

サケ防疫連絡会議の設立について

(独)水産総合研究センター
井上 潔

1. 設立趣旨

サケ類の孵化放流事業は我が国が世界に誇る増殖事業である。特に、シロザケは北日本における重要な沿岸漁業種であり、近年、年間6万トンものシロザケが中国等を経由して欧州等に輸出されるなど、我が国の水産物輸出戦略上も重要な魚種ともなっている。

一方、サケ科魚類は増養殖対象種とされてきた歴史が長く、これらの魚種では多様な伝染性疾病の存在が知られており(表1, 2)、世界的に多大な産業被害をもたらしているものも少なくない。我が国においてもこのような疾病の蔓延が、過去に大きな被害を引き起こしたことは周知の事実である。このような事態が将来において再現しないとの保証は無く、今後も重大な損害を被る危険性を否定できない状況にある。

我が国のさけます孵化放流事業において、感染力の強い疾病が発生した場合には資源への悪影響は無論のこと、病魚や保菌魚を放流した場合、国内外からの批判的(国際問題化)となることは必至であろう。このことから孵化放流事業において防疫対策は非常に重要である。この重要性を踏まえ、これまでも北海道大学と旧水産庁北海道さけ・ますふ化場の努力により、採卵時の親魚について病原体保有状況のモニタリングを実施されてきたところである。しかしながら、このモニタリングを牽引していただいた北海道大学の学内体制と北海道さけ・ますふ化場の組織改編の影響も重なって検査体制維持・継続の先行きが懸念された。さらに、ここ数年、大きな疾病被害が発生しなかったことによる現場の防疫意識の希薄化が懸念される状況が相まったことが会議設立理由の一つである。

これまで、我が国のサケの資源量のほとんどは人工孵化放流で維持されてきたが、近年、天然産卵魚や天然魚の繁殖保全による増殖を目指す取り組みが進められるようになってきた。このことはサケマス増殖事業の将来を展望する上で、大いに評価すべきことである。一方、天然魚が各種の疾病の感染源となる可能性を持っていることも忘れてはならない。人工的な親魚管理の場合、万一の感染症の侵入・蔓延の場合にも、人為的対応の余地があるが、天然河川における感染症の蔓延の場合、アメリカのコロンビア川における細菌性腎臓病(BKD)の事例にみられるように、手の施しようが無いまま資源への悪影響が継続する事態を招きかねない。従って、なおさら河川の防疫モニタリングが重要となってくる。このことが今回の会議設立のもう一つの理由である。

防疫は“転ばぬ先の杖”である。現在依然として問題となっているコイヘルペスウイルス病の事例を見るまでもなく、病害は忘れた頃に大発生する。病気を発生させない対策が極めて重要である。また、病害の発生はある意味で避けられないものであり、病気の発生

に際しては、適切かつ迅速に病害に対処できる体制が整っていることも重要である。

今回のサケ防疫連絡会議の設立は、北海道におけるさけます孵化放流事業に携わる機関が連携して、サケ科魚類の疾病の予防・防疫対策を推進するための体制を構築し、我が国のサケマス類の漁業の持続的発展に寄与するを目的としている。

2. 設立までの経緯

(1) サケ・マス類防疫体制構築のための事前協議

開催日時：平成 22 年 11 月 24 日

開催場所：北海道大学水産学部

参加機関：北海道大学、水産総合研究センター本部・さけますセンター・養殖研究所病害防除部・同所魚病診断・研修センター

(2) サケ防疫対策事前調整会議

開催日時：平成 23 年 2 月 21 日

開催場所：さけますセンター

参加機関：北海道大学、(地独)北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場、水産総合研究センター本部・養殖研究所病害防除部・同所魚病診断・研修センター・さけますセンター

(3) サケ防疫連絡協議会設立会議

開催日時：平成 23 年 6 月 28 日

開催場所：北海道区水産研究所札幌庁舎

参画機関：北海道大学、北海道水産林務部漁業管理課・水産振興課、(地独)北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場、(社)北海道さけ・ます増殖事業協会、水産総合研究センター本部・増養殖研究所病害防除部・同所魚病診断・研修センター・北海道区水産研究所

(4) 平成 23 年度サケ防疫連絡協議会

開催日時：平成 24 年 1 月 12 日

開催場所：北海道区水産研究所札幌庁舎

参画機関：北海道大学、北海道水産林務部漁業管理課・水産振興課、(地独)北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場、(社)北海道さけ・ます増殖事業協会、水産総合研究センター本部・増養殖研究所病害防除部・同所魚病診断・研修センター・北海道区水産研究所

3. サケ防疫連絡協議会の構成機関

(1) 構成員

北海道水産林務部漁業管理課サケマスグループ

北海道水産林務部水産振興課栽培振興グループ

(地独)北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場(以下「道総研さけ内水試」)

(社)北海道さけ・ます増殖事業協会

(独)水産総合研究センター本部・増養殖研究所・北海道区水産研究所(以下「水研センター」)

(2) その他

大学等の魚病に関する有識者(北海道大学他)

北海道内の管内増殖事業協会の担当者

4. 病原体保有状況調査の内容

(1) 調査対象魚種

ベニザケ、サクラマス、シロザケ、カラフトマスの4種が防疫対策上重要な魚種であるが、ベニザケ・カラフトマスは水研センターが対応、サクラマスについては道総研さけ内水試と水研センターで把握する。したがって、新たに構築するモニタリング体制の主対象魚種は「シロザケ」とする。

(2) 対象とする魚病

1) ウイルス性疾病

IHNV、OMV、VHSVを始め、培養細胞CHSE-214で分離が可能なウイルス全般とする。

2) 細菌性疾病

冷水病、せつそう病、BKDが対象となるが、それぞれに適した分離培地の調製等の問題から、組織的対応の対象としない。ただし、BKDについてはシロザケの感受性が高いことから、そのキャリアーの可能性が高いサクラマスを中心に、水研センター及び道総研さけ内水試で可能な範囲で調査することとする。また、BKDについては、シロザケの資源量に影響を及ぼすことが懸念され、今後の研究開発課題として取り組む必要がある。

(3) 調査対象河川と調査分担

表3に示す21河川について、北海道大学、道総研さけ内水試及び水研センターの3機関で分担してモニタリングを実施する。

表1 サケ科魚類の主な病原ウイルス

ウイルス名	病名	主な感受性魚種	備考
VHSV	ウイルス性出血性敗血症	ニジマス	我が国 未侵入*
SalHV-1	ヘルペスウイルス感染症	ニジマス	
EHNV	流行性造血器壊死症	ニジマス	
ISAV	伝染性サケ貧血症	タイセイヨウサケ	
OMV (SalHV-2)	ヘルペスウイルス病	サクラマス、ギンザケ、 ニジマス	
IPNV	伝染性脾臓壊死症	ニジマス	垂直伝播
IHNV	伝染性造器壊死症	ニジマス ヤマメ、アマゴ	
CSV	レオウイルス感染症	サクラマス	
WDV	ウイルス性旋回病	ギンザケ、サクラマス、ニジマス	
VENV	ウイルス性赤血球壊死症	サケ、カラフトマス	
EIBSV	赤血球封入体症候群	ギンザケ	

