

北海道南西部の小河川におけるサクラマススモルトの放流後の 河川内滞留尾数

藤原 真*, 隼野寛史, 宮腰靖之

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Estimates of residual numbers of hatchery-reared masu salmon smolts stocked into a stream, southwestern Hokkaido

MAKOTO FUJIWARA*, HIROFUMI HAYANO AND YASUYUKI MIYAKOSHI

Hokkaido Research Organization, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, *Eniwa*, *Hokkaido*, 061-1433, *Japan*

In western Hokkaido, recreational fishing for juvenile masu salmon is prohibited in April and May to conserve masu salmon populations. To evaluate the appropriateness of the regulation, a total of 90,062 masu salmon juveniles were stocked in Sannai River on 18 May in 2007, and the number of masu salmon residing in the river was accessed for about 1 month after stocking. The estimated number of fish ($\pm$ standard error) remaining in the river was 51,516 ($\pm$ 25,606) on 24 May (6 days after stocking), and 15,522 ($\pm$ 6,884) on 31 May, indicating that more than 80 percent of stocked juveniles had migrated seaward by the end of May. Most of the juveniles captured on May 31 had not fully smoltified. These results suggest that the current regulation to conserve the migrating masu salmon smolts in spring is reasonable in our survey area, and most of the smolts emigrate from the river during the period when recreational fishing is closed.

キーワード：禁漁期間，サクラマス，スモルト

北海道のサクラマス *Oncorhynchus masou* は浮上後，河川内で1～3年の河川生活期を過ごしたのち (Hayano *et al.*, 2003)，雌と約5～7割の雄が降海し (杉若・小島, 1979; 1980)，1年間の海洋生活の後，母川へ回帰する生活史を有する (佐野, 1959)。現在，北海道ではサクラマスの人工ふ化放流が行われており，0歳の稚魚 (飼育期間は1～2カ月間)，幼魚 (飼育期間は約半年間)，および1歳のスモルト (降海型幼魚; 飼育期間は約1年間) など異なる発育段階での放流が実施されている。このうち，スモルト放流は，スモルト (通称，ギンケヤマベ) になるまで飼育し，降海時期に合わせて放流できることから河川の生産力による制約が少なく，また，釣獲による減耗も少ない放流方法とされ，稚魚や幼魚放流に比べ，高い回帰効果が期待され (真山, 1992)，実際に高い放流効果も確認されている (宮腰, 2006; 2008)。

サクラマスの降海時期は地域により異なることが知られており (待鳥・加藤, 1985)，北海道では降海中のスモルトを保護する目的から北海道内水面漁業調整規則によ

り，北海道を二つのグループに分け，上川，空知，石狩，後志，桧山，渡島，胆振の各振興局管内では4～5月，日高，十勝，釧路，根室，オホーツク，宗谷，留萌の各振興局管内では5～6月に禁漁期間が設定され，サクラマス幼魚の河川内での採捕が禁止されている。一般に降海期のサクラマススモルトは体表面の銀白化，背鰭や尾鰭突端の黒色化等の特徴とする形態的变化に基づき，前期から後期に分類され，中期以降のスモルトで降下行動を示すとされている (久保, 1980)。このため，スモルト放流では天然魚の降海時期に合わせて中期以降のスモルトを生産して放流し，禁漁期間中に降海して河川内への残留が少ないことが望まれる。しかし，実際には飼育期間中の成長がばらつくなどの理由から，すべての個体が中期スモルト以降までスモルト変態が進んだ状態で放流されるわけではないのが実態である。解禁直後には多くの遊漁者が河川を訪れてサクラマス幼魚を釣るため (安藤・宮腰, 2003)，放流魚のうち禁漁期間中に降海できなかった個体が多い場合には放流効果が大きく低下することが懸念される。

そこで本研究では2007年春に神恵内村サクラマス飼育施設(後志管内神恵内村)で生産され、珊内川へ放流されたスマルトの放流時の相分化と放流後約1カ月間の河川内での滞留尾数を調べ、禁漁期間の妥当性について検証したので報告する。なお、珊内川が位置する後志管内では北海道内水面漁業調整規則により毎年4月1日から5月31日までサクラマス幼魚の釣りが禁止されているが、内水面漁場管理委員会の指示により6月1日から6月15日まで禁漁期間を延長して、遊漁の影響を排除して本研究を実施した。

