

北上川水系中津川における サケ (*Oncorhynchus keta*) の遡上と産卵環境の評価

渡辺 徹嗣*・辻 盛生**・鈴木 正貴**・樋川 満***

要 旨 中津川のサケは、北上川を遡上し、盛岡市内に9月下旬から姿を見せ始め産卵行動を行う。一般にサケは湧水が見られる河川で産卵を行うことが知られている。本研究では、北上川水系中津川におけるサケ野生魚の産卵環境の評価を実施するために、河川・河床水温、産卵状況、発眼卵および稚魚、サケ斃死個体数について調査した。調査の結果、河床水温は河川水温に対して夏期において低くなる傾向が、また、冬期において実施した地点においては河川水温に対して高くなる傾向が見られ、河床から湧水の存在が示唆された。湧水が示唆された場所において産卵行動が多く見られ、その内の一つにおいてサケの発眼卵、仔魚の浮上が確認された。冬期間に孵化する性質を持つサケの胚の発生に必要な積算温度は河川水のみでは十分に確保できず、温度が高い湧水の存在によって担保されることが明らかになった。サケの放流が行われているものの、遡上後の斃死個体の数から推定される遡上個体数は、河川への回帰率から計算される遡上数に比べると多かった。以上のことから、中津川に遡上するサケの一部は野生魚であることが示唆されたが、その割合などについては今後さらなる調査が必要である。

キーワード 中津川、サケ、河床湧水、自然産卵、野生個体群

1. はじめに

国内にサケ (*Oncorhynchus keta*) が遡上する河川は数多く存在する。その中で岩手県盛岡市を流れる中津川は、北上川 (図1) を約200kmにおよび遡り、県庁所在地の市街地でサケの産卵行動が見られる希な例といえる。なお、ここでのサケは、いわゆる「シロザケ」であり、中坊 (2013) に基づき「サケ」とする。

北上川は国内4番目の延長、流域面積を持つ大河川であるが、過去においてはサケの遡上にはいくつかの阻害要因が存在した (表1)。1932年に新北上川の河口堰である飯野川可動堰が竣工し、同年に旧河道との分水部には鵜波洗堰が竣工した。鵜波洗堰には魚道が備えられたことから、旧河道経由のサケの遡上は継続した。北上川には、1945年頃まで2000~3000尾のサケが遡上し、その内約200尾が中津川に入ったとされる (建設

省1976)。しかしながら、二次支流赤川の源流域に存在する松尾鉦山の酸性廃水により、盛岡付近の北上川は黄褐色を呈し、1955年のpHは平均5.5、低いときは4を下回った (後藤1957)。主に岩手県においてサケの大量斃死が相次ぎ (国土交通省2006)、中津川へのサケの遡上も1970年頃には数尾に留まった (建設省1976)。1972年に松尾鉦山跡地の中和処理施設が竣工することによって北上川の水質は改善し、さらに、河口部において、1974年に北上大堰が竣工、その後飯野川可動堰の撤去などを実施して1979年に事業が完了した。北上大堰には魚道が備えられ、魚類の遡上が確認された (佐藤ら1992)。

地元紙の岩手日報 (1974) によると、中津川においては、1972年頃からサケの遡上が確認されており、1974年には多くの市民が産卵を確認するに至ったとされる。このことは、松尾鉦山の中

