

小型底びき網で漁獲される小型エビ類網目選択性

佐野 二郎
(研究部)

Mesh selectivity curve of a shrimp beam trawl for smallsize shrimp

Jiro SANO
(Research Department)

筑前海で操業されている小型底びき網については、1999年より量的管理と質的管理を組み合わせた複合的資源管理の実践に取り組み、これまで質的管理については小型エビ類を主体とした活魚出荷の取り組みによる単価向上が、量的管理については魚捕り部の目合拡大により小サイズのエビが曳網時に網外に逃避する効果が認められている。更に魚捕り部の目合拡大は、小型エビ類の活魚出荷割合を高めるといった質的管理効果も期待されることがわかってきた。

今後、これらの成果を総合的にまとめ漁業者に普及啓発していくためには、目合拡大による量的効果、質的效果を具体的な数字で求め漁業者に示す必要がある。この効果算定に必要な小型エビ類の網目選択性曲線を決定するため、モデルとなる曲線の型の検討を行い、それぞれの魚種について適正な論理式の型を決定したので報告する。

また、これまで小型底びき網では、任意の目合の網目選択性曲線が推定可能なカバーネット試験が広く行われてきたが、¹⁾カバーネット試験では使用する網や操業方法が通常の操業と大きく異なることによる影響が問題とされていた。そのため、カバーネット試験で求めた網目選択性曲線と実際の操業条件下で求めた網目選択性曲線について、形状、それぞれの網目選択性曲線から推定した漁獲尾数を比較検討した結果、カバーネット試験で得られた網目選択性曲線の有効性が認められたので報告する。

ンドを切断し、代わりに目合10節、12節、14節のそれぞれのコードエンドを目合20節のカバーネットで覆った試験網を取り付けたものである。カバーネットによる試験では、漁獲物によるコードエンド内の目詰まり(マスキング効果)が問題となる。このマスキング効果を最小限に抑えるため、カバーネットの長さをコードエンドの1.5倍とした。¹⁾曳網時間は30分、曳網回数は2回とし、コードエンド、カバーネットそれぞれで漁獲された小型エビ類をセンターに持ち帰った後魚種別にパンチングをおこなった。このパンチングデータからそれぞれの魚種における体長区間別尾数を計数し、その結果をもとに目合い別体長区間別の網目選択率を次式により求めた。¹⁾

$$\text{網目選択率} = \frac{\text{コードエンド内での漁獲尾数}}{\text{カバーネットとコードエンド内での漁獲尾数}}$$

網目選択率の観測値をもとに10節、12節、14節それぞれの目合における網目選択性曲線を、MS-Excel アドインソフトウェアを用い、Logistic 式、Richard 式それぞれで表現

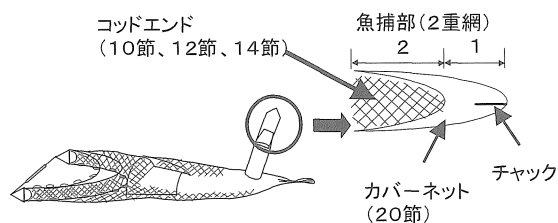


図1 カバーネット試験漁具

材料及び方法

1. カバーネット試験

2001年9月に糸島郡二丈町福吉～大入地先の唐津湾で、小型底びき網カバーネット試験をおこなった。試験に用いた漁具は図1に示すとおり、小型底びき網漁具のコードエ

した論理式のパラメータを推定し、適正解収束時のAIC(赤池情報量基準)を求めた。Logistic 式、Richard 式ともシグモイド型の曲線を表現する論理式であり、それぞれ次式を用いて表現した。²⁾

Logistic 式

$$R(L) = 1 / (1 + \exp(a + bL))$$

Richard 式

$$R(L) = 1 / (1 + \exp(a + bL^c))$$

R(L)……体長 L のときの網目選択率

L ……体長

また、ソルバー起動のための MS-Excel シートへのデータ及び論理式の入力には次の作成例に基づきおこなった。

【 Logistic 式パラメータ推定のための Excel シート】

セル範囲	入力内容
\$A\$8:\$A\$21	……体長 (10~80mm を5mm 間隔で入力)
\$B\$8:\$B\$21	……コッドエンド内の漁獲尾数 (A)
\$C\$8:\$C\$21	……カバーネット内の漁獲尾数 (B)
\$D\$8:\$D\$21	……総漁獲尾数 (A+B)
\$E\$8:\$E\$21	……選択率 (A/A+B)
\$F\$8:\$F\$21	……選択率の Logistic 推定値 入力式: =1/(1+exp(A8*\$F\$3+\$F\$2))
\$G\$8:\$G\$21	……階級毎の尤度 入力式: =combin(D8,B8)*(F8^B8)*((1-F8)^C8)
\$H\$8:\$H\$21	……階級毎の対数尤度 入力式: =Ln(G8)
\$H\$2:	……ソルバーの目的セル 入力式: =SUM(H8:H21)
\$F\$2:\$F\$3	……ソルバーの変化させるセル (適正解収束時には Logistic 式パラメータになる)

