

第11回 ACNと水産種苗・養殖生産者との 懇話会 in 佐世保 講演要旨集

—ACNレポート第45号併設—



会 期：平成28年10月5日（水）

会 場：ホテルリソル佐世保

佐世保市白南風8-17 TEL：0956-24-9269

主 催：特定非営利活動法人 ACN（アクアカルチャーネットワーク）

後 援：広島県水産種苗生産者組合

（有）湊文社（月刊アクアネット）

（株）みなと山口合同新聞社（みなと新聞）

第11回 ACNと水産種苗・養殖生産者 との懇話会in佐世保 プログラム

会 場：ホテルリソル佐世保 (TEL0956-24-9269)
〒857-0862 佐世保市白南風8-17

1. 受 付 (10:00~13:00)

2. 開会の挨拶 (13:00~)

株式会社長崎県漁業公社 代表取締役常務 橋本 孝介 様
NPO法人ACN (アクアカルチャーネットワーク) 理事長 田嶋 猛

3. 来賓挨拶

有限会社湊文社 代表取締役 池田 成己 様

4. 講演1 (13:20~14:20)

「閉鎖循環飼育システムを用いた種苗生産と養殖の現状」

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所
屋島庁舎 資源生産部 養殖生産グループ長 山本 義久 様

— 休憩 — (10分)

講演2 (14:30~15:30)

「ヒラメ種苗期の疾病と対策」

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所
魚病研究センター上浦庁舎 感染制御グループ長 西岡 豊弘 様

— 休憩 — (20分)

講演3 (15:50~16:20)

「九十九島の自然と海きららの取組み」

西海国立公園九十九島水族館 館長 川久保 晶博 様

— 休憩 — (10分)

5. 質疑応答 (16:30~17:00)

6. 閉会の挨拶

— 目 次 —

「第11回 ACN懇話会in佐世保開会挨拶」	1
特定非営利活動法人ACN（アクアカルチャーネットワーク）理事長 田嶋 猛	
「養殖業の国際競争と種苗」	2
有限会社湊文社 代表取締役 池田 成己 様	
【講演 1】	
「閉鎖循環飼育システムを用いた種苗生産と養殖の現状」	4
国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所 資源生産部	
養殖生産グループ長 山本 義久 様	
【講演 2】	
「ヒラメ種苗期の疾病と対策」	12
国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 魚病センター上浦庁舎	
感染制御グループ長 西岡 豊弘 様	
【講演 3】	
「九十九島の自然と海きららの取組み」	23
西海国立公園九十九島水族館 館長 川久保 晶博 様	
「ACNレポート第45号」	28
水産関連企業 広告掲載一覧	36

× 毛

第11回 ACN懇話会in佐世保 開会挨拶

2016年10月5日

NPO法人アクアカルチャーネットワーク

理事長 田嶋 猛

5年半前の2011年3月11日に東日本大震災が発生しました。あの津波映像の記憶が鮮明に残っているうちに、本年4月の14日午後9時過ぎと16日午前1時過ぎの2度にわたり、九州は初めての震度7という強烈な地震に見舞われ、熊本と大分両県で甚大な被害が発生しました。この地震によって亡くなられた方々に深い哀悼の意を表するとともに、被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。熊本県では、今も屋根をブルーシートで覆った住宅があちらこちらに見かけられますが、ブルーシートの覆いもなく土埃を被った解体待ちの日本式家屋があり、それとは対照的に、手入れの行き届いた庭を見たときには心が重くなりました。熊本地震の本震から10日後の4月26日に宮城県石巻市、女川町、南三陸町を海沿いに巡りました。石巻市の水産加工工場や魚市場は、新築の建物に最新の機器や冷凍・冷蔵設備が導入され稼働していましたが、南三陸町などの住宅の高台移転工事は土地の造成中で、完成までには今後数年はかかりそうでした。東日本大震災や熊本地震のような大規模災害の被災地の一日も早い復興を願うばかりです。

さて、ACN懇話会の開催は、2年毎に九州・四国・中国地方の各県を巡っていますが、同県内での2度目を開催するのは今回が初めてで、前回は2000年に長崎市で開催しております。余談ですが、本年のリオデジャネイロオリンピックでの日本選手団の大活躍は記憶に新しいところですが、2000年にも南半球のシドニーでオリンピックが開催され、女子マラソン高橋尚子選手の金メダルに日本中が沸き立ったことを覚えている方も多いのではないのでしょうか。

話を日本の魚類養殖に移しますと、第3回ACN懇話会in長崎を開催した2000年のマダイ養殖収穫量は82,183トン、卸売市場価格は938円/kgで、2015年にはそれぞれ63,500トン（2000年比77.2%）、823円/kg（同87.7%）となっています。同様にトラフグは4,733トンと3,235円/kgが3,800トン（同80.0%）と2,555円/kg（同80.0%）に、ヒラメは7,075トンと2,958円/kgが2,500トン（同35.3%）と1,974円/kg（同66.72%）、シマアジは3,058トンと1,878円/kgが3,300トン（同107.9%）と1,851円/kg（同98.5%）（注1）となっています。シマアジ以外は数量、価格とも下落していて、特にヒラメの下落が目立ちます。このように21世紀に入り日本の養殖業界にとっては厳しい状況が続いていますが、昨今「完全養殖」という言葉をしばしば耳にするようになりました。完全養殖では種苗は天然ではなく全て人工産となります。マダイやヒラメについては10数年前から完全養殖となっていますが、ここ数年間ではマグロが先行し、ブリ類も徐々に人工種苗へと移行しつつあり、クエ・ハタ類、マサバ等も含めて今後の養殖魚類の生産性向上と市場拡大に期待したいところです。

末筆になりましたが、第11回ACN懇話会in佐世保を開催するに当たり、ご後援の各関係機関、講演をしていただく先生方や各地からお越しいただいた水産増養殖関係の皆様は厚くお礼申し上げます。

注1 養殖収穫量については農林水産省「平成27年漁業・養殖業生産統計年報」

卸売市場価格については東京都中央卸売市場(全場)における平成27年品目別年間平均価格
マダイとトラフグは鮮魚。ヒラメとシマアジは活魚。マダイは『マタイ(養殖)』、他の3品は養殖・天然の区別はされていない。

養殖業の国際競争力と種苗

2016年10月5日

(有)湊文社 月刊「アクアネット」発行編集人

池田成己

今年5月、韓国・済州島のヒラメ種苗生産場および養殖場、試験研究機関などを訪問する機会に恵まれました。クドア・セプトンクタータ対策がどのようになされているか？が最大の関心事でしたが、記者にとっては四半世紀ぶりの同地取材でもあり、様々な二次情報からイメージしていた“現地の様子”の修正を迫られた点がいくつもありました。

例えば、済州島でのヒラメ養殖の最大の優位性と考えていた、地下海水の“実力”です。ヒラメにとって適温で且つ清浄なその水資源は確かに存在していましたが、成魚養殖に必要な水量を賄うことはできず、それ以上の量の沿岸海水が併用されているため、飼育水温の調整には機能しているものの、病原体の侵入回避策にはなっていませんでした。さらに、継代飼育による近交弱勢も懸念されていて、主要疾病のワクチンが実用化されているにもかかわらず、平均的な生残率は約60%とのことでした。端的に言えば、済州島のヒラメ生産現場は記者が思っていた以上に苦勞していました。にもかかわらず、日本市場では競争力を発揮してきたわけで、公的支援も得て始まっている各種対策（用水殺菌や配合飼料化など）が進み、それが一段と強まる可能性もあります。

眼目のクドア対策については、韓国では、「クドア・セプトンクタータでは食中毒にならない」、つまり「ヒラメクドアによる食中毒は起きていない」との政府見解であることを告げられ、正直、驚きました。ではクドア対策は講じられていないのか？というところ、決してそうではないのですが、科学の世界も単純明快にはいかない場合がままあるようです（詳しくは小誌2016年6月号～8月号の拙稿をご覧ください）。

他方、近畿大学水産研究所などの主催で8月に尾道で行われた「種苗生産技術交流会」では、地中海の二大養殖魚種であるヨーロッパヘダイとヨーロッパスズキの種苗生産（ふ化仔魚～2gサイズ）における生残率は30%程度で、形態異常率も日本でのマダイ種苗生産に比べて高いこと、北欧でのサーモンの種苗生産・養殖とは生産効率に著しい差があること等が、欧州の研究者から報告されました。サーモンとの生産性の違いの要因として挙げられたのは、配合飼料のみで飼育できるか否か、担い手の経営規模≒寡占化の進捗度など。サーモンの生産システムは、ヘダイ・スズキにとっても一つの針路と捉えられているようです。

7月には横浜で、(国研)水産研究・教育機構主催の「ブリ類養殖振興勉強会」が開催されましたが、それは、近年、米国、メキシコ、豪州、チリなどでカンパチやヒラマサなどSeriola属の種苗生産や養殖に力が注がれており、日本市場において“サーモンの二の舞”になる可能性もあるため、関係者間で情報・意見交換を行っていかうという意図によるものでした。育種分野の研究者によれば、それらの多くがノルウェーの研究機関や企業と共同でSeriola属の育種に取り組んでいるとのこと。カンパチは日本の種苗生産関係者にとっても期待の“新星”ですが、すでに国際競争の最中にいるのかもしれない。

