



Title	ブリストル湾におけるベニザケ幼魚Oncorhynchus nerka (Walbaum)の分布と魚群構造
Author(s)	小城, 春雄; OGI, Haruo
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 24(1), 14-41
Issue Date	1973-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23487
Type	departmental bulletin paper
File Information	24(1)_P14-41.pdf



ブリストル湾におけるベニザケ幼魚 *Oncorhynchus nerka*
(Walbaum) の分布と魚群構造*

小城 春雄**

Ecological Studies on the Juvenile Sockeye Salmon, *Oncorhynchus*
nerka (Walbaum), in Bristol Bay, with Special Reference
to its Distribution and Population

Haruo OGI**

Abstract

For the purpose of clarifying the distribution and population of juvenile sockeye salmon in relation to the oceanographic condition in Bristol Bay, exploratory fishing operations were carried out to obtain samples in the summer season of 1969 and 1970. Gill nets and a purse seine were used for sampling. Fork length, body weight and age were determined for each individual at each sampling station. A single fish population is defined as a unit of fish of the same year class and age group that were sampled at a single fishing station.

1. Juvenile sockeye salmon distributed in the inner part of Bristol Bay were notably influenced by the discharges of rivers into the coastal waters along the northern part of the Alaska Peninsula to the vicinity of the Unimak Island. The range of the sea temperature was 6 to 10°C, and that of salinity was 31.6 to 31.9 ‰. From late July through early August, juvenile sockeye were abundant off the Port Moller.

2. Predominant age groups were 2.0 year old fish (66%) and 1.0 year old fish (34%) through both years. The 3.0 year old fish were very rare. The 2.0 year old fish inhabited more western and more offshore area than the 1.0 year old fish. In outer Bristol Bay the sample catches consisted of the single age group 2.0. In inner Bristol Bay the sample catches were 1.0 age group. Both 2.0 year fish and 1.0 year fish were taken off Port Moller.

3. The mean fork length and mean body weight at each sampling station ranged from 89-149 mm, 5.4-33 g respectively for 1.0 year old fish, and 109-184 mm, 8-71 g respectively for 2.0 year old fish. The mean fork length and mean body weight generally increased from the eastern to western part of Bristol Bay and from the near shore to offshore area along the Alaska Peninsula.

4. The means of the regression coefficient in the relationship between log fork length and log body weight were 2.42 (range 1.22-3.04) for 1.0 year old fish, and 2.73 (range 1.64-3.40) for 2.0 year old fish. The 2.0 year old fish had a higher regression coefficient than the 1.0 year old fish. The value of the regression

* 昭和46年北海道大学大学院水産学研究科修士学位論文の一部；北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第66号 (Contribution No. 66, from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設漁業部門
(Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

coefficient was higher in the fish populations in the offshore area than in those in the near shore area.

5. The sequence of the seaward migration to the Bering Sea of a single river stock of juvenile sockeye salmon is assumed to be the following; the comparatively large sized 2.0 year old fishes proceed firstly, followed by the bulk of the 2.0 year old fishes and large sized 1.0 year old fishes and the bulk of the 1.0 year old fishes.

プリストル湾系ベニザケは北太平洋における重要な漁業資源の一つであり、その由来する母水系は単一ではなく、同湾湾奥に面して開口するウガシク (Ugashik), エゲギク (Egegik), ナクネク (Naknek), アラグナク (Alagnak), クビチャク (Kvichak), ヌシャガク (Nushagak), ウッド (Wood), スネイク (Snake), イグシク (Igushik) 及びトギアク (Togiak) の 10 大水系を包括したものである。

従来、同湾系ベニザケに関する研究は主に漁業資源管理の立場から行なわれ、かつその生活史のうちで淡水生活期、成魚の海洋生活期及び産卵溯上期の報告が大部分を占めている。ベニザケの生活史で降海幼魚が沿岸水域から外洋へ移行する少なくとも 6 ヶ月間の海洋生活初期は著しい環境変化に遭遇する。この期間の水温、塩分、密度変化に対する生理的適応、ストレス、餌生物の多寡と競合関係及び捕食関係等がベニザケ幼魚の生長や自然死亡率に大きな影響を与え、資源変動をもたらす重要な時期と考えられる。しかしこの時期の生態に関する報告は極めて少ない。

著者はプリストル湾系ベニザケ幼魚の降海直後の沿岸生活（滞留）期の生態、特に分布と魚群構造及びそれらの海洋条件との関連を明らかにする目的で本研究を行い、若干の知見を得たので報告する。

本研究を行うに当り御指導を賜った北海道大学水産学部辻田時美教授に深甚なる感謝の意を表す。また標本採集に当り御協力を戴いた、おしよろ丸船長藤井武治教授をはじめ乗組員の方々に感謝の意を表す。アメリカ合衆国オークベイ生物学研究所、Dr. Straty 氏をはじめオレゴン号 (RV Oregon) 乗組員の方々には標本採集に当り多大な援助を戴いた。ここに敬意と感謝の意を表す。

試料および方法

本研究に用いた試料は 1969 年及び 1970 年に北海道大学練習船おしよろ丸第 32 次及び第 37 次北洋航海中、プリストル湾で実施されたさけ・ます流網試験操業と海洋観測結果¹⁾²⁾ 及びアメリカ合衆国オークベイ生物学研究所が調査船コマンダー号 (RV Commander) 及びオレゴン号 (RV Oregon) により行ったさけ・ます幼魚巾着網試験操業により得られたものである。

調査時期および海域

調査時期は 1969 年 6 月 24 日～7 月 30 日、また 1970 年 6 月 21 日～8 月 10 日の夏季である。

調査点位置を図 1 及び表 1, 2 に示す。表中“69”及び“70”の添字は、おしよろ丸による 1969 年と 1970 年の一連の調査番号を表わし、コマンダー号による調査点には“C”の添字、またオレゴン号は“O”の添字をつけ区別した。調査点は地理的にみると、プリストル湾内ピアース (Peirce) 岬南方沖 (F6925) を除くと、いずれもクビチャク湾からウニマック (Unimak) 島に及ぶアラスカ半島北側の水域である。1969 年の調査結果から、ポートモラー (Port Moller) 北側水域のベニザケ幼魚の分布密度が大きかったため、翌 1970 年はこの海域の調査を綿密にした。陸からの距離は、沿岸に最も近い調査点で 3.2km (F14), 最も遠い点で 61.2km (F6922) であった。また「O37」と「O38」, 「O32」と「O36」は同一地点である。

採集漁具

おしよろ丸の用いたベニザケ幼魚採集用の流網目合及び数量を表 3 に示す。網はモノフィラメントの網糸で 1 反約 50 m, 網幅 5.4 m で構成された。理想的な網成りが形成されると、網は 450 m (9 反)

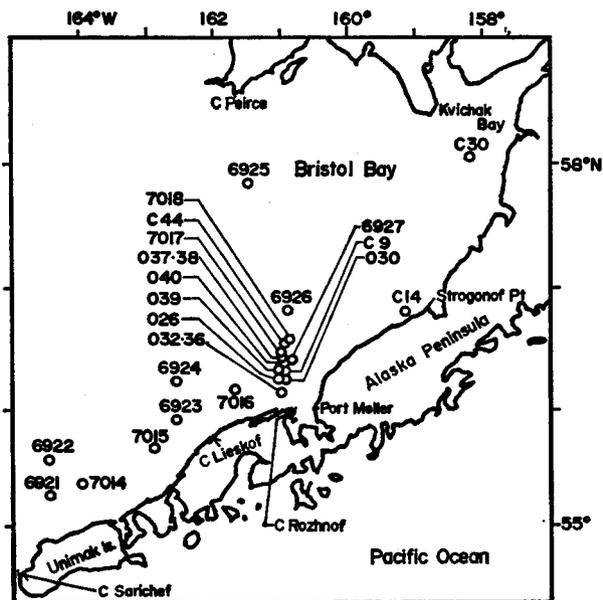


Fig. 1. Locations of salmon gill net set and purse seine set worked by the three research vessels in late June to early August in 1969 and 1970. 6921-6927: *TS Oshoro Maru*, 1969, 7014-7018: *TS Oshoro Maru*, 1970, C9-C44: *RV Commander*, 1969, O26-O40: *RV Oregon*, 1970.

Table 1. Date, location, catch and number of samples of juvenile sockeye salmon sampled by the *RV Commander* and the *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1969.

Fishing location	Date at net hauled	Position of net set		No. of catch per one haul	No. of sampels
		Latitude	longitude		
<i>RV Commander</i>					
C 9	June 24	56°20' N	161°00' W	550	93
C 14	27	56 48	159 09	402	98
C 30	30	58 15	158 14	308	104
C 44	July 3	56 30	160 59	2089	99
<i>TS Oshoro Maru</i>					
6921	July 22	55°16' N	164°25' W	0	0
6922	23	55 35	164 25	0	0
6923	24	55 55	162 35	1	1
6924	25	56 13	162 35	16	16
6925	27	58 00	161 31	1	1
6926	29	56 48	160 53	8	7
6927	30	56 26	160 50	17	14

から 1,150 m (23 反) の直線上に設網されることになる。流網は通常昼間 9 時間、夜間は 10 時間の間海水中へ浸漬された (表 4)。

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

Table 2. Date, location, catch and number of samples of juvenile sockeye salmon sampled by the RV Oregon and the TS Oshoro Maru in Bristol Bay, 1970.

Fishing location	Date at net hauled	Position of net set		No. of catch per one haul	No. of samples
		Latitude	Longitude		
<i>RV Oregon</i>					
O26	June 21	56°19' N	161°00' W	—*	41
O30	22	56 15	161 00	—	64
O32	23	56 09	161 00	—	50
O36	25	56 09	161 00	—	50
O37	August 9	56 26	161 00	—	81
O38	9	56 26	161 00	0	0
O39	10	56 21	161 01	—	46
O40	10	56 23	161 00	4	3
<i>TS Oshoro Maru</i>					
7014	August 6	55°21' N	164°00' W	0	0
7015	7	55 40	162 56	0	0
7016	8	56 11	161 41	10	9
7017	9	56 28	161 00	38	30
7018	10	56 34	160 53	10	8

* No information available.

Table 3. Mesh size and amount of salmon gill net set for obtaining juvenile sockeye salmon in Bristol Bay by the TS Oshoro Maru in July 1969 and August 1970.

Fishing location	Mesh size (mm)					Total number of tan
	21	24	27	30	42	
6921	—	—	—	5	4	9
6922	—	—	—	5	4	9
6923	—	—	—	5	4	9
6924	—	—	—	5	4	9
6925	—	—	—	5	4	9
6926	—	—	—	5	4	9
6927	—	—	—	5	4	9
7015	3	5	5	5	5	23
7016	3	5	5	0	0	13
7017	2	5	5	5	5	22
7018	2	5	5	5	5	22

コマンダー号及びオレゴン号の使用した巾着網は長さ 387 m, 深さ 18 m, 魚捕部の網目は約 30 mm であり, 理想的な円形に展開されると $1.19 \times 10^3 \text{m}^2$ の水面を囲むことになる。操業は日出から日没までの昼間のみに限られ, 夜間は行なわれなかった。

魚体測定および鱗標本の計測

ベニザケ幼魚標本数は 1969 年は 433 個体, 1970 年は 382 個体, 合計 815 個体であった (表 1, 2)。各個体について尾又体長 (以下本文では“体長”と称する), 体重の測定及び年令査定を行った。なお, 雌雄の区別は行なわれなかった。

Table 4. Data of operations of salmon gill net set in Bristol Bay by the TS Oshoro Maru in July 1969 and August 1970.