試料および方法

種苗の飼育および放流 本研究は北海道西南部を流れる珊内川で実施した (Fig. 1)。珊内川は流路延長8.2km、流域面積23.3km²で、日本海に注ぐ小規模河川である。珊内川には神恵内村サクラマス飼育施設(以下、珊内ふ化場)があり、日本海側のサクラマス資源増殖を目的として1997年以降、スマルト放流が実施されている。

本研究の種苗放流では、尻別川に遡上した親魚を起源とし、北海道立水産孵化場森支場(現さけます・内水面水産試験場森試験池)で池中継代したサクラマス親魚(F5)から2005年秋に得た種卵を用いた。発眼卵を珊内ふ化場へ収容し、同施設の河川水で飼育した90,062尾(平均尾叉長13.6cm, 平均体重27.0g)を2007年5月18日に飼育池の池尻より自然降下させた。なお、珊内ふ化場は珊内川河口から約650m上流に位置しており、さらに50m上流にある第2砂防ダムから河川水を導水している (Fig. 1)。5月2日、5月15,16日に幼魚180尾を無作為に選んで相判別を行い、放流前の幼魚の相分化の推移を把握した。なお、相判別は久保(1974)の基準に従い、パー(以下、Parrと記す)、銀毛パ

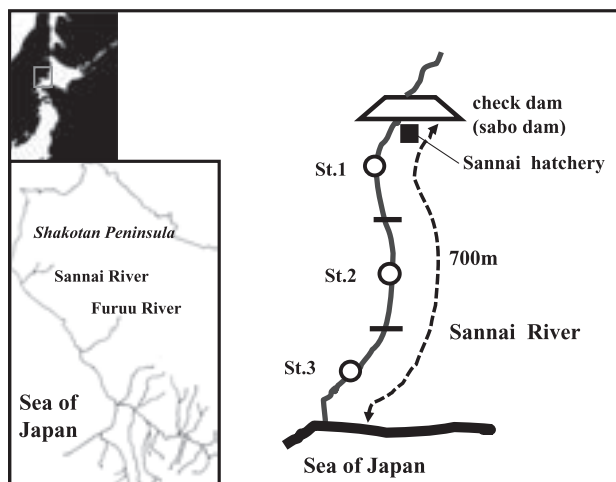


Fig. 1 Map showing the sampling sites and rearing site for masu salmon in Sannai River.

○; sampling sites, ■; rearing site

ー(以下、SP)、前期スマルト(以下、PS)、中期スマルト(以下、MS)以降の4段階に区分した。

河川内滞留尾数の推定 珊内川に滞留するサクラマスの個体数を推定するため、Hankin (1984) が示したサンプリング方法を活用し、珊内川の第2砂防ダムより下流の700mの区間に対象範囲を流路延長4mの単位に分割したものと想定し、そのうち3単位を調査定点として抽出した (Fig. 1)。生息尾数および分散は下記の式で計算した (Hankin, 1984)。

$$\hat{N} = \frac{K}{k} \sum_{i=1}^k \hat{N}_i \quad (1)$$

$$\hat{V}(\hat{N}) = \frac{K(K-k) \sum_{i=1}^k (\hat{N}_i - \hat{N})^2}{k(k-1)} + \frac{K \sum_{i=1}^k \hat{V}(\hat{N}_i)}{k} \quad (2)$$

ここで、 K : 対象範囲内の抽出単位の総数

k : 調査定点の数

N_i : 定点*i*での幼魚の生息尾数

(後述の(3)式により推定)

$\bar{N}$: 幼魚の生息尾数の平均値、

推定値は $\hat{N} = \sum_{i=1}^k \hat{N}_i / k$ で与えられる。

$V(\hat{N}_i)$: 定点*i*での幼魚の推定生息尾数の分散

(後述の(4)式により推定)

