

漁場外の分布量を含めたサンマ来遊資源量推定方法

誌名	中央水産研究所研究報告
ISSN	09158014
著者名	大関, 芳冲 北川, 大二 河井, 智康
発行元	水産庁中央水産研究所
巻/号	12号
掲載ページ	p. 53-70
発行年月	1998年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



漁場外の分布量を含めたサンマ来遊資源量推定方法

大関芳沖*¹, 北川大二*², 河井智康*³

Assessment Method of the Stock Size of Immigrated Pacific Saury (*Cololabis saira*) including the Information on the Distribution outside the Fishing Grounds

Yoshioki Oozeki *¹ Daiji Kitagawa *² and Tomoyasu Kawai *³

Abstract : Assessment method of the immigrated stock sizes of the Pacific saury (*Cololabis saira*) into the potentially fishing ground was established, using data sets of catch by stick-held dip net fisheries, monitored information of the fishery operations, relationship between body length and weight of landed specimens, and results of drift gill net surveys by research vessels. Body length composition and the number of fish caught at the fishing grounds were estimated on every ten day periods and in each 30' latitudinal by 30' longitudinal block. Distribution of the Pacific saury was estimated at the potentially fishing ground 35°-47° N, 140-155° E from information of the fishing ground during the past 25 years and the results of the drift gill net surveys. Using information on the distribution over the survey area, the total immigrated stock size in the potentially fishing ground was estimated by enlarging the stock size in the fishing ground. The total immigrated stock sizes of the Pacific saury were estimated from 1,010,000 ton (1993) to 4,280,000 ton (1992) during 1992 to 1995. Total catches in Japan were estimated from 6.1-27.1 % of the immigrated stock size during this period.

1998年2月9日受理 中央水産研究所業績A第74号

*¹ 中央水産研究所 (National Research Institute of Fisheries Science, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa, Yokohama 236-8648, Japan)

*² 東北区水産研究所八戸支所 (Tohoku National Fisheries Research Institute, Hachinohe Branch, 25-259 Shimomekurakubo, Same, Hachinohe, Aomori 031-0841, Japan)

*³ 東北区水産研究所 (Tohoku National Fisheries Research Institute, 3-27-5, Shinhama, Shiogama, Miyagi 985-0001, Japan) (現住所: 166-0004 東京都杉並区阿佐ヶ谷南 1-25-36)

サンマ (*Cololabis saira* Brevoort) は北西太平洋に広く分布し、日本では主に8月から12月にかけて棒受網漁業で漁獲される水産業上重要な魚種の一つである。1955年以降の漁獲量は5.2万トンから57.5万トンまで大きく変動してきたが、近年では生産調整が行われているため、漁獲量は20~30万トンで推移している (全国さんま漁業協会, 1996; Fig. 1)。日本周辺の産卵期は秋から初夏までと長期間にわたり、産卵場も三陸沿岸から薩南に至る海域に広がっている (Watanabe *et al.*, 1997)。耳石の日周輪構造の解析からサンマは1年で体長30cm以上に成長し、寿命は1年と数カ月程度と推定されている (Watanabe *et al.*, 1988; Watanabe and Kuji, 1991)。漁獲物の体長範囲は20cmから32cm以上と幅広く、小型 (体長20.0~23.9cm)、中型 (同24.0~28.9cm)、大型 (同29.0~31.9cm) に大別され、それぞれがその年の春生まれ、冬生まれ、前年の秋生まれに対応すると考えられている (福島ら, 1990)。

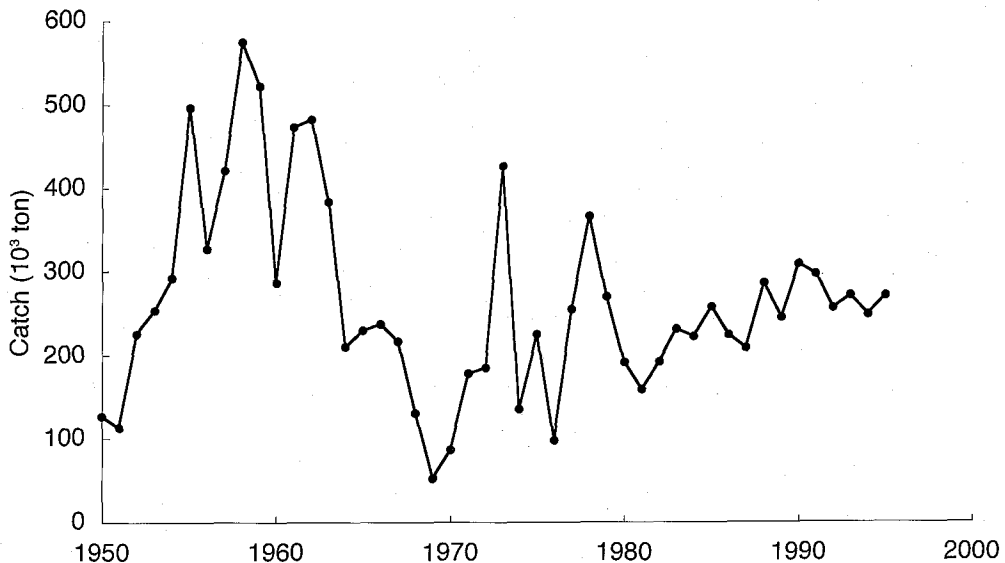


Fig. 1. Inter-annual fluctuations of the total catch of saury (*Cololabis saira*) in Japan from 1950 to 1995.

