

長井沖人工魚礁投入海域底層における魚群分布特性 (長井沖大型魚礁効果調査)

荻野 隆太

Some characteristics in the distribution of fish schools in bottom layer
in the artificral fish bank off Nagai, Kanagawa Prefecture.
(The examination into fish attracting effect in artificial large fish bank off Nagai)

Ryuta OGINO*

Since 1993, the author have been examined into the distribution of fish schools in artificial fish bank off Nagai, Kanagawa Prefecture with scientific echo sounder of fishery research vessel "USIO". In this result, some characteristics in the distribution of fish schools were realized as follows.

- (1) Large fish schools tend to center on taller artificial fish bank. But in spite of the section on artificial fish bank, it happened the case no fish appeared.
- (2) The seasonal distribution of fish schools is decided upon the structure of fish species especially the ratio of migratory fish.

は し が き

我国の人工魚礁投入事業は1954年より国庫補助事業の一端として実施され、神奈川県においても1955年に観音崎沖に203個のコンクリートブロック投入したのを初めとして、様々な造成規模の人工魚礁が設置されてきた。今回報告する課題は行政の要請による水産庁の補助事業であり、人工魚礁投入後の効果を明らかにすることが求められている。しかし、その画一的な効果判定の手法は未だ確立されていないのが現状である。

一般に漁場は、隆起の際立った海底地形に形成される。このことから、魚類が魚礁ブロックのような小規模の海底地形に対して、どの様な分布特性を示すかを、明らかにした上で、効果の判定を行う必要がある。

今回の報告では科学魚群探知機を用いて、海底地形と魚群分布との関係を調べ、人工魚礁の集魚効果について考察したので報告する。

なお本報告を取りまとめるにあたり、御指導頂いた、

東京大学海洋研究所、稲垣正博士、および、音響調査に協力して頂いた、調査船“うしお”の松崎栄寿船長を始めとする乗船員一同、また、本魚礁海域における漁獲情報を提供して下さい、「三京丸」の梶ヶ谷貞夫船長に深く感謝する。

材料および方法

1 調査海域

調査海域は図1に示す長井沖大型魚礁を中心としたその周辺海域(縦1550m×横1370m)として、海域内を定線に沿って升目で区分した。本大型魚礁は1964年から1965年、1976年に造成されたもので、高さ1.5mのコンクリートブロックが4479個投入されている。このブロックの配置状況を、東海区水研(1975)および、水産工学研究所(未発表資料)のサイドスキャンソナーの結果に基づいて図1下段に示した。なお、魚礁ブロックが投入されている区画は太い枠線で囲った。以後、この枠線の内部の区画を魚礁区内、外部の区画を魚礁区外として区分する。

