HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ベーリング海東部海域における流網の直角投網よりみたサケ・マスの水平移動
Author(s)	藤井, 武治; 山本, 昭一; 増田, 紀義 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 18(4), 306-316
Issue Date	1968-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23330
Type	departmental bulletin paper
File Information	18(4)_P306-316.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ベーリング海東部海域における流網の直角投網よりみたサケ・マスの水平移動*

藤井武治**・山本昭一**・増田紀義**・小林源司**・西山恒夫***

Inference on Direction of Movement of Pacific Salmon in the Bering Sea from the Relationship between the Direction of Gillnet Set and the Amount of the Catch

Takeji FUJII, Shoichi YAMAMOTO, Kiyoshi MASUDA
Genji KOBAYASHI and Tsuneo NISHIYAMA

Abstract

When the gillnet sets are placed in the same area but faced in different directions, the amount of fish caught in each net could be different. On the basis of this assumption twenty experimental hauls were made to determine the swimming direction of the Pacific salmon in the eastern area of Bering Sea from 1963 to 1966.

The two net sets, each of which was composed of four sizes of mesh the same, both in arrangment and in amount, were linked to each other with a rope of 400 meters in length. The two net sets formed a right angle, exactly 90° at the time they were placed. Operations were carried out when the sea was quiet to avoid any damage from drifting, so there was not trouble from rough weather. The spacial extension of the two net sets was generally kept uniform, although the entire sets were moved somewhat by the current.

In most cases, it was shown that the value of the catch per unit tan was different in the respective net sets because they were faced in different directions. This is true for three salmonidae species, i.e. sockeye, chum and pink salmon. Throughout this study, it is regarded as evidence of the direction of movement in one direction if the fish were gilled on only one side of the net more fish were gilled on one side than the other. Therefore, the larger the proportion of the fish netted on one side as compared to the other side, the more distinct the direction of movement is at that location. In other words, even equal numbers of fish were entangled from both sides of the net, the direction of movement was considered to be vague. This was often the case when the catch was small.

A large catch coupled with a distinct movement in one direction usually occurred in the net set which drifted farest from its initial position. The groups of fish composed mostly of mature fishes showed more distinct movement in one direction than those which were composed of immature fishes. Among the three species, the distinctness of the direction of movement might be ranked in the following order, i.e. pink, sockeye and chum salmon. The frequency distributions of fork length of the two fish shoals found in the respective net sets did not differ each other so far as the same species was concerned.

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第22号 (Contribution No. 22 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部練習船おしよろ丸

*** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設漁業部門

We conclude that the size of the catch does indeed depend considerably on the relationship of the lay of the net to the movement of the fish. It is suggested that to obtain more precise indices of relative abundance the lay of the net should be recorded in some way.

I 緒　　言

サケ・マス流網漁業において，魚群がある場所で一定方向に進行しているとすれば，投網方向の如何は漁獲量にはなはだしい差異を生ぜしめることが考えられる。一般に刺網は目的とする魚群の移動方向を予想し，その移動方向に対し直角方向に投網することが，漁獲効果を最大にする筈であるが，実際には魚群の移動方向を確認することは困難であり，1)従来の経験実績　2) 操船上漁撈作業を容易にするための風向・波浪の影響　3) 漁場の秩序維持　などが考慮されて投網方向が決定されている。流網がこのような考慮のもとで投網されたときの罹網効果と，魚群の移動方向と直角に投網されたときの罹網効果との間には当然差異の生ずる場合のあることが考えられる。

かつて Bering 海域の操業中の某サケ・マス2船団が，たまたま隣合わせた漁区で，それぞれ投網方向を極端(90° 近く)に異にしたとき，各船団の多獲魚種が異なった結果になった例があるが，サケ・マス流網漁業においては，対象とする魚種の漁獲効果を大にするためには，漁場の判定とともに投網方向の決定は重要な事項であろう。

従来魚群の回游路の推定や系統識別のために標識放流が実施されている。一般にこの方法では，放流点と再捕点とを直線で結ぶことが便宜的に行なわれているが，実際には途中の回游経路は不明であり，放流点と再捕点の空間的および時間的間隔が大きければ，解釈に矛盾をきたす場合も生ずる。したがって，もし操業の行なわれる場所毎に魚群の進行方向が表示できれば，魚群の回游路を明らかにできるだけでなく，より一層サケ・マス生活史の研究に役立つであろう。

