

島根県日御碕沖ズワイガニ保護礁設置海域における ズワイガニの分布密度と集中度の関係

安達 二郎^{*1}

1989年7月～1992年9月に、島根県日御碕沖の実験漁場において、ズワイガニの分布様式と分布密度に関する調査を実施した。分布様式は海洋科学技術センター潜水船「しんかい2000」による目視計数結果と島根県水産試験場試験船「島根丸」による漁獲試験結果から推定した。また漁獲結果から調査海域の分布密度を推定し、分布密度と分布の集中度の関係を検討した。

「しんかい2000」の目視計数結果から、ズワイガニの空間分布の統計的モデルは、負の二項分布に適合し、ズワイガニは集中分布していると推定された。また分布密度の季節変化から、夏季には深い海域に、冬季には浅い海域に分布するという深淺移動が認められた。集中度は雄よりも雌の方が高いと推定された。分布密度と集中度の関係は、雌は分布密度が高くなるにしたがって集中度は低くなり、雄の場合は、分布密度と集中度とは無関係であると考えられた。

Relation between Concentration Degree and Distribution Density of Snow Crab *Chionoecetes opilio* in Sea Area off Hinomisaki, Shimane Prefecture where Protection Shelters Have Been Installed

Jiro ADACHI^{*2}

The investigation on the distribution density and the distribution pattern of snow crab *Chionoecetes opilio* in the experimental fishing ground off Hinomisaki, Shimane Prefecture was carried out from July 1989 to September 1991. The distribution pattern estimated from the results of visual calculation by submersible ship "Shinkai 2000" of Japan Marine Science and Technology Center and from the results of basket net fishing by fisheries research vessel "Shimanemaru" of Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station. The distribution density was calculated from above mentioned results. The relation of the concentration degree to the distribution density of snow crab was estimated.

According to the results of visual calculation by "Shinkai 2000", it was estimated in the investigated sea area that the statistical model of spatial distribution of snow crab conformed to the negative binomial distribution.

* 1 島根県水産試験場

* 2 Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station

Accordingly, it was presumed that snow crab distributed concentratedly. From the results of basket net fishing, the degree of concentration was higher in the case of the female crab. From seasonal changes of the distribution density, it was presumed that snow crab will seasonally migrate from deep sea area to shallow sea area. It was considered that the concentration density and the distribution density have no relation in male crab and the concentration degree was low in proportion as the distribution density was high in female crab.

1 はじめに

日本海のズワイガニ資源が極めて厳しい状況にあるなか、石川県～島根県にいたる各府県では、それぞれの地先においてズワイガニ用の人工魚礁を設置している。島根県では1990年8月に日御碕沖北西25マイルの調査海域（水深250～260m, 2マイル平方）に人工魚礁を設置した。そのための事前調査も1989年7月から開始され、1990年8月からは、その効果調査も開始された。

筆者は事前調査から効果調査までの一連の調査を担当しているが、海洋科学技術センター潜水船「しんかい2000」による潜水目視観察と島根県水産試験場試験船によるかご網漁獲試験の結果から、

調査海域におけるズワイガニの分布様式を推定した。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。ここでは調査期間中に得られたズワイガニの分布密度と分布の集中度の関係について報告する。

2 調査方法

図1に調査海域を示す。潜水船「しんかい2000」による調査は、1989年8月14日（第430潜航）、1990年10月12日（第509潜航）、1992年9月13日（第647潜航）、1992年9月14日（第648潜航）に調査海域周辺と調査海域内において、ズワイガニの棲息尾数

