

INPFC FILE COPY

ANCHORAGE

INPFC
DOCUMENT

Ser. No. 2786

Rev. No. /

Not to be cited by
INPFC Document number

ベーリング・アリューシャン水域における
マダラ資源の動向

Condition of Pacific Cod Stock in the Bering Sea
and Aleutian Islands Region

手 島 和 之

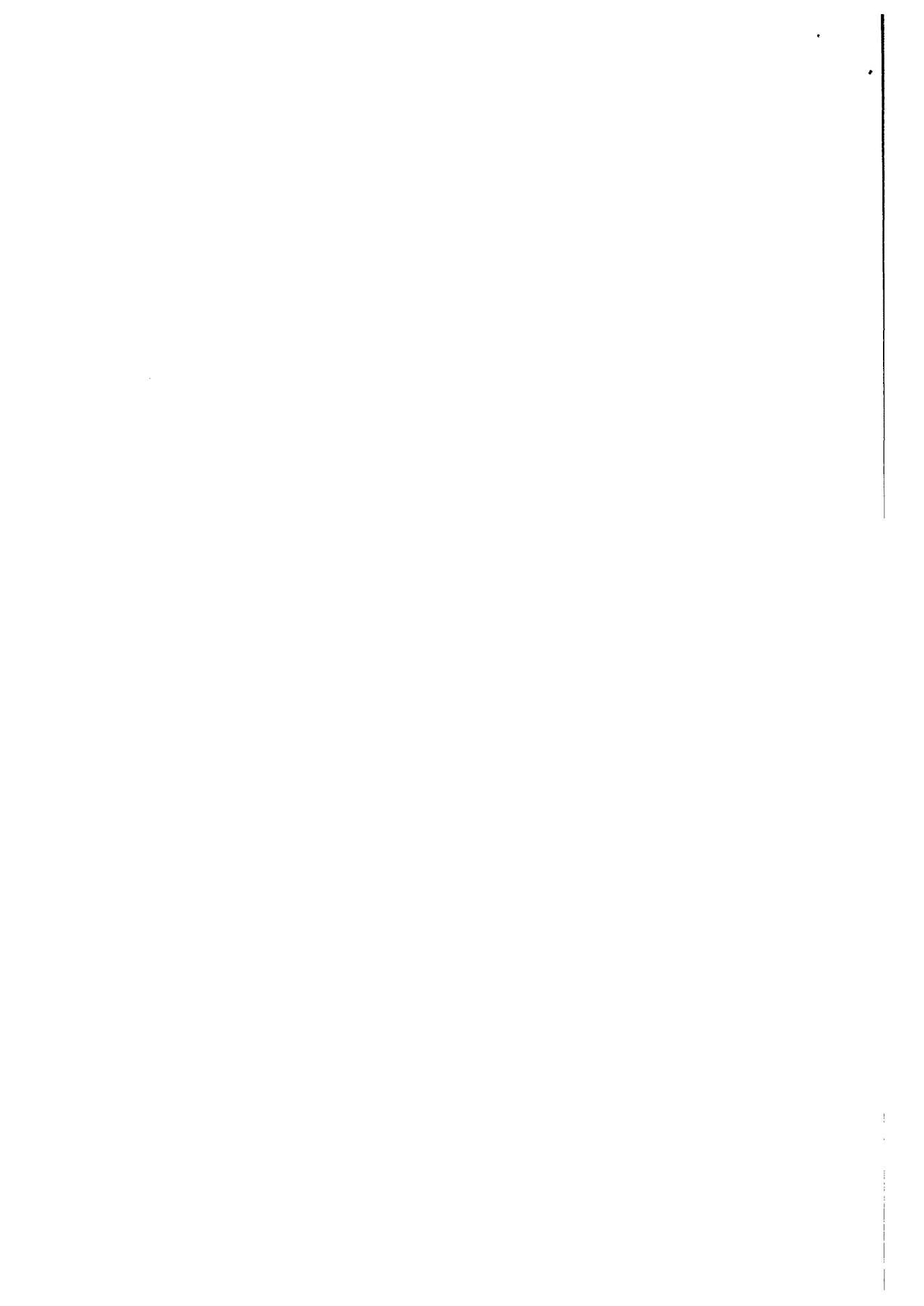
Kazuyuki Teshima

1984年 8月

August 1984

水 産 庁

Fisheries Agency of Japan



ベーリング・アリューシャン水域における マダラ資源の動向

手 島 和 之
(遠洋水産研究所)

1964年から1983年までの我が国、米国、ソ連など関係国によるマダラの年間漁獲量は表1のようになる。米国による漁業保存管理法施行以降、我が国によるマダラの漁獲量は20.5～44.3千トンの間を変動し、その85～93%（1977～1983年）がベーリング海域で漁獲されている。

ベーリング・アリューシャン水域の我が国漁業による、1983年のマダラの漁業種類別魚法別のC P U Eは、漁獲割当量の増加（1982年：25,982トン、1983年：33,163トン）によって、いずれも1982年より増加した。そのため、すり身母船に付属する2そうびき漁法を基準として、各漁業及び漁獲量で重みづけをして得たC P U Eは前年より増加した（表2）。日本漁業に対する規則の強化によって、近年のC P U Eは資源豊度の変化をよく反映していないと考えられる。

本報告の引用は下記に従うこと：

手島和之 1984. ベーリング・アリューシャン水域におけるマダラ資源の動向（北太平洋漁業国際委員会提出文書）. 11頁. 水産庁、東京.

