

北海道日本海に回帰するシロザケ親魚の 回遊経路と移動速度について

星野 昇^{*1,2}・藤原 真^{*1}

Migration Route and Moving Speed of Adult Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Returning to the Sea of Japan

Noboru Hoshino^{*1,2} and Makoto Fujiwara^{*1}

Abstract The characteristics for homing migration of adult chum salmon *Oncorhynchus keta* were examined by mark-recapture experiments conducted in the Sea of Japan and Okhotsk in 2004 and 2005. The distributions of recapture points for the 4 experiments conducted in the Sea of Okhotsk biased to the west side area of the release site in each case. About 2-3% of the group released off Tokoro were estimated to be the population that was returning to the Sea of Japan based on the catch equation model. In the two mark-recapture experiments in the Sea of Japan, little fish were recaptured in the west side area of Cape Syakotan, although most were recaptured near the release points or the east side area of there. These results suggest that the migration route of chum salmon returning to the Sea of Japan runs from the offshore area of Central Okhotsk to the coastal area of Western Okhotsk, and the population returning over Cape Syakotan migrate in the offshore area of the Northern Sea of Japan. The migration route may fluctuate widely depending on oceanographic conditions. Marked fish migrated horizontally at speeds of 30-40km day⁻¹ in the coastal area. The peak of recapture in Chitose River was 18 days after the release for the Hamamasu released group. The fishes that were recaptured in Chitose River during the first half of the recapture period were of a more advanced maturity stage at the time of release than the latter half recapture.

Key words : シロザケ, 標識放流, 回遊経路, 移動速度

北海道日本海におけるシロザケの年間漁獲量は約3,700トン(2001~2005年の5か年平均;北海道庁水産

林務部資料)であり,その資源の多くはサケ増殖事業によって生産される放流種苗で占められている。とく

^{*1} 北海道立水産孵化場(Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

^{*2} 現所属 北海道立中央水産試験場(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka 238, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

に沿岸漁業においては、秋季に定置網漁場に参加する本種への依存度が高く、北海道日本海における沿岸漁業の年間漁獲金額に占める本種の割合は約7%（2001～2005年の5か年平均；北海道庁水産林務部資料）で、近年は上昇傾向にある。

北海道日本海では毎年約2億尾の稚魚が春季に放流され、3～5年後に産卵のため沿岸域や河川に回帰する。増殖技術の向上や北太平洋海域における生息条件の好転により、1980年代に回帰率（放流尾数に対する回帰尾数）が向上して、現在の資源水準が維持されるようになった（渡辺，1999）。

日本海における本種の増殖事業では、他の海域と同様に河川に放流する種苗を、放流の当該河川もしくは近隣の河川に遡上し捕獲した親魚から生産する体制を原則としており、種苗生産に必要な種卵を確保するためには、その計画数に見合った数量の親魚を河川において捕獲することが不可欠である。そのため、日本海への来遊資源が漁期前の予測を大きく下回るような水準で推移する状況になれば、漁獲制限を行って親魚を河川に遡上させる必要が生じる。したがって、増殖事業による本種の生産体制を維持するためには、沿岸域での移動生態に関する十分な知見に基づいた合理的な漁業管理体制の下で、親魚の安定確保を図っていかなければならない。

北海道日本海の母川へ回帰する親魚の回遊経路については、日本海から宗谷海峡を通過してオホーツク沿岸域に入る対馬暖流とその分岐流である宗谷暖流を遡るように、オホーツク海沿岸域を北上し、宗谷海峡を通過して日本海へ至るという解釈が一般的であり、過去に行われた標識放流試験でも、オホーツク海の沿岸域で標識放流された個体が日本海の沿岸域や河川から再捕されることが多い（長谷川，2004）。しかし、オホーツク海や日本海北部海域における回遊経路の詳細や、移動時間、漁獲死亡率などの資源生態学的情報はほとんど整理されていない。シロザケ親魚の沿岸域における標識放流調査は過去に幾度も行われてきたが、調査結果が漁業調整上の行政事情から学術公表されない、あるいは、バイオテレメトリー調査やアーカイバル標識調査など少数個体の回遊履歴を追跡する行動研究の場合は、結果を資源全体の傾向として捉えにくい、といった背景があり、資源特性についての検討は、上野（1993）やUeno and Hiramatsu（1990）など本州太平洋での先例があるのみである。

そこで筆者らは、オホーツク海から日本海沿岸域におけるシロザケ回帰親魚の資源生態的特性を把握するため、北海道（水産林務部）が2004～2005年の秋季に、オホーツク海および日本海海域の6カ所において実施したシロザケ親魚の標識放流試験で得られた再捕データを解析した。先に星野（2006）は、放流位置付近の河川に遡上する群と遠方に移動する群の混成率や漁獲死亡係数など漁業管理上有益な数値情報の推定方法について報告した。本稿では、これらの再捕データと漁獲統計情報の解析から得られた、日本海に回帰する資源の回遊経路と移動の速さに関して報告する。

材料および方法

解析の対象としたデータは、2004年および2005年の9～10月にFig. 1に示す6調査点、すなわち、網走支庁管内常呂町（現、北見市常呂町）沖合、宗谷支庁管内枝幸町沖合、宗谷支庁管内猿払村沖合、宗谷支庁管内稚内市沖合、留萌支庁管内初山別村沖合、および石狩支庁管内浜益村（現、石狩市浜益区）沖合において実施されたシロザケ親魚の標識放流調査により得られたものである。それぞれの標識放流調査の実施概況をTable 1に示す。

いずれの調査でもひとつの定置網を対象としており、調査日に入網していた個体の大半が標識放流された。標識には異なる数字番号を書き入れた直径約12mm、厚さ約1mmの円盤形タグを、背鰭基底部にビニルチューブで装着する方法がとられた。標識放流の作業は、親魚を対象定置網から作業船の蓄養水槽に収容して当該定置網の沖合に移送し、個体ごとに基本測定と年齢査定のための鱗を数枚採取した後、標識を装着して速やかに放流する、という工程で実施された。

北海道におけるシロザケの捕獲は、沿岸漁業（主として定置網）による漁獲と、主要河川の種苗放流位置より下流に設置されたウライと呼ばれる河川遮断型トラップによる捕獲、および全体数量に占める割合は小さいが一部海域で遊漁がある。そのため、標識魚の再捕報告については、根室支庁管内、網走支庁管内、宗谷支庁管内、留萌支庁管内、石狩支庁管内、後志支庁管内、檜山支庁管内、渡島支庁管内の全漁業協同組合と、河川捕獲作業や採卵作業を所管するふ化放流事業団体を通して、漁業、捕獲従事者に事前に依頼した。