養殖の基本は「一（いち）種、二（に）水、三（さん）管理」と言われてきました。主に貝類などの無給餌養殖を想定した格言でしょうが、いの一は、種。今年7月には輸入防疫を強化する農林

水産省令も施行されました。自由貿易体制が（その過程では国際競争が）進む潮流の中、養殖業にとっての種卵・種苗の重要性に改めてスポットライトが当たっている気がします。

講師紹介

閉鎖循環飼育システムを用いた種苗生産と養殖の現状

国立研究開発法人水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所

資源生産部 養殖生産グループ長 山本 義久

【略 歴】

- 1959年 静岡県生まれ
- 1982年 東京水産大学水産学部養殖学科卒業
- 1984年 東京水産大学修士課程修了
- 1984年 静岡県温水利用研究センター勤務
- 1990年 (社) 日本栽培漁業協会 技術員・主任技術員
百島実験地, 厚岸事業場, 屋島事業場を経て
- 2003年 (独) 水産総合研究センター屋島栽培漁業センター主任研究員
- 2007年 (独) 水産総合研究センター屋島栽培漁業センター場長
- 2011年 (独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所増養殖部養殖グループ長
- 2012年 (独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所増養殖部
閉鎖循環システムグループ長
- 2013年 東京海洋大学海洋科学技術研究科博士後期課程修了 (海洋科学博士)
- 2016年 国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所
資源生産部 養殖生産グループ長

【主な研究分野】

栽培漁業 (サワラ, ニシン, マツカワ, マダイ, クルマエビ, ヒラメ, ガザミ)
種苗性研究・粗放的種苗生産 (マダイ)
クルマエビ類成熟 (クルマエビ, ウシエビ)
閉鎖循環飼育システム開発 (泡沫分離装置, 間歇ろ過装置, 廃水処理システム等)
食文化研究 (魚食普及, 食育教室, 創作料理→FRAニュース連載中[33回])

【主な研究成果】

<特許>

- 1) 「水の浄化方法とその方法に用いる泡沫分離装置」山本義久, 土井和彦,
特許第5130428号.
- 2) 「循環式の水の濾過装置」山本義久, 安藤忠, 特許第4670087号.
- 3) 「浮体動揺抑制装置および生簀」山本義久ほか, 特開2014-132843.
- 4) 「高効率一貫環境制御陸上養殖システム」越智一之, 山本義久, 今井正,
特開2014-176339.

<著書>

- 1) 山本義久 (2013) 陸上養殖用ろ過装置とその管理, 陸上養殖: 事業化・流通に向けた販売戦略・管理技術・飼育事例 (共著) 情報機構, 98-115.
- 2) 山本義久 (2013) 陸上養殖における水温管理と魚への影響, 陸上養殖: 事業化・流通に向けた販売戦略・管理技術・飼育事例 (共著) 情報機構, 128-135.
- 3) 山本義久 (2013) 閉鎖循環式種苗生産システムとその実証事例, 陸上養殖: 事業化・流通に向けた販売戦略・管理技術・飼育事例 (共著) 情報機構, 233-244.
- 4) 山本義久 (2013) 欧州における陸上養殖の各種事例, 陸上養殖: 事業化・流通に向けた販売戦略・管理技術・飼育事例 (共著) 情報機構, 245-253.
- 5) 山本義久 (2010) マイクロバブルの水産・養殖分野への応用, マイクロ・ナノバブルとそのプロセス—いろいろ使える「微細泡」の驚異的作用 (共著), (株) ティー・アイ・シー, 300pp.
- 6) 山本義久 (2005) ブリの種苗生産技術開発 (共著), 栽培漁業シリーズ12, 日本栽培漁業協会, 83pp.
- 7) 山本義久 (2001) ニシン種苗生産技術, 栽培漁業シリーズ7, 日本栽培漁業協会, 100pp.
- 8) 津村誠一, 山本義久 (1995) 飼育方法と健苗性, 放流魚の健苗性と育成技術 (共著), 水産学シリーズ93, 84-94.

<主な論文>

- 1) 山本義久 (2016) 環境負荷を低減する閉鎖循環式養殖システムと物質循環利用型養殖について, 特集「食料生産における新たな水利用」, 水環境学会誌, 39 (9) 印刷中
- 2) 山本義久 (2015) 水産増殖での閉鎖循環システムの展開, 特集「水産増養殖における人工海水の利用」, 日本海水学会誌, 69 (4), 225-237.
- 3) 山本義久・鴨志田正晃・竹内俊郎 (2013) マダイの閉鎖循環式種苗生産における適正循環率の検討」Eco-Engineering, 25 (2), 49-58.
- 4) 山本義久 (2013) 海産魚類の閉鎖循環式種苗生産システムの開発に関する研究, 平成24年度東京海洋大学大学院博士論文, 1-206.
- 5) Sakami, T., T. Andoh, T. Morita, Y. Yamamoto (2012) Phylogenetic diversity of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in biofilters of recirculating aquaculture systems, *Marine Genomics*, 7, 27-32.
- 6) 山本義久, 與世田謙三, 宮田勉 (2010) 欧州の閉鎖循環式養殖研究の現状, 水産技術, 155-157.
- 7) Yamamoto Y., and S. Hayase (2008) Japan, In Thematic regional reviews, The future of mariculture: a regional approach for responsible development in the Asia-Pacific region, *FAO Fisheries Proceedings*, 11: 189-198.

閉鎖循環飼育システムを用いた種苗生産と養殖の現状

国立研究開発法人水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所

資源生産部 養殖生産グループ長 山本 義久

1. 閉鎖循環飼育システムとは

閉鎖循環飼育システムで最も重要な要素は、飼育魚を正常に育成するために、飼育水を清浄に保つことである。すなわち、効率的に水を浄化する装置を用いて、飼育水の水質を好適条件に安定的に維持することが必要である。閉鎖循環飼育システムの浄化機能では、水中に浮遊あるいは沈殿している有機懸濁物の除去と、水に溶解している毒性の強いアンモニア態窒素などの除去が重要となる。基本的に、前者は物理ろ過装置、後者は生物ろ過装置などが担う機能である。さらに循環ポンプと飼育水の殺菌装置及び酸素供給装置などで構成される。

2. 閉鎖循環式養殖システムの構築

基本的な閉鎖循環式養殖システムをオランダのWageningen大学のシステムの事例で解説すると、飼育水槽からの循環水は、以下の各浄化装置を経て再び飼育水に戻される（図1）。浄化装置（その機能）は、沈殿槽（大型の有機物除去）、膜処理などの物理ろ過（懸濁物除去）、受水槽（水位調整）、紫外線殺菌装置（殺菌）、循環ポンプ（水循環）、生物ろ過装置（アンモニアの硝化）、脱窒装置（硝酸の脱窒）、酸素供給装置（酸素供給）により構成され、ポンプ2台で水を循環処理している。一方、物理ろ過処理により排出された有機廃水は、下水処理と同様な工程により、脱リン、脱窒、凝集分離により、有機固形物と上澄み廃水に分離され、固形物は産廃処理し、上澄み廃水は貯水し徐々に放流する。本方式の浄化システムは、膜処理（ドラムフィルター）で有機物の閉塞による自動逆洗による一定の排水（10～20%/日）がでるため、完全な閉鎖循環式養殖にはなりえないが、その廃水処理をするシステムを併用することにより環境負荷軽減を図っている。

また、効率的な水浄化装置としては、懸濁物除去能力が高い泡沫分離装置や、沈殿物を効率的に除去するエコトラップと呼ばれるストレーナーなど多くの装置開発がなされ、近年では、多機能な生物ろ過装置として浮遊ビーズろ過装置が注目されている。これは砂ろ過装置と類似した粒状濾材を使用したものであり、生物ろ過処理と物理ろ過処理の両機能を備えた優秀な装置であり、逆洗水も少ないことから現在、世界的に広く普及されつつある。

一方、瀬戸水研屋島で構築した閉鎖循環飼育システムは、海産魚介類の種苗生産に適した仕様である。本システムは、泡沫分

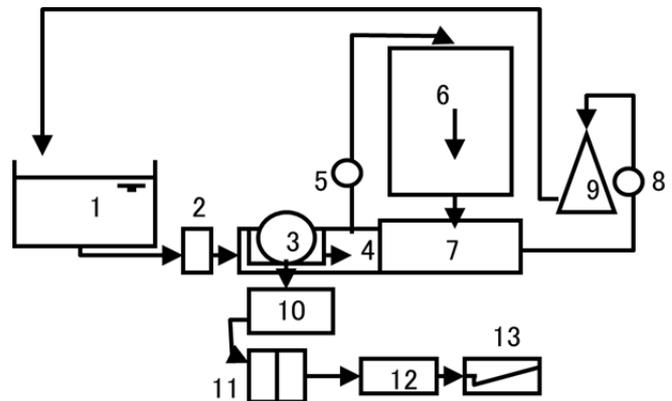


図1 オランダWageningen大学の閉鎖循環式養殖システムの模式図

1：飼育水槽，2：，3：ドラムフィルター，4：UV殺菌，
5：循環ポンプ，6：生物ろ過装置（散水ろ床），7：受け水槽，
8：循環ポンプ，9：酸素供給装置，10：排水貯水槽，
11：脱窒装置，12：脱リン装置，13：凝集固液分離

