

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

安達二郎*¹

1990年8月7日、島根県日御碕沖合に、ズワイガニ資源を保護する目的で、人工魚礁が設置されたが、その効果調査の一環として、1989年7月25日～8月24日、1990年10月12日に、人工魚礁設置海域におけるズワイガニの分布を、島根県水産試験場試験船「島根丸」と海洋科学技術センター潜水船「しんかい2000」によって調査した。

かご網での漁獲結果から調査海域において、ズワイガニの雌雄は互いに独立して分布しており、その空間分布の統計的モデルは負の二項分布に適合した。したがって雌雄とも集中的な分布をしていると推定され、さらに集中度は雌が高いと推定された。トロール網の漁獲結果から調査海域の分布密度は低いと推定された。また「しんかい2000」による目視計数結果からトロール網の漁獲効率の推定が可能であると考えられた。また目視計数結果から推察されるズワイガニの空間分布は、かご網による推定結果と同じである。

Distribution of Snow Crab *Chionoecetes opilio* in Sea Area off Hinomisaki, Shimane Prefecture where Protection Shelters Have Been Installed

Jiro ADACHI*²

For the purpose of preserving the resource of snow crab *Chionoecetes opilio*, artificial fish shelters have installed on August 7, 1990 in the sea area off Hinomisaki, Shimane Prefecture. As a part of the investigation about the effects of these shelters, fisheries research vessel "Shimanemaru" of Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station and submersible ship "Shinkai 2000" of Deep Sea Research Department, Japan Marine science and Technology Center investigated the distribution of snow crab *Chionoecetes opilio* in the above mentioned sea area from July 25 to August 24, 1989 and on October 12, 1990.

According to the results of basket net fishing, it was found in the investigated sea area that male and female snow crab *Chionoecetes opilio* were distributed independently from each other and that the statistical model of spatial distribution conformed to the negative binomial distribution. Accordingly, it was presumed that each of the two sexes was distributed concentratedly

* 1 島根県水産試験場

* 2 Shimane Prefectural Fisheries Experimental station

and the degree of concentration was higher in the case of the female crab. The distribution density in the investigated sea area was presumed to be low from the results of trawl net fishing. According to the results of visual calculation by "Shinkai 2000", it seemed that the estimation of fishing efficiency of trawl nets was possible. It seems that the spatial distribution of the crab estimated from the visual calculation results is the same as that estimated from the results of basket net fishing.

1. はじめに

日本海におけるズワイガニ資源は、漁獲量の減少が示しているように、現在、極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るが、その対策は操業期間の短縮という消極的な方法がとられている。

近年、鳥取県・兵庫県・京都府・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。魚礁の設置は資源の回復を計るというよりも、小型カニを保護し、大きく成長した段階で漁獲するという、その海域周辺でのズワイガニ資源を有効に利用するためのものと考えられる。

鳥取県においても1990年8月に日御碕沖北西25マイルの調査海域（水深250m～260m，2マイル平方）に人工魚礁を設置し、その事前調査が1989

年7月から開始された。この調査の一環として、魚礁設置海域周辺のズワイガニ分布調査を、鳥取県水産試験場試験船「鳥根丸」と海洋科学技術センター潜水船「しんかい2000」によって実施した。

ここでは「鳥根丸」の漁獲試験によるズワイガニズワイガニの分布と「しんかい2000」による潜水目視結果について報告する。

2. 調査方法

図1に調査海域を示す。試験船「鳥根丸」による調査は、1989年7月25日～8月24日（かご網）および11月17日～18日（トロール網）に5回の試験操業を実施した。用いたかご網は底部の直径130cm，上部の直径90cm，高さ70cmの円錐台形のものである。かご網の網目は150mm，90mm，57mm，30mmとし、これら4種類のかご網を1

