

# 大北川における天然サケ稚魚の動態と資源量

小松 伸行・大森 明・小沼 洋司

## 1. はじめに

日本におけるサケ資源は、ふ化放流技術の向上により著しく資源量が増加し栽培漁業の成功例とまで言われることもあるが、近年は輸入と漁獲量の増加による供給過多からその漁業経済的価値は低下している。一方、本県のサケ増殖事業は歴史は古いが小規模で、沿岸での漁獲も小型定置網一ヶ統のみという特異な形態である。サケ増殖事業の行われる4河川（鬼怒川、那珂川、久慈川、大北川）の組合では赤字経営を続けながら、伝統漁業の継承や組員結集への寄与、環境保全意識の高揚への期待等の理由から放流を継続している。

このようなサケ増殖事業の現状を考えると、事業のあり方について早急に検討し直す必要があると言える。特にサケ資源の新たな利用法として観光、教育、遊魚等が考えられる他、食用として利用したい河川ではギンケ資源増大の要望がある。さらに今後は経費をかけない増殖を行わなければならない、これらを進めるためには天然産卵の利用を考える必要がある。

茨城県北部を流れる大北川は小河川であり調査の行いやすい河川である。同河川のサケ放流は1979年から行われているが、1995年にはこれまでになく多くのサケが天然産卵する様子が見られた。そこで、この河川におけるサケの天然産卵の実態を明らかにし、ふ化事業の効率化や資源の有効利用等、本県のサケ事業の将来方向を検討する一助とすることを目的に調査を行ったので報告する。

## 2. 方法

### (1) 産卵場の観察

目視による産卵場（ここでは、雌が産卵のため河床を掘り返したため砂が白くなっていた部分を一ヶ所の産卵場とした。）の計数を1995年11月1日花園川で、11月15日に大北川で行った。また、11月29日に

素手により花園川で、11月30日にスコップにより大北川で産卵場を掘り起こして卵を採集するとともに、産卵場の形態を観察した。

### (2) 稚魚の動態

河川内における稚魚の移動・分散、成長の様子を把握するため、1996年2月中旬から5月下旬にかけて月2~3回の投網による採捕を行った。調査地点は図1に示した大北川の石岡橋、木皿川合流点、花園川の磯馴橋及び両河川の合流点より下流で河口に近い大北橋の4地点とした。採捕魚はホルマリン固定、または冷凍して保存し、後日尾数の計数及び魚体測定等を行った。

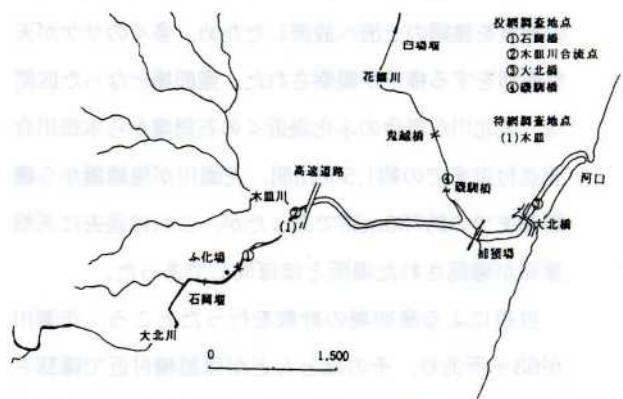


図1 調査河川（大北川、花園川）の位置

### (3) 稚魚の標識放流と再捕

サケ稚魚の資源量を推定するため、標識魚の放流と再捕を行った。標識魚は大北川漁業協同組合の採卵した受精卵を試験場へ運んで浮上まで飼育したもので、発眼卵期に100mg/lのALC溶液に24時間浸漬して耳石への標識を施した。標識魚放流は1996年4月8日に石岡堰下流で行い放流尾数は8,000尾であった。流下稚魚の採捕のため標識魚の放流日から9日間、木皿川合流点付近に待網を設置し、1日2回漁獲

物の取り上げと水温、水深等の記録を行った。採捕魚は直ちに冷凍保存し、後日尾数の計数と魚体測定を行った。また、待網と投網の採捕魚の耳石標識を実体顕微鏡下で調べた。なお、待網による採捕は大北川漁業協同組合の菊池照夫氏の協力を頂いた。

#### (4) 水温及び濁度

工業用水浄水場原水の水温と濁度のデータを用い稚魚の生態と環境との関連を見た。

### 3. 結果及び考察

#### (1) 産卵状況

サケの天然産卵は1995年9月下旬から見られ始め、12月中旬まで続いた。大北川漁業協同組合による採卵用親魚捕獲のための建網設置は、1995年10月下旬から11月下旬までの約40日間であったが、その間も遡上量が多すぎて処理しきれないことから余剰分の親魚を建網の上流へ放流したため、多くのサケが天然産卵をする様子が観察された。産卵場となった区間は、大北川が組合のふ化場近くの石岡堰から木皿川合流点付近までの約1,500m間、花園川が鬼越橋から磯馴橋までの約750m間であったが、これは過去に天然産卵が確認された場所とほぼ同じであった。

