

日本海西部海域におけるベニズワイガニの資源診断

安 達 二 朗 ・ 永 井 浩 爾

(鳥根県水産試験場)

(鳥取県水産試験場)

日本海に分布するベニズワイガニは、かご網で漁獲されるが、この漁業の歴史は新しく山陰地方では、1968年からである。日本海西部海域での漁獲量は、1972年までは数千トン台で漸増してきたが、1973年以降は急激に増加し、1983年には約46,000トンとなった。しかし、1984年の漁獲量は約45,000トンとなり、1983年を下回った。このような漁獲量の経年変化をみると、近年の漁獲量の増加は漁獲努力量の増大と日本海西部の深海域の漁場開発に負うところが大きいと考えられる。

一方、漁獲されたベニズワイガニの魚体は年々小型化している。このように漁獲量は増加しているにもかかわらず、魚体の小型化が現われるのは、近年では、より強度の漁獲が働らき、資源と漁獲の平衡した状態がくずれてきていることを示していると考えられる。このことを明らかにするため、鳥根県恵曇港と鳥取県境港の資料を用いて日本海西部海域のベニズワイガニ資源について診断を試みたので報告する。

1. 資料と方法

用いた漁獲統計資料は、1984～1985年の鳥根県恵曇港におけるベニズワイガニ銘柄別漁獲量と、1977～1984年の鳥取県境港の銘柄別漁獲量（鳥取水試1985）である。恵曇港の銘柄は大・中・小・豆の4銘柄で、境港の銘柄は大・中・小の3銘柄となっている。また、基本的な生物統計資料は、1985年5～12月までの恵曇港と境港における銘柄別の甲幅、体重の測定記録である。これらの測定記録は恵曇港で銘柄大が11標本475尾、中が10標本564尾、小が10標本736尾、豆が9標本945尾、合計2,720尾である。境港では銘柄中が5標本427尾、小が5標本493尾である。その他系群の有無の判定のための資料としては、1985年11月の大和堆南部海域漁場のベニズワイガニ107尾、ウツリヨウ島北東海域漁場の120尾の甲幅と鉗脚、第1歩脚、第2歩脚、第3歩脚、第4歩脚の長節の測定値である。測定単位は甲幅などの長さはmm、体重はgとした。

資源診断の方法は、土井（1977）を用いた。解析にあたっては、2つの前提を設けた。1つは、日本海西部海域に分布するベニズワイガニには系群の無いこと。2つは、1977～1981年までの漁場と1982年以降の漁場とは別であることである。前者は大和堆南部海域漁場とウツリヨウ島北東海域漁場で漁獲されたベニズワイガニの形態に相違のないこと、後者は漁獲量の経年変化（日水研・1985）において、1982年以降の漁獲量とCPUE（1かごあたり漁獲量）に急激な増加がみられ、それが資源の増大とは考えられないこと、したがって、1981年以前と1982年以降とは別漁場と判断せざるを得ないことを根拠とした。また、系群の有無の判定方法と年齢組成を推定する方法は図1に示したとおりである。

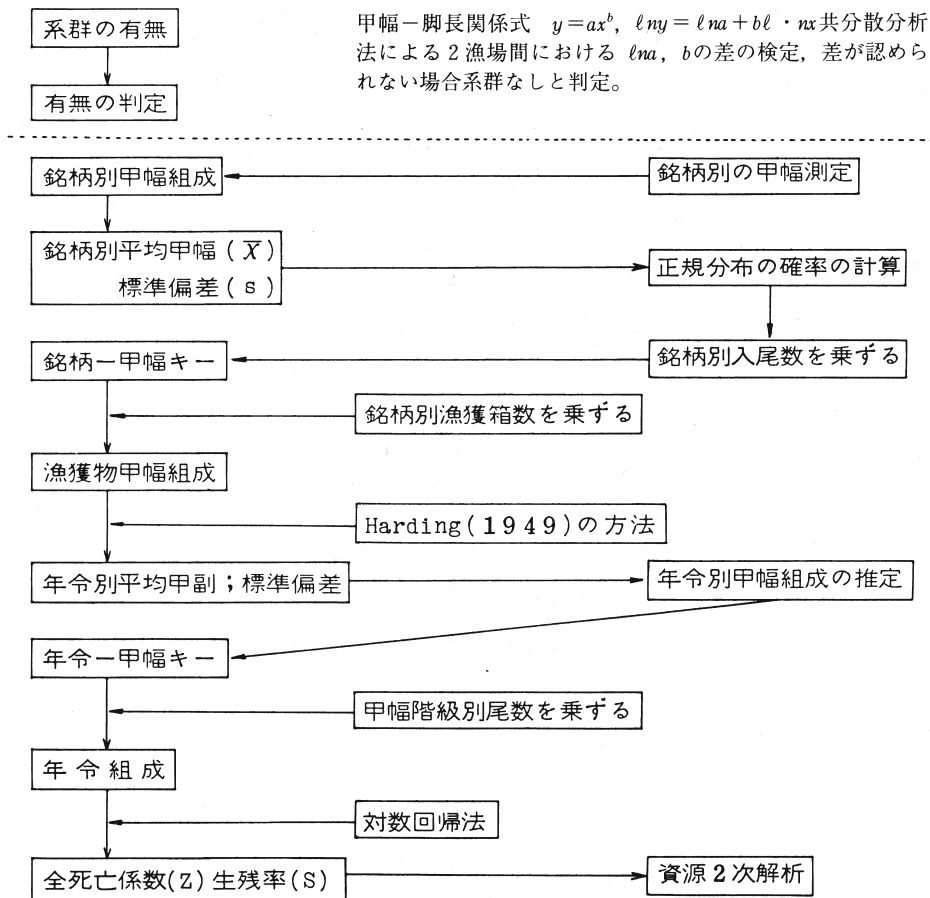


図1 資源診断にいたるまでに用いた方法 (フローチャート)

2. 結果と考察

1) 系群の有無の判定

甲幅 (x) に対する各脚長 (y) の関係式に, 相対成長式 ($y = ax^b$) を適用し, パラメータ $\ln a$, b を推定し, 2つの漁場間における各パラメータの差を共分散分析法で検定したものが表1である。 y の値は左右の長節の平均値である。表1からパラメータに差がみられるのは, 鉗脚の位置 ($\ln a$) だけである。すなわち, 2つの漁場間では鉗脚の長節長が異なることを意味しているが, これは成体と未成体の相違を示している (渡辺・鈴木 1982)。したがって, 2つの漁場間で形態的な相違があるとはいえず, 系群はないと判定される。

表1 大和堆南部海域漁場とウツリヨウ島北東海域漁場との間における
b, $\ln a$ の差の検定結果 (共分散分析)

部 位	漁 場	標本サイズ	パラメータ		F	
			b	$\ln a$	傾斜	位置
鉗 脚	大 和 堆 ウツリヨウ島	107	1.4004	-2.2672	0.5664	1.94064**
		120	1.3352	-2.0061		
第1歩脚	大 和 堆 ウツリヨウ島	105	1.0984	-0.4105	0.0568	0.0658
		120	1.1113	-0.4729		
第2歩脚	大 和 堆 ウツリヨウ島	106	1.0728	-0.2924	0.5238	0.2174
		120	1.0346	-0.1091		
第3歩脚	大 和 堆 ウツリヨウ島	107	1.0117	-0.1043	1.2060	0.0100
		120	0.9580	0.1489		
第4歩脚	大 和 堆 ウツリヨウ島	107	1.0285	-0.5249	2.9195	0.5300
		120	0.9448	-0.1252		

