

日本栽培漁業協会における親魚養成技術開発の現状 と今後の課題

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 虫明, 敬一, 本藤, 靖, 崎山, 一孝, 浜田, 和久, 堀田, 卓朗, 吉田, 一範
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014545

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



総説

日本栽培漁業協会における親魚養成技術開発の
現状と今後の課題虫 明 敬一^{*1}・本 藤 靖^{*2}・崎 山 一 孝^{*3}
浜 田 和 久^{*1}・堀 田 卓 朗^{*4}・吉 田 一 範^{*5}Current Status and Future Issues in the Technical Development of
Broodstock Management at the Japan Sea-Farming AssociationKeiichi MUSHIAKE, Yasushi HONDO, Kazutaka SAKIYAMA,
Kazuhisa HAMADA, Takuro HOTTA, and Kazunori YOSHIDA

Among the 28 marine finfish species reared at the Japan Sea-Farming Association between 1992 and 2001, technical developments in broodstock management were highlighted for 15 species (Pacific cod, redspotted grouper, longtooth grouper, leopard coralgroup, red tilefish, greater amberjack, white trevally, bluefin tuna, black rockfish, devil stinger, bastard halibut, spotted halibut, barfin flounder, willowy flounder, and tiger puffer). Major developments were achieved in eight research areas: spawner origin, breeding diets, rearing facilities, maturation control under artificial conditions, induced spawning, egg collection, egg management, and evaluation of the vitality of newly hatched larvae. In the future, the following areas are considered to be essential targets for investigation and development: mechanisms of maturation, technology for stable egg collection, control measures of viral diseases, and the establishment of egg collection methodology ensuring genetic variation after release. Broodstock management should be improved through technical developments based on basic research in various scientific fields including physiology, ecology, nutrition, pathology, and genetics.

2003年1月9日受理

海産魚類の種苗生産技術は1960年代以降飛躍的に発展し、2000年には全国の関係各機関で魚類36種類および甲殻類16種類の人工種苗が放流され、このうち魚類10種類および甲殻類8種類では100万尾以上の規模で量産が可能になっている¹⁾。これらの人工種苗を利用した放流技術開発による資源造成を目指した栽培漁業の取り組みが全国的に展開されている。種苗生産を行うに当たっては、親魚から健全で良質な卵を大量に確保することが先決問題であることは言うまでもない。しかし、これまでの親魚養成技術開発は種苗生産に供するためにまとまった数の卵を確保することに重点が置かれ、結果

的に親魚の養成技術を検証することや体系立った技術開発に関しては、あまり注意が払われてこなかった。一方、近年の天然資源量の減少や漁獲量の豊凶に伴い、天然親魚の入手は次第に困難な状況になってきている。そのため、栽培漁業を推進する上で種苗生産に必要な卵を計画的、量的および安定的に確保する技術開発に加え、ウイルス性疾患に対する防除対策をも加味した親魚の養成管理の必要性から健全な採卵用親魚の養成技術の開発、天然海域における遺伝的多様性の保持に配慮した採卵手法の開発などの重要性が指摘されている。このような親魚養成技術開発の重要性に鑑み、日本栽培漁業協会（以下

^{*1} 日本栽培漁業協会五島事業場 〒853-0501 長崎県南松浦郡玉之浦町荒川郷 122-7 (Japan Sea-Farming Association Goto Station, 122-7, Arakawa, Tamanoura, Minamimatsuura, Nagasaki, 853-0501 Japan).

^{*2} 日本栽培漁業協会宮津事業場 〒626-0052 京都府宮津市小田宿野 1721.

^{*3} 日本栽培漁業協会百島事業場 〒722-0061 広島県尾道市百島町 1760.

^{*4} 日本栽培漁業協会古満目事業場 〒788-0315 高知県幡多郡大月町古満目 330.

^{*5} 日本栽培漁業協会小浜事業場 〒917-0117 福井県小浜市泊 26 号.

日裁協)においても、各事業場における親魚養成技術開発の枠を越えて事業場を横断するような課題の技術開発の必要性が生じてきた。

そこで、2000年12月に日裁協内部に親魚養成技術開発チームが立ち上げられた。本稿は、著者らチームメンバーが当該チーム活動の一環として、これまでの日裁協の親魚養成技術開発において得られた成果や残された課題について整理することを目的とし、1992年から2001年までの10年間に於いて日裁協で取り扱ってきた栽培漁業対象種28魚種のうち主要な15種について、技術開発の結果を取りまとめたものである。

1. 取り上げた魚種

本稿では、これまで日裁協で実施してきた親魚養成技術開発対象種のうち、我が国の重要な水産資源で栽培漁業を推進する上での重要な対象種であること、近年、早急に親魚養成技術の開発が必要とされていること等により、次の15魚種を取り上げた(表1)。魚種名は、魚類の分類体系²⁾の順にマダラ、キジハタ、クエ、スジアラ、アカアマダイ、カンパチ、シマアジ、クロマグロ、クロソイ、オニオコゼ、ヒラメ、ホシガレイ、マツカワ、ヤナギムシガレイおよびトラフグの15種とした。各魚種について分類学的位置、英名、学名および日裁協での取り組み事業場名を併記したが、その際、英名と学名はともに水産学用語辞典³⁾に準じた。これらの魚種以外にも重要な水産資源であるブリとニシンについても取り上げる予定であったが、両魚種ともに技術開発の結果や残された課題について、すでに「栽培漁業技術シリーズ」^{4,5)}として取りまとめられており、重複を避けるため本稿では割愛した。また、本稿で記載した疾病の名称は、日本魚病学会が選定した魚病名⁶⁾に準じた。

2. 天然魚における知見

上述の栽培漁業対象種15種にブリとニシンを加えた計17種について、従来報告されている天然魚での産卵等の生態学的知見^{7,8)}を参考として取りまとめ、それを表2に示した。本稿では、紙面の都合上、天然魚におけるこれら知見の説明と個々の知見の根拠を示す文献の引用は省略した。

3. 親魚養成技術開発の現状

1) 用語説明

これまでの親魚養成技術開発においては、魚種特有にあるいは機関特有にさまざまな言葉が使用されてきており、これらの用語を用いることは混乱を招くことが懸念されたため、本稿においては統一性を図るため、以下のように定義して用いた。

天然親魚 漁獲された直後の成熟親魚を採卵用親魚として用いた場合を示した。

天然養成親魚 漁獲された天然稚魚または成魚を採卵用親魚に養成した場合を示した。

人工養成親魚 人工的に種苗生産された種苗を採卵用親魚に養成した場合を示した。

自然産卵 本稿では、ホルモン注射や環境条件の制御等の産卵誘発処理を全く施さない水槽内での産卵を示した。

誘発産卵 上述の「自然産卵」に対して、ホルモン注射や環境条件の制御等の産卵誘発処理を施した水槽内での産卵を示した。

HCG ヒト胎盤性生殖腺刺激ホルモン(human chorionic gonadotropin)は、排卵促進を目的に使用される一過性のホルモンである。黄体形成ホルモン作用を有する。魚類の生殖腺刺激ホルモンと作用が類似している。

LHRH-a 親魚の成熟誘起に広く用いられているホルモ

表1. 本稿で取り上げた栽培漁業対象魚種と日裁協における取り組み事業場

魚種名	分類学的位置	英名	学名	取り組み事業場名
マダラ	タラ目タラ科	Pacific cod	<i>Gadus macrocephalus</i>	能登島
キジハタ	スズキ目ハタ科	Redspotted grouper	<i>Epinephelus akaara</i>	玉野・伯方島
クエ	"	Longtooth grouper	<i>E. bruneus</i>	古満目・上浦・五島
スジアラ	"	Leopard coral grouper	<i>Plectropomus leopardus</i>	八重山
アカアマダイ	スズキ目アマダイ科	Red tilefish	<i>Branchiostegus japonicus</i>	宮津
カンパチ	スズキ目アジ科	Greater amberjack	<i>Seriola dumerili</i>	古満目・八重山
シマアジ	"	White trevally	<i>Pseudocaranx dentex</i>	古満目・五島
クロマグロ	スズキ目サバ科	Bluefin tuna	<i>Thunnus thynnus</i>	奄美
クロソイ	カサゴ目フサカサゴ科	Jacopever	<i>Sebastes schlegelii</i>	宮古
オニオコゼ	カサゴ目オニオコゼ科	Devil stinger	<i>Inimicus japonicus</i>	伯方島
ヒラメ	カレイ目ヒラメ科	Bastard halibut	<i>Paralichthys olivaceus</i>	宮古・宮津・伯方島
ホシガレイ	カレイ目カレイ科	Spotted halibut	<i>Verasper variegatus</i>	宮古
マツカワ	"	Barfin flounder	<i>V. moseri</i>	厚岸
ヤナギムシガレイ	"	Willow flounder	<i>Tanakius kitaharai</i>	小浜
トラフグ	フグ目フグ科	Tiger puffer	<i>Takifugu rubripes</i>	南伊豆・屋島・古満目

表 2. 各魚種の天然魚における生態学的知見

魚種名	分布域	行動特性	産卵加入サイズ	産卵期	産卵水温	卵の性状
ニシン	北水洋から寒流域に広く分布し、我が国では利根川以北の太平洋岸、富山湾以北の日本海岸	・海底が岩または砂地からなり、水深 15 m 以浅で海藻がよく繁茂している岸辺で、夜半から明け方に産卵する。 ・産出卵は塊状になって海藻に産み付けられる。	(産卵開始年齢) 2 歳	北海道西岸: 3~5 月 厚岸湾: 3~6 月	(北海道西岸) 4~8℃ (厚岸湾) 0~8℃	沈性粘着卵
マダラ	太平洋北部からベーリング海にかけて広く分布し、我が国では茨城県以北の太平洋岸	・水深 200~300 m に棲息する。	3 年魚 (50 cm)	12~3 月	10℃ (ふ化適水温は 7℃)	沈性粘着卵
キジハタ	我が国の青森県以南から中国の沿岸海域	不明	不明	不明	不明	分離浮性卵
クエ	南日本から南シナ海	・外洋に面した岩礁域に棲息する。 ・昼間は岩棚や穴に単独で棲息するが、薄暮時になると活動を始める。	不明	5~8 月	24℃前後	分離浮性卵
スジアラ	南日本、西太平洋およびインド洋海域	・岩礁域やサンゴ礁域に棲息している。	(成熟サイズ) 雌: 2~5 年魚 雄: 推定 5 年魚以上	沖縄周辺: 5~8 月 八重山周辺: 4~7 月	25~26.5℃	分離浮性卵
アカアマダイ	我が国の本州中部以南から東シナ海および南シナ海	・水深 30~150 m に棲息する。 ・特に水深 100~130 m 付近の大陸棚に添った砂泥域に多く、穴居生活をする。	雌: 満 1 年 (17.5 cm) 雄: 満 3 年 (22.5 cm)	若狭湾: 8~10 月 東シナ海: 6~11 月	18℃ (水深 100 m)	分離浮性卵
カンパチ	太平洋から大西洋の熱帯から亜熱帯域に分布し、日本では北海道を除く各海域	・仔魚期は沖合の表層に棲息するが、稚魚期になると流れ藻につくようになる。	雌: 満 3 年 雄: 満 2 年	3~7 月	22~25℃	分離浮性卵
シマアジ	本州中部以南から小笠原にかけての黒潮流域の太平洋沿岸域	・岸近くから水深 80~200 m 位の瀬や大陸棚上に棲息する。	不明	小笠原: 12~1 月 本州: 1~5 月	自然産卵では 16.4~22.9℃	分離浮性卵
ブリ	日本各地の沿岸域、朝鮮および中国の沿海州南部海域	・全長 15 mm 位までは表層で浮遊生活を送り、その後 75 mm 位まで流れ藻につく。 ・75 mm を越える頃から流れ藻を離れ沿岸浅海域で生活するようになる。 ・3 年魚位から本格的な移動を始める。	(成熟サイズ) 雌雄とも 3 年魚 (尾又長 65 cm) で成熟開始	東シナ海: 2~3 月 五島・土佐湾: 4~5 月 九州西岸: 5~7 月	(女島近海) 19~22℃ (土佐湾) 17~20℃	分離浮性卵
クロマグロ	全世界の温帯海域	・北太平洋では 0~1 歳魚が初夏から初秋にかけて日本近海から北米西岸に回遊し、若年魚 (1~2 歳) は 2~3 年を経過した後に日本近海に産卵回遊する。 ・産卵は昼間から日没前後に観察される。	4~5 歳魚 (50 kg; 最小は 21.3 kg)	南西諸島: 5~7 月 本州中部: 6~7 月 日本海: 8 月	23.5~29.5℃	分離浮性卵
クロソイ	我が国の北海道以南の日本各地、朝鮮および中国の沿岸海域	・浅海性で主に水深 100 m 以浅の岩礁域や沿岸の磯場に棲息する。	雌: 3 年魚 (全長 35 cm) 雄: 2 年魚 (全長 28 cm)	交尾期: 12~2 月 出産期: 4~6 月	出産水温: 13~17℃	(胎生魚)
オニオコゼ	我が国の本州中部以南の各地、東シナ海、南シナ海	・沿岸の磯から水深 200 m 位の砂泥域に棲息する。 ・活発には遊泳しない。	(成熟サイズ) 雌: 全長 17~20 cm 程度 雄: 全長 14~15 cm 程度	6~8 月	23℃前後	分離浮性卵
ヒラメ	千島列島から南シナ海に至る海域	・成体は水深 100~200 m の砂底に棲息する。 ・昼間は潜砂しているが、夜間に活動する。 ・水深 20~70 m の浅海で産卵する。	(成熟サイズ) 雌: 全長 40 cm 程度 雄: 全長 30 cm 程度	本州中部以南: 2~5 月 日本海沿岸: 5~6 月 石狩湾: 6~7 月	14~21℃	分離浮性卵
ホシガレイ	我が国の本州中部以南の各沿岸域	・水深 40~60 m 付近で産卵している模様である。	(成熟サイズ) 雌: 3 年魚 雄: 2 年魚	1~2 月	(瀬戸内海) 12~14℃	分離浮性卵
マツカワ	我が国の茨城県以北の太平洋岸および若狭湾以北の日本海岸	・水深 200 m 以浅の砂泥域に棲息する。 ・成魚は夏期から秋期に接岸し、未成魚は春期と秋期に沿岸浅所に分布する。	不明	北海道: 11~1 月 岩手県: 12~4 月	不明	分離浮性卵
ヤナギムシガレイ	我が国の茨城県以北の太平洋岸、若狭湾以北の日本各地の海域	・水深 100~150 m 付近の砂泥域に棲息する。 ・若狭湾では、産卵期になると水深 60~90 m 付近に移動する。	(福島県沿岸) 雌: 3~5 年魚 雄: 2~3 年魚	若狭湾: 1~2 月 福島県: 1~6 月 (盛期は 2~3 月)	(若狭湾) 12~13℃	分離浮性卵
トラフグ	我が国の北海道南部以南の太平洋岸、日本海西部、東シナ海	・沖合の底層に棲息する。 ・水温 15℃以下になると摂餌しなくなり、10℃以下になると砂泥中に潜り込む。 ・産卵は湾口や島の間で潮流の早い水深 20 m あまりの海底の砂場で行われる。	(成熟サイズ) 雌: 3 年魚 (全長 40 cm) 雄: 2 年魚 (全長 35 cm)	3~6 月	16~19℃	沈性粘着卵

ンである。LHRH-a は、哺乳類の生殖腺刺激ホルモン放出ホルモンである黄体形成ホルモン放出ホルモン (luteinizing hormone releasing hormone) のアミノ酸配列を少し変化させたアナログ型の合成品であり、天然型 LHRH よりも活性が高い。脳下垂体中の生殖腺刺激ホルモンの産生・分泌を増加させる作用を有する。