放流位置や再捕位置の相対距離を定量的に表現する

ために、知床岬の先端位置の緯度経度を起点として、そこから西方向（網走支庁方向）の海岸線に対し1マイル沖の平行線（1マイル以内の海岸線の凹凸は無視）を基準線とし、終点の松前白神岬に至る範囲に存在す

るすべてのさけ定置網、捕獲河川の河口、そして地理的指標として主要な岬の先端の位置を、基準線に対する垂線の交点として緯度経度で記録した。それぞれの位置の間隔を距離に換算し、ひとつの数直線上に放流

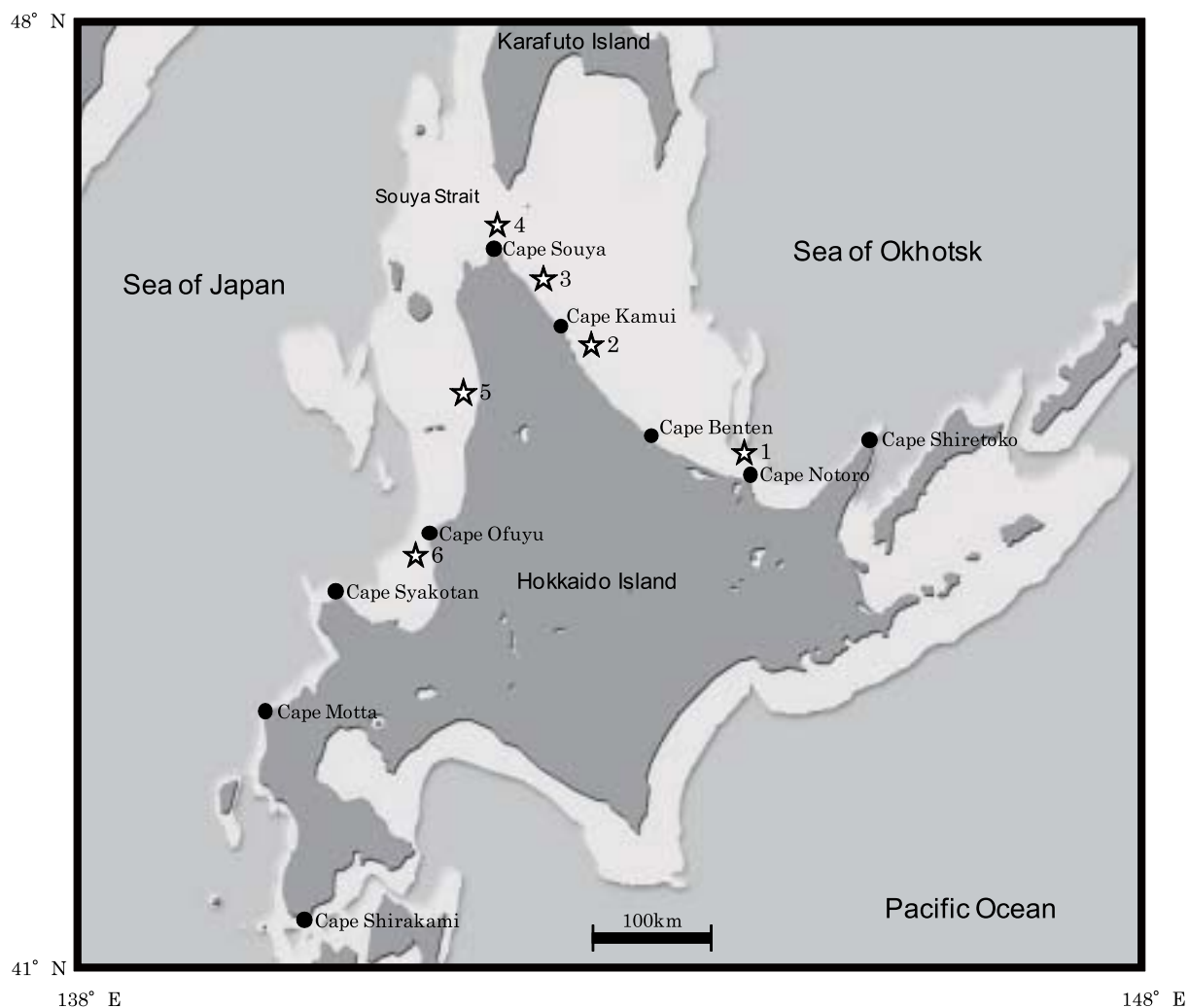


Fig. 1 Map of the coastal area in Hokkaido showing the 6 release points (star-marks).
 ☆ 1, Tokoro; ☆ 2, Esashi; ☆ 3, Sarufutsu; ☆ 4, Souya; ☆ 5, Syosanbetsu; ☆ 6, Hamamasu

Table 1 Summary of 6 mark-recapture experiments conducted in 2004 and 2005.

NO.	Released group	Date	Number of Release	Age					Sex			Mean F.L.(S.D.) cm
				3	4	5	6	u.d.	Male	Female	u.d.	
1	Tokoro	28.Sep.2004	421	22	253	130	4	9	225	194	2	66.9(4.7)
2	Esashi	16,17.Sep.2004	471	34	297	123	4	13	214	254	3	66.4(4.9)
3	Sarufutsu	15.Sep.2005	443	27	314	84	1	17	235	203	5	65.4(4.2)
4	Souya	12.Oct.2004	176	14	135	22	0	5	48	128	0	64.1(4.7)
5	Syosanbetsu	27.Sep.2005	171	16	120	29	1	5	97	73	1	66.6(4.5)
6	Hamamasu	11.Oct.2005	393	132	152	83	1	18	199	182	12	64.6(5.4)

位置と採捕位置を示した (Fig. 2)。本稿では以降、放流位置からの方角に対する表現の混乱を避けるため、各放流位置から知床岬方向を“東”，白神岬方向を“西”とすべて統一して表現する。なお、緯度・経度や位置間の距離算定に関する定義はメルカトル図法と大圏距離航法に基づいた。

それぞれの標識放流群について、標識魚の再捕位置を放流位置からの距離と方角（東西）を基準として集計し、その傾向と対象海域の漁獲・河川捕獲尾数の統計値とを対比することで、それぞれの放流群の移動方向を検討し日本海系資源の回遊経路を推察した。