このように、幼魚の生息尾数は、各調査定点での生息尾数を定点の抽出率で引き延ばすことにより推定した。

各定点では投網とエレクトロフィッシャーの両方を用い、サクラマス幼魚の採捕を2回行った。1回目に採捕した幼魚は2,4-フェノキシエタノールで麻酔し、尾叉長を測定、相の判別を行った。さらに標識として鰭を切除して、麻酔から覚醒させた後に同じ地点に放流した。放流してから2~3時間後に2回目の採捕を行い、採捕した魚は麻酔した後、尾叉長を測定し、鰭切除による標識の有無を確認した。尾叉長の測定は一定点あたり100尾までとし、それ以外の個体は計数のみ実施した。

各定点での幼魚の個体数はPetersen法のChapmanによる修正式 (Ricker, 1975) を用いて推定値 N_i と分散 $V(N_i)$ を次式により計算した。

$$\hat{N}_i = \frac{(\sum M + 1)(\sum C + 1)}{\sum R + 1} \quad (3)$$

$$\hat{V}(\hat{N}_i) \cong \frac{(\sum M + 1)^2 (\sum C + 1)(\sum C - \sum R)}{(\sum R + 1)^2 (\sum R + 2)} \quad (4)$$

ここで、 M は1回目に採捕し標識して放流した尾数、 C は2回目の採捕での全採捕尾数(標識魚および未標識魚の合計)、 R は2回目の採捕での標識魚の再捕尾数である。

各定点では天然魚と放流魚を区別して記録した。この際、尾鰭の上下葉突端や胸鰭突端が擦れて丸くなっている幼魚を放流魚、それらの外観的特徴を有しない幼魚を天然

魚とした。

調査は5月24日、5月31日、6月7日、6月15日の4回実施し、各調査日には異なる鰭標識を施し（5月24日；尾鰭上葉、5月31日；尾鰭下葉、6月7日；脂鰭、6月15日；左胸鰭）、個体の再捕状況が確認できるようにした。

また、調査日毎に各定点の調査面積を求め、(3) 式により推定された生息尾数を調査面積で除すことにより生息密度を求めた。

結 果

放流数と相分化 放流前の5月2日にはMSが1.1%、PSが44.4%、SPが46.1%、Parrが8.3%を占めた（Fig. 2）。5月15日にはMSが10%、PSが68.9%、SPが15.0%、Parrが6.1%とスモルト化が進んでおり、PS以降が全体の約70%を占める一方、SPとParrの割合は減少した。放流2日前の5月16日には、PS以降の個体を選別してSPとParrは放流用種苗から除外した。選別された幼魚の相分化は、MSが27.8%、PSが72.2%を占めていた。よって、5月18日に珊内川へ放流したサクラマス幼魚90,062尾のうち、MSが25,017尾、PSが65,045尾であった。

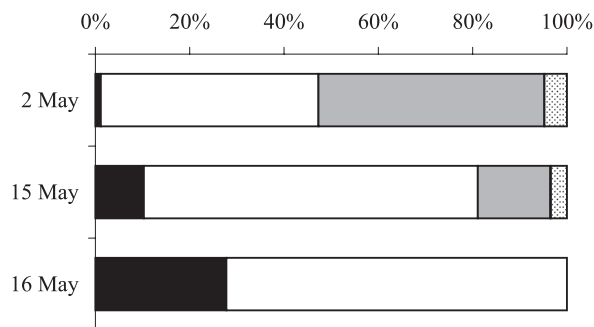


Fig. 2 Phase differentiation of juvenile masu salmon reared in Sannai Hatchery in 2007. In May 16, smolts sorted at phase in excess of pre-smolts were checked.

■ ; Mid-smolt, □ ; Pre-smolt, ▒ ; Silvery-Parr, ▤ ; Parr

生息密度の推移 放流6日後の5月24日の生息密度は、St.1で0.6尾/m²、St.2で10.69尾/m²、St.3で32.17尾/m²とSt.3で最も高く、下流側の定点ほど高い傾向がみられた（Fig. 3）。放流13日後の5月31日には3定点ともに生息密度が低下し、St.1で0.39尾/m²、St.2で2.58尾/m²、St.3で6.45尾/m²であった。その後、放流20日後（6月7日）、放流28日後（6月15日）と生息密度が低下し、6月15日にはSt.1で0.06尾/m²、St.2で1.03尾/m²、St.3で2.39尾/m²を示した。初回と同様、いずれの調査日にも生息密度は下流側の定点ほど高くな