* : 海産魚の VHS を除く。

表2 サケ科魚類の主な病原細菌

細菌名	病名	備考
<i>Renibacterium salmoninarum</i>	細菌性腎臓病 (BKD)	危険度大、垂直伝播
<i>Streptococcus iniae</i>	連鎖球菌症	
<i>Aeromonas salmonicida</i>	せつそう病	危険度大
<i>Vibrio ordalii, V. anguillarum</i>	ビブリオ病	
<i>Fravobacterium branchiophilum</i>	細菌性鰓病 (BGD))	危険度大
<i>Frabobacterium columnare</i>	カラムナリス病	
<i>Frabobacterium psychrophilum</i>	細菌性冷水病	垂直伝播

表3 病原体保有状況モニタリング実施河川と分担

海 区	地 区	河川名	調査実施機関
オホーツク	東 部	斜里	北海道大学
		網走	北海道大学
	中 部	常呂	道総研さけ内水試
		湧別	道総研さけ内水試
	西 部	徳志別	水研センター
日 本 海	北 部	天塩	水研センター
		暑寒別	道総研さけ内水試
	中 部	石狩	水研センター
	南 部	利別	北海道大学
		尻別	北海道大学
根 室	北 部	標津	北海道大学
	南 部	西別	水研センター
		当幌	道総研さけ内水試
えりも以東	東 部	釧路	水研センター
	西 部	十勝	水研センター
えりも以西	日 高	静内	水研センター
	胆 振	敷生	道総研さけ内水試
		長流	道総研さけ内水試
	噴火湾	遊楽部	水研センター
	道 南	戸切地	北海道大学
茂辺地		北海道大学	

リスク管理に基づくさけ・ます類の細菌およびウイルス病対策

北海道大学大学院水産科学研究院 吉水 守

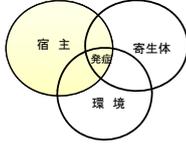
現在、食の安全を確保するために、生産現場から食卓まで“Farm to Table”の一貫した対策が求められ、養殖魚では GAP (good aquacultural practice), 天然魚では GP手法の導入が進んでいる。魚病対策にも病気を引き起こす可能性のある要因を整理し、重要な管理点を明確にして、健康管理に生かすリスク管理手法の導入が望まれる。増殖目的のサケマス類を対象にリスク分析を行い、病原体をリストアップし、魚種ごとに重要な管理点を定め、確認しながら作業を進めると効果的な対策が実施できる。今回、サケ、サクラマス、カラフトマスおよびベニサケについてサケ科魚類の病原体の中で細菌とウイルスを対象にリスク評価を行った。サケの場合、ハイリスクな病原体としてサケ科魚ヘルペスウイルス、細菌性腎臓病原因菌、細菌性鰓病原因菌、せつそう病原菌が上げられる。伝染性造血器壊死症 (IHN) および冷水病も初期減耗として要注意疾病である。伝染性脾臓壊死症、CSV (サケレオウイルス) 病、ウイルス性旋回病、ウイルス性赤血球壊死症、赤血球封入体症候群 (EIBS) の発症リスクは低い。一方、周年飼育されるサクラマスでは IHN、せつそう病、細菌性鰓病に加え、水温上昇期の BKD、カラムナリス病、ビブリオ病、連鎖球菌症に注意を払う必要がある。

サケマス類で親から子に垂直伝播する病気として IPN, BKD, 冷水病が知られている。近年、BKD および冷水病共に原因菌の卵表面生菌数が $10^7/g (=cm^2)$ 以上の場合、受精の有無にかかわらず卵門から細菌が囲卵腔に落ち込み、かつ両菌は囲卵腔で生存することが明らかにされた。採卵時の卵表面の菌数を下げることが重要である。確実な対処法は健康な親魚を選ぶこと、すなわち体腔液に病原体を持たない、持っていたとしても病原体数が少ない親魚を採卵に用いることである。受精前に等張液で1回洗浄するごとに、細菌・ウイルスの数は1桁減少し、洗卵は極めて有効な防除法であることが示された。受精後に卵消毒を行うと病原体の孵化場への持ち込みを防ぐことが出来る。一方、卵の細胞膜内に病原体が侵入すると、胚は感染して死亡する。このことは、胚が形成され、発眼期に達した卵の内部には病原体が存在しないことを意味し、発眼卵の表面を消毒して病原体を殺したのち、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出来る。現在、発眼卵消毒を行っている根拠である。孵化後は、飼育水中に存在し、飼育温下で増殖する病原体に対する対策を立てることが必要となる。夏場に高水温に曝される魚種では、BKD や連鎖球菌症、カラムナリス病など各種の病気に気を配る必要がある。発症に至らなくても病原体キャリアーになる可能性がある。

重要な管理点としては、病原体フリーの孵化・飼育用水の確保、河川水使用時の殺菌装置の運転状況、洗卵時の水量および回数、受精直後および発眼期の卵消毒とヨード剤の濃度、孵化後の飼育水温があげられる。

平成24年度 さけます関係研究開発等推進会議 (平成24年8月1日)

リスク管理に基づくサケマス類の細菌およびウイルス病対策



ホテル ライフォート札幌
平成24年8月1日

北海道大学大学院水産科学研究院
特任教授 吉水 守

防疫対策にも発症要因の分析とリスク管理を導入しては

リスク要因 (Risk Factor) の分析 (Analysis) を行い
重要な管理点 (Critical Control Point) を設定



防疫対策 = リスク管理

魚の病気の発症要因

- 内因** 素因(品種, 性, 年齢など)
遺伝・体質・内分泌機能・免疫機構
- 外因** 環境因子
 - 物理因子: 水温・溶存酸素・窒素ガス
 - 化学因子: 毒物・農薬
 - 生物因子: 競合
 - 食餌因子
 - 栄養素欠乏: 奇形・体色異常・やせ・骨格異常・白内障
 - 飼料油酸化: 肝障害
 - 飼料性中毒: 肝癌
- 寄生因子** ウイルス (感染症)
細菌
真菌
原虫・寄生虫



(例) 宿主の病原体感受性

・IHNV: IHNV 100 感染粒子/ml・1 時間浸漬攻撃 (1ヶ月令魚の累積死亡率)		
サクラマス・ニジマス		80-90 %
サケ		10-30 %
・OMV: OMV 100 感染粒子/ml, 1 時間浸漬攻撃		
ヒメマス 1-3ヶ月令		100 %
サケ 1-5 カ月令		80 %
サクラマス		80 %
キンザケ		40 %
ニジマス		30 %
・ R. salmoninarum: 10 ⁶ 菌体 / 尾 腹腔内注射攻撃		
サケ		100 %
サクラマス		10 %
キンザケ		6 %

