

能登半島以東海域におけるサクラマスの漁況予測

長谷川 誠 三

(日本海区水産研究所)

1. はじめに

サクラマス *Oncorhynchus masou* (BREVOORT) は、北太平洋に分布するサケ属の中では、その資源量、分布域から見るかぎり最も小規模な個体群であろう。田中 (1965) によると、サケ属の他の種に比べて南方性で、分布は最も南に偏している。また、太平洋のアジア側にのみ産し北米沿岸には全く見られない。日本海沿岸では、島根県以北が主な分布域とされており、他の種に比べ沿岸性が強いものと考えられている。また、本種の陸封型は、ヤマメと呼ばれている。4～5月に降下したサクラマスは、津軽海峡、宗谷海峡をへてオホーツク海で越冬し12～1月になって再び日本海へ戻ってくる。北海道松山沖から島根県隠岐諸島沖にいたる広範囲の極前線帯で越冬し2～4月頃沿岸に来遊、4～6月に河川に溯上する (待鳥・加藤 1985 a)。河川内で越冬し、この間に成熟が進み9～11月に産卵する。産卵後、孵化するまでの期間は水温によってまちまちであるが、北海道の場合、天然溯上のもので約90日と見られている (大野 1933 a, 1933 b)。4～5月頃に浮上し摂餌が開始されるが、サケ *O. keta* やカラフトマス *O. gorbusha* と違って、1年ないしは2年の河川内生活の後、4～5月頃に降海する。

サクラマスを漁獲する漁業は多岐にわたっているが、沖合では主に流し網で漁獲され、次いで延縄である。沿岸では、定置網、釣り、小型延縄、刺網等で主に漁獲される (田中 1965; 加藤 1981)。漁獲量は、日本海での漁獲が専らで本州太平洋側では少ない (支倉 1984; 宮澤ら 1986; 煙山ら 1987; 小谷ら 1984; 小谷ら 1986)。サクラマスは、カラフトマスにならんで日本海ますの重要魚種である。1977年以降、200海里体制になって、沿岸性の強いサクラマスに需要が高まっていることは事実である。特に漁期が、さけ・ます類の供給が1年のうちで最も少なくなる4月頃に集中していることは、本種の需要を根強いものになっている (長谷川・加藤 1986)。近年、サクラマスの種苗生産技術が大幅に向上し、これらの放流が国家事業或いは、道県の単独事業としても行われるようになり、既に、かなりの回帰実績を上げている例もある。今後、さらに大規模な人工孵化放流が実施されるにいたると、これらの資源を含め漁業の管理が重要な課題となる。本報告では、1980年度から開始されたマリーナランシングプロジェクトの結果を踏まえ、現在行われているサクラマスの資源評価方法と、日本海北部海域 (北海道は除く) における漁況予測の問題点について述べる。

本報告を纏めるにあたり、石川県～北海道の各水試・水振センターの方々々が鋭意努力されて収集された、サクラマス沿岸漁獲量のデータを参照させていただいた。各位には、この場をかりて深く謝意を表す。