北西太平洋に分布するサンマ資源についてはこれまで資源量の推定がほとんど行われていなかった (Matsumiya and Tanaka, 1976a, b)。これは、サンマが日本・ロシアの200海里経済水域から公海を含む広い海域を回遊する資源であり、沿岸に来遊した資源の一部を漁業によって利用しているにすぎないため、資源量の推定を漁獲から得られる情報のみによって行うことが困難であったという理由による。また、各季節の発生群が異なる体長の群となって漁獲されるため、体長組成を考慮に入れて資源量の推定を行う必要があることも推定を難しくしている。さらにサンマは9月から12月にかけて徐々に南下回遊することか

ら、季節ごとの漁場の移動も考慮する必要がある。さらに1983年以降は生産調整が行われており、漁獲量が資源の豊度を反映していないという事情もあった。Matsumiya and Tanaka (1976b) はこれらの問題点のうち、体長組成ならびに南下回遊による漁場の推移を考慮した来遊資源量推定手法を考案した。この手法を用いることにより、棒受網漁場に来遊した資源については来遊資源量ならびに漁獲率を推定できるが、棒受網漁業は沿岸に来遊した資源の一部を利用しているにすぎないため、漁獲対象となるサンマ資源が分布する海域全体の来遊資源量を推定する手法は現在でも確立されていない。

以上のように北西太平洋のサンマについては、資源量全体の推定が困難であったため、これまで資源の豊度を相対的に記述するにとどまってきた。しかし、日本においても1996年に国連海洋法が批准され、200海里経済水域内における水産資源の利用については、資源量の推定結果に基づいて漁獲可能量を定める必要が生じた。このためサンマについては合理的な資源量推定手法を早期に確立する必要がある。しかし既述のように、漁獲データのみに基づく資源量の推定は困難であるため、資源量の推定には漁獲データ以外の情報が不可欠である。水産庁東北区水産研究所と各道県水産試験場では、サンマの資源状態に関する情報を経年的に把握するため、1991年以降毎年9月から11月に調査船を用いて、棒受網漁場を含む広い海域でサンマの分布と漁獲状況を調べてきた（東北水研, 1993, 1994, 1995, 1996）。

本論文では、年ごとの調査点の増減や偏在を補正し、同一の海域で来遊資源量の推定を行うために、調査船による流し刺網採集結果に空間統計学の一手法により漁場内外のサンマ分布を推定し、潜在的にサンマ漁場となる可能性のある海域全体について総来遊資源量推定を行う方法を開発すると共に、この方法を用いて1992年から1995年までの総来遊資源量を試算した。

データと方法

解析に用いたデータ 解析には、1992年から1995年の漁期中に得られた水揚げ量・当業船による漁獲物の体長体重組成・標本船からの聞き取りによる操業位置ごとの漁獲量・調査船による流し刺網調査結果を用いた。

さんま棒受網漁業の水揚げ量としては、毎年8月6日から12月25日までの漁期間において、棒受網漁船が指定陸揚げ港に水揚げした漁獲量を、全国さんま漁業協会が港別・旬別に集計した値を用いた（全国さんま漁業協会, 1992, 1993, 1994, 1995）。

操業位置ごとの漁獲量は、花咲・釧路・釜石・気仙沼・女川・石巻・銚子の各港において、東北区水産研究所、漁業情報サービスセンターならびに各道県水産試験場が行った聞き取り調査結果ならびに、福島県水産試験場と千葉県水産試験場がそれぞれ自県の標本船から収集した情報を用いた（Table 1）。

Table 1. Exploitation and monitored data from stick-held dip net fisheries for *Cololabis saira*

	Year			
	1992	1993	1994	1995
Landing data				
Total catch (ton)	258,717	273,702	250,704	272,901
Total cruise number*	7,395	8,868	7,961	10,044
Monitored data				
Catch (ton)	59,442	69,495	78,501	77,441
Cruise number	1,148	1,343	1,548	1,341
Coverage (%)				
Catch	23.0	25.4	31.3	28.4
Cruise	15.5	15.1	19.4	13.4

* Total number of boats landing catch are used as total cruise numbers.

漁獲されたサンマの体長・体重データは、上記の各港において得られた漁獲位置のわかっているサンマ標本について、東北区水産研究所、漁業情報サービスセンターならびに各道県水産試験場が計測した結果を用いた。サンマの体長としては肉体長（下顎先端より尾柄肉質部後端までの長さ）を用いた。

北海道区水産研究所北光丸・探海丸、東北区水産研究所若竹丸、東北区水産研究所八戸支所北鳳丸、北海道立釧路水産試験場北辰丸、茨城県水産試験場水戸丸による流し刺網調査結果から、各調査点における流し刺網1反当りのサンマ採集尾数を求めた。使用した目合は年により若干異なるが、北海道区水産研究所では18, 21, 25, 29, 33, 37, 42mm目合各1反、東北区水産研究所八戸支所では18, 26, 30mm目合各1反と33, 37, 48mm目合各3反、釧路水産試験場では22, 25mm目合各1反と29, 37, 48mm目合各4反、東北区水産研究所と茨城県水産試験場では18, 21, 26, 30, 33, 37, 43mm目合各2反または各4反であった。流し刺網の網上長さ（網上部の長さ）が一部で異なっていたため、東北区水産研究所で使用した網上部長38mに標準化して、網1反当りの採集尾数を求めた。流し刺網の網目選択性の補正は行なわなかった。

操業位置ごとの漁獲量聞き取り調査標本数は、さんま棒受網漁船全航海数の13%以上、漁獲量で23%以上に達しており、調査実施港も気仙沼・女川・銚子・花咲という毎年の水揚げ上位4港を網羅している（全国さんま漁業協会, 1992, 1993, 1994, 1995）ため、この結果を基にサンマ資源全体に対する解析を進めることが可能であると考えられた（Table 1）。さらに、それぞれの年の体長体重測定数は13,000尾以上に達しており、体長・体重関係を漁期中にわたって論議する際にも充分であると考えられた（Table 2）。

Table 2. Relationships between body length (L) and body weight (W) of landed *Cololabis saira* specimens. All regression equations are highly significant ($p < 0.01$).

Year	Number of specimens	Regression equations	Correlation coefficient
1992	14,001	$W = 2.23 \cdot 10^{-4} \cdot L^{3.91}$	0.956
1993	13,754	$W = 6.99 \cdot 10^{-4} \cdot L^{3.58}$	0.957
1994	15,549	$W = 7.20 \cdot 10^{-4} \cdot L^{3.55}$	0.965
1995	13,483	$W = 1.44 \cdot 10^{-3} \cdot L^{3.35}$	0.955

旬別体長別漁獲尾数と漁業位置の推定 聞き取り調査データから旬別・緯経度30分升目別に標本船が漁獲した重量を集計した。さらに、標本船による緯経度30分升目別の漁獲量をもとに、全国の水揚げ量を緯経度30分升目別に比例配分することにより、各旬の緯経度30分升目別の総漁獲量を推定した。