This paper may be cited in the following manner:

Kazuyuki Teshima. 1984. Condition of Pacific cod stock in the Bering Sea and Aleutian Islands Region. (Document submitted to the International North Pacific Fisheries Commission). 11pp. Fisheries Agency of Japan, Tokyo 100, Japan.

近年の資源量推定値

1) 日・米共同底魚資源調査

1979年、1981年及び1982年にベーリング海大陸棚及び大陸斜面域で、さらに1980年と1983年にアリューシャン水域でそれぞれ底びき網漁具による日・米共同底魚資源調査が実施された。

これらの調査結果から、ベーリング海域のマダラの資源量は、1979年：571.4～934.0(平均752.7)千トン、1981年：784.0～1,110.9(平均947.4)千トン、1982年：898.2～1,180.8(平均1,039.5)千トンと推定された(表3)(Bakkala et al. 1984a)。また、アリューシャン水域の資源量推定値は、1980年：78.8千トン及び1983年：217.8千トンと算出されている(Ro-nholt et al. 1984, Wakabayashi 1984)。

ベーリング海域での資源量推定値は、1979年から1981年にかけて25.9%増加し、1981年から1982年にかけて9.7%増加している。一方、アリューシャン水域では、1980年から1983年にかけて推定値は2.76倍となった。これらのことから、ベーリング海のマダラ資源は安定した状態にあるものと思われる。また、アリューシャン水域のマダラ資源は近年、増加傾向にあるものと判断される。

2) 日・米共同はえなわ資源調査

1979年からアリューシャン水域で、1982年からはベーリング・アリューシャン水域で継続的に実施されている日・米共同はえなわ調査船によるマダラの水域別水深帯別の相対資源密度及び相対資源尾数を表4に示す。

マダラの水深別の相対資源密度及び尾数は、ベーリング海1～4[※]、東・西アリューシャンのいずれの水域においても、一部例外を除いて水深101～200mで最も高く、続いて201～300m、301～400mと低下し、401m以深ではほとんどみられなくなる。101～300m水深帯の資源密度は、アリューシャン水域よりベーリング海の方が高い値を示す場合が多い。

1979年から1983年におけるベーリング海—1の相対資源尾数は3,746から5,281の範囲にある。また、ベーリング海全域での、相対資源尾数は1982年に23,215及び1983年に22,867と推定される。これらの相対資源尾数にみられるようにベーリング海のマダラ資源は安定した状態にあるといえる。一方、アリューシャン全水域では、1982年から1983年にかけて、相対資源尾数は10.7%増加しており、同水域のマダラ資源が増加傾向にあることを示している。

3) 米国の底魚資源調査

1975年と1978年から1983年にかけて、東部ベーリング海で実施された米国の底魚資源調査結果によれば、マダラの資源量推定値は、強勢な1977年級群の加入により、1975年の65.5千トンから急激に増加し、1979年に792.3千トンに達している。その後、資源量推定値は、1981年に低下したが、

※ 調査水域については Sasaki et al. 1983 を参照

1982年及び1983年には再び急激な増加をしている(表3)(Bakkala et al. 1984)。これらの調査結果から、ベーリング海のマダラ資源は安定した状態にあるといえる。

1982年の冬期に東部アリューシャン水域で実施された調査結果によれば、マダラの総推定資源尾数に対する1977年級群(5歳)の割合は36.7%であり、かつ推定資源重量282.3千トンの42%を占めた(Bakkala and Wespestad 1984)。このことは、アリューシャン水域ではマダラ資源に対する1977年級群の貢献度は未だ高いことを示している。

4) 資源の変化傾向

東部ベーリング海大陸棚上で1966年から継続して実施された我が国調査船による定点底魚資源調査結果からマダラのC P U Eを表3に示す。調査した定点数(60~320点)は年により相違するが(山口1983)、調査はほぼ同一漁具と漁法で毎年5月から8月にかけて定期的に行われており、マダラの資源豊度を示す1つの指標となりうる。マダラのC P U Eは、1977年以前にも1966、1967年及び1974年と比較的高い値がみられ、1977年級群以外にも強勢な年級群の出現の可能性を示唆する。

すでに述べたように、ベーリング・アリューシャン水域のマダラ資源は近年安定傾向にあり、1977年級群の貢献度は依然として高く、1983年の調査資料を基礎にすれば、1984~1985年も高い水準を維持するものと思われる。