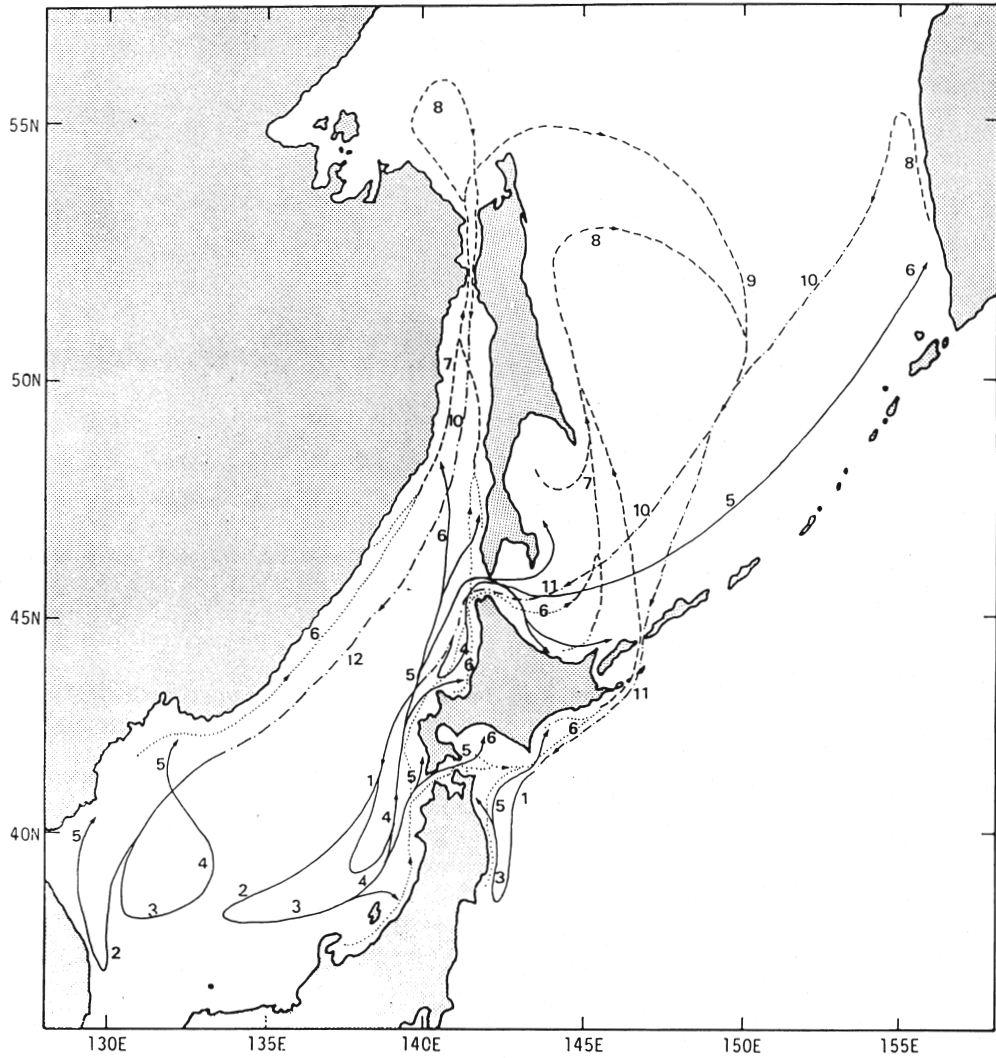


図1 サクラマスの回遊想定図 (待鳥・加藤1985aより)

点線：春(4～6月), 破線：夏(7～9月)

鎖線：秋(10～12月), 実線：冬～春(1～6月)

2. 資源量と来遊量の推定

日本海におけるサクラマス資源量推定の方法は、加藤(1980)が cohort analysis を用いたのを一部改変して行っている。これは、沖合漁業の漁獲成績報告書を基に、旬別の漁獲尾数と有効漁獲努力量から、資源量指数を求めることから始まる。この場合、有効漁獲努力量とは、各操業の中でサクラマスの漁獲が認められたものを有効とし、20'柵目の中で有効であった投網反数(投縄鉢数)の合計を旬別漁区内の有効努力量として用いる。資源量指数は、次式で求める。

$$P_n = C_n / X_n \text{ ——(1)}$$

$$P_x = \sum P_n \text{ ——(2)}$$

ここで P_n : n 区の資源量指数

C_n : n 区のサクラマス漁獲尾数

X_n : n 区の有効漁獲努力量

P_x : 全体の資源量指数

沖合漁業は、流し網と延網の2種類があるので、資源量指数も2種類となる。これらを、CPUEをもとに基準化し統合して用いることになる。次に、旬別の資源量指数を基に、旬あたりの全減少係数を求める。この際、旬の資源量指数が最も高かった時を加入開始、最も低かった時を最終と見做し、期間中の傾きから全減少係数を求めている。各年毎の全減少係数を目的変数にし、各年毎の有効漁獲努力量を説明変数にとって回帰分析を行うと、回帰定数は旬あたりの瞬間自然死亡係数（年によらない）となる。かつては、瞬間死亡係数は、推定値を用いていたが200海里体制に移行して、既に10余年が経過しているので回帰分析を利用するようになった（加藤 1981）。また、回帰係数は漁獲能率に他ならないので、最終旬にかかる瞬間漁獲死亡係数を計算によって求めることができる。両死亡係数と旬別の漁獲尾数から cohort analysis によって、漁期初めの資源尾数が求まる。さらに漁期最終旬初の資源尾数から当該旬の漁獲尾数を引くことによって獲り残し尾数を求める。この獲り残し尾数から生まれた資源は3年後、4年後の来遊資源と見做される。即ち、当該年の漁期初めの資源尾数を加入尾数（Recruitment）とし、3年前、4年前の獲り残し尾数の平均値を親魚尾数（Escapement）と仮定して、両者から Ricker 型の再生産曲線を描くことによって来遊量が推定できる。しかし、この方法は近年の減船措置等によって、操業船が減ったために漁場利用度が変わってきていること、同時に漁獲されるカラフトマスが1年おきに豊漁と不漁を繰り返すことから、漁獲努力や漁獲能率の年の差について検討の余地が残されていること、沿岸指向性の強いサクラマスの沖合分布は海況に左右されやすいにも関わらず、瞬間死亡係数を一定にしていることなど多くの課題を残している。

