

第6回サーモン・陸上養殖勉強会
令和6年3月15日

サーモン・陸上養殖における防疫対策 について

国立研究開発法人 水産研究・教育機構
水産技術研究所

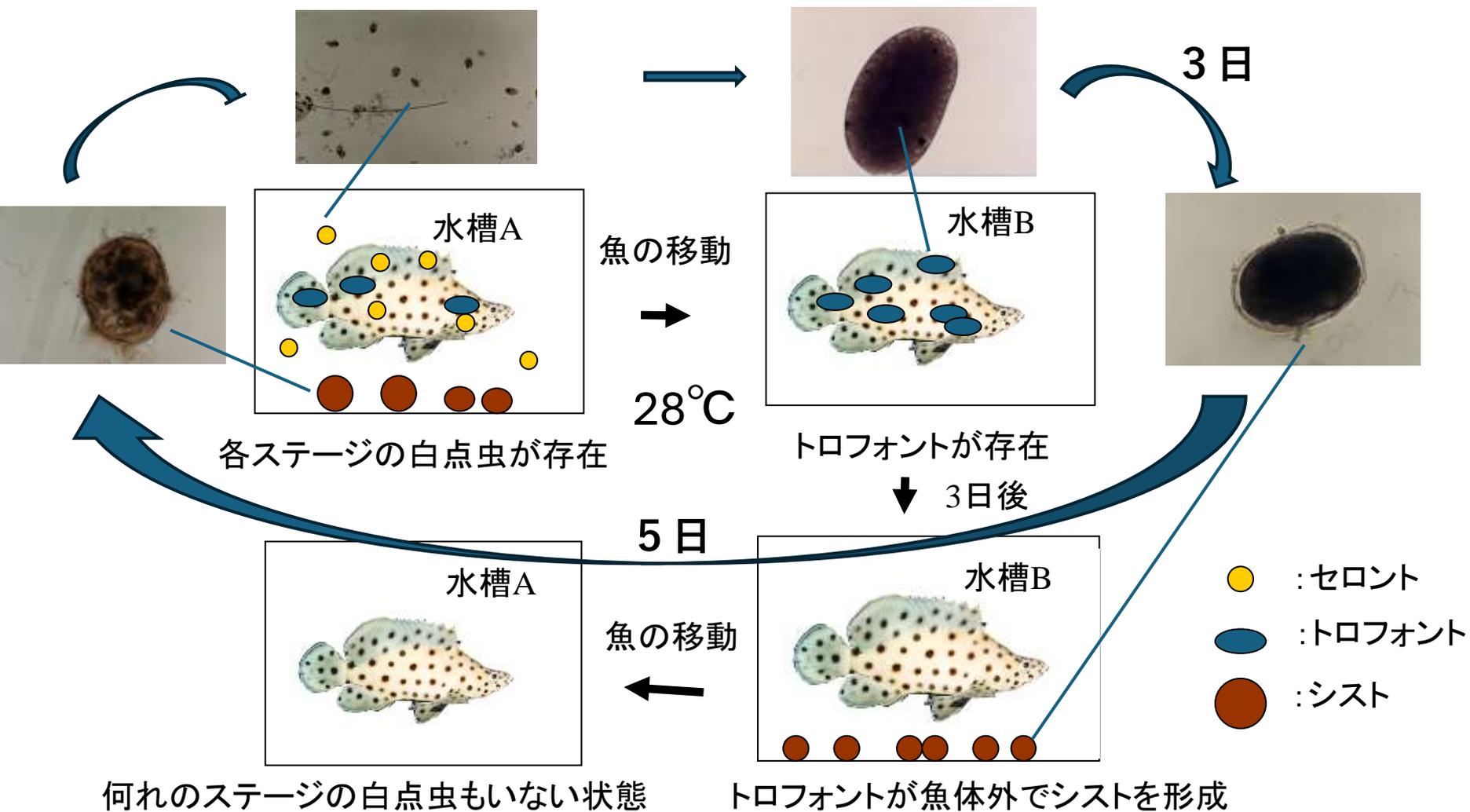
湯浅 啓

本日、お話する内容

1. 陸上水槽で良く見られる寄生虫症と対策
2. サケ科魚類の主な細菌感染症と対策
3. 今後、注目すべき細菌感染症（細菌性腎臓病と *T. dicentrarchi* 感染症）
4. サケ科魚類の主なウイルス感染症と対策
5. 閉鎖循環式陸上養殖における魚病対策の方向性
6. 閉鎖循環式陸上養殖での疾病対策
7. 閉鎖循環式陸上養殖のメリットと今後の課題
8. 魚病対策に係る法律

