

日本海西部海域におけるズワイガニの生態と資源

安達 二朗

はじめに

日本海西部海域におけるズワイガニの資源は漁獲の減少が示しているように、現在きわめて厳しい状況にある。このズワイガニ資源が減少した主な原因としては乱獲にあると考えられ、その資源回復の対策は操業期間の短縮という消極的な方法が取られている。資源回復の方策としては漁期間、漁船数などの漁獲努力量の大幅な削減、不合理漁獲の防止などが考えられるが、現在ではズワイガニは冬季における底曳網漁業等の最も重要な漁獲対象資源であるだけに、そのような方策を早急にとることは不可能に近い。

近年、鳥取県、兵庫県、京都府、福井県、石川県においては、ズワイガニ用の人工魚礁が設置され、その効果調査が行われている。その結果はいずれも人工魚礁周辺海域での漁獲増が認められているようであるが、これは小型カニを保護し、大きく成長した段階で漁獲していることと考えられ、資源の回復がなされているというよりも、その海域でのズワイガニ資源を有効に利用していることを示しているであろう。もともと資源の回復を計るためには、資源の利用度を下げることが基本となるので、人工魚礁の設置による操業海域の制限については意義があるし、また人工魚礁設置海域内で再生産が行われるならば、さらに意味が大きくなるであろう。

著者は1989~1992年にかけて水産庁開発課の特定魚種漁場整備開発調査(ズワイガニ)に従事し、島根県日御碕沖人工魚礁設置海域における漁獲試験に基づく生物調査、および底曳網漁船の操業実態等の調査を担当した。その結果、新しい生態学知見を得るとともに、日本海西部海域におけるズワイガニ資源の現状について検討することができた。ここではズワイガニの生態について、これまでに得られている知見と本調査で得られた新しい知見を加味した整理を行うとともに、資源解析を含めた漁場の利用実態および人工魚礁設置海域における試験船による漁獲調査結果等について報告する。

報告に先だち、調査の計画段階から報告とりまとめまで、終始ご指導いただいた水産大学校名誉教授青山恒雄博士に心から感謝します。

1. 生態調査

1・1 生活史

ズワイガニの生活史については、特定の成長段階における部分的な知見は多いが、全生活史を通

しての説明としては、若狭湾における今(1980)の報告が唯一のものである。今(1980)によると、ズワイガニの受精卵は一般に、2~4月にかけて、水深225~275mの海底でふ化しプレゾエアとなる。その後1時間以内に脱皮し、第1期ゾエアになる。表層付近に達した幼生は水深100m以浅に分布の中心を形成するが、200m位までは多少分布する。第1期ゾエアの濃密分布域は、成体雌が生息している海域のほぼ真上にあり、海面下50m以浅の水深帯とみなされる。

第Ⅱ期ゾエアからメガロパへの変態は、4月上旬から5月中旬にかけ、水深150~200mに移動した個体によって行われる。変態後は水深200m以深の水温6~7℃以下のところに濃密な生息域を形成し、低水温の深層生活に入る。また、どのステージの幼生も水深150~200mから陸岸よりの浅い海域にはほとんど見られず、水平的に見た幼生分布の限界は水深によっても規定されている。以上の浮遊生活期(3ヶ月以内)を経て稚ガニとなり着底する。

ズワイガニが浮遊生活から底生生活に入る最初の場所は、海流や水温などの自然条件によって決まると考えられるが、底生生活に入った第1齢個体は、ほぼ第6齢に成長するまで水深250m以深に生息する。第7齢および第8齢個体は徐々に浅所へ移動し、第9齢、第10齢と成長すると、大多数が水深225m付近に集まってくる。

雌はこの海域で最後の脱皮を行って成体となり、交尾と産卵を果たし、約250mの水深へ移動する。雄は第11齢に生長するまで水深225mの海域に生息し、その後は水深275mから400m付近の深所へ移動するが再度浅所へ戻ることはない。したがって一旦深所へ移動した雄が再び生殖行為に関与する機会は少ない。以上の記述は図1-1のように示されている。

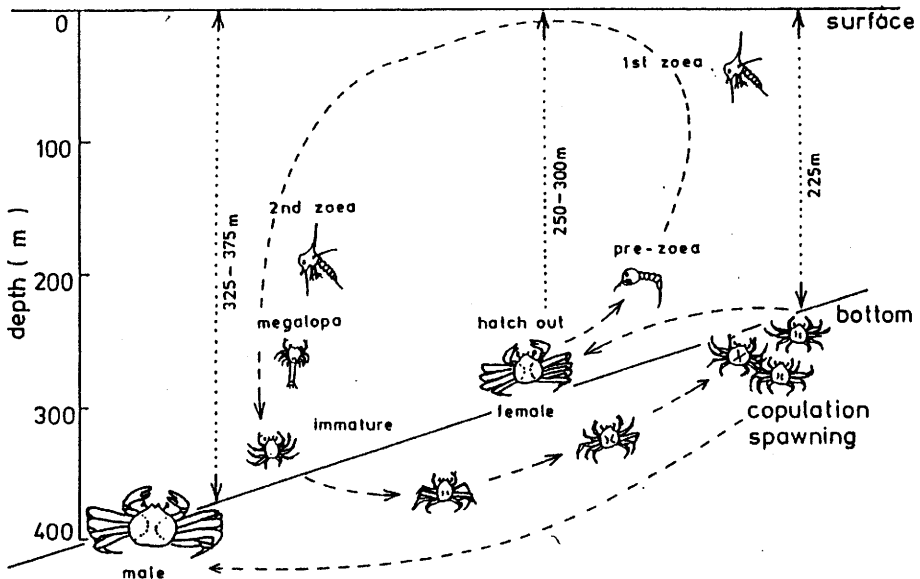


Fig. 1-1 A supposed schematic presentation of the migration throughout its life span.

今(1980)

1.2 成長と年齢

ズワイガニは他の甲殻類と同様に年齢を直接推定する刑質がないものの、脱皮を経て成長するという特徴を利用して、成長と年齢の研究が行われてきた。浮遊幼生期の脱皮所要日数は山洞(1972)、今(1980)の飼育結果から、着底期以後の脱皮回数はSinoda(1968)、伊藤(1970)、菅野(1975)今(1980)により、甲幅組成から個々のモードを分離することによって推定されている。また、年齢は脱皮間期の長さを積算することによって推定されている(伊藤, 1970: 今, 1980)。

(1) 浮遊期幼生の脱皮所要日数

飼育実験をした山洞(1972)は、ゾエア第Ⅰ期および第Ⅱ期とも自然水温では21~37日間と報告し、今(1980)は第Ⅰ期では19.0日、第Ⅱ期では20.4日とし、メガロパの期間を27日としている。したがって幼生期の全経過日数を約66日としている。この他、深滝(1969)は第Ⅰ期、第Ⅱ期ともそれぞれ約1ヶ月、メガロパは3~6ヶ月間と推定し、伊藤(1968)は全浮遊期間を7~8ヶ月間と推定している。また、小林(1989)は鳥取県網代沖から隠岐島周辺のズワイガニ漁場において、第Ⅰ期は3~4月、第Ⅱ期は4~6月に多く、メガロパは4~7月の長期間にわたり出現すると報告している。

(2) 着底期以降の脱皮回数

底生生活に入ってから脱皮回数は、甲幅組成の分離から表1-1(今, 1980)のようになっている。Sinoda(1968)は西部日本海の甲幅41mm以上の雄について、甲幅組成から代表的なモードの値を読み取り、その値をもとにBertalanffyの成長式を求め、各齢の計算甲幅を示しているが、各齢の甲幅の値が伊藤(1970)、今(1980)とは大きく異なっている。

表1-1 各研究者による脱皮令と甲幅(今, 1980)

齢	sinoda(1968)		伊藤(1970)		菅原(1975)	今(1980)	
	齢	♂	♀	♂	♂	♀	♂
1	X+1	50.8	2.9~3.0			3.1	
2	X+2	60.6	4.3~4.4			4.6	
3	X+3	72.2	6~7			6.5	
4	X+4	80.5	9~10			9.7	
5	X+5	88.6	13~14			13.5	
6	X+6	95.1	19~20			19.0	19.6
7	X+7	101.5	27~28			27.9	27.3
8	X+8	108.0	37~38			37.2	36.8
9	X+9	113.0	49~50			49.6	49.2
10	X+10	118.0	65~66	63~64		66.2	65.2
11	X+11	123.0	75~76	81~82	85	77.4	80.0
12	X+12	126.1	83~86	97~98	98		93.0
13	X+13	129.5		111~112	112		105.6
14	X+14	132.9		121~122	124		116.7
15	X+15	136.0		131~132	134		126.8
16	X+16	138.1		137~138			135.9
17	X+17						144.2

伊藤（1970）と今（1980）の結果は雌雄とも脱皮回数と各脱皮齢における甲幅の値が近似し、雌ガニの最終の未成体が第10齢であるとしていることが一致している。しかし成体雌ガニの脱皮齢について、伊藤（1970）は第11齢で成体になる個体が最多で、第10齢または第12齢で成体になる個体もあるとしているのに対し、今（1980）は第11齢だけとしている点に違いが見られる。菅野（1975）の示した雄の第11齢から第15齢までの甲幅の値は、伊藤（1970）、今（1980）とおおむね一致している。

（3）年齢

伊藤（1970）と今（1980）の報告しかないが、両者の推定年齢には差が見られる。表1-2は今（1991）が示したものであるが、各齢の生活期間を積算したものが年齢となる。伊藤（1970）は甲殻の硬度を周年にわたり測定した結果から、雌カニは6～8年で成体に達し、雄ガニは第12齢（甲幅90mm以上）までに7～9年を要するとしている。これに対し、今（1980）は雌ガニが成体（第11齢）になるまでに約10年を要し、雄ガニが甲幅90mm以上になるまでには約12年を要するとしている。また伊藤（1970）は雄ガニの成長に関して、第10齢以降も1年に1回の脱皮が行われるとしているのに対し、今（1980）は2年に1回としている違いがあり、成体に達してからの年齢推定に大きな差が見られる。

表1-2 日本海ズワイガニの脱皮間期の長さ（今，1991）

脱皮齢		伊藤 (1968, 1970)	今 (1970, 1980)
浮遊幼生期	プレゾエア	8 - 12ヶ月	1時間以内
	第Ⅰ期ゾエア		19日以内
	第Ⅱ期ゾエア		20日以内
	メガロパ		27日以内
底生生活期	1	12ヶ月前後	2年7ヶ月
	2		
	3		
	4	6ヶ月前後	1年以内
	5		1年以内
	6	12ヶ月前後	1年以内
	7	12ヶ月前後	12ヶ月
	8	12ヶ月前後	12ヶ月
	9	12ヶ月前後	12ヶ月
	10	12ヶ月前後	12ヶ月
	11以降	12ヶ月前後	2年

丹羽（1964, 1971）は甲殻硬度の異なる様々の雄成体ガニの標識放流を行い、放流時期や再捕時期、再捕された時のカニの状態から、多くは隔年脱皮であり、一部は3年かかって脱皮する個体のあることを示唆している。このことから尾形（1974）は伊藤（1970）をもとにズワイガニの成長過程を示したが最近の諸情報にもとづいて、それを表1-3のように整理した。

今ほか（1968）は第7～10齢までのズワイガニを飼育し、脱皮による成長量を示しているが、第

7～9 齢までの若令ガニは雌雄とも、自然環境下のものより成長が非常に悪くなっている。また第10 齢の成体と思われる雄も1 尾の資料ではあるが、自然採集のものより成長は悪い。わずかに、第10 齢の成体雄だけが自然環境下のものとよく似た成長を示し、このような相違は飼育環境が自然界とかなり異なるために生じたものであらうと述べている。

表 1-3 ズワイガニの成長過程 (尾形, 1974より改変)

成長段階	甲幅範囲	平均甲幅	生活期間	☆☆後通算期間	
ゾエアⅠ期	mm	mm	約1カ月	約1カ月	変態期
ゾエアⅡ期			約1カ月	約2カ月	(浮遊幼生期)
メガロパ期		2.2	約8カ月	約10カ月	
1 齢	2.5~3.4	3.0			
2 齢	3.5~5.2	4.4	約9カ月	約1年7カ月	稚仔期
3 齢	5.3~8.0	6.5			
4 齢	8~12	9.5	約6カ月	約2年1カ月	
5 齢	10~16	13.5	約6カ月	約2年7カ月	未熟Ⅰ期
6 齢	14~24	19.5	約1年	約3年7カ月	
7 齢	22~32	27.5	約1年	約5年	
8 齢	28~46	37.5	約1年	約6年	
9 齢	38~56	47.5	約1年	約7年	未熟Ⅱ期
10 齢	54~72	♀ 65.5	約1年	約8年	
	52~74	♂ 63.5			
11 齢	66~96	♀ 75.5	約1年	約9年	
		♂ 81.5			
12 齢	82~112	♀ 84.5	約1年	約10年	
		♂ 97.5			成体
13 齢	92~124	“ 111.0	約1年	約11年	
14 齢	111~132	“ 121.0	約1年	約12年	
15 齢	124~138	“ 131.0	約1年	約13年	
16 齢	132~142	“ 137.0	約1年	約14年	

最近になって、山崎・桑原 (1991) は雄ガニの最終脱皮について報告している。雌ガニの場合は成熟に達すると生涯の最終脱皮を行い、それ以上成長しないのに対し、雄ガニは死ぬまで脱皮をくりかえし成長を続けるとされている (今ほか, 1968; Sinoda, 1968; 伊藤, 1970) が、山崎・桑原 (1991) によると雄にも実際には最終脱皮が存在し、その成長パターンはこれまでの報告とはかなり異なることが示唆されたとしている。山崎・桑原 (1991) は最終脱皮を終えた雄ガニの甲幅範囲が70~150mmと広く、この範囲の個体が同一齢であるとは考えにくく、最終脱皮を迎える齢期は個体により異なっているという。この甲幅範囲内には3つのモードがみられ、このモード群をそれぞれ単一の年級群によるモード群とすると、その中には最終脱皮を終えたいくつかの群れが含まれることになり、ひとつの齢期群は単一年数群だけで構成されているのではなく、複数年給群が存在していることになると述べている。この結果から雄ガニの成長と年齢に関しては最終脱皮の存在を考慮に入れた概念が必要であらう。

1. 3 成熟・産卵

産卵生態に関する研究は古くから行われてきた（松浦，1934；吉田，1941，1951）。近年では伊藤（1963，1967），今（1980），小林（1989）などの報告があり，産卵生態に関しては多くの知見がある。

雌の成熟過程には，未成体（マンジュウ，第10齢）から初めて成体（アカコ，第11齢）に達するものと，すでに一度以上産卵を経験している成体ガニによって相違がある。

今（1980）によると，第10齢の10月における卵巢の塾度指数MI（Maturity Index，生殖腺重量の体重から外卵重量を引いた数値に占める割合（%））はまだ低く，卵巢の色も乳白色で卵母細胞も小さい。その後は月を追って指数が大きくなり，翌年3月には卵径が 300μ にも達し，6月には卵巢が内臓部の大部分を占めるように発達し，濃橙色の卵粒が肉眼でも認められるようになる。10月には再び未熟な卵巢を持った個体のみとなるので，7～9月に脱皮をして成体となり，その直後に交尾して産卵するとされている。

また，10月の第11齢雌は塾度指数MI3.0以下の未熟群と5.0以上の成熟群とに明瞭に区分され，未熟群は卵巢が白色または淡橙色で，所々に退行中の残留卵が認められ，しかも産出後，間もないとみられる若い発生段階にある明るい橙色をした外仔卵を持っている。したがって未熟群は第10齢が7～9月に脱皮して第11齢となったもので，初めて産卵した個体である。これらの個体の塾度指数MIは，その後翌年2月になってもほとんど増加せず，成熟は進まない。一方，成熟群の卵巢は濃い橙色を呈し，発達中の卵粒を肉眼でも識別でき，外仔卵は複眼色素形成期（クロコ）以降にまで発生が進んでいて，1～2月になるとふ化前期に達する。しかし，2～3月にはこのような個体の最終割合が減少して，4月には未熟群のみとなるので，2月を中心とした1～3月に外仔卵のふ化と，それに続く産卵が行われるものと考えられている。

これらの結果と浮遊幼生の天然における出現時期から考えて，成体に達した直後に産出された卵が，ふ化するまで要する時期が1年半であるのに対し，2回目以降のそれは1年で，同様のことは卵巢の成熟についても認められ，2回目の産卵に要する卵巢卵の成熟には1年半を要し，3回目以降のそれは1年である。以上の結果は図1-2のように整理されている。

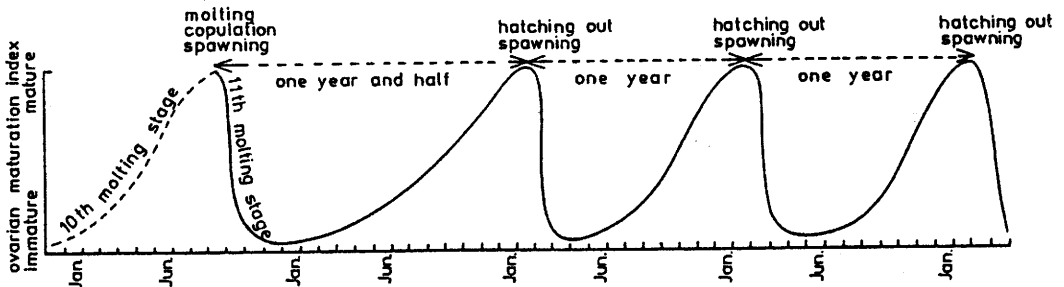


Fig. 1-2 Diagrammatic illustration on a seasonal change of ovarian maturation index with relation to molting, copulation, spawning and hatching out in the 10th and 11th molting stages. 今（1980）

また、小林（1989）は塾度指数MIの季節変化を追跡し（図1-3）産卵期および卵巣の成熟周期を推定している。未成体ガニの塾度指数MIは10月の0.5位を最低として、時間の経過とともに高くなり、8~9月には8~9の最高の値となっている。一方、初産ガニと識別されたものは、6~1月の間0.2~2.0で成熟はほとんど進んでいない。また初産ガニと区別が困難な経産ガニを含む成体ガニは、4月の0.5を最低として、しだいに塾度指数MIは大きくなり、翌年の1~3月には9~10の値を示して最高の成熟状態となる。これらの結果は今（1980）の報告と一致しており、初産卵が夏にあり、その一年半後の冬に2回目の産卵が行われ、2回目以降の周期は1年であるという説が極めて有力である。

