

石川水試資料第 182 号

平成 4 年度増殖場造成事業 資料集 一 III

(石川県加賀海域におけるホッコクアカエビの資源評価と管理について)

1992 年 9 月

石川県水産試験場

石川県加賀海域におけるホッコクアカエビの 資源評価と管理について

目 次

は し が き	1
I. 生活史の概要	1
II. 資源評価	4
1. 材 料	4
2. 発生年級群豊度の推定	5
3. 年齢組成解析	7
4. 資源量指数の推定	11
5. コホート解析	11
III. 網目選択性	14
1. 試験の方法	14
2. 網目選択性	15
3. 網目選択曲線の推定	19
IV. 資源量予測	26
1. 発生年級群豊度に基づく資源量予測	26
2. 再生産関係に基づく資源量予測	31
V. 資源管理	33
文 献	38

調査実施機関および担当者

実施機関 石川県水産試験場

区 分	担当科・職名	氏 名
総 括	場 長	境谷 武二
企画・計画	次 長	田島 迪生
実 施	漁場開発科 科長	貞方 勉（とりまとめ）
	" 技師	大橋 洋一
	" 技師	宇野 勝利
	" 技師	沢田 浩二
	緑 剛 丸	谷 保 船長 他4名
	白 山 丸	白田 光司 船長 他13名

石川県加賀海域におけるホッコクアカエビの資源評価と管理について

は し が き

石川県加賀海域において、ホッコクアカエビは経済的価値の極めて高い重要な底魚資源である。本種の生活史は、地域性重要水産資源管理技術開発総合研究（1986-1990）によって多くのことが明らかになった。しかし、資源問題に関しては十分に解析されていない。

生活史がかなり解明されたことで本種の資源解析も扱い易くなったが、加賀海域では底びき網漁業と籠漁業が操業されている。なかでも底びき網漁業は、多くの魚種を漁獲対象としていることから、エビ資源に対する漁獲努力量に関しては全く不明である。また、沖合底びき網漁船では時期的に大和堆へ出漁して本種を漁獲するため、石川県の水揚量データは大和堆産が混みにされている関係で正確さに欠ける。

本報告では、石川県沖合海域の水揚量の実態を調べ、漁獲努力量を必要としない資源解析手法を用いて資源評価した。そして、資源管理方策の一つである網目の問題を底びき網漁業について検討することにより、ホッコクアカエビ資源の合理的な利用方法を思考した。

I 生活史の概要

石川県加賀海域におけるホッコクアカエビの生活史は、貞方（1991）から次のように要約される。本種は水深500m前後、水温0.6℃前後を主な生活域とする深海性のエビである。しかし、3-4月に産卵を終えた抱卵親エビは、約11ヶ月の抱卵期間に水深200-300mに移動して幼生をふ出する深淺移動を行う（図1）。1-2月にふ出した幼生は、約1ヶ月の浮遊期間を経て水深300m前後に稚エビとなって着底する。稚エビは、成長にともなって徐々に深みへ移動し、3-4歳には前記の主分布域に達して交尾・産卵群となる。本種の寿命は11年と推定され、5歳半で雄から雌へ性転換*して隔年産卵を行う。したがって、交尾・産卵の主群は、雄が3、4、5歳、雌が6、8、10歳である。なお、性転換年齢は4歳半でも認められ、社会調節のような現象（石川水試、1990）もあって固定的に捉えるべきではない。

以上のような分布・移動生態に関して、年変化はほとんどみられない。これによって加賀海域では、底びき網漁業の最大の漁場が大型エビの最も多く分布する水深500m前後に、籠漁業の漁場が抱卵親エビが幼生ふ出に移動する水深200-300mに形成される。そして、成長した個体群が水深の浅い方から深い方へ加入してくることに生活史上の特徴がある（図2）。また、本種の生物・資源特性値は既往の報告（石川水試、1990）によって表1のように推定され、資源解析ではこ

*本種は雄性先熟雌雄同体現象で、雄から雌へ変わる現象を正確には性変化あるいは性の移行とすべきであるが、ここでは卵巣が発達して精巢の小葉が縮小する過程を一般に用いられている性転換と定義する。

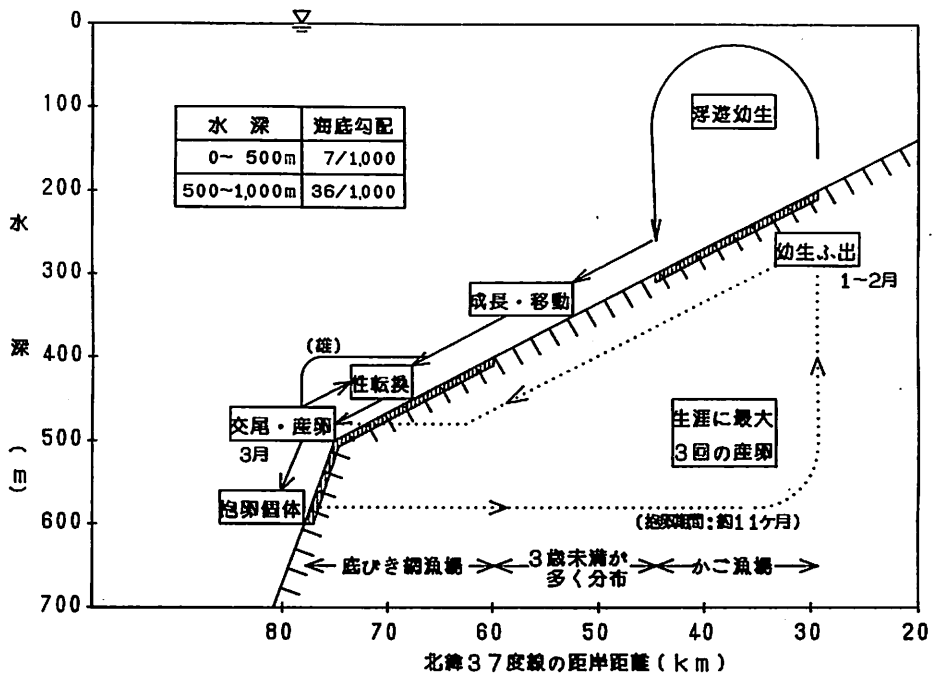


図1 ホッコクアカエビの生活史

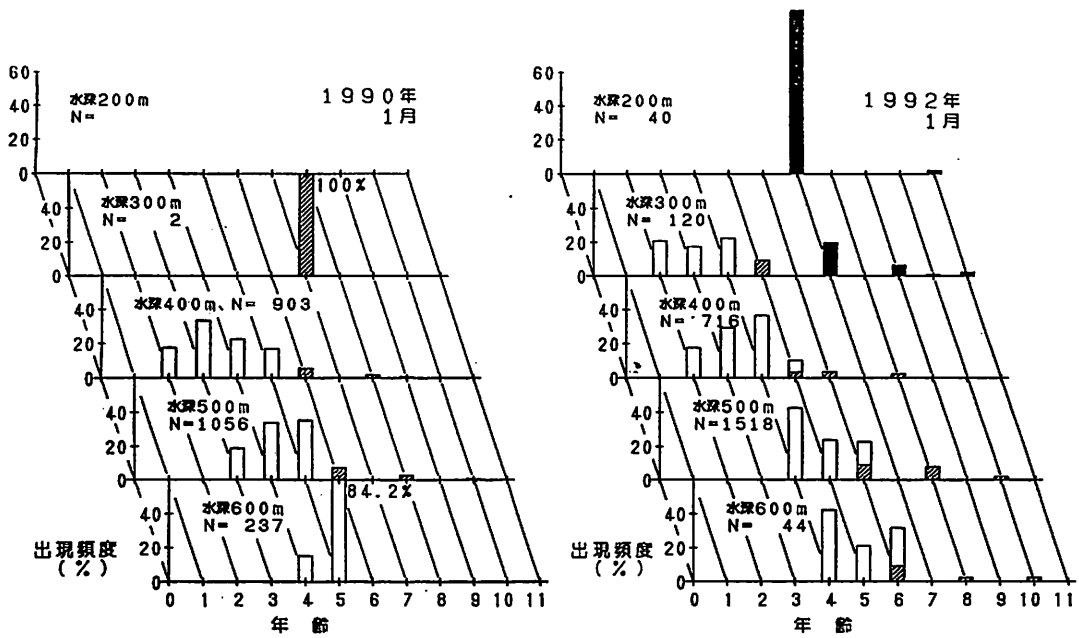


図2 底びき網調査による水深別の年齢組成
(黒塗：抱卵個体，斜線部：内卵保有個体)

表1 ホッコクアカエビの生物・資源特性値

成長式	$l_t = 35.32 [1 - \text{EXP} \{-0.223 (t + 0.278)\}]$
CL-W関係式	$W = 4.00 \cdot 10^{-4} \cdot \text{CL}^{3.12}$ (無抱卵個体)
〃	$W = 7.17 \cdot 10^{-4} \cdot \text{CL}^{3.00}$ (抱卵個体)
自然死亡率	$S = 0.6$ ($M=0.511$)
全減少率	$S = 0.45$ ($Z=0.798$)
漁獲係数	$F = (Z - M) = 0.287$
漁獲率	$E = F/Z \cdot (1 - e^{-Z}) = 0.198$
漁獲最少年齢	$t_c = 2$
漁獲最高年齢	$t_\lambda = 11$
CL別単価	$P = 1.1134 \cdot 10^{-8} \cdot \text{CL}^{6.7336}$ ($\text{CL} < 29\text{mm}$)
〃	$P = -136 + 7.36 \cdot \text{CL}$ ($\text{CL} \geq 29\text{mm}$)

これらの値を用いた。

石川農林水産統計によると、ホッコクアカエビの水揚量は年変動が大きく、近年では1985年以降の減少が顕著である。1991年は434 tと最盛期の47%であった。しかし、本水揚統計は大和堆産を含んでおり、石川県沖合海域の実態を反映していない。そこで、石川県漁船による大和堆の水揚量を200カイリ漁場別水揚統計(日水研)によって、籠漁業の水揚量を伝票によって調査し、石川県沖合海域の水揚量を仕分けした(表2)。これから、石川県沖合海域の1985年以降の水揚量は250-400 tと推定された。水揚量のほとんどは加賀海域からで、その1割前後を籠漁業が占めた。底びき網漁業の水揚量は、1987年の211 tを最低に増加傾向にあり、1990年には371 tに達した。しかし、1991年には303 tへ減少した。大和堆の1985年以降の水揚量は、63-149 tと推定された。大和堆産は水揚統計の13-34%とかなりの割合を占め、石川県沖合海域の水揚量が減少すると増加する傾向があつて、両者には密接な関係が認められた。

表2 石川県におけるホッコクアカエビ水揚量(単位:t)

西暦年	合計	地 区 別								海 域 別		石 川 県 沖	
		橋立	金沢	南浦	福浦	西海	輪島	その他	大和堆	石川県沖	底びき網	籠	
1969	611	73	319	141	61	18	0	0	—	—	—	—	
1970	637	110	327	131	43	25	1	0	—	—	—	—	
1971	495	112	232	45	23	75	8	0	—	—	—	—	
1972	531	88	210	64	4	161	4	0	—	—	—	—	
1973	601	102	266	133	40	60	0	0	—	—	—	—	
1974	826	149	495	109	4	69	0	0	—	—	—	—	
1975	833	260	327	107	43	96	0	0	—	—	—	—	
1976	857	212	383	65	35	147	15	0	145	712	—	—	
1977	773	163	337	62	37	163	11	0	100	673	—	—	
1978	698	165	335	26	47	125	0	0	45	653	—	—	
1979	719	113	330	32	65	180	12	0	(85)	(634)	—	—	
1980	618	97	314	60	35	114	0	1	(90)	(528)	—	—	
1981	827	105	439	117	58	107	0	1	71	756	649	107	
1982	914	85	517	128	76	100	7	1	121	793	693	100	
1983	837	61	519	159	49	48	0	1	105	732	666	66	
1984	764	56	450	139	49	67	3	0	62	702	610	93	
1985	469	24	264	91	33	49	7	1	63	406	362	44	
1986	360	38	178	85	23	33	3	0	82	278	244	34	
1987	382	26	2132	78	22	33	10	0	132	250	211	39	
1988	460	49	40	100	20	39	12	0	149	311	274	37	
1989	498	47	249	94	27	55	0	25	103	394	349	45	
1990	530	47	282	88	17	44	19	33	118	412	371	41	
1991	434	—	—	—	—	—	—	—	108	326	303	23	

※ 石川農林水産統計ほか、()内は推定値

II 資源評価

1. 材 料

石川県加賀海域において、着底初期の稚エビ分布量を明らかにするため試験船禄剛丸（総トン数32.25）でソリ付桁網調査を行った（図3）。調査は1986-1991年の各4-10月に水深200-500mで水深別に毎月曳網することを原則に行った。網目は12節、1回当たりの曳網時間は30分間とした。また、漁獲物の年齢組成を明らかにするため試験船白山丸（総トン数189.52）で底びき網（かけ廻し）調査を行った。調査は1986-1992年の各1月に水深200-700mで水深別に行った。袋尻の網目は9節、1回当たりの曳網時間は約1時間とした。更に、当業船の操業実態を明らかにするため底びき網の標本漁船調査を行った。調査は1986-1991年に8-9隻の標本漁船に操業位置と漁獲量の記録を依頼した。以上の調査で得られた資料を用いて資源評価を行った（表3）。

表3 試験船と標本漁船調査で用いた資料

西暦年	試験船禄剛丸		試験船白山丸		底びき網 標本漁船
	曳網回数	漁獲尾数	曳網回数	漁獲尾数	
1986	21	959	7	168	8隻
1987	26	1,135	7	797	9隻
1988	30	929	6	2,118	9隻
1989	27	1,008	5	1,255	9隻
1990	25	1,257	5	2,198	9隻
1991	21	1,278	5	642	9隻
1992	—	—	6	2,438	—

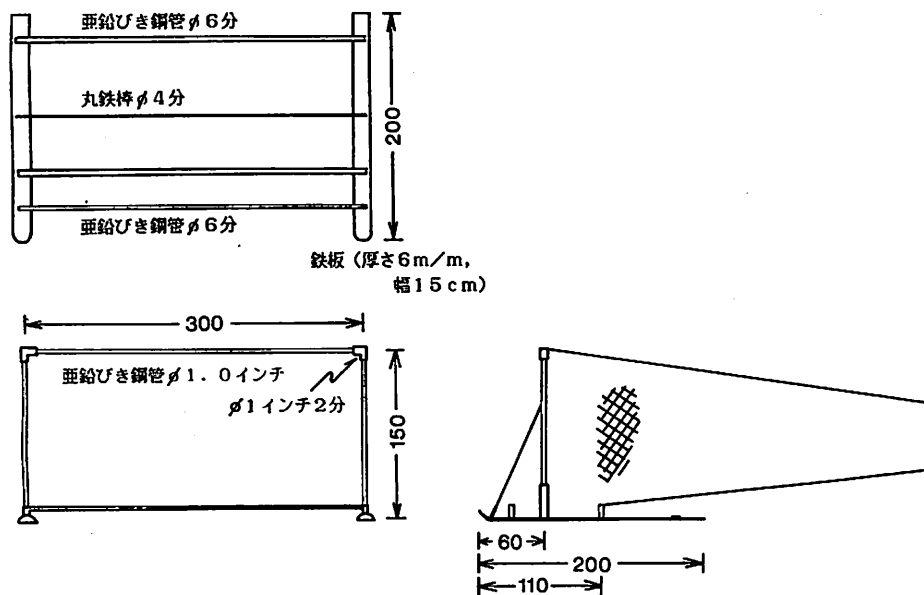


図3 ソリ付桁網漁具

2. 発生年級群豊度の推定

ソリ付桁網調査で採集したホッコクアカエビの頭胸甲長組成は(図4)、満1、2歳の年齢群が主体で採集個体数も多く、若齢エビの分布調査に適していた。しかも両年齢群は明瞭に分かれ、経年の量的変化には縦断的な関係が認められて、年級群豊度を表わすと判断された。しかし、水深別には300m以浅と400m以深で満1、2歳の採集は極めて少なかった(図5)。そこで、水深300-400mで採集された個体群を満0、1、2歳と3歳以上に年級群分離し、年齢別の採

