



公益社団法人

# 日本水産資源保護協会

## 季報

2016年 **冬** 通巻546

第8巻 第4号

### CONTENTS

年頭のご挨拶 公益社団法人日本水産資源保護協会会長 高橋 正征 …………… 3

**燈火**

魚はなぜ性転換できるのか？ 細胞と分子から見る性転換のメカニズム

愛媛大学南予水産研究センター 准教授 太田 耕平 …………… 8

さけ・ます類の病原細菌およびウイルスの卵を介した垂直感染防止法

北海道大学大学院水産科学研究院 招聘教員 吉水 守 …… 15

◆会議の報告等 …………… 4

水産防疫対策事業

平成27年度魚類防疫士の認定

水産資源保護啓発研究事業

◆お知らせ ……………22

平成27年度養殖衛生管理技術者養成特別コース研修  
「新しい水産防疫対象疾病の検査法等について」 …………… 2

国産水産物流通促進センター  
国産水産物の利用促進に関するセミナー …………… 23

マリン・エコラベルジャパン  
株式会社オホーツク活魚 …………… 24



平成27年11月26日、石垣記念ホール（東京赤坂）にて、99回目となる水産功績者表彰が行われました。本年度は35名の方々が受賞され、当協会の国産水産物流通促進事業、マリン・エコラベル認証事業にご尽力頂いている篠原英一郎氏もその一人として表彰を受けられました。（写真右、右側）

# 平成 27 年度養殖衛生管理技術者養成特別コース研修 「新しい水産防疫対象疾病の検査法等について」

平成 27 年 12 月 21・22 日に当協会会議室において、農林水産省委託「養殖管理技術者の養成」事業の一環として、動物検疫所の職員を対象とした魚病研修を開催しました。



## 「魚類の疾病と検査用サンプル採取について」

講師：三輪 理 センター長 ( 国立研究開発法人水産総合研究センター  
増養殖研究所 魚病診断・研修センター )

魚類の基礎知識や、防疫対象疾病について解説していただきました。実際に魚を解剖して内部器官の観察や検査検体の採取方法について学びました。



## 「エビ類の疾病と検査用サンプル採取について」

講師：米加田 徹 研究員 ( 国立研究開発法人水産総合研究センター  
増養殖研究所 病害防除部 )

エビ類養殖業の現状や防疫関係の制度、主要な病気について解説していただきました。また、生きたエビを材料に臓器の観察などを行いました。



## 「防疫対象動物の判別法や分類について」

講師：山田 和彦 研究員 ( 観音崎自然博物館 )

さまざまな水産動物の基礎知識や、外部形態などの分類のポイントを写真資料を基に解説していただきました。



## 「貝類の観察と検査用サンプル採取について」

講師：桐生 郁也 主任研究員 ( 国立研究開発法人水産総合研究センター  
増養殖研究所 魚病診断・研修センター )

貝類などの防疫対象疾病について解説していただきました。実際にアワビとカキを解剖して検査に必要な器官の観察などを行いました。



検疫所の職員 24 名が参加しました。

## 年頭のご挨拶



公益社団法人 日本水産資源保護協会  
会長 高橋 正 征

新年あけましておめでとうございます。

昨今の海水温の上昇の影響などもあって、サンマやスルメイカなどが回遊する海域や時期が変わり、漁獲場所や漁獲量が大きく変動しています。天然資源に依存している水産業にとって、こうしたさまざまな日常的な変動は他人ごとではありません。関係者の生活に直結するので、常に問題解決のための最大が必要です。

一方、長期的な課題への対処も重要です。世界の漁獲量は1995年頃をピークに、その後は漸減しています。これは漁獲量が海の生産性の限界に近づいているためで、自然に依存している以上、避けられません。漁獲量の減少を補うかたちで養殖生産が増え、今では養殖生産量が漁獲量を追い越しつつあります。その結果、世界の漁獲量と養殖生産量を合わせた魚介類生産量は増加が続いています。こうした背景には、世界の魚介類消費量の増加があります。1950年から現在までの60数年間で、世界の魚介類消費量は7倍に増え、現在も増加は続いています。

翻って、日本をみると、状況は世界の傾向と全く違います。国内の漁獲量は1988年から2014年の26年間で半減し、その間、漁獲量の1/3しかない養殖生産量も漸減しています。魚介類の国内生産の減少を補うかたちで輸入量が増えましたが、それも1990年代までで、2000年以降は漸減しています。その結果、国内の総魚介類供給量は30年弱で半減してしまいました。これは、その間に国民の魚介類消費量が半減してしまったことを意味しています。

漁獲、養殖、水産物加工など水産に関係した産業、並びにそれを支える学問・研究などで、日本はかつて世界をリードしていましたが、今では世界から取り残されつつあります。こうした日本の事情は、水産に関係している当協会の会員の皆さんも実感され始めているに違いありません。

かかる状況を踏まえ、当協会では国産水産物流通促進事業など従来にない切り口の事業にも取り組んでいます。

当協会は、短期的な問題と同時に、長期的な課題も視野に入れ、できるところから取り組んでいきたいと考えています。是非、会員各位の積極的なご意見、ご提案をお寄せいただきたく、年頭に際し、心からお願い申し上げます。

### 水産防疫対策事業

平成27年度養殖衛生管理技術者養成 本科専門  
コース研修

目的：地方公共団体等が推薦する者に対し、養殖衛生管理技術者として必要な知識、技術の講義を実施

し、技術者の育成を図ることを目的としています。

日時：平成27年12月8日(火)～12月16日(水)

場所：公益社団法人日本水産資源保護協会3F研修室

科目および講師：

科目		時間	氏名	所属
魚類薬理学		6	大嶋 雄治	国立大学法人九州大学大学院農学研究院
魚類飼養学		6	佐藤 秀一	国立大学法人東京海洋大学海洋科学部
魚類生理学		6	大久保 範聡	国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科
魚類病理学		6	三輪 理	国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所魚病診断・研修センター
魚類免疫学		6	中西 照幸	日本大学生物資源科学部
養殖衛生管理問題に関する特論・演習	I 水産防疫の取り組みに関する意見交換	4	公益社団法人日本水産資源保護協会	
	II 外国からの疾病の侵入とその問題点	2	良永 知義	国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科
	III 魚病の見方～経験を基に～	2	吉水 守	国立大学法人北海道大学大学院水産科学研究院
	IV 養殖現場における魚病診断・対策	2	水野 芳嗣	媛すい有限責任事業組合
合計時間数		40		

(敬称略)

時間割：

時 限 日 時	1	2	3	4	5	6
	10:00～ 11:00	11:00～ 12:00	13:00～ 14:00	14:00～ 15:00	15:15～ 16:15	16:15～ 17:15
12月8日(火)	特論・演習I		魚類薬理学 (大嶋)		魚類薬理学 (大嶋)	
9日(水)	魚類薬理学 (大嶋)		特論・演習I		魚類病理学 (三輪)	
10日(木)	魚類病理学 (三輪)		魚類病理学 (三輪)			
11日(金)	特論・演習II (良永)		特論・演習III (吉水)		特論・演習IV (水野)	
14日(月)	魚類飼養学 (佐藤)		魚類飼養学 (佐藤)		魚類飼養学 (佐藤)	
15日(火)	魚類生理学 (大久保)		魚類生理学 (大久保)		魚類生理学 (大久保)	
16日(水)	魚類免疫学 (中西)		魚類免疫学 (中西)		魚類免疫学 (中西)	

(敬称略)

受講者：

都道府県等	氏名	所属
青森県	静 一徳	地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所
宮城県	石川 哲郎	宮城県水産技術センター気仙沼水産試験場
山形県	野口 大悟	山形県水産試験場
福島県	新関 晃司	福島県内水面水産試験場
	渋谷 武久	福島県水産試験場
栃木県	酒井 忠幸	栃木県水産試験場
千葉県	早川 美恵	千葉県水産総合研究センター
東京都	飯島 純一	東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所
山梨県	谷沢 弘将	山梨県水産技術センター
長野県	新海 孝昌	長野県水産試験場
岐阜県	藤井 亮吏	岐阜県水産研究所下呂支所
静岡県	木南 竜平	静岡県水産技術研究所富士養鱒場
三重県	中村 砂帆子	三重県水産研究所尾鷲水産研究室
島根県	吉田 太輔	島根県水産技術センター
山口県	谷村 誠児	公益社団法人山口県光・熊毛地区栽培漁業協会 光・熊毛地区栽培漁業センター
愛媛県	原川 翔伍	愛媛県農林水産研究所水産研究センター
長崎県	草原 陽香	長崎県五島振興局農林水産部水産課上五島水産業普及指導センター
	築山 陽介	長崎県長崎振興局管理部県央水産業普及指導センター
宮崎県	宮本 一隆	宮崎県水産試験場
水産総合研究センター	竹島 利	国立研究開発法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

(敬称略)

平成27年度養殖衛生管理技術者養成 特別コース  
研修

目的：水産防疫対策の見直しに伴い輸入防疫対象疾病があらたに追加され、対象の動物種も大幅に拡大されました。本研修では、あらたに追加された疾病および動物種についての解説と検査のポイントやサ

ンプルの採取方法等を学び、現場において円滑に業務が実施できるよう動物検疫所職員の育成を目的としています。

日時：平成27年12月21日(月)～12月22日(火)

場所：公益社団法人日本水産資源保護協会3F研修室

題目および講師：

題目	氏名	所属
魚類の疾病と検査用サンプル採取について	三輪 理	国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所
貝類の観察と検査用サンプル採取について	桐生 郁也	
エビ類の疾病と検査用サンプル採取について	米加田 徹	
防疫対象動物の判別法や分類について	山田 和彦	観音崎自然博物館

(敬称略)

## 平成 27 年度魚類防疫士の認定

平成 27 年度魚類防疫士技術認定委員会において、平成 27 年 12 月 17 日に実施された魚類防疫士技術認定試験に合格と判定された者を、同日付で魚類防疫士に認定しました。

魚類防疫士技術認定委員：

良永知義（東京大学大学院）、佐野元彦（東京海洋大学大学院）、森広一郎（独立行政法人水産総合研究センター）、熊谷明（宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場）（敬称略）

平成 27 年度 魚類防疫士認定者 (21 名)

認定番号	氏名	所属
867	静 一徳	地方独立行政法人青森県産業技術センター 内水面研究所
868	石川 哲郎	宮城県水産技術総合センター 気仙沼水産試験場
869	野口 大悟	山形県水産試験場
870	新関 晃司	福島県内水面水産試験場
871	渋谷 武久	福島県水産試験場
872	酒井 忠幸	栃木県水産試験場
873	早川 美恵	千葉県水産総合研究センター
874	飯島 純一	東京都島しょ農林水産総合センター 大島事業所
875	谷沢 弘将	山梨県水産技術センター
876	新海 孝昌	長野県水産試験場
877	藤井 亮史	岐阜県水産研究所 下呂支所
878	木南 竜平	静岡県水産技術研究所 富士養鱒場
879	中村 砂帆子	三重県水産研究所 尾鷲水産研究室
880	吉田 太輔	島根県水産技術センター
881	谷村 誠児	公益社団法人山口県光・熊毛地区栽培漁業協会 光・熊毛地区栽培漁業センター
882	原川 翔伍	愛媛県農林水産研究所 水産研究センター
883	草原 陽香	長崎県五島振興局農林水産部水産課上五島水産業普及指導センター
884	築山 陽介	長崎県長崎振興局管理部県央水産業普及指導センター
885	宮本 一隆	宮崎県水産試験場
886	Marcy Nicole Wilder	国立研究開発法人国際農林水産業研究センター 水産領域
887	竹島 利	国立研究開発法人水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所

(敬称略)

## 水産資源保護啓発研究事業

実施した巡回教室、コンサルタント派遣、ブロック研修会の概要は以下のとおり。

## 巡回教室の開催

回	開催日	派遣依頼 機関	開催場所	課 題	内 容	講師氏名 (敬称略)
11	9月11日	広島県	呉市	種苗生産における形態異常 親魚の仕立てと卵質にかかわる問題について	種苗生産の現場で発生する形態異常について概説するとともに、親魚管理や卵質という観点からこれまでの対処法を再検討し、今後の飼育技術の考え方として、魚にとって住みやすい水槽を用意することが提案された。	福山大学 有瀬真人
12	11月25日	和歌山県	西牟婁郡 白浜町	和歌山県の川の魅力	利用できる淡水は貴重であり、特に和歌山県の河川は透明度においても素晴らしいと写真の提示とともに解説を受け、今後も子どもたちや県外の人に伝え残していくことが強く推奨された。	生物写真家 内山りゅう