【 Richard 式パラメータ推定のための Excel シート】

セル範囲	入力内容
\$A\$8:\$A\$21	……体長 (10~80mm を5mm 間隔で入力)
\$B\$8:\$B\$21	……コッドエンド内の漁獲尾数 (A)
\$C\$8:\$C\$21	……カバーネット内の漁獲尾数 (B)
\$D\$8:\$D\$21	……総漁獲尾数 (A+B)
\$E\$8:\$E\$21	……選択率 (A/A+B)
\$F\$8:\$F\$21	……選択率の Logistic 推定値 入力式: =1/(1+exp(A8*\$F\$3+\$F\$2)^\$F\$4)
\$G\$8:\$G\$21	……階級毎の尤度 入力式: =combin(D8,B8)*(F8^B8)*((1-F8)^C8)
\$H\$8:\$H\$21	……階級毎の対数尤度 入力式: =Ln(G8)
\$H\$2:	……ソルバーの目的セル (対数尤度の和) 入力式: =SUM(H8:H21)
\$F\$2:\$F\$4	……ソルバーの変化させるセル (適正解収束時には Richard 式パラメータになる)

いずれもソルバーの起動条件として反復計算回数を100回、制限時間を5分に設定した。

AICは赤池が提唱したモデル選択の情報量基準となる数値であり、次式により求めた。³⁾

$$AIC = -2 \times (\text{最大対数尤度}) + 2 \times (\text{パラメータ数})$$

次に、AICの値が低い値を示した Logistic 式を用いて、任意の網目選択性曲線の推定をおこなった。任意の網目選択性曲線は体長を L , 目合をmとしたときに L /mの関数で示される。しかし、L /mを変数とした網目選択性曲線の座標は原点を通らない。そのため、原点を通る曲線に補正するために、目合と体長の単純な比例関係からのずれを表すパラメータ L₀、m₀を与えた次式により¹⁾、MS-Excel アドインソフトソルバーを用いてパラメータ推定をおこなった。

$$R(L/m) = 1 / (1 + \exp[a + b \times (L - L_0) / (m - m_0)])$$

R(L/m)……体長 L , 目合mのときの網目選択率
L ……体長
m ……目合の内径 (303/節数)

2. 比較操業試験

小型エビ類の当歳群が漁獲対象となるのは9月からであり、特に9、10月の2ヶ月は前年群と当歳群の両方が漁獲され漁獲体長組成が比較的幅広くなる。よって2002年9月、10月に糸島郡志摩町姫島地先の唐津湾で、同規模の性能を持つ2隻の小型底びき網漁船を用船し、1隻は小型底曳網魚捕り部の目合を14節にもう1隻は12節に設定して比較操業をおこなった。曳網時間は90分とし、試験当日漁獲された漁獲物のうち最後の1曳網分すべての漁獲物を未選別のまま持ち帰り、魚種別にパンチングをおこなった。漁獲された小型エビ類のうち、漁獲が僅かであったアカエビを除く3種(キシエビ、サルエビ、ツノソリアカエビ)について、体長区間別にそれぞれの目合で漁獲された尾数を集計し、12節、14節両方で漁獲された尾数に対する12節で漁獲された尾数の割合を求めた。求められた観測値から Millar and Walsh によるSELECTモデル⁴⁾⁵⁾を用いて網目選択性曲線を求めた。SELECTモデルとは、コッドエンドの目合が大小2種類あり、体長 L の魚種について大目合と小目合の網でそれぞれ漁獲された割合をもとに網目選択性曲線を推定するモデルである。つまり、体長 L の魚種が大きな目合のコッドエンドと小さな目合のコッドエンドに入る数をN_{L1}、N_{S1}、その合計をN_iとし、分割率パラメータp=N_{L1}/N_iがある場合、N_{L1}、N_{S1}はそれぞれpN_i、(1-p)N_iで表すことができる。大きな目合のコッドエンドで漁獲される尾数n_{L1}は、体長Lの網目選択率をR(L)とするとpR(L)N_iとなる。このとき両方の網で漁獲される総尾数のうち大きな目合のコッドエンドに留まる尾数の割合Φ_iは、

