三陸沿岸へ回帰したサケの遡上に至るまでの行動と 海象・気象との関係

乙部 弘隆, 都木 靖彰, 安保 綾子

(1999年11月18日受付, 2000年3月9日受理)

Relationship between Homing Behavior of Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Returning to the Sanriku Coast and Sea and Weather Conditions

Hiroataka Otohe,*¹ Yasuaki Takagi,*¹ and Ayako Anbo*²

The relationship between daily salmon catch and sea and weather conditions in Otsuchi Bay located at the center of the Sanriku Coast was analyzed in 1996 and 1997. The daily salmon catch reached a peak when the sea water temperature reached 13°C level in both years. In 80% of cases, the salmon catch at the day after a rainfall (>5 mm) or strong westerly wind (>10 m/s) rose to over 1.5 times that of the previous day. The largest salmon catch of each year was observed to be on the day after the largest precipitation or the longest strong westerly wind. These data suggest that the homing behavior of chum salmon was affected significantly by sea water temperature, rainfall and westerly wind on the Sanriku Coast.

キーワード: サケ, 回帰行動, 漁況, 大槌湾

岩手県三陸沿岸のサケ *Oncorhynchus keta* 漁は古くから盛んであり, また近年の人工ふ化放流事業の成功により飛躍的に漁獲量が増加し北海道に次ぐ全国2位の地位を占めている。¹⁾ 沿岸付近に回帰してから母川へ遡上するまでの行動に関する研究は, 漁獲量の向上という水産学的な視点で三陸沿岸でも多くの研究が行われてきた。中でも大槌湾を研究対象海域とした研究が多くなされている。例えば Hiyama *et al.*²⁾ は大槌湾の標識放流実験から母川回帰の嗅覚説を裏付ける研究を行った。Sato *et al.*³⁾ と Sato and Maiwa⁴⁾ はやはり標識放流実験で母川回帰の検証の他, 湾内への進入ルートが外洋水の進入ルートと類似し, 遡上する前に数日間湾中央部で回遊することなどを示唆している。また, 石田ら⁵⁾ はピンガー(超音波送信器)を用い三陸に回帰したサケの行動を連続追跡調査し, 遊泳速度や深度の測定に成功する一方, 沿岸に来遊したサケが母川を探して南北に頻繁に移動していることを明らかにした。Ueno⁶⁾ は岩手県沿岸に来遊したサケを大量に標識放流し, 県外まで含めた広域の回遊経路を明らかにした。Tanaka *et al.*⁷⁾ は水温・深度を記録出来る独自の小型ロガーを開発し, それを用

いて大槌湾でのサケの鉛直行動と水温の関係を調べはじめた。

一方地元の漁師の言い伝えに1)「旧暦の10月下旬から11月上旬は大漁」, 2)「大雨が降ると大漁」, 3)「西風が吹くと大漁」などの諺がある。いずれもこの時期の海象・気象に関することであり, 特に2), 3)は陸水の沖合への拡散を促す現象であり, サケが母川を嗅覚で感知する⁸⁾ことを考えると矛盾しない。ところがこの様な海象・気象現象が沿岸に来遊したサケの行動にどの程度の時空間スケールでどの程度関与しているかを直接研究した例は極めて乏しい。そこで本研究ではサケの沿岸に回帰してから遡上までの行動が海象・気象変動にどの程度応答しているかを, 1996年度と1997年度の2回の漁期について大槌湾の湾口部, 湾奥部および河川における日々の定置網漁獲と海象・気象の連続データから論じる。

資料と方法

研究対象海域 対象海域は Fig. 1 に示す岩手県三陸リアス式海岸中央部にある大槌湾である。湾軸は湾奥か

*¹ 東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター (Otsuchi Marine Research Center, Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Akahama, Otsuchi, Iwate 028-1102, Japan).

*² 東京水産大学海洋環境学科 (Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan).

Fig. 1. Map of Otsuchi Bay and locations of set-nets.

