

# 天然礁漁場の拡大手法の開発

水産工学研究所 水産土木工学部

漁場施設研究室 高木 儀昌・森口 朗彦

環境分析研究室 木元 克則\*1

\*1 現 西海区水産研究所

調査実施年度：平成7～10年度

## 目 的

一般に魚礁設置事業は、天然礁に匹敵する機能および効果を拡大あるいは補完する目的で実施されている。ところが、現在までの状況は天然礁の効果の拡大に対して、効果の分散を懸念した結果として、天然礁近傍における大規模な人工魚礁設置の例は少ない。しかし、沿岸資源が減少し、漁場が錯綜する状況において、天然礁域そのものの拡大も求められて来ている。

また、漁獲の場の拡大に加えて、天然礁が有する資源培養の機能について、人工的に拡大する必要性が出てきている。しかし、既存の人工魚礁を用いて、培養機能を含めた天然礁機能を拡大することができるか否かについては、検討しなければならない課題である。

そこで、本研究では天然礁と同等の効果を得るための漁場造成手法を開発することを目的とし、主に沖合の天然礁周辺域を対象として検討するものとした。

## 調査海域

本調査では、山形県温海町沖20kmにある天然礁（大瀬礁）域を対象海域とし、この海域の北側に位置する太夫礁周辺を調査海域に設定し、天然礁と人工魚礁の調査を実施してきた。（参照図1）この大瀬礁北側に位置する太夫礁は、水深70mに高さ50mの塔が立つような形状をしており、最浅部は水深17mである。太夫礁周辺の海底の底質は岩で、1m～2mの凹凸の中に5m以上の起伏がある、平坦な面の少ないところとなっている。

太夫礁は全体としては、一つの礁となっているものの、頂部はいくつかの峰から構成されており、表面は凹凸の多い複雑な面となっている。この太夫礁の頂部から水深35m付近までは、ツルアラメやノゴギリモク等の海藻が繁茂し、スズメダイ、イシダイ、メジナ等の岩礁性の魚類が蟄集している。

図2および3は、太夫礁近傍の海底地形と魚探記録を示したものである。この記録から太夫礁の規模を推定すると、直径100m、高さ40mの円錐状として約10万 $m^3$ になり、現在実施されている人工礁設置事業の最大級の規模に匹敵するものとなる。

人工魚礁に関しては、太夫礁に類似する機能を人工的に構築できるか否かを中心に検討するため、本海域の調査から得られた結果に基づいた新規の魚礁を考案し、太夫礁から西に約300mの場所に造成した。造成した。（以降、試験礁と言う。）これは、縦、横17.5m、高さ35mの超大型の魚礁を含む7種類の単体礁を組み合わせたもので、図2に示す位置に図4のような配置で設置されている。

平成8年度までは、太夫礁、試験礁に大瀬本礁を加えた3地点で調査を実施し、天然礁と試験礁の相違が明かとなった。そこで、9年度からは既存の人工魚礁を調査海域に含め、天然礁および試験礁との相違を把握することを調査の目的に加えた。調査海域は、新潟県佐渡島真野湾内に造成されている、円筒魚礁を積み上げたタイプの水深の異なる2つの魚礁域とした。