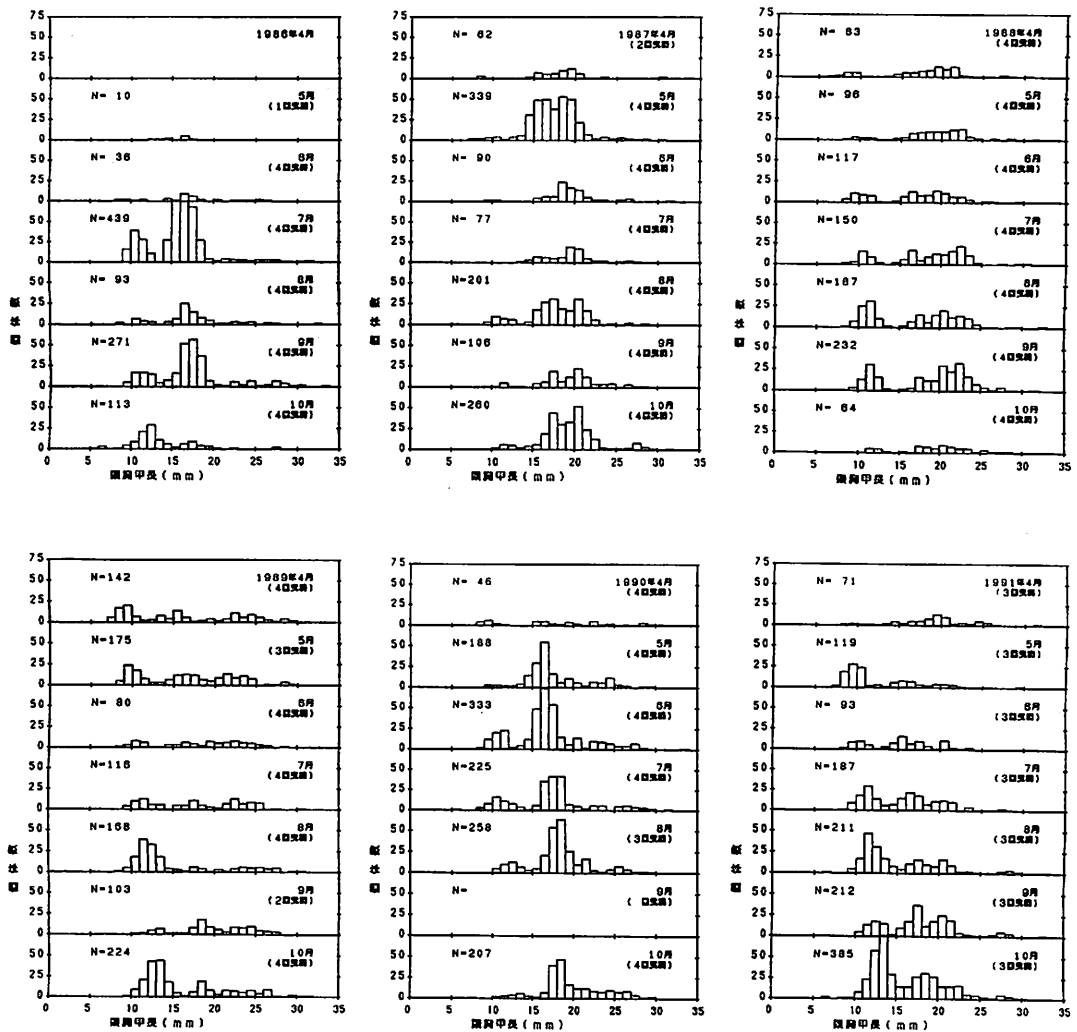


図4 ソリ付桁網調査で採集したホッコクアカエビの月別頭胸甲長組成

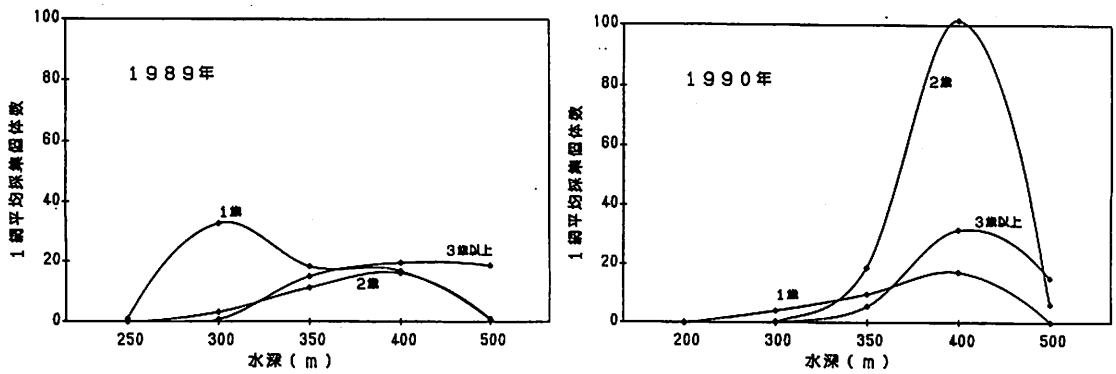


図5 若齢個体の水深別1網平均採集個体数

集個体数を曳網回数で割った1網平均採集個体数を年級群豊度の指標値とした(表4)。各年級群の年齢別1網平均採集個体数は、いずれも満2歳の採集個体数が最も多かった(図6)。したがって、本調査漁具では満2歳の1網平均採集個体数を発生年級群豊度の指標値として用いるのが適当である。これによって、近年の発生年級群豊度は、1988年級が最も高く、続いて1984年級、1985年級、1989年級、1987年級、1986年級の順であり、1988・1984年級は卓越年級群、1987・1986年級は劣勢年級群とみなされた。更に、満1歳(X)と翌年の満2歳(Y)の1網平均採集個体数の間には $Y=1.52 \cdot X$ の関係が得られ(図7)、これによって、1990年級は1984・1988年級に匹敵する卓越年級群を形成していることが推定された。

表4 試験船祿剛丸で採集した試料の年次別年齢別1網平均採集個体数(水深300~400m)

西暦年	曳網回数	採集個体数	年齢別1網平均採集個体数				合計
			満0歳	満1歳	満2歳	満3歳以上	
1986	11	616	0	18.6	34.1	3.3	56.0
1987	20	957	0.1	3.5	25.6	18.7	47.8
1988	21	790	0	11.2	9.9	16.5	37.6
1989	18	851	0	24.6	11.3	11.4	47.3
1990	18	1,134	0.1	10.4	40.1	12.4	63.0
1991	21	1,287	0.1	27.6	19.0	14.1	60.8

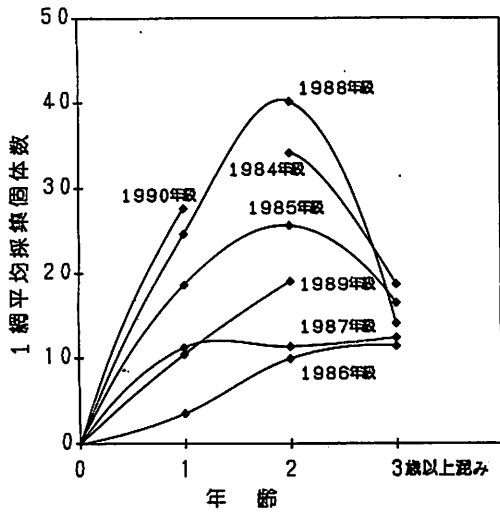


図6 若齢個体の年齢別採集個体数

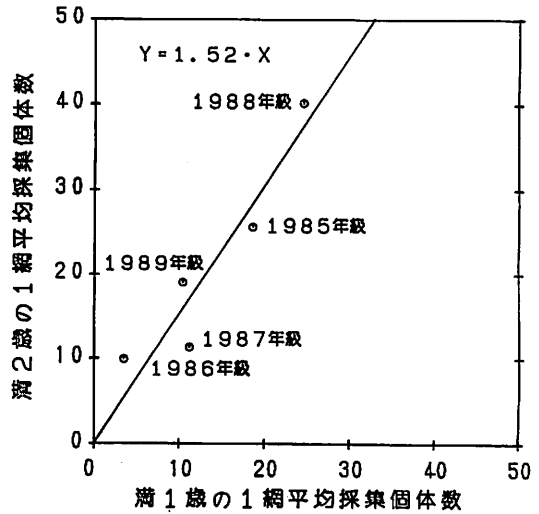


図7 満1歳と翌年の満2歳の1網平均採集個体数の関係

3. 年齢組成解析

底びき網調査で水深別に採集したホッコクアカエビの頭胸甲長組成を、田中(1956)の方法で年級群分離して1986-1992年の年次別に年齢組成の百分率を求めた(表5)。年齢組成の経年変化から、1984・1988年級の卓越群、1983年級の劣勢群の存在が認められた。1992年の年齢別漁獲組成は、1986・1987年級が小さいために1988年級の満4歳群が主体を占めた。また、ソリ付桁網調査による満1、2歳の1網平均採集個体数とは縦断的な関係が認められ、発生年級群豊度の経年変化と一致した(図8)。

表5 試験船白山丸で各年1月に採集した試料の年齢組成(%)

年齢	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	11.2	5.7	0.0	0.3	8.6	2.5	6.0
3	4.9	64.0	21.1	5.0	22.6	35.2	12.6
4	14.8	3.5	53.3	31.6	25.1	14.0	36.2
5	22.1	9.0	5.9	47.2	34.1	15.2	18.2
6	11.2	4.0	12.2	1.5	6.5	13.1	16.3
7	21.5	7.2	2.7	8.7	0.3	13.0	2.6
8	3.7	1.5	3.3	1.5	2.0	1.7	5.9
9	8.0	3.4	1.2	1.8	0.2	4.0	0.4
10	1.6	1.0	0.3	1.1	0.6	0.1	1.6
11	1.0	0.5	0.0	1.0	0.0	1.2	0.2

※ 操業水深(200-600m)

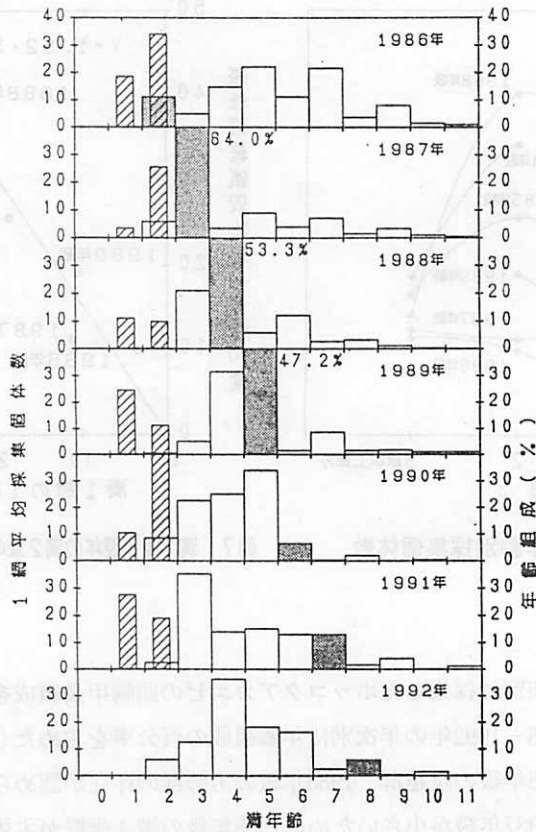


図8 底びき網調査で採集したホッコクアカエビの年次別年齢組成
(斜線部：ソリ付桁網調査結果)

これまでは年次別の年齢組成をみてきたが、各年次間の相対的な関係を表わすため、年次別年齢組成の百分率を標本漁船の1網平均漁獲量で重みづけして、年次別年齢別漁獲尾数の相対値を求めた(表6, 7)。ここで各年級群の漁獲尾数の経年変化のうち、完全利用と考えられる

表6 底びき網標本漁船による年次別漁獲量

西暦年	操業回数	漁獲量(kg)	エビ場(4~10月)		
			操業回数	漁獲量	1操業平均漁獲量
1986	943	6,285.0	381	5,741.0	15.1
1987	994	5,544.9	338	4,990.2	14.8
1988	896	10,737.6	390	10,357.5	26.6
1989	877	12,075.3	334	9,782.7	29.3
1990	839	15,123.6	385	12,272.4	31.9
1991	814	12,634.5	386	10,203.3	26.4

表7 底びき網標本漁船による1操業当たり年次別年齢別漁獲尾数

満年齢	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
1	0	0	0	0	0	0
2	157	140	0	20	413	78
3	69	1,516	789	166	1,085	1,096
4	207	83	1,994	1,048	1,205	436
5	310	213	221	1,566	1,638	473
6	157	95	456	50	312	408
7	301	171	101	289	14	405
8	52	36	123	50	96	53
9	112	81	45	60	10	125
10	22	24	11	36	29	3
11	14	12	0	33	0	37
合計尾数	1,401	2,371	3,740	3,318	4,802	3,114
1網平均漁獲量(kg)	15.1	14.8	26.6	29.3	31.9	26.4

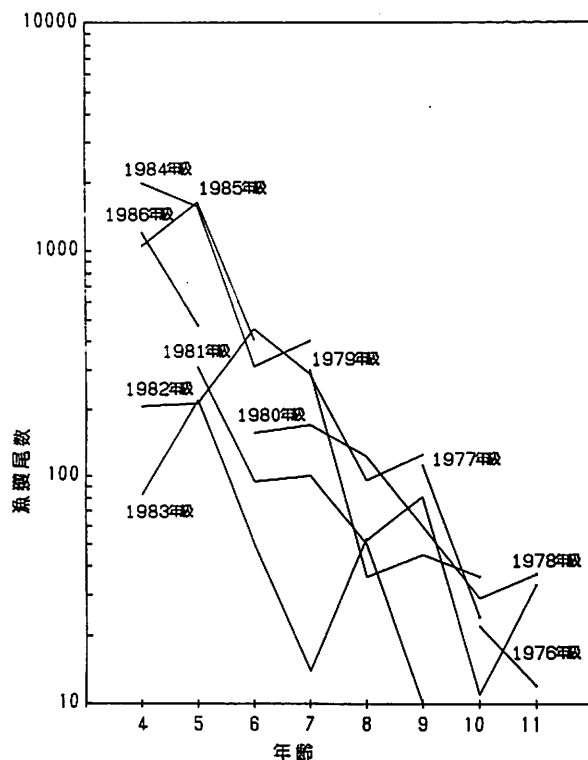


図9 年級群別の1網平均採集体数の経年変化

4歳以上に対数回帰直線または全体の減少傾向を示す $S=0.45$ ($Z=0.798$) を当てはめることによつて、4歳の相対資源尾数を1985年級以前について計算した(図9)。次に、1984年級以降はソリ付桁網調査によつて発生年級群豊度が既知なので、1984年級の4歳の相対資源尾数と発生年級群豊度の比を用いて、1983年級以前の発生年級群豊度を推定した(表8)。これによつ

表8 年級群別の豊度と1.5歳の資源尾数

発生年級群	年級群豊度	推定年級群豊度	満4歳の相対資源尾数	回帰式 (適用年令)	1.5歳の資源尾数(万尾)
1976	—	137	832	$\ln Y = 9.152 - 0.607 \cdot X(10 - 11)$	37,800
1977	—	476	2,881	$\ln Y = 11.158 - 0.798 \cdot X(10)$	131,700
1978	—	438	2,654	$\ln Y = 8.960 - 0.553 \cdot X(5.5 - 6.5)$	120,900
1979	—	223	1,353	$\ln Y = 9.894 - 0.671 \cdot X(7.5 - 10.5)$	61,500
1980	—	195	1,180	$\ln Y = 9.489 - 0.604 \cdot X(7 - 10)$	53,800
1981	—	143	868	$\ln Y = 10.270 - 0.876 \cdot X(5 - 10)$	39,500
1982	—	49	298	$\ln Y = 6.310 - 0.153 \cdot X(4 - 9)$	13,500
1983	—	20	121	$\ln Y = 6.261 - 0.366 \cdot X(4 - 8)$	5,500
1984	34.1	—	2,065	$\ln Y = 10.193 - 0.640 \cdot X(4 - 7)$	94,100
1985	25.6	—	1,539	$\ln Y = 8.427 - 0.272 \cdot X(4.5 - 5.5)$	70,700
1986	9.9	—	—	—	27,300
1987	11.3	—	—	—	31,200
1988	40.1	—	—	—	110,700
1989	19.0	—	—	—	52,400
1990	42.0	—	—	—	115,900

