

東部ベーリング海におけるコガネガレイの漁業生物学的研究

若 林 清*

Studies on the fishery biology of yellowfin sole in the eastern Bering Sea

Kiyoshi WAKABAYASHI*

The yellowfin sole, *Limanda aspera* (PALLAS) is a commercially important flounder species distributing widely in the northern North Pacific. In the eastern Bering Sea, the species began to be exploited in 1930. The annual catch was at a low level through 1958 and then showed rapid increases to about 470 thousand tons in 1961, followed by sudden decreases to 90 thousand tons in 1963. The catch since 1964 had remained at relatively low level of 40-170 thousand tons. From such catch trends, the yellowfin sole was often regarded as a typical overfishing species.

Stock assessments of the species using catch and fishing effort informations from the fishery could not be developed because of lacks in data during the early and largest catch years and because of changes of fishing in quality during the exploitation history. In recent years, large-scale trawl surveys indicated that the yellowfin sole biomass had reached to a very high level much over 2 million tons in 1983.

For the best and long-term utilization of the yellowfin sole stock in the eastern Bering Sea, the author describes biological characteristics of the species, assesses the stock condition and evaluates influences of fishing to the stock, estimates optimum yields, and considers effective stock management measures in the present paper. The results obtained are summarized as follows.

I . Biological characteristics

1 . Yellowfin sole distributes widely in the North Pacific, north from Vancouver I., Hokkaido I., and Pusan, Korea, up to the Point Barrow, Alaska. In the eastern Bering Sea, yellowfin sole is the secondary important groundfish for fishery, following walleye pollock.

2 . There is a single stock of yellowfin sole in the eastern Bering Sea, except a very minor group having small biomass and distributing in the U.S.S.R. waters.

3 . The species inhabits edges of the continental shelf and upper slope area in winter and distributes in shallower areas than 100 m in summer.

4 . The spawning takes place in shallow areas of 30-60 m from the Bristol Bay to north of Nunivak I. mainly during July-August.

5 . The author used otoliths for ageing and regarded all circuli as annuli including the first one formed in around 6 months after hatching. Annuli are formed during December-May. Using the sample collected in 1968, the relationship between number of annuli (i) and total-length (TL in mm) back-calculated from the otolith radius- TL relationship is expressed in the following Bertalanffy's growth equation.

$$\text{Male : } TL_i = 440.4 (1 - \exp(-0.086 (i - 0.522)))$$

$$\text{Female : } TL_i = 478.2 (1 - \exp(-0.082 (i - 0.502)))$$

The relationship between age (t) in full and TL using 7 year samples and the relationship between t and body-weight (BW in g) are expressed as follows.

$$\text{Male : } TL_t = 416.3 (1 - \exp(-0.105 (t - 0.083)))$$

$$\text{Female : } TL_t = 421.0 (1 - \exp(-0.121 (t - 0.688)))$$

$$\text{Male : } BW_t = 864 (1 - \exp(-0.105 (t - 0.083)))^{3.0977}$$

$$\text{Female : } BW_t = 941 (1 - \exp(-0.121 (t - 0.688)))^{3.1426}$$

6 . The total-length and age at which 50 % of individuals reaches sexual maturity are much different by sex as shown in the followings.

Male in 1973 : 130 mm
 in 1974 : 150-160 mm
 in 1978 : 125-130 mm

Female in 1973 : 255-260 mm
 in 1974 : 255-260 mm
 in 1978 : 270-275 mm

Male in 1978 : 4 years of age
 Female in 1978 : 11 years of age

There is a possibility that the length at maturity might have changed according to stock levels.

7 . The feeding activity is high during June-October and very low during the wintering season of January-March. The principal prey items are benthic animals such as bivalves, polychaetes, echinuroids, amphipods. There is a clear tendency that prey species change to larger ones according to the size of yellowfin sole.

II . Fishery

1 . The yellowfin sole fishery had such a peculiar history that the catch increased from 40 thousand tons to the maximum of 470 thousand tons and decreased to 86 thousand tons within 5 years, followed by relatively low catches at 42-167 thousand tons. The principal fishing countries were Japan and U.S.S.R.

2 . During the history, type and size of fishing vessels, fishing season and ground, gears, fishing tactics, etc. were changed largely, and so, consistency in quality of fishing effort could not be maintained for a long period.

3 . Age compositions of commercial catches changed largely during the exploitation years, indicating fluctuations of year class strength.

III . Stock assessments

1 . Catch per unit effort (*CPUE*) from the fishery through 1973 did not necessarily reflect the stock trend because of substantial changes in quality of fishing effort as mentioned in Item II. 2. Since 1974 the fishery changed little in quality and the *CPUE* increased rapidly through 1979 or 1980 and then showed sharp declines through 1983.

2 . Trawl survey data were used for biomass estimation by adopting an area-swept technique, which uses catch per unit area swept and size of survey area.

(1) Annual surveys conducted during 1966-1978 by Japan were of rather small scale and in addition some surveys covered only a part of major concentrations of yellowfin sole. The surveys during 1979-1982, conducted under a Japan-U.S. joint program, were of large scale and covered a major portion of the yellowfin sole distribution.

(2) A stratified systematic sampling scheme was adopted for the surveys and trawl stations were arranged in a equally spaced grid pattern. Analytical procedures and formulae for a stratified random sampling were applied for the data analysis.

(3) A alternate tail attack method was tried to estimate the vulnerability of trawl (ratio of fish caught in an area swept) but no estimates were obtained because of difficulties in trawling, in which areas swept by two trawlers have to be overlapped. Therefore, the vulnerability was assumed to be 1.0.

(4) The distance between wingtips of trawl (w) was estimated from the extending angle of trawl warps during trawling and it was confirmed that the w value changes substantially by depth.

(5) The biomass estimate was 1.04 million tons for 1975 and then increased rapidly to around 2.0 million tons for 1979-1981, and to 3.79 million tons for 1982. The biomass for 1979-1981 should be underestimated because of less bottom contact of the trawl and bridles. Since the bottom contact was improved between 1981 and 1982 and consequently the herding effect of bridles might occur, it could not be judged whether the biomass of 3.79 million tons may be still underestimated or overestimated.

3 . A cohort analysis was used for calculating the biomass by year. The estimates of natural mortality coefficient (M) were obtained between 0.12 and 0.26 by various methods, and so 3 levels of M value, 0.12, 0.20, and 0.25 were used for the analysis. A basic information for the terminal fishing mortality was the population in number by age estimated by the trawl survey in 1979. The biomass estimates obtained were rather stable during 1964-1972 and increased rapidly through 1979.

4 . The $CPUE$ values from the fishery and biomass estimates from trawl surveys and cohort analysis indicate that the yellowfin sole abundance was stable at rather low levels through 1972 after the decreases during the heavy exploitation years of early 1960s, and then increased rapidly through 1979 or 1980. The $CPUE$ values showed sharp decreases thereafter but biomass estimates continued to increase through 1983. From the fact that the trawl surveys covered the major distribution area and strong year classes had appeared successively in the population, it can be judged that the biomass still increased after 1980.

5 . Fluctuations of the stock abundance were mainly caused by successive occurrences of year classes having similar strength. The recent increases of stock abundance were also caused by strong year classes and the low level of catches expedited the increases.

IV . Stock management

1 . Yield-per-recruit (Y/R) curves against fishing mortality coefficient (F) were obtained by using the following equation for natural mortality coefficient (M) of 0.12, 0.20, and 0.25, taking account of recruit ratio by age (r_t , age-specific selectivity by the fishery estimated from the cohort analysis).

$$Y/R = E \cdot \sum_{t=t_R}^{t_\lambda} r_t \cdot w_t \cdot \prod_{x=t_R+1}^t (r_{x-1} \cdot \exp(-Z) + (1-r_{x-1}) \cdot \exp(-M))$$

where, E is rate of exploitation, $Z = F + M$, t is age, t_R is age at first recruitment and capture (3), t_λ is maximum age (18), and w_t is body-weight. Since it is not certain whether the maximum yield on the curve would be sustainable, the optimum yield per recruit (OY/R) being expected to be sustainable was estimated by following procedures. At first, the number of adult females was calculated for various F values. Then, the optimum F value (F_{opt}) was determined as the F value which would maintain adult female at one half of the level that is obtained at no fishing ($F = 0$). The Y/R value on the curve against the F_{opt} is regarded as OY/R .

2 . Recruit number (population in number at age 3, estimated from the cohort analysis) was at high or low level during the period of 1964-1979. The optimum yield (OY) estimated from the OY/R and the recruit number was changed substantially according to the recruit level. The estimate of OY was 71,000 t, 81,000 t and 105,000 t for the M value of 0.12, 0.20 and 0.25 respectively at the low recruit level and 266,000 t, 240,000 t and 230,000 t for respective M value at the high recruit level.

3 . The recent recruit level was relatively high successively, and therefore a yield over 230,000 t can be expected to catch a year.

4 . Any specific relationships could not be found between the adult stock size and the recruit number, and so, long-term measures for stock management could not be established. In addition the influences of environmental factors on recruitment are unknown so far, and the prediction of recruit levels is not possible. When decreases of recruit would be detected, it should be necessary to reduce the catch according to the recruit level in order to secure the adult stock for recruitment.

For the best and long-term utilization of the stock, the author emphasizes necessities to continue the Japan-U.S. joint trawl survey in order to monitor trends of recruit and stock levels and to promote exchanges of informations and views on the stock assessment and management among nations concerned.

目 次

緒 言	29
I 資料	31
1 研究対象水域	31
2 漁獲統計資料	33
2.1 日本漁業	33
2.1.1 母船式底びき網漁業及び北方トロール漁業	33
2.1.2 北転船漁業	33
2.2 ソ連漁業	33
2.3 その他の国の漁業	33
3 全長組成資料	34
4 トロール定点調査漁獲量及び全長組成資料	34
4.1 日本の調査	34
4.2 米国の調査	35
4.3 日米共同調査	35
5 生物学的測定資料	35
5.1 全長	35
5.2 体重及び生殖腺重量	35
5.3 胃内容物重量	35
6 標識放流・再捕資料	37
7 物理環境資料	37
8 種名一覧	37
II 種の生物学的特徴	37
1 分布と回遊	37
1.1 分布	37
1.1.1 地理的分布	37
1.1.2 東部ベーリング海における分布の概要	39
1.1.3 分布の季節変化	40
1.2 回遊	48
1.3 生息域の環境	49
1.3.1 水深	49
1.3.2 底層水温	50
1.3.3 底質	51
1.4 考察	51
2 系統群	52
2.1 標識放流結果	52
2.2 成長の差異	53
2.3 考察	53

3	繁殖	54
3.1	産卵期と産卵場	54
3.1.1	産卵期	54
3.1.2	産卵場	56
3.2	性比	56
3.3	考察	56
4	成長	57
4.1	年齢形質と年齢査定法	59
4.1.1	年齢形質	59
4.1.2	輪紋の形成周期	59
4.1.3	第1輪の評価	59
4.1.4	不規則輪の評価	60
4.2	年齢と全長	61
4.2.1	耳石半径と全長の関係	61
4.2.2	両側耳石を用いた結果の比較	62
4.2.3	逆算全長と成長式	62
4.2.4	年齢と標本採取時全長	63
4.2.5	年齢と全長の経年変化	65
4.3	全長及び年齢と体重の関係	67
4.3.1	全長と体重	67
4.3.2	年齢と体重	68
4.4	成熟全長及び年齢	69
4.4.1	成熟全長	69
4.4.2	成熟年齢	71
4.5	考察	71
4.5.1	年齢別全長推定結果の相違	71
4.5.2	年齢別全長の雌雄差について	73
4.5.3	成熟全長の経年変化について	73
5	食性	73
5.1	胃内容物重量組成	74
5.2	成長に伴う胃内容物組成の変化	76
5.3	胃内容物重量の季節変化	77
5.4	胃内容物の量及び種類の地理的变化	77
5.5	考察	79
III	漁業の動向	80
1	漁業の歴史	80
1.1	第二次大戦前の漁業	80
1.2	第二次大戦後の漁業	80
2	漁期及び漁場の経年変化	81
2.1	漁期	85

2.2	漁場	85
3	漁獲量の経年変化	86
3.1	漁獲量の推定	86
3.2	底魚類漁獲量に占めるコガネガレイの割合	86
3.3	漁獲量の経年変化	86
4	年齢組成の経年変化	89
4.1	全長組成	89
4.2	年齢組成	91
IV	資源評価	92
1	単位漁獲努力当たり漁獲量	92
2	面積密度法による資源量の推定	95
2.1	調査設計	96
2.2	トロール漁具の特性値の推定	98
2.3	漁獲資料解析法	99
2.4	資源重量推定値	100
2.5	考察	101
3	コホート解析法による資源量の推定	103
3.1	入力データ	104
3.2	漁獲死亡係数推定値及び加入割合	110
3.3	資源尾数及び資源重量推定値	110
3.4	考察	110
4	資源量の変動	111
4.1	資源量の経年変化	111
4.2	資源量変動の要因	113
V	資源管理	114
1	親子関係	114
2	加入当たり収量曲線による解析	116
2.1	加入当たり収量	116
2.2	最適収量	117
2.3	考察	118
3	資源の管理方策	119
	要約	120
	文献	123
	附表	129

結 言

コガネガレイ (ロスケガレイ), *Limanda aspera* (PALLAS)(図1)は、ベーリング海、オホーツク海及び日本海を含む北太平洋に広く分布する産業的に重要な魚種である。これまで、本研究の対象水域で

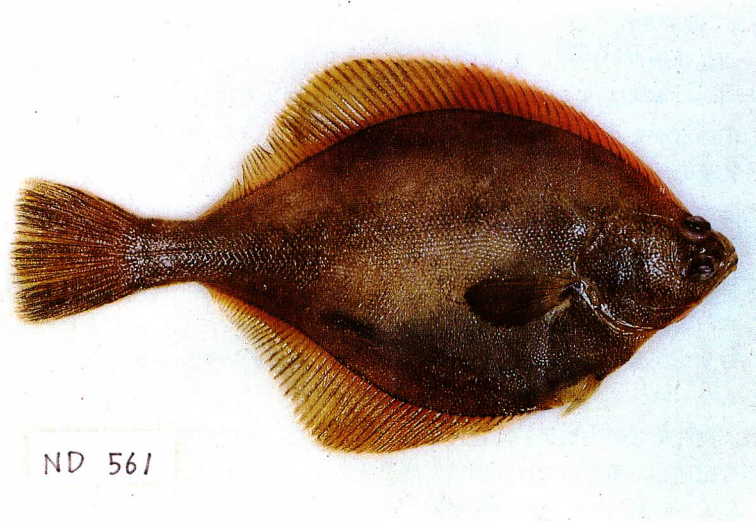


Fig. 1. Yellowfin sole, *Limanda aspera* (PALLAS), sampled in the eastern Bering Sea.

ある東部ベーリング海をはじめ、オリュートル湾、カムチャッカ半島東・西水域、サハリン周辺水域及びピョートル大帝湾で商業的に利用されてきた。東部ベーリング海における1982年のコガネガレイ総漁獲量は9.2万トンで、スケトウダラ(94万トン)に次いで多く(NELSON *et al.*, 1983)、日本漁業がその70%(6.4万トン)を占め、米国の韓国及びソ連との合弁漁業が19%、韓国漁業が11%を占めている。

東部ベーリング海におけるコガネガレイ漁業は、1930年代に日本によって始められた。漁獲量は、1957年までは年間約2.5万トン以下にすぎなかったが、その後急速に増加し、最盛期の1961年には約47万トンに達した。しかし、この高水準の漁獲量は持続せず、その後急激に低下して、1963年には約9万トンとなった。1964年から1982年までの年間漁獲量は、最盛期の3分の1以下の4-17万トンの水準にすぎない。漁業が短期間のうちに急速に発展し、衰退したこと、最盛期における漁獲量が世界のカレイ類漁業の歴史のなかでも極めて大きかったことなどから、コガネガレイはしばしば典型的な乱獲魚種とみなされてきた(KASAHARA, 1972; PRUTER, 1973)。しかし、こうした見解は詳細な資源解析に基づくものではなかった。

北洋底魚資源を対象とする我が国の組織的な調査研究は、本種の漁獲最盛期を過ぎた1963年に開始された。このため、漁業が急激に発展し衰退した期間及びそれ以前の漁獲統計の整備や生物学的資料の収集は充分ではなかった。また、日本と並ぶ主要漁業国であるソ連の詳細な漁獲・生物資料が入手できなかった。更に、本種を主対象とする漁業の中断、漁期や漁場の経年的変化等のため1963年以降も質的に一貫した漁獲資料が得られなかったことなどから、商業漁獲資料を用いた資源の解析・評価は進退しなかった。

一方、我が国調査船によるトロール定点調査が、1966年に開始され、1972年を除いて1978年まで継続実施された。しかし、この調査はオヒョウ資源を主対象としており、また、調査水域が比較的限定されていたため、得られた資料を用いてのコガネガレイの資源量評価には問題があった。1975年には米国が、本種の主要分布域をカバーする大規模なトロール定点調査を行い、初めて東部ベーリング海におけるコガネガレイの包括的な資源量を推定した (PEREYRA *et al.*, 1976)。更に、1979年には日米共同によるより高い定点密度のより広い水域における調査が実施された。これらの米国調査及び日米共同調査は1983年現在まで継続されており、これによって、本種の資源量が近年急激に増大しており、この増大が主に連続した卓越年級群の出現によっていることが明らかとなった (BAKKALA and WESPESTAD, 1983)。また、コホート解析結果も、近年における資源量の増大を裏付けており、更に、最近年の資源量が本格的開発以前の水準より高くなっている可能性を示唆している (WAKABAYASHI, 1985)。

このように、大量の漁獲によって一度は低下したコガネガレイの資源量が、近年高水準に回復していることが明らかとなった現在、長期的な資源の有効利用と管理方策について検討することは極めて重要である。

著者は、1967年から水産庁遠洋水産研究所において主にコガネガレイ資源の研究並びに調査船による資源量推定のための調査の設計と資料解析に携ってきた。本論文は、これらの調査・研究資料に基づいて行った東部ベーリング海におけるコガネガレイの漁業生物学的研究結果をとりまとめたものである。

全体は五章からなっている。第I章では、用いた資料について述べ、第II章では、分布と回遊、系統群、繁殖、成長、食性などの生物学的諸特性を明らかにした。第III章では、急激に拡大し、衰退した漁業の実態について記述し、第IV章では、面積密度法及びコホート解析法を用いて資源量を推定し、資源量の変動とその要因を解析した。最後に第V章では、加入当たり取量の解析結果に基づいて、加入量水準に応じた適正な漁獲量を計算し、資源管理方策について考察した。

本研究をとりまとめるにあたり、懇切な指導と本論文の詳細な校閲を頂いた東京大学海洋研究所教授青山恒雄博士(現水産大学校)に厚く御礼申し上げます。この研究を実施する機会を与えられ、研究を進めるなかで指導や助言及び論文の校閲を頂いた水産庁遠洋水産研究所元所長池田郁夫(現捕鯨協会)、現所長大隅清治両博士、助言や校閲を頂いた東京大学海洋研究所教授田中昌一(現東京水産大学)、石井丈夫両博士、並びに川口弘一博士、同農学部教授(現名誉教授)能勢幸雄博士、遠洋水産研究所前底魚資源部長大滝英夫博士に心から御礼申し上げます。

遠洋水産研究所北洋底魚資源研究室元室長岡田啓介(現海洋水産資源開発センター)、多々良薫両博士(現海洋生物環境研究所)及び高橋善弥氏(現南海区水産研究所)には日常の指導と助言を頂いた。現室長佐々木喬博士、同室千国史郎博士(現国連食料農業機構水産局)、山口巖常氏(現東北水産研究所)並びに手島和之博士には多くの資料提供と標本の採取や測定作業の協力を頂いた。同室渡辺悦子女史には資料整理、図表の作成等をお願いした。ここに記して謝意を表す。

アメリカ合衆国北西・アラスカ漁業センターL.L. LOW, R.G. BAKKALA両博士には種々の助言と多くの資料提供を頂いた。最後に、北洋底魚漁業関係者の皆様、特に日本水産株式会社北洋部並びに同鹿島丸船団坂本脩、久我憲四郎両元船団長はじめ乗組員の方々には標本の採取をお願いし、また、貴重な情報や資料の提供を頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。

本論文は、東京大学審査学位論文である。文中に示した体長-体重関係、成長方程式及び1966-1978年の日本調査データに基づく資源量推定は、農林水産技術会議事務局農林水産研究計算センターの電子計算機を使用して解析した。

I 資 料

1. 研究対象水域

研究対象水域である東部ベーリング海は、西経 170°以西のアリューシャン列島水域とベーリング海峡以北の水域を除く、180°以東のベーリング海である (図 2)。この水域は、北太平洋漁業国際委員会 (INPFC) のベーリング海統計海区 I (西経 170°以東の水域) 及び海区 II (北緯 55°以北, 西経 170°-180°の水域) を合わせたものに一致する。東部ベーリング海は、その大部分が 1977 年以降米国の漁業管理保存水域となっているが、若干のソ連水域を含んでいる。コガネガレイはソ連水域にもわずかに分布する

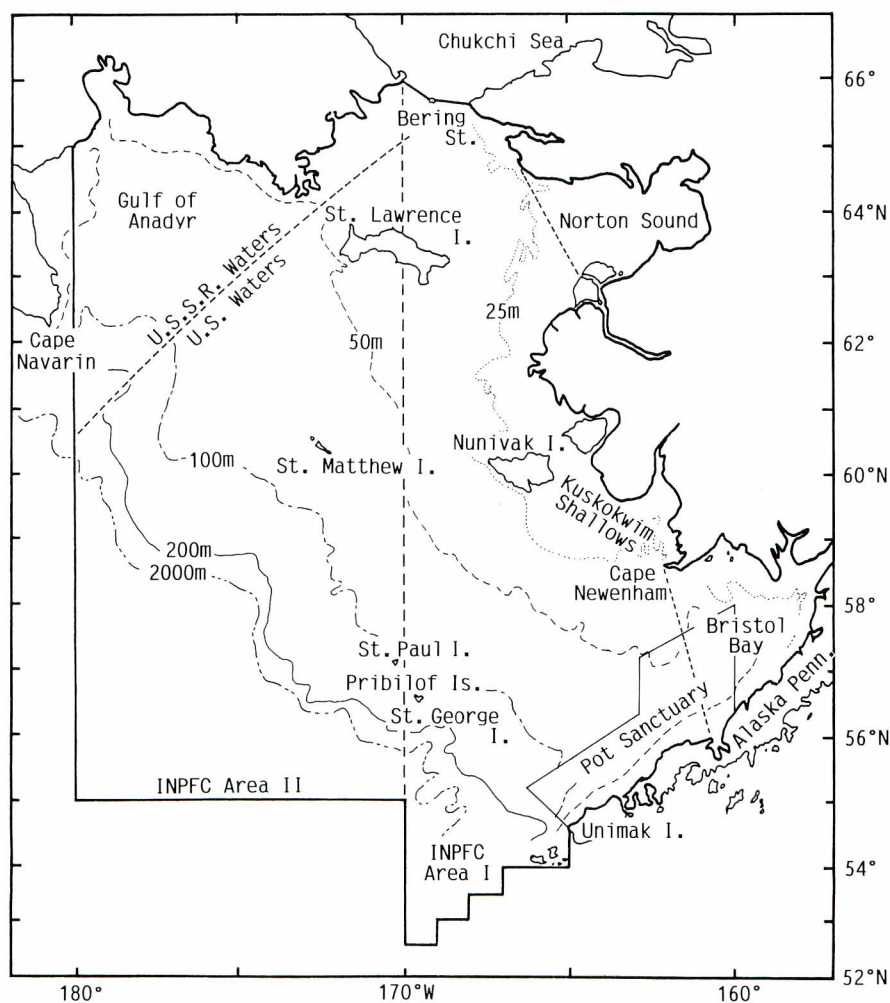


Fig. 2. Study area and place-names in the eastern Bering Sea. Japanese and English names are listed in Table 1.

が、この魚群は、後述のように米国水域に生息するものとは別の系統群に属すると判断され、漁獲量も実質上無視しうる程少ない。したがって、ここでは、東部ベーリング海の米国漁業管理保存水域内に生息するコガネガレイを対象としている。

文中に出現する地名とその英名を表 1 に、水域区分及び水域の地理的位置を図 2 に示した。

Table 1. Japanese and English names of places appeared in the present paper and their locations.

Japanese Name	English Name	Reference Figs. or Location
<u>海 域</u>	<u>Region and Waters</u>	
アナディール湾	Gulf of Anadyr	Fig. 2
アラスカ湾	Gulf of Alaska	Fig. 4
INPFC 海区 I	INPFC Area I	Fig. 2
INPFC 海区 II	INPFC Area II	Fig. 2
オホーツク海	Okhotsk Sea	Fig. 4
オリュートル湾	Gulf of Olyutorski	Fig. 4
キナク湾	Kinak Bay	Fig. 19
クスコクウィム浅海域	Kuskokwim Shallows	Fig. 2
スキデゲート・インレット	Skidegate Inlet	53°15'N, 132°W
底びき禁止区域	Pot Sanctuary	Fig. 2
チュクチ海	Chukchi Sea	Fig. 2
日本海	Sea of Japan	Fig. 4
ノートン・サウンド	Norton Sound	Fig. 2
バークレー・サウンド	Barkley Sound	48°50'N, 125°20'W
ピョートル大帝湾	Peter-the-Great Bay	Fig. 4
ブリistol湾	Bristol Bay	Fig. 2
ベーリング海	Bering Sea	Fig. 4
<u>島・諸島</u>	<u>Island and Islands</u>	
アリューシャン列島	Aleutian Is.	Fig. 4
ウニマック島	Unimak I.	Fig. 2
サハリン島	Sakhalin I.	Fig. 4
セント・ジョージ島	St. George I.	Fig. 2
セント・ポール島	St. Paul I.	Fig. 2
セント・ローレンス島	St. Lawrence I.	Fig. 2
千島列島	Kurile Is.	Fig. 4
ヌニバク島	Nunivak I.	Fig. 2
バンクーバー島	Vancouver I.	Fig. 4
プリビロフ諸島	Pribilof Is.	Fig. 2
<u>半島・岬</u>	<u>Peninsula and Cape</u>	
アラスカ半島	Alaska Peninsula	Fig. 2
カムチャッカ半島	Kamchatka Peninsula	Fig. 4
ナハリン岬	Cape Navarin	Fig. 2
ニューエンハム岬	Cape Newenham	Fig. 2
ポイント・バロウ	Point Barrow	Fig. 4
<u>そ の 他</u>	<u>Other</u>	
釜 山	Pusan	Fig. 4
ベーリング海峡	Bering Strait	Fig. 2

2. 漁獲統計資料

使用した漁獲統計資料を以下に列記する。

2.1 日本漁業

東部ベーリング海で操業する日本の漁業には、漁業許可制度上以下の3種がある、1)漁撈に従事する独航船と加工処理に従事する母船とで構成される母船式底びき網漁業、2)略500トン以上の単船で操業し、東部ベーリング海の全水域で操業可能な北方トロール漁業及び、3)350トン未満の基地独航船で操業し、西経170°以西の水域でのみ操業可能な北転船漁業である。

2.1.1 母船式底びき網漁業及び北方トロール漁業

(1) 1930—1941年

高橋(1972)の資料。

(2) 1954—1962年

コガネガレイは、オヒョウ、アブラガレイ類及びカラスガレイ以外のカレイ類とともにその他のカレイ類として集計されている。高橋(1972)の「その他のカレイ」漁獲量から、各当業船の事業報告書に示された魚種組成中のコガネガレイの割合を用いて算出した漁獲量及び事業報告書に示された漁獲努力量資料。

(3) 1963—1982年

漁業者が農林水産大臣に提出した漁獲成績報告書(船別、日別、緯度30分経度1度ます目の漁区別、漁獲努力量及び魚種別漁獲量)を遠洋水産研究所が、業態別(ミール、冷凍等)、漁法別、月別、漁区別に集計した資料。

2.1.2 北転船漁業

漁獲成績報告書に基づく漁場別漁獲統計年報(北海道区底魚資源研究集団, 1966; 北海道漁業調整事務所・他, 1966—1973; 北海道区水産研究所・他, 1976—1983)に示された東部ベーリング海における漁獲量。

2.2 ソ連漁業

ソ連の漁獲量は以下の資料によった。1976年までの漁獲量はコガネガレイ以外のカレイ類を含んでいるので、ソ連によるカレイ類漁獲量の魚種組成が日本のものに等しいと仮定して、カレイ類漁獲量からコガネガレイ漁獲量を算出した(若林, 1976; WAKABAYASHI and BAKKALA, 1977; 1978)。

(1) 1958—1964年

FADEEV(1970 a)の記載値。

(2) 1965—1966年

FAO(1974)の資料。

(3) 1967—1976年

米・ソ二国間漁業協定に基づき、ソ連から米国に提出された資料。

(4) 1977—1982年

1977—1979年はソ連から米国に提出された資料。1980年はソ連提出資料と米国漁業監視員資料を用いた推定値に基づくBAKKALA and WESPESTAD(1983)の集計値。1981—1982年には操業が行われなかった。

2.3 その他の国の漁業

BAKKALA and WESPESTAD(1983)の記載値。

3. 全長組成資料

日本漁業の漁獲物全長組成は以下のように推定した。他の国の全長組成は得られていないので、日本のものに等しいと仮定し、漁獲量比によって推定した。

(1) 1955—1963 年

当業船上で得られた標本の全長組成(全長1cm階級毎の頻度)と重量推定値により、漁獲物全体に引き伸ばして推定した。

(2) 1964—1982 年

漁獲成績報告書とともに当業船から提出された標本全長組成を、INPFC海区别、月別に集計し、年の四半期毎に漁獲物全体に引きのぼして推定した。

4. トロール定点調査漁獲量及び全長組成資料

4.1 日本の調査

東部ベーリング海の大陸棚上で、遠洋水産研究所が1972年を除く1966—1979年に実施したトロール調査資料。年度と調査月日及び文献を以下に、調査水域を図3(1979年は図46)に示す。

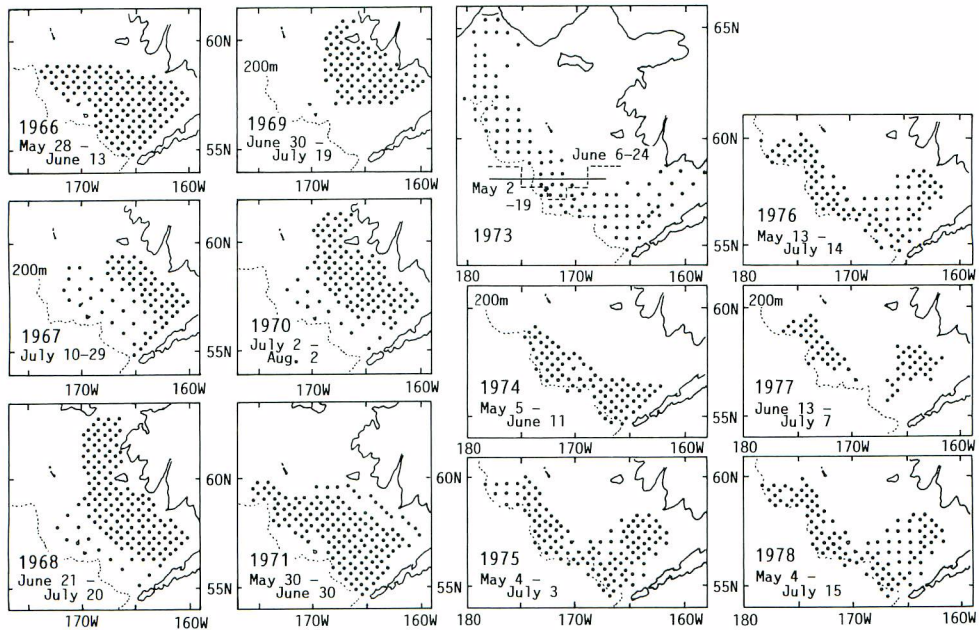


Fig. 3. Grid stations and periods of Japanese trawl surveys in the eastern Bering Sea, 1966-1978. The survey in 1979 is shown in Fig. 46.

- 1) 1966年, 5月28日～6月13日, 高橋 (1971)。
- 2) 1967年, 7月10日～7月29日, 千国 (1975)。
- 3) 1968年, 6月21日～7月20日, 山口 (1972)。
- 4) 1969年, 6月30日～7月19日, 若林 (1972 a)。
- 5) 1970年, 7月2日～8月2日, 千国 (1971)。
- 6) 1971年, 5月30日～6月30日, 若林 (1972 b)。
- 7) 1973年, 5月2日～6月24日, 若林 (1977)。
- 8) 1974年, 5月5日～6月11日, 山口 (1975)。
- 9) 1975年, 5月4日～7月3日, 若林・水戸・永井 (1977)。
- 10) 1976年, 5月13日～7月14日, 佐々木 (1977)。
- 11) 1977年, 6月13日～7月7日, 山口・木原 (1978)。
- 12) 1978年, 5月4日～7月15日, 若林・矢部 (1981)。
- 13) 1979年, 6月10日～8月5日, BAKKALA and WAKABAYASHI (1985) に示す日本調査分及び原資料。

4.2 米国の調査

1975年から1983年まで1977年を除いて毎年実施されているトロール定点調査のうち、資料が利用できる下記の調査資料。

- 1) 1975年, 8月～10月, PEREYRA *et al.* (1976)。
- 2) 1976年, 4月1日～8月9日, SMITH and BAKKALA (1982)。
- 3) 1979年, 5月17日～8月27日, BAKKALA and WAKABAYASHI (1985) の米国調査分。

4.3 日米共同調査

1979, 1981及び1982年に実施された日米共同トロール調査資料。

- 1) 1979年, 5月17～8月27日, BAKKALA and WAKABAYASHI (1985) の日米共同とりまとめ分。
- 2) 1981年, 5月18日～8月7日 (大陸棚上について), SAMPLE *et al.* (1985)
- 3) 1982年, 5月27日～8月9日 (大陸棚上について), BAKKALA *et al.* (1985 a)

5. 生物学的測定資料

生物学的情報を得るため、調査船及び当業船上で標本魚を採取した。測定は、主に冷凍標本を研究室に持帰って実施したが、全長測定、熟度判定及び耳石採取の一部は船上で実施した。測定項目別、年別標本数を表2に示した。

本文中に詳述する項目以外の測定又は判定の基準を以下に示す。

5.1 全長

測定板を用いてmm単位で測定した下顎先端から尾鰭中央末端までの距離。

5.2 体重及び生殖腺重量

体重は、台秤を用いてg単位で計量した胃内容物、生殖腺等を含む全重量。生殖腺重量は、全生殖腺を、それが約50g以上では台秤を用いてg単位で、それ以下では上皿天秤を用いて0.1g単位で計量した値。

5.3 胃内容物重量

咽頭部から幽門までに含まれる消化管内容物をホルマリン固定後、種別又は種群別に上皿天秤を用いて0.1g単位で計量した値。0.05g未満の生物又は消化物は+とし、空胃と区別した。

Table 2. Individual numbers of yellowfin sole samples by item used for the present study.

Year	Tagging		Maturation				Growth						Feeding Habit		Total	
	Release	Recovery	Gonad-Somatic Index		Ratio of Spent Fish		Marginal Increment	Age-Length		Length-Weight		Ratio of Mature Fish		Stomach Contents Weight		Stomach Contents Composition
			♂	♀	♂	♀		♂	♀	♂	♀	♂	♀			
1956																99
1959					2,072	1,361		354	529							4,316
1965			41	81				422	653	90	149					1,436
1966			62	104												166
1967								657	884							1,541
1968								1,217	1,648	623	837					4,325
1970	2,142	2													2,386	4,530
1971	3,962	91	246	275			464		751					574	1,704	8,067
1972	4,229	20	75	134			171							469		5,098
1973		62								1,025	1,345	795	522	1,060**		4,809
1974		52						89	102	622	809	613	805			3,092
1975		18						74	79							171
1976		13														13
1977		2														2
1978								466	697			523	784			2,470
1983														1,374		1,374
Total	10,333	260	424	594	2,072	1,361	635	3,279	5,442	2,360	3,140	1,931	2,111	3,477	4,090	41,509

* Sex combined

** Ratio of empty stomach

6. 標識放流・再捕資料

1970年7月, 1971年6月及び1973年5月の日本調査でトロール網により採捕したコガネガレイにピーターセン型標識を背鰭中央基底下の肉質を貫通するように装着し, 放流した。年毎の放流及び再捕尾数を表2に示した。再捕は, 米国による夏期の1尾を除き日本及びソ連漁船により主として10-2月に行われた。

7. 物理環境資料

本文中で特に明記したものの以外は, 1966-1979年の日本のトロール調査船によって得られた水深及び底層水温資料を用いた。

8. 種名一覧

使用する種又は種群の和名, 学名及び英名を表3に示した。

II 種の生物学的特徴

1. 分布と回遊

1.1 分布

1.1.1 地理的分布

コガネガレイの地理的分布はきわめて広い。既往の資料に基づく分布域及び漁場を図4に示した。ア

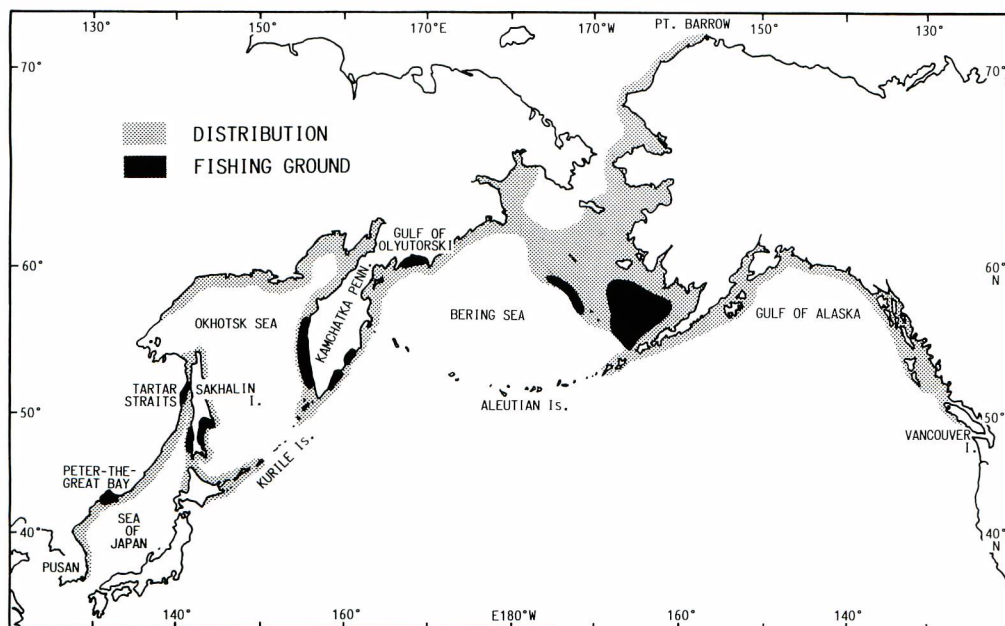


Fig. 4. Geographical distribution of yellowfin sole and the fishing grounds.
(Revised BAKKALA, 1981)

Table 3. Japanese, scientific and English names of taxa appeared in the present paper.

Japanese Name	Scientific Name	English Name
<u>魚 類</u>	<u>Pisces</u>	<u>Fishes</u>
キュウリウオ類	Osmeridae	smelts
カラフトシシャモ	<i>Mallotus villosus</i>	capelin
タ ラ 類	Gadidae	codfishes
スケトウダラ	<i>Theragra chalcogramma</i>	walleye pollock
イカナゴ類	Ammodytidae	sand lances
カ レ イ 類	Pleuronectidae	flounders
アブラガレイ類	<i>Atheresthes spp.</i>	arrowtooth and Kamchatka flounders
オ ヒ ヨ ウ	<i>Hippoglossus stenolepis</i>	Pacific halibut
カラスガレイ	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	Greenland turbot
コガネガレイ (ロスケガレイ)	<i>Limanda aspera</i>	yellowfin sole
シムシユガレイ	<i>Lepidopsetta bilineata</i>	rock sole
ツノガレイ	<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	Alaska plaice
ヌマガレイ	<i>Platichthys stellatus</i>	starry flounder
ハナガレイ	<i>Limanda proboscidea</i>	longhead dab
<u>その他</u>	<u>Alibi</u>	<u>Others</u>
軟体動物	Mollusca	molluska
巻貝類	Gastropoda	sea snails
二枚貝類	Bivalvia	clams, bivalves
頭足類	Cephalopoda	cephalopods
タコ類	Octopoda	octopuses
イカ類	Decapoda	squids
ユムシ類	Echiurida	echiuroids
多毛類	Polychaeta	polychaetes
甲殻類	Crustacea	crustaceans
アミ類	Mysidacea	mysids
端脚類	Amphipoda	amphipods
オキアミ類	Euphausiacea	euphausiids
ヤドカリ類	Paguridae	hermit crabs
エビ類	Macrura	shrimps
カニ類	Brachiura	crabs
クモヒトデ類	Ophiuroidea	brittlestarfishes
ウニ類	Echinoidea	sea urchins
タコノマクラ類	Clypeasteroidea	sand dollars
ナマコ類	Holothuroidea	sea cucumbers
ホヤ類	Ascidacea	ascidians

アメリカ大陸側における南限の採捕記録はバンクーバー島南西水域のパークレー・サウンドにあり、バンクーバー島の北側水域であるヘケート海峡、特にスキデゲート・インレットではしばしば採捕される (CLEMENS and WILBY, 1961)。この水域からアラスカ沿岸に沿って北へほぼ連続的に分布し、チュクチ海に及んでいる。北限記録は、ポイント・バロウである (ペルツェワーオストロウモワ, 1961)。アリューシャン列島水域には、アラスカ半島に近接する水域を除いて分布しないようである (モイセエフ, 1953)。アジア大陸側の分布の南限は朝鮮半島南東岸の釜山にあり、分布はアジア大陸に沿って北へ日本海、オホーツク海及びベーリング海までほぼ連続し、アナディール湾に到っている (モイセエフ, 1953)。この外、サハリン周辺水域、中央部を除く千島列島水域、更に北海道沿岸にも分布している (モイセエフ, 1953)。

分布域は極めて広いが、商業漁業の対象となる程の密度の高い水域は比較的限定されている。アジア大陸側ではピョートル大帝湾、サハリン周辺水域、カムチャッカ半島両側水域及びオリュートル湾である (FADEEV, 1970 b)。アメリカ大陸側では、本研究の対象域である東部ベーリング海のみであるが、この水域は、漁獲量からみた漁場価値が最もかつ極端に高い。

1.1.2 東部ベーリング海における分布の概要

東部ベーリング海全域におけるコガネガレイの分布状況を同一年に調査した資料はない。そこで、ほぼ北緯 63° 及び米・ソ協定境界線以南の水域については 1979 年の米国調査結果 (BAKKALA *et al.*, 1985 b)、北緯 63° 以北の米国水域は 1976 年の調査結果 (WOLOTIRA *et al.*, 1977)、及びソ連水域は 1969 年の調査結果 (若林, 1972 a) を用いて、単位ひき網面積当たりの漁獲量 (kg/ha) で表した春-秋期の地理的分布を図 5 に示した。分布の中心は南東部大陸棚上であり、その分布は連続してノートン・サウ

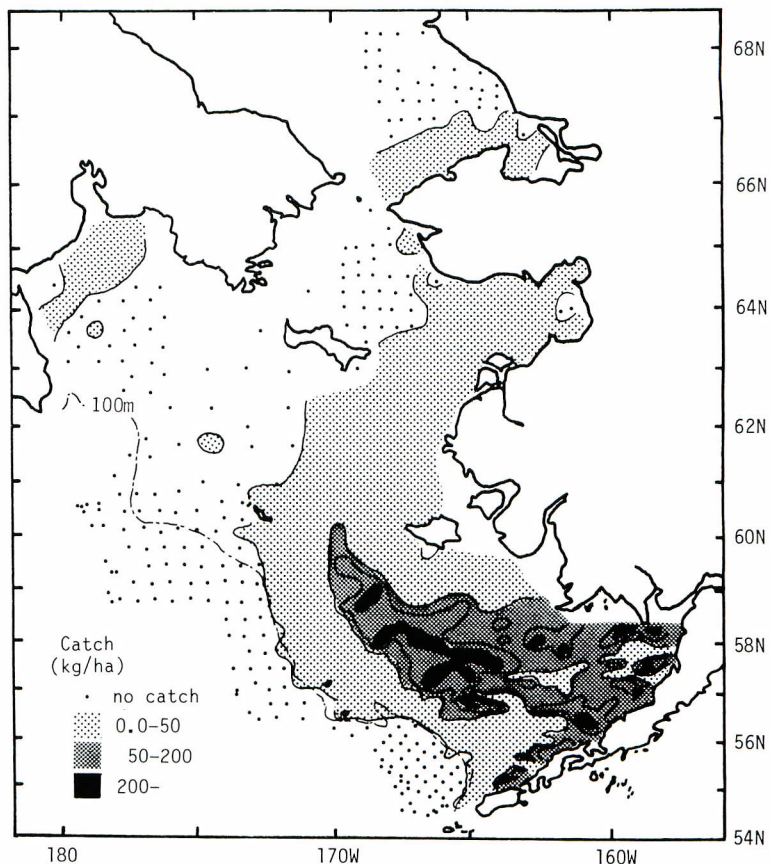


Fig. 5. Distribution of yellowfin sole during spring-autumn in the eastern Bering Sea, shown in catch per unit area swept (kg/ha) by trawl surveys. (From WAKABAYASHI, 1969; WOLOTIRA *et al.*, 1977; BAKKALA *et al.*, 1985)

ンド及びチュクチ海の北緯 67°付近に及んでいる。これらの分布域と分離した低密度の分布がアナディール湾に認められる。

アナディール湾の魚群は、プリピロフ諸島西方域で越冬した魚群が越冬域からまだあまり移動していない時期に、既に出現している(若林, 1977)。アナディール湾における分布域は、春期においても、分布域が拡大する 7 月においても、南東部大陸棚上の魚群のそれと重複しない。以上のことから、アナディール湾に出現する魚群は、ソ連水域に固有の魚群と判断した。

トロール定点調査による漁獲資料と掃過面積及び調査水域面積から後述の面積密度法によって推定した調査対象資源量は、約 63°以南の米国水域 1,979,000 トン、ノートン・サウンド及びチュクチ海 1,400 トン、ソ連水域(アナディール湾) 500 トンであった。

1.1.3 分布の季節変化

生息域は、冬期における大陸棚縁辺部から大陸斜面上部にかけての水域から夏期における大陸棚浅海域へと大きく変化するが、その季節変化を調査船及び以下に示す商業船漁獲資料を用いて検討した。1974 年には主要越冬域のウニマック島北西水域がオヒョウ資源保護のため 12—5 月の期間禁漁となったため、操業水域及び期間はその後で大きく変化している。また、10—5 月は我が国漁業のコガネガレイに対する依存度が高く 6 月以降は著しく低下する。このため、10—5 月については、禁漁となるまでの 5 年間(1968 年は漁獲資料不詳)の我が国漁獲量の月別合計値の漁区(1 漁区は経度 1 度、緯度 30 分の区画)別割合(図 6)を、また、6—12 月については、1974 年以降の主対象操業を行った冷凍船団による漁獲量の漁區別割合(図 7)を用いた。

(1) 越冬期(1—3 月)の分布

越冬域として、FADEEV(1963)は、ウニマック水域、プリピロフ西方域及びプリピロフ南方域をあげ、また、小型魚がアラスカ半島沿岸浅海域で越冬することを予測した。1969—1973 年 1—3 月の総漁獲量の漁區別分布(図 8・上)に示される漁獲の集中域は、前記の越冬域とよく一致している。1973 年までの主要漁場が禁漁になって以後の漁場は、セント・ジョージ島東方域に移っており(図 8・下)、この水域も越冬域の一部であることが示唆された。

ウニマック水域においては、いくつかの越冬密集群が認められる(FADEEV, 1963)。商業船による標識放流結果によれば、各越冬密集域の魚群間には混合がみられる(WAKABAYASHI *et al.*, 1977)。商業漁獲の集中域は、1 月から 3 月にかけて除々に水深の深い地域に移っており(図 6)、コガネガレイが冬期にも活動していることを示している。

(2) 春季回遊期(4—6 月)の分布

4 月における漁場(図 6)は、冬期の漁獲集中域より浅海の水域に形成されており、越冬域から浅海域への回遊が 4 月に開始されることを示している。漁場の位置は、1976 年の調査で得られた密集域(SMITH and BAKKALA, 1982)とよく一致していた。同調査によれば、密集域は 0°C 等底水温線の南西側(水深がより深く、より高温)にあり、また、4 月後半には 100 m 以深の水域にはほとんど分布が認められない。

5 月初・中旬には、ウニマック水域の魚群は更に浅海に移動し、最密集域は 0°C 等底水温線の南西側にあった(図 9・上)。プリピロフ諸島の西方域及び南方域で越冬する魚群もそれぞれ越冬域より浅海に移動している。ちなみに、1976 年の米国の調査結果もほぼ同様の分布を示していた。ウニマック水域の濃密群は 1973—1976 年の日本の調査でも毎年観測されており、コガネガレイが春期に濃密な魚群を形成しつつ浅海域へ回遊することは明らかである。この濃密群から得た個体を標識放流し、越冬域で再捕した結果は、この魚群が、ウニマック島北側からセント・ジョージ島東方にかけての水域で越冬した個体

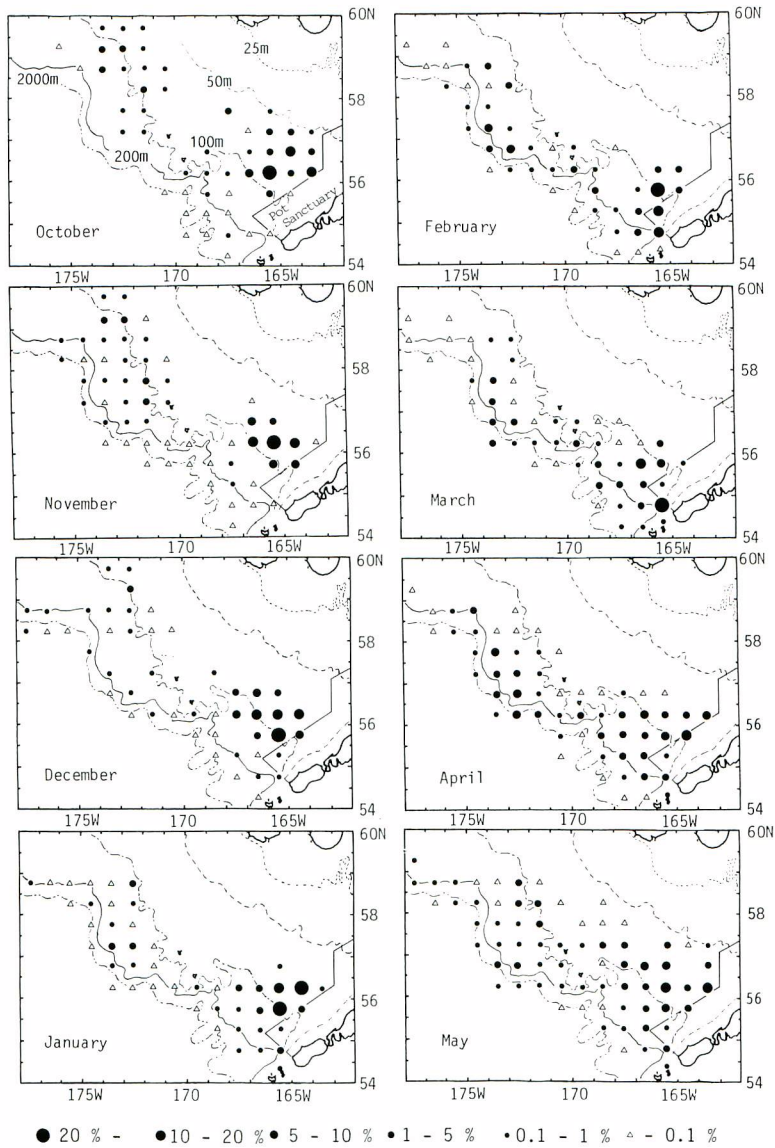


Fig. 6. Distributions of monthly yellowfin sole catch by the Japanese fishery for 1969-1973 in the eastern Bering Sea, shown in percentage of each statistical block.