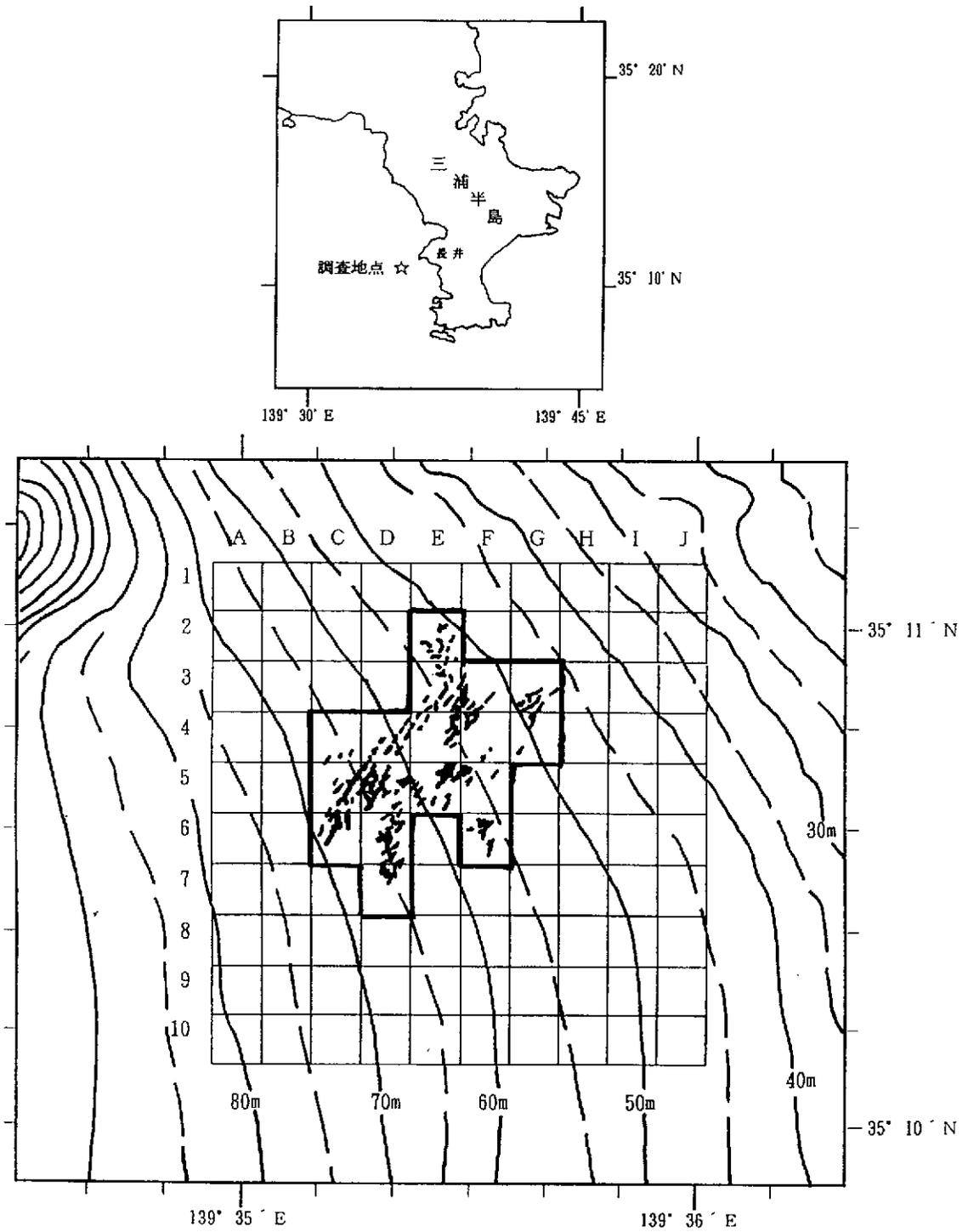
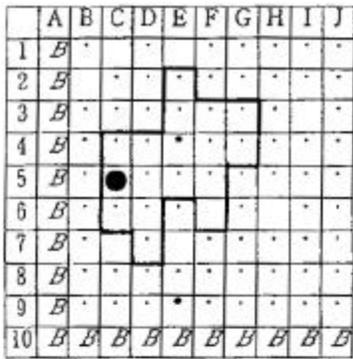


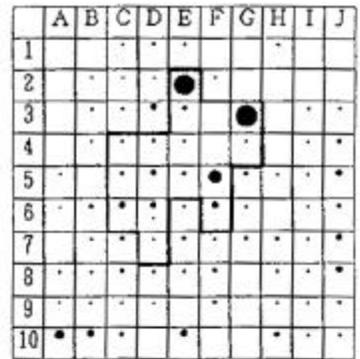
図1 調査海域図 (図中太枠内は魚礁区)



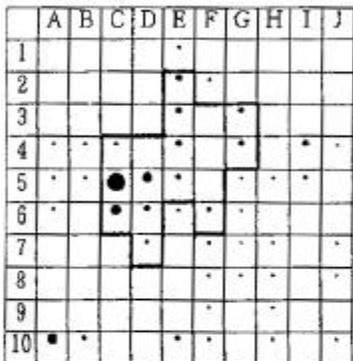
① 1992年11月(158.7)



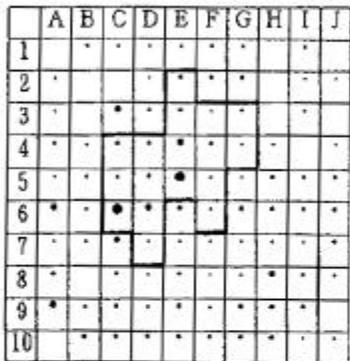
② 1992年12月(309.5)



