

特別寄稿

斜里川におけるサクラマス其自然再生産

～ペーメン川とオニセップ川における産卵状況～

おおくま かずまさ
大熊 一正 (北海道区水産研究所 さけます資源研究部)

はじめに

降海性のサクラマスは北海道ならびに本州北部の日本海側から三陸沿岸にかけて多く分布しています。現在、日本におけるサクラマスの沿岸漁獲量は年間 1,000 トン前後と、1980-90 年代に比べ約 1/2 近くに減少しており、この主な原因として産卵環境の悪化、特にダムなどの設置による産卵場への遡上阻害などが指摘されています (Takahashi 1989; 玉手・早尻 2008)。

一方、1980 年代に飛躍的に資源を回復させたサケ同様、人工再生産による幼稚魚の放流も盛んに行われてきていますが (石黒ら 2000)、十分な効果をあげるまでには至らず、現在北海道沿岸で漁獲されるサクラマスのうち多くが自然再生産由来と考えられています (宮腰 2008; 玉手・早尻 2008)。サクラマスの資源の再生、回復を目指す上で、サクラマスの自然再生産の実態を明らかにし、その生態的特徴に合わせた適切な再生産環境を復元することは大変重要と考えられています (鈴木 1999)。

本州では、山地渓流域でのヤマメの産卵生態についての知見が報告されていますが (丸山 1981; 中村 1999; 広瀬・丸谷 1993 など)、サクラマスの自然産卵の実態については、長内・大塚 (1967)、青山・畑山 (1994)、杉若ら (1999) が調査を行ったほか、ト部ら (2004) が後志利別川で産卵環境特性の評価を行っているものの、いずれも北海道南部日本海側の河川に偏っていて、北海道オホーツク海側でのサクラマスの産卵生態に関する報告はありません。サクラマスは河川毎の遺伝的独立性が高く (Okazaki 1986; 鈴木ら 2000; Kitanishi et al 2015)、また地域間での生態的・生物学的特徴にも異なる点が多い上 (Morita et al. 2009)、河川環境も川ごとに異なることを考えると、産卵生態も河川毎に異なることが十分予想されます。そのため、異なる河川環境下でのサクラマスの産卵生態を把握することは、今後のサクラマスの自然再生産並びに資源の保全の上で重要です。

そこで、本報告では斜里川で実施したサクラマスの産卵環境や産卵床の物理形状、産卵床密度等についての調査結果をお伝えしたいと思います。

調査を行った斜里川の概要

今回の調査は北海道東部、知床半島の基部をオホーツク海に流入する斜里川で行いました (図 1)。斜里川は北海道オホーツク海側で美幌川に次いで 2 番目に古くからさけますの人工ふ化に取り組んで来たところで (坂野 1986)、サケ以外にもカラフトマス、サクラマスが遡上し、サクラマスの人工ふ化も昭和 11 年頃から始まっています (北海道さけ・ますふ化放流事業百年史編さん委員会 1988)。また、斜里川は斜里岳をぐるりと囲むように流れ、数多くの支流でサクラマスが遡上し産卵していますが、一部の河川では最上流に近いところに砂防堰堤が設置され魚止めとなっているところも見られます。今回はこれらの支流のうちペーメン川とオニセップ川で 2005 年から 2015 年に行った調査の結果について述べます (表 1a)。

産卵床形成密度

産卵床調査はそれぞれの支流で一定の長さの観察区間を設けてサクラマスの産卵時期である 8 月下旬から 9 月中旬にかけて行い、下流から上流に向かって踏査して産卵床を計数しました。

ペーメン川には A-G の 7 つの区間、オニセップ川には A-D の 4 つの観察区間を設定しました (図 2, 表 1b)。2005 年から 2009 年まではペーメン川では中流の C および D、オニセップ川では A および C 区間でのみ調査しました。2010 年からは川全体の産卵実態をより正確に把握するため、