て1976年以降の発生年級群豊度の経年変化が求まり、豊度は不規則に大きく変化して高いときと低いときでは約20倍の差が認められた(図10)。また、本種は成長によって相対資源重量が4歳付近で最大となることから(石川水試, 1990)、発生年級群豊度は4年後の漁獲量に最も大きな影響を及ぼすと推定できる。発生年級群豊度と4年後の石川県沖合海域の水揚量(図10の点線)を比較すると、両者の間には密接な関係が認められ、1985年以降の水揚量の減少や近年の水揚量の変動が発生年級群豊度を原因としていることが分かる。更に、1981-1983年を除いて、水揚量の多い年には発生年級群豊度も高い関係が認められ、再生産関係も示唆された。したがって、発生年級群豊度を早期に知ることは、短期的な資源量動向の予測や資源管理に有益な情報となる。

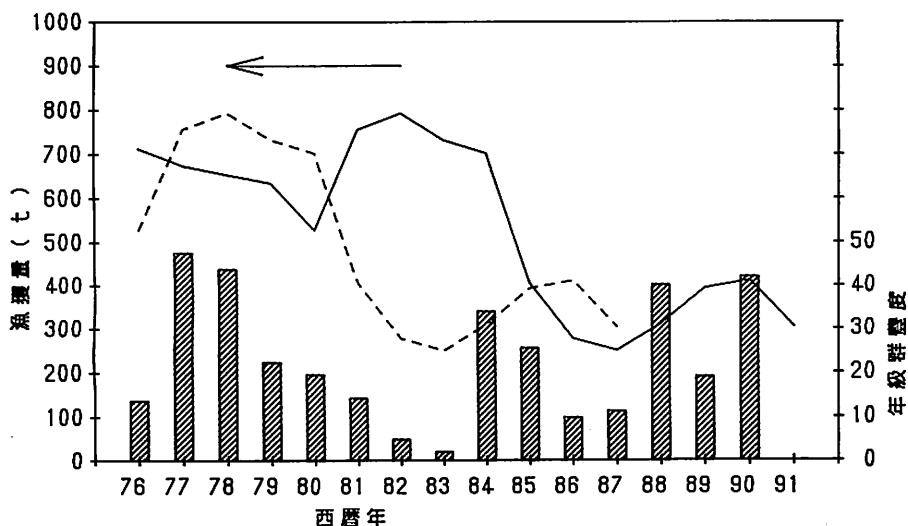


図10 発生年級群豊度と石川県沖合海域における漁獲量の経年変化

4. 資源量指数の推定

底びき網標本漁船調査のうちエビ場での操業が明らかな4-10月の資料から、5分柵目を1漁区として、単位漁区数、曳網回数、漁獲量、1網平均漁獲量、資源量指数、資源密度指数、有効努力量、努力の有効度、有効漁獲強度を求めた(表9)。これから、単位漁区数は74-90で主漁場のほとんどを覆っており、年変化も小さかった。1986年以降の1網平均漁獲量は、1986年には17.3kg、1987年には15.9kgと悪かったが、1988-1991年には26.0-28.3kgと1987年の2倍近くを示した。資源量指数の経年変化は、1987年を最低に1988年は約1.9倍、1989-1991年は約1.6倍に増加し、1988年以降の資源量が短期間で増加したことを示した。また、努力の有効度は1.13-1.30で、好漁場を選択的に操業していることが分かる。すなわち、1網平均漁獲量が資源量指数の増加と比較して多い原因と考えられる。

表9 底びき網標本漁船9隻によるホッコクアカエビ漁獲統計(4-10月)

西暦年	単位 漁区数 N	曳網 回数 X	漁獲量 A(kg)	1網平均 漁獲量 $B=A/X$	資源量 指数 $C=\Sigma(A/X)$	資源密度 指数 $D=C/N$	有効 努力量 $E=A/D$	努力の 有効度 $F=E/X$	有効 漁獲強度 $f=E/N$
1986	83	1,822	31,602	17.3	1,275	15.4	2,052	1.13	24.72
1987	83	1,608	25,622	15.9	1,020	12.3	2,083	1.30	25.10
1988	90	2,227	60,792	27.3	1,960	21.8	2,789	1.25	30.99
1989	75	2,205	60,045	27.2	1,663	22.2	2,705	1.23	36.07
1990	74	2,018	57,205	28.3	1,654	22.4	2,554	1.26	34.51
1991	81	2,027	52,805	26.0	1,689	20.8	2,539	1.25	31.34

5. コホート解析

石川県沖合海域におけるホッコクアカエビの年次別年齢別漁獲尾数は、1986年以降に底びき網調査で得られた年次別年齢組成の百分率を底びき網の漁獲量で重みづけして推定した。これにコホート解析の一つであるVPA法(後退法)を用いて、資源尾数、資源重量、漁獲係数、漁獲率を計算した(表10)。ここで、解析に必要な自然死亡係数はすべて一定($M=0.511$)とした。漁獲係数の繰り返し計算によるアルゴリズムは島本(1988)を参考とした。ターミナルFは0.287、最終年のFは最高漁獲年齢の値から順次に同一年齢のFの平均値を求め、若い年齢群へと計算を進めた。これによって、1986-1991年の漁獲対象資源の経年変化は、尾数では2.0-2.8億尾で、1986年を最低に徐々に増加したが1990年以降は減少に転じ、1991年では1986-1987年並みを示した。1987-1989年の資源尾数の増加には発生年級群豊度の高い1984・1985年級群の影響が、1990-1991年の資源尾数の減少には発生年級群豊度の低い1986・1987年級群の影響がそれぞれ大きかった。重量では2.0-2.6千tで、1987年を最低に増加傾向にあったが、

表10 コホート解析

漁獲尾数 (万尾)

年齢 / 西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	239	173	32	21	393	80
3	105	1,875	666	178	1,033	1,129
4	316	103	1,682	1,124	1,147	449
5	473	264	186	1,679	1,558	488
6	239	117	385	53	297	420
7	460	211	85	310	14	417
8	79	44	104	53	91	55
9	171	100	38	64	9	128
10	34	29	9	39	27	3
11	21	15	13	36	18	38
合計	2,137	2,931	3,200	3,557	4,587	3,207

漁獲重量 (t)

年齢 / 西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	5.8	4.2	0.8	0.5	9.5	1.9
3	4.9	87.4	31.0	8.3	48.1	52.6
4	22.7	7.4	120.9	80.8	82.5	32.3
5	46.8	26.1	18.4	166.2	154.2	48.3
6	35.6	17.4	57.4	7.9	44.3	62.6
7	67.9	31.2	12.6	45.8	2.1	61.6
8	15.8	8.8	20.7	10.6	18.1	11.0
9	31.7	18.5	7.0	11.9	1.7	23.7
10	8.1	6.9	2.1	9.3	6.4	0.7
11	4.5	3.2	2.8	7.7	3.9	8.2
合計	243.8	211.1	273.8	348.9	370.8	302.9

資源尾数 (万尾)

年齢 / 西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	1,729	1,624	609	1,433	1,433	657
3	1,343	7,197	6,749	2,411	2,411	5,950
4	7,343	2,029	10,321	3,845	3,845	3,294
5	1,801	7,925	2,177	10,395	10,395	3,401
6	4,230	724	4,548	4,838	4,838	5,053
7	1,735	2,356	345	658	658	2,674
8	1,186	695	1,253	1,226	1,226	384
9	456	651	383	46	46	666
10	169	146	315	355	355	21
11	106	76	66	91	91	192
合計	20,098	23,423	26,766	25,297	25,297	22,293

資源重量 (t)

年齢 / 西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	41.8	39.3	14.7	13.9	34.7	15.9
3	62.6	335.4	314.5	118.2	112.4	277.3
4	528.0	145.9	742.1	728.8	276.5	236.9
5	178.3	784.6	215.6	1,008.7	1,029.1	336.7
6	630.7	107.9	678.1	173.6	721.3	753.4
7	256.3	348.0	51.0	359.7	97.2	394.9
8	236.5	138.5	249.8	28.5	244.4	76.5
9	84.6	120.7	71.1	124.7	8.6	123.5
10	40.2	34.7	74.6	47.7	84.1	5.0
11	22.8	16.3	14.1	39.1	19.5	41.2
合計	2,081.7	2,071.2	2,425.6	2,642.8	2,627.7	2,261.4

表10 続 き

漁獲係数						
年齢 / 西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	0.0053	0.0041	0.0020	0.0014	0.0106	0.0047
3	0.0212	0.0722	0.0268	0.0190	0.1214	0.0521
4	0.0301	0.0356	0.1186	0.0793	0.2278	0.0983
5	0.4003	0.0434	0.1149	0.2337	0.2104	0.2005
6	0.0746	0.2287	0.1138	0.0598	0.0814	0.1117
7	0.4047	0.1208	0.3702	0.1760	0.0275	0.2198
8	0.0886	0.0840	0.1115	0.6179	0.0992	0.2002
9	0.6275	0.2162	0.1346	0.1288	0.2816	0.2777
10	0.2921	0.2880	0.0372	0.2809	0.1019	0.2000
11	0.2870	0.2870	0.2870	0.2870	0.2870	0.2870
$\Sigma Ni \cdot Fi / \Sigma Ni$	0.123	0.071	0.142	0.142	0.157	0.125

漁獲率						
年齢 / 西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	0.0041	0.0032	0.0016	0.0011	0.0082	0.0037
3	0.0164	0.0547	0.0207	0.0147	0.0900	0.0398
4	0.0232	0.0274	0.0880	0.0599	0.1611	0.0736
5	0.2627	0.0333	0.0854	0.1648	0.1499	0.1435
6	0.0565	0.1616	0.0846	0.0455	0.0614	0.0831
7	0.2651	0.0895	0.2461	0.1273	0.0213	0.1560
8	0.0666	0.0633	0.0830	0.3703	0.0742	0.1433
9	0.3746	0.1537	0.0992	0.0952	0.1944	0.1921
10	0.2008	0.1983	0.0286	0.1941	0.0762	0.1431
11	0.1977	0.1977	0.1977	0.1977	0.1977	0.1977

1991年に減少して1987年と1988年の中間程度を示した。すなわち、漁獲対象資源重量の変化は漁獲対象資源尾数の変化に1年遅れて影響することが分かる。これらのことから、石川県沖合海域における近年のホッコクアカエビ資源量は、1986・1987年を最低として、1988-1990年には高くなったことを示し、この傾向は資源量指数をみても同様であった。しかし、1991年の資源状態は、資源量指数では1988-1990年並み、コホート解析では1988-1991年で最も悪く、推定方法によって少し違いを示した。1991年は、1988年以降で標本漁船による1網平均漁獲量は最も悪いがその差は僅かであり、底びき網の水揚量は1990年、1989年に次いで多かった。したがって、1991年の資源量は、1988年以降の増加傾向が初めて減少に転じたが、それほど大きな減少ではないと考えられる。

年齢別の漁獲係数を年齢別資源尾数で加重平均した値 ($F = \Sigma Ni \cdot Fi / \Sigma Ni$) の経年変化は、1987年を最低に徐々に増加したが、1990年をピークに1991年には減少した。Fの値は漁獲努力量の相対変化に等しいとみなせるので、1987年は石川県沖合海域の資源量の低下によって大和堆出漁が増加し、漁獲係数が低かったと考えられる。1988年以降は石川県沖合海域の資源量の増加によって大和堆出漁が減少し、漁獲係数も徐々に増加したが、1991年には再び資源量の低下によって大和堆出漁が増加したと考えられる。すなわち、漁獲係数と大和堆産の水揚量は概ね負の相関が認められた(図11)。

また、年齢別の漁獲率は、2歳で0.0011-0.0082、3歳で0.0164-0.0900と、4歳未満で低い水準にあった。これによって、加入群が乱獲される危険性の比較的少ない傾向が示され、網目の効果と考えられる。

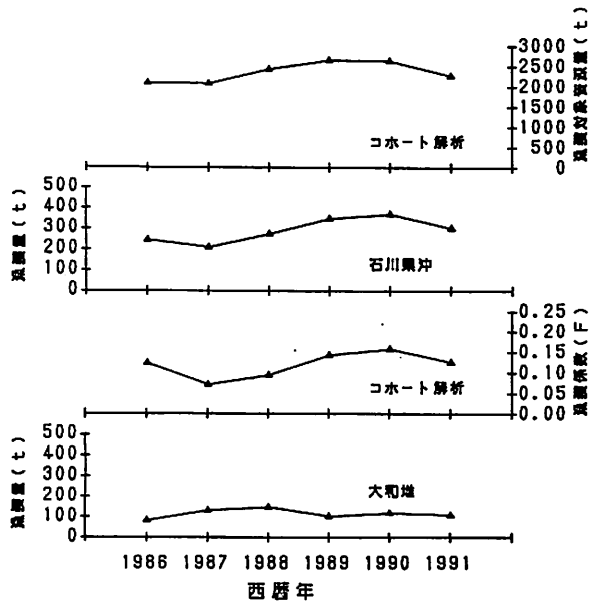


図11 コホート解析結果と石川県沖合海域、大和堆の漁獲量

III 網目選択性

1. 試験の方法

試験船白山丸で当業船と同じ漁場・操業方法によって網目選択性試験を1989-1991年の各2・3月に行った。試験に用いた網はカバーネット方式で、内網の網目を7節、5節、3節（網目内径はそれぞれ47、75、151mm）の3種類、外網の網目をいずれも10節とした（図12）。このうち、1989年は菱目で袋尻を絞り、1990・1991年は角目で袋尻を絞らず、しかも1990年では内側に尺目のゴミ取りを付けて比較試験を行った（表11）。61回の曳網試験のうち、破網やホッ

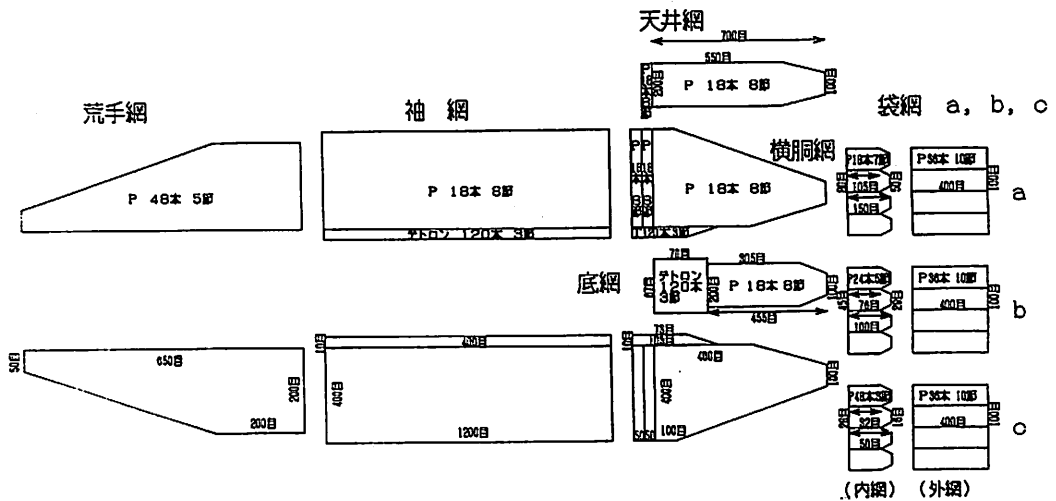


図12 網目選択性試験に用いた底びき網漁具

コクアカエビが漁獲されなかった場合を除く35回分を用いた。漁獲したホッコクアカエビは、内網と外網に分けて個体数の計数と頭胸甲長（CL）の測定を行った。なお、試験に用いた網目はズワイガニを対象に設定したため、網目の大きさや種類数は充分でなかった。しかし、底びき網漁業が多くの魚種を混獲している実態を考えれば、至当とみなして以下の解析を行った。