* (元) 岩手県内水面水産指導所 〒028-7302 岩手県八幡平市松尾寄木1-474

** 岩手県立大学総合政策学部 〒020-0693 岩手県滝沢市菓子152-52

*** 国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所 〒020-0066 岩手県盛岡市上田4-2-22

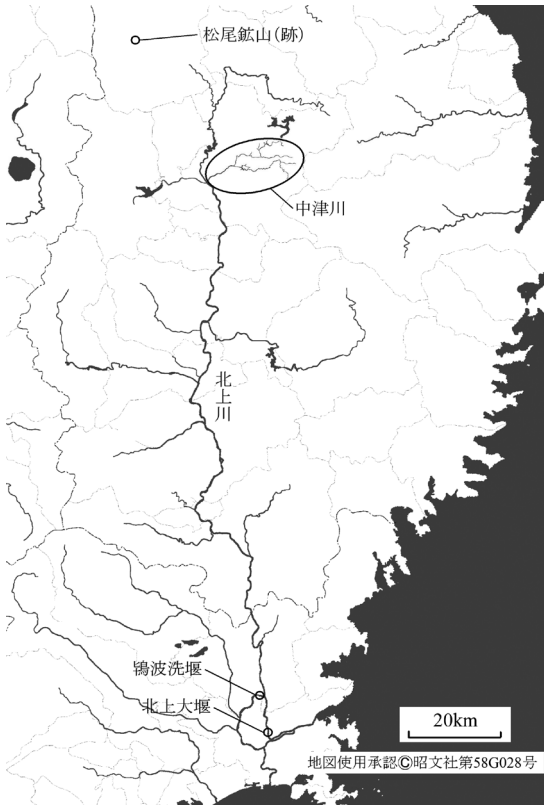


図1 北上川流域と中津川の位置

和処理施設の竣工、魚道を備えた北上大堰の竣工と時を同じくして中津川にサケの遡上が再開されたことを示す。

一方、国内には信濃川や利根川、石狩川の大河が存在する。信濃川は、河口から135kmに位置する発電用の宮中ダムが1939年に竣工したことで、河川維持水量が減少したことで下流側の魚類の生息環境が損なわれ(田淵 2008)、サケの遡上も見られなくなった。2010年になると、河川維持流量を少なくとも40m³/s確保することでサケの遡上が確認されるようになった(三井物産環境基金 2014)。利根川においては1995年から行われた利根大堰の魚道の改善(農村工学研究所 2012)によってサケの遡上が可能になり、河口から約180kmの中流域まで遡上が確認されるようになった(環境省 2007)。石狩川でも、中流に位置する旧花園頭首工に2000年、2011年に魚道が整備され、旭川まで遡上が確認されるようになった。このように、国内の大河川の多くが河川横断構造物等によってサケの上流側への遡上を困難にしてきたが、2000年以降、魚道の整備等の対策によってサケの遡上が確認され始めた状況といえ

表1 北上川・中津川のサケ遡上に関するイベントおよび本調査の時系列一覧

	北上川	中津川	本報告の調査
1932年	飯野川可動堰竣工 碓波洗堰(魚道付)竣工		
1945年頃	2~3千尾のサケ遡上	約200尾のサケ遡上	
1955年	松尾鉾山の影響 北上川 (盛岡)のpH4以下を記録		
1970年頃	松尾鉾山の影響大	早期群サケ遡上数尾	
1972年	松尾中和処理施設竣工	早期群サケの遡上	
1974年	北上大堰(魚道付)竣工	早期群サケ遡上多数	
1975年		後期群サケ放流開始	
1979年	飯野川可動堰撤去完了		
1984年		早期群サケ遡上	
1999年			河川・河床水温調査 産卵状況調査
2000年		早期群サケ遡上多数 後期群サケ遡上数尾 早期群サケ放流開始	(湧水比較)
2001年			サケ斃死個体数調査
2005年			
2006年			
2007年			
2008年			
2009年			河川・河床水温調査 発眼卵調査
2010年			稚魚採捕調査

る。そのような中、北上川は比較的早い段階である 1970 年代にはサケの遡上が可能になった。

中津川のサケ種苗の放流は、観光を目的として 1975 年から岩手県さけます増殖協会によって開始され、1981 年まで続けられた。1983 年からは盛岡市によってサケの中津川への放流活動が再開された。この頃放流されていた個体は津軽石川の種苗であり、11 月以降を中心に遡上する個体（後期群）であった。1984 年には 10 月にサケの遡上（早期群）が確認されたが、早期に遡上した津軽石川産の個体か、野生魚、あるいは他の河川から迷入個体と推定された（岩手日報 1984）。なお、ここでの「野生魚」は、自然産卵で生まれた個体、一世代以上にわたり自然再生している個体で、その両親は野生魚か放流魚かは問わない（森田 2015）。一方、2000 年の 1 月中旬頃に中津川においてサケ数尾が確認されており、放流されていた津軽石川産の後期群の個体が確認されたものと考えられる（岩手日報 2000）。

母川回帰時期は、遺伝的にその個体が持つ特性として備わっており、北上川の系統は後期群である三陸の系統よりも早期群である福島系統に近いとされる（Okazaki 1982）。本来の系統である早期群を放流するために、2001 年からは盛岡河川漁業協同組合により、北上川で採捕した成魚から採卵、孵化させた種苗の放流を開始し、現在に至る。現在の中津川におけるサケ稚魚の放流尾数は約 50,000 尾程度（盛岡河川漁業協同組合 私信）である。岩手県沿岸のサケ回帰率は約 2～3%（小川・清水 2012）、河川に遡上する回帰率は多くて 0.5%、少ない場合は 0.1% 未満（網田ら 1979, 隼野ら 1997, 實吉ら 2013）である。中津川にこの回帰率を当てはめて試算すると、多くて 250 尾、少なく見積もれば 50 尾未満である。実際の回帰個体数の計数は行われていないものの、これ以上の遡上が見られると考えられる。すなわち、中津川においては、現在においても放流個体だけではなく自然に孵化した中津川の野生魚が戻ってきている可能性がある。中津川におけるサケの息息や再生産については、建設省（1976）に断片的な

情報が見られるのみであり、まとまった調査報告は見られない。ここでは、産卵環境、稚魚の成育場としての中津川の環境条件を明らかにすると共に、産卵状況、発眼卵および稚魚の確認、遡上個体数を推定するための斃死個体数調査を行い、中津川のサケが野生魚である可能性の検証を試みた。

2. 材料および方法

2.1. 河川・河床水温調査

一般的に湧水の水温は年変動が少ないことから、河川水温と比べて夏は低く、冬は高い。ここでは、河床から湧水の影響を受けていると考えられる場所を「湧水河床」とし、河川・河床水温の差により、サケの産卵、孵化に必要なとされる湧水河床の存在を調査した（小林 1968, 高橋ら 2009）。水温の測定は、防水型温度計（佐藤計量器製作所製 SK-250 WP）を用い、河川水温と河床水温を測定できる装置を自作した。温度計は、河床材料との接触によるセンサーの破損を防ぐため塩ビ管で保護した。河床水温測定時には 50mm 程度河床材料を突き刺した部分の温度を測定した。河川水温は、河床水温測定箇所の表層水温を測定した。