採卵ネット 水槽内に産卵された卵を回収する際にサイフォン等を利用して過収集する時に用いるゴース地で作製された集卵用のネットを示すものとした。大きさは、通常直径が 70 cm 前後、深さが 60 cm 前後で、実容量は約 200 l である。

容積法 (卵数の推定) 採卵ネットに回収された卵をメスシリンダー (通常 1~2 l 容) に移し、10 分間程度静置した後に浮上卵と沈下卵に分離させる。それぞれの容積を測定した後、各魚種で判明している 1 ml 当りの卵数を基に浮上卵数、沈下卵数および浮上卵率を算出する。なお、日裁協では、この浮上卵中の受精卵数を計数することにより浮上卵数に対する受精率を算出している場合が多い。この受精率に浮上卵率を乗ずることにより総採卵数に対する受精率の算出が可能である。

ふ化ネット 回収した浮上卵をふ化まで管理する時に用いるゴース地で作製された卵管理用のネットを示すものとした。大きさは、通常直径が 90 cm 前後、深さが 75 cm 前後で、実容量は約 400 l である。

無給餌生存指数 (SAI: survival activity index) ふ化仔魚 (日齢 0) を用いてピーカーレベルでの飢餓耐性試験を行い、その結果を基に新聞・辻ヶ堂⁹⁾の方法により算出した指数を示す。

ウイルス性神経壊死症 (VNN: viral nervous necrosis) 1990 年にインダイの仔稚魚で最初に報告され、病魚の脳の中樞神経組織に空胞形成が認められ、その空胞中におびただしい数のウイルス粒子が観察される¹⁰⁾。シマアジの仔魚では、外観症状として水槽中で水流に押し流され、眼が青色に輝いて水面に浮上して死亡する傾向がある¹¹⁾。現在までに世界中で 5 目 11 科 22 種の海産魚の仔稚魚で発生している¹²⁾。原因ウイルスは、直径 25 nm 程度の小型の RNA ウイルスで、ノダウイルス科に分類される¹³⁾。

2) 親魚養成技術開発の現状

1992 年から 2001 年までの 10 年間における 15 魚種の親魚養成技術開発の現状について、日裁協での技術開発結果を中心として魚種別に、親魚候補群の確保、養成飼餌料、養成施設と飼育管理、成熟制御、産卵誘発、採卵、卵管理、および仔魚の活力判定の計 8 項目について取りまとめたので、以下に報告する。

(1) マダラ

親魚候補群の確保 1982 年の能登島事業場の開所当初より、定置網等で漁獲された天然魚を用いて採卵を行ってきた。しかし、近年では漁獲量減少から天然魚の確保

が次第に困難になってきており、1994 年より天然魚を用いた長期間の親魚養成技術開発に着手した。1995 年には富山県水産試験場内に深層水施設が設置されたことから、深層水を利用して同試験場と共同で親魚養成技術開発を実施している。天然魚は地元の石川県産と、産卵が約 1 ヶ月早い青森県産とを使用している。

養成飼餌料 これまでは、主として冷凍生餌 (オキアミ、イカナゴあるいはホタルイカ) を給餌してきた^{14, 15)}。2001 年からは適正餌料の把握を目的として、餌料の種類や餌料添加物に関する実験を継続している。

養成施設と飼育管理 本種は冷水性魚種であるため、飼育水温は低水温 (4~11℃) に設定する必要がある。長期養成を開始した 1994 年からは冷却機を使用した半閉鎖循環系で養成を行い¹⁶⁾、1995 年からは富山県水産試験場内の深層水施設で深層水を利用して低水温で養成を行っている¹⁴⁾。使用水槽は養成期間中には中型あるいは大型水槽 (4.5~35 kl) で養成を行い、産卵期には小型水槽 (0.5~1 kl) に収容している。

成熟制御 日裁協では水槽内における親魚の成熟制御は特に行われていない。他機関では、日長制御 (3~8 月は 16L8D, 9~2 月は 8L16D) および加温 (9℃) による成熟の促進が確認されている¹⁷⁻²⁰⁾。

産卵誘発 養成中は雌雄別に収容しておき、成熟した個体を同居させることにより産卵が誘発されることが多い²¹⁾。しかし、同居させても必ずしも産卵が認められるとは限らず、未産卵ペアの雄親魚を交換することにより、産卵に至るケースもある。これは、親魚の成熟度の違いに起因するとも考えられ、今後、成熟度を同調させるために詳細な調査も必要である。また、産卵水槽で同居させる時に水温を 11℃まで上昇させることにより産卵が誘発された事例もあるため、今後、自然産卵手法の確立が必要である。

採卵 これまでの採卵は、天然魚を用いた人工授精 (乾導法) により行ってきた。自然産卵および誘発産卵については、1998 年以降、ある程度まとまった数の受精卵を得ることができるようになってきた^{21, 22)}。本種は沈性粘着卵であるため、産出された卵の回収は、水槽底部からのサイフォン方式²³⁾や水槽底面にナイロン製防虫網 (目合 1.5 mm) を敷いて産卵後に引き上げる方式²⁴⁾について検討したが、いずれの方法も良好な結果は得られなかった。現在では、産卵水槽の排水口に取り付けたネットで採卵している。

卵管理 本種の適正な卵管理手法について、ふ化盆、二重底砂地、エアフィルター (AF11A, 共和フィルター社)、飼育水槽への直蒔きあるいは産卵水槽内へ放置といった方法について検討したが、ふ化率はいずれも 0.5~5.9% と全体的に低かった²³⁾。次に、ふ化盆とふ化器 (直径 30 cm, 長さ 55 cm の塩化ビニールパイプの底面に目合 261 μm のナイロン製強力網を接着した容器) とでふ化率を比較したところ、ふ化器の方が良好であ

り²⁵⁾、特に、ハッチングジャー型のふ化器のふ化率が最も良い結果を示した^{26, 27)}。そのため、現在ではハッチングジャー型のふ化器を使用している。なお、本種でのVNN⁶⁾の発生^{*6}を防除する目的で、桑実期にヨード剤(有効ヨウ素濃度 50 mg/l で1分間)を用いた卵消毒を行っている。

仔魚の活力判定 1989年から1993年にかけてSAIによる活力判定の可能性について検討したが、値の変動が大きく、また、受精率やふ化率との間に相関は認められなかった²⁸⁾。1998年より体成分分析による活力判定を試みるとともに、SAIと初期のワムン摂餌率との間の関連性について検討している²²⁾。

(2) キジハタ

親魚候補群の確保 玉野および伯方島事業場(2000年以降技術開発を休止)とともに天然養成親魚および人工養成親魚からの採卵実績があるが、現在は天然養成親魚を用いている。また、他機関では人工養成親魚からの産卵に関する報告もある²⁹⁾。

養成飼餌料 1~3月の低水温期以外の9ヵ月間は同一のモイストペレットを給餌している³⁰⁻³⁵⁾。なお、1~3月は低水温の影響で摂餌不良となるため給餌は行っていない。給餌回数は産卵期以外(9月~翌年5月)および産卵期(6~8月)にそれぞれ週に3回および日曜日を除く毎日いずれも飽食量を給餌している。モイストペレットの組成は年度によって若干異なるが、一例を挙げると、配合飼料と冷凍生餌(マアジ:エビ類:スルメイカ=1:1:1)とを等量混合し、それに総合ビタミン剤を3%添加している。産卵期間中にはβ-カロチンを追加している³⁰⁻³⁵⁾。また、イカナゴやオキアミなどの生餌を給餌して養成を行った事例もある³⁶⁻³⁸⁾。

養成施設と飼育管理 海上小割生簀を用いた越冬試験を試みたこともあるが、低水温や潮流等によるストレスが原因と思われる死亡が見られ³⁹⁾、現在では周年陸上水槽で養成が行われている。また、冬場の低水温期に越冬のため加温による養成試験が行われたこともあるが、親魚の産卵等には明瞭な効果は得られなかった^{30-32, 40-43)}。疾病関係では、種苗生産過程において本種におけるVNNの発生⁴⁴⁾が認められ、その対策として、養成期間の短い天然養成親魚からの採卵、ハンドリングの軽減および紫外線殺菌海水の使用等の措置を施したところ、本疾病の発生は見られなくなった³¹⁻³⁴⁾。また、白点虫の予防対策として、親魚搬入から1ヵ月間は1~3日毎に水槽換えが行われている^{32, 33)}。

成熟制御 本種は雌性先熟といわれており⁴⁵⁾、雄親魚の確保には雌親魚へのメチルテストステロンの経口投与により雄性化に成功している⁴⁶⁾。しかし、親魚の加齢とと

もに雄への性転換が起こり、雌親魚の割合が減り産卵数が低下するため、17β-エストラジオールの経口投与⁴⁷⁾や産卵親魚群へより大型の雄個体の収容^{42, 48)}等の雄化抑制試験が行われ、一定の効果が認められた。しかし、大型の雄個体を収容する場合、縄張りを形成せず産卵行動を行わない雄を用いても抑制化に繋がらないことが示唆されている⁴³⁾。また、人為的な養成環境条件下では、小型の雄が雌へ性転換する可能性が示され、その手法を利用することにより、雌親魚数を維持する可能性も示唆された^{34, 49)}。

産卵誘発 自然産卵による採卵が行われているが、受精率が低いことが問題となっているが³¹⁾、これは産卵水槽の水深の浅さにより正常な産卵行動がとれないことに原因があると考えられている⁵⁰⁾。そこで、水深の深い水槽(3.5 m)を使用した結果、受精率の向上が認められた³³⁻³⁵⁾。水槽に収容する親魚の性比については、明瞭な結果は得られていない⁵¹⁻⁵⁴⁾。一方、人工授精による採卵では、受精率の高い卵は得られるものの、他魚種と同様に親魚に与えるダメージが大きいことが欠点として挙げられる。

採卵 水槽内に産出された卵は、水面下に設置したホースを用いてサイフォン方式あるいはオーバーフロー方式により採卵ネットでろ過収集して回収している。しかし、卵のふ化率の低下などの問題が生じており³³⁾、採卵方法自体の検討も必要と考えられている^{*7}。また、産卵が繰り返されるにしたがって卵径が次第に小さくなることや高齡魚よりも若齡魚の方が卵径は大きいという報告もある^{36, 37)}。

卵管理 浮上卵をふ化ネットに収容して卵管理が行われていたが、現時点ではふ化までの卵管理は特に行わず、直接種苗生産水槽に卵を収容している^{*7}。卵管理の条件については、最適水温は25℃、塩分は24 psu (practical salinity unit, ‰と同値)以上でふ化率および形態異常率に特に問題がないことが報告されている^{55, 56)}。

仔魚の活力判定 本種の仔魚は物理的刺激によって粘液を分泌して死亡し、かつ、その粘液に他の個体がトラップされて死亡することがある^{*7}。そのため、日裁協ではSAI値による活力判定は行われていない。しかし、一方で本種のふ化率と仔魚のSAIの間に有意な相関⁵⁷⁾や若齡魚から得られたふ化仔魚の方がSAIは高い³⁷⁾との報告もあり、さらに検討を要する。

(3) クエ

親魚候補群の確保 古満目、上浦および五島の3事業場で取り組んできた。親魚候補群には天然養成親魚および人工養成親魚を供している。天然魚を活け込む場合は大型個体ほど餌付きにくいので、各事業場とも5 kg 以下

*6 森 広一郎氏私信。

*7 津村誠一氏私信。

のものを入手している。

養成飼餌料 日裁協では古満目事業場でマアジ、マサバおよびスルメイカなどの冷凍生餌⁵⁸⁾、上浦事業場でモイストペレット⁵⁹⁾を主体とし、五島事業場ではモイストペレットと生餌を併用^{*8)}して給餌している。給餌回数は各事業場とも週に2~3回である。

養成施設と飼育管理 産卵期以外は海上小割生簀での養成が主流であるが、一部で陸上水槽での周年養成も試みられている^{*9)}。産卵期には陸上水槽に収容しているが、水槽の大きさ(65~240 kL)や形状は様々である。養成期間中に寄生虫(*Benedenia* sp.)の感染が見られることがあるが、大きな被害には至らない。しかし、本種には種苗生産過程におけるVNNの発生⁶⁰⁾が報告されている。その感染経路は明らかにはされていないものの、発生状況等から垂直感染の可能性が強く示唆される。そのため、親魚に可能な限りストレス負荷をかけないように飼育管理することが重要である。

成熟制御 本種もキジハタと同様に雌性先熟といわれており、受精卵を確保するためには雄親魚の確保が重要な課題の一つである。塚島ら⁶¹⁾はメチルテストステロンの経口投与による雌親魚の雄性化に成功し、日裁協においても同様に雄性化への取り組みが行われている⁶²⁻⁶⁴⁾。また、土橋ら⁶⁵⁾は、メチルテストステロンを医療用シリコンチューブに封入したインプラントを腹部に挿入する方法により、1歳魚において精子形成を確認している。さらに、日裁協では産卵の早期化に関する試みが行われ、2月上旬に陸上水槽に収容して加温処理を施すことにより、4月中旬での産卵が認められている⁶⁶⁾。

産卵誘発 自然産卵や誘発産卵において、産卵は認められるものの、受精率およびふ化率が低いこと⁶⁷⁻⁷¹⁾が本種から良質な受精卵を大量に確保する上で大きな問題となっている。この原因として、同一水槽に雄親魚を複数尾収容すると、雄親魚間で闘争行動が見られ自然産卵に支障を来すこと、活発な求愛行動を示す雄親魚が産卵群の中に存在しないと雌の産卵が誘発されにくいこと、雌雄の相性が重要であること等が推察されている⁷²⁻⁷⁴⁾。

上浦事業場において、自然産卵と人工授精との採卵成績を比較した結果、人工授精の方が効率よく採卵できることが判明した^{73, 75)}。その後、VNN防除対策の一環として親魚を選別する必要もあり、最近では人工授精によって採卵している事例が多い。人工授精による本種の採卵では、すべての事例においてホルモン剤を用いており、日裁協ではHCGを魚体重1 kgに対し500~1,000 IUを背部筋肉内に注射している。採卵のタイミングは、飼育水温が22℃に達した段階で卵巣卵が400 µm以上の卵径を有する個体にHCG注射を行って排卵を促し、48時間

後に人工授精を行うことにより、多くの良質卵が得られるようになった⁶⁹⁾。使用するホルモン剤に関しては、他機関でクエにおいてHCG(500 IU/kg)とシロザケあるいはハクレン脳下垂体を注射して48時間後に採卵している事例^{72, 74, 76, 77)}やマハタにおいてLHRH-a(50 µg/kg)の投与により42時間後に採卵している事例がある⁷⁸⁾。また、本種の自然産卵が夕方から日没後に行われていることに着目し、ホルモン処理を本種の成熟リズムに同調させるため午後3時以降に実施することにより、良質な卵を得ている事例もある⁷⁴⁾。

近年、放流用種苗の遺伝的多様性にも配慮する必要があることやVNN防除対策としての親魚選別等の問題を解決する目的で、古満目事業場では精子の凍結保存も試みている^{70, 79)}。

採卵 自然産卵あるいは誘発産卵により、水槽内に産出された卵は、エアリフトによって飼育水を水平方向に回転させて水槽中央部に集め、水面下約20 cmに設置したホース(直径40 mm)からサイフォン方式により、水槽に隣接された採卵水槽内の採卵ネットにろ過収集して回収している。

卵管理 アルテミアふ化水槽(500あるいは1,000 kL)あるいはふ化ネットを用いた卵管理を行っている。

仔魚の活力判定 今のところ、SAIによる判定が行われている。

(4) スジアラ

親魚候補群の確保 八重山事業場では、沖縄県石垣島近海で漁獲された1~3 kgの天然魚を用いて、1985年から親魚の養成試験を行った。養成1年目(雌の全長45~58 cm、体重1.4~3.8 kg)から産卵することが確認されたが⁸⁰⁾、養成8年目の親魚では受精率とふ化率が低下し、高齢化による卵質の悪化が認められた⁸¹⁾。