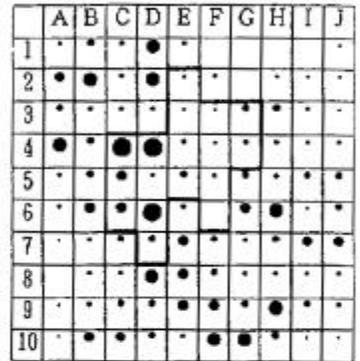
③ 1993年3月(586.1)



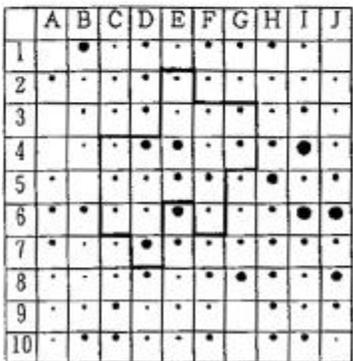
④ 1993年4月(317.0)



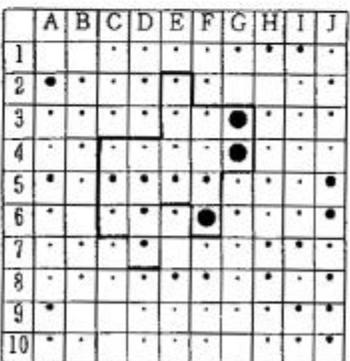
⑤ 1993年5月(535.9)



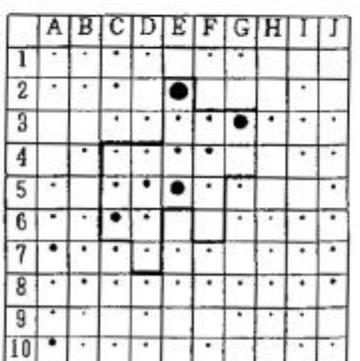
⑥ 1993年6月(1159.5)



⑦ 1993年8月(1018.7)



⑧ 1993年10月(783.0)



⑨ 1994年1月(451.6)

〈魚群量指数〉

空白 : <0.1, · : 0.1~4.9, ● : 5.0~9.9, ● : 10.0~14.9, ● : 15.0~19.9, ● : 20.0~24.9, ● : 25.0~29.9, ● : 30.0<

