

本州日本海沿岸におけるサケ幼稚魚の摂餌選択性

鈴木俊哉・福若雅章・清水幾太郎・関 二郎・帰山雅秀・真山 紘

〒062 札幌市豊平区中の島2-2 水産庁北海道さけ・ますふ化場調査課

Feeding Selectivity of Juvenile Chum Salmon in the Japan Sea Coast of Northern Honshu

Toshiya Suzuki, Masa-aki Fukuwaka, Ikutaro Shimizu, Jiro Seki,
Masahide Kaeriyama, and Hiroshi Mayama

Research Division, Hokkaido Salmon Hatchery, Fisheries Agency of Japan,
2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo 062, Japan

Abstract.—The present study evaluated the relation between fish size and feeding selectivity in juvenile chum salmon fed on pelagic zooplanktons during their coastal life in the Japan Sea. Small juveniles fed small preys and large juveniles fed selectively large preys. Juvenile chum salmon emphasized selectivity for large preys at 50-60 mm in fork length when they developed from fry to fingerling stage.

はじめに

海洋初期生活期のサケは、発育・成長にともなって、生息場所を河口域や渚帯から沿岸、さらに沖合へと移すことが知られている(真山他 1982; 帰山 1986)。これにともなって、サケ幼稚魚が利用する主要な餌生物は、河口域や渚帯での表在底生動物から、沿岸・沖合域での動物プランクトンへと変化する(Mason, 1974; Kaczynski et al., 1973; Brodeur and Pearcy, 1990)。動物プランクトンを摂餌するサケの食性は、主に沿岸に分布する尾叉長(以下、体長と記す)50 mm以上の幼魚で調べられ、大型の動物プランクトンを選択的に摂餌することが知られている(Healey, 1980; 入江 1990)。一方、渚帯に分布するサケは、小型の表在底生動物を選択的に摂餌することが体長50 mm以下の稚魚で報告されている(Feller and Kaczynski, 1975)。これらのことから、サケ幼稚魚の摂餌選択性は発育・成長にともなって変化する可能性が示唆されるが、一方で、サケ幼稚魚の動物プランクトンに対する摂餌方法と表在底生動物に対するそれとが異なる可能性も指摘されている(Feller and Kaczynski, 1975)。し

北海道さけ・ますふ化場研究業績A第341号

たがって、同種類の餌(動物プランクトンあるいは表在底生動物)を摂餌したサケ幼稚魚の摂餌選択性と体サイズとの関係を検討することは、海洋初期生活期のサケの摂餌生態を明らかにするための重要な課題の1つと考えられる。

著者らは、本州日本海沿岸域において主に動物プランクトンを摂餌したサケ幼稚魚の摂餌選択性と体サイズとの関係について若干の知見を得たのでここに報告する。

材料と方法

サケ幼稚魚の採集を、1993年4月28日午前8時から11時30分に、山形県吹浦沖の日本海沿岸において、離岸距離1.4 km, 2.6 km, 4.1 kmおよび8.0 km(それぞれ、定点A, B, CおよびDとする)の4地点でおこなった(Fig. 1)。採集漁具は、サヨリ2艘曳網(手網:長さ7 m, 目合28-34 mm; 袖網:長さ4.5 m, 間口8.1 m×4.0 m, 目合28 mm; 胴網:長さ10.3 m, 間口1.5 m×2.6 m, 目合25 mm; 魚だまり:TOネット, 長さ3 m, 目合7.5 mm)を用いた。曳網を海岸線と平行に約2 kmおこなった(曳網時間, 30分)。採集された魚を海水で希釈した10%ホルマリンで固定し、後日、体長、体重および胃内容量を測定した。定点AおよびDの一部の標本、定点BおよびCの全標本の胃内容物について

