

サケ稚魚が利用する 十勝川河口旧川跡およびワンド

THE BACKWATER WAND-POOL AND THE OLD CHANNEL AS JUVENILE CHUM SALMON HABITAT AROUND THE TOKACHI RIVER MOUTH

布川 雅典¹・谷瀬 敦²・村山 雅昭²

Masanori NUNOKAWA, Atsushi TANISE and Masaaki MURAYAMA

¹正会員 博士（農学） 土木研究所寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号）

²正会員 土木研究所寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号）

In an old channel and a wand-pool located in the estuary of the Tokachi River in East Hokkaido, chum salmon fry were collected six times, approximately every 2 weeks from 12 April to 7 June 2018, using seine and cast nets. The most abundant catches occurred in mid and late April in the old channel and the wand-pool, respectively. These periods differed from the period during which the highest number of salmon were released from a nearby hatchery. During mid and late April, the water temperature around the Tokachi River estuary was approximately 3°C, which is unsuitable for juvenile activity. Individuals collected from the wand-pool were found to be feeding on lentic benthic macroinvertebrates. Otolith analysis indicated that about half of the fry captured in April may have been wild fish. The old channel and the wand-pool in the estuary may have function to reduce the initial depletion of chum fry. In areas of salmon habitat, chum fry conservation should be incorporated into plans for wand-pool construction.

Key Words : artificial structure, juvenile habitat, wand-pool, wild salmon

1. はじめに

サケ類(*Oncorhynchus* sp.)の来遊数（沿岸漁獲と河川漁獲の総数）が北西アメリカで減少しており¹⁾, サケ科幼稚魚の成育場としての河口域湿原の重要性が議論されてきた²⁾. 我が国においても, 来遊数の多くを占める北海道では2008年以降に減少したまま推移し, 回復をする年もあるものの, 2015年以降はさらなる減少傾向が顕著になった. 特に2017年の来遊数は, 1980年以降最小値を記録し, 稚魚放流数が現在より数億個体少ない1970年代後半から1980年前半と同水準まで落ち込んでいる³⁾.

サケは融雪期にふ化し成長しながら海へ降下し, そして初夏には離岸して北洋へと移動する. 海水温が低い間は, 沿岸で過ごす, 沿岸域での稚魚数減少いわゆる減耗がおおきい^{4, 5)}といわれている. 河川への来遊数を安定して確保するためには沿岸域での減耗抑制が重要と考えられている⁶⁾. 沿岸のうち河口域は淡水と海水が混合される場であり, 稚魚の浸透圧調整や成長に重要である⁷⁾.

河川では古くは舟運と治水, 近年は希少種保全や河川生態系保全の目的でワンドといわれる緩流域が形成されてきた^{8), 9), 10), 11), 12)}. 北海道東部十勝川では治水目的の構造物により支流流入部付近にワンド状地形が作られている(以下ワンドとする). また, 右岸には十勝川本川の短絡による旧河川跡が(以下旧川とする)緩流域としてのこされ, 小型漁船の停泊地として利用されている.

十勝川では約6000万尾のサケ(*O. keta*)稚魚が毎年放流されているにもかかわらず近5年の来遊数の減少は深刻である. サケ稚魚がワンドや旧川などの人工的な緩流域を使用するならば, 治水目的等により造成された緩流域がサケ幼稚魚の減耗防止に貢献できる可能性が考えられる. 北米では, 湿地再生ではあるものの, 河口部に緩流域の復元が行われ, 復元後数年でキングサーモン(*O. tshawytscha*)稚魚が利用していること^{2), 13)}やサケ稚魚の滞在日数が数日間であることが明らかにされた¹⁴⁾. しかし, 道内外で河川内の緩流域においてサケ稚魚が利用していることを明らかにした事例はほとんど知られていない. 本研究では, 十勝川の河口域の旧川とワンドにおい

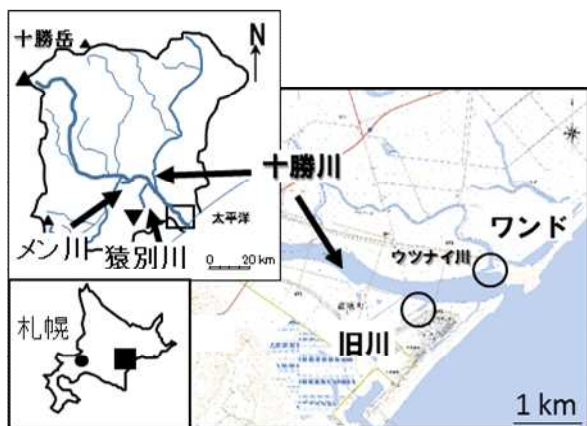


図-1 十勝流域および調査地の旧川とワンド. 国土地理院電子地図を改変. ▼印は北水研事業所を示す.