## ブロック研修会の開催

回	開催日	派遣依頼 機関	開催場所	会議名称	課 題	講師氏名 (敬称略)
3	10月22日	山梨県	富士吉田市	第1回養殖技術講習会	我が国における養鱒業の現状と課題	全国養鱒振興協会 小堀彰彦
4	11月10～ 11日	新潟県	長岡市	平成27年度東北・北海道魚類防疫地域合同検討会及び魚類防疫士連絡協議会東北ブロック研修会	アユ冷水病について～検査法と現場対応	東海大学 泉庄太郎
5	11月20日	愛知県	弥富市	平成27年度内水面ブロック研修会	KHV診断手法の動向について	水産総合研究センター増養殖研究所 湯浅啓

## 魚はなぜ性転換できるのか？ 細胞と分子からみる性転換のメカニズム



愛媛大学南予水産研究センター 准教授 太田 耕平

### はじめに

魚には性転換するものが多い。サンゴ礁にすむベラ科魚類やクマノミなどの熱帯魚に性転換魚が多いことは知られているが、代表的な養殖魚であるマダイ、マハタ、クエなども性転換魚である。これらの性転換魚のなかには、メスからオス、オスからメス、さらにオスとメスの双方向に何度でも換わることができるものが存在する。また、成魚として産卵を経験した後に性転換するものもいれば、幼魚時代の限られた時期に生殖腺の性を換えるものもある。例えば、ベラ科、ハタ科などは成魚のメスがオスへ、クマノミやクロダイの仲間などは成魚のオスがメスへ性転換できる“機能的”な性転換魚であるのに対し、マダイは幼魚期にメスの一部がオスへ性転換し、成魚となった後は性転換を行わない“非機能的”な性転換魚である。実は、モデル実験魚としてメダカと並んでよく利用されているコイ科のゼブラフィッシュも、幼魚期にいったんすべての個体がメスとなった後、一部がオスに性転換して成魚となる“非機能的”な性転換魚である。このように性転換魚には、いくつかのパターンがあり(図1)、魚類においては、広い系統分類群でみられる現象である<sup>1)</sup>。

こうした魚類の性転換現象は古くから知られており、そのユニークさから、多くの研究者に注目されてきた。さまざまに行われてきた研究のなかで、主なものとしては以下が挙げられる。

a) 「いつ、どのようなきっかけで、どのように性転換するか？」

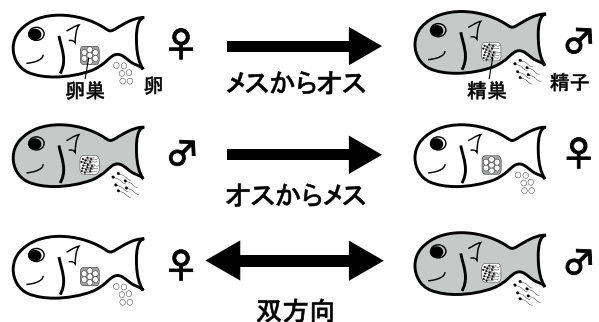
性転換魚の生活史、性転換の時期や形態等の変化について、フィールド調査や室内実験などにより、性転換を起こすための直接的なきっかけ(至近要因)が明らかにされてきた。スキューバダイビングによる観察法の普及や生殖腺の組織学的解析などにより、著しく研究が進展した。代表的なものとして、ベラ科の性転換が挙げられる。ベラ科の多くは大きなオスがサンゴ礁や岩礁域などになわばりを持ち、複数の小さなメスと繁殖を行う。こうした社会構造の中で、大きなオス

がいなくなった場合にメスの中で最も大きなものがオスへと性転換することが明らかとなった<sup>1, 2)</sup>。すなわち、社会構造の変化が性転換の引き金となる。逆に、イソギンチャクになわばりを持ち、大きなメスと小さなオスの一夫一妻で繁殖を行うクマノミでは、メスがなくなることにより、オスが性転換してメスとなる。それに伴い、さらに小さな未成熟の個体がオスとして成熟し、再び、一夫一妻を形成する。一方、クロダイの仲間は成長が進むことによってオスからメスへ性転換することが知られている<sup>1)</sup>。さらに、ハタ科でも成長や社会性が大きく関係すると言われており、どちらに依存するかは種によって異なるようである。このように、よく調べられているものがある一方で、性転換のきっかけがよくわかっていない魚種もいまだ多い。

b) 「なぜ、何のために性転換するのか？」

性転換の意義(究極要因)についても以前から盛んに研究が行われている。特に、性転換を行うことで得られるメリット(一生でつくることのできる子の数)とデメリット(性転換にかかる期間やエネルギーなど

### 機能的



### 非機能的

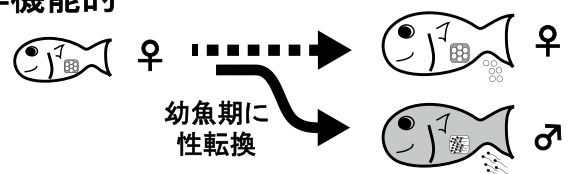


図1 性転換の方向

機能的なものと非機能的なものがある。生殖腺内に卵巣組織と精巣組織の両方を維持したまま卵や精子を形成し、産卵を行うものもある。



のコスト)との比較が行われてきた。通常、魚類は哺乳類と比べて生殖器官が単純で、雌雄の形態差も少ないため、性転換にかかるエネルギー(コスト)が少ないと想像されている。こうしたコストに対して、得られるメリットが大きい場合に、性転換という性質が進化するという考えである。

特に広く受け入れられているものとして、体長有利性説(size-advantage model)がある<sup>3, 4)</sup>。例えば、多くのベラ科の魚のように、岩礁域やサンゴ礁などになわばりをもち、1尾のオスが複数のメスと繁殖する場合には、繁殖相手となるメスの数に依存して自分の子孫の数が増える。したがって、オスでいたほうが得のように思われる。しかしながら、体サイズが小さいと大きな個体に負けてしまい、なわばりを維持することができない。そこで、小さいときはメスとして繁殖に加わり、成長してなわばりを持つことができるようになればオスに性転換し、複数のメスと繁殖する。これにより、一生涯の間に残す子の数が多くなるため、メスからオスへの性転換が有利に働く。一方、クマノミはオスからメスに性転換する。これには、イソギンチャクを中心としたなわばりにおいて、一夫一妻の社会構造を持つことに関連すると考えられている。通常、オスでは小さな個体でも多数の精子をつくることのできるのに対し、メスがつくることのできる卵の数は体サイズに依存する。すなわち、一夫一妻の場合、1度の産卵で生み出すことのできる卵の数は、メスの体サイズが大きいほど多くなる。したがって、クマノミの場合は、子孫をより多く残すために、小さいときはオス、大きくなるとメスに性転換するように進化したと考えられている。

このように体長有利性説は、いくつかの魚種においてよく当てはまると考えられる。一方で、幼魚期に生殖腺の性が換わる“非機能的”な性転換魚や、成長に伴って性転換するものの多くについては、明快に説明することが難しく、今後の研究の進展が期待される。

c)「どのような仕組みで性転換するのか？」

上述のように、魚類は哺乳類と比べて生殖器官が単純で、雌雄の形態差も少ないため、性転換にかかるエネルギーが少ない、と考えられている。一方で、実際に性転換を成立させるためには、生殖腺(卵巣と精巣)や脳などの性が換わる必要がある。こうした理解をさらに深める上で、性を換えるメカニズムについての研究が進められている。

魚類も哺乳類と同様に有性生殖を行い、メスでは卵、オスでは精子をつくる。したがって、通常は生殖

腺の性(卵巣であるか精巣であるか)が性別の基準となる。さらに性差がみられるものとして、性行動やそれと関連する脳の機能に加え、外部形態(体色、体形、鱗、総排泄口の形状など)に違いがあることも多い。加えて、生殖に関連する内分泌系などにも大きな性差が現れる。

このような性転換のメカニズムに関する研究は、内分泌学、分子生物学、細胞生物学などの手法の発展に伴って進められてきた。例えば、女性ホルモンや男性ホルモンなどの性ステロイドホルモンの関与、卵巣や精巣の形成に関わる遺伝子の発現、さらに最近、卵巣や精巣を形成する個々の細胞の機能についても詳しい知見が得られてきている。これらの研究により、ようやく性転換現象に関わる詳細なメカニズムや、他の魚類との共通性、さらには哺乳類との普遍性や多様性に関する理解が深まりつつある。本稿ではこうした研究内容について、筆者らの研究成果も交えながら紹介する。

## ▶ 性転換の実験モデル

性転換のメカニズムを解析する上で1つの鍵となるのが実験魚の選定である。性転換する魚はこれまでに約300種が報告されている<sup>1, 5)</sup>。しかしながら、採集や飼育が困難なものや性転換を行う時期やきっかけが明確ではないものも多い。一方、性転換のメカニズムを詳しく解析するためには、採集や飼育が容易で、実験室内でも簡単に性転換をする魚種が望ましい。これまでによく用いられている性転換魚としては、ベラ科、ハゼ科、タウナギ科、クマノミ、クロダイの仲間などがある<sup>6)</sup>。我々の研究室では、ベラ科の1種で、西日本沿岸に広く生息するホシササノハベラをモデルの1つとして選び、研究を行っている。本種は岩礁域に生息し、オスがなわばりをつくる。産卵期には次々とメスがそのなわばりを訪れ、オスと産卵を行うことが知られている<sup>2)</sup>。四国や九州でも岩礁付近で釣りなどにより、容易に採集することが可能である。まず、筆者らは、本種が性転換を開始するきっかけを調べるために、それらを採集して実験室に持ち帰り、オスとメスの比率や尾数を変えるなどのさまざまな条件で飼育実験を行った。それまでにベラ科やハゼ科の数種において、メスをペア(2尾)で同居させると、相対的に大きい個体が性転換することが知られていた。しかしながら、本種ではメス2尾での同居で性転換は起こらなかった。そこで、さまざまな試行錯誤を重ねた結果、同居尾数を増やすことにより性転換が起こりやすくな

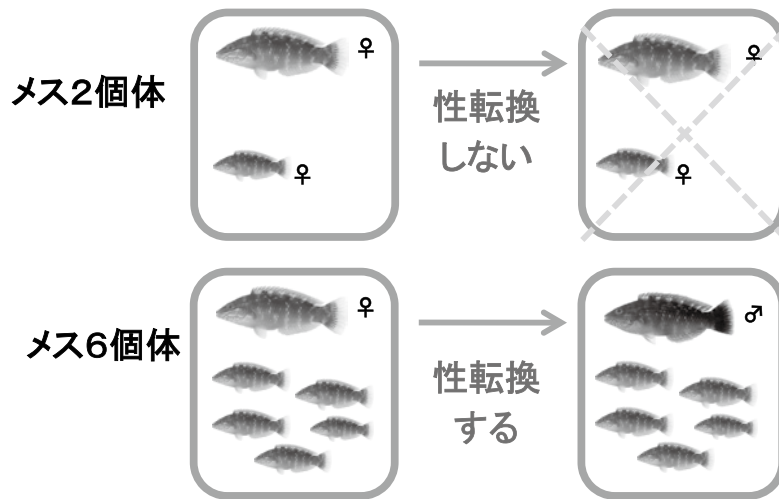


図2 ホシササノハベラの性転換条件  
メスの複数個体の同居により、最大のものがオスへと性転換する。同居の尾数が多いほど性転換が起こりやすく、6個体で確実に1個体が性転換する。

る傾向がみられ、最終的に、メスを6尾同居させることにより、必ず最大の1尾がオスへと性転換することが明らかとなった<sup>7)</sup>(図2)。

なぜ性転換を誘導するための尾数が異なるのかは、その種の生態と密接に関連していることが想起され、とても面白い現象である。いずれにしても、本種では社会環境を変えることにより、確実に性転換を誘導させることが可能となった。こうした実験系は性転換の生理的な変化を詳細に解析する上で好都合となる。