Fishing location	Time of net set			Time of net hauled			Time of net soaked	
	Year	Day	Hour	Year	Day	Hour	Hours	Minutes
6921	1969 July	21	1831	July	22	0646	12hr.	15min.
6922		22	1817		23	0643	12	26
6923		24	1904		25	0625	11	21
6924		25	1221		25	1914	6	53
6925		26	2015		27	0617	10	02
6926		29	1202		29	1902	7	00
6927		29	2058		30	0647	9	49
7015	1970 August	7	0609	August	7	1621	10	12
7016		8	1047		8	1815	7	28
7017		9	1033		9	1904	8	31
7018		9	1910		10	0644	11	34

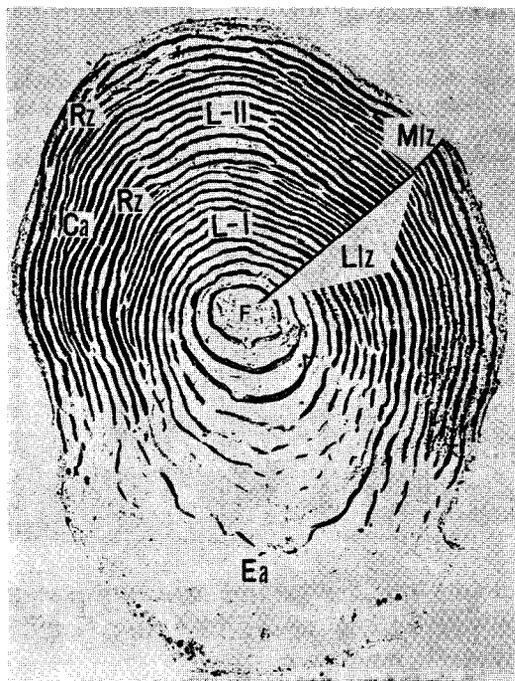


Fig. 2. Photograph of a scale of juvenile sockeye salmon in age 2.0, showing the scale characters.
 Ea: Exposed area, Ca: Concealed area, F: Focus, Llz: Lacustrine life zone, L-I: First lacustrine life zone, L-II: Second lacustrine life zone, Mlz: Marine life zone, Rz: Resting zone or winter band.

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

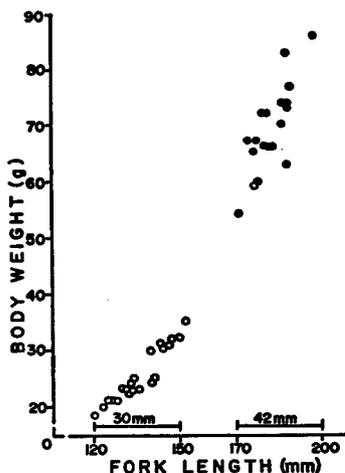


Fig. 3. Relationship between fork length and body weight of juvenile sockeye salmon caught with the two kinds of gill net by the *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1969.

Open circle (○) and closed circle (●) denote the juvenile sockeye salmon that was caught by the 30 and 42 mm mesh sizes respectively.

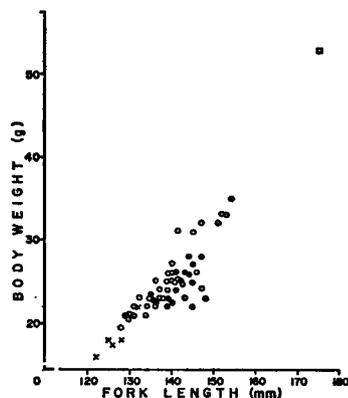


Fig. 4. Relationship between fork length and body weight of juvenile sockeye salmon caught with the four kinds of gill net by the *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1970.

Oblique cross (×), open circle (○), closed circle (●) and open square (□) denote the juvenile sockeyes that were caught by 24, 27, 30 and 42 mm mesh sizes respectively.

コマンダー号及びオレゴン号で得たベニザケ幼魚は漁獲魚中より無作為抽出し、10%中性ホルマリン液漬標本として研究室へ持帰り、種々の計測に供した。おしよ丸では、全漁獲魚について揚網後直ちに諸測定及び鱗標本の作成を行った。

年令査定に用いた鱗の採取部位は、日米加北太平洋漁業国際委員会の研究機関が統一している部位³⁾に準じた。すなわち、魚体左側、背鱗の後端から斜め下で側線上下2列目に当る5~10枚の鱗である。なお鱗標本はいずれも鮮明かつ保存状態が良好であったので、苛性ソーダ液等による洗浄は行わず、直接2枚のスライドガラスに挟み込み検鏡に供した。

鱗標本は図2にみられるように投影器で拡大し、淡水生活帯 (Lacustrine Life Zone) の冬期帯 (Winter Band または Resting Zone) の数をかぞえ、Koo⁴⁾の提唱したヨーロッパ方式 (European Formula) による年令表示法を採用した。すなわち、孵化後淡水で過した冬の数 (冬期帯の数) を最初に記し、次にコンマを挟んで海洋で過した冬の数を後に記す。例えば、“1.0年魚”は淡水生活1年後に降海し、海洋では未だ冬を越していない数え2年魚であることを示す。

海洋観測

海洋観測資料は、おしよ丸によるプリストル湾内 161°W 線における 1969年6月18日~7月13日¹⁾及び1970年8月5日~9日の期間プリストル湾内で得られた結果²⁾である。

また同時期、プリストル湾においてオークベイ生物学研究所により行なわれた海洋観測結果のうち、1969年及び1970年の資料から作成された10m層の温度及び塩分水平分布図を使用した。

流網によるベニザケ幼魚採集の問題点

1969年には、30及び42mmの目合の流網を使用し合計43尾が得られた(表3)。それらの体長と体重の関係を図3に示す。図より30mm目合では体長120~150mm、体重17~35gまた42mmでは各々170~200mm、52~88gの範囲の幼魚が採集された。しかし、この2種類の網目では体長120mm以下及び150~170mm、体重35~54gの魚体を得られなかった。すなわち、この結果から網目の選択性が関与していることが示唆された。

一方網目の選択性が関与しないと考えられる巾着網による標本を調べるため、1969年コマンダー号の4調査点より、各20尾、合計80尾を任意抽出し、流網に安定した罾網を示す鰓蓋後端から背鰭前部までの中点⁶⁾、すなわち胸鰭後端胴周の長さの1/2と体長の関係を求めた。その結果、両者の間には高い相関関係がみられた($Y=0.2612X-4.3551$, Y : 胸鰭後端胴周の長さの1/2, X : 体長, $N:80$, $r=0.929$, $P<0.01$)。従って、流網を用いて80~150mmの体長のベニザケ幼魚を採集するためには、さらに小さな目合が必要と思われたので、1970年には前年の目合以外に21, 24及び27mmの目合を加えた。

1970年の体長・体重関係を図4に示した。21mm目合では漁獲なく、罾網体長範囲は24mm目合で120~130mm、また27及び30mm目合で130~150mmであった。しかし155~175mmの体長範囲のベニザケ幼魚に対しては、さらに30~42mmの中間の目合を用いる必要があると推定された。1970年8月6日~10日の比較的接近した調査点「O37」, 「O39」, 「7016」, 「7017」及び「7018」の体長頻度分布をみると(図7)、流網では1.0年魚の小型魚が十分に採集されなかった可能性がある。

罾網による罾網体長範囲は一般に網目が小さくなる程狭くなり、脱落魚の数も増加することが知られている⁶⁾。ベニザケ幼魚を採集して、体長や体重から生長等を考察する場合には、網具の選択性は重要な意味をもつ。ベニザケ幼魚の外洋への洄游途上の生長は急速に進むと考えられ、それ故網目の選択性的変化が著しいから、自然の母集団から群を代表する標本を得るには、各生長段階に有効な数種の目合を使用する必要がある。また小目合製作工程での目合の不均一性、使用中の目ずれ等も考慮されねばならない。

結 果

分 布

調査年毎に漁具及び漁獲時期が異なり、厳密には単位漁獲努力量が統一できなかったため、概観的な分布密度を知る目的で、流網は1回当たり、巾着網では1操業当りの漁獲量(CPUE)を扱い、これによりベニザケ幼魚の分布密度を比較した。1969年6月から7月下旬にかけて、クビチャク湾からウニマック島までのアラスカ半島北側水域を調査した結果、ベニザケ幼魚の分布はリースコフ(Lieskof)岬にまで及ぶことが示された。しかし、幼魚の分布は地理的に一様ではなかった(図1, 14, 15, 16, 表1, 2)。

1970年には、前年の結果に基き、主として分布密度の高い海域に調査点を集中させたため、広域な範囲の調査はなされなかった。図15からわかるように、プリストル湾中央部にベニザケ幼魚の分布はみられない。両年の操業からベニザケ幼魚の分布は、比較的アラスカ半島沿いに限定され、特にポートモラー沖に偏在することが推定された。さらにピアース岬南方沖(「6925」, 図15の「C35」)で幼魚が漁獲されたことは、プリストル湾北方にも分布が及ぶことを示す。しかし同湾北方からの試料が少数であったため、本研究の解析に用いることはできなかった。

沿岸から沖合への距離と分布密度を対比してみると、沿岸寄りに分布が多い例が一般的である。しかし海域及び時期により必ずしも同じではなく、分布は後述するように海洋構造と関係あるものと思われた。

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

魚群構造

1.) 年令組成

ベニザケ幼魚標本の年令査定結果を表5,6に示す。3つの年令群すなわち1.0,2.0及び3.0年魚が出現したが、いずれの調査点においても前2者の年令群が卓越し、3.0年魚は極めて少数であった。それ故、以後の解析では3.0年令群を除き、1.0及び2.0年令群のみを取扱った。1969及び1970年共に2.0年魚が卓越し、各々66%,70%を占めた。

1969年6月下旬のコマンダー号の結果をみると、クビチャク湾〔C30〕では1.0年魚が大きな割合を占めたのに対し、3日前のストロゴノフ岬沖〔C14〕では2.0年魚が73%を占めた。さらにポートモラー沖〔C9〕においては、2.0年魚が99%に達していた。このことはプリストル湾湾奥から外洋に向うにつれ、2.0年魚が1.0年魚よりも早期に移動することを示唆している。

1969年の流網による標本数は少く正確な記述は困難であるが、コマンダー号調査の1ヶ月後の8月の結果では、ポートモラー沖の沿岸寄り〔6927〕で1.0年魚が卓越し、沖合〔6926〕では両年令

Table 5. Age composition of the juvenile sockeye salmon sampled at each fishing location in Bristol Bay, 1969.