Hartt[1] はアリューシャン列島近海およびベーリング海で巾着網で漁獲されたサケ・マスからその移動を述べ，Johnsen[2] および Larkins[3] はともに北太平洋，ベーリング海で，流網によるサケ・マスの罹網方向から移動方向を述べている。著者等は 1963 年から水産庁の援助を得て，練習船おしよろ丸で漁獲効率を同じにした2組の流網列を使用して，それぞれが直角になるように投網（以下直角投網という）し，その罹網状態からサケ・マスの進行移動方向および罹網魚の組成について検討を行ない，幾つかの知見を得たのでこれを報告する。

本稿を草するにあたって，種々御教示いただいた本学北洋水産研究施設金森政治教授，毎年乗船調査に参加された調査員，遠洋漁業学科特設専攻科の学生およびおしよろ丸乗組員諸氏の絶大な協力に深謝する。

II 試験方法と場所

1)　試験方法

一連の流網を直角投網するに当り，サケ・マス流網の網目選択性および漁獲効率を均一にすることを考慮し，原則として4種類の目合のアミラン製流網をそれぞれ同反数ずつ連続させた流網列を2組作り，両者の間は長さ 400m，径 15mm のマニラロープで連結した。試験操業は操船上漁撈作業が容易に行なえる海上の平穏なとき(風力3以下)を選び，投網方向は魚群の回游方向を予想して，1組は予想方向に直角，他の1組はこれと平行になるように決定した。各流網列の投網方向の変更は，各組の流網列を連結した中間のマニラロープの長さ内で行なった。各組の流網列の網地の配列は，115mm の目合を5反，130mm を5反，121mm を 15 反，136mm を7反，115mm を 10 反，121mm を 10 反，130mm を 10 反ずつ計 62 反を標準として編成した。

2)　場　所

Fig. 1 に示したように主としてベーリング海東部海域で 1963 年 2 点[4], 1964 年 4 点[5], 1965 年 5 点[6] および 1966 年 9 点[7] 合計 20 点で行なった。

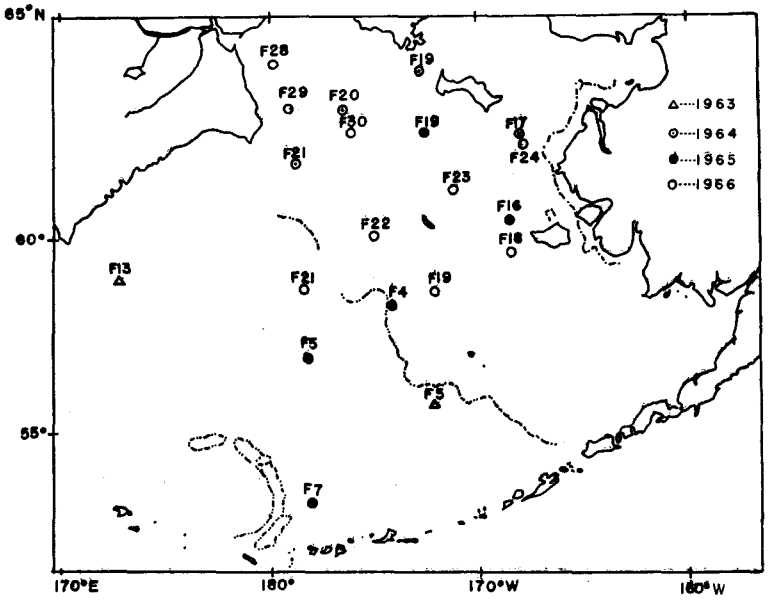

Fig. 1. Locations of experimental fishing by salmon gillnet set from 1963 through 1966