白点虫 (*Cryptocaryon irritans*) 症の治療法

- ・ サラサハタ親魚を陸上タンクで蓄養中に大量死
- ・ 体表および鰓に大量の白点虫が寄生



- ① 3日間隔で2回の水槽替え、
- ② 銅イオンで2週間処理、
- ③ 半海水で2週間飼育

メガネモチウオ(ナポレオンフィッシュ)およびハタ類のウーディニウム症対策

陸上養殖中のメガネモチウオおよびチャイロマルハタに*Amyloodinium ocellatum*の鰓への寄生を伴う死亡事例が発生。

症状：

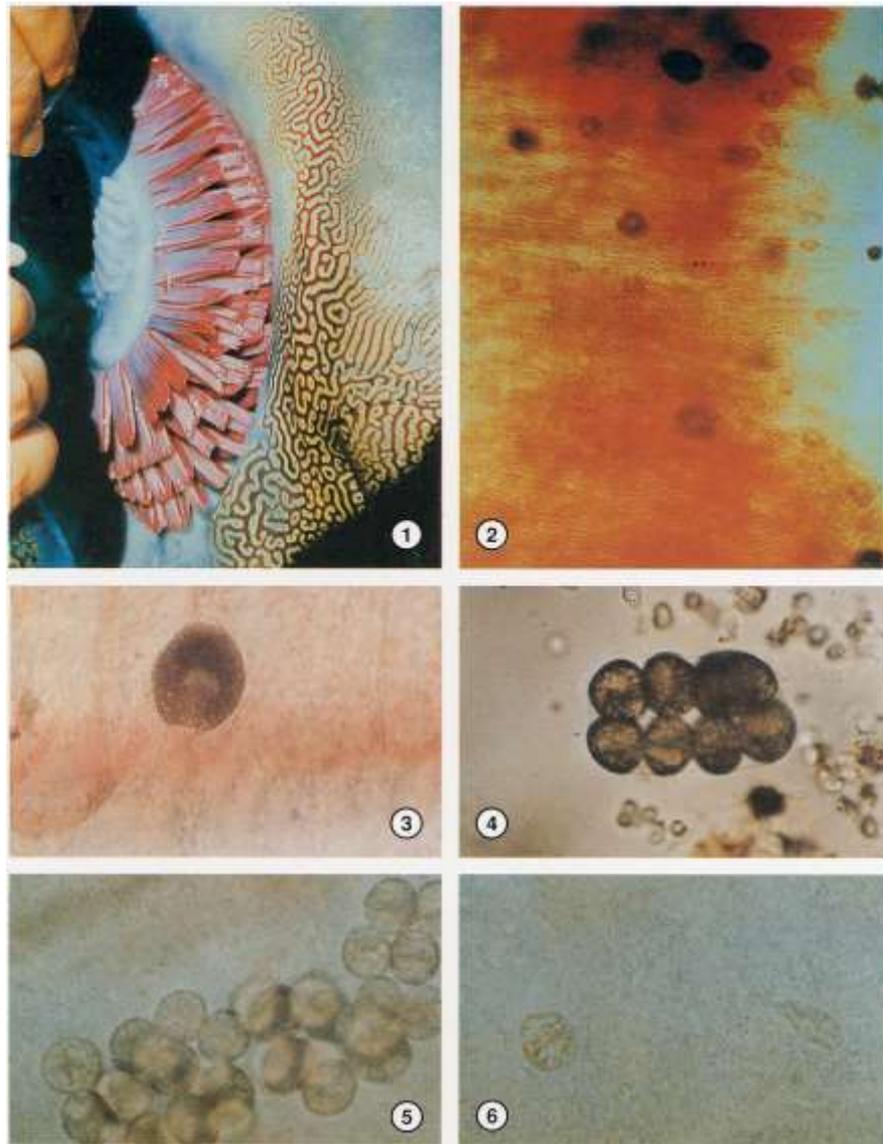
- ・メガネモチウオで鰓の粘液分泌 (①)、50%以上の死亡率
- ・チャイロマルハタで異常遊泳(水面下遊泳、転覆遊泳)。
- ・寄生体は鰓弁上に寄生 (②、③)。

