

人工礁周辺における底魚類と浮魚類の分布と捕食—被捕食関係からみた集魚機構の解明

東北区水産研究所八戸支所底魚資源研究室

北川大二*・藤田敏彦・石戸芳男・稲田伊史

共同調査機関：岩手県水産試験場

調査実施年度：平成2～4年度

はじめに

人工魚礁に集まる魚類は数多く知られており、それぞれ特有の行動生態を示すが、魚礁に対する定位の仕方は大きく分けて、魚礁に体を接触させるもの、魚礁の周囲を遊泳するもの、および魚礁から離れて表・中層を遊泳するものの3タイプに分類されている^{1,2)}。魚類資源を理解する上で群集レベルでの研究の重要性が指摘されているが³⁾、従来の人工魚礁の調査研究では個々の魚種を対象にしたものや、1つのタイプのみを対象にしたものが多く、人工魚礁周辺に集まる異なるタイプの魚類間の相互関係を対象にした調査研究は少ない。

平成元年度までの研究の結果⁴⁾、岩手県大釜崎地区人工礁周辺において、底生魚類群集の季節変動や底生魚類と浮魚類との間で捕食—被捕食の食物関係が形成されていることなどが明らかとなり、浮魚類を含めた魚類群集の調査が必要であることがわかった。さらに、捕食—被捕食関係を理解するためには、浮魚類と底魚類それぞれの分布密度の絶対値を知る事が必要であることがわかった。

本研究では、人工魚礁への魚類の集魚量が多くなる春～秋季において、魚類の分布の絶対量の定量を、浮魚類については計量魚探を、底魚類については映像サンプリングを用いて行うことを試みた。さらに、胃内容物調査を中心として、浮魚類を含めた魚類群集の捕食—被捕食関係の調査を進め、餌となる浮魚類と捕食者である底魚類それぞれの分布量の結果を踏まえて、人工魚礁における魚類群集の食物構造の時空間的な変動を定量的に分析した。

これらの研究は、人工魚礁の効果を明らかにするために不可欠である、①魚礁における魚類の密度評価手法の確立、および②人工魚礁の集魚機構の解明、を目指すものである。

材料と方法

1. 調査海域と漁獲調査および胃内容物の分析

調査は、岩手県沿岸の、大釜崎沖人工礁とそれに隣接する砂泥域および天然礁の3調査点と、御箱崎沖大型魚礁を加えた4調査点を含む図1に示す海域でおこなった。漁獲調査には三枚網と底延縄を用いた。三枚網は1反の長さが40.5mで、内網と外網の目合はそれぞれ75.8mm, 454.5mmのものを10反使用した。三枚網は日中に投網して翌日の午前中に揚網した。底延縄は1鉢の長さが78.4mで釣針数48本のものを10鉢使用した。餌にはサンマの切り身を用い、浸漬時間を1時間として行った。漁獲調査によって得られた魚類は実験室で種別の体重を測定した。食性の調査は、胃を切りとり10%ホルマリン溶液で固定した後、胃内容物を可能な限り種類別に分け湿重量を測定した。

* 現 東北区水産研究所資源管理部

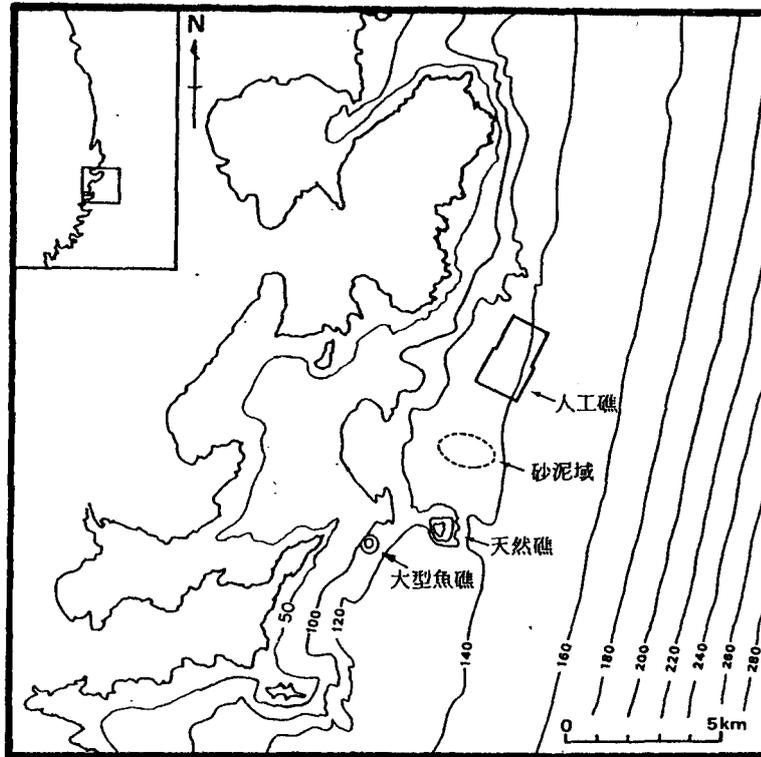


図1 調査海域図．図中の数字は水深 (m) を示す．

2. 計量魚探による浮魚類の分布調査

浮魚類の分布調査は図に示す海域で、1990年と1991年のそれぞれ5月、7月、9月に、岩手県水産試験場の調査船岩手丸 (158t) と同船搭載の計量魚群探知機 (FURUNO FQ-70) を使用して行った⁵⁻⁸⁾．上記の4調査点を通るように調査定点を設定し、計量魚探は50kHzの周波数を使用し、10 kntの航走で 0.5カイリごと (全域調査)、または約5kntの航走で 0.2カイリごと (精密調査) に積分を行った．一区画毎に後方散乱強度 (SV) と分布魚の標的強度 (TS) から 1 m^3 当たりの魚群密度 ($N=100.1(SV-TS)$) を算出し、TSに対応する魚体重をかけて重量密度 (kg/m^3) に換算した．TSの値は中層三枚網による漁獲調査の結果を参考にして、体重100gのマイワシ (TS=43db)^{9, 10)} または体長12cmのカタクチイワシ (TS=53db)¹¹⁾ に対応する値を使用した．あわせて、CTDおよびXBTによる海洋観測を行った．