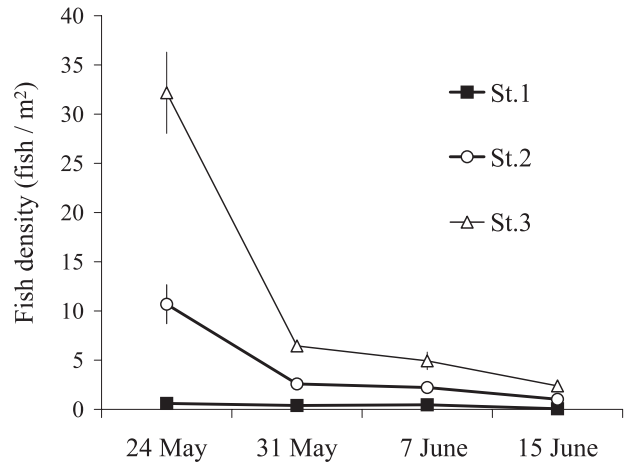


Fig. 3 Estimated fish density of juvenile masu salmon at each sampling station in Sannai River. Vertical bars indicate standard errors.

っていた。

生息尾数の推定 外観的特徴から天然魚と判断された個体は、調査期間中に採捕された1,072尾のうち5尾に留まったことから採捕された幼魚はすべて放流魚と仮定して推定した。

調査区間内のサクラマス幼魚の個体数推定値（括弧内は標準誤差）は、放流6日後の5月24日には51,516（± 25,606）尾となり、放流尾数の57.2%が河川内に滞留しているものと推定された（Fig. 4）。放流13日後の5月31日の推定値は15,522（± 6,884）尾に減少し、禁漁期間の終日にあたるこの日までの生息尾数は、放流尾数の17.2%と推定された。その後の生息尾数は、放流20日後の6月7日には11,327（± 3,905）尾（放流尾数の12.6%に相当）、28日後の6月15日には5,436（± 2,673）尾（放流尾数の6.0%に相当）と推定された（Fig. 4）。

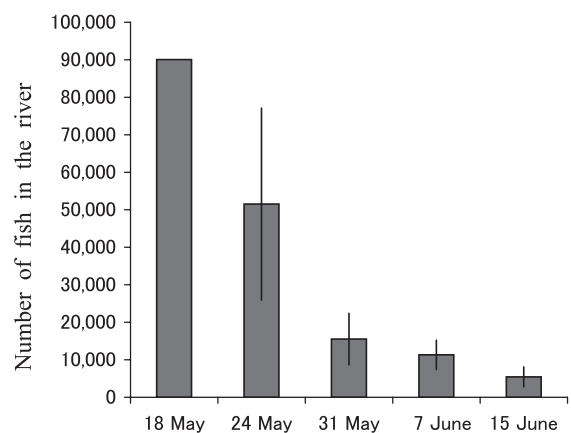


Fig. 4 Estimated number of juvenile masu salmon residing in Sannai River. Vertical bars indicate standard errors.

幼魚の相分化と生息尾数 放流6日後(5月24日)に採捕された幼魚を相判別したところ, MSが31.3%, PSが57.9%, SPが8.7%, Parrが2.2%を占め (Fig. 5), 推定された生息尾数51,516尾にこの比率を乗じると, MSが16,099尾, PSが29,809尾, SPが4,466尾, Parrが1,142尾となった。放流13日目(5月31日)に採捕された幼魚ではMSが13%, PSが68.7%, SPが13.4%, Parrが4.9%を占め, MSの比率が低くなり, それ以外の比率が高くなった。この比率を推定された生息尾数に乘じると, MSは2,022尾, PSは10,658尾, SPは2,077尾, Parrは765尾となり, いずれの相の幼魚も少なくなっており, スモルト化の進んだMS, PSの順に減少度合が高い傾向を示した。放流20日後(6月7日)に採捕された幼魚ではMSが47.8%, PSが43.5%, SPが3.3%, Parrが5.4%を占め, 推定された生息尾数に乘じると, MSが5,417尾, PSが4,925尾, SPが369尾, Parrが616尾となり, MSが増える結果となった。放流28日後(6月15日)に採捕された幼魚ではMSが69.1%, PSが20.3%, SPが1.5%, Parrが9.1%を占め, MSの比率がさらに高くなったが, 推定された生息尾数5,436尾に乘じると, MSが3,756尾, PSが1,104尾, SPが82尾, Parrが494尾となり, MSおよびPSの個体数は減少していた。

