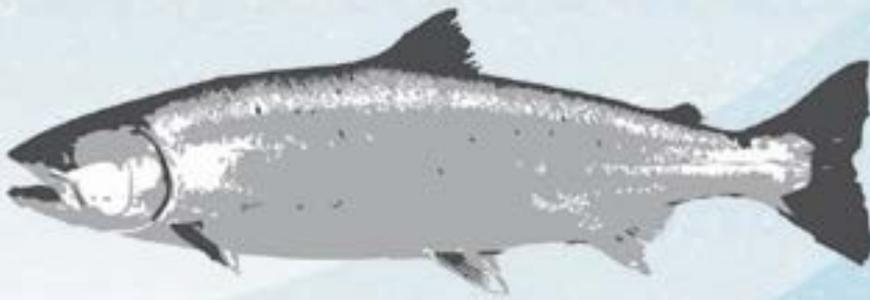


魚と水

Uo to Mizu



52-3/4

さけます・内水面水産試験場

目次

恵庭移転 30 周年記念

ピクトリアル 1985–2015 ー水産孵化場からさけます内水試へー	i
本場移転 30 年の思い出 ーサクラマス研究ー 永田光博	1
恵庭移転 30 周年に関連して 栗倉輝彦	5

00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

魚病研究などについて最後に言いたいこと 鈴木邦夫	7
「第 20 回ワカサギに学ぶ会」に出席して . . 真野修一・中島美由紀	24

ピクトリアル 1985-2015

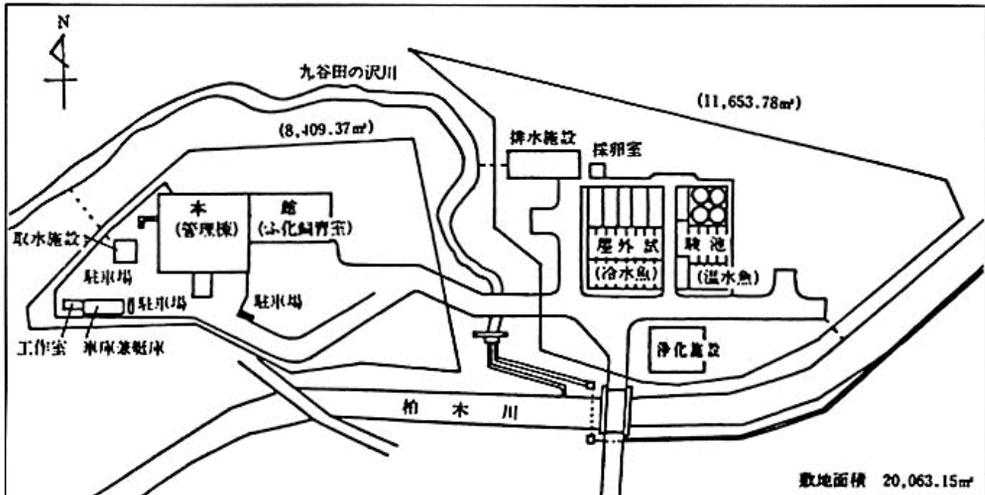
－水産孵化場からさけます内水試へ－

北海道立水産孵化場本場は1985年11月20日に札幌市豊平区中の島から恵庭市北柏木町に移転した。本項では移転30周年を記念し、支場も含めたこの間の画像を紹介する。

新庁舎落成



庁舎航空写真 研究管理棟は地上2階地下1階，延面積2,216㎡で試験場としては当時最新の研究設備を備えていた。 1985.11



構内配置図 左側が研究管理棟，ふ化飼育室，車庫兼艇庫，取導水施設，右側が排水施設，屋外試験池，浄化施設である。

ご視察の記録

水産試験場としては当時最新の研究設備を備えた水産
孵化場には北海道外からも多くの方が視察に訪れた。
以下にご来訪された皇族の方々の写真を示す。



天皇，皇后両陛下が北海道立水産孵化場をご視察． 研究している魚について前田場長より説明を受けられる． 皇后陛下左後方は横路知事． 1989.9.29.



皇太子殿下が北海道立水産孵化場をご視察． 説明は同じく前田場長， 右は横路知事． 1991.3. 1.

水産孵化場からさけます内水試へ

2010年4月，22の道立試験研究機関を統合して地方独立行政法人北海道立総合研究機構（道総研）が発足，水産孵化場はさけます・内水面水産試験場となった。



水産孵化場時代の看板 木彫りのクマとサケの看板は当時恵庭市の名物であった。1989.



取り外された看板 道総研への移行に伴い看板を撤去。職員一同記念撮影。2010.5.31



現在の看板 同所には現在この看板が立っている。2016.3.17.

6支場時代 - 要覧に見る水産孵化場 -

1985年に水産孵化場本場は恵庭市に移転し、森，増毛，えりも，宗谷，真狩，熊石の各支場と合わせて本場・6支場体制となった。以下では当時使用されていた要覧の一部を示し，これらの歴史を振り返る。

1 本場と各支場の位置
Locations of the Head Office and Research Branches

宗谷支場
〒1098-025 稚内市大津米谷中津橋675-1
TEL 0162-26-2393 FAX 0162-26-2393
Soya Research Branch
675-1 Maikoku, Soyemura
Wakkanai, Hokkaido 095-06 Japan
Phone (0162)26-2393 Fax (0162)26-2393

真狩支場
〒1048-16 釧路市南別府中津橋163-1
TEL 0136-45-3473 FAX 0136-45-3473
Makkai Research Branch
163-1 Inada, Makkai-cho
Hokkaido 048-16 Japan
Phone (0136)45-3473 Fax (0136)45-3473

熊石支場
〒043-0242 帯広市南東町中津橋1189-43
TEL 0137-2370 FAX 0137-2370
Kumakoff Research Branch
1189-43 Iwajima, Kurumishi
Hokkaido 043-04 Japan
Phone (0137)2370-2370 Fax (0137)2370-2370

本場
〒061-1423 恵庭市北水原3丁目373
TEL 0123-32-2135 FAX 0123-34-7233
Head Office
373 Kitasawa-cho 3, Enetsu
Hokkaido 061-14 Japan
Phone (0123)32-2135 Fax (0123)34-7233

宗谷支場
〒1048-025 稚内市大津米谷中津橋675-1
TEL 0162-26-2393 FAX 0162-26-2393
Soya Research Branch
675-1 Maikoku, Soyemura
Wakkanai, Hokkaido 095-06 Japan
Phone (0162)26-2393 Fax (0162)26-2393

真狩支場
〒1048-16 釧路市南別府中津橋163-1
TEL 0136-45-3473 FAX 0136-45-3473
Makkai Research Branch
163-1 Inada, Makkai-cho
Hokkaido 048-16 Japan
Phone (0136)45-3473 Fax (0136)45-3473

熊石支場
〒043-0242 帯広市南東町中津橋1189-43
TEL 0137-2370 FAX 0137-2370
Kumakoff Research Branch
1189-43 Iwajima, Kurumishi
Hokkaido 043-04 Japan
Phone (0137)2370-2370 Fax (0137)2370-2370

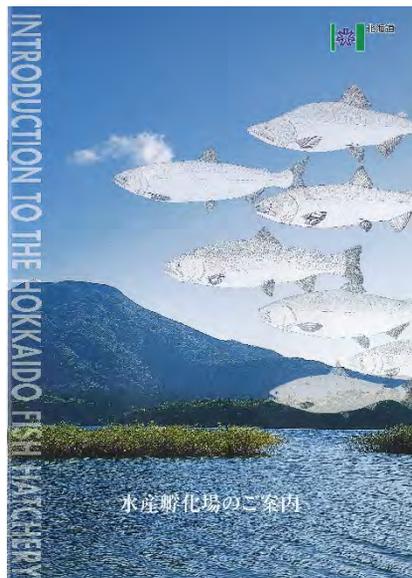
本場
〒061-1423 恵庭市北水原3丁目373
TEL 0123-32-2135 FAX 0123-34-7233
Head Office
373 Kitasawa-cho 3, Enetsu
Hokkaido 061-14 Japan
Phone (0123)32-2135 Fax (0123)34-7233

森支場
〒046-032 増毛町大町中津橋434-1
TEL 01466-7-3248 FAX 01466-2-3248
Ermo Research Branch
434-1 Uematsu, Ermo
Hokkaido 058-02 Japan
Phone (01466)7-3248 Fax (01466)2-3248

増毛支場
〒043-0242 帯広市南東町中津橋1189-43
TEL 0137-2370 FAX 0137-2370
Maikoku Research Branch
1189-43 Iwajima, Kurumishi
Hokkaido 043-04 Japan
Phone (0137)2370-2370 Fax (0137)2370-2370

えりも支場
〒061-1423 恵庭市北水原3丁目373
TEL 0123-32-2135 FAX 0123-34-7233
Head Office
373 Kitasawa-cho 3, Enetsu
Hokkaido 061-14 Japan
Phone (0123)32-2135 Fax (0123)34-7233

1994年版水産孵化場要覧見開き 本場と6支場の位置と施設概要を見開きで示している。



サケ・マス及び内水面の調査・研究・指導を行う機関として本場と支場の連携のもとに活動しています。

本場
〒061-1423 恵庭市北水原3丁目373
TEL 0123-32-2135 FAX 0123-34-7233

道北支場
〒077-0168 紋別市北水原中津橋1365-1
TEL 0164-69-2352 FAX 0165-28-3040

道南支場
〒043-0423 帯広市南東町中津橋1189-43
TEL 0137-2370 FAX 0137-2370

道東支場
〒086-1104 網走市南水原中津橋3181-1
TEL 0157-2-8141 FAX 0157-2-5188

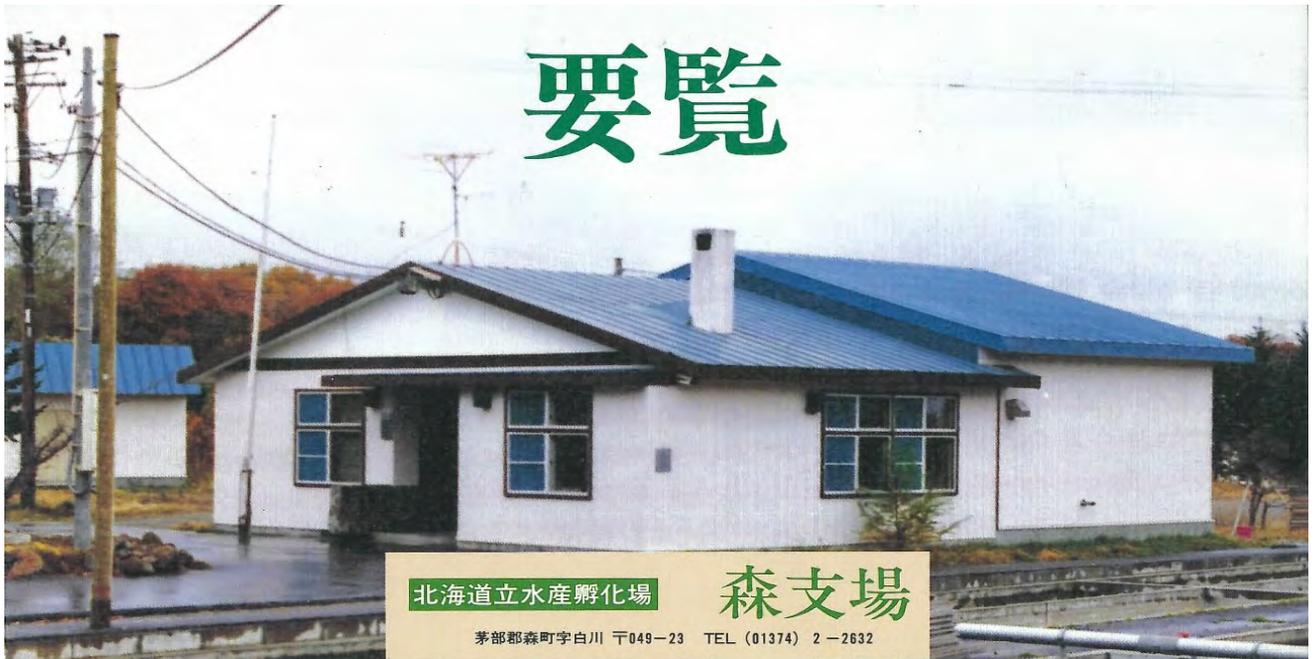
道東内水面室
〒093-0131 網走市南水原1丁目1番地
TEL 0152-47-1172 FAX 0152-47-1173

本・支場の位置

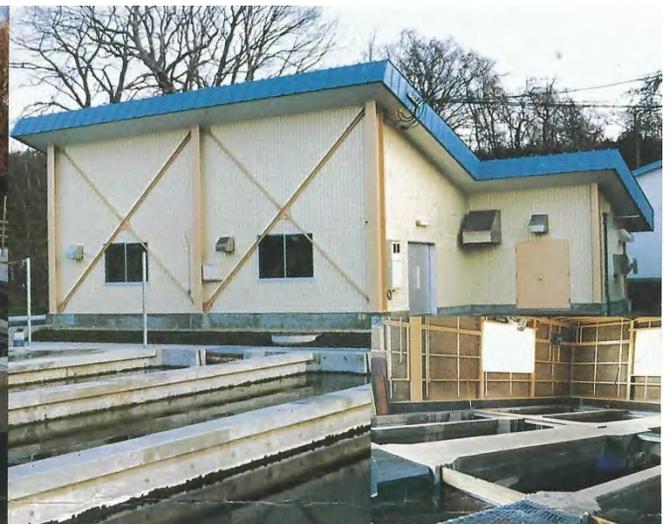
2004年版水産孵化場要覧表紙(左)，本・支場位置図(右) 2004年までに宗谷，えりも，真狩，森支場が廃止され，道東支場と道東内水面室が新設された。増毛支場は道北支場に，熊石支場は道南支場に名称が変更された。

6支場時代 - 要覧に見る水産孵化場 -

水産孵化場時代（～2010年3月）の6支場は独自の要覧を作成していた。以下に示すのは1985～2010年頃に使用されていた要覧の一部である。作成は各支場に任されていたため、それぞれ個性的な要覧となった



森支場要覧表紙 事務室とサケ稚魚池（手前）。稚魚池は屋外型で冬期は日覆板で遮光された。



■サクラマス親魚養成池

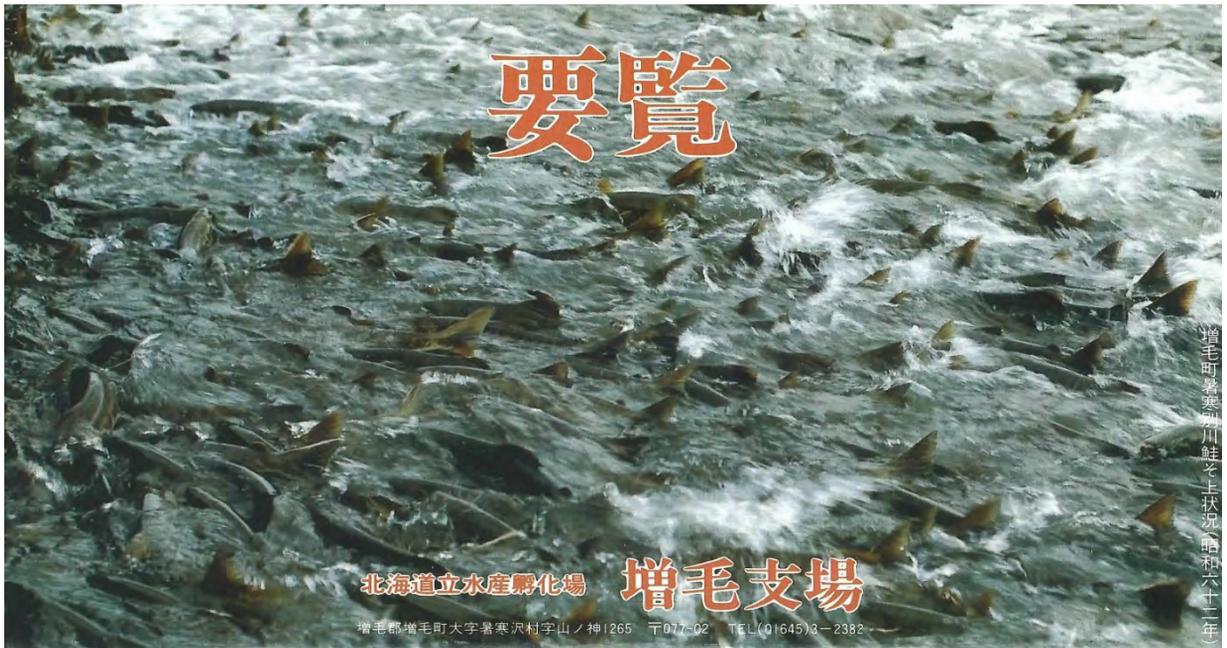
大、中、小合計10面あり、900万粒採卵に必要な親魚を養成する。大型池2面には、作業の効率化を図るため、曳網用レールが設けられている。池後部の建物は採卵舎である。

■養魚池棟

サクラマス稚魚の飼育施設で、棟内には1面5㎡の養魚池が8面ある。棟の右端部は発電機室で、出力45KVAの自家発電機が万一の停電に備えている。

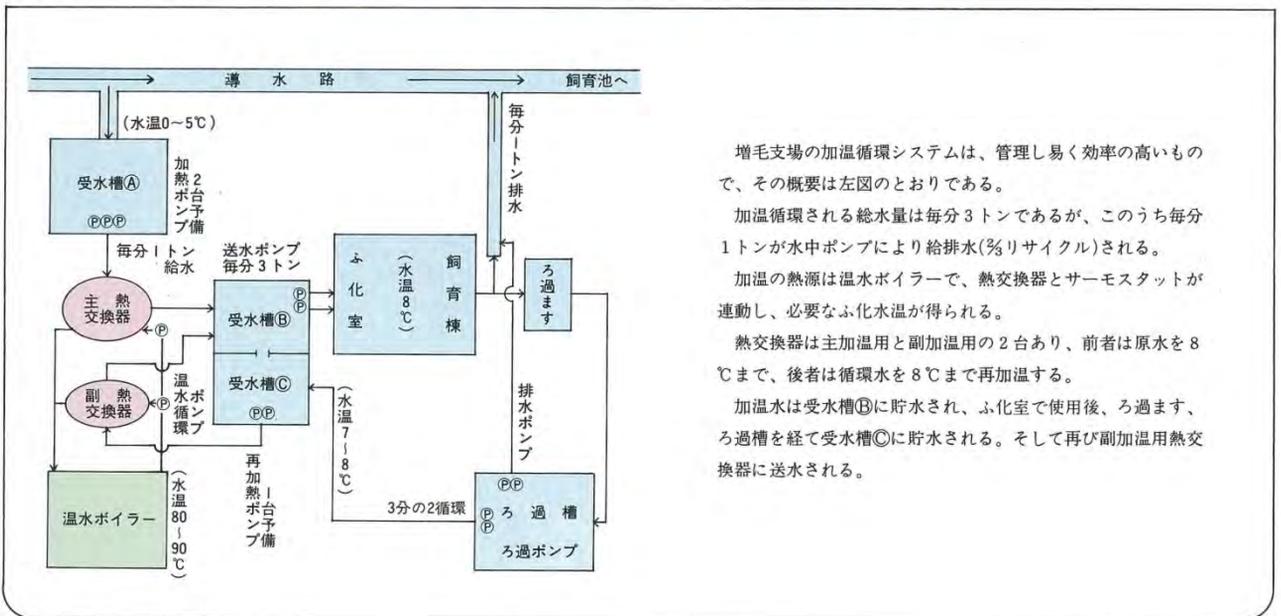
要覧裏面（一部） 池産サクラマス種卵生産のための養成池と養魚池棟を示す。日長をコントロールするため、サクラマス稚魚は屋内池で飼育されていた。