生活史 (28°C)：

鰓上の寄生体は成長すると宿主を離れてシスト化

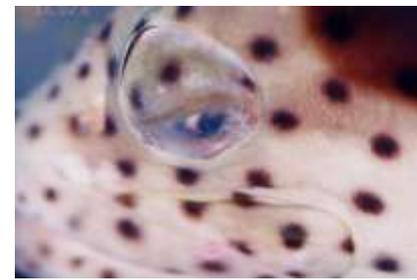
- ・24時間後には2~4分裂
- ・2~3日後には8~64分裂 (④、⑤)
- ・4日後には2鞭毛を持つ胞子が水中に遊出し (⑥)、宿主に寄生。

治療法： 1) 薬浴 + 水槽替え
2) 1~2週間の銅イオン処理



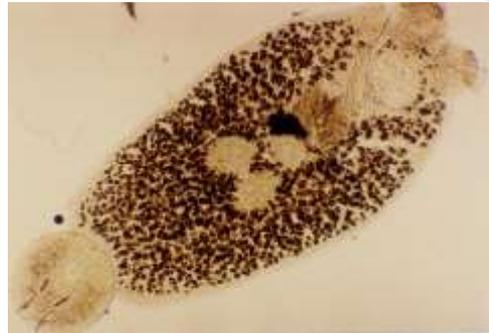
ハダムシ(*Neobenedenia girellae*) 症対策

- ・ハタ類の体表および眼球にハダムシが寄生
- ・眼球白濁や細菌の二次感染の原因



体表・眼球上に寄生

10~14日後



28°C

飼育水



淡水や過酸化水素水処理に強い。

4~6日後



水中で遊泳するオノミラジウム

淡水浴5-10分, または75ppm過酸化水素水60分を**1週間間隔で2回実施**

マイクロコチレ症(エラムシ)対策



陸上飼育中のゴマソイ親魚に鰓退色を示して死亡する事例発生。
鰓弁に～62個の把握器を有する寄生体が多数観察。排水口に卵が付着。



(*Microcotyle sebastisci*)



卵やオナミラジウムが存在



海水 + 6%NaCl, 5分
< 治療用水槽 >



寄生虫フリー
水槽

濃塩水浴後の生存性 (生存尾数/供試尾数)

(12°C)	ゴマソイ		ホシガレイ	
	15分	1日	15分	1日
海水 + 2%NaCl	–	2/2	–	2/2
海水 + 3%NaCl	–	2/2	–	0/2
海水 + 4%NaCl	–	0/2	–	0/2
海水 + 5%NaCl	2/2	–	2/2	–
海水 + 6%NaCl	2/2	–	2/2	–

濃塩水浴後、死亡魚は認められなくなった。

* トラフグのヘテロツリウム症ではH2O2浴やフェバンテルの経口投与が有効

細菌性疾病対策（サケ科魚類）

病名	病原体	宿主	対策	課題・問題点
ビブリオ病	<i>V.agruillarum</i> <i>V.ordalii</i>	ニジマス・ギンザケ・ ヤマメ・アマゴ	抗菌剤* 不活化ワクチン	
せっそう病	<i>A. salmonicida</i>	ニジマス	抗菌剤* イソジンによる卵消毒	耐性菌出現 環境水の汚染
細菌性鰓病	<i>F.branchiophilum</i>	サケ科魚類	塩水浴	稚魚で大量死
カラムナリス病	<i>F.columnare</i>	ニジマス	塩水浴	高水温期に発生
細菌性冷水病	<i>F.psychrophilum</i>	サケ科魚類	イソジンによる卵消毒 抗菌剤**	抗菌剤の対象魚種が限定的
レンサ球菌症	<i>S.iniae</i>	ニジマス・ギンザケ・ アマゴ	抗菌剤***	ワクチンは未承認 (海産魚で認可)
細菌性腎臓病 (BKD)	<i>R.salmoninarum</i>	サケ科魚類	親魚へのリスマイシン投与 イソジンによる卵消毒	承認された抗菌剤が無い 高濃度のヨウ素濃度必要
レッドマウス病	<i>Yersinia ruckeri</i>	シロサケ・ニジマス	イソジンによる卵消毒	特定疾病

