

網走川におけるサケ稚魚の降河移動

宮腰靖之*, 安藤大成, 藤原 真, 隼野寛史, 永田光博

*北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場

Downstream migration of chum salmon released in the Abashiri River

YASUYUKI MIYAKOSHI*, DAISEI ANDO, MAKOTO FUJIWARA, HIROFUMI HAYANO, AND MITSUHIRO NAGATA

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

To investigate the downstream migration of chum salmon *Oncorhynchus keta* in the Abashiri River, eastern Hokkaido, three groups of otolith-marked juveniles were released and sampled using cast nets in the lower reach of the river in 2004 and 2005. Marked chum salmon were recaptured within 2 weeks of release, and thereafter the numbers of fish recaptured quickly decreased. Our study indicates that most of chum salmon juveniles (over 0.8 g in weight) released in the Abashiri River in May migrated seaward immediately after release. Only a few of the marked fish released at the end of May were recaptured and the river water temperature exceeded 20°C in mid-June, indicating the survival of chum salmon released at that timing would be low unless they migrate immediately after release. The release timing in each river should be considered by examining the river and coastal water temperature around the release timing.

キーワード： 河川, 降河, サケ, 放流

北海道におけるサケ *Oncorhynchus keta* の来遊数は1970年代以降急速に増加し、1990年代以降も高い水準で推移している(永田, 2009)。近年のサケ資源量の増加は、北太平洋の生息環境の好転と孵化放流事業の進展に因るところが大きいものと考えられている(帰山, 2002; 2004)。サケの資源量増大を実現させた放流技術進展の要素として、小林(2009)は、1) 健苗生産, 2) 種苗性の強化, 3) 適期放流・生存率向上, の3つを挙げている。現在、北海道では民間のさけ・ます増殖事業協会が主体となり、適期放流を心がけた効果的な増殖事業が実施されている。

毎年春に各地のふ化場から放流されたサケ稚魚は、沿岸域で数週間程度を過ごした後、沖合へと回遊し(入江, 1990)、北太平洋で2~6年の海洋生活を経て本道へ回帰する。サケ稚魚では降海後の沿岸域での死亡率が高いことが知られている(Healey, 1982; Bax, 1983; Fukuwaka and Suzuki, 2000)。そのため、増殖事業においては沿岸環境の良好な時期にサケ稚魚が沿岸に到達でき

るよう放流日を決める必要があり、放流後の河川での滞留日数や降河生態に関する知見が重要な情報となる。

日本における河川内でのサケ稚魚の降河生態に関する調査は、放流技術の開発途上であった1960年代から1980年代始めにかけて数多く実施されている(小林, 1958; 1964; 佐野・小林, 1953; 小林ら, 1965; 小林・黒萩, 1968; 帰山・佐藤, 1979; 真山ら, 1982; 1983; など)。北海道オホーツク海側の主要な増殖河川の一つである網走川でも小林・黒萩(1968)がサケ稚魚を標識放流して降河移動などを調べている。彼らの報告では、4月上中旬に網走湖の呼人浦から放流したサケ稚魚(網走川採卵群)は放流から約一ヶ月後の5月上旬に降河移動のピークを迎えている。当時のサケの放流時期は2月から5月にかけてであり、放流数も現在より少なく、放流サイズも小型であった。そのため、現在の網走川での放流後のサケ稚魚の降河生態は当時とは大きく異なる可能性があるものと考えられる。

