い(Ⅲ-2(4)参照)、「ほ



図Ⅲ-12 収穫槽飼育の模式図
P：定量ポンプ AP：エアポンプ

っとけ飼育」ではワムシが十分に増殖しない可能性がある。そこで、ワムシ粗放連続培養（日本栽培漁業協会，2000）の収穫槽にクロソイ仔魚を収容して飼育を行う，ワムシ収穫槽利用飼育（以下，収穫槽飼育）を開発した（野田ら，2009）。通常の種苗生産（以下，通常飼育）との相違点は①初期餌料としてワムシを用いること，②省力化の観点から概ね20～25日齢まで底掃除を行わないこと，③同様に排水用アンドンの洗浄も毎日を行わず，ネット交換時とその中間時に1～2回（3～4日に1回程度）行うのみであることである（表Ⅲ-13）。本項ではこの飼育手法について記述する。

(1) 餌料系列

通常飼育の餌料系列はアルテミア，配合飼料であるが，収穫槽飼育ではワムシ，アルテミア，配合飼料である。

1) ワムシの培養管理

実容量20kℓ角型コンクリート水槽（3.8×3.8×1.5m，写真Ⅲ-21）でL型ワムシ小浜株の粗放連続培養を行った。培養水は80%希釈海水とし，20～30%/日の換水率で24時間連続的に注水した。なお，培養水温は18～20℃に設定した。ワムシは40～75個体/ml（8億～15億個体）から培養を開始し，100個体/ml程度で安定させた。ワムシ培養の餌料には，市販の高度不飽和脂肪酸を細胞内に取り込ませた市販のクロレラ（ハイグレード生クロレラV12：クロレラ工業，以下クロレラHG）を使用し，培養と同時に栄養強化を行った。1日分のクロレラHGの給餌量は，3.5～5.0ℓ（0.18～0.25ℓ/kℓ）であり，水道水で50ℓまで希釈したものを定量ポンプで24時間連続的に給餌した。水槽の四隅に設置したユニホース（φ26mm×1m）から通気を行い，培養水が緩やかに還流するようにした。



写真Ⅲ-21 収穫槽飼育に使用した20kℓ水槽

2) 給餌

培養・栄養強化したワムシはφ20mmのサクシオンホースを用いたサイホンで，隣接する同サイズの飼育水槽に連続的に給餌した（図Ⅲ-12）。飼育水中のワムシの密度は10～40個体/mlに維持するように，培養槽からのサイホン出口の高さを調整した。ワムシの給餌は20～25日齢までとし，12日齢以降はアルテミア，20日齢以降は配合飼料を給餌する。なお，アルテミアと配合飼料の給餌量，給餌方法等は通常飼育に準じた（Ⅲ-5(4)参照）。

(2) 飼育管理

収容方法や飼育水温，通気の方法などは前項で述べた通常飼育と同様であるため，これらの記述は省略し，注水などの相違点を中心に記述する（表Ⅲ-12）。

1) 排水

換水率が500%未満の場合はφ38mm，500%以上の場合はφ50mmカナラインホースを用いた。排水アンドン



写真Ⅲ-22 収穫槽飼育に使用したアンドン

表Ⅲ-12 収穫槽飼育と通常飼育の比較

	収穫槽飼育	通常飼育
餌料系列	ワムシ →アルテミア →配合飼料	アルテミア →配合飼料
底掃除	20～25日目まで実施しない	毎日実施
アンドン洗浄	3～4日に1回	毎日実施
生物餌料の給餌	ワムシ給餌期は培養槽からサイホンで連続給餌される	水槽内の残餌を見ながら、1日2～3回給餌
飼育水槽内の生物餌料	ワムシ給餌期は常に一定密度以上のワムシが残存する	給餌から1～2時間後には完食され、次の給餌まで餌がない状態が続く

表Ⅲ-13 収穫槽飼育区と通常飼育区における作業時間の試算

試験区	アルテミア分離	栄養強化・給餌	底掃除等	ワムシ計数・培養	観察・測定	合計(時間)
通常飼育区	4.0	3.0	10.5	0.0	2.0	19.5
収穫槽飼育区*	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0

中川ら(2006)を改変

*収穫槽飼育は、ワムシ単独給餌期間中の作業時間

は500%までが25×25×100cm、以降は50×50×100cm(写真Ⅲ-22)のものを使用した。なお、目合いは通常飼育と同様である。

2) 注水

培養槽からの流入(10～30%/日)に加え、飼育槽には0日齢から注水を行う。1日あたりの注水量は3日齢までが20%、4～6日齢は30%、7～11日齢は40%である。ワムシの流出を抑制するため、ワムシ単独給餌期は通常飼育よりも低い値とした。12日齢以降はアルテミアの給餌を開始するため、注水率を100%程度に増加させ、15日齢で150%、20日齢で250%とした。なお、ワムシの給餌が終了する20～25日齢以降は通常飼育に準じる(Ⅲ-2(4)参照)。

3) 水質の測定

水質の測定は、通常飼育同様、水温、DO、pHについて行った。収穫槽飼育では、飼育水中のワムシ等が酸素を消費するため、通常飼育よりもDOが低くなる傾向があるため、注水量や通気量の増加によりDOの維持を図る。また、pHは通常飼育よりも低い値で推移し、8.00以下となる場合もあるが、これまでの飼育事例で仔魚に対する影響は観察されていない。

4) 照度調節

ワムシの培養水が流入するために水中の照度は通常飼育よりも低い。このため、通常飼育のようにクロレラV12等を添加しなくても魚が謂集することは少ない。ただし、飼育水槽に直射日光が当たる場合などは、寒冷紗を設置することが望ましい。なお、寒冷紗を設置した場合、曇天時や雨天時は水槽内が暗くなりすぎることがある。摂餌活性を向上させるために寒冷紗を外すなど、状況に応じた対処を行う。

5) 油膜の除去

水面の油膜の除去は、アルテミアの給餌開始の直前である10日齢から行った。取り付けた器具や使用方法は通常飼育と同様である。

6) 貝化石

ワムシ単独給餌の期間は毎日100g(5g/kℓ)、アルテミアの給餌開始以降は200g(10g/kℓ)、配合飼料の給餌開始以降は300g(10g/kℓ)、水槽内に均等に散布した。

7) 底掃除

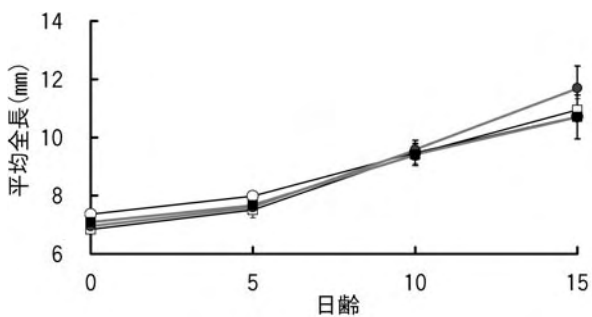
ワムシの給餌が終了する20～25日齢以降は通常飼育同

様、毎日底掃除を行う。なお、底掃除開始当初は水槽底面には大量の汚泥や残餌が堆積しているため、環境が大きく変化しないように、3～5日かけて全面が終わるよう、また、堆積物を巻き上げないように注意しながらゆっくりと行う。

(3) 収穫槽飼育の利点

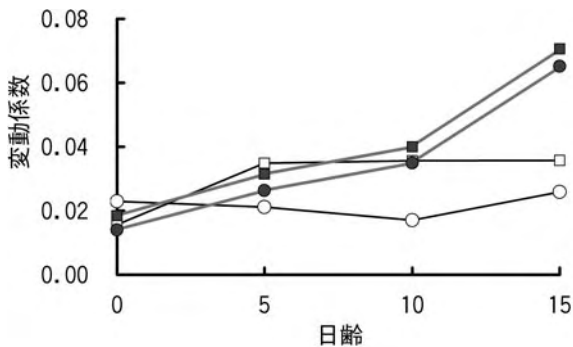
1) 作業の効率化

中川ら(2006)によると、クロソイの通常飼育では、1日の作業時間は、3人で合計19.5時間となっている。一方、収穫槽飼育では、クロレラHGのセット、ワムシの計数、貝化石散布、観察などに絞ることができるため、1日の作業時間は1人で3.0時間のみであった。こ



図Ⅲ-13 収穫槽飼育区(収穫区)および通常飼育区(通常区)における平均全長の推移(野田ら, 2009) ばーは標準偏差を示す

○-収穫区1 □-収穫区2 ●-通常区1 ■-通常区2



図Ⅲ-14 収穫槽飼育区(収穫区)および通常飼育区(通常区)における全長の変動係数の推移(野田ら, 2009)

○-収穫区1 □-収穫区2 ●-通常区1 ■-通常区2

の結果、収穫槽飼育期間中は、1日あたり16.5時間の縮減に成功した(表Ⅲ-13)(野田ら, 2009)。なお、ここで紹介した飼育事例は培養槽1面に対し、飼育槽が1面であるが、複数の飼育槽を設けることも可能である(野田, 未発表)。この場合、さらに作業の効率化を図ることができる。

2) 成長差縮減効果(共食い防止効果)

2007年に行った収穫槽飼育では、15日齢まで通常飼育と同様の成長を示した(図Ⅲ-13)。一方、収穫槽飼育と通常飼育における全長の変動係数を比較した結果、収穫槽飼育の変動係数は通常飼育のものよりも小さかった。このことから、収穫槽飼育は成長差の拡大を抑え、後の共食いによる減耗を軽減する効果があると考えられた(図Ⅲ-14)(野田ら, 2009)。実際、通常飼育では日齢14日で共食いが観察された事例があったものの、収穫槽飼育での共食いの観察は22日齢以降であり、それ以前は共食いが全く観察されなかった。また、通常飼育では飼育後半に共食いによる共倒れが頻繁に発生するため、死亡率が1%を超える日が続く場合があるが、収穫槽飼育での死亡率は概ね1%以下の値に抑えることができた。これは、ワムシ給餌期の餌料環境の安定が成長差の縮減の効果をもたらし、飼育後半の共食いの軽減につながったためと考えられる(野田ら, 2009)。

(4) 収穫槽飼育の課題

2007年に収穫槽飼育を行った宮城県では、サイホンではなく、水中ポンプを使ってワムシを給餌する方法を用いた。このように、生産機関や施設に合った方法で収穫槽飼育を改良し、活用できる可能性がある。一方、今回紹介した宮古栽培漁業センターにおけるクロソイの収穫槽飼育は、まだ7事例を行っただけであり、開発段階にある飼育手法である。2009年には収穫槽飼育を3事例行っただが、その生残率は、1回次が86.8%、2回次が33.2%、3回次が68.6%であり、大きな差が生じた。生残率が低かった事例では、生物餌料から配合飼料に餌料を切り替える時期に減耗が見られた。この時期の飼育手法はまだ検討の余地があると考えている。

今後はこうした課題を解決し、作業時間と成長差の縮減等の特性を生かした収穫槽飼育技術の確立に向けて、さらに検討を進めることが必要である。

IV. 中間育成

中間育成は、魚種や種苗の使用目的、施設等によってその期間、手法は異なるが、一般的には取り上げた種苗を放流サイズまで育て上げることを目標としている。宮古栽培漁業センターでは、クロソイの放流場所や放流サイズの検討を目的として、比較放流試験を行っており、中間育成は試験用の種苗を確保するために実施してきた。今までに得られた結果から、宮古湾で放流効果を高めるには、100mmサイズの種苗を宮古湾内で放流することが必要条件であると判断された（Ⅵ-4参照）。そのため、現在は7月上旬に30mmで取り上げた種苗を、9月中旬までに100mmサイズへ育てることを目的としている。

1 飼育水槽

クロソイの中間育成には、実容量120kℓ角型コンクリート水槽（8.0×8.0×2.1m）に設置した3.3×3.0×1.0mまたは3.3×3.0×2.0mの小割網を用いている（写真Ⅳ-1）。小割網の目合いは、全長30～40mmで3mm、40～60mmで4mm、以降のサイズは7mmである。なお、深さ1.0mの生け簀は給餌や死魚、弱った魚の除去が容易であるため、主に死亡が多く発生する小型魚の飼育で使用している。

2 給餌

(1) 給餌量

中間育成における給餌量は、1日あたり、魚体重の3～4%程度が目安である。具体的には、1万尾を飼育している場合、全長40mmで0.4kg、60mmで1.5kg、80mmで3.6kg、100mmで7.3kgである。しかし、この量は目安であり、水温、摂餌の状況等を見て調整する（表Ⅳ-1）。

(2) 給餌回数

給餌回数は、全長30～50mmでは1日2回、それ以上の大きさでは1日1回で十分である（中川・大河内、2002）。餌の与えすぎは、陸上水槽の場合は水質が悪化し、疾病発生の原因となる。また海上生け簀でも、残餌が海を汚染するため適量の給餌を心がける。