常呂沖放流群については、放流位置より西方での再捕記録と、漁獲努力量に比例する要素として定置網の枠長データを用いた数理モデルを構築し、放流群に占める日本海系資源の比率を推定した。定置網類の設置位置および枠長に関するデータは、北海道第11次定置網漁業権免許内容に準じた（北海道庁水産林務部資料）。

沿岸域および河川での移動速度に関して検討した。

放流群ごとに再捕までの経過日数に対する移動距離を解析した。浜益放流群のうち日本海の主要放流河川である石狩川水系千歳川に遡上し捕獲された個体データを解析し、河川遡上の移動時間を把握した。

結 果

それぞれの標識放流群について再捕状況の概要を Table 2 に示す。なお、市町村別の再捕数、再捕までの経過日数など再捕記録に関する詳細は平成 16, 17 年北海道立水産孵化場事業成績書（北海道立水産孵化場, 2006; 北海道立水産孵化場, 2007）にとりまとめたので、本稿では紙面の都合上省略する。再捕率（放流尾数に対する再捕尾数の比率）は、宗谷放流群、初山別放流群でやや小さかったものの、それ以外では放流魚の 50-60% 程度が再捕された。

Fig. 3 に、それぞれの標識放流群について、放流位置から再捕位置までの距離 (Fig. 2) に対する再捕数の

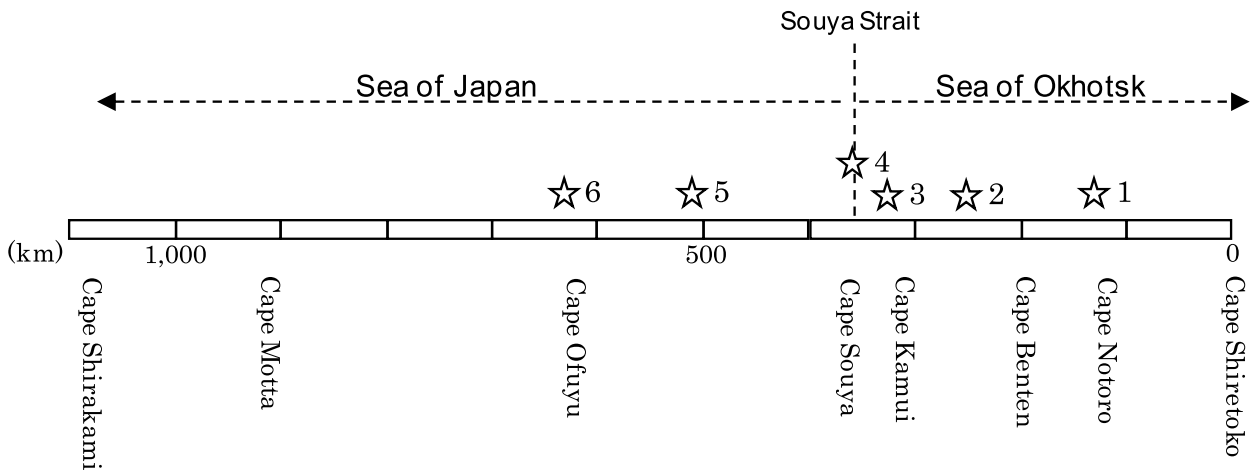


Fig. 2 Scale of relative distance along the coast from Cape Shiretoko to Cape Shirakami. The star-marks indicate the release points (cf. Fig. 1).

Table 2 Percentage of recapture to release for each released group.

NO.	Released group	Number of release	Number of recapture	Percentage of recapture
1	Tokoro	421	262	62.2
2	Esashi	471	287	60.9
3	Sarufutsu	443	219	49.4
4	Souya	176	78	44.3
5	Syosanbetsu	171	64	37.4
6	Hamamasu	393	228	58.0

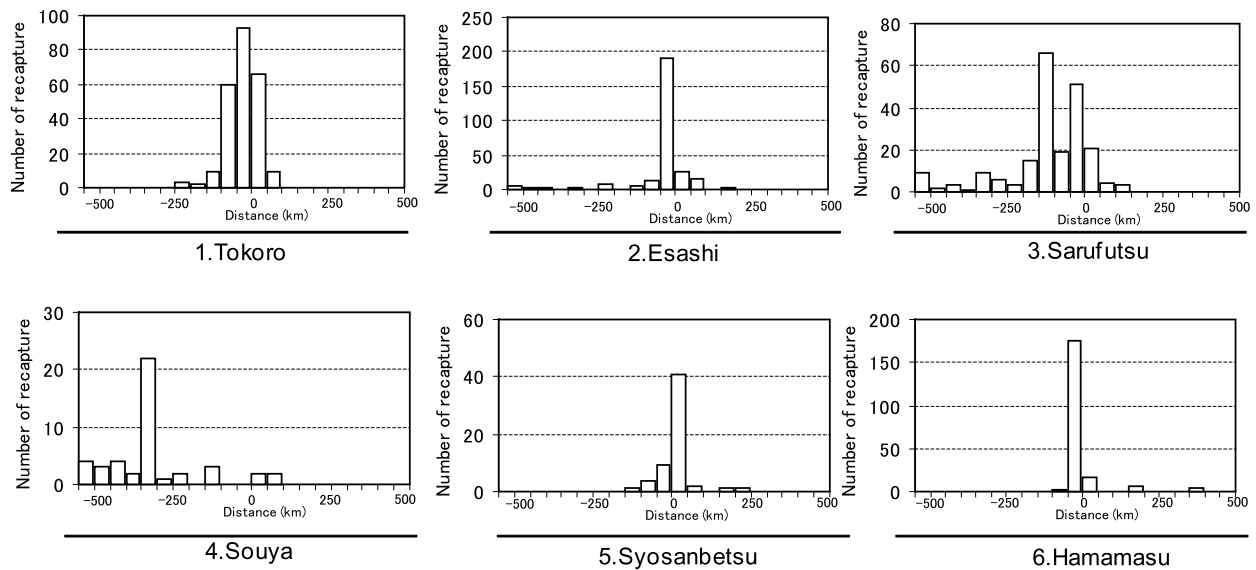


Fig. 3 Frequency distributions of moved distance (from release point to recapture point) for each released group. The minus sign indicates the direction of the west of each release point.

