

【研究論文】

北海道における漁獲試験結果に基づく魚礁性の定量化とその考察

山 内 繁 樹*1・横 山 善 勝*2
川 森 晃*3・櫻 井 泉*1

Quantification of the Reef Affinity Based on the Results of Fish Catch Experiments

Shigeki YAMAUCHI*1, Yoshikatsu YOKOYAMA*2,
Akira KAWAMORI*3 and Izumi SAKURAI*1

Abstract

The reef affinity defined as the degree that fish gather at fish reefs has not progressed beyond qualitative evaluations. So, quantitative evaluation is needed.

For this reason, indexation of the reef affinity was tested using the fish catch examination results of artificial reefs in comparison with areas without reefs. This fish catch examination was carried out 181 times in nine areas around the Hokkaido coast.

First, the existence the reef affinity of each species of fish was tested. Consequently, of 29 species of fish, 15 species were considered to show reef affinity at a statistically significant level.

Furthermore, a reef affinity index was defined. The reef affinity index is a numerical value reflecting the fish catch frequency and the number of individuals in a fish reef. And, the reef affinity index was computed for the 29 kinds of caught fishes.

As for the reef affinity index of flounders including barfin flounder or halibut, the tendency of ranking was accepted for this result. Moreover, the reef affinity of fishes other than the flounders including rock trout or Atka mackerel was classified into three groups.

As stated above, the reef affinity index is considered to be an effective index, in order to quantitatively evaluate the reef affinity of fishes.

1. はじめに

北海道において、コンクリート製の人工魚礁が本格的に設置されたのは、昭和30年から浅海増殖事業の一環である魚礁設置事業として実施されたり。

人工魚礁に関する効果調査もその頃から魚礁設置事業の一環として、魚礁設置適地調査とともに魚礁効果確認調査²⁾として報告されている。

以来、昭和33年度からの大型魚礁設置事業の実施、さらに、昭和51年度には魚礁設置事業が沿岸漁場整備開発

事業による公共事業としてその規模を飛躍的に拡大して実施されるに至ったこともあり、大型魚礁事業効果認定指定調査³⁾を始めとして、横山を中心に体系的かつ継続的な効果調査が昭和63年度まで実施されている。

調査は、魚礁設置事業実施地区での漁業者への聞き取りや漁獲報告、魚礁周辺の漁獲試験、魚礁の形状別の漁獲試験などが多岐にわたってなされている。

本州沿岸における魚礁全体にわたっての効果に対する解析検討は、柿元⁴⁾により漁獲試験や潜水観察の結果から詳細に報告されている。北海道における魚礁に関して

2005年12月19日受付, 2006年5月28日受理

キーワード: 人工魚礁, 魚礁性, 定量化

Key word: Artificial fish reef, Reef affinity, Quantification

*1 Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, 238 Hamanaka, Yoichi, Hokkaido, 046-8555 (北海道立中央水産試験場 〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町283)

*2 Former Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, 238 Hamanaka, Yoichi, Hokkaido, 046-8555 (元北海道立中央水産試験場 〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町283)

*3 Alpha Hydraulic Engineering Consultants Co. Ltd., 9-14, Hassamu, Nishi Sapporo, Hokkaido, 063-0829 ((株)アルファ水工コンサルタンツ 〒063-0829 北海道札幌市発寒9条14丁目)

は、横山の各調査年度における他地区との比較や経年的変化に対する観察や考察が在るほか、魚礁設置事業実施の資料とするため、昭和59年2月に魚礁効果解析報告書⁵⁾が北海道水産部の事業担当課の内部資料として作成され、その一部が1983年2月、山内⁶⁾により報告されているものの、平成元年以降、魚礁の体系的な効果調査及び解析検討は途切れている。

さらに、魚種の魚礁に増集する度合いである魚礁性⁴⁾については、魚礁と網集魚の位置関係に対する観察⁷⁾や魚礁区と対照区のCPUEの比などによって定性的に検討されている。

しかし、魚礁及びその周辺で存在することが多い魚礁性魚、魚礁から離れた範囲で存在することが多い非魚礁性魚の両極では顕著な差異によって、その判別は容易であるが、中間的な魚種ではその判別が難しく、ひいては魚礁性の範囲についての疑義を生じさせる。

そこで、北海道で過去に実施された人工魚礁に対する効果調査の結果や解析検討を再整理し、さらに統計解析を加え魚礁効果の全体に対する定量的な検討を試みた。本研究はこの第1報として、北海道が道内9地区で延べ181回(対)実施した魚礁区と対照区の比較漁獲試験結

果に統計解析を実施し、魚礁性についての定量的検討を行ったので報告する。

2. 資料及び解析方法

1) 資料

資料は、昭和37年度から昭和48年度にかけて北海道小樽、余市、伊達、室蘭、石狩、積丹、網走、釧路、標津の9地区で水産試験場や水産技術改良普及所及び市町村が実施した延べ181回の魚礁区と対照区の比較漁獲試験結果^{3), 8)~26)}を使用した。

各漁獲試験の概要を表-1に示した。

魚礁の設置水深は地区によって異なるが、20~50m前後に設置されている。対照区は、魚礁区から海岸線沿い或いは岸側に1000~6000mの平坦域に設定されている。底質は砂質または砂礫質である。