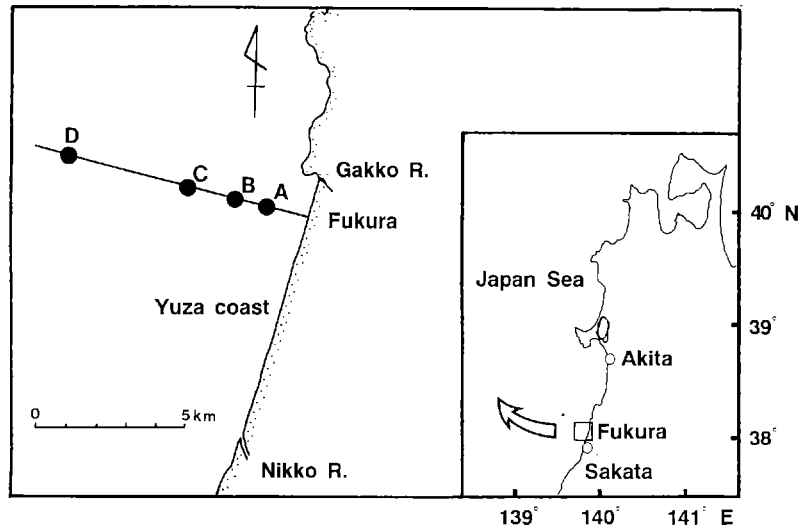


Fig. 1. Maps showing sampling stations (solid circles) in the Japan Sea coast of northern Honshu.

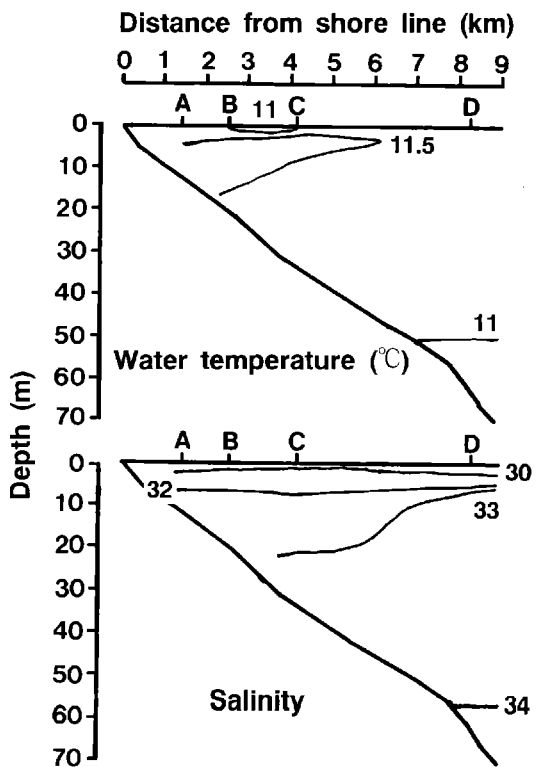


Fig. 2. Vertical sections showing contours of water temperature and salinity observed at sampling station A-D.

種組成（個体数）を調べた。各定点において胃内容物組成1%以上の餌生物を、解析対象種とした。

水温、塩分の測定ならびに動物プランクトン試料の採集を、曳網開始直前と直後におこなった。水温と塩分を、水温・塩分計（アレック社AST-1000S）を用いて表層から底まで0.2mごとに測定した。動物プランクトンを、改良型NORPACネット（目合GG54）を用いて20m層からの鉛直曳きで採集した。海水で希釈した10%ホルマリンで固定した動物プランクトンの標本を、後日2つに分け、一方を湿重量の測定に、他方を個体数組成の分析に用いた。動物プランクトンの現存量（湿重量）を、ネット入口に取り付けた濾水計の値から1m³あたりの値として算出した。さらに、動物プランクトンの体幅と全長を測定した。動物プランクトンのサイズを、それらの形態を円柱型と仮定した場合の容積を指標として、全定点の平均値（各定点10個体を測定）で表した。ただし、採集数が10個体に満たない定点が含まれる種類では、各定点の採集数の合計が40個体を越える場合、不足分を他の定点の標本で補った。一方、各定点の採集数の合計が40個体以下の種類では、全個体を測定した。ただし、橈脚類のコペポディッド期には、異なる種および発育段階の個体が含まれ、サイズが大きく異なるため、サイズを測定しなかった。さらに、稚魚は胃内容物とプランクトンネットの標本との間で異なる種類が出現したため、またヨコエビ類はプランクトンネットで採集されなかったため、これらのサイズを測定しなかった。