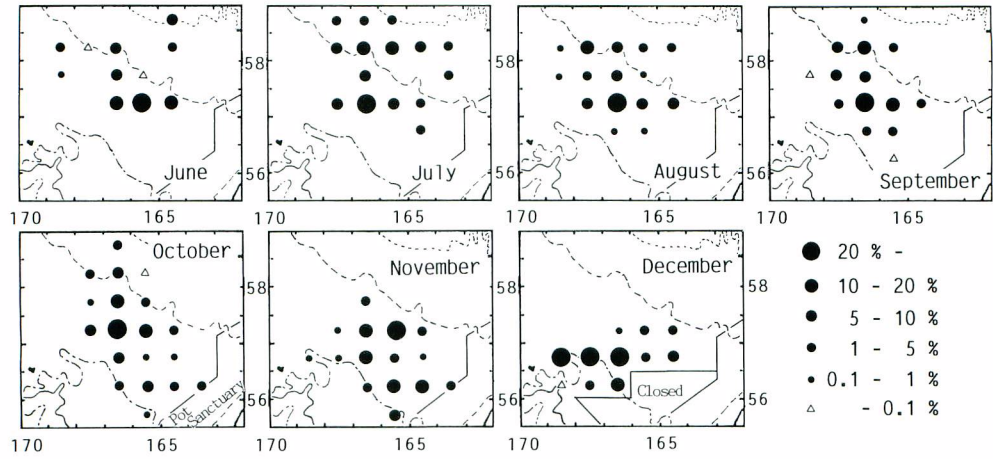


Fig. 7. Distributions of monthly yellowfin sole catch by the Japanese frozen-fish fishery for 1974-1982 in the southeastern Bering Sea, shown in percentage of each statistical block.

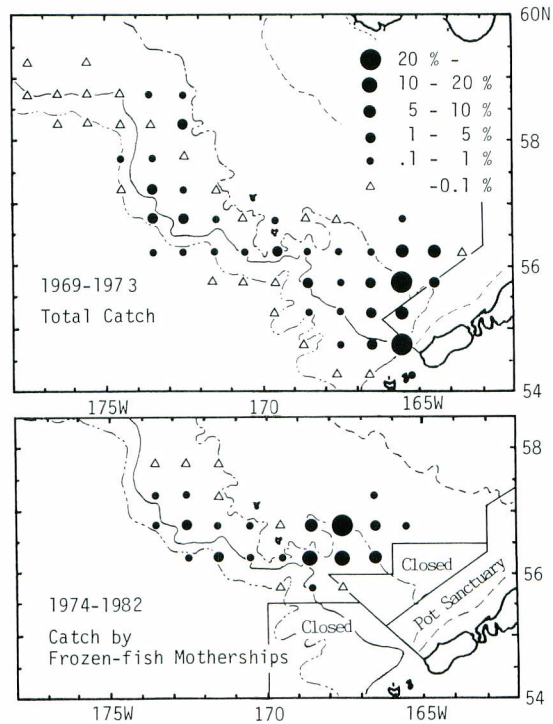


Fig. 8. Distribution of yellowfin sole catch by the Japanese fishery during the wintering period (January-March) in the eastern Bering Sea, shown in percentage of each statistical block.

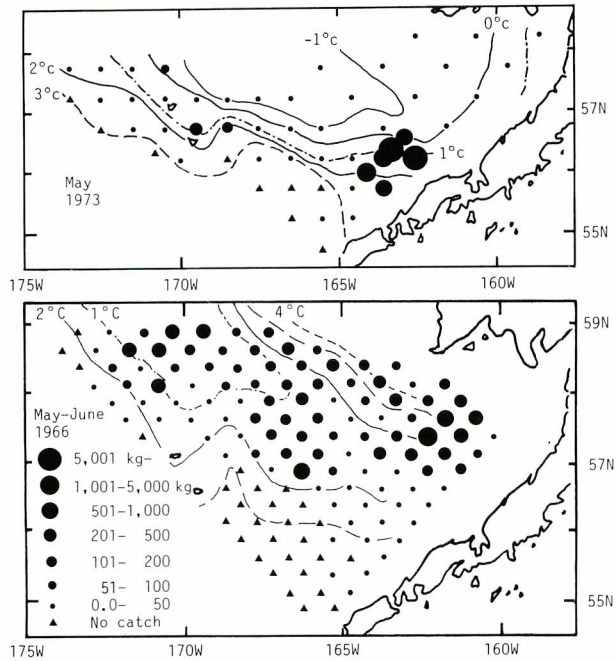


Fig. 9. Distribution of yellowfin sole in May and May-June in the eastern Bering Sea, shown in catch rate (kg/30-min-haul) at trawl stations of Japanese surveys. Temperature data in 1966 are from MAEDA *et al.* (1968).

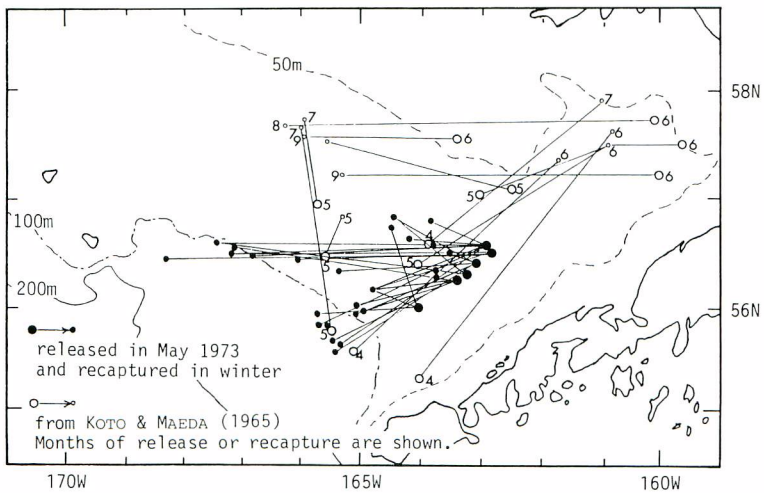


Fig. 10. Movements of tagged yellowfin sole released during April-June in the eastern Bering Sea.

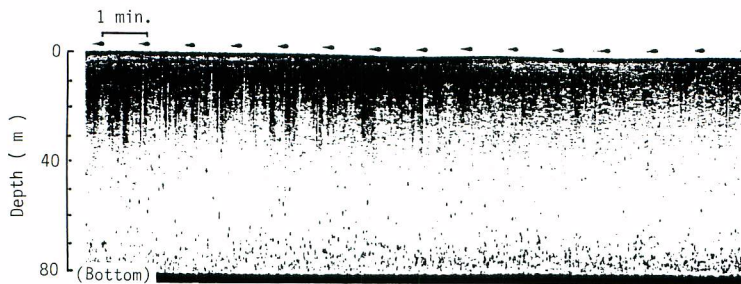


Fig. 11. Vertical distribution of yellowfin sole during night, shown on echogram obtained during Japanese survey in May 1983 in the eastern Bering Sea.

Location : 56°12'N, 162°30'W

Vessel speed : ca. 10 kt

Local time : around 22:00

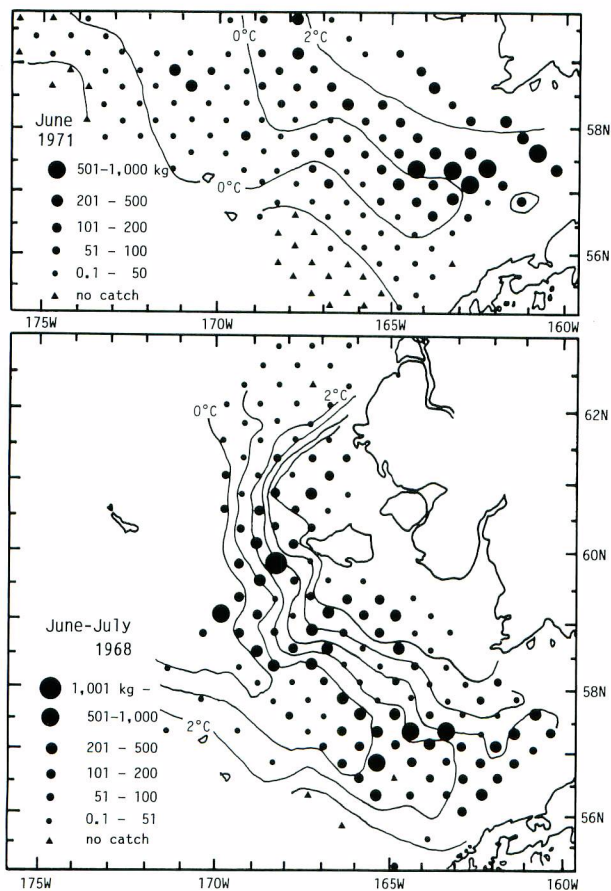


Fig. 12. Distribution of yellowfin sole in June and June-July in the eastern Bering Sea, shown in catch rate (kg/30-min-haul) at trawl stations of Japanese surveys.

で形成されていたことを示している(図10)。

この濃密域における魚探反応記録によれば、夕方から早朝にかけて、大部分の個体は海底上及び海底上15m以内に分布するが、海底から約40mの中層にまで分布する個体も観察された(図11)。後述のように、この魚群は活発に摂餌していたが、胃内容物のほとんど全てが底生動物であり、摂餌と海底からの浮上とは無関係と考えられた。こうした魚群の離底現象は、昼間における魚探反応では認められなかった。5-6月には、分布の中心は更に浅海域に移動しており、また、分布域は5月に比較して著しく拡大し、分布密度も低下している(図9・下)。プリストル湾口水域にはウニマック水域から回遊してきたと考えられる魚群が集群する傾向を示している。6月(図12・上)及び6-7月(図12・下)の分布状況も5-6月のそれに

類似している。

5月、6月及び6-7月の調査で得られた定点別平均全長を図13に示した。5月及び6月には平均全長はほぼ水深が深くなるに従って大きくなっており、小型魚は浅海に、大型魚は深い水域に分布する傾向を示している。これに対して6-7月の調査では、平均全長の大きい定点が浅海域、特にヌニバック島周辺水域にも出現している点が注目される。

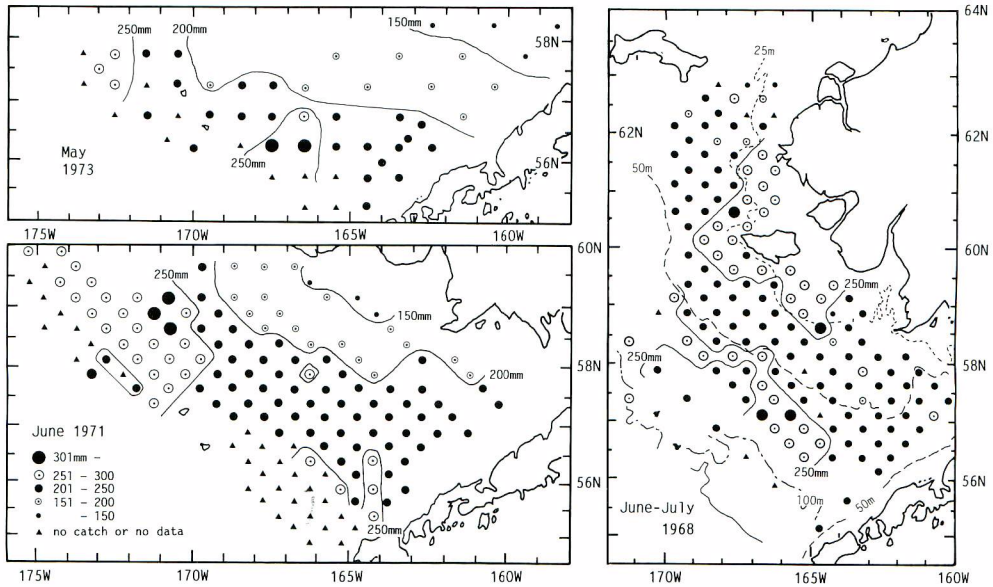


Fig. 13. Mean total-length of yellowfin sole at trawl stations of Japanese surveys in May, June and June-July in the eastern Bering Sea.

(3) 夏季分散期（7-9月）の分布

分布域は6月までは月が進むに従ってより浅海に移っている。7月の分布は6月と類似しているが、6月にプリストル湾口部にあった高密度域は、西方の大陸棚中央部に拡大している（図14）。

ここで、全長階級毎の地理的分布を検討するため、1970年7月の日本調査で得られた標本の全長組成から標本重量と漁獲量を用いて漁獲物全長組成を求め、全長階級別に漁獲尾数の定点別割合を図15に示した。全長が100mm以下の個体は水深約30m以浅の水域にのみ出現しており、250mmまでの個体は全長が大きくなるに従って生息水深が深くなる傾向を示す。しかし、それより大型の個体では逆により浅海の水域に分布するようになっている。この時期は、後述するように産卵期に当たっており、産卵場となる50mより浅海の水域に親魚が回遊した結果と考えられる。

8-10月（1975年）の米国の調査結果は、1970年7月の分布に類似しているが、密集域はより深みにあり、また、分布水深の下方限界も若干深くなっている。

夏季の漁場は、ほぼ毎年、1979年7月の調査でみられた高密度域付近に形成され、1970年の日本の調

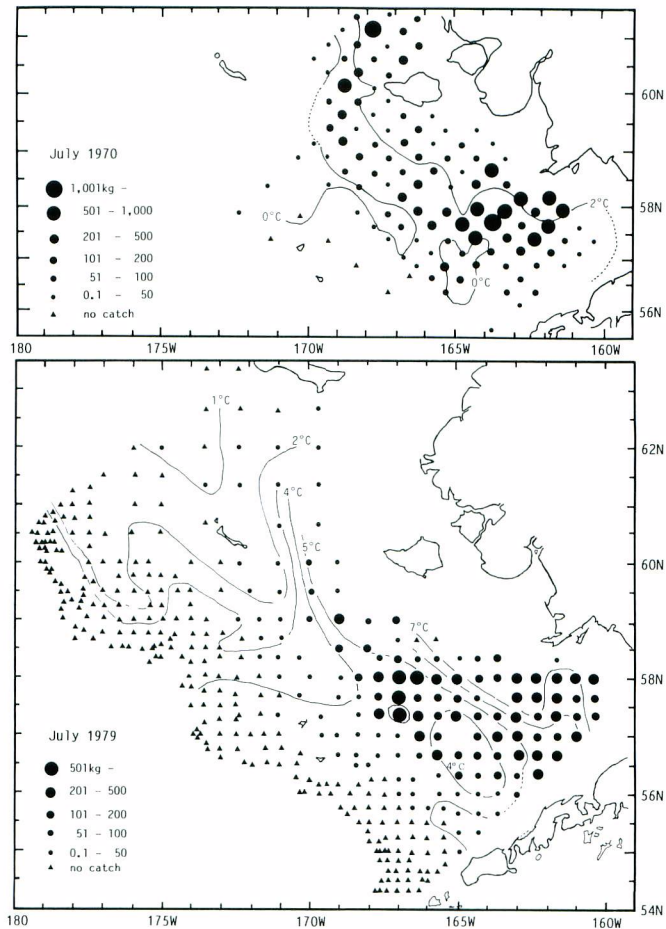


Fig. 14. Distributions of yellowfin sole in July in the eastern Bering Sea, shown in catch rate (kg/30-min-haul for 1970 and kg/1-km-haul for 1979) at trawl stations of Japanese surveys.

査や 1975 年の米国の調査による高密度域とは一致していない (図 7)。夏期にコガネガレイを主対象に漁船が出漁するようになった 1978 年以降は 1970 年や 1975 年に比較して高水温であり (BAKKALA, 1985), 後述のように高水温年には分布域がより西方まで拡大したことを反映したものと考えられる。

(4) 秋季回遊期 (10-12 月) の分布

10 月の主漁場の位置は, 8, 9 月からほとんど変化していないが, より水深の深い水域にまで漁場が広がっている (図 7)。漁場は月が進むに従って水深が深くなる傾向を示し (図 6 及び 7), 12 月にはほ

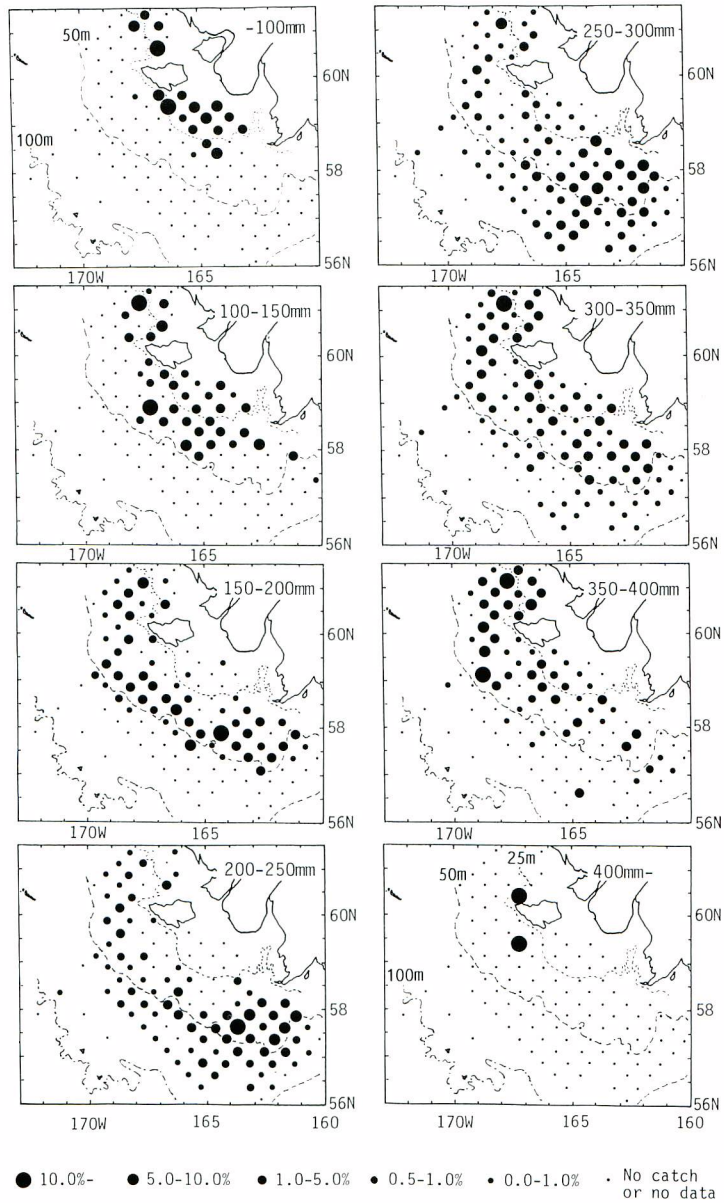


Fig. 15. Distributions of yellowfin sole by total length class in July in the eastern Bering Sea, shown in percentage of catch in number at each trawl station of Japanese survey in 1968.

ほ冬期の漁場(図8)に一致している。しかし、1969—1973年と1974—1982年の期間では同じ月における漁場の位置が異なっており、1969—1973年の方がウニマック島に近く、また、水深も深くなっている。10、11月については、1974—1982年の底水温がより高く、越冬域への回遊の時期が遅れたためと考えられる。また、12月については、1974—1982年にはそれまで主漁場であったウニマック水域が禁漁になったため、漁場が移ったものであろう。

1.2 回遊

前項に示した分布の季節変化及び後述の標識放流試験結果(図19参照)から推定される季節回遊の概略を図16に示した。コガネガレイは1—3月の期間、主に水深100—250mの水域で越冬する。この期間移動は活発には行われず、摂餌活動も著しく低下する。越冬域から浅海域への回遊は4月に始まると考えられる。この春期回遊時の魚群密度はきわめて高い。ウニマック水域で越冬した魚群は、大陸棚浅海中央部に存在する舌状の冷水域の先端を迂回又はその先端を横切って浅海へ回遊する。これに対して、プリピロフ諸島西方で越冬した魚群は冷水域を横切って回遊し、時期によっては底層水温が -1°C 前後の低水温域に集群したこともある。プリピロフ諸島のセント・ジョージ島南方の大陸斜面上部域で越冬した魚群も冷水域を横切って回遊することがうかがえる。各魚群は、6月末までにはプリストル湾からヌニバック島北方にかけてのアラスカ沿岸域に達する。後述のようにこの水域が産卵場であり、この越

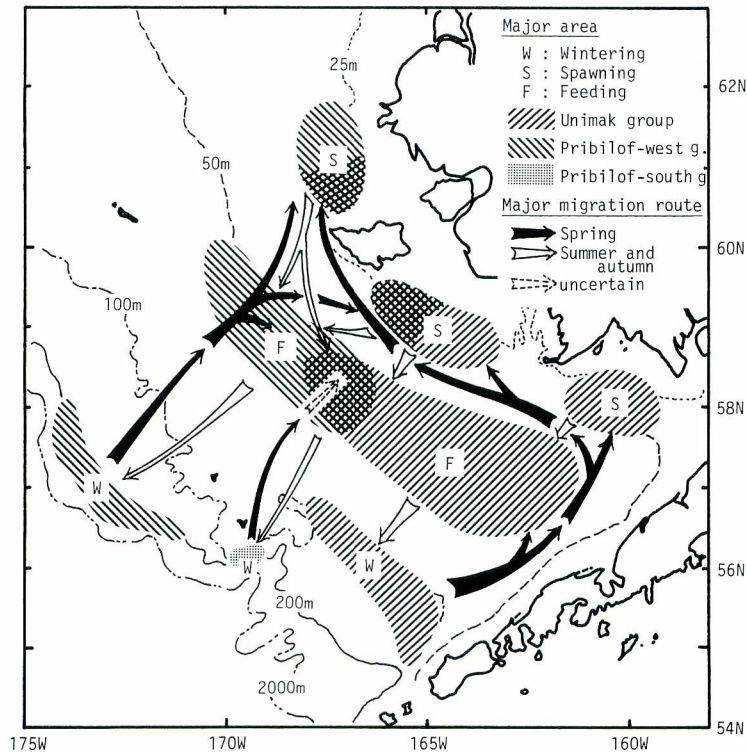


Fig. 16. Schematic diagram showing seasonal migration and distribution of yellowfin sole by wintering group in the eastern Bering Sea.

冬域から浅海域への春期回遊は、産卵回遊とみなすことができる。

産卵後の個体はアラスカ沿岸域から主に水深 40—70 m の大陸棚上に移動する。越冬域から直接この水域へ移動する個体もある (小藤・前田, 1965)。7—9 月には比較的分散して生息し、索餌を行う。10 月には再び集群し、越冬域へ回遊する。この回遊は 12 月にはほぼ終了する。各水域で越冬する魚群は、独自の回遊路を通して回遊しており、また、互いに比較的分離していた。このことから、それぞれの魚群を、ウニマック群、プリピロフ西方群、及びプリピロフ南方群とよぶこととする。

1.3 生息域の環境

地理的分布は広く、生息環境は水域によって異なるが、モイセエフ (1953) 及び FADEEV (1970 b) によればコガネガレイは、夏期には主に水深 10—80 m、底層水温 $-0.5 \sim 12^{\circ}\text{C}$ の水域に生息し、砂泥質の底質を好むが、砂地及び泥土質砂地にも多く分布する。冬期には、冷却のため低水温となる浅海域を避け、主に水深約 100—250 m、底層水温 $-0.5 \sim 4^{\circ}\text{C}$ の水域で越冬する。FADEEV (1970 b) は、濃密群の存在が、過去に大型河川であった海谷の存在と密接に関連していることを指摘している。

ここでは、我が国の調査船の資料に基づき、春—夏期における物理及び生物環境について、ウニマック群を主体に検討する。

1.3.1 水深

春期回遊を終えたと考えられる 7 月における調査船の水深別単位努力当たり平均漁獲量 (CPUE) を図 17 に示した。年によって若干相違するが、7 月の生息水深は、主に 40—60 m ないしは 40—70 m である。

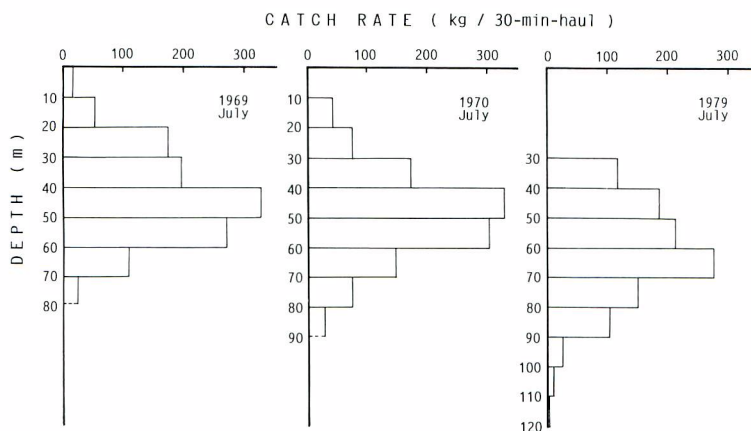


Fig. 17. Relative abundances of yellowfin sole by depth in July in the eastern Bering Sea, shown in mean catch rate by Japanese trawl surveys. Broken lines show no data.

1.3.2 底層水温

春期回遊初期の5月前半期における分布密度は、底層水温 0°C 前後からより高温の水域で高く、特にブリストル湾への回遊路に張り出す冷水域の 0°C 等水温線の高温側水域で高い傾向を示す(図9・上)。

5月下旬-6月上旬では、日本の調査船による高漁獲量が得られた水温帯は、その年の底層水温条件によって大きく異なっている。西経 165° 以東の水域に -1°C 以下の水温帯が存在した1976年では最も高いCPUEは -1°C 前後で得られ、同水域が -1°C 以上であった1975年には $0^{\circ}\text{C}\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ の水温帯で、また、 1°C 以上の高温であった1978年には 1.6°C で得られている。したがって、この時期の回遊は水温条件にあまり影響を受けないと考えられる。

6月下旬-7月上旬及び7月における底層水温別CPUEを図18に示した。5-6月の分布と同様、水温が高い年(1979年)には低い年(1968及び1970年)に比較してより高温の水域に集群する傾向を示す。

8-10月の米国調査によれば、低水温であった1975年には 2°C 前後から 6°C の水域に集群がみられた。

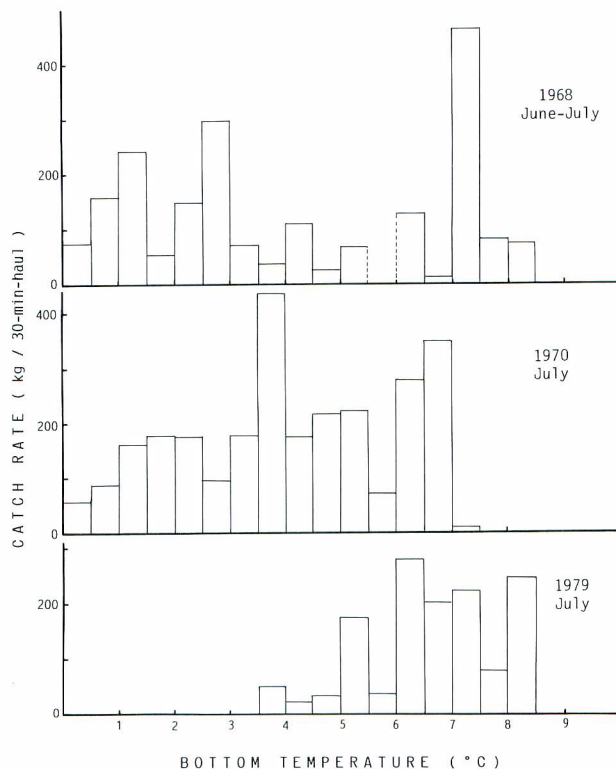


Fig. 18. Relative abundances of yellowfin sole by bottom water temperature during June-July and in July in the eastern Bering Sea, shown in mean catch rate by Japanese trawl surveys. Broken lines show no data.

1.3.3 底質

6月から10月までの調査における多獲域と、SMITH and BAKKALA (1982) が示している底質分布を対比すると、この時期には極細砂(粒径0.062—0.125 mm)ないし細砂(粒径0.125—0.25)の底質の水域で分布密度が高い傾向がみられた。多獲域は、また、底質中の砂質の割合が約60%から80%に、同時に、シルトの割合が約30%から10%に急激に変化する水域(HAFLINGER, 1981より)及びその南西側の水域にあった。

1.4 考察

コガネガレイの分布は、北太平洋の東側では西側に比較してより北方に偏している。その分布と海流系及び水温分布を併せて考えれば、環境水温が地理的分布に強く影響していることがわかる。更に、冬期には冷却のため低温となる大陸棚浅海域を離れて、水温の高い水深200 m前後の水域に移動すること、周年寒冷なオホーツク海北部やシベリア沿岸域等では分布密度が低いか、全く分布しないことから、水温が生息に大きく影響しているものと判断される。

東部ベーリング海における分布は主に南東域にみられる。中部及び北西域には冬期の冷却によって形成された冷水域が夏期にも残存しており、その分布を阻んでいるものと考えられる。南東域の魚群も高水温の年にはより北西の水域にまで回遊しており、前記の考えを裏付けている。

南東域における夏期の分布は、連続してノートン・サウンドやチュクチ海にまで達している。底層水温は、アラスカ沿岸に沿ってチュクチ海の北部に至るまで、ベーリング海南東域における夏期の多獲水温である2°C以上に昇温するが、分布密度はヌニバック島以北では次第に低下し、ノートン・サウンド以北の水域では極端に低い。ノートン・サウンド以北の水域は、冬期に海底まで結氷点近くまで冷却されることから、この水域における越冬は考え難い。この水域には主に20 cm以下の個体が生息しており、プリビロフ諸島以北の水域では小型魚はほとんど越冬していないことから、この魚群は、アラスカ湾からの温暖な海流の影響で比較的温度の高いアラスカ半島北側からアラスカ沿岸にかけての浅海域で越冬したものと考えられる。ヌニバック島以北の水域で魚群密度が低くなるのは、越冬域からの距離が長くなるためであろう。また、ノートン・サウンド以北の水域で分布密度が極めて低いのは、低温と卓越した北流のため再生産が有効でないうえに卵稚仔の補給が少ないことと、低温のため及び越冬域まで遠いために、幼魚の生残りが悪くなるためと考えられる。

越冬域である大陸棚縁辺域及び大陸斜面上部域は、周年、春—夏期にコガネガレイが多く生息する水温3—4°Cを保っている。また、産卵親魚のみでなく未成魚も浅海域へ回遊することから、FADEEV (1963)も指摘するように、水温や産卵が回遊をうながす要因ではないことは明らかである。越冬域では水温が高いにもかかわらずほとんど摂餌せず、主に大陸棚上に生息する春—秋期に摂餌することから、大陸棚上の餌生物の存在が回遊の誘因ではなかろうか。

一般に、分布密度はある水深、又は、水温範囲内で高いが、そうした好適と考えられる水域に常に分布するとは限らず、特定の水域に集群する傾向がみられる。すなわち、底質が急激に変化する水域及びその南西側水域に集群が見られた。底質の急変する水域は沿岸域と大陸棚中央域を水理的に区分する前線(inner front, KINDER and SCHUMACHER, 1981)にほぼ一致している。沿岸域では盛んな垂直混合が起こっているのに対し、大陸棚中央域では成層が形成され、前線域で河川の流出物である砂や泥が沈澱し、底質が急変するのであろう。デトリタスも前線域及びその沖合域で多く沈澱すると考えられ、デトリタスを餌とする埋在性底生生物量もこの水域に多くなっている(HAFLINGER, 1981)。

胃内容物は、後述のように主に底生動物からなっている。埋在性底生動物の多かった水域は、コガネガレイの1979年7月の密集域とよく一致していたが、1970年7月や1975年8—10月の密集域とは一致

していない。1975年には底層水温が低く、餌生物は多いものの水温が低い水域を避けた結果とも考えられる。また、コガネガレイの分布が年変動を示すように、餌生物の分布も年変動すると考えられ、両者の分布を同時に調査する必要がある。コガネガレイと餌生物の関係については、食性の項で再び検討する。

2. 系統群

東部ベーリング海には、前述のように、南東域からアラスカ沿岸に沿って連続的に分布する魚群と夏期にアナディール湾に出現する魚群とが認められる。アナディール湾の魚群は北西域に固有の魚群と判断した。ここでは、南東部ベーリング海からチュクチ海にかけて生息する魚群が単一の系統群であるか否かについて検討する。

2.1 標識放流結果

夏期の分散期に標識放流し、主に越冬域で再捕された個体の移動を図19に示した。ほぼセント・ジョージ島とキナク湾を結ぶ線を境に、ウニマック群はその南東側水域で、プリピロフ西方群はその北西側水域で、それぞれ比較的分離して回遊している。しかし、産卵場となるニューエンハム岬からヌニバック島北側の水域において両群は混合している。また、カレイ冷凍母船鹿島丸の結果によれば、1個体であるがプリピロフ諸島西方の越冬域からウニマック島-セント・ジョージ島水域に移動しており、越冬域間の魚群の混合を示唆している。

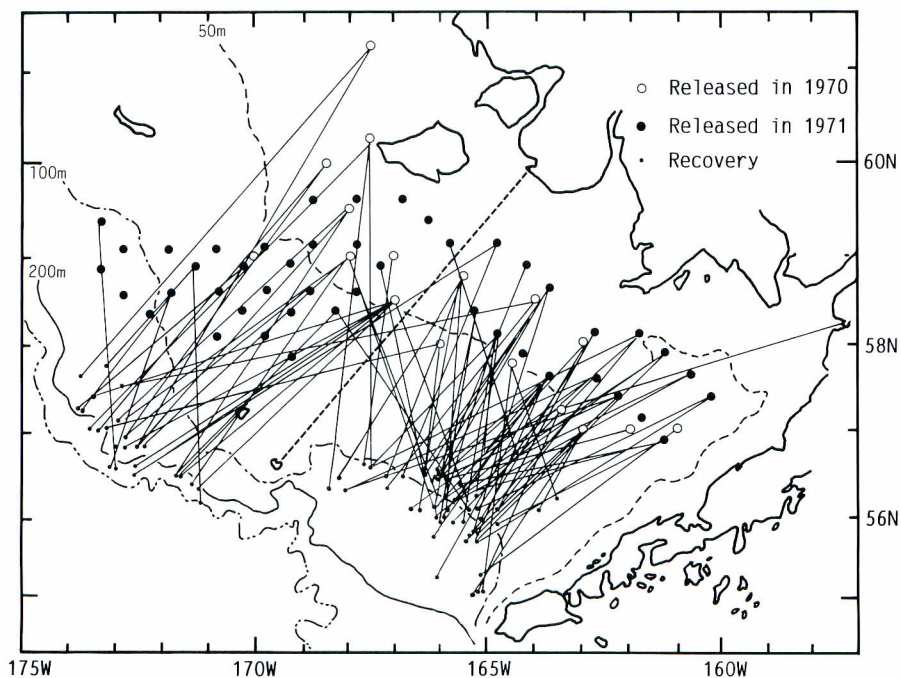


Fig. 19. Movements of tagged yellowfin sole released during June-July in the eastern Bering Sea. One fish was recovered in summer in the Bristol Bay and other fish were recovered during fall-winter mainly October-February.

2.2 成長の差異

FADEEV (1970 a) は、プリストン湾で越冬する若齢個体を除き、各越冬群間で成長率に差はないとしている。しかし、著者が春期回遊の途上で、越冬域が識別できる各魚群から採取した 1971 年の標本の輪群別全長は、越冬群間でかなりの相違を示した (図 20)。一方、WOLOTIRA *et al.* (1977) によれば、北方水域のノートン・サウンドとチュクチ海に分布する魚群間でも明らかな成長の違いが認められている。これらの北方域の魚群と著者の調査したベーリング海南東部の魚群を比較すると、北方域の魚群の成長は著しく悪くなっている。

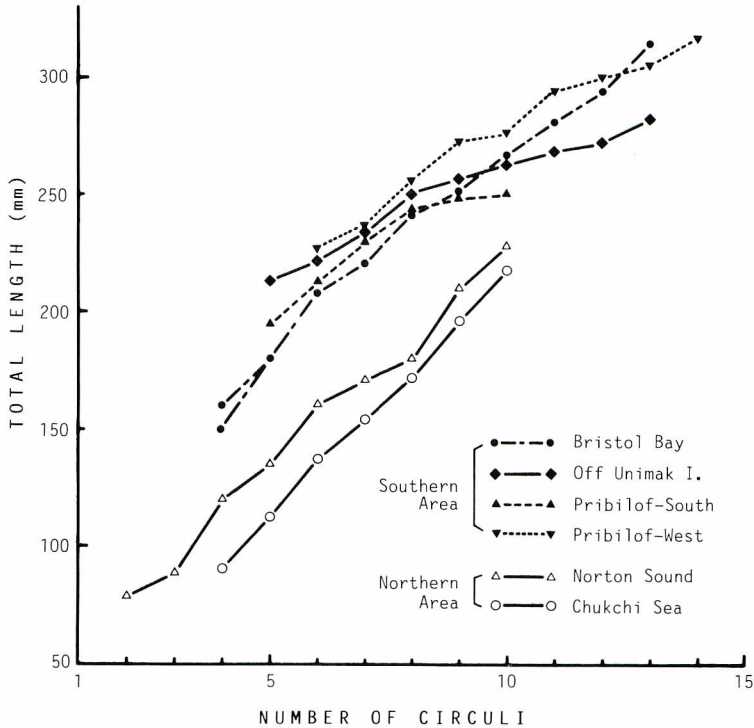


Fig. 20. Mean total-length by number of circuli for yellowfin sole sampled in various areas in the eastern Bering Sea. Data on Norton Sound and Chukchi Sea are from WOLOTIRA *et al.* (1977).

