

# 平成 3 年度増殖場造成事業 資料集 一 II

(ズワイガニ人工魚礁に関する調査)

(飼育環境下における雄ズワイガニの生殖能力)

(ズワイガニに対する底びき網漁具の網目選択性)

1992 年 8 月

石川県水産試験場

# 目 次

I	ズワイガニ人工魚礁に関する調査	1
	はしがき	1
	調査方法	2
	結果および考察	2
	1. 操業結果からみた人工魚礁海域の特性	2
	2. 魚礁効果の理論的背景	12
	3. 金沢沖人工魚礁の効果	14
	4. ま と め	16
	文 献	16
II	飼育環境下における雄ズワイガニの生殖能力	18
	はしがき	18
	材料と方法	18
	結果と考察	19
	文 献	22
III	ズワイガニに対する底びき網漁具の網目選択性	24
	はしがき	24
	調査方法	24
	結果と考察	26
	1. 網目別・雌雄別・年次別選択率	26
	2. 網目選択性曲線の推定方法	30
	3. 1989～1991年試験結果の比較	35
	4. 曳網中の網地各部の移動と網目選択性	39
	5. 総合考察	46
	文 献	47

## 調査実施機関および担当者

○ 実施期間 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	又野 康男 <sup>※</sup>
実 施	漁場開発科 科長	貞方 勉
	" 技師	大橋 洋一（取りまとめ）
	" 技師	宇野 勝利
	" 技師	沢田 浩二
	禄 剛 丸	谷 保 船長 他4名
	白 山 丸	白田 光司 船長 他13名

※ 現 石川県農林水産部水産課

# I ズワイガニ人工魚礁に関する調査

## は し が き

石川県では、ズワイガニを対象とする人工魚礁を平成元年度ズワイガニ保護礁実験事業で設置し、ズワイガニの増産と今後の増殖場造成・保護区域設置等に必要な資料の収集・整備を図っている。

人工魚礁は、金沢沖の水深240～250mの海域で1989年10月6～10日に設置され、3.25m角のコンクリートブロック42個が沈船を基点として南北方向に配置されている(図1)。

本報告では、人工魚礁設置前後に延縄式籠操業で調査した結果をもとにこれまでの経過を取りまとめ、魚礁効果について理論的に考察した。

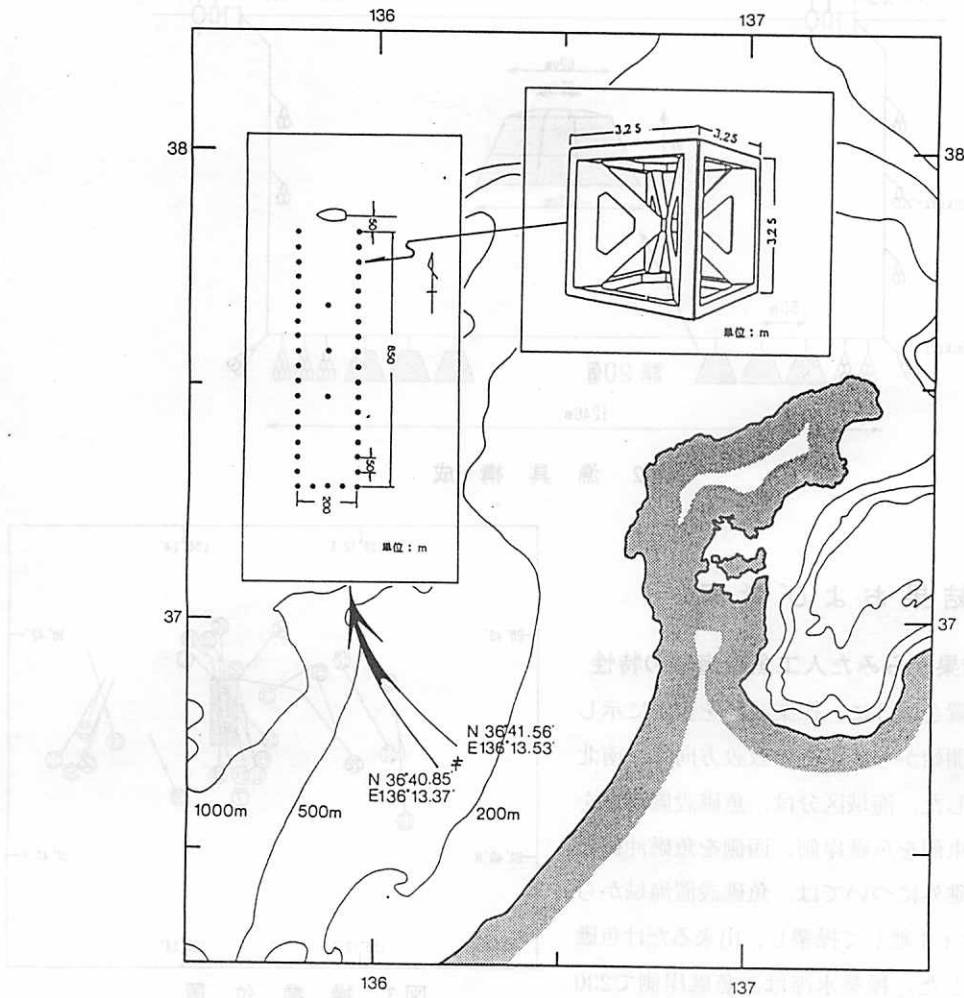


図1 人工魚礁の設置海域・配置・構造

## 調査方法

試験船・白山丸（総トン数189.52）・禄剛丸（総トン数32.25）で、人工魚礁設置前の1989年7月と設置後の1990・1991年の各1・2・3・7・8・10月に、人工魚礁設置海域とその周辺海域で調査した。調査方法は延縄式籠操業で、一連を20籠、籠間隔を40mと50mの2種類とした。使用した籠は最大径が100cm、網目が33mmである（図2）。餌は平均体重約200～250gの冷凍サバを1籠当たり6～12尾装着し、1操業当たり30～45kg使用した。

漁獲物のうち、ズワイガニは籠別・雌雄別に計数後、甲幅・鉗脚の前節高（雄ガニ）・第6腹節幅（雌ガニ）を測定し、右側第1歩脚の基部に標識（背骨型ディスク）を装着して放流した。混獲種は種類別に計数した。操業時には、ナンゼン型転倒採水器を用いて水深別の水温・塩分を調べた。

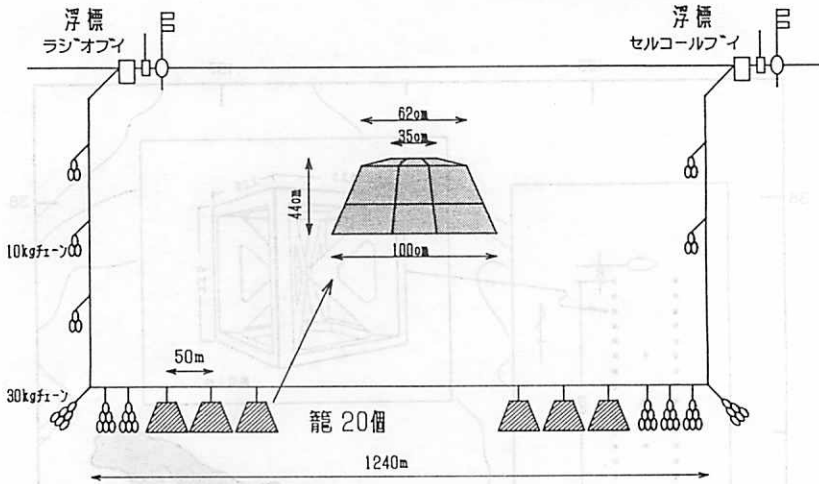


図2 漁具構成

## 結果および考察

### 1. 操業結果からみた人工魚礁海域の特性

操業位置を図3に、操業記録を表1に示した。投籠開始から終了への敷設方向は、南北を基調とした。海域区分は、魚礁設置海域を魚礁内、東側を魚礁岸側、西側を魚礁沖側とした。魚礁外については、魚礁設置海域から1～1.5マイル離して操業し、出来るだけ魚礁内と比較した。操業水深は、魚礁岸側で230～243m、魚礁内で236～259m、魚礁沖側で250～270mであった。

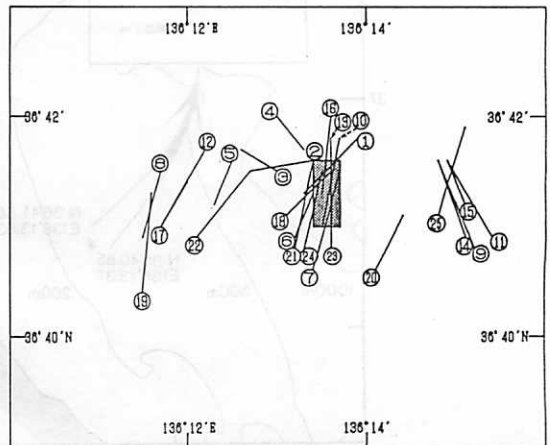


図3 操業位置  
(淡影部は魚礁設置海域、  
数字は操業次数を示す。)

表1 籠操業記録

操業 次数	投籠 年月日	投籠開始位置			投籠終了位置			水深(m)	浸水時間	籠間隔 (m)	籠数	海 域 区 分
		北緯	東経		北緯	東経						
1	89. 7. 18	36° 41. 3'	136° 13. 3'	36° 41. 8'	136° 13. 9'	248 - 246	48h46m	50	20	設置前		
2	90. 1. 9	36° 41. 6'	136° 13. 4'	36° 41. 5'	136° 12. 7'	245 - 252	50h 5m	50	20	魚礁内		
3	90. 2. 14	36° 41. 5'	136° 13. 0'	36° 41. 7'	136° 12. 6'	252 - 259	50h 9m	50	20	魚礁内		
4	90. 3. 6	36° 41. 7'	136° 13. 3'	36° 42. 0'	136° 13. 0'	250 - 255	72h 0m	50	20	魚礁内		
5	90. 7. 20	36° 41. 2'	136° 12. 3'	36° 41. 6'	136° 12. 5'	254 - 254	47h30m	50	20	魚礁沖側		
6	90. 7. 22	36° 40. 9'	136° 13. 2'	36° 41. 3'	136° 13. 4'	240 - 242	66h46m	50	20	魚礁内		
7	90. 8. 19	36° 40. 6'	136° 13. 4'	36° 41. 5'	136° 13. 7'	240 - 240	45h40m	50	20	魚礁内		
8	90. 8. 21	36° 41. 5'	136° 11. 7'	36° 40. 9'	136° 11. 5'	260 - 260	94h14m	50	20	魚礁沖側		
9	90. 8. 25	36° 41. 6'	136° 14. 8'	36° 40. 8'	136° 15. 2'	232 - 228	46h28m	50	20	魚礁岸側		
10	90. 10. 5	36° 41. 0'	136° 13. 5'	36° 41. 8'	136° 13. 7'	239 - 243	11h15m	50	20	魚礁内		
11	90. 10. 10	36° 41. 6'	136° 14. 9'	36° 40. 9'	136° 15. 4'	230 - 230	44h 0m	50	20	魚礁岸側		
12	91. 1. 12	36° 41. 0'	136° 11. 7'	36° 41. 7'	136° 12. 2'	261 - 261	52h 0m	50	20	魚礁沖側		
13	91. 1. 12	36° 41. 1'	136° 13. 6'	36° 41. 8'	136° 13. 6'	248 - 245	51h 6m	50	20	魚礁内		
14	91. 1. 14	36° 40. 9'	136° 15. 1'	36° 41. 6'	136° 14. 8'	237 - 242	11h50m	50	20	魚礁岸側		
15	91. 2. 13	36° 41. 6'	136° 14. 9'	36° 41. 2'	136° 15. 1'	242 - 239	45h44m	50	20	魚礁岸側		
16	91. 2. 13	36° 42. 0'	136° 13. 6'	36° 41. 3'	136° 13. 5'	252 - 248	48h20m	50	20	魚礁内		
17	91. 2. 15	36° 41. 0'	136° 11. 7'	36° 41. 4'	136° 12. 0'	264 - 264	72h20m	50	20	魚礁沖側		
18	91. 3. 8	36° 41. 1'	136° 13. 1'	36° 41. 5'	136° 13. 6'	251 - 251	48h 3m	50	20	魚礁内		
19	91. 3. 8	36° 41. 3'	136° 11. 6'	36° 40. 4'	136° 11. 5'	270 - 269	49h54m	50	20	魚礁沖側		
20	91. 3. 10	36° 40. 6'	136° 14. 1'	36° 41. 1'	136° 14. 4'	239 - 243	46h15m	50	20	魚礁岸側		
21	91. 7. 18	36° 40. 8'	136° 13. 2'	36° 41. 6'	136° 13. 4'	236 - 238	71h28m	40	20	魚礁内		
22	91. 7. 21	36° 40. 9'	136° 12. 1'	36° 41. 5'	136° 12. 7'	250 - 248	45h48m	40	20	魚礁沖側		
23	91. 8. 28	36° 40. 8'	136° 13. 6'	36° 41. 5'	136° 13. 6'	238 - 238	94h55m	40	20	魚礁内		
24	91. 10. 18	36° 40. 8'	136° 13. 3'	36° 41. 5'	136° 13. 5'	240 - 240	71h12m	40	20	魚礁内		
25	91. 10. 21	36° 41. 1'	136° 14. 8'	36° 41. 9'	136° 15. 1'	230 - 230	45h20m	40	19	魚礁岸側		

表2-1 ズワイガニの1籠当たり漁獲尾数(設置前)

		最大値	最小値	中央値	第1四分位値	第3四分位値	平均値
1990年7月	雄	4	0	1.0	0.0	2.0	1.3
	雌	43	5	19.0	15.0	26.5	21.1
	雌雄合計	47	5	19.5	15.5	28.0	22.4

表2-2 ズワイガニの1籠当たり漁獲尾数(魚礁内)

		最大値	最小値	中央値	第1四分位値	第3四分位値	平均値
1990年1月	雄	5	0	1.0	1.0	2.0	1.6
	雌	11	0	5.0	3.0	6.5	5.0
	雌雄合計	14	0	6.5	4.5	8.5	6.6
1990年2月	雄	7	0	2.0	1.0	3.0	2.2
	雌	6	0	2.0	0.5	3.0	2.1
	雌雄合計	9	0	4.5	3.0	5.5	4.2
1990年3月	雄	4	0	1.0	0.0	1.5	0.9
	雌	7	0	4.0	2.0	5.0	3.4
	雌雄合計	7	0	5.0	3.0	5.5	4.3
1990年7月	雄	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	雌	2	0	0.0	0.0	0.0	0.2
	雌雄合計	2	0	0.0	0.0	0.0	0.2
1990年8月	雄	1	0	0.0	0.0	0.0	0.1
	雌	1	0	0.0	0.0	0.0	0.1
	雌雄合計	1	0	0.0	0.0	0.0	0.2
1990年10月	雄	3	0	0.0	0.0	1.0	0.6
	雌	11	0	5.0	3.0	7.0	4.9
	雌雄合計	11	0	5.5	4.0	7.0	5.4
1991年1月	雄	4	0	2.0	1.0	2.0	1.7
	雌	13	2	7.5	3.5	9.0	6.6
	雌雄合計	15	2	8.0	6.0	11.0	8.3
1991年2月	雄	5	0	2.0	1.0	3.0	2.1
	雌	21	1	4.5	2.5	7.5	5.6
	雌雄合計	26	1	7.5	4.0	10.0	7.6
1991年3月	雄	4	0	1.0	0.5	2.0	1.4
	雌	7	0	3.0	1.5	4.5	3.3
	雌雄合計	9	2	5.0	2.5	6.5	4.6
1991年7月	雄	1	0	0.0	0.0	0.0	0.2
	雌	2	0	0.0	0.0	1.0	0.5
	雌雄合計	3	0	0.0	0.0	1.0	0.6
1991年8月	雄	1	0	0.0	0.0	1.0	0.3
	雌	2	0	0.0	0.0	0.0	0.3
	雌雄合計	2	0	0.0	0.0	1.0	0.6
1991年10月	雄	3	0	1.0	0.0	1.5	1.0
	雌	33	10	22.5	17.5	28.0	22.0
	雌雄合計	34	11	24.0	18.0	28.5	23.0

表 2-3 ズワイガニの1籠当たり漁獲尾数 (魚礁沖側)

	最大値	最小値	中央値	第1四分位値	第3四分位値	平均値
1990年7月						
雄	2	0	0.0	0.0	1.0	0.6
雌	29	1	12.0	9.0	19.5	14.1
雌雄合計	29	1	13.0	9.5	20.5	14.6
1990年8月						
雄	2	0	0.0	0.0	1.0	0.4
雌	9	0	2.0	0.5	3.0	2.4
雌雄合計	9	0	3.0	1.0	4.0	2.8
1991年1月						
雄	4	0	1.0	0.0	1.5	1.0
雌	14	1	8.5	6.0	11.0	8.4
雌雄合計	17	2	10.0	7.0	12.0	9.4
1991年2月						
雄	4	0	1.0	0.0	2.0	1.3
雌	5	1	2.0	1.0	2.5	2.0
雌雄合計	9	1	3.0	2.0	4.0	3.2
1991年3月						
雄	3	0	0.0	0.0	0.5	0.5
雌	6	0	2.0	0.0	4.0	2.2
雌雄合計	8	0	2.0	0.0	4.5	2.7
1991年7月						
雄	2	0	0.0	0.0	0.0	0.3
雌	1	0	0.0	0.0	0.0	0.1
雌雄合計	2	0	0.0	0.0	1.0	0.4

表 2-4 ズワイガニの1籠当たり漁獲尾数 (魚礁岸側)

	最大値	最小値	中央値	第1四分位値	第3四分位値	平均値
1990年8月						
雄	1	0	0.0	0.0	0.5	0.3
雌	15	2	5.0	4.0	9.0	6.7
雌雄合計	16	2	5.5	4.0	9.0	6.9
1990年10月						
雄	1	0	0.0	0.0	0.5	0.3
雌	14	3	8.0	5.0	9.0	7.7
雌雄合計	14	3	8.0	5.5	9.5	7.9
1991年1月						
雄	4	0	1.0	1.0	2.0	1.4
雌	8	0	3.0	2.0	6.0	3.8
雌雄合計	10	0	4.5	3.0	7.5	5.2
1991年2月						
雄	8	0	0.0	0.0	2.5	1.6
雌	9	0	1.0	0.0	3.5	2.4
雌雄合計	15	0	2.0	1.0	6.0	3.9
1991年3月						
雄	3	0	0.0	0.0	1.0	0.6
雌	5	0	0.5	0.0	2.0	1.3
雌雄合計	7	0	2.0	0.0	2.5	1.8
1991年10月						
雄	5	0	3.0	1.0	4.0	2.5
雌	25	6	12.0	9.0	16.0	12.9
雌雄合計	28	10	14.0	11.0	19.0	15.5

### 1) ズワイガニの分布密度

ズワイガニの1籠当たり漁獲尾数を表2・図4に示した。この結果をもとに、ズワイガニ分布密度の季節・年次・海域変化を検討した。籠の漁獲尾数は、「漁獲対象水族の現存量（または資源密度）、かごの構造（容積、形状、入口位置と大きさ）、餌の種類と量および操業方法（かごの敷設してからの経過時間やかごの間隔）に依存する」<sup>1)</sup>と想定される。籠の構造と餌の種類は調査期間を通じて同一である。他方、餌の量は30~45kgで1.5倍、浸水時間は44~119時間で2.7倍の開きがみられる。また、籠間隔は50mと40mで、漁獲範囲を半径50mの円として両者の相対漁獲能率を推定すると<sup>2)</sup>、40m間隔は50m間隔の約86%である。しかし、ここでは漁獲対象水族（ズワイガニ）の資源密度以外は調査期間を通じて一定と仮定して、解析を進めた。

#### (1) 季節変化

魚礁設置後の1990・1991年における魚礁内の籠別ズワイガニ漁獲尾数を月別に比較して、分布密度の季節変化を調べた。各調査月の籠別漁獲尾数を年次別・雌雄別に整理し、Kruskal-Wallisの検定法を用いて月別差異の有意性を検討した(表3)。いずれも1%危険率で有意差が認められ、分布密度における季節変化の存在が示唆された。全体的には、籠別漁獲尾数が7・8月に最低となる傾向が、雄ガニ・雌ガニ・雌雄合計ともにみられた。