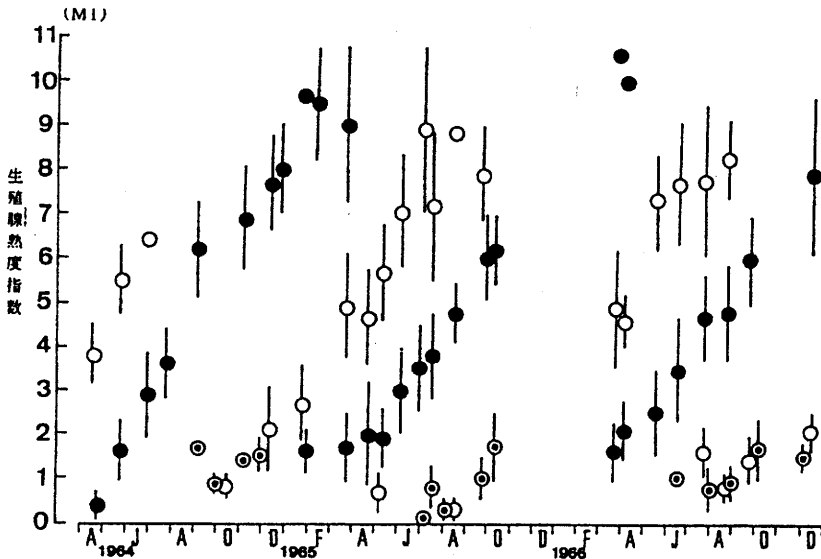


図1-3 生殖腺塾度指数(MI)の経月変化
白丸は成熟未生体(B群), 黒丸は経産卵ガニ, 二重丸は初産卵ガニ(A群)を, 縦線は標準偏を示す。小林(1989)

雄の成熟に関しては今(1980, 1991)の報告しかない。今(1991)によると、雄の生殖器官を周年にわたって観察しても、大きさ、形、色などに変化がなく、組織学的には季節に関係なく精巣では精子が作られ、精管前域には多くの精包が貯えられている。したがって成体に達した雄ガニは、周年にわたって交尾が可能であるとし、なぜ雄が雌の成熟と無関係であるのかは明らかでないとしている。

雄の成熟に対応する雌の産卵は、小林(1989)の飼育実験によると、初回の産卵においては、その7~10日前から雌(第10齢)・雄(第11齢)が継続的に対面行動を取るようになり、雌が第11齢への脱皮を行ったのち、1日以内に交尾し、その直後に産卵する。2回目以降の産卵は改めて脱皮や交尾を経ることなく行われる。産卵回数は5~6回で、交尾は初回産卵の直前に行われるのみであり、その後の産卵においては、雌のもつ貯精のうの精子により受精卵が産出されることが確認されている。

一方、本調査においては産卵周期の検討を行った。これまで述べてきたように、初産卵が夏にあり、2回目の産卵は1年半後にあって、それ以降1年ごとに産卵する（今，1980，；小林，1989）とされているが、本調査で得られたデータからはそのようにならない。

調査方法は後述するが調査海域（図2-2）における季節ごとの雌雄の独立性を統計的に検討すると、冬～春季に雌雄の関連性が認められる。（全振協，1991）。この意味は交接・産卵のためと推察するのが一般的であると思われ、この推察を明らかにするため、平成2年度報告書（全振協，1991）において、調査を実施した各月のGSI（Gonadosomatic Index，生殖腺重量の体重に占める割合（%））の分布を示し、冬季に採集されたクロコ（第11齢ふ出直前個体）のGSIの範囲が5.0～9.0にあることから、その範囲の値を持つ各調査時の個体を産卵可能であり、また夏季のアカコ（第11齢）の一部も産卵可能と推定された。

もし夏季にアカコ（第11齢）の一部が産卵するとしたら、それらは前年夏季のマンジュウ（第10齢）が初産卵したものも含まれると考えられ、その場合初回産卵から2回目産卵までの時間は1年となる。そして冬季にマンジュウ（第10齢）の一部が初産卵するとしたら、次年冬季に達したアカコ・クロコは1年で産卵するとも考えられる。これらのことから、産卵するものが冬～春季と夏～秋季にあり、両者がそれぞれ1年の産卵周期を持っているという仮説が成り立つはずである。

本調査は上述の仮説を補強することを目的とした。図1-4に1991年7月に採集された第10～11齢カニの卵巣重量組成を示した。上段は第11齢のものを示してあるが、5個体のクロコが混ざっていることに大きな特徴がある。2回目以降の産卵は冬季にある（今，1980，；小林，1989）というこれまでの知見とは一致せず、経産カニの一部は夏季に産卵する（全振協，1991）ということが実証された。下段のマンジュウ（第10齢）では未熟の4個体を除けば、夏季に産卵するものである。第11齢の平均卵巣重量が6.8g、第10齢のそれが6.2g、であるから、卵巣重量からみれば両者とも産卵可能と考えられるが、両者には体重の差があるため、体重の影響を除く必要がある。

このため図1-5に同じデータを用いてMIとGSIを計算し、その分布を示した。MIとGSIの分布には統計的な差は認められないため、以後もGSIを適用するが、第11齢の平均GSIは3.3、第10齢のそれは5.8となっており、第11齢は標本平均では産卵不可能と考えざるを得ない。しかし標本には、現実として産卵直前と推定されるもの（表1-4）と産卵までに時間を要すると推定されるもの（表1-5）が混合しているため、群れとしてではなく、個体として現実をとらえる必要がある。もともとMIとGSIの数学的意味は卵巣重量が体重に比例することなので、各標本について体重と卵巣重量の関係を検討する必要がある。

そのため夏季を代表するものとして1991年7月に採集された標本の、冬季を代表するものとして1990年2月に採集された標本の体重と卵巣重量の関係を図示したのが図1-6と図1-7である。図1-6において実線で示した直線は、マンジュウ（第10齢）の体重に対する卵巣重量の回帰直線。マンジュウは初産卵、クロコは2回目以降の産卵をするわけなので、アカコも卵巣重量の値からみて産卵可能と考えられる。

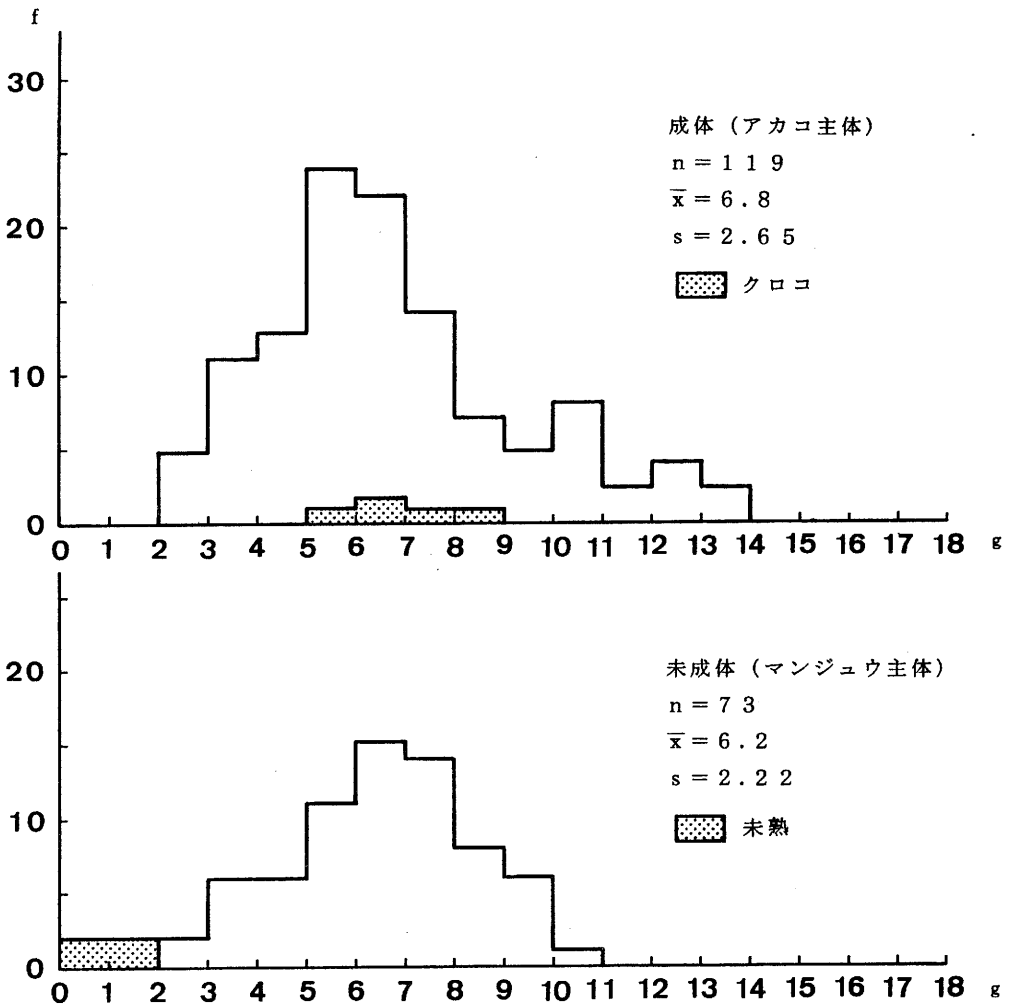


図1-4 調査海域で漁獲された雌の卵巣重量組成

図1-7において実線で示した直線は、クロコの体重に対する卵巣重量の回帰直線である。回帰直線を延長(点線)すると、冬季のマンジュウの一部が直線のまわりにバラついている。このことは冬季のクロコが産卵直前のものなので、マンジュウも卵巣重量からみて、時間がしばらく経過し、春季に入ると産卵が可能になると考えられる。

図1-6に示した点線の直線は図1-7のクロコの体重-卵巣重量の回帰直線を平行移動したものであり、図1-7に示した点線の直線は図1-6のマンジュウのそれを平行移動したものである。以上のように2つの回帰直線によって、夏季に産卵が可能な群れと冬季に産卵可能な群れの2つに分離できる。言い換えれば、ズワイガニの体重-卵巣重量関係における、夏季産卵パターンと冬季産卵パターンに分離されることになる。もし、これがズワイガニ特有の法則性であるとすれば、各調査時の標本群についても同様の分離ができるはずである。

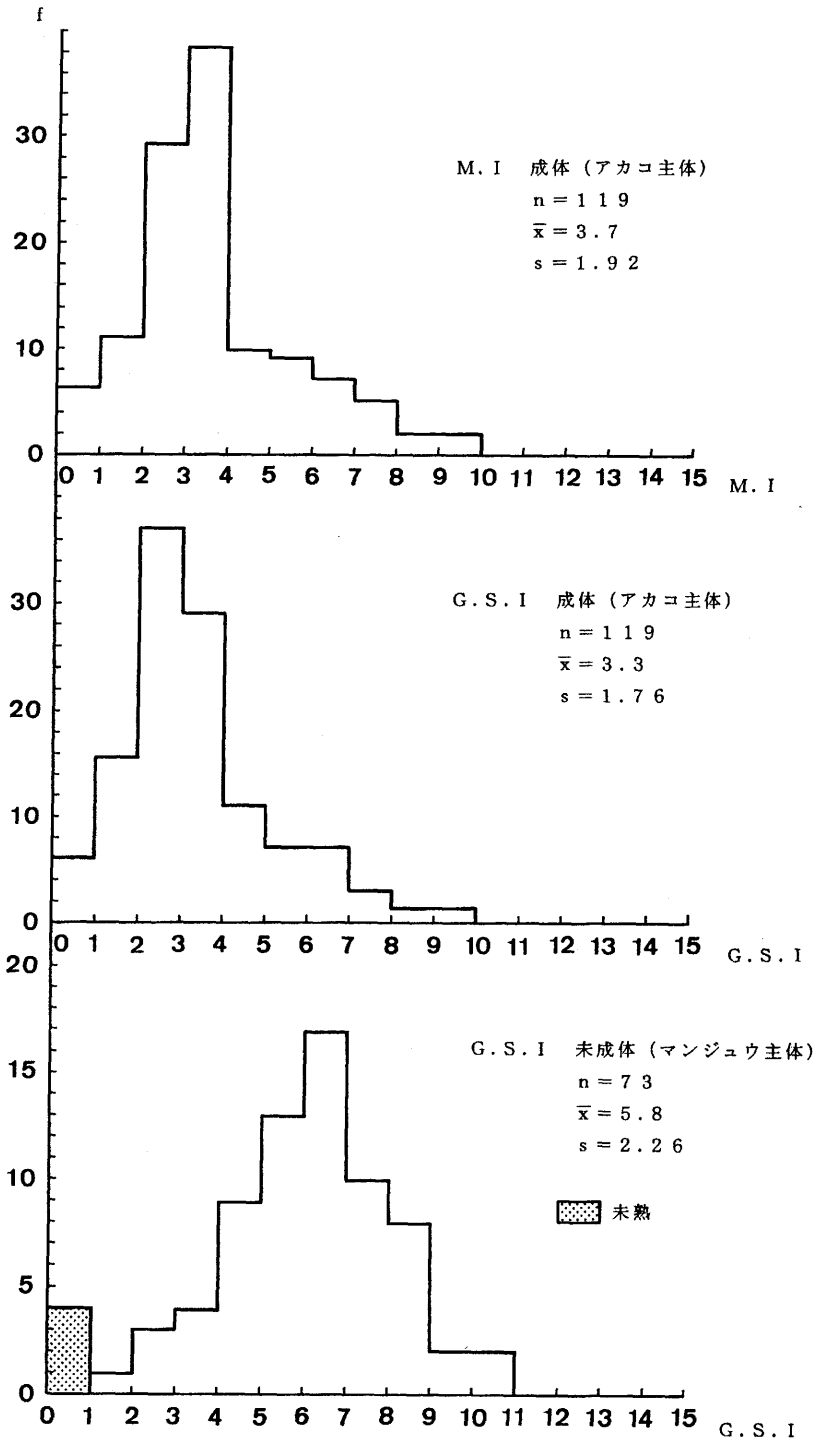


図1-5 調査海域で漁獲された雌の塾度指数の分布(1991.7)

表1-4 1991年7月に採集された産卵直前と推定されるクロコの測定記録

番号	甲幅 mm	体 重 g	卵巣重量 g	卵巣の色 g	外仔卵重量	外仔の色	GSI	MI
1	77	131.5	6.3	鮮紅色	17.8	チョコレート色	4.79	5.54
2	71	121.6	8.1	鮮紅色	14.9	チョコレート色	6.67	7.59
3	80	157.3	6.5	鮮紅色	17.6	チョコレート色	4.13	4.65
4	65	100.2	7.3	鮮紅色	7.8	チョコレート色	7.23	7.90
5	77	154.9	5.7	鮮紅色	19.7	チョコレート色	3.68	4.22

表1-5 1991年7月に採集された産卵までに時間の要すると推定されるアカコの測定記録

番号	甲幅	体 重	卵巣重量	卵巣の色	外仔卵重量	外仔の色	GSI	MI
1	74	152.0	4.4	鮮紅色	16.0	ダイダイ色	2.86	3.19
2	73	134.1	3.8	鮮紅色	13.1	ダイダイ色	2.83	3.14
3	82	160.9	5.2	鮮紅色	13.9	ダイダイ色	3.23	3.54
4	76	167.5	2.5	鮮紅色	9.7	ダイダイ色	1.49	1.58
5	84	207.5	3.3	鮮紅色	21.9	ダイダイ色	1.59	1.78

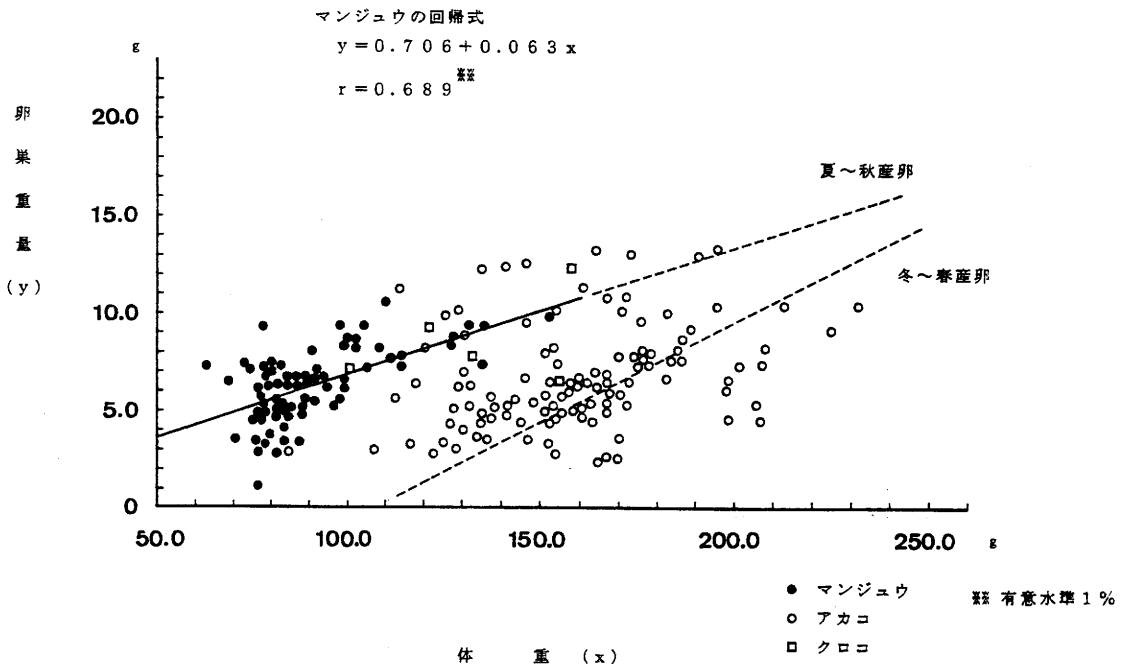


図1-6 1991年7月における体重と卵巣重量の関係

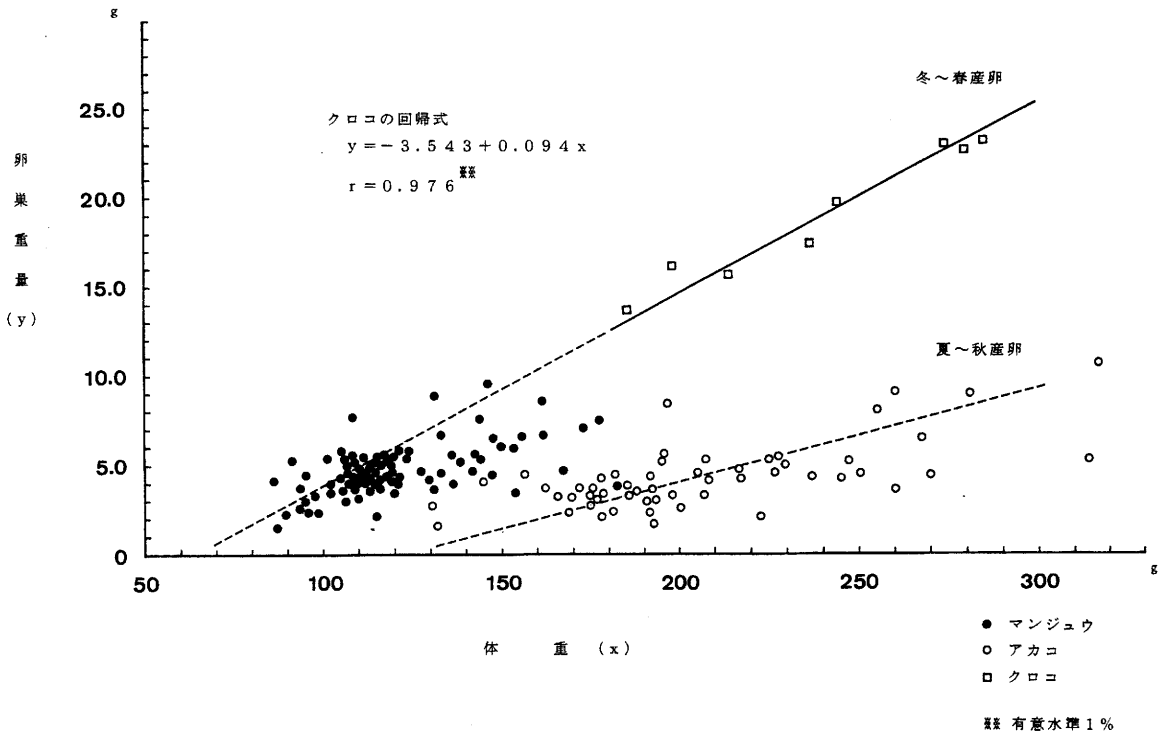


図1-7 1990年2月における体重と卵巣重量の関係

このような考え方から、図1-8～15に2つの回帰直線を用いて、各調査時の標本を、夏季産卵パターンと冬季産卵パターンに分離した結果を示した。図1-8に示した1989年8月の例ではいくらか恣意的な面もあるが、その他は考え方のおりに分離されている。図1-15に示した1991年12月は、試験船のデータだけでなく漁船のデータも必要であると考えられたので、網代港の漁獲物を検討したものである。2つの直線は基本とした図1-6と図1-7に示した冬季産卵パターン、夏季産卵パターンの回帰直線ときれいに一致している。以上のように10回の調査時のすべてにおいて、標本が2つの回帰直線によって分離できることは、決して偶然ではなく、ズワイガニの体重—卵巣重量関係において、回帰係数の大きなものと小さなものに分離されるという法則性を示していると推定される。

