

本州太平洋岸域のシロザケ親魚の生態 と資源に関する研究

*上野 康弘

Studies on the ecology and resource of maturing chum salmon off the Pacific coast of northern Honshu

Yasuhiro UENO

Abstract

Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) generally migrate to sea after a short freshwater life and rapidly grow during their oceanic life. After two to six years at sea, they return to their natal breeding grounds to spawn. Chum salmon (*O. keta*) are the most abundant species among Pacific salmon originating in Japan. The annual catch of chum salmon in Japan increased exponentially after 1970, reaching 29 millions individuals by 1981. The recent increases in Japanese chum salmon have been brought about by increases in the number of fry released, and by improvements in the feeding and handling techniques for the fry after emergence. Hokkaido has always had major stocks of chum salmon in Japan, however, the numbers of chum salmon returning to the Pacific coast of Honshu (Aomori, Iwate, Miyagi, Fukushima, Ibaraki, and Chiba Prefectures) rapidly increased to over 7 millions per year after 1981. These areas currently produce 20-40% of total chum salmon catch in Japan.

Japan's major salmon fishery employs set nets in inshore waters. A longline fishery is also used to take chum salmon in some parts of coastal waters off northern Japan. The importance of conducting basic research on chum salmon returning to Japanese coastal waters has increased, because directed fishing for salmon on the high seas is prohibited by international treaty after 1992.

In this paper, I deal with the distribution, migration, biological characteristics, and fishing management of maturing chum salmon along the Pacific coast of Honshu, with particular emphasis on the central area, Iwate Prefecture.

1993年2月10日受理 遠洋水産研究所業績304号

* 遠洋水産研究所 (National Research Institute of Far Seas Fisheries ; 7-1, Orido 5-Chome, Shimizu, 424, Japan)

** 本論文は東京大学審査学位論文である。

(1) Methods

Longline and drift nets operations were conducted to investigate the distribution, migration, biological characters (age, fork length, body weight, sex, gonad weight, stomach content, and weight of stomach and pyloric caeca) of maturing chum salmon present in the surface layers of coastal waters off Iwate in the autumns of 1981-86. To clarify the deep water distribution of maturing chum salmon, the by-catch of bottom trawlers fishing for groundfish off the coast of Iwate in 1986 and 1988 was examined. I also reviewed the distribution of maturing chum salmon in offshore waters of the Pacific coasts of Aomori and Hokkaido using published reports.

(2) Distribution of maturing chum salmon

Based on the results of fishing experiments using drift nets and longlines, and the by-catch of the trawl nets, maturing chum salmon were distributed and migrated southwestwards within the Oyashio area of waters off southeastern Hokkaido and Aomori. They appear to avoid the warm surface waters (12-20°C) of coastal waters off Iwate Prefecture that are present at this time by moving to cold deep waters (3-11°C, >200 m). After the gonad development is completed, they are assumed to move to nearshore areas and ascend to the surface to find their natal river using their olfactory sense.

(3) Migration of maturing chum salmon by tagging experiments

Tagging experiments were conducted along the coast of Iwate each autumn from 1981 to 1986. Of the 3,441 individuals tagged, about 38% were recaptured. Most of recoveries were reported by set nets, while a few of recoveries by river fisheries and longlines. Tags were recovered from an area extending from off the coast of Chiba on the Pacific coast of northern Japan to off the coast of Yamagata on the Japan Sea coast. Most (97.5%) of the fish were recaptured in the coastal waters and rivers of Iwate. Distribution of recoveries showed that a large number of the salmon entered northern coastal waters off Iwate, and that majority of them then migrated to central and southern coastal waters off Iwate. Only a small number migrated to the Sea of Japan. In addition, only a small proportion of the fish returning to coastal waters between Miyagi and Chiba were believed to pass through the coastal waters of Iwate.

The period between release and recapture and daily movements were also examined using the tag recovery data. The tag recoveries suggest that maturing chum salmon begin to actively migrate to find their natal river when they are within a range of 30km south or north of the river mouth.

(4) Age, size, maturity, and feeding habits

The present analysis, based on biological data collected from maturing chum salmon caught

in coastal waters off Iwate, indicates that mean fork length of the samples has decreased over time while mean age of the samples has increased.

Gonad indices for four groups of chum salmon (A ; rivers in Iwate, B ; coastal waters of Iwate, C ; deep waters off Iwate, D ; waters off southeastern Hokkaido) were compared. Gonad index was largest for A, and B was similar to A. The gonad index was smallest for D, and C was intermediate between B and C. This result supports my hypothesis that chum salmon migrate from waters off southeastern Hokkaido through deep water off Iwate to reach the coastal waters and rivers of Iwate.

The sexual maturity of chum salmon was inversely correlated with the level of digestive activity, with protease activities within stomach and pyloric caeca gradually decreasing as gonads develop. Average stomach content weight of autumn-caught chum salmon was also a very small, suggesting that maturing chum salmon feed very little. Feeding on longline baits by maturing chum salmon seems therefore to be a result not so much of hunger as a conditioned response.

(5) Fishing managements

The catch of maturing chum salmon by longline seems to be limited by their restricted surface distribution in coastal waters, and by the reduced feeding activity that occurs as sexual maturation begins.

To assess how coastal fisheries (set nets and longlines) affected the survival, I considered a method for estimating the non-fishing mortality (M , /day) and the time dependent mortality coefficients for coastal fisheries (F , /day) and river fisheries (R , /day) from tag recoveries using a method by Hearn *et al.* (1987), and the catch equation. I applied this method to the actual tag recapture data from the coastal waters of Iwate. Assuming that 75% of all the recaptured fish are reported, M was estimated to be 0.086, and estimates of F varied from 0.051 to 0.247 with a mean of 0.100. The estimate of F is very large relative to estimates for coastal fisheries in other areas. This is consistent with the results of the tagging experiments, where a majority of the tag recoveries are reported within a short period (about 15 days) after release.

For estimating the proportion of tagged fish by the natal river area, I examined two different methods. The first method provided estimates of the proportion returning to different river areas directly using the estimated fishing and non-fishing mortality coefficients. The second method provided estimates of this proportion based on final day recapture data, 24 days after release, in order to avoid duplicate corrections for the fishing mortalities. The true proportion of chum salmon destined to return to each natal river area must lie between these two estimates, because the first method provides overestimates of the proportion in the *earlier period* of the experiments, while the second method provides overestimates of the proportion in the *later period*.

Using both methods jointly, the origins of fish tagged in each area were quantitatively estimated. About 10% of the fish caught in coastal waters of northern Iwate were calculated to have originated from rivers in northern Iwate, about 10% from rivers in Aomori and along the Japan Sea coast, 40-60% from rivers in mid-Iwate, and 10-30% from rivers in southern Iwate. About 40% of fish

caught in coastal waters of mid-Iwate in November originated from rivers in mid-Iwate region, and 50% from rivers in southern Iwate. In December, 70-90% of them were estimated to have originated from rivers in mid-Iwate, while about 60-90% of fish caught in coastal waters off southern Iwate were estimated to have originated from rivers in that area.

Coastal fisheries in northern areas therefore appear to intercept many fish originating from the southern areas, while fisheries in southern areas mainly catch fish of local origin. In total, about 95% of fish tagged in coastal waters off Iwate were estimated to have originated from rivers in Iwate, 2-3% from rivers in Aomori or along the Japan Sea coast, and 2% from rivers between Miyagi and Chiba. These two methods are thought to be useful in estimating the mixing rates of chum salmon originating from rivers in the different areas.

(6) Summary

Basic distribution, migration, and biological characteristics of maturing chum salmon in coastal waters off the Pacific coast of northern Japan were determined using the experimental fishing, tagging experiments, and research on trawl by-catch. The catch of maturing chum by longlines seems to be limited by their restricted surface distribution in coastal waters, and by the reduced feeding activity that occurs as sexual maturation begins. A method for estimating the fishing intensities of the coastal and river fisheries, and two methods for quantitative analyses of the results from the tagging experiments were proposed. Coastal fisheries off northern Iwate Prefecture capture chum returning to a number of areas; in contrast, chum salmon fisheries taking place off southern Iwate capture fish largely of local origin.

目 次

序論	85
第1章 方法および資料	87
1.1 漁獲試験および標識放流の方法	87
1.2 調査船調査以外のシロザケ親魚調査	88
1.3 その他の資料	88
第2章 シロザケ親魚の分布	89
2.1 北海道東部沖合から岩手県沖合にかけての分布（表層分布）	89
2.2 岩手県沿岸での分布	93
2.3 底曳網漁業の混獲記録から推定したシロザケ親魚の底層分布	97
2.4 漁獲分布と行動	102
第3章 標識放流結果から推定したシロザケ親魚の回遊経路	107
3.1 北海道東部沖合域から岩手県沿岸域への回遊経路	107
3.2 岩手県沿岸での回遊	108
3.3 回帰河川付近での行動	122
3.4 標識魚の平均移動速度	129
第4章 年齢、体長、および成熟に伴う魚体の変化	130
4.1 年齢および尾叉長の経年変化	130
4.2 海域および漁法による性成熟の差	134
4.3 生殖腺の発達と摂餌活動	139
4.4 胃および幽門垂の消化能力の比較	144
第5章 漁業と資源との関係	148
5.1 沿岸漁業の漁況とその変動要因	148
5.2 沿岸漁業の漁獲強度を推定する方法	155
5.3 標識放流結果から推定した岩手県沿岸における漁獲係数	157
5.4 標識放流結果の補正から推定した混合比	163
第6章 総合考察	173
6.1 分布と回遊経路について	173
6.2 生物学的調査の結果について	174
6.3 漁業と資源の関係	175
6.4 資源の利用と管理への提言	176

第7章 結論と要約	177
謝辞	180
文献	181
付表	186
1. 試験船漁獲成績	186
2. 標識放流再捕結果一覧	194

序 論

北太平洋には、主に、7種ほどのサケ属 (*Oncorhynchus*) の魚類が分布している。カラフトマス *O. gorbusha*, シロザケ (*O. keta*), ベニザケ (*O. nerka*), ギンザケ (*O. kisutch*), マスノスケ (*O. tshawytscha*), サクラマス (*O. masou*), ニジマス (*O. mykiss*) である (久保, 1966; Burgner *et al.*, 1992)。これらは、北太平洋域で約50万年前に分化したと考えられているが (Neave, 1958), 全魚種とも共通して河川で産卵し、幼魚期を多少とも河川で過した後に、海洋で成長し、2-6年後、再び母川に繁殖のために回帰するという生態的な特性を持っている (Gross, 1987)。この特性のため、サケ属魚類は、海洋の豊かな生産力を利用して、河川だけの生活からは期待できないような大きな生物量を持ち、生物学的にも水産学的にも興味深い魚種である。

サケ属魚類は、洋の東西にかかわらず魚類のなかでも美味とされ、産業的価値が大きく、また、特にアメリカ、カナダなどでは、ゲームフィッシングの対象魚としても価値が高い。北太平洋で漁獲尾数が多いのは、ごく短い期間しか河川で生活しないカラフトマスとシロザケで、日本、アメリカ合衆国、カナダの3か国の合計では、全漁獲尾数の約75%を占めている (International North Pacific Fisheries Commission, 1991)。アメリカ合衆国などでは、ベニザケ、マスノスケ、ギンザケなどが特に愛好されるが、これらの魚種は、ともに1-2年の河川生活を送るため、その生産は、ある程度河川の実産力に規定されており、資源量・漁獲尾数とも比較的少ない。

日本で愛好されてきたサケ属魚類の内最も代表的なものはシロザケであり、その塩乾加工品である荒巻は有名である。よく知られている本州北部の太平洋岸で漁獲される「南部鼻曲りざけ」もこの種である。北日本の河川には、シロザケ、カラフトマス、サクラマスが産卵のため遡上するが、最も資源量が大きいのはシロザケであり、産業的に最も重要な魚種である。

シロザケの分布域は、サケ属魚類のなかでももっとも広く、その母川は、北は北極海のアジアと北米の沿岸、南は北米側ではオレゴン州の海岸域、アジア側では本州中部や朝鮮半島南東部にまで及んでいる。また、沖合の回遊も北緯38度以北の北太平洋全域と日本海、オホーツク海、ベーリング海、およびアラスカ湾全域に及んでいる (Neave *et al.*, 1976)。

日本の河川で生れたシロザケは、北太平洋の東経180度線の東側やベーリング海まで回遊し、他の地方起源のシロザケよりも非常に広い範囲を回遊している (Neave *et al.*, 1980)。このことは、他の系統のシロザケに比べて、日本系のシロザケが北太平洋とその沿海のより広い海域の生産性を利用していることを示している。

ところで、北太平洋のサケ資源は、かつては、日本の北洋さけ・ます船団による大規模な流し網漁で漁獲されてきた (田口, 1956)。しかし、200海里経済水域体制の定着とアメリカ合衆国、カナダ、ロシア共和国によるサケ属魚類の資源の母川国への帰属 (母川国主義) の主張により、沖合での流し網漁は、1991年を最後として、ほぼ完全に撤退し、日本のさけます漁業は日本の河川に回帰するさけを近海、内湾、河川で漁獲することが主体になった。

日本のシロザケ資源は、ほぼ完全に人工ふ化放流事業で維持されている (Kaeriyama, 1989)。このように全資源が人工的なふ化と種苗放流で維持されている種は、他の国のサケ科魚類でも、また、日本の他の魚種でも類例が無い。この点で、日本のシロザケ資源は特異であり、資源管理についてもこのような特徴を考慮し、また利用する必要があると考える。

日本のシロザケの回帰尾数は、1965年以前には、300万尾前後であったが (久保, 1988)、1970年以降

急増し、1981年には2,900万尾以上になった(岩手県漁業振興課, 1991)。地域的に最もシロザケの回帰尾数が多いのは北海道で、1960-1988年では、常に日本の総回帰尾数の55-90%を占めていた。本州では、岩手県沿岸を中心とする太平洋側の回帰尾数の増加が著しく、1981年以後では年間の回帰尾数が700万尾を越え、日本全体の回帰尾数の20-40%を占めるようになった(岩手県漁業振興課, 1988)。このようなシロザケの回帰尾数の増加は、基本的には、ふ化放流技術の発達と稚魚の放流数の増加によるものであるが(飯岡, 1981; Kaeriyama, 1989)、北太平洋沖合域におけるさけます流し網漁業による漁獲量の減少も一因であると思われる。

漁業的にシロザケ親魚の資源をふりかえると、日本の沿岸域に回帰してくるシロザケ親魚の大半は、沿岸域に敷設されている定置網で漁獲されている。その生産金額は1987年には、863億円に達しており、北日本の沿岸漁業の総水揚げ金額の30%を占めている(水産庁振興部振興課資料)。サケ資源の沖取りが国際的に制限されている今日、サケ資源を有効に利用するには、一方ではふ化放流方法の一層の改善を計ると同時に、他方では、回帰資源の有効な漁獲と管理、およびそのための基礎研究が不可欠と考えられる。

本研究は、このような事態に対応して、岩手県を中心とする本州太平洋岸 (Fig. 1-1) に来遊するシロザケ親魚の分布、回遊、成熟、生理的変化の特徴を明らかにし、これと漁業との関係を明確にして、漁業管理のための基礎的な知見を整理しようとしたものである。

第1章では、方法と用いた資料を概括して示した。第2章以降、第5章までは、調査・解析結果およびそれに関する考察を記述し、第6章では、本研究の結果提起された問題点および将来の研究方向について述べた。最後に第7章として本研究の結果の要約を示した。以下に各章の要点を述べる。

第1章では、漁獲試験(延縄・流し網)、標識放流の方法、底曳網による漁獲状況調査の方法、漁獲されたシロザケ親魚の生物学的測定項目および沖合の漁獲分布を調べるのに用いた資料などについて記述した。

第2章では、北海道から本州北部太平洋岸にかけての流し網と延縄の漁獲試験によって得られた結果の分析のもとにシロザケ親魚の分布と行動を検討し、シロザケ親魚は北海道東部沖合から青森県沖合までは親潮域に分布し、岩手県の沖合域では、水温が低い水深200-350mの海底近くを回遊し、ごく沿岸域に達してから水温が高い表層を遊泳することを明らかにした。このようなシロザケ親魚の行動は、高水温に対する生態的な選択であると考えた。

第3章では、標識放流の結果から、岩手県沿岸で漁獲したシロザケ親魚は、日本海側の山形県から太平洋側の千葉県までの広い地域に移動するものが含まれていたこと、および15日以内に岩手県の中南部沿岸で再捕されるものが多い(再捕全体の60-90%程度)ことなどを明らかにした。また、標識魚の移動傾向から、岩手県中南部に回帰するシロザケ親魚は、接岸してから南北に30km程度の範囲内で母川を探索していると推定した。

第4章では、岩手県沿岸域で漁獲されるシロザケ親魚の生物学的特性について検討し、1982-1986年に漁獲されたシロザケ親魚の成長率が低下していることを明らかにし、その原因について考察した。また、成熟ともなって、摂餌活動と消化能力が低下することを明らかにし、岩手県沿岸に来遊したシロザケ親魚が摂餌活動をほとんど行っていないことを示した。

第5章では、岩手県の沿岸漁業の漁況と漁獲強度を表す漁獲係数の推定について検討した。岩手県沿岸の沿岸漁業の漁獲係数は非常に高く(0.100/日程度)、標識魚の漁業以外の原因による死亡係数も、かなり高いこと(0.086/日程度)などを明らかにした。また、標識放流の再捕結果を漁獲係数で補正して、回帰先(起源)の量的評価を行い、岩手県沿岸で標識したシロザケ親魚の起源は、約95%が岩手県、

2～3%が青森県および日本海側，2%が宮城県以南の太平洋側であると推定した。また，岩手県内では，北部に分布するものは，北部起源の資源は10%前後で，青森県および日本海側に回帰するものが10%程度，中南部に回帰するものが70～80%程度であると推定した。また，中部に分布するものは，中部起源のものが40～90%程度，南部に回帰するものが50～10%程度であると推定した。県南部に分布するものは県南部起源のものが60～80%を占めると推定し，北よりの海域ほど南部に回帰するものを漁獲し，南の海域では地元の資源を利用している傾向があった。

第6章では，本研究で解明したシロザケ親魚の生態と資源の実態および漁獲強度の推定結果を踏まえて，将来，シロザケ親魚の有効利用と適正な漁業調整を行うための適当な方策を立てる際に問題となる点と研究の展望について述べた。また，成熟にともない消化器官が退縮し，ほぼ無摂餌となること，表層分布がごく沿岸の限られた海域に限定されていることから，延縄漁業の漁獲量は将来とも限られることを示した。さらに，系統群ごとに回遊経路をさらに詳細に把握し，漁業との関係を明確にすること，成熟に伴う魚体の生理学的変化をより細かく明らかにすること，および沿岸でシロザケ親魚を漁獲する延縄などの漁業の将来性について述べた。

後に第7章で全体の要約を行った。本研究では，特に，シロザケ親魚の岩手県沖合・沿岸域における分布と回遊行動の内容を明らかにし，成熟にともなう魚体の生理学的変化と資源に対する沿岸漁業の漁獲圧を正確に評価することに重点をおいた

第1章 方法および資料

1.1 漁獲試験および標識放流の方法

1981～1986年の秋季に岩手県水産試験場の調査船岩手丸(117.93総トン)と北上丸(47.07総トン)により岩手県の近海域，特に岩手県中部と北部沖合で延縄と流し網を用いてシロザケ親魚を対象とした漁獲試験を行った(Fig1.1)。流し網の漁獲試験は，原則として，沿岸から沖合に向かって，一定の距離において調査定点を設定して，各月一回程度の頻度で行なった(定線調査)。また，流し網の試験と並行して延縄の試験も同じ位置で行なった。流し網は夜間に，延縄は夕方か明け方に行なった。

これとは別に，岩手県の距岸19kmの範囲内で，任意に調査点を定めて延縄で漁獲試験を行った(沿岸調査)。これは，標識放流を行うための漁獲試験で，シロザケ親魚の漁獲が期待できるような海域を選定して漁獲試験を行なったが，調査点が一海域にあまり集中しないように1か月程度の範囲内で調査海域が岩手県北部から南部まで及ぶよう配慮した。この延縄の試験は主に昼間に行われた。漁獲されたシロザケ親魚を用い，標識放流，魚体調査を行なった。また，漁獲試験と合わせて海洋観測を行なった。シロザケ親魚の分布を解明するにあたっては，定線調査と沿岸調査を分割せず一括して解析した。これらの漁獲試験の結果を末尾に示した(Appendix table 1)。

調査漁具： 流し網は，北西太平洋のさけ・ます調査で使用されてきた目合が異なった網を組合せた試験網(目合93, 106, 121, 138, 157mm)の両端に157mmの商業網を連結したものを主に使用した。また，この他に，目合151.5mmのものを一部使用した。1調査点当り，5～45反を使用した。延縄は主に幹縄長さ300m，枝縄50本の浮き延縄を使用し，餌には主として冷凍サンマの切り身を用いた。1調査点当り1～30鉢を使用した。また，延縄の浮子を外し，錘を結着した底延縄も試験的に使用した。

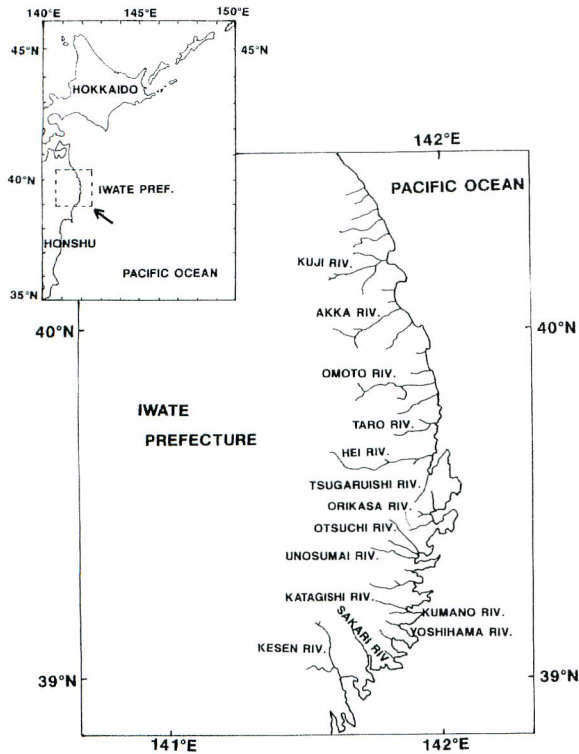


Fig. 1-1. Map of the Pacific coast of Honshu and river system in Iwate Prefecture.

1. 2 調査船調査以外のシロザケ親魚調査

調査船の漁獲結果および魚体測定結果を補足する目的で、1986年に底曳網によるシロザケ親魚の混獲状況を調査し、1989年には混獲された魚体の計測を行なった。また、1981年および1986年に、岩手県沿岸の定置網に入網したシロザケ親魚および河川（片岸川・織笠川）に遡上したシロザケ親魚の魚体測定を実施した。

1. 3 その他の資料

河川へのシロザケ親魚の遡上状況および定置網・延縄の漁況を把握するために「岩手県のさけ・ますに関する資料」（1981年版から1986年版まで）の河川、魚市場水揚げ統計を利用した。また、岩手県沿岸域のシロザケ親魚の魚体測定結果と比較するため、北海道立釧路水産試験場が調査した北海道東部沖合域で延縄・流し網によって漁獲されたシロザケ親魚の魚体測定結果、および北里大学水産学部が調査した岩手県内河川に遡上したシロザケ親魚の魚体および卵径測定結果を測定者の了承のもとに使用した。

シロザケ親魚の沖合分布を把握するために、公刊されている資料を基にして、本州・北海道東方沖合にかけて1981-1987年に地方公庁船が行なったアキザケおよびアカイカを対象とした漁獲試験の結果のデータベースを作成し、利用した。また、岩手県沿岸の海況条件を検討するために、岩手県水産試験場

標識放流： 漁獲されたシロザケ親魚は、甲板上または水槽内で放流の適否を判断した。出血しているものや活力の低いものは放流しなかった。放流に適すると判断された魚体は、採鱗し、尾叉長、性別（外部形態から判別）を調査した後、ダート式タグ（直径2.5mm、長さ10.5cm、黄色）を標識として背びれ前方に突刺して固定し、舷側から静かに放流した。標識放流の再捕結果については末尾に一覧を示した（Appendix table 2）。

魚体計測： 標識放流されなかった魚体は、採鱗した後、体色（婚姻色）、尾叉長、体重、性別（解剖による判別）、生殖腺重量を調査した。一部の魚体については、胃内容物の査定、卵数、卵径、胃、幽門垂、肝臓重量の計測を行なった。また、採取した鱗を用い、実体顕微鏡下で年齢査定した。

海洋観測： 調査前には、原則として、D B TまたはX B Tによる海洋観測を行なった。また表面水温（棒状水銀温度計）および水深を記録した。

発行の「海洋観測資料（昭和51-62年）」を使用した。

第2章 シロザケ親魚の分布

2.1 北海道東部沖合から岩手県沖合にかけての分布（表層分布）

分布の概要 日本起源のシロザケ親魚は夏季にはベーリング海南西部に分布し、その後、千島列島沿いに南下して日本近海に至ると考えられているが（Neave *et al.*, 1976）、近年まで、日本近海での分布水域・回遊経路の詳細は明らかにされていなかった。これは、日本系シロザケ親魚を対象とする漁業・調査が、原則として、ごく沿岸域で行われる定置網漁業と遡上河川での川留に限定されていて、沖合ではほとんど行われていなかったためである。

近年、シロザケ親魚の来遊量の増加やアカイカ漁業の発展にともなって、日本近海域でもこれらの魚種を対象とした秋季の流し網調査が実施されるようになってきた。岩手県水産試験場は、岩手県沖合でのシロザケ親魚の分布を明らかにするために、岩手県および青森県の沿岸域で、岩手県の調査船岩手丸（117総トン）および北上丸（47総トン）を用い、1982-1986年に流し網による分布調査を行った。また、北海道東部から青森県沖合にかけての海域では、1981年から1987年にかけての夏秋季に、北海道立釧路水産試験場および青森県水産試験場によって、アカイカおよびシロザケ親魚（アキザケ）の分布を明らかにするための流し網による漁獲試験が行われた（中田ほか，1986；中田ほか，1987；中田ほか，1988；中村・小笠原，1982；中村・中田，1983；中村・近藤，1984；近藤ほか，1985；佐野ほか，1986；佐野ほか，1987；佐野ほか，1988；涌坪・黄金崎，1987；涌坪・黄金崎，1988）。

Table 2-1. Drift net operations used for the present analysis

Vessel name	Period		Object of research	Number of operations	Mesh size of drift net (mm)
	Year	Month			
<i>Iwate maru</i> * ¹	1982-1986	Sept.-Dec.	Chum salmon	73	93-157
<i>Kitakami maru</i> * ¹	1984-1985	Oct.-Dec.	Chum salmon	23	151.5
<i>Hokusin maru</i> * ²	1981-1987	Aug.-Nov.	Chum salmon	88	48-157
<i>Touou maru</i> * ³	1986-1987	Oct.-Dec.	Chum salmon	14	48-157
<i>Hokushin maru</i> * ²	1985-1987	Sept.-Oct.	Flying squid	15	48-157
Total	1981-1987	Aug.-Dec.	-	213	48-157

*1 Iwate prefectural fisheries experimental station, *2 Hokkaido prefectural Kushiro fisheries experimental station, *3 Aomori prefectural fisheries experimental station

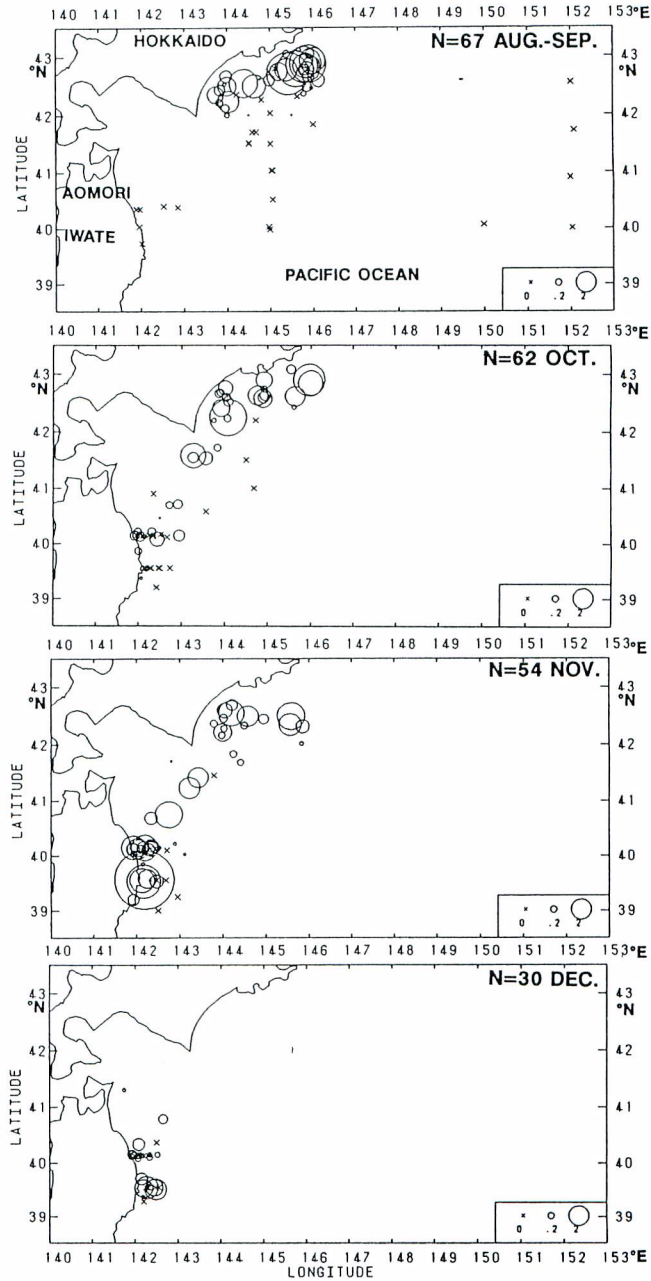


Fig. 2-1. Monthly distribution of maturing chum salmon catches by drift net in near sea of northern Japan, 1981-1986. Relative size of circle is proportional to number of maturing chum salmon caught by one tan (53m) of drift net. x indicates no catch.

この研究では、公開されている資料を基にこれらの3機関の漁獲試験結果を総合して、この海域のシロザケ親魚の分布とその月変動の概要を明らかにすることを試みた (Table 2-1)。漁獲試験1回ごとの漁獲尾数を使用反数で除して反当たり漁獲尾数 (CPUE) を算出し、その月ごとの分布を示した (Fig. 2-1)。各月の分布の特徴は次のとおりである。

8・9月の分布： 北海道東部沿岸および岩手県北部沿岸で延べ67回の調査を行なった。シロザケのCPUEは、北海道東部沿岸で大きかったが、岩手県沿岸部ではまったく漁獲がなかった。

10月の分布： 北海道東部沿岸、同南東部沖合および青森・岩手県沿岸で延べ62回の調査を行なった。分布は調査海域全域にわたってみられた。CPUEは北海道東部で大きく、青森・岩手県沿岸では小さかった。

11月の分布： 北海道東部沖合、同南東部沖合および青森・岩手県沿岸で延べ54回の調査を行なった。前月同様、分布は調査海域全域にわたってみられたが、CPUEは岩手県沿岸で大きかった。

12月の分布： 岩手県沿岸で延べ29回の調査がおこなわれた。CPUEは岩手県中部沿岸で大きかった。北海道東部では調査が行なわれなかったため、この海域のシロザケ親魚の分布については判明しなかった。

Table 2-2. Number of maturing chum salmon caught per tan (CPUE) of drift nets by surface temperatures off the Pacific coasts of northern Japan

Surface water temperature (°C)	Aug.-Sept.		October		November		December		Total	
	No. of operations	No. of CPUE	No. of operations	No. of CPUE	No. of operations	No. of CPUE	No. of operations	No. of CPUE	No. of operations	No. of CPUE
5.0- 5.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
6.0- 6.9	0	-	0	-	2	0.231	0	-	2	0.231
7.0- 7.9	0	-	0	-	0	-	1	0.048	1	0.048
8.0- 8.9	0	-	0	-	4	0.336	0	-	4	0.336
9.0- 9.9	0	-	0	-	6	2.027	0	-	6	2.027
10.0-10.9	2	4.270	5	1.912	3	0.381	5	0.227	15	1.359
11.0-11.9	1	2.890	3	1.344	6	1.189	12	0.554	22	0.941
12.0-12.9	4	3.671	6	1.416	3	1.488	8	0.414	21	1.474
13.0-13.9	9	2.023	6	0.426	10	2.787	3	0.021	28	1.739
14.0-14.9	9	0.713	11	0.682	13	1.010	0	-	33	0.820
15.0-15.9	6	0.724	7	0.217	3	0.227	0	-	16	0.409
16.0-16.9	5	0.729	11	0.077	3	0.063	0	-	19	0.247
17.0-17.9	0	-	10	0.100	1	0	0	-	11	0.091
18.0-18.9	10	0	3	0.206	0	-	0	-	13	0.048
19.0-19.9	9	0.014	0	-	0	-	0	-	9	0.014
20.0-20.9	4	0	0	-	0	-	0	-	4	0
21.0-21.9	4	0	0	-	0	-	0	-	4	0
22.0-22.9	2	0	0	-	0	-	0	-	2	0
23.0-23.9	2	0	0	-	0	-	0	-	2	0
24.0-24.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Total	67	0.878	62	0.583	54	1.270	29	0.387		

流し網の漁獲と表面水温との関係 表面水温と CPUE の関係を知るために、各月および通算の水温と CPUE の関係を示した (Table 2-2)。これによれば、 $6.0-19.9^{\circ}\text{C}$ の範囲でシロザケ親魚の漁獲が見られ、CPUE が大きかったのは $9.0-13.9^{\circ}\text{C}$ の範囲であった。

分布と海洋構造との関連性 全部の流し網調査の結果を重ね合わせると、漁獲分布は北海道東部沖合域から南西に広がり、岩手県北部沖合を経て岩手県中南部沿岸域に達していることがわかる (Fig.2-2)。北海道東部沖合から岩手県北部沖合にかけての海域は、親潮第一分枝の南下経路にあたり (川合, 1972)、シロザケ親魚の漁獲分布は親潮の南下経路とほぼ一致していた。また、岩手県沿岸域における親潮水 (表面) の指標水温は 9-11 月で $13-15^{\circ}\text{C}$ 以下とされ (武藤ら, 1969)、漁獲水温の中心が $9.0-13.9^{\circ}\text{C}$ にあることも、シロザケ親魚の分布が親潮域にあることを示していた。

また、岩手県中南部では、漁獲分布は沿岸に近い海域に集中している。この海域の距岸 19km 以内には津軽暖流が分布している (上野・山崎, 1987)。したがって、シロザケ親魚の漁獲は津軽暖流域内とそのすぐ外側に分布していると言える。この海域での漁獲分布が大きくなるのは、表面水温が $16-13^{\circ}\text{C}$ まで低下する 11・12 月であり、表面水温の高い 9・10 月は漁獲は少なかった。

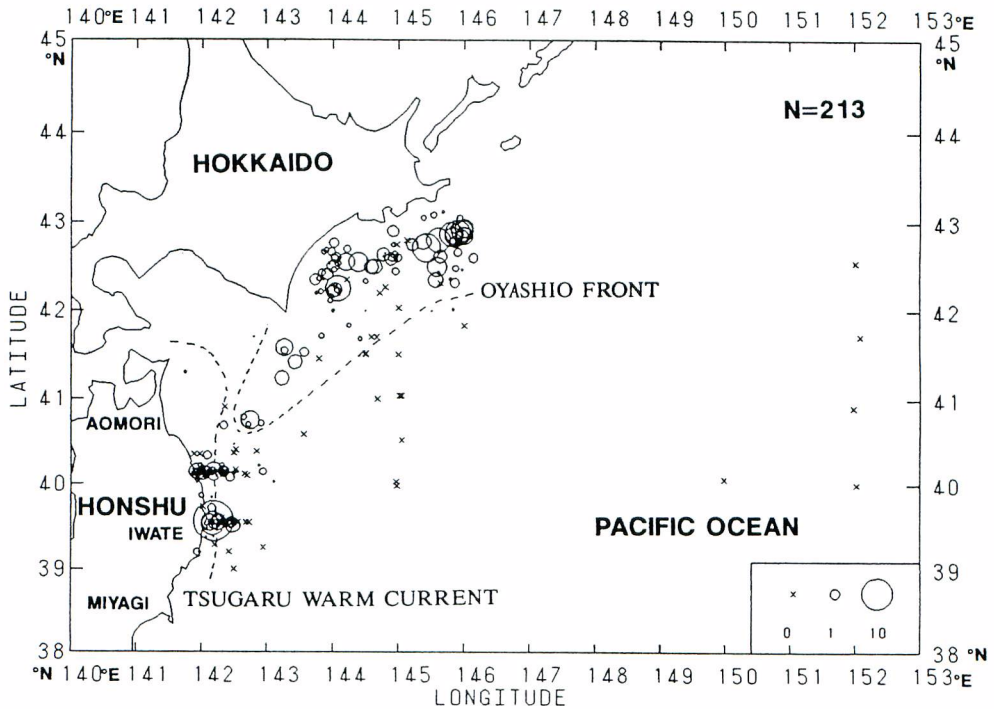


Fig. 2-2. Distribution of maturing chum salmon catches by drift nets, 1981-1987, as compared with a schematic diagram of the surface currents.