$$\Phi_i = \frac{n_{L1}}{n_{L1} + n_{S1}} = \frac{pR(L)}{pR(L) + 1 - p}$$

となる。⁴⁾⁵⁾

表 2 カバーネット試験によるキシエビの体長別網別漁獲尾数

体長(mm)	10節		12節		14節	
	カバーネット	コッドエンド	カバーネット	コッドエンド	カバーネット	コッドエンド
10～15	1	0	2	0	3	0
15～20	17	0	46	0	27	1
20～25	37	3	174	2	70	8
25～30	93	6	292	13	114	28
30～35	198	18	272	31	102	57
35～40	153	18	186	61	45	86
40～45	119	23	151	120	47	132
45～50	135	56	132	187	33	134
50～55	94	65	71	156	9	121
55～60	17	29	14	51	0	57
60～65	0	4	1	10	0	6
65～70	0	2	0	0	0	0
計	864	224	1,341	631	450	630

表 3 カバーネット試験によるサルエビの体長別網別漁獲尾数

体長(mm)	10節		12節		14節	
	カバーネット	コッドエンド	カバーネット	コッドエンド	カバーネット	コッドエンド
10～15	1	0	10	0	12	0
15～20	35	0	73	2	68	3
20～25	195	19	406	8	325	35
25～30	390	53	607	45	340	134
30～35	258	49	305	57	143	173
35～40	131	30	218	127	55	215
40～45	128	54	141	216	21	207
45～50	95	98	47	223	3	121
50～55	62	86	9	140	1	62
55～60	17	41	2	62	0	30
60～65	6	27	0	32	0	7
65～70	3	12	0	7	0	3
70～75	0	1	0	0	0	2
75～80	0	0	0	0	0	1
80～85	0	0	0	0	0	1
85～90	0	0	0	1	0	0
90～95	0	0	0	0	0	1
計	1,321	470	1,818	920	968	995

表 4 カバーネット試験によるサルエビの体長別網別漁獲尾数

体長(mm)	10節		12節		14節	
	カバーネット	コッドエンド	カバーネット	コッドエンド	カバーネット	コッドエンド
10～15	1	0	2	0	3	0
15～20	17	0	46	0	27	1
20～25	37	3	174	2	70	8
25～30	93	6	292	13	114	28
30～35	198	18	272	31	102	57
35～40	153	18	186	61	45	86
40～45	119	23	151	120	47	132
45～50	135	56	132	187	33	134
50～55	94	65	71	156	9	121
55～60	17	29	14	51	0	57
60～65	0	4	1	10	0	6
65～70	0	2	0	0	0	0
計	864	224	1,341	631	450	630

表5 論理式のパラメータ

論理式	魚種	節数	a	b	c
Logistic式	アカエビ	10	7.050404127	-0.121573647	—
		12	8.02452378	-0.175421893	—
		14	7.117569762	-0.211702771	—
	キシエビ	10	6.105996016	-0.11030012	—
		12	6.979467858	0.152651104	—
		14	5.596937607	-0.155877144	—
	サルエビ	10	4.794359979	-0.097459133	—
		12	8.441033243	-0.209885492	—
		14	6.105996016	-0.11030012	—
	ツノソリアカエビ	10	6.105996016	-0.11030012	—
		12	6.979467858	0.152651104	—
		14	5.596937607	-0.155877144	—
Richard式	アカエビ	10	-16.2289	47.97964	-0.26279
		12	-230.242	256.7434	-0.02862
		14	-276.659	300.8896	-0.02403
	キシエビ	10	-156.236	175.1187	-0.0282
		12		収束不可	
		14		収束不可	
	サルエビ	10	-256.489	271.3222	-0.01444
		12	-20.14	75.7899	-0.36035
		14		収束不可	
	ツノソリアカエビ	10	-156.236	175.1187	-0.0282
		12		収束不可	
		14		収束不可	

表6 適正解に収束したときのAIC

魚種	節数	Logistic式	Richard式
アカエビ	10	64.7 <	84.9
	12	72.9 <	81.3
	14	-36.6 <	-30.3
サルエビ	10	35.4 <	48.6
	12	62 <	93.2
	14	-17.4	収束不可
ツノソリアカエビ	10	28.87 <	39.3
	12	46	収束不可
	14	53.55	収束不可
キシエビ	10	28.87 <	39.3
	12	46	収束不可
	14	53.55	収束不可