目視による産卵場の計数を行ったところ、花園川が63ヶ所あり、そのほとんどが鬼越橋付近で確認され、大北川が濁りのため見にくかったにもかかわらず全区間に広く分布し333ヶ所が確認された。これはある1日に確認できた数であるので、期間を通じてそれぞれの河川にどのくらいの産卵場が作られたかは不明である。しかしながら、滞泳していた親魚の数が大北川に圧倒的に多かったことを考え併せると天然産卵の大部分は大北川で行われたと思われる。

表1に産卵場の観察結果を示した。調査にスコップを使用した石岡橋下の産卵場では、深さ20~35cmの砂利中に172~1,282粒の卵が確認された。卵数が少ないのは採集しきれなかった卵があるためと、シロサケの雌が通常数回に卵を産み分けることによると考

表1 産卵場の状況

地点名	水深(cm)	流速(cm/秒)	卵数(粒)	卵径(mm)
石岡橋	35	4.4	172	7.58
	20	5.2	212	7.45
	32	5.2	1,282	7.64
磯馴橋	-	-	55	8.08

えられる。

今回の調査では産卵場に関する詳細な調査は行われなかったが、今後天然産卵場を利用し河川の生産力を活用して行くためには、産卵場の周囲の河川形態や底質、粒度組成等の環境要因について明らかにしなければならぬ。

#### (2) 稚魚の移動・分散及び成長

稚魚のサンプリングを行うにあたり、蛍光物質による耳石標識を施した場合、ホルマリンによる標本の固定では石灰が侵され標識が確認できなくなる可能性があるため、まずその固定法について検討した。浮上サイズの標識魚を10%のホルマリン液中で保存した時の標識持続時間を表2に示した。浸漬2週間(336h)までは全ての浮上魚で標識が明瞭であったが、それ以上では不明瞭な個体が見られたため、標識魚放流後に大北川で採捕した稚魚については冷凍保存した。

表2 10%ホルマリン液中の標識持続時間

経過時間		72h	96h	264h	336h	528h	648h
標識	明瞭	10	10	10	5	4	0
	不明瞭	0	0	0	0	1	1
	確認不可能	0	0	0	0	0	11

単位:尾

一方、ホルマリン固定と冷凍により2週間保存した浮上魚各20尾について、保存前からの体長の変化率を調べた結果を表3に示した。ホルマリン固定による魚体長の変化は極めて小さかったが、冷凍保存したものでは平均で約5mmも小さくなっており、体サイズ

の分析を行うサンプルの固定にはホルマリンの方が適していた。本来ならば、両者の変化率の差が大きいため、稚魚の成長の比較をするには冷凍サンプルの測定値を補正して用いるべきであるが、今回は異なる体サイズにおける変化率を調べていない。しかしながら、各調査地点における成長の傾向が推測できれば十分であるので、そのままの値を用いた。

投網調査におけるサケ稚魚の採捕結果を表4に示した。組合による人工ふ化放流魚42万2千尾の放流が1996年1月31日に花園川の白場堰下流においてのみ行われたことから、大北川の産卵場付近で採捕される稚魚は天然魚であることが期待できる。

稚魚が採捕されたのは2月中旬から5月中旬までで、5月下旬の調査では1尾も採捕されなかった。採捕尾数の合計は2,446尾で、尾叉長の範囲は2.95~10.08cmであった。また、その期間の水温と濁度の推移は図2と図3に示した。

図4に投網10回当たりに換算したサケ稚魚の採捕尾数の推移を図示した。大北川の産卵場である石岡橋付近及び木皿川合流点付近は同様の傾向が見られ、いずれも3月に入ってから稚魚の姿が見え始め、4月中旬をピークとしてその後減少している。大北川にサケ

表3 保存法の違いによる魚体長の変化率の差

【ホルマリン固定】

	処理前(mm)	処理後(mm)	差(mm)	変化率(%)
平均	36.54	35.91	0.62	98.30
標準偏差	1.48	1.62	0.76	2.08

【冷凍保存】

	処理前(mm)	処理後(mm)	差(mm)	変化率(%)
平均	36.99	31.89	5.11	86.17
標準偏差	1.98	2.21	1.17	3.26

表4 投網調査におけるサケ稚魚採捕結果

注1) 網掛けた調査地点のサンプルはホルマリン固定。その他は冷凍。  
注2) 3.27および4.15の網掛数は最大サイズの稚魚を再放流し、それぞれ持ち帰った38尾、32尾のみ測定。