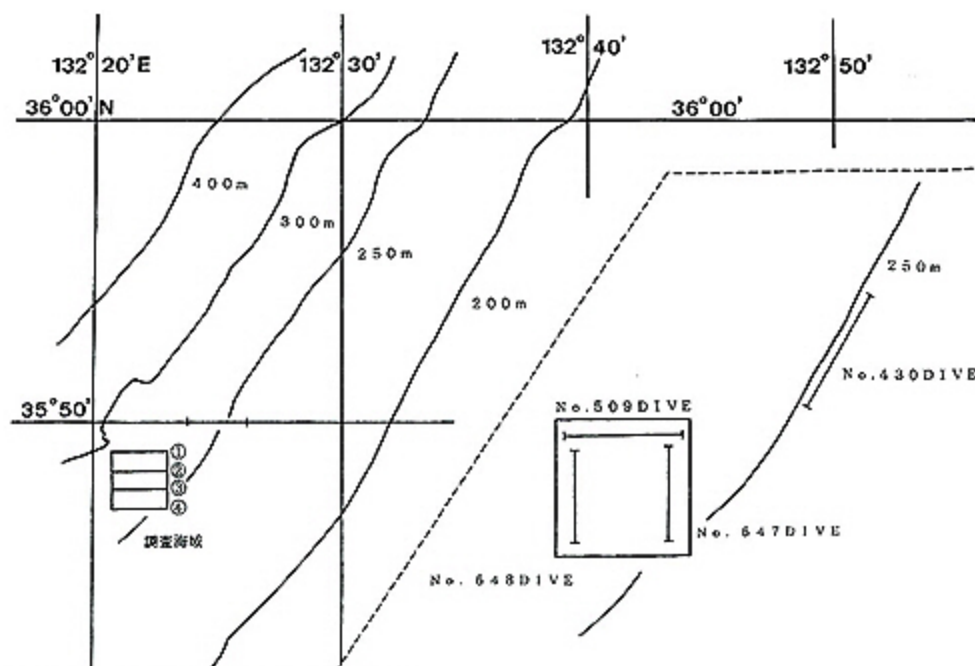


図1 調査海域と「しんかい2000」の潜航航跡

Fig.1 Map showing the investigated sea area to catch snow crab and diving line of "Shinkai 2000".

表1 調査海域におけるかご網による操業年月と操業回数

Table 1 Date and number of basket net fishing in the investigated sea area.

操業年月	操業回数	備考
1989. 7	2	比較対象海域
1989. 8	4	
1990. 2	4	
1990. 5	4	
1990. 7	2	比較対象海域
1990. 8	3	
1990. 12	1	
1991. 3	2	
1991. 5	3	
1991. 9	4	

を「しんかい2000」の観察窓から目視計数した(図1)。潜航距離は約1~1.5マイルである。なお第509潜航以後は人工魚礁設置後の潜航である。

試験船「島根丸」によるかご網漁獲調査の回数は表1に示すとおりである。調査は合計10回行ったが、1989年7月は隠岐東前西方沖26マイル、水深280~304mの海域での操業で、調査海域に対する比較対象海域として設けたものである。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ものである。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つの操業ラインを設けた(図1)が荒天の時は1~3回欠測している。漁獲されたズワイガニはかご網ごとに雌雄別に計数し、解析に供した。

3 結果と考察

(1) 「しんかい2000」による目視観察からみたズワイガニの分布様式

図2~5に「しんかい2000」の第430、第509、第647、第648の各潜航の航跡及びズワイガニ目視地点を示した。第430潜航では調査海域の東側600mの水深250mのラインにそって約1.5マイルを航

走し、ズワイガニ13尾を目視した。第509潜航では調査海域内の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647潜航では人工魚礁設置海域の東側ラインを北から南へ約1マイル航走し、9尾を目視した。また第648潜航では同じく人工魚礁設置海域の西側ラインを南から北へ約1マイル航走し、33尾のズワイガニを計数した。第430潜航では大型カニが多く、それ以外の潜航では小型カニが多く観察された。

小型カニの多かった原因は、第430潜航の海域が人工魚礁の設置されていない所であり、その他の潜航海域は人工魚礁設置海域であるため、魚礁周辺に小型カニが溜集していることを示していると考えられる。小型カニの甲幅測定経験からは、甲幅範囲は20~40mmの範囲にあると推察される。図2~5に示した観察されたズワイガニの分布は、航走中のある地点では目視尾数が多く、また、他の地点では目視尾数が少なくなっている。このことはズワイガニの分布が決して規則的ではないことを示している。一般に動物の分布様式はランダム分布、集中分布、一様分布に分類され、その統計的モデルとして、単位空間あたりの個体数がポアソン分布にしたがうときはランダム分布、負の二項分布で示されるならば、その分布を集中分布、正の二項分布で示される時は一様分布とされている(伊藤, 1968)。