3. 映像サンプリングによる底魚類の分布調査

岩手県釜石沖の水深約120-130mの砂泥底の海域で、水中テレビカメラによる底生魚類の密度推定を行った¹²⁻¹⁶⁾．使用したQ I社製の水中テレビカメラ (DLT-300CおよびDELTA-100S) は自航式であるが、水平方向の移動は船のドリフトによって行った．水中テレビカメラはケーブルによって釣り下げた状態で、船上からの操作により上下に移動させることにより、カメラを海底直上約1 mに保ち撮影を行った．観察幅は平均して、各機種それぞれ、60cm、78cmという値を計算に用いた．調査中に15分毎にデッキにより求めた船位から計算した船の移動距離をカメラの移動距離とし、調査時間と、調査時間からカメラが浮上したり着底して観察ができなかった時間を除いた観察時間とから、実際の観察距離を計算した．観察面積はこの観察距離と推定した平均観察幅とから計算した．映像はビデオテープに記録し、後日再生することにより魚類の個体数を計測した．

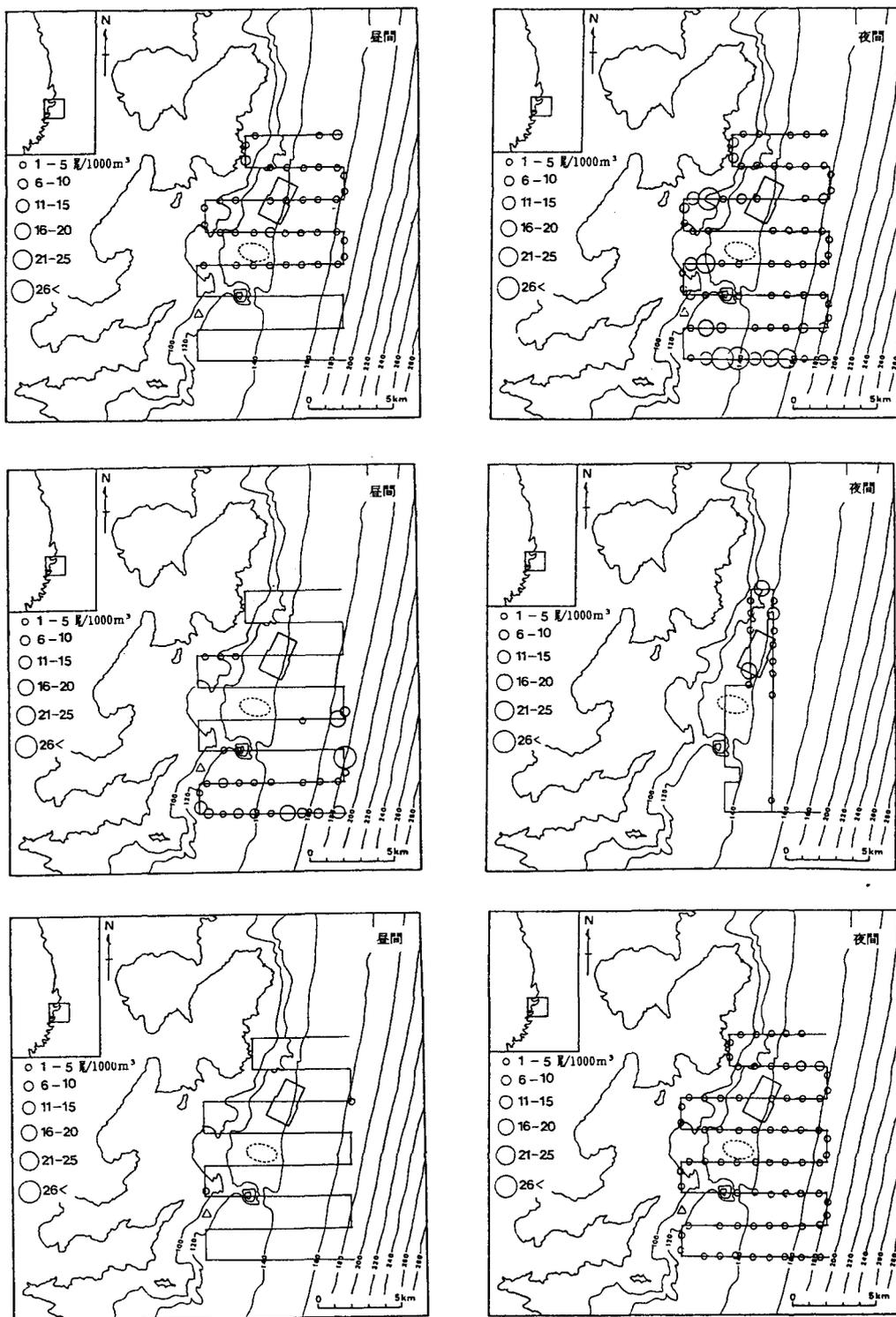


図2 マイワシ換算の魚群全層密度の水平分布. 上より1990年の5月, 7月, 11月のデータを示す.

結果

1. 浮魚類の人工礁近辺における空間的分布と季節変動

調査海域全体における浮魚群の分布状況を月毎に比較検討した(図2)。5月は、昼間は全体に密度が小さく、場所による差もほとんどみられなかったが、南部と岸寄りで密度が高くなっていた。人工礁や天然礁の直上での分布密度は1-2尾/1000m³と少なかったが、濃密区は海底に起伏のある場所が多く、水深とともに海底地形との関係がうかがえた。7月の昼間の調査では、南部で密度が高く、また水深160m以深で20尾/1000m³以上の分布がみられた。天然礁付近で1尾/1000m³、人工礁では直上での分布はなく岸側で2尾/1000m³であった。これに対し、夜間は逆に岸寄りの水深150m以浅で1-20尾/1000m³の分布がみられたが、これ以深での分布はほとんどなかった。人工礁でも20尾/1000m³の分布がみられた。9月は、昼間の魚群反応はほとんどなかった。夜間も大半の区画で5尾/1000m³以下であったが、これは高周波の反応から表層のプランクトンをとらえているものと考えられた。