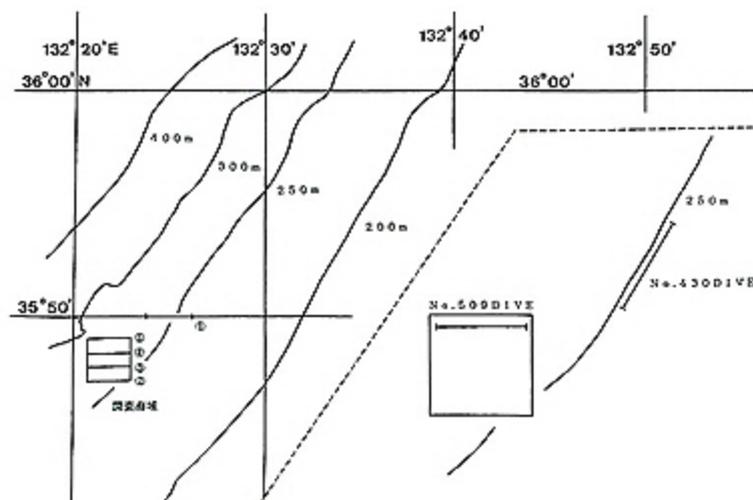


図1 調査海域と「しんかい2000」の潜航航跡
Fig. 1 Map showing the investigated sea area to catch snow crab and diving line of SHINKAI 2000.



図2 かご網の構成

Fig. 2 Diagram of basket net used in this experiment.

組とし、25組100個を配列した(図2)。餌は1かごあたり冷凍サバ4尾を用い、海中に18時間浸漬した。

漁獲されたズワイガニは、かご毎に雌雄別に計数した。トロール網は調査海域で2回操業した(図3)が、曳網中のオッター間隔は約70m、そで口幅約12m、高さ3mである。曳網距離は約1.5マイル、曳網方向45°、曳網速度3ノット、曳網水深263m~264mである。

潜水船「しんかい2000」による調査は、1989年8月14日(第430回潜航)および1990年10月12日(第509回潜航)に調査海域周辺と調査海域内にお

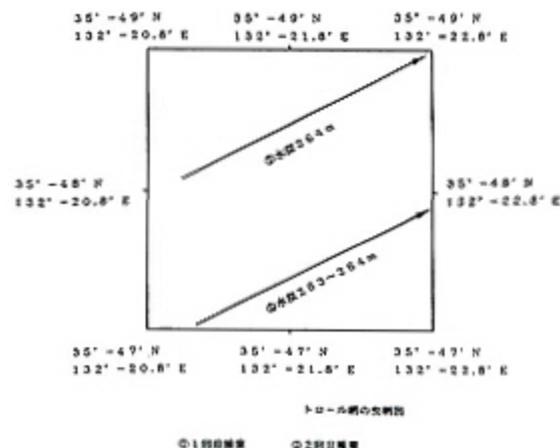


図3 調査海域におけるトロール網の曳網図

Fig. 3 Track of trawl net haul in the investigated sea area.

いて、ズワイガニの棲息尾数を「しんかい2000」の観察窓から目視計数した(図1)。潜航距離はそれぞれ、約1.5マイルと約1マイルである。なお、第509回潜航は人工魚礁設置後の潜航である。

3. 結果と考察

(1) かご網漁獲試験からみた調査海域におけるズワイガニの分布

かご網による試験操業結果を表1に示した。調査海域における試験操業は第2次~第5次操業であるが、表1をみると第5次操業での漁獲が多く、調査海域の南部ほど漁獲が少なくなっている。このことは調査海域におけるズワイガニの分布は、ランダムではなく、偏りをもって分布していることを示唆している。

次に、かご1組あたりの漁獲尾数をプロットしたものが図4である。それぞれのマークは雌雄とも1尾を示してあるが、調査海域の北東寄りに雌

表1 かご網による試験操業結果

Tab. 1 Results of basket net fishing in the investigated sea area.

