

新潟県沿岸のヒラメ資源量推定方法と問題点

加藤 和 範

(新潟県水産試験場)

はじめに

秋季の海水温低下に伴うヒラメ未成魚（0～2才）の南下傾向は、北海道から新潟県沿岸に至る地先で行われた標識放流実験の結果がこのことをよく示している。

ヒラメは満3才から産卵に加わり、産出された卵は浮遊性で、仔魚は塩分濃度を能動的に選択しながら河口沿岸右岸域の水深15m以浅の低鹹な細砂質海底に多く着底し、そこで全長12cm程度まで生活することが知られている。

卵、仔魚の移送は大河川から流入する淡水がひとつの制限因子となり、ある一定の範囲で再生産単位を作っているのではと考えている。

今回、新潟県北部海域の代表水揚げ漁港として岩船港を選定し、1981年6月～1988年5月までの全漁獲物体長組成のデータを用いて、山北、岩船、新潟の3漁協の漁獲量データにより北部海域のヒラメ資源状態の推定を行った。

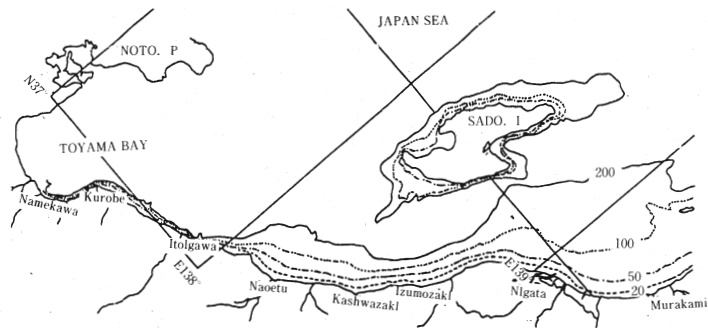


図1 新潟県沿岸域

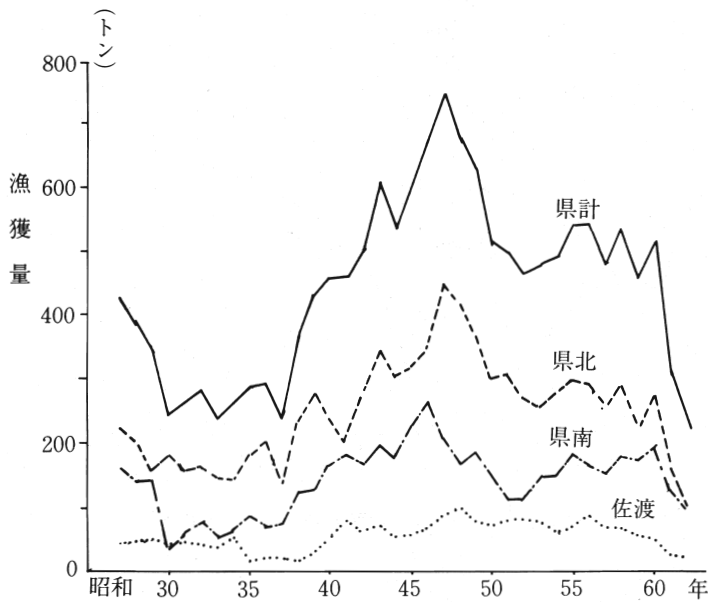