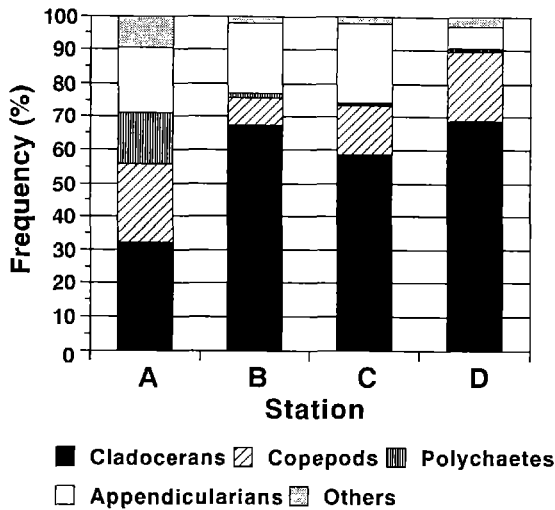


Fig. 3. Frequency of number of zooplankton collected by NORPAC net at station A-D.

サケ幼稚魚の摂餌様式を調べるために、胃内容物の個体数組成とネットで採集された動物プランクトンの個体数組成との類似性をPianka (1973)の重複度指数 (O , 木元・武田 1989より引用)で、摂餌選択性をイヴレフ (1965)の選択性指数 (E)を用いて表した。

結果と考察

生息環境 調査海域の水温は10.6°Cから11.6°Cの範囲にあり、鉛直的な変化が少なかった(Fig. 2)。塩分は26.5から34.1の範囲にあり、表層に低塩分の水が成層していた。サケ幼稚魚が分布すると考えられる表層水の水温と塩分は、それぞれ約11°Cと約29を示し、距岸1 kmから8 kmまでの範囲で大きな変化がみられなかった。

動物プランクトンの現存量は、定点A, BおよびCでは大きな差がなかったが(それぞれ, 120, 117および135 mg/m³)、定点Dで270 mg/m³と高い値を示した。動物プランクトンの個体数組成は、各定点ともに暖水沿岸性の枝角類 *Evadne nordmanni*の比率が最も高く、定点B, CおよびDでは卓越種となった(Fig. 3)。次いで定点AおよびDでは橈脚類、定点BおよびCでは尾虫類(大部分がオタマボヤ類)の組成が高かった。橈脚類の優占種は定点Aが冷水性の *Centropages abdominalis*、定点Bが暖水性の *Paracalanus* sp., 定点CおよびDが冷水性の *Pseudocalanus newmani*で、冷水性の種が優占した定点が多かった。岸寄りの定点Aにおける動物プランクトンの種組成は、他定点に比べ、枝角類の比率が低く多毛類の比率が高かった。

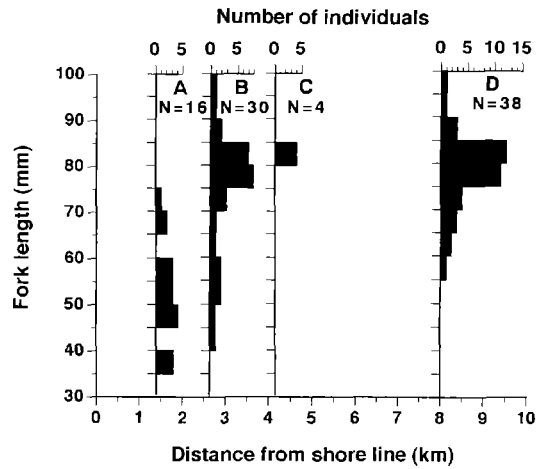


Fig. 4. Size frequency distribution of juvenile chum salmon collected at station A-D.