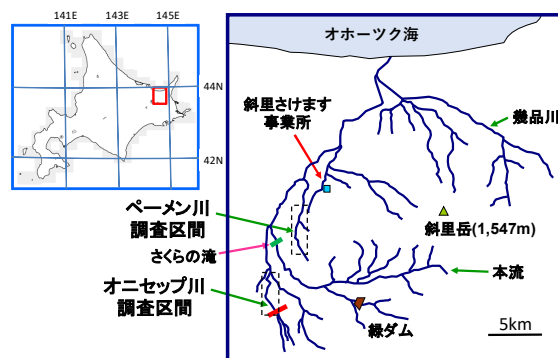


図 1. 調査を行った斜里川水系ペーメン川及びオニセップ川的位置図。点線枠内に調査区間を設定した (図 2 参照)。赤色バーは砂防堰堤 (2014 年夏に魚道が設置されるまでは遡上限界となっていた)。

表 1. 産卵床確認を行った各支流の概況 (a) と設定した調査区間毎の距離 (b). 距離はいずれも流路の長さ. ただし, ペーメン川の区間 C と D, およびオニセップ川の区間 A と C は 2005 年の調査開始時から変更なし.

a. 調査区間(全体)最上端と最下端の海拔高度および距離(流路)

	ペーメン川	オニセップ川
最上端高度 m	225	230
最下端高度 m	95	145
標高差 m	130	85
距離 m	5,390	6,330
平均勾配 (%)	2.41	1.34

b. 各調査区間の距離

ペーメン川			オニセップ川		
区間	距離 m		区間	距離 m	
	2010年	2011~		2010年	2011~
A	70	90	A	320	320
B	200	220	B	120	110
C	400	400	C	160	160
D	670	670	D	200	240
E	110	190			
F	170	220			
G	110	130			
合計	1,730	1,920	合計	800	830

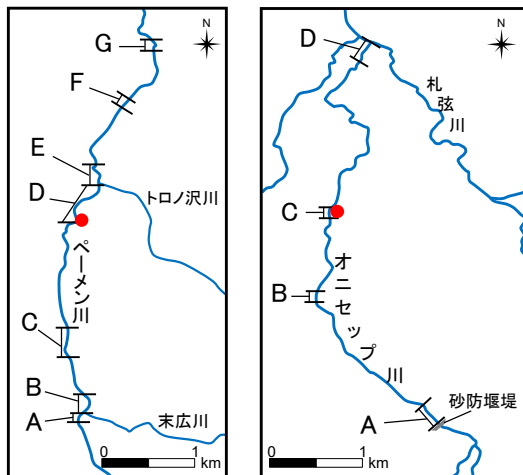


図 2. 調査区間の概要 (図 1 の点線枠内の拡大図. 左: ペーメン川, 右: オニセップ川, 赤点は水位 (ペーメン川) および水温 (ペーメン川, オニセップ川) の観測点).

これらの区間に加え, ペーメン川では 5 区間 (区間 A, B, E-G) 計約 800m, オニセップ川では 2 区間 (区間 B, D) 350m を加えて産卵床数を計数しました. いずれの場合も産卵床は基本的に下流側から上流に向かって歩いて確認しました. オニセップ川の A は遡上限界となっている砂防堰堤直下の区間でしたが, 2014 年夏にこの堰堤に魚道が設置されたため, その年の産卵群から堰堤の上流への遡上が可能となりました.

まず, はじめに調査区間を拡大した 2010 年以降の流路長 100m あたりの産卵床数 (産卵床形成密度) を図 3 に示しました. ペーメン川では調査区間の全域で産卵が確認されましたが, 場所によって産卵床の密度が異なり, 最上端の区間 A や F, G では産卵の行われない年も見られたのに対し, B-D の調査区間では毎年産卵が見られ, 産卵床密度も高く, これらの区間を中心に産卵が行われていることが伺われました. 最上流の区間 A は源流

部付近のため水量が少ないこと, 区間下端には林道を渡すためにコルゲート管が設置されていて管を越えての遡上が難しいことに加え, 河床には砂や泥などが多くなり産卵に適した砂利の場所が限られていたため, 産卵床が少なかったものと考えられます. また, 最下流の区間 G を含むその付近は流路が牧草地や畑地に沿って改修された形跡が見られ, 川幅が狭く直線的で流れの速い区間となっていたため, 産卵に不向きであったものと考えられます. 6 年間の平均はそれぞれ 4.1 床/100m (C および D), 3.3 床/100m (A-G) でした.