**有意水準1%

2) 年令と成長

図1に示した年令別平均甲幅と標準偏差を求めることにより、年令と成長を推定した。以下にその方法と結果を述べる。

恵曇港における1985年1～6月の銘柄別漁獲量は次のとおりである。

銘柄 大：34,555箱 中：41,027箱
小：43,164箱 豆：46,118箱

また、5～6月に測定した銘柄別甲幅測定記録から平均と標準偏差を計算すると(単位はmm)、大： $\bar{x}=131.0$, $s=6.53$, 中： $\bar{x}=123.3$, $s=4.21$, 小： $\bar{x}=110.2$, $s=4.50$, 豆： $\bar{x}=102.4$, $s=7.06$ となる。ここで、銘柄別甲幅組成が正規分布するとして、上述の \bar{x} と s から正規分布の各階級の確率を計算し、銘柄別入尾数を乗ずると、銘柄—甲幅キ—(表2)ができる。5～6月の銘柄別入尾数は大が38尾、中52尾、小70尾、豆が90尾である。得られた各階級値の銘柄—甲幅キ—に、上述の銘柄別漁獲箱数を乗じ、同一階級のものを加算すれば、漁獲物の甲幅組成が得られる(表3)。

次に表3の漁獲物甲幅組成を図示すると図2のヒストグラムが得られる。このヒストグラムをみると、モードが109mmと125mmにみられ、みかけ上2つの群で構成されている。しかし、Harding (1949)の方法でヒストグラムを分解すると、7つの正規分布に分離することができる。この場合、確率紙で平均と標準偏差を読みとり、その値を初期値として計算機で度数を計算し、実測値との差が最少になるように平均と標準偏差を決めた(表4)。

このようにして求めた7つの正規分布群を年令群と仮定すると、各正規分布の面積は年令組成を示していることになる。すなわち、②の年令で完全加入し、指数関数的に減少している。また各正規分布の平均値が①から⑦までだいに大きくなっている現象は、そのまま成長を示していると考えられる。この成長の様子は渡辺・鈴内(1982)が報告した。日本海北海道西部海域でのベニズワイガニの成長とほぼ一致していることから、一応漁獲対象になってからの年令と成長を示していると考えてもさしつかえないであろう。このような仮定のもとで、漁獲対象になってからの最初の年令群を($x+1$)才群と仮

表2 惠曇港における銘柄—甲幅キ— (1985年5～6月)

甲幅の階級値mm	銘柄	大	中	小	豆
76					0.0090
78					0.0270
80					0.0630
82					0.1530
84					0.3420
86					0.6840
88					1.2690
90					2.1780
92					3.4380
94				0.0210	5.0130
96				0.0840	6.7410
98				0.3150	8.3790
100				0.9520	9.6030
102				2.3590	10.1520
104				4.8020	9.9090
106		0.0038		8.0290	8.9280
108		0.0076	0.0104	11.0110	7.4250
110		0.0266	0.0676	12.3970	5.6970
112		0.0684	0.2704	11.4590	4.0320
114		0.1558	0.8580	8.6870	2.6370
116		0.3306	2.1892	5.4040	1.5930
118		0.6384	4.4616	2.7650	0.8820
120		1.1248	7.2488	1.1550	0.4500
122		1.7974	9.3964	0.3990	0.2160
124		2.6144	9.7188	0.1120	0.0900
126		3.4618	8.0236	0.0280	0.0360
128		4.1800	5.2832	0.0070	0.0180
130		4.5904	2.7768		0.0090
132		4.5904	1.1648		
134		4.1800	0.3900		
136		3.4618	0.1040		
138		2.6144	0.0208		
140		1.7974	0.0052		
142		1.1248			
144		0.6384			
146		0.3306			
148		0.1558			
150		0.0684			
152		0.0266			
154		0.0076			
156		0.0038			
\bar{x}		131.0	123.3	110.2	102.4
s		6.53	4.21	4.50	7.06

表3 恵曇港におけるベニズワイガニ漁獲物甲幅組成

甲幅の階級値mm	銘柄	大	中	小	豆	尾数
76					415	415
78					1,245	1,245
80					2,905	2,905
82					7,056	7,056
84					15,772	15,772
86					31,545	31,545
88					58,524	58,524
90					100,445	100,445
92					158,554	158,554
94				906	231,190	232,096
96				3,626	310,881	314,507
98				13,597	386,423	400,020
100				41,092	442,871	483,963
102				101,824	468,190	570,014
104				207,274	456,983	664,257
106	131			346,564	411,742	758,437
108	263	427		475,279	342,426	818,395
110	919	2,773		535,104	262,734	801,530
112	2,364	11,094		494,616	185,948	694,022
114	5,384	35,201		374,966	121,613	537,164
116	11,424	89,816		233,258	73,466	407,964
118	22,060	183,046		119,348	40,676	365,130
120	38,867	297,397		49,854	20,753	406,871
122	62,109	385,506		17,222	9,961	474,798
124	90,341	398,733		4,833	4,151	498,059
126	119,622	329,184		1,209	1,660	451,675
128	144,440	216,754		302	830	362,326
130	158,621	113,924			415	272,960
132	158,621	47,788				206,409
134	144,440	16,001				160,441
136	119,622	4,267				123,889
138	90,341	853				91,194
140	62,109	213				62,322
142	38,867					38,867
144	22,060					22,060
146	11,424					11,424
148	5,384					5,384
150	2,364					2,364
152	919					919
154	263					263
156	131					131
合計		1,313,090	2,132,977	3,020,875	4,149,374	10,616,316

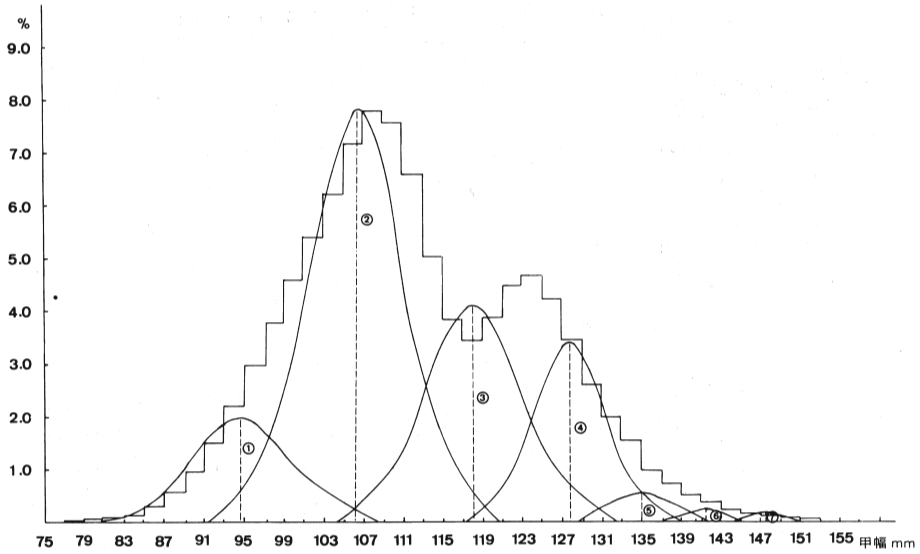


図2 漁獲物甲幅組成およびその分解

表4 分離された各群の平均甲幅と標準偏差

群	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
\bar{x}	$\bar{x}=94.3$	$\bar{x}=106.0$	$\bar{x}=118.0$	$\bar{x}=127.9$	$\bar{x}=135.0$	$\bar{x}=142.0$	$\bar{x}=147.1$
s	s= 5.3	s= 4.8	s= 4.8	s= 3.5	s= 3.0	s= 3.0	s= 3.0
面積	12.42%	45.12%	25.33%	14.92%	1.81%	0.37%	0.03%