B : 欠測, □ : 太枠内 : 魚礁区, ()内 : 月別魚群量指数合計値

图4 魚群水平分布图

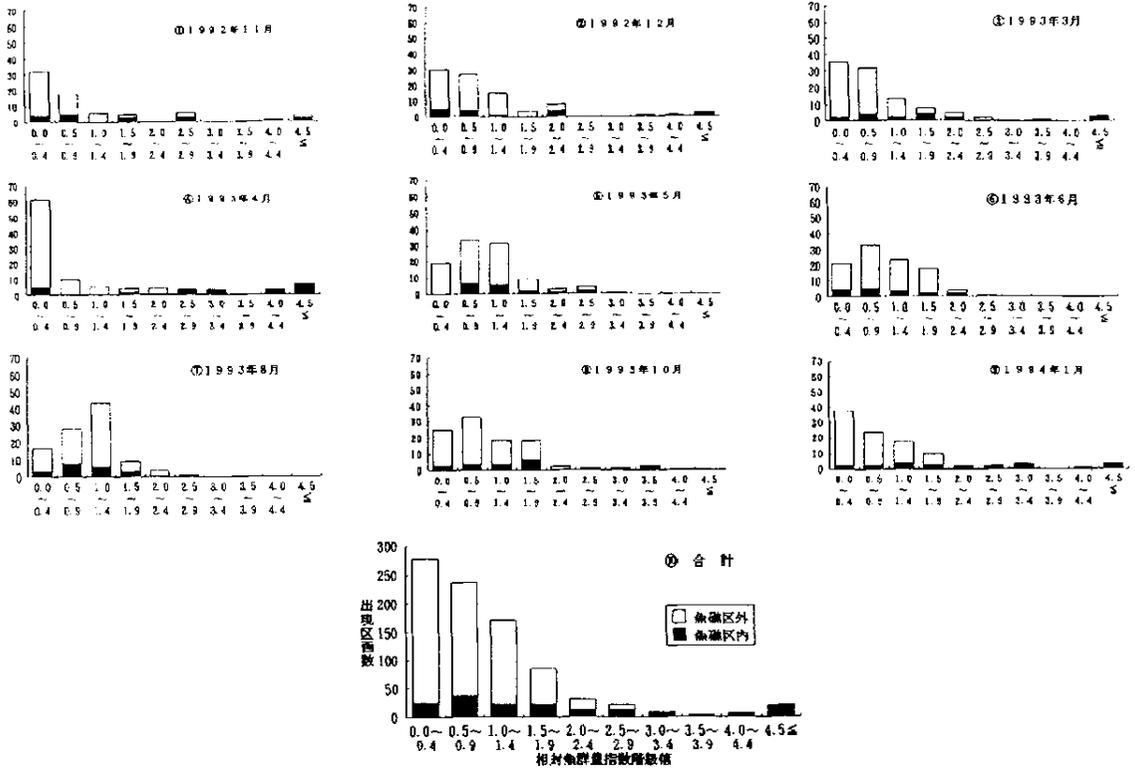


図5 相対魚群量指数頻度分布

数として定義した。この相対魚群量指数は、0～10までの数値を示したが、これを0.5毎に10段階に区分して、相対魚群量指数頻度分布として図5にヒストグラム表示した。

これによると、白抜きで示した魚礁区外の頻度分布は、図5の、
、
、
、
の5例で最下位の階級で頻度が高まる典型的な集中分布のパターンを示した。これに対して、
、
、
の4例では最下位より2～3位上位の階級でモードが形成され、全体的に魚群量指数が低い分布型を示した。ただし、何れの場合も低い階級にモードを形成する傾向が認められた。これに対して魚礁区内の魚群量指数の頻度分布は、黒塗りで示したように特定の分布型を示さず、全ての調査で全階級に均一に分散するような分布を示したが、これは人工魚礁の集魚効果が、表面化したものだと思う。

また、全調査を通じての魚群分布の傾向を把握するために、図5に1992年11月～1994年1月までの全調査に対しての頻度分布を示した。これによると魚礁区外では、最下位の階級値にモードを示し、階級値の増加に伴い出現率は低下するという、階級値の低い側に偏った分布型を示した。これに対して魚礁区内では、最下位より

も1段階上位の階級においてモードが認められ、最上位の階級もやや高いものとなった。

結果として魚礁区内、外を含めた全体の頻度分布は、最下位の階級においてモードが認められるものの、最上位の階級もやや高いものとなった。即ち、魚礁区外も含めた海域全体としても、最上位の階級には魚礁区内の効果が明瞭に表れているといえる。

4 魚群分布特性

1) 魚礁海域における魚群分布型

前節の結果では、各月の水平分布図および頻度分布図において、魚礁区内および魚礁区外で全く異なる分布を示した。そこで、魚礁区内および魚礁区外における相対的な魚群分布に着目して、本魚礁海域における魚群分布特性を魚礁区内の集魚効果が高い順に、
、
型の3型に分類した。

(1) 型、
、
、
、
の様に、図4の魚群水平分布図において、魚礁区内にのみ魚群量指数20.0以上の高い区画が認められるもの。この際、魚礁区全体および魚礁区外の頻度分布は、相対魚群量指数が増加するに従い、出現率は低下してくる。

これに対して魚礁区内では頻度分布としては一律にできないが、魚群量指数の低い区画と高い区画が、共に高い頻度で認められた。なお、この場合、3 m以上の魚礁ブロック（H1.5mのブロックが2段重ね）直上に大きな魚群量指数が集中する反面、魚礁区内においても、極めて魚群量指数の低い区画も認められ、局所的な魚群分布特性を示した。

(2) 型 の様に魚礁区内と魚礁区外で、魚群分布特性が似通っているもので、 の様に高い魚群量指数が全く認められなかったり、 のように高い魚群量指数は認められるものの、それが全体的に広く分散しているため、魚礁区内における相対的な魚群量指数の集中度が低まっている。型のヒストグラムは3.5以上の相対魚群量指数が全くみられず、魚礁区内および魚礁区外では、最下位よりも1段階上位の0.5~0.9にモードを示した。

(3) 型 の様に魚礁区外の方が、高い魚群量指数が認められるもの。型では3.0以上の相対魚群量指数は全く認められない。魚礁区外では型よりもさらに1段階上位の1.0~1.4にモードが認められたのに対して、魚礁区内ではこれより1段階下位の0.5~0.9にモードを示した。