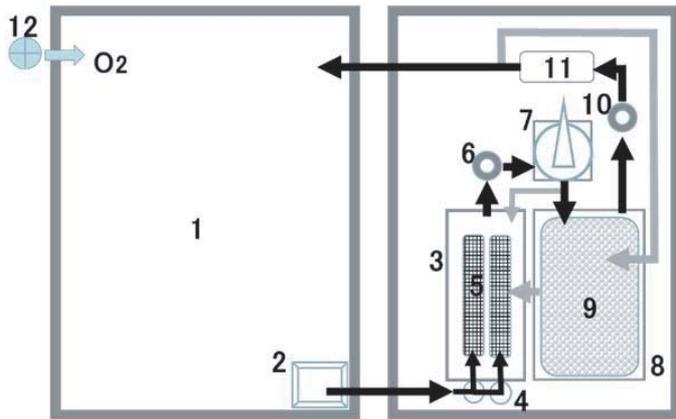


図2 香川県栽培漁業センターにおけるキジハタの閉鎖循環式種苗生産システムの循環経路(システムは筆者が基本設計)
 1; 飼育水槽、2; 排水アンドン、3; 受け水槽、
 4; 水位調整立ち上がり管、5; ろ過ネット、6; 泡沫ポンプ、
 7; 泡沫分離装置、8; 生物濾過装置9; 濾材、
 10; 循環ポンプ、11; UV殺菌装置、12; 酸素発生装置



図3 開発した泡沫分離装置
 (特許第5130428号)

離装置+生物ろ過装置+紫外線殺菌装置+受け水槽+循環ポンプのみであり、陸上養殖に用いるものよりも単純化されている(図2)。

本システムの特長は、泡沫分離処理系と生物ろ過処理系の2つの系統内での処理回転率を高めていることである。飼育初期に全体の循環率が低い場合は浄化作用が十分に機能しないため、その問題を解決するために、系内処理の回転率を増加させて水浄化作用を促進し、処理効率の向上を図っている。本システムの基軸となる装置は、水中の有機懸濁物を効率的に除去可能な泡沫分離装置(特許第5130428号、図3)や、魚からでる糞等から溶出する毒性が高いアンモニア除去を倍增可能な高効率且つメンテナンス性が良い間歇ろ過方式の新規装置(特許第4670087号、図4)である。これらの装置を基礎としてシステムの低コスト化、高性能化可能なシステム開発を展開している。

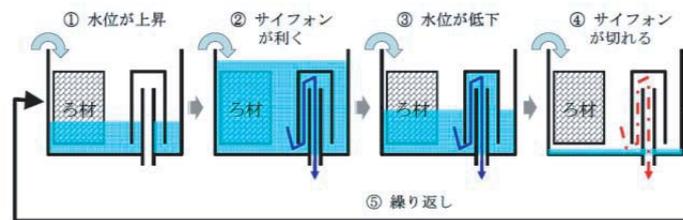


図4 サイフォン作用による間歇ろ過方式の工程の模式図

3. 閉鎖循環飼育システムの普及のための技術連携

瀬戸水研屋島で構築した普及型の閉鎖循環飼育システムを用いて、閉鎖循環飼育の有効性に関する実証試験を県の水産試験場や栽培漁業センターなどの公的機関と共同研究等の連携により実施してきた。

これまでに共同研究等で連携した県は、香川県、広島県、山口県、鳥取県、佐賀県、鹿児島県、沖縄県、秋田県、青森県、山形県、福井県等であり、市町村では愛媛県西条市、八幡浜市等がある(表1)。

表1 水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所資源生産部部養殖生産グループがこれまでに連携した水産研究機関等と閉鎖循環飼育システムを用いた実証事例

分野	水産試験研究機関等名称	対象魚種	効果・目的
種苗生産	香川県水産試験場栽培漁業センター	キジハタ	VNN防除
	香川県水産試験場栽培漁業センター	タケノコメバル	省エネルギー
	広島県総合技術研究所水産海洋技術センター	カサゴ、ウマヅラハギ	低塩分飼育による高生産性
	(一社) 広島県栽培漁業協会	キジハタ	高生産性
	佐賀県玄海水産振興センター	カサゴ	低塩分飼育による高生産性
	青森県産業技術センター内水面水産研究所	サクラマス	高生産性
	山形県内水面水産試験場	サクラマス	高生産性
親魚養成	香川県水産試験場栽培漁業センター	キジハタ	VNN防除
	(公社) 山口県栽培漁業公社内海生産部	トラフグ	省エネルギー
餌料培養	秋田県水産振興センター	ワムシ	安定培養・高生産性
陸上養殖	沖縄県栽培漁業センター	ヤイトハタ	高密度での高生産性
	鳥取県栽培漁業センター	キジハタ	高生産性
	愛媛県西条市	サツキマス	省エネルギー
	愛媛県八幡浜市	エゾアワビ	高生産性

4 閉鎖循環飼育システムの有効性の実証

閉鎖循環飼育システムの特徴は、水を換えない飼育が出来ることから、省エネルギー、高生産性（高密度飼育、生残率向上）、外部リスク回避（疾病防除、悪天候の影響回避）、環境保全（廃水削減）等の有効性が提唱されている。これらの効果について上記の連携機関とともに実証試験を実施した。

1) 省エネルギー効果（閉鎖循環式親魚養成）

トラフグ親魚養成では早期採卵のため冬季の飼育水温を17℃に保つ必要がある。加温費の削減を目的とした省エネルギー効果を狙った。この事例

では、大きな効果が試算された。消費カロリーは、閉鎖循環飼育の導入により87.9%削減が実現できることが判明した。また、瀬戸水研屋島庁舎では、施設全体で冬季に普及型の閉鎖循環システムを設置し、ほぼすべてを閉鎖循環式の飼育に変更した結果、地先水温の変動にかかわらず安定して低い燃油消費量で済んでいる（図5）。本成果については、山口県栽培漁業公社とはトラフグ親魚養成の事例で、佐賀県玄海水産振興センターとはカサゴの種苗生産の事例で、それぞれ共同研究により年間100万円程度の加温にかかる経費削減が達成でき、省エネルギー化が実証できた。

2) 高生産性（生残率向上、高密度養殖）

沿岸魚種の多くは、飼育環境は低塩分条件が適するため、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センターと共同研究を実施し（図6）、カサゴの閉鎖循環式種苗生産事例で御堂岡らが低塩分条

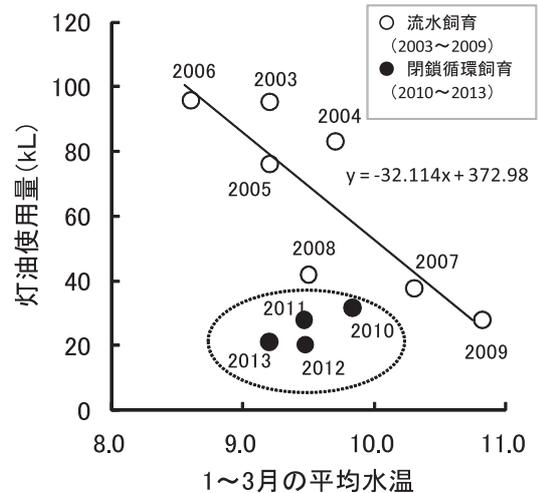


図5 省エネルギー効果の実例（瀬戸水研屋島庁舎）

件で、閉鎖循環飼育と掛け流しの流水飼育の比較試験を実施した結果、閉鎖循環飼育の方が生残率は1.6倍になった。

閉鎖循環飼育では、種苗生産や養殖で工場生産の様に高生産性の可能性がある。マダイの種苗生産では飼育水1kL当たりのマダイ稚魚の生産密度は2万尾/kLの高密度種苗生産が実証された。また、養殖分野では、その飼育密度は100kg/kL以上が淡水魚の閉鎖循環式陸上養殖の世界基準であるが、海産魚の高密度養殖の可能性をヤイトハタについて沖縄県栽培漁業センターと共同研究を実施し、筆者の開発したシステムを用いて（図7）、現在、190kg/kL以上の極めて高い飼育密度による半閉鎖循環式陸上養殖の実証試験を進行中である。

3) 疾病防除（閉鎖循環式種苗生産でのVNN防除）

閉鎖循環飼育では台風津波などの自然災害や病気等の外部リスク回避効果が期待される。香川県栽培漁業センターではこれまでにVNNの猛威でキジハタ種苗が全滅し生産出来なかった事例が頻発した。そのためキジハタのVNN防除を目指し共同研究を実施した。瀬戸水研屋島が開発した普及型の閉鎖循環飼育システム（図8）を香川県栽培漁業センターに設置した結果、6年間連続でVNN防除が出来、閉鎖循環飼育による疾病防除が実証された（図9）。

4) 環境保全（廃水削減）

閉鎖循環飼育では、換水をしないことで、養殖過程で出る魚の糞や残餌などの有機廃水削減に通じて、かけ流し流水飼育や海面小割網養殖と比較すると環境保全型の養殖形態である。瀬戸水研屋島では、閉鎖循環式種苗生産システムを用いてマダイの種苗生産過程で廃水の削減の可能性を試験し、当初、欧米の閉鎖循環システムと同様な排水量の15-20%/日の日間廃水率を、



図6 広島県に設置した普及タイプの閉鎖循環式種苗生産システム



図7 沖縄県が陸上養殖対象としているヤイトハタ(*Epinephelus malabaricus*、写真上)と、沖縄県栽培漁業センターの高密度養殖を実現した半閉鎖循環式陸上養殖システム（写真下）



