

[成果情報]

野生資源と持続可能なさけます漁業と増殖事業

【趣旨説明】：近年は放流数が一定の状況下で放流サイズの大型化が図られているにもかかわらず、回帰来遊数の減少や変動がみられており、北水研として原因の究明や解決策の開発に精力的に取り組んでいます。その中で繁殖保全グループでは野生魚の特性に注目し、資源への添加効果や安定化に貢献できないかという視点で研究を進めています。

現在北水研が実施している耳石温度標識放流により、放流河川においても野生魚の存在、実態が徐々に明らかになってきており、それらが放流魚とは異なる遺伝的、生態的特性を維持していることも明らかとなってきました。

野生魚も沿岸においては放流魚同様漁業資源として利用され、また人工再生産にも用いられているため、これらの野生資源を維持していく価値は十分あり、これを増やすことで増殖経費をかけずに資源への添加に寄与する効果も見込まれます。

そこで今回はこれら野生魚の特性、実態などに関する研究成果の一部をお伝えするとともに、野生魚を組み込んだ資源造成、増殖事業の展開方向を考えて見ることにしました。これが新たな資源管理方策や人工ふ化放流技術の開発、低迷する沿岸漁業資源の回復に繋がればと考えています。

表 本テーマで用いる「野生魚」、「放流魚」の言葉の定義

名 称	定 義
野生魚 (Wild fish)	自然産卵で生まれた魚。その両親は野生魚か放流魚かは問わない。
放流魚 (Hatchery fish)	ふ化場から野外に放流された魚。人工授精に用いた親魚は野生魚か放流魚かは問わない。
養殖魚 (Farmed fish)	養殖場で飼育されている魚。数世代にわたり飼育されているものは継代飼育魚という。
天然魚 (Native fish)	過去に人為的な放流の影響をほとんど受けておらず、遺伝的な固有性を有している魚。
自然産卵魚 (Natural spawning fish)	野生魚か放流魚かは区別できないが、野外で自然産卵している魚。

参考文献：中村智幸. 2009. 消えゆく天然魚. 中村智幸・飯田遥(編), pp. 18-19. 守る・増やす溪流魚. 農文協, 東京.

ふ化放流魚と野生魚の共存を目指して



荒木 仁志

北海道大学大学院 農学研究院

日本のサケ放流事業のこれまで



(出典: <http://salmon.fra.affrc.go.jp>)

千歳川でのサケの自然産卵 (2015年1月6日)



盛岡市・中津川でのサケの自然産卵 (2014年10月12日)



釜石市・甲子川でのサケの自然産卵 (2014年12月15日)



命題

野生魚 = 自然河川で生まれた魚

彼らが一体ナニモノで、
今後どう付き合っていくのか？

そもそもふ化放流魚とはどう違う？

サケ科魚類の生活史

人工ふ化・飼育・放流

三つ子の魂百まで?

(道・内水試ウェブサイト www.fishexp.hro.or.jp/cont/hatch/section/shigen/ より抜粋)

ふ化放流魚と野生魚の違い?

当世代 (放流魚)

- 生残率の変化
- 採餌行動、天敵からの回避能力の変化
- 母川回帰能力、時期の変化
- 産卵行動の変化

次世代 (放流魚の子孫)

ふ化放流効果の「遺伝」?

オレゴン州・フッド川のスチールヘッド研究

知りたかったこと: その1

ふ化放流魚は自然繁殖に成功しているか?

ふ化場由来の親魚 (放流魚) 川生まれの子孫 (野生魚)

「自然再生産」 ↓ ? ↑

オレゴン州フッド川

- 過去16年間のほぼ完全な集団サンプルが存在
- 約1万6千個体について遺伝子型決定 (3世代分)
- DNA親子鑑定により遡上親魚の面影を特定
- 親の由来 (野生・放流) に基づき自然繁殖成功率を評価 (親魚一次世代の親魚)

パワーデルダムの遡上魚捕獲施設

自然繁殖成功率

= 川で放流魚が野生魚の何倍子孫を残せたか (1親あたり)

野生魚 野生の子供

ふ化放流魚 1

2

50%

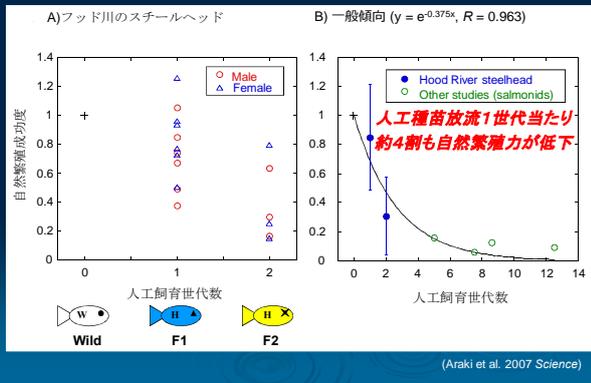
DNA親子鑑定

測定バイアス修正法

(Araki & Blouin 2005, Mol Eco)

$$RRS_{natural} = \frac{W_f - \frac{zW_f\hat{a} + yW_f\hat{b} + zW_f}{z+y}}{W_f - \frac{zW_f\hat{a} + yW_f\hat{b} + zW_f}{z+y}} \cdot \frac{W_f - \left(\frac{N_{natural} - N_{hatchery}}{N_{natural}} \right) \left(\frac{\hat{a}}{1-\hat{a}} \right)}{W_f - \left(\frac{N_{natural} - N_{hatchery}}{N_{natural}} \right) \left(\frac{\hat{a}}{1-\hat{a}} \right)}$$

ふ化放流魚の自然繁殖力は、世代ごとに低下する

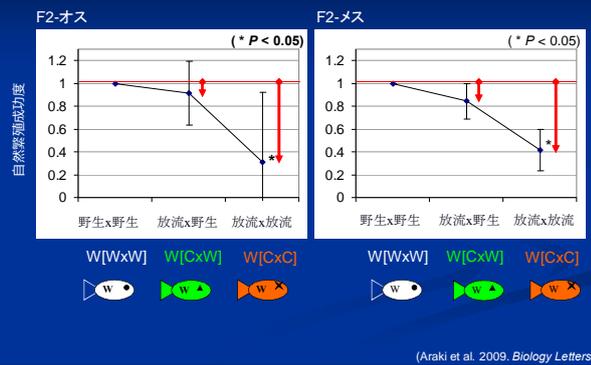


知りたかったこと: その2

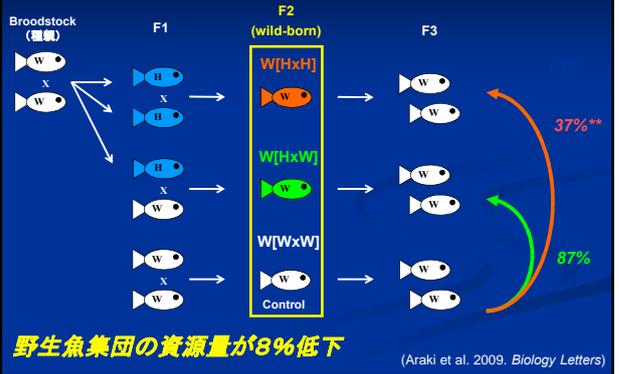
ふ化放流魚の子孫である野生魚は自然繁殖に成功しているか？



ふ化放流効果の「遺伝」?



自然繁殖力低下の「持ちこし効果」



種特異的?

種特異的?

Williamson et al. (2010) CJFAS 67:1840-1851

Wenatchee River, Washington のマスノスケ (*O. tshawytscha*)
放流オスで2-83%の相対自然繁殖成功率 (メスでは48-215%)

Hess et al. (2012) Mol. Ecol. 21:5236-5250

Salmon River, Idaho のマスノスケ
放流オスで80-123%の相対自然繁殖成功率 (メスでは85-122%)

Thériault et al. (2011) Mol. Ecol. 20:1860-1869

N. Umpqua River, Oregon のギンザケ (*O. kisutch*)
放流オスで48-74%の相対自然繁殖成功率 (メスでは76-91%)

種特異的？



(pics by K. Morita)

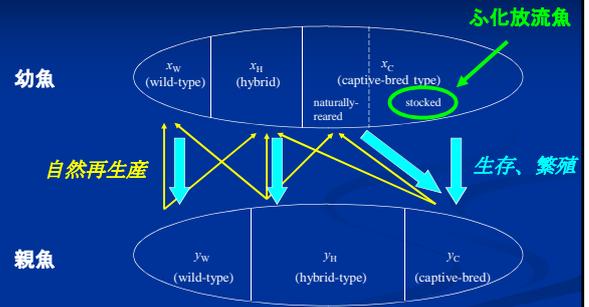
「種苗放流 → 地域個体群増加」の普遍性？

species	fitness effects	stock enhancement	reference	
Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>)	lower survival	possibly negative impact on wild stock	McGinnity et al. (2003)	✗
ayu (<i>Plecoglossus altivelis</i>)	n.a.	small proportional contribution	Pastene et al. (1991)	✗
barfin flounder (<i>Verasper moseri</i>)	not found	n.a.	Ortega-Villalaz Romo et al. (2005)	?
black sea bream (<i>Acanthopagrus schlegelii</i>)	n.a.	Indicative of positive contribution	Jeong et al. (2007), Blanco Gonzalez et al. (2008a)	△
brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	lower reproductive fitness/not found	little contribution	Moran et al. (1991), Hansen (2002), Dannewitz et al. (2004)	✗
chum salmon (<i>Oncorhynchus keta</i>)	Indicative of low reproductive fitness	n.a.	Berejikian et al. (2009)	?
coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	not found	n.a.	Ford et al. (2006)	?
Japanese flounder (<i>Paralichthys olivaceus</i>)	not found	n.a.	Sekino et al. (2005)	?
rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	lower survival	n.a.	Miller et al. (2004)	?
steelhead trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	lower reproductive success	possibly negative impact on wild stock	Reisenbichler & McIntyre (1977), Chilcote et al. (1986), Leider et al. (1990), McLeson et al. (2003, 2004), Araki et al. (2007a, b, 2009)	✗

(Araki & Schmid 2010, *Aquaculture*)

継続的種苗放流がもたらすもの

種苗放流の長期的影響予測 (モデル予測)



(Satake and Araki 2012 *Theor. Ecol.*)

種苗放流の長期的影響予測 (モデル予測)

$$x_w(t+1) = s_w(1-\mu)x_w(t) + \left[\left(p_w + \frac{p_h}{2} \right) y_w(t) + \frac{1}{2} \left(p_w + \frac{p_h}{2} \right) y_h(t) \right] \rho(t)$$

$$x_h(t+1) = s_h(1-\mu)x_h(t) + \left[\left(\frac{1}{2} p_w + p_c \right) y_w(t) + \frac{p_h(t)}{2} + \left(p_w + \frac{1}{2} p_c \right) y_c(t) \right] \rho(t)$$

$$x_c(t+1) = s_c(1-\mu)x_c(t) + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{p_w}{2} + p_c \right) y_w(t) + \left(\frac{p_w}{2} + p_c \right) y_c(t) \right] \rho(t) + uS \quad \leftarrow \text{ふ化放流魚分}$$

$$\rho(t) = e^{-\frac{1}{k} \left(x_w(t) + y_w(t) + x_h(t) + y_h(t) + x_c(t) + y_c(t) \right)}$$

$$y_w(t+1) = s_w(\mu x_w(t) + [1-q]y_w(t))$$

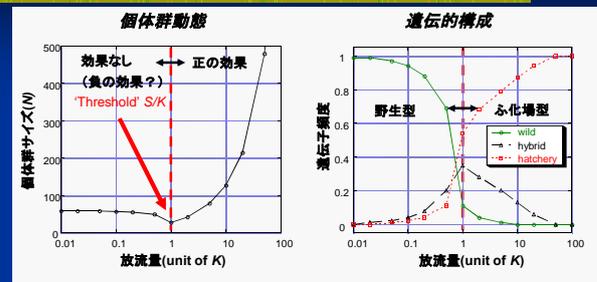
$$y_h(t+1) = s_h(\mu x_h(t) + [1-q]y_h(t))$$

$$y_c(t+1) = s_c(\mu x_c(t) + [1-q]y_c(t))$$

y_w : Number of wild-type adults
 y_h : Number of hybrid-type adults
 y_c : Number of captive-bred-type adults
 s_w : Fitness of wild-type
 s_h : Fitness of hybrid-type
 s_c : Fitness of captive-bred-type

Model assumptions: Random mating
 Fitness disadvantage in individuals carrying "hatchery gene"
 Density dependent mortality at the recruitment
 Ricker-type recruitment function
 (Satake and Araki 2012 *Theor. Ecol.*)

種苗放流の長期的影響予測 (モデル予測)



→ 資源量への正の効果が出る「前」に「遺伝的影響 (遺伝子プールの置換)」
 → 「中間的」放流量では資源量はむしろ減少、遺伝的影響も不可避

(Satake and Araki 2012 *Theor. Ecol.*)

まとめ

人工飼育魚の自然繁殖成功率について

- 継代飼育世代ごとに約4割の適応度低下
- ふ化放流魚を親に持つ野生魚でも著しい適応度低下

適応度低下メカニズムについて

- 未だ未解明
- 「形」の変化と関連？

長期的影響について

- 資源量への貢献は可能だが遺伝的影響は不可避
- 個体数増加と遺伝的構造維持の妥協点なし

結論

サケ科魚類人工飼育の野生魚集団への遺伝的影響は不可避

さけます放流事業は必要（経済手段、絶滅回避手段としての有効性）

→ 人工飼育環境の更なる改良（繁殖成功率を下げない種苗作り）

ふ化放流以外の保全手段（野生魚の活用？）

日本系野生サケ実態解明プロジェクト

日本系野生サケの実態と遡上期決定メカニズムの解明にむけて

1. サケ個体群実態解明と集団遺伝構造解析 (荒木, 森田, 佐藤)	個体情報の記録、収集	マイクロサテライト遺伝子多型解析	STRUCTURE によるアサインメントテスト
2. 遡上期決定に関する遺伝的基盤解析 (荒木, O'Malley, 小泉)	Clock遺伝子の塩基配列決定	DnaSPによる多型解析と自然選択圧の検証	DNA多型の時空間解析
3. 遡上期系群間遺伝子交流と資源量の相関解析 (荒木, 森田)	系群間遺伝子交流量の推定	遡上サケ資源量推定	シミュレーション、相関解析