こうした問題は、1972年に開始された漁場一斉調査で補充される。これは、石川県～北海道の水試・水研が参加し、以前は、5月中旬に主としてカラフトマスを中心に行われていたが、近年サクラマスの調査も範疇に含めること、200海里内のカラフトマスの生態に合わせることから4月中旬に行われるようになった。調査は、北緯37°以北の日本の200海里内、東経131°40′から139°40′の海域に、緯度が20′間隔、経度が40～60′間隔の格子状の調査点を配し、流し網による漁獲試験、海洋観測、餌料環境としてのプランクトン採集等、多彩な調査が展開されている。この調査は、短い期間に広範囲をカバーしていること、漁獲努力や漁場利用度の年の差が無いために、そこから得られる資源量指数等の結果は極めて信頼性が高く、資源変動の傾向を忠実に反映していると考えられる。また、海況等のデータは、他魚種の漁海況予報事業等にも還元され貴重な調査と言えよう。

3. 漁況の予測

漁況予測は、まず沖合域と沿岸域への配分関係を予測することから始まる。先にも述べたように、サクラマスは沿岸指向性が強い。このため、原則的には「資源量が多い年には沖合へも分布が拡大する」という仮定が出発点になる。そして、資源量の変動に海況の影響を加味することによって、配分関係はより具体的なものになる。一方、沖合での漁場形成については、待鳥・加藤（1985b）、加藤ら（1987）などの知見があるのでここでは触れないが、沿岸への地域配分についてはマリーンランディングプロジェクトによって知見が得られているので報告する。

資源配分については、本来ならば日本海北部海域を幾つかの海区に分け、海況との関連において各海区間の分布状態を検討するのが妥当であろう。しかし、現時点では海区毎の資源量を適切におさえる手段がないために、ここでは沖合域或いは、県別の沿岸漁獲量をもって配分を検討した。また、海況の状態を表す要素として次のものを用いた。

- ア) 3月の規定水域面積に対する佐渡沖冷水域（100m深8℃以下の水域）の面積割合
- イ) 3月の規定水域面積に対する入道埼沖冷水域（100m深8℃以下の水域）の面積割合
- ウ) 石川県禄剛埼から規定等温線までの最短距離
- エ) 新潟県鳥ヶ首岬から規定等温線までの最短距離
- オ) 佐渡島沢埼から規定等温線までの最短距離
- カ) 山形県加茂～39°N・139°Eを結ぶ直線と規定等温線との交点から加茂までの距離
- キ) 入道埼から規定等温線までの最短距離
- ク) 鱸作埼から規定等温線までの最短距離
- ケ) 規定等温線と41°N線の交点と北海道白神岬との距離

ここで言う「規定水域」とは、長沼（1988）が定義するところのものであり、「規定等温線」とは11月の15℃線、2月の10℃線、3月の8℃線である（図2）。

沖合漁獲量は、新潟さけ・ます事務所の水揚げ統計、並びに漁獲成績報告書に基づく統計が使用できる。また、沿岸漁獲量については、1979年から各道県水試・水振センターで精力的に地区別漁業種類別のデータが収集され、毎年「日本海ます調査研究打ち合わせ会議」の時に交換されている。1979～1987年のこれらの資料をもとに相関法を用いて海況と漁況がどのような関係にあるかを見た結果、統計的に有意（5%水準）であった関係（ルール）を次にあげる。なお、ここでは言う「配分」とは毎年の沿岸・沖合漁獲量の合計値に対する各海域或いは各県漁獲量の比、もしくは沿岸漁獲量の合計値に対する各県漁獲量の比について検討し、「漁況」とは漁獲量について検討したものである。