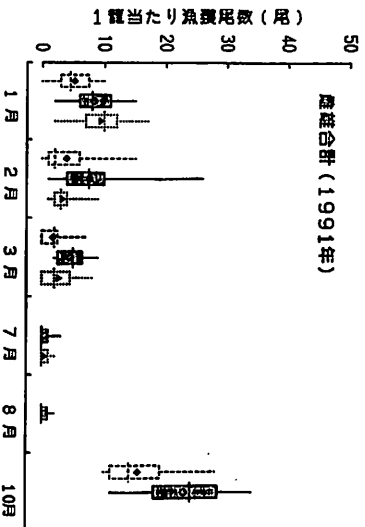
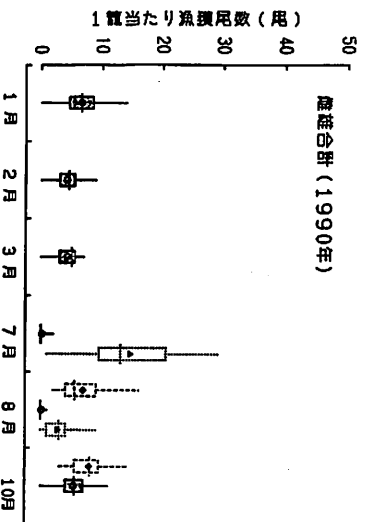
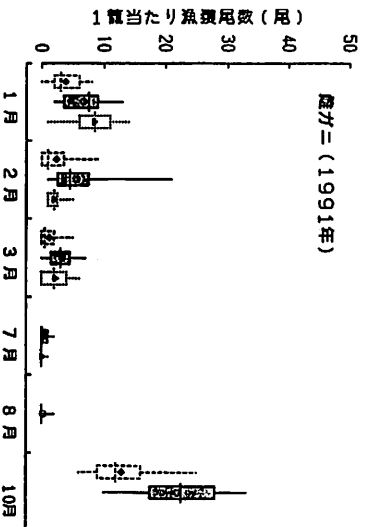
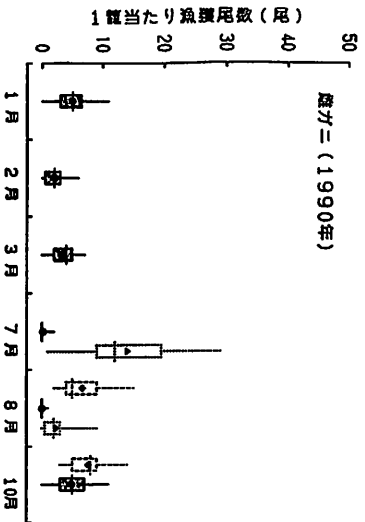
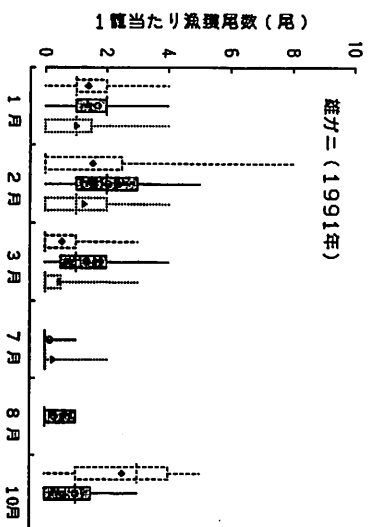
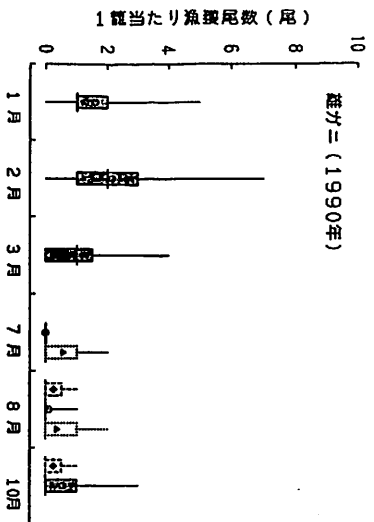


図4 スライガニの1籠当たり漁獲尾数

箱ヒゲ表示で、ヒゲ上端が最大値、ヒゲ下端が最小値、箱上端が第3四分位値、箱下端が第1四分位値、箱を2分する線分が中央値、箱内の記号が平均値を示す。実線が魚礁内、破線が岸側、点線が沖側を示す。



(2) 年次変化

魚礁内の籠別ズワイガニ漁獲尾数を1989～1991年の別に比較して、分布密度の年次変化を調べた。調査月は1989年で7月、1990・1991年で1・2・3・7・8・10月で、漁獲尾数には季節変化がみられることから、3ケ年の比較では7月の籠別漁獲尾数を抽出した。なお、1989年7月は魚礁の設置前に調査した結果である。1990年と1991年との比較では、各月の籠別漁獲尾数の平均値を対比させた。雄ガニ・雌ガニ・雌雄合計の別に検定した結果を表4に示した。1989～1991年の3ケ年を比較した結果では、雄ガニ・雌ガニ・雌雄合計とも1%危険率で有意差が認められた。他方、1990・1991年の2ケ年を比較した結果では、雄ガニ・雌ガニは5%危険率で有意差が認められず、雌雄合計は5%危険率で有意差が認められた。以上の結果から、7月を基準とした場合、雄ガニ・雌ガニ・雌雄合計での籠別漁獲尾数の平均値は、1989年の1.3・21.1・22.4尾から1990年の0・0.2・0.2尾、1991年の0.2・0.5・0.6尾に減少している。また、1～10月を基準とした場合、雌雄合計での籠別漁獲尾数の平均値は、1990年の3.5尾から1991年の7.4尾に増大している。

(3) 海域変化

魚礁設置後の1990・1991年における籠別ズワイガニ漁獲尾数を魚礁岸側・魚礁内・魚礁沖側の別に比較して、分布密度の海域変化を調べた。各調査月の籠別漁獲尾数を雌雄別に整理し、Kruskal-Wallisの検定法、Mann-WhitneyのU検定法のいずれかを用いて海域別差異の有意性を検討した(表5)。海域別差異に有意性が認められたのは、雄ガニでは1990年7月・1991年3月・1991年10月、雌ガニでは操業した全ての場合、雌雄合計では1991年7月を除く

表3 籠別ズワイガニ漁獲尾数における月別差異の検定結果・統計量H<sup>3)</sup>

	雄	雌	雌雄合計
1990年	52.9**	70.5**	70.4**
1990年	41.2**	97.9**	98.8**

\*\* : 1%危険率で有意差有り。  
 $\chi^2 (5, 0.01) = 15.086$

表4 籠別ズワイガニ漁獲尾数における年別差異の検定結果・統計量(H・R<sup>3)</sup>)

	雄	雌	雌雄合計	検定法
1989年～1991年(H)	27.4**	45.4**	45.4**	Kruskal-Wallisの検定
1990・1991年(R)	2	1	0	Wilcoxonの符号化順位検定

\*\* : 1%危険率で有意差有り。\* : 5%危険率で有意差有り。  
 $\chi^2 (2, 0.01) = 9.210$

表5 籠別ズワイガニ漁獲尾数における海域別差異の検定結果・統計量(H・Z<sup>3)</sup>)

	'90.7	'90.8	'90.10	'91.1	'91.2	'91.3	'91.7	'91.10
魚礁岸側		○	○	○	○	○		○
魚礁内	○	○	○	○	○	○	○	○
魚礁沖側	○	○	○	○	○	○	○	○
雄ガニ	3.43**	2.63	1.18	3.70	4.35	10.48**	0.48	3.15**
雌ガニ	5.72**	42.00**	2.67**	14.97**	15.29**	9.42**	2.25*	3.81**
雌雄合計	5.72**	42.72**	2.25*	11.54**	13.48**	13.46**	0.84	3.53**
検定法	U	K	U	K	K	K	U	U

○ : 操業実施。 U : Mann-WhitneyのU検定(Z) K : Kruskal-Wallisの検定(H)  
 \*\* : 1%危険率で有意差有り。 \* : 5%危険率で有意差有り。  
 $\chi^2 (2, 0.01) = 9.210$        $\chi^2 (2, 0.05) = 5.991$

た全ての場合であった。その中で魚礁内が他海域と比較して多かったのは、雄ガニでは1991年3月、雌ガニでは1991年2・3・7・10月、雌雄合計では1991年2・3・10月であった。全体的には、雄ガニで魚礁内外の差に定性的な傾向はみられず、雌ガニ・雌雄合計では1990年7～10月は魚礁内が少なく、1991年2～10月は魚礁内が多い傾向を示した。

## 2) ズワイガニの甲幅組成

漁獲したズワイガニについて調査月別・海域別の甲幅組成を求め、図5に示した。甲幅範囲は雄ガニで18～140mm、雌ガニで26～104mmで、その主体は雄ガニで60～110mm、雌ガニで60～100mmであった。

ベニズワイ籠の漁具特性について、「カニが入網する際、網目が小さくなるにしたがい這い上りやすくなり、結果的には漁獲が多くなるのではないか」<sup>4)</sup>との指摘があり、籠によるズワイガニの漁獲され易さが同じ網目であれば大型個体程高い可能性がある。調査で使用した籠の網目は33mmで、甲幅・甲長が33mmを超える個体では網目選択率が100%となる。しかし、前述の理由から、ズワイガニの甲幅組成では生息個体と比較して漁獲物の方が大型個体に偏っているとみなし、ここでは各操業間の相対的な評価にとどめた。

雄ガニでは明瞭なモードが認められず、季節別・年次別・海域別に定性的な変化傾向はみられなかった。雌ガニでは、全操業回次を総合すると甲幅約70mmと80mmにモードが認められ、ズワイガニの成長<sup>5)</sup>から各々10・11齢期と推定される。魚礁内の甲幅組成の季節別・年次別変化をみると、10齢期と推定される甲幅60～74mmの個体数比率は、1991年1～8月で19.8～49.2%と他の調査時における0～17.7%と比較して高い。また、抱卵個体の比率は、1990年7月と1991年1～8月で12.3～77.8%と他の調査時における85.3～100%と比較して低い。10齢期は未抱卵個体がほとんどで、この海域で脱皮・産卵するためと考えられる。海域別には、1991年1～3月の抱卵個体の比率が魚礁岸側で6.6～25.5%、魚礁内で12.3～62.2%、魚礁沖側で59.1～82.1%と、沖側で高いことに特徴がみられた。

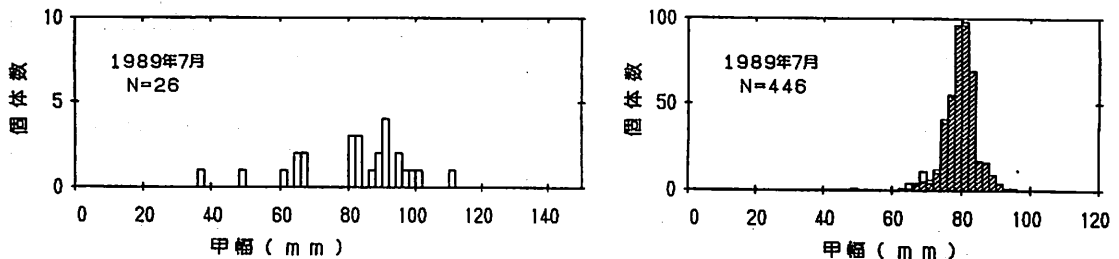


図5-1 ズワイガニの甲幅組成 (1989年7月・魚礁設置前)

(左図：雄ガニ，右図：雌ガニ)  
 (斜線部分は抱卵個体を示す。)

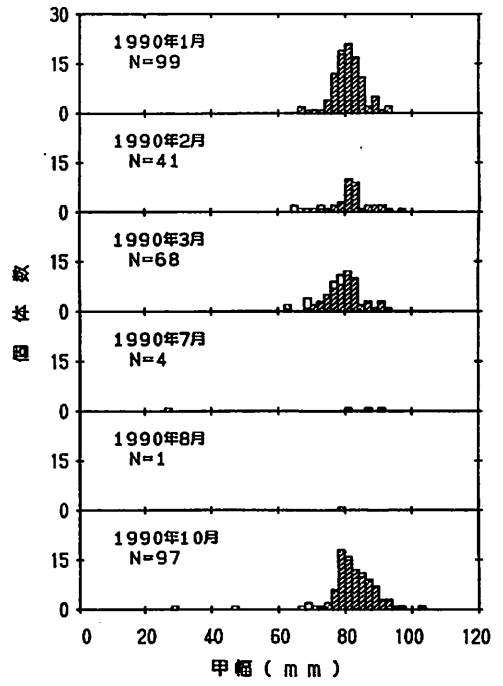
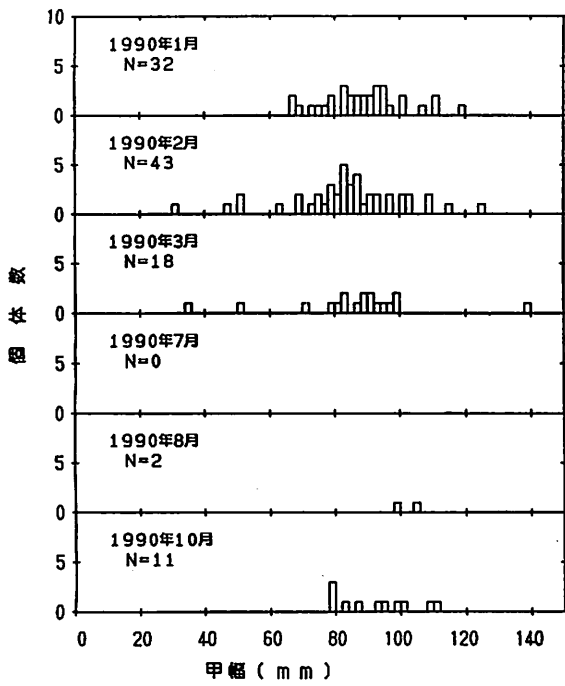


図 5 - 2 ズワイガニの甲幅組成 (1990年 1~10月・魚礁内)

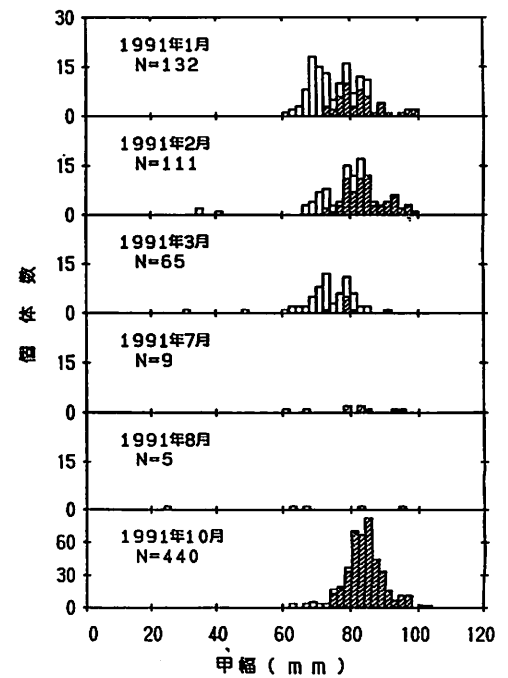
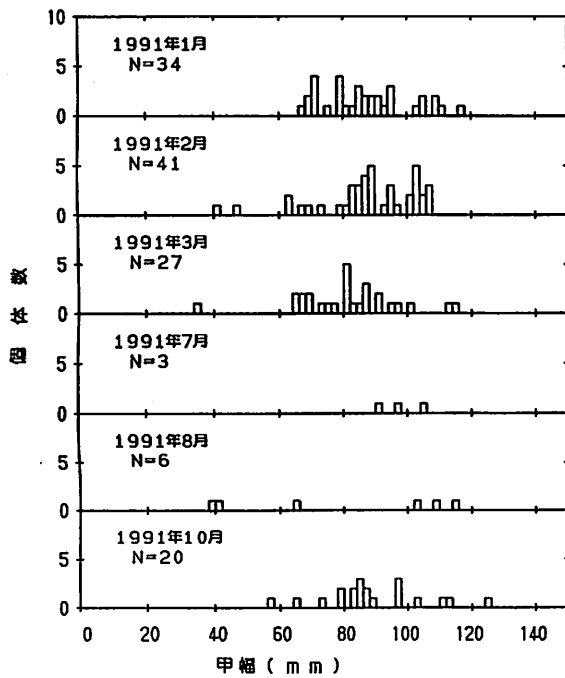


図 5 - 3 ズワイガニの甲幅組成 (1991年 1~10月・魚礁内)

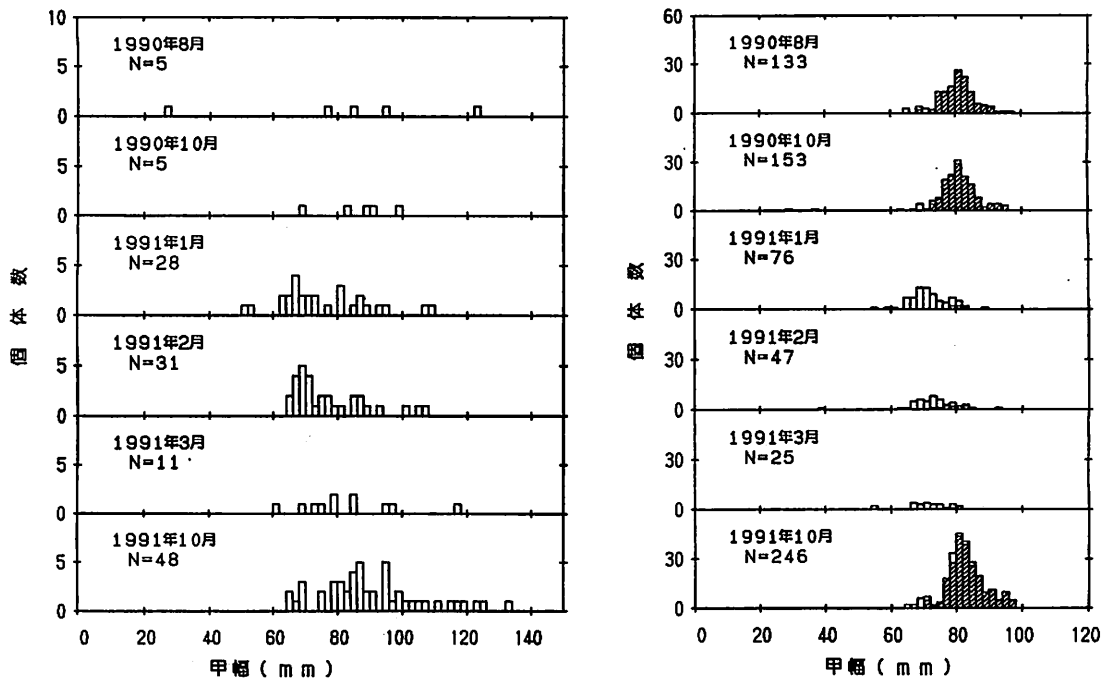


図5-4 ズワイガニの甲幅組成 (1990年8月～1991年10月・魚礁岸側)

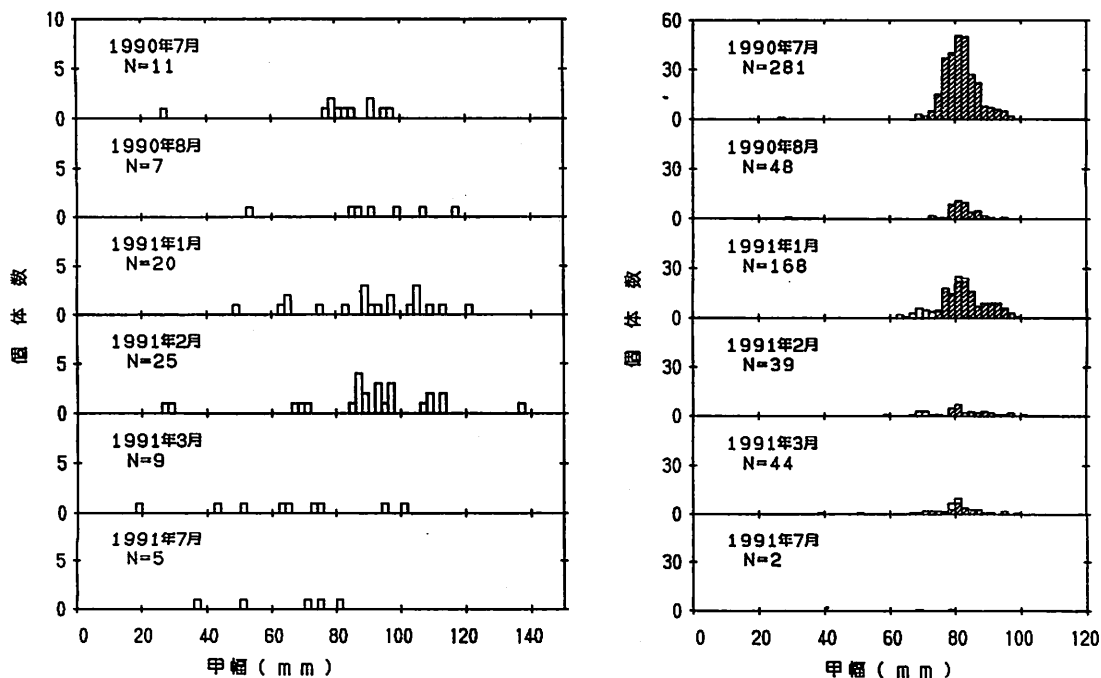


図5-5 ズワイガニの甲幅組成 (1990年7月～1991年7月・魚礁沖側)

### 3) 人工魚礁周辺海域における水温・塩分

1990年1月～1991年10月における魚礁設置海域の水温等値線図を図6に示した。水温15℃以上の分布は水深150m以浅で、時期的には春～秋季にみられた。水温5℃以下の分布は水深200m前後を上下するが、定性的な季節変化はみられない。水温5℃等値線の経時変化で、急激な変動がみられた1990年10月と1991年3月について、周辺海域における200m層水温の水平分布<sup>6,7)</sup>をみると、1990年10月では猿山岬沖の孤立冷水域が金沢沖に差し込み、1991年3月では経ヶ岬沖の孤立暖水域が金沢沖に差し込んでおり、水塊配置の影響と推察される。