河川・河床水温の網羅的な調査は 1999 年の 5 月 24 日から 9 月 13 日の間に実施した。調査範囲は、中津川、北上川の合流部から米内川合流部下流の堰堤までの区間とした。調査は、川岸部から 0.5m 程度の場所において、概ね 10m 毎に全区間を両岸測定した。したがって、両岸測定ではあるが、河川中央部の測定は行っていない。なお、胴長靴で測定不能な水深、流速の場所、巨石が分布する箇所、コンクリートブロック等による根固め地帯は除外した。気温が上昇し、湧水の水温より河川水温が高くなる時期を対象に温度測定を行ったが、河床水温と河川水温との差が 1℃ 未満の場合は判断が困難と考え、その差が 1℃ 以上であった地点（以下、「Pt.」とする）の水温を記録した。水温差が見られた Pt. においては、確認のため複数日にわたり測定を行ったが、比較的溫度差が小

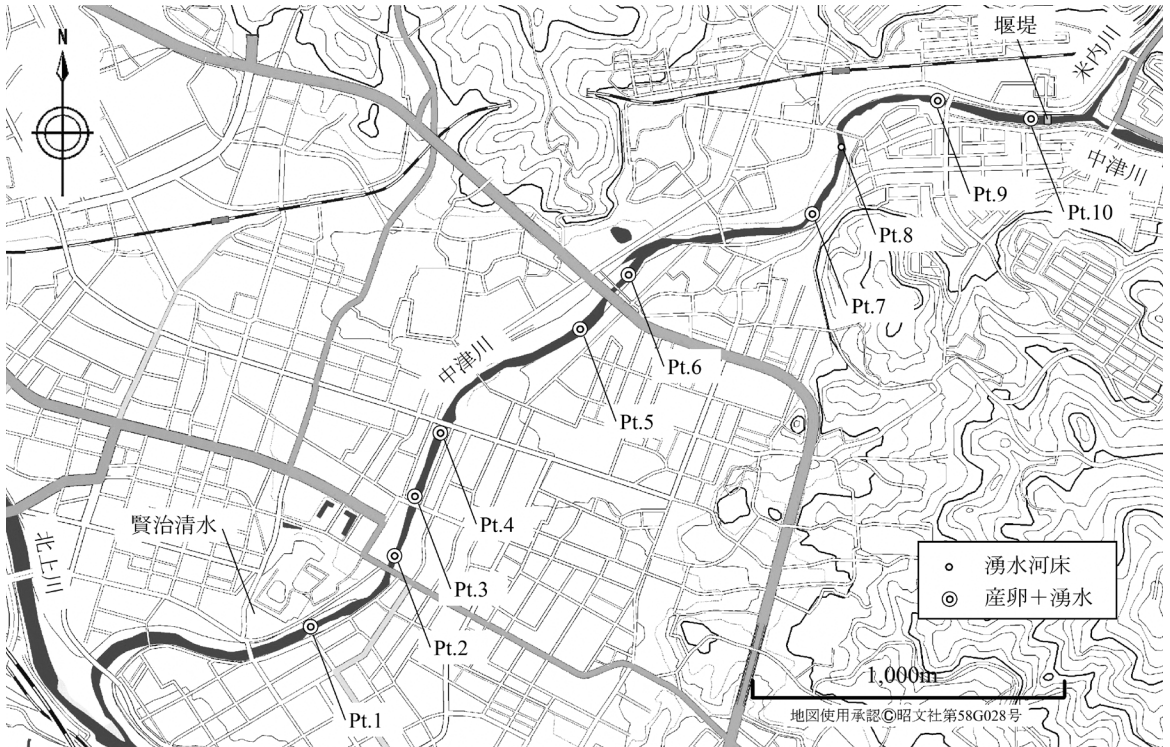


図2 河床からの湧水が示唆された調査地点 (Pt.) 位置図

さかった場所の測定を優先したため、測定回数は1～6回と開きが生じた。

1999年の河川・河床水温調査の結果から、水温差が大きかったPt.1において、2000年9月から2001年3月までの間に15回にわたり河川水温、河床水温の調査を行った。併せて、Pt.1付近の中津川右岸に比較的近い位置に湧出する「賢治清水」を対象に、湧水の水溫調査を実施した。河川水温、湧水河床水温、湧水水温において有意水準5%で一元配置分散分析を行い、Bonferroniの多重比較検定を行った。さらに、Pt.1における産卵後の発生に要する積算温度を算出するために、産卵のピークを過ぎた2009年10月27日から2010年1月までの期間に、ほぼ週に1回の頻度で河岸付近の湧水河床水温、産卵床（ここでは産卵行動が盛んに見られた箇所を指す）の河床水温、河川水温を測定し、積算温度を算出した。湧水河床水温、産卵床の河床水温、河川水温において有意水準5%で一元配置分散分析を行い、

Bonferroniの多重比較検定を行った。

2.2. 産卵状況調査

北上川合流部から米内川合流部付近の堰堤までの兩岸を巡回し、目視によって産卵状況の調査を行った。なお、サケの遡上はこの堰堤（図2）で止められており、それより上流に至ることはない。サケの産卵状況を確認すると共に、産卵床と見られるサケによる河床の掘り跡の確認も行った。多数のサケを確認した箇所において、尾数の計数が困難であったこと、さらに掘り跡についても評価に含めることから、産卵行動5尾以上を3ポイント、5尾未満を1ポイント、掘り跡を1ポイントに換算して集計した。