2.2 岩手県沿岸での分布

分布の概要 岩手県沿岸におけるシロザケ親魚の分布の詳細を明らかにするため、1981-1987年の秋季に岩手県の沿岸域および隣接する青森県の沖合で、岩手丸および北上丸を用いて、流し網による漁獲試験を延べ96回（前出）、延縄による漁獲試験を延べ638回行った（Table 2-3）。

この結果得られた流し網による各月のCPUEと延縄の釣獲率の分布を示した（Fig. 2-3,4）。各月の漁獲分布の特徴は次のとおりである。なお、ここで解析に用いた延縄の漁獲試験で使用された延縄は、全部浮き付の延縄であり、底延縄の漁獲試験結果は省いてある。

9月の分布： 流し網6回、延縄16回の調査を行ったが、漁獲はなかった。

10月の分布： 流し網32回、延縄120回の調査を行った。流し網の調査では、青森県沖合から岩手県北部の沿岸域にかけての海域でわずかながら漁獲があったが、岩手県中南部沿岸・沖合ではほとんど漁獲がなかった。延縄の調査では、岩手県中部沿岸でごくわずかの漁獲がみられた以外は漁獲がなかった。流し網と延縄の漁獲分布は一致しなかった。

11月の分布： 流し網29回、延縄302回の調査を行った。流し網の調査では、岩手県北部および中部の沿岸域で漁獲があった。CPUEは10月と比較して大きかった。沿岸から距岸56km付近まで分布がみられたが、沿岸に近いほどCPUEは大きくなる傾向があった。延縄の調査では、岩手県の沿岸域全域で漁獲がみられたが、漁獲の大半は距岸13km以内に限定されていた。距岸13km以上の沖合域においては、流し網では漁獲があったが、延縄では漁獲がほとんど無かった。

12月の分布： 流し網28回、延縄200回の調査を行った。流し網の調査では11月と同様に、岩手県北部および中部の沿岸域で漁獲があった。CPUEは11月と比較すると小さく、10月よりやや大きかった。特に、岩手県北部沿岸ではCPUEが小さかった。距岸56km付近まで分布がみられたが、11月と異なり、沿岸に近い海域でCPUEが大きくなるような傾向はみられなかった。延縄の調査では、11月と同様にごく沿岸域に限定して沿岸全域で漁獲がみられた。しかし、漁獲があった範囲は、11月よりやや沖合に広がり、その外縁は距岸15km付近であった。釣獲率は11月と比較してやや小さかった。距岸13km以上の沖合域においては、流し網では漁獲があったが、延縄では漁獲がほとんど無かった。

延縄の漁獲と表面水温との関係 表面水温と釣獲率との関係を知るために、各月および通算の水温と釣獲率の関係を示した（Table 2-4）。10月は14.0-17.9℃の範囲で、11月は11.0-17.9℃の範囲で、12月は10.0から14.9℃の範囲で漁獲がみられた。全期では、10.0-17.9℃の範囲で漁獲がみられ、このうち、11.0-17.9℃の範囲で平均釣獲率1.0%以上の高い値を示した。

前に示した流し網調査の漁獲水温の中心は9.0-13.9℃であった。北太平洋の沖合域の調査では、シロザケの棲息水温は1-15℃で（Manzer *et al.*, 1965）、1983-1986年の北太平洋沖合でのシロザケの棲息南限の調査では、さけます類は14℃以上では流し網にはほとんど漁獲されなかったことが報告されている（Ogura *et al.*, 1987）。

延縄が高い釣獲率を示した温度範囲の上限は17℃台であり、前述した沖合の流し網調査から推定されているシロザケの棲息水温と比較すると著しく高かった。

Table 2-3. Numbers of longline operations, number of skates fished, and number of fish caught by longline in coastal waters of Iwate Prefecture, 1981-1986. A skate has 50 hooks

Year	September			October			November			December			Total		
	No. of op.	No. of skates	No. of fish	No. of op.	No. of skates	No. of fish	No. of op.	No. of skates	No. of fish	No. of op.	No. of skates	No. of fish	No. of op.	No. of skates	No. of fish
1981	9	190	0	12	200	0	39	375	62	25	233	45	85	998	107
1982	4	25	0	21	80	15	52	159	108	41	187	272	118	451	395
1983	3	20	0	30	123	66	44	185	553	32	139	75	109	467	694
1984	0	0	0	20	87	4	56	190	313	20	74	85	96	351	402
1985	0	0	0	27	111	6	51	231	899	44	196	189	122	538	1094
1986	0	0	0	10	63	1	60	348	849	38	237	971	108	648	1821
Total	16	235	0	120	664	92	302	1488	2784	200	1066	1634	638	3453	4513

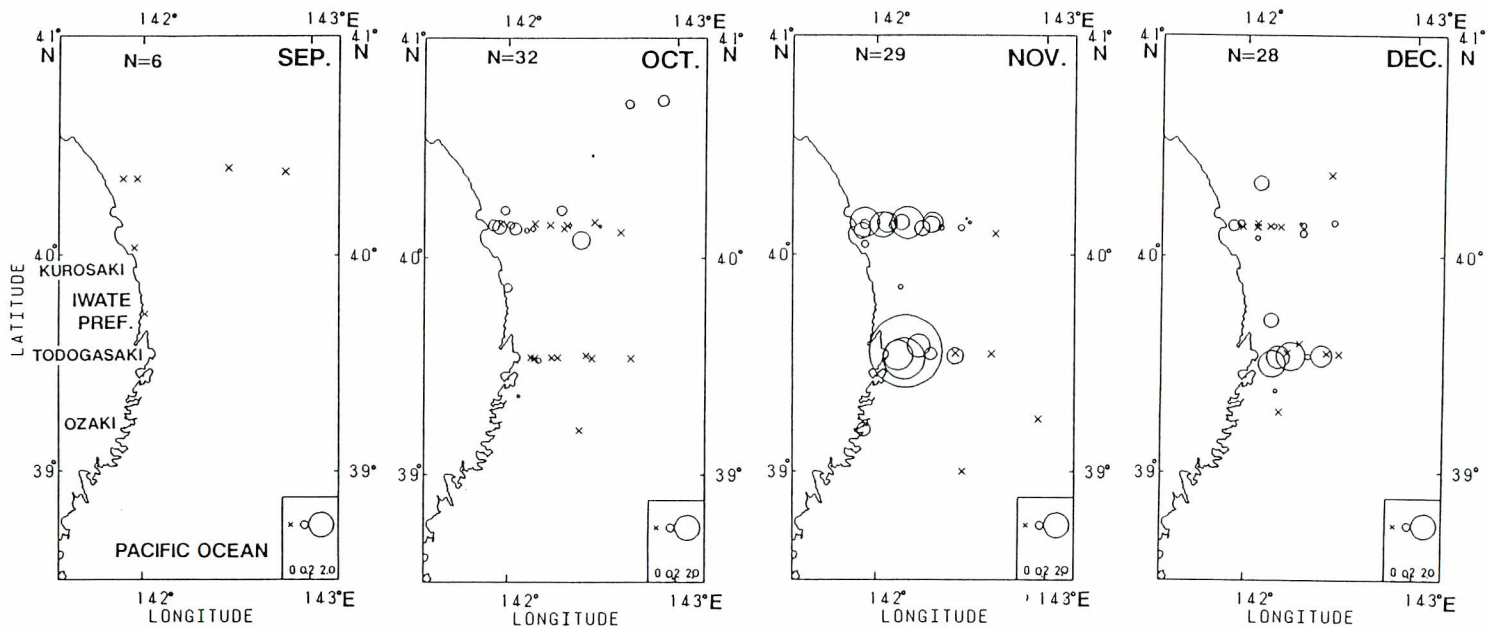


Fig. 2-3. Monthly ditribution of maturing chum salmon catches by drift nets in coastal waters of Iwate Prefecture, 1981-1986. Relative size of circle is propotional to number of maturing chum salmon caught by one tan of drift net. x indicates no catch.

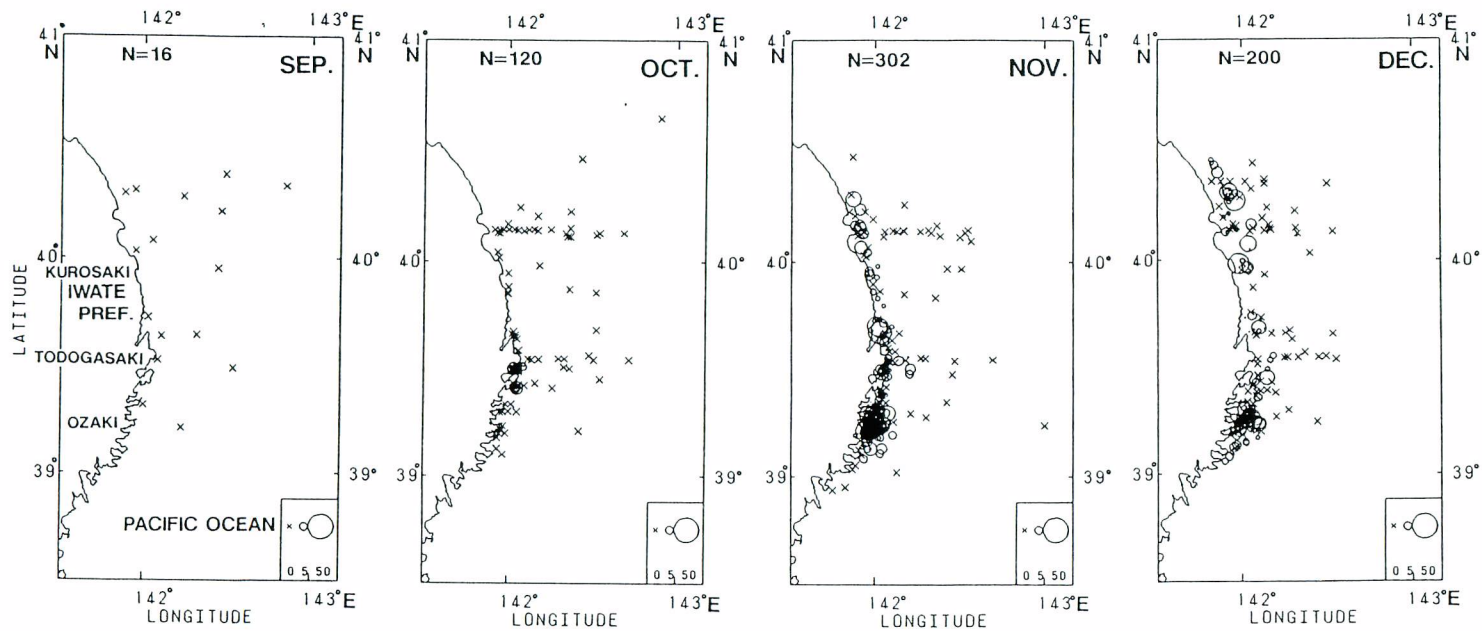


Fig. 2-4. Monthly distribution of maturing chum salmon catches by longline in coastal waters of Iwate Prefecture, 1981-1986. Relative size of circle is proportional to hooked rate rate of maturing chum salmon caught by one operation. x indicates no catch.

Table 2-4. Hooked rate of chum salmon by longline by surface temperatures off the Pacific coasts of northern Japan

Surface water temperature (°C)	September		October		November		December		Total	
	No. of sets	Hooked rate	No. of sets	Hooked rate	No. of sets	Hooked rate	No. of sets	Hooked rate	No. of sets	Hooked rate
	5.0- 5.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0
6.0- 6.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
7.0- 7.9	0	-	0	-	0	-	1	0	1	0
8.0- 8.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
9.0- 9.9	0	-	0	-	0	-	4	0	4	0
10.0-10.9	0	-	0	-	0	-	14	0.562	14	0.562
11.0-11.9	0	-	0	-	6	0.556	50	2.464	56	2.260
12.0-12.9	0	-	0	-	12	3.333	86	3.860	98	3.796
13.0-13.9	0	-	3	0	50	4.100	35	2.589	88	3.361
14.0-14.9	0	-	8	0.025	85	4.521	4	3.325	97	4.101
15.0-15.9	0	-	13	0.692	102	3.863	0	-	115	3.504
16.0-16.9	2	0	44	0.856	30	1.918	0	-	76	1.253
17.0-17.9	1	0	46	0.746	13	8.854	0	-	60	2.491
18.0-18.9	5	0	6	0	0	-	0	-	11	0
19.0-19.9	6	0	0	-	0	-	0	-	6	0
20.0-20.9	2	0	0	-	0	-	0	-	2	0
21.0-21.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
22.0-22.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
23.0-23.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
24.0-24.9	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Total	16	0	120	0.677	298	4.025	194	2.922	628	2.942

延縄の漁獲分布、距岸距離および海況条件との関係 流し網の漁獲が距岸55km 付近までみられるのに対し、延縄の漁獲は距岸15-13km 以内のごく沿岸域に限定されている。距岸距離と延縄によるシロザケ親魚の漁獲との関係を明確にするために、距岸距離 5 km ごとの各月の延縄の釣獲率を算出して比較した (Table 2-5)。これによれば、10月の延縄の漁獲分布は距岸 5 km 以内に限定されていた。また、11月には、最も釣獲率が高かったのは距岸9.9km 以内の沿岸域であったのに対して、12月に釣獲率が高かったのは距岸10-14.9km のやや沖合であった。これは、延縄による漁獲の中心がシーズンが進むにつれて、ごく沿岸域から沖合に向かって移動したことを示している。しかし、前述したようにこの時期には岩手県の距岸19km 以内には恒常的に津軽暖流が分布していることが知られているので、延縄の漁獲分布はシーズンを通じて津軽暖流内にあると言える。

距岸15km 以上の海域で流し網で漁獲がみられるのにもかかわらず、延縄で漁獲がみられない理由は、後段 (2. 4 節) で検討することとしたい。

2. 3 底曳網漁業の混獲記録から推定したシロザケ親魚の底層分布

流し網および延縄は主として表層に分布する魚群を採集するための漁具であり、海洋の中下層に棲息する魚群に関する情報は得られにくい。シロザケは一般に海洋の表層に棲息するものと考えられている

Table 2-5. Relationship between distance (km) from coastline and hooked rate (%) of longline operation in coastal waters of Iwate Prefecture, 1981-1986

Distance from coastline (km)	October		November		December		Total	
	No. of sets	Hooked rate (%)	No. of sets	Hooked rate (%)	No. of sets	Hooked rate (%)	No. of sets	Hooked rate (%)
0- 4.9	78	1.038	227	4.453	77	2.713	382	3.405
5.0- 9.9	7	0	34	5.477	65	3.477	106	3.889
10.0-14.9	3	0	11	3.292	23	5.540	37	4.422
15.0-19.9	5	0	7	0.057	9	0.944	21	0.424
20.0-24.9	4	0	4	0	9	0	17	0
25.0-29.9	3	0	2	0	5	0	10	0
30.0-34.9	3	0	5	0	2	0.200	10	0.040
35.0-39.9	6	0	3	0	5	0	14	0
40.0-44.9	3	0	2	0	2	0	7	0
45.0-49.9	1	0	1	0	1	0	3	0

(Manzer *et al.*, 1965; Manzer, 1964; 待鳥, 1967)。幸い岩手県沖合では底曳網漁業が盛んに行われており、この漁業でシロザケ親魚が混獲されているとの未確認の情報があった。この情報は、シロザケ親魚が海底を回遊経路として利用していることを示すものである。そこで、この情報を確認し、かつシロザケ親魚の深層部での分布状況を明らかにするために、底曳網漁船の協力を得て、混獲状況の調査を行った。

方法 岩手県沖合海域で操業している5隻の沖合底曳網漁船の協力を得て、シロザケ親魚の混獲があった時に限って、操業日時、漁場の水深、および混獲尾数などを記録した。シロザケの混獲が無かった漁場の記録については作業が繁雑になるという理由で協力を難色が示され、調査を断念した。5隻の底曳網漁船の内、2隻は2艘曳き、3隻はかけまわし(1艘曳き)であった(Table 2-6)。開口板の使用は岩手県漁業調整規則により禁止されており、これらの漁船は全部開口板を使用していなかった。

底曳網の操業は距岸約9 km 以内(水深では約150m 以浅)では、岩手県漁業調整規則により禁止されている。沖合底曳き網漁船の漁労長に対して聞き取り調査を行い、底曳網操業の実態把握を試み、並行して、底曳網漁業の実態とそこで漁獲されるシロザケ親魚の成熟状態、摂餌状態を調査するため、1989年11月に岩手県宮古市を根拠地とする底曳網漁船(2艘曳き、60総トン)に便乗して、操業・漁獲物の状況の調査と100尾のシロザケのサンプリングを行った。サンプリングされた魚体の調査結果については、後段(第4章)で詳しく述べることにする。

Table 2-6. Numbers of salmon caught by bottom trawlers off the Pacific coast of northern Honshu by vessel and by month, 1986. Numbers of operations in which salmon were caught are given in parentheses.

Vessel Designation	Gross tonnage	Trawl system	September	October	November	December	Total
A-maru	59	Pair trawl	106 (16)	533 (58)	805 (48)	183 (29)	1627 (151)
B-maru	59	Pair trawl	77 (13)	674 (49)	977 (62)	200 (40)	1928 (164)
C-maru	59	Single trawl	31 (19)	68 (30)	106 (34)	42 (17)	247 (100)
D-maru	59	Single trawl	41 (23)	37 (21)	63 (34)	19 (12)	160 (90)
E-maru	58	Single trawl	3 (3)	41 (19)	302 (48)	29 (20)	375 (90)
Total	-	-	258 (74)	1353 (177)	2253 (226)	473 (118)	4337 (595)
Percent by month	(%)	-	5.9 (12.4)	31.2 (29.7)	51.9 (38.0)	10.9 (19.8)	100.0 (100.0)

操業状況 聞き取り調査によれば、「(1)これらの漁船の操業水深は150～700m程度である。(2)底曳網漁船の1航海は、2～3日で、1回の操業時間(投網から揚網まで)は2～3時間である。(3)操業は昼夜兼行で行われている。(4)主な漁獲物はタラ類、カレイ類、イカ・タコ類などの海底に棲息する生物である。」ことが判明した。

乗船調査では、シロザケ親魚はスケトウダラなどの底棲生物とよく混合した状態で漁獲されていた。したがって、シロザケ親魚は海底で他の底棲生物と一緒に漁獲されたものと判断された。操業海域は、夜明けから夕方までは岩手県北部沖合の水深200-350mの海域で、深夜は水深600m以上の深海域に移動した。

底層分布の概要 沖合底曳網漁船によるシロザケ親魚の混獲調査は1986年9～12月にわたって行われ、全部で4,337尾のシロザケ親魚の漁獲が記録された。シロザケ親魚の漁獲は9月から12月末までみられたが、9月から11月までは徐々に増加し、12月にはやや減少した(Table 2-6, Fig. 2-5)。漁獲は200mの等深線にそって南北に分布しており、特に岩手県中北部海域で大きかった。漁獲分布の大きさは前述したように月による変化がみられたが、分布のパターンは9月から12月までほとんど変化がなかった。聞き取り調査によれば、これらの漁船は岩手県南部沖合で操業することは稀であり、この海域のシロザケ親魚の分布については判然としなかった。

漁法別に、時期ごとの1回当たりの漁獲尾数と水深との関係を示した(Fig. 2-6)。これによれば、2艘曳きでは、水深200-460mの範囲で漁獲がみられ、最も大きな漁獲がみられたのは水深250-300mの

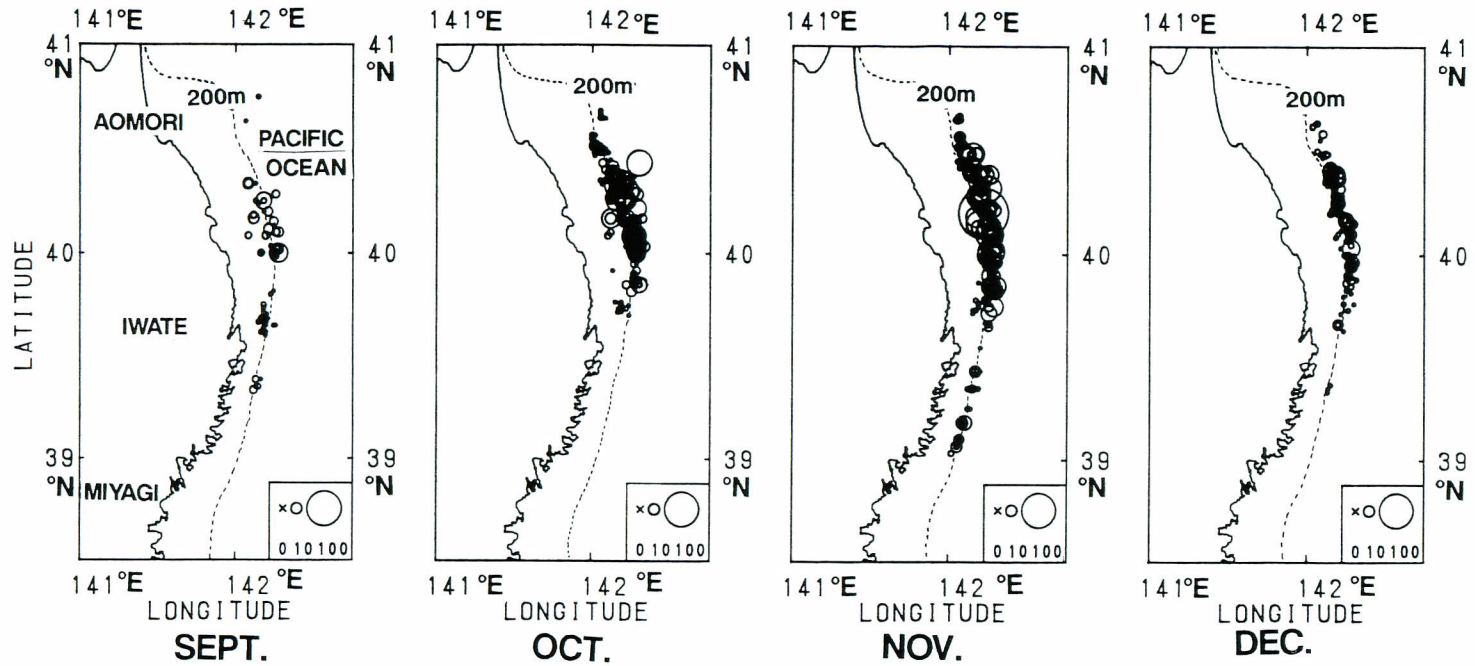


Fig. 2-5. Monthly distribution of maturing chum salmon catches by bottom trawlers off Iwate prefecture, 1986. Size of circle is proportional to numbers of maturing chum salmon caught.

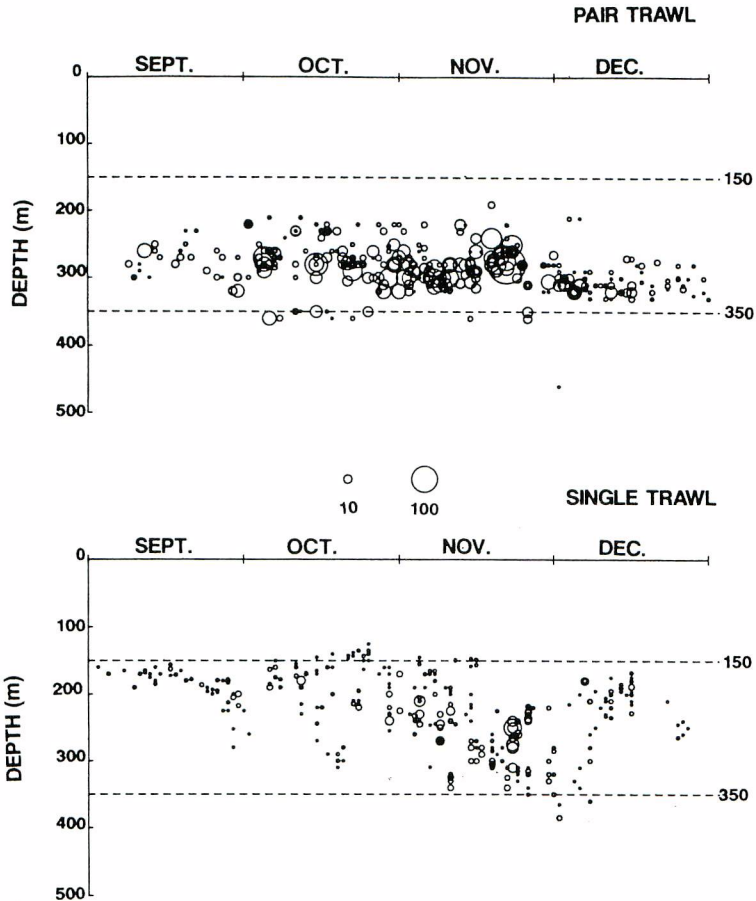


Fig. 2-6. Relationship between depth and date of maturing chum salmon catches by trawlers. Size of circle is proportional to numbers of maturing chum salmon caught.

範囲であった。また1艘曳きでは、水深150–350mの範囲で漁獲があり、漁獲が大きかったのは水深200–300mの範囲であった。両漁法とも、時期による変化はほとんど無かった。このことから、シロザケ親魚の底層分布の中心は岩手県中北部の水深200–350mの海底であると判断された。

漁獲がみられる時刻 底曳網による漁獲の時間的な変化を明らかにするために、漁法別に、時期ごとの操業時間と1回当たりの漁獲尾数との関係を示した(Fig. 2-7)。これによれば、漁獲は夜や早朝、夕方に少なく、昼間に多い傾向があった。この傾向は漁法および時期によって変わらないようにみえた。

乗船調査によれば、深夜は、水深600m以上の深海域を曳網することが多かったので、深夜にシロザケ親魚の漁獲がみられなかったことは、曳網海域が深くなったためであると考えられる。しかし、夜明けや夕方は水深200–350mの海域を曳網することが多く、この時間帯の1回当たりの漁獲尾数が昼間と比較

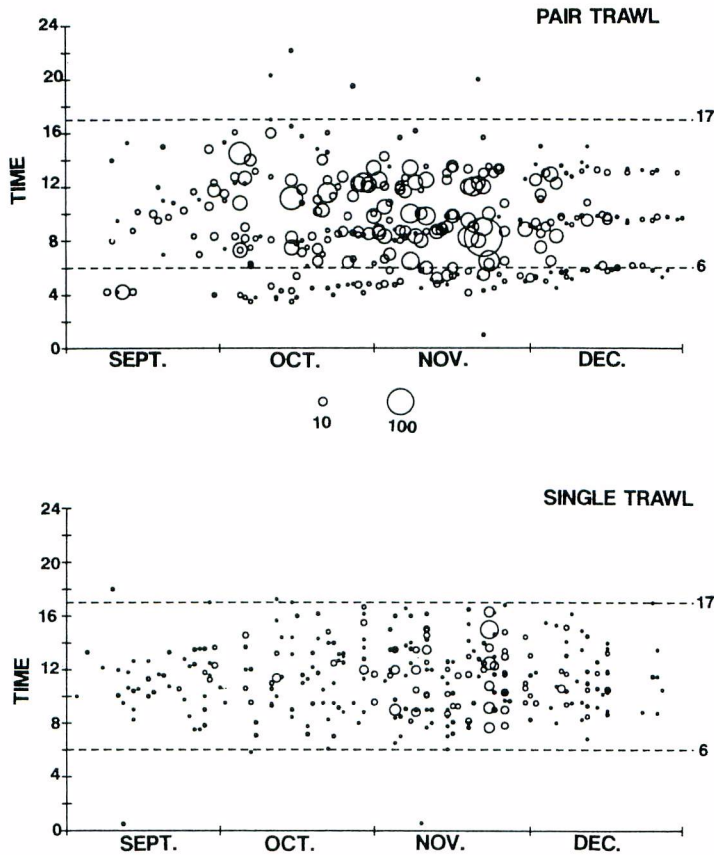


Fig. 2-7. Relationship between time and date of chum salmon catches by trawlers. Size of circle is proportional to numbers of maturing chum salmon.

して明らかに少ないことは、シロザケ親魚が夕方から夜明けにかけて海底から離れる行動をとっている可能性が高いことを示している。

2.4 漁獲分布と行動

シロザケ親魚の河川遡上は、8-10月では北海道東部沿岸の河川に多く、岩手県では少ない。また、11月以後は、逆に岩手県の沿岸河川への遡上が増加し、北海道東部沿岸域の河川への遡上は少なくなる(小林, 1985)。流し網のCPUEは、8-10月には北海道東部沖合域で大きく、11月以後は岩手県沖合で大きくなる。このCPUEの分布の変化は、地域の遡上時期の変化とよく符合しており、各地域に回帰する資源量を反映しているものと思われた。

流し網によるシロザケ親魚の漁獲分布は、北海道東部沖合域から青森県東部沖合を経て、岩手県沿岸に至っていた。この海域は、親潮第一分枝の南下経路にあたり、さらに、北海道東部沖合から標識放流された多数のシロザケ親魚が岩手県沿岸で再捕されていることを考え合わせると(佐野, 1987)、北海道

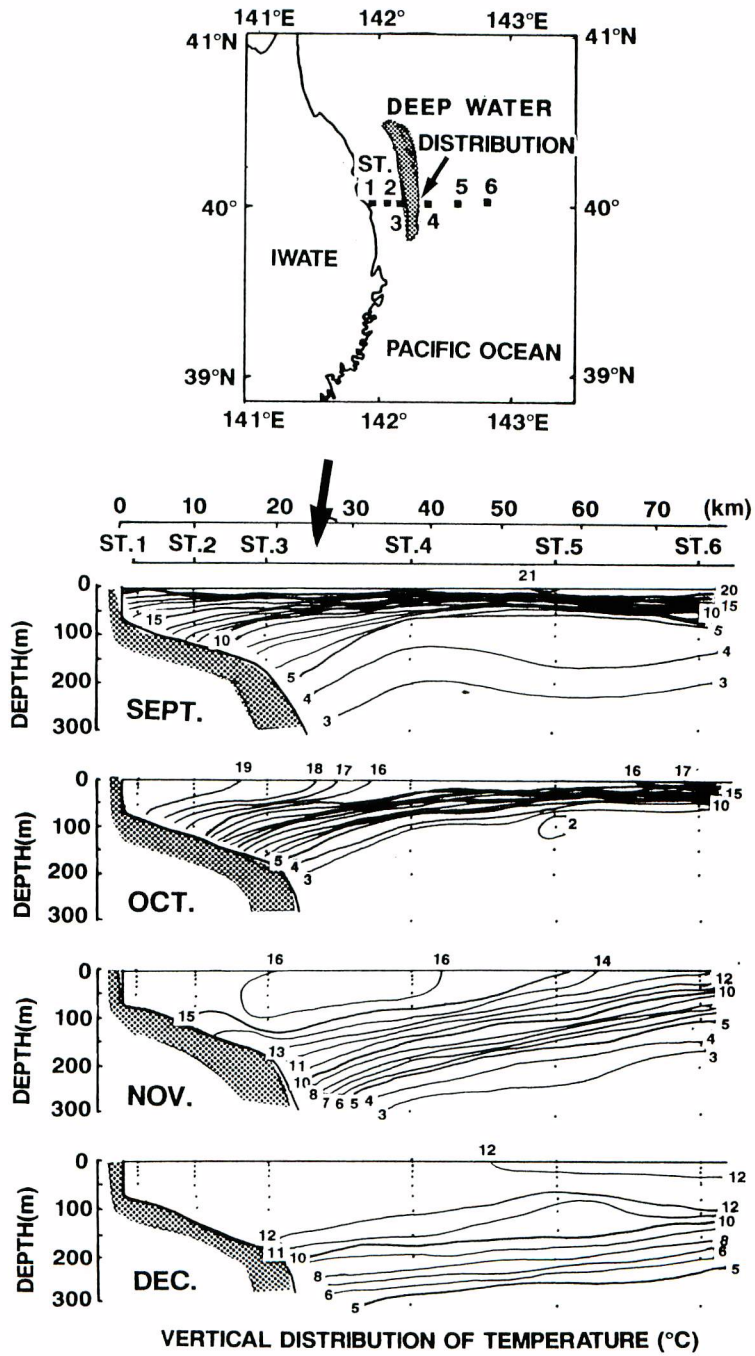


Fig. 2-8. Deep water distribution of chum salmon and vertical section of water temperature along 40°N, September-December, 1986.

東部沖合から岩手県沿岸にかけての流し網の漁獲分布はシロザケ親魚の南下回遊経路を示しているものと推定された。

岩手県沿岸の平均表面水温は、9-11月は16-21°Cで明らかにシロザケの好適水温より高い(上野・山崎, 1987)。これに対し、北海道東部沖合域の平均表面水温は、9月で14-17°C台、10月で10-14°C台で、岩手県沿岸の表面水温と比較するとかなり低く(海洋資料センター, 1978)、シロザケの好適水温に近い。したがって、岩手県沿岸河川に回帰するシロザケ親魚は、少なくとも、11月までは、好適水温よりかなり高い表面水温の海域を乗切って、母川を目指さねばならないことになる。

さけ・ます類は、表層に棲息するとはいうものの、近年のバイオテレメトリーを用いた個体の追跡調査では、一時的には、水深100mを越える水深を遊泳できることが明らかにされている(添田ら, 1985; 小倉, 1990)。また、北米大陸バンクーバー島近辺で行われたベニザケ(*O. nerka*)親魚のバイオテレメトリーによる個体追跡実験では、標識個体が表層の暖水を避けて、10m層以深の中層を好んで遊泳したことが報告されている(Quinn, 1987)。

底曳網の漁獲分布調査から、シロザケ親魚は水深200-300mの深海域を回遊していることが確認された。同時期(1986年9-12月)の岩手県北部海域の水温の垂直分布図を岩手県水産試験場の沿岸定線海洋観測記録から作成し、底曳網によるシロザケ親魚の漁獲分布との関係を検討した(岩手県水産試験場, 1988, Fig. 2-8)。これによれば、漁獲分布と対応する水深200-300m層の水温は2-11°Cであった。また、岩手県沿岸の200m以深の水温は、一般に9-12月では常におよそ10°C以下であることが知られている(上野・山崎, 1987)。これらのことから、岩手県沿岸河川に遡上するシロザケ親魚は、表面水温の低い北海道東部沖合域では表層を遊泳し、岩手県沿岸海域に移動するにつれて、表層の高温を避けてしだいに底層を遊泳するようになり、岩手県北部沖合においては、水深200-250mの海底に達するものと推定された。

岩手県から約400km南方にあたる千葉県・茨城県沖合の水深100-200mの底曳網漁場においても、シロザケ親魚がしばしば底曳網で漁獲されることが知られている(千葉県, 1988)。このことは、岩手県北部沖合のシロザケ親魚の海底分布が南方に連続している可能性があることを示しており、シロザケ親魚の底層回遊は、暖水に対するシロザケ親魚の一般的な回避行動なのかもしれない。

延縄の漁獲分布と底曳網の漁獲分布を比較すると(Fig. 2-9)、9・10月では、岩手県北部沖合で底曳網で漁獲があるのに、沿岸では延縄による漁獲はほとんど無いかもしくは、あってもごく沿岸域である。この時期でも、沿岸河川への遡上はみられ、沿岸に設置されている定置網には漁獲があるので(岩手県漁業振興課, 1989)、ごく沿岸近くにはシロザケ親魚が分布しているものと推定される。前述したように11・12月は、岩手県の沿岸域全域で延縄の漁獲がみられ、その分布は、季節が進むにつれてしだいに沖合に拡大していく傾向があった。したがって、沿岸域のシロザケ親魚の表層分布は季節とともにしだいにごく沿岸域から沖合に向かって広がっていく傾向にあるといえる。

岩手県北部沖合の深層に到達したシロザケ親魚の多くは河川に遡上するために沿岸域に移動しなければならない。シロザケ親魚は遡上の最終段階では、嗅覚を利用して母川のおいを感じることにより、母川を探索することが知られている(Hasler *et al.*, 1983)。河川水は、一般に海洋に流入した後、表層に分布し、しだいに混合拡散する。このため、シロザケ親魚は河川水のおいを探索するために表層に浮上しなければならない。表面水温17°C台の高水温域で高い延縄の釣獲率がみられることは、シロザケ親魚が沿岸域では、河川水を探すために生理的には適していない高水温域を遊泳することを強いられていることを反映しているのかもしれない。以上の考察を簡単な概念図に示した(Fig. 2-10)。

延縄による漁獲分布が9月から12月にかけて、しだいに沖合に広がっていく理由は次のように考えら

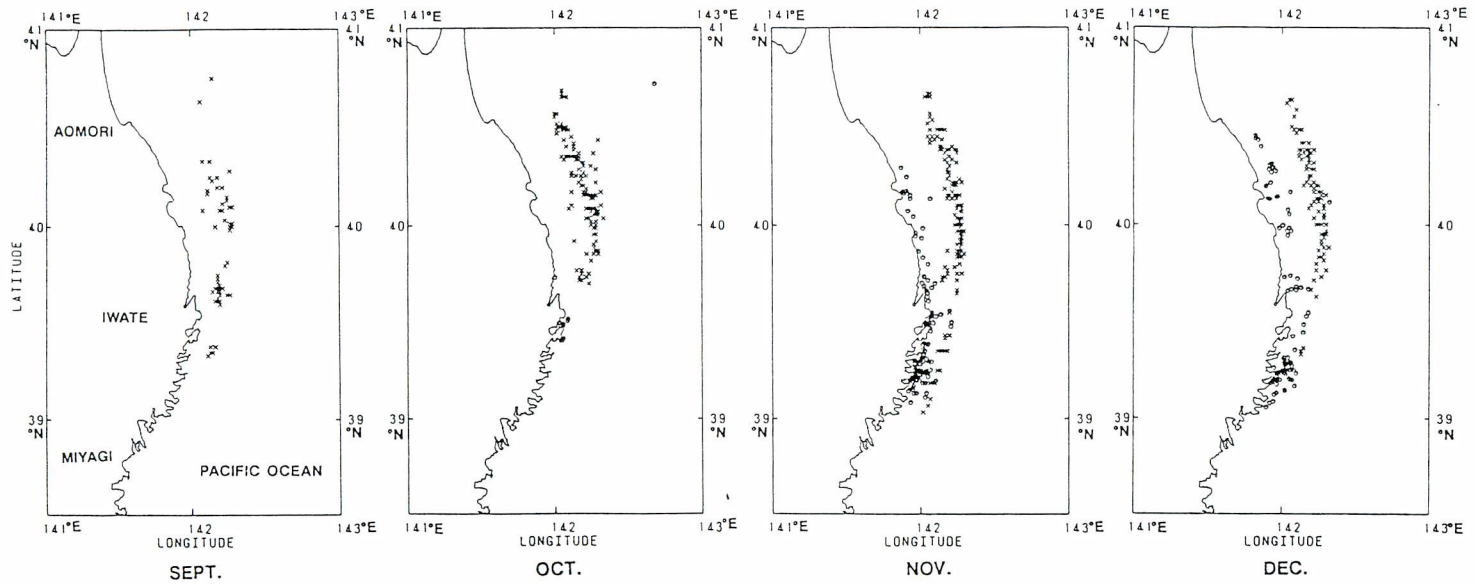


Fig. 2-9. Relationship between the distribution of maturing chum salmon catches by longline (o) and the distribution of catches by bottom (x) trawlers.

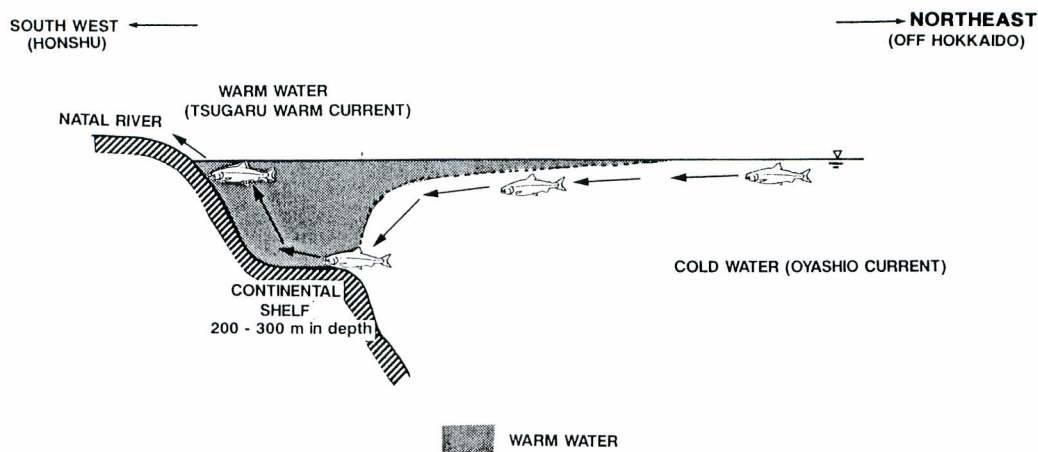


Fig. 2-10. A schematic diagram of the migratory behavior of chum salmon off the northern Pacific coast of Honshu based on catches by bottom trawlers, longline, and drift nets.