てサケ稚魚を捕獲し、降河時期の約2か月間の生息数を明らかにした.

2. 方法

(1) 調査地概要

十勝川は、十勝岳(標高2,077 m)から流れて十勝平野に入り、多くの支川と合流して帯広市に至る. その後、急勾配である音更川、札内川および利別川等と合流をくりかえし、低平地に広がる畑作地帯を流下すると太平洋に注ぐ. 流路延長156 km、流域面積9,010 km²の河川である. 十勝川中流部の千代田堰堤では例年12月まではサケ親魚の捕獲が行われることから、上流域へのサケ遡上数は多くはないものの、サケの自然産卵も行われている.

調査は十勝川河口の右岸に位置する旧川と左岸に位置するワンドで行った. 旧川はK.P. 3.0の右岸に位置する(図-1). この旧川は45年ほど前には分流した十勝川の最下流の一部であったが、現在は水際が整備され人工的な湛水面のような形状を呈している. 旧川の面積は0.008 km²であり、水深は3 m未満で、水温は調査期間の4月上旬から6月上旬の間で8.0℃から18.0℃であった(表-1). またDOとECはそれぞれ、6.2 mg/lから7.8 mg/l、14.4 mS/mから20.2 mS/mの範囲だった(表-1). ワンドは十勝

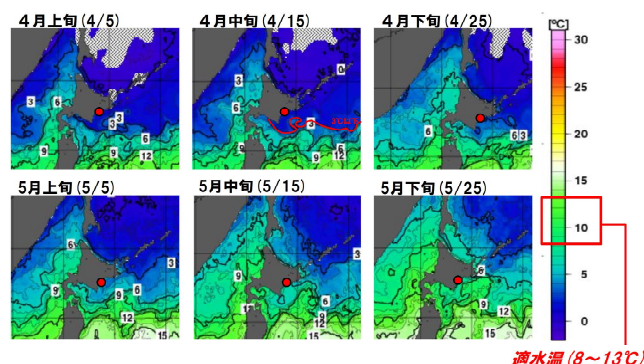


図-2 平成30年4月から5月の海水表面水温の変化(気象庁HP図を改変). 赤丸は十勝沖を示す.

川河口部の左岸K.P. 2.0から3.0区間に位置する(図-1). 十勝川水系河川整備計画(平成25年6月 北海道開発局)によれば、河口の位置が移動を繰り返す、通水障害を起こしており、この河口を固定する目的で河口締切堤が設置された. 現在は、この締切堤と堤防との間を横断する形で、ウツナイ川が十勝川に流入し、その一部にワンドが形成されている. このワンドの面積は約0.029 km²であり、水深は0.5から1.0 mで、調査期間中の水温は9.3℃から19.6℃で変動していた(表-1). また、DOは6.1 mg/lから10.3 mg/l、ECは14.2 mS/mから20.2 mS/mだった(表-1). 気象庁ホームページによると、4月上旬から4月中旬までの十勝沖の海面水温は3℃以下で、4月下旬になっても6℃程度しか上がらなかった. この水温はサケ稚魚が降下して海洋生活初期に適温とされる8から13℃より低かった(図-2).