一方、1994年には人工養成親魚からの採卵も可能となった⁸²⁾。親魚の大きさや年齢が異なるため一概には比較できないが、天然養成親魚と人工養成親魚との産卵成績を比較すると、雌1尾当りの産卵数は人工養成親魚が多かったが、受精率は天然養成親魚の方が高い値を示した。しかし、放流種苗の遺伝的多様性を考慮して、近年は採卵に天然養成親魚のみを使用している。スジアラの親魚養成では、天然養成親魚の安定的入手が重要課題の一つとなっている。

養成用餌料 収容直後は冷凍マアジの切り身を用い、週に2回給餌して餌付けを行った。餌付いた後、冷凍生餌(マアジとスルメイカ)とモイストペレットをそれぞれ給餌(2回/週)する試験区を設けて比較試験を行った。その結果、モイストペレット給餌区は生餌給餌区に比べて肥満度が低く、産卵量が少なかった⁸³⁾。そのため、モ

*8) 中野昌次氏私信。

*9) 平成12年度日裁協上浦事業場事業報告。

イストペレットで養成した親魚には、産卵期に総合ビタミン剤を添加した生餌も追加して給餌した。その際に給餌した生餌の種類に関しては、マアジとスルメイカをそれぞれ単独給餌して比較したが、両区の産卵数、受精率およびふ化率に顕著な差は認められなかった⁸⁴⁾。

養成施設と飼育管理 親魚養成には角型水槽 (110 k ℓ と 200 k ℓ) を用い、雄 1~8 尾と雌 6~26 尾を収容した。飼育水はろ過海水のかけ流し方式としたほか、VNN の防疫対策として、紫外線照射装置を組みこんだ閉鎖循環飼育も試みた。しかし、循環ポンプの発熱による飼育水温の上昇 (1~2℃)、藻類の増殖、硝酸と亜硝酸濃度の上昇などの環境悪化により産卵には至らなかった⁸⁵⁾。

1990 年から卵巣卵と受精卵への鞭毛虫の寄生が頻繁に発生した⁸⁶⁻⁸⁹⁾。その対策として、親魚の淡水浴、水槽替えおよびオゾン処理海水の使用などを行ったところ、有効性が示された⁹⁰⁾。

成熟制御 ホルモン剤の投与や日長処理による成熟制御は行っていない。成熟の確認と雌雄の判別方法として、血液中のビテロジェニンの検出による方法が有効であった⁹¹⁾。この方法はカニューレを用いた生検法に比べて魚体へのストレスが少なく、卵巣卵が採取できない場合でも、雌親魚の大まかな成熟状況の判定と性別の確実な判別が可能であった。人工養成親魚を用いて成熟開始年齢について調査した結果、4 歳魚からビテロジェニンが検出され産卵も確認された。このことから、人工養成親魚では 4 歳魚で成熟親魚として使用できることが判明した⁹¹⁾。

産卵誘発 スジアラは自然産卵により受精卵が得られる。1986~2001 年の試験では産卵の開始と終了は年度により異なった。すなわち、産卵は 4 月 26 日~5 月 12 日の間に始まり、8 月 23 日~10 月 5 日の間に終了した。その際の産卵開始時の水温は 23.7~25.8℃であった。スジアラの産卵は月齢と密接に関係しており、新月に産卵を開始し満月まで産卵した^{92, 93)}。誘発産卵では、産卵中断時に HCG (500~1,000 IU/kg) を投与すると再び産卵が始まり、産卵数が減少した時に投与すると再び卵数が増加する傾向がみられた⁹³⁾。

採卵 自然産卵あるいは誘発産卵による卵は、サイフォン方式またはオーバーフロー方式で採卵用水槽 (2 k ℓ , FRP 製) に設置した採卵ネットで回収した。サイフォン方式ではホース (直径 65 mm) の一端を水槽中央部の水面下 20~30 cm に垂下し、他の一端を採卵ネット内に固定した。この方式は、注水量の変動により水位が不安定となり、水位上昇時には卵が水槽外へ流出する危険性があるため、必ずしも最適な採卵方法ではなかった。一方、オーバーフロー方式では、飼育水を水槽側面上部から樋またはホース (直径 65 mm) を用いて採卵水槽へ導入した。樋によるオーバーフロー方式で採卵した卵は、採卵水槽への落下時の物理的ショック等により、油球の位置が仔魚の個体毎に異なる現象が認められた⁸⁴⁾。この現象

によるふ化率、初期生残率への影響は不明であるが、現在ではホースによるオーバーフロー方式を採用している。

卵管理 採卵ネット内に回収された卵を 20 l 容器に移し、浮上卵と沈下卵に分離させた後、容積法により計数した⁹³⁾。浮上卵は特に卵管理を行うことなく、直ちに種苗生産水槽へ収容した。

仔魚の活力評価 SAI は 1~8 の間で大きく変動し、産卵初期に高く、その後次第に低下する傾向が認められた⁸²⁾。受精卵の高度不飽和脂肪酸含量は産卵初期に多く、その後、減少する傾向が認められた^{87, 92)}。種苗生産に産卵初期の卵を使用すると、取り揚げまでの生残率が高い傾向がみられたが、特に有意な相関関係は認められなかった^{82, 88)}。

(5) アカアマダイ

親魚候補群の確保 アカアマダイは通常底延縄で漁獲される。親魚候補群の活け込みは、水揚げされた漁港で蓄養を行うことなく、漁船から直接輸送用水槽へ収容し、できるだけ早く事業場へ輸送して養成用水槽に収容することにより、その後に高い生残が得られるようになった⁹⁴⁾。搬入時の水温を 20~26℃の場合と 12~20℃の場合とでその後の生残率を比較すると、低水温の方が高い値を示した⁹⁴⁾。

養成飼餌料 天然魚にはオキアミを給餌することにより、比較的容易に餌付けすることができる。餌付け後は、配合飼料と冷凍生餌 (マアジ:スルメイカ:オキアミ=2:1:1) を等量混合して作製したモイストペレットを給餌した。この時、脂質含量の高い冷凍生餌を多用すると、腹腔内に脂肪が蓄積しやすい傾向がみられた。そのため、1993 年以降はオキアミをエビ類 (アカエビおよびトラエビ) に切り替えて給餌している。

養成施設と飼育管理 周年、陸上水槽を用いた親魚養成を行っている。1990 年までは大型水槽 (150 k ℓ) に多数の天然魚を収容したり、本種の生態特性の一つである巣穴形成^{95, 96)} のために水槽底部に砂を敷きつめた養成試験を行った結果、大型水槽での産卵は認められたものの⁹⁴⁾、小型水槽 (100 l または 500 l) では養成管理が困難なため産卵には至らなかった⁹⁶⁾。1992 年以降は比較的小型の水槽 (20~50 k ℓ) を主に使用して親魚養成を行い、その際の水槽への収容尾数は、雄 1 尾に対して雌 1~5 尾程度を収容している。採卵期間中は、冷却機を用いて親魚の飼育水温を 24℃に保持した。そのため、採卵期間中の換水率は 1 回転/日程度であった⁹⁷⁾。

成熟制御 飼育水温を自然水温区と水温調節区 (2~3 月に 14℃に加温し 6 月から上限を 20℃に冷却) で比較したところ、両区とも成熟は 15~16℃付近で始まり、成熟に大きな差は認められなかった⁹⁸⁾。なお、すべての親魚養成事例において、成熟促進を目的とした日長処理は行っていない。

産卵誘発 収容密度と成熟状況との比較調査を行った結

果、収容密度が低い方（10尾/kl）の雌親魚で成熟が促進された*10。これは本種の生態的な特徴から、収容尾数が増加すると個体干渉を起こしやすく、産卵行動に悪影響を及ぼすためであると考えられた。養成親魚に対するLHRH-aの適正投与量について検討した結果、50 µg/尾の投与で成熟が促進される傾向がみられたものの、卵径が100 µm以下の周辺仁期の卵しか有しない未熟な個体では、成熟の促進効果はみられなかった*97)。

採卵 水槽内で産出された卵は、ホース（直径50 mm）を用いて隣接する採卵水槽内に設置した採卵ネットにろ過収集する方法で回収した。しかし、受精率が低く、種苗生産規模に見合う数の受精卵を得ることは困難であった。そのため、人工授精による採卵を取り入れた。1996年までは、天然雌親魚にHCG注射（100 IU/kg）を行い、水温を20℃に調温した水槽（5 kl）に収容した。HCG注射48時間後に人工授精（乾導法）による採卵を実施した。媒精にはあらかじめ凍結保存しておいた精子を使用した*94)。1998年以降、凍結保存精子は使用せず、人工授精の当日に天然雄親魚から精巣を摘出し、人工精漿中でハサミを用いて細かく碎片して得られた精子を用いた。同時に天然親魚の入手場所も増やした結果、高い受精率を有する卵が大量に得られるようになった*99, 100)。

卵管理 自然産卵で得られた1日当りの受精卵数は、これまで最高でも18.5万粒であり、ふ化ネットによる管理で特に問題はなかった。一方、人工授精の場合も精子の確保を上述の方法に改良することにより、受精率が向上しふ化ネットによる卵管理に特に問題はなかった。卵管理時の水温は20～25℃である。水温20℃では受精後40時間頃からふ化が始まる。

仔魚の活力判定 人工授精で得られたふ化仔魚のSAIは試験水温によって大きく異なり、水温20℃および22℃よりも18℃で高い値が得られた。しかし、SAIと種苗生産における生残率の間に直接的な関連はみられなかったことから、現在では仔魚の活力判定試験は行っていない。

(6) カンパチ

親魚候補群の確保 八重山事業場（2000年以降技術開発を休止）では、天然親魚および人工養成親魚を親魚群に供していた。古満目事業場（同年より技術開発を開始）では、天然未成魚（当歳魚で体重1～1.5 kg、1歳魚で4 kg前後）を養成した天然養成親魚を用い、人工養成親魚は導入していない。なお、香港から輸入された天然稚魚を国内で蓄養中にVNNが発生したことが報告されている*101)。

養成飼餌料 本種の親魚養成用に使われている飼餌料としては、冷凍生餌とモイストペレットに大別される。冷凍生餌を給餌した事例は、日裁協八重山事業場（イカナ

ゴ、マアジおよびイカ類）*102)、同古満目事業場（マアジ、マサバおよびスルメイカ）、東京都小笠原水産センター（マアジ、ムロアジおよびイカ類）*103)、宮崎県栽培漁業協会（マアジ）*104) および鹿児島県栽培漁業センター（マアジ、マサバ、スルメイカおよびオキアミ）*105) で報告されている。いずれの機関においてもビタミン類などの栄養強化を行っている。一方、モイストペレットの給餌は、東京都小笠原水産センター*106) および長崎県総合水産試験場*107) で報告されている。また、近年、カンパチ用の配合飼料も市販されているが、カンパチ親魚の養成用配合飼料に関しては、ほとんど検討されていないのが現状である。

養成施設と飼育管理 古満目および八重山事業場ともに、産卵期には親魚を陸上水槽に収容するが、それ以外は海上小割生簀で養成している。海上小割生簀での養成には、古満目事業場ではポリエチレン製の小割網（5×10 m、深さ5 m）を使用し、飼育密度は2 kg/klを上限としている。その際、寄生虫（*Benedenia seriolae*、ハダムシ）駆除のため、夏（水温25℃以上）は2週間、春および秋（20～25℃）は3週間、冬（20℃以下）は4週間にそれぞれ1回を目安として淡水浴および網替を行っている。八重山事業場では金網生簀による養成を試みた。この方法では、ハダムシの駆除対策としての淡水浴をほとんど行う必要がないという利点を有するが、時期によっては大量の付着生物が金網に付着し、生簀内外の海水交換率が低下するためそれを除去する必要がある。また、親魚が網地に体を擦り付ける際に、それらの付着物によって魚体に外傷を受けやすいことが欠点として挙げられる*108)。

陸上水槽での長期飼育も試みられており、飼育用水系に紫外線殺菌装置を組み込んで海水を循環ろ過させて養成を行った結果、57日間もの長期間にわたって淡水浴を実施せずに飼育できた事例もある*109)。

産卵期には陸上水槽（65～110 kl）に収容するが、その期間中も4週間に1回の淡水浴および水槽替を行っている。水槽の形状は四角型、八角型あるいは円型で、親魚の収容基準は1～2 kg/klである。また、陸上水槽で長期間養成すると、白点病⁶⁾、アミルウージニウム症⁶⁾あるいは*Neobenedenia* sp. 寄生症⁶⁾などの寄生虫症が発生しやすいことが報告されている*109-111)。古満目事業場では白点病が発生した場合、銅イオン発生装置（和光技研(株)製）を使用して飼育水中の銅イオン濃度を50 µg/lに調整することにより寄生虫の駆除を行っている*11)。

成熟制御 八重山事業場では長日処理を行うことにより成熟促進効果が認められている*110)。古満目事業場では成熟制御は特に行っていない。

産卵誘発 日裁協では、自然産卵および誘発産卵が主体であり、人工授精による採卵は行っていない。また、産

*10 平成4年度日裁協宮津事業場事業報告。

*11 堀田卓朗未発表。

卵を誘発するためのホルモン剤には HCG を使用し、古満目および八重山事業場ではそれぞれ 600 および 1,000 IU/kg を筋肉内注射している。他機関では、LHRH-a (50 µg/kg) を使用したり¹⁰⁷⁾、シロザケの脳下垂体 (7 mg/kg) と HCG (500 IU/kg) の併用により採卵した事例がある¹¹²⁾。これらのホルモンを用いた誘発産卵による採卵時期は、八重山事業場では 2 月、古満目事業場では 4 月頃である。

一方、自然産卵は八重山事業場では 22℃ を越えた 4 月下旬頃から始まる^{110, 113)}。同じく亜熱帯海域に位置する東京都小笠原水産センターでも 4 月より産卵が始まり、産卵適水温は 21.5～23.5℃ と報告されている¹⁰⁶⁾。また、温帯海域に位置する古満目事業場においても 4 月下旬より産卵が確認され、産卵水温は 19.6～24.9℃ で、産卵適水温は 22℃ 前後であった^{*11)}。

採卵 水槽内部に設置したエアリフトによって飼育水を水平方向に回転させ、産出された卵を水槽中央部に集め、水面下約 20 cm に設置したホース (直径 40 mm) 4 本からサイフォン方式により水槽に隣接された採卵水槽内の採卵ネットにろ過収集して回収している。

卵管理 八重山事業場ではアルテミアふ化水槽 (容量 500 l) を用い、2,000 粒/l 以下の密度で卵を収容し、換水率を 14～18 回転/日に設定して卵管理を行っている。古満目事業場では、近縁種であるブリと同じ方法⁴⁾でふ化ネットを用いた卵管理を行っている。

仔魚の活力判定方法 ブリ¹¹⁴⁾で報告されている方法に準じて飢餓耐性試験を行い、算出した SAI を用いて活力評価の指標としている。

(7) シマアジ

親魚候補群の確保 古満目事業場と五島事業場 (2000 年以降技術開発を休止) で本種の親魚養成技術開発に取り組んできたが、従来は両事業場とも天然養成親魚を用いることが多かった。本種は天然親魚の入手が極めて困難であることから、人工養成親魚を用いた時期もあったが、遺伝的多様性を維持する観点から現在は行っていない。その後、古満目事業場では、事業場先で漁獲される天然稚魚を入手して親魚の養成を行っている。

日本近海に棲息する天然魚には遺伝学的に異なる 2 タイプがあることが指摘されている。すなわち、本州、四国および九州の太平洋沿岸に棲息するシマアジのほとんどが脊椎骨数 25 の A タイプと称される形態学的特徴を有するのに対して、小笠原周辺海域に棲息しているシマアジは脊椎骨数 24 の B タイプと報告されている^{115, 116)}。日裁協で養成した採卵用親魚はすべて脊椎骨数 25 の A タイプであった。