表11 網目選択性試験の年次別内容

西暦年	試験内容		
	網目の種類	袋網	袋尻
1989年	菱目	二重網	絞る
1990年	角目	二重網+尺目のゴミ取り	絞らない
1991年	角目	二重網	絞らない

2. 網目選択性

1989-1991年の試験結果から、網目別の選択率〔内網漁獲尾数/(内網+外網漁獲尾数)〕を比較した(表12)。これから、選択率は網目が大きくなるにしたがって低くなり、網目に選択性のあることが明らかであった。頭胸甲長別には、選択率は頭胸甲長が網目に対して極端に小さな場合(選択率0%)と極端に大きな場合(選択率100%)を除いて、頭胸甲長が大きくなるにしたがって高くなるシグモイド型の曲線を示し、選択性がエビの大きさに対しても効いていることが明らかであった(表13, 図13)。この関係に平滑化の一方法であるロジスティック曲線を当てはめ、得られたマスターカーブから網目別に選択率25、50、75%の選択頭胸甲長(内網に留まる割合に対する頭胸甲長)を求めた(図14, 表14)。これから、選択頭胸甲長と選択範囲は、網目が大きくなるにしたがって大きくなった。しかも、網目選択曲線は全体的に長シグモイド型を示し、選択性はシャープでなかった。その原因として、ヒトデ類、イソギンチャク類等の混獲物が大量に入網した影響が大きいと考えられる。

表12 内網と外網の漁獲尾数

西暦年	試験網	曳網回数	漁獲尾数			選択率(%)
			内網	外網	合計	
1989 (菱目)	7節	2	82	21	103	79.6
	5節	2	263	293	556	47.3
	3節	2	30	112	142	21.1
1990 (角目)	7節	5	177	117	294	60.2
	5節	6	372	637	1,009	36.9
	3節	5	54	288	342	15.8
1991 (角目)	7節	4	417	109	526	79.3
	5節	5	138	110	248	55.6
	3節	4	9	47	54	16.1

表13 頭胸甲長別の選択率

1989年

頭胸甲長 (mm)	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
10-11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11-12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12-13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13-14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14-15	—	—	—	—	1	0.0	—	—	—
15-16	—	—	—	—	2	0.0	—	1	0.0
16-17	—	—	—	—	1	0.0	—	—	—
17-18	—	—	—	—	4	0.0	—	1	0.0
18-19	—	—	—	2	5	28.6	1	—	100.0
19-20	—	—	—	8	10	44.4	—	—	—
20-21	—	—	—	16	18	47.0	2	3	40.0
21-22	—	—	—	21	45	31.8	3	2	60.0
22-23	—	—	—	41	47	46.1	5	4	55.6
23-24	—	—	—	53	62	46.1	12	4	75.0
24-25	1	1	50.0	40	46	46.5	11	1	91.7
25-26	1	15	6.2	28	25	52.8	11	2	84.6
26-27	4	16	20.0	16	8	66.7	13	1	92.8
27-28	7	25	21.9	11	4	73.3	6	—	100.0
28-29	6	16	27.3	12	3	80.0	6	2	75.0
29-30	2	15	11.8	7	4	63.6	5	—	100.0
30-31	6	9	40.0	6	2	75.0	3	—	100.0
31-32	2	8	20.0	1	3	25.0	3	—	100.0
32-33	1	3	25.0	—	2	0.0	1	—	100.0
33-34	—	4	0.0	—	—	—	—	—	—
34-35	—	—	—	1	—	100.0	—	—	—
合計	30	112		263	293		82	21	

1990年

頭胸甲長 (mm)	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
10-11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11-12	—	1	0.0	—	—	—	—	1	0.0
12-13	—	1	0.0	—	—	—	—	2	0.0
13-14	—	12	0.0	—	16	0.0	1	13	7.1
14-15	2	28	6.7	1	23	4.2	5	25	16.7
15-16	2	22	8.3	1	21	4.5	4	23	14.8
16-17	2	21	8.7	1	9	10.0	1	18	5.3
17-18	—	10	0.0	—	1	0.0	—	2	33.3
18-19	—	8	0.0	1	—	100.0	1	4	20.0
19-20	1	8	11.1	—	4	0.0	—	1	0.0
20-21	1	8	11.1	—	4	0.0	—	4	0.0
21-22	2	5	28.6	1	7	12.5	1	—	100.0
22-23	—	5	0.0	14	20	41.5	4	2	66.7
23-24	1	11	8.3	21	23	47.7	8	1	88.9
24-25	1	22	4.3	54	73	42.5	21	5	80.8
25-26	7	22	24.1	66	115	36.5	21	5	80.8
26-27	7	33	17.5	75	103	42.1	28	7	80.0
27-28	3	18	14.3	32	77	29.4	21	1	95.4
28-29	2	14	12.5	29	47	38.2	21	—	100.0
29-30	7	13	35.0	27	40	40.3	15	—	100.0
30-31	8	13	38.1	28	31	47.4	14	1	93.3
31-32	4	7	36.4	13	19	40.6	5	1	83.3
32-33	3	4	42.8	4	3	57.1	4	—	100.0
33-34	1	1	50.0	4	1	80.0	—	1	0.0
34-35	—	1	0.0	—	—	—	1	—	100.0
合計	54	288		372	637		177	117	

表13 続 き

1991年 頭胸甲長 (mm)	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
10-11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11-12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12-13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13-14	—	—	—	—	—	—	—	1	0.0
14-15	—	—	—	—	—	—	—	3	0.0
15-16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16-17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17-18	—	—	—	—	—	—	3	3	50.0
18-19	—	1	0.0	—	—	—	11	9	55.0
19-20	—	1	0.0	—	—	—	17	20	45.9
20-21	—	4	0.0	—	—	—	12	16	42.8
21-22	—	3	0.0	—	—	—	17	5	77.3
22-23	—	—	—	—	—	—	21	7	75.0
23-24	—	1	0.0	—	—	—	16	2	88.9
24-25	—	1	0.0	4	2	66.7	31	5	86.1
25-26	1	3	25.0	8	12	40.0	50	8	86.2
26-27	2	7	22.2	26	31	45.6	85	14	85.8
27-28	1	8	11.1	39	24	61.9	83	8	91.2
28-29	1	9	10.0	22	11	66.7	40	6	87.0
29-30	2	—	100.0	9	10	47.4	10	1	90.9
30-31	1	5	16.7	10	12	45.4	12	—	100.0
31-32	—	3	0.0	12	4	75.0	7	1	87.5
32-33	—	1	0.0	6	1	85.7	2	—	100.0
33-34	1	—	100.0	—	2	0.0	—	—	—
34-35	—	—	—	2	1	66.7	—	—	—
合 計	9	47		138	110		417	109	

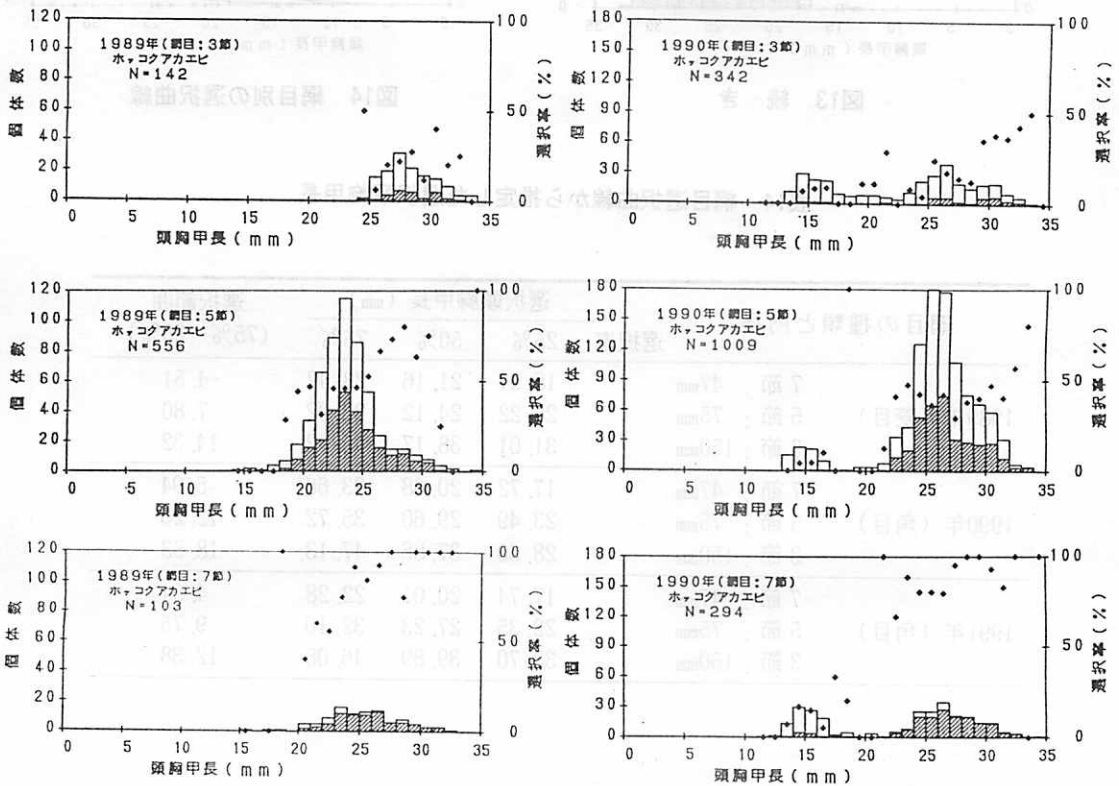


図13 網目別の頭胸甲長組成と選択率

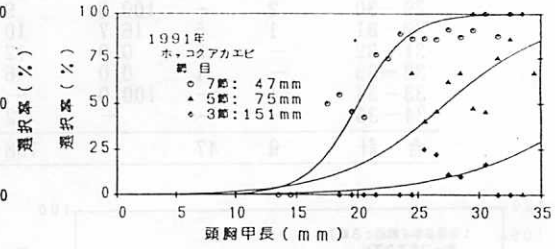
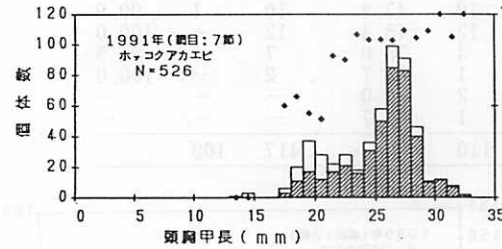
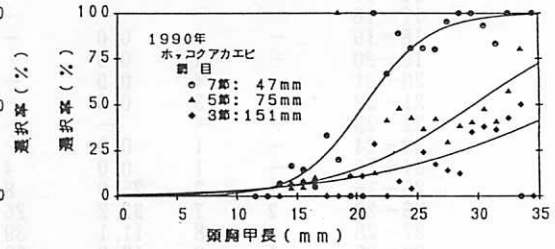
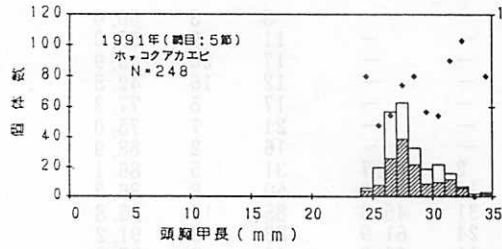
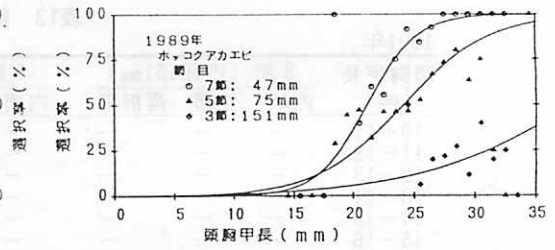
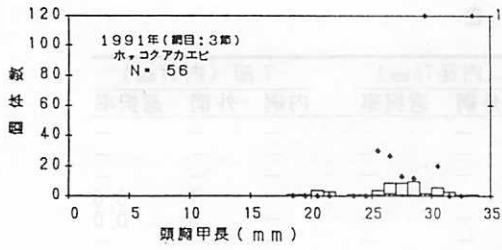


図13 続き

図14 網目別の選択曲線

表14 網目選択曲線から推定した選択頭胸甲長

網目の種類と内径	選択率	選択頭胸甲長 (mm)			選択範囲 (75% - 25%)
		25%	50%	75%	
1989年 (菱目)	7節: 47mm	18.91	21.16	23.42	4.51
	5節: 75mm	20.22	24.12	28.02	7.80
	3節: 150mm	31.01	38.17	45.33	14.32
1990年 (角目)	7節: 47mm	17.72	20.68	23.66	5.94
	5節: 75mm	23.49	29.60	35.72	12.23
	3節: 150mm	28.60	37.86	47.13	18.53
1991年 (角目)	7節: 47mm	17.74	20.01	22.28	4.54
	5節: 75mm	22.35	27.23	32.10	9.75
	3節: 150mm	33.70	39.89	46.08	12.38

菱目と角目では、選択頭胸甲長、選択範囲とも明瞭な差は認められなかった。しかし、年次別に3種類の網目の50%選択頭胸甲長に回帰直線を当てはめて比較すると、菱目を用いた1989年は他の2ヶ年よりも50%選択頭胸甲長が僅かに小さかった(図15)。菱目から角目に変更したときの効果を試験条件の似通った1989年と1991年を、実測値から推定した50%選択頭胸甲長で比較すると、角目は7節で-1.15mm、5節で+3.11mm、3節で+1.72mmであった。すなわち、同じ網目でも菱目よりも角目の方が、網目からエビの抜け出る割合の高い傾向も認められた。しかし、1991年では袋尻を絞らずに試験した影響も考えられ、角目の効果については判然としなかった。アイスランドのホッコクアカエビを対象にしたエビ漁業(トロール)の試験では、菱目の36.3-36.8mmと角目の35.8-39.9mmで比較したところ、角目では頭胸甲長14mm以下の漁獲をかなり低くすることに効果があった(Thorsteinson, 1992)。今回の試験結果では、角目は菱目と比較して選択頭胸甲長、選択範囲とも効果が小さく、混獲物の影響が大きいと考えられる。

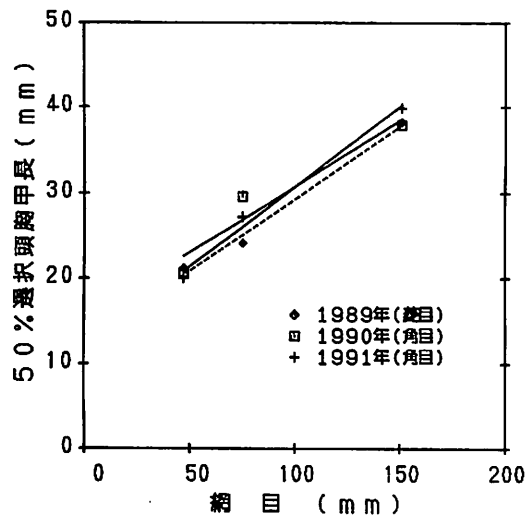


図15 菱目と角目の違いによる50%頭胸甲長組成

3. 網目選択曲線の推定

試験網以外の網目選択曲線を推定するため、2方法で解析した。まず、網目とそこから抜け出る頭胸甲長の間には比例関係が仮定でき、1989-1991年の試験結果から(頭胸甲長/網目内径)別の選択率を求めた(表15)。ここでも選択率は、(頭胸甲長/網目内径)の値が極端に小さな場合と大きな場合を除いて、(頭胸甲長/網目内径)の値が大きくなるにしたがって高くなる長シグモイド型の曲線を示した。この関係にロジスティック曲線を当てはめ、得られたマスターカーブから選択率25、50、75%の(頭胸甲長/網目内径)の値を求めた(図16、表16)。選択性は1989年>1991年>1990年の順に高く、50%の(頭胸甲長/網目内径)の値は0.344-0.382であった。同様の方法で求めた新潟県(1991)の0.519、山形県(1991)の0.494と比較すると選択性は高く、曳網時間や混獲物が影響したと考えられる。