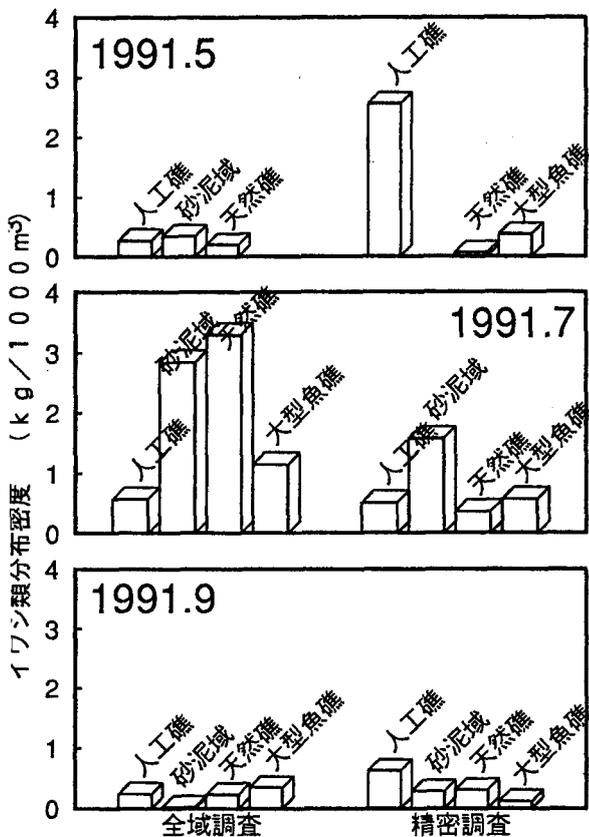


図3 イワシ類の調査点別の分布密度。1991年の5, 7, 9月における、全層密度を示す。

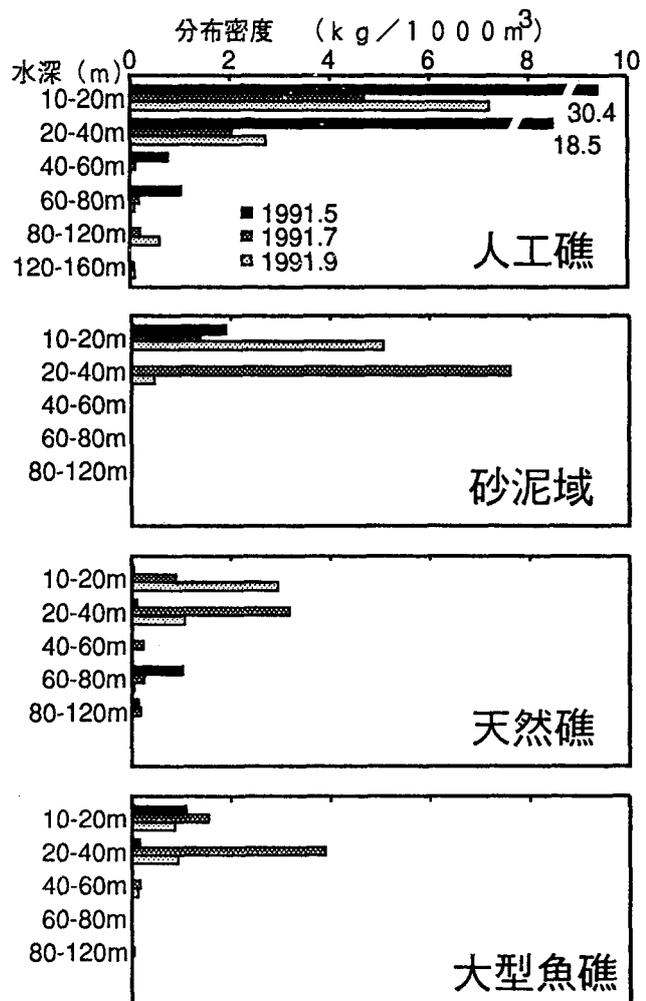


図4 イワシ類の調査点別の鉛直分布。1991年の5, 7, 9月における精密調査の結果を示す。

全体的に浮魚群の水平分布は海底の水深との関係がうかがえ、海底地形が影響しているものの、人工礁や天然礁への顕著な蟻集はみられなかった。また、昼夜別の鉛直分布で比較したところ、昼間の浮魚群は群を形成し、夜間には表中層に帯状に分散する傾向がみられた。

次に調査点間ごとに浮魚群密度を比較した。4調査点における魚類の水平分布の特徴を検討したところ(図3)、5月は人工礁で2.5kg/1000m³の高密度分布がみられ、魚群分布の魚礁性がうかがえた。7月では、全体に分布密度が高くなったが、砂泥域が3kg/1000m³、天然礁が3.5kg/1000m³と多く、人工礁、大型魚礁における分布は比較的少なかった。9月は、全ての調査点で1kg/1000m³未満の分布であり、調査点間における分布の特徴はみられなかった。精密調査では、分布密度は薄いものの、人工礁で比較的多くの分布密度が観察された。マイワシ・カタクチイワシを主体とする浮魚類の分布は、時季によって様相が異なっており、人工魚礁域や天然礁域で常に分布が多いとはいえなかった。

鉛直分布で比較すると(図4)、5月は全体に2kg/1000m³以下の所が多かったが、人工礁で18.5~30.4kg/1000m³と極めて高い密度の分布域が観察された。しかし、これも水深10~40mの層に集中しており、魚礁直上における分布密度は低かった。7月は人工礁、天然礁、大型魚礁といった魚礁域では5月の人工礁と同様の傾向がみられたが、全域調査における砂泥域では水深20~120mという広い水深帯で比較的高い密度が観察された。9月は全体的に密度が低く、10~40mの水深帯でやや密度が高くなっていた。人工礁域で浮魚が多く分布している場合、人工礁付近の底層よりも表・中層における分布量が比較的多い傾向がみられた。