調査月日	'96. 2. 14				'96. 3. 7				'96. 3. 27				'96. 4. 8				'96. 4. 15			
	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭
水温(℃)	6.0	7.8	10.7	10.2	5.5	5.8	8.9	8.6	7.1	8.3	8.4	10.8	9.2	9.2	14.1	12.8	11.3	12.3	15.0	15.6
投網回数	6	7	4	1	4	6	6	2	4	7	6	1	4	4	6	5	5	4	5	1
採捕尾数	0	1	0	10	4	2	0	133	59	64	1	107	59	306	0	12	312	482	90	101
標準魚数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	2	1	0	-
最大FL(cm)	-	4.06	-	5.64	3.92	4.13	-	6.94	4.96	5.51	4.44	8.49	5.68	6.85	-	8.76	6.22	7.23	6.86	10.08
最小FL(cm)	-	4.06	-	4.30	3.02	3.94	-	4.79	3.26	3.24	4.44	3.75	3.42	3.16	-	3.88	2.95	3.22	3.49	3.58
平均FL(cm)	-	4.06	-	4.84	3.62	4.03	-	5.80	4.04	3.92	4.44	6.33	3.96	3.96	-	7.52	3.82	3.98	4.52	6.50
~3.00																				0.3
3.01~3.50					25.0				10.2	9.4			1.7	9.2			11.2	6.8	1.1	
F 3.51~4.00					75.0	50.0			40.7	56.3		3.7	74.6	56.2		8.3	70.8	60.4	20.0	2.0
L 4.01~4.50		100.0		30.0		50.0			33.9	23.4	100.0	4.7	6.8	24.8			12.8	21.8	47.8	2.0
組 4.51~5.00				30.0				3.0	15.3	7.8		1.9	8.5	5.2		8.3	2.6	5.0	10.0	1.0
成 5.01~5.50				30.0						1.6		0.9	6.8	2.9			1.0	2.5	4.4	1.0
5.51~6.00				10.0									1.7	0.7			1.0	1.7	7.8	
(%) 6.01~6.50										24.1				0.3			0.3	0.6	4.4	
6.51~7.00										6.8				7.5				0.6	3.3	1.0
7.01~																				
平均肥満度	-	8.07	-	9.23	9.73	8.86	-	10.09	10.25	9.82	9.97	10.67	8.97	8.33	-	10.03	8.24	8.66	9.95	9.49

調査月日	'96. 4. 25				'96. 5. 7				'96. 5. 14				'96. 5. 20			
	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭	石岡橋	木皿	大北	橋頭
水温(℃)	15.4	16.7	19.7	20.5	14.2	15.6	16.4	15.5	14.8	16.4	18.0	16.2	16.4	17.1	19.0	19.0
投網回数	1	2	5	2	7	7	6	4	3	3	5	2	5	5	5	8
採捕尾数	49	159	240	31	30	124	16	0	6	10	0	0	16	22	0	0
標準魚数	0	0	0	-	0	1	0	-	0	0	-	-	1	0	-	-
最大FL(cm)	5.61	6.87	7.87	9.37	7.59	6.13	5.23	-	7.05	4.96	-	-	6.02	6.01	-	-
最小FL(cm)	3.45	3.22	3.74	4.02	3.87	3.32	4.29	-	4.85	3.67	-	-	4.72	3.90	-	-
平均FL(cm)	4.33	4.01	4.73	5.74	4.89	4.54	4.72	-	6.12	4.36	-	-	5.29	4.70	-	-
~3.00																
3.01~3.50	4.1	3.1				0.8										
F 3.51~4.00	34.7	59.1	10.4		13.3	5.6			40.0						13.6	
L 4.01~4.50	18.4	30.2	34.2	48.4	33.3	41.9	18.8		20.0						22.7	
組 4.51~5.00	24.5	3.1	31.3	9.7	23.3	41.9	56.3		16.7	40.0			25.0	36.4		
成 5.01~5.50	16.3	1.9	12.5	3.2	6.7	5.6	25.0						50.0	22.7		
5.51~6.00	2.0	0.6	4.6	3.2	10.0	3.2			33.3				18.8			
(%) 6.01~6.50		0.6	2.9		6.7	0.8			16.7				6.3	4.5		
6.51~7.00		1.3	1.7	3.2												
7.01~			2.5	32.3	6.7				33.3							
平均肥満度	9.06	9.00	10.08	10.24	9.61	10.25	9.62	-	-	-	-	-	9.60	9.55	-	-

稚魚の放流は行われていないことから、この採捕尾数の増加する3月から4月中旬にかけてが天然魚の浮上時期と考えられ、特に4月上旬に最も多くの天然魚が浮上したと言える。

それに対し、組合によりサケ稚魚が放流された花園川の磯馴橋付近では2月の調査時から稚魚が採捕され、3月上旬ですでに多くの稚魚が存在していた。ここで4月上旬の稚魚の採捕数が少なかったため、3月下旬と4月中旬に2つのピークがあるように見えるが、表4に示したとおり4月上旬の採捕魚の尾叉長組成はその前後のものと同様であるうえ、天然魚と思われる大北川の尾叉長と比較して極めて大きいことから、同じ人工ふ化放流魚の群である。これより4月上旬の調査時には、採捕された稚魚は少なかったものの、花園川内のこの付近に放流魚の群は滞泳していたと思われる。

河口に近い大北橋付近では、他の調査地点で採捕尾数の減りだした4月下旬頃に最も多く採捕されてお

り、上流から移動して来た稚魚が採捕されたものと考えられる。

また、各地点とも5月に入ってからほとんど採捕されなくなった。図2、図3を見ると、4月下旬から濁度の上昇が見られ、水温も10℃以上となっており、これをきっかけに多くの稚魚が降河行動を起こしたことが伺われた。