Broken line indicates the borderline between bay head and bay mouth defined in this study. Solid triangles and circles indicate locations of temperature sensors and temperature and salinity sensors, respectively. At H2, a temperature sensor was set in 1996 and a temperature and salinity sensor was set in 1997. The temperature sensor at R1 was set only in 1997. Solid square indicates the location of routine marine meteorological observation system operated by the University of Tokyo.

ら Fig. 1 の点線まで東西方向であり, そこから北東へ向きを変えている。この点線で示す部分は湾幅が狭く, ここから湾軸が変化するために外洋からのうねりが湾奥部へ侵入しにくくなっている。湾幅は約 3 km, 湾長は約 7 km, 水深は湾口部で約 70 m であり湾奥にいくにつれ直線的に水深が浅くなっている。湾奥には北から大槌川, 小槌川, 鵜住居川の順で 3 河川が注ぎ込み, これらいずれの河川もサケが遡上し, 人工ふ化放流事業が行われている。

漁獲データ 漁獲データは Fig. 1 に示す 10 個所の定置網: M1 (仲網), M2 (野島), M3 (沖野島), M4 (元網), M5 (三丁目), M6 (二丁目), M7 (四丁目), H1 (長越), H2 (平磯), H3 (早障子) と R1 (大槌川), R2 (小槌川), R3 (鵜住居川), の 3 河川の日々の漁獲

量 (尾数) を用いた。これら定置網の地理分布, 規模, 入り口の方位などの設置方法は均一ではないので, 個々の網ごとの漁獲で議論せず, Fig. 1 に示す点線を境に湾口部, 湾奥部, 河川部の 3 地区に分け, それぞれの合計で議論することにした。また漁獲の絶対値より相対的な変動に注目し, それを遡上行動の指標とした。用いたデータの期間は 1996 年 9 月 1 日から 1997 年 1 月 31 日と 1997 年 9 月 1 日から 1998 年 1 月 31 日である。日曜, 祭日あるいは時化のため休漁した日はその直後の漁日を含め均等配分して用いた。

海象・気象データ 海象・気象データは東京大学海洋研究所大槌臨海研究センターの海象・気象観測装置で 10 分毎に記録されているデータを 1 時間平均して用いた。ただし雨量については日積算値を用いた。この海象・気象観測装置は 1977 年から稼働している旧システム⁹⁾と 1995 年から稼働した新システム¹⁰⁾の 2 種類ある。本報告では風のデータ以外は旧システムのデータを用いた。このほかに河川水の湾内への広がりを見るため水温・塩分計または水温計を湾内数箇所 (0.5 m 深) に設置した。1996 年度は水温・塩分計 (アレック電子 MDS-CT 精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, ± 0.1 psu) を Fig. 1 に示す定置網の M3 と M4 および河口域 RM に設置した。また, 水温計 (離合社 RMT 精度 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$) を H1 および H2 に設置した。1997 年度は H2 にも水温・塩分計を設置し, また大槌川河口床には河川水温のモニターのため水温計を追加設置した。いずれの測器も 10 分間隔で記録し, これらの 1 時間平均値または日平均値を用いた。

結 果

水温変動と漁獲の関係 岩手県では人工放流を行うようになって間もなくの 1978 年から県外の受精卵も購入し, ふ化放流するようになった。北海道産の卵が多くこれらは回帰時期が早いため早期群と呼び, 従来のものは後期群と呼ばれるようになった。岩手県では沿岸漁獲が 10 月 31 日まで, 河川捕獲が 11 月 10 日までを早期群, その後を後期群と定義している。¹¹⁾ 放流比率は近年早期群も増加してきているが, 漁獲比率からみると圧倒的に後期群が多い。

まず漁期における漁獲の全体的な変動と水温変動の関係をくわべた。Fig. 2 に 1996 年度および 1997 年度の日々の漁獲 (棒グラフ) とその 30 日の移動平均値 (実線) を湾中央部 (Fig. 1, 黒四角) の 5 m 深の水温時系列とともに示す。

1996 年度では, 湾口部で水温と漁獲の移動平均値をみると 10 月中旬の水温 18°C 台になってから漁獲が増えだし, 11 月中旬まで水温の下降とともに増加した。11 月下旬の 22 日に水温は 15°C から 13.5°C へと急激に

Fig. 2. Daily salmon catch in the bay mouth, bay head, and river mouth and hourly mean sea water temperature at 5 m depth monitored by the routine marine meteorological system from September to January in 1996 and 1997.