一方, オニセップ川では札弦川との合流点付近 (オニセップ D) から遡上境界の堰堤 (オニセップ A) まで比較的高い密度で産卵が行われていて, 6 年間の平均は 6.8 床/100m (A-D), 8.2 床/100m (A および C) と, ペーメン川と比較して 2 倍の密度で産卵が行われていることが明らかとなりました. 調査を行った 6 年間で最低はペーメン川, オニセップ川とも 2014 年で, それぞれ 1.2 床/100m (ペーメン A-G), 2.7 床/100m (オニセップ A-D) でした.

2005 年から継続して調査していたペーメン C, D とオニセップ A, C の産卵床形成密度を比較しました (図 4). ペーメン川では上流側の区間 C が区間 D に比べ観察を行った 11 年間で一貫して高く, ペーメン C で平均 5.5 床/100m, ペーメン D で平均 3.5 床/100m を示しました. オニセップ川では区間 A の上流端には魚止めとなる砂防堰堤が設置されているため直下での産卵床密度が高くなると考えられますが, 比較したところ区間 A の平均は 8.5 床/100m, 区間 C で 8.6 床/100m とほぼ

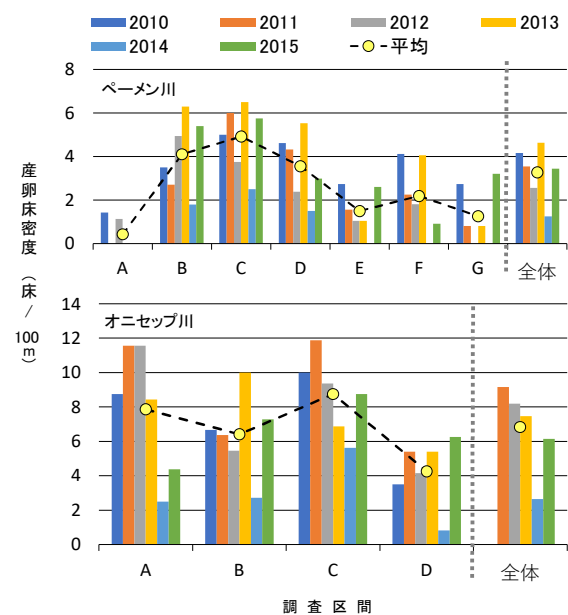


図 3. ペーメン川とオニセップ川での区間毎の産卵床形成密度 (流路 100m あたりの産卵床数) の経年変化 (2010-2015 年).