次に投網調査におけるサケ稚魚の尾叉長組成の推移を図5に示した。1月31日の組合による人工ふ化放流魚の平均尾叉長は4.48cmで、3.5~4.5cmの稚魚が大部分を占めていた。磯馴橋の2月14日と3月7日のグラフから放流魚が河川内で成長していく様子が見られる。この時の大北川では数尾の稚魚しか採捕されず、また、花園川でも4cm以下の稚魚が採捕されていないことから天然魚の浮上はほとんど始まっていないと思われた。

飼育したサケの浮上直後の尾叉長を測定したとこ

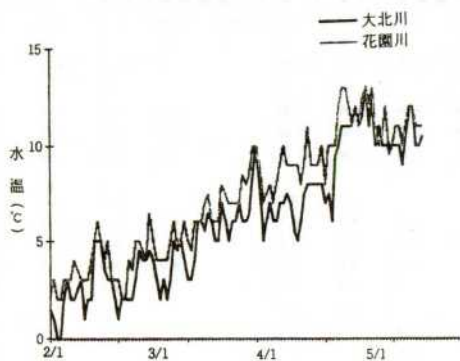


図2 大北川、花園川の水温の推移

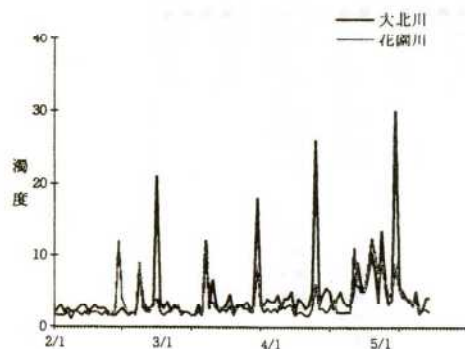


図3 大北川、花園川の濁度の推移

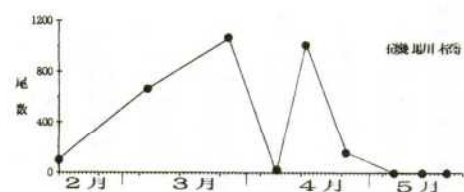
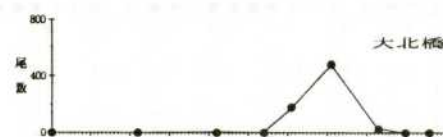
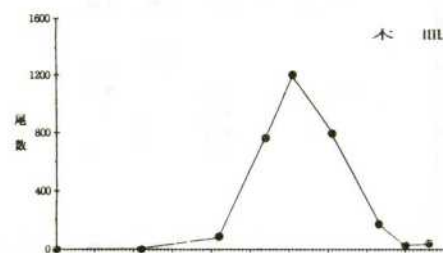
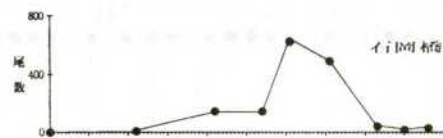