頻度分布を示した。横軸は、放流位置を0として負値が西方向、正値が東方向への距離階級を階級幅50kmで示している。なお、ここでは放流位置から東西25km（計50km範囲）において再捕された個体は、移動方向が明確ではないと考え集計から除いている。常呂放流群、枝幸放流群では、猿払放流群、宗谷放流群と比べ放流位置から東西方向への移動・分散は比較的小さい規模であり、いずれも放流位置の東西100km範囲で多くが再捕された。枝幸放流群では、日本海で再捕された個体もある一方で、放流位置より東方向に100～150kmの範囲においても再捕があった。常呂放流群では、放流位置より西方向へ移動して再捕された個体の割合が東方向より大きい傾向が見られたが、日本海で再捕された個体はなく、また知床岬以東での再捕もなかった。猿払放流群と宗谷放流群では、放流位置より西方向へ移動して再捕された個体の割合が著しく多く、移動距離が500kmを超え積丹岬より西で再捕された個体も比較的多くみられた。これに対し、初山別放流群と浜益放流群の再捕距離は放流位置から比較的近い範囲であり、積丹岬より西へ移動して再捕された個体はほとんどなかった。基本的な回遊方向とは逆、すなわち東方向へ移動して天塩川、さらにはオホーツク海の河川（知来別川、徳志別川）で再捕された個体もあった。

Fig. 3の結果と、各標識放流群の放流位置の東西それ

ぞれの範囲に加入した資源量の規模を対比するために、放流位置からの距離に対する累積漁獲尾数および累積河川捕獲尾数を東西500kmの範囲で示した（Fig. 4）。漁獲尾数、河川捕獲尾数は放流日の翌旬と翌々旬の合計値を示している。常呂、枝幸、宗谷、猿払の各放流群では放流位置より西方向の範囲に再捕が偏る傾向があった（Fig. 3）が、漁獲尾数、河川捕獲尾数はそれぞれの放流位置に対して東範囲で著しく多いことから、いずれも放流位置より東範囲に回帰する資源の豊度が相対的に高いという状況が明瞭であった。

常呂放流群では、放流位置より西のオホーツク海沿岸で再捕された割合が大きかったが、これら西範囲で再捕された個体のうち、日本海を母川として移動していた個体もあったことが可能性として想定される。オホーツク中東部沿岸域も日本海系資源の主要な回遊経路と考えるべきかを検討するために、常呂放流群のうち放流位置から西範囲の再捕状況と対象範囲の定置網の漁具規模に基づいて、以下の数理モデルで推定した。

標識魚は、海岸線に垂直に不連続かつ高密度に設置されている定置網によって再捕される。これをFig. 2の尺度距離 x に対する再捕数の連続関数として捉えることで、任意の位置における再捕数の期待値を表現した。ここでは、放流位置の西隣の湧別町以西で再捕された標識魚を西方向へ移動する群と仮定し、距離 $x=0$ (km)を湧別川河口付近とした。距離 x kmまでの累積

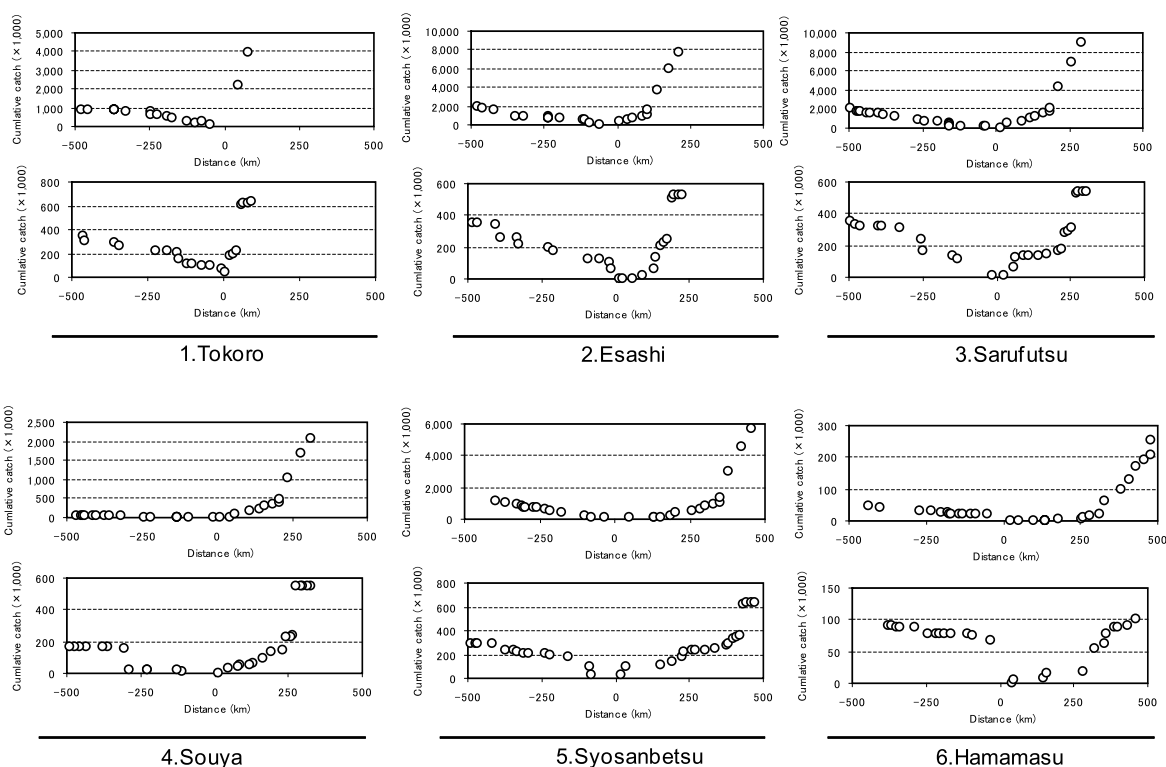


Fig. 4 Cumulative catch in number of chum salmon versus distance from the release point for each release group. The minus sign indicates the direction of the west of each release point. The upper graphs, catch by set-net in coastal area; the lower graphs, catch by trap in rivers.

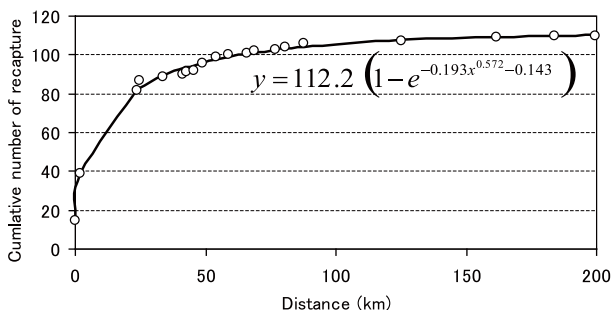


Fig. 5 Cumulative number of recaptures versus distance from the mouth of R. Yubetsu for the Tokoro-released group.