したがって「しんかい2000」の航走目視結果からズワイガニの分布様式を推定する場合、単位空間を設定しなければならないが、ここでは分布型を推定するために必要な階級数を約10と考え、航走200mの距離を単位空間とした。すなわち航走200mあたりの目視尾数の度数分布を作ることにより分布型を推定した。

このような考え方に基づいて、「しんかい2000」の航走200mあたりの目視尾数の分布を示したものが図6である。図中には単位空間数(n)、平均($\bar{x}$)、分散(s^2)、分散指数($s^2/\bar{x}$)を示したが、分散指数が1.0より大きいときは集中分布、1.0に等しいときランダム分布、1.0より小さいとき一様分布である(伊藤, 1968)ので、この場合は $s^2/\bar{x}=2.641$ であり、ズワイガニの分布様式は集中分布であると判断される。またこのことを統計的に検定したものが表2である。すなわちポア

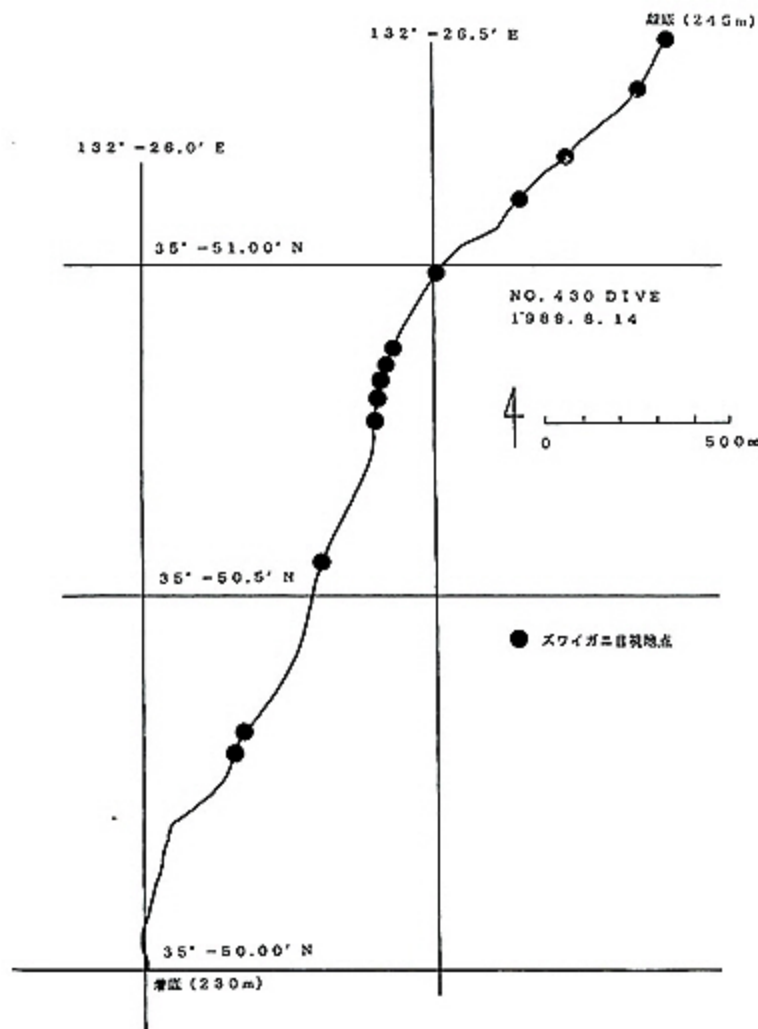


図2 「しんかい2000」の航走とズワイガニ目視地点 (1989. 8. 14)

Fig. 2 Diving line of "Shinkai 2000" and points observed snow crab by the dive 430.