図4 投網10回当たり採捕尾数の推移

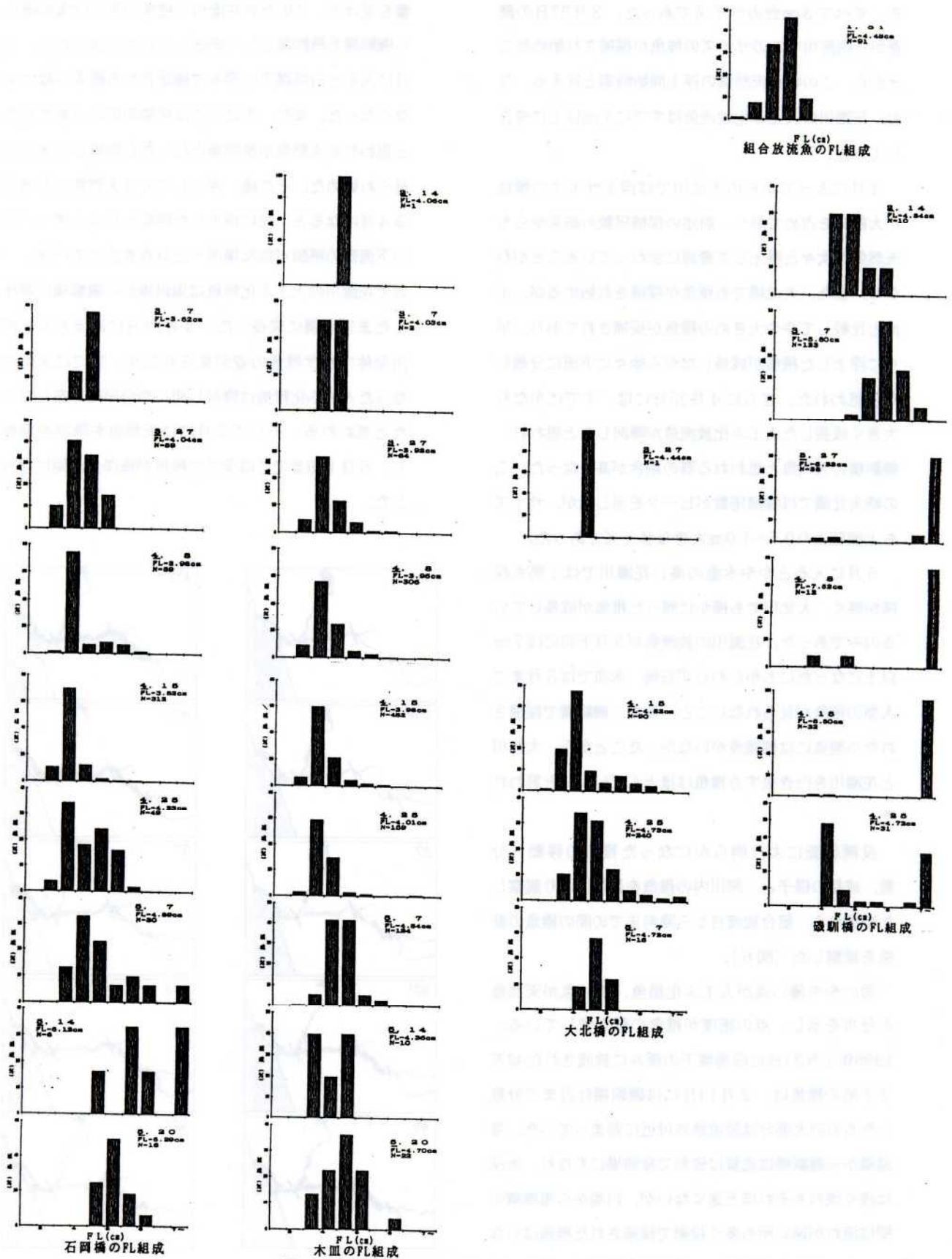


図5 投網調査におけるサケ稚魚のFL組成の推移

ろ、すべて3cm台のサイズであった。3月27日の調査から両河川でこのサイズの稚魚が採捕され始めたことから、この頃が天然魚の浮上開始時期と言える。なお、花園川の人工ふ化放流魚はすでに7cm以上に成長していた。

4月に入ってからの大北川では浮上サイズの稚魚が大部分を占めており、前述の採捕尾数の結果からも天然魚が次々と浮上して資源に加わっていることがわかる。また、大北橋でも稚魚が採捕され始めるが、上流と比較してやや大きめの稚魚が採捕されており、早くに浮上した稚魚が成長しながら徐々に下流に分散したと思われた。さらに4月25日には、すでにかなり大きく成長した人工ふ化放流魚が降河したと思われ、磯馴橋の天然魚と思われる群の割合が高くなった。この時大北橋では採捕尾数がピークを示したが、サイズも上流部より0.5~1.0cm大きなサイズであった。

5月に入るとやや水温の高い花園川では1尾も採捕が無く、大北川でも僅かに残った稚魚が成長しているのみであった。花園川の放流魚が3月下旬には7cm以上になったにもかかわらず石岡、木皿では5月まで大型の稚魚が見られないこと、また、磯馴橋で採捕された小型魚には標識魚がいなかったことから、大北川と花園川を行き来する稚魚はほとんどいないと思われた。

投網調査により明らかになった稚魚の移動・分散、成長の様子と、河川内の稚魚を目視により観察した結果から、組合放流日から降河までの間の稚魚の動態を推察した(図6)。

図のやや薄い点が人工ふ化稚魚、濃い点が天然魚の分布を示し、点の密度が稚魚の量を表している。1996年1月31日に白場堰下の深みに放流された42万2千尾の稚魚は、2月14日には磯馴橋付近まで分散したものの大部分は放流地点付近に留まっていた。鬼越橋から磯馴橋は底質は砂利で産卵場にもなり、水深は浅く流れもそれほど速くないが、白場から鬼越橋の間は流れが速い所も多く投網で採捕された稚魚はいなかった。また、磯馴橋より下流は底質は砂で海水の影

響を受ける。このため花園川の稚魚の多くは鬼越橋から磯馴橋を摂餌場として滞泳していたと思われる。3月に入ると白場堰下の深みで確認される稚魚の数は少なくなった。また、大北川では早期の卵から産まれたと思われる天然魚が産卵場となった石岡堰から木皿で見られ始めた。その後、浮上してくる天然魚が急増する4月になると、先に浮上した稚魚から少しずつ河川の下流部の摂餌可能な場所へと分布を広げて行き、一方で花園川の人工ふ化稚魚は鬼越橋から磯馴橋に滞泳したまま順調に成長した。4月25日にはほとんど河川全体でサケ稚魚の姿が見られたが、すでに大型になった人工ふ化稚魚は降河し河口や沿岸に分布していたと思われる。そして5月には天然魚も降河を開始し、5月下旬までには全ての稚魚が海洋生活期に移行した。