2.3 考察

標識放流結果から、東部ベーリング海の各水域に分離して越冬している魚群のうち、主要なウニマック群とプリビロフ西方群がかなり独立して回遊しているものの、両群がプリストル湾を除く産卵場で混合していることが明らかとなった。また、越冬域間の魚群の混合も示唆された。一方、成長には、越冬群間に相違が認められた。

GRANT *et al.* (1978; 1980) は、セントジョージ島—キナク湾を結ぶ線で区分された両水域から得た、産卵場における標本を含む 11 の標本 (南東側水域 6, 北西側水域 5) を用いて、酵素の多型につい

て分析した。しかし、用いた遺伝子座が38と多かったにもかかわらず、両水域の標本間に差異を検出できなかった。この結果と標識放流結果(図19)から、彼らは親魚及び卵稚仔の盛んな交流が遺伝子拡散を引き起こすため、ベーリング海南東部には遺伝的差異を持つ群が存在する可能性はないとしている。

東部ベーリング海の大陸棚縁辺域で越冬する魚群には約15 cm以下の若齢魚はほぼ皆無である。小型若齢魚はアラスカ沿岸域にのみ生息している。したがって、FADEEV (1970 a) も指摘しているように、各越冬魚群とも共通の若齢群から補給を受けているとみなすことができる。

夏期に北方のノートン・サウンドやチュクチ海に分布する魚群は、ベーリング海南東部から毎年回遊してくるものと推定したが、北部域の魚群の成長は南東域の魚群より悪かった。このことから、この北部域の魚群がその年にベーリング海南東部から偶来したもの (PRUTER and ALVERSON, 1962) ではなく、定期的に回遊してくるものと推定できる。この水域では、卵仔魚をより北方の低水温域に搬送する比較的強い海流と長期にわたって卓越する低水温による卵稚仔の死亡によって再生産は期待できず、幼稚魚は南東域に周年生息する魚群から加入すると考えられる。

標識放流結果及びノートン・サウンドやチュクチ海の魚群の存在は、同一系統群に属する個体が、何らかの原因で異なる水域に生息するようになり、一度分離した魚群はその後あまり混合することなく生息するものと解釈できる。

以上のことから、東部ベーリング海には、アナディール湾に生息する魚群を除き、単一の個体群が存在すると結論した。

3. 繁殖

3.1 産卵期と産卵場

3.1.1 産卵期

1971—1972年に得られた標本から計算した以下の生殖腺熟度指数(GSI)平均値の月別変化を、雌雄別に図21に示した。

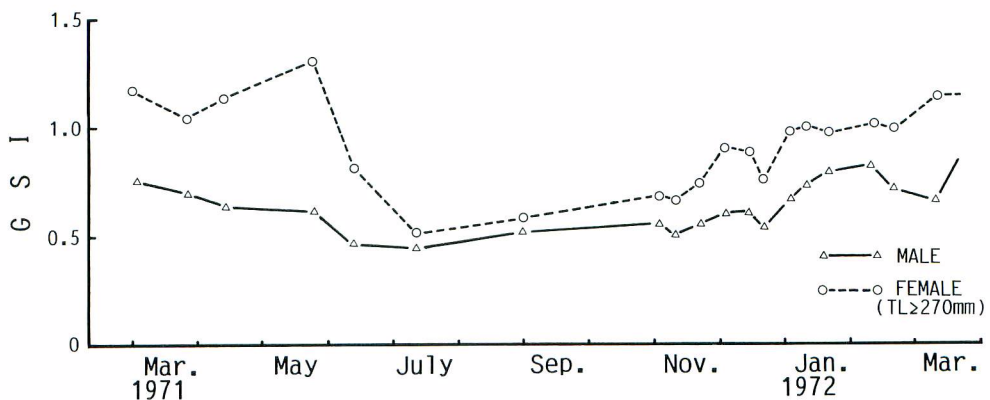


Fig. 21. Seasonal changes in mean gonad-somatic index (GSI) of yellowfin sole by sex in the eastern Bering Sea.

$$GSI = GW / TL^3 \cdot 10^6$$

where GW is gonad weight in g and TL is total-length in mm.

$$GSI = GW / TL^3 \times 10^6$$

ここで、*GW*は生殖腺重量 (g)、*TL*は全長 (mm) である。秋・冬期の標本は、コガネガレイを主対象とする漁船から採取した。しかし、春～夏期にはスケトウダラを主対象とする漁船から採取したため、採取位置はコガネガレイの主分布域より沖側となる。雌の *GSI* の値は、7月を最低とし、月が進むに従って徐々に増大し、5月に最大の値を示した後、7月に向かって急速に低下する年1回の周期を示している。雄についても、7月を最低とする年周期を示しているが、最大の値は3月に得られ、以後7月に向かって徐々に低下している。

図 22 に、コガネガレイを主対象とする漁船によって 1959 年夏期に得られた標本の放卵・放精魚の出現割合を旬別に示した。7月初旬に 0% であった放卵個体の割合は、7月下旬～8月上旬に最も高い 60～66% の値を示し、以後徐々に低下して、10月中旬に 0% となった。放精魚の割合は7月の 0% から8月中旬の 25% まで増加した後、10月中旬まで低下する。雌と雄ではピークが 1～2 旬ずれて出現している。

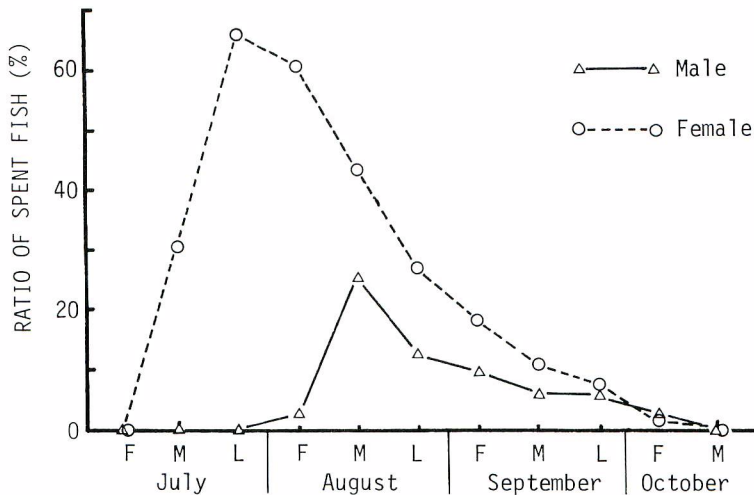


Fig. 22. Seasonal changes in ratio of spent yellowfin sole by sex in commercial catches in 1959 in the eastern Bering Sea.

The decades of month are shown as F, M, and L in the figure.

放卵・放精個体の出現状況から、東部ベーリング海における産卵期は7月～9月で、7月中旬～8月中旬が盛期であると推定される。1979年の日本調査において、7月20日前後に、腹部を圧迫すると分卵卵を放出する完熟個体が多数採取されており、前記の産卵期を裏付けている。一方、*GSI*の最大値は5月中旬に出現し、推定産卵盛期とは2カ月以上ずれている。これは、春～夏期に得られた標本が主分布域より沖合で操業する漁船によって得られたものであり、産卵期には産卵親魚が後述する浅海の産卵場に回遊したため、残留魚について求めた *GSI* の値が低下したものと解釈できよう。5～6月の標本には成熟魚が多く含まれていたが、7～8月にはほとんどが未成熟の個体であったことはこのことを裏付けている。

3.1.2 産卵場

1979年7月における日本の調査で、プリストル湾口からその西方にかけての水深40~60mの水域で完熟個体が多数採取され、この付近が産卵場の一部であると推定された。しかし、これ以浅には調査が及ばなかったため、それ以浅の水域が産卵場となるか否かは確認できなかった。

MUSIENKO (1963) は、ニューエンハム岬からヌニバック島南西にかけての水深15~75mの水域(但し、浅海程卵の密度が高い)で、また、KASHKINA (1965) はニューエンハム岬からセント・ローレンス島南東部にかけての20~45mの水域で、発生初期の卵を多数採取している。

産卵期直前の1968年6~7月の日本の調査で、ヌニバック島周辺域に大型魚が回遊し、平均全長が高くなるのが観測されている(図13)。また、1970年7月の調査では、ほぼ全個体が成熟に達しているとみなすことのできる30cm以上の個体が、プリストル湾からヌニバック島北側にかけての水域に分布していた(図15)。

以上のことから、産卵場はプリストル湾からセント・ローレンス島にかけてのアラスカ沿岸域に形成されると判断される。

産卵場における物理環境は、底質が砂質(MUSIENKO, 1963)、表面水温6.4~11.4°C(MUSIENKO, 1963)、6.6~10.7°C(KASHKINA, 1965)、底層水温4.4~11.4°C(MUSIENKO, 1963)、-0.8~9.2°C(高密度域は4.1~6.9°C)(KASHKINA, 1965)と報告されている。

3.2 性比

東部ベーリング海の広い水域を調査した1979年5~8月の日・米共同調査から得た資源尾数推定値(推定法は後述)に基づく性比(雌に対する雄の尾数比)は、0.93であり、雌雄ほぼ同数であった。しかし、性比は、調査水域内で偏っており、米国が調査した20尋以浅域では1.90で雄が多く、日本調査水域内ではほぼ水深が深くなるに従って低くなる傾向を示した(図23)。調査時期は産卵期又は産卵期直前であり、産卵親魚が浅海域に分布する時期に当たっている。後述のように、雌の成熟体長は雄に比較して大きく、浅海域には成熟に達した大型の雌と中・大型の雄が、沖合の索餌域には成熟に達しない個体が主に分布していたと推定される。そのため、浅海域では成魚の割合が多い雄の比率が高く、沖合域では未成魚の割合が多い雌の比率が高くなったものと解釈される。

性比は、全長階級によっても異なっており、全長22cmまでは15cm以下を除いて雄が多いが、22cm以上では雌が多くなっており、全長の増加とともに性比は低下し、35cm以上では0.07と、ほとんど雌の個体のみとなる(表4)。

3.3 考察

FADEEV (1970 a) は、6月までには現れなかった完熟個体と放卵個体が7月に現れていること、9月には完熟魚はみられず、放卵個体が多かったことから、産卵期を7、8月としている。MUSIENKO (1963) は、7月中旬には既に稚子が出現しているものの、採取した卵の39~91%が、また、8月下旬~9月上旬には17~79%が発生初期の段階にあり、産卵期は7月初旬に始まり、9月に終了すると推定している。FADEEV及びMUSIENKOの結果は、今回得られた結果とよく一致している。しかし、1983年6月末に当業船が採取した標本の42%が放卵・放精後の個体であり、また、小藤・前田(1965)は、6月中・下旬における放卵魚の出現を報告している。海況等による産卵期の年変動が予測されるが、今後の課題であろう。

性比は1979年には0.93であった。米国調査によれば1975年には0.94、1976年には0.92であり、3カ年ほぼ同一の性比が得られ、雌の尾数は雄より約6~9%多くなっている。性比は全長約20cmまではほぼ1.0であるが、それより大型では雌の割合が増加している。雌の成長は雄よりも良く、また、後述

のように雌の寿命は雄より長くなっており、このことが性比が1より小さい一因となっていると考えられる。

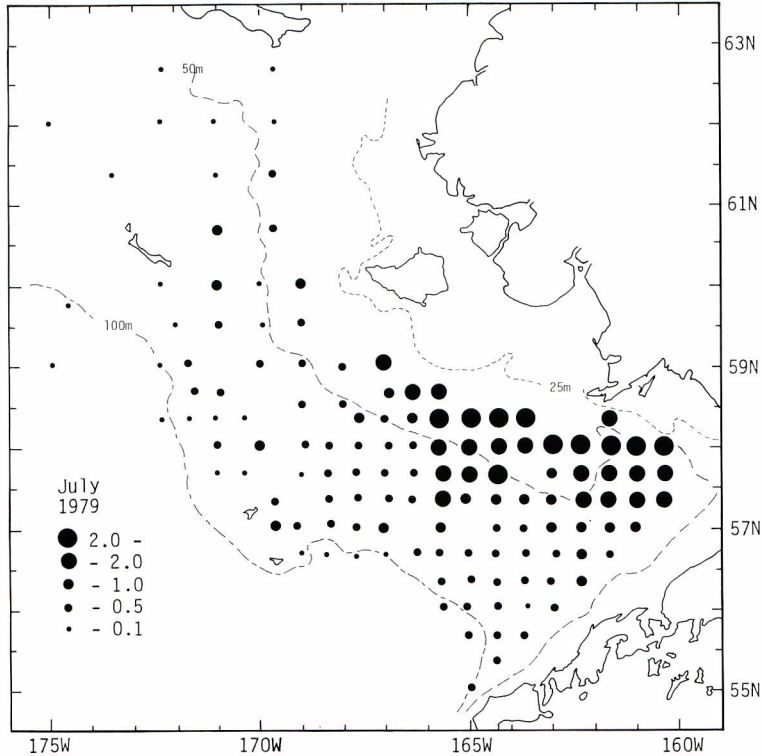


Fig. 23. Sex ratio (male/female in number) of yellowfin sole at trawl stations of Japanese survey in July 1979 in the eastern Bering Sea.

4. 成長

ペルツェワーオストロウモワ (1961) は、人工授精卵及び現場で得られた卵稚子を用いて、その発生と成長及び形態の特徴を詳述している。それによれば、コガネガレイの卵は分離浮遊性で、卵径は0.76～0.88 mm、囲卵腔は狭く油球はない。卵は、平均水温 13.1°Cで授精後4昼夜で孵化し、孵化時の全長は生時で約2.6 mm、固定後約2.2 mmであった。卵黄嚢は水温 15～16°Cで3日後に消失する。全長約9.8 mmの現場標本では左眼が右眼よりわずかに高くなり、全長約17.0 mmの稚魚は完全にカレイ幼魚の形態を備え、左眼は背中線に移っている。この時期に左側の色素は右側より淡くなっており、表層生活期に色素の消失が既に始まっていることを示す。この大きさ以上の幼魚はプランクトンネットによる採集物中には現れず、この頃底生生活に移行すると推定されている。孵化後底生生活に移行するまでの

Table 4. Population in number (10^6) by sex and sex ratio (male/female) for yellowfin sole by total-length class, estimated by Japanese trawl survey in 1979 in the eastern Bering Sea.

Total-length (mm)	Population (10^6 indiv.)		Sex Ratio (♂/♀)
	♂	♀	
—150	17.8	18.1	0.98
151—160	28.5	27.1	1.05
161—170	56.6	52.5	1.08
171—180	80.2	66.4	1.21
181—190	114.7	100.4	1.14
191—200	147.8	126.4	1.17
201—210	182.6	179.9	1.02
211—220	233.2	218.7	1.07
221—230	273.6	282.0	0.97
231—240	293.2	343.3	0.85
241—250	280.8	347.9	0.81
251—260	294.1	407.7	0.72
261—270	220.6	402.4	0.55
271—280	159.1	368.9	0.43
281—290	99.1	306.9	0.32
291—300	52.3	237.5	0.22
301—310	33.4	158.6	0.21
311—320	14.2	92.1	0.15
321—330	6.3	49.8	0.13
331—340	3.8	30.5	0.13
341—350	1.4	11.9	0.12
351—	1.2	18.8	0.07
Total	2,594.7	3,847.8	0.67

期間に関する記述はないが、サハリン南東部のアニワ湾において、17.3 mmの稚仔が9月13日に採集されたが、9～10月に採取された稚仔の大部分は3.0～7.2 mmであった。したがって、稚魚の平均的な底生移行時期は11月以降であると推定される。

ここでは、底生生活期に移行し、トロール網で採捕されるようになって以降の成長について記述する。

4.1 年齢形質と年齢査定法

4.1.1 年齢形質

カレイ類の年齢査定には、1) 大きいこと、2) 輪紋が明瞭であること、3) 採取が比較的容易であること、4) 1個体1対のみで、採取部位に留意する必要のないこと、などの理由で主に耳石が用いられてきた。本研究においても上記の利点により耳石を用いた。鱗は、耳石に比較して相当小さく、高齢魚になると各輪紋の分離が困難となり、年齢査定には不相当である。

採取した耳石は、個体毎に小型封筒に収容し、乾燥保存した。供試耳石は透明度が回復するまで約2～10時間水浸後、そのまま又は砥石で表面を研磨し、ズーム型実体顕微鏡を用いて落射照明下で観察した。計測にはメカニカルステージを用い、耳石の核から最長外縁までを結んだ仮想直線で行った。

有眼側の耳石は、無眼側に比較して、1) 輪紋半径が大きい、2) 面が平坦で研磨しやすい、3) 輪紋が明瞭である特徴を持つ。しかし、大型魚の一部では同一個体から採取した1対の耳石が異なった輪紋数を示す場合があったため、輪紋の計数は両側の耳石を用いて行い、輪紋数の一致しない個体は除外した。輪紋半径の計測は、輪紋数の一致した個体のみについて行った。

CHILTON and BEAMISH (1982) は、カレイ類を含む多くの長寿命の魚種について、耳石の表面観察による年齢がbreak and burn法による耳石断面観察による年齢に対して過少となる場合が多いことを示した。しかし、コガネガレイについては、著者が観察した10～25輪をもつ約100尾の表面及び断面に現れる輪紋数はよく一致した。

4.1.2 輪紋の形成周期

耳石縁辺部の成長率 (MI),

$$MI = (R - x_n) / (x_n - x_{n-1})$$

の月別変化は、7月から翌年1月にかけて大きくなる年1回の周期を示している(図24)。ここで、 R は耳石半径(核から耳石外縁までの最長距離)、 x_n は最外側の不透明帯外縁までの距離、 x_{n-1} は最外側の1つ内側の不透明帯までの距離である。また、耳石縁辺部が不透明帯である個体の割合(MC)は、3月から増大し、7月から11月まで95%以上の値を示した後低下する年1回の周期を示している(図24)。

以上のことから、耳石に現れる不透明帯は成長帯であり、透明帯は成長休止帯であることがわかる。したがって、透明帯を年輪として年齢査定を行ってさしつかえないと結論できる。

4.1.3 第1輪の評価

コガネガレイの耳石に現れる透明帯第1輪は、輪紋半径(核から輪紋外縁までの距離)が第2輪の輪紋半径の3分の1強のところに出現する。すなわち、第1輪紋までの成長量は、第1～2輪紋間の成長量に比較して少ない。前田(1969)は、第1輪紋を年輪とみなさず、第2輪紋を第1年輪として年齢査定を行っているが、ここでは第1輪紋が年輪であるか否かについて検討した。

ムーシェンコ(1957)は、5月にカムチャッカ湾で第1輪とわずかの不透明帯をもつ全長47 mmの個体の採取を報告している。彼が第1輪紋を第1年輪としていることは、各輪紋半径を用いて、採取時の体長から逆算した1歳時の体長が、2歳時の2分の1以下となっていることから明らかである。産卵期は7～9月であり、輪紋形成が冬～春期に行われることから、この個体が前年産であると判断できる。

底生生活への移行は、11月以降に全長約17 mmで行われると推定されており、また、後述のように第

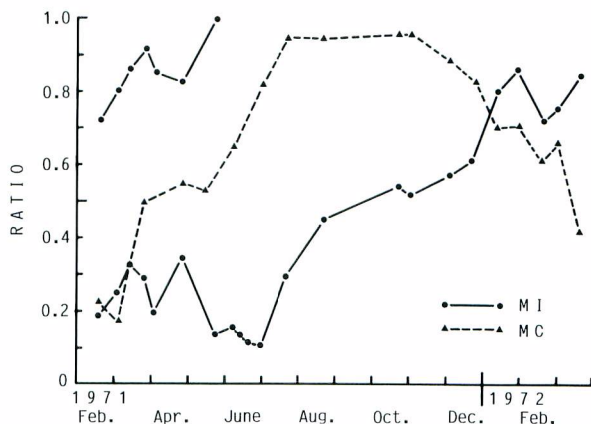


Fig. 24. Seasonal changes in marginal portion of yellowfin sole otoliths sampled in the eastern Bering Sea.

$$MI = (R - x_n) / (x_n - x_{n-1})$$

$$MC = O / (O + T)$$

where R is radius of otolith, x_n is radius of outermost opaque zone, and O and T are number of fish having opaque or translucent zone on the otolith margin respectively.

1 輪紋は逆算全長約 20 mm で形成される。すなわち、夏期に孵化した稚仔が、底生生活に移って間もなく、第 1 輪紋を形成すると考えれば、現場における観測全長と逆算全長は矛盾なく時間的に連続する。第 1 輪までの成長量が、第 1—2 輪紋間のそれに比較して少ないのは、輪紋形成までの期間がより短いことが一因であろう。

以上のことから、耳石に現れる第 1 輪紋を第 1 年輪とみなすべきであると結論した。但し、第 1 年輪は孵化後 1 年未満（約半年）で形成される。

4.1.4 不規則輪の評価

輪紋半径は、輪数とともにほぼ規則的に増大するが、時にこの周期性が乱れ、あるいは前後のものと比較して不鮮明な輪紋が出現する。これらの輪紋（不規則輪）が年輪であるか偽年輪であるかを検討した。

不規則輪が出現した群について、不規則輪を年輪として数えた場合と除いた場合の輪群別全長の平均値を求め、不規則輪が出現しなかった群から求めた輪群別平均全長と比較した（図 25）。不規則輪を偽年輪とみなして得た輪群別全長は 10 歳群を除いたいずれの輪群でも、不規則輪が出現しなかった群の全長より約 1 輪分大きい結果が得られた。一方、不規則輪を年輪とみなした場合では標本数の少なかった 6 輪群を除いたいずれの輪群の全長も、不規則輪の出現しなかった群より若干小さかった。これは、不規則輪が、その年の成長の悪かったことを反映したものと解釈できる。

以上のことから、不規則輪も年輪とみなすことが妥当であると結論した。

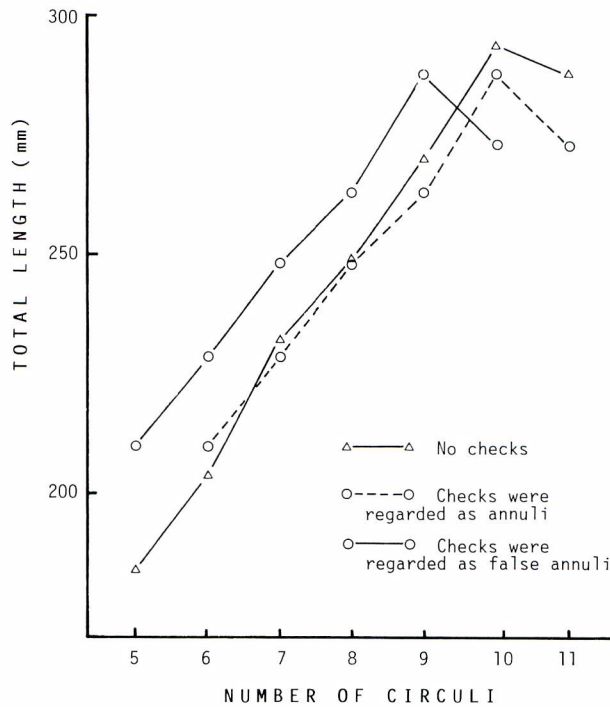


Fig. 25. Mean total-length by number of circuli for two groups of yellowfin sole, having check-like circuli and no such circuli.

4.2 年齢と全長

年齢と全長の関係は、耳石半径—全長関係を用いて推定した輪紋形成時全長と産卵期前後の5—8月に採取された標本の平均全長とから求めた。輪紋は冬—春期に形成され、産卵は夏期に行われるから、輪紋形成時の全長は満年齢に数カ月満たず、後者の全長はほぼ満年齢に対応している。

4.2.1 耳石半径と全長の関係

1968年に調査船上で得られた標本を用いて耳石半径 (R , mm) と全長 (TL , mm) を測定した。有眼側と無眼側別の両者の関係を図 26 に示す。また、両者に $TL = aR^b$ の関係を当てはめ、以下に示す結果を得た。

有眼側 雄: $TL = 61.36 R^{1.0572}$

雌: $TL = 62.05 R^{1.0536}$

無眼側 雄: $TL = 67.25 R^{1.1336}$

雌: $TL = 67.69 R^{1.1243}$

両者の関係には、SNEDECOR (1956) の共分散を用いた検定による雌雄間の有意差は検出されなかった。

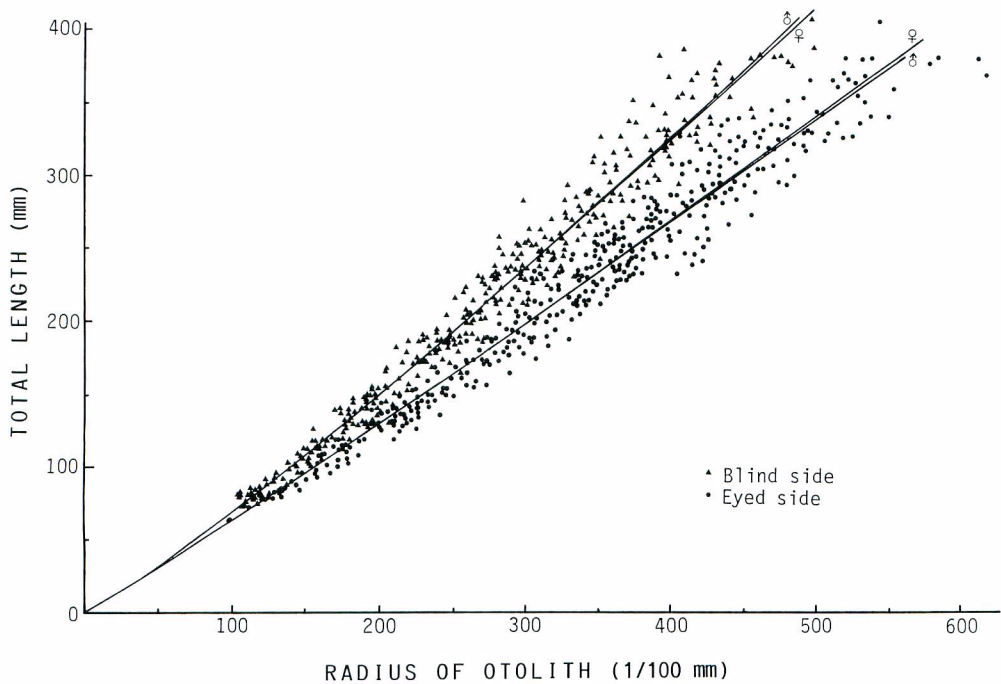


Fig. 26. Relationship between radius of blind-side or eyed-side otolith and total-length for yellowfin sole by sex, sampled in 1968 in the eastern Bering Sea.

4.2.2 両側耳石を用いた結果の比較

1968年の標本を用いて年齢査定を行い、有眼側及び無眼側それぞれの耳石について雌雄別、輪群別に平均輪紋半径 (r_{ij} ; i は輪数, j は輪群) を求め、附表1に示した。更にそれぞれの r_{ij} と前項で求めた全長-耳石半径関係式を用いて、輪紋形成時の全長 (TL_{ij}) を逆算し、附表2に示した。

有眼側と無眼側から得られた TL_{ij} を対比させ、雌雄を区別せずに図27に示す。輪紋半径から輪紋形成時の全長を推定する場合、いずれの側の耳石を用いてもほぼ同一の全長が得られ、特定の偏りは見出せない。したがって、以後の解析には有眼側の耳石を用いた結果のみを用いる。

4.2.3 逆算全長と成長式

前項で求めた輪群別の各輪紋形成時全長 (TL_{ij}) の平均値 (TL_i , mm; i は輪数で附表2の右端に示す値, 但し、最終輪は形成途中か完了か判別が困難なため除いた) から WALFORD の定差図を求め(図28)、次式を得た。

$$\text{雄: } TL_{i+1} = 36.31 + 0.918 TL_i$$

$$\text{雌: } TL_{i+1} = 37.51 + 0.922 TL_i$$

BERTALANFFYの成長式は、次式で表わされる。

$$\text{雄: } TL_i = 440.4(1 - \exp(-0.086(i - 0.522)))$$

$$\text{雌: } TL_i = 478.2(1 - \exp(-0.082(i - 0.502)))$$

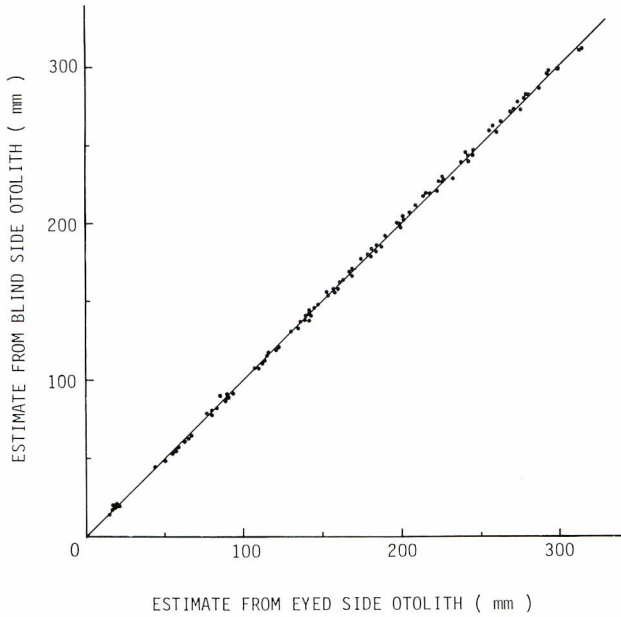


Fig. 27. Comparison of total-length estimated from blind-side and eyed-side otoliths for yellowfin sole sampled in 1968 in the eastern Bering Sea. The isopleth is shown in the figure.

成長曲線を観測値とともに図 29 に示した。雌の成長は雄に比較して速く、その差は第 4 輪形成時から明瞭に現れている。

4.2.4 年齢と標本採取時全長

輪紋形成時逆算全長の推定に用いた資料(標本採取 1968 年 6 月 21 日~7 月 20 日)を用い、輪群別の標本採取時全長を求めて、逆算全長とともに表 5 に示した。標本採取時全長は、ほぼ満年齢に対応している。標本採取時全長は、最終輪紋形成時全長とほぼ同じか若干大きい値であり、1968 年には輪紋形成後産卵期に近い標本採取時まで、ほとんど成長しなかったことを示している。しかし、8 輪ないし 9 輪までは逆算全長の輪群平均値より大きくなっている。輪群別逆算全長は輪群間で大きく相違するが、LEE 氏現象のような特定の経年変化傾向は認められない(附表 2)。畑中(1968)も同様の報告をしている。前述のように逆算全長が最終輪(すなわち、1967 年における成長分)

Table 5. Total-length at age, back-calculated from radii of annuli, and of sample fish for yellowfin sole, collected in 1968 in the eastern Bering Sea.

i**	Back-calculated TL						Sample Mean TL*	
	Mean Radius***		Bertalanffy****		Last Radius*****		♂	♀
	♂	♀	♂	♀	♂	♀		
1	19	20	18	19				
2	60	61	53	55	78	79	81	81
3	89	90	85	89	107	106	107	107
4	116	119	114	119	136	133	134	131
5	141	146	141	148	153	171	152	169
6	163	171	165	174	183	187	183	188
7	185	195	188	198	197	208	202	206
8	205	218	209	220	213	235	217	230
9	226	239	228	240	227	240	230	244
10	246	260	245	259	242	250	245	259
11	263	275	262	276	269	285	271	285
12	281	289	276	292	277	294	279	303
13	300	307	290	307	293	291	295	318
14		320	302	320		314	337	322
15		335		333		329		350
16				344				

* Sampled during June 21-July 20
 ** Number of annuli.
 *** From the otolith radius (R) - TL relationship.
 **** Calculated from the Bertalanffy's growth equation.
 ***** From the R-TL relationship using the last annulus of each age class.

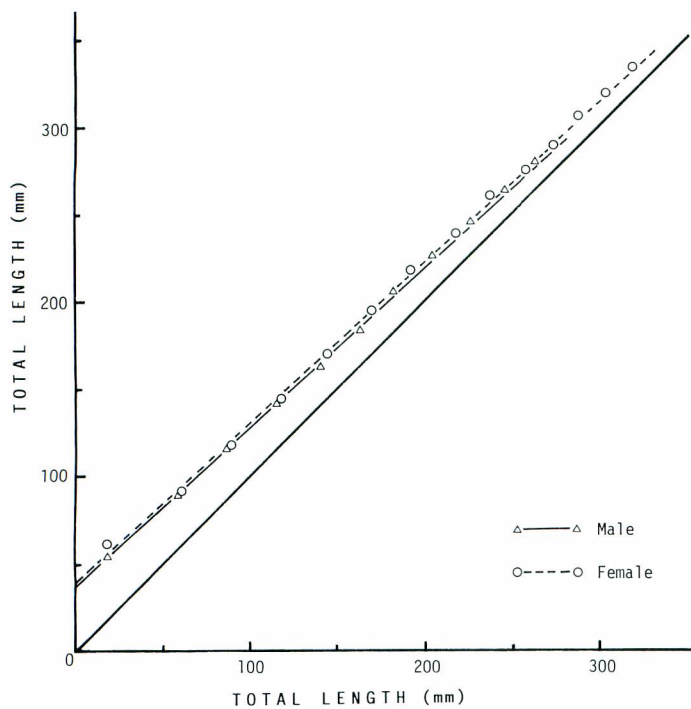
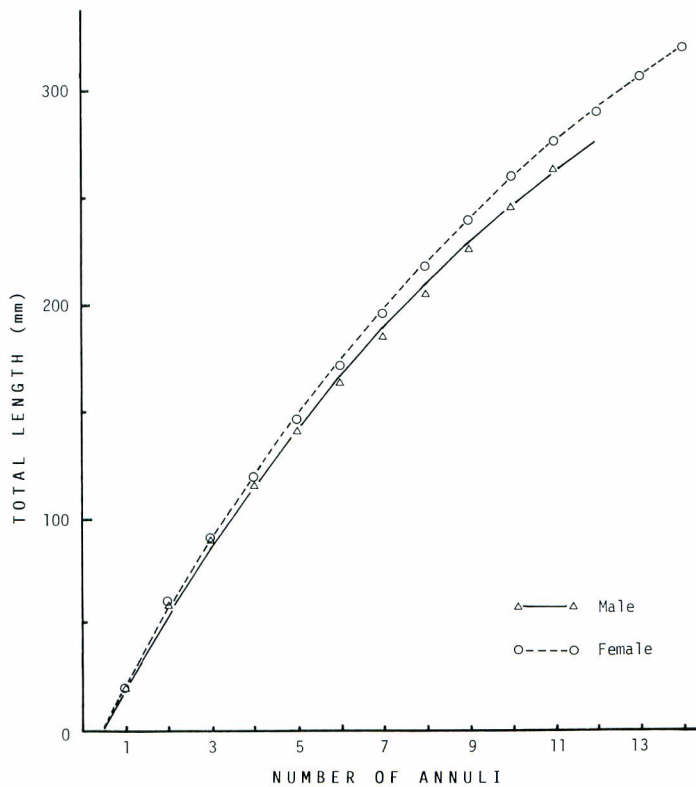


Fig. 28. WALFORD's graph for yellowfin sole by sex, sampled in 1968 in the eastern Bering Sea.

Fig. 29. Back-calculated total-length by number of annuli and fitted BERTALANFFY's growth curve for yellowfin sole by sex, sampled in 1968 in the eastern Bering Sea.



を除いて求められているから、1967年における成長が他の年に比較して良かったことによるものと考えられる。

4.2.5 年齢と全長の経年変化

ベーリング海南東部の比較的広い水域において6-7月(但し、1978年はプリストル湾口及び西部域において5月下旬)に採取された標本を用いて、ほぼ満年齢に対する標本採取時全長の年による相違を検討した。

得られた結果を表6及び図30に示した。年齢別全長は年によって大きく相違しているが、特定の経年変化は認められない。1967年と1968年に得られた標本によれば、同一年級群の兩年間の成長が6歳以上ではほとんどないか、負の値を示している。このことは、用いた標本に偏りがあり、水域間の成長の相違や、年度間の標本採取時期と成長期のずれ等を反映したものと考えられる。

各年における年齢別全長は、各年級群の成長の相違を反映して、なめらかな成長曲線とはならない。そこで、年齢別全長の平均値(表6)を用いて、以下のBERTALANFFYの成長式を得た。

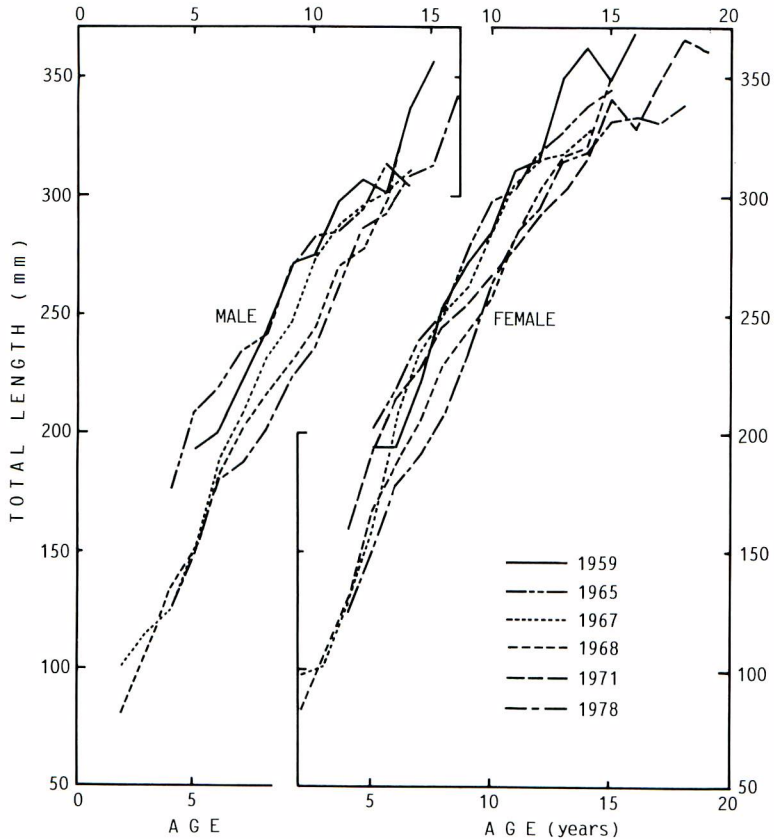


Fig. 30. Mean total-length at age of yellowfin sole by sex and year, sampled in the eastern Bering Sea.

Table 6. Mean total-length at age of sample fish for yellowfin sole by sex and year, collected around spawning season in the eastern Bering Sea.

Sex	♂ + ♀									♂									♀								
	Year	1956	1959	1965	1967	1968	1974	1975	1978	Mean	1959	1965	1967	1968	1971	1974	1975	1978	Mean								
1																											
2				(101)	81				91			(98)	81						90								
3					115	107			111			102	107						105								
4			(176)	125	134			124	140			(129)	131	161				125	137								
5		(193)	(209)	152	152	174		149	172	(195)	(203)	160	169	192	189			151	180								
6		201	220	189	183	206	201	180	197	195	220	206	188	216	213	(233)	179	206									
7		223	235	208	202	217	226	188	214	221	241	234	206	229	244	250	192	227									
8	(243)	243	243	232	217	248	243	202	233	254	253	251	230	247	(254)	254	209	244									
9	255	272	271	247	230	(261)	269	223	253	273	279	263	244	256	(286)	265	235	263									
10	276	276	284	274	245	(288)	(300)	237	272	287	299	285	259	268	(296)	(295)	264	282									
11	293	298	286	289	271	(290)	(290)	261	284	312	304	306	285	280	(300)	(300)	285	297									
12	291	307	295	297	279	(304)	(305)	287	296	317	319	316	303	293	325	(323)	296	312									
13	303	(302)	314	302	298	(332)	(300)	294	306	351	329	319	318	303	(340)	(323)	316	325									
14	(301)	(337)	(305)	311	337	(328)		309	321	363	339	328	322	317	(350)	(344)	320	335									
15	(306)	(357)	—			(343)		314	338	(350)	(346)		350	(342)	(363)	(350)	333	348									
16			(304)					(343)	323	(369)				(330)		(335)	335	342									
17										(398)				(350)			(332)	360									
18														(367)			340	354									
19														(362)			391	377									
Number of indiv.	99	354	422	657	1,217	89	74	466		529	653	884	1,648	751	102	79	697										

Sampled during June-July except late May in 1978. Figures in parentheses are based on less than 10 individuals.

雄 : $TL_t = 416.3(1 - \exp(-0.105(t - 0.083)))$

雌 : $TL_t = 421.0(1 - \exp(-0.121(t - 0.688)))$

混合 : $TL_t = 415.7(1 - \exp(-0.113(t - 0.307)))$

得られた結果は、逆算全長を用いて得た成長式とは相違しており、極限全長は小さく、成長係数は大きくなっている。

4.3 全長及び年齢と体重の関係

4.3.1 全長と体重

体重は、餌料条件や生殖腺の状態によって変化するから、両者の関係は水域のみでなく、季節によっても、また、年によっても相違しよう。ここでは、1968年6-7月に、ベーリング海南東部の広い水域から得た標本を用い、全長 TL (mm) と体重 BW (g) の関係を図 31 に示した。両者の関係は次式で与えられる。

雄 : $BW = 6.6448 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.0977}$

雌 : $BW = 5.3266 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.1426}$

両者の関係に雌雄間で有意差が検出され、雌の体重が相対的に雄より重い。

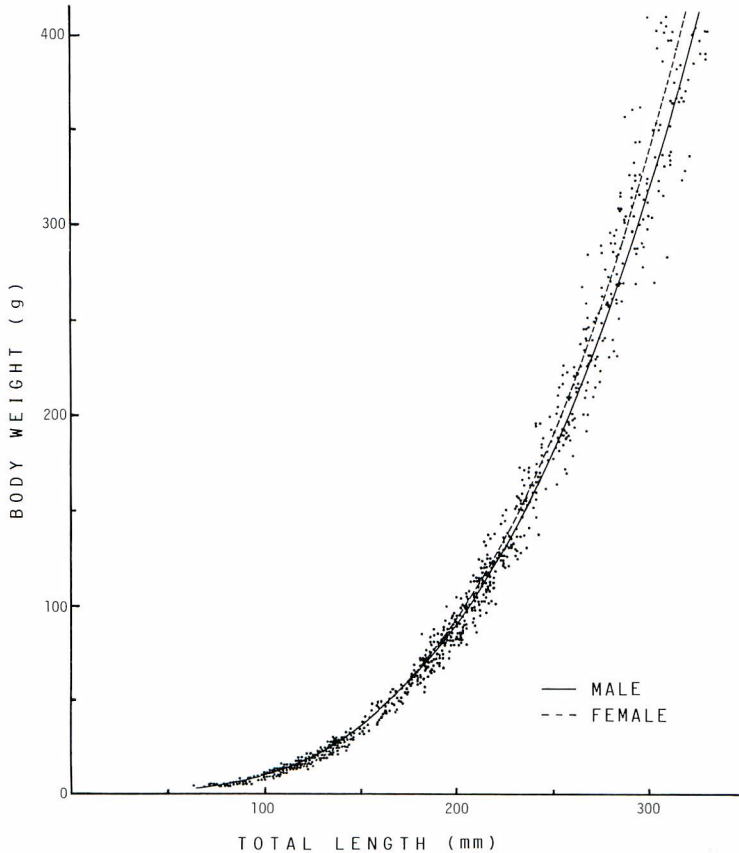


Fig. 31. Relationship between total-length and body-weight for yellowfin sole by sex, sampled in 1968 in the eastern Bering Sea.

4.3.2 年齢と体重

1968年6-7月(産卵期にはほぼ一致する)に得られた年齢別標本採取時全長と全長-体重関係式から、雌雄別、年齢別体重は図32のように表される。また、年齢別全長の平均値(表6)から求めたBERTALANFFYの成長式と1968年の体長-体重関係式を用いて以下に示す年齢-体重関係式を得た。

$$\text{雄: } BW_t = 864(1 - \exp(-0.105(t - 0.083)))^{3.0977}$$

$$\text{雌: } BW_t = 941(1 - \exp(-0.121(t - 0.688)))^{3.1426}$$

ここで、 BW_t は t 年齢時の体重(g)である。

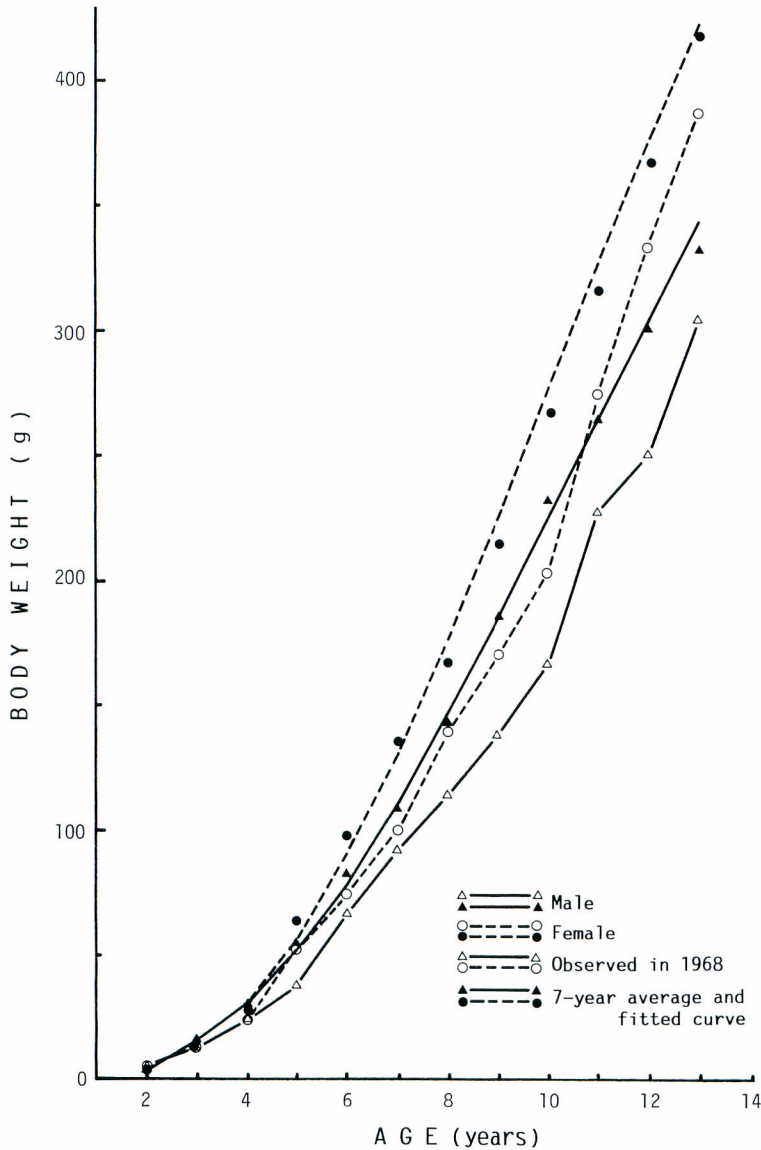


Fig. 32. Mean body-weight at age and weight-growth curve for yellowfin sole by sex, sampled in the eastern Bering Sea.

4.4 成熟全長及び年齢

4.4.1 成熟全長

1973年、1974年及び1978年の5、6月に調査船が採取した標本を用い、未成魚と成魚を肉眼で判別し、雌雄別に全長階級毎の成魚の割合を求め、表7、図33に示した。図にはFADEEV (1970 a) による1959-1964年の結果も同時に示した。この時期は産卵期直前であり、雄では既に精子が形成されて精巣が白濁している個体を、また、雌では卵巣が充実して橙～暗赤色を帯びている個体を成魚とした。雄の未成魚には精巣が無色で小さい個体と若干膨大した個体を含み、後者がその年に生殖に参加する可能性もある。雌の未成魚は卵巣が無色かやや暗色で細く、成魚との判別は容易である。FADEEV (1970 a) の判別規準は雌については同一であるが、雄については精巣が膨大するものの精子形成がみられない個体を除外した点で若干異なっている。

雄の成魚の割合は50～60%までは全長に伴って急激に増加し、それ以後ゆるやかな増加を示す。雌では、成魚の割合が10～20%に達するまではゆるやかに変化するが、それ以降約80%までは急激に増加し、再びゆるやかな増加を示す。曲線の型は雌雄で異なっているが、同性では年度間で類似している。

50%成熟全長は、図33から、雌雄別に以下の結果が得られた。

雄,	1973年:	130 mm
	1974年:	150~160 mm
	1978年:	125~130 mm
雌,	1973年:	255~260 mm
	1974年:	255~260 mm
	1978年:	270~275 mm

成熟全長は雌雄間で大きく異なっており、雌に比較して雄の成熟全長は小さい。また、成熟全長は年によって変化している。

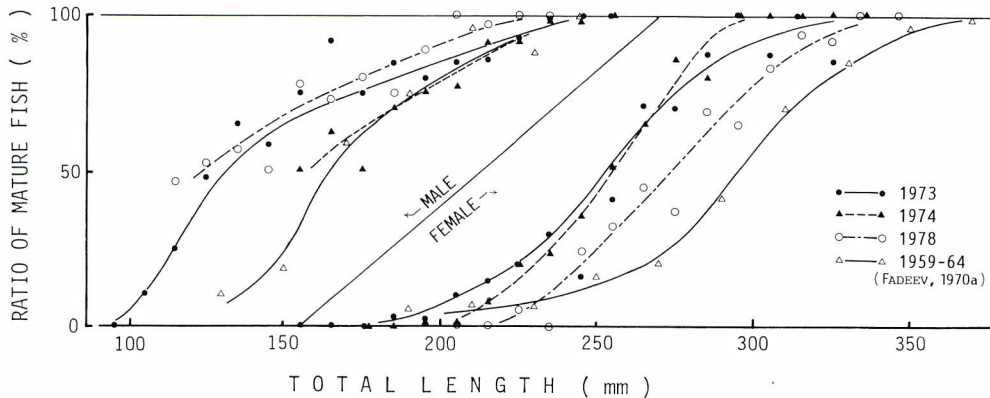


Fig. 33. Ratio of mature fish in samples by length class for yellowfin sole by sex and year in the eastern Bering Sea. Freehand lines are shown.