平 衡 漁 獲 量 (E Y)

ベーリング海とアリューシャンの両水域のマダラの系統群の関連性(同一系統群であるのかどうか)は、現在のところ、明らかにされていない。しかし、両水域から採集したマダラの体長組成及び同年令のマダラの体長・体重に明瞭な違いが認められることから(Wespestad et al. 1982, Bakkala and Wespestad 1984, Ronholt et al. 1984)、ここでは、ベーリング海とアリューシャン水域のマダラを別個のものとして取り扱い、開発率(E)を下記のように求めた。なお、最適漁獲死亡係数(F)を求めるためのパラメーターは、Bakkala and Wespestad (1984)、Bakkala et al. (1984 b)及びRonholt et al. (1984)より引用した。

Bakkala et al. (1981)に示されているマダラの自然死亡係数(M)は、 $M = 0.30 \sim 0.45$ の範囲にあるが、マダラの寿命は考えられていたより長いことから(Bakkala et al. 1984, Teshima 1984)* $M = 0.3$ を用いた。 $M = 0.30$ を一定として、漁獲死亡係数(F)を0.1から1.0まで変化させて、1歳時に 10^7 尾の加入のもとで、漁獲開始年令を3歳として、生産量が最大となるFをThompson and Bell法(Ricker 1975)によって求めた。

* 東部ベーリング海産のマダラでは、その大部分(99%)が尾叉長70cmで成熟に達すると推定される。この大きさのマダラは8歳に相当する(Bakkala et al. 1984 b)。したがって、雌雄のマダラの成熟状態から、マダラの寿命は考えられていたより長いことが推定される。

Eastern Bering Sea										
F	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Yield	5,925	8,138	9,087	9,283	9,366	9,320	9,225	9,098	9,022	8,968

(tons)

Aleutian Islands region										
F	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Yield	8,463	11,779	13,298	13,852	13,920	14,021	13,992	13,892	13,887	13,855

(tons)

上記の表より、ベーリング海及びアリューシャン水域のマダラの最適漁獲死亡係数は、それぞれ、 $F=0.5$ と $F=0.6$ と推定された。漁獲開始年令3歳における、上述の係数のもとでの開発率は、 $F=F/Z(1-e^{-Z})$ より、ベーリング海0.34、アリューシャン水域0.40となる。

1) ベーリング海の平衡漁獲量 (EY)

ベーリング海のマダラ資源は、日・米共同底魚資源調査、日・米共同はえनाव資源調査及び米国の底魚資源調査結果にみられるように、良好な状態にあると判断される。

平衡漁獲量 (EY) は、1979年、1981年及び1982年の日・米共同底魚資源調査の資源量推定値の平均913.2千トンから2歳以下のマダラを除いた漁獲可能量、895.4千トンと上述開発率0.34を用いると、304.4千トンと推定される。

2) アリューシャン水域の平衡漁獲量 (EY)

アリューシャン水域のマダラの資源量は、日・米共同調査から、1980年の78.8千トンより2.8倍増加して、1983年に217.8千トン[※]に達したと推定される (Ronholt et al. 1984, Wakabayashi 1984)。一方、日・米共同はえनाव資源調査の結果、アリューシャン全水域のマダラの相対資源重量は、1980年の59,718から1983年には2.1倍増加して124,222となった (表5)。1983年の底魚調査結果からの資源量推定値は予備的に算出されていることから、ここでは日・米共同はえनाव調査結果が資源の動向をより正しく反映しているものとして取り扱った。

1980年及び1983年のはえनाव資源調査にみられるように、相対資源重量に比例してマダラ資源が増加しているものとすれば、1980年のトロール調査によるマダラの資源量78.8千トンは、1983年には163.9千トンになっていると推定される。この値から2歳以下のマダラを除いた漁獲対象推定資源量160.1千トンと上述の開発率 $E=0.40$ とから、平衡漁獲量は64.0千トンとなる。日・米共同底魚資源調査及び日・米共同はえनाव資源調査結果にみられるように、アリューシャン水域のマダラ資源は良好な状態にあることから、64.0千トンの漁獲量が期待できる。

