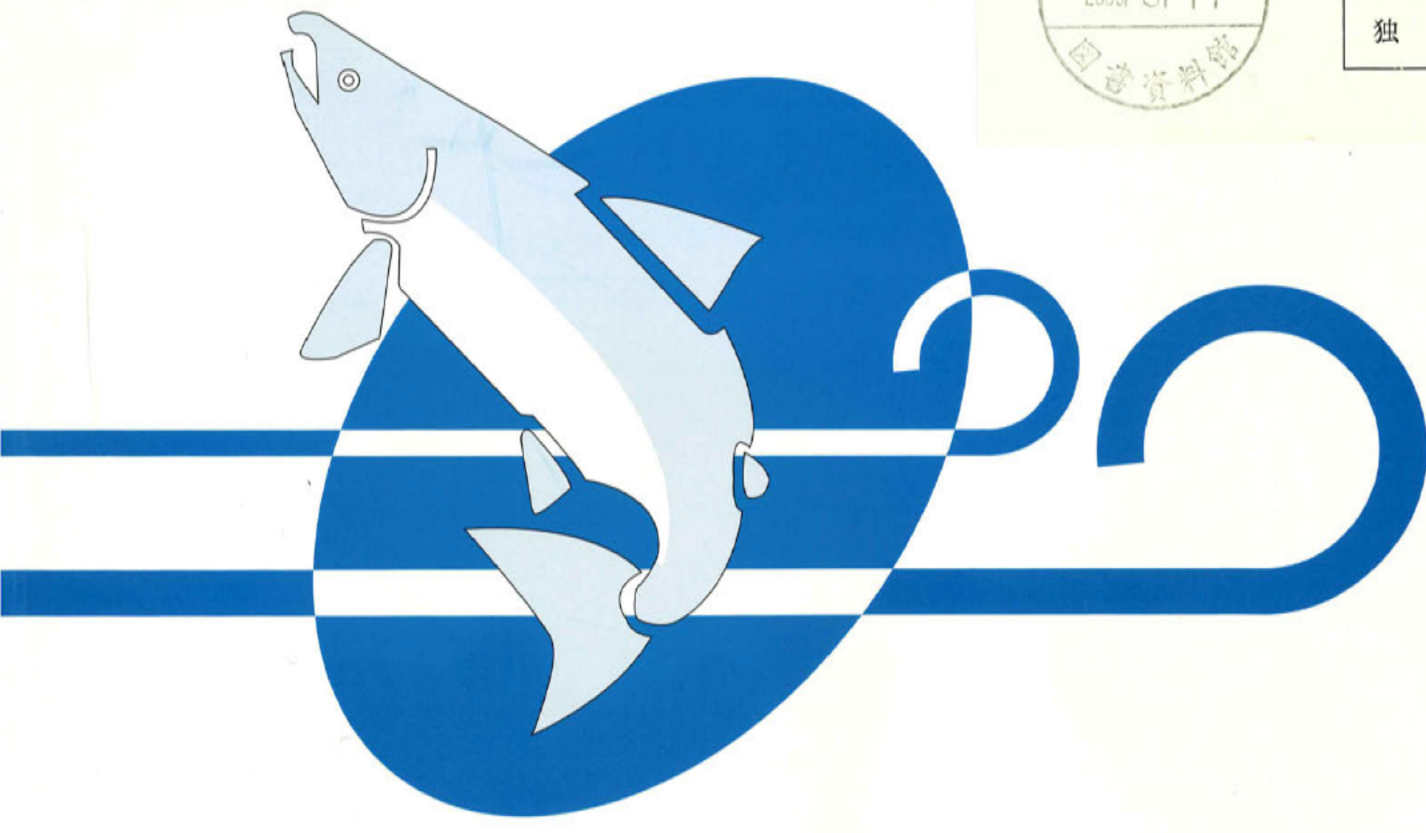
魚と卵 No.172

ISSN 0288-8602

さけ・ます資源管理センター技術情報

魚と卵



172

独立行政法人 さけ・ます資源管理センター

さけ・ます資源管理センター技術情報

第172号　2006年3月

目次

北海道のサケ・マス増殖河川におけるニジマスおよびブラウントラウトの生息状況

斎藤寿彦・鈴木俊哉

062-0922北海道札幌市豊平区中の島2-2　独立行政法人さけ・ます資源管理センター調査研究課

キーワード：ニジマス，ブラウントラウト，サケ・マス増殖河川，分布

はじめに

地球上のあらゆる生物は, 他の生物と何かしらの関わりを持ちながら生きている. 例えば, それは食う-食われる関係の場合もあれば，同じような餌や生息場所をめぐる競争関係の場合もある．そのような生物同士の関係を「生物間相互作用」と呼ぶ．生物間相互作用は，生物の形態や行動といった様々な形質の淘汰圧となり，適応進化を介して生物の多様性の創出に大きな役割を担ってきた．生物間相互作用による適応進化では，一方の種の適応がもう一方の種にとって新しい関係を生み出すために，そのことが新たな淘汰圧となり更なる適応を誘引する．このように生物間相互作用による適応進化は，いわば「いたちごっこ」であり，決して完了することがない．さらに地球上には時空間的に実に多様な環境が存在するために, 生息環境に対する適応も進化の重要な推進力になってきた．つまり，地球上の多様な環境のなかで様々な種が関わり合う生物間相互作用が発達してきたからこそ，現在のような多様な生物相が地球上に形成され，そして維持されていると考えられている（鷲谷・矢原 1996).

現在，地球規模で多くの生物が絶滅の危機に瀕し，生物間相互作用のネットワークが急激に変化している．その原因の大半は，生息地の破壊や環境改変に代表される人間活動によるものである．そして，もうひとつの忘れてならない重大な原因が，外来種の侵入と定着である(日本生態学会2002). 人間や物資の移動が地球規模で頻繁に行なわれるようになった現在, 本来（すなわち生物自身の移動・分散能力）であれば決して出会うことのなかった生物同士が，人間の意図的あるいは非意図的な振る舞いによって，本来の生息地を超えて接触する機会が多くなってきた．外来種は，生物間相互作用や病気の伝播を通じて，侵入先の在来種の存続を脅かす危険性がある．例えば，餌となる種が一方的に犠牲を強いられる印象のある食う-食われる関係であるが，それが在来種同士の関係であるならば餌となる種の絶滅を危惧する必要はない．なぜならば，食われる側も被食を回避するために何らかの防御策を進化させていたり，あるいは食べ尽くされるのを抑制するメカニズムが存在したりするためである. もしそうでなければ，とうの昔に餌となる種は絶滅していたに違いない．しかし，外来種と

さけ・ます資源管理センター業績Ｂ第18号

の関係においては，そのような絶滅を防ぐ手段が進化の過程で確立されていないために，在来種が壊滅的なレベルまで痛手を被る危険がある．種の絶滅は，その種自身を失うことのみならず，生物間相互作用ネットワークの欠如をもたらし，ひいては生物群集全体の不安定化をひきおこす．さらに，絶えず変化し続ける生物間相互作用が進化の原動力であることを思い起こせば，種の絶滅は，生物の多様性を形成・維持してきたメカニズムそのものを喪失することに他ならない（鷲谷・矢原 1996）．

近年，北海道の河川や湖沼では，外来サケ科魚類であるニジマス *Oncorhynchus mykiss* やブラウントラウト *Salmo trutta* の分布が拡大している．鷹見・青山（1999）は，1996年までにニジマスが道内72水系，ブラウントラウトが18水系でそれぞれ確認されたとし，これらの種の生息する水系が遊漁の盛んになった1970年代以降に急速に増加したことを指摘している．ニジマスやブラウントラウトの分布域が拡大するのに伴い，北海道では，これら外来種が在来種に与える悪影響を懸念する声が高まってきた．その懸念とは，外来種による在来種の捕食（眞山 1999；青山ら 2002a；Taniguchi et al. 2002），餌や生息場所をめぐる外来種と在来種の競合（北野ら 1993；三沢ら 2001；Morita et al. 2004；Hasegawa et al. 2004），外来種による在来種の産卵床の掘り起こし（北野ら 1993；青山ら 1999；Taniguchi et al. 2000），外来種と在来種の交雑（斎藤 2000），降海型になった外来種による分布域の拡大 (Aoyama et al. 1999；Arai et al. 2002) など多岐におよぶ．さらに，北海道中央部の千歳川支流の紋別川や知床半島の居麻布川では，ブラウントラウトやニジマスが在来サケ科魚類であるアメマス *Salvelinus leucomaenis* やオショロコマ *S. malma* と置き換わってしまった事例が報告されている（鷹見ら 2002；森田ら 2003）．

北海道には1,488の水系が存在し（北海道土木協会 1995），うち2003年時点で153水系がサケ・マス増殖河川としてサケ *O. keta*，カラフトマス *O. gorbuscha*，サクラマス *O. masou* およびベニザケ *O. nerka* の資源造成に利用されている（独立行政法人さけ・ます資源管理センター 2003）．これらの河川のうち，代表的な河川を対象に溯上親魚の捕獲を行なって種卵を確保し（サクラマスについては，池産系由来の種卵を一部利用），それをふ化場で稚魚あるいはスモルトの段階まで育成したのちに増殖河川に放流するのが増殖事業の概要である．河川に放流された稚魚あるいはスモルトは，一般に短期間ではあるものの河川を生活の場として利用するために，被食による放流種苗の減耗を懸念する声がある．とりわけ，ブラウントラウトは魚食性が強いために（帰山 2002a），分布の拡大とともに本種による食害が危惧されている（眞山 1999；青山ら 2002a）．しかし，ブラウントラウトをはじめとする他の魚類によるサケ・マス放流種苗の減耗を定量的に把握した研究は極めて少ないのみならず，潜在的に在来生物群集に悪影響を及ぼす恐れのあるニジマスやブラウントラウトの，サケ・マス増殖河川における生息状況すら十分に把握されていないのが実情である．

そこで，著者らは北海道のサケ・マス増殖河川におけるニジマスおよびブラウントラウトの生息状況を調査したので，その結果をここに報告する．また，これら２種の調査と同時に，

在来サケ科魚類であるアメマス，サクラマス，オショロコマおよびイトウ *Hucho perryi* の生息状況についてもあわせて情報収集を行なったので，外来サケ科魚類２種と在来サケ科魚類４種の生息水系の地理的な分布について若干の考察を行なう. なお本報告に記載する内容は, 独立行政法人水産総合研究センターからの委託事業である「移入種管理方策検討委託事業」の一環として，2003～2004年度に行なわれた業務で得られた結果である.

方法

はじめに, ニジマスおよびブラウントラウトについて, 原産地や北海道に侵入した経緯等, その概要を記す.

ニジマス

原産地はカムチャツカ半島から北米大陸のアラスカ，カリフォルニア南部にかけての太平洋沿岸である（井田・奥山 2002）. 遊漁や養殖目的で，世界で最も盛んに移植された魚種として知られている. 日本に初めて移植されたのは1877年のことで，米国カリフォルニア州のマクロウド川から10,000粒が移植されたという（著者不詳 1950）. 北海道では，1917年に現さけ・ます資源管理センター千歳支所において，日光中禅寺湖畔のふ化場より分譲された発眼卵27,000粒をふ化させたのが最初である（著者不詳 1950）. ふ化場外に放流されたのは摩周湖が最初であり，1926年以降3回にわたり中禅寺湖からニジマス卵合計36,121粒が，さらに1929年には米国よりスチールヘッド（ニジマスの降海型）がそれぞれ移植された（三原1950）. その後，摩周湖は道内におけるニジマス種苗の最大の生産地となり，摩周湖をはじめ，現さけ・ます資源管理センターの北見，十勝，千歳，渡島などの各支所で生産された種苗が，民間に分譲されたり河川に放流されたりした（規矩 1950；柴田・佐野 1952）. 民間へのニジマス種卵種苗供給は，民間における生産体制基盤の固まりと，当時種卵種苗供給の主体を担っていた北海道立水産孵化場の事業見直し等により，1970年をもって終了した（北海道立水産孵化場 1972）. その後，公的機関によるニジマスの放流は，未利用水域の有効活用を目的とした人造湖等への放流に限定されるようになった.

ブラウントラウト

原産地はヨーロッパから西アジアが中心であり，南限は北アフリカのアトラス山脈，東端はウラル山脈，カスピ海，アラル海（ただし，アラル海およびその流入河川に生息する本種は絶滅したらしい）付近に及ぶ (Baglinière 1991；Elliott 1994) . 日本には1892～3年に北米から卵が運び込まれたのが最初であるという (MacCrimmon et al. 1970) . 北海道では1980年に新冠人造湖において本種が初めて確認されたが，これは1978年に同湖と静内川に私的放流された種苗に由来する（米川 1981）. ニジマスは公的機関によって河川や人造湖に放流されてきた歴史的な経緯があるのに対して，ブラウントラウトについては公的な放流記録がなく，本種はもっぱら私的な放流によって道内に広まったと考えられている（鷹見・青山 1999；帰山 2002a）.

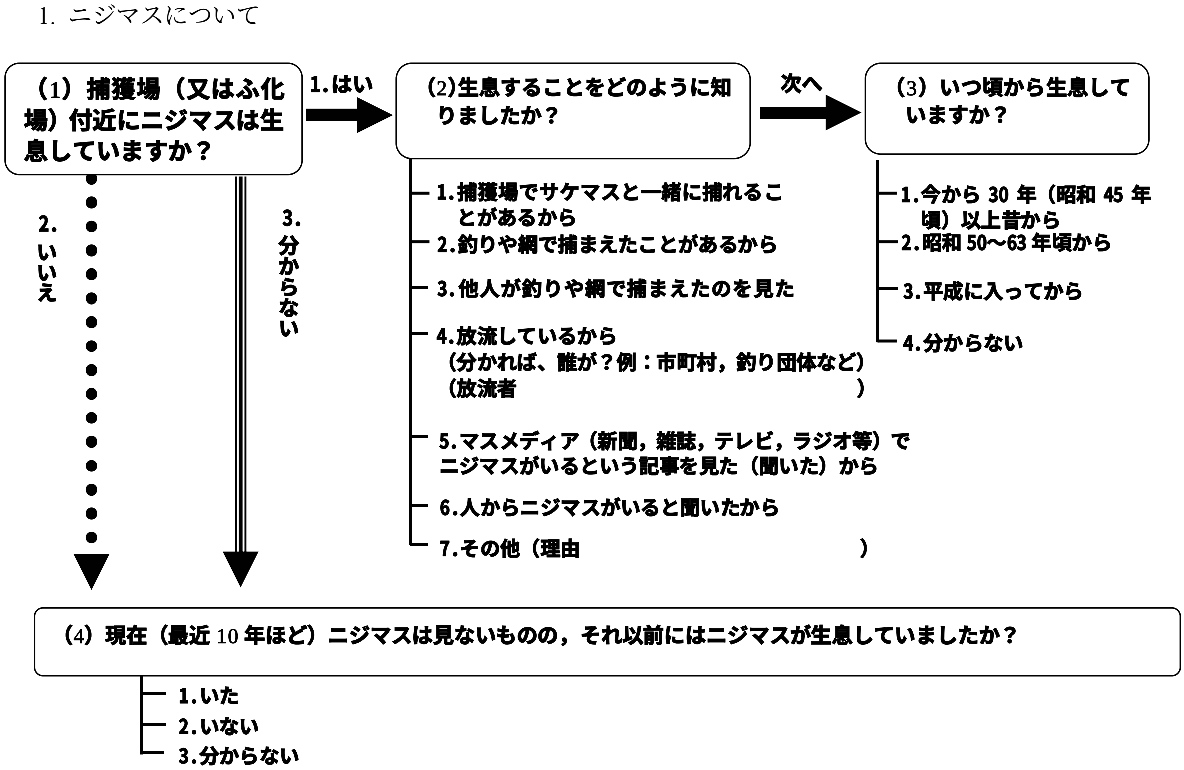


図1.　使用したアンケート用紙．ニジマスとブラウントラウトでは質問内容がほぼ同じであるために，ここではニジマスの事例のみを示す．ただし，ニジマスとブラウントラウトでは北海道に移植された時期が大きく異なるため、生息する時期を問う質問（質問（3））に関しては両種で選択肢の時期区分が異なる．

生息状況調査

2003年度の北海道のサケ・マス増殖河川153水系におけるニジマスおよびブラウントラウトの生息状況を把握するために，（1）アンケート調査，（2）文献・報告書調査および（3）魚類相調査の3種類の調査を併用した．

（1）アンケート調査

2003年度における，道内のサケ・マス捕獲場55カ所およびサケ・マスふ化場136カ所で働く職員を対象にアンケート調査を実施した．アンケート調査は2003年7～12月に実施した．民間ふ化場およびさけ・ます資源管理センター事業所に関する調査は，さけ・ます資源管理センターの6支所（北見，根室，十勝，天塩，千歳および渡島）が分担して実施した．北海道立水産孵化場所属のふ化場については，アンケート用紙を北海道立水産孵化場の本場に郵送し，各ふ化場の回答結果を本場経由で返信してもらった．