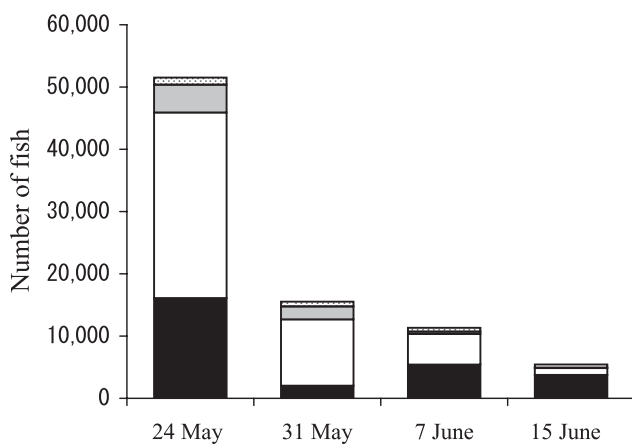


Fig. 5 Phase differentiation of masu salmon juveniles captured in Sannai River in 2007.

■ ; Mid-smolt, □ ; Pre-smolt, ■ ; Silvery-Parr, ▨ ; Parr

標識魚の出現尾数の推移 5月31日の調査時の定点での標識再捕調査では, St.1で30尾, St.2で62尾, St.3で95尾の幼魚の尾鰭下葉を切除して放流した (Fig. 6)。これらの幼魚は7日後(6月7日)にはSt.1とSt.2でそれぞれ11尾, St.3で6尾, 放流15日後(6月15日)にはSt.1で2尾, St.2とSt.3でそれぞれ6尾が再捕された。5月31日には多くがPSであったが, 再捕された幼魚の相分化をみると15日後にはSt.1ではMSと判別される幼魚は確認されなかったが, St.2と

St.3ではMSがそれぞれ83.3%と66.7%と高い比率を占めた (Fig. 6)。

放流前後における幼魚の相と体長 放流魚および河川内で採捕された幼魚のうち, SP, PS, およびMSと相判別された幼魚の平均尾叉長に各調査日間で差があるかどうかについて相毎に統計処理した。Bartlett法を用いた検定により各相における平均尾叉長の分散は均一でないと判断された ($p>0.001$) ことから, 差の検定にはノンパラメトリック法であるKruskal-Wallis検定を用いた。SPでは調査日間で有意差は認められなかった ($p>0.05$, Fig. 7)。一方, PSとMSでは調査日間で有意差が認められた ($p<0.001$)。

次に調査日間で有意差が認められたPSとMSについてすべての調査日の平均尾叉長についてSteel-Dwass法を用い, 多重比較検定を行った。PSでは放流時の平均尾叉長(±標準偏差)は, 13.33 (±0.63) cmと5月24日および5月31日の平均尾叉長と差はみられなかったが, 6月7日の平均尾叉長は5月31日のそれより有意に小さく ($p<0.05$), 小型化する傾向がみられた。一方, MSでは5月24日の平均尾叉長は, 放流時の平均尾叉長 (14.34±0.45cm) に比べ, 有意に小さかった ($p<0.05$)。なお, すべての調査日において平均尾叉長は, SP, PS, MSの順に大きかった。

考 察

本研究では北海道日本海側を流れる珊内川において2007年5月18日にサクラマス幼魚を放流し, 放流後約一カ月間にわたり, 河川内の生息尾数を推定した。放流した90,062尾のうちの河川内に滞留していた幼魚の推定尾数は, 放流6日後(5月24日)には51,516尾(放流尾数の57.2%), 放流13日後(5月31日)には15,522尾(17.2%)まで減少し, 河川内での死亡がなかったと仮定すると, サクラマスの釣りが解禁となる前にほぼ8割の放流魚が降海したものと判断された。