れる。すなわち、岩手県沿岸の水温の垂直分布を9月から12月にかけて調べると、沿岸に近い海域ほど温度躍層が消失して、水温が表面から海底まで同一の状態（以後混合状態と称する）になるのが早い傾向がある（上野・山崎，1987）。これは、陸地に近く水深が浅い部分が季節的な気温の低下の影響を受けやすいためである。表面から海底までの温度差が無くなれば、シロザケ親魚が深層を選択して遊泳することもなくなる。混合状態は、早い時期（9・10月）には沿岸に近い海域にしか形成されていない。これが、シロザケ親魚の表層分布が早い時期（9・10月）に沿岸のごく近くに限定されている理由であると考えられる。季節的な気温の低下が進むにつれて、混合状態はしだいに沖合域に広がり、シロザケ親魚もより沖合で表層に浮上すると考えられる。

流し網も延縄も表層の魚を漁獲するための漁具であり、流し網（反当たり）と延縄（鉢当り）の漁獲効率の比は北西太平洋のさけ・ます調査では、ほぼ1.26程度とされている（高木ら，1971）。距岸15km以上の海域では流し網で漁獲がみられるのにもかかわらず、延縄で漁獲がみられない。一般に、さけ・ます類は成熟が進むと索餌しなくなると言われているので（松原ら，1965）、延縄で漁獲が無いのは魚体の成熟が進んでいるためであるとも考えられる。しかし、沿岸近くでは、延縄で漁獲がある。沖合域で流し網で漁獲される魚体は、沿岸で延縄で漁獲されるものと比較すると未熟なので、この理由を成熟から説明することは難しいと思われる。

底曳網の漁獲調査では、シロザケ親魚は夕方から夜明けにかけて海底から離れる行動をとっていると考えられた。調査では、流し網は夜間に操業が行われ、延縄は操業が主に昼間に行われた。シロザケ親魚が昼間は水深200-350mの海底に棲息し、夜間には表層に浮上するという日周行動をとっているとすると両漁具の漁獲の差を説明できる。すなわち、昼間はシロザケ親魚は海底に分布するので、底曳網によって漁獲され、夜間になると海底を去って海面に浮上するため流し網で漁獲されるのである。当然、昼間に操業する延縄には漁獲は無いと考えられる。

アラスカ湾で流し網を用いて行われた調査では、シロザケは夜間に表層に浮上し、昼間には下層に潜る行動を示した（Manzer，1964）。また、北西太平洋の同様な調査でも、ベニザケでそのような傾向が

みられたことが報告されている(待鳥, 1966)。しかし, これらの事例では, 表層にさけますの好適水温域があり, 温度躍層より下には, 非常に低い水温(約2°C以下)の水帯があつて, これが魚体の移動を制限していた。岩手県沿岸域は, 秋季には, これらの調査の海域とは逆に, 表層にさけますに適さない高水温域があり, 中下層に好適水温域がある水温構造になっている。もし夜間にシロザケ親魚が浮上しているとすると, 何故夜間だけ高水温に耐えて, 表層に浮上するのか不明である。あるいは, 夜間の浮上は河川水を探索するための行動であるかもしれない。シロザケの日周行動については今後なおバイオテレメトリーや個体識別可能な魚群探知機による詳細な検討で確認する必要がある。

第3章 標識放流結果から推定したシロザケ親魚の回遊経路

3.1 北海道東部沖合域から岩手県沿岸域への回遊経路

北太平洋沖合域から北海道近海への回遊 シロザケは一般に北太平洋およびベーリング海で海洋生活を送ることが知られており, 産卵期にはこれらの海域から母川に回帰すると考えられている。北太平洋沖合域では, 日本のさけ・ます調査船が多くの標識放流試験を行っている。その再捕結果では日本に秋季に回帰するシロザケ親魚は春季には東部北太平洋およびアラスカ湾に分布し, 季節の進行と共に北西に移動し, ベーリング海およびアリューシャン列島付近の中部北太平洋に移動する。その後, さらに西に移動し, カムチャツカ半島南東部沖合から千島列島ぞいに南下する(Neave *et al.*, 1976; 米盛, 1967; Shepard *et al.*, 1968)。

9・10月に, 南部千島列島の太平洋側の近海および沿岸から標識放流されたシロザケ親魚は北海道および岩手県で再捕されている(平野; 1953; 米盛ら, 1985; Okazaki, 1979)。また, シロザケ親魚はエトロフ島の南側では沿岸近くに分布しており, 距岸130kmより沖合では確認されなかった(米盛ら, 1975)。このことは, 南部千島列島近海の太平洋側では, 回遊経路は, 列島に近い海域(沿岸域)にあることを示している。

北海道から岩手県沿岸への回遊 千島列島南部から北海道近海に達したシロザケ親魚はオホーツク海に向うものと北海道東部の太平洋側に向うものとに分れると考えられる。現在のところ, オホーツク海沿岸で標識放流されたシロザケ親魚は, 太平洋側ではまったく再捕されていない(北海道さけ・ますふ化場, 1979; 北海道さけ・ますふ化場, 1980)。これに対して, 北海道東部の太平洋側の沖合や沿岸で標識放流された多数のシロザケ親魚が岩手県沿岸で再捕されている。したがって, 岩手県沿岸に来遊するシロザケ親魚は, 北海道東部沖合および沿岸を経由してくるものと考えられている(佐野, 1989; 北海道さけ・ますふ化場, 1985)。

北海道東部沖合域では, 1986年9月から11月にかけて北海道立釧路水産試験場によって大規模なシロザケ親魚の標識放流が行われ, 放流されたシロザケ親魚の再捕の5-42%が岩手県沿岸で記録された(佐野, 1989)。さらに, 北海道東部沖合と岩手県沿岸の中間にあたる青森県の太平洋岸東方沖合では, 青森県水産試験場により標識放流が行われており, 放流されたシロザケ親魚の再捕の約43%が岩手県沿岸から報告されている(涌坪ら, 1987)。これは, シロザケ親魚の一部が北海道東部沖合から, 直接, 南西方向に回遊し, 岩手県沿岸域に達していることを示している。この回遊経路は第2章で述べたシロザケ親魚の沖合分布とよく一致している。

また, 北海道東部の襟裳岬沿岸の定置網や北海道南部の渡島半島の太平洋側にある沿岸定置網で漁獲

され、標識放流されたシロザケ親魚（北海道さけ・ますふ化場，1985；北海道さけ・ますふ化場，1986）も、少数が岩手県で再捕されている。さらに、青森県の太平洋側にある尻屋崎付近の沿岸定置網から標識放流されたシロザケ親魚は、13-19%が岩手県沿岸で再捕されている（水産庁，1988；水産庁，1989）。これらの標識放流結果は、シロザケ親魚の一部が北海道の東部から南部にかけての沿岸域を回遊して、北海道南端の渡島半島に至り、津軽海峡を横断して岩手県沿岸に来遊している可能性があることを示している。

このように、シロザケ親魚は、北海道東部の沖合から直接的に南下するものと北海道および青森県の太平洋側を沿岸伝いに南下するものがあると思われる。どちらが主要な回遊経路であるかは判然としないが、親潮の南下経路となっていることなどから、沖合を南下するものが多いと考えた方がよいように思われる。

3.2 岩手県沿岸での回遊

過去の調査結果と標識放流試験実施の経緯 岩手県の沿岸には、秋季になると多数のシロザケ親魚が来遊し、定置網や延縄で漁獲され、一部は岩手県の河川に遡上する。これらのシロザケ親魚の一部は岩手県の河川に起源を持つものであるが、他県の河川を起源とするものもあると思われる。また、岩手県内でも、どの河川に遡上するものがいつどの海域を回遊するのかは、はっきりわかっていない。

岩手県沿岸でのシロザケ親魚の回遊経路を明らかにするために、過去に定置網で漁獲されたシロザケ親魚を用いた小規模な標識放流試験が行われた（飯岡ら，1979；飯岡ら，1980）。これらの標識放流試験では、放流したシロザケ親魚の大半は岩手県内の定置網と河川で再捕された。また、これらの試験では、1）岩手県北部沿岸から放流したものは南方に移動するものが多く、2）岩手県中部沿岸で放流したものは放流点付近で再捕されるものが多い、3）岩手県南部沿岸で放流したものは中部へ北上するものが多いという結果がまとめられている。しかし、これらの試験は、陸岸に近い定置網で漁獲されたシロザケ親魚を使用しているため、岩手県に来遊するシロザケ親魚の回遊経路の全体像を把握する上では、沖合の魚群に関する情報が不足しているきらいがある。

前節で報告されているように、岩手県水産試験場は1981年から1986年にかけて、主として岩手県沿岸域で、延縄、底延縄、および流し網を用いて大規模なシロザケ親魚の漁獲試験を行い、漁獲した親魚の標識放流試験を実施し、多数の再捕を得た。調査は、定置網の敷設されている海域より沖合の親潮域を含む広範な海域で行われた。この節では、標識放流結果から岩手県沿岸でのシロザケ親魚の回遊経路の全体像を推定することをねらいとした。

再捕結果の概要 標識放流の大部分は距岸15km以内の沿岸域で行われた。これより沖合では、延縄では、漁獲はほとんど無かったが、流し網では少数の漁獲があり、標識放流が行われた。また、底延縄の漁獲試験は岩手県中部および南部のごく沿岸域で行われ、若干の漁獲があり標識放流が行われた。各年の各漁法ごとの標識放流数を示した（Table 3-1）。

標識放流の大部分は11月から12月にかけて岩手県の沿岸および沖合で行われた。全部で3,437尾のシロザケ親魚が標識放流され、1,300尾の再捕報告があった（再捕率37.8%）。標識魚は、広く、千葉県以北の本州の太平洋岸から津軽海峡の本州側を経て日本海沿岸に至る海域で再捕された（Fig. 3-1）。

調査海域を大きくAからEまでの5区画に分割し、再捕の分布を検討した（Fig. 3-1）。標識放流は1個体（青森県沖合で放流）を除いて、全部C区画で行われた。C区画から放流されて再捕された1,299個体の再捕の内訳は、C区画が大半を占め、1,266個体（97.5%）、次いでD区画が18個体（1.4%）、B区画が6個体（0.5%）、A区画が5個体（0.4%）、E区画が4個体（0.3%）であった（Table 3-2）。ま

Table 3-1. Number of chum salmon tagged and released during the tagging experiments off Iwate Prefecture, 1981-1986

Year	Fishing gear	Number of operations	Total units of effort (Tan or skate)	Number of salmon released				
				Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1981	Longline	85	998	0	0	50	37	87
1982	Longline	118	451	0	14	88	202	304
1983	Longline	109	467	0	58	471	67	596
1984	Longline	96	351	0	4	284	75	363
1985	Longline	122	538	0	1	676	140	817
1986	Longline	108	648	0	1	596	498	1095
Sub-total		638	3453	0	78	2165	1019	3262
1981	Bottom longline	1	10	0	0	0	0	0
1982	Bottom longline	0	0	0	0	0	0	0
1983	Bottom longline	0	0	0	0	0	0	0
1984	Bottom longline	0	0	0	0	0	0	0
1985	Bottom longline	0	0	0	0	0	0	0
1986	Bottom longline	43	303	0	15	42	0	57
sub-total		44	313	0	15	42	0	57
1981	Drift net	0	0	0	0	0	0	0
1982	Drift net	20	642	0	1	4	7	12
1983	Drift net	19	357	0	1	18	2	21
1984	Drift net	29	460	0	0	38	7	45
1985	Drift net	23	434	0	2	29	7	38
1986	Drift net	5	140	0	2	0	0	2
Sub-total		96	2033	0	6	89	23	118
Total		778	-	0	99	2296	1042	3437

た、再捕が報告されたのは、沿岸の定置網および延縄が 1,210個体、93%を占め、河川に遡上して報告されたものはわずか89個体（7%）であった。

小区画の設定 岩手県沿岸域での標識魚の移動を詳細に検討するため、岩手県沿岸・沖合域を4小区画に分割した（Fig. 3-2）。岩手県の沿岸には津軽暖流が分布しており、その分布域は距岸19km以内または水深200m以浅とされている（上野・山崎，1987）。また、第2章で述べたように延縄および流し網によるシロザケ親魚の分布は津軽暖流内に多かった。小区画を設定する際には、このようなことを考慮に

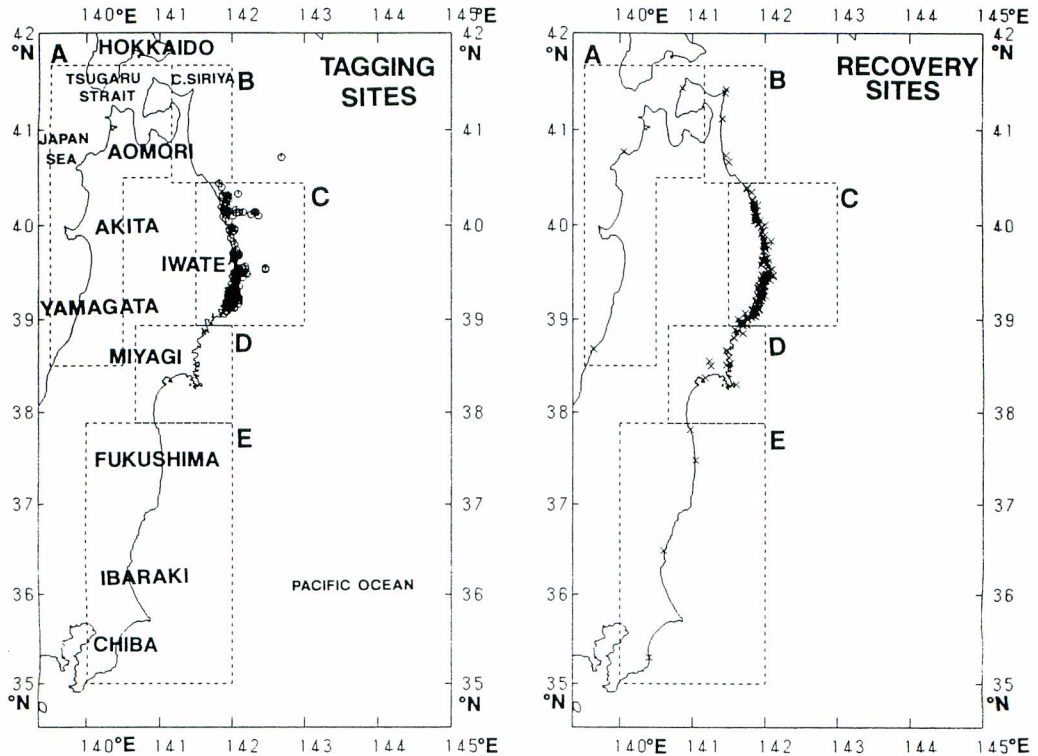


Fig. 3-1. Site of tagging (o) and site of recovery (x). Areas (A,B,C,D,E) delineated with a broken line show regions for analyses.

入れて、200mの等深線を沿岸と沖合の境界とした。また、200m等深線の沿岸側を北部(C1)、中部(C2)、南部(C3)の3区画に分割した。沖合側は放流数が少ないので、1区画(C4)としてまとめて取扱った。

小区画ごとにみた移動 沿岸の3区画(C1-3)から放流したシロザケ親魚の再捕状況を示した(Fig. 3-2)。C1からは、766個体が標識放流され、その内、255個体の再捕が報告された(再捕率33.3%)。再捕の区画別の内訳は、Aで5個体(2.0%)、Bで6個体(2.4%)、C1で78個体(30.6%)、C2で109個体(42.7%)、C3で54個体(21.2%)、Dで3個体(1.2%)であった。C1から放流されたシロザケ親魚の移動の特徴は、C2、C3に南下するものが多かったこと、およびA、Bへ北上するものがあったことである。

C2からは、644個体が標識放流され、その内、229個体の再捕が報告された(再捕率35.6%)。再捕の区画別の内訳は、A、Bに北上したものは無く、C1で10個体(4.4%)、C2で119個体(52.0%)およびC3で99個体(43.2%)、Dで1個体(0.4%)であった。C2から放流されたシロザケ親魚の移動の特徴は、大半がC2・C3で再捕され、大きく移動したものが少なかったことであった。

C3からは、1,896個体が標識放流され、778個体が再捕された(再捕率41.0%)。再捕の区画別の内訳は、A、Bに北上したものは無く、C1で23個体(3.0%)、C2で152個体(19.5%)、C3で585個体(75.2%)であった。C3から放流されたシロザケ親魚の移動の特徴は、大きく移動せず、放流区画であるC3で再捕されたものが多かったこと、および南下して、Eで再捕されたものが出現したことである。

Table 3-2. Recoveries by site and region of chum salmon tagged in region C. Recovery sites including river and coastal waters are categorized into 5 regions (see Fig. 3-1)

Recovery location		Number of fish released						Recoveries by region	
Site	Region	1981	1982	1983	1984	1985	1986	Number	Percentage
		87	316	617	408	855	1153		(%)
River	A* ¹	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	B* ²	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	C* ³	1	10	21	6	11	33	81	91.0
	D* ⁴	0	0	0	1	2	1	4	4.4
	E* ⁵	0	0	0	0	1	3	4	4.4
	Total		1	10	21	7	14	37	89	100.0
Coast	A	0	0	1	0	1	3	5	0.4
	B	0	1	0	0	0	5	6	0.5
	C	18	83	189	144	313	438	1185	97.9
	D	0	1	3	2	6	2	14	1.2
	E	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Total		18	85	193	146	320	448	1210	100.0
Total	A	0	0	1	0	1	3	5	0.4
	B	0	1	0	0	0	5	6	0.5
	C	19	93	210	150	324	472	1266	97.5
	D	0	1	3	3	8	3	18	1.4
	E	0	0	0	0	1	3	4	0.3
	Total		19	95	214	153	334	486	1299	100.0
Percentage of recovery		21.8	30.1	34.5	37.5	39.1	42.1	-	-

*1 Japan Sea coasts between Yamagata Prefecture and west of Tsugaru Strait.

*2 East of Tsugaru Strait and the Pacific Ocean side of Aomori Prefecture.

*3 The coast of Iwate Prefecture.

*4 The coast of Miyagi Prefecture.

*5 The coast between Fukushima Prefecture and Chiba Prefecture.

C4からは、130尾が標識放流され、37尾が再捕された (Fig. 3-3)。全ての再捕は、岩手県内の沿岸および河川でみられた。このことは、距岸 19km より沖合に分布するシロザケ親魚も、基本的には岩手県の沿岸に来遊してくるものであることを示している。

月ごとにまとめた再捕の特徴 シロザケ親魚の遡上の時期は岩手県内でも河川によって異なっている。代表的なシロザケの遡上河川についてみると、小本川、閉伊川、織笠川、鶉住居川は11月上旬が遡上のピークであるが、津軽石川や大槌川では12月が遡上のピークである (Okazaki, 1982)。したがって、時

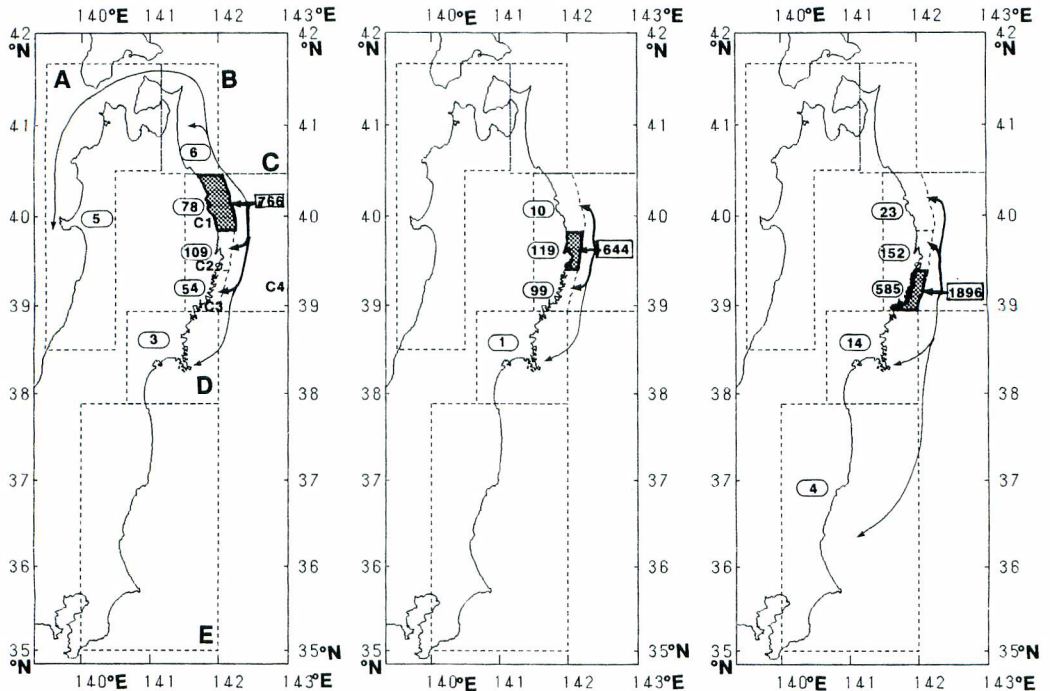


Fig. 3-2. Map showing the results of tagging experiments. The coastal area in region C surrounded by thick line indicates the tagging sub-region. The numeral in the square is number of fish tagged in the sub-region and the numeral in the ellipse is the number of tag recoveries for the sub-region or region.

期によって標識魚の移動も異なっている可能性があり、標識放流結果を考える上では、時期別にとりまると移動の特徴をより詳細に把握することができる。また、標識魚は最終的には河川に遡上するものであるから、河川に遡上したものをピックアップして検討すれば標識魚の起源に関してよりはっきりした情報を得ることができると考えられる。そこで、月別の各小区画ごとの再捕状況を河川・沿岸の合計、河川だけ、および沿岸（主として定置網）だけに分けてそれぞれ集計した (Table 3-3, 4, 5)。

C1から放流したものの移動： C1から放流したものは、10月は4個体で、2個体がC2(沿岸)で再捕されただけであった (Table 3-3)。これは、この時期にC1を通過しているシロザケ親魚の一部がC2へ南下するものであることを示しているが、放流数、再捕数とも少なすぎて、数量的に移動を論じることは難しい。11月には274個体が放流され、再捕の29.9% (29個体) がC1区画で、40.2% (39個体) がC2区画で、21.6% (21個体) がC3区画から報告されている。12月には488個体が放流され、再捕の31.4% (49個体) がC1区画で、43.6% (68個体) がC2区画で、21.2% (33個体) がC3区画から報告されている。11月と12月で、これらの3区画の相対的な再捕比率はほとんど変化しなかった。河川での再捕については、全部で16個体の再捕があったが、各月各区画での再捕数は1から9個体と少なく、回帰母川について数量的な考察を行うには、再捕数が少なすぎると思われた (Table 3-4)。

C2から放流したものの移動： C2から放流したものは、10月は80個体で、再捕の51.6%(16個体)がC2で、48.4%(15個体)がC3から報告され、C1で再捕されたものは無かった (Table 3-3)。11月には、465個体が放流され、再捕の3.5%(6個体)がC1で、51.4%(89個体)がC2で、44.5%(77個体)がC3から報告された。12月には、99個体が放流され、再捕の16.0%(4個体)がC1で、56.0%(14個体)がC2で、28.0%(7個体)がC3で再捕された。

C2とC3の再捕比率は10月と11月では、ほとんど変化が無いが、11月と12月を比較するとC2の比率が51%台から56.0%に上昇し、C3の再捕比率は44.5%から28.0%に低下した。このことは、C2から放流されたシロザケ親魚の中で、C3に南下するものの比率が12月になると低下し、逆にC2に滞留するものの比率が上昇することを示している。

河川では、全部で19個体が再捕されたが、その内、17個体がC2から報告された (Table 3-4)。このことから、C2に分布するシロザケ親魚はC2の河川に遡上するものが多いように思われるが、沿岸再捕では、40%以上がC3から報告されており、両者の関係は矛盾している。これは、C3の定置網を主とする沿岸漁獲強度が大きいため河川に遡上する前に漁獲されてしまうものが多いためであると思われた。

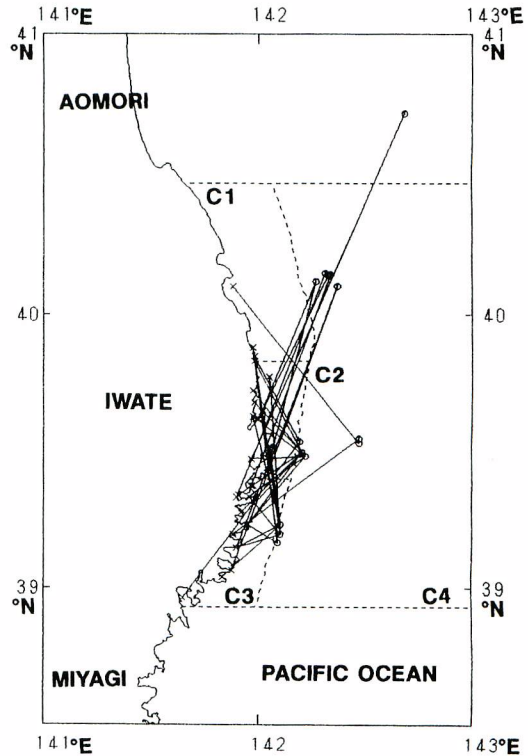


Fig. 3-3. Movements of tagged fish from tagging site (o) to recovery site(x) in sub-region C4 and waters off Aomori Prefecture.

C3から放流したものの移動： C3から放流したものは、10月には12個体だけで、これはC3で5個体が再捕された (Table 3-3)。11月には、1,464個体が放流され、再捕の2.5%(16個体)がC1で、16.0%(103個体)がC2で、80.0%(515個体)がC3から報告された。12月には420個体が放流され、再捕の5.5%(7個体)がC1で、38.3%(49個体)がC2で、50.8%(65個体)がC3から報告された。11月と12月を比較すると、11月はC3で再捕されるものの比率が著しく高い(80%)のに対し、12月になるとC3の再捕比率が低下し(50.8%)、C2に北上するものの比率が38.3%に上昇している。このことは、C3から放流されたものは、11月にはC3内に滞留するものが多いのに対し、12月になるとC2に北上するものの比率が高まることを示している。

河川では、全部で51個体が再捕され、その内、21.6%(11個体)がC2で、62.7%(32個体)がC3から報告されている (Table 3-4)。11月の再捕が40個体であるのに対し、12月の再捕は合計でわずか9個体であり、これから月ごとの区別別の再捕比率を比較することは困難であると思われる。

11月から12月にかけて、C2からC3に南下するものの比率が低下し、逆にC3からC2に北上するものの

比率が増加した。このことは、11月には岩手県南部（C3）に回帰するものの資源量が大きいのに対し、12月になると、相対的に県中部（C2）に回帰するものの資源量が大きくなることを示している。河川遡上の盛期は、県南部の代表的な遡上河川である片岸川、熊野川、盛川などは、11月下旬にあり、県中部

Table 3-3. Recoveries in rivers and coastal waters of tagged chum salmon by su-bregion. Recovery sites are categorized into 4 sub-regions

Area and month of release		No. of tagged fish	Recoveries by sub-region (in percentage)						Total
Sub-region	Month		A&B	C1	C2	C3	C4	D&E	
C1	Oct.	4	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
	Nov.	274	6 (6.2)	29 (29.9)	39 (40.2)	21 (21.6)	0 (0)	2 (2.1)	97 (100.0)
	Dec.	488	5 (3.2)	49 (31.4)	68 (43.6)	33 (21.2)	0 (0)	1 (0.6)	156 (100.0)
Total		766	11 (4.3)	78 (30.6)	109 (42.7)	54 (21.2)	0 (0)	3 (1.2)	255 (100.0)
C2	Oct.	80	0 (0)	0 (0)	6 (51.6)	15 (48.4)	0 (0)	0 (0)	31 (100.0)
	Nov.	465	0 (0)	6 (3.5)	89 (51.4)	77 (44.5)	0 (0)	1 (0.6)	173 (100.0)
	Dec.	99	0 (0)	4 (16.0)	14 (56.0)	7 (28.0)	0 (0)	0 (0)	25 (100.0)
Total		644	0 (0)	10 (4.4)	119 (52.0)	99 (43.2)	0 (0)	1 (0.4)	229 (100.0)
C3	Oct.	12	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (83.3)	0 (0)	1 (16.7)	6 (100.0)
	Nov.	1464	0 (0)	16 (2.5)	103 (16.0)	515 (80.0)	0 (0)	10 (1.5)	644 (100.0)
	Dec.	420	0 (0)	7 (5.5)	49 (38.3)	65 (50.8)	0 (0)	7 (5.4)	128 (100.0)
Total		1896	0 (0)	23 (3.0)	152 (19.5)	585 (75.2)	0 (0)	18 (2.3)	778 (100.0)
C4	Oct.	2	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
	Nov.	93	0 (0)	2 (9.5)	10 (47.6)	9 (42.9)	0 (0)	0 (0)	21 (100.0)
	Dec.	35	0 (0)	2 (14.3)	5 (35.7)	7 (50.0)	0 (0)	0 (0)	14 (100.0)
Total		130	0 (0)	4 (10.8)	15 (40.5)	18 (48.6)	0 (0)	0 (0)	37 (100.0)

の代表的な遡上河川である津軽石川、田老川は12月にある。このような河川遡上時期の地域による相違が、各区分ごとの月による移動比率の変化に影響しているものと思われる。

Table 3-4. Recoveries in river of tagged chum salmon by sub-region. Recovery sites are categorized into 4 sub-regions

Ares and month of release		No. of tagged fish	Number of recoveries by sub-region (in percentage)						
Sub-region	Month		A&B	C1	C2	C3	C4	D&E	Total
C1	Oct.	4	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)
	Nov.	274	0 (0)	0 (0)	9 (90.0)	1 (10.0)	0 (0)	0 (0)	10 (100.0)
	Dec.	488	0 (0)	2 (33.3)	3 (50.0)	1 (16.7)	0 (0)	0 (0)	6 (100.0)
Total		766	0 (0)	2 (12.5)	12 (75.0)	2 (12.5)	0 (0)	0 (0)	16 (100.0)
C2	Oct.	80	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
	Nov.	465	0 (0)	0 (0)	14 (93.3)	0 (0)	0 (0)	1 (6.7)	15 (100.0)
	Dec.	99	0 (0)	1 (50.0)	1 (50.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
Total		644	0 (0)	1 (5.3)	17 (89.5)	0 (0)	0 (0)	1 (5.3)	19 (100.0)
C3	Oct.	12	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (50.0)	0 (0)	1 (50.0)	2 (100.0)
	Nov.	1464	0 (0)	0 (0)	9 (22.5)	27 (67.5)	0 (0)	4 (10.0)	40 (100.0)
	Dec.	420	0 (0)	1 (11.1)	2 (22.2)	4 (44.4)	0 (0)	2 (22.2)	9 (100.0)
Total		1896	0 (0)	1 (2.0)	11 (21.6)	32 (62.7)	0 (0)	7 (13.7)	51 (100.0)
C4	Oct.	2	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)
	Nov.	93	0 (0)	0 (0)	1 (100.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (100.0)
	Dec.	35	0 (0)	1 (50.0)	0 (0)	1 (50.0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
Total		130	0 (0)	1 (33.3)	1 (33.3)	1 (33.3)	0 (0)	0 (0)	3 (100.0)

Table 3-5. Recoveries in coastal waters of tagged chum salmon by sub-region. Recovery sites are categorized into 4 sub-regions

Area and month of release		No. of tagged fish	Numbers of recoveries by sub-region (in percentage)						Total
Sub-region	Month		A & B	C1	C2	C3	C4	D & E	
C1	Oct.	4	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
	Nov.	274	6 (6.9)	29 (33.3)	30 (34.5)	20 (23.0)	0 (0)	2 (2.3)	87 (100.0)
	Dec.	488	5 (3.3)	47 (31.3)	65 (43.3)	32 (21.3)	0 (0)	1 (0.7)	150 (100.0)
Total		766	11 (4.6)	76 (31.8)	97 (40.6)	52 (21.8)	0 (0)	3 (1.3)	239 (100.0)
C2	Oct.	80	0 (0)	0 (0)	14 (48.3)	15 (51.7)	0 (0)	0 (0)	29 (100.0)
	Nov.	465	0 (0)	6 (3.8)	75 (47.5)	77 (48.7)	0 (0)	0 (0)	158 (100.0)
	Dec.	99	0 (0)	3 (13.0)	13 (56.5)	7 (30.4)	0 (0)	0 (0)	23 (100.0)
Total		644	0 (0)	9 (4.3)	102 (48.6)	99 (47.1)	0 (0)	0 (0)	210 (100.0)
C3	Oct.	12	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (100.0)	0 (0)	0 (0)	4 (100.0)
	Nov.	1464	0 (0)	16 (2.6)	94 (15.6)	488 (80.8)	0 (0)	6 (1.0)	604 (100.0)
	Dec.	420	0 (0)	6 (5.0)	47 (39.5)	61 (51.3)	0 (0)	5 (4.2)	119 (100.0)
Total		1896	0 (0)	22 (3.0)	141 (19.4)	553 (76.1)	0 (0)	11 (1.5)	727 (100.0)
C4	Oct.	2	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)	0 (0)	0 (0)	2 (100.0)
	Nov.	93	0 (0)	2 (10.0)	9 (45.0)	9 (45.0)	0 (0)	0 (0)	20 (100.0)
	Dec.	35	0 (0)	1 (8.3)	5 (41.7)	6 (50.0)	0 (0)	0 (0)	12 (100.0)
Total		130	0 (0)	3 (8.8)	14 (41.2)	17 (50.0)	0 (0)	0 (0)	34 (100.0)

放流から再捕までの日数 各放流区画ごとの放流から再捕までの日数(以後、再捕日数とする。)を河川・沿岸での再捕を一緒にしたもの、河川から報告されたもの、および沿岸で漁獲されて報告されたものの3種に区分し、各再捕区画ごとの5日間隔の再捕尾数と平均の再捕日数を計算した(Table 3-6,7,8)。

河川・沿岸を合せて計算した結果(Table 3-6)、C1から放流したものの大半は、平均再捕日数約10日で、C2・3に移動して再捕されたことがわかる。また、C2・3で放流されたものは、再捕数の50%以上が概ね6日前後で放流した区画内で再捕されている。C4から放流されたものの再捕日数は比較的長く、約10日間であった。全体として、再捕のほとんどは15日以内であった。

河川だけの再捕の計算結果(Table 3-7)からは、どの区画から放流したのも平均10-12日で河川で再捕されていることが読取れる。岩手県沿岸の河川の大半は非常に短いため、ほとんどの河川では、遡上したシロザケ親魚は遡上した直後に川留で捕獲される。川留で捕獲されたシロザケ親魚はほとんどのものが完全に成熟しており、漁獲後、直ちに採卵・受精が可能である。したがって、標識放流してから河川に遡上するまでの日数は、ほぼ、標識魚の産卵(成熟)までに要する日数であると考えることができる。しかし、標識装着時に、未熟で、河川遡上まで時間がある標識魚、言い換えれば、沿岸に滞泳する日数が多い標識魚ほど河川に遡上する前に(沿岸で)漁獲されてしまうことが多いはずであるから、見かけ上は、平均で10-12日で河川に遡上しているが、実際の河川遡上までの平均日数はこれより大きい可能性が高い。このことについては、後節(第5章)で詳しく検討したい。

沿岸だけの再捕の計算結果(Table 3-8)は、沿岸漁業の漁獲強度を反映している。C1から放流したものは平均再捕日数8.6日で、沿岸の3区画中最も長く、C2, C3から放流したものは、それぞれ、平均5.2日, 6.0日で、比較的、短期間で再捕されている。これは、C1から標識放流したものにかかった漁獲圧がC2, C3で放流したものにかかった漁獲圧より明らかに小さかったことを示している。これは、各区画における標識魚の回遊経路および漁具(定置網・延縄)の配置と数量の違いによるものであると思われるが、詳しい因果関係の解明は今後の課題である。

各区画放流群の移動の特性から推定される回遊経路(Fig. 3-4) C1から放流したものの一部は大きく北上して、A・Bで再捕されている。このことは、本州北部の日本海沿岸、津軽海峡の本州側、および青森県の太平洋側(A・B)へ回帰するシロザケ親魚の一部が岩手県北部(C1)を通過していることを示している。日本海側や津軽海峡へ回帰するシロザケ親魚が岩手県北部まで回遊してくる理由として津軽暖流の影響が考えられる。

津軽暖流はこの時期に強勢で、津軽海峡から流出した後、津軽海峡東方から青森県および岩手県北部の太平洋側沖合にかけての沖合域で大規模な強い右回転の渦流(GYRE)を形成することが知られている(Kawasaki *et al.*, 1984)。この渦流の東側で10・11月に標識放流されたシロザケ親魚の再捕の43%は、岩手県沿岸から報告されている(涌坪ら, 1983)。これは、シロザケ親魚の一部が渦流の東側の海域を経由して岩手県沿岸に来遊していることを示すものである。したがって、日本海および津軽海峡方面へ回遊するものも含めてシロザケ親魚の一部は渦流に運ばれて、C1に来遊しているのかもしれない。

C1から放流したシロザケ親魚の再捕の60%以上はC2・3から報告されている。これは、岩手県中南部(C2・3)に回帰するシロザケ親魚のかなりの部分が岩手県北部沿岸(C1)を通過して、岩手県中南部(C2・3)に南下していることを示している。また、沖合域のC4から放流された標識魚の大半はC2・3で再捕されている。これは、沖合域(C4)を経由して岩手県中南部(C2・3)に来遊してくる魚群もあることを示している。

沿岸側に来遊するものと沖合から来遊するもののどちらが量的に多いかということについてはこの

Table 3-6 Frequency distribution of the number of days in 5 days intervals between release and recapture in rivers and coastal waters and average number of days. Asterisk indicates sub-region of release

A total of 766 were released from sub-region C1 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1*	C2	C3	C4	D	E	Total
0-5	0	3	26	28	11	0	0	0	68
6-10	0	1	27	36	27	0	3	0	94
11-15	2	0	10	24	9	0	0	0	45
16-20	3	1	0	10	4	0	0	0	18
21-25	0	0	0	3	0	0	0	0	3
26-30	0	0	0	0	1	0	0	0	1
31-	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Average Days	15.2	7.8	6.2	9.8	9.1	-	8.0	-	8.7

A total of 644 were released from sub-region C2 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2*	C3	C4	D	E	Total
0-5	0	0	4	65	56	0	0	0	125
6-10	0	0	3	24	19	0	0	0	46
11-15	0	0	1	9	13	0	0	0	23
16-20	0	0	0	3	1	0	1	0	5
21-25	0	0	0	3	1	0	0	0	4
26-30	0	0	0	1	0	0	0	0	1
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	6.4	5.8	5.4	-	16.0	-	5.7

A total of 1896 were released from sub-region C3 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2	C3*	C4	D	E	Total
0-5	0	0	7	64	326	0	5	0	402
6-10	0	0	8	45	135	0	5	2	195
11-15	0	0	5	26	57	0	1	0	89
16-20	0	0	0	6	19	0	2	1	28
21-25	0	0	1	1	6	0	0	0	8
26-30	0	0	0	1	2	0	0	0	3
31-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Average Days	-	-	8.5	7.8	5.8	-	8.2	16.8	6.4

A total of 130 were released from sub-region C4 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2	C3	C4*	D	E	Total
0-5	0	0	0	2	2	0	0	0	4
6-10	0	0	2	5	9	0	0	0	16
11-15	0	0	1	4	6	0	0	0	11
16-20	0	0	0	2	0	0	0	0	2
21-25	0	0	0	2	0	0	0	0	2
26-30	0	0	1	0	0	0	0	0	1
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	13.3	12.0	8.2	-	-	-	10.4

Table 3-7 Frequency distribution of the number of days in 5 days intervals between release and recapture in rivers and average number of days. Asterisk indicates sub-region of release

A total of 766 were released from sub-region C1 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1*	C2	C3	C4	D	E	Total
0-5	0	0	1	1	0	0	0	0	2
6-10	0	0	1	5	1	0	0	0	7
11-15	0	0	0	4	1	0	0	0	5
16-20	0	0	0	1	0	0	0	0	1
21-25	0	0	0	1	0	0	0	0	1
26-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	5.0	11.8	9.0	-	-	-	10.6

A total of 644 were released from sub-region C2 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2*	C3	C4	D	E	Total
0-5	0	0	0	2	0	0	0	0	2
6-10	0	0	1	7	0	0	0	0	8
11-15	0	0	0	6	0	0	0	0	6
16-20	0	0	0	2	0	0	1	0	3
21-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	9.0	9.9	-	-	16.0	-	10.2

A total of 1896 were released from sub-region C3 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2	C3*	C4	D	E	Total
0-5	0	0	0	2	4	0	0	0	6
6-10	0	0	0	4	7	0	2	2	15
11-15	0	0	0	4	9	0	0	0	13
16-20	0	0	0	1	7	0	1	1	10
21-25	0	0	1	0	1	0	0	0	2
26-30	0	0	0	0	1	0	0	0	1
31-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Average Days	-	-	22.0	9.8	12.1	-	11.7	16.8	12.2

A total of 130 were released from sub-region C4 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2	C3	C4*	D	E	Total
0-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-10	0	0	1	0	1	0	0	0	2
11-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-20	0	0	0	1	0	0	0	0	1
21-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	8.0	16.0	6.0	-	-	-	10.0

Table 3-8 Frequency distribution of the number of days in 5 day intervals between release and recapture in coastal waters and average number of days. Asterisk indicates sub-region of release

A total of 766 were released from sub-region C1 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1*	C2	C3	C4	D	E	Total
0-5	0	3	25	27	11	0	0	0	66
6-10	0	1	26	31	26	0	3	0	87
11-15	2	0	10	20	8	0	0	0	40
16-20	3	1	0	9	4	0	0	0	17
21-25	0	0	0	2	0	0	0	0	2
26-30	0	0	0	0	1	0	0	0	1
31-	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Average Days	15.2	7.8	6.3	9.6	9.2	-	8.0	-	8.6

A total of 644 were released from sub-region C2 Region or Sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2*	C3	C4	D	E	Total
0-5	0	0	4	63	56	0	0	0	123
6-10	0	0	2	17	19	0	0	0	38
11-15	0	0	1	3	13	0	0	0	17
16-20	0	0	0	1	1	0	0	0	2
21-25	0	0	0	3	1	0	0	0	4
26-30	0	0	0	1	0	0	0	0	1
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	6.0	5.0	5.4	-	-	-	5.2

A total of 1896 were released from sub-region C3 Region or sub-region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2	C3*	C4	D	E	Total
0-5	0	0	7	62	322	0	5	0	396
6-10	0	0	8	41	128	0	3	0	180
11-15	0	0	5	22	48	0	1	0	76
16-20	0	0	0	5	12	0	1	0	18
21-25	0	0	0	1	5	0	0	0	6
26-30	0	0	0	1	1	0	0	0	2
31-	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Average Days	-	-	7.8	7.7	5.4	-	7.2	-	6.0

A total of 130 were released from sub-region C4 Region or Sub-Region of Recapture									
Lapse of Day	A	B	C1	C2	C3	C4*	D	E	Total
0-5	0	0	0	2	2	0	0	0	4
6-10	0	0	1	5	8	0	0	0	14
11-15	0	0	1	4	6	0	0	0	11
16-20	0	0	0	1	0	0	0	0	1
21-25	0	0	0	2	0	0	0	0	2
26-30	0	0	1	0	0	0	0	0	1
31-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average Days	-	-	15.0	11.7	8.4	-	-	-	10.4

標識放流試験からははっきりしない。沖合の表層で漁獲され標識放流された標識魚は、おそらく、第2章で述べた沖合の海底に分布する魚群と深い関連性を持っているものと思われるが、その因果関係は判然としない。沖合の海底を回遊する魚群が南下する魚群の大きな部分を占める可能性も否定できない。したがって、この問題を解決するためには、沖合の海底を回遊する魚群の量的な分布状態とその回遊経路を正確に把握することが必要である。

一方、C2から放流したものの50%以上、C3から放流したものの75%以上が、それぞれ放流された区画で再捕されている。これは、標識魚の多くが放流区画内の河川に遡上することを示している。また、C1、2、3で標識放流したものの内、一部は北上して再捕されているので、シロザケ親魚の一部は母川より南方に回遊すると考えられる。しかし、C2・3で放流されたもので、A・B区画まで北上したものは無く、C3で放流されてC1まで北上したものの割合も非常に少ない（合計で3%以下、Table 3-3）。C1お

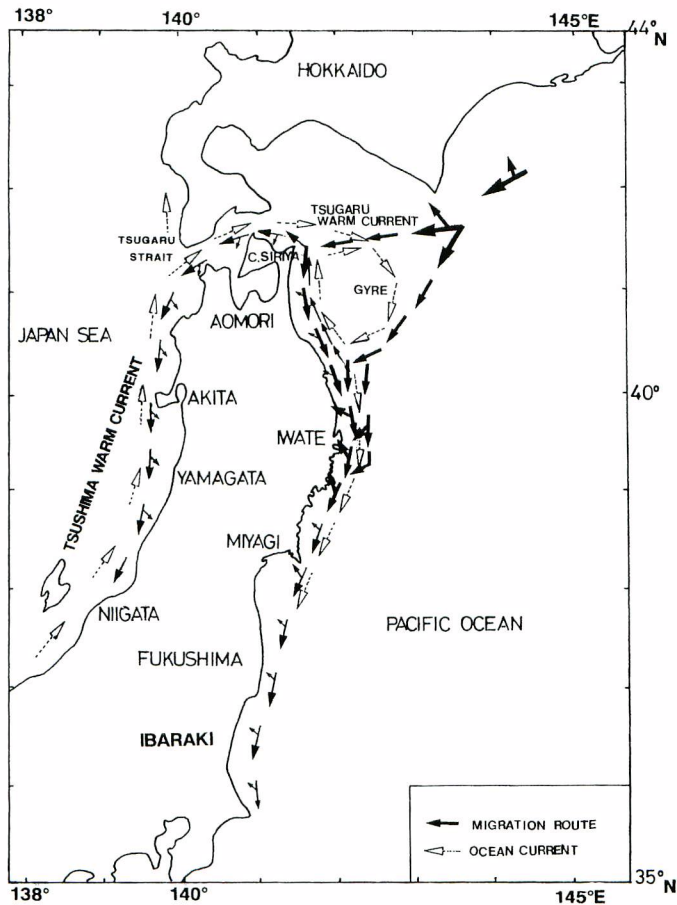


Fig. 3-4. Schematic migration routes for mature chum salmon based on the results of tagging experiments in the waters off Iwate Prefecture. Bold lines indicate major migration routes.