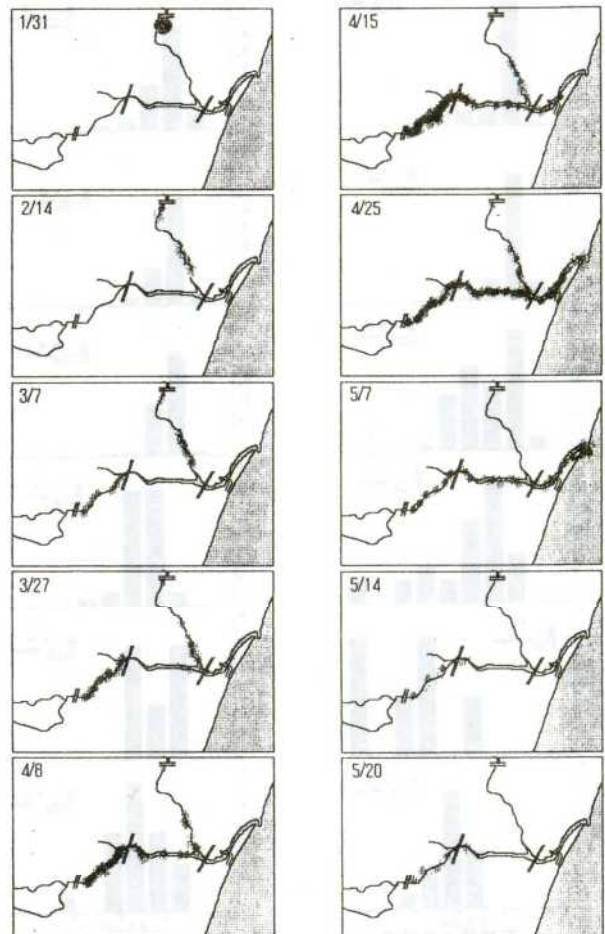


図6 大北川、花園川におけるサケ稚魚の動態

(3) 資源量の推定

Petersen法による大北川のサケ稚魚の資源量推定を行うため、ALCにより耳石標識を施した浮上魚8千尾の放流を1995年4月8日、石岡堰下流において行った。放流に当たり50尾の浮上魚で耳石標識の有無を確認したところ、すべてのサンプルで標識が確認できたことから放流魚はもれなく標識されていると考えられた。また、放流魚の平均尾叉長は3.68cmであった。

標識放流と再捕による資源量推定を行うためには、以下のことが前提条件となる。

- ① 標識をつけることによる放流直後の短期的死亡や標識脱落がなく、再捕魚はすべて発見され報告される。
- ② 標識魚の死亡率、散逸率は非標識魚と等しく、実験期間中非標識魚の加入がない。
- ③ 標識魚は他の個体とよく混合しており、行動や捕獲されやすさに差異がない。

ALCによる耳石標識であり、採捕魚はすべて試験場に持ち帰って標識の確認を行っていることから、標識脱落や再捕魚の見落としは無いと考えられる。ま

た、大北川水系はサケ稚魚にとっては閉鎖的な水域で他の河川からの加入は無く、調査区間には期間中に農業用水への迷入等により大量に稚魚が流出するような取水口も無かった。さらに、天然産浮上魚が最も多く見られた時期に、同じ浮上サイズの標識魚を、産卵場内において放流したことから放流魚と天然魚が河川内でよく混合し、標識魚の再捕状況からもその後の行動や死亡、捕獲されやすさ等に差がなかったことが推察された。これにより資源量の推定が可能となった。

標識放流の翌日から9日間、木皿で行った待網によるサケ稚魚の採捕結果を表5に示した。夜間に入網する稚魚が多いのは、被食回避のため低水温時ほど稚魚が夜間に活動的になるが、視覚による定位能力が低下して流されやすくなる(Thorpe:1994)と同時に障害物認知能力も低下するためと思われる。待網では浮上サイズの稚魚を中心に5,119尾が採捕され、標識魚はそのうち26尾であった。

次に投網により再捕された標識魚について(表4)、河口に近い大北橋では花園川から来る稚魚も捕獲されると考えられる。しかし、大北橋で捕獲尾数の最も多い4月25日には、組合による人工ふ化放流魚

表5 待網によるサケ稚魚採捕結果(大北川)

採捕日/朝夕	H8.4.9朝	H8.4.9夕	H8.4.10朝	H8.4.10夕	H8.4.11朝	H8.4.11夕	H8.4.12朝	H8.4.12夕	H8.4.13朝	H8.4.13夕
時刻	8:00	16:00	8:00	16:15	8:00	17:00	8:10	16:30	6:00	16:30
採捕尾数	556	46	275	14	988	78	94	70	1,272	155
最大FL(mm)	55.62	44.01	50.91	49.94	47.69	48.63	57.83	54.82	63.90	63.90
最小FL(mm)	30.84	34.34	32.39	35.79	30.90	33.94	33.10	33.96	29.94	29.94
平均FL(mm)	36.91	38.58	37.19	40.06	36.65	38.33	38.66	38.52	37.04	37.04
水温(°C)	7.5	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	7.0	8.0	5.0	8.0
気温(°C)	16.0	12.0	15.0	11.0	15.0	14.0	14.0	14.0	9.0	11.0
天気	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
水深(cm)	30	30	30	30	30	30	30	32	32	30
標識魚数	4	0	1	0	8	0	0	2	8	1
備考										