図1に使用したアンケート用紙を示す．アンケート調査を実施する上で心掛けた点のひとつは，「生息する」という回答が得られた場合にその情報の信憑性を確認することである．そのために，どのような理由により対象河川にその種（図1の例の場合はニジマス）が生息することを知ったのか，その理由を確認するための質問を設定した．この設問で，6の「人からニジ

マス（ブラウントラウト）がいると聞いたから」が選択された場合，アンケート回答者自身がその河川における対象種の生息状況を確認した訳でなく，また，メディア等の信頼性の高い情報源に基づく生息情報でもないため，その水系における生息情報は第三者からの伝聞情報によるものとして扱った．さらに，いつ頃から生息するようになったのか大凡の時期を質問した．ただし，ニジマスとブラウントラウトでは道内に移植された時期が大きく異なるために，生息が認められるようになった時期を問う選択肢の時期的な区分は両種で異なる．一方，最初の質問で「生息しない」あるは「分からない」との回答があった場合には，過去における生息状況を質問した．この設問の意図は，定着に失敗した事例の有無を把握することにある．在来サケ科魚類であるアメマス，サクラマス（ヤマベ），オショロコマおよびイトウの生息状況は，生息の有無を「いる」「いると思う」「20～30年前にはいたが現在はいないと思う」「いないと思う」「いない」および「分からない」の選択肢から選んでもらうことで把握した．この場合にも，「いる」という回答が得られた場合にはなぜ生息することを知ったのか，図1の設問同様に理由を尋ねた．

これらの情報を基に，各水系における各々の魚種の生息の有無を判定した．ただし，捕獲場と複数のふ化場が存在する水系（例えば，十勝川や釧路川）では，たとえ同一水系であっても異なる回答が得られる場合が考えられる．そのときには，「生息する」＞「（伝聞情報に基づく）生息するらしい」＞「生息しない」＞「分からない」の順で，最も優先順位の高い回答に従って生息の有無を判定した．

（2）文献・報告書調査

今回のサケ・マス増殖河川におけるニジマスおよびブラウントラウトの生息状況に関する調査は，現状把握が主な調査の目的である．そのため，文献・報告書等による情報収集は，1989年以降の資料を中心に行なった．利用した資料は，北海道立水産孵化場事業成績書，同「サケ・マス保護水面管理事業調査実績書」，同研究報告，同「魚と水」，北海道内水面漁業連合会発行の「内水連」，斜里町立知床博物館研究報告，同編集の「しれとこライブラリー4　知床の魚類」，釧路市立博物館紀要，美幌博物館研究報告，上士別町ひがし大雪博物館研究報告，利尻研究，北海道大学演習林研究報告，北海道東海大学紀要理工学部系，水産庁発刊の「日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料」，環境庁自然保護局編集の「第4回自然環境保全基礎調査　河川調査報告書」，学術雑誌（日本水産学会誌や日本魚類学会誌等），さけ・ます資源管理センター研究報告，同技術情報（愛称：魚と卵）および新聞記事等である．これらの資料から，サケ・マス増殖河川における外来サケ科魚類2種と在来サケ科魚類4種の生息情報を拾い出した．

（3）魚類相調査

2003年のアンケート調査および文献・報告書調査によって，ニジマスとブラウントラウトの生息状況について情報の得られなかった水系（アンケート調査で生息状況が「不明」と回答のあった水系を含む）を対象に，2004年6～11月に魚類相調査を実施した．調査対象の水系

に100 m 程度の調査区間をいくつか設定し，エレクトリックショッカーによる魚類採集を試みた．さらに，本調査と同じ委託事業関連の調査として実施した2003年9～11月の北海道胆振地方における魚類相調査の結果も一部利用した．

生息水系の道内における地理的配置

ニジマスやブラウントラウトの生息する水系が道内のどの地域に多い（少ない）かを検討することは,両種の定着の成否を決定するメカニズムを解明する上で重要な情報になり得る．また，両種の生息水系情報を在来サケ科魚類の生息水系情報と重ね合わせることにより，双方の生息水系の重複度合いを客観的に把握できる可能性がある．さらに，生息水系の重複度合いが明らかになれば，今後，ニジマスやブラウントラウトの在来サケ科魚類に対する潜在的な影響を検討する意味で有用な情報になることが期待される．そこで，3種類の生息状況調査から153水系におけるニジマス，ブラウントラウト，アメマス，サクラマス，オショロコマおよびイトウの生息状況を判断し，これらの水系の地理的な配置を検討した．

巨視的に見れば，北海道は周囲を海に囲まれた円と見なすことができる．そこで，各水系の河口位置を円の中心から見た方角で示すことにより，水系の地理的な配置を表した．円の中心として，国土地理院が公表している北海道の重心（北緯43度28分11秒，東経142度49分26秒）を用いた. ニジマスならびにブラウントラウトの生息水系が地理的に偏在するか否かは,各々の種の生息水系と全153水系の方角に沿った累積頻度をKolmogorov-Smirnovの2試料検定で比較することにより検討した．また，在来サケ科魚類4種の生息水系についても同様の分析を行ない，各々の魚種の生息水系について地理的配置の特徴を把握した．なお，Kolmogorov-Smirnov の2試料検定において，比較する2つの試料の標本数 n_1，n_2が40よりも小さい場合，標本数をそろえる必要がある（石居1975）．そのため，ある魚種の生息水系数（n_i）が40水系よりも少ない場合には，通常の Kolmogorov-Smirnov の2試料検定では不都合の生じることが予想される. そのような場合, 次のような手法で統計学的な検討を行なった. まず, 全153水系の角度の情報から n_i ($n_i < 40$) に等しい標本を無作為抽出し，153水系の頻度分布と抽出した水系の頻度分布からKolmogorv-Smirnovの2試料検定に必要な最遠距離差 (D max) を算出した．この行程を1,000回繰り返すことで，標本数 n_i を無作為抽出した際の D max の出現確率が推定される．この D max の出現確率と， 全153水系とある魚種の生息水系数 (n_i) から実際に求めたD max を比較し，後者の D max 値が前者の出現確率の上・下位2.5パーセンタイルに含まれた場合に，その魚種の生息水系の配置が153水系のそれと危険率5 %で有意に異なると判断した.

結果

1．生息状況調査

（1）アンケート調査

道内のサケ・マス捕獲場55カ所および同ふ化場136カ所のうち，48捕獲場（87.3 %）および

131ふ化場（96.3 %）から回答を得た. その結果, サケ・マス増殖河川153水系中130水系（85.0 %）について情報を得ることができた. 情報の得られなかった23水系の多くは補完河川であった. 補完河川とは，種卵不足等が生じた場合に捕獲を実施することを目的とした河川であり，通常，補完河川への稚魚の放流は近隣河川で生産された種苗が用いられる．そのため，捕獲場やふ化場の存在する水系に比べて，補完河川に関する情報は得難かったものと考えられる.

ニジマス

130水系中，アンケート回答に基づいてニジマスが「生息する」，「生息するらしい」，「生息しない」，「生息するかどうか分からない」と判定されたのは，それぞれ67，11，38，14水系であった（表1）．ニジマスが「生息する」もしくは「生息するらしい」と判定された78水系については98カ所から回答が得られ，生息を知った理由を複数回答可能で尋ねたところ，「捕獲場で採集されたから」という理由が39件と最も多かった（図2）．ニジマスが生息するようになった時期に関する問いでは，「分からない」という回答と未回答が合わせて40件と最も多かったが，回答のあった選択肢の中では「今から30年以上昔から」が28件と最多で，最近になるにつれて回答件数が減少する傾向が認められた（図3）．一方，ニジマスが「生息しない」あるいは「生息するかどうか分からない」と判定された52水系のうち，「現在（最近10年ほど）ニジマスは見ないものの，それ以前にはニジマスが生息していた」とする回答が2件あり，いずれも岩尾別川からの情報であった.

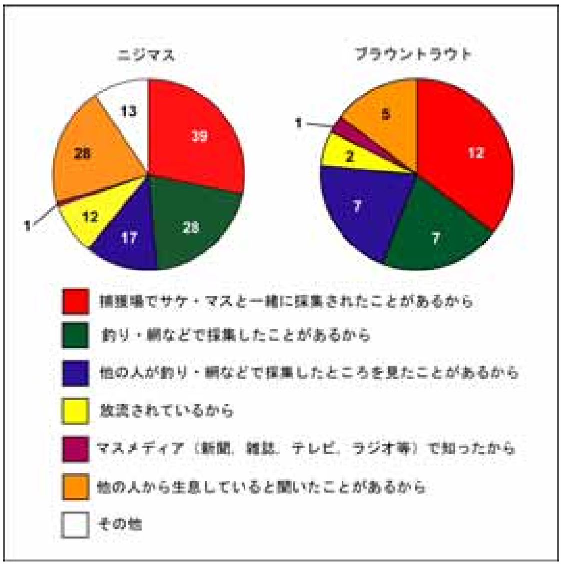


図2.　北海道のサケ・マス増殖河川に，ニジマスおよびブラウントラウトが生息することを知った理由（複数回答可）．図中の数字は回答件数を示す．なお，ニジマスで「その他」と回答のあった内訳については，「ふ化場に迷い込む」が7件と最も多く，「以前養殖場があった」が3件とそれに続いた.

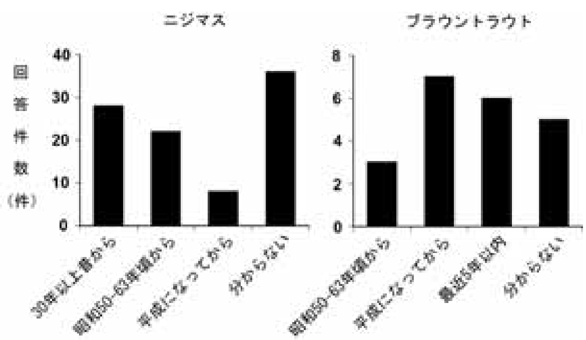


図3. 北海道のサケ・マス増殖河川に，ニジマスおよびブラウントラウトが生息するようになった時期に関するアンケート結果．ニジマスとブラウントラウトでは北海道に移植された時期が大きく異なるため，質問した時期区分は両種で異なる.

ブラウントラウト

130水系中，ブラウントラウトが「生息する」，「生息するらしい」，「生息しない」，「生息するかどうか分からない」と判定された水系は，順に19，3，84，24水系であった（表1）．ブラウントラウトが「生息する」

もしくは「生息するらしい」と判定された22水系について23カ所から回答があり，生息を知った理由を複数回答可能で選択してもらった結果,「捕獲場で採集されたから」という回答が12件と最も多かった（図2)．ブラウントラウトが生息するようになった時期は,「平成に入ってから」という回答が7件で最多だった（図3)．ブラウントラウトが「生息しない」あるは「生息するかどうか分からない」と判定された108水系のうち,「現在（最近10年ほど）ブラウントラウトは見ないものの，それ以前にはブラウントラウトが生息していた」とする回答は無かった.

在来サケ科魚類およびその他のサケ科魚類

130水系中，アンケート結果に基づいてアメマス，サクラマス，オショロコマおよびイトウが「生息する」または「生息するらしい」と判定された水系は，順に102，111，31，18水系を数えた.

その他のサケ科魚類として回答のあった魚種のうち，イワナ（エゾイワナという回答を含む）*S. leucomaenis* が9水系（ルシャ川，斜里川，止別川，網走川，湧別川，古宇川，鳥崎川，鹿部川および大船川）と最も多くの情報が寄せられた．ただし，報告のあった水系を考慮すると，回答のあったイワナには，アメマス（河川残留型個体）とオショロコマの両種が含まれている可能性が高い．また，ギンザケ *O. kisutch* に関する情報が，渚滑川，知来別川，歌別川，遊楽部川および知内川から寄せられた．さらに種苗放流河川ではないものの，カラフトマスが十勝川，古平川，利別川で，ベニザケが渚滑川でそれぞれ確認されている.

（2）文献・報告書調査

ニジマス，ブラウントラウト，および在来サケ科魚類に関して情報が得られたのは104水系を数えた．そのうち，ニジマスおよびブラウントラウトの生息情報が得られた水系は，それぞれ39および11水系であり（表1)，アメマス，サクラマス，オショロコマおよびイトウの生息情報の得られた水系は，順に59，81，33および16水系であった.

（3）魚類相調査

魚類相調査は，2003年9月から2004年11月の期間に，37水系230地点で実施した．その結果，ニジマスが18水系から，ブラウントラウトが1水系からそれぞれ採集された（表1).

生息状況調査の総括

アンケート調査，文献・報告書調査および魚類相調査の結果から総合的に判断すると，2003年度の北海道におけるサケ・マス増殖河川153水系中，ニジマスの生息が認められたのは86水系であった．これに，アンケート調査で「生息するらしい」という情報の得られた7水系を加えると，ニジマスの生息水系は93水系（サケ・マス増殖河川の60.8 %）に及んだ（表1)．一方，ブラウントラウトは25水系に生息することが明らかとなり，これに「生息するらしい」という回答のあった3水系を加えると，ブラウントラウトの生息水系は28水系（同18.3 %）を数えた（表1)．さらに在来サケ科魚類であるアメマス，サクラマス，オショロコマおよび

イトウの生息水系数（「生息するらしい」との回答のあった水系を含む）は，順に，131（同85.6 %），143（同93.5 %），48（同31.4 %）および22水系（同14.4 %）となった．

表1.　北海道のサケ・マス増殖河川におけるニジマスとブラウントラウトの生息状況．表中の数字は次のとおり．0：野外調査を実施したが採集されず，又は文献情報が存在したが両種の生息情報なし，1：生息する，2：生息するらしい，3：生息しない，4；分からない．さらに，アンケート，文献情報および野外調査の結果に基づき，生息確認水系には○を，生息情報のある水系（アンケート調査で，“ 生息するらしい “ との情報が得られた水系）には△をそれぞれ記した．

海区	地区	水系	ニジマス				ブラウントラウト				参考文献
			アンケート	文献	野外調査	生息状況	アンケート	文献	野外調査	生息状況	
オホーツク	東部	ルシャ川	3	0			3	0			d, f, g, n
		岩尾別川	3	0			3	0			f, g, n
		遠音別川	3	0			3	0			a, b, g, n
		奥蘂別川	3	0			3	0			a, b, g, n
		斜里川	1	1		○	3	1		○	a, d, f, g, n, s
		止別川	1	1		○	4	0			a, b, n
		浦士別川	4		1	○	4		0		
		藻琴川	3				3				
		網走川	1	1		○	3	0			a, d, f, i
		バイラギ川	4		0		4		0		
		卯原内川	4		1	○	4		0		
	中部	常呂川	1	1		○	3	0			a, b, d, i, n
		湧別川	1	0		○	1	0		○	a, n
		藻別川	4		1	○	4		0		
		渚滑川	1	0		○	3	0			n
		興部川	2	1		○	4	0			a
		雄武川	4		0		4		0		
		幌内川	1	0		○	3	0			a, b
	西部	徳志別川	1	0		○	3	0			d
		北見幌別川	1	0		○	3	0			d
		問牧川	3				3				
		頓別川	1	0		○	3	0			o
		知来別川	3				3				
日本海	北部	東ノドットマリ川	3				4				
		寿川	3	0			3	0			n
		朝日川	3				3				
		大空川	3				3				
		大沢川	3	0			3	0			k, p
		増幌川	3	0			3	0			a, b, c, d, n, p
		声問川	3	0			3	0			n
		天塩川	1	1		○	1	0		○	d, e, l, n, r
		遠別川	1			○	3				
		風連別川	3	0			3	0			c, d
		築別川			0				0		
		羽幌川	4		0		4		0		
		古丹別川			0				0		
		小平蘂川	4	0			3	0			a, d
		信砂川	3	0			1	0		○	a, b, c, d
		暑寒別川	2	1		○	3	0			a, b, c, d, o
	中部	浜益川		1	1	○		0	0		c
		厚田川		1		○		1		○	a, b, c, d, o, p
		石狩川	1	1		○	1	1		○	a, b, c, d, e, n, o, p, q
		余市川	1	0		○	3	0			d, n
		沖村川		0				0			a
		古平川	1	0		○	3	0			a, d
		美国川		0	0			0	0		d
		積丹川		1		○		0			a, b, c, d
		余別川		0				0			a, b, d
	南部	珊内川		0	0			0	0		d
		古宇川	1	1		○	3	0			a, b, c, d, m
		盃川		0	0			0	0		d
		堀株川		0	1	○		0	0		d