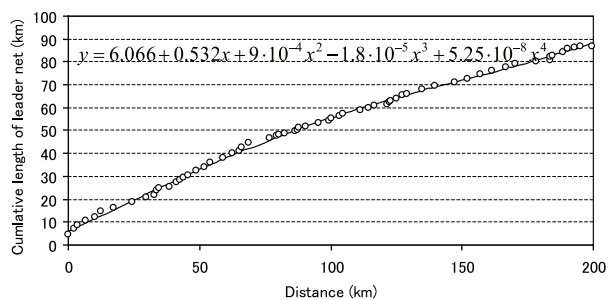


Fig. 6 Cumulative length of leader net of each set net versus distance from the mouth of R. Yubetsu.

再捕数の推移を次の曲線によって表現し、位置 x における累積再捕数期待値 $R(x)$ と観測値との残差平方和を最小にするように $A \sim D$ の4個のパラメータを推定した。

$$R(x) = A \left(1 - e^{-B \cdot x^C - D} \right) \quad (1)$$

推定結果および観測値の推移を Fig. 5 に示す。

(1)式に推定パラメータを代入し x で微分すると、

$$\frac{dR}{dx} = 12.38 e^{-\{0.14+0.19x^{0.57}\}} x^{-0.43} \quad (2)$$

であり、位置 x における再捕数の期待値となる。また、宗谷岬までの範囲に設置されているさけ定置網枠長の累積距離数の推移 $F(x)$ を n 次多項式によって表現することとし、1～6次までの各式について係数と推定値に対するAIC (Akaike Information criteria) を最尤推定したところ、AICが最も小さい式は4次式 (AIC=0243) であったので、次式を採用した。推定結果および観測値の推移を Fig. 6 に示す。

$$F(x) = 6.066 + 0.532x + 9 \cdot 10^{-4}x^2 - 1.802 \cdot 10^{-3}x^3 + 5.252 \cdot 10^{-8}x^4 \quad (3)$$

(3)式を微分すると、

$$\frac{dF}{dx} = 0.532 + 0.002x - 5.4 \cdot 10^{-3}x^2 + 2.1 \cdot 10^{-7}x^3 \quad (4)$$

であり、位置 x における漁獲努力量の期待値となる。これを x に対する瞬間漁獲死亡係数 $f(x)$ とし、漁獲効率を u とすると、位置 x における加入尾数 $W(x)$ の期待値は、(2) および (4) 式によって、次式で表される。

$$W(x) = \frac{r(x)}{1 - e^{-u \cdot f(x)}} \quad (5)$$

ただし、(2) 式を $r(x)$ とおいた。一方、 $x=0$ での標識魚の加入尾数を N 、 N のうち位置 x における x 以上の距離範囲に存在する河川に産卵遡上しようとしている標識魚の比率を p ($0 < p < 1$) とすると、 $W(x)$ は、

$$W(x) = N \cdot p \cdot e^{-u \int_0^x f(y) dy} \quad (6)$$

ここで、漁獲効率 u を一定と仮定すれば、 N に対して u と $f(x)$ の漁獲強度のもと、(2) 式の $0 \sim x$ 範囲の区間積分値で表される再捕数期待値が再捕されるということになるので、 u は、

$$u = - \frac{\log\left(1 - \int_0^x r(y) dy\right)}{N \int_0^x f(y) dy} \quad (7)$$

である。

日本海とオホーツク海の境界位置を宗谷岬 ($x = 199.6$) として (5) ~ (7) 式より $p(x=199.6)$ を推定した。ここで、標識魚の加入尾数 N は不定であり任意に与える必要があるが、少なくとも実際に湧別川以西で再捕された 71 尾よりは多い。さらに、常呂放流群の放流総数 420 尾のうち、再捕 71 尾とそれ以外の範囲での再捕 190 尾の比によって、再捕されなかった 159 尾分を比例配分すると 43:116 となり、標識魚が死亡しない場合に、 $x = 0$ に加入したが再捕されなかった標識魚の個体数の目安を 43 尾程度と考えるのは合理的である。その 43 尾に実際に再捕された 71 尾を加算すると 114 尾となる。 N を 114 とすれば、 p は 0.098 と計算される。すなわち、114 の標識魚が $x = 0$ の位置を通過したとすると、そのうち約 10% は本来、宗谷岬以西、すなわち日本海に回

帰する資源であったが、オホーツク海沿岸を移動中に再捕されたと推定される。誤差範囲を上下に 100 ~ 130 として、 N に対する p 推定値の感度を計算したところ、 p の推定範囲は 0.109 ~ 0.090 と概ね頑健であった (Fig. 7)。このことから、常呂放流群 420 尾に対しては 2 ~ 3 % 程度が日本海系資源であったと推定される。

次に、放流位置から再捕位置までの距離と再捕までの経過日数から、沿岸域における移動速度について把握した。距離数を経過日数で除した値、すなわち一日当たりの移動距離の頻度分布を各放流群について Fig. 8 に示す。なお、移動距離の短い再捕個体は放流位置付近の河川に遡上するため滞留していることが考えられたため、ここでは、距離数が 50km 以上の再捕個体のみを集計対象とした。すべての放流群を合わせた頻度分布では一日あたり 30 ~ 40km の移動距離が最頻値であった。宗谷、初山別、浜益放流群では 50km 以上を移動した個体の再捕数が少なく傾向を把握することが難しかったが、常呂、猿払放流群では、30 ~ 40km が最も多かったのに対して、枝幸放流群では 20 ~ 30km が最頻値と、放流群によって異なる傾向がみられた。各放流群の間には年齢組成や性比に違いがあった (Table 1) ことから、これらの影響を確認するために、データ数の多い常呂、枝幸、猿払の放流群について、一日当たりの移動距離を放流群間と年齢間、放流群間と性別間で、それぞれ二元配置分散分析により比較したところ、いずれも、年齢間、性別間に有意な差はなく ($p > 0.05$)、放流群間に有意差があった ($p < 0.01$)。

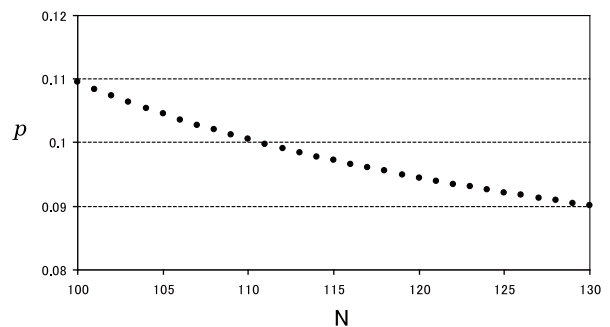


Fig. 7 Sensitivity of estimated p for the arbitrary parameter N .