1999年は9月29日、10月4日、6日、9日、14日、21日、29日、11月9日に、2000年は9月29日、10月4日、7日、8日、10月26日、11月4日、7日、9日、2001年は9月24日、28日、30日、10月6日、12日、16日、19日、30日、11月2日、7日、

表 2 河川水温および湧水河床水温とその差異

(単位: °C)

日	気温	河川水温	湧水河床水温 (河川水温との差)									
			Pt.1	Pt.2	Pt.3	Pt.4	Pt.5	Pt.6	Pt.7	Pt.8	Pt.9	Pt.10
5/24	23.3	15.1	11.5(3.6)	14.3(0.8)	11.2(3.9)							
6/1	21.3	14.4	11.7(2.7)	13.9(0.5)								
6/9	17.6	16.5				10.6(5.9)						
6/11	23.4	17.6	11.9(5.7)									
6/14	28.7	20.1		16.8(3.3)								
6/18	21.3	16.6										11.8(4.8)
6/18	21.3	16.6										12.0(4.6)
6/21	26.3	18.9								13.8(5.1)		
6/28	26.9	19.5				10.4(9.1)						
6/29	24.1	19.8	12.6(7.2)									
7/8	25.5	18.7	13.1(5.6)									
7/9	24.5	19.4				11.5(7.9)	12.9(6.5)					
7/21	29.1	18.3						14.4(3.9)				
8/3	29.3	21.4								13.6(7.8)		
8/7	30.1	22.8							15.8(7.0)			
8/19	30.4	23.6									16.4(7.2)	
9/3	24.9	19.6	16(3.6)	18.6(1.0)	15.4(4.2)							
9/6	22.5	19.3			15.8(3.5)		14.2(5.1)					
9/9	26.9	20.8					17(3.8)					
9/11	25.3	20.6							15.7(4.9)	15.3(5.3)	15.2(5.4)	
9/13	24.6	19.9				15.2(4.7)	14.7(5.2)					18.5(1.4)
9/13	24.6	19.9										18.4(1.5)
		平均	12.8(4.7)	15.9(1.4)	14.1(3.9)	11.9(6.9)	14.7(5.2)	14.4(3.9)	15.8(6.0)	14.5(6.6)	15.1(5.9)	15.2(3.1)

16日にそれぞれ産卵状況の調査を実施した。

10月23日である。

2.3. 発眼卵および稚魚確認調査

Pt.1において、サケの産卵床を調査し、卵および稚魚の状況を確認した。2009年11月20日に、箱めがねで河床を覗きながら産卵床の河床材料の一部を10~20cmほどの深さまで金属製の熊手で動かし、手網によって卵を採集した。さらに、2010年1月20日と29日に、Pt.1の川岸を対象として、調査員3人でタモ網とサデ網を用いてサケの稚魚の採捕を実施した。

2.4. サケ斃死個体数調査

遡上し、産卵を終えた後にサケは一生を終える。ここでは、産卵後に河川内で斃死したサケの個体を計数した。調査範囲は、下流の北上川合流部から上流の米内川合流部付近の堰堤までの区間であり、調査日1日において川岸から確認できた斃死個体数の総計を記録した。実施日は、2005年10月5日、2006年11月2日、2007年10月31日、2008年10月28日、2009年10月22日、2010年

3. 結果

3.1. 河川・河床水温調査

1999年5月24日から9月13日の調査において、河川水温と河床水温に1°C以上の差が見られたPt.を「湧水河床」として図2に、気温および河川水温および湧水河床水温とその差を表2に示した。気温が高い時期においては河川水温も相対的に高くなることから、温度差の多寡によって河床からの湧水の影響の強さを直接比較することはできないが、温度差の平均値は概ね3°C以上であり、5°Cを越えるPt.も多く見られた。

2000年の調査(Pt.1)における河川水温、湧水河床水温、湧水水温の推移を図3に示した。秋から冬にかけての調査であることから、河川水温は気温の低下と共に下がる傾向が見られた。一方、湧水河床水温はその傾向が小さく、湧水水温に近い傾向を示した。湧水河床水温と湧水水温の間には有意差は見られず ($p=1.0$)、河川水温と湧水河床水温 ($p<0.05$)、河川水温と湧水水温 ($p<0.05$)

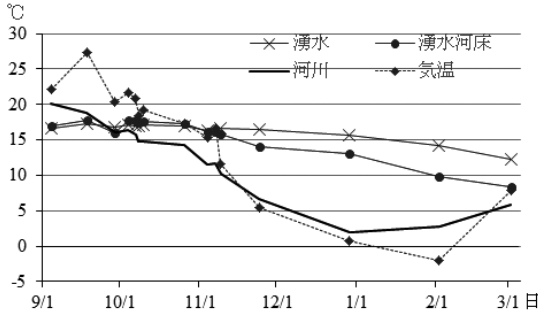


図3 2000年の湧水・湧水河床・河川各水温および気温の推移 (Pt.1)