海区	地区	水系	ニジマス アンケート	ニジマス 文献	ニジマス 野外調査	ニジマス 生息状況	ブラウントラウト アンケート	ブラウントラウト 文献	ブラウントラウト 野外調査	ブラウントラウト 生息状況	参考文献
日本海	南部	野束川	1	0		○	3	0			d
		尻別川	1	1		○	3	1		○	a, c, d, e, n, q
		朱太川	3	0			3	0			a, o
		折川		0				0			a
		大平川		1		○		0			a
		泊川	3	1		○	3	0			a, b
		千走川	3	0			4	0			a, b, d, n
		馬場川		0				0			a
		利別川	1	0		○	3	0			a, b
		太櫓川		1		○		0			a, b, d
		良瑠石川		1		○		0			a, e
		臼別川		0				0			a, b, d
		見市川	3	0			3	0			a, b, c, d, p
		相沼内川	1	0		○	3	0			a, c, d
		突符川		1		○		0			a, b, c, d
		厚沢部川	1	0		○	3	0			p
		天の川	1	0		○	3	0			a
		石崎川		1		○		0			a, b, p
		小鴨津川		0				0			a, b, c, d
		及部川	1	0		○	3	0			a, b
根室	北部	ルサ川	3	0			3	0			f, g
		モセカルベツ川	4	0	0		3	0	0		f, g, n
		サシルイ川	3	0			3	0			f, g
		羅臼川	4	1	0	○	4	0	0		d, f, g, n
		春苅古丹川	4	0	0		4	1	0	○	f, g
		植別川	4	0	0		4	1	0	○	f, g
		元崎無異川	3	0			3	0			g
		薫別川	4	0	0		4	0	0		g
		古多糠川	4	0	0		3	0	0		g
		忠類川	1	1		○	3	0			d, f, g
		ポー川	1	1	0	○	4	0	0		d, n
		標津川	1	1		○	2	0		△	a, d, g, n
	南部	当幌川	1	0		○	3	0			d, n
		春別川	4	0	1	○	4	0	0		d
		床丹川	1	0		○	3	0			d
		西別川	1	1		○	4	0			a, b, d, n, o, r
		風蓮川	1	1	1	○	4	0	0		d, n, o
		別当賀川	1	0		○	1	0		○	d
えりも以東	東部	幌戸川	3				3				
		新川	3				3				
		藻散布川	3				3				
		別寒辺牛川	3	0			3	0			c, d, e, n, o,
		チョロベツ川	3				3				
		釧路川	1	1		○	1	0		○	d, h, n, o
		庶路川	1			○	3				
		茶路川	2			△	3				
	西部	音別川	2			△	3				
		厚内川			0				0		
		十勝川	1	1		○	2	0		△	a, b, d, e, j, n
		当縁川	3				3				
		歴舟川	2	1		○	3	0			o
		小紋別川	2			△	3				
		豊似川	1			○	3				
		楽古川	2			△	3				
		広尾川	1			○	1			○	
		音調津川	3				3				
		猿留川	1			○	3				
えりも以西	日高	歌別川	1	1		○	3	0			a, b, c, d, n
		仁雁別川	1	1		○	3	0			a, b, d
		様似川	1			○	1			○	
		日高幌別川	1	1		○	3	0			a, b, l, o
		元浦川	1	0		○	3	0			l
		三石川	1	1		○	3	0			a, l
		静内川	1	1		○	1	1		○	a, b, d, l
		新冠川	1	1		○	1	0		○	a, d, l, n
		厚別川	1	0		○	3	0			l
		沙流川	1	1		○	1	0		○	a, n
	胆振	鵡川	1		1	○	1		0	○	
		安平川	1	1	1	○	4	0	0		o

海区	地区	水系	ニジマス				ブラウントラウト				参考文献
			アンケート	文献	野外調査	生息状況	アンケート	文献	野外調査	生息状況	
えりも以西	胆振	錦多峰川	1		1	○	3		0		
		社台川	1		0	○	4		0		
		白老川	1		1	○	3		0		
		敷生川	1	0	0	○	1	1	1	○	s
		アヨロ川	1		1	○	3		0		
		登別川	1		1	○	3		0		
	噴火湾	チマイベツ川	1		1	○	3		0		
		気仙川	2		1	○	1		0	○	
		長流川	1	1	1	○	3	1	0	○	a, d
		貫気別川	1	1	1	○	4	0	0		a
		静狩川	3				1			○	
		長万部川	3	0			3	0			a
		国縫川	3				3				
		遊楽部川	1	0		○	3	0			a, c, o
		落部川		0				0			a
		鳥崎川	1	0		○	1	1		○	c, d, n
		尾白内川	1	0		○	2	0		△	a, c, d
	道南	鹿部川	1			○	3				
		常路川			0				0		
		大船川	3	0			3	0			d
		矢尻川	3				3				
		尻岸内川	2			△	3				
		原木川	3	0			3	0			a, b, c, d, p
		汐泊川	1	0		○	4	0			a, b, c, d
		大野川	1		1	○	4		0		
		戸切地川	1	1		○	1	1		○	b, e, p
		茂辺地川	3				3				
		大当別川	3				3				
		亀川	2			△	1			○	
		木古内川	2	0		△	4	0			a
		知内川	1	0		○	1	0		○	a
		福島川	1	0		○	3	0			a
北海道合計					○	86			○	25	
					△	7			△	3	

利用した参考文献：a 北海道道立水産孵化場事業成績書，b 北海道立孵化場保護水面管理事業，c 北海道立水産孵化場研究報告，d 魚と水，e 内水連，f 知床博物館研究報告, g 知床のさかな，h 釧路市立博物館紀要，i 美幌博物館研究報告，j 上士別町ひがし大雪博物館研究報告, k 利尻研究, l 北海道大学演習林研究報告，m 北海道東海大学紀要理工学部，n 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料，o 第4回自然環境保全基礎調査　河川調査報告書, p 学術雑誌，q さけ・ます資源管理センター研究報告, r さけ・ます資源管理センター技術情報（魚と卵）, s 新聞情報

2.生息水系の道内における地理的配置

2003年度のサケ・マス増殖河川の道内における地理的配置と，ニジマス，ブラウントラウト，アメマス，サクラマス，オショロコマおよびイトウの生息水系の地理的配置を図4に示した．サケ・マス増殖河川は，北海道の重心から見て北東から東，ならびに南から南西の方角に数多く分布している傾向が認められた．図4を見る限り，在来サケ科魚類であるアメマスおよびサクラマスの生息水系は，北東から東側の方角で若干少ない傾向があるものの，サケ・マス増殖河川にほぼ偏りなく分布している傾向が認められた．一方，オショロコマの生息水系は，北東から東側の地域に数多く見られた．その他の魚種に関しては，生息水系自体が少ないこともあり，地理的配置の特徴を図上で把握することは困難と思われた．

次に，方角に沿ってサケ・マス増殖河川153水系と各魚種の生息水系の累積頻度を図5に示

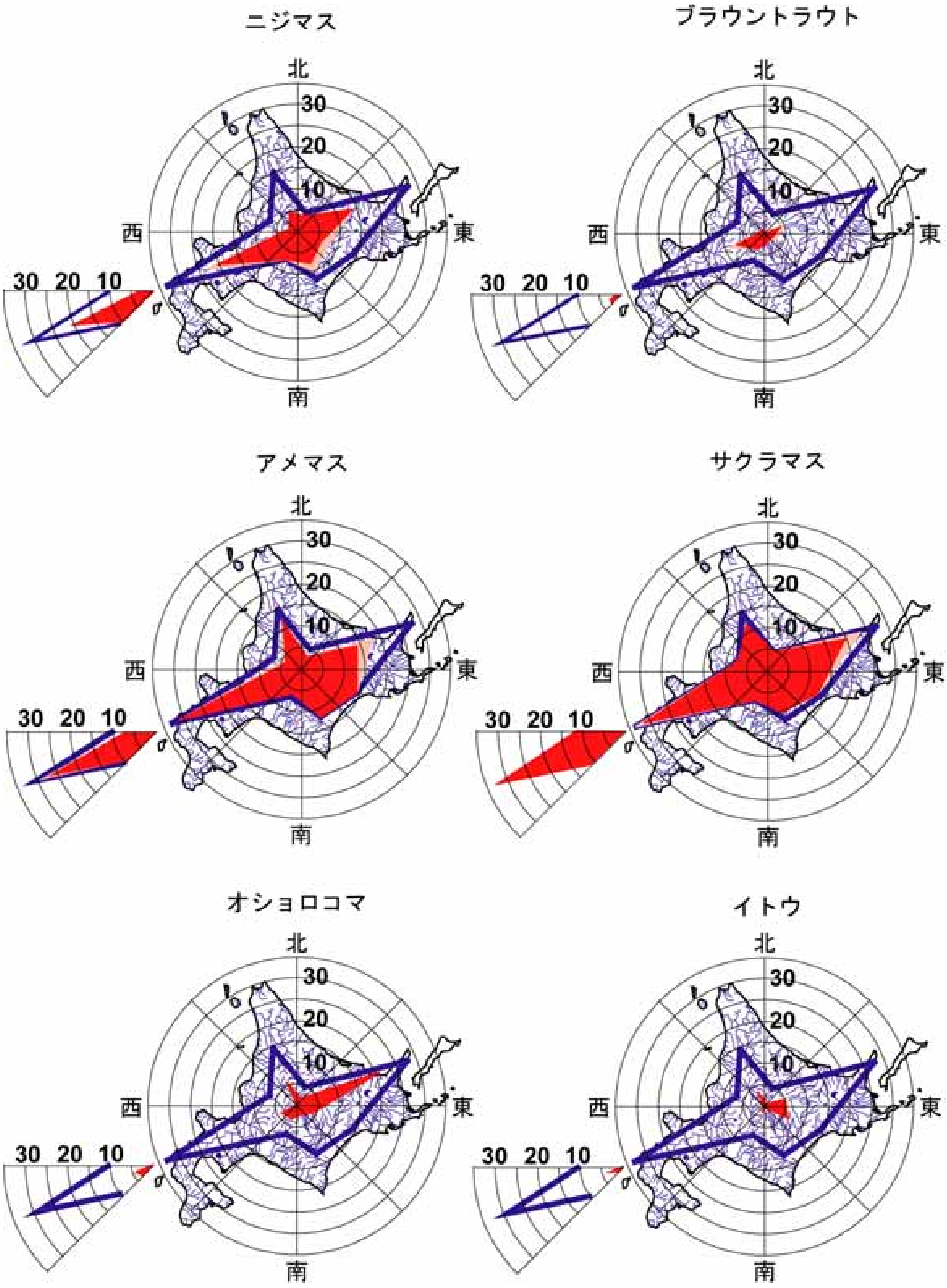


図4．北海道のサケ・マス増殖河川の地理的配置図．各水系の河口位置を，北海道の重心（北緯43度28分11秒，東経142度49分26秒）から見た角度で表わし，45度ごとに水系数を集計した．青線は各々の方角におけるサケ・マス増殖河川の水系数を示し，そのうち該当魚種の生息が確認された水系数を赤で，また「生息するらしい」との情報の得られた水系をピンクで，それぞれ塗りつぶした．なお，南西-西の方角については，日本海側に流入する水系を，太平洋側の水系と分けて示した．

した．両者の関係を分析した結果，オショロコマおよびイトウの生息水系は, サケ・マス増殖河川の地理的配置と有意に異なっていたが (Kolmogorov-Smirnov の2試料検定：［オショロコマ］D max 0.29, $n_1 = 153$, $n_2 = 48$, $p < 0.01$,［イトウ］D max 0.28, $n_1 = 153$, $n_2 = 22$, $p < 0.05$) ，その他の魚種の生息水系の地理的配置は，サケ・マス増殖河川の地理的配置と違わなかった (Kolmogorov-Smirnov の2試料検定：いずれの魚種も $p > 0.05$) ．

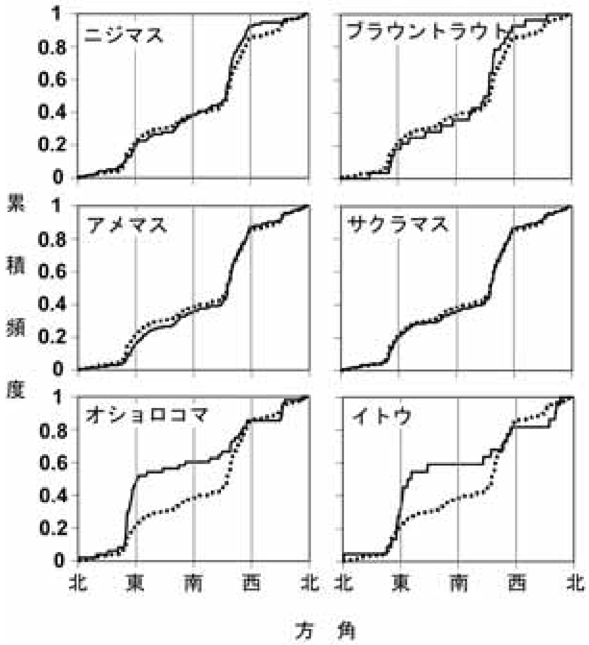


図5. 北海道のサケ・マス増殖河川の河口位置（角度，図4参照）に関する累積頻度分布と該当魚種の生息水系に関する累積頻度分布図の比較．破線はサケ・マス増殖河川を，実線は生息水系をそれぞれ表わす．

考察

北海道のサケ・マス増殖河川153水系を対象に，アンケート調査，文献・報告書調査および魚類相調査という3種類の方法によりニジマスおよびブラウントラウトの生息状況を調べた結果，これらの種が「生息する」もしくは「生息するらしい」と判定された水系はニジマスでは93水系，ブラウントラウトでは28水系を数えた．鷹見・青山（1999）は，釣り雑誌および北海道立水産孵化場の報告書から道内におけるニジマスとブラウントラウトの採捕記録を調べて，1996年までにニジマスが72水系，ブラウントラウトが18水系で確認されたことを報告している．本調査は，鷹見・青山（1999）の調査から約8年後に実施されたものであり，両種の確認水系数は1996年時点よりもそれぞれ多い結果となった．方法の異なる両調査の結果を単純に比較して，1996年から2004年までの間に，ニジマスやブラウントラウトの生息水系が増加したと結論づけることは出来ない．しかし，本調査が道内1,488水系のうち10.3 %を占めるに過ぎないサケ・マス増殖河川153水系を対象にした内容であることを考慮すれば，現在におけるニジマスおよびブラウントラウトの生息水系数は，鷹見・青山（1999）や本調査の結果を上回るのは確実であろう．特にブラウントラウトについては，宗谷支庁を除く13支庁管内の計42水系に生息するとの報告があり（工藤 2001），本調査の結果はブラウントラウトの生息実態を過小評価している可能性がある．このような違いが生じた原因として，我々の調査が対象水系を限定していること，ブラウントラウトの生息水系が急速に増加したのは1990年代になってからであり（鷹見・青山1999），まだ生息情報が広く認識されていないこと等の理由が考えられるが，工藤（2001）には水系名等の記載がないために，大きな違いが生じた理由について具体的な考

察を行なうことは困難である．

ニジマスやブラウントラウトの生息水系が増加した背景には1970年代以降のルアーフィッシングの流行があり，この釣りの対象種として個人あるいは団体等が私的にこれらの種を移植放流したことが分布拡大の一因と考えられている（青山 1997；鷹見・青山 1999）．過去に公的機関が実施したニジマスの移植放流については記録が残されている場合が多いのに対して（例えば，柴田・佐野 1952），私的放流については，いつ，何処へ，どのような魚種を，どれだけ，何処から移植したのか，放流履歴が分からない場合が多い．一般に，外来種の放流や放逐が在来種や生態系に与える影響を予測することは非常に難しい．生態系が，数多くの生物が関わり合う，複雑な生物間相互作用により構成されているためである（鷲谷・矢原 1996）．そのような不確実な対象を管理しようとする場合，行動（ここでは放流）とその影響を常に監視，評価し，その結果を次の行動に役立てることが重要であるという（日本生態学会 2002）．そのような意味において，放流履歴が残されていれば，放流による悪影響が顕在化した場合に，どのような環境下で，どんな放流を行なうことが問題に繋がるのか，将来の対策を講じる上で有効な情報となり得る．ところが，私的放流による外来種の分布拡大には，それが期待できないのみならず，誰も予想しなかった事態があちらこちらで進行し，それがある日突然，我々の生活や生態系に脅威となって降り掛かってくるという危険を含んでいる．なお，北海道は，オオクチバス *Micropterus salmoides* やコクチバス *M. dolomieu* などのオオクチバス属魚類とブルーギル *Lepomis macrochirus* に加えて，2003年11月1日からブラウントラウト，カムルチー *Channa argus* およびカワマス *S. fontinalis* を内水面漁業調整規則に基づく移植禁止対象種として新たに制定した．ブラウントラウトの生息水系が急速に増加している現状と，魚食性が強いという本種の特性を考慮すれば，これ以上分布を拡げないためには必要な措置と考えられる．