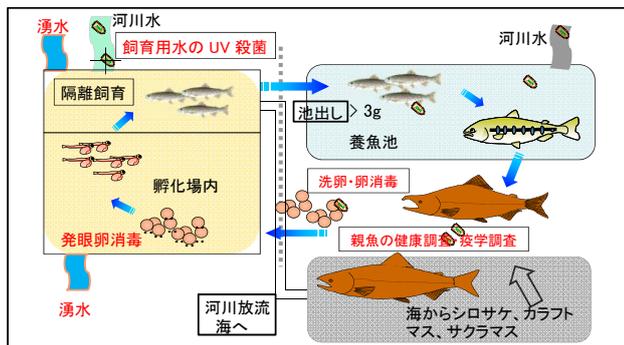
IHN・OMVD の発症要因分析

- 宿主: ヒメマス, ニジマス, ヤマメ, アマゴ etc.
耐病系統選抜, ハイブリッド種, クローン.
ステージ (仔魚, 稚魚, 成魚, 成熟魚).
生体防御能, 免疫 (初感染, 再感染).
成熟, 移動ストレス, 移植歴.
- 環境: 淡水 (軟水・硬水), 海水, 湧水, 河川水.
水温, 溶存酸素, 底質.
養魚池の立地, ベクター, リザーバーの存在.
- 病原体: ウイルスの病原性.
単独感染, 混合感染.

CP: IHN・OMVD 防除のための管理点

1. 親魚: 感染履歴, ウイルス保有の有無・量.
 2. 卵 : 卵洗浄, 卵消毒 (受精直後・発眼期).
 3. 施設: 踏込槽, 手洗槽, 消毒薬の選択.
 4. 飼育用水: 湧水, 河川水 (UV処理), 水温.
 5. 他の病原体の感染歴.
- 河川・養魚池での病原体の生存性
赤字: CCP (重要な管理点)

サケマス類のウイルス病に対する防疫対策



細菌性疾病：せつそう病・冷水病・鰓病・細菌性腎臓病など

1. 疫学情報の収集：分布・感染拡大
 2. 感受性魚種・病原性 (LD₅₀値)
 3. 感染源・感染経路
 4. 催熟・蓄養条件
 5. 病原体の河川・湖沼・海洋での生存性
 6. キャリヤーの存在
 7. 薬剤使用の有無
 8. 拮抗微生物の存在
 9. 夏場の飼育水温
- ➡ CCP の設定

BKDの発症要因分析

1. 採卵親魚の体液中中のR.s.菌数が 10^7 CFU/ml を超えると卵門から困卵腔に落ち込み、孵化時に仔魚へ感染する。
2. 春の水温上昇時に 0+ 幼魚が発症すると、1+ 幼魚にも感染し、親魚候補魚へも感染する。
3. 飼育している幼魚の多くが不顕性感染状態になり、飼育水温が 15℃前後となる秋にも発症する。
4. 催熟蓄養親魚にも感染し、体液中に出現する。
5. 魚令の異なる養魚間の接触の機会を生み、R.s.の感染環が成立する。
6. R.s. 感染あるいは感染履歴を有する稚魚は海水中での生存率が低く資源につながらない。

CCP: BKDの防除に重要な管理点

1. 成熟1ヶ月前にエリスロマイシンを 100 mg/体重 Kg 注射する。
→ 体液中が濁らなくなる ($10^8 \rightarrow 10^4$ CFU/ml)
2. 吸水時にエリスロマイシン含有水 (2 mg/L) を用いる。
3. 浮上稚魚に 21 日間エリスロマイシンを経口投与する (100 mg/Kg)。
4. 上記1~3を3世代繰り返す。
5. 受精前に洗卵を行う (等調液洗浄2回, シャワー1回)。
→ 除菌率 10^{-4}
6. 孵化場搬入前にヨード剤で消毒する。
7. 親魚催熟蓄養地と稚魚飼育地を分ける。
8. 防疫対策が整うまでスマルト生産を見合わせる。

サケマス類を対象に具体例を紹介

対象：IHN, OMVD, 冷水病, BKD

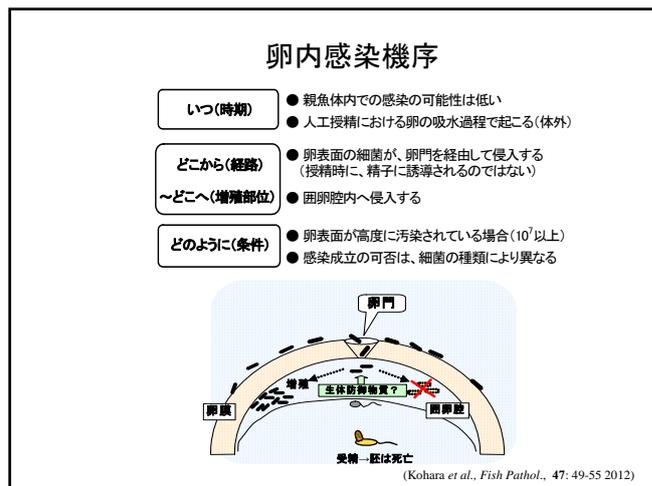
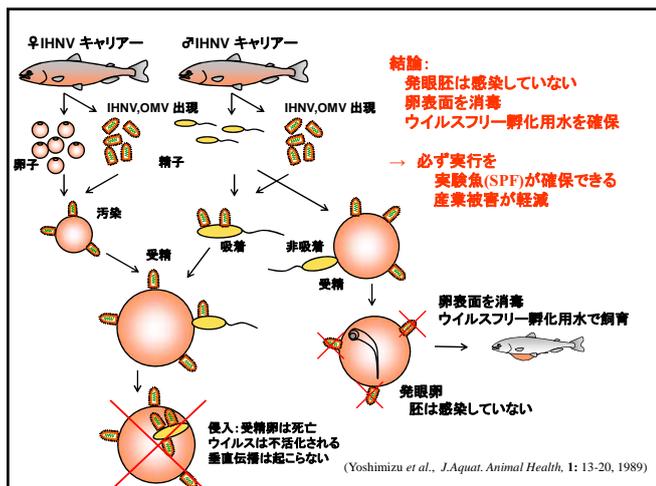
1. 親魚 (検査の必要性)

- 飼育環境中に病原体が存在しない
健康な親魚から生まれた仔稚魚 → 健康
- 飼育環境中に時として病原体が存在
さけ・ます類 → 多くの魚類
- ・感染を経験してキャリアーになった魚
→ 成熟期に生殖産物 (卵巣腔液・精液) に病原体を放出
 - ・卵表面に付着・困卵腔に侵入生存した病原体は
→ 稚仔に感染する
→ 感染環を切る必要あり

親魚検査と卵表面の洗浄・消毒が重要

2. 卵洗浄・卵消毒

- ・魚類病原ウイルスおよび細菌は成熟期に生殖産物に出現する。
- ・卵表面の洗浄はこれら病原体による卵表面汚染による垂直感染の遮断に有効である。
- ・サケマス類では受精直後および発眼期にポピドンヨード剤 (50 ppm, 15分) 消毒が有効である。
- ・卵門から困卵腔に落ち込む例が報告され、卵表面の菌数を下げることが重要となる。