称すると、漁獲物は $(x+1)$ 才から $(x+7)$ 才までの年令群で構成されていることになる。

また、各年令群の平均甲幅と標準偏差から年令別の甲幅組成（表5）が推定され、年令別甲幅組成にもとづいて年令—甲幅キー（表6）が得られる。表5の年令別甲幅組成をみると、各年令群の甲幅組成がオーバーラップしており、特に甲幅136mmでは5年令群がオーバーラップしている。したがって、年令組成を求める場合、成長式から年令別の甲幅範囲を決めて組成を求めると高年令群が過大に評価され、全死亡が過小に評価される恐れがある。このような危惧から、年令—甲幅キーを用いて漁獲物甲幅組成を年令組成に変換する方が妥当であると考えた。

表5 年令別甲幅組成

階級値mm \ 年令	$x+1$	$x+2$	$x+3$	$x+4$	$x+5$	$x+6$	$x+7$
76	0.0004						
78	0.0013						
80	0.0040						
82	0.0102						
84	0.0228						
86	0.0442						
88	0.0743	0.0002					
90	0.1083	0.0006					
92	0.1370	0.0024					
94	0.1503	0.0073					
96	0.1430	0.0190					
98	0.1180	0.0415					
100	0.0844	0.0761	0.0002				
102	0.0524	0.1175	0.0006				
104	0.0282	0.1524	0.0024				
106	0.0132	0.1662	0.0073				
108	0.0053	0.1524	0.0190				
110	0.0019	0.1175	0.0415				
112	0.0006	0.0761	0.0761				
114	0.0002	0.0415	0.1175	0.0001			
116		0.0190	0.1524	0.0007			
118		0.0073	0.1662	0.0042			
120		0.0024	0.1524	0.0178			
122		0.0006	0.1175	0.0551			
124		0.0002	0.0761	0.1225	0.0004		
126			0.0415	0.1967	0.0029		
128			0.0190	0.2279	0.0175		
130			0.0073	0.1904	0.0663	0.0002	
132			0.0024	0.1148	0.1613	0.0010	
134			0.0006	0.0499	0.2516	0.0076	
136			0.0002	0.0157	0.2516	0.0360	0.0003
138				0.0035	0.1613	0.1093	0.0027
140				0.0006	0.0663	0.2129	0.0161
142				0.0001	0.0175	0.2660	0.0627
144					0.0029	0.2129	0.1559
146					0.0004	0.1093	0.2487
148						0.0360	0.2543
150						0.0076	0.1667
152						0.0010	0.0701
154						0.0002	0.0189
156							0.0033
158							0.0003
計	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

表6 ベニズワイガニの年令-甲幅キー

階級値mm \ 年令	$x+1$	$x+2$	$x+3$	$x+4$	$x+5$	$x+6$	$x+7$
76	1.0000						
78	1.0000						
80	1.0000						
82	1.0000						
84	1.0000						
86	1.0000						
88	0.9973	0.0027					
90	0.9945	0.0055					
92	0.9828	0.0172					
94	0.9537	0.0463					
96	0.8827	0.1173					
98	0.7398	0.2602					
100	0.5252	0.4735	0.0013				
102	0.3073	0.6815	0.0112				
104	0.1541	0.8327	0.0132				
106	0.0707	0.8902	0.0391				
108	0.0300	0.8625	0.1075				
110	0.0118	0.7303	0.2579				
112	0.0003	0.4980	0.4980				
114	0.0019	0.2605	0.7360	0.0016			
116		0.1104	0.8855	0.0041			
118		0.0411	0.9353	0.0236			
120		0.0139	0.8829	0.1032			
122		0.0035	0.6784	0.3181			
124		0.0011	0.3820	0.6149	0.0020		
126			0.1721	0.8158	0.0121		
128			0.0719	0.8619	0.0662		
130			0.0276	0.7207	0.2509	0.0008	
132			0.0086	0.4107	0.5771	0.0036	
134			0.0020	0.1611	0.8124	0.0245	
136			0.0010	0.0517	0.8282	0.1185	0.0016
138				0.0128	0.5827	0.3948	0.0097
140				0.0020	0.2241	0.7195	0.0544
142				0.0003	0.0505	0.7681	0.1811
144					0.0078	0.5728	0.4194
146					0.0012	0.3049	0.6939
148						0.1240	0.8760
150						0.0436	0.9564
152						0.0141	0.9859
154						0.0104	0.9896
156							1.0000

3) 年令組成と生残率の推定

前項において年令—甲幅キーが推定されたので、恵曇港の1984～1985年、境港の1977～1984年の漁獲物甲幅組成を推定すれば各漁港各年の年令組成が得られる。恵曇港の年間を通しての銘柄—甲幅キーは、表7～10の銘柄別甲幅組成と表11の銘柄別漁獲箱数から作ることができる(表12)。また、境港の銘柄別—甲幅キーも恵曇港と同様の方法で計算することができる(表13)。この両港の銘柄—甲幅キーと銘柄別漁獲箱数から漁獲物甲幅組成が推定され(表14)、さらに年令—甲幅キーを用いて、各年の年令組成に変換することができる(表15)。

次に方法の項で設けた前提にしたがい、境港の1977～1981年までの年令組成をみると、年の経過とともに、相対的に高年令群が少なくなっていくことがわかる。また、1982～1984年まではそれほどの変化はみられない、恵曇港での1984年は、相対的に境港の1984年の年令組成と類似しており、1985年の年令組成は漁船が北朝鮮沿岸漁場で操業した(水産庁 1986)ことを示していると考えられ、北朝鮮沿岸漁場が荒廃していないことを現わしているであろう。いずれの年も完全加入は $(x+2)$ 才からである。

この年令組成から、対数回帰法で全死亡係数 (Z) を計算し、生残率 (S) に変換したものを同じ表に示した。境港の1977～1981年では、経年的に高年令群が減少しているので当然生残率 (S) は年の経過

表7 恵曇港における銘柄(大)の甲幅組成

月日 階級mm	① 5.17	② 6.5	③ 9.13	④ 9.13	⑤ 9.13	⑥ 11.9	⑦ 11.9	⑧ 11.26	⑨ 11.26	⑩ 12.9	⑪ 12.9	計
70～74												
75～												
80～												
85～												
90～												
95～												
100～												
105～												
110～												
115～		1		12		11	2					26
120～	11	2	3	20	6	15	13	5		6	9	90
125～	12	10	15	14	23	17	15	16	17	21	19	179
130～	10	11	14	1	10	4	10	13	15	14	11	113
135～	3	9	6		5		3	9	8	1	4	48
140～	2	4	1				1	1	0	2	3	14
145～		0					0	1	1	1		3
150～		1					1					2
155～159												
計	38	38	39	47	44	47	45	45	41	45	46	475
平均尾数												$\bar{x}=43$
平均甲幅	128.9	133.0	130.9	122.9	129.1	124.0	128.3	131.1	131.8	129.7	129.6	128.9
標準偏差	5.68	6.76	4.70	4.02	4.28	4.65	6.57	5.58	4.55	5.28	5.54	6.02

表8 恵曇港における銘柄(中)の甲幅組成

月日 階級mm	① 5.17	② 6.5	③ 9.13	④ 9.13	⑤ 10.17	⑥ 10.17	⑦ 11.26	⑧ 11.26	⑨ 12.9	⑩ 12.9	計
70~74											
75~											
80~											
85~											
90~											
95~											
100~				1				1	2	1	5
105~				12				1	16	5	34
110~	2		2	23	2		7	8	30	20	94
115~	14	5	11	22	13	13	21	32	10	31	172
120	26	20	28	3	23	33	25	14	2	10	184
125~	11	20	9		9	8	3	2	1	1	64
130~		4	1		5	0					10
135~						1					1
140~											
145~											
150~											
155~159											
計	53	49	51	61	52	55	56	58	61	68	564
平均尾数											$\bar{x}=56$
平均甲幅	121.8	124.8	122.1	113.7	122.6	122.3	119.6	117.9	112.3	116.0	119.0
標準偏差	3.93	3.97	3.98	4.42	4.95	3.72	3.92	4.32	4.60	4.59	5.85