(2) 十勝川における稚魚放流

十勝川では官民ふ化場5箇所からサケ稚魚の放流が行われている. これらのうち4箇所は一般社団法人十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会管轄の事業所(以下ふ化場)で、残り1箇所は北海道区水産研究所(北水研)である. これらの事業所から例年約6000万尾のサケ稚魚が放流されるが、2017年の秋期遡上数が激減したことから採卵数を確保できなかった. このため、2018年春季は約4,500万尾の放流しか行われなかった(一般社団法人十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会・新出幸哉氏からの

表-1 調査地物理環境の概要

調査項目	調査日(2018年)					
	4月中旬 (4月12日)	4月下旬 (4月26日)	5月上旬 (5月9日)	5月中旬 (5月16日)	5月下旬 (5月24日)	6月上旬 (6月7日)
旧川						
水深(m)			1.0~3.0			
水温(標準偏差)(℃)	8.0(0.30)	8.9(0.00)	10.5(0.46)	14.5(0.85)	15.3(0.72)	18.0(0.06)
DO(標準偏差)(mg/L)	6.3(0.37)	6.3(0.00)	7.4(1.12)	7.8(0.82)	7.6(0.13)	6.2(0.63)
EC(標準偏差)(mS/m)	20.2(0.00)	14.9(0.00)	18.2(0.08)	16.0(3.65)	16.2(0.18)	14.4(2.67)
ワンド						
水深(m)			0.5~1.0			
水温(標準偏差)(℃)	11.4(0.21)	11.0(0.00)	9.3(0.12)	16.2(0.23)	18.4(0.75)	19.6(0.32)
DO(標準偏差)(mg/L)	6.1(0.04)	5.6(0.00)	10.5(0.50)	8.4(0.46)	8.4(0.51)	10.3(2.54)
EC(標準偏差)(mS/m)	18.3(0.31)	14.2(0.00)	18.8(1.22)	20.2(0.00)	17.7(2.21)	20.2(0.00)

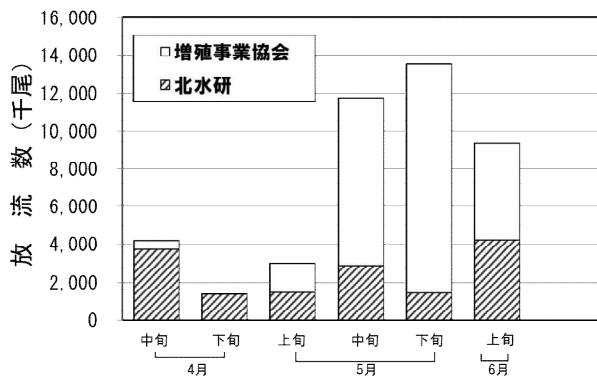


図-3 十勝川流域における平成30年のサケ稚魚放流数

聞き取り調査による）。2018年春季のサケ稚魚の放流は、4月上旬から始まり、5月中旬に最も多くなり、6月に終了した（図-3）。また、4月中の放流はほとんど北水研の事業所から放流されていた（図-3）。なお、サケ稚魚はおもに事業所およびふ化場付近の河川（メン川および猿別川）から放流される（図-1）。

(3) 稚魚の捕獲

旧川およびワンドで魚類捕獲調査を実施し、緩流域を利用するサケ稚魚の個体数を明らかにした。捕獲調査は、4月中旬から1から2週間程度の間隔をおき合計6回実施した。調査は6回行い、1回目から6回目までの日程は以下の通り、第1回：4月中旬（平成28年4月12日）、第2回：4月下旬（平成28年4月26日）、第3回：5月上旬（平成28年5月9日および10日）、第4回：5月中旬（平成28年5月16日および17日）、第5回：5月下旬（平成28年5月24日）、第6回：6月上旬（平成28年6月7日）。旧川およびワンドは潮位の影響を受けるが、すべての調査日で概ね水位が一致する日中の時間帯に合わせて実施した。

サケ稚魚の捕獲は、それぞれの地形および流況を勘案し広い面積を引き網で行い、引き網で捕獲しきれない場所は投網を用いた。引網は旧川では4回、ワンドでは3回実施した。一方、投網はどちらの調査地でも7回実施した。捕獲した面積は旧川およびワンドでそれぞれ、0.003 km²と0.006 km²である。調査地間の捕獲努力量は若干異なるが、同じ調査地における各調査回の捕獲努力量は同じである。捕獲したサケ稚魚は、それぞれの調査回ごとに個体数と尾叉長を記録した。捕獲した個体は一部の標本を除き速やかに放流した。

(4) 捕獲個体の胃内容物と耳石標識分析

旧川およびワンドにおけるサケ稚魚の摂餌の有無を明らかにするため胃内容物を分析した。各回、各地点無作為に5個体程度以上の標本を選び、捕獲数が多かった場合は標本数を増やした。持ち帰った標本は、実体顕微鏡下で胃内容物を可能な限りの分類レベルで同定した。