表15 (頭胸甲長/網目内径) 別の選択率

1989年

頭胸甲長 網目内径	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)			合 計		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
0.000 - 0.025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.025 - 0.050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.050 - 0.075	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075 - 0.100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.100 - 0.125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.125 - 0.150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.150 - 0.175	2	24	7.7	—	—	—	—	—	—	2	24	7.7
0.175 - 0.200	21	69	23.3	—	2	0.0	—	—	—	21	71	22.8
0.200 - 0.225	7	19	26.9	—	2	0.0	—	—	—	7	21	25.0
0.225 - 0.250	—	—	—	1	8	11.1	—	—	—	1	8	11.1
0.250 - 0.275	—	—	—	20	23	46.5	—	—	—	20	23	46.5
0.275 - 0.300	—	—	—	52	77	40.3	—	—	—	52	77	40.3
0.300 - 0.325	—	—	—	86	109	44.1	—	—	—	86	109	44.1
0.325 - 0.350	—	—	—	56	48	53.8	—	1	0.0	56	49	53.3
0.350 - 0.375	—	—	—	24	10	71.4	—	1	0.0	25	11	69.4
0.375 - 0.400	—	—	—	15	8	65.2	1	—	100.0	16	8	66.7
0.400 - 0.425	—	—	—	7	4	63.6	—	—	—	7	4	63.6
0.425 - 0.450	—	—	—	—	2	0.0	2	3	40.0	2	5	28.6
0.450 - 0.475	—	—	—	1	—	100.0	4	2	66.7	5	2	71.4
0.475 - 0.500	—	—	—	—	—	—	9	6	60.0	9	6	60.0
0.500 - 0.525	—	—	—	—	—	—	17	2	89.5	17	2	89.5
0.525 - 0.550	—	—	—	—	—	—	12	3	80.0	12	3	80.0
0.550 - 0.575	—	—	—	—	—	—	16	1	94.1	16	1	94.1
0.575 - 0.600	—	—	—	—	—	—	6	—	100.0	6	—	100.0
0.600 - 0.625	—	—	—	—	—	—	5	2	71.4	5	2	71.4
0.625 - 0.650	—	—	—	—	—	—	5	—	100.0	5	—	100.0
0.650 - 0.675	—	—	—	—	—	—	4	—	100.0	4	—	100.0
0.675 - 0.700	—	—	—	—	—	—	1	—	100.0	1	—	100.0
0.700 - 0.725	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.725 - 0.750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1990年

頭胸甲長 網目内径	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)			合 計		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
0.000 - 0.025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.025 - 0.050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.050 - 0.075	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075 - 0.100	2	45	4.2	—	—	—	—	—	—	2	45	4.2
0.100 - 0.125	4	58	6.4	—	—	—	—	—	—	4	58	6.4
0.125 - 0.150	4	23	14.8	—	—	—	—	—	—	4	23	14.8
0.150 - 0.175	13	81	13.8	—	3	0.0	—	—	—	13	84	13.4
0.175 - 0.200	17	58	22.7	1	38	2.6	—	—	—	18	96	15.8
0.200 - 0.225	14	22	38.9	1	27	3.6	—	—	—	15	49	23.4
0.225 - 0.250	—	1	0.0	1	1	50.0	—	1	0.0	1	3	25.0
0.250 - 0.275	—	—	—	1	8	11.1	—	2	0.0	1	10	9.1
0.275 - 0.300	—	—	—	9	22	29.0	1	17	5.6	10	39	20.4
0.300 - 0.325	—	—	—	39	53	42.8	5	30	14.3	44	82	34.9
0.325 - 0.350	—	—	—	134	201	40.0	5	23	17.8	139	224	38.3
0.350 - 0.375	—	—	—	88	155	36.2	1	11	8.3	89	166	34.9
0.375 - 0.400	—	—	—	55	80	40.7	1	3	25.0	56	83	40.3
0.400 - 0.425	—	—	—	34	43	44.2	—	2	0.0	34	45	43.0
0.425 - 0.450	—	—	—	9	6	60.0	—	4	0.0	9	10	47.4
0.450 - 0.475	—	—	—	—	—	—	4	1	80.0	4	1	80.0
0.475 - 0.500	—	—	—	—	—	—	6	2	75.0	6	2	75.0
0.500 - 0.525	—	—	—	—	—	—	15	3	83.3	15	3	83.3
0.525 - 0.550	—	—	—	—	—	—	30	7	81.1	60	7	81.1
0.550 - 0.575	—	—	—	—	—	—	31	7	81.6	61	7	81.6
0.575 - 0.600	—	—	—	—	—	—	25	1	96.2	25	1	96.2
0.600 - 0.625	—	—	—	—	—	—	17	—	100.0	17	—	100.0
0.625 - 0.650	—	—	—	—	—	—	21	1	95.4	21	1	95.4
0.650 - 0.675	—	—	—	—	—	—	10	—	100.0	10	—	100.0
0.675 - 0.700	—	—	—	—	—	—	4	1	80.0	4	1	80.0
0.700 - 0.725	—	—	—	—	—	—	—	1	0.0	—	1	0.0
0.725 - 0.750	—	—	—	—	—	—	1	—	100.0	1	—	100.0

表15 続 き

1991年

頭胸甲長 網目内径	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)			合 計		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
0.000 - 0.025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.025 - 0.050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.050 - 0.075	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075 - 0.100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.100 - 0.125	—	1	0.0	—	—	—	—	—	—	—	1	0.0
0.125 - 0.150	—	8	0.0	—	—	—	—	—	—	—	8	0.0
0.150 - 0.175	2	9	18.2	—	—	—	—	—	—	2	9	18.2
0.175 - 0.200	6	22	21.4	—	—	—	—	—	—	6	22	21.4
0.200 - 0.225	1	7	12.5	—	—	—	—	—	—	1	7	12.5
0.225 - 0.250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.250 - 0.275	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.275 - 0.300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.300 - 0.325	—	—	—	1	—	100.0	—	1	0.0	—	1	0.0
0.325 - 0.350	—	—	—	18	28	39.1	—	3	0.0	18	3	25.0
0.350 - 0.375	—	—	—	62	45	57.9	2	1	66.7	64	46	58.2
0.375 - 0.400	—	—	—	28	20	58.3	11	8	57.9	39	28	58.2
0.400 - 0.425	—	—	—	21	13	61.8	18	23	43.9	39	36	52.0
0.425 - 0.450	—	—	—	6	3	66.7	17	16	51.5	23	19	54.8
0.450 - 0.475	—	—	—	2	1	66.7	17	7	70.8	19	8	70.4
0.475 - 0.500	—	—	—	—	—	—	28	6	82.3	28	6	82.4
0.500 - 0.525	—	—	—	—	—	—	27	3	90.0	27	3	90.0
0.525 - 0.550	—	—	—	—	—	—	54	9	85.7	54	9	85.7
0.550 - 0.575	—	—	—	—	—	—	119	17	87.5	119	17	87.5
0.575 - 0.600	—	—	—	—	—	—	71	9	88.8	71	9	88.8
0.600 - 0.625	—	—	—	—	—	—	29	5	85.3	29	5	85.3
0.625 - 0.650	—	—	—	—	—	—	12	—	100.0	12	—	100.0
0.650 - 0.675	—	—	—	—	—	—	9	1	90.0	9	1	90.0
0.675 - 0.700	—	—	—	—	—	—	2	—	100.0	2	—	100.0
0.700 - 0.725	—	—	—	—	—	—	1	—	100.0	1	—	100.0
0.725 - 0.750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

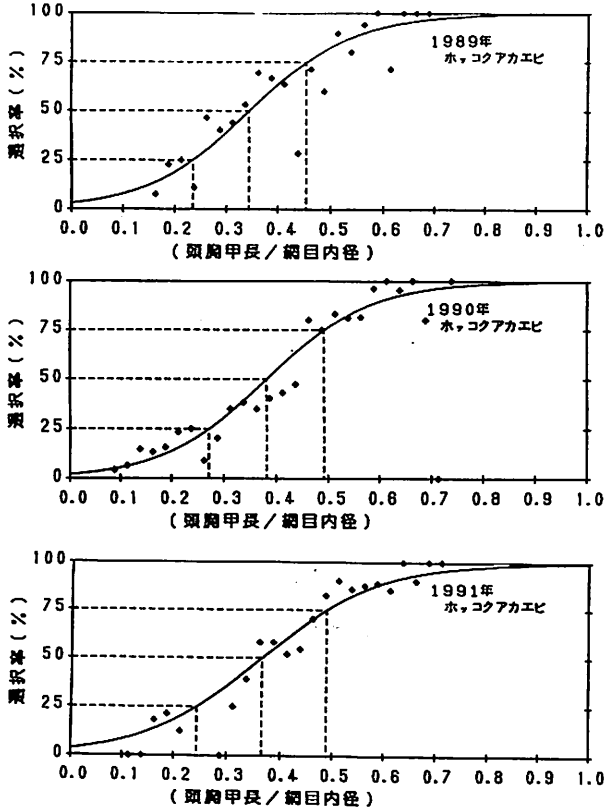


図16 (頭胸甲長 / 網目内径)
に基づく選択曲線

表16 選択率25, 50, 75%の(頭胸甲長/網目内径)の値

西暦年	CL/M			
	選択率	25%	50%	75%
1989年		0.235	0.334	0.453
1990年		0.272	0.382	0.492
1991年		0.244	0.367	0.489

次に、網目とそこから抜け出る頭胸甲長との比例関係を示す変形として(東海・北原, 1989)、1989-1991年の試験結果から、選択率25、50、75%の網目と頭胸甲長の関係直線による交点(Mo, CLo)を求め、 $[(\text{頭胸甲長} - \text{CLo}) / (\text{網目内径} - \text{Mo})]$ 別の選択率を求めた(図17, 表17)。ここで、CLoとMoは網目と頭胸甲長の単純な比例関係からのずれを示すパラメータである。前記と同様に、この関係にロジスティック曲線を当てはめ、得られたマスターカーブから選択率25、50、75%の $[(\text{頭胸甲長} - \text{CLo}) / (\text{網目内径} - \text{Mo})]$ の値を求めた(図18, 表18)。選択性は1991年>1989年>1990年の順に高く、先の方法とは異なる結果を示した。しかも角目を用いた1991年で選択性が高かった。

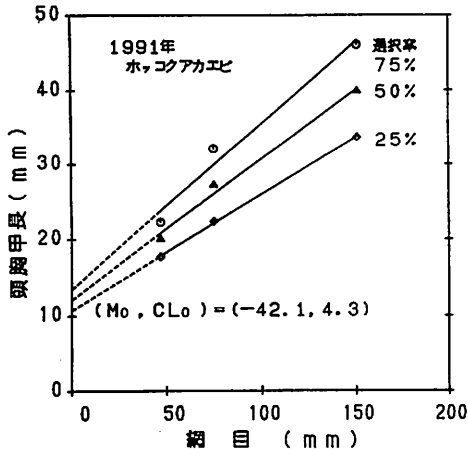
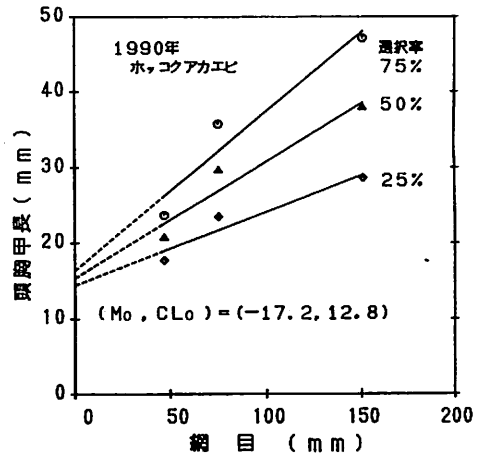
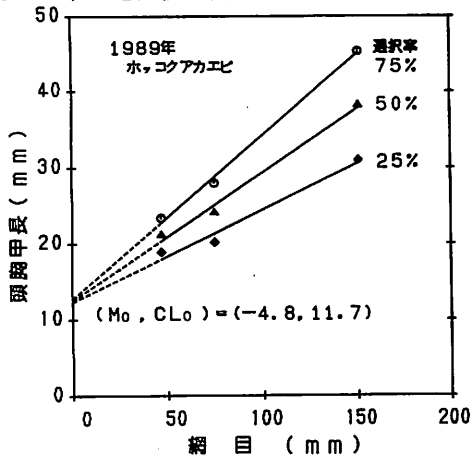


図17 選択率25, 50, 75%の網目と頭胸甲長の関係

表17 [(頭胸甲長-CL₀)/(網目内径-M₀)] 別の選択率

1989年

(頭胸甲長-CL ₀) (網目内径-M ₀)	3 節 (内径151mm)			5 節 (内径75mm)			7 節 (内径47mm)		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
0.00 - 0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.02 - 0.04	—	—	—	0	1	0	—	—	—
0.04 - 0.06	—	—	—	0	3	0	—	—	—
0.06 - 0.08	—	—	—	0	4	0	0	1	0
0.08 - 0.10	7	40	14.9	9	13	40.9	—	—	—
0.10 - 0.12	16	53	23.2	24	34	41.4	0	0	0
0.12 - 0.14	7	17	29.2	50	77	39.4	1	1	100.0
0.14 - 0.16	0	2	0.0	80	94	46.0	—	—	—
0.16 - 0.18	—	—	—	49	42	53.8	2	3	40.0
0.18 - 0.20	—	—	—	18	10	64.3	3	2	60.0
0.20 - 0.22	—	—	—	19	5	79.2	7	5	58.3
0.22 - 0.24	—	—	—	12	5	70.6	14	3	82.4
0.24 - 0.26	—	—	—	1	5	16.7	10	2	83.3
0.26 - 0.28	—	—	—	—	—	—	11	1	91.7
0.28 - 0.30	—	—	—	1	0	100.0	13	1	92.8
0.30 - 0.32	—	—	—	—	—	—	6	0	100.0
0.32 - 0.34	—	—	—	—	—	—	5	2	71.4
0.34 - 0.36	—	—	—	—	—	—	4	0	100.0
0.36 - 0.38	—	—	—	—	—	—	2	0	100.0
0.38 - 0.40	—	—	—	—	—	—	4	0	100.0

1990年

(頭胸甲長-CL ₀) (網目内径-M ₀)	3 節 (内径151mm)			5 節 (内径75mm)			7 節 (内径47mm)		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
0.00 - 0.02	5	69	6.8	1	35	2.8	1	17	5.6
0.02 - 0.04	1	35	2.8	1	32	3.0	5	33	13.2
0.04 - 0.06	4	23	14.8	1	2	33.3	5	25	16.7
0.06 - 0.08	11	69	13.8	1	5	16.7	1	7	12.5
0.08 - 0.10	15	62	19.5	1	11	8.3	1	4	20.0
0.10 - 0.12	17	27	38.6	34	41	45.3	0	4	0.0
0.12 - 0.14	1	2	33.3	110	165	40.0	0	1	0.0
0.14 - 0.16	—	—	—	112	179	38.5	6	2	75.0
0.16 - 0.18	—	—	—	47	86	35.3	14	4	77.8
0.18 - 0.20	—	—	—	47	63	42.7	29	3	90.6
0.20 - 0.22	—	—	—	13	17	43.3	34	11	75.6
0.22 - 0.24	—	—	—	4	0	100.0	28	1	96.6
0.24 - 0.26	—	—	—	—	—	—	20	0	100.0
0.26 - 0.28	—	—	—	—	—	—	20	1	95.2
0.28 - 0.30	—	—	—	—	—	—	9	1	90.0
0.30 - 0.32	—	—	—	—	—	—	3	1	75.0
0.32 - 0.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.34 - 0.36	—	—	—	—	—	—	1	0	100.0
0.36 - 0.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.38 - 0.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表17 続 き