(3) 餌の大きさ

宮古栽培漁業センターの中間育成で使用している餌の大きさを図Ⅳ-1に示した。配合飼料は、粒径が大きい方が摂餌は良く、給餌の手間も少なくなるが、小型魚が摂餌できなくなり、成長差が大きくなる。粒径を変更す



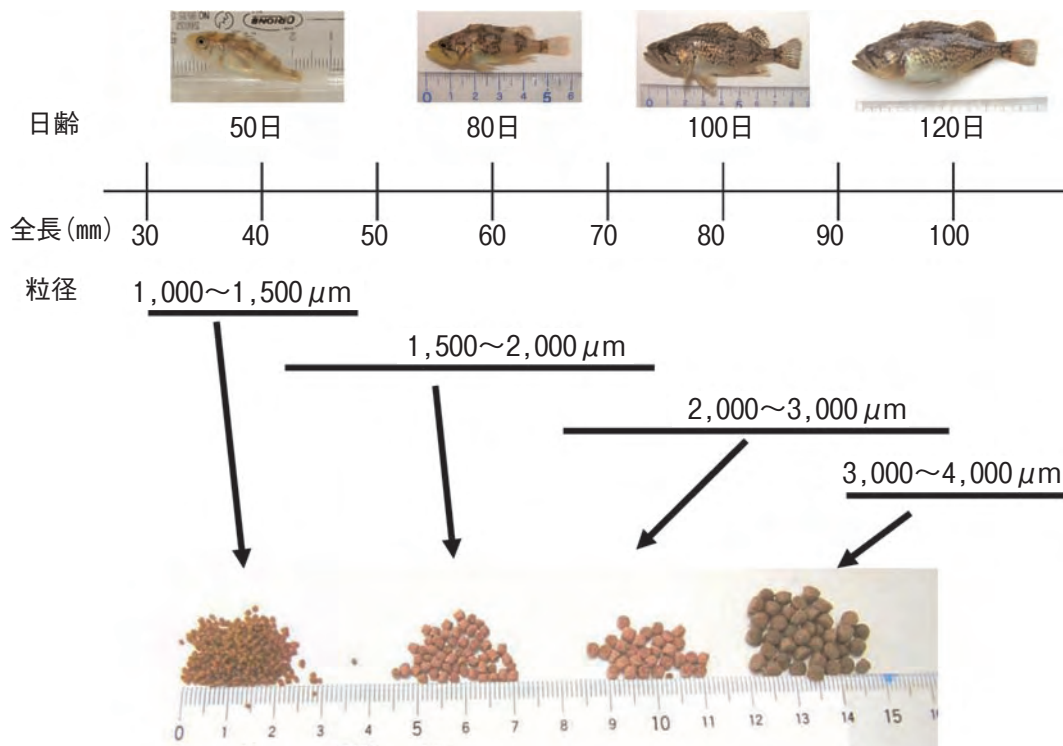
写真Ⅳ-1 屋外の中間育成に使用する飼育水槽
（上：飼育開始前 下：飼育中の様子）

るときは、それまでの飼料に粒径の大きな飼料を併用して与え、徐々に大きなものへ移行すると良い。

(4) 給餌方法

給餌は手撒きを基本とし、摂餌状況をよく見ながら行う。餌が全体に行きわたっていないと、種苗の成長差が顕著になり、共食いが急増する。特に、小型魚は四隅や底の方に溜まりやすいため、表層の大型魚のみに気を取られず、小型魚へも十分に給餌する。成長差が顕著になった場合には、選別（Ⅲ-2(5)参照）を行う必要がある。

浮きやすい配合飼料を用いる時や種苗の摂餌が不活発になった時は、適度に水道水を含ませることにより、状況が改善される場合がある。しかし、水を含ませた餌の作り置きは、カビや細菌の繁殖の原因となるため注意しなくてはならない。



図IV-1 中間育成における全長および日齢と配合飼料の粒径の関係

表IV-1 中間育成時の魚の全長，体重と給餌量の目安

全長(mm)	40	50	60	70	80	90	100
およその魚体重(g)	1.0	2.0	3.5	5.7	8.8	13.0	18.0
給餌量の目安(g) (1万尾・1日)	400	800	1,450	2,350	3,600	5,200	7,300
生け簀の目合い(mm)	3~4	4	4	4	7	7	7

(5) 配合飼料の種類

宮古栽培漁業センターにおけるクロソイ用飼料は、ヒラメ、ハマチ用など、海産魚類用の配合飼料を用いている。価格が若干安いサケマス用を給餌しても大きな障害はないが、海産魚類用飼料の方が高タンパク、高カロリーなため成長は優れる。

(6) 飼料の管理

飼料を高温、多湿な条件に長期間放置するなど、保存状態が悪いと脂質の酸化等により、魚の活力低下、死亡の原因となる。飼料は冷蔵庫で保管することが望ましいが、難しい場合は直射日光が当たらず、日陰の風通しが良いところで管理する。

3 飼育環境

中間育成時の水温は、概ね16.0~22.0℃（自然水温）

である。

種苗は全長30~40mmで1小割に4.0万尾、40~60mmで2.5万尾、60~80mmで1.5万尾、80~100mmで1.0万尾（各サイズ概ね1.5~4.0kg/kℓ）を目安に収容している。密度が高すぎると、酸欠や水質悪化を起しやすくなるが、密度が低くても、餌が行き渡らないため、成長の遅れ、成長差の原因になる。

(1) 注水

飼育水はろ過海水を使用するが、曝気などの処置は行っていない。注水時の衝撃を和らげるため、注水部分にバケツ等を設置している（写真IV-2）。

(2) 排水

排水の主体はオーバーフローであるが、これに加えて水槽の底からφ75mmのカナラインホースでサイフォンをかけている。1日あたりの換水率は300~500%で、

水の濁り具合や摂餌活性などを確認しながら適宜調節を行っている。

(3) 通気

エアーストーンは、1小割に1個投入している。

(4) 水質の測定

水質の測定は、水温、DOについて行っている。DOは成長に伴い低下していく傾向がある。DOが7.0以下に低下したり、水の透明度が悪くなり水槽の底面が見えにくくなったりしたら、後述の通り、水槽換えおよび網換えを行っている。

4 網換え・移槽

飼育を続けると、小割網に汚れが付着し（写真IV-3）、水通しが悪くなる。これによるDOの低下や疾病による死亡の発生を防ぐため、網換えを行う。さらに、水槽底の汚れが水質悪化を招くことから、移槽も同時にする必要がある。網換えは、魚の入った網を手繰り寄せ、バケツで水ごと魚をすくい取り、バケツリレーで別の網へ輸送する方法をとっている。魚は網を手繰り寄せると一時的に密集する状態となるため、酸欠状態に陥る可能性がある。そこで、手繰り寄せた網の中にエアーストーンを入れて通気し、酸欠を防ぐようにしている。

宮古栽培漁業センターは陸上施設で中間育成を行うため、水槽の底に溜まる残餌や排泄物による汚れが種苗に大きな影響を与える。そこで、網換えと水槽換えを同時に行い、飼育環境の悪化を防止している。網替えおよび水槽換えの頻度は、密度や換水率にもよるが、概ね全長50mmまでは7～10日に1回、60～70mmでは1週間に1回、以降は1週間に2回である。取り上げ時同様、バケツで掬うなどの作業で魚の腹部が圧迫されることがあるため、網換えの半日～1日前から一旦餌止めを行っている。

5 成長

全長の測定は5日～7日間隔で、30～50尾、無作為に採取した魚をバケツなどの容器に移し、定規を用いて測定する。測定後の魚は小割に戻している。

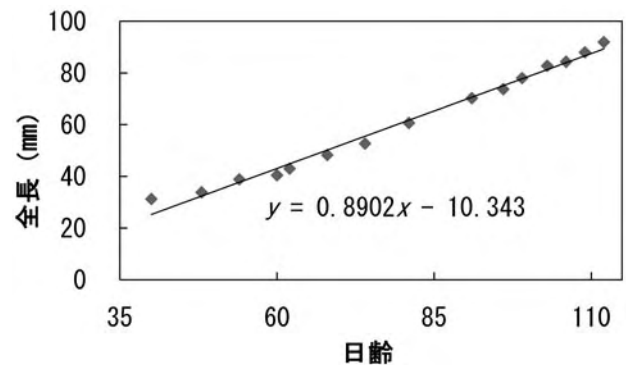
中間育成におけるクロソイの全長と日齢の関係を図IV-2に示した。当センターにおいて、中間育成時のクロソイの日間成長は0.7～1.0mmである。給餌スケジュールはこの成長速度を念頭に置いて計画している。



写真IV-2 飼育水槽への注水



写真IV-3 小割網の汚れ状況



図IV-2 クロソイの中間育成における成長

6 中間育成期の死亡

(1) 共食い

クロソイは種苗生産同様（Ⅲ-4(3)参照）、中間育成でも共食いが発生する（野田ら、2007）。

中間育成において、共倒れで死亡した捕食魚と被食魚の全長を測定した結果、捕食魚/被食魚の最小値は1.57、最大値は1.98であった（野田ら、投稿中）。このことから、全長の最大値と最小値の比が1.57を上回ると共倒れが、1.98を上回ると飲み込みが発生すると考えられる（表Ⅳ-2）。なお、中間育成における共食いの防除には選別が有効である（Ⅲ-2(6)参照）。

表Ⅳ-2 クロソイの中間育成における共食いが起こらない平均全長と全長の最大値、最小値の関係

平均全長 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)
35	42.7	27.3
40	48.8	31.2
50	61.0	39.0
60	73.2	46.8
70	85.4	54.6
80	97.6	62.4

(2) 細菌性疾病

中間育成期の細菌性疾病は、種苗生産期同様、ビブリオ (*Vibrio* sp.) 症、連鎖球菌症、滑走細菌症等が報告されており（野田ら、2007）、外見的特徴も前項で述べたとおりである（Ⅲ-4(3)参照）。

疾病は、共食いの傷、網換え時のスレ、標識作業（Ⅵ-3(1)参照）、過密、水通しの悪化などが原因で発生することが多い。発生の予防には、過密飼育や過度な給餌、網の汚れなどによる水質の悪化を防ぐことである。

万が一、病気の症状が見られた場合には、網換え、密度調節などを行い、弱った魚や死亡した魚は速やかに取り除く。早期発見であれば、環境の改善により、大量死を防ぐことが可能になる。

7 他の機関における中間育成事例

宮古栽培漁業センターで種苗生産された稚魚は、調査目的の放流群とは別に、漁協等に配付され、中間育成や放流試験で活用される場合もある（全国豊かな海づくり推進協会、2006）。他機関では陸上水槽、陸上水槽に張った小割網、海上生け簀等で中間育成が行われている（表Ⅳ-3）。本項では、他の機関が行っているクロソイ

の中間育成方法について紹介する。

(1) 飼育水槽・生け簀

陸上水槽での飼育例として、岩手県田老町漁協や青森県尻屋漁協がある。前者はアワビ用水槽と飼育カゴを利用して、後者は3.0×6.0×1.0mの水槽で中間育成を行っている。一方、青森県脇野沢村漁協や青森県小泊漁協などでは、海上の小割生け簀を使用している。4.5×4.5×2.0mや、5.0×5.0×4.0mの網を使い、1小割1万尾～2万尾の密度で10cmサイズまで中間育成が行われている。なお、一般的に海上生け簀の網換えは、7～10日間隔で行っている。

海上生け簀の設置場所は静穏で水通しが良く、時化の影響が少ない場所という条件に加え、河川の影響を受けにくく、1日の水温変動が小さく、最高水温が25℃を超えない場所が適当である。

(2) 照度調節・防鳥対策

直射日光が当たる施設の場合、寒冷紗を設置すると魚が落ち着き、餌付けや飼育がし易くなる。また、海上生け簀においてサギ類、ウミウ等による鳥害を防除するには、防鳥ネットが有効である（写真Ⅳ-4）。



写真Ⅳ-4 海上生け簀の防鳥ネット

(3) 給餌

海上生け簀で中間育成を行う場合、時化の前後は給餌を控えた方がよい。また、日曜日等、1週間に1日程度は給餌を休んでも生残などに問題はない。

自動給餌機を使用する場合は、手撒きと併用が良い。クロソイは、マダイやブリのように生け簀内で円を描くように遊泳する魚と異なるため、自動給餌機単独で数万尾へ均一に給餌することは極めて困難である。自動給餌機を使用する場合は、ある程度試験運転を行い、給餌量、散布範囲と魚の反応等を観察してから行うのが望ましい。

一方、自動給餌機は摂餌が活発な日の出の時間帯に給

餌できること、適当な間隔で給餌することにより、ストレスを減らし共食いを軽減できること、人間の都合に関係なく決まった時間に給餌が出来ることなどのメリットもあるため、上手く使いこなすことが重要である。