本調査の第1回（4月中旬：4月12日）のサケ稚魚捕獲時には、増殖協会のふ化場からの放流は、放流数のピー

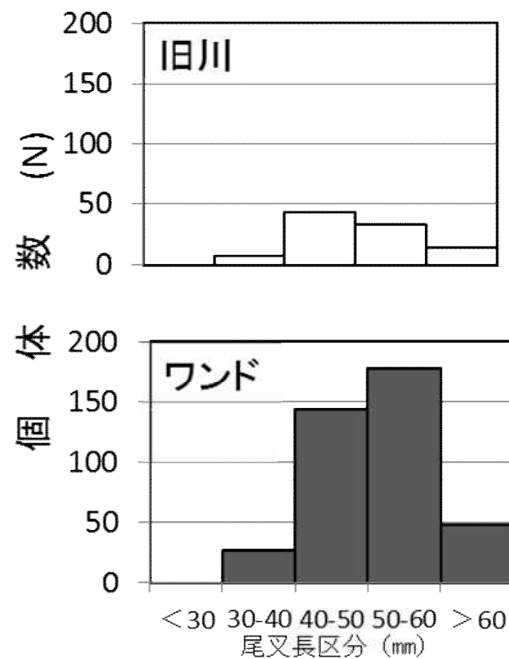


図-4 旧川とワンドで捕獲されたサケ稚魚の尾叉長別の個体数

ク時（5月中下旬：図-3）に比して、わずかな量の稚魚しか放流されていない（図-3）。そこで、第1回の捕獲個体に野生魚が含まれているかどうかを知るために第1回調査時にワンドで捕獲された個体から、35個体を無作為に抽出し、耳石分析をおこなった。耳石分析は北海道区水産研究所で行った。

3. 結果

(1) 緩流域におけるサケ稚魚の捕獲数

本研究により調査期間中に十勝川河口の旧川とワンドにおいてサケ稚魚が確認された。採取したサケ稚魚は旧川が98個体、ワンドが399個体で合計495個体だった。河口域の旧川とワンドの両箇所でもサケ稚魚を捕獲することができ、サケ稚魚によるこれら緩流域の利用を確認できた。どちらの調査地でも40から50 mmおよび50から60 mmの階級での捕獲数が多かった（図-4）。

旧川における捕獲時期別捕獲数を比べると、4月下旬が57個体と最も多く、全捕獲数（98個体）の約60%を占めていた（表-2）。次に5月下旬の22個体、続いて5月上旬の10個体が多かった。この3回で全捕獲数の90%以上を占め、それ以外の4月中旬、5月中旬および6月上旬にはそれぞれ5、4および0個体であり、捕獲数が調査時期によりばらついた。捕獲数の多かった4月下旬は個体又長40から50 mmで、次に捕獲数が多かった5月下旬は尾叉長50から60 mmの個体の捕獲数が多かった。

ワンドにおける捕獲時期別捕獲数は、旧川とは異なり、4月中旬（4月12日）が168個体と最も多く、次いで5月下

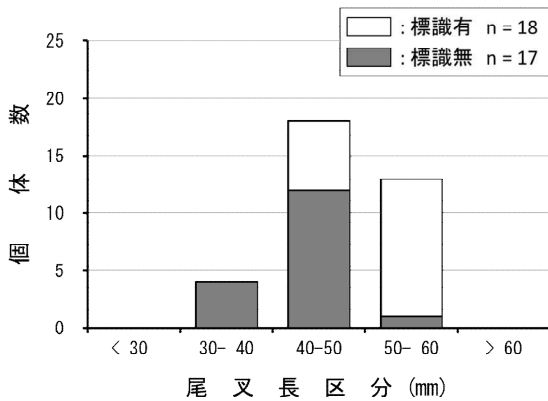


図-6 4月中旬(4月12日)にワンドで捕獲されたサケ個体の尾叉長区分ごとの無標識魚と放流魚の割合

旬(5月24日)が102個体とこの2時期で多く捕獲されていた(図-5)。6回目捕獲(6月7日)の11個体(全捕獲数の3%以下)を除けば、4月下旬から5月下旬まで、全捕獲数の10%前後の捕獲数で安定している。捕獲数の多かった4月中旬は尾叉長40から50 mmの捕獲数が多かったが、5月上旬以降は尾叉長50から60 mmが多かった。これは旧川とワンド量調査地点で同様な傾向だった。