表9 恵曇港における銘柄(小)の甲幅組成

月日 階級mm	① 5.17	② 6.5	③ 9.13	④ 9.13	⑤ 10.17	⑥ 10.17	⑦ 11.26	⑧ 11.26	⑨ 12.9	⑩ 12.9	計
70~74											
75~											
80~											
85~											
90~									1	4	5
95~		2						2	14	22	40
100~	3	10	6		4	1	4	13	34	36	111
105~	11	39	16	7	20	30	28	22	30	22	225
110~	38	17	29	21	34	26	31	26	7	4	233
115~	12	4	17	22	10	12	9	8		0	94
120~124		1	3	14	4	2	2	1		1	28
計	64	73	71	64	72	71	74	72	86	89	736
平均尾数											$\bar{x}=74$
平均甲幅	112.1	108.5	112.2	115.8	116.1	111.4	111.1	109.4	104.9	102.7	109.5
標準偏差	3.71	4.46	4.95	4.72	8.10	4.24	4.72	5.21	4.44	5.11	5.99

表10 恵曇港における銘柄（豆）の甲幅組成

月日 階級mm	① 6.5	② 9.13	③ 9.13	④ 10.17	⑤ 10.17	⑥ 11.26	⑦ 11.26	⑧ 12.9	⑨ 12.9	計
70~74										
75~										
80~	1		17					1		19
85~	9	5	17		1	10	6	6	5	59
90~	10	11	20	14	9	33	17	36	26	176
95~	22	19	40	25	29	46	45	52	48	326
100~	44	28	12	42	43	18	26	19	15	247
105~	16	28	6	20	16	1	3	2	6	98
110~	2	9		1			0		2	14
115~		1					1		2	4
120~									1	1
125~									1	1
130~										
135~										
140~										
145~										
150~										
155~159										
計	104	101	112	102	98	108	98	116	106	945
平均尾数										$\bar{x}=105$
平均甲幅	99.9	102.2	93.9	100.9	100.7	95.9	97.8	96.3	98.3	98.4
標準偏差	6.15	6.72	7.01	4.86	4.49	4.46	4.94	4.41	6.79	6.19

表11 恵曇港における銘柄別漁獲箱数

銘柄 年	大	中	小	豆
1984年	28,690	70,834	155,597	53,875
1985年	56,624	66,112	73,560	67,926

表12 恵曇港における銘柄—甲幅キ—
(1985年5～12月)

甲幅の階級値mm	銘柄 大 (43.2)	中 (156.4)	小 (173.6)	豆 (105.0)
74				0.0105
76				0.0210
78				0.0525
80				0.1680
82				0.3990
84				0.9030
86			0.0074	1.8165
88			0.0147	3.2970
90			0.0515	5.3865
92			0.1398	7.9275
94			0.3459	10.5105
96		0.0056	0.7728	12.5580
98		0.0113	1.5530	13.5030
100		0.0395	2.7894	13.0935
102		0.1128	4.4749	11.4345
104		0.2876	6.4326	8.9880
106	0.0043	0.6542	8.2653	6.3630
108	0.0130	1.3141	9.5018	4.0635
110	0.0432	2.3575	9.7741	2.3415
112	0.1123	3.7619	8.9866	1.2075
114	0.2678	5.3411	7.3894	0.5670
116	0.5789	6.7454	5.4390	0.2415
118	1.1102	7.5802	3.5843	0.0945
120	1.9224	7.5802	2.1050	0.0315
122	2.9678	6.7454	1.1114	0.0105
124	4.1083	5.3411	0.5226	
126	5.0976	3.7619	0.2208	
128	5.6635	2.3575	0.0810	
130	5.6290	1.3141	0.0294	
132	5.0155	0.6542	0.0074	
134	4.0003	0.2876		
136	2.8555	0.1128		
138	1.8274	0.0395		
140	1.0454	0.0113		
142	0.5357	0.0056		
144	0.2462			
146	0.1037			
148	0.0389			
150	0.0130			
152	0.0043			
\bar{x}	128.9	119.0	109.5	98.4
s	6.02	5.85	5.99	6.19

表13 境港における銘柄—甲幅キ—
(1985年5～12月)

甲幅の階級値mm	銘柄 大	中	小
74			0.0089
76			0.0267
78			0.0623
80			0.1513
82			0.3417
84			0.7120
86			1.3528
88			2.3585
90		0.0065	3.7558
92		0.0130	5.4913
94		0.0390	7.3603
96		0.0910	9.0335
98		0.2015	10.1638
100		0.4160	10.4753
102		0.7995	9.9057
104		1.4105	8.5707
106	0.0043	2.2880	6.7996
108	0.0130	3.4125	4.9484
110	0.0432	4.6865	3.2930
112	0.1123	5.9345	2.0114
114	0.2687	6.9095	1.1303
116	0.5789	7.4165	0.5785
118	1.1102	7.3190	0.2670
120	1.9224	6.6560	0.1157
122	2.9678	5.5770	0.0445
124	4.1083	4.2965	0.0178
126	5.0976	3.0550	0.0089
128	5.6635	1.9955	
130	5.6290	1.2025	
132	5.0155	0.6630	
134	4.0003	0.3380	
136	2.8558	0.1560	
138	1.8274	0.0715	
140	1.0454	0.0260	
142	0.5357	0.0065	
144	0.2462	0.0065	
146	0.1037		
148	0.0389		
150	0.0130		
152	0.0043		
\bar{x}	128.9	116.7	99.7
s	6.02	6.96	6.77