Fishing location	Age 1.0		Age 2.0		Age 3.0	
	No. of fish	(%)	No. of fish	(%)	No. of fish	(%)
C 9	1	(1.1)	92	(98.9)	0	(0)
C 14	25	(25.5)	72	(73.5)	1	(1.0)
C 30	103	(99.0)	1	(1.0)	0	(0)
C 44	1	(1.0)	98	(99.0)	0	(0)
6923	1	(100.0)	0	(0)	0	(0)
6924	0	(0)	16	(100.0)	0	(0)
6925	0	(0)	1	(100.0)	0	(0)
6926	3	(42.9)	4	(57.1)	0	(0)
6927	14	(100.0)	0	(0)	0	(0)
Total	148	(34.2)	284	(65.6)	1	(0.2)

Table 6. Age composition of the juvenile sockeye salmon sampled at each fishing location in Bristol Bay, 1970.

Fishing location	Age 1.0		Age 2.0		Age 3.0	
	No. of fish	(%)	No. of fish	(%)	No. of fish	(%)
O 26	0	(0)	39	(95.1)	2	(4.9)
O 30	1	(1.6)	63	(98.4)	0	(0)
O 32	3	(6.0)	47	(94.0)	0	(0)
O 36	3	(6.0)	47	(94.0)	0	(0)
O 37	39	(48.2)	41	(50.6)	1	(1.2)
O 39	26	(56.5)	20	(43.5)	0	(0)
O 40	0	(0)	3	(100.0)	0	(0)
7016	9	(100.0)	0	(0)	0	(0)
7017	26	(86.7)	4	(13.3)	0	(0)
7018	6	(75.0)	2	(25.0)	0	(0)
Total	113	(29.6)	266	(69.6)	3	(0.8)

魚の割合が等しくなり、外洋へ向うと〔6924〕2.0年魚が多くなる傾向が示された。

オレゴン号による1970年6月下旬〔O26~36〕の調査点はポートモラー沖の沿岸寄り、8月上旬〔O37~40〕はそれよりも沖合となり、おしよ丸調査点とはほぼ等しい。6月下旬は2.0年魚が96%を占めたのに対し8月上旬は50%となり1.0年魚の割合と等しくなった。

一方、おしよ丸のポートモラー沖及びその西側の結果では、1.0年魚の割合が75%以上であった。

以上のことから7月下旬から8月上旬にかけて、ポートモラー沖におけるベニザケ幼魚の分布には、1969年及び1970年に共通する傾向が窺えた。すなわち、基本的には沿岸寄りでは単一年令から構成される魚群がみられ、沖合に向うにつれ年令構成が複雑となる。

2.) 体長および体重分布

体長及び体重の頻度分布を図5~8に示す。図より2年令群の体長及び体重分布の範囲と最頻値は、

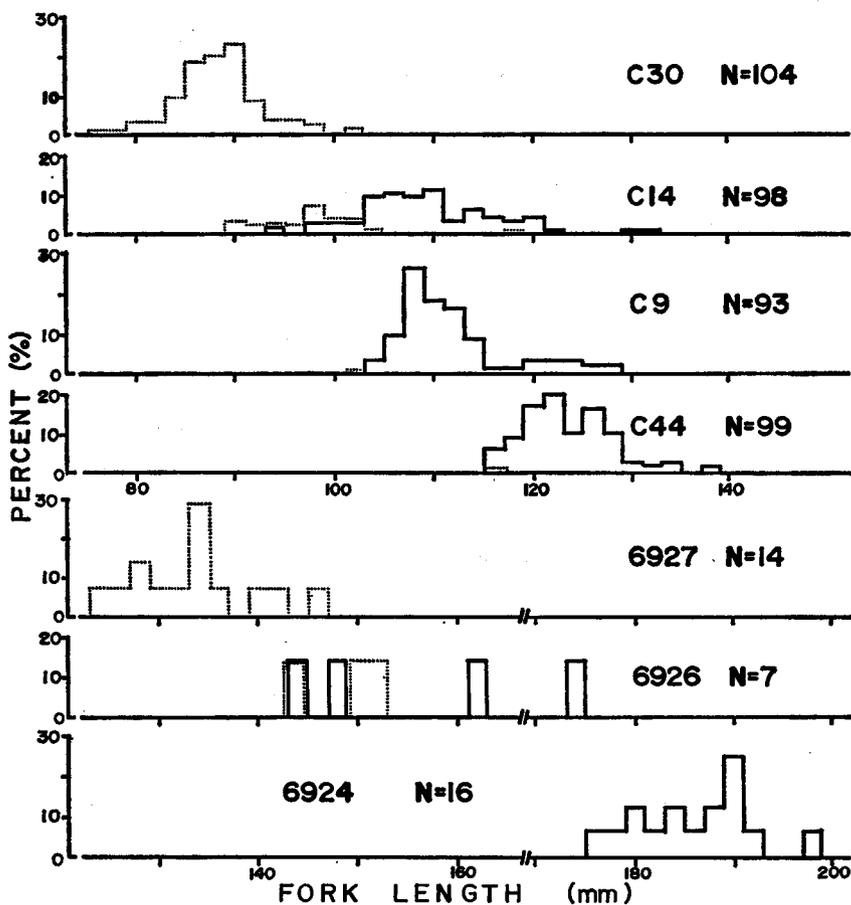


Fig. 5. Percentage distribution of fork length of age 1.0, 2.0 and 3.0 juvenile sockeye salmon in each sampling location worked by the *RV Commander* and *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1969.

⋯: Age 1.0, □: Age 2.0, ■: Age 3.0

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

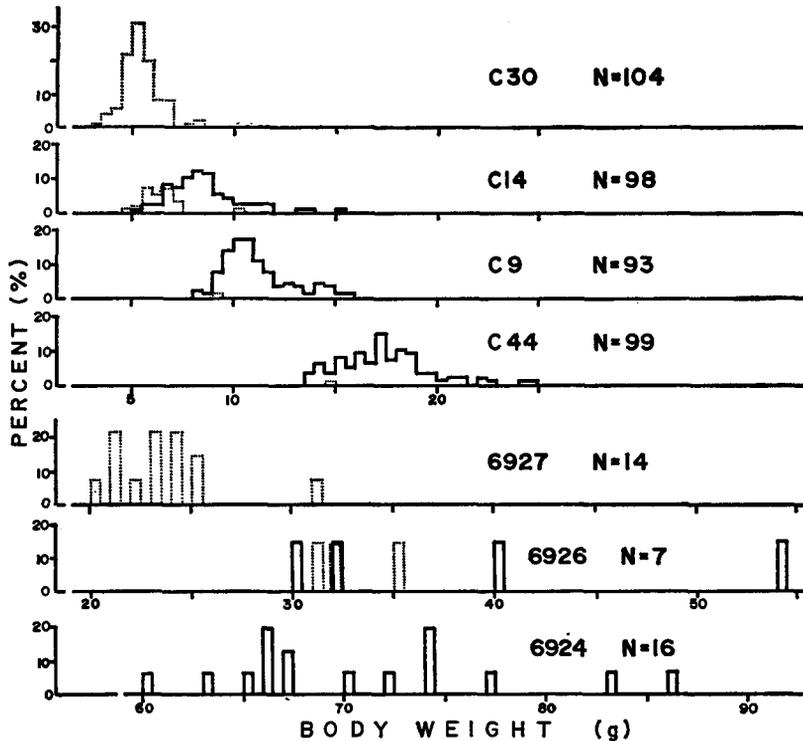


Fig. 6. Percentage distribution of body weight of age 1.0, 2.0 and 3.0 juvenile sockeye salmon in each sampling location worked by the *RV Commander* and *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1969.

□: Age 1.0, □: Age 2.0, ■: Age 3.0

各々の調査点で異っており、この関係は調査の行なわれた日時ではなく、むしろプリストル湾から外洋へ距離が隔たるにつれ、魚体が大型化する傾向を示している。

1969年のプリストル湾湾奥の「C30」や、ポートモラー沖の「C44」では、体長及び体重の分布は共に単峰型であるが、ストロゴノフ岬沖（「C14」）及びポートモラーの沿岸寄り（「C9」）では双峰型または多峰型の分布とみなすことができ、それらの場所における魚群の構成や生長の複雑さを示唆している。

他の調査点については標本数が少いため分布型を推定できなかったが、沿岸から沖合へ離れるにつれ体長及び体重の分布範囲が広がることが知れた。特にこの傾向は、1970年のポートモラー沖の「O32～39」で顕著であった。

各調査点の年令別の平均体長及び平均体重を表7～10に示す。1.0年魚の平均体長、体重は各々80～130mm、5～15gであり、2.0年魚では100～150mm、9～34gの範囲であった。

いま、標本数の多い（ $N \geq 5$ ）調査点間の体長及び体重の平均値の差の統計学的検定を行ってみると（表11～14）、多くの場合それぞれの調査点間で有意な差がみられた。しかし、比較的接近した時期及び海域では有意な差異のない例があった。すなわち、1970年の1.0年魚でポートモラー沖の「O37」に対する「7017」と「7018」の間で、また「O39」, 「7016」, 「7018」の間では差異は見出せなかった。しかし2.0年魚についてみると、「O26」と「O30」の間に差異がなかった以外はすべての調査点間に有意差が認められた。

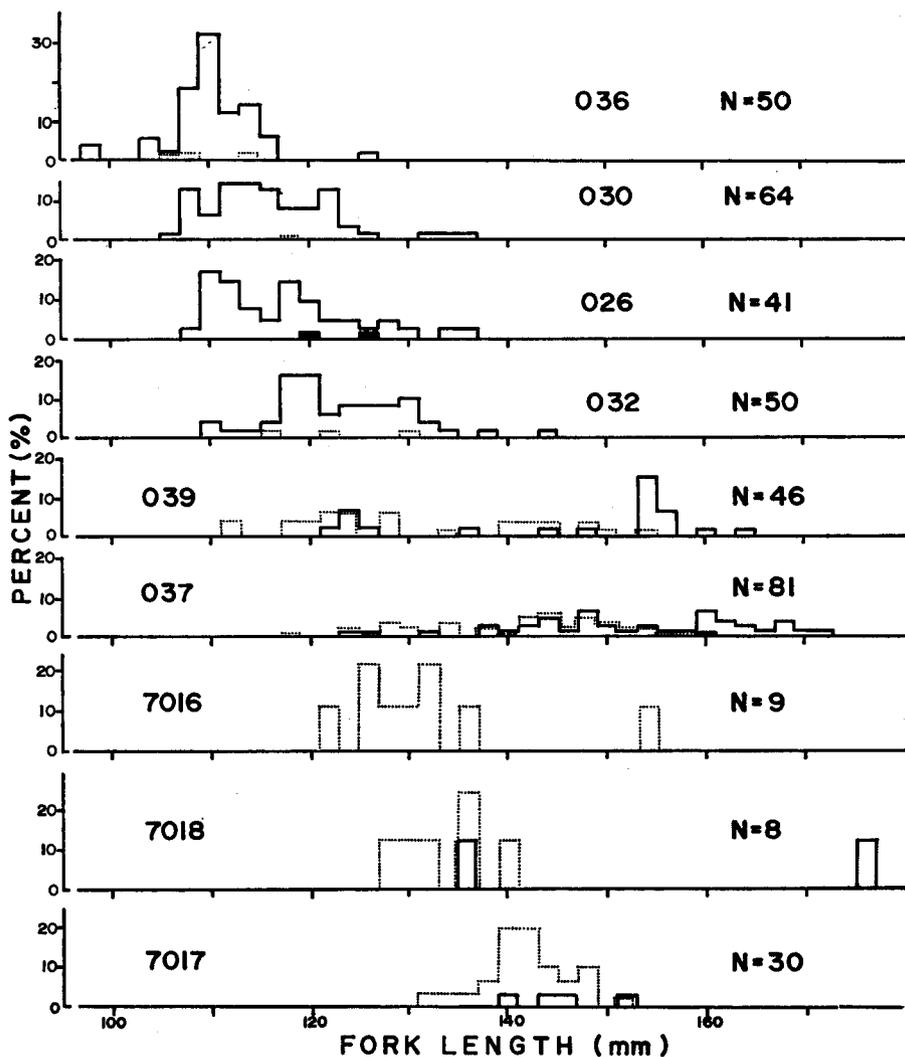


Fig. 7. Percentage distribution of fork length of age 1.0, 2.0 and 3.0 juvenile sockeye salmon in each sampling location worked by the *RV Oregon* and *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1970.