同一の漁場には同じような体長組成・成熟状態のサンマ魚群が来遊していることが多い(福島, 1979)ため、各旬別にそれぞれの漁場から入手した漁獲標本の体長・体重を測定した。それぞれの年で漁期中に計測された全標本の試料から、SYSTAT (SYSTAT inc., Wilkinson, 1989)を用いて体長体重の相関関係を推定した。求められた体長・体重の相関関係と旬別・漁場別の体長組成の情報をもとに、緯経度30分升目ごとに集計された漁獲重量を、旬別・緯経度30分升目別・体長階級1cm別の漁獲尾数に変換した。

生産調整を補正した総漁獲尾数の推定 サンマ棒受網漁業では年や季節により異なった生産調整がおこなわれており、それに伴う漁獲率の変化についてはこれまで検討されていなかった。本論文ではMatsumiya and Tanaka (1976)によって過去に推定された漁獲率を用いて資源量の推定を行うため、漁獲率に大きな変動を及ぼす生産調整の影響をあらかじめ取り除くことを行った。サンマ棒受網漁業の生産調整には、1) 出漁日の変更: 「承認漁業等の取締に関する省令」に定められた出漁時期よりも操業日を遅らせる、2) 積み荷制限: 漁船のトン数階層ごとに積み荷重量の制限を行う、3) 定時休漁: 期間内に初水揚げ後48時間1回の休漁を行う、4) 臨時休漁: 期間内に水揚げの度に24時間の休漁を行う、5) 漁期の切り上げ: 「承認漁業等の取締に関する省令」に定められた終漁日より早く終漁する、の5種がある(東北水研; 1993, 1994, 1995, 1996)。ここでは定時休漁、臨時休漁ならびに漁期の切り上げの3種類の生産調整を補正して、生産調整が行われなかった場合の総漁獲尾数を推定した。旬別の漁獲尾数は前述の方法で推定された値を用いた。旬平均航海日数(出港から入港までの日数)は聞き取り調査結果の平均値を用いた。ここで旬平均航海日数(d)から、休漁が無い場合の1旬1隻当りの航海数(n)は(1旬10日の場合)、

$$n = \frac{10}{d}$$

となる。水揚げごとに24時間の臨時休漁が行われた場合の推定航海数 (n') は

$$n' = \frac{10}{d+1}$$

となる。また旬の中で48時間1回の定時休漁を行った場合には旬の日数からあらかじめ2日を差し引き, n' は

$$n' = \frac{10-2}{d}$$

となる。また, 24時間臨時休漁と48時間定時休漁が重複した場合には, 24時間の休漁は48時間の休漁に含まれてしまい, 定時休漁期間中の初水揚げ後には実質48時間しか休漁しないため, 旬の日数から引く数は2ではなく1として n' を求めた。

$$n' = \frac{10-1}{d+1}$$

この結果から, 水揚げ尾数が努力量(航海数)に比例するとすれば, 休漁がなかった場合の推定水揚げ尾数は, 実際の n/n' 倍となる。そこで n/n' を努力量補正係数とした。補正漁獲尾数の計算は, 努力量補正係数を旬ごとの実際の漁獲尾数に乗じて求めた。

漁期の切り上げが行われた場合には, 以下のように漁獲尾数を補正した。漁期切り上げが行われなかった1975~82年, 1984年, 1987年の10年分の旬別累積漁獲量の年間総漁獲量に対する割合を計算し, その平均値を求めた (Fig. 2)。漁期の切り上げが行われた場合には, 全体に対する漁期切り上げが行われた旬までの累積漁獲割合を用いて, 漁期末まで操業が行われた場合の漁獲尾数を推定した*。

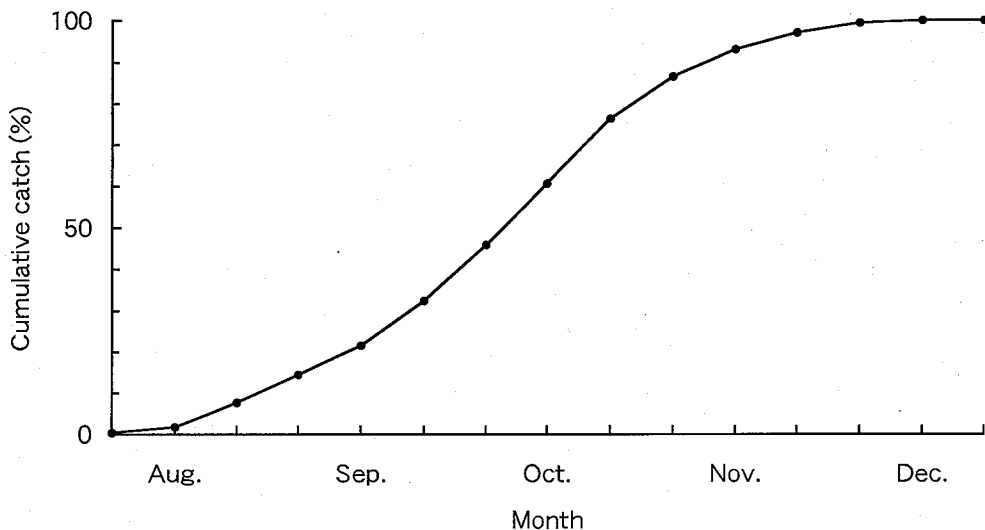


Fig. 2. Seasonal change in the accumulative catch from 1975 to 1987 (except 1983, 1985 and 1986). Values are indicated as percentages of the accumulative catch to total catch in each period.

* この2つの補正方法については, 平成7年度日本水産学会春季大会で口頭発表された「北川大二・大関芳沖・高橋祐一郎; サンマ漁獲量の長期変動」。

緯経度30分升目ごとの反当り採集尾数の算出 流し刺網による反当り平均採集尾数を、緯経度30分升目ごとに求める計算は、サンマ魚群の南下回遊を考慮して、8月～9月(前半)と10月以降(後半)の2つに分けて行った。各流し刺網採集点における位置と反当り採集尾数の情報から、空間統計学的手法を用いて、緯経度30分升目ごとの反当り採集尾数を内挿により求めた。内挿値の計算には、Surfer (Golden Software, Keckler, 1995)を用いた。サンマの反当り採集尾数の分布に関しては空間構造が明らかにされていないため、最も単純な構造を当てはめることを考えて構造解析を行った結果、測点間の距離とバリオグラム間に直線関係が認められたことから、クリギングの際のバリオグラムには直線関係式を当てはめた (Fig. 3)。計算の範囲は、潜在的にサンマ漁場が形成される可能性のある海域として過去25年間のサンマ漁場の分布 (Yasuda and Watanabe, 1994) を考慮することにより、北緯35～47度、東経140～155度の海域としたが、調査点の配置によって、北限・南限・西限は年・時期によってやや異なる結果となった。計算された緯経度30分升目ごとの反当り採集尾数のうち、0以下の値を示した升目については、サンマが回遊しなかったものと判断して、全て0を代入した。各年の流し刺網調査点数は、1992年が前半14点、後半33点、1993年以降は前半後半ともそれぞれ35点以上であった。