ソン分布と負の二項分布の理論値を計算し、実測値との間に差があるのかないのかをみたものである。この結果、航走200mあたりの目視尾数の分布は負の二項分布にあてはまり集中分布と推定される。安達 (1991) は同じ海域で、かご1網あたりの漁獲尾数を用いて同様の結果を示したが、かご網は餌でズワイガニをかご網内に誘引するため、かご1網あたり漁獲尾数を単位空間あたりの棲息数と仮定している。しかし、この項で検討したように「しんかい2000」の航走目視結果から、ズワイガニの分布様式が集中分布であると推定されたため、安達 (1991) の仮定は満たされたことになる。

(2) かご網漁獲試験からみたズワイガニ分布の集中度

前項においてズワイガニの分布様式が集中分布であるか否かの判定は分散指数 ($s^2/\bar{x}$) で判断でき、また集中の度合も $s^2/\bar{x}$ で判断できる (伊藤, 1968) が、分散指数は $s^2/\bar{x}$ の値が1.0であるときを除いて、 $\bar{x}$ (分布密度) の値によって変化する。すなわち集中分布の統計的モデルである負の二項分布の分散 (s^2) は、 $s^2 = \bar{x} + \bar{x}^2/k$ (ただし、 $\bar{x}$ は分布密度、 k は負の二項分布のパラメータ) であるから、 $s^2/\bar{x} = 1 + \bar{x}/k$ となり、分布密度と分散指数の関係は直線となる。すなわち分布密度の異なるズワイガニ分布の集中度を分

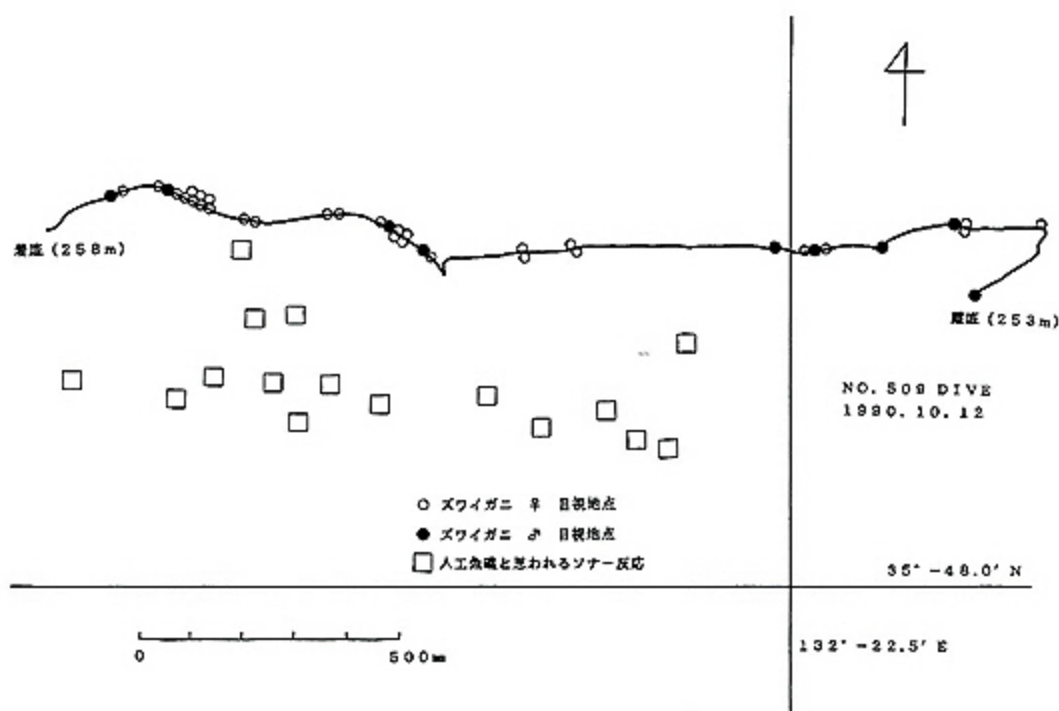


図3 「しんかい2000」の航走とズワイガニ目視地点 (1990.10.12)

Fig. 3 Diving line of "Shinkai 2000" and points observed snow crab by the dive 509.