2) 魚群分布特性の定量化

前節では、魚群分布特性を水平分布および頻度分布に

基づいて3型に区分した。今節では、これをより定量的に把握するため、表1に魚礁区内および魚礁区外における魚群量指数に対する基礎統計量を示した。これによると、型の各月では魚礁区内の不偏分散が魚礁区外と比べて、極めて高い傾向を示した。そこで、この度合いを数値の上でも確認する意味合いも兼ねて、各月の魚礁区内および魚礁区外における魚群量指数に対して、帰無仮説を魚礁区外の不偏分散が魚礁区内を上回ると仮定し、対立仮説を魚礁区内の方が大きいとする分散比の検定を行った。この結果、先の型の6ヵ月については有意水準1%において帰無仮説は棄却され、型と型の間型ともいえる型のでは、有意水準5%において棄却されたが、型および型では棄却されなかった。この結果は、先に述べた型の魚礁区内における、魚群の局所的な分布特性を反映したものであると思われる。

3) 魚探調査の信頼性

先の分散比の検定の結果、魚礁海域においては局所的な集魚効果が認められることが判った。しかし、こういった魚群分布特性は、広範囲（縦1550m×横1370m）の調査海域に対して、10本の定線で代表する魚探調査の制約が引き起している懸念もある。即ち、ES-470の半減全角は11.5°であり、これによって探査できる範囲は、

表1 魚礁区外(I)および魚礁区内(II)における魚群量指数の基礎統計量

調査年・月	魚群分布型	セクター	データ数	魚礁区内,外 集魚率(%)	平均魚群量 指数	標準偏差	不偏分散 2	自由度	F値 検定
92'11月	型	魚礁区外	64	63.7	1.55	2.44	6.08	63	0.1091**
		魚礁区内	17	36.3	4.31	7.24	55.66	16	
92'12月	型	魚礁区外	73	66.0	2.70	2.36	5.65	72	0.0687**
		魚礁区内	17	34.0	6.79	8.80	82.23	16	
93' 3月	型	魚礁区外	83	61.7	4.36	4.61	21.46	82	0.0895**
		魚礁区内	17	38.3	13.19	15.02	239.60	16	
93' 4月	型	魚礁区外	83	43.3	1.65	3.06	9.47	82	0.1461**
		魚礁区内	17	56.7	10.57	7.81	64.83	16	
93' 5月	型	魚礁区外	83	75.4	4.65	3.28	10.90	82	0.5585
		魚礁区内	17	24.6	7.77	4.18	18.52	16	
93' 6月	型	魚礁区外	83	81.4	11.37	6.43	41.87	82	0.5075*
		魚礁区内	17	18.6	12.69	8.81	82.51	16	
93' 8月	型	魚礁区外	83	81.7	10.03	5.09	26.24	82	0.7331
		魚礁区内	17	18.3	10.98	5.80	35.80	16	
93'10月	型	魚礁区外	83	72.5	6.84	4.72	22.57	82	0.3283**
		魚礁区内	17	27.5	12.65	8.05	68.76	16	
94' 1月 (縦定線)	型	魚礁区外	83	58.8	3.20	3.06	9.48	82	0.1278**
		魚礁区内	17	41.2	10.94	8.36	74.17	16	
94' 1月 (横定線)	型	魚礁区外	83	58.6	2.39	3.21	10.44	82	0.1531**
		魚礁区内	17	41.4	8.22	8.01	68.17	16	

* F検定: {帰無仮説(H0): $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$, 対立仮説(H1): $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$ }

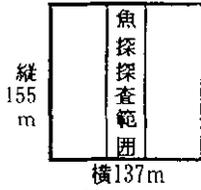
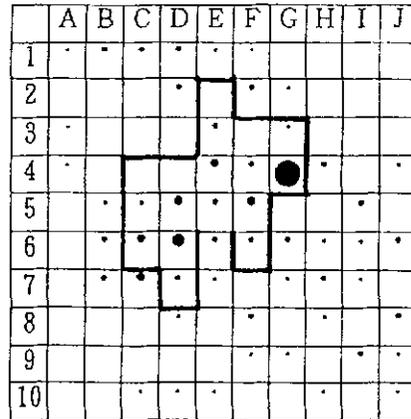
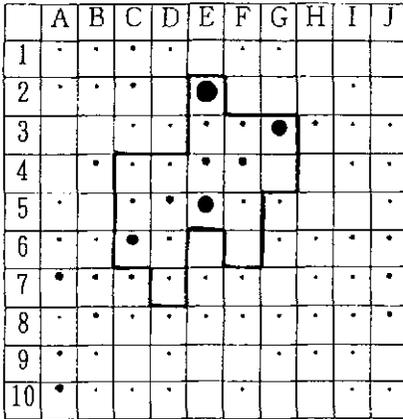