Logistic 式パラメータ推定にあたっては、すべての魚種、目合においてソルバー設定条件内で適正解に収束したが、Richard 式パラメータ推定にあたってはキシエビの12節、14節、サルエビの14節、ツノソリアカエビの12節、14節の5ケースで適正解に収束しなかった。

次にそれぞれのAICを表6に示した。いずれの魚種も適正解に収束した7ケースすべてで Logistic 式が低い値を示した。

全ての魚種、目合で適正解に収束し、かつAICが低い値を示した Logistic 式を用い、任意の網目選択性 Logistic 曲線のパラメータ推定をおこなった。それぞれの魚種における任意の目合の網目選択性曲線を表す論理式は以下のとおりであった。

アカエビ

$$R(L/m) = 1 / \{1 + \exp [6.569359 - 2.16892 * (L - 4.964015) / (m - 12.04926)]\}$$

キシエビ

$$R(L/m) = 1 / \{1 + \exp [6.210563 - 2.71281 * (L - 0.534102) / (m - 5.766922)]\}$$

サルエビ

$$R(L/m) = 1 / \{1 + \exp [3.647083 - 1.803004 * (L - 17.80479) / (m - 14.50078)]\}$$

ツノソリアカエビ

$$R(L/m) = 1 / \{1 + \exp [6.210563 - 2.71281 * (L - 0.534102) / (m - 5.766922)]\}$$