網走川は現在もオホーツク東部地区のサケの主要な増

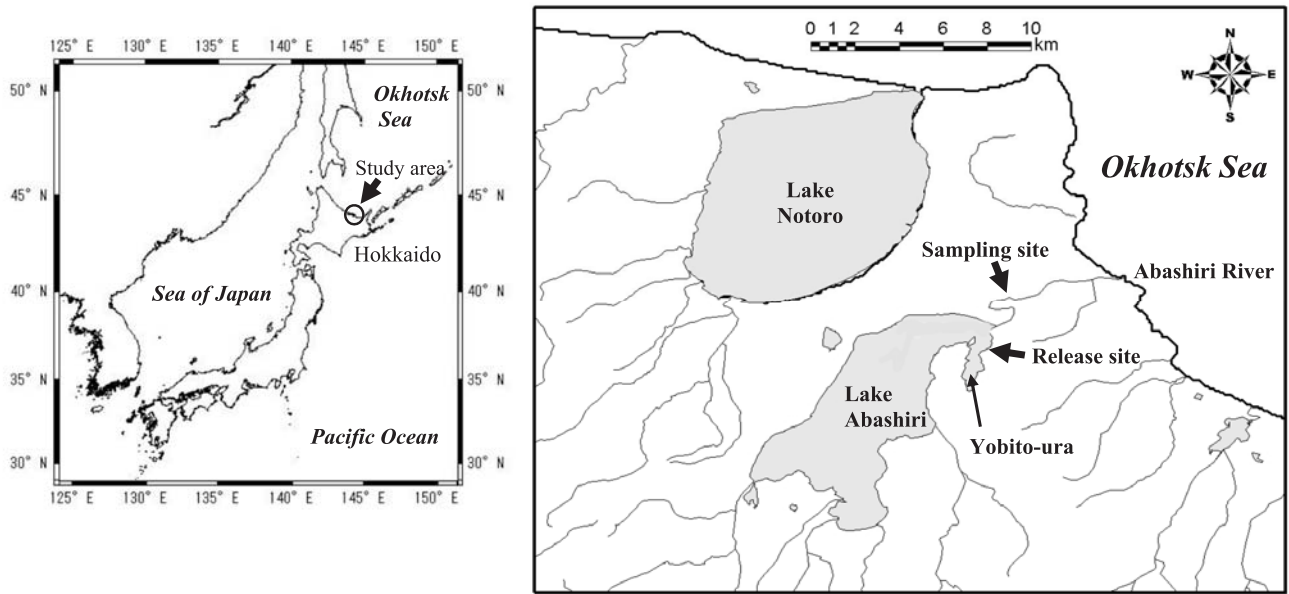


Fig. 1 Location of the Abashiri River in Hokkaido, northern Japan. The arrow in the right panel indicates the sampling site in the Abashiri River (~5 km from the river mouth).

殖河川であり, 同河川におけるサケ稚魚の降河生態を調べ, 放流時期の適正化を検討することは, 本道における安定的なサケ資源の造成のために重要である。そこで, 本研究では網走川で放流時期を変えてサケ稚魚を放流して, 河川内での滞留状況や降河生態を調べたので報告する。

方法

調査河川およびサケ稚魚の放流 網走川は流路延長93.6 km, 流域面積1,380km²の一級河川で (Fig.1), 古くからオホーツク海区におけるサケの重要な増殖河川と位置付けられている。現在, 網走川に放流されるサケ稚魚は社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会の相生ふ化場 (津別町) および上里ふ化場 (津別町) で生産され, トラックで約60kmを輸送された後, 網走湖の呼人浦から放流される。本研究を実施した2004~2007年に網走川に放流されたサケ稚魚は2,968万~3,286万尾, 平均体重は0.96~1.13 g, 放流時期は5月上旬から5月下旬にかけてであった (Fig.2)。

サケ稚魚の標識放流 2003年級および2004年級の網走川への放流魚の一部を ALC (アリザリン・コンプレクソン) により標識し, これらの標識群の河川内での滞留時間や成長を追跡できるようにした。標識群は発眼期に ALC 200ppm 水溶液に24時間浸漬し, 耳石に蛍光色素を沈着させた。積算水温の異なる段階で標識作業を行うことにより, 2003年級, 2004年級ともに3つの標識群を養成した。

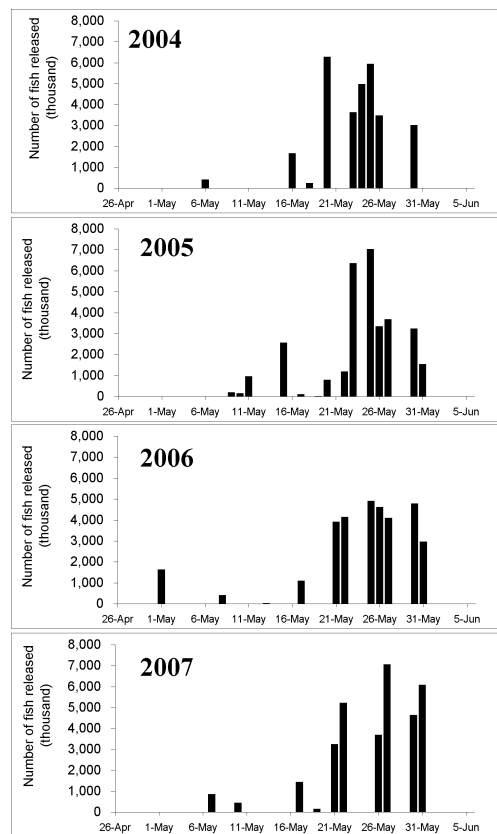


Fig. 2 Number of chum salmon released in the Abashiri River from 2004 to 2007.