操業次	操業月日	♀雄雌雄尾数	水深
①	1989.7.25-26	♀12, ♂36	271~244
②	1989.7.26-27	♀10, ♂29	262~242
③	1989.8.21-22	♀7, ♂34	265~252
④	1989.8.22-23	♀29, ♂16	274~260
⑤	1989.8.23-24	♀105, ♂22	295~275

が多く、中央部より南寄りに雄が多くなっている。このような雌雄の分布の相違は何に原因しているのかは不明であるが、生態学的には興味深いところである。もし、同時に存在している雌雄が、同じ環境要因により影響を受けたり、あるいは、好ましい環境にせよ、好ましくない環境にせよ、互いに影響を与えあう時は、それらの空間分布のパターンは独立しないであろう。

このような考え方から雌雄の関連性を検定したものが表2である。帰無仮説は雌雄は独立していることであるが、 χ^2 値は0.614で仮説を棄却することはできず、ズワイガニ雌雄は独立して分布しているとの判断がなされる。このことはズワイガニ保護礁を設置する目的が雌ガニの保護にあるならば、保護礁の設置は雌ガニが集中して分布している海域に、集中的に魚礁を設置することが適切であると考えられる。

また次に、調査海域におけるズワイガニ雌雄の分布様式を定量的に検討したものが図5である。生物の空間分布には、ランダム分布と集中分布とがあるが、個体が独立し、かつランダムに棲息可能単位空間に割り当てられるならば、その分布をランダムであるとし、単位空間あたりの個体数が

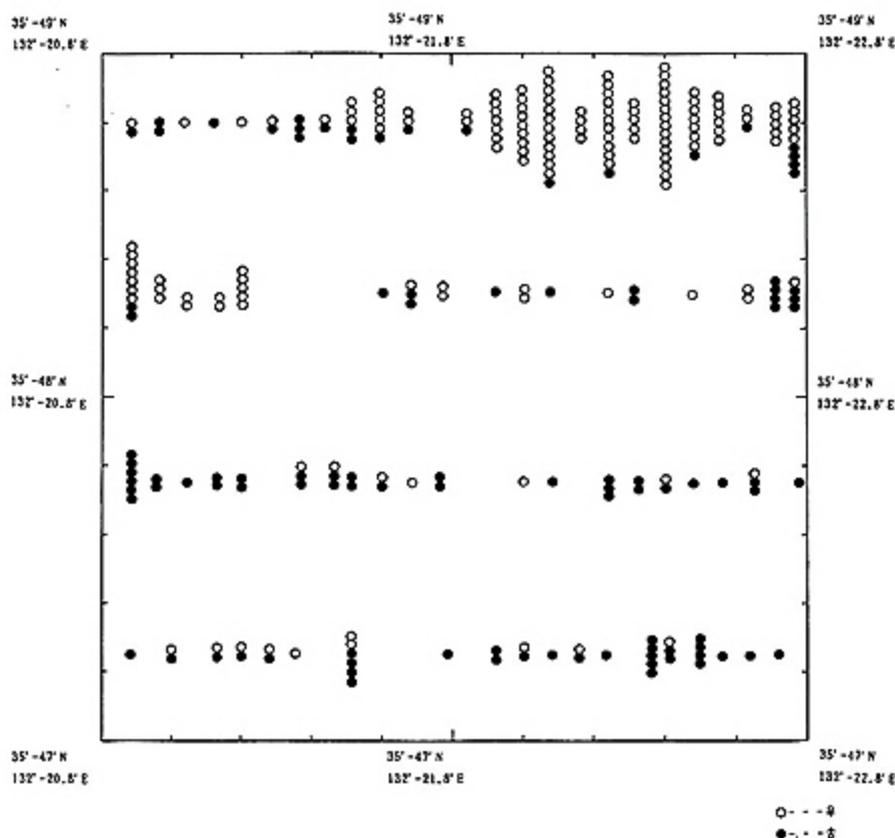


図4 調査海域におけるズワイガニの分布
(1989年8月)

Fig. 4 Spatial distribution of snow crab in the investigated sea area (Aug. 1989)

表2 雌雄の独立性に関する2×2分割表
Tab. 2 Result of the test of goodness of fit by 2×2 table of χ^2 -test.