一方，いったん野外に放流されたニジマスやブラウントラウトが，降海型として海に出て別の河川に溯上することにより，自ら生息域を拡大する危険性も指摘されている（青山ら 2002b）．事実，北海道沿岸域でもニジマスやブラウントラウトの降海型が採集されており (Aoyama et al. 1999；小宮山 2003)，石狩川水系の千歳川では，耳石のストロンチウム/カルシウム比の分析により，海から溯上してきたブラウントラウトが確認されている (Arai et al. 2002)．今回のアンケート調査でも，ニジマスやブラウントラウトの生息を知った理由として，「捕獲場でサケ・マスと一緒に採集されるから」という回答がニジマスで39件（36水系），ブラウントラウトで12件（12水系）と最も多かった．これらの個体が降海型であるか否かは不明であるが，海から溯上可能な場所における採集情報であるために，捕獲場で採集されたニジマスやブラウントラウトの中に降海型が含まれていた可能性も否定できない．そのような意味では，今後の展開として，海から侵入してくる恐れのあるニジマスやブラウントラウトをサケ・マス捕獲場で監視し，降海型による分布拡大の影響を把握することが可能かもしれない．

本報告では，外来サケ科魚類2種と在来サケ科魚類4種についてサケ・マス増殖河川における生息情報を基に，これらの魚種が生息する水系の地理的な配置を検討した．その結果，外来種であるニジマスとブラウントラウトの生息水系の地理的配置は，サケ・マス増殖河川153水系の地理的配置と違いが認められなかった．このことは，ニジマスやブラウントラウトの分布が特定の地域に偏っていないことを意味する．言い換えるならば，いったん放流されれば，道内いずれの地域であっても，これらの種が定着してしまう可能性のあることを示唆する．他方，在来種のうちアメマスとサクラマスについては，サケ・マス増殖河川の大半に生息しており，生息水系の地理的配置から推察しても，これら2魚種は道内のほぼ全域に生息していると思われた．つまり，水系スケールでみれば，ニジマスやブラウントラウトの生息水系は高い確率でアメマスやサクラマスの生息水系と重複することになる（表2）．次に，日本国内では北海道にしか生息しないオショロコマとイトウについては，生息水系数そのものが少ないのみならず，それが道内の特定地域に偏在していた．環境省のレッドデータブックでは，イトウは絶滅危惧ⅠB に，オショロコマは準絶滅危惧にそれぞれ指定されており（生物多様性情報システム：http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html/2005/12/28），緊急性の違いこそあれ，両種とも絶滅の恐れのある野生生物であることが知られている．ところが，これら希少な在来種が生息する水系にもニジマスやブラウントラウトの分布が及んでおり，オショロコマの生息水系の約6割でニジマスが，同じく約3割でブラウントラウトが確認されており，イトウの生息水系に至っては，その約8割にニジマスが，そして約5割弱にブラウントラウトが生息するという集計になった（表2）．ただし，今回の分析は各々の魚種の生息状況を水系レベルで判定したものであるため，オショロコマやイトウの生息水系にニジマスやブラウントラウトがいるからといって，本当にこれらの魚種が同所的（すなわち，同じ場所）に生息しているかどうかまでは明らかでない．しかし，在来の希少種を保全する観点から，オショロ

表2. 北海道サケ・マス増殖河川153水系における，ニジマス，ブラウントラウト，アメマス，サクラマス，オショロコマおよびイトウの生息水系数．表中の数字は各々の魚種の組み合せが認められた水系数を示す．なお，同一魚種名が交差するセルには該当する魚種の総生息水系数を記した．

	ニジマス	ブラウントラウト	アメマス	サクラマス	オショロコマ	イトウ
ニジマス	93	24	87	91	30	18
ブラウントラウト	24	28	25	28	16	10
アメマス	87	25	131	126	38	22
サクラマス	91	28	126	143	44	22
オショロコマ	30	16	38	44	48	15
イトウ	18	10	22	22	15	22

コマおよびイトウの生息水系においてニジマスやブラウントラウトの分布状況を早急に調査し，その影響評価を行なうことが重要と思われる．また，予防的措置という意味では，特にオショロコマやイトウの生息する水系には，今後絶対にニジマスやブラウントラウトを侵入させないという厳しい姿勢が必要であろう．

今回の分析において，ニジマスやブラウントラウトの生息水系の地理的配置を検討したもう一つの理由として，これらの種が分布しにくい地域を特定し，定着の成否に影響する要因を検討するという目的があった．しかし，両種は道内いずれの地域にも生息できる可能性が示され，今回のような大雑把な分布の把握では両種の定着の成否を論じることはできなかった．このことは，道内におけるニジマスやブラウントラウトの定着を議論する上で，例えば気候のような大きなスケールの環境条件が分布の制限要因になっていないことを示唆する．北海道にはニジマスの定着している水系が多いのに対して本州にそのような水系が少ないのは，仔稚魚の浮上時期にあたる初夏に本州では梅雨による増水があり，仔稚魚の生き残りが悪いためであるという説がある（Fausch et al. 2001）．しかし，少なくとも道内に限っては，ニジマスやブラウントラウトの定着を制限する気候イベントが存在するかどうか，今回の分析では明らかにできなかった．

一方，今回のアンケート調査において，「過去にニジマスが生息していたが，現在では分布が見られない」という回答が知床半島の岩尾別川から寄せられた．このような定着に失敗したと考えられる水系の情報は，道内における外来種の定着条件を明らかにする上で貴重な情報になり得る．現在，岩尾別川のサケ・マスふ化場は民間ふ化場になっているが，1988年までは水産庁北海道さけ・ますふ化場（現さけ・ます資源管理センター）の事業所であり，過去に何度か大水により甚大な被害を受けたことが記録として残っている（八木沢 1970；北海道さけ・ますふ化放流事業百年史編さん委員会 1988）．ニジマスは増水などの環境撹乱に弱いことが報告されていることから（川那部 1980；Fausch et al. 2001），岩尾別川に現在ニジマスが生息していないとすれば，度々発生した大規模な増水がニジマスの定着を阻止した可能性がある．岩尾別川の他にも，例えば道北の信砂川や利尻島の朝日川にはニジマスの養殖場が存在した記録があるが（北海道さけ・ますふ化放流事業百年史編さん委員会 1988），今回の調査ではニジマスの生息情報は得られていない．また，道南の落部川では，かつてニジマスが採集されているものの（後藤ら 1978），今回の調査ではニジマスの確認情報が得られなかった．このように，養鱒場の記録や過去の採集記録と現在の生息状況を照らし合わせて，定着に失敗したと思われる事例を収集することにより，今後，北海道におけるニジマスの定着条件を明らかにできる可能性がある．

サケ・マスの資源造成という立場から，ニジマスやブラウントラウトの影響を議論する場合，一番懸念されるのは食害による放流種苗の減耗であろう．しかし，道内でふ化放流される種苗のうち最も放流数の多いサケは，一般に短期間のうちに河川から海に下ることが知られている．例えば，ふ化場から河口までの距離が80-90キロもあるような西別川や千歳川（石

狩川水系）でさえ, 放流された稚魚は8〜10日ほどで降海する（小林ら1965；眞山ら1982, 1983）. カラフトマスは, 元来, 浮上後に河川でほとんど餌を採らずに直ちに降海する性質を持つ（Heard 1991）ために，本種も長期間河川に滞留することはない．これらの知見から推察するに，サケやカラフトマスの稚魚が河川で食害に遭う期間というのは通常短いことが予想される．一方，サケやカラフトマスよりも河川に依存した生活史を持つサクラマスについては，稚魚放流された種苗の場合には半年から１年程度河川で生活するため，その間に食害に遭う危険性は十分に考えられる．ところが，サケとサクラマスの種苗放流を行っている道央のある増殖河川において，周年にわたりブラウントラウトの食性を調査した結果では，サケやサクラマスの放流直後には確かにこれらの放流魚が高い頻度でブラウントラウトに食べられていたが, それ以外の時期には，通常の河川性サケ科魚類の餌メニューと同じ水生昆虫や陸生昆虫等をブラウントラウトは常食しており，胃内容物中に魚類はほとんど認められなかった（鈴木, 未発表）．無論，ここで紹介した事例だけで，ニジマスやブラウントラウトによるサケ・マス放流種苗に対する食害の程度を論じることはできないが，食害の実態はこれら外来種の生息数や種苗の放流状況（例えば，放流時期，種苗サイズおよび放流場所）等，河川ごとに様々であることが予想される．したがって，殊更に食害を問題視するのではなく，まずは各々の河川における実態把握に努めることが重要であると考える．仮に，サケ・マス増殖河川のなかに外来種だらけの水系が存在するとすれば, 放流種苗に対する食害を心配する前に, 本来, 在来種が多く生息するはずの河川になぜ外来種が蔓延してしまったのか，その根本的な原因を問題視するのが先決であると考える．

本報告の冒頭でも紹介したように，北海道でニジマスやブラウントラウトの生息水系が増加してきたのに伴い，在来種や生態系に対する悪影響を懸念する報告が数多く発表されるようになってきた．これらの報告の中には，潜在的な悪影響に警鐘を鳴らした内容のものも少なくなく，実際にどの程度外来種が在来種に悪影響を及ぼしているのか不明な場合が多い．しかしその一方で，千歳川支流の紋別川や知床半島の居麻布川のように，在来種であるアメマスやオショロコマがわずか数年から十数年という短期間にブラウントラウトやニジマスに置き換わってしまった事例が存在することも事実である（鷹見ら 2002；森田ら 2003）．実際に外来種による影響評価を行うことも大切であるが，影響が明らかになるまで対策を講じないのでは，いつ第三，第四の紋別川や居麻布川が出てこないとも限らない．したがって，今最優先されるべき行動は, これ以上外来種の生息水系を拡げないことである. そのためには, 北海道の内水面漁業調整規則で移植放流が禁止されている魚種は元より，ニジマスも含めて非生息域には移植放流を行わないことが重要である．一方，既にニジマスやブラウントラウトの生息情報が存在する水系については，在来種も含めて河川における魚類の生息実態を把握することがまずは重要かもしれない．というのも，例えば今回の調査でブラウントラウトの生息情報が得られた水系であっても，本当に本種が再生産によって定着しているのか，それとも海から侵入してきて偶然に発見されただけなのかが明らかではない．魚類の生息状況

を調査した結果，外来種が在来種よりも高密度で生息し，何らかの悪影響が示唆される場合には対策を講じることも必要になるだろう．しかし，その際に忘れてならないのは，ニジマスやブラウントラウトは遊漁対象種として極めて人気が高く（青山・鷹見 1998），これらの魚種を望む意見も少なからず存在するという点である．したがって，ニジマスやブラウントラウトを単に外来種という理由だけで否定するのではなく，外来種の定着によってどのような悪影響が生じているのかを漁業（ふ化場）関係者，遊漁者そして研究者間で議論し，共通の認識に基づいた対策を打ち出すよう努力することが重要であると考える．

北海道のサケ資源は1970年代以降飛躍的に増大し，現在の来遊数は年間5,000万尾を越えることも珍しくなくなった．このようにサケ資源が増大した背景には，効率的なふ化放流技術が果たした役割が大きい．しかし，効率化を目指すあまり，大きく育成された稚魚は放流後に短時間で海に下るようになり，一方，溯上親魚は捕獲しやすい河口近くで一括捕獲されてトラックでふ化場まで輸送されているのが現状である．そのため，現在のふ化放流技術は河川省略型の増殖技術になってしまったと言われている（帰山 2002b）．その結果，ふ化放流事業は河川に生息する在来種や河川環境を保全するための役割を失ってしまったという（帰山 2002b）．とはいえ，今回のアンケート調査からも明らかなように，捕獲場やふ化場では，日頃の業務を通じて河川に生息する魚類等について情報を得る機会が多いのも事実である．河川環境を現在よりも悪化させないためには，外来種の問題を含めて，サケ・マス増殖事業の関係者が河川の監視役として担うことのできる役割が，少なからずあるものと考える．

本報告では，北海道のサケ・マス増殖河川におけるニジマスおよびブラウントラウトの生息状況を紹介してきた．しかし，今回の調査で外来種の生息情報がなかった水系も安心ばかりはしていられない．なぜならば，近隣の至る所にこれらの魚種が生息している現在，いつ外来種が侵入してくるとも限らない．また反対に，外来種の生息が確認されたからといって未来永劫その水系に外来種が定着し続けるかどうかも分からない．そのような意味において，今回の調査は一時間断面における生息情報の記載に過ぎない．大切なのは，身近な水系の状態がどう変遷しているのかを注意深く観察し続け，手遅れになる前に対応することである．本報告の情報が，各々の水系におけるニジマスやブラウントラウトの生息状況を知るきっかけとなり，今後の対策を検討する上での基礎資料となれば幸いである．

謝辞

アンケート調査の実施にあたり，北海道立水産孵化場の本・支場の職員，各管内さけ・ます増殖事業協会の職員，ならびに捕獲場およびふ化場職員の皆さまには，業務多忙の時期にもかかわらず調査にご協力いただいたことに，心よりお礼申し上げます．アンケート調査の遂行にあたっては，さけ・ます資源管理センター支所および事業所の多くの職員にお手伝いただきました．なかでも，小輕米成人氏，吉田利昭氏，石村　豊氏，荒内　学氏，清水　勝氏，八木澤　功氏ならびに藤瀬雅秀氏には，支所ごとの集計を中心的に行なっていただきま

した．また，魚類相調査のために数十水系分の特別採捕許可証を申請した際には，さけ・ます資源管理センター企画課の江連睦子氏ならびに福澤博明氏のお手を煩わせました．これらの方々に深く感謝申し上げます．

引用文献（文献・報告書調査に用いた参考文献を含む）

青山智哉. 1997. 北海道の内水面遊漁を考える―首都圏近郊における内水面遊漁の現状から―．魚と水, 33: 27-31.

青山智哉・鷹見達也. 1998. 北海道の内水面遊漁を考える2―釣具店店頭でのアンケート調査から―．魚と水, 34: 143-150.

青山智哉・鷹見達也・藤原　真・川村洋司. 1999. 北海道尻別川におけるニジマスの自然繁殖. 道立水産孵化場研報, 53: 29-38.

Aoyama, T., K. Naito, and T. Takami. 1999. Occurrence of sea-run migrant brown trout (*Salmo trutta*) in Hokkaido, Japan. Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery, 53: 81-83.

青山智哉・工藤　智・下田和孝・上田元一. 2002a. ブラウントラウトの胃からリボンタグが出てきた！魚と水, 38: 39-41.

青山智哉・鷹見達也・下田和孝・小山達也. 2002b. 北海道におけるブラウントラウトの年齢と成熟および性成熟. 道立水産孵化場研報, 56: 115-123.

Arai, T., A. Kotake, T. Aoyama, H. Hayano, and N. Miyazaki. 2002. Identifying sea-run brown trout, *Salmo trutta*, using Sr:Ca ratios of otolith. Ichthyol. Res., 49: 380-383.

Baglinière, J. L. 1991. La truite commune (*Salmo trutta* L.), son origine, son aire de répartition, ses intérêts économique et scientifique. In La truite biologie et écologie (eds. Baglinière, J. L. and Maisse), INRA, Paris. pp. 11-22.

美幌博物館. 1999. 美幌博物館研究報告, 7: 45-52.

美幌博物館. 2002. 美幌博物館研究報告, 10: 1-10.

美幌博物館. 2002. 美幌博物館研究報告, 10: 11-30.

美幌博物館. 2003. 美幌博物館研究報告, 11: 45-56.

独立行政法人さけ・ます資源管理センター. 2003. さけ・ます人工ふ化放流計画集録（平成15年度）. 58 p.

Elliott, J. M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford. 286p.

Fausch, K. D., Y. Taniguchi, S. Nakano, G. D. Grossman, and C. R. Townsend. 2001. Flood disturbance regimes influence rainbow trout invasion success among five holarctic regions. Ecol. Appl., 11: 1438-1455.

後藤　晃・中西照幸・宇藤　均・濱田啓吉. 1978. 北海道南部の河川の魚類相についての予察的研究. 北大水産彙報, 29: 118-130.

Hasegawa, H., T. Yamamoto, M. Murakami and K. Maekawa. 2004. Comparison of competitive ability between native and introduced salmonids: evidence from pairwise contests. Ichthyol. Res., 191-194.

Heard, W. R. 1991. Life history of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha)*. Pacific salmon life histories (eds. C. Groot, and L. Margolis), UBC Press, Vancouver. pp. 119-230.

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター. 2003. 北海道大学演習林研究報告, 60: 1-18.

北海道大学農学部演習林. 1995. 北海道大学農学部演習林研究報告, 52: 95-109.

北海道土木協会. 1995. 北海道河川一覧　河川番号編. 306 p.

Hokkaido Fish Hatchery. 1995. Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery, 50: 1-16.

Hokkaido Fish Hatchery. 1996. Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery, 50: 37-44.

Hokkaido Fish Hatchery. 1996. Scientific Reports of the Hokakido Fish Hatchery, 50: 45-47.