図2 新潟県におけるヒラメ漁獲量の推移

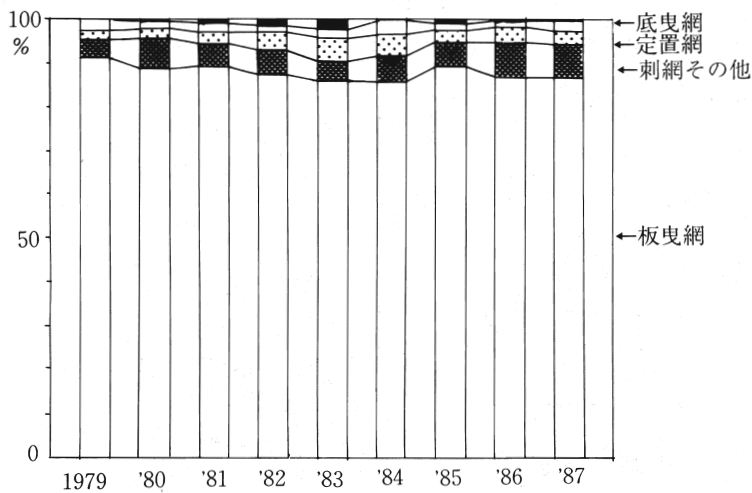


図3 ヒラメ漁業種類別漁獲割合

板曳漁業小史

さて、本県に板曳漁法が導入されましたのは昭和38年頃であります。それ以前は所謂「かけ回り式」の底曳網でヒラメ、カレイ類が漁獲されておりました。板曳網漁業が知事許可となりましたのは昭和40年で、本県の北部海域と外佐渡海域の5トン未満のチャッカー船はこぞってこの漁法に転換しました。以来、佐渡北方天然礁群域を利用する「沖曳き」に対して、「オカ曳き」と大別され前述の3漁協が主要水揚げ港としてその地位を保ってきたわけです。沿岸のヒラメ、カレイ類を対象とするこの漁法は極めて効率の良い着底式の底曳網で、導入後わずか10年で当初の3倍の漁獲量の増大を達成しました。

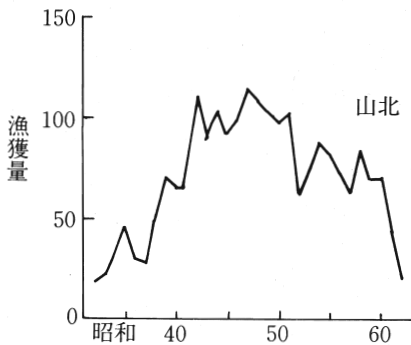
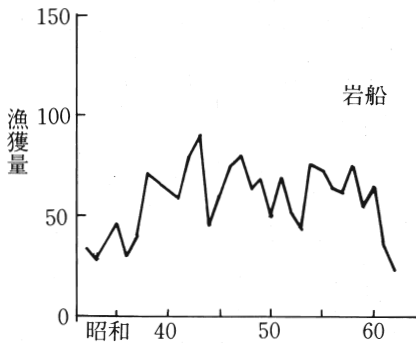
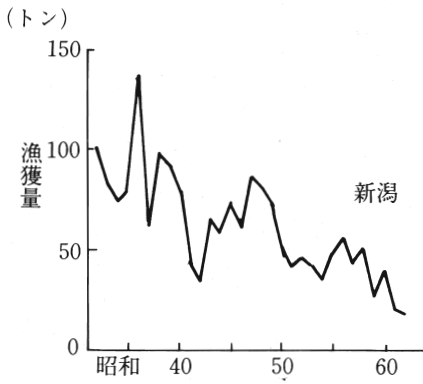