漁具は地区によって異なるが各地区とも魚礁区、対照区の対となる漁獲試験は同一の漁具及び規模で実施しており、主として利用されている漁具は刺網である。

刺網の滞水時間は各漁獲試験とも概ね24時間である。

漁獲試験の時期と回数は各地区や調査年度により異なるが、年間4~14回である。

表-1 魚礁区・対照区の比較漁獲試験実施概要

資料番号	年月日	場所	水深・底質	対照区的位置	漁具(各位置)	調査回数
1	'63. 6. 5~6.13	小樽, 余市	不明	西方3000m	三枚網5反, 刺網5反	7
2	'62. 7.*~'63. 3.*	伊達町沖	30~31m, 砂質	北北西3000m	三枚網10反, 刺網10反	8
3	'63. 6.*~'64. 2.*	伊達町沖	30~31m, 砂質	北北西3000m	三枚網10反, 刺網10反	8
4	'64. 6.*~'65. 2.*	伊達町沖	30~31m, 砂質	北北西3000m	三枚網10反, 刺網10反	8
5	'63.12.*~'64. 3.*	余市町沖	53m, 砂質	北東3000m	三枚網10反, 刺網10反	4
6	'64. 7.*~'65. 3.*	余市町沖	53m, 砂質	北東3000m	三枚網10反, 刺網10反	6
7	'65. 8.*~'66. 3.*	余市町沖	53m, 砂質	北東3000m	三枚網10反, 刺網10反	6
8	'65. 5.15~'65.10.13	石狩町沖	22m, 砂質	北東約2000m	三枚網6反, 刺網10反	9
9	'65. 6.*~'66. 3.*	積丹沖	不明	南東1000m	のべ縄5鉢, 三枚網6反, 一本釣り	9
10	'66. 6.11~'66.10.29	石狩町沖	22m, 砂質	北東約2000m	三枚網3反, 刺網10反	9
11	'66. 5.*~'67. 2.*	積丹町沖	貝殻混じり砂質	南西1500m	延縄10鉢, 刺網5反	9
12	'66. 5.*~'67. 2.*	室蘭市沖	不明	魚礁外	刺網20反	6
13	'67. 7.*~'68. 3.*	余市町沖	53m, 砂質	南西(岸側) 6000m, 45m	刺網15反	7
14	'67. 6.28~'67. 9. 8	網走市沖	40m,	岸側1500m	刺網10反	4
15	'68. 4. 1~'69. 3.31	余市沖	53m, 砂質	南西(岸側) 6000m	刺網15反	14
16	'68. 7.16~'69. 3.25	釧路市沖	50m, 砂泥	北東(岸側) 4500m, 30m	刺網15反	10
17	'68. 8. 1~'68.12.28	網走市沖	不明	岸側1000m	刺網10反	8
18	'69. 5. 6~'70. 3.22	余市沖	53m, 砂質	南西(岸側) 6000m	刺網15反	10
19	'70. 7. 3~'71. 3.19	余市沖	53m, 砂質	南西(岸側) 6000m	刺網15反	7
20	'70. 7.22~'71. 3.26	釧路市沖	50m, 砂泥	北東(岸側) 4500m, 30m	刺網15反	10
21	'72. 1.10~'72. 3.25	余市沖	53m, 砂質	南西(岸側) 6000m	刺網15反	6
22	'72. 7. 6~'73. 2.15	釧路市沖	50m, 砂泥	北東(岸側) 4500m, 30m	刺網10反	10
23	'73. 5.28~'73.12.16	標津町沖	48m 不明	南, 距離不明	刺網15反	6

2) 解析

(1) 魚礁性の検定

魚礁性の有無にかかわらず、魚類は魚礁区にも対照区にも存在し、比較漁獲試験においては何れからも漁獲される可能性がある。

これを前提として、漁獲に反映される魚種の魚礁性を対照区(平坦区)に比較して魚礁区の漁獲尾数が多くなる頻度が高くなることと仮定し、これが統計的に有意と認められる魚種を解析検討した。

解析検討は、「魚礁区と対照区に漁獲尾数に相違はない」とする帰無仮説を設定し、二項確率による棄却検定により行った。棄却の危険率は、漁獲自体に変動の大きさを許容する認識の前提があるものとして、10%とした。

検定は次の手順により行った。各1対の比較漁獲試験の魚種ごとに魚礁区での漁獲尾数を Y_r 、対照区での漁獲尾数を Y_c とし、

$$\begin{aligned} Y_r > Y_c & \text{ の場合 } + \\ Y_r < Y_c & \text{ の場合 } - \\ Y_r = Y_c & \text{ の場合 } 0 \end{aligned}$$

とした。

なお、対象となる事象は少なくとも魚礁区、対照区のいずれかに漁獲が発生した場合のみとし、($Y_r=0$, $Y_c=0$) の場合は解析の対象外とした。

漁獲試験の各結果は魚礁区と対照区が対になっているので、1回毎の漁獲が魚礁で多くなる起生確率は $p = \frac{1}{2}$ となり、二項分布するとして解析した。

データ数(漁獲試験回数) n の内、「+」が r 回以上起生する場合の確率 Q を、 $(r-1)$ 回以下となる二項累積確率

$$B = \sum_{i=0}^{r-1} b(i; n, p) \text{ を求めた後、}$$

$$Q = 1 - B \text{ として求めた。}$$

各漁獲試験での魚種区分については統一されておらず、漁獲資料により区分が異なる。このため、種名が区分されているものの他、類として一括区分されているものについては、その他カレイ類などとして一括検定を行った。

