

サクラマスを豊かにしている サンル川環境

(ささき かつゆき)

1942 中国満州生まれ、京都大学理学部卒、理学博士、1971 年から 2002 年まで水産庁中央水産研究所勤務、海洋における物質循環研究に従事、最近の著書(共著、編集委員)：有明海の生態系再生をめざして(海洋学会編、恒星社厚生閣、2005)、海洋学会海洋環境問題委員

佐々木 克之

要旨・サンル川は、天塩川の支流名寄川の支川で、天塩川流域面積の三%を占めるにすぎない川であるが、多くのサクラマスが遡上する河川として知られている。サクラマスが豊富に遡上する要因として、ダムなどの河川横断工物がほとんどなく、サクラマスの幼魚ヤマメが生息するために必要な河畔林と水生昆虫が豊かであり、底質が産卵に適していることが推定された。サンル川にダム建設が検討されているが、サンル川の豊かな環境を認識し、保全方策を検討する中でダム建設の是非を問うべきである。

天塩川は道央にある天塩岳を源流として、北上して士別市を経て、名寄市で名寄川と合流して、天塩町で日本海に注ぐ、長さ二五六kmの日本では四番目に長い川である。サンル川は、名寄川の支流で、流域面積は一八二km²である。天塩川の流域面積は五五九〇km²、名寄川の流域面積は七〇〇km²なので、サンル川はその二六%を占め、天塩川全体の流域面積の三%を占める。この川は、以前から釣師などからはヤマメの多い川として知られていたが、最近になってサンルダムが計画されていることよって、広く知られるようになってきた。サンルダムを含む天塩川の河川整備計画を検討する天塩川流域委員会では、なぜサンル川にサクラマスが豊富なのかについてはまったく検討されなかった。サンル川にサクラマスが多く遡上し、サクラマスの幼魚であるヤマメが豊富である環境要因について検討し、サンルダム建設の問題を考

えてみる。サンル川のヤマメの生息密度を検討するために、天塩川流域委員会で公開された資料を用いた。

1. サクラマスの生活史と北海道におけるサクラマス漁業

1.1 サクラマスの生活史

サクラマスは、個体間の違いや地域により異なり、体長が三五〜七〇cm、体重が〇・五〜四kgのサケの一種である。名前は、桜の咲く頃河川遡上を始めるからとか、魚肉の色が美しい桜色に由来していると言われている。サクラマスは川から海に降りて(降海)大きく育ったものを言い、河川に育つものはヤマメと呼ばれる。サクラマスの一つの特徴は川の源流部付近まで遡上して産卵することである。秋から冬に源流部で孵化した仔魚は春まで砂利の中で過ごす。体長三〇mm程度の稚魚が遊泳生活を始めるのは春になってからである。次の年の春まで約一年間を幼魚(ヤマメ)として川で体長一〇〜一五〇mmに成長する。ヤマメの重要な餌は水生昆虫であるので、ヤマメの成長には河川の生産力が豊かであることが必要である。また森林からの落葉も食物連鎖を通じてサクラマスの栄養源となり、樹林からの落下昆虫も餌となる。孵化後二年目の春になると、この幼魚の中から北海道ではメスのほとんどとオスの約半分が銀色(銀毛)に変化して(これをスマルト化と呼ぶ)、川を下って降海する。メスとオスの降海の割合は、地域によって異なる。残ったオスは引き続きヤマメとして成長する。スマルトは河口から海に出ると、オホーツク海に移動して、夏から秋を過ごし、

晩秋に再び日本周辺に戻ってくる。春になると、生まれた川を遡上し始めて、秋に産卵後死ぬので、寿命は一般的には満三年ということになる。しかし、例外もある。河川内での成長不良により、河川生活期が通常より一年長くなった個体の場合、その寿命は四年で、稀に三年半の河川生活期の後、降海し、五年の寿命を全うする個体もいる。サクラマスは、三年のうちの孵化後約一・五年と三年目に川を遡上する約〇・五年の合計約二年間を河川で過ごすので、河川環境の変化の影響を受けやすい。

1.2 サクラマス稚魚・幼魚の放流

サケの放流事業では、秋に親魚から採卵して、孵化させた稚魚を翌年の春まで飼育して、一定の大きさになると放流している。サクラマスの稚魚は孵化後一年以上経たず翌年に降海するので、放流はサケの場合と異なる。北海道立水産孵化場の資料によると、放流は、サケと同じ翌年の春(0+春)、翌年の秋(0+秋)および翌々年の春(1+春・スモルト)に放流する三ケースがある。これらはサケの場合と比べて困難を伴う。0+春の稚魚は、放流後さらに一年河川生活を過ごすので、その間に減耗する。0+秋および1+春の幼魚は、放流後の減耗は少なくなるが、飼育期間が長く、それだけ経費が必要となる。図1に、二〇〇一〜二〇〇三年の北海道における放流尾数を示した。北海道では四二水系の河川に放流を行っているが、多くが0+春の稚魚で、全体の六〇〜七〇%(四八〇万〜六二〇万尾)、0+秋が一〇〜一七%(九五万〜一六〇万尾)、1+春が二〇%(一六五万〜二〇〇万尾)である。天塩川では、二〇〇一年に