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

ポアソン分布で示される。また、単位空間あたりの個体数の分布が負の二項分布で示されるならば、その分布を集中分布としている(伊藤, 1968)。このような統計的モデルを適用するにあたっては、この調査の場合、かご1組で漁獲されたズワイガニを単位空間あたりの棲息数と仮定している。

図5において、かご1組あたり漁獲尾数の分布は負の二項分布で示すことができる(表3)。したがって調査海域におけるズワイガニ雌雄は集中的な分布をしていることになる。図5の中の平均値(\bar{x})は2.52であるが、この意味は調査海域におけるズワイガニの分布密度を示し、資源学的にはCPUE(単位努力あたり漁獲量)である。また、同じ図中の s^2/\bar{x} (分散指数)は、この値が1.0より大きい時は集中分布、1.0に等しい時ランダム分布である(伊藤, 1968)が、分散指数は \bar{x} の値によって変化するため、分布の集中度を比較する場合には、 I_2 指数(MORISITA, 1959)が用いられている。このため表3にはMORISITA(1959)の I_2 指数も示した。調査海域における調査時のズワイガニ雌雄の集中度は1.888である。

図6と図7に雌と雄のかご1組あたりの漁獲尾数の分布を示した。いずれも負の二項分布に適合

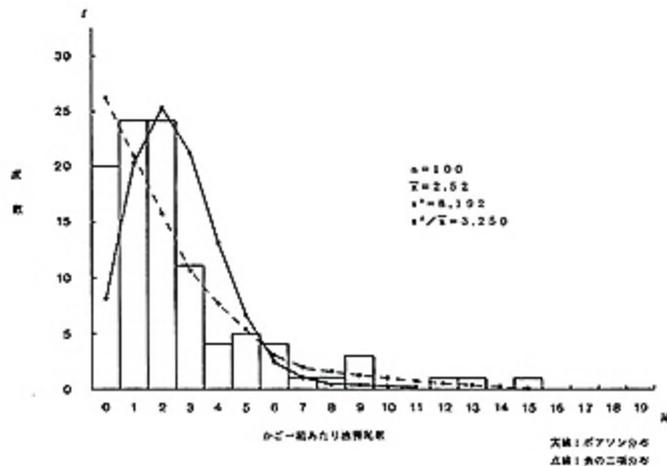


図5 かが1組あたり漁獲尾数の度数分布 (雌雄)
 Fig. 5 Frequency distribution of catch per a set of basket net (male and female)
 Histogram : observed distribution
 Solid line : Poisson distribution
 Broken line : Binomial distribution

表3 ポアソン分布及び負の二項分布へのあてはめと検定
 Tab. 3 χ^2 -tests of goodness of fit by binomial distribution and poisson distribution.

f	雌 + 雄 $\bar{x}=2.52, s^2=8.192$			雌 $\bar{x}=1.51, s^2=7.502$			雄 $\bar{x}=1.01, s^2=1.486$		
	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	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	36.6	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%

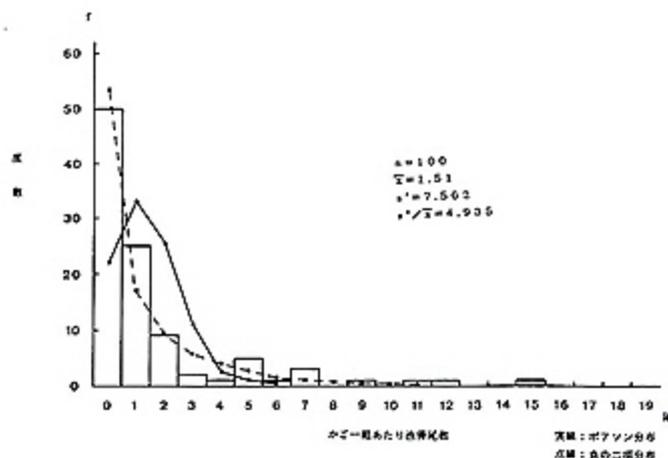


図6 かご1組あたり漁獲尾数の度数分布 (雌)