従って、類で区分されているものの中には種として区分されているものが含まれている。区分された魚種が類に重複計上されているものはない。

(2) 魚礁依存指数と魚礁依存頻度

比較漁獲試験による漁獲尾数から得られる魚礁性に関する因子の情報は、対照区との比較による魚礁区での漁獲量、言い換えれば魚礁への量的依存と、魚礁区で漁獲量が多くなる頻度である。

これを定量的に明らかにするため、各魚種の魚礁に対する依存の大きさを魚礁依存指数 S 、漁獲頻度の大きさ

を魚礁依存頻度 P として設定した。

魚礁依存指数 S は次によるものとした。

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n} \quad \text{但し、} s_i = \frac{Y_{r_i} - Y_{c_i}}{Y_{r_i} + Y_{c_i}} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

S は、 $1 \geq S \geq -1$ の範囲で変化し、 $S=0$ の場合、魚礁区と対照区での漁獲尾数は等しく、魚礁、平坦地での依存の偏りはない。

$S > 0$ の場合、魚種の魚礁への依存が大きく、 $S < 0$ の場合、対照区つまり平坦地への依存が大きいことを示す。

魚礁依存頻度 P は各魚種について、 $Y_r > Y_c$ となる起生確率とし、次により求めた。

$$P = \frac{r}{n} \quad r; Y_r > Y_c \text{ となる回数} \\ n; \text{ データ数}$$

さらに、 P の区間推定値を次により求めた。

$n \geq 30$ の場合 (n が大きいとき二項分布は正規分布に近似できる)

$$\begin{aligned} \frac{r}{n} - z \left(\frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{\frac{\frac{r}{n} - \left(1 - \frac{r}{n}\right)}{n}} \leq P \leq \frac{r}{n} \\ + z \left(\frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{\frac{\frac{r}{n} - \left(1 - \frac{r}{n}\right)}{n}} \end{aligned}$$

但し、推定の信頼区間 $(1-\alpha)$ は95%で、正規分布の α パーセント点の値 $z \left(\frac{\alpha}{2} \right) = 1.96$ である。

$n \leq 30$ の場合

$$\frac{d_2}{d_1 F(d_1, d_2) \left(\frac{\alpha}{2} \right) + d_2} \leq P \leq \frac{e_1 F(e_1, e_2) \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{e_1 F(e_1, e_2) \left(\frac{\alpha}{2} \right) + e_2}$$

但し、 $F(d_1, d_2)$ は自由度 (d_1, d_2) の F 分布 $\left(\frac{\alpha}{2} \right)$ パーセント点である。

なお、

$$\begin{aligned} \alpha = 0.05, \quad d_1 = 2(n-r+1), \quad d_2 = 2r \\ e_1 = 2(r+1), \quad e_2 = 2(n-r) \end{aligned}$$

である。

魚礁依存頻度 P は0.5を超える場合、魚礁区での漁獲頻度が多いことを示し、0.5未満の場合、魚礁区での漁獲頻度が少ないことを表す。

(3) 魚礁性指数

魚礁性について統一した指標により魚礁と魚種との関係を検討するため、次により魚礁性指数を設定した。

魚礁区、対照区の比較漁獲試験に反映される魚礁性は魚礁区での1回あたりの漁獲が多く、多く漁獲される頻度が高くなることと考えることが出来る。

このため、各魚種の魚礁依存指数 S と魚礁依存頻度 P から成る座標平面上において、点 $(0, 0.5)$ から各魚種の座標 (S, P) までのベクトルの大きさを魚礁性指数 G とした。

さらに、魚礁性、非魚礁性の方向を示すため魚礁性指数 G は次により求めた。

$$G = \frac{S}{\cos \theta}$$

ただし、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{P'}{S} = P - 0.5 \quad P' = P - 0.5$$

とした。

P' は座標 (0, 0) を原点として 0.5 ~ -0.5 の間を変動し、魚礁依存頻度が最大となる場合 $P' = 0.5$ 、最小の場合 $P' = -0.5$ 、魚礁区と対照区が同等の場合 $P' = 0$ である。

3. 結果及び考察

1) 魚礁性の検定

29 魚種の検定結果を表-2 に示した。

ここでは魚礁区、対照区の何れか、或いは双方で 8 回以上漁獲された魚種、即ち、データ数が 8 件以上ある 29 魚種について検定を行った。

危険率 10% で、魚礁性を持つことが有意と認められたのはアイナメ、ソイ類、エゾメバル、ホッケ、マダラ、トゲカジカ、オクカジカ、オヒョウ、ヒレグロ、マツカワ、タコ類、ハナサキガニであった。

ヒラメ・カレイ類ではオヒョウ、ヒレグロ、マツカワに有意性が認められ、その他のカレイ類及びヒラメには認められなかった。

漁獲試験の資料ではオヒョウ、ヒレグロ、マツカワは北海道の太平洋側 (オヒョウについては一部、標津沖を含む) のみで漁獲されている。

さらに、その殆どが日本海側で漁獲され一部網走でも漁獲されているナメタガレイは、ヒレグロの地方名であるが、有意性は認められなかった。

このことは、同魚種でも海域により魚礁性が異なることをしめすものではなく、ナメタガレイの名称で主に漁獲された日本海海域 (日本海 17 件、網走 5 件) と、ヒレグロとして漁獲された太平洋海域での魚礁に対する漁具の設置法の違いとして検討する必要があるものとする。