実際には, 積算水温が300℃前後で標識する群 (耳石に沈着する蛍光の発色部分が小さい (Small) ので S 群と呼ぶ), 積算440℃前後で標識する群 (耳石に沈着する蛍光の発色部分が大きい (Large) ので L 群と呼ぶ), 積算水温が320℃

および440℃前後の2回標識する群（耳石の標識部分が2重（Double）に発色するためD群と呼ぶ）の3つのパターンとした。

3つの標識群の採卵および放流時期は2カ年とも同じとし、次のように設定した。

S群： 10月中旬に採卵・5月中旬に放流

L群： 11月中旬に採卵・5月中旬に放流

D群： 11月中旬に採卵・5月下旬に放流

これらの標識した卵の管理は水温の異なる相生ふ化場と湧別ふ化場で行い、稚魚の飼育管理は相生ふ化場で実施した。各放流群の採卵月日、放流月日、放流数、放流時の尾叉長、体重をTable 1に示した。すべての群を平均体重1g程度で放流することを目標とし、卵管理での水温を調整することにより発生に差をつけて、採卵月日の異なるS群とL群を同じサイズで同一の放流日に放流し、一方、採卵日が同じL群とD群は放流月日を約2週間ずらして同じサイズで放流することを目標として飼育をした。実際には2カ年とも10月採卵・5月中旬放流のS群は放流時の平均体重がほぼ1gの稚魚を放流することができたが、11月中旬採卵のL群とD群では平均体重は1gには達しなかった。両年とも3群間では平均体重に有意な差が見られた（一元配置分析，2004年： $F(2, 281) = 38.04$ ，2005年： $F(2, 297) = 94.11$ ，いずれも $P < 0.01$ ）。11月中旬の同一月日の採卵で放流時期を変えた2群（L群とD群）間で比較した場合は，2004年放流の2群間では有意な差が見られたが，2005年放流の2群間では有意な差はなかった（Fisherのprotected LSD，2004年： $P < 0.01$ ，2005年： $P > 0.05$ ）。

網走川および網走湖でのサケ稚魚の採集 2004～2007年の4月下旬から6月にかけて，毎旬1回，網走川の河口から約5km上流の地点（大曲橋の直下，左岸側；Fig. 1）で

投網（目合12mm，網丈2.4m）を用いてサケ稚魚を採集した。ただし，2004年は標識群を放流した5月中旬から調査を開始した。網走湖より下流側の網走川では，満潮時には海水が流入するため潮汐によって流速が大きく変化する。調査地点では下流方向への流れがある時にはサケ稚魚が群れを形成して滞泳するが，満潮で流速がほとんどなくなる時間帯には稚魚は群れを形成せず，投網ではほとんど採集できなかった。そのため満潮前後の時刻を避けて調査回ごとに調査時刻（8:00～16:30の間）を設定した。調査を実施した4年とも，サケ稚魚がほとんど採捕されなくなった6月下旬に調査を終了した。

投網の回数は稚魚の採集尾数によって調整し，稚魚の採集尾数が多い時は3投，少ない時は10投程度とした。採集されたサケ稚魚は現場で尾数を数え，最大200尾程度を測定用標本として残し，その他は放流した。測定用標本は現場にて2-フェノキシエタノールで麻酔をかけた後，5%ホルマリンで固定した。その後4～6時間経過した時点でホルマリンから取り出して70%アルコールで固定し直した。標本は北海道立水産孵化場（現さけます・内水面水産試験場）の実験室で尾叉長，体重，胃内容物の重量を測定し，さらに耳石を摘出して蛍光顕微鏡でALC標識の有無を確認した。ALC標識魚については耳石の蛍光発色部分の大きさから標識群を識別した。

稚魚採集の際には棒状温度計で河川水の水温を測定した。また，河川水温の日周変化を調べるため，2005年および2006年の4～7月には網走川の河口から5.5km上流の地点の川底から60cmの位置に水温記録計を設置し，15分間隔で水温を記録した。

放流地点である網走湖でのサケ稚魚の滞留状況を調べるため，2004年5月19日と同年6月18日，ワカサギおよびシラウオ資源量調査（北海道立水産孵化場，2006）で実施した曳網（全長55m，魚捕部の目合2mm）により混獲

Table1 Date, number of fish, size of marked chum salmon released in the Abashiri River in 2004 and 2005