自動給餌機への配合飼料は基本的に毎日セットし、数日分を入れておくことは避ける。また、内部に乾燥剤などを貼り付けておくと餌の劣化を防ぐことができる。なお、この乾燥剤は配合飼料の袋の中に入っているものでも十分である。

(4) その他

クロソイの中間育成は、陸上施設、海中生け簀に関わらず、90%以上の生残率で育てることができる（全国豊かな海づくり推進協会、2009）。しかし、陸上施設の場合、取水ポンプの停止など、予期せぬトラブルで中間育成中に死亡してしまうケースがある。一方、海中生け簀は時化の影響による魚のスレや、施設の破損などが生じる可能性もある。陸上施設、海上生け簀ともこうしたトラブルが起きないように常に機械や施設のメンテナンスを行う必要がある。

V. 輸 送

クロソイの種苗輸送に関しては、輸送密度や輸送環境等の詳細な資料の蓄積は少ないため、輸送条件はこれまでの経験に基づいて設定している。

1 輸送の準備

(1) 餌止め

池原・永原（1980）は本種の全排泄物に対する一定時間ごとの排泄物の割合を調べているが、それによると、水温18～20℃では摂餌から24時間後では53%、48時間後では94%、51～57時間後に96～100%の餌料を糞として排泄する。このため、宮古栽培漁業センターでは、種苗を輸送する日の2日前（輸送日は含まず）から給餌を停止（餌止め）している。なお、種苗には毎日9時と15時に給餌するので、輸送当日の朝9時には最後の給餌から56時間が経過していることになる。実際に1日前からの餌止めでは、輸送タンクに種苗を収容後30分程度で飼育水が濁り出すことから、餌止め時間が短いことがわかる。また、種苗の全長に大きなバラツキがある場合には餌止め期間中に共食いが生じ、餌止めの意味がなくなるため、全長のバラツキには十分に注意する必要がある。全長が著しく異なる種苗を輸送する場合には、全長ごとに別の輸送タンクにして収容して輸送することが望ましい。

(2) 輸送タンクの形状

北海道・東北地方の種苗の輸送タンクには、シロサケ稚魚の輸送実績から、角型や円型の1～1.5kl容量のキャンバス製タンクが使われることが多い。次に多いのがFRP製の角型の輸送タンクであり、ろ過槽および水温

制御機能を持つ活魚車での輸送や、活け間を利用した船舶での輸送はほとんど行われていない。宮古栽培漁業センターでは断熱仕様の1kl円型キャンバス水槽を使用して種苗輸送を行っている（写真V-1）。

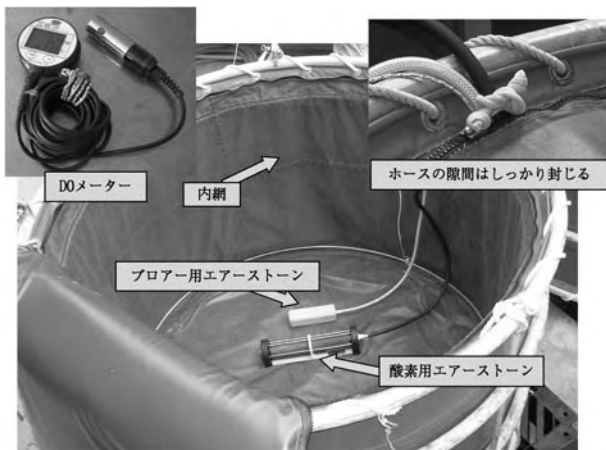
輸送タンクへの収容密度は、全長35～45mmでは10,000尾/kl、45～80mmでは8,000尾/kl、80mm～100mmでは5,000尾/klを目安にして必要な輸送タンク数を決定する。輸送タンクからの種苗の取り上げ作業を短縮するために、輸送タンク内には内網を張り、通気などの影響で内網が吹き上がらないように、内網の下部にはステンレス製の沈子を設置する。内網を張ることで輸送時の網ズレによる疾病が懸念されるかもしれないが、クロソイに関してはその報告はほとんどない。また、この輸送容器はクレーンによる吊り上げが可能であり、船舶に輸送容器ごと積み替えることができ、海上の中間育成施設や船舶からの放流に適した構造となっている（写真V-2）。

(3) 注水

種苗を収容する前には、ろ過海水を輸送タンクの80%容量まで注水する。種苗を収容した後、輸送タンクの満水まで再注水する。満水にししないとタンク内の海水が輸送時に揺れて、種苗へダメージを与える。また、種苗収容後に表面に多少のアクが浮くこともあるので、長時間の輸送を行う時には、目の細かいネットなどを用いてアクを除去した方が望ましい。

(4) 通気

通気は酸素のみの場合と、酸素に加えてプロアーからの通気を行う方法があるが、宮古栽培漁業センターで



写真V-1 輸送タンク



写真V-2 輸送タンクをトラックから船舶に積み替えている状況

は主に後者をとっている。通気量の調節は、溶存酸素が過飽和にならないように流量調整器を用いて調整するが、たこ足状のエア配管をすると各輸送タンクの酸素量の調整が困難になるので、単純な配管にする。一方、ブローアは輸送トラックに装備してあればそれを使用するが、装備していない場合にはトラックから電源を取れる24V用のブローアを設置し、輸送タンクに通気する。宮古栽培漁業センターでは、種苗を積み込む前に酸素濃度が6～8mg/lになるように酸素量を調整した後にブローアを稼働する。これは酸素のみの場合だと、十分に攪拌されず輸送タンク内の酸素濃度が場所によって大きく変動し、また酸素のみで攪拌も兼ねるぐらい通気すると酸素濃度が非常に高くなるからである。実際に酸素濃度が15mg/lを超えた輸送タンクに種苗を収容したところ、体表に気泡が多数付き、鼻上げ症状を示すなどの酸素の過飽和による症状が観察され、種苗が衰弱した事例がある。一般的に鼻上げ症状は酸欠時にみられることが多いが、酸素過剰時にも認められる。このような症状が発生した場合には、速やかに換水して輸送タンク内の溶存酸素濃度を下げる必要がある。鼻上げ症状が酸欠なのか、あるいは酸素過剰なのかを的確に判断することが非常に重要である。収容直後には、種苗がパニック状態になっているので、一時的に溶存酸素が低下するが、種苗が落ち着くと上昇に転じるため、種苗を収容した後は、約30分間にわたって溶存酸素濃度の経過を観察する。種苗が落ち着いた場合でも溶存酸素濃度が低下する場合には、速やかに酸素濃度を上げることが重要であるが、その後の経過観察も忘れてはならない。

(5) 水温調整

宮古栽培漁業センターでは、輸送時間が概ね4時間以内の事例がほとんどであったため、水温調整は特に行わず輸送している。しかしながら、本来は飼育水温より若干低めで輸送するのが望ましいと考えられる。宮古栽培漁業センターでは、長時間の輸送を行う場合には、水温を下げるため海水水や普通水を使用したこともある。FRP製の輸送容器を使用する場合や、活魚輸送専用車を使用する場合には輸送中の水温上昇ほとんど問題ない。しかし、キャンバス水槽を使用する場合には、輸送時間と天候次第で水温が上昇するので、水温の上昇防止用の氷の使用や夜間走行により対応する必要がある。

(6) 種苗の積み込み

輸送タンクへの積み込み作業をスムーズに行うため、あらかじめ、必要な尾数を計数して小割網に収容する。

積み込み作業は、小割網に収容していた種苗をバケツで海水ごとすくいバケツリレーで行う。種苗を海水ごとバケツですくうのは、タモ網の網地による不必要なハンドリングを避けるためである。複数の輸送タンク内の収



写真V-3 種苗収容後の溶存酸素を確認している状況

容密度をほぼ一定にするためには、1回ごとにバケツですくう種苗数をほぼ同じにする必要がある。そのためには、酸欠にならない程度に小割網内の種苗の密度を常に一定にする必要がある。また、積み込み直後の種苗の状況から、小割網内の種苗が酸欠状態になっていないかを判断する必要がある。積み込み時は、バケツで種苗をすくう人、小割網を絞る人、輸送タンクへ収容する人の三カ所が重要なポジションであるため、これらには修練した人を配置する必要がある。種苗の積み込み後には、積み込み前と同様に溶存酸素などを5分間隔で調べて安定するまで酸素量を調整する(写真V-3)。

2 輸送

(1) 通気

これまでのクロソイの種苗輸送中の事故のうち、圧倒的に多いのが酸素過剰によるものである。その原因は、酸素量を調整する酸素ポンベのレギュレーターの緩みが主な原因であることが多い。出発時にレギュレーターのロックを確認しても、輸送中の振動等によって緩むことがある。このため、出発後15～30分以内に必ず輸送トラックを停車させて、ロックの緩みなどをチェックしなければならない。その後は1～2時間程度の間隔で、種苗の状態や酸素ポンベ内の酸素の残量を確認し(写真V-4)、必要であれば、予備の酸素ポンベに切り替えるなどの対応をとる。

(2) 換水

長時間の輸送によって、輸送タンクの溶存酸素濃度や水温が、現地の海水と著しく異なることがある。その際には現地の海水を使って緩やかに換水し、現地の海水と一致させることが重要である。輸送中にはまったく問題なかった種苗が現地の陸上水槽に移し替えたところ、急激に鼻上げ症状を示し、衰弱死することがある。陸上



写真V-4 輸送中に停車して種苗の状態および酸素残量などを確認している状況

水槽に収容する場合のほか、中間育成および放流場所へ種苗を輸送する場合についても、現地の海水を用いて換水することが望ましい。海水が容易にバルブから採水できる場合にはネットやホースを用いて換水するが、それができない場合には発電機と水中ポンプを用いて換水する。実際に宮古栽培漁業センターでは、採水が不可能な場所で種苗を移し替える必要がある場合には、発電機等を持参して使用している。

(3) 種苗輸送に必要な物品リスト

表V-1に種苗輸送に必要な物品リストを示した。

表V-1 種苗輸送に必要な物品リスト

項目	品名	数
水槽関係	輸送水槽	全長と収容密度を参考に必要量を決定
	内網	水槽数と同じ
	内網用沈子	水槽数と同じ
	酸素ポンプ	水槽数と同じ
	酸素ポンプ用レギュレーター	水槽数と同じ
通気関係	酸素用耐圧ホース	水槽数と同じ
	酸素用エアストーン	水槽数と同じ
	ブロアー(24V)	1
	ブロアー用ホース	水槽数と同じ
	ブロアー用エアストーン	水槽数と同じ
	ブロアー用流量調整器	1
	DOメーター(水温計付き)	1
	発電機(100V用)	1
換水関係	水中ポンプ(100V用)	1~2
	コードリール(100V用)	1
	換水ネット	1~2
	注水用ホース(φ25~30mm)	1~2
	換水用ホース(φ25~30mm)	2
取り上げ関係	排水用ホース(φ50mm)	2
	カップ	人数分
	バケツ	10~20
	タモ	1~2

VI. 放流効果調査

これまでの栽培漁業技術シリーズでは、良質な卵を安定的に得るための親魚養成技術、得られた仔魚を安定的に生産する種苗生産技術について主に記載されていた。栽培漁業は本来、漁業資源の増大や安定化を図ることを目的としているため、種苗放流効果の調査は欠かすことができない。これまで多用な魚種において、放流効果調査が実施されてきた。本書は種苗生産マニュアルではあるが、それらの重要性に鑑み、宮古におけるクロソイの放流効果調査の実例をもとに各手法の解説を加えた。

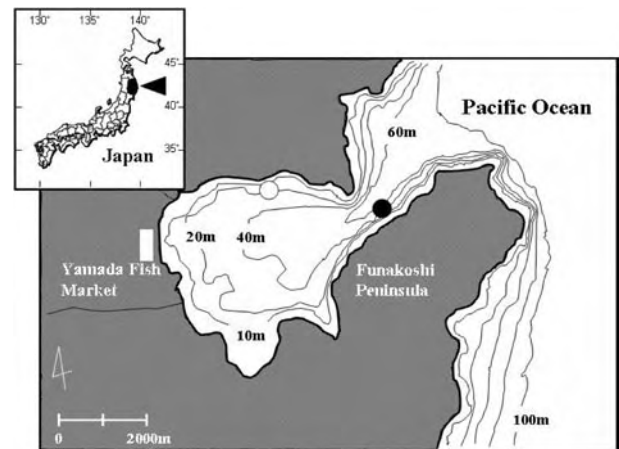
1 放流

宮古栽培漁業センターでは、1989～1997年まで岩手県山田湾、1999～2001年まで岩手県宮古湾を放流試験のモデル海域に設定して、クロソイの人工種苗を放流した(表VI-1)。

山田湾は、岩手県の海岸線の中央に位置する円形の湾である。湾の直径が約4km、湾口部の幅が1kmと狭いため閉鎖的な形を呈している(図VI-1)。湾の中央部から西側の沿岸部は砂浜域であるが、湾内の東側と湾口部および湾外はすべて岩礁域である。水深は湾の中央部で約40m、湾口部で約60mである。湾内の水温は、年間6～20℃の範囲で変動し、最低水温は2～3月に、最高水温は9月に観測される。1989～1993年の放流群は、山田湾内に放流された。しかし、これらの群では、放流