*オキシリン酸・70ルフェニコール・スルファモノメキシム・OTC/ニシン目

**70ルフェニコール/ニシン目、スルフィゾールナトリウム/ニジマスのみ

***OTC/ニシン目

①イソジン卵消毒、②ワクチン、③抗菌剤又は塩水浴

シロサケの細菌性腎臓病 (BKD)

発生状況：

- ①A水系の受精卵を導入し、2トン円形水槽で約1200尾の種苗を流水飼育。実験に使用するため、給餌量を制限して飼育（平均1尾/日程度の死亡が継続）。
- ②孵化後10カ月に給餌量と水量を増加。
- ③その2週間後から斃死尾数増加（10～30尾/日死亡）
- ④海水へ移行（移行後3日間で、30、60、82尾/日死亡）→全数処分。

症状：

- ①眼球突出, ②鰓退色 (貧血), ③腹部膨満,
- ④腎腫大, ⑤腎臓白色点



発症時の対策は困難⇒防疫による予防対策が必須

	正常魚	病魚
腎臓/体重	1.1% (0.9-1.2%)	3.6% (2.4-5.4%)
ヘマトクリット	44.2% (39-46%)	14% (9-22%)

Tenacibaculum dicentrarchi 感染症

- ・ヨーロッパシーバスに体表潰瘍（スペイン）
- ・アナゴの一種で尾ぐされ、体表潰瘍（チリ）
- ・大西洋サケで尾ぐされ、体表潰瘍（チリ、ノルウェー）



【発生状況】

2022年6月、20t水槽2面(1500尾/面)で水温17~18°Cでの流水海水飼育中のゴマソイに最大日間25尾（約0.8%）程度の死亡が1週間継続して見られた。

【症状】

- ・尾へい部潰瘍、尾腐れ、鰓・肝臓退色を特徴とする患部が見られた。
- ・患部に、長桿菌によるカラム形成と複数種の細菌増殖が確認された。



尾へい部潰瘍



尾ぐされ



肝臓の退色(貧血)



長桿菌によるカラム形成



長桿菌によるコロニー形成



長桿菌のグラム染色
(0.28-0.4x17.5-26.0 μm)

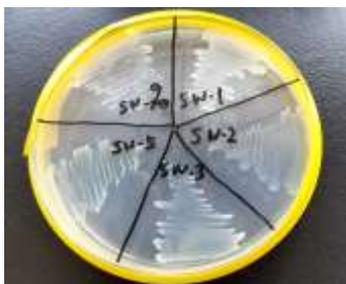
【病原体の特定】

- ・潰瘍周辺部の皮膚を切り取り、海水サイトファーガ(SCY)寒天培地による細菌分離（20°Cで数日間培養）。
- ・各菌株のコロニーや菌体の形状の異なる5種の菌株を単離し、16SrRNA遺伝子解析による菌種の同定および病原性試験に供試試験