ヒラメ・カレイ類は、主に海底を移動するため、魚礁上にある刺網には羅網しづらく、海底面にある刺網には羅網しやすい。

魚礁での網漁具の設置は漁具の損耗を防ぐため、魚礁直上での設置を避けることが一般的であるが、日本海側海域における漁獲試験を実施した横山²⁶⁾ は「漁具は魚礁の中心部から」或いは「魚礁の中心を通るように」など魚礁に接する漁具の配置を意識している。

一方、太平洋側海域の漁獲試験を実施した桶作他や寺井の設置に関する表現は「魚礁を中心とした区域」或いは「魚礁地及び対照地」などとしていること、「人工魚礁の効果調査」に参加した高丸²⁹⁾ からの聞き取り (私

表-2 魚種の魚礁性検定結果

魚種	データ数 n	「+」の発生数 r	「-」の発生数 c	「+」の発生回数 r 以上となる確率 Q	魚礁性に対する有意性 (危険率 10%)
アイナメ	130	121	2	0.00	○
ソイ類	102	95	5	0.00	○
エゾメバル	50	45	5	0.00	○
ホッケ	60	49	9	0.00	○
カジカ類	126	86	37	0.00	○
タコ	37	29	4	0.00	○
オクカジカ	30	24	5	0.00	○
マダラ	16	13	2	0.01	○
ハナサキガニ	14	11	2	0.03	○
トゲカジカ	8	7	1	0.04	○
フサギンボ	10	7	3	0.17	×
ケガニ	19	11	5	0.32	×
その他のカニ	10	4	5	0.83	×
アブラゾノザメ他	13	5	7	0.87	×
ケムシカジカ	16	6	10	0.90	×
ナガスカ	18	6	11	0.95	×
カナガシラ	25	5	14	1.00	×
オヒョウ	20	15	5	0.02	○
ヒレグロ	12	9	3	0.07	○
マツカワ	9	7	0	0.09	○
ヒラメ	50	27	21	0.34	×
ソウハチガレイ	110	57	48	0.39	×
その他カレイ類	75	39	34	0.41	×
マガレイ	129	66	52	0.43	×
アカガレイ	18	9	8	0.59	×
クロガシラガレイ	35	15	18	0.85	×
ナメタガレイ (ヒレグロ地方名)	22	9	11	0.86	×
アサバガレイ	25	10	15	0.89	×
スナガレイ	92	40	50	0.91	×

注) ナメタガレイについては主として日本海で漁獲されており、ヒレグロの日本海側の地方名と思われるが一部 (5 件) 網走でも漁獲されており漁獲資料の表記に従った。

なお、ヒレグロと表記された漁獲資料は釧路 (太平洋側) のみである。

信) においても特に太平洋やオホーツク海等の広く平坦な海域では、漁具は魚礁を避けて設置されていると認識を示すことから、漁具は魚礁の周辺に設置されたものと考えられる。

設置法が異なることを前提としてカレイ類について、太平洋・オホーツク海域 (室蘭市、釧路、網走、標津) の資料を分離して検定を行った結果を表-3 に示した。

これによれば、マガレイ、ソウハチガレイ、その他カレイ類にも魚礁性が有意と認められ、スナガレイ、クロガシラガレイ、アサバガレイには認められなかった。

さらに、後者の3種については表-4に示すとおり日本海海域(小樽, 余市, 石狩)のみの資料においても有意性は認められなかった。

なお、ヒラメは当該海域での漁獲がなく、アカガレイについてはデータ数が5件と少ないため太平洋・オホーツク海域での魚種による検定の資料としなかった。

表-3 太平洋・オホーツク海域のカレイ類に関する魚礁性の検定

魚種	データ数 n	「+」の発生数 r	「-」の発生数 c	「+」の発生回数 r 以上となる確率 Q	魚礁性に対する有意性(危険率10%)
ソウハチガレイ	42	35	6	0.00	○
マガレイ	39	26	9	0.03	○
その他カレイ類	16	12	4	0.04	○
スナガレイ	28	17	11	0.17	×
アサバガレイ	18	10	8	0.41	×
クロガシラガレイ	8	2	6	0.97	×

表-4 日本海海域のカレイ類に関する魚礁性の検定

魚種	データ数 n	「+」の発生数 r	「-」の発生数 c	「+」の発生回数 r 以上となる確率 Q	魚礁性に対する有意性(危険率10%)
スナガレイ	64	23	39	0.99	×
アサバガレイ	7	12	7	0.99	×
クロガシラガレイ	27	13	12	0.65	×

表-5 魚種の魚礁依存率 S と魚礁依存頻度 P (カレイ類以外)