III 実 験 結 果

1. 流網列の滞水中の移動と設網方向の変化

流網は日没前の投網開始から翌朝日出後の揚網終了まで 10～12 時間海中に設網されており，この間流網は海潮流・風浪の影響を受けている。一般に北洋海域の海流は弱いとされているが，アラスカ地方の干満の大きいことでもわかるように，潮汐流は相当強い。ベーリング海東部の大陸棚上では，投網後夜間錨泊して流網の監視を行なうとともに，電気流速計（東邦電探 KK 製）を使用して流向・流速の観測を行なった。1966 年 6 月 29 日アラスカ半島先端北部 F17（この数字は 17 回目の操業番号を示す。以下同じ）で 1.07kt の流速を観測したが，一般には 0.5kt 前後の流速が観測された。流向は流向計の自差が不明のため正確さを欠くが，流網の各端に取付けたコーナーリフレクターをレーダーで監視してみると，その移動は潮汐に大きく影響されていることがわかる (Fig. 2-1)。滞水中流網は各流網列とも部分的に複雑な小変形を示すが，多くの場合直角投網の原形は保たれている。しかし，ときには直角に投網した流網列がほとんど同一方向に変化している場合もある (1966 年 F2-3)。風力 5 以上の強風が流網列に平行に吹送する場合は，風上側のコーナーリフレクターおよびダルマ灯は風圧を受けていわゆる網折れし，また流網列と風向が角度を有する場合にも，流網列の先端が風下に圧流されて変形し，漁獲差の効果確認を不良にする場合が多い。

2. 流網列の変形と各流網列の曜網率

流網列の移動と変形は潮汐流・風向および風力に大きく影響されることは前述したが，揚網時における各流網列の変化については Larkins[3] も記録調査を行なったように，複雑な揚網方向を持ち，極

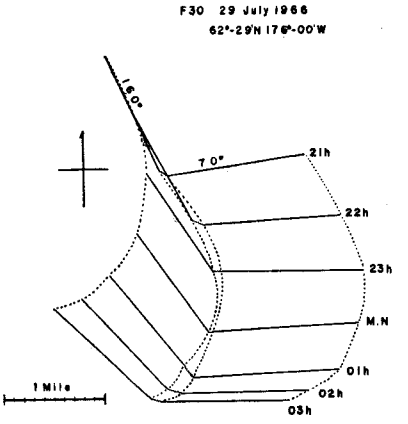

Fig. 2–1.

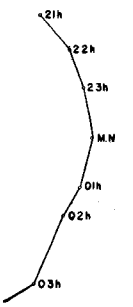

Fig. 2–2.

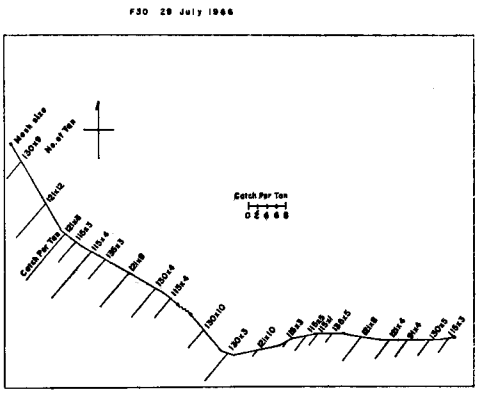

Fig. 2–3.

Fig. 2–1. Movement of the salmon gillnet set due to drifting east of Cape Navarin in July 1966

Fig. 2–2. Direction and velocity of the tide east of Cape Navarin in July 1966

Fig. 2–3. Relation between the shape of the salmon gillnet set at the time of hauling in it and the catch of chum salmon east of Cape Navarin in July 1966

端な場合には流網各反毎にその変位量は異なっているといえるであろう。Table. 1 は直角投網における投網時の各流網列の方向に対して，揚網時における各流網列の中で流網の一部分についての最大移動角と魚種別罹網率を示したものであるが，各流網列の投網方向に対し両辺の相対的比較において部分的に移動角が大きい辺の流網列が概して罹網率が大であることが認められる。このことから異なる目合で連結された各流網列において，移動角の大なる流網列はほかの流網列より潮流の影響が大きかったことになる。すなわち変化の大きい流網列と潮流との交角が大であったとすれば，流網は潮流を直角に横切ることが漁獲効果の良い原因となると考えても良いであろう。