患部由来の細菌
コロニー

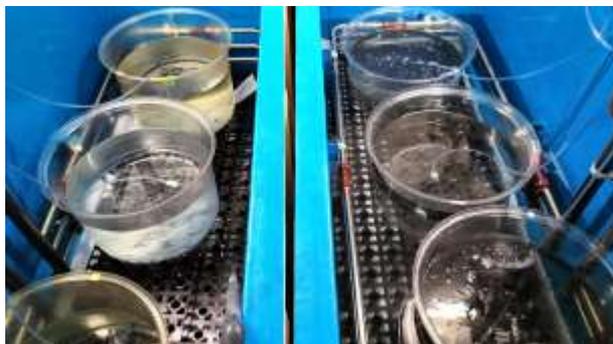
↓ 純培養



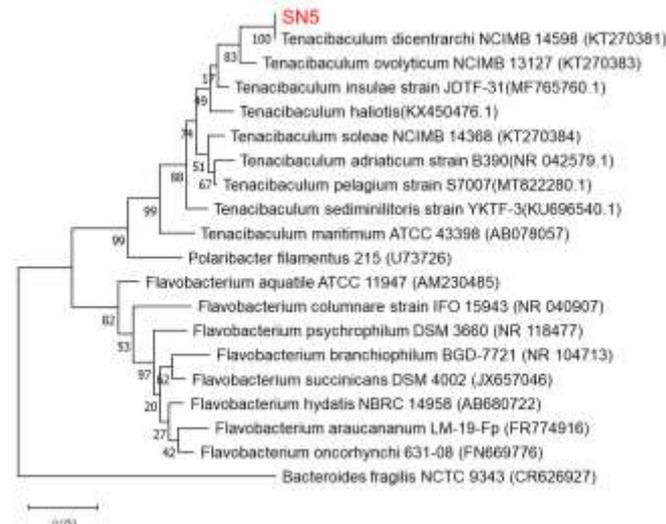
5菌株のコロニー形状

表2.16srRNA遺伝子の解析結果

菌株	解析結果
SN1	<i>Vibrio</i> 属
SN2	<i>Vibrio</i> 属
SN3	<i>Vibrio</i> 属
SN5	<i>Tenacibaculum dicentrarchi</i>
SN9	<i>Photobacterium damsela</i> e subsp (亜種名不明)



感染実験 (SN1,2,3,5,9株感染区 + 対照区)



SN5株感染区の患部
(潰瘍形成)



その他の株感染区
(潰瘍形成無し)

Tenacibaculum dicentrarchi 感染症対策

各希釈海水を含む培地での細菌の増殖および生存の有無

塩分濃度(ppt) (海水濃度)	菌の増殖の有無		菌の生存の有無		
	24h	72h	3h	24h	72h
30.6 (90%)	+	+	+	+	+
17.0 (50%)	W	W	+	+	+
10.2 (30%)	-	-	+	+	+
6.8 (20%)	-	-	+	+	-
3.4 (10%)	-	-	+	-	-
0 (%)	-	-	+	-	-

+ : 菌の増殖・生存可 W: 僅かに増殖可 - : 菌の増殖・生存不可

各希釈海水でのゴマソイの生存期間 (18°C)

塩分濃度(ppt) (海水濃度)	飼育期間		
	1d	4d	7d
35 (100%)	2/2	2/2	2/2
17.0 (50%)	2/2	2/2	2/2
10.2 (30%)	2/2	2/2	2/2
6.8 (20%)	2/2	2/2	1/2
3.4 (10%)	0/2		
0 (%)	0/2		