魚種	データ数	危険率10%での増集に対する有意性	魚礁依存率の平均値 S	魚礁依存頻度の平均値 P	P の区間推定値	
					上限値 $\geq P \geq$ 下限値	
ソイ類	102	○	0.80	0.93	0.98	0.88
エゾメバル	50	○	0.78	0.90	0.98	0.82
アイナメ	130	○	0.77	0.93	0.97	0.67
タコ	37	○	0.63	0.76	0.92	0.65
マダラ	16	○	0.60	0.81	0.94	0.57
ホッケ	60	○	0.58	0.82	0.92	0.72
ハナサキガニ	14	○	0.54	0.79	0.93	0.53
トゲカジカ	8	○	0.52	0.88	0.96	0.53
フサギンボ	10	×	0.40	0.70	0.90	0.42
オクカジカ	30	○	0.36	0.80	0.94	0.66
ケガニ	19	×	0.28	0.58	0.83	0.34
カジカ類	126	○	0.19	0.65	0.73	0.57
ケムシカジカ	16	×	-0.10	0.38	0.70	0.18
アブラソノザメ	13	×	-0.12	0.39	0.71	0.19
カナガシラ	25	×	-0.17	0.20	0.50	0.09
その他のカニ	10	×	-0.17	0.40	0.73	0.19
ナガズカ	18	×	-0.33	0.33	0.66	0.16

この検定結果は、魚礁性に対する統計的有意性の判定だけでなく、漁具の設置が魚礁直上或いは周辺の違いにより有意性の判定に変化が生じることを示唆している。このことは、魚礁の効果は魚礁内だけではなく、その周辺にも波及し、その範囲内で各魚種は魚礁性に応じた分布形態をとることを同時に示すと考えられる。

2) 魚礁依存指数と魚礁依存頻度

各魚種の魚礁依存指数と魚礁依存頻度を表-5に示した。魚礁依存指数 S が0、魚礁依存頻度 P が0.5の時、魚礁区と対照区に差がないことを示している。

この結果によれば、ヒラメ・カレイ類を除いた魚種で、魚礁依存指数の高い魚種はソイ類、エゾメバル、アイナメである。これらは、柿元⁴⁾が指摘する魚礁性が強い魚種と一致する。ただし、魚礁依存頻度は魚礁依存指数と傾向的には一致するものの、大きさの順位は必ずしも一致しない。

柿元が魚礁性の判断に用いた魚礁区と対照区のCPUE比率の順位(表-6)より、魚礁性が極めて強いとされた魚種はマダイ・チダイ(タイ類)までである。

このCPUE比率の順位から、魚礁依存指数及び魚礁依

表-6 魚礁区(A)と対照区(F)の底刺網漁獲物の比較(柿元, 1967)

種	CPUE		比率 (A/F)	組成 (%)	
	(A)	(F)		(A)	(F)
カジカ	0.06	0.00	—	1.4	0.0
シマソイ	0.03	0.00	—	0.7	0.0
クロソイ	0.64	0.02	27.72	15.4	1.0
アイナメ	0.17	0.01	18.73	4.2	0.4
ウマズラハギ	1.49	0.31	4.86	35.7	13.2
マダイ・チダイ	0.10	0.03	3.75	2.5	1.2
マダコ	0.03	0.01	3.75	0.8	0.4
カナガシラ	0.06	0.02	2.50	1.4	1.0
ヒラメ	0.52	0.36	1.44	12.5	15.6
ヒゲソリダイ	0.05	0.04	1.25	1.1	1.6
ホシザメ	0.10	0.08	1.25	2.4	3.4
カタクチイワシ・アジ・マサバ	0.09	0.07	1.17	2.1	3.2
カレイ類	0.32	0.32	1.00	7.6	13.8
イシモチ	0.13	0.14	0.89	3.1	6.2
エイ	0.09	0.15	0.57	2.1	6.6
その他	0.06	0.11	0.54	1.4	4.6
アンコウ	0.07	0.13	0.54	1.7	5.6
サバフグ	0.03	0.06	0.52	0.7	2.4
アマダイ	0.02	0.04	0.47	0.4	1.6
ミシマオコゼ	0.06	0.19	0.33	1.5	8.4
ホウボウ	0.03	0.11	0.33	0.8	4.6
ガザミ	0.02	0.12	0.14	0.4	5.2
計	4.16	2.31	1.80	100.0	100.0

A: 魚礁区(有効網数173反) F: 対照区(有効網数: 216反)

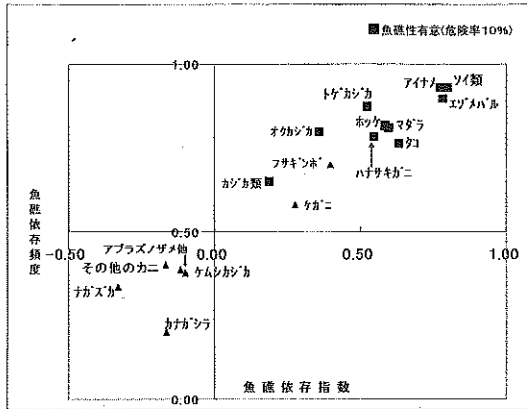


図-1 魚礁依存指数 S ・魚礁依存頻度 P の散布図 (ヒラメ・カレイ類以外)

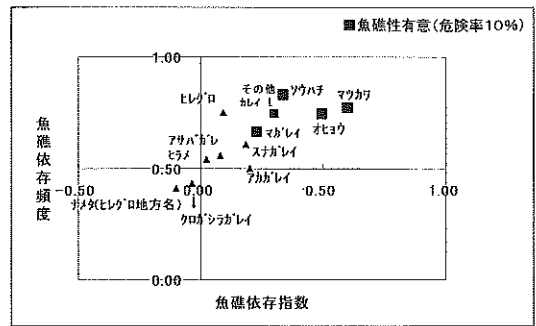


図-2 魚礁依存指数 S ・魚礁依存頻度 P (ヒラメ・カレイ類)