試験操業中からその一例を示すと，1966 年 7 月 29 日ナワリン岬東方の F30 において，直角投網後

Table 1. Relation between movement of salmon gillnet set and catch of salmon

Year	First net set						Second net set				
	Fishing location	Direction of net set (°)	Movement of net in angle (°)	Catch per unit tan			Direction of net set (°)	Movement of net in angle (°)	Catch per unit tan		
				Sockeye	Chum	Pink			Sockeye	Chum	Pink
1963	F 5	315	50	4.69	0.15	0.49	45	31	0.62	0.68	0.19
	13	315	60	0.54	0.33	0.70	45	15	0.49	0.29	0.48
	17	140	30	0	2.03	0.06	90	10	0	0.84	0
	19	190	40	0	4.50	0.05	100	25	0.02	4.48	0.07
	20	80	80	0.20	7.94	0.02	350	25	0.30	7.75	0.02
	21	240	35	0.29	4.41	0.06	180	0	0.38	8.61	0.04
1965	4	320	100	0.05	0.15	0.03	230	50	0.32	0.36	0
	5	150	120	0.49	0.31	0	60	0	0.47	0.77	0
	7	235	55	2.29	0.28	1.59	325	45	12.31	0.26	0.33
	16	55	25	0	0.23	0	145	15	0	0.13	0
	19	130	20	0	0.67	0	220	0	0	1.16	0
1966	18	190	30	0.11	0.18	2.74	280	15	0	0.25	0.36
	19	350	25	0	0	0	80	10	0	0.89	0
	21	45	55	0.64	2.88	0.15	315	25	2.38	3.59	0.15
	22	0	50	0	0.15	0.15	270	30	0.05	0.16	0
	23	100	40	0	0.64	0	10～50	40	0	0.57	0.24
	24	195	45	0	0.61	0	285	10	0	0.57	0.05
	28	270	60	0.05	2.43	0.05	315	25	0.13	1.64	0
	29	280	130	0	3.08	0	190	70	0	1.95	0
	30	160	40	0	7.73	0.02	70	20	0	4.89	0.05

本船は附近に錨泊して流網の移動を測定した。各流網列の両端に附したコーナーリフレクターにより流網の移動を監視した結果は Fig. 2-1 に示すごとくであった。当日は夜半迄風力が弱く (2～4m/sec) 錨泊時の船首方向を参考にして流向を求めると，Fig. 2-2 のごとくほぼ南北を長軸とした時計廻りの潮流が観測された。また揚網時流網の設網方向を観測してみると，Fig. 2-3 のごとくであった。当夜の潮流を観察すると 21 時頃まで SSE 流が続き，その後流向は時計廻りに SSW 流に変わっている。160° 方向に投網した流網列は平均1時間当り 6° で角度が開いており，70° 方向の流網列はほとんど平行に移動している。この時の漁獲魚は 4, 3 年魚を主群としたシロサケが優勢であり，160° 方向の流網列に 65.5% が罹網した。また 160° 方向の流網列と隣接した 70° 方向流網列の一部が前者とほぼ同方向の揚網方向に変位しており，この部分の罹網が良好であったことを考慮すれば，70° 方向流網列の漁獲の割合は一層悪くなり，160° 方向の流網列の漁獲率はさらに増大したであろうと考えられる。またシロサケの罹網方向は 160° 方向流網列についてはほとんど全部が SW→NE であるが，70° 方向流網列は画一的でなく SSE→NNW が優っていたが，反対側からの罹網も約 30% あった。

3.　流網列よりみたサケ・マスの進行方向

直角投網はサケ・マスの進行方向を予想して投網しているが，それらが常に適正な投網方向であると考えられない。しかし各流網列の罹網率に優劣の生ずる場合の多いことから，サケ・マスには進行方向に指向性のあることが認められる。

Fig. 3 は 1963 年 6 月 20 日プリビロフ諸島南西方 100 浬附近 (F 5) で行なった直角投網によるサケ・マス目合別反当尾数を示したものである。ベニサケでは各目合とも 315° 方向の流網列に優勢な罹網がみられ，しかも罹網方向は SW→NE が約 85% であり，45° 方向の流網列は劣勢な罹網で罹網方向は SE→NW および NW→SE の両者がみられた。このことはブリストル系と思われるベニサケの東方へ向う進行方向を明瞭に示すものである。シロサケではベニサケに較べて罹網数は少なかったが，カラフトマスと同様に 45° 方向の流網列に SE→NW 方向で罹網が多く，ベニサケとは進行方向を異にしていることが認められた。

Fig. 4 は前述 1966 年 7 月 29 日ナワリン岬東方 110 浬附近 (F30) における漁獲を示したものである。各流網列の罹網状況は前にも述べた通りであるが，それを他の操業結果 (前日 F29 説明略) などとを考え合わせると，この海域においてはシロサケは WSW→NE または ENE の方向に進行していたものと考えられる。