低下し、その5日あとの27日頃に漁獲ピークがみられた。ピーク時の水温は13°C台であった。湾奥では湾口部より約1ヶ月遅れの11月に入ってから顕著な漁獲の増加がみられる。水温で17°Cを下回ってからである。ピークは湾口部より10日近く遅れ12月7日頃であった。河川では湾奥よりさらに10日近く遅れて11月中旬の水温15°C台になった頃から漁獲の増加が顕著になった。ピークは湾奥部とはほぼ同じ12月7日頃で水温は12.5°Cであった。

1997年度では、湾口の漁獲が増加する時期は1996年度と同様10月中旬の水温18°C台になってからであった。水温低下とともに漁獲は増加傾向を示すが1996年度のようにシャープな山を作らず12月上旬まで緩やかな増加を示した。水温は10月から11月中旬までは1996年とはほぼ等しい水温で経過したが、その後降下が始まり12月中旬までは1996年度より0.5°Cから1°C高めに推移した。急激な水温低下は1996年度より4日遅れて11月26日15.5°Cからはじまり28日には一時12.5°Cまで低下したが30日には再び14°Cまで戻った。漁獲のピークは水温13°C台の12月12日頃で1996年より半月ほど後にみられた。湾奥部では10月上旬から中旬にかけて早期群の回帰とみられるなどなだらかなピーク

が現れた。漁獲の顕著な増加は1996年より半月遅れて11月中旬からみられたがピークはそれ程遅れず12月12日頃で湾口部と同じであった。河川の漁獲変動の位相は湾奥部とはほぼ同じでピークも湾口、湾奥と同じ12月12日頃であった。

気象（雨量、風向・風速）と日々の漁獲変動 ここからは資源量の多い後期群に主眼を置いて11月と12月の最盛期について詳細な解析を行った。

1996年と1997年の11月・12月の日積算雨量と風向・風速の日平均値および湾口、湾奥、河口部における日々の漁獲量をFig. 3に示す。日積算雨量1mm以上の降雨日数は、両年とも11月が7日間、12月が4日間であった。降水量をみると1996年は平年並みの雨量であったが、1997年は11月22日に138.2mmという豪雨があり、またその前後にも40mmの大雨があったため、月間降水量は平年の2倍以上で期間も11月中旬から下旬にかけて集中していた。Fig. 3からわかるように1996年11月27日における20mmの降雨と1997年11月22日における138.2mmの豪雨はそれぞれの年の漁期における最大降雨量であり、1996年はその翌日、1997年はその3日後に湾口部で最高漁獲を示した。

この時期における風向は、両年とも西北西の風が卓越

Fig. 3. Daily precipitation, daily mean wind speed, daily mean wind direction, and daily salmon catch in the bay mouth, bay head, and river mouth from November to December in 1996 and 1997.

していた。また、両年ともこの期間の平均風速は 4 m/s 以上で、5 m/s 近いピークが頻繁にみられた。この時期は数日おきに低気圧が東北地方を通過し、高気圧からの吹き出しによる強風が周期的にみられた。漁期で最も強風（10 m/s 以上）が連続して吹いたのは 1996 年が

12 月 5 日から 6 日にかけて 11 時間、1997 年が 12 月 3 日の 8 時間であった。1996 年は 12 月 6 日に河口部で最高漁獲が、湾口および湾奥部はその翌日に漁獲のピークがみられた。1997 年は 12 月 3 日に湾口部で、翌日に湾奥部でそれぞれ漁獲のピークがみられたが、河口部