養成飼餌料 親魚の成熟過程に合わせて養成期 (6～10 月)、成熟期 (11 月～翌年 1 月) および産卵期 (2～5 月) の 3 段階に分けて異なる飼餌料を給餌している。養成期

には市販の配合飼料と冷凍生餌 (マアジ：マサバ：エビ (種不明)=2:1:1) を等量混合して作製したモイストペレットを、成熟期にはビタミン類を展着させた冷凍生餌 (マアジ：スルメイカ：エビ (種不明)=2:2:1) を、そして、産卵期には成熟期と同じメニューで、モイストペレットよりも嗜好性の強い生餌をそれぞれ給餌した。給餌は、原則として養成期と成熟期は週 3 回とし、産卵期には毎日行った。産卵期に毎日給餌したのは、VNN の予防対策として、多回産卵による産卵期間中の親魚の体力消耗を防ぐためである^{117, 118)}。

養成施設と飼育管理 日裁協における本種の親魚養成は、養成期と成熟期は海上小割生簀 (5×5×5 m) で、また、産卵期には陸上水槽 (実容量 65～90 kl) で行った。海上小割生簀および陸上水槽での親魚の収容密度は、それぞれ 2.2～3.6 kg/kl および 1.6～2.5 kg/kl であった。古満目事業場では金網生簀を用いて親魚養成を試み、*Caligus longipedis*¹¹⁹⁾ 寄生症⁶⁾ の対策に効果がみられた事例がある^{*12)}。

成熟制御 本種の成熟制御に関しては、日裁協ではあまり実績はないが、産卵期の早期化を目的として長日処理 (18L6D) が行われたことがある¹²⁰⁾。これはブリ親魚での成熟制御の事例¹²¹⁾を応用したもので、この手法により雌親魚の卵巣卵径の有意な増大が確かめられている。しかし、その後、本種の種苗生産の実施時期の早期化は必ずしも必要とされなかったため、近年では成熟制御に関する取り組みは特に行っていない。

産卵誘発 シマアジの産卵誘発方法としては、加温処理、加温とホルモンの併用処理および水温上限制御処理がある。このうち、加温処理には加温安定処理 (飼育水温を 22℃ に維持) と加温変動処理 (飼育水温を 20℃ と 22℃ に交互に変動) の 2 種類が報告されている¹²⁰⁾。ホルモンには HCG が用いられ、その投与量は 600 IU/kg が通常使用されている。水温上限制御処理 (20℃) は、飼育水温の極端な上昇による卵巣中の退行卵の出現時期を遅延させることによって、産卵期間の延長を図る目的で行われたものである。しかし、この処理を施すことにより、親魚の多回産卵を助長し産卵回数が多くなり過ぎるために体力消耗を引き起こし、ウイルス性疾病の防除対策の観点からは、むしろマイナスに作用すると考えられている¹²⁰⁾。

採卵 本種は天然養成親魚および人工養成親魚でそれぞれ 6 歳および 7 歳から産卵を開始する¹²⁰⁾。天然親魚の入手が極めて困難なことから、稚魚から親魚への養成に長期間を要し、同一親魚を複数年にわたって使用せざるを得ない。さらに本種は皮膚の糜爛等が発生しやすいことから、ハンドリングを伴う人工授精による採卵は、いずれの機関でも実施されていない。そのため、採卵はすべて水槽内での誘発産卵もしくは自然産卵により行われ、

*12) 虫明敬一未発表。

日裁協でも現在は良質な卵の大量確保が可能になっている¹²⁰⁾。水槽内に産卵された卵は、ホースを用いて隣接する採卵水槽に設置した採卵ネットで過収集する方式で回収している。

卵管理 採卵した卵は、メスシリンダーを用いて浮上卵と沈下卵に分離させる。容積法により卵数を求めた後に、浮上卵のみをアルテミアふ化水槽（容量 1 kL）に 240 万粒を上限¹²⁰⁾として収容する。卵管理中の適正な通気量および注水量は、それぞれ 700 ml/分および 6.5 l/分と考えられている¹²⁰⁾。

仔魚の活力判定 本種では、SAI による仔魚の活力評価が有効であることが報告されており¹²²⁾、種苗生産現場においてもこの手法が用いられている。

(8) クロマグロ

親魚候補群の確保 日裁協奄美事業場においては、現段階では親魚候補群にはすべて天然魚を用いている。漁獲された幼魚（当歳魚、全長 20～30 cm）を直接活け込む手法を開発し、60～80% 以上の生残率で親魚候補群を輸送できるようになった¹²³⁻¹²⁷⁾。これらの天然魚を成熟年齢（5 歳以上）まで養成し採卵用親魚としている。また、養殖業者が数年間飼育した天然養成親魚を使用する場合もある^{124, 125)}。一方、最近では養殖用種苗の供給を目的に、種苗生産した人工養成魚を用いて親魚養成を実施している機関もある。

養成飼餌料 日裁協では冷凍生餌を給餌しているが、その種類は親魚の年齢により変えている。すなわち、比較的高齢魚に対してはマサバやスルメイカを給餌し、若齢魚にはマアジやイカナゴを給餌している¹²⁵⁻¹³⁰⁾。これらの生餌にはすべてビタミン剤を展着させている。高齢になるほどマサバへの嗜好性が高くなる傾向がみられるとともに、サバ類は各種サイズが入手可能で経済性や栄養の観点から最も多く使用されている¹³¹⁾。また、モイストペレットのみを単独で給餌あるいはモイストペレットと生餌を併用して給餌している機関もある^{*13)}。さらに、人工配合飼料の使用も検討されているが、本種の栄養要求などの研究が十分に進んでいないこともあり、普及には至っていない¹³¹⁾。

養成施設と飼育管理 親魚が大型でハンドリングも極め

て困難であるため、現在のところ、葛西臨海水族園におけるドーナツ型水槽（2,200 kL）での産卵事例^{*14)}以外に陸上水槽で産卵した事例はない。そのため、多くの機関では周年にわたって海上施設で養成を行っている。海上施設には親魚の回遊に配慮して円型筏（直径 10～40 m、深さ 10～25 m）を使用する場合がほとんどである。日裁協ではこの他に小湾に仕切網を設置して、その区切られた海面（面積 139,500 m²）を利用した養成も行っている¹²⁵⁻¹³⁰⁾。なお、熊井¹³¹⁾によれば、本種の成長適水温は 15～28℃で、小割生簀での放養密度は 3～5 kg/kL 程度が適正であると報告されている。

成熟制御 成熟した親魚は海産魚の中でも特に大型サイズに達するため、事前に陸上水槽へ収容することは極めて困難である。そのため、成熟から産卵にかけての時期も海上施設でそのまま養成せざるを得ないことから、現状では親魚の成熟制御は技術的に困難であるため実施していない。しかし、成熟に関する基礎的な知見を集積する目的で、定期的な親魚のサンプリングを行い、成熟度調査^{124-130, 132, 133)}、血液性状検査^{126, 127, 129, 130)} および血中ホルモン濃度と精子あるいは卵形成過程との関連性の調査^{*15, *16)}等が行われている。

産卵誘発 日裁協では、注射器にホルモン（HCG を 10,000 IU）を封入し、吹き矢を利用したホルモンの注射方法を検討した事例はあるが¹²⁴⁾、投与の不確実性等から実用化には至っていない。なお、本種の場合には、産卵の成否は養成環境（特に水温）に大きく依存していると考えられ、大量の受精卵を安定して得る技術は確立されていない¹³¹⁾。しかし、日裁協では近年多くの受精卵が仕切網内で得られるようになり、2002 年には総採卵数で約 3.6 億粒（うち浮上卵数 3.5 億粒）が得られている^{*17)}。

採卵 本種の天然養成魚からの海上施設での採卵成功事例に関しては、日裁協奄美事業場での満 4 歳魚¹³⁴⁾の事例や、近畿大学水産研究所での満 5 歳魚^{*18)}や満 7 歳魚¹³⁵⁾の事例が報告されている。この満 7 歳魚での産卵では体重 21.3 kg の個体でも熟卵を有していたことが確認されている。

日裁協でも産卵期には生簀網から外海への卵の流出を防ぐため、海上円型筏（直径 40 m）の生簀網周囲にシー

*13 平田 博・遠藤文則・小林 忠・永井康豊・嶺 稔 (1995) 小型生簀における養成クロマグロの成熟と産卵について。平成 7 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 255.

*14 荒井 寛・児玉雅章・三森亮介 (2002) クロマグロの水槽内での産卵。平成 14 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 232.

*15 岡田 剛・朱 勇・川添一郎・渥美雅也・木村省二・尾形 茂・森脇俊尚・会田勝美 (1993) 養殖クロマグロ研究—I. 精子形成過程と血中ステロイドホルモン動態。平成 5 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 567.

*16 岡田 剛・朱 勇・川添一郎・渥美雅也・木村省二・尾形 茂・森脇俊尚・会田勝美 (1993) 養殖クロマグロ研究—II. 卵形成過程と血中ステロイドホルモン動態。平成 5 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 568.

*17 升間主計氏私信。

*18 原田輝雄・熊井英水・村田 修・中村元二・岡本 茂・乗田孝雄 (1979) クロマグロの人工種苗生産の研究—I. 養成クロマグロの成熟と産卵。昭和 54 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, pp. 85.

ト（深さ 4 m, UV シート製）を取り付け、夜間に集卵用の巻き網（深さ 55 cm×長さ 53 m, ナイロンネット製）とタモ網を用いて採卵を行っている¹²⁴⁻¹²⁹。また、仕切網内では、プランクトンネットを曳網して採卵を行っている。回収した卵は容量法により卵数を算出し、また、回収時の卵の発生ステージから産卵時刻を推定することが可能となっている¹²⁷。

卵管理 回収した卵は、浮上卵と沈下卵に分離させた後、浮上卵のみをアルテミアふ化水槽（0.5 kL）に 40 万粒を目安に収容している。受精からふ化までは水温 24～25℃では 30～40 時間を要する。また、卵発生^{*19-21}、卵の成分分析¹³⁰ およびふ化に及ぼす水温^{124, 136} や振動などの物理的影響¹²⁷ などの要素試験により多くの知見が得られつつある。

仔魚の活力判定 SAI による活力評価を試みているが、同一ロットでも値にばらつきが生じるため、実施方法の改善等が必要である^{127, 129, 130}。

(9) クロソイ

本種は他の魚種とは異なり、雌親魚が交尾（11 月）により雄親魚から獲得した精子を利用して卵巣腔内で卵を受精させ、体内で十分に成長した仔魚を産出する胎生魚である。そのため、親魚養成技術や本稿での言葉の使い方は他魚種とは若干異なる。

親魚候補群の確保 これまでは専ら種苗生産した人工養成魚での親魚養成を行ってきた。しかし、今後、親魚における遺伝的多様性を維持する観点から、天然親魚もしくは天然養成親魚を用いた親魚養成を行う必要がある。**養成飼餌料** 養成用餌料には冷凍魚を主体として給餌し、時に鮮魚を使用してきた。その種類はマアジが大半で、残りはチカ、スケトウダラ、カタクチイワシおよびマサバであった¹³⁷⁻¹⁴¹。また、若齢の親魚に対しては市販の配合飼料（ブリ用）を給餌して養成を行った事例もある¹³⁸。

養成施設と飼育管理 従来、親魚の養成用には大型円型水槽（150 kL）を、また、仔魚の産出用には小型水槽（10 kL）を使用してきた。現在もその手法は変えていない。仔魚の産出用水槽の上面を二重の寒冷紗で覆い、水槽内には隠れ場としてシェルターを設置している¹³⁷。

交尾と成熟制御 本種の雌親魚は交尾により雄親魚から獲得した精子を卵巣腔内に貯蔵し、産卵期になると卵巣腔内で卵を受精させ卵内発生を完了し、ふ化した仔魚を産出するという産卵生態を有する。これまでの水槽内で

の観察結果から、11 月初旬から 11 月中旬の水温 15℃前後の時期に追尾行動が観察されるとともに交尾も同時期に行われる^{139, 142}。この交尾に関しては、マイクロサテライト DNA を利用した家系判別により雌雄ともに複数個体と交尾していることが判明した¹⁴³。なお、親魚の成熟を制御するための処理は特に行っていない。

仔魚の産出誘発 雌親魚からの仔魚の産出を誘発するために、産出用小型水槽に収容した後は、飼育水温を自然水温（概ね 7～8℃）から約 1 ヶ月間かけて 13℃まで加温している。この手法を導入することにより、自然水温で養成する場合よりも約 1 ヶ月早く仔魚を産出させることが可能になった^{*22}。親魚の年齢別にみた仔魚の産出数は、14～16 歳魚で 1 尾当たり約 34 万尾でピークとなり、その後は加齢に伴って産出仔魚数が減少する傾向がみられた¹⁴²。本種では仔魚の産出の前兆として、産出の約 10～14 日前から急激な摂餌量の減少が観察され、産出の 1～2 日前に親魚はシェルターから出て水槽内の明るい場所へ定位する行動が観察される^{138, 144}。現在では、これらの行動を指標として、産出時期をほぼ特定することが可能となっている¹³⁸。なお、水槽に産出され回収された仔魚は、直ちに種苗生産用の水槽に収容されるため、他魚種で行っているような卵管理の工程は特に必要がない。

仔魚の活力判定 過去には飢餓耐性試験に基づく活力判定を試みたこともあるが、不適と判断された。現在は、回収された仔魚の遊泳行動を肉眼で観察し、不安定な遊泳行動を呈する個体の存在の有無により、仔魚の活力判定を行っている。その際、不安定な遊泳を示す個体を含むロットは種苗生産には不適と判定している^{*22}。

(10) オニオコゼ

親魚候補群の確保 親魚群には、天然養成親魚と人工養成親魚の両方を使用してきた。天然魚の搬入に当たっては、全長で 20～30 cm（体重 200～800 g）の個体で外傷がなく、活力の良い個体を選別している。日裁協では、瀬戸内海西部（愛媛県三崎産と愛媛県今治大浜産）と瀬戸内海東部（兵庫県明石浦産）で漁獲される個体を使用している¹⁴⁵⁻¹⁵⁵。これらの天然魚を用いた親魚養成には、購入した年に採卵用親魚として使用する短期養成と、1～2 年間養成を行った後に親魚として使用する長期養成とがある。他に種苗生産により得られた人工魚を育成した人工養成親魚（3 歳魚以上）も使用している^{146-148, 151-155}。

*19 木原 稔・椎名康彦・渥美雅也・木村省二・尾形 茂・川野儀頭・桐生耕造 (1993) 養殖クロマグロ研究—III. 産卵と卵発生. 平成 5 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 569.

*20 瀬岡 学・滝井健二・宮下 盛・田中祐志・熊井英水 (1995) 養成クロマグロ卵の発生に伴う化学成分と酵素活性の変動. 平成 7 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 259.

*21 遠藤文則・方波見 泰・川上高弘・永井康豊・嶺 稔 (1995) クロマグロ卵の発生に及ぼす環境変化の影響. 平成 7 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 263.

*22 中川雅弘氏私信.