図4 ヒラメ漁獲量の推移

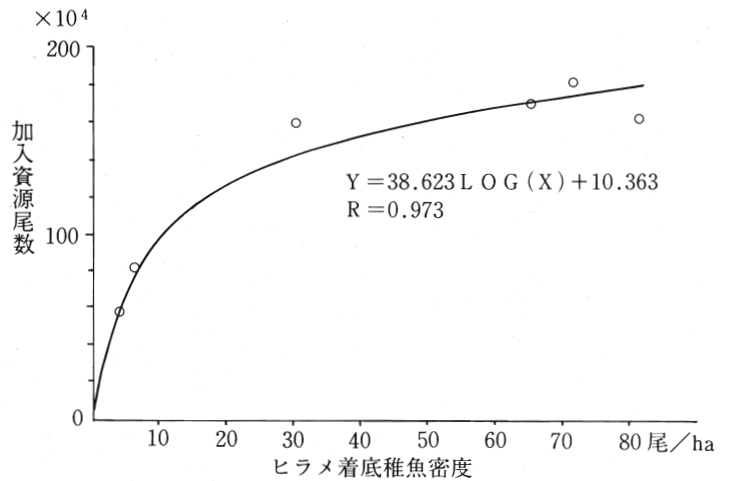


図5 ヒラメ着底稚魚密度と加入資源尾数

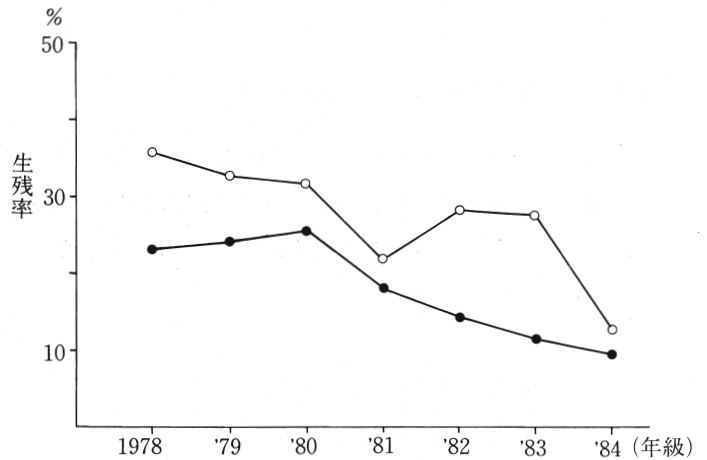


図6 ヒラメ各年年級群の生残率の変遷
白丸：平均年齢法，黒丸：対数回帰法

昭和47年には本州側沿岸で658トンという未曾有の漁獲を記録しました。しかし、この年を境に昭和53年まで低落傾向に陥ってしまいました。資源水準の低下に伴い、 Q が悪化してきたものと推定できます。この頃から代船建造と、主機関の換装およびリールの導入が図られ以前にも増して q は向上しました。従来25~35馬力のエンジンを搭載していた船が150~300馬力へとパワーアップし、高速、高馬力の高度化した能率的な漁船に変身したわけです。

演者が今日お話ししますヒラメ資源は以上のような状況下にあったわけです。ヒラメは1尾当たりの産卵量が多く、初期生残の高い、成長の良い魚種ですから更に高度化した漁業にあっても5年間持ち堪えたのでしょうか！

しかしながら、遂に止め所ない資源枯渇へと向かっているように思われます。

表1 新潟県北部海域におけるヒラメ漁獲量

年度	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
県計	498	466	479	492	544	542	475	536	460	521	318	230
北部	305	272	255	280	298	293	257	292	229	274	162	104
南部	115	112	148	154	180	163	150	177	175	194	128	103
佐渡	78	82	76	58	66	86	68	67	56	53	28	23
A) 新潟	42	46	42	36	48	56	44	51	28	40	21	19
岩船	69	51	43	76	73	64	62	75	52	65	36	24
山北	102	62	74	88	82	73	63	84	70	72	45	22
小計	213	159	159	200	203	193	169	230	150	177	102	65
	(0.698)	(0.585)	(0.624)	(0.714)	(0.681)	(0.658)	(0.787)	(0.787)	(0.655)	(0.646)	(0.630)	(0.625)
B) 新潟			39946	44932	52652	46865	43222	45006	37097	33633	18858	19877
岩船	61447	48194	44926	78316	63645	62411	69550	66147	52934	51944	29263	21011
山北				80469	88815	64289	73719	63987	64693	59108	32039	18568
小計	61447	48194	84872	203717	205112	173565	186491	175140	154724	144685	80160	59456

注) A) 北部海域主要3漁協における歴年漁獲量(1~12月), トン
 B) 北部海域主要3漁協における年度漁獲量(6~翌年5月), Kg

解析に必要なデータ, パラメータ

前おきが長くなりましたが, この辺で本題に入りたいと思います。資源量推定のアプローチの仕方についてはこのあと松宮先生が懇切丁寧にお話されると思いますのでここでは省かせていただき, 演者が今回用いて解析したKAFSモデルの実行に必要なデータ, パラメータの調査方法及び推定方法を若干説明します。

(a) 関数式, パラメータ推定法

- ① 体重-体長関数式 : $W=AL^n$
- ② VON BERTALANFFYの成長式
- ③ M : Biomass法
- ④ S, Z, F : 平均年齢法, 対数回帰法
- ⑤ Q : $C(X)/Q(x) = [1 - Q(x-1)/Q(x-1)] e^{-M} + e^{-(M+F)}$,
完全加入後は1
- ⑥ E : $E=F/M+F [1 - e^{-(M+F)}]$