また、2つの回帰直線の傾斜が異なっていることの意味は、回帰直線の傾斜が体重に対する卵巣重量の割合を示すことから、実際の意味は夏季産卵タイプの方が冬季産卵タイプよりも相対的に卵巣重量が軽くて産卵可能になることである。平成2年度報告書（全振協，1991）では、両者を区別することなくGSIを計算し、GSIが5.0以上のものすべてを産卵可能として産卵周期を検討しているが、ここで検討したとおり、2つのタイプを区別して産卵可能GSIを仮定する必要がある。夏季産卵タイプの回帰係数が0.063、冬季産卵タイプのそれが0.094であるから夏季産卵タイプの産卵可能GSIは冬季の67%と計算される。

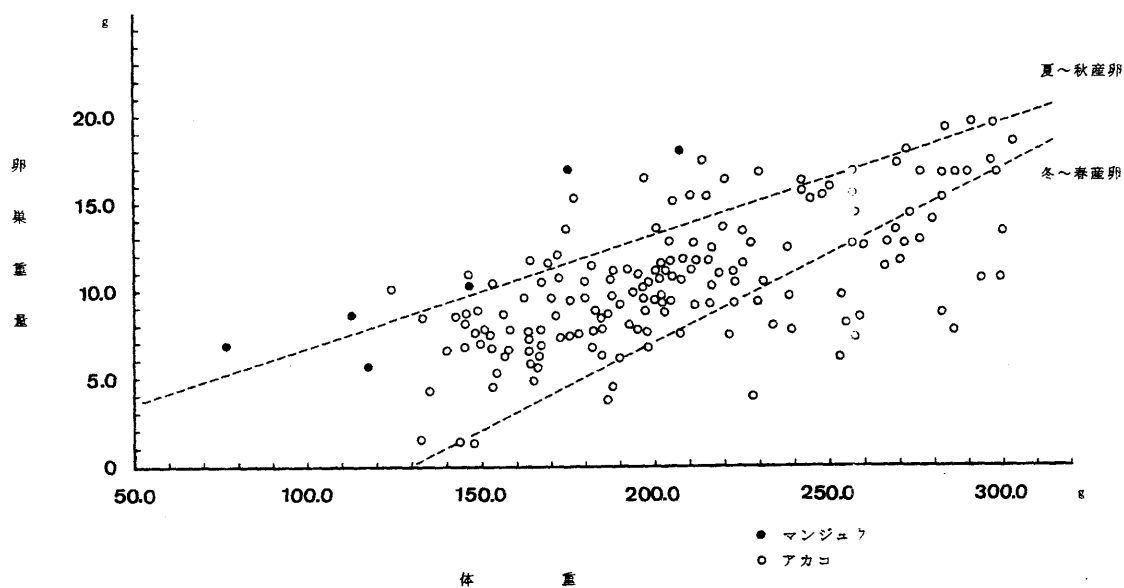


図1-8 1989年8月における体重と卵巣重量の関係

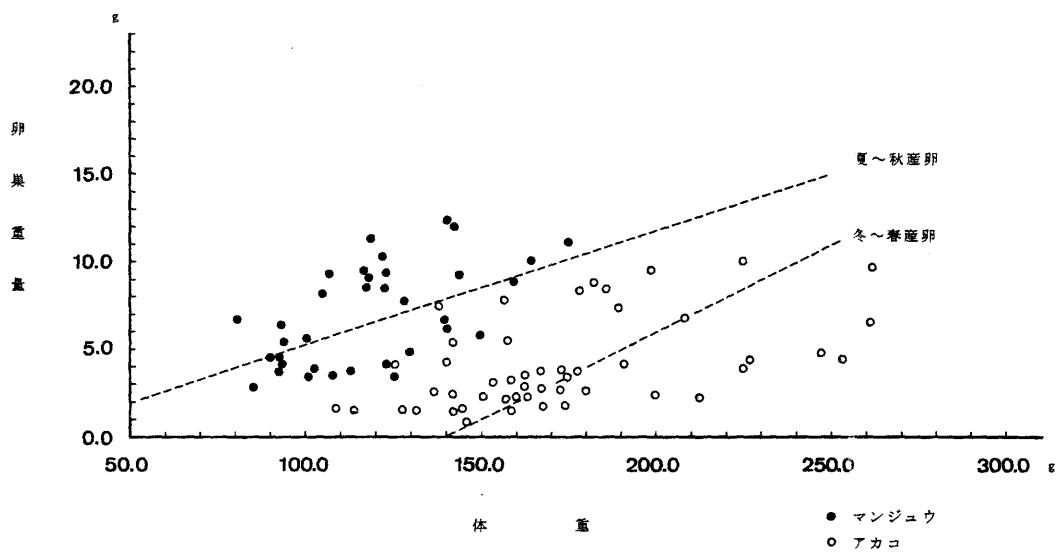


図1-9 1990年5月における体重と卵巣重量の関係

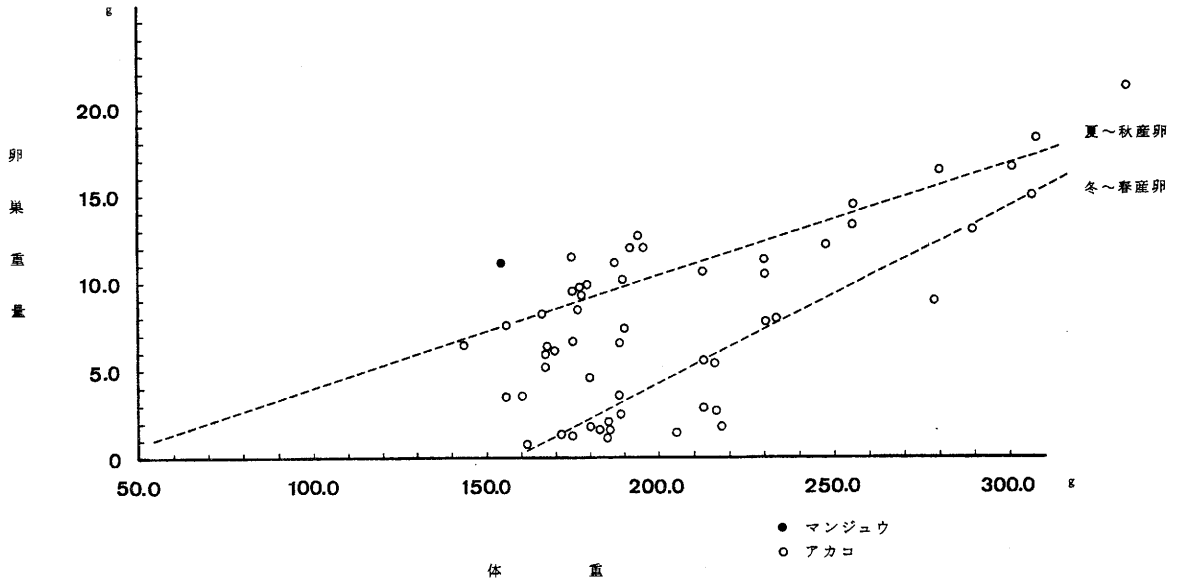


図1-10 1990年8月における体重と卵巣重量の関係

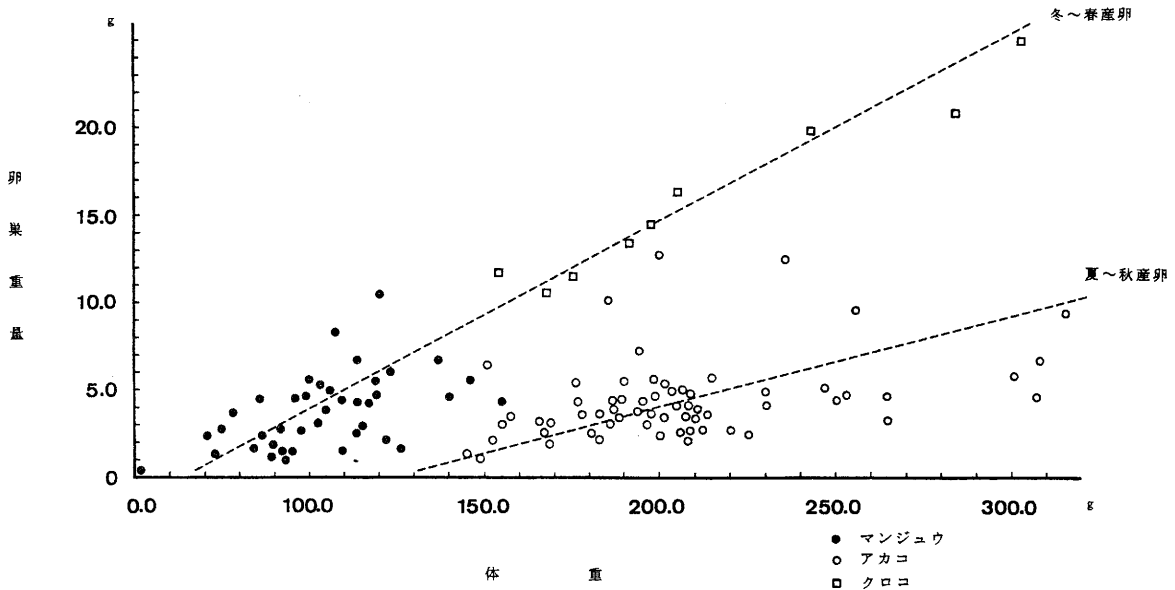


図1-11 1990年12月における体重と卵巣重量の関係

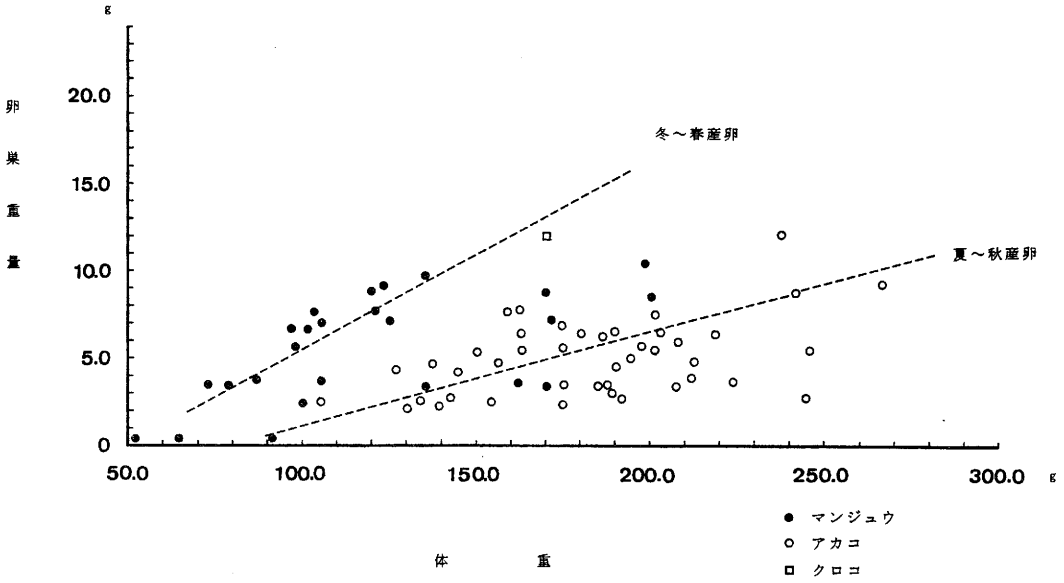


図1-12 1991年3月における体重と卵巣重量の関係

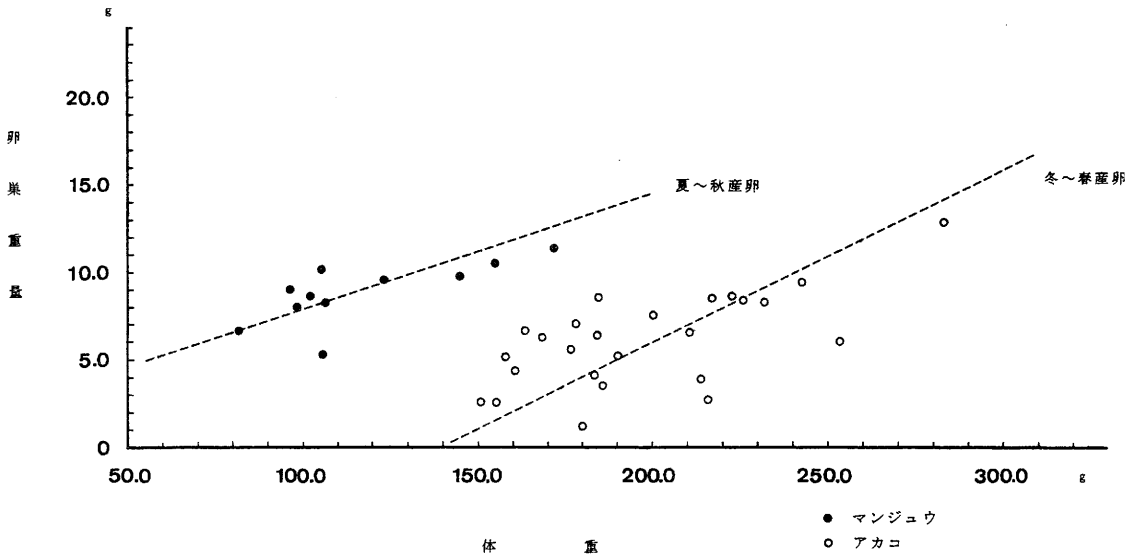


図1-13 1991年5月における体重と卵巣重量の関係

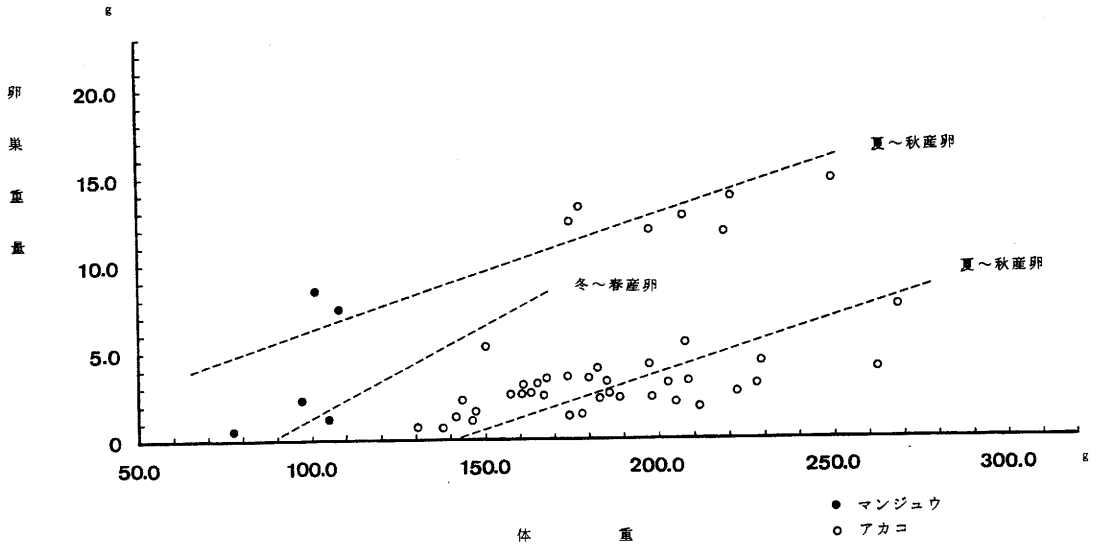


図1-14 1991年9月における体重と卵巣重量の関係

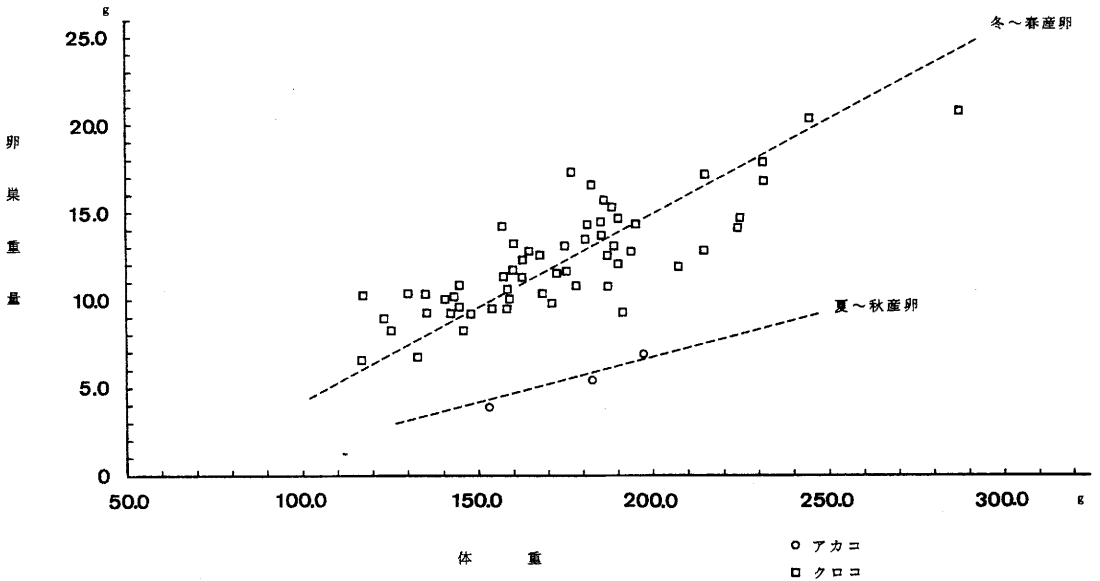


図1-15 1991年12月における体重と卵巣重量の関係

つぎに、これまで述べてきたことを根拠に、各調査時の標本を2つに分離し、それぞれについてGSI組成を求めたものが図1-16である。上述の産卵可能GSIは、産卵可能な冬季産卵タイプが5.0以上なので、夏季産卵タイプは4.0以上と仮定した。図1-16をみると、夏季産卵タイプでGSIが4.0以上を示す時は、1989年8月、1990年5月、1990年8月、1991年3月、1991年5月、1991年7月、1991年9月であり、それらが産卵可能な月となる。いずれの月もマンジュウ（第10齢）、アカコ（第11齢）が含まれており、特に1991年7月ではそれ以外にクロコも含まれている。この事実は夏季に初産卵するものと2回目以降の産卵するものが存在することを実証するものである。産卵期は図1-16に限れば、3~9月にわたり、主産卵期は7月であろう。その周期は約1年とみなされる。