6支場時代 - 要覧に見る水産孵化場 -



増毛（道北）支場要覧表紙 写真は暑寒別川に大量回帰するサケ親魚である。増毛支場では約2000万尾のサケ稚魚を飼育し、暑寒別川をはじめとする留萌管内の河川に放流した。

管理棟ふ化用水の加温循環システム



要覧裏面（一部） 留萌地方はサケ稚魚飼育に適する水資源（水温約8℃）が不足しており、増毛支場では加温システムを用いて低水温の河川水を飼育に適した水温とした。

6支場時代 - 要覧に見る水産孵化場 -

要覧



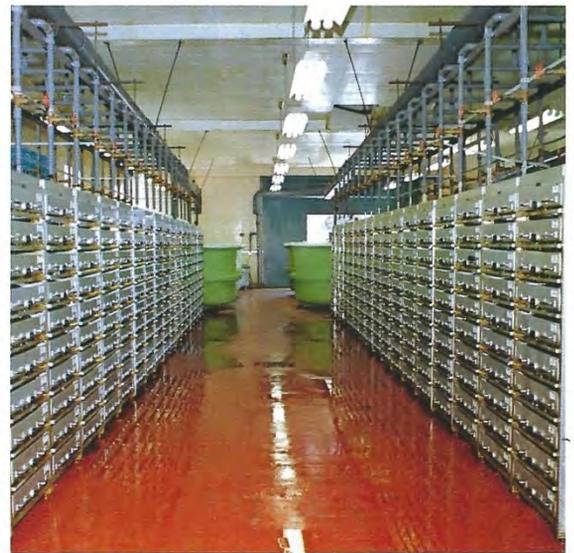
北海道立水産孵化場えりも支場

☎058-02 幌泉郡えりも町字歌別434-1番地 ☎(01466)-2-3246

えりも支場要覧表紙 庁舎前景



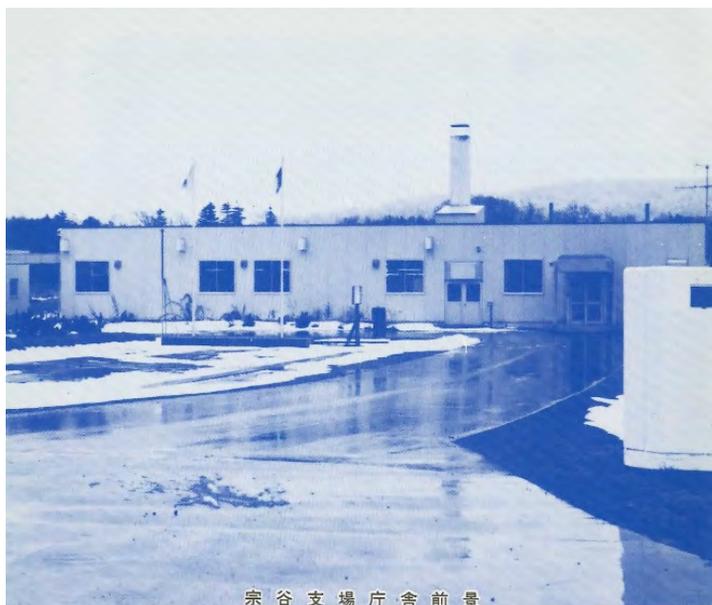
孵化盆 サビ防止等の耐久力を高めるため、アルミニウムおよびステンレス製を使用している。



孵化室 ふ出稚魚が卵黄を吸収するまで収容可能な立体式ふ化器100基を配置し、2,000万粒の卵を収容できる。

要覧裏面（一部） 立体式ふ化器と孵化室を示す。えりも支場ではサケのほか、日高地方以東に遡上するカラフトマスの稚魚を飼育した。

6支場時代 - 要覧に見る水産孵化場 -

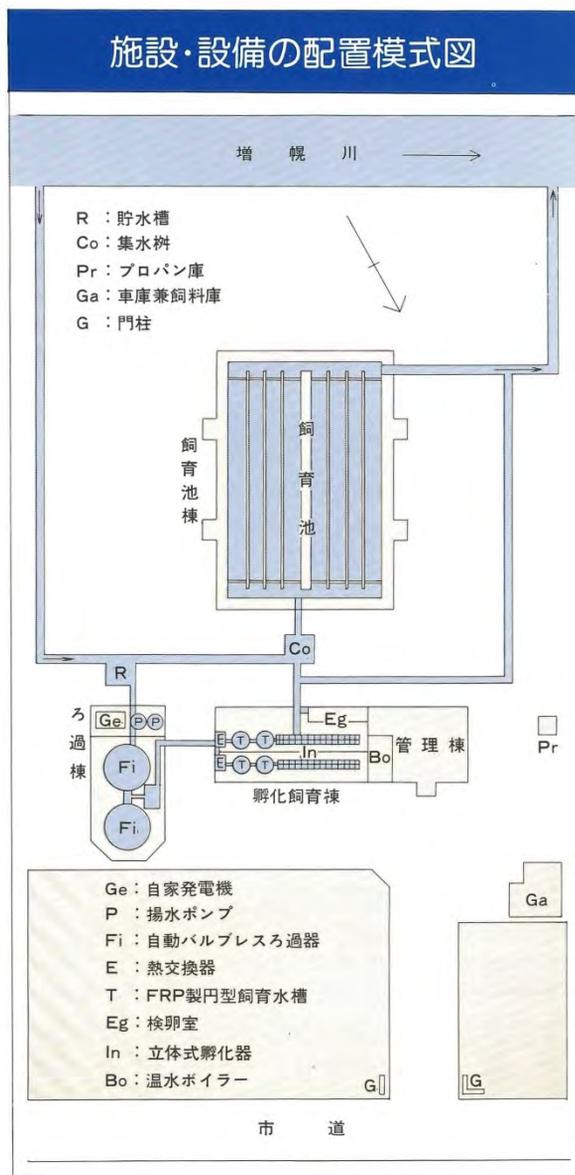


宗谷支場庁舎前景

要覧

北海道立水産孵化場
宗谷支場

稚内市大字宗谷村字増幌675の1
〒098-66 TEL(0162)26-2393



宗谷支場要覧表紙（左） 要覧裏面（右：一部） 宗谷支場では泥炭地で浮遊物の多い増幌川の河川水を濾過して孵化・飼育用水に用いていた（右模式図）

6支場時代 - 要覧に見る水産孵化場 -



真狩支場要覧表紙 庁舎の俯瞰図と羊蹄山を示す。



飼育池 池底注水管はもとより側壁散水管も取付けることにより、飼育池の環境改善に努めた。特に飼育用水が豊富にあるので2次使用は行わず、すべて1次使用のみで飼育できる構造にした。

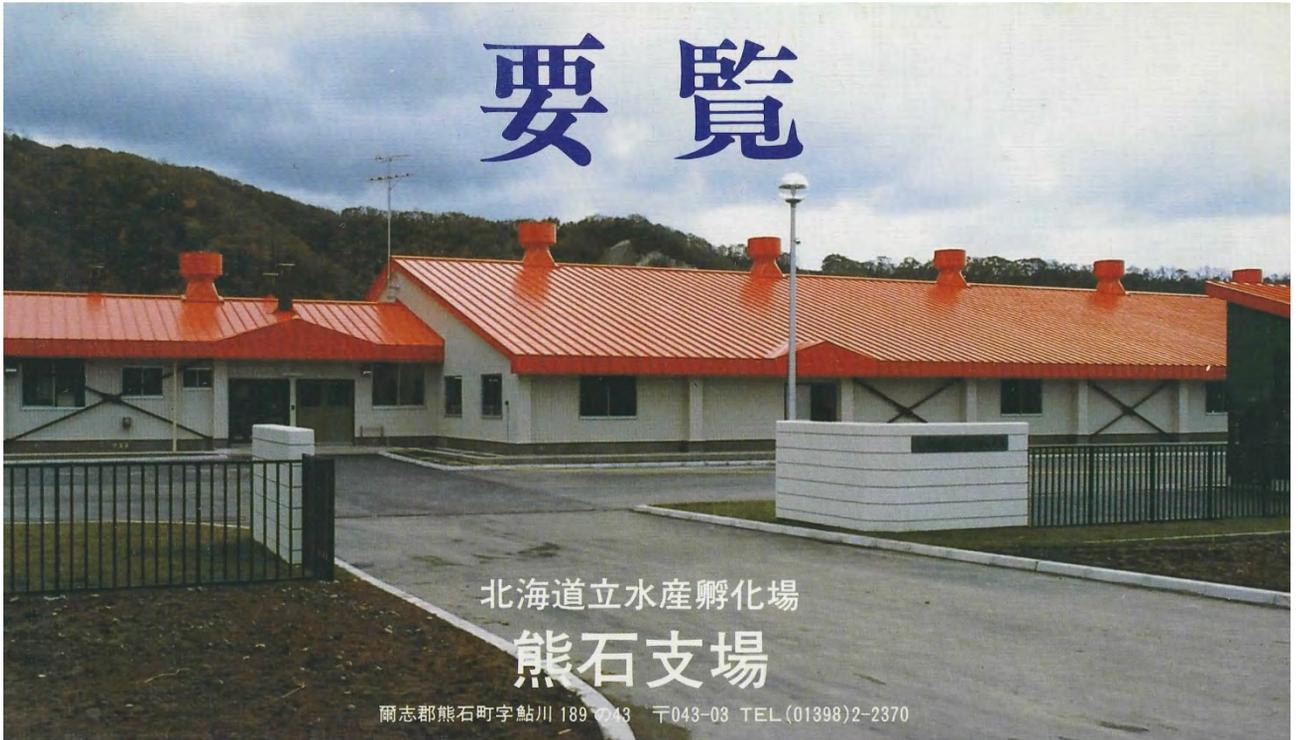


用水水源池 羊蹄山麓の豊富な湧水に恵まれ、十分な水量とサケのふ化に最も適した水温が得られる。また、自然の落差を利用し、すべて注排水は自然流下で行われ、ポンプ等の機械設備が全くないのが特徴である。従って、故障の心配もなく管理する職員の労力の軽減はもとより、ランニングコストも軽減でき省エネタイプのふ化場である。

要覧裏面（一部） 飼育池と養魚用水の水源地を示す。真狩支場は羊蹄山麓の豊富な湧水に恵まれ、サケ稚魚を大量に飼育した。

6支場時代 ー要覧に見る水産孵化場ー

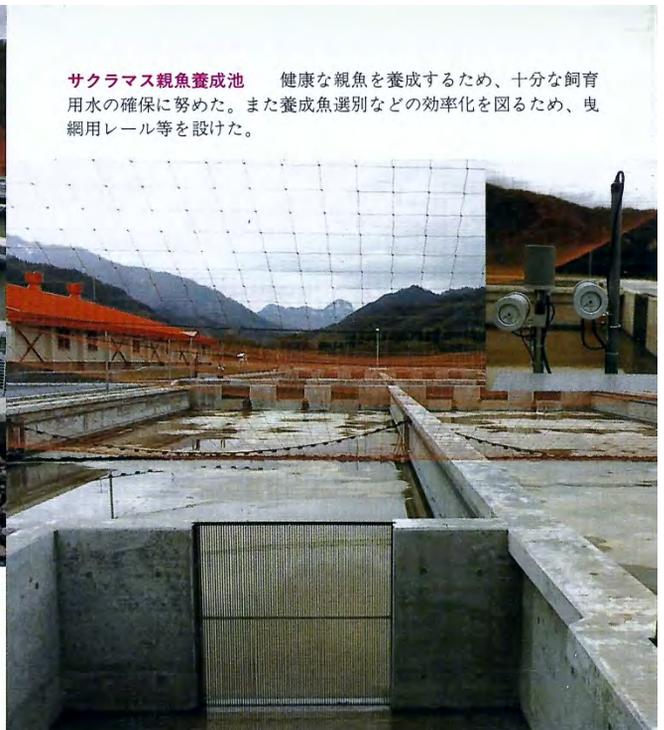
要覧



熊石（道南）支場要覧表紙 庁舎の前景



飼育池 より良い飼育環境を保ち健苗を養成するため、池底注水管、側壁散水管等を備えた合理的な構造にした。



要覧裏面（一部） 飼育池とサクラマス親魚養成池を示す。
熊石支場は森支場と合わせて池産サクラマス種卵900万粒を生産した。



パネルディスカッションの様様



参加者は約260名であった



研究成果の紹介



サクラマスを使った試食会

1996年9月9日、函館市ハーバービューホテルでサクラマスフォーラム '96を開催した。テーマは「これからのサクラマス増殖を考える」であった。

1998 サクラマスフォーラム 小樽



参加者は約350名であった



パネルディスカッションの様様

1998年1月24日に小樽国際ホテルでサクラマス・フォーラム '98 -北海道のさけ・ます釣りを考える-を開催した。

講演会

2003 サクラマスフォーラム 札幌



展示を見る参加者 越後茂樹氏の講演



パンフレット



2003年3月23日、サクラマスフォーラム2003を札幌市のかでの2・7で開催した。参加者約100名で、越後茂樹氏が基調講演を行ったあと活発なディスカッションが行われた。

2009 サクラマスフォーラム 島牧



会場



漁業者との意見交換

2009年12月12日、島牧村においてサクラマスフォーラム2009 in 島牧を開催した。テーマは「これからのサクラマス増殖を考える」であった。



配布CD

プログラム

第9回「ワカサギに学ぶ会」プログラムおよび要旨

日 時：2003年3月11日 09:30～17:00
 会 場：道庁赤レンガ庁舎
 09:30 開会
 09:50～12:10 話題提供 (1)

北海道のワカサギについて —漁業と遊漁— 坂本博幸 (北海道立水産孵化場)
 北海道石狩地方におけるワカサギ人工ふ化放流の改善試験 佐々木義路 (北海道立水産孵化場)
 芦ノ湖におけるワカサギの採卵・ふ化放流方法について 樋川宗彦 (芦之湖漁業協同組合)
 ワカサギ初期飼育におけるフムシの給餌について 井塚 隆 (神奈川水産総合研究所内水試)
 網走湖におけるワカサギの重要餌生物 イサザアミ (*Neocystis intermedia*) の生態に関する二、三の知見 浅見大樹 (道中央水試)
 石狩川水系・河口周辺におけるシラウオ仔稚魚の分布と採餌 岡田のぞみ (道中央水試)
 釧路湖におけるワカサギの初期生活について 田原健成 (長野水試諏訪)

13:00～15:30 話題提供 (2)

野伊川河口域に出現するワカサギ仔魚 佐々木 剛 (宮古水産高)・猿渡敏郎 (東大海洋研)・渡辺精一 (東水大)
 網走湖産ワカサギの分布密度と成長率 虎尾 充 (道野化場)
 An analysis of Japanese smelt populations using parasites as biological tags (寄生虫を生物指標としたワカサギ個体群の解析) 大友智和 (北大地環研)
 宍道湖における夏季水温とワカサギ、シラウオ産卵量との関係 藤川裕司 (島根内水試)
 阿寒湖のワカサギ資源管理について 坂本博幸 (道野化場)
 ワカサギの資源変動要因について 谷村明俊 (茨城内水試)
 十和田湖におけるワカサギ資源の変動について 天野勝三 (青森内水試)

15:45～16:45 総合討論
 16:45～17:00 閉会

2003年3月11日、第9回「ワカサギに学ぶ会」を札幌市の道庁赤レンガ庁舎で開催した。参加者全員に過去の講演要旨を収録したCDを配布し、好評を博した。

2012 第16回ワカサギに学ぶ会 網走



韓国国立水産科学院 成博士の講演



網走市坂崎港湾水産部長の挨拶



エクスカージョンで網走湖の氷下魚を見学

2012年1月26～27日、北海道網走市で「第16回ワカサギに学ぶ会」を開催した。講演翌日には参加者のエクスカージョンも行われた。海外含め約100名が参加。

講演会 2007 ヤツメ孵化技術研修会



技術指導の様様

2007年6月7日に江別市野幌公民館でヤツメ孵化技術研修会を開催した。 当場で作成したマニュアルに基づき、 漁業関係者に採卵と人工孵化技術を指導した。

北海道立水産孵化場 内水面資源部

②採卵・採精作業

採卵は二人一組で行いましょう。一人がタオルなどで頭を持ち、もう一人が腹部を生殖口に向けて圧搾し、プラスチックの容器に卵を取ります。血液が混ざらないように二人で注意しながら採卵しましょう（下の写真）。



採精も二人一組で行いましょう。タオルやティッシュで魚体（特に矢印や赤線の枠で示した生殖突起付近）の水分を十分に拭き取ってください！ 精液が薄まると精子が動き始め、やがて運動を停止し受精できない精子になりますのでご注意ください。一人がタオルなどで頭を持ち、もう一人が腹部を生殖口に向けて圧搾し、プラスチックの容器に精液を取ります（下の写真）。



作成したマニュアル

2008 ヤツメウナギを考える会



パネルディスカッションの様様



酪農学園大 村野教授の講演



水槽とパネル展示



加工品の展示

2008年11月7日に江別市においてシンポジウム「ヤツメウナギを考える会～あれから三年～」を開催した。講演とパネルディスカッションが行われた。 約100名が参加。

地域との連携

職場体験学習

2012.10.23-25.



サケの魚体測定と解剖



パソコンで学習の記録を作成

2013.10.22-24.



ユカンボシ川で水質の測定



採集した魚類を同定し、測定

2015.10.20-22.