1991年

(頭胸甲長-CL ₀) (網目内径-M ₀)	3節 (内径151mm)			5節 (内径75mm)			7節 (内径47mm)		
	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率	内網	外網	選択率
0.00 - 0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.02 - 0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.04 - 0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.06 - 0.08	0	1	0.0	—	—	—	—	—	—
0.08 - 0.10	0	9	0.0	—	—	—	—	—	—
0.10 - 0.12	3	16	15.8	—	—	—	0	4	0.0
0.12 - 0.14	5	19	20.8	—	—	—	—	—	—
0.14 - 0.16	1	2	33.3	—	—	—	7	7	50.0
0.16 - 0.18	—	—	—	5	4	55.6	32	33	49.2
0.18 - 0.20	—	—	—	67	63	51.5	23	14	62.2
0.20 - 0.22	—	—	—	37	26	58.7	35	8	81.4
0.22 - 0.24	—	—	—	25	13	65.8	64	9	87.7
0.24 - 0.26	—	—	—	4	4	50.0	156	21	88.1
0.26 - 0.28	—	—	—	—	—	—	74	11	87.0
0.28 - 0.30	—	—	—	—	—	—	17	2	89.5
0.30 - 0.32	—	—	—	—	—	—	8	0	100.0
0.32 - 0.34	—	—	—	—	—	—	1	0	100.0
0.34 - 0.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.36 - 0.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.38 - 0.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—

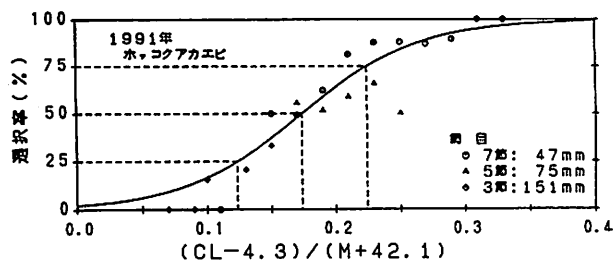
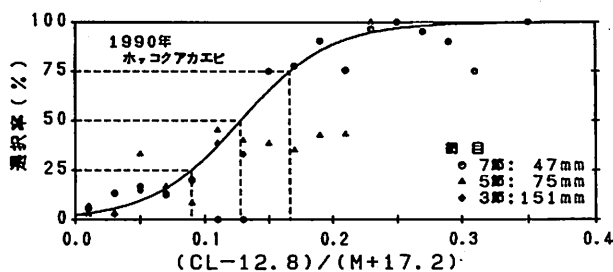
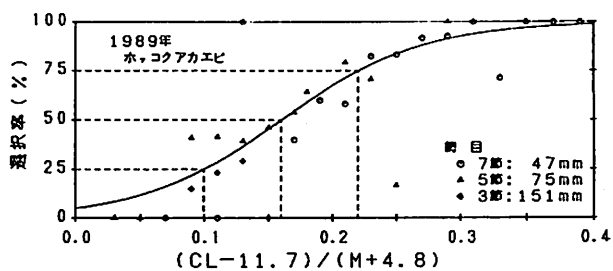


図18 [(頭胸甲長-CL₀) / (網目内径-M₀)] に基づく選択曲線

表18 選択率25,50,75%の〔(頭胸甲長-CL₀)/(網目内径-M₀)〕の値

西暦年	原 点	(CL-CL ₀) / (M-M ₀)		
		選択率	25%	50%
1989年	(CL-11.7) / (M+4.8)	0.100	0.160	0.220
1990年	(CL-12.8) / (M+17.2)	0.090	0.128	0.166
1991年	(CL-4.3) / (M+42.1)	0.123	0.174	0.224

ここで、実測値と2推定方法で求めた網目選択曲線から、7節、5節、3節の網目をを用いたときの50%選択頭胸甲長を年次別に比較した(表19)。その結果、年次別よりも推定方法の当てはまりによって選択頭胸甲長に大きな差を生じた。すなわち、(頭胸甲長/網目内径)によって求めた値は、網目の小さい方では他の方法で求めた結果よりも選択性が高く、網目の大きい方では他の方法で求めた結果よりも選択性が低かった。選択性の誤差は、エビの漁獲データが少ないところではばらつきが大きく、しかもエビの大きさに対してかなり大きな網目で試験したことが網目選択曲線のあてはまりを悪くしたと考えられる。

表19 3種類の方法で求めた50%選択頭胸甲長

算出方法	7節(内径47mm)			5節(内径75mm)			3節(内径151mm)		
	1989年	1990年	1991年	1989年	1990年	1991年	1989年	1990年	1991年
網 目 別	21.16	20.68	20.01	24.12	29.60	27.23	38.17	37.86	39.89
CL/M	16.17	17.95	17.25	25.80	28.65	27.52	51.94	57.68	55.42
(CL-CL ₀)/(M-M ₀)	19.99	21.02	19.80	24.47	24.60	24.68	36.63	34.33	37.90

ホッコクアカエビの最適漁獲開始年齢は満4歳から満5歳になるまでの間と推定されるので(石川水試, 1990)、満4歳(CL21.8mm)と満5歳(CL24.5mm)の選択率が50%となる網目を先の2推定方法で求めた(表20)。得られた網目に誤差はあるものの、本種資源の利用に適した網目はおよそ6節であることが分かる。

表20 満4歳から満5歳の選択率が50%となる網目

算出方法	網 目 (mm)		
	1989年	1990年	1991年
CL/M	63.4~71.2	57.1~64.1	59.4~66.8
(CL-CL ₀)/(M-M ₀)	58.3~75.2	53.1~74.2	58.5~74.0

ここでは、異なる網目の選択曲線を推定するため、当業船の多くが使用している9節の網目に最も近い7節の試験結果を参考にした。50%選択頭胸甲長が実測値に近似する〔(頭胸甲長-CL₀)/(網目内径-M₀)〕の値のうち1990年の〔(CL-12.8)/(M+17.2)〕を理論的な選択性(X)として適当と考え、次の資源計算に用いた。選択曲線は

$$Y=100 / [1 + 39.072 \cdot \text{EXP}(-28.649 \cdot X)] \quad \text{によって表わした。}$$

IV 資源量予測

1. 発生年級群豊度に基づく資源量予測

試験船の曳網調査で得られた発生年級群豊度に基づき、短期的な資源量動向を予測した。ここで、漁獲対象年齢は2-11歳であるが、年齢別の利用度は網目のほかにエビの移動生態により操業海域によっても異なると考えられる。

当漁船の多くが使用している網目9節のときの年齢別の選択率を先の理論式より推定すると、2.5歳で13.80%、3.5歳で55.04%、4.5歳で85.54%であった。また、試験船と標本漁船調査によって得られた年次別年齢別漁獲尾数の相対変化から(表7)、年齢別の利用度を同一年級の年齢別漁獲尾数に対数回帰直線を当てはめて推定すると、満2歳で0.000-0.053、満3歳で0.387-0.394、満4歳で0.681-0.966であった(表21)。更に、標本漁船調査によって、水深別漁獲量は大型エビが分布する水深400-600mに集中して好漁場を選択的に操業していることから(図19)、実際の小型エビに対する年齢別の利用度はこれらの値よりも幾分低いと考えられる。そこで、年齢別の利用度は満2歳で0.02、満3歳で0.3、満4歳で0.7、満5歳以上で1.0と仮定して以下の計算を行った。

表21 年齢別利用度の推定

年 齢	1983年級	1984年級	1985年級	平均値
満2歳	0.000	0.021	0.053	0.025
満3歳	0.394	0.387	0.390	0.39
満4歳	0.685	0.966	0.681	0.78

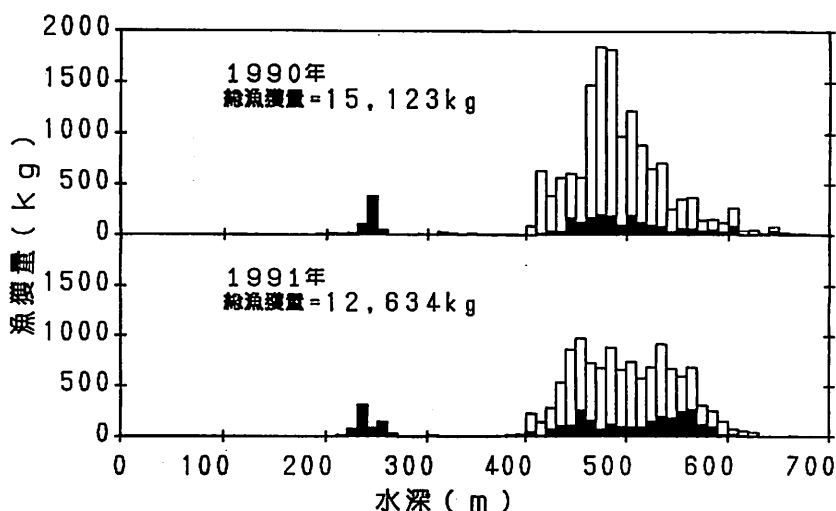


図19 底びき網標本漁船の水深別漁獲量 (黒塗部: 抱卵個体)

1976年以降の発生年級群豊度と上記の仮定および生物・資源特性値に基づき、最新データの底びき網漁獲量371 t (1990年)に合わせてX+0.5歳の年次別年齢別資源尾数を1993年まで推定した(表22)。これから、1977-1993年の1.5歳の資源尾数は5,500-131,400万尾の間で変化した。また、試験船の曳網調査による満2歳の採集尾数(発生年級群豊度)から初期資源尾数を推定すると、1.5歳の絶対量への変換はおおよそ2,800万倍であった。次に、年次別年齢別資源尾数から、漁獲強度を一定とみなして漁獲量の経年変化を計算結果に影響の少ない1984-1993年について推定した。推定値は、これまでの石川県沖合海域の水揚量変化と比較的よく似た結果を示した(図20)。石川県沖合海域の漁獲強度は、大和堆出漁の影響を受けるため、この点を補正できればかなり一致すると考えられる。

表22 発生年級群豊度に基づき推定した資源尾数、漁獲尾数、漁獲量

資源尾数(万)																	
年齢/西暦年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1	37,800	131,400	120,900	61,500	53,800	39,500	13,500	5,500	94,100	70,700	27,300	31,200	110,700	52,400	115,900		
2		22,676	78,826	72,527	36,894	32,274	23,666	8,089	3,299	56,450	42,413	16,377	18,717	66,408	31,435	69,528	
3			13,535	47,052	43,292	22,022	19,255	14,144	4,834	1,969	33,695	25,316	9,776	11,172	39,639	18,763	41,501
4				7,512	26,113	24,027	12,222	10,682	7,850	2,683	1,093	18,701	14,050	5,425	6,200	22,000	10,414
5					3,719	12,930	11,896	6,051	5,294	3,887	1,328	541	9,259	6,957	2,686	3,070	10,893
6						1,675	5,821	5,356	2,725	2,383	1,750	588	244	4,169	3,132	1,209	1,382
7							754	2,621	2,411	1,227	1,073	799	269	110	1,877	1,410	545
8								339	1,180	1,086	552	483	355	121	49	845	635
9									153	531	489	249	218	160	55	22	380
10										69	239	220	112	98	72	25	10
11											31	108	108	50	44	32	11
合計											109,963	94,581	94,581	147,070	201,090	116,906	66,771
漁獲尾数(万)																	
年齢/西暦年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2		90	312	287	146	128	94	32	13	223	168	65	74	263	124	275	
3			803	2,791	2,568	1,306	1,143	839	287	117	1,999	1,502	580	663	2,351	1,113	2,462
4				1,040	3,614	3,325	1,692	1,480	1,086	371	151	2,588	1,945	751	858	3,045	1,441
5					735	2,556	2,352	1,197	1,047	769	263	107	1,931	1,376	531	607	2,154
6						331	1,151	1,059	569	471	346	118	48	824	619	239	273
7							149	518	477	243	512	156	53	22	371	279	108
8								67	233	215	109	96	70	24	10	167	126
9									30	105	97	49	43	32	11	4	75
10										14	45	44	22	19	14	5	2
11											6	21	20	10	9	6	2
合計											3,398	4,745	4,686	3,983	4,899	5,741	6,643
漁獲重量(t)																	
年齢/西暦年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
2		2.2	7.5	6.9	3.5	3.1	2.3	0.8	0.3	5.4	4.1	1.6	1.8	6.4	3.0	6.7	
3			37.4	130.1	119.7	60.9	53.3	39.1	13.4	5.4	93.1	70.0	27.0	30.9	109.6	51.9	114.7
4				74.8	259.9	239.1	121.6	106.4	78.1	26.7	10.9	186.1	139.8	54.0	61.7	218.9	103.6
5					72.8	253.1	232.9	118.5	103.6	76.1	26.0	10.6	181.2	136.2	52.6	50.1	213.2
6						49.4	171.6	157.9	80.6	70.3	51.6	17.6	7.2	122.9	92.3	35.7	40.7
7							22.0	76.5	70.4	35.8	31.3	23.0	7.9	3.2	54.8	41.2	15.9
8								13.4	46.5	42.8	21.8	19.0	14.0	4.8	1.9	33.3	25.0
9									5.6	19.5	17.9	9.1	8.0	5.9	2.0	0.8	13.9
10											1.3	10.3	5.3	4.6	3.4	1.2	0.5
11												4.6	4.2	2.1	1.9	1.4	0.5
合計											269.2	351.9	396.3	370.9	383.2	451.0	528.1

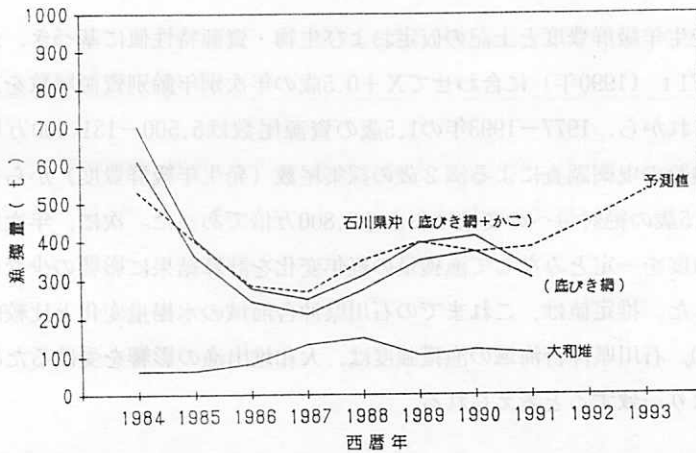


図20 発生年級群豊度に基づき推定した漁獲量と石川県沖合海域、大和堆の漁獲量

ここで推定された年次別年齢別漁獲組成は、試験船の水深別調査で得られた年齢組成とも近かった(図21)。したがって、年齢別の利用度の推定は無理のない値と考えられる。

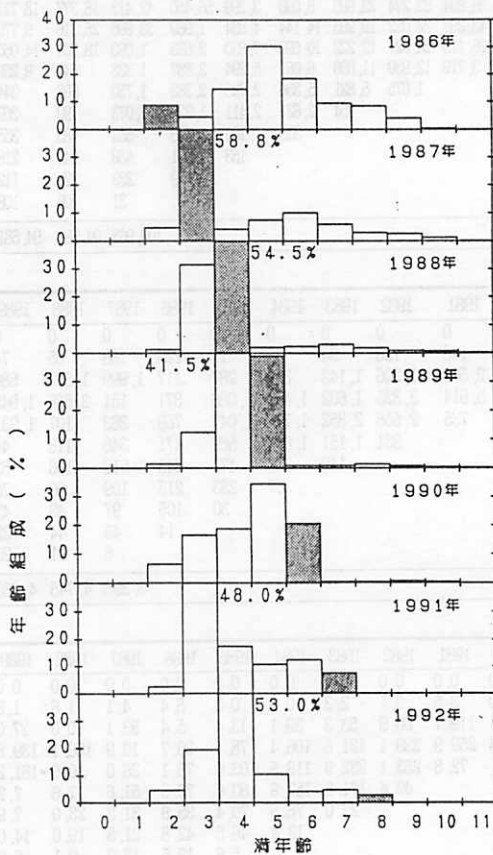


図21 発生年級群豊度に基づき推定した年次別年齢組成

(黒塗：1984年生まれの卓越年級群)