表 2 魚深深査範囲

水深(m)	探査幅(m)	探査率(%)
50	20	7.3%
60	24	8.8%
70	28	10.2%

☆: 魚探探査範囲は7~10%

図 6 1区画当たりの寸法



※ 太枠内: 魚礁区

図 7 魚群量指数水平分布図(凡例は図4と同じ)

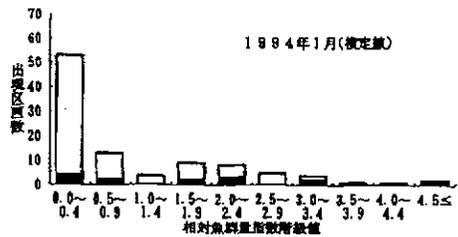
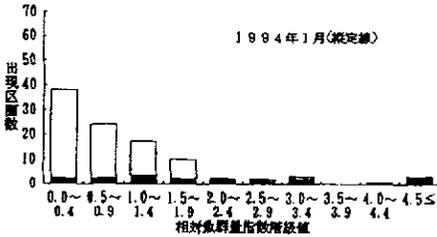


図 8 相対魚群量指数頻度分布(凡例は図5と同じ)

9%程度にすぎない(図6, 表2)。そこで, 1994年1月には従来通り, 南北(縦)方向の定線で魚探記録を収録した後, 東西(横)方向にも定線を設けて魚探記録を収録しこれらと比較してみた(図7, 8)。

この結果, 全体の魚群量指数は縦航走の場合の方が多く, 高い魚群量指数の出現する区画も若干異なっていた。

この原因として, 次のようなことが考えられた。第1に, 等深線に対してほぼ平行な縦定線の場合, 定線上の海底起伏が小さく, 等深線に対して直交する横定線の場合, 定線上の海底起伏が大きくなるという特性上, 海底傾度に対して魚群が形成される方向性の差異。

第2に, 調査時の海況, 特に流向流速の変化等が考えら

れるが, これらの究明は今後の課題としたい。

しかし, 両者に共に魚礁区内の魚礁ブロック直上に高い魚群量指数が認められた点, および, 前節2)と同じく, 魚礁区内および魚礁区外の魚群量指数に対する分散比の検定の結果, 魚礁区内では魚群の極在性が強いという傾向が両者に認められた。従って, 本魚探調査において, 魚礁区内では極在的な集魚効果が認められるということは, 信頼すべき結果であるといえる(表1)。

4) 月別魚群量指数合計値と魚群分布特性

これまでに示した様に, 長井沖大型魚礁海域の魚群分布特性として, (1) 魚礁区内において集魚効果が顕著である型は高い頻度で認められたが, この場合魚群の局在

性が強いこと、(2)先の型の93年8月の様に魚礁区内の方が、魚礁区外と比べて魚群量指数が低まる月も認められること、が、挙げられた。

ここにおいて、(1)魚礁区内の集魚効果がどのような性質のものであるか、また、(2)どのような状況において、魚礁区内の集魚効果が高まるか、という問題が生じてくる。

そこで、前節1において季節変動の認められた月別魚群量指数合計値と、月別魚礁区内の集魚率(表1、 $100 \times$ 魚礁区内の魚群量指数 / (魚礁区内の魚群量指数 + 魚礁区外の魚群量指数))の相関を検討した(図9)。

この結果、本魚礁海域では全体の魚群量指数合計値が少ないほど魚礁区内の集魚率は高まるという逆相関が、0.737の高い寄与率で認められた。このため、(1)魚礁の集魚効果は資源全体量を増やすというよりもむしろ、海域の資源を密集させる性質が強いものであり、(2)本魚礁海域では全体の魚群量指数が少ないほど、魚礁区内において高い集魚効果を示すと推定された。