動物プランクトンのサイズは種類により大きく異なった (Table 1)。大部分の動物プランクトンのサイズが0.07から0.35の範囲であるのに対し、*Calanus sinicus*, オキアミ類フルシリア幼生および多毛類のサイズは1.02から1.22と非常に大きかった。したがって、動物プランクトンをサイズにより、大型餌 (*Calanus sinicus*, オキアミ類フルシリア幼生および多毛類)と小型餌(その他の動物プランクトン)の2グループに分けた。

サケ幼稚魚のサイズ 定点Aでは、体長60 mm以下の個体が多く採集された (Fig. 4)。定点Bでは、体長区分75 mmと80 mmに属する個体を中心に、体長40 mmから100 mmまでの個体が採集された。定点Cでは体長80 mm程度の4個体が採集された。定点Dで採集された個体は、体長80 mm付近にモードを持つサイズ分布を示した。このように、岸寄りの定点Aには小型の個体が分布し、沖寄りの定点CおよびDには大型の個体が分布し、中間の定点Bでは両者が分布した。

食性 サケ幼稚魚の胃内容物の個体数組成は、定点Aと定点B, CおよびDとの間で異なった (Table 2)。定点Aで採集された小型のサケ幼稚魚(平均体長, 52.8 mm)は、オタマボヤ類および *Podon* spp.などの小型餌を高い頻度(62.6%)で摂餌した。胃内容物の個体数組成とプランクトンネットの個体数組成は高い類似性を示した ($O=0.76$)。摂餌選択性指数は、大型餌および小型餌ともに、含まれる種類により正の選択性を示す場合と負の選択性を示す場合があった。このように、この地点のサケ幼稚魚には特定のサイズの餌を選択的に摂餌する傾向

Table 1. Body width, length, and size index of zooplanktons collected by net at station A-D. Each value indicates mean \pm SE. Size index (SI) is calculated from the equation: $SI = \pi(W/2)^2L$, where W = body width, L = body length.

Zooplankton species	Body width (mm)	Body length (mm)	Size index	N
<i>Evadne nordmanni</i>	0.46 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.15 \pm 0.01	40
<i>Podon</i> spp.	0.48 \pm 0.02	0.74 \pm 0.02	0.15 \pm 0.01	40
<i>Calanus sinicus</i>	0.75 \pm 0.02	2.67 \pm 0.03	1.20 \pm 0.06	21
<i>Palacalanus</i> sp.	0.32 \pm 0.00	1.01 \pm 0.01	0.08 \pm 0.00	40
<i>Centropages abdominalis</i>	0.42 \pm 0.01	1.65 \pm 0.02	0.24 \pm 0.01	37
<i>Oithona</i> spp.	0.26 \pm 0.01	1.29 \pm 0.03	0.07 \pm 0.00	40
Euphausiid calytopises	0.44 \pm 0.01	1.45 \pm 0.07	0.23 \pm 0.01	25
Euphausiid furciliars	0.73 \pm 0.02	2.87 \pm 0.08	1.22 \pm 0.10	8
Oikopleurids	0.37 \pm 0.01	3.09 \pm 0.08	0.35 \pm 0.03	40
Polychaetes	0.51 \pm 0.01	4.73 \pm 0.13	1.02 \pm 0.06	40
Gastropods	0.53 \pm 0.05	0.38 \pm 0.03	0.10 \pm 0.03	9

Table 2. Stomach content composition (SC), electivity coefficient (*E*), degree of overlap, and mean fork length of juvenile chum salmon collected at station A-D. Stomach content composition and zooplankton composition (Net) are indicated percent by number. Electivity coefficient and degree of overlap are based on Ivlev (1965) and Pianka (1973), respectively. Prey taxa are omitted if their frequency in stomach content is less than 1% on each station. Prey taxa are listed from top to bottom in order of their size (see table 1), except for copepod copepodites, gammarids, and fish larvae.