科研費 RAKENHI 平成26-29年プロジェクト

協賛団体
独立行政法人 水産総合研究センター
UNIVERSITY OF TORONTO
OSU Oregon State University

日本系野生ザケ実態解明プロジェクト



協力者募集中！



ご協力よろしくお願いいたします。

環境DNAプロジェクト

水を汲めば、サケの生態が分かる？

1. 生物量推定実験
2. 野外実験

協力：北水研、千歳さけます事業所



環境DNAプロジェクト

サケ遡上河川での採水実験実施中

協力者募集中！



ご協力よろしくお願いいたします。

野生魚と放流魚の生物的特性の比較

長谷川功¹・佐藤俊平²

北海道区水産研究所さけます資源部

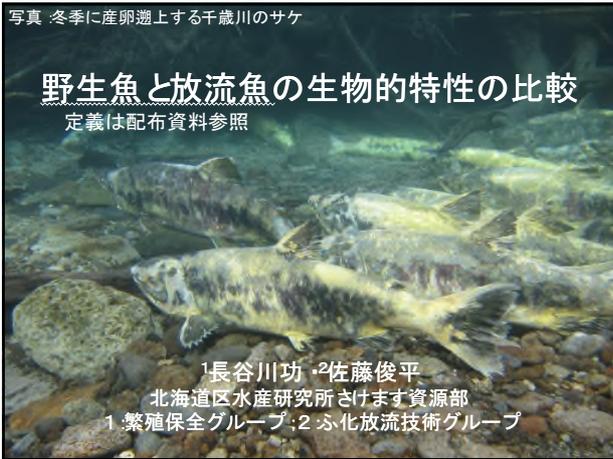
1：繁殖保全グループ；2：ふ化放流技術グループ

サケ *Oncorhynchus keta* は、北日本の水産重要種であり、その資源はほとんどが人工ふ化放流事業によって生産された魚、すなわち放流魚だと考えられてきた。しかし、近年になってサケが自然産卵している河川が北海道内の各地にあることが報告され、さらに北海道内の人工ふ化放流河川に遡上する親魚にも野生魚が含まれていることが分かってきた。これらのことから、野生魚もサケ資源の増殖・維持に活用しようという機運が高まってきた。また、生物多様性保全に対する社会的意識が高まってきた今日、個体や個体群間の違いにも配慮した保全が求められるようになった。サケについてもその個体群独自の生態・遺伝的性質を保持している可能性が高い野生魚を保全しようという試みが始まっている。

では、野生魚と放流魚では何が、どう違うのだろうか？このことは、サケを含めたさけます資源管理に関する研究のなかでも重要テーマの一つであり、国内外を問わず多くの研究成果が発表されている。一連の研究を通して、野生魚と放流魚間の違いを生む主な要因は、採卵時に用いる親魚の人為的な選択（あるいは非選択）とふ化した稚魚が飼育環境下に適応する家魚化にあると考えられている。前者については、親魚の成熟サイズ・年齢・二次性徴や産卵遡上の時期や産卵時の行動、それらを介して繁殖成功度の違いをもたらすことが指摘されている。後者については、頭の大きさや鱗の形といった外部形態あるいは感覚器官や臓器の形の変化を経て、捕食者への警戒心が低下したり、遊泳力あるいは採餌行動（例：表層に浮いている餌を中心に食う）が変化することなどが知られている。このように家魚化された放流魚は野外での生き残りが野生魚よりも劣る場合があることが分かっている。

一方、野生魚と放流魚に関する遺伝学的研究は、放流魚が野生魚の生残率や繁殖率に及ぼす影響について調べたものが多く、野生魚と放流魚の遺伝的個体群構造解析や遺伝的特性の比較を行った研究は思いのほか少ない。しかし、これまでの当研究所が実施した調査から、非放流河川に遡上し自然産卵している野生魚はもとより、人工ふ化放流河川に遡上する野生魚についても、放流魚と遺伝的に異なっている可能性を示唆するデータが少しずつ集まり始めている。

本講演では、これまでの当研究所の研究成果を中心に、サケ親魚の成熟年齢・サイズや遺伝的特性について、河川間（支流間）の違いを考慮しつつ、野生魚—放流魚間の違いについて概説する。今後、さけます資源は、放流魚（人工ふ化放流事業）と野生魚（自然再生産）それぞれの特性を活かして管理しようという考え方が主流になるだろう。このような管理方針について議論する際、野生魚と放流魚の違いについて理解しておくことは不可欠ではないだろうか。



本講演

そもそも
野生魚と放流魚って何が、どう違うの？

人工ふ化放流事業の主要な工程である

- ・採卵時の親魚の人為選択（非選択）
- ・稚魚の飼育

が魚にどんな影響を与えたか？

河川間変異を考慮しつつ

採卵時の親魚の人為選択（非選択）

Nippon Suisan Gakkaishi 79(4), 657-665 (2013)

人工ふ化放流河川におけるサケの成熟年齢・サイズの野生魚
—放流魚間比較

長谷川 功,* 森田健太郎, 岡本 康孝, 大熊一正
(2012年12月18日受付, 2013年4月3日受理)
鮭水産総合研究センター北海道区水産研究所

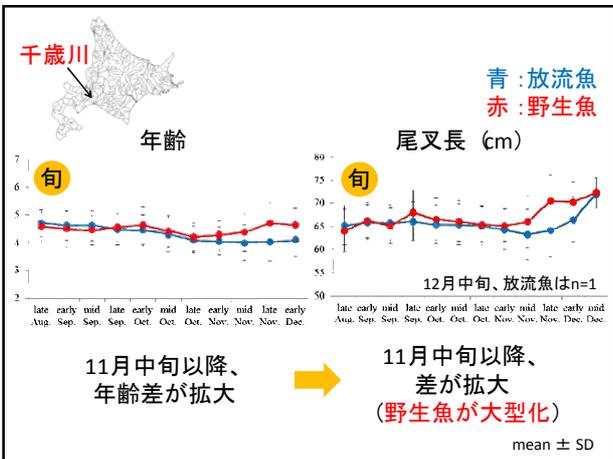
Comparisons of age and size at maturity between wild and hatchery chum salmon *Oncorhynchus keta*
from three rivers in Hokkaido

KOJI HASEGAWA,* KENTARO MORITA, YASUTAKA OKAMOTO
AND KAZUMASA OHKUMA

Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Sapporo, Hokkaido 062-0922,
Japan

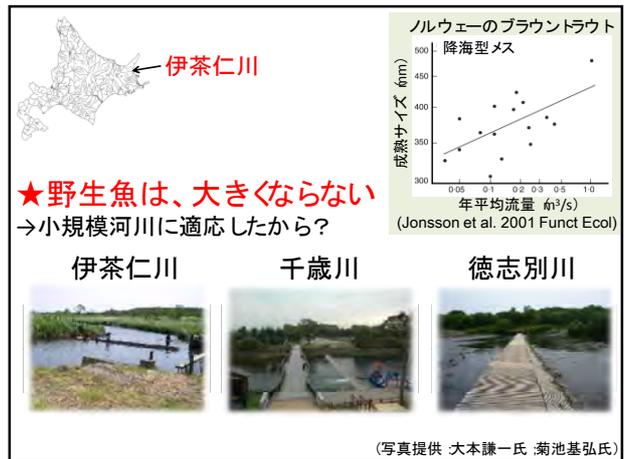
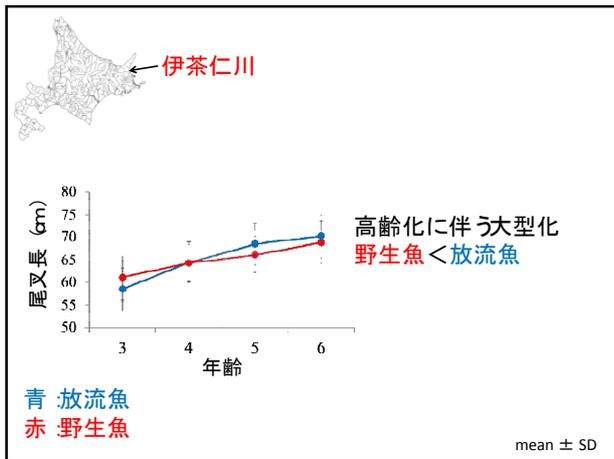
道内3河川で野生魚と放流魚の年齢と体サイズを比較

- ★放流種苗全てに耳石温度標識
→野生魚と放流魚を判別可能（迷入は1%以下）
- ★毎年、8月～12月まで旬毎に雌雄50個体捕獲
○鱗による年齢査定
○尾叉長の測定
- ★一般線形モデルを用いて解析（詳細は割愛）



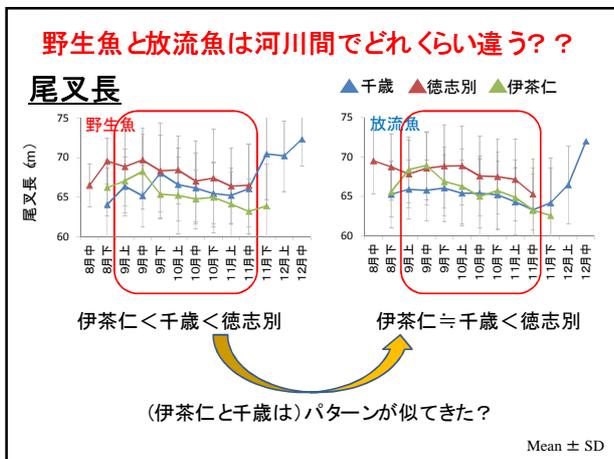
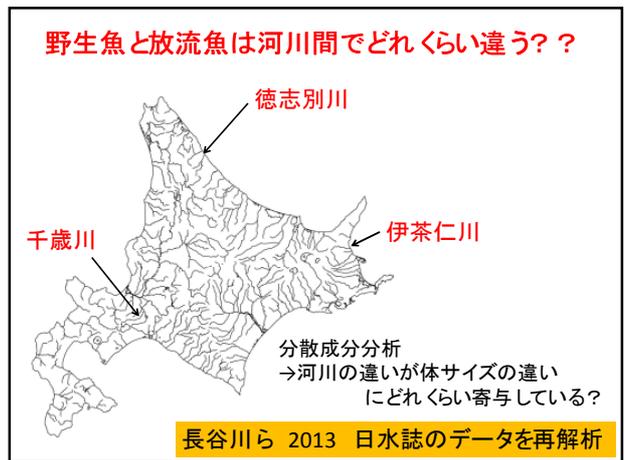
千歳川

- ★野生魚の方が大きい
→野外では一般に大型個体に選択がかかる
(産卵ペアはランダムにできているわけではない)
- 放流魚は選択圧が低下し、小型化？
- ★12月以降の野生魚は大型
→喫緊の課題である小型化対策に野生魚保全は有効？



★野生魚と放流魚間の差異は検出されず
→放流魚と野生魚の交雑が進み、両者の特性が似た?
→野生魚の特性を保った放流がされているから?

※他の特性についても検討が必要 (二次性徴など)
cf)遊楽部川: 野生魚の方が放流魚よりも顕著?
(中原 2004 北大農修論)



野生魚と放流魚は河川間でどれくらい違う??

★野生魚も放流魚も河川間で同じとは限らない

★折れ線グラフのパターンは放流魚の方が似ている傾向

↓

河川間変異は放流魚の方が小さくなっている?

支流間の違いは？

- ①千歳川
- ②豊平川
- ③琴似発寒川

・遺伝的多様性
・遺伝構造 } 河川・時期間
比較



(佐藤 未発表データ)

千歳川・豊平川・琴似発寒川間の遺伝構造

- 琴似発寒川群は千歳川群、豊平川群と異なるグループを形成した。
- 千歳川では放流魚の群と野生魚の群に分かれた。
- 豊平川群は千歳川放流魚群と野生魚群の間に位置していた。

支流間の違いは？

- ★同一水系の支流でも・・・
- 遺伝的に系群が異なる (本講演)
- 形態 (脊椎骨数) が異なる (久保 小林 1953 道さけ・ますふ化場研報)

→サケは母川を支流単位で認識していることを示唆

- ★ (少なくとも千歳川では)
- 同一支流内でも野生魚と放流魚は遺伝的に異なる

まとめ

★サケの生物的特性は河川 (支流) によって違う

- 形質 (体サイズ)
- 遺伝構造
- 遡上時期 (大屋 1954 道さけ・ますふ化場研報etc)
- 支流単位での母川回帰によるところが大きい?
- 各河川環境に応じた適応が有る場合も?

★放流魚と野生魚の生物的特性も違う

- 同一河川内での「違い方」は様々
- 河川間変異は放流魚 < 野生魚?

本講演

野生魚と放流魚って何が、どう違うの？

人工ふ化放流事業の主要な工程である

- ・採卵時の親魚の人為選択 (非選択)
- ・稚魚の飼育
- キーワード: 家魚化・・・飼育環境への適応
- が魚にどんな影響を与えたか?

放流魚 (養殖魚)



大きく異なる生育環境

野生魚



外見が違う

例) タイセイヨウサケ

野生魚 (a)

放流魚 (養殖魚) (b)

放流魚 (養殖魚) は・・・

- ・頭が小さい
- ・ヒレが小さい 擦れてる
- ・尾柄部が細い
- ・ (大きい)

etc...