よび C2区画の南北方向の長さは、それぞれ、70、46kmである。したがって、シロザケ親魚の一部は、母川以南へ回遊するが、多くの場合、その南下距離はこの距離(46-70km)を越えないものと思われる。

C1, 2, 3から放流したものの内、一部の個体はD・Eに南下している。このことは、本州太平洋側の岩手県より南の地方に回帰するシロザケ親魚の一部が岩手県の沿岸(距岸19km内)を回遊していることを示している。しかし、このことから、南下する魚群の全てが岩手県の沿岸を回遊していると結論づけることはできない。前述したように沖合域の海底を回遊する魚群が岩手県以南の海域からも報告されており、南下する魚群が沖合海底を利用している可能性があることを指摘できる(千葉県 1988)。したがって、岩手県以南に回遊するシロザケ親魚の回遊経路を明らかにするためにも、沖合の海底部のシロザケ親魚の分布を把握し、この魚群と南方へ回遊する魚群との関係を明らかにする必要がある。

標識魚の移動を基礎に、岩手県沿岸を中心としたシロザケ親魚の回遊模式図を示した (Fig. 3-4)。

3. 3 回帰河川付近での行動

標識放流結果から、岩手県沿岸に分布するシロザケ親魚は、短期間内(10-20日以内)に母川に遡上して産卵すると考えられている。シロザケ親魚が沖合域から母川のある沿岸域に回帰する時にどのような感覚を用いて位置や回遊方向を決定しているのかは現在のところ明らかでない。しかし、母川の付近では、シロザケ親魚は嗅覚により母川を探索すると考えられている(Hiyama *et al.*, 1967; Hasler *et al.*, 1983)。そこで、母川付近での遊泳行動の特性を標識放流結果から把握しようと試みた。

調査方法 標識放流後の経過日ごとの移動(再捕)状況を調べるため、各月の各区画別に経過日ごとの全部の再捕記録の放流位置から再捕位置までの移動距離を算出した(以後、この距離を「移動距離」と称する)。移動距離の算出にあたっては、岩手県の海岸線が南北に長く、東西方向の奥行きが短いことから、東西方向の移動は無視して、放流位置と再捕位置の緯度記録から南北移動だけを算出して移動距離とした。この時、北向きの移動を正、南向きの移動を負とした。ただし、日本海側から報告された再捕記録については、東西方向の移動がかなり大きいので、計算から除外した。

時間の経過にともなう平均的な移動状況を把握するため、経過日ごとの移動距離の平均値と標準偏差を計算した。経過日ごとの移動距離の平均と標準偏差を計算するにあたっては、経過日1日当りの再捕数が少ない場合が多いので、求めようとする経過日の前日、当日および翌日をひとまとめにして計算し、その日の再捕の平均移動距離および標準偏差を求めた(Table 3-9)。放流区画ごとに月別に、横軸方向に経過日数、縦軸方向に移動距離をとって放流後12日目までの経過日ごとの平均移動距離、標準偏差の範囲を作図し、その時間的な変化を検討した(Fig. 3-5,6,7,8,9,10,11)。13日目以後については、再捕数が著しく少なくなったので、平均移動距離、標準偏差の検討は行なわなかった。

C1から放流したシロザケ親魚の経時的な移動の特徴 11月にC1から放流したものは、経過日ごとの再捕の平均移動距離から判断すると、放流後、1日目から8日目にかけて次第に南下し、その後は12日目まで大きな移動を示さなかった(Fig. 3-5)。最も南下した8日目には、放流位置から約89km南下しており、この日までの平均南下速度は、1日当たり約11kmであった(Table 3-9)。12月にC1から放流したものは、放流後、1日目から10日目にかけて徐々に南下し、その後、わずかに北上した。最も南下した10日目の平均移動距離は、放流位置から80.4km南であった(Fig. 3-6)。この日までの平均南下速度は、1日当たり約8 kmであった。11月と12月の経時的な移動の傾向は同様であった。

これらの計算結果から、C1から放流されたシロザケ親魚の平均南下速度は8-11km程度と推定され

Table 3-9. The movements against day-out (days between release and recovery). Computation of the average and standard deviation of the signed distances (northward +, southward-) for day i was made from all recoveries with days between release and recapture of $i-1$, i , and $i+1$,

Released in sub-region C1	October		November (N=79)		December (N=145)	
	Mean (Km)	S.D. (Km)	Mean (Km)	S.D. (Km)	Mean (Km)	S.D. (Km)
Day-out						
1	-	-	-28.3	24.0	-31.0	33.8
2	-	-	-25.6	33.7	-42.7	37.1
3	-	-	-50.3	47.2	-37.3	42.9
4	-	-	-54.4	58.8	-40.0	43.0
5	-	-	-59.3	49.4	-43.7	42.6
6	-	-	-60.0	51.2	-49.3	44.3
7	-	-	-65.0	39.7	-50.0	42.7
8	-	-	-88.9	35.7	-57.3	48.2
9	-	-	-80.1	30.2	-68.3	42.7
10	-	-	-76.3	26.6	-80.4	39.2
11	-	-	-69.6	22.1	-74.8	36.4
12	-	-	-72.6	23.9	-63.1	31.8
Released in sub-region C2	October (N=29)		November (N=150)		December (N=25)	
Day-out	Mean (Km)	S.D. (Km)	Meam (Km)	S.D. (Km)	Meam (Km)	S.D. (Km)
1	-7.5	15.6	-15.9	18.4	-5.2	6.2
2	-6.9	16.3	-22.1	21.4	-15.4	12.9
3	-9.8	17.6	-24.1	22.6	-6.9	20.0
4	-5.4	16.0	-24.9	23.5	-7.1	22.0
5	-8.2	21.5	-18.9	23.6	-1.8	22.0
6	-8.9	22.9	-20.4	25.0	-11.1	16.9
7	-10.0	28.2	-18.9	26.8	-5.5	36.7
8	-	-	-19.5	26.4	+7.8	44.9
9	-	-	-11.6	27.9	19.1	59.5
10	-2.8	1.6	-26.3	26.6	-	-
11	-2.8	1.6	-24.2	26.4	11.7	61.0
12	-2.8	1.6	-26.2	23.9	11.7	61.0
Released in sub-region C3	October		November (N=611)		December (N=111)	
Day-out	Mean (Km)	S.D. (Km)	Mean (Km)	S.D. (Km)	Mean (Km)	S.D. (Km)
1	-	-	-1.2	11.7	+16.4	25.2
2	-	-	-0.7	13.0	+10.0	27.4
3	-	-	+1.7	15.8	+11.3	32.2
4	-	-	+3.8	18.5	+14.1	34.0
5	-	-	+6.0	22.0	+17.4	36.7
6	-	-	+6.6	21.7	+7.9	68.4
7	-	-	+6.6	21.6	-1.4	74.6
8	-	-	+14.5	26.4	-7.0	73.7
9	-	-	+12.9	38.7	+9.4	31.4
10	-	-	+16.1	43.8	+11.4	32.5
11	-	-	+12.0	40.9	+16.6	21.5
12	-	-	+19.6	34.0	+14.1	13.8

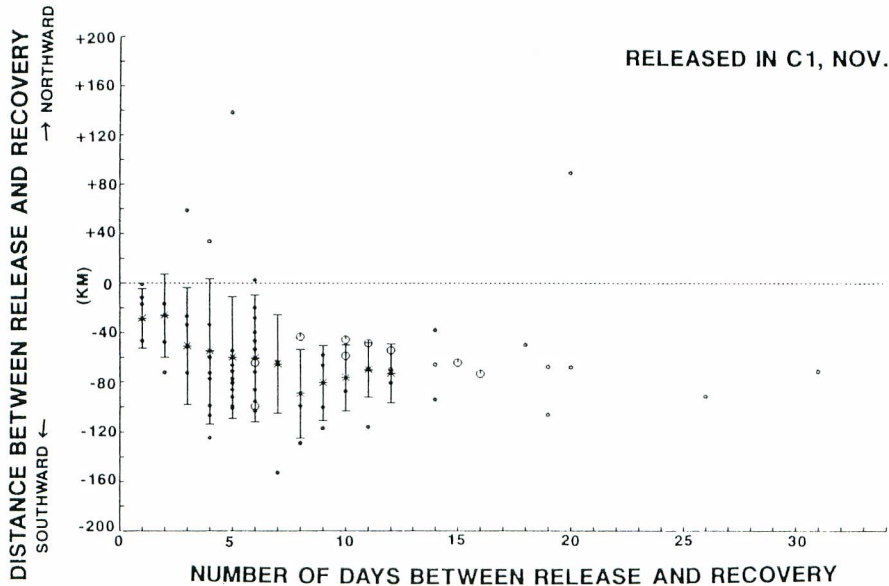


Fig. 3-5. Graph plotting the vector (direction and distance migrated) of movement against the day-out (days between release and recovery) from all chum salmon tagged in sub-region C1 during November. For day i , we compute the average and standard deviation of the signed distances (northward = +, southward = -) from all recoveries with days between release and recapture of $i-1$, i , and $i+1$. The average is shown by asterisk (*), and the width of bar is ± 1.0 S.D. of the average. The vertical and horizontal coordinates of each open circle (o) represent the distance vector and day-out, respectively, for each recovery. Each small circle indicates coastal recovery and each large circle indicates river recovery.

る。これらのシロザケ親魚は、単一の母川に回帰するものではないことは明らかであるので、一括して取扱うのは危険であるが、岩手県中南部 (C2・3) に回帰するものが多いことから、南下速度の大雑把な推定値としては信頼できるものと思われた。経過日数ごとの平均移動距離に対する標準偏差は24-58 kmの範囲内にあり、経時的に増大したり、減少したりする傾向は見られなかった。

C2から放流したシロザケ親魚の経時的な移動の特徴 10月にC2から放流したものの経過日数ごとの平均移動距離は、10km以下と非常に小さく、これにともなう標準偏差(1.6-28.2km)も小さかった(Fig. 3-7, Table 3-9)。11月にC2から放流したものの平均移動距離も比較的小さく、経時的に南下あるいは北上するという傾向は見られず、1日目から12日目までの範囲では、放流位置からわずかに南下した位置(11.6-26.3km)を保ったまま経過した(Fig. 3-8, Table 3-9)。また、これにともなう標準偏差(18.4-27.6km)も比較的小さかった。

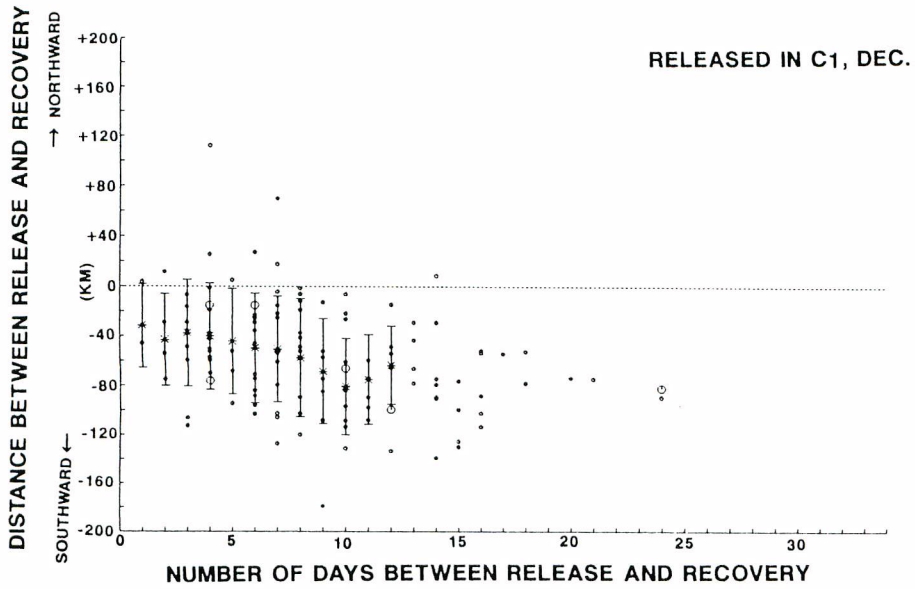


Fig. 3-6. Graph is similar to Fig. 3-5 about released from C1 in December.

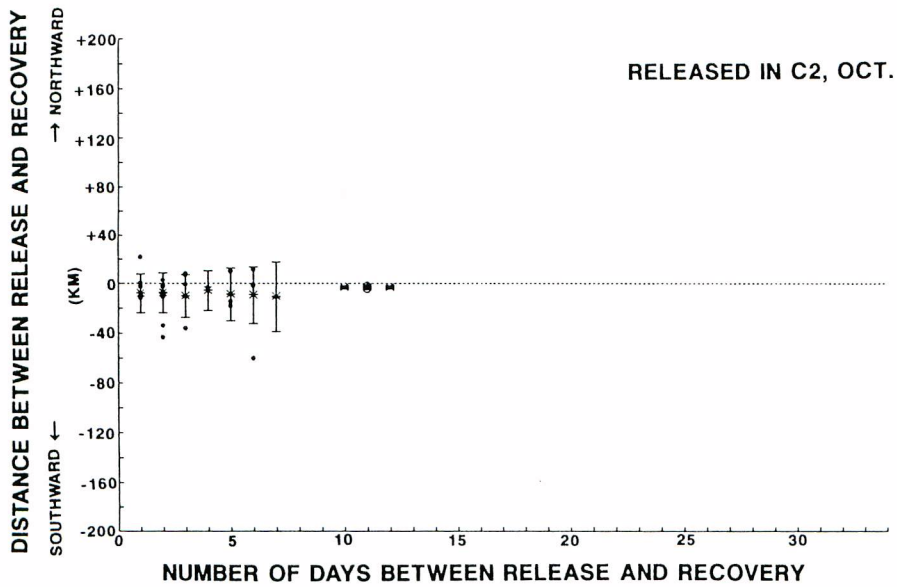


Fig. 3-7. Graph is similar to Fig. 3-5 about released from C2 in October.

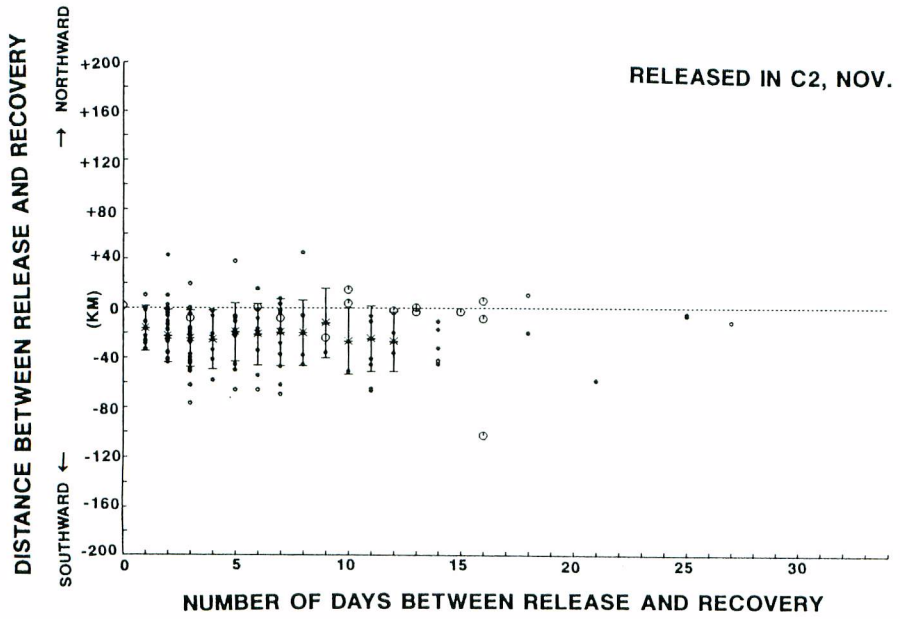


Fig. 3-8. Graph is similar to Fig. 3-5 about released from C2 in November.

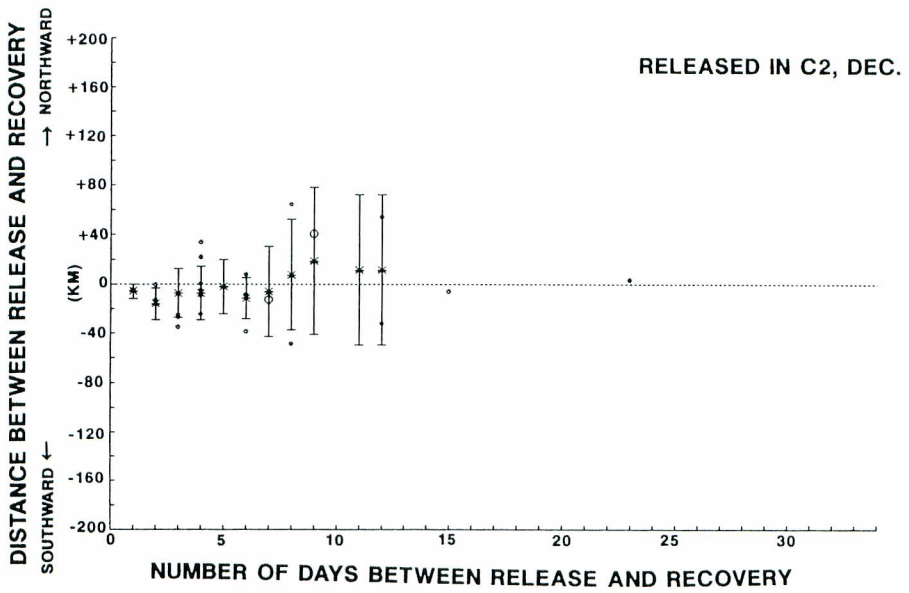


Fig. 3-9. Graph is similar to Fig. 3-5 about released from C2 in December.

12月にC2から放流したものの平均移動距離は、11月よりもさらに小さく、平均再捕位置は、1日目から12日目までの範囲では放流位置から19.1km以内であった (Fig. 3-9, Table 3-9)。これにともなう標準偏差は、6日目までは、22.0km以下であったが、7日目以後、大きくなった。7日目以後の計算結果については、計算に用いることのできた再捕例の数が非常に少なかったため、信頼性は低いと思われる。

平均移動距離が小さかったことは、放流したシロザケ親魚が放流位置に近い河川に遡上することを示している。また、標準偏差は放流されたシロザケ親魚群の行動範囲を反映しているものと思われる。

C3から放流したシロザケ親魚の経時的な移動の特徴 11月にC3から放流したものの経過日数ごとの平均移動距離は、1日目から12日目までの範囲では、放流位置から非常に近いところに留っていた (Fig. 3-10, Table 3-9)。3日目以後はわずかに北上する傾向を示していたが、12日目でもその北上距離は19.6kmで、非常に小さかった。標準偏差は、9-11日目にやや大きくなった (38.7-43.8km) 以外は、比較的小さい値 (11.7-34.0km) であった。

12月にC3から放流したものの経過日数ごとの平均移動距離は、11月と同様に、1日目から12日目までの範囲では非常に小さかった (1.4-17.4km, Fig. 3-11, Table 3-9)。平均再捕位置は7・8日目にわずかに放流位置から南に位置していた以外は、わずかな距離ではあるが (7.9-17.4km)、放流位置から北にあった。標準偏差は、5日目から8日目にかけてやや大きな値 (36.7-74.6km) をとっている以外は比較的小さかった (13.8-34.0km)。

C3から放流したものの経時的な移動状況は、C2と同様に、平均移動距離・標準偏差が小さいことが特徴であり、標識魚の母川が近く、その行動範囲も大きくないことを示している。

標識放流結果から推定した母川付近での行動 本研究では、C2・3で放流されたシロザケ親魚の経過日数ごとの平均再捕位置を計算し、放流後、日数が経過しても大きく南下したり北上したりせず、常に放流位置の近くに留っていること、および、平均移動距離のばらつき (標準偏差) が概ね30km以下で常に小さいことが明らかにされた。これは、放流されたシロザケ親魚の母川が放流点に比較的近く、さらに、南北方向の行動範囲がせまいことを示している。

岩手県中南部沿岸でのシロザケ親魚の行動は過去にバイオテレメトリーの手法を用いて調査されており、その行動には直線的な動きは少なく、複雑な蛇行や旋回が多いこと、その移動経路は、沿岸に沿った狭い範囲内にあることが報告されている (石田ら, 1988)。しかし、実際の行動範囲の大きさについてははっきりしていなかった。

本研究で得られた平均再捕位置の標準偏差は、シロザケ親魚が母川探索を行う際の南北方向の行動 (探索) 範囲の大きさを反映しているものと考えられる。しかし、標識放流に用いられた供試魚は、単一の河川に回帰するものから成立しているのではなく、主として岩手県中南部の色々な河川に回帰するものが混合していると考えられる。したがって、本研究で得られた標準偏差は、かなり広い範囲に散らばっている河川に回帰しようとしている標識魚の再捕記録をひとまとめにして算出しているので、実際のシロザケ親魚の行動範囲より過大に推定されている可能性がある。また、第2章で検討した延縄でのシロザケ親魚の漁獲範囲は、距岸5-15km内であり、これは東西方向 (沖合方向) のシロザケ親魚の行動範囲を示しているものと思われる。

以上から、岩手県中南部沿岸の河川に回帰するシロザケ親魚は、岩手県北部あるいは沖合から中南部沿岸に来遊した後、母川を中心とした南北に30km以下、沖合 (東西) 5-15kmの範囲内で母川探索を

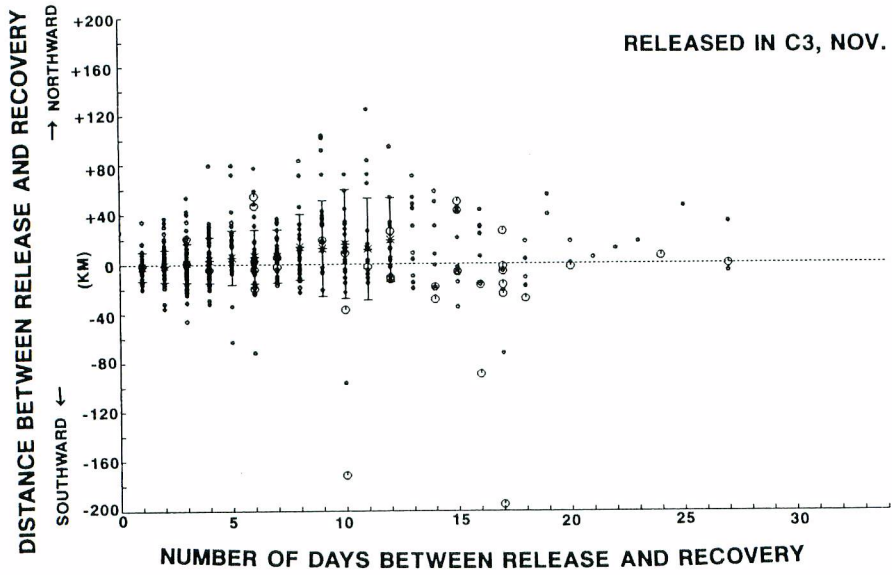


Fig. 3-10. Graph is similar to Fig. 3-5 about released from C3 in November.

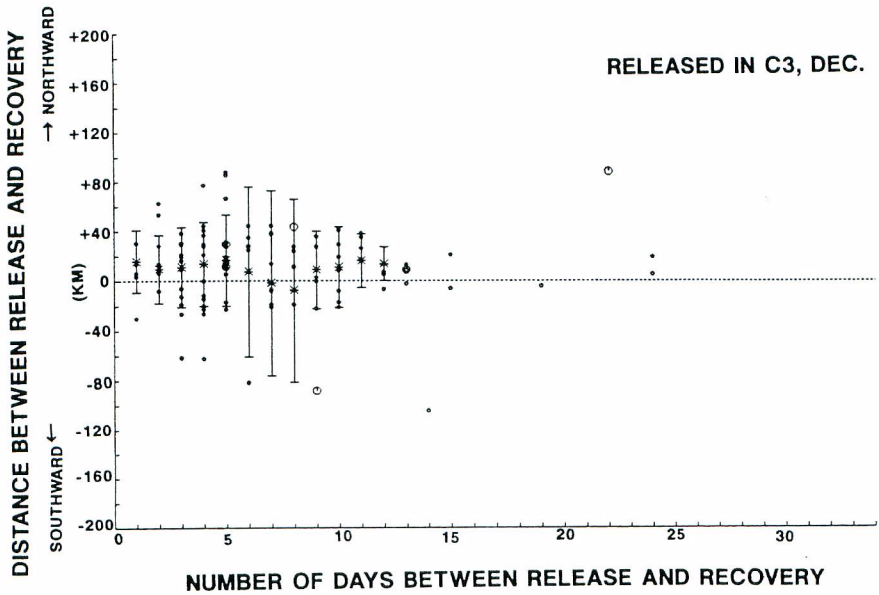


Fig. 3-11. Graph is similar to Fig. 3-5 about released from C3 in December.

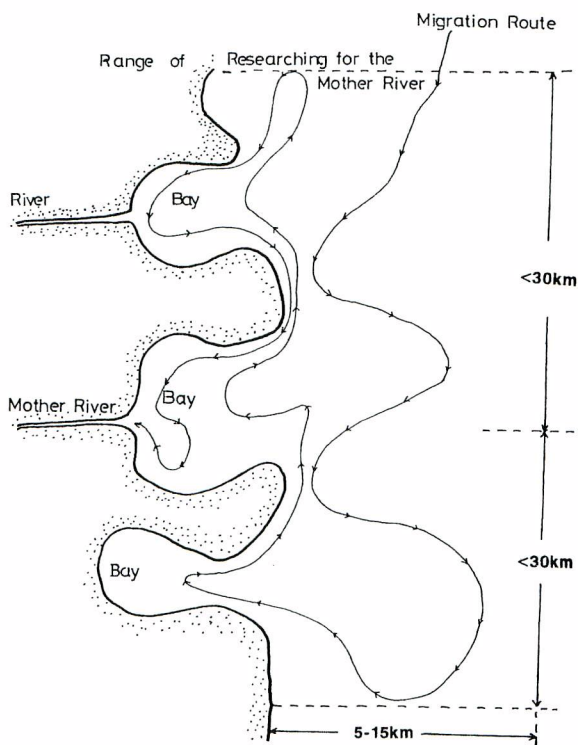


Fig. 3-12. Schematic behavior for maturing chum salmon based on the results of tagging experiments in coastal waters of Iwate Prefecture.

行っているものが多いと考えられた (Fig. 3-12)。岩手県のシロザケ遡上河川は小規模なものが多く、河川水量も大きくないので、嗅覚により母川探索を行う上で、良い条件下にあるとは言い難い。したがって、シロザケ親魚は、母川探索のために、かなり長期間にわたって、複雑な探索行動を余儀なくされているのかもしれない。

3.4 標識魚の平均移動速度

前節(3.3)で述べたように、岩手県北部から中南部沿岸に南下する時の南下速度は1日当たり平均8-9kmであった。しかし、中南部沿岸で標識放流された標識魚の大部分は、放流後、日時が経過しても大きく移動せずに再捕されており、再捕記録から移動速度を求めることは難しい。

参考までに、放流後、150km以上移動したことが確実な12例の再捕記録について、その移動速度を算出した (Table 3-10)。これによれば、北方向の回遊速度は1日当たり平均19.2km (13.5km-30.9km)、南方向の回遊速度は1日当たり平均22.4km (12.2km-47.4km)であった。これらの推定値は、過去のアジア系のシロザケ親魚の標識放流記録からの移動速度の推定値 (1日当たり38km, Neave *et al.*, 1976)と比較してやや小さい。また、岩手県中南部沿岸で行われた過去のバイオテレメトリー調査から推定された平均水平移動速度 (28.5m/分, 41.0km/日, 石田ら, 1988)と比較しても小さかった。これは、

Table 3-10. Total and daily distance of migration for 12 chum salmon which moved more than 150 km from the release sites.

Release		Recovery		Migration		
Date	Location Lat. Long.	Date	Location Lat. Long.	Period (day)	Distance (km)	Daily movement (km/day)
Northward migration						
1983 Nov.	18 40°10'N, 141°55'E	1983 Dec. 5	41°25'N, 140°52'E	17	230	13.5
1985 Nov.	21 40°07'N, 141°55'E	1985 Dec. 3	41°26'N, 140°52'E	12	228	19.1
1986 Nov.	20 40°14'N, 141°55'E	1986 Dec. 3	41°26'N, 140°52'E	13	196	15.1
1986 Dec.	2 40°19'N, 141°56'E	1986 Dec. 20	40°46'N, 140°03'E	18	317	17.6
1986 Dec.	2 40°19'N, 141°57'E	1986 Dec. 18	40°44'N, 139°38'E	16	494	30.9
Average				-	-	19.2
Southward migration						
1982 Dec.	21 40°17'N, 141°58'E	1982 Dec. 30	38°40'N, 141°28'E	9	200	22.0
1983 Nov.	17 40°17'N, 141°53'E	1983 Nov. 24	38°48'N, 141°35'E	7	176	25.9
1985 Dec.	10 39°15'N, 142°01'E	1985 Dec. 17	36°29'N, 140°36'E	7	332	47.4
1986 Nov.	17 39°21'N, 142°02'E	1986 Nov. 27	37°49'N, 140°59'E	10	196	19.6
1986 Nov.	26 39°14'N, 142°02'E	1986 Dec. 6	38°22'N, 141°11'E	10	163	16.3
1986 Oct.	17 39°24'N, 142°04'E	1986 Nov. 19	35°18'N, 140°25'E	33	452	13.7
1986 Nov.	25 39°14'N, 142°02'E	1986 Dec. 12	37°29'N, 141°03'E	17	209	12.2
Average				-	-	22.4

母川に近づくとつれて、母川探索のための旋回・蛇行行動が多くなり、見かけの移動距離が小さくなることを反映しているものと思われた。

第4章 年齢，体長，および成熟に伴う魚体の変化

4.1 年齢および尾叉長の経年変化

調査船岩手丸と北上丸で延縄および流し網で漁獲したシロザケ親魚の尾叉長，体重，生殖腺重量，年齢査定の結果を年別，雌雄別に平均値で示した (Table 4-1)。これらの計算に用いた魚体は，岩手県沿岸域で前節で述べた調査船調査により漁獲されたものであり，回帰の盛期 (10-12月) に広い分布域にわたって漁獲された多数の標本についての測定結果によるものであるから，回帰してきたシロザケ親魚母集団の魚体の特徴を反映しているものと考えられる。そこで，これらの標本の尾叉長，体重，年齢について解析を行い，これらの値の経年的な変動傾向を把握し，かつ，その変動の背後にあるシロザケ資源の変化について考察した。

平均尾叉長および体重の経年変動 尾叉長の調査期間を通しての平均は雌で68.6cm，雄で68.3cmでほとんど差が無かった。年別に検討すると，雌では，調査を開始した1981年には71.0cmであったが，調査の最終年である1986年には66.7cmとなり，4.3cmほど小さくなっている。雄でも，1981年に68.3cm，1986年には，66.3cmで，2.0cmほど小さくなっている。また，雌雄とも，1985年は調査年中で，最大の尾叉長となっており，翌1986年は，最小の尾叉長となっている。

Table 4-1. Mean fork length, body weight, gonad weight and age of chum salmon caught by longline and drift nets in coastal waters of Iwate Prefecture, 1982-1986

Year	Sex	Sample size	Fork length (cm)		Body weight (g)		Gonad weight (g)		Age (year)	
			Average	S.D.	Average	S.D.	Average	S.D.	Average	S.D.
1982	female	210	71.0	5.4	4041.1	919.7	700.1	168.1	3.90	0.60
1983	female	314	68.6	6.2	3877.6	962.3	677.9	192.1	3.84	0.62
1984	female	260	68.3	4.7	3835.2	634.0	685.4	161.3	4.01	0.41
1985	female	582	70.8	4.3	4202.5	804.3	772.5	162.3	4.51	0.61
1986	female	891	66.7	4.4	3256.2	696.5	537.1	164.0	4.07	0.42
Total	female	2257	68.6	5.1	3683.2	859.0	636.2	194.6	4.13	0.57
1982	male	230	68.3	7.4	3671.8	1336.0	165.1	57.7	3.67	0.67
1983	male	459	68.5	6.9	3512.7	1151.8	190.8	84.8	3.69	0.60
1984	male	490	68.6	5.5	3562.4	959.2	156.3	52.2	4.01	0.41
1985	male	676	70.8	5.5	3887.7	975.2	196.8	72.6	4.36	0.67
1986	male	969	66.3	5.3	3156.1	809.2	145.2	56.1	3.97	0.45
Total	male	2824	68.3	6.1	3494.3	1015.4	166.5	67.8	4.00	0.60

当然体重についても尾叉長とほぼ同様な変動傾向がみとめられた。調査期間を通しての平均体重は、雌で3,683g、雄で3,494gであった。年別にみると、雌では、1981年には4,041gあったものが、1986年には3,256gとなり、785gほど小さくなっている。雄では、1981年には、3,672gあったが、1986年には3,156gとなり、516gほど小さくなっている。また、1985年は雌雄とも調査年中で最大の体重を記録し、翌1986年には最小の体重を記録した。

尾叉長・体重の経年的な変動傾向を把握するためには、年ごとの年齢組成を勘案する必要がある。尾叉長に減少傾向がみられなくても、成熟年齢が高くなっていけば、その尾叉長に達するまでに要した時間が長かったということであり、尾叉長の小型化があったということになる。

平均年齢の経年変動 調査期間を通しての年齢の平均は雌で4.13年、雄で4.00年であり、雄の方が若干若い傾向にあった。経年的には、雌雄とも、1981年が最も小さく、1985年に最も大きかったが、1985年を除くと、しだいに高齢化が進んでいく傾向にあった。雌では、1981年から1986年までに0.13年、雄では同じ期間の間に0.30年年齢が高くなった。

年齢組成の経年変化 本調査で得られたシロザケ親魚年齢組成について、さらに詳しく調べるために、1982-1986年の年別の雌雄別の年齢組成を示した(Fig. 4-1)。これによれば、2年魚から6年魚までがみられたが、大半は3-5年魚が占めており、2・6年魚はごくわずか(合せて1%以下)であった。雌雄を比較すると、雄では常に雌より若い年齢の比率が若干高い傾向にあった。

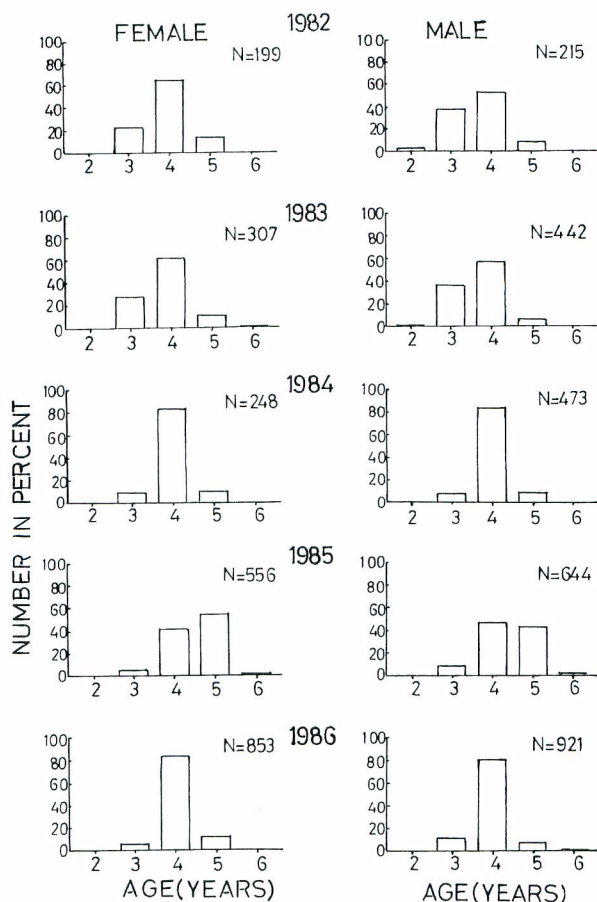


Fig. 4-1. Age compositions of chum salmon caught by longline and drift nets in coastal waters of Iwate Prefecture.