Station	A			B			C			D		
	SC	Net	<i>E</i>	SC	Net	<i>E</i>	SC	Net	<i>E</i>	SC	Net	<i>E</i>
Mean fork length (mm)	52.8			74.6			83.3			77.4		
Number of fish	13			30			4			14		
Degree of overlap	0.76			0.21			0.07			0.12		
Small prey												
<i>Oithona</i> spp.	1.0	3.1	-0.51									
<i>Paracalanus</i> sp.	5.0	2.4	0.35									
Gastropods	4.5	0.0	1.00									
<i>Podon</i> spp.	14.9	5.5	0.46	3.0	8.7	-0.49				2.1	3.3	-0.22
<i>Evadne nordmanni</i>	9.6	26.6	-0.47	9.4	58.5	-0.72	1.8	53.6	-0.93	3.5	65.4	-0.90
Euphausiid calytopises				0.9	0.0	1.00				22.2	0.7	0.94
<i>Centropages abdominalis</i>	1.8	3.6	-0.33									
Oikopleurids	25.8	18.2	0.17	1.7	18.8	-0.83	1.5	20.5	-0.87			
Large prey												
Polychaetes	12.2	15.6	-0.12	16.5	1.2	0.86	37.1	1.3	0.93			
<i>Calanus sinicus</i>	9.0	0.5	0.89	46.6	0.1	1.00	29.7	0.1	0.99	29.9	0.3	0.98
Euphausiid furciliars	5.1	0.0	1.00	8.8	0.0	1.00	1.9	0.1	0.90	30.0	0.1	0.99
Not classified												
Copepod copepodites	5.0	12.3	-0.42	7.9	3.8	0.35	4.6	8.8	-0.31	9.6	14.6	-0.21
Gammarids	1.6	0.0	1.00									
Fish larvae				3.0	0.1	0.94	22.4	0.1	0.99			

が認められなかった。

一方、定点B, CおよびDで採集された大型のサケ幼稚魚(平均体長, 74.6-83.3 mm)は*Calanus sinicus*, 多毛

類およびオキアミ類フルシリア幼生などの大型餌を高い頻度で摂餌した(59.9-78.0%)。胃内容物の個体数組成とプランクトンネットの個体数組成との類似性は低かった

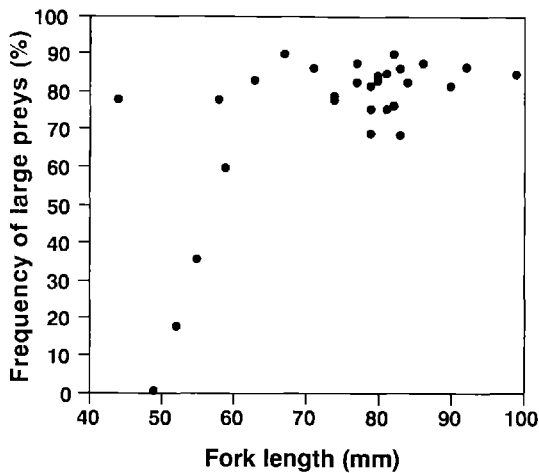


Fig. 5. Relationship between fork length and percentage of large preys (*Calanus sinicus*, euphausiid furciliars, and polychaetes) in the stomach of juvenile chum salmon collected at station B.