↓

- ・飼育環境への適応
- ・飼育中のダメージ

(Fleming et al. 1994 CJFAS)

(Jonsson & Jonsson 2011より写真抜粋)

中身も違う

～スチールヘッドの感覚器官について～

体表にある感丘の数
水圧や水流を感じる受容器

感丘の数

野生魚 放流魚

(Brown et al. 2013 PLOS ONE)

中身も違う

～スチールヘッドの感覚器官について～

耳石の結晶化

脳の小小型化

耳石の割合

結晶化 正常

野生魚 放流魚

体重に対する脳の重さの比率

野生魚 放流魚

(Brown et al. 2013 PLOS ONE)

中身も違う

～スチールヘッドの感覚器官について～

野生魚と比べて放流魚は・・・、

- 感丘の数が少ない
- 異常な耳石が多い
- 脳が小さい

から、捕食者・餌・競合相手、濁水・急流への反応が鈍い？

生物的要因 非生物的要因

➡ 放流後の生残に不利な行動特性

(Brown et al. 2013 PLOS ONE)

※日本のサケ稚魚での外見・中身・行動の
野生魚—放流魚間比較は不十分

耐泳力 (m/s)

体重 (g)

○ 野生魚
● 放流魚

(小林 大熊 1983より)

全体のまとめ

サケ野生魚 (天然魚) の存在意義

支流単位で回帰し、各環境に適応した異なる特徴を持つ

- ・資源の安定化や持続に不可欠
- ・資源としての個性 : 例) ○○川の魚は大きい etc...

↓

放流魚では河川間変異が小さくなっている？

採卵時の人為的影響・飼育環境への適応 (家魚化)

自然河川と比べるとずっと均質

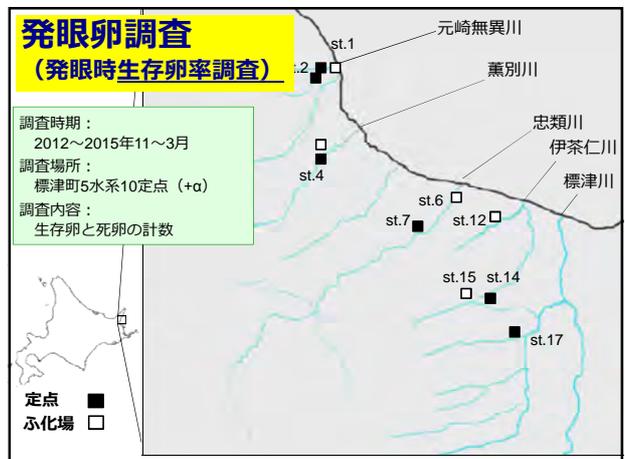
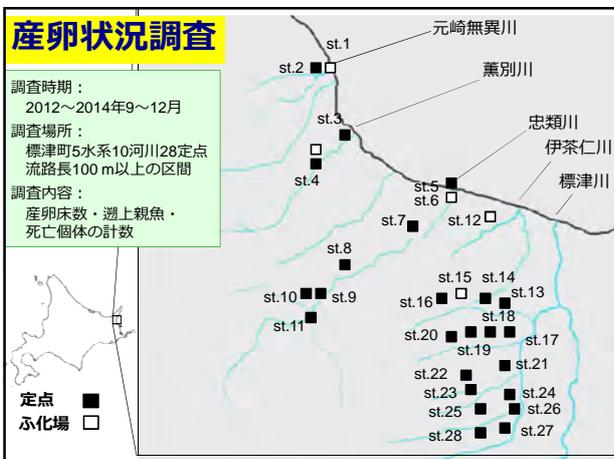
標津町サケマス自然産卵調査協議会の取り組み

NPO 法人サーモンサイエンスミュージアム
標津サーモン科学館 市村政樹

背景と目的 「標津町サケマス自然産卵調査協議会」は、標津漁業協同組合、サケ定置漁業部会、標津町、根室管内さけます増殖協会によって2012(平成24)年1月より5ヶ年計画で立ち上げた組織であり、さらに、北水研さけ・ます資源部根室事業所および道総研さけます内水面試験場道東支場に指導・協力をいただいている。この協議会は現在のふ化放流事業に加え、自然産卵による漁業資源の増加を目的とし、標津町内5水系で、各河川におけるサケ(シロザケ)、カラフトマスおよびサクラマスの自然産卵状況、自然産卵による卵の発眼までの生残率、稚魚の生息環境の調査、さらに産卵適地面積を測量している。それぞれの項目について毎月1~3回、構成団体から職員が派遣され調査を行っており、地元漁業者も積極的に参加している。今回は、本協議会の設立経緯および本調査によって得られた標津町内各水系の自然産卵状況および発眼時の生残率について報告する。

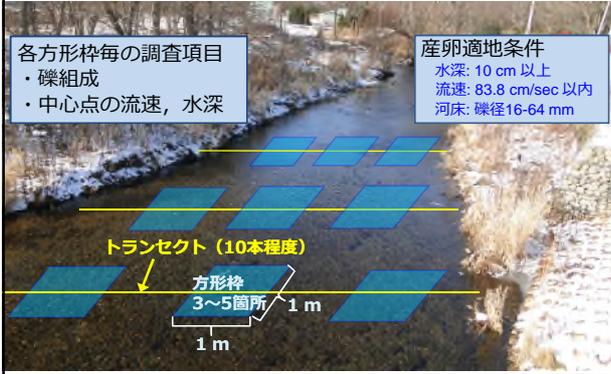
材料と方法 シロザケの自然再生産状況を明らかにするため、標津町内のふ化場がある5水系の28定点において、その生体、死骸および産卵床の数を記録した。次に、各産卵床の発眼卵および死卵を計数した。さらに、産卵可能面積を推定するため、5水系の25地点において、河川横断線を約10本設定し、川幅に応じて等間隔の3~5箇所の計測点(縦1m×横1m)を設け、各計測点における水深、流速および礫径を調べた。それらの情報をもとに、シロザケの産卵可能な河床面積を推定した。

結果と考察 標津町内5水系で産卵するシロザケの90%以上は、ふ化場から0.5km以内に集中していた。5水系での発眼卵の生残率の平均値は、すべての調査年で平均50%以下であり、北海道内の他河川の既報の結果(92~98%)より低かった。ふ化場付近で産卵したシロザケは分布密度が高く、そのことが産卵された発眼卵の生残率を低下させた一要因と考えられる。また、5水系8河川のシロザケ産卵適地面積は、約160,000m²と推定されたが、これらの産卵適地の中で、その多くは利用されていなかった。この要因として、産卵親魚の多くはふ化場魚であり、野生魚の再生産が極めて少ない状況にあると推定された。そのため、自然産卵による資源造成を行うためには、産卵親魚の分散と野生魚による再生産を促す方策が必要であり、不要親魚が生じた場合、必要に応じた親魚をウライの上流へ放流することも重要である。本協議会ではこれらの調査結果を受け、2014年には親魚遡上の妨げとなっていた落差工の改修を行い、その結果、これまで産卵が確認されなかった落差工の上流部においてシロザケの産卵を確認した。シロザケが自然産卵する小規模河川は市町村が管理もしくは管理可能な河川が多い。そのため、今後、野生魚の管理を図るうえで、本協議会のような、それぞれの地域の関係機関による主体的な取り組みが有効な手段の一つであると考えられる。



産卵適地面積推定

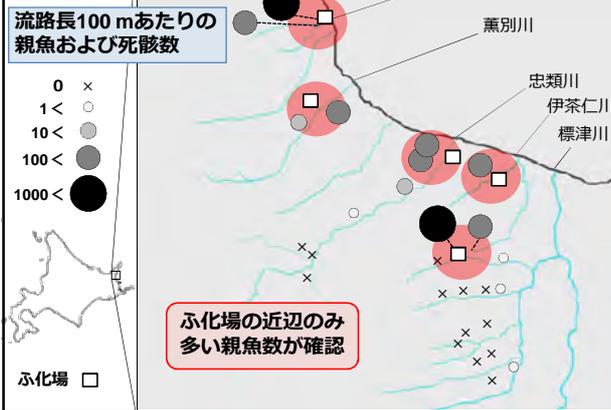
調査河川：5水系8河川25定点



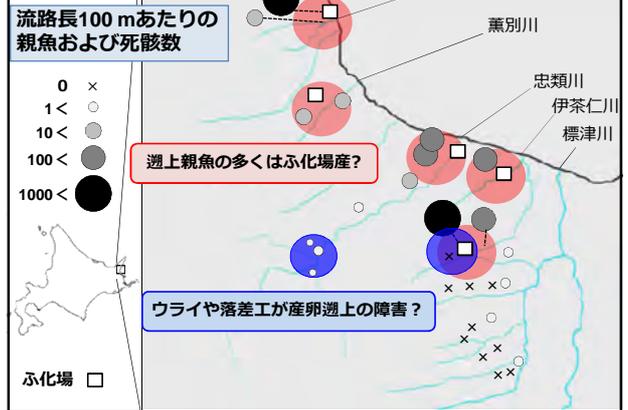
結果と考察



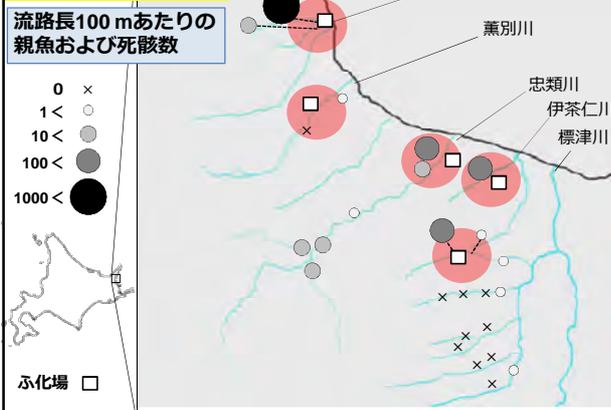
産卵状況調査結果2012



産卵状況調査結果2013



産卵状況調査結果2014

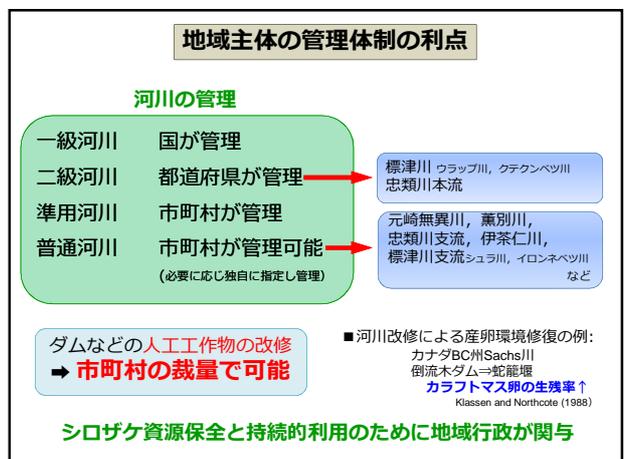
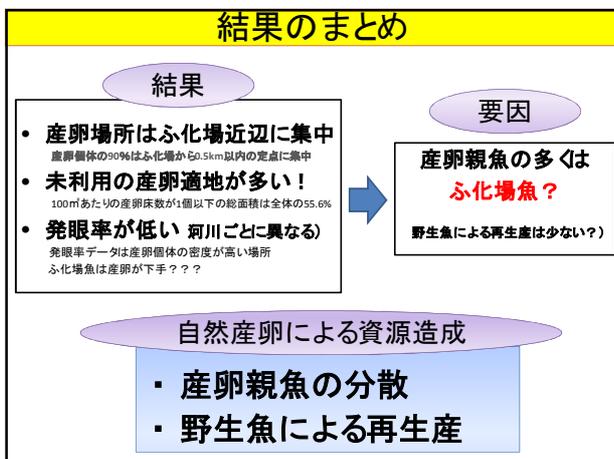
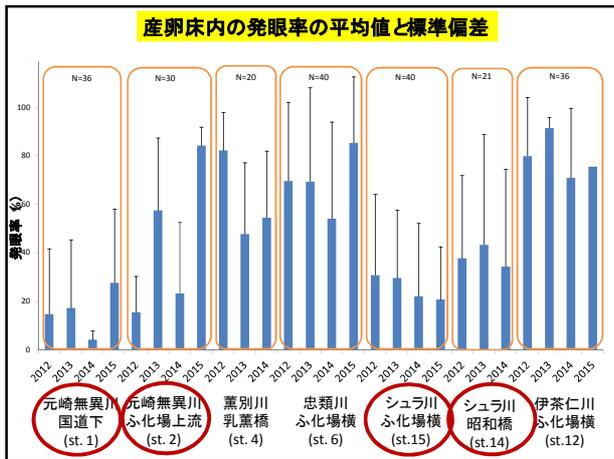


発眼率の調査結果

調査年	調査河川	産卵床数	掘起卵数	発眼時生存率(%)	
				平均	範囲
2012年2~3月	6河川10ポイント	75	9,520	44.9 ± 43.8	0~100
2013年2~3月	5河川 8ポイント	56	6,242	48.3 ± 37.7	0~99.1
2014年2~3月	5河川 8ポイント	65	7,596	46.0 ± 26.1	0~97.5
2014~15年11~3月	5河川 8ポイント	64	8,113	48.4 ± 22.3	0~99.1
合計		260	31,471	46.7	0~100

発眼率は**50%以下**

* 北海道内の他河川の既報 (92~98%) より**低い**



標津川支流シユラ川の落差工の改修

シユラ川ふ化場近くに産卵個体が集中するが上流部では産卵個体は未確認

改修前



改修後



伊茶仁川支流ポー川の落差工の改修

改修前



改修後



協議会の将来構想

- ・さらなるデータの収集
 - ・大学、研究機関との連携強化
- 野生魚を活用した地域独自の資源管理モデル策定



本州日本海地区におけるサケ自然再生産の実態

日本海区水産研究所資源管理部
さけます調査普及グループ 飯田真也

【目的】本州日本海のふ化場では、①増殖事業費の縮減、②電気・餌代の高騰、③技術者の高齢化等が課題となり、現行のふ化放流規模を維持することが困難な状況にある。よって、サケ資源を維持するためには、ふ化放流事業の継続を図りつつ、増殖経費をかけずに資源への添加が期待出来る野生魚を保全すること、すなわち、ふ化場魚と野生魚が共存した増殖事業を推進する必要がある。このため、野生魚の生態に関する情報の蓄積が求められるが、本州日本海では野生サケに関する知見が極めて限定的であり、その存在自体殆ど確かめられていない。本研究では、新潟県砂浜域に出現するサケ稚魚について、簡易的な由来識別(野生魚かふ化場魚か)を試みるとともに、出現様式に関する調査を実施した。