Table 7. Immature and mature fish in number in samples and ratio of mature fish by total-length class for yellowfin sole by sex and year in the eastern Bering Sea.

TL (mm)	♂									♀								
	1973			1974			1978			1973			1974			1978		
	Immature	Mature	Ratio of Mature	Immature	Mature	Ratio of Mature	Immature	Mature	Ratio of Mature	Immature	Mature	Ratio of Mature	Immature	Mature	Ratio of Mature	Immature	Mature	Ratio of Mature
-100	25	0	0.0	0	0	—	—	—	—	11	0	0.0	0	0	—	—	—	—
10	18	2	10.0	0	0	—	0	0	—	1	0	0.0	0	0	—	2	0	0.0
20	21	7	25.0	0	0	—	7	6	46.2	0	0	—	2	0	0.0	7	0	0.0
30	10	9	47.4	0	0	—	9	10	52.6	0	0	—	1	0	0.0	26	0	0.0
40	8	15	65.2	0	0	—	13	17	56.7	0	0	—	1	0	0.0	26	0	0.0
50	5	7	58.3	2	0	0.0	16	16	50.0	0	0	—	4	0	0.0	33	0	0.0
60	3	9	75.0	3	3	50.0	7	25	78.1	1	0	0.0	5	0	0.0	18	0	0.0
70	1	11	91.7	6	10	62.5	4	11	73.3	7	0	0.0	10	0	0.0	12	0	0.0
80	7	21	75.0	12	12	50.0	3	12	80.0	10	0	0.0	23	0	0.0	21	0	0.0
90	8	44	84.6	12	28	70.0	6	18	75.0	36	1	2.7	45	0	0.0	18	0	0.0
-200	17	68	80.0	17	53	75.7	4	32	88.9	49	1	2.0	74	1	1.3	14	0	0.0
10	13	73	84.9	19	64	77.1	0	37	100.0	47	5	9.6	95	1	1.0	23	0	0.0
20	10	59	85.5	6	63	91.3	1	38	97.4	55	9	14.1	99	8	7.5	25	0	0.0
30	5	62	92.5	5	60	92.3	0	26	100.0	53	13	19.7	85	21	19.8	19	1	5.0
40	1	66	98.5	1	56	98.2	0	20	100.0	38	16	29.6	62	19	23.5	15	0	0.0
50	0	52	100.0	1	44	97.8	0	12	100.0	31	6	16.2	40	22	35.5	16	5	23.8
60	0	35	100.0	0	44	100.0	0	24	100.0	19	13	40.6	21	22	51.2	19	9	32.1
70	0	36	100.0	0	27	100.0	0	28	100.0	7	17	70.8	14	26	65.0	25	20	44.4
80	0	23	100.0	0	22	100.0	0	29	100.0	6	14	70.0	5	31	86.1	38	22	36.7
90	0	15	100.0	0	18	100.0	0	27	100.0	1	7	87.5	3	12	80.0	18	40	69.0
-300	0	11	100.0	0	9	100.0	0	18	100.0	0	6	100.0	0	15	100.0	20	37	64.9
10	0	1	100.0	0	7	100.0	0	17	100.0	1	7	87.5	0	15	100.0	11	55	83.3
20	0	7	100.0	0	4	100.0	0	12	100.0	0	7	100.0	0	8	100.0	3	46	93.9
30	0	3	100.0	0	2	100.0	0	7	100.0	1	6	85.7	0	7	100.0	4	45	91.8
40	0	3	100.0	0	0	—	0	3	100.0	0	4	100.0	0	5	100.0	0	28	100.0
50	0	1	100.0	0	3	100.0	0	4	100.0	0	4	100.0	0	3	100.0	0	28	100.0
351—	0	3	100.0	0	0	—	0	4	100.0	0	12	100.0	0	0	—	0	35	100.0
Total	152	643	80.9	84	529	86.3	70	453	86.6	374	148	28.4	589	216	26.8	413	371	47.3

4.4.2 成熟年齢

1978年の成熟調査に用いた標本個体のほとんど全てについて年齢査定を行い、年齢別の成魚の割合を求め、図34に示した。雄では、2～3歳の資料はないが、4歳で約50%、8歳で90%以上の個体が成熟に達する。雌では、9歳から成魚が出現し、11歳でほぼ50%の個体が成熟に達する。14歳以上では90%以上の個体が成熟している。

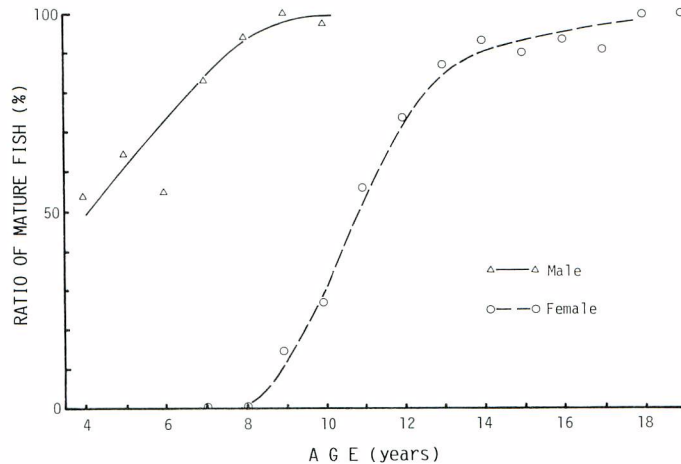


Fig. 34. Ratio of mature fish in samples by age for yellowfin sole by sex, collected during May-June 1978 in the eastern Bering Sea. Freehand lines are shown.

4.5 考察

4.5.1 年齢別全長推定結果の相違

東部ベーリング海のコガネガレイについて、耳石に現れる輪紋数及び輪紋半径を用いて成長を検討した。得られた結果を、既往の研究結果と比較して雌雄別に図35に示した。但し、雌雄別に区分できないFADEEV (1970 a)の結果は、雌の図に示した。比較の便のため、著者の結果は、表6に示した平均値のほか、最も良い成長を示した標本(1965年)及び悪かった標本(1978年)についても併せて示した。

年齢査定法が明らかでないFADEEV (1970 a)の結果は、成長のより遅い雄の結果を含むにもかかわらず、他の雌の結果より成長が著しく良く、輪紋の一部を年輪とみなしていないことを示唆している。前田(1969)は第1輪を年輪とみなしておらず、著者の得た平均値より高い値となっている。WEBER and SHIPPEN (1975)も同様の結果であった。BAKKALA (1981)の結果は、著者の結果と若齢部でほぼ一致するが、約11歳から高齢部では全長がより小さくなっており、彼が年輪とみなした輪紋の一部を著者が年輪とみなさなかったか、標本採取年や採取水域が相違したことを反映したものと考えられる。畑中(1968)及びKITANO (1969)の結果は、BAKKALA (1981)とは逆に高齢部で同一輪数に対する全長が著者の結果より大きくなっている。

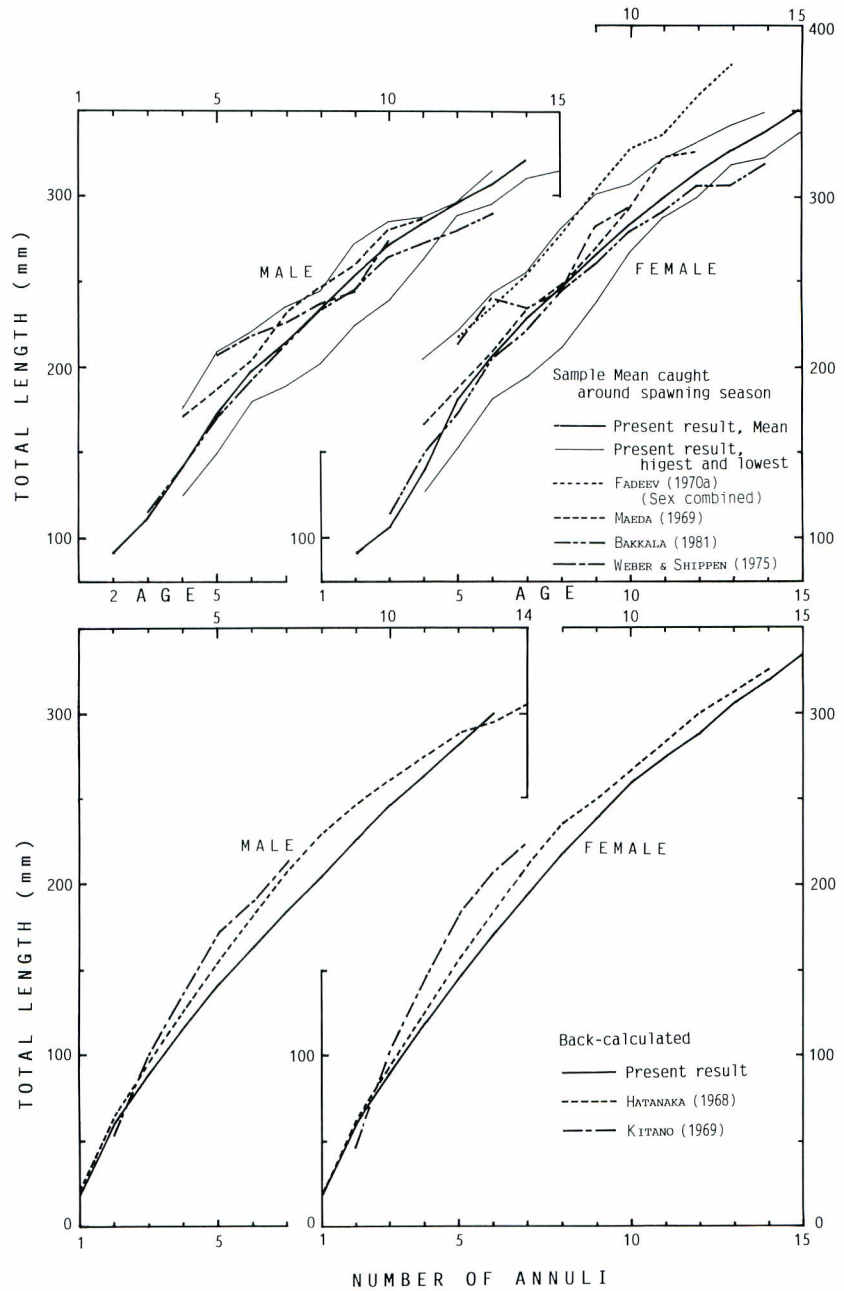


Fig. 35. Comparisons of total-length at age for yellowfin sole, determined by various authors.

第1輪紋の評価について、KITANO (1969) は、第1輪紋(年輪)までの成長量が少ないのは、孵化後輪紋形成までの期間が1年未満であるためとし、産卵期が遅いため、成長期間の短いユニマック群の第1輪形成までの成長量が、成長期間のより長いカナダ沿岸のスキデゲート・インレットの魚群より少ないことを証拠としてあげている。福田(1955)はWALFORDの定差図を輪紋形成の周期性の検証に用いており、今回得られた結果(図28)は、第1輪紋以降の輪紋が周期的に形成されること、すなわち、第1輪を年輪とすべきことを示唆している。

4.5.2 年齢別全長の雌雄差について

三谷(1970)は、既往の資料から得た魚類18種の成長について、ほとんど全ての魚種で雌の成長が雄より良いことを報告している。しかし、その原因については論じていない。今回得られた結果でも雌の成長は雄より良かった。また、畑中(1968)、前田(1969)、KITANO(1969)、SMITH and BAKKALA(1982)、WOLOTIRA *et al.* (1977)も類似した結果を報告している。年齢別平均体長の雌雄差は3歳で既に現れており、その差の割合は年齢とともに増大し、8歳で最大の約6%となる。その後差の割合は年齢とともに減少する傾向を示している。成熟は、雄では3歳で始まり、4歳で約50%が成熟する。雌ではほぼ9歳から成熟魚が見られ、11歳で約50%が成熟する。このように、成長及び成魚の割合に現れる雌雄差が両者ほぼ同一年齢で起こっており、成熟が成長に影響していることを示唆している。成熟段階の進んだ個体では雌雄ともに摂餌量が低下し(ニコロトワ, 1970)、また、それまで個体の成長に向けられていたエネルギーが生殖腺の発達にも向けられるようになって、成熟魚の割合が多くなるとともに成長速度が低下すると推定される。このようなことから、より若齢で成熟する雄は、雌より若齢で成長速度が低下するものと考えられる。

4.5.3 成熟全長の経年変化について

DE VEEN (1976)は北海のカレイ、*Solea solea*について、体長、体重や成熟等成長に関するパラメータの経年的な変化と環境との関連を検討し、長期間ほぼ一定であった50%成熟体長が、過開発となって数年後に約2.5cm高くなったと報告している。資源水準と成熟体長(年齢)の関連性は、ナガスクジラやニシン(大隅, 1974)、マイワシ(近藤, 1964)等についても報告されている。

コガネガレイの雌の50%成熟全長は、1959-64年の約295mm(FADEEV, 1970 a)から1973年の約255mmへと約4cm低下した。1974年は1973年と変わらないが、1978年には逆に約275mmへと1974年より約2cm大きくなっている。この変化を後述する資源量水準と対比すると、1959-1964年は資源量が開発当初の高水準の状態から急激に低下した期間であり、1973-1974年は、1963年以降の低水準から回復し始めた時期、1978年は資源量が急激に増大して高水準となった年に当たっている。このように、成熟全長の変化は資源量水準の変化とよく対応している。しかし、雄の成熟全長の経年変化傾向は雌の結果と相違した。雄では、精子形成によって白濁した精巣を持つ個体のみを成魚とみなしたが、年による成熟の時期的ずれが結果に影響した可能性もある。

コガネガレイの資源水準と成熟体長の対応した変化は、前記したDE VEEN (1976)の結果を除く他の種と逆の結果になっている。また、後述のように、大量の漁獲によって一時低下した資源量は1972年以降急速に増加し、現在では極めて高い水準にあると推定されている。このような、資源量の増大が成長量や成熟にどのように影響しているか、更に詳細な観察を続ける必要がある。

5. 食性

摂餌は個体維持のために最も重要な生物作用の1つであり、成長、回遊、繁殖等に大きく影響していると考えられる。また、摂餌によって直接的に餌生物に影響し、また、共通の餌生物をめぐる間接的

に他の捕食種に影響を与えていよう。ここでは、食性に関し、主に昼間採取された胃内容物資料に基づいて解析する。本種の摂餌日周期についての知見はないが、同属のマガレイ及びマコガレイの摂餌活動は主に昼間行われる（高橋・他, 1982）。

5.1 胃内容物重量組成

1970年7月及び1971年6-7月にトロール調査船により大陸棚上の広い水域から採取された標本（採取位置は図39参照）について、全胃内容物重量に対する餌生物別の重量割合を表8及び図36に示した。

胃内容物は、二枚貝類、多毛類、ユムシ類を主体とする埋在性底生動物と底生端脚類、クモヒトデ類を主体とする表在性底生動物が大部分で、魚類及び動物性プランクトンも含まれていた。胃内容物に占

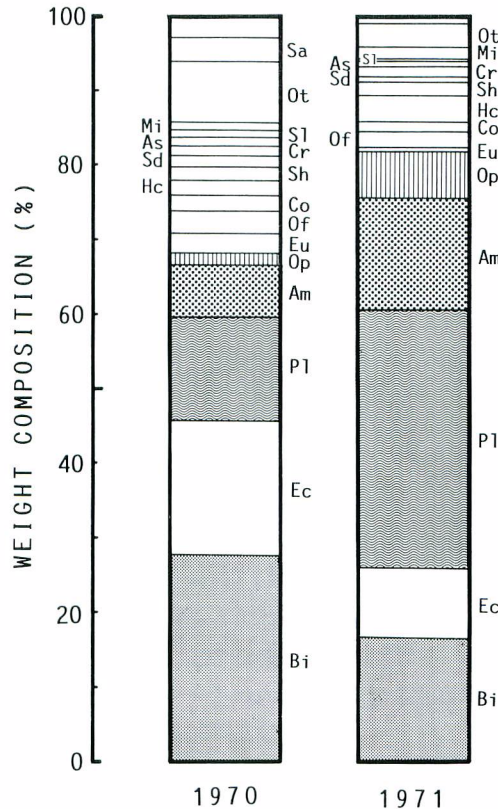


Fig. 36. Stomach contents compositions in weight percent for yellowfin sole, sampled in 1970 and 1971 in the eastern Bering Sea.

Abbreviation, Am : Amphipoda, As : Ascidiacea,

Bi : Bivalvia, Co : Gadidae, Cr : Brachiura, Ec : Echiurida,

Eu : Euphausiacea, Hc : Paguridae, Mi : Miscellaneous,

Of : Other fishes, Op : Ophiuroidea, Ot : Others,

Pl : Polychaeta, Sa : Sand, Sd : Clypeasteroidea, Sh : Macrura,

Sl : Ammodytidae

Table 8. Stomach contents weight (g) per fish by food item for yellowfin sole by total-length class, collected in 1970 and 1971 in the eastern Bering Sea.

Food Item	1970										1971									
	Total-Length Class(mm)								Total		Total-Length Class(mm)								Total	
	~100	100~150	150~200	200~250	250~300	300~350	350~400	400~	Weight	%	~100	100~150	150~200	200~250	250~300	300~350	350~400	400~	Weight	%
Smelts	—	—	—	—	0.017	—	—	—	0.005	0.34	—	—	—	—	0.009	—	—	—	0.003	0.24
Cods	—	—	—	0.004	0.030	0.109	0.103	—	0.031	2.08	—	—	—	0.008	0.036	—	—	—	0.015	1.21
Sandlances	—	—	—	—	0.008	0.080	—	—	0.015	1.01	—	—	—	—	0.011	—	—	—	0.004	0.32
Other fishes	—	0.009	0.001	0.022	0.063	0.078	0.066	—	0.042	2.82	—	—	0.007	0.006	0.030	0.201	—	—	0.028	2.25
Amphipods	—	0.031	0.072	0.115	0.122	0.100	0.095	0.075	0.104	6.98	0.078	0.245	0.117	0.179	0.217	0.249	—	—	0.185	14.90
Mysids	—	0.003	—	0.000	—	0.001	—	—	0.000	0.00	—	—	0.005	0.006	0.007	—	—	—	0.005	0.40
Euphausiids	—	0.007	0.002	0.004	0.077	0.068	0.194	—	0.042	2.82	—	—	—	0.009	0.010	0.015	—	—	0.008	0.64
Shrimps	—	0.003	0.013	0.013	0.032	0.060	0.011	—	0.026	1.75	—	—	0.010	0.015	0.026	0.060	—	—	0.021	1.69
Crabs	—	—	—	0.013	0.042	0.018	—	—	0.020	1.34	—	—	0.011	0.007	0.016	0.095	—	—	0.017	1.37
Hermit crabs	—	0.009	0.011	0.028	0.045	0.041	—	—	0.031	2.08	—	—	0.018	0.022	0.078	0.112	—	—	0.046	3.70
Other crustaceans	—	—	0.001	0.000	0.003	—	—	—	0.001	0.07	—	—	0.005	0.001	0.001	0.002	—	—	0.002	0.16
Polychaetes	—	0.080	0.067	0.212	0.279	0.212	0.050	1.600	0.207	13.90	0.044	0.082	0.167	0.392	0.553	0.775	—	—	0.432	34.78
Cephalopods	—	—	—	—	—	0.004	—	—	0.001	0.07	—	—	—	—	0.017	—	—	—	0.005	0.40
Clams	—	0.045	0.013	0.089	0.452	1.129	1.687	4.225	0.408	27.40	—	0.009	0.012	0.059	0.308	1.012	0.759	5.200	0.211	16.99
Snails	—	—	0.038	0.000	0.002	—	—	—	0.005	0.34	—	—	—	0.001	0.012	—	—	—	0.004	0.32
Brittlestars	—	0.097	0.000	0.019	0.030	0.004	—	—	0.022	1.48	—	0.191	0.005	0.078	0.104	0.103	—	0.300	0.078	6.28
Sea cucumbers	—	—	—	0.000	0.011	0.008	—	—	0.005	0.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sand dollars	—	0.005	0.018	0.022	0.023	0.030	0.024	—	0.022	1.48	—	—	0.003	0.002	0.020	0.004	—	—	0.008	0.64
Echiuroids	—	0.010	0.039	0.046	0.254	0.899	0.955	—	0.270	18.13	—	—	0.001	0.022	0.137	0.747	0.500	—	0.113	9.10
Ascidians	0.333	0.103	0.004	0.001	0.025	0.011	—	—	0.017	1.14	—	—	0.007	0.002	0.007	0.072	—	—	0.009	0.72
Sand and Mud	—	0.005	0.024	0.054	0.069	0.041	0.045	—	0.050	3.36	—	—	—	0.000	—	—	—	—	0.000	0.00
Others	0.533	0.099	0.043	0.072	0.108	0.290	0.262	—	0.122	8.19	—	0.018	0.009	0.033	0.061	0.055	—	—	0.040	3.22
Digested	—	0.016	0.032	0.040	0.050	0.048	0.076	—	0.043	2.89	0.011	—	0.000	0.014	0.005	—	—	—	0.008	0.64
Total	0.866	0.522	0.378	0.754	1.742	3.231	3.568	5.900	1.489	100.01	0.133	0.545	0.377	0.856	1.665	3.502	1.259	5.500	1.242	99.97
Number of Indiv.	3	147	272	754	761	383	62	4	2,386		9	11	239	753	553	121	17	1	1,704	
Empty Stomach (N)	1	30	59	124	114	64	17	0	409		1	3	53	181	174	42	13	0	467	
Empty Stomach (%)	33.3	20.4	21.7	16.4	15.0	16.7	27.4	0	17.1		11.0	27.3	22.2	24.0	31.5	34.7	76.5	0	27.4	

める各餌生物の割合は両年で大きく相違している。1970年には、二枚貝類及びユムシ類がそれぞれ27%と18%を占め、多毛類と端脚類が14%と7%で続いている。1971年には、多毛類がほぼ35%、端脚類が15%を占め、1970年より重要度が高くなったのに対し、二枚貝類(17%)とユムシ類(9%)の割合は低下している。クモヒトデ類は1970年には1%であったが、1971年には6%に増加した。胃内容物は全長階級や水域によっても変化するが、ほぼ同一の全長範囲及び水域の標本に基づく結果も同様の両年間の相違を示した。西カムチャッカ水域におけるコガネガレイの胃内容物組成と水域の餌生物組成の類似性(ニコロトワ, 1970)から、この相違は、主として餌生物の分布を反映したものと考えられる。

5.2 成長に伴う胃内容物組成の変化

5 cm毎の全長階級別の餌生物重量組成を表8及び図37に示した。1個体当たりの胃内容物重量は、全長100 mmから350 mmまでほぼ全長とともに増加しているが、1970, 1971年とも150—200 mm全長級の値は、前後の全長級より低い値を示した。空胃率は、1970年が平均17%, 1971年が27%であったが、中間の全長級で低く、小型及び大型の個体で高い傾向を示した。

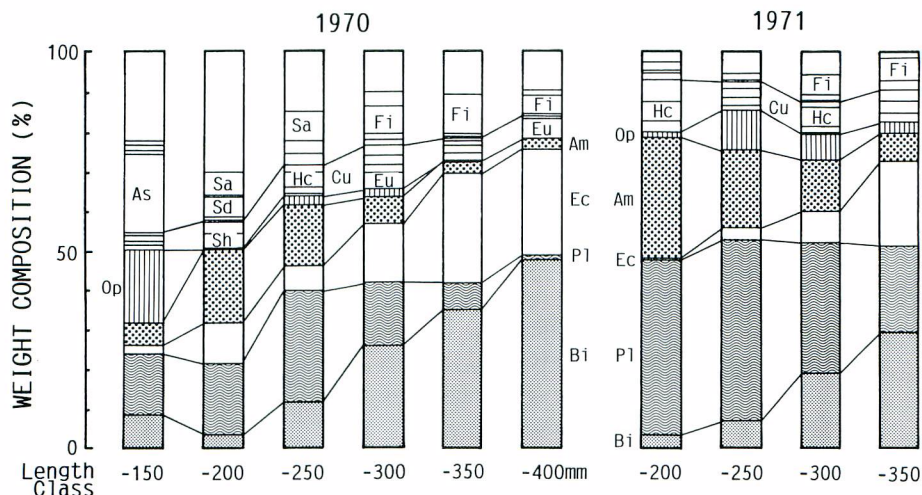


Fig. 37. Stomach contents compositions in weight percent for yellowfin sole by total-length class, sampled in 1970 and 1971 in the eastern Bering Sea.

See Fig. 36 for abbreviations, Fi: Fishes, Cu: Crustacea.

主要な餌生物は、コガネガレイの全長が大きくなるに従って、1)胃内容物に占める割合が高くなる傾向を示すもの、2)低くなるもの、また、3)ある全長級で最も高く、その両側で低くなるものに分けられる。二枚貝類、ユムシ類、魚類は第1の型、端脚類は第2の型、多毛類は200—250 mm階級で割合が最も高い第3の型に含まれる。クモヒトデも150—200 mm階級で低い値を示すが、ほぼ全長の増加に従って割合が低下しており、第2の型に含まれる。

以上のように、胃内容物組成は、コガネガレイの全長に従って変化し、小型の個体は小型の餌生物を、大型の個体は大型の餌生物を捕食する傾向を明瞭に示している。

5.3 胃内容物重量の季節変化

耳石の縁辺成長の検討に用いた1971年4月—1972年3月の標本及び1983年6月—11月に得られた標本を用いた1尾当たりの胃内容物重量の月別変化を図38に示した。1971—1972年の標本によれば、胃内容物重量は、5月から7月にかけて急激に増加し、8月まで高い値を示した。9月の資料はないが、10月後半には低い値となり、3月まで低い値を示した。この季節変化は、耳石の縁辺成長からみた個体成長の季節変化(図24)とよく対応している。冬期における摂餌活動の低下についてはFADEEV(1970a)も報告している。1983年の旬別標本によれば、6月下旬から11月上旬まで時に高い値を示したが、この期間傾向的な変化は認められなかった。

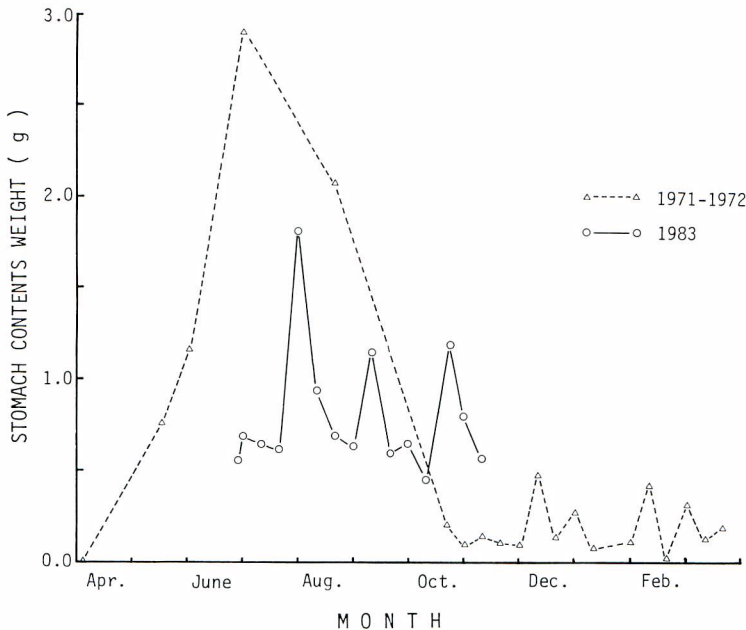


Fig. 38. Seasonal changes of stomach contents weight per individual for yellowfin sole in the eastern Bering Sea.

調査船の標本によれば、1973年5月には越冬群によっては多くの個体が摂餌しており、1970年7月及び1971年6月の標本では1個体当たり胃内容物重量はそれぞれ1.5g及び1.2gと高い値であった。したがって、摂餌活動は、主に5又は6月から10月ないし11月までの期間に活発に行われ、以後3月ないし4月まで活動が低下するような季節変化を示すものと考えられる。しかし、この季節変化には、餌生物量や水温条件などを反映した年変動があることがうかがわれた。

5.4 胃内容物の量及び種類の地理的变化

1個体当たりの胃内容物重量は全長の増大とともに増加する傾向が見られ(表8)、また、全長組成は地理的に変化している。そこで、胃容物重量を体重で割った胃内容物重量指数(ISW)を求め、その調査定点別平均値を図39に示した。高密度域(図12及び14参照)とISWの高かった水域とはほとんど一致せず、1971年のプリピロフ諸島北西域のようにコガネガレイがほとんど分布しない水域でISWが高い場合もみられた。

図40に各定点で胃内容物重量に占める割合が一番高かった餌生物を示した。胃内容物重量組成にみら

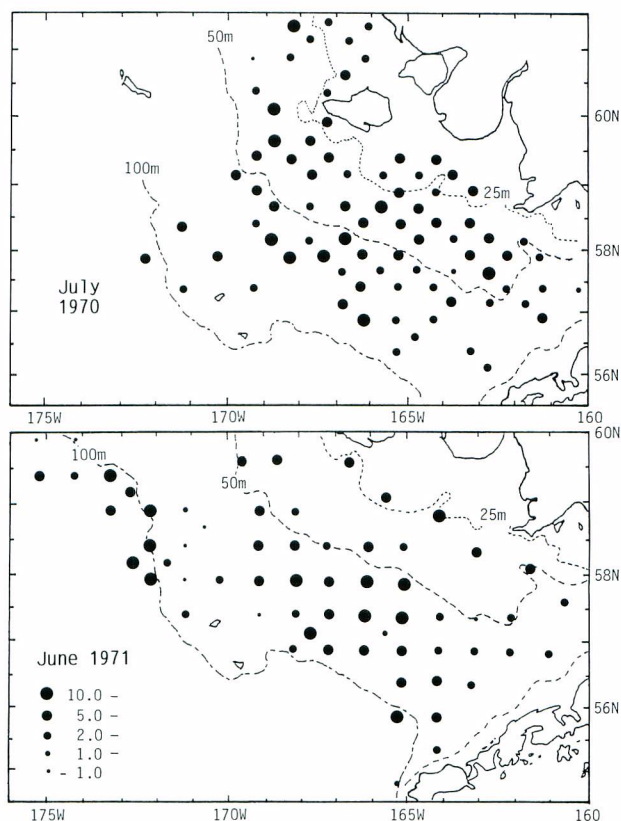


Fig. 39. Mean stomach contents weight index (*ISW*) for yellowfin sole at trawl stations of Japanese surveys in July 1970 and June 1971 in the eastern Bering Sea.

$$ISW = SCW / BW$$

where, *SCW* is stomach contents weight a fish and *BW* is the body-weight.

れた両年の相違を反映し、1970年には、主要餌生物である多毛類、二枚貝類、ユムシ類、端脚類を最多種とする定点が分散して出現したが、1971年には、多毛類を最多種とする定点が圧倒的に多かった。

定点別の最多胃内容生物の出現水域は両年で相違している。1971年には、沖合の定点にはクモヒトデ類が、比較的沖合から中央水域の定点には多毛類が、そして、沿岸の浅海域には二枚貝類及びユムシ類が分布していた。1970年には、クモヒトデ類の優占する定点はみられず、多毛類は沖合及び沿岸の定点に出現し、二枚貝の出現定点は1971年より若干沖合に分布していた。

越冬群別にみた摂餌状態は、1972年1-3月の期間、ウニマック群では、標本(234尾)1個体当たりの胃内容物重量は0.18g、餌生物は主にクモヒトデ類及び魚類であり、空胃率は60%であった。これに対して、プリビロフ西方群では、標本(81尾)1個体当たり胃内容物重量0.03g、空胃率94%であった。1973年の5月から6月初旬の期間では、空胃率はプリストル湾の小型魚(全長約80-200mm)で

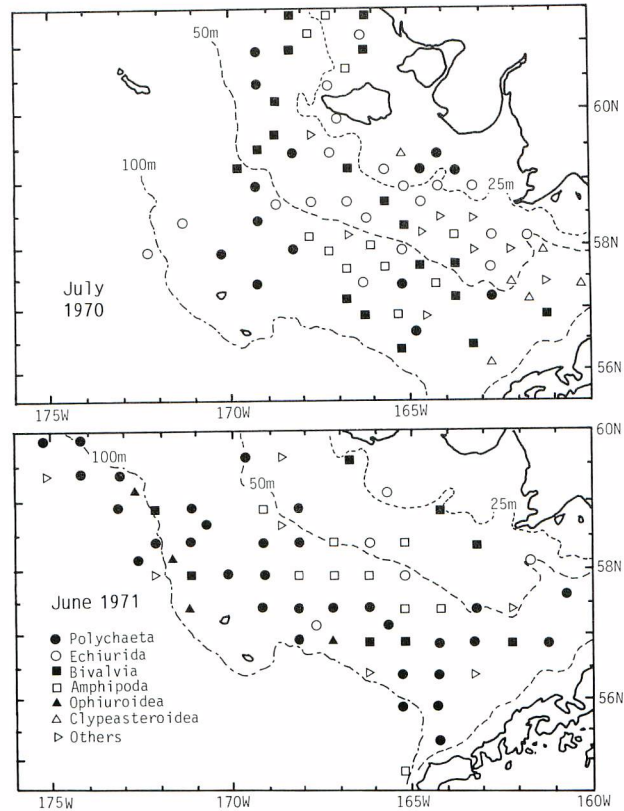


Fig. 40. Dominant food item in yellowfin sole stomachs at trawl stations of Japanese survey in July 1970 and June 1971 in the eastern Bering Sea.

100% (標本 68 尾), ウニマック群で 27% (456 尾), プリピロフ西方群で 90% (335 尾)。プリピロフ南方群で 95.5% (201 尾) であった。しかし, 1974 年にはプリピロフ西方群の空胃率は 15% (147 尾) と低かった。

5.5 考察

コガネガレイは, 同時に採取された口裂の小さいシムシュガレイ, ツノガレイ, ハナガレイ, 及びヌマガレイと類似した餌生物を捕食していた。口裂が小さいため, 摂食できる餌生物が限定されること, 分布域が類似することによっていると考えられる。胃内容物が全長階級のみでなく, 水域により, また, 季節及び年によって変化することは, 餌に対する嗜好性があまり強くなく, 本種が生息域に存在する餌生物を, その量, 大きさ, 運動性など, 捕食の容易さに従って捕食していることを示唆している。FADEEV (1970 a) は, 東部ベーリング海における成長, 肥満度, 脂質含有量が他の生息域に比較して, 摂餌期間や水温条件がより好適にもかかわらず劣っているのは, 単位面積当たりの餌生物量が他の水域の 1/3 以下と少ないためとしている。こうした餌料条件の悪さも, 餌生物嗜好性が弱い一因であろう。

これまで, 日中採取された胃内容物標本に基づいて食性を検討した。摂餌日周期, 摂餌回数等の摂餌生態については全く資料がなく, また, 胃内容物の観察結果からは摂餌量の推定は困難である。他の魚種との相互作用の検討には摂餌量の把握が不可欠であり, 今後, 季節別, 水域別に 24 時間の連続観察等を含めたきめ細かな調査を進める必要がある。

III 漁業の動向

1. 漁業の歴史

東部ベーリング海における底魚漁業の歴史については、これまで、北洋漁業総覧編集委員会（1960）、木部崎（1965）、高橋（1975；1978）に詳細に記述されている。これらの資料から、コガネガレイに関連した部分を以下に要約する。

1.1 第二次大戦前の漁業

東部ベーリング海における底魚漁業は、1930年に開始された。この年、日本の単船トロール船が夏期にプリストル湾で短期間試験的操業を行い、また、別のトロール船が漁獲物をプリストル湾で操業しているカニ工船に水揚して、試験的にフィッシュミールを製造した。この事業は1931年にも実施された。1933—1937年には、ミール船団が出漁して本格的な操業を行い、主にスケトウダラと若干のカレイ類を漁獲したが、1938年以後操業していない。

コガネガレイを主対象とする漁業は、1940年に冷凍船団によって開始されたが、わずか2年で戦争のため1953年まで休漁した。

第二次大戦以前には日本のみが漁業に参加し、コガネガレイの漁獲量は年間1万トン以下の小規模なものであった。

1.2 第二次大戦後の漁業

戦後の底魚漁業は、コガネガレイを主対象とする日本の母船及び単船トロール船によって1954年に再開された。このカレイ冷凍事業は、1955年までの試験的操業を経て、1956年以降船団数を増強し、本格的操業を行った。1958年には、フィッシュミール船団がカレイ漁業に参加し、また、ソ連が操業を試験的に開始した。1959年には船団数は更に増加し、ソ連も本格的操業を開始して、漁獲量は急激に増大した。1960—1962年には、東部ベーリング海におけるカレイ漁業は最盛期を迎え、日ソを併せた漁獲量は36～47万トンの大量なものとなった。この大量の漁獲は持続せず、1963年には、世界的なミール市況の悪化、日本漁業についてはコガネガレイの漁獲量が2万トンを大きく越えないよう行政指導がなされたことなどによって、コガネガレイを主目的として操業（以後単に主対象操業と称する）する日本漁船の出漁は皆無となり、日ソ合計の漁獲量は約9万トンに急減した。

1963—1968年の期間には、これまで主対象操業を行っていた日本のミール船団は、対象をスケトウダラに移し、コガネガレイはスケトウダラ操業時の混獲か、春・秋期の密集時期のみに対象とされるようになった。1968年末には日本のカレイ冷凍船団による主対象操業が再開され、主に冬期に操業を行った。このカレイ冷凍事業は1985年現在まで継続実施されており、1970年以降における日本の漁獲量の大部分を揚げている。

1959年以降大規模な操業を継続してきたソ連漁業は、1972年には操業規模を縮小し、1973—1977年の期間には主対象操業を中断した。1978—1979年には再び大規模な操業を行ったものの、アフガニスタン問題による米国の締出し措置により、1980年以降出漁していない。

1977年には、米国は200海里宣言を行い、東部ベーリング海における底魚漁業はマグナソン漁業保存管理法に基づく漁業規制を受けることとなった。漁獲許容量は、1977—1979年に対して年間106,000トン、1980—1983年には117,000トンに設定されたが、1984年には230,000トンへと大幅に引上げられている。

1980年には、米国のソ連及び韓国との合弁漁業及び韓国漁業がコガネガレイ漁業に参加するようになった。1982年における漁獲量 92,000 トンのうち日本漁業が 64,300 トン (70%) を占め、次いで合弁漁業 17,400 トン (19%) 及び韓国漁業が 10,300 トン (11%) を占めている。

2. 漁期及び漁場の経年変化

漁区別に資料が得られている日本漁業による月別漁獲量を表 9 に、漁区 (経度 1° 緯度 1° 又は 30' の区画) 別年間漁獲量を図 41 に示した。

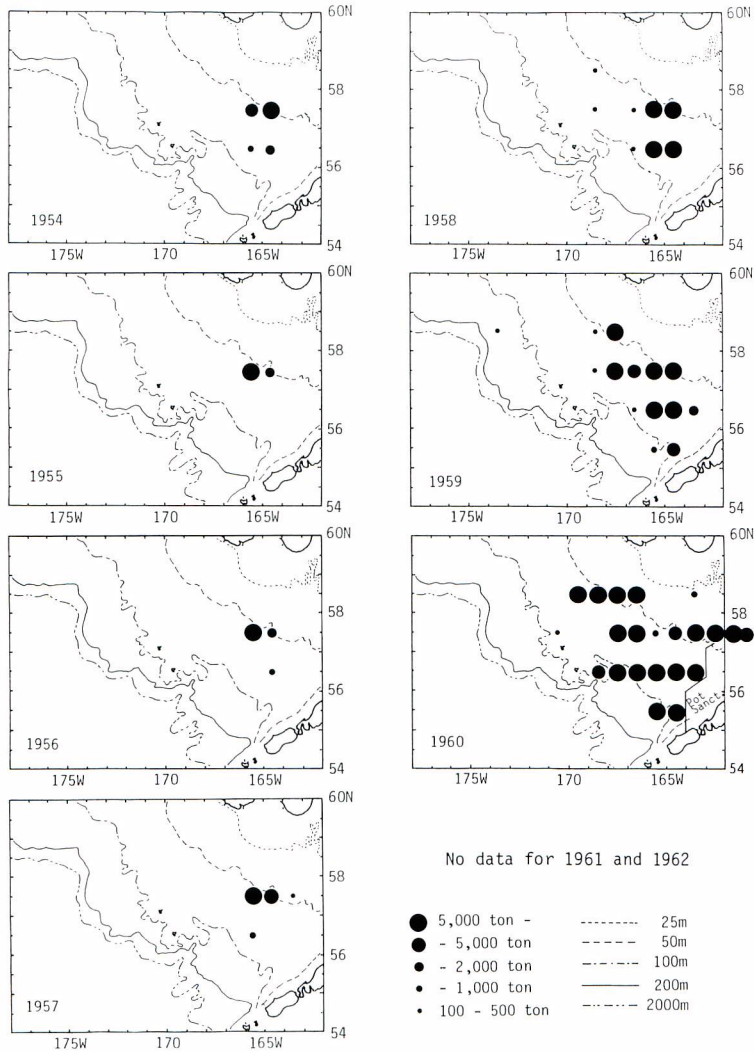


Fig. 41. Distributions of annual yellowfin sole catch by the Japanese fishery in the eastern Bering Sea, shown in catch rank in each statistical block, 1954-1982.

Table 9. Monthly catch (t) of yellowfin sole by the Japanese fishery in the eastern Bering Sea, 1954-1982.

Month Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1954									3,432	6,463	230		10,125
1955									3,805	5,251			9,056
1956									15,331	7,659			22,990
1957								6,838	17,307				24,145
1958						1,324	4,963	5,849	20,225	6,793			39,154
1959				82	8,945	4,632	12,950	23,232	53,567	17,498			120,706
1960				6,822	55,027	45,056	76,309	81,740	82,958	12,391			360,103
1960-61	No Available Data												
1963			3	5,634	13,640	1,204	22	1	0	0			20,504
1964				753	4,821	6,871	3	6,492	29,461	470	10	47	48,928
1965		198	559	1,292	6,699	4,761	318	1,956	9,949			310	26,042
1966	414	5,380	3,795	1,874	719	2,115	3,268	14,356	13,398			10	45,329
1967	3,476	2,389	938	35	5,928	18,065	3,885	8,734	14,475	36		448	58,409
1968	1,742	32	777	950	2,451	5,093	4,108	7,392	5,003	30	270	1,786	29,634
1969	1,590	1,163	666	2,978	1,973	20,909	30,716	2,409	—	2,617	7,110	9,298	81,429
1970	6,846	5,776	3,397	9,742	12,121	3,261	3,010	1,172	303	818	5,570	7,773	59,789
1971	8,958	14,175	5,415	6,237	8,795	4,105	905	128	738	7,206	16,478	8,899	82,039
1972	1,982	6,480	3,271	315	338	186	43	12	—	5,545	10,434	6,224	34,830
1973	7,451	9,221	17,233	9,835	5,966	3,021	134	5	—	4,606	11,153	6,875	75,500
1974	5,057	3,702	3,176	968	1,200	51	279	18	160	3,431	9,766	10,139	37,947
1975	8,956	5,921	2,624	1,418	978	38	374	57	42	11,548	13,870	13,887	59,713
1976	11,370	7,094	807	984	1,170	54	161	6	2,436	9,238	8,083	11,259	52,662
1977	6,362	2,209	1,446	1,687	696	1,132	800	1,199	9,192	10,448	10,322	11,759	57,252
1978	3,758	1,425	1,663	976	472	1,222	1,468	8,830	9,739	10,298	9,290	11,852	60,993
1979	3,555	3,984	2,427	2,463	261	596	9,392	9,792	8,885	8,435	5,202	1,415	56,407
1980	3,696	3,650	3,390	2,197	661	2,776	10,436	10,726	8,672	8,218	2,586	3,279	60,287
1981	1,157	2,213	3,290	2,399	1,150	4,122	8,087	9,401	10,363	9,447	6,377	3,542	61,548
1982	2,223	1,673	3,323	995	735	2,939	8,487	7,533	9,349	10,303	11,156	4,970	63,686

1955-1960 : Caught by meal and frozen-fish motherships and includes other small-sized flounders.

1961-1962 : No available data.

1963- : Caught by Mothership-North-Pacific-Trawl Fishery and includes yellowfin sole only.

"Blank" indicates no catches and "0" means minor catch less than 500 kg.