これらの調査結果から、天然礁と同等の機能を有し、海域あるいは対象魚種に対して好適な人工魚礁の

造成について考察することとした。

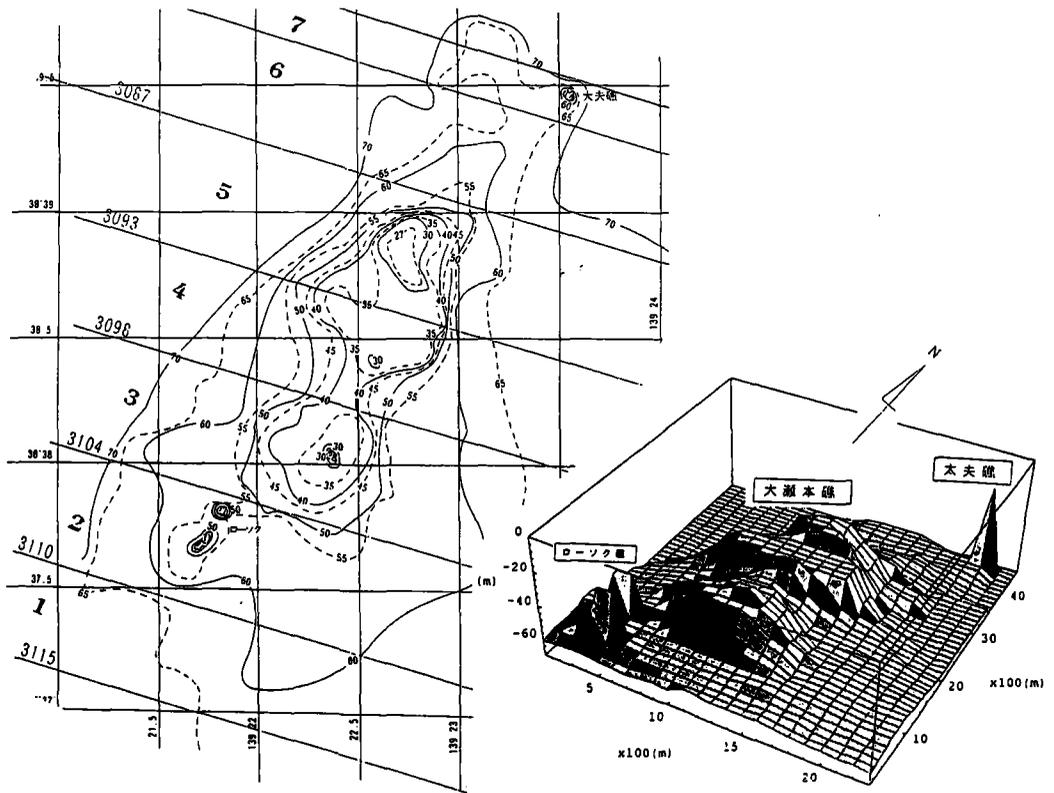


図1 大瀬海域の海底地形

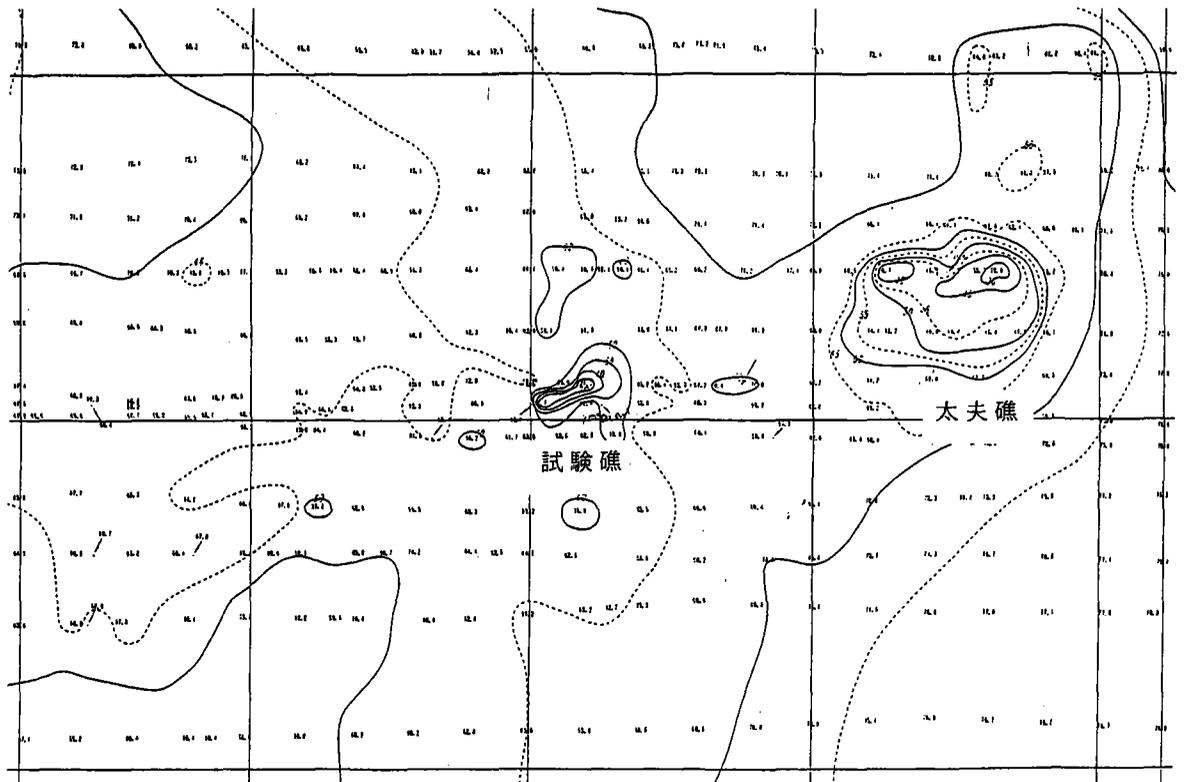


図2 試験礁および太夫礁周辺の海底地形

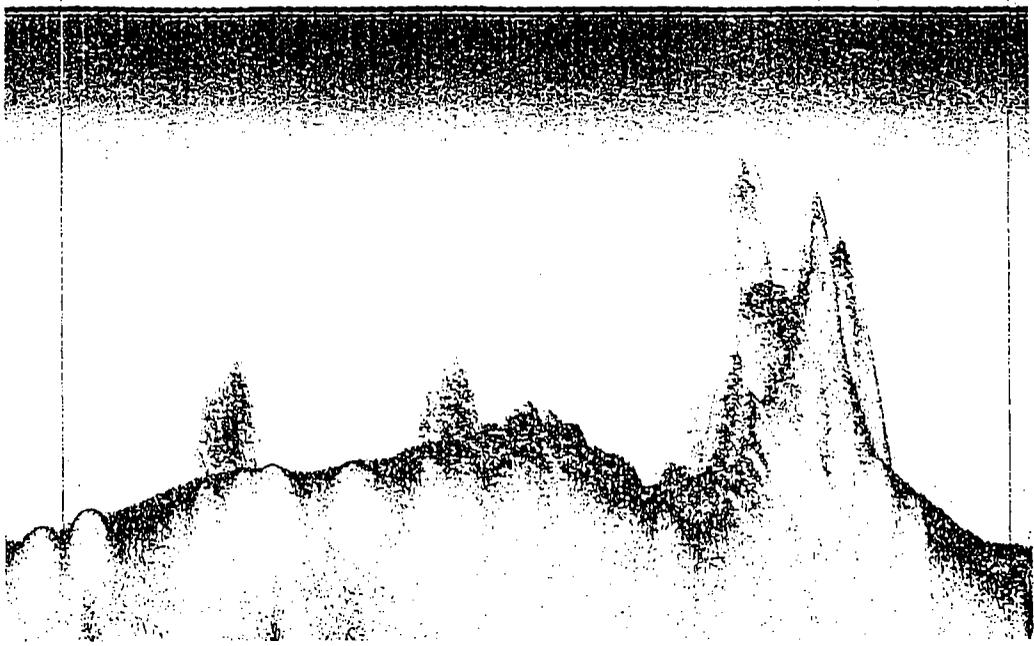


図3 太夫礁付近における魚探記録（東西方向）

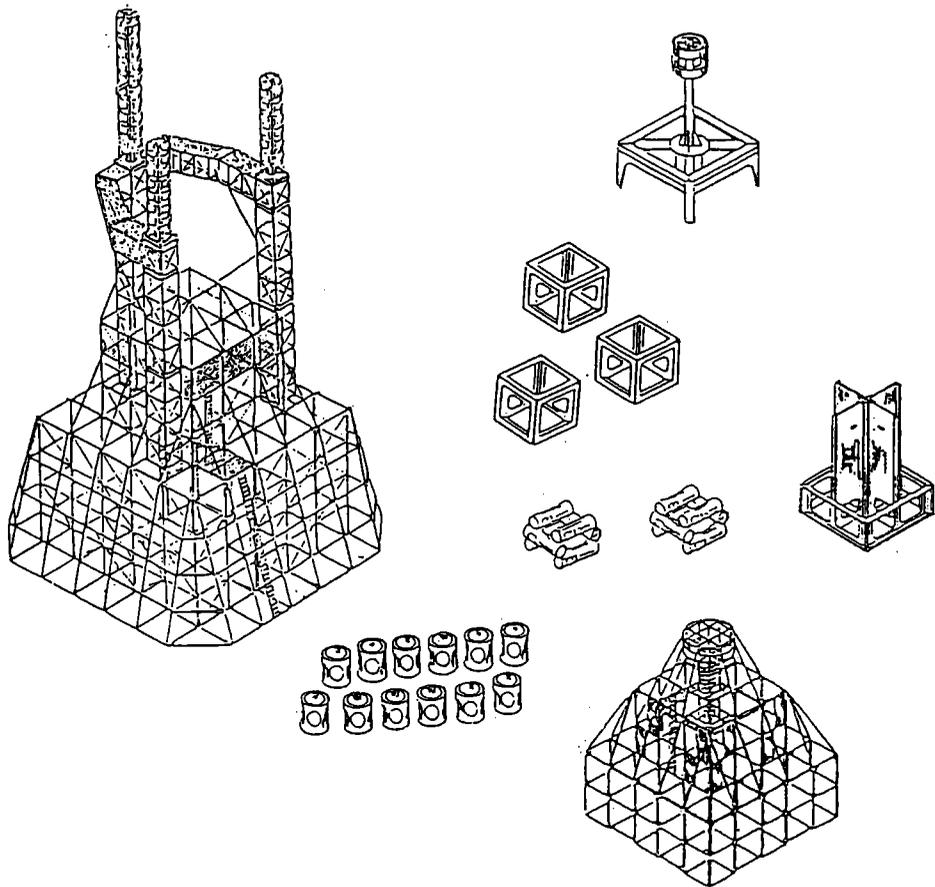


図4 試験礁全体配置

## 調査内容

### 1. 試験礁の設置

試験礁の設置は、平成7年5月11日に行い、太夫礁の西300mの位置に大小21基の単体礁から構成する魚礁群を造成した。中心となる高さ35mの超高層礁の形状および全体の配置は図4に示すとおりである。

### 2. 魚探調査

天然礁および試験礁における、魚群の水平および垂直の分布性状を把握し、蝟集範囲、蝟集量、分布密度等の測定を行う。

### 3. 視認調査

#### (1) 潜水調査

蝟集する魚群の魚種組成、体長、尾数を記録するとともに、流向や礁との位置関係を把握する。また、水中ビデオや水中カメラによりそれぞれの魚種を記録し、同時に行動を観察する。この調査では、魚探記録において顕著な反応を示した魚種を確認するとともに、魚探反応が単一魚種によるものか、幾つかの種が混在しているのかを確かめることを主眼としている。

#### (2) 映像記録（水中テレビ等）

潜水者や魚探によって、蝟集する魚類の中には自然な状態とは異なる行動をとる種類があり、潜水では観察できないことがある。また、水深が深い場合には、潜水観察は時間的な制約が多く、十分な調査ができない場合がある。水中テレビを用いた調査は、潜水調査を補完する意味で用いる調査で、調査の目的は潜水調査と同様である。