散指数で比較することは不可能である。この分散指数の欠点を補うため、Morisita (1959) は I_p 指数を提案している。 I_p 指数は分布型のいかんにとらわれず集中度を比較することが可能であり、分布様式の判断は分散指数と同様である (Morisita, 1959)。したがって、ここでは Morisita (1959) の I_p 指数を用いて、各調査時のズワイガニ分布の集中度を示すことにする。また、すべてのかご網調査における分布様式の推定は前項と同じ統計的方法によったが、かご1組あたり漁獲尾数の分布は負の二項分布に適合した (全振協, 1992)。

表3に各調査時における雌雄別の分散指数、 I_p 指数、分布密度を示した。表3をみると、雌雄ともに集中的な分布をし、雌の方が集中度が高いことがわかる。生態期別の分布様式の差は、ズワイガニの繁殖策や管理策を考える場合の貴重な情報であろう。

(3) ズワイガニ分布密度の季節変化

図7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。全体的には冬期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と同時に、1990年12月は人工魚礁にズワイガニが集集していることを示しているのかもしれない。というのは人工魚礁を設置する前の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。また夏季に分布密度が低く冬期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。

このような調査海域におけるズワイガニ分布密度の変動が、人工魚礁による集集効果なのか、あるいはズワイガニの深淺移動であるのかを判定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のズワイガニ分布密度と分布の集中度を時間的に追跡することにより効果判定を試みようとしている。もし集集効果があるのなら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。人工魚礁は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。

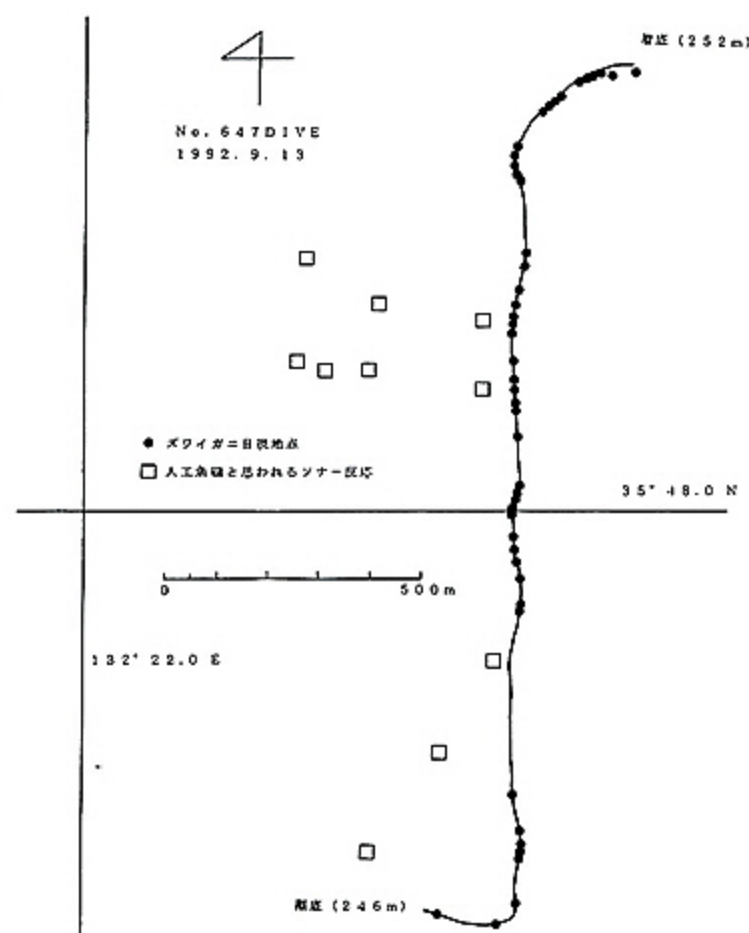


図4 「しんかい2000」の航走とズワイガニ目視地点 (1992. 9. 13)

Fig. 4 Diving line of "Shinkai 2000" and points observed snow crab by the dive 647.