.....: Age 1.0, □: Age 2.0, ■: Age 3.0

3.) 体長・体重関係

一般に魚類の体長・体重間には $W = aL^n$ (W =体重, a =定数, L =体長, n =指数) の関係があることから, 両辺の対数値をとり $\log W = \log a + n \log L$ と直線式に直し⁸⁾, ここで 1969 年及び 1970 年の 2 年令群につき直線式を求めた (図 9~12)。

この勾配の差, すなわち標本回帰係数の差は体長に対する体重の増加率の違いと考えることができる。そこで, 各調査点間の標本回帰係数の差の有意差を検定し, さらに標本回帰係数間に有意差のない場合は, 修正平均の差で 2 つの母回帰が一致するかどうかを検定した⁹⁾ (表 15~18)。

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

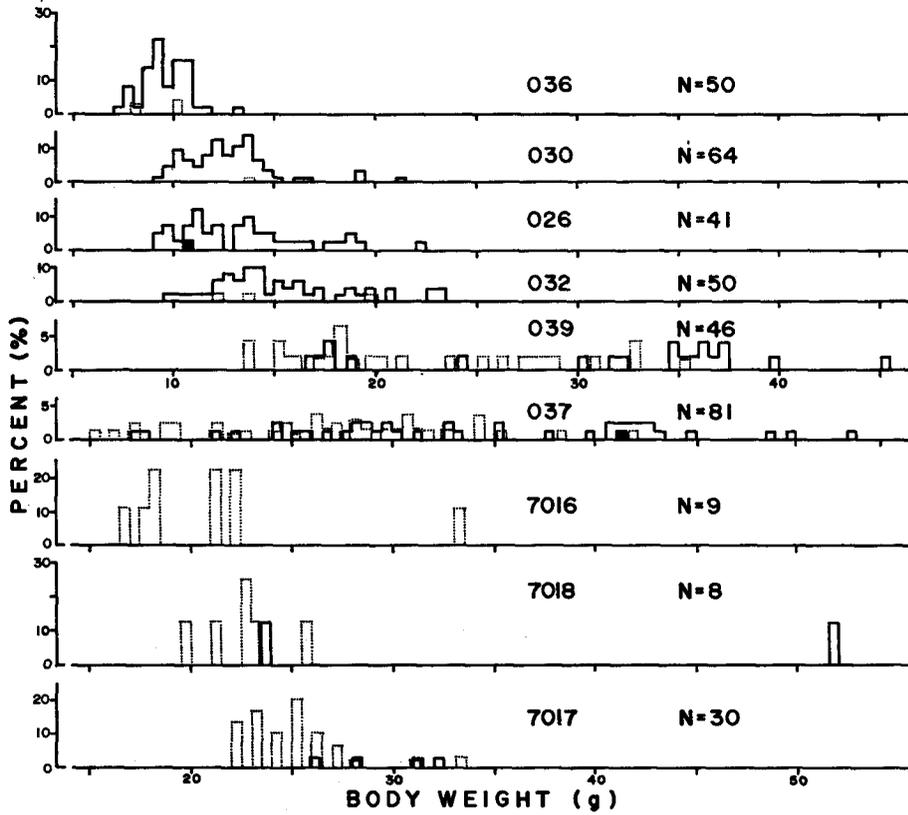


Fig. 8. Percentage distribution of body weight of age 1.0, 2.0 and 3.0 juvenile sockeye salmon in each sampling location worked by the *RV Oregon* and *TS Oshoro Maru* in Bristol Bay, 1970.

⋯: Age 1.0, □: Age 2.0, ■: Age 3.0

Table 7. Mean fork length (FL: mm) and body weight (BW: g) of age 1.0 juvenile sockeye salmon at each fishing location in Bristol Bay, 1969.

Fishing location	N	Size	$\bar{x} \pm s$
C 14	25	FL	97.92 ± 5.787
		BW	6.43 ± 1.019
C 30	103	FL	88.66 ± 4.342
		BW	5.40 ± 0.848
6926	3	FL	148.67 ± 4.163
		BW	32.92 ± 2.082
6927	14	FL	133.43 ± 6.198
		BW	23.61 ± 2.706

Table 8. Mean fork length (FL: mm) and body weight (BW: g) of age 2.0 juvenile sockeye salmon at each fishing location in Bristol Bay, 1969.

Fishing location	N	Size	$\bar{x} \pm s$
C 9	92	FL BW	111.61 ± 5.628 11.10 ± 1.625
C 14	72	FL BW	108.86 ± 6.835 8.45 ± 1.711
C 44	98	FL BW	123.57 ± 4.884 17.42 ± 2.212
6924	16	FL BW	184.13 ± 6.131 70.88 ± 7.117
6926	4	FL BW	156.50 ± 12.897 39.25 ± 10.893

Table 9. Mean fork length (FL: mm) and body weight (BW: g) of age 1.0 juvenile sockeye salmon at each fishing location in Bristol Bay, 1970.

Fishing location	N	Size	$\bar{x} \pm s$
O 32	3	FL BW	122.67 ± 7.024 15.25 ± 3.969
O 36	3	FL BW	109.33 ± 4.163 9.58 ± 1.155
O 37	39	FL BW	141.08 ± 10.103 26.66 ± 6.356
O 39	26	FL BW	131.08 ± 12.550 22.25 ± 6.512
7016	9	FL BW	131.78 ± 9.298 21.19 ± 5.015
7017	26	FL BW	141.92 ± 4.507 25.21 ± 2.676
7018	6	FL BW	133.67 ± 4.457 22.58 ± 2.017

1969年の1.0年魚については、直線式を3調査点について求め(図9)、有意差の検定を行った(表15)。すなわち、ストロゴノフ沖(「C14」)とクビチャク湾(「C30」)の間と、ポートモラー沖(「6927」)とクビチャク湾(「C30」)の間には、回帰係数間で有意な差が認められた。ストロゴノフ沖とポートモラー沖の間には、修正平均で有意な差が認められたが、体長に対する体重の増加率は同じであった。

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

Table 10. Mean fork length (FL: mm) and body weight (BW: g) of age 2.0 juvenile sockeye salmon at each fishing location in Bristol Bay, 1970.

Fishing location	N	Size	$\bar{x} \pm s$
O 26	39	FL BW	117.59 ± 7.111 13.35 ± 3.100
O 30	63	FL BW	116.10 ± 6.390 12.83 ± 2.290
O 32	47	FL BW	123.19 ± 6.986 15.22 ± 3.220
O 36	47	FL BW	110.47 ± 4.154 9.63 ± 1.162
O 37	41	FL BW	152.22 ± 11.827 34.15 ± 8.874
O 39	20	FL BW	145.90 ± 14.149 30.80 ± 8.752
O 40	3	FL BW	146.00 ± 3.464 29.92 ± 2.363
7017	4	FL BW	145.50 ± 5.000 29.50 ± 2.754
7018	2	FL BW	156.00 ± 28.284 38.50 ± 20.860

Table 11. Test of difference of mean fork length and body weight of age 1.0 juvenile sockeye salmon groups among the three fishing locations in Bristol Bay, 1969.

Fishing location		F-test		t-test		95% confidence interval
		F ₀	F _{.05}	t ₀	t _{.05}	
C14-C30	FL	1.776	>1.63	—	—	95.53-100.31
	BW	1.444	<1.63	5.228	>1.98	87.81- 89.51
C14-6927	FL	1.147	<2.18	17.924	>2.03	—
	BW	7.050	>2.18	—	—	6.01- 6.85 22.04- 25.17
C30-6927	FL	2.038	>1.85	—	—	87.81- 89.51 129.85-137.01
	BW	10.178	>1.85	—	—	5.23- 5.57 22.04- 25.17

1969年の2.0年魚では(図10), 回帰係数間に有意差のみられたのは「C9」-「C14」, 「C9」-「6924」, 「C14」-「C44」, 「C14」-「6924」それに「C44」-「6924」であった。「C9」-「C44」においては, 回帰係数間では有意差はなかったが修正平均で有意差がみられた(表16)。161°W線上の「C9」-「C44」間では,

Table 12. Test of difference of mean fork length and body weight of age 2.0 juvenile sockeye salmon groups among the four fishing locations in Bristol Bay, 1969.

Fishing location		F-test F_0 $F_{.05}$	t-test t_0 $t_{.05}$	95% confidence interval
C9-C14	FL	1.438 > 1.42	—	110.44—112.77 107.25—110.47
	BW	1.189 > 1.42	10.307 > 1.96	—
C9-C44	FL	1.328 < 1.39	15.680 > 1.96	—
	BW	1.852 > 1.39	—	10.76— 11.43 16.98— 17.86
C9-6924	FL	1.187 < 1.75	46.960 > 1.98	—
	BW	19.176 > 1.75	—	10.76— 11.43 67.08— 74.67
C14-C44	FL	1.969 > 1.42	—	107.25—110.47 122.59—124.55
	BW	1.671 > 1.45	—	8.05— 8.85 16.98— 17.86
C14-6924	FL	1.250 < 2.15	40.451 > 1.99	—
	BW	17.305 > 1.79	—	8.05— 8.85 67.08— 74.67
C44-6924	FL	1.575 < 1.79	44.307 > 1.98	—
	BW	10.355 > 1.79	—	16.97— 17.86 67.08— 74.67

魚群が一定の体長・体重の増加率を有していたのに対し、「C14」の増加率がそれらに比して高く、回帰係数が大きかった。

1970年の1.0年魚についての直線式は4調査点について求め(図11)、有意差の検定を行った(表17)。その結果、回帰係数間に有意な差は認められなかった。従って、平均体長、体重の検定からもわかるように、これらの魚群はほとんど等しい生長を示している。「7017」は他の直線に比して著しく回帰係数が小さく、他の調査地点との有意差は検定するまでもない。「7017」が他の3点と著しく異なるのは、恐らく測定誤差が関与したためかもしれない。

1970年の2.0年魚の体長・体重関係を6調査点間について求めた(図12)。有意差の検定は13調査点間において行った(表18)。「O36」-「O37」, 「O36」-「O39」は検定を行うまでもなく有意である。ポートモラー沖の「O30」-「O32」, 「O32」-「O37」, 「O32」-「O39」及び「O37」-「O39」の4調査地点間で回帰係数に有意差は認められなかったが、修正平均はいずれの間にも有意であった。このことは平均体長及び体重が異なっても6月下旬から8月上旬にかけて、沖合にいる魚群の生長の様相は等しく、沿岸寄りの魚群とは異っていたことを示すものと考えられる。

注目すべきものとしては、「O32」と「O36」の同一地点で数日後には、体重増加率の低い魚群に代っている事が挙げられる。先に、表14より「O26」-「O30」においては、平均体長、体重の比較において有意差がみられなかったが、回帰係数間においては有意差が認められた。また「O37」-「O39」において、平均体長、体重においてと同様、回帰係数間でも有意差がみられなかった。しかし、「O26」-

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

Table 13. Test of difference of mean fork length and body weight of age 1.0 juvenile sockeye salmon groups among the five fishing locations in Bristol Bay, 1970.