表14 境港および恵曇港における漁獲物甲幅組成

年 階級値mm	境 港								恵 曇	
	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1984	1985
74	1,239	2,441	2,174	2,306	2,746	3,273	3,786	3,787	566	713
76	3,716	7,323	6,522	7,079	8,238	9,818	11,358	11,361	1,131	1,426
78	8,670	17,087	15,218	16,518	19,222	22,910	26,503	26,509	2,828	3,566
80	21,057	41,498	36,958	40,116	46,683	55,638	64,364	64,379	9,051	11,412
82	48,307	95,201	84,786	92,031	107,096	127,640	147,659	147,692	21,496	27,102
84	99,091	195,284	173,920	188,781	219,685	261,826	302,890	302,955	48,649	61,337
86	188,273	371,039	330,447	358,684	417,401	497,469	575,491	575,622	99,015	123,932
88	328,240	646,878	576,108	625,337	727,706	867,298	1,003,322	1,002,402	179,913	225,033
90	523,785	1,032,041	919,241	997,360	1,160,488	1,383,691	1,600,856	1,601,662	298,211	369,671
92	766,400	1,509,965	1,344,985	1,459,053	1,697,639	2,024,449	2,342,449	2,343,658	448,846	548,767
94	1,030,831	2,030,263	1,808,786	1,960,763	2,280,896	2,721,977	3,149,794	3,153,101	620,074	739,380
96	1,272,329	2,504,536	2,232,020	2,416,715	2,810,363	3,357,738	3,886,480	3,893,407	797,204	910,232
98	1,447,985	2,057,180	2,538,980	2,742,579	3,187,178	3,816,885	4,420,220	4,434,604	969,916	1,032,191
100	1,526,953	2,995,960	2,674,980	2,875,980	3,337,770	4,015,870	4,665,425	4,684,103	1,142,232	1,097,188
102	1,511,357	2,962,982	2,642,955	2,815,794	3,259,426	3,957,374	4,596,712	4,650,836	1,320,305	1,113,331
104	1,427,014	2,767,257	2,487,509	2,606,557	3,002,702	3,706,960	4,321,309	4,415,931	1,505,494	1,102,715
106	1,326,599	2,541,118	2,300,308	2,344,980	2,679,240	3,401,259	3,988,208	4,141,019	1,675,326	1,083,701
108	1,256,430	2,366,463	2,161,877	2,120,841	2,393,931	3,164,487	3,739,529	3,966,952	1,790,829	1,062,582
110	1,240,193	2,292,162	2,116,723	1,984,852	2,207,658	3,097,356	3,646,908	3,958,954	1,815,199	1,036,337
112	1,275,025	2,317,232	2,157,683	1,943,300	2,131,290	3,080,976	3,703,043	4,098,075	1,733,034	998,141
114	1,327,736	2,071,571	2,227,034	1,946,575	2,111,794	3,086,676	3,803,584	4,263,743	1,566,329	950,353
116	1,362,024	2,416,159	2,258,381	1,849,665	2,079,752	3,152,439	3,828,814	4,323,330	1,353,701	895,229
118	1,348,420	2,363,751	2,196,950	1,846,883	1,975,003	3,019,986	3,679,072	4,168,268	1,131,585	834,086
120	1,287,502	2,220,974	2,038,853	1,680,776	1,784,579	2,733,134	3,342,321	3,789,238	921,319	766,980
122	1,188,823	2,004,453	1,802,519	1,434,486	1,520,289	2,320,530	2,853,411	3,230,921	736,447	696,469
124	1,071,101	1,751,702	1,528,275	1,179,501	1,221,438	1,848,456	2,292,235	2,587,156	577,513	624,181
126	949,259	1,497,755	1,259,351	920,892	933,395	1,392,738	1,748,923	1,963,510	447,076	553,596
128	821,028	1,248,286	1,003,876	689,255	678,728	993,141	1,269,273	1,414,678	342,080	482,507
130	686,373	1,010,094	779,671	500,049	476,269	679,715	887,714	980,312	259,158	407,777
132	543,747	779,391	580,618	348,802	320,623	444,851	595,423	650,769	191,386	327,792
134	402,007	565,288	409,803	233,005	207,264	279,700	383,557	415,013	135,141	245,527
136	272,827	378,369	268,734	146,138	126,301	166,100	232,985	249,769	89,914	169,147
138	169,876	233,750	164,050	86,805	73,890	95,137	135,525	143,455	55,226	106,086
140	94,746	129,321	89,686	46,128	38,334	48,558	70,395	74,470	30,793	59,942
142	47,398	64,253	44,052	22,021	17,911	22,197	32,806	34,441	15,766	30,703
144	22,366	30,567	21,226	10,953	9,124	11,584	16,759	17,744	7,063	13,941
146	8,966	12,067	8,176	3,965	3,148	3,802	5,748	5,981	2,975	5,872
148	3,363	4,526	3,067	1,487	1,181	1,426	2,156	2,244	1,116	2,203
150	1,124	1,513	1,025	497	395	477	721	750	373	736
152	372	500	339	164	131	158	238	248	123	243
合 計	26,912,508	48,627,715	43,296,868	40,642,061	45,276,630	59,894,397	71,367,749	75,793,053	22,344,403	18,722,132

(単位：尾数)

表15 年令組成および全死亡係数 (Z), 生残率 (S), 漁獲係数 (F), 漁獲率 (E), x+1才の利用度 (Q)

漁港 年令 年	境 港								恵 曇	
	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1984	1985
x+1	5,414,622	13,355,814	11,891,973	12,821,716	14,920,506	17,867,986	20,705,611	20,671,347	4,547,173	4,844,230
x+2	7,912,146	14,980,843	13,664,753	13,722,274	15,620,024	20,120,186	23,650,563	24,739,047	8,923,360	6,147,710
x+3	7,223,446	12,421,328	11,625,742	9,800,100	10,615,884	15,821,280	19,273,264	21,630,727	6,679,591	4,754,491
x+4	3,490,468	5,472,685	4,563,391	3,304,556	3,339,685	4,965,698	6,251,498	6,987,231	1,671,352	2,055,175
x+5	1,229,332	1,748,772	1,289,025	758,329	688,806	945,885	1,227,219	1,390,284	428,873	747,834
x+6	232,345	318,806	222,812	116,760	98,442	126,222	180,867	191,866	76,040	144,919
x+7	35,812	47,914	33,455	16,858	13,801	17,208	25,288	26,599	11,692	18,373
Z	1.0955	1.1672	1.1682	1.3792	1.4508	1.4706	1.4228	1.4276	1.3707	1.1585
S	0.3343	0.3112	0.3109	0.2518	0.2344	0.2298	0.2410	0.2399	0.2539	0.3139
F	0.5847	0.6564	0.6574	0.8684	0.9400	0.9598	0.9102	0.9168	0.8599	0.6477
E	0.3553	0.3874	0.3878	0.4711	0.4960	0.5027	0.4856	0.4881	0.4681	0.3836
Q	0.3474	0.4225	0.4172	0.4230	0.4208	0.4010	0.3977	0.3854	0.2599	0.3484

M=0.5108 (年齢組成の単位：尾数)

とともに小さくなっている。境港の1982～1984年と恵曇港の1984年の生残率 (S) とはよく似た値を示している。漁業を一種の標本調査と考えると、恵曇港と境港の漁船が同一漁場で操業している限り、生残率 (S) が近似するのは当然のことであろう。

4) 自然死亡係数 (M) の推定

前項で全死亡係数 (Z) を推定したので自然死亡係数 (M) が推定できると漁獲係数 (F), 漁獲率 (E) が計算できる。各年の (Z) と漁獲努力量 (X) がわかるならば、回帰定数として (M) が推定できるが、ベニズワイガニ漁業では漁獲努力量 (使用かご数) が不明なので、この方法を用いることができない。そこで土井 (1977) のBiomass解析により自然死亡係数 (M) の値を見積った。

いま、仮に漁業が行なわれていない場合を想定する。図2に示したようにベニズワイガニは (x+1) 才から漁獲されるので、この時期のベニズワイガニは十分に成長し自然死亡は減少し、生残率は安定していると考えられる。ここで (x+1) 才の資源尾数を $N(x+1)$ とし、その後の年あたりの生残率を S_0 とすると、t才の資源量 (P_t) は次のように示される。

$$P_t = N(x+1) \cdot S_0^{t-(x+1)} \cdot W_t$$

ただし、 $W(t)$ はt才の体重で各年令の平均甲幅とベニズワイガニの甲幅と体重との関係式 (図3) から推定される。また、ここで $N(x+1)$, $P(x+1)$ を10,000として生残率 (S_0) を0.1～0.9まで変化させた場合の資源重量を計算すると、表16、図4が得られる。図4をみると、 S_0 が0.1～0.4ではベニズワイガニの寿命を (x+7) 才と仮定すると、寿命まで生き続けられないし、 S_0 が0.7～0.9では寿命に達しても多くの資源が残っている。したがって、全般的にみれば S_0 の値は0.6がもっともらしい値と考えられる。すなわち、漁獲対象になってからのベニズワイガニの年あたりの自然死亡係数は $M = -\ln S_0$ より、 $M=0.5108$ と見積られる。