鱗を投影してサケの年齢査定



ニジマスの解剖

さけます内水試では近年、継続的に恵庭市立白陽中学校から職場体験学習の生徒を受け入れている。体験学習ではあるが、実際に業務で実施している作業と同様の内容を行ってもらう。

サッポロファクトリー 2009.7.29



タッチプールで生きた淡水魚に触れる



ポスターで魚の説明



野生サクラマス稚魚の展示

ケースデンキ月寒ドーム 2014.8.6



水槽に見入る子供たち

札幌駅前通地下歩行空間 2015.8.6



ひれを描いて魚の体を学習



生きた水生生物の展示

内水試では道庁主催のサイエンスパークに出展し、子供たちにわかりやすく成果を普及している。

一般への普及

農試公開デー

中央農業試験場 2014.8.1.



野生サクラマス稚魚の展示



子供たちの質問に答える職員

中央農業試験場 2015.7.30.

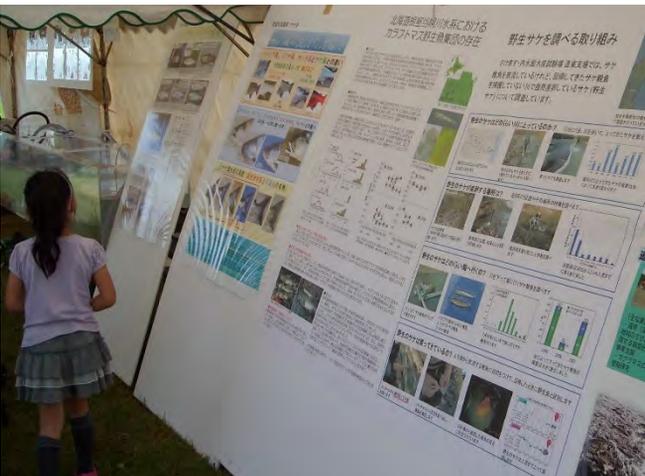


水槽に見入る子供



ひれを描いて魚の体を学習

根釧農業試験場 2013.8.6.



水槽展示とポスター



ニジマスのつかみ取り

さけます内水試では各地の農業試験場の公開デーに出展している。研究の対象となる魚を生体で展示することで一般への成果普及を計る取り組みであるが、子供には人気の様である。

職員の表彰

1985年以降，さけます内水試の職員はいくつかの外部機関から表彰を受けている．近年の表彰の例を示す．



水野研究主任 平成23年度「日本農学進歩賞」を受賞 2010.11.21



竹内研究主幹 平成25年度北海道農業土木協会賞「奨励賞」を受賞 2013.8.30.



工藤主任研究員 平成25年度「優秀研究業績全国水産試験場長会会長賞」を受賞 2013.11.14.



宮腰研究主幹 「日本水産学会 平成25年度水産学技術賞」を受賞 2013.3.30.

アクシデント！ 7月29日は災厄の日？

各支場は市街地から遠い地域に位置しており、自然災害に見舞われることも多かった。以下はその自然災害の様子である。



増毛支場大洪水！ 1999年7月29日、大雨により暑寒別川が氾濫、構内に濁水が流れ込み夕方には床上以上の水位となったが、枯草が玄関ドアなどの隙間に詰まったため室内への床上浸水は免れた。写真は翌日の状態。 1999.7.30.



熊石支場に熊出現！ 2000年7月29日、熊石支場構内すぐ横の木にヒグマがいるのが発見され、ハンターが出動して射殺した。支場に被害はなかった。 2000.7.29.

残像

2016年4月にさけます内水試は本場(恵庭市), 道南支場(八雲町), 道東センター(中標津町)の3カ所となる。ここでは現在も残る水産孵化場時代の痕跡を示す。

旧森支場の表札 森支場は2004年に試験地となり, 現在は渡島管内増協の森孵化場となっている。しかし, 表札は1968開設時の森養鱒場のままである。2015.3.



廃場後の道北支場(旧増毛支場) 留萌管内のサケ増殖に大きな功績のあった道北支場は2011年11月30日にその使命を終え廃場となった。2012.7.15.

旧各支場所有のトロ箱 各支場はトロ箱にそれぞれ支場名を記入していた。所有者は現存しないが, トロ箱は現在でもその役割を果たしている。2015.9.



本場移転 30 年の思い出ーサクラマス研究ー

永田光博

もともと出身大学での研究が「平磯における底生動物群集の構造と機能の解明」でしたので希望通りに水産試験場へ配属されるものと思っていましたら、私が入った昭和 57 年は水産試験場に空きがなく孵化場勤務(現さけます内水試)となりました。それ以来、34年の月日が流れました。この間、えりも支場 2 年、真狩支場 2 年、森支場 3 年、道東支場 3 年でそれ以外は恵庭の本場勤務でした。最初の赴任先はえりも支場ですが、本場はまだ札幌市豊平区中の島にあり、水産庁北海道さけ・ますふ化場との同居生活でした。その当時のサケマス放流事業は国が一元管理していましたので、支場は国の放流計画の下で放流事業を実施しており、特にサケ(シロザケ)についてはすでに放流効果が見えて、漁業への貢献も大きく、資源造成のための事業という色彩が強く、技術開発としての側面はやや薄い印象でした。一方でサクラマスはまだ目に見えた放流効果が現れていなかったこと、おまけに道立孵化場は遡上系(海から回帰した親魚)ではなく、池産系(養殖した親魚)由来の卵を使った放流をやっていたので独自の開発研究ができたことから、本場、支場一体で研究を進めていました。

大学院時代に森支場でアルバイトをやっていたので池産系については多少の知識はありました。しかし、ここで採卵したサクラマスを川に放流して海の資源造成に使っているとは知りませんでした。えりも支場着任後に宮本真人さんと歌別川で放流後の稚魚の追跡調査を始めましたが、7月~8月に光った魚が投網に入りました。この魚が久保達郎先生(北海道大学)の論文に書かれていたスマルトであることに感動しました。しかし、太平洋は寒いとはいえ、こんな遅い時期に海に泳いでいって大丈夫なのか?そもそも当歳魚でスマルトになるのは何故?など疑問も多くでてきました。この疑問がサクラマスとの長い付き合いの始まりとなりました。サクラマスの生活史から考えると、採卵から早くても3年が経過しないと成熟しないというのが常識でしたが、当時の森支場では、冬期間の高水温飼育と高成長選抜により秋に採卵・受精後、翌春にはスマルト(以後促成スマルト)生産が可能のため2年で成熟する特別なサクラマスが完成していました。しかし、このサクラマスを川に放すと、一部の個体が真夏にスマルト化することになったのです。当然、この魚が帰ってくることはありませんでした。一方で、平成元年に森支場に赴任した時は、5月に促成スモ

ルトが生産可能であることからこの種苗を使つての試験放流を当時の森支場長の岡田鳳二さんや増殖係長の小出展久さんたちと進めました。この話題は北海道新聞の記事にも取り上げられ話題性はありました(写真1)。渡島



写真1 1991年7月2日の北海道新聞に掲載された記事

管内の各漁業協同組合に協力していただき大型の水槽等で海水馴致してから放流しました。標識には脂鰭と臀鰭などの組合せによる鰭切除に加えて、他の放流群と明確に区別するため耳石の蛍光標識も行いました。渡島管内に回帰してくる冬から春にかけては職員総出で市場に向いて標識魚の発見作業を行いました。鰭のない魚や鰭が少し再生したサクラマスを見つけると買い上げて支場に持ち帰り、耳石を頭から摘出して蛍光顕微鏡で標識が確認できたときの嬉しさは今も忘れません。ただ促成スモルトは一部で成果もみられましたが、残念ながら規模の大きな事業化には至りませんでした。その理由は、促成スモルトの生産は森支場以外では難しく、また稚魚の段階で川に放流しても資源には結びつかないことも徐々に明らかになったからです。

森支場で世代をこえて再生産されてきたサクラマスは森支場の環境下で人為選抜により生物学的には違う特性をもつ集団になり、そのことが放流後の自然環境下では不利に働くのではないかとこの考えを私はもつようになりました。その当時、真狩支場にいた小林美樹さんたちが神恵内村を流れる古宇川に放流した森支場由来の池産系スモルトが古宇川の天然魚に比べて海に出る時期がかなり遅いとの結果を報告していました²⁾。その後の調査でも沿岸への回帰も良くないことから、これまでの在来系統を入れ替えて、後志管内では優良なサクラマスとして定評のある尻別川の遡上系の卵を導入して再出発することになりました。ただし、この段階では、スモルトの遅れが森支場に導入された系統の問題なのか、あるいは支場での継代養殖中に変化したためなのか、ということは判然としていませんでした。この二つの疑問に答える試験放流が小山達也さんらによって行われました。一つは、小鴨津川での異系統交配サクラマスの放流試験です³⁾。森在来系と尻別川遡上系を交配したF1魚のスモルトの出現時期、海に降下する時期は両集団の中間的な時期となったことから、森在来の遅いスモルト化や降海時期は遺伝性が強いとの結論となりました。では、日本海に適合した尻別川遡上系を導入すると全ては解決するのでしょうか？小山さんは、尻別川由来池産系降下時期を複数世代調べました。すると継代回数が増えるにしたがって降下時期も遅れるという現象を発見しました⁴⁾。このことは人為環境下で飼育されたサクラマスは何らかの理由でスモルト化の発現時期を変化させ、それが次世代に受け継がれることを示唆したものと考えられました。これらの結果は、放流種苗は放流河川あるいは近くの集団を使うこと、また養殖系を利用する場合は継代を重ねないことの重要性を示した点で大変価値のある研究となりました。

さて、私にはもう一つの課題が残っていました。それは、放流魚の回帰効果を正確に把握する手法を手に入れられることでした。このことが曖昧だといつまでたっても事業を継続することになります。種苗放流による漁業資源の造成事業では常にこの問題がつきまといました。森支場時代に支場長であった岡田さんに「放流効果を正しく評価できないと池産サクラマスの今後の展開は難しい」とお話し、日本より先駆的な技術を導入している北米の研究機関での研修の機会を手に入れました。研修先はカナダ国立太平洋生物学研究所 (PBS) です。Ricker博士、Margolis博士、Beamish博士などサケマス研究では名だたる研究者を輩出している研究所です。この研究所は色々な標識方法と統計学的手法を使って野生魚の個体群動態や資源評価を実施しており、これらの手法を放流事業に導入するのがねらいでした。誰をカウンターパートに選ぶか、PBSの研究者の業績を調べて中堅どころで現場研究にも強そうなJames Irvine博士に絞りました。山内皓平先生 (北海道大学) の以前からのお知り合いで、私も面識があったPBSのClarke博士を通じて所長のBeamish博士に客員研究員の受け入れをお願いし、平成4年5月から平成5年1月までの8ヶ月間の研修が実現しました。研究所ではワイヤータグの目尻、脂鰭などでの保持率の実験やトラップを用いた野生集団の個体群動態の推定方法などの手法を習得することができました。



写真2 Irvine博士のマイボートでギンザケを釣った記念のスナップ

Irvine博士には公私に亘り大変お世話になり（写真2）、その恩返しではないのですが、当場の若手研究者にも刺激を与えようと道庁の客員研究員招聘事業に応募したところ見事に採択になり2005年9月～2006年2月まで7ヶ月間、家族とともに恵庭に滞在して研究者の指導にあたってくれました。

PBS滞在中には標識魚の漁業者からの報告や市場調査に基づく放流効果推定に利用できる情報は集まらず困っていたところ、市場調査に基づく標識魚の推定手法について東京海洋大学の北田修一先生の論文が国際誌⁹⁾に掲載されていたのを見つけました。日本に帰国後、早速北田先生を招待してゼミナールを本場で開催し、サクラマスプロジェクト研究で杉若圭一さんが部会長をしていた放流効果判定部会でその手法を導入して全道各地の標識魚の発見体制を確立して放流効果の判定が行われました。その成果は宮腰靖之さんが中心になってまとめられ国内外の学術雑誌に多数投稿されました¹⁰⁾。そして、その研究成果で日本水産学会「水産学技術賞」を受けることとなり¹¹⁾、種苗放流の放流効果を精度よく評価する技術開発が栽培漁業においてどれほど重要か、多くの研究者・技術者に認識されました。放流サイズの大型化により放流効果を高めることが推察されましたが、経済回収率（すなわち種苗生産経費に対する親の市場価格の比率）は1～2程度と民間事業として行うにはギリギリの回収率でした。ちなみにその当時のサケの経済回収率は10以上と魚類の放流事業としては抜きん出た成績でした。市場調査を通じて精度の高い放流効果が判定されたことで、サケと同じような放流事業中心の資源造成では民間の負担が大きく、持続性に課題があることが改めて認識されました。サケ類の放流事業は北太平洋の多くの国で行われていますが、放流効果がなくて民間ベースでできている魚種は、サケとカラフトマスで、サクラマスと同じように河川生活の長いギンザケ、マスノスケなどは苦戦しているのが現状です。

森支場でサクラマスの放流効果に関わる仕事をしていた時に、ひょんなことから道立林業試験場との共同研究が始まりました。林業試験場の道南支場で河畔林の役割を研究していた柳井清治さん（現在は石川県立大学教授）、寺井和彦さん（現在は東京農業大学教授）が森支場を訪れて、道南地方の保護水面河川である原木川でサクラマスと河畔林との相互関係の研究をしたいとの提案でした。私もサクラマスは放流事業だけではやっていけないと直感的に思っていたので、彼らの提案を受け入れ共同研究が始まりました。林業試験場と当場との共同研究は、積丹川での河川改良、貫気別川の畑地土砂流入における河畔緩衝地帯の役割などその後も続きました。これらの

仕事はサクラマスを増やすためには河川や流域環境の保全や改良が重要であることを我々に強く印象付けることとなりました。その後、私のサクラマス研究は海外へと広がりを見せることとなります。私は2000年に北海道大学から「サクラマス稚魚の移動分散に関する生態学的研究」というテーマで博士号を取得しましたが、その時に副査で懇切丁寧な指導を受けた帰山雅秀先生（現在は北海道大学国際本部特任教授）に誘われてサケマス関係の国際会議に出席し、北海道のサクラマスの研究成果、資源管理や放流事業の成果と課題などを発表する多くの機会を得ることができました。2003年6月にバンクーバーで開催されたサーモン・サミットはサケマス研究者以外にも北米の資源管理者、漁業者、原住民なども集まり、資源保護やふ化場魚と野生魚との共存、温暖化の影響など多くのテーマで議論が行われました。カナダユーコン準州の州都ホワイト・ホースからは女性の原住民が参加しており魚採りは女性の仕事と聞いて驚きました。彼女らはユーコン川上流でのサケマス資源の枯渇を嘆いていました。サミット後のバンクーバー島の視察は地元住民との交流など印象深い旅となりました（写真3、4）。

このように思いもよらない形で就職した道立孵化場時代にサクラマスという魚が私の好奇心を刺激し、おかげで多くの経験をさせていただいたことに心より感謝しています。だからこれからもサクラマスが北海道の河川で普通に生活できるように河川環境を守ってあげることが大切だと思っています。また、サクラマスの放流事業に長らく携わってきた研究者として感じることは、新たな研究や技術開発にチャレンジすることは大事ですが、その決断をする前に、しっかりと科学のレビュー、問題を解決するための用意周到な準備をしなくては、無駄な努力を後輩に与えてしまうということを自分の反省を含めて強く感じています。次回はサケ研究についてお話しします。

（場長 ながた みつひろ）

参考文献

- 1) 永田光博 1992. 促成サクラマスを用いたスマルト放流. 魚と水, 29, 32-35.
- 2) 小林美樹・岩見俊則・岡田鳳二 1988. サクラマスの生態学的研究 I. 古宇川に放流した池中継代サクラマスの降海行動について. 孵化場研報, 43, 57-64.
- 3) 小山達也・永田光博 1995. 池産系, 尻別系サクラマス及びその交雑魚の公開時期. 孵化場研報, 49, 1-7.
- 4) Koyama, T., M. Nagata, Y. Miyakoshi, H. Hayano and J. R. Irvine 2007. Altered smolt timing for masu

salmon *Oncorhynchus masou* resulting from domestication. *Aquaculture*, 273, 246-249.

5) Kitada, S., Y. Taga, H. Kishino 1992. Effective of a stock enhancement program evaluated by a two-stage sampling survey of commercial landings. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 1573-1582.

6) Miyakoshi, Y., M. Nagata, K. Sugiwaka, and S. Kitada. 2001. Commercial harvest of hatchery-reared masu salmon *Oncorhynchus masou* estimated by a

coast-wide sampling program in Hokkaido, northern Japan, and the two-stage sampling schemes of landings. *Fish. Sci.*, 67, 126-133.

7) 宮腰靖之 2014. 平成 25 年度水産学技術賞 サケマス資源の増殖保全技術の向上. *日水誌*, 80, 674-676.