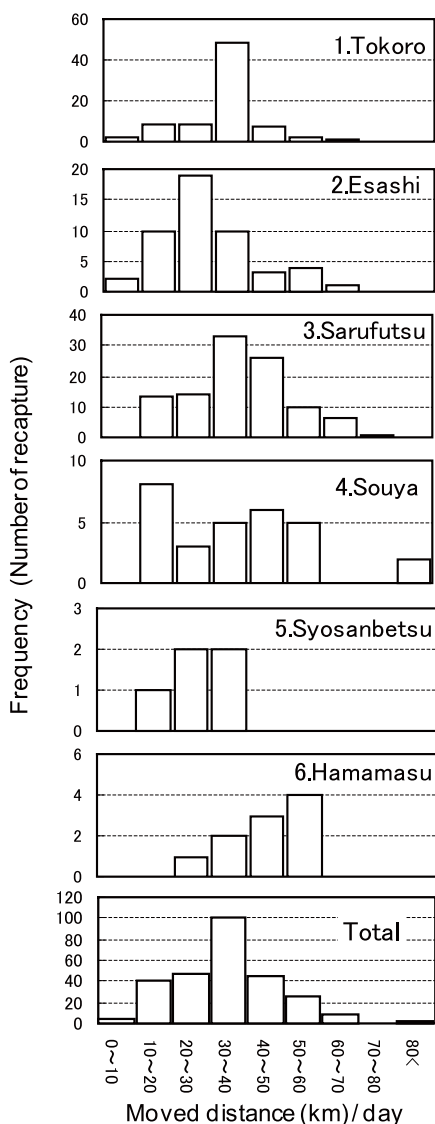


Fig. 8 Frequency distribution of the moved distance per day of recaptures for each released group.

浜益放流群では、放流位置より南西約30kmの位置に河口のある石狩川の支流、千歳川の捕獲場において65尾の再捕があった。他の放流群では河川内再捕のほとんどが、河口域から数km範囲に設置されたトラップによっているため、河川を移動する時間など、遡上生態に関わる知見を得ることが困難であるのに対し、千歳川捕獲場は河口から推定約65km上流に位置するため、河川遡上の経過を定量的に把握することが可能である。Fig. 9に、千歳川捕獲場において再捕された65尾について、放流日から再捕された日までの経過日数の頻度分布を示す。最頻値は18日で突出しているが、11~13日目頃の頻度も比較的高かった。年齢、性別間には経過日数に有意な差がみられなかった（二元配

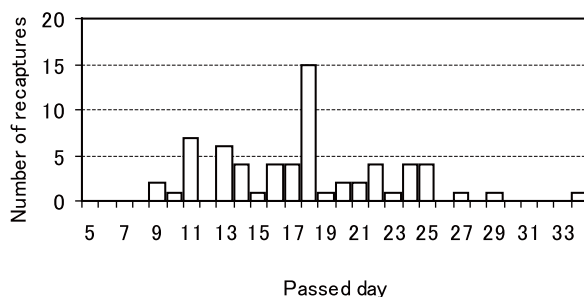


Fig. 9 Frequency distribution of passed day (from the release date to the recapture date) at the catch point of R. Chitose for the Hamamasu released group.

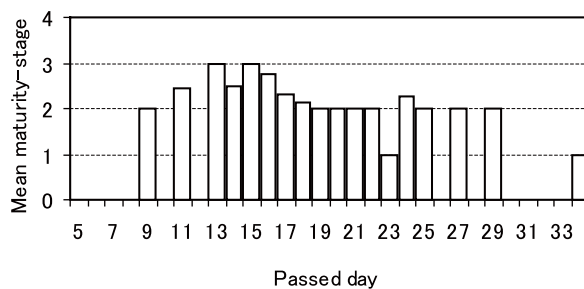


Fig. 10 Mean maturity-stage for 18 date groups recaptured at the catch point of R. Chitose. The score of the maturity-stage is noted (1, 2, 3 and 4) and determined based on skin color change of the second sexual characteristic as the degree of individual maturity at the time of release. The score "4" is the most advanced maturity-stage.

置分散分析, $p > 0.05$) が、放流時に行った個体の成熟進行度の外観判別得点（二次性徴にみられる体色変化が見られない：1点、体色変化が薄く確認できる：2点、体色変化および吻端の変形など著しい変化がみられる：3点、体色が黒化し吻端の変形が顕著で繁殖直前後の個体の平均値の推移 (Fig. 10) からは、前半に再捕された個体は放流時の成熟進行が比較的進んでいるという傾向がみられた。それ以降に再捕された個体の放流時の成熟進行度に大きな違いはなかった。

考 察

本研究では、ある定置網に入網した漁獲物をやや沖合に移送してから標識放流し、その再捕状況に基づき回遊生態に関する特性を把握した。

沿岸域のある位置に存在しているシロザケ資源のその後の回遊経路は、母川の方角、その時々々の海況、そして偶然性により定まるといえる。必然的にその資源があるひとつの定置網に入る確率の絶対値はきわめて

小さい。そのため、一度入網した魚群を沖合に放流しても、当該定置網で再捕される個体数が突出するような状況にはならず、他の定置網や母川の捕獲場など再捕範囲は広範になる。その再捕結果もまた確率的挙動の一事象に過ぎないため、得られた結果の解析と解釈はそれを踏まえて行う必要があるが、放流群が東西いずれの方向に移動する傾向を持っていたか、といった定性的な情報を得ることは可能である。また、標識魚の再捕率は40～60%と過去に行われた同様の調査結果と比べると高かった。一方、約半数の未再捕の個体は標識装着作業時のストレスにより放流後すぐに斃死した可能性が高い(星野, 2006)ことから、ある特定の範囲に移動した個体の再捕報告がなく、再捕位置の分布に人為的な偏りが生じたという状況は考えにくい。これらのことから、複数海域での標識放流群の再捕状況を総合的に検討すれば、回遊経路を推察することが可能と判断した。