一方、冬季産卵タイプについて、産卵可能GSIが0.5以上を示す時は、1990年2月、1990年12月、1991年3月、1991年12月であり、それらの月が産卵可能である。マンジュウの漁獲が禁止されている漁船のデータを用いた1991年12月を除く各月には、マンジュウとクロコが含まれており、冬季に初産卵と2回目以降の産卵の行われることが示される。図1-16に限ってみると、産卵期は12月~3月とみなされ、その周期は約1年である。

以上の結果から、ズワイガニの産卵周期は約1年で、初産卵をする群れが夏季と冬季に存在するという新しい仮説が成立する。したがって、1991年7月に出現したクロコは、前年の夏季に産卵した夏季産卵群であり、1990年2月、1990年12月、1991年3月、1991年12月に出現したクロコは前年冬季に産卵した冬季産卵群であると推定される。

しかしながら、この新しい仮説には次の弱点があると思われる。一つは産卵可能GSI値の組織学的検討をしていないこと、二つは天然における浮遊幼生の出現時期の問題である。しかし前者については、図1-5に示した1991年7月のGIとGSIの組成図に差が認められないことから、今(1980)の報告に準ずることが可能であり、後者については、深滝(1980)がメガロパの出現時期を4~10月の長期にわたるとし、その理由として、ふ化時期を異にする2種のメガルパが混在している可能性があることを指摘していることによって説明可能と考えられる。

1・4 移動

隠岐島周辺海域における標識放流結果からみた雄の水平移動は30~50海里(約55.5km~92.6km)、鉛直移動は水深差20~40m以内で、雌の移動範囲は、一般には水平的にも垂直的にも広範囲には及ばないと推定される(小林, 1989)。

若狭湾における標識放流結果からは、水平移動距離が100kmを越える例も、まれにあるものの、再捕までに300日以上経過しても、雌雄とも放流地点から30~50km以内に留まるものがほとんどである(中島・窪田, 1990)。

一方、佐野ほか(1986)は、隠岐島北方・西方海域における標識放流結果から、深淺移動について、成体ガニは雌雄を問わず季節的な深淺移動をくり返しながらか、経年的には次第に深所へ移動す

るものと考えられ、雌にくらべ雄ガニの方が移動深度の幅が大きいとしている。

本調査においては、後述する調査海域(図2-2)における分布密度の季節変化からみて、雌雄とも冬季には浅所に、夏季には深所に分布し、季節的な深浅移動をくり返していると推定している。

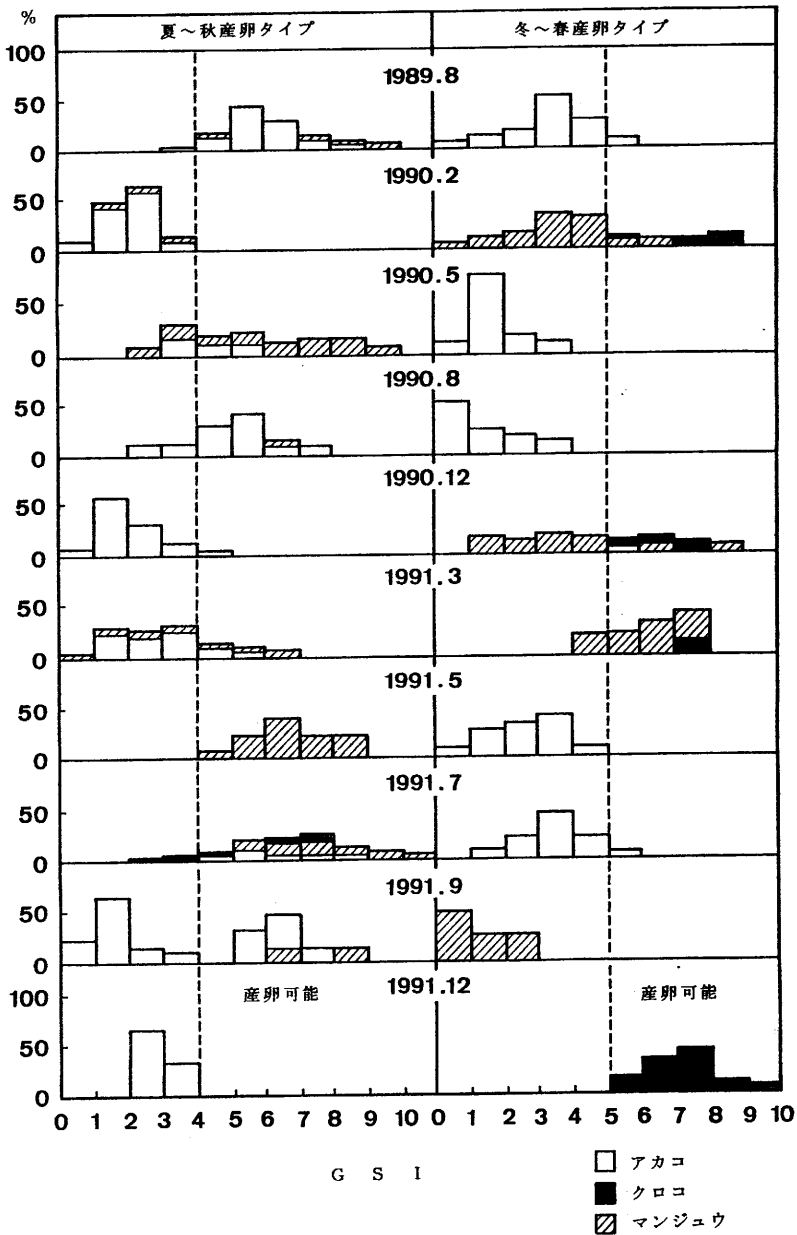


図1-16 G S I の季節変化

1・5 食性

ズワイガニの食性に関する知見は非常に少ないが、安田(1967)の報告が詳細である。安田(1967)は若狭湾から採集された標本群を検討し、胃中に出現した生物群は多種多様で、魚(ヒレグロ)、棘皮動物(クモヒトデ; *Ophiura Paucisquama*, オオウミシダ), 甲殻類(ズワイガニ, ホッコクアカエビ), 貝類(オビソデガイ, ベッコウキララガイ, ロウバイ, オオキララガイ, エッチュウバイ, エゾボラモドキ, ムチツノガイ), 頭足類(ミミイカ, ドスイカ, ホタルイカ), 多毛類(コガネウロコムシ), 有孔虫類(タマウキガイ, フセハリガイ), 珪藻類(*coscinodiscus wailessi*)を報告している。主要餌料生物はクモヒトデ, キビソデカイで、ズワイガニは明らかに底棲動物食でかつ広食性、一部屍食性であるとしている。

表1-6 本調査における胃内容物組成

No.	胃充満度(%)	甲殻類	クモヒトデ類	頭足類	多毛類			貝類
					スズメバネ	タマシロバネ	キョウシロバネ	
1	0							
2	40		+		++	++		+
3	70	+++	+					
4	80			+++				
5	10		+				+	
6	90	+++			++			
7	20	+				+	+	
8	10		+					+
9	80		+	+++		+		+
10	90	+++						
11	80		+			+++		
12	90	+++	+	++				
13	20		++					
14	10	+	+					
15	10					+		
16	10				+		+	
17	30		++				+	
18	20	+	++		+			
19	10		++					+
20	90	+++	++					+
21	80	++	+	++				
22	5		+					
23	30	+	+				+	+
24	80		+		+	+++		
25	60	++	+		+			
26	60	+	+		++			
27	70	+	+			++		
28	0							
29	80	+++					+	
30	10	+	+		+			
31	10	+						

+++ 多い
 ++ やや多い
 + 出現した

一方、本調査における胃内容物組成調査は1989年11月に、調査海域においてトロール網で漁獲されたズワイガニ31個体について実施し、表1-6のように整理されている。甲殻網はフトヒゲソコエビ科（俗称トビムシ）が主体である。クモヒトデはスナクモヒトデと思われる。胃充満度の高い個体はトビムシを多く食べており、出現頻度の高いものが胃内容物の出現種となっている。クモヒトデはズワイガニの胃の中に普通にみられるものであり、安田（1967）の報告と一致している。

1・6 雌雄の分布様式と分布の集中度

雌雄の分布様式やその分布における雌雄の独立性を検討することは、雌の漁獲規制のための一つの情報として役立つほか、ズワイガニの生殖行動の時期を推定することにおいても重要な情報となっている。

小林（1989）は雌雄未成体および雌成体は集中的な密度分布を示すのに対し、雄成体は広域に及ぶ分散的な分布を示すとし、雌雄の分布様式の違いから生殖行動や交尾生態についても特異性が推察されるとした。安達（1991）は1989年8月の調査海域（図2-2）において、ズワイガニ雌雄は互いに独立して分布しており、雌雄とも集中的な分布をし、さらに雌の集中度が高いことを報告している（図1-17~20、表1-7）。本調査はこの知見をもとに集中度の季節変化を3節において明らかにした。全体的に雄よりも雌の方が集中度は高くなっている。

表1-7 ポアソン分布及び負の二項分布へのあてはめと検定

f x	実測値	雌 + 雄 $\bar{x}=2.52, s^2=8.192$		雌 $\bar{x}=1.51, s^2=7.502$			雄 $\bar{x}=1.01, s^2=1.486$		
		ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値	実測値	ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値	実測値	ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値
0	20	8.0	26.7	50	21.9	53.9	42	36.4	43.7
1	24	20.3	20.8	25	33.2	16.6	33	36.8	30.0
2	24	25.5	15.3	9	25.3	9.3	16	18.6	15.1
3	11	21.5	10.9	2	12.8	5.9	3	6.2	6.6
4	4	13.5	7.9	1	4.9	3.9	4	1.6	2.8
5	5	6.8	5.6	5	1.5	2.8	1	0.3	1.1
6	4	2.8	3.9	1	0.3	2.0	1	0.1	0.4
7	1	1.0	2.8	3	0.1	1.4	0	0	0.2
8	1	0.4	1.9	0	0	1.2	0	0	0.1
9	3	0.1	1.5	1	0	0.9	0	0	0
10	0	0.02	0.9	0	0	0.7	0	0	0
11	0	0.08	0.7	1	0	0.5	0	0	0
12	1	0	0.5	1	0	0.4	0	0	0
13	1	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0
14	0	0	0.2	0	0	0.2	0	0	0
15	1	0	0.1	1	0	0	0	0	0
計	100	100.0	100.0	100	100.0	100.0	100	100.0	100.0
χ^2		43.702**	7.828		85.514**	6.242		12.015**	2.919
集中度			1.888			3.588			1.486
			k=1.119			k=0.386			k=2.143

** 有意水準1%

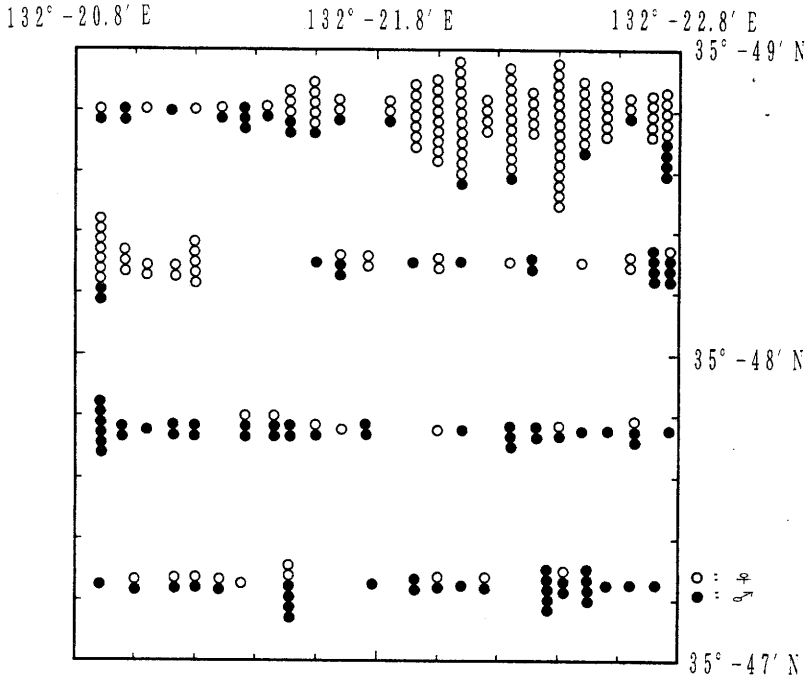


図1-17 調査海域におけるズワイガニ分布の模式 (1989年8月)

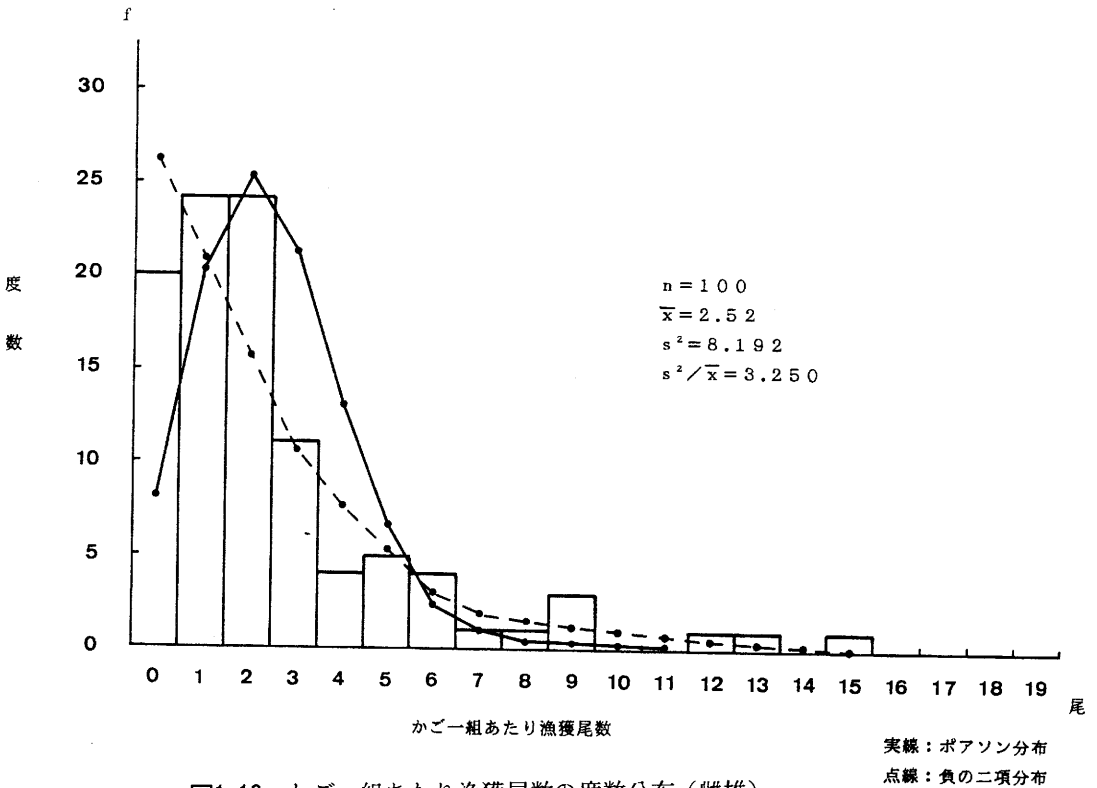


図1-18 かご一組あたり漁獲尾数の度数分布 (雌雄)

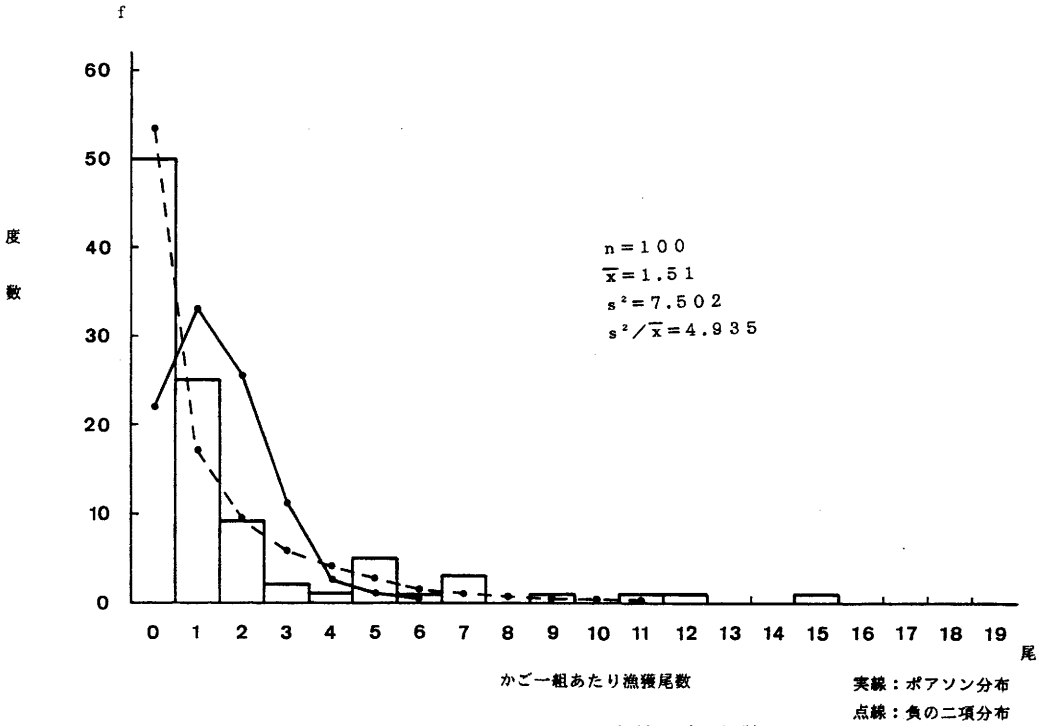


図1-19 かご一組あたり漁獲尾数の度数分布 (雌)