人為感染後の各希釈海水飼育時の潰瘍形成状況

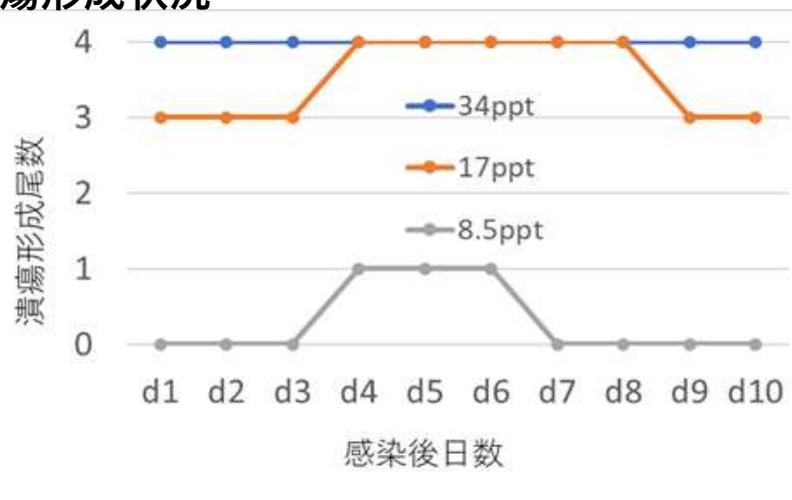
34ppt区 : 全海水で飼育

17ppt区 : 半海水で3日 → 全海水

8.5ppt区 : 1/4海水で3日 → 全海水



8.5ppt区で潰瘍形成を抑制



塩分濃度8.5ppt (1/4希釈海水) に3日間浸漬する方法は *T. dicentrarchi* 感染に起因する潰瘍形成を軽減できる可能性が示された。

ウイルス性疾病対策（サケ科魚類疾病）

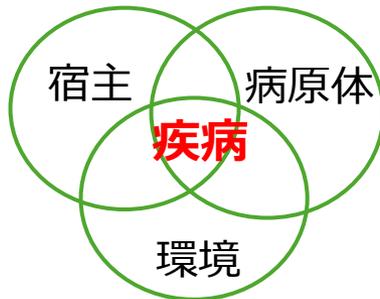
病名	病原体	宿主	対策	その他・課題
IHN	IHNV	ニジマス・ヤマメ・アマゴ	イソジン卵消毒 昇温治療	病原体の毒力増加 感染地域・水域の拡大
IPN	IPNV	サケ科魚類仔稚魚	イソジン卵消毒	仔稚魚期の疾病
EIBS	PRV-2	ギンザケ	昇温治療 給餌量調整	昇温コスト ウイルスキャリアー魚の作出
ヘルペスウイルス病	SalHV-2 (=OMV)	ギンザケ・サクラマス・ニジマス	イソジン卵消毒	環境水からの水平感染

- 1) イソジン消毒により、ウイルスフリーの種苗を生産可能
(海産魚の卵消毒は電解殺菌水による消毒)
- 2) 汚染水域での水平感染対策に限界
- 3) 発症時の昇温治療
- 4) ウイルスキャリアー魚の作出、感染水域の拡大、病原体の毒力増加

閉鎖循環式陸上養殖であれば、2)～4)に対応可

閉鎖循環式陸上養殖における魚病対策の方向性

<一般的な養殖場>

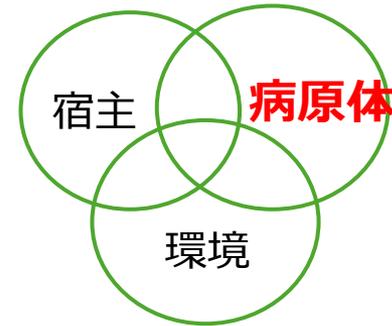


感染症の3要素
(Snieszko,1974)

病原体と共存

- ・ワクチン
- ・抗菌剤
- ・免疫賦活剤
- ・飼育密度の調整
- ・餌止め
- ・昇温治療

<循環式陸上養殖>



病原体を排除

- ・施設の消毒
- ・親魚選別 (垂直感染の低減)
- ・卵消毒 (垂直感染の阻止)
- ・病原体フリーの環境 (飼育水の殺菌)
- ・病原体が生存できない飼育環境

- ・病原体フリーで飼育すれば、治療費がかからない。
- ・高密度で飼育可能。

閉鎖循環陸上養殖での疾病対策

病原体フリーの種苗作出

- ・ 親魚選別
- ・ 卵消毒
- ・ 施設内消毒
- ・ 親魚施設と種苗施設とのゾーニング

病原体フリーの種苗導入

- ・ 優良な種苗生産者から導入
- ・ 導入種苗の検査

陸上養殖施設での対策

- 1) 種苗導入前の飼育施設の消毒
- 2) 使用器具の消毒
- 3) 施設の外界との遮断（バイオセキュリティー）
- 4) 疾病を防除できる飼育水を調整（塩分濃度、水温・pH）
- 5) 健康状態の観察、疾病の早期発見
＜疾病発生時には＞
- 6) 早期治療（抗菌剤、淡水浴、塩水浴、昇温治療）
（排水の殺菌処理が理想）

防疫の成功事例

1) マハタのVNN

- ①PCR法による親魚の選別（生殖腔液），②オキシダント海水による受精卵消毒，③オキシダント処理海水による仔稚魚の飼育

2) 錦鯉のKHV病

- ①ウイルスフリーの隔離施設での飼育(コンパートメントとバイオセキュリティー), ②ウイルスフリーの種苗, ③ウイルスフリーの地下水を用いた飼育

垂直感染の防除

1. 親魚の検査法（非破壊検査法）

- ・PCR検査（ヒラマアケボウウイルス→腸管粘膜組織, VNN→生殖腔液, KHV→鰓弁, サケ科魚類→体腔液）
- ・抗体検査（採血）

2. 卵の洗浄・消毒

- ・受精前の洗卵（2回濯ぎ＋シャワー洗浄）
- ・媒精後、吸水前のイソジンによる卵消毒（有効ヨウ素濃度50ppm・15-20分）
- ・受精卵・発眼卵のイソジンによる消毒（有効ヨウ素濃度50～250ppm・15-20分）
- ・受精卵（海産魚）の電解殺菌水（オキシダント濃度0.5-0.75mg/L・1-5分）による卵消毒