### ▶ 内分泌系の変化

性転換の生理メカニズムに関する研究において、これまで盛んに研究されているものの1つに女性ホルモン(エストロゲン)、男性ホルモン(アンドロゲン)といった生殖腺で生成される性ステロイドホルモンが挙げられる。魚類でも性ステロイドホルモンを介して卵形成や精子形成を調節しており、哺乳類と同様に、メスではエストロゲン、オスではアンドロゲンが多く分泌される<sup>6)</sup>。ベラ科、ハタ科、ハゼ科などのさまざまな性転換魚においても、一般的にメスからオスへの性転換の際には血中のエストロゲンが急激に減少し、アンドロゲンが上昇する<sup>8)</sup>。ホシササノハベラにおいても同様に、性転換に伴って、アンドロゲンの血中量が上昇した<sup>7)</sup>。一方で、エストロゲンについては、減少が比較的緩やかであった。これは本種の産卵期が3ヶ月程度と熱帯性のベラなどよりも短く、通常は卵巣が退化した後の非産卵期を中心に性転換を行うためであると考えられた。

エストロゲンとアンドロゲンは共に、コレステロールを出発点にして、途中までは共通の経路で生成され

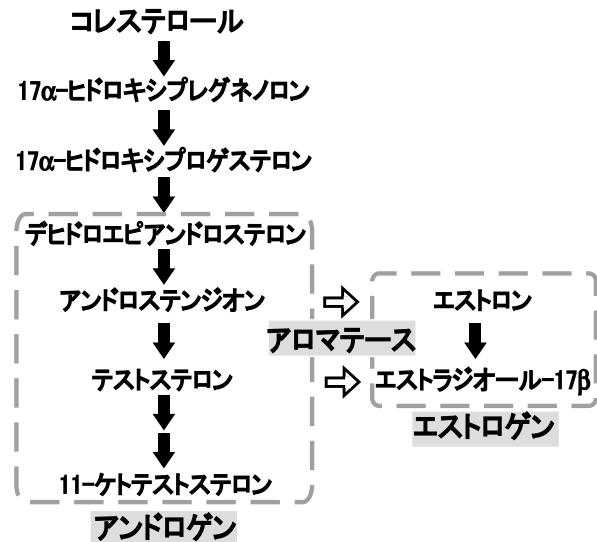


図3 ホシササノハベラの性ステロイドホルモン生成経路  
アロマターゼ(白い矢印)によりアンドロゲンからエストロゲンへと転換される。

る(図3)。ここで興味深いのは、メスとオスで同様に生成されてきたアンドロゲンの中間代謝物が、メスにおいては最終的に芳香化酵素(アロマターゼ)によってエストロゲンに転換されることである。多くの性転換魚において、生殖腺のアロマターゼ活性がメスからオスへの性転換の際には低下、オスからメスへの性転換の際には上昇する。また、実際にメスへのアロマターゼ阻害剤やアンドロゲンの投与により、オスへの性転換を誘導できる。逆に、オスへのエストロゲンの投与により、メスへの性転換を誘導できる<sup>6, 8)</sup>。ホシササノハベラでも、こうしたアンドロゲンおよびエストロゲンの投与により、メスからオスおよびオスからメスのどちらの方向へも性転換を誘導することに成功している<sup>9)</sup>。すなわち、アンドロゲンとエストロゲン

の分岐点にあるアロマターゼという1つの酵素が、生殖腺の性を切り換える中心的なスイッチとして機能していると考えられる。

### ▶ 遺伝子発現パターンの変化

上記の結果に伴い、アロマターゼ遺伝子 (cyp19a1) について精力的に研究が行われてきた。その結果、血中ホルモン量の変化と同様に、アロマターゼ遺伝子の発現量は卵巢で高く、メスからオスへの性転換に伴い著しく減少することが明らかとなっている<sup>8)</sup>。逆に、オスからメスへ性転換するクロダイでは、アロマターゼ遺伝子の発現が性転換に伴い上昇する<sup>10)</sup>。さらに筆者らは、性ステロイドホルモンを合成する一連のステロイド代謝酵素遺伝子を特定し、性転換の際にアロマターゼと連動して減少、および増加するステロイド代謝酵素の存在を明らかにすることに成功した<sup>7)</sup>。すなわち、性転換の際にアロマターゼと連動して、性ステロイドホルモンの合成に関わる一連の遺伝子の発現パターンが著しく変化(シフト)を起こすことが示された。

こうしたステロイド代謝酵素に加えて、それらの遺伝子発現を制御する転写因子や、細胞の増殖・分化に関わる成長因子などについても研究が進められ、性転換に伴い変動するさまざまな遺伝子が見つかってきている<sup>8)</sup>。

ホシササノハベラにおいても同様に、卵巢特異的に発現する遺伝子と精巣特異的に発現する遺伝子が認められ、これらの発現は性転換に伴い変化していた<sup>7)</sup>。注目すべきことに、これらの遺伝子の多くは脊椎動物間で広く保存されており、他の性転換魚や雌雄異体の魚にもみられる因子であった。例えば、メダカなどの雌雄異体魚の場合には、発生初期や幼魚期にこれらの遺伝子が卵巢や精巣への分化に従って、それぞれ性特異的な発現パターンを示す<sup>8)</sup>。その後、この発現パターンを維持し、一生涯を通じて同じ性のままである。一方で、性転換魚では、この発現パターンを一生の途中で換えることが可能である。すなわち、この発現パターンを自発的に換える能力こそが、性転換魚の大きな特徴であるといえる(図4)。

最近、きわめて興味深いことに、性転換魚のような自発的な転換ではないが、人為的なアロマターゼの阻害により、メダカやティラピアといった雌雄異体魚においても、成魚となって産卵を経験したメスを産卵・受精可能なオスへと性転換させることが明らかとなった<sup>11)</sup>。すなわち、雌雄異体魚であっても生殖腺の性を機能的に転換するための分子・細胞基盤をもって

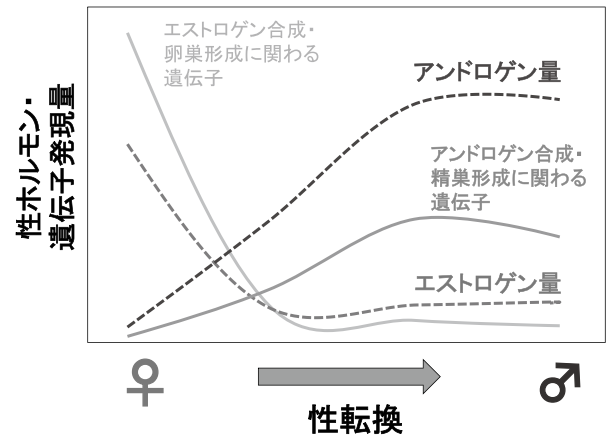


図4 性転換に伴う遺伝子発現パターンの変化

いるのである。現在、筆者らも、入手が容易で飼育環境調節により周年にわたり産卵を維持できるカタクチイワシを海産魚モデルとして選び、雌雄異体魚における性的可塑性の実態、さらには魚種間における普遍性や多様性を明らかにすべく、研究を進めている。

### ▶ 細胞の変化

性転換に伴い、生殖腺組織が卵巢と精巣との間で転換するためには、遺伝子発現のみならず、生殖腺を構成する細胞の形態、種類、機能などが換わる必要がある。例えば、アロマターゼは卵巢にあり、メスの生殖細胞(卵のもとになる細胞)を取り囲む体細胞(厳密には顆粒膜細胞)で強く発現している。同時に、この細胞ではアロマターゼ遺伝子の発現に関わるさまざまな転写因子を発現している。一方、オスの体細胞でも同様に、アンドロゲン合成に関わる遺伝子やその発現制御に関わる遺伝子が発現している。加えて、これらの細胞では、自身の形態や機能の維持、さらには隣接する生殖細胞などとの情報交換、支持、制御を行うためのさまざまな遺伝子が発現している。すなわち、生殖腺を構成する細胞にはそれぞれ、その形態や機能を司るタンパク質やその発現制御に関わる特異的な遺伝子の発現パターンが認められる。言い換えると、こうした特異的な遺伝子の発現パターンにより、その細胞の形態や機能が生み出されている。

ところで、生殖腺には大きく2つの系列の細胞がみられる。1つは卵・精子とその分化過程にある細胞を含む生殖細胞系列であり、もう一方は、それらの生殖細胞の周囲にあり、生殖細胞の増殖や分化を制御する体細胞系列である(図5)。

生殖腺において性転換(卵巢と精巣との切り換え)が起こる際には、これらのうちの1つもしくは限られた細胞種において遺伝子の発現パターンに変化が起こ

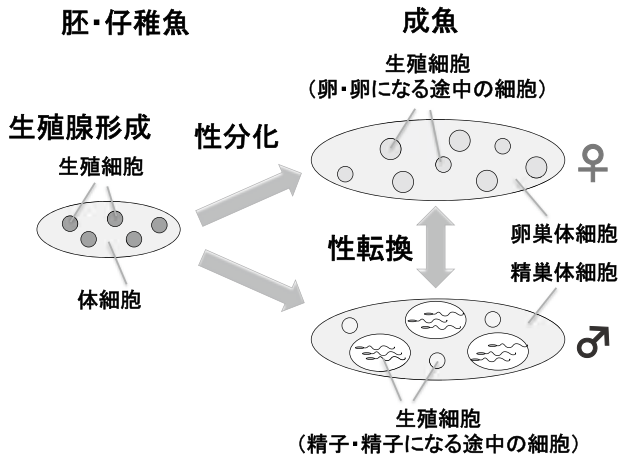


図5 生殖細胞と体細胞  
生殖腺は生殖細胞とそれを囲む体細胞で構成される。性転換に伴って体細胞の機能が転換すると予想される。卵巣と精巣は元は同じ細胞集団から性分化のプロセスを経て形成される。

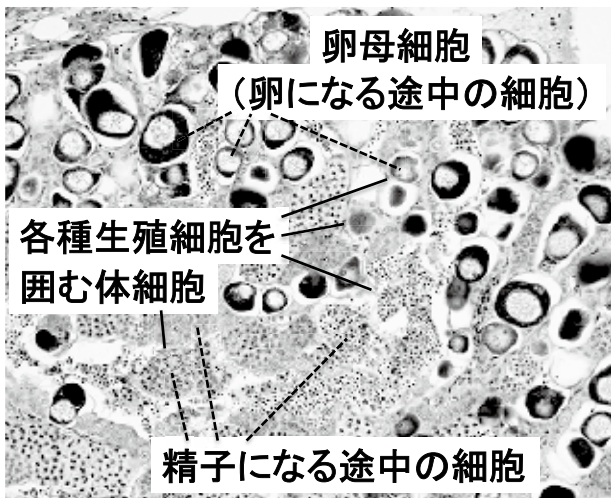


図6 カクレクマノミ幼魚期の生殖腺組織切片  
メスの細胞とオスの細胞が混在する。各種生殖細胞を体細胞の細胞が包む。生殖細胞の隙間を薄く囲んでいるのが体細胞である。

り、その細胞自身の機能に転換が生じることが始まりであると推測される。さらに、転換した細胞からの情報が周囲の細胞へと接着性因子や液性因子を介して伝わり、最終的に、さまざまな細胞群が協調して変化することにより、卵巣組織と精巣組織との間の転換を成立させるものと考えられる(図6)。

興味深いことに、体細胞(全てかどうかは不明であるが)については、メスとオスとの細胞間で換わる能力があるとみられている。例えば、上述した雌雄異体のティラピアにおいて、人為的にメスからオスへの性転換を誘導したところ、メスの体細胞(顆粒膜細胞)がオスの体細胞(セルトリ細胞)へと換わる(分化転換)ことが示唆されており<sup>12)</sup>、性転換魚においても詳細な研究が進められている。

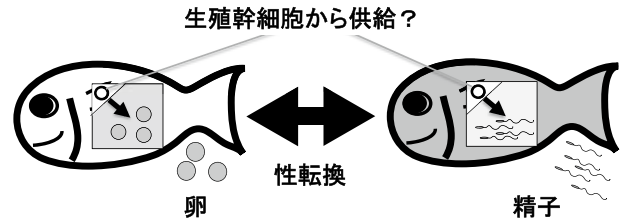


図7 個体の性に応じて生殖幹細胞から卵や精子になる細胞が供給(予想図)