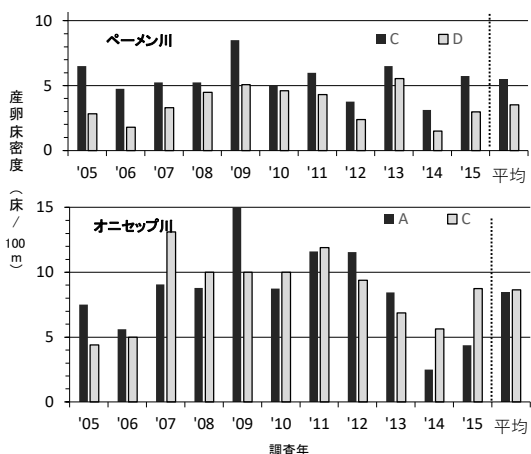


図4. ペーメン川(区間C, D)及びオニセップ川(区間A, C)での産卵床密度(流路100mあたりの産卵床数)の経年変化(2005-2015)。

同程度の産卵床が形成されていました。ただ、2014年に魚道が完成し、その年の産卵親魚から上流で産卵が観察されていましたので、区間Aでの産卵は魚道ができる前に比べて少なくなったものと思われる。また、魚道が完成すればすぐに親魚が遡上することが確かめられ、産卵場および稚魚の生息空間の拡大にすぐに効果が現れることがわかりました。また、①ペーメンのCとD、②オニセップのAとC、および③ペーメン(C+D)とオニセップ(A+C)の産卵床密度の経年変化について相関を調べたところ、いずれも正の相関を示したことから(① $r=0.684$, $p=0.020$, ② $r=0.5718$, $p=0.066$, ③ $r=0.6376$, $p=0.0348$, n はいずれも11)、これらの変化は河川(今回は斜里川)全体の産卵動向を大まかながら示しているものと考えられ、河川全体の資源変動の指標になり得ると考えます。オニセップ川でやや相関が低かったのは区間Aにある堰堤の影響も考えられます。

今回観察されたサクラマス産卵床密度は他の道内河川での調査結果と比較しても高い値でしたが(青山・畑山1994; 杉若ら1999)、産卵床は特定の場所、特定の区間に集中して形成される場合もありますので(杉若ら1999)、調査に際しては観察する区間をなるべく広くとることや事前に産卵の状況を把握することも必要になります。今回の観察でも産卵場所の変動が見られましたが、河川において再生産を行うサケ科魚類は産卵可能な場所、稚魚の餌や生息場所によって制限されるため、河川毎に最適な個体群サイズが規定され、このため遡上し産卵する親魚も河川ごとに一定のレベルに維持されるといわれています(Krueger and May 1991)。今のところこれらの値が最適レベルに近いのか、あるいは既に減少しつつあるサクラマス資源量に起因する低い値なのか不明ですが、この

ような産卵床の計数や浮上した稚魚の生息密度や生残率などのモニタリングはサクラマス個体群保全や資源回復に向けた取り組みのためにも重要であり、続けていく必要があります。

産卵床の物理的特徴

つづいて、産卵床の物理的な特徴について調べた結果を示します。2007年と2008年にペーメン川の区間C及びDで観察された産卵床について、川岸からの位置、ピット(堀)の水深、幅、長さ、マウンド(塚)の幅、長さおよび頂部の水深、流速を測定するとともに(図5)、隆起部を形成する礫について、最も大きな割合を占める礫径をInoue et al. (1997)に従って、目視で5段階に区分しました。

産卵床の大きさについては平均で、マウンドは幅54.5cm、長さ76.0cm、ピットは幅49.5cm、長さ64.3cm、水深は11.1cmでした(表2)。また、産卵床上の平均流速は約41.8cm/sで、大部分が20cm/sを超え、70cm/sまでの流速範囲に形成されていました。産卵床の砂利サイズについては、64-256mmのサイズで1床確認されたものの、80%以上が16-64mmの砂利区分を示し、残りは2-16mmでした(図6)。さらに、産卵床が川幅方向のどの位置にあるか調べたところ、岸寄りの1/2区間に70%以上の産卵床が形成されており、中央部より岸寄りを選んで産卵していました(図7)。産卵床の幅(Wm)を考慮すると、実際はほとんど川岸