十勝川におけるサケ稚魚の放流数は5月中旬がもっとも多くなっている(図-3)。一方で、旧川とワンドの捕獲数のピークは、それぞれ、4月下旬である4月26日と4月中旬の4月12日だった(図-5)。このように今回の調査によるサケ稚魚の捕獲ピークは、上述の十勝川におけるサケ稚魚の放流数のピークと合致していない。

(2) 捕獲個体の胃内容物と耳石分析

旧川とワンドいずれの調査地においても多くのサケ稚

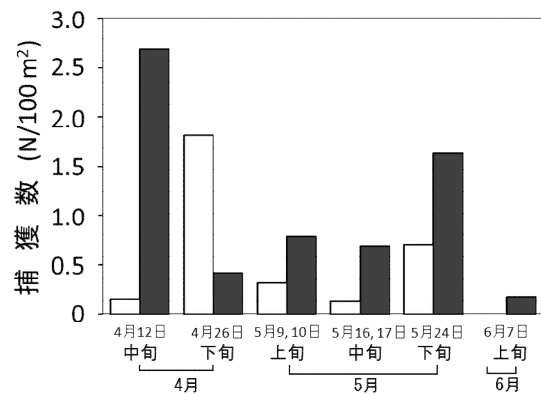


図-5 調査期間中の旧川口とワンド■における単位面積当たりの捕獲サケ稚魚数の変化

魚の胃内容物に昆虫等の餌生物が確認された。また、いずれの調査地の個体にもユスリカ科(Chironomidae spp.)が多く含まれていた。旧川ではカワゲラ目(Plecoptera spp.)やトビケラ目(Trichoptera spp.)など流水性底生動物が胃内容物に多く含まれていた。ワンドではソコミジンコ目(Harpacticoida spp.)やヨコエビ目(Amphipoda spp.)などの止水性大型無脊椎動物が多く含まれていた。旧川で多く確認できた流水性底生動物は多くは認められなかった(表-2)。

35個体の耳石分析の結果、すべての耳石を分析することができた。このうちうち18匹に十勝さけます事業所がつけた標識が認められ、これらは放流魚だと判明した。残りの17匹には標識が認められなかった(図-6)。放流魚と無標識魚には尾叉長区分でみた出現頻度の分布に違いがあり、放流魚は尾叉長30から40 mmの小型個体にはみられなかった。一方で、50から60 mmの個体の13匹中

表-2 各調査日毎の十勝川河口域における旧川とワンドで捕獲されたサケの胃内容物

調査日		2018年4月12-13日				2018年4月26-27日				2018年5月9-11日				2018年5月16-18日				2018年5月23-24日				2018年6月6-7日			
調査箇所		旧川		ワンド		旧川		ワンド		旧川		ワンド		旧川		ワンド		旧川		ワンド		旧川		ワンド	
捕獲個体数		5		168		57		26		10		49		4		43		22		102		0		11	
分析個体数		3		20		12		16		8		13		4		14		15		15		0		11	
平均尾叉長(mm)		45.0		49.8		47.8		46.6		53.0		51.7		53.0		50.6		50.5		55.7		-		48.9	
網	目、科	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)	個体数	個体数(平均)
頭脚網	ソコミジンコ目※3			++++	-			++++	-	+++	-			++++	-	+	-	+	-					+	-
クモ網	ダニ目							1	0.06																
	クモ目							1	0.06			2	0.15					1	0.07						
軟甲網	ヨコエビ目							3	0.19			37	2.85			9	0.64			3	0.20				
昆虫網	カゲロウ目			1	0.05	1	0.08	1	0.06	4	0.50					1	0.07	11	0.73						
	カワゲラ目(幼虫)			1	0.05	2	0.17			1	0.13	1	0.08	1	0.25			3	0.20						
	カワゲラ目(成虫)																								
	カメムシ目					1	0.08											2	0.13	1	0.07			3	0.27
	トビケラ目	1	0.33															3	0.20						
	チョウ目					1	0.08					1	0.08												
	ハエ目ユスリカ科(幼虫)	4	1.33	6	0.30	6	0.50	25	1.56	9	1.13	23	1.77	12	3.00	28	2.00	55	3.67	61	4.07			24	2.18
	ハエ目ユスリカ科(蛹)	19	6.33	13	0.65	20	1.67	2	0.13	25	3.13	11	0.85	6	1.50	112	8.00	46	3.07	89	5.93			55	5.00
	ハエ目ユスリカ科(成虫)	17	5.67	4	0.20	14	1.17	1	0.06	43	5.38	6	0.46	1	0.25	18	1.29	87	5.80	11	0.73			34	3.09
	ハエ目(幼虫)			3	0.15					1	0.13	1	0.08					1	0.07						
	ハエ目(成虫)	1	0.33	2	0.10			8	0.50					1	0.25			34	2.27	1	0.07				
	コウチュウ目							1	0.06																
	アリ目																								
	その他陸生昆虫							1	0.06									4	0.27	12	0.80			3	0.27
硬骨魚網	-																	13	0.87						