3. 施設の衛生管理

- ・ 作業者の手指や長靴の消毒
- ・ 消毒済み区域への立ち入り→専用の着衣への着替
- ・ 衛生思想の啓蒙
- ・ 飼育器具類および飼育水槽の消毒
 - 市販の消毒薬の中から魚毒性の少ないものを選ぶ
 - 温度あるいは反復使用を考慮し適切な使用を心がける

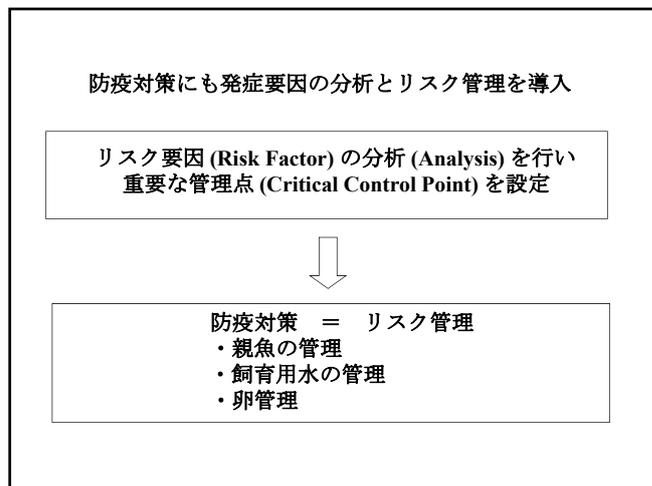
4. 飼育用水の殺菌法

- ・ **紫外線照射**
 - 紫外線の殺菌力を利用
 - 広く普及、設置コストが高い
 - ランプの交換 (8,000 時間毎)
- ・ **オゾン処理**
 - オゾンガス気泡の酸化力
 - 設置コスト・ランニングコストが高い
 - 放電装置の点検が必要
- ・ **電気分解**
 - 海水電解により産生される次亜塩素酸を利用
 - 装置が単純、価格・ランニングコスト低い
 - 電極の寿命5年以上

(吉水・笠井 工業用水 523: 13-26 2002)

5. 飼育排水の殺菌

- ・ 魚病対策および環境対策
 - 飼育排水の殺菌が必要
- ・ 飼育排水
 - 量が多く、紫外線あるいはオゾンでの殺菌は施設面およびコスト面で困難
 - さけます孵化場・さけます内水面水産試験場で採用
- ・ 排水中のウイルスの定量が困難
- ・ 海水を直接電気分解
 - 次亜塩素酸が発生し
 - 殺菌・不活化が可能
- ・ 装置は小型で安価であり
 - 毎時数百トンの飼育排水の殺菌が可能



さけます類の原虫病対策

浦和茂彦(水産総合研究センター北海道区水産研究所)

ふ化場で飼育されたさけます類の稚魚に出現する主な外部寄生性の原虫類は、鞭毛虫類のイクチオボド *Ichthyobodo* spp.、繊毛虫類のトリコジナ *Trichodina truttae* とキロドネラ *Chilodonella piscicola* である(図1)。イクチオボドは約 40%のふ化場で発生し、体表に寄生してサケ稚魚の海水適応能力を大幅に減少させる。他の外部寄生原虫2種も、稚魚の減耗を引き起こすことが知られている。病害の程度は、原虫の種類により異なり、魚の状態や飼育環境にも影響を受けるので、原因種と発生状況を正確に把握する必要がある。

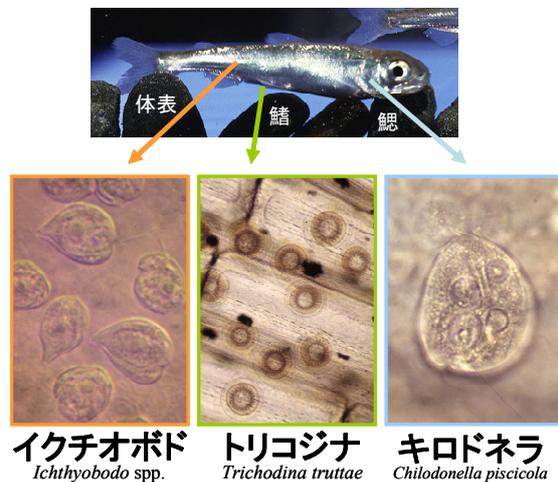


図1. サケ稚魚に外部寄生する原虫類
(浦和 2003)

原虫病対策として、以下の4つが考えられる。

- 1) 感染経路の遮断: トリコジナやキロドネラは天然魚が感染源となり、河川水を通して伝搬する可能性が高いので、なるべく河川水を使用しないことが対策となる。しかし、イクチオボドは飼育用水に関係なく発生し、いろいろな種類の用水を混合すると発生リスクが高まる。イクチオボドの感染経路は不明なので、用水の変更による防除は難しい。
- 2) 飼育環境の改善: 原虫が寄生しても魚の健康状態により被害の程度は大きく異なる。良好な飼育環境であれば、サケ稚魚にイクチオボドが寄生しても淡水中での死亡率は高くない。しかし、高密度飼育や飼育用水量の不足などによりストレスが加わると、寄生魚の成長低下と大量死亡を起こす。また、キロドネラは鰓の肥厚部位を好んで寄生するので、鰓の病変を起こさないことが予防となる。いずれも、飼育環境を良好に保つことが、原虫病の被害軽減につながる。
- 3) 魚の防御能力: 原虫が寄生しても、魚自身の持つ防御能力により寄生数は減少する。魚の体表に存在する粘液細胞(特にPAS陽性細胞)が、原虫の寄生に対する防御機構として働き、寄生数を減少させると考えられる。魚の持つ防御能力を十分に発揮できるように、良好な飼育環境に保つことが重要である。
- 4) 駆虫方法の改善: 外部寄生原虫類の駆除にはホルマリンが極めて有効であり、濃度 1/4000 (0.025%) の 60 分浴で寄生したイクチオボドの 99.9% が駆虫される。しかし、ホルマリンは水産動物に対する医薬品として認証されておらず、平成 15 年(2003 年)の薬事法改訂後は使用できない。現在、さけます類の原虫病に対する代替の

認証医薬品はないので、日常的に食用として使われる塩類や食酢を用いて原虫の駆除が行われている。しかし、その方法は様々で、駆虫効果は科学的に検証されていない。そこで、塩類や食酢などを用いてイクチオボドやトリコジナの駆除試験を行った。イクチオボドは海水中でも増殖可能なので、低濃度の塩類では駆虫効果が低い。食塩や並塩の濃度 5% で 10 分浴により、イクチオボドはほぼ駆除される。しかし、高濃度塩水浴を行うと、イクチオボドの大量寄生を受け海水適応能力が低下したサケ稚魚は死亡する場合もあり、リスクを伴う。