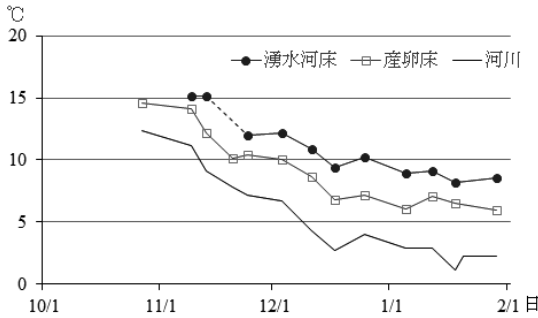
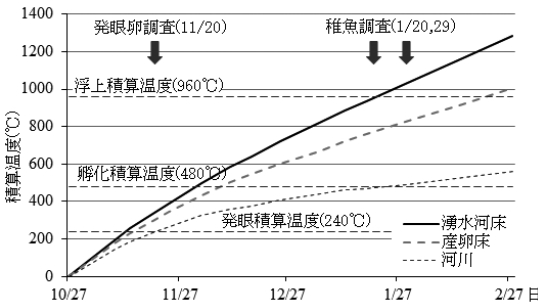


図4 2009年の湧水河床・産卵床・河床各水温の推移 (Pt.1)



$y = 0.0003x^3 - 0.081x^2 + 16.0x + 1.55$ ($r = 1$, 湧水河床)
 $y = 0.0004x^3 - 0.097x^2 + 14.7x + 4.11$ ($r = 0.99$, 産卵床)
 $y = 0.0004x^3 - 0.116x^2 + 12.3x + 3.04$ ($r = 0.99$, 河川)

図5 積算温度と稚魚の発生状況

の間に有意差が見られた。

2009年の調査から、Pt.1における湧水河床水温、産卵床の水温、河川水温の結果を図4に示した。河川水温は、2000年とほぼ同様の傾向で推移した。湧水河床水温は、2000年に比べると低めではあったものの、河川水温に比べ高い傾向を維持した ($p < 0.05$)。産卵床水温は、湧水河床水

表3 発生イベント積算温度に達した日および調査日の積算温度

	積算温度に達した日			調査時積算温度(°C)		
	発眼 240°C	孵化 480°C	浮上 960°C	発眼 11/20	稚魚 1/20	稚魚 1/29
河川水	11/22	2/3	-	236	453	463
産卵床	11/13	12/9	2/18	306	794	856
湧水河床	11/12	12/2	1/23	343	959	1037

注) 河川水の積算温度960°C所要日数は、調査期間を大きく上回ることから除外した。

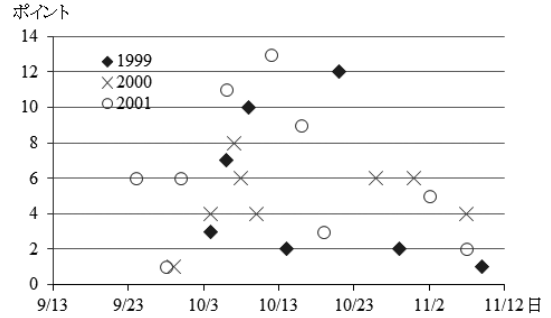


図6 調査日毎の総産卵行動確認尾数

表4 各湧水確認Pt.の産卵行動

	1999	2000	2001	平均
Pt.1	1	4	6	3.7
Pt.2	0	2	0	0.7
Pt.3	6	13	9	9.3
Pt.4	0	3	2	0.7
Pt.5	0	1	2	1.0
Pt.6	2	3	11	5.3
Pt.7	1	0	0	0.3
Pt.8	0	0	0	0
Pt.9	4	0	7	3.7
Pt.10	9	2	6	5.7

掘り行動5尾以上:3 5尾未満:1 掘り跡:1

温よりも2~3°C低い傾向が見られた ($p < 0.05$) もの、河川水温より高かった ($p < 0.05$)。

さらに、湧水河床水温、産卵床水温、河川水温の積算温度と経過日数との関係を図5に示した。3次の近似曲線の相関係数がほぼ1となったことから、この近似式を用いて発眼、孵化、浮上の各発生イベント積算温度(それぞれ240°C、480°C、960°C(野川 2010))に至る所要日数、および調査時の積算温度を算出した(表3)。その結果、産卵のピークが過ぎた時期である10月27日を0日とした場合の積算温度が、サケ稚魚浮上

積算温度である 960℃に達する日は、湧水河床が 1月23日、産卵床が2月18日であった。一方、河川水では、サケ稚魚浮上積算温度は調査期間を大きく上回り、孵化の積算温度である 480℃に達した日が2月3日であった。1月20日、29日の稚魚確認調査時の積算温度は、湧水河床において浮上積算温度である 960℃を上回ったが、産卵床、河川水においては、960℃に達しなかった。

3.2. 産卵状況調査

産卵状況の調査は、年ごとの測定日に時期的なばらつきがあることから定量的な比較を行うことは難しいものの、サケの遡上・産卵は、9月の下旬から始まり、10月にピークを迎え11月上旬まで続いた(図6)。

湧水河床の Pt. において、産卵行動や掘り跡が見られた箇所を、「◎」として図2に示した。各 Pt. における産卵状況の観察の結果を表4に示した。産卵行動は、Pt.3、Pt.6、Pt.10で多い傾向が見られた。Pt.8における河川水温と河床水温の差は 6.6℃と比較的大きかったものの、産卵行動は見られなかった。

3.3. 発眼卵および稚魚確認調査

2009年11月20日に、河川水温と河床水温に差が見られた Pt.1 において発眼卵および稚魚確認の調査を実施した。2009年11月20日の発眼卵調査においては、4個の卵を回収し、全ての卵に発眼を確認した。1月20日の稚魚採捕調査においては、サケの稚魚5個体を採捕した。標準体長は、48mm、42mm、46mm、38mm、34mmであり、平均 41.6mm、尾又長は平均 46.8mmであった。1月29日においては、サケの稚魚3個体を採捕した。標準体長は、43mm、44mm、44mm、平均 43.7mm、尾又長は平均で 49.3mmであった。いずれも産卵床に近い水際のツルヨシ群落内の流速が小さい水域から採捕された。