図8 香川県に設置した閉鎖循環飼育システム

を0.03%まで低減させた。一方、養殖工程での現状の日間廃水率は0.2-0.5%/日程度でキジハタの閉鎖循環式養殖が可能となっていて、試験的に実施した嫌気性バイオリアクターを用いた廃水処理技術の導入では、日間廃水率は0.0003%/日とほぼゼロエミッション化が可能となった（図10）。

5. 閉鎖循環式養殖の課題と展望

我が国の閉鎖循環飼育については、養殖分野では沖縄県のヤイトハタ養殖と栃木県での温泉トラフグなどのように限定的に陸上養殖が成功しているのみで、ほとんど産業化されていないのが現実であり、養殖産業を環境保全と両立しつつ持続可能なものにするという理想には程遠い。しかし、本技術は、瀬戸水研屋島が共同研究などにより全国の水産試験場の研究者との技術連携を行い、良質な受精卵を得るための親魚養成や養殖等に用いる稚魚を生産する種苗生産分野で普及しつつあり、今後の陸上養殖の普及のための前提条件が整備しつつあると考えている。しかし、システムのインシヤルコストの問題などが障壁になっており、より低コストかつ高性能な水浄化技術の進展が望まれる。

最後に、本研究は筆者なりに教科書を作成するイメージで、閉鎖循環飼育の解説を月刊アクアネットに連載している（以下の参考文献を参照）。これまで基礎編、応用編、実証編の3回に分けて、23回分執筆し、研究成果を網羅的に紹介しているものであるため、参考にしていただきたいと思う。

月刊アクアネットでの閉鎖循環飼育関係の連載リスト

隔月連載 閉鎖循環飼育の未来と可能性Ⅰ＜基礎編＞

- 第1回 閉鎖循環飼育を取り巻く環境，2011年，4月号，57-59
- 第2回 閉鎖循環飼育の「システム」の在り方，2011年，5月号，44-47
- 第3回 閉鎖循環式種苗生産に適した物理ろ過方法，2011年，7月号，60-65
- 第4回 閉鎖循環式種苗生産に適した生物ろ過方法（上），2011年，9月号，66-70
- 第5回 閉鎖循環式種苗生産に適した生物ろ過装置（下），2011年，11月号，68-73
- 第6回 閉鎖循環式種苗生産に適した殺菌方法の検討，2012年，1月号，55 -59
- 第7回 普及タイプの閉鎖循環式種苗生産システムの構築，2012年，4月号，40-44

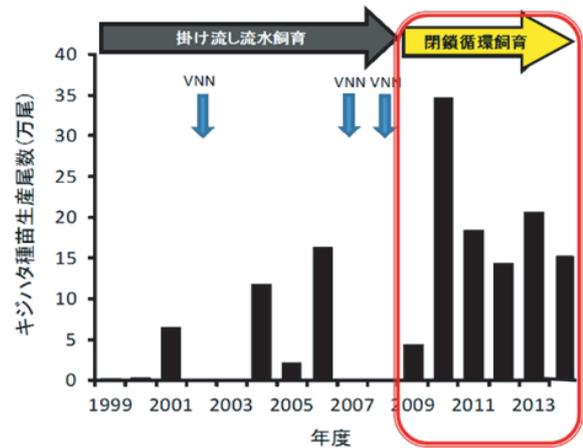


図9 香川県栽培漁業センターでの閉鎖循環飼育システムによるVNN防除効果

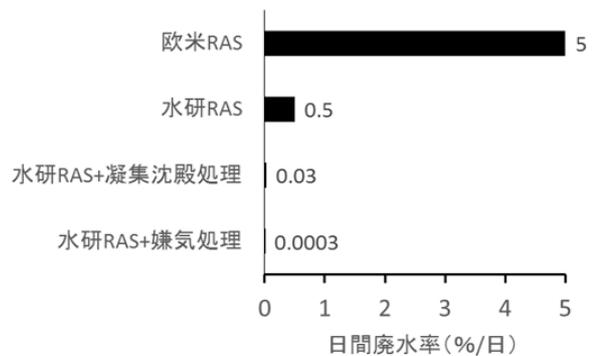


図10 閉鎖循環飼育システム(RAS)を用いた日間廃水率の比較

隔月連載 閉鎖循環飼育の未来と可能性Ⅱ<応用編>

- 第1回 閉鎖循環飼育による省エネ効果, 2013年, 6月号, 53-57
- 第2回 閉鎖循環飼育の高生産性, 2013年, 8月号, 46-49
- 第3回 閉鎖循環飼育による外部リスク回避効果, 2013年, 10月号, 42-45
- 第4回 閉鎖循環飼育による環境保全効果, 2013年, 12月号, 58-61
- 第5回 欧州における閉鎖循環式養殖の現状-システム編-, 2014年, 2月号, 50-54
- 第6回 欧州における閉鎖循環式養殖の現状-商業生産編-, 2014年, 4月号, 46-50
- 第7回 欧州における閉鎖循環式養殖の現状-半閉鎖循環方式によるニジマスの商業養殖-, 2014年, 6月号, 54-58

隔月連載 閉鎖循環飼育の未来と可能性Ⅲ<実証編>

- 第1回 閉鎖水界の生産力を活かした魚類生産(上), 2015年, 7月号, 54-59
- 第2回 閉鎖水界の生産力を活かした魚類生産(下), 2015年, 9月号, 48-53
- 第3回 閉鎖循環式種苗生産におけるVNN防除対策の実例, 2015年, 11月号, 50-55
- 第4回 「沖縄モデル」によるヤイトハタ超高密度養殖 その1, 2016年, 1月号, 42-46
- 第5回 「沖縄モデル」によるヤイトハタ超高密度養殖 その2, 2016年, 2月号, 50-54
- 第6回 “水素冷却”によるサツキマスの陸上養殖, 2016年, 3月号, 46-50
- 第7回 キジハタのハイブリッド式閉鎖循環型養殖-地元企業による事業化へ向けた鳥取県との共同研究-, 2016年, 5月号, 54-58
- 第8回 完全養殖の国産カンパチのための「鹿児島モデル」-半循環式中間育成による生産原価低減-, 2016年7月号, 48-52
- 第9回 閉鎖循環システムによる海産魚の低塩分飼育~広島県との共同研究~2016年, 9月号, 印刷中

リンク先：月刊アクアネット、<http://www.sobunsha.com/>

講師紹介

ヒラメ種苗期の疾病と対策

国立研究開発法人水産研究・教育機構 増養殖研究所 魚病研究センター 上浦庁舎

感染制御グループ長 西岡 豊弘

【略 歴】

- 1959年 徳島県生まれ
- 1982年 近畿大学農学部水産学科卒業
- 1984年 (社) 日本栽培漁業協会 小浜事業場勤務
- 1991年 (社) 日本栽培漁業協会 西日本支部勤務
- 1994年 (社) 日本栽培漁業協会 五島事業場勤務
- 2000年 (社) 日本栽培漁業協会 上浦事業場勤務
- 2003年 (独) 水産総合研究センター 上浦栽培漁業センター勤務 (統合による)
- 2006年 (独) 水産総合研究センター 増養殖研究所魚病診断・研修センター勤務
- 2014年 (独) 水産総合研究センター 増養殖研究所病害防除部 上浦庁舎勤務
- 2016年 国立研究開発法人水産研究・教育機構 増養殖研究所 魚病研究センター 上浦庁舎勤務 (統合による)

【専門分野】

水産増殖学, 病理学

【主な論文など】

1. Nishioka T., T. Kamaishi, J. Kurita, T. Mekata, I. Kiryu, K. Yuasa, Y. Shimahara, J. Hyoudou, T. Ryu, T. Takase, Y. Uchimura, M. Ototake and N. Oseko (2016) : Pathogenicity of two *Candidatus Xenohalictis californiensis* genetic variants against three abalone species (the genus *Haliotis*). *Fish Pathol.*, 51 (2), 54-59.
2. Nishioka T., J. Satoh, T. Mekata, K. Mori, K. Ohta, T. Morioka, M. Lu, H. Yokoyama and T. Yoshinaga (2016) : Efficacy of sand filtration and ultraviolet irradiation as seawater treatment to prevent *Kudoa septempunctata* (Myxozoa: Multivalvulida) infection in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathol.*, 51 (1), 23-27.
3. 西岡豊弘・釜石 隆・内村裕之・池上直也・桐生 郁也・湯浅 啓・嶋原 佳子・乙竹 充・大迫典久(2015) : 蒸留水および紫外線の*Candidatus Xenohalictis californiensis*に対する殺菌効果. *魚病研究*, 50 (2), 85-88.
4. 西岡豊弘 (2015) : 近年問題となっている種苗期の疾病とその対策について. *豊かな海*, 38号36-37.
5. 西岡豊弘 (2015) : ヒラメのクドア感染に関する研究・対策の進捗状況. *アクアネット*, 6号, 34-37.
6. 西岡豊弘 (2014) : ヒラメ等における疾病防除対策の現状と課題. *豊かな海*, 35号, 32- 33.
7. 西岡豊弘・森 広一郎・菅谷 琢磨・竹内 宏行・津崎 龍雄・升間 主計・岡 雅一・中井敏博 (2011) : アカアマダイ種苗におけるウイルス性神経壊死症の発生とその防除対策. *水産増殖*, 59 (2), 275-282.
8. Nishioka T., K. Mori, T. Sugaya, N. Tezuka, T. Takebe, H. Imaizumi, K. Kumon, S. Masuma and T. Nakai (2010) : Involvement of viral nervous necrosis in larval mortality of hatchery-reared Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Fish Pathol.*, 45 (2), 69-72.