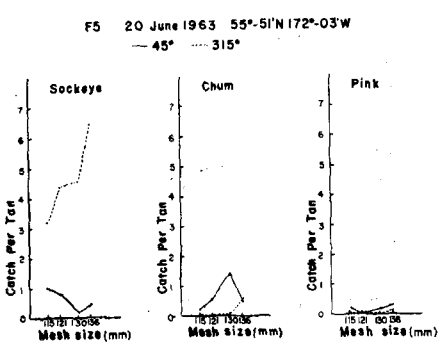

Fig. 3. Catch of salmon per unit tan in two gillnet sets layed in different directions near the Pribilof Islands in June 1963

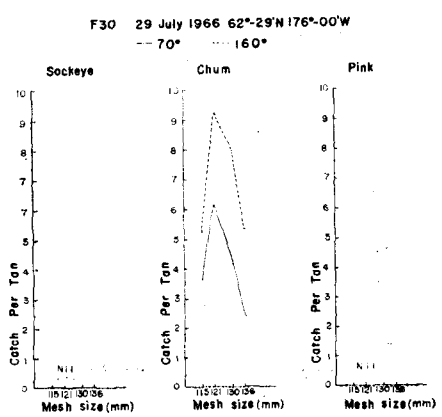

Fig. 4. Catch of salmon per unit tan in two gillnet set layed in different directions east of Cape Navarin in July 1966

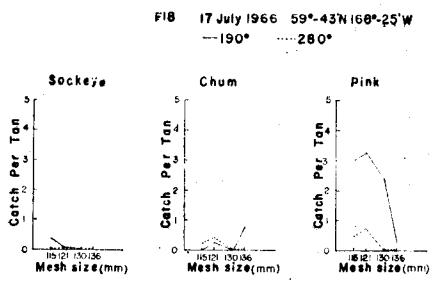

Fig. 5. Catch of salmon per unit tan in two gillnet sets layed in different direction west of Nunimak Island in July 1966

Fig. 5 は 1966 年 7 月 17 日ヌニマク島西方 (F18) における漁獲結果である。ベニサケ・シロサケの漁獲は少なく，進行方向も余り明瞭でないが，比較的漁獲の多かったカラフトマスは 6 月下旬ブリストル湾北部(F13, 14) にみられた傾向と同様に，190° 方向の流網列で W→E の罹網方向がはっきりと認められた。直角投網試験ではないが過去の調査の一例を参考のため附記する。1959 年ベーリング海中央部で前日 (7 月 10 日 F11, 57°24′N 179°28′E) 投網方向 55° 目合 121mm で反当り 22.13 尾，124mm 12.54 尾，翌日 (7 月 12 日 F13, 56°56′N 174°30′E) 投網方向 80° でそれぞれ 4.30 尾，2.09 尾の漁獲を得た。しかし当日 (7 月 11 日 F12, 57°32′N 176°30E) は投網方向 135° でわづか 121mm の網で 1.15 尾，124mm 0.45 尾の罹網率であった。この日本船の東方 18 浬において，投網方向 30° で操業した K 船団のカラフトマスの罹網率は (目合 121mm，124mm の流網使用) 6.86 尾であり，シロサケ，ベニサケは本船と大差が認められなかった。本船で観察されたカラフトマスの罹網は NE と SW の両面から行なわれていたため，進行方向を推定することは困難であった。F11 から F13 にカラフトマスの分布密度が均等に変化すると仮定し，また投網方向を適正と思われる NE 方向とすれば K 船団と大体同程度の罹網率となった筈であろうが，実際はそのわづか 13% の罹網率であった。深浅移動を別にして考え，魚群移動の主方向を直角投網の両辺の罹網状態の差で解明しようとする努力は更に続けられても良いであろう。

4. 罹網魚の組成

直角投網を行なった場合，設網された各流網列は前述のように揚網時までその原形を保時している場合が多く，したがって各網列に罹網したサケ・マスは各々移動方向を異にしていたと考えられる。次に各流網列に罹ったサケ・マスがそれぞれ同一の系統のものであるかどうかを検討してみた。