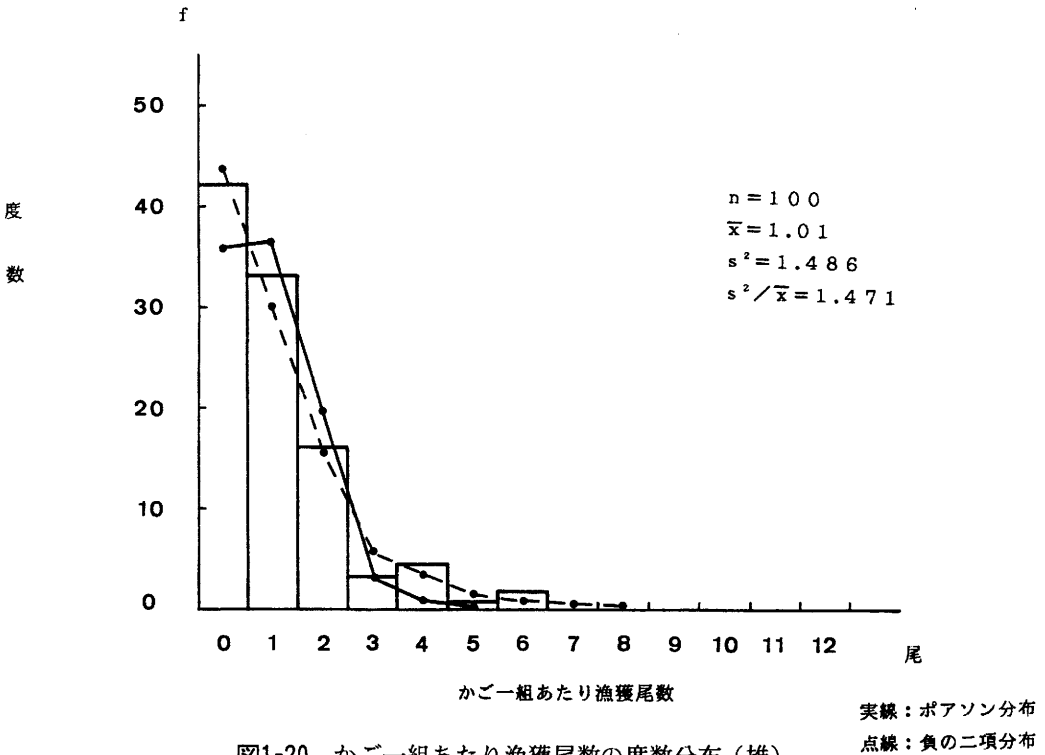


図1-20 かご一組あたり漁獲尾数の度数分布 (雄)

2. 漁場の利用実態調査

2・1 漁業動向調査

ズワイガニは沖合底曳網，小型底曳網およびかご網で漁獲されるが，その約70%程度は沖合底曳網と小型底曳網によって漁獲されている。

(1) 日本海中西部海域における漁獲量の経年変化

図2-1に昭和54年から平成2年までの日本海中西部海域におけるズワイガニ漁獲量の経年変化を示した。石川～鳥取県の合計漁獲量をみると，昭和56年の約3,200トン进行ピークに急激に減少し，平成2年には約1,500トンにまで落ち込んでいる。鳥取県と兵庫県の漁獲量は，昭和59年頃までは全体の約70%を占めていたが，昭和60年以降は50%前後を占めるにすぎず，日本海中西部海域では両県の落ち込みが大きい。

島根県ではかご網で雄だけを漁獲しているが，昭和54年以降大きな変動はみられない。漁獲量は平成元年86トン，平成2年103トンとなっている。底曳網の雄ガニ（水ガニを含む）の漁獲量は，平成2年は937トンであるので，日本海中西部海域の雄ガニの漁獲量は1,040トンとなり，かご網の占める割合は約10%である。雌ガニは約560トンが漁獲されているので全体の約35%となるが，尾数で比較すると，雌ガニの漁獲が許されている1月16日までは，雌ガニの漁獲が圧倒的に多くなっている。

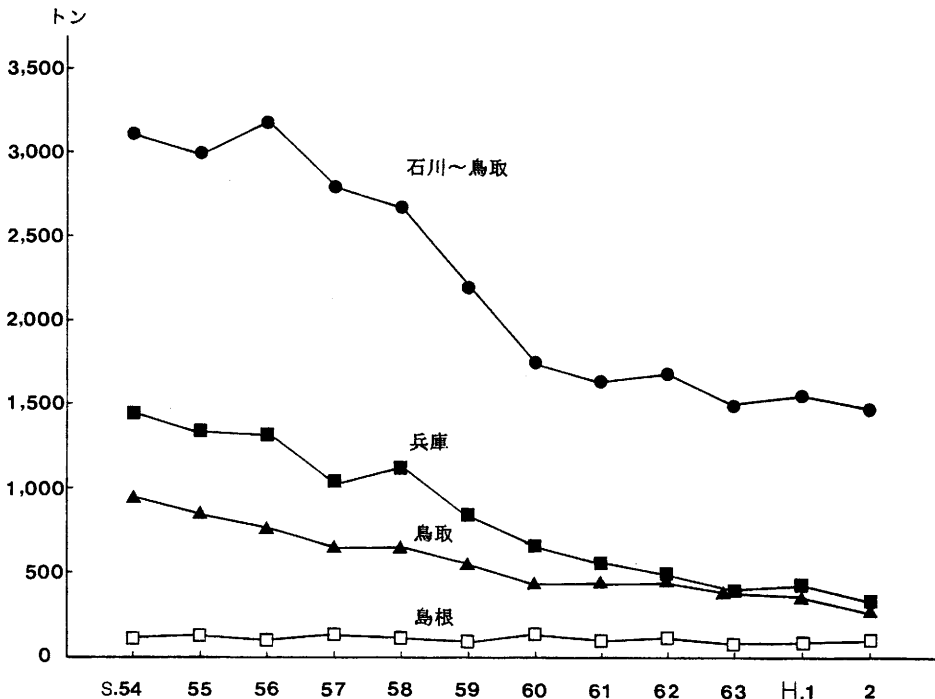


図2-1 日本海中西部海域におけるズワイガニ漁獲量の経年変化

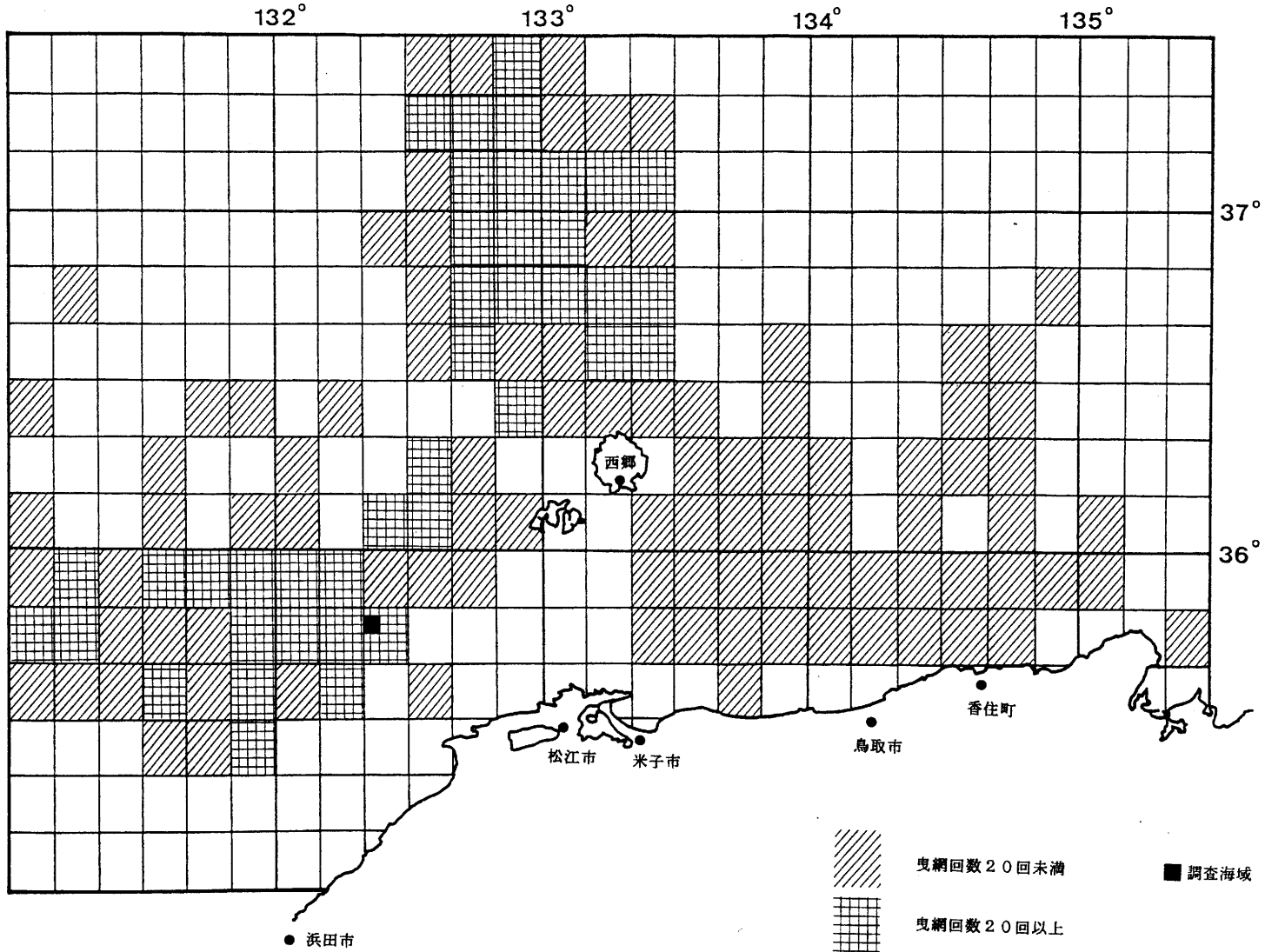


図2-2 標本船調査によるズワイガニ操業位置

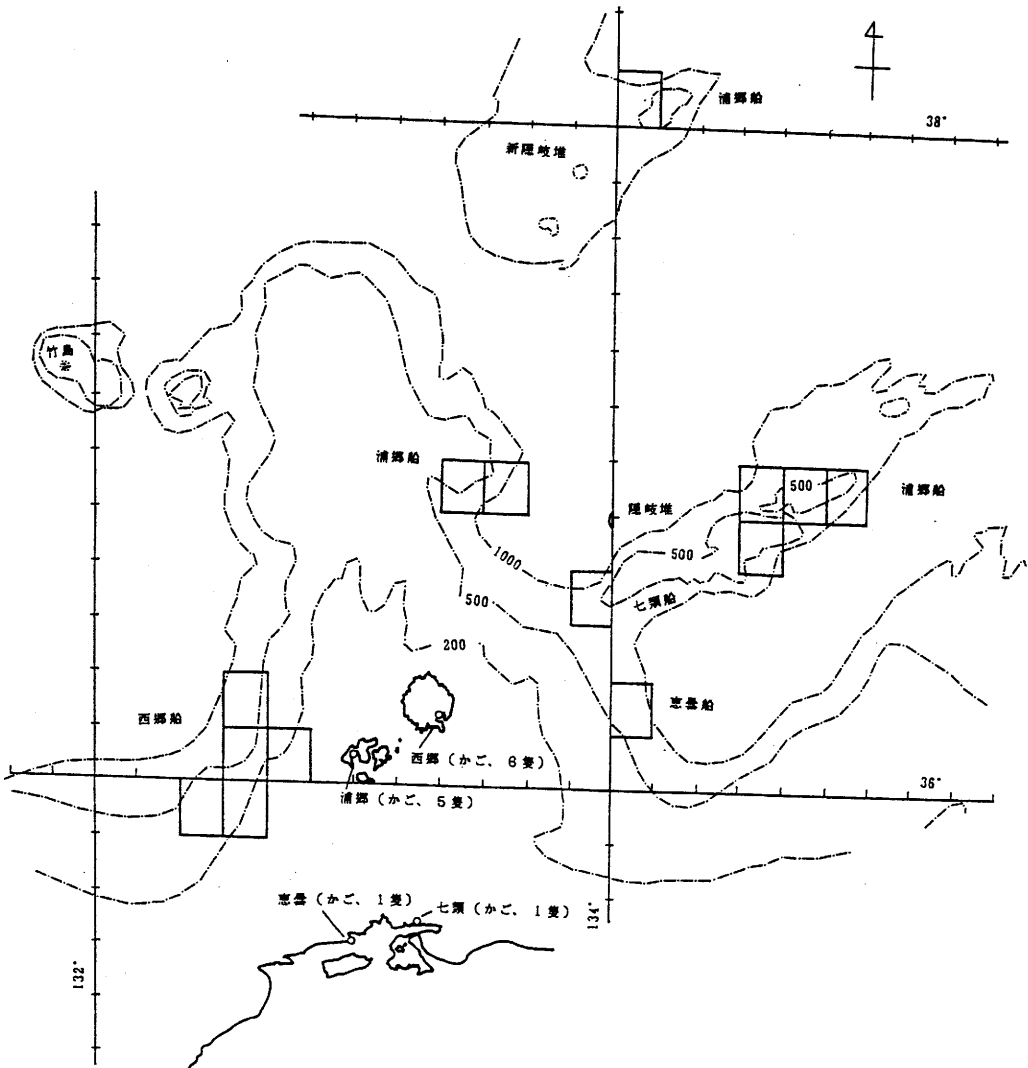


図2-3 島根県かご網漁船の漁場

2・2 標本船調査

標本船調査の目的は、前項の漁場位置を明らかにすることのほか、漁場別、漁法別、雌雄別に資源解析をし、雌雄の漁獲率の違い、底曳網漁船とかご網漁船の漁獲効率の違いを明らかにし、さらに底曳網漁業において、大型船と小型船との1網あたり漁獲尾数の比較をするなどにより、ズワイガニ資源の現状を間接的に把握することにある。平成元年度の標本船数は、底曳網について兵庫県10隻、鳥取県12隻である。両県とも標本抽出率は約50%である。島根県のかご網漁業は、平成元年に操業した全船11隻であるが、漁場が分散しているため解析には漁場を同じくする西郷港所属船6隻の記録を用いた。平成2年度は兵庫県の12隻標本船の記録を用いた。内訳は大型船(57~95トン)10隻、小型船(31トン~15トン)2隻で、津居山港2隻、柴山港6隻、浜坂港4隻である。

方法は平成2年度報告書(全振協, 1991)に詳細に示したが, まず漁期間を通して, 旬ごとに使用した漁区数, 曳網回数, 雌雄別採捕尾数を整理し, 整理されたデータに対して, 有効漁獲強度(f)を求める。また各旬の前後の資源量指数の比を生残率とし, その対数をとって全死亡係数(Z)を求める。有効漁獲強度(f)と全死亡係数の関係は, $Z = M + qf$, $qf = F$ (WIDRIG, 1954)であるから, 得られた各旬の有効漁獲強度(f)と全死亡係数(Z)との回帰係数(q)と有効漁獲強度(f)との回帰式を求め, 回帰係数(q)と有効漁獲強度(f)との積を漁獲係数(F)とし, 次式により漁獲率(E)を計算する。

$$\text{漁獲率} = \frac{F}{Z} (1 - e^{-Z})$$

(1) 隠岐北方海域における解析

平成元年度における兵庫県の標本漁船の記録に基づいて計算した資源量指数と有効漁獲強度を示したものが表2-4である。また, 平成2年度における同じ海域におけるものが表2-5である。

曳網回数は平成2年度の方が元年度より少ないが, 漁獲尾数は雌雄とも2年度の方が多い。したがって資源量指数も平成2年度の方が大きくなっている。資源量の減少の様子は, 両年ともに12月までは時間の経過とともに, しだいに少なくなっていく傾向があり, 漁業解禁時に棲息していたズワイガニを漁獲によってまびいていることを示していると考えられる。

また, 両年とも1月中旬には資源量指数が大きくなっているが, これは雌ガニの漁期が1月中旬までなので, この時は漁獲努力量(曳網回数)を増し, 漁場も拡大したためと思われる。これと同様の傾向は3月上, 中旬にもみられ, この場合は3月20日が終漁ということが原因になっていると考えられる。

表2-4 隠岐北方海域におけるズワイガニの資源量指数と有効漁獲強度(平成1年)

年 月 旬	漁区数 A	曳網回数 X	漁獲尾数		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r		
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
1989. 11. 上	5	208	1,376	11,160	32.7	454.0	6.5	90.8	211.7	122.9	42.3	24.6	1.0	0.6	
	中	17	548	3,181	19,000	97.7	529.8	5.7	31.2	558.1	608.9	32.8	35.8	1.0	1.1
	下	13	610	2,575	14,189	61.5	322.3	4.7	24.8	547.9	572.1	42.1	44.0	0.9	0.9
1989. 12. 上	15	533	1,467	3,378	46.8	131.6	3.1	8.8	473.2	383.9	31.5	25.6	0.9	0.7	
	中	15	635	1,883	3,177	41.4	81.6	2.8	5.4	672.5	588.3	44.8	39.2	1.1	0.9
	下	13	409	1,859	1,937	24.5	26.2	1.9	2.0	978.4	968.5	72.3	74.5	2.4	2.4
1990. 1. 上	6	323	952	1,823	20.9	31.9	3.5	5.3	272.0	343.9	45.3	57.9	0.8	1.1	
	中	14	638	3,602	9,595	104.1	247.9	7.4	17.7	486.8	542.1	34.8	38.7	0.7	0.8
	下	8	467	1,837	539	43.3	6.6	5.4	0.8	340.2	673.7	42.5	84.2	0.7	1.4
1990. 2. 上	9	451	1,428	496	54.6	12.5	6.0	1.4	238.0	354.3	26.4	39.4	0.5	0.8	
	中	9	321	1,580	250	87.9	40.1	9.8	4.4	161.0	56.8	17.9	6.3	0.5	0.2
	下	7	236	840	0	23.2	0	3.3	0	243.6	0	34.8	0	1.0	0
1990. 3. 上	16	330	7,998	552	335.9	50.1	20.9	3.1	382.7	178.1	23.9	11.1	1.2	0.5	
	中	13	346	8,951	690	239.9	108.1	18.5	8.3	483.8	83.1	33.8	6.4	1.3	0.2