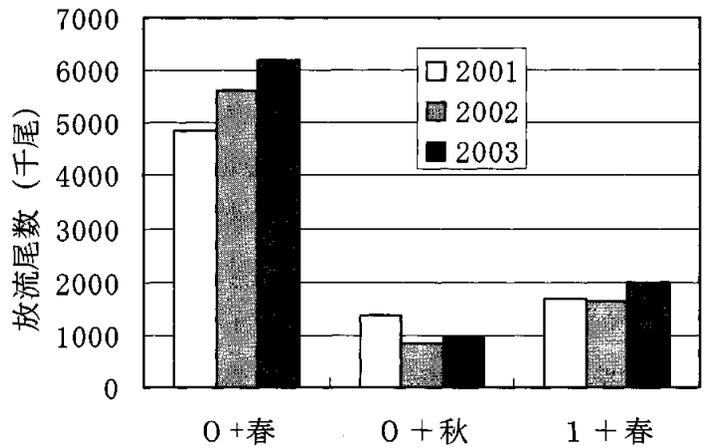


図1 サクラマス稚魚・幼魚の放流尾数

1.3 北海道サクラマス資源の減少要因

北海道ではサクラマスの放流事業を継続している(一九七〇年以降では五〇〇〜一、二〇〇万尾)が、北海道沿岸における漁獲量は減少の一途をたどっている(図2)。参照としてサケ(シロサケ)の放流数と漁獲量の関係を図3に示すが、シロサケの場合には放流尾数が増加するとともに漁獲量が増加している。このように資源が減少している要因として、以下のことが考えられる。(1) サクラマスはサケと異なり、資源全体に占める野生(天

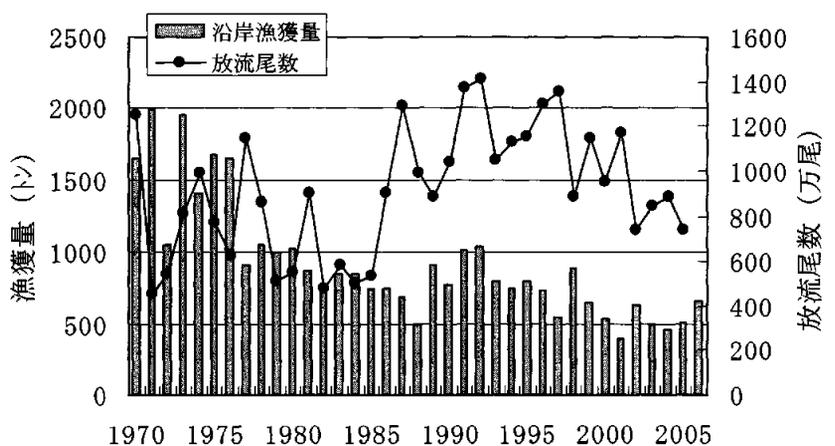


図2 北海道におけるサクラマス放流尾数と漁獲量の推移(北海道立水産孵化場資料から引用)。1970~1980年の漁獲量は、サクラマスとカラフトマスの両種を合計して「マス」として北海道水産現勢に記載されているので、水産現勢の「マス」漁獲量から推定した数量である。

然)資源の割合が極めて高い、(2) 再生産環境(河川)の大幅な変化が、野生資源を減少させた可能性が高い。とくに、遡上や降海の障害となり、再生産場所を消失させるダムの影響は大きいと考えられる、(3) 放流も行われていないが、河川への依存度が高く、放流数も少ないため、その効果は限定的で、野生資源の減少を補償することは困難である。サクラマス資源を回復するためには、野生魚が十分に再生産できる環境作りが必須と考えられる。