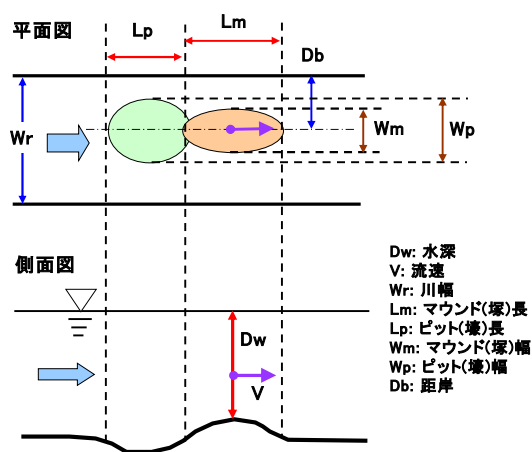


図5. 産卵床(模式図)の測定項目。

表2. 産卵床の物理的特徴(2007年ペーメン川, N=40)。

	ピット		マウンド			
	幅(Wp)	長さ(Lp)	幅(Wm)	長さ(Lm)	水深(Dw)	流速(V)
	cm	cm	cm	cm	cm	cm/s
平均	49.5	64.3	54.5	76.0	11.1	41.8
偏差	16.11	29.90	22.60	27.53	5.11	17.04
平均2*(FL)	1.17	1.53	1.29	1.80	0.26	0.99

*: 平均2: 親魚の平均尾叉長(FL)で除した値。ここでは2007年に斜里事業所に回帰した親魚の測定値42.1cmを用いた。

に接して形成されており、川幅 3-5m 程度の小支流においてもこのように岸際に多く産卵することが確かめられました。

産卵床の形状に関して、一般にさけます類では

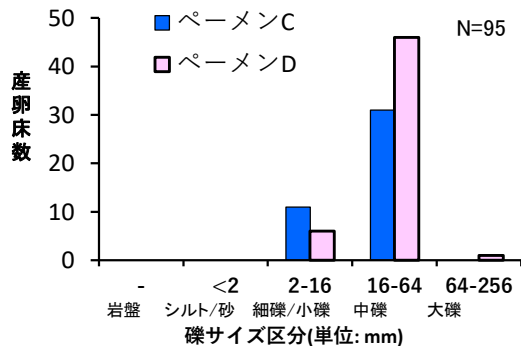


図 6. 産卵床の礫サイズ分布 (ペーメン川, 2007 および 2008 年).

親魚が流れを利用して尾で穴を掘り、被覆するため、流れの強弱が大きく影響し、場所によって産卵床の長さ、幅、高さには差異が生じるとされています (小林 1968). このことは、産卵床を掘るメス親魚の体サイズによっても産卵床の形状や産卵場所の礫径が異なってくる可能性を示しています. 今回観察された産卵床の形状はこれまでの報告 (長内・大塚 1967; 杉若ら 1995) よりやや小さい値でしたが、彼らが調査した日本海側の雌親魚の平均尾叉長が 50-60cm とやや大型であることを考慮すると (大熊 1988; 眞山 2005), 斜里川のサクラマスの産卵床が小型になることは十分予想されます. そこで、親魚体サイズが異なる地域の産卵床の形状を比較する上で基準となる指標も必要と考え、表 2 には斜里川で人工ふ化に供した親魚の平均尾叉長 (FL=42.1cm) で除した値も記載しました.

水位と水温環境

ペーメン川区間 D 上端付近での水位変化を図 8 に、水温変化を図 9 に示しました. 図 9 にはオニセツ川 (区間 C 下端付近) の水温も示しました. 基本的に斜里川の支流の多くは源流近くでの地下水の浸み出しを始まりとして流れ出し、豊かな溪畔林に囲まれて流下するため、水温変化はあまり大きくなく水位も安定しているように感じられました. また、流路内には溪畔林の倒木による段差や淵が多く形成されていますが、流路中の倒木の位置や苔の繁茂状況から、増水による倒木ではなく、風による倒木であることがうかがわれました. そこで実際に水位計でその変化を観察したところ、年により降雨に伴う一時的な水位の変動が見られるものの、その幅は 15cm 程度であまり大きくはなく、予想通り安定した水位となっていました (図 8). また、融雪増水は 4 月の半ばから始まり、それ以降は秋の産卵期まで水位を維持する傾向が見られ、融雪増水による水位の上昇は 10cm 程度にとどまっていた. このことは産卵床内の卵や仔魚、浮上後の幼稚魚の生残にとつ