写真3 サーモンサミットで訪れたバンクーバー島の先住民とのダンス(筆者は中央)



写真4 バンクーバー島の先住民のサケ捕獲 (但し、写真は 2007 年のもの)

恵庭移転 30 周年に関連して

栗倉輝彦

私が水産孵化場にお世話になったのは、昭和 36 年 11 月から平成 6 年 5 月までの 32 年 6 ヶ月で、道職員としては、室蘭水族館での 3 年 7 ヶ月が加わるので、約 36 年間お世話になったことになる。調査課、調査研究部勤務が長かったが、支場勤務では 10 年前の機構改革で閉鎖になった森支場と、この時、道北支場になった後、閉鎖になった増毛支場の 2 箇所で、単身赴任の経験も 4 年間させていただいた。この間、多くの皆さんとの出会いがあり、大変お世話になった。

調査研究部魚病科では、科の創設から 10 年間勤務させていただいたが、私にとって最も充実した時期であったように思う。現在は内水面資源部内水面研究グループ（魚類防疫）になっているが、今年で創設 41 年目になる。この当時、勉強させていただいたことは、2011 年ま

で道内の 4 大学で非常勤講師として、講義をさせていただいた。



米国内務省 東部魚病研究所

本場の移転本決まり

<p>昭和 11 年以来、現在地において精進川から取水して、さけ稚魚の放流、鯉、金魚の種苗生産事業や、さけ、ますを含めた内水面増養殖事業に係わる試験研究が行われてきたが、昭和 30 年中頃から都市化が急速に進み、これに伴って河川環境が著しく悪化し、昭和 44 年には種苗生産を中止するに至った。</p> <p>一方、昭和 39 年から本場の適地調査が行われ、昭和 47 年度までの調査結果に基づいて、その移転先を恵庭市北柏木町に決定した。</p>	<p>昭和 49 年 3 月には、北海道土地開発基金が土地を取得、更に立地条件等について昭和 56 年度まで調査を実施、昭和 57 年度には基本設計調査を、昭和 58 年度には実施設計が行われ、昭和 59 年度から着工、昭和 60 年度には完成移転の予定である。</p> <p>なお、施設の概要は次のとおりである。</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>敷地面積</td> <td style="text-align: right;">20,061 m²</td> </tr> <tr> <td>研究管理棟</td> <td style="text-align: right;">2,469.7 m²</td> </tr> <tr> <td>採卵室等付属建物</td> <td style="text-align: right;">153 m²</td> </tr> <tr> <td>屋外試験池</td> <td style="text-align: right;">861 m²</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">(特別研究員 伊藤小四郎)</p>	敷地面積	20,061 m ²	研究管理棟	2,469.7 m ²	採卵室等付属建物	153 m ²	屋外試験池	861 m ²
敷地面積	20,061 m ²								
研究管理棟	2,469.7 m ²								
採卵室等付属建物	153 m ²								
屋外試験池	861 m ²								

故伊藤小四郎氏による本場移転の記事

魚と水 22 号(昭和 59 年)より転載 復刻 佐々木義隆



実験室の内部 (1979 年に写す)



建築中の恵庭庁舎 (一寸違うが、実験室の窓側のデザインは東部魚病研究所に似ている)



左から：本間さん（故人）、新谷さん、外崎さん、小島さん、伊藤さん、私

私は旧道立水産孵化場が恵庭に移転した時は当時の増毛支場に勤務していた。すなわち、1984年5月に札幌市中の島から増毛支場に転勤し、1988年4月に恵庭に移転した本場に転勤した。このため、1985年の札幌から恵庭に移転にかかわる直接の思い出はない。

設計の段階では、亡くなった伊藤小四郎さんと魚病研究室の内容について検討に参加した思い出がある。当初は上から見て横長の配置であったが、立地に合わせてロの字に改められた。また、実験室の窓側を有効に使用するアイデアを求められ、海外研修で訪れた米国内務省東部魚病研究所の例を次の写真で説明した記憶がある。

増毛支場勤務は単身赴任であったので、土日は札幌に帰ることが多かった。時々、恵庭に寄って建築の進み具合を見ていたが、東部魚病研究所のアイデアが採用されたことを知り、嬉しく思った記憶がある。

当時は私が勤務していた増毛支場の他に森、えりも、

宗谷、真狩および熊石の5支場があり、定期的に本場と支場の情報交換のための支場長会議が開催されていた。移転後初めて開催された会議の時、正面玄関の階段のところで、記念撮影を行った。

1988年に本場に戻ったが、魚病実験室は大変立派になっていた。しかし、新しい実験室を使用することは殆ど無く、寄生虫標本作製するため、休日に出勤して他の実験室を使用させていただいたことがあった。

道庁の初代水産課長であった伊藤一隆が1886年に米国に渡り、帰国後1888年、現在の千歳市に孵化場を建設してから、1936年に札幌市中の島に移転、中の島から1985年に恵庭市に移転、合計すると127年の歴史がある。

今後のさけます・内水面水産試験場の益々のご発展をご祈念申し上げます。

(元場長 あわくら てるひこ)



ご来場された常陸宮殿下にご説明する粟倉場長（当時）
1992年

魚病研究などについて最後に言いたいこと

鈴木邦夫

1. 始めに

2016年3月末日をもって定年退職となります。1985年4月1日に北海道立水産ふ化場（現 さけます・内水面水産試験場）に採用・配属されて31年になりました。これまで主にサケ科魚類の魚病に係る研究に従事させていただきました。最後に（もしかしたら今後 後に続く方々の参考になるかも知れないことを）2、3書き留めておこうと思います。1984年12月に水産学博士の学位をいただき（北海道大学水産学部増殖学科、生理生態学講座山田寿郎教授）就職活動をしておりましたところ、運良く縁あって水産ふ化場で働くこととなりました。ただ、当時は学生時代鹿部の栽培センターで講座の先輩である草刈宗晴博士の研究（クロソイの種苗生産）のお手伝いをさせていただいたことなどから、海面水試の方を希望しておりました。魚病の仕事は水産ふ化場に配属されてから始めたことで、最初は何一つわからず、当時 魚病科長であった坂井勝信博士からごく基本的なこと（培地の作成、細胞培養、魚病検査の初歩など）を教えていただき手探り状態で始め、試行錯誤の連続でした。ちなみに、私は学生時代 魚類の白血球（病原体等に対する生体防御に関係する細胞）について調べておりました^{1,2)}が、魚病（感染症学）にも微生物学にもあまり興味がなく微生物の学生実験さえ経験していない状態でした。当時はニジマス、ヤマベ等の内水面養殖が盛んで（そのため？）、様々な魚病が猛威をふるっており魚病診断・検査・防疫対策等でかなり忙しかったと記憶しています。



図1 IHN(伝染性造血器壊死症)で死亡したニジマス仔魚体側にV字状の出血斑(IHNの典型的な症状の一つ)がみられる

1990年代（バブル崩壊前後）は検査や防疫対策・指導等でかなり忙しい状態で、年間の魚病診断件数は80-100件程度だったと思います。魚病の中でも、特にIHN

(infectious hematopoietic necrosis、伝染性造血器壊死症：図1) と呼ばれるウイルス病とBKD (bacterial kidney disease、細菌性腎臓病：図2) と呼ばれる細菌病

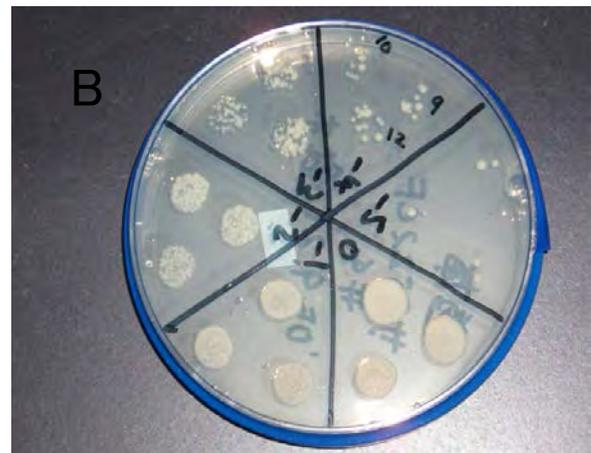
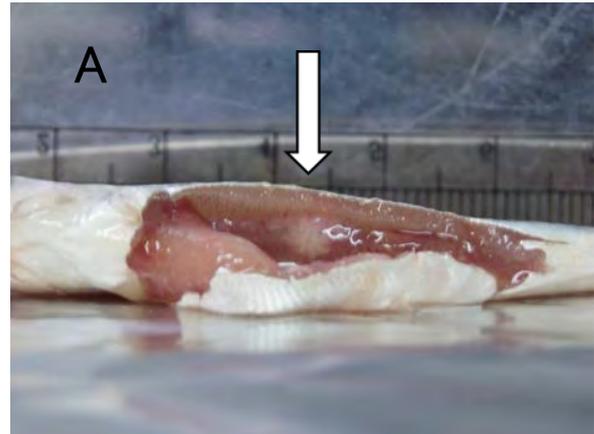


図2 (A)BKD(細菌性腎臓病)菌感染試験で死亡したサケ稚魚の腎臓 腎臓に白色の膨隆部(BKDの典型的な症状の一つ、 図の矢印で示した部分)がみられる。また、腎臓は全体的に褪色している (B)BKD菌 *Renibacterium salmoninarum*のコロニー 白色の部分 がBKD菌が増殖したところである

による被害が大きく、もし仮に今後も魚病に関われるなら、どちらかの被害を軽減できるような少しでも貢献したいと思いました。6-7年経過して、研究を展開する必要があると考え、当時一緒に魚病の仕事に関わっていた畑山誠さん（現 さけます・内水面水産試験場

内水面資源部道東内水面G) に手伝ってもらいながら、組み替えDNA、DNAシークエンサー、PCR等のいわゆる分子生物学的手法を取り入れて研究を始めました。当然、近くになんでも聞ける「先生」などはおらず、夜は参考になりそうな文献資料を読みあさりました。当時の私の愛読書は、Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 第2版 (Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989年) でした。

2. オレゴン州立大学 Oregon State University

1995年、北海道立の試験研究機関職員を対象とした長期海外研修で、オレゴン州立大学 (Corvallis コーバリス、オレゴン州: 図3) におかげさまで約7ヶ月派遣され、大変勉強になりました。オレゴン州立大学には、



図3 オレゴン州立大学 Oregon State University キャンパス内の建物

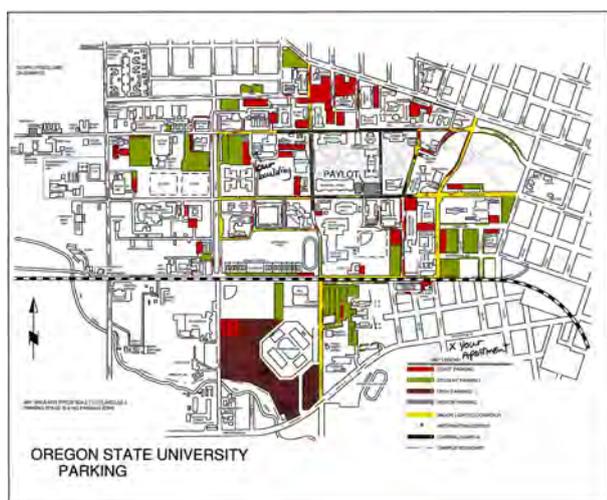


図4 オレゴン州立大学のキャンパス地図(駐車場の配置図)

Dr. Leongの研究室は図の中央部上にあるNash Hallと呼ばれる建物にあった

IHNウイルスの研究で世界的に知られていたDr. Leongの研究室があり(図4)、活発に成果をあげており(ウイルス関係の学術雑誌としてはかなり評価が高いJournal of Virology (American Society for Microbiology)等に多数論文が掲載されていた)、すでにIHNウイルスのワクチン開発にも取りかかっているようでした。幸い研究室の大学院生(Marc Johnson)と一緒にいくつかのプロジェクトにも参加させていただき、滞在期間の関係で全て途中までしか関われませんでした但有意義な時間だったと思います(結果の一部は水産学会で発表しました)。研究を始めた当初は試薬や機器の場所さえわからず、会話は研究に関することは苦労しませんでした(雑談は理解できず、しかし、まるで学生時代のように研究三昧の毎日でした(天国です)。コーバリスは、確か人口5万人ほどのどかな町で(図5)、大学と林業(クリスマスツリー)とヒューレット・パッカド(コンピュータ会社)の工場があり治安の良い自然の豊かな良い雰囲気のところでした。大学のキャンパスも日本のように塀で囲まれている訳では無く町に溶け込んでおり非常にオープンな感じ



図5 コーバリス Corvallis で筆者が住んでいたアパートからの1シーン 冬も雪はほとんど降らず穏やかな気候だった

を受けました。Dr. Leong始め研究室の皆さんには(図6)、日本から来た異邦人を研究者仲間として暖かく迎え入れてくださり感謝しております。印象に残ったのは、程度の高い研究をしていたにも関わらず(無関係に)使用している機器がかなり古かったこと、大学内の研究者間の(個人的な)ネットワークが発達しており使用する試薬など(試薬、酵素、株細胞、ベクターなど)をお互いに貸し借り?して研究予算を有効活用していたこと、人間関係のドライさと同時に親しくなったときのフランクさ、論文化の驚異的なスピード、研究室の皆さん(一部を除きネイティブスピーカー)の英語の流ちょうさ、研究企画書等の英語の文章のうまさなどです。昔、ある方に(研



図6 Dr. Leong 研究室の皆さん 左から筆者、Helen、Linda、Marc (Johnson)、Ben、Dr. Leong(中央の黒服の女性)

究者として大先輩)、「研究は予算や機器ではなくアイデア(自然や自然現象に対する自分なりの見方・考え方が大切だ」と言われたことがありましたが、そのことを実感しました。

3. 体腔液中の病原体

サケ科魚類では、性成熟に伴い雌親魚の体腔中に液体がたまり(体腔液と呼ばれる)、その中に一部の魚では病原体が検出されることが知られています。この病原体が検出される魚は保菌状態(キャリアー)であったと考えられます。キャリアーは病原体を体内に保有していても発症(病気の症状がでること)しない魚のことをいいます。すなわち、このキャリアーの魚は感染場所・感染時期は不明ですが感染しており、体内に保有していた病原体が性成熟に伴い何らかの原因(免疫が弱まるなど)で増殖し体腔液に見られるようになったと考えられます。サケ科魚類の魚病では、病気(感染症)の感染源として親魚(体腔液中の病原体)と発症魚・死亡魚が考えられ、そのため体腔液検査は病気を防ぐ点(防疫)から非常に重要な検査と言えます。

これまで体腔液の検査によりIHNウイルスを始め、OMV(*Oncorhynchus masou virus*)やBKD菌(*Renibacterium salmoninarum*)、冷水病菌(*Flavobacterium psychrophilum*)等が全道のサケ科魚類ではしばしば検出されています。このうち、サケ体腔液中のBKD菌と冷水病菌については、2004年にさけます・内水面水産試験場で他に先駆けて検査を開始しています。当時一緒に魚病の仕事をしていた三坂尚行さん(現 さけます・内水面水産試験場内水面資源部)と佐々木典子さん(現 水産研究本部企画調整部)と先ずサケ体腔液について調べてみました。詳しくは論文を参照していただきたいと思いますが^{3,4)}、調べたほとんどの河川で遡上親魚からBKD菌および冷水病

菌が検出されました。北海道内の病原菌の分布だけでなく定量検出方法の高度化を行い、さらにサケ等のサケ科魚類に対する病毒性(病原体が感染後魚等に病気を起こす性質)についても確認しています。冷水病については三坂尚行さんが精力的に研究を進めその成果は防疫対策に生かされています。このうち、BKD菌についてやや詳しく述べたいと思います。2004年の調査では、nested-PCR(PCRを連続して行う方法、通常のPCRより検出感度が高い)で全道8河川の遡上サケ親魚のうち7河川のサケからBKD菌が検出され(図7, 8)、検出率(各河川の調べた60個体のうち検出された割合)は、0%~30%となっています。このことは少なくともこの年の遡上サケ親魚にはBKD菌が広く分布していたことを示唆します。次に、BKD菌に関しては、検査方法の高度化とサケに対する感染試験結果・病毒性について述べたいと思います。

●検査方法の高度化：一般的に病原細菌の検査や診断における検出方法には様々なものがありますが、何を検出しているかが常に問題となります。例えばPCRはDNA(ゲノム、遺伝子)を増幅する技術ですので、検出されたのはDNA(デオキシリボ核酸)という物質になります。このとき、その検出されたDNAと増えることができる病原菌の関係が問題です。すなわち、DNAは(割と丈夫な)物質なので、生きて増えることができる病原菌中のDNAだけでなく、生きていても増えられない状態や死んだ病原菌のDNA、さらには環境中に存在する裸のDNA(病原菌由来)まで検出される可能性があります。また、細菌の定量(魚体中、培地中等の細菌の数を測定する)には、適当な人工的な培地上に細菌をばらまいて出てきたコロニー(理想的には1個の細菌が増えて肉眼的に見える大きさまでなったと考えられる細菌の塊)の数を数える方法(培養法)がとられます。しかし、BKD菌は非常に増えにくい細菌で通常の培養法では8-12週間程度かかってしまい、通常の魚病検査・診断には使えません。このようなことから、リアルタイムRT-PCRでBKD菌のある遺伝子(*msa*遺伝子、BKD菌の病原性に関連すると言われている)のmRNA(メッセンジャーRNA)を検出・定量する方法を開発しました(図9, 10)。微生物(病原細菌)のmRNAは分解されやすいため、それが検出されることは微生物が生きて活動していることを示唆します。費用の問題等はありませんが、この方法は迅速で検出感度が高く、生きて活発に活動し増えることのできる病原菌を検出・定量できることから、今後魚病の分野でも広く使われるようになる可能性があります。

●サケに対する病原性・病毒性：ウイルス、細菌等の病原体の病原性・病毒性は、宿主(感染し増えることのできる生物)の種類や大きさ(年齢、仔稚魚か親魚など)

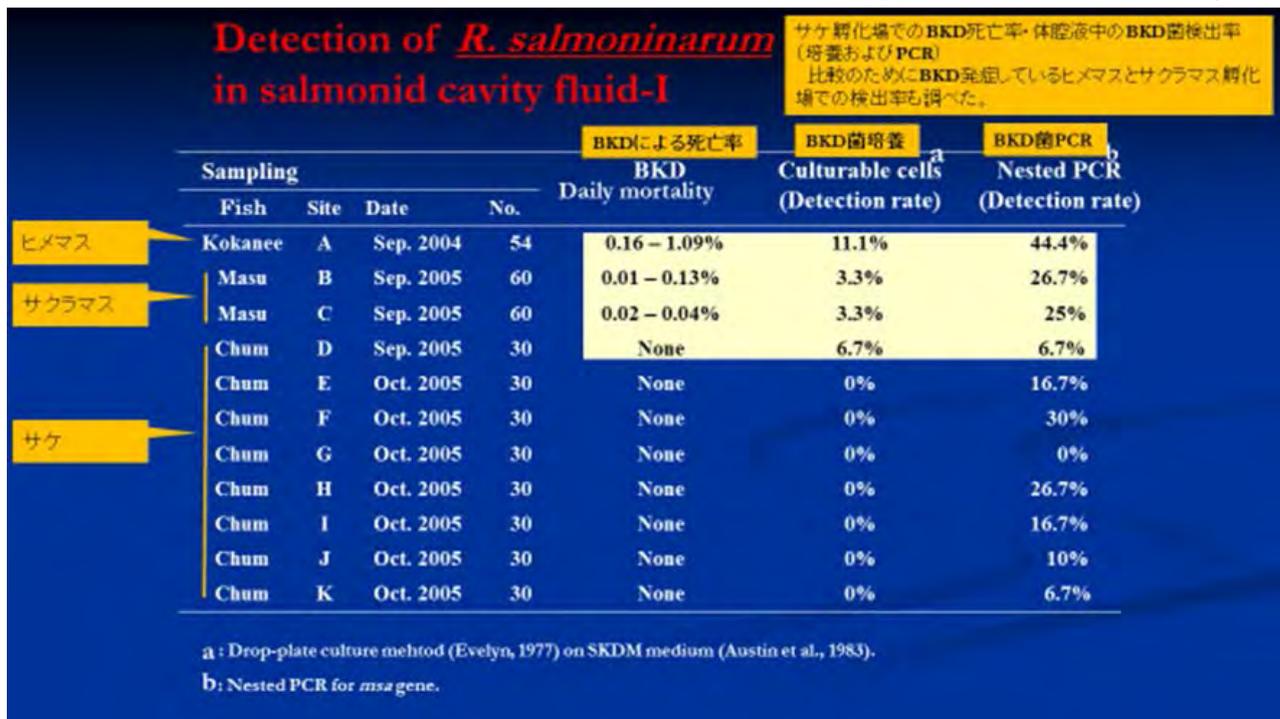


図7 2004年における道内のサケ・サクラマス・ヒメマス親魚体腔液中のBKD菌検出
 サケ親魚では発症・死亡はないものの、8河川中7河川で、検査個体の最高30%からnested-PCRでBKD菌が検出された