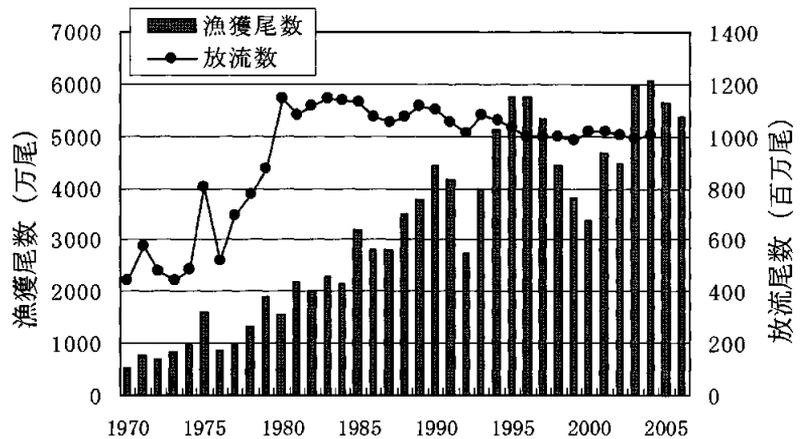


図3 北海道におけるシロザケ放流尾数と漁獲尾数の推移（独立行政法人水産総合センターサケマスセンターのホームページ資料から引用）。

2. 河川環境がサクラマス・ヤマメに与える影響

2.1 河川におけるサクラマスの生態

河川における生育期間の長いサクラマスの保全を考えるために、生活史に沿ってサクラマス資源の制限要因を検討することが重要である。柳井（一九九九）は、サケ科魚類の生活史に沿った生態と環境、サクラマスに対する人為的影響および水辺林の役割を整理している。

サケ科魚類は秋に遡上して、サクラマスは河川の中〜上流域に産卵する。一〜二月に孵化し、

卵黄を吸収しながら産卵床内で冬を越し、三月下旬から五月上旬に溪流に浮上する。産卵床を規定するひとつの要因は好適な礫の存在であり、サクラマスは五〜一〇cm程度の礫サイズの場を選択する。卵が産卵床内で孵化・発育する時期にもっとも重要なのは、新鮮な水が礫間から供給されることで、透水性が低下すると生存率が低下する。礫間の透水性は、泥のような細粒土砂がくると失われる。

浮上したサクラマス稚魚の平均体長は三・五cmで、植生が繁茂し流速の遅い川岸に集中する。融雪増水で河川全体が速い流れの場となっているときに植生の存在は重要である。六月以降は成長に必要な餌が豊富な速い流れの場に生活を拡大していく。稚魚が成長する過程ではヨシやヤナギなどからなる植生カバー（隠れ場）の存在が重要である。

サケ科魚類の成長や生息密度は水温に大きく影響を受ける。そのため、水辺林による太陽光の遮断は極めて重要な役割を果たす。

2.2 サクラマス幼魚の成長に及ぼす河川環境の影響に関する調査事例

中野（二〇〇二）は天塩川水系の間寒別川において、サクラマス幼魚生息数と河道および河畔環境要素との関連を調べた。河道は（1）大礫・ステッププール・CSP（ステッププール河道とは、巨礫が流路を横断するように並んだステップ構造によって特徴づけられている）、（2）大礫・瀬―測河道（CRP）および（3）小礫・瀬―測河道（FRP）の三つに分けられ、河畔は（A）森林、（B）草原の二つに分けられた。サクラマス生息密度

は、草地区間よりも森林区間で有意に高く、とくにCPR区間で高かった（表1）。夏期最高水温は森林区間より草地区間で有意に高かった。カバー率は、森林区間で高く、とくにCPR区間で高かった。単回帰分析の結果、サクラマス生息密度と有意な関係が認められた変量（ t 、 r^2 ）は、夏期最高水温（一、〇・四五）、平均水面幅（一、〇・二三）、平均水深（一、〇・三九）、巨礫（%）（一、〇・一五）、カバー率（十、〇・四五）の五変量のみであり、重回帰分析を行ったところ、サクラマス生息密度は、夏期最高水温とカバー率の組み合わせによってもっともよく説明され、夏期最高水温が低いほど、カバー率が大きなほど、高かった。間寒別川の事例は、河川環境において水辺林が、

表1 調査区間におけるサクラマス生息密度（n/100 m²）、夏期最高水温（°C）およびカバー率（%）の平均値

変量	CSP		CRP		FRP	
	森林	草地	森林	草地	森林	草地
サクラマス密度	2.5	0.6	20.8	0.6	3.9	1.4
夏期最高水温	16.3	23.0	16.0	20.0	16.1	20.3
カバー率	0.7	0.4	10.5	5.4	7.0	3.0

カバールを提供するとともに、日射をさえぎり水温上昇を抑制することと、瀬と淵が連続して存在することがヤマメの生息に好適であることを示したものと理解できる。

2.3 サクラマス幼魚の成長を支える陸上植物の葉

下田ら(二〇〇四)は、北海道石狩市に近い濃昼(ごきびる)川で、ヤマメの胃の中の餌昆虫を調べ、さらにそれらの昆虫が陸上植物(主に落葉と考えられる)を利用しているのか、河川中の藻類を利用していいのかについて炭素安定同位体を用いて調査を行った。陸上植物と河川藻類の安定同位体比が異なるので、昆虫の安定同位体比を求めると、その昆虫の陸上植物を利用して割合がわかるという原理を利用している。計算方法は、ヤマメの胃内容物の昆虫量を測定し、まず、それぞれの昆虫がヤマメの体になる割合(同化率)を実験で求める。次にそれらの昆虫がどれだけ陸上植物(または河川の藻類)を利用していいのかを安定同位体比を用いて測定する。餌昆虫の陸上植物利用率に餌昆虫の同化率を掛け合わせて、ヤマメの成長における陸上植物の寄与率を求める。陸上植物寄与率は陸上昆虫の場合は一〇〇%、水生昆虫の陸上植物寄与率は安定同位体比を用いて求めた。解析結果によると、餌の昆虫を通じてヤマメに取り込まれる陸上植物の割合は四二・二〜七八・一%であった。従って、生葉や落葉がヤマメの成長を大きく支えていることになる。