一方で、生殖細胞については直接的に卵が精子に変化したり、精子が卵に変化したり、ということは考えにくい。実際に、メスからオスへ性転換する際に分化の進んだ卵母細胞(将来、卵になる生殖細胞の1種)は退行が認められる<sup>13)</sup>。したがって、生殖細胞の供給には、比較的未分化な生殖細胞が関与していると予想される。なかでも生殖幹細胞が候補の1つである。たいへん興味深いことに、ニジマスにおいて始原生殖細胞や卵巣や精巣から取り出した生殖幹細胞をメスまたはオスの生殖腺に移植した場合、これらの細胞はもとの遺伝的な性によらず、移植された個体の性に従い、卵や精子へと分化することが明らかとなっている<sup>14~16)</sup>。したがって、性転換魚においても、こうした卵と精子のどちらにでも分化できる生殖幹細胞が性転換後の個体の性に従い、卵や精子を供給しているものと予想される(図7)。現在、筆者らも生殖幹細胞で発現する遺伝子を指標に、その性的可塑性に関する解析を進めており<sup>17)</sup>、今後、これらの生殖幹細胞の性転換における挙動やそのメカニズム、さらには体細胞を含めたそれぞれの細胞の分化段階の違いや可塑性の有無など、さまざまな課題について解決できると期待される。

### ▶ 哺乳類との違い

アロマテースをはじめとして、魚類の生殖腺で発現する遺伝子の多くは哺乳類と共通性があり、同様の性差がみられるものが多い。最近、きわめて興味深いことに哺乳類においても、卵巣もしくは精巣に分化した後、人為的に特定の遺伝子をノックアウトすることにより、卵巣組織を精巣組織へ、逆に精巣組織を卵巣組織へと転換させることに成功している<sup>18,19)</sup>。また、これらの研究においても、メスの体細胞とオスの体細胞との間で分化転換が起こることが示唆されている。すなわち、哺乳類でも遺伝子のスイッチにより、卵巣組織と精巣組織の間での転換は起こりうるのである。

卵巣と精巣は、もともと発生過程で同一の細胞集団から分化したという履歴を持つ(図5参照)。メスの体細胞とオスの体細胞の発生起源も同じであるとはい

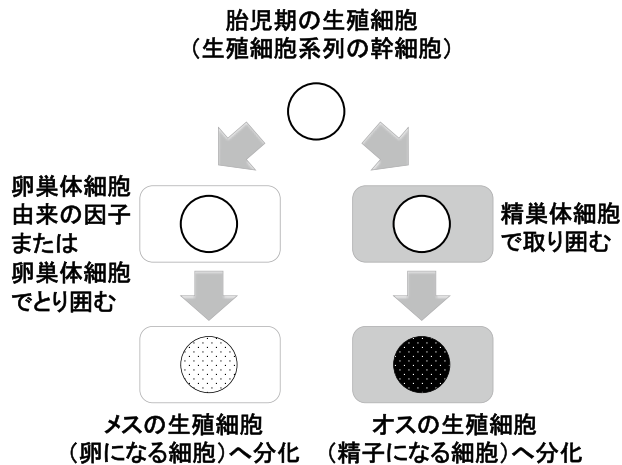


図8 生殖細胞の性は体細胞の影響を受ける  
胎児期などの性が分化する前の生殖細胞を卵巣と精巣の体細胞と一緒にすると、体細胞の性に応じて生殖細胞の性が分化する。

え、全く機能の異なった細胞間で転換が起こるとい現象はきわめて興味深い現象であり、今後の詳しい解析が待たれるところである。

また、先のニジマスの例と同様に、哺乳類においても胎児期の生殖細胞の性は体細胞の影響を受けることが以前から知られている<sup>20)</sup>。例えば、胎児期にみられる性分化前の生殖細胞を取り出し、培養条件下でメスの体細胞組織やオスの体細胞組織と併せて培養することにより、遺伝的な性にかかわらず、生殖細胞のメスへの分化(雌性化)やオスへの分化(雄性化)がそれぞれ起こる<sup>20)</sup>。著者らのグループでも同様に、生殖細胞を培養条件下でメスの体細胞由来の因子に曝すことにより生殖細胞の雌性化を、オスの胎児期体細胞と併せて培養することにより雄性化を進められることを明らかにした<sup>21, 22)</sup>。すなわち、哺乳類の生殖細胞は体細胞に依存して性分化する。したがって、もし未分化な生殖細胞(生殖幹細胞)があれば、体細胞の性転換に併せて卵や精子へ分化すると考えられる(図8)。

しかしながら哺乳類の場合、精巣組織から卵巣組織へ転換させた場合にはメスの生殖細胞が認められるのに対し、卵巣組織から精巣組織へ転換した場合にはオスの生殖細胞がみられないようである<sup>18, 19)</sup>。これには、生殖幹細胞の有無が関係していると考えられる。魚類とは異なり、哺乳類の卵巣では胎児期に全ての生殖細胞が減数分裂を開始し、卵母細胞へ分化するため、増殖能力を持つ生殖幹細胞が残っていないとされている。言い換えれば、哺乳類の卵巣では胎児期に生殖幹細胞が全て卵母細胞に分化し、これらを少しずつ放出するのにに対し、魚類の卵巣では生殖幹細胞が存在しており、適切に細胞増殖を行うことにより、大量に

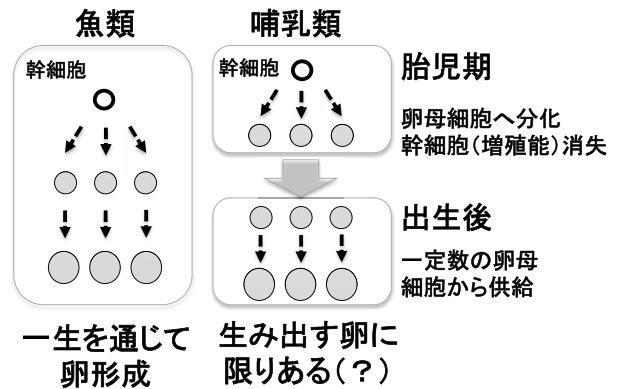


図9 魚類と哺乳類の卵巣幹細胞の違い(予想図)  
哺乳類では全ての生殖細胞が胎児期に減数分裂により卵母細胞へと分化するため、未分化で増殖能を持つ幹細胞が残っていないとされている(哺乳類の卵巣幹細胞の存在については未だ諸説あり、幹細胞が存在するとする研究者もいる)。幹細胞があれば図7, 8のように、個体や生殖腺の性転換に従って、新たに卵または精子へと分化する細胞が供給されると考えられる。

卵を生み出すと共に、絶えず卵へと分化する生殖細胞が供給される。これは、哺乳類のメスでは一生涯で排卵する卵の数に限りがあるのに対し、魚類では一生を通じて卵を産む能力を有しているという違いにもなる。ちなみに精巣では、魚類と同様に哺乳類においても生殖幹細胞(または精原幹細胞)の存在が知られており<sup>23~25)</sup>、ほぼ一生涯を通じて精子をつくることができる(図9)。

注) ただし最近、哺乳類においても卵巣に生殖幹細胞があるとする研究成果が出てきており、熱い議論が続いている。

### ▶ 性転換のメカニズムについての補足

これまでに述べてきたように、性転換魚は自発的に特定の遺伝子を発現するスイッチをオスのパターンとメスのパターンとで切り換えることができる。このスイッチは、社会環境の変化で性転換するものについては外因性のものであり、社会環境の変化を認知し、脳を介して生殖腺に情報が伝達されていると考えられる。しかしながら、その情報伝達経路の実態は詳しくわかっていない。また、成長の途中で性転換するものや非機能的性転換を行うものについては、どのようなプロセスで性転換の引き金が引かれるのかはよくわかっておらず、内因性の要因が関与する可能性を含めて、今後の研究が待たれるところである。

さらには、そもそもこうした性転換現象がどのようなメカニズム(遺伝的変異?)で起こったか?、という問題も残されている。性転換魚は、ベラ科やハタ科などで多いものの、それ以外の分類群を含めて系統的

に多岐にわたるため、ある程度の種分化が進んだ後に、それぞれの生息環境において多発的に起こったと考えてよいかもしれない。最近のゲノム解析技術等の著しい進展は、こうした問題も近い将来に明らかにできるのではないかという期待を抱かせる。

## ▶ 水産技術への応用

性を自由にコントロールできることにはどのようなメリットがあるだろうか？ 例えば、種苗生産の現場では卵を1度に大量に得る必要があるため、親魚としてある程度の大きさのメスが必要である。特にマハタやクエなどの性転換魚では、親魚が性転換をしてしまい、採卵用の大きなメスを維持することが困難な場合も多い。メスと期待して取り上げたらオスだった、ということもあり、余分な労力や飼育コストがかかる。一方で、オスでは高成長、高耐病性といった優良形質を持った個体の精子を凍結し、長期的に人工授精に利用することができる。したがって、性のコントロールを自由自在にできるようになれば、必要なときに必要な特性を備えた性の個体を得ることができ、種苗生産や育種のさらなる効率化を図ることができる。極端なことを言えば、親魚として雌雄の両方を維持する必要もなくなるかもしれない。

性転換魚はこのような研究には格好の材料であり、雌雄異体魚をはじめとする他種との相違を詳しく調べることにより、“性転換のレシピ”を解き明かすことができると考えられる。これを元に、雌雄異体魚を含むさまざまな魚種において性を簡便に統御するための技術を開発することができる。将来は、こうした性統御技術に加え、成熟統御技術、生殖細胞の培養・分化制御技術、生殖細胞の保存・移植技術などと併せることにより、種苗生産や育種が格段に加速すると予想される。