表1 水中テレビカメラで推定した釜石沖砂泥域における底生魚類の密度。対数変換したデータで計算した平均値と95%信頼幅を示す。

年	1990	1991	1992	
月日	2-3 July	1-2 July	15-17 June	
観察時刻	11:17-16:04	17:07-21:39	18:02-22:26	
観察回数	4	4	5	
総観察面積 (m ²)	3842	4702	5946	年変動
密度 (／1000m ²)				
スケトウダラ	3.6(0.4~15.3)	303.0(135.6~676.1)	39.2(20.4~74.7)	p<0.01
ニジカジカ	7.3(3.5~14.7)	2.6(0.4~8.9)	7.3(3.5~14.4)	ns
エゾイソアイナメ	0.9(0.1~2.2)	1.8(0.3~5.9)	0.9(0.3~1.9)	ns
ユメカサゴ	0.7(-0.1~2.3)	0.0(0.0~0.0)	0.3(-0.1~1.0)	p<0.01
ギス	0.2(-0.2~0.8)	1.8(0.3~5.9)	2.3(0.4~7.2)	ns
かれい類	1.3(0.2~3.5)	4.0(0.7~15.5)	6.8(4.0~11.1)	ns
あなご類	0.0(0.0~0.0)	4.4(0.2~29.6)	7.1(3.4~14.3)	p<0.01
かじか類	2.3(1.5~3.5)	0.3(-0.0~0.9)	1.0(0.4~2.1)	ns
その他の魚類	0.8(0.1~2.0)	1.2(0.2~3.2)	2.7(0.5~8.5)	ns
全魚種計	20.7(12.5~33.9)	334.0(155.9~714.5)	77.7(51.4~117.3)	p<0.01

2. 人工魚礁における底生魚類の分布量と季節変動

釜石沖における魚類全体の密度は平均 21 ~ 334 個体/1000m² で (表 1), 最も密度が高かったのがスケトウダラの幼魚でニジカジカがこれに次いでいた。年変動が認められたのはスケトウダラ, ユメカサゴ, かじか類で, それ以外の魚種には有意な変動が認められなかった。この密度の値を利用して, 同時に同じ場所で底延縄や三枚網の漁獲試験を行い, これらの漁具に対する代表的な魚種の漁獲効率を求めた (表 2)。三枚網の漁獲効率は, エゾイソアイナメの値がニジカジカの値の 3 倍ほどの値となったが, これは両魚種の日周行動の差によるものと推測される。かれい類では 1992 年の値が 1991 年の値より 1 けた大きい値となったが, この理由についてはよくわからない。この漁獲効率の値から, 大釜崎人工魚礁でのエゾイソアイナメ, ニジカジカの分布密度および現存量を推定し, 人工魚礁の範囲内における資源量とその変動を計算した (表 3)。エゾイソアイナメは 4 万尾で 11 トン, ニジカジカは三枚網では 2 万尾で 5 トン, 底延縄では 4 万尾で 9 トンという推定値が得られた。その変動はエゾイソアイナメがニジカジカの約 2 倍で, エゾイソアイナメの方が顕著な季節変動を示すことがわかった。

表 2 漁獲効率. 漁獲効率 q' ($\times 1000 \text{ m}^2$) は有効漁獲面積で示す。

種 (漁具)	年	番号	q'
ニジカジカ (三枚網)	1991	1	2.3
	1991	2	2.3
	1992	1	2.2
	1992	2	0.7
	mean \pm sd		1.9 \pm 0.8
エゾイソアイナメ (三枚網)	1991	1	7.8
	1991	2	12.2
	1992	1	6.5
	1992	2	8.6
	mean \pm sd		8.7 \pm 2.5
かれい類. (三枚網)	1991	1	1.0
	1991	2	1.3
	1992	1	15.0
	1992	2	5.9
	mean \pm sd		5.8 \pm 6.5
ニジカジカ (底延縄)	1990	1	4.0
	1990	2	3.5
	1990	3	4.1
	1990	4	1.6
	1992	3	2.9
	1992	4	0.7
	mean \pm sd		2.8 \pm 1.4

表 3 大釜崎人工魚礁における資源量. 1987 年 5 月から 1992 年 11 月までの三枚網の漁獲 (32 回), および 1987 年 5 月から 1990 年 3 月までの底延縄の漁獲 (18 回) に基づく推定値を示す。人工魚礁の面積は $3.5 \times 10^6 \text{ m}^2$ として計算した。

種名	最小値 ~ 最大値	平均	変動 ^a	漁具
ニジカジカ	6 ~ 92×10^3 個体	20×10^3 個体	0.33	三枚網
	6 ~ 110×10^3 個体	41×10^3 個体	0.29	底延縄
	1 ~ 29 トン	5 トン	0.36	三枚網
	1 ~ 27 トン	9 トン	0.28	底延縄
エゾイソアイナメ	$0.4 \sim 347 \times 10^3$ 個体	36×10^3 個体	0.65	三枚網
	0.1 ~ 116 トン	11 トン	0.67	三枚網