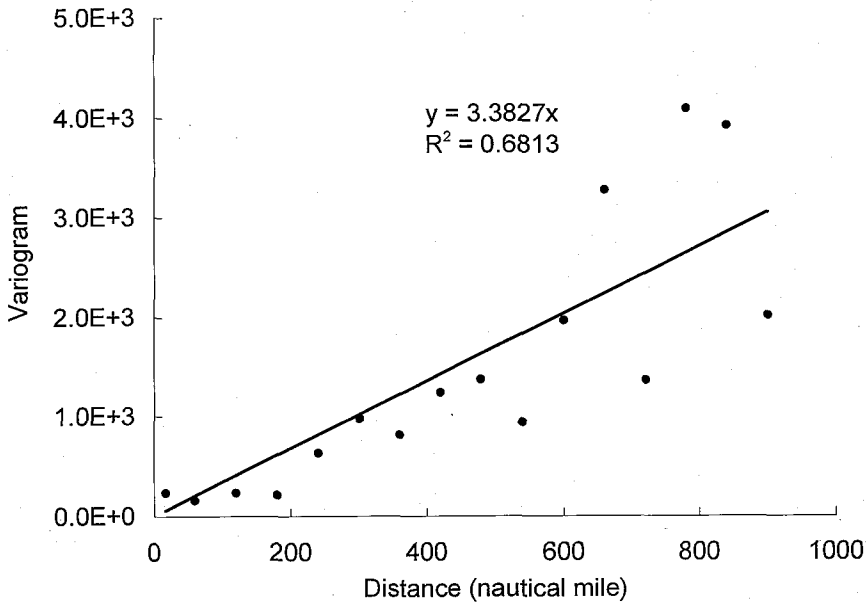


Fig. 3. Variogram of the number (indiv. par panel) caught by drift gill net survey from August to September in 1994 (lag distance = 60 n.m., tolerance = 6 n.m.).

漁場内外のサンマ分布密度の推定 前述の方法で推定された結果を用いて、漁場内外のサンマ分布域の面積と反当り平均採集尾数を求めた。漁場内外の分布面積を求める際には、北緯35～47度、東経140～155度の範囲から陸地を差し引いた部分を対象とし、緯経度30分升目の広さを1面積単位として計算を行った。漁場範囲は、聞き取り調査結果から求められた旬ごとの漁場を、重ね合わせるにより求めた。漁場外の範囲は対象範囲全体から、漁場となった緯経度30分升目を除いた升目とした。漁場内・漁場外それぞれについて、流し刺網の推定反当り採集尾数が正の値を示した緯経度30分升目について、反当り平均採集尾数を求めた。計算は漁場内・漁場外と日口200海里水域内・公海部分の4つの区分について行った。

漁場内外の資源尾数の算出 漁場内外の資源尾数は、流し刺網による調査から求めた漁場内外のサンマの分布密度推定結果と漁場内の棒受網による漁獲尾数から推定した。漁場内の棒受網の漁獲率は、Matsumiya and Tanaka (1976) による1954～1973年の推定値から求めた大型・中型・小型の銘柄別の平均値(大型; 0.377, 中型; 0.432, 小型; 0.296)を用いた。計算は8月～9月(前半)と10月以降(後半)の2つに分けて行い、それぞれ8月1日、10月1日の資源尾数を推定した。銘柄別の漁獲率が漁期前半と後半とで変化することも考えられるが、Matsumiya and Tanaka (1976) による推定値は漁獲時期や海域を考慮せずに年単位で求められており、漁獲率の季節変化についてはこれまで十分な解析がされていないことから、本論文では漁期前半・後半とも同じ値を適用した。ここで棒受網による漁獲尾数(C_{sf})、漁場内での流し刺網による緯経度30分升目ごとの反当り平均採集尾数(P_{gf} : C_{gf} /反数の平均値)、棒受網の漁獲率(E_s)、流し刺網の漁獲効率(q_g)、漁場内の広さ(A_f)、漁場外の広さ(A_h)とすると、棒受網漁獲量から求めた漁場内の資源尾数(N_{sf})は、

$$N_{sf} = \frac{C_{sf}}{E_s}$$

流し刺網調査結果から求めた漁場内の資源尾数(N_{gf})は、反当り平均採集尾数(P_{gf})が努力量当りの採捕尾数であるため、

$$N_{gf} = A_f \cdot \frac{P_{gf}}{q_g}$$

となる。ここで $N_{sf} = N_{gf}$ において未知数 q_g について解くと、

$$q_g = A_f \cdot E_s \cdot \frac{P_{gf}}{C_{sf}}$$

従って、漁場外の資源尾数(N_{sh})を推定すると、

$$N_{gh} = A_h \cdot \frac{P_{gh}}{q_g} = \frac{A_h}{A_f} \cdot \frac{P_{gh}}{P_{gf}} \cdot \frac{C_{sf}}{E_s} = N_{sh}$$

となり、サンマの総資源尾数(N)は

$$N = N_{sf} + N_{sh}$$

となる。ここで棒受網による漁獲尾数(C_{sf})には生産調整補正後の値を用いた。各年の漁場内外におけるサンマの体長組成には、流し刺網による採集物の測定結果を用いたが、8月～9月の漁場内における体長組成については採集点数が少ないため、棒受網漁船による

漁獲物の結果で代用した。資源量の計算は、サンマの回遊過程を考慮して日口200海里内の索餌水域と南下回遊水域、公海の3つの海域に分けて行った。索餌水域と南下回遊水域の境界は便宜的に北緯43度57分、東経147度9分と北緯44度25分、東経146度57分を通ると仮定した。日口200海里それぞれに存在する資源は同一のものと考えられることから、全体の集計は日口200海里内全域と推定海域全体の二つについて行った。