## 引用文献

- 1) 中園明信・桑村哲生(編)(1987)魚類の性転換(動物-その適応戦略と社会), 東海大学出版会。
- 2) Nakazono, A. (1979) Studies on the sexual reversal and spawning behavior of five species of Japanese labrid fishes. Rep. Fish. Res. Lab., Kyushu University. 4: 1-64.
- 3) Ghiselin, M. T. (1969) The evolution of hermaphroditism among animals. Quart. Rev. Biol. 44: 189-208.
- 4) Warner, R. R. (1975) The Adaptive Significance of Sequential Hermaphroditism in Animals. Am. Nat. 109: 61-82.
- 5) Kuwamura, T., Nakashima, Y. (1998) New aspects of sex change among reef fishes: recent studies in Japan. Env. Biol. Fish 52: 125-135.
- 6) Devlin, R. H., Nagahama, Y. (2002) Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208: 191-364.
- 7) 太田耕平. (2009) 魚類の性転換研究のためのモデル種構築とその生理・分子機構. 日本水産学会誌 75: 636-639.
- 8) Kobayashi, Y., Nagahama, Y., Nakamura, M. (2013) Diversity and plasticity of sex determination and differentiation in fishes. Sex Dev. 7: 115-125.
- 9) Ohta, K., Sakai, M., Sundaray, J. K., Kitano, T., Takeda, T., Yamaguchi, A., Matsuyama, M. (2012) Bidirectional sex change induced by sex steroid implantation in the hermaphroditic fish, *Pseudolabrus sieboldi*. J. Exp. Zool. A Ecol. Genet. Physiol. 317: 552-560.
- 10) Wu, G. C., Tomy, S., Lee, M. F., Lee, Y. H., Yueh, W. S., Lin, C. J., Lau, E. L., Chang, C. F. (2010) Sex differentiation and sex change in the protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegelii*. Gen. Comp. Endocrinol. 167: 417-421.
- 11) Paul-Prasanth, B., Bhandari, R. K., Kobayashi, T., Horiguchi, R., Kobayashi, Y., Nakamoto, M., Shibata, Y., Sakai, F., Nakamura, M., Nagahama, Y. (2013) Estrogen oversees the maintenance of the female genetic program in terminally differentiated gonochorists. Sci. Rep. 3: 2862.
- 12) Sun, L. N., Jiang, X. L., Xie, Q. P., Yuan, J., Huang, B. F., Tao, W. J., Zhou, L. Y., Nagahama, Y., Wang, D. S. (2014) Transdifferentiation of differentiated ovary into functional testis by long-term treatment of aromatase inhibitor in Nile tilapia. Endocrinology 155: 1476-1488.
- 13) Ohta, K., Hirano, M., Mine, T., Mizutani, H., Yamaguchi, A., Matsuyama, M. (2008) Body color change and serum steroid hormone levels throughout the process of sex change in the adult wrasse, *Pseudolabrus sieboldi*. Mar. Biol. 153: 843-852.
- 14) Takeuchi, Y., Yoshizaki, G., Takeuchi, T. (2003) Generation of live fry from intraperitoneally transplanted primordial germ cells in rainbow trout. Biol. Reprod. 69: 1142-1149.
- 15) Okutsu, T., Suzuki, K., Takeuchi, Y., Takeuchi, T., Yoshizaki, G. (2006) Testicular germ cells can colonize sexually undifferentiated embryonic gonad and produce functional eggs in fish. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 103: 2725-2759.
- 16) Yoshizaki, G., Ichikawa, M., Hayashi, M., Iwasaki, Y., Miwa, M., Shikina, S., Okutsu, T. (2010) Sexual plasticity of ovarian germ cells in rainbow trout. Development 137:1227-1230.
- 17) 藤田 順・Tapas Chakraborty・Sipra Mohapatra・栗田加代子・柳 蓉芸・松原孝博・長濱嘉孝・太田耕平 (2015) カタクチイワシの生殖細胞における oct4 遺伝子の性特異的発現. 平成 27 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 70.
- 18) Matson, C. K., Murphy, M. W., Sarver, A. L., Griswold, M. D., Bardwell, V. J., Zarkower, D. (2011) DMRT1 prevents female reprogramming in the postnatal mammalian testis. Nature. 476: 101-104.
- 19) Lindeman, R. E., Gearhart, M. D., Minkina, A., Krentz, A. D., Bardwell, V. J., Zarkower, D. (2015) Sexual cell-fate reprogramming in the ovary by DMRT1. Curr. Biol. 25: 764-71.
- 20) Adams, I. R., McLaren, A. (2002) Sexually dimorphic development of mouse primordial germ cells: switching from oogenesis to spermatogenesis. Development 129: 1155-1164.
- 21) Ohta, K., Lin, Y., Hogg, N., Yamamoto, M., Yamazaki, Y. (2010) Direct effects of retinoic acid on entry of fetal male germ cells into meiosis in mice. Biol. Reprod. 83: 1056-1063.
- 22) Ohta, K., Yamamoto, M., Lin, Y., Hogg, N., Akiyama, H., Behringer, R. R., Yamazaki, Y. (2012) Male differentiation of germ cells induced by embryonic age-specific Sertoli cells in mice. Biol. Reprod. 86: 112: 1-11.
- 23) Tegelenbosch, R. A., de Rooij, D. G. (1993) A quantitative study of spermatogonial multiplication and stem cell renewal in the C3H/101 F1 hybrid mouse. Mutat. Res. 290: 193-200.
- 24) Brinster, R. L., Zimmermann, J. W. (1994) Spermatogenesis following male germ cell transplantation. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91: 11298-11302.
- 25) Brinster, R. L., Avarbock, M. R. (1994) Germline transmission of donor haplotype following spermatogonial transplantation. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91: 11303-11307.

## さけ・ます類の病原細菌およびウイルスの卵を介した垂直感染防止法



北海道大学大学院水産科学研究所 招聘教員 吉水 守

さけ・ます類の孵化放流事業あるいは養殖業の基本は、健康な親魚から受精卵を得て病原体のいない飼育用水で卵管理をし、孵化した仔稚魚の飼育を行うことである。そのためには、まず飼育施設・器具・機材の衛生管理を行い、病原体フリーの飼育用水を確保することが重要である。採卵には健康な親魚を用いるが、それが難しい場合には、受精前に卵洗浄と卵消毒を行い孵化場内に病原体を持ち込まない、採卵場および洗卵排水の殺菌を行う、発眼初期に卵消毒を実施することである。さらに孵化した仔稚魚の病原体検査を定期的実施し、河川水使用の飼育池への移動あるいは放流に際しては健苗性を確認する。今後の課題としては、養殖魚を対象としたワクチンの開発あるいは耐病系群の確立などがあげられる。魚類防疫に関しても、魚種および病原体ごとにリスク評価を行い、重要な管理点の抽出とその実施状況の記録が重要である。今回は親から仔稚魚に卵を介して伝播する病気対策について、現在までに明らかになっていることを紹介したい。

### 1. 飼育器具・機材および施設の衛生管理

作業者の手指や長靴をはじめ、飼育器具・機材の微生物管理が病原体の伝播防止上きわめて重要である。飼育施設、飼育器具、飼育池等は受精卵の搬入前に病原体を殺菌あるいは排除しておく、飼育器具および機材は日頃から常時消毒し防疫に努める必要がある<sup>1, 2)</sup>。

消毒薬は種類が多く、その作用機序も異なり、また病原体によって感受性も異なる。病原体ごとに適切な消毒薬を選択する必要がある<sup>3)</sup>。各種消毒薬の中でも魚類に対して比較的毒性が少なく、除去が容易でかつ多量に使用しても安価なものが用いられている。幸い魚類の病原細菌・ウイルスは、いずれも市販の消毒剤の公称有効濃度で十分殺菌・不活化される。しかし、冬期の低温下での使用や飼育魚の糞・残餌、体表粘液等有機物が付着したものの殺菌には一部不適な消毒薬がある。塩素やヨードといったハロゲン系の消毒薬は低温下でも効果の減少はみられないものの反復使用

は避けるべきであり、アルデヒド系の消毒薬は反復使用に耐えるものの温度の影響を受けやすい。魚類の病原細菌・ウイルスに限ってみれば、逆性石鹼液が臭いもなく両者の条件をクリアしている<sup>1)</sup>。さらに、消毒済み区域への立ち入りに際しては専用の長靴を使用し、着衣も専用のものに替えるといった心構えが必要である<sup>2)</sup>。

### 2. 病原体フリー飼育水の確保

さけ・ますの孵化施設の多くは湧水を使用しているが、稚魚池の飼育水が不足する場合、河川水の使用を余儀なくされる。この場合、河川水を殺菌することがリスク回避上必要である。飼育水の殺菌に関しては、水そのものの理化学的性状を変えずに大量の水の殺菌処理が安定して行える装置が求められる。現在のところ、紫外線、オゾンあるいは電解による殺菌が一般的であるが、淡水の殺菌には紫外線あるいはオゾン殺菌が主として用いられる<sup>4)</sup>。オゾン殺菌は一時導入が進んだものの、メンテナンスやコストの面で、現在はほとんど用いられていない。

紫外線を用いる場合、病原体の紫外線感受性を求め、細菌の光回復効果と安全率を考慮して照射線量が決められている。魚類の病原体は紫外線感受性から、高感受性グループと低感受性グループに分けられる。エンベロープを有する各種ウイルス、DNA ウイルスおよびグラム陰性細菌が高感受性グループに含まれ、 $10^4 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$  (10mJ) の紫外線照射で99.9%以上の殺菌あるいは99%以上のウイルスの不活化が可能である。一方、2本鎖RNA ウイルスやグラム陽性細菌、カビ、原虫、寄生虫は感受性が低く  $10^5 \sim 10^6 \mu\text{W} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$  程度の照射が必要である<sup>4)</sup>。水深は紫外線の透過率(5cmで10%減衰)を考慮してなるべく浅くして、影になる部分がないよう水中の大型粒子を除去する必要がある。また低温下では効力が若干低下する。現在の紫外線ランプの出力は8,000時間経過で約20%低下する。年1回の交換が必用である。

その他、中空糸濾過膜を用いた濾過除菌やホットプ



図1 滅菌チップを用いた個体別の体腔液採取法<sup>7)</sup>

レートを用いた加熱殺菌あるいはヨードや次亜塩素酸ナトリウムを滴下する方法も有効であるが、経済性や魚毒性等で問題があり、実用化には至っていない<sup>5)</sup>。

### 3. 親魚の検査法および健康親魚の確保あるいは選別法

採卵用親魚の健康状態の把握とその管理は、孵化事業の成否を左右すると言っても過言ではない。サケ科魚類の場合、感染耐過してキャリアになった個体は、成熟期に生殖産物、特に体腔液（卵巣腔液）あるいは精液に病原体が出現する。催熟畜養中に病原体を出す個体が存在すると、催熟群全体に水平感染が起こり、体腔液中の病原体保有個体が増加し<sup>6)</sup>、生み出された卵あるいは精子は病原体に汚染される。このリスクを避けるために、採卵親魚の検査を実施し、催熟中の水平感染を防止する必要がある<sup>8)</sup>。せつそう病対策から催熟蓄養池の収容尾数と溶存酸素量が示されている<sup>7)</sup>。さらに受精後発眼に至るまでに約1ヶ月、さらに孵化までに約1ヶ月を要するために、採卵時に体腔液を採取し（図1）<sup>7)</sup>、細菌およびウイルスの検査を行い、病原体保有状況を把握している<sup>8)</sup>。

### 4. 発眼卵消毒の重要性

さけ・ます類の場合、一度細菌やウイルスによる病気になる、成熟期に体腔液や精漿に病原体が出現し、卵あるいは精子が病原体に汚染されることが知られている。1970年代に米国西海岸およびわが国で伝染性造血器壊死症（IHN）の感染が広まり、種卵としての発眼卵の移動が大きく関わっていることが明らかになり、ポピドンヨード剤 50ppm・15分間による発眼卵表面の消毒がIHNVの伝播防止に有効であることが確かめられ、世界的に広く用いられるようになった。IHNの場合、同一飼育群の体腔液と精漿でウイルス検

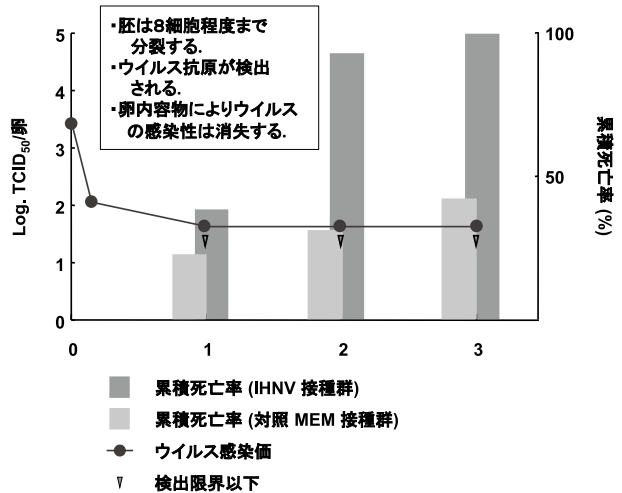


図2 受精直後卵にIHNVを接種したサクラマス卵の累積死亡率および卵内IHNV感染価の消長<sup>11)</sup>

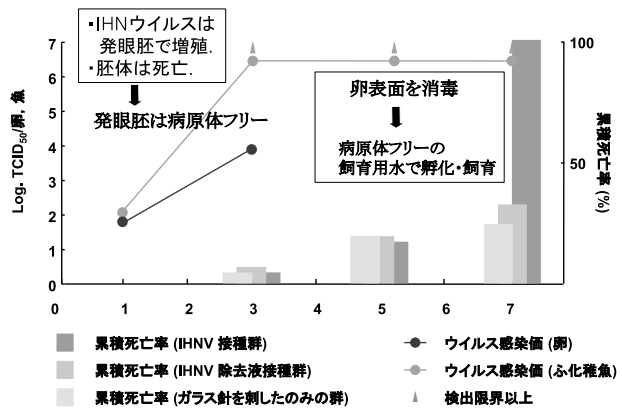


図3 発眼卵にIHNVを接種したサクラマス卵の累積死亡率および卵内IHNV感染価の消長<sup>11)</sup>

出率に大きな差がみられ、IHNVが精子に付着し、精漿からウイルスが分離できないことが明らかになり、検査は雌親魚を対象としていた。Mulcahy & PaschoがIHNVが付着した精子の電顕写真をScienceに掲載し<sup>9)</sup>、IHNVは受精時に精子と共に卵内に侵入し、垂直感染するという知見が報告された<sup>10)</sup>。IHNV汚染精子を用いた試験では検体数が少なく死卵や発症は認められなかったが、受精直後卵にIHNVをガラス針を用いて注入すると、感染した受精胚は8～16細胞まで増えるものの死亡し、増殖したウイルスは臍嚢内容物によって不活化された（図2）<sup>11)</sup>。発眼期にIHNVを同様にガラス針で注入すると、ウイルスは胚に感染し、急速に増殖し胚は死亡した（図3）<sup>11)</sup>。検卵の際、ウイルスに感染して死亡した発眼卵を壊すとウイルスが飛散し、感染を広げる危険性がある。この危険性の回避と省力化を目的に自動検卵機に検卵後の卵を消毒する装置が付けられた<sup>12)</sup>。以上の知見は、胚が形成され、発眼期に達した卵の細胞膜の内部には病原体が存在しないことを意味する。発眼卵の表面を消毒して病原体を殺し