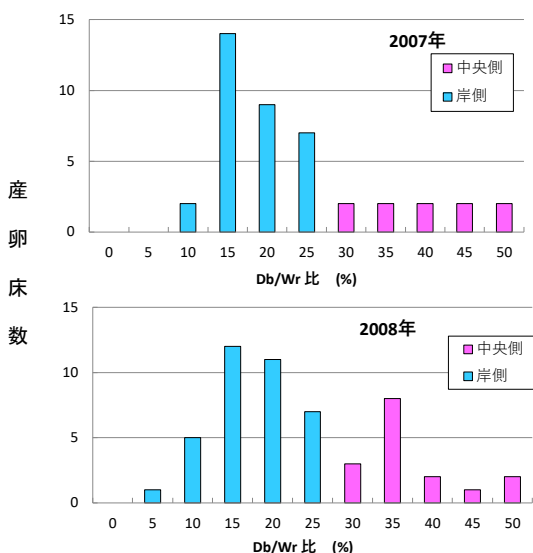


図 7. 産卵床の川幅方向の形成位置 (ペーメン川). 0%は岸, 50%は流路中央を示す. Db: マウンド頂部から近いほうの岸までの距離, Wr: 川幅 (図 5 参照). 便宜上 0-25%を岸側, 25-50%を中央側とした.

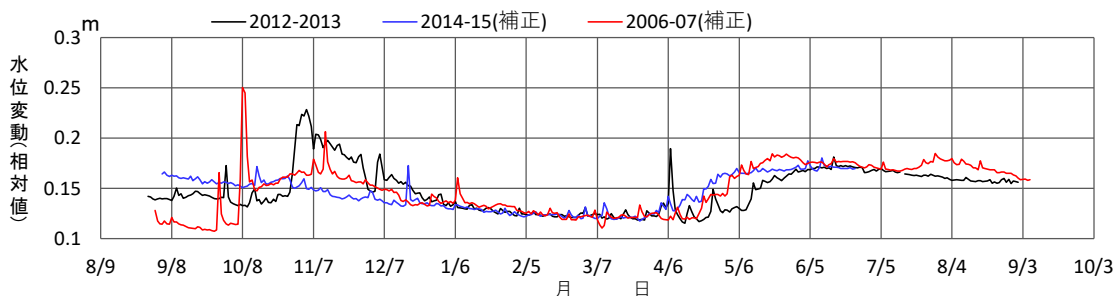


図 8. ペーメン川の水位変動. 2014-15 年および 2006-07 年のデータは 2012-13 年の 2-3 月の平均値 (最低水位) を用いて補正.

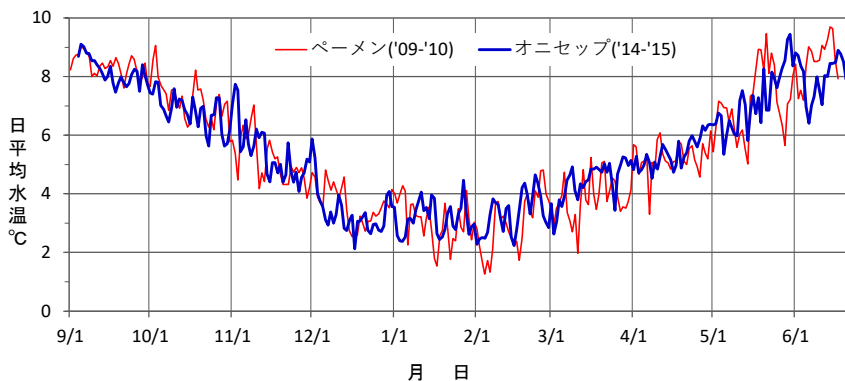


図9. ペーメン川(2009-2010年)とオニセップ川(2014-2015年)の日平均水温の変化。ペーメン川は産卵床脇の砂利中で、オニセップ川は河床上で水温を計測。