Fig. 6 は 1965 年 6 月 12 日アムチトカ水道北東部 (F7) におけるベニサケの体長組成比率である。

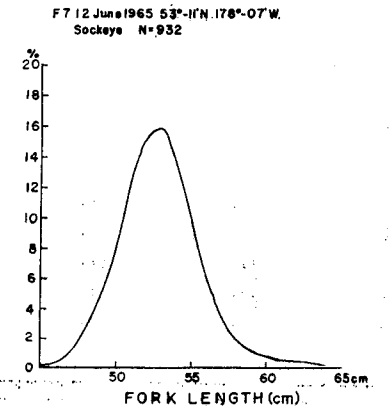

Fig. 6. Frequency distribution of fork length of sockeye salmon in two gillnet sets layed in different directions northwest of Amchitka Pass in July 1965

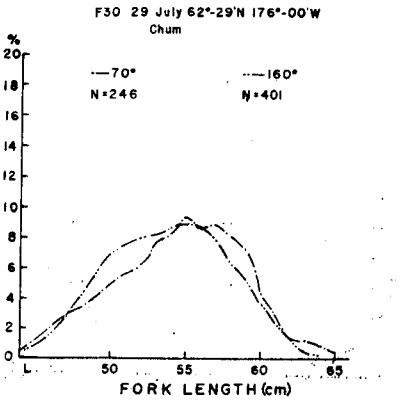

Fig. 7. Frequency distribution of fork length of chum salmon in two gillnet sets layed in different directions east of Cape Navarin in July 1966

平均罹網率は 325° 方向流網列で 12.31 尾，235° 方向流網列で 2.29 尾であった。罹網方向と関係なしに漁獲尾数 1,138 尾中 931 尾の標本抽出を行ない，平均尾叉長を算出し分布の正規性をみるために χ^2 検定を行なってみると次のごとくである。

$\bar{x} = 52.91$cm　　$s = 2.726$cm

$\chi^2 = 15.824$　　$df = 10$　　$0.10 < p < 0.20$

$\bar{x}$：平均体長，s：標準偏差，df：自由度，p：確率

体長分布は正規分布をすると見做せる。また年令組成は 5_3 年魚が 95% 以上から成っていることを考慮すれば，この操業点における魚群がたとえ両辺の網に別々に罹ったとしても単純な同一魚群であったと見做してもよいであろう。

Fig. 7 は 1966 年 7 月 29 日ナワリン岬東方 (F30) におけるシロサケの 2 罹網方向にみられた体長組成の比率である。漁獲尾数 693 尾中 649 尾 (160° 方向流網列 402 尾，70° 方向流網列 247 尾) を抽出して，各流網列の平均反当尾数，魚体測定値および年令組成をみれば次の通りである。

		160° 網列	70° 網列
平均反当尾数		8.00 尾	4.89 尾
$\bar{x}$		53.98cm	54.44cm
年令組成	3 年	39.0%	32.5%
	4 年	49.4	53.0
	5 年	11.6	12.5

また両者間の関係については

体長組成では

$\chi^2 = 9.985$　　$df = 10$　　$0.10 < p < 0.50$

年令組成では

$\chi^2 = 2.257$　　$df = 2$　　$0.10 < p < 0.50$

従って体長及び年令組成の割合において 2 網列に差異は認められなかった。

Fig. 8 は 1966 年 7 月 17 日ブリストル湾北西方 (F18) におけるカラフトマスの体長組成分布である。平均反当尾数は 190° 方向流網列で 2.74 尾，280° 方向流網列で 0.36 尾であり，分布の正規性の検定の結果は次の通りであった。

$\bar{x} = 47.85$cm　　$s = 2.188$cm

$\chi^2 = 0.619$　　$df = 10$　　$p > 0.95$

この場合にも体長組成からみた魚群構成は単純であったと思われる。

以上のごとく各魚種とも同一地点における罹網方向を異にしたサケ・マスについて体長組成および年令組成からみて両群には差異が認められなかった。

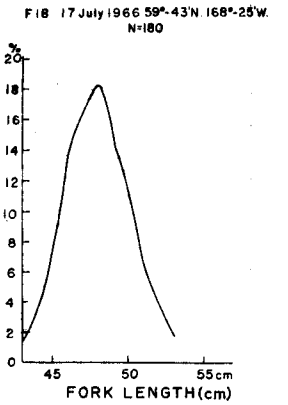

Fig. 8. Frequency distribution of fork length of pink salmon in two gillnet sets layed in different directions northwest of Bristol Bay in July 1966