ルール1：佐渡沖冷水の張ら出しが強い年には、沖合への配分は少ない。

ルール2：石川県、富山県、佐渡島沿岸の漁況パターンは極めて類似している。

ルール3：佐渡沖冷水の張り出しが弱い年には、新潟県本州沿岸への配分がやや良い。

ルール4：沿岸だけに限って見ると、佐渡沖冷水の張り出しが弱い年には、新潟県本州沿岸、秋田県の配分は良い。

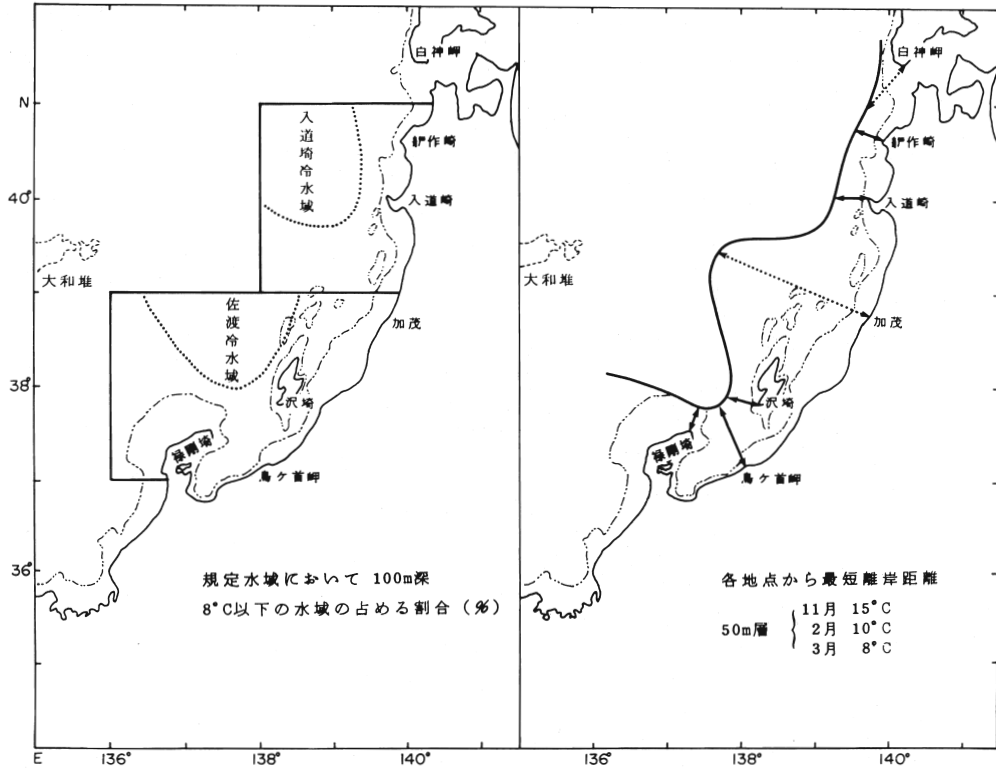


図2 海況要素を表す概念図

ルール5：佐渡沖，入道埼沖冷水の張り出しが強い年には，陸奥湾での漁況は良い。

ルール6：2月の山形県沖50m深10°C線の離岸距離が短い年は，陸奥湾での漁況は良い。

ルール7：2月の沢崎沖50m深10°C線の離岸距離が長い年は，秋田県沿岸の漁況は良い。

前項で述べた来遊量の予測とこれらのルールを組み合わせることによって，ある程度の漁況予報が可能である。クォータ等を設定するような資源管理を行うには，まだ多くの問題を控えているものの，漁業者から漁況の見通しについて尋ねられた場合，これでもかなりの情報を提供できる。

4. 多変量解析を用いた数値予測の検討

湖上親魚の確保，沿岸漁業と沖合漁業による合理的な獲り分け，先獲りの問題等，適正な漁業管理を行う場合には，現在の段階では時期別海区別来遊量の数値予測が不可欠である。しかし，生物的環境や海況のふれが数値予測の妨げになっているのは，他の魚種についても同じであるが，サクラマスの場合はカラフトマスやサケと違い，河川生活期が長いため，河川環境の変動にも注目しなければならない。このことは，数値予測を一層困難なものにしている。対象魚種の生活史・生態的特徴などから考えられる原因要素を選び出し，多変量解析を行うのも一つの方法である。この方法

は、スルメイカで既に実用に供されている（長沼ら 1984）。サクラマスについては、マリーナランディングプロジェクトの中間結果から重回帰分析を用いた方法を紹介する。当該年の予測漁獲量を目的変数に、3・4年前の佐渡沖・入道埼沖両冷水域の占有割合を説明変数にして1979～1987年までのデータをもとに次式を得た。

$$Y_c = 2692.71 - 9.8704 X_1 - 4.5509 X_2 - 5.7264 X_3 - 5.4900 X_4 \quad (R = 0.73393) \quad \text{---(3)}$$