Mark group	Date of release	Date of fertilization	Number of fish released (thousand)	Fork length (mm)			Body weight (g)		
				Mean	±	SD	Mean	±	SD
<i>2004 release</i>									
S	16 May 2004	15 Oct. 2003	784	48.25	±	1.97	1.08	±	0.17
L	16 May 2004	15 Nov. 2003	886	46.79	±	1.65	0.90	±	0.11
D	30 May 2004	15 Nov. 2003	671	47.83	±	2.18	0.97	±	0.15
<i>2005 release</i>									
S	15 May 2005	18 Oct. 2004	1,766	50.23	±	1.91	1.02	±	0.16
L	15 May 2005	15 Nov. 2004	810	47.27	±	1.75	0.80	±	0.10
D	31 May 2005	15 Nov. 2004	842	47.94	±	2.02	0.82	±	0.11

Table2 Number of fish, size, and stomach content index (SCI) of marked chum salmon recovered in Lake Abashiri in 2004

Sampling date	Group	Dates after release	Number of fish captured	Fork length (mm)			Body weight (g)			SCI (%)		
				mean	±	SD	mean	±	SD	mean	±	SD
19 May 2004	S	3	46	48.22	±	3.29	0.89	±	0.21	0.58	±	0.41
	L	3	33	46.61	±	2.24	0.76	±	0.11	0.57	±	0.41
	D	-	-									
	unmarked	-	112	51.03	±	4.05	1.08	±	0.27	not measured		
18 June 2004	S	34	0									
	L	34	0									
	D	19	2	52.94	±	4.84	1.25	±	0.30	1.02	±	0.26
	unmarked	-	24	51.76	±	9.26	1.27	±	0.68	not measured		

されたサケ稚魚を採集した。採集した稚魚の分析は、上に記した河川で採捕した稚魚と同様とした (Table 2)。

結 果

サケ稚魚の採捕時期と尾数 網走川の調査地点におけるサケ稚魚の投網一網あたりの採集尾数を Fig. 3に示した。サケ稚魚は4月下旬から採捕され、概ね6月下旬にはほとんど採捕されなくなった。採捕尾数のピークは網走川でのサケ稚魚の放流時期の直後にあたる5月中旬あるいは5月下旬に見られることが多かったが年によって異なった。また、網走川への放流尾数は毎年ほぼ同じであるにもかかわらず、ピーク時の投網一網あたりの採捕尾数は大きく異なった (最大は2006年の140尾/網, 最小は2004年の40尾/網)。5月中下旬の採捕時の河川水温は10~16℃であり、稚魚の採捕数が少なくなる6月中旬以降は概ね20℃近くになっていた。ただし、網走川は満潮時には海水が流入するため、干潮時と満潮時の潮位差の大きい日には水温の日周変化も大きく、2005年および2006年に連続記録した結果を見ると、水温の日周変化の最も大きかった2005年6月23日には12.1℃ (最低12.9℃, 最大25.0℃) の水温差がみられた。稚魚採集の時刻は満潮時を避けて設定したため、本報告で示した水温は概ね干潮時の海水の影響が少ない時刻の河川水温である。

採捕される稚魚の平均尾叉長は、放流が開始される前にあたる4月下旬あるいは5月はじめの調査時には42mm台と小型であるが、放流が開始されると概ね放流サイズと同等の45~52mmの範囲にあり、調査終盤の6月中下旬に55mmを超える大型となる傾向がみられた。

標識魚の採捕時期、尾数と成長 採捕された標識魚の採捕尾数、尾叉長、胃内容量指数の推移を Fig. 4に示した。ここで、各標識群の放流数は異なるので、採捕尾数は投網一網あたり、放流数100万尾あたりの採捕尾数として表

した。

2004年5月15日および2005年5月16日に放流した標識魚 (S群, L群) は、放流から3~4日後および10~12日後にあたる5月中旬および下旬の調査時に多く採捕され、6月に入るとほとんど採捕されなくなった (Fig. 4)。2004年5月30日および2005年5月31日に放流された標識魚 (D群) は6月上旬と6月中旬の調査時に採捕されたが、その数は少なかった。6月下旬には河川水温が20℃を超えるようになり、標識魚の採捕尾数はわずかであった (Fig. 4)。また、6月下旬には未標識魚も採捕もわずかしかみられなかった (Fig. 3)。