3.4. サケ斃死個体数調査

各調査日におけるサケの斃死個体数は以下の通

りである。2005年10月5日175尾、2006年11月2日311尾、2007年10月31日239尾、2008年10月28日403尾、2009年10月22日269尾、2010年10月23日455尾であった。

4. 考察

4.1. サケの再生産場としての河川環境の評価

1999年に実施した河川・河床水温調査の結果から、複数箇所において1℃以上の河川水温と河床水温の差が確認された(表2)。さらに、Pt.1における湧水河床と河川水との水温の間に有意差が見られ、湧水河床と近隣に湧く湧水の水温との有意差は見られなかった。このことから、湧水河床の水温は、湧水の影響を受けていたことが強く示唆された(図3)。Pt.8を除く Pt. においては産卵行動が見られたことから、これらの Pt. については、サケの産卵を促す河床からの湧水(小林1968)の存在が示唆された。また、測定期間内の湧水河床最低水温は、2000年が 8.2℃、2009年が 8.4℃、2009年の産卵床最低水温は 6.0℃であり、小林(1968)による冬期の産卵床内水温の 6.7～11.1℃、Bell(1991)の 7.2～12.8℃に近い。したがって、湧水の存在する中津川河床の環境は、水温の面から見てサケの発生に適していると考えられる。なお、産卵床において水温が湧水河床より低く推移した(図4)が、河床材料が攪乱されており、河床材料に5cm程度温度計を差し込んで測定した際に、温度センサーの部分に低温の河川水の流入が見られたことによると考えられる。サケの産室の砂礫の深さは15～30cm程度(有賀・斉藤2009)とされることから、実際に卵が存在する深さの温度は湧水河床水温に近くなることが予想される。一方、河川水温と河床水温の差が大きかった Pt.4、Pt.5 において産卵行動は少なく、Pt.8 においては産卵行動が見られなかった。これは、河川・河床水温調査の測定点を川岸部から約 0.5m、測定間隔を約 10m としていたため、産卵床となる河川中心部付近との位置が異なることによると考えられる。

サケの発生は積算温度が関与し、水温が高け

れば発生は早くなり、低いと遅くなる。中津川の場合、遡上・産卵は9月下旬から始まり10月中旬にピークを迎える早期群が中心である(図6)。産卵行動が概ね一段落した10月27日を0としたPt.1における積算温度を見ると、河川水温のみでは11月22日に発眼の積算温度240℃に達し、2月3日に孵化の積算温度480℃に達することになり(表3)、所定の積算温度に達するための時間がかかりすぎる。11月20日の発眼卵調査で、発眼した卵を確認していること、1月20日、29日の稚魚確認調査でそれぞれの平均尾又長が46.8mm、49.3mmであり、孵化後60日程度経過(Kaeriyama 1989)したとみられる稚魚を確認していることから、11月下旬に孵化した稚魚と考えられる。なお、9月下旬に遡上し、産卵を行った場合、河川水温が高いことから湧水が存在しない河床においても11月の孵化が可能になることが考えられるが、産卵のピークを迎える10月以降の産卵では湧水の水温が不可欠となる。したがって、本調査によって採捕された個体は、9月下旬に産卵された卵か、あるいは10月中～下旬に産卵された卵において比較的水温の高い湧水の影響を受けて発生過程を進んだ個体と考えられる。

4.2. 野生魚の遡上および再生産の可能性

サケ斃死個体調査を実施した2005年以降は、北上川産の早期群の種苗が放流されていた。放流個体数から回帰率によって推定される遡上尾数は50尾～250尾程度である。しかしながら、調査で確認された斃死個体数は、200～450尾程度であった。これは調査日1日の計数結果であり、目視による計数の限界がある。また、遡上最盛期に近い時期に実施していることから、調査日に生存していた個体、調査日以降に遡上した個体は計数されず、特に、2005年は計数実施日が早かったことから遡上ピークとの関係で過小評価になっていたことが考えられる。さらに、調査日以前に遡上し、死骸が調査区よりも下流に流下してしまった個体は計数されない。なお、上流は堰堤でサ

ケの遡上が止められていることから、調査範囲より上流側からのサケの斃死個体の流下は見られない。したがって、サケ斃死個体の数から推定される遡上個体の数は、斃死個体数が少なかった年においても放流魚の回帰率から推定される遡上個体数を上回ると考えられ、野生魚の存在を示唆する。