(b) 入力データ

- ① $W=1.12904 \times 10^{-5} L^3$ (Female)
- ② $L=1169.91 [1 - e^{-0.121455(t+0.488188)}]$
 $W=18078.5 [1 - e^{-0.121455(t+0.488188)}]^3$
- ③ 処女資源時の生残率 $S_0=0.7$
- ④ 自然死亡係数 $M=-\ln S_0=0.35668$

⑤	同化, 異化係数		$a=9.50364, b=0.364369$			
⑥	寿命		25年			
⑦	性比, 成熟率		年 齢	雌	雄	成熟率 (%)
			3	0.67	0.33	50
			4	0.87	0.13	100
			5	0.91	0.09	100
			6	1.00	0.00	100
⑧	産卵数	データ	年 齢	産卵数 ($\times 10^4$)		
			3	138.1		
			4	156.4		
			5	184.2		
			6	278.1		
			7	487.0		

関係式 $Y=25.39X^{1.38} \quad (r=0.915)$

⑨ 年齢組成

MARQUDDT法によるPolymodalな度数分布を正規分布に分解する (最小二乗推定) BASICプログラム

赤嶺達郎 (1984) : 日水研報 (34), 53-60

現在の資源量推定

(a) 1才以上の資源状態

DOIRAP : 1979年~1984年まで解析可能

Cohort : 1985~1987年

(b) 0才魚の資源量

投棄魚解析モデル : 1979年~1984年まで可能

(c) 持続生産量

DOIRAP改良 : 1979年~1984年のデータを使用

再生産タイプ : BEVERTON and HOLT型

表2 ヒラメ年齢組成（6月～翌年5月）

年齢	年度	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0		21762	7027	16456	21098	20028	56737	4406	61463	50051
1		240119	182675	96394	215509	183492	187730	138558	30693	24216
2		78726	35832	68860	31855	54326	79225	93906	19264	4766
3		10800	22689	74188	26909	13062	7516	11134	3506	1359
4		932	1645	8426	2146	4250	1249	2795	1087	447
5		460	535	1277	301	1235	351	807	167	99
6	≥ 130		165	235	143	308	109	291	97	55
7			71	69	21	81	46	≥ 47	55	36
8			26	≥ 15	≥ 11	50				
9			1			14				
生残率		0.243	0.269	0.254	0.255	0.281	0.267	0.256	0.229	0.228

表3 ヒラメの成長式

推定式	推定値
$W=AL^n$	(♀) $W=1.12904 \times 10^{-5} L^3$
$L=a [1 - e^{-k(t-t_0)}]$	(♀) $L=1169.91 [1 - e^{-0.121456(t+0.488188)}]$
$W=W_a [1 - e^{-k(t-t_0)}]^3$	(♀) $W=18078.5 [1 - e^{-0.121456(t+0.488188)}]^3$

結果と考察

1979～1984年までを定常と仮定して、漁獲量を歴年から年度に直して用い、現状解析を各年について行った。解析結果は概ね妥当と考えられ、昭和50年代は、 F が凡そ1の近傍で漁業がなされていたという事になる。BEVERTON and HOLT型の再生産タイプに比較的よく当てはまっており、昭和56年以降岩船海域で実施している加入前着底稚魚の密度調査の値と現状解析で得られた加入資源尾数には正の相関（対数回帰、 $r=0.973$ ）が認められ、ヒラメが密度依存型の変動をしていることが検証できた。

1985年を境に急激な漁獲量の減少が起きたが、その原因としては、

- (1) 山北、岩船、新潟の3つの漁協でそれぞれに板曳網への切り替え、漁船能力の向上、操業形態等にタイムラグが認められ、1985年度までの漁獲変動には違いが見られるが、減少が同時に起こり同一系統群を利用していたことと考えられ、
- (2) また資源変動が密度依存的に発生しており、
- (3) 1985年度の F が、乱獲により極端に減ってしまった3才以上の親魚から1才→0才へと向かい、 F は50年代の2倍以上になっており、年々、年級群の生残率が低下していること、
- (4) 更に、親魚の減少と連動して着底稚魚量が、特に1985年度は少なく1981～1984年の平均値（62.4尾/ha）の1/120以下に低下したこと、引き続き1986、1987年も1/10、1/15と低水準にあること、