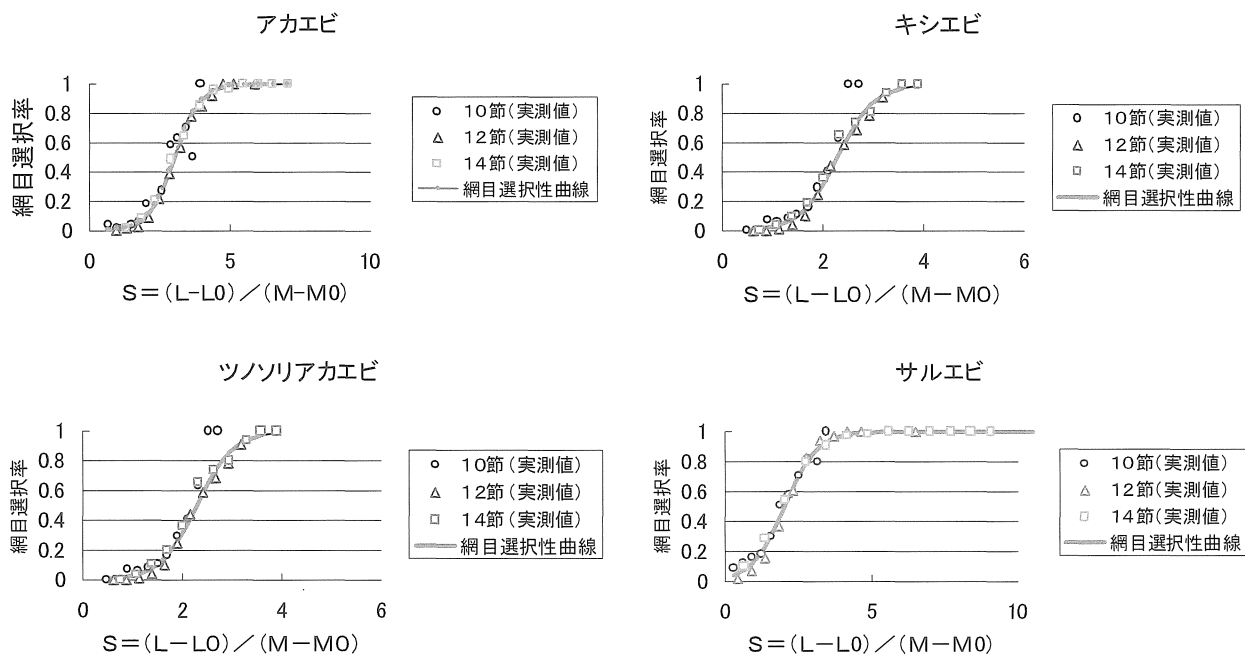


図2 Logistic式で表現した小型エビ類の任意の網目選択性曲線

表7 比較操業試験による小型エビ類体長別網別漁獲尾数

体長	キシエビ		サルエビ		ツノソリアカエビ	
	12節	14節	12節	14節	12節	14節
17.5	0	2	0	0	1	0
22.5	1	2	0	2	0	6
27.5	2	16	0	4	1	6
32.5	2	22	12	21	4	12
37.5	12	29	24	41	13	31
42.5	22	52	26	67	25	64
47.5	42	55	53	54	52	112
52.5	21	22	53	42	69	57
57.5	3	11	28	22	30	35
62.5		1	14	8	12	31
67.5		2	12	6	9	12
72.5		1	4	2	9	12
77.5			1	2	27	49
82.5			1	1	26	56
87.5				0	15	24
92.5				1	6	12
97.5				0	4	9
102.5				1	2	5
計	105	215	228	274	305	533

網目選択性論理式により求めた網目選択性曲線は図2に示すとおりである。

2. 比較操業試験

コッドエンドの目合が12節、14節それぞれの漁具で漁獲されたキシエビ、サルエビ、ツノソリアカエビの体長別漁獲尾数を表7に示した。

12節と14節で漁獲された総尾数に対する12節で漁獲され

た尾数の割合から Millar and Walsh によるSELECTモデル⁴⁾⁵⁾を用いて MS-Excs1 アドインソフトソルバーを用いた網目選択性 Logistic 式パラメータの推定をおこなった。適正解収束時の観測値の分布と論理値の分布は図3に示すとおりである。操業場所、漁船性能、操業方法の条件を統一して実施したが、いずれの魚種も漁獲効率は0.52となり、目合による差が見られた。

漁獲尾数割合の観測値と論理値の比較による推定から

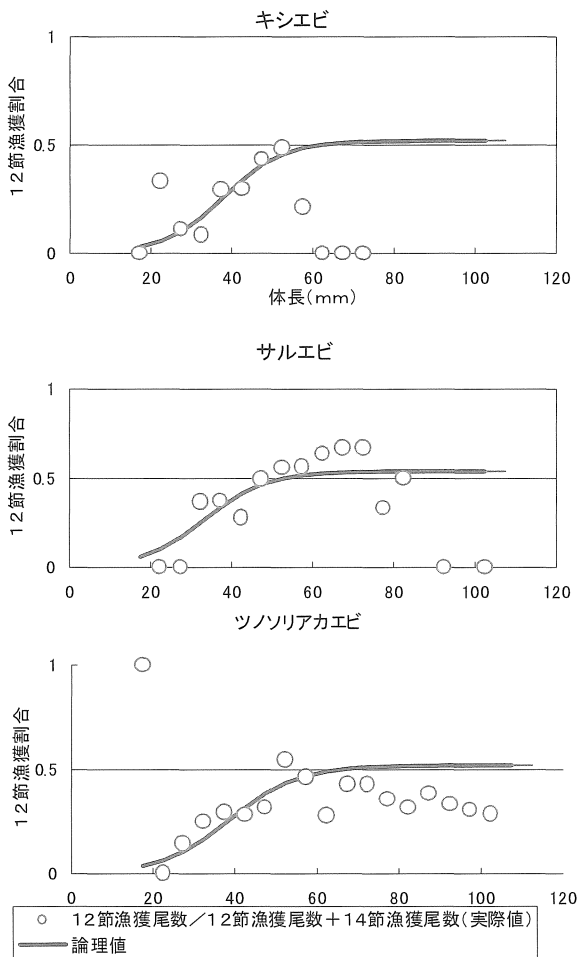


図3 12節漁獲割合の観測値分布と論理曲線

求めた魚種別の12節網目選択性曲線を表す Logistic 式は次のとおりである。⁵⁾

キシエビ

$$R(L) = \frac{\exp(0.136012043 \times L - 5.89474207)}{1 + \exp(0.136012043 \times L - 5.89474207)}$$

サルエビ

$$R(L) = \frac{\exp(0.130659369 \times L - 5.14877979)}{1 + \exp(0.130659369 \times L - 5.14877979)}$$

ツノソリアカエビ

$$R(L) = \frac{\exp(0.119630933 \times L - 5.36828054)}{1 + \exp(0.119630933 \times L - 5.36828054)}$$

図4にカバーネット試験, 比較操業試験それぞれで求めた Logistic 式の網目選択性曲線を示した。3魚種とも求められた網目選択性曲線の形状は非常に近似していた。