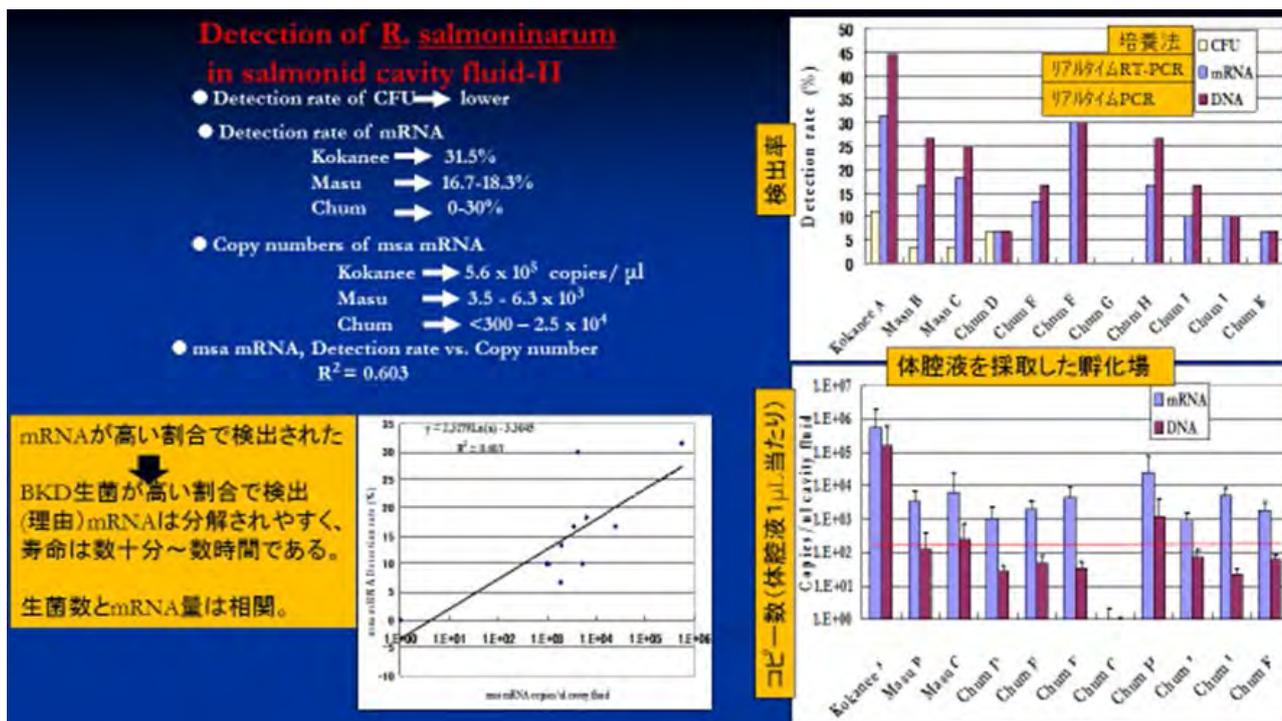


図8 サケ体腔液からリアルタイム PCR およびリアルタイム RT-PCR でそれぞれ標的遺伝子 *msa*(DNA) およびその mRNA が高い濃度で検出された

および密度、健康状態など、水温等の環境条件などの種々の条件で変わります。また、一般に病原性・病毒性は変化する(変異とよばれる)ことが知られています。そこで、サケ体腔液から分離されたBKD菌を用いて、サケ稚魚

に対する病原性を感染試験で確認しました。サケ稚魚に接種して通常の流水(淡水)飼育したところ、接種後18週で累積17%が死亡しました(対照の累積死亡率4%: 図11)。一部を接種後7週で海水飼育(止水、閉鎖循環、

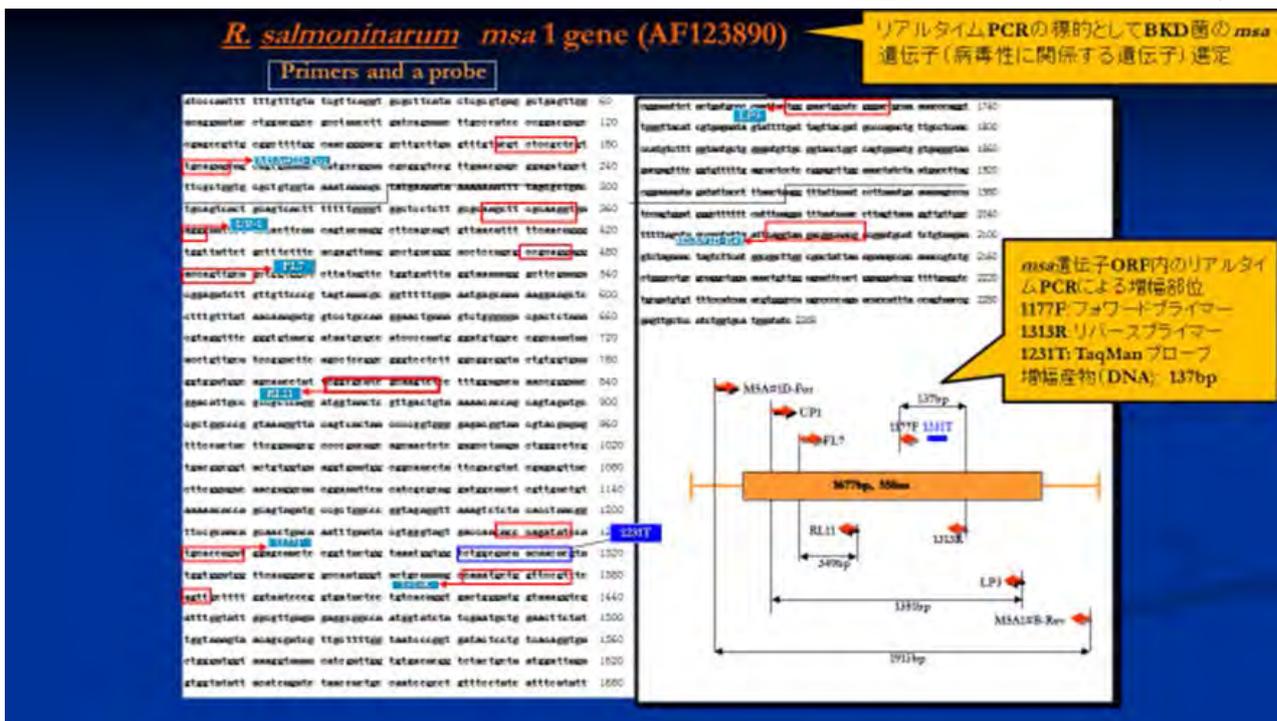


図9 リアルタイムRT-PCRのためのBKD菌msa遺伝子増幅部位の塩基配列およびプライマー

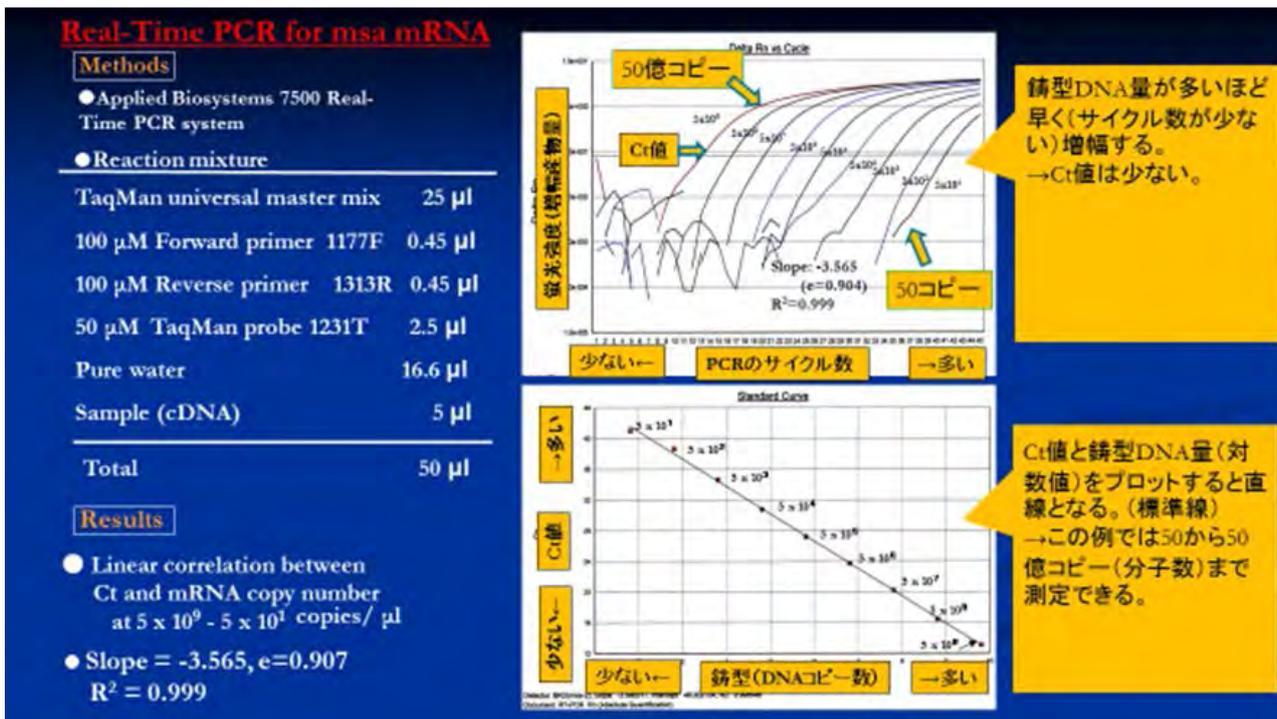


図10 BKD菌msa遺伝子のmRNAを標的としたリアルタイムRT-PCR 検出感度が高くかつ検出範囲も広い

人工海水、毎日全量交換)に移行し18週まで飼育したところ、累積死亡率は33% (対照は14%) となり、海水に移行すると死亡が増加するらしいことも観察しました。このことは、サケ稚魚が淡水飼育中にBKD菌に感染した場

合、放流後或いは海中飼育後、一部の魚で発症・死亡する可能性が高まることを示唆します。なお、実際の(ニジマス・サクラマス等の) 増養殖施設でのBKDによる日間

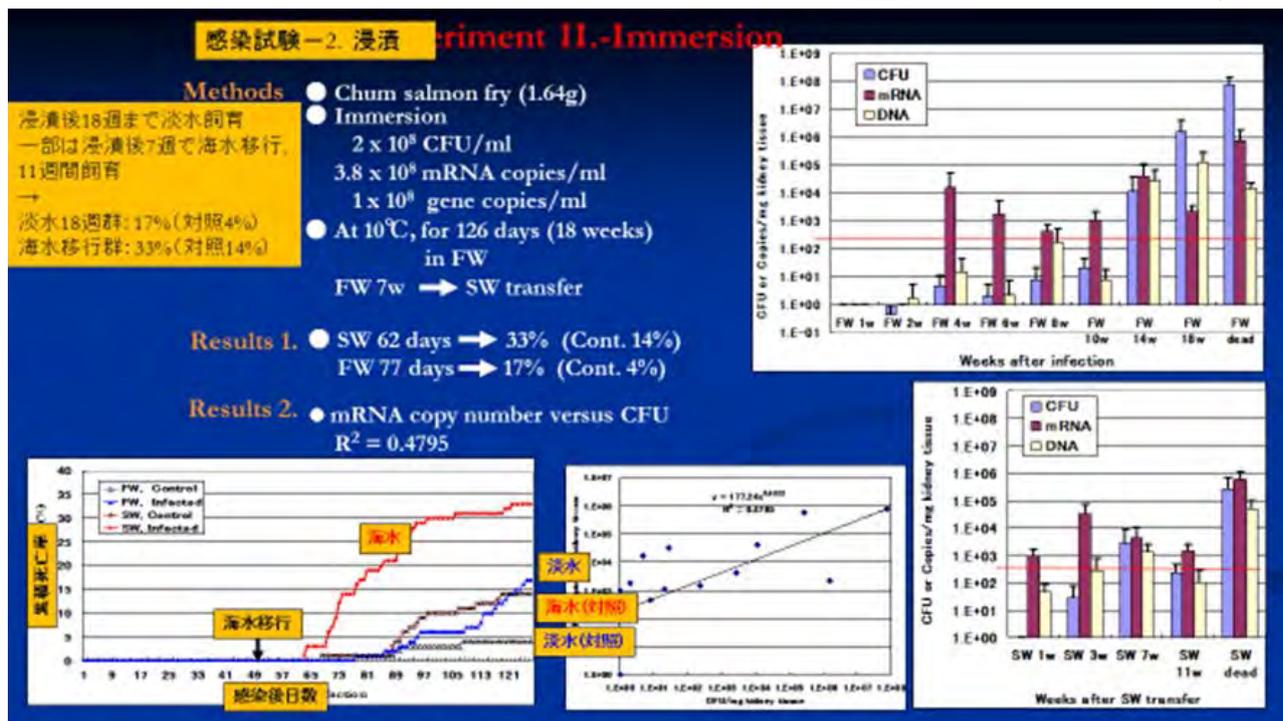


図 11 BKD菌のサケに対する感染試験結果 淡水中で浸漬感染後、10 週程度で死亡し始め 18 週までの累積死亡は 17%であった (対象は 4%) 淡水で感染後、7 週から海水飼育した群は累積死亡率が 33%(ただし、止水飼育、対象は 14%死亡)

死亡率 (1 日に全飼育数のどの位が死亡するかという割合) は 0.1%程度とされています。

2015 年のサケ遡上親魚の体液液について水野伸也博士 (さけます・内水面水産試験場 内水面資源部) が中心となり nested-PCR で調べたところ、全道の 7 河川中 6 河川から BKD 菌が検出され、検出率は最大 93% となっており、全道的にサケ稚魚への感染や放流後の発症・死亡が危惧されます。

4. IHN ウイルス

IHN ウイルスの DNA 型 (DNA form) について論文としては後に報告しましたが、調べるようになった経緯を述べてみたいと思います。1998 年に道内のあるサケふ化場から魚病検査の依頼があり、通常検査を行いました。その結果病原体は検出されませんでした。日間斃死率は最高 0.1% 程度で浮上後から始まり 10 日程度で斃死はほぼおさまりましたが、IHN 様 (体側筋の出血斑?) の症状がみられました (図 12, 13)。そこで通常細胞培養法を行いました、ウイルスは検出されませんでした。すなわち原因不明の斃死ということですが、当時上司であった坂井勝信博士 (魚病科長) から PCR をやってみたら (RT-PCR ではなく) とアドバイス (?) を受け、やってみたら陽性であったので非常に驚きました (図 14)。どういう意図で坂井さんが言われたのかは未だお聞きし



図 12 Aふ化場におけるサケ斃死魚の症状 サケ斃死魚 (左) は体側筋に出血? がみられる 写真右は正常魚 (表皮を剥いだ状態) 比較のために、IHN 死亡魚 (ニジマス仔魚) を示す IHN 死亡魚では体側に V 字状出血斑 (IHN の典型的な症状の一つ) がみられる

ていませんが、当然お考えがあったと思います。IHN ウイルスは RNA ウイルス (ゲノムとして RNA をもつウイルス) で、その生活史に DNA となる状態は報告されていません。したがって、もし DNA の状態があるなら (これを DNA 型と呼ぶ)、これまで未報告の生活史 (例えばキャリアーなどに関係する) をもつ可能性があります。この DNA 型に関して

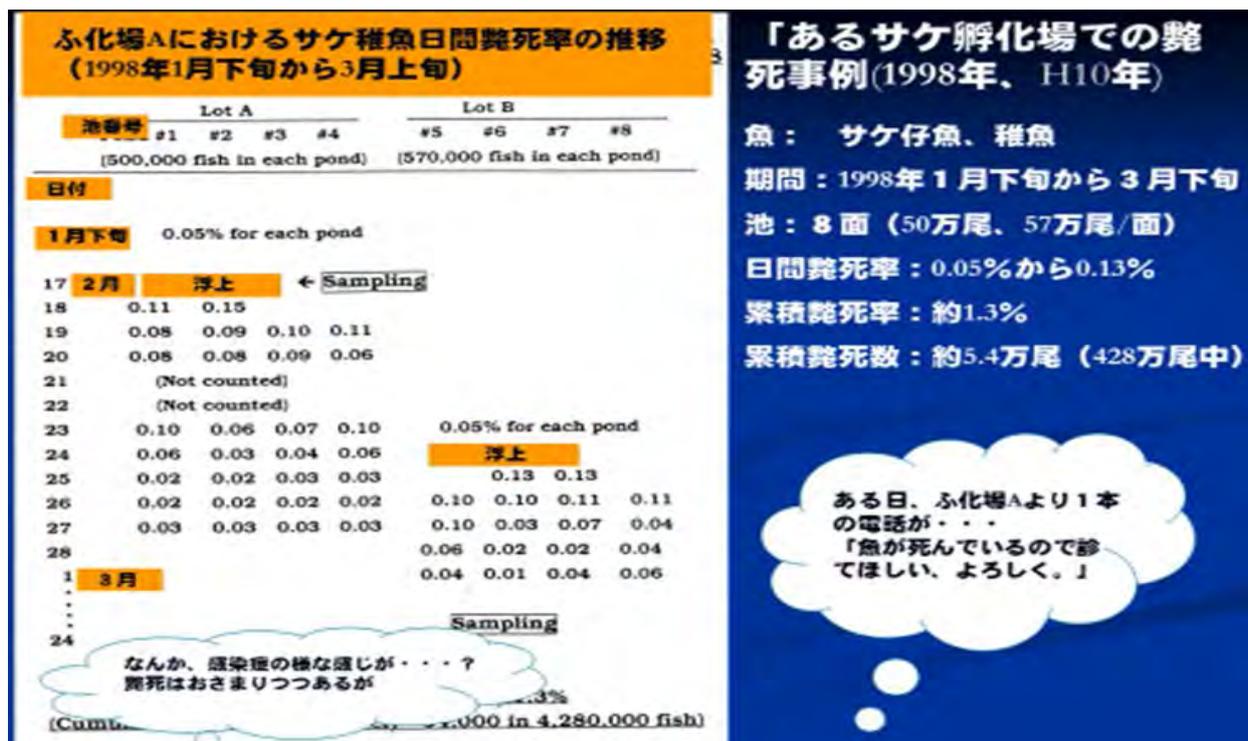


図 13 Aふ化場におけるサケ稚魚斃死状況(日間斃死率の推移) 飼育魚 428 万尾(池 8 面)は、浮上後斃死が見られ(日間斃死率は 0.01 から 0.13%程度)、累積斃死数は約 5.4 万尾であった 病原体(IHNウイルス含む)は検出されず、PCRでIHNウイルスのDNA型が検出された