※1) 個体数は、標本ごとに確認した昆虫類の数の合計を示す。「昆虫類の全体の形状が概ね確認できる」、「頭部のみ」は1個体としてカウントし、それ以外(例えば「足の一部」等)は不明昆虫片としている。

※2) 個体数(平均)は、「標本ごとに確認した数の合計値/分析個体数」で算出。サケ稚魚1個体あたりに含まれる昆虫類の個体数を示している。

※3) ソコミジンコ目は、最大数を記載した(+ : 0~10個体, ++ : 11~100個体, +++ : 101~500個体, ++++ : 501~1000個体)。

放流魚は1匹しかみられなかった。無標式魚は放流魚の出現頻度の分布と逆のパターンがみられ、30から40 mmの小型魚のすべてが無標式魚で、大型個体（50から60 mm）には1個体しかみられなかった。また、尾叉長40から50 mmの階級では、無標式魚12匹に対し放流魚が5匹であり、無標式魚が多く出現した。

3. 考察

(1) サケ稚魚の捕獲数と放流数の時系列変動

2018年4月上旬から5月中旬の海面水温の推移を見ると、4月中旬までの十勝沖の海面水温は3℃以下だった（図-2）。この水温は、採餌適水温（8℃から13℃）よりも低く、さらには沖合に移動ができる5℃よりも低い¹⁵⁾。しかし、同時期の旧川とワンドの水温は、最も低くても8.0℃であった（表-1）。サケ稚魚の河川から海への移動（降海）と水温との関係は必ずしも明らかとなっていないが、捕獲数のピークがみられた4月中旬から下旬の海水温は3℃から6℃で、サケ稚魚の生息にとって適温ではないことから、旧川やワンドにおいて海水温が適温になる時期を待って海へ移動していた可能性が考えられる。このことが旧川やワンドにおける稚魚捕獲数と流域での稚魚放流数のピークとが異なった要因である可能性が示唆される。

ワンドでは4月中旬に耳石に標識が認められない無標識個体が多く確認された。耳石への標識は、放流個体に対し、発眼卵の段階で水温調整により耳石に一定の標識を付ける技術である。これにより耳石の標識を読み取ることで、放流時期と場所（事業所）が判明する。しかし、十勝川においてこの耳石への標識を行っているのは、水産研究所十勝さけます事業所のみで、増殖事業協会の放流魚には標識がついていない。したがって、無標識の個体が必ずしも野生魚であるとは限らない。

しかし、この時期の増殖事業協会の放流個体はわずかであること（全体の11%）（図-3）、放流魚（通常は重量1 g、尾叉長約5 cm程度で放流される）に比べて、一般に野生魚は小さいことから、無標識個体の多くが自然産卵による野生魚である可能性が考えられる。これまで流域内における親魚による自然産卵の有無は、バイオテレメトリーといわれる行動計測手法により調査可能となってきた¹⁶⁾。十勝川でも放流河川以外でも複数河川で自然産卵が行われている。また、産卵床環境を満たす河川区間も多く存在していることから¹⁷⁾、本流域には自然産卵による野生魚が生息している。そのため、4月中下旬に旧川およびワンドで捕獲された個体の多くに野生魚が含まれていたと考えられる。このことが捕獲数と放流数のピークが異なる結果となったもう一つの要因ではな