ではみられなかった (Fig. 3)。

次に降雨や風が日々の漁獲量の増加にどの程度影響をおよぼしているかを探るため、漁獲が前日比で1.5を超えた日を漁獲増の特異日と定義し、特異日と降雨・風の関係を解析した。Table 1に示すように全観察期間61日の内、特異日は1996年には湾口部で12日間、湾奥部で14日間、河川部で9日間あり、3つの海域のいずれかが特異日となったのは計26日で、全日数の43%であった。1997年はそれぞれ11日間、14日間、5日間、計24日で、39%であった。両年とも湾口、湾奥部に比べ河口部は少ない傾向を示した。

まず、降雨と特異日の関係を見てみる。1日5 mm以下の小雨は除き、5 mm以上の並雨の降雨が午前中にみられたときは当日と翌日、午後からみられたときは翌日の漁獲が、前日の1.5倍以上の特異日であった場合、降雨影響日と定義した。Table 2に示すように1996年において5 mm以上の降雨日は6日あり、湾口部の降雨影響日は4日、湾奥部4日、河川部4日であり、3つの海域のいずれかで影響がみられた日は6日であった。

Table 1. Summary of remarkable salmon catches during November and December in 1996 and 1997

Year	Remarkable salmon catches* (days) /Whole period (days)			
	Bay mouth	Bay head	River	Somewhere in the bay
1996	12/61	14/61	9/61	26/61(43%)
1997	11/61	14/61	5/61	24/61(39%)

* A remarkable salmon catch was defined as a day when the daily salmon catch exceeded 1.5 times that of the previous day.

Table 2. Occurrence of remarkable salmon catches after the events during November and December in 1996 and 1997

Events	Year	Remarkable salmon catches*1 (days)/Event days			
		Bay mouth	Bay head	River	Somewhere in the bay
Precipitation > 5 mm/day*2	1996	4/6	4/6	4/6	6/6 (100%)
	1997	1/4	2/4	3/4	3/4 (75%)
Wind > 10 m/s*3	1996	3/10	2/10	1/10	5/10(50%)
	1997	3/9	5/9	2/9	8/9 (89%)
TS drop down*4	1996	5/10	5/10	3/10	9/10(90%)
	1997	6/16	7/16	4/16	11/16(69%)

*1 The remarkable salmon catch was defined as the day when daily salmon catch exceeded 1.5 times that of the previous day.

*2 The day when rainfall occurred more than 5 mm.

*3 The day when a westerly wind blew at more than 10 m/s and for longer than 1 hour.

*4 The day when temperature and salinity dropped at set-net M3.

1997年において5 mm以上の降雨日は4日間あり、降雨影響日はそれぞれ1日、2日、3日および3日であった。3つの海域のいずれかで降雨の影響を受けたと考えられる割合は、1996年が100%、1997年が75%であった。

次に、風向風速と特異日の関係を見てみる。5 m/s以上の風が3時間以上吹いた日は両年とも40日前後あった。風によって生じる海水流動(吹送流)は風速とその持続時間に関係するので、ここでは5 m/s以上の風が3時間以上吹きかつ10 m/s以上の風が1時間以上吹いた日を強風日と定めた。午前中から吹いた日は当日と翌日、午後から吹いた日は翌日が特異日であった場合、強風影響日と定義した。Table 2に示すように1996年は10日間強風日があり、そのうち強風影響日が湾口部で3日、湾奥部で2日、河川部で1日であり、いずれかの海域で強風影響日となったのは5日間であった。1997年の強風日は9日間で、影響日はそれぞれ3日、5日、2日および8日であった。3つの海域のいずれかで強風の影響を受けたと考えられる割合は、1996年が50%、1997年が89%であった。

以上のように、漁獲に対する降雨および風の影響は湾のいずれかで生じており、両年の影響率を平均すると79%であった。

水温・塩分変化と特異日の関係 定置網に取り付けた水温計および水温・塩分計による両年の11月から12月までの水温と塩分時系列をFig. 4に示す。塩分値はセンサーの生物付着により時間とともにベースラインが下がるが、相対的な変動は感知できる。1996年11月8日および12月2日と1997年11月28日および12月25日のベースラインのジャンプはセンサーの清掃を行ったためである。この時期における河川水の水温は湾内

Fig. 4. Hourly mean sea water temperature and salinity monitored at set-nets from November to December in 1996 and 1997.