全来遊資源量の推定 前半と後半のそれぞれについて求められた資源量の推定値は、それぞれ8月1日と10月1日の時点で対象海域に来遊した来遊資源量と考えられる。サンマ資源の場合には、漁期中に千島列島沿いの北方海域から資源量推定海域への添加がある場合と、逆に対象海域外への逸散がある場合が考えられるため、8月1日の来遊資源量についてそれ以降の添加・逸散量を加算することにより、漁期中の全来遊資源量を推定した。8月1日の来遊資源量 (\bar{N}_1)、実際の漁獲量 (C_1)、自然死亡による減耗量 (U_1)、10月1日の来遊資源量 (\bar{N}_2) とし、10月1日の時点で新たに来遊もしくは逸散した資源量 (R_2) として、

$$\bar{N}_2 = \bar{N}_1 - C_1 - U_1 + R_2$$

を仮定した。自然死亡については、サンマの寿命 (λ) が1歳以上1.5歳未満であろうと考えられることから、1.35歳と仮定して田中(1960)ならびに河井(1987)から、 $M = 2.5/\lambda$ を仮定し、2ヶ月間の死亡係数 (M^*) を

$$M^* = (2.5 / 1.35) \times (2/12) \approx 0.3086$$

として計算した。この結果、2ヶ月間の死亡率 (D^*) は、

$$1 - D^* = e^{-M^*} \text{ より、}$$

$$D^* \approx 0.1656$$

10月1日の時点で新たに来遊もしくは逸散した資源量 (R_2) は、

$$R_2 = \bar{N}_2 - \bar{N}_1 + C_1 + \bar{N}_1 \times D^*$$

となり、漁期全体の全来遊資源量 (\bar{N}) は、

$$\bar{N} = \bar{N}_1 + R_2 = \bar{N}_2 + C_1 + \bar{N}_1 \times D^*$$

として求めた。

結 果

旬別体長別漁獲尾数と漁場位置の推定 聞き取り調査結果を基に1992年から1995年について、8月～9月までを前半、10月～12月までを後半として、漁獲のあった海域を緯経度30分目単位で集計した。Fig. 4には1994年の漁場範囲を示した。1994年の操業は南部千島周辺から道東に至る海域で始まり、9月末までに三陸沿岸に達したが、年によっては道東から襟裳岬沖の海域にとどまることもあった。1994年では10月以降には漁場は南下し、道東から房総半島沿岸に漁場が形成されたが、その他の年では一般に10月以降には三陸北部から房総半島沿岸に漁場が形成される傾向が認められた。

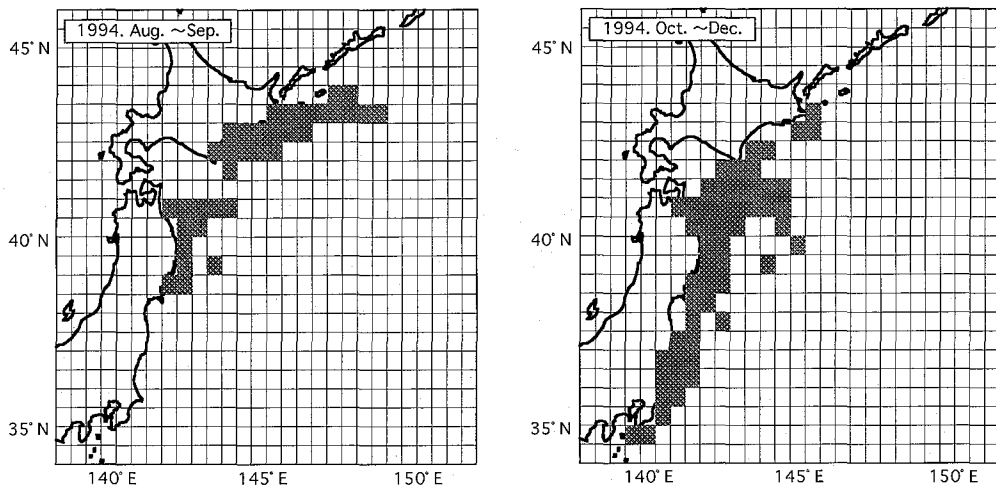


Fig. 4. Fishing grounds of stick-held dip net fisheries from August to September (left) and from October to December (right) in 1994.

生産調整を補正した総漁獲尾数の推定 旬ごとに求められた漁獲尾数に対して、生産調整の補正を行った。Table 3には例として1994年の補正表を示した。1994年の操業は8月上旬の自由操業船（大臣承認を必要としない10トン未満の漁船）によって始まり、その後8月10日（10～20トン船）、8月15日（20～40トン船）、8月20日（40トン以上船）にそれぞれ操業が始まって本格化した。その後9月2日から漁期終了の12月25日までの間、水揚げの都度24時間の臨時休漁が行われ、またTable 3に示した5回の期間で48時間定時休漁が実施された。この経過から、それぞれの旬で努力量補正係数を求め、補正係数を各旬の漁獲尾数に乗じることによって切り上げまでの休漁補正尾数を求めた（Table 4）。

1994年の漁期は12月25日まで続いたため、漁期切り上げに対する補正は行わなかった。これに対して1992年の場合では、漁期切り上げの11月中旬までの累積漁獲割合は12月下旬まで漁期が続くと想定した場合の93.1%となること（Fig. 2）から、この値を用いて漁期切り上げの補正を行った結果、補正後の総漁獲尾数は37.6億尾と推定された（Table 4）。同様に各年の値についても補正を行った。

漁場内外のサンマ分布密度の推定 1994年の緯経度30分升目ごとの反当り平均採集尾数の推定結果をFig. 5に示した。1994年8～9月には東経155度北緯47度の海域までサンマが広く分布しており、漁場は形成されなかったものの一部は東経149度付近を南下していたことが認められた。10～12月では沖合にも分布は認められたものの、反当り平均採集尾数は沿岸に比較して低く、沿岸部に集中して分布していた。

Table 3. Example of the estimation of "correction factor of effort" for the *Cololabis saira* fishery during 1994