は後で述べる海産魚の神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)のDNA型と同様、できる限り徹底的に調べました。なお、このIHNウイルスのDNA型と症状(サケ稚魚でみられた体側の出血様)との関連は不明です。

いろいろな疑問がありますが、少なくとも次のことは言えると思います。1) 魚組織中には弱い逆転写酵素活性が検出され、このDNA型は魚に感染後、体内の逆転写酵素活性で産生される。2) 塩基配列が高度に保存されている。3) 親から精子・卵を介して仔稚魚に伝達されているらしい(図 15)。4) 増養殖魚及び天然魚に広範囲にみられる。5) 調べた限りではDNA型から直ちにウイルス(感染粒子)ができる様にはみえない。これらのことからウイルス(感染粒子)との関連は不明ですが何らかの生物学的働きがあると推測されます。特にキャリアー状態との関連は興味があるところです。

なお、RNAウイルスのDNA型は、IHNウイルスで調べ初めてから数年後に文献検索したところ、人を含めほ乳類の複数のウイルスでも既に報告されており^{6,7)}、RNAウイルスに一般的にみられる現象と思われる。

5. 薬事法改正

2003年5月に「薬事法」が突然改正され、ホルマリン、マラカイトグリーン等の使用が禁止されました。ホルマ

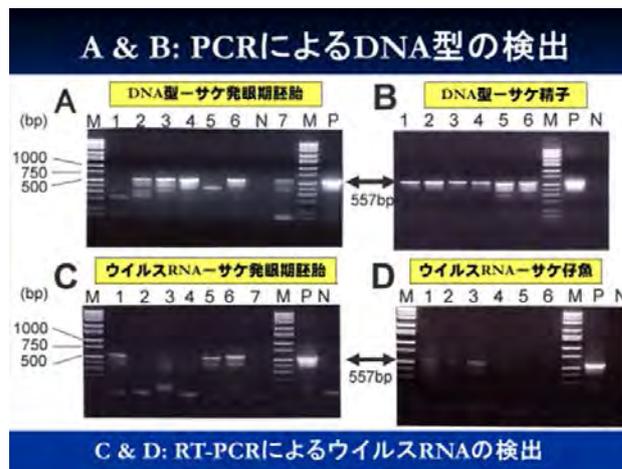


図 14 サケからのIHN ウイルスDNA型の検出 陽性固体では 557bpの陽性バンドがみられた この増幅産物は塩基配列からDNA型と確認された (A)および(B)はPCRの結果を示す (A)サケ発眼期胚胎、(B)サケ精子、(C)および(D)はRT-PCRの結果を示す

表 北海道のサケ科魚類におけるIHNウイルスDNA型の検出率とコピー数

採集		魚種	成長段階	DNA型検出		
場所	年			検出率	コピー数(/mg組織)	配列名
孵化場A	1998	サケ	発眼期胚胎	5/5	1.7×10^4	D(980324)
河川A	2002	サケ	精子	3/10	1.4×10^2	D(CS#1)
河川C	2002	サケ	精子	0/10	検出なし	
河川D	2002	サケ	精子	0/10	検出なし	
河川E	2002	サケ	精子	1/10	2.4×10^2	D(CS#2)
河川F	2002	サケ	精子	0/10	検出なし	
河川G	2002	サケ	精子	0/10	検出なし	
河川H	2002	サケ	精子	0/10	検出なし	
河川I	2002	サケ	精子	1/10	1.1×10^2	D(CS#8)
河川J	2002	サケ	精子	0/10	検出なし	
河川K	2002	サケ	精子	5/10	3.5×10^2	D(CS#10)
河川L	2002	サケ	精子	7/10	4.8×10^1	D(CS#11)
河川M	2002	サケ	精子	1/10	3.7×10^1	D(CS#12)
孵化場E	2003	サケ	稚魚(0.8g) 脳	5/10	1.3×10^1	D(CS#13)
			稚魚(0.8g) 胃腸	0/10	検出なし	
孵化場F	2002	サクラマス	精子	5/10	4.5×10^2	D(MS)
孵化場G	2003	ニジマス	稚魚(6g) 脳	10/10	1.9×10^2	D(RT)
			稚魚(6g) 胃腸	5/10	1.0×10^2	
道孵化場	2003	ニジマス	稚魚(5g) 脳	0/10	検出なし	
			稚魚(5g) 胃腸	0/10	検出なし	

図 15 河川遡上サケ親魚および養殖場におけるニジマス・サクラマスのIHNウイルスDNA型検出結果（1998年から2003年） サケおよびサクラマス精子、ニジマス稚魚等から検出され、コピー数は組織 1mg当たり 10^1 から 10^4 程度であった 増幅産物の塩基配列も確認している

リンは、値段の安さ・使い安さ・効果等から、サケ科魚類の原虫病（イクチオポド症など：図 16）の予防・治療に使用されていたもので、サケマス類の増養殖の飼育に係る方々始め関係機関、私ども試験研究機関も困惑いたしました。また、マラカイトグリーンは、サケマス類の卵のミズカビ病予防に使用されておりました。このため、薬事法に抵触しない食品等を利用してホルマリンおよびマラカイトグリーンの代替法の開発に着手しました。何人かが手分けして開発にあたりましたが、私は原虫病に対する代替法を担当することとなり、急遽いろいろ試してみましたが、最終的には魚に対する安全性と効果の点から「緑茶の抽出物」（有効成分はカテキン類）にたどりつきました⁸⁾。その後、最近になって水野伸也博士がハーブ添加餌料の原虫病予防法の開発や原因となる原虫（イクチオポドなど）の感染経路解明に係る研究で大きな成果を挙げています。今後の研究の進展と成果の普及が期待されます。この薬事法改正の影響には様々な側面がありますが、増養殖魚は食品であることから安全が優先されるべきという意識の向上、原虫（イクチオポド、

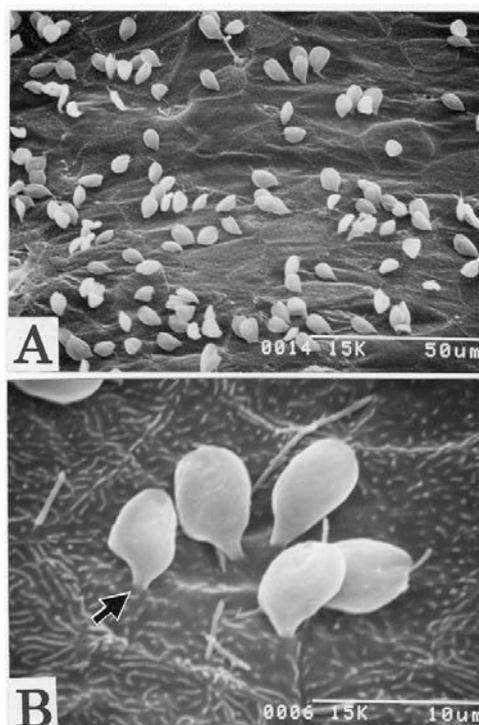


図 16 サケ稚魚体表に寄生するイクチオポド(サケ科魚類の原虫の1種) (A) 走査型電子顕微鏡像、右下バーは 50 μm を示す (B) 走査型電子顕微鏡像、右下バーは 10 μm を示す

トリコジナなど) の分類・生態・感染源・感染経路解明などが進んだこと、サケにおける防疫や魚病研究の重要性が明らかになったこと、等の側面もあるかと思えます。

6. 中央水産試験場

1999年4月に、中央水産試験場(余市町)資源増殖部魚病防疫科に異動となり2002年3月までの3年間、伊藤慎悟さん(現 中央水産試験場資源増殖部)および故 西原豊さんと一緒に海産魚の魚病研究に従事しました。当時問題となっていたのは「ヒラメ貧血症」と「ヒラメ・マツカワ等のウイルス性神経壊死症(VNN)」でした。他にもホタテガイの病気(感染症かどうかは不明)、2枚貝の原虫病等がありました。VNNは神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス、2分節ゲノムを有するRNAウイルスの1種)による海産魚のウイルス病ですが、道内でもヒラメおよびマツカワの種苗生産施設等で度々被害が出ており、親魚のELISA検査(神経壊死症ウイルスに対する魚の抗体の検出・定量)や稚魚のRT-PCR検査も行われておりましたが、早急に検査診断技術の改良や防疫に係る研究が必要と思いました。VNNは薬剤もワクチンもないことから防疫対策が重要となります。検査診断ですが、当時は神経壊死症ウイルス検査用の培養細胞(株細胞)も未だ無かったことから、いろいろな海産魚の株細胞をつくることから始めました。最終的にはヒラメ、マツカワ、ニシン等の株細胞を樹立できましたが、残念ながら神経壊死症ウイルスを増殖させることはできませんでした。その後数年して当時広島大学の中井敏博教授が神経壊死症ウイルスが増殖する株細胞(E-11細胞)を樹立しています。中井教授からE-11細胞を分与していただき、ようやく通常の培養細胞法でウイルス検査ができる様になりま

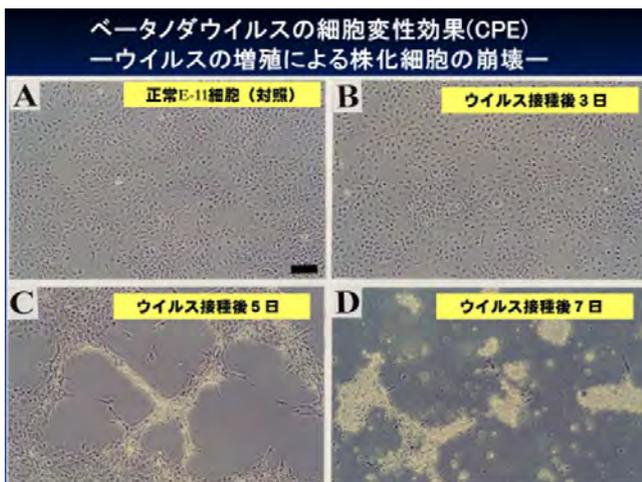


図17 E-11細胞における神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)の細胞変性効果(CPE) (A)正常なE-11細胞(対照)、(B)ウイルス接種後3日、(C)ウイルス接種後5日、(D)ウイルス接種後7日 接種後日数の経過に伴い細胞の崩壊(CPE)が進行している

した(図17)。これと関連したことですが、私が異動した当初は前述したように神経壊死症ウイルスの検査にはRT-PCRを用いておりました。しかし、私は以前、IHNウイルスのDNA型を調べておりましたので、RT-PCRの解釈には

表 マツカワからのベータノダウイルスDNA型の検出

採集日	試料	検体数	検査陽性数			
			RNA1		RNA2	
			DNA型	ウイルス	DNA型	ウイルス
2000年3月-4月	精子	35	0	0	11	8
2000年3月-4月	未受精卵	18	1	0	9	3
2000年4月	仔魚	5	0	0	1	1
2000年6月	幼魚	2	0	0	1	0
2001年3月	精子	15	5	1	5	0
2001年3月-4月	未受精卵	12	5	0	3	0
2001年4月	未受精卵	4	0	1	1	0
2001年4月	受精卵	7	0	1	4	0
2001年4月	卵巣腔液	5	0	1	4	0
2001年4月	仔魚	6	0	1	4	0
2001年5月	仔魚	5	0	0	0	0
2001年6月	幼魚	20	5	0	1	0
合計		134	17	5	44	12

図18(表) マツカワ種苗からのPCRによる神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)DNA型の検出 PCRでマツカワ精子、未受精卵、仔魚、幼魚からDNA型が検出された。ただし、ウイルス(感染粒子)は細胞培養法で検出されなかった。なお、本ウイルスは2分節ゲノム(それぞれ、RNA1およびRNA2と呼ばれている)を持つが両ゲノムともにDNA型が存在する。また、図(表)で「ウイルス」とあるのは、ウイルスゲノムRNAのRT-PCRによる検出結果を示す

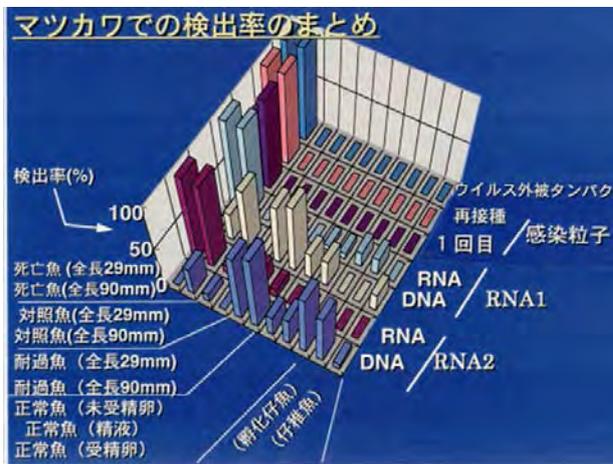


図19 神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)人為感染後のマツカワ幼魚でのDNA型とウイルス(感染粒子)およびウイルスコートタンパクの検出状況。感染死亡魚ではウイルスとDNA型(およびコートタンパク)が検出されたが、感染耐過魚ではDNA型は検出されたが、ウイルスとコートタンパクは検出されなかった。なお、ウイルス、DNA型およびコートタンパクの検出はそれぞれ、細胞培養法、PCR、免疫ブロッティングによった。対照として使用した正常魚(未感染魚)にもDNA型が検出された



図 20 神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)DNA型とウイルスゲノム塩基配列の比較
 由来魚種(マツカワかいはヒラメ)が同じウイルスとDNA型では両者の塩基配列はかなり(98%)一致している

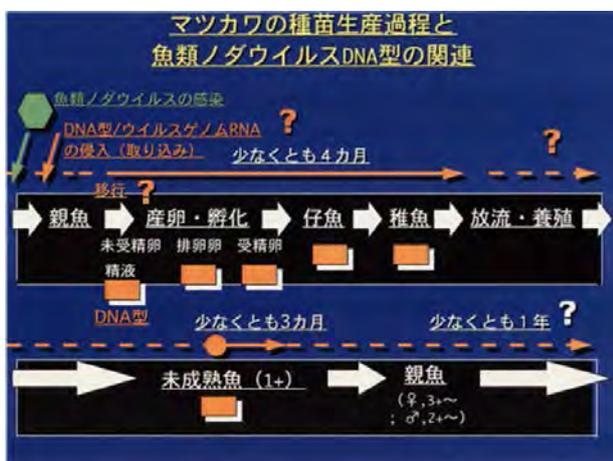


図 21 マツカワの生活史と神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)DNA型の関連(仮説) DNA型は親魚から卵および精子を介して仔稚魚に伝達され、魚体中で長期間(少なくとも数ヶ月)存在していると推察された

疑問をもちました。すなわち、RT-PCR検査陽性にはDNA型が含まれている可能性があること、また、例えばRT-PCRでウイルスゲノムを検出したとしてもウイルス(感染粒

子virion)との関連は必ずしも明らかでないこと(2分節ゲノムRNAの片方しか検出されなかったため)、などです。その後 実際にヒラメ、マツカワなどから神経壊死症ウイルスDNA型を検出しました⁹⁾(図18)。このDNA型についてもIHNウイルスDNA型と同様にいろいろ調べてみましたが、ヒラメとマツカワでは、1)感染後、魚体内中で魚の逆転写酵素活性で産生するらしいこと(図19)、魚組織中には弱い逆転写酵素活性があること、2)塩基配列が高度に保存されていること(図20)、3)親魚から仔稚魚に伝達され保持される(少なくとも数ヶ月間)らしいこと(図21)、4)株細胞(E-11)中でもDNA型からウイルスコート(外被)タンパクは産生されないこと、等がわかりました。このことはその生物学的な働きは不明ですが、魚体内でDNA型が何らかの働きをしていることを強く示唆します。今後の解明が待たれます。

なお、この過程でウイルスコートタンパク遺伝子のクローニングや部位特異的変異導入、タンパクの発現・精製、抗体作成、トランスフェクションなど一連の組み替えDNA実験に係る研究が経験でき(図22, 23)、神経壊死症ウイルス研究の基盤ができたと考えました。

中央水産試験場には海水（掛け流し）を使用した魚病隔離飼育室（実験室）があり、海産魚だけでなく海水を使ったサケ科魚類の飼育試験・感染試験等ができれば有用な知見が得られると考えましたが、当時はそのような余裕はなく機会もありませんでした。

また、貝類の魚病（ウイルス、原虫が関係する）は本州県で問題となっており、その検査・診断や病理研究等に貝類の株細胞が必要です。しかし、貝類の株細胞は世界的にもほとんどないことからその樹立を試みました。鹿部にあった栽培センターからいろいろな種類の稚貝をいただいて試みましたが、貝の組織に係るコンタミネーションや培地の問題（おそらく）で上手くいきませんでした。2016年には「特定疾病」が強化され、貝類の疾病（ウイルス病、細菌病、原虫病）4種が新たに指定されます。

7. 冷水病

サケ冷水病（図24）については、国内で初めてMisaka

and Suzuki⁴⁾が報告し、その後共同研究者の三坂さんらが研究を進め大きな成果を挙げたことは前述しました。^{10, 11)}このサケ冷水病菌は冷水病菌ですが、アユの冷水病菌とは異なるグループのようです。冷水病菌は全道の遡上サケ親魚体腔液から毎年高い割合で検出され、一部のサケ飼育施設では被害がでています。このサケ冷水病菌の起源や感染源・感染経路、病毒性に係る変異や遺伝子レベルでの病毒性の判定等は今後必要であり、多くの課題が残されています。

8. 異質3倍体

1994-1995年頃、佐々木義隆博士（現 さけます・内水面水産試験場道東支場）と一緒にサケ科魚類の異質2倍体および3倍体のIHNウイルスに対する抗病性（発症・死亡のし難さ）の検討をしました¹²⁾。佐々木さんがサケマス類10魚種を用いて5種の異質2倍体と4種の異質3倍体を作成し、これらの浮上魚（稚魚）に対してIHNウイルスを接種し生残率から抗病性を比較しました。IHN