採捕された標識魚は、放流時と同程度あるいは小型の個体が多く、放流後2~3旬目には顕著に小型の個体しか採れなくなる放流群も見られた (Fig. 4; 2004年のS群および2005年のS群)。尾叉長55mm以上に成長して再捕された個体はわずかであった。放流後の日数 (t) と尾叉長の関係を指数関数で表すと

$$2004年 \quad S群: FL = 47.99e^{-0.0013t}$$

$$(R^2 = 0.004, d.f. = 121, P > 0.05)$$

$$L群: FL = 46.25e^{0.0090t}$$

$$(R^2 = 0.528, d.f. = 130, P < 0.01)$$

$$D群: FL = 47.73e^{0.0089t}$$

$$(R^2 = 0.360, d.f. = 87, P < 0.01)$$

$$2005年 \quad S群: FL = 49.68e^{0.0004t}$$

$$(R^2 = 0.002, d.f. = 223, P > 0.05)$$

$$L群: FL = 47.05e^{0.0005t}$$

$$(R^2 = 0.004, d.f. = 166, P > 0.05)$$

$$D群: FL = 47.83e^{0.0019t}$$

$$(R^2 = 0.032, d.f. = 109, P > 0.05)$$

となり、2004年のL群、D群以外では瞬間成長係数は低く、また、成長曲線は有意ではなかった。特に、平均体重1gを超えるサイズで放流したS群では2ヵ年とも瞬間成長係数は極端に低く、また決定係数も低く、河川内での成長はほとんど見られなかった。稚魚が見られなくな

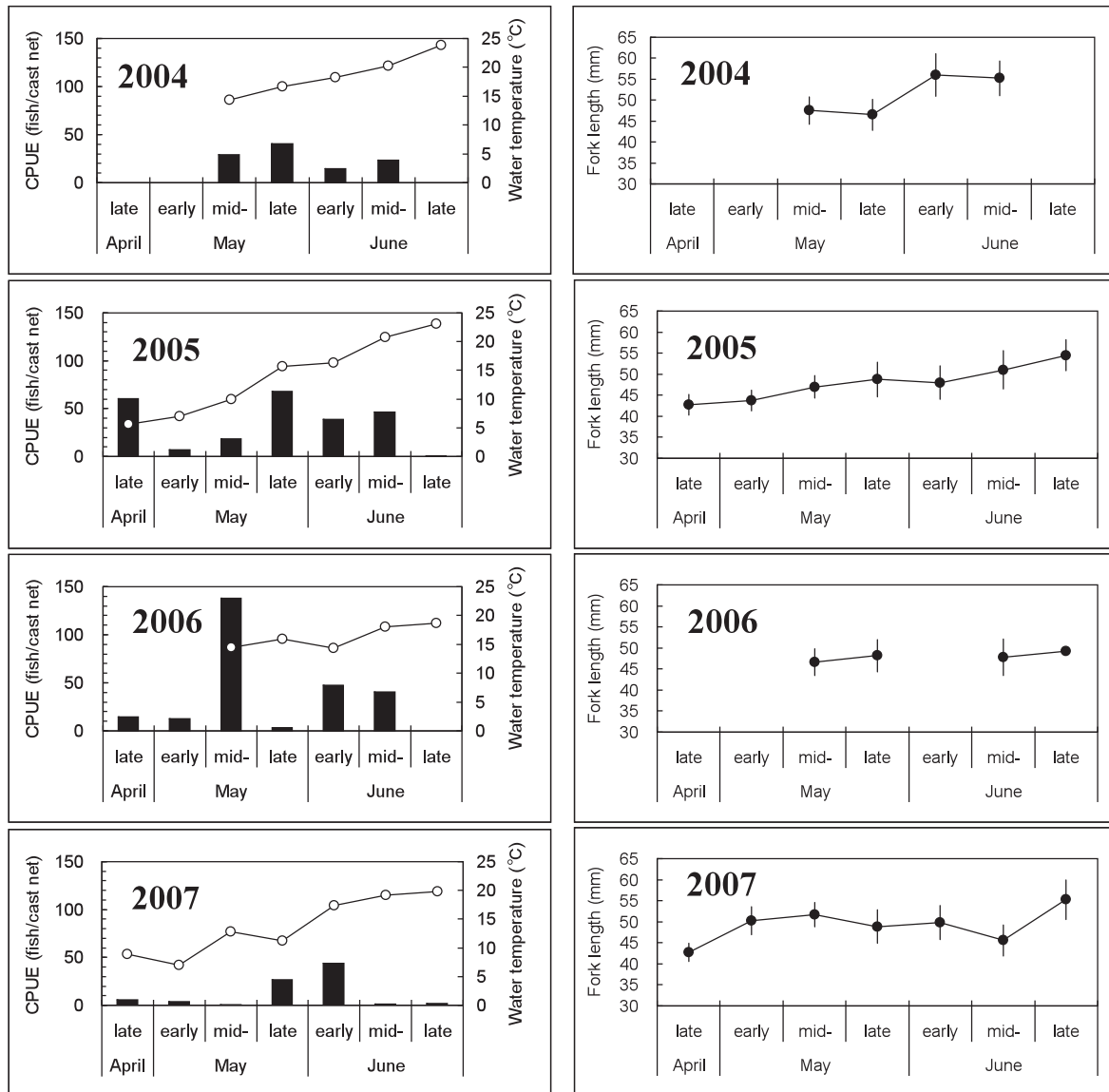


Fig. 3 Number and mean fork length of chum salmon captured in the Abashiri River from 2004 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Open circles indicate river water temperature at the sampling time.