Fishing location		F-test		t-test		95% confidence interval
		F ₀	F _{.05}	t ₀	t _{.05}	
O37-O39	FL	1.543	<1.80	3.546	>2.00	—
	BW	1.050	<1.80	2.714	>2.00	—
O37-7016	FL	1.181	<3.05	2.523	>2.01	—
	BW	1.606	<3.05	2.406	>2.01	—
O37-7017	FL	5.025	>1.87	—	—	137.80—144.35 140.10—143.74
	BW	5.643	>1.87	—	—	24.60—28.72 24.13—26.29
O37-7018	FL	5.138	>4.46	—	—	137.80—144.35 128.99—138.34
	BW	9.934	>4.46	—	—	24.60—28.72 20.47—24.70
O39-7016	FL	1.822	<3.12	0.153	<2.04	—
	BW	1.686	<3.12	0.442	<2.04	—
O39-7017	FL	7.754	>1.96	—	—	126.01—136.15 140.10—143.74
	BW	5.923	>1.96	—	—	19.62—24.88 24.13—26.29
O39-7018	FL	7.929	>4.53	—	—	126.01—136.15 128.99—138.34
	BW	10.427	>4.53	—	—	19.62—24.88 20.47—24.70
7016-7017	FL	4.256	>2.34	—	—	124.63—138.92 140.10—143.74
	BW	3.514	>2.34	—	—	17.34—25.05 24.13—26.29
7016-7018	FL	4.351	<4.82	0.460	<2.16	—
	BW	6.186	>4.82	—	—	17.34—25.05 20.47—24.70
7017-7018	FL	1.023	<4.53	4.052	>2.04	—
	BW	1.760	<4.53	2.252	>2.04	—

「O37」, 「O26」-「O39」, 「O30」-「O37」及び「O30」-「O39」の間で、平均体長、体重及び回帰係数間において有意差が認められたことは、回帰係数からみると平均体長、体重に差があっても、「O26」より沿岸寄り、 「O39」から沖合の魚群の体長に対する体重の増加率が異なる別の群とみなせるかもしれない。このことは、沿岸よりも沖合における体重増加率の大きなことを示唆している。

Table 14. *Test of difference of mean fork length and body weight of age 2.0 juvenile sockeye salmon groups among the six fishing locations in Bristol Bay, 1970.*

Fishing location		F-test F_0 $F_{.05}$	t-test t_0 $t_{.05}$	95% confidence interval
O 26-O 30	FL	1.238 < 1.59	1.099 < 1.98	—
	BW	1.832 > 1.59	—	12.35—14.36 12.25—13.41
O 26-O 32	FL	1.036 < 1.65	3.672 > 1.99	—
	BW	1.079 < 1.67	2.720 > 1.99	—
O 26-O 36	FL	2.931 > 1.65	—	115.28—119.90 109.25—111.69
	BW	7.117 > 1.65	—	12.35— 14.36 9.29— 9.97
O 26-O 37	FL	2.783 > 1.71	—	115.28—119.90 148.48—155.96
	BW	8.197 > 1.71	—	12.35— 14.36 31.35— 36.95
O 26-O 39	FL	3.959 > 1.85	—	115.28—119.90 139.28—152.52
	BW	7.973 > 1.85	—	12.35— 14.36 26.70— 34.90
O 30-O 32	FL	1.195 < 1.56	5.537 > 1.98	—
	BW	1.978 > 1.56	—	12.25— 13.41 14.27— 16.16
O 30-O 36	FL	2.366 > 1.62	—	114.49—117.70 109.25—111.69
	BW	3.884 > 1.62	—	12.25— 13.41 9.29— 9.97
O 30-O 37	FL	3.446 > 1.59	—	114.49—117.70 148.48—155.96
	BW	15.020 > 1.59	—	12.25— 13.41 31.35— 36.95
O 30-O 39	FL	4.903 > 1.75	—	114.49—117.70 139.28—152.52
	BW	14.610 > 1.75	—	12.25— 13.41 26.70— 34.90
O 32-O 36	FL	2.829 > 1.62	—	121.14—125.24 109.25—111.69
	BW	7.681 > 1.62	—	14.27— 16.16 9.29— 9.97

Table 14. (Continued)

Fishing location		F-test F_0 $F_{.05}$	t-test t_0 $t_{.05}$	95% confidence interval
O 32-O 37	FL	2.883 > 1.65	—	121.14—125.24 148.48—155.96
	BW	7.595 > 1.65	—	14.27— 16.16 31.35— 36.95
O 32-O 39	FL	4.102 > 1.80	—	121.14—125.24 139.28—152.52
	BW	7.388 > 1.80	—	14.27— 16.16 26.70— 34.90
O 36-O 37	FL	88.15 > 1.65	—	109.25—111.69 148.48—155.96
	BW	58.408 > 1.65	—	9.29— 9.97 31.35— 36.95
O 36-O 39	FL	11.603 > 1.80	—	109.25—111.69 139.28—152.52
	BW	56.741 > 1.80	—	9.29— 9.97 26.70— 34.90

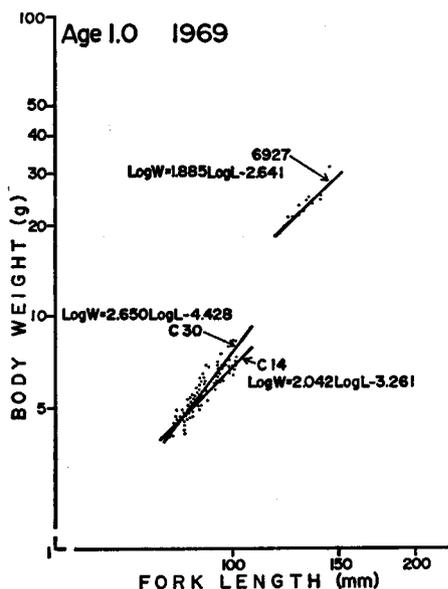


Fig. 9. Relationships between log fork length and log body weight in age 1.0 juvenile sockeye salmon for three fishing locations in Bristol Bay, 1969.

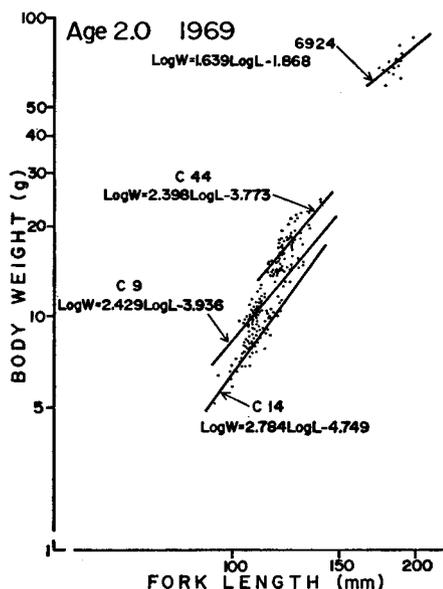


Fig. 10. Relationships between log fork length and log body weight in age 2.0 juvenile sockeye salmon for four fishing locations in Bristol Bay, 1969.

Table 15. Comparison of the regression coefficients and adjusted means between log fork length and log body weight in age 1.0 juvenile sockeye salmon groups among the three fishing locations in Bristol Bay, 1969.

Fishing locations	Between regression coefficients	Between adjusted means
C14-C30	F=83.81** df=1, 123	—
C30-6927	F=46.23** df=1, 112	—
C14-6927	F= 0.62 df=1, 35	F=542.51** df=1, 36

** p<0.01

Table 16. Comparison of the regression coefficients and adjusted means between log fork length and log body weight in age 2.0 juvenile sockeye salmon groups among the four fishing locations in Bristol Bay, 1969.

Fishing locations	Between regression coefficients	Between adjusted means
C 9-C14	F=32.37** df=1, 158	—
C 9-C44	F= 0.36 df=1, 184	F=5285.62** df=1, 185
C 9-6924	F=28.52** df=1, 102	—
C14-C44	F=28.52** df=1, 166	—
C14-6924	F=24.50** df=1, 84	—
C44-6924	F=23.85** df=1, 110	—

** P<0.01

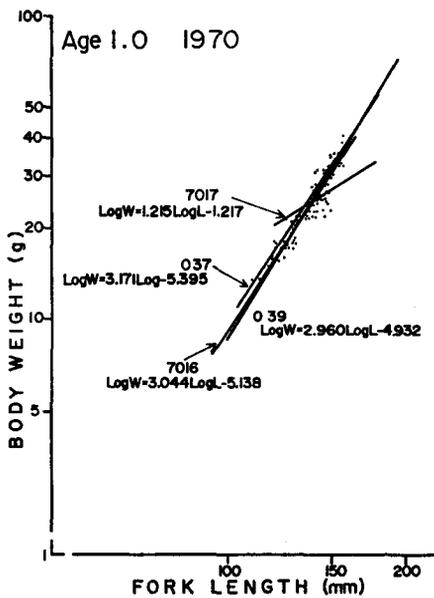


Fig. 11. Relationships between log fork length and log body weight in age 1.0 juvenile sockeye salmon for four fishing locations in Bristol Bay, 1970.

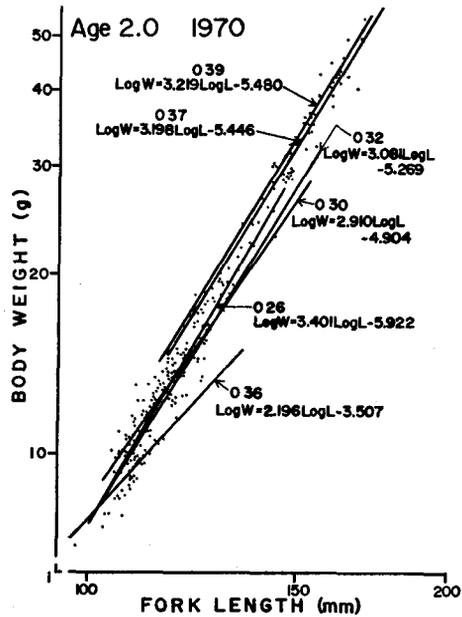


Fig. 12. Relationships between log fork length and log body weight in age 2.0 juvenile sockeye salmon for six fishing locations in Bristol Bay, 1970.