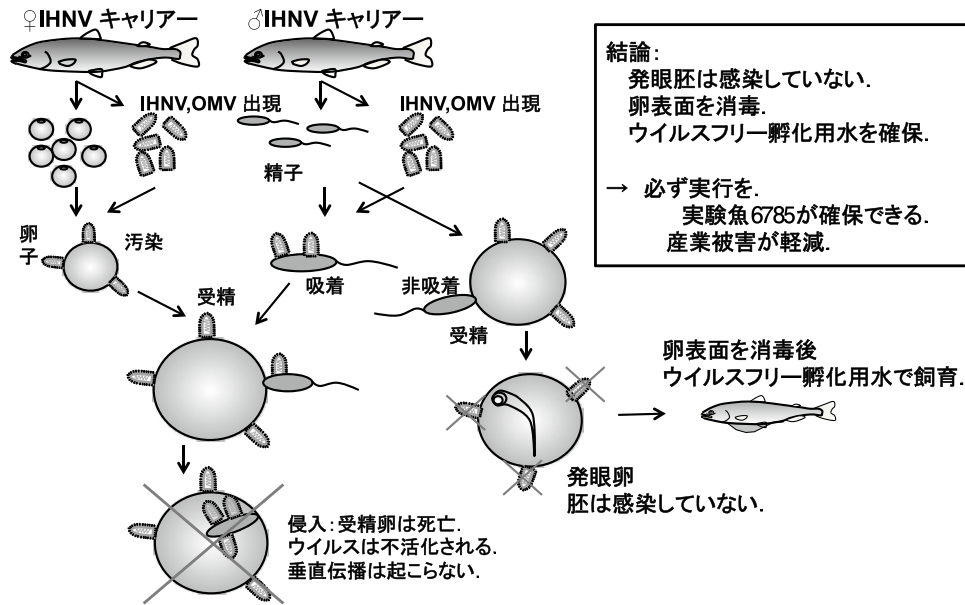


図4 発眼卵消毒の根拠<sup>11)</sup>

たのち、病原体フリーの孵化・飼育用水で管理すれば、健康な孵化稚魚を得ることができる。これが現在、発眼卵消毒を行っている根拠である(図4)<sup>11)</sup>。上記手法の普及により稚仔魚期の病気の発生は激減し、サクラマスやニジマス、ペニサケのIHN対策が軌道に乗り、ニジマス養殖は産業として成立するようになった。同様の知見はサケ科魚ヘルペスウイルス(OMV)でも得られている<sup>13)</sup>。細菌を臍嚢内容物に混ぜるとせつそう病原菌 *Aeromonas salmonicida* や細菌性腎臓病(BKD)原因菌 *Renibacterium salmoninarum* はじめ多くの細菌は良好に増殖する。このことは発眼胚は感染していないことを意味し、胚の安定期である発眼期にポピドノード剤で消毒すると、卵表面に付着している細菌を殺すことができる。しかし、BKDと冷水病は発眼卵を消毒しても卵を介した垂直感染が起こり、近年、別の侵入様式が存在することが明らかになった。

### 5. 未受精卵の卵洗浄の重要性

発眼卵消毒が普及したあとも発症がみられ、卵を介して垂直伝播する病気として伝染性膵臓壊死症(infectious pancreatic necrosis; IPN)、BKDおよび細菌性冷水病(冷水病)が知られている。冷水病原因菌 *Flavobacterium psychrophilum* に関しては、Kumagaiらが米国から輸入した発眼卵を到着直後にヨード剤50ppm・15分間消毒しても病気が発生したことを報告し<sup>14)</sup>、翌1998年にはギンザケ・ニジマス・サクラマス卵を人工授精直後、吸水前に *F. psychrophilum* 培養菌体を  $10^7 \sim 10^8$  CFU/mlに懸濁した液に30分間浸漬した後、通常の卵管理をした場合、卵内感染が成立す

ることを明らかにした<sup>15)</sup>。2000年には受精したギンザケ卵を  $10^8$ 、 $10^6$ 、 $10^4$  CFU/mlの菌液に浸漬し、吸水させると  $10^8$  CFU/ml区でのみ卵内感染が起こることを報告している<sup>16)</sup>。しかも、侵入した *F. psychrophilum* は卵の細胞膜と卵膜の隙間に留まり、徐々に増殖して  $10^7$  CFU/ml程度まで増加し、この様子は蛍光抗体染色法で確認されている<sup>16)</sup>。 *F. psychrophilum* は受精卵の卵細胞膜内には侵入しないため胚発生は順調に経過し、発眼率および孵化率に影響はみられないことも報告されている。しかし、孵化時に仔魚の体表に触れ、感染が成立した場合にはいずれ発症することになる。卵内感染が成立した例はいずれも高濃度汚染卵であり、卵表面の高度な細菌汚染は卵内感染力が成立するための重要な要因であることが指摘されている。全国調査で養殖サケ科魚類の中には  $10^7$  CFU/ml程度に保菌している親魚が一部で見つかることを報告している<sup>17)</sup>。このような親魚から採卵された卵を受精させ、飼育した場合には卵内感染が起きている可能性があり、卵の汚染度を下げることにより卵内感染のリスクを小さくするための対策が必要である。

ところで、内水面のさけ・ます養殖においては、人工採卵の際に生じる潰卵が受精を阻害することから、古くから採卵した未受精卵をまず等調液で洗浄する等調液洗卵法<sup>18, 19)</sup>が普及している。採卵時の卵には糞、血液、卵殻および過熟卵などが混じるため、まずボールなどの容器に収容した未受精卵に等調液を加えて攪拌し、上清とともに固形物を洗い流す洗浄(濯ぎ洗卵)を2~3回行う。次に、卵をザルに移し換え、等調液をシャワー状に散布して潰卵成分を洗浄する作業

表1 等調液洗卵法の除菌効果

試験区	洗卵工程	<i>F. psychrophylum</i> (log <sub>10</sub> CFU/ml)			<i>A. salmonicida</i> (log <sub>10</sub> CFU/ml)		
		洗卵前	洗卵後	除菌量	洗卵前	洗卵後	除菌量
複合洗卵	第1回濯ぎ洗卵	6.2	5.7	0.5	8.3	7.3	1.0
	第2回濯ぎ洗卵	5.7	5.2	0.5	7.3	6.3	1.0
	シャワー洗卵	5.2	2.5	2.7	6.3	3.1	3.2
	合計			3.7			5.2
単独洗卵	シャワー洗卵	6.1	3.7	2.4	8.4	5.7	2.7

試験区	洗卵工程	IHNV (log <sub>10</sub> TCID <sub>50</sub> /ml)			OMV (log <sub>10</sub> TCID <sub>50</sub> /ml)		
		洗卵前	洗卵後	除菌量	洗卵前	洗卵後	除菌量
複合洗卵	第1回濯ぎ洗卵	7.4	6.1	1.3	5.4	4.6	0.8
	第2回濯ぎ洗卵	6.1	5.4	0.7	4.6	3.9	0.7
	シャワー洗卵	5.4	3.1	2.3	3.9	1.4	2.5
	合計			4.3			4.0
単独洗卵	シャワー洗卵	7.1	4.6	2.5	5.1	1.9	3.3

(シャワー洗卵)が行われている。この等調液洗卵法は受精率を向上させる目的で普及している作業工程であるが、洗卵によって病原体を含む体腔液が洗い流され、卵表面が洗浄されることによって菌数が下がり、卵内感染のリスクが低くなっていることが考えられる。

サケ科魚類の採卵親魚の病原体保有に関しては、体腔液から *F. psychrophylum* が  $10^{1-7}$  CFU/ml<sup>20)</sup>、*A. salmonicida* が  $2 \times 10^1 \sim 8.3 \times 10^6$  CFU/ml<sup>21)</sup>、*R. salmoninarum* が  $4.0 \times 10^9$  cells/ml<sup>22)</sup>、IHNV および OMV が  $10^{1.2-4.3}$  および  $10^{1.8-2.1}$  TCID<sub>50</sub>/ml<sup>23)</sup> 程度分離されることが報告されている。小原ら<sup>24)</sup>は、内水面の養殖サケ科魚類の人工採卵において、受精成績の向上を目的として普及している等調液洗卵法が、病原体に汚染された卵の汚染度を下げ、卵内感染の防止に役立っているのではないかと考え、洗卵法の除菌効果を定量的に把握するための試験を行い、*F. psychrophylum*、*A. salmonicida*、IHNV および OMV による汚染卵を等調液で濯ぎ洗卵すると1回洗卵するごとに細菌あるいはウイルスの数は1桁(90%)減少し、通常行われている濯ぎ洗卵2回で2桁(99%)減少、シャワー洗卵でさらに2桁(最終的に99.99%)減少し、洗卵はきわめて有効な防除法であることを報告している(表1)<sup>24)</sup>。さらに、卵表面の生菌数が  $10^7$ /cm<sup>2</sup> 以上の場合、*F. psychrophylum* のみならず多くの細菌が卵門から卵腔に落ち込み、*A. salmonicida* をはじめ大部分の細菌は死滅するが、*F. psychrophylum* は卵腔で生存することが確認された(図5)<sup>25)</sup>。しかもこの現象は未受精卵でも起こり、卵門周囲に存在する細菌(図6)<sup>26)</sup>が、吸水時に落ち込むことにより起こるものと考えられた。

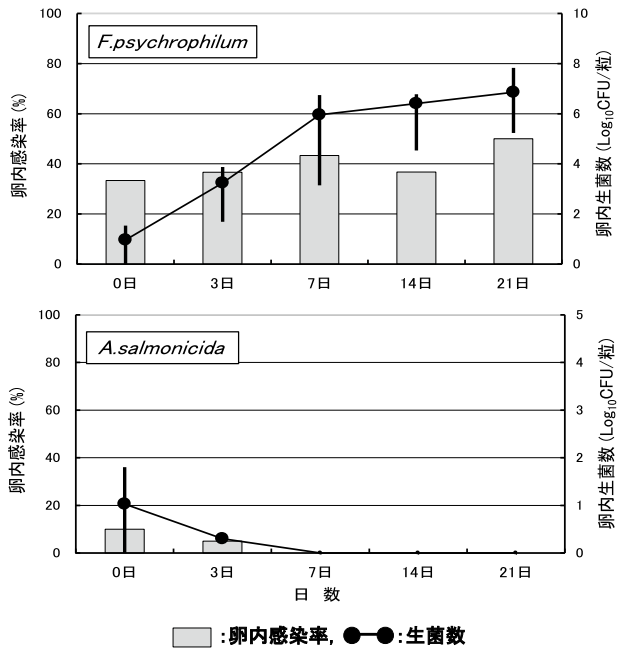


図5 人為感染卵の感染率と浸入した細菌の消長<sup>25)</sup>

その防止には受精前洗卵により吸水・受精時の卵表面の菌数を下げることが重要である。確実な対処法は体腔液に病原体を持たない親魚を採卵に用いることであるが、Kumagai and Nawata<sup>27)</sup>は卵を媒精前にPBSで調整したヨードで消毒することにより *F. psychrophylum* の経卵感染を防ぐことができることを報告している。細菌性腎臓病原菌 *R. salmoninarum* についても2回の濯ぎ洗卵とシャワー洗卵により卵表面の生菌数を  $10^{4-6}$  CFU/cm<sup>2</sup> に抑えることができ、この数値はエリスロマイシン投与時の効果に近く、現在エリスロマイシン投与群と洗卵群の比較を行っている。*R. salmoninarum* の生菌数が求められるようになり<sup>28)</sup>両者の効果が示