Hokkaido Fish Hatchery. 1997. Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery, 51: 53-56.

Hokkaido Fish Hatchery. 1998. Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery, 52: 1-10.

Hokkaido Fish Hatchery. 1998. Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery, 52: 21-29.

Hokkaido Fish Hatchery. 2002. Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery, 56: 1-87.

北海道内水面漁業連合会. 2002. 内水連. 26: 10 p.

北海道内水面漁業連合会. 2003. 内水連. 28: 12 p.

北海道立水産孵化場. 1972. 昭和45年度事業成績書. pp. 217-218.

北海道立水産孵化場. 1991. 北海道立水産孵化場研究報告, 45: 15-22.

北海道立水産孵化場. 1991. 北海道立水産孵化場研究報告, 45: 29-40.

北海道立水産孵化場. 1991. 北海道立水産孵化場研究報告, 45: 63-75.

北海道立水産孵化場. 1991. 魚と水, 28: 3-11.

北海道立水産孵化場. 1991-2003. 平成元-12年度サケ・マス保護水面管理事業調査実績書.

北海道立水産孵化場. 1991-2004. 平成元-14年度事業成績書.

北海道立水産孵化場. 1992. 北海道立水産孵化場研究報告, 46: 23-29.

北海道立水産孵化場. 1992. 北海道立孵化場研究報告, 46: 39-42.

北海道立水産孵化場. 1992. 魚と水, 29: 27-31.

北海道立水産孵化場. 1993. 魚と水, 30: 27-29.

北海道立水産孵化場. 1994. 魚と水, 31: 288 p.

北海道立水産孵化場. 1995. 北海道立水産孵化場研究報告, 49: 1-7.

北海道立水産孵化場. 1995. 北海道立水産孵化場研究報告, 49: 63-65.

北海道立水産孵化場. 1995. 魚と水, 32: 5-10.

北海道立水産孵化場. 1995. 魚と水, 32: 11-18.

北海道立水産孵化場. 1996. 北海道立水産孵化場研究報告, 50: 29-36.

北海道立水産孵化場. 1996. 魚と水, 33: 2-11.

北海道立水産孵化場. 1996. 魚と水, 33: 14-21.

北海道立水産孵化場. 1996. 魚と水, 33: 32-36.
北海道立水産孵化場. 1996. 魚と水, 33: 82-88.
北海道立水産孵化場. 1997. 北海道立水産孵化場研究報告, 51: 17-22.
北海道立水産孵化場. 1997. 魚と水, 34: 20-25.
北海道立水産孵化場. 1997. 魚と水, 34: 26-32.
北海道立水産孵化場. 1998. 北海道立水産孵化場研究報告, 52: 45-53.
北海道立水産孵化場. 1998. 魚と水, 35: 418 p.
北海道立水産孵化場. 1999. 北海道立水産孵化場研究報告, 53: 11-28.
北海道立水産孵化場. 1999. 北海道立水産孵化場研究報告, 53: 39-47.
北海道立水産孵化場. 1999. 北海道立水産孵化場研究報告, 53: 49-58.
北海道立水産孵化場. 1999. 北海道立水産孵化場研究報告, 53: 59-66.
北海道立水産孵化場. 1999. 北海道立水産孵化場研究報告, 53: 77-80.
北海道立水産孵化場. 2000. 北海道立水産孵化場研究報告, 54: 1-5.
北海道立水産孵化場. 2000. 北海道立水産孵化場研究報告, 54: 7-14.
北海道立水産孵化場. 2002. 北海道立水産孵化場研究報告, 56: 89-96.
北海道立水産孵化場. 2002. 北海道立水産孵化場研究報告, 56: 143-147.
北海道立水産孵化場. 2002. 魚と水, 38: 23-32.
北海道立水産孵化場. 2002. 魚と水, 38: 69-73.
北海道立水産孵化場. 2002. 魚と水, 38: 75-83.
北海道立水産孵化場. 2003. 北海道立水産孵化場研究報告, 57: 45-48.
北海道立水産孵化場. 2003. 北海道立水産孵化場研究報告, 57: 49-53.
北海道立水産孵化場. 2003. 北海道立水産孵化場研究報告, 57: 55-58.
北海道立水産孵化場. 2003. 魚と水, 39: 79-81.
北海道立水産孵化場. 2004. 北海道立水産孵化場研究報告, 58: 53-58.
北海道立水産孵化場. 2004. 北海道立水産孵化場研究報告, 58: 59-66.
北海道立水産孵化場. 2004. 魚と水, 40: 25-69.
北海道さけ・ますふ化放流事業百年史編さん委員会. 1988. 北海道鮭鱒ふ化放流事業百年史. 1260 p.
北海道新聞. 「ブラウントラウト知床・斜里川で初確認」2004年3月21日付.
北海道新聞. 「外来魚ブラウントラウト白老・飛生川で初確認」2004年3月25日付.
北海道東海大学. 1995. 北海道東海大学紀要理工学部系, 8: 51-60.
井田　齊・奥山文弥. 2002. サケ・マス魚類のわかる本. 山と渓谷社, 東京. 247 p.
石居　進. 1975. 生物統計学入門. =具体例による解説と演習=. 培風館, 東京. 290 p.
帰山雅秀. 2002a.　ブラウントラウト. 日本生態学会(編). 外来種ハンドブック. 地人書館, 東京. p. 113.

帰山雅秀. 2002b. 最新のサケ学. 成山堂書店, 東京. 128 p.

上士幌町ひがし大雪博物館. 1995. 上士幌町ひがし大雪博物館研究報告, 17: 79-82.

環境庁自然保護局. 1994. 第4回環境保全基礎調査　河川調査報告書（北海道版）. 198 p.

川那部浩哉. 1980. ニジマス－放流すれど定着せず. 日本の淡水生物　侵略と撹乱の生態学(川合禎次・川那部浩哉・水野信彦編）, 東海大学出版会, 東京. pp. 44-48.

規矩智生. 1950. 虹鱒の本道渡来とその飼育の将来性. 魚と卵, 5: 18-20.

北野　聡・中野　繁・井上幹生・下田和孝・山本祥一郎. 1993. 北海道幌内川において自然繁殖したニジマスの摂餌および繁殖生態. 日水誌, 59: 1837-1843.

小林哲夫・原田　滋・阿部進一. 1965. 西別川におけるサケ・マスの生態調査Ⅰ. サケ稚魚の降海移動並びに成長について. さけ・ますふ研報, 19: 1-10.

小宮山英重. 2003. 知床の淡水魚しれとこライブラリー4　知床の魚類（斜里町立知床博物館編）, 北海道新聞社, 札幌. pp. 10-141.

工藤　智. 2001. 北海道における外来魚の影響調査について. 育てる漁業, 336: 3-7.

釧路市立博物館. 1996. 釧路市立博物館紀要, 20: 31-34.

釧路市立博物館. 1997. 釧路市立博物館紀要, 21: 29-40.

釧路市立博物館. 1998. 釧路市立博物館紀要, 22: 27-32.

釧路市立博物館. 2003. 釧路市立博物館紀要, 27: 11-20.

MacCrimmon, H. R., T. L. Marshall, and B. L. Gots. 1970. World distribution of brown trout, *Salmo trutta*: further observations. J. Fish. Res. Bd. Canada, 27: 811-818.

眞山　紘. 1999. 千歳川におけるサクラマス幼魚およびブラウントラウトによる浮上期サクラマス稚魚の補食. さけ・ます資源管理センター研報, 2: 21-27.

眞山　紘・加藤　守・関　二郎・清水幾太郎. 1982. 石狩川産サケの生態調査－Ⅰ 1979年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. さけ・ますふ研報, 36: 1-17.

眞山　紘・関　二郎・清水幾太郎. 1983. 石狩川産サケの生態調査－Ⅱ 1980年及び1981年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. 北海道さけ・ますふ研報, 37: 1-13.

三原健夫. 1950. 摩周湖の虹鱒. 魚と卵, 3: 12-17.

三沢勝也・菊池基弘・野澤博幸・帰山雅秀. 2001. 外来種ニジマスとブラウントラウトが支笏湖水系の生態系と在来種に及ぼす影響. 国立環境研究所研報, 167: 125-132.

森田健太郎・岸　大弼・坪井潤一・森田晶子・新井崇臣. 2003. 北海道知床半島の小河川に生息するニジマスとブラウンマス. 知床博物館研報, 24: 17-26.

Morita, K., J.Tsuboi, and H. Matsuda. 2004. The impact of exotic trout on native charr in a Japanese stream. J. Appl. Ecol., 41: 962-972.

日本魚類学会. 1996. 魚類学雑誌, 43: 101-104.

日本魚類学会. 2002. 魚類学雑誌, 49: 25-32.

日本魚類学会. 2003. 魚類学雑誌, 50: 15-23.

日本生態学会. 2002. 外来種ハンドブック. 地人書館, 東京. 390 p.

利尻町立博物館. 1994. 利尻研究, 13: 13-17.

斎藤寿彦. 2000. 幌内川におけるサケの自然繁殖: 他のサケ科魚類との産卵床形成の空間的隔離. さけ・ます資源管理センター研報, 3: 15-24.

社団法人日本水産学会. 2001. 日本水産学会誌, 67: 231-237.

社団法人日本水産学会. 2002. 日本水産学会誌, 68: 180-185.

社団法人日本水産学会. 2004. 日本水産学会誌, 70: 365-367.

社団法人日本水産資源保護協会. 1995. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料（II）. pp. 323-328.

斜里町立知床博物館. 2000. 知床博物館研究報告, 21: 43-50.

斜里町立知床博物館. 2002. 知床博物館研究報告, 23: 21-30.

斜里町立知床博物館. 2002. 知床博物館研究報告, 23: 37-46.

斜里町立知床博物館. 2003. 知床博物館研究報告, 24: 37-42.

斜里町立知床博物館. 2004. 知床博物館研究報告, 25: 31-42.

斜里町立知床博物館. 2004. 知床博物館研究報告, 25: 43-54.

柴田幸一郎・佐野誠三. 1952. 内水面の利用開発並びに増殖対策. 魚と卵, 29: 55-75.

水産庁. 1994. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料. pp. 414-423.

水産庁さけ・ますふ化場. 1991. 魚と卵, 160: 11-23.

水産庁さけ・ますふ化場. 1995. 魚と卵, 164: 23-32.

水産庁さけ・ます資源管理センター. 1997. 魚と卵, 166: 1-11.

水産庁さけ・ます資源管理センター. 1998. さけ・ます資源管理センター研究報告, 1: 1-11.

鷹見達也・青山智也. 1999. 北海道におけるニジマスとブラウントラウトの分布. 野生生物保護, 4: 41-48.

鷹見達也・吉原拓志・宮腰靖之・桑原　連. 2002. 北海道千歳川支流におけるアメマスから移入種ブラウントラウトへの置き換わり. 日水誌, 68: 24-28.

Taniguchi, Y., Y. Miyake, T. Saito, H. Urabe, and S. Nakano. 2000. Redd superimposition by introduced rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, on native charrs in a Japanese stream. Ichthyol. Res., 47: 149-156.

Taniguch, Y., K. D. Fausch, and S. Nakano. 2002. Size-structured interactions between native and introduced species: can intraguild predation facilitate invasion by stream salmonids? Biol. Invasions, 4: 223-233.

The ichthyological Society of Japan. 1999. Ichthyological Research, 46:85-92.

The Japanese Society of Fisheries Science. 2001. Fisheries Science, 67: 179-181.

The Japanese Society of Fisheries Science. 2004. Fisheries Science, 70: 524-526.

著者不詳. 1950. 豆辞典　（11）本道の虹鱒の起源. 魚と卵, 3: p. 28.

鷲谷いずみ･矢原徹一. 1996. 保全生態学入門　遺伝子から景観まで. 文一総合出版, 東京. 270 p.

八木沢喜家. 1970. 新設された岩尾別事業場. 魚と卵, 131: 25-28.

米川年三. 1981. 新魚種導入の動き, 北海道にブラウントラウト出現. 魚と水, 19: 43-44.

サケ･マス採卵親魚からのせっそう病原因菌 *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* の検出法

野村哲一[*1]・吉水　守[*2]

[*1] 062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2-2　独立行政法人さけ・ます資源管理センター　調査研究課
[*2] 041-8611 北海道函館市港町3丁目1-1　北海道大学大学院水産科学研究院　海洋応用生命科学専攻

キーワード: *Aeromonas salmonicida* の検出，CBB 培地，病原体保有状況調査

はじめに

サケ･マス類の病原体保有状況調査の必要性，手法については吉水・野村（1989）に述べられている．著者らは従来から吉水・野村（1989）に従い長期に多くの河川に遡上したサケ，カラフトマス，サクラマス，ベニザケの病原体保有状況調査を継続してきた．長期に継続している調査において, 体腔液の採集方法や魚類病原ウイルスの検出手法には吉水･野村（1989）から変更はない．

せっそう病の原因菌である *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*（以下本菌とする）の検出率調査は吉水・野村（1989）では腎臓からの検出方法が簡単に記載されているにすぎない．従来腎臓が本菌分離部位として病魚の診断や原因菌の検出に多用されているのは，病魚では腎臓での本菌生菌数が多いことと，サケ科魚類では腎臓は開腹後も浮き袋や腹膜で覆われていることから，体表や腹腔内の細菌により汚染されることが少ないことからである．しかし近年の調査で本菌の不顕性感染魚（本菌を保有しているが外観からはせっそう病の症状が観察されない個体；キャリアー）に関する調査では，腎臓だけではなく鰓や体表および腸管さらに体腔液に関する調査も重要であることが示唆されている（Cipriano and Bertolini 1988）．

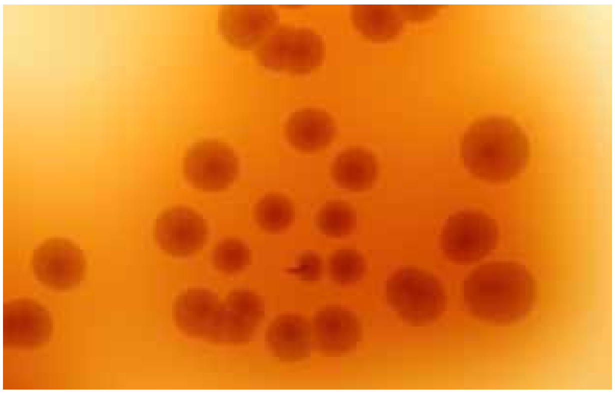


図1．普通寒天培地に増殖したせっそう病原因菌 *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*．特徴的な水溶性の褐色々素が産生され, 培地を褐色に染める．

本菌は市販の普通寒天培地やトリプトソイ寒天培地などの標準的な培地で良好な発育を示す．20 ℃での培養を開始して72時

間後ごろから図１に示したような特徴的な褐色の水溶性色素を産生して培地をチョコレート色に染めることから検出は容易とされている．病魚ではほぼ純粋に本菌が腎臓から出現することから，コロニーを選択して純培養することは容易である．

しかし，鰓や腸管および体表などの本菌以外の細菌が多い部位からの検出では，本菌のよい指標となる褐色々素の産生が抑制され，形状や色の類似したコロニーから本菌コロニーを選択することは困難となる．また，親魚における保有状況調査では一調査時に60尾から個体別に，腎臓，鰓，腸管と合計180枚もの平板培地に試料が塗抹されることから，平板培地に出現するコロニーから本菌コロニーの選択には多くの労力と時間が必要となる．より効率的な本菌コロニーの選択ができれば本菌保有状況調査の効率の向上を図ることが可能となる．

他の細菌が存在する試料から本菌のみを増殖させる，いわゆる選択培地の検討も過去には実施されたが実用となる培地はまだ見いだされていない．

この報告ではさけ・ます資源管理センター健康管理研究室と北海道大学が共同で実施している病原体保有状況調査において（野村ら 2002），他の細菌が混在する材料からの本菌検出の効率化を目的として使用してきたCBB 培地について作成法や使用法を紹介したい．

CBB 培地

本菌は菌体外部に59 kDa の分子量を持つ A-layer と呼ばれるタンパク質を持っている．このタンパク質は病原性との関連やワクチン抗原としての応用などの観点から関心を集め検討がされているが，菌体同士が凝集し固まりを作る現象（自発凝集性）を起こす因子ともなっている．このA-layerはコンゴーレッド (Congo Red) やクマシーブリリアントブルー (Coomassie Brilliant Blue: 以下 CBB とする) と強く結合する．CBB 培地は本菌のこの A-layer の持つ CBB に対する強い親和性を利用して平板培地上に出現する多数のコロニーから効率的に本菌コロニーを選択することを目的としてアメリカ合衆国Leetown研究所の Dr. Cipriano により作成された (Cipriano and Bertolini 1988) ．