直後から岸壁で多くの遊漁者による釣獲が確認されたため、1994～1997年放流群は、釣獲の影響がないと考えられた湾口部に放流した。

宮古湾は、山田湾の北に位置し、湾口部の幅が5km、奥行き10kmの奥深い内湾である(図VI-2)。湾の北側は漁港整備による人工構造物が多いが、湾の南側および湾の奥部には藻場と干潟が広がっている。湾口部から湾外はすべて岩礁域であり、水深は湾中央部で約10m、湾口部で40mである。湾内の水温は、年間6～22℃の範囲で変動し、最低水温は2～3月に、最高水温は



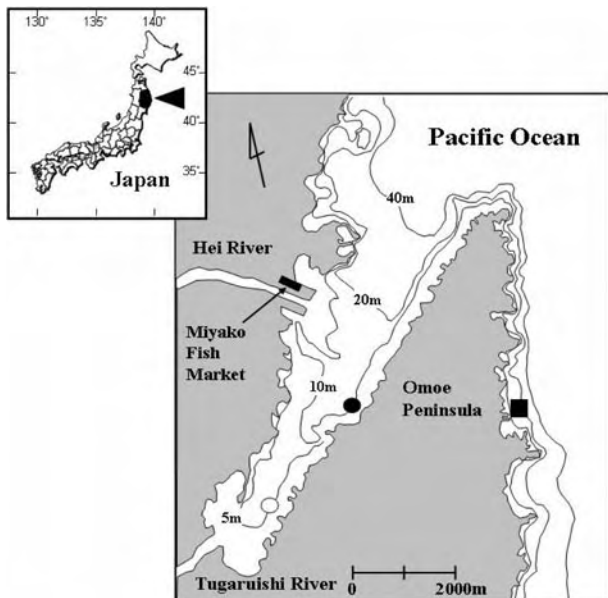
図VI-1 放流海域(山田湾)

●：湾内の放流場所 ○：カゴ等の調査場所

表VI-1 クロソイの放流結果の概要

放流海域	放流年	尾数	全長 (cm)	放流場所	放流月日	標識		標識率 (%)	標識 再生率 (%)
						外部標識	内部標識		
山田湾	1989	62,600	8.9	湾内	10月26日	腹鰭抜去(左)		48.3	16.7*
	1990	180,200	8.1	湾内	8月31日, 9月18日	腹鰭抜去(左)		50.4	16.7*
	1991	27,700	10.5	湾内	10月16日	腹鰭抜去(左)		100.0	16.7*
	1992	0	-		-	-		-	
	1993	59,000	9.8	湾内	10月7日	腹鰭抜去(左)		100.0	16.7*
	1994	50,000	12.9	湾口部	10月27日	腹鰭抜去(左)		100.0	16.7*
	1995	19,000	10.2	湾口部	8月31日	腹鰭抜去(右)		100.0	24.0
	1996	20,000	10.2	湾口部	9月7日	腹鰭抜去(左)		100.0	16.1
	1997	28,900	8.7	湾口部	9月4日	腹鰭抜去(右)		100.0	10.0
宮古湾	1999	12,400	9.3	湾内	8月31日	腹鰭抜去(左)		100.0	12.1
	1999	11,800	8.0	湾内	8月20日	腹鰭抜去(左)	ALC1重	100.0	14.9
	2000	14,800	9.5	湾内	9月8日	腹鰭抜去(右)		100.0	20.7
	2000	15,000	6.2	湾内	8月4日	腹鰭抜去(右)	ALC1重	100.0	12.1
	2000	14,000	9.0	湾外	9月13日	腹鰭抜去(右)	ALC2重	100.0	36.5
	2001	21,000	9.5	湾内	9月7日	腹鰭抜去(左)		100.0	24.7
	2001	18,500	4.8	湾内	7月16日	腹鰭抜去(左)	ALC1重	100.0	19.1
2001	26,000	8.0	湾外	8月31日, 9月18日	腹鰭抜去(左)	ALC2重	100.0	11.7	

*：1989～1994年の標識再生率は調べていなかったため、1995～1997年の標識再生率の平均値を使用した



図VI-2 放流海域（宮古湾）

●：湾内の放流場所，■：湾外の放流場所，
○：カゴ等の調査場所

8～9月に観測される（日本栽培漁業協会，1999b）。クロソイ種苗は，宮古湾内の中央部の水深約8mの場所と湾奥部の水深2mの場所にそれぞれ放流した。

2 放流効果調査の目的

放流効果調査には，放流魚の移動や成長の把握を目的とする「定性調査」，放流魚の水揚げ尾数等を推定する

「定量調査」，主に定量調査と組み合わせて詳細な比較・検討を行う「補助調査」がある。

山田湾に放流したクロソイは，移動や成長の定性調査と放流魚の水揚げ尾数を推定する定量調査を目的に実施した。一方，宮古湾に放流したクロソイは，放流魚の水揚げ尾数を推定する定量調査と組み合わせて放流サイズ，放流場所を比較・検討するため補助調査についても実施した。

3 標識の種類と使用方法

定性調査には再捕報告法が，定量調査には市場調査法が適している。また，補助調査では標本を購入するサンプリング法を行う場合が多い。調査法により適した標識が異なるので，以下のような標識の特性を考慮した使い分けが必要となる。

放流効果調査に使用されている標識には，外部から識別できる「外部標識」と，体内に標識する「内部標識」があり，さらにこれらは「Tagging型」と「Marking型」に分類できる（表VI-2）。標識の視認性（発見しやすさ），持続性（脱落の少なさ），群識別や小型個体への装着の可否等を考慮して，魚種と調査目的に応じた使い分けを行う必要がある（表VI-3）。なお，あらゆる調査に対応できる万能標識は，今のところ開発されていない。

(1) 外部標識

装着型外部標識の代名詞である Tagging 型には，ア

表VI-2 標識の種類と分類

	Tagging 型	Marking 型
外部標識	アンカー型タグ	体部分標識（黒化，鼻孔隔皮欠損，鰭の乱れ）
	ダート型タグ	鰭等の切除，抜去
	アトキンス型タグ	火傷，凍傷等の治癒痕（焼印標識 等）
	リボントグ 等	色素等の皮下注入（イラストマー，イカ墨）
内部標識	CWT（コーテッドワイヤータグ）	ALC（耳石，鱗，脊椎骨を蛍光染色）
	金線標識	ARS（耳石，甲などを色素染色）

表VI-3 標識の特性と適した調査

標識名称	視認性	持続性	群識別	小型魚への対応	装着能率（大量標識）	適した調査
アンカータグ	○	△	◎	△	△	定性調査
ダートタグ	○	△	◎	×	△	定性調査
黒化，鼻孔隔皮欠損，鰭条の乱れ	△	○	×	○	○	定量調査
鰭抜去（腹鰭）	△	○	○	△	△	定量調査（補助調査）
火傷（焼印）	△	△	○	△	△	補助調査
イラストマー	△	△	○	△	△	補助調査（定量調査）
ALC	×	◎	○	◎	○	補助調査（定量調査）

ンカー型をベースにしたスパゲティー型、ディスク型などのバリエーションがある。視認性がよく標識への刻印も可能であるが、漁網に絡まる、あるいは水流を受けて標識が旋回し、傷口が広がる等の理由で脱落が多い。視認性の良さと個体識別の容易さを生かした再捕報告調査に適しており、主に成長や移動回遊など定性データの収集に利用される。同様の長所を持つダート型タグは、アンカー型より脱落が少ない標識であるが、小型魚への装着にやや難がある。他にも様々な種類のタグ型標識が開発されているが、持続性や魚体への影響の問題から用途を限定して使う必要がある。

放流効果を定量的に推定する、いわゆる放流効果調査では、人工種苗に特異的に現れる特徴や、体の一部に付けた傷等を利用する体部分標識 (Marking 型) が多く用いられる。これらの標識は、Tagging 型に比べて視認性が劣るため再捕者からの報告は期待できないが、脱落が少ないか脱落率から補正が可能のため、放流魚の水揚げ総数を推定する定量調査に適している。人工種苗に特異的な部位としては鼻孔隔皮欠損 (マダイ：山崎, 1998)、体色 (ヒラメ：里森, 1982) や殻色 (アワビ)、鰭条等の乱れ (マダイ：宗清ら, 1986：トラフグ) 等が、人為的なマーキングとしては鰭等の切除や抜去 (マダイ：北川ら, 1983；クルマエビ：宮嶋ら, 1996：豊田ら, 1998；クロソイ：中川・大河内, 2001)、焼印 (ヒラメ、ブリ、サワラ：岩本ら, 2001) 等が標識として利用されている。近年では着色シリコンを皮下に注入するイラストマー標識 (トラフグ：宮木ら, 1997) も用いられているが、市場での発見率や脱落率の補正に問題が残っている (大河内ら, 2006)。

初期の放流効果調査では、アンカー型タグを用いた再捕報告データによる回収率の推定を試みたが (高間, 1986)、この方法では報告もれや標識の脱落に起因して効果が過小評価されることが明らかとなり (北田・須田, 1988)、調査法が現在主流の市場調査法へとシフトした経緯がある。市場では調査員が直接標識を確認するので、用いる標識には視認性よりも持続性が求められるようになった。

(2) 内部標識

内部標識は、体内に埋め込む Tagging 型と、耳石など硬組織の一部を染色する Marking 型に分類できる。Tagging 型の標識ではコードドワイヤータグ (CWT) と金線標識がクルマエビ、ヨシエビ等で使用され、それまで標識技術が未確立だった甲殻類において、その放流効果を明らかにした。しかし、ステンレス素材の CWT は食品としての安全性が議論され、現在では放流魚には使用されていない。他の Tagging 型標識も基本的には放流魚には使用せず、飼育魚の個体識別等に限定して使用されている。

Marking 型で最も広く使われているのは、アリザリンコンプレクソン (ALC) 標識である。主に耳石を染色して標識とするが (栗田・塚本, 1987, 1989)、脊椎骨や鱗への染色効果も報告されている (土地・今井 1993；中村・栗田, 1994)。生体染色材である ALC を飼育水に溶解し、一定時間浸漬して目的部位を染色するので、ニシンなどハンドリングに弱い魚種や、発眼卵やふ化仔魚などのごく小型サイズでの大量装着が可能である。この他、アリザリンレッド S (ARS)、テトラサイクリン (TC) も内部標識として利用されたが、TC については薬品としての使用基準に沿う形で、標識剤としての使用が控えられている。

Tagging 型の内部標識は、探知機などで外部から確認できる点が優れているが、識別精度や脱落率における問題が残っている。一方、ALC など染色による内部標識は、基本的には調査サンプルを入手しないと確認できないので、サンプルの購入費用と分析労力が膨大になるという問題がある。いずれにせよ、内部標識は、それ単独での定量調査の実施は困難が伴うと考えるべきである。群識別や小型魚への装着性能を生かし、外部標識と組み合わせて補助的に利用することが望ましい。

クロソイでは外部標識 - Tagging 型のダートタグ、外部標識 - Marking 型の腹鰭抜去標識、内部標識 - Marking 型の ALC 標識を使用して放流効果調査を進めてきた。以下に各標識の長所と短所を記載した。

① ダートタグ

外部標識の Tagging 型に属するダートタグ標識の長所としては、外部から容易に識別可能で、ビニールチューブの色分け、文字プリントにより、多数の情報を入れられる (写真 VI-1)。刺網などにも絡みにくい。長めの標識を使うことで、魚体に埋没することを避けられる。短所としては、標識装着作業が 300~600 尾 / 人 / 時間のため、人手がいる。価格がプリント文字付きで 75~85 円 / 本と高価である。装着が完全でないと脱落が著しい。

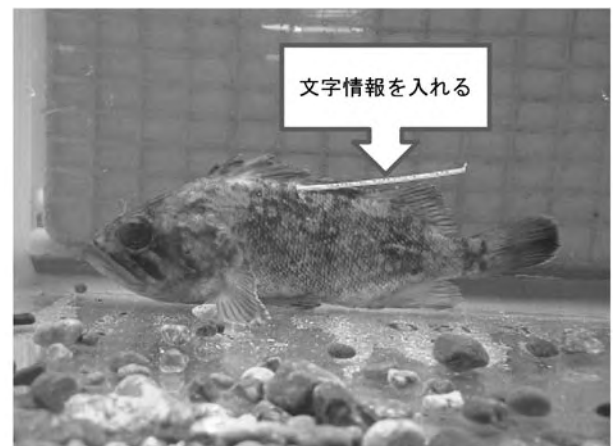


写真 VI-1 ダート標識を施したクロソイ

魚への負担が大きく、大きなサイズ（全長10cm以上）まで中間育成が必要となる。タグ等に電話番号を入れるなどの標識にも工夫を施す必要がある。記号だけだと連絡先が分からず、再捕報告情報が減る可能性が高い。