Y_c : 当該年の予測漁獲量 (トン)

X_1 : 3年前の3月佐渡沖冷水域の占有面積 (%)

X_2 : 4年前の3月佐渡沖冷水域の占有面積 (%)

X_3 : 3年前の3月入道埼沖冷水域の占有面積 (%)

X_4 : 4年前の3月入道埼沖冷水域の占有面積 (%)

4年前の条件を付加しないと、漁獲量が大きく変動する場合、あてはまりが悪かった。こうした方法は、経済予測等ではしばしば使われるが、自然科学では因果関係の理由づけが明快でないのと、いかにも安直な方法として敬遠されがちである。しかし、現実的な目安を与えると言う点では実用性が高い。また、観測値の精度やデータの収集限界による要素の揺らぎから、本来、因果関係があるにも関わらず期待した結果が得られないこともありうる。

5. 問題点と今後の展開

サクラマスの漁況予測を行う上で最も重要なことは、資源管理に立脚した立場を明確にすることである。特に、越冬期から沿岸回遊期にかけての沖合漁業と、接岸群を期待する沿岸漁業は利害相反とも言える。しかし、さけ・ますの全国的な供給が殆ど無い時期に、いち早く市場に投入されるのは沖合で漁獲されたものである。その後、次第に沿岸で漁獲されたものへと移行し、沖合での漁獲物はカラフトマスに移行する。一方、沿岸漁獲はサクラマスの溯上で漁期が終了する。沿岸で短い漁期間に大量の水揚げを行うか、沖合と沿岸で獲り分けて、より長期にわたって供給を行うかという選択である。また、4～6月における日本海北・中部沿岸でも、北上群と南下群が混在しうる可能性が、標識放流の結果から示唆されている（佐々木ら 1987）。このことは、人工孵化放流が盛んになれば先獲りの問題として浮かび上がってくる。こうした問題をぬきにして、単なる漁況予報だけを行っても意味がない。漁業の誘導目標を明確にし、試験研究機関、行政、漁業者のパイプをより密にすることによって始めて意味をなす。

人工孵化放流を前提にした予測体制を確立することも急務である。マリーナランディングプロジェクトの成果によって、サクラマスの種苗生産の技術は飛躍的に向上し完成の域に達している。今後は、孵化場の建設といった事業規模の課題を残すのみとなっている。回帰資源は産卵親魚の確保を含めた最適利用を満足する漁業配置で漁獲されるべきである。それには、回帰量を的確に予想するための、降下稚魚数や降海時の海況状態等の把握、海洋生活期の餌料状態の把握等、綿密な調査が組み立てられなければならない。また、漁期前の魚群分布状態、海況状態等の調査は予測精度を格段に向上させる。事業の中にこれらの調査体制を保証する、恒久的な予算措置は是非とも必要であ

る。今後は、海区水研・水試ばかりでなく、さけ・ます孵化場や内水面水試等との緊密な連絡と協力体制がますます重要になってくるであろう。

最後に、資源管理を含めた漁況予測システムについて若干の補足を行う。漁況予測に際しては、統計解析的手法等様々な方法が考えられるが、数式で扱えるアルゴリズムが存在するかと言う問題が残る。逆の言い方をすると、数値化できない情報は取り込めないのかと言うことである。サクラマスを取り巻く環境から、その行動・生物的諸現象、それらを統合した生態的現象をすべて数式化しないと真の予測は不可能であろうか。

統計解析、数値解析から出てきた数値は、あくまで因果関係や予見的観測値の目安に過ぎない。数値化情報は、時としてそれを真の値と取り違えてしまう所に危険性がある。かと言って、数値化できない或いは数式化できないと言って情報を捨象していると、予測自体、実用性に乏しいものになりかねない(山中 1981)。最近、コンピューターのハードウェアの進歩に伴い、パーソナルコンピューターでも高度なシステム構築や言語の使用が可能となってきている。今後は、これらを利用したエキスパートシステムや人工知能の応用が促進されよう。これらの特徴は、①予測のロジックを大切にできること、②曖昧な知識の表現や記述が可能なこと、③培った知識の継承性が良いこと、④論理記述性に優れていること等である。そのため、新しい調査研究によって得られた知識を即座に組み込んだり、新しい管理システムの移行に対応し易いとかと言う長所を持っている。一方、時間が経つと、システムに任せがちになると言った短所も持っている。現時点では、ハードウェアの価格が高価であるとか、システム構築ツールが貧弱であるとかの問題はあるにしても高性能CPUの普及にともない、いずれ解決されて行くと思われる。試験研究者は、誤謬を発見しうる専門知識を絶えず磨いていなければならないことは将来とも同じであろう。

