

Not to be cited by  
INPFC Document number

INPFC DOCUMENT
Ser. No. 3045
Rev. No. 1

東部ベーリング海及びアリューシャン水域における  
小型カレイ類の資源評価(1986年)

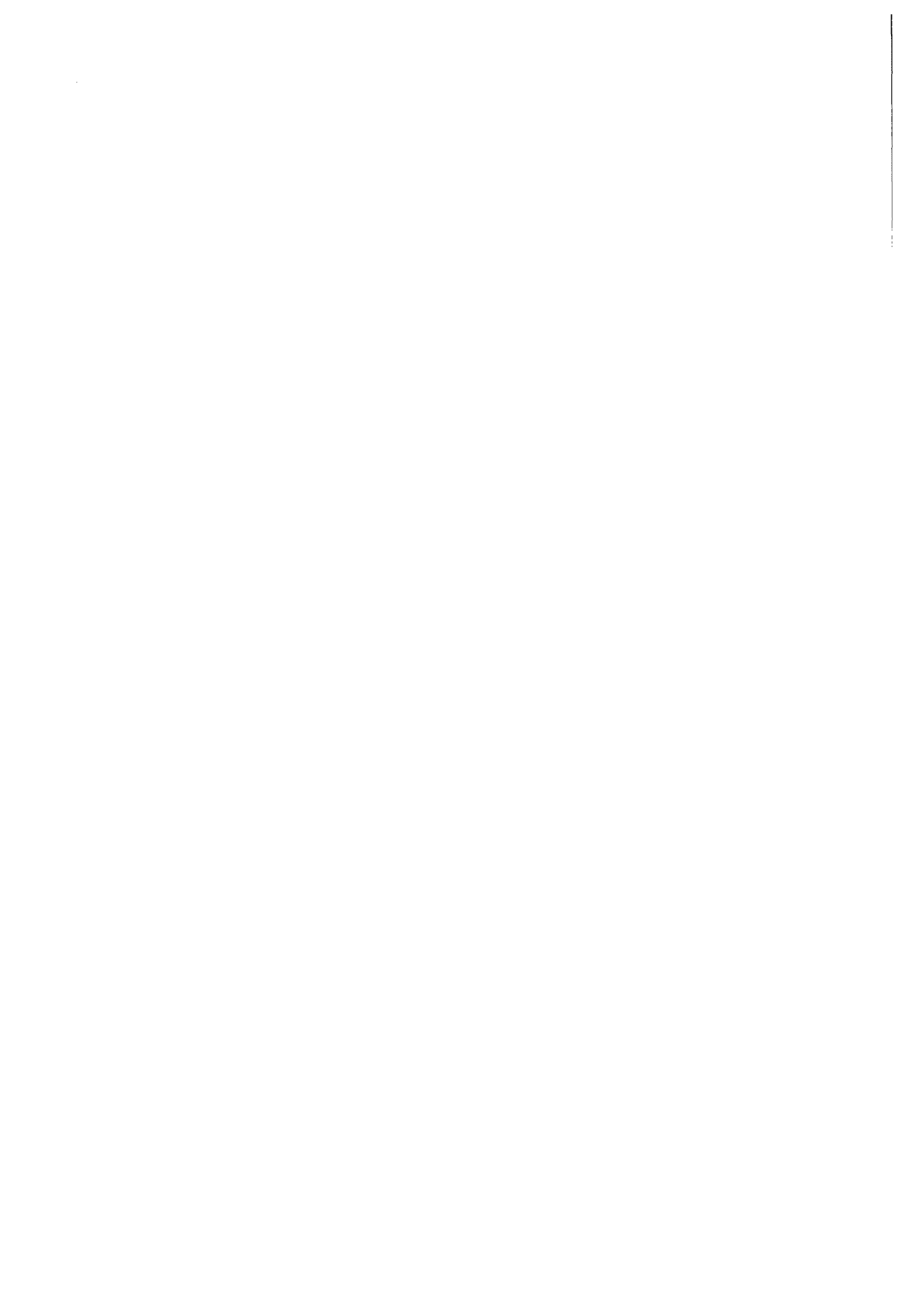
Stock assessment of small-sized flounders  
in the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1986

若林 清  
Kiyoshi Wakabayashi

1986年 9月  
September 1986  
水産庁  
Fisheries Agency of Japan

この文書を引用する場合は下記による：

若林 清．1986．東部ベーリング海及びアリューシャン水域における小型カレイ類の資源評価  
(1986年)．12頁．(第33回INPFC定例年次会議提出文書．1986年10月．米国，アンカレ  
ッジ市)．水産庁，遠洋水産研究所．日本．〒424 清水市折戸5-7-1．



# 東部ベーリング海及びアリューシャン水域における 小型カレイ類の資源評価（1986年）

若 林 清  
（遠洋水産研究所）

## 1 東部ベーリング海のコガネガレイ

### 漁 獲 量

小規模な断続的な漁獲と10年以上にわたる操業中断の後、漁業が再開された1954年以降の国別漁獲量を表1に示した。1958年までの漁獲量は年間平均22千トンと低水準であったが、1959-62年には年間約345千トンへと急激に増加した。しかし漁獲量は1961年の467千トンをピークに急減し、1963-71年には年間約118千トンの水準となった。1972-77年には漁獲量は更に低下して年間平均58千トンとなったが、1978年には138千トンに急増した。1979-82年の漁獲量は87-99千トンの水準で比較的安定していたが、1983年以降急激に増加し、1985年には228千トンとなった。1985年における漁獲量は漁業の最盛期であった1960-62年の362-467千トンに次ぐ高い水準であった。1980-85年には、ソ連漁業に代わって、韓国漁業や合弁漁業による漁獲量が増大してきている。

ベーリング海におけるコガネガレイの適正漁獲量（OY）又は総許容漁獲量（TAC）は、合衆国により1977年には106,000トン、1978-79年には126,000トン、1980-83年には117,000トンに設定されたが、1984年には近年の良好な資源状態を反映して230,000トンに引き上げられ、1985年に対しては229,900トン、1986年には209,500トンに設定されている。

### 資源量指標の経年変化

#### 商業船のCPUE

コガネガレイを主対象に操業する日本のカレイ母船に附属する2そうびき底びき船のCPUEは、1974年から1979年ないし1980年まで上昇したが1981-84年には、いずれの漁期についても連続して低下している（表2、図1）。1985年の値は1984年とほぼ同一水準であった。