採捕日/朝夕	H8.4.14朝	H8.4.14夕	H8.4.15朝	H8.4.15夕	H8.4.16朝	H8.4.16夕	H8.4.17朝	H8.4.17夕
時刻	8:15	16:40	8:00	16:50	8:00	17:00		18:15
採捕尾数	484	81	424	49	469	26		38
最大FL(mm)	51.26	52.15	60.55	51.60	46.02	53.70		46.04
最小FL(mm)	31.66	33.23	32.89	34.31	31.33	33.33		35.15
平均FL(mm)	37.51	38.65	37.03	38.75	36.51	39.22		38.91
水温(°C)	6.0	10.0	8.0	11.0	9.0	9.0		10.0
気温(°C)	17.0	17.0	17.0	17.0	13.0	11.0		12.0
天気	晴	晴	晴	晴	雨	晴		曇
水深(cm)	32	30	30	34	30	62		40
標識魚数	0	0	2	0	0	0		0
備考								増水

はほとんど降海していたと推察され、また、産卵場の観察結果と投網調査の結果から花園川の天然産卵魚は大北川と比較すると極めて少ないと言えることから、大北橋で捕獲された稚魚は石岡・木皿から分散してきた稚魚とみなした。一方、標識放流後の再捕期間を長くとると、資源尾数と標識放流尾数の比が一定でなくなりPetersen法の仮定が成立しなくなる懸念があるが、5月20日まで標識魚が再捕されているうえ、天然魚と標識魚の行動に差異がないことを前提に、河川内の最後の稚魚が浮上した後の全稚魚数を推定する母集団としているため、4月15日から5月20日までを投網による標識魚再捕期間とした。以上から、投網では1,556尾を採捕し、うち5尾が標識魚という結果が得られた。

資源量は次式の仮定のもと、正規分布で近似し区間推定により求めた(赤嶺:1988)。また、信頼区間推定の精度を高めるため標識魚の再捕尾数を $\chi = \chi \pm 0.5$ に修正した。(赤嶺:1993)。

$$p(\text{一定}) = \frac{M}{N} = \frac{\chi}{n}$$

N: 資源尾数                       $\chi$ : 標識魚の再捕尾数

M: 標識放流尾数                n: 総採捕尾数

待網及び投網による採捕の結果から、標識放流尾数M=8,000尾、総採捕尾数n=6,675尾、標識再捕数 $\chi=31$ が得られ、これを用いて資源尾数は95%信頼区間で1,258,000尾から2,600,000尾と推計された。

#### (4) 天然魚の再生産について

調査開始当初、大北川水系の産卵場付近が湧水の無い卵期の水の流通に不安がある場所であること、直線的で多様性のない流域であり稚魚が滞泳できないことが予想された等の理由から、親魚の産卵行動は見られたもののどの程度の稚魚が降海まで至るか疑問であった。しかし実際には、尾数だけを見ると、組合によるふ化放流数の数倍の天然産サケ稚魚が河川内でふ化、成長し降海していったことが推察された。

入江(1985)は海洋生活期初期におけるシロサケの发育段階を4段階に区別し、進んだ发育段階で放流することが自然減耗を減らし回帰率を向上させると述べている(表6)。これによると回帰率向上の変曲点となる尾叉長は、スモルト化の起こる5cmと外洋へ回遊移動を開始する8cmであると言える。

回帰率は河川、河口、沿岸、海洋における多くの危険性の総決算により決まるが、自然死亡の大部分は沿岸域で起こると考えられている(白旗:1985)。海域の環境条件を考慮しなければ、組合による人工ふ化放流魚は降河時には8cm以上になっており、速やかに沖合いへの移動に入れることからその後の生残に有利である。一方、大北川の天然魚の降河時のサイズは、調査結果が冷凍保存したサンプルであることから実際には5cm以上と考えられ、最も減耗の多い段階よりも進んだスモルト化の起こるサイズで降海していた。

表6 シロサケ幼魚の海洋生活初期における发育段階

(入江隆彦 1985)

发育段階	尾叉長範囲(cm)	分布域	形態的特徴	生活環境(水塊)	餌料生物	行動的特徴
A	3~5	1マイル以内の沿岸、波打ちぎわ、港湾、入り江	バーマークあり、鱗未完成 眼径、口幅、胸鰭長等が体に比し大きい、鰓は未完成	沿岸水	落下昆虫 小型動物プランクトン 仔魚	集群性やや強い 水のやや表面を泳ぐ すう光性強い
B	5~8	沿岸数マイル以内	バーマーク消失 銀毛化がすすみ鱗形成 背鰭、尾鰭が黒化しはじめる	沿岸水	大型動物プランクトン	集群生と移動性强まる
C	8~11	沿岸10マイル以内 ~沖合	体の各部分比がほぼ一定になる	沿岸水 寒・暖流水系の低塩部	大型動物プランクトン	集群生と移動性さらに強まる 水面より少し下層を泳ぐ
D	11~17	沖合	鰓の完成	沖合冷水	大型動物プランクトン	同上