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

Table 17. Comparison of the regression coefficients and adjusted means between log fork length and log body weight in age 1.0 juvenile sockeye salmon groups among the three fishing locations in Bristol Bay, 1970.

Fishing locations	Between regression coefficients	Between adjusted means
O37-O39	F=6.64* df=1, 64	—
O37-7016	F=0.73 df=1, 44	F= 5.78* df=1, 45
O39-7016	F=0.38 df=1, 31	F=50.32** df=1, 32

* 0.01 < P < 0.05, ** P < 0.01

Table 18. Comparison of the regression coefficients and adjusted means between log fork length and log body weight in age 2.0 juvenile sockeye salmon groups among the six fishing locations in Bristol Bay, 1970.

Fishing locations	Between regression coefficients	Between adjusted means
O26-O30	F= 67.42** df=1, 98	—
O26-O32	F= 11.62** df=1, 80	—
O26-O36	F=965.00** df=1, 80	—
O26-O37	F= 6.59* df=1, 75	—
O26-O39	F= 10.41** df=1, 53	—
O30-O32	F= 3.39 df=1,104	F= 12.45** df=1,105
O30-O36	F=101.29** df=1,104	—
O30-O37	F= 13.11** df=1, 99	—
O30-O39	F= 19.14** df=1, 79	—
O32-O36	F= 67.37** df=1, 86	—
O32-O37	F= 1.19 df=1, 81	F=167.86** df=1, 82
O32-O39	F= 1.67 df=1, 61	F=256.04** df=1, 62
O37-O39	F= 0.05 df=1, 56	F= 9.93** df=1, 57

* 0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

海洋環境条件

1) 海洋構造の概観

ベニザケ幼魚の海洋生活初期の洄游径路は、水深 100 m 以浅の大陸棚上であり、かつアラスカ半島に沿ってベーリング海へと向っていた。ベニザケ幼魚の洄游径路における環境条件の変化を知るためには、海洋構造の季節的变化を把握することが重要であると思われたので、1969 及び 1970 両年の春～夏季の海洋観測資料及び Dodimead ら¹⁰⁾、小藤・前田¹¹⁾ 及び大谷¹²⁾ の報告を参照して、水温及び塩分分布の概観を試みた (図 13)。

湾内は大体 3 つの水域に分類される。一つはアラスカ半島に沿った 50 m 等深線付近から沿岸側に見られる沿岸水域で、ここは陸水と潮汐の影響により、表面より海底まで鉛直混合が生じ、温度と塩分が一樣である。小さな躍層は春季に一時的にみられるが、夏季には消滅し、太陽輻射による熱が水中全体に均一に分布し、ベーリング海に近い方ではアラスカ海流の影響で冬期も結氷せず、図 13(A) にみられるように、加熱期前でも 0°C 以上である水域。ここでは仮に南の沿岸水と称する。

二番目はプリストル湾北岸に沿っての広い 50 m 以浅の水域である。冬季は -1.5°C 以下に低下して結氷し、前の水域と同様に潮汐及び陸水の影響で、海底まで鉛直混合する。しかし加熱期の温度上昇はアラスカ半島側より遅れる。すなわち、海底付近の昇温はそれ以深の沖合より早いのに反し、表面近くは逆に沖より遅い結果となる水域である。これを仮に北の沿岸水と称する。

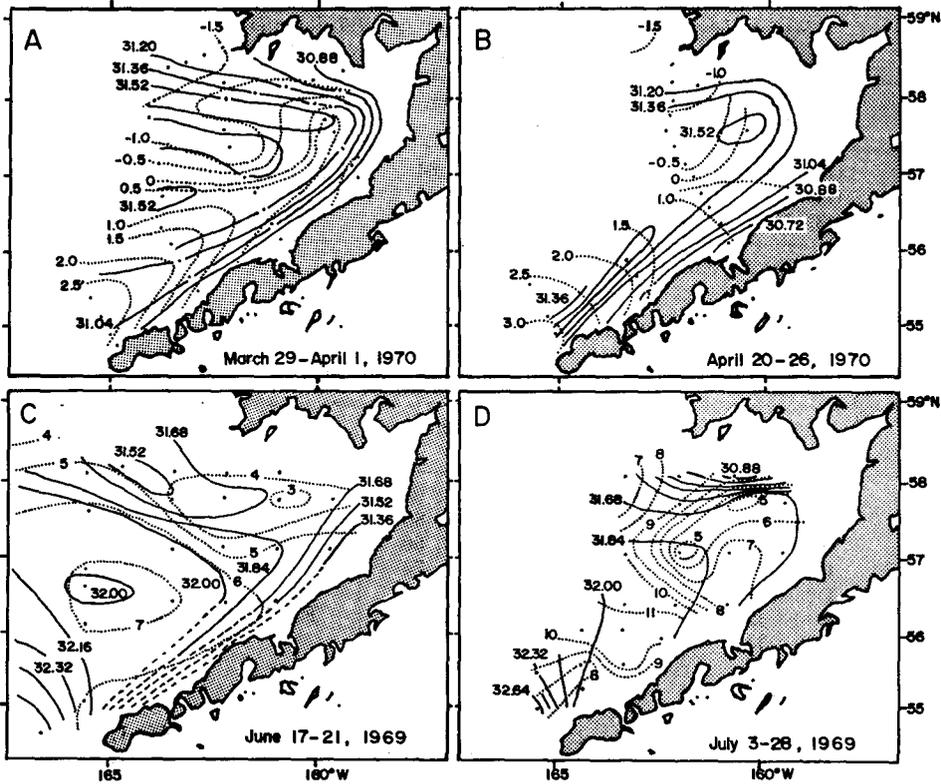


Fig. 13. Seasonal change of the horizontal distribution of the temperature ($^{\circ}\text{C}$) and salinity (‰) at 10 m depth in Bristol Bay.

A: March 19–April 1, 1970, B: April 20–26, 1970, C: June 17–21, 1969, D: July 13–28, 1969.

Dotted line (---) and solid line (—) denote the temperature and salinity respectively.

三番目は南北の沿岸水に挟まれて湾央に存在する水域である。ここでは湾央水と名付ける。沿岸水域より水深が大きいため、太陽輻射熱による水柱の鉛直混合、風による攪乱層と潮汐による海底摩擦が表面から海底まで一様にならず、全体としては水柱全体の水温は上昇し、両沿岸水との間に水温躍層が発達する。塩分は冬季には湾央で 31.8‰、6~8 月には鉛直的に等塩分の傾向にあり、その値は約 31.8‰ である。

同湾の水は表面より底まで、北東-南東方向に振動し、河川水は沿岸沿いに反時計回りに移動し、同湾の中央部には達していないと思われる。図 13 (A, B) は 3 月 29 日~4 月 26 日までのものであり、ベニザケ幼魚の降海洄游は始まっていない。プリストル湾南部の冬季結氷のない水域は、大陸棚外の温暖な海域の影響で 0°C 以上であるが、アラスカ半島沿いには、図 13 (A) では陸側からの冷却が続いている等温線の様子が認められ、図 13 (B) ではその程度がわずかに弱まり加熱期直前と思われる。未だベニザケ幼魚の生息には好適な海洋条件は形成されていない。両図の約 1 ヶ月間に、水温は全体として 0.5°C 上昇しているが、塩分分布はほとんど変わらず、河川水の増加の影響も認められない。

図 13 (C, D) は 6 月中旬より 7 月下旬の海洋構造である。図 13 (C) から、北の沿岸水の太陽輻射熱

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

による水柱の温度上昇は、湾央水と南の沿岸水に比較して遅れているのがわかる。アラスカ半島側では沿岸沿いに水温の上昇が顕著で5~6°Cの範囲にあり、ベニザケ幼魚に対し好適な環境が形成されているようである。ピアース岬より西側では、6月下旬に至っても水温上昇がプリストル湾より遅れ、加熱期盛期においても、水深10mは1°C近辺の低水温である。図13(D)は7月中~下旬の海洋構造を示している。7月中旬にはベニザケ幼魚は河川からの降海を完了し海洋生活に入っている¹³⁾。この時期には、水温はウニマック海峡、アラスカ半島に沿ってプリストル湾大陸棚周辺の海域で前期よりさらに上昇し、ウニマック島北側では11°Cに、また低塩分化した表層10~20mに限って沿岸近い水域では水温が12~13°Cに達し、鉛直的に等温になると思われた。河川水は湾央に張出さず、プリストル湾北岸沿いにピアース岬へ向って張出しており、50m等深線付近に沿って温度及び塩分躍層が認められた。湾奥の50m等深線付近より以深にかけて5°Cの水域が認められるが、これは加熱と潮汐による水柱の鉛直混合が海底まで達していないためで密度も大きく、このため周辺に環流が生ずると考えられる。この時期にアラスカ半島沿いに10°C以上の温度分布があり、1969年に2.0年魚の得られた「6924」では表面より10m層まで11.1°C、「6927」では表面より20m層まで10.2°Cであった。従ってこの7月中旬以降においても洄游径路はアラスカ半島に沿っているが、やや沖合側へと

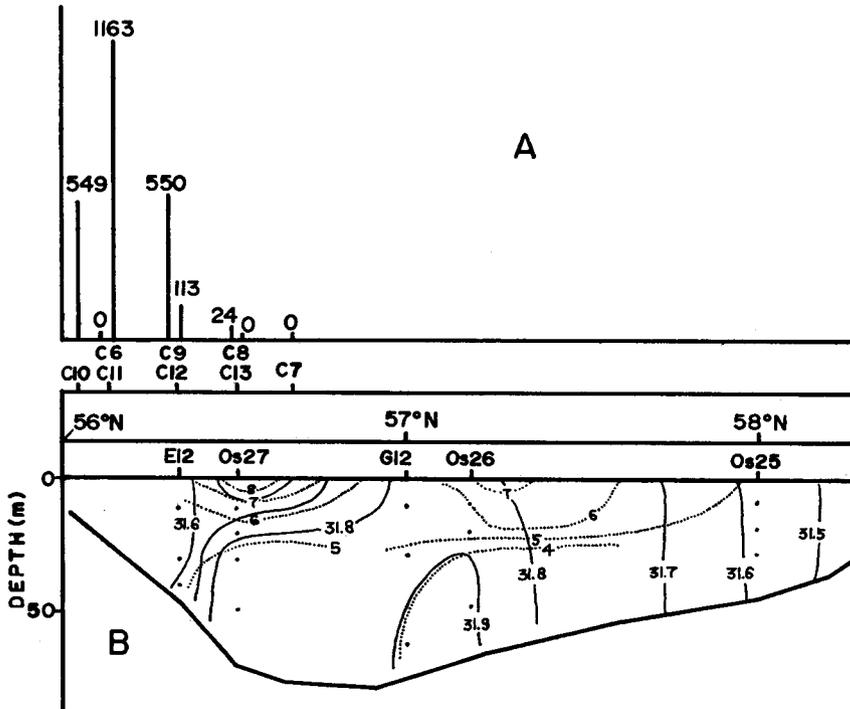


Fig. 14. Relationship between distribution of the juvenile sockeye salmon and oceanographic structure at longitude of the 161°W line in Bristol Bay in late June, 1969.
 A: Number of catches per one haul, June 17-26, 1969 (C6-C13: Positions of purse seining operations).
 B: Vertical section along 161°W line, June 18-23, 1969 (E12, G12, Os25-Os27: Positions of oceanographic observations).
 Dotted line (---) and solid line (—) denote the temperature (°C) and salinity (‰) respectively.