食酢(穀物酢、酸度 4.2)の場合、濃度 1% (pH 3.9) で 10 分浴によりイクチオボドは駆虫されるが、稚魚に与えるストレスが大きい。一方、食酢濃度 0.4% (pH 4.5) で 60 分浴では、寄生したイクチオボドの 99.3% が駆虫され、稚魚に与える影響は少ない(図2上)。なお、食酢に食塩(1%)を加えると駆虫効果が低下する(図2下)。トリコジナは、食酢濃度 0.4% で 5-10 分浴、または 3%食塩水で 15 分浴により駆虫される(図3)。食酢濃度 0.2% (pH 5.6) では、イクチオボドやトリコジナに対して駆虫効果は低い。なお、食酢の種類や飼育用水により駆虫効果が異なるので、駆虫作業時に水素イオン濃度(pH)を測定する。また、食酢を含む飼育水を処理する際は、排水基準(pH 5.8~8.6)を厳守し、河川環境等に影響を与えないように十分配慮する必要がある。

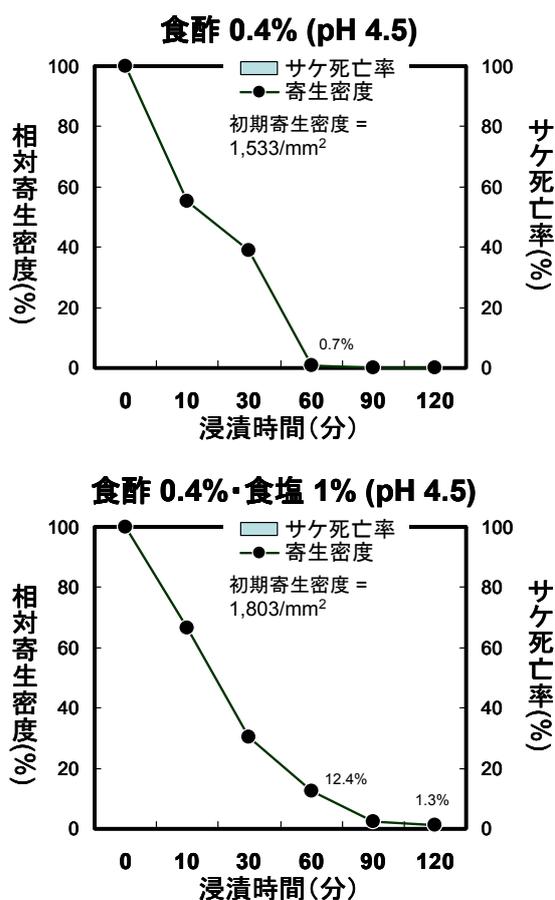


図2. サケ稚魚に寄生したイクチオボドに対する駆虫試験結果。試験期間中、供試魚の死亡はなかった。
浦和(未発表データ、引用不可)

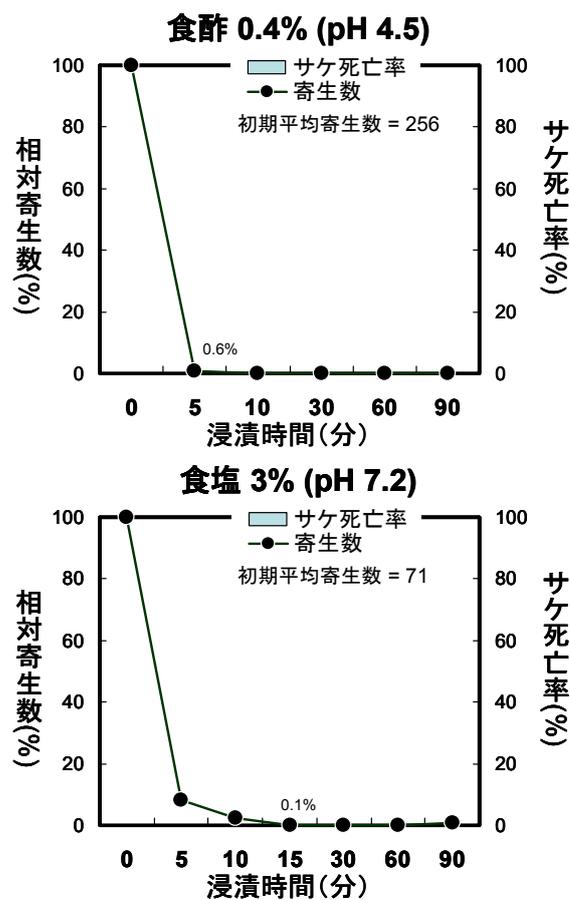
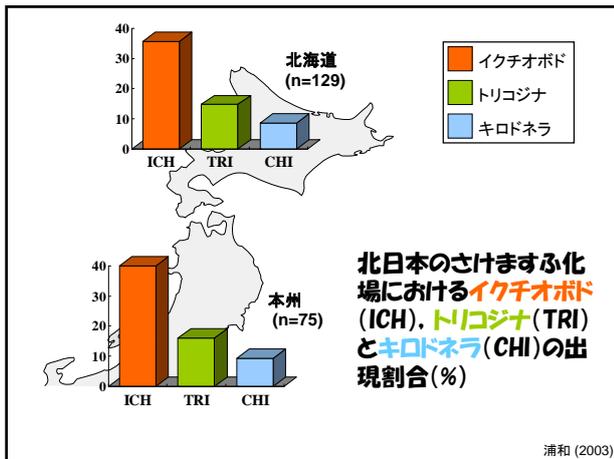


図3. サケ稚魚に寄生したトリコジナに対する駆虫試験結果。試験期間中、供試魚の死亡はなかった。
浦和・佐藤(未発表データ、引用不可)



イクチオボド症

- 原因: 鞭毛虫類 *Ichthyobodo salmonis* (サケ寄生種)
- 虫体長は0.01mmと小型
- 主に体表や鱗に寄生
- 淡水と海水の両方で増殖可能

イクチオボドの寄生部位

サケ稚魚に寄生する *Ichthyobodo salmonis*

イクチオボド症

- サケ稚魚の感染実験では、寄生数が2週間後より増加し、6週間にピーク
- 淡水で飼育中の累積死亡率は12%程度
- 海水48時間移行試験では、感染後4-6週目にサケ稚魚の60%以上が死亡し、海水適応能力が著しく低下
- イクチオボドの寄生を受けたサケ稚魚は、降海時に大量死亡する可能性が高い
- サケ稚魚の海水適応能力は、駆虫すると2~4週間で回復

Urawa (1993)

イクチオボドがサケ回帰資源量に影響を与える事例

毎年イクチオボドが発生しているふ化場で、1987年春にイクチオボドを駆虫し、海水適応能力を回復させて放流したサケ稚魚(矢印)が、1989-91年に大量回帰

Urawa (1996)

トリコジナ症

- 原因: 鞭毛虫類 *Trichodina truttae*
- サケ稚魚の体表に寄生し、大量寄生すると、過剰な刺激により稚魚の大量死亡を起こす
- 寄生を受けた表皮層は肥厚するが、サケ稚魚の海水適応能力には影響を与えない