る直前の旬にわずかに大型の稚魚が採捕されたのみであった (Fig. 4)。胃内容物重量指数も大きく変動し、2%を超える群もあったが、1%を下回る群もあり、一定の傾向は見られなかった (Fig. 4)。

網走湖で2004年5月19日に実施した曳網調査では、同年5月16日に放流した稚魚が採捕された (S群46尾, L群33尾; Table 2)。湖で採捕された稚魚のサイズは、両群とも尾叉長では放流時と有意な差はなかったが (t検定, $P > 0.05$), 体重では湖で再捕された個体のほうが放流時よりも有意に小さかった (t検定, $P < 0.01$)。また、胃内容物重量指数は1%を下回っており胃充満度は低かった。2004年6月18日に実施した曳網調査では、同年5月16日に放流した稚魚は採捕されず、同年5月30日に放流した稚魚 (D群) がわずかに2尾採捕されたにとどまった。未標識

魚を含む全体で見ても、6月の調査時に採集されたサケ稚魚の数は少なく、この時期まで放流地点である網走湖内に滞留するサケ稚魚は少ないことが示された (Table 2)。

考 察

2004年および2005年の春、網走川において ALC を用いて耳石に標識したサケ稚魚3群 (放流サイズ0.80~1.08g) を放流したところ、河口から5 km 地点の調査定点ではいずれの群も放流直後から2旬以内に多く採捕され、放流後3旬目以降は採捕尾数が著しく減少した。このことから5月中旬以降に0.8g以上のサイズで網走川に放流されるサケ稚魚では、放流後河川内に長く滞留せずに短期間