Period	Number of boats	Average days of cruise	Potential number of cruises	Date under regulation -24*1	Estimated number of cruises	Date under regulation -48*2	Days off by regulation -48	Correction factor of effort
Aug.								
Early	275	2.267	4.412		4.412			1.000
Middle	693	1.545	6.471		6.471			1.000
Late	1003	1.981	5.553		4.543	8/26-8/31	2	1.222
Sep.								
Early	880	2.408	4.153	9/2-		3.056		1.359
Middle	597	2.413	4.145	-	2.930	9/9-9/15	1	1.414
Late	787	1.622	6.167	-	4.050			1.523
Oct.								
Early	675	1.388	7.203	-	4.489	10/7-10/13	1	1.605
Middle	835	1.408	7.100	-	4.152			1.710
Late	633	1.695	6.488	-	4.081	10/21-10/26	1	1.590
Nov.								
Early	501	1.864	5.364	-	3.491			1.536
Middle	461	1.625	6.154	-	3.810	11/11-11/16	1	1.615
Late	327	2.303	4.342	-	3.028			1.434
Dec.								
Early	219	1.560	6.410	-	3.906			1.641
Middle	62	1.000	10.000	-	5.000			2.000
Late	13	1.000	5.000	-12/25	2.500			2.000

Opening date of the fishery: August 10th for small size boat, August 15th for middle size boat, August 20th for large size boat.

Closing date of the fishery: December 25th for all boats.

*1 Regulation - 24: 24 hours off after every landing during the regulation.

*2 Regulation - 48: 48 hours off after the first landing during the regulation.

Table 4. Result of data correction by eliminating the effect of fishing regulations in the *Cololabis saira* fishery

	Year			
	1992	1993	1994	1995
Total cruise	7,395	8,868	7,961	10,044
Estimated cruise	12,179	11,230	11,443	11,165
Date of closure	Nov. 20th	Nov. 30th	Dec. 25th	Dec. 25th
Estimated total landed rate up to closure	93.1	97.0	100	100
Total catch ($\times 10^6$ indiv.)	1,984	2,107	2,319	2,510
Estimated catch up to closure ($\times 10^6$ indiv.)	3,504	2,862	3,533	2,892
Estimated total catch ($\times 10^6$ indiv.)	3,763	2,950	3,533	2,892

とに漁場内外の資源尾数を推定し、得られた結果を総計して、それぞれの年・時期における日口200海里水域内ならびに推定対象海域内の資源尾数、すなわち8月1日および10月1日の来遊資源量を推定した (Table 7)。

Table 5. Annual change in the distributed area of *Cololabis saira* and averaged number sampled by drift gill net (indiv./panel), comparing inside and outside of the fishing ground

	1992		1993		1994		1995	
	Aug.-Sep.	Oct.-Dec.	Aug.-Sep.	Oct.-Dec.	Aug.-Sep.	Oct.-Dec.	Aug.-Sep.	Oct.-Dec.
Distributed area *1								
Inside EEZ *2								
Feeding area *3								
Inside fishing ground	16.0	0.0	2.0	0.0	22.7	0.0	2.0	0.0
Outside fishing ground	102.0	0.0	113.0	0.0	107.0	17.0	106.0	0.0
Southward migration area *4								
Inside fishing ground	36.7	35.3	39.4	279.1	8.0	48.4	28.8	46.5
Outside fishing ground	2.4	90.7	20.7	132.4	48.8	102.2	42.0	55.0
High sea area	29.0	170.0	84.0	44.6	78.0	203.0	45.0	81.0
Average sampled number								
Inside EEZ								
Feeding area								
Inside fishing ground	48.5	—	129.1	—	6.7	—	88.4	—
Outside fishing ground	64.3	—	49.9	—	50.4	3.3	66.0	—
Southward migration area								
Inside fishing ground	32.1	142.4	96.3	8.7	49.1	29.4	53.2	19.8
Outside fishing ground	21.0	76.6	20.4	1.8	4.9	7.7	14.7	6.9
High sea area	56.7	32.4	9.4	0.3	8.2	3.0	17.1	1.3

* 1 Unit of area: A 30' latitudinal × 30' longitudinal rectangular panel is equal to one area unit.

* 2 EEZ: 200 mile exclusive economic zone both of Japan and USSR.

* 3 Feeding area: northern half of EEZ beyond the line between 43° 57'N, 147° 9'E and 44° 25'N, 146° 57'E.

* 4 Southward migration area: southern half of EEZ except the feeding area.

Table 6. Example of estimation of immigrated stock number of *Cololabis saira* at the southward migration area in the 200 mile exclusive economic zone of both Japan and USSR, during August and September in 1994

Body length (cm)	Inside fishing ground			Outside fishing ground		
	Commercial catch (C _i)	Estimation of stocking number (N _i)	Catch by gill-net (P _{gr} : per panel)	Catch by gill-net (P _{oh} : per panel)	Estimation of stocking number (N _{oh})	Immigrated stock number (N)
15.0-15.9	992,090	3,351,655	0.007	0.044	47,848,205	51,199,861
16.0-16.9	0	0	0.000	0.184	0	0
17.0-17.9	0	0	0.000	0.189	0	0
18.0-18.9	77,720	262,568	0.001	0.155	131,680,749	131,943,317
19.0-19.9	1,849,475	6,248,226	0.013	0.111	117,474,361	123,722,587
20.0-20.9	1,951,882	6,594,196	0.014	0.122	123,358,797	129,952,993
21.0-21.9	1,213,539	4,099,794	0.009	0.101	95,719,716	99,819,510
22.0-22.9	6,653,342	22,477,507	0.047	0.072	74,107,703	96,585,210
23.0-23.9	21,849,807	73,816,916	0.155	0.075	76,337,930	150,154,845
24.0-24.9	49,993,032	115,724,611	0.358	0.131	91,338,032	207,062,643
25.0-25.9	59,768,674	138,353,412	0.446	0.254	169,555,584	307,908,996
26.0-26.9	72,727,599	168,350,924	0.552	0.240	157,550,808	325,901,732
27.0-27.9	88,353,901	204,522,919	0.687	0.240	153,722,002	358,244,921
28.0-28.9	43,164,916	99,918,787	0.345	0.147	91,655,909	191,574,696
29.0-29.9	69,132,931	183,376,475	0.595	0.634	420,707,272	604,083,746
30.0-30.9	166,606,421	441,926,846	1.405	1.171	792,730,643	1,234,657,489
31.0-31.9	158,191,419	419,605,886	1.381	0.691	451,725,455	871,331,341
32.0-32.9	58,686,491	155,667,085	0.556	0.246	148,141,240	303,808,324
33.0-33.9	10,136,034	26,886,032	0.096	0.045	27,168,487	54,054,59
34.0-34.9	357,291	947,721	0.003	0.005	3,778,724	4,726,446
35.0-35.9	393,820	1,044,615	0.004	0.000	0	1,044,615
Total	812,100,384	2,073,176,175	6.672	4.856	3,174,601,617	5,247,777,792

Distributed area inside the fishing ground: 22.7 area unit, and outside the fishing ground: 48.8.