Urawa (1992b)

キロドネラ症

- 原因: 鞭毛虫類 *Chilodonella piscicola*
- サクラマスやサケの鰓に寄生し、鰓上皮の肥厚と鰓弁の癒着を起こし、呼吸障害により慢性的な死亡を起こす。
- 鰓の肥厚部位に好んで寄生するので、鰓の病変を起こさないことが予防となる。

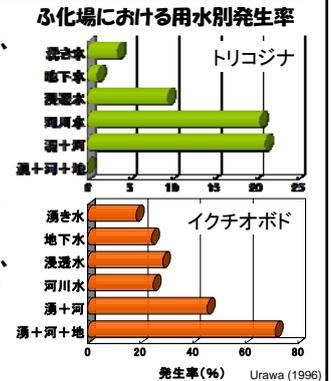
Urawa & Yamao (1992)

原虫病の対策

1. 感染経路の遮断
2. 飼育環境の改善
3. 魚の防御能力
4. 駆虫方法の改善

原虫病対策-1. 感染経路の遮断

- トリコジナやキロドネラは、天然魚が感染源となり、河川水を通して感染する可能性が高いので、なるべく河川水を使用しない。
- イクチオボドは、飼育用水に関係なく発生する。感染経路は不明なので、用水の変更による防除は難しい。

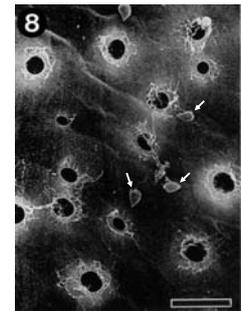


原虫病対策-2 飼育環境の改善

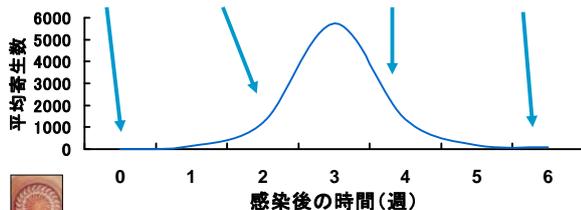
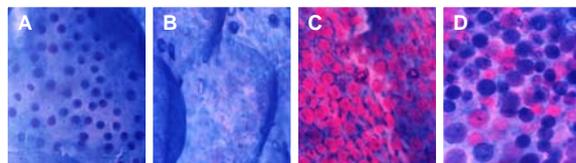
- 原虫が寄生しても魚の健康状態により被害の程度は大きく異なる
- 良好な飼育環境であれば、サケ稚魚にイクチオボドが寄生しても淡水中での死亡率は高くない
- 高密度飼育や飼育水量の不足によりストレスが加わると、寄生魚の成長低下と大量死亡を起こす
- 飼育環境を良好に保つことが、被害の軽減につながる

原虫病対策-3 魚の防御能力

- 魚の体表上皮層に存在する粘液細胞(特にPAS陽性細胞)が、原虫の寄生に対する防御機構として働き、寄生数を減少させる
- 魚の持つ防御能力を十分発揮できるように、良好な飼育環境に保つことが重要



サケ稚魚の体表における粘液細胞の変化 (AB/PAS染色)



原虫病対策-4 駆虫方法の改善

[低濃度食酢]
穀物酢濃度0.4% (pH 4.5) イクチオボド:60分
トリコジナ:5~10分

[利点]

- 稚魚に対する影響が少ない
- 排水処理が比較的容易
- 経済的

[注意点]

- 食塩を加えると駆虫効果は低下
- 食酢の種類や製造元、飼育用水により効果が異なるので、駆虫時に水素イオン濃度 (pH) を測定
- 食酢を含む飼育水を処理する際は、排水基準 (pH 5.8~8.6) を厳守し、河川環境等に影響を与えないように配慮

平成 23 年度サケ来遊の総括及び今年度見込み

北海道区水産研究所 さけます資源部

資源評価グループ 斎藤寿彦

より多くの水産生物を持続的に漁獲するためには、対象生物の資源状態を把握し、過剰に獲り過ぎないことが重要です。そのためには、成長途中の小型魚を獲るのではなく、十分に成長してから獲ることや、産卵期の親魚を獲り残し、再生産を阻害しないことが必要になります。毎年、秋から冬に北日本で漁獲されるサケは、河川で産卵するために沿岸へ戻ってきた親魚が漁獲の対象になります。また、日本のサケは人工ふ化放流事業で漁業資源の多くが維持されています。したがって、人工ふ化放流事業で必要となる種卵を、いかに安定的に確保するかが漁業資源の維持には極めて重要です。そこで、種卵確保の見通しや対策を事前に検討するために、道県の試験研究機関が中心となって、サケの来遊数推定を公表しています。地域ごとの詳細な推定は各機関にお任せし、本発表では昨年度のサケ来遊状況と今年度の見込みについて、大まかな地域ごとに概観します。

平成 23 (2011) 年度のサケ来遊数 (沿岸漁獲と河川捕獲の合計) は全国で 4,344 万尾であり、対前年度比では 88%になりました。これは平成 (1989 年～) に入って最も少ない来遊数です。地域別に対前年度比をみると、オホーツクと根室海区が 97%、日本海が 116%であったのに対して、太平洋では 69%であり、平成 22 (2010) 年度に大きく落込んだ太平洋側の来遊数が平成 23 (2011) 年度もひき続き減少した状況です。

昨年の会議では、シブリング法と環境要因等を使った重回帰モデルによる、平成 23 (2011) 年度のサケ来遊見込みについてご報告しました。実際の来遊数 (以下、実績) と見込み値を比較すると (実績/見込み値の%)、シブリング法では 57~89%、重回帰モデルでは 75~83%となり、いずれも見込み値が実績よりも過大に評価されていました。特に太平洋では、両推定手法ともに実績と見込みの乖離 (ズレ) が大きくなりました。