存頻度の魚礁性が強いと言える程度を推定すると、CPUE比率による魚礁性の強さがマダイ・チダイの直近下位にあり、北海道での漁獲試験と共通する魚種（タコ類）との対応から魚礁依存指数が0.63以上、魚礁依存頻度が0.76以上とすることができる。

魚礁依存指数、魚礁依存頻度は魚礁性の強さの順位付けが可能であるが、対照区との比較指標であり中間的な魚種に関する魚礁性の有無の区分については判別が困難である。

図-1はヒラメ・カレイ類以外の魚種について、魚礁依存指数と魚礁依存頻度との関係を示したものである。

四角の点は魚礁性が危険率10%の検定で有意と認められた魚種、三角は検定では有意とならなかった魚種であるが、散布図上では魚礁性の評価が伺える。

これによれば、各魚種の散布はグラフの $S=0$ 、 $P=0.5$ を座標軸としたときの第1象限の魚礁依存指数が0.2以上のグループと第3象限の魚礁依存指数が-0.1以下のグループに分離され、魚礁性（プラス方向）と非魚礁性（マイナス方向）が区分されたものと考えられる。

ソイ類やアイナメを含む第1象限の魚種グループを魚礁性魚種とすれば、魚礁性魚種は魚礁依存頻度と魚礁依存指数を相関 ($R=0.87$) させながら魚礁性のプラス方向での強弱を示す。

この検討からは、検定（危険率10%）では魚礁性を認められなかったケガニ、フサギンボも魚礁性魚種に属するものの、比較的魚礁性の弱い魚種として判定できる。

ヒラメ・カレイ類に関しては、全道の漁獲尾数と太平洋・オホーツク海域の漁獲の2通りについて、魚礁依存指数と魚礁依存頻度を算出した（表-7）。

また、図-2は、ヒラメ・カレイ類について魚礁依存度と魚礁依存頻度の関係を示したものであるが、資料は表-7の太平洋・オホーツク海域の漁獲試験において漁獲されたカレイ類を基本とし、太平洋・オホーツク海域

表-7 魚種の魚礁依存指数 S と魚礁依存頻度 P (カレイ類)

魚種	データ数	危険率10%での魚礁指数の平均値に対する有意性	魚礁依存		P の区間推定値	
			平均値 S	頻度 P	上限値 $\geq P \geq$	下限値
マツカワ	9	○	0.60	0.78	0.93	0.49
オヒョウ	20	○	0.49	0.75	0.91	0.51
(太・オ) ソウハチガレイ	42	○	0.33	0.83	0.95	0.72
ソウハチガレイ	110	×	0.02	0.52	0.61	0.43
(太・オ) マガレイ	39	○	0.23	0.67	0.82	0.52
マガレイ	129	×	0.05	0.51	0.60	0.43
アカガレイ	18	×	0.20	0.50	0.77	0.27
(太・オ) スナガレイ	28	×	0.18	0.61	0.79	0.41
スナガレイ	92	×	-0.12	0.44	0.54	0.33
ヒレグロ	12	○	0.09	0.75	0.92	0.48
ナメタガレイ (ヒレグロ地方名)	22	×	-0.10	0.41	0.72	0.21
(太・オ) アサバガレイ	18	×	0.08	0.56	0.82	0.32
アサバガレイ	25	×	-0.20	0.40	0.71	0.21
(太・オ) その他カレイ類	16	○	0.3	0.75	0.93	0.48
その他カレイ類	75	×	0.05	0.52	0.63	0.41
ヒラメ	50	×	0.03	0.54	0.68	0.40
クロガシガラレイ	35	×	-0.04	0.43	0.59	0.27
(太・オ) クロガシガラレイ	8	×	-0.43	0.25	0.65	0.03

注1) 表中(太・オ)を冠した魚種は太平洋・オホーツク海域で漁獲されたものであることを示す。

注2) ナメタガレイについては主として日本海で漁獲されており、ヒレグロの日本海側の地方名と思われるが一部(5件)網走でも漁獲されており漁獲資料の表記に従った。

なお、ヒレグロと表記された漁獲資料は釧路(太平洋側)のみである。

で採取されなかったものについては全道漁獲の計算結果による。

これによれば、ヒラメ・カレイ類については、魚礁性魚と非魚礁性魚の明確な区分は認められず、魚礁に対する魚種による連続的な性向の変化が認められる。

これは、ヒラメ・カレイ類の全てに魚礁周辺に存在す

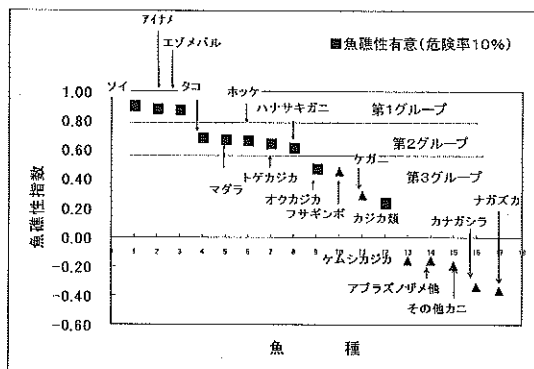


図-3 魚礁性指数 (ヒラメ・カレイ類以外の魚種)