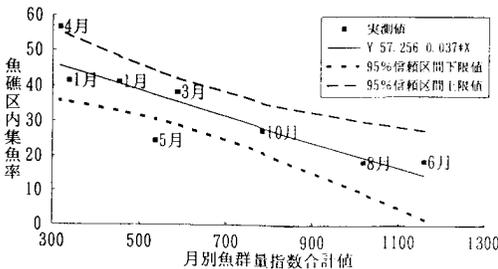


図9 月別魚群量指数合計値と魚群分布特性
($r = -0.859$, $r^2 = 0.737$)

表4 魚礁区における釣獲調査結果(上段:尾数,下段:尾叉長組成;cm)

魚種	92'11月	92'12月	93'5月	93'6月	93'8月	93'10月
カタクチイワシ			18		17	
ウルメイワシ			11.9~14.1		10.5~13.8	
サバ				59	12	10
				12.8~17.0	15.8~16.4	14.7~19.7
浮魚類出現率(%)	0	0	33	61	83	30
マアジ			19	20		
			13.0~16.2	12.5~17.5		
イサキ				5	5	4
				18.0~22.0		11.8~12.7
メバル					1	1
						17.3
カイワリ	1				1	
					20.7	
ネンブツダイ	8	13	5			9
スズメダイ		3	8	12		6
ペラ		1				
サクラダイ	1		5			3
			11.3~14.0			

5) 釣獲調査結果

釣獲調査は1994年1月以外の毎月実施した。この結果、魚探反応があるにも関わらず全く釣れない区画も多かったが、8カ月の調査で11種類の魚種が釣獲された(表4)。

この内、イワシ、サバ類といった浮魚類は、5~8月の春季~夏季にかけて多く釣れたが、サバは13~20cmの当歳魚が多かった。イワシ類は、カタクチイワシが主体で8月にはウルメイワシが同じ仕掛けに混獲された。また、夏場の特にカタクチイワシが多い際には、魚探上の中層および底層に大きく濃い反応として表れた。マアジはジンダサイズ(尾叉長:12.5~17.5cm)のものが、5、6月に多く、イサキ、メバルは夏季~秋季にかけて釣れたが、何れも個体数が少なかった。魚礁海域において頻繁にみられるネンブツダイ、サクラダイ、スズメダイといった魚種は、周年を通じて釣れた。

しかし、全魚種を通じて個体数が少なかったことおよび、さびき釣りという漁具の選択性を含んでいることから、この釣獲調査結果をもって本魚礁海域の全ての魚種組成を把握することは適当ではない。

そこで、本魚礁海域を利用している遊漁船(長井の三京丸)に対して聞き取り調査を行った。この結果、周年を通してアジやマダイ、アマダイ、イシガレイ、ヒラメ等が釣れ、季節によっては、マイカヤメトイカ(夏季)、ワカシやイナダ(秋季)、ウマヅラハギやオコゼ(冬季)なども多く釣れていたようである。

なお、三京丸は、同海域においてヒラメ等を対象とした刺網を操業する場合もあるが、魚礁ブロックを投入し

た際に崩れたと思われるブロックの断片に網が絡んで、破損する点が多い点、魚礁区内では特にグソクムシといった等脚類による食害が多い点を指摘された。

6) 季節的魚礁効果の構造

本魚礁海域における集魚効果を考察するにあたり、(1)表面水温、(2)魚種組成(浮魚類出現率)という2つの要素を検討した。

- (1) 表面水温は夏場に上昇する。
- (2) 表面水温の上昇に伴い、浮魚類が多く来遊する。そしてこの出現率は夏場にピークを迎える(表4、図10)。

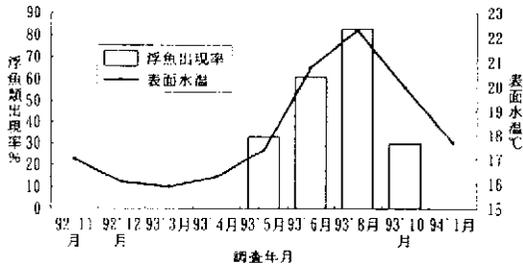


図10 表面水温の季節変化と浮魚類出現率

- (3) 浮魚類の来遊に伴い、夏場の合計魚群量指数はピークを迎える(図11)。

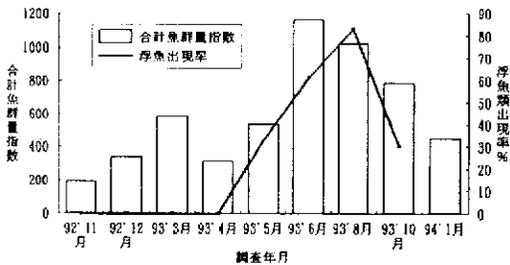


図11 浮魚類出現率と合計魚群量指数の月変化

- (4) しかし、浮魚類は魚礁区内だけでなく、日中は海域全体の中層から底層にかけて広く分布するため、夏季における魚礁区内の集魚効果は逆に低まってしま(図12)。結果として図9に示したような逆相関が認められた。