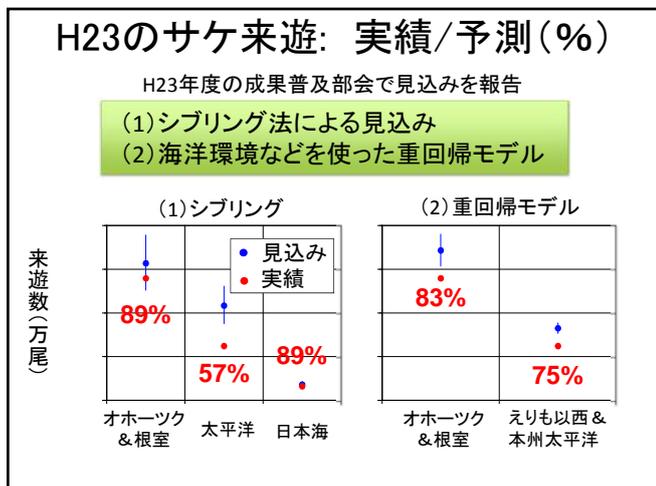
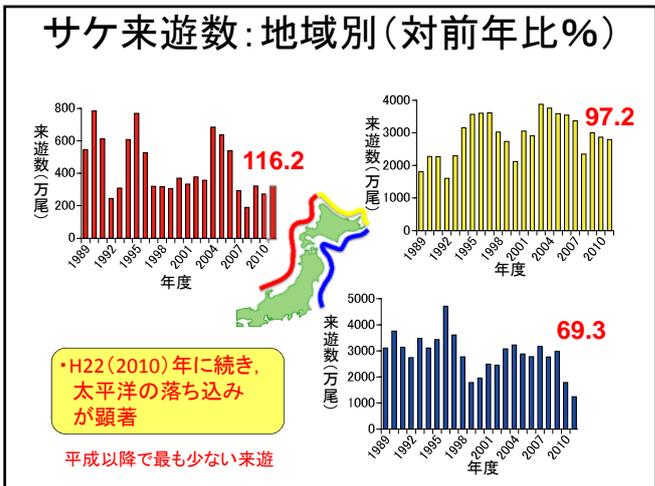
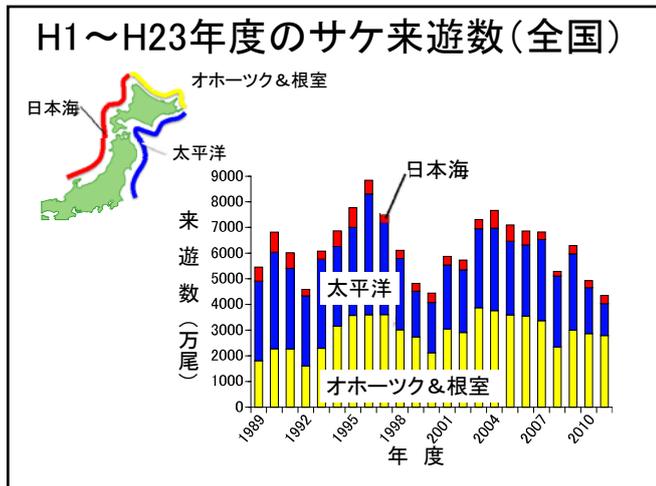
平成 24 (2012) 年度のサケ来遊見込みについて、シブリング法 (対象エリア: オホーツク&根室, 太平洋, 日本海) と環境要因等を使った重回帰モデル (同: オホーツク&根室, えりも以西&本州太平洋) により推定しました。その結果、シブリング法ではいずれの地域も対前年度比 105~125%となり、平成 23 (2011) 年度をやや上回る見込みになりました。一方、重回帰モデルでは、オホーツク&根室の見込みが対前年度比 95%、えりも以西と本州太平洋が同 127%と算出されました。ただし、これらの見込み値は、東日本大震災による影響で沿岸漁獲や河川捕獲が例年どおり実施できない可能性までは考慮していません。そのため、漁獲努力量の変化により、見込みと実績にズレが生じることが想定されます。さらに、両手法とも最近の見込み値は実績よりも過大評価される傾向がありますので、今回の見込み値についても過大評価の可能性を考慮すべきかもしれません。

過去の若齢魚と高齢魚の数量的な関係を用いて推定するシブリング法は、かつて経験したことの少ない不漁 (あるいは豊漁) 条件下では、精度の良い見込み値の計算が困難になります。一方、重回帰モデルによる推定では、環境要因から年級群豊度 (例えば、回帰率×放流数) を計算し、過去の年齢組成を使って年齢別の来遊数を推定しています。そのため、同じ年級群でも若齢で回帰した部分について、重回帰モデルによる来遊見込みと実績のズレを評価することが可能です。この実績と見込みのズレを上手く当該年度に回帰する見込み値の計算に反映させることができれば、推定の精度向上が図られる可能性があります。どのような手法を使っても、将来の来遊数を推定することは不確実性を伴います。手法の違った複数の方法で見込み値を検討することは、個々の手法の苦手部分を補うと同時に、判断や結果解釈の相違点を検討することで、サケ来遊資源の変動に関する我々の理解が深まり、結果的には推定手法の精度向上に繋がることが期待されます。



話題提供

1. 平成23(2011)年度のサケ来遊状況
2. 平成23(2011)年度のサケ見込みと実績
3. 来遊見込みの推定方法
4. 平成24(2012)年度のサケ来遊見込み



H23のサケ来遊見込みと実績 一総括一

H22年度に続き、太平洋(えりも以東～本州太平洋)の来遊不振が著しい(平成で最も少ない来遊)

H23年度の来遊見込みと実績の比較では、シブリング法および重回帰モデルとも、太平洋で見込みと実績の乖離が大きい

→ 両手法とも、極端な不漁(豊漁)といった過去にあまり経験したことのない事象を、事前に把握することは苦手。

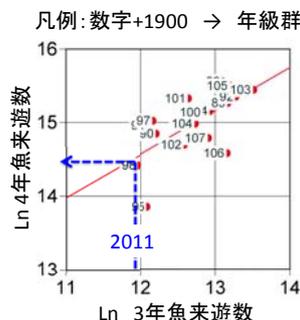
今後の課題:改善の余地は?

来遊見込みの推定方法

1. シブリング法
2. 海洋環境などを使った重回帰モデル
3. 調査船による資源評価

1. シブリング法

ある年の t 年魚の数から、翌年 $t+1$ 年魚の数を推定



利点:
若齢魚-高齢魚の尾数に、
関連がある場合、比較的
精度よく推定可能。

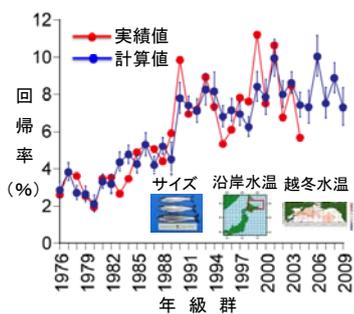
欠点:
若齢魚-高齢魚の尾数に、
関連があるとは限らない

2年魚→3年魚
3年魚→4年魚

極端な不漁(豊漁)といった
過去に経験のない部分の
推定に不安あり。

2. 環境要因などを使った重回帰モデル

年級群豊度(回帰率など)を環境要因(海水温等)から推定



利点:
実際の回帰を待たず
に年級群豊度の良悪
を評価できる。

欠点:
想定した環境以外の
要因が作用した場合、
見込みと実際の乖離
が大きくなる。

現在有効な環境要因
が、将来にわたって
有効とは限らない。

3. 調査船による資源評価

沖合(ベーリング海)の分布量から直接推定

調査概要:

- ・2007年スタート(2007~2009, 2011 計4年)
- ・今年は今現在調査中(7/20~8/12)
- ・**表層トロールを使用**
- ・未成魚の分布(CPUE)→翌年の来遊数