いかとおもわれる。

(2) 河口部緩流域の機能

ユスリカ科が多くの個体の胃内容物で認められたことから、十勝川河口域ではユスリカ科が重要な餌資源であることを意味している。このような傾向は他の河川でも見られ¹⁸⁾、これはサケ稚魚が選択的にユスリカ科を利用しているとするよりも、河川中ではユスリカ科の個体数が他の分類群よりも多いこと、稚魚は摂食できるサイズの生物であれば非選択的に捕食することなどからこのような結果が得られたと考えられている¹⁸⁾。

旧川ではカワゲラ目やトビケラ目など流水性底生動物が胃内容物に多く含まれていた。止水域である旧川ではこれらが生息している可能性は低いいため、河川降河時に摂餌したものと思われる。一方、ワンドではソコミジンコ目やヨコエビ目などの止水性大型無脊椎動物が多く含まれていた。一方でカワゲラ目やトビケラ目は多くは認められなかった。ワンド内はほぼ止水であることから、ワンドにおけるサケ稚魚の胃内容物はワンドで採餌されたものであると考えられる。また、4月中旬のワンドの水温は海洋でプランクトンなどの採餌を行う水温¹⁹⁾程度はあることから、これらの緩流域が水温上昇までの滞留場所に加えて採餌場として機能している可能性が示唆される。サケ稚魚降河時期の緩流域の機能を考えるうえで、この場が稚魚の降河時期すべてで採餌場となっているかどうかをより詳細な調査で明らかにすることは重要である。

4. おわりに

本研究の結果により、人工的な旧川跡やワンドといった緩流域が、サケ生息域においては、サケ稚魚の降河そして降海する時期に利用されていることが明らかになった。この事実はこれまで整備されたあるいは、今後整備されるワンドにおいて注目する魚類としてサケ稚魚を検討する必要があることを意味している。

また、十勝川の旧川跡やワンドがサケ稚魚の降海前の滞留場所として利用されていることや、サケ稚魚の採餌が確認され、十勝川の旧川跡やワンドは餌場としても機能している可能性が明らかになった。

本研究の結果から、4月に緩流域を利用するサケ稚魚に体サイズが一般的な放流魚より小さい個体の存在が明らかになった。体サイズが小さい野生稚魚は、給餌によって成長する放流魚に比べ、成長や生育の場としての河川への依存度が大きいと考えられる。また、サケ資源量維持の観点から野生魚の保全が注目されており、人工的に造成された緩流域を利用する野生魚の生残率や回帰率の調査は重要である。

これまで、ワンドの整備がなされてきたのは主に中下

流部であったことや、コイ科希少種の存在が注目されたこと¹⁹⁾などから、ワンドを利用する魚種としてサケは注目されてこなかった。しかし、今回の調査によりサケの放流時期の早い段階から放流終了時期まで継続的に多くのサケ稚魚個体が河口付近の緩流域を利用していることが明らかになった。また、十勝川の緩流域は、その河川管理の歴史の中で造成された場であった。これまで、日本各地の人工的ワンド^{8), 11), 12)}が地域の生物多様性向上に貢献してきている。しかし、これらのうちでサケ稚魚の生息がみられたのは、偶発的に利用していたと思われる1個体が記載されている事例以外はない¹²⁾。太平洋サケの仲間が多く生息する北米では、再生事業で造成あるいは復元された湿地がサケ科稚魚の生息場として機能している^{2), 13), 14)}。本研究によって我が国でも、サケ稚魚が生息する河川においては、人工的なワンドでも、その機能として生物生態系保全に加えてサケ資源保全の可能性が示唆された。このような地域では、緩流域造成や現在存在している緩流域の機能としてサケ科魚類の保全の視点も考慮に入れる必要がある。

謝辞：本調査を行う上で、北海道開発局帯広開発建設部、帯広河川事務所ならびに同池田河川事務所の皆様に変にお世話になった。また、一般社団法人十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会の新出幸哉氏にはふ化放流に関する情報や調査を行うに当たってのアドバイスをいただいた。北海道区水産研究所さけます生産技術部伊藤二美男氏におよび同研究所十勝さけます事業所横田泰明氏、楠茂恵氏には耳石標識分析をしていただいた。さけ・ます内水面水産試験場ト部浩一博士には研究開始前の議論や緩流域での捕獲方法についてご教示時いただいた。関係諸氏にはこの場を借りて深謝申し上げる。