要 約

日本海ます漁業の重要魚種であるサクラマスの漁況予測について、資源管理的課題を含めて検討を行った。

- (1) 来遊量の推定は、漁獲成績報告書の旬別データをもとに cohort analysis を用いて漁期初めの資源尾数と獲り残し尾数を求め、Ricker 型の再生関係から加入尾数を推定する方法を紹介した。
- (2) 試験船を用いた漁場一斉調査は、漁獲努力や漁場利用度の年格差が無いために、得られる資源量指数等の結果は極めて信頼性が高い。
- (3) サクラマスの沖合と沿岸への配分は、佐渡沖冷水域の張り出しで良く説明できる。また、佐渡沖・入道崎沖冷水の形状が、沿岸各地への配分を左右していることを説明した。
- (4) 多変量解析を用いた漁況予測の方法を検討した。3～4年前(親魚来遊期)の冷水域の占有面積が当該漁獲量を良く説明できることから、重回帰分析の応用を検討した。
- (5) 資源管理システムの今後の展開として、エキスパートシステムや人工知能の導入について言及した。

文 献

- 長谷川誠三・加藤史彦 (1986). 日本海における流し網及び延縄によって漁獲されるサクラマス の 価 格 分 析. 大 型 別 枠 研 究 サ ク ラ マ ス 研 究 グ ル ー プ レ ポ ー ト (6), 127-133.
- 支倉 理 (1984). 岩手県沿岸におけるサクラマスの漁業実態と生物学的特性. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(4), 85-92.
- 加藤史彦 (1980). IVサクラマスに関する情報. 日本海系カラフトマスに関する資料. 日本海区水産研究所 (所収), (10).
- 加藤史彦 (1981). 日本海におけるサクラマス. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(1), 10-14.
- 加藤史彦・長谷川誠三・中川見子 (1988). 日本海におけるサクラマスの分布. 昭和63年度日本水産学会秋季大会. 講演要旨集, 3.
- 煙山 彰・支倉 理・大村礼司 (1987). 岩手県沿岸におけるサクラマスの漁業実態と生物学的特性. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(7), 148-162.
- 小谷祐一・木會克裕・竹内 勇・小達和子 (1984). 宮城沿岸におけるサクラマスの漁獲. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(4), 105-108.
- 小谷祐一・木會克裕・竹内 勇 (1986). 宮城県沿岸におけるサクラマスの漁獲量の変動. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(6), 170-175.
- 待鳥精治及び加藤史彦 (1985 a). 海洋域におけるサクラマスの回遊模型. サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の産卵群と海洋生活. INPFC 研報(43), 92-105.
- 待鳥精治及び加藤史彦 (1985 b). 成魚の沖合分布と環境. サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の産卵群と海洋生活. INPFC 研報(43), 52-62.
- 宮澤公明・支倉 理・大村礼司 (1986). 岩手県沿岸におけるサクラマスの漁業実態と生物学的特性. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(6), 134-169.
- 長沼光亮・笠原昭吾・北島忠弘 (1984). スルメイカ主産卵場付近における環境の長期変動について. 日本海ブロック試験研究集録(2), 47-66.
- 長沼光亮 (1988). 昭和63年4~9月の日本海海況予測に関する検討資料. 日本海区水産研究所, 9.
- 山中一郎 (1981). 漁海況予察の理論. 漁海況予測の方法と検証, 水産庁研究部, 158-167.
- 大野磯吉 (1933 a). 北海道産サクラマスの生活史. 鮭鱒彙集, 5(2), 15-26.
- 大野磯吉 (1933 b). 北海道産サクラマスの生活史. 鮭鱒彙集, 5(3), 13-25.
- 佐々木文雄・宇藤 均・小林 喬 (1987). 積丹海域に來遊するサクラマス *Oncorhynchus masou* BREVOORT 未成魚について. 大型別枠研究サクラマス研究グループレポート(7), 96-125.
- 田中昌一 (1965). 太平洋のさけ・ます——第9部. 沖合域におけるぎんざけ, ますのすけ及びさくらます. 3. さくらますに関する生物学的知見. INPFC 研報(16), 75-135.