② 腹鰭抜去

外部標識の Marking 型に属する腹鰭抜去標識の長所は、特別な器具は不要で、大型のステンレス製の毛抜き（写真Ⅵ-2）があれば標識付けが可能であるため安価であり、市場調査では容易に識別できる。ダート標識と違い漁具に絡むことはない。短所としては標識作業が400~700尾/人/時間のため、人手がいる（写真Ⅵ-3）。鰭を完全に抜去するためには練習が必要である。左右二つの鰭しかないため、2つの放流群を識別するのが限界である。隣り合った漁協が同じ鰭抜去を行った場合には、どちらで放流した種苗か区別がつかない。従って、抜去する腹鰭の左右の認識の統一が重要となる。写真Ⅵ-4に腹鰭抜去標識を施したクロソイを示したが、これは左の腹鰭を抜去した個体である。鰭の左右とは背側から見た場合であるため、写真では右の腹鰭を抜去しているように見える。このように、腹鰭抜去標識を行う作業には、「頭を上にして腹側から見た場合に右側を抜く、あるいは左側を抜く」などといった具体的な指示を出さないと抜去する位置を間違えることになる。

腹鰭抜去標識は鰭の基部から引き抜かないと腹鰭が完全に再生して、調査時に天然魚あるいは放流群の識別が困難になる。そこで、宮古栽培漁業センターが実施したクロソイの種苗放流試験では、放流魚の一部（50~100尾）を1年間飼育して腹鰭抜去標識の残存率を推定し、魚市場に水揚げされた放流魚の尾数を補正している。腹鰭抜去標識を全長40、60、80および100mmの個体群にそれぞれ施して、標識の残存率、成長および生残率を2年間にわたって陸上水槽を用いて比較したところ、40mm区の標識の残存率および生残率の値が若干低いが、概ね大きな差は認められなかった（中川・大河内、2001）（表Ⅵ-4）。

③ ALC

内部標識の Marking 型に属する ALC 標識の長所としては、一度に大量の種苗に100%の標識装着が可能である、標識装着には人手が少なくすむ、複数回の標識作



写真Ⅵ-2 腹鰭抜去標識に使用する毛抜き



写真Ⅵ-3 上の写真は陸上水槽で標識装着、下の写真は海上生け簀の上で標識装着

表Ⅵ-4 クロソイのサイズ別の腹鰭抜去標識試験

標識付け 月日	標識付け		1カ月後		3カ月後		6カ月後		12カ月後		24カ月後		全長 (mm)
	全長 (mm)	尾数	生残率 (%)	残存率	生残率	残存率	生残率	残存率	生残率	残存率	生残率	残存率	
1998/7/22	41	100	98	100	98	100	98	99	95	97	95	97	261
1998/8/18	58	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97	100	258
1998/9/7	82	100	100	100	100	100	100	100	96	100	95	100	262
1998/10/13	98	100	100	100	100	100	100	100	99	100	97	100	268

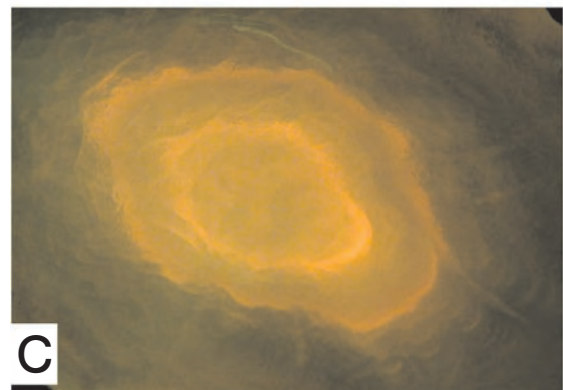
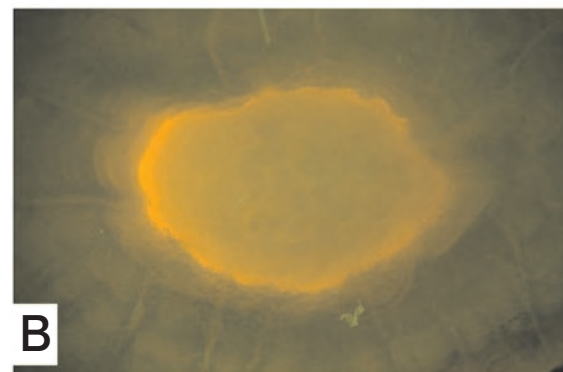


写真VI-4 左腹鰭を抜去したクロソイ

業（ALCリングの多重化）により、複数の情報を織り込める（写真VI-5）、などの点があげられる。二重標識を行う場合には、1回目と2回目の間隔を2週間程度あけないと、二重標識なのか判断が困難になることがある。短所としては、外部から放流魚および天然魚の識別が不可能である、魚市場で魚を購入し解剖によって耳石を取り出さなければならないため経費と手間がかかる、ALCおよびALCを識別する蛍光顕微鏡が非常に高価である、などがある。

ALCによる耳石の標識方法には、給餌による経口投与（経口投与方法）と溶液中に浸す（浸漬法）2通りの方法がある。経口投与方法は、ALCを含んだ配合飼料を種苗へ給餌するため、ハンドリングによる影響は極めて少ない（高橋，1994）が、長期間ALCを含んだ餌を与えなければならないうえに、摂餌状態によってはALCの取り込みに違いが生じる可能性があるため、宮古栽培漁業センターでは短期間で確実にALC標識が装着可能と考えられる浸漬法を採用している。ALCの浸漬濃度と浸漬時間は、中川ら（2007）に従って15mg/ℓ，24時間の条件で実施している。ALCは淡水で溶かしたものを原液（15g/kℓ）として使用するが、溶解しにくいいため、淡水とALCの粉末を入れて約30分程度ミキサーにかける。ALC溶液は写真VI-6のように濃い紫色を呈しているため、飼育水にALC溶液を急激に入れると種苗がパニック状態になる。このため、約20～30分の時間をかけてALC溶液を少しずつ投入する。なお、ALC標識の装着は気温の影響を小さくするためウォーターバス内で実施する。

浸漬時間は24時間とするため、排泄物等による飼育水の汚れを防ぐために浸漬2日前から種苗への給餌を中止する。なお、浸漬中の通気はブロアーのみで、酸素は使用しない。酸素を使用すると、酸素過剰の状態から通常の海水の水槽に急激に戻した際に、「輸送」の項目で

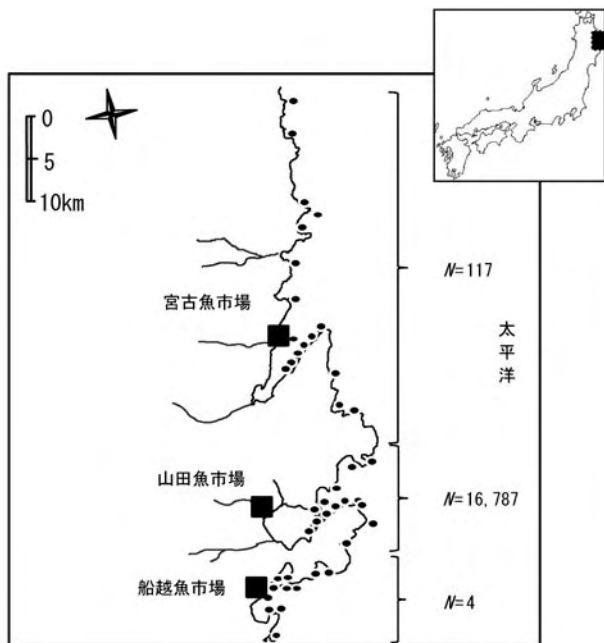


写真VI-5 ALC標識

A：無標識，B：一重標識，C：二重標識



写真VI-6 ALC標識を装着している状況



図VI-3 放流海域（宮古湾）

述べたような酸欠症状を示し、種苗が衰弱することがある。従って、酸素を用いて ALC 浸漬を行う場合、浸漬後には必ず通常の海水を使用して十分に換水し、酸素濃度を移槽する水槽の酸素濃度と同程度にすることが重要である。使用後の ALC 排液は必ず塩素で脱色、中和後に排水する。

4 放流効果調査

(1) 調査市場の選定

調査市場を選定するためには、再捕報告調査によって放流魚の移動を調べ、放流魚がどの市場に最も水揚げされるかを調べなければならない。調査市場の選定を誤ると、放流効果を評価する上で必要な回収率などのデータが得られなくなる、あるいは過小評価になり放流効果が低いという誤った結果を導く結果となるので注意する必要がある。

山田湾で放流したクロソイの移動範囲を把握する目的で、1990～1994年の5年間にわたって山田魚市場、宮古魚市場および船越魚市場に水揚げされたクロソイの全数を調べた。これらの3つの魚市場に水揚げされるクロソイの漁獲範囲は、山田湾の北方50kmから南方20kmの連続した70kmの沿岸域である。その結果、標識魚は、それぞれの市場で18,740尾、1,782尾、4尾の合計20,526尾が水揚げされた。このうち、漁獲の位置が明らかな定置網（42カ統）による水揚げ尾数は16,908尾であり、その99.3%にあたる16,787尾が山田湾の湾口周辺で漁獲されたことがわかった（図VI-3）。このことは、本種は湾とその周辺域で生活史が完結している可能性があり、

移動範囲は比較的狭いことを示している（Nakagawa *et al.*, 2004）。山田魚市場には全体の91.3%が水揚げされたので、この市場を調べるだけで十分なデータが得られると考えられた。

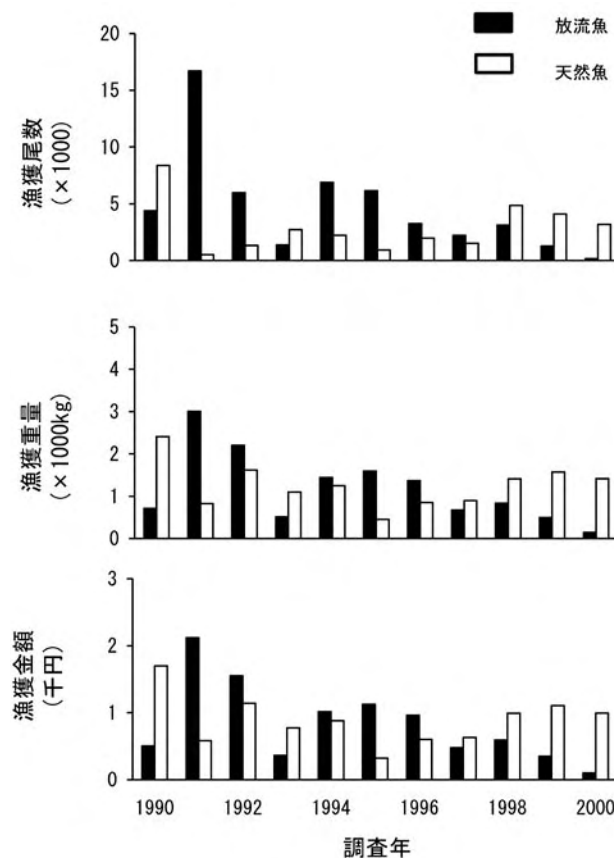
再捕報告調査などによって調査市場を選定する場合には、調査エリアを人間側の都合で限定した範囲に設定しないことが重要である。これは、限定した調査エリア内で再捕報告依頼を行うとエリア外で再捕された場合に報告漏れが発生し、本来の放流魚の移動範囲を把握することができなくなる。このため、放流魚の移動範囲が狭いなど誤った結論に繋がることも考えられるので、かなり広い範囲で再捕報告の依頼を丁寧に行うことが重要である。

① 市場の形態

調査市場が選定された場合には、調査対象種の水揚げ方法（活魚、鮮魚）、開場日、開場時間などの市場の形態を調べることが、市場調査を計画し実施する上で重要となる。山田および宮古魚市場の場合、開場は年間約280日、競りは両市場ともに7時前後と13時前後の2回行われ、クロソイは鮮魚および活魚で水揚げされている。

② 漁獲動向調査

放流海域の沿岸では、魚類を対象として定置網、小



図VI-4 クロソイの水揚げ尾数、重量、金額（山田魚市場）

型定置網、刺網、延縄等による漁業が行われている。沖合域ではトロール（沖合底曳網）漁業が行われるが、秋期から冬季にかけて本種は定置網や刺網で多く漁獲される。クロソイはソイ・メバル類として他のメバル属魚類と混合して水揚げされる。漁獲されたクロソイは近くの魚市場に水揚げされるが、希に離れた市場、例えば山田湾周辺海域で漁獲されたクロソイが宮古魚市場へ水揚げされることもある。このことから、漁場と水揚げ市場が日によって一致しないこともある。また、クロソイ単独で水揚げされても「ソイ」として扱われるため、市場の伝票から本種の漁獲量等を把握することは困難であることが多い。