参考文献

- 1) Nehlsen, W., J. Williams, and J. Lichatowich: Pacific Salmon at the Crossroads: Stocks at Risk from California, Oregon, Idaho, and Washington, Fisheries, Vol. 16, pp.4-21, 1991.
- 2) Bottom, D., K. Jonesb, T. Cornwellb, A. Grayc and C. Simenstadc: Patterns of Chinook salmon migration and residency in the Salmon River estuary (Oregon), Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 64, pp.79-93, 2005.
- 3) 宮腰靖之：北海道におけるサケ資源動態，海洋と生物，Vol. 40, pp. 330-334, 2018.
- 4) Bax, N. J.: Early marine mortality of marked juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) released into Hood Canal, Puget Sound, Washington, in 1980. Canadian Journal of Fisheries and

- Aquatic Sciences, Vol. 40, pp.426-435, 1983.
- 5) Healey, M. C.: Timing and relative intensity of size-selective mortality of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during early sea life. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 39, pp.952-957, 1982.
- 6) 関 二郎：北海道太平洋沿岸域におけるサケ幼稚魚の摂餌特性と餌料環境に関する研究，さけ・ます資源管理センター研究報告，7, pp.1-104, 2005，
- 7) 永田光博：サケ類増殖事業の歴史と将来展望，サケ学入門(阿部周一編)，北海道大学出版会，札幌，pp.19-34, 2009.
- 8) 君塚 芳輝：多摩川中流域人工造成ワンドの推移と魚類相，環境工学研究論文集，Vol. 35, pp. 285-293, 1998.
- 9) 綾史郎，斉藤あずさ，福永康彦，西谷大輔：淀川河道とワンド群の形成と変遷，第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集，pp.89-94, 1998.
- 10) 綾 史郎：近年の淀川の生態環境の変化，生活衛生，Vol. 48, 6, pp. 334-340, 2004.
- 11) 皆川朋子・岡村麻矢・鬼倉徳雄・林博徳・島谷幸宏：菊池川において氾濫原依存魚種保全を目的に造成された伏流水流入ワンドの有効性評価，河川技術論文集，Vol. 21, pp.19-24, 2015.
- 12) 都築隆禎・竹下邦明・三橋弘宗・石井正人：高水敷掘削によるワンド造成の効果と本川への接続形状が生物群集に及ぼす影響，河川技術論文集，Vol. 16, pp.173-178, 2010.
- 13) Shreffler, D., C. Simenstad and R. Thom: Temporary Residence by Juvenile Salmon in a Restored Estuarine Wetland, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 47, pp.2079-2084, 1990.
- 14) Gray, A., C. Simenstad, D. Bottom and T. Cornwell: Contrasting Functional Performance of Juvenile Salmon Habitat in Recovering Wetlands of the Salmon River Estuary, Oregon, U.S.A., Restoration Ecology, Vol. 10, pp.514-526, 2002.
- 15) Nagata, M., Y. Miyakoshi, D. Ando, M. Fujiwara, M. Sawada, H. Shimada and H. Asami: Influence of coastal seawater temperature on the distribution and growth of juvenile chum salmon, with recommendations for altered release strategies. North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin, Vol. 4, pp.223 -235, 2007.
- 16) 有賀 誠・津田 裕一・藤岡 紘・本多 健太郎・光永 靖・三原 孝二・宮下 和士：石狩川におけるシロザケ *Oncorhynchus keta* の遡上行動—テレメトリーシステムの利用—，応用生態工学，Vol. 12, pp.119-130, 2009.
- 17) ト部浩一：十勝川水系札内川における二次流路の環境特性，北水試研報，88, pp.33-42, 2015
- 18) 長谷川功・佐藤智希：サケ稚魚は何を食べているのでしょうか？，SALMON 情報，No. 6, p.9, 2012.
- 19) 松波 由佳・綾 史郎・矢田 敏晃：淀川ワンド群の形成 衰退とその生態学的意義，河川技術に関する論文集，Vol. 5, pp.93-98, 1999.

(2019. 4. 2受付)