【方法】新潟県藤塚浜において、2013~2015年2月中旬~6月中旬に各旬1回の頻度でサーフネット(網口;1×2 m, 100 m 曳)によりサケを採集した。環境観測として水温・塩分濃度を測定(YSI Model 30)した。近傍ふ化場では、尾叉長 50 mm 以上まで飼育して放流することから、採集魚のうち 42 mm 以下(浮上直後に相当)の個体を野生魚と判断した。

【結果】サケは概ね3月上~5月上旬まで採集され、出現ピークは2013年;5月上旬、2014年;3月上旬、2015年3月下旬と年によって異なった。サケが出現した水温の上限は17.5℃であり、既往知見(14℃)に比べ高かった。採集したサケの総数およびそれに占める野生魚(尾叉長<42 mm)の割合は、それぞれ2013年;44尾, 77%, 2014年;723尾, 82%, 2015年2637尾, 91%であった。藤塚浜全体における野生サケの加入は相当数に及ぶこと、砂浜域は野生サケの重要な初期成育場であることが示唆された。

本州日本海地区におけるサケ自然再生産の実態



日本海区水産研究所 飯田 真也

求められる増殖事業の転換

課題

- ✓ 増殖事業費 縮減 (田嶋 2014)
- ✓ 電気・餌代 高騰 (Misaka et al. 2014)
- ✓ 技術者 高齢化 (徳原ら 2010)
- ✓ 後継ぎ不足



求められる増殖事業の転換

課題

- ✓ 増殖事業費 縮減 (田嶋 2014)
- ✓ 電気・餌代 高騰 (Misaka et al. 2014)
- ✓ 技術者 高齢化 (徳原ら 2010)
- ✓ 後継ぎ不足

困難 ふ化放流規模の維持

2001年～
ふ化場数 } 減少傾向
放流数 } (荒廃?)



FRA(2013) Salmon Database 01 Electronic edition ver.1

求められる増殖事業の転換

課題

- ✓ 増殖事業費 縮減 (田嶋 2014)
- ✓ 電気・餌代 高騰 (Misaka et al. 2014)
- ✓ 技術者 高齢化 (徳原ら 2010)
- ✓ 後継ぎ不足

重要 サケ資源 維持

費用の少ない
野生魚の保全

継続 ふ化放流



(Kaeriyama et al. 2014)

自然産卵に優しい本州の捕獲

稀

中心 小規模 捕獲

- ウライー括捕獲
- 投・曳き網
- 釣り (宮本ら2009)

投網 捕獲

親魚-取り残し → 類自然産卵

(例えば、飯田 平成27年度日本水産学会春季大会)

自然産卵に優しい本州の捕獲

稀

中心 小規模 捕獲

- ウライー括捕獲
- 投・曳き網
- 釣り (宮本ら 2009)

荒廃?

本州河川 自然産卵群-稚魚まで成育? 親魚-取り残し → 類自然産卵



研究目的

春 野生サケ

ふ化場

砂浜域

ふ化場・野生サケ混在

野生サケ稚魚いる？

目的

野生サケ稚魚

砂浜域

明 出現様式

調査場所

ふ化場

日本海

藤塚浜

胎内川 (0.6)

落堀川

加治川 (1.6)

() : 放流数(百万尾)

調査方法

期間 - 2013~2015 2月~6月 旬1回

採集 - 曳網 網口2×1m) 距離100m

環境 - 表層水温 塩分

曳網図面

1m 1.5m 2m

2m 1mm mesh

5m rope

Stainless chain

wood net

8mm mesh

1m

(Iseki et al. 2012)

調査方法

狭 2×100 = 200 m²

ふ化場魚・野生魚 識別

2014/4/2

放流サイズ

胎内 加治川 ふ化場 平均 FL 50mm 以上

(新潟県農林水産部 管井 私債)

簡易識別

ふ化場魚 or 野生魚

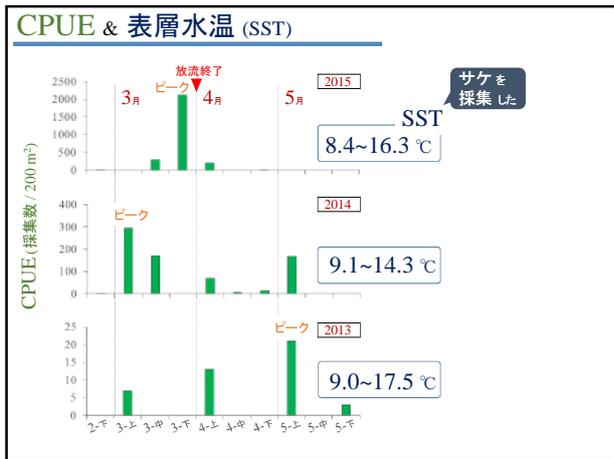
野生サケ FL 42mm 以下

浮上

~結果~

出現?

いつ・どれくらい・大きさ



まとめ

新潟県藤塚浜

出現様式

- ✓ 時期: 3月上旬~5月上旬
- ✓ CPUE: 21 ~ 2,100 尾/200 m² (最盛期)
- 主 FL: 42 mm 以下 ⇒ 野生魚

重要 成育場

重要

サケ資源

維持

心化放流 野生魚の保全

兼用のサケ

(Kacriyana et al. 2014)

浜全体では相当数の加入!

自然再生産を活用した増殖事業の展開

北海道区水産研究所さけます資源部

森田 健太郎

日本で実施されているサケマス増殖事業は、綿密なふ化放流計画によって管理がなされている。昭和30年代頃までは自然産卵も加味して資源造成が図られていたが、現在はふ化放流だけで資源造成を行う計画になっており、河川で捕獲されたサケはふ化事業に使用するしないに係わらずほとんどが取り上げられている。そのため、現在、特にサケの自然産卵の保全対策もない。近年、堰堤に魚道が敷設されるなどの河川環境の再生事業が進む一方で、その下流にふ化事業のための捕獲施設（ウライ、上りやな）が設置されている場合もあり、上流域に存在する産卵環境が有効に利用されていない場合も多い。サケが自然産卵した場合の卵から稚魚までの生存率は10~20%と推定されており、この値は人工ふ化放流における卵から稚魚までの生存率の約1/8~1/4に過ぎない。しかし、それでも、雌サケ1尾を自然産卵させることは、約4年後には約10~20尾が沿岸漁業の対象になると見積もられる。

現在の漁獲圧では自然再生産で個体群が維持できないという指摘は少なくない。計算上は、河川回帰率[$= (1 - \text{自然死亡率}) \times (1 - \text{漁獲死亡率})$]が0.4~0.5%を下回ると自然再生産で個体群を維持することが困難になる。しかし、そのような条件であっても、仮想現実モデルを用いたコンピュータシミュレーションによって、野生魚を活用する効果が非常に大きいことが分かってきた。たとえば、自然再生産では個体群が維持できないような条件でも、自然産卵が可能な場所に分散放流を行い、そこに母川回帰するサケ親魚を保全すれば、放流数の約2倍の回帰効果が期待される場合もある事が分かった。ただし、無秩序な分散放流は系群保全の考え方とは矛盾するため、河川のゾーニングは必要であると考えられる。

また近年、人工ふ化放流を継続して行うことによって、天然魚のサケから遺伝的に変質するという‘家魚化’の恐れが懸念されているが、自然再生産を活用した増殖事業は、家魚化のリスクを低減することにも繋がると考えられる。さらに、サケが周辺の生態系に及ぼす効果についても配慮した、生物多様性にも優しい増殖事業と言えるだろう。今後は、「稚魚のふ化放流」に加えて、「親魚の保全と再放流」もサケの増殖手法の一つとして考えてみてはいかがでしょうか？

自然再生産を活用した増殖事業の展開



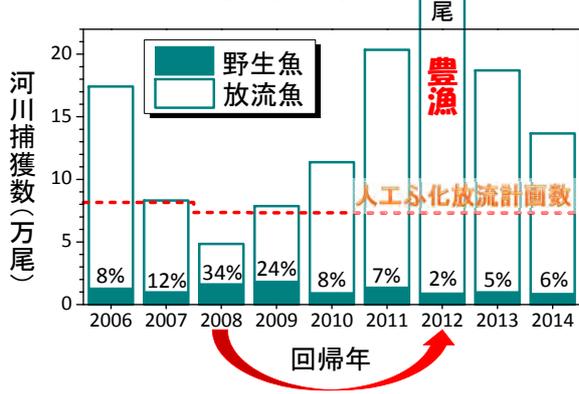
千歳川上流
北海道区水産研究所・繁殖保全グループ 森田健太郎

背景

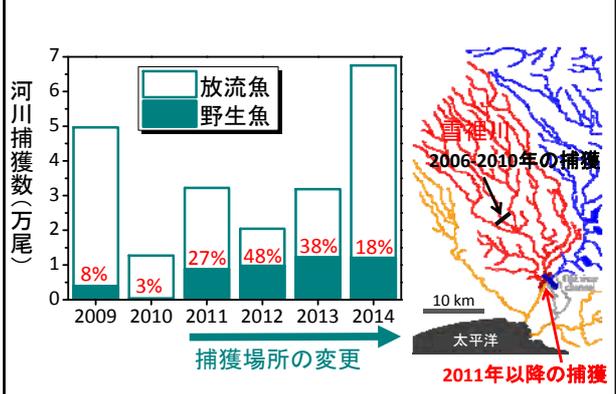
- 日本のふ化放流事業は、世界に類を見ない高度な技術とふ化放流計画によって管理されている。
- 自然再生産の活用は未管理であり、これからでも取り組めることは少なくない。
- 野生魚の保全は、目的ではなく、持続的な漁業のための手段である。



野生魚の貢献度：千歳川



野生魚の貢献度：釧路川雪裡川

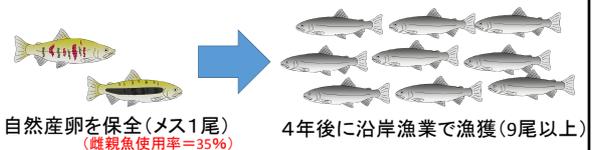


野生魚の意義

- 保険&リスク分散の効果が期待される。
 - 魚病発生による卵稚魚の廃棄や、事故による蓄養中の親魚の死亡等
- 持続可能なさけます漁業のためには、野生魚の保全対策も大切である。

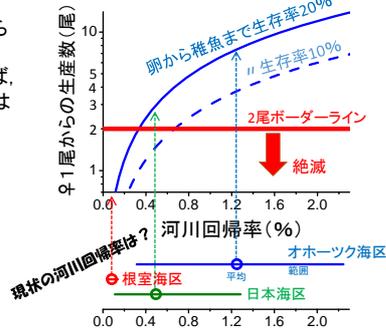
自然再生産によって、どれ位のサケ資源が作れるのか？

	卵から稚魚までの生存率	メス1尾あたりの稚魚生産数	メス1尾から生産される親魚数 (回帰率3%)
人工ふ化	80-90%	2400-2700尾	72-81尾
自然産卵	10-20%	300-600尾	9-18尾



自然再生産によって、サケ個体群は維持できるのか？

- 理論上、メス1尾から親サケ2尾(♂・♀)以上が生産されれば、自然産卵で個体群は維持される。
- 河川回帰率(つまり沿岸漁獲率にも)に依存する。



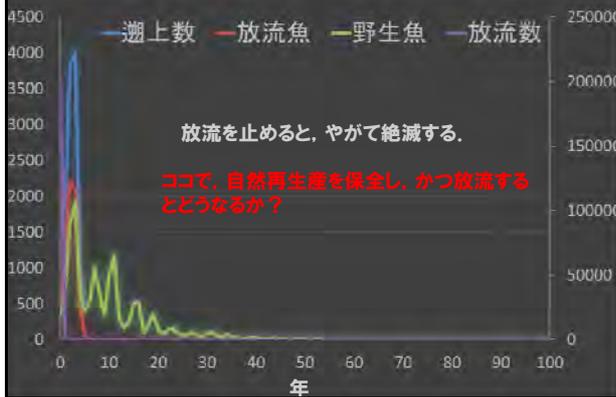
自然再生産で個体群が維持できないケースで、自然再生産を活用する効果はあるのか？

コンピュータシミュレーション実験

放流, 自然産卵, 環境変動
でサケが増えたり減ったり

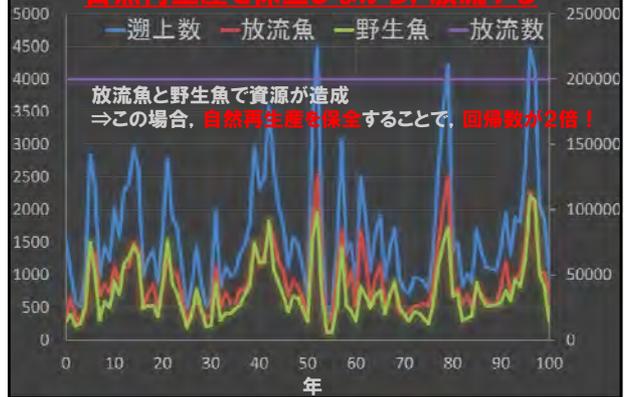


自然再生産では維持できないケースで放流やめる



自然再生産では個体群が維持できないケースで、

自然再生産を保全しながら、放流する

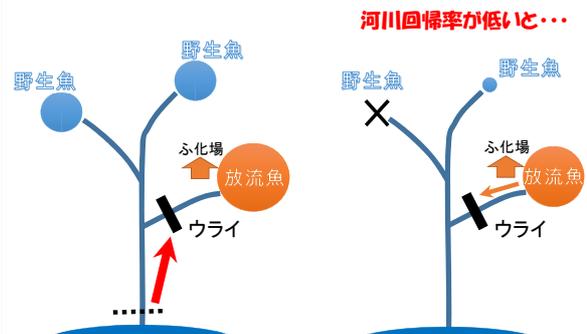


重要ポイント

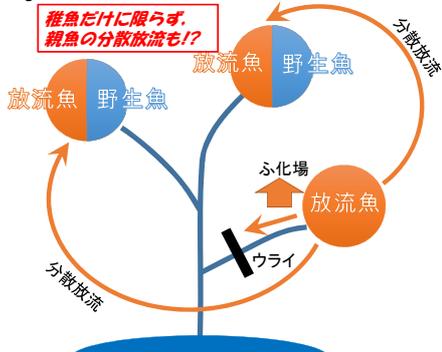
自然再生産では個体群が維持できないケースでも、自然再生産を活用する効果は非常に大きい！