a 対数値の標準偏差。

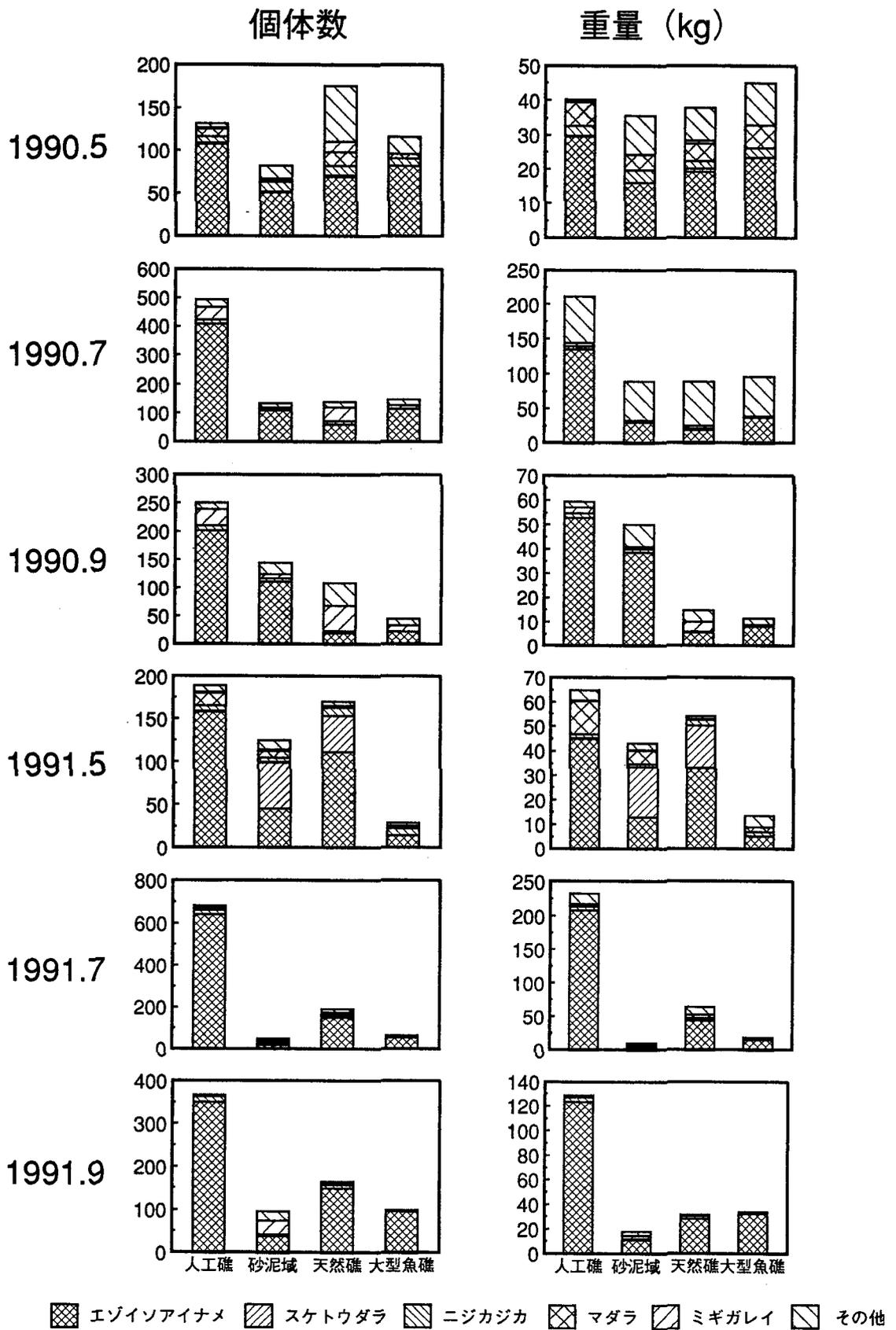


図5 魚種組成. 三枚網による漁獲の個体数および重量で示す.

3. 人工魚礁における魚類群集の食物構造と季節変動

三枚網による漁獲調査結果(図5)をみると, 1990年および1991年ともにエゾイソアイナメが最も多く採集されている。また, 個体数および重量のいずれについても4調査点中では人工礁で最も多く採集されており, 特に人工礁においてエゾイソアイナメの占める割合が高い傾向があった。このほかには, 5月にマダラ(1990年)およびスケトウダラ(1991年)が多く出現する傾向がみられた。また, ニジカジカはエゾイソアイナメとともにほとんどの調査で採集されたが, 個体数および重量はあまり多くなかった。