常呂、枝幸、猿払、宗谷の放流群では、標識魚の再捕範囲がいずれも放流位置の西範囲に偏ったのに対して、それぞれの放流日から20日間の沿岸漁獲尾数や河川捕獲尾数は放流位置の東範囲で著しく多かった。これは、それぞれの標識放流調査が行われた時期に来遊していた資源量の規模がいずれも放流位置の東範囲で大きかったことを示唆している。もし、各放流群が東西それぞれの資源規模に比例した資源構造を持っていたとすれば、必然的に放流魚の再捕範囲は放流位置の東範囲に偏ることとなるが、結果は逆の傾向、すなわち西範囲に偏った。このことから、常呂、枝幸、猿払、宗谷の放流群では、放流位置より西側へ移動しようとする個体と近隣河川に由来する資源が主体となっていたと推察される。ただし、常呂、枝幸放流群では東側に移動し再捕された個体も多かったことから、少なくとも枝幸放流群の放流位置付近まではオホーツク中東部海域(網走支庁沿岸域)方面に回帰する資源が加入している明らかな状況がみられた。その一方、枝幸放流群から西方約80kmに位置する猿払放流群および宗谷放流群では再捕範囲が西側に著しく偏っており、東側では短い距離範囲で数個体が再捕されたのみであったことから、両放流群では、枝幸方面やオホーツク中東部海域へ移動しようとする個体の割合はきわめて低かったと推察される。これらの状況から、枝幸町から浜頓別町にかけての沿岸付近をひとつの境として、それより東範囲で漁獲対象となっている資源は、オホーツク西部や日本海に移動する資源と、オホーツク中東

部に母川のある資源が混成しているのに対し、西範囲では、オホーツク中東部資源の割合が顕著に減少し、知来別川など宗谷北部の河川や日本海側の河川に由来する資源が主体となっていると考えられた。

また、常呂放流群のうち、北海道日本海へ回帰する途中にオホーツク海沿岸で再捕された個体の比率は2～3%程度と推定された(Fig. 7)。一般に、宗谷岬周辺からオホーツク海中中部沿岸域にかけては春季から秋季にかけて、対馬暖流水を起源とする宗谷暖流が表層域で卓越している。サケ科魚類の沿岸域での回帰行動は母川由来の物質に対する嗅覚応答である(帰山, 2002)といわれることから、日本海側に母川のある資源がオホーツク海において宗谷暖流水を回帰の経路として選択しているという解釈は合理的である。しかし、常呂放流群の放流日の翌旬から翌々旬のオホーツク中東部における漁獲尾数は約7,697千尾、その2.5%とすれば約192千尾であるが、これに対し同時期の北海道日本海全体の漁獲尾数は1,539千尾である。このことからすると、オホーツク中東部沿岸漁場においては日本海へ回帰する資源の主要な回遊経路が恒常的に形成されているというわけではなく、おそらく海況に応じて大きく変化するような状況にあるものと考えられる。

サケ科魚類の母川回帰特性については、生態学的、生理学的側面から多くの研究がある。データ記録型の標識や位置情報を発信する標識を装着した個体を放流・追跡する行動学的研究からは、個体の回遊履歴と周辺環境条件との対応関係が解明されつつある。とくに、日本周辺海域では回帰親魚が周辺水温に応じて移動速度や遊泳する水深帯を変化させる特性を持つことが明らかにされており(Takagi, *et al.*, 2003; Kitahashi, *et al.*, 2000; Tanaka, *et al.*, 2000; Tanaka, *et al.*, 2001)、北海道周辺においても、回遊経路に周辺海域の水温分布が強く影響を及ぼしていることが示唆される。例年9～10月のオホーツク海中中部沿岸域は宗谷暖流の影響で、離岸20～30kmの範囲の水温がそれより沖合に比べ著しく高く、沖合域で10℃台前半、沿岸域で15～20℃と水温差がある(Fig. 11 参考図)。冷水性魚類のシロザケにとって10℃台後半の水温帯は生息限界といえ、オホーツク海の河川に回帰する資源であれば成熟が進行すれば高水温の沿岸域にも来遊すると考えられるが、日本海に回帰する資源は基本的にオホーツク中東部沿岸の高水温帯を回避して移動している可能性は高い。すなわち、日本海へ回帰する資源の回遊経路の中心は、オホーツク中東部の沿岸漁場よりは沖合域に



Fig. 11 Distribution of surface water temperature in the Sea of Okhotsk on Sep. 26, 2007. The NOAA satellite imagery is quoted from the web-site “MARINE NET HOKKAIDO” (<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp>).

位置し、時々、海況に応じて沿岸漁場へ接近する程度が変化していると考えられる。オホーツク海では秋季から冬季にかけて北方より東樺太寒流が南下し、これに伴い宗谷暖流水は表層域から消滅する。宗谷暖流と東樺太寒流、その他の気象条件などによって、沿岸から沖合にかけての水温分布は季節や年により変動するので、日本海系シロザケの回遊経路やオホーツク沿岸漁場への加入率もこれに応じて変動すると考えられる。また、宗谷放流群や猿払放流群では積丹岬より西側の範囲に移動して再捕される個体が比較的多くあったのに対し、初山別放流群や浜益放流群ではほとんどなかった。この傾向は過去に行われた調査結果からも知ることができる（長谷川，2004）。この現象についても、基本的にはオホーツク海と同じ側面があると考えられる。すなわち、日本海北中部の母川に回帰する資源の回遊経路はその沿岸域であるのに対し、日本海南部方面に回帰する資源は日本海北中部沿岸の高水温帯を経由することなく、水温の比較的低い沖合域（少なくとも定置漁場より沖側）を回遊経路の中心としていることが示唆される。

北海道が実施する本調査の目的のひとつに、北海道日本海系資源のオホーツク海での利用実態に関する数

値を漁業調整上の目安として算出することがある。長谷川（2004）は、1988～1999年の10月に行われた同様の標識放流調査データに基づき、オホーツク中部地区に來遊したシロザケが地場資源である確率を80.5%と見積もり公表している。ただし、本稿での指摘をふまえ、漁業調整上の数値については、もとより大きく変動する値であることを認識して、複数の方法、複数年の調査・解析による結果を蓄積することが必要である。