小林ら(1988; 1991)は珊内川の近隣(約10km南)に位置する古宇川におけるスモルトの降海盛期は5月上旬から中旬であり, 6月に入るとほとんど採捕されなかったことを報告しており, 本研究を実施した珊内川のサクラマススモルトの降海時期は概ね5月と考えられる。本研究で用いた供試魚は, 尻別川の種苗を起源とする池産サクラマス(F6)であるが, 尻別川におけるサクラマススモルトの降海盛期も5月中下旬と報告されている(真山, 1992)。サクラマススモルトの降海時期は遺伝的関与の強い形質と考えられており(小山・永田, 1995), 珊内川へ放流した幼魚においても種苗の起源である尻別川の降海盛期を反映して5月のうちに幼魚の多くが降海したものと考えられた。一方, 古宇川において尻別川系の池産サクラマスを複数年

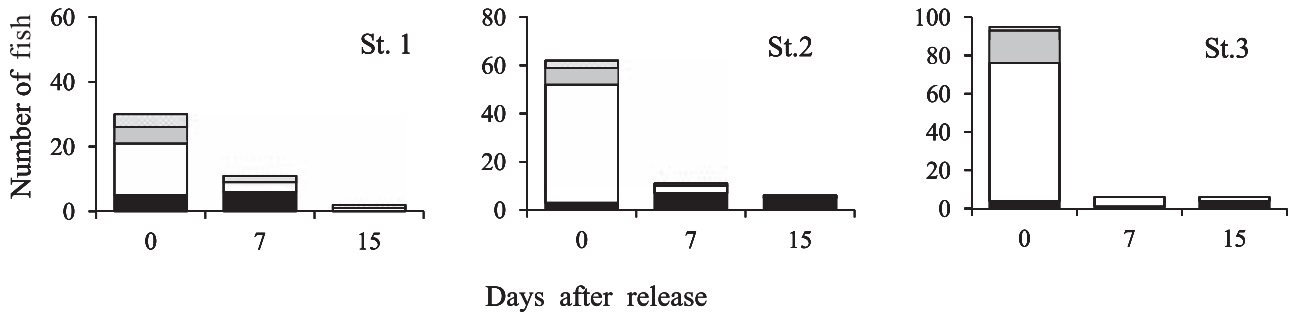


Fig. 6 Number of juvenile masu salmon marked and released on 31 May 2007, and subsequently recaptured at the sampling site.
 ■ ; Mid-smolt, □ ; Pre-smolt, ▒ ; Silvery-Parr, ▨ ; Parr

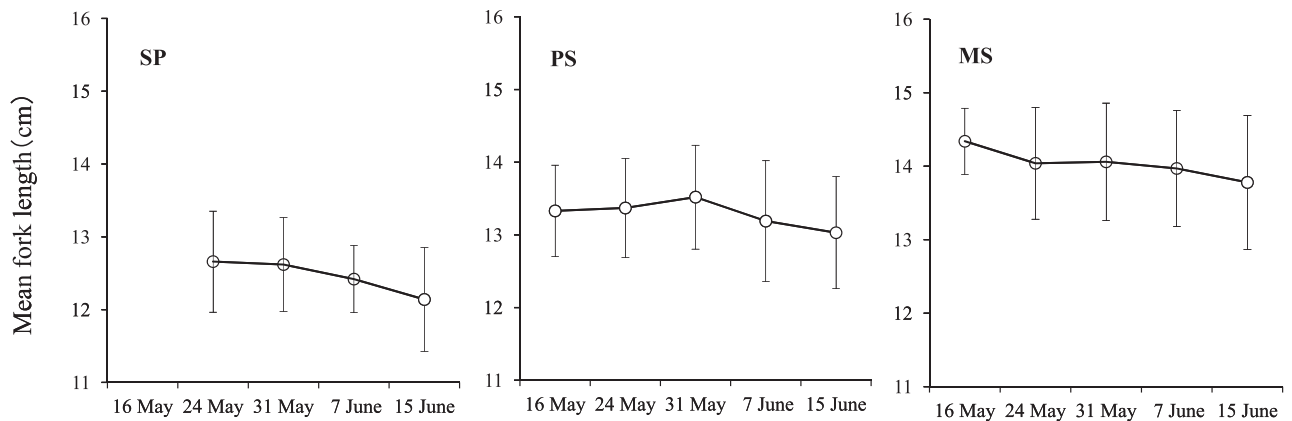


Fig. 7 Mean fork length of juvenile masu salmon recaptured in Sannai River in 2007.
 Vertical bars represent standard deviation