Fig. 6 Frequency distribution of catch per a set of basket net (female)

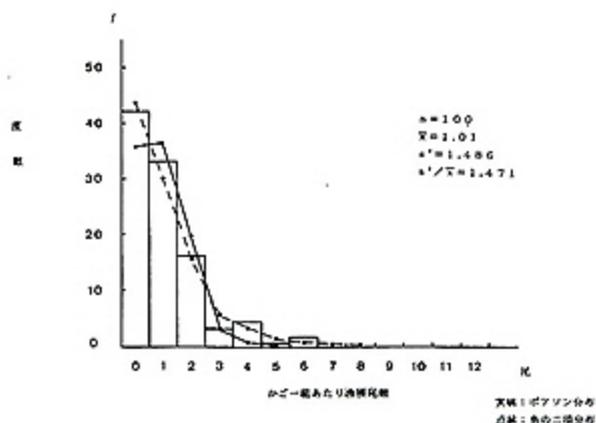


図7 かご1組あたり漁獲尾数の度数分布 (雄)

Fig. 7 Frequency distribution of catch per a set of basket net (male)

し(表3), 空間分布は集中分布である。分布密度(\bar{x})は雌が1.51, 雄が1.01で雌の方が高い。集中度は雌が3.588, 雄が1.486で雌の集中度が高い。小林(1989)はズワイガニの分布について, 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, 雄成体は分散的な分布を示すとしており, この調査における雌雄の集中度の相違と一致している。2マイル平方というせまい空間においてさえ, 雌が集中的に, 雄が分散して分布することは, 生殖行動や交尾生態において, 大きな特異性があるものと考えられる。たとえば, どの季節に交尾するのか, 成体雌は交尾の必要性はない

のか等が考えられるが, それらの検討は今後の調査に待ちたい。

(2) トロール網による調査結果

トロール網による漁獲試験結果は, 1回目の操業では, ズワイガニの雄が12尾, 雌が5尾が漁獲され, 2回目は雄12尾, 雌4尾が漁獲された。1隻網あたりの漁獲尾数は16.5尾となるが, この分布密度が高いのか, あるいは低いのかは, 今のところ判断できない。しかし次のような検討を試みた。すなわち, この2回の操業結果から調査海域に分布していたズワイガニの総数を単純計算し, かご網による結果と比較した。

この調査に用いたトロール網の1隻網あたりの面積は, 12m(そで口幅)×1.852m(12マイル)×1.6マイル(隻網距離)=35,558.4m²である。また, 調査海域の面積は(1.852m×2)²=13,719,616m²である。したがって調査海域におけるズワイガニの総数は, 13,719,616m²÷35,558.4m²×16.5尾=6,366尾と計算される。ただし, これはズワイガニが調査海域において均一に分布している場合の結果であり, 前項で述べたように, ズワイガニは集中分布しているため, 大きな偏りが入っていると考えられる。またトロール網の漁獲効率も考慮されていないので, ズワイガニ総数は過小評価されていると考えられる。

一方, かご網の漁獲結果(表1)をみると, 調査海域では4回の操業で合計252尾が漁獲されて

いる。かご網100組を使用しているので、1組あたりの漁獲尾数は2.52尾となる。かご1組あたりズワイガニ誘引面積を、120m(かご間隔の合計)×30m(誘引距離、仮定)=3,600m²とすると、調査海域におけるズワイガニ総数は、13,719,616m²÷3,600m²×2.52尾=9,604尾と計算される。このように、おおまかな計算結果ではあるが、ズワイガニ総数のオーダーがトロール網もかご網も同じであることから、トロール網の1曳網あたりの漁獲尾数は低いと判断されよう。