#### トロール調査によるバイオマス推定値

コガネガレイの分布域を広くカバーして実施された合衆国トロール調査による、東部ベーリング海のコガネガレイのバイオマス推定値を下表及び図1に示した（Bakkala and Weststad 1985）。

Year	Mean estimate	Sampling error ( % of mean estimate )
1975	1,038,400	16.2
1976	1,192,600	44.5
1978	1,523,400	27.6
1979	1,932,600	13.6
1980	1,965,900	12.7
1981	2,039,900	12.2
1982	3,322,500	19.5
1983	3,951,500	12.5
1984	3,365,900	11.7
1985	2,308,300	12.2

バイオマスは、1975年から1979年にかけて急激に増大し、1979-81年の期間はほぼ同一の水準となっている。それ以降1983年まで再び急激に増大し、次いで急激に減少している。バイオマス推定値の変化は、特に1981年と1982年の間及び1984年と1985年の間で著しい。しかし、成長が遅く、かつ、寿命の長い魚種の資源量が短期間にこれ程急激な変化をしたとは考え難い。

1981年以前のバイオマス推定値は、漁具効率(vulnerability)が1.0より小さく、真の値に対して過少であると推定された(若林1985)。また、1981年には1982年に合計約75万トンの推定値が得られた2水域でひき網調査を実施しておらず、1981年の推定値は1982年の値に対して過少となっている。更に、1982年には、標準漁具である米国のトロール漁具が改良され、着定性がそれまでより向上したことが確認されている(Bakkala and Wespestad 1984)。これら2つの要因によって、1981年から1982年にかけてバイオマス推定値が著しく増大したものと考えられる。漁具効率の向上と手網による駆集効果のため、1982年以降のバイオマス推定値が真の値に対してなお過少であるか、あるいは過大であるか判断できない。

1984年から1985年にかけてのバイオマス推定値の低下原因は不明である。しかし、他のカレイ類に対する推定値も低下しており、調査実施上の何らかの要因が推定結果に影響したと考えられる(Bakkala and Wespestad 1985)。

#### コホート解析法によるバイオマス推定値

自然死亡係数Mの値0.12, 0.20, 0.25のそれぞれについてコホート解析法を用いて得た資源尾数と漁業による年齢依存選択率(Age-specific selectivity)から漁獲対象資源重量Baを求め(Wakabayashi 1984), 図1に示した。解析に用いた端末年の漁獲死亡係数は、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。

得られたBaの値は、いずれのMについても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バイオマス推定値や商業船のCPUE値と類似した年変化傾向を示した。前述

のように、1979年におけるトロール調査バイオマス推定値は過少と推定されており、コホート解析法では過去にさかのぼる程推定値は真の値に近づくから、1972年から1979年にかけてのバイオマスの増加は図1に示されたバイオマス推定値の増加よりも急速であったことになる。

### 資源量の変動と卓越年級群

コホート解析及び米国のトロール調査で得られた資源の年齢組成は、豊度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（若林1985；Bakkala and Wespestad 1985）。これら発生年級群の豊度は数年後のバイオマスの変化に強く影響している。すなわち、豊度の高い1957-60年級群の加入によって1963年から1967年頃まで増加したバイオマスは、豊度の低い1961-65年級群の加入によって1972年頃まで低下した。1972-77年の期間には、バイオマスは卓越した1966-1970年級群の加入によって急速に増加したが、年平均42,000-78,000トンの低い漁獲量もバイオマスの増大に寄与したと考えられる。

### 1979年以降のバイオマスの動向

トロール調査に基づくバイオマス推定値は、漁具効率、調査水域や魚群分布の変化のため、資源の経年変化を正確には反映しない場合がある。そこで、Pope（1972）の生残式、

$$N_{t+1} = N_t \cdot e^{-M} - C_t \cdot e^{-\frac{M}{2}}$$

を用い、1979年以降の資源の動向を推定した。ここで、 $N_t$ はある年級群のt歳時における年度当初の資源尾数、 $C_t$ は漁獲尾数である。まず、1979年の年齢別資源尾数推定値を基礎として各年級群の各年における資源尾数を求め、平均体重及び漁業による選択率を用いて、漁獲対象資源重量  $B_a$ （ $10^3$ トン単位）を得た（若林1985；次表）。このとき、1973-77年級群は1966-70年級群と同一の高い豊度水準とみなした。1978年以降に発生した年級群の豊度は不明であるので、結果には含めていない。

Year	1979	1980	1981	1982	1983
M					
0.12	1,900	2,132	2,403	2,703	3,013
0.20	1,899	1,999	2,123	2,267	2,466
0.25	1,887	1,893	1,949	2,036	2,178

いずれのMに対する結果も、バイオマスが1983年までひき続き増大し、高い水準にあることを示している。1980年以降における商業船によるCPU Eの急激な低下は、漁獲対象主群であった1960-70年級群が年齢とともにその年級群重量を減じ、また、漁業による選択率も低下した結果であり、コガネガレイの資源全体の動向を表わしたものではないと推定されている（若林1985）。

1983年まで急激な増大を示したトロール調査に基づくバイオマス推定値は、その後急激な低下を示した。1985年の推定値は、何らかの原因でそれまでの値に比較して相対的に過少に推定されており、バイオマスは推定値が示す程急激に低下したとは考えられない。しかし、Bakkala and

Wespestad (1985) が示した年齢組成をみると、1978年以降に発生した年級群の豊度が相対的に低い可能性がある。また、1973-1977年級群の豊度も1966-70年級群程高くなかったかも知れない。今後の資源の動向を注意深く見守る必要がある。

### 平衡漁獲量 (EY)

コホート解析で得られた年齢別の漁獲死亡係数 (F) は年齢とともに増加して11歳前後で最大となり、以後、年齢とともに低下する傾向がみられた。加入当り収量 (Y/R) は、漁業によるこの年齢別の選択  $r_t$  を考慮に入れ、自然死亡係数 (M) 0.12, 0.20 及び 0.25 について以下の式から計算した (若林1985)。

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

ここで、Eは開発率で、 $E = F/Z \cdot (1 - e^{-Z})$ 、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歳魚の漁業による選択性で年間一定、 $W_t$ は平均体重で年間一定、 $\prod$ は積を表わす、但し、 $t=3$ の時1とする、 $t_R$ は加入開始年齢で、漁獲開始年齢(3歳)に等しく、 $t_\lambda$ は最高年齢で18歳である。Y/R解析は、加入した資源から最大の収量を推定することを目的としている。しかし、強度の漁獲圧力を加えれば親魚量が減少し、更に、加入量が減少して収量が持続しない可能性がある。そこで、漁獲が全くないとした時、すなわちFを0と仮定した時に得られる親魚尾数の1/2の水準に親魚尾数を減少させる漁獲死亡係数を最適な値  $F_{opt}$  とし、親魚量と加入量の確保を期すものとした。この  $F_{opt}$  に対するY/R曲線上の値を最適な開発で期待されるY/Rとした。