て好条件と考えられました(青山・畑山 1994)。

水温についてもやはり湧水を主な起源として溪畔林の中を流下するため、変動は少なく日平均水温は真冬でも2°C前後、夏でも10°C程度でした。そのため、冬場の環境は比較的好条件と考えられましたが、逆に夏場は水温が低いため、あまり成長が望めないような環境でした。

さてこのような環境で産み付けられた卵がどのようにふ化し、稚魚となっていくのか、図9に示したペーメン川での日平均水温を用い、その積算水温から推定してみました(図10)。ここでは8月末から9月末までと想定される産卵期間内のふ化(440°C・日)および浮上(880°C・日)までに要する日数の変化を産卵日別に示しました。これをみるとペーメン川では9月1日に産みつけられた卵は2月21日頃に、9月30日に産みつけられた卵は4月21日頃にそれぞれ浮上することが予想されました。すなわち、産卵日が1ヶ月弱変わるだけで冬場の水温低下により浮上が約2ヶ月も

変わることを示しています。今回観察したペーメン川での産卵は8月下旬に始まり9月半ばにはほとんど終わっていますので、浮上時は融雪増水が始まる前と考えられますが、このように産卵時期の違いにより浮上時期が大きく異なってくるのが予想され、稚魚の生き残りや成長にも影響を与えることも考えられます(青山・畑山 1994)。しかし、逆にこのように産卵時期が分散することで環境変化に対するリスクの緩和に役立っているのかも知れません。これらについてもサクラマス資源の保全と回復のためさらに研究を進めていく必要があるでしょう。

おわりに

斜里川は道東オホーツク海側のサクラマス資源を支える河川の一つで、現在でも北水研がサクラマスの人工ふ化放流事業を実施している重要な河川ですが、将来に渡って斜里川のサクラマスを維

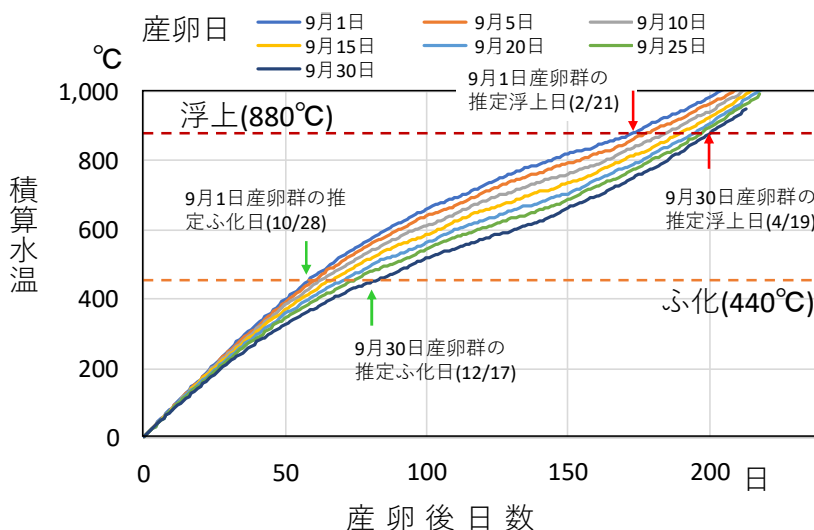


図10. 図9の水温変化に基づいて産卵日別に推定した産卵からふ化(440°C)および浮上(880°C)までに要する日数の変化(ペーメン川2009-2010年)。

持し利用していく上で、自然再生産に由来する野生資源の保全と培養は避けて通れないと考えます。今回は紙面の都合で産卵実態についてのみ述べましたが、産卵後の生存率や野生魚の比率などについても別の機会にお伝えしたいと思っています。

本研究を進めるにあたり、旧さけますセンターを含む北海道区水産研究所の職員、並びに北見管内さけます増殖事業協会の方々から格段のご配慮を頂きました。記してお礼申し上げます。