得られた結果をもとに漁期全体の来遊資源量を求めたところ、漁場内での漁獲率が一定であるとした場合の日口200海里水域内の全来遊資源量は、1992年の302万トンから1993年の100万トンまで3倍の幅で変動していた。また全来遊資源量は1992年から1995年にかけて増減を繰り返していたにもかかわらず、漁獲量はほぼ一定であった。同様の傾向は資源量推定海域全体の集計結果からも認められたが、全来遊資源量が高い値を示した1992年

Table 7. Estimation of the immigrated stock size (ton) of *Cololabis saira* from 1992 to 1995

	Year			
	1992	1993	1994	1995
Inside EEZ * 1				
Aug.-Sep.				
Stock size	1,930,000	730,000	8,270,000	2,090,000
Catch	99,100	101,000	108,000	122,000
Natural mortality	320,000	121,000	1,370,000	346,000
Oct. - Dec.				
Stock size	2,600,000	780,000	1,070,000	698,000
Recruitment	1,090,000	272,000	-5,720,000	-924,000
Immigrated stock size	3,020,000	1,000,000	2,550,000	1,170,000
Total catch	259,000	274,000	251,000	273,000
Total catch / Immigrated stock (%)	17.6%	56.1%	20.2%	47.8%
Whole area * 2				
Aug.-Sep.				
Stock size	2,260,000	749,000	9,000,000	2,270,000
Catch	99,100	101,000	108,000	122,000
Natural mortality	374,000	124,000	1,490,000	376,000
Oct.-Dec.				
Stock size	3,810,000	786,000	1,370,000	755,000
Recruitment	2,020,000	262,000	-6,030,000	-1,020,000
Immigrated stock size	4,280,000	1,010,000	2,970,000	1,250,000
Total catch	259,000	274,000	251,000	273,000
Total catch / Immigrated stock (%)	6.1%	27.1%	8.5%	21.8%

* 1 EEZ: 200 mile exclusive economic zone both of Japan and USSR.

* 2 Whole area: 35° - 47°N, 140° - 155°E.

と1994年では日ロ200海里水域外にも資源が存在していたことに対し、1993年および1995年では日ロ200海里水域外に存在した魚が少なかったため、海域を広げても推定値に大きな違いはなかった。全来遊資源量に対する我が国の漁獲量の割合は1992年の6.1%から1993年の27.1%の範囲で変化していた。

考 察

調査船による流し刺網調査を漁場の内外で行うことにより、サンマの全来遊資源量の推定が可能となった。本論文で用いた方法は、サンマのように漁場外でも広く分布が観察される魚種にとっては有効な方法であると考えられる。流し刺網を用いた調査結果から、サンマの場合には年によって漁場の数倍もの資源が漁場外に分布していることが知られていた(河井, 1993)。しかしながら、単純に採集尾数の比と調査海域の面積で引き延ばしを行うことは、年毎季節毎に変化する海況によって、サンマの回遊経路が大きく左右される可能性を考えると不合理である。本論文の方法では、流し刺網調査で得られたサンマの分布に関する量的な情報を来遊資源量推定に利用できるため、来遊資源量を過大に推定する危険を避けることができると考えられる。その一方で、本方法による推定値の精度は流し刺網採集点数と推定海域内の採集点の分布に影響される。また今後は聞き取りによる標本抽出による推定結果の信頼区間・魚体測定結果の信頼区間等、同時に考慮しなければならない問題を含めて、調査手法と来遊資源量推定値の信頼区間についてもさらに検討する必要がある。

本論文では、漁場内外の体長組成データとして流し刺網の採集物から得られた値を用いたが、流し刺網には目合による選択性が存在する(石田, 1962; 山本ら, 1982)。このため、流し刺網の採集物から体長組成を推定するためには、目合の異なる複数種類の網を組み合わせることにより選択性による体長組成の偏りを少なくするか、あるいはあらかじめ対象種に関する選択性を求めておくことによって、得られた結果を補正する必要がある。東北区水産研究所がサンマ調査用に用いている目合の組み合わせについては、現在選択性の解析を進めており(高橋, 1995; 高橋ら, 1996)、将来的には目合の異なる複数種類の網を組み合わせることにより選択性による体長組成の偏りを少なくすることが可能となると考えられる。しかしながらサンマの場合には、生け簀内での実験等によって母集団に対する個々の目合の刺網の選択性すなわち採集効率を求めることが極めて困難であり、また他の魚種で得られた実験結果を適用することにも問題が多いため、本論文では流し刺網の目合による選択性の補正は行わなかった。

本論文では、Matsumiya and Tanaka (1976) により1954年から1973年までのサンマ棒受網操業結果から求められた棒受網の漁獲率を用いて1992年から1994年までの試算を行った。本来漁場内の漁獲率は漁場内へ来遊した資源量に対する漁獲の結果として定まるものであり、複数年に対して一定の値を仮定することには問題があるが、ここでは本手法により総来遊資源量を試算する便宜上、過去の推定値の平均を用いた。このため本手法を実際に適用する場合には年毎の漁場内での漁獲率を算出し、その値を用いる必要があることは言うまでもない。一方、Matsumiya and Tanaka (1976) では棒受網1網当たりの漁獲効率として、($q=0.00028$) を推定値として導いているが、この値は緯経度30分升目の旬累積努力強度に対応する漁獲効率であり、一般に用いられている単位努力量当たりの漁獲効率 q とは異なっている。ここでは Matsumiya and Tanaka (1976) で計算に用いられた1954~1973年の漁場面積が不明なため、漁獲効率 ($q=0.00028$) を用いた試算を行うことは出来なかったが、単位努力量当たりの漁獲効率 q を推定し、操業総網数の値と合わせて用いれ