次に漁獲されたズワイガニの甲幅組成を図8に示した。雄は甲幅37mmのものが1尾漁獲されているが、雌の小型カニは漁獲されていない。雌は漁獲された9尾のうち、未成体カニは1尾だけで、他はすべて成体ガニである。雄の平均甲幅は91.7mmで、かご網で漁獲されたもの(安達, 未発表)よりも小さい。この現象がトロール網では大型カニが漁獲されにくいことを示しているのか、あるいは11月の時点において、大型カニが分布していなかったのかは明らかでない。いずれにしてもトロール網の漁獲効率が不明であるため、「しんかい2000」による目視計数結果を検討する必要がある。

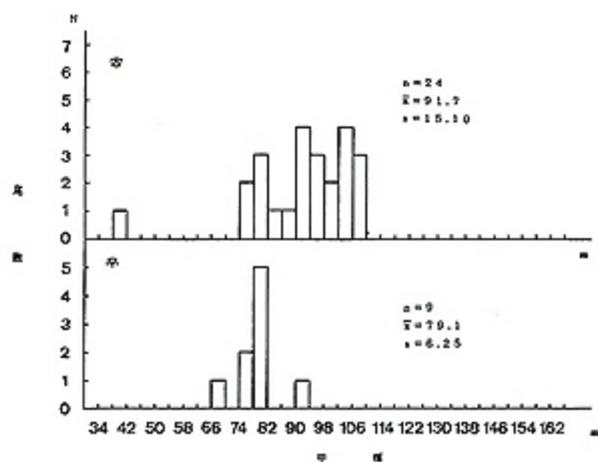


図8 トロール網で漁獲されたズワイガニの甲幅組成 1989. 11. 16~17

Fig. 8 Carapace width composition caught by trawl net.
Upper : male
lower : female

3. 「しんかい2000」による目視観察結果

図9および図10に「しんかい2000」の第430回潜航と第509回潜航の航跡とズワイガニ目視地点を示した。

第430回潜航では、調査海域の東側、約600mの水深250mのラインに沿って約1.5マイルを航走し、大型のズワイガニ13尾を目視した。また509回潜航では、調査海域内35°48.3'N線を西から東へ約1マイル航走し、39尾を目視計数した。第509回潜航時の39尾は、小型カニが多く、かご網やトロール網では漁獲不可能なカニが多いと考えられた。「しんかい2000」の観察窓からの視界は、両眼で約10~20mはあると考えられるので、トロール網のそで口とはほぼ等しいし、航走距離と曳網距離も、ほぼ等しいと考えられるので、「しんかい2000」での計数結果とトロール網での漁獲尾数を比較すればトロール網の漁獲効率を推定することができよう。