1990年1月～1991年10月における魚礁周辺海域の底層水温・底層塩分を図7に示した。底層

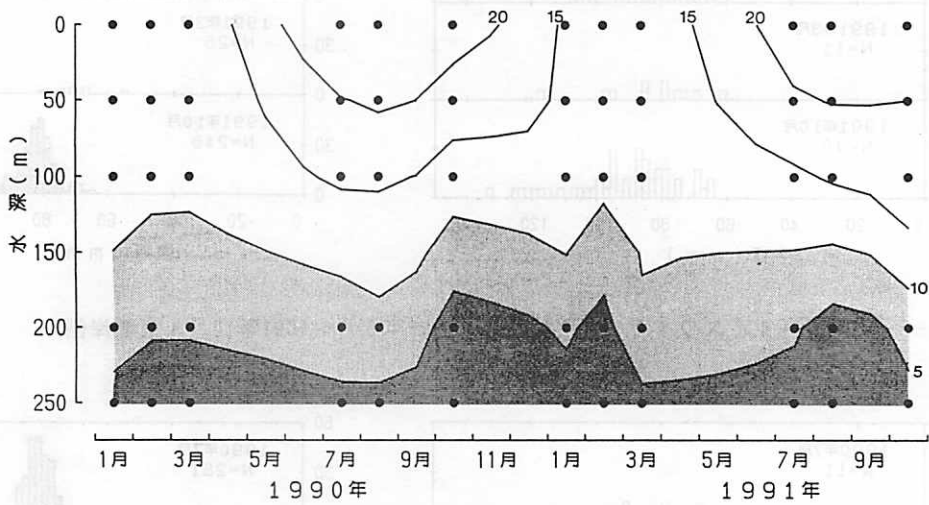


図6 1990年1月～1991年10月における魚礁設置海域の水温等値線図（黒丸は観測実施を示す）

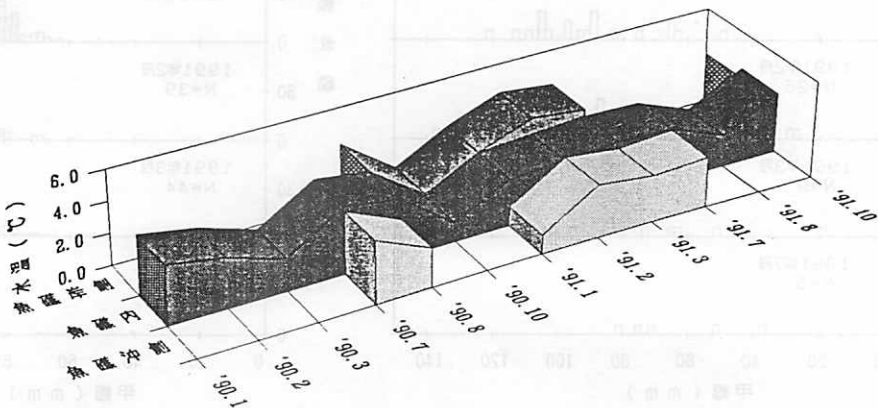


図7-1 1990年1月～1991年10月における魚礁周辺海域の底層水温

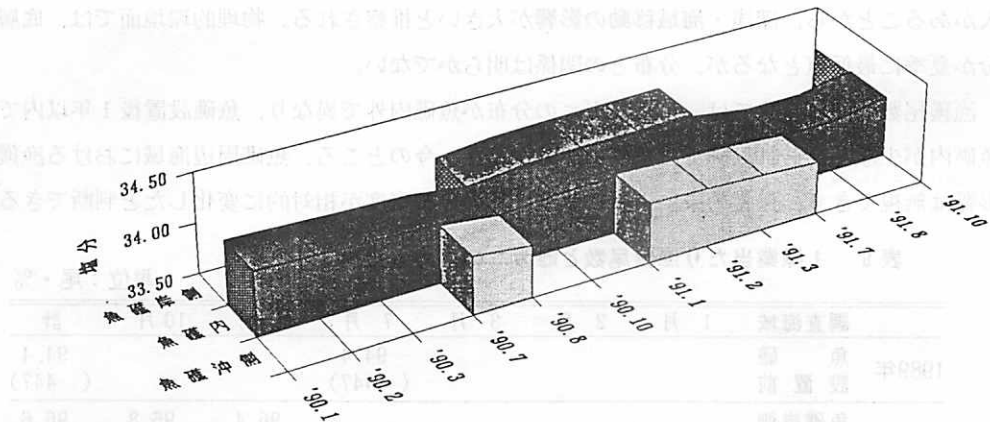


図7-2 1990年1月～1991年10月における魚礁周辺海域の底層塩分

水温は、魚礁岸側で1.3～4.2℃、魚礁内で1.2～4.2℃、魚礁沖側で1.2～3.9℃と、沖側で低い傾向がみられた。経時的にはいずれの海域とも同様の变化傾向を示し、同じ水塊の影響を受けると考えられる。底層塩分は、魚礁岸側で34.01～34.11、魚礁内で34.01～34.13、魚礁沖側で34.01～34.10と、ほとんど差はみられなかった。経時的にはいずれの海域とも同様の变化傾向で、夏季に最低値を示した。

石川県周辺海域は対馬暖流水の影響下にあり<sup>8)</sup>、対馬暖流の勢力は夏季に最強となる季節変化を示す<sup>9)</sup>。そして、暖流水の影響範囲は水深200～300mと推定される<sup>10)</sup>。このため、魚礁周辺海域の海底は対馬暖流水の影響が及ぶ下限として位置付けられ、底層水温は水塊配置の影響で大きく変化すると推察される。

#### 4) 人工魚礁海域の特性

金沢沖の水深200～500mで行った底びき網(かけ廻し)による調査の結果<sup>11)</sup>では、雄ガニは各水深帯で成体と未成体が分布していたのに対して、雌ガニは水深250～300mに成体が多く分布していた。前述の籠操業結果では、漁獲尾数に占める雌ガニの比率は操業次数別には28.6～100%、全体では85.5%であった(表6)。このため、甲幅組成からも魚礁設置周辺海域は成体雌ガニが優占して分布する海域として位置付けられる。

また、底びき網調査結果の経年変化から、優勢年級群の雌ガニが1989年夏季に初産卵を行ったと推察されており<sup>12)</sup>、1989年7月に魚礁の設置前に調査して得られた高い分布密度は、この群が主体を占めたと考えられる。したがって魚礁内の年次別漁獲尾数における1989年から1990・1991年への減少は、発生年級群豊度の経年変化が大きく影響しており、経年的な資源変動は魚礁内外で同様の傾向を示すと推察される。

漁獲尾数の季節変化では、種々の原因が想定される。季節的な深浅・海域移動、漁獲強度の季節変化、脱皮・成長して漁獲加入する時期が夏～秋季に集中する<sup>13)</sup>などである。ここで、漁獲尾数が夏季に少なくなる現象は、漁獲強度が4～11月に低くなり(3月21日～11月5日のズワイガニ禁漁期間中では金沢沖のカニ場操業を自粛)、夏～秋季には脱皮・成長による新規加

入があることから、深淺・海域移動の影響が大きいと推察される。物理的環境面では、底層塩分が夏季に最低値となるが、分布との関係は明らかでない。

漁獲尾数の海域変化では、特に雌ガニの分布が魚礁内外で異なり、魚礁設置後1年以内では魚礁内が少なく、それ以降では魚礁内が多かった。今のところ、魚礁周辺海域における漁獲の影響は無視できず、保護効果によって魚礁内外の分布密度が相対的に変化したと判断できる。

表6 1 操業当たり漁獲尾数と雌ガニの占める比率

単位：尾・%

調査海域	1月	2月	3月	7月	8月	10月	計
1989年 魚礁設置前				94.4 ( 447)			94.4 ( 447)
魚礁岸側					96.4 ( 138)	96.8 ( 158)	96.6 ( 296)
1990年 魚礁内	75.6 ( 131)	48.8 ( 84)	79.1 ( 86)	100 ( 4)	33.3 ( 3)	89.8 ( 108)	74.5 ( 416)
魚礁沖側				96.2 ( 292)	87.3 ( 55)		94.8 ( 347)
魚礁岸側	73.1 ( 104)	60.3 ( 78)	69.4 ( 36)			83.7 ( 294)	77.0 ( 512)
1991年 魚礁内	79.5 ( 166)	73.0 ( 152)	70.7 ( 92)	75.0 ( 12)	45.5 ( 11)	95.7 ( 460)	85.3 ( 893)
魚礁沖側	89.4 ( 188)	60.9 ( 64)	83.0 ( 53)	28.6 ( 7)			81.1 ( 312)
計	80.6 ( 589)	63.0 ( 378)	75.7 ( 267)	94.2 ( 762)	90.3 ( 207)	91.8 ( 1,020)	85.5 ( 3,223)

( )内の数値は1操業当たり漁獲尾数を示す。

## 2. 魚礁効果の理論的背景

魚礁の機能として餌場・かくれ場・産卵場などが想定されるが、ズワイガニでは漁場面積を削減することによって底びき網の漁獲強度を低減することが主効果として位置付けられる。単純なモデルを想定して漁獲強度の低減度を検討した(図8)。モデルの条件は以下のとおりである。

①魚礁設置海域では操業しない。

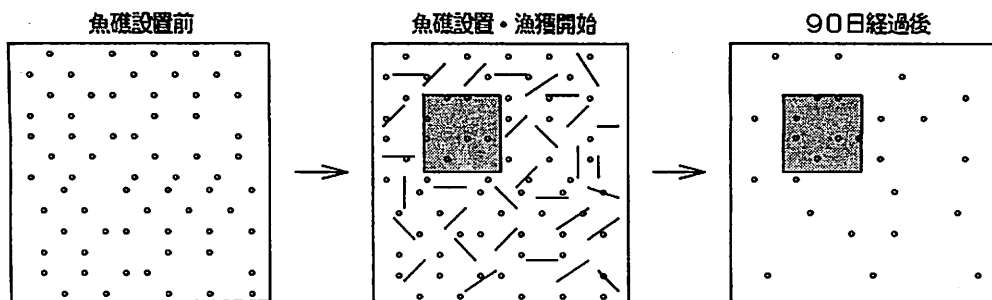


図8 魚礁設置とズワイガニの漁獲との関係の模式図

(淡影部：魚礁設置海域，丸印：ズワイガニ，線分：曳網航跡)

- ②漁場面積は100km<sup>2</sup>で、魚礁設置海域は漁場面積の10%とする。
- ③魚礁設置前に漁場に存在するズワイガニは1,000尾で、その分布はランダムである。
- ④魚礁設置と同時に漁獲を開始し、操業は90日間継続する。
- ⑤魚礁が設置されない場合の漁獲率（5日当たり）は5%である。
- ⑥操業中の自然死亡は0とする。

魚礁設置90日経過後における漁場内の生残尾数を以下の条件別に計算した。

a. 「魚礁を設置しない」

5日当たりの漁獲率5%・自然死亡率0%から5日当たりの生残率は95%である。90日経過後の生残尾数をN<sub>90</sub>とする。

$$N_{90} = 1,000 \times 0.95 \times 0.95 \times \dots = 1,000 \times 0.95^{18} \approx 397 \text{尾}$$

b. 「魚礁を設置する」「ズワイガニは移動しない」「曳網回数が減る」

漁場の10%が操業できなくなるので、操業回数が10%減ると仮定する。このため、魚礁設置海域外における曳網回数は、魚礁を設置しない場合と同じである。魚礁設置時における魚礁設置海域内のズワイガニ生残尾数は、漁場全体の10%に相当する100尾である。90日経過後の生残尾数について魚礁設置海域内をNF<sub>90</sub>、魚礁設置海域外をND<sub>90</sub>とする。

$$NF_{90} = 100 \times 1.0 = 100 \text{尾}$$

$$ND_{90} = (1,000 - 100) \times 0.95 \times 0.95 \times \dots = 900 \times 0.95^{18} \approx 357 \text{尾}$$

$$NF_{90} + ND_{90} = 457 \text{尾}$$

c. 「魚礁を設置する」「ズワイガニは移動しない」「曳網回数は変わらない」

漁場の10%が操業できなくなるが、操業回数は変わらないと仮定する。このため、魚礁設置海域外における曳網回数は、魚礁を設置しない場合の1.1倍(1÷0.9≈1.1)で、5日当たりの漁獲率は5.5%(5×1.1=5.5)となる。

$$NF_{90} = 100 \times 1.0 = 100 \text{尾}$$

$$ND_{90} = (1,000 - 100) \times 0.945 \times 0.945 \times \dots = 900 \times 0.945^{18} \approx 325 \text{尾}$$

$$NF_{90} + ND_{90} = 425 \text{尾}$$

d. 「魚礁を設置する」「ズワイガニは移動する」「曳網回数が減る」

ズワイガニはランダムに移動し、魚礁設置海域内外での出入りは魚礁設置面積の10%に相当する海域内のズワイガニが5日おきに各々入れ換わると仮定する。

$$ND_5 = 900 \times 0.95$$

$$NF_5 = 100$$

$$ND_{10} = (ND_5 - ND_5 \div 90 + NF_5 \div 10) \times 0.95 \quad NF_{10} = NF_5 - NF_5 \div 10 + ND_5 \div 90$$

⋮

⋮

$$ND_{90} = (ND_{85} - ND_{85} \div 90 + NF_{85} \div 10) \times 0.95 \quad NF_{90} = NF_{85} - NF_{85} \div 10 + ND_{85} \div 90$$

$$\approx 381 \text{尾}$$

$$\approx 66 \text{尾}$$

$$NF_{90} + ND_{90} = 447 \text{尾}$$

e. 「魚礁を設置する」「ズワイガニは移動する」「曳網回数は変わらない」



$$ND_5 = 900 \times 0.945$$

$$NF_5 = 100$$

⋮

⋮

$$ND_{90} = (ND_{85} - ND_{85} \div 90 + NF_{85} \div 10) \times 0.945$$

$$\approx 349 \text{尾}$$

$$NF_{90} = NF_{85} - NF_{85} \div 10 + ND_{85} \div 90$$

$$\approx 63 \text{尾}$$

$$NF_{90} + ND_{90} = 412 \text{尾}$$

以上の結果から、b～eの魚礁設置効果は90日経過後の各生残尾数からaの生残尾数を差し引いて算出できる(表7)。前提条件によって効果は異なり、aとの差は15～60尾で4倍の差がみられる。条件別には、「ズワイガニは移動しない」「曳網回数が減る」とした方が効果は大きく、 $b > d > c > e$ の順である。他方、魚礁設置海域内外におけるズワイガニの分布密度差は、 $c > b > e > d$ の順で、効果の順位とは一致しない。これから、魚礁設置海域内外の分布密度差がどのような原因で生じているかを明らかにすることが重要である。

表7 90日経過後の生残尾数におけるb～eとaとの差・比率

	a	b	c	d	e
生残尾数	397	457	425	447	412
aとの差		60	28	50	15
aに対する比率		1.15	1.07	1.13	1.04

表8 b～eにおける魚礁設置海域内外のズワイガニ分布密度

	単位：尾/㎏			
	b	c	d	e
魚礁設置海域内(1)	10.00	10.00	6.60	6.30
魚礁設置海域外(2)	3.97	3.61	4.23	3.88
(1) - (2)	6.03	6.39	2.37	2.42

### 3. 金沢沖人工魚礁の効果

前述のモデルでは各種の前提条件を設定しており、金沢沖人工魚礁での当てはまりを検討した。

- ① 魚礁の配置は、50m間隔で周囲に並べ、その内部を100～300m間隔で埋めている。これは、底びき網業者からの聞き取りで、内部で操業できないようにしたものである。このため、魚礁設置海域内では操業しないという前提条件が満たされる。
- ② 金沢沖のズワイガニ漁場面積を水深200～400mの海域として算定すると1,421㎏<sup>14)</sup>、魚礁設置面積の0.17㎏(850m×200m)は0.01%に相当する。これは、漁場面積の10%という前提条件の1000分の1である。
- ③ 漁場内に存在するズワイガニの個体数は不明であるが、その分布は水深別に異なっており<sup>11-15)</sup>、集中分布とみなされる。(前提条件：漁場内のズワイガニ尾数=1000尾、ランダム分布)
- ④ 1991年10月の時点で魚礁設置後2年を経過しており、その間に2漁期を狭んでいる。1989年漁期は雄ガニが11月6日～3月20日(135日)、雌ガニが11月6日～1月31日(87日)、1990年漁期は雄ガニが1989年と同じで雌ガニが11月6日～1月20日(76日)であった。(前提条件：漁期90日)
- ⑤ 石川県周辺海域における標識放流調査結果から、ズワイガニの1年当たり生残率は5～33%(5日当たりでは96～98%)と推定されている<sup>16)</sup>。(前提条件：5日当たり漁獲率=5%)

⑥ 自然死亡については、京都府沖合域における成体雌ガニの標識放流調査結果<sup>17)</sup>では、1年当たりの自然死亡率が約4% {自然死亡率 =  $M \div (F + M) \times (1 - e^{-(F+M)})$ }, 自然死亡係数( $M$ ) = 0.073, 漁獲係数( $F$ ) = 1.0179} と推定されている<sup>16)</sup>。(前提条件: 自然死亡率 = 0%)

以上の条件の中では、魚礁設置面積とズワイガニの分布とを除いては魚礁効果の推定に大きな影響を与える差異はみられない。魚礁設置面積とズワイガニの分布との関係では、分布密度が高い海域に魚礁が設置された場合、その実効面積は分布密度に応じて拡大評価する必要がある。しかし、金沢沖の漁場内における分布が定量化されていないため、魚礁設置海域の実効面積は不明である。

次に、モデルではb～eの類型別に生残尾数を推定しており、各類型の当てはまりを検討した。単位期間内に魚礁設置海域内外で出入りするズワイガニの量を魚礁設置海域の面積比率でとらえると、移動方向がランダムであると仮定した場合、この比率は魚礁設置面積と移動速度との相対的な関係で規定される。一方、前述の操業結果から季節的な深淺・海域移動の存在が示唆されているが、魚礁設置海域内の分布密度が禁漁期間中の夏季に低くなる指向的移動であるため、魚礁設置海域外へ移動したズワイガニは混獲による投棄死亡を除いては漁獲の影響を受けない。このため、11～3月の漁期中をモデルの適用期間とした場合、漁期初めに魚礁設置海域内外の分布密度差を0と置くことで、季節移動の影響を無視できる。但し、ズワイガニが魚礁に対して蟻集・忌避行動を起こす場合、漁期中の移動は指向的となる。魚礁に対するズワイガニの蟻集性については、飼育環境下の稚ガニで構造物に依存する傾向が観察されているが<sup>17)</sup>、天然海域・成体では不明である。また、コンクリートブロックから溶出する「アク」が生物に対して有毒であることが知られているが、流水環境下ではこの影響は約1ヶ月で消失する<sup>18)</sup>。加賀沖・水深320mの底層では7～11cm/sの流れが観測されており<sup>19)</sup>、1989年10月に設置された魚礁に対して、魚礁設置後の調査を開始した1990年1月の時点で、コンクリートブロックの「アク」を原因とした忌避行動は生じないと推察される。以上の検討結果では、魚礁設置海域内外で出入りする量が無視しう程度かどうかの判断はできない。

周辺海域の魚礁設置前後における曳網回数の変化は不明である。但し、魚礁設置面積が漁場面積の0.01%であることを考慮すると、魚礁設置後に曳網回数が減った可能性は低い。京都府沖合の保護区周辺では集中的に操業する現象がみられており<sup>20)</sup>、金沢沖魚礁周辺海域でも魚礁設置後に曳網回数が逆に増えた可能性が残される。これから、「曳網回数は変わらない」という条件の方が妥当と考えられる。

以上のことから、モデルの適用による魚礁効果の推定では、ズワイガニの分布・移動に仮定を置かなければならず、このことを抜きにして魚礁効果の定量化は困難である。但し、魚礁効果の有無という点では、魚礁設置海域内外の分布密度比較で魚礁内の方が高い1991年2月以降では、有ると判断される。他海域での調査事例では、福井県沖に設置された保護区内外における籠調査結果が報告されており<sup>21)</sup>、1籠当たり平均漁獲尾数では保護区内が保護区周辺の1.2～3.0倍で、金沢沖の1991年2月以降における1.5～2.6倍と近い値を示している。

#### 4. ま と め

魚礁設置による保護区の設定は、ズワイガニに対する漁獲努力を削減するための有効な1手法である。金沢沖人工魚礁は成体雌ガニの保護という観点で設置され、その意味では目的をほぼ達成している。しかし、ズワイガニ資源の現状を考えた場合、保護対象は成体雌ガニに限らない。ズワイガニ漁場として価値は低いが、未成体ガニの多く分布する海域を今以上に保護することで、漁獲された後に投棄されて死亡するズワイガニの量を削減する必要がある。未成体ガニの保護は、現在の水揚量をそれほど落とさずに漁業を続けて行く有効な方法であり、それに果たす魚礁の役割は大きい。

#### 文 献

- 1) 平山信夫(1981)：かご漁業の漁業資源。かご漁業。水産学シリーズ(36)。恒星社厚生閣、東京、120-139。
- 2) 大橋洋一・貞方 勉・宇野勝利・木本昭紀(1992)：ズワイガニ移殖放流調査。平成2年度右川水試事報、51-78。
- 3) 山村光司(1989)：ノンパラメトリック手法。都道府県農林水産関係研究員短期集合研修テキスト(理論系)、農林水産技術会議事務局、25-45。
- 4) 谷野保夫・加藤史彦(1971)：ベニズワイかご網の漁獲性能と選択性。日水研報告(23)、101-117。
- 5) 今 攸(1980)：ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O.Fabricius) の生活史に関する研究。新潟大理学部付属佐渡臨海実験所特別報告、第2集、64pp。
- 6) 第九管区海上保安本部(1990)：九管区海洋速報(平成2年第19号)、6pp。
- 7) 第九管区海上保安本部(1991)：九管区海洋速報(平成3年第4号)、6pp。
- 8) 川合英夫(1991)：日本海の場合特性と生物生産・漁業生産との関連：海洋研究者の側からの予測。日本海ブロック試験研究集録(20)、51-68。
- 9) 為石日出生(1989)：日本海の場合(人工衛星情報の導入)。平成元年度石川県青年漁業士育成講習会資料、11pp。
- 10) 長沼光亮(1985)：日本海における漁況と海況。海と空60(2)、47-61。
- 11) 石川県(1990)：平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書、51pp。
- 12) 大橋洋一(1992)：ズワイガニ漁況予測についての一考察。日本海ブロック試験研究集録(24)、33-42。
- 13) 伊藤勝千代(1970)：日本海におけるズワイガニの生態に関する研究Ⅲ。甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年令と成長について。日水研報告(22)、81-116。
- 14) 日本水産資源保護協会(1991)：資源培養管理対策推進事業(ズワイガニ)シミュレーション結果。147pp。

- 15) 石川県 (1991) : 平成2年度広域資源培養管理推進事業報告書, 47pp.
- 16) 大橋洋一・貞方 勉・宇野勝利 (1991) : ズワイガニ移殖放流調査. 平成元年度石川水試事報, 62-83.
- 17) 石川県 (1983) : 大規模増殖場造成事業調査報告書 (昭和56~57年度), 25pp.
- 18) 池田 潤 (1974) : 海水魚水槽の設計. 企画・設備・飼育技術. 商店建築社, 東京, 189pp.
- 19) 水産庁・海上保安庁水路部・建設省国土地理院 (1984) : 昭和58年度国土総合開発事業調整費. 未利用沿岸漁場開発計画調査報告書, 436pp.
- 20) 松岡祐輔・生田哲郎・西広富夫・山崎 淳・戸嶋 考 (1987) : 昭和61年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業報告書. 地先資源の漁場形成要因評価技術報告 (日本海産重要カニ類の資源と生態に関する研究, ズワイガニ). 京都海洋センター, 24pp.
- 21) 中島輝彦・窪田亮二・今 攸 (1990) : ズワイガニ (深海) 調査の課題と今後の方向. 平成2年度水産工学研究推進全国会議報告書, 83-84.