る要因 (例えば餌料環境など) に対して増集する性質があり、その性質の強弱あるいは要因に対する競争力の優劣が、見かけ上、魚礁性の程度を決定づけるためと考えられる。

3) 魚礁性指数

各魚種の魚礁性指数を高い順に並べたものが図-3及び図-4である。図-3はカレイ類以外の魚種、図-4はヒラメ・カレイ類について示したものである。

図-3のカレイ以外の魚種について見れば、魚礁依存指数と魚礁依存頻度の検討において、魚礁性魚種として分離された魚種間で、さらに以下の3つのグループに区別できることが分かる。

第1グループ：魚礁性指数の最も高い魚種

ソイ類、アイナメ、エゾメバル、

第2グループ：魚礁性指数が中位の魚種

タコ、マダラ、ホッケ、トゲカジカ、ハナサキガニ、

第3グループ：魚礁性が比較的低いと同時に魚種により指数の順位が明確に現れる魚種

オクカジカ、フサギンボ、ケガニ、カジカ類 (その他のカジカ)

この区分は、魚種構成から人工魚礁漁場造成計画指針²⁷⁾に示された魚礁近傍における魚群分布様式のうち、I型、II型、IV型に相当するものと考えられる。

なお、I型については、魚礁に体の大部分、もしくは一部を接触させている種で、アイナメ、カサゴ、クジメ、オコゼ、マダコ等、II型については、体を魚礁に接触させることは少ないが、魚礁に極めて近い所に位置する種で、マダイ、チダイ、イシダイ、メバル、クロソイ、イサキ、メジナ等、IV型については、主として魚礁周辺の海底に位置する種で、ヒラメ、カレイ類、アマダイ、シロギス、カジカ等が該当する。

魚礁性指数による区分は、アイナメとソイ類が同じグループに属することに見られるように、必ずしも人工魚礁造成計画指針に示された区分と一致しない。

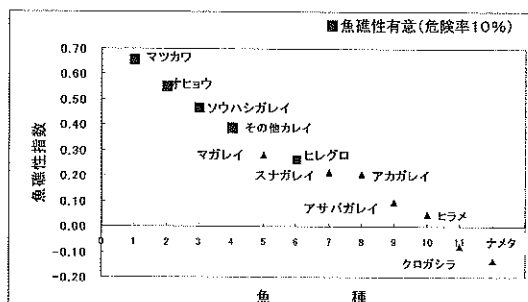


図-4 魚礁性指数 (ヒラメ・カレイ類)

この差異は、上記指針の区分が魚礁近傍における魚群分布を視覚等により静止的に捉えたものであるのに対し、漁獲試験結果に基づく魚礁性指数は魚群分布と共に漁獲されるに至った魚種の魚礁における行動パターンが反映されていることによるものと推察される。

なお、本資料に上記指針で示されたIII型に相当する主として魚礁から離れた中層に位置するとされるブリ類、カツオ類、アジ類、サバ類、シイラ等の魚種が出現しないのは、使用した漁具や漁法或いは地域による出現魚種の違いによるものと考えられる。

ヒラメ・カレイ類の魚礁性指数からは、魚礁性、非魚礁性を区分できる分布の明確な分離はみられず、魚礁性から非魚礁性或いは弱魚礁性と思われる範囲までの連続的变化を見ることが出来る。

この連続的变化は、ヒラメ・カレイ類以外の魚種の第3グループと同様の傾向と考えることができる。

さらに、カレイ類は魚礁直上に漁具を設置する日本海側では魚礁で漁獲されづらいとすれば、表-7に示す(太・オ)クロガシラは資料が少ないながら全道のクロガシラより魚礁依存指数或いは魚礁依存頻度が小さい傾向を示すことから、他のカレイ類とは異なり魚礁周辺ではなく魚礁上での行動を反映している可能性も考えられる。

4. 結 論

ヒラメ・カレイ類を除く魚種の魚礁依存指数と魚礁依存頻度の関係の検討 (図-1) では、差異の判別が難しい中間的な魚種の魚礁性が判別できたものと考えられる。

魚礁性魚種として区分された魚種の内、検定により魚礁性が有意と認められなかったのはケガニとフサギンボであるが、魚礁性の低い位置にあるカジカ類が有意と認められることから、有意性が認められなかったのはデータ数が少ないためと判断できる。このことから、ヒラメ・カレイ類以外に関して、魚礁性を有する魚種は、図-1において魚礁依存指数 S が 0 以上、魚礁漁獲頻度 P が 0.5 以上でグループを形成する魚種と考えることができる。

さらに、魚礁性魚種は図-3に示す魚礁性指数の分布から3グループに区分されるが、①第1グループと第2グループに包含される各々の魚種間の魚礁性指数が近似すること、②第3グループの魚種間における魚礁性指数が序列化する傾向にあることから、次の3点の可能性を指摘できる。

- ア. 第1, 第2グループは魚礁の中底層或いは底層において立体的に分布するため、収容空間が広く、魚種間に魚礁性指数の序列化が発生しないこと
- イ. 第3グループ及びヒラメ・カレイ類については、底生性の魚類が中心であるため、着底面での競合による序列が生じること
- ウ. 第1, 第2グループは魚礁の存在を生活の基盤とする魚礁性を有するに対して、第3グループは環境変動や競合種の存在に応じて日和見的に魚礁性(魚礁性指数)を変化させていること
- エ. 魚礁性・非魚礁性に対する中間的な性質の存在は日和見的な魚礁性の結果であること