(2) 市場調査の実施

クロソイは市場統計に単独銘柄として記載されていないため、宮古魚市場において、正確な漁獲量などを知るために水揚げされたすべてのクロソイを調べている。魚市場には、1名の調査員を配置し、①腹鰭抜去標識の有無と鰭抜去の位置の確認、②全長の測定、③漁法の確認の3項目を調べている。腹鰭抜去が認められる個体を放流魚、認められない個体を天然魚と判断し、天然魚と放流魚別に全長を1cm単位で測定している。現在では、市場職員、仲買人および漁業者から信頼が得られるようになり、調査員が直接手を触れて測定などを行うことが可能になっている。

5 効果の判定

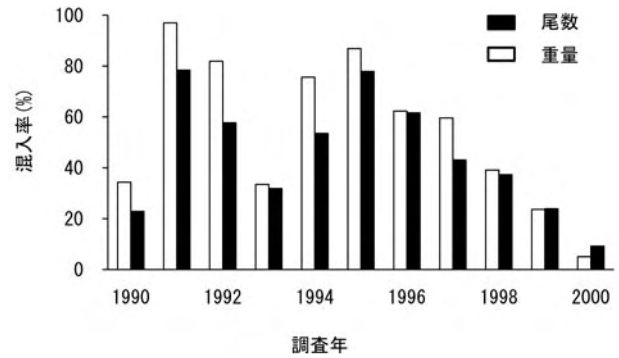
(1) 水揚げ量の変化

魚市場における全日・全数調査によって、クロソイの漁獲尾数を天然魚、と放流魚の別にすべて把握することが可能になった。漁獲重量については、 $体重 = 0.0113 \times 全長^{3.0965}$ ($N=4,586$, $R^2=0.98$, $7 \leq TL \leq 44\text{cm}$, Nakagawa *et al.*, 2004) の関係式を利用し、この式を用いて推定された体重の積算値によって算出した。

1990～2000年の山田魚市場に水揚げされた天然および放流魚の水揚げ尾数および水揚げ重量の年変動を図VI-4に示した。放流魚の水揚げ尾数は、1991年には16,717尾に達し顕著に増加が認められたが、1993年には1,369尾となり減少した。さらに、2000年には、調査期間中の中で最低値の169尾であった。一方、天然魚の水揚げ尾数は、1990年に8,372尾であったが、それ以降1997年まで524～2,717尾の範囲内で増減を繰り返した。1998年には一時的に増加したが、それ以降再び減少傾向に転じた。

(2) 混入率

混入率とは対象魚種の総水揚げに対する放流魚の割合で示され、放流の強度を相対的に表す指標である（北



図VI-5 クロソイの混入率（山田魚市場）

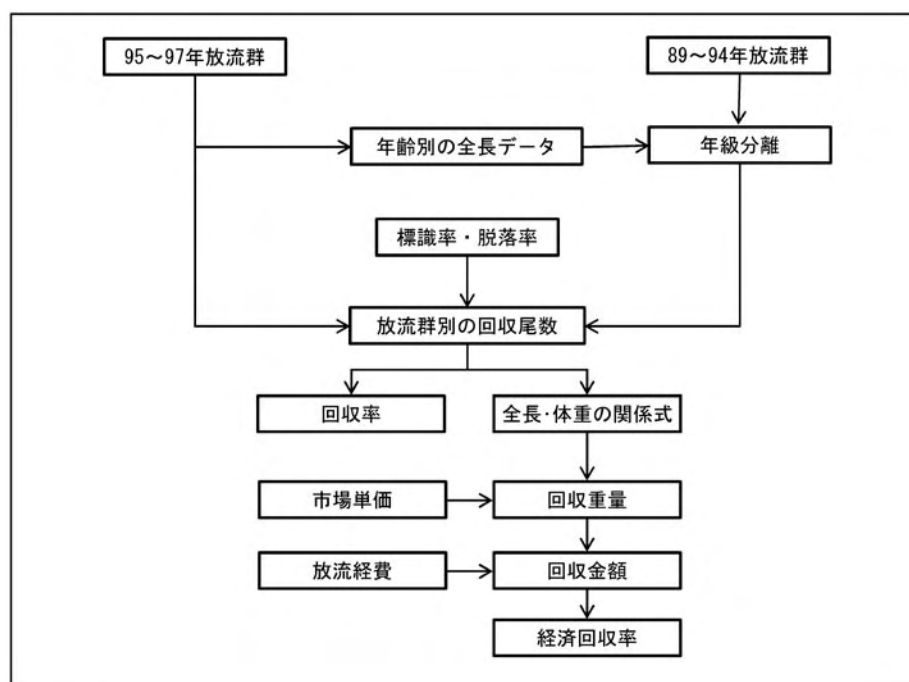
田, 2001)。山田魚市場の調査結果から、クロソイ放流魚の水揚げ尾数の混入率の平均値（範囲）は54.4%（5.0～97.0%）、水揚げ重量では45.2%（9.2～78.4%）となった（図VI-5）。1993年の混入率が低下したのは、種苗生産の不調により1992年に放流していないことが要因であると考えられる。また、2000年に著しく混入率が低下したのは、1998年以降、山田湾海域でのクロソイの放流試験を停止したためと考えられる。このように、山田湾ではクロソイを放流することによりいずれの項目についても比較的高い水準の混入率を示し、本海域の漁獲に貢献していると考えられた。

(3) 回収率

回収率とは各放流群の尾数に対して生涯にわたって回収された尾数の割合で、直接的な放流効果を示す一つの指標である。図VI-6の算出方法に従って、クロソイの回収率を推定した。山田湾内に放流した群の回収率の平均（範囲）は、11.6%（9.7～15.4%）、湾口部に放流された群の回収率の平均（範囲）は11.1%（9.3～12.7%）であり、両者の回収率の間に有意差は認められなかった ($P>0.05$)（表VI-5）。各放流群のすべての回収尾数に占める1歳魚の平均の割合（範囲）は61.2%（36.6～75.0%）、2歳では30.3%（23.6～47.4%）、3歳では8.6%（0.5～19.6%）となり、1歳魚の回収が最も高い割合を示した。山田湾に放流された8つの放流群の回収率は、9.3～15.4%の範囲と推定され、ほぼ安定した回収率が得られた。これは放流条件を変えた比較試験を行う場合の対照群となることが強く示唆され、安定した回収率が得られる条件を見つけることが、放流技術を高める試験を行う上でも必要となる。

(4) 経済回収率の算出

経済回収率は、放流群ごとの水揚げ金額を放流経費で除した値であり、その値が1の場合には損益は等しくなる（北田, 2001）。図VI-6に従って、クロソイの経済回収率を推定した。水揚げ金額の推定には、1990～2000年における山田魚市場のソイ類の平均単価（704円



図Ⅵ-6 回収率および経済回収率の算出

表Ⅵ-5 クロソイの回収尾数および回収率（山田魚市場）

放流年	放流数	年齢別回収尾数 (%)			総回収尾数	回収率 (%)
		1+	2+	≥3+		
1989	62,600	4,372 (69.4)	1,802 (28.6)	124 (2.0)	6,298	10.1
1990	180,200	14,915 (75.0)	4,873 (24.5)	98 (0.5)	19,886	11.0
1991	27,700	983 (36.6)	1,271 (47.4)	429 (16.0)	2,683	9.7
1992	0					
1993	59,000	6,455 (71.2)	2,138 (23.6)	469 (5.2)	9,062	15.4
1994	50,000	4,012 (63.0)	1,844 (29.0)	508 (8.0)	6,364	12.7
1995	19,000	946 (53.8)	467 (26.6)	345 (19.6)	1,758	9.3
1996	20,000	1,249 (56.6)	694 (31.6)	263 (11.9)	2,206	11.0
1997	28,900	2,078 (63.8)	1,008 (31.0)	169 (5.2)	3,255	11.3
合計 (平均)	447,400	35,010 (61.2)	14,097 (30.3)	2,405 (8.6)	51,512	(11.5)

表Ⅵ-6 クロソイの回収金額および経済回収率（山田魚市場）

放流年	放流経費*	年齢別回収金額* (%)			総回収金額*	経済回収率 (%)
		1+	2+	≥3+		
1989	1,360	503 (54.0)	349 (37.4)	79 (8.5)	932	0.68
1990	3,654	1,767 (56.5)	1,329 (42.5)	32 (1.0)	3,129	0.86
1991	681	145 (23.7)	329 (53.8)	137 (22.4)	611	0.90
1992	0					
1993	1,378	877 (50.8)	573 (33.2)	279 (16.1)	1,728	1.25
1994	1,446	552 (44.6)	540 (43.7)	145 (11.7)	1,237	0.86
1995	457	144 (29.3)	151 (30.8)	196 (39.9)	491	1.08
1996	481	181 (34.7)	190 (36.4)	151 (28.9)	522	1.08
1997	617	205 (40.8)	198 (39.4)	101 (20.1)	503	0.82
合計 (平均)	10,074	4,375 (41.8)	3,659 (39.7)	1,119 (18.6)	9,153	(0.91)

*放流経費、年齢別回収金額、総回収金額の単位は千円

/kg) を使用し、各放流群の回収重量に乗じた。一方、放流種苗の全長 (X , mm) と種苗単価 (Y , 円) の間には、 $Y=0.1267X+4.5351$ の関係式が得られている (中川ら, 2006)。各放流群の放流尾数に種苗単価に乗じた値を放流経費とした。その結果、各放流群の経済回収率の平均 (範囲) は 0.91 (0.68~1.25) であった (表 VI-6)。8 放流群のうち 3 放流群 (1993 年, 1995 年, 1996 年) は 1 を超えたが、その他の放流群では 1 未満であった。各放流群の総回収金額に占める 1 歳魚の割合の平均 (範囲) は 41.8% (23.7~56.5%), 2 歳では 39.7% (30.8~53.8%), 3 歳では 18.6% (1.0~39.9%) となり、1 歳と 2 歳の回収金額はほぼ同じ値を示した。本種の水揚げ金額を増加させるためには、魚価の低い 1 歳魚を保護し、2 歳魚以降で漁獲するなどの漁獲管理の導入も、今後検討しなければならない。

小野寺ら (2001) は、志津川湾では魚市場へ水揚げされた数の 2.7 倍のクロソイが遊漁者などによって魚市場を通さず漁獲されたことを報告した。この海域では 1991 年をピークにクロソイの水揚げ量が急減したが、この原因が環境収容力等を通じた生態学的な機構にあるのではなく、市場外流通の急増であることを明らかにした。志津川湾に放流したクロソイでは、栽培漁業の成功により資源が増加したため、本種が漁業だけでなく市場を通さずに流通する活魚や主要な遊漁の対象種となった (小野寺ら, 2001)。日本では栽培漁業に対して遊漁などの経済効果が評価されていないため (山下, 1999)、今後これらを含む栽培漁業の評価が必要になる。

6 至適放流条件

(1) 天然仔稚魚の見知

北海道泊村の沿岸では、7~8 月に全長 3~4 cm の天然のクロソイ稚魚が汀線付近の藻場内で群泳しているが、8~9 月になり成長して全長 5 cm を超えると、比較的水深が深い場所で、起伏の多い岩礁域の間隙で単独または多くても数個体で遊泳するようになることが報告されている (川井ら, 2007)。また、北海道厚田では 7 月下旬に全長 3~5 cm の稚魚が水深 1.5 m のスガモ、ホンダワラ類が繁茂する藻場で採集されている (佐々木ら, 2002)。北海道寿都では 8 月下旬に全長 4.9 cm の稚魚が、同様に水深 1.5 m のスガモ・ホンダワラ類が繁茂する藻場で採集されている。さらに、北海道余市では 9 月下旬に全長 8.4~9.3 cm の稚魚が岩礁域に近接した砂地で採集されている (佐々木ら, 2002)。厚田の藻場で採集された全長 3~5 cm の稚魚は、沿岸性の橈脚類 *Acartia steuerei* を多数摂餌していた。この他、同日に厚田で採集されたクロソイ稚魚のうち、端脚類だけを摂餌していた個体も認められ、同じ全長にもかかわらず、場所や時期によって摂餌する餌生物に違いが見られた。こ

のことから、全長 5 cm 以下のクロソイ稚魚は小型の浮遊性の橈脚類や魚類、端脚類、アミ類など生息域に分布する様々な種を餌生物として利用していると考えられている (佐々木ら, 2002)。

一方、宮古湾の水深 1~1.5 m の砂泥域のアマモ場 (写真 VI-7) では、10 cm 以下の天然稚魚 522 尾が採再捕された (中川, 2008)。さらに、出産直前の天然の雌成魚が湾奥部で漁獲され (中川, 未発表)、出産直後と考えられる全長 7 mm の仔魚も採集されている (日本栽培漁業協会, 2003b)。放流場所よりも水深の深い湾口部における天然魚の採集を実施していないため明言はできないが、宮古湾周辺に生息するクロソイは、出産場所