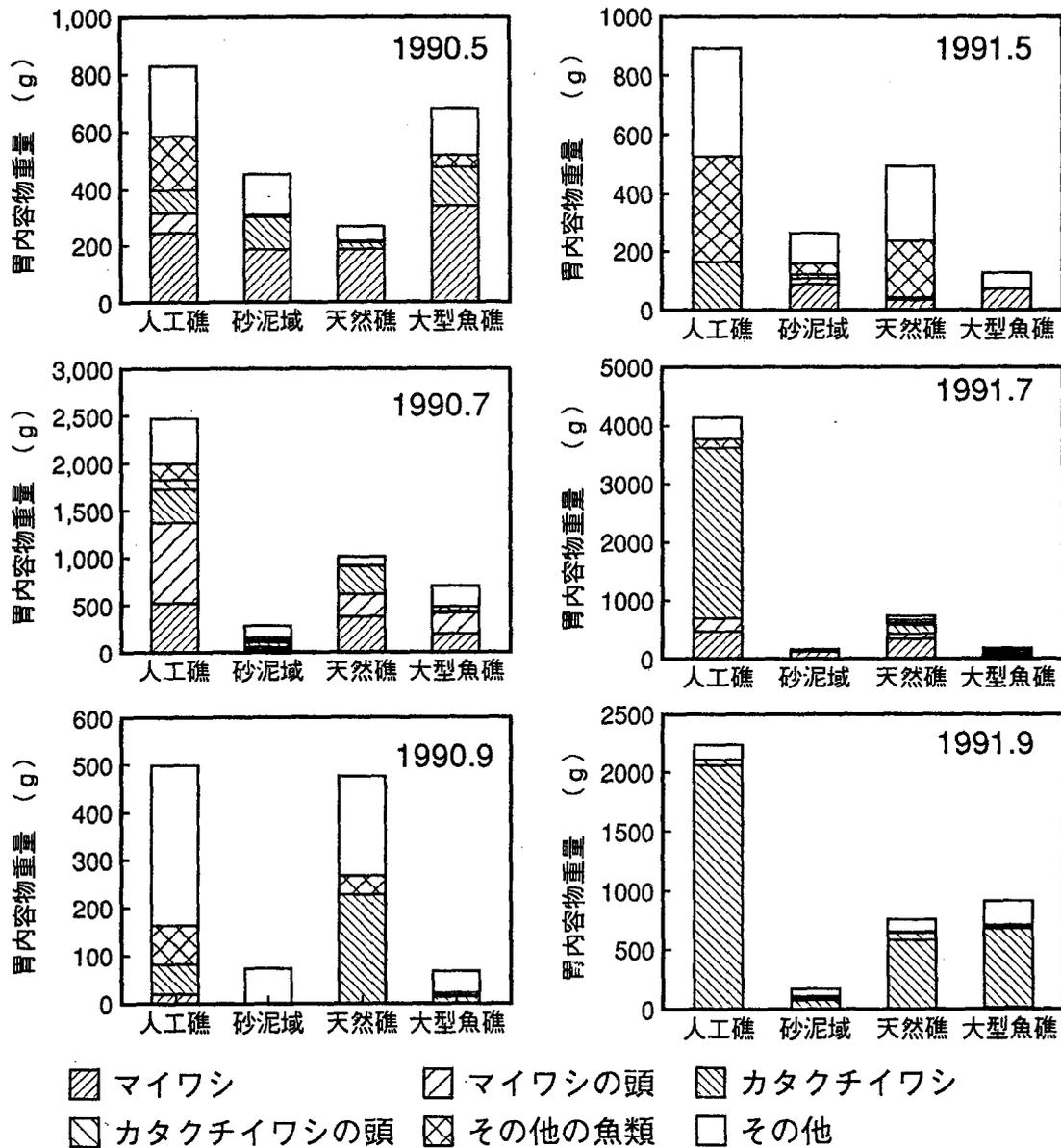
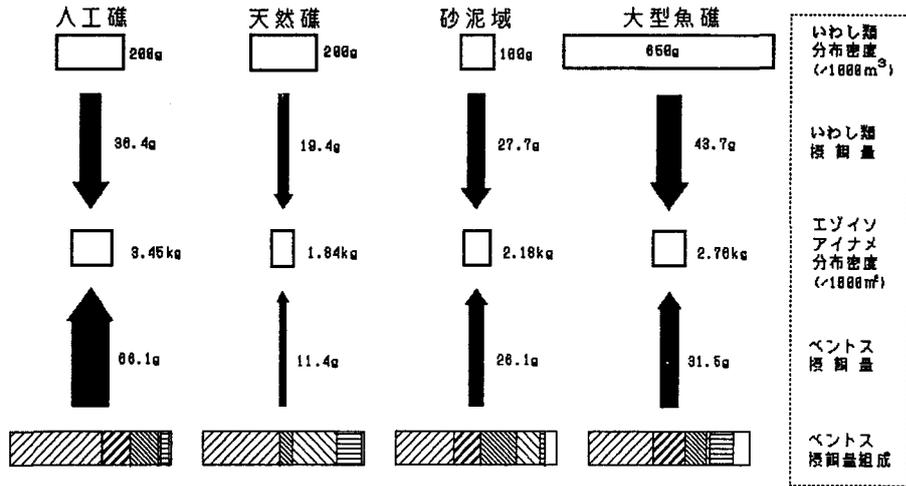
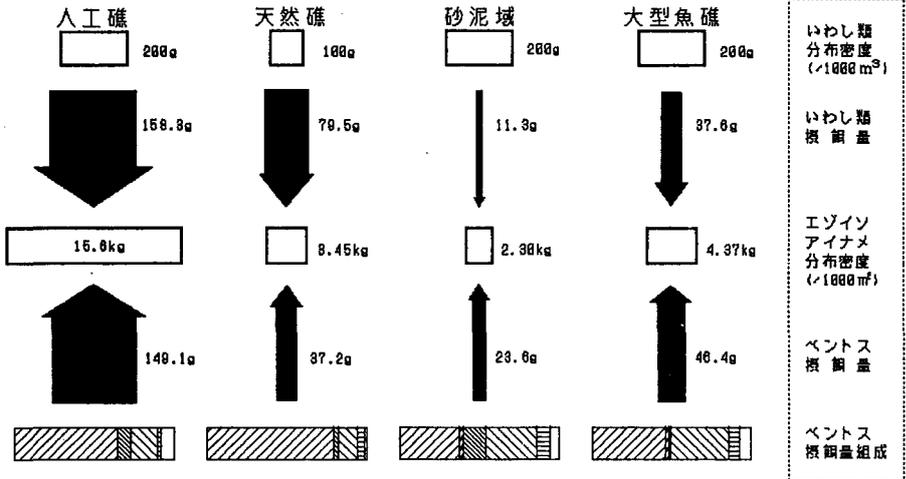


図6 エゾイソアイナメの胃内容物の重量組成。

1990年5月



1990年7月



1990年9月

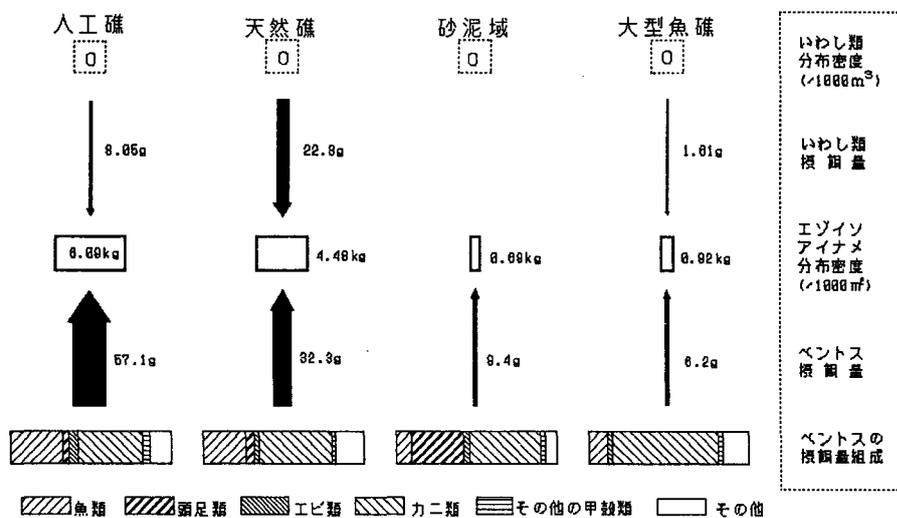


図7 エゾイソアイナメの食性。イワシ類とベントスの摂餌量を調査点ごとに示した。

大釜崎人工礁とその周辺において優占種であるエゾイソアイナメは、マイワシおよびカタクチイワシと、スルメイカが切り捨てたイワシ類の頭部を重要な餌としていることが明らかになっている¹⁷⁾。そこで、エゾイソアイナメの胃内容物重量の年変化および季節変化を検討した(図6)。胃内容物中に占めるイワシ類の割合は高く、地点間を比較すると、1990年9月の天然礁を除いて人工礁におけるイワシ類の捕食量が最も多かった。また、胃内容物を調査したエゾイソアイナメのうちの、イワシ類を捕食していた個体の割合でみると、全体では0~43%の範囲であり、そのうち人工礁では7~38%となり、人工礁で特に多いという傾向はなかった。