ば、漁獲率の推定値に一定の値を仮定したり、休漁の補正を行う必要も無く本手法を実際に適用することが可能である。さらに1973年以降、フィッシュポンプ・サイドスラスタ・スキヤニングソナー等の装備により、漁船の操業能率は飛躍的に向上していると考えられる。このため棒受網漁業の漁獲効率を改めて求める必要がある。この点に関連して、和田(1988)はMatsumiya and Tanaka(1976)の手法を、魚群の移動に関するブロックモデルを導入することにより改良して、道東沖での巻網操業結果からマイワシ資源量の推定を試みており、サンマについても同様の手法を検討してみることが可能であろうと考えられる。また近年、計量魚探を装備した各県水産試験場の調査船がサンマ棒受網操業を行う機会が多いことから、直接棒受網漁業の漁獲効率を求める試みも可能性が高いと考えられる。正確な漁獲効率の値を用いることが可能になれば、実際の努力量を用いて計算することが可能となり、休漁の補正を行うことによって潜在的な漁獲量を推定する必要も無くなると考えられる。

本論文で推定された全来遊資源量の値は、漁場内の漁獲率一定を仮定しているため年毎の比較を行うことは適切ではないが、漁場外の資源量が総来遊資源量を大きく左右している点はサンマ資源の特性を表すものと考えられる。このため漁場外の資源の増減がどのような機序で起こるのかを解明する必要がある。また推定された全来遊資源量が1992～1995年にかけてやや減少傾向にあることを考えると、今後の資源ならびに漁業の実態にはより一層注意を払う必要がある。

謝 辞

本論文に用いられた漁獲に関する集計は、長年にわたり東北区水産研究所の研究者によって運営されてきたサンマ漁況解析システムによっている。システムの開発・改良に努力されてきた諸先輩に厚く感謝する。また収集された操業情報は全国サンマ漁業協会、漁業情報サービスセンター、北海道区水産研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、千葉県水産試験場、茨城県水産試験場、福島県水産試験場、北海道立釧路水産試験場の関係者各位の尽力の結果であり、厚く感謝の意を表したい。調査の趣旨をご理解いただき、流し刺網による調査結果を提供いただいた関係各位に厚く感謝する。北海道立釧路水産試験場北辰丸、北海道区水産研究所北光丸・探海丸、北海道教育庁若竹丸・北鳳丸ならびに茨城県水産試験場水戸丸の船長はじめ乗組員各位には、調査に当たって御協力いただいたことに厚く感謝の意を表したい。本稿に貴重な助言を寄せてくださった赤嶺達郎博士、岸田達博士、渡邊良朗博士、和田時夫博士、若林清博士の各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 福島信一、渡邊良朗、小川嘉彦、1990: 北西太平洋におけるサンマの季節別発生群と大型魚、中型魚、小型魚との対応. 東北水研報, **52**, 17-27.
- 福島信一、1979: 北西太平洋系サンマの回遊機構の綜観的解析. 東北水研報, **41**, 1-70.

- 河井智康, 1987: 比較生態学的視点から見た海産硬骨魚類資源の変動に関する研究. 東海水産研報, **122**, 49-127.
- 河井智康, 1993: 1988年級群におけるマイワシ資源変動と魚食性プランクトン説の検証. 月刊海洋, **277**, 421-427.
- Keckler D., 1995: Surfer. Golden Software, Inc., Colorado, 268pp.
- Matsumiya Y. and Tanaka S., 1976a: Dynamics of the Saury Population in the Pacific Ocean off Northern Japan - I Abundance index in number by size category and fishing ground. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 277-286.
- Matsumiya Y. and Tanaka S., 1976b: Dynamics of the Saury Population in the Pacific Ocean off Northern Japan - II Estimation of the catchability coefficient q with the shift of fishing ground. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 943-952.
- 高橋祐一郎, 1995: 季節別に見たサンマに対する流し刺網の網目選択性の特徴. 第43回サンマ資源研究会議報告, 259-269.
- 高橋祐一郎, 藤森康澄, 松岡達郎, 1996: 調査漁具としての流し刺網に関する検討会(報告). 水産海洋研究, **60**, 208-217.
- 田中昌一, 1960: 水産生物の Population Dynamics と 漁業資源管理. 東海水産研報, **28**, 1-191.
- 東北区水産研究所, 1993: 第42回サンマ資源研究会議報告. 東北区水産研究所, 宮城, 293pp.
- 東北区水産研究所, 1994: 第43回サンマ資源研究会議報告. 東北区水産研究所, 宮城, 303pp.
- 東北区水産研究所, 1995: 第44回サンマ資源研究会議報告. 東北区水産研究所, 宮城, 323pp.
- 東北区水産研究所, 1996: 第45回サンマ資源研究会議報告. 東北区水産研究所, 宮城, 262pp.
- 和田時夫, 1988: 道東海域におけるまき網対象マイワシ資源の来遊動態に関する研究. 北水産研報, **52**, 1-138.
- Watanabe Y., and Kuji Y., 1991: Verification of daily growth increment formation in saury otoliths by rearing larvae from hatching. *Japan. J. Ichthyol.*, **38**, 11-15.
- Watanabe Y., Butler J. L., and Mori T., 1988: Growth of the Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northeastern and northwestern Pacific Ocean. *Fish. Bull. U.S.*, **86**, 489-498.
- Watanabe Y., Oozeki Y., and Kitagawa D., 1997: Larval parameters determining pre-schooling juvenile production of saury *Cololabis saira* in the northwestern Pacific. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **54**, 1067-1076.
- Wilkinson L., 1989: SYSTAT: The system for statistics. Evanston, SYSTAT, Inc., Illinois, pp 638.
- Yasuda I., and Watanabe Y., 1994: Relationship between the Oyashio front and Pacific saury fishing grounds in the northwestern Pacific. *Fish. Oceanogr.*, **3**, 172-181.
- 全国さんま漁業協会, 1993: さんま棒受網漁業関係資料. 全国サンマ漁業協会, 東京, **28**, 1-51.
- 全国さんま漁業協会, 1994: さんま棒受網漁業関係資料. 全国サンマ漁業協会, 東京, **29**, 1-48.
- 全国さんま漁業協会, 1995: さんま棒受網漁業関係資料. 全国サンマ漁業協会, 東京, **30**, 1-46.
- 全国さんま漁業協会, 1996: さんま棒受網漁業関係資料. 全国サンマ漁業協会, 東京, **31**, 1-41.