CBB 培地の作成

CBB 培地の基本となる基礎培地には,栄研化学普通寒天培地，Difco 社普通寒天培地，栄研化学トリプトソイ寒天培地，Difco 社のトリプトケース寒天培地を使用したがいずれも良好な結果を得ている．CBB としては和光純薬製の Coomassie Brilliant Blue R250（カタログ番号 031-17922）または Sigma 社の Brilliant Blue R: C. I. Brilliant Blue R 250（カタログ番号 B-0149) を使用している．培地,色素とも記載のものに限定されるものではないと推定されるが，著者らの使用した経験の製品を記載した. 色素使用時の簡便性を図るため, CBBはあらかじめ1g/100 ml の濃度の水溶液を作成しておき冷蔵庫に保存しておく．前記基礎培地に培地1 L あたり前記した CBB 水溶液10 ml を添加した後，常法に従い121℃で15分間高圧蒸気滅菌を行う．滅菌後培地が70℃前後に冷えてから滅菌シャーレに流し込み平板とする．現場での使用では輸送やインキュベーターへの収容時のスペースについても考慮し，深さ10 mm の滅菌プラスチックシャーレを使用している．培地が十分固化した後乾燥を行う．培地中の過剰の水分は現場

において結露を生じる元となり，輸送中に単離されたコロニーの混合が起こるなどの取り返しのつかない失敗となるので乾燥は過剰とならない範囲で十分行う．クリーンベンチ内で30分の乾燥を基準としているが，使用する設備であらかじめ最適な乾燥時間を検討する必要がある．現場への輸送は振動によりシャーレの蓋が開くと汚染の原因となるのでアルミ箔等でしっかり包装する．輸送中の温度の変化も結露の原因となるので保温性の高い容器に入れ振動をさけ輸送する．

腎臓からの分離

木製の柄のついた滅菌綿棒を用いて行う（図2）．採卵後のメス親魚では腹膜を除去し図3のように腎臓の中央部を露出させ，綿棒を差し込んで腎臓の一部を採取する．体腔液や親魚の体表の水分が腎臓表面を汚染する可能性があるので，腹膜の除去から腎臓の穿刺までは可能な限り速やかに行う．汚染をさけるため綿棒の先端等の腎臓を採取する部分は手や他の部分には触れさせないよう注意する．

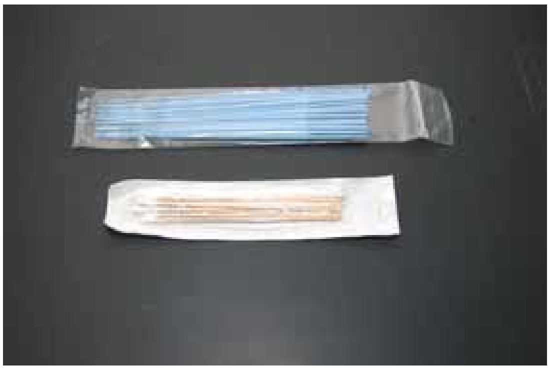


図2. 腎臓からの細菌の採取に使用される綿棒（下段）と腸管からの細菌の採取に使用されるプラスチック製滅菌エーゼ（上段）．綿棒は10本，滅菌エーゼは25本が滅菌され一袋となっている．

図 3. 親魚からの滅菌綿棒を用いての腎臓標本の採取．浮き袋と腹膜を除去後すみやかに綿棒により腎臓の一部を採取する．

鰓からの分離

腎臓と同様に綿棒を用いる．鰓蓋を持ち上げ滅菌綿棒で鰓の表面を数回ぬぐい試料を採取する．

腸管からの分離

腸管の表面を70 %アルコール綿で拭き消毒をする．滅菌したメスや滅菌注射針の先端部分を用いてアルコール綿で消毒した部分の腸管を約1 cm 切開しプラスチック製滅菌エーゼ（旭テクノグラス;　イワキ　イノキュレーティング　ループ；カタログ番号 INO-001）（図2）を用いて腸管内容物を採集する．

体腔液からの分離

滅菌チップと自動ピペットを用いて吉水・野村（1989）に従い体腔液を採取する．ウイルス検査用試料とは異なり採取後の抗生物質の添加はできないので可能な限り外部からの汚染をさける．総排泄口の周辺の水分を滅菌した紙タオルで除去し，70%アルコール綿での消毒を実施する．

培養期間とコロニーの選択

CBB培地は前記したように本菌の産生するA-layerとCBBの親和性を利用しているためA-layerの産生が促進される15℃で培養する．長期間培養すると本菌以外の菌のコロニーも濃紺色に着色するため，培養5日後に図4に示した濃紺色のコロニーから釣菌して純培養を行う．判定基準としては明瞭な透明感のある濃紺色のコロニーを選択するが，本菌は硬いコロニーを形成することからエーゼでの感触でも補助的に判定することができる．

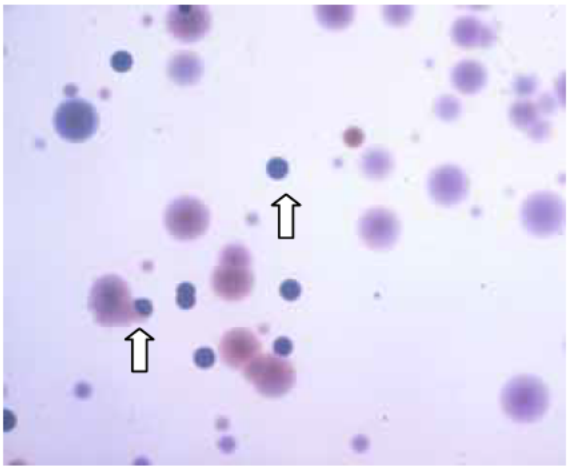


図4．CBB培地で培養されたベニザケ鰓表面のサンプル．矢印の濃紺色のコロニーがせっそう病原因菌 *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*.

純培養

前記の選択されたコロニーについてCBBを含まない普通寒天培地もしくはトリプトソイ寒天培地を用いて純培養を行う．CBB培地は本菌抽出の効率化を目的とした培地であり本菌のみを培養する培地ではないため，純培養の操作は必ず必要である．

同定

生化学的性状検査および蛍光抗体法および PCR 法等の方法が応用できる（Cipriano 2001, Byers et al. 2000）．

CBB 培地応用の留意点

本培地は選択培地ではないので自発凝集性を示さない *Aeromonas salmonicida* およびその亜種には応用することができない．現在までサケ親魚から検出された本菌はすべて強い自発凝集性を示していることから問題は少ないが（Nomura et al. 1994），茂木ら（1995）により報告されているように養殖魚からは自発凝集性を示さない株も分離されていることから注意が必要である．自発凝集性を示さない株の存在が予想されるときは Yoshimizu et al.（1992）の ELISA 法等の応用が必要となる．

まとめ

本稿では採卵親魚における病原体保有状況調査方法について吉水・野村（1989）以後に行ってきたせっそう病原因菌の調査方法を記載した. ともすれば病原細菌の培養を省略し, PCR法などの応用が行われる. しかし, 病原微生物に関する調査の基本は, 培養が可能であれば培養により検出することであり, せっそう病にかぎらず, 本稿で紹介したCBB培地のように現場での使用により調査がより効率的に精度向上をはかれる培養法の検討が他の魚類病原微生物についても今後とも必要となる.

引用文献

Byers, H. K., N. Gudkovs and M. S. Crane. 2000. Diagnosis and identification of *Aeromonas salmonicida* and detection of latent infections in carrier fish. Final Report of FRDC Project Number; 95/060. ISBN 646 06622 5. 102pp.

Cipriano, R. C. 2001. Furunculosis and other diseases caused by *Aeromonas salmonicida*. Fish Diseases Leaflet No. 66. United States Dept. of the Interior; U. S. Geological Service, National Fish Health Reasearch laboratory, Kearneysville, W. V.

Cipriano, R. C. and J. Bertolini. 1988. Selection virulence in the fish pathogen *Aeromonas salmonicida* using Coomassie brilliant blue agar. J. Wildlife Dis., 24:676-678.

茂木省三・野村哲一・吉水 守. 1995. *Aeromonas salmonicida* の自発凝集性に及ぼす分離培養温度の影響. 魚病研究, 30: 67-68.

野村哲一・本間裕美・笠井久会・吉水 守. 2002. CBB培地による河川および沿岸で採取されたサケ（*Oncorhynchus keta*）からのせっそう病原因菌 *Aeromonas salmonicida* の検出. 北大水産彙報,53: 45-50.

Nomura, T. M. Yoshimizu, M. Moki and Y. Ezura. 1994. Existence of non-agglutinating *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in strains isolated from salmonids in Yamagata prefecture, Japan. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatch., 48:23-29.

吉水守・野村哲一. 1989. サケマス採卵親魚の病原微生物検査法. 魚と卵, 158: 49-59.

Yoshimizu, M., S. Direkbusarakom, T. Nomura, Y. Ezura and T. Kimura. 1992. Detection of antibody against *Aeromonas salmonicida* in the serum of salmonid fish by the enzyme linked immunosorbent assay. Gyobyo Kenkyu, 27: 73-82.

浮上槽によるサケ・マス類の仔魚管理方法について

平澤勝秋[*1]・伊藤二美男[*2]・佐々木系[*2]

[*1] 062-0922北海道札幌市豊平区中の島2-2　独立行政法人さけ・ます資源管理センター指導課

[*2] 062-0922北海道札幌市豊平区中の島2-2　独立行政法人さけ・ます資源管理センター増殖管理課

キーワード：サケ，カラフトマス，浮上槽，仔魚管理

はじめに

サケ・マス類の増殖事業において，仔魚管理は養魚池もしくは浮上槽を用いるのが一般的である．養魚池は，コンクリート材等で施行され，仔魚床（仔魚が収まる空間）には砂利やネットリング（土木資材）などが用いられる（図１右）．浮上槽は，カナダやアラスカにおいて使用されていたふ化装置をヒントに，アルミ材やラワン合板を材質として国内で製作されたものである（図１左）．

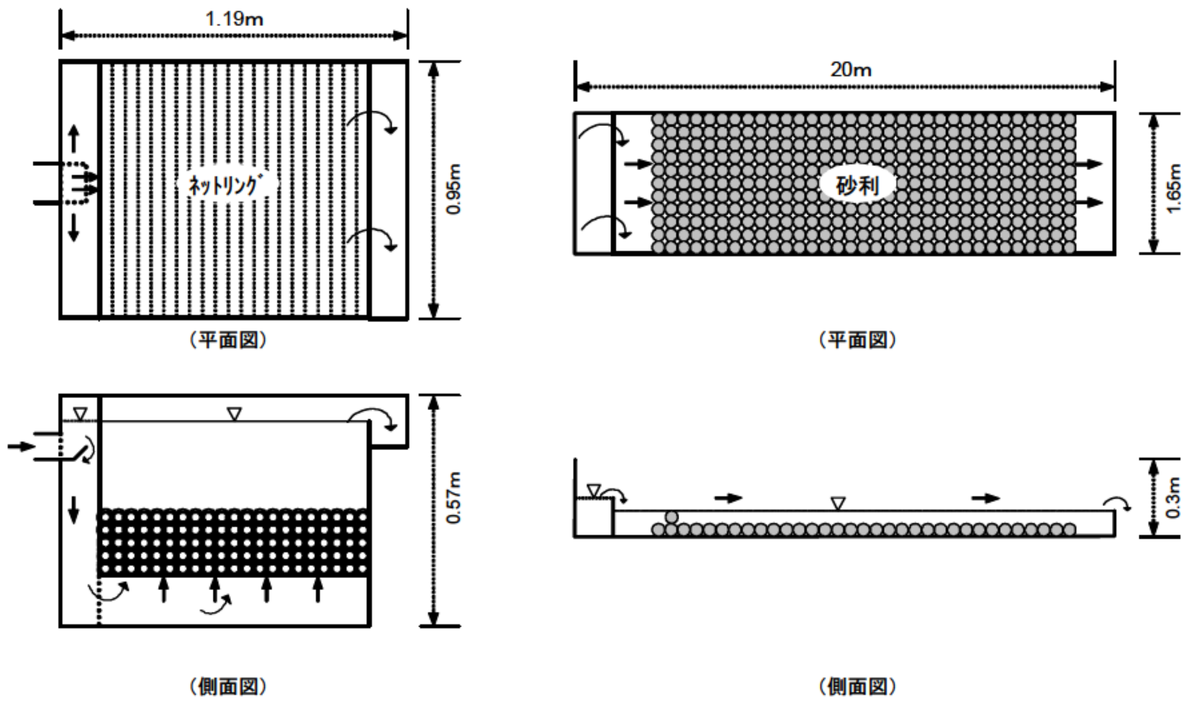


図１．本州東北地方に普及している浮上槽（左）と北海道に普及している養魚池（右）の概略図
※各寸法は参考値．実線矢印は水の流れを示す．

このうち養魚池は古くから利用され，さけ・ます資源管理センターにおいても適正な養魚池管理に係わる知見として，仔魚の酸素消費量をもとに適正な注水量や水深に関するものが報告されている（北見支場 1978；安達 1984；長谷川ら1994）．

一方，浮上槽は主に本州東北地方で使用され，養魚池のように広いスペース（土地）を必要としないことや管理が簡便に行えることなどの長所があるが，使用方法の根拠となる知見が少なく，使用する用水の性質（浮泥の混入など）により，適正な管理が困難となるリスクも想定されるため，北海道においては浮上槽への普及が進まず現在に至っている．

近年，サケ・マス類の増殖事業においても効率化が求められ，各種器材や設備についても見直しを図る必要性が高まった．その技術開発の一環として，浮上槽の有効性の確認，および浮上槽の効果的な管理方法を検討するための試験に取り組んだ（さけ・ます資源管理センター業務報告書1999-2004）．本稿ではそれらの試験結果の概要，および使用上の注意点について報告する．

１．浮上槽の種類

1）本州型浮上槽

本州域のふ化場で広く普及しているタイプで，材質にはアルミやラワン合板（ラワン材質による合板）を使用し，2槽を1組として使用するものが一般的となっている（写真１）．

内容積0.34 m^3（0.28 $m^{3※}$）

縦790 mm×横790 mm×高550 mm（450 mm[※]）

写真１．本州型浮上槽の内部．通常は側面すべてがアルミ板で覆われている．

2）ボックス改良型浮上槽 I

既存の種卵収容用ボックス型ふ化器を改良し浮上槽に応用したもので，槽内の通水環境の良化を期待して四方（四辺）から排水する構造となっている（以下「改良浮上槽Ⅰ」という）．

材質は塩化ビニール製であり，アルミ製の本州型浮上槽に比べ直射日光による劣化が早いため屋内設置が望ましい．

基本構造は本州型浮上槽と同様であるが１槽毎に独立している．

内容積0.24 m^3（0.14 $m^{3※}$)

縦800 mm×横630 mm×高475 mm（280 mm[※]）

写真２．ボックス改良型浮上槽Ⅱ．浮上槽底部から注水され四方から排水される．

3）ボックス改良型浮上槽 II

改良浮上槽Ⅰの改造経費と新規制作費に差が無いことと，種卵の収容量が本州型浮上槽より少ないことから，改良浮上槽Ⅰの基本構造を継承して

内容積を増やし，普及版として低価格を見込み製作したタイプ（以下「改良浮上槽Ⅱ」という）である（写真２）.

基本構造は改良浮上槽Ⅰと同様で設置は屋内が望ましい.

内容積0.34 m^3（0.24 $m^{3※}$）

縦800 mm×横630 mm×高680 mm（485 mm※）

※底部空きスペースを除いた値（図１左参照）.

２．浮上槽の有効性を検討した試験結果

1）浮上槽と養魚池で管理した仔魚の体成長と発育

前述した3タイプの浮上槽と養魚池で仔魚を管理し, 浮上時稚魚の尾叉長と体重を比較した。その結果，尾叉長，体重ともにサケでは40例中33例，カラフトマスは7例中6例で，浮上槽の方が養魚池より有意に大きいか，もしくは有意差がない結果となった.

また，浮上槽が稚魚の発育に与える影響の有無を調べるため，浮上時のサケ及びカラフトマスの鰓, 肝臓, 胃の組織を比較した結果, 器官の発達状態に顕著な差は認められなかった。

2）注水量と収容量の違いが仔魚に与える影響

試験開始年度当初は浮上槽のメーカーが作成した使用基準をもとに注水量と収容量を設定したが，その基準どおりに行うと単位水量当たりの収容量（生産能力）が養魚池より劣ってしまう．そこで，収容量を増やす一方，注水量は極力減じた設定により生産能力を養魚池に近づける方法を検討した. その結果, 一槽あたりの注水量が20 ℓ/min〜50 ℓ/min, 収容量が21 kg〜45 kg（改良浮上槽Ⅰ，Ⅱは50 kg）の範囲であれば，注水量や収容量が異なっても稚魚の体サイズや海水適応能力に有意な差は生じないことが分かった.