平衡漁獲量は、最適なY/Rと加入尾数の積として求めた。コホート解析で推定された1964-78年における加入尾数(3歳のポピュレーション尾数)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1964-68年期及び高水準の1969-78年期(但し、1974-75年は中位水準)である。それぞれのMの値及び加入尾数に対する平衡漁獲量を次表に示す。

自然死亡係数 M	最適漁獲死亡係数 $F_{opt}$	最適加入当り収量 Y/R (gr./Indiv.)	加入尾数 Recruit ( $10^9$ )	期待収量 E Y (ton)
0.12	0.14	64.0	(L) <sup>a</sup> 1.11	71,000
			(H) 4.16	266,000
0.20	0.16	35.3	(L) 2.30	81,000
			(H) 6.81	240,000
0.25	0.17	24.7	(L) 3.84	105,000
			(H) 9.30	230,000

a 加入尾数水準 (L): 低水準 (H): 高水準  
Recruit Level (L): Low, (H): High

近年における資源量は、約200万トンを超える高い水準にあると推定されている。卓越した1966—70年級群は、近年漁獲物の主要部分を占めており、後続年級群の1971—72年級群は平均ないしはそれを下回る水準にあったものの、1973—77年級群は高水準にあると推定されている。この卓越した年級群が年齢とともに重量を増大させてきているので、バイオマスは引き続き高水準を維持するものと期待できる。

高水準の加入量から期待される収量は、0.12—0.25の自然死亡係数に対して230,000—266,000トンの範囲で推定された。したがって、これまでの平均的な漁業による選択率が維持されるものとして、前記の高水準の年級群が、漁獲の主要部分を占めるようになる1980年代中頃までは、少なくとも230,000トンの漁獲が期待できる。

1984年及び1985年にはこれまで増大してきた資源量が、低下した兆候が見られた。もし1978年以降に発生した年級群の豊度が連続して低く、それが漁業に加入してきた時点には、上記の収量を修正する必要が生じるかも知れない。

## 2 ベーリング・アリューシャン水域のコガネガレイ以外の小型のカレイ類

この魚種グループには、シュムシュガレイ、ウマガレイ（ドロガレイを含む）、ツノガレイ、ハナガレイ、ヌマガレイ、ヒレナガナメタ、ドーバーナメタ、シモフリガレイなど、コガネガレイ以外の小型カレイ類が含まれている。これらの魚種のうち、ヒレナガナメタ、ドーバーナメタ及びシモフリガレイは、周年主に大陸斜面上部水域に生息し、他の魚種は、冬期には大陸棚縁辺水域に生息し、他の季節には大陸棚上に移動する。

バイオマス及び漁獲量の多い主要な魚種は、シュムシュガレイ、ウマガレイ、及びツノガレイで、主に大陸棚上に生息している。この3種以外の魚種のバイオマス推定値は3種合計の10%以下であり、その漁獲量は、主要な3種に比較して相当低いと推定される。

この魚种群の適正漁獲量(OY)又は総許容漁獲量(TAC)は、合衆国により1981—83年には61,000トンに設定されたが、1984年には111,490トンに引き上げられ1985年には109,900トン、1986年には124,200トンに設定されている。

### 漁 獲 量

シュムシュガレイ、ウマガレイ及びツノガレイの東部ベーリング海における総漁獲量(表3)は、1969年まで年平均28.3千トンであったが、1970—72年には急増し、年平均78.0千トンとなった。その後漁獲量は減少して、1974—83年には年平均28.2千トンと低い水準にもどった。1963—77年の期間の年平均総漁獲量38.2千トンのうち、ウマガレイが約52%、シュムシュガレイが約41%、残りの7%をツノガレイが占めた。しかし、1978年以降ではツノガレイの漁獲割合が増大して1978—83年の期間の平均総漁獲量29.7千トンのうち、37%を占め、次いでシュムシュガレイ34%、ウマガレイ29%となった。

アリューシャン水域における漁獲量は、1977年までは年平均87トンとわずかであったが、1978

79年には年平均1.1千トンに、1980年には更に4.3千トンに増加している(表3)。

#### バイオマス推定値と資源の開発水準

日・米共同及び米国による、東部ベーリング海及びアリューシャン水域における大規模トロール調査で得られたバイオマス推定値を表4に示した。東部ベーリング海についてはどの魚種についても1982年以降の値が1981年以前の値より大きくなっている。この推定値増大の主要因は使用した漁具の着底性魚種に対する漁獲効率の向上及び豊度が相対的に高い年級群が連続して発生したことによっている(Bakkala, 1984)。しかし、コガネガレイの項で述べたのと同様の理由から、1982-85年の推定値は過大である可能性がある。したがって収量推定の基礎資料としては過少であるものの、1981年に対するバイオマス推定値を用いることが安全であろう。

1980年までの年平均漁獲量は、シュムシュガレイ、ウマガレイ及びツノガレイについてそれぞれ13.8千トン、18.3千トン及び4.2千トンであって、シュムシュガレイとウマガレイについてはバイオマスに対する漁獲量の割合が相対的に高く、開発が進んでいることを示している。これに対して、ツノガレイはあまり開発が進んでおらず前2種と分離して資源評価する必要がある。

#### 最大持続生産量(MSY)

##### シュムシュガレイとウマガレイ

両種を合計した1981年のバイオマス推定値は455,900トンであった。バイオマスに比較して漁獲量水準は低いから、前報(若林, 1983)と同様、現在のバイオマス水準が処女資源量の3/4の水準にあると仮定して得られる処女資源量と、収量方程式(Alverson and Pereyra 1969)から、MSYは $M=0.23$ を用いて69,900トン( $455,900 \times \frac{4}{3} \times \frac{1}{2} \times 0.23$ )となる

##### ツノガレイ

漁獲量は、バイオマスに比較して極めて低い水準にあるから、1981年のバイオマス推定値465,600トンを処女資源量と仮定し、 $M=0.20$ を用いて収量方程式から計算されるMSYは、46,600トンとなる。

##### その他のカレイ類

漁獲量が低水準であることから近年の資源量が処女資源量水準にあると仮定して、バイオマス推定値71,700トンと収量方程式から、MSYは $M=0.20$ を用いて7,200トンとなる。