(4) ズワイガニ分布密度と集中度の関係

図8に集中度の季節変化を示した。全体的に雄の方が雌よりも低い傾向が認められる。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7に示した分布密度の季節変化と集中度の季節変化を比較すると、分布密度が低いとき集中度が高く、分布密度が高いとき、集中度は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ものが図9および図10である。

図9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われる。図中の曲線はフリーハンドで画いたものであり、それは双曲線的あるいは指数曲線的であるが、統計的には有意でない。分布密度

が5.3以上のデータは調査海域に対する比較対象海域のものであるため、当該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の雌は分布密度が高くなるにつれ、ランダム分布に近づくと考えられ、ズワイガニ雌の分布生態に関する1つの特徴であろう。

図10は雄の場合を示したものであるが、雌の場合のような明瞭な関係は認められない。実際には分布密度と集中度とは無関係であろうと推察され、雄ズワイガニの持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としていることから分布密度と集中度の関係ははっきりとは現れないのであろう。

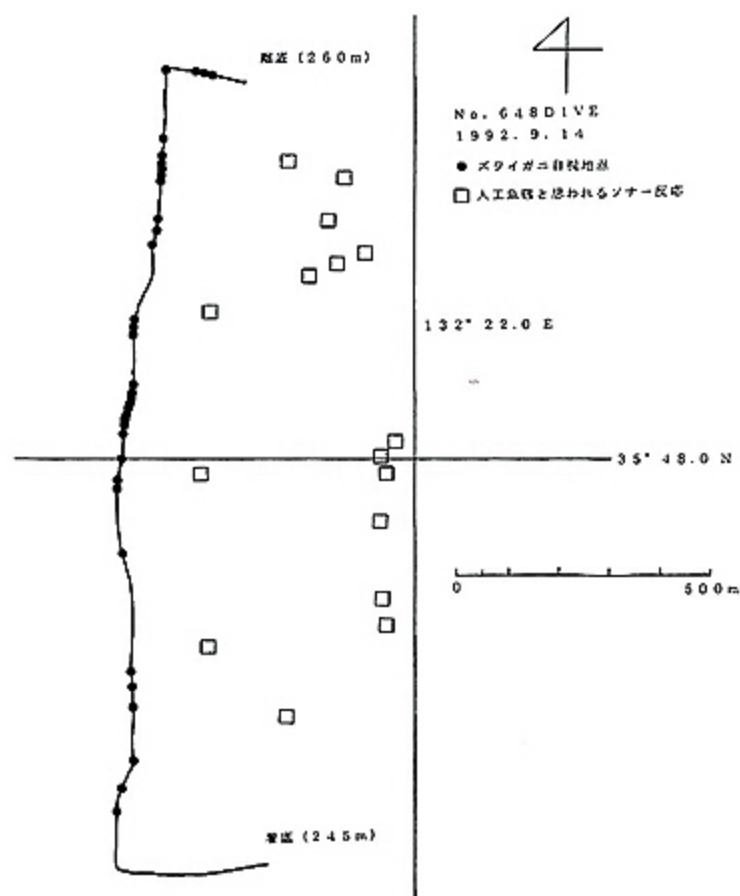


図5 「しんかい2000」の航走とズワイガニ目視地点 (1992. 9. 14)
Fig. 5 Diving line of "Shinkai 2000" and points observed snow crab by the dive 648.

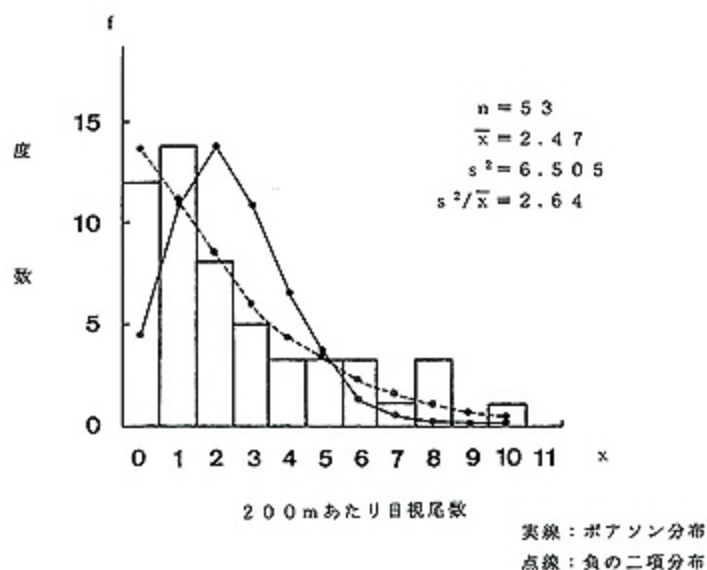


図6 「しんかい2000」の200m航走あたり目視尾数の分布
Fig. 6 Frequency distribution of number of observed snow crab per 200m in running by "Shinkai 2000".