次に、優占種であるエゾイソアイナメの食性を1990年5~9月を例として示した(図7)。ここでは、エゾイソアイナメの胃内容物のうち、マイワシ・カタクチイワシ以外のものを底生生物(ベントス)とした。各調査点におけるイワシ類の分布密度は、計量魚探の調査結果を用い、エゾイソアイナメの分布密度はROVによる調査結果に基づいて計算した。また、摂餌量は面積1000m²に生息するエゾイソアイナメの胃内容物重量で示した。5, 7月はこの海域にイワシ類の分布がみられ、エゾイソアイナメによるイワシ類の捕食も多かった。一方、9月はイワシ類の分布がみられず、天然礁を除いて捕食量は極めて少なくなった。全体的には、イワシ類の分布量とエゾイソアイナメによるその捕食量との間にはほぼ対応関係がみられること、また同程度のイワシ類の分布量であれば、人工礁における摂餌食量が多くなる傾向がある。

以上のように、エゾイソアイナメの餌としてイワシ類が極めて重要であることから、エゾイソアイナメの分布量に対して餌としてのイワシ類の分布が影響していることが推測される。そこで、計量魚探により得られたイワシ類の分布密度とエゾイソアイナメの採集個体数、採集重量、イワシ類摂餌量およびエゾイソアイナメ1個体当たりの平均摂餌量の関係について検討した(図8)。その結果、人工礁におけるイワシ類分布密度とイワシ類摂餌量を除いて、有意な相関関係は認められなかったが、人工礁では他の調査点より相関係数が高くなっている。このことは、餌としてのイワシ類の分布量が人工礁でのエゾイソアイナメの生息量を規定する要因の1つであることを示唆している。

考察

人工魚礁には様々な魚種が分布しており、それぞれ異なる定位の仕方をしているものの、お互いに密接な関係があることが明かとなった。人工魚礁の集魚機構を解明し、その効果を確認するためには、底魚類、浮魚類とそれぞれ単独に研究を進めるのではなく、本研究のように、両者を併せて研究を進め、魚類群集全体で食物網とエネルギーの流れを把握することが必要である。

人工魚礁に魚類が集まる要因はいくつかの仮説が提示されている¹⁸⁾。大釜崎沖人工礁では、周囲の海底よりも魚類の密度が高く、餌の量の増加が重要な要因であると考えられた。ここでは、マイワシ、カタクチイワシなどの浮魚類からエゾイソアイナメなどの底魚類へのエネルギーの流れが圧倒的であり、浮魚類の分布が人工魚礁での密度増加の鍵となっている。本件級では浮魚類の分布と海底地形との関係については明確にはできなかったが、今後、浮魚類の人工魚礁への集魚機構の解明が重要であることがわかった。従って、このような大水深の海域に人工魚礁を設置する場合は、浮魚類の分布量も考慮に入れて、設置場所を選定する必要がある。また、海底近辺だけでなく、表層も含めた環境調査が必要とされるに違いない。

人工魚礁の効果調査においては、魚類分布密度の定量的評価とその継続的モニターが重要である。本研究で用いた、比較的容易に使用可能な三枚網などの漁具と映像サンプリングを組み合わせる方法は、今後広く利用されることが期待される。映像サンプリングの方法は、精度向

上ために、方法の工夫を必要とすると思われるが、水中映像機器は近年大幅に進歩しており、定量性に優れたものも利用されつつある¹⁹⁾。また、データの蓄積が必要である。人工魚礁を設置してある海域でも使用できる底延縄や三枚網などから密度が算出できれば、人工魚礁の効果調査などでは非常に有効な手段となろう。