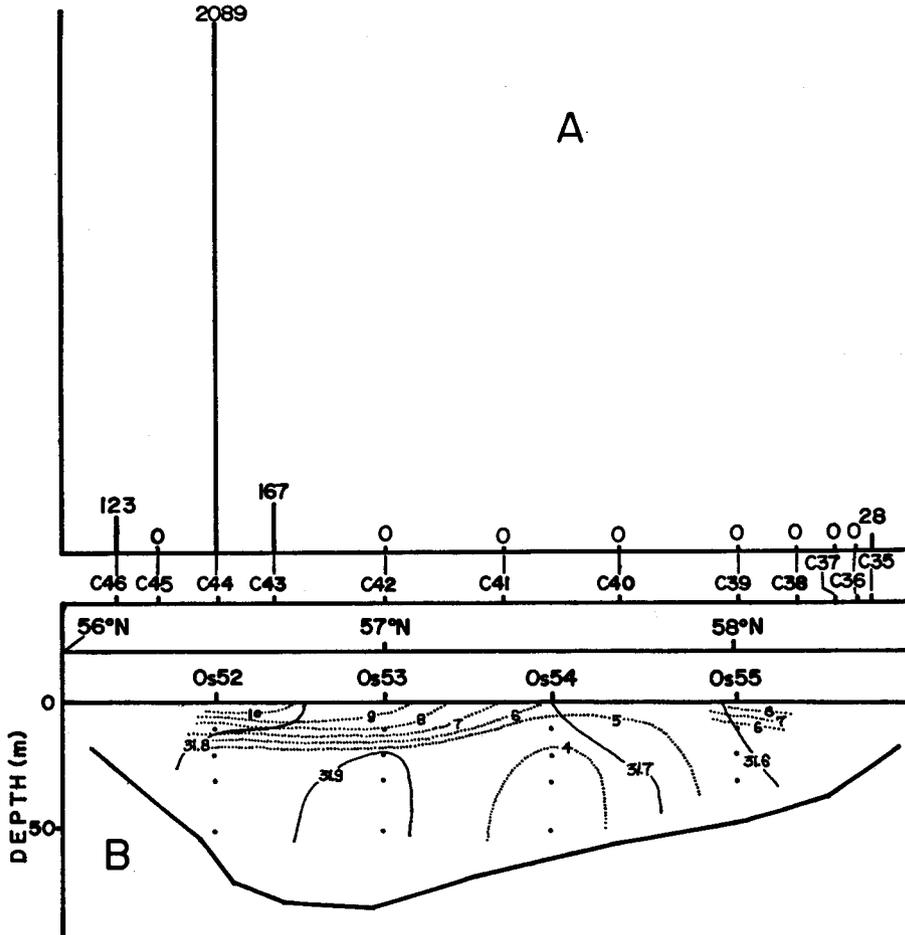


Fig. 15. Relationship between distribution of the juvenile sockeye salmon and oceanographic structure at longitude of the 161 °W line in Bristol Bay in early July, 1969. A: Number of catches per one haul, July 1-3, 1969 (C35-C46: Positions of purse seining operations). B: Vertical section along 161 °W line, July 3-4, 1969 (Os52-Os55: Positions of oceanographic observations). Dotted line (---) and solid line (—) denote the temperature (°C) and salinity (‰) respectively.

分布がベーリング海へ近付くに従って広がるものと推測される。

2) 海洋構造とベニザケ幼魚の分布との関係

海洋構造とベニザケ幼魚の分布を知る目的で、1969年6月下旬～8月初旬の161°W線の水温及び塩分の分布と巾着網及び流網一操業当りの漁獲尾数を図14～16に示した。

6月下旬(図14)は、57°N以南のアラスカ半島側に偏在する南の沿岸水に属する31.6‰の水域に分布が集中していた。水温の詳細な資料が欠けたため、この水域の表面水温は不明であるが、他の

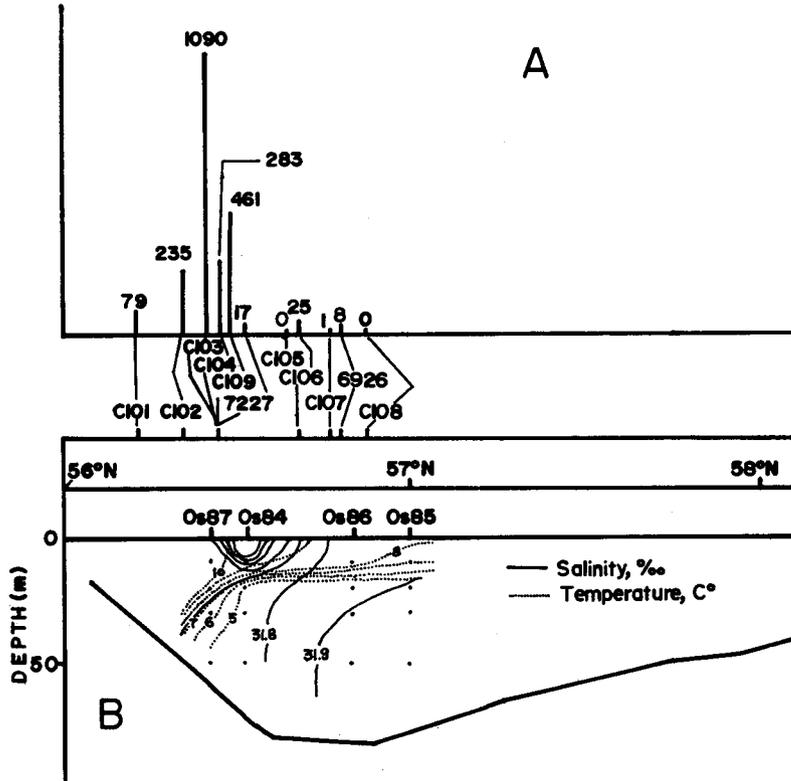


Fig. 16. Relationship between distribution of the juvenile sockeye salmon and oceanographic structure at longitude of the 161 °W line in Bristol Bay in late July to early August, 1969.

A: Number of catches per one haul, July 29–August 1, 1969 (C101–C109, 6926–6927: Positions of purse seining and gill netting operations).

B: Vertical section along 161 °W line, July 27–30, 1969 (Os84–Os87: Positions of oceanographic observations).

Dotted line (---) and solid line (—) denote the temperature (°C) and salinity (‰) respectively.

観測点の状況より判断して6~8°Cに達していたと思われる。

7月初旬(図15)は、塩分構造に大きな変化はないが、顕著な水温躍層が形成され、幼魚の分布は10°C、31.8‰の等温、等塩分線の張出しと一致した。また同じ北側(Os55, C35~39)も南側より遅れてはいるが水温の上昇が推測され、塩分31.6‰以下の北の沿岸水中に幼魚の分布がみられた。

8月初旬(図16)は、観測点が57°N以南に集中していたため57°N以北の観測点はない。56°30'N付近に陸水の影響と思われる31.5‰以下の塩分の薄い水の張出しが特徴的であった。幼魚の分布は低塩分水を囲んで水温8~10°C、塩分31.4~31.6‰の水域に集中していたが、低塩分水中の標本がなかったので、この水域中に分布があったか否かは不明である。

1969及び1970の両年のおしよ丸の流網が行なわれた調査点の0m及び10m層の水温、塩分とベニザケ幼魚の漁獲尾数を表19に示す。全体としてみると、漁獲の得られた所は水温8~12°C、塩分31.9‰以下の水体中であった。

Table 19. Temperature (°C) and salinity (‰) at 0 and 10 m depth and number of catch at the twelve fishing locations worked by the T/S Oshoro Maru in 1969 and 1970.

Fishing locations	0 m		10 m		No. of catch
	Temp.	Salinity	Temp.	Salinity	
6921 (Os65)*	9.1	32.00	8.29	31.97	0
6922 (Os68)	11.6	32.10	7.42	32.08	0
6923 (Os72)	11.7	31.86	11.64	31.86	1
6924 (Os73)	11.1	31.94	11.06	31.94	16
6925 (Os80)	9.6	31.44	8.74	31.45	1
6926 (Os86)	8.8	31.84	8.46	31.85	8
6927 (Os87)	10.2	31.64	10.10	31.63	17
7014 (Os55)	9.4	31.92	7.95	31.90	0
7015 (Os56)	8.2	31.83	8.16	31.82	0
7016 (Os57)	8.3	31.74	8.21	31.74	10
7017 (Os58)	8.5	31.70	8.10	31.79	38
7018 —**	8.4	—	—	—	—

* Numbers with the "Os" in parentheses denote the oceanographic stations.

** No information available.

以上のことより、6月下旬から8月上旬にかけてベニザケ幼魚の分布がみられるのは南及び北の沿岸水中で、特にアラスカ半島北側であり、その海洋条件は表面水温 8~12°C の比較的温暖化され、また塩分 31.4~31.9‰ の未だ汽水の性格を帯びている塩分濃度の低い水体付近である。さらに分布は時期の推移と共に 31.6‰ から 31.9‰ へと塩分濃度の大きな水域へ移る傾向があった。また3つの水域の性格からみると、ベニザケ幼魚は主に南の沿岸水に添って西へ移動し、沖合側では湾央水と沿岸水との接触面、すなわち沿岸前線が分布を阻止する障壁となっている可能性が考えられた。

考 察

ベニザケ幼魚が、淡水から海水へ移行するに際して最も重要と思われる環境要因の変化として塩分濃度と温度が挙げられるであろう。Hoar¹⁴⁾ は、サケ属の降海時期の生態は魚種毎に独自のものであると、進化の問題と合わせ論じている。就中、塩分濃度は幼魚の河口への洄游の直接要因とはなり得ないが、汽水域での“方向知覚”(Orientation)には意味をもっているかもしれないとして、その重要性を強調した。McInerney¹⁵⁾ は、サケ属の“塩分嗜好性”(Salinity Preference)は個々の種において特有であり、かつ降海洄游の過程における河口、汽水域そして外洋の塩分勾配と一致するのではないかと述べ、Hoarと同様に塩分勾配が外洋への方向知覚に作用することを示唆した。Straty¹⁶⁾ は、ブリストル湾系ベニザケ幼魚の主要河川系群は河口より南東の最も塩分勾配の顕著な方向に洄游径路をとり、この径路はポートハイデン (Port Heiden) 沖への最短距離であり、かつこの透明度の低い水域では、塩分勾配が方向知覚に主要な働きをなしている。しかしポートハイデン以西の海域では、塩分勾配も顕著ではなく、かつ透明度も高く他の環境指標がベーリング海への洄游に使用されると述べている。