5. おわりに

本報告では、漁獲試験結果から魚種の魚礁性を定量化することが可能であることを示すと共に、魚種による魚礁性指数の変化に特徴があることを示すことができた。

さらに、魚礁依存指数、魚礁依存頻度は魚種の魚礁性が魚礁周辺における量に依るものか、移動によるものかの質を示す指標として捉えることができ、この質を反映する魚礁指数の表現形式を期待できる。

このことは、魚礁の形状を数値化し、魚礁性との関係を検討できる可能性を示唆しているものと考ええる。

さらに、魚礁性に関するヒラメ・カレイ類とそれ以外の魚種との差異は、魚礁の魚種別機能を高めるなどの手法開発に応用できるものと考ええる。

参考文献

- 1) 北海道：魚礁設置事業、昭和31年度浅海増殖事業(効果調査)報告書、pp.47-50, 1957.
- 2) 川合豊太郎・横山善勝：魚礁設置事業、魚礁効果確認調査、昭和31年度浅海増殖事業(効果調査)報告書、pp.58-90, 1957.
- 3) 横山善勝：伊達及び余市沖合魚礁における漁獲量及び魚体調査、昭和37~39年度大型魚礁設置事業・漁場改良造成事業(並型魚礁)効果調査効果調査報告書、北海道、pp.41-135, 1966.
- 4) 柿元 皓：人工魚礁の生物学的機能解析に関する研究、水産工学, 35, pp.1-7, 1998.
- 5) 北海道：昭和58年度魚礁効果解析調査報告書、コピー、1983.
- 6) 山内繁樹：北海道における魚礁効果の検討事例について、水産土木20(1), pp.75-82, 1983.
- 7) 魚礁総合研究会：人工魚礁の理論と実際(I)基礎編、水産増殖叢書26, 日本水産保護協会、pp.11-14.
- 8) 井上直一・鈴木梅二他：大型魚礁における潜水観察及び生物調査、昭和37~39年度大型魚礁設置事業・漁場改良造成事業(並型魚礁)効果調査効果調査報告書、北海道、pp.1-39, 1966.
- 9) 横山善勝：人工魚礁の効果調査、大型魚礁における漁獲調査 余市町沖、昭和40年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置効果調査報告書、北海道、pp.73-82, 1966.
- 10) 花田 正：人工魚礁の効果調査、並型魚礁における漁獲調査 石狩町沖、昭和40年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置効果調査報告書、北海道、pp.97-106, 1966.
- 11) 永井孝季：人工魚礁の人工魚礁の効果調査、並型魚礁における漁獲調査 積丹町沖、昭和40年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置効果調査報告書、北海道、pp.107-113, 1966.
- 12) 金田方夫：人工魚礁の人工魚礁の効果調査、並型魚礁における漁獲調査 石狩町沖、昭和41年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置効果調査報告書、北海道、pp.141-148, 1967.
- 13) 永井孝季：人工魚礁の人工魚礁の効果調査、並型魚礁における漁獲調査 積丹町沖、昭和41年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置効果調査報告書、北海道、pp.149-155, 1967.
- 14) 成田正則：人工魚礁の効果調査、並型魚礁における漁獲調査 室蘭市沖、昭和41年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置効果調査報告書、北海道、pp.157-164, 1967.
- 15) 横山善勝：人工魚礁の効果調査 余市町沖、昭和42年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.117-142, 1968.
- 16) 桶作博之・小原昭雄・柳田克彦：人工魚礁の効果調査 網走市沖、昭和42年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.169-177, 1968.
- 17) 吉米地洋文・三上正一・辻 敏他：人工魚礁の効果調査 後志北部海域、昭和43年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.117-174, 1969.
- 18) 寺井勝治・尾身東美：人工魚礁の効果調査 釧路市沖、昭和43年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.187-203, 1969.
- 19) 桶作博之・小原昭雄・柳田克彦・菊池和夫：人工魚礁の効果調査 網走市沖、昭和43年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.205-211, 1969.
- 20) 吉米地洋文・三上正一・辻 敏他：人工魚礁の効果調査 北後志海域沖、昭和44年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.129-191, 1970.
- 21) 横山善勝・田中富重・山下 豊・高 昭広：人工魚礁の効果調査 北後志海域沖、昭和45年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書、北海道、pp.3-30, 1971.
- 22) 寺井勝治：人工魚礁の効果調査 釧路市沖、昭和

- 45年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書, 北海道, pp.43-53, 1971.
- 23) 横山善勝: 人工魚礁の効果調査 北後志海域沖. 昭和46年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書, 北海道, pp.5-21, 1973.
- 24) 寺井勝治: 人工魚礁の効果調査 釧路市沖. 昭和47年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書, 北海道, pp.63-72, 1974.
- 25) 寺井勝治・高丸礼好: 人工魚礁の効果調査 標津沖. 昭和48年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書, 北海道, pp.45-55, 1975.
- 26) 横山善勝: 人工魚礁の効果調査 北後志海域沖合. 昭和47年度漁場改良造成事業・大型魚礁設置事業効果調査報告書, 北海道, pp.1-27, 1974.
- 27) 沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針編集委員会: 沿岸漁場整備開発事業 人工魚礁漁場造成計画指針, 平成12年度版, 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会, pp.28-29, 2000.