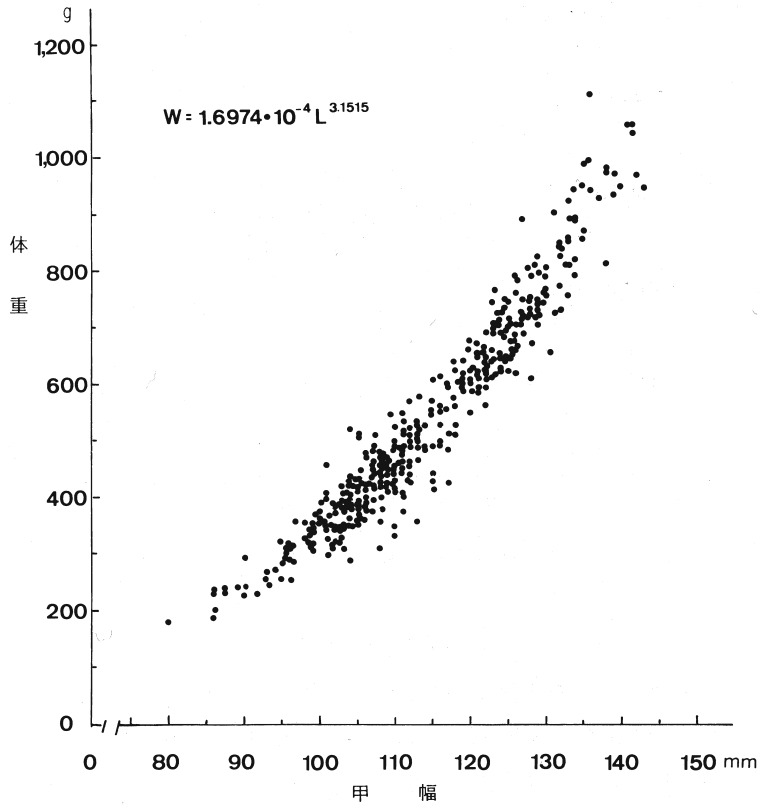


図3 甲幅と体重の関係

表16 Biomass 解析

年齢	甲幅 mm	体重 g	So=0.1		So=0.2		So=0.3		So=0.4		So=0.5		So=0.6		So=0.7		So=0.8		So=0.9	
			N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
x+1	94.3	283.4	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
x+2	106.0	409.8	1,000	1,446	2,000	2,892	3,000	4,338	4,000	5,784	5,000	7,230	6,000	8,673	7,000	10,122	8,000	11,568	9,000	13,014
x+3	118.0	574.5	100	203	400	811	900	1,824	1,600	3,243	2,500	5,068	3,600	7,298	4,900	9,933	6,400	12,974	8,100	16,420
x+4	127.9	740.6	10	26	80	209	270	706	640	1,672	1,250	3,267	2,160	5,645	3,430	8,964	5,120	13,380	7,290	19,051
x+5	135.0	878.0	1	3	16	50	81	251	256	793	625	1,936	1,296	4,015	2,401	7,439	4,096	12,690	6,561	20,327
x+6	142.0	1,029.7	0	0	3	11	24	87	102	371	312	1,134	778	2,827	1,681	6,108	3,227	11,725	5,905	21,455
x+7	147.0	1,148.4	0	0	1	4	7	28	41	166	156	632	467	1,892	1,178	4,774	2,582	10,463	5,312	21,525

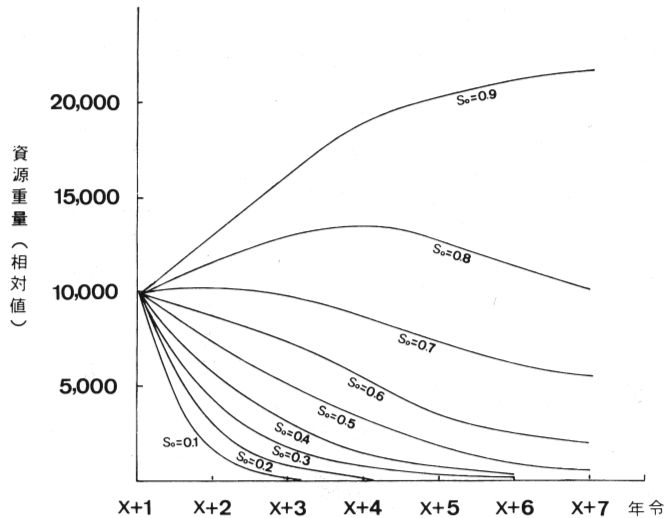


図4 Biomass 解析 (生残率の推定)

5) 漁獲の影響による資源量の変化および資源診断

ベニズワイガニは (x+1) 才から漁獲対象となるので、(x+0) 才までの生残率は $e^{-0.5108} = 0.6$ である。(x+1) 才以後の生残率は $e^{-(0.5108+F)}$ となる。また、年あたりの漁獲率 E は、 $E = \frac{F}{M+F} \cdot (1-S)$ で計算される。このような考え方により、表17に漁獲係数 F を 0 から、0.1きざみで1.4まで変化させて計算した各年令の資源尾数 N (相対値)、資源重量 P (相対値)、漁獲重量 PE を示した。表17の下段に示した親ガニの数は図5の甲幅と成熟率の関係から推定した各年令の成熟率をもとに計算した資源尾数の合計値である。また、再生産力の低下割合は、漁獲係数が 0 の時 (漁業が働いていない時) の親ガニの数を 100% とした場合の各 F の値によって計算された、親ガニの占める割合を示してある。それらをグラフ化したものを図6に示した。図6をみると、漁獲係数 F が大きくなるにしたがって漁獲重量は多くなっていき、親の数は少なくなっていく関係がある。また次に、表15に示した各年の全死亡係数 (Z) の値から、自然死亡係数 (M) をひくとそれが各年の漁獲係数 (F) になるので、各年の漁獲係数 (F) と生残率 (S) から各年の漁獲率 (E) も計算される。いずれも表15の下段に示したが、1977~1981年の同一漁場における漁獲係数 (F) と漁獲率 (E) の値は年の経過とともに大きくなっている。漁獲率 (E) は1980年から40%台となり、1979年以前の30%台に比較して急激に大きくなっている。このことは1979年以前は漁獲と資源の平衡状態が保たれていたと考えられ、1980年以降は漁獲と資源との間のバランスがくずれてきていることを示していると考えられるが、そのことを検討するために土井 (1977) の診断第3を適用した。

すなわち、ベニズワイガニの資源状態が健全なのか乱獲であるのかを再生産力の低下割合から検討した。土井 (1972) によると他に判断の規準がない場合、一般的な再生産曲線の形から、再生産力が処女資源 (漁業が行なわれていない時) の50~70%にある時は資源が適正な状態、70~100%ならば未開発の状態、50%以下ならば乱獲であるとされている。したがって、上述の1977~1979年までの漁獲係数 (F)