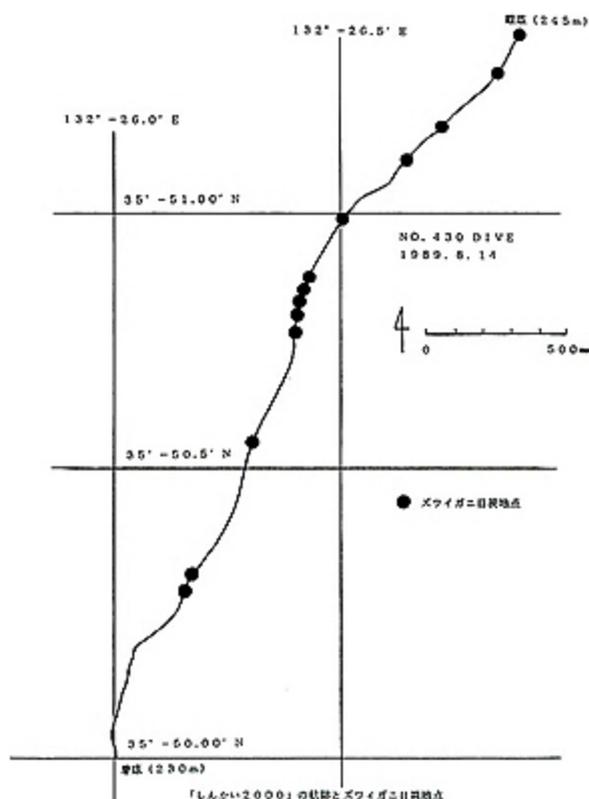


図9 「しんかい2000」の航跡とズワイガニ目視地点 (第430回潜航)

Fig. 9 Diving line of SHINKAI 2000 and points observed snow crab by the dive 430.

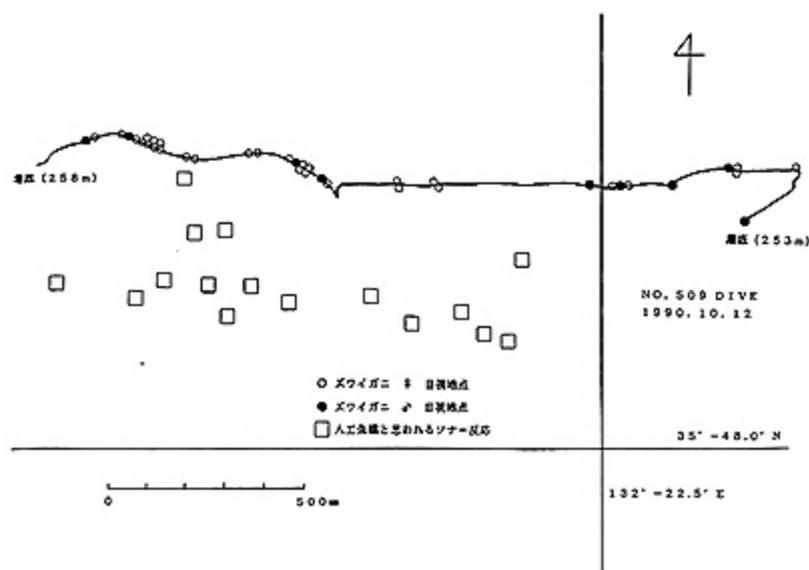


図10 「しんかい2000」の航跡とズワイガニ目視地点
(第509回潜航)

Fig. 10 Diving line of SHINKAI 2000 and points
observed snow crab by the dive 509.

第430回潜航での目視計数は大型カニであったので、トロール網の漁獲効率は1.0に近いと考えられるが、第509回潜航では、トロール網で漁獲可能な甲幅サイズのカニは半数に満たないと推察された。ズワイガニの分布は季節によって変動するので、1989年8月のように大型カニが分布する時には、トロール網の漁獲効率は1.0と判断してもさしつかえないと考えられる。

また、ズワイガニの空間分布についても、目視された地点から次に目視された地点までの距離の分布は、ランダムではなくかご網に示されたように偏りをもっていると考えられる。このことについては、また「しんかい2000」に乗船する機会があれば、目視地点間の距離の分布を定量的に示すことができるし、その分布型はかご網の漁獲から推定された負の二項分布に適合するものと推察される。

参考文献

- 安達二郎 (未発表) かご網で漁獲されたズワイガニの甲幅組成について
 伊藤嘉昭 (1968) 動物生態学入門——個体群生態学編——1-394, 古今書院
 小林啓二 (1989) ズワイガニの増殖生態に関する

研究, 鳥取県水産試験場報告

- MORISITA, MASAOKI (1959) Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distribution patterns, Mem. Facul. Sci. Kyushu Univ. ser. E :