2.4 人為的環境変化がサクラマス資源に与える影響

(1) 河川横断工作物(ダムなど)による遡上と降海障害……ダムや頭首工などの河川横断工作物がサクラマス親魚の遡上の障害となる。知床では提高の小さい落差工(一m以下)においては遡上が確認されたが、提高の高いもの(一・七m)では遡上が制限されたと報告されている。遡上の際には障害物の下に深い淵の存在が重要で、一般的には障害物の高さの一・二五倍の深さの淵が必要とされている。ダム湖ができる、ヤマメ幼魚(スモルト)の降海が阻害される。アメリカのコロンビア川の支流スネーク川のダム湖では、サケの稚魚をダム湖から下流に移動させるためにパイパスを設置したが、降海は成功せず、ダム湖の上流で川を下ってくる稚魚を捕獲して、トラックに積んで下流まで輸送することも行っているが、それでもサケ資源を回復できていない。

(2) ダム・人工水路などによる産卵環境の悪化……大きなダムや砂防ダムなどの河川改修を行うと、下流への礫の供給がなくなり、河床が低下して、やがて川岸が崩壊する。またダムによって礫や砂の供給がなくなり、微細な砂や泥が増加する。これらの結果、川床環境が悪化して産卵場が消失する。北海道におけるこれらの実態は稗田(二〇〇五)の著書に詳しく述べられている。また、人工水路化された河川でも産卵場が失われる。

(3) 森林・水辺林などの伐採による稚魚・幼魚の生育障害……水辺林が作り出すカバール(魚類が捕食者や強い水流からの避難場所として利用できるもの)が幼魚の生育に重要であることはすでに述べた。サクラマスの生育限界温度は二五〜二六℃

であり、文献によると水温が一五℃では生息密度が一・〇尾/m²であるが、二二℃付近では〇・二〜〇・四尾/m²となり、二五℃付近では生息していない。水辺林があると日射を防ぎ水温上昇を抑えるが、川幅が五〜一〇mの小溪流では開放区間が一kmを超えると最高水温は二五℃を超える場合が多くなる(Suginoto et al, 1997)。さらに、水辺林は重要な餌となる昆虫を供給する。農地造成やその他の要因によって水辺林や河川近くの森林が伐採されると、これらの水辺林が果たしている重要な機能が失われて、ヤマメの生育障害を引き起こす。

これらのことから、サクラマス資源の維持には、ダムなどの河川横断工作物を作らず河川環境の連続性が維持されること、人工水路などによる河川環境の単純化をやめて瀬や淵などの多様な環境を保全することが必要である。さらに、河畔林(水辺林)による水温抑制と、落葉や生葉を利用する生物・昆虫が重要な餌となっていることおよびカバールを提供することにより、ヤマメにとって河畔林は重要であると言いうことができる。

3. 天塩川の子ヤマメ

北海道開発局は、天塩川流域委員会に様々な資料を提出し、またホームページに資料を掲載している。それらの中から天塩川の六月の子ヤマメについての調査結果を用いて整理した。サンプルの二〇〇〇〜二〇〇五年の調査結果は、天塩川資料集の11。サクラマスに関する調査の「サンル川流域の子ヤマメ(ヤマメ)生息密度調査」を用いた。天塩川資料集に「名寄川流域における

ヤマメの生息密度調査(H一六年六月)も用いた。天塩川全域の二〇〇五年調査は流域委員会資料48-5-2を用い、二〇〇六年調査は同じく48-5-1-6および48-5-1-7を用い、二〇〇七年調査は、二〇〇七年一月一四日に開催された「天塩川魚類生息環境保全に関する専門家会議準備会」で示された資料2を用いた。