(O , 0.07-0.21). サケ幼稚魚は、大型餌に対して非常に強い摂餌選択性を示したが ($E > 0.93$), 小型餌に対しては、オキアミ類カリプトビス幼生を除き、負の選択性を示した ($E < -0.34$). このことから、これらの幼稚魚は大型餌を選択的に摂餌していたことが示唆された。

採集された魚の体長範囲が最も広がった定点Bにおける標本を用いて、サケ幼稚魚の体長と摂餌選択性との関係について検討した。幼稚魚の胃内容物中に占める大型餌の比率は、体長50-60 mmの間で高まり、体長60 mm以上の個体では67.8-89.2%の高水準に達した (Fig. 5)。これらのことは、サケ幼稚魚が体長50-60 mmの間で大型餌に対する選択性を高め、体長60 mm以上で大型餌を高率に摂餌することを示唆している。小型個体では、体長44 mmの1個体のみが高い頻度で大型餌を摂餌していたが、その理由は不明である。

以上のことから、沿岸生活期のサケ幼稚魚は、体長50-60 mmの間で大型餌に対する選択性を高め、主要な餌を小型餌から大型餌に変化させると推定された。今回、沿岸生活期における体長60 mm以上のサケが動物プランクトンの大型の種類を選択的に高率で摂餌することを示したが、このことは、これまでに報告されている同サイズのサケ幼魚の摂餌方法と一致した (Healey, 1980; 入江 1990)。また、サケ幼稚魚の摂餌する大型餌の比率が高まる体長は、Okada and Taniguchi (1971) により報告されたサケ幼稚魚の利用する餌サイズ (体幅) の範囲が拡大する体長 (55 mm) と近い値となった。サケは、その

発育過程において、体長50 mmで稚魚期から摂餌機能と遊泳機能が強化される前期幼魚期へ発育段階を移行することが知られている (婦山 1986)。したがって今回の結果は、本州日本海域における沿岸生活期のサケが、稚魚期から幼魚期への発育段階の移行にともなって、大型餌を選択的に摂餌するようになったことを示すと考えられる。

謝 辞

本調査の全般にわたり多大なるご支援をいただいた、山形県水産試験場の鈴木裕之氏ならびに斉藤祐氏、山形県漁業協同組合吹浦支所の斉藤章氏に心から感謝いたします。さらに、動物プランクトン種の査定をはじめ多くの有益な御教示を賜った日本海区水産研究所の平川和正博士に深く感謝の意を表します。

引用文献

- Brodeur, R. D., and W. G. Pearcy (1990): Trophic relations of juvenile Pacific salmon off the Oregon and Washington coast. *Fish. Bull.*, 88, 617-636.
- Feller, R. J., and V. W. Kaczynski (1975): Size selective predation by juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) on epibenthic prey in Puget Sound. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 32, 1419-1429.
- Healey, M. C. (1980): The ecology of juvenile salmon in Georgia Strait, British Columbia. In *Salmonid ecosystems of the North Pacific* (edited by W. J. McNeil and D. C. Himsworth). Oregon State University Press, Corvallis. pp. 203-228.
- 入江隆彦 (1990): 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究. 西水研報, (68), 1-142.
- イヴレフ, B. C. (1965): 魚類の栄養生態学. たたら書房, 米子. xii+262 p.
- Kaczynski, V. W., R. J. Feller, J. Clayton, and R. J. Gerke (1973): Trophic analysis of juvenile pink and chum salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* and *O. keta*) in Puget Sound. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 30, 1003-1008.
- 婦山雅秀 (1986): サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活に関する生態学的研究. さけ・ますふ研報, (40), 31-92.
- 木元新作・武田博清 (1989): 群集生態学入門. 共立出版, 東京. xi+198 p.
- Mason, J. C. (1974): Behavioral ecology of chum salmon fry (*Oncorhynchus keta*) in a small estuary. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 31, 83-92.

真山 紘・加藤 守・関 二郎・清水幾太郎 (1982): 石狩川産サケの生態調査- I. 1979年春放流稚魚の降海行動と沿岸帯での分布回遊. さけ・ますふ研報, (36), 1-17.

Okada, S., and A. Taniguchi (1971): Size relationship between salmon juveniles in shore waters and their prey animals. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **22**, 30-36.