表2-5 隠岐北方海域におけるズワイガニの資源量指数と有効漁獲強度（平成2年）

年 月 旬	漁区数 曳網回数		漁獲尾数C		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r		
	A	X	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
1990. 11. 上	10	186	2,231	12,717	98.7	573.3	9.9	57.3	225.4	221.9	22.5	22.2	1.2	1.2	
	中	16	720	8,930	23,649	174.2	466.3	10.9	29.1	819.3	812.7	51.2	50.8	1.1	1.1
	下	12	428	4,440	9,244	125.3	286.0	10.4	23.8	426.9	388.4	35.6	32.4	1.0	0.9
1990. 12. 上	12	451	4,112	13,454	91.1	232.5	7.6	19.4	541.1	693.5	45.1	57.8	1.2	1.5	
	中	10	567	4,948	4,385	85.5	89.2	8.6	8.9	575.9	492.7	57.5	49.3	1.0	0.9
	下	12	201	3,397	2,667	144.3	142.9	12.0	11.9	283.1	224.1	23.6	18.7	1.4	1.1
1991. 1. 上	6	171	1,826	3,776	77.4	167.2	12.9	27.9	141.6	135.3	23.6	22.6	0.8	0.8	
	中	12	522	5,529	5,487	139.0	162.0	11.6	13.5	476.6	406.4	39.7	33.9	0.9	0.8
	下	12	534	6,548	0	153.2		12.8		511.6		42.6		1.0	
1991. 2. 上	15	384	5,802	0	231.0		15.4		376.8		25.1		1.0		
	中	16	340	4,263	0	221.8		13.9		306.7		19.2		0.9	
	下	11	206	2,962	0	174.7		15.9		186.3		16.9		0.9	
1991. 3. 上	15	429	6,831	0	291.0		19.4		352.1		23.5		0.8		
	中	10	345	5,862	0	156.9		15.7		373.4		37.3		1.1	

有効度の大きいのは12月下旬で、これは漁獲開始後、まびかれて少なくなったズワイガニ資源に対し、強い漁獲圧力がかかったものと考えられる。漁獲尾数で特徴的なのは雌の場合で、漁期間中の漁獲量の約80%以上は11月と12月に漁獲されていることである。雌の漁獲が許されているのは1月中旬までなので、漁船は意識して雌を漁獲するのであろう。

平成元年度と2年度との違いは、2年度において1月中旬以降、雌の資源量指数の変化が小さいことと、雄の資源量指数が1月下旬以降得られないことである。標本船調査の目的は前述したとおり、雌雄の漁獲率の相対的な違いを比較することも含まれているため、採捕したもののうち海に戻した雌ガニの量も知る必要がある。

平成元年度においては、3月中旬まで雌ガニの漁獲尾数が記入されていたので、漁期間を通しての漁獲率を計算し、表2-6、2-7に示した。表2-6は雄の漁獲率を示したが、雌の漁獲率は1990年3月上旬の7.6%から1989年12月下旬の21.1%まで、時期的に大きく変動している。漁期間を通しての平均的な漁獲率は9.9%である。表2-7は雌の漁獲率を示したものであるが、漁獲率が高いのは1989年12月下旬の38.5%である。漁期間を通しての平均的な漁獲率は19.6%となる。したがって雌の漁獲率は雄の約2倍となる。このような雌雄による漁獲率の違いは、雌の方が雄よりも漁獲されやすいことにあると思われるが、その原因は2節の分布様式に述べたように、ズワイガニが集中分布し、その集中度は雄よりも雌の方が高いことにあると考えられる。このことはズワイガニの性比は不明であるが、表2-6~7に示した雌雄の資源尾数から考えて、もし1:1であるとするれば、雌の方が雄よりも漁獲され易いという特性は、ズワイガニの資源回復にとってはきわめて不利なことであろう。

表2-6 隠岐北方海域における資源量推定(♂)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 11, 上	1,376	42.3	0.157	0.129	10,667
中	3,181	32.8	0.122	0.103	30,883
下	2,575	42.1	0.156	0.129	19,961
1989, 12, 上	1,467	31.5	0.117	0.099	14,818
中	1,883	44.8	0.166	0.137	13,744
下	1,859	72.3	0.268	0.211	8,810
1990, 1, 上	952	45.3	0.168	0.138	6,899
中	3,602	34.8	0.129	0.108	33,352
下	1,837	42.5	0.158	0.131	14,023
1990, 2, 上	1,428	26.4	0.098	0.083	17,205
中	1,580	17.9	0.066	0.057	27,719
下	840	34.8	0.129	0.108	7,444
1990, 3, 上	7,998	23.9	0.089	0.076	105,237
中	8,951	33.8	0.125	0.105	85,248
計	39,493			0.099	396,010

表2-7 隠岐北方海域における資源量推定(♀)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 11, 上	11,160	24.6	0.199	0.151	73,907
中	19,000	35.8	0.291	0.212	89,623
下	14,189	44.0	0.357	0.253	56,083
1989, 12, 上	3,378	25.6	0.208	0.158	21,379
中	3,177	39.2	0.318	0.229	13,873
下	1,937	74.5	0.605	0.385	5,031
1990, 1, 上	1,823	57.3	0.465	0.314	5,806
中	9,595	38.7	0.314	0.226	42,455
下	539	84.2	0.683	0.421	1,280
1990, 2, 上	496	39.4	0.319	0.249	1,992
中	250	6.3	0.051	0.041	6,098
下	0	0	0	0	0
1990, 3, 上	552	11.1	0.090	0.071	7,775
中	690	6.4	0.052	0.042	16,429
計	67,186			0.196	341,731

(2) 隠岐西方海域における解析

平成元年度における鳥取県の標本船数は12隻であり、2年度は11隻である。平成2年度の標本漁船の記録は、雌の漁獲尾数が正確に記入されていないため漁獲率の推定は不可能である。

表2-8に平成元年度の資源量指数と有効漁獲強度を示した。鳥取県船の操業の特徴は、利用している漁区数の多さにくらべて、1漁区当たりの曳網回数が少ないこと、言い換えれば漁場の移動が頻繁であることである。また、鳥取県船は11月の漁期に入ってから、雄の漁獲が比較的安定していることも特徴で、兵庫県船とは大きく異なっている。

表2-9に雄の漁獲率を示したが、その変動範囲は4.9~19.2%にある。漁期間を通しての漁獲率は11.0%であるので、兵庫県船の場合とほぼ同じである。底曳網漁船の雄に対する漁獲率は、ほぼこの程度であろう。

表2-8 隠岐西方海域におけるズワイガニの資源量指数と有効漁獲強度

年 月 旬	漁区数 A	曳網回数 X	漁獲尾数C		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r	
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1989, 9, 上 中 下	17	223	711	47	55.7	9.4	3.3	0.6	215.5	78.3	12.7	4.6	1.0	0.4
	18	177	162	114	11.5	8.6	0.6	0.5	270.0	228.0	15.0	12.7	1.5	1.3
	23	294	219	44	20.7	3.6	0.9	0.2	243.3	220.0	10.6	9.6	0.8	0.7
1989, 10, 上 中 下	23	330	395	12	29.2	0.8	1.3	0.03	303.8	400.0	13.2	17.4	0.9	1.2
	23	229	401	34	40.8	2.4	1.8	0.1	222.8	340.0	9.7	14.8	1.0	1.5
	26	448	367	151	31.1	4.5	1.2	0.2	305.8	755.0	11.8	29.0	0.7	1.7
1989, 11, 上 中 下	16	185	659	6,571	39.0	350.7	2.4	21.9	274.6	300.0	17.1	18.8	1.5	1.6
	13	139	1,086	105	134.4	22.3	10.3	1.7	105.4	61.8	8.1	4.8	0.8	0.4
	13	113	1,172	1,336	131.8	105.4	10.1	8.1	116.0	164.9	8.9	12.7	1.0	1.5
1989, 12, 上 中 下	21	259	1,690	3,820	148.3	328.2	7.1	15.6	238.0	244.9	11.3	11.7	0.9	0.9
	14	229	1,005	1,357	63.5	85.8	4.5	6.1	223.3	222.4	15.9	15.9	1.0	1.0
	15	154	1,415	443	94.9	66.5	6.3	4.4	224.6	100.7	15.0	6.7	1.4	0.7
1990, 1, 上 中 下	19	152	2,552	1,564	393.7	236.1	20.9	12.4	122.1	126.1	6.4	6.6	0.8	0.8
	18	235	2,828	4,103	163.5	288.3	9.1	16.0	310.8	256.4	17.3	14.2	1.3	1.1
	18	265	1,473	869	137.1	46.8	7.6	2.6	193.8	334.2	10.8	18.6	0.7	1.2
1990, 2, 上 中 下	20	312	1,426	360	83.1	14.5	4.2	0.7	339.5	514.2	16.9	25.7	1.1	1.6
	18	318	865	90	88.3	4.5	4.9	0.25	176.5	360.0	9.8	20.0	0.6	1.1
	17	220	718	0	88.2	0	5.2	0	138.1	0	8.1	0	0.6	0
1990, 3, 上 中 下	19	236	608	67	134.9	10.6	7.1	0.6	85.6	111.7	4.5	5.9	0.4	0.5
	18	167	425	93	38.7	14.1	2.2	0.8	193.2	116.3	10.7	6.5	1.2	0.7
	13	92	54	3	6.7	0.3	0.5	0.02	108.0	150.0	8.3	11.5	1.2	1.6

(3) かご網漁船の漁獲記録の解析

平成元年~2年度に操業した全船の操業記録を得ているが、平成元年度は西郷港所属船6隻の記録に基づいて解析した。表2-10に西郷港所属船が操業している隠岐西方海域の資源量指数と有効漁獲強度を示した。資源量指数の変動傾向は、解禁後から12月下旬までの時間の経過とともに小さくなっている。この減少傾向は兵庫県の底曳網漁船の例とほぼ一致している。かご網漁船の場合、利用している漁区数が少なく、各漁区での魚群密度が均一で、漁獲努力量が全漁場に配分されているため、有効度が安定していることが特徴である。これはかご網漁業の有する一つの特性であろう。

かご網の漁獲率を示したものが表2-11である。漁獲率は1990年2月上旬に40%を越えており、全般に高いのが特徴である。漁期間を通しての漁獲率は28.6%で、底曳網の漁獲率の約3倍である。このことについては、かご網の漁獲効率が底曳網よりも高いことにあると考えられる。

表 2-9 隠岐西方海域における資源量推定 (♂)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 9, 上	711	12.7	0.191	0.129	5,512
中	162	15.0	0.226	0.150	1,080
下	219	10.6	0.159	0.109	2,009
1989, 10, 上	395	13.2	0.199	0.134	2,948
中	401	9.7	0.146	0.101	3,970
下	367	11.8	0.178	0.121	3,033
1989, 11, 上	659	17.1	0.257	0.168	3,923
中	1,086	8.1	0.122	0.085	12,776
下	1,172	8.9	0.134	0.093	12,602
1989, 12, 上	1,690	11.3	0.170	0.116	14,569
中	1,005	15.9	0.239	0.192	5,234
下	1,415	15.0	0.226	0.150	9,433
1990, 1, 上	2,552	6.4	0.096	0.068	37,529
中	2,828	17.3	0.260	0.171	16,538
下	1,473	10.8	0.163	0.112	13,152
1990, 2, 上	1,426	16.9	0.254	0.167	8,539
中	865	9.8	0.147	0.101	8,564
下	718	8.1	0.122	0.085	8,447
1990, 3, 上	608	4.5	0.068	0.049	12,408
中	425	10.7	0.161	0.110	3,864
下	54	8.3	0.125	0.087	621
計	20,231			0.110	183,751

表 2-10 隠岐西方海域におけるズワイガニ (♂) の資源量指数と有効漁獲強度 (かご網漁船)

年 月 旬	漁区数 A	かご数 X	漁獲尾数 C	資源量指数 N	平均密度指数 ϕ	有効努力量 X'	有効漁獲強度 f	有効度 r
1989, 11, 下	4	1,200	7,013	26.0	6.5	1078.9	269.7	0.9
1989, 12, 上	4	1,800	7,740	17.2	4.3	1800.0	450.0	1.0
中	4	1,800	7,758	16.9	4.2	1847.1	461.8	1.0
下	4	1,200	3,236	10.5	2.6	1244.6	311.2	1.1
1990, 1, 上	4	1,800	7,485	17.2	4.3	1740.7	435.2	1.0
中	3	1,000	5,021	15.1	5.0	1004.2	334.7	1.0
下	3	1,200	8,468	22.0	7.3	1160.0	386.7	0.9
1990, 2, 上	3	1,800	16,303	26.6	8.9	1831.8	610.6	1.0
中	3	1,200	7,657	17.2	5.7	1343.3	447.8	1.1
下	3	400	2,127	17.1	5.7	373.2	124.4	0.9

表 2-11 隠岐西方海域における資源量推定 (♂) (かご網漁業)

年 月 旬	漁獲尾数C	漁獲強度 f	漁獲係数 F	漁獲率 E	資源尾数 N
1989, 11, 下	7,013	269.7	0.251	0.207	33,879
1989, 12, 上	7,740	450.0	0.418	0.319	24,263
中	7,758	461.8	0.429	0.327	23,724
下	3,236	311.2	0.289	0.235	13,770
1990, 1, 上	7,485	435.2	0.405	0.312	23,990
中	5,021	334.7	0.311	0.249	20,165
下	8,468	386.7	0.359	0.282	30,028
1990, 2, 上	16,303	610.6	0.568	0.407	40,057
中	7,657	447.8	0.416	0.319	24,003
下	2,127	124.4	0.116	0.102	20,853
計	72,808			0.286	254,732

表2-12 兵庫県・鳥取県沿岸域における資源量指数と有効漁獲強度(平成2年)

年 月 旬	漁区数 A	曳網回数 X	漁獲尾数C		資源量指数N		平均密度指数φ		有効努力量X		有効漁獲強度f		有効度r	
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1990.11.上 中 下	5	230	1,044	20,269	13.9	271.2	2.8	54.2	372.9	373.9	74.6	74.8	1.6	1.6
	7	156	592	6,802	26.3	249.4	3.8	35.6	155.8	191.1	22.3	27.3	1.0	1.2
	7	172	753	5,916	20.9	312.9	3.0	44.7	251.0	132.3	35.9	18.9	1.5	0.8
1990.12.上 中 下	10	206	745	6,652	27.1	370.2	2.7	37.0	275.9	179.8	27.6	18.0	1.3	0.9
	9	210	554	5,635	24.6	200.3	2.7	22.3	205.2	252.7	28.1	28.1	1.0	1.2
	9	171	3,848	3,072	117.2	141.3	13.0	15.7	296.0	195.7	33.0	21.7	1.7	1.1
1991.1.上 中 下	8	85	2,384	2,631	150.7	230.8	18.8	28.9	126.8	91.0	15.9	11.4	1.5	1.1
	6	141	2,370	972	59.2	24.8	9.9	4.1	239.4	237.1	39.9	39.5	1.7	1.1
	9	189	3,332	0	91.9		10.2		326.7		36.3		1.7	
1991.2.上 中 下	9	151	1,600	0	55.9		6.2		258.1		28.7		1.7	
	6	176	1,749	0	29.4		4.9		356.9		59.9		2.0	
	4	54	670	0	66.5		16.6		40.4		10.1		0.7	
1991.3.上 中	10	215	1,888	0	101.9		10.2		185.1		18.5		0.9	
	3	32	448	0	35.9		11.9		37.6		12.5		1.2	

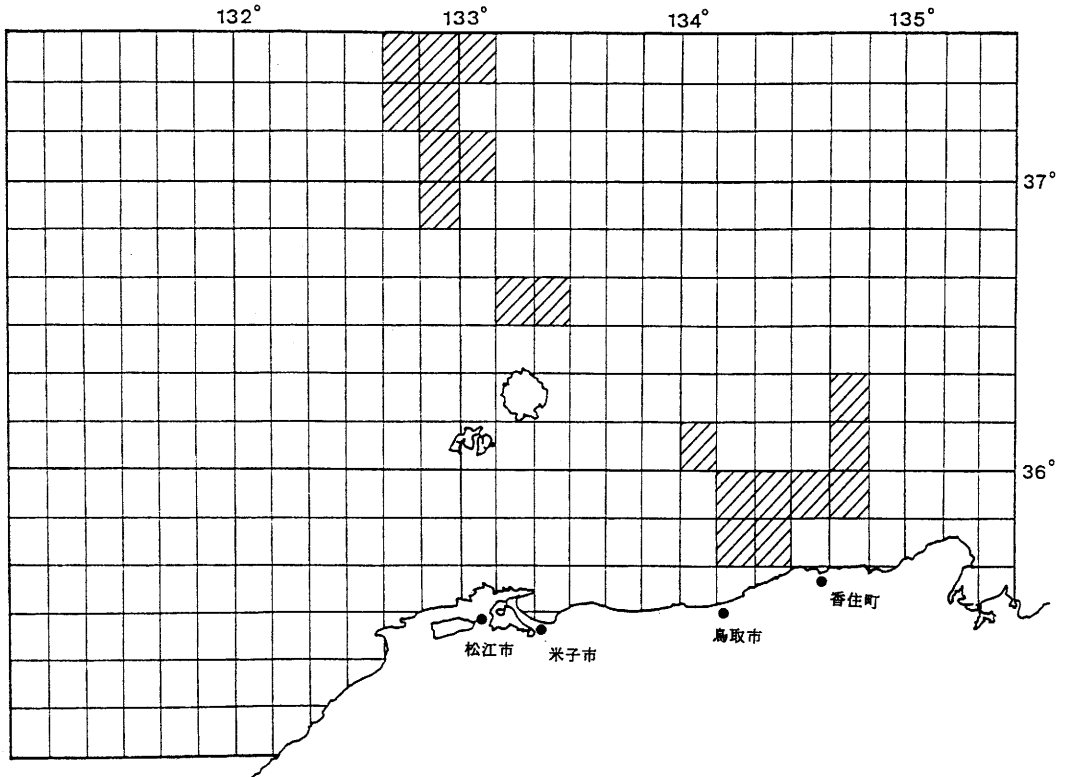


図2-4 兵庫県標本船の操業海域(1990年12月中旬)

(4) 兵庫・鳥取県沿岸域における解析

平成2年度における兵庫県標本船の記録は、兵庫・鳥取県沿岸域での操業分があるので、その記録を整理し、資源量指数と有効漁獲強度を計算した(表2-12)。漁場はズワイガニ漁の最盛期である1990年12月中旬の操業海域(図2-4)で代表させたが、解禁から終漁まで、この海域を中心として操業が行われている。表2-12の資源量指数をみると、隠岐北方海域にみられるような時間の経過にしたがって指数値が減少していく様子が認められない。このことは沿岸漁場では加入してきた群れを漁獲しているだけで、隠岐北方海域漁場のように、解禁時、そこに棲息していたカニをまびいているのではないことを示していると考えられる。漁獲状況は雌の漁獲尾数が圧倒的に多くなっている。

(5) 1 曳網あたり漁獲尾数の分布

平成2年度の兵庫県標本船のうち、隠岐北方海域で操業した漁船2隻、沿岸域で操業した漁船1隻を抽出し、それらの漁船の1曳網あたり漁獲尾数の分布を図2-5~7に示した。

図2-5は漁期間を通して隠岐北方海域で操業した漁船の1曳網あたり漁獲尾数の分布を示したものである。漁期間を通しての雄の平均1網あたり漁獲尾数は12.9尾、雌が27.8尾、海に戻されたカニは30.8尾となっている。いずれの分布も負の二項分布に適合すると考えられるが、雌雄の平均値の違いは、ズワイガニの空間分布が集中分布し、雌の集中度が雄よりも高いことにあると考えられる。

漁獲尾数は雄が13,341尾、雌が13,660尾、海に戻されたカニは31,665尾となっている。曳網回数は1,027回で標本船の中では最も操業回数の多い漁船である。