3.1 サンプル川のヤマメ生息密度

開発局は六月に図4で示す二〇調査点で、サンプル川の子メ生息密度を二〇〇〇年から測定している。図5にそれぞれの調査点の二〇〇〇〜二〇〇七年の平均値を示した。図のx軸の左から九点(放牧地橋、最上流)はサンプル川本流、一の沢下流(支川合流点まで)は一の沢、三輪橋(砂防ダム下流まではサンプル二線川、次の二つが五号沢川、最後に幌内越沢川である。本流ではサンプル川中流で密度が一・〇尾/m²と高いが、他は比較的低い値である。一の沢では下流で〇・八四尾/m²であるが、上流では低い。二線川では〇・九四〜一・二五尾/m²と高い値を示しているが、最上流の砂防ダム下流では〇・二三尾/m²と極めて低かった。砂防ダムの下流一〇〜二〇mはコンクリートの河床(おそらく河床低下を防ぐために設置された)で、その下流はゴロゴロ石が多い。砂防ダムの下流では砂防ダムによって砂供給がなくなり、下流の砂が失われて、大きな石だけになることがしばしば生じるので、産卵環境の悪化を引き起こしたと考えられる。五号沢川と幌内越沢川では最も高かった。本流よりは支流(二線川、五号沢、幌内越沢川)で生息密度が高かったが、支流の一の沢だけは低かった。六月一日にヤマメ釣りが解禁

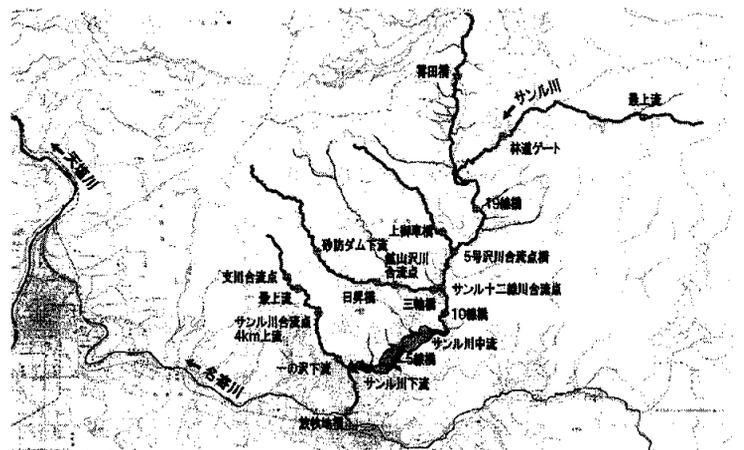


図4 サンプル川におけるヤマメ生息密度調査地点

になり、一の沢には多くの釣り師が入るので、釣りによる減少の可能性が考えられる。

二〇〇〇〜二〇〇七年の六月のサンプル川におけるヤマメ生息密度の平均値の経年変化(図6)を見ると、二〇〇二、二〇〇六および二〇〇七年を除くと、〇・七〜一・二尾/m²の高い値で経過している。二〇〇一年九月一日に真勲別ピーク流量が七三二m³/sの洪水が記録されているので、この洪水によるサクラマス産卵床の破壊によって、この年の孵化量が減少した結果、二〇〇六年のヤマメ(主として0+)生息密度が低かった可能性が考えられる。二〇〇六年五月にサンプル川・名寄川周辺で融雪洪水が発生して(名寄川基準点

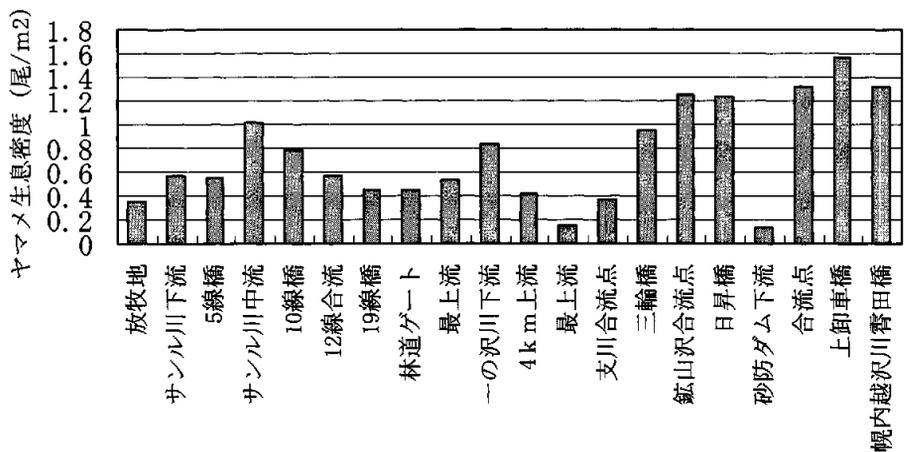


図5 6月におけるサンプル川20調査点の2000〜2007年の平均ヤマメ生息密度

の真勲別のピーク流量は未公表)、ヤマメが下流に流されたため六月調査のサンプル川の子メ生息密度が低かったと推定される。二〇〇六年一〇月の洪水(真勲別のピーク流量は未公表)によってサンプル川のサクラマス産卵床が破壊されたことは開発局の調査で明らかにされているので、二〇〇七年の0+ヤマメ生息密度が低かったと考えられる。なお、二〇〇二年の0+生息密度が低いので、〇三年に降海し、〇四年に親魚が遡上するので、