段階A: 尾叉長3~5cm。降海してまだ海洋生活に十分適応していない。

段階B: 尾叉長5~8cm。海洋生活への適応が徐々にすすみ、沖合への移動準備を整えつつある。

段階C: 尾叉長8~11cm。海洋生活に十分適応し、外洋への移動を始めている。

段階D: 尾叉長11~17cm。普通はすでに沖合海域へ移動している。



大北川のこれまでのサケ資源の回帰は、天然産卵がほとんど無く、人工ふ化放流により維持されてきたと言える。過去の調査結果から、放流年級別の放流数に対する組合の親魚再捕率は0.3~0.5%であるが、採卵に要しない親魚は捕獲しないことから、これを採捕数に加えると回帰率ではもっと高い値を示すことになる。今回5cm以上に成長して降海した天然魚の回帰状況は今後の調査結果を待たなければならないが、仮に0.2%以上の回帰があって、その全てが河川で産卵を行うならば、再び本年並の天然産卵量（本年の組合による親魚捕獲数は2,119尾であった）は十分見込まれることになる。このことは、河川の環境収容力、生産力を十分に活かすことができれば、天然サケの再生産による資源量の維持が可能であることを示唆している。

しかしながら、本調査の期間中は水不足で極端な増水が無く、稚魚の滞泳には都合の良い水量であった。また、大北川、花園川の産卵場付近の環境は河川改修により単純化された環境であるので、上流からの大量の土砂流出等により安易に産卵場が消失することも考えられる。生活史の中で最も資源の減耗の激しい卵から稚魚までの発育が自然条件に依存されれば、年毎の資源変動が大きくなるのは明らかであり、今後天然産卵場の形成される環境要因等の詳細な調査や海域での稚魚の生残の実態、アユ等の他魚種との関係も考慮した環境容量の把握等調べるべき点は多い。いずれにしても、これまでの本県のサケに関する研究は採卵から魚を放流するまでの技術開発が中心に行われてきたが、今後は河川や沿岸といった水域の環境に焦点を合わせた研究を行う必要がある。

#### (5) おわりに

大北川のサケ増殖事業は、長年わずかのサケの遡上が見られるのみであったこの河川において1979年に県が試験的に放流を行ったことに始まり継続されて

きた。親魚の捕獲数は年々増加し、ピークとなった1986年には4千尾を越える等、放流による効果は認められたものの、回帰親魚の利用法が採卵用以外にないため、事業が利益となっていないのが現状である。そこで、天然産卵を利用することで増殖経費をかけずに資源を維持できる可能性が出てくる。また、関東地方の河川においてサケの天然産卵の様子を野外で観察できることになれば、親魚の掴み取りや学校等の団体による稚魚放流体験以上に観光・教育面での利用価値が高いうえ、環境保全意識の高揚による漁場保全も図ることができると考えられる。これまでは国や県、組合の管理してきたサケであるが、今後は天然産卵を中心として天然のサケが循環する生態系としての河川として、地域の住民が新たな関わりを持てるように施策をたてることを考えなくてはならない。

#### 4. 要 約

- (1) 多くのサケの天然産卵が見られた大北川水系（大北川と花園川）において、その実態を明らかにするため調査を行った。
- (2) 産卵場となったのは、大北川が石岡堰～木皿川合流点間、花園川が鬼越橋～磯馴橋間であるが、天然産卵の大部分は大北川で行われた。
- (3) 1996年1月31日に放流された組合による人工ふ化放流魚は、4月下旬頃に8cm以上のサイズとなって降河していた。
- (4) 大北川の天然産卵魚の浮上は、石岡付近を中心に3月下旬から始まり、4月上旬に最も多かった。その後5cm以上のサイズに成長し、5月上旬から下旬にかけて降河した。
- (5) ALC耳石標識魚の放流・再捕尾数により推定した天然産卵魚の資源量は、125万8千尾から260万尾であった。
- (6) 河川の生産力を活用することで、天然のサケ資源の再生産が可能であることが示唆された。

## 引用文献

- 赤嶺達郎 (1988) : Petersen法の区間推定 (前編), 水産研究, 34, p.6-10
- 赤嶺達郎 (1993) : 除去法による資源量推定とモデル選択, 水産資源解析と統計モデル (松宮義晴編), 恒星社厚生閣, p.22-41
- 入江隆彦 (1985) : 海洋生活初期のサケ・マス幼魚の分布と生態, サケ・マス増養殖の強化, 日本水産資源保護協会, p.31-53
- 茨城県 (1980) : 未利用河川調査, 昭和54年度さけ・マス資源増大対策調査報告書, p.140-162
- 茨城県 (1981) : ふ化用水水質調査, 昭和55年度さけ・マス資源増大対策調査報告書, p.155-165
- 茨城県 (1996) : 茨城県河川サケ回帰親魚について, 平成6年度さけ・マス資源管理効率化推進事業報告書, p.54-63
- 久保伊津男・吉原友吉 (1957) : 標本作成法, 水産資源学, 共立出版, p.276
- 白旗総一郎 (1985) : 日本におけるさけマス資源培養戦略, サケ・マス増養殖の強化, 日本水産資源保護協会, p.103-111
- Thorpe, J. E. and A. Moore (1996) : The Migratory Behaviour of Juvenile Atlantic Salmon. サケ科魚類の回遊と増殖 (第3回サケマス増殖談話会講演要旨集), p.15-22