※ 1983年の資源量推定値は、日本側の資料のみを用いた分析結果で、予備的に算出されたものである。

References cited

- Bakkala, R.G., K. King and W. Hirschberger. 1981. Commercial use and management of demersal fish. In D.W. Hood and J.A. Calder (editors), The eastern Bering Sea Shelf: Oceanography and resources. Vol. II, 1015-1036. Univ. Washington Press, Seattle, USA.
- Bakkala, R.G. and V.G. Weststad. 1984. Pacific cod. In R.G. Bakkala and L. Low (editors), Condition of groundfish resources of the eastern Bering Sea and Aleutian Islands Region in 1983. 24-36. Northwest and Alaska Fisheries Center, NMFS, NOAA, 2725 Montlake Boulev. E., Seattle, WA 98112, USA, (Document submitted to the Japan-U.S. bilateral meeting on Assessment of North Pacific Fisheries Resources, April, 1984).
- Bakkala, R.G., H. Yamaguchi, A. Shimada and K. Teshima. 1984a. Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigations in the eastern Bering Sea during June-November 1982. Northwest and Alaska Fisheries Center, NMFS, NOAA, USA and Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency of Japan. (Unpublished manuscript).
- Bakkala, R.G., K. Wakabayashi and T.M. Sample. 1984b. Results of the demersal trawl surveys. In R.G. Bakkala and K. Wakabayashi (editors), Results of cooperative U.S.-Japan groundfish investigation in the Bering Sea during May-August 1979. 73-304. Northwest and Alaska Fisheries Center, NMFS, NOAA, USA and Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency of Japan. Bull. Intl. Nor. Pac. Fish. Comm., (In press).
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Dept. Environ. Fish. Mer. Serv. Bull. 191, 382 pp.
- Ronholt, L.L., K. Wakabayashi, T. Wilderbuer, H. Yamaguchi and K. Okada. 1981. Results of the U.S.-Japan groundfish resource assessment survey in the Aleutian Inlands waters, June-November, 1980. Northwest and Alaska Fisheries Center, NMFS, NOAA, USA and Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency of Japan. (Unpublished manuscript).
- Sasaki, T., D. Rodman and K. Funato. 1983. Preliminary report on Japan-U.S. joint longline survey by Ryusho maru No. 15 in the eastern Bering Sea, Aleutian Region and Gulf of Alaska, 1982. 116 p. Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu 424, Japan.
- Sasaki, T. 1984. A prompt report on Japan-U.S. joint longline survey by Anyo maru No. 21, 1983. 11 pp. Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency of Japan, (Document submitted to the Japan-U.S. bilateral meeting on Assessment of North Pacific Fisheries Resources, April, 1984).

- Teshima, K. 1984. Maturation of Pacific cod in the eastern Bering Sea. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., (In press).
- Wakabayashi, K. 1984. Preliminary report on the joint Japan-U.S. groundfish trawl survey in the Aleutian Islands waters in 1983. 22 pp. Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency of Japan, (Document submitted to the Japan-U.S. bilateral meeting on Assessment of North Pacific Fisheries Resources, April, 1984).
- Wespestad, V., R. Bakkala and J. June. 1982. Current abundance of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the eastern Bering Sea and expected abundance in 1982-86. 26 pp. NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-25.

Table 1. Historical catch of Pacific cod, in thousand metric tons, in the Bering Sea and Aleutian Islands Region.

Year	Total	Japan	U.S.	USSR	Joint ventures	Other nations
1964	11.9	11.9	-	-	-	-
1965	15.4	15.4	-	-	-	-
1966	18.1	18.1	-	-	-	-
1967	32.2	32.2	-	-	-	-
1968	57.2	57.2	-	-	-	-
1969	49.3	49.3	-	-	-	-
1970	70.0	70.0	-	-	-	-
1971	45.4	41.3	-	4.1	-	-
1972	45.1	38.1	-	7.0	-	-
1973	54.6	41.6	-	13.0	-	-
1974	64.4	47.8	-	16.6	-	-
1975	52.8	34.3	-	18.5	-	-
1976	58.5	39.7	-	18.1	-	0.7
1977	36.5	36.2	-	0.3	-	-
1978	45.7	44.3	-	0.5	-	0.9
1979	38.5	33.6	-	2.4	-	2.5
1980	52.3	30.1	5.9	-	8.5	7.8
1981	67.0	32.4	16.3	-	9.2	9.1
1982	68.0	20.5	24.8	-	13.6	9.1
1983		31.0				

Catch by Japanese fishery includes that by landbased dragnet fishery. Other nations; Republic of Korea, Taiwan and West Germany.

Table 2. CPUE of Pacific cod caught by Japanese fisheries in the Bering Sea and Aleutian Islands Region.

Year	Surimi mothership			Frozen-fish Mothership		Long line fishery	Surimi Factory trawl	Frozen fish factory trawl	Stand-ardized (pair T. surimi M. ship)
	Pair trawl	Danish sein	Stern trawl	Long-line	Stern trawl				
1973	0.315	0.196	0.175	0.077	0.051	0.118	0.150	0.063	0.315
1974	0.431	0.193	0.202	0.048	0.043	0.023	0.170	0.136	0.397
1975	0.245	0.190	0.187	0.175	0.082	0.079	0.095	0.238	0.393
1976	0.233	0.130	0.167	0.077	0.094	0.073	0.165	0.220	0.404
1977	0.322	0.167	0.232	-	-	0.061	0.129	0.091	0.331
1978	0.337	0.137	0.211	-	0.017	0.073	0.205	0.105	0.382
1979	0.277	0.130	0.230	-	0.012	0.060	0.131	0.076	0.291
1980	0.164	0.086	0.192	-	0.006	0.151	0.066	0.068	0.272
1981	0.227	0.109	0.176	-	0.005	0.155	0.069	0.083	0.312
1982	0.177	0.082	0.137	-	0.003	0.097	0.052	0.040	0.188
1983	0.255	0.115	0.161	-	0.006	0.185	0.070	0.074	0.354

Units: Tons per hour for pair trawler and stern trawler, tons per haul for Danish seiner, and tons per 10 hachi for longliner.