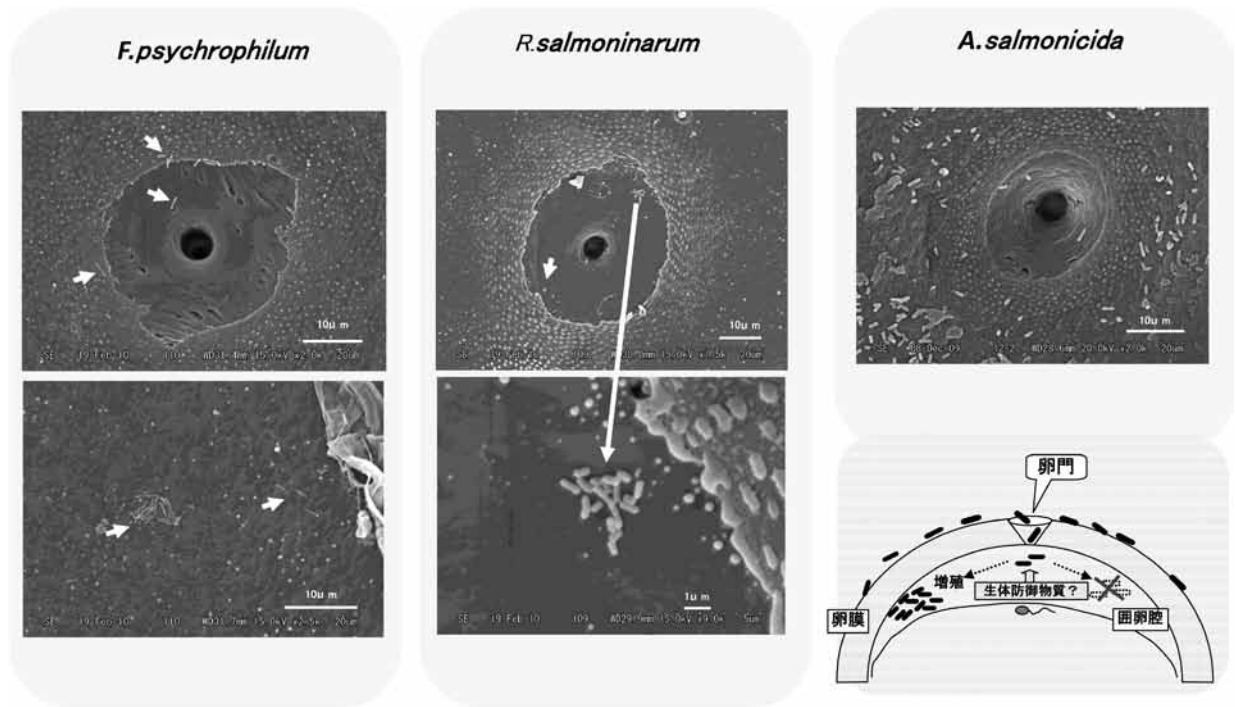


図6 3種の病原細菌汚染ニジマス卵の卵門と付着細菌<sup>26)</sup>

せれば、薬剤を使用しないで洗卵法を採用すべきと考える。

一方、ウイルスの場合はどうかということで、予備的な試験を行った。まず採卵直後のサケ卵を Hanks' BSS (HBSS) で 50 ppm に調整した水産用イソジン液で 15 分間消毒後、HBSS で 3 回洗浄し、 $10^7$  TCID<sub>50</sub>/ml の IPNV 懸濁液および  $10^6$  TCID<sub>50</sub>/ml の IHNV 懸濁液中に 15 分間浸したのち吸水し、CHSE-214 細胞を播いた 24 well plate に 1 粒ずつ 8 穴に収め、1 週間後および 2 週間後に卵膜を切開し、7 日間細胞を観察した。試験は 2 回行ったが、結果は両検体共に陰性でウイルスは分離できなかった。対象に設定した *F. psychrophylum* は 1/8 と 1/8 の割合で分離された。吸水により卵重量は 1 粒あたり 35 μg 増加した (60 粒 3 回の平均)。IPNV は卵内容物中で 2 週間安定で感染価に変化はなかった。仮にウイルスが卵門から吸い込まれたとすると  $35 \times 10^4$  TCID<sub>50</sub> の IPNV が侵入したことになる。しかし安定なウイルスが分離できなかったのでこの仮説は否定される。2 番目は直径 60 nm の IPN ウイルが直径 6 mm のサケ卵全体を覆うと仮定すれば  $10^{11} \sim 10^{12}$  TCID<sub>50</sub>/ml 以上が必用となり、供試ウイルス数が少なすぎた。この可能性は否定できないが、この数値は非現実的である。3 番目は IPNV も囲卵腔内に落ち込んだものの感染性が消失した可能性である。この点に関しては今後の研究課題である。細菌が入るのにウイルスが入らないとする根拠は今のところ見いだせない。

表2 親魚検査結果と経卵感染対策

卵内感染経路	対策
・卵膜形成前? ( <i>R. salmoninarum</i> : <i>R. s.</i> )	A
・体腔液で卵が汚染される	
卵膜小孔経由? ( <i>P. salmonis</i> )	A
卵門経由囲卵腔に一生存 (冷水病菌, <i>R. s.</i> )	A
卵門経由囲卵腔に一死滅 ( <i>A. salmonicida</i> )	C
・精子と共に侵入、受精胚に感染	
胚は死亡・ウイルスも不活化 (IHNV, OMV)	C
胚は死亡・ウイルスは活性保持 (IPNV)	D

- A: 親魚検査で陽性なら卵を使用しない
- B: 親魚検査で陽性の場合、洗卵・受精前卵消毒・発眼卵消毒を実施し、孵化仔魚の経過を観察
- C: 親魚検査で陽性の場合、発眼卵消毒を実施し、孵化仔魚の経過を観察
- D: 死卵は消毒後廃棄

以上の卵を介した垂直感染の可能性をいくつかのパターンに整理し、それぞれの対処法を書き出すと表2のようになる。

## 6. 稚仔魚の病原体検査・健苗性の確認

異常遊泳個体あるいは瀕死個体を見つけた場合は速やかに検査する。発症魚の検査には病患部を含む部位のスタンプ標本作製し、モノクローナル抗体を用いた蛍光抗体法を用いて行う方法が最も早く、高精度で診断できる。発症の有無にかかわらず定期的に検査をする場合、培養可能なウイルスであれば一度細胞に接種して 1~2 日培養し、培養細胞を PCR に供する培養併用 PCR 法が最も精度が高い<sup>29)</sup>。

## 7. 採卵場および洗卵排水の殺菌

飼育排水はその量が多く、前述の紫外線あるいはオゾンでの殺菌は技術的に困難である。しかし、魚病対策はもちろん環境対策からも効果的な排水の殺菌が必要である。現実的には採卵場の排水および洗卵排水の殺菌が急務である。採卵場の排水はそのまま蓄養池あるいは親魚遡上水路に戻されるため、病原体が存在すると再感染が起こり悪循環を繰り返す<sup>7)</sup>。採卵後期の方が親魚の病原体保有率が高いのは採卵排水による可能性が否定できない。発眼卵の消毒はヨード剤を使用するためその排水は問題ないものの、洗卵排水は病原体を含むため採卵排水同様危険である。前述のように Kumagai and Nawate<sup>27)</sup> はヨード剤を含む等張液での洗卵を推奨している。現在北海道のさけ・ます孵化場の一部では活性汚泥方式を採用した排水処理施設がみられるようになってきた。残餌や糞等のタンパク質を分解し飼育排水の COD、SS、全窒素量およびアンモニア態窒素量を減らす効果が認められている。

## 8. 耐病系の選抜

病原体に感染しても生き残る個体が存在し、一般的には 10 世代で抵抗性を獲得した個体が優性となり生物は耐病性を獲得するようになると言われている。魚類でも主要養殖魚種を対象に選抜育種が行われているが、被害の大きいウイルス病では IHN のように魚は耐病化しているが、ウイルスの変異が早く耐病性の獲得には至っていないものもある<sup>28)</sup>。現在まで、IHNV に抵抗性のあるギンザケとニジマスとの異種間交配により感受性の低いギンザケの性質を受け継いだニジマスの選抜や IHN 抵抗性を示すクローンニジマスの選抜<sup>31)</sup>、ニジマス 4 倍体とブラントラウトを掛け合わせ OMV に抵抗性のある信州サーモンの作出<sup>32)</sup>、さらにリンホシスチス病耐病性遺伝子座をマーカーに選抜したヒラメ、ホワイトスポット病抵抗性ウシエビの樹立などが報告されている。

## 9. ワクチン開発の現状

現在市販されているワクチンは、投与方法により浸漬ワクチン、経口ワクチンおよび注射ワクチンに大別される。従来は細菌性疾病に対する浸漬および経口ワクチンが主であったが、マダイイリドウイルス病や連鎖球菌症、類結節症に対する注射ワクチンが開発され、3 種混合ワクチンも市販され、高い予防効果が得られている。注射は最も有効な投与方法であるが、さ

け・ます類のように稚魚を対象にする場合には浸漬あるいは経口ワクチンの開発が望まれる。さらにワクチン投与魚の尾数が数十万尾になると、注射をするのは容易な作業ではない。ブリ属およびヒラメを対象としたワクチン注射装置が開発されている<sup>33)</sup>。装置には電気麻酔装置を組み込むことも可能である。注射時の麻酔の効き過ぎによる死亡や逆に麻酔がかからない等の事故の防止に役立つ。

水産用ワクチンを開発する上で最も大きな障害は、1 尾あたりのワクチンの価格である。現在の魚の価格では、ワクチン費用が魚価に占める割合が大きく、またワクチンメーカーも 1 尾あたりの価格を高く設定できない上に開発経費も重くのしかかる。さらに開発されたワクチンは対象魚種を増やすたびに認可申請を行わなければならない。このような現状ではあるが、ワクチンの効果により病気の発生が抑えられれば抗生物質の使用量も少なくなり、経費の削減が見込まれ、消費者心理にも合致することから、ワクチンの積極的な利用および開発を願うところである。

## 10. おわりに

さけ・ます類の場合、IPNV に感染していると IHNV に感染しづらい<sup>34)</sup>、サケレオウイルス (CSV) に感染すると IHNV に感染しづらい<sup>35)</sup> など、ウイルス間相互作用 (インターフェロン) を示唆する報告があり、dsRNA である Poly (I:C) を用いる手法が検討されている<sup>36~38)</sup>。また、前述の IHNV 耐性クローンニジマスの選抜<sup>29)</sup> や信州サーモン等異質 3 倍体の利用<sup>32)</sup> 等、耐病種の開発が検討されている。さらに、ギンザケ、シロサケ、カラフトマス、アユおよびカジカから IHNV が分離され、サクラマス (ヤマベ)、ギンザケ、ニジマスから OMV が分離される等、感受性の異なる複数魚種同時飼育による問題も考慮する必要がある。ウイルスのベクターあるいはリザーバーの存在も明らかになりつつあり、飼育環境あるいは河川・海洋環境での病原体の生態学的研究をより進める必要がある。

同じ増養殖現場でも、施設の形態や規模の違いで採られる対策が異なり、また海面等をそのまま利用する場合は、ビブリオ病のように水温の上昇により病原体が出現する前に出荷する、あるいはワクチンを利用する以外に現実的な対処法がない。したがって、今後新たな病原微生物に水産業が脅かされないためにも、国内未侵入の疾病に対する防疫体制を整えると共に、国内でも未侵入の地域に対しては同様の対策を講じる必要があると考える。