また、経年的に年齢組成を比較すると、概ね4年魚の比率が最も高いが、1982・1983年は比較的3年魚の割合が高い(20%以上)のに対し、1984年は4年魚の比率が著しく高く、3・5年魚の比率は著しく低くなった。これに対して、1985年は、5年魚の比率が高く、40%を超え、他の4ヵ年と大きく異なっていた。1986年は、再び、1984年と同様に4年魚が卓越した組成となった。1985年に5年魚の比率が高くなったのは、1980年生れ(1980年級群)の回帰率が高かったことによると考えられた。岩手県漁業振興課(1991)によれば、1980年級群の回帰は、各年合計で約2,234万尾、回帰率7.42%に達し、その前後にあたる1979年級および1981年級と比較すると、回帰尾数、回帰率とも2倍以上に達した。このため、1983年の3年魚、1984年の4年魚、1985年の5年魚の比率がそれぞれ高くなったと考えられる。

調査期間を通して考えると、調査開始の1982年には3・4年魚の比率が高かったのに対し、調査終了の1986年、あるいはその前年の1984年には4年魚あるいは4・5年魚の比率が高く、全体として若干ではあるが成熟年齢が高くなっている傾向があると結論できる。

年齢別の尾叉長の変化

各年の3・4・5年魚の平均尾叉長とその標準偏差を雌雄別に示した (Fig. 4-2)。これによれば、いずれの年齢の平均尾叉長も、この5年間に3.2-5.6cmほど小さくなっていることがわかる。したがって、この期間内にシロザケ親魚には、成熟年齢の高齢化と体長の小型化が同時に起こっていたと判断された。このような変化は、基本的には、シロザケの海洋生活期の成長率が低下してきているためであると考えられる。成長率が低下する原因としては、海洋環境の変化、資源の増大に伴う密度効果、シロザケ集団 (系群) の遺伝的な変化などが考えられる。

さけ科魚類では、生活水域の分布密度が高くなると、密度効果により成長率が低下することがあることが知られている (Le Cren, 1978 ; Ogura *et al.*, 1991)。また、1981-1986年にかけて、岩手県沿岸に回帰して漁獲されたシロザケ親魚尾数は約630万尾から1670万尾 (2.65倍) に、日本全域では2,986万尾から4,862万尾 (1.64倍) に急増している (岩手県漁業振興課, 1991)。これらは日本系シロザケ資源の急激な増大を示すものである。したがって、岩手県沿岸で漁獲されるシロザケ親魚の成長率の低下についても、密度効果が原因である可能性が強い。しかし、日本系シロザケの回遊経路やその回遊途上における生態的位置については分っていない点が多く、ここに示した5年間の調査結果だけでは結論を出す事は困難であり、成長率の低下の原因の解明は今後の課題であると思われる。

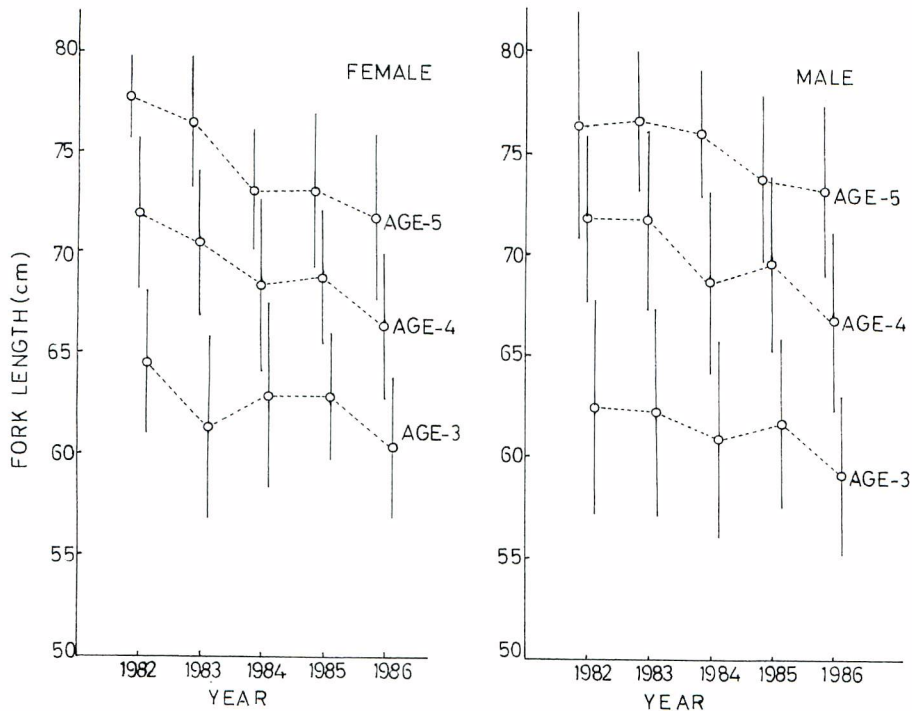


Fig. 4-2. Annual changes in average fork length and standard deviation of maturing chum salmon caught by longline and drift nets in coastal waters of Iwate Prefecture.

4. 2 海域および漁法による性成熟の差

北海道東部沖合から岩手県沿岸および河川に達するまでの各水域で各種の漁業で漁獲されるシロザケ親魚の生殖腺の発達の度合いを比較し、各漁業が各海域で漁獲対象にしている資源の性格をより明確にしようと考えた。

生殖腺の発達状態からみた延縄の選択性 一般に、さけます類は、成熟が進むと摂餌しなくなると言われている（例えば松原・落合，1965）。岩手県沿岸域で漁獲されたシロザケ親魚は、前述した標識放流の結果から成熟が進んだものであると推測され、本来であれば摂餌する性質が弱くなっていると考えられる。したがって、延縄で漁獲されるシロザケ親魚は、同じ海域で餌によらない方法（流し網）で漁獲されたシロザケ親魚と比較すると未熟である可能性がある。延縄では、距岸19km以内で漁獲があることが分っているので、1983・1984年に距岸19km以内で、流し網と延縄によって漁獲されたシロザケ親魚の成熟状態を比較した。

成熟状態の比較は卵径を基準にして行った。卵径測定にあたっては、北里大学水産学部井田教授の測定法にならって卵を網で分離し、生理食塩水で洗浄した後、その一定量を生理食塩水を入れたメスシリンダーに投入して、その個数と体積を測定した。卵は球とみなして、体積から卵径を推定した。

両者の尾叉長に対する卵径の関係を図示した(Fig. 4-3)。尾叉長と卵径の間には、相関関係が認められたので、共分散分析法により回帰直線の検定を行った(スネデカー・コ克蘭，1967)。その結果、傾き ($F=0.001$, $P>0.10$) には有為な差は見られなかった。しかし、修正平均値 ($F=3.83$, $P<0.10$) にはわずかに差があるとみることもできるので、延縄で漁獲されたものは流し網のものと比較すると未熟であるが、その差は非常に小さいと考えられた。

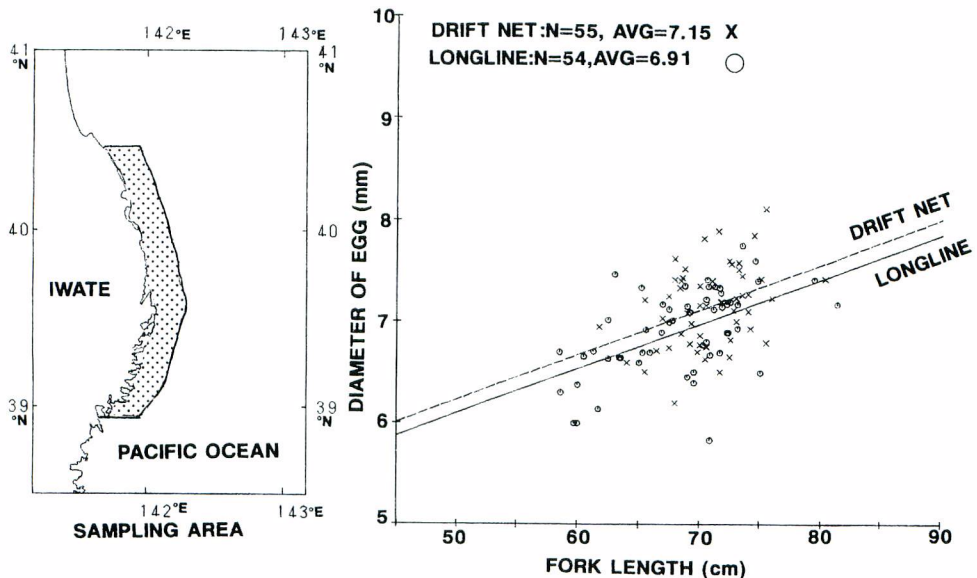


Fig. 4-3. Relation between diameter of egg and fork length. The solid line represents the regression for chum salmon caught by longline. The dotted line represents the regression for chum salmon caught by drift net.

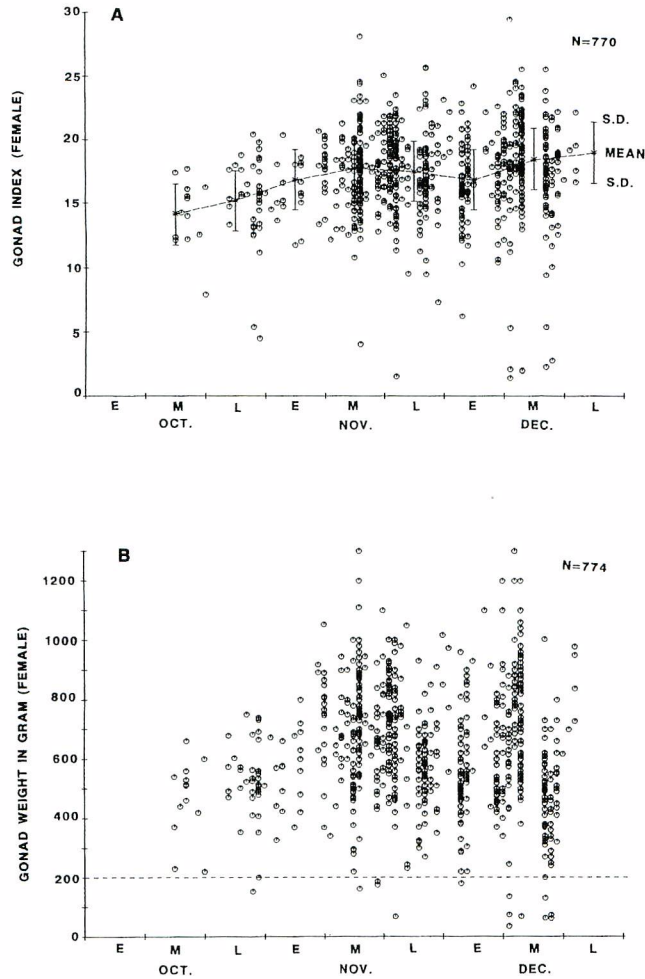


Fig. 4-4. Scatter plot of gonad index versus sampling date (A) and gonad weight versus sampling date (B) for female chum salmon caught by drift net and longline in coastal waters of Iwate Prefecture, October-December, 1982-86.

岩手県沿岸で流し網・延縄で漁獲したシロザケ親魚の生殖腺の発達状態 生殖腺重量は、調査期間を通して、雌で平均636.2g、雄で平均166.5gであった (Table 4-1)。過去の北太平洋沖合域のさけます調査では、雌で生殖腺重量120-590g、雄で30g以上のものは、それぞれ核移動期、精母細胞期以上に達しており、まもなく産卵に至るとされている (石田ら、1961)。この判断基準に従うと本調査で漁獲されたシロザケ親魚の大半は、かなり性成熟が進んでいて、産卵に近い状態にあると判断された。また、時期によって生殖腺重量に大きな差があるかどうか調べるために、雌の生殖腺指数 (生殖腺重量÷体重×100) と生殖腺重量の測定値を漁獲月日に対してプロットした図を作成した (Fig. 4-4)。これによれば、10月中・下旬は、生殖腺指数がやや小さかったが、11月以後は、生殖腺指数の大きな変化はほとんど見ら

れなかった。これは、この海域に來遊してくるシロザケ親魚の成熟状態が時期によって大きく変化しなかったことを示している。

底曳網で漁獲されたシロザケ親魚 2.3節で述べた底曳網で漁獲されるシロザケ親魚の成熟状態を調べるため、1989年11月に岩手県宮古市を根拠地とする底曳網漁船(2艘曳き、60総トン)に便乗し、100尾のシロザケのサンプリングを行い、その尾叉長、体重、生殖腺重量、年齢査定を行った(Table 4-2)。これによれば、平均生殖腺重量は雌で536g、雄で176gで、流し網・延縄で漁獲されたものと同様にかなり性成熟が進んでいると判断された。

Table 4-2. Mean fork length, body weight, gonad weight and age of chum salmon caught by pair trawl in coastal waters of northern Iwate Prefecture in November, 1989, Standard deviations are given in parentheses

Date	Location	Depth (m)	Sex	Sample size	Fork length (cm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)	Age (years)
Nov. 10	40°07'N 142°13'E	260	female	24	66.7 (4.8)	3567 (972)	546 (158)	4.3 (0.6)
			male	41	65.3 (5.2)	3287 (1003)	173 (54)	4.2 (0.7)
Nov. 11	40°07'N 142°14'E	280	female	14	67.1 (5.7)	3467 (960)	520 (175)	4.1 (1.0)
			male	21	66.7 (5.2)	3454 (913)	181 (59)	3.9 (0.6)
Total	—	—	female	38	66.8 (5.2)	3530 (969)	536 (165)	4.2 (0.8)
			male	62	65.8 (5.2)	3344 (977)	176 (56)	4.1 (0.7)

定置網で漁獲されたシロザケ親魚 最も陸岸に近い位置に設置されている漁具である定置網で漁獲されるシロザケ親魚の成熟状態を調べるため、1984年10月16日、および1986年11月21、22日にそれぞれ宮古市宮古3丁目漁場、釜石市釜石沖網漁場で、15尾および100尾のサンプリングを行い、その尾叉長、体重、生殖腺重量、年齢査定を行った(Table 4-3)。これによれば、平均生殖腺重量は、雌で548g、雄で165gで、流し網・延縄で漁獲されたものと同様にかなり性成熟が進んでいるものと判断された。

各海域・漁法による生殖腺指数(GI)の比較 北海道東部沖合域では、2章で述べたように北海道立

Table 4-3. Mean fork length, bodyweight, gonad weight and age of chum salmon caught by set nets in coastal waters of Iwate Prefecture, 1984 and 1986. Standard deviation are given in parentheses

Date	Location	Sex	Sample size	Fork length (cm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)	Age (years)
1984							
Oct. 16	39°39.0'N	female	15	64.0	3023.3	432.5	3.47
	142°01.0'E			(5.6)	(931.3)	(153.4)	(0.64)
1986							
Oct. 22	39°15.0'N	female	49	67.1	3329.7	583.0	4.06
	141°58.0'E			(3.9)	(674.2)	(151.3)	(0.48)
1986							
Oct. 21	39°15.0'N	male	51	68.0	3638.8	165.4	4.12
	141°58.0'E			(4.4)	(868.8)	(35.2)	(0.56)
Total		female	64	66.4	3255.5	547.7	3.92
				(4.5)	(747.8)	(163.7)	(0.58)
		male	51	68.0	3638.8	165.4	4.12
				(4.4)	(868.8)	(35.2)	(0.56)

釧路水産試験場がシロザケ親魚の分布調査を行ない、シロザケ親魚を漁獲している。この1981-1983年分の魚体測定資料及び生殖腺測定資料の提供を受け、岩手県沿岸域のものと比較した。比較にあたっては、雌の生殖腺指数 ($GSI = \text{卵巣重量(g)} / \text{体重(g)} \times 100$) を計算し、次の4つのグループに分けて比較を行った。

- A: 北海道東部沖合域で1981-1983年、8-11月に北海道立釧路水産試験場が流し網・延縄で漁獲したシロザケ親魚420個体
 B: 岩手県北部沖合で1989年11月に底曳網で漁獲されたシロザケ親魚38個体 (Table 4-2)
 C: 岩手県沿岸で1982-1986年の9-12月に岩手県水産試験場の調査船岩手丸および北上丸で流し網・延縄で漁獲したシロザケ親魚765個体
 D: 岩手県中南部の定置網で1984年10月および1986年10月に漁獲したシロザケ魚62尾 (Table 4-3)。

これらの4グループの漁獲海域と生殖腺指数の頻度分布および平均値を比較した (Fig. 4-5)。これによれば、Aグループの生殖腺指数の平均値が、4グループの中で最も小さく (11.2)、次にBグループが小さく (15.2)、その差は有意であった ($t = 8.07$, $P < 0.01$)。またCグループとDグループで最も大きく (ともに17.4)、BグループとCグループとの差およびBグループとDグループの差はともに有意であった (それぞれ $t = 3.82$, $P < 0.01$, $t = 4.24$, $P < 0.01$)。

生殖腺の発達度合いから考えると、北海道東部沖合域の魚体が最も未熟で、岩手県沿岸で延縄・流

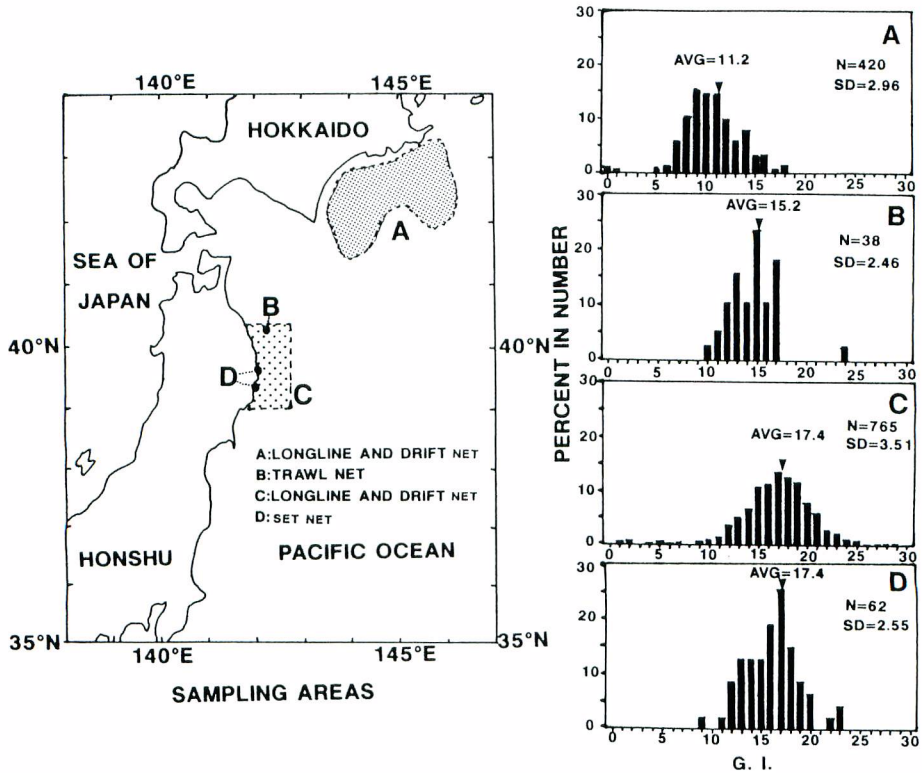


Fig. 4-5. Gonad index-frequency distribution in female chum salmon caught by various fishing groups. Group-A was caught by longline and drift net in waters off eastern Hokkaido, 1981-83. Group-B was caught by pair trawl in coastal waters of northern Iwate Prefecture, 1989. Group-C was caught by longline and drift nets, 1983-86. Group-D was caught by set nets in coast of southern Iwate Prefecture, 1984, 1986. (Gonad Index ; gonad weight(g)/body weight(g) x100)

し網・定置網で漁獲された魚体は成熟が進み、底曳網の魚体は両者の間に位置付けられることになった。これは、海底に分布する魚体の方が沿岸の表層に分布する魚体より未熟であることを示すもので、2.4節で提案した回遊に関する仮説 (Fig. 2-10) を支持している。

延縄・流し網の魚体と定置網の魚体との間には差が無く、これらはほぼ同様の成熟状態の魚体を漁獲していると推定された。

河川に溯上した魚体と沿岸で漁獲された魚体の卵径の差 岩手県沿岸で延縄・流し網で漁獲された魚体と河川で採卵のために漁獲された魚体の成熟度の差について検討した。河川のデータについては、北里大学水産学部井田教授から岩手県中南部の4河川 (織笠川, 片岸川, 盛川, 気仙川) で1981-1983年に採卵のために捕獲したシロザケ親魚の卵径測定データの提供を受けた。沿岸の魚体は、1983・1984年に岩手丸・北上丸の延縄・流し網の漁獲試験で漁獲されたものを用いた。

両者のサンプリングの場所と尾叉長に対する卵径の関係を示した (Fig. 4-6)。尾叉長と卵径の間には、相関関係が認められたので、共分散分析法により回帰直線の検定を行った。これによれば、修正平均値に有意差 ($F=170.5$, $P<0.01$) が認められ、沿岸の魚体は、河川の魚体と比較して卵径が小さいことがわかった。石田ら (1961) は、シロザケの卵巣の発達状態を調べ、卵径が4.2mm以上の魚体は、核移動期に達していると述べている。同論文の中で、核移動期に達したシロザケがどの程度の期間で産卵するかは触れていないが、近縁種のアサギマス *O. nerka* (陸封型) は約1か月程度で産卵すると推定している。岩手県沿岸部で漁獲された魚体の卵径の平均値は7.02mmで、河川の魚体の平均値の7.46mmと比較するとわずかに小さいが、石田ら (1961) の基準から考えると、核移動期に達してからかなり経過し、産卵直前にあるものと考えてよい。

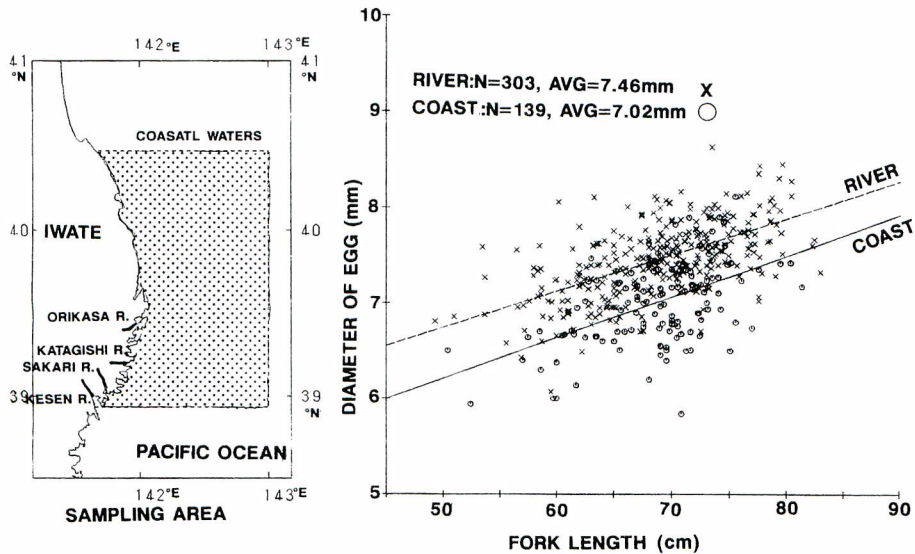


Fig. 4-6. Relation between diameter of egg and fork length. The solid line represents the regression for chum salmon caught by longline and drift net in coastal waters of Iwate Prefecture. The dotted line represents the regression for chum salmon caught in rivers of southern Iwate Prefecture.

4.3 生殖腺の発達と摂餌活動

前述したように、さけます類は成熟が進むと餌を取らなくなると言われている。ここでは、実際にシロザケ親魚の摂餌状態を胃内容物調査と消化器官 (胃・幽門垂) 重量の調査結果から究明した。

解析にあたっては、比較のため、1983-1986年に岩手県沿岸で定置網、延縄、流し網、底曳網で漁獲されたシロザケ親魚に1981・1982年の5・6月に岩手県の定置網に入網した索餌回遊中のシロザケ (トキシラズまたはオオメマス) を加えて分析した。

方法 胃内容物調査は原則として、取り出した胃をたてに切開し、内容物を肉眼で査定した後に重量を測定した。ただし、底曳網で漁獲された魚体は、10%ホルマリン溶液で固定後、査定と秤量を行った。また、内容物を取り去った胃および幽門垂の重量を測定した。次の5グループについて、調査結果を比較した。

- A : 1984年10月および1986年10月に岩手県沿岸の定置網に入網した115個体
 B : 1983-84年10-12月に岩手県沿岸で調査船岩手丸, 北上丸で流し網により漁獲した240個体
 C : 1983-84年10-12月に岩手県沿岸で調査船岩手丸, 北上丸で延縄により漁獲した121個体
 D : 1989年11月に岩手県北部沖合で底曳網で漁獲した100個体
 E : 1981・1982年5・6月に岩手県沿岸の定置網に入網した10個体と延縄で漁獲した1個体

グループEの性格 Eは, 夏季に岩手県沿岸で定置網や延縄によって漁獲されるシロザケであるが, 一般に, 秋季に漁獲される魚体と比較すると成熟が進んでいないと言われている。全個体の尾叉長, 体重, 生殖腺重量の測定結果を示した (Table 4-4)。これによれば, 生殖腺重量の平均値は, 雌で37.6g, 雄で15.3gであり, 前節までで論じてきたシロザケ親魚と比較すると未熟である。この値から, 生殖腺の発達度合いを石田ら (1961) の基準により推測すると, それぞれ第2次卵黄期および第2次精母細胞期に入るものと考えられた。石田ら (1961) は, ヒメマスの場合では, 第2次卵黄期・精母細胞期に達している魚体は, 大部分が3-4か月後に産卵するとしている。シロザケの場合でもこれに準じて考えて良いと思われるので, これらのシロザケは産卵まで, 3-4か月かかるものと推定した。したがって, これら

Table 4-4. Details of immature chum salmon caught by coastal fisheries (set nets and longline) of Iwate Prefecture in May and June, 1981 and 1982

Date	Location	Fishing gear	Sex	Fork length (cm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)	Age (year)
1981							
Jun. 4	39°15.0'N 141°58.0'E	Set net	Female	60.4	3120	29.5	—
			Female	65.0	3870	42.0	—
			Female	65.0	4200	63.1	—
			Female	64.0	3500	34.6	—
			Male	69.8	5020	9.8	—
1982							
May	39°10.0'N 141°55.3'E	Set net	Male	65.5	4200	23.3	3
			Male	68.5	4450	10.0	3
May 25	39°13.0'N 141°57.0'E	Set net	Female	63.0	3500	29.7	3
			Female	60.5	2650	26.4	3
			Male	65.5	3850	5.3	3
May 27	coastal waters of Iwate Pref.	longline	Male	57.5	2700	28.2	3
Average			Female	63.0	3473	37.6	—
			Male	65.4	4044	15.3	—

のグループのシロザケ親魚は他のグループと比較して著しく未熟であり、成熟初期であると考えて良い。

胃内容物の有無とその種類 各グループごとの胃内容物が見られなかった魚体の割合(%, 以下空胃率とする)及びグループごとの胃内容物量の合計を分子に摂餌していた個体数を分母にして計算した平均胃内容物重量を示した(Table 4-5)。これによれば、A・B・Cグループは、空胃率が高く、いずれも80%を超えていた。Dグループは空胃率は低かったが、平均胃内容物重量は前記グループより小さく、わずかに2.4gであった。また、Eグループは空胃率も低く、平均胃内容物重量も55.4gと他のグループと比較して著しく大きかった。このことは、活発な摂餌活動が行われているのは、生殖腺が発達していないEグループだけであり、他のグループでは、摂餌活動が減退していることをうかがわせる。

Table 4-5. Feeding activity based on stomach contents of chum salmon caught by set net, drift net, longline, and trawl. *; latter mature * *; early mature

Group	Year and season	fishing gear	Sample size	Percentage of empty stomachs (%)	Average weight based on stomachs containing food (g)
A*	1984, 1986 Oct.	Set net	115	96.5	17.0
B*	1983, 1984 Oct.-Dec.	Drift net	240	90.8	12.1
C*	1983, 1984 Oct.-Dec.	Longline	121	82.6	12.7
D*	1989 Nov.	Trawl	100	39.0	2.4
E**	1981, 1982 May, June	Set net	11	18.2	55.4

次に各グループの胃内容物の種類の出現頻度と重量を示した(Table 4-6, 7)。これによれば、A・B・Cグループでは、暖海性回遊魚類であるマイワシ *Sardinops melanostictus*、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* などが多く食べられていたが、Dグループでは、オキアミを少量づつ食べている個体が多く、Eグループではスケトウダラ *Theragra chalcogramma* が多かった。これらの種類の相違は、その海域に分布する餌料生物の種類の相違を反映しているものと思われる。

胃および幽門垂重量と生殖腺指数の関係 生殖腺の発達と摂餌活動との関係をさらに検討するために、各グループの胃および幽門垂重量(生殖腺を除いた体重比%)と生殖腺指数との関係を調べた(Fig. 4-7, 8)。これによれば、生殖腺指数が大きくなるにしたがって胃および幽門垂の重量が減少する傾向にあった。したがって、生殖腺の発達とともに摂餌活動は減退していくと考えられた。底曳網で漁獲さ

Table 4-6. Frequency of occurrence of food items in stomach of chum salmon in coastal waters of Iwate Prefecture. (*; based on stomachs containing food, **; juvenile)

Food items	Group-A	Group-B	Group-C	Group-D	Group-E
Number of fish containing food	4	21	22	61	9
(Frequency in percent*)					
Decapoda					
Macrura	0	0	0	1.6	0
Euphausiacea	0	0	0	72.1	0
Cephalopoda	0	0	0	1.6	0
Pisces					
<i>Sardinops melanostictus</i>	25.0	47.6	27.3	0	11.1
<i>Engraulis japonicus</i>	0	14.3	0	0	0
<i>Theragra chalcogramma</i> **	0	0	0	0	66.7
<i>Ammodytes personatus</i>	0	4.8	0	0	0
Myctophidae	0	0	0	9.8	0
unidentified fish	75.0	33.3	68.2	1.6	11.1
Unidentified	0	0	4.5	34.4	0

Table 4-7. Weight of food items in stomach of chum salmon in coastal waters of Iwate Prefecture. *; juvenile.

Food items	Group-A	Group-B	Group-C	Group-D	Group-E
Number of fish containing food	4	22	21	61	9
Total weight (in g)	68.0	267.2	276.7	147.1	498.9
(Number in percent)					
Decapoda					
Macrura	0	0	0	0.6	0
Euphausiacea	0	0	0	34.7	0
Cephalopoda	0	0	0	0.5	0
Pisces					
<i>Sardinops melanostictus</i>	40.1	49.0	64.3	0	9.4
<i>Engraulis japonicus</i>	0	0	7.6	0	0
<i>Theragra chalcogramma</i> *	0	0	0	0	87.3
<i>Ammodytes personatus</i>	0	—	0	0	0
Myctophidae	0	0	2.5	26.9	0
unidentified fish	59.9	50.7	25.6	8.4	3.3
Unidentified	0	0.4	0	29.0	0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

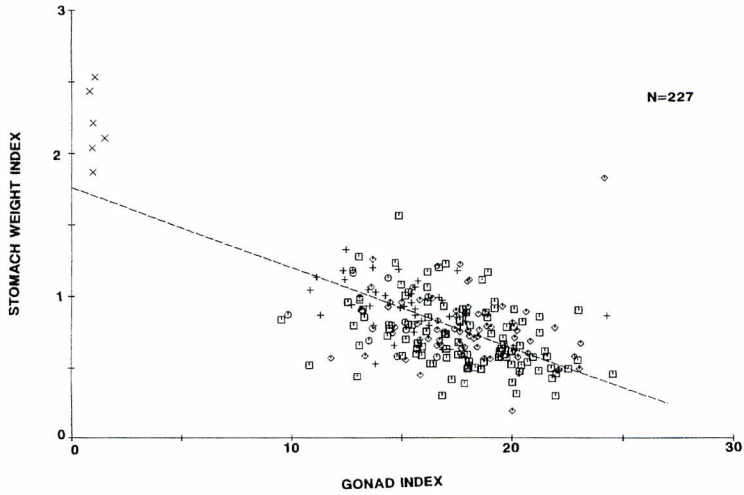


Fig. 4-7. Scatter plot of gonad index and ratio of stomach weight based on body weight (Ratio of stomach weight; stomach weight (g) / (body weight (g) - gonad weight (g)) × 100). A ; circle is by set nets in fall, B ; square is by drift nets in fall, C ; rhombi is by longline in fall, D ; cross is by pair trawl in fall, and E ; x is by set nets in summer.

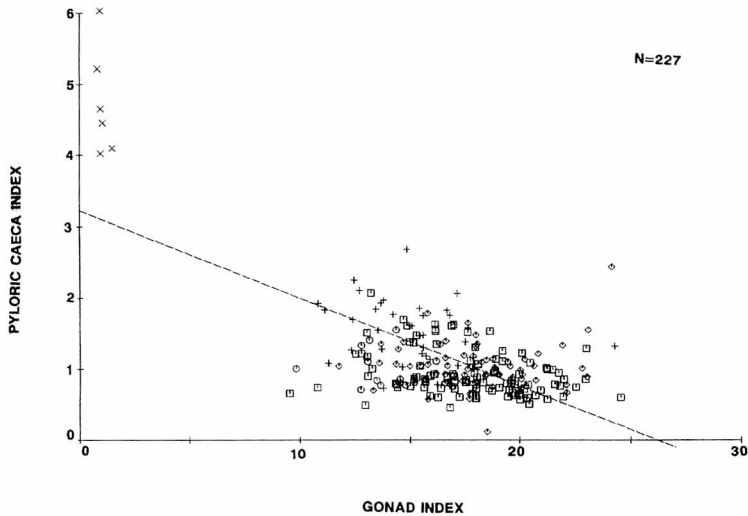


Fig. 4-8. Scatter plot of gonad index and ratio of pyloric caeca weight based on body weight (Pyloric caeca weight; pyloric caeca (g) / (body weight (g) - gonad weight (g)) × 100). A ; circle is by set nets in fall, B ; square is by drift nets in fall, C ; rhombi is by longline in fall, D ; cross is by pair trawl in fall, and E ; x is by set nets in summer.

れたDグループは、生殖腺指数がやや小さいため、A、B、Cグループよりはやや胃・幽門垂重量は大きかったが、Eグループと比較すると胃内容物は非常に少量であり、摂餌活動は活発でないようである。したがって、シロザケ親魚は、岩手県近海に来遊する前に既に摂餌活動は減退していると推測される。

4. 4 胃および幽門垂の消化能力の変化

前節で、岩手県沿岸域に回帰してきたシロザケ親魚は生殖腺の発達とともに胃および幽門垂の重量が減少することを示した。このことは、消化器官の消化能力が成熟の後半に減退していることをうかがわせる。そこで、岩手県沿岸で秋季に延縄で漁獲された魚体、同時期に定置網で漁獲された魚体、および夏季に定置網で漁獲された(未熟な)索餌回遊中のシロザケについて、それぞれの消化能力を知るため、胃と幽門垂のプロテアーゼ活性を測定した。

方法 1981年6月4日に岩手県釜石市近辺の定置網で漁獲されたシロザケ5尾(Aグループ, 4.3節のEグループと同じサンプルを使用)、同年11月13日に延縄で漁獲されたシロザケ4尾(Bグループ)、同年11月23日に定置網で漁獲されたシロザケ4尾(Cグループ)を試料として用いた(Table 4-8)。ただし、6月の漁獲物のうち1尾(Sample No. 1)は最適作用条件を決定するための実験に用いた。供試魚は、漁獲後、6時間以内に、尾叉長、体重を測定後、胃および幽門垂を摘出した。胃はたてに切開して、内容物を除き軽く水洗いした後、それぞれ重量を測定してから、 -80°C で保存した。

[粗酵素液の調整] 凍結試料の一定量を5倍量の冷蒸留水とともに氷冷下でホモジナイズ(ポリトロンホモジナイザー)し、遠心分離(10,000回転, 20分間)後の上澄み液を粗酵素液として分析に用いた。

[プロテアーゼ活性の測定] 胃およびプロテアーゼ活性は、Casein 分解法(赤堀, 1958)およびFolin比色法(660nm)をもちいた大西ら(1969)の方法によった。

[タンパク質の定量] 粗酵素液中のタンパク質を銅-Folin法(日本化学会, 1957)を用いて定量した。

最適作用条件の検討 6月に定置網によって漁獲されたシロザケ1尾(Sample No.1)の胃および幽門垂から抽出した粗酵素液を用いて、種々のpHの緩衝溶液中でプロテアーゼの定量を行い、プロテアーゼ-pH活性曲線を得た(Fig. 4-9)。これより、胃のプロテアーゼ、幽門垂のプロテアーゼの最適pHは、それぞれ、2.3, 10.0付近にあることが分った。したがって、胃のプロテアーゼはペプシン(pepsin)、幽門垂のそれはトリプシン(trypsin)が主であると考えられた。以下、単に胃のプロテアーゼ、幽門垂のプロテアーゼと記述する。

プロテアーゼの測定結果 実験に用いた魚体の性別、尾叉長、体重、生殖腺重量をグループごとに示した(Table 4-8)。Aグループは生殖腺重量が比較的小さいのに対し、B、Cグループは生殖腺重量が非常に大きいのが大きな特徴である。各個体の胃と幽門垂の重量および組織1g当りのプロテアーゼ活性の測定の結果を示した(Table 4-9)。これによれば、胃のプロテアーゼ活性は、Aグループが最も高く、Bグループ、CグループはそれぞれAグループの60%、40%程度であった。同様に、幽門垂のプロテアーゼ活性もAグループが最も高く、Bグループ、CグループはAグループのそれぞれ30%および10%程度であった。

Table 4-8. Details of chum salmon used for analysis of digestive activities of stomach and pyloric caeca

Group	Sample No.	Catch		Sex	Fork Length FL (cm)	Body Weight W (g)	Condition Factor $W/FL^3 \times 10^3$	Gonad Weight (g)
		Date	Localities Fishing Gear					
A	1	1981	39°10'N Set net	Female	60.4	3,120	14.2	29.5
	2	Jun. 4	141°55'E	Female	65.0	3,870	14.1	42.0
	3			Female	65.0	4,200	15.3	63.1
	4			Female	64.0	3,500	13.4	34.6
	5			Male	69.8	5,020	14.8	9.8
Average	—	—	—	—	64.8	3,942	14.4	—
B	6	1981	39°32'N Longline	Female	59.8	2,450	11.5	374.8
	7	Nov. 13	142°04'E	Female	71.2	4,280	11.9	511.3
	8			Male	63.8	3,050	11.7	174.4
	9			Male	61.4	2,770	12.0	177.1
B Average	—	—	—	—	64.1	3,138	11.8	—
C	10	1981	39°19'N Set net	Female	69.8	3,990	11.7	860.0
	11	Nov. 23	141°58'N	Female	74.8	4,750	11.3	1,100.0
	12			Male	66.2	3,520	12.1	150.0
	13			Male	71.4	4,610	12.7	206.0
C Average	—	—	—	—	70.6	4,218	12.0	—

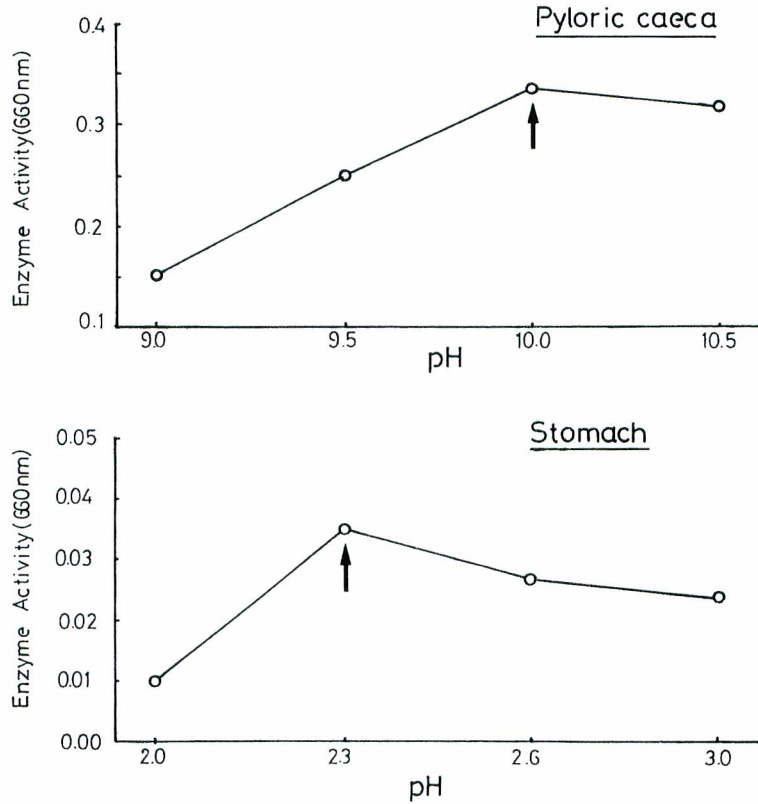


Fig. 4-9. Influence of pH on protease activities of the extract of a chum salmon stomach against casein.