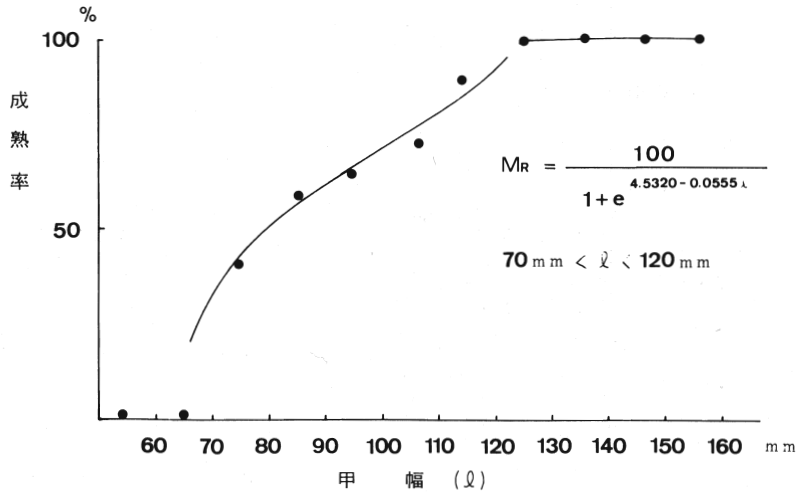


図5 甲幅と成熟率の関係
データは渡辺 (1983) による

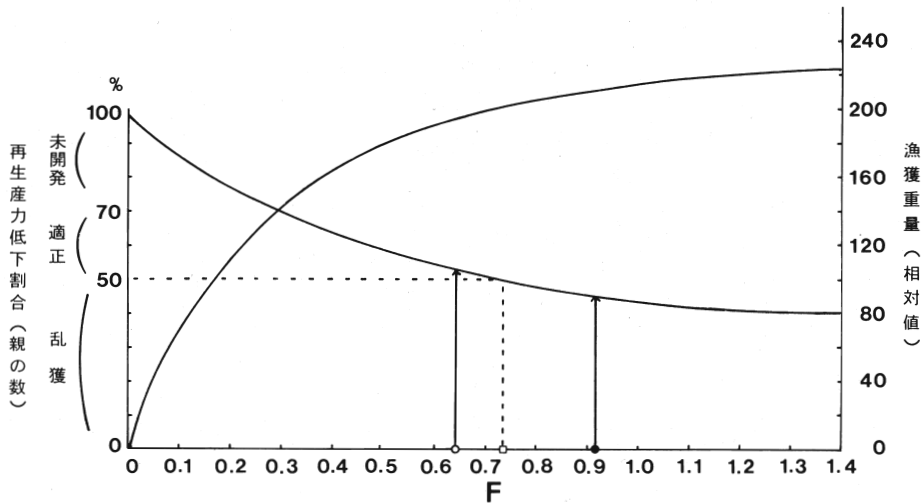


図6 ベニズワイガニ資源診断図
○ 1977～1979年の平均
● 1980～1984年の平均
□ 最大持続生産点

の値は0.5847～0.6574にあり、それらの平均を図6に実線で示すと再生産力の低下割合は53%になる。すなわち、1977～1979年までの期間の資源状態は健全であったと判断される。また、1980～1984年の漁獲係数 (F) の平均値は0.91となり、これも同様に示すと再生産力の低下割合は46%位になる。このことは1980年以降は乱獲の状態になっていることを示している。漁獲率 (E) からみればベニズワイガニでは、漁獲率が30%台ならば、適正な漁獲で、40%台ならば乱獲と判断されることになる。

以上のようにベニズワイガニの資源状態は現在では乱獲になっていると判断されたので、それを正常

表17 漁獲の影響の計算 成熟率 ($x+1$ 才:65%, $x+2$ 才:75%,

M=0.5108		F=0 M+F=0.5108 S=0.6 E=0			F=0 M+F=0.6108 S=0.5429 E=0.0748		
年令	体重 g	N	P	PE	N	P	PE
$x+1$	283.4	10,000	2,834,000	0	10,000	2,884,000	211,983
$x+2$	409.8	6,000	2,458,800	0	5,429	2,224,804	166,415
$x+3$	574.5	3,600	2,068,200	0	2,947	1,693,051	126,640
$x+4$	740.6	2,160	1,599,696	0	1,599	1,184,219	88,579
$x+5$	878.0	1,296	1,137,888	0	868	762,104	57,005
$x+6$	1,029.7	777	800,077	0	471	484,988	36,277
$x+7$	1,148.4	466	535,154	0	255	292,842	21,904
合計		242,299	11,433,815	0	21,569	9,476,009	708,798
親ガニの数		2,680			2,240		
再生産力の低下割合		100.0			83.5		

M=0.5108		F=0.5 M+F=1.0108 S=0.3639 E=0.3147			F=0.6 M+F=1.1108 S=0.3293 E=0.3623		
年令	体重 g	N	P	PE	N	P	PE
$x+1$	283.4	10,000	2,834,000	891,859	10,000	2,834,000	1,026,758
$x+2$	409.8	3,639	1,491,262	469,300	3,293	1,349,471	488,913
$x+3$	574.5	1,324	760,638	239,373	1,084	622,758	225,625
$x+4$	740.6	482	356,969	112,338	357	264,394	95,790
$x+5$	878.0	175	153,650	48,354	118	103,604	37,536
$x+6$	1,029.7	64	65,901	20,739	39	40,158	14,549
$x+7$	1,148.4	23	26,404	8,309	13	14,924	5,407
合計		15,707	5,688,824	1,790,273	14,904	5,229,310	1,894,579
親ガニの数		1,586			1,488		
再生産力の低下割合		59.2			55.5		

M=0.5108		F=1.0 M+F=1.5108 S=0.2207 E=0.5158			F=1.1 M+F=1.6108 S=0.1997 E=0.5465		
年令	体重 g	N	P	PE	N	P	PE
$x+1$	283.4	10,000	2,834,000	1,461,777	10,000	2,834,000	1,548,781
$x+2$	409.8	2,207	904,429	465,504	1,997	818,371	447,239
$x+3$	574.5	487	279,782	144,311	399	229,226	125,272
$x+4$	740.6	107	79,244	40,874	80	59,248	32,379
$x+5$	878.0	24	21,072	10,868	16	14,048	7,677
$x+6$	1,029.7	5	5,149	2,656	3	3,089	1,688
$x+7$	1,148.4	1	1,148	592	0	0	0
合計		12,831	4,124,823	2,127,584	12,495	3,957,982	2,163,036
親ガニの数		1,244			1,205		
再生産力の低下割合		46.4			44.9		

x+3才：85%，x+4才以上：100%)

F=0.2 M+F=0.7108 S=0.4913 E=0.1431			F=0.3 M+F=0.8108 S=0.4445 E=0.2055			F=0.4 M+F=0.9108 S=0.4022 E=0.2625		
N	P	PE	N	P	PE	N	P	PE
10,000	2,834,000	405,545	10,000	2,834,000	582,387	10,000	2,834,000	743,925
4,913	2,013,347	288,110	4,445	1,821,561	374,331	4,022	1,648,216	432,657
2,414	1,386,843	198,457	1,976	1,135,212	233,286	1,618	929,541	244,001
1,186	878,351	125,692	878	650,247	133,626	651	482,131	126,559
583	511,874	73,249	390	342,420	70,367	262	230,036	60,384
286	294,294	42,142	174	179,167	36,818	105	108,118	28,381
141	161,924	23,163	77	88,396	18,165	42	48,216	12,657
19,523	8,080,634	1,156,359	17,940	7,051,004	1,448,981	16,700	6,280,258	1,648,568
2,062			1,862			1,707		
76.9			69.4			63.6		

F=0.7 M+F=1.2108 S=0.2979 E=0.4059			F=0.8 M+F=1.3108 S=0.2696 E=0.4458			F=0.9 M+F=1.4108 S=0.2439 E=0.4823		
N	P	PE	N	P	PE	N	P	PE
10,000	2,834,000	1,150,321	10,000	2,834,000	1,263,397	10,000	2,834,000	1,366,838
2,979	1,220,794	495,520	2,696	1,104,820	493,529	2,439	999,502	482,059
887	509,581	206,839	727	417,662	186,193	595	431,828	164,863
264	195,518	79,361	196	145,158	64,711	145	107,387	51,793
79	69,362	28,154	53	46,534	20,744	35	30,730	14,821
25	25,743	10,449	14	14,416	6,427	9	9,267	4,469
7	8,036	3,262	4	4,592	2,047	2	2,296	1,107
14,241	4,863,035	1,973,906	13,690	4,567,182	2,036,049	13,225	4,325,010	2,085,952
1,409			1,343			1,289		
52.5			50.1			48.1		