表4 漁期初期のヒラメ資源量

年度	年齢 資源量	0 加入資源量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 \geq	計
1979	P (トン)	167.93	122.84	117.23	66.19	29.00	10.95	3.75	1.20	0.36	0.11	0.03	0.01	351.7
	N (万尾)	202.81	150.27	36.55	8.89	2.16	0.53	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	198.6
1980	P	84.15	118.28	124.65	77.72	37.60	15.67	5.92	2.09	0.70	0.23	0.07	0.03	383.0
	N	191.69	144.69	38.86	10.44	2.80	0.75	0.20	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	197.8
1981	P	82.32	103.45	103.17	60.85	27.88	11.00	3.93	1.31	0.42	0.13	0.04	0.01	312.2
	N	170.59	126.55	32.17	8.18	2.08	0.53	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	169.7
1982	P	96.72	109.92	110.09	65.23	30.00	11.88	4.27	1.43	0.46	0.14	0.04	0.01	333.5
	N	182.15	134.46	34.32	8.76	2.24	0.57	0.15	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	180.5
1983	P	101.81	96.51	106.40	69.40	35.13	15.32	6.06	2.24	0.79	0.27	0.09	0.04	332.2
	N	160.33	118.06	33.17	9.32	2.62	0.74	0.21	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	164.2
1984	P	77.92	90.26	94.16	58.12	27.84	11.49	4.30	1.50	0.50	0.16	0.05	0.02	288.4
	N	163.01	110.41	29.36	7.81	2.08	0.55	0.15	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	150.4
1985	P	123.65	85.84	86.25	51.28	23.65	9.40	3.39	1.14	0.36	0.11	0.03	0.01	261.5
	N	138.62	105.01	26.89	6.89	1.76	0.45	0.12	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	141.2
1986	P	88.18	39.79	35.73	18.99	7.83	2.78	0.90	0.27	0.08	0.02	0.01	0.00	106.4
	N	82.80	48.68	11.14	2.55	0.58	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	63.1
1987	P	75.82	33.11	30.95	17.12	7.35	2.72	0.91	0.29	0.08	0.02	0.01	0.00	92.6
	N	58.64	40.50	9.65	2.30	0.55	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	53.2

注) 0歳では τ 時(9月1日の開禁前)であり、1歳は6月1日における資源量

表5 ヒラメ0歳魚の資源解析結果

年度	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
TL_o (mm)	194.3	157.2	162.2	167.5	177.8	161.8	199.2	211.3	225.4
BW_o (g)	82.8	43.9	48.2	53.1	63.5	47.8	89.2	106.5	129.3
N_o (尾)	21762	7027	16456	21098	20028	56737	4406	61540	50083
N_o' (kg)	4685.8	994.2	2204.3	3002.5	3367.4	7921.9	1099.6	17955.8	6475.7
M_1'	10.336	10.667	10.482	10.496	10.822	10.633	10.507	10.137	10.123
M_o'	10.036	10.386	10.183	10.192	10.516	10.244	10.229	9.605	9.755
M_o	0.300	0.281	0.299	0.304	0.306	0.289	0.278	0.532	0.368
E'	0.032	0.014	0.031	0.036	0.039	0.122	0.010	0.264	0.100
E'	0.028	0.012	0.027	0.031	0.033	0.101	0.009	0.205	0.084
Q_o	0.031	0.014	0.031	0.036	0.042	0.126	0.010	0.236	0.089
N_τ ($\times 10^4$)	202.81	191.69	170.59	182.15	160.31	163.01	138.62	82.8	60.03
ND_1 ($\times 10^4$)	150.27	144.69	126.55	134.47	118.05	110.41	105.01	48.68	41.56

(5) これらに加えて近年海岸浸食を防ぐためヒラメ稚魚の発育場となっている沿岸域が構築物設置、あるいは港の堤防の延長等により餌料、成育条件が変化している可能性が考えられること。

等々の原因があるものと推察した。

問題点

以上定常時の解析結果を中心に話を進めてきましたが、非定常時の解析が不十分で、SYから求めた曲線上に乗せられるものか、Cohort analysisで求めた F が妥当な値か否か、着底稚魚密度と加入資源尾数の関係式を用いた推定がどうなるのか、今後の課題としましてこの辺で話を閉じようと思います。