Table 3. CPUE and biomass estimates for Pacific cod obtained from Japan, U.S. and Japan-U.S. cooperative surveys conducted in the Bering Sea.

Year	CPUE			Biomass	
	Japan (kg/30 min.)	U.S. ^a (kg/ha)	Japan-U.S. (kg/ha)	U.S. ^b (m.t.)	Japan-U.S. (m.t.)
1966	116.3				
1967	50.9				
1968	25.9				
1969	19.6				
1970	21.7				
1971	16.6				
1972					
1973	31.0	3.8			
1974	60.3	3.8			
1975	26.9	7.0		65,500	
1976	40.0	3.0			
1977	18.8	5.4			
1978	39.8	8.7		312,000	
1979	64.7	18.9	11.43	792,300	752,678
1980		13.2		913,300	
1981		17.8	20.13	840,100	947,420
1982		18.3	15.78	1,013,900	1,039,504
1983		19.5		1,126,400	

^aFrom NWAFC reserach survey data in a comparative fishing area in the southeast Bering Sea.

^bFrom NWAFC large-scale survey data whcih cover major portions of the eastern Bering Sea.

Table 4. Relative population density (RPD) and relative population number (RPN) obtained from Japan-U.S. longline surveys in the Bering Sea and Aleutian Islands Region during 1979 through 1983 (From Sasaki et al. 1983, Sasaki 1984).