養成飼餌料 天然魚を養成する群では、搬入直後から餌付け用にイカナゴ活魚を用い、その後、ビタミンA、Eおよびレシチンを展着させた小型の冷凍マアジを針金の先に取り付け動かして活魚のように見せかけて給餌している¹⁴⁵⁻¹⁵⁶。展着剤にアスタキサンチンを使用している報告もある¹⁵⁷。人工生産魚では、市販の配合飼料を給餌しているが¹⁵¹⁻¹⁵⁵、これまで配合飼料と冷凍生餌（マアジ：スルメイカ：オキアミ：カニ類=3:4:4:1）を等量混合した後にビタミン類を添加して作製したモイストペレットを給餌して養成した事例もある¹⁴⁶⁻¹⁴⁸。また、生きたエビ類やトラギス等を給餌した報告もある¹⁵⁸。

養成施設と飼育管理 周年にわたり陸上水槽を用いた養成を行っている。水槽は、容量14klの角型コンクリート水槽（水深1.8m）と同7klの角型コンクリート水槽（水深0.8m）を養成水槽として用いている。その際の飼育密度は4～5尾/klの場合がほとんどである¹⁴⁵⁻¹⁴⁸。また、養成水槽内には敷砂やレンガ（1個/kl）を投入するとともに、寒冷紗による遮光も行っている。

成熟制御 採卵は、天然魚の短期養成が主流であるため、特に成熟制御等の処理は行っていない。しかし、早期の種苗生産に供試することを目的とした採卵では、自然水温（18℃前後）から1℃/日の割合で22～23℃に加温して養成する事例も報告されている^{148, 159}。

産卵誘発 基本的に産卵誘発処理を施さない自然産卵であるが、飼育水温（17～19℃）を加温（2℃）する加温刺激による採卵を試みるにより、比較的安定した採卵成績を得ている事例もある¹⁵⁸。

採卵 産出された卵は、飼育水のオーバーフローにより採卵ネットにろ過収集する方法で回収している。回収された卵をメスシリンダー内で浮上卵と沈下卵に分離し、容積法により卵数を算出している。

卵管理 アルテミアふ化水槽（500l）とふ化ネットを使用し、10～50万粒/kl程度の収容密度で卵管理を行っている。ふ化水温は自然水温（19～25℃）とし、ふ化完了まで24～48時間を要する。産卵後期（水温27℃以上）ではふ化率が低下するが、水温を23～25℃まで低下させることで産卵盛期と同様なふ化率が得られることが報告されている¹⁶⁰。

仔魚の活力判定 これまでは、仔魚のSAIが高いほど飼育成績も良好であることが経験的に知られているが、最近では仔魚の活力判定は特に実施されていない。

(11) ヒラメ

親魚候補群の確保 従来、日裁協では親魚群には人工養成親魚を主として使用してきた。しかし、遺伝的多様性の問題から、近年では事業場の地先海面で漁獲される天然未成魚を養成した天然養成親魚を産卵に供している。天然未成魚の養成には、養成水温を自然水温（約12℃）から16℃前後に加温し、搬入直後から毎日給餌する方法

に改善することによって、天然魚の餌付けに成功している¹⁶¹。

養成飼餌料 従来、日裁協でもイカナゴ、マアジ、スルメイカおよびオキアミなどの冷凍生餌と配合飼料を等量混合して作製したモイストペレットを主体に給餌した時期もあった。このモイストペレットに総合ビタミン剤、ビタミンEおよびリン脂質を添加し、特に、レシチンを添加することにより、総採卵数、受精率およびふ化率の向上が認められた^{162, 163}。その後、ビタミン類を展着した冷凍マアジとの餌料比較試験を行ったところ、冷凍マアジの単独給餌区の方が良好な採卵結果が得られた¹⁶⁴。そのため、モイストペレット作製に要する労力の省力化を図ることを目的に、冷凍マアジの単独給餌に切り替えた経緯がある。しかし、冷凍生餌の単独給餌は栄養性疾患を誘発することがブリでは報告されている¹⁶⁵⁻¹⁶⁸ことや近年生餌に由来する病原微生物、特にウイルスの経口感染の可能性も懸念されること⁴から、ヒラメにおいても、今後配合飼料給餌による親魚養成技術を開発する必要があるものと考えられる。

養成施設と飼育管理 日裁協では、主として周年陸上水槽（20～100kl）を用いた養成を行う場合が多い。しかし、伯方島事業場では産卵期のみ陸上水槽に収容し、それ以外の期間は海上小割生簀で養成を行っている事例もある。陸上水槽での親魚の収容密度は3kg/kl前後、収容性比は雌：雄=1:1あるいは1:2で養成している事例が多い。陸上水槽の底に砂を敷いたり、海面小割生簀の底部にキャンバス地を取り付けて親魚養成を行うことも検討したが、これらの方法では、水槽内あるいは生簀内における親魚の行動観察が困難で、疾病が発生した時の死亡魚の確認や適正な処置を行い難い等の欠点も指摘されている¹⁶⁴。伯方島事業場では若齡魚の養成には海面生簀（2×2×2m）も使用している。

近年、ヒラメ天然資源への影響が懸念され大きな問題となっている吸血性単生類 *Neoheterobothrium hirame*¹⁶⁹ によるネオヘテロボツリウム症^{170, 171}（以前は貧血症と仮称）の対策として、飼育水を環流させることによって残餌や排泄物とともに水槽内に産出された *N. hirame* の卵やふ化後の未成熟虫も併せて水槽中央部に集め、水槽底部から排水することにより、*N. hirame* の未成熟虫のヒラメ親魚への感染を防除できることが分かった^{*23}。

成熟制御 採卵を行う2～3ヵ月前から親魚の飼育水温を産卵水温である15～16℃まで段階的に加温することにより、親魚の成熟を促進させる方法¹⁷²が確立され、現在では一般的に採用されている。この手法により、本種の産卵時期を約2ヵ月早められるようになった。また、周年にわたる環境条件（日長と水温）を制御することにより、非産卵期における採卵も可能になりつつある¹⁷³。すなわち、産卵期以外の日長条件および水温条件をそれ

*23 本藤 靖未発表。

ぞれ 8L16D および 22℃とし、産卵期にはこれらの条件をそれぞれ 14L10D および 16℃に設定することにより、卵質には問題が残されるものの、8月初旬からの採卵も可能になりつつある。

採卵 産卵水槽からホース（直径 50 mm）を用いたサイフォン方式で隣接する採卵槽に導いて採卵している。採卵水槽には採卵ネットを 2～4 個設置している。

卵管理 従来、一時期ではあるが、得られた受精卵をそのまま種苗生産水槽に収容する卵収容を行っていたが、水槽内でのふ化率が一定しなかった。そのため、現在ではアルテミアふ化水槽（0.5 kl）に卵を収容し、水温を 15～16℃に調温した海水を用いて流水条件下でふ化させている。収容卵数は 100 万粒/kl を目安としている。この手法により、種苗生産に供するふ化仔魚が安定して確保できるようになった。

仔魚の活力判定 種苗生産に供するふ化仔魚の質的評価をできるだけ早い段階で把握できることが求められている。そのため、卵での評価を試みたことがあるが、現段階ではこの方法は確立されていない。したがって、今のところ仔魚の活力に関しては SAI により判定している。

(12) ホシガレイ

親魚候補群の確保 宮古事業場では、1989 年から本種の自然産卵、誘発産卵および人工授精試験を行った¹⁷⁴⁾。伯方島事業場では 1996 年から自然産卵と人工授精試験を行った。両事業場とも、各試験には天然養成親魚と人工養成親魚の両方を用いた。親魚の大きさは、雌の全長および体重は 40～60 cm および 1.0～4.2 kg であり、雄はそれぞれ 36～40 cm および 0.6～0.9 kg であった。

養成飼餌料 宮古事業場では、天然養成親魚の餌料に冷凍マアジの切り身とオキアミを、人工養成親魚には市販のドライペレットを用いて 3回/週の頻度で給餌した。伯方島事業場では、冷凍オキアミ、冷凍アカエビおよび活きたアカエビを毎日給餌した。ホシガレイの成熟と産卵時期の適正な給餌方法（餌の種類や給餌頻度）に関する詳細な検討は、今のところ行われていない。

養成施設と飼育管理 小型水槽（2 kl の FRP 製、10 あるいは 15 kl のコンクリート製）では、天然養成親魚と人工養成親魚のいずれからも自然産卵により受精卵が得られた。しかし、受精率が低く、また胚体形成期で卵発生が停止する卵が多く、ふ化率も低かった。水槽底部に砂（CB ろ材セラミック球状品、粒径 2.5～6 mm、東名実業製）を敷いた試験区では、敷かなかった対照区に比べ、産卵回数および産卵数とも増加した¹⁷⁵⁾。しかし、得られた卵のふ化率は低かった。水槽底部に砂を敷くことは、卵質の向上には直接つながらなかったものの、親魚の状態を良好に保つ上で重要な条件の一つであることが示唆された。

天然養成親魚を用いて、角型コンクリート水槽（150 kl）で産卵試験を行った結果、115～220 万粒と比較的まとまった数の卵を得ることはできたものの¹⁷⁶⁾、受精卵数

に対するふ化率は約 60% と低く、卵質に問題が残された¹⁷⁷⁾。しかし、この水槽では産卵前日に追尾行動が頻繁に観察されたことや円型キャンパス水槽（30 kl）でも同様の行動が観察されたこと^{175, 176)}から、本種の産卵には水槽の大きさや形状も影響を及ぼすと考えられた。

成熟制御 人工養成親魚の成熟調査では、卵巢重量は 2 歳魚の 10 月から増加し、3 歳魚の 1 月に最大となり¹⁷⁸⁾、卵巢卵の成熟度調査から排卵周期は 3～4 日であると推定された¹⁷⁹⁾。ホルモン剤による成熟促進効果については、同属のマツカワで LHRH-a の投与により採卵可能な時期が早まったこと¹⁸⁰⁾から、ホシガレイでも早期採卵技術の開発に向けて同様の処理技術を応用できる可能性がある。

産卵誘発 採卵は自然産卵と人工授精により行われている。自然産卵は 1 月から 3 月末の間に観察された。ホシガレイの産卵は水温に大きく影響され、水温 7℃以下では産卵数が減少し、10℃を下限として水温を維持すると排卵は認められるものの、産卵に至らない個体が出現した¹⁷⁶⁾。自然産卵における人工養成親魚の受精率とふ化率は、天然養成親魚に比べて低い傾向が認められた。これは人工養成親魚に眼位異常個体が多く、これが正常な追尾行動を妨げている原因の一つと推察された¹⁷⁶⁾。人工授精では、人工養成親魚の方が受精率およびふ化率とも高い傾向が認められたが、その理由は不明である。

現在、自然産卵において良質卵を安定して確保する技術は確立されていないが、人工授精では排卵周期に合わせて採卵することにより良質卵を得ることが可能となった¹⁸⁰⁾。そのため、種苗生産に供する卵は人工授精により確保されている。

採卵 自然産卵試験には円型キャンパス水槽（30～80 kl）を使用している。産出された卵は、水槽中央部に取り付けた排水口（直径 100 mm）からオーバーフロー方式により、飼育水を隣接した水槽（400 l）に導入し、採卵ネットを用いて回収している。人工授精は、乾燥させた容器に卵を搾出し複数個体の精子で媒精させて行った（乾導法）。その後、容器に海水を満たし 1 時間静置した後、アルテミアふ化水槽（500 l）へ収容した。なお、卵の搾出では卵巢内の卵を可能な限り排出すること、排卵周期にあわせて採卵することが採卵数の増加と卵質の向上に有効であった。

卵管理 自然産卵と人工授精で得られた卵を容量法で計数した。卵管理には前出のふ化水槽を用いた。卵管理時の最適水温は 10℃である^{178, 181)}。ふ化時の塩分濃度は、60～100‰ 海水の範囲ではふ化率に顕著な差は認められず、100‰ 海水で問題ないとされている¹⁷⁸⁾。

仔魚の活力評価 SAI と受精率およびふ化率との間に特に関連性は認められなかった¹⁸²⁾。SAI と初期生残率との関係は詳細には調べられていないが、本種の場合には SAI は仔魚の活力判定の指標にはならないと考えられた。

(13) マツカワ

親魚候補群の確保 本種の天然魚は北海道の襟裳岬より東側の海域で、主に小型定置網および刺網により漁獲されている。しかし、近年では希少種に選定¹⁸³⁾されるほど資源量は減少している。そのため、天然魚を用いて親魚養成を行うことは極めて困難な状況にある。したがって、天然魚を親魚として種苗生産された人工魚を種苗生産用の親魚候補群として養成せざるを得ない。現在は天然養成親魚と人工養成親魚との割合はおおよそ1:3である¹⁸⁴⁾。

養成飼餌料 親魚養成用の飼餌料として、魚粉をオキアミミールに代替した特製ヒラメ用配合飼料（日本農産製）と冷凍魚介類（オキアミ：キュウリウオ：スルメイカ=7:4:2）とを等量混合して造粒したモイストペレットが使用されている¹⁸⁵⁾。しかし、水温の低下（8℃以下）に伴い摂餌活動が鈍った場合には、生鮮または冷凍魚類（チカ）および甲殻類（エビジャコ）などを給餌している¹⁸⁴⁾。

養成施設と飼育管理 親魚の養成には周年にわたって陸上水槽（40～50 kI）が使用されている。本種の親魚養成では、親魚の収容（12月）から産卵の終了（翌年6月）までの間、親魚の水槽替えは行わず同一水槽で飼育している。水槽の形状は、これまでの試験結果から底面積が広く、水深が浅い水槽が望ましいと考えられている¹⁸⁶⁾。

成熟制御 水槽内における親魚の成熟制御は特に行われていない。

産卵誘発 親魚の養成水温を自然水温から2℃加温することにより、水槽内での自然産卵の成功事例が報告されている¹⁸⁷⁾。

採卵 これまで産卵水温や親魚の収容性比などの検討も行ったが、種苗生産に供するほど十分な数の受精卵を確保することはできなかった。そのため、人工授精による採卵に依存せざるを得なかった。本種では平均3.5日の排卵周期を利用した効率的な人工授精法（乾導法）が開発されている¹⁸⁸⁾。しかし、人工授精による採卵では、親魚へのダメージが大きいことや1シーズンに数回採卵することには難点があるため、自然産卵手法の確立が望まれる。

卵管理 得られた卵は高塩分濃度（35 psu）の海水中で浮上卵と沈下卵に分離させ、浮上卵のみをアルテミアふ化水槽（200 l）に収容し流水条件下（7 l/分）で卵管理を行っている¹⁸⁴⁾。水温は6℃から徐々に加温し、8℃に達した以降はこれを維持している。この方式で管理した時の卵発生に関しては渡辺・鈴木¹⁸⁵⁾により詳細に調べられている。水温6℃あるいは8℃に保ち管理した時のふ化までの所要日数は、それぞれ14日間あるいは9日間と報告されている¹⁸⁹⁾。

仔魚の活力判定 過去に飢餓耐性試験が行われたことはあるが、ふ化まであるいは開口までの所要日数が長いことからSAIにより仔魚の活力を判定するのは不適と判

断された。その後は特に行われていない。

(14) ヤナギムシガレイ

親魚候補群の確保 日裁協では、1985年までは新潟県、福井県、京都府あるいは山口県の各沿岸海域^{190, 191)}、1986年以降は福井県高浜で漁獲された天然魚を親魚候補群として養成してきた。また、2000年からは新潟県が実績¹⁹²⁻¹⁹⁷⁾を挙げている同県筒石からの天然魚も入手し養成している。これらの天然魚の漁法は、主として小型底曳網と刺網であるが、本種が外傷に対して極めて脆弱であるため、1992年までは搬入した天然魚のほとんどが死亡した。しかし、近年ではニフルスチレン酸ナトリウムによる薬浴の実施等により、生残率が徐々に向上してきている。

養成飼餌料 天然魚では、これまでイソスジェビ、オキアミ、ゴカイあるいはアミ類を用いた餌付けが可能になっている¹⁹¹⁾。また、1～4年間養成した天然養成親魚では、配合飼料への餌付けに成功している¹⁹⁸⁾。人工養成親魚では、生餌主体の給餌から配合飼料の単独給餌に切り替えることにより、生残率の向上が確認された¹⁹⁹⁾。1999年に栄養障害と思われる死亡があり、最近ではアミ類を併用した給餌を行っている。