1999～2001年に実施した産卵状況調査の結果、遡上のピークは10月であった(図6)ことから、確認した遡上個体の多くは早期群であることがわかる。北上川産の早期群の放流開始が2001年であることから、産卵状況調査を実施した時期の放流個体は津軽石川産の後期群の種苗である。津軽石川産の後期群は、遡上開始時期が11月上旬、ピークが12月上旬および1月上旬である(能勢 1970)ことから、中津川へ10月に遡上する個体に後期群の遡上時期が早い個体が含まれていたとしても少数と考えられる。中津川への後期群の遡上は、2000年1月中旬に数尾確認された(岩手日報 2000)のみであり、放流された後期群の放流個体の多くは遡上していなかったと考えられ、本調査において10月に遡上のピークを迎えるサケには、野生魚が含まれる可能性が高い。なお、近隣の築川や雫石川等においてもサケの放流が行われていることから、それら河川由来の個体が迷入する可能性も考えられる。しかしながら、有賀ら(2014)による豊平川の事例では、隣接して石狩川に注ぐ支流であり、豊平川の100倍以上の放流・回帰が見られる千歳川から豊平川に迷入する個体は0.3%程度と少ないとされる。これらの結果は、この時期に中津川に遡上していた個体において迷入魚が少ないことを支持するものと考えられる。なお、岩手県では肉質の良い早期群の増産を図るため、宮古湾では1980年代を中心に北海道産の孵化放流を行った(小川 2010)とされることから、津軽石川産の種苗に北海道産の早期群の系統が混在していた可能性は残される。

一方、宮古湾において北海道産前期群種苗の導入により1月下旬が中心であった回帰時期が1981～2008年には12月上旬に早まった(小川

2010) とされ、宮古湾のサケの遡上時期が種苗の移殖放流によって変化したことが示されている。サケは、近年の大規模な卵移殖や商品価値の高い時期に回帰する系統群を人為的に増殖しているため、本来その河川の産卵群の持つ遡上産卵時期とかけ離れてきている(真山 1986) とされる。しかしながら、日本のサケは、他の環太平洋サケ集団と比べても高い遺伝的多様性を維持している(Becham et al. 2008) とされ、現在もなお、地域に適応したサケが失われていないこと(斎藤ら 2015) が示唆される。このことは、中津川において、津軽石川産のサケの放流が進められていた 2000 年前後に定着した後期群の個体は少なく、現地環境条件に適応した早期群の野生魚が維持されていた可能性を支持すると考える。

以上の結果から、中津川においてサケの産卵と孵化に要する条件が整った地点の存在が明らかになった。その地点の一つにおいて発眼卵、稚魚を確認し、中津川におけるサケの再生産を確認した。また、斃死個体数から推定される実際の遡上個体数は、放流魚の回帰率から推定される遡上個体数を上回ると考えられ、現在中津川に遡上する個体の一部は、野生魚であることを示唆すると考える。しかしながら、耳石温度標識等を用いた野生魚の割合や迷入魚の侵入状況、後期群の放流の影響の有無などの遺伝特性に関する調査は行われておらず、この点を明らかにするためには今後のさらなる調査が必要である。

5. おわりに

市街地を流れる中津川において、サケの野生魚の存在が示唆された。遡上を阻害する横断構造物等が存在せず、産卵のための条件が整った環境が良好な北海道の河川における自然産卵(Miyakoshi et al. 2012) が報告されているものの、野生魚の自然再生産数は少ないと予想されている(埴山 2013) ことから、中津川のサケは貴重な存在と考えられる。一方で、中津川で行われているサケの放流は、市民や子供達への環境意識の向上を目的としている。今後は、本調査結果

に基づき、中津川の環境に支えられた自然産卵、孵化という本来の自然の営みを伝えると共に、北上川における松尾鉾山跡地からの酸性廃水に対する対策、横断構造物への魚道の設置等、悪化してしまった環境を改善しながら後生に繋げていくことの大切さを示すことができると考える。

謝辞

本論文のとりまとめにあたり、国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所から資料をご提供いただいた。盛岡河川漁業協同組合の藤村氏から、築川、中津川におけるサケ種苗放流事業に関する過去から現在の状況を伺い、貴重な資料をご提供いただいた。記して感謝申し上げます。

【引用文献】

- 網田健次郎, 本多伸行, 鈴木惇悦, 土屋保, 岡田稔, 西村男雄 (1979) シロサケの移殖に関する研究-I 未利用河川における移殖放流 (1), 新潟県内水面水産試験場調査研究報告 7, 26-37.
- 有賀望, 鈴木俊哉 (2009) 豊平川のサケ産卵床における環境条件と浮上までの生残率, SALMON 情報 3, 3-5.
- 有賀望, 森田健太郎, 鈴木俊哉, 佐藤信洋, 岡本康寿, 大熊一正 (2014) 大都市を流れる豊平川におけるサケ *Oncorhynchus keta* 野生個体群の存続可能性の評価, 日本水産学会誌 30(6), 946-955.
- Beacham T. D., Sato S., Urawa S., Le K. D., and Metklo M. (2008) Population structure and stock identification of chum salmon *Oncorhynchus keta* from Japan determined by microsatellite DNA variation, Fishery Science 74, 893-994.
- Bell Milo C. (1991) Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria, Corps of Engineers, North Pacific Division.
- 後藤達夫 (1957) 河川の化学的研究 特に酸性河川の化学成分と流量の関係について, 岩手大学学芸学部研究年報 12(2), 7-18.
- 牟野寛史, 浅見大樹, 平野和夫 (1997) 増毛沿岸におけるサケ稚魚放流期の餌料豊度(特に底生性カイアシ類)と親魚の回帰率, 北海道立水産孵化場研究報告 51, 11-16.
- 岩手日報 (1974) 「おっ サケだ 街のど真ん中で産卵「珍しい、十匹はいそいだ」 10月12日朝刊.
- 岩手日報 (1984) 「中津川(盛岡)にサケは無理? 回帰も実は「迷子」か 専門から指摘「稚魚放流」曲がり角」 12月3日朝刊.
- 岩手日報 (2000) 「北上川のサケに異変?」 2月1日朝刊.
- 實吉隼人, 宮腰靖之, 工藤智, 河村博 (2013) 暑寒別川に