手法1: ふ化場の近くで捕獲する。

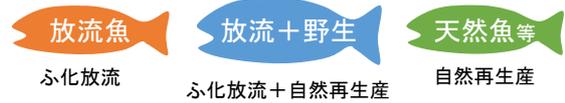


手法2:分散放流で野生魚を増やす。



ただし、分散放流には注意が必要

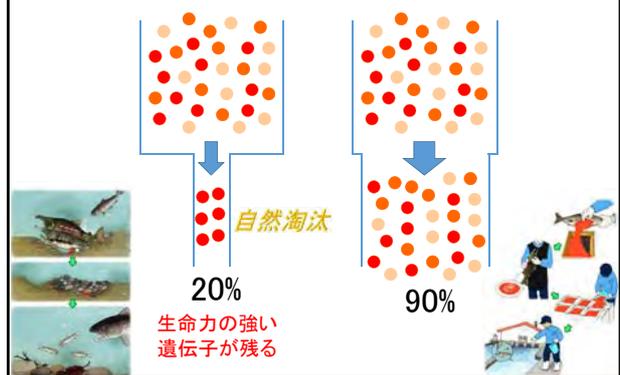
- 生物多様性の保全にも配慮する必要。
 >例:支流レベルでの系群構造や天然魚の存在など
- どこでも分散放流していいわけではない。
- 川の色分けを考える必要がある。



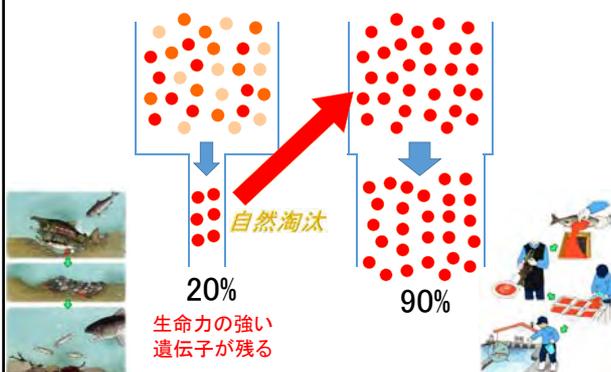
野生魚の存在意義

1. 量的な側面(個体数)
2. 質的な側面(遺伝子)
3. 経済的な側面(ブランド化)

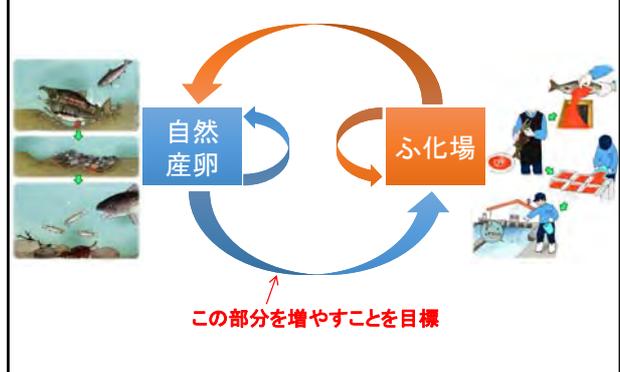
自然再生産 人工ふ化

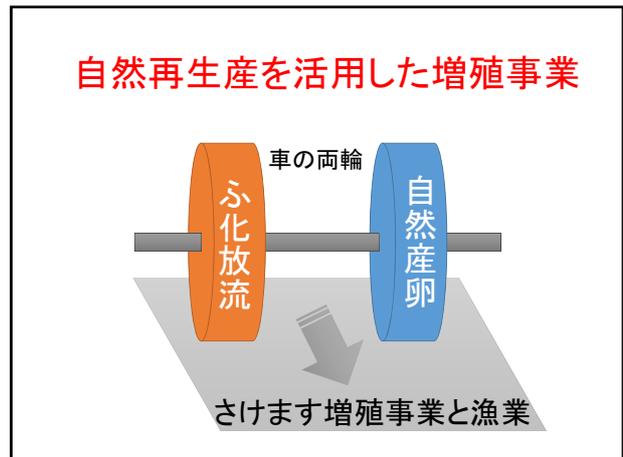
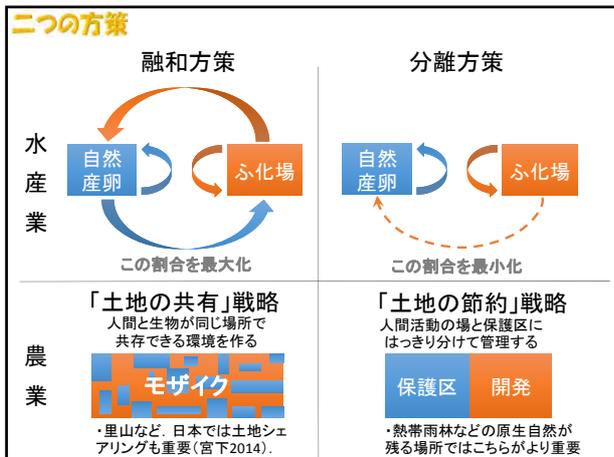


自然再生産 野生魚を利用した人工ふ化



Integrated Program (融和方策)





【参考】

エトロフ島サケ漁業(MSC認証報告書より)

ロシアのふ化事業の目標

1. ふ化事業は河川生態系にとって役に立つという視点でとらえる。
2. ふ化事業の技術者は、ただ単にふ化場から放した放流魚の回帰を気にするのではなく、自然再生産を補強(強化)させるという視野をもっている。

アメリカ研究機関の論評

“日本のふ化事業と異なり、ロシアのふ化事業は、川を放流魚のためだけに使うようなことはやっていない。ロシアのふ化事業は、地場の種卵を使用し、自然産卵をブロックするような事は一切やっていない。”

→ 適正な産卵密度(1.6尾/m²)になるように、ウライの開け閉めを行う

北太平洋におけるさけます類の資源状況と来遊見込み

国立研究開発法人水産総合研究センター北海道区水産研究所
斎藤寿彦

北太平洋のさけます類の商業漁獲量は平成12(2000)年以降高水準にあり、特に平成19(2007)年以降の奇数年には漁獲量が100万トンを超えています。平成26(2014)年の漁獲量は86万トンとなっており、過去5回の偶数年(平成24年、平成22年、平成20年、平成18年、平成16年)の平均的な漁獲量とほぼ同じ水準でした。内訳をみると、カラフトマスが全体の36%、サケが38%、ベニザケが20%を占め、これら3魚種で平成26年の漁獲量全体の94%に達しました。ベニザケはアジア側に比べて北米側で漁獲量が多い傾向にあります。アジア側のベニザケでは、ロシアで平成25年に5万トンという歴史的な漁獲量を記録したのに続き、平成26年も漁獲は好調でした。サケはベニザケとは対照的にアジア側の漁獲量が多くなっています。アジア側における国別内訳をみると、歴史的に日本の漁獲量が卓越していますが、平成18年頃からロシアにおけるサケ漁獲量が増加しており、近年は日本とロシアの漁獲量が拮抗しています。アジア側のカラフトマスは平成21年に40万トンを超える漁獲量を記録し、その後も奇数年および偶数年ともに高水準の漁獲が続きましたが、平成25、26年と減少傾向が認められます。北米のカラフトマスは平成25年に30万トンを超える記録的な豊漁となり、平成26年も前回偶数年の漁獲量を上回っています。北太平洋のさけます類の放流数は、昭和の終わり～平成初め頃の時代から今日まで年間50億尾でほぼ一定です。内訳をみるとサケの放流数が全体の6割程度と最も多くなっています。各国のサケ放流数をみると、日本からの放流数が最も多くなっていますが、平成20年頃からロシアのサケ放流数が増加しています。

平成26年度の我が国のサケ来遊数(沿岸漁獲数と河川捕獲数の合計)は4,463万尾であり、前年の86%あまりでした。サケの来遊数は平成20年頃から減少傾向が目立っており、昨年度も近年の減少傾向が継続したような状況でした。特に北海道および本州の太平洋沿岸では、平成22年以降来遊数の落込みが顕著です。太平洋側について海区別に来遊数をみると、えりも以東、えりも以西および本州太平洋ともに、平成22年度以降の落込みが顕著になっており、これら太平洋沿岸における来遊資源の減少は共通の原因によるものと推察されます。一方、日本海側では北海道の日本海側での落込みが目立っており、平成19年以降、平成以降の平均(平年値)を下回る状況が続いています。北海道の日本海とは対照的に、本州日本海では平成16年以降平年値を超える年が多くなっており、平成26年度も比較的好調な来遊状況となりました。

昨年度の本会議において、平成26(2014)年の来遊見込みをご紹介しました。そのときの見込みと実績を比べたところ、日本海、オホーツク海、太平洋における見込みに対する実績のパーセントは、それぞれ139%、83%、115%となり、オホーツク海側では実績を過大評価、日本海側では若干過小評価する結果となりました。見込みと実績が乖離した状況をより詳細に把握するため、年齢別に見込みと実績を比較したところ、来遊数の多い3～5年魚において日本海側および太平洋側では、実際よりも少ない見込みになっていた場合が多かったのに対して、オホーツク海側では主群の4年魚で実績よりも大きな見込みを推定していました。また、昨年度は東日本大震災で被災した平成22年級が主群の4年魚として回帰する年でしたが、心配された太平洋側の4年魚はほぼ見込みどおりの来遊数となっていました。日本各地の詳細な来遊見込みについては道県の試験研究機関にお任せするとして、例年と同じ方法(シブリング法)で平成27(2015)年度のサケ来遊見込みを海域別に計算しました。その結果を対前年比(平成26年度の来遊実績に対するパーセント)で示すと、オホーツク海側では115%(80%信頼区間102～130%)、太平洋側では113%(同99～130%)、日本海側では144%(同120～171%)となりました。昨年度は3年魚の来遊数が比較的多かったこともあり、今年度はいずれの海域とも前年を上回る見込みになったようです。

北太平洋におけるさけます類の 資源状況と来遊見込み

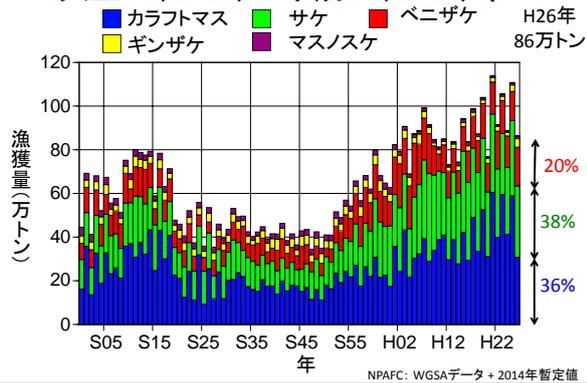


国立研究開発法人水産総合研究センター 北海道区水産研究所
さけます資源部資源評価グループ 斎藤寿彦

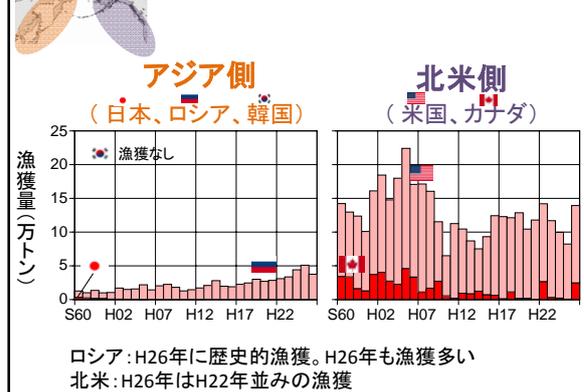
北太平洋におけるさけます類の 資源状況と来遊見込み

1. 北太平洋のさけます類の資源と放流
(NPAFC年次会議の情報から)
2. サケ来遊状況
3. 平成27(2015)年度サケ来遊見込み

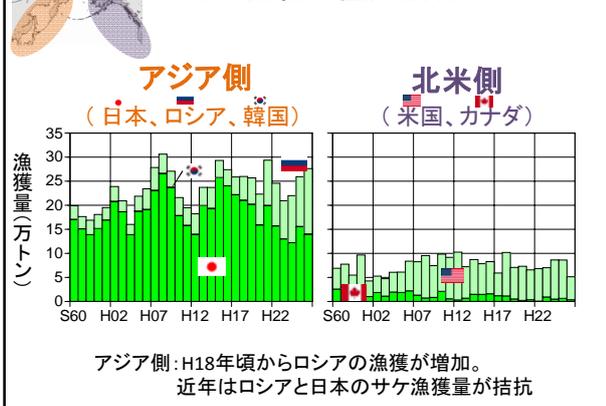
主なさけます類の商業漁獲量(北太平洋全域) 大正14(1925)～平成26(2014)年