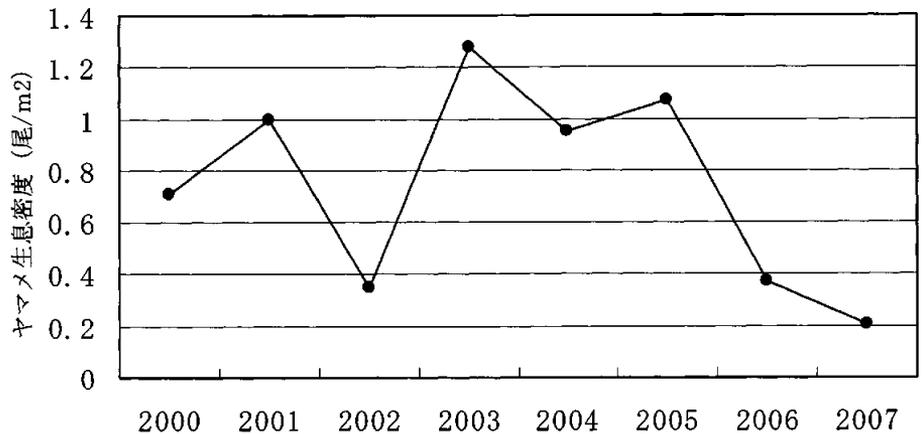


図6 サンル川流域における2000～2007年の6月のヤマメ生息密度平均値の推移

二〇〇五年のヤマメ(0+)生息密度も低いと予想されるが、実際には高い密度であった(図6)。高い密度になった原因としては、(1)二〇〇二年に0+の密度が低いために餌条件がよくて二〇〇三年のスモルト量が多かったこと、(2)餌条件がよかったので健全なスモルトが多く、海域におけるサクラマスの子残りが多かったこと、(3)二〇〇四年の遡上量は少なかつたが、産卵後の孵化量が多かつたなどの可能性が考えられるが、原因を特

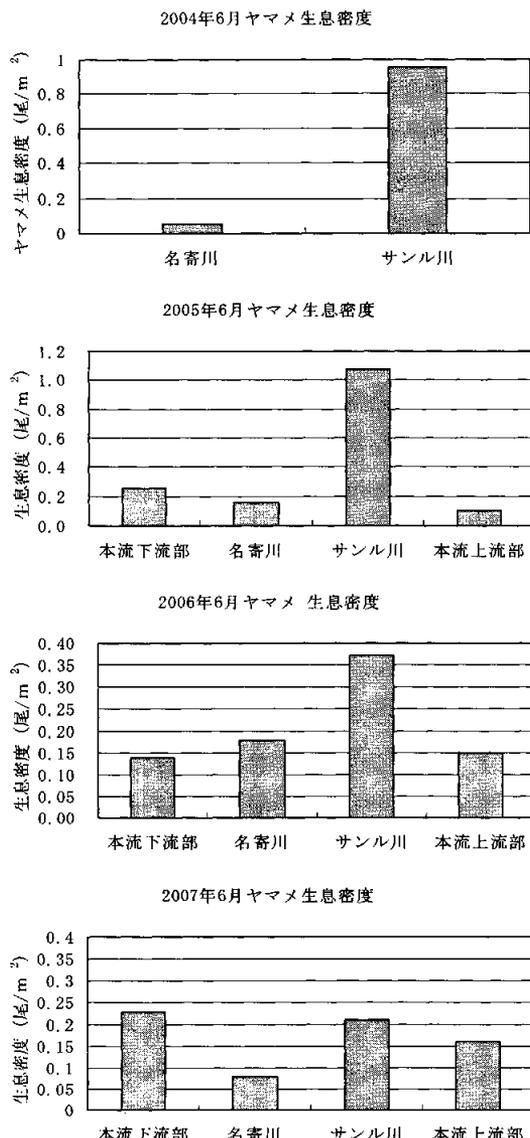


図7 天塩川水系における6月のヤマメ生息密度(2004～2007年)

定できない。

3.2 サンル川以外の天塩川の本流のヤマメ生息密度

サンル川以外の天塩川水系では、二〇〇四年六月に名寄川流域、二〇〇五年以降に六月に全域で調査が実施されている。調査結果を、名寄川合流点より下流域については本流下流部、サンル川を除く名寄川域を名寄川、合流点より上流の本流を本流上流部として整理して、図7に示した。二〇〇四年の名寄川の調査数はn=20、二〇〇五年の調査数は、本流下流部はn=18、名寄川はn=14、サンル川はn=20、本流上流部はn=5であり、二〇〇六年と二〇〇七年は、本流下流部はn=83、名寄川はn=26、サンル川はn=20、本流上流部はn=22であった。洪水の影響を受けていない二〇〇四年のサンル川の平均ヤマメ生息密度は0.95尾/m²、二〇〇五年のサンル川の平均のヤマメ生息密度は1.07尾/m²であり、天塩川その他