組織の重量自体にも差があるので、各個体の消化能力を評価するために組織重量当りのプロテアーゼ活性に組織重量をかけて、1個体当りのプロテアーゼ活性の総量を算出し、これを体重で割って、各個体の体重100g当りに換算したプロテアーゼ活性値を示した(Fig. 4-10)。これによれば、胃では、BグループはAグループの20%程度、幽門垂では7%程度であった。Cグループは、Bグループよりやや低い値を示した。また、各個体の胃および幽門垂の組織(1g)から水で抽出されたタンパク質の量を図示した(Fig. 4-11)。これによれば、胃については、Aグループがやや高かったが、幽門垂には各グループの間に大きな差がみられなかった。したがって、プロテアーゼ活性の比較をタンパク質量に対する比活性で行っても、これまで示してきたような組織重量に対しての比較で行った場合とほとんど同じ結果となると考えられた。

各グループの消化能力と延縄による釣獲との関係 Aグループと比較すると、B・Cグループは、胃および幽門垂のプロテアーゼ活性が著しく低かった。このことは、秋季に延縄や定置網で漁獲されるシロザケ親魚の主要な消化器官である胃と幽門垂の消化能力が低下し、餌を取っても消化出来ない可能性が高いことを示している。Malcolm (1970) は、産卵のため河川に回帰した大西洋サケ *Salmo salar* が餌

Table 4-9. Weights and protease activities of stomach and pyloric caeca of chum salmon used.

Group	Sample No.	Weight		Protease activity	
		Stomach (g)	pyloric caeca (g)	Stomach	Pyloric caeca
A	1	62.9	185.9	—	—
	2	96.8	170.7	58.9	499
	3	87.0	169.0	72.7	416
	4	76.4	161.0	64.9	613
	5	114.9	205.0	68.5	547
Average		87.6	178.2	66.3	519
B	6	20.2	34.0	31.7	356
	7	35.8	49.5	39.8	51
	8	19.9	25.7	32.3	72
	9	24.9	22.5	54.4	54
Average		25.2	32.9	39.6	133
C	10	17.1	26.2	28.1	54
	11	23.8	37.5	21.2	0
	12	19.5	31.7	41.9	0
	13	20.8	25.8	21.2	123
Average		20.3	30.3	28.1	89

* Protease activity was expressed as μg -tyrosine per g-tissue

にとびつく性質は残しているが、消化能力は無くなっている事例を紹介している。本実験の結果からも、秋季に岩手県沿岸で漁獲されるシロザケ親魚は、消化能力は極めて小さいと考えられ、特に、延縄で漁獲される場合には、生理的要求（飢餓）よりは、むしろ反射を引き起こすような刺激によって延縄の餌に対して行動を起こしているものと考えられた。ただし、今回の実験においては、ペプシノーゲン、トリプシノーゲンなど不活性な形で組織に存在している可能性のあるチモーゲンについては測定しなかったため、組織中のこれらのチモーゲンの存否は興味ある今後の課題に思われる。

成熟に伴う魚体の変化 大西ら(1970)は、ヒメマス *O. nerka* で、産卵直前に胃と幽門垂のプロテアーゼ活性が低下したことを報告している。また、Torrissen *et. al* (1985) は、大西洋サケの消化管の消化酵素活性が成熟とともに減退することを報告している。一方、Mommensen *et. al* (1980) は、産卵回遊途上のベニザケの筋肉の生化学的な分析を行い、産卵回遊にあたっては、筋肉中のタンパク質がプロテアー

ゼによって分解されることによって主なアミノ酸の補給源として利用されていることを示した。シロザケ親魚でも、産卵回遊途中では筋肉中のプロテアーゼ活性が上昇していることが報告されている（小長谷, 1983）。本研究において、シロザケ親魚の胃と幽門垂の消化能力は著しく低下していることが明らかになった。これらのことから、シロザケは、産卵回遊に入ると消化器官の衰弱が始まり、索餌による栄養の補給をやめ、筋肉などの内部に蓄えたタンパク質などの栄養分を利用するようになるものと考えられた。シロザケは母川回帰のため、比較的短い期間に長い距離を回遊し、さらに母川を探索しなければならない。そのため、索餌にエネルギーを消費するより、内部に蓄えたエネルギーを利用する方が有利であることから、このような生理的な特質を備えるようになったと考えられよう。

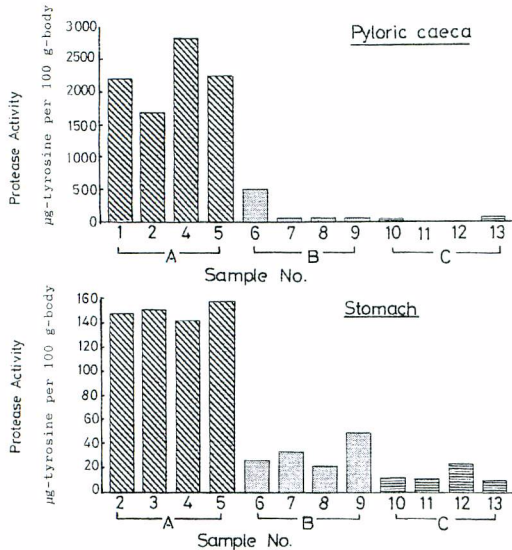


Fig. 4-10. Protease activities of pyloric caeca and stomach per the body weight. A is caught by set net in June, B by longline in November, and C by set net in November.

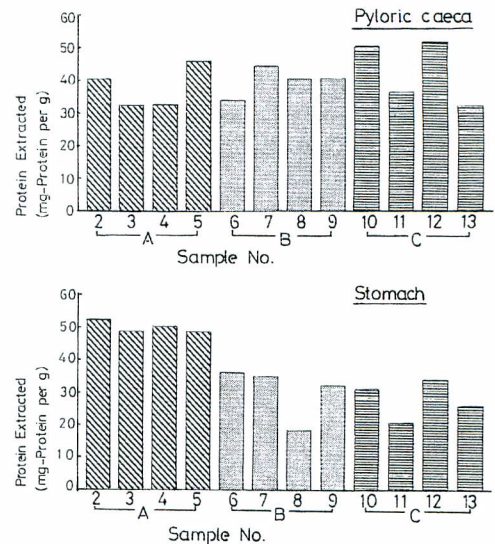


Fig. 4-11. Amount of protein extracted with water from the tissue. A is caught by set net in June, B by longline in November.

第5章 漁業と資源との関係

ここでは、シロザケ親魚を漁獲している沿岸漁業の変遷と実態を記述し、沿岸漁業の漁況の変動要因と沿岸漁業が資源に与えている影響について検討したい。

5. 1 沿岸漁業の漁況とその変動要因

経年的な漁獲量の変動および日本全国の中で岩手県が占める位置 岩手県沿岸で漁獲されるシロザケ親魚の漁獲量(回帰量)の経年変化を把握し、日本全体のなかでどのような位置にあるかを見ようと考え、岩手県の1965-86年のシロザケ親魚の総漁獲量(河川を含む)を、日本全体のそれと比較して示した(Fig

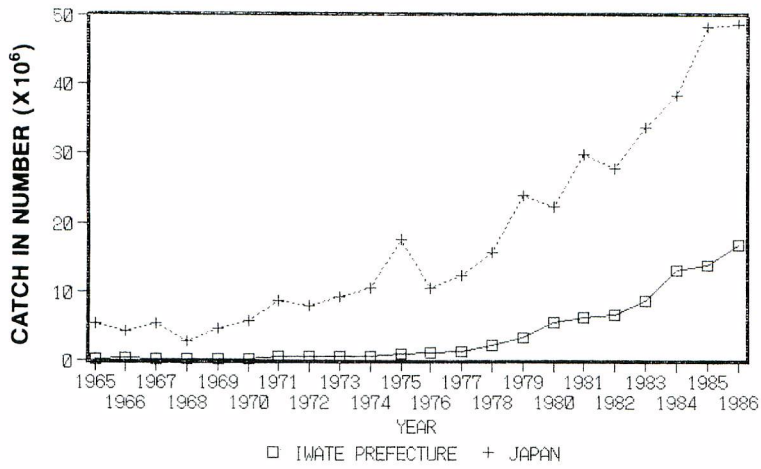


Fig. 5-1. Annual catches (coastal fisheries and river fisheries) of maturing chum salmon of Japan and Iwate Prefecture.

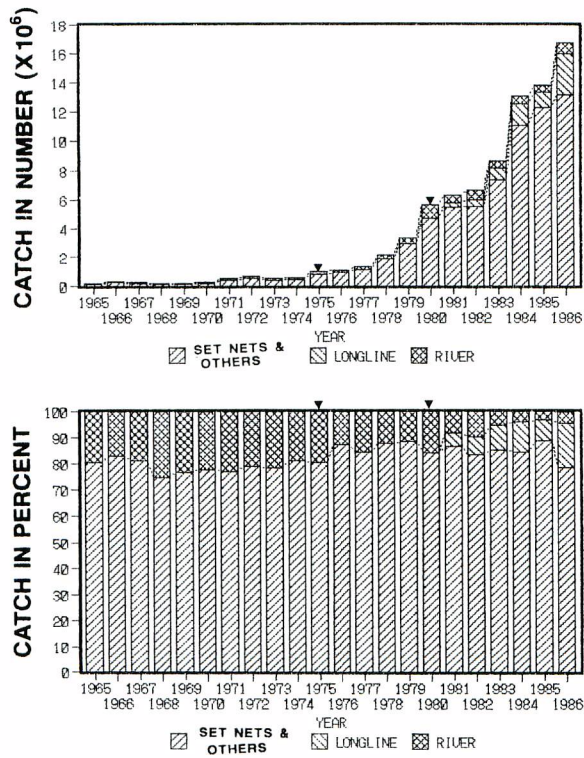


Fig. 5-2. Annual catches of maturing chum salmon by fisheries in Iwate Prefecture.

5-1, 資料は岩手県漁業振興課, 1975, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1988による。以後の漁獲量に関する資料も出典は同じ。これによれば, 1975年以前は岩手県のシロザケ親魚の漁獲尾数は30-50万尾で, 日本全体の10%内外を占めるに過ぎなかった。しかし, 1975年以後, 漁獲量は急速に増大し, 1986年には, 約1,671万尾に達している。岩手県の漁獲量の日本全体に占める割合もしだいに増大し, 1986年には, 34.4%に達している。これは, 岩手県のシロザケ資源の増加率が, 日本国内の他の地域と比較して大きかったことを示している。このようなシロザケの回帰尾数の増加は, 基本的にはふ化放流技術の発達と稚魚の放流数の増加によるものであるが(飯岡, 1981; Kaeriyama, 1989), 北太平洋沖合域におけるさけます流し網漁業による漁獲量の減少も一因であると思われる。

次に, 岩手県内の漁業種類別のシロザケ親魚の漁獲量の経年変化および各漁業の占める割合について検討した。岩手県沿岸でシロザケ親魚を漁獲している主な漁業は, 大型定置網漁業, 小型定置網漁業, 延縄漁業である。また, この他に, ごく小規模な定置網である磯建網がシロザケ親魚を漁獲している。1975年以前には, 流し網の操業も行われていたが, 現在は, これは禁止されている。また, 底曳網でも少数のシロザケ親魚が漁獲されている。河川では, 河口付近に, 川留(小型の定置網)を作って, 遡上してきたシロザケ親魚のほぼ全部を漁獲し, 採卵している。

ここでは, シロザケ親魚の漁獲を定置網その他, 延縄, および川留の3種類に分けてその経年的な漁獲量変動を示した(Fig. 5-2)。ただし, 定置網その他には, 磯建網, 流し網, 底曳網が含まれるが, その量は少なく, 大半は定置網であると考えてよい。

これによれば, 漁獲量が急増する1975年以前は, 河川で漁獲される割合(今後, これを河川遡上率とする)は, 概ね, 20%内外であったが, 1976年以後, これは急速に減少し, 1986年には4.2%まで落込んでいる。全体の漁獲量は, 急増しているのにもかかわらず, 河川での漁獲量は, 1980年以後, 変動はあるものの, ほとんど増加していない。定置網その他の漁獲量は, 1976年以後の増加の主体をなしており, 1986年まで, 急速な増加を示したが, その全体に占める割合は, 1981年以降, 延縄漁業の出現とともにやや減少した。

また, 1980年から延縄漁業が開始されたが(岩手県水産試験場, 1982), 延縄漁業の漁獲統計が整備されたのが1981年からであるので, この漁業による漁獲は, 統計上では, 1981年から見られる。延縄漁業の漁獲量は, 1981-86年では, 全体の5-17.2%を占めており, その割合は年によって変わるようである。

時期による各漁業の漁獲量変動 時期による漁業種類別の漁獲量変動の傾向を把握するため, 延縄, 定置網その他, 川留の1981-86年の旬別漁獲量の平均値を図示した(Fig. 5-3)。これによれば, 9月上旬から, シロザケ親魚の漁獲はみられるが, それが急増するのは, 10月中旬からである。漁獲のピークは, 延縄が11月下旬, 定置網は11月下旬から12月上旬, 川留は12月上旬であった。漁場は, 延縄が沖合にあって, 母川から最も遠く, 定置網は沿岸に敷設されているので, 川と延縄の中間にある。延縄と川留の漁況のピークの差は, 1旬内外であり, これは, シロザケ親魚の沖合から母川までの移動の期間を反映しているものと思われる。12月下旬以後は, 急速に漁獲量は減少して, 2月下旬には終漁する。

次に, 旬別に各漁業の漁獲量の占める割合の変化を図示した(Fig. 5-4)。河川遡上率は, 9月上中旬は10%前後であるが, その後, 減少して2-3%となり, 11月中旬から再び徐々に増加している。撤去する定置網が増える1月下旬以後は, 急速に割合が増加した。定置網の占める割合は, 9月上・中旬は90%前後で, その後, やや増加するが, 10月中旬に延縄による漁獲が始まるとともにしだいに減少し, 11月上旬から1月中旬までは, 90-80%であった。

延縄は, 1981-1986年は岩手県漁業調整委員会の承認制で漁業が行われ, 1981-85年は11月16日以後に

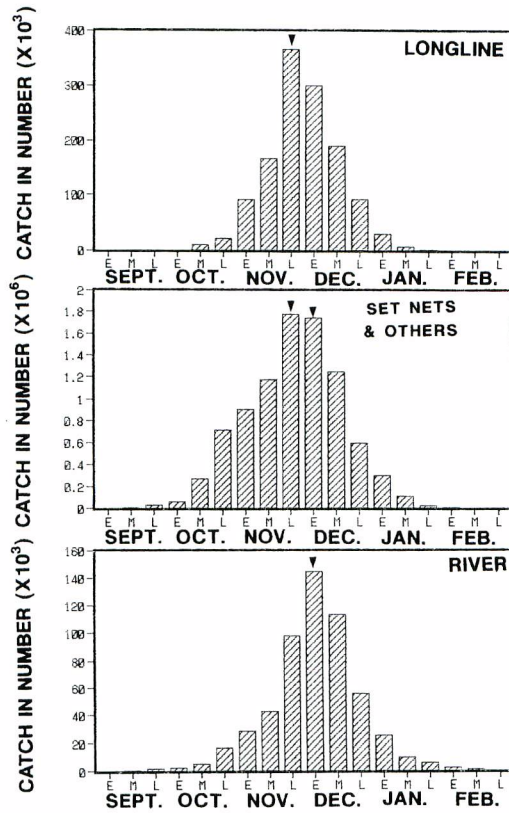


Fig. 5-3. Seasonal changes of catches of maturing chum salmon by ten days in Iwate Prefecture, 1981-86.

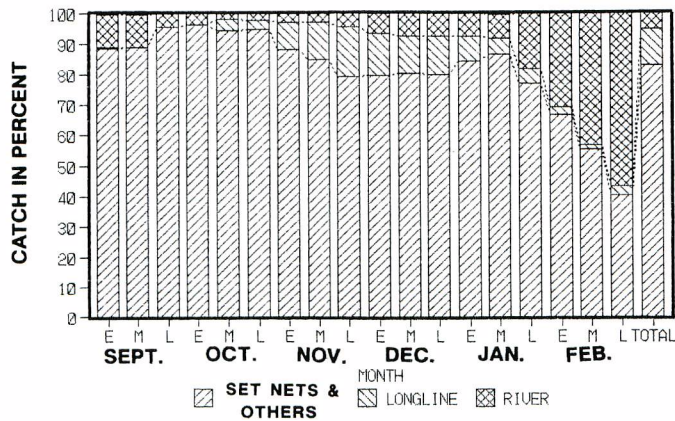


Fig. 5-4. Seasonal changes of catches in percent of chum salmon by fisheries in Iwate Prefecture, 1981-86.

だけ行われていた。1986年には、操業期間が変更され9月1日から操業が行われた。延縄の割合が大きいのは、11月上旬から1月上旬までであった。定置網と比較すると、始まるのが遅く、早く終る傾向がある。

海況と漁況の関係 ここでは、シロザケ親魚の短期的な漁況変動の要因について明らかにする。シロザケ親魚の漁況は海況条件によって変動するとされており、特に、親潮の張り出しが強い状態では岩手県南部で好漁があり、弱いと県北部为好漁になると言われている(井ノ口ら, 1980, 石田, 1991)。水温と漁況の関連性について検討するため、岩手県の主要な5か所の水揚げ港のシロザケ親魚の日別漁獲量変動(7日移動平均値)と東京大学海洋研究所大槌臨海研究センターの測定による岩手県中部沿岸に位置する大槌港の15m深水温との関係を、1981年と1982年で比較した(Fig. 5-5)。これによれば、1982年は、1981年と比較して、9月以降、1.5°C前後高く経過している。各港の日別水揚げ量の推移をみると、高水温の年(1982年)は、低水温の年(1981)と比較すると、北部の久慈、宮古で好漁、南部の釜石・

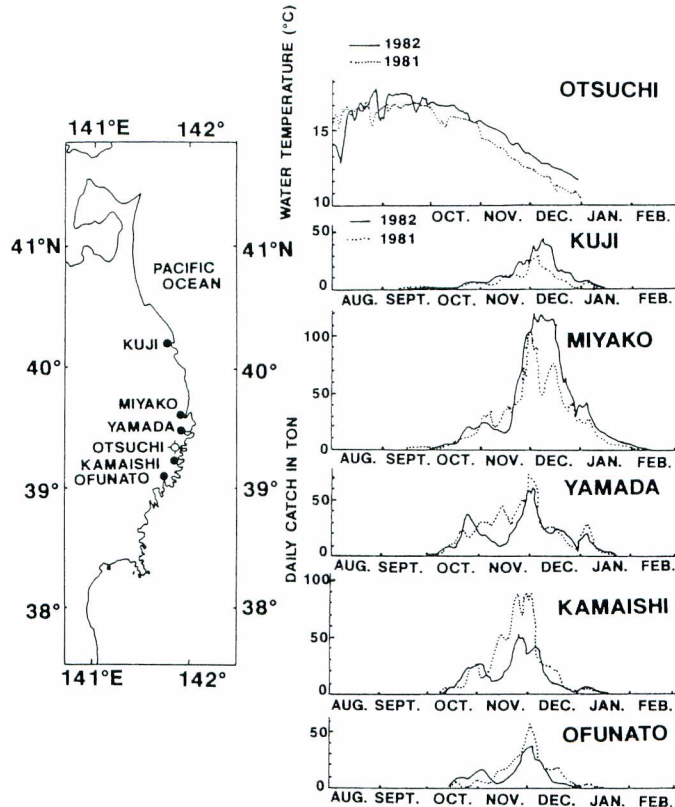


Fig. 5-5. Comparison of water temperature (15 m deep) of Otsuchi and chum salmon catches (7 days moving mean) of 5 major landing ports of Iwate Prefecture, 1981, 1982.

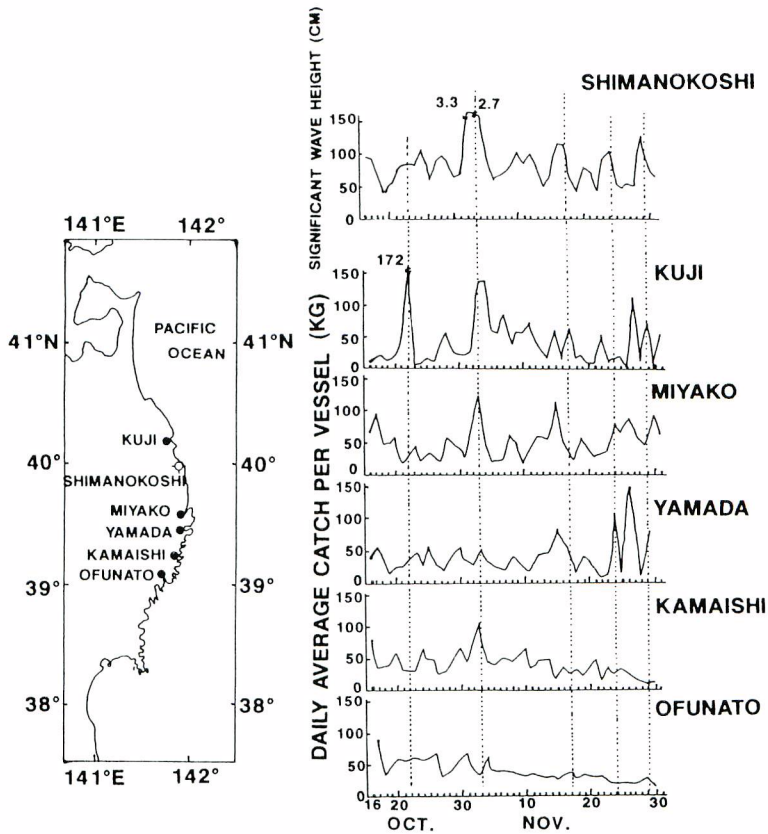


Fig. 5-6. Comparison of significant wave height observed in port Shimanokoshi and daily average catch per longine vessels of 5 major landing ports of Iwate Prefecture,1981.

大船渡で不漁であることが分る。しかし、この傾向は、11月中旬から12月下旬にかけて顕著であるが、それ以外の時期でははっきりしない。

シロザケ親魚の岩手県沖合における回遊経路は、2章で述べたように距岸20km以内の沿岸域とそれより沖合の水深200-350mの深層にあると考えられる。このようなシロザケ親魚の分布と海洋構造との関係の詳細はあまりよくわかっていない。漁況変動にみられる海況の影響を明らかにするためには、具体的に、どのような海洋構造がシロザケ親魚の分布を決定しているかを明確にしなければならないと考えられ、今後の課題と言える。

漁業者からの聞き取り調査によれば、延縄の漁況は波高の高い時に良好であるとのことであったので、これが事実かどうか検討するために、岩手県北部にある島ノ越漁港で観測された波高と岩手県の主要5港における延縄漁船の1隻1日当り漁獲量を対比した(Fig. 5-6)。これによれば、島ノ越漁港で高い波高が観測された時に、1隻1日当り漁獲量も大きくなっていることがわかる。これは、波浪によって延縄の餌の動きが大きくなるため、シロザケ親魚の喰いを誘うためであると思われる。

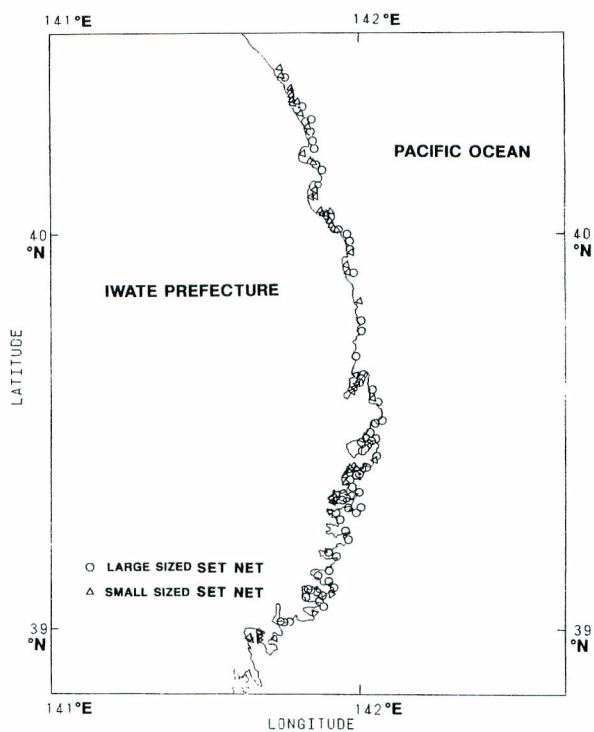


Fig. 5-7. Set nets for maturing chum salmon in coastal waters of Iwate prefecture.

Table 5-1 Numbers of set nets for maturing chum salmon in coastal waters of Iwate Prefecture. Large sized set nets are set on the bottom where the depths are over 27 m. Small sized set nets are set on the bottom where the depths are within 27m

Year	Large sized set net	Small sized set net	Total
1974	60	60	120
1975	60	60	120
1976	60	60	120
1977	60	60	120
1978	60	60	120
1979	62	60	122
1980	62	60	122
1981	62	60	122
1982	62	60	122
1983	62	55	117
1984	70	54	124
1985	70	54	124

各漁業の漁獲努力量 漁獲の80%を占める定置網の位置と統数の推移を示した(Fig. 5-7, Table 5-1)。これによれば、多数の定置網が岩手県沿岸全域にわたって敷設されていることがわかる。また、その統数は1974年から1985年までにわずか4統(3.3%)しか増加していない。しかし、大型定置網と小型定置網とに分けてみると、小型定置網が減少し、大型定置網が増加していることがわかる。定置網の漁具は、従来、秋季に来遊する暖海性回遊魚類を漁獲するように設計されていたが、シロザケ親魚の増加にともなって、漁具をシロザケ親魚に合うように改修しており、定置網の漁獲努力量は、増加傾向にあると言える。

延縄は、1981-1986年にかけては承認制であり、登録している隻数は約3000隻程度と非常に多いが、実際に専門的に着業している隻数はこれよりかなり少ないと思われる。しかし、漁具が簡単で安価なことから、盛漁期だけ小規模に操業する漁船は多いと考えられ、その実態は把握しにくい。漁場がごく沿岸域に限られているため、その漁獲量は全体の2割以下にとどまっている。

5.2 沿岸漁業の漁獲強度を推定する方法

前節で述べたように岩手県のシロザケ親魚の河川遡上率は低下しつつあり、将来は、採卵用の親魚を確保するために、沿岸漁業の規制が必要になる事態も予想される。このため、沿岸漁業の漁獲強度を正確に把握しておかなければならない。シロザケ親魚は、岩手県近海に加入した後、短期間で成熟が進み、順次、河川に遡上してしまうので、死亡係数を一定、標識魚の逸散が無いと仮定する古典的な漁獲係数の推定方法(例えば、田中, 1985)が適用しにくい。ここでは、標識放流の再捕記録を用いて、沿岸域にしばらく滞泳した後、河川に遡上して、ほとんど全てが漁獲されるというシロザケ親魚に特有の性質を考慮に入れた漁獲係数を求める方法を提案する。

計算の前提条件 通常、1回の標識放流の再捕結果から漁獲係数を求める場合は、基本的には、(1)標識魚は、一定の海域に留まって、他の海域に逸散しない、(2)漁獲係数、自然死亡係数は一定、を前提として考える。しかし、シロザケ親魚の場合には、成熟したものから河川に遡上してしまうので、これらの仮定は満たされないと考えられる。そこで、ここでは、下記の仮定を設けて計算を行うことにした。

- (1) シロザケ親魚は沖合域から沿岸に来遊後、沿岸域の一定の河川を探索しながら遊泳し、他の海域には移動しない。
- (2) シロザケ親魚の一部は、沿岸域を遊泳中に沿岸漁業で漁獲される。
- (3) 沿岸漁業で漁獲されなかったシロザケ親魚は、順次、河川に遡上する。
- (4) 河川に遡上した親魚は、全てが川留で漁獲される。
- (5) 放流後の標識死亡、標識脱落、自然死亡は時間にかかわらず一定の割合で発生する。

岩手県沿岸のシロザケ親魚の標識放流結果は、概ねこれらの仮定を満足すると考えた。

非漁業死亡係数の推定 放流後の標識死亡、標識脱落、自然死亡を合せて非漁業死亡係数とする。これは、仮定から、時間にかかわらず一定であり、通常自然死亡係数に該当するものである。Hearn *et. al* (1987)は、漁獲係数一定を仮定せずに自然死亡係数を求める方法を開発している。これは、全標識魚が死亡するまでのデータが必要であるが、シロザケ親魚の場合はこの条件を満たしていると考えられる

のでこれを用いると、非漁業死亡係数 M は、

S_i : 放流後、 i 日目の河川での漁獲尾数
 C_i : 放流後、 i 日目の沿岸漁業での漁獲尾数
 N_0 : 放流数
 I : 最後の再捕記録が得られた日付

とすると、

$$N_0 - \sum_{i=1}^I (S_i + C_i) \exp(M \cdot i) = 0 \quad (1)$$

と書ける。したがって、これは、未知数が1つだけなので容易に M の数値解を求めることができる。

漁獲係数の推定 漁獲係数は、漁業を沿岸漁業（定置網、延縄、その他）と河川漁業に分けて、別々に推定することにした。再捕記録を沿岸漁業によって漁獲されたものと河川漁業によって漁獲される部分に分けると、漁獲方程式から、

R_i : 河川漁業による漁獲係数
 F_i : 沿岸漁業による漁獲係数
 N_i : i 日目の生残数

とすると、

$$C_i = N_{i-1} \cdot F_i (1 - \exp(-F_i - R_i - M)) / (F_i + R_i + M) \quad (2)$$

$$S_i = N_{i-1} \cdot R_i (1 - \exp(-F_i - R_i - M)) / (F_i + R_i + M) \quad (3)$$

が成立する。(2), (3)から、 C_i が0でなければ、

$$S_i / C_i = R_i / F_i \quad (4)$$

である。 N_0 は、放流数で既知の値であり、 M は、(1)から数値解が求まっているので、これと(2), (4)から、 $i = 1$ の時の F_1 と R_1 の数値解を求めることができる。また、 $C_i = 0$ の時は、 $F_i = 0$ であるから、 R_i の数値解は(2)から容易に求めることができる。 $i = 1$ の時の各係数が求まれば、

$$N_i = N_0 \exp(-F_i - R_i - M) \quad (5)$$

により N_i を計算することが可能である。以下同様に、 $i = 2, 3, \dots$ と計算して、日数ごとの各係数を再捕の最終日まで計算することができる。

5.3 標識放流結果から推定した岩手県沿岸における漁獲係数

前節の方法により、第3章で扱った岩手県沿岸での標識放流結果を用いて、漁獲係数を推定した。標識放流の再捕は、全部で1299例あったが、この内、1077例(82.9%)が定置網、28(2.1%)例が延縄、89例(6.9%)が川留から報告され、100例(7.7%)は再捕漁具の報告が無かった。再捕漁具不明のほとんどは定置網と推定されるので、ここで推定した漁獲係数は、概ね定置網の漁獲強度を表していると考えてよい。また、延縄による再捕は極めて稀であり、放流魚のほとんどが延縄で漁獲されて標識されていることを考えると、延縄により漁獲されて標識放流されたものは、延縄に掛りにくい傾向があるものと思われた。

標識の報告率 岩手県沿岸で標識放流されたシロザケ親魚の標識の報告率に関する知見はまったく無いが、過去の比較的規模の大きい標識放流試験の再捕率は30-60%であった(飯岡ら, 1980, 1981; 水産庁, 1988, 1989)。本研究で行った標識放流試験は、全部合計して再捕率は38%であった。したがって、標識の報告率は、ほぼ、40%以上であると考えて良い。標識再捕のほとんどは各地の魚市場経由で報告されるので、その日の漁獲量が多い時は、標識の見落としなどが多くなるとも考えられる。ここでは、標識再捕の報告率を75%、すなわち再捕された標識魚100尾のなかで75尾が報告され、25尾が見落されるとして計算した。

全体でみた漁獲係数 1981-1986年の標識放流試験全部をひとまとめにして、沿岸漁業による再捕と河川での再捕に分けて、経過日数別に再捕数を整理した(Table 5-2)。これによれば、沿岸、河川とも再捕はほとんどが27日以内にあり、これ以後は非常に少なかった。そこで、28日以上は計算から除外した。また、0日目の再捕は1日目に含め、再捕日不明のものは、再捕日がわかっているものの尾数を基準にして比例配分し、各日数ごとの再捕数に加算した。これをもとに、前節の計算法にしたがって、漁獲係数および非漁業死亡係数の推定を行った(Table 5-3)。

これによれば、非漁業死亡係数は0.086/日であった。また、沿岸漁業による漁獲係数は、0.053/日から0.247/日で、平均で0.100/日であった。沿岸漁業による漁獲係数は、特に時間にもなって変化する傾向は認められず、変動はあるものの一定として扱ってもよいと思われた。また、河川漁業の漁獲係数は、0-5日目までは非常に小さいが、6日目からはしだいに大きくなり、15-17日目に最も大きな値となった。河川漁業の漁獲係数の変動は、標識魚が母川に遡上しようとする傾向の強さを示していると考えられるので、この結果から河川遡上が最も多いのは、15-17日目であると推測される。しかし、実際の河川再捕の実数は6-11日目にかけて多く(Table 5-2)、平均的には、10日前後である(Table 3-7)。この差については、さらに後段(5.4節)で考察した。また、時期別、海域別の漁獲係数の推定結果は後段で示した。

非漁業死亡係数と標識放流試験の問題点 非漁業死亡係数は標識死亡、標識脱落、自然死亡からなっている。シロザケ親魚はかなり大型の魚で通常の状態では捕食されることは少ない。また、短期間の内に河川に遡上するものであるから、斃死などによる自然死亡が多いとは考えにくい。しかし、推定された非漁業死亡係数は0.086/日となっており、過去に北太平洋で行われた標識放流試験(田口, 1961)から推定された値0.0119-0.0135/日と比較して著しく大きい。また、小松ら(1985)は、本研究で用いたダート式タッグの脱落率を飼育実験により調べて、一週間累積脱落率13%を得ている。さらに、Hirano *et*

Table 5-2 Daily tag recoveries from 3436 chum salmon released in coastal waters of Iwate Prefecture, 1981-86. *, recovery days is not reported

Days after release	The number of recoveries	
	By coastal fisheries	By river fisheries
0	3	1
1	113	1
2	119	0
3	155	3
4	114	3
5	85	2
6	100	11
7	72	5
8	62	3
9	38	4
10	47	9
11	37	5
12	36	7
13	25	3
14	29	2
15	17	7
16	13	7
17	5	6
18	10	1
19	5	0
20	5	1
21	3	0
22	2	1
23	2	0
24	3	2
25	4	0
26	2	0
27	3	1
31-63	3	1
others*	98	3
Total	1210	89

Table 5-3. Estimates of mortality coefficient by coastal fisheries (F, day⁻¹) and by river fisheries (R, day⁻¹), non-fishing mortality coefficient (M *, day⁻¹) and surviving number based on Table 5-2

Day	F	R	M	Surviving number
0	-	-	-	3436.0
1	0.053	0.001	0.086	2989.0
2	0.062	0.000	0.086	2577.3
3	0.096	0.002	0.086	2145.5
4	0.084	0.002	0.086	1806.3
5	0.074	0.002	0.086	1536.7
6	0.104	0.011	0.086	1256.6
7	0.091	0.006	0.086	1046.4
8	0.094	0.004	0.086	870.1
9	0.069	0.007	0.086	740.3
10	0.102	0.019	0.086	602.1
11	0.098	0.013	0.086	494.5
12	0.118	0.022	0.086	394.5
13	0.102	0.012	0.086	323.3
14	0.147	0.010	0.086	253.7
15	0.109	0.043	0.086	200.0
16	0.107	0.055	0.086	156.2
17	0.051	0.058	0.086	128.4
18	0.126	0.012	0.086	102.6
19	0.077	0.000	0.086	87.2
20	0.092	0.017	0.086	71.8
21	0.065	0.000	0.086	61.7
22	0.051	0.024	0.086	52.5
23	0.059	0.000	0.086	45.4
24	0.109	0.069	0.086	34.9
25	0.191	0.000	0.086	26.4
26	0.122	0.000	0.086	21.5
27	0.247	0.078	0.086	14.2
Average	0.100	0.017	0.086	-

* Combined mortalities by tagging, tag shedding, and natural deaths.

al., (1990)は、岩手県沿岸に回帰してきたシロザケ親魚を捕獲して、海水と淡水で飼育したところ、海水で飼育したものは、全部が7日以内に浸透圧調節に異常を生じて斃死したのに対し、淡水で飼育したものは、大半が7日以上生存したという結果を示した。したがって、非漁業死亡係数が高くなった要因として、完全な成熟状態に達した多くの標識魚がロケーションの失敗により母川に遡上できないままに経過して浸透圧異常を起こし、斃死していることが考えられる。いずれにせよ、このような高い非漁業死亡係数は、放流した魚が漁業や河川遡上以外の何等かの原因で急速に減少していることを示しており、今後、標識放流試験を行う際には、非漁業死亡の内容を明らかにしていくことが重要となろう。

漁獲係数推定の問題点 この方法の長所は、経過日ごとの沿岸漁業の影響と河川遡上の傾向を簡便に推定することができることである。そして、このような資源に関する基本的な特性値を推定し、海域や経時的に比較することによって、報告率、自然死亡、標識死亡などのような標識放流試験実施上の問題点や魚類の行動パターンと漁獲の掛り方についてより正確な評価ができるようになると思われた。

この方法の欠点は、再捕数の確率変動が、直接的に各死亡係数の推定に入ってくることである。特に、放流後、長い時間が経過して、生残数が少なくなってきた場合には、その影響はかなり大きなものとなるだろう。また、信頼区間が推定ができないこともこの方法の問題点である。Farebrother (1988) が提唱した最尤法による推定を行えば、これらの点は解決できるが、計算はかなり繁雑になる。また、この場合、 F_i 、 R_i の変化を近似する関数を予測するにあたっては、本研究で提案された簡便な方法で推定さ

Table 5-4. Estimates of mortality coefficient (F , day^{-1}) by coastal fisheries and non-fishing mortality (M , day^{-1}) for each sub-region, in which tagged fish were released

	Mortality coefficient in each sub-region		
	C1	C2	C3
Number of fish released	766	644	1894
M (Non-fishing)	0.085	0.101	0.082
F (Coastal fisheries) (Day after release)			
1	0.014	0.064	0.067
2	0.016	0.095	0.075
3	0.033	0.133	0.121
4	0.066	0.075	0.102
5	0.053	0.090	0.087
Sub-average	0.036	0.091	0.091
6	0.115	0.111	0.101
7	0.077	0.103	0.098
8	0.097	0.085	0.095
9	0.096	0.013	0.075
10	0.091	0.014	0.137
11	0.080	0.123	0.108
12	0.096	0.089	0.122
13	0.118	0.000	0.119
Sub-average	0.096	0.067	0.107
Average	0.073	0.077	0.101
(S.T.D.)	(0.034)	(0.041)	(0.020)