9. 西岡豊弘・渡邊研一・佐野元彦 (2009) : 浸漬法によるヒラメ稚魚への*Tenacibaculum maritimum* 実験感染法の検討. 魚病研究, 44(4号), 178-181.
10. 西岡豊弘・藤本宏・岡 雅一・有元 操 (2009) : 海産魚介類における種苗生産期の疾病発生状況 (2000~2006年度). 水産技術, 2(1)57-65.
11. 西岡 豊弘・塩澤 聡・小金 隆之・小磯 雅彦・虫明 敬一・有元 操(2006) : ブリおよびヒラマサの種苗生産過程におけるウイルス性腹水症の疫学調査, 栽培漁業技術開発研究, 33(2)77-83.
12. 西岡 豊弘・中田雅子・古澤 徹(1997)資料 種苗生産過程の海産魚介類における疾病発生状況 (1989~1994年) : 水産増殖, 45(2), 285-290.
13. 井上 誠章・岩崎 隆志・嶋田 幸典・佐藤 純・西岡 豊弘 (2015) : クエ*Epinephelus bruneus* 稚魚の成長に及ぼす飼育塩分の影響. 日水誌, 81(5), 803-810.
14. Shimahara Y., J. Kurita, T. Nishioka, I. Kurita, K. Yuasa, T. Sakai, N. Oseko, M. Sano and P. Dixon (2016) : Development of an improved RT-PCR for specific detection of spring viraemia of carp virus. *J. Fish Dis.*, 39(3), 269-275.
15. Kiryu I., T. Nishioka, K. Yuasa, J. Kurita, Y. Shimahara, M. Ototake, N. Ikegami and N. Oseko (2014) : Rapid and simple detection method of “*Candidatus Xenohalictis californiensis*” using fecal PCR in abalone *Haliotis discus discus* and *H. gigantea*. *Fish Pathol.*, 49(2), 41-48.
16. Kiryu I., J. Kurita, K. Yuasa, T. Nishioka, Y. Shimahara, T. Kamaishi, M. Ototake, N. Oseko, N. Tange, M. Inoue, T. Yatabe and C. S. Friedma (2013) : First detection of *Candidatus Xenohalictis Californiensis*, the causative agent of withering syndrome, in Japanese black abalone *Haliotis discus discus* in Japan. *Fish Pathol.*, 48(2), 35-41.
17. Shimahara Y., J. Kurita, I. Kurita, T. Nishioka, K. Yuasa, M. Kawana, T. Kamaishi and N. Oseko (2012) : Surveillance of Type 1 Ostreid Herpesvirus (OsHV-1) Variants in Japan. *Fish Pathol.*, 47(4), 129-136.
18. Miwa S., T. Kamaishi, T. Hirae, T. Murase and T. Nishioka (2011) : Encephalomyelitis associated with microsporidian infection in farmed greater amberjack, *Seriola dumerili* (Risso). *J. Fish Dis.*, 34(2), 901-910.
19. Watanabe K. and T. Nishioka (2010) : Antibacterial Effect of Chemical Reagents against *Tenacibaculum maritimum* . *Fish Pathol.*, 45(2), 66-68.
20. Sakai T., T. Mastuyama, T. Nishioka, C. Nakayasu, T. Kamaishi, K. Yamaguchi and T. Iida (2009) : Identification of major antigenic proteins of *Edwardsiella tarda* recognized by Japanese flounder antibody. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 21(4), 504-509.
21. Nakai T., K. Mori, T. Sugaya T. Nishioka, K. Mushiake and H. Yamashita (2009) : Current knowledge on viral nervous necrosis (VNN) and its causative betanodaviruses. *Israeli J. Aquacul.-Bamidgeh*, 61(3), 198-207.
22. Sugaya T., K. Mori, T. Nishioka, S. Masuma, M. Oka, K. Mushiake, Y. Okinaka and T. Nakai (2009) : Genetic heterogeneity of betanodaviruses in juvenile production trials of Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck & Schlegel). *J. Fish Dis.*, 32(10), 815-823.
23. Ito Y., Y. Okinaka, K. Mori, T. Sugaya, T. Nishioka, M. Oka and T. Nakai (2008) : Variable region of betanodavirus RNA2 is sufficient to determine host specificity. *Dis Aquat. Org.*, 79(3), 199-205.

ヒラメ種苗期の疾病と対策

国立研究開発法人水産研究・教育機構 増養殖研究所 魚病研究センター 上浦庁舎

感染制御グループ 西岡 豊弘

増養殖研究所では、種苗生産過程で発生する疾病や大量死亡の状況を把握するために、種苗期疾病情報連絡協議会において、全国の種苗生産機関との間で情報交換を実施してきた。平成19年から21年度の発生状況を表1に示した。

表1 種苗期疾病の発生状況(2007～2009年度)

原因 報告件数	疾病名 ^{*1}	動物種	発病サイズ (mm)ステージ ^{*2}	水温 (℃)	死亡率 (%)
ウイルス 11件 (33%)	ウイルス性神経壊死症	キジハタ	TL7～11, TL50 ～80	23～28	— ^{*3} , 5
		ヤイトハタ	TL50～71	29～31	10
		チャイロマルハタ	TL40～51	29～30	10
		クエ	TL4～7, TL76	25, 28	100, <1
		シロクラベラ	TL60	26～27	50
		クロマグロ	TL4-12	24～29	—
		ヒラメ	TL30～60	16～19	10,90
	ウイルス性表皮増生症	ヒラメ	TL7	17～20	80～97
	アクアレオウイルス感染症	マコガレイ	TL11～40	12～16	1～70
	筋萎縮症	マダカアワビ	SL 9～24	20～25	65～99
クロアワビ			SL 1 0～2 0	18	90
細菌 14件 (39%)	滑走細菌症	スジアラ	TL70	24～23	1
		ヤイトハタ	TL50～71	27～30	20
		ヒラメ	TL104～146	23	—
	ビブリオ病	ヤイトハタ	TL50～71	27～30	20
		トラフグ	—	19～22	—
		クルマエビ	TL 50	25	45
	細菌性腹部膨満症	マダイ	T L6	19～20	40～55
		ヒラメ	TL5～10	17～20	40～90
	細菌性腸管白濁症	ヒラメ	TL9-13	18～20	50
	エピテリオシスチス類症	マハタ	TL5	26	100
	糸状菌症	キジハタ	TL10	28	60～70
	壊死症(仮) ^{*4}	ミメノコギリガザミ	Z2～5	28～30	100
		ガザミ	Z2～4, Z4～M	21～28	54～100
フランシセラ様細菌感染症(仮)	バイ	SH8～9	24	5～60	
寄生虫 3件 (8%)	スクーチカ症	ヒラメ	TL5～6, TL107 15,	19～21	10～30
		カサゴ	TL40	16	1
	寄生虫症	クロソイ	TL13～17	18	50
不明 6件 (19%)	不明	マダイ	TL7～12	19～22	80, 95
		ヒラメ	TL20	18	90
		イサキ	T L 15～20	22～24	100
		ホシガレイ	TL8～10	8～17	90, 95
		クルマエビ	P3～5	26	100
		ガザミ	Z4～M	24	100
		クロアワビ	SL30	17～25	2

*1 疾病名と記載順は基本的に日本魚病学会で選定された疾病名に準じた

*2 TL:全長, SL:殻長, SH:殻高, Z:ゾエア, M:メガロバ, P:ポストラーバ

*3 —:不明

*4 合併症含む

ウイルス病ではウイルス性神経壊死症 (viral nervous necrosis : VNN) が7件, 筋萎縮症が2件, ウイルス性表皮増生症 (viral epidermal hyperplasia : VEH) とアクアレオ感染症が各1件報告された。細菌病では, 滑走細菌症, ビブリオ病が3件ずつ, 細菌性腹部膨満症, 壊死症 (仮称) が2件ずつ, 細菌性腸管白濁症, エピテリオシスチス類症, 糸状菌症, フランシセラ様細菌感染症が1件ずつ報告された。寄生虫病ではスクーチカ症, ミクロコチレ症, 寄生虫症が各1件ずつ報告された。異体類ではヒラメでVNN, VEH, 滑走細菌症, 細菌性腸管白濁症, 細菌性腹部膨満症, スクーチカ症が報告され, マコガレイでアクアレオウイルス感染症が報告された。ここでは, これらにビルナウイルス病とヒラメのクドア症を加え紹介する。

1. ウイルス性神経壊死症 (VNN)

全長17~25mmの浮遊期から着底期で発病し, 仔魚期では大量死亡する。病魚は旋回や回転などの異常遊泳や稀に脳の発赤を示す (図1)。ベータノダウイルスが脳脊髄や網膜神経細胞に感染して起こり, 組織学的に細胞の壊死による空胞が観察される (図2)。



図1 VNN病魚



図2 網膜の空胞変

原因ウイルスは球形(直径約25 nm)のRNAウイルスで, シマアジ型 (striped jack nervous necrosis virus ; SJNNV), キジハタ型 (redspotted grouper nervous necrosis virus ; RGNNV), マツカワ型 (barfin flounder nervous necrosis virus ; BFNNV) およびトラフグ型 (tiger puffer nervous necrosis virus ; TPNNV) の4つの主要な遺伝子型, 3つの血清型に分類され, ヒラメは全ての遺伝子型のウイルスに感受性を有する^{1,2,3)} (図3, 表1)。