養成施設と飼育管理 本種は冷水性異体類であるため、飼育水温は10～13℃に設定する必要がある。夏期には、飼育用水を冷却する必要がある。1980年代は小型冷却機による冷却を行っていた。1991年には水質維持のため簡易生物濾過槽を²⁰⁰⁾、また、1996年からは紫外線殺菌装置をそれぞれ設置した¹⁹⁹⁾。さらに、1997年からは冷却設備とオゾン殺菌装置を備えた閉鎖循環式の親魚養成施設が整備され、6 kI水槽4面を用いた長期養成を行っている¹⁹⁸⁾。

成熟制御 産卵期前の加温処理¹⁹⁸⁾や長日処理（14L10D）²⁰¹⁾により成熟の促進あるいは産卵の誘発が助長される可能性が示唆されている。

産卵誘発 卵黄形成後期の雌親魚にHCGを300 IU/kg注射すると、48～96時間後には産卵が誘発されることが確認されている。また、最終成熟期に達した雌親魚にHCGを注射すると、卵巣卵の吸水により体重が15～20%増加した時点で産卵が誘発され、同一個体から24～48時間の間隔で繰り返し採卵が可能である。これらの知見を応用して、HCG注射を用いた人工授精による採卵が可能になってきた¹⁹⁸⁾。

採卵 採卵は、主として漁獲直後の天然親魚を用いて人工授精（乾導法）により行っているが、天然の成熟親魚に依存しているため、大量の卵を得ることは困難である。自然産卵や誘発産卵に関しては技術的には確立されていないが、水槽内で産出された卵はオーバーフロー方式により採卵ネットですら過収集して回収している。

卵管理 得られた卵は、ふ化用水槽（500 kI）に設置した小型のふ化ネット（容量30 l）に卵を1～2万粒を目安に収容し、卵がネット内をゆっくり回る程度の微弱な換水

(1~2 l/分)と通気(500 ml/分)を施しながらふ化まで管理している。

仔魚の活力判定 ふ化仔魚が得られた年には飢餓耐性試験によりSAIを算出して活力評価を行ってきた。無給餌飼育において、供試尾数の半数が死亡するまでの日数が短いロットほど、通常の飼育ではワムシを摂餌する個体の出現が遅い傾向がみられた事例もあったが²⁰²⁾、顕著な再現性は認められていない。

(15) トラフグ

親魚候補群の確保 天然親魚、天然養成親魚および人工養成親魚を親魚群として使用している。日裁協屋島事業場では、天然親魚は、瀬戸内海中部で漁獲され香川県高松市あるいは岡山県倉敷市に水揚げされた成熟卵を持つ親魚を購入している。天然養成親魚については、瀬戸内海中部(香川県三豊郡仁尾)の小型定置網で漁獲された天然1歳魚(150~300 g)を2~4年間養成して使用している。一方、人工養成親魚は、種苗生産で得られた種苗を体重700~1,000 g(2~5歳魚)まで飼育して採卵に使用しているが、採卵試験のみで種苗生産には使用していない²⁰³⁻²¹²⁾。

養成飼餌料 日裁協では、餌付け時に冷凍イカ類と冷凍エビ類を使用し、その後、冷凍マアジ、冷凍アミ類および冷凍イカ類に総合ビタミン類を添加したモイストペレットを週5回給餌している²¹²⁾。また、モイストペレットと生餌(マサバ、イカ類およびオキアミ)を併用して給餌し²¹³⁻²¹⁵⁾、成熟期から採卵終了までの間のみ、生餌にビタミンAを添加する機関もある²¹⁶⁾。

養成施設と飼育管理 海上での養成には小割生簀を用い、冬期の水温が10℃以下になる場合を除き、2歳魚までこの方式で養成している。3歳魚以降は陸上水槽(角型;容量30~40 kl)に10~20尾/槽の密度で収容している。越夏対策としては、水温25℃以上にならないように飼育水を冷却した事例²¹⁷⁾もある。また、白点病等の寄生虫対策には、銅イオン発生装置を用いることで効果が得られている(銅イオン濃度;30~60 µg/l)。さらに、ヘテロボツリウム症⁶⁾の防除対策として、*Heterobothrium okamotoi*の感染環の遮断を目的に水槽内にモジ網を垂下し、定期的な網交換により網に付着した卵を除去している²¹²⁾。

成熟制御 親魚養成中の最低水温を10℃に設定し、その後徐々に17℃に加温し、この水温を約2ヵ月間維持して、天然魚より約1ヵ月早く成熟するようになった²⁰⁵⁻²¹²⁾。また、1月から6月の養成期間中に16時から24時までの8時間の長日処理を実施した機関もある²¹⁶⁾。

産卵誘発 HCG、シロザケの脳下垂体抽出物あるいはLHRH-aを用い、これらのホルモンの単独あるいは併用により、天然親魚²¹⁸⁻²²¹⁾や人工養成親魚^{213-215, 222)}に対しての産卵誘発に関する研究が多くの機関で行われている。天然養成親魚を用いた事例では、卵巣卵径が800 µm

以上に達した個体にLHRH-aを400 µg/kgの割合で投与し、卵巣卵径が増大しない個体には、HCGを700 IU/kgの割合で再度注射する方法により採卵が行われている²¹²⁾。

採卵 本種からの採卵は、多くの場合、乾導法²¹²⁾あるいは湿導法²¹⁴⁾による人工授精で行われている。採卵のタイミングには、腹部の触診と魚体重の増重の把握が重要である。採卵直前には親魚を小型水槽(容量2~4 kl前後)に収容し、5時間ごとの腹部の触診と体重測定により排卵の確認を行い、人工授精を行っている²¹⁰⁻²¹²⁾。卵数は1 g当り670粒を基準とし、重量法により算出している。また、卵膜が不透明で発生状況が確認しにくいので、次亜塩素酸ナトリウムを用いて卵膜外層を除去する方法も報告されている²²³⁾。

卵管理 アルテミアふ化水槽(0.25, 0.5および1 kl)を使用して、卵の収容密度は10~50万粒/klの割合としている。卵管理中の平均水温16.9℃(16.2~17.3℃)では、受精後8~9日目で最初のふ化が始まる。ふ化時刻に光(明暗)が関与している可能性があることが報告されている²²⁴⁾。

仔魚の活力判定 これまではSAIを算出して評価していたが、近年、仔魚等の活力判定は特に実施されていない。

4. 今後の課題

上述した日裁協における各魚種の親魚養成技術開発において、今後の取り組みが必要な課題を魚種別に取りまとめ表3に示す。これらの課題を魚種横断的にみると、良質卵の確保、疾病防除技術の確立、親魚の成熟機構の解明、いわゆる早期採卵を含めた計画的な採卵、親魚や仔魚の健全性評価および親魚養成用飼餌料の開発の順に重要度が高いと判断される。また、現段階ではその取り組みが開始されたばかりであるが、遺伝的多様性を保持するための採卵手法に関する課題も、今後さらに重要になってくると考えられる。

良質卵の確保に関しては、すべての魚種において技術開発当初からその重要性が指摘されてきた課題ではあるが、今なお多くの魚種で重要な課題として残されている。健全で良質な卵を安定的かつ大量に確保することは親魚養成の大きな目標であるが、これにさらに計画的な採卵をも含め、種苗生産の計画に合わせて卵が必要な時にいつでも入手できるような親魚養成技術が最も重要視とされていると言えよう。

次に、親魚養成過程における疾病、特にウイルス性疾病の防除を考慮した親魚養成手法の確立が重要な課題として挙げられる。ウイルスの感染経路には垂直伝播と水平伝播とがあるが、親魚養成過程において特に問題視されるのは垂直伝播である。その理由として次の二つが考えられる。一つは、魚類でもウイルスが卵(受精卵)を

表 3. 日裁協の親魚養成技術開発における今後の課題

魚種名	技術開発課題名								その他
	成熟機構の 解明	健全性の 評価	養成 飼餌料 の開発	良質卵 の確保	計画的 な採卵*1	自然 産卵手法 の確立	疾病防除 技術の 確立	遺伝的 多様性 の保持	
ニシン				●					効率的な人工授精技術の開発
マダラ			●	●	●		●(VNN)*2		成熟の同調化手法の開発
キジハタ	●	●		●	●		●(VNN)		産卵誘引フェロモンの利用
クエ	●			●	●	●	●(VNN)		親魚の成熟度判定手法の開発 凍結精子を用いた人工授精法の開発 退行変性卵塊の摘出方法の開発
スジアラ	●			●	●		●(卵内寄生 虫感染症)		月齢と卵質との関係解明
アカアマダイ				●	●	●			天然親魚の複数年利用
カンパチ		●		●	●				成熟開始および排卵の適正水温の把握
シマアジ	●		●				(マダイイ ●リドウィ ルス病)		多回産卵機構の解明
ブリ		●	●		●		●(VA)		親魚の成熟度判定手法の開発 優良親魚育種技術の開発
クロマグロ	●		●	●	●			●	親魚のハンドリング技術の開発 小型親魚の養成技術の開発
クロソイ	●	●		●					仔魚の産出に關与する要因の検討
オニオコゼ	●		●	●			●(白点病)		効率的採卵手法の開発
ヒラメ		●	●		●		●(VNN, VHS)	●	配合飼料給餌による養成技術の開発
ホシガレイ	●			●		●			産卵水槽の改良
マツカワ						●		●	
ヤナギムシガレイ			●						循環飼育手法の開発
トラフグ	●		●			●	●(口白症)		

*1 通常の採卵時期よりも早い時期での採卵（いわゆる早期採卵）を含む。

*2 () 内の疾病名は、卵内寄生虫感染症を除き日本魚病学会で選定された名称で親魚養成過程で防除対策の開発を必要とする疾病名を示す。

なお、VNN、VA および VHS は、それぞれウイルス性神経壊死症、ウイルス性腹水症およびウイルス性出血性敗血症を示す。

介して親魚から仔魚へ伝播するが、親魚自体が感染源になり得る可能性が高いことである。もう一つは、魚類では雌1尾の産卵数は鳥類や昆虫類に比べて遥かに多いため、垂直伝播が起こる確率は概して低い。しかし、江草²²⁵⁾が指摘しているように、ふ化後に濃密な集団で飼育され、水という水平伝播が起こりやすい環境も助長してごく一部の個体にでも垂直伝播による疾病が発生すると、たちまち蔓延し、飼育過程において甚大な被害を及ぼす結果を招くことは留意すべきことである。したがって、垂直伝播の防除は鳥類や昆虫類に比べてはるかに重要な問題である²²⁵⁾。ウイルス性疾病には、細菌性疾病のように化学療法剤や抗生物質が効かないだけに、疾病の蔓延を防除するには、その感染環を遮断する以外に方法はない。そのため、シマアジの VNN^{11, 12)} の防除対策^{117, 226, 227)} やクルマエビの急性ウイルス血症²²⁸⁾ の防除

対策^{229, 230)} において報告されているように、いかにして親魚にストレス負荷をかけず生体内でウイルスを増殖させないような飼育管理手法を開発することが重要である。親魚に過度のストレス負荷をかけて体内でウイルスを増殖させることは、種苗生産過程における疾病発生の危険度を大きく増大させる誘因となり、ひいては種苗生産現場全体のウイルスの現存量を上昇させ、壊滅的な被害をもたらすことにもなりかねないので、十分な配慮が必要である。

三つ目に、産卵試験に供試する親魚からいかに効率良く採卵するかについて、その魚種の繁殖特性、特に成熟機構を解明するための基礎的試験が必要である。そのため、生理学、生態学および行動学等の基礎的研究分野からのアプローチが必要となる。この課題に関しては、基礎的研究の成果があって初めてその上に成り立つ

ものと考えられる。

四つ目に、親魚や卵・仔魚の健全性の評価が挙げられる。健全性や活力という概念は感覚的に理解したり、経験的に捉えることは可能であるが、何かの指標を用いて数値的に表現しない限り科学的な検討対象とすることはできない。一般に養成した親魚の評価手法を確立することは、科学的根拠に基づいた親魚養成技術の確立とその合理化を図る上でも重要な技術開発項目である。親魚では魚類血液の生化学的性状を指標とした親魚の評価手法が確立でき、それらを親魚養成へフィードバックすることによってより効率的な親魚養成技術の開発が期待できる。また、その考え方は多くの魚種に応用可能である。

仔魚の評価に関しては、各魚種の項で述べた通り、飢餓耐性試験により算出される SAI が有効な魚種もある。一方、近年では核酸比 (RNA/DNA) 等による生化学的手法を用いた稚仔魚の活力判定が試みられているが^{231, 232)}、まだ生産現場で実用可能な技術レベルまでには至っていない。また、生態的アプローチ (仔魚の遊泳力や浮力) や仔魚の乾燥重量の測定による活力の判定手法についても検討する余地が残されている。

親魚養成の中でも最も基礎となる重要な課題の一つとして、親魚養成用の飼餌料の開発が挙げられる。現段階までに対象とする海産魚用に開発された飼餌料に関する報告はそれほど多くない。これまで冷凍生餌を主体とした餌料の給餌が行われてきたが、生餌給餌による親魚養成技術開発にはさまざまな問題点があることは前に述べた通りである。今後、その魚種の栄養要求に見合ったモイストペレットや配合飼料の開発が必要である。この最も基礎となる課題を克服しない限り、養成親魚からの安定した採卵は望めないと言っても過言ではない。

最後に、今後さらに重要性が増してくる課題として、遺伝的多様性を保持することに配慮した種苗生産を実施するための採卵技術の開発が挙げられよう。近年、人工種苗の放流による天然海域における生態系の攪乱が懸念されているが^{24, 25)}、そのような事態に陥らないためにも、種苗生産の出発点となる親魚養成の段階からの検討が重要と考えられる。

5. おわりに

これまでの過去 10 年間にわたり取り組んできた親魚養成技術開発対象種のうち 15 魚種について、主として日裁協における現状を項目別に取りまとめるとともに、今後取り組むべき課題について考察した。各魚種での現

状を顧みると、これまでは断片的な成果が主体であったこともあり、親魚養成を技術的に体系立って取りまとめるには、決して十分な結果が得られているとはいえない。今後の技術開発を進める上では、各魚種に固有あるいは魚種間で共通の基礎的研究課題だけを深く追求しても親魚養成の全体像を捉えることはできない。個々の基礎的課題で得られた成果を技術開発に応用しながら種苗生産現場でその実証を行い、それを通して技術の体系化を図ることによって、はじめてその魚種における親魚養成技術が確立されると言っても過言ではない。

謝 辞

稿を終るに当たり、当該チームの活動に常日頃から叱咤激励を頂くとともに、本稿を取りまとめる機会を与えて頂き貴重な御助言を賜りました日裁協本部の古澤徹常務理事ならびに原稿をお読み頂き種々の有益な御助言を賜りました本部の廣瀬慶二参与に深謝致します。また、本稿で取り上げた魚種のうち 7 種について、天然魚における生態学的知見あるいは養成親魚における技術開発成果に関して、貴重な御助言や情報を御提供頂いた玉野事業場の丸山敬悟場長、奄美事業場の升間主計場長、伯方島事業場の島 康洋場長、小浜事業場の塩澤聡場長、八重山事業場の與世田兼三主任技術員、宮古事業場の有瀧真人主任技術員、能登島事業場の渡辺研一主任技術員ならびに宮古事業場の中川雅弘技術員に感謝致します。

文 献

- 1) 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). 105 pp.
- 2) 松原喜代松・落合 明・岩井 保 (1995) 新版魚類学 (上). 恒星社厚生閣, 東京, pp. 258-261.
- 3) 日本水産学会 (2001) 1. 魚類. 水産生物和名・学名・英名一覧 (水産学用語辞典, 日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 381-393.
- 4) 日本栽培漁業協会 (1999) ブリの親魚養成技術開発. 栽培漁業技術シリーズ, 5, 日本栽培漁業協会, 東京, 72 pp.
- 5) 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, 日本栽培漁業協会, 東京, 100 pp.
- 6) 日本魚病学会 (2000) 選定された魚病名 (2000 年改訂). 魚病研究, 35, 235-243.
- 7) 落合 明・田中 克 (1998) 新版魚類学 (下). 恒星社厚生閣, 東京, 1139 pp.
- 8) 会田勝美・石井丈夫・井田 齋・岩井 保・沖山宗雄・

^{*24} Leber, K. M. (2002) Marine stock enhancement in the United States: Status, trend and needs. Book of abstracts in Second Inter-national Symposium on Stock Enhancement and Sea Ranching, Kobe, Japan, pp. 18.