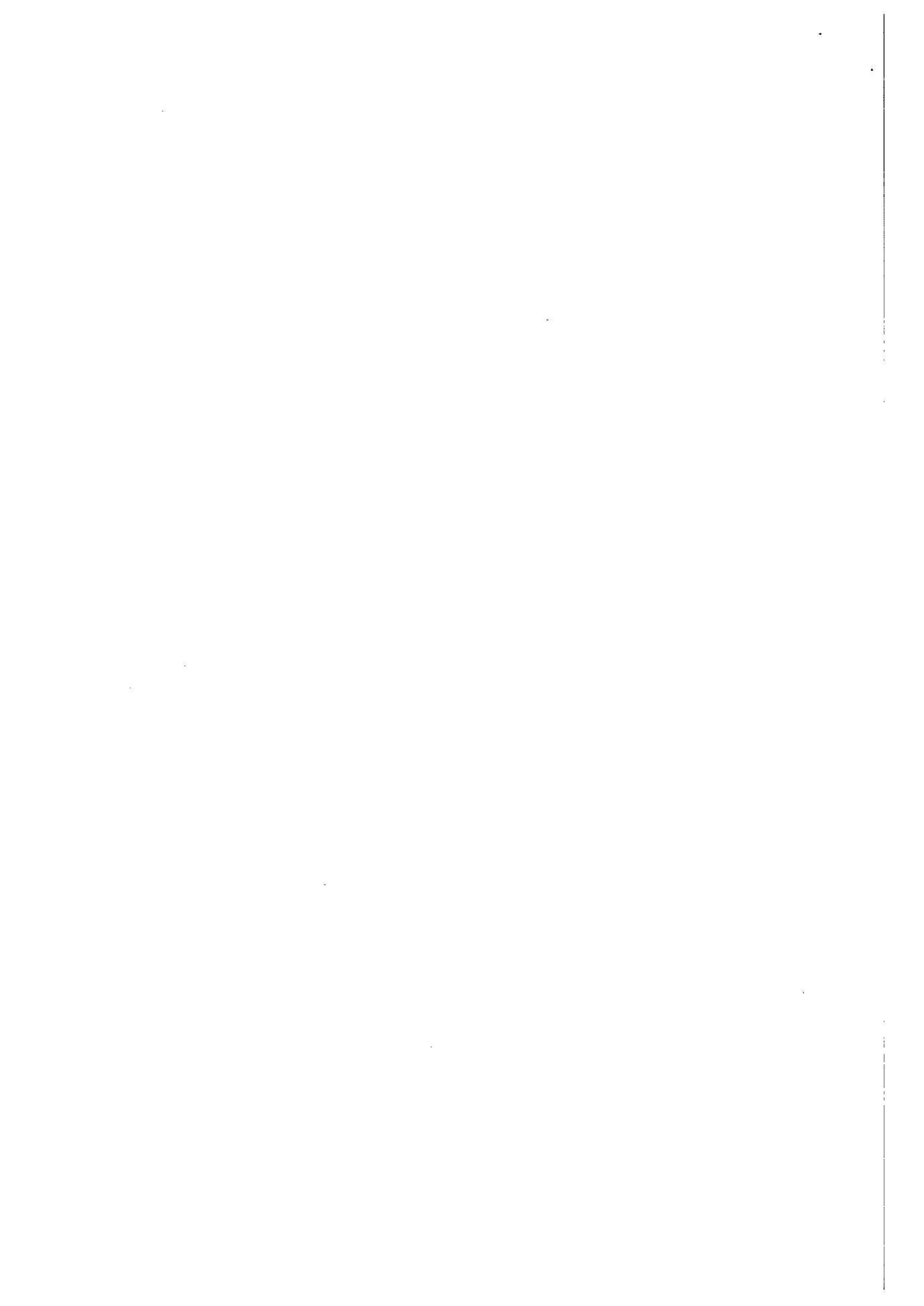
Area	Depth (m)	1979		1980		1981		1982		1983	
		(RPD)	(RPN)	(RPD)	(RPN)	(RPD)	(RPN)	(RPD)	(RPN)	(RPD)	(RPN)
B1	101-200	15.23	2,741	19.51	3,512	22.54	4,057	18.51	3,333	14.54	2,617
	201-300	12.27	945	15.92	1,226	12.63	973	12.99	1,000	15.49	1,193
	301-400	0.75	55	0.97	71	3.44	251	3.66	267	5.19	379
	401-500	0.08	5	-	-	-	-	3.49	230	0.25	17
	501-600	-	-	-	-	-	-	1.60	98	-	-
Total			3,746		4,809		5,281		4,927		4,206
B2	101-200							9.00	4,968	8.48	4,681
	201-300							10.23	2,496	10.61	2,589
	301-400							7.33	1,532	8.00	1,672
	401-500							1.09	152	0.30	42
	501-600							0.67	109	-	-
Total									9,257		8,984
B3	101-200							14.34	2,369	6.72	1,236
	201-300							11.88	713	6.49	389
	301-400							7.11	370	3.52	183
	401-500							0.41	16	0.36	14
	501-600							-	-	-	-
Total									3,738		1,822
B4	101-200							14.74	2,285	19.15	2,968
	201-300							19.47	2,005	11.18	1,152
	301-400							11.47	963	8.47	711
	401-500							0.82	40	0.48	24
	501-600							-	-	-	-
Total									5,293		7,855
WA	101-200			8.36	8,540	7.20	7,348	9.10	9,291	11.09	11,323
	201-300			3.54	909	2.49	640	3.56	914	3.78	971
	301-400			0.15	42	0.09	27	0.71	203	0.17	49
	401-500			-	-	-	-	-	-	-	-
	501-600			-	-	-	-	-	-	-	-
Total					9,491		8,015		10,408		12,343
EA	101-200	10.53	10,586	6.78	6,879	12.88	13,071	14.13	14,337	14.32	14,535
	201-300	8.28	4,380	3.38	1,788	7.48	3,556	9.93	5,253	12.71	6,724
	301-400	1.50	708	0.56	264	1.16	548	3.42	1,612	3.18	1,498
	401-500	0.08	27	0.02	6	0.03	9	0.47	165	0.06	21
	501-600	-	-	-	-	0.00	2	0.02	8	-	-
	601-700	-	-	-	-	-	-	0.00	2	-	-
Total			15,803		8,937		17,586		21,377		22,832

B1: Bering area-I, B2: Bering area-II, B3: Bering area III, B4: Bering area-IV, WA: West aleutian, EA:East Aleutian

Table 5. Relative population density and relative population weight in the Aleutian Islands Region in 1980 and 1984.

Area	Depth (m)	1980		1983	
		(RPD)	(RPW)	(RPD)	(RPW)
WA	101-200	29.48	30,099	40.79	41,647
	201-300	8.38	2,154	10.10	2,596
	301-400	0.67	192	0.55	158
	401-500	-	-	-	-
	501-600	-	-	-	-
Total			32,445		44,401
EA	101-200	21.04	21,356	51.60	52,374
	201-300	9.80	5,184	36.49	19,303
	301-400	1.48	697	16.61	7,823
	401-500	0.10	36	0.90	321
	501-600	-	-	-	-
Total			27,273		79,821
TOTAL			59,718		124,222

RPD: relative population density (Kg/hachi), RPW: relative population weight = RPD x area in 10 km² of depth zone, WA: west Aleutian, EA: east Aleutian



Not to be cited by INPFC
Document number

INPFC
Doc. 2786
Rev. 1

TRANSLATION

CONDITION OF PACIFIC COD STOCK IN THE BERING SEA
AND ALEUTIAN ISLANDS REGION

Kazuyuki Teshima

Fisheries Agency of Japan

1984 August

THIS PAPER MAY BE CITED IN THE FOLLOWING MANNER:
Teshima, Kazuyuki. 1984. Condition of Pacific cod
stock in the Bering Sea and Aleutian Islands
region. (Document submitted to the International
North Pacific Fisheries Commission.) 7 p.
Fisheries Agency of Japan, Tokyo, Japan 100.