5. サケ・マスの進行方向に対する指向性と生理条件の関係

夏期北洋海域には生殖巣の熟度からみてすでに産卵回遊に入ったものと，成熟は翌年以降にもち越され当年は越冬すると考えられる未成熟魚の索餌回遊中のベニサケ・シロサケがあらわれる。いま 4. から小区域にいるサケ・マスは同一系統群に

属すると見做し，生殖腺重量による未成熟魚判別基準表（日ソ漁業委員会 VI 議事録別添 3）の判別法により，罹網魚中で成熟魚の占める割合と直角投網による漁獲尾数の多かった流網列の罹網比率との関係をみると Fig. 9 のごとくである。川本[8] ニコルスキー[9] は魚類の回游は成熟度に関係のあることを示唆している。直角投網による魚群の成熟度を比較すると成熟魚，未成熟魚の混獲率と進行方

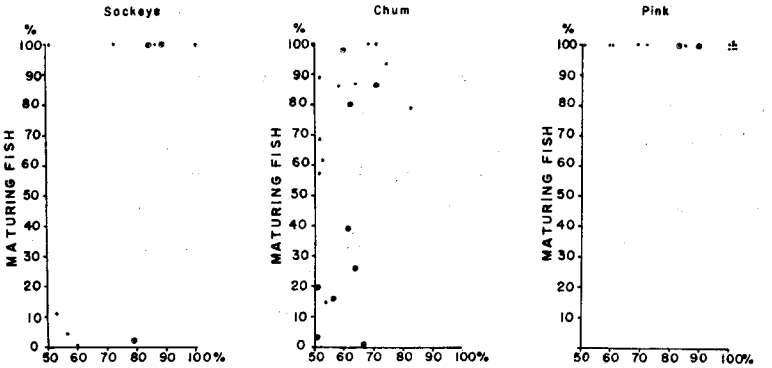

Fig. 9. Relation between the ratio of immature and mature fishes to the total catch where a relatively large catch of salmon was obtained • ; Catch per tan less than 1 fish ⊙; Catch per tan more than 1 fish

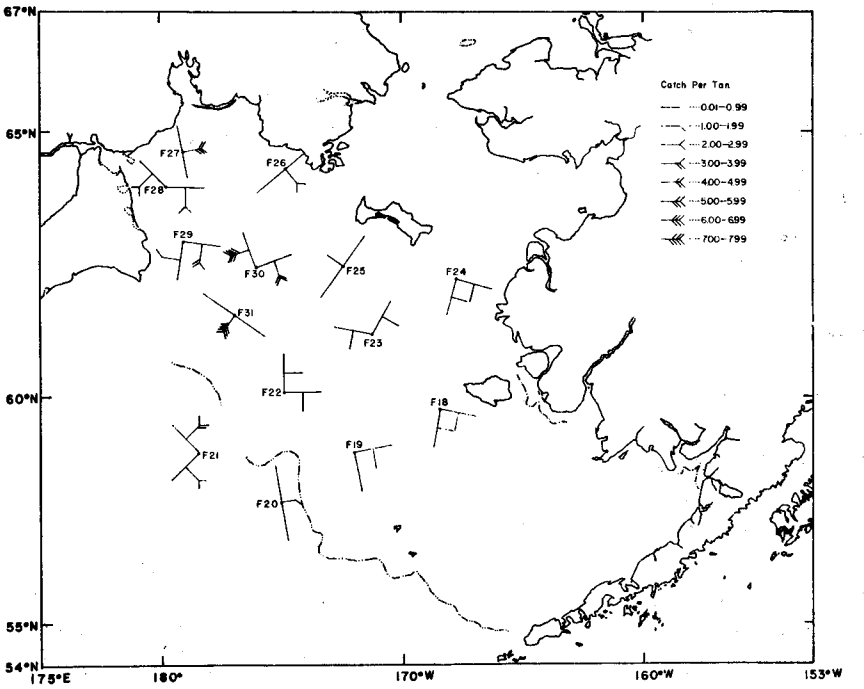

Fig. 10. Presumed direction of movement of chum salmon, judging from the catch in the two gillnet sets cast in different directions east of Cape Navarin in July 1966

向に対する指向度について関係のあることが示唆される。すなわち，これは Fig. 9 の結果の中にもみられる。しかしサケ・マスの成熟度と進行方向の指向度との関係についてなお研究の余地があるように考えられる。