## II 飼育環境下における雄ズワイガニの生殖能力

### は し が き

日本海における雄ズワイガニの成熟については、従来から研究が進められている<sup>1,2,3)</sup>。精巣の組織学的検索では、「甲幅49.2mmのほとんどの個体の精管内にはすでに多数の精包が貯えられており、第10令以上の個体ではさらに交尾能力は増大する」と推定されている<sup>1)</sup>。他方、第1腹肢の先端部における形状変化では、甲長約80mmで完全となることが報告されている<sup>2)</sup>。また、東部ベーリング海から日本海にかけての海域で採捕した個体について、甲幅に対する鉗幅の相対成長から性成熟に達する大きさが推定されている<sup>3)</sup>。

本報告では、甲幅と鉗脚の前節高との関係で認められる2群<sup>4)</sup>の雄ズワイガニについて、飼育環境下での交尾・受精能力を検討した。

なお飼育に当たっては、のどじま臨海公園水族館（館長内木幸次）の協力を受け、池口新一郎氏にお世話をいただいた。記して感謝を申し上げる。

### 材 料 と 方 法

実験に用いたズワイガニは、調査船・禄剛丸（総トン数 32.25）で1989年6月14日に金沢沖の水深326m（図1）で延縄式籠操業により漁獲したものである。雄ガニは、甲幅と鉗脚の前節高との関係を調べて、鉗脚が相対的に大きい群と小さい群との2つに区分し、各群から3尾づつを選んだ（図2）。雌ガニは、10齢期と推定される甲幅約70mmの未成体を8尾選んだ。成体・未成体の判別は、腹節の形態を指標とした<sup>5)</sup>。

選別したズワイガニは、砕氷を敷いたプラスチックボックスに入れて、約2時間かけて陸上輸送した後、水槽へ収容した。使用した水槽は2基（S：170×78×33（深さ）cm，L：177×72×71（深さ）cm）で、トリカルネット・アクリル多孔板を用いて各々を3区画に仕切った。但し、1990年4月以降は、S槽を4つに仕切り、飼育を継続する区画の個体を再収容している。各区画に対応する個体番号・水槽を表1に示す。

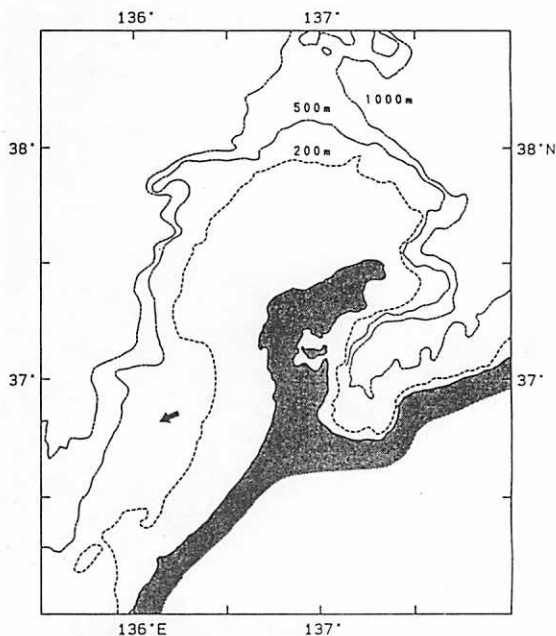


図1 実験に用いたズワイガニの採集位置  
(矢印が籠操業位置を示す)

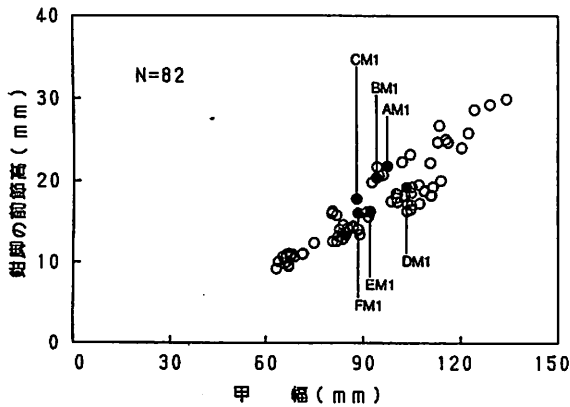


図2 籠操業で漁獲した雄ズワイガニにおける甲幅と鉗脚の前節高との関係

飼育は、1989年6月14日に開始し、1991年4月21日に終了した。飼育中は、冷却した海水を循環ろ過し、水温を5℃前後に保つようにした。餌料は、食べ残しがない程度にオキアミを適宜与えた。また、水温の測定と水面からの観察とを原則として毎日午前中に行い、1990年4月20日・10月31日・11月23日・1991年2月10日と斃死時には水槽から取り上げて観察した。

### 結果と考察

飼育中の水温変化を図3に示した。日変化では3.2~8.3℃、月平均の変化では4.0~6.3℃を示した。ズワイガニを採集した地点の底層水温は0.5℃で、飼育水温と比べて低い。他方、成体雌ガニにおける飼育水温と24時間後の生残率との関係<sup>6)</sup>では、14.4℃までは死亡した個体はみられず、また「飼育期間が長期に及ぶ場合には10℃以下を維持することが望ましいが、収容時のカニの状態が悪くなければ10℃を越えてもほとんど問題はないと考えられる」<sup>7)</sup>との指摘がある。このため、飼育中の水温は斃死に到るほど高くはなかったと判断される。

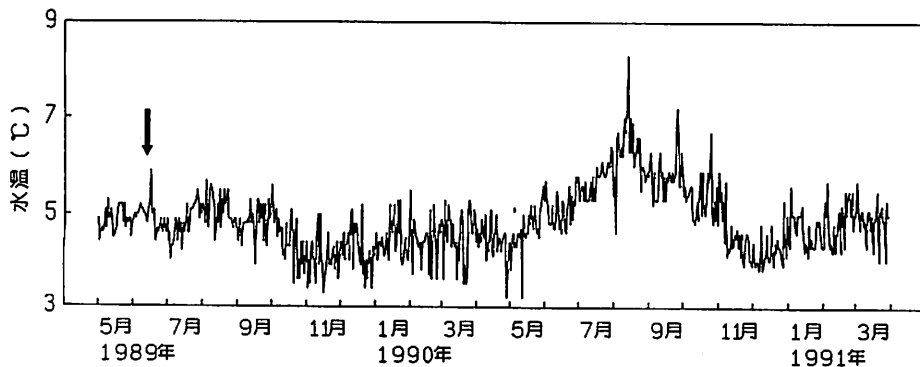


図3 飼育中の水温変化  
(矢印は収容日を示す)

表1 各区画に対応する個体番号・水槽

区画	個体番号		使用水槽	
	雄ガニ	雌ガニ	'89.4~'90.3	'90.4~'91.4
A	AM1	AF1 AF2	L	—
B	BM1	BF1	S	S
C	CM1	CF1	S	—
D	DM1	DF1	L	S
E	EM1	EF1 EF2	L	S
F	FM1	FF1	S	S

雄ガニの観察経過を表2に示した。1990年4月20日までの観察では、DM1・EM1・FM1の3尾が脱皮しており、これらは収容時には鉗脚が相対的に小さい群に区分された個体である。脱皮日は1989年10月26日～1990年1月17日の間で、脱皮殻の有無で判断した。1989年6月14日・1990年4月20日における甲幅と鉗脚の前節高との関係を図4に示した。鉗脚の大小2群を判別する基準として  $Y = 0.21 \cdot x - 1.5$  (Y: 鉗脚の前節高, x: 甲幅) に対する上下関係<sup>8)</sup>を用いると、脱皮後のDM1・EM1・FM1はすべて鉗脚の大きい群に変化したと判定される。

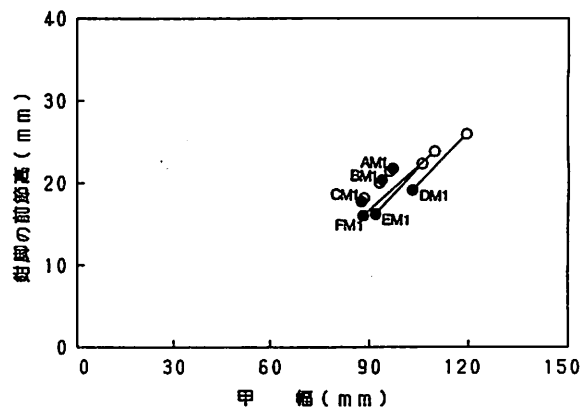


図4 雄ガニにおける甲幅と鉗脚の前節高との関係(黒丸は1989年6月14日、白丸は1990年4月20日)

表2 雄ガニの観察経過

単位: mm

個体番号	1989. 6. 14		1990. 4. 20		1990. 10. 31		1991. 4. 21		備	考
	甲幅	鉗脚*	甲幅	鉗脚	甲幅	鉗脚	甲幅	鉗脚		
A M 1	97.3	21.8	96.4	21.5					1990. 4. 20取り上げ.	
B M 1	94.0	20.4	93.3	20.1	93.6	—	93.8	18.7	1991. 4. 21取り上げ.	
C M 1	87.9	17.8	88.6	18.2					1990. 4. 20取り上げ.	
D M 1	103.4	19.2	119.6	26.0	119.4	—	119.0	25.0	1989. 10. 26脱皮, 1991. 4. 21取り上げ.	
E M 1	92.1	16.3	106.3	22.4	104.8	—			1990. 1. 17脱皮, 1990. 11に斃死.	
F M 1	88.4	16.1	110.0	23.9					1990. 1. 15脱皮, 1990. 4 - 10の間に斃死.	

\*: 鉗脚の前節高

雌ガニの観察経過を表3に示した。A・E区間では、雌ガニ2尾の個体識別をしていない。このため、1989年6月14日におけるA・E区間の個体番号別甲幅は便宜的に割り振ったものである。収

表3 雌ガニの観察経過

単位: mm

個体番号	1989. 6. 14		1990. 4. 20		1990. 10. 31		1990. 11. 23		1991. 2. 10		1991. 4. 21	
	甲幅	外卵	甲幅	外卵	甲幅	外卵	甲幅	外卵	甲幅	外卵	甲幅	外卵
AF 1	69.6	なし										
AF 2	70.0	なし										
BF 1	65.5	なし	75.3	未発眼	75.1	発眼	—	発眼	—	未発眼	—	未発眼
CF 1	69.4	なし										
DF 1	65.1	なし	74.1	未発眼								
EF 1	68.2	なし	76.3	未発眼	76.4	なし	—	未発眼	—	未発眼	77.7	なし
EF 2	68.7	なし										
FF 1	69.5	なし	81.5	未発眼	81.0	発眼	—	なし	—	なし	81.2	なし

個体番号	備		考
AF 1	1989. 6 - 1990. 2の間に脱皮, 1990. 2. 17斃死 (外卵あり).		
AF 2	1990. 1. 17脱皮, 1990. 2. 17斃死 (外卵あり).		
BF 1	1989. 9. 25脱皮, 1991. 4. 21取り上げ.		
CF 1	1989. 12. 26脱皮, 1990. 3. 27斃死 (外卵あり).		
DF 1	1989. 8. 18脱皮, 1990. 10. 30斃死 (外卵なし).		
EF 1	1989. 8. 6脱皮, 1991. 4. 21取り上げ.		
EF 2	1989. 7. 2脱皮, 1989. 7. 7斃死 (外卵なし).		
FF 1	1989. 8. 24脱皮, 1989. 8. 25外卵確認, 1991. 4. 21取り上げ.		

容した8尾は飼育中にすべて脱皮し、そのうち7尾については産卵が確認された。脱皮日は雄ガニと同様に判断し、産卵は取り上げ時における外卵の有無で判定した。このため、水槽の底部に脱落した卵を確認したFF1以外は産卵日を特定できない。但し、雌ガニの最終脱皮から初産卵までの期間は数日以内で<sup>9-10)</sup>、幼生ふ出から産卵までの期間は約10日以内である<sup>9-10-11)</sup>ことが飼育観察では確認されている。外卵の発生段階は肉眼で観察し、発眼・未発眼を区別した。1990年4月20日では生存している4尾の外卵はすべて未発眼で、1990年10月31日ではBF1・FF1の2尾が発眼卵を有し、DF1・EF1の2尾(DF1は前日に斃死)が外卵を保持していなかった。産卵からふ出までの抱卵期間は、自然海域では初産で1.5年、経産で1年と推定されており<sup>12-13-14)</sup>、飼育観察(平均水温3.5℃)<sup>12)</sup>でも同様の期間が確認されている。このため、1990年4月20日の未発眼卵と1990年10月31日の発眼卵とは前年の初産に由来すると推察される。EF1は1990年4月20日の観察で腹肢の基部に少量の卵が認められただけで、またDF1と同時期に最終脱皮したFF1は1990年10月31日では発眼卵であったことから、DF1・EF1では外卵が脱落したと推察される。発眼が認められたBF1・FF1は以後に「未発眼」「外卵なし」の状態が確認されたため、この間に幼生がふ出したと考えられる。EF1は1990年11月23日で未発眼、1991年4月21日で外卵なしで、この間に2度目の産卵・外卵脱落があったと推察される。これは、2度目の産卵から外卵なしになるまでの期間が6カ月以内(最長で1990年10月31日~1991年4月21日)であることから判断した。

以上の結果を図5に整理した。A・B・C区画では雌ガニはすべて脱皮・産卵し、1991年4月21

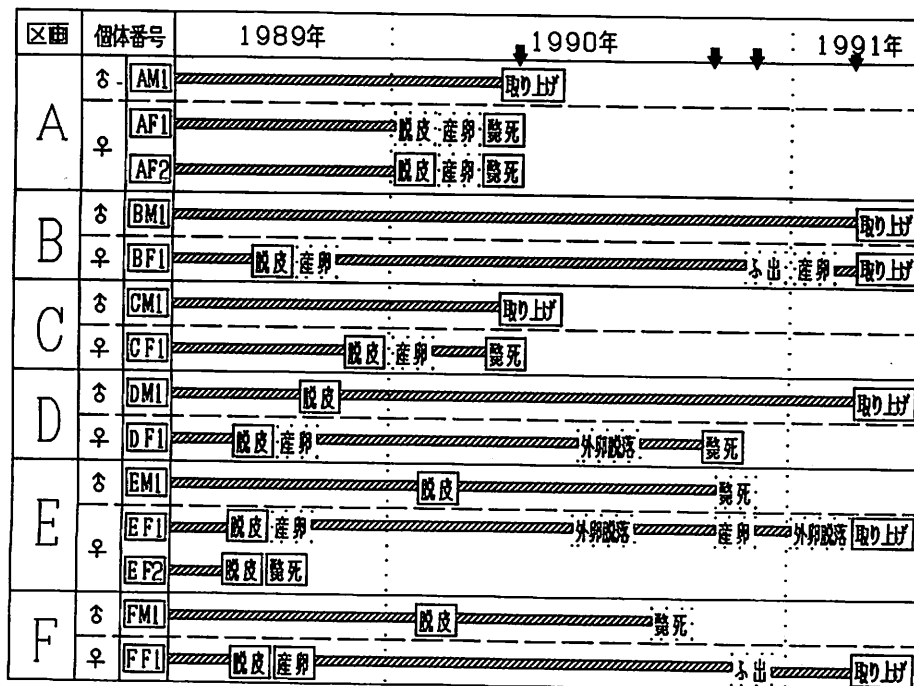


図5 飼育経過

(矢印は取り上げ観察日を示す。産卵日等で特定できないものは点線で囲んである。)



日まで生存したBF 1は2度目の産卵を行っている。抱卵期間は14~17ヵ月の間で、正常な産卵・ふ出の経過をたどったと推察される。D・E・F区画では雌ガニは全て脱皮し、EF 2を除いて産卵が認められた。しかし、ふ出したのはFF 1（抱卵期間14~15ヵ月）だけで、他の個体では外卵が脱落したと推察された。更に、1990年10月31日の観察でFF 1の抱卵量がBF 1と比べて少ないこと、ふ出後5ヵ月以上経過した時点で産卵がみられないことから、FF 1の産卵・ふ出の経過が正常であったかについては疑問がもたれる。外卵脱落の原因については、イセエビで未受精卵が親エビの腹肢清掃運動により脱落することが報告されており<sup>15)</sup>、同様の可能性が考えられる。その他に、取り上げ観察が与える刺激によって親ガニが鉗脚で外卵を落とすとの報告<sup>9)</sup>や自然海域での外卵の一部脱落が示唆されている<sup>16-17)</sup>。飼育中の条件が各個体で同一であるという前提では、外卵の脱落は未受精が主因であった可能性が強い。

実験を開始した時点の雄ガニは、A・B・C区画が鉗脚の大きい群、D・E・F区画が鉗脚の小さい群であった。その後、D・E・F区画の雄ガニは脱皮して鉗脚の大きい群になった。但し、各区画における雌ガニの脱皮時期を考慮すると、D・E・F区画では雄ガニの鉗脚が小さい時に産卵前の交尾行動<sup>9-10)</sup>があったと推察される。このため、鉗脚の大きい雄ガニと交尾した雌ガニでは正常な産卵・ふ出がみられ、鉗脚の小さい雄ガニと交尾した雌ガニでは産卵時の受精が不完全であったと判断される。飼育例数が少なく、鉗脚の大小2群を代表する結果としてとらえるには問題が残されるが、鉗脚の大きい群は鉗脚の小さい群と比べて生殖能力において優っていると推察される。

## 文 献

- 1) 今 攸・本間義治 (1990) : 海産無脊椎動物の生殖腺の成熟に関する研究—IV. ズワイガニの精巣にみられる季節的变化. 日水誌36(10), 1021—1027.
- 2) Nishimura, S. (1967) : Male first pleopods of the majid brachyurans *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) and *C. japonicus* Rathbun from the Japan Sea. Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 15(3), 165—171.
- 3) 藤田 轟・竹下貢二・松浦修平 (1988) : ズワイガニ2種の鉗の相対成長と性成熟. 甲殻類の研究(17), 7—13.
- 4) 山崎 淳・桑原昭彦 (1991) : 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水誌57(10), 1839—1844.
- 5) 伊藤勝千代 (1957) : ズワイガニ *Chionoecetes opilio* の腹及び脚長節の相対成長とその段階について. 日水研年報(3), 117—129.
- 6) 福井県水産試験場 (1976) : 昭和51年度指定調査研究総合助成事業. 種苗生産技術研究報告書 (ズワイガニ), 26pp.
- 7) 岩本 浩 (1990) : 飼育と管理のやさしい解説(ズワイガニ). 活魚大全. フジ・テクノシステム, 東京, 536—539.

- 8) 大橋洋一 (1992) : ズワイガニ漁況予測についての一考察. 日本海ブロック試験研究集録(24), 33-42.
- 9) 小林啓二 (1983) : 水槽飼育によるズワイガニの産卵・ふ化と、幼生から成体までの育成経過について. 栽培技研12(1), 35-45.
- 10) 松浦修平 (1988) : ズワイガニ. エビ・カニ類の種苗生産. 水産学シリーズ(71). 厚星社厚生閣, 東京, 76-91.
- 11) 松田泰嗣 (1983) : 飼育によるズワイガニの産卵生態について. 兵庫水試研報(21), 21-26.
- 12) 小林啓二 (1989) : ズワイガニの増殖生態に関する研究. 鳥取水試報告(31), 1-95.
- 13) 伊藤勝千代 (1967) : 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 I. 初産卵時期と初産群から経産群への添加過程について. 日水研報告(17), 67-84.
- 14) 今 攸・本間義治 (1970) : 海産無脊椎動物の生殖腺の成熟に関する研究-III. ズワイガニの卵巣にみられる季節的变化. 日水誌36(10), 1021-1026.
- 15) 出口吉昭 (1988) : イセエビ. エビ・カニ類の種苗生産. 水産学シリーズ(71). 厚星社厚生閣, 東京, 64-75.
- 16) 今 攸 (1974) : ズワイガニに関する漁業生物学的研究-VI. 卵巣内卵数および抱卵数. 日水誌40(5), 465-469.
- 17) 石川県水産試験場 (1991) : 平成2年度増殖場造成事業資料集-I (ズワイガニの人工魚礁調査と生態特性に関する研究), 34pp.