図2-6は隠岐北方海域を主漁場としている漁船ではあるが、3月からはホタルイカ漁に転じた漁船の1曳網あたり漁獲量の分布を示したものである。3月にズワイガニの操業をしていないため曳網回数は777回と先の標本船より少なくなっている。この標本船の特徴は雌よりも雄の方が多く漁獲されていることと、海に戻されたカニが多いことである。この海に戻されたカニの実態は明らかにされておらず、詳細な調査が必要である。

図2-7は沿岸域で操業した漁船の1曳網あたり漁獲量の分布を示したものである。先の2漁船と異なり、分布型が雄、雌、海に戻されたカニとも共通しているのが特徴である。この分布型はおそらく負の二項分布に適合すると考えられるが、その場合、いずれも多獲される確率が小さいことを意味している。雄の1曳網あたり漁獲尾数は5.6尾で、先の漁船よりもかなり少ない。雌の場合は1曳網あたり49.3尾、海に戻されたカニは126.8尾となっており、非常に多くなっている。因みに、このような沿岸漁場における漁獲の実態は、ズワイガニの増殖を計る場合、その効果の発現に対して、大きなマイナス要因になるのではなかろうか。したがって、底曳網漁業の資源に対する不合理漁獲を軽減するためには、やむなく入網し、船上に揚げられたものについては、手早く丁寧に再放流し、海に戻された後のカニの生残率を高めることが望まれる。

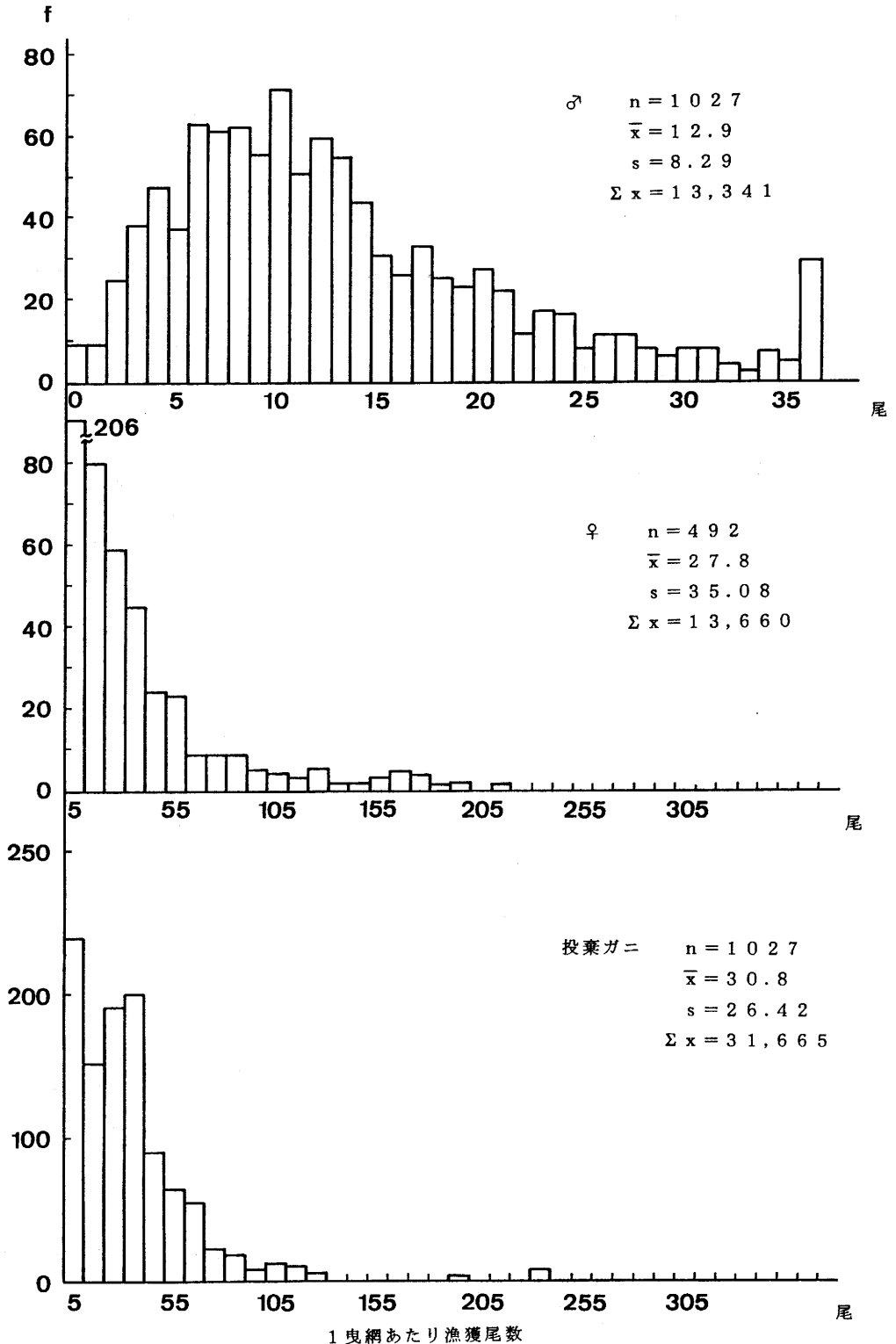


図2-5 1 曳網あたり漁獲尾数の分布 ①

(隠岐北方漁場)

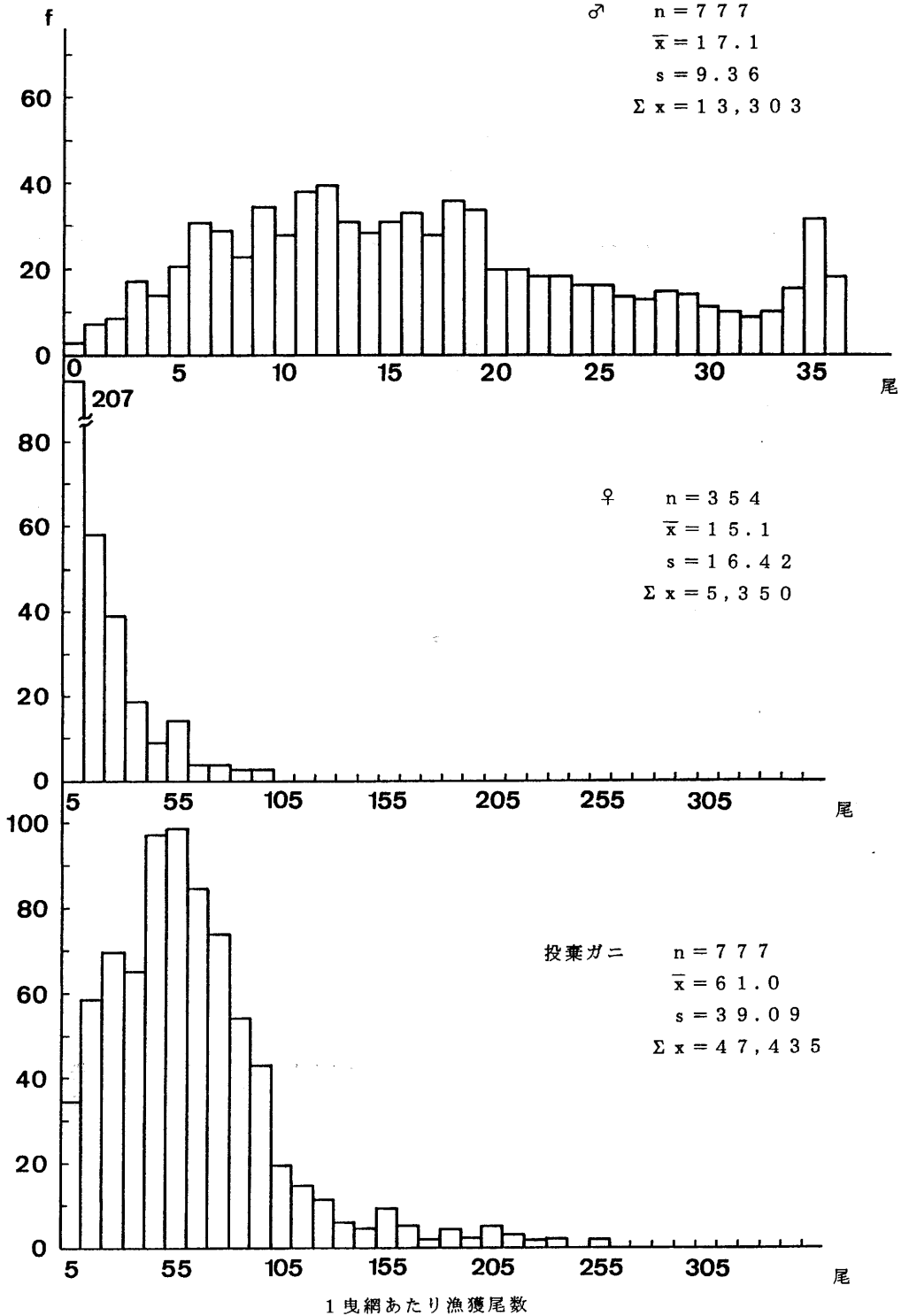


図2-6 1 曳網あたり漁獲尾数の分布 ②
 (隠岐北方漁場)

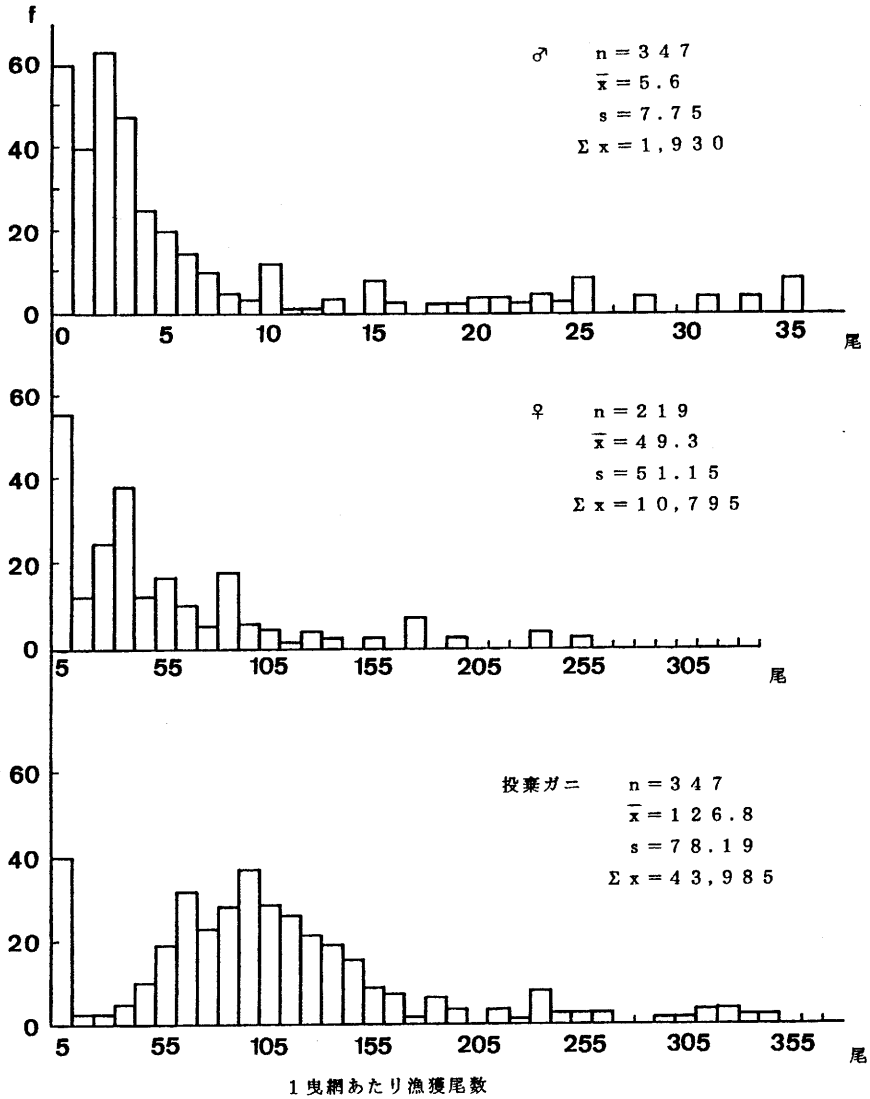


図2-7 1 曳網あたり漁獲尾数の分布 ③
 (兵庫・鳥取県沿岸漁場)

3. 調査海域における漁獲調査

漁獲試験の目的は、調査海域(図2-2)において、ズワイガニ雌雄がどのような分布をし、季節によって分布密度がどのように変化するかをみるものである。その他、得られたデータから分布様式を推定し、雌雄の分布の独立性を検討するものである。

人工構造物に蛸集効果があるのならば、分布密度の季節変動を考慮した解析が必要である。また、分布様式の検討は、分布密度を統計的に比較するための前提であり、ズワイガニの空間分布を定量的に示すものである。さらに雌雄の分布の独立性の検討については、もし雌雄の分布が重複しているならば、それは交接、産卵という生殖行動を示唆するものであるから、産卵期の推定や産卵行動などの生態研究に役立つと思われる。

調査に用いたかご網は円錐台形（底部の直径130cm、上部の直径90cm、高さ70cm）で、ズワイガニかご網漁業者が使用しているものと同じである。かご網の網目は150mm、90mm、57mm、30mmとし、これらの4種類の網目を1組として、25組100個を配列して操業した。餌は1かごあたり冷凍サバ3～4尾を使い、海中に約18時間浸漬した。調査海域（2マイル平方）の北から南へ等間隔に4つのラインを設けたが、荒天の時は欠測している。

表3-1 調査海域におけるかご網による試験操業実施年月と操業回数

操業年月	操業回数	備考
1989.8	4	採 泥
1990.2	4	
1990.5	4	
1990.8	3	荒天のため調査不能
1990.12	1	〃
1991.3	2	〃
1991.5	3	〃
1991.9	4	採 泥

表3-1に調査海域における試験操業の実施年月と、その時の操業回数を示した。計画どおり実施できたのは1989年8月、1990年5月、1991年9月の合計4回である。

3・1 分布密度の季節変化

調査海域におけるズワイガニ個体数の変動が、人工構造物による蛸集効果なのか、あるいはズワイガニの深淺移動であるのかを判断することは、なかなか困難であるが、この調査では調査海域におけるズワイガニの分布密度と後述する分布の集中度を追跡することにより効果判定を試みようとしている。もし、蛸集効果があるのならば分布密度は高くなるであろうし、分布の集中度にも変化が現れてくるであろう。人工構造物は1990年8月に設置されたので、設置以前の事前調査と設置以後の追跡調査の結果を比較することになる。

図3-1に調査海域における分布密度の季節変化を示した。分布密度は雌雄とも1990年12月が最高で、1991年8月が最低となっている。全体的には冬季に高く、夏季に低くなっているが、この現象はズワイガニが深淺移動をしていることを示すのと同じ様に、1990年12月は人工構造物にズワイガニが蛸集していることを示しているのかも知れない。なぜならば人工構造物を設置する前の1990年2月の分布密度は、雌雄とも1990年12月よりも低いからである。夏季に分布密度が低く、冬季に高いという周期が2回認められたことは、今後調査を続けていくことにより、さらに明確になるものと考えられる。

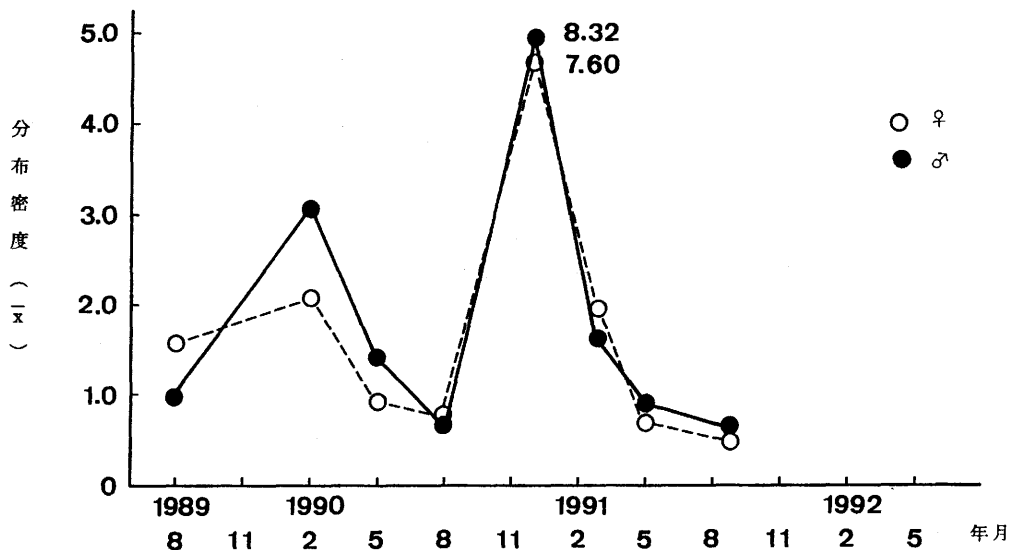


図3-1 調査海域における分布密度 (x) の季節変化

3・2 分布の集中度の季節変化

図3-2に集中度の季節変化を示した。全体的に雌の方が雄よりも高い傾向がみられる。一般に生物の空間分布は集中分布することが多いが、ここでは1990年12月に、雄がランダムに分布していることが特徴的である。

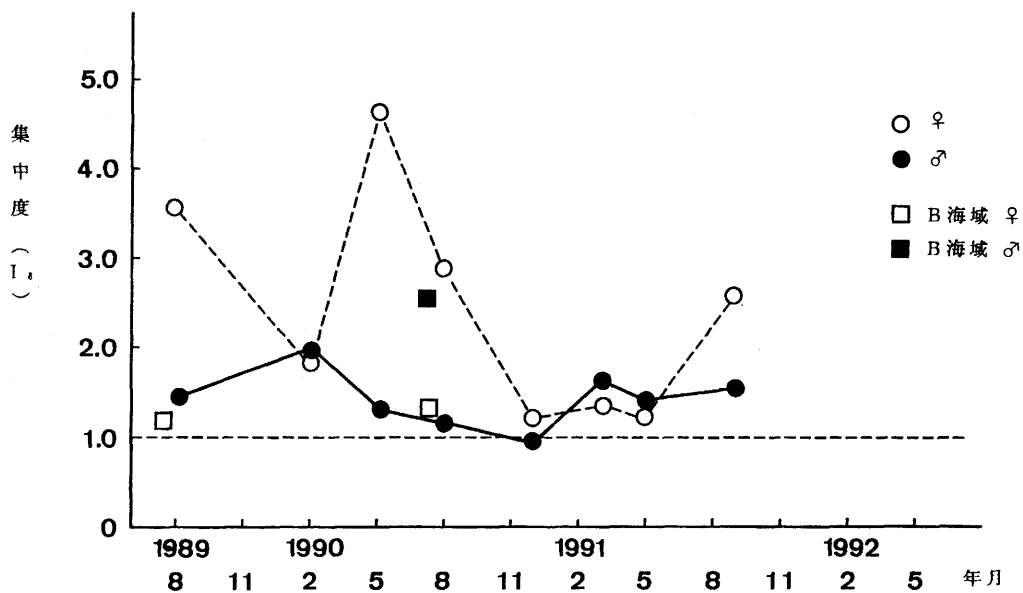


図3-2 調査海域における集中度 (I_s) の季節変化

図3-1の分布密度の季節変化と集中度の季節変化を比較すると、分布密度が低い時、集中度が高く、分布密度の高い時、集中度が低くなる傾向がうかがえる。このことから両者の関係を示したのが図3-3と図3-4である。