図3 ベータノダウイルス

表1 ベータノダウイルスの性状など

形 状	25nm, 球形, エンベロープなし			
核 酸	RNA1(1.01×10^6 Da), RNA2(0.49×10^6 Da) Poly(A)鎖なし			
タンパク質	42kDa, 40KDa			
血清型	A	B	C	C
遺伝子型 基準株 宿主	SJ SJNNV シマアジ, ヒラメ	TP TPNNV トラフグ, ヒラメ	RG RGNNV ハタ類, アカアマダイ, クロマグロ, ヒラメなど	BF BFNNV マツカワ, ヒラメ, マダラ

原因ウイルスの遺伝子を増幅するRT-PCR法で診断し、遺伝子型別をNested PCRにより行う。親魚からの垂直伝播によりウイルスが仔魚に感染し発病するため、防除対策として生殖腺のPCR検査による親魚選別、オキシダント濃度0.5 mg /Lの電解海水による受精卵消毒、オゾン処理海水や紫外線(100 mJ/cm²以上) 処理海水による飼育を行う⁴⁾。

2. ウイルス性表皮増生症 (VEH)

全長7~10mm (日齢10~25) の仔魚期に発病し、数週間ではしばしば全滅状態となる。肉眼的には鰭および体表が白濁し、顕微鏡下ではその表面に無数の球形細胞が観察される⁵⁾ (図1)。原因ウイルスのFlounder herpesvirusはエンベロープを有するヘルペスウイルス (直径190~230 nm) で、表皮細胞の核および細胞質に多数存在する (図2)。表皮細胞の増生の確認、蛍光抗体法 (FAT) やPCRにより診断を行う⁶⁾ (図3)。種苗生産場の感染源は不明であるが、対策として卵消毒や水平感染の防止が重要と考えられる。



図1 VEH病魚
(吉水 守 博士提供)

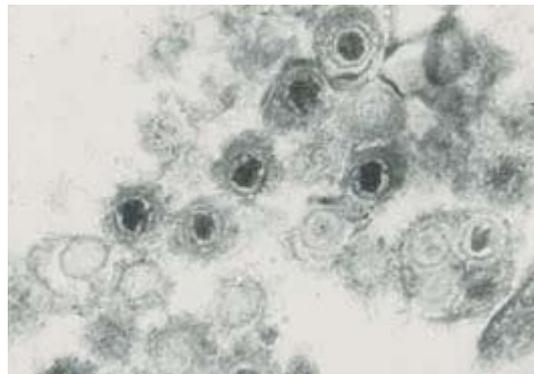


図2 Flounder herpesvirus
(吉水 守 博士提供)



図3 蛍光抗体法による診断
(吉水 守 博士提供)

3. ビルナウイルス病

全長30～45mmの稚魚期に発病し、腹水の貯留を主徴とし脾臓・肝臓の壊死が特徴である(図1)。原因ウイルスは2分節2本鎖RNAを有するビルナウイルス科アクアビルナウイルス属のYellow tail ascites virus (YTAV)で、RT-PCR検査により診断を行う^{7,8)}。本ウイルスによるブリのウイルス性腹水症(脾肝壊死症)では、発病群の水温を26℃にすると死亡数が著しく減少する⁹⁾。親魚からの垂直伝播により発病するとされ、ヒラメにおいても同様の機序で発病に至ると推定されることから、PCR検査による親魚選別、受精卵消毒、殺菌処理した用水での飼育が防除対策として考えられる。

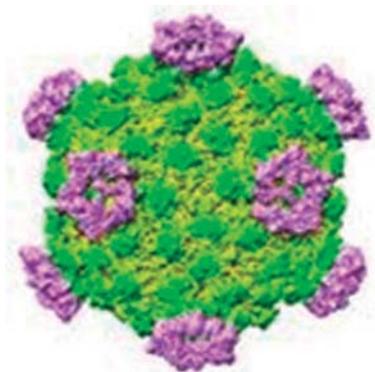


図1 ビルナウイルス病 病魚

4. 異体類のアクアレオウイルス感染症

ヒラメ、マコガレイやカレイ類の仔稚魚で発病し、仔魚期に発生すると高い死亡率に至る^{10, 11, 12, 13, 14, 15)}(表1)。原因ウイルスは消化管や肝臓に感染し、特徴的な症状はないが、しばしば、仔魚の脾臓が肉眼的に赤く観察される。生産現場では、細菌性腸管白濁症に似た症状であるとの報告がある。組織学的に、肝臓や消化管にウイルスが感染し、細胞が融合した合胞体を形成する。合胞体内には、細胞の壊死による空胞や多数の核が存在し、多数のウイルス粒子が確認される¹⁰⁾。原因ウイルス(直径60-80nm)は二本鎖RNAのレオウイルス科に分類され、一部はアクアレオウイルスに同定された

が、未同定のウイルスによる死亡例もある（図1）。診断用にはRT-PCR法や定量PCR法が開発されている。感染経路は不明であるが、発症を確認した機関では、産卵親魚の入れ替えや、生殖腺のPCR検査結果による親魚選別の対策が実施され、その後は発生していないことから、親魚からの垂直伝播が示唆される¹¹⁾。さらなる、疫学調査により確実な防除対策を確立する必要がある。



ソウギョレオウイルスの構造

- ・レオウイルス科に属するウイルス総称。
- ・ウイルス粒子は直径60–80nmの正二十面体。
- ・線状の二本鎖RNAゲノム10–12本持つ。
- ・アクワレオウイルスなど現在13属に分類されている。

図1 レオウイルス

表1 異体類のアクアレオウイルス感染症の報告

魚種	大きさ等	水温 (°C)	死亡率 (%)	発生地域
マコガレイ	全長約10–30mm	8–16	1–85	香川県
ヒラメ	稚魚	—	—	北海道
Atlantic halibut	変態前後～1g	9–12	58–95<	カナダ西岸, スコットランド, ノルウェイ
Summer flounder	変態前後	18–21	97–100	米国西岸

5. 滑走細菌症

主として全長10～100mmの稚魚期に発生する。体表のスレやびらんが認められ、死亡率は1%未満から100%と様々である（図1）。原因細菌 *Tenacibaculum maritimum* (= *Flexibacter maritimus*) は、グラム陰性の長桿菌で、海水調整改変サイトファガ寒天培地で辺縁が樹根状の特徴的なコロニーを形成する（図2, 3）。実験的には、水温15, 20, 25°Cで攻撃菌濃度が $10^{7.9}$ CFU/mLの1時間浸漬により、ヒラメ稚魚は80%以上の死亡率を示すことから、早期に発見し治療することが重要である¹⁶⁾。症状の確認、分離細菌の観察およびPCR法により診断を行う¹⁷⁾。防除に向けてワクチンの開発が試みられている¹⁸⁾。



図1 滑走細菌症病魚



図2 滑走細菌症原因菌 コロニー

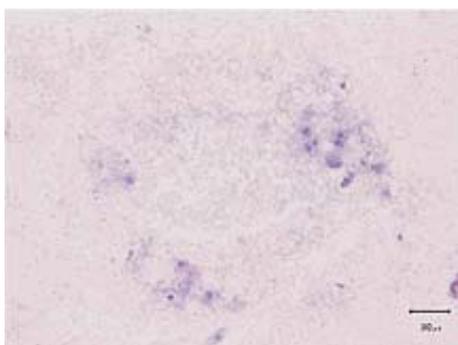


図3 滑走細菌症原因菌

6. 細菌性腸管白濁症

全長12～18mmの浮遊期に発病し、消化管の白濁や腹部の萎縮を伴う。原因細菌は *Vibrio ichthyenteri* n. sp. で、原因菌に汚染された生物餌料のワムシ、アルテミア幼生を摂餌することで発病する^{19,20)}。腸管の白濁症状の確認と分離細菌の性状試験、16S rRNA遺伝子の塩基配列の確認で診断する。対策として、餌料生物を紫外線照射海水などで洗浄し、細菌数の低減を図り給餌する。最近、体色の黒化と鰭基部の発赤がみられる全長40～50mmの稚魚において、同細菌による感染症が確認されているが、感染経路は不明である。

7. 細菌性腹部膨満症

全長5～13mmの浮遊期に未消化の生物餌料が腸管内に充満し、しばしば、高い死亡率に至る（種苗期疾病情報より）。マダイでは *Vibrio alginolyticus*²¹⁾ や、腸管膨満症として複数種の *Vibrio*²²⁾ が関与し、クロダイでは *V. alginolyticus*²³⁾、*V. alginolyticus*、*Alcaligenes cupidus*²⁴⁾ の関与や海産渦虫²⁵⁾ が原因である。ヒラメにおいては原因について検討されていない。対策として、餌料生物を紫外線照射海水などで洗浄し細菌数の低減を図り給餌することが考えられる。

8. スクーチカ症

全長25～100mmの稚魚期で、水温17～24℃で発病し、原虫のスクーチカが脳内や筋肉中に寄生し高い死亡に至る（図1）。原因虫の一種 *Maiamiensis avidus* は、PCRにより検出できる²⁶⁾。魚類株化細胞（CHSE-214）によるスクーチカの培養では、至適増殖温度は25℃、至適食塩濃度は1.0%で、紫外線強度50 mJ/cm²で殺虫される。ヒラメ養殖場では、沈澱・貯水タンク、養魚排水、沈澱物中に虫が存在し、沈澱・貯水タンクの洗浄およびタンクの消毒により虫をほぼ全て除去でき、中圧紫外線処理水の使用により稚魚期の生残が大幅に向上する²⁷⁾。