### III ズワイガニに対する底びき網漁具の網目選択性

#### は し が き

石川県におけるズワイガニ漁獲量は、石川農林水産統計年報によると史上最高の1,289トン記録した1962年以降では減少を続けており、1990年は436トンと最盛期の34%である。ズワイガニを対象とする漁業は石川県では沖合底びき網と小型底びき網で、操業方法はいずれもかけ廻し式である。使用する漁具は混獲される異体類・エビ類を考慮して小さな網目となっており、漁獲された未成熟ガニは船上で選別された後、海上投棄されている。この投棄ガニがズワイガニ漁獲尾数に占める割合は約9割と高く<sup>1)</sup>、また投棄後の生残率は時期によっては15%以下と低いことが指摘されている<sup>2)</sup>。このため、操業による若齢期の減耗が多く、ズワイガニ資源の安定化を図るためにはこれらの保護対策が必要である。その手法としては保護区域の設定、海上投棄の迅速化、網目規制等が挙げられる。なかでも近年、漁業者の自主規制で網目を拡大して稚ガニを保護しようとする動きがあり、定量的な影響評価が求められている。このため、ズワイガニに対する底びき網漁具の網目選択性を明らかにすることで、網目規制を具体化する際の一助とするため、本報告では1989～1991年に行った網目選択性試験の結果<sup>3,4)</sup>を解析し、更に網地各部の移動と対比させて検討を行った。

本研究を進めるにあたり、中央水産研究所赤嶺達郎氏には懇切なご教示をいただいた。記して感謝申し上げる。

#### 調 査 方 法

1989～1991年の各2・3月に調査船白山丸（総トン数189.52、馬力1300ps）によって石川県加賀海域の主に水深250～350mで底びき網の操業を行い（図1・2）、ズワイガニに対する網目選択性を検討した。試験方法はカバーネット式<sup>5)</sup>を採用した。

試験漁具の基本的な構造は漁業者が使用するものと同様で、寸法を調査船の船型・馬力に合わせて大きめとした。但し、袋網については脱着可能とし、内網と外網の二重構造とした（図3・4）。その構成は、内網が3節（内径151mm）・5節（内径75mm）・7節（内径47mm）、外網がいずれも10節（内径31mm）から成る3種類で、更に内網の細部構造を年別に改変した。1989年は菱目の網地を用いて袋尻を絞り、1990年は角目の網地を用いて袋尻を絞らない構造として袋網の前面に尺目（内径302mm・菱目）のゴミ取りを装着した。1991年はゴミ取りを外した他は1990年と同様とした。その他に、1991年では袖網の下部に覆い網を装着した（図5）。操業方法はかけ廻し式で、3種類の袋網を随時取り替えて1時間を目処に曳網した。採集したズワイガニは内網・外網・ゴミ取り・袖覆い網に分けて、計数と甲幅の測定を行った。なお、曳網結果のうち破網・閉網の場合を解析対象から除外した。

また、曳網開始・終了時には、魚群探知機による測深とロランC（1989・1990年使用）・GPS（1991年使用）による測位を行い、1989年では両舷のトロールウィンチ2機から延ばされた曳網を船尾で結んで(図6)、その交差角度を測定した(図7)。

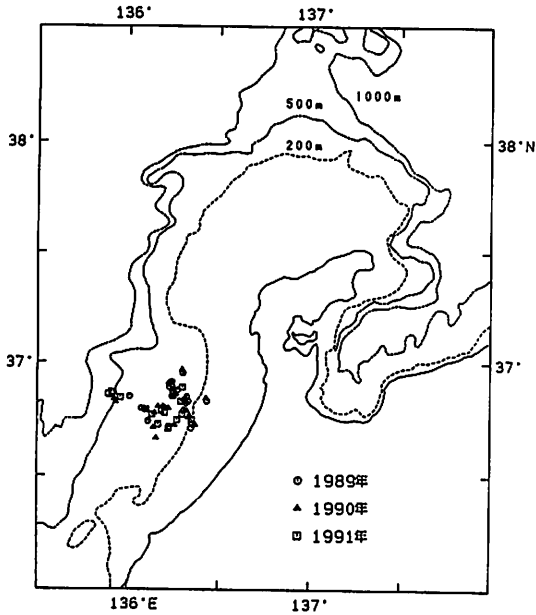


図1 調査船の操業位置

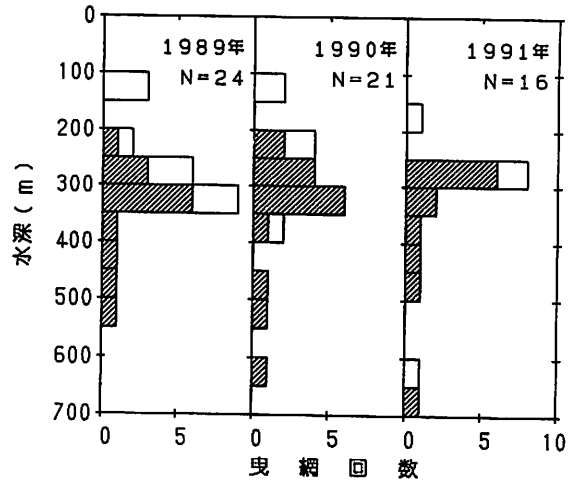


図2 調査船の水深別曳網回数  
(斜線部は解析対象分)

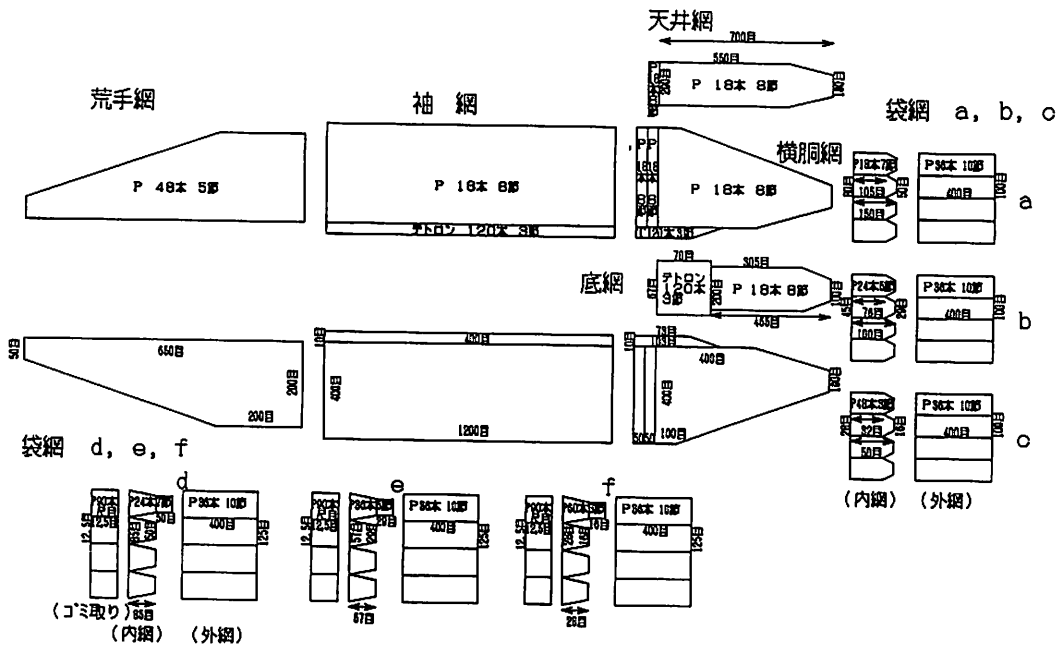


図3 試験漁具展開図

(1989年は袋網 a・b・c、1990年は袋網 d・e・f を使用)

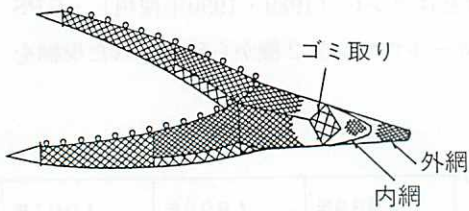


図4 試験漁具模式図

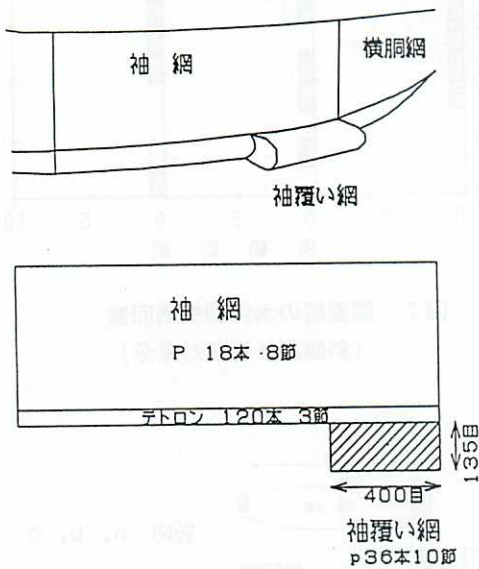


図5 袖覆い網の模式図・展開図



図7 船尾での曳網交差角度の測定

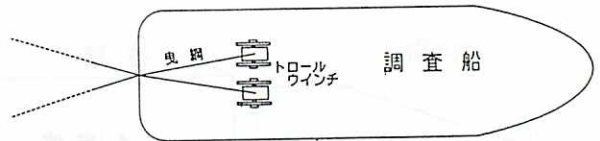


図6 曳網の結束位置

## 結果と考察

### 1. 網目別・雌雄別・年次別選択率

ズワイガニに対する個体数・重量の選択率を網目別・雌雄別・年次別に次式を用いて算出した(表1)。但し、重量は、甲幅と重量との関係式<sup>6)</sup>を用いて甲幅から算出した。

$$1989 \cdot 1991年 \text{ [個体数 (重量) 選択率]} = \frac{\text{[内網の漁獲尾数 (重量)]}}{\text{[内網・外網の漁獲尾数 (重量)]}} \times 100$$

$$1990年 \text{ [個体数 (重量) 選択率]} = \frac{\text{[ゴミ取り・内網の漁獲尾数 (重量)]}}{\text{[ゴミ取り・内網・外網の漁獲尾数 (重量)]}} \times 100$$

個体数選択率は、網目別には5・7節で93.6~99.8%と高く、3節で54.9~94.9%と若干低か

った。また、雌雄別には雄が雌を上回り、年次別には1989年が他の2ヶ年を上回った。重量選択率は個体数選択率と同様の傾向を示すが、その値は個体数選択率を上回った。

次に、甲幅間隔5mmで各階級毎の個体数選択率を算出し、これを基に甲幅と選択率との関係を調べた(図8)。網目別・雌雄別・年次別の甲幅組成は各々異なり、雌雄別には雄ガニが大きい傾向がみられ、年次別には1991年に小型個体の比率が大きかった。甲幅と選択率との関係では、甲幅が網目に対して明らかに大きい場合、または明らかに小さな場合を除いて、甲幅が大きくなるにしたがって選択率が増加する傾向がみられた。この傾向は3節で特に明瞭であった。同一甲幅の個体は同じ重量として取り扱っているため、個体数選択率と重量選択率は同一甲幅では一致する。しかし、重量の軽い小型個体で選択率が低いため、全体では重量選択率が個体数選択率を上回る結果となっている。

選択率は甲幅によって異なる特性を持つため、網目別の選択性は同一甲幅で比較する必要がある。一方、解析に用いた網目別・雌雄別・年次別の甲幅組成は各々異なるため、甲幅別選択率の特性を表わす指標値を基準に、網目別の選択性を比較する必要がある。この指標値の代表的なものに、網目選択性曲線<sup>7)</sup>が挙げられる。

表1 網目別の選択率

(個体数)															
	3節 (内径151mm)				5節 (内径75mm)				7節 (内径47mm)						
	曳網回数	漁獲尾数		選択率 (%)	曳網回数	漁獲尾数		選択率 (%)	曳網回数	漁獲尾数		選択率 (%)			
		計	内網			外網	計			内網	外網		計	内網	外網
1989年雄ガニ	6	467	443	24	94.9	4	445	444	1	99.8	4	291	286	5	98.3
1989年雌ガニ	6	1,110	1,029	81	92.7	4	558	556	2	99.6	4	448	446	2	99.6
1990年雄ガニ	5	322	258	64	80.1	6	109	102	7	93.6	5	275	256	19	93.1
1990年雌ガニ	5	353	269	84	76.2	4	221	216	5	97.7	5	433	416	17	96.1
1991年雄ガニ	4	140	82	58	58.6	5	309	301	8	97.4	3	244	235	9	96.3
1991年雌ガニ	4	142	78	64	54.9	5	490	480	10	98.0	3	187	182	5	97.3
(重量)*															
	3節 (内径151mm)				5節 (内径75mm)				7節 (内径47mm)						
	曳網回数	漁獲重量 (g)		選択率 (%)	曳網回数	漁獲重量 (g)		選択率 (%)	曳網回数	漁獲重量 (g)		選択率 (%)			
		計	内網			外網	計			内網	外網		計	内網	外網
1989年雄ガニ	6	73,303	72,251	1,052	98.6	4	49,730	49,642	88	99.8	4	36,479	36,472	7	100.0
1989年雌ガニ	6	120,905	116,521	4,384	96.4	4	48,825	48,785	39	99.9	4	38,103	38,101	2	100.0
1990年雄ガニ	5	48,820	48,053	767	98.4	6	20,892	20,866	25	99.9	5	33,495	33,475	19	99.9
1990年雌ガニ	5	33,987	32,120	1,867	94.5	4	30,030	30,021	9	100.0	5	43,032	43,013	19	100.0
1991年雄ガニ	4	18,147	16,656	1,491	91.8	5	61,693	61,654	40	99.9	3	15,067	15,043	24	99.8
1991年雌ガニ	4	7,352	5,492	1,860	74.7	5	66,052	65,994	58	99.9	3	5,789	5,777	12	99.8

\*: 甲幅と重量との関係式<sup>6)</sup>

$$\begin{aligned} \text{ズワイガニ (雄)} \quad Y &= 4.54 \cdot 10^{-4} \cdot X^{2.938} & X &: \text{甲幅 (mm)} \\ \text{ズワイガニ (雌)} \quad Y &= 3.21 \cdot 10^{-4} \cdot X^{3.000} & Y &: \text{重量 (g)} \end{aligned}$$

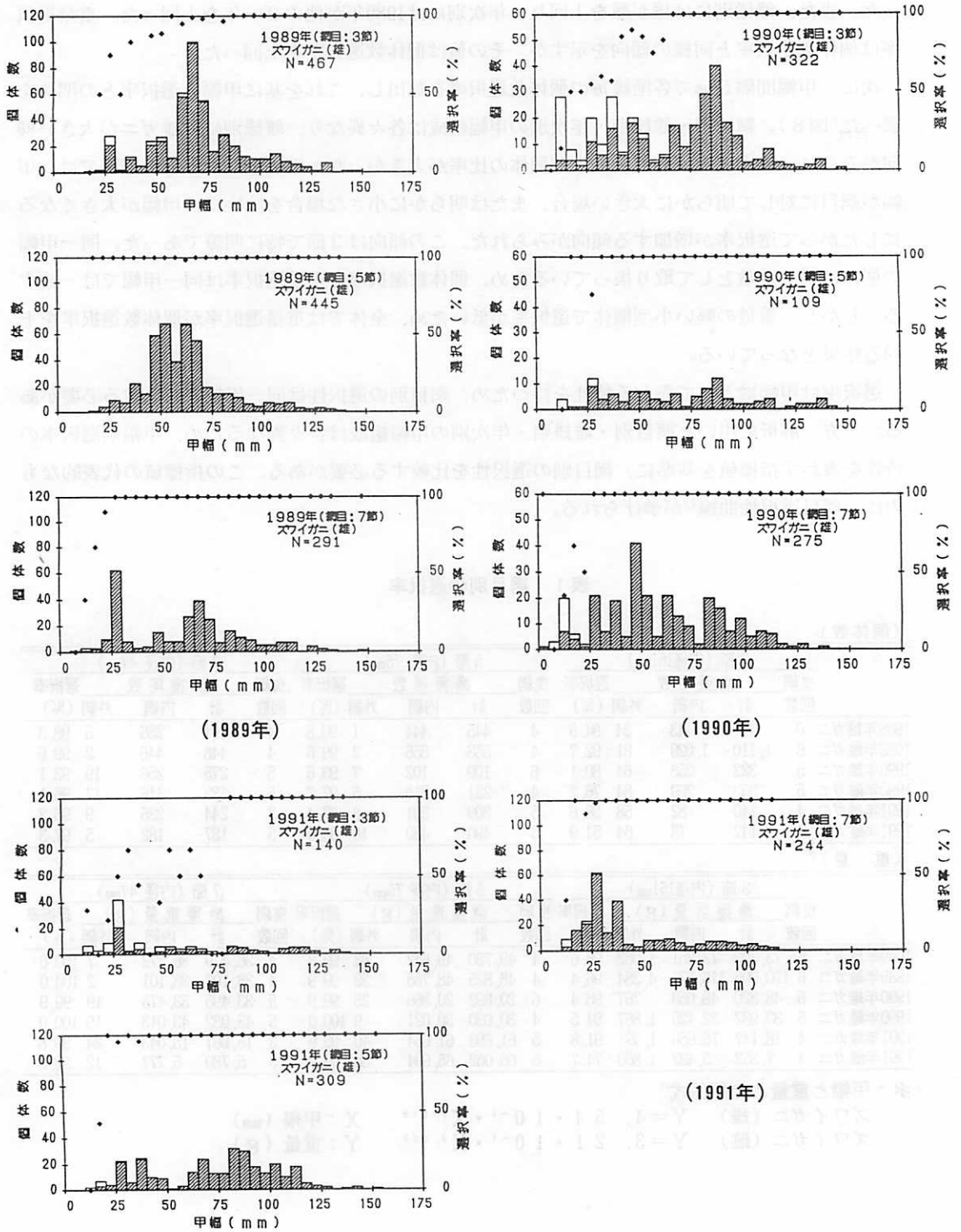


図 8-1 網目別・年次別の甲幅組成・個体数選択率 (雄ガニ)  
(斜線部：内網漁獲尾数，菱形：個体数選択率)

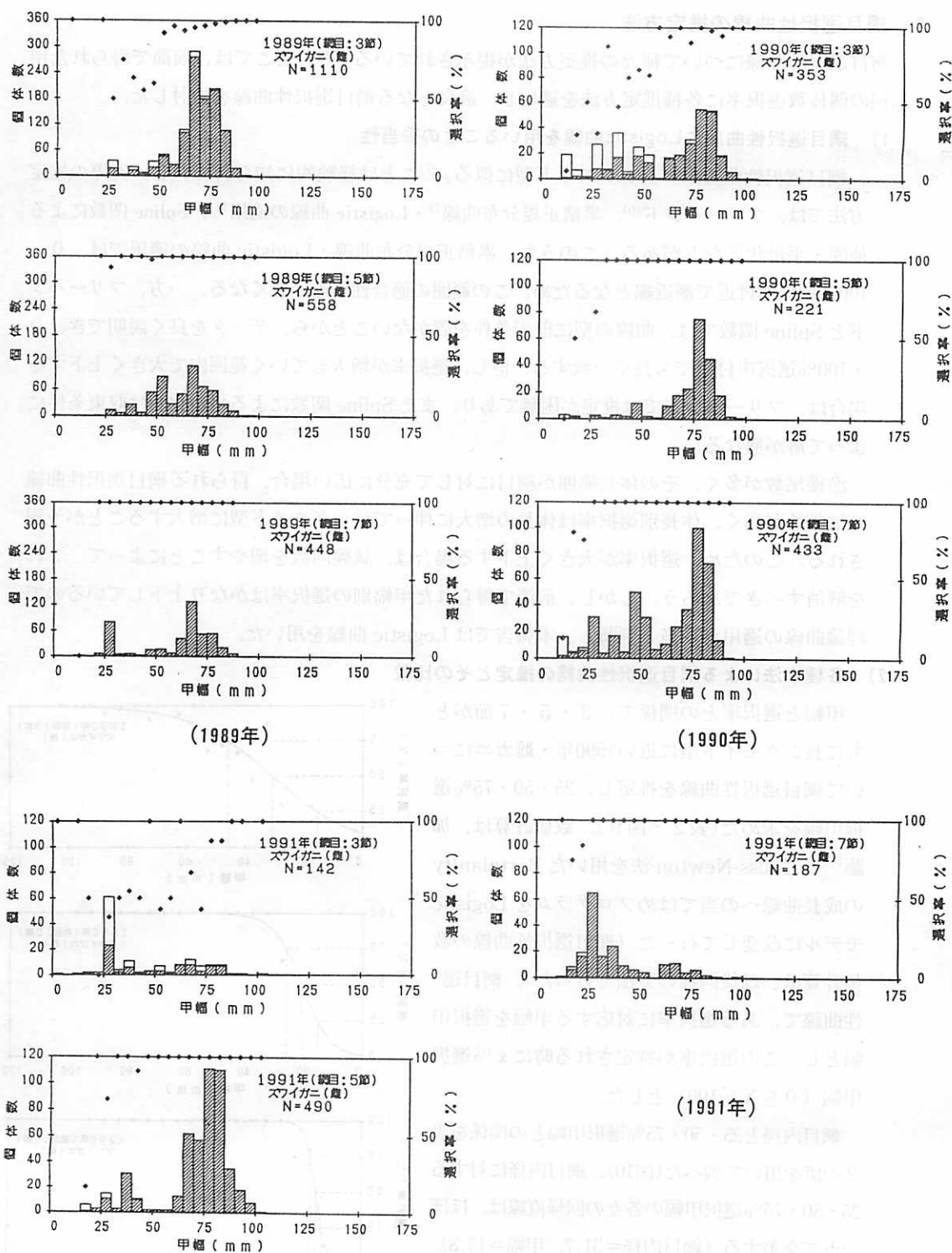


図 8 - 2 網目別・年次別の甲幅組成・個体数選択率 (雌ガニ)