水より 4°C から 6°C 低いので、水温および塩分がともに低下することが河川水の存在の指標となる。両年とも湾口北部の M3 を除き水温および塩分が 1 日程度の周期で頻繁に低下している。この変動は河川水のフロントが潮汐で湾口部の M4 付近まで行き来していることを示す。また 1997 年は 11 月 21 日から 12 月 2 日までほぼ連日降雨があり、11 月 22 日には集中豪雨があったため、この期間の水温、塩分の変動が非常に大きかった。このように湾内における河川水の分布には、当然降雨と風の両者が大きく影響し、5 mm 以上の降雨日もしくは強風日の当日あるいは翌日には、M3 地点においても両年の平均で 63% の割合で河川水を感じた。

ここでは M3 の地点で水温、塩分がともに低下した日、すなわち河川水のフロントが湾口まで達した日に注目し、その当日または翌日と特異日との関係をみた。Table 2 に示すように 1996 年において水温、塩分の低下がみられた日は 10 日間あり、そのうち特異日は湾口部で 6 日、湾奥部で 5 日、河口部で 3 日あり、3 つの海域のいずれかで特異日が生じた日は 9 日間であった。1997 年では 16 日間で、特異日はそれぞれ 6 日、7 日、4 日および 11 日間であった。両年を平均してみると、3 つの海域いずれかで特異日が生じた割合は 80% におよんだ。

考 察

回帰時期と水温の関係 三陸では 15°C 以下の水温になると湾内にサケが入ると言われている。¹²⁾ サケの回遊

経路の詳細な情報は未だ解っていないが、母川から放流されたサケは、4 年前後の期間北太平洋亜寒帯循環系の海域で索餌回遊をした後、産卵のため親潮域を三陸沿岸まで回帰し、¹³⁾ それぞれの母川を探知すべく沿岸沿いに北上ないし南下を繰り返すようである。⁶⁾ 彼らが誕生してから回帰するまでの生息水温環境は気候学的なデータから概ね夏季でも 15°C 以下であると考えられる。岡寄¹²⁾ は三陸の宮古湾と唐丹湾の定置網の漁獲と水温から 15°C 以下になると好漁になる事例を示した。Tanaka *et al.*⁷⁾ はサケに取り付けたロガーの解析から三陸へ回帰したサケの好適水温は 12°C から 14°C の範囲であると述べている。今回の事例でも、1996 年、1997 年の両年とも湾口、湾奥、河口部の全ての場所で漁獲のピークはこの範囲の水温で生じていた。また水温が 15°C 以下になるときは両年とも 15°C 以上から 15°C 以下に 1 日程度で急激に水温が変化しており、岡寄¹²⁾ による 1985 年 11 月の宮古湾の例も同様であった。これらのことから三陸沿岸ではこの時期になると湾内水と湾外水との急激な交換が生じその結果湾内水温の急降下が起こると思われ、親潮系の水が勢力を増して接岸するの、海水の冷却機構の差で湾内外で密度の差が大きくなるためか、その原因とメカニズムが明らかになれば漁獲ピーク時期の予測ができる可能性もあるが、これは今後の課題である。湾口部と河川部の漁獲ピークの遅れは 1996 年では 10 日近かったが 1997 年では遅れが殆どなかった。Sato and Maiwa⁴⁾ による 1959 年の事例では湾口と河口の漁獲ピークの遅れは 1996 年と同様に約 10 日で