Table 1 shows the historical catch of Pacific cod in the Bering Sea and Aleutian Islands region by Japan, United States, U.S.S.R., and other countries from 1964 to 1983. Japanese catches have varied in the range of 20,500 to 44,300 t since the enforcement of the U.S. Fishery Conservation and Management Act and the bulk (85 to 93%) of the cod has been caught in the Bering Sea (1977 to 1983).

The CPUEs of Pacific cod by fishery and by fishing method by Japan in the Bering Sea and the Aleutian Islands region in 1983 increased from the previous year together with an increase in quota (1982: 25,932 t, 1983: 33,163 t). Therefore, the combined CPUE, weighted by catch for each fishery and gear and standardized to the pair trawlers attached to the surimi motherships, increased from the previous year (Table 2). It is considered that recent CPUEs do not reflect conditions well because of the intensified regulations for Japanese fisheries.

Estimated biomass in recent years

1. Japan-U.S. joint groundfish survey

Japan-U.S. joint trawl surveys were conducted on the Bering Sea continental shelf and slope in 1979, 1981, and 1982 and in the Aleutian Islands region in 1980 and 1983.

According to results of these surveys, the biomass of Pacific cod in the Bering Sea was estimated to be 571,400 to 934,000 t (average 752,700 t) in 1979, 784,000 to 1,110,900 t (average 947,400 t) in 1981, and 898,200 to 1,180,800 t (average 1,039,500 t) in 1982 (Table 3) (Bakkala et al. 1984a). The estimated biomass of Pacific cod in the Aleutian Islands region was calculated to be 78,800 t in 1980 and 217,800 t in 1983 (Ronholt et al. 1984, Wakabayashi 1984).

The estimated biomass of Pacific cod in the Bering Sea increased by 25.9% from 1979 to 1981 and by 9.7% from 1981 to 1982. On the other hand, the estimated biomass in the Aleutian Islands region increased 2.76 times from 1980 to 1983. From these facts, it appears that the Pacific cod stock in the Bering Sea is in a stable condition and in the Aleutian Islands region shows an increasing trend.

2. Japan-U.S. joint longline survey

Table 4 shows the relative population density and relative population numbers by area and by depth of Pacific cod calculated from the joint Japan-U.S. longline surveys conducted in the Aleutian Islands region from 1979 and in the Bering Sea and the Aleutian Islands region from 1982.

The relative population density and relative population numbers by area of Pacific cod was highest in the depth zone of 101 to 200 m in Areas 1 to 4* of the Bering Sea and east and west Aleutian Islands region, with few exceptions, followed by zones 201 to 300 m and 301 to 400 m. Limited distribution was observed deeper than 400 m. The relative population density values of Pacific cod in the depth zone of 101 to 300 m of the Aleutian Islands region are in general lower than in the Bering Sea.

The relative population numbers of Pacific cod in Area 1 of the Bering Sea from 1979 to 1983 ranged from 3,746 to 5,281. Also, the relative population numbers of Pacific cod in the entire Bering Sea was estimated as 23,215 in 1982 and 22,867 in 1983. As indicated by these relative population numbers, we can say that the Pacific cod stock in the Bering Sea is in a good condition. In the entire Aleutian Islands region, on the other hand, the relative population numbers increased by 10.7% from 1982 to 1983 indicating that the Pacific cod stock in these areas shows an increasing trend.

*See Sasaki et al. 1983 for the survey area.

3. U.S. groundfish survey

According to results of the U.S. groundfish trawl surveys which were conducted in the eastern Bering Sea in 1975 and 1978 to 1983, the estimated biomass of Pacific cod increased rapidly from 65,500 t to 792,300 t in 1979 due to the recruitment of strong 1977 year class. The estimated biomass decreased in 1981 but increased rapidly again in 1982 and 1983 (Table 3) (Bakkala et al. 1984). From these results, we can conclude that the Pacific cod stock in the Bering Sea is in a stable condition.

According to results of the survey conducted in the eastern Aleutian Islands region in the 1982 winter season, Pacific cod of the 1977 year class (5 years old) were estimated to be 36.7% of the total population number and 42% of the total biomass (282,300 t) (Bakkala and Wespestad 1984). This indicates that the rate of contribution of the 1977 year class to the Pacific cod stock is still high in the Aleutian Islands region.

4. Fluctuations in Pacific cod stocks

The CPUEs of Pacific cod obtained from the Japanese grid groundfish stock surveys, which have been conducted on the eastern Bering Sea continental shelf by Japanese research vessels since 1966, are shown in Table 3. Although the number of stations surveyed (60 to 320 stations) varied by year (Yamaguchi 1983), the survey has been conducted annually from May to August. Therefore, these data can be regarded as indices which represent the abundance of Pacific cod. The CPUE values for Pacific cod were relatively high in 1966, 1967, and 1974 which indicates the appearance of strong year classes prior to that observed in 1979 and the yearly changes in CPUE suggest the possibility that new strong year classes will appear in the near future.