#### 平衡漁獲量(EY)

以上のように、この魚種群を構成する各魚種は、東部ベーリング海においては、バイオマスがいずれもMSYを与える水準より高く、資源状態は良好である。したがって、MSYは達成可能であり、EYはMSYに等しいと判断される。MSY推定値は、東部ベーリング海については、シュムシュガレイとウマガレイ合計69,900トン、ツノガレイ46,600トン、及びそれ以外の魚種7,200トン、合計123,700トンとなる。MSY推定の基礎となったトロール調査に基づくバイオマス推定値は過少と考えられており、上記のMSY推定値も過少の可能性もある。また、このMSY及びEYには、アリューシャン列島水域(INPFC Area 1の南部水域及びArea 5)に生息する資源に対する値



は含まれていない。

#### REFERENCES CITED

- Alverson, D.L. and W.T. Pereyra. 1969. Demersal fish exploitations in the northeastern Pacific Ocean - an evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 26: 1985-2001.
- Bakkala, R.G. 1984. Other flatfish. In R.G. Bakkala and L.L. Low (editors), Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1983. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-53:77-89.
- and G.E. Walters. 1985. Other flatfish. In R.G. Bakkala and L.L. Low (editors), Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1985. Unpubl. rep.: 97-109. Northwest and Alaska Fish. Center, NMFS, NOAA, 7600 Sand Point Way N.E., Seattle, WA 98115 (submitted to INPFC in October 1985).
- , J.J. Traynor, K. Teshima, A.M. Shimada, and H. Yamaguchi. 1985b. Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the eastern Bering Sea during June-November 1982. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-87. 448 p.
- , K. Wakabayashi. 1985a. Results of the demersal trawl surveys. In R.G. Bakkala and K. Wakabayashi (editors), Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the Bering Sea during May-August 1979. *Int. Nor. Pac. Fish. Comm. Bull.*, 44: 39-191.
- and V.G. Wespestad. 1984. Yellowfin sole. In R.G. Bakkala and L.L. Low (editors), Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1983. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-53: 37-60.
- , ———. 1985. Yellowfin sole. In R.G. Bakkala and L.L. Low (editors), Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands region in 1985. Unpubl. rep.: 61-77. Northwest and Alaska Fish. Center., NMFS, NOAA, 7600 Sand Point Way N.E., Seattle, WA 98115 (submitted to INPFC in October 1985).
- Berger, J., S. Murai, R. Nelson, Jr., and J. Wall. 1986. Summeries of provisional foreign and joint-venture groundfish catches (metric tons) in the northeast Pacific Ocean and Bering Sea, 1985. Northwest and Alaska Fish. Center, NMFS, NOAA. 162 p.
- PMT. 1984. Resources assessment document for Bering Sea-Aleutians Groundfish. 133 p. U.S. North Pacific Management Council, Anchorage.
- Sample, T.M., K. Wakabayashi, R.G. Bakkala, and H. Yamaguchi. 1985. Report of the 1981 cooperative U.S.-Japan bottom trawl survey of the eastern Bering Sea continental shelf and slope. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-88. 338 p.
- Wakabayashi, K. 1976. Studies on resources of yellowfin sole in the eastern Bering Sea. III. Stock size and allowable catch, estimated by the method of VPA, incase that yellowfin sole is composed of two stock groups. *Japan Fish. Agency*. 18 p. (unpub. ms).

- Wakabayashi, K. 1983. Condition of flounder stocks in the Bering Sea and Aleutian Islands region. (Document submitted to INPFC) 24 p. Fish Agency Japan.
- . 1984. Estimations of biomass and yield for yellowfin sole in the eastern Bering Sea. Int. Nor. Pac. Fish. Comm. Bull., 42: 65-72.
- . 1985. Stock assessment of flounders in the Bering Sea and Aleutian Islands region (1985). (Document submitted to INPFC) 22 p. Fish. Agency Japan.
- and R. Bakkala. 1978. Estimated catches of flounders by species in the Bering Sea - updated through 1976. Unpubl. rep. 14 p. Northwest and Alaska Fish. Center, NMFS, NOAA, 2725 Montlake Blvd. E., Seattle, WA 98112. (Document submitted to INPFC by the Japanese and U.S. National Sections).
- Wilderbuer, T.K., K. Wakabayashi, L.L. Ronholt, and H. Yamaguchi. 1985. Survey report: Cooperative U.S.-Japan Aleutian Islands groundfish trawl survey-1980. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-93. 356 p.

Table 1. Historical catch (t) of yellowfin sole in the eastern Bering Sea.

Year	Japan	U.S.S.R.	R.O.K.	Others	Joint venture	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	- <sup>a</sup>			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	0	17,179	115	16,046	95,973
1982	64,288	0	10,277	45	17,381	91,991
1983	64,844	0	21,050	0	22,511	108,405
1984	85,212	7,951	34,855	47	32,764	160,829
1985	68,746 <sup>b</sup>	8,205	33,041	0	126,407	228,001

a Unknown

b Preliminary

Data sources; 1954-63: Wakabayashi (1976)

1964-76: Wakabayashi &amp; Baikala (1978)

1977-85 for Japan: Data file of the Far Seas Fish. Res. Lab., Shimizu

1977-84 for others than Japan: Bakkala and Weststad (1985)

1985 for others than Japan: Berger et al. (1986)

Table 2. Catch, effort, and CPUE of yellowfin sole by pair trawlers of the Japanese frozen-fish mothership fishery in the eastern Bering Sea --for 1/2° by 1° statistical blocks and months in which yellowfin sole made up 50 % or more of total catch of groundfish.

Year	October-December			September-November			July-October		
	Catch (t)	Effort <sup>a</sup> (hour)	CPUE (t/hr)	Catch (t)	Effort (hour)	CPUE (t/hr)	Catch (t)	Effort (hour)	CPUE (t/hr)
1974	20,911	562	37.21						
1975	25,825	566	45.63						
1976	24,165	553	43.70	16,996	422	40.27			
1977	21,854	371	58.91	21,983	419	52.46			
1978	15,444	304	50.80	18,719	395	47.38	22,373	630	35.51
1979	8,844	150	58.96 <sup>b</sup>	16,088	239	67.31	30,619	826	37.07
1980				14,763	192	76.89 <sup>c</sup>	31,860	966	32.98
1981	11,236	260	43.22 <sup>b</sup>	19,658	440	44.68	30,270	1,162	26.05
1982	13,974	335	41.71	21,993	645	34.10	28,965	1,499	19.32
1983	10,720	484	22.15 <sup>b</sup>	17,390	869	20.01	28,936	1,592	18.18
1984	7,562	637	11.87 <sup>b</sup>	13,925	1,109	12.56	28,200	2,049	13.76
1985	8,153	597	13.66 <sup>b</sup>	14,522	1,137	12.77	25,858	2,034	12.71

a Average engine horse-power over these years was constant at 1,400 PS.

b October-November

c September-October

Table 3. All nation catches of rock sole, flathead sole, Alaska plaice, by region of the Bering Sea and total catches by nation in metric ton.