次に, カバーネット試験, 比較操業試験それぞれの網目選択性 Logistic 式から L_{50} , L_{25} , L_{75} を求め表8及び図5に L_{50} , 選択性SPを示した。 L_{50} はカバーネット試験, 比較操業試験による魚種別の値はキシエビで, 45.7, 43.3, サルエビで

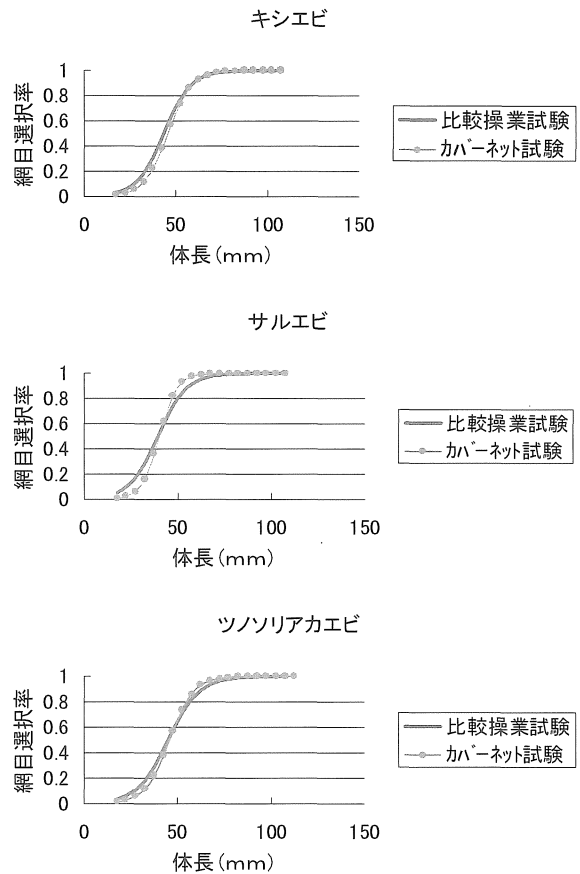


図4 カバーネット試験, 比較操業試験による網目選択性曲線

40.2, 39.4, ツノソリアカエビで45.7, 44.9とカバーネット試験が比較操業試験よりやや大きくなり, 網目選択性曲線が若干右側にずれる傾向が見られた。選択性SPはカバーネット試験, 比較操業試験による魚種別の値は, キシエビで14.4, 16.2, サルエビで10.5, 16.8, ツノソリアカエビで14.4, 18.4と比較操業試験の方が大きい値となった。選択性SPが小さいほど選択性が鋭くなることから, 比較操業試験に比べカバーネット試験で求めた網目選択性曲線のほうが選択性が鋭い傾向を示すことがわかった。

図6に2002年の14節の目目で漁獲された小型エビ類の魚種別体長別漁獲割合とカバーネット試験, 比較操業試験それぞれで得られた体長別網目選択率の差を示した。網目選択率の差が正の値であれば網からの逃避効果が少ないことを示している。また, 2002年の14節における漁獲尾数から, 12節の目合におけるカバーネット, 比較操業それぞれの試験から求めた網目選択率より推定した漁獲尾数を表4に示した。キシエビは図4で視察をおこなったとおり比較操業試験の方が5.1%多く漁獲され, その分網外への逃避効果が少なく試算された。サルエビ, ツノソリアカ

表 8 網目選択性曲線から求めたL₅₀，選択性SP

魚種名	網目選択曲線の種類	L ₅₀	選択性SP
キシエビ	カバーネット試験	45.7	14.4
	比較操業試験	43.3	16.2
サルエビ	カバーネット試験	40.2	10.5
	比較操業試験	39.4	16.8
ツノソリアカエビ	カバーネット試験	45.7	14.4
	比較操業試験	44.9	18.4