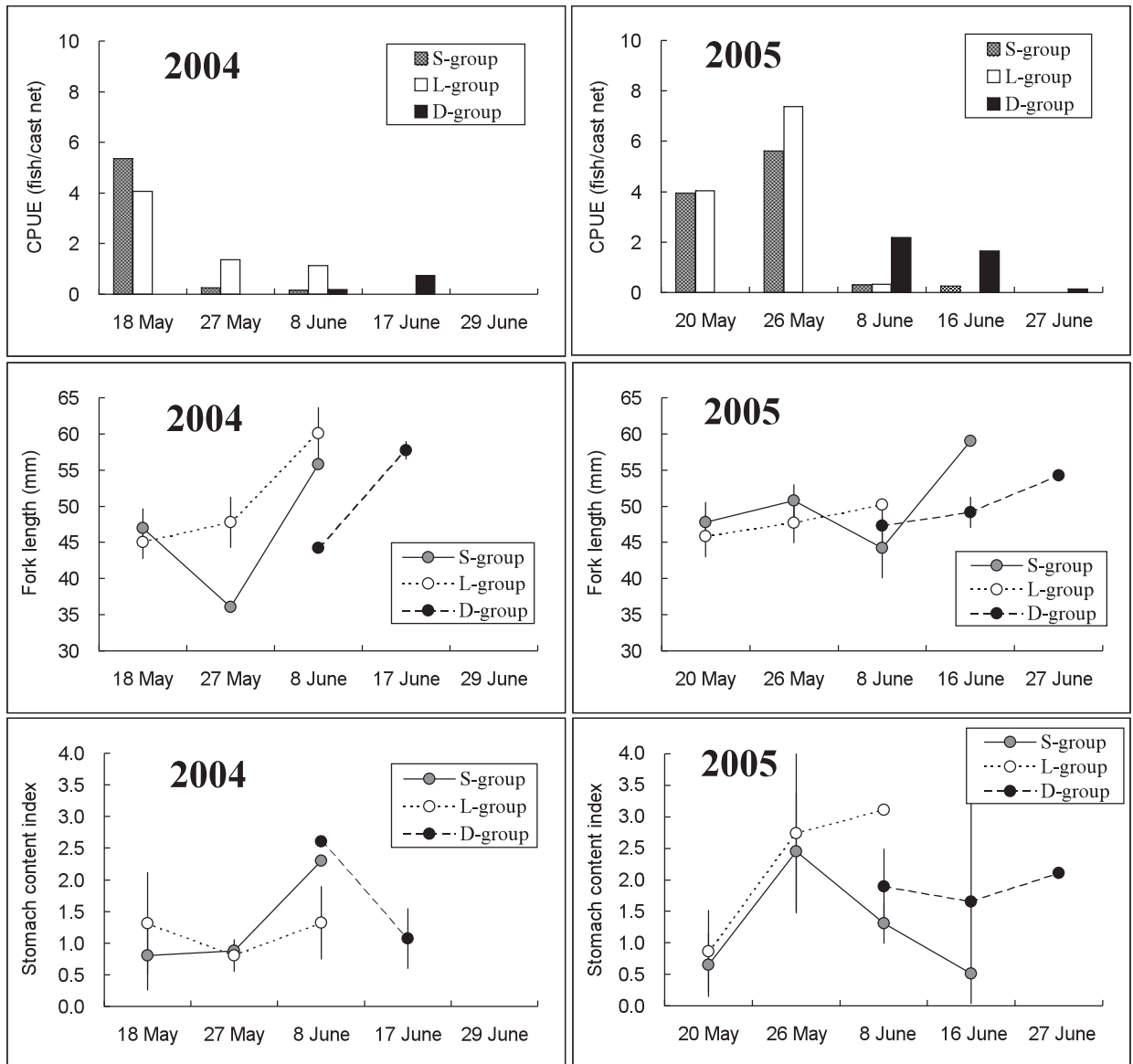


Fig. 4 CPUE (Catch Per Unit Effort; number of marked fish captured per cast net), fork length, and stomach content index of marked chum salmon captured in the Abashiri River in 2004 and 2005. Vertical bars indicate standard deviations. CPUE was expressed as the number of marked fish per release of 1 million fish to compare the CPUEs among the marked groups.

のうちに降海する個体が多いことが示唆された。本研究で放流した標識魚の一部は放流した旬（放流後3日目）のうちにすでに沿岸域に分布することが確認されており（Nagata *et al.*, 2007），このことから稚魚の一部は放流後すみやかに降海したことが実証された。

河川内で採捕された稚魚のサイズは放流時と同等あるいは小型の稚魚が多く，河川で稚魚が見られなくなる直前の旬にわずかに大型の稚魚が採捕された（Fig.4）。このことは，放流された稚魚のうち，大型の個体の多くは速やかに降海し，小型の個体の一部が河川にとどまり，成長した後に遅れて降海した可能性もある。2004～2007年の4ヵ年の未標識魚を含む稚魚全体の採捕結果からも同様

の傾向が見てとれる（Fig.3）。一般に，河川を降河移動するサケ稚魚の成長は著しくないことが知られており（帰山，1986），網走川においても放流魚の瞬間成長率は低い群が多く，河川内ではそれほど成長することなく降海する個体の多いことが示唆された。

天然産卵のサケでは，早期に浮上した少数の個体は産卵場所付近に長期間滞留するが，ほとんどの個体は浮上後短期間に降海移動するとされ，さらに，河川における滞留期間は稚魚の分布密度の影響を受けることが指摘されている（帰山，1986）。一方，1960年代に網走川でサケ稚魚の降河移動を調査した小林・黒萩（1968）では，放流時期は2月から5月にかけてであり，放流数は890万～

1,580万尾、体長は29~38mmとなっており、現在とは放流時期、放流数、放流サイズのいずれも大きく異なる。当時、4月上旬に放流したサケ稚魚は約一ヶ月後に降海のピークを迎えたと報告されている。本研究を実施した2004年および2005年と比べ、放流サイズが著しく小型であることと、放流数が少ないために放流地点での分布密度が低いことも河川内での滞留時間の違いに影響しているものと考えられる。小林・黒萩(1968)の調査では、5月中旬以降の稚魚の胃内容量指数(摂餌率)は平均で3%を超える旬が多く、5~7%台の高い値を示す旬も見られ、本研究と比べて明らかに高い数値となっている。このことも、河川内での稚魚の分布密度の違いによるものかもしれない。ただし、網走湖より下流の網走川は満潮時には海水が流入するので、サケ稚魚は淡水性の水生昆虫のほか、沿岸性のプランクトンなど様々な餌生物を捕食していることが確認されている(佐川, 2005)。検証することは難しいが、調査日の満潮、干潮時の潮位差と採集時刻の関係によりサケの胃内容物の組成や充満度も影響を受けるものと考えられ、一般的な河川と比べて網走川下流部でのサケ稚魚の胃内容物や量には複雑な環境要因が影響しているものと考えられる。