これから、1986-1991年の漁獲対象資源尾数・重量の経年変化は、それぞれ1.2-2.4億尾、1.3-2.0千tであった(表23)。これをコホート解析結果と比較すると、コホート解析の方が0.9-1.5倍高い値が得られた。しかし、経年変化は1991年を除いてほぼ同様であった。すなわち1991年は、コホート解析結果では資源量の減少が示唆されたのに対して、発生年級群豊度に基づく推定では1988年級の卓越群の加入によって資源量の増加が示された。推定資源量の違いについて、発生年級群豊度では、1982年級群を小さく、1988年級群を大きく評価していることが揚げられる。また、コホート解析では、漁獲係数が大きいと資源尾数は小さく、漁獲係数が小さいと資源尾数は大きく評価される。ここで、年次別年齢別漁獲尾数と漁獲係数の推定精度は、まだ不十分と考えられる。したがって、コホート解析が全体的に過大推定となった原因の一つとして、漁獲係数を低めに扱ったことが考えられる。また、1991年の年齢別漁獲係数は、過去の漁獲係数を平均加して、大和堆出漁が多かったにもかかわらず高めに扱ったことが考えられる。すなわち、コホート解析では偏りを含んでいる可能性がある。ここでは、発生年級群豊度に基づく推定資源量の方が実態に近いと考えられる。これによって、1991年の漁獲対象資源は、尾数で約2.4億尾と1988・1989年並み、重量で約1,900 tと1989・1990年並みと推定された。

表23 発生年級群豊度に基づき推定した漁獲対象資源尾数・重量

資源尾数(万尾)						
年齢/西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	1,129	848	328	374	1,328	629
3	591	10,109	7,595	2,933	3,352	11,892
4	1,878	765	13,091	9,835	3,798	4,340
5	3,887	1,328	541	9,259	6,957	2,686
6	2,383	1,750	598	244	4,169	3,132
7	1,227	1,073	788	269	110	1,877
8	1,086	552	483	355	121	49
9	531	489	249	218	160	55
10	69	239	220	112	98	72
11	0	31	108	99	50	44
合計	12,780	17,185	24,000	23,698	20,142	24,776

資源重量(t)						
年齢/西暦年	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2	27.3	20.5	7.9	9.1	32.1	15.2
3	27.5	471.1	353.9	136.7	156.2	554.2
4	135.0	55.0	941.2	707.2	273.1	312.1
5	384.8	131.5	53.6	916.7	688.7	265.9
6	355.4	260.9	89.2	36.3	21.616	467.0
7	181.2	158.5	116.4	39.8	2	277.2
8	216.5	110.1	96.3	70.7	24.2	9.8
9	98.5	90.6	46.1	40.3	29.6	10.1
10	16.3	56.7	52.2	26.5	23.2	17.1
11	0.0	6.7	23.1	21.2	10.8	9.5
合計	1,422.5	1,361.6	1,779.9	2,004.5	1,875.7	1,938.1

これらの値は、標本漁船調査で得られた資源量指数とおおむね正の相関を示した(図22)。すなわち、資源量指数によって、年齢組成に大きな変化がなければ漁獲対象資源量を推定することができる。

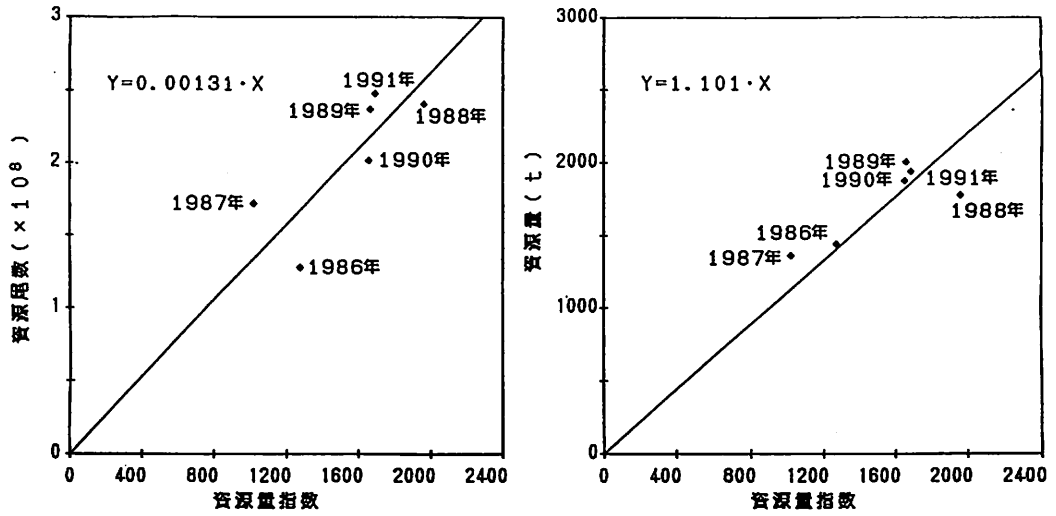


図22 資源量指数と発生年級群豊度に基づき推定した漁獲対象資源尾数・重量の関係

発生年級群豊度に基づく推定資源量によって、石川県沖合海域の1985年以降の漁獲量変動のうち、1986・1987年の水揚量の減少は、豊度の低い1982・1983年級群の加入によって漁獲対象資源量が減少したためと考えられる。また、1988年以降は、豊度の高い1984・1985年級群の加入によって資源量は増加傾向にあることが示された。すなわち、近年の漁獲量変動は発生年級群豊度の影響が大きく、漁獲量の増加は小数の卓越した年級群によって維持されていることが

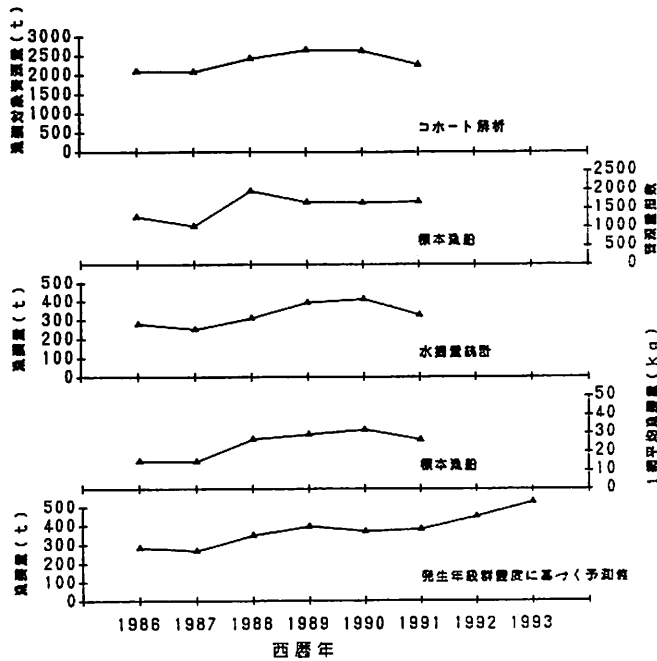


図23 水揚量統計、標本漁船調査、コホート解析結果と発生年級群豊度に基づき推定した漁獲量

分かる。また、水揚量統計、標本漁船調査、コホート解析結果のいずれもが1988年以降の資源量の増加を裏付けている(図23)。これによって、将来的な資源量変動は、豊度の高い1988年級群の加入によって1991年をトラフに増加の兆しがある。更に、1990年級群の豊度も高いため、卓越群の相次ぐ発生によって期待の持てる資源状態を示している。

なお、1991年の年齢別資源尾数に基づき、現在の開発水準 ($F=0.287$) をみると、漁獲量が F_{MAX} の40%、産卵親エビ量が F_0 の75%に相当し、適度であることを示している(図24)。したがって、現在の漁獲パターンが維持される限り、資源に与える影響は小さいと判断される。

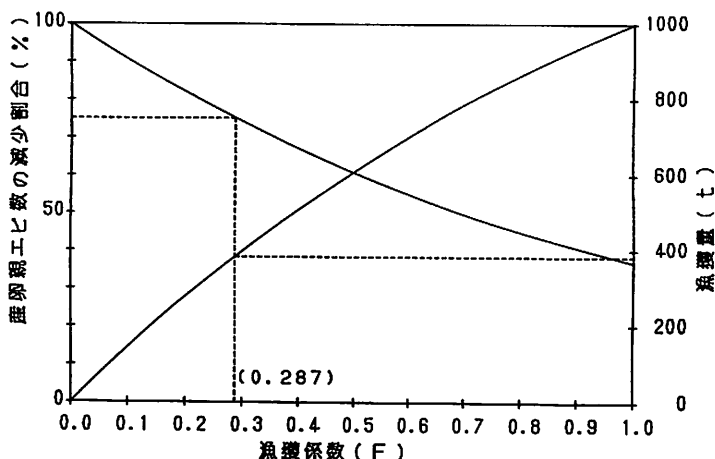


図24 漁獲係数と抱卵親エビ数、漁獲量の関係

2. 再生産関係に基づく資源量予測

漁獲量と発生年級群豊度の間に一定の関係が認められたことから(図10)、発生年級群豊度に基づく年次別年齢別資源尾数によって、抱卵親エビ数(E)と1.5歳の資源尾数(R)の関係を求めた。ここでは親の量の増加にともなって仔の量の減少する傾向が認められることから、リッカー型の再生産曲線を当てはめた(図25)。ここで、本種の性転換年齢の多くは5歳半であるが、4歳半の場合も認められ、しかも隔年産卵を行うことから、ふ出期に当たる抱卵親エビ数は7歳以上の半数として計算した。

親子関係を示すデータにはばらつきが多いが、抱卵親エビ数に対して1.5歳の資源尾数は、1986・1987年のように少ない年と、1984・1988・1990年のように多い年に分かれた。親の量に対して発生量の多い年と低い年では発生量の最も多い時で約4倍の差が認められた。しかし、いずれの場合でも、抱卵親エビ数がおよそ2,000万尾のときに最大発生量が期待できることが分かる。再生産関係には、親エビの量のほかに、ふ出後の生き残り量を左右する自然現象の影響が大きいと考えられる。初期の減耗要因は今後の課題であり、現状では将来の加入量を予測することは困難である。ここでは平均的に求め、再生産式は

$$R = 73.558 \cdot E \cdot \text{EXP}(-0.000394 \cdot E) \quad \text{によって表わした。}$$

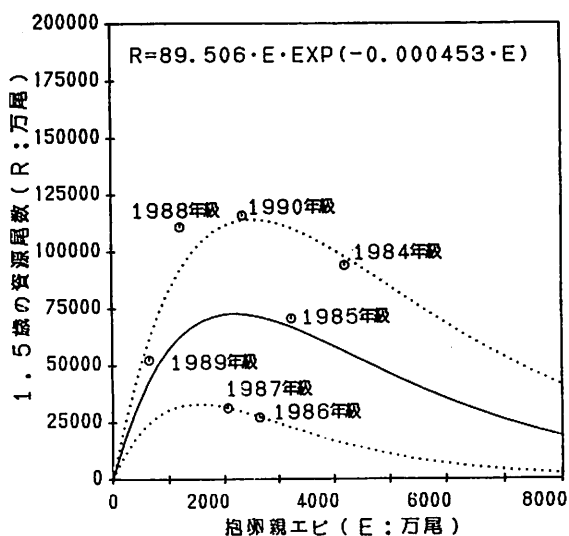


図25 抱卵親エビと1.5歳の資源尾数の関係

すなわち、抱卵親エビ数が2,000万尾のとき、親エビ1尾当たりの発生量は33.4尾となる。親エビ1尾当たりの抱卵数は2,782-4,253粒なので（石川水試，1990）、1.5歳までに約1%が生き残れば高い再生産関係を維持できる。

発生年級群豊度によって求めた1991年の年齢別資源尾数を基に、漁獲強度を一定とみなし、再生産式を入れて15年先までの資源尾数・重量（漁獲対象資源尾数・重量）、漁獲尾数・重量、漁獲金額の変化を予測した（図26）。これから、資源尾数の変化は1.5歳の資源尾数の影響が大きく、1990年級群が大きいために一旦減少して収束するが、資源重量、漁獲量、漁獲金額はいずれも一旦増加して収束する傾向が示された。近年では1990年の発生年級群豊度がずば抜けて大きいので、漁獲量、漁獲金額とも再生産関係とその後の生き残りに大きな変化がなければ1994-1995年にピークを迎えると予測される。また、この場合、資源量の安定によって期待さ

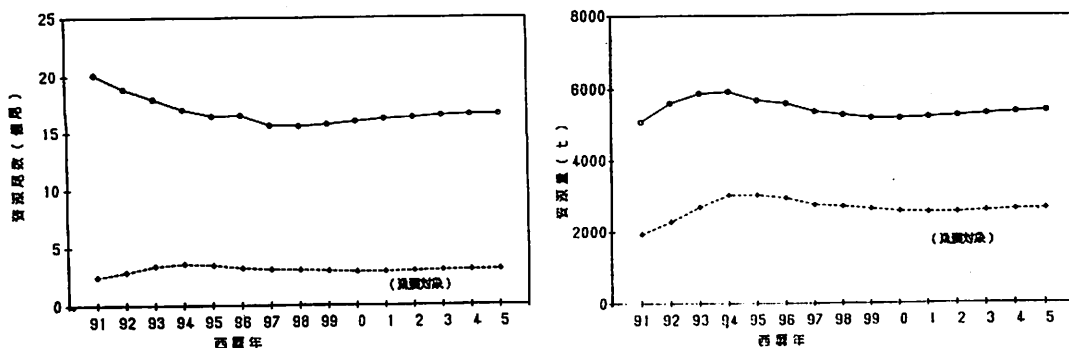


図26 再生産関係に基づく資源尾数・重量、漁獲尾数・重量、漁獲金額の予測

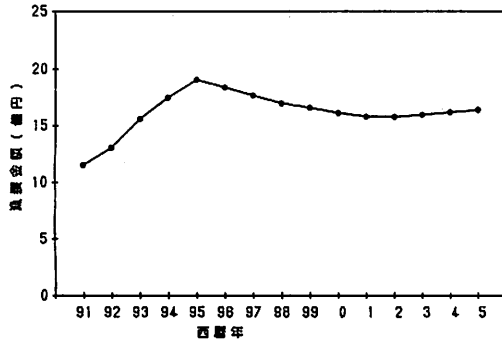
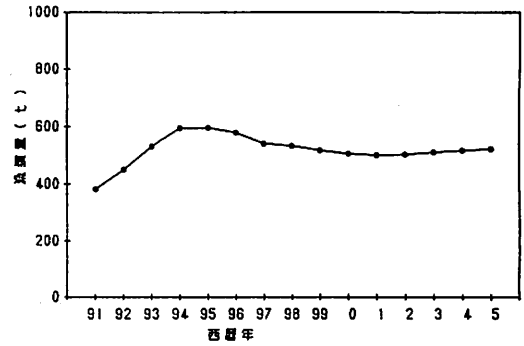
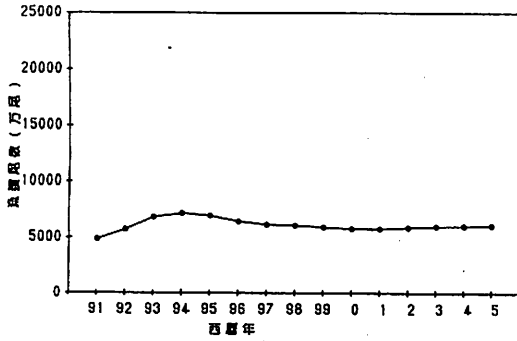


図26 続き

れる値は、資源尾数が約15億尾、漁獲対象資源尾数が約2.5億尾（資源尾数のおよそ15%）、資源重量が約5,500 t、漁獲対象資源重量が約2,500 t（資源重量のおよそ45%）、漁獲尾数が約5,500万尾、漁獲重量が約500 t、漁獲金額が約15億円であった。