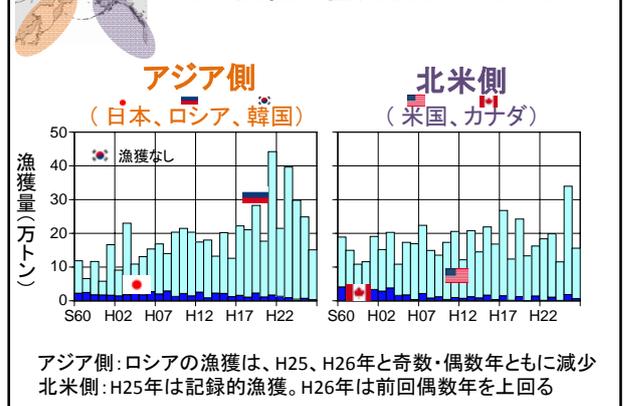
上位3魚種の国別割合:ベニザケ

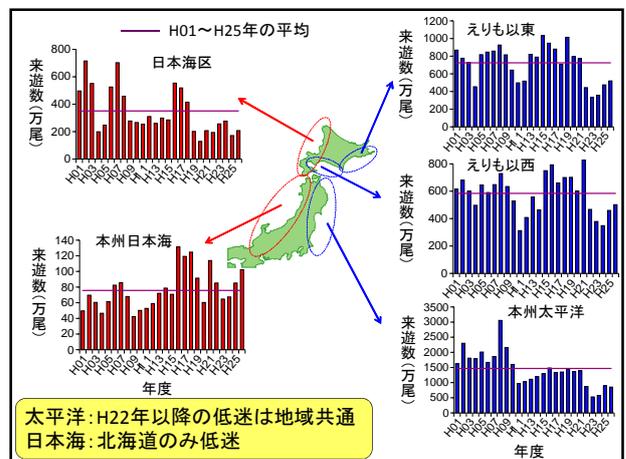
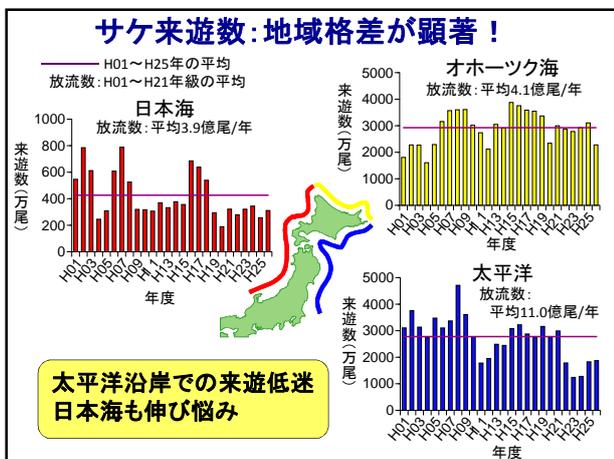
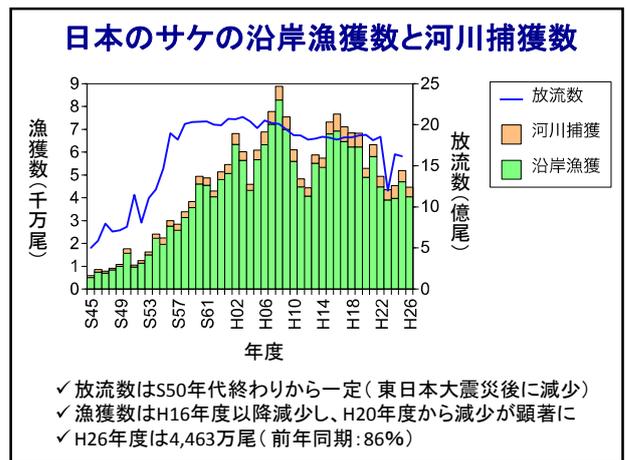
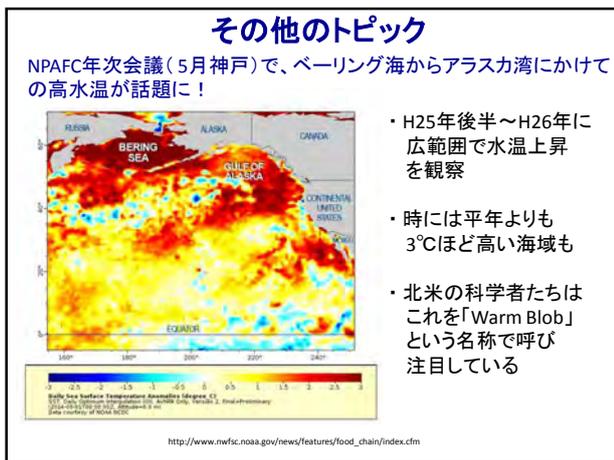
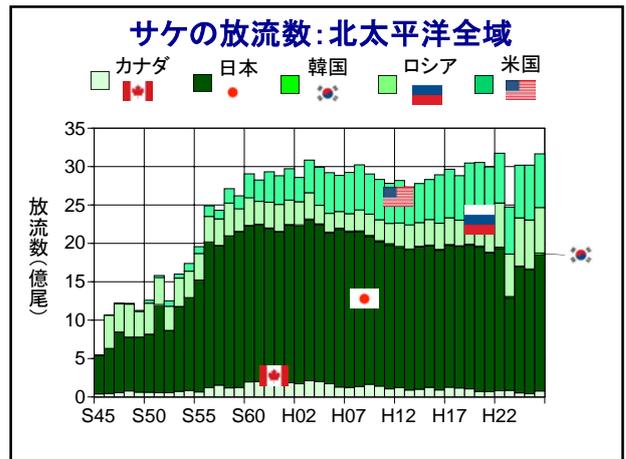
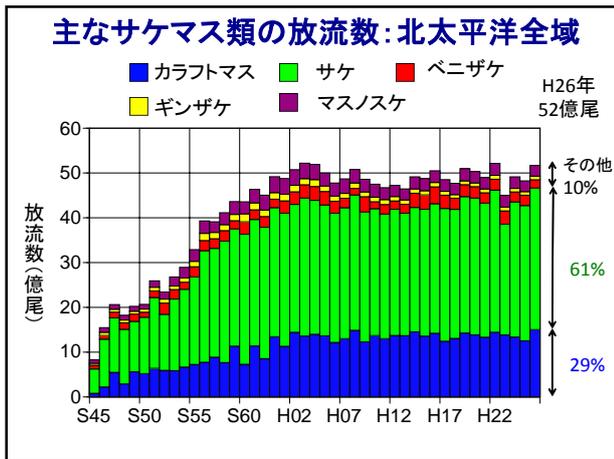


上位3魚種の国別割合:サケ



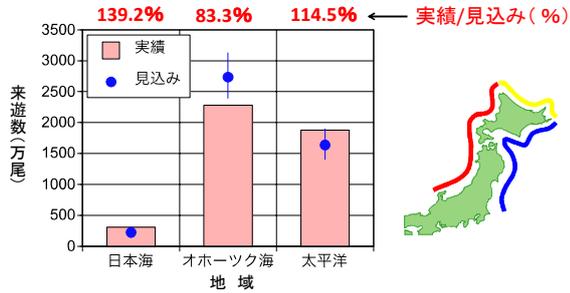
上位3魚種の国別割合:カラフトマス





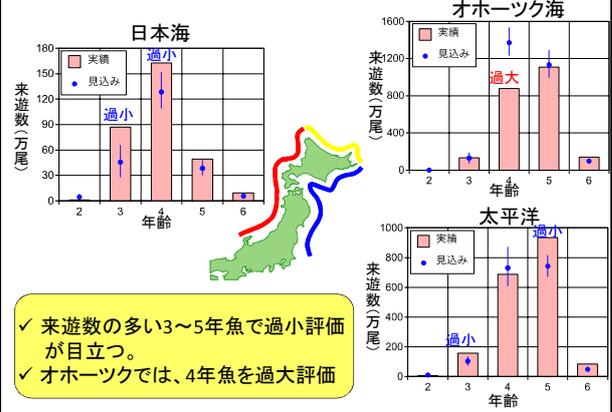
平成26(2014)年度サケ来遊見込みと実績

平成26年度 さけます関係研究開発等推進会議
成果普及部会(2014年8月6日に発表)

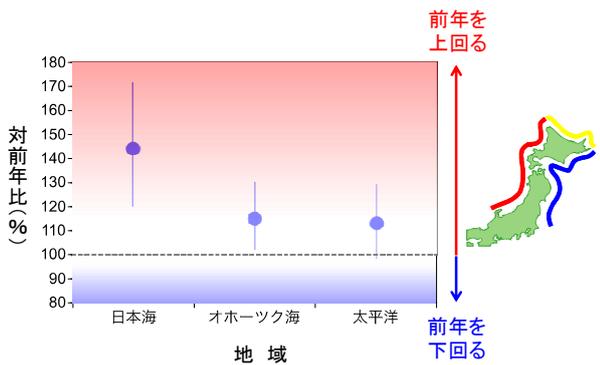


オホーツク海で実績を過大評価、日本海で過小評価

年齢別来遊数と来遊見込みの関係



2015(平成27)年度サケ来遊見込み



平成27(2015)年度サケ来遊見込み

□ 平成26(2014)年度の実績と見込みの検証

・見込みに対する実績のパーセントは、オホーツク海側で83%、太平洋で115%、日本海で139%。

・年齢別にみると、3~5年魚について実際の来遊数を少なく見積もる傾向が目立った。しかし、オホーツク海側では4年魚を過大評価していた。

□ 平成27(2015)年度のサケ来遊見込み

・シプリング法により、オホーツク海側、太平洋側、日本海側のサケ来遊見込みを算出。

	見込み(対前年%)	80%信頼区間(対前年%)
オホーツク海	115	102~130
太平洋	113	99~130
日本海	144	120~171

平成 26 年度の本州太平洋沿岸における震災年級の来遊状況

東北区水産研究所 沿岸漁業資源研究センター

佐々木系

平成 26 年度は、東日本大震災の年に飼育されていた平成 22 年級群（震災年生れ）が 4 年魚として回帰する年にあたることから、震災の影響を迅速に把握し、種卵確保等の対策に資するため、水産総合研究センターでは、関係各県と連携して時期毎に 4 年魚の出現状況を調査してきました。本報告では、平成 26 年度の来遊状況について震災の影響をまとめました。

平成 26 年度 2 月 28 日現在の本州太平洋（竜飛岬から東の青森県～茨城県）側の地域におけるサケ来遊数（沿岸漁獲数と河川捕獲数の合計）は、852 万尾（前年同期：95%）と前年並みですが、前年同期（平成元～25 年の平均値、1,468 万尾）との比較では 58%という状況でした。年齢構成比は、3 年魚が 13%、4 年魚が 27%、5 年魚が 53%であり、5 年魚が多くを占めていました。また、年級群別の来遊数について 4 年魚までの回帰で見た場合、震災年級である平成 22 年級群は、資源が低水準となった平成 7 年級以降で最も低い水準でした。通常 4 年魚までの来遊数は、全回帰尾数の 6~7 割（平成元～21 年級の平均値：65%）を占めることから、震災年級の回帰数は非常に少なくなると推定されます。また、河川別にみると、調査を実施した青森県太平洋側～宮城県の主要 11 河川において、岩手県の安家川、田老川、津軽石川、片岸川、盛川、宮城県の気仙沼大川、北上川で最近年（平成 18 年以降）と比較して 4 年魚の累積捕獲数が最も少なくなっていました。

本州太平洋側の河川間における捕獲数の減少要因が、震災特有のものであるかを検証するため、北海道太平洋側の河川を含めた 27 河川における 4 年魚の旬別河川捕獲数の年間変動について、直近 5 カ年の平均値（平成 21～25 年度の平均値）と比較しました。その結果、津軽石川、安家川、田老川、片岸川、盛川で、漁期後半の 4 年魚の捕獲数が顕著に少ない（直近 5 カ年平均の 20%以下）ことが分かり、これらの河川は、いずれも津波の被害を直接受けたふ化場を有する河川でした。

以上のことから、東日本大震災時に、津波の被害を直接受けたふ化場を有する河川では、平成 26 年度の 4 年魚の捕獲数が、特に漁期後半に極端に減少しており、震災の影響が顕在化したと言えます。

本州太平洋において、平成 27 年は、平成 22 年級群が「5 年魚」として、ふ化場の復旧過程にあり放流数が平時のおよそ 2/3 にとどまった平成 23 年級が「4 年魚」として回帰する年にあたります。したがって、回帰の主群である 4、5 年魚がともに少なくなることが懸念されます。

水産総合研究センターでは、平成 27 年度も関係各県と連携して、回帰調査を継続し、回帰状況の評価と、評価結果の定期的な公表を行い、種卵確保および種卵調整に役立てることをとしています。

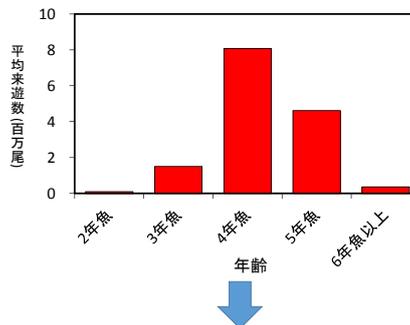
平成26年度の本州太平洋沿岸 における震災年級の来遊状況



東北水産研究所 沿岸漁業資源研究センター
佐々木 崇

1

本州太平洋 年齢別平均来遊数(平成元-25年平均)



昨年度(平成26年度)は、平成22年秋に生まれ、東日本大震災の影響を被ったサケ稚魚が、4年魚として回帰した年にあたる

2

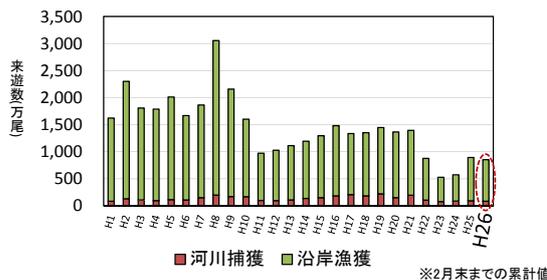
昨年度(平成26年度)は東北地方太平洋沿岸への回帰尾数の低下が懸念された。

水産総合研究センターでは東日本大震災の影響を速やかに評価するため、青森・岩手・宮城の各県と連携し、以下の取組を行った

- 1) 平成22年生まれ群(東日本大震災の影響を被った群=震災年級)の回帰状況の速やかな評価と、評価結果の定期的な公表
- 2) 東北地方を含めた我が国全体への回帰状況に関する情報集約(例年通り)