4. サンル川の本流のヤマメ生息密度が高い要因

サンル川はサクラマスが遡上し、ヤマメの多い川として知られていたが、このことは調査結果(図7の二〇〇四、二〇〇五年)で裏付けられた。そこで、サンル川においてヤマメ生息数が多い要因

水域と比べて格段に高い値であった。二〇〇六年には、先に述べたように融雪洪水の影響でヤマメが下流に流された可能性があり、サンル川の本流の生息密度は二〇〇五年に比べて約1/3になっているが、他水域では変化が小さかった。二〇〇七年には、二〇〇六年の名寄川周辺域の戦後最大に近い洪水によって産卵床が破壊されたためと想定されるが、ヤマメ生息数は二〇〇四年および二〇〇五年の約1/5となり、名寄川の生息数も減少したが、その他の水域の変化は少なかつた。

について検討した。

4.1 砂防ダムなどの河川横断工作物が少ない

二〇〇七年一月一日に開催された「天塩川魚類生息環境保全に関する専門家会議準備会」(北海道開発局主催)に出された資料によると、天塩川流域の河川延長三・五kmを越える四一八のうち二〇六河川について調査した結果、九四河川一六六箇所が魚道なしと判定された河川横断工作物が存在していることが明らかにされた。調査したうち四六%の河川においてサクラマスの遡上を困難にしている工作物が存在している。一方、サンル川ではサンル一二線川の上流に砂防ダムが一基存在するだけであり、河川横断工作物がほとんどないことがサンル川でサクラマス/ヤマメが多い要因のひとつと考えられる。

4.2 連続的な瀬と淵の存在

サンル川では大規模な河川改修工事が行われず、サンル川本流および支流では自然のままの瀬と淵が連続しておりなす溪相を示している。サクラマスに限らず溪流魚の生息には、餌を得る、酸素が多いなど活発に活動する瀬と休息のための淵の存在が重要であることが知られているので、サンル川の瀬と淵の連続した存在もサクラマスが多い要因と考えられる。

4.3 河畔林の奇与

サンル川は河畔林が発達していて、カバー率も高いと考えられる。2.2で述べたように、このことが夏季の水温上昇を抑え、休息域も十分存在して、ヤマメの成長に奇与している。冬季に孵化した幼

魚が過ごすための深みや流木も豊富である。また、2.3で述べたように河畔林が供給する落葉がヤマメの成長を支えていて、さらに多くの落下昆虫もヤマメの成長に重要である。

4.4 川の底質

サンル川流域の地質は複雑な火山活動により成り立ち、サンル層(凝灰岩類)や何種類もの火山噴出物が複雑に組合わされている。これらの岩石から形成される底質は特有のザクザクサラサラで、サクラマスの産卵に適していると言われる五〜一〇cmの礫が豊富に存在し、水の透過性が非常に良い。小さくとも凹凸があり、水生昆虫がしっかりとつかまることが可能であるため水生昆虫が多い。サンル川はほとんど濁ることがなく、産卵床に泥がたまることはなく、産卵床として優れている。

4.5 流域が保全されている

サンル川流域の農地がダム用を買収されたため、農業、家畜のし尿や堆肥汁などが流入しなくなった。そのため自然再生が進み、自然に近い状態に維持されている。この自然再生の進行が、ここ一〇年間でサンル川のサクラマスが増えた大きな要因と考えられる。

5. サンル川の貴重な自然環境の認識と保全の重要性

サンル川では本流および支川のほとんどでサクラマスが遡上し、産卵する。その要因として考えられるのは、上述したように、河川横断工作物が

ないこと、自然の川に備わった瀬と淵が連続した存在、豊かな森林、産卵に適した底質が上げられる。このサンル川におけるダム建設はこのような豊かな環境を無に帰する可能性が極めて高い。サンル川にダムが作られれば、佐々木(二〇〇七)が二風谷ダムについて述べたように、サクラマス資源が減少する可能性はきわめて高い。とくに問題なのは、サクラマスが魚道を遡上し、ダム湖の上流で産卵できたとしても、上流で孵化したヤマメがダム湖で降海できなくなることである。魚道を遡上して、ダム湖上流部に産卵できるサクラマスが、ダムがないときに比べて仮に八〇%、ダム湖によって失われた産卵床の割合が仮に一〇%と仮定する。この親魚から生まれたスマルトがダム湖を降海する量はダムがないときに比べて仮に六〇%と仮定する。そうすると、最初に遡上したサクラマスが三年後に遡上してくる量はダムがないときと比べて四三%となり、その三年後は一九%に減少することになる。このようにしてサンルダムによってサクラマスが減少していくと、ダム湖の上流にはサクラマスの再生産に好適な環境があるのに、サクラマスはその環境を利用できなくなる。このように、ダムは再生産環境を消失させ、遡上および降海に対して障害を作り出し、サクラマス資源に重大な影響を与える。サンルダムの重大な問題点は、天塩川水系で様々な河川横断工作物を設置してサクラマスを減少させた上で、工作物が存在せず、もともとサクラマス資源が豊富な河川にダムを計画したことである。ダム建設を行う前に、サクラマス/ヤマメが豊富なサンル川環境の重要性を認識し、豊かな環境の保全方を検討することが重要である。その上で改めてダム計