水平感染の防除

1. 飼育器具・機材および施設の衛生管理

- ・次亜塩素酸ナトリウム：200ppm以上（有効塩素濃度で50ppm以上）
- ・電解殺菌水：オキシダント濃度0.5mg/L以上
- ・エタノール：70%
- ・塩化ベンザルコニウム：0.1%

2. 病原体フリー飼育用水の確保

- ・処理槽を設けてオキシダント濃度を0.1-0.3 mg/L として5-10分間処理をし、その後、曝気してオキシダントを除去
- ・注水のUV殺菌処理

3. 種苗の検査

- ・標的器官を採材し、PCR検査（破壊検査）

閉鎖循環式陸上養殖の付加的メリット

- 1) 天然環境水からの隔離（温暖化、赤潮、波浪等）
- 2) 人に感染する寄生虫や有毒な毒素を排除
 - ・ アニサキス：オキアミ中間宿主
 - ・ フグのTTX：甲殻類や貝類に存在
- 3) 環境細菌によるバイオコントロールの可能性
- 4) 特定疾病対策（排水が殺菌処理されている場合）
- 5) 弱毒生ワクチンの可能性

特定疾病とは

- ・ 持続的養殖生産確保法で定める24疾病
- ・ 特定疾病についての届出義務

第七条の二 養殖業を行う者又はこれに従事する者は、その所有又は管理に係る養殖水産動植物が特定疾病にかかり、又はかかっている疑いがあることを発見したときは、農林水産省令で定める手続に従い、遅滞なく、当該養殖水産動植物の所在地を管轄する都道府県知事にその旨を届け出なければならない。

- ・ 養殖水産動植物の移動制限等

第八条 都道府県知事は、**特定疾病がまん延するおそれがあると認めるときは**、そのまん延を防止するため必要な限度において、次の各号に掲げる命令をすることができる。

- ①移動の制限・禁止、②焼却・埋葬等による処分

持続的養殖生産確保法の定める特定疾病（24疾病）

魚類（9疾病）	甲殻類（10疾病）	貝類（5疾病）
ウイルス性出血性敗血症(IVa型を除く)	イエローヘッド病	アワビヘルペスウイルス感染症
サケ科魚類のアルファウイルス感染症	壊死性肝臓炎	アワビの細菌性嚢胞症
流行性造血器壊死症	タウラ症候群	カキヘルペス1型変異株感染症
ピシリケッチア症	伝染性皮下造血器壊死症	パーキンズ・クワディ感染症
レッドマウス病	急性肝臓臓壊死病	マボヤの被嚢軟化症
旋回病	伝染性筋壊死症	
コイ春ウイルス血症	バキュロウイルス・ペナエ感染症	
コイヘルペスウイルス病	エビの潜伏死病	
マダイのグルゲア症	鰓随伴ウイルス病	
	モルトン型バキュロウイルス感染症	

今後の課題

- 1) 細菌性腎臓病 (BKD) 汚染卵の消毒方法の確立 (ギンザケ、シロサケ)
 - ①受精前洗浄, ②吸水前消毒, ③受精卵洗浄, ④発眼卵洗浄, ⑤有効ヨウ素濃度の設定
- 2) 昇温治療での最適水温プログラムの確認
 - ①EIBS (16°C), ②IHN (20°C), ③鰓うっ血症 (35°C), ④KHV病 (30°C→23°C→30°C)
- 3) 各魚種の生存可能な水温、塩分濃度、pHを検討 (組み合わせも)
- 4) 吸血性エラムシ対策
 - ①濃塩水浴, ②H₂O₂浴, ③フェバンテル
- 3) サケジラミ対策 (タイセイヨウサケ)
 - ①駆虫薬の使用, ②感染環の遮断, ③ベラ類の導入
- 4) 高密度飼育に起因するストレスの低減 (ホシガレイに対する緑色光照射効果、清水ら)
- 5) ワクチン開発 (サケ科魚類のIHN)
 - ①不活化ワクチン, ②リコンビナントワクチン ③DNAワクチン, ④弱毒生ワクチン

ホシガレイの各希釈海水中での生存性 (生存尾数/供試尾数)				
	1日		3日	
	6°C	12.5°C	6°C	12.5°C
1/4海水 (8.4 ppt)	4/4	4/4	4/4	4/4
1/8海水 (4.3 ppt)	4/4	1/4	4/4	0/4
1/16海水 (2.3 ppt)	4/4	1/4	4/4	0/4