写真 VI-7 クロソイが生息しているアマモ場 (宮古湾)

の一つとして湾奥部を利用し、稚魚は周辺の藻場を成育場として利用していることが推測できる。志津川湾においても、成魚の出産と仔魚の生息場所は湾内であることが推測されている (高橋ら, 1994)。従って、宮古湾についても湾奥部の藻場は、クロソイの出産、成育場として重要な役割を果たしていることが示唆された。

一方、永沢 (2001)、酒井ら (1985)、杉山ら (1986)、Safran and Mori (1990) および池原 (1997) は、クロソイ稚魚が流れ藻に付随していたことを報告している。クロソイの分布場所は多様であり、海域や成長段階により生息場所が変化することも考えられる。

(2) 放流サイズ

放流効果を評価する指標の一つである回収率を高めるためには、最適な放流サイズ、放流場所および放流時期などを調べるのが重要である (Yamashita and Yamada, 1999)。そこで、放流海域の宮古湾 (図 VI-2) に全長 10 cm 群を対照区とし、8 cm, 6 cm, 5 cm の各放流群における回収率および経済回収率を推定した。同一年内に放流された 2 つの群の回収率を比較するためには、魚市場に水揚げされたそれぞれの放流群

の回収尾数を推定しなければならないので、市場調査に加えて定期的に宮古魚市場に水揚げされた放流魚を購入してALC標識を確認し、すべての放流魚に占めるALC標識魚（一重、二重）の割合を調べた。この値を基に放流群ごとの回収尾数を推定して回収率を算出した。

その結果、1999～2001年に放流した各群の回収率は10cm群では13.9～22.9%、8cm群では9.5%、6cm群では9.6%、5cm群では1.3%となった（表VI-7）。放流サイズと回収率の間には、正の一次回帰関係が得られ、試験の設定の範囲内では、大型サイズほど放流効果が高いことが明らかになった（図VI-7）。しかし、放流サイズと経済回収率の関係をみると1を超えるのは全長9.3cm以上であった（図VI-8）。

近年、事業化された放流対象魚種では、放流経費の削減のため、放流サイズを小型化することがある。今回示したように、放流サイズの小型化により回収率が低下することもあるので、十分に留意しながら放流条件を設定しなければならない。

(3) 放流場所

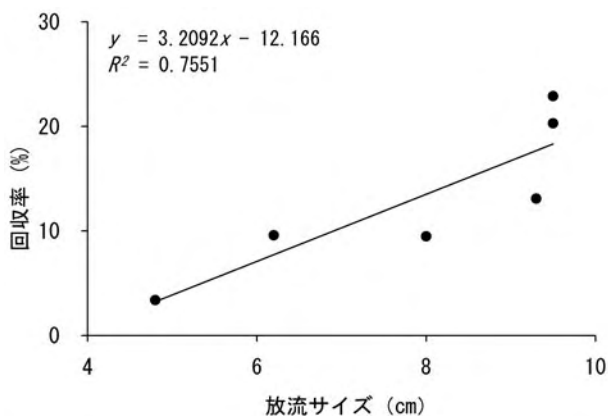
放流サイズの比較試験において、宮古湾外に放流する群も設定して回収率を比較した（図VI-2，表VI-7）。

その結果、宮古湾内外に放流した群の回収率はそれぞれ13.8%および20.3%（湾内）、1.1%および0.1%（湾外）となり、顕著な差が認められた。湾外にはクロソイなどの漁獲対象の漁場が多く形成されているので、このような場所に種苗を放流すると食害などによって生残率が下がり、その結果回収率も低下したと考えられる。漁場を放流場所を選定する場合には十分に留意し、回収率の低下が認められた場合には、そこが放流場所として適していない可能性も十分に考えられる。

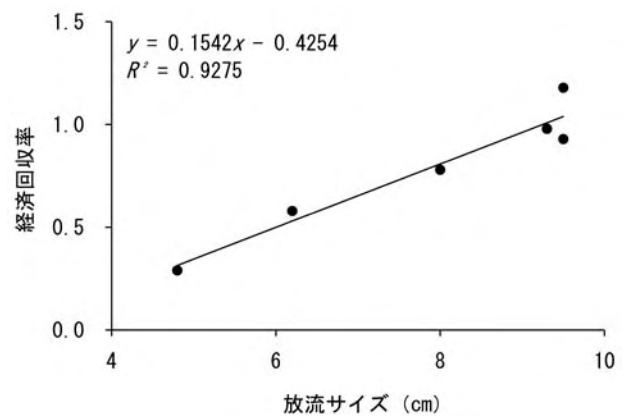
宮古湾の奥部でカゴ網を用いて稚魚の採集調査を実施した結果、0歳のクロソイ放流魚（7.0～20.2cm, N=211）および天然魚（4.7～19.8cm, N=522）が採集された（中川，2008）。放流魚は放流場所の湾中央部から湾奥部へ移動する現象が認められている。宮古湾中央部の水深約8mでは小型サイズの放流場所には適していない可能性が考えられ、小型サイズの本種稚魚の放流適地については、湾奥部の藻場である可能性が示唆されている。今後、水深の浅い湾奥部の藻場に種苗を放流し、小型種苗の放流適地について検証することが重要である。

表VI-7 クロソイの回収尾数および回収率（宮古魚市場）

放流年	放流数	全長 (cm)	放流 場所	年齢別回収尾数			総回収尾数	回収率 (%)
				1+	2+	≥3+		
1999	12,400	9.3	湾内	1,445	206	59	1,710	13.8
1999	11,800	8.0	湾内	923	168	28	1,119	9.5
2000	14,800	9.5	湾内	2,736	209	55	3,000	20.3
2000	15,000	6.2	湾内	1,327	93	24	1,444	9.6
2000	14,000	9.0	湾外	115	38	5	158	1.1
2001	21,000	9.5	湾内	4,211	510	81	4,802	22.9
2001	18,500	4.8	湾内	579	44	11	634	3.4
2001	26,000	8.0	湾外	22	7	0	29	0.1



図VI-7 放流サイズと回収率の関係



図VI-8 放流サイズと経済回収率の関係

(4) 放流時期

宮古栽培漁業センターでは、放流時期を変えた試験は実施していないため、言及することはできない。しかし、魚市場に水揚げされる年齢別の天然魚と放流魚の全長に大きな差はないため、これまで実施してきた放流時期に大きな間違いはないと思われる。

7 他海域での回収率と今後の漁獲管理

他の海域におけるクロソイの回収率は、福井県では0~0.3%、青森県では0.2~6.5%、新潟県では0.1~2.3%、北海道の寿都湾では2.7~13.4%、宮城県の志津川湾では1.3~15.1%である（北海道ら、2000）。

山田湾と寿都湾（北海道）および志津川湾（宮城県）に放流したクロソイの回収率は比較的高い値を示した。この3つの海域では湾内に放流され、一方、青森県、新潟県および福井県では外洋に近い環境下で放流されている。本種の成魚は、概ね水深10~100mの外洋に面した岩礁域に生息している。しかし、出産期になると雌親魚のみが湾内の浅瀬に移動して出産する（中川、未発表）。また、放流魚のほとんどが湾口周辺の放流海域近くで漁獲された。さらに、本種稚魚は、湾内の浅瀬の藻場を利用していることが報告されていることから、本種は湾とその周辺域を単位として生活史が完結している可能性が考えられる。従って、本種の栽培漁業において高い回収率を得るためには、山田湾、宮古湾、寿都湾、志津川湾のような湾を利用した種苗放流が有効であると考えられる。

小野寺ら（2001）は、志津川湾では魚市場へ水揚げされた数の2.7倍のクロソイが遊漁者などによって魚市場を通さず漁獲されたことを報告している。この海域では1991年をピークにクロソイの水揚げ量が急減したが、この原因が環境収容力等を通した生態学的な機構にあるのではなく、市場外流通の急増であることがわかった。つまり、志津川湾に放流したクロソイでは、栽培漁業の成功により資源が増加したため、本種が漁業だけでなく市場を通さずに流通する活魚や主要な遊漁の対象種となった（小野寺ら、2001）。日本では栽培漁業に対して遊漁などの経済効果が評価されていないため（山下、1999）、今後これらを含む栽培漁業の評価が必要になるであろう。

他種における経済回収率の平均（範囲）は、ホタテガイでは27.9（0.5~310.2）、シロサケでは9.8（7.0~11.8）、マダイでは5.1（3.3~8.2）、ヒラメでは2.1（0.5~3.6）である（北田、2001）。本種の経済回収率は0.68~1.25となり、栽培漁業として経済的に自立できる効果はまだ得られていない。これは、本種の水揚げ単価が704円/kgであり、ヒラメの2,235円/kg（岩本ら、1998）、マダイの4,380円/kg（今井、1997）に比べて安価なことが主因である。本種の水揚げ金額を増加させるためには、魚価の低い1歳魚を保護し、2歳魚以降で漁獲するなどの漁獲管理の導入も、今後検討しなければならない。

Ⅶ. おわりに

本書でふれてきたように、クロソイの栽培漁業技術開発においては、養成親魚または天然親魚から仔魚を得る技術をはじめ、種苗生産、中間育成、そして放流効果調査の手法に至るまで、ある程度の成果をあげてきた。しかし、問題が全て解決したわけではない。

親魚養成では、依然「良い仔魚を産まない」ことが問題となっている。クロソイは神経質な魚であり、養成には技術を要する（Ⅱ参照）。不十分な給餌や、交尾期、出産期のストレス要因に関しては、まだ調査が不十分である。さらに、天然親魚から仔魚を得る場合、親魚の漁獲に左右されるため、水揚げが無いと生産ができない。また、漁模様も予測が付きにくいいため、親魚を得ること自体が不確定要素となる。このため、宮古栽培漁業センターでは、現在天然親魚を主としながら養成親魚も同時に養成し、万が一天然親魚が手に入らない場合でも、種苗生産ができるような体勢を整えている。

種苗生産では、「初期死亡の発生」「共食い」が最も問題となる部分である。初期死亡は仔魚の質に由来するが、共食いは種苗生産技術上の問題である。共食いが発生するような成長差を出さない飼育技術の開発が望ま

れる。また、生産作業の省力化も重要な課題となっている。この2つの対策として、収穫槽飼育が開発されたが（Ⅲ参照）、未だ不安定な技術であることは否定できない。また、共食いを軽減は出来ても、完全な防除は難しい。種苗生産技術開発は、今も宮古栽培漁業センターで継続して行っており、解決策が望まれている。

放流効果調査では、目的別の調査方法、それに合致した標識方法も確立されている。しかし、市場調査には大きな人件費がかかる。また、近年の燃油高騰の影響による種苗生産コストの増加、魚価の低迷による費用対効果の減退が一番の問題である。一方、現在魚市場での経済効果のみで評価されてきた栽培漁業の効果を見直す動きもある。また、遊漁による釣獲も種苗放流の効果と見て取れる。広い範囲で栽培漁業の効果を把握、調査する手法、またその事例が求められている。

放流後の移動範囲の狭いクロソイの種苗放流は、地域における漁業資源の維持、管理のみならず、沿岸漁業の振興策として重要な意味を持っている。本書で取りまとめたクロソイの栽培漁業技術が、様々な面で大きく貢献できることを期待している。