放流位置から再捕位置までの移動距離と経過日数から、沿岸域における一日あたりの移動距離を頻度分布にまとめたところ、30～40kmが最頻値となった。記録型標識やバイオテレメトリーによる行動解析の研究では、個体の水平方向の遊泳速度は一日あたりに換算しておおよそ40～80kmの範囲で結果が得られている。ただし、本稿で示した一日あたりの移動距離は、実際に個体が遊泳した距離ではなく、放流位置から再捕位置までの海岸線距離である。Tanaka *et al.* (2001) の調査では、実際に個体が移動した水平距離は、放流位置から再捕位置までの単純距離の1.24倍以上で、個体によっては19倍であったとしていることから、本研究の結果も従来の知見とはさほど大きく変わらないと考えられた。仮に一日あたりの移動距離を35kmとすれば、例えば宗谷岬付近に來遊した日本海系資源が約250km離れた雄冬岬付近に達するのは約7.3日後、約500km離れた能取岬付近に來遊した場合には約14.3日後と見積もられる。一方で、放流群間には移動速度に差がみられ、それは放流群の年齢組成や性比の違いではなかった。年齢や性別以外で放流群の間に移動速度の差をもたらす要因としては個体の成熟進行度の違いが想定される。長谷川（2004）も、未熟な個体ほど長い距離を移動して再捕される傾向があることを指摘している。回帰時期によって成熟度にも違いが生じる可能性があり、より成熟が進んだ加入群では幾分移動時間が短くなることが予想される。

沿岸域での移動と個体成熟の関係については、本研究で定量的な検討を行うことができなかったが、浜益放流群のうち千歳川に遡上した群については、放流時に成熟が進行していた個体の方が捕獲場までの遡上時間は短くなる傾向がみられた。千歳川での再捕は、経過日数11～13日と18日前後の二時期に件数が多かったことから、成熟度の異なる二つ以上の群が放流群を構成していたことが示唆される。全体的には千歳川捕獲場までの所要時間に2～3週を要した個体が多く、

これが石狩湾に加入した資源がその主要母川である千歳川の捕獲場に達する時間目安となろう。また、放流位置から約30km西に離れた河口付近（石狩市石狩区）での定置網による再捕が放流14日後にピークとなったことと、沿岸での移動距離が一日あたり30～40kmということからすれば、河口付近までの移動日数はわずかであろう。サケ科魚類の河川遡上のタイミングは個体成熟の程度にくわえ河川流量の影響を受けるとされる（例えばSmith *et al.*, 1994）が、星野（2006）は、枝幸放流群について放流位置の近傍にある徳志別川など河口近くの捕獲場で放流後4.6日後に再捕のピークがみられたとしている。これらを目安として、河口までの移動時間と河口域での滞留時間を延べ1週程度と見積もれば、河口から千歳川捕獲場までの約65kmの旅程をおよそ1～2週程度かけて遡上した個体が多かったと推察される。

要 約

1. 北海道日本海に回帰するシロザケについて、北海道沿岸域における回遊生態に関する特性を得るため、2004、2005年にオホーツク海と日本海の沿岸域6カ所で行われた標識放流調査の再捕データを解析した。
2. 放流を実施した時期の漁獲尾数・河川捕獲尾数と再捕位置との対比、および常呂放流群に占める日本海系資源の構成比の数理モデルによる推定結果に基づき、日本海系資源の回遊経路は、オホーツク中部沖合から西部沿岸域、宗谷海峡を通り、日本海北中部系資源では沿岸域に、日本海南部系資源では沖合域にその中心があると考えられた。周辺の海洋構造に鑑みて年々の海況により沿岸漁場への加入率は大きく変動することが示唆された。
3. 沿岸域での移動速度は30～40km程度の個体が多く、年齢や性別間には差がみられなかった。浜益放流群の再捕状況から、日本海の主要河川のひとつである石狩川水系千歳川の捕獲場には、石狩湾に加入後2～3週程度を要して達する個体が多いことが分かった。ただし、成熟の進行が進んでいる個体は、沿岸回遊、遡上の速度は比較的速くなることが示唆された。

謝 辞

本研究で実施された標識放流試験は、北海道立水産

孵化場、水産技術普及指導所、各管轄支庁の多数の職員による調査で行われたものである。放流作業は枝幸、常呂、猿払、宗谷、初山別、石狩湾の各漁業協同組合ならびに定置部会の全面的な協力のもと実施された。再捕にあたっては、道内外の漁業協同組合およびサケマス増殖事業関連団体の職員、水産加工場、一般の遊漁者など、関係する多数の方々から再捕報告をいただいた。調査に様々な形でご協力をいただくことで北海道のサケマス資源管理に多大な貢献をされたすべての方々に感謝します。

文 献

- 長谷川英一・奈良和俊・広井 修（2004）．親魚標識放流結果を利用した網揚げ規制効果の見積もり方法についての一考察．さけ・ます資源管理センター技術情報，**170**，17-49．
- 北海道立水産孵化場（2004）．平成16年度事業成績書．北海道立水産孵化場，恵庭．
- 北海道立水産孵化場（2005）．平成17年度事業成績書．北海道立水産孵化場，恵庭．
- 星野 昇（2006）．シロザケ親魚の標識放流データに基づく資源特性値の推定方法．北海道立水産孵化場研究報告，**60**，65-75．
- 帰山雅秀（2002）．母川回帰のメカニズム．最新のサケ学，（帰山雅秀編），pp. 96-111．成山堂書店，東京．
- Kitahashi, T., Ando, H., Urano, A., Ban, M., Saito, S., Tanaka, H., Naito, Y. and Ueda, H. (2000) . Micro data logger analysis of homing behavior of chum salmon in Ishikari Bay : Behavior biology. *Zoological Science*, **17**, 1247-1253.
- Takagi, Y., Tanaka, H. and Naito, Y. (2003) . Behavior of chum salmon as revealed by micro data loggers off the Sanriku coast, Japan : A review. *Otsuchi marine science*, **28**, 6-13.
- Tanaka, H., Takagi, Y. and Naito, Y. (2000) . Behavioral thermoregulation of chum salmon during homing migration in coastal waters. *The Journal of Experimental Biology*, **203**, 1825-1833.
- Tanaka, H., Takagi, Y. and Naito, Y. (2001) . Swimming speeds and buoyancy compensation of migrating adult chum salmon *Oncorhynchus keta*

- revealed by speed/depth/acceleration data logger. *The Journal of Experimental Biology*, **204**, 3895-3904.
- Smith, G. W., Smith, I. P and Armstrong, S. M. (1994). The relationship between river flow and entry to the Aberdeenshire Dee by returning adult Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, **45**, 953-960.
- 上野康弘 (1993) . 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. 遠洋水産研究所研究報告, **30**, 79-206.
- Ueno, Y. and Hiramatsu, K. (1990) . A method for estimating mortality coefficients of chum salmon *Oncorhynchus keta* from tagging experiments. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1079-1082.
- 渡辺一俊 (1999) . 北海道系サケ稚魚の生残率の算定と人工ふ化放流事業の効果の評価. さけ・ます資源管理センター研究報告, **2**, 29-37.