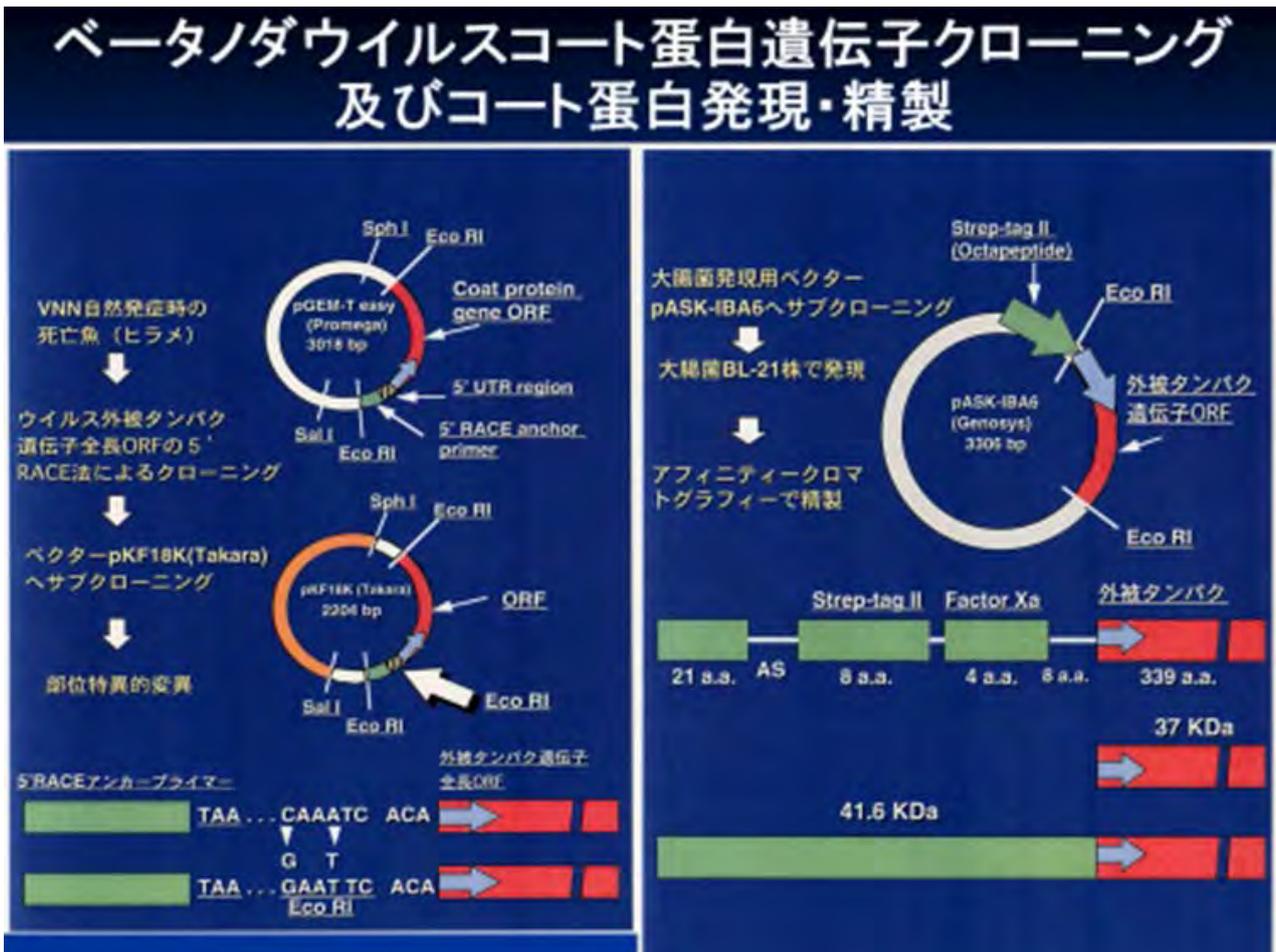


図22 神経壊死症ウイルス(ベータノダウイルス)コートタンパク遺伝子全長ORFのクローニングと発現・精製 ウイルス感染死亡魚組織より5' RACE法により全長ORFを含むRNA由来のDNAを作成し、部位特異的変異導入を行い大腸菌発現用ベクターにサブクローニング後、発現したウイルスコートタンパクをアフィニティー精製し、抗体作成に用いた

```

106TCCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 10
      E V P E G A E E C L E E
120TCCGCGCGCCGCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 120
      S A T T E A A S P Q P E S E A S S S E
140AGTACCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 140
      S H E T D A P V T X A Z T Y T G F G E C
160ACCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 160
      T H D V E L L G I S R I S Q A Y L P A V
180ACCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 180
      S C T D G T L Y V D A T I Y P E L L P E
200CTGGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 200
      L S H A A R I P Q E T A V S T L E P E I
220CCCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 220
      Q P R C P A N T C C C T V A C F L P D P
240ACTGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 240
      S D S D E T F D A L Q A T R O X Y V Y A E
260TGTGGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 260
      N R E S D T V F P Q T T R T L L R T D T
280GGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 280
      Q E D Q L L T S F O A L I L L C V G D S
300ACTGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 300
      T D V Y R V L C R S Y L S Y L S Y P S
320CTGGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 320
      L E T P E T T A P C B T Q C L F S D
340TCCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 340
      S L A A S V F E S I L L Q S T Q L S S A
360CCCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 360
      P D Q A I X F Q D R F L S I D Y L S C T
380GGTGGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 380
      C D Y D R A V T V H L E E F A C T S S T
400CTGGCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 400
      P A G Q P R O I R D D P M X T F T D C
420GTGGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 420
      Y A T S S D A Q F R Q I L L P V E T V C
440ACCGCGTCCGCGCTTGGCAATCCAGGCTGACCGAGGCTGGAGGAAATTTGGTAAAG 440
      T E H D S E E *
    
```

コート蛋白遺伝子 全長ORFクローニング

コート蛋白発現・精製

Fig. 5. Confirmation of expression of fusion protein in *E. coli* BL-21 (indicated by →) by immunoblot assay. Lane 1: affinity-purified fusion protein (deduced molecular weight 40006). Lane 2: *E. coli* BL-21 lysate with recombinant vector pASK-IBA6/coat protein gene ORF after induction of expression. Lane 3: *E. coli* BL-21 lysate with vector pASK-IBA6 after induction. Lane 4: *E. coli* lysate after induction. M: prestained SDS-PAGE standards

図 23 神経壊死症ウイルス(ベータナダウイルス)コートタンパク遺伝子の全長ORF塩基配列およびコートタンパクの発現・精製 (左)コートタンパク遺伝子全長ORFは 1017 塩基(338 アミノ酸残基)で、ノダウイルスコートタンパクに特徴的なアミノ酸残基がみられる(D-75 およびアルギニンの連続したところ、R-R-R、2 箇所) (右)大腸菌で発現されたコートタンパクの SDS-PAGE 電気泳動像 コートタンパクは融合タンパクとして大腸菌で発現後 アフィニティー精製された レーン 1 及び 2 で融合タンパクのバンド(推定質量約 40kDa)(⇒)がみられる MIは質量のマーカー、レーン 1 は精製したコートタンパク、レーン 2 は発現した大腸菌のライセート(未精製)、レーン 3 は発現ベクターのみを含む大腸菌のライセート、レーン 4 は大腸菌のみのライセート、をそれぞれ示す



図 24 冷水病で死亡したサケ稚魚 冷水病の典型的な症状(尾柄部の欠損)がみられる (三坂尚行氏提供)

ウイルスに対しては、これまでの研究や実際の増養殖現場における事例から、サクラマスとヒメマスは抗病性が

低く、サケ、カラフトマス、オシヨロコマ(イワナ)は抗病性が高いと考えられます。抗病性の低いサクラマスとヒメマスは、抗病性の高いサケ、カラフトマス、オシヨロコマとの交雑により抗病性が明らかに高まる傾向を示しました。対照として用いたサクラマス、ヒメマス、サケおよびカラフトマスの生残率はそれぞれ、1%、4%、93%および 99%であったのに対して、サクラマス雌×オシヨロコマ雄では 50%、カラフトマス雌×サクラマス雄では 67%となりました。特にサクラマスとカラフトマスの交雑魚ではカラフトマスのゲノム比が高いほど抗病性が高まる傾向がありました。すなわち、生残率はサクラマスが最も低く(1%)、サクラマス雌×カラフトマス雄異質 3 倍体(17%)、カラフトマス雌×サクラマス雄異質 3 倍体、サクラマス雌×カラフトマス雄異質 2 倍体お

よびカラフトマス雌×サクラマス雄異質2倍体(67%から78%)、カラフトマス(99%)となりました。また、生体防御の指標の1つとして測定した補体活性SH₅₀(50% spontaneous hemolytic activity)は、抗病性の高い異質2倍体魚および異質3倍体魚では、抗病性の高いカラフトマスおよびサケと同じ64ないし128の高い補体価を示しました。

異質3倍体は養殖用品種として有用な性質(抗病性、高成長性など)が期待され、また抗病性を検討するモデルとしての利用も考えられます。養殖の効率化のためには有用な形質をもち養殖をする上で効率の良い魚の作出が必要です。今後選抜育種や新たな技術(ゲノム編集など)を組み合わせ養殖に適した魚種を作出することが必要でしょう。特に近年欧米では、輸入魚粉の高騰や環境負荷の低減等に対応するため、動物タンパク源の割合が低い飼料で良い成長を示すサケマス類(ベジタブルフィッシュ)が作出されすでに事業規模で生産されています。

9. 終わりに

今後の魚病に係る研究で必要と思うことなどを気が付いたままに書いてみます。これについては研究展開方向「サケ科魚類の魚病研究」ですでにまとめられています。これも含めて考えてみたいと思います。

1) 定量

病原体の保有状況・汚染状況等を定量的に明らかにすることは防疫の第1歩といえるでしょう。特にIHN、BKD、冷水病のように道内(国内)ですでにまん延状態になっている魚病に関しては、現状を把握し、適切な防疫対策を行うために必要です。また、感染経路や感染源を明らかにするためにも必要です。即ち、環境中から病原体を完全に無くすることは最早不可能なので、少なくとも飼育魚に感染させない、という考え方も成り立つでしょう。近年リアルタイムPCRが普及し、遺伝子発現の解析はもとより病原体だけでなく遺伝子組み換え食品等の検出でも使用されています。結果の解釈には一定の注意が必要ですが、リアルタイムPCRは数々の利点を有し、特に培養に時間がかかるあるいは培養できない病原体の迅速な検出・定量には必須のツールとなっています。工夫次第で今後さらに活用されるでしょう。

2) キャリアーの検出

病原体を保有していても症状が出ない個体をキャリアーと呼んでいます。病原体の種類により、あるいは宿主の状態(性成熟など)により病原体が検出される場合も

あれば検出されない場合もあるようです。例えば、IHNでは、親魚の体腔液以外ではキャリアーは検出不可であり、そのためキャリアーの移動によりIHNウイルスが拡散したりキャリアーを施設内に持ち込んでIHNが発生したと考えられる事例が多くあります。したがって、増養殖ではキャリアーの検出技術の開発は重要な課題となっています。さらに、北海道のサケ科魚類の魚病を考える場合、増養殖だけでなく天然にいるサケ科魚類の病原体保有状況や病原体の生態を知るためにもキャリアーの検出技術が必要です。

3) 株のタイピング

一般的に、病原体は同じ種類であっても株により病毒性・病原性が大きく異なる場合があります。例えば、前述した冷水病菌では、株により宿主(ニジマス、サケなど)に対する病毒性が大きく異なることが感染試験で明らかとなっています⁴⁾。感染試験は手間もかかり、条件を一定にすることが困難(魚の大きさなど)なことから、感染試験によらずに株の病毒性等の性質を知ることができれば、防疫に役立てることができそうです。次世代シーケンサーは未だ発展途上ですが、大量の塩基配列データを効率的に読めることから、病原体の株のゲノム解析(塩基配列の比較など)によりその病毒性等の性質を判定できる可能性があります。

4) PCRは何を増幅しているのか?

PCRは近年の生物学の分野において革命的な影響を与えた技術の一つと言えるでしょう。その簡便さと感度の鋭敏さ、応用の広さなどから様々な使われ方をしています。魚病の分野でも培養ができない病原体の検出や、キャリアー状態のように通常の培養法では感度が低く検出できない場合等に病原体の検出方法の1つとして使われています。この場合注意しなければいけないのは、PCRはDNA(病原体特異的なDNA)の増幅方法であって、病原体(特に、生きていて増殖できる病原体)の直接の検出方法ではないことです。したがって、PCR(およびRT-PCR、リアルタイムPCRなど)の結果と生きて増殖できる病原体の存在の関係を解釈する時には常に注意が必要です。病原菌には生きていても増殖できない状態(viable but non-culturable state)も知られていますし、RNAウイルスにはDNA型が存在していますし、また、例えウイルスRNAが検出されても活性のある(増えることができる)ウイルスの存在を必ずしも示すとは限りません。

5) 体腔液

体腔液中には病原体がしばしば検出され、魚がいつ、どこで感染したかは大きな謎ですが、さらになぜ(性成熟に伴い)体腔液中に増えるのか謎です。現象的にはスモルト化などのイベント時にも病原体は増え易いように

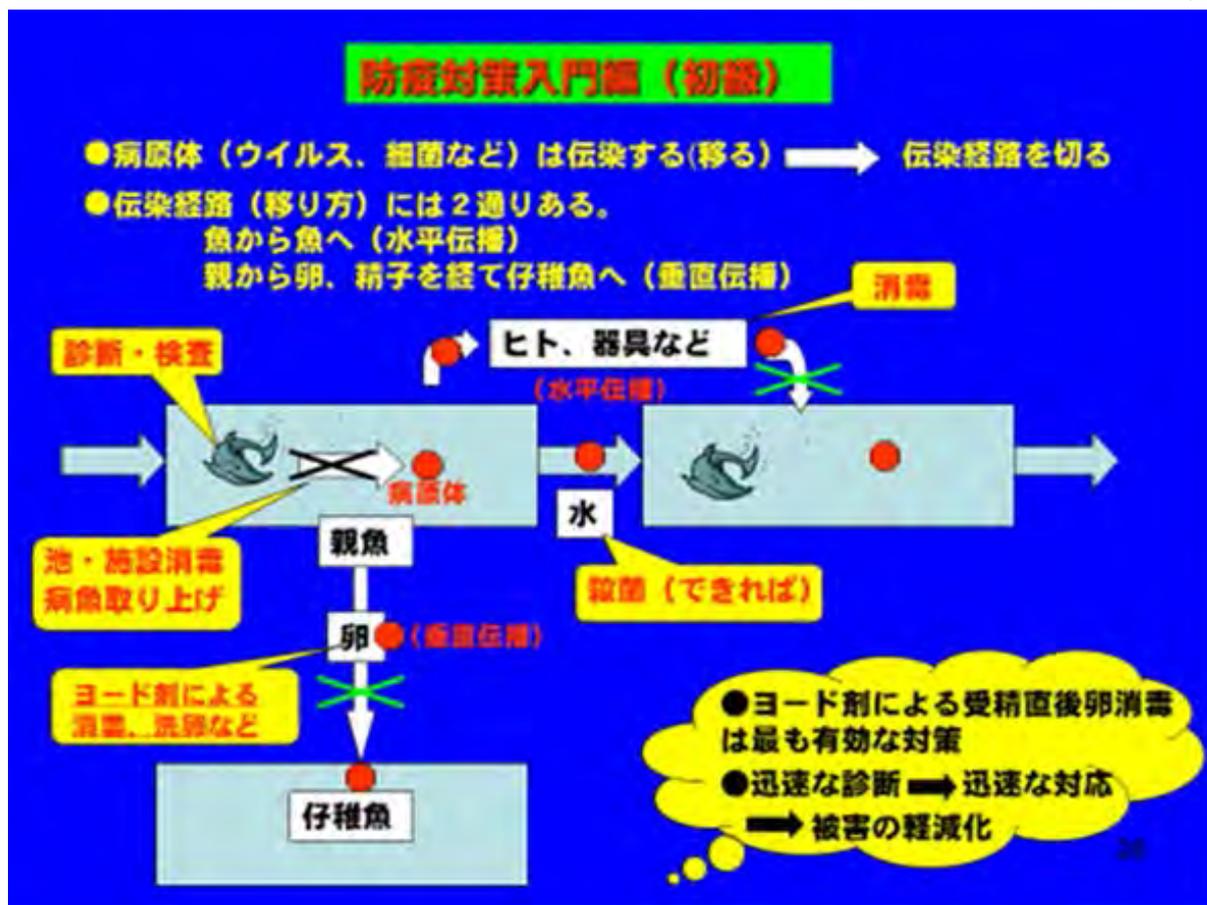


図 25 防疫対策の基本 病原体の水平感染(伝播)および垂直感染(伝播)を防ぐことが大事である このうち、特に卵のヨード剤消毒は費用対効果が高い 今後は洗卵等も組み合わせて防疫を強化することが望まれる

みえます。病原体と宿主の相互関係には非常に興味深いものがあり、防疫対策を進めるためにもこの相互関係(病原体の病原性・病毒性、宿主の免疫機構など)を解明し、予防・治療・防疫に利用することが必要と思います。

6) 株の保存

病原体(微生物)は増殖速度が速く、性質が変化(変異)することから、分離された病原体(株)ごとに保存することが必要です。株は病原体に係る研究の基盤となるものであり、研究機関の財産です。株の保存には手間もかかり予算も必要ですが、魚病研究には必要不可欠であることを今一度認識すべきです。

7) 防疫対策強化(図 25)

日本国内では、サケマス類の新たな水産用医薬品開発(ワクチン開発含む)・実用化は近い将来も進む可能性は低いことから、医薬品に頼らない対策が必要です。その一つとして卵消毒・池施設消毒等のいわゆる「防疫対策」の徹底があります。これまでのところ、ヨード剤による卵消毒は費用対効果が高く、ぜひ徹底していただきたいことの一つです。今後も新たな技術開発は進むでしょう

が、一番大切なことは魚の飼育に係る方々の防疫に対する意識だと思います。

8) 医薬品に頼らない予防・治療

食品としての安全の観点から、医薬品に頼らない飼育が望ましいことは言うまでもありません。当場の水野伸也博士は、平成 15 年の薬事法改正によるホルマリン使用禁止を受けて、サケ科魚類の原虫病対策に取り組み、ハーブ添加餌料による予防方法の開発を始め大きな成果を挙げています。これはサケ科魚類に限らず今後の魚病研究の一つの方向性を示す研究といえるでしょう。水野博士は種苗性評価やストレス軽減など幅広く研究に取り組んでおり、今後の研究の進展が期待されます。