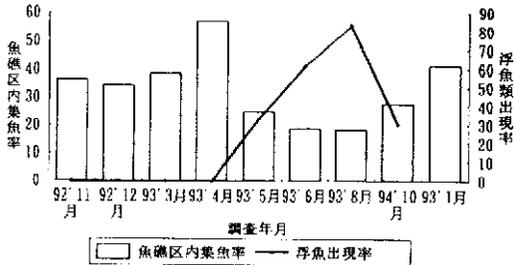


図12 浮魚類出現率と魚礁区内集魚率の季節変化

以上のような季節変化の中で、夏場の5、6、8月を除いては、魚礁区内に集魚効果が認められたが、これ迄述べた様に局在性が伴う小規模な効果である点、および、三京丸の話にあった様に、網漁具の利用に適さない点等を考慮すると、遊漁を主体とした釣漁法、若しくは、ウマヅラハギを対象とする掬い網の様な、極めて小規模な網漁具の利用に適した効果であるといえる。

ま と め

本魚礁海域では、水温の低まる11月～5月にかけては、全体の魚群量が低下するに伴い、魚礁区内の集魚効果が顕著に表れ、水温が上昇する夏季には、全体の魚群量は増加するが、魚礁区内の集魚効果は逆に低下する。この様な、全体の魚群量指数および、魚礁区内の集魚効果の季節変化の要因として、浮魚類の来遊に伴う外海からの資源の補給が考えられる。

即ち、水温が上昇し始める、6月から8月にかけて、カタクチイワシを主体として、ウルメイワシ、マサバ当歳魚等の浮魚類が多く来遊する。これによって全体の魚群量は、増加するわけであるが、浮魚類は日中、魚礁区内だけでなく海域全体の中層から底層にかけて広く分布する。結果として魚礁区内の集魚効果は低まってしま。これに対して、魚礁ブロックに対する滞留性が強い底層魚類が多く占める冬季は、魚礁区内の集魚効果は高まる。

この様な事実を反映して、全体の魚群量指数が低いほど魚礁区内の集魚効果は高まるという逆相関が認められた。従って、全体の魚群量が浮魚類の来遊に依存する部分が多いことから、人工魚礁の効果とは海域全体の資源量を増やすというよりは、少ない資源を集中させるものに他ならない。この点に関しては、魚群量指数の水平分布、および、頻度分布にも明瞭に表れた。また、魚礁区外および魚礁区内における魚群量指数の基礎統計量の内不偏分散の検定により、魚礁区内の集魚効果が高い場合には魚礁区内において魚群の局在性が強まる事が数値上でも確認された。

この様に、本調査では、魚探影像の解析対象を海底上10mまでの底層に限定し、魚礁海域における魚群分布特性を把握すると共に、その季節変動の構造を把握するに留まった。しかし、漁業者および遊漁者といった魚礁海域を利用する生産者を主体として考えた場合、魚礁の真の効果は生産効果にあるが、現状の調査方法では集魚効果の域を脱しない。来年度からは、魚礁ブロックと魚群をリンクする集魚効果の原因究明に努めると共に、生産効果に結びつくような、魚種確認の方法を検討していこうと考えている。

文 献

東海区水研(1975):「長井沖魚礁分布調査」,三洋水路株式会社

J.ブルチンスキー(1976):魚類資源量評価のためのソナーシステム使用法,見元孝一訳,青山恒雄監修,日本水産資源保護協会

池田 央(1989):統計ガイドブック,株式会社 新曜

社

稲垣正・三谷勇・柏俊行(1986):S P L I T - B E A M方式魚探による魚体T Sの現場計測

伊藤 嘉昭:(1963):動物生態学入門,形成新書,古今書院

加藤 増夫:(1975):魚探の効果的な使い方,水産新書,漁協経営センター出版部