- おける異なるサイズで放流したサケの河川回帰率, 北海道水産試験場研究報告 83, 13-17.
- Kaeriyama K (1989) Comparative morphology and scale formation in four species of *Oncorhynchus* during early life. Japanese journal of Ichthyology 35(4), 445-452.
- 婦山雅秀 (2013) シロザケ野生魚のリカバリー, 婦山雅秀, 永田光博, 中川大介編著「サケ学大全」, 北海道大学出版会, pp.77-82.
- 環境省 (2007) 中央環境審議会水環境部会 水生生物保全環境基準類型指定専門委員会 (第8回) 議事録, <http://www.env.go.jp/council/09water/y0910-08a.html>, 2015.9.23 閲覧.
- 建設省東北地方建設局岩手工事事務所 (1976) 中津川 (北上川上流左支川) 自然環境調査報告書, p.224.
- 小林哲夫 (1968) サケとカラフトマスの産卵環境, 北海道さけ・ます孵化場報告 22, 7-13.
- 国土交通省河川局 (2006) 北上川水系河川整備基本方針本文, pp.1-20.
- 三井物産環境基金 (2014) 三井物産環境基金の助成案件報告, <https://www.mitsui.com/jp/ja/csr/contribution/fund/greennote/activity/niigata/>, 2016年6月4日閲覧.
- 真山紘 (1986) そ上・産卵時期から見たサケ属魚類の種特性, 東大海洋研大槌臨海研究センター報告 12, 119-121.
- Miyakoshi Y, Urabe H, Saneyoshi H, Aoyama T, Sakamoto H, Ando D, Kasugai K, Mishima Y, Takada M and Nagata M (2012) The occurrence and run timing of naturally spawning chum salmon in northern Japan. Environ. Biol. Fish. 94(1), 197-206.
- 森田健太郎 (2015) サケ: 孵化事業の陰で生きながらえてきた野生魚の存在とその保全, 魚類学会誌 62(2), 189-195.
- 中坊徹次 (2013) 日本産魚類検索 全種の同定, 東海大学出版会.
- 野川秀樹 (2010) さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史 (序説), 水産技術 3(1), 1-8.
- 能勢幸雄 (1970) サケの遡上生態と品種改良, 化学と生物 8(12), 738-744.
- 農村工学研究所 (2012) 利根大堰の魚道改築について, http://www.naro.affrc.go.jp/nkk/mail_magazine/files/mm23_02-01.pdf, 2015.9.23 閲覧.
- 小川元, 清水勇一 (2012) 誘引保育技術によるサケ放流稚魚の生残率向上技術, 平成 25 年度岩手県水産技術センター年報, 39-44.
- 小川元 (2010) シロザケ: 増殖事業が抱える問題と将来像, 日本水産学会誌 76(2), 250-251.
- Okazaki, T (1982) Genetic Study on Population Structure in Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*). Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. 19, 25-116.
- 斎藤寿彦, 岡本康孝, 佐々木系 (2015) 日本系サケの生物学的特性, 水研センター年報 39, 85-120.
- 佐藤隆平, 菅原政一, 大塚勝章, 青山裕俊 (1992) 北上大堰付設バーチカルスロット式魚道におけるアユ及びサケの遡上調査, 水産工学 29(2), 119-122.
- 田淵直樹 (2008) 信濃川水なしサミット運動の意義と課題, 水資源・環境研究 21, 61-68.
- 高橋剛一郎, 藤田幸雄, 吾田幸俊, 奥川博也, 美馬純一, 久保田憲昭 (2009) 庄川における湧水環境の意義と河川環境の保全について, 土木学会論文集 G 65(2), 77-86.

(2016年10月7日原稿提出)

(2016年12月19日受理)

Evaluation of *Oncorhynchus keta* Returning and Spawning Environment in the Nakatsu River of the Kitakami River Basin

Shoji Watanabe, Morio Tsuji, Masaki Suzuki and Mitsuru Toikawa

Abstract In late September *Oncorhynchus keta* begin to ascend the Nakatsu River, Morioka, Iwate Prefecture, Japan, from the estuary via the Kitakami River. They spawn in rivers with spring water emitted from the river bed. This study evaluated *O. keta* spawning environment in the Nakatsu River. Results show differences in temperatures of the river water and riverbed water at some points along the Nakatsu River. Riverbed water temperatures tend to increase in winter and decrease in summer compared with river water temperature, which indicates the existence of spring water from the riverbed. The spawning intensity was higher where differences in river water and riverbed temperatures were observed. Furthermore, in spawning areas with spring water, eyed eggs and advanced fry were observed. For eggs that hatched in winter, the cumulative river water temperature was insufficient for embryonic development. Therefore, *O. keta* use higher-temperature spring water. Although stocking of *O. keta* has continued, the ascending individuals calculated using the return rate from the stocking number were more numerous than the number calculated based on the mortality of individuals in the river. Results of this study suggest that some individuals ascend the Nakatsu River are wild individuals, but their relative frequency remains unclear.

Key words Nakatsu River, *Oncorhynchus keta*, riverbed spring water, natural spawning, wild individuals