表2 ポアソン分布および負の二項分布へのあてはめと検定

Table 2 χ^2 test of goodness of fit by binomial distribution and Poisson distribution.

$x \setminus f$	実測値	ポアソン分布の理論値	負の二項分布の理論値
0	12	4.5	12.8
1	14	11.1	11.5
2	8	13.7	8.9
3	5	11.2	6.7
4	3	6.9	4.5
5	3	3.4	3.1
6	3	1.4	2.1
7	1	0.5	1.4
8	3	0.1	1.0
9	0	0.02	0.6
10	1	0.01	0.4
計	53	53.00	53.0
$\bar{x}$	2.47		
s^2	6.505		
k			1.497
χ^2		27.024**	0.687

**有意水準1%

表3 各調査時における分散指数, I_s 指数, 分布密度

Table 3 Index of variance, I_s index and distribution density in each investigation.

	1989.7*	1989.8	1990.2	1990.5	1990.7*	1990.8	1990.12	1991.3	1991.5	1991.9
分散指数 ($s^2/\bar{x}$) ♀	2.458	4.935	2.738	4.356	3.256	1.501	1.212	1.761	1.126	1.678
♂	—	1.471	3.086	1.379	1.997	1.132	0.993	2.013	1.283	1.262
I_s 指数 ♀	1.28	3.59	1.800	4.78	1.23	2.78	1.12	1.39	1.21	2.53
♂	—	1.49	1.93	1.27	2.55	1.18	0.99	1.62	1.36	1.51
分布密度 ($\bar{x}$) ♀	5.36	1.51	2.16	0.89	10.75	0.87	7.60	1.92	0.60	0.45
♂	—	1.01	3.01	1.39	0.71	0.78	8.32	1.62	0.77	0.52

* 比較対象海域

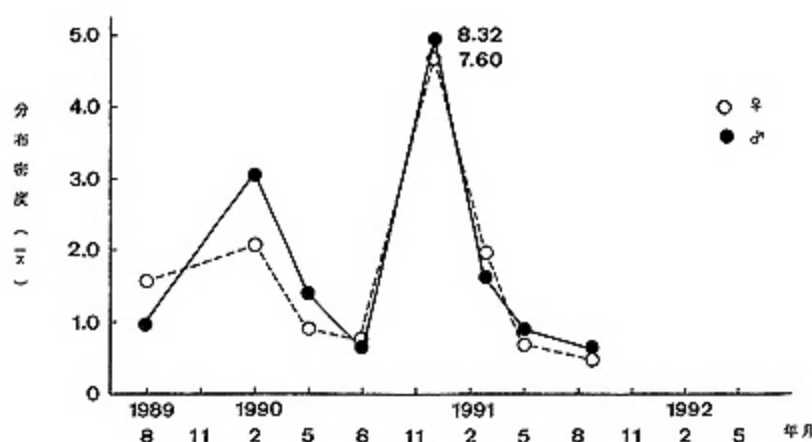


図7 調査海域における分布密度 ($\bar{x}$) の季節変化

Fig. 7 Seasonal change of the distribution density ($\bar{x}$) in the investigated sea area.