Year	Eastern Bering Sea				Aleutian Region				Area combined					
	Rock sole	Flathead sole	Alaska plaice	Total	Rock sole	Flat-head sole	Alaska plaice	Total	By Species			By Nation		Total
									Rock sole	Flathead sole	Alaska plaice	Japan	USSR	
1963	5,002	29,625	975	35,602	27	14	0	41	5,029	29,639	975	8,549	27,094	35,643
1964	3,238	25,288	1,838	30,364	152	43	45	240	3,390	25,331	1,883	13,601	17,003	30,604
1965	3,678	6,713	979	11,370	147	128	41	316	3,825	6,841	1,020	5,857	5,829	11,686
1966	9,104	11,020	4,633	24,757	82	25	-	107	9,186	11,045	4,633	11,194	1,367	24,864
1967	4,762	23,437	3,853	32,052	25	32	-	57	4,787	23,469	3,853	13,908	18,201	32,109
1968	5,250	21,575	2,619	29,444	17	186	-	203	5,267	21,761	2,619	15,910	13,737	29,647
1969	9,240	18,563	6,942	34,745	2	2	-	4	9,242	18,565	6,942	16,584	18,165	34,749
1970	20,123	41,152	3,402	64,677	2	11	-	13	20,125	41,163	3,402	31,043	33,647	64,690
1971	40,419	51,024	992	92,435	1	16	-	17	40,420	51,040	992	46,231	46,221	92,452
1972	60,824	15,690	290	76,804	5	4	-	9	60,829	15,694	290	53,085	23,728	76,813
1973	23,835	18,141	1,917	43,893	2	24	-	26	23,837	18,165	1,917	41,937	1,981	43,919
1974	19,975	14,917	2,388	37,280	36	41	-	77	20,011	14,958	2,388	16,457	4,912	37,357
1975	12,011	5,887	2,491	20,389	3	1	-	4	12,014	5,888	2,491	16,966	3,427	20,393
1976	9,940	8,155	3,620	21,715	24	7	-	31	9,964	8,162	3,620	19,521	2,225	21,746
1977	5,200	7,547	3,119	15,866	119	39	0	158	5,319	7,586	3,119	15,185		16,024
1978	6,224	14,363	9,467	30,054	814	240	1	1,055	7,038	14,603	9,468	24,832		31,109
1979	5,010	6,507	15,569	27,086	864	270	3	1,137	5,874	6,777	15,572	15,909		28,223
1980	5,152	10,565	10,762	26,479	3,646	610	-	4,256	8,798	11,175	10,762	17,690		38,735
1981									9,021	5,193	8,653	19,690		22,867
1982									14,450	8,183	8,612	21,673		31,245
1983									15,402	6,262	12,416	15,404		34,080
1984												14,436		

Data sources: 1963-76; Wakabayashi & Bakkala 1978

1977-83; except Japanese catch; Bakkala 1984

1977-84 Japanese catches; Data file of Far Seas Fish. Res. Lab., Shimizu

Table 4. Biomass estimates (t) for rock sole, flathead sole, Alaska plaice, and other small-sized flounders in the eastern Bering Sea and Aleutian region, obtained from trawl surveys.

Year	Rock sole	Flathead sole	Alaska plaice	Others	Total
<u>Eastern Bering Sea</u>					
1979 <sup>a</sup>	176,400	128,300	273,200	50,500	628,400
1980 <sup>b</sup>	283,000	128,400	348,800	59,000	819,200
1981 <sup>c</sup>	289,300	166,600	465,600	71,700	981,400
1982 <sup>d</sup>	682,400	342,500	786,600	166,300	1,878,800
1983 <sup>b</sup>	869,700	279,200	745,400	69,700	1,964,000
1984 <sup>b</sup>	967,500	340,900	726,800	52,000	2,087,200
1985 <sup>b</sup>	678,200	293,600	554,300	31,200	1,526,100
-----					
<u>Southern Bering<sup>e</sup></u>					
1980 <sup>f</sup>	15,400	1,500	-----	1,500 -----	18,400
1983 <sup>g</sup>	4,000	700	-----	4,500 -----	9,200
-----					
<u>Aleutian region</u>					
1980 <sup>f</sup>	13,100	1,800	-----	1,300 -----	16,200
1983 <sup>g</sup>	19,300	800	-----	2,100 -----	22,200

a Bakkala et al. (1985a)

b Bakkala (1985)

c Sample et al. (1985)

d Bakkala et al. (1985b)

e Northern Aleutian between 165°-170°W

f Wilderbuer et al. (1985)