## 2. 網目選択性曲線の推定方法

網目選択性曲線について種々の推定方法が提示されている<sup>7-8-9)</sup>。ここでは、前節で得られた甲幅別の個体数選択率に各種推定方法を適用し、最良となる網目選択性曲線を検討した。

### 1) 網目選択性曲線にLogistic曲線を用いることの妥当性

網目選択性曲線が「長シグモイド型に似る」<sup>7)</sup>ことは経験的に知られている。実際の推定方法では、フリーハンド<sup>10)</sup>、累積正規分布曲線<sup>7)</sup>・Logistic曲線の適用<sup>11)</sup>、Spline関数による補間・平滑化<sup>12)</sup>などがある。このうち、累積正規分布曲線・Logistic曲線の適用では、0・100%選択率付近で漸近線となるため、この範囲の適合性が若干悪くなる。一方、フリーハンドとSpline関数では、曲線の型に前提条件を置かないことから、データを良く説明でき、0・100%選択率付近でも良く一致する。但し、選択率が増大していく範囲内で大きく上下する場合は、フリーハンドでは推定が困難であり、またSpline関数による平滑化では収束条件によって解が異なる。

漁獲尾数が多く、その体長範囲が網目に対して十分に広い場合、得られる網目選択性曲線は信頼性が高く、体長別選択率は体長の増大に伴って長シグモイド型に増大することが予測される。このため、選択率が大きく上下する場合は、試験回数を増やすことによって、これを解消すべきであろう。しかし、前節で得られた甲幅別の選択率はかなり上下しているので、理論曲線の適用が妥当と判断し、本報告ではLogistic曲線を用いた。

### 2) 各種手法による網目選択性曲線の推定とその比較

甲幅と選択率との関係で、3・5・7節がともに長シグモイド型に近い1990年・雌ガニについて網目選択性曲線を推定し、25・50・75%選択甲幅を求めた(表2・図9)。数値計算は、加藤<sup>13)</sup>のGauss-Newton法を用いたBertalanffyの成長曲線への当てはめプログラムをLogisticモデルに改変して行った(網目選択性曲線の数値計算は、以後同様の方法で行った)。網目選択性曲線で、ある選択率に対応する甲幅を選択甲幅とし、この選択率が特定される時にx%選択甲幅(0 ≤ X ≤ 100)とした。

網目内径と25・50・75%選択甲幅との関係を表2の値を用いて調べた(図10)。網目内径に対する25・50・75%選択甲幅の各々の回帰直線は、ほぼ一点で交差する(網目内径=31.7, 甲幅=13.8)。但し、5%以下の危険率で回帰に有意性が認められたのは、75%選択甲幅の場合だけであった。網

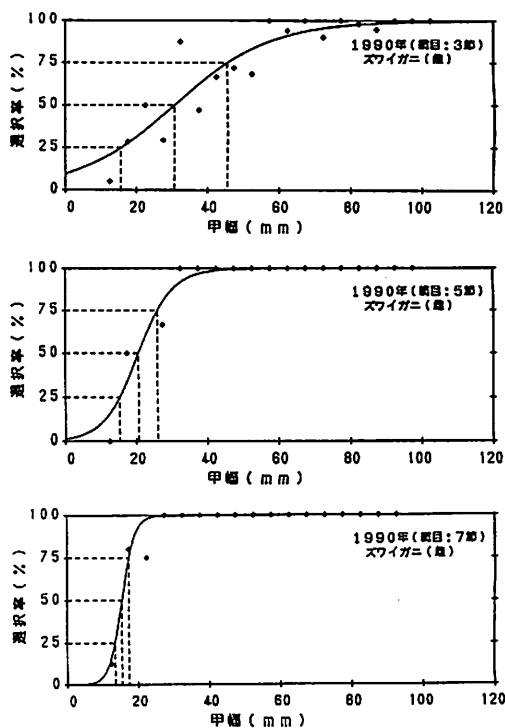


図9 1990年・雌ガニの網目選択性曲線

目内径と選択甲幅とが正比例の関係にある場合、両者の回帰直線は全て原点を通る。このため、(網目内径-31.7, 甲幅-13.8)の補正によって正比例の関係は満足され、更に網目別の試験結果を統合して網目選択性曲線の推定ができる<sup>8)</sup>。3・5・7節の甲幅別選択率で各甲幅階級の中央値を{(甲幅-13.8)/(網目内径-31.7)}に変換して統合し、これから網目選択性曲線を推定して25・50・75%選択率を示す{(甲幅-13.8)/(網目内径-31.7)}の値を求めた(表3・図11)。

次に、網目内径と選択甲幅とは補正を行わなくても正比例の関係にあるという立場で、網目別の試験結果を統合して網目選択性曲線を推定した。これは、両者の関係が不明な場合の簡便法として位置付けられている<sup>9)</sup>。3・5・7節の甲幅別選択率で各甲幅階級の中央値を(甲幅/網目内径)に変換して統合し、これから網目選択性曲線を推定して25・50・75%選択率を示す(甲幅/網目内径)の値を求めた(表4・図12)。

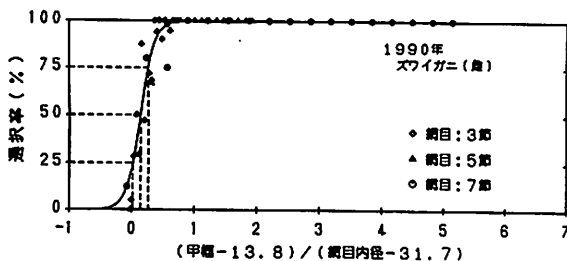


図11 (甲幅-13.8)/(網目内径-31.7)と選択率との関係で求めた網目選択性曲線

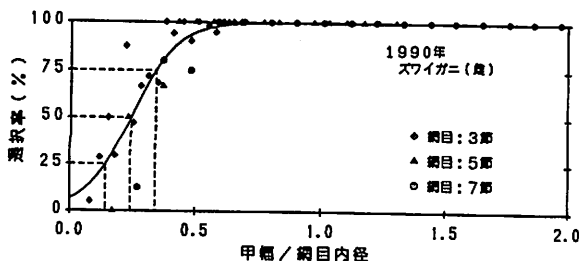


図12 甲幅/網目内径と選択率との関係で求めた網目選択性曲線

表2 1990年雌ガニの3・5・7節の網目選択性曲線で25・50・75%選択率を示す甲幅

単位:mm			
網目	25%選択率	50%選択率	75%選択率
3節(151mm)	15.6	30.6	45.6
5節(75mm)	15.3	20.7	26.0
7節(47mm)	13.5	15.5	17.5

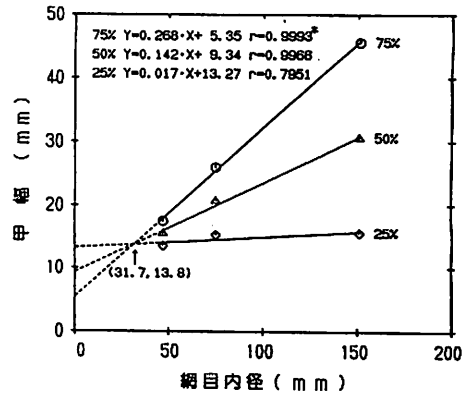


図10 網目内径と25・50・75%選択甲幅との関係 (\*:5%危険率で有意)

表3 1990年雌ガニの3・5・7節を統合した網目選択性曲線で25・50・75%選択率を示す{(甲幅-13.8)/(網目内径-31.7)}の値

選択率	{(甲幅-13.8)/(網目内径-31.7)}
25%	0.0173
50	0.1411
75	0.2650

表4 1990年雌ガニの3・5・7節を統合した網目選択性曲線で25・50・75%選択率を示す(甲幅/網目内径)の値

選択率	{(甲幅-13.8)/(網目内径-31.7)}
25%	0.1425
50	0.2421
75	0.3417

表2・3・4と図10の直線回帰式とから3・5・7節の50%選択甲幅を求め、表5に整理した。各手法の呼び名を以下のとおりとした。

網目別法：甲幅別選択率を用いて網目選択性曲線を網目別に推定して算出する。

補正統合法：甲幅別選択率の甲幅を  $\{(\text{甲幅}-13.8) / (\text{網目内径}-31.7)\}$  に変換し、3・5・7節を統合した網目選択性曲線を推定して算出する。

簡便統合法：甲幅別選択率の甲幅を(甲幅/網目内径)に変換し、3・5・7節を統合した網目選択性曲線を推定して算出する。

直線回帰法：網目内径と50%選択甲幅の直線回帰式から算出する<sup>7)</sup>。

3・5・7節の50%選択甲幅は、簡便統合法を除いて他の3方法で良く一致する。また、簡便統合法との比較では3・7節での差が大きい。簡便統合法では網目内径と選択甲幅との間に正比例の関係を前提に置いており、両者に比例回帰式(原点を通る直線回帰式)を当てはめて適合性を調べた。網目内径と選択甲幅との関係における直線回帰式と比例回帰式とを図13に示した。3～7節の範囲で両者を比較すると、比例回帰式は直線回帰式を3節では上回り、7節では下回る。また、比例回帰式は3・7節でデータへの当てはまりが悪い。

3・5・7節の網目選択性に限れば、甲幅別選択率を良く反映させる点で、網目別法が優れている。しかし、3～7節間の任意の網目について網目選択性を推定することは網目別法ではできず、他の3方法によらなければならない。補正統合法・直線回帰法は網目内径と選択甲幅との間に直線的な関係を置くことで一致するが、数値計算の特性によって若干異なった結果が得られる。補正統合法は網目選択性曲線を推定し、また直線回帰法は網目と選択甲幅との関係式を推定するもので、本来その用法が異なる。網目内径と選択甲幅とが正比例の関係にある場合、4つの方法は理論的には一致する。しかし、この関係が満たされない場合、正比例の関係を前提とした簡便統合法が他の3方法と異なる。

以上の検討では、網目選択性曲線の推定には補正統合法が最適となるが、前提条件で2つの問題が生じる。一つは、網目内径と選択甲幅との関係で、選択率が25・50%の場合、5%の危険率で相関に有意性が認められず、両者の間に直線的関係を置くこと自体に問題がある。

表5 4つの方法で推定した1990年雌ガニの3・5・7節の50%選択甲幅

単位：mm			
	3節(151mm)	5節(75mm)	7節(47mm)
網目別法	30.6	20.7	15.5
補正統合法	30.6	19.9	16.0
簡便統合法	36.6	18.2	11.4
直線回帰法	30.8	20.0	16.0

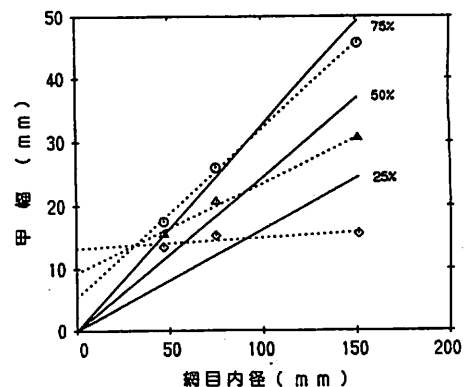


図13 網目内径と選択甲幅との関係における直線回帰式(点線)と比例回帰式(実線)

もう一つは、網目別の選択性曲線で5・7節の信頼性に問題がある。選択率が增大していく甲幅範囲は5・7節では主に0～30mmと3節に比べて狭く、この範囲内の漁獲尾数・階級数は相対的に少ない。また、1990年の5・7節について、甲幅別選択率は雄ガニで長シグモイド型とはならず、漁獲尾数の不足が影響していると考えられる。他方、甲幅30mm以下の漁獲尾数は雌雄で同程度（5節：雄=18・雌=8，7節：雄=53・雌=60）であり、雌ガニでの信頼性において疑問が持たれる。2つの問題点を考慮した上で、敢えて任意の網目に対する網目選択性曲線を求めるならば、簡便統合法を用いるのが最良と判断される。理論上では、網目内径と選択甲幅との関係で、網目内径が限りなく0に近づく時、選択甲幅も限りなく0に近づくと考えられる。実際には、網目内径を0に近づけることは可能であるが、対象とする生物が限りなく0に近づくことはない。ズワイガニの第1令期の甲幅は約3mm<sup>14)</sup>で、これが最小となる。このため、漁獲された甲幅範囲内での相関性を定量化することになる。経験的には両者の間に直線的な関係が認められるが、定量化が困難な場合、理論上の関係である正比例の関係の適用が妥当と判断される。しかし、網目選択性に対する網目以外の影響を評価する際には、5・7節と比較して信頼性の高い3節の網目選択性曲線を用いるべきであろう。

### 3) データの平均方法が網目選択性曲線に与える影響

前節の甲幅別選択率は甲幅間隔5mmで各階級ごとに算出されており、これを10・15mmに変化させて網目選択性曲線に与える影響を調べた。1991年・網目3節・雄ガニについて網目選択性曲線を推定し、25・50・75%選択甲幅を求めた(表6・図14)。階級幅が大きくなるにしたがって全体の階級数は減少し、階級当たりの平均頻度は増大する。また、選択率は、増大していく範囲内で平滑化されて長シグモイド型に近づく。25・50・75%選択甲幅は階級幅が大きくなるにしたがって小さくなり、階級幅の5mmと10mmとの差は50%選択甲幅で15mmである。

次に、各個体を甲幅の昇順に並べ替え、一定の個体数ごとに平均して、平均甲幅と選択率とを求めた(但し、割り切れずに余りが出る場合、最後に平均した個体数は他と異なっている)。平均した単位は6・11・14個体で、選択率のデータ数が甲幅間隔5・10・15mmの場合と一致するように調整した(表7)。これを基に網目選択性曲線を推定して、25・50・75%選択甲幅を求めた(表8・図15)。平均する単位個体数が大きくなるにしたがって、甲幅階級別に平均した場合と同様に選択率の上下が少なくなるが、25・50・75%選択甲幅は変化が少なく、平均する単位が6個と14個との差は50%選択甲幅で0.2mmである。

以上の結果を基に、「甲幅階級別の平均」と「n個体ごとの平均」とが網目選択性曲線に与える影響を検討した。選択率は、ある甲幅の個体が内網に残る確率として位置付けている。その確率分布は2項分布に従い、「大数の法則」<sup>15)</sup>により、個体数の増加に伴って選択率は一定の値に収束する。平均する各単位は、「n個体ごとの平均」では一定であるが、「甲幅階級別の平均」では甲幅組成の影響を受けて変動する。階級幅が小さい程この傾向は強く、階級幅5mmでは3個体(頻度2.1%)以下で求めた選択率が全体の44%を占め、各階級の期待値との差が大きくなっていると推察される。

網目選択性曲線の推定では各選択率は等価に評価されるが、各階級の相対頻度が異なる場合、各個体が与える影響度は異なる。「甲幅階級別の平均」では、階級幅の増大によって相対頻度と同時に各個体の影響度が平滑化される。

各選択率に対応する甲幅の値は、「甲幅階級別の平均」では各階級の中央値で、「n 個体ごとの平均」では各单位内の平均甲幅である。「甲幅階級別の平均」で甲幅間隔が充分に小

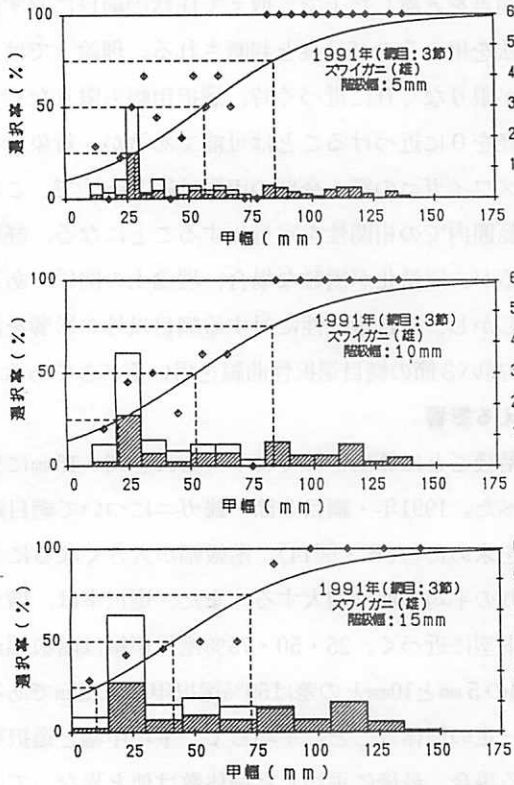


図14 甲幅間隔を変化させて算出した選択率による網目選択性曲線(斜線部分:内網漁獲頻度, 菱形:選択率)

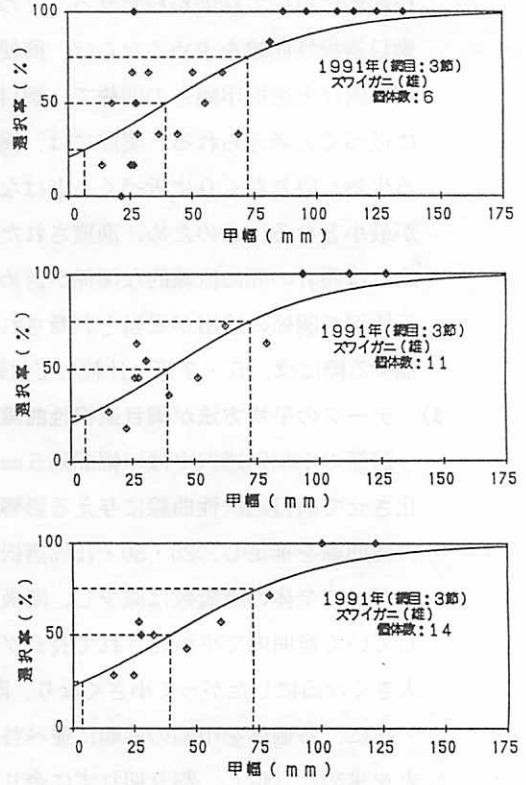


図15 平均する単位個体数を変化させて算出した選択率による網目選択性曲線

表6 図14の網目選択性曲線から求めた25・50・75%選択甲幅

階級幅	25%選択甲幅	50%選択甲幅	75%選択甲幅
5mm	28.0mm	56.5mm	85.0mm
10	21.0	52.2	83.4
15	10.2	41.5	72.8

表7 選択率のデータ数

甲幅間隔 (mm)	5	10	15
データ数	25	13	10
単位個体数	6	11	14
データ数	24	13	10

表8 図15の網目選択性曲線から求めた25・50・75%選択甲幅

単位個体数	25%選択甲幅	50%選択甲幅	75%選択甲幅
6	6.6mm	39.4mm	72.3mm
11	6.0	39.2	72.4
14	3.8	39.2	74.6

さい場合、階級内に含まれる個体の平均値と階級中央値は近似する。しかし、Polymodal な甲幅組成において甲幅間隔を大きくすると、両者の差は拡大する。

以上の検討では、データの平均によって生じる誤差は「n 個体ごとの平均」の方が少ない。「甲幅階級別の平均」における実際のデータ処理では、階級の相対頻度が小さく、選択率が長シグモイド型から著しく外れる場合、これを異常値として解析の対象から外す方法が想定される。しかし、この方法では、異常値かどうかの判断基準を設ける必要があり、また除外される階級ではデータの平均によって求めた選択率が異常値と判断されるのであり、各個体は異常値ではないため、データの損失につながるという問題が生じる。これらの点を考慮すれば、「n 個体ごとの平均」の方が網目選択性曲線の推定に適していると判断される。但し、平均する単位個体数が大きい程選択率の精度は高いが、データ数の減少によって曲線推定での信頼区間が拡大する。このため、予め選択率の変動を把握した上で求める精度を決定し、平均する単位個体数を定めるのが望ましい。実際には、選択率の変動を把握することは困難なため、先の推定結果を参考として、平均する単位は 4%程度が目安になると考えられる。

### 3. 1989～1991年試験結果の比較

前節では、網目選択性曲線の推定方法を検討し、3 節の信頼性が 5・7 節と比較して高く、また「n 個体ごとの平均」が「甲幅階級別の平均」と比較して網目選択性曲線の推定誤差が少ないという結果が得られた。これらを基に、1989～1991年・3 節の網目選択性曲線を雌雄別に推定し(表 9・図 16)、漁具構造・雌雄別形態差の影響と試験条件の等質性について検討した。

#### 1) 漁具構造の影響評価

網目選択性曲線の年次別差異について、その有意性を検討した。年次別に推定した場合と 3 ヶ年

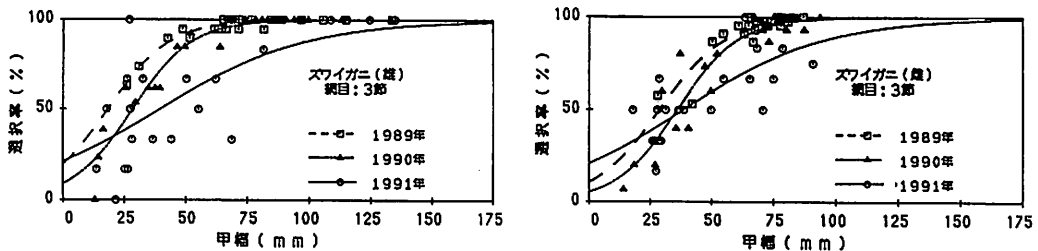


図 16 1989～1991年・3 節の網目選択性曲線

表 9 図 16 から求めた 25・50・75% 選択甲幅

	25% 選択甲幅	50% 選択甲幅	75% 選択甲幅
雄 1989年	4.2mm	18.2mm	32.3mm
ガ 1990年	15.0	28.4	41.8
ニ 1991年	6.6	39.4	72.3
雌 1989年	13.7mm	28.6mm	43.4mm
ガ 1990年	22.3	35.9	49.6
ニ 1991年	6.7	38.4	70.2