3）親魚の回帰数の比較

浮上槽と養魚池で管理した稚魚にそれぞれ異なる標識を施し，放流後の親魚の河川回帰数を比較した．その結果，両者の回帰数に有意な差は認められなかった（表１).

表1. 標識親魚の回帰結果.

放流年級	河川	管理方法	標識部位	放流尾数（千尾）	海水適応能	確認数（尾）				合計（尾）
						2002	2003	2004	2005	
2000年級	十勝川	浮上槽	脂鰭＋左腹鰭	96	100%	-	0	15	9	24
		養魚池	脂鰭＋右腹鰭	97	100%	-	0	22	10	32

以上の結果より，浮上槽の現場（ふ化場）への応用は可能であると判断された．しかし，浮上槽を適切に利用するためには以下に示す注意点に留意することが必要である.

３．浮上槽を利用するための注意点

1）浮上槽の設置方法

・設置は，通水した際にその重量により浮上槽が傾斜や変形しないよう強固な場所とし，必ず水平となるよう調整を行う．

・改良浮上槽ⅠおよびⅡについては，四方から排水する構造になっていることから，より繊細な調整が必要である．

・浮上槽に設置するふ化盆は，歪みのない物を使用し，ふ化前の窒息死を防ぐ必要がある．

・浮上槽内部に設置する下網は欠損（穴あき）や槽内壁との隙間がないことを十分確認し，必要であれば補修や交換をおこなう．

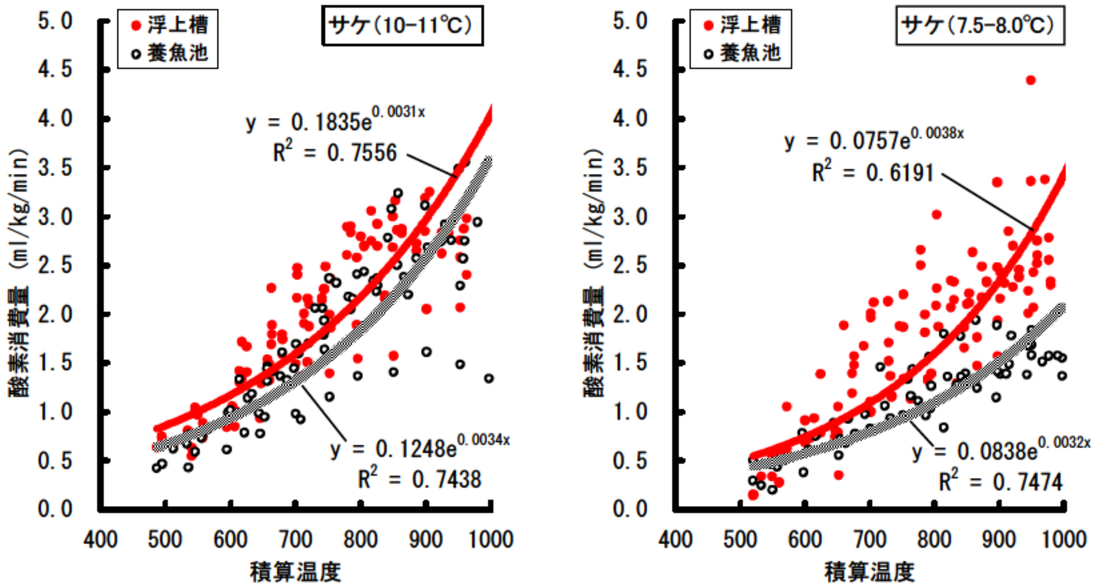
2）注水量の設定方法

仔魚管理における注水量を設定する際の注意点として，1)管理期間中（仔魚期）は運動による卵黄エネルギーのロスを抑制し，効率よく発育へ転換することが重要であることから（長谷川 1994），浮上槽内の仔魚に無用な刺激を与えないため，水量の変化を極力控え，過度な注水を行わないことを基本とする．2)浮上槽における仔魚の酸素消費量は，最大で養魚池の約1.5倍となる．3)排水部の溶存酸素量は3.5 mℓ/ℓ（5ppm）以上に保つことが安全な仔魚管理に重要である（松島1993）．

これらを踏まえ，特に管理中の無用な水量変化を行わないために，収容時には浮上時点で必要となる水量にあらかじめ設定しておく必要がある．各タイプの浮上槽への収容重量に対する注水量 v は，$v=w\times k/(c2-c1)$により求める事が出来る．w は収容量（kg），k は酸素消費量（mℓ/kg/min），c2は注水部溶存酸素量（mℓ/ℓ），c1は排水部溶存酸素量（mℓ/ℓ）を示す．k はサケの場合は $k=0.1835\times e^{(0.0031t)}$（平均水温10〜11℃）または $k=0.0757\times e^{(0.0038t)}$（平均水温7.5〜8℃），カラフトマスの場合は $k=0.0635\times e^{(0.0035t)}$（平均水温7.2℃）の式で求めることができる．t は積算温度（℃）を示す（図2）．

以上の式から例えば，10℃の用水を使用してサケ発眼卵40kg を収容し，浮上を積算温度1,000℃として c2を7 mℓ/ℓ，c1は3.5 mℓ/ℓを安全下限値として設定した場合，積算温度1,000℃時点の k は $k=0.1835e^{(0.0031\times 1,000)}=4.07332$ mℓ/kg/min となる．従って収容時に注水量 v は $v=40\times 4.07332/(7-3.5)=47$ ℓ/min と設定しておく必要がある．

このように注水量は計算上予測できるが，図2のグラフに示した様に浮上槽による仔魚管理は酸素消費量の変動が激しい．これは浮上槽の特徴である少空間（高密度）の中に収容するため瞬間的な外部からの刺激（振動や光）が敏感に反映されていることが推察される．また，上記の例と異なる水温下では酸素消費量も異なってくる．その為，浮上槽に加わる刺激を出来るだけ排除することに加え，使用環境が異なる場所毎に酸素消費量を把握し，注水量を決定することが重要である．



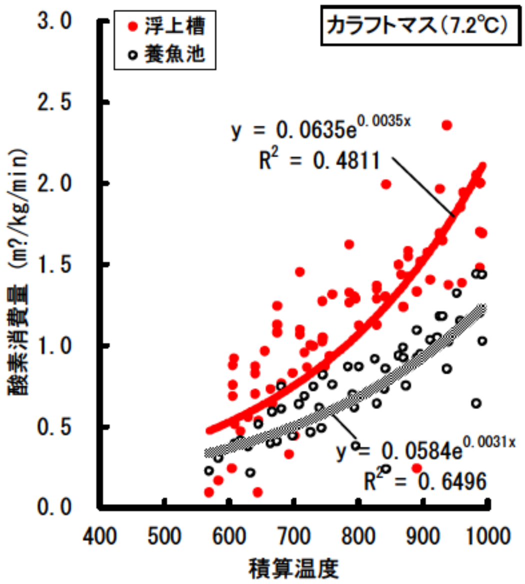


図2．浮上槽と養魚池で管理したサケおよびカラフトマス仔魚の発育に伴なう酸素消費量の変化と水温の影響.

注：赤丸は浮上槽，黒丸は養魚池における酸素消費量 (mℓ/kg/min；注水部の溶存酸素量－排水部の溶存酸素量) を示す．ただし，酸素消費量の値は収容重量を基に算出し，仔魚の発育に伴なう体重の変化は考慮していない．左上図は平均水温10～11 ℃で管理したサケ仔魚，右上図は平均水温7.5～8 ℃で管理したサケ仔魚，右図は平均水温7.2 ℃で管理したカラフトマス仔魚の結果を示す．図中の赤線は浮上槽，黒線は養魚池の値に対する近似曲線を示す.

3）仔魚床（ネットリング）の敷設方法

収容数に応じ5～7層（本州型），または8～10層（ボックス改良型ⅠおよびⅡ）を敷設する（写真３）．収容する卵が少ない場合においても，均一な水の流れとするためネットリングは規定通り敷設する．

4）卵の収容方法

収容後の槽内への死卵や死魚の混入は，ミズカビの寄生，繁茂を助長し，浮上槽内の下網の目詰まりを引き起こし，均一な注水環境を阻害する．さらには，槽全体の環境を悪化させることになるため，収容時にはふ化盆を用いて死卵を確実に取り除く必要がある（写真４）．

写真３．本州型浮上槽（左）および改良浮上槽Ⅱ（右）の側面アクリル板越しの画像．本州型浮上槽内下部の赤い像はふ化後のサケ仔魚．

なお，卵膜軟化症の卵はふ化後に死亡することが多いため，そのような卵を浮上槽へ収容することは避ける．

各種浮上槽の最大収容量として，本州型浮上槽は45 kg，改良型浮上槽ⅠおよびⅡは50 kg程度まで可能である．ただし，最大量を収容すると仔魚がネットリング内に収まりきらないため，ネットリングの敷設量を前者は5層から7層へ, 後者は8層から10層へ増量する必要がある．また，ふ化盆の歪みや目合いによっては水回りが悪化し，ふ化盆上にふ化仔魚が停滞して窒息死する場合がある．その為，ふ化後速やかにネットリングに移動できるように収容する卵の大きさに応じてふ化盆の目合いを選択する必要がある．

写真４．本州型浮上槽におけるふ化後のふ化盆上の残卵．

5）ふ化から浮上までの管理

ふ化後は出来るだけ光や振動による刺激を避け，酸素消費量の増加を防ぎ安静を保ちながら管理する．浮上槽を屋外に設置している場合は，雨などの外部からの衝撃の影響にも配慮する．

浮上時期の決定は，サケの場合積算温度（900～1,000℃）を目安とするが，腹部の縫合が終わった時期においてもネットリング内にとどまることが多く（写真５），適正な飼育開始時期を見逃すおそれがあるため，段階的にネットリングを取り上げる等，強制的に飼育池へ移送するのが効率的である．


写真５．ボックス改良型浮上槽Ⅱにおける積算温度800℃（左）前後と積算温度900℃（右）前後のサケ仔魚の様子．積算温度900℃を過ぎると一部の仔魚は表層側へ移動するが，大部分は依然底部へ集中している．

6）浮上槽の長所と短所

長所

・立体的に管理するため，少ない敷地面積で稚魚を生産することができることから土地等施設費が安価．

・卵の収容が容易．

・床材（ネットリング）の敷設が容易．

・使用後の管理（清掃，乾燥）が容易．

・浮上後の稚魚の移動が容易．

短所

・使用する用水は，浮泥等の混入を遮断し清浄に保つことが必須．

・下網の目詰まりによる槽内の偏流や停止から窒息死をおこしやすい．

・浮上槽内（ネットリング内）の仔魚の状態を観察することが困難．

・単位水量当たりの飼育量が少ない．

おわりに

近年におけるふ化場の実態は，後継者不足等による高齢化が進み，その事業運営には省力化が強く望まれている．その中で浮上槽を利用した仔魚管理は，養魚池に比べ少ない労力で簡便に稚魚を生産できることから，効率的な管理方法と言える．ただし，管理期間中に浮上槽内部の仔魚の様子を確認することが困難であり，万が一異変が生じていても気づいた時点では手遅れの状態になることも想定される．そのため，浮上槽の利用にあたっては，長所と短所を十分に理解し適正に管理することが健康な稚魚を生産する上で極めて重要である．

今後は浮上槽の短所を克服する為，浮泥やゴミを取り除く物理的な工夫や，よりリスクの少ない管理ができる理想的な浮上槽の開発などが課題となるであろう．今回の報告をもとに仔魚管理全般を振り返り改善の要素を探る一助となれば幸いである．

引用文献

安達宏泰. 1984. 千歳事業場の養魚池管理－注水量の算出方法の検討－. 魚と卵, 154: 18-20.
長谷川裕康. 1990. 仔魚期におけるサケの人工ふ化管理. 魚と卵, 163: 27-30.
北見支場. 1978. 養魚池の流れに関する考察. 魚と卵, 146: 24-39.
小軽米成人. 1994. 千歳事業場におけるサケ仔魚の養魚池管理方法. 魚と卵, 163: 35-36.
小村祐悦. 1994. 十勝事業場におけるサケ仔魚の養魚池管理方法. 魚と卵, 163: 31-33.
松島豊. 1993. 溶存酸素量の異なる水環境におけるサケ仔魚の発育比較. 魚と卵, 162; 69-75.
奈良和俊. 1981. 人工ふ化技術考（Ⅱ）. 魚と卵, 151: 22-44.
さけ・ます資源管理センター業務報告書. 1999. 調査研究・技術開発結果. 63-67.
さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2000. 調査研究・技術開発結果. 56-60.
さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2001. 調査研究・技術開発結果. 52-53.
さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2002. 調査研究・技術開発結果. 105-110.
さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2003. 調査研究・技術開発結果. 125-128.
さけ・ます資源管理センター業務報告書. 2004. 調査研究・技術開発結果. 134-135.
富樫和弘. 1991. 仔魚期におけるサケの人工ふ化管理に関する技術開発試験-Ⅱ. －流速の違いによる仔魚の安静状態の比較－. 魚と卵, 160: 43-46.

ベニザケ早熟雄の体成長と海水適応能

伴　真俊

062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2-2　独立行政法人さけ・ます資源管理センター調査研究課

キーワード：ベニザケ，早熟雄，体成長，浸透圧調節機能，Na+, K+-ATPase

はじめに

ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*) はサケ科魚類の中でも変化に富んだ生活史を示す (Burgner 1991)．例えば，幼稚魚期の生息場所は河川と湖に分かれる．また，それらのなかから海へ下って索餌回遊する降海型と，一生を淡水中で過ごす陸封型が現れる．多様な生活史は成熟年齢にも反映され，降海型の魚では淡水生活期間が0～3年，海洋生活期間が1～4年程度の範囲で個体差を生じる．さけ・ます資源管理センターで増殖している本邦系ベニザケの場合，最も若い成熟魚は浮上した翌年の秋に現れる．このような早熟個体は主として大型の雄に認められるとともに，その出現率は体成長の影響を受ける（北海道さけ・ますふ化場 1991)．早熟な雄個体の多くは放流された後，淡水域に残留すると考えられるが（さけ・ます資源管理センター 2002），なかには降海する個体も現れる (Urawa and Kaeriyama　1999)．通常，降海する幼魚は未熟なまま淡水中でスモルト化し，海水適応能を獲得した後に海へ降りることから（帰山1987；Ban and Yamauchi 1991），早熟雄個体も降海する際はスモルトと同様に海水適応能を高めていると予想されるが詳細は不明である．本稿では，本邦系ベニザケに現れる早熟雄の特性を，体成長と海水適応能の観点から調べた結果について紹介する．

早熟雄の体成長と性成熟

初めに早熟雄と未熟な雄の尾叉長と肥満度を比較した．比較したサンプルは，1999年から2003年の4月に得た早熟雄および未熟雄1年魚各15個体である．本稿では生殖腺体指数 (%)=生殖腺重量 (g)×100/体重 (g)が0.2 %以上の個体を早熟雄として扱った．その結果，早熟雄と未熟雄の平均尾叉長±標準誤差は各々13.2±0.4 cm および11.7±0.4 cm，平均肥満度±標準誤差は各々10.1±0.2および9.6±0.2となった（図1)．何れも平均値は早熟雄の方が高く，尾叉長には有意差が認められたことから，早熟雄は未熟雄に比べ相対的に大型であるといえる．しかし，両群の最大と最小個体を比較すると，早熟雄の尾叉長は9.7 cm～16.2 cm なのに対し，未熟雄は10.8 cm～13.2 cm，肥満度は早熟雄が8.7～11.4なのに対し，未熟雄は8.8～10.4を示した．このように，個体毎の値を比較してみると，早熟雄は必ずしも未熟な雄より大きいとは

さけ・ます資源管理センター業績Ｂ第20号

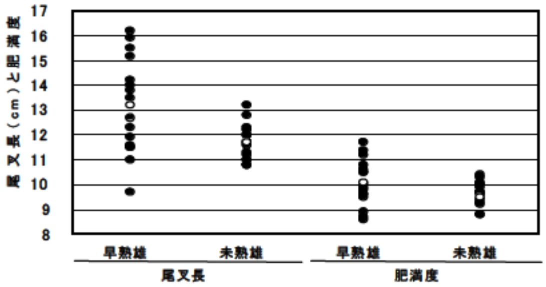


図1．1999年から2003年の4月に得た早熟雄と未熟雄1年魚各15個体における尾叉長(cm)と肥満度．黒丸は各個体の値，白丸は平均値を示す．

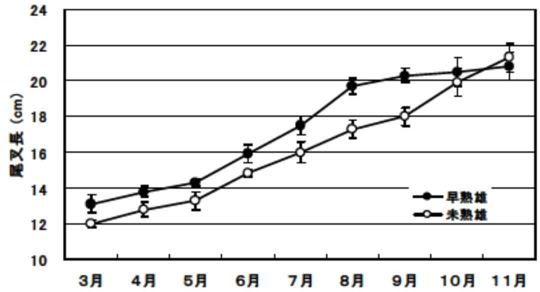


図2．1991年3月から11月まで淡水飼育した早熟雄と未熟雄の尾叉長(cm)の変化．図中の縦棒は標準誤差を示す．

図3．2005年に安平川へ回帰した2003年級群の早熟雄．青丸は左腹鰭切除痕．写真提供は戸叶千歳事業所長．

限らないことが分かる．また，同じ給餌条件であっても，早熟雄は未熟雄に比べて体サイズの変異が大きい点が特徴として挙げられる．

それでは長期的にみた場合，早熟雄はどのような体成長を示すだろうか．ここでは1991年の3月から11月まで，体重当り2％の給餌条件で淡水飼育した1年魚の早熟雄および未熟雄について，毎月1回尾叉長と生殖腺体指数を比較した．各採集時に測定した魚の数は，早熟雄が3～4個体，未熟雄が6～7個体である．生殖腺体指数による早熟雄の区別は，既に3月の時点で可能だった．早熟雄の平均尾叉長は，4月から9月まで一貫して未熟雄より有意に大きかった（図2）．しかし，10月は両者の尾叉長に有意差がなくなり，11月になると未熟雄の平均値が早熟雄を上回った．早熟雄の成長は5月から8月の間で高く，それ以降は鈍化した．