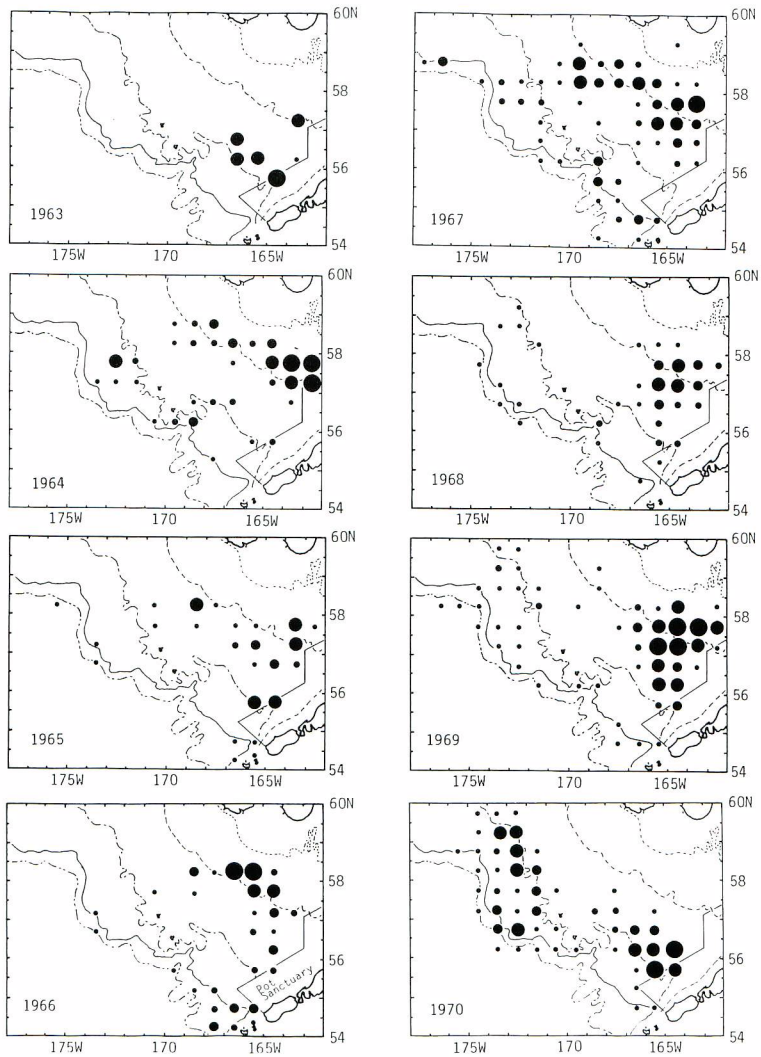


Fig. 41. (continued)

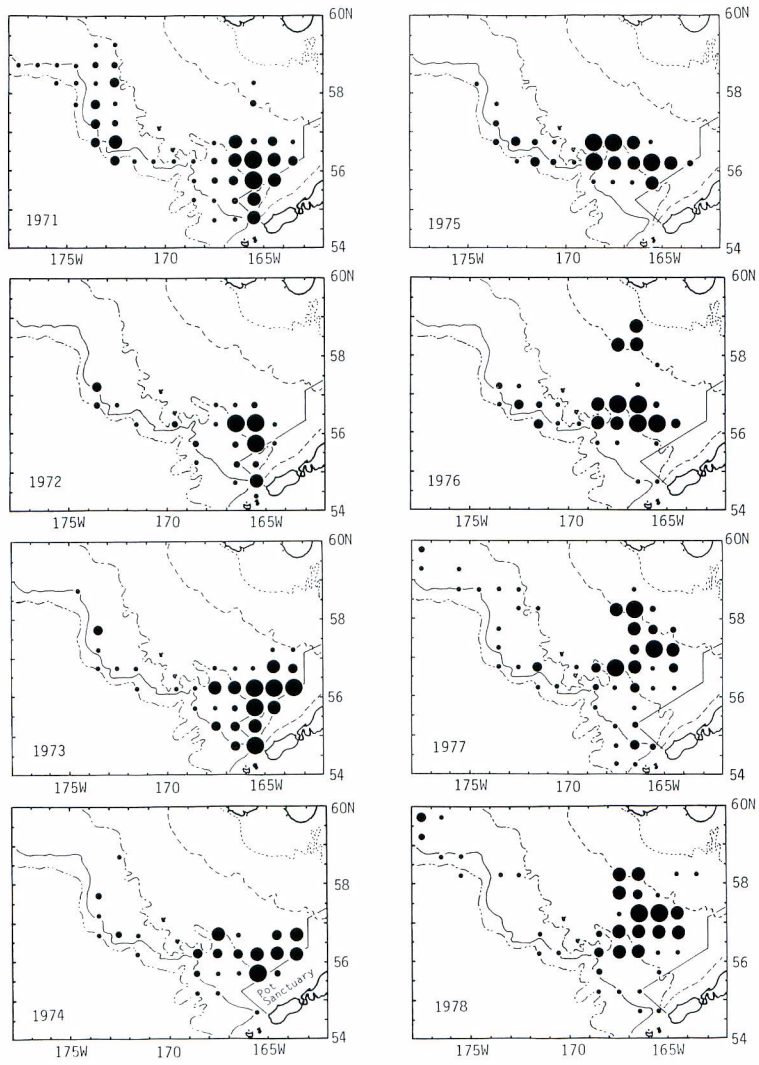


Fig. 41. (continued)

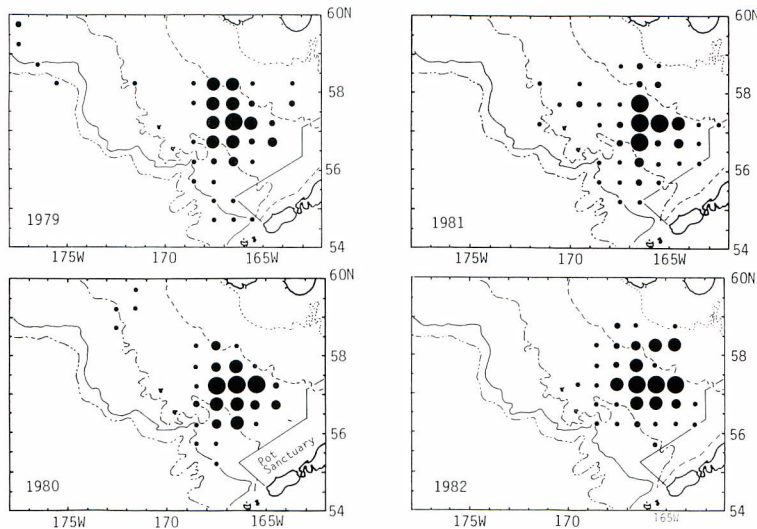


Fig. 41. (continued)

2.1 漁期

第二次大戦後北洋底魚漁業が再開された1954年から1957年には、漁期は8—11月（主に9—10月）の短期間であったが、ミール船団が出漁するようになった1958年には、5—10月へと拡大し、1959—1962年には更に4—10月となった。主対象操業が中断された1963—1968年には、4—9月のスケトウダラ操業時に混獲され、また、5月中旬～6月中旬及び8月中旬～9月の密集期のみが漁期となった。

1968年11月から1969年3月には、カレイ冷凍船団が再び出漁し、それ以降毎年出漁している。しかし、1974年以降コガネガレイの主要越冬水域がオヒョウ資源保護の目的で12—5月の期間（1974年は3月まで）禁漁となり、また、1977年の米国200海里法の施行に伴う漁期途中での漁場閉鎖の危険性を回避するため、漁期は徐々に早まって、1985年現在6月下旬—11月上旬となっている。なお、1969年以降も、スケトウダラ・ミール船団や単船トロール船による混獲は周年行われている。

ソ連は、1961年までほぼ周年操業したが、1962年以降漁期は11月から5月までとなった（FADEEV, 1970 a）。

2.2 漁場

1954—1957年の漁場は2—4漁区（1°区画）内であったが、ミール船団の出漁に伴って漁場は急激に拡大し、1960年には100トン以上漁獲のあった漁区数は図の枠外の2漁区を含めて22となった。1961、1962年の漁場は不明であるが、漁期及び漁獲量が1960年とほぼ同じであったこと、また、1960年の漁場が分布と回遊の項で述べた主分布域にほぼ一致することから、漁場の範囲も1960年とあまり変化なかったものと推定される。

1963—1968年に漁獲量の多かった水域は、スケトウダラ及びコガネガレイの分布を反映して、年により変化しているが、主漁場はプリストル湾西方域であった。

1968年にはカレイ冷凍船団が再び出漁し、漁区別漁獲量資料の利用できる1969年以降、漁獲量の過半を占めるこの船団が越冬群を主対象に操業したため、ウニマック島北側の大陸棚縁辺域に主漁場が形成

されている。なお、1974年のウニマック水域の禁漁に伴って漁場はより北西の水域に移り、また漁期が早まるに従って再び大陸棚上に主漁場が形成されるようになった。

ソ連は、冬期には1963年までウニマック水域を、1964年以降はブリストル湾に近いより浅海域を漁場とした(FADEEV, 1970 a)。春季回遊期から夏期における漁場は、ウニマック水域からブリストル湾にかけての水域及びブリストル湾西方域であった。

3. 漁獲量の経年変化

3.1 漁獲量の推定

1954—1962年の日本による漁獲量及び1958—1976年のソ連による漁獲量には他の小型カレイ類を含んでいる。漁獲統計上は、カレイ類を魚種別に分離できないが、コガネガレイの漁獲量を、以下のように推定した。1962年までの資料については、日本の出漁母船の事業報告書の一部に記載されたカレイ類漁獲量に占めるコガネガレイの割合を用い、日本及びソ連のカレイ類漁獲量から推定した。1963年以降については、日本の魚種別、INPFC海区别の漁獲統計を用い、ソ連の魚種別INPFC海区别漁獲量が日本のそれに等しいとみなしてソ連のカレイ類漁獲量から推定した(WAKABAYASHI and BAKKALA, 1977; 1978)。

3.2 底魚類漁獲量に占めるコガネガレイの割合

日本漁業による底魚類(頭足類及びエビ類を含む)漁獲量、小型カレイ類漁獲量、コガネガレイ漁獲量、底魚類漁獲量及び小型カレイ類に占めるコガネガレイの割合を表10に示した。

底魚類総漁獲量は、1954年の1.3万トンから1961年の53万トンに増加した後低下し、1963年の22万トンへと半減した。しかし、その後再び増加し、1972年には最大の183万トンに達した。それ以降徐々に低下して、1977年の米国200海里法による規制後は88~93万トンの安定した水準にある。

底魚類総漁獲量に占めるコガネガレイの割合は、主対象操業のみであった1954—1957年には92~95%を示したが、それ以降他魚種漁業の操業が増加するに従って低下し、1962年には51%となった。1963年以降は、スケトウダラからすりみを製造する技術の確立とともにスケトウダラ漁獲量が急激に増大したこと、主対象操業がほとんどなくなったことを反映して、2~15%の低い水準にある。

小型カレイ類漁獲量に占めるコガネガレイの割合は、1954年の95%から、漁場及び漁期の拡大に従って低下し、1962年には85%となった。1963年以降の割合は、低い値を示した1970—1974年を除き、72~83%の水準にある。

3.3 漁獲量の経年変化

コガネガレイの国別経年漁獲量を表11、図42に示した。漁獲量は1958年まで4万トン以下の低い水準にあったが、その後急激に増加し、1961年には最高の47万トン記録した。漁獲量は1962年には36万トンに低下し、1963年には8.6万トンに激減した。1963—1971年の年平均漁獲量は11.8万トンで、1972—1977年には年平均5.8万トンに低下したが、1978年には13.8万トンに急増した。1979—1982年の漁獲量は8.6~9.9万トンと安定した水準にある。

漁業の最盛期であった1960—1962年及びそれ以前の漁獲量の大部分は日本漁業によって揚げられたが、日本漁業による主対象操業がほとんどなくなった1963—1970年には、ソ連による漁獲量が日本を上回った。1971年以降は1978年を除いて再び日本漁業による漁獲量が多くなっている。1980年以降、ソ連漁業に代わって韓国漁業及び米国の合弁漁業による漁獲量が増大してきている。

Table 10. Catches of groundfish, small-sized flounders, and yellowfin sole, and ratios of yellowfin sole catch by the Japanese fishery in the eastern Bering Sea, 1954-1982.

Year	Catch (t)			Catch Ratio (%)	
	Groundfish (A)	Small-sized Flounders (B)	Yellowfin sole (C)	C/A	C/B
1954	12,562	12,562	11,934	95.0	95.0
1955	14,690	14,690	13,735	93.5	93.5
1956	24,697	24,697	22,721	92.0	92.0
1957	24,145	24,145	22,213	92.0	92.0
1958	46,597	39,153	35,238	75.6	90.0
1959	160,121	123,121	108,346	67.7	88.0
1960	449,932	360,103	306,088	68.0	85.0
1961	526,970	399,542	336,814	63.9	84.3
1962	480,567	289,322	245,397	51.1	84.8
1963	217,942	29,012	20,504	9.4	70.7
1964	321,285	62,241	48,800	15.2	78.4
1965	309,876	31,580	26,039	8.4	82.5
1966	383,353	56,510	45,523	11.9	80.6
1967	721,086	74,280	60,429	8.4	81.4
1968	916,101	56,541	40,834	4.5	72.2
1969	1,079,070	98,029	81,449	7.5	83.1
1970	1,475,751	90,881	59,851	4.1	65.9
1971	1,784,852	128,393	82,179	4.6	64.0
1972	1,825,932	87,922	34,846	1.9	39.6
1973	1,698,259	116,836	75,724	4.5	64.8
1974	1,455,038	70,315	37,947	2.6	54.0
1975	1,249,565	76,677	59,714	4.8	77.9
1976	1,181,391	72,158	52,668	4.5	73.0
1977	899,288	73,160	58,090	6.4	79.4
1978	931,594	85,849	62,064	6.7	72.3
1979	875,377	71,488	56,724	6.5	79.3
1980	922,025	75,950	60,505	6.6	79.7
1981	910,209	80,619	62,633	6.9	77.7
1982	923,744	80,048	64,288	7.0	80.3

Includes squids, octopuses, and shrimps.

Table 11. Yellowfin sole catch (t) by fishing nation in the eastern Bering Sea, 1954-1982*.

Year	Japan	U.S.S.R.	R.O.K.	Others	J.V.**	Total
1954	11,934					11,934
1955	13,735					13,735
1956	22,721					22,721
1957	22,213					22,213
1958	35,238	4,500				39,738
1959	108,346	54,736				163,082
1960	306,088	81,600				387,688
1961	336,814	129,991				466,805
1962	245,397	116,706				362,103
1963	20,504	65,306				85,810
1964	48,800	62,297				111,177
1965	26,039	27,771				53,810
1966	45,523	56,930				102,353
1967	60,429	101,799				162,228
1968	40,834	43,355				84,189
1969	81,449	85,685	—			167,134
1970	59,851	73,228	—			133,079
1971	82,179	78,220	—			160,399
1972	34,846	13,010	—			47,856
1973	75,724	2,516	—			78,240
1974	37,947	4,288	—			42,235
1975	59,714	4,975	—			64,690
1976	52,668	2,908	625			56,201
1977	58,090	283	—			58,373
1978	62,064	76,300	69			138,433
1979	56,724	40,271	1,919	3		98,917
1980	60,505	6	16,198	263	9,623	86,601
1981	62,633		17,179	115	16,046	95,973
1982	64,288		10,277	45	17,381	91,991

* From WAKABAYASHI (1983).

"—" indicates unknown and "blank" means no catches.

** U.S. joint-venture fishery with U.S.S.R. and R.O.K.

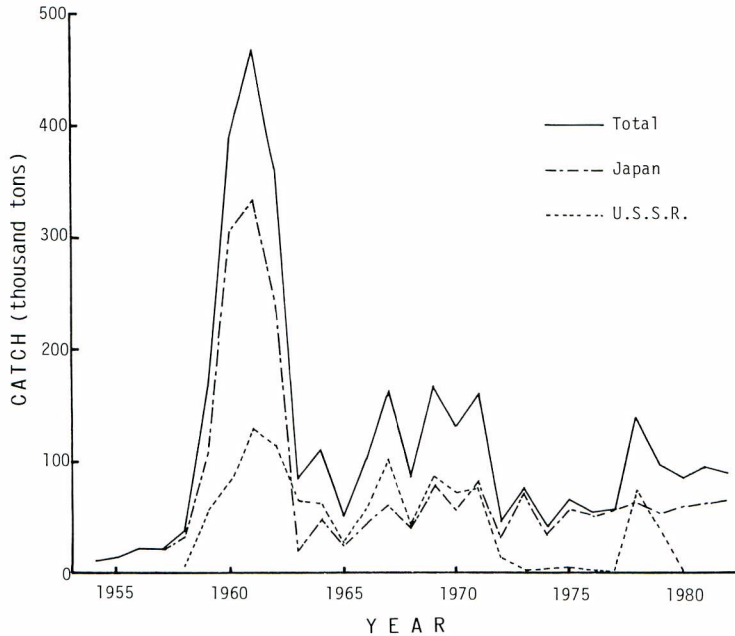


Fig. 42. Annual changes of yellowfin sole catches in the eastern Bering Sea, 1954-1982.

4. 年齢組成の経年変化

4.1 全長組成

日本漁業によって得られた経年の漁獲物全長組成を図 43、附表 3 に示した。1963 年以前は、当業船上で実施された全長測定結果をミール及び冷凍船団別に集計し、それぞれの漁獲量に引き伸ばして推定した。1964 年以降は、漁獲量と当業船による標本全長組成をINPFC海区别、年の 4 半期別に集計して漁獲物全長組成を求めた後、年別に集計した。

全長組成は、一般に単峰型で、1958 年に急激に小さくなり、その後 1962 年まで更に小型化した。1957—1958 年の変化は、それまで冷凍品とするために大型魚を主体に漁獲していたものが、ミール船団の出漁によって魚群密度の高い中型魚主体の漁場をも利用するようになった結果であろうと推定される。その後の変化の一因は、漁獲努力量の増大に伴って中・小型魚の多い浅海域にも漁場が拡大した結果である。1963—1970 年の期間は、極端に小さい全長組成を示した 1964 年を除いてほぼ同じ大きさであった。1964 年に全長組成が小型であったのは、図 41 に示すように、小型魚の多い浅海域を主漁場としたこと、豊度の著しく卓越した 1957 年級群が加入し、それまで漁獲の主体を占めた 1954 年級群を含む大型魚の豊度が低下したことによると推定される (図 44 参照)。1970—1973 年には全長組成は小型となった後、1974 年以降徐々に大きくなっている。モードは、1973 年の 23.5 cm から 1980 年の 27.5 cm と

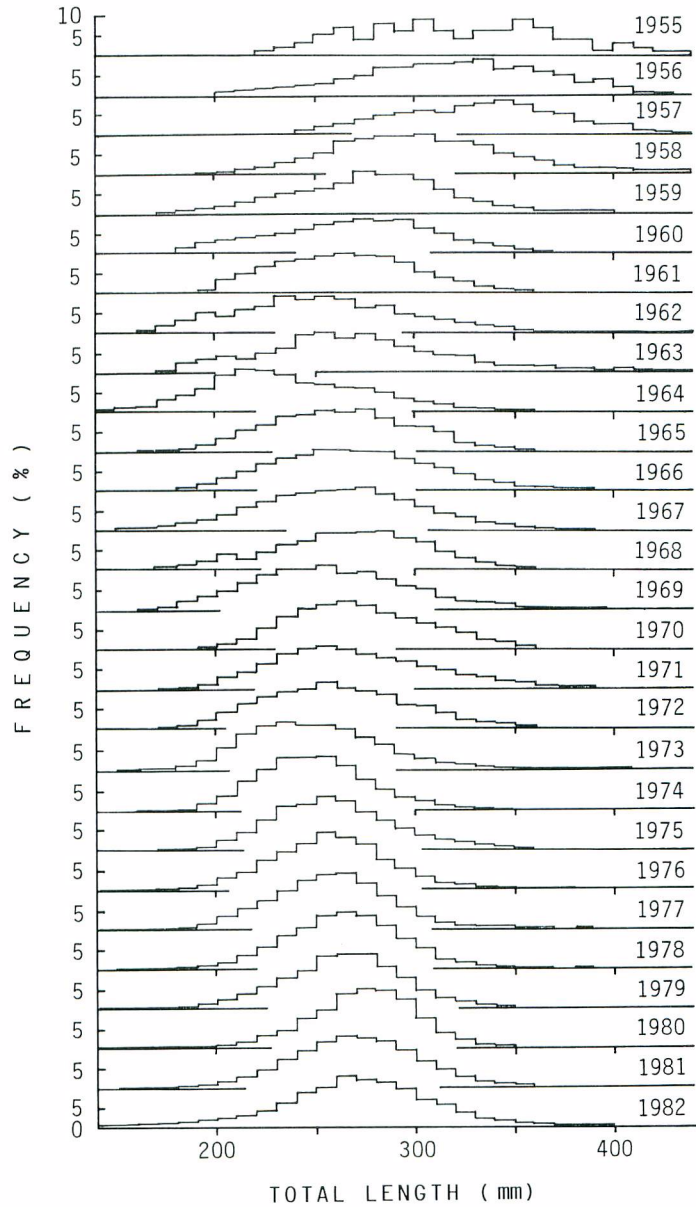


Fig. 43. Total-length compositions of yellowfin sole caught by the Japanese fishery in the eastern Bering Sea, 1955-1982.

なった。図 44 から、1970 年以降の全長組成の変化は、漁獲の主体を占める豊度の異なる年級群の交代によって起っていることがわかる。

4.2 年齢組成

日本漁業による各年の漁獲物年齢組成は、年齢—全長キーを用いて標本全長組成を年齢組成に変換し、次いで、全長—体重関係を用いて推定した標本重量を漁獲量に引き伸して求めた。標本全長組成及び漁獲量は、水域別、漁具別及び年の 4 半期別に集計して用いた。年齢—全長キーは、1964—1979 年については、著者が年齢査定標本を 1 cm 毎の全長階級別、年齢別に集計して作成したものを、1970—1975 年については北西・アラスカ漁業センターの年齢査定部門が作成したものをを用いた。両者で年齢査定規準は基本的に一致していることが確認されている (WAKABAYASHI *et al.*, 1977)。年齢—全長キーは原則として毎年作成したが、年齢標本が得られなかった場合には、年齢別平均全長及び標本の年級群組成が両年間で変化しなかったと仮定し、前後の年の標本を用いて作成した。計算に用いた年齢—全長キーを附表 4 に掲げた。関係漁業国全体の漁獲物年齢組成は、日本の漁獲量との比を用いて、水域別に日本の漁獲物年齢組成を引き伸して求めた。推定作業の具体的手順は WAKABAYASHI *et al.* (1977) に示されている。

推定された漁獲物年齢組成を図 44 に示した。1976 年以降の組成は、同一推定法に基づく BAKKALA and WESPESTAD (1983) の結果である。年齢組成は年級群豊度を反映して経年的に変化している。1964

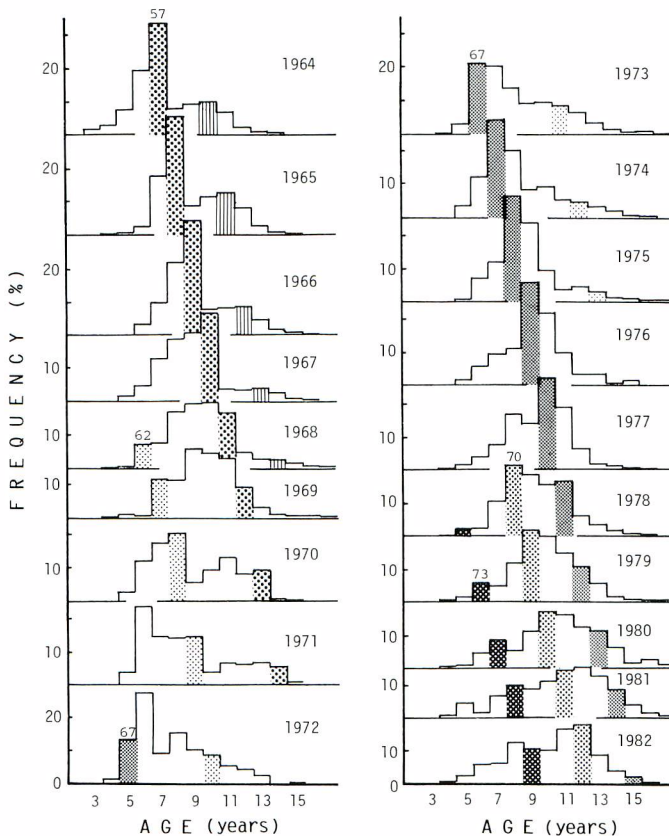


Fig. 44. Age compositions in number of yellowfin sole caught by the Japanese fishery in the eastern Bering Sea, 1964-1982. Numbers above histogram indicate principal year classes.

年には、相対的に、1954年級及び1957年級群が卓越し、1956年級群は弱勢であった。これらの年級群の相対的豊度は、1967年までの年齢組成によく表われている。1973年以降1978年までは、1967年級群が卓越し、1978年以降1982年までは新たに1970年級群が卓越するが、1979年からは1973年級群も相対的に卓越していたことがわかる。

1973年以降全長組成が徐々に大型化したのは、卓越した1967年級群、次いで1970年級群の割合が増大したことによって起こっている。

IV 資源評価

1. 単位漁獲努力当たり漁獲量

1962年以前の漁獲努力量統計値はない。そこで、コガネガレイの主対象操業を行った母船の一部の事業報告書に示された漁獲努力量と漁獲量から単位努力当たり漁獲量（CPUE）を求めた。1963—1967年の期間は、主対象操業を行った漁船はなかったので、毎日の漁獲資料のうち、コガネガレイの漁獲量が最も多かった資料を主対象操業とみなしてCPUEを求めた。1954年から1967年の期間について得られた結果を表12に示した。結果は、同一期間について異なった変化を示した場合もあるが、全体としては低下傾向を示している。しかしながら、漁業は、前述したようにこの期間に急激に変化したため、CPUEの質的一貫性が保たれておらず、CPUEがこの期間資源の動向を反映しているか疑問がある。

Table 12. Catch-per-unit-effort for yellowfin sole by the Japanese frozen-fish and meal fleets in the eastern Bering Sea, 1954-1967.

Year	Frozen-fish fleet		Meal fleet			
	Otter Trawl		Otter Trawl*	Pair Trawl		Danish Seine
	t/haul	t/hour		t/haul	t/hour	
1954	4.90	8.71				
1955	7.28	16.78				
1956	6.71	11.74				
1957	6.39	10.37				
1958	6.06	8.04		4.29		3.45
1959	5.51	6.20	4.87	5.53		2.45
1960	7.27	8.19	6.26	7.11	12.48	3.60
1961			5.76	6.87		3.52
1962			7.67	5.37		2.79
1963			6.64	3.69		3.60
1964					7.35	3.35
1965					7.52	2.33
1966					4.23	2.04
1967					3.82	2.22

* From TAKAHASHI (1978)

Table 13. Monthly effort, catch, and catch-per-unit-effort for yellowfin sole by Japanese pair trawlers in the eastern Bering Sea, 1969-1983.

Year	Month	Fishing Effort (hours)	Yellowfin sole catch (t)	CPUE (t/hour)	Year	Month	Fishing Effort (hours)	Yellowfin sole catch (t)	CPUE (t/hour)
1969	11	427	1,668	3.91	1976	9	37	2,279	61.59
	12	623	5,340	8.58		10	198	7,295	36.84
1970	1	388	4,549	11.72		11	187	7,422	39.69
	2	371	1,997	5.38	12	168	9,448	56.24	
	3	114	695	6.10	1977	1	161	5,625	34.94
1971	11	411	4,456	10.84		2	84	1,126	13.40
	12	565	6,848	12.12		9	171	6,904	40.37
1972	1	449	6,590	14.68	10	163	7,625	46.78	
	2	262	8,407	32.09	11	85	7,454	87.69	
	3	253	1,818	7.19	12	123	6,775	55.08	
1973	10	730	5,526	7.57	1978	1	27	1,836	68.00
	11	922	11,035	11.97		7	13	559	43.00
	12	890	6,884	7.73		8	338	8,199	24.26
1974	1	195	646	3.31	9	196	7,627	38.91	
	2	145	921	6.35	10	83	5,988	72.14	
	3	51	859	16.84	11	116	5,104	44.00	
1975	10	477	4,651	9.75	12	105	4,352	41.45	
	11	544	7,045	12.95	1979	1	40	1,604	40.10
	12	644	4,282	6.65		7	377	8,511	22.58
1976	1	587	6,059	10.32		8	260	8,893	34.20
	2	262	6,218	23.73	9	89	7,244	81.39	
	3	253	3,436	13.58	10	100	5,971	59.71	
1977	10	137	3,878	28.31	11	50	2,873	57.46	
	11	428	9,978	23.31	1980	6	132	1,412	10.70
	12	495	5,433	10.98		7	424	8,630	20.35
1978	1	460	3,422	7.44		8	350	8,467	24.19
	2	121	2,112	17.45	9	135	7,398	54.80	
	3	213	2,410	11.31	10	57	7,365	129.21	
1979	10	72	2,700	37.50	1981	6	157	2,335	14.87
	11	263	8,463	32.18		7	534	6,565	12.29
	12	227	9,748	42.94		8	284	7,903	27.83
1980	1	125	7,025	56.20	9	180	8,422	46.79	
	2	150	4,846	32.31	10	164	7,380	45.00	
	3	39	1,053	27.00	11	96	3,856	40.17	
1981	10	148	7,163	48.40	1982	6	136	1,252	9.21
	11	186	8,416	45.25		7	528	6,924	13.11
	12	231	10,246	44.35		8	493	6,138	12.45
1982	1	223	9,258	41.52	9	310	8,019	25.87	
	2	209	5,936	28.40	10	168	7,884	46.93	
	3	2	187	93.50	11	167	6,090	36.47	
1983	1	223	9,258	41.52	1983	6	60	1,286	21.43
	2	209	5,936	28.40		7	441	8,121	18.41
	3	2	187	93.50		8	478	7,367	15.41
					9	384	6,671	17.37	
					10	289	6,778	23.45	
					11	196	3,942	20.11	

1968年には、冷凍母船による主対象操業が再開されたが、1969年前半まで試験操業による操業許可であったため、漁獲資料は得られていない。1969年末以降の2そうびき底びき船（以西底びき船）による漁獲統計資料を年別、月別にまとめ、表13に示した。CPUEは月別に大きく変化しており、また、その経月変化は年により相違している。更に、CPUEは1973年以前と1974年以降とで水準が大きく変化している。聞き取り調査によれば、この変化は、魚群の離底によってCPUEが低下する夜間の操業を行わないようになったこと、魚群の捕促にレーダー・ブイを使用するようになって、操業の能率が向上したこと、ウニマック水域に禁漁期・区が設定されたことなどによっている。1974年以降についても、漁期が当初の10—3月から1983年の6—11月まで徐々に早められており、長期間にわたって等質のCPUEは求められない。そこで、3～4カ月間の漁期別CPUEを求め、表14、図45に示した。

9月から翌年3月までのいずれの漁期のCPUEも互いにほぼ同じ値を示し、また類似した年変化傾向を示している。しかし、それらと7—10月（又は11月）漁期とはCPUEの水準が大きく相違している。

Table 14. Catch-per-unit-effort (t/hour) by fishing period for yellowfin sole by Japanese pair trawlers in the eastern Bering Sea, 1969-1983.

Year	Fishing Period					
	Oct.-Jan.	Nov.-Mar.	Oct.-Dec.	Sep.-Nov.	July-Oct.	July-Nov.
1969						
1969/70	8.04*	7.41				
1970						
1970/71	12.56*	14.49				
1971			9.22			
1971/72	8.80	6.94				
1972			9.60			
1972/73	9.79	11.81				
1973			18.20			
1973/74	14.94	13.60				
1974			37.21			
1974/75	40.66	38.73				
1975			45.71			
1975/76	44.52	40.00				
1976			43.70	40.27		
1976/77	41.72	39.37**				
1977			58.91	52.47		
1977/78	59.52					
1978			50.80	47.37	35.51	36.83
1978/79	49.56					
1979			58.96***	67.31	37.07	38.23
1980				76.89****	32.98	32.98*****
1981			43.22***	44.68	26.05	27.13
1982			41.73***	34.10	19.32	21.04
1983			22.15***	20.01	18.18	18.39

* Nov.-Jan. ** Nov.-Feb. *** Oct.-Nov. **** Sept.-Oct. ***** July-Oct.

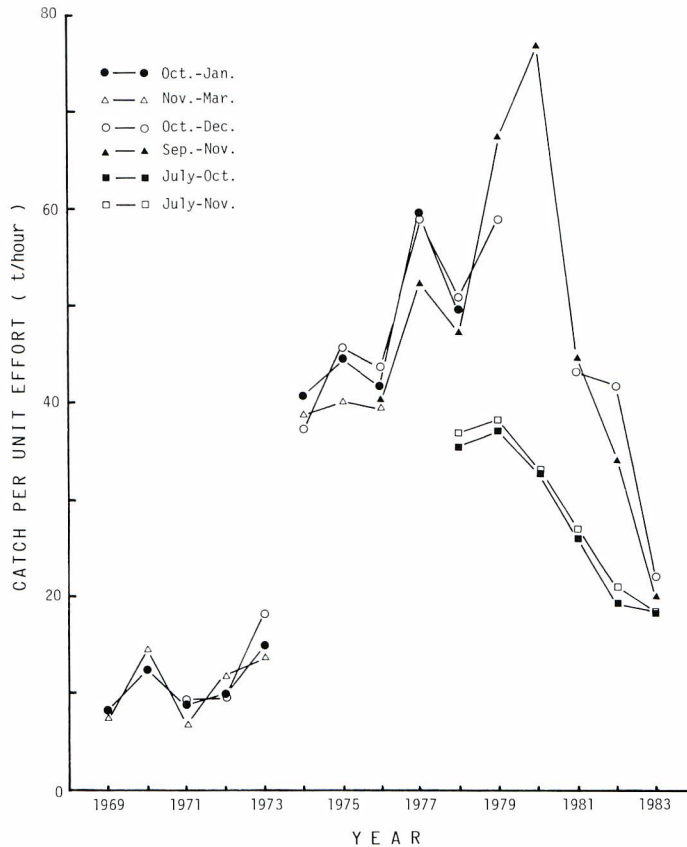


Fig. 45. Annual changes of yellowfin sole catch per unit effort of Japanese pair trawlers by fishing period in the eastern Bering Sea. Fishing techniques were changed substantially between 1973 and 1974.

操業技術にあまり変化がなかったと考えられる 1974 年以降の CPUE は、1979 年又は 1980 年まで急激に上昇し、後述の資源量推定値と類似した変化を示した。しかし、それ以降 CPUE は急激に低下して、1983 年には 1974 年以降の最低を記録しており、1979 年以降も上昇傾向を示した資源量推定値とは異なった変化を示している。近年における資源量の動向とこの CPUE の低下については後に論議する。

2. 面積密度法による資源量の推定

面積密度法（掃過面積法，area-swept法）は、単位ひき網面積当たり漁獲量データと水域面積値とから資源量を推定する手法である。面積密度法には商業漁獲資料を用いる方法と調査船漁獲資料を用いる方法とがある。東部ベーリング海のコガネガレイについては、漁獲統計が利用できるようになった 1963 年以降商業船の操業域が分布域の一部にすぎないことから、商業漁獲資料に基づく精度の高い資源量推

定値は期待できない。そこで、調査船漁獲資料を用いて解析を行った。

遠洋水産研究所は、1966年以降1978年まで、1972年を除いて毎年5—8月の期間にトロール定点調査を実施してきた。しかし、定点数が約60~150点と少なく、調査の主目的が若齢オヒョウの分布を明らかにすることにあったため、調査水域は必ずしも本種の主分布域をカバーしたものではなかった(図3参照)。しかし、1979年には東部ベーリング海において、これまでにおける最大規模のトロール定点調査が日米共同で実施され、1981、1982年にも、多少規模を縮小して続けられている。

ここでは、着底トロールひき網調査資料を用いた面積密度法について、1979年の調査を中心に記述する。

2.1 調査設計

日米共同調査水域は、コガネガレイを含む主要底魚類の分布域をほぼカバーするように、北緯63°以南の米国水域のうち、水深10尋(18m)から600尋(1,100m)の範囲とした。このうち、日本は20尋(37m)以深の水域を調査した(図46)。なお、用いた海図に従って尋を水深単位として用いた。水深20尋から400尋(730m)の水域については、日本と米国が入り会って調査し、その共通水域における資源量推定値の比較から、日米の調査船の相対的漁獲効率が求められるように考慮した。

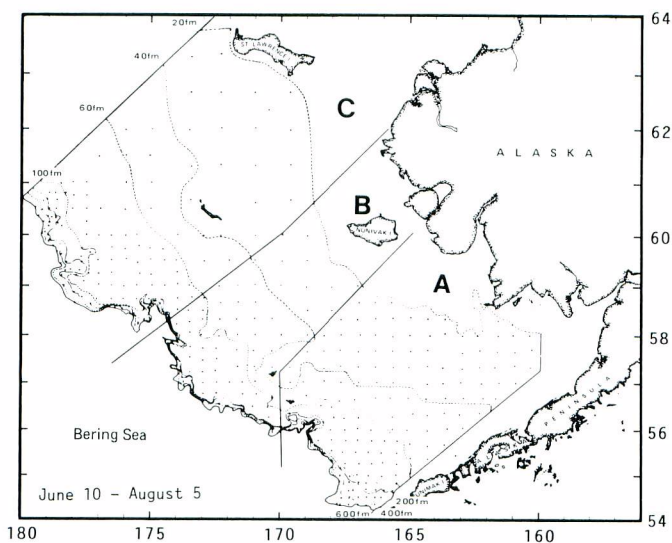


Fig. 46. Stations and strata of Japanese trawl survey for Japan-U.S. joint survey in 1979 in the eastern Bering Sea. (From WAKABAYASHI *et al.*, 1985)

魚種分布は、地理的位置や水深によって大きく変化することから、日本側の調査水域は過去の調査で得られた知見をもとに、3水域6水深帯合計18の階層に区分し、更に、単位ひき網面積当たり漁獲量の変異係数を参考にして階層毎に定点密度を変化させ(図46)、調査の効率化をはかった(池田, 1978)。各階層内の調査定点は、計画的な定点の消化と調査実施の容易さを考慮し、格子状に配置した。

米国は、従来独自の階層区分に従って調査を実施しており、資料の一貫性を保つ目的で1979年にもその階層区分を用いた(図47)。このため、日米の調査結果の比較や両者のひき網資料を合わせた分析を行

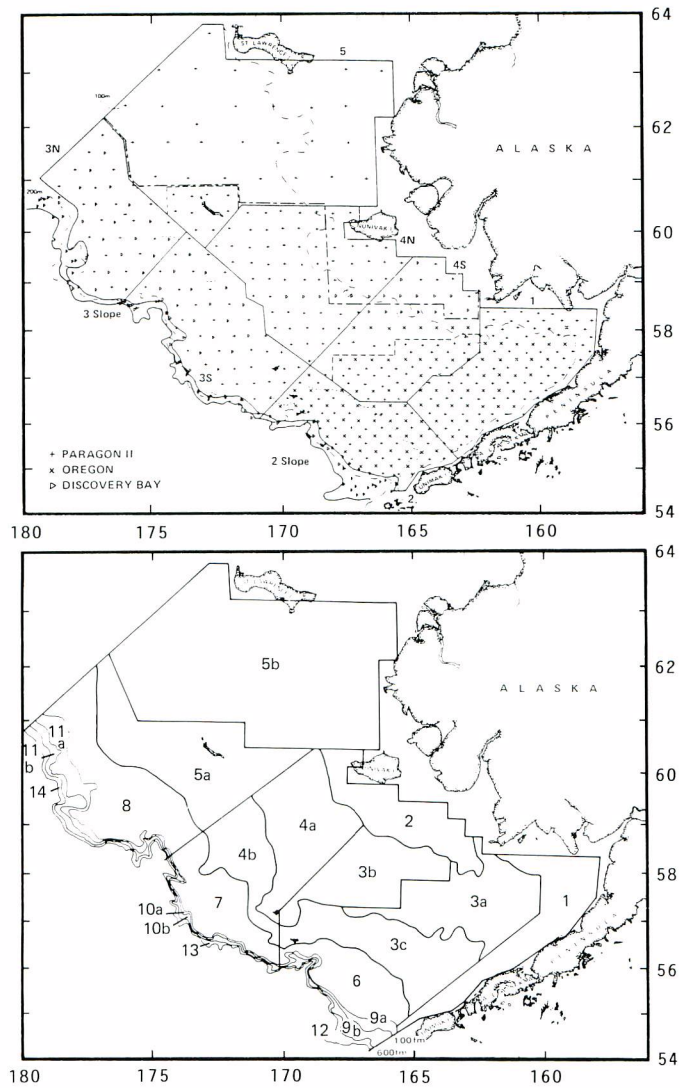


Fig. 47. Stations and strata of U.S. trawl survey for Japan-U.S. joint survey in 1979 (upper panel) and strata for joint data analysis (lower panel). (From WAKABAYASHI *et al.*, 1985) Strata 2 and 5b were not surveyed in 1981.