Ⅷ. 引用文献

- 足立純一 (1994) 種苗生産技術開発の概要, E クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報平成4年度, 25-28.
- 相田 聡・佐田小夜子・水主村敏治 (1999) メバルの採仔の基礎的知見について. 栽培技研, 27, 43-46.
- 秋田県 (1977) 種苗生産, クロソイ. 昭和52年度指定調査研究総合助成事業報告書, pp.1-15.
- 飯塚景記 (1974) キツネメバルの年齢と成長. 日本水産学会東北支部会報, 24, 40-41.
- 池原宏二 (1997) 佐渡海峡水域の流れ藻に付随する魚卵, 稚魚. 日水研報, 28, 17-28.
- 池原宏二・永原正信 (1980) メバル類養殖の基礎研究, VI. クロソイの餌料蛋白消化率と蛋白質最適含量. 日水研報, 31, 65-72.
- 今井利為 (1997) 神奈川県におけるマダイ種苗放流の経済的評価について. 栽培技研, 26, 29-42.
- 岩本明雄・芦立昌一 (1982) クロソイの種苗生産, 栽培技研, 11(1), 35-44.
- 岩本明雄・大河内裕之・津崎龍雄・福永辰廣・北田修一 (1998) 魚市場の全数調査に基づく宮古湾のヒラメ種苗放流効果の推定. 日水誌, 64, 830-840.
- 岩本明雄・藤本 宏・山崎秀樹・津崎龍雄・熊谷厚志・早乙女浩一 (2001) ガス充填式半田ゴテを用いた焼印標識の実用性について. 栽培技研, 29, 13-20.
- 沖山宗雄 (2008) 前稚魚の意味論, 稚魚の自然史, 241-257.
- 大河内裕之・町田雅春・田中寿臣・小泉康二・阿知波英明・甲斐正信・中西尚文・中島博司 (2006) トラフグの長期飼育試験から推定したイラストマー標識の脱落率とその補正法. 栽培技研, 34, 43-51.
- 小野寺毅・菊池喜彦・水間敏朗・佐藤金三・藤田則孝 (2001) 志津川湾における魚市場出荷外利用を含めたクロソイの年間採捕数の推定. 東北水研報, 64, 53-60.
- 川合真一郎 (1993) 仔稚魚の消化系の発達と消化酵素活性の変化. 平成4年度健苗育成技術開発研究成果の概要, 水産庁研究指導課, 73-87.
- 川井唯史・秋野秀樹・田中禎孝・武藤卓志 (2007) 北海道日本海南西部泊沿岸におけるクロソイ稚魚の生息場所と行動. 栽培技研, 35, 59-62.
- 北田修一・須田 明 (1988) 放流魚の混獲状況からみた放流効果評価の諸問題. 水産増殖, 36, 107-112.
- 北田修一 (2001) 栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版, 東京, p.334.
- 北川 衛・山口光明・萩野節雄 (1983) マダイの腹鰭抜去による標識法について. 栽培技研, 12, 5-9.
- 草刈宗晴・森 泰雄 (1978) 魚類種苗培養技術開発試験, クロソイ. 昭和52年度北海道栽培漁業総合センター事業報告, 29-37.
- 草刈宗晴 (1995) クロソイの種苗生産に関する生殖生物学的研究. 北水試研報, 47, 41-124.
- 栗田 博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - I. 栽培技研, 16, 93-104.
- 栗田 博・塚本勝巳 (1989) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - II. 栽培技研, 17, 115-128.
- Safran, P., and M. Omori (1990) Some ecological observations on fishes associated with drifting seaweed off Tohoku coast, Japan. *Mar. Biol.*, 105, 395-402.
- 酒井敬一・永島 宏・木曾克之 (1985) 松島湾に放流したクロソイの成長と移動. 東北水研報, 47, 21-32.
- 酒井敬一・川村 亨・熊野芳明 (1990) 南三陸周辺水域におけるクロソイの年齢と成長. 宮城水試研報, 13, 10-20.
- 佐々木 功 (1979) 生殖機構の解明. 昭和53年度指定研究総合助成事業報告書, クロソイ種苗生産, 1-8.
- 佐々木正義・西内修一・塩川文康 (2002) 北海道西岸中央域におけるクロソイ稚魚の生息域と胃内容物に関する予報. 栽培技研, 30, 27-30.
- 佐々木正義・蜜谷法行・西内修一・塩川文康・高橋豊美 (2004) 北海道後志沿岸におけるクロソイの年齢と成長. 水産海洋研究, 68(4), 232-238.
- 里森 修 (1982) ヒラメの標識比較試験. 栽培技研, 11, 17-22.
- 清水 健・八幡康一 (1991) 栽培漁業と新養成技術 クロソイの種苗生産. 水産の研究, 10, 101-107.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (1995) 平成5年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-35.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (1996) 平成6年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-35.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (1997) 平成7年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-35.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (1998) 平成8年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.20-35.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (1999) 平成9年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.21-37.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (2000) 平成10年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-36.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (2001) 平成11年度栽培漁業

- 種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-35.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (2002) 平成12年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-34.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (2003) 平成13年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.20-36.
- 水産庁・水産総合研究センター (2004) 平成14年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-36.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2005) 平成15年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-36.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2006) 平成16年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-33.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2007) 平成17年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.19-33.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2008) 平成18年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.18-34.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2009) 平成19年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), pp.18-33.
- 水産総合研究センター (2006) ブリの種苗生産技術開発. 栽培漁業技術シリーズ, 12, p.83.
- 野田勉・中川雅弘・大河内裕之 (2007) クロソイ中間育成ガイド〜クロソイ種苗輸送・中間育成について〜, 栽培漁業実践ガイドブック, 水産総合研究センター, p.18.
- 杉山秀樹 (1986) 秋田県におけるクロソイの増養殖, さいばい, 39, 13-21.
- 杉山秀樹・中嶋正道・藤尾芳久 (1986) 日本海におけるクロソイの集団構造. 日本海ブロック試験研究集録, 8, 63-70.
- 全国豊かな海づくり推進協会 (2006) 平成17年度栽培漁業実証試験結果報告書, クロソイ. pp.54-77.
- 全国豊かな海づくり推進協会 (2009) 平成20年度栽培漁業実証試験結果報告書, クロソイ. pp.66-80.
- マリノフォーラム21海洋牧場開発研究会 (1991) 平成2年度音響馴致を利用した根付魚類の資源管理システムの開発報告書, p.116.
- 永沢 亨 (2001) 日本海におけるメバル属魚類の初期生活史. 日水研報, 51, 1-132.
- 中川雅弘 (2000) 種苗生産技術の開発, E クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報平成10年度, 176-178.
- 中川雅弘・大河内裕之 (2001) 水槽実験によるクロソイ小型種苗の腹鰭除去標識の有効性. 栽培技研, 29, 9-11.
- 中川雅弘・大河内裕之 (2003a) 交尾をしていないクロソイ雌親魚の出産について. 栽培技研, 30, 75-77.
- 中川雅弘・大河内裕之 (2003b) 放流種苗の質的向上に関する技術の開発, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報平成13年度, 53-54.
- 中川雅弘 (2008) クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究, 水研センター研報, 25, 223-287.
- Nakagawa, M., H. Okouchi, and J. Adachi (2004) Stocking effectiveness of black rockfish *Sebastes schlegeli* released in Yamada Bay evaluated by a fish market census. In Stock enhancement and sea ranching (ed. by Leber, K. M., S. Kitada, H. L. Blankenship, and T. Svåsand), Blackwell, Oxford, pp. 501-511.
- Nakagawa, M., K. Hirose (2004) Individually specific seasonal cycles of embryonic development in cultured broodstock females of the black rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture*, 233, 549-559.
- 中川雅弘・大河内裕之・有瀧真人 (2006) クロソイの種苗単価の試算. 栽培漁業センター技報, 5, 28-33.
- 中川雅弘・大河内裕之 (2005) 胚の発生段階に基づくクロソイ親魚選別による出産の同調化. 水産増殖, 53, 343-348.
- 中川雅弘 (2007) 水温がクロソイ *Sebastes schlegeli* の成長と成熟に与える影響. 水産増殖, 55, 83-89.
- 中川雅弘・大河内裕之・服部圭太 (2007) Alizarin complexone を用いたクロソイ種苗の耳石標識試験. 水産増殖, 55, 253-257.
- 中川雅弘・大河内裕之 (2007) アルテミア単独給餌によるクロソイ *Sebastes schlegeli* 仔魚の成長, 発育段階組成および生残に与える影響. 水産増殖, 55, 607-612.
- 中川雅弘・大河内裕之 (2002) クロソイ種苗の中間育成における飼育密度と給餌回数の比較. 栽培技研, 30, 55-60.
- 中村良成・栗田 博 (1994) アリザリンコンプレキソンによる稚魚への大量標識法における鱗からの標識検出法の検討. 栽培技研, 23, 53-60.
- 新潟県栽培漁業センター (1995) 放流技術開発事業 (クロソイ), 平成5年度新潟県栽培漁業センター業務・研究報告書, 18, 19-29.
- 日本栽培漁業協会 (1984) 昭和58年度日本栽培漁業協会事業年報, 日本栽培漁業協会, 東京, p.296.
- 日本栽培漁業協会 (1992) 平成2年度日本栽培漁業協会事業年報, 日本栽培漁業協会, 東京, p.470.
- 日本栽培漁業協会 (1993) 平成3年度日本栽培漁業協会事業年報, 日本栽培漁業協会, 東京, p.422.
- 日本栽培漁業協会 (1994a) 平成4年度日本栽培漁業協会事業年報, 日本栽培漁業協会, 東京, p.365.
- 日本栽培漁業協会 (1994b) 太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集. 栽培漁業シリーズ, 日本栽培漁

- 業協会，東京，p.87.
- 日本栽培漁業協会（1995）：平成5年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.392.
- 日本栽培漁業協会（1996）平成6年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.355.
- 日本栽培漁業協会（1997）平成7年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.365.
- 日本栽培漁業協会（1998）平成8年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.355.
- 日本栽培漁業協会（1999a）平成9年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.395.
- 日本栽培漁業協会（1999b）宮古湾におけるヒラメ種苗放流効果調査（1988～1996年）．栽培資源調査検討資料，14，p.40.
- 日本栽培漁業協会（2000a）平成10年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.420.
- 日本栽培漁業協会（2000b）海産ワムシ類の培養ガイドブック．栽培漁業技術シリーズ，6，p.137.
- 日本栽培漁業協会（2003a）平成13年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.420.
- 日本栽培漁業協会（2003b）平成14年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.420.
- 日本栽培漁業協会（2003c）平成15年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，p.420.
- 日本栽培漁業協会（1994c）太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集 太平洋北区栽培漁業協議会技術部会編著，栽培漁業技術シリーズ，1，p.87.
- 野田勉・長倉義智・熊谷厚志（2009）ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結したクロソイの種苗生産初期飼育の有効性．水産技術，2(1)，49-55.
- 高橋清孝・富川なす美・熊谷明（1994）志津川湾におけるクロソイの種苗放流－V．成熟と産仔．宮気水試研報，9，28-32.
- 高橋庸一（1994）アリザリン・コンプレクソンの経口投与によるヒラメ稚魚の耳石染色．日水誌，60，611-615.
- 高橋庸一（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，p.57.
- 高間浩（1986）マダイの資源培養技術．水産学シリーズ（田中克，松宮義晴編），59，pp.127-143.
- 豊田幸詞・宮嶋俊明・吉田啓一・藤田義彦・境谷季之（1998）クルマエビ標識放流における尾肢切除法の有効性について－Ⅲ，切除時の体長から検討した標識としての有効性．栽培技研，26，85-90.
- 土地敬洋・今井利為（1993）マダイ稚魚の組織と鱗へのアリザリン・コンプレクソンによる染色．水産増殖，41，379-385.
- 畑中宏之（2007）ヒラメ・トラフグの種苗生産－ストレスにどう配慮するか－．平成18年栽培漁業技術中央研修会テキスト集，全国豊かな海づくり推進協会，東京.
- 早川豊・小川弘毅（1976）ソイ・メバル類国土開発事業調整費調査，陸奥湾漁業開発基本計画調査最終報告書，pp.219-225.
- Boehlert, G.W. & Juro Yamada (1991) Rockfishes of the Genus *Sebastes* Their Reproduction and Early Life History. Dordrecht, Kluwer Academic Publ, pp. 1-288.
- 北海道，青森県，宮城県，新潟県，福井県（2000）平成7～11年度放流技術開発事業総括報告書，底棲種グループ，クロソイ.
- 宮嶋俊明・豊田幸詞・浜中雄一・小牧博信（1996）クルマエビ標識放流における尾肢切除法の有効性について．栽培技研，25，41-46.
- 宮木廉夫・新山洋・安元進・池田義弘・多部田修（1997）トラフグ *Takifugu rubripes* 幼魚におけるイラストマー蛍光標識の有効性について．長崎水試研報，23，27-29.
- 宗清正廣・傍島直樹・船田秀之助（1986）胸鰭の乱れを標識として利用する際のマダイ人工魚の有効放流サイズ．栽培技研，15，83-86.
- Mori, H., M. Nakagawa, K. Soyano, and Y. Koya (2003) Annual reproductive cycle of black rockfish *Sebastes schlegeli*, in captivity. *Fish Sci.*, 69, 908-921.
- Yamashita, Y., and H. Yamada (1999) Release strategy for Japanese flounder fry in stock enhancement programmes. *In* Stock enhancement and sea ranching (eds. by Howell, B. R., Moksness, E., and Svåsand, T.), Blackwell, Oxford pp.191-204.
- 山下洋（1999）アメリカにおける栽培漁業と地域振興．水産増殖，47，612-613.
- 山崎明人（1998）マダイにおける胸鰭変形および鼻孔隔皮欠損による人工種苗放流魚と天然魚識別の有用性．栽培技研，26，61-65.
- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次（2007）東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会，pp.429-437.
- 八木秀志（1996）オニオコゼ種苗生産時に共食いが発生する条件について．栽培技研，24(2)，121-122.
- 山本義久（2001）ニシンの種苗生産技術．栽培漁業技術シリーズ，7，p.100.
- 吉田勝俊・中川雅弘・和田志郎（2001）DNA マーカーを用いた人工種苗の親子鑑定．水産育種，30，27-35.

栽培漁業技術シリーズ No. 15

クロソイの栽培漁業技術
— 一定着種の種苗生産と放流効果調査 —

平成 22 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 2-3-3
クイーンズタワー B 15階
電話 (045) 227-2600 (代)

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)