F=1.2 M+F=1.7108 S=0.1807 E=0.5747			F=1.3 M+F=1.8108 S=0.1635 E=0.6005			F=1.4 M+F=1.9100 S=0.1479 E=0.6243		
N	P	PE	N	P	PE	N	P	PE
10,000	2,834,000	1,625,699	10,000	2,834,000	1,701,807	10,000	2,834,000	1,769,266
1,807	740,509	425,571	1,635	67,023	402,349	1,479	606,094	378,384
327	187,861	107,964	267	15,392	92,112	219	125,816	78,547
59	43,695	25,112	44	32,586	19,567	32	23,699	14,795
11	9,658	5,550	7	6,146	3,691	5	4,390	2,741
2	2,059	1,183	1	1,030	619	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
12,208	3,817,782	2,194,079	11,954	3,697,177	2,220,155	11,735	3,593,999	2,243,733
1,172			1,143			1,119		
43.7			42.6			41.7		

な状態にする必要がある。言いかえれば、再生産力の低下割合を50%以上にすることであるが、そのためには漁獲係数(F)を0.73以下にしなければならない。あるいは漁獲努力を現在のままで凍結するならば、漁獲量を現在の90%以下に下げることがある。現在、山陰地方のベニズワイガニかご網漁船1隻の使用しているかご数は、まったく不明であるが、理論上、現在使用しているかご数の約80%にすれば資源の状態は正常になると考えられる。

また、図7・8に示した等漁獲尾数曲線および等漁獲重量曲線によれば、漁獲努力を大きくすれば漁獲尾数、漁獲量は増加する関係があるけれど、現在の漁獲係数Fが0.91なので、これ以上漁獲努力を大きくしても漁獲はそれほど増えないことがわかる。したがって漁船は、これ以上使用かご数を増やしても漁獲増は望めないで、ベニズワイガニ資源を保護するために上述の漁業規制を採用すべきであろう。

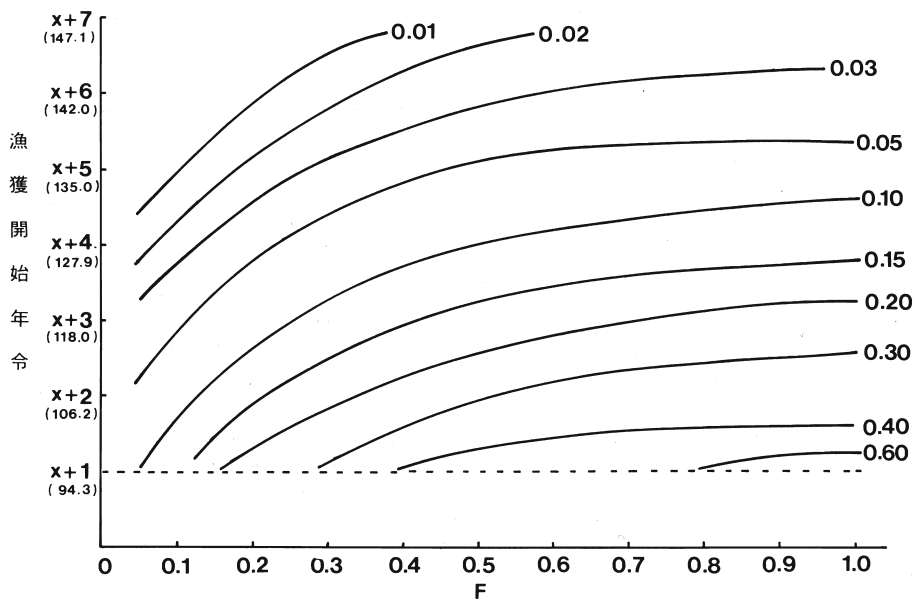


図7 等漁獲尾数曲線群 年令の下の()は平均甲幅

$$\frac{C}{R} = \int_{t_c}^{t_d} F \cdot e^{-M(t-t_0)} \cdot e^{-(M+F)(t-t_c)} dt$$

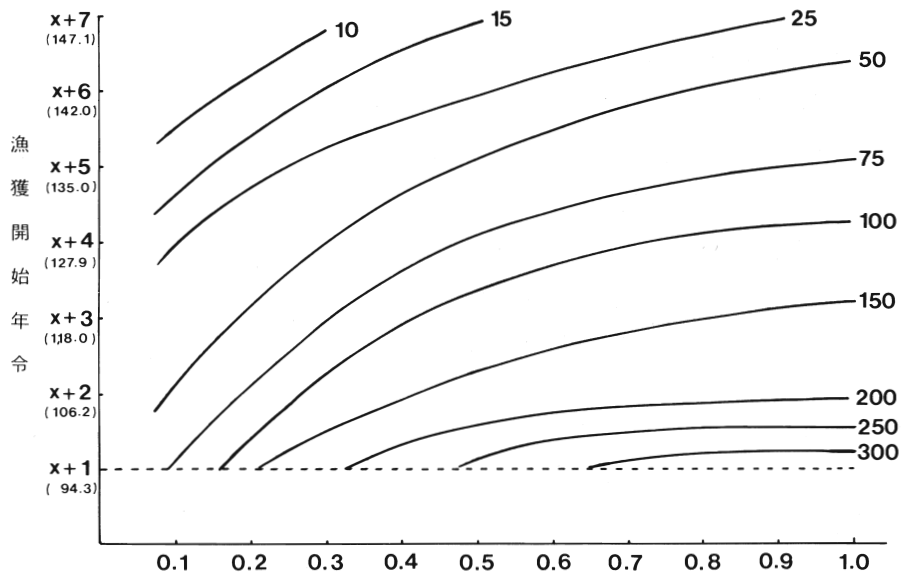


図8 等漁獲重量曲線群

$$\frac{Y}{R} = \int_{tc}^{td} F \cdot e^{-M(tc-to)} \cdot e^{-(M+F)(t-tc)} \cdot W(t) dt$$

3. 要 約

鳥根県恵曇港と鳥取県境港の銘柄別甲幅組成と銘柄別漁獲統計を用いて年令組成を推定した。その結果にもとづき日本海西部海域におけるベニズワイガニ資源を診断した。

- 1) 恵曇港の漁獲物は7つの年令群から構成されていた。
- 2) 各年令群の年令別平均甲幅と標準偏差から、年令一甲幅キーを作成した。
- 3) この年令一甲幅キーを用いて、恵曇港と境港の漁獲物甲幅組成を年令組成に変換した。
- 4) 年令組成から生残率を推定した結果、生残率は、境港では1977～1979年までは0.13～0.31、1980～1984年は0.23～0.24、恵曇港では1984年が0.25、1985年が0.32であった。
- 5) 資源診断の結果、1977～1979年の資源状態は健全であったが、1980～1984年では乱獲気味であると判断された。
- 6) 現在の乱獲状態を正常にもどすためには、漁獲量を現在の90%以下に下げること、あるいは漁獲努力量を現在の80%以下にする必要がある。

文 献

- 1) 土井長之 (1972). 実戦数理資源学概論第3部. 東海区水研, 61-98.
- 2) 土井長之 (1977). メキシコ産アワビの資源診断. 日本水産資源保護協会月報, (154), 5-13.
- 3) HARDING,J,P (1949). The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Marine Biol. Ass. U. K. (28), 141-153.
- 4) 水産庁沿岸課 (1986). 韓国, 北朝鮮から指摘された日本漁船の操業位置.
- 5) 鳥取県水産試験場 (1985). 昭和60年度ベニズワイガニの生態と資源に関する研究の中間報告会議資料, 11-19.
- 6) 渡辺安広・鈴木孝行 (1982). 北海道西岸域におけるベニズワイガニについて. 北水試月報, 39, 147-162.