シブリング法: 2012年の来遊見込み

若齢魚(t 年魚)と高齢魚($t+1$ 年魚)
の関係に直線あてはめ

あてはめ可能

あてはめ不可

シブリング法による推定

昨年の t 年魚の来遊数から
今年の $t+1$ 年魚を推定

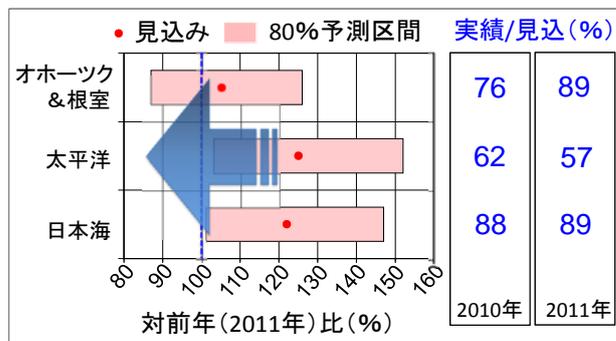
過去5年の平均値

若齢魚(2~3年魚)や高齢魚
(7年魚以上)の推定に使用

・今年の2~8年魚来遊数の推定値をそれぞれ計算し、
それを合計した値 → **2012年の来遊見込み**

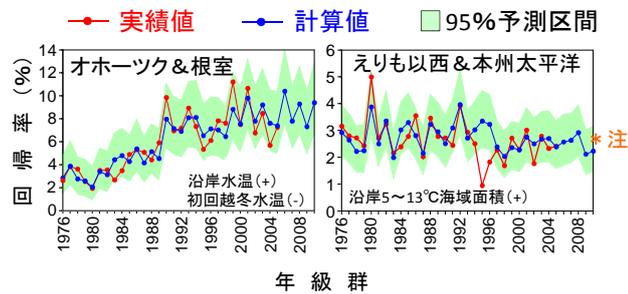
・推定した来遊見込みは不確実なので、80%予測区間を
あわせて計算。

2012年来遊見込み(シブリング法)



過去、過大評価(見込み>実績)の傾向あり

重回帰モデル:2012年の来遊見込み



*東日本大震災による放流種苗への影響は加味していない

重回帰モデル:2012年の来遊見込み 推定手順

1. 回帰する2~8年魚(2010~2004年級群)の回帰率を重回帰モデルで計算(A)
2. 回帰率(A) × 放流数 → 推定来遊尾数(B)
3. 地域ごとに、過去5年間の平均年齢組成(C)を算出
4. 推定来遊尾数(B) × 平均年齢組成(C) → 年齢別来遊数(D)
5. 今年(2012年)回帰する2~8年魚の合計 → **今年の見込み**

重回帰モデル:2012年の来遊見込み

表:今年来遊する年級群の来遊年度

年級	回帰年齢							
	2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚	8年魚	
2010	2012							
2009	2011	2012						
2008	2010	2011	2012					
2007	2009	2010	2011	2012				
2006	2008	2009	2010	2011	2012			
2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	

赤字年度の来遊尾数を足し算したもの → 2012年の来遊見込み
黄色部分:既に回帰したもの → 「実績/見込」の比較が可能

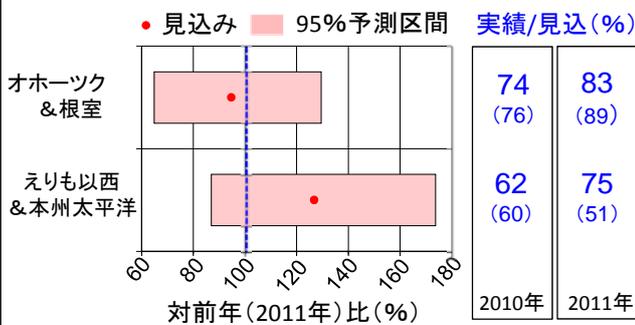
重回帰モデル:2012年の来遊見込み

表:今年来遊する年級群の過去の「実績/見込」比

年級	回帰年齢							
	2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	7年魚	8年魚	
2010	2012							
2009	0.95	2012						
2008	0.54	0.57	2012	× 0.570				
2007	2.84	0.89	0.88	2012	× 0.885			
2006	0	1.25	0.65	0.63	2012	× 0.843		
2005	0	0.60	1.02	0.99	0.77	2012		
2004	0	0.65	0.67	0.85	1.08	1.00	2012	

赤字年度の来遊尾数を足し算したもの → 2012年の来遊見込み
2012年の4~6年魚:既に回帰した3年魚以降の「実績/見込」の平均値で補正

2012年来遊見込み(重回帰モデル)



・実績/見込(%)のうち、括弧内の数字はシブリング法の結果
・重回帰モデル「実績/見込」の補正: 2010年なし, 2011年あり。

H24のサケ来遊見込み:まとめ

シブリング法:

地域	見込み(対前年%)	
	推定値	80%予測区間
オホーツク&根室	105	87~126
太平洋	125	103~152
日本海	122	101~147

重回帰モデル:

地域	見込み(対前年%)	
	推定値	95%予測区間
オホーツク&根室	95	65~129
えりも以西&本州太平洋	127	87~174

両手法とも、近年の見込みは過大評価の傾向がある。

東日本大震災からの復興状況

岩手県水産技術センター
漁業資源部 小川 元

1. 岩手県における東日本大震災前のふ化放流状況

- ・ 毎年、4億4千万尾の稚魚生産・放流を実施していた。
- ・ 沿岸27河川、28ふ化場で、岩手県全体の99.6%を占めていた。
- ・ 沿岸ふ化場の大部分が河口付近に設置されていた。
- ・ 津波のリスクが高い立地条件であった。

2. 震災による被害状況

- ・ 未被災ふ化場 : 5ふ化場 生産能力 5,700万尾 全体の13%
- ・ 軽微被災ふ化場 : 2ふ化場 生産能力 4,700万尾 全体の11%
- ・ 部分被災ふ化場 : 4ふ化場 生産能力 7,200万尾 全体の16%
- ・ 大規模被災ふ化場 : 17ふ化場 生産能力 26,400万尾 全体の60%
- ・ 部分被災ふ化場の生産可能分を含めた被災直後の残存生産能力は13,900万尾で被災前の32%であった。

3. ふ化場の復旧状況（稚魚生産能力換算）

- ・ 平成24年7月1日現在の復旧状況 : 31,764万尾 震災前の72%相当
- ・ 今後着手予定 : 7,757万尾 震災前の18%相当
- ・ 今年度復旧見込み : 39,521万尾 震災前の90%相当
- ・ 今後着手予定の7,757万尾分の復旧が今漁期に間に合うかが重要。

4. ふ化場復旧において重要であったポイント

- ・ 経営者の強い意志と意思表示
- ・ 経営体の資本力
- ・ 経営体の社会的信用度

5. 今後の課題

- ・ ふ化場の復旧は、さけ増殖事業手段の復旧であり、真の復興は低迷しているさけの回帰尾数を回復させること。
- ・ 放流時期、放流サイズの再検証および新たな増殖手法の開発のほか、低迷する回帰状況における種卵確保対策が喫緊の課題である。