^{*25} Taniguchi, N. (2002) Availability of genetic information of hypersensitive DNA markers for hatchery stock management and wild stock conservation. Book of abstracts in Second Inter-national Symposium on Stock Enhancement and Sea Ranching, Kobe, Japan, pp. 67.

- 川口弘一・佐野光彦・清水 誠・鈴木 譲・須田有輔・多紀保彦・谷内 透・二村義八朗・能勢幸雄・橋本周久・羽生 功・馬場 治・日野明德・松下克己・望月賢二・山岡耕作・山口勝己・若林久嗣 (1989) 魚の事典 (能勢幸雄・羽生 功・岩井 保・清水 誠編). 東京堂出版, 東京, 522 pp.
- 9) 新聞脩子・辻ヶ堂 諒 (1981) カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報, No. 2, pp. 11-20.
 - 10) YOSHIKOSHI, K. and K. INOUE (1990) Viral nervous necrosis in hatchery-reared larvae and juveniles of Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel). *J. Fish Dis.*, **13**, 69-77.
 - 11) 有元 操・丸山敬悟・古澤 巖 (1994) シマアジのウイルス性神経壊死症の発生状況. 魚病研究, **29**, 19-24.
 - 12) 室賀清邦・古澤 徹・古澤 巖 (1998) シマアジのウイルス性神経壊死症 (総説). 水産増殖, **46**, 473-480.
 - 13) MORI, K., T. NAKAI, K. MUROGA, M. ARIMOTO, K. MUSHIAKE and I. FURUSAWA (1992) Properties of a new virus belonging to Nodaviridae found in larval striped jack (*Pseudocaranx dentex*) with nervous necrosis. *Virology*, **187**, 368-371.
 - 14) 山本和久 (1998) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 49.
 - 15) 山本和久 (1999) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 51-53.
 - 16) 小林真人 (1996) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 35-36.
 - 17) 高島信一・横山信一 (1998) 特定海域新魚種定着促進技術開発事業 (マダラ). 平成 9 年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, pp. 89-98.
 - 18) 横山信一・高島信一 (1999) 特定海域新魚種定着促進技術開発事業 (マダラ). 平成 10 年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, pp. 110-116.
 - 19) 横山信一・高島信一 (2000) 特定海域新魚種定着促進技術開発事業 (マダラ). 平成 11 年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, pp. 84-98.
 - 20) 横山信一・清水洋平 (2001) 放流基礎調査事業 (マダラ). 平成 12 年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, pp. 66-77.
 - 21) 山本和久 (2001) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 55-56.
 - 22) 山本和久 (2000) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 58-62.
 - 23) 能登島事業場 (1984) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 58 年度), pp. 36-37.
 - 24) 中野昌次 (1986) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 60 年度), pp. 40-41.
 - 25) 能登島事業場 (1985) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 59 年度), pp. 47-48.
 - 26) 與世田兼三 (1991) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成元年度), pp. 43-44.
 - 27) 與世田兼三 (1992) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 45.
 - 28) 與世田兼三 (1994) III-1 成体の確保と採卵, マダラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 35-37.
 - 29) 萱野泰久・尾田 正 (1994) 人工生産したキジハタの成長と産卵. 水産増殖, **42**, 419-425.
 - 30) 奥村重信 (1996) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 28-29.
 - 31) 関谷幸生・奥村重信・渡辺 税 (1997) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 35-36.
 - 32) 奥村重信 (1998) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 35-37.
 - 33) 佐藤 博 (1999) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 40-41.
 - 34) 佐藤 博 (2000) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 44-46.
 - 35) 佐藤 博 (2001) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 45-46.
 - 36) 萱野泰久 (1996) キジハタ養成親魚の産卵量の経年変化. 栽培技研, **25**, 47-52.
 - 37) 萱野泰久・何 玉環・原 隆・福永丈人 (1998) 年齢組成の異なるキジハタ親魚群の自然産出卵の卵質. 水産増殖, **46**, 213-218.
 - 38) 濱本俊策・横川浩治・棚野元秀 (1986) キジハタの親魚養成と卵質判定に関する問題点. 香川水試研報, **2**, 13-22.
 - 39) 吉田儀弘 (1988) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 61 年度), pp. 31-33.
 - 40) 松本 淳 (1990) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 63 年度), pp. 34.
 - 41) 松本 淳 (1991) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成元年度), pp. 38.
 - 42) 野上欣也 (1992) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 35-37.
 - 43) 野上欣也 (1995) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 33-35.
 - 44) MORI, K., T. NAKAI, M. NAGAHAMA, K. MUROGA, T. MEKUCHI and T. KANNO (1991) A viral disease in hatchery-reared larvae and juveniles of redspotted grouper. *Gyobyo Kenkyu*, **26**, 209-210.
 - 45) 田中秀樹・廣瀬慶二・野上欣也・服部圭太・石橋矩久 (1990) キジハタの性先熟と性転換. 養殖研報, **17**, 1-15.
 - 46) 伯方島事業場 (1985) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 59 年度), pp. 32-34.
 - 47) 野上欣也・吉田儀弘・服部圭太 (1986) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 60 年度), pp. 26-29.
 - 48) 野上欣也 (1993) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 3 年度), pp. 24-26.
 - 49) OKUMURA, S. (2001) Evidence of sex reversal towards both directions in reared red spotted grouper *Epinephelus akaara*. *Fisheries Sci.*, **67**, 535-537.
 - 50) OKUMURA, S., K. OKAMOTO, R. OOMORI and A. NAKAZONO (2002) Spawning behavior and artificial fertilization in captive reared red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, **206**, 165-173.
 - 51) 渡辺 税 (1994) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 29-30.
 - 52) 渡辺 税 (1995) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 35-37.
 - 53) 渡辺 税 (1996) III-1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 29-30.

- 54) 渡辺 税 (1997) III—1 成体の確保と採卵, キジハタ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 38-40.
- 55) 萱野泰久・尾田 正 (1991) キジハタ卵の発生に及ぼす水温の影響について. 水産増殖, **39**, 309-303.
- 56) 萱野泰久・水戸 鼓 (1993) キジハタ卵発生およびふ化仔魚の生残に及ぼす塩分の影響. 栽培技研, **22**, 35-38.
- 57) 萱野泰久・尾田 正 (1990) 池中養成したキジハタ自然産出卵の卵質について. 岡山水試報, **5**, 48-52.
- 58) 河野一利・長谷川 泉 (1994) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 41.
- 59) 桑田 博 (1994) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 41-42.
- 60) 中井敏博・NGUYEN Huu Dung・西澤豊彦・室賀清邦・有元 操・大槻観三 (1994) クエおよびトラフグにおけるウイルス性神経壊死症の発生. 魚病研究, **29**, 211-212.
- 61) 塚島康生・吉田範秋 (1984) メチルテストステロン経口投与によるクエ雄性化促進. 長崎県水産試験場研究報告, **10**, 101-102.
- 62) 桑田 博 (1989) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 62 年度), pp. 38-39.
- 63) 有元 操 (1989) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 62 年度), pp. 39.
- 64) 河野一利・虫明敬一・長谷川 泉 (1992) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 49.
- 65) 土橋靖史・栗山 功・田中秀樹・黒宮香美 (2001) クエ・マハタ種苗生産技術確立事業—II. 三重県科学技術振興センター水産技術センター事業報告 (平成 12 年度), pp. 115-116.
- 66) 有元 操 (1994) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 42.
- 67) 河野一利・長谷川 泉 (1995) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 45.
- 68) 桑田 博 (1995) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 45-46.
- 69) 有元 操 (1995) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 46-48.
- 70) 小林 孝・今泉 均 (2000) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 65-69.
- 71) 中野昌次 (2000) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 74-75.
- 72) 岡田貴彦・澤田好史 (2000) クエ. 海産魚の養殖 (熊井英水編著). 湊文社, 東京, pp. 173-180.
- 73) 桑田 博 (1997) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 57-60.
- 74) 狭間弘学 (2000) クエの種苗生産について. さいばい, **94**, 21-25.
- 75) 桑田 博 (1996) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 40-42.
- 76) 狭間弘学 (2001) クエ種苗生産技術開発試験. 和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場報告, **32**, 1-3.
- 77) 坂本博規・田中俊充 (2002) クエ種苗生産技術開発試験. 和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場報告, **33**, 1-3.
- 78) 中田 久 (1999) 親魚成熟誘導技術開発研究, マハタの採卵試験. 長崎県総合水産試験場事業報告 (平成 10 年度), pp. 82.
- 79) 小林 孝・今泉 均 (2001) III—1 成体の確保と採卵, クエ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 62-72.
- 80) 照屋和久 (1991) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成元年度), pp. 45-47.
- 81) 照屋和久 (1995) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 44-45.
- 82) 照屋和久 (1996) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 38-40.
- 83) 照屋和久 (1993) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 3 年度), pp. 34-37.
- 84) 照屋和久 (1999) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 55-56.
- 85) 照屋和久 (1998) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 52-53.
- 86) 照屋和久 (1992) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 50-53.
- 87) 照屋和久 (1994) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 39-41.
- 88) 照屋和久 (1997) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 181-182.
- 89) 塩澤 聡 (2000) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 64-65.
- 90) 與世田兼三・團 重樹 (2002) コーラルフィッシュの親魚養成技術開発 (スジアラ). 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 13 年度), (印刷中).
- 91) TAKEMURA, A. and K. TERUYA (1997) Purification and partial characterization of the vitellogenin of coral trout *Plectropous leopardus*. *Bull. Mar. Sci.*, **56**, 791-800.
- 92) 塩澤 聡 (2001) III—1 成体の確保と採卵, スジアラ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 59-62.
- 93) 照屋和久・升間主計・本藤 靖 (1992) 水槽内でのスジアラの産卵および産卵行動. 栽培技研, **21**, 15-20.
- 94) 奥村重信 (2000) アカアマダイの親魚養成と種苗生産に関する研究. 特別研究報告, **16**, 日本栽培漁業協会, 東京, 43 pp.
- 95) 通山正弘 (1975) 潜水調査船“しんかい”からみたアカアマダイなどについて. 南西水研ニュース, **13**, pp. 12.
- 96) 本藤 靖・益田玲爾・津崎龍雄 (2002) アカアマダイ人工種苗の巣穴形成能力の発現. 栽培技研, **29**, 85-89.
- 97) 奥村重信 (1992) III—1 成体の確保と採卵, アカアマダイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 57-59.
- 98) 藤浪祐一郎 (1999) III—1 成体の確保と採卵, アカアマダイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 64-67.
- 99) 藤浪祐一郎・竹内宏行 (2000) III—1 成体の確保と採卵, アカアマダイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 75-81.
- 100) 竹内宏行 (2001) III—1 成体の確保と採卵, アカアマダイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 72-76.
- 101) Nguyen, H. D. (1996) A study on the pathogenesis of viral nervous necrosis in striped jack *Pseudocaranx dentex* larvae. Ph.D. Thesis, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, pp. 68-70.
- 102) 兼松正衛・升間主計・照屋和久 (1991) 八重山水域におけるカンパチの親魚養成と採卵について—I. 親魚飼育. 栽

- 培技研, 19, 93-97.
- 103) 川辺勝俊・加藤憲司・木村ジョンソン・岡村陽一・安藤和人・斎藤 実・吉田勝彦 (1996) 小笠原諸島父島におけるカンパチの親魚養成と採卵. 水産増殖, 44, 151-157.
 - 104) 甲斐 勲 (2000) カンパチ種苗生産. 宮崎県栽培漁業協会事業報告書 (平成 10・11 年度), pp. 34-74.
 - 105) 脇田敏夫・高野瀬和治・平原 隆・吉満 敏・松原中・松本正剛 (2001) 特産高級魚生産試験 (カンパチー III). 鹿児島県栽培漁業センター事業報告書 (平成 11 年度), pp. 24-27.
 - 106) 川辺勝俊・木村ジョンソン・安藤和人・垣内喜美男 (1998) 小笠原諸島父島における養成カンパチ 2 年魚の自然産卵. 水産増殖, 46, 31-36.
 - 107) 山田敏之 (1999) カンパチ種苗量産試験. 長崎県総合水産試験場事業報告 (平成 10 年度), pp. 78-79.
 - 108) 岡 雅一 (1996) III—1 成体の確保と採卵, カンパチ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 44-45.
 - 109) 竹内宏行 (1997) III—1 成体の確保と採卵, カンパチ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 185-186.
 - 110) 兼松正衛 (1993) III—1 成体の確保と採卵, カンパチ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 3 年度), pp. 43-46.
 - 111) 岡 雅一 (1995) III—1 成体の確保と採卵, カンパチ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 49-50.
 - 112) 立原一憲・蛭子亮制・塚島康生 (1993) カンパチの産卵, 卵内発生および仔稚魚の形態変化. 日水誌, 59, 1479-1488.
 - 113) 兼松正衛 (1992) III—1 成体の確保と採卵, カンパチ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 61.
 - 114) 虫明敬一・藤本 宏・新聞脩子 (1993) ブリふ化仔魚の活力判定の試み. 水産増殖, 41, 339-344.
 - 115) YAMAOKA, K., H. S. HAN and N. TANIGUCHI (1992) Genetic dimorphism in *Pseudocaranx dentex* from Tosa Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 39-44.
 - 116) 益田玲爾・塚本勝己・塩澤 聡・今泉圭之輔 (1993) 九州および小笠原沿岸におけるシマアジの生態. 栽培技研, 22, 55-65.
 - 117) 虫明敬一・中井敏博・室賀清邦・関谷幸生・古澤 巖 (1993) シマアジのウイルス性神経壊死症: 仔魚の発病に対する親魚の抗体価および産卵飼育方法の影響. 水産増殖, 41, 327-332.
 - 118) 虫明敬一 (2000) シマアジ親魚の産卵に伴って増殖するウイルス性神経壊死症 (VNN) 原因ウイルス (SJNNV) とその抑制対策. 水産増殖, 48, 109-115.
 - 119) OGAWA, K. (1992) *Caligus longipedis* infection of cultured striped jack, *Pseudocaranx dentex* (Teleostei: Carangidae) in Japan. *Fish Pathol.*, 27, 197-205.
 - 120) 虫明敬一 (1996) シマアジおよびブリの親魚養成技術の開発に関する研究. 特別研究報告, 9, 日本栽培漁業協会, 東京, 62 pp.
 - 121) MUSHIAKE, K., K. KAWANO, W. SAKAMOTO and I. HASEGAWA (1994) Effect of extended daylength on ovarian maturation and HCG induced spawning in yellowtail fed moist pellets. *Fisheries Sci.*, 60, 647-651.
 - 122) 虫明敬一・関谷幸生 (1993) シマアジふ化仔魚の活力判定の試み. 水産増殖, 41, 155-160.
 - 123) 兼松正衛・升間主計 (1992) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 63-67.
 - 124) 升間主計 (1994) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 51-52.
 - 125) 岡 雅一・升間主計 (1996) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 45-49.
 - 126) 岡 雅一・升間主計・山崎英樹 (1998) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 60-68.
 - 127) 升間主計 (2001) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 82-91.
 - 128) 升間主計 (1997) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 65-68.
 - 129) 竹内宏行・升間主計・山崎英樹 (1999) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 70-78.
 - 130) 升間主計 (2000) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 85-90.
 - 131) 熊井英水 (1998) クロマグロの人工ふ化飼育とその再生産に関する研究 (受賞者総説). 日水誌, 64, 601-605.
 - 132) 升間主計 (1993) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 3 年度), pp. 49-50.
 - 133) 升間主計 (1995) III—1 成体の確保と採卵, クロマグロ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 50-53.
 - 134) 升間主計 (1995) マグロ類種苗生産技術の近況. 水産技術と経営, 41(10), 48-62.
 - 135) 宮下 盛・村田 修・澤田好史・岡田貴彦・久保喜計・石谷 大・瀬岡 学・熊井英水 (2000) 養成クロマグロの成熟と産卵. 水産増殖, 48, 475-488.
 - 136) 宮下 盛・田中祐志・澤田好史・村田 修・服部亘宏・滝井健二・向井良夫・熊井英水 (2000) クロマグロ卵の発生と孵化に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 48, 199-207.
 - 137) 足立純一 (1994) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 25-28.
 - 138) 足立純一 (1997) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 33-34.
 - 139) 中川雅弘 (1998) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 32-33.
 - 140) 中川雅弘 (2000) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 40-42.
 - 141) 中川雅弘 (2001) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 42-44.
 - 142) 中川雅弘 (1999) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 34-36.
 - 143) 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.
 - 144) 足立純一 (1995) III—1 成体の確保と採卵, クロソイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 31-33.
 - 145) 森岡泰三 (1991) III—1 成体の確保と採卵, オニオコゼ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成元年度), pp. 80.
 - 146) 森岡泰三 (1992) III—1 成体の確保と採卵, オニオコゼ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 2 年度), pp. 101-103.
 - 147) 今村茂生 (1993) III—1 成体の確保と採卵, オニオコゼ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 3 年度), pp. 80-81.
 - 148) 浜田和久 (1994) III—1 成体の確保と採卵, オニオコゼ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 80-81.
 - 149) 宮島義和 (1995) III—1 成体の確保と採卵, オニオコゼ.