## 参考文献

- 1) 木村喬久・吉水 守 (分担) (1991) 水産養殖システムの殺菌, 高野光男・横山理雄監修, 『新殺菌工学実用ハンドブック』, サイエンスフォーラム, 東京, pp. 220-226.
- 2) 吉水 守・笠井久会 (2005) 魚類ウイルス病の防疫対策の現状と課題, 化学と生物, 43: 48-58.
- 3) 羽鳥秀一・本西 晃・西澤豊彦・吉水 守 (2003) 各種消毒剤の *Oncorhynchus masou* virus (OMV) 不活化効果, 魚病研究, 38: 185-187.
- 4) 吉水 守・笠井久会 (2002) 種苗生産施設における用水および排水の殺菌, 工業用水, 523: 13-26.
- 5) 吉水 守 (分担) (1955) 『中空糸膜精密ろ過装置 (水産用) 評価基準』, 新技術評価基準検討委員会編, マリノフォーラム 21, 東京, 61 p.
- 6) 野村哲一 (1993) サケマス増殖事業におけるせつそう病の疫学的研究, 北海道さけ・ます孵化場研報, 47: 1-99.
- 7) Yoshimizu, M., T. Kimura and J. R. Winton (1985) An improved technique for collecting reproductive fluid samples from salmonid fishes. *The Progressive Fish-Culturist*, 47: 199-200.
- 8) 吉水 守・野村哲一 (1989) サケマス採卵親魚の病原微生物検査法. 魚と卵, 158: 49-59.
- 9) Mulcahy, D. and R. J. Pascho (1984) Adsorption to fish sperm of vertically transmitted fish virus. *Science*, 225: 233-235.
- 10) Mulcahy, D. and R. J. Pascho (1985) Vertical transmission of infectious hematopoietic necrosis virus in sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: isolation of virus from dead eggs and fry. *J. Fish Disease*, 8: 393-396.
- 11) Yoshimizu, M., M. Sami, and T. Kimura (1989) Survivability of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) in fertilized eggs of masu (*Oncorhynchus masou*) and chum salmon (*O. keta*). *J. Aquat. Animal Health*, 1: 13-20.
- 12) 田窪龍彦・野本具視・富田勝美 (1996) サケ卵のヨード消毒の自動化の試み. 魚と卵, 165: 1-7.
- 13) 降幡 充 (2008) ニジマスのヘルペスウイルス病に関する研究. 長野水研報, 10: 1-41.
- 14) Kumagai, A. and K. Takahashi (1997) Imported eggs responsible for the outbreaks of cold-water disease among cultured coho salmon in Japan. *Fish Pathology*, 32: 231-232.
- 15) Kumagai, A., K. Takahashi, S. Yamaoka and H. Wakabayashi (1988) Ineffectiveness of iodophore treatment in disinfecting salmonid eggs carrying *Cytophaga psychrophila*. *Fish Pathology*, 33: 123-128.
- 16) Kumagai, A., S. Yamaoka, K. Takahashi, H. Fukuda and H. Wakabayashi (2000) Waterborne transmission of *Flavobacterium psychrophilum* in coho salmon eggs. *Fish Pathology*, 35: 25-28.
- 17) Kumagai, A. and A. Nawata (2010) Mode of the intra-ovum infection of *Flavobacterium psychrophilum* in salmon eggs. *Fish Pathology*, 45: 31-36.
- 18) 稲葉伝三郎・野村 稔・富永 健 (1958) 養殖マス類の人工採卵改善に関する研究-1. 人工授精に及ぼす潰卵の影響と洗卵法について. 日本誌, 23: 758-761.
- 19) 田代文男 (1976) 等張液による洗卵法. 養鱒の研究, 緑書房, 東京, p. 14.
- 20) Kumagai, K. and A. Nawata (2011) Concentration of *Flavobacterium psychrophilum* in the ovarian fluid and mit of cultured salmonids. *Fish Pathology*, 46: 116-119.
- 21) 野村哲一・吉水 守・木村喬久 (1992) サケ, カラフトマス及びサクラマス成熟親魚体腔液からの *Aeromonas salmonicida* の検出. 魚病研究, 27: 69-72.
- 22) Evelyn, T. P. T., J. E. Ketcheson and L. Prosreri-Porta (1984) Further evidence for the presence for *Renibacterium salmoninarum* in salmonid eggs and for the failure of povidone-iodine to reduce the intra-ovum infection rate in water-hardened eggs. *J. Fish Disease*, 7: 173-182.
- 23) 吉水 守・野村哲一・粟倉輝彦・木村喬久 (1988) 北日本におけるサケ科魚類採卵親魚の魚類病原ウイルス保有状況について-昭和51年~昭和61年. さけ・ますふ研報, 42: 1-20.
- 24) 小原昌和・小川 滋・笠井久会・吉水 守 (2010) 養殖サケ科魚類の人工採卵における等調液洗卵法の除菌効果. 水産増殖, 58: 37-43.
- 25) Kohara, M., H. Kasai and M. Yoshimizu (2012) Intra-ovum infection in salmonid eggs artificially contaminated with fish pathogenic bacteria: *Flavobacterium psychrophilum*, *Renibacterium salmoninarum* and *Aeromonas salmonicida*. *Fish Pathology*, 47: 49-55.
- 26) 小原昌和 (2011) 養殖サケ科魚類の卵内感染による垂直伝播の防除技術に関する研究. 長野水研報, 12: 1-51.
- 27) Kumagai, A. and A. Nawata (2010) Prevention of *Flavobacterium psychrophilum* vertical transmission by iodophore treatment of unfertilized eggs in salmonids. *Fish Pathology*, 45: 164-168.
- 28) Matsui, T., T. Nishizawa and M. Yoshimizu (2009) Modification of KDM-2 with culture-spent medium for isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathol.*, 44: 139-144.
- 29) 吉仲桃子・堀友花・本西 晃・河西一彦・山本 淳・鈴木邦雄・宇賀神光男・野村哲一・吉水 守 (1998) RT-PCRと細胞培養法を組み合わせた伝染性造血器壊死症ウイルス (IHNV) の検出. さけ・ます資源管理センター報, 1: 29-34.
- 30) Mochizuki, M., H-J Kim, H. Kasai, T. Nishizawa and M. Yoshimizu (2009) Virulence change of infectious hematopoietic necrosis virus against rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* with viral molecular evolution. *Fish Pathol.*, 44: 159-165.
- 31) 望月万美子・阿久津哲也・鴻上 繁・岡本信明・吉水 守 (2007) 染色体操作により得られたニジマス2系統の耐病性ならびに再生産形質に見られた差異. 日本誌, 73: 844-850.
- 32) 小原昌和・傳田郁夫 (2008) 染色体操作による異質三倍体品種「信州サーモン」開発. 水産育種, 37: 61-65.
- 33) 吉水 守・笠井久会 (2004) 水産用ワクチン注射装置の開発. 養殖, 41 (9) : 82-83.
- 34) Kim, H-J., N. Oseko, T. Nishizawa and M. Yoshimizu (2009) Protection of rainbow trout from infectious hematopoietic necrosis (IHNV) by injection of infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) or poly (I:C). *Disease of Aquatic Organisms*, 83: 105-113.
- 35) LaPatra, S. E., K. A. Lauda and G. R. Jones (1995) Aquareovirus interference mediated resistance to infectious hematopoietic necrosis virus. *Veterinary Research*, 26: 455-459.
- 36) Nishizawa, T., I. Takami, Y. Kokawa and M. Yoshimizu (2009) Fish-immunization using a synthetic double-strand RNA PolyI:C an interferon inducer, offers protection against RGNNV, a fish nodavirus. *Disease of Aquatic Organisms*, 83: 115-122.
- 37) Takami, I., S-R. Kwon, T. Nishizawa and M. Yoshimizu (2010) Protection of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* from viral hemorrhagic septicemia (VHS) by Poly (I:C) immunization. *Disease of Aquatic Organisms*, 89: 109-115.
- 38) Nishizawa, T., I. Takami, M. Yoshimizu and M-J. Oh (2011) Required dose of fish nervous necrosis virus (NNV) for Poly (I:C) immunization of sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus*. *Aquaculture*, 311: 100-104.

(公社) 日本水産資源保護協会は以下の規格の認証(認定)機関として認められています。

生産情報公表 JAS 規格: 「日本農林規格」(農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律に基づく規格)



食品の生産情報(誰が、どこで、どのように生産したか)を消費者に提供する仕組みとして、「生産情報公表 JAS 規格」を制定しています。JAS 規格制度は、JAS 規格を満たしていることを確認した製品に JAS マークを付けることができる制度です。国(農林水産大臣)が制定。

MELJapan: 『マリン・エコラベル・ジャパン』(Marine Eco-Label Japan)



FAO(国際連合食糧農業機関: Food and Agriculture Organization of the United Nations)の持続可能な漁業の認証のガイドラインに基づき、ISO 認証の仕組みに沿った認証制度です。

\*スキームオーナー「一般社団法人 大日本水産会」

\*規格とその認証の仕組みを所有し、運営・維持する主体

AEL: 『養殖エコラベル』(Aquaculture Eco-Label)



持続可能な養殖業の発展に資するため、FAOの養殖認証に関する技術的ガイドラインに基づき、ISO 認証の仕組みに沿った認証制度です。

スキームオーナー「一般社団法人 日本食育者協会」



● お知らせ ●

「(公社) 日本水産資源保護協会・受託検査について」

当協会では、以下の検査を受託しています。検査の申し込み・詳細は下記までお問い合わせ下さい。

●検査内容

- ・コイヘルペスウイルス(KHV) PCR 検査
- ・コイ科魚類特定疾病検査(KHV およびコイ春ウイルス血症(SVC))
- ・中国向け輸出錦鯉検査
- ・ヒラメのクドア・セブテンpunkタータ検査
- ・カナダ向け輸出餌用マサバの目視検査
- ・ロシア向け輸出水産食品魚病検査(活魚介類検査)
- ・中国向け輸出活水産物検査(目視検査)

●検査方法

農林水産省「特定疾病等対策ガイドライン」、国際獣疫事務局(OIE)監修の疾病診断マニュアルなどに準拠した方法を用います。検査結果は日本語表記あるいは日英文併記の結果報告書を発行します。

●受託検査に関するお問い合わせ・資料請求

公益社団法人 日本水産資源保護協会 受託検査担当

TEL: 03-6680-4277 FAX: 03-6680-4128

E-mail: kensa-jfrca@mbs.sphere.ne.jp

ホームページ: <http://www.fish-jfrca.jp/>



# 国産水産物の利用促進に関するセミナー



(株) 大平丸の山本浩司氏 (おさかなマイスター)

12月9日、国産水産物流通促進センターは千葉県学校給食会と共催で同給食会所属の栄養士60名を対象に国産水産物の利用推進を目的として、魚食普及に関するセミナーを開催しました。

東京湾の現役漁師で、おさかなマイスターの山本浩司氏を講師として招き、「地産地消 東京湾 海の幸！」と題して、東京湾で行われている漁業や漁獲物について動画やクイズを交えながら紹介していただきました。

栄養士の方々に魚を食べる重要性を知ってもらうことで、学校給食での魚食活動の取り組みが広がることを期待します。



セミナーの様子 演題「地産地消 東京湾 海の幸！」

## 国産水産物流通促進事業 マッチングセミナーに関して

魚食普及を行う指導者に対し、組合や団体等と共催で活動支援を行います。水産業、水産物の流通、魚の捌き方、調理法、栄養等についての学習会、料理教室、セミナーを開催します。

●お問い合わせ● 国産水産物流通促進センター（代表機関）公益社団法人日本水産資源保護協会  
TEL：03-6680-4277 E-mail：ryu-jfrca@mbr.sphere.ne.jp



# 株式会社 オホーツク活魚

2015年11月、西武池袋本店の催事場で開催された「ごっつお便 全国お取り寄せ展」にマリン・エコラベル・ジャパンの認証を取得している(株)オホーツク活魚が出展し、MEL認証を受けている製品も販売されました。



『北海道いくら醤油漬け』



『めじか鮭ルイベ』



(株)オホーツク活魚 藤本氏

(株)オホーツク活魚は2012年にマリン・エコラベル・ジャパンの流通加工段階認証を取得しており、同生産段階認証を取得している藤本漁業部のサケ定置網漁業が漁獲した漁獲物を取り扱っています。

マリン・エコラベル・ジャパン (MEL ジャパン) は、水産資源と海にやさしい漁業を応援する制度として2007年12月に発足しました。この制度は、資源と生態系の保護に積極的に取り組んでいる漁業を認証し、その製品に水産エコラベルをつけることにより、このような漁業を奨励・促進する制度です。当協会はMELジャパンの審査機関です。認証取得についてのお問い合わせは、企画情報室までお願いいたします。



平成 28 年 2 月 5 日 発行

発行 — 公益社団法人 日本水産資源保護協会

● 連絡先  
〒104-0044  
東京都中央区明石町1-1  
東和明石ビル5F  
TEL 03(6680)4277  
FAX 03(6680)4128  
【振替口座】00120-8-57297

企画・編集 — 公益社団法人 日本水産資源保護協会  
制作・印刷 — 株式会社 生物研究社