放流し、それらの降海時期をモニタリングした過去の調査では、6月上旬に降海盛期が認められた事例も報告されている (Koyama *et al.*, 2007)。具体的には、尻別川に遡上した親魚から採卵した稚魚と池産継代した親魚(起源は尻別川に遡上した親魚)から採卵した稚魚を放流し、翌年の降海時期を比較したところ、池産系F4では5月中下旬に降海盛期がみられたのに対してF3とF5では6月上旬に降海盛期が見られ、尻別川遡上系のそれに比べて1~2旬程度遅れた(北海道立水産孵化場, 2001; 2003; 2005)。これらの調査で対象としたサクラマスでは種卵を導入した年や継代回数異なるため、継代飼育における何らかの過程によって放流魚の降海時期に変化が生じた可能性が考えられる (Koyama *et al.*, 2007)。本研究では珊内川に放流した幼魚の多くが5月中に降海したが、池産サクラマスでは継代飼育により降海時期に変化が生じる事例があるので調査結果に基づく検討が必要である。

次に、本研究で採捕された幼魚の相をみると、禁漁期間の最終日にあたる5月31日に河川内に滞留していた幼魚ではPSが68.7%, MSが13.0%とスモルト化の十分進んでいないPSが大部分を占めた。この日の調査で尾鰭下葉を切除

して放流した幼魚187尾のうち、7日後には28尾(標識放流数の15%)が再捕された。15日後には14尾(同7.5%)が再捕され、このうち、約7割がMSであった。このことから、6月1日の解禁以降もスモルト化が進み、降海する幼魚が残っていた可能性もある。ただし、本研究において放流時点でのMSの比率が27.8%と低く、スモルト放流としては必ずしも飼育が順調とは言えなかったことが影響している可能性が高い。本研究を実施した前年の2006年春に珊内ふ化場で生産された幼魚では、5月12日にMSが50%を占めており(未発表データ)、さらにPS以降のスモルトを選別した放流用種苗(5月17, 18日に放流)では、MSの割合は94%と高かった。そのため、前年に放流した幼魚では放流後、より速やかに降海した可能性がある。このようなことから判断すると、飼育が順調で、放流時期に合わせて高い比率でMS以降のスモルトを養成できれば、現在の禁漁期間の間に放流魚の多くは降海するものと考えられる。

サクラマス幼魚のサイズに着目し、MSの平均尾叉長の推移をみると、生息尾数が放流数の約50%と推定された5月24日に小型化しており、大型の個体から降海する傾向が示唆された。一方、PSの平均尾叉長をみると放流時と5

月31日までの調査日では差がみられなかったが, 6月7日には小型化する傾向がみられた。この時の相分化をみるとPSの割合が低くなり, 逆にMSの割合が高くなっていた。これについてもPSと判別された幼魚が成長に伴い, MSの段階へ進み, 大型の個体から降海したためと推察された。放流されたスモルトの降海期における河川内での活発な摂餌活動が確認されている(杉若, 1985; 真山, 1992)。スモルト化の進んでいない幼魚が放流された場合には降海するまでの滞留期間が長くなることが予想されるので, 河川内での成長が停滞しないよう, 放流河川の餌料環境についても考慮した上で放流尾数を決める必要があると考えられた。

以上, 本研究では珊内川においてサクラマス幼魚を放流した結果, 禁漁期間である5月末までに放流尾数の約8割が降海した一方, 解禁後まで約2割の幼魚が河川内に残留すると推定された。本研究で用いた放流群は放流時点でスモルト化の比率が高くなかったことから, スモルト化の進んだ幼魚を早期に生産できる場合には残留尾数はさらに少なく抑えることができるものと考えられる。このことから, 珊内川を含む後志管内に設定されている4~5月の禁漁期間は降海型サクラマスの保護の観点からは概ね妥当と判断された。また, スモルト放流では河川内において成長した幼魚が随時降海することが示唆されたことから, 放流後の河川内での摂餌環境も考慮して放流尾数を決定することが重要と考えられた。