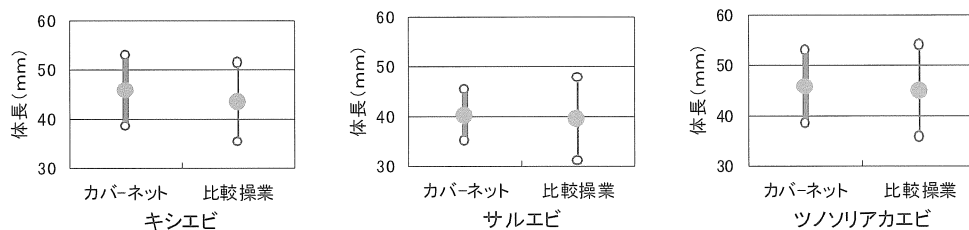


図 5 網目選択性曲線から求めたL₅₀，選択性SP

エビは体長別に若干の差はあるものの総数では差が見られなかった。

考 察

小型底びき網で漁獲される小型エビ類の資源管理効果を推定するためには、それぞれの魚種について網目選択性論理式を求める必要がある。網目選択性曲線は体長の増加に伴い0から1まで単調に増加するシグモイド型の曲線を描くため、曲線を表現する論理式としてL₅₀の点で対称となる Logistic 式と非対称となる Richard 式の2式が考えられる。筑前海域の小型底びき網で漁獲される小型エビ類は主にアカエビ、サルエビ、キシエビ、ツノソリアカエビの4魚種であるが、魚種別にどちらの形状を示すか適正収束時におけるそれぞれの論理式のAICを求め比較をおこなった。

AIC算出に用いる尤度は、各回の試行での事象の起こり方が他の回から影響されないとき、すなわち独立試行での事象のおこる確率($p = n \cdot C \cdot p^r (1-p)^{n-r}$)のことである。妥当なモデルというのは、各回の試行における確率の積の対数値が大きい値を示すこと、すなわち各回の試行における対数尤度の総和(最大対数尤度)が大きい値を示すときであり、このときAICの値は負の方向に進むため、AICの値が小さいほど適正なモデルといえる。²⁾

求められたAICの値は表6に示すとおりいずれの魚種、目合においても Logistic 式の値が低い値を示したことから、小型エビ類の網目選択性曲線を表現する式としては Logistic 式が適正なモデルであると考えられた。