g U.S.-Japan joint analysis

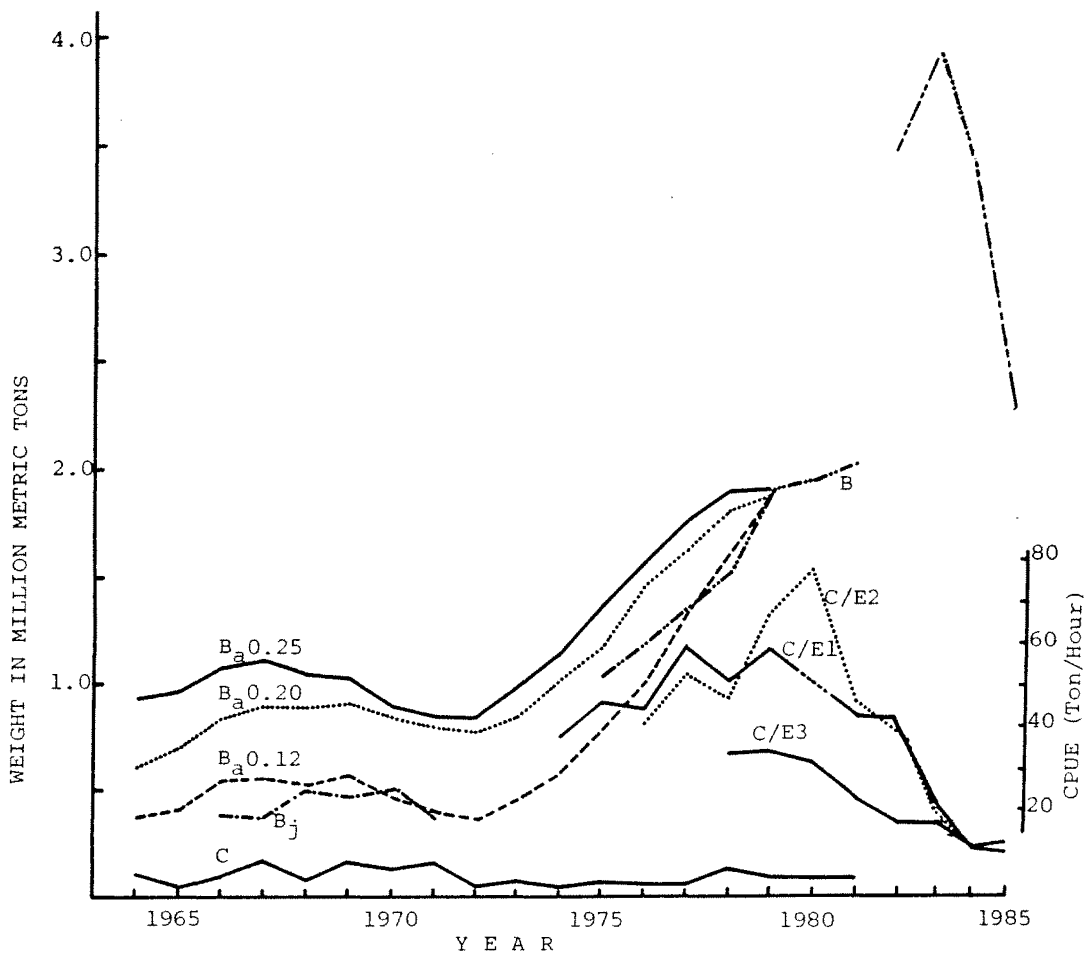


Figure 1. Catch, biomass, and catch per unit effort for yellowfin sole in the eastern Bering Sea.

C: Catch

B<sub>a</sub>0.12, B<sub>a</sub>0.20, B<sub>a</sub>0.25: exploitable biomass to the fishery from the cohort analysis for respective natural mortality coefficient (Wakabayashi 1984)

B: Biomass from the U.S. or the Japan-U.S. trawl surveys. Fishing efficiencies were changed between 1981 and 1982.

B<sub>j</sub>: Biomass from the Japanese trawl survey (Wakabayashi 1983)

C/E1: Catch per unit effort (CPUE) of pair trawlers attached to Japanese flounder mother-ship in October-December

C/E2: CPUE in September-November

C/E3: CPUE in July-October

Not to be cited by INPFC  
Document number

INPFC  
Doc. 3045  
Rev. 1

TRANSLATION

STOCK ASSESSMENT OF SMALL-SIZED FLOUNDERS IN THE EASTERN BERING SEA  
AND ALEUTIAN ISLANDS REGION IN 1986

Kiyoshi Wakabayashi  
Fisheries Agency of Japan  
1986 September

THIS PAPER MAY BE CITED IN THE FOLLOWING MANNER:  
Wakabayashi, Kiyoshi. 1986. Stock assessment of  
small-sized flounders in the eastern Bering Sea and  
Aleutian Islands region in 1986. (Document  
submitted to the Annual Meeting of the International  
North Pacific Fisheries Commission, Anchorage,  
Alaska, 1986 October.) 12 p. Fisheries Agency of  
Japan, Tokyo, Japan 100.

## 1. Yellowfin sole in the eastern Bering Sea

### Catch

Annual catches of yellowfin sole by country since 1954, when the fishery had resumed after being discontinued for over 10 years, are shown in Table 1. Although in the period from 1954 to 1958 the catch was small (about 22,000 t annually), during 1959 to 1962 catch increased rapidly to about 345,000 t annually. However, the catch decreased rapidly after the peak of 1961 (467,000 t). From 1963 to 1971 the catch was at a level of about 118,000 t annually, but decreased further during 1972 to 1977 to about 58,000 t annually and then increased rapidly to 138,000 t in 1978. In the period 1979 to 1982 the catch was comparatively stable around the level of 87,000 to 99,000 t but the catch increased rapidly in 1983 and after to 228,000 t in 1985. The catch in 1985 was the highest catch after the peak years of 1960 to 1962 when the catch was 362,000 to 467,000 t. During 1980 to 1985 catches by Korean and joint-venture fisheries, which occurred in lieu of the U.S.S.R. fishery, increased.

Although the optimum yield (OY) or the total allowable catch (TAC) of yellowfin sole in the Bering Sea was established by the United States as 106,000 t for 1977, 126,000 t for 1978 and 1979, and 117,000 t for the period of 1980 to 1983, it was raised to 230,000 t in 1984 because of the improved stock condition and was set at 229,900 and 209,500 t for 1985 and 1986, respectively.

### Yearly fluctuations in stock indices

#### CPUE from commercial vessels

CPUE values for pair trawlers attached to the Japanese flounder mothership fishery which operated mainly for yellowfin sole increased



from 1974 to 1979 or 1980 but decreased continuously between 1981 and 1984 in any fishing seasons (Table 2 and Fig. 1). The CPUE value in 1985 was at almost the same level as in 1984.

Biomass estimated from trawl surveys

The biomasses of yellowfin sole in the eastern Bering Sea estimated from the U.S. trawl survey conducted over a wide area of distribution of yellowfin sole are shown in the following table and Fig. 1 (Bakkala and Wespestad 1985).

---

Year	Mean estimate (t)	Sampling error (% of mean estimate)
1975	1,038,400	16.2
1976	1,192,600	44.5
1978	1,523,400	27.6
1979	1,932,600	13.6
1980	1,965,900	12.7
1981	2,039,900	12.2
1982	3,322,500	19.5
1983	3,951,500	12.5
1984	3,365,900	11.7
1985	2,308,300	12.2

---

The biomass of yellowfin sole increased rapidly from 1975 to 1979 and remained at almost the same level from 1979 to 1981. Biomass then increased rapidly up to 1983 and then decreased rapidly again. Changes of the estimated biomass were remarkable in the period between 1981 to 1982 and 1984 to 1985. However, it is doubtful that such a drastic change in the biomass of species which grows slowly and has a long life span occurred in this short period.