表 10 網目選択性曲線における年次別差異の検定結果

	Se (1)	Se (2)	Sa	Fcal	検定結果
雄ガニ	18612	12249	6363	17.66	**
雌ガニ	10419	7431	2988	13.47	**

Se(1): 3 ヶ年を統合して推定した場合の残差平方和  
 Se(2): 年次別に推定した場合の残差平方和  
 $Sa = Se(1) - Se(2)$ ,  
 $Fcal = \{Sa / (L - 1)\} / \{Se(2) / (N - 2L)\}$   
 L: 組数, N: データ総数, \*\*: 1% の危険率で有意差あり  
 検定結果: Fcal が  $F(L - 1, (N - 2L); \alpha)$  より大きい場合、危険率  $\alpha$  で有意差ありと判定する。



を統合して推定した場合とで、各選択率とこれに対応する推定値との残差平方和を比較し、F検定で判断した(表10)。この結果、雌雄ともに1%の危険率で年次別に異なっているといえる。

選択甲幅の年次別傾向は雌雄とも同じで、50%選択甲幅は1989年<1990年<1991年の順に大きく、75%選択甲幅と25%選択甲幅との差は1991年が他の2ヵ年と比較して大きかった。袋網の細部構造は年次別に改変しており、この影響で網目選択性曲線が変化していると推察される。

構造の相違点は「網目の形状」「袋尻の構造」「ゴミ取りの有無」の3つで、年次別組合せで異なる項目数は1989年と1990年とで3つ、1989年と1991年とで2つ、1990年と1991年とで1つである。このため、1990年と1991年との比較以外は複合的な影響として評価される。ここでは、網目選択性に与える漁具構造の影響を評価するために、「1989年と1991年」「1990年と1991年」の比較を取り上げる。

1989年と1991年との比較は、網目形状と袋尻構造との影響を複合した評価となる。1989年では、底びき網漁業で使用される一般的な袋網と同様に菱目を使用し、操業時には袋尻を結んで絞った構造とした。一方1991年では、角目の使用と袋尻を絞らない構造にすることで、曳網中の網目の広がり期待した。曳網中の網目形状は不明であるが、50%選択甲幅については1991年が1989年を上回り、雄ガニで21.2mm、雌ガニで9.8mmの差がみられた。水槽実験で菱目の選択係数(50%選択体長/目合)が角目と比較して大きいこと<sup>16)</sup>、また陸上で袋尻を絞って観察すると網目が狭くなることが確認されるため、網目形状と袋尻構造との相乗効果によって50%選択甲幅が増大したと推察される。

1990年と1991年との比較は、ゴミ取りの影響評価となる。1989年の操業では、漁獲物中に流木等が混入し(図17)、これが目づまりを起こしていると推察された。このため、1990年ではゴミ取りの装着によって流木等を保持して目づまりの防止を図り、1991年では対照試験としてゴミ取りを外した。1990年の揚網時の観察では流木等がゴミ取りに留まったが、50%選択甲幅については1990年が1991年を下回り、雄ガニで11mm、雌ガニで2.5mmの差がみられた。



図17 試験操業における内網の漁獲物  
(矢印は、混入した流木)

ここで、1990年の結果について「ゴミ取りの漁獲物を含めた内網」「ゴミ取り」「内網」に区分した網目選択性曲線を雌雄別に推定し、25・50・75%選択甲幅を求めた(表11・図18)。各々の選択率は次式を用いて算出した。

#### A 「内網の選択率」

$$[\text{内網の漁獲尾数}] \div [\text{内網} \cdot \text{外網の漁獲尾数}] \times 100$$

B 「ゴミ取りの選択率」

$$[\text{ゴミ取りの漁獲尾数}] \div [\text{ゴミ取り} \cdot \text{内網} \cdot \text{外網の漁獲尾数}] \times 100$$

C 「ゴミ取りの漁獲物を含めた内網の選択率」

$$[\text{ゴミ取り} \cdot \text{内網の漁獲尾数}] \div [\text{ゴミ取り} \cdot \text{内網} \cdot \text{外網の漁獲尾数}] \times 100$$

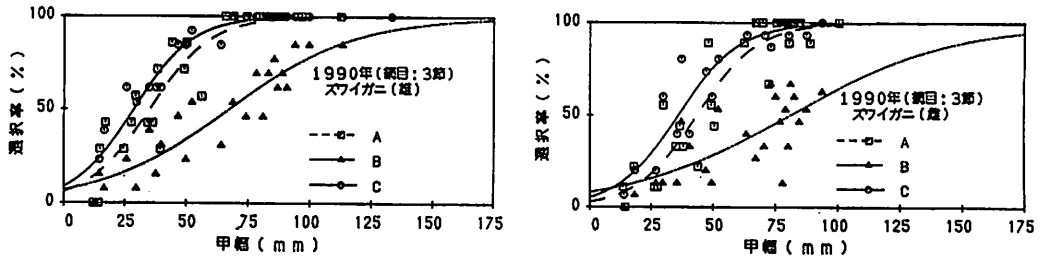


図18 3種類の選択率で求めた1990年・3節の網目選択性曲線

A：内網の選択率 B：ゴミ取りの選択率

C：ゴミ取りの漁獲物を含めた内網の選択率

先に求めた1990年の網目選択性曲線はCの選択率を基に推定しており、Aの選択率で推定した網目選択性曲線は図18の中でこれより右側に位置している。これは、選択率の増大する範囲が「内網」と「ゴミ取り」とで重なり、「ゴミ取りの漁獲物を含めた内網」が「内網」を上回るためである。

「内網」と「ゴミ取り」との網目選択性曲線の関係を類型化して図19に示した。両者の関係から「ゴミ取りの漁獲物を含めた内網」の選択率を推定すると、S1では「内網」を上回り、S2・S3では内網と一致する。ゴミ取りの装着によって内網の目づまりを防ぐという点では、網目が小さい程効果は大きいと考えられ、 $S3 < S2 < S1$ の順に大きくなると予測される。ゴミ取りの装着は、内網の目づまりを防ぐ作用と対象生物をゴミ取りに留めてしまう作用との両面がある。本来の目的は選択率を減少させることであり、このためにはS2の関係が最善である。

目づまりの防止効果は、ゴミ取りの有無

表11 図18から求めた25・50・75%選択甲幅

		25%選択甲幅	50%選択甲幅	75%選択甲幅
雄	A	20.9mm	34.9mm	48.8mm
	B	38.5	66.9	95.3
	C	15.0	28.4	41.8
雌	A	30.0	43.4	56.9
	B	44.2	80.7	117.2
	C	22.3	35.9	49.6

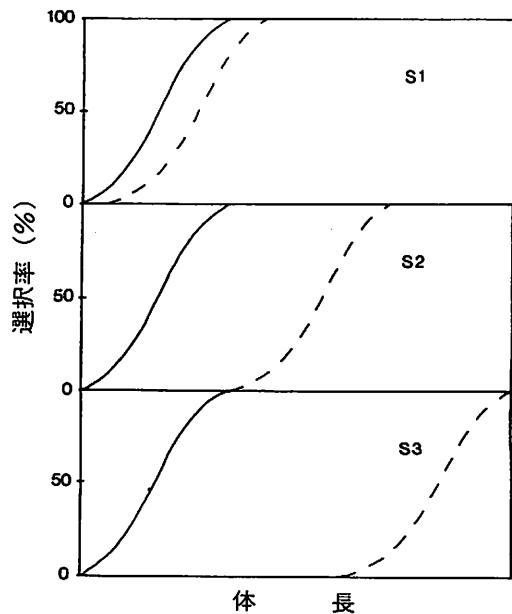


図19 「内網」と「ゴミ取り」との網目選択性曲線の関係(実線：内網、破線：ゴミ取り)



よる「内網」選択甲幅の差で求められる。試験結果では、1990年と1991年との「内網」選択甲幅の差で求められ、50%選択甲幅の差は雄ガニで-4.5mm、雌ガニで5mmである。雄ガニで負の値となるのは、漁具構造以外の条件変動で目づまりの防止効果が埋もれたためと推察される。

図18における3節の内網と尺目のゴミ取りとの関係はS1に近く、装着による負の効果が認められ、この影響で1990年（ゴミ取り有り）が1991年（ゴミ取り無し）を50%選択甲幅で下回ったと推察される。但し、これは、3節の内網と尺目のゴミ取りとの関係であり、内網の目が小さくなるにしたがって装着効果が正に転じると推察される。

## 2) 雌雄別形態差の影響評価

表9で求めた1989～1991年・3節の50%選択甲幅を雌雄で比較すると、1989年・1990年は雌ガニの方が大きく、1991年は雄ガニの方が大きい。また、50%選択甲幅の雌雄比（雌/雄）は、1989年が1.57、1990年が1.26、1991年が0.97で、3ヶ年を平均すると1.27で、全体的には雌ガニが雄ガニを上回る。

曳網漁具の網目選択性において、「魚体断面形状に関するいくつかの尺度（体高、胴周、胴断面積）の大小が魚の網目通過の難易を規定すると考え」て求めた理論選択曲線と実測選択曲線を比較した結果、「タチウオを除いた9魚種の選択曲線は本理論式から推定できることが明らか」と報告されている<sup>17)</sup>。ズワイガニが網にかかった状態を船上で観察すると、網目から歩脚だけが抜け出た個体、背・腹甲とともに歩脚が網に押しつけられた個体などがみられる。この羅網状態からは、魚体断面形状に対応する尺度として、歩脚長を含めた横幅や甲長などが想定される。一方、ズワイガニの外部形態では、甲幅を基準とした場合、第1歩脚の長節長や甲長との関係で、雄ガニが雌ガニを上回ることが確認されている<sup>6)</sup>。このため、同一甲幅で選択率を比較すると、雄ガニの方が高くなると推察される。但し、第1歩脚の長節長では甲幅が大きくなるにつれて雌雄差が拡大するため、雌雄の形態差が選択率に及ぼす影響度は甲幅によって異なると推察される。

以上のことから、50%選択甲幅における雌雄差には形態差が影響したと推察される。

## 3) 試験条件の等質性

網目選択性に影響を与える要因について、その度合を把握するためには取り上げる要因以外の試験条件が一定でなければならない。ズワイガニに対する網目選択性を規定する要因として、網目・漁具構造・雌雄別形態差以外に曳網時間・曳網速度・漁獲量などが考えられる。

曳網時間・曳網速度については操業条件が同様になるように曳網したため、これらの影響を推定するにはデータが不足している。漁獲量は全体量を記録していないため、この影響を定量化できない。但し、揚網時の観察では、漁獲物の大半をクモヒトデ類が占めて内網の網目を塞ぐ場合がみられるため(図20)、この影響で選択率が高くなっていると推察される。

加賀海域におけるクモヒトデ類の分布については、「クモヒトデ（クシノハクモヒトデ、ナガトゲクモヒトデ）が210～230mと260～310mの水深帯に分布しており、漁業者間では浅場の生育密集帯を「ヘタガセ」、深場の密集帯を「沖ガセ」と呼称している」との報告があり<sup>18)</sup>、水深別には一様でないことが窺われる。年次別操業結果ではクモヒトデ類の漁獲量変

化が不明であるが、操業海域は水深250～400mで、大きな変化はみられないため、等質性は比較的保たれていると考えられる。一方、加賀海域におけるズワイガニの水深別分布について、「水深250m～400mに分布が多くみられ、雄ガニは各水深で成体と未成体が分布していたのに対して、雌ガニは水深250m～300mに成体が多く分布していた」との報告があり<sup>3)</sup>、クモヒトデ類の影響は雌雄で異なると推察される。

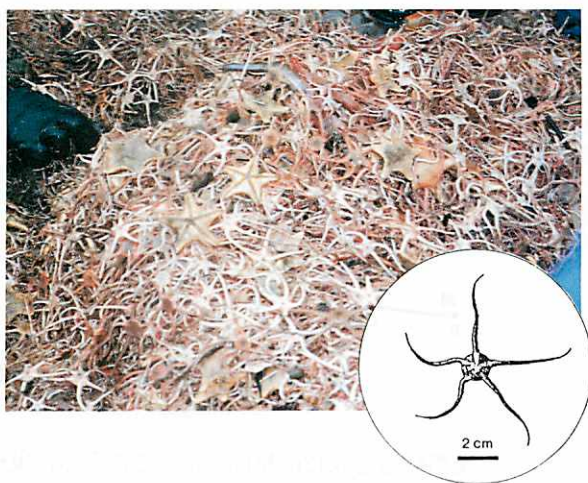


図20 試験操業で大量に入網したクモヒトデ類

試験条件の等質性については不明な点が多く、各種要因の影響を補正することは困難である。本節では、等質性が成立するものとして考察をすすめているため、これらの要因の影響を補正することによって、網目選択性に関する評価が変化する可能性も残される。

#### 4. 曳網中の網地各部の移動と網目選択性

前節までは袋網を対象に網目選択性を検討したが、本節では網地各部の移動状況と袖覆い網による網目選択性試験結果とから、底びき網漁具全体を対象に検討した。

##### 1) 曳網経過

曳網の展開角度を測定した1989年の操業について、曳網経過を推定した。

かけ廻し漁法における船・曳網・網の位置関係を図21・22に示した。曳網と網の沈子網で囲まれる形状は、「船尾(A)」「曳網の肩折り<sup>19)</sup>点(C<sub>1</sub>・C<sub>2</sub>)」「沈子網の後端(B)」の4つを頂点とした四角形であると仮定した。実際には、船尾を除いた各頂点・曳網・沈子網は曲線を描くと推察されるが、実測値として得られていないため、便宜上直線的に変化するものとして取り扱った。また、船の進行に伴って、両肩折り点が近づくが、直線的な関係は維持されると仮定した。

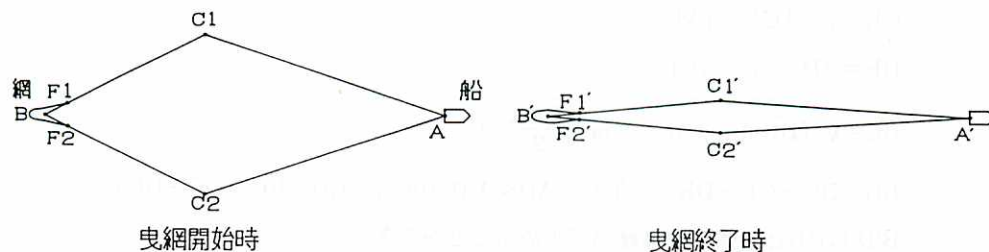


図21 かけ廻し漁法における船・曳網・網の位置関係(平面図)  
(ロープ長が変化しないように射投影している)

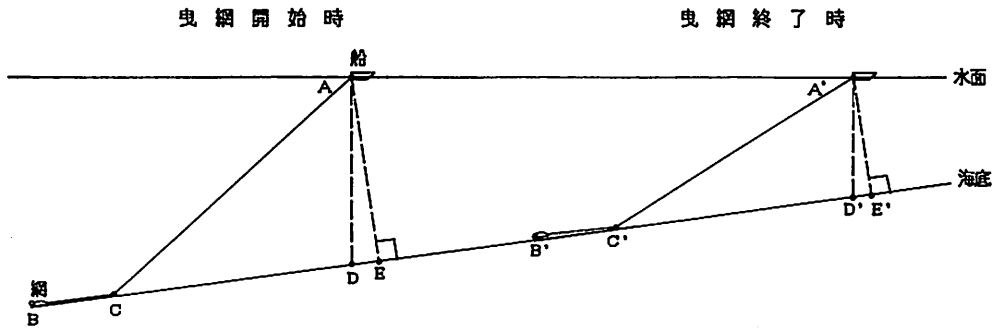


図22 かけ廻し漁法における船・曳網・網の位置関係（断面図）

曳網経過を表12に整理した。このうち、曳網時間・移動距離（船位）・曳網水深（船位）・曳網展開角度は各種機器を用いた計測値で、移動距離（沈子網後端）・荒手網開口幅は計測値から計算した推定値である。計算方法を以下に示す。

既知の数値は次の6項目で、これから「沈子網後端の移動距離」「荒手網開口幅」を求めた。

〔既知項目〕

- 移動距離（船位） :  $\overline{AA'}$
- 曳網開始（終了）時の曳網展開角度 :  $\angle C_1AC_2 (\angle C_1'A'C_2')$
- 曳網開始（終了）時の水深 :  $\overline{AD} (\overline{A'D'})$
- ロープ長（船尾～肩折り点） :  $\overline{AC_1} = \overline{AC_2} = 1,021 \text{ m}$
- ロープ長（肩折り点～沈子網後端） :  $\overline{BC_1} = \overline{BC_2} = 644 \text{ m}$
- ロープ長（沈子網後端～荒手網先端） :  $\overline{BF_1} = \overline{BF_2} = 82.1 \text{ m}$

〔沈子網後端の移動距離（ $\overline{BB'}$ ）〕

$$\overline{AC} = \overline{AC_1} \cdot \cos \frac{\angle C_1AC_2}{2}$$

$$\angle ADE = 90 - \tan^{-1} \frac{\overline{AD} - \overline{A'D'}}{\overline{AA'}}$$

$$\overline{AE} = \overline{AD} \cdot \sin \angle ADE$$

$$\overline{CE} = \sqrt{(\overline{AC})^2 - (\overline{AE})^2}$$

$$\overline{DE} = \overline{AD} \cdot \cos \angle ADE$$

$$\overline{BC} = \sqrt{(\overline{BC_1})^2 - (\overline{AC_1} \cdot \sin \frac{\angle C_1AC_2}{2})^2}$$

$$\overline{BD} = \overline{BC} + \overline{CE} - \overline{DE} \quad (\text{但し、} \overline{AD} < \overline{A'D'} \text{ の場合、} \overline{BD} = \overline{BC} + \overline{CE} + \overline{DE})$$

$\overline{B'D'}$  は  $\overline{BD}$  と同様の計算経過で求めることができる。

$$\overline{B'D'} = \overline{B'C'} + \overline{C'E'} - \overline{D'E'} \quad (\text{但し、} \overline{AD} < \overline{A'D'} \text{ の場合、} \overline{B'D'} = \overline{B'C'} + \overline{C'E'} + \overline{D'E'})$$

$$\overline{DD'} = \overline{AA'} / \cos (90 - \angle ADE)$$

$$\overline{BB'} = \overline{BD} + \overline{DD'} - \overline{B'D'}$$

[荒手網開口幅 ( $\overline{F_1F_2}$ )]

$$\overline{C_1C_2} = 2 \cdot \overline{AC_1} \cdot \sin \frac{\angle C_1AC_2}{2}$$

$$\overline{F_1F_2} = \overline{C_1C_2} \cdot \frac{\overline{BF_1}}{\overline{BC_1}}$$

表12 かけ廻し漁法での曳網経過

曳網 回次	曳網 時間	移動距離		曳網水深 (船位)		曳網交差角度		荒手網開口幅	
		船位	沈子網後端	開始	終了	開始	終了	開始	終了
1	54分	1,510 m	1,433 m	311 m	304 m	27°	3°	61 m	7 m
2	48	1,728	1,562	258	257	40	3	89	7
3	61	1,824	1,699	311	317	35	2	78	5
4	50	863	778	317	317	30	9	67	20
5	60	2,223	1,941	248	250	52	7	114	16
6	43	2,784	2,554	139	127	47	5	104	11
7	51	3,251	3,042	125	113	45	5	100	11
8	54	2,449	2,238	407	413	45	6	100	14
9	54	1,285	1,106	452	458	43	13	95	29
10	63	2,673	2,473	353	346	45	13	100	29
11	80	3,456	3,234	251	247	46	4	102	9
12	76	3,054	2,841	303	288	45	7	100	16
平均	58	2,258	2,075	290	286	42	6	93	15

船の進行に伴って両肩折り点が近づき、船尾と沈子網後端との距離が大きくなるので、船位の移動距離が沈子網後端の移動距離を上回る。また、曳網方向は潮流・風向によって変えているが、曳網水深は開始時と比べて終了時の方が浅い。

## 2) 網地の掃過面積・移動速度・有効投影長比率

前項の曳網経過から、網地の掃過面積・移動速度・有効投影長比率を推定した。

網地の掃過状態を図23・24に模式化した。沈子網は荒手・袖・底網に沿っているため、胴網と袋網とに対応する沈子網の長さを底網に沿った分とした。網地各部の掃過面積は、対応する沈子網の掃過面積で求めた。計算方法を以下に示す。

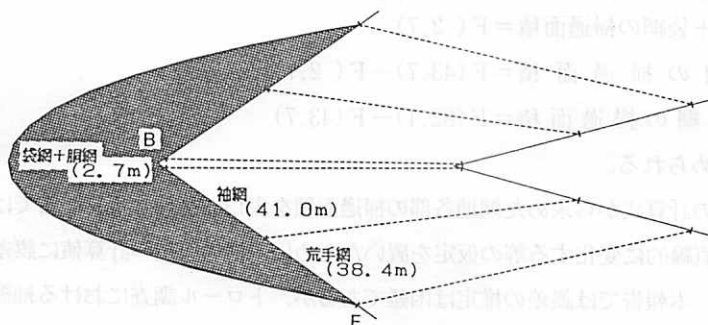


図23 網地各部の掃過状態の模式図  
(掃過面積：沈子網と点線に囲まれた部分)