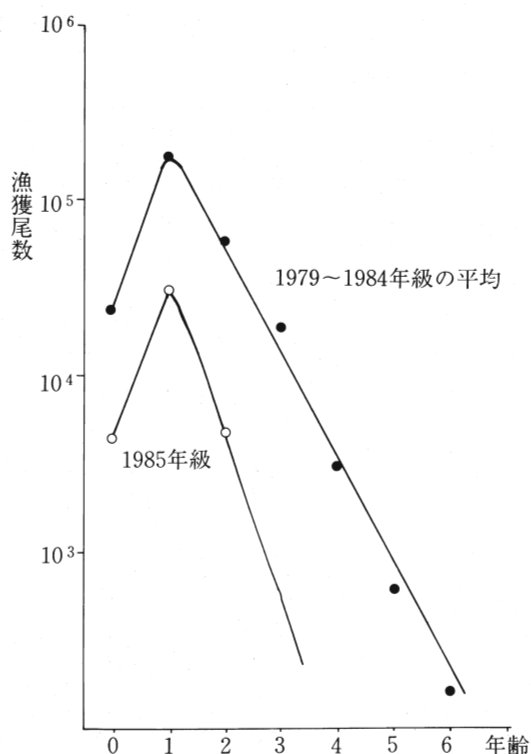


図7 ヒラメの漁獲曲線

要約

迅速解析手法 (DOIRAP) は本来定常的な現象あるいは平均的な現象に対して行うべき解析手法である。今回、新潟県沿岸域の主として板曳網により漁獲がなされている新潟～山北までの北部海域を対象にして1979～1984年 (昭和50年代) を定常とみなして解析を行った。

使用したモデルはKAFS-S (DOIRAP改良型) で、毎年7～8月の禁漁開け後に加入する0才魚については投棄魚解析により計算を実行した。

1985年を境に漁獲の激減が見られ、これ以降このモデルでは解析できないことから、Cohort analysis (前進法) により現在の漁獲死亡係数 (F) の推定を行った。この結果、昭和50年代では、 F は0.913～1.057 (平均0.982) の間にあり、定常とみなした。

Cohort analysisでは昭和60年代に入って以降、 F は2.22→3.06→2.10と大きく変化しており、ヒラメ資源をめぐって過剰の漁獲圧がかけられてきたことがわかった。

漁獲量減少の大きな原因は、1985年までに至る連続的な親魚量の減少と、これが直接的に起因した着底稚魚量の減少が引き金となり、0～1才魚に過大な漁獲圧がかけられた結果と推察した。

表6 コホート前進法による計算結果

年度	年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	計	Z	F	E
1985	N ($\times 10^4$)	0	123	12	3	1	0	0	0	0	0	139	2.57878	2.22211	0.79632
	P (トン)	0	101	40	24	11	4	2	1	0	0	183			
	C ($\times 10^4$)	0	98	10	3	1	0	0	0	0	0	112			
	Y (トン)	0	80	31	19	9	3	1	0	0	0	143			
	Adult ($\times 10^4$)	0.910													
1986	N	0	63	3	1	0	0	0	0	0	0	67	3.41617	3.0595	0.86618
	P	0	51	11	6	2	1	0	0	0	0	71			
	C	0	54	3	1	0	0	0	0	0	0	58			
	Y	0	44	10	5	2	1	0	0	0	0	62			
	Adult	0.152													
1987	N	0	51	4	1	0	0	0	0	0	0	56	2.45187	2.0952	0.78093
	P	0	42	13	7	3	1	0	0	0	0	66			
	C	0	40	3	1	0	0	0	0	0	0	44			
	Y	0	33	11	6	2	1	0	0	0	0	53			
	Adult	0.275													
1988	N	0	26	4	0	0	0	0	0	0	0	30			
	P	0	21	14	3	1	0	0	0	0	0	39			
	C	0	20	3	0	0	0	0	0	0	0	23			
	Y	0	17	11	2	1	0	0	0	0	0	31			
	Adult	0.104													