現在、サケ稚魚の放流時期の目安として、沿岸の水温が5℃を超える頃に開始し、13℃を超える頃までに沿岸で7cm、3gのサイズに成長できる時期が望ましいとされる(関, 2005)。これが放流適期の目安となり、概ね沿岸水温が5℃を超える頃に放流が開始される。この考え方からすると、網走川のあるオホーツク東部では概ね5月中が放流適期となる。実際に2004~2007年の網走川でのサケ稚魚の放流は5月の一ヶ月間、特に5月下旬に集中して放流が行われている(Fig.2)。ただし、2004年および2005年の5月末に放流した群(D群)では、河川あるいは湖内で放流後に採捕された稚魚はわずかであった。放流後短時間で高い率の死亡が起こったかどうかは明らかでないが、放流から2旬後には水温が20℃近くになっており、サケ稚魚が河川に滞泳できる期間も短いため、速やかに降海しなかった個体の生き残りは低くなる可能性が高い。また、放流から2旬後の6月中旬には沿岸水温が13℃を超える年もあることから(Nagata *et al.*, 2007)、沿岸での生き残りの点からも6月以降も河川内に滞留することは不利と考えられる。最近では適期放流の考え方が定着することにより、放流期間が以前より短くなる傾向が見られるが、放流期間の後半に河川や沿岸の水温が急速に高くなる地域では、遅めの放流はリスクも高くなる可能性があり、沿岸や河川環境に関する十分な情報を得た上で放流時期を検討する必要があると言える。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会、網走漁業協同組合、西網走漁業協同組合の皆様にご協力いただきました。さけます・内水面水産試験場前場長の河村 博博士には本論文の原稿を丁寧に見直しいただき、貴重なコメントをいただきました。厚くお礼申し上げます。

文 献

- Bax NJ. 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* 1983; 40: 426-435.
- Fukuwaka M and Suzuki T. Early sea mortality of mark-recaptured juvenile chum salmon in open coastal waters. *Journal of Fish Biology* 2000; 60: 3-12.
- Healey MC. 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* 1982; 39: 952-957.
- 北海道立水産孵化場. シラウオの資源管理技術の開発研究. 平成16年度事業成績書, 2006; 138-145.
- 入江隆彦. 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究. 西海区水産研究所研究報告 1990; 68: 1-142.
- 帰山雅秀. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活に関する生態学的研究. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1986; 40: 31-92.
- 帰山雅秀. 最新のサケ学. 成山堂書店, 東京, 2002.
- 帰山雅秀. サケの個体群生態学. 「サケ・マスの生態と進化(前川光司編)」。文一総合出版, 東京. 2004; 137-163.
- 帰山雅秀, 佐藤愁一. 十勝川におけるサケ稚魚の成長と食性に関する調査-Ⅲ. 1977年, 稚魚の降海移動期と成長および摂餌活動との関係. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1979; 33: 47-73.
- 小林哲夫. サケ稚魚の生態調査(5) 降海期に於けるサケ稚魚の行動について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1958; 12: 21-30.
- 小林哲夫. サケ稚魚の生態調査-Ⅶ サケ稚魚の行動についての一知見. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1964; 18: 1-6.
- 小林哲夫. 日本サケ・マス増殖史. 北海道大学出版会, 札幌. 2009.

- 小林哲夫, 原田 滋, 阿部進一. 西別川におけるサケ・マスの生態調査Ⅰ. サケ稚魚の降海移動並びに成長について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1965; 19: 1-10.
- 小林哲夫, 黒萩 尚. 網走湖, 網走川におけるサケ稚魚の生態とその保護について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1968; 22: 37-71.
- 真山 紘, 関 二郎, 清水幾太郎. 石狩川産サケの生態調査Ⅰ. 1979年春放流魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1982; 36: 1-17.
- 真山 紘, 関 二郎, 清水幾太郎. 石狩川産サケの生態調査Ⅱ. 1980年及び1981年春放流魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. 北海道さけ・ますふ化場研究報告1983; 37: 1-22.
- 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. 2009; 19-34.
- Nagata, M., Miyakoshi, Y., Ando, D., Fujiwara, M., Sawada, M., Shimada, H., and Asami, H. 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 2007, 4: 223-235.
- 佐野誠三, 小林哲夫. さけ稚魚の生態調査(2) 標識放流試験に於けるさけ稚魚の移動と成長について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 1953; 8: 71-79.
- 佐川洋介. 網走川におけるシロザケ *Oncorhynchus keta* 幼稚魚の成長と摂餌に関する生態学的研究. 北海道東海大学卒業論文, 2005.
- 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 2005; 7: 1-104.