れた F_1 , R_1 が参考になるだろう。

海域による沿岸漁業の漁獲係数の比較 岩手県沿岸の各海域における沿岸漁業の漁獲強度を比較するため、3章で用いた小区画 (C1: 県北部, C2: 県中央部, C3: 県南部) 別に解析を行った。小区画ごとにその中から放流されたものをひとまとめにして、日数ごとに再捕数を算出し、13日目までの沿岸漁業の漁獲係数を算出して比較した (Table 5-4)。14日目以後の漁獲係数は、再捕数が著しく少なくなって、推定値にばらつきが大きくなるので比較の対象としては不適當であると考え、除外した。

1-5日目までの漁獲係数の平均値でみると、C1が最も小さく (0.036/日)、C2とC3はともにほぼ同様の値であった (0.091/日)。また、6-13日目までの平均では、C2が最も小さく (0.067/日)、C1・C3はこれよりやや大きかった (それぞれ、0.096, 0.107/日)。C1から放流された標識魚の多くは、3章で示したとおり、次第に南下してC2・C3に移動することがわかっているので、C1の漁獲係数は、1-5日目の値によく反映されていると考えられ、6日目以後の値は、むしろ、C2・C3の漁獲係数を反映していると思われた。C2では、6-13日目の漁獲係数が小さくなったが、これは、日数が経過して再捕数が少なくなったためのばらつきによるものと思われる。

以上から、岩手県沿岸の沿岸漁業のシロザケ親魚に対する漁獲係数は、県北部が最も小さく、0.036/日程度、県中南部はこれより大きくて、0.1/日前後であると推定した。

Table 5-5. Estimates of mortality coefficient (F , day^{-1}) by coastal fisheries and non-fishing mortality (M , day^{-1}) for each month, when tagged fish were released

	Mortality coefficient in each sub-region		
	October	November	December
Number of fish released	98	2296	1042
M (Non-fishing)	0.116	0.081	0.095
F (Coastal fisheries) (Day after release)			
1	0.116	0.081	0.095
2	0.152	0.067	0.013
3	0.155	0.078	0.023
4	0.035	0.086	0.084
5	0.171	0.087	0.044
Sub-average	0.125	0.088	0.042
6	0.303	0.111	0.082
7	0.083	0.095	0.084
8	0.000	0.095	0.098
9	0.116	0.062	0.081
10	0.000	0.090	0.134
11	0.000	0.109	0.082
12	0.360	0.120	0.110
13	0.000	0.086	0.138
Sub-average	0.108	0.096	0.101
Average	0.115	0.092	0.076
(S.T.D.)	(0.112)	(0.018)	(0.037)

季節による沿岸漁業の漁獲係数の変動 時期による漁獲係数の変動を明らかにするため、月ごとに再捕記録を整理して、日数ごとの再捕数を算出し、沿岸漁業の漁獲係数を算出した (Table 5-5)。これによれば、1-5日目の漁獲係数は、10月に最も大きく (0.125 /日)、次いで11月が大きく (0.088 /日)、12月は最も小さかった (0.042 /日)。また、6-13日目までの漁獲係数は、どの月も、大きな違いはなかった (0.1 /日前後)。

漁獲の主体である定置網の配置や操業状況は漁期を通して (10-12月)、ほとんど変化しないので、この漁獲係数の差異は主に時期による放流魚の行動の違いに起因するものであると考えられる。2章で示した延縄による漁獲分布 (Fig. 2-4) によれば、シロザケ親魚の分布は10月にはごく沿岸域に限られていたが、時期が遅くなるにつれて沖合域に広がっている。沖合に分布する魚群は定置網には入りにくいと考えられるので、1-6日目の漁獲係数が早い月ほど大きい理由は、早い時期の魚群の分布が沿岸に近いためであると思われる。また、7-13日目の漁獲係数がどの月も大差ないのは、どの月においても、放流後、7日以上経過すれば、放流魚は定置網のあるごく沿岸域に入っていることを反映している。

年による沿岸漁業の漁獲係数の変動 年による漁獲係数の変動を明らかにするため、年ごとに再捕記録を整理して、日数ごとの再捕数を算出し、沿岸漁業の漁獲係数を算出した (Table 5-6)。年別に分けると1年ごとの再捕数が少なくなるので、算出される漁獲係数のばらつきが大きくなる。13日目までの平

Table 5-6. Estimates of mortality coefficient (F, day⁻¹) by coastal fisheries and non-fishing mortality (M, day⁻¹) from 1981 to 1986

	Mortality coefficient in year					
	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Number of fish released	87	316	617	408	855	1153
M(Non-fishing)	0.138	0.118	0.096	0.099	0.094	0.065
F (Coastal fisheries) (Day after release)						
1	0.033	0.019	0.069	0.089	0.067	0.033
2	0.020	0.027	0.089	0.133	0.055	0.047
3	0.096	0.083	0.086	0.109	0.186	0.044
4	0.000	0.137	0.074	0.098	0.118	0.061
5	0.069	0.050	0.082	0.059	0.103	0.067
Sub-average	0.043	0.063	0.080	0.097	0.106	0.050
6	0.042	0.086	0.099	0.059	0.127	0.117
7	0.050	0.144	0.078	0.130	0.094	0.080
8	0.061	0.125	0.041	0.103	0.093	0.111
9	0.000	0.078	0.047	0.036	0.065	0.090
10	0.283	0.031	0.041	0.085	0.067	0.149
11	0.000	0.036	0.016	0.076	0.168	0.123
12	0.156	0.042	0.077	0.125	0.144	0.137
13	0.000	0.341	0.023	0.000	0.089	0.133
Sub-average	0.074	0.110	0.053	0.077	0.106	0.117
Average (S.T.D.)	0.062 (0.074)	0.092 (0.080)	0.063 (0.025)	0.085 (0.036)	0.106 (0.038)	0.092 (0.036)

均値で比較すると、1982年がやや大きかった(0.092/日)ことを除くと、1981年が最小で(0.062/日)、1985年が最大であり(0.106/日)、経年的に、やや大きくなる傾向が認められた。このことは、沿岸漁業の漁獲強度が強くなっていることを示すものである。また、1982年については、大型暖水塊の接近のため、水温が高めに経過したことが知られており(岩手県水産試験場, 1988)、シロザケ親魚の回遊経路が高水温の沖合水に圧迫されて例年と比較して沿岸よりになり定置網に漁獲されやすくなった可能性がある。

5.4 標識放流結果の補正から推定した混合比

本研究で行なった標識放流の再捕の大半は、短期間内に放流場所の近辺の定置網から報告されている。これは、標識放流が行われる海域の漁獲圧(漁獲係数)が高いため、本来なら遠方に回遊するものも、放流地点付近で漁獲されてしまうことが多いのではないかと考えられる。

放流後、時間がたってから再捕されたものは、自然死亡および漁獲の影響を長期間にわたって受けているのに対し、放流後、短時間で再捕されたものは、これらの影響を少ししか受けていない。したがって、再捕記録をまとめる時には、放流から再捕までの期間に自然死亡および漁獲で減少した分を補正し、放流時点の尾数に戻して解析を行わなければならない(田中, 1985)。具体的には、再捕記録一例づつについて、放流から再捕までの期間にかかった漁獲係数と自然死亡係数を放流日まで遡って逆算し、放流時点では何尾に相当していたかを算出しなければならない。

ここでは、本研究で行った標識放流試験の再捕結果について、小海区ごとに整理したシロザケ親魚の再捕記録を補正することにより、沿岸漁業による漁獲と非漁業死亡が無い場合の全放流魚の中の各海区に回帰するものの割合(今後これを混合比とする)を推定することを試みた。

漁獲係数と非漁業死亡係数からそのまま混合比を推定する方法(A法) 5.3節の結果から、本研究の標識放流結果から得られた沿岸漁業の漁獲係数は、全再捕結果を合計すると、27日までの平均で0.100/日、非漁業死亡係数は、0.086/日であった(Table 5-3)。また、沿岸漁業の漁獲係数は、ほぼ、時間にかかわらず一定とみなせたので、標識放流結果は、近似的に、非漁業死亡係数0.086/日、漁獲係数0.100/日の指数関数モデルに従うと考えてよい。そこで、1000尾を標識放流した場合の経過日数ごとの生残尾数と漁獲により再捕される尾数および非漁業死亡尾数を算出してみた(Table 5-7)。この時、シロザケ親魚は、河川には遡上しないものとした。これによれば、生残尾数は24日後には、11.5尾となって、ほぼ放流時の1%となった。資料によれば、河川遡上は大半が24日目までにみられているので、シロザケ親魚の寿命も最長24日前後としても大きく矛盾しない。これ以上の再捕は稀であり、かつ異常なデータが混じる恐れもあるので、以後の解析では、全て24日目までのデータだけを用いて計算を行うこととした。ここで、

N_0 : 放流数

N_i : i 日目の生残尾数

F : 沿岸漁業の漁獲係数(0.100/日)

M : 非漁業死亡係数(0.086/日)

S_i : i 日目の再捕数

とすると、 S_i に対応する放流時点の尾数の推定値 $L_{i,0}$ は、

Table 5-7. Survival number (N), fishing mortality number (S), and non-fishing mortality number (B) estimated by the exponential function model based on 1000 tagged & released fish with $F=0.100$, $M=0.086$.

Day	N	S	B	Total
0	1000	0	0	-
1	830.274	91.251	78.476	1000.000
2	689.354	75.763	65.156	830.274
3	572.353	62.904	54.098	689.354
4	475.209	52.228	44.916	572.353
5	394.554	43.363	37.292	475.209
6	327.588	36.003	30.963	394.554
7	271.987	29.893	25.708	327.588
8	225.824	24.819	21.344	271.987
9	187.496	20.607	17.722	225.824
10	155.673	17.109	14.714	187.496
11	129.251	14.205	12.217	155.673
12	107.314	11.794	10.143	129.251
13	89.100	9.792	8.422	107.314
14	73.977	8.130	6.992	89.100
15	61.421	6.750	5.805	73.977
16	50.996	5.605	4.820	61.421
17	42.341	4.653	4.002	50.996
18	35.155	3.864	3.323	42.341
19	29.188	3.208	2.759	35.155
20	24.234	2.663	2.291	29.188
21	20.121	2.211	1.902	24.234
22	16.706	1.836	1.579	20.121
23	13.870	1.524	1.311	16.706
24	11.516	1.266	1.088	13.870
25	9.562	1.051	0.904	11.516
26	7.939	0.873	0.750	9.562
27	6.591	0.724	0.623	7.939
28	5.473	0.601	0.517	6.591
29	4.544	0.499	0.429	5.473
30	3.773	0.415	0.357	4.544
31	3.132	0.344	0.296	3.773
32	2.601	0.286	0.246	3.132
33	2.159	0.237	0.204	2.601
34	1.793	0.197	0.169	2.159
35	1.488	0.164	0.141	1.793
36	1.236	0.136	0.117	1.488
37	1.026	0.113	0.097	1.236
38	0.852	0.094	0.081	1.026
39	0.707	0.078	0.067	0.852
40	0.587	0.065	0.056	0.707
41	0.488	0.054	0.046	0.587
42	0.405	0.044	0.038	0.488
43	0.336	0.037	0.032	0.405
44	0.279	0.031	0.026	0.336
45	0.232	0.025	0.022	0.279
46	0.192	0.021	0.018	0.232
47	0.160	0.018	0.015	0.192
48	0.133	0.015	0.013	0.160
49	0.110	0.012	0.010	0.133
50	0.091	0.010	0.009	0.110

Table 5-8. Daily tag recoveries by sub-region from 766 chum salmon in C1, 1981-86

Day	Recoveries by sub-region (in number)								Total
	A	B	C1	C2	C3	C4	D	E	
1	0.0	0.0	10.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4
2	0.0	0.0	5.0	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7
3	0.0	1.6	13.3	1.4	4.2	0.0	0.0	0.0	20.5
4	0.0	1.6	13.0	17.0	5.5	0.0	0.0	0.0	37.1
5	0.0	1.6	1.7	14.2	5.5	0.0	0.0	0.0	23.0
6	0.0	0.0	22.9	14.1	11.0	0.0	0.0	0.0	48.1
7	0.0	1.6	8.3	8.5	4.2	0.0	1.3	0.0	23.9
8	0.0	0.0	8.3	9.9	6.9	0.0	1.3	0.0	26.4
9	0.0	0.0	1.7	10.0	6.9	0.0	1.3	0.0	19.9
10	0.0	0.0	3.3	8.3	8.3	0.0	0.0	0.0	19.9
11	0.0	0.0	0.0	9.9	2.8	0.0	0.0	0.0	12.6
12	1.3	0.0	3.3	7.0	2.7	0.0	0.0	0.0	14.4
13	1.3	0.0	8.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5
14	0.0	0.0	5.0	10.0	2.8	0.0	0.0	0.0	17.7
15	0.0	0.0	0.0	4.1	4.2	0.0	0.0	0.0	8.2
16	1.3	0.0	0.0	5.6	2.8	0.0	0.0	0.0	9.7
17	1.3	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
18	1.3	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
19	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	2.8
20	0.0	1.6	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	4.4
21	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
Total	6.7	8.0	104.0	142.7	70.6	0.0	4.0	0.0	335.9
%	2.0	2.4	31.0	42.5	21.0	0.0	1.2	0.0	100.0

$$L_{i,0} = S_i / \exp(- (F+M) i) \quad (6)$$

と書ける。したがって、 $1 / \exp(- (F+M) i)$ を求めて、 S_i の観測値 (日別再捕数に当る) に掛けることによって、放流時点に戻した尾数を推定することができる。例として、C1から放流したシロザケ親魚の再捕海區別、日数ごとに整理した再捕記録 (Table 5-8) に(6)式を適用して、海區別の推定尾数を集計し、その割合および合計を示した (Table 5-9)。再捕記録の整理にあたっては、全再捕記録を報告

Table 5-9 Corrected number of tag recoveries of Table 5-8 by the method A

Days	$S_i / \exp(-(F+M)i)$	Corrected number by sun-region								Total
		A	B	C1	C2	C3	C4	D	E	
(i)										
1	1.2	0.0	0.0	12.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7
2	1.5	0.0	0.0	7.2	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5
3	1.7	0.0	2.8	23.2	2.5	7.3	0.0	0.0	0.0	35.8
4	2.1	0.0	3.4	27.3	35.8	11.7	0.0	0.0	0.0	78.1
5	2.5	0.0	4.1	4.2	36.1	14.1	0.0	0.0	0.0	58.4
6	3.1	0.0	0.0	70.0	43.2	33.7	0.0	0.0	0.0	146.9
7	3.7	0.0	5.9	30.5	31.4	15.3	0.0	4.9	0.0	88.0
8	4.4	0.0	0.0	36.8	43.7	30.7	0.0	5.9	0.0	117.1
9	5.3	0.0	0.0	8.9	53.1	37.0	0.0	7.1	0.0	106.1
10	6.4	0.0	0.0	21.3	53.1	53.5	0.0	0.0	0.0	128.0
11	7.7	0.0	0.0	0.0	76.4	21.5	0.0	0.0	0.0	97.9
12	9.3	12.4	0.0	31.0	65.5	25.4	0.0	0.0	0.0	134.2
13	11.2	15.0	0.0	93.2	31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	140.1
14	13.5	0.0	0.0	67.4	134.7	37.5	0.0	0.0	0.0	239.6
15	16.3	0.0	0.0	0.0	66.6	67.8	0.0	0.0	0.0	134.4
16	19.6	26.1	0.0	0.0	109.9	54.4	0.0	0.0	0.0	190.4
17	23.6	31.5	0.0	0.0	33.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65.1
18	28.4	37.9	0.0	0.0	121.5	0.0	0.0	0.0	0.0	159.4
19	34.3	0.0	0.0	0.0	48.8	47.5	0.0	0.0	0.0	96.3
20	41.3	0.0	66.0	0.0	58.7	57.3	0.0	0.0	0.0	182.0
21	49.7	0.0	0.0	0.0	70.7	0.0	0.0	0.0	0.0	70.7
22	59.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	72.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	56.8	0.0	0.0	0.0	239.4	0.0	0.0	0.0	0.0	239.4
Total		123.0	82.1	433.0	1366.4	514.6	0.0	17.9	0.0	2537.1
%		4.8	3.2	17.1	53.9	20.3	0.0	0.7	0.0	100.0

率0.75で割り、さらに再捕日不明の再捕数を再捕日のわかっている再捕数に比例配分して加算した。計算結果 (Table 5-9) をみると、長い日数の再捕数に重みをつけ、短い日数での再捕数を小さく評価するようになっており、実数の合計だけから計算した各海区に回帰するものの比よりは、真実に近い数字になっているものと思われた。しかし、放流時に逆算した時の合計尾数 (放流尾数の推定値) は、約2,537尾となって、これは実際の数値 (766尾) と比較して著しく大きい。

漁獲係数が非常に大きい場合、放流後、短期間で放流位置の近くで再捕されたものの中には、遠方に移動する途上のものが多く含まれていると考えられる。このため、日別の再捕数をそのまま漁獲係数・非漁業死亡係数で逆算して放流数を推定すると漁獲死亡分を重複して計算*することとなり、逆算した放流数は、実際の放流数よりはるかに大きくなってしまいます。また、再捕されたものは全部が再捕された海区に戻るものとして計算されることとなり、放流直後に再捕の多い放流点近くの海区の割合を過大に評価することになってしまう。したがって、この方法で推定された混合比は、放流点近くの海区の比率が大きめになっている可能性が高い。

漁獲死亡数を補正しながら混合比を推定する方法（B法） A法の欠点を補うため、放流後、十分時間が経過して、シロザケ親魚が母川か母川のある海区内に回帰していると考えられる時点 t （本研究では24日目）を想定し、この時点の再捕数 S_t を基準として、これ以前の漁獲死亡数を修正しながら、逆算を行う方法を考えた。 t 日目の再捕数を S_t とすると、これに対応する0日目の尾数 $L_{t,0}$ は、漁獲係数 F および非漁業死亡係数 M を用いて、逆算すると

$$L_{t,0} = S_t / \exp(- (F + M) t) \quad (7)$$

と書ける。 t 日目を基準に考えると、 $t - 1$ 日目の再捕数には、本来は、 $t - 1$ 日目まで生存して、 t 日目に再捕されるはずであった放流魚数を含むと考えることができるので、これに該当する分 $D_{t,t-1}$ を差し引いた後、逆算を行う必要がある。すなわち、

$$L_{t-1,0} = (S_{t-1} - D_{t,t-1}) / \exp(- (F + M) (t - 1)) \quad (8)$$

ここで、 $D_{t,t-1}$ を求める方法を考える。 S_t に対応する0日目の尾数は、 $L_{t,0}$ であるから、 $t - 2$ 日目には、この尾数は、指数関数的に減少して、

* 例えば、100尾を放流し、1日目から19日目まで毎日数尾ずつの再捕が報告され、最後に20日目に1尾の再捕があったとする。20日目の1尾を漁獲係数と非漁業死亡係数で補正して放流時点には何尾に該当していたか推定したところ20尾になったとする。この時、計算上20尾中漁獲で死亡したものが10.0尾、非漁業死亡が9.0尾となったとする（残りは、20日目に報告された1尾）。ところがこの漁獲死亡分は19日目までに漁獲されたわけであるから、実際には標識放流魚の再捕として19日目までにすでに報告されている数の中に含まれているはずである。したがって、次に19日目の再捕尾数を漁獲係数と非漁業死亡係数で補正して放流時点の尾数を推定する場合、19日目の再捕数の一部はすでに20日目の再捕数を基礎に補正されていることになる。したがって、19日目の再捕数を日数と漁獲係数、非漁業死亡係数でそのまま補正すると、補正される再捕尾数の一部は二重に補正されることになる。同様に1-18日についても、再捕数を直接、漁獲係数、非漁業死亡係数で補正して放流時点の尾数を推定すると再捕尾数の一部は重複して補正されることになる。したがって、補正した尾数を1-20日目まで合計すると合計尾数は、本来放流尾数と一致するはずであるのに、実際の計算結果は放流尾数をはるかに上回ることになる。A法による推定がこれに当たる。

$$L_{t,t-2} = L_{t,0} \exp(- (F+M) (t-2)) \quad (9)$$

と書ける。 $L_{t,t-2}$ に対して、漁獲係数と非漁業死亡係数が掛かってくるので、 $t-1$ 日目に漁獲される尾数 D_{t-1} は、

$$D_{t,t-1} = F / (F+M) \cdot L_{t,t-2} \cdot (1 - \exp(- (F+M))) \quad (10)$$

と書くことができる。ここで、 $L_{t,t-2}$ は、 S_t から、2日分の漁獲係数と非漁業死亡係数を逆算して求められる値であることから、

$$L_{t,t-2} = S_t / \exp(- (F+M) \cdot 2) \quad (11)$$

したがって、(11)を(10)に代入することによって、 $D_{t,t-1}$ を t 日目の再捕尾数 S_t から求めることができる。また、これを(8)に代入することによって、 $t-1$ 日目の再捕尾数 S_{t-1} に対応する放流時の尾数 $L_{t-1,0}$ を求めることができる。また、

$$T_{t-1} = S_{t-1} - D_{t,t-1} \quad (12)$$

は、 t 日目の再捕が100%正確である(母川の海区に回帰している)と仮定して、 $t-1$ 日目の再捕数から t 日目の再捕数 S_t を基礎(確実な数)として考えた漁獲死亡分の尾数を差引いたものであり、 $t-1$ 日目の再捕数の内の確実な尾数ということになる。次に同様の手順で

$$T_{t-2} = S_{t-2} - D_{t,t-2} - D_{t-1,t-2} \quad (13)$$

から T_{t-2} を求めることができ、同様の手順で順次、 T_{t-3}, \dots, T_2, T_1 をもとめることができる。またこれから、(7)式を適用して、 $L_{t-2,0}, L_{t-3,0}, \dots, L_{2,0}, L_{1,0}$ を求めることができる。

ここで、実際の再捕数 S_t と0日目に換算した尾数 $L_{t,0}$ との比を、

$$G_t = L_{t,0} / S_t \quad (14)$$

とすると、 G_t が与えられれば、 S_t から $L_{t,0}$ を計算することができる。ここでは、前節と同様に沿岸漁業による漁獲係数 $F=0.100$ /日、非漁業死亡係数 $M=0.086$ /日とした指数関数モデルにおいて (Table 5-7)、基準となる日を24日目の再捕数において、 G_t を推定した (Table 5-10)。また、この方法をA法と同じデータ (Table 5-8) に適用した結果を示した (Table 5-11)。これによれば、A法の適用例 (Table 5-9) よりもさらに長い日数の再捕数に重みがついていることがわかる。逆算した放流数は、約967個体でA法よりも実際の放流数 (766個体) に近かった。B法は、再捕の最終日の再捕数を確実な情報をもっているものとして、これを基準にして、これより前の日の不確実な部分を全部除去する形をとっており、やや、日数が大きい時の再捕数の持つ情報を過大に評価しているきらいがある。したがっ

て、混合比の真の値はA法による推定とB法による推定値の間にあると考えられる。

Table 5-10. Estimates of G_i based on $F; 0.100 \text{ day}^{-1}, M; 0.086 \text{ day}^{-1}, t; 24$

海区別再捕データへの適用 各月、各放流海区ごとに、再捕数の単純合計から計算した混合比 (Table 5-12のT) とA法, B法を適用して算出した混合比とを合せて示した (Table 5-12)。これによれば, C1から放流したものは, 11・12月とも、再捕の単純合計では, 30%程度がC1で再捕されたが, A法, B法で推定した混合比は, C1の比率は10%前後に低く見積もられた。また, A, B海区に北上するものの比率は, 8-10%程度と高く評価された。特に, 11月については, A・B海区の比率が10-20%に及ぶと推測された。数量的には, C2に移動するものの比率が高く, その比率は, 11月で40%前後, 12月で60-70%になるものと考えられた。C3に移動するものの比率は, 11月に高く, 30%弱を占めたが, 12月になるとその比率は低下し, 10-20%程度になるものと評価された。したがって, 岩手県北部に來遊するシロザケ親魚は地元の資源は1-2割程度で比較的少なく, 岩手県中部に回帰する資源が4割以上を占め, 次いで2-3割が岩手県南部に回帰し, 残りの1割程度は青森県および本州の日本海側へ回帰するもので構成されていると推定された。

C2から放流したものは, 11月はC2の比率が40%前後, C3に移動する比率が50%以上と推定された。また, 12月はC2の比率が70-90%程度と高くなり, C3に移動する比率は10%前後に低下した。したがって, 県中央部沿岸に來遊する資源は, 11月は県南部に回帰する資源が5割程度を占めており, 地元へ回帰する資源は4割程度であるのに対し, 12月は地元の資源が7-9割を占めていると推測された。

C3から放流したものは, 11, 12月ともに60-80%がC3で再捕されており, C2に移動したものの比率は10-20%程度であった。また, 12月は, C1まで移動したものの比率が10%程度あったと推定された。一方, D, E海区に南下したものの比率は比較的 low, 5%以下であると評価された。したがって, 岩手県南部に來遊する資源は, 地元の資源が6-8割を占め, 県中北部へ回帰するものの比率は1-3割程度であると推測された。

全体では, C海区で放流されたものの内, 95%程度がC海区内に回帰するものと推測され, A, B海区に回帰するものは, 2-3%程度, D, E海区に回帰するものは2%前後であると推定された。し

Days	G_i
1	0.082760
2	0.111986
3	0.151533
4	0.205045
5	0.277453
6	0.375433
7	0.508013
8	0.687411
9	0.930162
10	1.25864
11	1.70311
12	2.30454
13	3.11837
14	4.21958
15	5.70967
16	7.72597
17	10.4543
18	14.1461
19	19.1417
20	25.9013
21	35.048
22	47.4248
23	64.1724
24	86.8341

Table 5-11. Corrected number of tag recoveries of Table 5-8 using the method B based on G... (Table 5-10) F; 0.100 day⁻¹, M; 0.086 day⁻¹

Days (i)	Gi	Corrected number by sub-region								Total
		A	B	C1	C2	C3	C4	D	E	
1	0.083	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
2	0.112	0.0	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
3	0.152	0.0	0.2	2.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	3.1
4	0.205	0.0	0.3	2.7	3.5	1.1	0.0	0.0	0.0	7.6
5	0.277	0.0	0.4	0.5	3.9	1.5	0.0	0.0	0.0	6.4
6	0.375	0.0	0.0	8.6	5.3	4.1	0.0	0.0	0.0	18.1
7	0.508	0.0	0.8	4.2	4.3	2.1	0.0	0.7	0.0	12.2
8	0.687	0.0	0.0	5.7	6.8	4.8	0.0	0.9	0.0	18.2
9	0.930	0.0	0.0	1.5	9.3	6.4	0.0	1.2	0.0	18.5
10	1.259	0.0	0.0	4.2	10.4	10.5	0.0	0.0	0.0	25.1
11	1.703	0.0	0.0	0.0	16.8	4.7	0.0	0.0	0.0	21.5
12	2.305	3.1	0.0	7.7	16.2	6.3	0.0	0.0	0.0	33.2
13	3.118	4.2	0.0	25.9	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	38.9
14	4.220	0.0	0.0	21.0	42.0	11.7	0.0	0.0	0.0	74.8
15	5.710	0.0	0.0	0.0	23.4	23.8	0.0	0.0	0.0	47.1
16	7.726	10.3	0.0	0.0	43.3	21.4	0.0	0.0	0.0	75.0
17	10.454	13.9	0.0	0.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8
18	14.146	18.9	0.0	0.0	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	79.3
19	19.142	0.0	0.0	0.0	27.2	26.5	0.0	0.0	0.0	53.8
20	25.901	0.0	41.4	0.0	36.9	35.9	0.0	0.0	0.0	114.2
21	35.048	0.0	0.0	0.0	49.9	0.0	0.0	0.0	0.0	49.9
22	47.425	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	64.172	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	86.834	0.0	0.0	0.0	239.4	0.0	0.0	0.0	0.0	239.4
Total		50.3	43.3	85.4	623.7	161.6	0.0	2.8	0.0	967.1
%		5.2	4.5	8.8	64.5	16.7	0.0	0.3	0.0	100.0

たがって、岩手県沿岸に來遊する資源の約95%は岩手県内の河川に遡上する資源であると考えられた。

混合比推定の問題点 この方法を実際のデータに適用するに場合、問題となるのは、漁獲係数および非漁業死亡係数の設定である。前節で示した例では、これらを一定として推定を行った。しかし、岩手県北部 (C1) から放流したものの漁獲係数の推定結果は (Table 5-4)、放流後 1-5 日目の漁獲係数 (0.036/日) と 6-13 日目以後の漁獲係数 (0.096/日) では、かなりの違いがあり、漁獲係数は時間的に変化していると考えた方が適当であるケースもあると考えられる。このような場合は、十分な数量の標識再捕結果から経過日数ごとの漁獲係数を推定しておき、日数ごとの漁獲係数を用いて、放流数の

Table 5-12 Corrected percentages of tag recoveries by region using the methods A and B. (T: uncorrected percentages)

A: Japan sea, B: Pacific coast of Aomori, C1: Northern part of Iwate, C2: Mid part of Iwate, C3: Southern part of Iwate, C4: Offshore waters of Iwate, D: Miyagi, E: Fukushima, Ibaraki and Chiba

Released region	month	method	Percentages of tag recoveries								Total
			A	B	C1	C2	C3	C4	D	E	
C1	Nov.	T	3.2	3.2	30.5	40.0	21.1	0.0	2.1	0.0	100.0
		A	7.4	7.7	13.6	44.8	25.1	0.0	1.4	0.0	100.0
		B	8.0	13.2	6.7	41.5	30.1	0.0	0.6	0.0	100.0
	Dec.	T	1.3	1.9	31.6	43.2	21.3	0.0	0.7	0.0	100.0
		A	3.8	0.7	17.9	58.7	18.5	0.0	0.4	0.0	100.0
		B	4.2	0.2	9.0	74.4	12.0	0.0	0.2	0.0	100.0
	Sub-total	T	2.0	2.4	31.0	42.5	21.0	0.0	1.2	0.0	100.0
		A	4.9	3.2	17.1	53.9	20.3	0.0	0.7	0.0	100.0
		B	5.2	4.5	8.8	64.5	16.7	0.0	0.3	0.0	100.0
C2	Oct.	T	0.0	0.0	0.0	51.6	48.4	0.0	0.0	0.0	100.0
		A	0.0	0.0	0.0	58.8	41.2	0.0	0.0	0.0	100.0
		B	0.0	0.0	0.0	67.3	32.7	0.0	0.0	0.0	100.0
	Nov.	T	0.0	0.0	3.5	50.4	45.5	0.0	0.6	0.0	100.0
		A	0.0	0.0	2.1	45.3	49.8	0.0	2.7	0.0	100.0
		B	0.0	0.0	1.0	39.5	55.5	0.0	4.0	0.0	100.0
	Dec.	T	0.0	0.0	16.0	56.0	28.0	0.0	0.0	0.0	100.0
		A	0.0	0.0	13.1	71.7	15.2	0.0	0.0	0.0	100.0
		B	0.0	0.0	5.1	89.9	5.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Sub-total	T	0.0	0.0	4.4	51.2	43.9	0.0	0.4	0.0	100.0
		A	0.0	0.0	4.0	51.3	42.6	0.0	2.0	0.0	100.0
		B	0.0	0.0	2.3	56.5	38.6	0.0	2.7	0.0	100.0
C3	Nov.	T	0.0	0.0	2.5	15.6	80.3	0.0	1.3	0.3	100.0
		A	0.0	0.0	2.9	19.5	74.6	0.0	2.1	0.9	100.0
		B	0.0	0.0	1.8	17.7	77.2	0.0	2.2	1.2	100.0
	Dec.	T	0.0	0.0	5.5	38.3	50.8	0.0	4.7	0.8	100.0
		A	0.0	0.0	9.0	23.5	63.3	0.0	3.8	0.5	100.0
		B	0.0	0.0	13.3	9.2	75.5	0.0	1.9	0.1	100.0
	Sub-total	T	0.0	0.0	3.0	19.3	75.5	0.0	1.8	0.4	100.0
		A	0.0	0.0	4.2	20.3	72.3	0.0	2.4	0.8	100.0
		B	0.0	0.0	4.9	15.5	76.6	0.0	2.1	0.9	100.0
Total	T	0.4	0.5	[	97.5	]	1.4	0.2	100.0		
	A	1.3	0.9	[	95.6	]	1.8	0.5	100.0		
	B	1.5	1.3	[	95.2	]	1.6	0.5	100.0		

逆算(補正)を行うべきだろう。

また、大半の再捕が20日以内であって、1尾だけ、50日目に再捕があった場合を考えると、本研究の標識放流のように漁獲係数や死亡係数が非常に大きい場合には、放流時点まで逆算する過程で、50日目の1尾は他の再捕と比較して非常に大きく評価され、不自然な結果を得ることが予想される。

このような場合、飛び離れた50日目の1尾は、当初考えた指数関数モデルにはあてはまらないと考えざるを得ない。指数関数モデルに従えば、日数が経過すれば、再捕尾数は急速に減少し、50日目に再捕がある可能性は非常に少ないと考えられる。しかし、実際の標識放流実験においては、しばしば、このような例がみられる。極端な例を上げると、もし、未成魚や親魚であっても非常に遠方に回帰するようなものが放流魚の中に含まれていた場合、これらの魚体の回遊行動は他と比較して大きく異なるはずであるから、漁獲係数や非漁業死亡係数も大きく異なり(おそらく、ずっと小さいと思われる。)、他と同じ補正係数を用いることは危険が大きい。

したがって、ここで提案したモデルは、ほぼ同様の漁獲係数のかかっている海域を回遊するほぼ同様の成熟段階の魚体に限定して適用することが望ましい。日本海側や茨城県など遠方に回遊して再捕されるものについて考えると、これらの地域には、シロザケ親魚を漁獲するための定置網が岩手県沿岸と比較して少なく、漁獲係数が小さいと推測されるので、このモデルにより計算されたこれらの地域に回帰する群の岩手県沿岸での混合比はやや過大に推定される可能性がある。

また、もともと、資源量の少ない系統群について考える時には、高い漁獲圧と死亡係数によって、その系統群のすべての標識魚が母川のある海区に達する前に失われてしまうことが考えられる。この場合は、その海区に属する資源は評価されないことになる。したがって、標識放流試験を行う際には、目標とする海区全部に評価するに十分な数の再捕が得られるように標識放流数をできるだけ大きくすることが重要である。

標識魚が河川に遡上するまでに要する日数の推定 5.3節で、河川漁業の漁獲係数が15-17日目に大きくなることを明らかにした(Table 5-3)。これは、この期間にシロザケ親魚が河川に遡上しようとする傾向が顕著になることを示している。

そこで、沿岸漁業が無かった場合に河川に遡上する尾数を日数ごとに推定することを試みた。日数ごとの河川遡上数のデータ(Table 5-2)を用いて、沿岸漁業の漁獲係数を0.100/日、非漁業死亡係数を0.086/日として、放流時の尾数を逆算し、これを日数ごとに整理し、百分比と累積曲線を示した(Fig. 5-8)。非漁業死亡係数を計算に入れた理由は、非漁業死亡の原因は標識するために延縄で漁獲した時の傷によるものが多いと考えたからである。通常、この程度の大きさの魚類の自然死亡率は非常に小さいと考えられる。

これによって得られた日数ごとに対

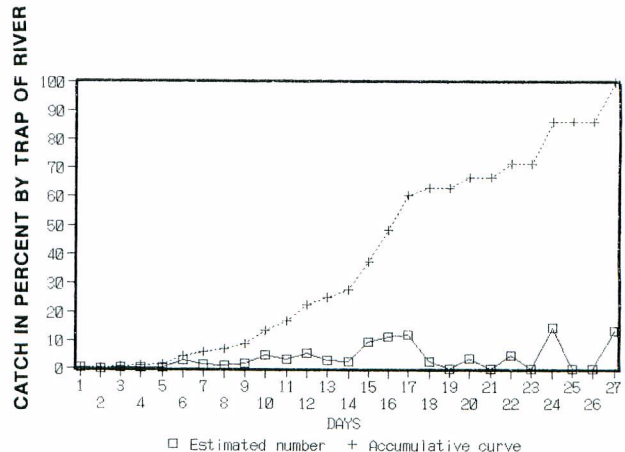


Fig. 5-8. Estimated catches of river fisheries from tagging experiments of 1981-86 on the assumption that coastal fisheries do not exist.