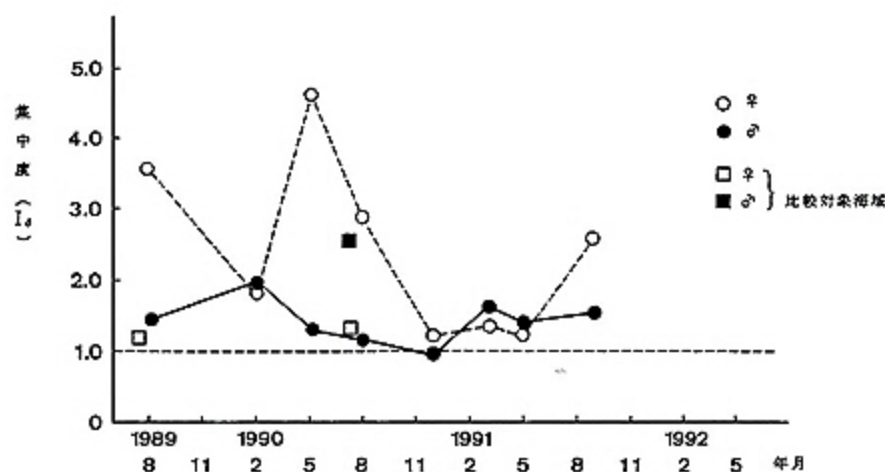


図8 調査海域における集中度 (I_d) の季節変化

Fig. 8 Seasonal change of the degree of concentration (I_d) in the investigated sea area.

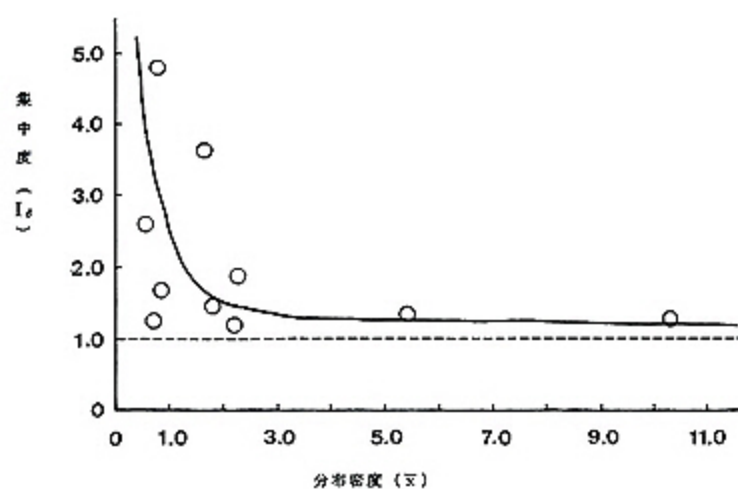


図9 調査海域における分布密度と集中度の関係 (雌)

Fig. 9 Relationship of the concentration degree to the distribution density of snow crab in the investigated sea area (female).

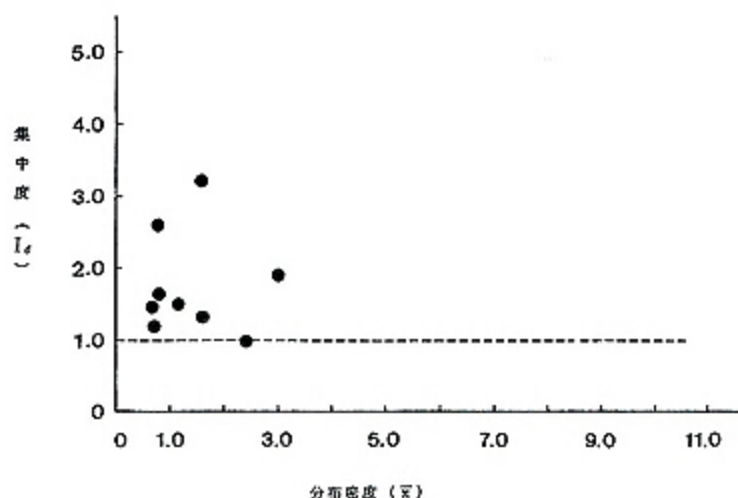


図10 調査海域における分布密度と集中度の関係 (雄)

Fig. 10 Relationship of the concentration degree to the distribution density of snow crab in the investigated sea area (male).

参考文献

- 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. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 7, 259-266.
- 伊藤嘉昭 (1968): 動物生態学入門—固体群生態学編—. 古今書院, 394pp.
- 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, (31), 1-95.

Morisita, M (1959): Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distribution patterns, Mem. Facul. Sci. Kyushu Univ. Ser. E2, 215-235.

全国沿岸漁業振興開発協会 (1992): 平成3年度特定魚種漁場整備開発調査ズワイガニ調査報告書. 255pp.

(原稿受理: 1993年7月19日)