The estimated biomass of yellowfin sole prior to 1981 was believed to be underestimated because the vulnerability to the fishing gear should be less than 1.0 (Wakabayashi 1985). In addition, because in 1981 the trawl survey was not conducted in two of the areas where the estimated value of about 750,000 t was obtained in 1982, the estimate for 1981 was greatly underestimated compared to that for 1982. In addition, it is confirmed that the U.S. trawl gear, which had been used as the standard gear, was modified in 1982 and its bottom-tending properties had been improved (Bakkala and Wespestad 1984). It is assumed that these two elements resulted in the drastic increase in the estimated biomasses from 1981 to 1982. Because of the improvement in the efficiency of the fishing gear and the herding effect of the bridles, it is not possible to judge whether the estimated biomasses in 1982 and after were underestimated or overestimated.

The cause of the decrease of the estimated biomass from 1984 to 1985 is unknown. However, the estimates for other flounders also decreased and it is considered that some factors in the practice of the survey could have effected the estimated results (Bakkala and Wespestad 1985).

#### Biomass estimated by cohort analysis

The exploitable biomass ( $B_a$ ) was calculated from the age-specific selectivities by the fishery and population numbers which were obtained using cohort analysis for each value of the natural mortality coefficient ( $M$ ) of 0.12, 0.20, and 0.25, are shown in Fig. 1 (Wakabayashi 1984). The fishing mortality coefficient in the terminal year used for cohort analysis was based on the population numbers obtained by the trawl survey in 1979.

The values of  $B_a$  for each  $M$  value increased sharply from 1972 to 1979, showing similar trends of yearly trend with the CPUE values of the commercial fishing vessels and the value of the biomass estimated from

the trawl surveys. Because it is assumed that the value of the biomass obtained from the trawl survey in 1979 was underestimated, as mentioned earlier, and the cohort analysis estimate comes closer to the true value of the biomass as the calculation proceeds backward, it is concluded that the actual increase in the biomass for the period of 1972 to 1979 was more rapid than the increase in estimated biomass shown in Fig. 1.

#### Fluctuations in the biomass and dominant year classes

Age composition of the stock obtained from the cohort analysis and the U.S. trawl surveys, indicates that year classes with similar strength tended to occur consecutively (Wakabayashi 1985; Bakkala and Weststad 1985). The abundance of these year classes greatly influenced the level of the biomasses several years later; that is, the level of the biomass increased during the period 1963 to around 1967 because of the recruitment of the strong 1957 to 1960 year classes and thereafter decreased to around 1972 because of the reduced strength and recruitment of the 1961 to 1965 year classes. In the period 1972 to 1977, a rapid increase occurred in the biomass reflecting the recruitment of the dominant 1966 to 1970 year classes and it is considered that the low level of catch during this period (42,000 to 78,000 t) contributed to the increase in the biomass.

#### Trends in biomass in 1979 and after

The estimated biomass based on the trawl survey sometimes does not reflect accurately the yearly fluctuations of the stock because of changes in the efficiency of fishing gear, survey area, and species distribution. Therefore, the trend of the biomass in 1979 and after was estimated from Pope's (1972) survival equation:

$$N_{t+1} = N_t \cdot e^{-M} - C_t \cdot e^{-\frac{M}{Z}}$$

where,

$N_t$  = population number of a year class at age  $t$  at the beginning of the year

$C_t$  = number of fish caught of this year class during the year

In the beginning, the population numbers by year class and by year were calculated based on the estimates of population numbers by age in 1979 and the exploitable biomass ( $B_a$ ) (Unit:  $10^3$  t) was obtained using the average body weights and the selectivities by the fishery, as shown in the table below. The 1973 to 1977 year classes were regarded to be at a high level of abundance equal to the 1966 to 1970 year classes. Since the abundance was not determined for the 1978 and subsequent year classes, those year classes are not included in the following results.

---

M	1979	1980	1981	1982	1983
0.12	1,900	2,132	2,403	2,703	3,013
0.20	1,899	1,999	2,123	2,267	2,466
0.25	1,887	1,893	1,949	2,036	2,178

---

Results for each value of  $M$  show a continuous increase in the biomass and high level up to 1983. The drastic decrease in CPUE values from the commercial vessels in 1980 and after was due to the decreasing biomass of the 1966-1970 year classes with increasing age which had been the main target component and also due to the decrease in the selectivity by the fishery. Therefore, it was concluded that this decrease in the CPUE did not reflect the trend for the entire yellowfin sole stocks (Wakabayashi 1985).

The estimated biomass, based on the trawl surveys which showed a drastic increase up to 1983, showed a sharp decrease thereafter. The biomass in 1985 was believed to be relatively underestimated compared to the previous values for some reason and it is assumed that its decrease was not as sharp as estimated. However, judging from the age composition shown by Bakkala and Wespestad (1985), the abundance of year classes occurring in 1978 and after were probably at a low level. The abundances of the 1973 to 1977 year classes might not be as high as those of the 1966 to 1970 year classes. It is necessary to carefully monitor the trends of the biomass in the future.

#### Equilibrium yield (EY)

The fishing mortality coefficient (F) obtained from the cohort analysis tends to increase according to age up to around 11 years of age and thereafter decreases. Taking into account this age-specific selectivity by the fishery ( $r_t$ ), the yield per recruit (Y/R) was calculated for values of the natural mortality coefficient (M) of 0.12, 0.20, and 0.25 using the following equation (Wakabayashi 1985).

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

where,

- E = exploitation rate  $E = F / (Z \cdot (1 - e^{-Z}))$
- F = fishing mortality coefficient
- Z = total mortality coefficient
- M = natural mortality coefficient
- $r_t$  = selectivity for fish aged t by the fishery: constant during a year
- $w_t$  = average body weight: constant during a year
- $\pi$  = implies the product:  $\pi = 1$  for  $t=3$
- $t_R$  = age at first recruitment (equal to first capture: 3 years old)
- $t_\lambda$  = maximum age: 18 years old.

The purpose of the Y/R analysis is to estimate the maximum yield from the stock recruited. However, if intensive fishing pressure is applied to the stock, the parent stock could be reduced to a level where the recruitment would decrease and consequently the yield may not be sustained. Therefore, it is assumed that the fishing mortality coefficient, which will maintain parents at one-half the level of the numbers prior to the onset of fishing (when no fishing pressure was applied or  $F = 0$ ) is the optimum fishing mortality coefficient  $F_{opt}$  at which we can expect to ensure an adequate number of parents and recruits. The yield per recruit value on the Y/R curve for this  $F_{opt}$  is the Y/R value expected with optimum exploitation.