応する放流尾数は、沿岸漁業が無い場合に河川に遡上する尾数に当ると考えることができる。これによれば、遡上尾数が増加するのは、10日目以降であり、最も多くなるのが15-17日目であることがわかった。また、累積曲線から、20日目までに70%が遡上することがわかった。実際の河川の再捕は、6-12日目にかけて多く、河川再捕の平均日数は10日内外である。これは、10日目以後に河川に遡上するものは、沿岸漁業の漁獲強度が強いため、生残尾数が著しく減少してしまうのに対し、放流後、短期間で河川に遡上するものは漁獲を受ける期間が短いので、見かけ上は多くのものが河川に遡上できることを反映している。したがって、放流後、河川遡上までに要する平均的な日数は15-17日であると推定した。

第6章 総合考察

本論文では、研究結果から直接考察できるような事柄については、研究結果を記述した各章に含めた。第6章では、本研究のなかで究明した主な点と同時にこれによって明らかになった問題点について述べ、将来の本州太平洋岸のさけ資源の利用と管理の方策を立てるために必要な水産学的基礎知見について論及した。

6.1 分布と回遊経路について

本研究により、表層では、シロザケ親魚は、北海道東部沖合から青森県北部沖合までは、親潮域に分布していることが確認されたが (Fig. 2-2)、岩手県近海では、シロザケ親魚の分布はごく沿岸域 (距岸20km以内) に限定され、沖合域 (距岸20km以東) の分布は極めて少ないことも明らかになった。岩手県の距岸20km以東の海域は沿岸の津軽暖流域と比較して水温が低く (上野・山崎, 1987)、親潮の影響が強いと考えられるが、10-11月の表面水温は15°C以上でシロザケの好適水温よりも高い。本研究結果からも、岩手県沖合では、シロザケ親魚は親潮域表層を主回遊経路 (遊泳層) としていないと考えられた。しかし、この海域の中・底層の水温は低く、シロザケの好適水温であるため、シロザケ親魚は岩手県以南の海域では沖合の中下層を回遊していることが示唆された。

本研究の底曳網の混獲調査により、シロザケ親魚は、岩手県のごく沿岸の表層以外に、岩手県沖合の水深200-350mの海底部付近 (距岸22-37km 付近) に分布していることが確認された。この海域は大陸棚縁辺部と大陸斜面の境界域に当り、海洋学的には、沿岸の津軽暖流と多くの場合は親潮系水が主体の沖合水との境界域に該当している。通常、海洋のごく表層に分布しているとされてきたシロザケが海底を回遊していることは、水温が高い表層を避けるための生態的な選択であると考えられる。

佐野 (1989) は、北海道東部沖合で行った流し網および浮子付延縄の漁獲試験で、多数のシロザケ親魚が漁獲されたことを報告しており、このことは、この海域では、シロザケ親魚が、北太平洋沖合域と同様、表層に分布していることを示している。したがって、シロザケ親魚が表層から中・底層に遊泳層を拡大するのは、岩手県北部と北海道東部の中間に当る青森県の太平洋側沖合から襟裳岬南方の海域であると思われる。この海域には、親潮の張り出しとともに、津軽暖流の津軽海峡東側への張り出しや黒潮続流起源の暖水塊が分布することが知られており (友定, 1975)、シロザケ親魚はこれらの暖水と遭遇することによって遊泳層の変更を迫られていると考えられよう。

本研究では、シロザケ親魚の海底部近くでの分布が、宮城県以南の海域にどの程度広がっているかについて明らかにできなかったが、千葉および茨城県沖合でもシロザケ親魚が海底部付近で漁獲されることが知られており (千葉県, 1988)、海底部近くの分布は大陸棚沿いに岩手県以南にも伸びていると考え

てよいだろう。本研究の岩手県沿岸域での標識放流結果では、標識魚の再捕は非常に広い範囲でみられた。論文中で、このことは、多くの地域に回帰するシロザケ親魚が岩手県沿岸域をその回遊経路として利用していることを示していると述べた。しかし、太平洋側の岩手県以南(宮城、福島、茨城、千葉県)の総漁獲尾数の合計が、岩手県を含めた総漁獲尾数に占める割合は、本研究が行われた期間(1981-1986年)の平均で約6%程度である(岩手県漁業振興課, 1988)。もし、南下する魚群全部が、岩手県の表層・沿岸域を利用しているとする、標識放流の再捕結果から推定される岩手県以南の海区(D, E海区)に回帰する魚群の全体に対する比率(混合比, Table 5-12)は、少なくとも6%以上にならなければならない。しかし、実際のD, E海区の占める比率は、2%以下で非常に低い。これは、南下する魚群の多くは、岩手県の表層・沿岸域以外の経路を利用していることを示し、このことから、かなりの部分は沖合の海底を回遊経路として利用していると考えるのが妥当に思われる。

さらに、本研究の生殖腺調査の結果によれば、海底に分布するものは、沿岸のものと比較するとより未熟であることが示された。したがって、シロザケ親魚は成熟が進まない内は、沿岸に接近しないで大陸棚と大陸斜面の境界付近の海底(水深200-350m)を通過して南下し、成熟が進むと共に沿岸に接近すると考えることができる。

沖合底層での移動と沿岸域に入ってから表層を回遊する様子をさらに詳細に明らかにするためには、海洋構造、とりわけ暖水とシロザケ親魚との行動の関係を明らかにすることが重要であり、このためには、Quinn *et al.*, (1989)が行ったような、水温観測とバイオテレメトリー調査を組合せた調査が有効であると考えられる。水温構造とシロザケ親魚の行動の対応関係の直接的な事例を集積することによって、これらの関係をより明確にできると考えられる。また、表層のさけ・ますは魚群探知器を利用して個体識別が可能なので(安間ら, 1977)、将来、深層(200-300m層)でも個体ごとにシロザケ親魚の識別ができるような魚群探知器が開発、利用できるようになれば、魚群探知器と海洋観測を組合せて調査することによって、シロザケ親魚の中層下の分布についてより量的な情報を加え、さらに詳細に行動が明らかにできるに違いない。本研究では、本州の沖合と沿岸でのシロザケ親魚の行動についての基本的側面を明らかにし、また、これに基づいた今後の研究を具体的に提案できたと考える。

6. 2 生物学的調査の結果について

成長率の低下 本研究で1982年以後認められたシロザケの成長率の低下は、シロザケ資源の急速な増大にともなう現象であると考えた。資源の増大によって成長率の低下が、将来さらに顕著になれば、生残率の低下などを引き起こす可能性がある。さけ・ますの増殖事業は世界的に盛んになりつつあり、北太平洋に放流される幼魚数は、今後、一層、増加すると考えられ、この問題については、早急に北太平洋沖合域を含めた広い範囲でのさけ・ますの環境収容力の推定、餌料および胃内容物の調査などを行う必要があると思われる。

成熟にともなう魚体の変化 本研究では、岩手県沿岸に来遊したシロザケ親魚は成熟が進み、それにもなると、胃・幽門垂の重量、プロテアーゼ活性が著しく低下していることを明らかにした。また、本研究で行われた胃内容物調査の結果から、岩手県沖合に来遊した時にはすでにほとんど摂餌しないことも明確にされた。これらは、成熟と母川回帰のための長距離の回遊を行うための生理的な変化であり、筋肉成分の変化なども関連した性成熟にともなう一連の変化と考えられる。本研究では、いわゆるトキシラズを例に産卵回遊に入る前の成熟初期の魚と成熟の最終段階に近い産卵親魚を調査し、成熟にともなって消化器官が退縮することや摂餌をほとんどしなくなることなどの基本的側面を明らかにした

が、性成熟過程にあるシロザケ親魚については調査できなかった。また、トキシラズは本州系のシロザケではないと考えられており(例えば, Neave *et al.*, 1976; Okazaki, 1986), 本研究では本州系のシロザケの産卵回遊前の魚体については調査を行っていない。本州系シロザケの性成熟にともなう消化器官, 筋肉, 食性などの変化の詳細を理解するためには, 成熟初期から産卵までの色々な成熟段階の魚体を成熟段階に沿って調査しなければならない。そこで, 今後は, 北海道東部海域や千島列島沿岸まで調査海域を広げて, 色々な成熟段階のシロザケの標本採集を行い, 生理生態学的な特性を明らかにし, 成熟にともなう消化器官の変化の詳細を把握することが残されている。

6. 3 漁業と資源の関係

各海域に分布する魚群の回帰先と漁業との関係 本研究では, 岩手県沖合の各海域から放流した標識魚の回帰先の比率(混合比)を推定した。これによれば, 北の海域に分布する群には南に回帰するものが多く含まれているが, 南の海域に分布する群はその近くの河川に回帰するものの割合が多かった(Table 5-12)。したがって, 北の定置網ほど南の資源を先取りする傾向が強いことになる。特に, 県北部に分布する魚群の8-9割は他の海域に回帰すると推定され, 県中部の魚群でも11月は約半分が県南部に回帰する魚群であり, 定置網で漁獲されている魚群の回帰先もこの比率に近いと考えられる。従来, 沿岸定置網の漁況変動は, 親潮の張り出しと接岸位置によって変動し, 親潮が強勢な時は, 親潮によって県南部に魚群が運ばれることによって, 県南部の定置網が好漁になるとされてきた(井ノ口ら, 1980; 石田, 1990)。本研究によれば, 沿岸域の定置網を中心とした沿岸漁業の漁獲強度が非常に高いことがわかった。このことは魚群の回遊経路がわずかに沿岸寄りになっただけで, 県中北部の定置網による県南部起源の魚群の先取り率が著しく大きくなることを示している。したがって, 親潮による直接的な魚群の輸送状態の変化よりは, 県中北部の沿岸漁業による県南部起源の資源の先取り率の変化が県内各地区の漁獲量の割合(漁況)を変化させていると考えたほうが妥当に思われる。県南部の漁獲量に関係する県中北部の漁獲強度は, 将来の漁業調整を考える際に考慮すべき重要な要素であることを指摘したい。

沿岸漁業の漁獲強度と自然死亡 本研究の標識放流結果から推定した岩手県沿岸域の漁獲係数は, 概ね, 0.100/日程度であり, 沿岸漁業の漁獲係数としては, 非常に大きい。しかし, 自然の状態(標識をしない状態)のシロザケ親魚が漁獲されることを想定して試算した場合, 自然死亡係数を0にした場合, 生残尾数が0日目の10%以下になるのは

$$\exp(-0.100 \cdot d) = 0.100 \quad d = 23$$

であるから, 23日目以後である。実際にはシロザケ親魚は23日以前には大半が河川に遡上するから, 生残ったものが全部河川に遡上すると仮定すると, 河川遡上率は10%以上にならなければならない。しかし, 岩手県の河川遡上率は, 1983年以後は5%以下である。このことは, 自然死亡がかなり大きいかまたは, 漁獲係数が本研究の推定より大きいことになる。シロザケ親魚は, 河川遡上をひかえて, 大きな生理的変動期にあることや河川探索のため, 体力を消費すると考えられており, これらの生理的原因により自然死亡(斃死)が増加することが想定される。また, 沿岸漁業の漁獲係数が本研究の推定より大きい可能性もある。特に, 本研究の標識放流結果では, 延縄での再捕が非常に少なく, 延縄の漁獲強度を過小に評価しているのかもしれない。これらの点の解明は今後の課題である。

延縄漁業の性格 延縄漁業は就業漁船数が極めて多いにもかかわらず、その漁獲量は、全体の2割以下に留まっている。本研究の延縄の漁獲試験結果によれば、シロザケ親魚の表層分布は、ごく沿岸域に限られているため、漁場面積は非常に小さい。したがって、この漁場面積の制約が延縄の漁獲量が増加しない原因の一つになっていると考えられた。また、本研究で示したように、漁獲対象となるシロザケ親魚の消化機能が減少し、摂餌しようとする性質も減退していることも延縄の漁獲効率を低く押える原因となっていると推測される。したがって、延縄の漁獲量は、大きな技術的革新が無い限り、将来も現在(1981-86年)程度の水準以上になることは無いと予想される。

混合比の推定 本研究では、対象海域のシロザケ親魚の回帰先の比率を求めるために、標識放流試験を行ったが、海域の漁獲係数が高く、また、非漁業死亡係数も大きな値となったので、近似的な補正計算により混合比を推定した。標識放流結果の解析にあたっては、本研究で提案した2つの方法を併用して、混合比を推定する方法が優れていると考える。しかし、遠方に回遊するものについては、漁獲係数や自然死亡係数が大きく異なることも考えられるので、必ずしも本研究で提起した推定法が適用できるかどうか疑問の点もある。したがって、標識放流によらない混合比の推定法を併用して、結果の信頼性の確認を行う必要がある。沼知(1984)およびOkazaki(1982)は、北日本のシロザケの *Icd-A1*, *Ldh-A2*, *Mdh-B* 遺伝子座の遺伝子頻度数が河川集団ごと異なることから、遺伝的に差のある地方集団が存在していることを報告している。このような遺伝子頻度の差を標識として用いることによって、漁獲物から直接的に混合比を推定することもできると思われ、今後、このような方法を使った分析なども試みる必要があると考える。

6.4 資源の利用と管理への提言

漁業調整の方策 岩手県沿岸のシロザケ親魚の河川遡上率は、1981年の8.0%から、1986年には4.2%まで低下し、将来は、河川遡上率の低下に対応して、沿岸漁業の漁業調整が必要になることも考えられる。適正な漁業調整策を立案するためには、定置網の改廃、操業期間の設定、休漁日の設定などの具体的な方策を決定するための数値実験を行って、その効果を予測しておくが必要になると考える。このような数値実験を行うための基礎資料として本研究で明らかにした各海域に分布するシロザケ親魚の回遊経路、混合比、漁獲係数などが有効に用いられると考える。

生物学的資料収集 本研究で行った標識放流結果によって、岩手県沿岸では特にシロザケ親魚に対する沿岸漁業の漁獲強度が非常に強いことが明らかになった。したがって、沿岸域に長期間滞留した後、河川に遡上するようなシロザケは滞留期間が短いものに比較して、産卵のための母川回帰を行うのに、不利であると考えられる。滞留期間が遺伝的な要素で決定されれば、現在のように産卵直前に強い漁獲圧を加え続けると、将来は、沿岸に来遊後短期間で河川に遡上する性質を持ったシロザケが漁獲による淘汰によって優占することが考えられ、資源の遺伝的内容が変化する可能性が考えられる。また、全面的な人工ふ化・給餌放流は、幼稚魚の淘汰の過程を変更している可能性もあり、この面からも資源の遺伝学的変質が懸念される。資源の遺伝的な変化を明らかにすることは難しいが、将来の遺伝学的解析を目的とした分析に耐えられるような質と量の生物学的試料、例えば、組織標本、放流幼魚試料を保存し、また、鱗標本、年齢、体長、抱卵数などの統計学的資料を組織的に収集し、蓄積していくことが、今後重要と思われる。また、一部の遡上河川を改修して、シロザケ親魚を遡上・産卵させ、自然再生産による資源を培養・維持しておくことが、資源の遺伝的変質に対する安全弁となると考えられ、真剣に検討

するべきであることを提案したい。

延縄などの沖合漁業の将来 本研究により、岩手県沿岸では、延縄漁業に適する漁場はごく沿岸域に限られていることが示された。しかし、本研究による沖合の流し網の漁獲試験結果から、青森県の太平洋側沖合から北海道東部沖合の親潮域には、延縄に好適な漁場があると推測される。特に、北海道東部海域では、1981年から小型漁船による小規模な試験操業が実施され、好成績を挙げている（佐野，1989）。

北海道東部沖合域は本州へ回帰するシロザケ親魚の回遊経路にあたっており、この海域で無秩序に沖取り漁業が発展すれば、本州へ回帰するシロザケ親魚が回帰前に大量に漁獲されることが懸念される。一方、これらの海域に分布するものは、成熟が岩手県沖合ほど進んでいないため、肉質などの劣化が少ないために経済的価値が高い。岩手県沿岸で漁獲されるシロザケ親魚については、成熟にともなう肉質の悪化に対応して加工利用の面からの精力的な対策が行われているが（上村，1984）、基本的には肉質が変化する前の魚を漁獲することも考えられてよい。したがって、今後は、視野を岩手県沿岸ばかりでなく、北海道東部や千島近海域まで広げて、資源の適正な配分を図りながら、良好な品質のシロザケ親魚を漁獲する方策が検討されるべきである。この場合、道県単位の漁業調整では、利害の調整は難しいと考えられ、政府の積極的な関与とリーダーシップが必要になる。

第7章 結論と要約

北太平洋に分布する7種ほどのサケ属の魚類は、全魚種とも共通して河川で産卵し、幼魚期を多少とも河川で過した後に、環境・餌料条件などの好適な海洋に降って成長し、2-6年後、再び母川に繁殖のために回帰するという生態的な特性を持っている。日本に起源を持つサケ属魚類で、最も資源量が大きいのはシロザケであり、日本では産業的に最も重要な魚種の一つである。日本のシロザケの回帰尾数は、ふ化放流技術の発達と稚魚の放流数の増加により、1970年以降急増し、1981年には2,900万尾以上に達した。シロザケの回帰尾数が最も多いのは北海道であるが、本州太平洋側域（青森・岩手・宮城・福島・茨城・千葉県）の漁獲量の増大は著しく、1981年以後においては、年間の回帰尾数が700万尾を越え、日本全体の回帰尾数の2-4割を占めるようになった。シロザケ親魚を対象とした漁業の主力は定置網漁業であり、これに加えて一部で、延縄漁業も行われている。さけ資源の公海での漁獲が国際的に禁止されている今日、さけ資源を有効に利用するには、回帰資源の日本近海・沿岸での適切な漁獲と管理、およびそのための基礎研究が不可欠と考えられるようになってきている。

本研究は、このような事態に対応して、岩手県を中心とする本州太平洋岸に來遊するシロザケ親魚の分布、回遊、生理的变化の特徴を明らかにし、これと漁業との関係を明確にして、漁業管理のための基礎的な知見を整理した。

(1) 方法

シロザケ親魚の表層域での漁獲分布と漁獲されたものの回遊経路、生物学的特徴などを明らかにするため、1981-86年にかけて岩手県の沿岸域で、調査船を用いて、延縄および流し網による漁獲試験を実施し、漁獲データの解析、漁獲されたシロザケ親魚の標識放流、生物学的調査（鱗相による年齢査定、尾叉長、体重、性別、生殖腺重量、胃内容物、胃の重量、幽門垂の重量など）を行った。また、底層におけるシロザケ親魚の分布状況を調べるため、1986年および1989年に岩手県沖合で操業する沖合底曳網

漁船によるシロザケ親魚の混獲状況調査および魚体測定を行った。また、北海道および青森県東部沖合のシロザケ親魚の分布の概要を把握するため、北海道立釧路水産試験場および青森県水産試験場で同時期に行われたさけ漁業調査の漁獲成績報告書を資料に沖合域のシロザケ親魚の分布を検討した。

(2) シロザケ親魚の分布

北海道から本州北部太平洋岸にかけての流し網と延縄の漁獲試験によって得られた結果の分析のもとに、シロザケ親魚の分布と行動を検討し、シロザケ親魚は北海道東部沖合から青森県沖合までは親潮域に分布し、岩手県の沖合域では、水温が低い水深200–350mの海底近くを回遊し、ごく沿岸域に達してから水温が高い表層を遊泳することを明らかにした。この時期の岩手県近海の表層水温は、概ね12–20°Cでシロザケの好適水温より高温であったが、200–350m層の水温は、4–10°Cであった。このことから、シロザケ親魚は北海道東部沖合域から岩手県沿岸域に南下する途上で、表層の高水温を避けて、しだいに水温が低い海底部付近を回遊するようになり、さらに成熟が進むと沿岸域に移動し、嗅覚による母川探索を行うために再び表層生活に戻り、母川を発見し遡上すると考えられた。

(3) 標識放流結果から推定したシロザケ親魚の回遊経路

標識放流結果から、シロザケ親魚は北海道東部沖合から岩手県北部沿岸に来遊した後、大半は岸沿いに南下して岩手県中南部の河川に遡上し、一部は北上して津軽海峡および日本海側（青森県・秋田県・山形県）に移動すると推定された。また、さらに南下して岩手県より南（宮城県・福島県・茨城県・千葉県）の河川に遡上するものもあると考えた。日本海側に回帰したものは、津軽海峡東側の津軽暖流の張り出し部(Gyre)の強い右回りの渦流に巻き込まれて、岩手県北部まで運ばれてしまったものと考えられた。

中南部から放流したものについて、経過日数毎の平均的な南北移動の距離や範囲を調べると、日数が経過しても平均的な再捕位置は放流位置に近いところであって変化せず、その範囲(標準偏差, 30km以下)も変化しなかった。したがって、岩手県中南部に回帰したシロザケ親魚は10日以上にわたって南北に30km程度の範囲を移動しながら母川を探索していると推定した。

(4) シロザケ親魚の生物学的特性

岩手県沿岸域で漁獲されたシロザケ親魚の年齢および尾叉長について検討し、1982–1986年に漁獲されたシロザケ親魚の成長率が低下していることを明らかにし、その原因について考察した。また、シロザケ親魚の成熟度を比較するために、岩手県内の河川に遡上した魚体、岩手県沿岸で、流し網・延縄、定置網で漁獲された魚体、岩手県沖合で、底曳網で漁獲された魚体、および北海道東部沖合で漁獲された魚体の卵巣の成熟度を比較した。これによれば、岩手県の沿岸で漁獲された魚体の成熟度は北海道東部沖合で漁獲された魚体と比較して成熟が著しく進んでおり、河川に遡上した魚体に極めて近い値を示した。また、岩手県沖合で底曳網で混獲された魚体は、北海道の魚体と岩手県沿岸の魚体の間であった。このことは、成熟度が低いうちは沖合の底層を回遊していることを示し、分布から想定した回遊経路が正しいことを裏付けていると考えられた。また、成熟にともなって、摂餌活動と消化能力が低下することを明らかにし、岩手県沿岸に来遊したシロザケ親魚が摂餌活動をほとんど行っていないこと、それにもかかわらず、延縄で漁獲がみられることなどを確認にした。このことから、岩手県沿岸で秋季に延縄で漁獲されるシロザケ親魚は生理的要求よりはほとんど反射だけによって延縄の餌に対して摂餌行動を起こしている可能性が高いと判断された。

(5) 漁獲と資源の関係

シロザケ親魚の資源と漁業との関係を明らかにするために、岩手県沿岸のシロザケ親魚を漁獲対象としている主な漁業の漁獲量と漁況の変動について検討した。1981-86年では、シロザケ親魚は、約80%程度が定置網で漁獲され、5-17%が延縄で漁獲された。河川に遡上して川留で漁獲される魚体は、全体の10%以下で、その比率は減少傾向にあった。定置網の漁況は、沿岸水温により影響を受け、水温が高い年は岩手県北部の定置網への入網が良好であるが、水温が低い年は南部が好漁となる傾向があった。延縄の漁況は波高が高い時に好漁となる傾向が認められた。

定置網および延縄漁業を主体とした沿岸漁業による漁獲強度を評価するために、標識放流の再捕結果から沿岸漁業と河川漁業による漁獲係数を経時的に求める式を考案した。これは、①自然死亡・標識死亡・標識脱落などの漁獲によらない死亡は時間の経過にかかわらず一定、②漁獲係数は時間の経過とともに変化するという仮定のもとに定義され、岩手県沿岸での標識放流結果に適用した。

標識の報告率を75%とした時、非漁業死亡係数は0.086/日、沿岸漁業による漁獲係数は、0.100/日程度であると算出された。この値は一般の漁業資源にかかる漁獲強度としては非常に大きなものであり、標識放流魚の再捕の大半が15日以内に見られていることと良く符合していた。真の地域別の回帰尾数を漁獲係数および非漁業死亡係数を考慮に入れて、再捕地域別・日数別に整理した再捕数をもとに、標識放流時点に遡って推定するために、次の二つの方法を考えた（ここで言う真の回帰尾数とは、沿岸漁業および非漁業の死亡が無い場合の各地域の河川への回帰尾数を意味する）。これは、各地域別の再捕数を漁獲係数と非漁業死亡係数からそのまま補正する方法（A法）とほとんどの標識魚が河川に遡上してしまっている24日目を基準として、漁獲死亡の重複分を修正した後に、漁獲係数と非漁業死亡係数で推定する方法（B法）である。A法による推定は、日数の短い側での再捕数を過大に評価する傾向があり、B法による推定は日数の長い側での再捕数を過大に評価する傾向があるので、各地域別の真の回帰尾数は、この2つの方法で算出された推定値の間にあると考えた。

両方法を併用した結果、岩手県北部に分布するものは県北部起源の資源は10%前後で、岩手県より北方および日本海側に回帰するものが10%程度、県中部に回帰するものが40-70%程度、県南部に回帰するものが10-30%程度であると推定された。また、県中部に分布するものは、11月には県中部起源のものが40%、県南部に回帰するものが50%程度であり、12月になると県中部起源のものが70-90%占めると推定された。県南部に分布するものは、漁期を通して県南部起源のものが60-80%を占めており、北よりの海域ほど南部に回帰するものを漁獲し、南の海域では地元の資源を利用している傾向にあった。岩手県沿岸全体では、全漁期を通じてみると県内の河川に遡上するものが95%程度を占め、青森県以北に回帰するものは、2-3%程度、宮城県以南に回帰するものは2%程度であると推定された。今後、沿岸域でシロザケ親魚の標識放流を行って、回帰先の比率を求めようとする場合、本研究で用いた2つの方法を併用する方法が優れていると考えた。また、推定された漁獲係数を用いて、沿岸漁業が無い場合の標識放流魚の日数別の河川遡上尾数を求めたところ、全親魚の70%が遡上するのに要する日数は20日程度、最も遡上の多いのは、放流後15-17日目であると推測された。

以上で述べたように、本研究では、岩手県沿岸を中心とした本州北部太平洋岸域で、シロザケ親魚を対象とした流し網・延縄の漁獲試験・標識放流・生物学的測定、底曳網漁船による混獲状況の調査などを行い、シロザケ親魚の分布・回遊の基本的な側面を追及した。また、成熟にともない消化器官が退縮し、ほぼ無摂餌となること、表層分布がごく沿岸の限られた海域に限定されていることから、延縄漁業の漁獲量は将来とも限られることを予測した。さらに、沿岸漁業の漁獲強度を評価し、岩手県沿岸で漁

獲されたシロザケ親魚の回帰先（起源）を量的に推定する方法を定めた。このようにして、本州太平洋岸域のシロザケ親魚資源の管理および利用に必要な水産学的基礎知識を一応整理することができたと考ええる。

謝 辞

本論文は、東京大学海洋研究所資源解析部門の沼知健一教授の全面的なご指導とご校閲の下に解析・とりまとめを行ったものである。ここに記して、深く感謝の意を表する。

本研究における岩手県沖合の漁獲調査は、岩手県林業水産部が1981-86年にかけて、シロザケの漁業調整と有効利用を目的として行ったものである。これは、当時、岩手県水産試験場長であった小向源正氏が提唱して開始されたものであり、著者は岩手県水産試験場において、その調査の実務担当者として、企画・立案・実施・結果のとりまとめに携わったものである。

予算的には、当初、岩手県単独事業として実施され、後に水産庁のさけます増殖振興事業費から補助を受けた。また、シロザケ親魚の沖合分布の研究は、水産庁振興課の調査業務の一環として資料収集が行われ、著者は遠洋水産研究所の高木健治北洋資源部長（現養殖研究所長）の指導の下で、その結果のとりまとめを担当した。本論文作成に当り、これら関係者の方々に深く感謝する。

本研究をまとめるにあたり、他に次の方々に大変お世話になった。

伊藤 準遠洋水産研究所長ならび佐々木 喬同研究所北洋資源部長には、本研究をとりまとめるにあたっての許可と時間的な余裕を与えて頂いた。大隅清治前遠洋水産研究所長（現鯨類研究所理事）にはとりまとめを始めるきっかけを作って頂いた。岩切 潤元岩手県水産試験場漁業部長（現岩手県大船渡地方振興局長）、山崎幹雄元同水産試験場首席専門研究員および長洞幸夫元同試験場主任専門研究員（現岩手県南部栽培漁業センター魚類科長）、北海道立中央水産試験場佐野満弘企画連絡科長および青森県水産試験場涌坪敏明研究員には、調査の実施およびとりまとめにあたって、親切な指導と助言を受けた。北里大学水産学部井田 斉教授には、貴重な資料を提供して頂いた。数理的な解析にあたっては、東京大学海洋研究所岸野野久助教授ならびに遠洋水産研究所平松一彦技官に指導を受けた。解析の際の電子計算機プログラムの作成と電子計算機使用については、遠洋水産研究所海洋南大洋部の水野恵介低緯度海洋研究室長のご指導を得た。中央水産研究所小長谷史郎利用化学部長には、消化酵素活性の分析について指導を受けた。

また、調査の実施およびとりまとめにあたっては、岩手県水産試験場漁業部、遠洋水産研究所北洋資源部さけます生態研究室・さけます管理研究室および東京大学資源解析部門の方々に指導と協力を得た。岩手県水産試験場調査船岩手丸（及川康也船長）および北上丸（山崎 登船長）の乗組員の方々には、漁獲試験・標識放流などの沖合調査に最善を尽くして頂いた。標識魚の再捕報告および漁場調査に当っては、各地の定置漁業者、沖合底曳漁網業者、魚市場、岩手県内のさけ延縄漁業者、地方振興局水産部、および岩手県栽培漁業センターの協力を得た。英文要約の校閲に関しては、カナダ、ナナイモの Pacific Biological Station の Dr. David W. Welch にお世話になった。

ここに記して、以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 赤堀四郎 1958：酵素研究法 2，朝倉書店，東京，237-246
- Burgner,R.L., J.T.Light, L.Margolis, T.Okazaki, A.Tautz, and S.Ito. 1992：Distribution and origin of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) in offshore waters of the North Pacific Ocean, *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, 51,1-92.
- 千葉県 1988：さけ・ます増殖振興事業調査報告書，25p.千葉県庁，千葉
- Farebrother, R. W. 1988：Maximum likelihood estimates of mortality rates from single release tagging studies. *J.Cons. int. Explor. Mer.*, 44,229-234.
- Gross,M.R. 1987：Evolution of diadromy in fishes, American Fisheries Society Symposium 1,14-25.
- Hasler,A.D., and A.T.Scholz. 1983：Olfactory imprinting and homing in salmon. *Zoophysiology*, 14, 134pp. Springer-Verag, Berlin.
- Hearn W.S., and R.L.Sandland, and J.Hampton. 1987：Robust estimation of the natural mortality rate in a completed tagging experiment with variable fishing intensity. *J.Cons. int. Explor. mer.*, 43,107-117.
- Hirano,T., T.Ogasawara, S.Hasegawa, M.Iwata, and Y. Nagahama. 1990：Changes in plasma holmon levels during loss of hypoosmoregulatory capacity in mature chum salmon (*Oncorhynchus keta*) kept in sea water, *Gen. Com. Endocrinology.*, 78(2),254-262.
- 平野義規 1953：サケ属魚類標識放流試験結果概観，北水試50周年記念出版，134pp.
- Hiyama,T., T.Taniuchi, K.Suyama, K.Ishioka, R.Sato, T.Kajihara, and T.Maiwa. 1967：A preliminary experiment on the return of tagged chum salmon to the Otsuchi river, *Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 33(1),18-19.
- 北海道さけ・ますふ化場 1979：産卵回遊時における魚群構造に関する調査，昭和53年度事業報告書，200-203.
- 北海道さけ・ますふ化場 1980：親魚に関する調査，昭和54年度事業成績書，219-222.
- 北海道さけ・ますふ化場 1985：親魚に関する調査，昭和58年度事業成績書，113-118.
- 北海道さけ・ますふ化場 1986：さけ親魚の標識放流試験，水産庁さけ・ますふ化場，128-134.
- International North Pacific Fisheries Commission 1991：Statistical year book 1988, International North Pacific Fisheries Commission, 121p. Vancouver, Canada.
- 市原忠義・米盛 保・浅井久男 1975：南千島，エトロフ島沖合における南下回遊期のシロザケ（アキザケ）の遊泳行動，遠洋水研報，13，63-78.
- 飯岡主税・武市正明 1980：サケ・マス資源増大対策調査，親魚調査，昭和54年度岩手県水産試験場年報，195-203.
- 飯岡主税・古館治美 1981：サケ・マス資源増大対策調査，親魚調査，昭和55年度岩手県水産試験場年報，179-181.
- 飯岡主税 1981：シロザケふ化放流事業の現状と課題，東京大学海洋研究所大槌臨海実験センター報告，7,85-86.

- 井ノ口伸幸・岩切 潤・道又 昭 1980：サケの漁況と海況との関連調査，昭和55年度岩手県水産試験場年報，13-15.
- 石田享一・長洞幸夫・井上喜洋・渡部俊広 1988：三陸沿岸に回帰するサケ親魚の行動，日本水産学会誌，54(8),1279-1287.
- 石田享一 1991：岩手県沿岸のサケ漁況変動に及ぼす海況の影響，水産海洋研究会報，55(2),105-113.
- 石田力一・高木健治・有田節子 1961：北洋べにぎけとしろぎけの成魚と未成魚の判断基準について，北太平洋漁業国際委員会研究報告，5,23-39.
- 岩手県 1982：昭和59・60年度さけ・ます増殖振興事業推進事業報告書，26-30，岩手県.
- 岩手県鮭鱒増殖協会 1975：岩手県のさけ・ますに関する資料(2)，255p.，岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課・岩手県鮭鱒増殖協会 1979：昭和50-53年度岩手県のさけ・ますに関する資料(1)，123p.，岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1981：昭和55年度岩手県のさけ・ますに関する資料，273p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1982：昭和56年度岩手県のさけ・ますに関する資料，318p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1984：昭和57年度岩手県のさけ・ますに関する資料，341p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1985：昭和58年度岩手県のさけ・ますに関する資料，341p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1986：昭和59年度岩手県のさけ・ますに関する資料，361p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1987：昭和60年度岩手県のさけ・ますに関する資料，357p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1988：昭和61年度岩手県のさけ・ますに関する資料，376p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1989：昭和62年度岩手県のさけ・ますに関する資料，401p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県漁業振興課 1991：平成元年度岩手県のさけ・ますに関する資料，534p. 岩手県，盛岡.
- 岩手県水産試験場 1988：海洋観測資料（昭和51-62年），402p.，岩手県，釜石.
- 岩手県水産試験場 1982：昭和56年度秋サケ延縄漁業調査報告，55p.，岩手県，釜石.
- 海洋資料センター 1972：海洋環境図，外洋編-北西太平洋II，157p. 日本水路協会，東京.
- Kaeriyama M. 1989：Aspects of salmon ranching in Japan. *Physiol. Ecol. Japan Spec.* 1,625-638.
- 上村俊一 1984：ブナザケの利用加工について，*New Food Industry*, 26(10),4-9.
- 川合英夫 1972：黒潮と親潮の海況学. 海洋物理II (海洋科学基礎講座編集委員会編). 海洋科学基礎講座，2,129-321. 東海大学出版会，東京.
- Kawasaki Y., and T.Sugimoto 1984：Experimental studies on the formation and degeneration processes of the Tsugaru Warm Gyre. In "Ocean hydrodynamics of the Japan and East China Seas," Elsevier Sci. Pub. B. V., Amsterdam, pp.225-238.
- 久保伊津男 1966：水産資源各論，水産学全集14, pp.396，恒星社厚生閣，東京.
- 久保達郎 1988：日本のサケマス-その生物学と増殖事業. たくぎん総合研究所，札幌，pp.250.
- 小林哲夫 1985：回帰資源の管理. (座間宏一・高橋祐哉編). 水産学シリーズ，(22),9-22. 日本水産学会，東京.
- 小松志知子・小笠原強・田川正朋・鈴木玲子・上野康弘・平野哲也・岩田宗彦 1985：シロサケ親魚に打たれた標識の脱落に関する実験，東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，11，25-27.
- 小長谷史郎 1983：産卵回帰シロザケ筋肉中の高プロテアーゼ活性と肉の軟化融解現象，東海区水産研究所報告109号，41-55.
- 近藤平八・長澤和也・今井義弘・中田 淳・山下 豊 1985：秋さけ魚群分布行動調査，昭和59年度北海道立釧路水産試験場事業報告書，116-133.

- Le Cren, D.E. 1978 : Some density dependent relationships for fish populations parameters, In " Ecology of freshwater fish production" edited by S.D.Gerking, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp.277-302.
- 武藤清一郎・佐野 孝・平井正夫・工藤英郎・八百和子・山村弥六郎 1969 : 三陸沿岸水域の海況について, 東北水研報, (29), 93-123.
- 待鳥清治 1966 : 北西太平洋におけるサケマスの垂直分布 I, 北水研報, (32), 11-17.
- 待鳥清治 1967 : 北西太平洋におけるサケマスの垂直分布 II, 北水研報, (33), 13-20.
- Malcolm R.L. 1970 : The Chemical Biology of Fishes, Academic Press, London, 97-125.
- Manzer, J.I. 1964 : Preliminary observations on the vertical distribution of Pacific Salmon (Genus *Oncorhynchus*) in the Gulf of Alaska. *J.Fish. Res. Bd. Canada*, 21(5), 891-903.
- Manzer, J.I., A.E.Perterson, and M.G.Hanavan. 1965 : Salmon of the North Pacific Ocean-Part V, Offshore distribution of salmon. *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, 15, 1-452.
- 松原喜代松・落合 明 1965 : 魚類学 (下), 958pp. 水産学全集, 14. 恒星社厚生閣, 東京.
- Mommsen, T.P., C.J.French, and P.W.Hochachka 1980 : Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon, *Can. J. Zool.*, 58 1785-1799.
- 中田 淳・佐野満弘・今井義弘・吉田英雄 1986 : イカ類漁場調査, 昭和60年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 81-93.
- 中田 淳・佐野満弘・今井義弘・吉田英雄 1987 : イカ類漁場調査, 昭和61年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 85-98.
- 中田 淳・佐野満弘・今井義弘・三原行雄 1988 : イカ類漁場調査, 昭和62年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 79-92.
- 中村 悟・小笠原淳六 1982 : 昭和56年度秋ザケ魚群分布調査報告書, 16pp. .北海道立釧路水産試験場, 北海道, 釧路.
- 中村 悟・中田 淳 1983 : 昭和57年度秋ザケ魚群分布調査報告書, 30pp. .北海道立釧路水産試験場, 北海道, 釧路.
- 中村 悟・近藤平八 1984 : 昭和58年度秋ザケ魚群分布調査報告書, 17pp. .北海道立釧路水産試験場, 北海道, 釧路.
- Neave, F. 1958 : The origin and speciation of *Oncorhynchus*. *Transaction of the royal society of Canada*, 50(3), 25-39.
- Neave, F., T.Yonemori, and R.G.Bakkala. 1976 : Distribution and origin of chum salmon in offshore waters of the North Pacific Ocean. *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, 35, 1-79.
- 日本化学会 1957 : 実験化学講座23, 丸善, 東京, 36-39.
- 沼知健一 1984 : アイソザイムによるサケ科魚類の分化と系統の研究, 遺伝, 38(1), 4-11.
- 小倉未基・高木健治 1987 : 1983年~1986年の日本さけ・ます調査船資料に基づくさけ・ますとアカイカの分布の差異, 21pp. (第34回 INPFC 定例年次会議提出文書, 1987年10月, カナダ, ヴァンクーバ市). 水産庁遠洋水産研究所, 日本, 清水市.
- 小倉未基 1989 : 1989年の新リアス丸によるさけ・ます類のバイオテレメトリー調査の概要, 16pp. (第36回 INPFC 定例年次会議提出文書, 1989年10月, 米国, シアトル). 水産庁遠洋水産研究所, 清水市.
- Ogura, M., Y.Ishida, S.Ito. 1990 : Growth variation of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in the

- western North Pacific. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57(6),1089-1093
- Okazaki, T. 1979 : Genetic difference and possible origins of maturing and immature chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in autumn collections near the southern kuril Islands. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 17,141-157.
- Okazaki,T. 1982 : Geographical distribution of allelic variations of enzymes in chum salmon *Oncorhynchus keta*, river populations of Japan and the effects of transplanted. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48(11),1525-1535.
- Okazaki,T. 1986 : Distribution, migration and possible origin of genetically different populations of chum salmon *Oncorhynchus keta* along the eastern coasts of Northern Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52(6),983-994.
- 大西登史良・村山繁雄 1969 : 養殖マス類における酵素化学的研究－I, 東海区水産研究所報告, 59号, 111-119.
- Quinn T.P., B.A.TherHart, and C.Groot. 1989 : Migratory orientation and vertical movements of homing adult sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in coastal waters. *Anim. Behav.* 37, 587-599.
- 佐野満弘・吉田英雄・今井義弘・中田 淳 1986 : 秋サケ分布行動調査, 昭和60年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 44-53.
- 佐野満弘・吉田英雄・今井義弘・中田 淳 1987 : 秋サケ分布行動調査, 昭和61年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 41-51.
- 佐野満弘・依田 孝・今井義弘・中田 淳・三原行雄 1988 : 秋サケ分布行動調査, 昭和62年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 37-47.
- 佐野満弘 1989 : 釧路水試における最近の秋さけ調査研究の現状と問題点, 昭和62年度北海道漁業資源・海洋担当者会議議事録, 47pp. 北海道庁.
- Shepard,M.P., A.C.Hartt, and T.Yonemori. 1968 : Salmon of the North Pacific Ocean Part III, chum salmon in offshore waters. *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, 25,1-69.
- 水産庁 1988 : 昭和62年度秋ザケ漁業調整事業報告書, 23pp. 水産庁, 東京.
- 水産庁 1989 : 昭和63年度秋ザケ漁業調整事業報告書, 23pp. 水産庁, 東京.
- スネデカー・コ克蘭, 1967 : 統計的方法 (畑村又好・奥野忠一・津村善郎共, 訳), 岩波書店, 東京, pp546.
- 添田秀男・余座和征・嶋村哲哉・長谷川英一・吉原喜好 1985 : 知床半島沿岸域における早期来遊シロザケの垂直移動, 日本水産学会誌, 51(9),1425-1429.
- 田口喜三郎 1956 : 北洋の鮭鱒漁業とその資源. 282p., 日魯漁業株式会社, 北洋資源研究評議会, 東京.
- 田口喜三郎 1961 : サケ成魚 (*Oncorhynchus sp.*) の自然死亡係数を推定する一つの試み, ならびにこれに基づく沖取り漁業の合理性の検討－I. シロサケ (*Oncorhynchus keta*) について, 日本水産学会誌, 27(11),963-971.
- 高木健治・石田昭夫 1971 : サケ・マスはえなわおよび流し網の同時操業において得られた調査用標準流し網に関する知見, 遠洋水研報, 5,161-176.
- 田中昌一 1985 : 水産資源学総論, 新水産学全集 8, 381p., 恒星社厚生閣, 東京.
- 友定 彰 1975 : 本州東方海域で黒潮から切離する暖水塊について, 東海区水産研究所報告, 81,3-85.
- Torrissen,K.R. and Torrissen,O.J. 1985 : Protease activities and carotenoid levels during the sexual

maturation of the Atlantic salmon (*Salmo Salar*), *Aquaculture*, 50,113-122.

- 上野康弘・山崎幹雄 1987：三陸沿岸域における津軽暖流の季節変化，東北水研報，(49),111-123.
- 安間 元・佐野典達 1977：魚探器によるサケ・マス資源現存量の推定について，北大水産彙報，28(2),74-82.
- 米盛 保 1970：北海道系シロザケの分布回遊，水産海洋研究会報，17,69-75.
- 米盛 保・浅井久男・市原忠義，1975：秋季における南千島親潮流域のサケ・マス，特にシロザケの分布と回遊，遠洋水研報，13,39-61.
- 涌坪敏明・黄金崎栄一 1983：秋サケ資源調査，昭和61年度青森県水産試験場報告，60-72.
- 涌坪敏明・黄金崎栄一 1984：秋サケ資源調査，昭和62年度青森県水産試験場報告，13-24.