ベニザケ幼魚が、5月下旬より9月初旬にかけて、湾央水を避け塩分濃度の薄い沿岸水域をベーリング海へと洄游することから、外洋水の塩分濃度に適応できる時間が短期間ではなく長期間を要することが示唆される。勿論、湾央水と沿岸水の相違が塩分濃度だけでなく、餌生物の種類や分布、外敵生物や産卵洄游のさけ・ます類の高密度魚群の存在等の差異も考えられる。

小城：プリストル湾のベニザケ幼魚

一方、温度が魚群の行動に極めて直接的な影響を与えるという報告は多い。ベニザケ幼魚の河川降下の時期は温度変化と高い相関関係にあり、降海行動の開始は水温変化が刺激になるといわれている¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。事実、プリストル湾水系のベニザケ幼魚の降海時期は温度変化の推移と同様、低緯度の方が早く、次第に高緯度へと及ぶ。また魚体と年令の大きな幼魚の方が、それらの小さな幼魚より早く降海することが知られている¹³⁾。また、温度はベニザケ幼魚の遊泳速度とも密接な関係があり²⁰⁾、年令及び魚体の大きさによる洄游速度の遅速が生ずる可能性もある。Straty¹⁶⁾ は、水温が遊泳や洄游速度を規制する結果、プリストル湾内におけるベニザケ幼魚の生息期間や夏季及び秋季の海洋生活初期の生長量や生長率、さらには洄游径路を調整する重要な環境要因であるとしている。

海洋生活初期においては、このような塩分濃度や水温、その他の環境要因の単独または複合した作用の結果生じる環境変化に対する体内の生理的適応として、エネルギー消費と関連する、ある種のストレスが考えられ、これが自然死亡をもたらすと推測されるが、これに関する研究はなされていない。Larkin・Walton²¹⁾ は、“群行動”(Schooling)する洄游魚の一機能として、群で行動する時は個々の魚が単独で行動する時より、方向知覚の誤差が小さいことから、群を構成している個体のエネルギー消費が一定となる有利な面があると考えている。

本研究で得られた一知見として、降海ベニザケ幼魚群の湾奥より湾外へ、沿岸より沖合への移動において、2.0年魚の先行、単一年令群の体長・体重関係にみられた沖合群の生長率の増大化傾向が認められた。Burgnerら²²⁾ は、ベニザケ幼魚の降海洄游は一般に2.0年魚が1.0年魚よりも1~2週間早いと述べている。従ってこのことは、各河川系幼魚は2.0年魚の生長の良いものが先行し、続いて2.0年魚の大部分と1.0年魚の生長の良いもの、次いで1.0年魚の大部分と2.0年魚で生長の遅いものの混合群という順序で、かつそれぞれの過程で沿岸より沖合へと移動する様式が想定される。さらに餌生物の分布量の多寡や、摂餌量の差異が生長の遅速をもたらし、魚体の増大に伴う遊泳力の増加等が相互に関連して、2つの年令群の分布に時間的ずれや、同一年令群内部の魚群の分化や再編制が生ずるものと考えられる。

本研究はプリストル湾系ベニザケ幼魚の海洋生活初期の分布、洄游、生長及びそれらと海洋条件との関連を生態学的に明らかにする目的で行なわれた。しかし調査時期及び海域が極めて限定されたため、結果は主に分布と魚群構造の解析に留まり、魚群と環境条件との関係を詳細に研究することができなかった。

また本報では、魚群の移動や生長に次の仮説が前提となった。すなわち、魚群の単位として適宜な距離を隔てた調査点で採集された単一年令群を考えた。Hartt²³⁾²⁴⁾ は、ベニザケ成魚の標識放流結果より、同一場所で放流された魚群が、ほとんど同時に他の同一場所で再捕されたことから、同一場所の魚群が等しい移動速度で等しい洄游径路を通過することを、そしてプリストル湾系成魚は、海洋では起源である河川別に分離されていないことを明らかにしている。一方、Straty¹⁶⁾ は降海ベニザケ幼魚の標識放流結果より、プリストル湾湾奥よりポートモラ沖まで、各河川系魚群は比較的早い速度で洄游し、それぞれ降海時期及び洄游距離により分離された単一河川系群を維持して洄游するが、ポートモラ沖以西での洄游速度はゆるくなると述べている。早期に降海したウガシク水系幼魚は、遅れて降海したクピチャク水系幼魚に、ポートモラ西南西約160km以上の水域で追いつかれ混交する。従って、各調査点で得られた魚群は全くランダムな個体の集合ではなく、発生活源水系が等しいか、少なくともある期間同一環境で生育した、すなわち同一の生活履歴を経た魚個体の集まりである可能性は強い。

上述の仮定の妥当性を検討するためには、10大河川水系の降海幼魚の標識放流と、初夏より初冬に渡る試験操業結果を、詳細な海洋環境データと関連させて調査する必要があるだろう。

要 約

1969年6月24日より7月30日及び1970年6月21日より8月10日までのそれぞれの期間に、プリストル湾で、流網または巾着網で採集されたベニザケ幼魚の年令査定、体長（尾又体長）及び体重測定を行い、海洋環境条件と関連させて、ベニザケ幼魚の分布及び魚群構造を論じた。

1. ベニザケ幼魚は、プリストル湾湾奥の河川水の影響の顕著な水域から、水温6~10°C、塩分濃度31.6~31.9‰の水域をアラスカ半島北側に沿ってウニマック島付近まで分布した。7月下旬から8月上旬にかけて、ポートモラー沖合で分布密度が大きかった。
2. 両年共に、1.0年魚及び2.0年魚が、各々34%、64%を占めて卓越し、3.0年魚は僅少であった。2.0年魚は1.0年魚より西方及び沖合側に分布し、年令群の分離や混合水域がみられた。
3. 1.0年魚は平均体長89~149mm、平均体重5.4~33g、2.0年魚は平均体長109~184mm、平均体重8~71gの範囲にそれぞれあり、地域毎に魚体の大きさは異った。また魚群の平均体長及び平均体重は、一般に東方から西方へ、沿岸から沖合へ離れるにつれ大きくなった。
4. 体長・体重関係の回帰係数は、1.0年魚で平均値は2.42（範囲、1.22~3.04）、2.0年魚で平均値は2.73（範囲、1.64~3.40）と、高年令群で値が大きく、また沿岸よりも沖合の群ほど大きな値を示した。
5. 湾奥よりポートモラー沖までは、各河川系群は2.0年魚の生長の良いものが先行し、続いて2.0年魚の大部分と1.0年魚の生長の良いもの、そして1.0年魚の大部分と2.0年魚で生長の良くないものという順序で、河川系群の混交がないまま比較早い速度で移動することが示唆された。

文 献

- 1) 北海道大学水産学部 (1970). 海調漁試要報. 14, 1-123.
- 2) 北海道大学水産学部 (1972). 同誌. 15, 1-95.
- 3) International North Pacific Fisheries Commission (1957). *Proceeding of the Annual Meeting 1957*. 70-73.
- 4) Koo, T.S.Y. (1962). Age designation in salmon. p. 37-48. In Koo, T.S.Y. (ed.), *Studies of Alaska Red Salmon*. 449p. Univ. Washington Publ. in Fish., New Ser., 1, Seattle.
- 5) 山本昭一・三島清吉 (1962). サケ・マス流網の網目の選択性に関する研究. 北大水産彙報 13, 82-97.
- 6) 石田昭夫 (1962). 刺網の網目選択性曲線について. 北水研報告. 25, 20-25.
- 7) 石田昭夫・三浦泰三・白石芳一・田中昌一・田中実 (1968). 数種の淡水魚に対する刺網の網目選択性. 淡水研報告. 18, 13-20.
- 8) Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Animal Ecol.* 20, 201-219.
- 9) Snedecor, G.W. (1956). *Statistical Methods* (5th edition). (畑村又好・奥野忠一・津村善郎共訳, 統計的方法, 改訂版, 1962), 478 p. 岩波書店, 東京.
- 10) Dodimead, A.J., F. Favorite, and T. Hirano (1963). 北太平洋のさけ・ます-第2部, 太平洋亜寒帯の海洋学の検討. 北太平洋漁業国際委員会研究報告 31, 769-780.
- 11) 小藤英登・前田辰昭 (1965). 東部ベーリング海トロール漁場における魚群の移動と底水温の変化. 日水誌 31, 769-780.
- 12) 大谷清隆 (1969). Bering 海東部の陸棚水の海洋構造と海氷について. 北大水産彙報 20, 94-117.
- 13) Hartman, W.L., W.R. Heard, and B. Drucker (1967). Migratory behavior of sockeye fry and smolts. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 24, 2069-2099.
- 14) Hoar, W.S. (1958). The evolution of migratory behavior among juvenile salmon of the genus *Oncorhynchus*. *ibid.* 15, 391-428.
- 15) McInerney, J.E. (1964). Salinity preference: an orientation mechanism in salmon migration. *ibid.* 21, 995-1018.

- 16) Straty, R.R. (1973). Ecology and behavior of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Bristol Bay and eastern Bering Sea. In Hood, D.K., and E.J. Kelley (ed.), *Oceanography of the Bering Sea*. Inst. Mar. Sci. Occas. Publ. 2, Univ. Alaska, Fairbanks (in press).
- 17) Burgner, R.L. (1962). Studies of red salmon smolts from the Wood River lakes, Alaska. p. 247-314. In Koo, T.S.Y. (ed.), *Studies of Alaska Red Salmon*. 449p. Univ. Washington Publ. in Fish., New Ser., 1, Seattle.
- 18) Foerster, R.E. (1937). The relation of temperature to the seaward migration of young sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *J. Biol. Bd. Canada*. 3, 421-438.
- 19) Ward, H.B. (1932). The origin of the landlocked habit in salmon. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 18, 569-580.
- 20) Brett, J.R., M. Hollands and D.F. Alderdice (1958). The effect of temperature on the cruising speed of young sockeye and coho salmon. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 15, 587-605.
- 21) Larkin, P.A., and A. Walton (1969). Fish school size and migration. *ibid.* 26, 1372-1374.
- 22) Burgner, R.L., C.J. DiCostanzo, R.J. Ellis, G.Y. Harry, W.L., Hartman, O.E. Kerns, O.A. Mathisen, and W.F. Royce (1969). Biological studies and estimates of optimum escapements of sockeye salmon in the major river systems in Southwestern Alaska. *U.S. Fish. Wildl. Ser., Fish Bull.*, 67, 405-459.
- 23) Hartt, A.C. (1962). 標識放流から推定した北太平洋とベーリング海におけるさけ・ますの移動. 北太平洋漁業国際委員会研究報告. 6, 1-147.
- 24) Hartt, A.C. (1966). 1959-1960年における巾着網操業および標識放流による北太平洋およびベーリング海でのさけ・ますの回遊. 同誌. 19, 1-131.