図1 スクーチカ寄生死亡魚

9. ヒラメのクドア・セプテンpunkタータ寄生症

粘液胞子虫類のクドア・セプテンpunkタータ（以下、クドア）がヒラメ筋肉に寄生する疾病で、クドアの寄生でヒラメは死亡しないが、クドアが高密度に寄生した生鮮ヒラメの喫食は、食中毒の要因となるため問題となっている。クドア寄生の有無は、磨砕した筋肉の顕微鏡観察による胞子の確認やPCR法による遺伝子検出で行う^{28,29}。クドアの生活環は不明だが、陸上水槽で飼育しているヒラメでは、クドアは、感染したヒラメ体内で粘液胞子に成長したのち体外へと排出され、交互宿主に取り込まれて放線胞子虫に変態し、放線胞子虫が用水とともに水槽に持ち込まれヒラメに感染する生活環であると想定されている（図1）。したがって、種苗生産過程では、生海水を砂ろ過後に紫外線処理（46 mJ/cm²）した用水で飼育することにより防除が可能である³⁰。また、最近、クドア遺伝子やイムノクロマト法による抗体検出キットが販売されており、ヒラメ鮮魚におけるクドア寄生魚の排除に、これらの簡易検出キットの活用が有効であると考えられる。

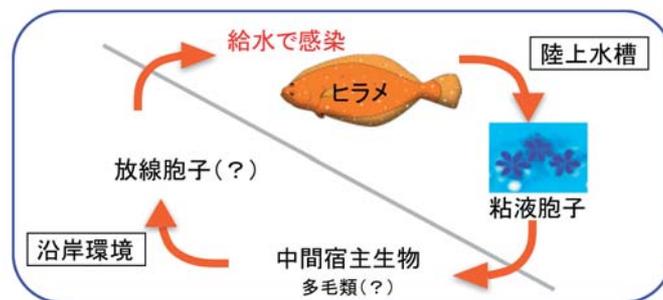


図1 陸上水槽のヒラメ飼育で想定されるクドアの生活環

参考文献

- 1) 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, 363-371.
- 2) Nishizawa T., Furuhashi M., Nagai T., Nakai T. and K. Muroga (1997): Genomic classification of fish nodaviruses by molecular phylogenetic analysis of the coat protein gene. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63, 1633-1636.
- 3) Mori K., T. Mangyoku, T. Iwamoto, M. Arimoto, S. Tanaka and T. Nakai (2003): Serological relationships among genotypic variants of betanodavirus. *Dis. Aquat. Org.*, 57, 19-26.
- 4) Mori K., K. Mushiake and M. Arimoto (1998): Control measures for viral nervous necrosis in

- striped jack. *Fish Pathol.*, 33, 443-444.
- 5) Iida Y., K. Masumura, T. Nakai, M. Sorimachi and H. Matsuda (1989): A viral disease in larvae and juveniles of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquat. Anim. Health*, 1, 7-12.
 - 6) Iida Y. T. Nagai (2004): Detection of flounder herpesvirus (FHV) by polymerase chain reaction. *Fish Pathol.*, 39, 209-212.
 - 7) Sorimachi M. and T. Hara (1985) : Characteristics and pathogenicity of virus isolated from yellowtail fingerlings showing ascites. *Fish Pathol.*, 19, 231~238.
 - 8) Suzuki S., N. Hosono, R. Kusuda (1997) : Detection of aquatic birnavirus gene from marine fish using a combination of reverse transcription and nested PCR. *J. Mar. Biotechnol.*, 5, 205~209.
 - 9) 西岡豊弘・塩澤 聡・小金隆之・小磯雅彦・虫明敬一・有元 操(2006) : ブリおよびヒラマサの種苗生産過程におけるウイルス性腹水症の疫学調査. 栽培技研, 33, 77-83.
 - 10) Isshiki T., T. Nagano, M. Abe and T. Miyazaki (2003): Histopathological changes probably associated with a virus in larval and juvenile marbled sole *Pleuronectes yokohamae*. *Fish Pathol.*, 38, 143-149.
 - 11) 高丸禮好 (2008) 北海道栽培漁業振興公社におけるヒラメ種苗生産の歩み. 育てる漁業, 423号, 3-5.
 - 12) Cusack R. R., D. B. Groman, A. M. MacKinnon, F.S.B. Kibenge, D. Wadowska and N. Brown (2001): Pathology associated with an aquareovirus in captive juvenile Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* and an experimental treatment strategy for a concurrent bacterial infection. *Dis. Aquat. Org.*, 44, 7-16.
 - 13) Wada S. O. Kurata, K. Hatai, E.J. Noga, M.J. Dykstra and J.S. Burke (2009): Reovirus-like infection of cultured summer flounder *Paralichthys dentatus*. *Fish Pathol.*, 44, 151-153.
 - 14) Ferguson H.W., S.D. Millar and F.S.B. Kibenge (2003) : Reovirus-like hepatitis in farmed halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Vet. Rec.*, 153, 86-87.
 - 15) Blindheim S., A. Nylund, K. Watanabe, H. Plarre, B. Erstad and S. Nylund (2015): A new aquareovirus causing high mortality in farmed Atlantic halibut fry in Norway. *Arch. Virol.*, 160, 91-102.
 - 16) 西岡豊弘・渡辺研一・佐野元彦 (2009) : 浸漬法によるヒラメ稚魚への *Tenacibaculum maritimum* 実験感染法の検討. 魚病研究, 44, 178-181.
 - 17) Toyama, T., K. Kita-Tsukamoto and H. Wakabayashi (1996): Identification of *Flexibacter maritimus*, *Flavobacterium branchiophilum* and *Cytophaga columnaris* by PCR targeted 16S ribosomal DNA. *Fish Pathol.*, 31, 25-31.
 - 18) 加藤文仁・石丸克也・村田修・熊井英水 (2007) : マダイの滑走細菌症に対する浸漬ワクチンの効果. 日水誌, 73, 51-54.
 - 19) 増村和彦・安信秀樹・岡田直子・室賀清邦(1989): ヒラメ仔魚の腸管白濁症原因菌としての *Vibrio* sp. の分離. 魚病研究, 24, 135~141.

- 20) Muroga K., H. Yasunobu N. Okada and K. Masumura (1990): Bacterial enteritis of cultured flounder *Paralichthys olivaceus* larvae. *Dis Aquat. Org.*, 9, 121-125.
- 21) 岩田一夫・石橋 制・北尾忠利・青木 宙(1977)：マダイ種苗生産過程におけるへい死の原因について I. 昭和50年度宮崎水試事業報告, 267-273.
- 22) 安信秀樹・室賀清邦・丸山敬悟 (1988)：マダイ仔魚の腸管膨満症に関する細菌学的検討. 水産増殖, 36, 11-20.
- 23) 松本紀男 (1982)：クロダイ種苗生産過程における魚病問題 (日本魚病学会ワークショップ講演要旨). 魚病研究, 17, 225~226.
- 24) 楠田理一・横山 淳・川合研児(1986)：クロダイ仔稚魚のいわゆる腹部膨満症に関する細菌学的研究. 日水誌, 52, 1745~1751.
- 25) 山口光明 (1987)：クロダイの腹部膨満症 (昭和61年度日本魚病学会シンポジウムー海産魚の仔稚魚期における魚病問題ー). 魚病研究, 22, 58~59.
- 26) Tange N., J.Y. Song and S. Kitamura (2010): Detection and identification of *Miamiensis avidus* causing scuticociliatosis by PCR. *Fish Pathol.*, 45, 130-132.
- 27) 笠井久会・大沢秀一・小林 正・吉水 守(2002)：飼育用水の中圧紫外線処理によるヒラメスクーチカ症の防除. 魚病研究, 37, 199~200.
- 28) http://www.jfa.maff.go.jp/test/saibai/pdf/kudoa_notice_03.pdf
- 29) http://www.jfa.maff.go.jp/test/saibai/pdf/kudoa_notice_04.pdf
- 30) Nishioka T., J. Satoh, T. Mekata, K. Mori, K. Ohta, T. Morioka, M. Lu, H. Yokoyama and T. Yoshinaga (2016): Efficacy of sand filtration and ultraviolet irradiation as seawater treatment to prevent *Kudoa septempunctata* (Myxozoa: Multivalvulida) infection in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathol.* 51, 23-27.