謝 辞

サクラマスのスモルト生産を担当された神恵内村漁協(現古宇郡漁業協同組合), 神恵内村サクラマス飼育施設の皆様に感謝申し上げます。また, 幼魚の採捕調査に協力頂いた後志支庁水産課(現後志総合振興局水産課), 北海道立水産孵化場(現さけます・内水面水産試験場)さけます資源部の諸氏に感謝申し上げます。社団法人北海道栽培漁業振興公社の真山 紘博士には本原稿に多くの有益な助言をいただきました。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 安藤大成, 宮腰靖之. 河川下流域に放流されたサクラマススモルトの遊漁による釣獲尾数の推定. 北海道立水産孵化場研報, 2003; 57: 49-53.
- Hankin DG. Multistage sampling designs in fisheries research: applications in small streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1984; 41: 1575-1591.
- Hayano H, Miyakoshi Y, Nagata M, Sugiwaka K, Irvine JR. Age composition of masu salmon smolts in northern Japan. *J. Fish Biol.* 2003; 62: 237-241.
- 北海道立水産孵化場. 継代回数と移動様式の関係, 平成11年度北海道立水産孵化場事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2001; 75-76.
- 北海道立水産孵化場. 継代回数と移動様式の関係, 平成13年度北海道立水産孵化場事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2003; 65p.
- 北海道立水産孵化場. 継代回数と移動様式の関係. 平成15年度北海道立水産孵化場事業成績書. 北海道立水産孵化場, 恵庭. 2005; 41p.
- 小林美樹, 岩見俊則, 岡田鳳二, 永田光博. 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. 北海道立水産孵化場研報 1988; 43: 57-64.
- 小林美樹, 岩見俊則, 岡田鳳二. サクラマスの生態学的研究 II. 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. 北海道立水産孵化場研報 1991; 45: 63-75.
- 小山達也, 永田光博. 池産系, 尻別川系サクラマス及びその交雑魚の降海時期. 北海道立水産孵化場研報 1995; 49: 1-7.
- Koyama T, Nagata M, Miyakoshi Y, Hayano H, Irvine JR. Altered smolt timing for masu salmon, *Oncorhynchus masou* resulting from domestication. *Aquaculture* 2007; 73: 2462-249.
- 久保達郎. サクラマス幼魚の相分化と変態の様相. 北海道さけ・ますふ化場研報 1974; 28: 9-26.
- 久保達郎. 北海道のサクラマスの生活史に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研報 1980; 34: 1-95.
- 待鳥精治, 加藤史彦. サクラマス *Oncorhynchus masou* の産卵期と海洋生活. 北太平洋漁業国際委員会研報 1985; 43: 1-118.
- 宮腰靖之. 北海道におけるサクラマスの放流効果および資源評価に関する研究. 北海道立水産孵化場研報 2006; 60: 1-64.
- 宮腰靖之. 種苗放流効果と資源増殖—北海道のサクラマスを事例として—. 「水産資源の増殖と保全(北田修一, 埴山雅秀, 浜崎活幸, 谷口順彦編)». 成山堂書店, 東京. 2008; 48-65.
- 真山 紘. サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研報 1992; 46: 1-156.
- Ricker WE. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 1975; 191.
- 佐野誠三. 北日本産サケ属の生態と蕃殖について. 北海道

さけ・ますふ化場研報 1959; 14: 21－90.

杉若圭一，小島 博. 厚田川における降海型サクラマス幼魚に関する研究. 1978年降海群の年齢と生態. 北海道立水産孵化場研報 1979; 34: 25－39.

杉若圭一，小島 博. 厚田川における降海型サクラマス幼

魚に関する研究Ⅱ. 1979年降海群の年齢と生態. 北海道立水産孵化場研報 1980; 35: 45－52.

杉若圭一. スモルト化時期におけるサクラマス幼魚の食性と摂餌生態. 北海道立水産孵化場研報 1985; 40: 69-75.