図3-3の雌の分布密度と集中度の関係は、分布密度が高くなるにつれ、集中度は低くなるという関係がうかがえる。図中の曲線はフリーハンドで画いたものであるが、それは双曲線的あるいは指数関数的である。しかし、ここで用いた10個のデータでは、いずれも統計的には有意ではない。分布密度が5.3以上のデータは調査対象海域のものなので、調査海域のデータだけに限れば、分布密度と集中度の関係は直線で表すことができると考えられる。これらの関係からズワイガニ雌は分布密度が高くなるにつれ、ランダム分布に近くなると考えられ、ズワイガニ雌の分布生態に関する一つの特徴であろう。

図3-4は雄の場合を示したものであるが、雌のような明瞭な関係は認められない。右さがりの直線で関係を示すことができると考えられるが、実際には分布密度と集中とは無関係であろうと考えられ、ズワイガニ雄のもつ分布生態の特徴かもしれない。小林(1989)によると、雄は雌よりも分散的な分布をすることから分布密度と集中度の関係ははっきり現れないのであろう。

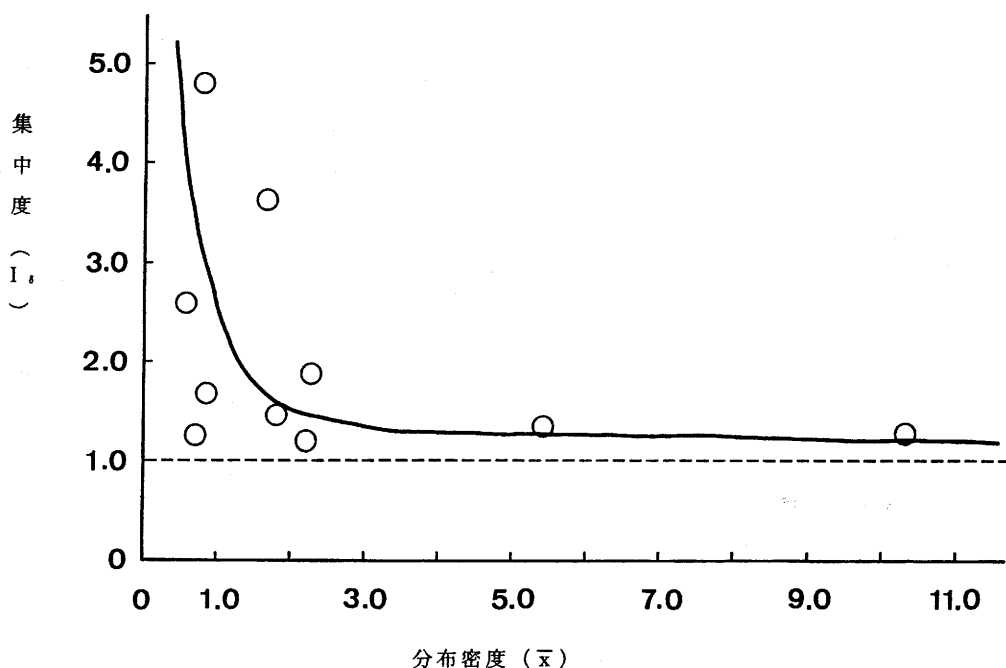


図3-3 分布密度と集中度の関係(雌)

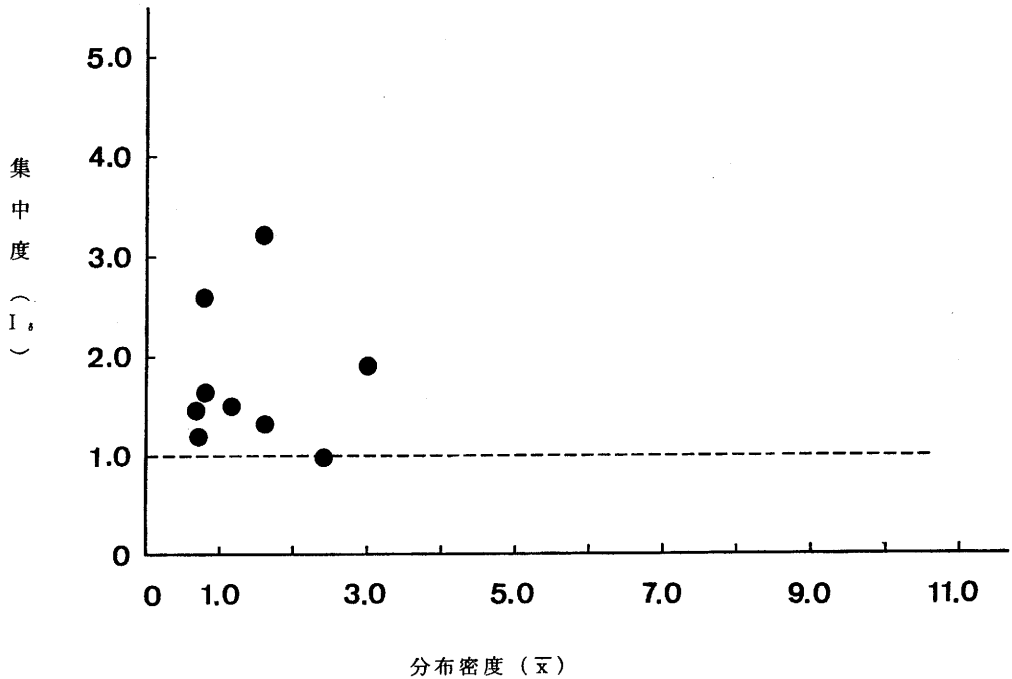


図3-4 分布密度と集中度の関係(雄)

3・3 雌雄の独立性の検討

漁獲調査が計画どおり実施できた1989年8月(1・1・6に示した図1-17), 1990年2月, 1990年5月, 1991年9月の調査海域におけるズワイガニ分布の模式図を図3-5~7に示した。これらの図において雌雄が独立して分布している場合と, 重複している場合とが示唆されるので, ここでは雌雄が独立性を検討する。

表3-2~5に2×2の分割表を示した。ズワイガニ雌雄において, 雌雄が同時に漁獲された場合, 雌だけあるいは雄だけが漁獲された場合, 雌雄とも漁獲されなかった場合の4通りの例がみられるが, このような場合には2×2の分割表の周辺度数から各例の理論値が計算される。実測値と得られた理論値との間に差があるかないかを X^2 検定することにより, 雌雄の独立性が判断される。帰無仮説は雌雄に関連がない, 対立仮説は関連があるということになる。

表3-2に示した1989年8月では $X^2=0.164$ で有意でなく, 雌雄に関連性がないという帰無仮説を棄却することはできず, 言い換えれば雌雄は独立して分布しているものと判断される。同様に各表をみると, 表3-4の1990年5月は雌雄が独立して分布していることになり, 表3-3と表3-5に示した1990年2月と1991年9月は, 雌雄が同時に分布しており関連性があると判断される。

1990年2月と1991年9月の例から推察されることは, この時期に雌雄が会う必要があり, その必要性は交接, 産卵のためであるということである。この推察は1・1・3で述べた冬季にも初産卵する群れがあるとの説に展開されている。また表3-4の1990年5月では危険率1%では有意ではないが, 危険率を10%まで大きくすると有意になる。すなわち90%の確率で雌雄が関連しあっている

ることを示している。1・1・3に示した図1-16をみると、1990年5月に初産卵する群れがみられる。このように雌雄の独立性を検討することは、初産卵の時期を推定するための、一つのポイントになるになると考えられる。

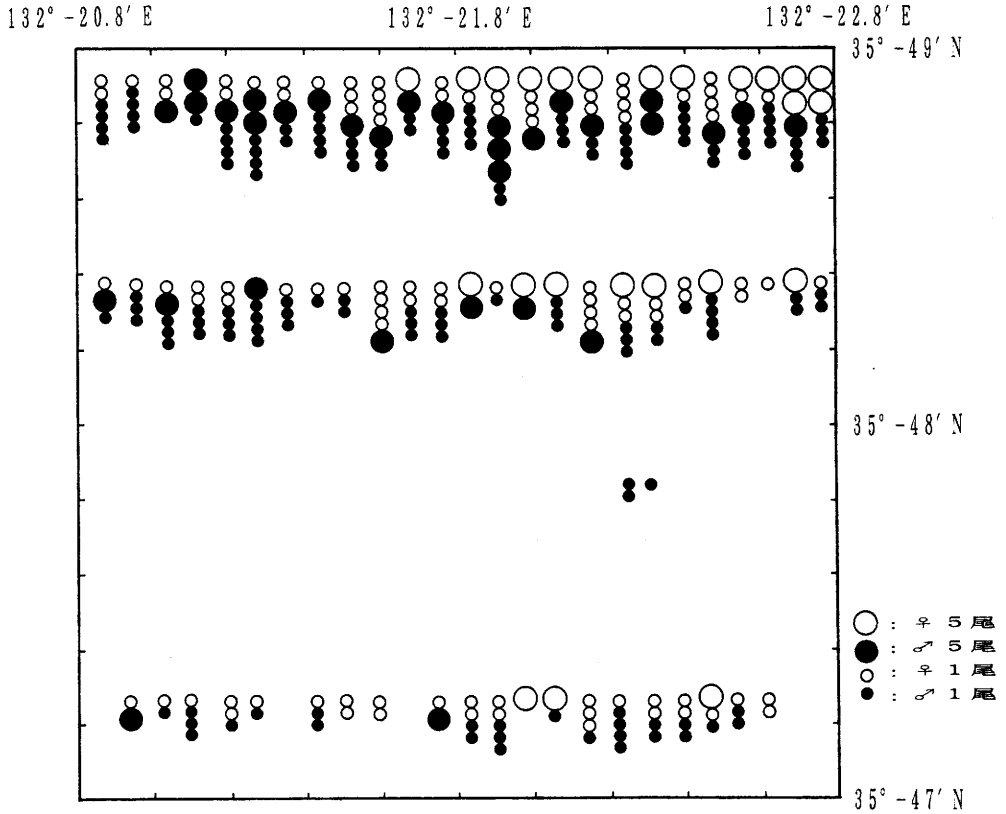


図3-5 調査海域におけるズワイガニ分布の模式(1990年2月)

表 3-2 雌雄の関連性の検定(1989年8月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	28 (29)	30 (29)	58
	漁獲なし	22 (21)	20 (21)	42
計		50	50	100

() は理論値

$$X^2 = 0.164 < X^2(1, 0.01) = 6.63$$

表 3-4 雌雄の関連性の検定(1990年5月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	39 (34.7)	29 (33.3)	68
	漁獲なし	12 (16.3)	20 (15.7)	32
計		51	49	100

() は理論値

$$X^2 = 3.400 < X^2(1, 0.01) = 6.63$$

表 3-3 雌雄の関連性の検定(1990年2月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	62 (44.9)	4 (21.1)	66
	漁獲なし	6 (23.1)	28 (10.9)	34
計		68	32	100

() は理論値

$$X^2 = 59.847 > X^2(1, 0.01) = 6.63$$

表 3-5 雌雄の関連性の検定(1991年9月)

		雌		計
		漁獲あり	漁獲なし	
雄	漁獲あり	16 (9.8)	19 (25.2)	35
	漁獲なし	12 (18.2)	53 (46.8)	65
計		28	72	100

() は理論値

$$X^2 = 8.372 > X^2(1, 0.01) = 6.63$$

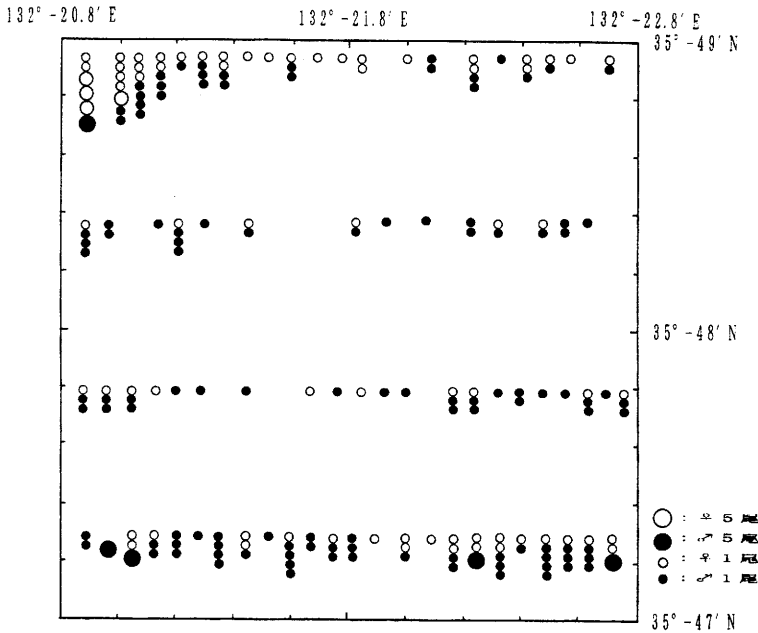


図 3-6 調査海域におけるズワイガニ分布の模式(1990年5月)

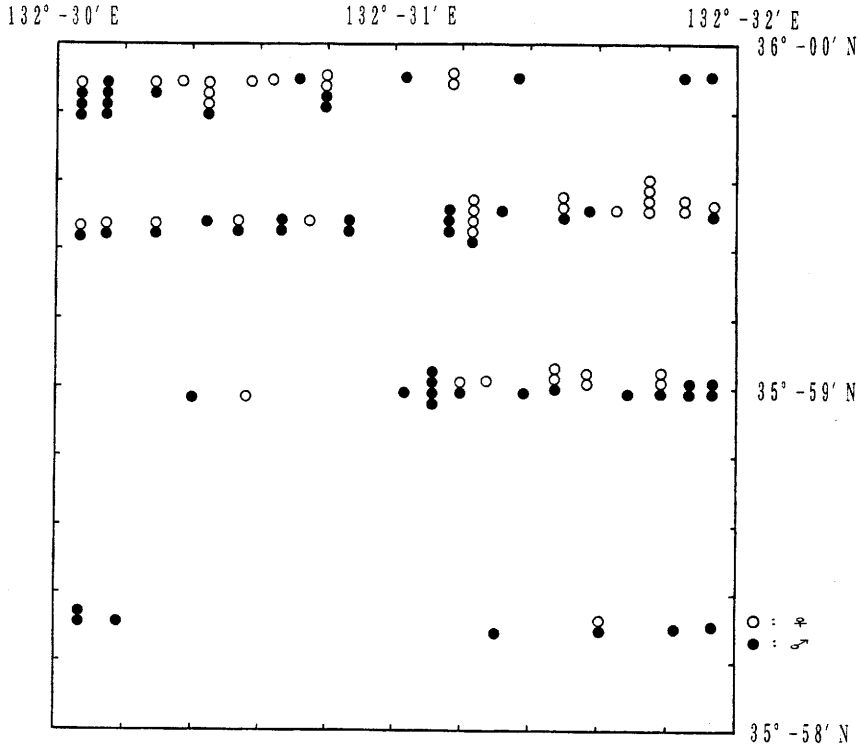


図3-7 調査海域におけるズワイガニ分布の模式 (1991年9月)

文 献

- 安達二郎 (1991) 島根県日御碕沖ズワイガニ保護礁設置海域におけるズワイガニの分布。
海洋科学技術センター試験研究報告, 259-266.
- 深滝 弘 (1969) 日本海におけるズワイガニ属浮遊期幼生の出現と分布。日水研報告, (21)35~54.
- 伊藤勝千代 (1963) ズワイガニの卵の成熟度についての2, 3の考察。日水研報告, (11)65-76.
- 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. 初産卵時期と初産卵
から経産卵群への添加過程について。日水研報告, (17), 67-84.
- 伊藤勝千代 (1968) ズワイガニのふ出についての観察。日水研報告, (20), 91-96.
- 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定される年令と成長について。日水研報告, (22), 81-116.
- 菅野泰次 (1975) オホーツク海のズワイガニ漁獲物の齢期組成について。日水誌, 41(4), 403-411.
- 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), 95PP.
- 今 攸・難波高志 (1968) 周年飼育によるズワイガニの生態観察。水産増殖, 16, 137-143.

- 今 攸・丹羽正一・山川文男 (1968) ズワイガニに関する漁業生物的研究-Ⅱ. 甲幅組成から推定した脱皮回数. 日水試, 34(2), 138-142.
- 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, 1-64.
- 今 攸・千葉晃・本間義治 (1991) ズワイガニの生態と生活史. 日本海ブロック試験研究集録, (22), 39-58.
- 京都府立海洋センター (1988) 地先資源の漁場形成要因評価技術, 日本海産重要カニ類の資源と生態に関する研究. 水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書. 47PP.
- 松浦義雄 (1934) ズワイガニの生態に就いて. 動雑, 46, 411-420.
- 中島輝彦・窪田亮二 (1990) ズワイガニ資源培養魚礁効果調査報告書, 福井水試報告, 平成2年第2号, 35PP.
- 丹羽正一 (1964) ズワイガニに関する研究 (1). 63PP. 福井水試.
- 丹羽正一 (1971) ズワイガニの漁業生物学的研究. 福井水試報告, (64), 120PP.
- 尾形哲男 (1974) 日本海のズワイガニ資源. 水産研究叢書, 26, 61PP., 日本水産資源保護協会, 東京.
- 山洞 仁 (1972) ズワイガニの生態, 特に幼生期育成と環境. 水産海洋研究会報, (20), 81-83.
- 佐野 茂・川口哲男・永井浩爾 (1986) 隠岐諸島北西海域におけるズワイガニの標識放流結果-分布と移動-. 日本海ブロック試験研究集録 (7), 79-94. 日水研.
- Sinoda, M. (1968) Studies on the fishery of zuwai crab in the Japan Sea-I. The growth. Bull. Jap. Sci. Fish., 34(3), 185-190.
- WIDRIG, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific Sardine. U. S. Fish and Wild. ser., fish., Bull., 141-166.
- 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. 日水試, 57(10), 1839-1844.
- 安田 徹 (1967) 若狭湾におけるズワイガニの食生-1. 胃内容物組成について. 日水試, 33(4), 315-319.
- 吉田 裕 (1941) 北鮮産有用蟹類の生殖に就いて-I. 水産研究誌, 36, 116-123.
- 吉田 裕 (1951) 有用カニ類の雌雄の間にみられる大きさの相違と其の原因に就いて. 日水試, 16(12), 90-92.
- 全国沿岸漁業振興開発協会 (1990) 平成元年度特定魚種漁場整備開発調査報告書. 131PP.
- 全国沿岸漁場振興開発協会 (1991) 平成2年度特定魚種漁場整備開発調査報告書. 179PP.