また、Richard 式では5つの事例で適正解に収束しなかったことから小型エビ類の網目選択性曲線を Richard 式で

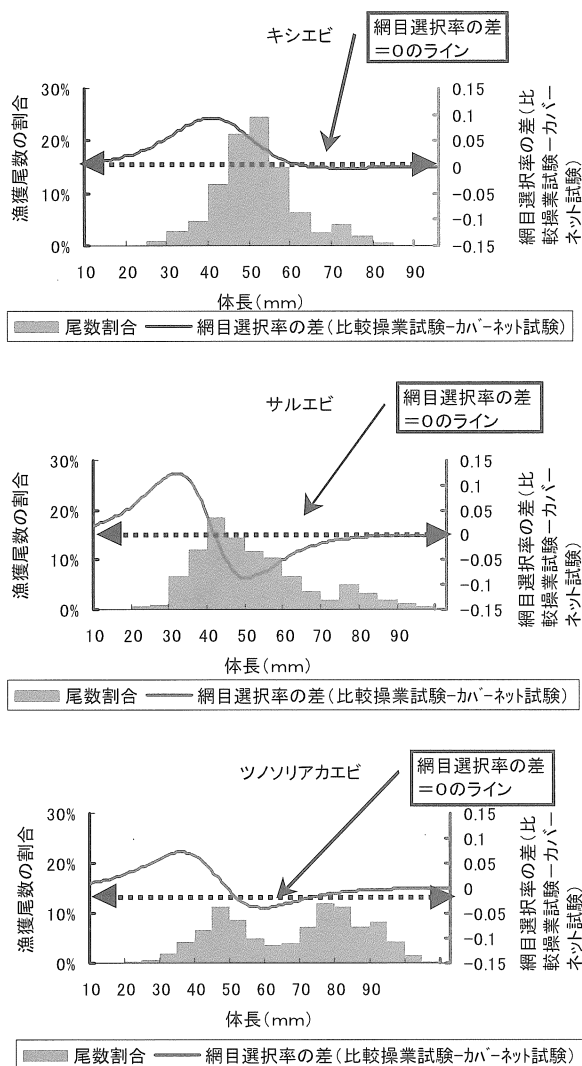


図 6 網目選択率の差と漁獲尾数割合の分布

表9 12節に目合拡大したときの手法別推定漁獲尾数

体長	1 曳網当たりの12節推定漁獲尾数								
	キシエビ			サルエビ			ツノソリアカエビ		
	カバーネット A	比較操業 B	差 B-A	カバーネット A	比較操業 B	差 B-A	カバーネット A	比較操業 B	差 B-A
20	1	1	0						
25	1	1	0	1	1	0	1	1	0
30	2	3	1	1	1	0	1	1	0
35	6	8	2	3	3	0	2	3	1
40	11	15	4	6	7	1	5	5	0
45	36	42	6	13	12	-1	9	9	0
50	80	86	6	12	12	0	18	18	0
55	107	110	3	11	11	0	16	15	-1
60	72	72	0	9	9	0	10	10	0
65	31	31	0	6	6	0	8	8	0
70	14	14	0	4	4	0	9	9	0
75	13	13	0	2	2	0	16	16	0
80	22	22	0	5	5	0	26	26	0
85	10	10	0	3	3	0	24	24	0
90	4	4	0	2	2	0	16	16	0
95	1	1	0	2	2	0	18	18	0
100			0	1	1	0	10	10	0
105			0	1	1	0	4	4	0
110			0				1	1	0
115			0				1	1	0
計	411	433	22	82	82	0	195	195	0

表現することは不向きであると考えられた。

小型底びき網においては、これまでもカバーネット試験により色々な目合の試験漁具を用いて網目選択性曲線を推定し、その資源管理効果について推定が行われている。複数目合の試験漁具を容易に取り替えておこなうことが可能なカバーネット試験からは、図2に示したように任意の網目選択性曲線の推定が可能であることから、試験をおこなっていない目合についても網目選択率が推定可能という利点がある。

しかし、カバーネット試験は実際の操業では使用する漁具とは構造が異なり、またカバーネットを取り付けることによっておこるマスキング効果を最小とするために曳網時間を短くするなど、実際の操業とかけ離れた条件で試験をおこなうため、得られた網目選択性曲線は実操業レベルに当てはまらないのではないかという疑問が生じる。

しかし、比較操業試験による実操業の条件下で求めた12節の網目選択性曲線とカバーネット試験で得られた12節の網目選択性曲線を比較した結果、図4に示すように両者は非常に近似しており、表9に示した12節に目合拡大したときの推定漁獲尾数も、キシエビで若干の差が見られたもののサルエビ、ツノソリアカエビは一致していた。

これらのことより、カバーネット試験により求めた小型エビ類の網目選択性曲線は様々な目合に変えた場合の推定漁獲尾数の結果は実際の操業に十分活用できると考えられる。

今後は、カバーネット試験で求めた任意の目合の網目選

択性曲線を用い、目合別に資源管理効果、及び水揚げ減少による減収と活魚出荷取り組みにより見込まれる増収を相殺させて得られる経済効果を試算することにより、筑前海で操業される小型底びき網の適正な目合を検討していく予定である。

要 約

- 1) 筑前海で操業する小型底びき網漁業で漁獲される小型エビ類4種(アカエビ、キシエビ、サルエビ、ツノソリアカエビ)の10節、12節、14節の各目合における網目選択性曲線をカバーネット試験結果から Logistic 式と Richard 式の両者で求めた。
- 2) Logistic 式、Richard 式それぞれのAICを比較した結果、Logistic 式の方がAICが低い値を示し、Logistic 式が適正なモデルであると考えられた。
- 3) カバーネット試験、比較操業試験それぞれで求めた網目選択性曲線の形状を比較したところ、両者とも非常に近似していたが、後者は前者に比べややゆるやかなS字カーブを示し、 L_{50} は小さく、選択性SPは広くなる傾向が見られた。
- 5) それぞれの網目選択性曲線から推定した12節への目合拡大後の推定漁獲尾数の差は僅かであった。
- 6) カバーネット試験で求めた網目選択性曲線を用いた実操業レベルでの資源管理効果推定は十分可能であると考え

られた。

7) カバーネット試験では任意の網目選択性曲線推定が可能であることから、今後はカバーネット試験で求めた任意の網目選択性曲線を用いて、目合拡大による損益と単価向上による増益を相殺して得られる経済効果を含め、筑前海で操業する小型底びき網の適正目合を検討していく必要がある。

文 献

- 1) 東海正：瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理，南西水研研報，26，31-106(1993)
- 2) 平松一彦：最尤法による水産資源の統計学的研究－パラメータ推定とモデル選択－，遠洋水研報，29，57-103，(1992)
- 3) 日本水産資源保護協会：資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－，90-91(2001)
- 4) MILLAR.R.B and S.J.WALLSH：Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls，Fish.Res.13，205-220(1992)
- 5) 鄭義哲，金三坤，朴倉斗，辛鍾根，東海正：韓国におけるあなご筒かご水抜き孔のマアナゴ漁獲選択性，日本水産学会誌，65-2，260-267(1999)