表7 ヒラメ年級群別年齢別漁獲尾数

年級	年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1973								≥ 130	71	15
1974							460	165	69	≥ 26
1975						932	535	235	21	50
1976					10800	1645	1277	143	81	
1977				78726	22689	8426	301	308	46	
1978			240119	35832	74188	2146	1235	109	47	
1979	21762	182675	68860	26909	4250	351	291	55		
1980	7027	96394	31855	13062	1249	807	97	36		
1981	16456	215509	54326	7516	2795	167	55			
1982	21098	183492	79225	11134	1087	99				
1983	20028	187730	93906	3506	447					
1984	56737	138558	19264	1359						
1985	4406	30693	4766							
1986	61540	24216								
1987	50051									

表8 ヒラメ各年級群の生残率

年級	生残率	平均年齢法		対数回帰法	
		S	Z	S	Z
1978	0.359	1.289	0.233	1.458	
1979	0.329	1.025	0.243	1.416	
1980	0.318	1.112	0.258	1.356	
1981	0.219	1.145	0.182	1.706	
1982	0.281	1.520	0.145	1.934	
1983	0.276	1.267	0.118	2.141	
1984	0.126	1.289	0.099	2.312	

表9 ヒラメ再生産に関するデータ

項目	年度	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
親魚量 ×10 ⁴ (尾)		4.05	5.23	3.88	4.18	4.89	3.87	3.30	1.10	1.03
加入量 ×10 ⁴ (尾)		150.27	144.69	126.55	134.46	118.05	110.41	105.01	48.68	40.50
総産卵量 ×10 ⁸ (粒)		462.99	621.27	451.35	486.31	591.68	458.18	389.93	122.92	116.64
漁獲死亡係数		1.057	0.958	1.013	1.009	0.913	0.968	1.006	1.118	1.078

表10 ヒラメ再生産曲線のパラメータ

再生産曲線の型	関係式	a	得られたパラメータ b	c	相関係数 r
BEVERTON and HOLT型	$\frac{1}{R} = \frac{1}{a} (b + \frac{1}{A})$	1570.90000	11.84880	—	0.964
RICKER型	$R = aA \exp(-bA)$	1.38503	-0.09519	—	0.927
二次曲線	$R = aA^2 + bA + c$	-4.02861 × 10 ⁻⁴	9.49197 × 10 ⁻³	-3.33926 × 10 ⁻⁶	0.966

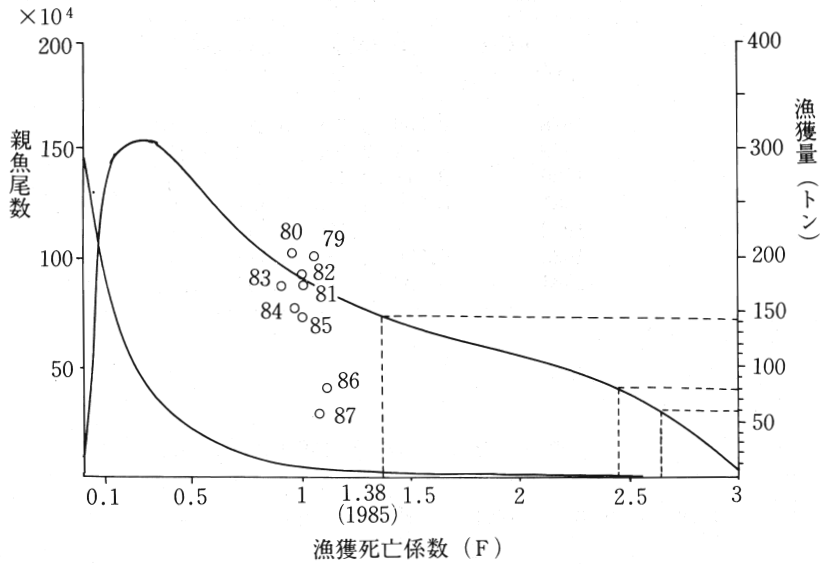


図8 ヒラメの再生産曲線

質 問

北沢（島根水試）：昭和50年代を定常状態としているが、60年代に漁獲が減少したのは、50年代にすでに親魚量が減っていた結果ではないのか。

加藤：そういうことだが、低水準でも何年か持続した生産をあげている、という意味で定常とした。