V 資源管理

ホッコクアカエビ資源の合理的な利用は、漁獲開始年齢が満4歳から満5歳になるまでの間で、それに適した網目はおよそ6節であることを示した。しかし、石川県加賀海域の特徴として、混獲物が多いために網目選択性が高く、網目選択曲線も長シグモイド型を示してシャープでないことが分かった。そこで、網目の効果を比較するため、網目選択曲線から6-10節の網目を用いた場合の年齢別の選択率を計算した(表24)。これによって、1991年の年齢別資源尾数を基に再生産式を入れて14年先まで網目の違いによる資源尾数・重量、漁獲尾数・重量、漁獲金額の変化を予測した(図27)。資源尾数は1990年級群がずば抜けて大きいため、いずれの網目を使用しても当初の減少が急であるが、資源重量は再生産関係の安定によって1991年を上回る状態が続くと予測された。そして細かい網目を使用した場合ほど資源尾数・重量は低下する傾向が示された。しかし、この程度の網目の違いでは、資源に対する影響は小さかった。一方、漁獲尾数・重量は増加傾向にあって細かい網目ほど多く、漁獲金額も同様であった。また、漁獲金額は加入尾数に大きな変化がなければ9-10節の網目でほとんど差がなかった。また、資源量、漁獲量、漁獲金額とも網目を少し違えただけでは変化の差は小さかった。しかも、いずれの網目を使用しても、漁獲金額は現在の漁獲パターンで推移した場合の期待値と同等か下回ることが予測された。

表24 網目の違いによる年齢別選択率（利用度）

年齢	頭部甲長 (mm)	10節 (網目内径33mm)	9節 (37mm)	8節 (43mm)	7節 (50mm)	6節 (60mm)
2.5	16.3	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08
3.5	20.1	0.62	0.55	0.45	0.37	0.27
4.5	23.1	0.90	0.86	0.77	0.67	0.54
5.5	25.6	0.97	0.96	0.92	0.86	0.75
6.5	27.5	1.00	1.00	0.96	0.93	0.86
7.5	29.1	1.00	1.00	1.00	0.96	0.92
8.5	30.3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

同様にして漁獲開始年齢を2-6歳とした場合の違いを比較した(図27)。資源尾数はやはり1990年級群がずば抜けて大きいため、いずれの漁獲開始年齢でも当初は減少傾向にあるが、資源重量は漁獲開始年齢が4歳以上であれば1991年を上回る状態が続くと予測された。資源尾数・重量は漁獲開始年齢が若いほど資源に対する悪影響が示された。ここで、資源尾数は4歳を境に、資源重量は5歳を境に一時的な低下が認められるが、豊度の低い1986・1987年級群が抱卵親エビに成長して再生産関係が悪化するためと考えられる。一方、漁獲尾数・重量は漁獲開始年齢が若いほど多く、漁獲尾数・重量とも4歳以下であれば1991年を上回る状態が続くと予測された。また、漁獲量は、漁獲開始年齢が2-3歳でほとんど差はなかった。漁獲金額は、加入尾数に大きな変化がなければ、再生産関係の安定によって5歳以下であれば1991年を上回る状態が続き、4歳、3歳、5歳、2歳の順に高かった。ここで、漁獲開始年齢が満3歳では資源重量の低下が認められるため、満4歳から満5歳になるまでの間とすることが、資源に与える影響も少なく、資源の合理的利用に適していることが裏付けされた。また、資源量、漁獲量、漁獲金額とも漁獲開始年齢を違えることによって変化の差は大きかった。しかも、漁獲開始年齢を4歳とすることで、漁獲金額は現在の漁獲パターンで推移した場合の期待値を上回ることが予測された。

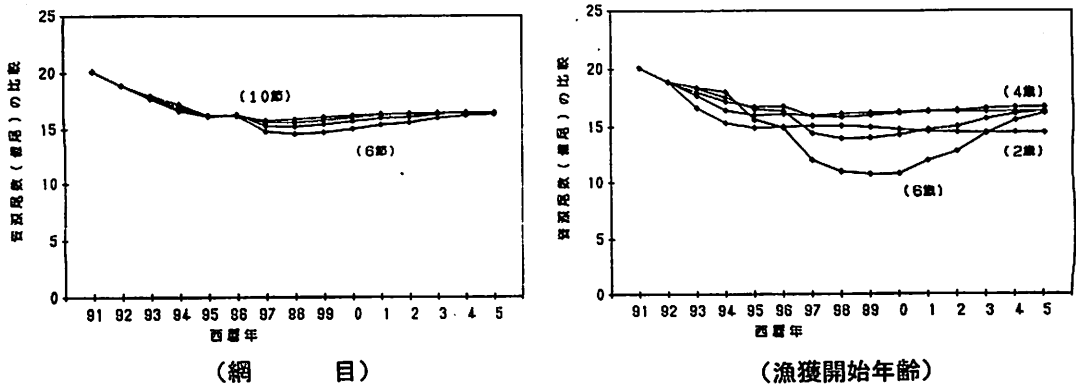
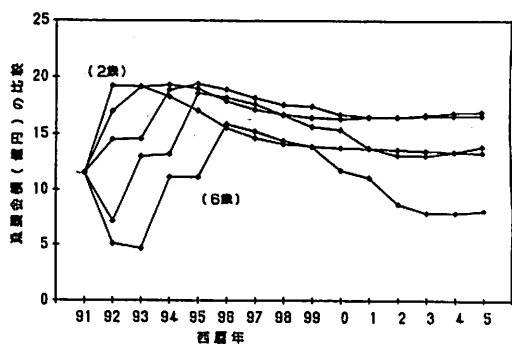
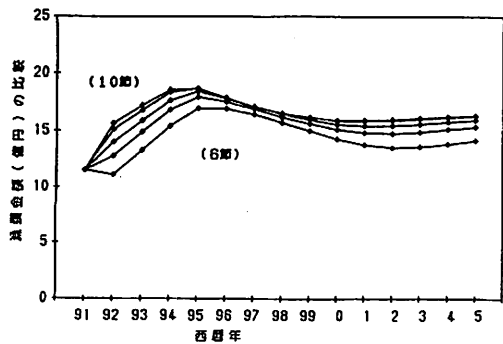
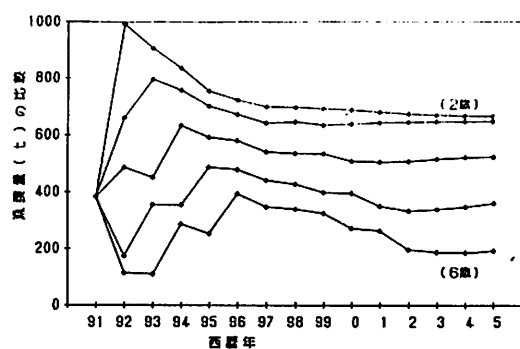
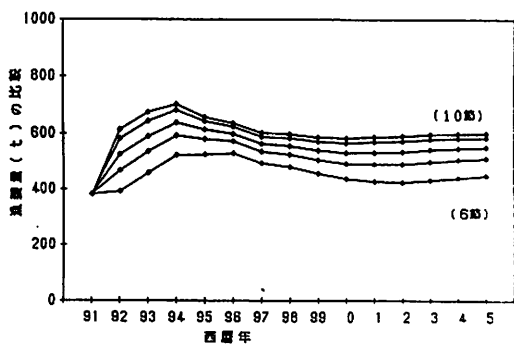
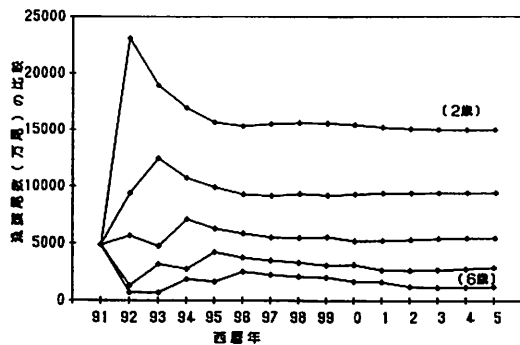
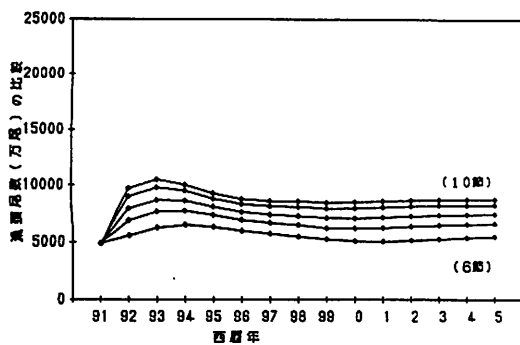
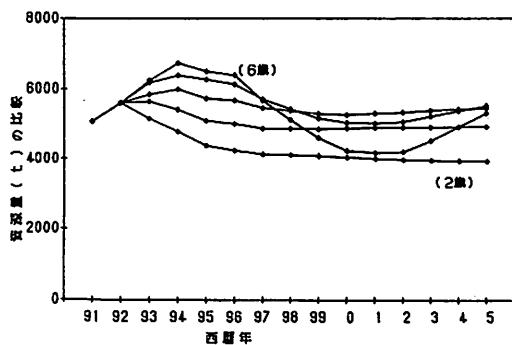
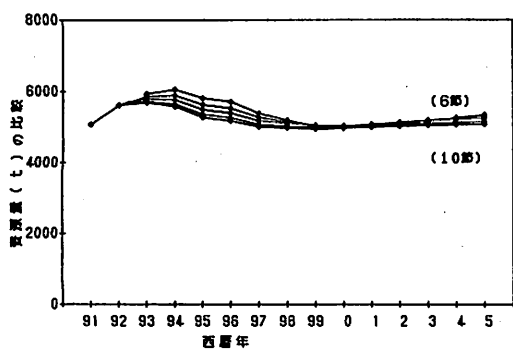


図27 網目と漁獲開始年齢を変化させた場合の資源尾数・重量、漁獲尾数・重量、漁獲金額の予測



(網 目)

(漁獲開始年齢)

図27 続き

以上のことから、網目と漁獲開始年齢では、漁獲開始年齢を変化させた方が漁獲量、漁獲金額ともダイナミックに変化することが明らかであった(表25)。したがって、本種の資源利用には漁獲開始年齢を満4歳から満5歳になるまでの間とすることの妥当性が示された。しかし、実際には底びき網の網目選択性によって漁獲年齢を明確に仕分けることは困難である。一方、本種は浮遊幼生が水深300m前後に稚エビとなって着底した後、成長にともなって徐々に水深の深い方へ移動する生態的特徴を有する。このことから、400m以浅の操業を避けることによっても、4歳未満の漁獲をかなり少なくすることが期待される。

表25 網目と漁獲開始年齢を変化させたときの特徴

項目	網目 (10節から6節へ)	漁獲開始年齢 (2歳から6歳へ)
資源尾数	あまり変化せず	4, 3歳で最高を示す
資源重量	あまり変化せず	4, 5歳で最高を示す
漁獲尾数	徐々に減少	低い年齢で急激に減少
漁獲量	徐々に減少	高い年齢で急激に減少
漁獲金額	徐々に減少	4, 3歳で最高を示す

石川県加賀海域では、エビ場で操業する底びき網漁船のほとんどが9節の網目を使用している。このことによっても、加入群が乱獲される危険性が軽減されることを示した。しかし、4歳未満の漁獲尾数は依然として多い現状にあり、資源を合理的に利用しているとは言い難い。網目によって資源の合理的利用を進めて行くには、加賀海域では網目選択曲線が長シグモイド型を描くため、網目を少し大きくしたり角目に替えただけでは効果が小さい。しかしながら、一挙に6節の網目とすることは、混獲される他のエビ類(トゲザコエビ、エビジャコ類)やノログングの漁獲減によって経済的な損失が大き過ぎる。そこで、現実的に実行可能な方法として、網目に関しては9-10節で漁獲金額にほとんど差のないことから現状の9節程度に留めても、400m以浅の操業を出来るだけ避けることは、網目を拡大したのと同じ効果に匹敵すると考えられる。

既に、石川県機船底曳網漁業協同組合では、エビ資源の保護のために脱皮時期の6月に自主的な操業規制海域を設けている。その他に、ズワイガニ資源の保護を目的とした操業規制海域も設けている(図28)。しかし、これらだけでは海域・期間とも十分ではない。ホッコクアカエビ資源は当面、増加傾向にあり、現在の開発水準であれば資源に与える影響は小さいことが分かった。しかし、本種は発生年級群豊度の変化が激しい特徴があり、資源管理を怠らない注意が必要である。そのためには、発生年級群豊年度を注視して、抱卵親エビを適正量に保つことが重要である。また、本種は日周的な鉛直移動をすることが報告されている(Barr, 1970)。標本漁船の大和堆における日中と夜間の銘柄別の1網平均漁獲量を比較した結果では、夜間の漁獲量が少なく、しかも

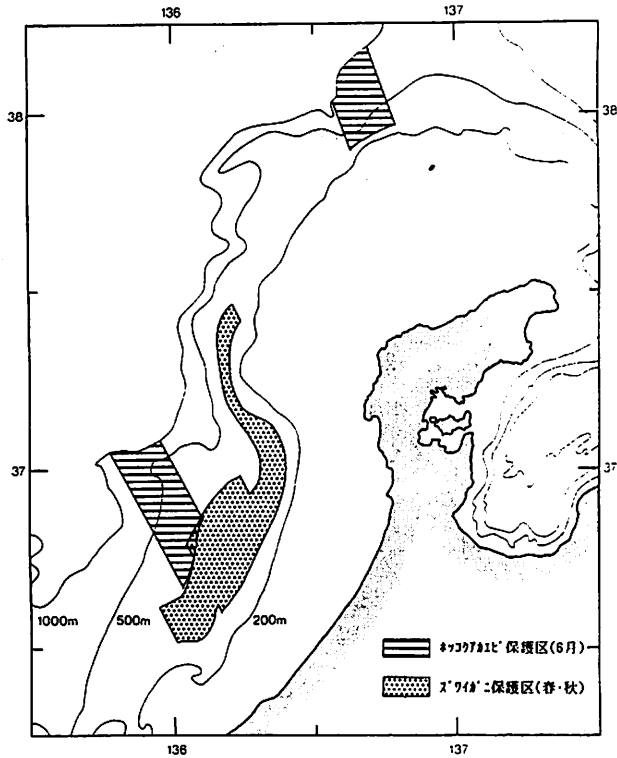


図28 石川県機船底曳網漁業協同組合が資源保護のために定めている操業規制海域

小型エビの漁獲割合の低下する現象が認められた(貞方, 未発表)。したがって、将来的には鉛直的な移動生態を究明することによっても、資源管理に貢献できると考えられる。しかし、漁獲努力量も網目も現状のままにしてホッコクアカエビ資源を合理的に利用して行くには、若齢エビの保護海域の設定を改めて検討することが重要である。

文 献

- Barr, L. (1970) Diel vertical migration of *Pandalus borealis* in kachemak Bay, Alaska.
J. Fish. Res. Bd. Canada 27 : 669-676.
- 石川県水産試験場 (1990) 平成元・2年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告書. 石川水試資料, (171), 74pp.
- 日本海ホッコクアカエビ研究チーム (1991) 特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究 総合報告書. 120pp.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠 (1988) 水産資源学. 東京大学出版会, 217pp.
- 岡田啓介 (1974) 東シナ海・黄海産マダいの漁業生物学的研究. 西水研報告, (44), 49-185.
- 貞方 勉 (1991) 日本海中部海域におけるホッコクアカエビの生態と資源について. 日本海ブロック試験研究集録, 日水研, (22), 11-38.
- 島本信夫 (1988) 複数年級群のためのVirtual Population Analysis-1. パソコンによる資源解析プログラム集, 東水研数理統計部編, 134-143.
- 田中昌一 (1956) Polymodal な度数分布の一つの取扱方法及びそのキダイ体長組成解析への応用. 東海水研報告, (14), 1-13.
- Thorsteinsson, G. (1992) The use of square mesh codends in the icelandis shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. Fish. Res., 13 : 255-266.
- Tokai T. and T. Kitahara (1989) Methods of determining the mesh selectivity curve of trawl-net. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(4), 643-649.