As previously mentioned, in recent years the Pacific cod stock in the Bering Sea and Aleutian Islands region is in stable condition and the contribution of the 1977 year class is still high. Therefore, it appears that the Pacific cod stock will remain at a high level in 1984 and 1985 based on the survey data in 1983.

Equilibrium Yield (EY)

The relationship between the stocks in the Bering Sea and the Aleutian Islands region is presently not known, in other words, whether or not they are the same population. However, clear distinctions are observed among the size composition of Pacific cod sampled in both areas and in body length and body weight of Pacific cod of the same age (Wespestad et al. 1982, Bakkala and Wespestad 1984, Ronholt et al. 1984). Thus, Pacific cod stocks from the Bering Sea and Aleutian Islands region have been dealt with here as separate stocks and their exploitation rates (E) obtained. Parameters to obtain the optimum fishing mortality coefficient (F) are from Bakkala and Wespestad (1984), Bakkala et al. (1984b), and Ronholt et al. (1984).

Although the natural mortality coefficient (M) of Pacific cod, as shown in Bakkala et al. (1981) ranges from 0.30 to 0.45, $M = 0.3$ has been used because the life span of Pacific cod was longer than expected (Bakkala et al. 1984, Teshima 1984)*.

Fixing $M = 0.3$, varying F from 0.1 to 1.0, and assuming that age of first exploitation by the fishery is 3 years and that recruitment is 10^7 fish at the age of 1 year, calculations were made based on the

*Most Pacific cod originating in the eastern Bering Sea are estimated to reach maturity at 70 cm in fork length. This size is equivalent to 8 years of age (Bakkala et al. 1984b). Therefore, the life span of male and female Pacific cod are estimated to be longer than expected from the maturity condition.

Thompson and Bell method (Ricker 1975) to obtain the F value which would result in maximum yield as noted below.

Eastern Bering Sea

F	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Yield (tonnes)	5,925	8,138	9,087	9,283	9,366	9,320	9,225	9,098	9,022	8,968

Aleutian Islands region

F	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Yield (tonnes)	8,463	11,779	13,298	13,852	13,920	14,021	13,992	13,892	13,887	13,85

From the tabulation, the optimum fishing mortality coefficient (F) for Pacific cod from the Bering Sea and Aleutian Islands region were estimated to be 0.5 and 0.6, respectively. The exploitation rates based on the above assumptions at age 3 years, the age of first exploitation, were 0.34 for the Bering Sea and 0.40 for the Aleutian Islands region from the equation $E = F/Z (1 - e^{-Z})$.

1. Equilibrium yield of Pacific cod in the Bering Sea

The Pacific cod stock in the Bering Sea is judged to be in good condition from results of Japan-U.S. joint trawl surveys, Japan-U.S. joint longline surveys, and U.S. groundfish surveys.

The equilibrium yield of Pacific cod was estimated to be 304,400 t using the allowable catch of 895,400 t which excluded Pacific cod of 2 years old and under from the average estimated biomass of 913,200 t which was obtained from the Japan-U.S. joint groundfish surveys in 1979, 1981, and 1982 and the above exploitation rate of 0.34.

2. The equilibrium yield of Pacific cod in the Aleutian Islands region

The biomass of Pacific cod in the Aleutian Islands region was estimated to reach 217,800 t* in 1983 because it increased 2.8 times from the 78,800 t obtained from the Japan-U.S. joint survey in 1980 (Ronholt et al. 1984, Wakabayashi 1984). On the other hand, the relative population weight of Pacific cod in the whole Aleutian Islands region obtained from the Japan-U.S. longline survey amounted to 124,222 in 1983, an increase to 2.1 times from 59,718 in 1980 (Table 5). Because the estimated biomass obtained from the results of the groundfish survey in 1983 was a preliminary calculation, the result of the Japan-U.S. joint longline survey is used here as it reflects well the trend of the Pacific cod stock.

As shown in the longline surveys in 1980 and 1983, and using the assumption that the Pacific cod stock increased in proportion to the increase in the relative population weight, the biomass of Pacific cod of 78,800 t in the trawl survey in 1980 is estimated to increase to 163,900 t in 1983. From this value, the equilibrium yield of Pacific cod in the Aleutian Islands region is estimated to be 64,000 t using the estimated catchable biomass of 160,100 t excluding Pacific cod of 2 years old and under and the above exploitation rate of 0.40. As indicated in the results of the Japan-U.S. joint groundfish survey and the Japan-U.S. joint longline survey, because the Pacific cod stock in the Aleutian Islands region is in good condition, a catch of 64,000 t can be expected.

*The estimated biomass in 1983 is the analytical result using only Japanese data and is preliminary.

REFERENCES AND TABLES 1 TO 5 ARE IN ENGLISH IN THE JAPENSE DOCUMENT