あり、サケは湾内で8日間過ごし湾奥から河川へは1日か2日かけて遡上すると述べている。1997年は前年より水温が高く、湾口部のピークが2週間も遅れたため、サケの性成熟など生理学的準備も十二分に整い、かつ12月3日の強風により湾内で停滞することなく母川が感知でき、湾口から河口へ一気に到達したのではないかと推察される。

日々の気象変動とサケの行動 その年の日々の漁獲変動はまず群の沿岸来遊の時期、頻度、その規模に依存し、また大槌湾の河川を母川とするものと他の河川を母川とするものの割合にもよると考えられる。特に湾口部では他の河川を母川とするものが多く捕獲されるので、^{5,6)} その年の沖合域における海況により、より複雑に変化すると考えられる。これら群の挙動の上にローカルな海況や気象変動の影響を受けた漁獲変動を見ている訳であるから定量的な議論は困難であるが、イベント的な大雨や強風から定性的な傾向を探る試みを行った。

降雨について言えば1996年11月27日20 mm、1997年11月22日138 mmとそれぞれの漁期で最も多い降雨を示したが、湾口部では1996年はその翌日の28日に、1997年はその3日後にそれぞれの年の最高漁獲量を示した。1997年における138 mmの豪雨はこの時期(11月、12月)としては過去15年の大槌臨海研究センターの資料に例をみない程であった。この豪雨の3日後にみられた漁期最高漁獲量はその前後の漁獲量に比べ突出しており、豪雨の影響の可能性が大であると推測される。またFig. 2に明らかなように1996年の湾口部における漁獲変動パターンに比べ、1997年のそのパターンはかなり扁平になっている。この原因には、年ごとの資源構成や海況変動などのさまざまな要因が考えられるが、1997年11月の多雨が前年より早い時期にサケの湾口部への来遊を促した可能性も考えられる。

風に関しては結果で述べたように漁期で最も強風(10 m/s以上)が連続して吹いたのは1996年が12月5日から6日にかけて11時間、1997年が12月3日の8時間であった。1996年は12月6日に河口部で最高漁獲が、湾口および湾奥部はその翌日に漁獲のピークがみられた。1997年は12月3日に湾口部で、翌日に湾奥部でそれぞれ漁獲のピークがみられた。

このように2回の漁期の事例であるが、漁期で最も多い降雨や強風現象がみられた直後は必ず好漁であった。序論で述べた地元漁師の諺は少なくとも漁期で最大の降雨や強風時には当てはまったといえる。

降雨や風の強度別にどの範囲まで影響しているか比較するには、定置網の網おこしが1日1回または2回と漁獲の時間分解能が悪く難しいが、定性的な傾向を探る試みとして、降雨は5 mm以上降った日、風は10 m/s

以上の風が1時間以上連続して吹いた日の、当日または翌日に前日の1.5倍以上の漁獲があれば、気象が影響した可能性が高いと定義し、それぞれ湾口部、湾奥部、河口部の漁獲と比較した。湾内の海域による違いは顕著でなかったが、いずれかの場所で影響を受けていることが多く、風雨影響日は両年の平均で79%にのぼった。また湾口(M3)において測定器の精度内で河川水を感じできたときの湾口部での漁獲への影響日は44%で、湾内全体では80%であった。以上のことから5 mm以上の降雨や10 m以上の西よりの風が吹くと少なくとも一日程度の時間スケールでかつ湾口部までの空間スケール(約7 km)で河川水の張り出しがあり、それがサケの行動に影響を及ぼしていると推察される。

久保¹⁴⁾は新潟県三面川でのサケと気象要因との関係について17年間の資料を用い調べている。彼によると漁期である11月と12月の漁獲と降雪量との相関が非常に高く、これは間接的に水温と関係しているのではないかと述べている。また4年間の漁期における日々の漁獲量と最寄りの気象官署の風向との比較を行い、北風系・西風系の風のときは不漁で東風・東南風では好漁との結果をだしている。日本海に面し湾口が西側に向く三面川と太平洋に面し湾口が東側に向く大槌湾とで風向きがまったく逆に影響していることは、風による陸水の沖合への流出がサケの母川回帰に影響するという説を強く支持している。