6. 罹網方向からみたシロサケの進行方向

Fig. 10 は 1966 年 7 月ベーリング海北東部で直角投網および普通投網により得られたシロサケの進行方向を罹網方向，平均反当尾数で示したものである。この海域のシロサケの報告は別の機会に発表[10]するが，ナワリン岬東方から北東進するシロサケの未成熟群の回游経路を追うことに役立つであろう。

IV 考　　察

上述の結果から北洋漁場で主対象魚であるベニサケ・シロサケ・カラフトマスはいずれも各魚種別に時期，海域毎に適正な設網方向があることがわかる。この適正な設網方向はカラフトマス，ベニサケの漁獲には非常に効果があるが，シロサケの場合は必ずしも明確ではなかった。換言すれば，或る一定方向に設網した流網列に出合わない魚群はシロサケが最も多く，次にベニサケ，カラフトマスの順で，カラフトマスが最も獲られやすいことになる。このことから適正な設網方向でなかった場合には，すくなくとも水平方向に移動するサケ・マスが，設網された流網に遭遇しないものも決して少なくないことが推定される。

直角投網の結果から同一魚種について，流網列への罹網方向が両面からの場合にはサケ・マスの進行方向に対して網列が平行に近く設網されたと判断され，この場合の設網方向は適正でないと考えてよい。

また，従来魚群の分布密度を表示する方法として反当尾数が使用されているが，上記のように罹網方向が両面からである場合には真の値に近い罹網率との間には大きな誤差を含むことになり，分布密度を正しく言い表わし得ないことになる。従って，反当尾数が分布密度を表示する方法として用いるならば，同時に投揚網方向を表示する必要がある。

V 摘　　要

1. 漁獲効率を同じにするため，異なる 4 種類の目合の流網列を 2 組作り，その中間を 400m のマニラロープで連結して，漁撈作業の容易な海上の平穏時にサケ・マスの進行方向を予想して，一組は進行方向に直角に，ほかの一組はそれと平行に，すなわちそれぞれの流網列が直角になるように投網した。

2. 各流網列は滞水中潮汐により移動し部分的には変形するが，大局的には原形に近い流網列が保持された。

3. 直角投網の各流網列には魚種毎に罹網率に優劣を生ずる場合が多く，罹網率の優勢な流網列では魚の罹網方向はほとんど一定（片側から）であるが，罹網率の劣勢な網列では網の両面から罹る割合がほぼ同じで，罹網方向が決められないことが多い。

このことから進行方向に指向性のあることが認められる。

4. 各流網列で投網方位と揚網方位との方向角度の変位が大きい流網列程罹網率が大である。

5. 同一漁場においても魚種によりそれぞれ進行方向を異にする場合がある。

6. 同一魚種については罹網方向が異なったものでも体長組成，年令から系統群の差違は認められなかった。

7. サケ・マスの進行方向に対する指向性の度合は魚種により異なり，その強度はカラフトマス，ベニサケ，シロサケの順である。また同一魚種については成熟魚の多い群ほど指向性が強く，反対に未成熟魚の混合量が多い程指向性が弱くなる。

8. 従来魚群の分布密度表示法として使用されていた反当尾数は必ずしも適正な密度表示法ではなく，この場合流網の投揚網方向も表示することが望ましい。

文 献

1) Hartt, Allan C. (1962). 1956～58年の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. 第6号. 1-147.
2) Johnsen, Richard C. (1964). 表層刺網漁獲 (1959-1960年) により示された北太平洋およびベーリング海におけるさけ・ますの移動方向 北太平洋漁業国際委員会研究報告. 第14号. 29-42.
3) Larkins, H. A. (1964). 表層刺網漁獲により示された北太平洋・ベーリング海およびアラスカ湾におけるさけ・ますの移動方向 北太平洋漁業国際委員会研究報告. 第14号. 43-51.
4) 北大水産学部 (1964). 海洋調査漁業試験要報第8号.
5) 〃 (1965). 〃 第9号.
6) 〃 (1966). 〃 第10号.
7) 〃 (1967). 〃 第11号.
8) 川本信之 (1967). 魚類生理学. 319p 東京; 石崎書店.
9) ニコルスキー (1964). 魚類生態学. 315p 米子; 新科学文献刊行会.
10) 藤井武治外 (未発表).