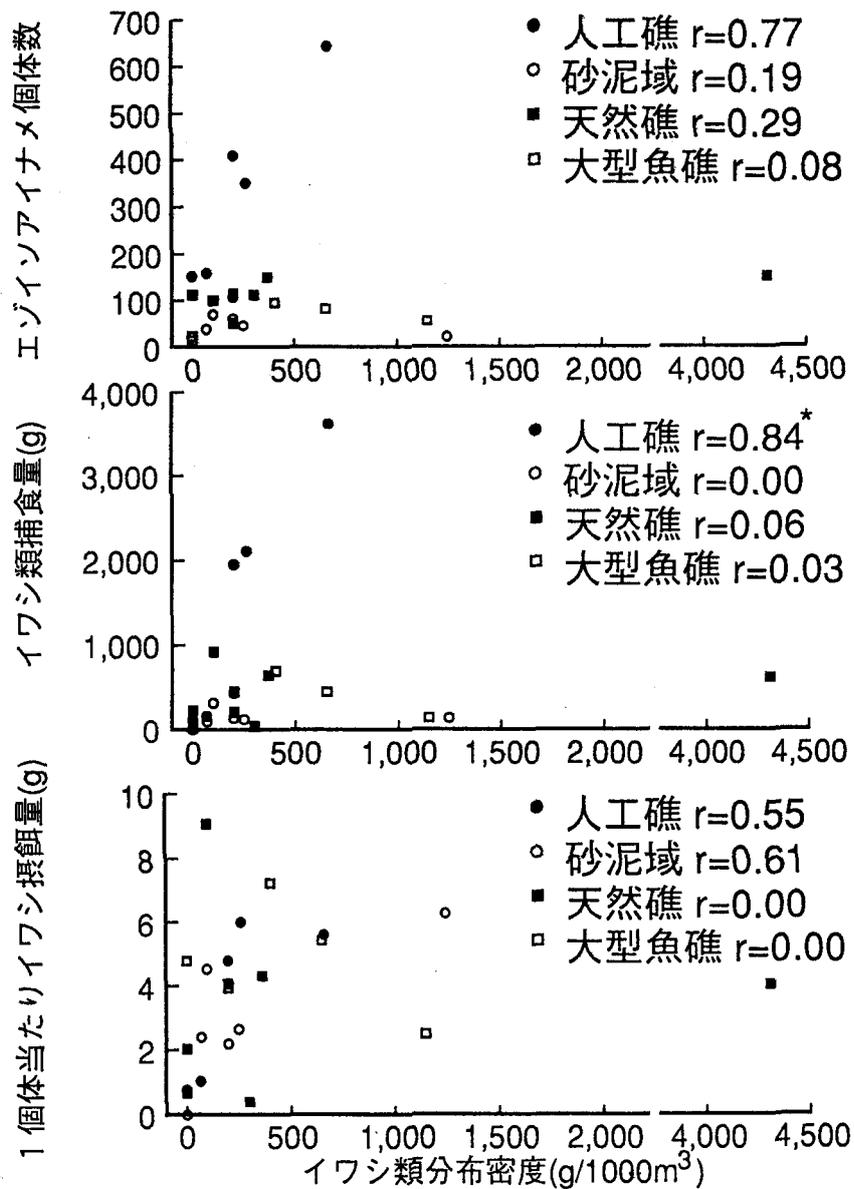


図8 イワシ類分布密度とエゾイソアイナメの分布量およびイワシ類の捕食量との関係。それぞれ1990年と1991年の計6回の調査に基づく。rは相関係数で、*は $p < 0.05$ で有意であることを示す。

摘要

1. 浮魚類の分布調査によって、人工魚礁の魚類にとって重要な餌となるイワシ類の密度を明らかにすることができた。その分布は海底地形に左右されることは示唆されたが、詳細な関係については、さらに調査を進める必要がある。

2. 映像サンプリングによって、人工魚礁でも使用可能な三枚網、底延縄などの漁具の漁獲効率を求め、その値から、大釜崎人工礁における優占魚種の分布密度の値とその変化をモニターした。

3. 魚類の分布密度の値は、人工魚礁の効果の評価には不可欠であるが、映像サンプリングと漁具との組み合わせが有効な方法であることが示された。今後は、密度の推定精度をあげるためのデータの蓄積と手法の改良が期待される。

4. 大釜崎沖人工礁における魚類の食物関係においては、イワシ類からエゾイソアイナメへのエネルギーの流れが根幹をなしていた。本研究で採用したような、底魚類から浮魚類を含めた魚類群集全体の研究が、人工魚礁の研究にとって重要であることが確認された。

5. 大釜崎沖人工礁では、周辺より魚類の現存量が高い。餌の量の増加が現存量が高くなっている重要な要因であった。餌の量の増大には、浮魚類が大きな役割を果たしていることがわかった。

文献

- 1) 小川良徳, 1984: 魚礁と蛸集魚. 人工魚礁, 佐藤修編, 恒星社厚生閣, 東京, 32-45.
- 2) 瀬戸口明弘・庄司泰稚, 1987: 魚礁における魚群分布構造, 沈積型魚礁について. 海洋科学, 19, 152-159.
- 3) 藤田敏彦, 1993: 外洋域における底生魚類群集の生態について. 日本ベントス学会誌, 44, 1-17.
- 4) 北川大二・石戸芳男・稲田伊史・長洞幸夫・奥山勇作, 1990: 人工魚礁における魚類群集構造の変化と資源培養機能に関する研究. 平成元年度沿岸漁場開発事業に関する水産研究所研究報告書, 1-21.
- 5) 奥山勇作・北川大二・石本徳光, 1992: 計量魚探による大釜崎地区人工礁周辺海域の浮魚類の分布. 平成2年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 48-62.
- 6) 奥山勇作・長洞幸夫・北川大二・石戸芳男, 1991: 大釜崎地区人工礁周辺における魚類群集組成について. 平成元年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 72-81.
- 7) 奥山勇作・北川大二, 1992: 大釜崎人工礁周辺における浮魚類の分布と食物関係平成3年度調査結果. 平成2年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 47-55
- 8) 奥山勇作・北川大二・石本徳光, 1992: 計量魚探による大釜崎人工礁周辺海域の浮魚類の分布. 平成2年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告, 48-62
- 9) 田中 實, 1987: 魚礁漁場における魚類生態に関する研究-Ⅲ 計量魚探による人工魚礁付近の魚群分布調査. 水産土木, 24(1), 1-6
- 10) 田中 實, 1989: 魚礁漁場における魚類生態に関する研究-Ⅳ 計量魚探による魚礁漁

場付近の広域魚群量分布調査．水産土木，25(2)，1-8

1 1) 水産工学研究所，1984：国内・国外のTS測定値一覧表．音響資源調査の基本パラメータとしてのTSの手引き，1-178

1 2) 北川大二・奥山勇作，1990：底延縄によるニジカジカの分布密度推定の試み．漁業資源研究会議北日本底魚部会報，No. 23：5-12.

1 3) 北川大二・奥山勇作，1992：人工礁漁場における底魚類の分布量推定．平成3年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告，東北区水産研究所八戸支所，pp. 31-38.

1 4) 北川大二・奥山勇作，1992：水中テレビカメラを用いた三枚網の漁獲効率の推定．漁業資源研究会議北日本底魚部会報，No. 25：51-58.

1 5) 奥山勇作・北川大二，1991：底延縄によるニジカジカの分布密度推定の試み．平成元年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告，43-48.

1 6) 藤田敏彦・北川大二・神康俊・奥山勇作，1993．映像サンプリングによる底生魚類の密度ならびに現存量の調査．平成4年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告，東北区水産研究所，印刷中．

1 7) 北川大二・石戸芳男・奥山勇作・桜井泰憲・稲田伊史，1992：エゾイソイナメによるスルメイカの残餌の捕食．東北水研研報，No. 54，59-66.

1 8) 藤田敏彦・北川大二・奥山勇作，1993．大釜崎人工礁における魚類群集の特徴について．平成4年度東北海区人工魚礁技術研究会会議報告，東北区水産研究所，印刷中．

1 9) Davis, D. L., C. H. Pilskaln, 1992: Measurements with underwater video: camera field width calibration and structured lightind. MTS Journal, 26(4), 13-19.