今回の飼育実験では，早熟雄の成熟時の尾叉長が約21 cmだった．この値は，降海した早熟雄が母川回帰した際の尾叉長（19～22 cm）と一致する（Urawa and Kaeriyama 1999）．また，2005年の回帰親魚のなかに鰭切り標識から明らかな2尾の早熟雄（2003年級群）を確認したが，

その尾叉長も23 cmと24 cmだった（図3）．これらの結果から，本邦系ベニザケ早熟雄が成熟する尾叉長は，野生環境下と飼育環境下の違いに関わらず20 ～25 cm前後であると思われる．

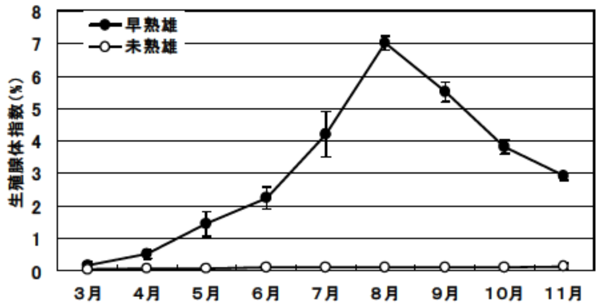


図4．1991年3月から11月まで淡水飼育した早熟雄と未熟雄の生殖腺体指数の変化．図中の縦棒は標準誤差を示す．

一方, 早熟雄の生殖腺体指数は3月の0.2 %から8月の7.0 %まで上昇してピークを迎えた後，11月には2.9 %へ低下した（図4）．10月から11月にかけた値の低下は，排精にともなうものである．これに対して，未熟雄の値は実験期間を通じて0.2 %未満を示した．このことから，早熟雄の精子形成は8月に集結することが予想される．また，8月は前述したように早熟雄の成長が停滞し始める時期と一致する．さらに，この時期は降海した早熟雄の回帰時期とも一致する（Urawa and Kaeriyama 1999）．以上の結果から，ベニザケの早熟雄にとって8月は体成長と精子形成を終え，産卵準備（降海した早熟雄は河川溯上を開始する）へと生理状態が切り換わる重要な時期と考えられる．

早熟雄の海水適応能

海洋生活への移行に先立って海水適応能を獲得した魚では，海水中で浸透圧調節の役割を果たす鰓の Na^+, K^+-ATPase活性（ATPase活性）が高まる（Langdon and Thorpe 1985; Ban and Yamauch 1991）． そのため，海水適応能を獲得した魚は直接海水へ投入された場合でも，24時間以内に血中ナトリウム濃度（血中Na）を淡水魚のレベルまで下げることができる（Clarke and Blackburn 1977）．本項ではATPase活性と血中Naを指標として，早熟雄の海水適応能を調べた．分析に用いた魚は前項で紹介した1991年の1年魚である．早熟雄の対照群として未熟な雄を用い，3月から6月の間で毎月1回の比較を行った．4月から6月の未熟な雄では，背鰭と尾鰭の末端につま黒が認められたことからスモルト化していたと判断される．

早熟雄のATPase活性（μmols Pi/mg pro/h）は3月から4月にかけて高まり，7.7のピークを迎えると6月には4.0まで低下した（図5左）．未熟雄の ATPase 活性も同様の傾向を示したが，4月の値は早熟雄に比べて約2倍の高値だった．一方，早熟雄の血中Na (mM) は4月に最も低い165を示した（図5右）．未熟雄も4月に最低値を示したが，その値は152に達していた．これらの結果から，ベニザケの早熟雄はスモルトには劣るものの4月に海水適応能を高めることが分かった．

ベニザケに対してサクラマス（*O. masou*）の早熟雄は降海しないと考えられている．その原因として，雄の性成熟がスモルト化を阻害することが挙げられる（Aida et al. 1984）．この点は，合成雄ホルモンであるメチルテストステロン投与が海水適応能の発達を阻害することか

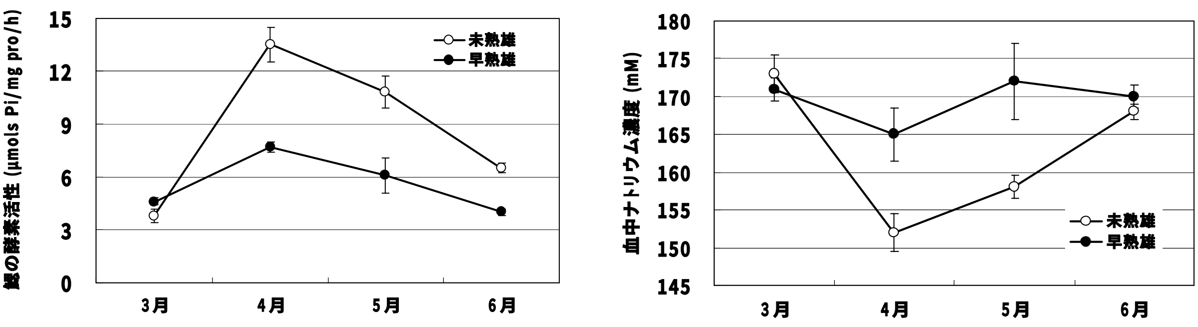


図5. 1991年3月から6月における早熟雄と未熟雄の鰓の Na+, K+-ATPase 活性（左図）と，各月に行った海水移行試験の24時間後における血中ナトリウム濃度（右図）．図中の縦棒は標準誤差を示す．

ら実験的にも確かめられている（山崎ら 1973）．今回はベニザケ早熟雄の性ステロイドホルモン濃度を測定していないが，生殖腺が発達する過程でその血中濃度も高まっていたと推察される．これらの結果は，スモルト化時期における性ステロイドホルモンに対する感受性が，ベニザケとサクラマスで異なる可能性を示唆している．

では，ベニザケの早熟雄は全て海水適応能を高めるのだろうか．この点を確かめるため，1999年から2003年の5年間に海水移行した早熟雄と未熟雄，各30尾の血中 Na を比較した．比較に用いた測定値は，海水適応能が最も高まる4月に行った海水移行試験の結果である．未熟雄は全てつま黒を発現し，外見的にスモルトの特徴を示していた．5年間の平均値±標準誤差は，早熟雄が167.7±2.2 mM，未熟雄が154.9±0.9 mM となり，有意差が認められた．これら30個体が示す血中 Na を5 mM 毎の頻度分布に表したのが図6である．図から明らかなように，未熟雄は145～160 mM の範囲に集中したのに対し，早熟雄は150～190 mM の広範囲に分散していた．血中 Na の平均値から判断すると早熟雄も海水適応能をある程度高めているといえるが，個体別にみると海水適応能の高い個体と低い個体が混在していることが分かった．そこで，早熟雄の海水適応能がばらつく要因を探るため，前述した30個体の血中 Na と尾叉長（図7左）および肥満度（図7右）との相関を調べたが，何れの場合も両者の間に相関関係は認められなかった．早熟雄に生じる海水適応能の差は，体サイズと無関係のようである．

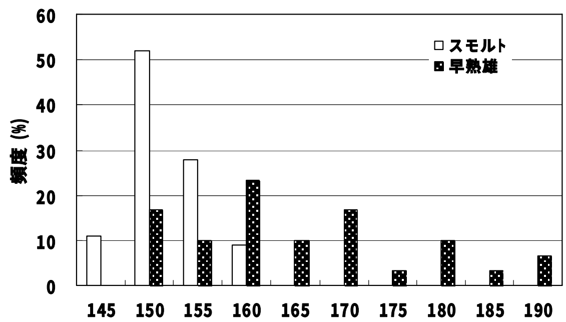


図6. 1999年から2003年の4月に得た早熟雄と未熟雄（スモルト）各30個体における海水移行24時間後の血中ナトリウム濃度の頻度分布．網掛けの棒は早熟雄，白抜きの棒はスモルトを示す．

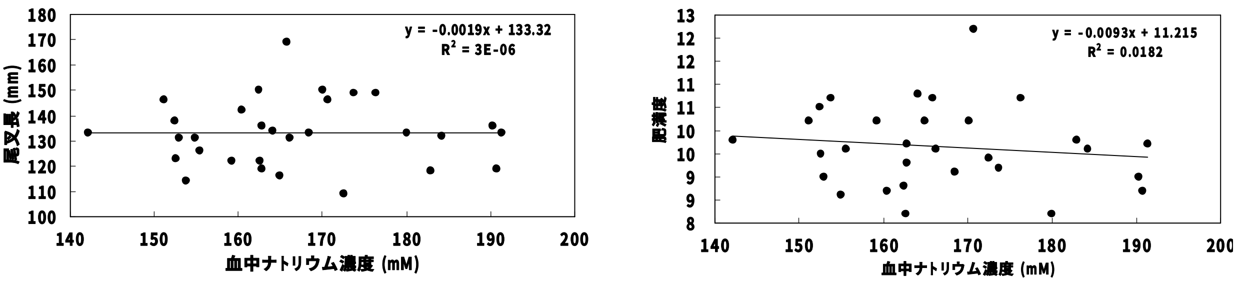


図7. 1999年から2003年の4月に得た早熟雄30個体における海水移行24時間後の血中ナトリウム濃度と尾叉長（上図）および肥満度（下図）の関係.

まとめ

ベニザケ早熟雄の特性を体成長と海水適応能の観点から調べた結果, 1) 早熟雄は未熟雄（スモルトを含む）に比べて相対的に大型であるが，体サイズの変異幅が大きいこと，2）早熟雄には海水適応能の高い個体と低い個体が混在すること，3）早熟雄は8月までに体成長と精子形成を終了して産卵準備へ移行すること，4）成熟時の体サイズは20～25 cm 前後であること等が明らかとなった．早熟雄のうち，海へ降りる個体は海水適応能を高めた群から現れると予想されるが，この点の確認と海水適応能に差が生じる原因の解明は今後に残された課題である.

引用文献

Aida, K., T. Kato, and M. Awaji. 1984. Effects of castration on the smoltification of precocious male masu salmon *Oncorhynchus masou*. 50, 565-571.

Ban, M., and K. Yamauchi 1991. Seasonal changes in seawater adaptability of the hatchery reared juvenile sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery, 45, 25-33.

Burgner, R. L. 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). In Pacific salmon (edited by C. Groot and L. Margolis). UBC Press, Vancouver. pp. 1-118.

Clarke, W. C., and J. Blackburn. 1977. A seawater challenge test to measure smolting of juvenile salmon. Can. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep., 705, 11 p.

帰山雅秀・清水幾太郎・鰤崎　宏. 1987. 飼育ベニザケにおける海水適応能力の季節変化. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 41, 129-135.

Langdon, J. S., and J. E. Thorpe. 1985. The ontogeny of smoltification: developmental patterns of gill Na^+/K^+-ATPase, SDH, and chloride cells in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 45, 83-95.

北海道さけ・ますふ化場. 1991. 平成3年度水産庁北海道さけ・ますふ化場業務報告書, ベニザ

ケの効率的スモルト幼魚生産に関する開発試験.

さけ・ます資源管理センター. 2002. 平成14年度　さけ・ます資源管理センター業務報告書, ベニザケ増殖技術の開発.

Urawa, S., and M. Kaeriyama 1999. Temporary residence of precocious sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in the ocean. Bull. Natl. Salmon Resources Center, 2, 9-13.

Wedemeyer, G. A., R. L. Saunders, and W. C. Clarke. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. Mar. Fish. Rev., 42, 1-14.

山崎文雄・粟倉輝彦・阿刀田光紹・柵田昭二. メチルテストステロンによるヤマベの銀化防止と皮膚抵抗について. 1973. 水産孵化場研究報告, 28, 1-10.

あとがき（終刊のお知らせ）

当センターは平成18年4月に独立行政法人水産総合研究センターと統合することになり，それに伴いこれまで皆様にお届けしてきました技術情報（愛称：魚と卵）は，本号をもちまして終刊することになりました．長きにわたり多くの関係者の皆様にご愛読いただき深く感謝を申し上げます．

「魚と卵」は昭和25年に北海道水産孵化場から創刊されました．創刊号の巻頭言に，「最近の学術，技術を要約し，紹介・発表するとともに，併せてふ化場運営に必要な各種の重要事項の解明・連絡に当てるべく本誌を発刊・・・」と書かれているように，爾来55年の長きにわたって皆様に最新の技術情報を提供して参りました．

因みに創刊号の内容を垣間見ますと，サケの受精方法や不受精卵の見分け方，人工受精における切開法の利点等，非常に興味深い内容であり，特に，長年にわたって連載された「相談コーナー」では，現在のふ化放流技術の基礎的知識がギッシリと詰まっています．

また，昭和26年の水産資源保護法の制定に伴ない，北海道さけ・ますふ化場に改組するまでは，その愛称が示すとおりサケ・マス以外のワカサギ，ヤツメウナギ，金魚あるいはスケトウダラ，ニシン等の魚種に関する記事も多く見られ，また，各種解説や記録，紀行文等，多彩であり，現場職員からも積極的に投稿されていた様子が窺われます．

北海道さけ・ますふ化場は，ふ化放流事業に関する効率化や技術の省力化，また，消費者からのニーズに対応した高品質資源の造成方法等に対応するため，昭和63年に事業部門の機構改革を行い，それまで支所や事業所段階で行われてきたふ化放流技術の開発・改良を担当する技術開発課を本所に設置したことにより，従来にも増して技術開発に積極的に取り組み，多くの成果を得ることが出来るようになりました．

特に，人工ふ化放流事業のコスト低減（捕獲経費やふ化放流経費の低減等），疾病対策等の技術開発によって得られた知識や結果は本誌に掲載し，広く関係の皆様に公表するとともに，各地で開催する技術講習会等を通じ道県・民間増殖団体等に対して積極的に普及・指導を行ってきました．

技術開発は幾多の変遷を重ねて実に多くの実績を残してきましたが，これらの成果・結果は平成8年発行の本誌第165号に，総目録は平成9年発行の第166号に取り纏めましたので，機会があれば是非とも一度お目通し下さい．また，ホームページでも公表しています．

近年，国民の環境問題への関心の高まり等から，今後は，環境へ配慮した増殖事業の展開や，漁業者，消費者からのニーズの高いサクラマス等，高品質資源の増殖技術等に関する効果的な生産技術の開発を，また，人工ふ化放流事業を継続していくためには更なるコスト低減も求められ，これに係わる技術開発についても積極的に推進していくことが必要であると考えています．

水産総合研究センター（本部，横浜市）は我が国唯一の水産に関する総合研究機関です．

統合によりサケ・マスに関しては基礎的研究から応用・実証に至るまでの一連した研究開発がなされ，今後は，より高度な技術の開発と情報の提供が可能となると思われます.

この度の統合により，技術情報「魚と卵」は終刊となりますが，新たな方法によりサケ・マスに係わる様々な情報を今後も継続して提供していきたいと考えておりますので，引き続きご支援をお願い申し上げます.

長い間，ご愛読いただきました関係者の皆様に対しまして衷心から御礼を申し上げ，編集委員会として終刊に当たってのご挨拶とさせていただきます.

（さけ・ます資源管理センター技術情報編集委員会）

さけ・ます資源管理センターホームページ

http://www.salmon.affrc.go.jp/

さけ・ます資源管理センター技術情報（愛称　魚と卵）第172号
2006年（平成18年）3月発行

編集　さけ・ます資源管理センター技術情報編集委員会
鈴木俊哉，戸嶋忠良，伴真俊，平澤勝秋，藤瀬雅秀
浅井久男

発行　独立行政法人さけ・ます資源管理センター
〒062-0922　北海道札幌市豊平区中の島2-2
Tel (011) 822-2131（代表）
Fax (011) 823-8979
URL, http://www.salmon.affrc.go.jp/