うには、共通の階層を設けることが必要となった。この調査水域の再階層区分には、得られる推定値の偏りを避けるために、各々の階層内の定点分布が均一となるように努めた (図 47)。

1981年及び1982年には、調査をより効率的とするため、米国が大陸棚上を、日本が大陸斜面域を担当して実施し、両者の漁獲効率の比較は、同時並行操業によって行った。

2.2 トロール漁具の特性値の推定

2.2.1 漁獲効率

トロール網の袖先間がひき網中に掃過する領域をひき網水域とし、ひき網水域中に分布する個体の総重量に対する入網個体の割合を漁獲効率(vulnerability)とよぶこととする。トロール網の漁獲効率を推定する方法として、交互追尾操業法(ATA法)、反復操業法、標識法、直接観察法等がある。反復操業法や標識法は、魚類等移動性の強い対象種には不適当と考えられる。直接観察法も濁度が高い北洋水域における比較的大型の漁具を用いたひき網には適用が困難である。

ATA法は、2隻のトロール船の先行一後行関係を交代させた一対の操業で得られる漁獲量の相互関係から、それぞれの漁具の漁獲効率を推定する方法である(池田, 1979)。ATA法では2隻のひき網水域が完全に重なるか(同一規模の場合)、あるいは小漁具のひき網水域が大漁具のひき網水域に完全に含まれるという条件が満たされることが必須である。

1979年の調査時に日米船によるATA試験を実施したが、ひき網水域を重ね合わせることが困難であったことから、漁獲効率の推定値を得ることができなかった。このため、漁獲効率は1、すなわち、ひき網水域内の全個体を漁獲したと仮定した。

2.2.2 資料の標準化

1979年の日米共同調査には2隻の日本船及び3隻の米国船が参加した。得られた漁獲データを同一基準で扱うためには、相対的な漁獲効率を求めておく必要がある。日本船間の相対的な漁獲効率は、12回の同時並行操業で得られた漁獲量を用いて以下のように推定した。即ち、各ひき網で得た単位ひき網面積当たり漁獲量(CPUE)比の常用対数を取り、その平均値(m)と分散から $m=1$ の帰無仮説を t 検定した。検定の結果 $m=1$ が棄却されたので、日本船間の漁獲効率は相違するとみなし、 m の真数0.959を漁獲効率比とした。米国船間については、A、B及びB、C船によるそれぞれの共通調査水域における入り会い操業で得た約40づつのCPUEを用いてGEISSER and EDDYの方法(1979)により統計的検定を行った。検定の結果いずれの船のCPUE間にも有意差が検出されなかったため、米国船の相対的な漁獲効率はすべて等しいとみなした。

日米の調査船間の相対的な漁獲効率は、入り会い操業で得たそれぞれ276及び472のCPUEを用いて以下のように推定した。まず、相対的な漁獲効率の相違する日本船について、漁獲効率比0.959を用いてCPUEを規準船に標準化する。次いで、後述の解析法に従って日米それぞれのCPUEに基づく資源重量(B_j 及び B_{us})とその分散(V_j 及び V_{us})を求め、統計量 $(B_j - B_{us}) / \sqrt{V_j + V_{us}}$ を用いて $B_j = B_{us}$ の帰無仮説を t 検定する。得られた B_j 及び B_{us} とその95%信頼限界はそれぞれ1,281,700±199,800トン及び1,308,100±196,000トンで、検定の結果帰無仮説は棄却されなかった。従って、日本の規準船と米国船間の相対的な漁獲効率は等しいとみなした。

2.2.3 ひき網水域面積

トロール漁具のひき網水域面積(掃過面積)は、ロランCによるひき網距離測定値と袖先間隔推定値の積として求めた。袖先間隔は小山(1974)に従い、トロールワープ走出角度をもとに算出した。この際には、1) トロールワープが両舷側にそれぞれ等角度で走出し、オッターボードまで直線状に延びている、2) ハンドロープと網ペンネットが直線をなし、その延長線の交点が網のコッドエンド前端にある、と仮定した。

この仮定が満たされない場合には、推定値は偏りをもつことになる。そこで、推定値の妥当性をチェックするため、網口高さ測定用のネットモニターを片袖網先端に設置し、もう一方の袖網からの音波反射をとらえて袖先間隔の直接測定を試みた。機器の故障のため7回の測定結果が得られたのみであったが、

測定値の平均 32.7 m に対し、小山法による推定値は 28.5 m であった。このことは、上記の仮定が満たされていなかった可能性を示すものと考えられる。

得られた袖先間隔推定値（異常と思われる値を削除）と水深の関係を図 48 に示した。袖先間隔は水深とともに急激に大きくなるが、100 m を越えると伸びは緩やかとなり、200 m 以深では一定ないしわずかに減少する傾向を示した。

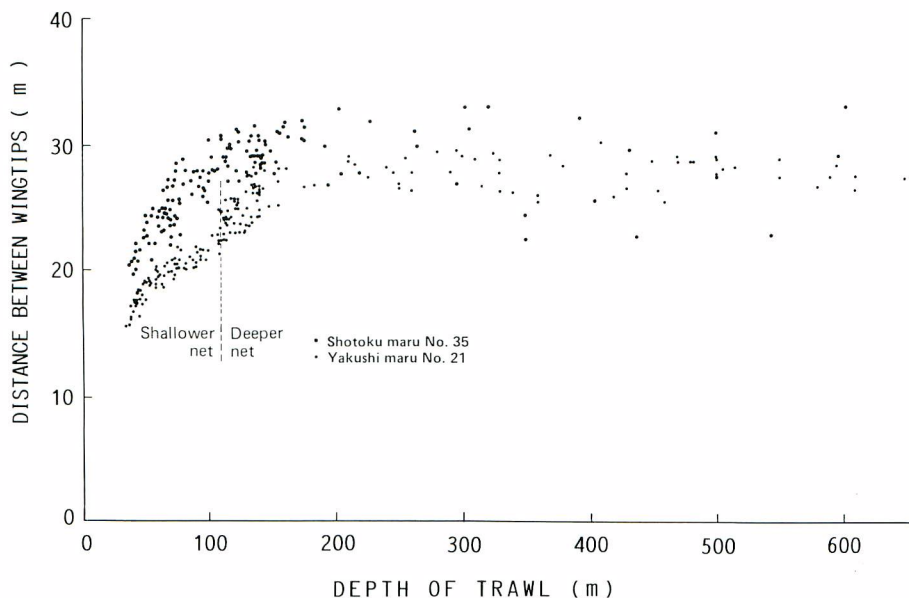


Fig. 48. Relationship between depth of trawl and distance between wingtips of trawl, obtained during Japanese survey in 1979 in the eastern Bering Sea. (From WAKABAYASHI *et al.*, 1985)

2.3 漁獲資料解析法

各定点で得られた魚種別漁獲重量は、相対的な漁獲効率を用い、単位ひき網面積当たりに標準化した後、階層内平均値を求め、階層面積値を用いて ALVERSON and PEREYRA (1969) に従って資源重量を推定した。計算手順を、WAKABAYASHI *et al.* (1985) に従って以下に記述する。

各定点における単位掃過面積当たり標準化漁獲重量 ($CPUE_{ijk}$) とその階層内平均値 (\overline{CPUE}_{ik}) 及び平均値の分散の推定値 ($\text{Var } \overline{CPUE}_{ik}$) は、

$$CPUE_{ijk} = W_{ijk} / (D_{ij} \cdot F_{qk} \cdot P_{ij})$$

$$\overline{CPUE}_{ik} = \sum_{j=1}^{n_i} CPUE_{ijk} / n_i$$

$$\text{Var } \overline{CPUE}_{ik} = \sum_{j=1}^{n_i} (CPUE_{ijk} - \overline{CPUE}_{ik})^2 / (n_i (n_i - 1))$$

ここで、 W_{ijk} は*i*階層内の*j*定点における*k*魚種の漁獲重量、 D_{ij} はひき網距離、 F_{qk} は標準漁具に対する*q*漁具の*k*魚種に対する相対的な漁獲効率、 P_{ij} は袖先間隔、 n_i は定点数である。各階層に対する資源重量(\hat{B}_{ik})とその分散 ($\text{Var } \hat{B}_{ik}$)、全調査水域に対する資源重量 (\hat{B}_k) 及び \hat{B}_k の信頼限界は、

$$\hat{B}_{ik} = A_i \cdot \overline{CPUE}_{ik}$$

$$\text{Var } \hat{B}_{ik} = A_i^2 \cdot \text{Var } \overline{CPUE}_{ik}$$

$$\hat{B}_k = \sum \hat{B}_{ik}$$

$$\hat{B}_k \pm t(\alpha, n_e) \sqrt{\sum \text{Var } \hat{B}_{ik}}$$

ここで、 A_i は階層面積、 $t(\alpha, n_e)$ は危険率 α 、自由度 n_e に対する*t*値で、 n_e は以下の式で近似的に推定される (COCHRAN, 1977)。

$$n_e = \left(\sum_i f_i \text{Var } CPUE_{ijk} \right)^2 / \sum_i \left(f_i^2 (\text{Var } CPUE_{ijk})^2 / (n_i - 1) \right)$$

但し、

$$f_i = N_i (N_i - n_i) / n_i$$

$$N_i = A_i / \sum_j D_{ij} \cdot P_{ij} / n_i$$

ここで、 $\text{Var } CPUE_{ijk}$ は $CPUE_{ijk}$ の階層内分散である。

重量から尾数への換算は、各定点における1尾当たり平均重量 w_{ijk} を用いて行い、単位掃過面積当たり標準化漁獲尾数 (S_{ijk})、階層内資源尾数 (\hat{P}_{ik}) 及び全調査水域に対する資源尾数 (\hat{P}_k) を以下の式から求めた。

$$S_{ijk} = CPUE_{ijk} / w_{ijk}$$

$$\hat{P}_{ik} = A_i \sum_{j=1}^{n_i} S_{ijk} / n_i$$

$$\hat{P}_k = \sum_i \hat{P}_{ik}$$

2.4 資源重量推定値

1966—1978年の日本の調査、1979—1982年の日米共同調査、1975—1983年の米国調査で得られた資源重量推定値とその抽出誤差率(%)を表15に示した。抽出誤差率は資源重量の標準誤差と*t*値の積を資源重量点推定値で割った値であり、資源重量推定値の精度 (precision) を測る目安となる。ここに示す資源重量及びその抽出誤差率は、トロール漁具によって調査水域から得た漁獲標本に基づく推定値であり、種々の要因による真の値からの偏りを持つ可能性があることに留意する必要がある。即ち、漁獲効率は不明のため、1と仮定している。また、1966—1971年の日本の調査水域は、1979年の日米共同調査水域のうちコガネガレイが分布した階層を合計した面積の66%—77%であり、資源重量推定値は相対的に過少である。1974—1978年の日本の調査も主分布域の一部をカバーしているにすぎず、また、調査が長期にわたって実施されたことによる誤差を含んでいる可能性がある。1978年以前、1980年及び1981年の

Table 15. Biomass estimates and their sampling errors for yellowfin sole, obtained from trawl surveys in the eastern Bering Sea, 1966-1983.*

	Japanese Survey		Japan-U.S. Joint Survey		U.S. Survey****	
	B**	e***	B	e	B	e
1966	342,300	27.1				
1967	323,800	21.5				
1968	473,500	20.3				
1969	447,900	17.3				
1970	494,500	22.1				
1971	316,100	21.8				
1973	1,599,400	133.0				
1974	488,800	61.7				
1975	736,200	37.9			1,038,400	16.2
1976	617,100	69.8			1,192,600	44.5
1977	228,700	91.2				
1978	448,700	37.1			1,523,400	27.6
1979	1,409,600	15.8	1,979,200	10.1	1,932,600	13.6
1980					1,965,900	12.7
1981			2,112,900	13.4	2,039,900	12.2
1982			3,785,900	18.1	3,322,500	19.5
1983					3,951,500	12.5

* Survey areas are different by survey and year (See Figs. 3 and 47)

** Biomass estimate in tons.

*** Sampling error in %. The confidence interval of biomass estimate is shown as $B \pm (B \cdot e/100)$.

**** BAKKALA and WESPESTAD (1984)

米国調査も、1979年の調査水域のうち北方の一部水域を含んでいない。

2.5 考察

トロール定点調査は一種の標本調査であり、調査水域を階層化し、階層内で格子状に配置した定点から得られる漁獲量を層化系統抽出標本とみなして母集団である資源量を推定した。系統抽出法は、定点をランダムに配置する無作為抽出法に対して、定点の配置及び調査の遂行が容易であり、定点が一様に分布することによってより正確な推定結果が得られる可能性のある反面、標本（各定点から得られる漁獲量データ）に偏りを含む可能性があり、また、標本平均の標準誤差を推定する信頼しう方法のない欠点をもつ (COCHRAN, 1977)。MILNE (1959) は、標本に偏りをもたらず可能性のある母集団の周期的な変動は自然界では起こり得ず、もし起こっても周期性がほぼ完全である場合以外には偏りをもたらず危険性は少ないことを示した。また、調査水域を等面積の正方形に区分し、その中央に定点を設けるような系統抽出法 (centric systematic area sampling) による標本は、無作為標本とみなして平均値や

標準誤差を計算しうることを示している。

トロールひき網調査から得られる漁獲資料を用いた面積密度法による資源量推定値は、以下に示す限定された条件と種々の仮定のもとに得られている。

- 1) 調査水域内の魚群のみを対象、
- 2) トロール漁具はひき網水域内に分布する個体のみを漁獲し、また、その全個体を採捕、
- 3) 魚群は調査期間中不動又はランダムにのみ移動する。

漁具や魚群の行動がこの仮定を満たさない場合には、推定値は偏りを持つことになる。以下に資源量推定値の精度に影響する要因について検討する。

分布は調査水域外特にプリストル湾奥部やクスコクウィム浅海域にも及んでおり、得られた推定値は、東部ベーリング海のコガネグレイトイ个体群に対しては過少である。魚探記録によれば、夜間には離底する個体も多いが、昼間は着底している。調査は昼間を中心に実施されたし、トロール網の網口高さは魚群の分布層より充分高いから、トロール網口高さに起因する過少推定はほとんどないと考えられる。

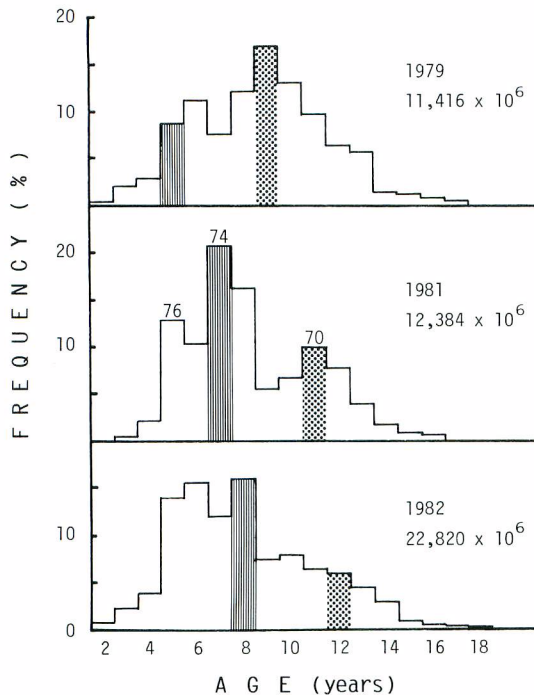


Fig. 49. Age compositions of yellowfin sole population estimated by Japan-U.S. joint trawl surveys in 1979, 1981, and 1982 in the eastern Bering Sea. Total population estimates in number are shown.

日米共同調査で得られた資源の年齢組成をみると、4歳以下の若齢魚が極端に少なく、モードは6歳以上にある(図49)。これからみて、若齢魚の資源尾数は明らかに過少推定である。図13に示したように、若齢魚が主に分布する沿岸浅海域に調査が及ばなかったこと、トロール網の網目及び網と海底の間から若齢魚が脱落または逸出したことがその原因にあげられる。

日本の調査トロール網とグランドロープの間には約15cmの隙間があり、また、グランドロープと海底のわずかな空間から相当数の個体が逸出するとの潜水観察例(和田, 1976より)等から、中・高齢魚についてもひき網水域内の全個体を漁獲したとは考えられない。一方、手網(網付ペンネットを含む)やオッターボードがひき網水域内へ魚群を駆集する効果を持つ場合には、実質的な漁獲効率は高くなり、1を越える可能性もある。ただ、和田(1976)は、カレイ類について、手網を使用せずにオッターボードと袖網を直結した漁具と手網を使用した漁具とで漁獲にはほとんど差がなかった例を報告している。また、多くの魚種では手網やグランドロープが直接個体に接

触してはじめて反応することも多く、砂泥中に潜伏する性質のある魚種では手綱が魚体上を素通りすることが多いこと、運動性の低い、着底性の強い魚種に対しては現在のトロールの常用速度(3.5~4.0 ノット)が速すぎて手綱の駆集効果あまり期待できないことを総論的に報告している。

1979年の日本調査船のひき網速度は約4.0~4.5ノットと速く、手綱の駆集効果は、あったとしても小さかったと推定される。また、前述のように日本のトロール網と海底の間の隙間が広がったことから考えれば、漁獲効率はやはり1を下まわったと推定される。したがって、1979年に得られた資源重量約198万トンは過少推定値といえる。

1980—1983年における大陸棚上の調査は米国のみで実施された。1979年に日・米の調査船が使用した漁具の相対的な漁獲効率がほぼ等しかったことから、同一漁具を用いて得られた1980、1981年の資源量推定値197万トン及び204万トンも過少であると考えられる。しかし、1982年には、米国のトロール漁具に使用する手綱の一部チェーンを使用するようになり、また、長さも長くなって、漁具の着底性が向上したことが確認されている(BAKKALA and WESPESTAD, 1984)。1982及び1983年における資源量推定値は1979—1981年の約200万トンから約2倍の379万トン及び395万トンに増大した。短期間におけるこのような資源量の大幅な増大は起こりえず、トロール網の着底性の向上による漁獲効率の上昇が主因となっていると考えられる。すなわち、トロール網とグランドロープ間の隙間はほとんどなく、また、米国船のひき網速度は、多くの場合2.0—3.0ノットと低速であり、漁具の着底性が向上した1982—1983年には手綱による駆集効果もあった可能性がある。したがって漁獲効率は1979—1981年より1に近づき、また、駆集効果を考慮に入れた実質的な漁獲効率は更に1に近づいたか、1を越えた可能性もある。しかし、これまでの情報からは、1982及び1983年の資源量推定値が過少であるかあるいは過大であるか判断できなかった。

標本調査法に従って設計されたトロール調査によって資源量推定値やその信頼区間が得られる。しかしながら、得られた推定値には種々の要因による真の値からの偏りを含んでいることを常に念頭に置く必要がある。特に、トロール網の漁獲効率は、資源量を推定する場合に不可欠の要素であり、また、駆集効果とともに推定値に偏りをもたらす最大の要素であるので、その推定に向けて更に努力する必要がある。

3. コホート解析法による資源量の推定

コホート解析法は、BEVERTON and HOLTの漁獲方程式と生残方程式を用い、自然死亡係数(M)を与えて各年級群の各年齢時における資源尾数及び漁獲死亡係数(F)を、逐次くり返し法や近似式を用いて求める解析法である。コガネガレイ漁業では漁具・漁法が経年的に変化し、かつ、漁期・漁場も変化している。このため、 $CPUE$ が資源量の変化を正確に反映せず、有効漁獲努力量の推定が困難であった。こうしたことから、漁獲努力量を必要としないコホート解析法を用いて資源量を経年的に求め、更に、年齢別の F 値から加入当たり収量解析に必要な加入割合を推定した。解析には、POPE(1982)の近似式を用いた。POPEの式は、

$$N_t = N_{t+1} \cdot \exp(M) + C_t \cdot \exp(M/2)$$

$$F_t = \ln(N_t / N_{t+1}) - M$$

ここで、 N_t はある年級群の t 歳時の尾数、 C_t は漁獲尾数である。各年級群の端末(最高)年齢 T における N_T 又は F_T を与えれば、 N_t 及び F_t は順次若齢にさかのぼって求められる。

3.1 入力データ

MURPHY (1965) によれば、コホート解析法を用いるためには、1) ストックが分離されており、その各々のストックから、2) 年別年齢別漁獲尾数、3) M の値、4) 各年級群の F_T の値、の入力データが必要である。東部ベーリング海のコガネガレイは、前述のように単一のストックを構成していると推定されており、以下に入力データについて述べる。

3.1.1 年別年齢別漁獲尾数

計算に使用した年別年齢別の漁獲尾数を表 16 に示した。1975 年までのデータは WAKABAYASHI *et al.* (1977) に、1976—1979 年のデータは BAKKALA and WESPESTAD (1981) に示されたものである。

3.1.2 自然死亡係数

ALVERSON and CARNEY (1975) によれば、成長係数 K 、ある年級群が最大資源量に達する年齢 t_{mB} 及び M との間に次の関係が成り立つ。

$$t_{mB} = (1/K) \cdot \ln((M + 3K)/M)$$

また、最高年齢 t_h と t_{mB} の間に次の関係がある。

$$t_{mB} = 0.38 t_h$$

コガネガレイの t_h はデータの得られる全年度について求めると約 20 歳となる。また、 K の値は、1965 年から 1975 年までに得られた年齢—体長データに基づけば、0.113 であった。この値を前述の式に代入して得られる M の値は 0.25 となる。

PAULY (1980) は、84 魚種 175 群について、既往の M と K 、極限体長 (L_∞ : cm) 及び年間平均環境水温 (T : °C) が以下の重回帰式によく当てはまることを示した。

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_\infty + 0.6543 \log K + 0.4634 \log T$$

コガネガレイについて得られた $K = 0.105, 0.121, L_\infty = 41.6, 42.1, T = 3 \sim 6$ を前記の式に当てはめて得られる M は 0.13—0.20 の範囲であった。

田内 (1956) は、 M が寿命の逆数に比例するとし、田中 (1960) はこの考えの妥当性を既往の資料を用いて確かめた。田中が示した寿命と M の関係図に、コガネガレイの寿命約 20 歳を当てはめて得られる M は約 0.13 となる。

GUNDERSON (1980) は、生殖腺熟度指数、 GSI (個体重量に対する成熟卵巣重量の割合) と M の間に強い正比例関係を認めており、コガネガレイで得られた GSI 0.11 を当てはめれば、約 0.15 の M が得られる。

このように、東部ベーリングにおける M について 0.13 から 0.25 までの値が得られた。FADEEV (1970 a) は、本格的開発以前の 1958 年の漁獲物年齢組成から、 M を 0.26 と推定し、また、1960 年代前期の資料を用いて 0.16 と推定した。BAKKALA and WESPESTAD (1982) は、漁獲効率 (q) と M を同時に変化させ、年齢別漁獲尾数を漁獲努力量に最小自乗法を用いて当てはめる方法 (BLEDSOE and LYNDE, 1982) から、 M の最尤値として 0.12 を得ている。

M の値としていずれの推定値が妥当であるか判断できないので、以後の計算には 0.12, 0.20, 0.25 を使い、全年度、全年齢について等しいと仮定して計算を行った。

3.1.3 端末年における漁獲死亡係数

漁獲物年齢組成データの利用できた最終年である 1979 年には、コガネガレイの分布域を広く覆って日

Table 16. Catch at age (10^3 individuals) by year for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, used for cohort analysis.

Age/Year	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
3	11,670	1	5	87	0	1	0	0
4	19,719	91	35	87	238	1,044	297	191
5	50,361	1,589	811	13,825	1,362	8,368	14,055	25,465
6	133,465	5,639	14,581	38,052	28,933	6,928	68,609	164,834
7	233,560	44,353	43,837	99,397	30,452	96,990	100,576	103,299
8	55,571	88,834	98,842	147,145	68,903	95,491	116,391	102,128
9	62,969	22,124	156,105	161,736	77,131	173,961	33,464	104,085
10	66,999	28,150	35,307	210,406	77,338	162,683	54,684	26,949
11	46,276	31,096	36,809	29,106	66,943	148,507	75,496	48,856
12	14,672	20,079	38,613	24,404	20,036	77,383	46,522	44,423
13	5,939	6,183	22,385	30,627	11,411	25,165	53,240	48,938
14	1,152	2,128	6,720	19,691	9,849	9,272	3,491	39,449
15	259	323	1,931	7,237	6,685	6,035	2,338	1,608
16	0	261	527	1,181	3,815	8,041	0	0
17	0	0	0	0	2,517	1,797	0	0
Total	702,612	250,851	456,508	782,981	405,613	821,666	569,163	710,225

Age/Year	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
3	81	0	0	0	0	0	0	42
4	3,862	2,726	532	502	26	380	1,560	541
5	32,756	14,271	8,449	2,896	4,467	3,522	12,731	6,163
6	66,426	90,269	29,533	24,722	15,246	9,579	14,104	23,194
7	22,441	87,217	69,979	42,327	24,883	18,651	66,837	20,654
8	38,100	59,428	47,770	112,219	28,649	42,546	131,678	49,428
9	25,019	38,652	20,364	84,126	80,128	35,679	113,767	89,613
10	21,883	39,892	21,748	33,731	55,635	70,548	97,791	82,950
11	13,816	37,661	12,317	13,410	25,714	48,273	104,344	61,255
12	10,807	28,503	12,009	16,042	8,311	15,812	38,879	45,056
13	7,032	13,667	8,242	10,862	8,286	4,739	21,593	22,903
14	0	6,966	5,003	4,797	1,740	2,889	12,294	7,121
15	1,193	1,356	1,801	3,675	4,338	2,179	4,493	4,081
16	0	3,288	303	977	1,221	583	2,683	1,541
17	0	0	54	773	442	254	686	1,291
Total	243,416	423,896	238,104	351,059	259,086	255,634	623,440	415,833

* Data up to 1975 are from WAKABAYASHI *et al.* (1977).
 Data since 1976 are from BAKKALA and WESPESTAD (1981).

Table 17. Fishing mortality coefficient by age and year and recruit ratio by age for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, estimated by cohort analysis for 3 levels of natural mortality coefficient (M).

$M=0.12$

Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	Recruit ratio*
3	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
4	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
5	0.043	0.002	0.002	0.015	0.002	0.009	0.015	0.011	0.014	0.006	0.003	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.050
6	0.105	0.006	0.018	0.085	0.037	0.010	0.089	0.216	0.034	0.044	0.013	0.010	0.005	0.005	0.010	0.006	0.211
7	0.175	0.042	0.050	0.154	0.083	0.155	0.178	0.173	0.038	0.052	0.040	0.022	0.011	0.008	0.039	0.017	0.391
8	0.197	0.086	0.115	0.217	0.139	0.365	0.258	0.252	0.082	0.122	0.034	0.076	0.017	0.022	0.062	0.034	0.651
9	0.251	0.103	0.195	0.255	0.155	0.555	0.191	0.352	0.083	0.102	0.051	0.071	0.066	0.024	0.070	0.050	0.787
10	0.227	0.155	0.217	0.396	0.171	0.506	0.305	0.212	0.105	0.168	0.071	0.104	0.056	0.070	0.080	0.061	0.956
11	0.246	0.143	0.285	0.255	0.192	0.516	0.423	0.445	0.147	0.243	0.066	0.052	0.099	0.058	0.128	0.060	0.999
12	0.228	0.146	0.243	0.283	0.255	0.322	0.272	0.430	0.151	0.459	0.104	0.105	0.038	0.075	0.056	0.069	1.000
13	0.219	0.130	0.221	0.283	0.189	0.531	0.349	0.464	0.101	0.264	0.211	0.119	0.067	0.025	0.127	0.039	0.988
14	0.192	0.104	0.186	0.281	0.126	0.212	0.116	0.429	0.000	0.126	0.133	0.167	0.023	0.028	0.078	0.052	0.744
15	0.096	0.069	0.119	0.285	0.133	0.098	0.069	0.066	0.018	0.021	0.040	0.126	0.205	0.033	0.050	0.031	0.546
16	0.000	0.122	0.142	0.092	0.218	0.214	0.000	0.000	0.000	0.060	0.005	0.025	0.051	0.035	0.048	0.020	0.414
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.262	0.139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.016	0.013	0.012	0.049	0.027	0.198
\bar{F}^{**}	0.234	0.148	0.250	0.283	0.212	0.486	0.337	0.442	0.149	0.361	0.149	0.129	0.065	0.068	0.094	0.064	

$M=0.20$

Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	Recruit ratio*
3	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
4	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
5	0.023	0.001	0.001	0.009	0.001	0.005	0.009	0.007	0.009	0.004	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.043
6	0.056	0.003	0.010	0.043	0.024	0.006	0.055	0.138	0.022	0.030	0.009	0.008	0.004	0.004	0.009	0.006	0.209
7	0.104	0.024	0.030	0.090	0.044	0.106	0.116	0.109	0.025	0.035	0.029	0.017	0.009	0.007	0.036	0.016	0.392
8	0.106	0.052	0.067	0.135	0.083	0.189	0.180	0.166	0.053	0.085	0.024	0.059	0.014	0.020	0.060	0.034	0.633
9	0.162	0.056	0.122	0.150	0.097	0.311	0.093	0.242	0.055	0.070	0.038	0.055	0.055	0.022	0.067	0.052	0.794
10	0.158	0.101	0.119	0.240	0.099	0.305	0.151	0.101	0.073	0.118	0.051	0.082	0.047	0.062	0.076	0.064	0.988

11	0.160	0.102	0.186	0.136	0.111	0.281	0.226	0.195	0.069	0.173	0.048	0.040	0.083	0.052	0.124	0.063	1.000
12	0.140	0.096	0.178	0.181	0.130	0.182	0.133	0.202	0.060	0.198	0.076	0.082	0.032	0.067	0.054	0.072	0.973
13	0.141	0.081	0.148	0.255	0.121	0.241	0.184	0.201	0.044	0.100	0.080	0.092	0.055	0.023	0.122	0.040	0.922
14	0.083	0.068	0.118	0.188	0.100	0.136	0.047	0.201	0.000	0.056	0.048	0.061	0.019	0.025	0.075	0.054	0.692
15	0.029	0.018	0.082	0.180	0.090	0.082	0.046	0.028	0.008	0.009	0.018	0.046	0.072	0.030	0.048	0.032	0.461
16	0.000	0.037	0.024	0.066	0.136	0.149	0.000	0.000	0.000	0.028	0.003	0.012	0.019	0.012	0.047	0.021	0.284
17	0.000	0.000	0.007	0.000	0.195	0.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.007	0.005	0.018	0.023	0.164
\bar{F}^{**}	0.160	0.100	0.182	0.197	0.121	0.299	0.173	0.200	0.067	0.185	0.078	0.087	0.083	0.060	0.090	0.066	

 $M=0.25$

Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	Recruit ratio*
3	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
4	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006
5	0.017	0.001	0.000	0.007	0.001	0.004	0.006	0.005	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.040
6	0.045	0.003	0.009	0.031	0.018	0.004	0.039	0.103	0.016	0.023	0.008	0.006	0.004	0.004	0.008	0.005	0.184
7	0.085	0.020	0.026	0.079	0.032	0.080	0.086	0.080	0.019	0.028	0.024	0.014	0.008	0.006	0.034	0.016	0.362
8	0.080	0.044	0.060	0.118	0.076	0.142	0.138	0.125	0.040	0.068	0.020	0.051	0.012	0.018	0.058	0.034	0.621
9	0.126	0.044	0.108	0.138	0.088	0.296	0.071	0.186	0.043	0.055	0.031	0.047	0.049	0.020	0.066	0.054	0.807
10	0.128	0.080	0.096	0.220	0.095	0.287	0.149	0.079	0.057	0.093	0.042	0.070	0.041	0.058	0.075	0.066	0.974
11	0.116	0.085	0.151	0.113	0.106	0.284	0.221	0.205	0.056	0.138	0.040	0.034	0.074	0.048	0.121	0.064	1.000
12	0.087	0.071	0.152	0.149	0.111	0.182	0.142	0.206	0.067	0.165	0.063	0.070	0.028	0.062	0.052	0.074	0.965
13	0.053	0.050	0.111	0.183	0.101	0.211	0.194	0.230	0.0048	0.119	0.069	0.078	0.049	0.021	0.120	0.042	0.911
14	0.015	0.025	0.075	0.142	0.087	0.118	0.043	0.227	0.000	0.064	0.061	0.055	0.017	0.023	0.074	0.055	0.647
15	0.005	0.005	0.030	0.113	0.069	0.074	0.041	0.026	0.010	0.012	0.022	0.061	0.068	0.028	0.047	0.033	0.438
16	0.000	0.006	0.011	0.025	0.085	0.117	0.000	0.000	0.000	0.036	0.003	0.016	0.027	0.012	0.045	0.022	0.251
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.009	0.007	0.019	0.029	0.139
\bar{F}^{**}	0.123	0.079	0.151	0.161	0.106	0.289	0.176	0.217	0.060	0.141	0.064	0.063	0.048	0.056	0.120	0.068	

* Ratio of exploitable part in the population in number, showing age-specific selectivity by the fishery.

** Fishing mortality coefficient for fully recruited age groups.

Table 18. Population number (10^6) by age and year and population weight (10^8 t) by year for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, estimated by cohort analysis for 3 levels of natural mortality coefficient (M).

$M=0.12$

Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
3	726	1,219	1,701	1,233	1,310	3,072	3,268	3,422	3,856	4,296	3,008	2,164	(5,527)*	(6,551)	(6,386)	—**
4	1,102	635	1,082	950	1,093	1,162	2,725	2,899	3,035	3,420	3,812	2,667	1,920	(4,902)	(5,811)	(5,664)
5	1,268	959	563	959	842	970	1,030	2,416	2,571	2,688	3,031	3,379	2,365	1,702	(4,348)	(5,152)
6	1,420	1,077	849	499	838	746	852	900	2,119	2,249	2,371	2,680	2,994	2,094	1,507	(3,844)
7	1,544	1,134	950	739	406	716	655	691	643	1,817	1,910	2,075	2,354	2,641	1,848	1,323
8	330	1,149	964	801	562	332	543	486	516	549	1,529	1,628	1,800	2,064	2,325	1,576
9	301	240	936	762	572	434	204	372	335	421	431	1,311	1,338	1,570	1,791	1,938
10	350	208	192	683	523	435	221	150	232	273	337	363	1,084	1,111	1,359	1,481
11	226	247	158	137	408	391	232	144	107	185	205	279	290	909	919	1,113
12	76	157	190	105	94	298	207	135	82	82	129	170	235	233	761	717
13	32	54	120	132	70	65	192	140	78	63	46	103	136	200	192	638
14	7	23	42	85	88	52	34	120	78	62	43	33	81	113	173	150
15	3	5	18	31	57	69	37	27	69	69	49	33	25	70	97	142
16	2	2	4	14	21	44	55	31	22	60	60	42	26	18	60	82
17	2	2	2	3	12	15	32	49	27	17	50	53	36	22	15	51
<i>Pw</i> ***	665	718	811	807	743	748	645	621	686	916	1,143	1,448	1,774	2,053	2,205	2,609
<i>Ba</i> ****	357	421	517	565	534	547	454	426	398	503	638	836	1,067	1,340	1,636	1,870

$M=0.20$

Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
3	1,834	2,447	2,271	2,616	2,593	6,331	6,264	6,360	6,680	6,912	4,685	3,239	(8,259)*	(9,783)	(9,538)	—**
4	2,375	1,491	2,003	1,859	2,142	2,123	5,183	5,129	5,207	5,469	5,659	3,836	2,652	(6,762)	(8,009)	(7,809)
5	2,478	1,927	1,221	1,640	1,522	1,753	1,737	4,243	4,199	4,260	4,475	4,633	3,140	2,171	(5,536)	(6,556)
6	2,707	1,983	1,576	999	1,330	1,345	1,428	1,409	3,451	3,408	3,475	3,656	3,790	2,567	1,774	(4,521)
7	2,621	2,096	1,619	1,277	783	1,063	1,013	1,107	1,005	2,765	2,709	2,818	2,971	3,090	2,092	1,440
8	611	1,934	1,676	1,286	956	614	783	738	813	802	2,185	2,154	2,269	2,410	2,513	1,653
9	464	450	1,504	1,283	919	720	416	535	512	631	603	1,746	1,662	1,832	1,935	1,938
10	507	323	348	1,090	904	683	432	310	344	397	482	475	1,353	1,288	1,467	1,481

11	346	355	239	253	702	670	412	204	230	262	289	375	359	1,058	991	1,113
12	124	242	262	163	181	514	414	269	205	176	180	225	295	270	822	717
13	50	88	180	180	111	130	351	297	180	158	118	137	170	234	207	638
14	12	36	67	127	114	81	84	239	199	141	117	89	102	132	187	150
15	10	16	27	48	86	84	58	65	160	163	109	91	69	82	105	142
16	8	8	20	21	33	64	64	45	52	130	132	88	71	52	65	82
17	6	6	6	25	16	24	45	52	37	43	103	108	71	57	42	51
<i>Pw</i> ***	1,122	1,232	1,351	1,388	1,244	1,227	1,111	1,069	1,205	1,484	1,730	2,012	2,273	2,436	2,496	2,711
<i>Ba</i> ****	594	713	858	944	913	924	814	772	752	873	1,015	1,205	1,410	1,630	1,829	1,942

 $M=0.25$

Age	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
3	3,051	3,968	3,778	4,325	4,081	10,050	9,481	9,390	9,424	9,307	6,119	4,121	(10,518)*(12,463)	(12,147)	—**	
4	3,191	2,366	3,090	2,943	3,368	3,178	7,827	7,384	7,313	7,340	7,248	4,766	3,209	(8,192)	(9,706)	(9,460)
5	3,318	2,468	1,842	2,407	2,292	2,623	2,474	6,095	5,750	5,692	5,714	5,644	3,711	2,499	(6,379)	(7,558)
6	3,404	2,540	1,920	1,434	1,862	1,784	2,035	1,914	4,724	4,449	4,420	4,442	4,393	2,886	1,943	(4,957)
7	3,239	2,533	1,973	1,483	1,083	1,425	1,383	1,525	1,345	3,621	3,385	3,416	3,438	3,408	2,239	1,501
8	817	2,316	1,934	1,498	1,067	817	1,024	988	1,096	1,028	2,743	2,575	2,623	2,655	2,638	1,685
9	604	587	1,726	1,419	1,037	770	552	695	680	820	748	2,094	1,906	2,018	2,031	1,938
10	632	415	437	1,206	962	739	446	400	449	507	605	565	1,557	1,414	1,540	1,481
11	480	433	299	309	754	681	432	299	288	331	360	452	410	1,163	1,039	1,113
12	200	333	310	200	215	528	399	270	190	212	224	269	340	297	863	717
13	130	143	242	207	134	150	343	270	171	138	140	164	196	257	217	638
14	90	96	106	168	134	94	95	220	167	127	96	102	118	145	196	150
15	60	69	73	76	114	96	65	71	137	130	93	70	75	90	110	142
16	45	46	54	55	53	83	69	49	54	105	100	71	51	55	69	82
17	35	35	36	41	42	38	57	54	38	42	79	78	54	39	42	51
<i>Pw</i> ***	1,557	1,620	1,670	1,595	1,473	1,430	1,308	1,262	1,473	1,802	2,074	2,361	2,592	2,675	2,633	2,760
<i>Ba</i> ****	936	965	1,078	1,116	1,053	1,028	898	854	846	984	1,151	1,368	1,575	1,768	1,914	1,946

* Provisional estimates in parentheses.

** Unknown.

*** Total population in weight of age 6 and older fish.

**** Exploitable population in weight, $Ba = P_t \cdot r_t \cdot BW_t$, where P is population in number, t is age, r is recruit ratio from Table 17, and BW is average body-weight.

米共同トロール調査が実施され、年齢別資源尾数が推定された (BAKKALA *et al.*, 1985) ので、これを 1979 年を端末年とする年級群の N_T とした。しかし、トロール調査による資源尾数推定値はトロール網の網目選択性及び若齢魚が調査の及ばない浅海域にも多く生息することから若齢部で相対的に過少となる。そこで、8 歳魚以下の資源尾数は以下に示す方法で推定して用いた。すなわち、1979 年の 9 歳魚の資源尾数からコホート解析によって 1978 年の 8 歳魚の資源尾数を算出する。この値と BAKKALA and WESPESTAD (1981) に示された 1978, 1979 両年の 8 歳魚の相対豊度から 1979 年の 8 歳魚の資源尾数を推定する。この値を用いてコホート解析を行い、同様にして順次若齢部の資源尾数を算出した。

1979 年の N_T から求めた年齢別 F_T は、12 歳以後年齢とともに低下している。そこで、1978 年以前の各年の F_T は、1979 年の 17 歳群 (1962 年級) のコホート解析で得られた各年の F_t (t は年齢) と 1979 年の年齢別 F_T に対する 17 歳群の F_T の比 (f_t) の積、 $F_t \cdot f_t$ とした。次いで、同一年における前後の年齢に対する F の中間の値が得られるように F_T を調整した。

3.2 漁獲死亡係数推定値及び加入割合

前述したそれぞれの M を用いて得た年別年齢別 F 値を表 17 に示した。同一年の F 値は 10 ないしは 13 歳までは年齢とともに増加し、それより高齢では減少する傾向を示す。各年において F が最大に達する前後の年齢について平均した F の値を完全加入年齢に対する値 (\bar{F}) として表の最下段に掲げた。同一年の \bar{F} の値は M の値が小さい程大きく推定されている。また、1972 年以降の \bar{F} の値は、1971 年以前の値より一般に小さくなっている。

年別に \bar{F} と M から完全加入年齢に対する漁獲率を求めて各年齢の漁獲率との比をとり、その年齢別平均値を加入割合 (r_t) として表 17 の右端に示した。 r_t の値は、現存資源尾数に対する漁獲対象資源尾数の平均的割合を示す値で、いずれの M についてもほぼ同一の値が得られた。 r_t は 5 歳から急激に増加し、10 歳でほぼ 1 に達し、14 歳以後急速に減少する。この r_t の年齢に伴う変化は、コガネガレイが体長別に集群する傾向をもち、漁業が、量的に多くかつ価格の高い 10~13 歳を中心とする中型魚を主体に漁獲したことを反映したものであろう。即ち、 r_t は、漁業による年齢依存選択性 (age-specific selectivity) を反映した値である。

3.3 資源尾数及び資源重量推定値

それぞれの M に対する年別年齢別資源尾数推定値を表 18 に掲げた。年齢別平均体重値を用いて計算した 6 歳以上の資源重量 (Pw) 及び r_t を当てはめて計算した漁獲対象資源重量 (Ba) を表 18 の最下段二列に示した。 Ba の値は、魚種分布と漁場の年変化に伴って起こる資源豊度の見かけ上の年変動を示すことがなく、漁業が利用できる資源の豊度を反映する値とみなすことができる。

Ba の値は、1979 年のトロール調査で得られた資源尾数を基礎としているため、1979 年にはいずれの M についても一致した約 190 万トンとなっているが、それ以前における値は M が小さい程小さく推定されている。いずれの M の値に対する Ba の値も、1972 年から 1979 年にかけて急激に増加しており、トロール調査による資源重量推定値や、商業漁船の CPUE と類似した年変化傾向を示している。

漁獲開始年齢 3 歳時の資源尾数 (加入尾数) は、1968 年以前には相対的に低い水準であったが、1969 年以降水準が急激に高くなった。1974—1975 年には比較的低水準となったが、その後、1978 年まで高い水準を維持した。

3.4 考察

コホート解析に用いる資料は、年齢別資源尾数、 M 、及び各年級の F_T のみであり、経年的に質の変化しやすい漁獲努力量資料を必要としない利点がある。このことは逆に、個々のデータの精度が得られる推定値に強く影響することを意味する。3 水準の M の値による資源尾数及び F の推定値の変化について

は既に検討した。ここでは、 F_T 及び資源尾数について検討する。

POPE (1972) は、 F_T に誤差を含む場合、高齢部から若齢部にさかのぼって計算を進めれば、推定された F の累積値が大きくなるに従って資源尾数の相対誤差が次第に小さくなることを示した。今回得られた F の累積値は、最も大きな値が得られた 1960 年級の 4 歳魚の場合、 $M=0.12$ で 2.36、 $M=0.20$ 及び 0.25 では 1.2 以下であり、 F_T の誤差が大きい場合には、 $M=0.12$ の古い年級群の若齢部以外は、推定値の誤差率はそれ程 0 に漸近しなかったと考えられる。

1979 年に対する F_T の値は、トロール調査による資源尾数推定値と漁獲尾数から推定した。1979 年調査で得られた資源尾数は過少推定値と考えられており、過少の資源尾数は過大の F_T を与えることになる。過大の F_T 値は、若齢時の資源尾数を過少に推定するが、過少の程度は誤差の取れんが少ない高齢部ほど大となる。すなわち、漁獲対象資源重量 Ba は近年になる程推定された値より大となり、1972 年以降の Ba の増大はより急激であったことになる。また、加入尾数として後述の最適収量の推定に用いられる 3 歳時の資源尾数は近年程過少に推定されている。

年齢別資源尾数には 2 つの問題点がある。すなわち、漁獲物全長組成及び年齢査定である。前者については、1976 年以前のソ連の資料が得られておらず、日本の組成と同じとみなしたことが、また、日本についても全ての集計単位（漁業種類、年の四半期及び水域）の標本体長組成資料が得られなかった年があり、他の集計単位の資料を用いたことが、漁獲物体長組成に偏りをもたらした可能性がある。残念ながらこれらの偏りの度合とコホート解析結果に及ぼす影響については評価できない。

FOURNIER and ARCHIBALD (1982) は、年齢査定に誤差が推定値に及ぼす影響について検討し、特に、加入量が年々大きく変化する場合には、弱勢年級群に対する推定値の誤差率が大きくなり、また、卓越年級群の加入尾数は小さく、弱勢年級群は大きく推定されるような加入尾数推定値の平均化が起こることを示した。コガネガレイの輪紋は比較的明瞭であるが、年齢査定が困難な高齢魚を年齢一全長キーから除かざるを得ず、また、近年の年齢組成は BAKKALA and WESPSTAD (1981) から得たが、著者の年齢別平均全長は BAKKALA (1981) のものと若干の相違を示していた (図 35)。

M の値は、経年的に変化し、また、年齢別に相違していることも考えられ、 F_T 及び資源尾数とともにコホート解析で得られた推定値の精度に影響している。

コホート解析で得られた結果は、種々の要因による偏りを含んでいる可能性があり、トロール調査結果や漁業資料等、その他の情報を総合判断して用いる必要がある。

4. 資源量の変動

商業船の CPUE、トロール調査及びコホート解析による資源重量推定値の経年変化を図 50 に示した。

4.1 資源量の経年変化

資源重量推定値は、コホート解析結果によれば、1964 年から若干増大した後低下し、1972 年に極少となった後再び増大した。1979 年ないし 1980 年までは、商業漁船の CPUE 値、トロール調査及びコホート解析による資源重量推定値いずれの結果も、コガネガレイ資源量の急激な増大を示唆している。その後、商業漁船の CPUE は 1979 年又は、1980 年から 1983 年にかけて大幅な低下を示した。一方、トロール調査による資源重量推定値は、これとは逆の変化を示した。

トロール調査は、若齢魚の一部を除く分布域をほぼカバーして実施されており、分布密度が比較的高い水域で調査が及ばなかったのは、ブリストル湾奥部の一部とクスコクウィム浅海域の一部のみであった。前述したコガネガレイの分布から判断すれば、調査の及ばなかった水域に分布した資源量は、調査水域内の資源量に比較して小さいと推定される。後述のように、近年の資源量の増大の一部は、相次ぐ

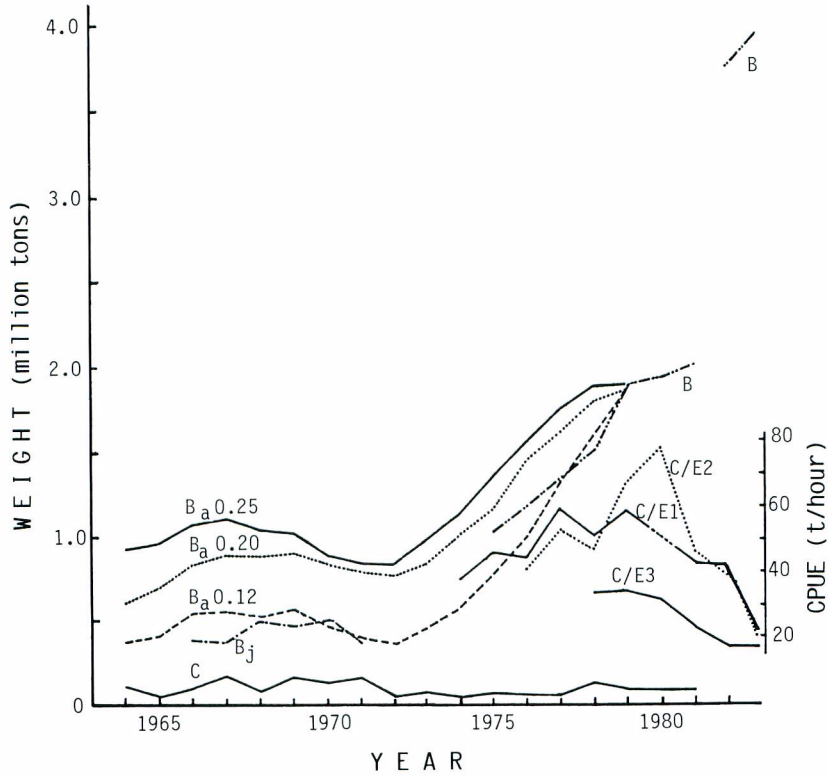


Fig. 50. Annual changes of commercial catch, catch per unit effort (CPUE), and biomass estimate from trawl surveys and cohort analysis for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, 1964-1983.

C: Commercial catches.

Ba: Exploitable biomass estimates from cohort analysis for respective natural mortality coefficient.

B: Biomass estimates from Japan-U.S. or U.S. trawl surveys. Bottom contact of trawl was improved between 1981 and 1982.

Bj: Biomass estimate from Japanese trawl surveys.

C/E1, C/E2, C/E3: CPUE of pair trawlers attaching to Japanese flounder motherships for October-December period, September-November period, and July-October period, respectively.