引用文献

- 青山智哉・畑山 誠. 1994. 見市川におけるサクラマス天然産卵床について. 魚と水, 31:71-82.
- 広瀬健一郎・丸谷知己. 1993. 山地河川における階段状河床地形とヤマメ (*Oncorhynchus masou masou*) 産卵床の形成位置に関する研究. 九大演報, 68:73-84.
- 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統計編, 北海道農文協, 札幌. 432pp.
- Inoue, M., S. Nakano, and F. Nakamura. 1997. Juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) abundance and stream habitat relationships in northern Japan. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54:1331-1341.
- 石黒武彦・小野郁夫・吉光昇二. 2000. サクラマス増殖技術の開発について - 新資源造成事業 (1984-96) の経過と結果 -. さけ・ます資源管理センター技術情報, 167: 21-36.
- Kitanishi, S., K. Edo, T. Yamamoto, N. Azuma, O. Hasegawa, and S. Higashi. 2007. Genetic structure of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) populations in Hokkaido, northernmost Japan, inferred from mitochondrial DNA variation. Journal of Fish Biology, 71(sc): 437-452.
- 小林哲夫. 1968. サケとカラフトマスの産卵環境. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 22:7-13.
- Krueger, C.C. and B. May. 1991. Ecological and genetic effects of salmonid introductions in North America. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48(Suppl. 1): 66-77.
- 丸山 隆. 1981. ヤマメ *Salmo (Oncorhynchus) masou masou* (BREVOORT) とイワナ *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS) の比較生態学的研究. I. 由良川上谷における産卵床の形状と立地条件. 日本生態学会誌, 31: 269-284.
- 眞山 紘. 2005. サクラマス生態ノート パート 2. さけ・ます資源管理センター技術情報, 171: 1-13.
- 宮腰靖之. 2008. 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. pp.48-65.
- Morita, K., T. Tamate, Y. Sugimoto, Y. Tago, T. Watanabe, H. Konaka, M. Sato, Y. Miyauchi, K. Ohkuma, and T. Nagasawa. 2009. Latitudinal variation in egg size and number in anadromous masu salmon *Oncorhynchus masou*. Journal of Fish Biology, 74: 699-705
- 中村智幸. 1999. 鬼怒川上流におけるイワナ, ヤマメの産卵床の立地条件の比較. 日水誌, 65(3): 427-433.
- 大熊一正. 1988. 尻別川のサクラマスの性比, 年齢及び体長. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 42:37-47.
- Okazaki, T. 1986. Genetic variation and population structure in masu salmon *Oncorhynchus masou* of Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52(8): 1365-1376.
- 長内 稔・大塚三津男. 1967. サクラマスの生態に関する研究. 1. 溯河サクラマスの形態と産卵生態について. 北海道立水産孵化場研究報告, 22: 17-32.
- 坂野栄市. 1986. 北見地方の鮭鱒ふ化事業史. 北海道さけ・ますふ化放流事業百年史編さん委員会. 136pp.
- 杉若圭一・竹内勝巳・鈴木研一・永田光博・宮本真人・川村洋司. 1999. 厚田川におけるサクラマス産卵床の分布と構造. 北海道立水産孵化場研究報告, 53:11-28.
- 鈴木研一・小林敬典・松石 隆・沼知健一. 2000. ミトコンドリア DNA の制限酵素切断型多型解析から見た北海道内におけるサクラマスの遺伝的変異性. 日水誌, 66(4): 639-646.
- 鈴木俊哉. 1999. 遊楽部川におけるサケの自然産卵環境調査. さけます資源管理センターニュース, 4:1-4.
- Takahashi, G. 1989. Status of charr and masu salmon management in Japan; A call for conservation guidelines. Physiol. Ecol. Japan, Spec., Vol.1: 683-690.
- 玉手 剛・早尻正宏. 2008. 北海道における河川横断工作物基数とサクラマス沿岸漁獲量の関係 - 河川横断工作物とサクラマスの関係から河川生態系保全を考える. 水利科学, 52(2): 72-84.
- 卜部浩一・村上泰啓・中津川 誠. 2004. サクラマスの産卵環境特性の評価. 北海道開発土木研究所月報, 613:32-44.