画の是非を検討すべきである。

謝辞

「下川自然を考える会」の宮田修氏にサンル川に関する貴重な情報とご教示を、北海道林業試験場の長坂晶子博士に森林とヤマメの成長に関する資料提供とご教示を、北海道立水産孵化場の卜部浩一博士にはサクラマス／ヤマメの生態についてご教示をいただいた。三名の方々にあつく感謝の意を表します。

引用文献

稗田一俊(二〇〇五)：鮭はダムに殺された、岩波書店、二二三pp。

中野繁(二〇〇二)：北海道の小河川におけるサクラマス幼魚の生息量と生息環境との関係、川と森の生態学(中野繁論文集)、北海道大学図書刊行会、一七一一―一九二。

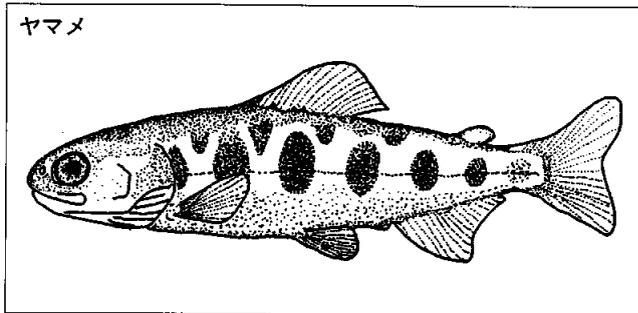
下田和孝・中島美由紀・柳井清治・河内香織・伊藤絹子(二〇〇四)：陸上植物からサクラマス幼魚への物質移動経路、魚類学雑誌、五一、一二三―一三四。

佐々木克之(二〇〇七)：沙流川二風谷ダムのサクラマスへの影響とサンルダム問題、北海道の自然(北海道自然保護協会会誌)、四五号、一六一―一二。

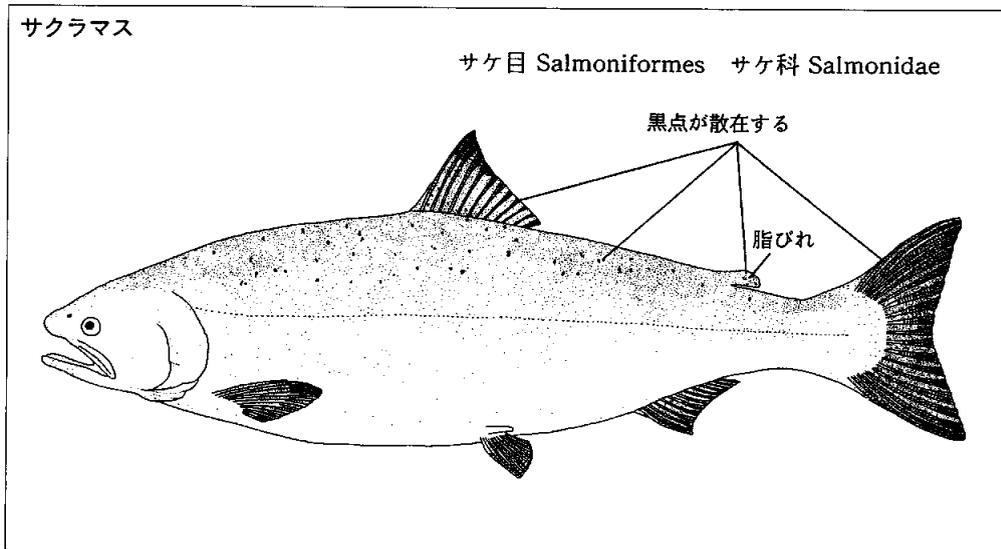
Sugimoto, S., Nakamura, F. and Ito, A. (1997): Heat budget and statistical analysis of the relationship in the Toikanbetsu River basin, northern Japan. Journal of Forest Research, 2, 103-107.

柳井清治(一九九九)：サケ科魚類の生息と水辺林

の機能——水辺環境の再生への取り組み——、
森林科学、二六、二四―三一。



サクラマスの稚魚(帰山原図)
「北のさかなたち」(北日本海洋センター、1991) から



「北のさかなたち」(北日本海洋センター、1991) から