卓越年級群によるものであり、1980年までに貢献した年級群に続く年級群も強勢であることが示されている (BAKKALA and WESPESTAD, 1984)。これらのことから、1980年以降も資源量はひき続き増大していると判断した。

商業漁船は、1978年以降、卓越した1966—1970年級群を主に漁獲している。これらの年級群は高齢になるに従って年級群重量を減じている。後続の1971—1972年級群は中位水準以下の年級群強度であり、1973年以降の年級群は強勢であるものの1982年現在漁獲量に占める割合は低い。これまで商業船は、コガネガレイを主に切身及びドレスとして利用してきたが、近年フィレーによる利用の割合を高めている。このことによって大型魚の需要が伸び、1966—1970年級群がひき続き漁獲の主要部分を占める原因となっていると考えられる。これらの年級群量が年齢とともに減少したことが1980年以降のCPUE低下の一因となっていると推定される。CPUEは海況に伴って起こる魚群分布域や密度の変化によっても変動する。濃密群は、温暖年にはブリストル湾西方域に、寒冷年はより東部のブリストル湾口付近に形成される傾向があり、海況は1979年を最温暖年とする変化を示している。一方、1980年以降の漁場は、1979年に比較して若干ブリストル湾寄りに形成されたものの、大きくは変化していない。1977年の米国200海里法施行に伴ってカニ類の漁獲が禁止され、1980年以降その混獲はきびしく規制されるようになった。このため、混獲を避けるために分布密度が高くてもカニ類の多く分布する沿岸域を避けて操業したと考えられる。大型魚が小・中型魚より沖合に多く分布することも漁場が沖合に形成された原因の1つであろう。このように主要な分布域と漁場が一致しなくなったこともCPUEの低下した一因であろう。

4.2 資源量変動の要因

トロール調査資料 (BAKKALA and WESPESTAD, 1984) 及びコホート解析結果によれば、発生年級群強度は年級群によって大きく変動しており、豊度水準の類似した年級群が連続して発生する傾向を示している (表18, 図51)。相対的に強勢な年級群は、1957—1958年級群、1966—1970年級群及び1973—1975年級群であり、弱勢な年級群は1954—1956年級群、1961—1965年級群及び1972年級群である。豊度の平均的な年級群はほとんど連続せず、1959年級群及び1971年級群が挙げられる。

豊度水準の類似した年級群が連続して加入することによる資源量の変化は容易に理解される。すなわち、強勢な1957—1958年級群の加入によって1964年から若干増大した資源量は、5年連続して弱勢であった1961—1965年級群の加入によって低下したが、強勢な1966—1970年級群の加入によって1972年以降増加している。中—低位水準である1971—1972年級群の加入によって一時停滞した資源量は、1973—1975年級群の加入によって再び増加したと推定される。1972年以降の資源量の増加は、1972—1977年の期間における平均5万8千トンという低水準の漁獲量によって助長されたと考えられる。

コホート解析で得られた1964年の年齢別資源尾数から、1956年までの年級群が3年級あるいはより長期間連続して弱勢であったと判断される。1960—1962年には年平均41万トンに及ぶ大量の漁獲が揚げられたが、1955及び1956年級群は当時まだ若齢であり、漁獲対象となっていなかったから、年級群の豊度が低水準であったのは漁獲の影響とは考えられない。この1955及び1956年級群を含む連続して低水準であった年級群の加入によって、資源量は、1961年あるいはより以前から1963年にかけて低下し、大量漁獲が低下の速度を速めたと推定される。

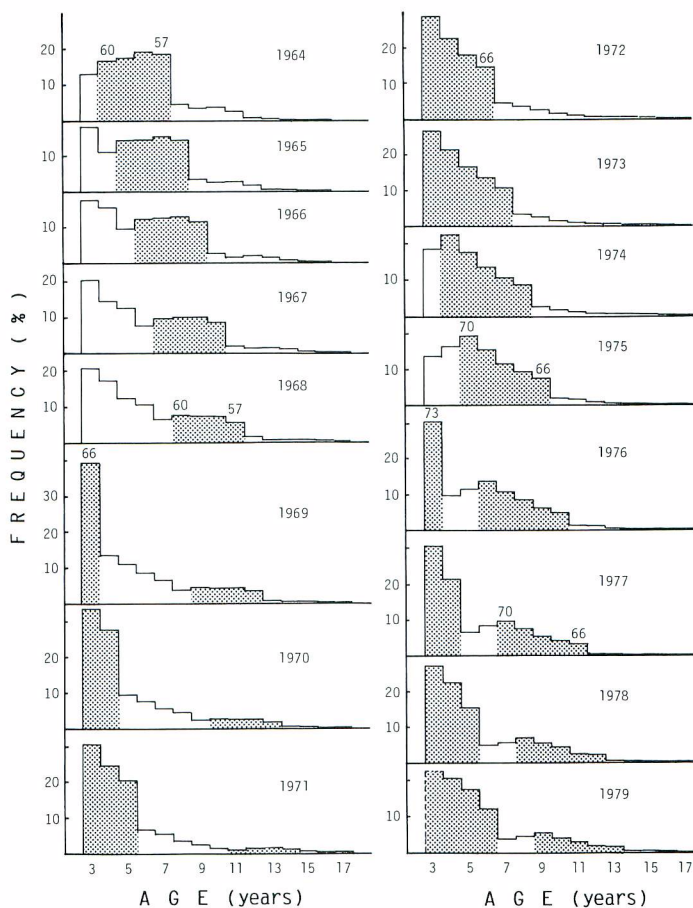


Fig. 51. Age compositions of yellowfin sole population in number in the eastern Bering Sea, estimated by cohort analysis, 1964-1979. Dominant year classes are shown in shades.

V 資源管理

1. 親子関係

親魚尾数（成熟雌魚の資源尾数）と、それから生まれた年級群の3歳時における資源尾数を加入尾数として、親子関係を図52に示した。親魚尾数は、コホート解析で得られた各年の資源尾数推定値(表18)と表19に示した性比及び雌魚の成熟割合とから求め、加入尾数は、コホート解析で得られた3歳時の資

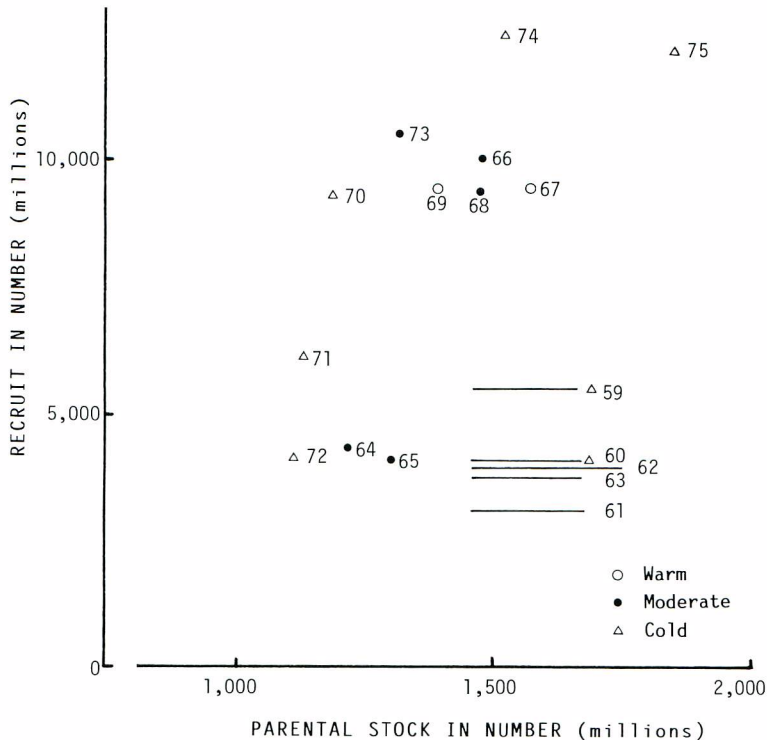


Fig. 52. Relationship between parental stock size in number and recruit in number (population at age 3) for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, estimated by cohort analysis. Bottom temperature condition in each year is shown by mark. Parental stock sizes are unknown for 1959-1963.

源尾数推定値をそのまま用いた。親魚の水準が高かったと推定される 1959—1961 年に発生した年級群の加入尾数は比較的 low、また、親魚の水準が低かった 1966—1970 年の発生年級群の加入尾数は高くなっており、特定の親子関係は認められない。

図中の○印及び△印は、それぞれ高温年及び低温年を示しており、BAKKALA (1985) に示される底層水温が 3.5°C 以上であった年を高温年とし、また、底層水温が 2°C 未満であった年又は前田 (1972) の示す 0°C の等底水温線の張り出しが西経 165° 以東にまで及んだ年を低温年としている。図に示される水温条件と発生年級群豊度の間には、オヒョウでみられたような、高温年に発生年級群豊度が高く、低温年に低い (若林, 1970) といった特定の関係が認められない。前田 (1977) は、発生年級群豊度と底層水温の間に正の相関関係を認めている。しかしながら、その後得られた資料を追加すれば、両者の相関は極めて弱くなる。更に、成長の項で示したように、前田の示す年級群は 1 歳若齢に査定されており、これを修正した両者の間には特定の関係は認められなかった。

巨視的な水温条件と発生年級群量の間これまで得た資料からは特定な関係は見出されなかった。し

Table 19. Biological informations by age used in the yield-per-recruit analysis for yellowfin sole in the eastern Bering Sea.

Age	Total-length (mm)	Body-weight (g)	Ratio of Female*	Ratio of Mature Female
3	109	13	0.441	0
4	142	30	0.515	0
5	171	54	0.557	0
6	197	85	0.569	0
7	221	121	0.539	0
8	241	162	0.470	0
9	260	205	0.519	0.145
10	277	250	0.507	0.273
11	292	297	0.487	0.564
12	305	339	0.405	0.734
13	317	383	0.516	0.867
14	327	425	0.561	0.932
15	337	464	0.483	0.903
16	345	507	0.444	0.931
17	353	537	0.500	0.909

* Average of values shown in PEREYRA *et al.* (1976), SMITH and BAKKALA (1982), and BAKKALA *et al.* (1985).

以下の式を用いて計算した。

$$Y/R = E \cdot \sum_{t=tr}^{t_h} r_t \cdot w_t \cdot \prod_{x=tr+1}^t (r_{x-1} \cdot \exp(-Z) + (1-r_{x-1}) \cdot \exp(-M))$$

ここで、 E は漁獲率で、 $E = F/Z \cdot (1 - \exp(-Z))$ 、 F は漁獲死亡係数、 Z は全減少係数、 M は自然死亡係数、 r_t は t 歳時の加入割合(表17)で年間一定、 w_t は平均体重(表19)で年間一定、 Π は積を表わし、 $t=tr$ では1.0の値をとるものとする、 tr は加入開始年齢で、漁獲開始年齢(3歳)に等しく、 t_h は最高年齢で、ここでは前述した20歳ではなく、実質的に収量に影響し、また生物資料の得られた18歳とした。得られた Y/R を図53に示した。 M が大きくなるに従って Y/R は小さい値となっている。 M が0.20及び0.25では、 F が2.0までの間に Y/R 曲線の極大点がなく、 Y/R は F とともに増加している。しかし、強度の漁獲圧力を加えれば、親魚資源が減少して加入量が低下し、漁獲は持続しない可能性がある。このことは、極大点が出現する $M=0.12$ についても当てはまる。これまでのところ、再生産曲線は得られておらず、最大の加入量が得られる親魚水準は不明である。

土井(1973)は、最大持続生産量(MSY)を与える資源水準(親魚の量)は親魚資源が処女資源状態の $1/2$ に減少した近傍にあり、ずれたとしても $1/3$ 以下になることはないとの考えを、再生産曲線が得られていない魚種に当てはめて、等漁獲量曲線から適正な F を見積る簡便法を示した。ここでは、土井にならって以下のように最適の F 値(F_{opt})を求めた。まず、雌雄で成熟年齢が大きく異なるので、親魚として雌のみを用い、それぞれの F の値で得られる年齢別尾数と表19に示した性比及び成魚の割合から親魚

かし、卓越年級群の出現は、シムシユガレイやツノガレイとほぼ一致しており(BAKKALA and WESPESTAD, 1984)、外的環境が発生年級群の豊度に強く影響していることを示唆している。コガネガレイは、アラスカ沿岸浅海域で分離浮遊卵を産出し、卵稚仔は、水温や餌料条件、北方の低温域に移送する潮・海流などの環境の影響を受けやすいと考えられる。より微視的な環境と年級群豊度の関係について分析を行う必要がある。更に、稚仔の着底後3歳に達するまでの減耗とその要因についても研究を進める必要がある。

2. 加入当たり収量曲線による解析

2.1 加入当たり収量

コホート解析の結果、加入は3歳から10歳(実質的には6歳から9歳)にかけて行われ、14歳以後にはいつ散が起きていることが示された。加入当たり収量(Y/R)は、この加入割合(いつ散を含む)を考慮に入れ、その年齢別の値が今後も変わらないものとし、前述した3水準の M に対して

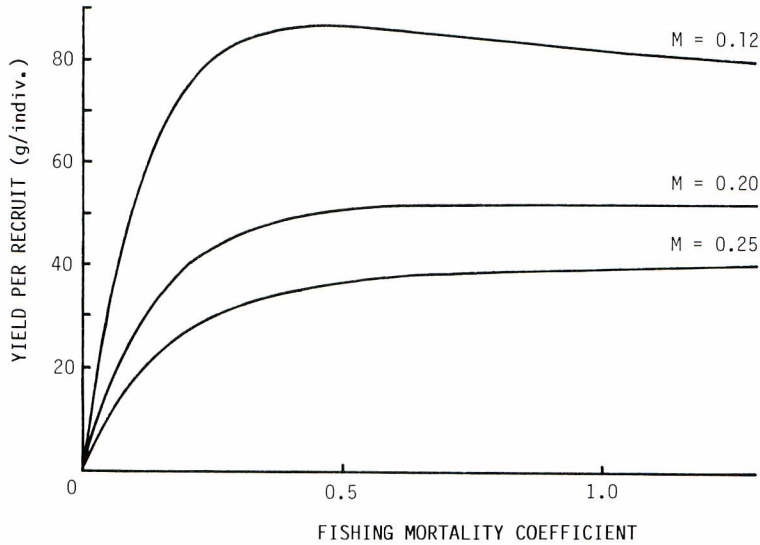


Fig. 53. Yield-per-recruit curves incorporating partial recruitment for 3 levels of natural mortality coefficient (M) for yellowfin sole in the eastern Bering Sea.

尾数を求める。次いで、 $F = 0$ で得られた $\frac{1}{2}$ 及び $\frac{1}{3}$ の親魚尾数が得られる F を F_{opt} とし、親魚量と加入量の確保を期するものとする。最後に、この F_{opt} に対する Y/R 曲線上の収量値を最適な開発で期待される Y/R 値 (OY/R) とする。

得られた OY/R は、親魚量を $F = 0$ のときの $\frac{1}{2}$ の水準から $\frac{1}{3}$ の水準に低下させることにより、 M 0.12, 0.20 及び 0.25 についてそれぞれ 16%, 22% 及び 26% 増加する。一方、漁獲努力量はそれぞれ 64%, 73% 及び 75% 増加させる必要がある。すなわち、努力量の増加に見合って Y/R は増加せず、また、親子関係の不明である現在では過開発の危険を負うことになる。したがって、親魚量を $\frac{1}{3}$ に減少させる開発の仕方は得策ではないと言えよう。以上のことから、ここでは親魚量として $F = 0$ のとき $\frac{1}{2}$ の水準を採用した。

2.2 最適収量

漁業に対する実収量は Y/R 値と加入尾数の積として得られる。コホート解析で推定された加入尾数の水準は大きく 2 期に区分される。すなわち、加入尾数が低水準であった 1964—1968 年期及び高水準の 1969—1978 年期 (但し、1974—1975 年は中—低位水準) である。それぞれの M の値に対して推定された F_{opt} , OY/R , 加入尾数及び最適収量 (最大持続生産量期待値) を表 20 に示した。加入尾数水準が大きく変化することにより最適収量も大きく変化する。また、加入が低水準の場合には M の値とともに収量は増加するが、高水準ではあまり変化しないことが示されている。

加入は 3 歳から 10 歳の間に徐々に起こっており、また、同一年内では多くの年級群が同時に漁獲されている。したがって、加入量が年々変動する場合、あるいは、加入量水準が移行期にある場合には、平均又は中間の加入量に対する収量が期待できる。

Table 20. Estimation of optimum yields for 3 levels of natural mortality coefficient for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, based on yield-per-recruit analysis and recruit in number.

M	F_{opt}	E_{opt}	OY/R (g/indiv.)	R (10^9 indiv.)	OY (t)
0.12	0.14	0.123	64.0	(L)*	1.11
				(H)	4.16
0.20	0.16	0.134	35.3	(L)	2.30
				(H)	6.81
0.25	0.17	0.139	24.7	(L)	3.84
				(H)	9.30

M : Natural mortality coefficient

F_{opt} : Optimum fishing mortality coefficient

E_{opt} : Optimum exploitation rate

OY/R : Optimum yield-per-recruit

R : Recruit in number, estimated by cohort analysis

OY : Optimum yield

* Recruit level : (L) : low, (H) : high.

2.3 考察

加入当たり収量 (Y/R) は、一定の加入量を効率的に利用するための漁獲開始年齢及び F の水準を示唆するものであり、収量の持続を保障していない (土井, 1973)。漁獲開始年齢と Y/R の関係については、コガネガレイが逐次加入しており、年齢別の加入割合 r_t が漁具のみでなく漁場と魚群分布によって決まる特性であって、漁具や漁場の変更に伴う r_t の変化の予測が困難であったため、分析できなかった。 F については、土井 (1973) に従って親魚水準を与えて最適の値 F_{opt} を求め、収量の持続をはかった。得られた Y/R は年齢別体重 w_t 、親魚水準及び M で変化する。以下にこれらの Y/R に及ぼす影響について検討する。

Y/R は w_t に伴って比例的に変化する。これまでの観測では、年齢別体長には特定の経年変化が認められなかったため、 w_t として年齢別の平均全長に対する値を用いた。しかしより多くの資料から w_t の密度従属性が観測された場合には、加入量あるいは F の値に応じて w_t を変化させる必要が生じよう。

親魚水準と Y/R の関係については既に検討し、これまでに観測された親魚量及び加入量の水準に対しては親魚量として $F=0$ のときの $1/2$ の水準を採用した。しかし、それを相当下まわる加入があった場合には、 $1/2$ 水準の親魚量では次世代の加入量を確保するのに充分でなく、より多くの親魚量を確保する必要が生ずるかも知れない。より適正な親魚量水準を与えるため、再生産関係の把握は不可欠である。

Y/R 及びそれを実収量 (最適収量) に変換する加入量推定値は、 M によって大きく変化した。一方、 Y/R と加入量推定値が M によって互に逆の変化を示したため、得られた実収量は M によってそれ程変化していない。しかし、現実の加入量を用いれば、実収量は M に従って大きく変化することになる。残念ながら、 M 及び現実の加入量の信頼すべき推定値を得ることは困難であり、今後の重要な課題の1つである。

3. 資源の管理方策

東部ベーリング海における資源量は、高水準の漁獲が揚げられた1960年代初期に急激に低下したと推定された。その後しばらく低水準にあった資源量は、1972年以降急激に増大し、1979年には200万トンを超え、1983年現在、更に高い水準にあると推定されている。こうした資源量の変動は、主に水準の類似した加入が連続することによって起こっており、漁獲量の大小が、加入量の増減による資源量の増大や減少の割合を一層大きくしていると判断された。

これまでに得られた資料からは、加入量と親魚量及び外的環境の間に特定の量的関係が認められず、加入量を決定する要因は不明である。しかし、資源の開発水準や漁獲率が異なるシムシユガレイやツノガレイの年級群の発生状況がコガネガレイと類似していることから、加入量は親魚量の水準よりも外的要因によって決定される可能性が示唆されている。勿論、このことは無秩序な漁獲を認めるものではない。親魚量がある限度以下に減少すれば、資源は加入量の変動に支配される割合が強くなり、加入量も環境の影響を受けやすくなる(最首, 1980)。もし環境が悪くなり、加入量が減少すれば、資源が壊滅的影響を受ける危険も起こりうる。

加入量の予測はこれまでのところできないが、本種の加入が3歳から10歳にかけて徐々に行われ、また、比較的長期にわたって漁獲の対象となること、更に、ほぼ同水準の加入量が連続する傾向を示したことから、加入開始後にその水準を知って、その加入量を適正に利用する措置をとることが有効であろう。

東部ベーリング海における加入当たり収量と加入量から得られる最適収量は、親魚量を確保し、次世代の加入量が最大となるような開発を考えた場合、自然死亡係数を0.12~0.25の範囲として、加入量がこれまでに得られた最低の水準で71,000~105,000トン、加入量が高水準である場合には230,000~266,000トンと計算された。加入量推定の基礎となったトロール調査による資源量値は過少であると推定されたから、上記の収量は最低の水準を与えるものである。

近年における加入量は連続して高水準であり、したがって、前記の高水準の加入量に対する収量が期待できる。しかし、過去の実績から加入量は、将来減少する可能性を持っているので、もし、加入量の低下が観測された場合には、加入量に応じて漁獲量を減少させる必要がある。それまでの高水準の漁獲を継続して親魚量を極端に減少させる危険は避けなければならない。

1979年以降、日米は共同して東部ベーリング海におけるトロール調査を実施してきている。資源量の変動は加入量の動向に影響される割合が強く、収量は加入量に応じて増減させる必要があると判断されており、加入量や資源の動向を監視するため、本調査の継続は極めて重要である。トロール調査による資源量の推定には、トロール漁具の漁獲効率や手綱の駆集効果等解決すべき問題点があり、この解決に向けての努力も不可欠である。

本論文に示した資源評価と資源管理方策は、資源が自然死亡係数で代表される一定の内的及び外的要因と、漁獲によって減少するという仮定の下で、これまでに得られた平均的パラメタ推定値を用いた解析結果に基づいて得られている。したがって、魚種間の相互関係や外的要因の変動の影響を無視している。成熟体長が資源量の水準の変化に伴って変化した可能性があり、年齢別平均体長も年々変化している。また、生態系モデルによる解析結果は、資源量他魚種との相互作用によって周期的に変動することを示している(Low, 1983)。今後、資源水準に伴うパラメタの変化や魚種間の相互作用についても研究を進める必要がある。

本論文に示した管理方策は、近年の高い資源量水準からみれば十分にひかえめであるものの、近年の

漁獲量水準の2倍近い収量をもたらす措置である。漁獲量を増大させたことによる資源の反応を監視し、この管理措置の妥当性を評価する必要がある。あわせて、用いた各種パラメタの精度の向上をはかるべきであろう。

1977年以降、東部ベーリング海は米国の漁業管理水域となり、漁業資源のほとんどは漁獲規制の対象となった。これまでのところ、コガネガレイを含む小型カレイ類以外の魚種の漁獲規制は年々強化されており、今後益々強化されると予想されている。したがって、漁業に占めるコガネガレイの重要度は今後益々増大するであろう。今日まで、北太平洋漁業国際条約や日米漁業協定を通じて築いてきた資源調査及び研究における日米の協力体制を今後益々強化し、また、日米を含めた関係国間の情報交換を密にして、資源の保存と管理に当たり、資源の有効利用をはかることが重要である。

要 約

東部ベーリング海におけるコガネガレイ資源の開発は、1930年代に既に開始されていたが、1958年までの漁獲量は、4万トン以下の小規模なものであった。その後数年のうちに、漁獲量は約47万トンに急増し、また急激に低下するという特異な変化を示した。1963年以降の漁獲量は4～17万トンの低い水準にある。こうした漁獲量の変動から、コガネガレイはしばしば典型的な乱獲魚種とみなされてきた。しかし、漁業情報を用いた資源評価は、漁業が質的に大きく変化したこと、北洋底魚資源の組織的研究が漁業が衰退して後に開始され、それ以前の資料が充分でなかったことなどから進展しなかった。近年、トロール調査によって、資源量が増大し、1983年現在では200万トンを大幅に越える高い水準に達したと推定されるようになった。

本論文は、東部ベーリング海におけるコガネガレイ資源について、生物学的特徴を明らかにし、長期的に安定した資源の有効利用をはかるため、資源状態と資源に及ぼす漁業の影響を解析し、資源の管理方針について考察したものである。得られた結果は以下のように要約される。

I 生物学的特徴

1. コガネガレイは、バンクーバー島以北、釜山以北及び北海道以北の北太平洋に広く分布し、東部ベーリング海においてはスケトウダラに次いで漁獲量の多い産業的に重要な魚種である。
2. 東部ベーリング海には、ソ連水域に分布する資源量のごく小さい魚群を除き、単一の系統群が存在する。
3. 生息域は、冬期には大陸棚縁部から大陸斜面上部にかけての水域にあり、夏期には約100m以浅の大陸棚上に移る。
4. 産卵は、プリストル湾からヌニバック島北側までの水深約30～60mの水域で、主に7～8月に行われる。
5. 年齢査定には耳石を用いた。輪紋は、12～5月の間に形成され、生後約半年で形成される第1輪を含め全て年輪とみなした。耳石半径—全長の関係から逆算した輪紋形成時全長 (TL ; mm) と輪紋数 (i) の関係は、1968年の標本を用いて以下のように表わされる。

$$\text{雄} : TL_i = 440.4 (1 - \exp(-0.086(i - 0.522)))$$

$$\text{雌} : TL_i = 478.2 (1 - \exp(-0.082(i - 0.502)))$$

満年齢 (t) と全長及び体重 (BW ; g) の関係は、産卵期を中心に採取された7年間の標本を用いて

以下のように表わされる。

$$\text{雄: } TL_t = 416.3 (1 - \exp(-0.105(t - 0.083)))$$

$$\text{雌: } TL_t = 421.0 (1 - \exp(-0.121(t - 0.688)))$$

$$\text{雄: } BW_t = 864 (1 - \exp(-0.105(t - 0.083)))^{3.0977}$$

$$\text{雌: } BW_t = 941 (1 - \exp(-0.121(t - 0.688)))^{3.1426}$$

6. 性成熟は雌雄で相当異なり、50%成熟全長及び年齢は以下のとおりであった。

雄, 1973年:	130 mm
1974年:	150~160 mm
1978年:	125~130 mm
雌, 1973年:	255~260 mm
1974年:	255~260 mm
1978年:	270~275 mm
雄, 1978年:	4歳
雌, 1978年:	11歳

成熟体長が資源水準に伴って変化した可能性が示唆された。

7. 主要な餌生物は、二枚貝類、多毛類、コムシ類、底生性端脚類等の底生動物であり、コガネガレイの体長が大きくなるに従って餌生物も大型の種へと変化している。摂餌活動は6~10月に活発となり、越冬期である1~3月には低下する。

II 漁業の動向

1. 漁業は、数年という短期間に急激に発展し、そして衰退した特異な開発の歴史をたどった。主要漁業国は日本、次いでソ連であった。
2. 漁法、漁期及び漁場は経年的に変化しており、また、主対象操業が長期にわたって中断したことから、漁獲努力量資料は質的一貫性が保たれていない。
3. 漁獲物年齢組成には、豊度の異なる年級群の出現が明瞭に示されており、構成される年級群によって年齢組成は経年的に大きく変化している。

III 資源評価

1. 漁業から得られた単位努力当たり漁獲量 (CPUE) は、漁獲努力量の質的年変化が大きく、1973年までは資源の動向を必ずしも反映していない。漁業の質的变化が少ないと判断された1974年以降のCPUEは、1979年ないしは1980年まで急激に上昇したが、それ以降1983年まで急激に低下した。
2. トロール定点調査から得られた単位掃過面積当たり漁獲量と調査水域面積値とを用い、面積密度法によって資源量を推定した。
 - (1) 1966—1978年の調査は、水域が狭く、コガネガレイの主要分布域と調査水域の重複度合が小さい年もあった。1979—1982年の調査は日米共同で実施され、主要分布域をほぼカバーし、また定点密度も高かった。
 - (2) 調査設計は、層化系統抽出法を採用し、定点は間隔が等しくなるよう格子状に配置した。資料解析は、層化無作為抽出標本解析法を準用して行った。

- (3) トロール漁具の漁獲効率(vulnerability)の交互追尾法による推定を試みたが、操業上の困難から推定値は得られなかった。このため、漁獲効率は1と仮定した。
 - (4) トロール袖先間隔は、トロールワープの走出角から推定し、トロールひき網水深との関係を明らかにした。
 - (5) 資源量推定値は、1975年の米国調査に基づく104万トンから急激に増加し、1979—1981年には約200万トン、1982年には379万トンとなった。漁具の構造から、トロール網がひき網水域内の全個体を漁獲したとは考えられず1975—1981年の推定値は過小である。1982年には、高水準の加入によって1979—1981年より資源量は更に増加したと推定されたが、漁具の改良による手網等の駆集効果があったと推定され、379万トンの推定値がなお過小であるか、あるいは過大であるか判断できなかった。
3. 自然死亡係数 M は、0.12から0.26の範囲で推定された。ほぼ下限及び上限とその間の値である0.12、0.20及び0.25の場合について、コホート解析法を用い、資源量を計算した。各年級群の端末年の漁獲死亡係数は、1979年のトロール調査による年齢別資源尾数推定値と漁獲尾数に基づいて数回の繰り返し計算で修正して用いた。得られた資源重量は、1964—1972年の期間比較的一定の値を示した後、1979年まで急激な増加を示した。
 4. CPUE、トロール調査及びコホート解析から、資源量は、大量漁獲のあった1960年代初期には低下し、1972年まであまり変化しなかったが、以後1979年又は1980年まで急激に増大したと推定された。その後CPUEは急激な低下を示したが、トロール調査による資源量推定値は1983年まで増加を続けた。トロール調査が主分布域をほぼカバーして実施されていること、また、豊度の高い年級群が連続して発生していることから、1980年以降も資源量は増加しているものと推定された。
 5. 資源量の変動は、主に豊度の類似した年級群が連続して発生することによって起こっており、近年の資源量の急激な増加は、主に連続した卓越年級群の加入によっており、低水準の漁獲が増加を助長したと判断された。

IV 資源管理

1. 加入当たり収量(Y/R)は、コホート解析結果から得られた年齢別加入割合を考慮に入れ、0.12、0.20及び0.25の M について計算した。加入当たり収量から得られる収量は持続することが保障されていないので、親魚量を漁獲が全くなかったと仮定したときの $1/2$ の水準に減少させる漁獲死亡係数で得られる Y/R を最適値(OY/R)とし、親魚量と次代の加入量を確保するものとした。
2. コホート解析で得られた加入尾数(3歳時の資源尾数)は、資料の得られた1964—1978年の期間、高低2水準が出現した。この2水準の加入尾数と OY/R から期待される最適収量は加入量水準に応じて大きく変化する。加入量水準が低い時の最適収量は $M=0.12$ の場合の71,000トンから $M=0.25$ の場合の105,000トンまで増加した。一方、加入量水準が高い時には、最適収量は M にしたがって減少し、230,000~266,000トンの範囲であった。
3. 近年における加入尾数水準は連続して高く、したがって、この高水準の加入が続く限り、年間23万トンを越える漁獲量が期待できる。
4. 加入尾数と親魚尾数の間に特定の関係を見出すことができず、長期的に安定した資源管理方策を示すことができなかった。また、加入量に及ぼす外的環境の影響も不明であり、加入量の予測はこれまでのところ不可能である。加入量水準の低下が観測された場合には、親魚尾数とそれから期待される

加入量を確保するため、加入量に応じて漁獲量を減少させる必要がある。

長期的に安定した資源の有効利用をはかるためには、資源量及び加入量の水準を継続して監視し、それらの変化に対応した適切な措置をとる必要がある。そのためには、1979年以來実施されてきた日米共同によるトロール調査をひき続き実施することが不可欠であり、また資源評価や資源の管理措置についての関係国間の意見や情報の交換を促進することが重要である。

文 献

- ALVERSON, D.L. and M.J. CARNEY, 1975: A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. int. Expolor. Mer*, 36 (2): 133—143.
- and W.T. PEREYRA, 1969: Demersal fish explorations in the northern Pacific Ocean—An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26: 1981—2001.
- BAKKALA, R.G., 1981: Population characteristics and ecology of yellowfin sole. In *The eastern Bering Sea shelf: Oceanography and resources* (ed. D.W. HOOD and J.A. CALDER): 553—574. Office Mar. Pollut. Asses., NOAA. (Univ. Wash. Press, Seattle)
- , 1985: Oceanographic findings. In *Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the Bering Sea during May—August 1979* (ed. R.G. BAKKALA and K. WAKABAYASHI). *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, (44): 208—215.
- , J.J. TRAYNOR, K. TESHIMA, A.M. SHIMADA, and H. YAMAGUCHI, 1985 a: Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the eastern Bering Sea during June—November 1982. U.S. Dept. Comm., *NOAA Tech. Memo.*, (NMFS F/NWC-87). 448 pp.
- and K. WAKABAYASHI, (ed.) 1985: Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the Bering Sea during May—August 1979. *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, (44): 1—252.
- , ———, and T.M. SAMPLE, 1985 b: Results of the demersal trawl surveys. In *Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the Bering Sea during May—August 1979* (ed. R.G. BAKKALA and K. WAKABAYASHI). *Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm.*, (44): 39—191.
- and V. WESPESTAD, 1981: Yellowfin sole. In *Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1981* (ed. BAKKALA *et al.*): 41—65. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- , ———, 1982: Yellowfin sole. In *Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1982* (ed. R. BAKKALA and L.L. LOW): 51—79. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- , ———, 1983: Yellowfin sole. In *Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1983* (ed. R. BAKKALA and L.L. LOW). U.S. Dept. Comm., *NOAA Tech. Memo.*, (NMFS F/NWC-42): 51—79.

* Northwest and Alaska Fisheries Center, Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA, 2725 Montlake Blvd. E., Seattle, WA 98112. (Document submitted to the International North Pacific Fisheries Commission)

- , ———, 1984 : Yellowfin sole. *In* Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1983 (ed. R.G. BAKKALA and L.L. LOW). *ibid.*, (NWFS F/NWC-53) : 37—60.
- BLEDSON, C.J. and C.M. LYNDE, 1982 : A least squares technique for estimates of natural mortality and catchability. 25 pp. Northwest and Alaska Fish. Center, Seattle. (unpubl. rep.)
- 千国史郎, 1971 : 第3稲勢丸による北洋底魚生物調査報告. 175 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1975 : 第51日進丸による北洋底魚生物調査報告 (1967年). 115 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- CHILTON, D.E. and R.J. BEAMISH, 1982 : Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station. *Can. Spec. Pub. Fish. Aqu. Sci.*, (60). 102 pp.
- CLEMENS, W.A. and G.V. WILBY, 1961 : Fishes of the Pacific coast of Canada. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, (68). 443 pp.
- COCHRAN, W.G., 1977 : Sampling techniques (3rd ed.). 428 pp. John Wiley & Sons, New York.
- 土井長之, 1973 : 東シナ海・黄海産マダイの適正漁獲係数を見積る簡便法. 日水学誌, 39(1), 1—5.
- FADEEV, N.S., 1963 : Yellowfin sole of the eastern Bering Sea (A short biological description). *In* Soviet fisheries investigations in the northeast Pacific, Part I : 297—307. (English translation from Russian, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1968.)
- , 1970 a : The fishery and biological characteristics of yellowfin soles in the eastern part of the Bering Sea. *In* Soviet fisheries investigations in the northeast Pacific, Part V : 332—396. (English translation from Russian, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1972.)
- , 1970 b : 太平洋北部におけるコガネガレイ (*Limanda aspera* Pall.) の分布の法則性 (鈴木敬一訳). 日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献, (底魚篇の2), 31—64. 水産庁, 東京 (1980).
- FAO, 1974 : Catches and landings. FAO Yearbook of fishery statistics, 36. 590 pp. United Nations, Food and Agriculture Organization, Rome.
- FOURNIER, D. and C.P. ARCHIBALD, 1982 : A general theory for analyzing catch at age data. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 39 : 1195—1207.
- 福田嘉男, 1955 : 年齢と成長に関する研究の問題点—既往の方法とその結果について—. 32 pp. 内海区水産研究所, 広島.
- GEISSER, S. and W.F. EDDY, 1979 : A predictive approach to model selection. *J. Am. Stat. Assoc.*, 74 : 153—160.
- GRANT, S., R. BAKKALA and D. TEEL, 1980 : Examination of biochemical genetic variation in spawning populations of yellowfin sole (*Limanda aspera*) of the eastern Bering Sea. 13 pp. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- , ——— and F. UTTER, 1978 : Examination of biochemical genetic variation in yellowfin sole (*Limanda aspera*) of the eastern Bering Sea. 21 pp. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- GUNDERSON, D.R., 1980 : Using r-K selection theory to predict natural mortality. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 37 : 2266—2271.
- HAFLINGER, K., 1981 : A survey of benthic infaunal communities of the southern Bering Sea shelf. *In* The eastern Bering Sea shelf: Oceanography and resources (ed. D.W. HOOD and J.A. CALDER) : 1091—1104. Off. Mar. Pollut. Assess., NOAA. (Univ. Wash. Press, Seattle.)

- 畑中 寛, 1968: 南東ベーリング海産ロスケガレイの年齢と成長. 日水学誌, 34 (7), 562—569.
- 北海道区底魚資源研究集団 (編), 1966: 遠洋底曳網漁業 (北洋転換船) 漁場別漁獲統計 1961—1964 年. 159 pp. 北海道機船漁業協同組合連合会・北洋開発協会, 札幌.
- 北海道漁業調整事務所・他 (編), 1966: 遠洋底曳網漁業 (北洋転換船) 漁場別漁獲統計年報 1965 年. 51 pp. 北海道機船漁業協同組合連合会・北洋開発協会, 札幌.
- , 1967: 同上 1966 年. 61 pp. 北海道機船漁業協同組合連合会・北洋開発協会, 札幌.
- , 1968: 同上 1967 年. 121 pp. 北海道漁業調整事務所, 札幌.
- , 1969: 同上 1968 年. 159 pp. 北海道漁業調整事務所, 札幌.
- , 1970: 同上 1969 年. 129 pp. 北海道漁業調整事務所, 札幌.
- , 1971: 同上 1970 年. 159 pp. 全国底曳網漁業連合会, 東京.
- , 1972: 同上 1971 年. 135 pp. 水産庁, 東京.
- , 1973: 同上 1972 年. 129 pp. 全国底曳網漁業連合会, 東京.
- 北海道区水産研究所・他 (編), 1976 年: 遠洋底曳網漁業 (北洋転換船) 漁場別漁獲統計年報 1973・1974 年. 271 pp. 全国底曳網漁業連合会, 東京.
- , 1977 a: 同上 1975 年. 141 pp. 北海道区水産研究所, 余市.
- , 1977 b: 同上 1976 年. 139 pp. 北海道区水産研究所, 余市.
- , 1978: 同上 1977 年. 73 pp. 全国底曳網漁業連合会, 東京.
- , 1979: 同上 1978 年. 85 pp. 北海道区水産研究所, 釧路.
- , 1980: 同上 1979 年. 29 pp. 北海道区水産研究所, 釧路.
- , 1981: 同上 1980 年. 29 pp. 北海道区水産研究所, 釧路.
- , 1982: 同上 1981 年. 30 pp. 北海道区水産研究所, 釧路.
- , 1983: 同上 1982 年. 30 pp. 北海道区水産研究所, 釧路.
- 北洋漁業総覧編集委員会 (編), 1960 年: 北洋漁業総覧. 816 pp. 農林経済研究所, 東京.
- 池田郁夫, 1978: 1979 年ベーリング海底魚日米共同トロール調査計画素案 (日本分担分). (INPFC 提出文書). 47 pp. 水産庁, 東京.
- , 1979: 交互追尾操業 (ATA) によるトロール網の vulnerability の推定. 遠洋, (34), 1—4. 遠洋水産研究所, 清水.
- KASAHARA, H., 1972: Japanese distant-water fisheries: A review. U.S. Dept. Comm., *Fish. Bull.*, 70 (2): 227—282.
- KASHKINA, A.A., 1965: Reproduction of yellowfin sole (*Limanda aspera* (PALLAS)) and changes in its spawning stocks in the eastern Bering Sea (according to Ichthyoplankton collections). In Soviet fisheries investigations in the northeast Pacific, Part IV (ed. P.A. MOISEEV *et al.*): 182—190.
- 木部崎 修, 1965: 北洋における底魚資源. 水産研究叢書, (11), 48 pp. 日本水産資源保護協会, 東京.
- KINDER, T.H. and J.D. SCHUMACHER, 1981: Hydrographic structure over the continental shelf of the southern Bering Sea. In The eastern Bering Sea shelf: Oceanography and resources (ed. D. W. HOOD and J.A. CALDER): 31—52. Office Mar. Pollut. Asses., NOAA. (Univ. Wash. Press, Seattle)
- KITANO, Y., 1969: The age and growth of the yellowfin sole (*Limanda aspera*) in Hecate Strait, British Columbia. *Tech. Rep. Fish. Res. Bd. Canada*, (109). 36 pp.

- 近藤啓一, 1964: マイワシの生態. 水産研究叢書, 5. 53 pp. 日本水産資源保護協会, 東京
- 小藤英登・前田辰昭, 1965: 東部ベーリング海トロール漁場における魚群の移動と底水温の変化. 日水学誌, 31 (10), 770—780.
- 小山武夫, 1974: 船尾トロールについての実験的考察. 東海水研報, (77), 171—247.
- LOW, L.L., 1983: Application of a Laevastu-Larkins ecosystem model for Bering Sea groundfish management. Northwest and Alaska Fish. Center, *Process. Rep.*, (83—02). 28 pp.
- 前田辰昭, 1969: ベーリング海東部における底曳網漁場の研究III. ロスケガレイの年齢と体長の組成について. 日水学誌, 35 (3), 251—257.
- , 1972: ベーリング海東部における1969年と1970年のスケトウダラ漁況について. 日水学誌, 38 (7), 685—691.
- , 1977: ベーリング海東部における海況の年変動とコガネガレイの年級群豊度の関係について. 北海道大学水産学部北洋研業績集, (特別号), 259—268.
- ・藤井武治・増田紀義, 1968: ベーリング海東部における底曳網漁場の研究—II. 夏季における海況の変動について. 日水学誌, 34 (7), 586—593.
- MILNE, A., 1959: The centric systematic area-sampling treated as a random sample. *Biometrics*, (15): 270—297.
- 三谷文夫, 1970: 海洋における魚種グループ別にみた成長状態の比較. 日水学誌, 36 (3), 258—265.
- モイセエフ, ベ. ア., 1953: 極東水域のタラ類及びカレイ類 (其の二) (小山譲・他訳). ソ連北洋漁業関係文献集, (22). 270 pp. 北洋資源研究協議会, 東京 (1957).
- MURPHY, G.I., 1965: A solution of catch equation. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 22: 191—202.
- ムーシェンコ, エリ. エス., 1957: 極東海域のカレイ科 (Pleuronectidae) の幼魚2. 分布, 年齢, 成長 (中山登訳). ソ連北洋漁業関係文献集, (34), 39—87.
- MUSIENKO, L.N., 1963: Ichthyoplankton of the Bering Sea (Data of the Bering Sea expedition of 1958—1959). In *Soviet fisheries investigations in the northeast Pacific, Part I* (ed. P.A. MOISEEV *et al.*): 251—285. (English translation from Russian, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1968)
- NELSON, R., Jr., J. WALL and J. BERGER, 1983: Summary of U.S. observer sampling of foreign and joint-venture fisheries in the northeast Pacific Ocean and eastern Bering Sea, 1982. 224 pp. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- ニコロトワ, エリ. ア., 1970: 西カムチャッカ沿岸のコガネガレイの食性 (高昭宏訳). 日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献, (底魚編), 83—110. 水産庁, 東京 (1972).
- 大隅清治, 1974: 再生産機構. 資源生物論 (西脇昌治編). 海洋学講座, (13), 65—72. 東京大学出版会, 東京.
- PAULY, D., 1980: On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 39 (2): 175—192.
- PEREYRA, W.T., J.E. REEVES, and R.G. BAKKALA, 1976: Demersal fish and shellfish resources of the eastern Bering Sea in the baseline year 1975. Northwest and Alaska Fish. Center, *Process. Rep.* 619 pp.
- ペルツェワーオストロウモワ, テ. ア., 1961: 極東産カレイ類の繁殖と発育 (第2部), (平野義見訳). 日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献, (カレイ編の2), 297—690. 水産庁, 東京 (1973).

- POPE, J.G., 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.*, (9): 65—74.
- PRUTER, A.T., 1973: Development and present status of bottomfish resources in the Bering Sea. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 30: 2373—2385.
- and D.L. ALVERSON, 1962: Abundance, distribution, and growth of flounders in the south-eastern Chukchi Sea. *J. du Conseil*, 27: 81—99.
- 最首光三, 1980: 変動にみられる生物学的特性. 底魚資源(青山恒雄編). 新水産学全集, (10), 58—74. 恒星社厚生閣, 東京.
- SAMPLE, T.M., K. WAKABAYASHI, R.G. BAKKALA and H. YAMAGUCHI, 1985: Report of the 1981 U.S.-Japan cooperative bottom trawl survey of the eastern Bering Sea continental shelf and slope. U.S. Dept. Comm., *NOAA Tech. Memo.*, (NMFS F/NWC—88). 338 pp.
- 佐々木喬, 1977: 俊鷹丸による北洋底魚生物調査報告(1976年), 87 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- SMITH, G.B. and R.G. BAKKALA, 1982: Demersal fish resources of the eastern Bering Sea: Spring 1976. U.S. Dept. Comm., *NOAA Tech. Rep.*, (NMFS SSRF—754). 129 pp.
- SNEDECOR, G.W., 1956: スネデカー統計的方法(改訂版)(畑村又好・奥野忠一・津村善郎訳). 478 pp. 岩波書店, 東京(1963).
- 高橋豊美・富永武治・前田辰昭・上野元一, 1982: マガレイおよびマコガレイの摂餌日周期について. 日水学誌, 48(9), 1257—1264.
- 高橋善弥, 1971: 河内丸による北洋底魚生物調査報告(1966年), 63 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1972: 北洋底魚漁業の歴史. 129 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1975: ベーリング海のコガネガレイ漁業とスケトウダラ漁業の操業記録(1933—1968年), 91 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1978: 北洋底魚漁業のあゆみ(1933—1976年), 175 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- 田中昌一, 1960: 水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源の管理. 東海水研報, (28), 1—200.
- 田内森三郎, 1956: 漁業資源管理論. 京都大学農学部水産学科第二講座出版部, 1—15. (mimeo)(田中, 1960より引用)
- DE VEEN, J.F., 1976: On changes in some biological parameters in North Sea sole (*Solea solea* L.). *J.Cons. int. Explor. Mer*, 37(1): 60—90.
- 和田光太, 1976: 実用トロール漁法, 234 pp. 成山堂, 東京.
- 若林 清, 1970: ベーリング海東部大陸棚上の底魚分布と海洋環境. 水産海洋研究会報, (17), 132—148.
- , 1972 a: 洋晃丸による北洋底魚生物調査報告(1969年), 218 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1972 b: 但州丸による北洋底魚生物調査報告(1971年), 254 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1976: 東部ベーリング海産コガネガレイ資源の研究—III. 二系群を仮定した場合のVPA法による資源量と漁獲許容量. (INPFC提出文書), 18 pp. 水産庁, 東京.
- , 1977: 第2若鳥丸による北洋底魚生物調査報告(1973年), 142 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1983: ベーリング・アリューシャン水域におけるカレイ類資源の動向. (INPFC提出文書), 24 pp. 水産庁, 東京.
- WAKABAYASHI, K., 1984: Estimations of biomass and yield for yellowfin sole in the eastern Bering Sea. *Bull. Int. N. Pac. Fish Comm.*, (42): 65—72.
- , 1986: Interspecific feeding relationships on the continental shelf of the eastern Bering Sea,

- with special reference to yellowfin sole. *Bull. Int. N. Pac. Fish Comm.*, (47): 3—30.
- , and R. BAKKALA, 1977: Estimated catches of flounders by species in the Bering Sea. 26 pp. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- , ———, 1978: Estimated catches of flounders by species in the Bering Sea—updated through 1976. 14 pp. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- , ———, and M.S. ALTON, 1985: Methods of the U.S.-Japan demersal trawl surveys. In Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the Bering Sea during May—August 1979 (ed. R.G. BAKKALA and K. WAKABAYASHI). *Bull. Int. N. Pac. Fish Comm.*, (44): 7—29.
- , ———, and L. LOW, 1977: Status of the yellowfin sole resources in the eastern Bering Sea through 1976. 45 pp. NWAFC*, Seattle. (unpubl. rep.)
- 若林 清・水戸 敏・永井達樹, 1977: 俊鷹丸による北洋底魚生物調査報告 (1975年). 96 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- ・矢部 衛, 1981: 俊鷹丸による北洋底魚生物調査報告 (1978年). 北洋底魚生物調査報告 (1978), 1—186. 遠洋水産研究所, 清水.
- WEBER, D.D. and H.H. SHIPPEN, 1975: Age-length-weight and distribution of Alaska plaice, rock sole, and yellowfin sole collected from the southeastern Bering Sea in 1961. U.S. Dept. Comm., *Fish. Bull.*, 73 (4): 919—924.
- WOLOTIRA, R. J., Jr., T.M. SAMPLE and M. MORIN, Jr., 1977: Demersal fish and shellfish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the baseline year 1976. Northwest and Alaska Fish. Center, *Process. Rep.* 292 pp.
- 山口閔常, 1972: 長水丸による北洋底魚生物調査報告 (1968年). 139 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1975: 俊鷹丸による北洋底魚生物調査報告 (1974年). 74 pp. 遠洋水産研究所, 清水.
- , 1983: 東部ベーリング海におけるスケトウダラ資源の動向. (INPFC提出文書). 27 pp. 水産庁, 東京.
- ・木原興平, 1978: 耕洋丸による北洋底魚生物調査報告 (1977年). 65 pp. 遠洋水産研究所, 清水.