The equilibrium yield is the product of the optimum yield per recruit and the number of recruits. The level of the recruits (the population numbers of 3-year-old fish) estimated by the cohort analysis for 1964 to 1978 is divided into two main periods: the 1964 to 1968 period in which recruits were at a low level, and the 1969 to 1978 period when recruitment was high (middle level during 1974 and 1975). The equilibrium yield for each M value and the number of recruits is shown in the following table:

(M)	( $F_{opt}$ )	Y/R (gr/indiv.)	Recruits (billions)	EY (tonnes)	
0.12	0.14	64.0	(L) <sup>a</sup>	1.11	71,000
			(H)	4.16	266,000
0.20	0.16	35.3	(L)	2.30	81,000
			(H)	6.81	240,000
0.25	0.17	24.7	(L)	3.84	105,000
			(H)	9.30	230,000

<sup>a</sup>Recruitment level: (L) = low, (H) = high.

The recent estimates of biomass are at a high level of 2 million t or over. The dominant 1966 to 1970 year classes constitute the main part of recent catches. The succeeding 1971 and 1972 year classes are estimated to be of average or below average strength but the 1973 to 1977 year classes are of high strength. These dominant year classes will increase in weight with age and it is expected that the biomass will continue to be at a high level.

The yield expected from high recruitment was estimated to range from 230,000 to 266,000 t for natural mortality coefficients of 0.12 to 0.25. Therefore, assuming that the average value of selectivity by the fishery in the past is maintained, a yield of 230,000 t at least can be expected until the mid-1980s during which time these year classes will constitute the main portion of the catch.

The biomass which had increased in the past, showed signs of a decrease in 1984 and 1985. If the abundance of year classes that occurred in 1978 and after were at low levels consecutively, it may be necessary to revise the above estimates of yield.

## 2. Small-sized flounders other than yellowfin sole in the Bering Sea and Aleutian region

This group consists of small-sized flounders other than yellowfin sole such as rock sole, flathead sole (including Bering flounder), Alaska plaice, longhead dab, starry flounder, rex sole, Dover sole, and deepsea sole. Of these species, rex sole, Dover sole, and deepsea sole mainly inhabit the upper continental slope area all year around and the other species inhabit the continental shelf edge area in winter and move to the continental shelf in other seasons.

The major species which have high biomass and catch are rock sole, flathead sole, and Alaska plaice and mainly inhabit the continental shelf. The estimated biomass of species other than these three

species is 10% or less of the total biomass of the three species and the combined catches of these species is considerably lower than those of the main three species.

The optimum yield (OY) or the total allowable catch (TAC) for these species was established by the United States as 61,000 t for 1981 to 1983, it was raised to 111,490 t for 1984, and set at 109,900 t for 1985, and 124,200 t for 1986.

#### Catch

The total catches of rock sole, flathead sole, and Alaska plaice in the eastern Bering Sea (Table 3) averaged 28,300 t annually up to 1969 and increased markedly to an annual average of 78,000 t from 1970 to 1972. Thereafter the catch decreased to an annual average level as low as 28,200 t from 1974 to 1983. Of the annual total catches of 38,200 t in the period of 1963 to 1977, flathead sole and rock sole accounted for about 52% and 41%, respectively, and the remaining Alaska plaice accounted for 7%. However, the catch proportions of Alaska plaice increased in 1978 and after and accounted for 37% of the average total catch of 29,700 t from 1978 to 1983 and rock sole 34%, and flathead sole 29%.

The annual catch in the Aleutian region only averaged of 87 t until 1977 and then increased to an annual average of 1,100 t in 1978 to 1979 and increased further to an annual average of 4,300 t in 1980 (Table 3).

#### Estimated biomass and level of exploitation of stocks

The estimated biomasses, based on the large-scale Japan-U.S. joint and U.S. trawl surveys conducted in the eastern Bering Sea and Aleutian region, are shown in Table 4. The estimated biomass of all species in



the eastern Bering Sea in 1982 and after is larger than those in years prior to 1981. This increase resulted mainly from improvements in efficiency of the fishing gears used for bottom species and the consecutive appearance of year classes of relatively high abundance (Bakkala 1984). However, for the same reason mentioned in the section on yellowfin sole, the estimates of the biomass for 1982 to 1985 might be overestimated. Therefore, it should be safer to apply the estimate for 1981 as a base for estimation of yield even though that value is an underestimate.

Annual average catch of rock sole, flathead sole, and Alaska plaice up to 1980 was 13,800, 18,300, and 4,200 t, respectively, and the proportion of catch to the biomass for rock sole and flathead sole was relatively high, indicating that the exploitation rate for both species had been relatively high. By contrast, the exploitation rate for Alaska plaice had not been relatively high. Therefore, it is necessary to estimate separately abundance of Alaska plaice stock from the former two species.

#### Maximum sustainable yield (MSY)

##### Rock sole and flathead sole

The estimated biomass of both species combined was 455,900 t in 1981. Because the catch level was low compared to the biomass level, the current biomass is assumed to be at a level of three-quarters of the virgin biomass as noted in the previous report (Wakabayashi 1983). MSY was then estimated to be 69,900 t ( $M = 0.23$ ) from virgin biomass and the yield equation (Alverson and Pereyra 1969), i.e.

$$MSY = 455,900 \times \frac{4}{3} \times \frac{1}{2} \times 0.23.$$

### Alaska plaice

Since the catch is at a very low level compared with the biomass, the MSY of this species is estimated to be 46,600 t by assuming that the virgin biomass is 465,600 t (the biomass estimated in 1981) and  $M = 0.20$  in the yield equation.

### Other flatfish

Assuming the recent biomass to be at the virgin biomass because the catch is at a low level, the MSY is estimated to be 7,200 t from the estimated biomass of 71,700 t and the yield equation with  $M = 0.20$ .

### Equilibrium yield (EY)

As explained thus far, for each species comprising this fish group, all biomass values in the eastern Bering Sea are higher than the MSY levels and the stocks are in good condition. Accordingly, it is presumed that the MSY is attainable and the EYs are equal to MSY. The estimated MSYs in the eastern Bering Sea are 69,900 t for rock sole and flathead sole combined, 46,600 t for Alaska plaice, and 7,200 t for species other than the above and totalled 123,700 t. However, since the estimates of biomass obtained from trawl surveys which provide the basis for the estimation of the MSYs are considered to be underestimates, the estimates of the MSYs mentioned above may also be underestimated. The estimate of MSY and EY do not include those species which inhabit the Aleutian Islands region (the southern area of INPFC Area 1 and Area 5).

-----

REFERENCES, TABLES 1 TO 4, AND FIG. 1  
ARE IN ENGLISH IN THE JAPANESE DOCUMENT