3

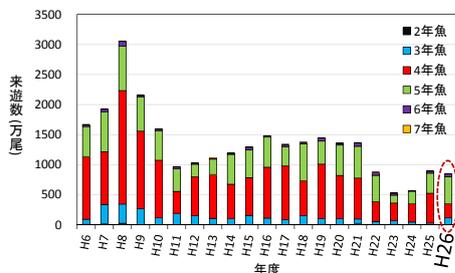
平成26年度 本州太平洋さけ来遊数



平年を下回る(平年比:58%)ものの、前年並み(前年比:95%)の水準

4

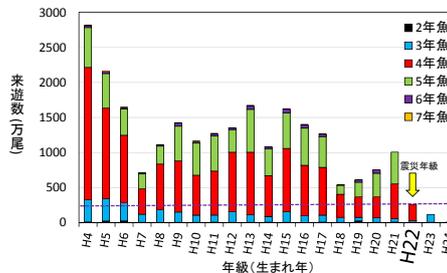
年齢別のさけ来遊数



平成26年度は5年魚の回帰数が多く、4年魚は過去20年間で最も少なかった

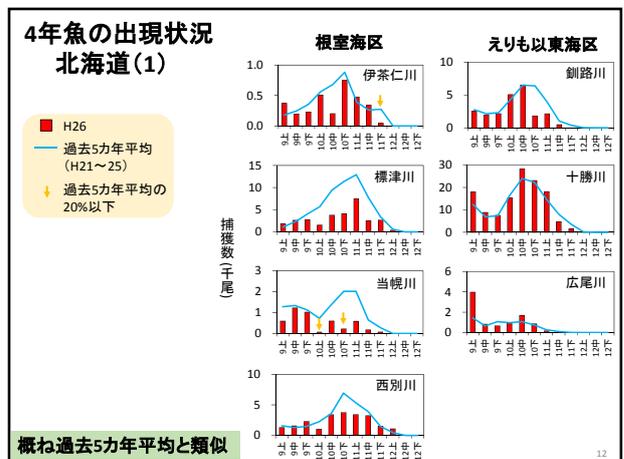
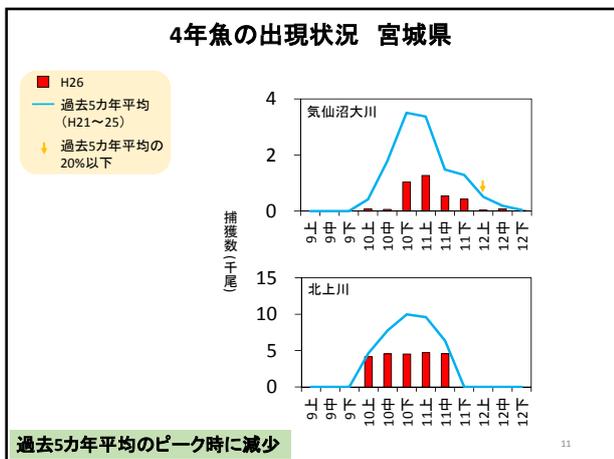
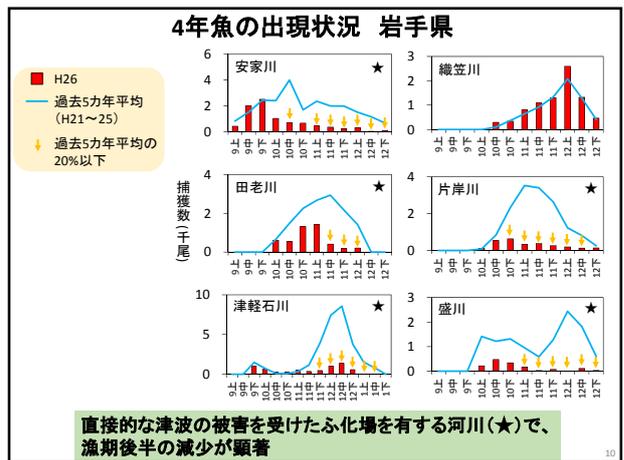
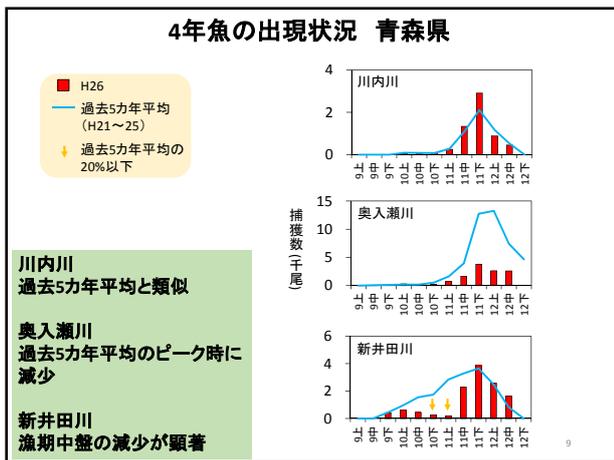
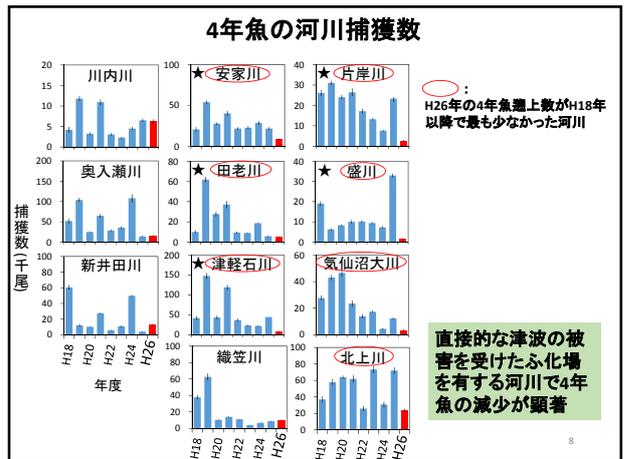
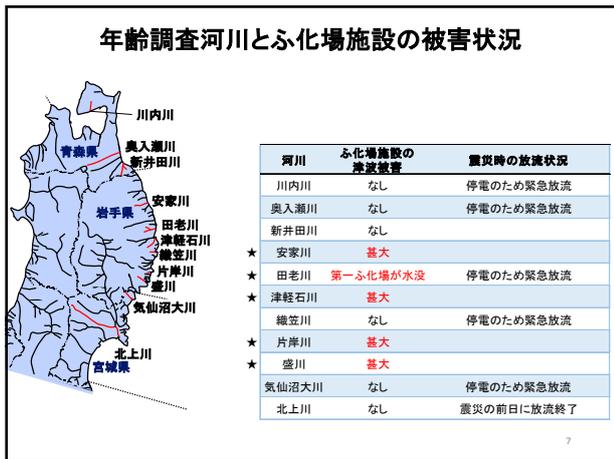
5

年齢別・年級群別のさけ来遊数



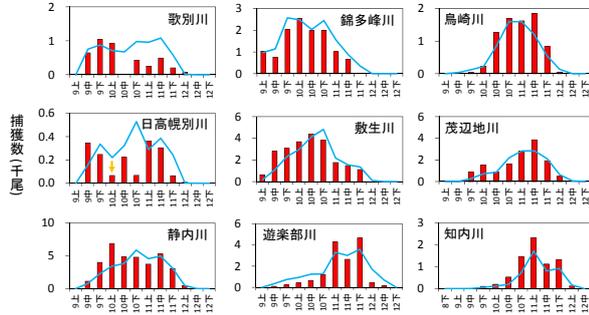
H22年級群(震災年級)の4年魚までの回帰は資源が低水準となったH7年級以降最低

6



4年魚の出現状況 北海道(2)

えりも以西海区



概ね過去5カ年平均と類似

13

平成26年度 本州太平洋沿岸のさけ来遊状況

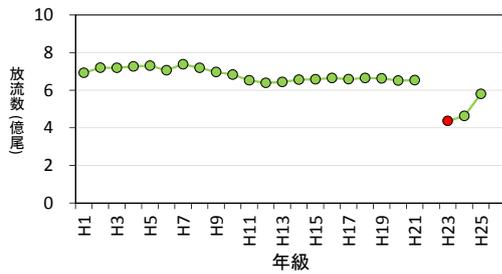
まとめ

- ・来遊数は全体では前年並みの水準であったものの、震災年級に相当する4年魚(平成22年級)は、平成2年級以降で最も少なかった。
- ・河川別に見ると、大規模被災したふ化場を有する河川の4年魚が著しく少なかった。
特に、漁期後半の顕著な減少は、これらの河川に特異的であった。

平成26年度は震災の影響が顕在化した

14

本州太平洋さけ稚魚放流数



平成23年級群の放流数は平時のおよそ3分の2に減少

15

平成27年度

- 震災年級である平成22年級が「5年魚」として回帰する
→平成26年に回帰した4年魚が少なかったため、回帰数減が懸念される
- 震災年の秋に採卵された平成23年級が「4年魚」として回帰する
→放流数が平時のおよそ3分の2と少なかったため、回帰数減が懸念される

水産総合研究センターでは昨年に引き続き、関係各県と連携し、回帰状況の定期的な公表を行い、種卵確保および種卵調整に役立てることとしています

16

平成 26 年夏季ベーリング海調査結果

北海道区水産研究所さけます資源部

鈴木健吾

日本で生まれたサケは、春に降海した後、オホーツク海で成長し、冬になると北太平洋に移動します。その後は、水温等の環境によって移動し、冬から春にかけて北太平洋、夏から秋にかけてはベーリング海で過ごすと考えられています。従って、夏にベーリング海で調査を行う事により日本系サケの未成魚の資源状態を推察するデータが得られると考えられます。このような知見に基づいて、北海道区水産研究所では、平成 19 年から夏季ベーリング海においてサケマス類の未成魚を対象とした表層トロール網によるモニタリング調査を行っています。平成 26 年の調査操業は、7 月 28 日～8 月 6 日の間に行われました。

1. サケ採集状況

平成 26 年の採集尾数はおよそ 1,500 尾となり、例年の 2,600～3,300 尾と比べて少なくなりました。採集したサケの年齢組成を分析したところ、特に 2 年魚の減少が顕著でした。平成 26 年の夏は、ベーリング海の調査海域で表面水温が例年より高くなっていたことがサケの分布に影響した可能性があります。平成 26 年の調査時に 2 年魚のサケは、今年 3 年魚として回帰する年級となりますので、今年の 3 年魚の回帰状況に注目しているところです。

2. サケ魚体の状態

平成 23 年以降の 3 年間は、ベーリング海で採集されるサケがやや痩せ気味傾向にありました。しかし、平成 26 年はこれまでの調査で最も魚体が太っていた平成 21 年と同程度の魚体の太り具合となりました。このため、過去 3 年間の痩せ気味傾向はいったん解消されたものと思われます。一方、サケの餌となる動物プランクトンの現存量は、平成 26 年の調査では全体的に少ない傾向となりました。このように、餌の現存量とサケの太り具合が必ずしも一致しない結果となりました。

3. 採集したサケの由来

ベーリング海で採集されたサケの地域起源を遺伝的手法により推定した結果では、平成 19 年以降を平均してロシア系サケが 64%、次いで日本系が 33%、北米系が 3%程度と推定されています。平成 26 年の調査結果では、ロシア系の比率は大きくは変わりませんが、日本系が若干減少し、代わりに北米系が増加する結果となりました。また、耳石温度標識の解析により、日本各地から放流されたサケがベーリング海で再捕されている事が確認されています。平成 24 年の結果では 93 尾、平成 25 年の結果では 103 尾の耳石温度標識サケが確認されました。両年とも再捕された日本系耳石温度標識サケの 60%あまりがオホーツク沿岸(オホーツク～根室海区)のふ化場から放流されたサケでしたが、平成 24 年はオホーツク沿岸に次いで北海道日本海沿岸から放流されたサケが多く再捕されたのに対し、平成 25 年は北海道太平洋沿岸(えりも以東～えりも以西)から放流されたサケが多く再捕されました。

引用文献

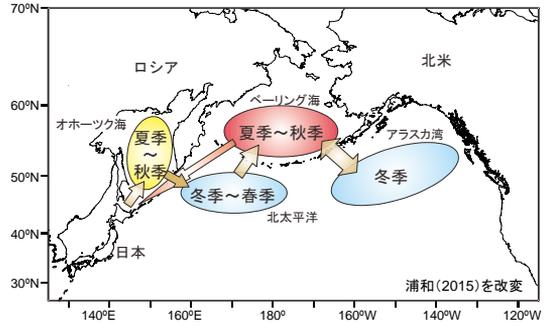
浦和 茂彦. 日本系サケの海洋における分布と回遊. 水産総合研究センター研究報告, 第 39 号, 9-19. 平成 27 年. (<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/bull/bull39/39-03.pdf>)