Appendix Table 1. Radius (r_{ij} 0.01 mm) of i -th annulus by group having same number (j) of annuli for yellowfin sole sampled in 1968 in the eastern Bering Sea.

Male, eyed-side

i	j	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	$\sum_j^{14} r_{ij}$	\bar{r}_i
1		35.48	36.53	26.07	33.68	37.90	31.40	28.46	30.56	35.27	42.22	34.35	34.71	31.00	24.50	24.60	29.50	31.00	37.00			437.63	33.66
2		(125.41)	102.94	96.50	95.07	103.07	98.64	94.31	90.52	98.95	108.52	105.06	94.00	83.44	77.00	80.40	84.50	87.00	107.00			1171.02	97.59
3		129.33*	(169.12)	146.00	140.18	143.28	143.76	140.54	133.72	143.64	149.65	150.76	137.00	133.22	123.00	130.20	147.00	117.00	172.00			1561.75	141.97
4			172.47	(212.57)	181.14	182.41	183.00	180.88	170.76	179.09	189.22	185.06	191.71	178.56	157.75	174.40	178.50	149.00	214.00			1821.83	182.18
5				217.13	(236.64)	226.93	222.00	221.96	203.92	210.55	219.70	218.47	227.57	220.78	187.25	211.40	209.00	180.00	240.00			1971.88	219.10
6					242.82	(281.59)	259.52	258.46	238.12	244.23	248.83	245.82	264.71	260.22	229.25	245.80	244.00	196.00	263.00			2019.91	252.49
7						286.55	(301.52)	290.65	268.84	277.05	287.52	275.12	292.43	304.00	278.00	282.00	287.00	239.00	287.00			1986.61	283.80
8							307.28	(325.15)	303.76	308.23	306.83	301.00	318.43	337.78	321.75	330.60	339.00	295.00	307.00			1879.03	313.17
9								329.81	(345.08)	336.05	340.17	329.94	341.86	367.33	394.50	371.00	379.50	341.00	353.00			1715.35	343.07
10									351.92	(366.36)	370.00	360.18	364.00	392.11	372.25	396.20	398.50	370.00	406.00			1486.29	371.52
11										370.45	(404.57)	385.82	388.71	414.33	399.00	420.00	414.00	400.00	432.00			1188.86	396.29
12											409.00	(416.06)	411.00	432.00	418.00	434.20	429.50	409.00	450.00			843.00	421.50
13												418.82	(438.29)	448.89	434.75	445.60	445.00	422.00	462.00			448.89	448.89
14													439.86	(467.56)	449.50	459.20	458.00	438.00	474.00				
15														469.89	(466.50)	470.20	470.00	450.00	485.00				
16															466.50	(484.40)	482.50	465.00	494.00				
17																485.20	(500.00)	473.00	506.00				
18																	500.00	(495.00)	517.00				
19																		495.00	(529.00)				
20																			529.00				
Number		27	34	30	28	29	35	26	25	22	23	17	7	11	4	5	2	1	1				

*Otolith radius

Appendix Table 1. (continued)

Female, eyed-side

i	j	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	$\sum_{j=2}^{17} r_{ij}$	\bar{r}_i
1		37.46	36.56	29.61	37.24	36.55	29.72	29.22	35.35	37.53	48.26	33.29	37.56	26.90	28.00	27.55	29.43	24.50	36.00	49.00		540.23	33.76
2		(125.85)	101.24	96.29	101.43	103.91	98.36	95.87	95.71	95.88	114.86	102.71	93.44	89.80	92.50	96.45	86.00	96.30	108.50	110.00		1464.45	97.63
3		129.19	(166.86)	144.32	148.00	150.52	147.36	143.78	139.68	138.66	156.23	151.29	142.56	131.70	129.75	137.18	136.29	141.00	158.00	169.00		1997.32	142.67
4			170.83	(206.00)	199.90	196.36	189.64	187.39	179.91	175.56	196.43	189.47	190.78	172.70	169.13	177.00	182.29	188.50	204.00	203.00		2406.56	185.12
5				210.50	(261.19)	238.09	232.24	229.78	219.88	209.25	230.29	226.24	237.00	221.60	218.00	216.55	217.57	227.00	245.00	250.00		2696.49	224.71
6					265.76	(287.18)	270.52	269.13	256.09	243.28	262.71	259.18	271.22	260.20	264.13	259.73	255.29	258.50	288.50	283.00		2871.48	261.04
7						292.39	(315.44)	310.33	292.41	276.75	295.74	285.76	298.11	300.20	302.38	300.64	307.00	290.50	320.50	324.00		2969.82	296.98
8							319.68	(354.26)	325.24	309.66	326.60	318.71	323.11	333.80	338.13	336.55	348.71	331.00	352.50	361.00		2960.51	328.95
9								357.22	(361.12)	340.28	358.94	353.65	345.33	360.40	363.38	365.27	386.14	371.50	388.00	395.00		2873.39	359.17
10									362.74	(375.88)	390.20	386.00	367.67	385.50	389.00	389.64	414.57	413.50	428.00	428.00		2722.58	388.94
11										379.31	(424.57)	412.00	392.11	407.00	411.13	412.73	433.29	449.00	465.50	478.00		2468.26	411.38
12											429.91	(438.18)	412.33	431.20	429.25	432.45	450.14	465.50	479.00	499.00		2155.37	431.07
13												441.24	(433.67)	446.90	447.75	453.55	473.00	486.00	493.00	523.00		1821.20	455.30
14													438.22	(465.70)	463.50	468.82	490.71	498.00	507.00	549.00		1423.03	474.31
15														467.50	(486.63)	483.00	508.86	513.50	530.00	571.00		991.86	495.93
16															486.63	(498.18)	526.29	537.50	555.00	581.00		526.29	526.29
17																499.09	(545.00)	548.00	567.50	593.00			
18																	547.57	(560.00)	577.00	611.00			
19																		565.50	(598.50)	623.00			
20																			601.00	(640.00)			
																				643.00			
Number		26	29	28	21	33	25	23	34	32	35	17	9	10	8	11	7	2	2	1			

Appendix Table 1. (continued)

Male, blind-side

<i>i</i>	<i>j</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	$\sum_j^{14} r_{ij}$	\bar{r}_i
1		35.67	35.94	26.10	32.22	37.31	31.76	29.40	32.20	36.50	41.65	35.18	31.71	33.33	24.00	25.40	30.50	31.00	37.00			441.97	34.00
2		(114.48)	93.56	87.83	85.33	93.55	89.76	84.68	83.40	90.23	96.91	94.18	83.57	76.11	72.50	73.80	74.50	85.00	89.00			1059.11	88.26
3		117.15	(150.59)	130.20	125.78	128.86	129.60	125.12	120.88	128.00	133.00	132.41	129.86	119.33	111.75	112.40	121.00	112.00	134.00			1403.04	127.55
4			152.47	(186.67)	161.70	163.48	162.36	160.48	151.80	158.00	166.43	164.12	168.71	156.33	142.75	147.20	152.50	136.00	167.00			1613.41	161.34
5				189.63	(208.96)	199.00	195.36	193.68	180.48	183.27	192.83	190.29	200.29	189.67	170.50	176.60	184.50	163.00	193.00			1724.87	191.65
6					211.19	(241.07)	227.28	224.60	207.81	210.64	217.35	213.24	227.29	222.33	200.75	204.80	220.00	185.00	213.00			1750.54	218.82
7						243.17	(262.76)	252.48	235.28	237.09	242.74	238.00	251.71	257.89	240.25	237.80	256.00	200.00	238.00			1715.19	245.03
8							261.84	(281.88)	262.12	263.09	266.23	260.82	274.00	286.44	277.50	278.40	284.50	222.00	257.00			1612.70	268.78
9								284.12	(293.88)	285.36	292.57	283.94	295.71	307.89	301.75	308.20	305.50	245.00	287.00			1465.47	293.09
10									295.52	(310.73)	314.57	306.94	313.43	327.67	324.00	331.00	318.50	273.00	320.00			1262.61	315.65
11										311.82	(342.17)	328.59	333.14	344.44	339.00	353.00	328.00	299.00	341.00			1006.17	335.39
12											344.04	(352.00)	349.43	359.67	354.75	368.40	337.00	319.00	352.00			709.10	354.55
13												353.88	(370.14)	372.33	369.75	381.00	348.50	330.00	362.00			372.33	372.33
14													370.71	(385.22)	383.00	395.00	359.00	343.00	373.00				
15														386.78	(396.00)	406.20	368.00	354.00	379.00				
16															396.00	(419.60)	377.50	367.00	387.00				
17																419.60	(387.50)	374.00	397.00				
18																	387.50	(389.00)	406.00				
19																		389.00	(415.00)				
20																			415.00				
Number		27	34	30	27	29	25	25	25	22	23	17	7	9	4	5	2	1	1				

Appendix Table 1. (continued)

Female, blind-side

i	j	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	$\sum_j^{17} r_{ij}$	\bar{r}_i
1		37.54	38.55	30.00	36.29	35.74	30.76	29.17	35.61	37.50	46.54	33.19	35.00	26.86	29.11	29.64	30.14	24.00	41.00			561.64	33.85
2		(114.81)	93.45	87.21	91.19	92.89	85.64	87.13	85.73	86.50	103.19	92.75	82.63	80.00	82.44	85.64	78.71	79.00	110.00			1315.10	87.67
3		117.69	(151.45)	129.43	131.81	131.83	131.12	128.78	125.06	122.47	140.24	134.88	124.00	113.29	118.67	121.27	120.86	111.00	159.00			1773.71	126.69
4			153.72	(183.75)	173.38	170.23	167.52	165.26	159.48	154.03	174.54	167.44	165.33	145.71	151.33	154.64	155.57	140.00	207.00			2104.46	161.88
5				186.54	(223.71)	206.83	203.40	199.65	192.00	181.28	203.35	197.88	205.50	183.43	187.22	186.45	184.14	167.00	243.00			2331.13	194.26
6					225.76	(248.03)	236.20	233.61	222.03	209.84	229.81	224.50	233.13	218.71	225.00	220.00	217.29	195.00	291.00			2470.12	224.56
7						249.89	(272.56)	264.22	253.94	235.97	257.24	247.06	256.25	248.29	258.11	254.00	252.86	217.00	316.00			2527.94	252.79
8							274.40	(297.65)	278.64	263.03	282.27	276.00	274.75	281.00	288.33	282.45	288.00	245.00	338.00			2514.47	279.39
9								299.26	(308.45)	288.34	310.19	304.25	293.50	304.43	313.56	307.91	317.71	277.00	360.00			2439.89	304.99
10									311.21	(316.66)	334.46	330.81	316.63	330.71	335.89	331.82	340.43	318.00	380.00			2320.75	331.54
11										319.31	(362.89)	351.50	338.50	352.43	356.78	349.36	355.86	333.00	394.00			2104.43	350.74
12											365.16	(327.13)	356.50	375.00	373.44	366.45	370.14	344.00	401.00			1841.53	368.31
13												373.06	(378.75)	392.00	392.67	384.73	387.86	352.00	404.00			1557.26	389.32
14													382.13	(409.00)	407.33	401.55	404.29	360.00	409.00			1213.17	404.39
15														410.71	(421.44)	414.18	421.29	367.00	413.00			835.47	417.74
16															422.22	(436.09)	436.00	375.00	418.00			436.00	436.00
17																427.55	(450.29)	384.00	426.00				
18																	451.86	(394.00)	434.00				
19																		394.00	(443.00)				
20																			443.00				
Number		26	29	28	21	35	25	23	33	32	37	16	8	7	9	11	7	1	1				

Appendix Table 2.

Total-length at i -th annulus by group having same number (j) of annuli for yellowfin sole sampled in 1968 in the eastern Bering Sea, back-calculated from radius of annulus shown in Appendix Table 1, using the otolith radius and total-length relationship.

Male, eyed-side

i	j	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TL^*	Total (up to 14)	\overline{TL}^{**}
1		20.52	21.16	14.81	19.42	22.00	18.03	16.25	17.52	20.39	24.66	19.83	20.05	17.79	13.87	13.93	16.88	17.79	21.45		19.41	252.43	19.42
2		(77.95)	63.26	59.09	58.16	63.35	60.47	57.67	55.22	60.67	66.89	64.64	57.47	50.67	46.54	48.72	51.35	52.95	65.90		59.79	717.56	59.80
3		80.52***	(106.92)	91.53	87.68	89.73	90.05	87.92	83.42	89.97	93.96	94.69	85.58	83.09	76.36	81.10	92.20	72.43	108.85		88.87	977.62	88.87
4		(81.3)****	109.16	(136.16)	114.97	115.83	116.22	114.80	108.02	113.60	120.40	117.61	122.08	113.24	99.34	110.46	113.20	93.52	137.13		115.67	1156.77	115.68
5			(107.1)	139.25	(152.51)	145.91	142.56	142.53	130.31	134.80	141.00	140.16	146.34	141.73	119.08	135.37	133.75	114.21	154.80		140.59	1265.34	140.59
6				(133.7)	156.73	(183.30)	168.15	167.42	153.52	157.69	160.83	158.78	171.70	168.62	147.48	158.76	157.53	124.97	170.53		163.33	1306.71	163.33
7					(151.9)	186.71	(197.04)	189.54	174.54	180.18	181.19	178.85	190.77	198.75	180.83	183.58	187.02	154.12	187.02		184.82	1293.82	184.83
8						(183.0)	201.02	(213.40)	198.59	201.68	200.71	198.75	208.74	222.17	211.04	217.18	223.02	192.54	200.83		205.10	1230.64	205.11
9							(202.0)	216.64	(227.25)	220.97	223.84	216.73	225.01	242.77	230.33	245.34	251.28	224.41	232.77		225.85	1129.32	225.86
10								(217.3)	232.02	(242.09)	244.64	237.78	240.44	260.12	246.21	262.99	264.60	244.64	269.87		245.70	982.98	245.75
11									(230.4)	244.95	(268.86)	255.71	257.73	275.73	264.95	279.72	275.49	265.65	288.17		263.05	789.17	263.06
12										(244.9)	271.98	(276.94)	273.38	288.17	278.31	289.72	286.41	271.98	300.88		280.77	561.55	280.78
13											(270.8)	278.88	(292.61)	300.10	290.11	297.77	297.35	281.12	309.37		300.10	300.10	300.10
14												(279.4)	293.72	(313.31)	300.53	307.39	306.54	292.40	317.87				
15													(297.5)	314.96	(312.55)	315.18	315.03	300.88	325.67				
16														(337.0)	312.55	(325.25)	323.90	311.49	332.07				
17																325.81	(336.33)	317.16	340.60				
18																		336.33	(332.78)	348.43			
19																			332.78	(356.99)			
20																							356.99
Number		27	34	30	28	29	25	26	25	22	23	17	7	11	4	5	2	1	1				

* Calculated from \bar{r}_i shown in App. Table 1. ** Average. *** Calculated from otolith radius. **** Average of individuals in samples.

Appendix Table 2. (continued)

Female, eyed-side

<i>i</i>	<i>j</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<i>TL</i>	Total (up to 17)	\overline{TL}
1		22.06	21.50	17.22	21.92	21.49	17.28	16.98	20.75	22.10	28.81	19.48	22.12	15.56	16.23	15.96	17.11	14.10	21.15	29.27	19.77	316.57	19.79
2		(79.08)	62.88	59.65	63.00	64.63	61.00	59.37	59.27	59.38	71.82	63.84	57.79	55.42	57.17	59.75	52.95	59.78	67.64	68.63	60.52	907.92	60.53
3		81.30	(106.45)	91.36	93.82	95.50	93.39	91.00	88.27	87.59	99.32	96.01	90.19	82.96	81.67	86.60	86.01	89.15	100.51	107.89	90.26	1263.69	90.26
4	(81.2)	109.12	(132.92)	128.77	126.37	121.82	120.30	115.24	112.31	126.42	121.70	122.59	110.38	107.98	113.28	116.85	121.05	131.56	130.88	118.76	1544.01	118.77	
5		(106.8)	135.98	(170.69)	154.82	150.82	149.13	142.37	135.13	149.48	146.71	154.07	143.54	141.09	140.10	140.79	147.23	159.56	162.99	145.67	1748.05	145.67	
6			(131.1)	173.84	(188.63)	177.12	176.16	167.18	158.38	171.73	169.30	177.60	170.01	172.71	169.68	166.63	168.84	189.54	185.74	170.58	1876.50	170.59	
7				(168.6)	192.24	(208.24)	205.03	192.25	181.42	194.56	187.65	196.20	197.65	199.16	197.96	202.37	190.93	211.76	214.20	195.42	1954.25	195.43	
8					(187.9)	211.19	(235.32)	215.06	204.22	216.01	210.51	213.58	221.03	224.05	222.95	231.44	219.07	234.09	240.04	217.64	1958.85	217.65	
9						(206.3)	237.40	(240.13)	225.55	238.60	234.90	229.08	239.62	241.71	243.04	257.69	247.41	259.00	263.92	238.76	1910.19	238.77	
10							(229.5)	241.26	(250.48)	260.55	257.59	244.72	257.24	259.70	260.15	277.96	276.97	287.21	287.21	259.66	1817.67	259.67	
11								(244.3)	252.89	(284.78)	275.91	261.89	272.38	275.29	276.42	290.95	302.07	313.78	322.67	275.47	1652.84	275.47	
12									(258.6)	288.56	(294.41)	276.14	289.47	288.09	290.35	302.88	313.78	323.38	337.62	289.38	1446.93	289.39	
13										(284.7)	296.58	(291.22)	300.59	301.19	305.30	319.11	328.36	333.34	354.75	306.54	1226.19	306.55	
14											(302.7)	294.44	(313.92)	312.36	316.14	331.71	336.91	343.32	378.36	320.06	960.21	320.07	
15												(317.5)	315.20	(328.81)	326.22	344.65	347.96	359.75	389.14	335.43	670.87	335.44	
16													(322.)	328.81	(337.03)	357.10	365.12	377.66	396.32	357.10	357.10	357.10	357.10
17														(350.)	337.68	(370.49)	372.64	386.62	404.95				
18																	372.33	(381.24)	393.45	417.91			
19																		385.19	(408.91)	426.57			
20																			410.71	(438.84)			
																				441.01			
Number		26	29	28	21	33	25	23	34	32	35	17	9	10	8	11	7	2	2	1			

Appendix Table 2. (continued)

Male, blind-side

<i>i</i>	<i>j</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<i>TL</i>	Total (up to 14)	\overline{TL}
1		20.91	21.09	14.67	18.63	22.00	18.33	16.79	18.62	21.46	24.92	20.58	20.27	19.36	13.31	14.23	17.51	17.83	21.79		19.80	257.63	19.82
2		(78.41)	62.38	58.07	56.20	62.37	59.52	55.71	54.76	59.87	64.92	62.85	54.88	49.36	46.72	47.67	48.18	55.95	58.94		58.39	700.89	58.41
3		80.49	(170.00)	90.73	87.24	89.67	90.25	86.73	83.40	88.99	92.94	92.48	90.46	82.19	76.30	76.80	83.50	76.49	93.74		88.64	975.08	88.64
4		(81.3)	108.51	(136.49)	115.99	117.44	116.53	115.00	107.97	112.98	119.84	117.96	121.71	111.63	100.70	104.27	108.54	95.32	120.31		115.70	1157.05	115.71
5			(107.1)	138.95	(155.11)	146.76	143.72	142.32	131.37	133.68	141.61	139.50	147.84	138.98	123.17	128.18	134.70	117.05	141.75		140.63	1265.78	140.64
6				(133.7)	156.99	(182.40)	170.62	168.34	154.15	156.53	162.19	158.72	170.63	166.41	148.22	151.62	164.44	135.11	158.52		163.44	1307.59	163.45
7					(151.9)	184.20	(201.11)	192.22	177.44	178.99	183.83	179.77	191.55	196.89	181.70	179.60	195.26	147.60	179.77		185.80	1300.69	185.81
8						(183.0)	202.92	(217.78)	200.56	201.40	204.13	199.43	210.89	221.78	213.95	214.74	220.08	166.13	196.12		206.35	1238.19	206.37
9							(202.0)	219.75	(228.32)	220.83	227.17	219.59	229.94	240.70	235.27	240.98	238.58	185.78	222.27		227.63	1138.23	227.65
10								(217.3)	229.77	(243.22)	246.63	239.86	245.62	258.31	255.08	261.28	250.13	210.02	251.46		247.59	990.42	247.59
11									(230.4)	244.19	(271.30)	259.13	263.20	273.34	268.45	281.06	258.60	232.84	270.25		265.21	795.67	265.22
12										(244.9)	272.98	(280.15)	277.84	287.08	282.61	295.00	266.66	250.57	280.15		282.46	564.92	282.46
13											(270.8)	281.85	(296.58)	298.57	296.22	306.46	277.00	260.39	289.19		298.57	29857	298.57
14												(279.4)	297.09	(31031)	308.28	319.26	286.48	272.05	299.18				
15													(297.5)	311.74	(320.17)	329.54	294.63	281.96	304.64				
16														(337.0)	311.17	(341.89)	303.27	293.73	311.94				
17																341.89	(312.39)	300.08	321.09				
18																	312.39	(313.76)	329.35				
19																		313.76	(337.64)				
20																			337.64				
Number		27	34	30	27	29	25	25	25	22	23	17	7	9	4	5	2	1	1				

Appendix Table 2. (continued)

Female, blind-side

<i>i</i>	<i>j</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<i>TL</i>	Total (up to 17)	\overline{TL}
1		22.50	23.18	17.49	21.66	21.29	17.99	16.91	21.20	22.47	28.65	19.59	20.80	15.44	16.90	17.25	17.58	13.61	24.85		20.86	320.93	20.06
2		(79.80)	62.74	58.05	61.03	62.31	56.87	57.99	56.94	57.52	70.14	62.21	54.63	52.68	54.49	56.87	51.73	51.94	75.36		58.39	876.20	58.40
3		81.31	(107.97)	90.48	92.36	92.37	91.81	89.97	87.06	85.03	99.02	94.78	86.23	77.90	82.07	84.09	83.78	76.13	114.04		88.33	1236.95	88.35
4		(81.2)	109.79	(134.18)	125.69	123.13	120.93	119.10	114.42	110.04	126.64	120.86	119.15	103.38	107.87	110.53	111.27	98.83	153.41		116.36	1513.01	116.39
5			(106.8)	136.47	(167.40)	153.27	150.41	147.30	140.97	132.15	150.37	145.83	152.16	133.92	137.03	136.40	134.50	120.51	183.72		142.84	1714.31	142.86
6				(131.1)	169.13	(188.00)	177.95	175.76	165.99	155.78	172.54	168.07	175.35	163.20	168.49	164.29	162.01	143.45	224.99		168.12	1849.43	168.13
7					(168.6)	189.58	(209.03)	201.85	193.04	177.75	195.87	187.17	195.02	188.22	196.61	193.09	192.12	161.77	246.84		192.06	1920.74	192.07
8						(187.9)	210.62	(230.78)	214.28	200.83	217.42	212.00	210.92	216.32	222.67	217.58	222.39	185.42	266.24		214.93	1934.41	214.93
9							(206.3)	232.19	(240.22)	222.68	241.74	236.54	227.17	236.70	244.70	239.75	248.34	212.86	285.81		237.19	1897.62	237.20
10								(229.5)	242.64	(247.42)	263.11	259.88	247.39	259.80	264.38	260.78	268.40	248.60	303.72		260.53	1823.74	260.53
11									(244.3)	249.75	(288.39)	278.23	266.69	279.06	282.93	276.33	282.11	261.82	316.33		277.55	1665.35	277.56
12										(258.6)	290.42	(296.65)	282.68	299.23	297.83	291.57	294.87	271.56	322.65		293.23	1466.18	293.24
13											(284.7)	297.49	(302.59)	314.52	315.13	307.97	310.79	278.67	325.37		312.11	1248.41	312.10
14												(302.7)	305.63	(329.90)	328.39	323.15	325.63	285.81	329.90		325.72	977.17	325.72
15													(317.5)	331.44	(341.20)	334.60	341.07	292.06	333.53		337.84	675.67	337.84
16														(322.0)	341.91	(354.57)	354.48	299.23	338.07		354.48	354.48	354.48
17															(350.0)	346.77	(367.57)	307.31	345.36				
18																	369.01	(316.33)	352.66				
19																		316.33	(360.89)				
20																			360.89				
Number		26	29	28	21	35	25	23	33	32	37	16	8	7	9	11	7	1	1				

Appendix Table 3. Total-length composition of commercial catch in number (10^3 individuals) for yellowfin sole by the Japanese fishery in the eastern Bering Sea, 1955-1982.

Year T.L(mm)	1955	1956	1958	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
~150				17			5,185 6,835	606 1,314		745 1,280 894 2,063 1,280	13 66	46	151	24
~200		39 39	20 39 169	592 471 12,080 27,896 1,156 9,507 3,639 1,314	592 471 12,080 27,896 1,156 9,507 3,639 1,314	471 12,080 27,896 1,156 9,507 3,639 1,314	8,603 8,957 11,219 963 2,927 3,902 186 216 636 273	1 963 3,902 186 216 636 273	1 963 3,902 186 216 636 273	2,927 3,902 186 216 636 273	80 36 216 293 1,147 3,538 6,081	36 216 293 1,147 3,538 6,081	636 273 1,837 1,047 2,569 3,789	273 767 1,047 2,569 3,789
~250	395 988 1,186	235 391 548 745 1,175	72 215 413 520 1,130	417 796 1,274 2,644 4,076	8,998 12,969 16,864 21,904 29,601	44,548 52,617 60,160 69,676 99,601	67,269 86,973 118,902 139,295 160,122	61,452 81,261 92,783 123,510 119,062	4,039 3,270 4,616 5,866 8,751	27,774 32,521 31,374 27,998 21,549	2,812 4,449 5,536 7,348 7,552	6,102 9,395 13,176 16,213 17,546	10,034 14,507 18,751 22,644 24,571	7,616 5,068 9,095 12,661 14,330
~300	1,779 2,370 1,581 2,766 2,174	1,332 2,350 2,624 3,760 3,682	1,651 1,885 2,315 3,051 3,177	5,694 9,020 9,602 10,414 10,357	31,756 36,683 46,246 42,598 41,402	97,002 105,240 115,866 114,440 114,941	167,772 172,785 168,511 162,639 134,198	121,890 115,121 86,619 90,055 65,394	9,231 8,462 8,943 7,789 6,058	21,035 17,762 18,163 14,844 10,798	8,420 8,192 8,524 6,833 5,434	20,331 19,877 18,797 18,433 15,941	26,438 28,257 29,042 24,323 20,186	18,277 18,308 17,802 19,036 16,199
~350	3,161 2,174 1,581 2,174 2,174	4,544 4,544 4,583 5,170 3,760	4,039 3,877 4,343 4,685 4,936	10,680 8,724 8,740 13,918 5,441	37,593 28,015 18,135 13,918 9,631	102,488 85,033 67,161 49,524 37,284	97,474 74,783 54,186 31,719 22,000	60,239 50,536 34,162 28,503 21,932	5,192 4,327 3,912 2,115 1,731	8,138 5,713 2,659 2,368 1,637	5,084 3,489 1,927 1,335 722	13,155 10,475 7,999 4,539 3,460	15,021 11,312 8,917 5,287 3,715	14,216 9,415 6,785 4,468 3,039
~400	3,161 2,370 1,383 1,383 395	4,034 3,447 2,781 1,998 2,194	4,397 3,141 3,069 1,885 1,723	4,278 3,803 1,934 1,357 791	7,130 5,224 4,146 2,686 1,755	25,908 17,690 13,690 8,339 4,629	14,123 9,072 3,769 2,269 1,193	13,948 8,591 5,559 5,357 3,942	1,346 1,346 769 1,058 577	438 159 215 56 39	352 337 82 67 42	675 377 220 191 38	842 494 309 185 42	2,399 1,195 249 71 5
~450	988 593 198 198	1,410 470 430 157	1,579 646 430 126 54	661 351 381 342 254	638 255 255 128 58	3,105 2,000 1,176 1,059 588	1,090 14 14 505 505 101	1,718 1,617 505 505 101	192	3 2 2 2	49 19	24	68 34	8
~500			18	289 153 51 34 34		118 118 118		202 101 101						
Total	35,171	56,442	53,377	110,369	430,103	1,332,759	1,760,539	1,354,257	97,416	297,413	81,300	201,227	278,481	188,717

Appendix Table 3. (continued)

Year T.L(mm)	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
~150	69 69							17 17	18		50	39		136 127 377
~200	695 1,413 3,615 8,454 13,969	28	33 61 526 1,821 3,894	10 10 250 1,236 3,496	46 239 1,003 4,454 10,215	61 182 217 948 4,081		133 315 1,233 2,081 3,744	70 220 733 1,793 4,105	34 69 278 565 1,785	265 365 743 1,564 2,925	39 79 631 1,144 1,534	83 359 753 1,347 1,778	574 1,520 1,995 2,961 4,483
~250	19,069 27,301 34,629 40,503 39,401	595 3,475 6,418 12,467 18,396	10,728 15,515 23,045 32,272 35,715	6,993 10,173 13,166 15,787 15,976	23,618 36,785 45,55 49,626 46,161	8,117 16,408 22,055 27,571 28,305	7,045 13,683 22,043 31,214 32,922	8,527 12,455 19,370 26,042 31,159	9,933 15,106 20,654 28,473 34,931	4,456 9,439 15,950 24,277 28,582	6,396 10,401 15,538 21,071 25,450	2,344 4,319 8,058 11,497 19,333	3,904 7,539 11,823 18,915 24,600	5,449 7,023 10,719 15,822 22,152
~300	43,366 35,052 36,376 29,303 23,914	24,588 25,354 27,479 25,589 21,080	38,892 34,705 31,619 27,982 25,217	18,951 16,755 16,260 14,209 9,913	46,347 41,850 33,038 25,101 16,255	28,714 23,368 16,557 11,209 7,432	39,337 35,289 28,053 20,565 14,991	38,611 34,636 30,387 20,277 13,507	39,251 40,530 33,612 24,361 14,807	37,783 39,804 37,019 31,159 21,650	35,036 35,762 35,920 27,600 19,641	24,914 35,389 38,390 37,974 30,845	30,187 34,725 33,108 30,748 24,171	26,540 32,815 32,114 29,952 25,291
~350	20,537 11,842 9,126 7,998 5,349	17,530 14,514 11,894 9,166 5,363	20,787 15,997 13,011 10,850 6,710	8,653 5,576 3,430 2,318 1,949	11,516 6,938 4,823 1,947 1,490	5,289 3,018 1,625 757 566	11,095 7,804 6,092 4,611 2,339	9,063 4,388 2,896 1,984 1,081	8,916 5,041 2,726 1,303 1,032	14,163 6,448 4,416 2,019 1,312	12,352 6,755 3,674 1,635 1,505	18,563 9,879 5,217 2,093 1,174	16,777 11,825 6,753 3,755 1,923	17,131 14,158 8,151 4,850 3,288
~400	1,161 1,041 359 400 305	3,042 1,261 793 522 151	5,153 2,835 1,129 714 319	841 490 38 10 10	411 153 282 27 102	26	1,144 531 155 18 119	730 50 59	193 41 28	39 98 20			845 301 41 20	1,542 914 325 57 55
~450	60 40 20	56 32	266 21 43 12 21		51		18							
~500														
Total	415,555	230,226	358,318	166,504	408,038	206,287	282,902	262,763	287,877	281,365	264,648	253,456	266,280	270,519

Appendix Table 4. Age-length keys for yellowfin sole in the eastern Bering Sea, 1964-1975*.

1964**

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100																			
-150																			
-200			9	8	5 27	2	4												5 46 55 49
-250				8 8	43 5 11	30 53 48	3 7 11	1		1									84 74 71 84 89
-300					5	25 30 21 13 6	13 9 7 4 2	12 25 15 11 11	5 12 27 27 20	2 8 7 15 19	1 2 2 3 5			1					58 91 79 75 64
-350							2 1	11 6 3 1	8 15 5 7 2	15 7 8 4 4	5 5 4 4 1	3 4 1 1 2							44 41 22 18 9
351-								1	4	5	4	1	2						17
Total	—	—	9	36	182	349	86	118	138	100	37	14	6	—	—	—	—	—	1,075

*Obtained by the present author for 1964-1969 and by the Ageing Unit of the Northwest and Alaska Fisheries Center for 1970-1975, which were used in WAKABAYASHI *et al.* (1977).

**Obtained from the key for 1965, assuming that length composition by age group and year class composition of samples were the same in both years.

Appendix Table 4. (continued)

1965

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total	
-100																				
-150																				
-200			1	2	5	1														1
				2	8	2														9
				1	6	6	4													12
																				17
-250				2	8	16	10													36
				2	1	28	28	1												60
					2	25	46		1											74
					1	28	50	8	1	2										90
					1	27	58	7	3	6	2									104
-300					1	13	54	9	4	3	2	1								86
						16	38	18	10	11	6	1								101
						11	27	11	23	10	5		1							88
						7	15	8	23	21	9	2	2							87
						3	9	8	17	26	14	2								79
-350							8	8	7	20	14	6			1					64
						1	3	4	13	10	14	9	2	1						57
								2	4	11	10	2	3							32
								1	6	6	10	2	2							27
									2	5	4	5		1						17
351-								1	4	6	10	5	5	2		1				34
Total	—	—	1	9	34	184	350	86	118	137	100	35	15	4	1	1	—	—		1,075

Appendix Table 4. (continued)

1966

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	10																		10
	10																		10
	10																		10
	8																		8
-100	2	6																	8
-150	6	15	15																36
	6	2	51																59
			58	1															59
			51	10															61
-150	1	7	25																33
-200				24	13	1													38
		1	7	8	20	4													40
				7	24	7	1	1											40
				3	15	10	2	1											31
-200			1	7	24	7	1												40
-250				2	50	62	78	8											200
				1	15	59	88	36											199
					17	45	109	25	4										200
					10	31	66	89	2	3									201
					8	26	70	80	5	8	4								201
-300					2	21	64	95	8	4	4	1							199
					2	12	45	111	11	9	7	3							200
					2	6	35	97	31	12	13	1	2	1					200
						6	21	80	30	27	21	9	7						201
						2	16	58	32	40	36	13	2	2					201
-350							10	44	18	41	46	33	5		4				201
							5	48	17	23	45	49	9	4					200
								22	31	49	50	28	20						200
								4	4	5	14	6	5						38
-350							1	4	5	14	14		4					28	
351-							4	2	5	11	13	18	8					61	
Total	52	25	189	82	185	316	617	804	196	230	256	170	68	19	4	-	-	-	3,213

Appendix Table 4. (continued)

1967

Age TL(mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	10																		10
	10																		10
	10																		10
	4																		4
	1	5																	6
-150	3	12	2																17
	3	2	7																12
			8	3															11
			7	24															31
	1	1	57																59
-200				56	7	1													64
			1	19	11	3													35
				17	13	5	1	1											37
				7	8	7	2	1											25
			3	4	16	6	1												30
-250				1	9	12	13	3											38
				1	6	20	19	11	1										58
				1	8	20	25	17	6										77
				1	7	21	32	36	3					1					101
				6	20	39	44	20		1									130
-300					1	12	25	34	28			1							101
					1	7	28	39	40	3		1							120
					1	2	15	29	78	3	4	2							136
						2	8	22	62	8	5	4	2		2				113
					1	6	10	82	14	8	7	2		2				132	
-350							2	3	33	12	8	10	4		1				73
							1	6	13	5	6	9	3	1	1				45
									6	6	5	6	9	3					35
									3	2	3	8	4	2					22
								1		2	2	3	1					9	
351-								1	1	1	2	3	1	2				11	
Total	41	21	26	190	82	149	222	257	377	55	42	52	32	12	4	-	-	-	1,562

Appendix Table 4. (continued)

1968

Age TL(mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	2 71 102 7	10 110																	2 71 112 117
-150		200 141 34 6	1 23 42 59 29		1 6 12														201 164 77 71 42
-200			4 3	10 6 9 3 2	8 53 102 131 84	4 16 50 59	1 13 33	1 4											22 66 129 201 186
-250				2	52 20 5 2	61 48 30 11 11	57 87 79 58 29	18 27 59 62 43	4 13 19 33 35		7 10								192 197 192 173 132
-300						2 2	28 13 7 1 1	42 21 17 5 4	36 37 17 25 11	8 20 17 23 23	3 3 4 3 6	1 2		2 1					120 98 58 62 47
-350							1 1	5 1	6 2	15 7 4 1	2 8 5	5 2 2	2 4 3 5		1 3 2 2 1	1 1 2 2		1	38 28 20 13 5
351-											1	1	4	8	2	8	5		29
Total	182	501	161	51	458	294	409	316	235	135	38	20	20	18	8	12	7	—	2,865

Appendix Table 4. (continued)

1969*

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	1																		1
	2																		2
	71																		71
	102	4																	106
-100	7	40																	47
-150		73	3																76
		51	72																123
		12	131	3															146
		2	184	19															205
			90	38															128
-200			12	32	1														45
			9	19	6	6													40
				28	11	25	1	1											66
				9	15	78	9	5											116
				6	9	92	24	9	1										141
-250					6	95	41	23	5										170
					2	75	63	35	17										198
					1	47	57	76	26										207
						17	42	80	44	12									195
						17	21	56	47	17	11	2							171
-300						3	20	54	48	14	11	2							152
						3	9	27	50	35	11	4							139
							5	22	17	30	14								88
							1	6	34	40	11	4	2	1					99
							1	5	15	40	21	2		1					85
-350							1	6	8	26	7	10	2		2	1			63
							1	1	3	12	28	7	18	4	3	2	1		55
												6	3	2	5				41
												4	5	2	5	1			17
351-											4	2	4	8	4	6		28	
Totale	183	182	501	160	51	458	296	406	315	235	136	40	20	18	18	9	-	-	3,028

*Obtained from the key for 1968.

Appendix Table 4. (continued)

1970*

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	10																		10
	10																		10
	10																		10
	43	1																	44
	10	1																	11
-150	2	1																	3
	1	5																	6
		11	1																12
		9	5																14
		3	12																15
-200			17	1															18
			16	9															25
			9	20															29
			3	21	1														25
				15	3	1													19
-250				8	5	2													15
				1	7	3													11
				1	7	3	1												12
				1	5	4	3												13
					4	7	3	1											15
-300					2	5	4	1											12
					1	3	7	1	4										16
						1	7	2	4	4	1								19
						2	4	2	2	9	3	1							23
						2	1	2	2	9	3	3							22
-350							1	1	2	6	4	7							21
							1	1	4	4	5	8							23
									4	2	5	7	1						19
											5	7	2	2					16
											8	5	1	2					16
351-										10	21	3	11	16	4	2		67	
Total	86	31	63	77	35	33	32	11	22	34	44	59	7	15	16	4	2	-	571

*Obtained from the key for 1971.

Appendix Table 4. (continued)

1971

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	10 10 10 13 3	1																	10 10 10 13 4
-150	1	1 3 6 5 2		2															2 3 6 5 4
-200			6 7 2	1 7 16 17 12	3	7	1												7 14 18 20 20
-250				6 1 1 1	10 16 15 10 8	2 3 3 5 8	1	3 5 3	2										18 20 20 19 21
-300					5 3 1	6 3 7 2 2	4 7 7 4 1	2 5 7 7	2	2	2	1							17 20 21 22 20
-350							1 1	3 1	1 2 1	3 2 1	3 4 4 4 6	5 6 5 5 4	1 3 9 13 9		1 1				17 19 20 23 20
351-											8	16	23	6	14	16	4	2	89
Total	47	18	17	62	78	36	32	34	10	18	34	44	58	8	14	16	4	2	532

Appendix Table 4. (continued)

1972

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total	
-100																				
-150		2																		2
-200		3	2 5 2 7 1	5 4 5 4 4		4														7 12 7 11 9
-250				6 3 2 1 1	4 10 2 4 4	2 1		1 3 2		2 2										12 14 5 10 14
-300				1	4 1	2 1 2 2 1	2 3 2 2 1		3 2 4 2 2		1 1 1									12 10 11 10 9
-350					1			1	1 2 1	3 4	2 3 1	2 3 2 3 1				2 1		1 1		10 14 8 8 4
351-							1		1	2	3	4	3	1	6	1	1			23
Total	-	5	17	36	34	17	21	14	17	15	13	16	3	4	6	1	3	-		222

Appendix Table 4. (continued)

1973

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total		
-100																					
-150				1																1	
-200				3 3 3 2 1	7 24 13 12 7	1 1 12 16 18													1	11 28 29 34 33	
-250				1	3 1 11 9 1	24 15 12 13 4	7 16 12 8 9		2 10 8 5		3 2 3 2						1				34 34 37 36 35
-300				1	2 1	8 2	8 7 3 1 1	6 3 10 3 3	4 7 5 8 6	3 9 6 5 3	2 4 10 5 2	3 1 1 2	3 1 5 5 2		1 2			1 2			37 34 36 29 22
-350								1 2	2 2	6 4	5 1 1	3 3 1	1 3 1	1 2					1		19 15 1 2
351-										1	2		1								4
Total	-	-	14	69	114	77	51	38	39	40	34	19	10	2	3	-	1	-		511	

Appendix Table 4. (continued)

January-September 1974

Age TL(mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100			1																1
-150			1																1
			6	4															10
			8	12															20
			3	15	2														20
-200			2	13	5														20
			1	12	7														20
				11	7	2													20
				5	11	4													20
					13	7													20
-250					7	10	3												20
					3	11	3	2	1										20
					1	10	3	3	3										20
					1	5	5	4	3				1						19
					2	3	4	3	4	1	1	1	1						20
-300					1	4	2	1	5	3	2	1	1	1					21
						2		2	4	5	2	1	2	2					20
								1	2	6	4	3	3	1					20
								2	2	6	4	5	1						20
								2	3	4	3	5	3						20
-350									2	4	4	6	3		1				20
									1	4	5	5	4		1				20
									1	3	6	2	5	1	1				19
									1	3	4	3	3	3	1	1			19
										2	3	6	3	4	1	1			20
351-										2	3	5	7	4	2	4	2	1	30
Total	-	-	22	72	60	58	20	20	32	43	41	44	36	16	7	6	2	1	480

Appendix Table 4. (continued)

October-December 1974

Age TL(mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100																			
-150				1															1
-200			3 1 2 1	1 6 6 3 2	1 1 7 4	1 1 1 3													4 9 10 10 10
-250				3 1 1	3 2 2	4 6 4 5 4	2 1 5 4	2 1 1											10 10 10 10 10
-300						2 2 1	7 3 1 2	2 2 1 1	1 2 6 3	1 1 2	1 3 2	1 3 2 1	1 1 1		1 2				10 10 10 10 10
-350						2			1 1 1	3 1 1	1 3 1 1	2 2 1 2 1	1 1 3	2 1 1	2 1 2	1 1 1	1		9 9 6 7 8
351-											3	4	4	3	1	1			16
Total	-	-	7	24	20	35	25	9	15	9	18	14	10	6	5	2	-	-	199

Appendix Table 4. (continued)

January-June 1975

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	2 2	1 2 4																	3 4 4
-150		11 16 12 4	1 3 4 2	1 1 3 9 12	2 6														13 20 19 17 18
-200				7 3 2	12 13 10 8 5	1 4 7 8	1 3 7 4												19 18 19 18 17
-250					5 3 1 1	6 6 5 1	8 9 9 7 5	1 1 2 7 9		1 1 1									20 19 18 19 19
-300						1 1 3 3	3 2 1	5 2 1	6 7 3 6 4	1 3 3 4	3 3 4 3 6	2 4 3 3	1 3 2 3	1 3 2 1 3					18 18 19 19 20
-350									1 1	3 2 4 2	6 3 2 3	3 3 2 2	4 4 1 2 1	2 2 2 1 2			1 1		19 16 12 10 7
351-													2	1	1	1	1		6
Total	4	50	10	38	66	40	58	28	30	22	34	24	19	16	5	3	1	-	448

Appendix Table 4. (continued)

July-December 1975

Age TL (mm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19~	Total
-100	1																		1
	13																		13
	24	2																	26
	17	21	2	1															41
-150	5	38	14	1															58
		30	36	3															69
		11	53	14															78
			40	38	4														82
-200			12	49	23														84
			2	34	43														79
			1	23	51	1	1												77
				22	61	8	4												95
-250				14	87	21	8												130
				3	91	25	18	1											138
				1	63	37	36	1											137
				1	38	56	48	4	1	1									149
-250				1	17	52	62	9	1	1									143
					9	36	71	20	2		1	1							140
					5	22	62	39	4		2	1							135
-300						9	58	46	7	2	3	1							126
					1	3	56	48	10	4	3	2							127
					1	5	39	53	18	3	3	2							124
						4	19	46	23	9	6	5	1						113
-350						2	10	27	20	13	10	9	3	1					95
						1	4	12	21	13	7	13	7	4	1	1			84
								5	18	10	6	13	6	6	4	4			72
								2	8	8	6	9	4	6	6	4			53
-350								1	1	7	4	7	4	8	5	3		1	41
								2	2	3	4	5	1	8	5	4		1	33
351-								1	3	3	3	7	3	10	5	7	5	3	50
Total	60	102	160	204	494	282	496	315	139	77	58	75	29	43	26	23	5	5	2,593