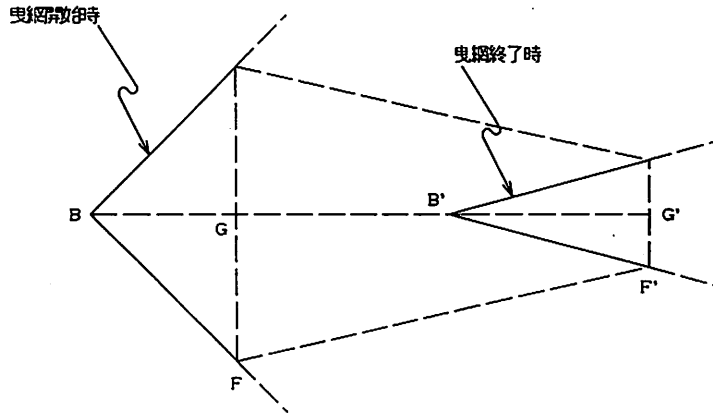


図24 沈子網の掃過状態の模式図  
(実線が沈子網を示す)

沈子網 $\overline{BF}$ の掃過面積 (S) は四角形 $BFF'B'$ の面積を2倍して求める。

$\triangle BFG$ の面積を $S_1$ 、 $\triangle B'F'G'$ の面積を $S_2$ 、四角形 $FF'G'G$ の面積を $S_3$ とする。

$$\angle FBG = \sin^{-1}(\overline{AC}_1 \cdot \sin \angle C_1AC_2 / \overline{BC}_1)$$

$$\angle F'B'G' = \sin^{-1}(\overline{AC}'_1 \cdot \sin \angle C'_1A'C'_2 / \overline{BC}'_1)$$

$$S_1 = \overline{BF} \cdot \cos \angle FBG \times \overline{BF} \cdot \sin \angle FGB \times \frac{1}{2}$$

$$S_2 = \overline{B'F'} \cdot \cos \angle F'B'G' \times \overline{B'F'} \cdot \sin \angle F'B'G' \times \frac{1}{2}$$

$$S_3 = (\overline{BF} \cdot \sin \angle FBG + \overline{B'F'} \cdot \sin \angle F'B'G')$$

$$\times (\overline{B'F'} \cdot \cos \angle F'B'G' + \overline{BF} - \overline{B'F'} \cdot \cos \angle FBG) \times \frac{1}{2}$$

(但し、 $\overline{BF} = \overline{B'F'}$ )

$$S = 2 \cdot (S_1 + S_3 - S_2)$$

$BF = x$ とした時の掃過面積 (S) を $F(x)$ で表わすと

網地全体の掃過面積 =  $F(82.1)$

胴網+袋網の掃過面積 =  $F(2.7)$

袖網の掃過面積 =  $F(43.7) - F(2.7)$

荒手網の掃過面積 =  $F(82.1) - F(43.7)$

で求められる。

以上の計算式から求めた網地各部の掃過面積を表13に整理した。ここでは、曳網経過において曳網が直線的に変化する等の仮定を置いたために、掃過面積の計算値に誤差が生じていると推察される。本報告では誤差の推定は困難であるが、トロール調査における袖網間隔の推定で、曳網が直線的に変化する等と仮定して求めた計算値(間接法)とネットモニターを用いた測定値(直接法)の比較が報告されている<sup>20)</sup>。この中で、「直接法による測定は平均32.7mで、間接法に

よる推定値は平均26.5m」と直接法を約20%下回る結果が得られている。本報告における推定値においても、同程度の誤差を含むことが考えられる。他方、計算結果からは、網地に対応する沈子網長に掃過面積がほぼ比例するため、網地各部の相対的な評価では、荒手・袖網部分は胴・袋網部分と比較して大きい(表14)。

表14 網地各部に対応する掃過面積・沈子網長の比率

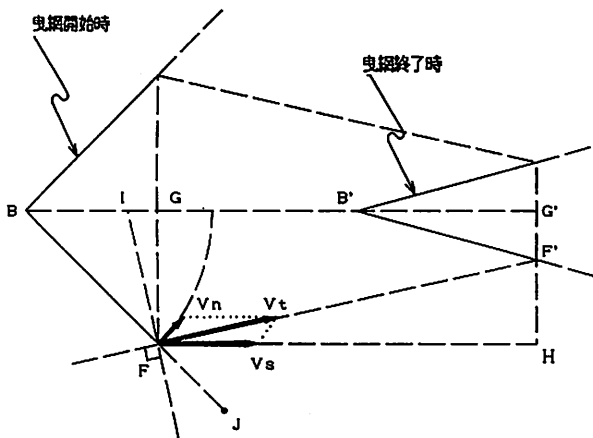
	荒手網	袖網	胴網+袋網	合計
掃過面積	47.5%	49.3%	3.2%	100%
沈子網長	46.8	49.9	3.3	100

表13 網地各部の掃過面積

単位：㎡

曳網回次	荒手網	袖網	胴網+袋網	合計
1	24,245	24,818	1,595	50,667
2	37,462	38,348	2,446	78,276
3	35,087	35,991	2,317	73,395
4	17,392	17,614	1,125	36,131
5	62,009	64,182	4,153	130,344
6	71,579	74,547	4,841	150,967
7	81,599	85,332	5,555	172,486
8	61,870	64,306	4,171	130,347
9	34,354	35,295	2,274	71,923
10	76,838	80,562	5,252	162,652
11	86,584	90,575	5,897	183,056
12	79,282	82,935	5,339	167,616
平均	55,693	57,875	3,754	117,322

網地の移動速度を求め、これを船の進行方向成分と網地の垂直方向成分とに分離した(図25)。計算方法を以下に示す。



$V_s$  : F点における船の進行方向速度  
 $V_n$  : F点における網地に対して垂直方向の速度  
 $V_t$  : F点における網地の進行方向速度

図25 網地の移動における船の進行方向成分と網地の垂直方向成分

[ F点における船の進行方向速度 ( $V_s$ ) ]

曳網開始から曳網終了までの船の進行方向における網地移動距離 ( $\overline{FH}$ ) を曳網時間 ( $T$ ) で除する。

$$\overline{FH} = \overline{BB'} + \overline{B'F'} \cdot \cos \angle F'B'G' - \overline{BF} \cdot \cos \angle FBG$$

$$V_s = \overline{FH} / T$$

[ F点における網地に対して垂直方向の速度 ( $V_n$ ) ]

沈子網後端 (B) を中心とした半径  $\overline{BF}$  の円で、曳網開始時と曳網終了時との角度差 ( $\angle B - \angle B'$ ) に対応する周長を曳網時間 ( $T$ ) で除する。

$$V_n = \frac{2 \cdot \overline{BF} \cdot \pi \cdot \frac{\angle FBG - \angle F'B'G'}{360}}{T}$$

[ F点における網地の進行方向速度 (Vt) ]

曳網開始から曳網終了までの網地移動距離 ( $\overline{FF'}$ ) を曳網時間 (T) で除する。

$$\overline{HF'} = \overline{BF} \cdot \sin \angle FBG - \overline{B'F'} \cdot \sin \angle F'B'G'$$

$$\overline{FF'} = \sqrt{(\overline{FH})^2 + (\overline{HF'})^2}$$

$$V_t = \overline{FF'} / T$$

F点を荒手網先端として計算し、その結果を表15に示した。船の進行方向成分は網地の移動速度とほぼ同じであるが、網地の垂直方向成分はこれらの約2%と小さい。

沈子網後端からの距離と移動速度との関係、荒手網先端の移動速度を100とした速度指数によって示した(図26)。網地の垂直方向成分は沈子網後端に近づくにつれて直線的に減少し、0に近づく。一方、網地の進行方向と船の進行方向成分とは沈子網後端からの距離に関わらずほぼ一定で、約100である。

表15 荒手網先端の移動速度

単位 : cm/s			
曳網 回次	網地の 進行方向	船の 進行方向	網地の垂直 方向成分
1	44.42	44.42	0.86
2	54.71	54.69	1.52
3	46.49	46.68	1.05
4	26.16	26.15	0.82
5	54.55	54.54	1.53
6	99.73	99.71	1.96
7	99.95	99.94	1.56
8	69.59	69.58	1.44
9	34.58	34.56	1.11
10	65.83	65.82	1.02
11	67.75	67.74	1.05
12	62.66	62.66	1.00
平均	60.55	60.54	1.24

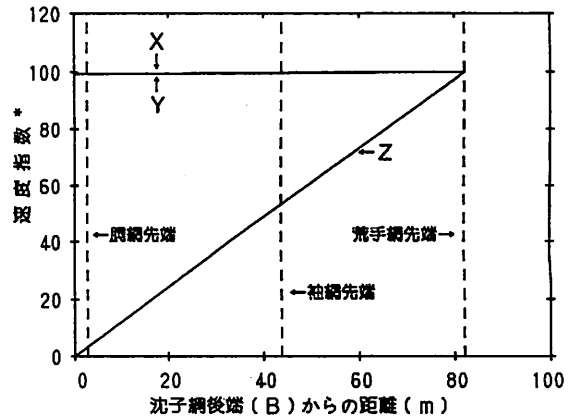


図26 沈子網後端からの距離と速度指数との関係

( \* : 荒手網先端の移動速度を100とした指数 )  
 ( X : 網地の進向方向, Y : 船の進行方向 )  
 ( Z : 網地の垂直方向 )

網目の有効面積は、網地の進行方向に対して網目が垂直である場合に最大となり、平行である場合に最小となる。垂直方向にある場合を基準として相対的な有効度を求め、これを有効投影長比率とした。計算方法を以下に示す。

[ F点における曳網開始時の有効投影長比率 (R) ]

$\overline{FH}$ と $\overline{BG'}$ は平行であるため、 $\angle JFH$ と $\angle FBG$ は同位角で等しい。

$$\angle F'FH = \sin^{-1}(\overline{HF'} / \overline{FF'})$$

$\overline{FI}$ は $\overline{FF'}$ に対する垂線なので $\angle F'FI = 90$

$$\angle BFI = 180 - (\angle JFH + \angle F'FH + \angle F'FI)$$

$$R = \frac{ms \cdot \cos \angle BFI}{ms} = \cos \angle BFI \quad (ms: \text{網目内径})$$

F点を荒手網先端として曳網開始・終了時の有効投影長比率を求め、表16に示した。計算では網地を海底に対する垂直面で考えたが、大型模型によるトロール網の網成りの観測結果<sup>21)</sup>から、実際には半円状になると予測される。このため、同じ荒手網先端でも浮子網・沈子網付近では有効投影長比率が小さくなると考えられる。曳網開始・終了時の有効投影長比率を比較すると、終了時は開始時の約5分の1まで小さくなる。

沈子網後端からの距離と有効投影長比率との関係を、荒手網先端の有効投影長比率を100とした有効投影長比率指数によって示した(図27)。有効投影長比率指数は沈子網後端に近づくにつれて小さくなる。但し、袋網後端を絞らない構造とした場合、この部分は進行方向に対して垂直となり、指数値は100を上回ると推察される。

表16 荒手網先端の有効投影長比率

曳網回次	単位：%	
	曳網開始時	曳網終了時
1	38.7	6.0
2	56.4	6.8
3	49.6	4.9
4	43.7	15.4
5	71.3	12.2
6	64.6	8.7
7	61.8	8.4
8	62.2	10.2
9	60.5	20.8
10	61.8	19.3
11	63.1	7.0
12	61.8	11.1
平均	58.0	10.9

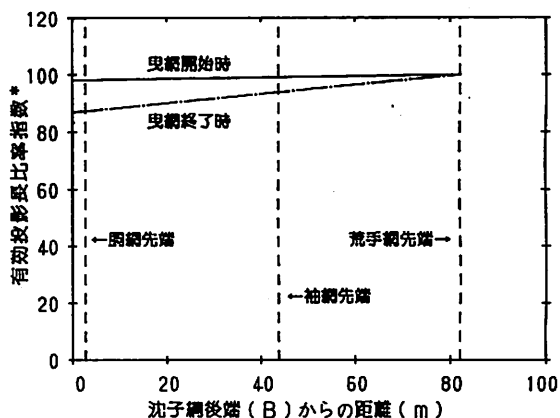


図27 沈子網後端からの距離と有効投影長比率指数との関係

(\* : 荒手網先端の有効投影長比率を100とした指数)

### 3) 袖網の網目選択性試験

袖網下部に覆い網を装着した1991年の操業結果から、袖網下部(3節)の網目選択性を検討した。16回の曳網のうち、袖覆い網に漁獲物がみられたのは2回で、この2回について種類別漁獲尾数を袖網・袋網に分けて表17に整理した。袖網・袋網を合わせた漁獲尾数に占める袖網の比率は0~40%で、魚種によって異なる。比較的高い比率が得られたのはイカ類(ホタルイカ・ボウズイカ)で、約40%である。ズワイガニでは、1991年2月・5回目に1尾が袖網で漁獲されただけで、0~0.4%である。16回の曳網のうち、14回(87.5%)は袖網に漁獲がみられず、定常的には袖網下部から漁獲物が抜け出していない。これは、海底における網の状態が先の2回では通常と異なったためと推察される。

本節では、曳網中の網地各部の移動を推測し、荒手網・袖網の掃過面積が胴網・袋網と比較して大きいという結果が得られた。他方、底層オッター・トロール網各部からの魚類の抜



表17 袖覆い網に漁獲がみられた操業回次における袖網・袋網の種類別漁獲尾数

種類名*	1991年2月・2回目			1991年2月・5回目		
	袖網(A)	袋網(B)	A/(A+B)	袖網(A)	袋網(B)	A/(A+B)
ホッコクアカエビ	0尾	7尾	0.0%	0尾	63尾	0.0%
クロザコエビ属spp.	92	350	20.8	1	280	0.4
エビジャコ属spp.	59	257	18.7	0	590	0.0
トゲモエビ	13	57	18.6	0	82	0.0
モロトゲアカエビ				0	1	0.0
トヤマエビ				0	1	0.0
ズワイガニ	0	25	0.0	1	251	0.4
ヤドカリ類				2	131	1.5
ノロゲンゲ	7	57	10.9	0	7	0.0
タナカゲンゲ	2	10	16.7	0	78	0.0
クロゲンゲ	11	156	6.6	0	4	0.0
その他のゲンゲ類	0	8	0.0	0	80	0.0
カジカ類				0	12	0.0
ザラビクニン	2	8	20.0			
クサウオ類	0	1	0.0			
ハタハタ	0	5	0.0	0	23	0.0
コンペイトウ	2	8	20.0	0	5	0.0
アカガレイ	0	2	0.0	0	82	0.0
ヒレグロ				0	6	0.0
その他の魚類	0	1	0.0	0	20	0.0
ホタルイカ	4	6	40.0	0	210	0.0
その他のイカ類	17	26	39.5	0	48	0.0
ミスダコ	0	8	0.0	0	61	0.0
エソバイ科spp.	13	55	19.1	1	169	0.6
スナイトマキ	50	575	8.0	22	1,538	1.4
その他のヒトデ類	2	45	4.3	0	48	0.0
イソギンチャク類	1	36	2.7	0	77	0.0
コガネウロコムシ科spp.	0	6	0.0			

\*: クモヒトデ類は調査時に計数していないため、除外している。

けを把握するための試験操業結果<sup>22)</sup>では、全体で約78%が袋網から抜け出ているが、ヒイラギ類の2種で50~80%が天井網から抜け出ており、これらは遊泳能力に欠けるために強い流れに押し出されたと推測している。このため、かけ廻し漁法においても荒手網・袖網からの逸出が期待できる。潜水艇による観察<sup>23)</sup>では、甲幅40~60mmと推定されるズワイガニが約0.2ノット(10cm/s)で移動することが確認されている。先に推定した荒手網先端の移動速度は、網地の進行方向で約61cm/sである。このため、甲幅60mm以下の個体では曳網中に荒手網に捕捉される可能性が大きい。但し、荒手網先端の有効投影長比率は曳網開始から終了にかけて58~11%と小さくなるため、ズワイガニが抜け出る可能性は終了時の方で小さくなる。

袖網の網目選択性試験では、ズワイガニが袖網下部から抜け出るとは殆どなかった。しかし、トロールにおける底着性魚種に対するロープ方式による混獲防止漁法の操業結果<sup>24)</sup>では、カニ・ツブ類の漁獲が従来網と比較して85~92%減少したことから、曳網中の袖網形状の保持方法によってはズワイガニの抜けが可能であると推察される。

## 5. 総合考察

前節における検討結果では、入網した生物が荒手網・袖網から抜け出る可能性が示唆された。このため、底びき網の網目選択性を検討する場合、網地全体を含めて考える必要がある。本報告における調査結果では、ズワイガニが網目から抜け出る部分は袋網でほぼ100%を占めると推定

されるが、荒手網・袖網における網目の拡大、浮子網の浮力強化による網目保持などの改良によって、これらの網地部分からの抜けが期待できる。網内における海水の流れや網地に対するズワイガニの逃避行動が把握されていないため、袋網における網目選択性を荒手網・袖網に適用するには問題が残されるが、袖網の有効投影長比率が約60%以下であることを考慮すると、同じ網目であれば荒手網・袖網の方が抜けにくい可能性が大きい。

石川県の底びき網漁業者がズワイガニを対象に使用する袋網は、網目が5～10節、菱目でゴミ取りを装着していない<sup>25)</sup>。これらの仕様を変更した場合、調査結果の適用にはいくつかの問題点が指摘される。一つは、漁具の構成が船型・馬力・操業方法に適合するように決められており、網目の拡大によって網の流水抵抗が減少した場合、網の大きさや曳網速度が変わり<sup>26)</sup>、100%選択甲幅以上では漁獲能率が高まる可能性がある。もう一つは、調査方法においてカバーネット式を採用しており、求めた選択甲幅が外網の影響によって小さい方にズレていることが懸念される。これらの現象を定量化するためには底びき網漁船における漁具規制の影響を追跡するのが確実である。したがって、本調査結果は、底びき網漁具の網目選択性における定性的な評価と定量面における探索的な推定として位置付けられる。

## 文 献

- 1) 石川県・福井県・京都府・兵庫県・鳥取県・島根県・山口県 (1989) : 昭和63年度広域型資源培養管理対策推進事業報告書。日本海西ブロック, 76pp.
- 2) 石川県・福井県・京都府・兵庫県・鳥取県・島根県・山口県 (1990) : 平成元年度広域型資源培養管理対策推進事業報告書。日本海西ブロック, 88pp.
- 3) 石川県 (1990) : 平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書, 51pp.
- 4) 石川県 (1991) : 平成2年度広域資源培養管理推進事業報告書, 47pp.
- 5) 藤石昭生 (1979) : 底びき網の漁獲選択性。漁具の漁獲選択性。水産学シリーズ(28)。厚生社厚生閣, 東京, 7-27.
- 6) 石川県水産試験場 (1991) : 平成2年度増殖場造成事業資料集-I (ズワイガニの人工魚礁調査と生態特性に関する研究), 34pp.
- 7) 青山恒雄 (1961) : 底びき網の選択作用とその以西底びき網漁業資源管理への応用。西海区水研報(23), 1-63.
- 8) Tokai, T.・Kitahara, T. (1989) : Methods of determining the mesh selectivity curve of trawl net. Nippon Suisan Gakkaishi 55(4), 643-649.
- 9) 東海 正・伊東 弘・正木康昭・上城義信・横松芳治・安東欣二 (1989) : 小型底びき網(手繰第2種, エビ漕ぎ網)のカレイ類に対する網目選択性。南西水研報(22), 35-46.
- 10) 青山恒雄・北島忠広 (1959) : 底曳網の網目の選択作用-I。50尺おゝい網式トロール網による網目試験。西海区水研報(16), 1-20.

- 11) 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. 地域重要水産資源管理技術開発総合研究 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究), 74pp.
- 12) 東海 正 (1990) : スプライン関数による補間と平滑化について—II. 南西水研ニュース(44), 4—8.
- 13) 加藤史彦 (1988) : ガウス・ニュートン法による Bertalanffy の成長曲線の当てはめ. パソコンによる資源解析プログラム集. 東海区水産研究所数理統計部編, 16—25.
- 14) 伊藤勝千代 (1968) : 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究II. 稚蟹期の形態およびその分布について. 日水研報(19), 43—50.
- 15) 応用計算ハンドブック編集委員会 (1986) : 応用統計ハンドブック. 養賢堂, 東京, 827pp.
- 16) 陳 俊徳・松田 皎・本田 勝 (1991) : 屋外長水路での曳網模型による角目と菱目袋網の網目選択性の比較. 日水誌57(7), 1313—1319.
- 17) 藤石昭生 (1974) : 網目選択性に関する理論的研究—II. 曳網類の選択曲線の推定法. 水大研報22(3), 63—84.
- 18) 石川県水産試験場 (1983) : 加賀海域におけるズワイガニ漁場の評価, 31pp.
- 19) 金田禎之 (1977) : 日本漁具・漁法図説. 成山堂書店, 東京, 635pp.
- 20) 若林 清 (1980) : 1979年度東部ベーリング海におけるトロール底魚調査と資源量の推定. 昭和54年度漁業資源研究会議. 北日本底魚部会会議報告, 110—120.
- 21) 高山重嶺・小山武夫・武富 一 (1959) : トロールに関する研究—III. 大型模型による網成りの観察. 東海水研報(24), 7—20.
- 22) You-Shou Chow・Chao-Ching Chen・Chan-Shan Huang (1990) : Study on the escape of fish through different parts of a bottom otter trawl net. The Second Asian Fisheries Forum, 817-820.
- 23) 石川県水産試験場 (1982) : 昭和56年度研究開発促進事業カニ類増殖技術開発試験研究, 47pp.
- 24) 小山武夫 (1981) : トロールにおける選択漁法. さかな(27). 東海区水産研究所, 35—40.
- 25) 石川県機船底曳網漁業協同組合 (1985) : 昭和62年度資源保護モデル底曳網改良事業実施報告書, 72pp.
- 26) 青山恒雄 (1965) : 底びき網の網目選択作用. 日水誌31(10), 848—861.