FRA 平成26年夏季ベーリング海調査結果



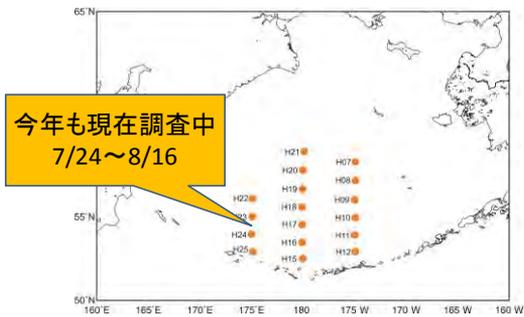
北海道区水産研究所さけます資源部
鈴木健吾

現在推定されている日本系サケの回遊経路図



日本系サケ未成魚のほぼ全てが夏にベーリング海に入ると推測
→夏のベーリング海でモニタリング調査を実施

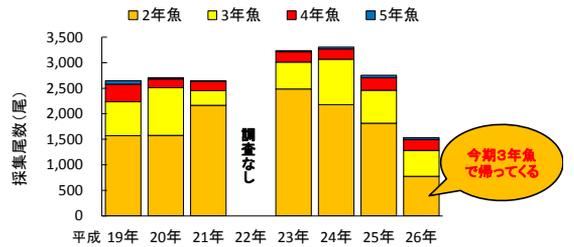
ベーリング海に設定したモニタリング調査定点



- 調査年: 平成19年-21年, 平成23年-26年
- 調査時期: 7月下旬～8月上旬 (平成20年は8月下旬～9月上旬)
- 調査定点数: 17定点を設定

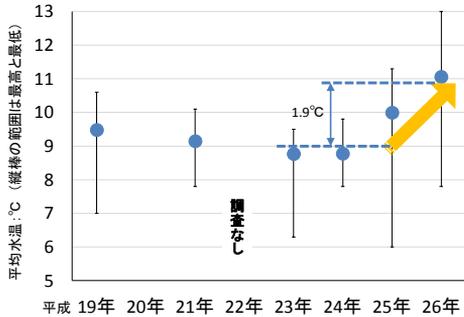


平成19-26年のサケ採集尾数と年齢組成



- 平成26年の採集尾数は平成19年以降で最低
- 2年魚の漁獲尾数が大幅に減少した

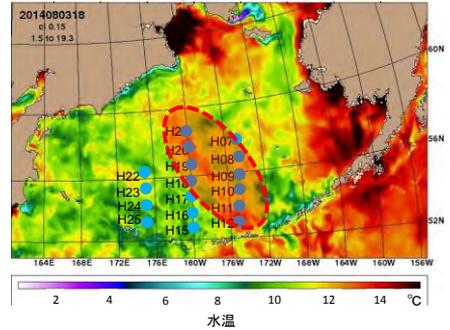
表面水温平均値(17調査点)の推移



平成 19年 20年 21年 22年 23年 24年 25年 26年

- 平成20年は調査時期が1ヶ月遅れのためデータを除外
- 平成25年から平均水温が上昇
- 平成26年は過去3年の平均水温より1.9°Cほど高い水温。

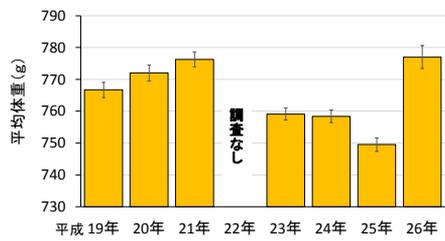
平成26年8月3日の表面水温



- 例年採集尾数の多い北東側の定点で水温が高かった。

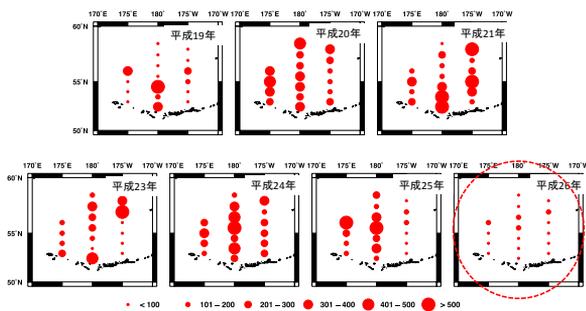


尾叉長40センチのサケ平均体重の推移



- 過去7回の調査で最も高い値
- 平成23-25年よりも体重は増加→やせ傾向は終了?

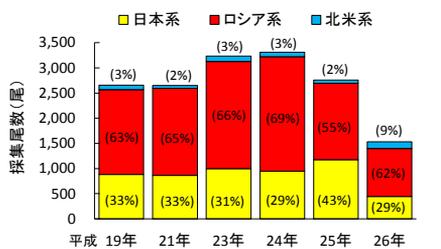
動物プランクトン現存量:ノルパックネット(mg/m³)



- 平成19~25年までの現存量:調査海域全体で多い傾向
- 平成26年の現存量:調査海域全体で少ない→高水温の影響?



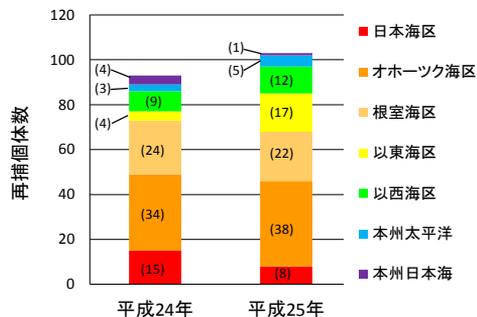
ベーリング海におけるサケ未成魚の系群別採集尾数



平成26年は例年と比較し、

- ・日本系、ロシア系サケの採集尾数が低下
- ・北米系サケのCPUEは例年より高め

ベーリング海で再捕した日本系耳石標識サケ —平成24～25年—



平成26年ベーリング海調査結果まとめ

- ✓ 平成19年から夏季ベーリング海で、未成魚を対象とした表層トロールによるモニタリング調査を実施。
- ✓ 平成26年の平均CPUE (採集尾数)は、平成19年以降の調査で最も少ない(2年魚が少ない)
- ✓ 平成23年から続いた痩せ気味傾向は回復(?)
- ✓ 遺伝的系群識別により、採集されたサケの起源推定を行った結果、平成19年以降、ロシア系が日本系の2倍以上を示す。
- ✓ 日本系サケの耳石温度標識魚は、オホーツク沿岸のふ化場を起源とする標識魚が多く再捕されている。
- ✓ 海水温の変化がサケに影響を及ぼすかどうか危惧され、今後もモニタリング調査を継続することが必要。

健苗育成のための飼育密度

伴 真俊

(北海道区水産研究所 ふ化放流技術グループ)

我が国のさけます増殖事業における人工ふ化放流技術は、卵管理から種苗放流に至る多くの行程で、野生魚から得た生理・生態学的知見を基に開発されてきました。しかし、飼育用水量や施設能力には限りがあるため、特に稚魚期は野生魚と比較にならない集約的な飼育が余儀なくされ、魚は強い負荷を受けていると考えられます。今回は、過密飼育が健苗育成の弊害となる事例と、その対処法について検討した結果を紹介します。

過密飼育の弊害に関する研究は古くから行われており、魚同士の擦れ、成長の悪化、回帰率の低下、胸鰭の欠損等、多くの事例が報告されています。演者も、過去に飼育密度が稚魚の健苗性に与える影響を調べる実験を行いました。密度 15 kg/m^3 と 45 kg/m^3 で約 50 日間飼育した場合、 45 kg/m^3 群には鰓の上皮細胞の肥厚と棍棒化を生じる個体や細菌が感染する個体が増えました。また、鰓に異常が生じた個体は海水中で浸透圧調節を行えず、海水移行後の生残率も低下しました。高密度飼育は稚魚に生理的な障害を与え、飼育中だけでなく放流後の減耗も高めることが予想されます。このような知見と増殖現場の試行錯誤に基づき、現在のマニュアルでは飼育密度を 20 kg/m^3 以下に設定し、稚魚の負担をなるべく軽減させています。

しかし、増殖現場では 20 kg/m^3 以上の密度でも一見すると問題なく飼育している状況も見受けられます。演者が行った密度 (15 kg/m^3 と 45 kg/m^3) と換水率 (0.04 回/分と 0.5 回/分) を組み合わせた飼育実験によると、 $45 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.04$ 回/分の群では死亡率の増加と成長の低下が認められましたが、 $45 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.5$ 回/分の群ではその傾向が弱まっていました。換水率を高めることで、高密度飼育の悪影響をある程度緩和することができるようです。しかし、別の実験によると、換水率が高くても高密度群では体表の粘液細胞数が増加する等、生理的な負荷がかかっていることが推察されました。そのため、飼育密度はなるべく 20 kg/m^3 以下にするほうが良いと考えられます。

北水研では、諸々の事情で理想の飼育密度を維持できない場合の対処法として、支流への分散放流と早期放流の効果も検討しております。放流実験では、サケ稚魚を千歳川とその支流のママチ川へ通常より早い3月中旬に放流し、河川内における魚の成長と、親魚の河川回帰率を比較しました。その結果、稚魚の成長はママチ川の方が高く、回帰率は河川間でほとんど差がないことがわかりました。早期放流でも、方法を工夫することで十分な回帰率を得られるといえます。

以上の結果から、健苗を育成するためには飼育密度を 20 kg/m^3 以下に設定することが理想であるものの、飼育用水や施設が不足している現場では分散放流や早期放流を活用することで過密飼育の弊害を軽減できると考えられます。

健苗育成のための飼育密度



北海道区水産研究所 伴 真俊

増殖事業の技術開発



本日の話題

➤ 過密飼育の弊害



➤ 過密飼育対策の一例



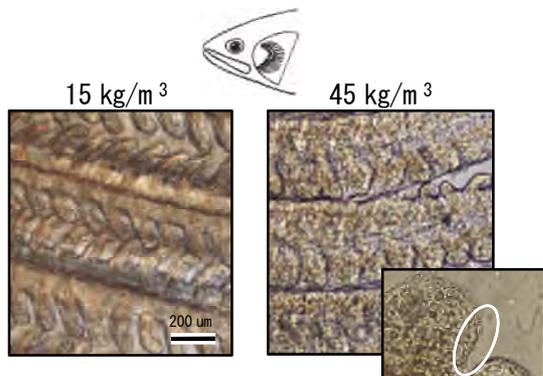
過密飼育の弊害と理想の飼育密度

- ✓ 擦れなど、魚同士の相互関係 (塚本1989)
- ✓ マスノスケは20 kg/m³以上で成長が悪化 (Martín and Wertheimer 1989)
- ✓ ギンザケは27 kg/m³以上で回帰率が低下 (Banks 1992)
- ✓ サケは30 kg/m³以上で胸鰭の欠損 (北海道さけますふ化場の経験則)

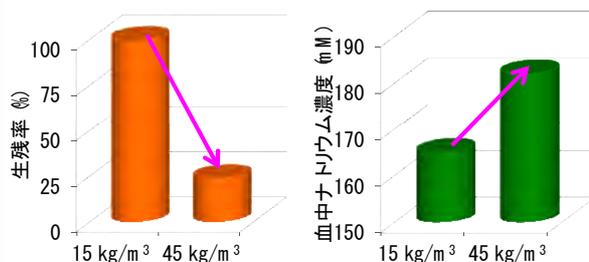


理想の飼育密度 ≤ 20 kg/m³

過密飼育した稚魚の鰓に起きる障害



過密飼育がサケ稚魚の海水適応能に与える影響



海水中の生残率が低下、塩分排泄能力が低下

過密飼育したサケ稚魚に起き易い現象

- ✓ 鰓の棍棒化、細菌感染
- ✓ 海水適応能力の低下、呼吸障害



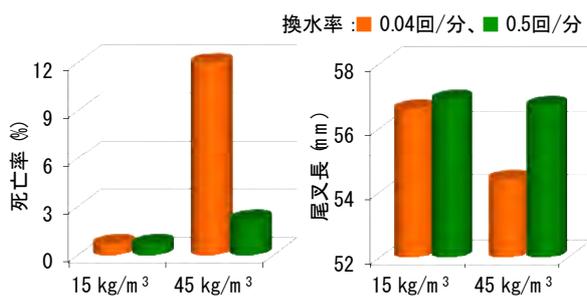
初期減耗の一要因

しかし

過密飼育でも
大丈夫のはず！



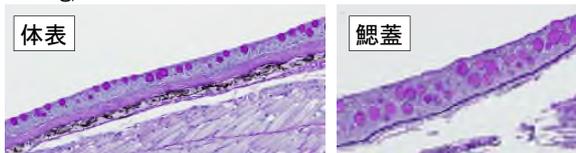
飼育密度と換水率（回/分）が 生残率と成長に与える影響



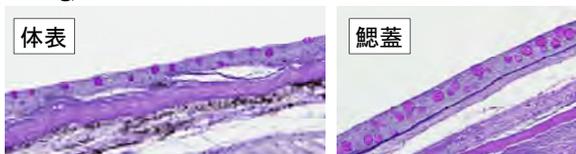
注水量、換水率を高めると過密の悪影響が軽減可能

過密飼育したサケ稚魚の粘液細胞

25 kg/m³



10 kg/m³



基準以上の密度でも . . .

- ✓ 注水量、換水率を高めて対処可能
- ✓ 魚は負担を感じているはず
(防御反応として粘液細胞の増大)



できれば ≤ 20 kg/m³ の飼育

そうは言っても

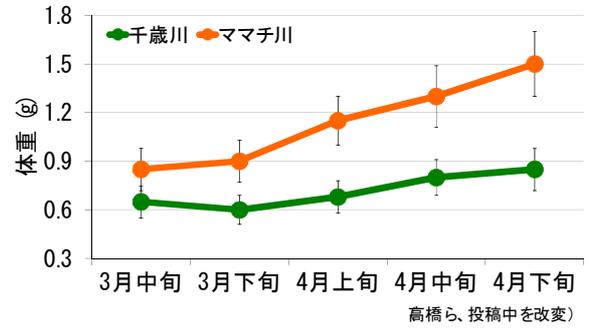
施設も、水も足りません！



千歳川の支流を活用した分散放流の効果

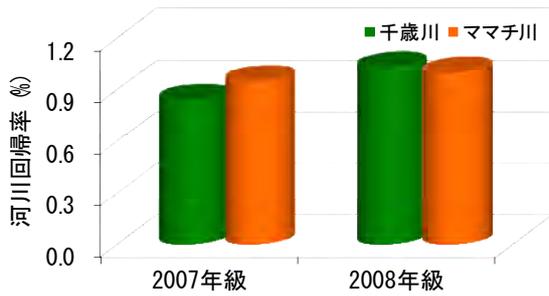


河川内における放流魚の成長



支流で捕れた稚魚が高成長

支流に放流した群の河川回帰率



本流と支流における回帰率の差は小さい

ま と め

➤ 過密飼育の弊害

健苗性を阻害

20 kg/m³ ≧ が目安

➤ 過密対策の一例

支流、分散放流の活用等