9) サケ科魚類の魚病

北海道内に生息するサケ科魚類には、養殖魚、増殖用種苗、天然魚等がありますが、全てサケ科魚類の病原体(ウイルス・細菌・原虫等)に感染・発症・死亡します(その程度は魚種、条件により異なる)し、一部はキャリアーとなります。したがって、全てのサケ科魚類が防疫の対象となり、一体的な対策が必要となります。北海道内はすでに、IHN、BKD、冷水病等の多くの魚病がまん延し

ており、さらに道内未侵入の病原体が侵入するリスクは明らかに高まっています。特にサケは今のところ（ニジマスやサクラマス、ヒメマスに比べて）重大な感染症は少ないですが、今後は防疫対策に充分留意することが必要でしょう。BKD菌は2015年の調査でも、全道の調べたサケ体腔液中に高い割合で検出されています。

10) 周年（一生）飼育

サケマス内水面養殖と増殖は、魚病を含めて共通の技術からなっています。サケ、カラフトマス増殖では周年（一生）飼育しておりませんが、ニジマス、サクラマス等では養殖魚として淡水で周年成熟するまで飼育しております。したがって魚病含め生理的な研究においてサケ科魚類のモデルとしての内水面養殖魚種の利用は効率的だと思います。

さらに、海水および淡水を使用したサケ・サクラマス等の周年飼育（掛け流し、循環式）ができれば魚病だけでなく生理・生態に係る重要な知見が得られるでしょう。例えば、淡水で感染した魚および感染耐過魚（キャリアーとなっている可能性あり）を淡水と海水で周年一生飼育できれば明らかになることは多いと思います。

11) 未知の魚病

1999年に「持続的養殖生産確保法」が施行され、その中で11種の魚病が「特定疾病」として指定されました。この特定疾病対象魚病は2016年には23種になる予定です。サケ科魚類については現行4種の魚病が指定されており、2016年にはさらに「サケ科魚類のアルファウイルス感染症」と「(サケ科魚類の) 旋回病」の2種が追加されます。このうち、「レッドマウス病」（細菌病の一種）が2015年に本州県のサケ稚魚で発生し、放流後残っていた魚が全数処分となりました。感染経路は明らかではなく、さらにその後の調査で河川の淡水魚にレッドマウス病菌が検出されています。このことは、レッドマウス病菌のこれまでの報告（宿主域が魚類だけでなく鳥、ほ乳類など非常に広い）から考えると、この病原菌が発生した河川（地域）に定着する可能性を示しています。また、「特定疾病」に指定されていなくともサケ科魚類に被害が出る魚病（感染症）は多く、今後侵入してくる可能性はあります。

さらに、国内で被害があるが北海道内に未侵入の魚病もあります。例えばEIBS（アイブス）(erythrocytic



図 26 元気に泳ぐ遡上サケ親魚の群れ 長年魚病に関わってきたせいか、元気な魚をみるのは気持ちの良いものである

inclusion body syndrome、赤血球封入対症候群) (ウイルス病の1種) は本州県の養殖ギンザケや養殖ニジマス等で被害が報告されており、道内でも今後の発生が危惧されます。ちなみにEIBSに対する薬剤・ワクチン等は開発されていないことから防疫対策が重要です。

魚病は一度被害があると、診断・検査から迅速な防疫対策と緊急対応に追われます。私自身、既に道内で発生していた病気 (IHN、BKD等) の大規模な発生・被害だけでなく道内未報告の新たな病気 (ニジマスヘルペスウイルス病《OMVによる病気》¹³⁾、コイヘルペスウイルス病、サケ冷水病など) を経験しました。いざという時のためにも、対応できる体制 (人・機器・経験・研究の蓄積・予算?・他研究機関との連携など) を常日頃から整えておく必要があります。備えあれば憂いなしです。

12) 増養殖と魚病(図 26)

そもそも、人が生物を飼育管理しようとする病気の問題は避けて通れません。

増養殖が盛んになるほど魚病 (感染症に限りません) は頻発します。したがって、増養殖に係る研究と魚病研究は平行して進める必要があるでしょう。世界の養殖および漁業生産をみると、世界の養殖生産量は2012年には約9,000万トンで全生産 (養殖+漁業) に占める割合は約50%となっています (国際連合食料農業機関FAO、2014年)。サケマス漁業についてみると、生産量は近年ほぼ横ばい (80から100万トン) で2011年の漁獲量は約106万トンですが、サケマス養殖生産量は1990年代から急激に増加し、2011年には約267万トンとなっています (FAO、2013年)。世界的にサケマス類は消費者に好まれているようで、需要は増えています。そのため近年、国内および道内でも大規模な (数千トンから数万トン程度) サケマス養殖 (淡水、海面、閉鎖循環式等) の動きがあります。サケマス養殖には餌料の高騰、飼育用水量不足、排水処理、品種改良 (家魚化)、等の課題がありますが、魚病問題もその一つです。養殖の効率化を図る上で、今後養殖に適した魚の品種改良 (家魚化) が進むと思いますが、その場合 魚病問題はより深刻になるでしょう。

サケマスの増養殖を考えると、北海道の独自性を考えざるを得ません。確かに国内各地でサケマスの増養殖は行われていますが、生産量・生産額から言って日本国内で北海道ほどサケマス増養殖 (特に増殖) が盛んな地域はないでしょう。したがって、サケマスの魚病に関しては北海道ほどリスクが高く魚病に係る研究が必要とされる地域もないように思います。サケマスの魚病研究に関しては国内外の研究機関・関係機関と連携をもちながら、北海道が研究をリードすることが必要ではないでしょうか。ちなみに、世界のサケマスに係る魚病研究は、世界

的なサケマス養殖の進展を反映してか、その進み方は早いようです。例えば、主要な魚病のワクチンはすでに国外では市販されています (ただし、日本国内ではすぐには使用できない。それは別の大きな問題)。

13) モニタリング

体腔液検査による親魚の病原体保有状況の把握が防疫にとって重要であることは言うまでも無いですが、体腔液検査始め日常の魚病診断や現場での調査等にこそ研究シーズがあることも事実です。その意味でもモニタリングは研究の基盤と思います。

2004年にサケ体腔液中のBKD菌と冷水病菌を調べ始める前は、これら病原菌が北海道の遡上サケ体腔液中に広く分布しているとは想像できませんでした (検出される可能性はあるとは思っておりましたが)。大袈裟な言い方をすると、“自然” は人間の想像力を遙かに超えていると思います。

14) ミステリー

研究をやっていると新たな疑問が次々と湧いてくるものですが、それについて私の仮説も含めて書いてみます。

●上述したように、体腔液中にはIHN ウイルス、冷水病菌、BKD菌始めいろいろな病原体が検出されますが、この病原体はいつ、どこで、どのようにサケ等に感染したのでしょうか?どこにこれら病原体は存在していたのでしょうか?魅力的な仮説は、サケマス類のこれら病原体は宿主 (サケマス類) の生活史に合わせて存在しているというものです (私の仮説)。すなわち、親魚体腔液中に存在する病原体は仔稚魚に感染し、生き残った仔稚魚はキャリアーとなり、病原体を保有したまま回帰し、再び体腔液から仔稚魚に感染すると仮定すると、どこで感染したかの説明はつきます。この仮説が正しければ垂直感染 (卵表面の病原体を介した感染と卵内感染) を遮断すれば体腔液中の病原体の検出率は減少しても良いように思います。しかし、サケ体腔液の病原体の検出状況は年により大きく異なっており、これはなぜか、という疑問は残ります。サケマス類の周年 (一生) 飼育を行い、キャリアー検出等の技術開発が進めば糸口がつかめるかも知れません。

●RNAウイルスのDNA型は、上述したように種々のRNAウイルスに広く存在しているようです。これらDNA型は魚体中で何らかの働きをしていると思いますが、調べた限りでは少なくとも親から仔稚魚に伝達されているようにみえます。目的論的な言い方ですが、サケマス類が外来 (ウイルス由来) の遺伝子を利用しているか、ウイルスが自身のゲノム増殖に宿主を利用しているのか、或いはその両方なのか?謎です。DNA型の宿主中での存在状態

(どの組織にどの様な状態で存在しているか)は何か?、逆転写酵素活性の分子の本体は何か?、生物的な働きは何か?、など多くの疑問があります。

●病原体の変異・魚種により異なる感受性： 病原体の変異は一般的な現象ですがサケマス類の魚病でも度々観察されています。例えば、IHNは1950年代に米国のニジマス稚魚で初めて報告され、その後1970年代には国内での事例報告がありますが、いずれもサケマス類の稚魚の病気として報告されています。しかし、親魚等のニジマスとサクラマス(ヤマベ)大型魚でも発症・死亡がみられるようになったことは、30年前に私自身経験しました。最近では本州県でも同様の現象が見られるようです。私たちは、宿主(サケマス類)と寄生物(IHNウイルス)がこれから共存していく過程を見ているのでしょうか? IHNウイルスの変異に対して人は増養殖という活動を介してどの様な影響を与えているのでしょうか?また、魚種によりIHNの罹り易さ死に易さには大きな差があります。ニジマス、サクラマス、ヒメマス等はIHNには“弱い”ですが、サケ、カラフトマス、オシヨロコマ(イワナ)、ギンザケ等は“強く”、感染してもほぼ発症・死亡しません(キャリアーにはなるかも知れない)。これは魚やIHNウイルスにとってどの様な意味があるのか?何らかのトレードオフの反映なのか?病原体と宿主双方のゲノム解析等が進めばヒントが見つかるかも知れません。

最後に、これまで31年間一緒に働かせていただいた職場の上司・先輩・同僚・部下の方々に感謝申し上げます。ここでは触れませんが、特に、道東内水面室(網走市)、道北支場(増毛町)、道南支場(八雲町熊石)で職場を同じくした方々に心から感謝申し上げます。

(内水面資源部 すずき くにお)

参考文献

1) Suzuki K (1984). A light and electron microscope study on the phagocytosis of leucocytes in rockfish and rainbow trout. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Fisheries Science), Volume 50, Pages 1305-1315.
 2) Suzuki K (1986). Morphological and phagocytic characteristics of peritoneal exudate cells in tilapia, *Oreochromis niloticus* (Trewaves), and carp, *Cyprinus carpio* L., Journal of Fish Biology, Volume 29, Pages 349-364.

3) Suzuki K and Sakai DK (2007). Real-time PCR for quantification of viable *Renibacterium salmoninarum* in chum salmon *Oncorhynchus keta*. Disease of Aquatic Organisms, Volume 74, Pages 209-223.
 4) Misaka N and Suzuki K (2007). Detection of *Flavobacterium psychrophilum* in chum salmon *Oncorhynchus keta* and virulence of isolated strains to salmonid fishes. Fish Pathology, Volume 42, Pages 201-209.
 5) Suzuki K and Sakai DK (2009). Presence of homologous DNAs to M gene RNA of infectious hematopoietic necrosis virus in chum salmon *Oncorhynchus keta*. Fish Pathology, Volume 44, Pages 24-32.
 6) Zhdanov VM (1975). Integration of viral genomes. Nature, Volume 256, Pages 471-473.
 7) Klenerman P, Hengartner H and Zinkernagel RM (1997). A non-retroviral RNA virus persists in DNA form. Nature, Volume 390, Pages 298-301.
 8) Suzuki K, Misaka N and Sakai DK (2006). Efficacy of green tea extract on removal of the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator* from chum salmon, *Oncorhynchus keta*, and masu salmon, *O. masou*. Aquaculture, Volume 259, Pages 17-27.
 9) Suzuki K (2006). Detection of DNAs homologous to beta nodavirus genome RNAs in barfin flounder *Verasper moseri* and Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Diseases of Aquatic Organisms, Volume 72, 225-239.
 10) Misaka N, Hatakeyama M, Koide N and Suzuki K (2013). The variation in virulence among *Flavobacterium psychrophilum* strains isolated from chum salmon *Oncorhynchus keta*. Fish Pathology, Volume 48, Pages 17-20.
 11) Misaka N, Hatakeyama M and Suzuki K (2015). Development of real-time RT-PCR assay for quantification of live *Flavobacterium psychrophilum*, the causative agent of bacterial coldwater disease, in chum salmon *Oncorhynchus keta* fry in Hokkaido, Japan. In 4th International Conference on *Flavobacterium. Flavobacterium* 2015, Auburn, AL, USA.
 12) 佐々木義隆・鈴木邦夫 (1995) サケ・マス類異質3倍体によるIHN抗病性魚の作出. BRAINテクノニュース, 51巻, 15-18ページ.
 13) 鈴木邦夫 (1993) ニジマスの新しいウイルス病. 試験研究は今 No.165, 北海道水産部.

「第20回ワカサギに学ぶ会」に出席して

真野修一・中島美由紀

平成28年1月15日、秋田県秋田市にある明德館ビル2階カレッジプラザ大講義室において「第20回ワカサギに学ぶ会」が開催されました。今回は秋田県の主催で、水産総合研究センターの他に全国11都道府県から約50名が参加しました。

会は秋田県水産振興センターの高田芳博主任研究員の司会により進行されました。初めに、同センターの大竹 敦 所長から主催者代表としての挨拶がありました。その後、同センターの山田潤一資源部長が座長となり、5道県の公設試験研究機関から6題の話題提供がありました。概略は以下のとおりです(写真1,2)。



話題提供



写真1 開会の挨拶をする大竹所長

① 洞爺湖のワカサギ・サクラマス・ヒメマスの近年の産卵親魚の生態と炭素窒素安定同位体比分析による餌資源の推定

中島美由紀

(北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場)

洞爺湖ではワカサギ、サクラマス、ヒメマスの3種は主要な漁業対象種について、安定的利用を目指して、産卵親魚と湖水環境のモニタリング調査を2012～2014年に行った。同時に餌生物と3種の炭素窒素安定同位体比を分析し、3種の餌資源の推定を行い、その結果を報告した。

写真2 会場の様子

② 網走湖におけるワカサギ仔魚の出現密度と体長組成から推測した産卵状況

真野修一

(北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場)

網走湖は北海道東部に位置する汽水湖であり、ワカサギの漁獲量は道内で最も多く2000年以降は年間130～330トンで推移した。また、ワカサギの増殖用種卵は全国各地へ出荷されており、1998～2012年まで20～43億粒を採卵し出荷したが、2013～2015年は6～12億粒と激減した。出荷用種卵のための採卵数の減少原因究明の一環として1995～2015年の仔魚の出現密度と成長に関する調査の結果をもとに、年別の湖内における自然産卵状況を推測した。

その結果、2013年以降は網走湖でのワカサギ漁獲量が大きく減少しなかったにもかかわらず種卵供給のための採卵数が減少したのは、採卵が行われる4月上旬から5月上旬に河川へ遡上する親魚量が減少したためと推測された。

③ 霞ヶ浦北浦におけるワカサギ漁業の状況及び試験場の取組について

所 史隆 (茨城県水産試験場)

ワカサギは、霞ヶ浦北浦の水産業にとって最も依存度が高く、重要な資源だが、資源変動が大きく、その資源動向は漁業者や水産加工業者の最大の関心事である。これまで、茨城県水産試験場では漁期前の漁獲試験を中心に資源状況の推定を行い、情報の提供を行ってきた。近年ワカサギの

資源変動要因も明らかになりつつあり、漁期中の漁獲状況の推定も可能になり、構築された体系的な調査研究による情報提供の体制を構築できた。水産関係者へ提供する情報の精度向上と早期化を目的として、ワカサギ資源動向モデルの構築に取り組んでいるほか、再生産時期の推定が紹介された。

④ 群馬県におけるワカサギの放射性物質に関する調査
 湯浅由美 (群馬県水産試験場)

東日本大震災に伴う福島第一原発事故に起因し、ワカサギから食品衛生法の基準値 (100 Bq/kg) を超える放射性セシウムが検出された赤城大沼と榛名湖では、県の要請に基づく出荷自主規制が続いていた。2015年8月、ワカサギの放射性セシウム濃度が安定的に基準値を下回っていることから、国との協議を経て県は出荷自主規制を解除して、9月1日に持ち帰り可能なワカサギ釣りを解禁した。現在も赤城大沼と榛名湖のワカサギ等の放射性セシウム濃度の測定を継続中である。生息生物の放射性セシウム濃度は当初急激に減少し、その後長い時間をかけて徐々に減少していくとされ、今後もモニタリング調査を行う (写真3)。



写真3 湯浅さんの発表の様子

⑤ 河口湖におけるワカサギ資源の復活 (短報)
 谷沢弘将 (山梨県水産技術センター)

河口湖では1985年以降断続的に不漁が続いていた。2010年から2015年までのワカサギの漁獲状況と、2015年の好漁について、その要因を初期餌料のミジンコの発生量から推察した。今後、3月中の早期放流の実施や越冬魚の出現が資源に与える影響なども検討していきたい (写真4)。

⑥ 八郎湖におけるワカサギの産卵場
 高田芳博 (秋田県水産振興センター)

八郎湖は秋田市の北方約30kmに位置し、八郎潟の干拓事業によって残存した淡水湖である。ワカサギ、シラウオ、



写真4 谷沢さんの発表の様子

コイ、フナ類等が漁獲され、ワカサギは全漁獲量の90%以上を占める最重要魚種で、その漁獲量は200~300トンで安定している。その八郎湖におけるワカサギの産卵場所の解明のため、ワカサギ卵の分布状況に関する調査を湖に流入する数河川で行った。

話題提供のあと事務局から来年度は神奈川県が幹事となって開催されることが提案され、拍手により承認されました。これを受けて、芦之湖漁業協同組合の結城陽介職員から開催に向けての挨拶をいただきました。

閉会後は会場を移して意見交換会が行われました。会では引き続き山田資源部長が進行役となり、大竹所長からのご挨拶と乾杯のご発声により始まりました。その後、石焼桶鍋など秋田ご自慢のお料理や地酒などをいただきながら、会議の場とは違った楽しい時間を過ごしました。芦之湖漁業協同組合の福井達也副組合長からの中締めのご挨拶と一本締めの後、まだ話し足りないこともある人たち同士でそれぞれ次のお店へと足を運んでいました。

(道東内水面室 まの しゅういち)
 (内水面資源部 なかじま みゆき)

平成 28 年 3 月 31 日 発行

発行 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
さけます・内水面水産試験場
場長 永田 光博

編集 さけます・内水面水産試験場 出版委員会
恵庭市北柏木町 3 丁目 373
(電話 0123-32-2135)