- 日本栽培漁業協会事業年報（平成5年度），pp. 56-57.
- 150) 板垣恵美子 (1996) III—1 成体の確保と採卵，オニオコゼ，日本栽培漁業協会事業年報（平成6年度），pp. 53-54.
 - 151) 板垣恵美子 (1997) III—1 成体の確保と採卵，オニオコゼ，日本栽培漁業協会事業年報（平成7年度），pp. 71-72.
 - 152) 板垣恵美子 (1998) III—1 成体の確保と採卵，オニオコゼ，日本栽培漁業協会事業年報（平成8年度），pp. 69-70.
 - 153) 板垣恵美子 (1999) III—1 成体の確保と採卵，オニオコゼ，日本栽培漁業協会事業年報（平成9年度），pp. 79-80.
 - 154) 板垣恵美子 (2000) III—1 成体の確保と採卵，オニオコゼ，日本栽培漁業協会事業年報（平成10年度），pp. 91-92.
 - 155) 太田健吾 (2001) III—1 成体の確保と採卵，オニオコゼ，日本栽培漁業協会事業年報（平成11年度），pp. 91-94.
 - 156) 濱田豊市・恵崎 撰 (1989) オニオコゼの種苗生産に関する研究—I. 親魚養成および採卵，福岡県水産試験場研究報告，**15**, pp. 27-32.
 - 157) 清川智之・佐々木 正 (2001) オニオコゼの種苗生産と放流技術の開発，島根県水産試験場事業報告（平成12年度），pp. 44.
 - 158) 睦谷一馬 (1997) オニオコゼの種苗生産に関する研究，栽培技研，**26**, 1-7.
 - 159) 五利江重昭 (1994) 兵庫県におけるオニオコゼ種苗生産の現状と問題点，兵庫県立水産試験場研究報告，**31**, 65-77.
 - 160) 川村芳浩・永山博敏・小野山 弘 (1990) オニオコゼの後期産卵された卵のふ化水温の検討，水産増殖，**38**, 383.
 - 161) 本藤 靖 (1998) III—1 成体の確保と採卵，ヒラメ，日本栽培漁業協会事業年報（平成8年度），pp. 23.
 - 162) 村上速雄 (1990) III—1 成体の確保と採卵，ヒラメ，日本栽培漁業協会事業年報（昭和63年度），pp. 21.
 - 163) 松本 淳 (1991) III—1 成体の確保と採卵，ヒラメ，日本栽培漁業協会事業年報（平成元年度），pp. 19-20.
 - 164) 加治俊二 (1993) III—1 成体の確保と採卵，ヒラメ，日本栽培漁業協会事業年報（平成3年度），pp. 18-19.
 - 165) 石原 忠・保田正人・柏木 哲・八木基明 (1974a) 海産魚のチアミナーゼの研究—V. カタクチイワシによるハマチの栄養性疾患と B₁ の添加効果 (1)，日水誌，**40**, 675-682.
 - 166) 石原 忠・保田正人・柏木 哲・秋山むつ子・八木基明 (1974b) 海産魚のチアミナーゼの研究—IV. カタクチイワシによるハマチの栄養性疾患と B₁ の添加効果 (2)，日水誌，**40**, 775-781.
 - 167) 坂口宏海・竹田文弥・丹下勝義 (1969) ハマチのビタミン要求に関する研究—I. B₆ および C 欠乏症について，日水誌，**35**, 1201-1206.
 - 168) 坂口宏海・浜口 章 (1969) 酸化油添加飼料によるハマチの飼育とビタミン E 添加の効果，日水誌，**35**, 1207-1214.
 - 169) OGAWA, K. (1999) *Neoheterobothrium hirame* sp. nov. (Monogenea: Diclidophoridae) from the buccal cavity wall of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathol.*, **34**, 195-201.
 - 170) 虫明敬一・森 広一郎・有元 操 (2001) 天然ヒラメにおける貧血症の発生状況，魚病研究，**36**, 125-132.
 - 171) 飯田貴次・延東 真・酒井正博・吉田照豊 (2001) シンボジウム「最近話題の魚類の原虫病および寄生虫病」，魚病研究，**36**, 247-257.
 - 172) 高橋邦雄・早川 豊・小倉大二郎・中西広義 (1980) 水槽内自然産卵によるヒラメ受精卵の確保について，栽培技研，**9**(2), 41-46.
 - 173) 電発環境緑化センター (2002) 親魚の採卵技術（ヒラメの自然産卵制御技術の検討），平成13年度閉鎖循環式陸上養殖システムの開発（環境創出型養殖技術）に関する報告書，マリノフォーラム21水産養殖研究会，東京，pp. 72-77.
 - 174) 津崎龍雄 (1995) ホシガレイの種苗生産の現状と問題点，栽培技研，**43**, 274-276.
 - 175) 有瀧真人 (2000) III—1 成体の確保と採卵，ホシガレイ，日本栽培漁業協会事業年報（平成10年度），pp. 120-121.
 - 176) 有瀧真人 (2001) III—1 成体の確保と採卵，ホシガレイ，日本栽培漁業協会事業年報（平成11年度），pp. 118-120.
 - 177) 有瀧真人・市川 卓・前川秀男 (2002) ホシガレイの親魚養成及び採卵技術開発，日本栽培漁業協会事業年報（平成12年度），pp. 37-38.
 - 178) 佐久間 徹 (2001) ホシガレイの種苗生産技術に関する研究，福島県水産種苗研究所研究報告，**3**, 1-37.
 - 179) 有瀧真人 (1999) III—1 成体の確保と採卵，ホシガレイ，日本栽培漁業協会事業年報（平成9年度），pp. 107-110.
 - 180) 岩手県水産技術センター (1997) 平成9年度岩手県水産技術センター試験研究報告，**1**, pp. 13-19.
 - 181) 宮城県栽培漁業センター (1995) 平成7年度宮城県栽培漁業センター事業報告，pp. 21-26.
 - 182) 福島県水産種苗研究所 (2000) 平成12年度福島県水産種苗研究所事業報告，pp. 30-35.
 - 183) 南 卓志 (1994) マツカワ，日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (I) II. 海産魚類，水産庁，東京，pp. 284-288.
 - 184) 渡辺研一 (2000) マツカワに発生したウイルス性神経壊死症の防除対策に関する研究，特別研究報告，**15**，日本栽培漁業協会，東京，71 pp.
 - 185) 渡辺研一・鈴木重則 (1999) 水槽内におけるマツカワの自然産卵と卵の発生状況から推定した産卵時刻，日水誌，**65**, 408-413.
 - 186) 渡辺研一 (1998) マツカワ，成体の確保と採卵，日本栽培漁業協会事業年報（平成8年度），pp. 72-73.
 - 187) 萱場隆昭・杉本 卓・川真田憲治 (1998) マツカワの産卵メカニズムに関する基礎研究，平成9年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書，pp. 53-60.
 - 188) KOYA, Y., T. MATSUBARA and T. NAKAGAWA (1994) Efficient artificial fertilization method based on the ovulation cycle in barfin flounder *Verasper moseri*. *Fisheries Sci.*, **60**, 537-540.
 - 189) 中川 亨 (1995) 平成5年度第2回水産増殖懇話会資料，海産新魚種の種苗生産，北方系魚種：マツカワ，水産増殖，**43**, 253-262.
 - 190) 若狭湾事業場小浜施設 (1985) III—1 成体の確保と採卵，ヤナギムシガレイ，日本栽培漁業協会事業年報（昭和59年度），pp. 55-57.
 - 191) 西岡豊弘 (1986) III—1 成体の確保と採卵，ヤナギムシガレイ，日本栽培漁業協会事業年報（昭和60年度），pp. 61-65.
 - 192) 佐藤 修 (1998) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発，平成8年度新潟県水産海洋研究所年報，pp. 126-127.
 - 193) 野瀬 哲 (1999) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発，平成9年度新潟県水産海洋研究所年報，pp. 131-135.
 - 194) 野瀬 哲 (2000) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発，平

- 成 10 年度新潟県水産海洋研究所年報, pp. 140-143.
- 195) 野瀬 哲 (2001) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発. 平成 11 年度新潟県水産海洋研究所年報, pp. 140-144.
- 196) 野瀬 哲 (2002) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発. 平成 12 年度新潟県水産海洋研究所年報, pp. 104-110.
- 197) 伊藤敏晃 (2002) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発. 平成 12 年度新潟県水産海洋研究所年報, pp. 139-143.
- 198) 友田 努 (1999) III—1 成体の確保と採卵, ヤナギムシガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 85-90.
- 199) 友田 努 (1998) III—1 成体の確保と採卵, ヤナギムシガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 74-76.
- 200) 片野弘之・友田 努 (1993) III—1 成体の確保と採卵, ヤナギムシガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 3 年度), pp. 57-60.
- 201) 友田 努 (2000) III—1 成体の確保と採卵, ヤナギムシガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 97-100.
- 202) 西岡豊弘 (1990) III—1 成体の確保と採卵, ヤナギムシガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報 (昭和 63 年度), pp. 68-69.
- 203) 白井重行・藤本 宏 (1994) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 4 年度), pp. 63-65.
- 204) 白井重行・藤本 宏・武部孝行 (1995) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 5 年度), pp. 72-74.
- 205) 白井重行・藤本 宏・武部孝行 (1996) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 6 年度), pp. 61-62.
- 206) 白井重行・藤本 宏 (1997) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 7 年度), pp. 76-78.
- 207) 白井重行・藤本 宏 (1998) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 76-78.
- 208) 虫明敬一 (1998) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 8 年度), pp. 78-79.
- 209) 藤本 宏 (1999) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 90-91.
- 210) 町田雅春 (2000) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 10 年度), pp. 100-103.
- 211) 山崎英樹 (2001) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 11 年度), pp. 99-101.
- 212) 山崎英樹・町田雅春・白木美聡・白井重行・廣瀬慶二 (2002) LH-RHa コレステロールペレットを用いた天然魚由来のトラフグ養成親魚からの採卵について. 栽培技研, 29, 73-78.
- 213) 松山倫也・中田 久・池田義広・田中宏之・松浦修平 (1997) 各種ホルモン投与方法による誘起された養成トラフグの成熟, 排卵過程. 水産増殖, 45, 67-73.
- 214) 中田 久・松山倫也・池田義広・松浦修平 (1997) トラフグ養成親魚からの採卵技法の開発. 日水誌, 63, 728-733.
- 215) 中田 久・松山倫也・原 洋一・矢田武義・松浦修平 (1998) トラフグの人工授精における排卵後経過時間と受精率との関係. 日水誌, 64, 993-998.
- 216) 松野 進・松村征司・中村雅人 (1996) トラフグの水槽内養成と採卵. 栽培技研, 24, 19-25.
- 217) 今泉 均 (1999) III—1 成体の確保と採卵, トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報 (平成 9 年度), pp. 91.
- 218) 宮木廉夫・立原一憲・蛭子亮制・塚島康生・松村靖治・藤田矢朗・林田豪介・多部田 修 (1992) ホルモン処理によるトラフグ天然親魚の成熟促進. 水産増殖, 40, 439-442.
- 219) 松田宗之・山内達也・上口茂則・平田八郎 (1993) トラフグ, *Takifugu rubripes* の完全養殖化の試み. 水産増殖, 41, 367-371.
- 220) 韓 慶男・吉松隆夫・松井誠一・吉村研治・古市政幸・北島 力 (1995) トラフグの親魚の由来とその卵質の比較. 水産増殖, 43, 323-329.
- 221) 鈴木康仁・竹村明洋 (1996) トラフグ天然親魚における成熟促進のためのホルモン投与方法の比較. 水産増殖, 44, 85-90.
- 222) 長尾成人・大沢 博 (1994) LH-RH アナログを使用したトラフグ養成親魚からの採卵. 栽培技研, 23, 31-35.
- 223) 道津喜衛 (1986) トラフグの不透明な卵膜外層を除去する簡便法. 水産増殖, 34, 81-82.
- 224) 神谷直明・辻ヶ堂 諦 (1995) トラフグ受精卵のふ化時刻. 栽培技研, 23, 109-112.
- 225) 江草周三 (1994) 魚類における垂直伝播の機序 (総説). 魚病研究, 29, 43-52.
- 226) MUSHIAKE, K., T. NISHIZAWA, T. NAKAI, I. FURUSAWA and K. MUROGA (1994) Control of VNN in striped jack: Selection of spawners based on the detection of SJNNV gene by polymerase chain reaction (PCR). *Fish Pathol.*, 29, 177-182.
- 227) 虫明敬一・有元 操 (2000) シマアジのウイルス性神経壊死症 (VNN) に関する防除対策 (総説). 栽培技研, 28, 47-55.
- 228) INOUE, K., K. YAMANO, N. IKEDA, T. KIMURA, H. NAKANO, K. MOMOYAMA, J. KOBAYASHI and S. MIYAJIMA (1996) The penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV), which causes penaeid acute viremia (PAV). *Fish Pathol.*, 31, 39-45.
- 229) MUSHIAKE, K., K. SHIMIZU, J. SATOH, K. MORI, M. ARIMOTO, S. OHSUMI and K. IMAIZUMI (1999) Control of penaeid acute viremia (PAV) in *Penaeus japonicus*: Selection of eggs based on the PCR detection of the causative virus (PRDV) from receptaculum seminis of spawned broodstock. *Fish Pathol.*, 34, 203-207.
- 230) SATOH, J., K. MUSHIAKE, K. MORI, M. ARIMOTO and K. IMAIZUMI (2001) Control of penaeid acute viremia (PAV) in seed production of *Penaeus japonicus*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult.*, Suppl. 5, 95-99.
- 231) 福田雅明・矢野 豊・中野 広・杉山元彦 (1986) クロガシラガレイ稚仔魚の成長に伴うタンパク質と核酸量の変化. 日水誌, 52, 951-955.
- 232) 滝井健二・中村元二・高岡 治・古田晋一・熊井英水 (1992) ふ化後におけるマダイ稚仔魚の核酸および一般成分の変化. 水産増殖, 40, 285-290.