講師紹介

九十九島の自然と海きららの取り組み

西海国立公園九十九島水族館（海きらら）館長 川久保 晶博

【略 歴】

- 1955年 長崎県生まれ
- 1978年 長崎大学水産学部卒業
- 1978年 佐世保魚市場(株)入社（セリ人）
- 1990年 ハウステンボス(株)入社
- 1992年 させぼパール・シー(株)入社
- 2009年 西海国立公園九十九島水族館 館長
- 2015年 させぼパール・シー(株)常務取締役（水族館、動植物園統括）

【所属学会等】

長崎県生物学会、ふるさと自然の会（運営委員）、日本カブトガニを守る会（副会長）

【これまでの活動】

- 2004年 南九十九島海域におけるアマモの生育地調査（長崎県生物学会投稿）
- 2005年 南九十九島海岸域で出現した甲殻類（節足動物）と軟体動物（長崎県生物学会投稿）
- 2009年 平戸市根獅子の浜におけるアカウミガメの孵化幼体の確認（長崎県生物学会投稿）
- 2013年 北九十九島海岸域の水生動物調査（長崎県生物学会投稿）
- 2015年 九十九島の自然とトビカズラ（日本植物園協会口頭発表）

九十九島の自然と海きららの取り組み

海きらら 館長 川久保 晶博

九十九島が位置する西海国立公園は昭和30年に全国で18番目の国立公園として指定を受けました。当公園は、九州西北部に位置し、九十九島から平戸島、さらに東シナ海に浮かぶ五島列島へと続く大小400余りの島々からなる外洋性多島海景观を特色としています。九十九島の島々は公園の東部にあり、大小208の島々が九州本土に沿うように南北約20kmの範囲に点在しています。

海岸線は複雑に入り組んだリアス海岸で、九州本土側と島を含めた海岸線延長は353kmにも及びます。そのほとんどが泥干潟や砂浜、岩場などの自然のままの海岸で構成され、その海岸線延長は288kmもあります。この自然のままの海岸線が九十九島の自然の豊かさを育む大きな要素となっていて、それぞれの環境に適応した多くの種類の生き物たちが多数生息しています。環境省のレッドデータで絶滅危惧種に指定されているカブトガニやトビハゼなどの水生動物をはじめ、甲殻類（エビ類、カニ類）、軟体動物（貝類）、棘皮動物（ウニ類、ナマコ類）、刺胞動物（クラゲ類、イソギンチャク類、サンゴ類）、環形動物（ゴカイ類）、脊椎動物（魚類）などたくさん生息しています。

西海国立公園九十九島水族館（以下海きらら）では、展示テーマである九十九島の自然について、①調査活動、②調査で得られた情報の整理・発信、③地域の人たちへの普及活動、④海きららなど事業、⑤保全活動を実施しています。

調査活動では、サンゴ類、海藻（育成を含む）、カブトガニ、クラゲの調査、そして鯨類の調査などを実施しています。それぞれの調査で得られた情報は、まず展示に反映して来館された方々へわかりやすく発信しています。国内や海外での学会でもに口頭発表やポスター発表をしたり、学会誌への投稿など積極的に発信しています。

また、新聞、テレビなどマスコミに対しても調査の結果を発信して、一般の方々にも分かりやす



く情報を公開しています。そして調査で得られた情報を基に地域の人たちへの普及活動として以下の活動を行っています。

① 九十九島ボランティアガイドの研修

現在、九十九島パールシーリゾートでは約60名の方が登録されガイドとして活動しています。この方々に対して九十九島の自然についての座学研修や実地研修を行っています。

② 市民向け九十九島講座

一般市民を対象に公募し、九十九島の自然についての座学や無人島に上陸しての水生動物や植物の実地研修を実施しています。

③ 児童向けレクチャー

海きららに訪れた子供たちに向けてスタッフが九十九島の自然について、はく製やパネルを使ってレクチャーを行っています。

④ 出前講座

近隣の幼稚園、小学校、中学校、高校、大学などに出向き、九十九島の自然について、はく製などの標本を持ちこみ、レクチャーを行っています。

⑤ 自然観察会

九十九島パールシーリゾートにある海きららやビジターセンターでは年間多数の自然観察会を実施して、九十九島の自然について理解を深める活動を行っています。

また調査で得られた情報は当社事業の実施に利用しています。まず水族館運営事業では九十九島の自然を紹介する展示を行っています。水量650 tの屋外水槽である九十九島湾大水槽では、直接太陽光が降り注ぎ、きらきらと輝いている生き物たちを見ることができます。

中で泳いでいるのは九十九島海域で確認された魚たちで、サメ類、エイ類、そして群れをつくる小型魚が中心です。中でもマイワシの群れが太陽の光でキラキラ光る様子や群れの形の変化は見たえがあります。

この九十九島湾大水槽は、透明度を出すために、ろ過槽は面積を広くとった開放式の重力ろ過方式



海岸生物調査



市民向け講座



自然観察会

をとっています。それゆえに自然光と透明度でいっそう生き物たちが輝いて見えます。

また、自然の海の景観に近づけるため奥行きのある水槽にして、九十九島の実際の岩をかたどった擬岩を設置して臨場感を出しています。

イルカプールには、直径11.5mのメインプールと直径6mのホールディングプールがあり、ハンドウイルカ2頭を飼育展示しています。当館の飼育目標は、イルカの身体的な健康と精神的な健康を保ち、健全なイルカをお客様に見せることです。飼育担当者はプログラムの合間の時間もイルカと一生懸命遊んでいます。またおもちゃを飼育担当者自ら色々工夫しながら作ってプールの中に入れて遊ばせています。その結果、人なつっこいイルカたちに育っていてプログラム以外の時間帯もお客様を喜ばせています。また、常磐大学との共同研究や京都大学霊長類研究所と学術交流協定を締結して、飼育下におけるイルカの認知に関する共同研究も実施しています。その中でイルカ同士のコミュニケーションに関して明らかになった実績も残しています。

クラゲ展示では、その規模は西日本最大級としています。1階と地下の2フロアに分かれており、1階部分はクラゲシンフォニーホールという名称で、クラゲの泳ぐ姿と映像、光、音で演出を施し、癒しをテーマに展示をしています。地下はクラゲ研究室という名称で、ガラス張りのバックヤードを見せて、様々なクラゲの成長段階や、当館スタッフが発見した新種のクラゲなど展示しています。飼育種は、展示しているもの、バックヤードで飼育しているものを含め30種～40種になります。展示しているクラゲはすべて九十九島とその周辺海域で確認されたものに限っています。

海きららの他に遊覧船事業、小型船エコツアー事業、動植物園運営事業、ビジターセンター運営事業、直営店事業を実施しており、それぞれ九十九島調査で得られた情報を活用しつつ実施しています。またそれぞれの事業で得られた収益を、調査活動や展示活動、情報発信活動に充てて、持続性を保っています。



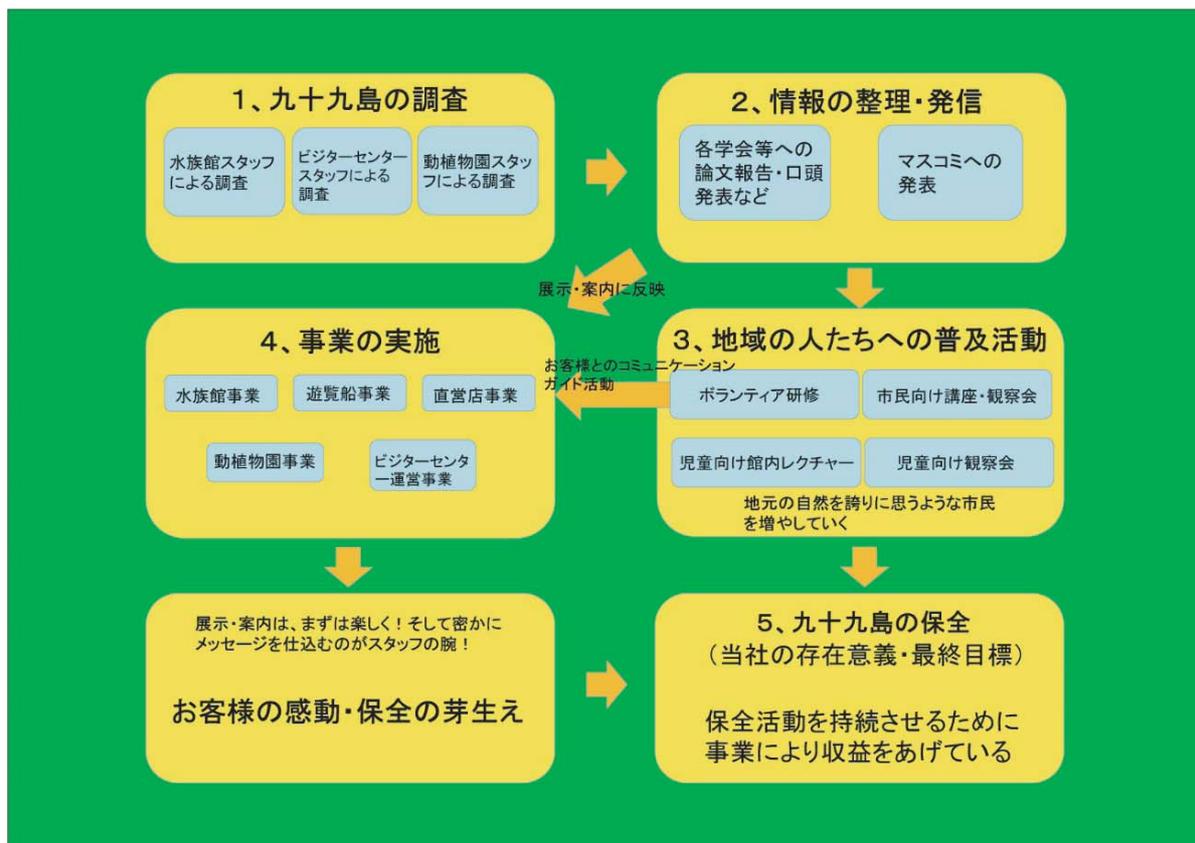
九十九島湾大水槽



イルカプール



クラゲ研究室



以上