潮汐との関係は漁獲が積算値として1日1回ないし2回しかないことから、日々の潮の干満との関係は残念ながら比較できない。ただ、図示しなかったが両年とも河川における最高漁獲日が小潮のときと一致していたことは興味深い。これは大槌湾の場合3河川の河口が接近しているため潮流による乱れが少ないときの方が母川を見分けやすいことも考えられるが、これも今後の課題である。

謝 辞

サケの漁獲資料を快く提供してくださった大槌町漁業協同組合、大槌町漁業協同組合大槌川鮭鱒人工孵化場、大槌町漁業協同組合小槌川鮭鱒人工孵化場、釜石東部漁業協同組合根浜孵化場、釜石市漁業協同組合連合会の方々に深謝いたします。定置網に水温・塩分計を設置するにあたり多大な協力をしていただいた大槌町漁業協同組合、大槌町漁業協同組合大槌川鮭鱒人工孵化場、小林定置生産組合の方々、またこれらの測定器の設置、保守、回収に協力していただいた大槌臨海研究センターの盛田技術官をはじめとする船舶スタッフの方々に心から感謝いたします。

尚この研究は東京大学海洋研究所の特定研究「三陸沿

岸域における生物群集と環境変動に関する研究」および岩手県海洋環境国際共同研究の一部として行われた。

文 献

- 1) 岩手県林業水産部漁政課編：いわての水産，平成10年版，岩手県林業水産部，岩手県，1998，p. 11.
- 2) Y. Hiyama, T. Taniuchi, K. Suyama, K. Ishioka, R. Sato, T. Kajihara, and T. Maiwa: A preliminary experiment on the return of tagged chum salmon to the Otsuchi River, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **33**, 18-19 (1967).
- 3) R. Sato, M. Omori, and T. Maiwa: Studies on the chum salmon returning to Otsuchi River, Japan I. Movement of the tagged spawning fish to rivers from the coastal sea area. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **34**, 1107-1111 (1968).
- 4) R. Sato and T. Maiwa: Studies on the chum salmon returning to Otsuchi River, Japan-II. Movement of mature fish to river from coastal area. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **37**, 1037-1043 (1971).
- 5) 石田享一，長洞幸夫，井上喜洋，渡部俊広：三陸沿岸に回帰するサケ親魚の行動。日水誌，**54**，1279-1287 (1988).
- 6) Y. Ueno: Migration of mature chum salmon along Iwate prefecture coast estimated by tagging experiments. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1445-1452 (1991).
- 7) H. Tanaka, Y. Takagi, M. Iwata, and Y. Naito: The behavior and ambient temperature of homing chum salmon monitored by a data logger. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, **11**, 62-73 (1998).
- 8) A. D. Hasler and W. J. Wisby: Discrimination of stream odors by fishes and its relation to parent stream behavior. *Amer. Nat.*, **85**, 223-238 (1951).
- 9) 乙部弘隆，加賀明美，大槻眞理子，盛田孝一，平野健一，佐渡欣也，黒沢正隆，岩間祐吉：海象・気象観測結果 (1996年版)。東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，**22**，75-92 (1997).
- 10) 乙部弘隆：新しい海象・気象観測装置 (SEACOM 大槌) の紹介。東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，**22**，39-44 (1997).
- 11) 岩手県林業水産部漁業振興課編：平成8年度 岩手県のさけ・ますに関する資料，岩手県林業水産部，岩手県，1998，p. 3.
- 12) 岡寄守良：三陸沿岸の海湾における海水交換と変動現象。沿岸海洋研究ノート，**32**，15-28 (1994).
- 13) 久保達郎：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編，札幌，1998，pp. 105-108.
- 14) 久保伊津男：新潟県三面川に於ける鮭の漁獲高と二・三の気象要因との関係に就いて。日水誌，**7**，101-104 (1938).