### 4. 漁獲調査（延縄、立縄、釣り）

漁獲調査は、礁に蝟集する魚群が漁獲に及ぼす影響を確認する上で重要な調査である。本調査海域の主な操業形態が延縄であることから、大瀬本礁や広域的に造成された人工礁の調査には延縄調査を行う。しかし、小規模な天然礁や試験礁のように、面では無く点と言って良い場の場合は、立縄あるいは釣りによる調査を行った。

また漁獲調査によって、地形と魚種の関係や水深と魚種の関係等も定性的ではあるが、把握することができる。特に、潜水調査や映像記録が難しい夜間の調査では、漁獲調査は有効な手段であり、本調査では主に立縄調査を用いて夜間における魚探反応の魚種確認を行った。

## 結 果

### 1. 大瀬海域における結果

#### 1) 試験礁で得られた結果

平成7年度から平成10年度において潜水観察によって得られた結果を表1～4に示した。これらの結果と釣獲調査、映像観察の結果から以下のようなことが判った。

#### 7年度に得られた結果

- ・ 6回の調査で13種が観察された。（参照表1）

- 7年度の蛸集魚の主体は、ウマヅラハギ、イシダイであり、設置から4ヶ月経過した頃から蛸集量が急激に増加した。10月にはマダイやチダイの蛸集も確認された。

表1 平成7年度の試験礁における観察魚

魚種名	大きさ (cm)	H.7.6	H.7.7	H.7.8	H.7.10・1	H.7.10・2
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	5		20			
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	7~10		300			
クロソイ <i>Sebastes schlegeli</i>	20~25	2				
アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	20	1				
マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	20					1
マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	40					2
ハタsp. <i>Epinephelus sp.</i>	30		1			
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	40			15		
カンパチ <i>Seriola dumerili</i>	30~40				11	4
マダイ <i>Pagrus major</i>	30				100	
マダイ <i>Pagrus major</i>	20					100
チダイ <i>Evyritis japonica</i>	30				100	
イシダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	10~15				300	1,000
キュウセン <i>Halichoeres poecilopteri</i>	15	1				
ウマヅラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	30	8				
ウマヅラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	20				1,000	
ウマヅラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	25					3,000
カワハギ <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	10~15				30	10
カワハギ <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	15					3
観察魚種数		4	2	1	6	6
観察尾数		12	321	15	1,541	4,120

#### 8年度に得られた結果

- 6回の調査で17種が観察された。(参照表2)
- 8年度の蛸集魚の主体はウスメバルとなり、季節変化とともにマダイ、ホッケ、マアジ、ウマヅラハギが同時に蛸集し、その数は天然礁に比べて、同等かそれ以上であった。
- 春季に蛸集したマダイやウスメバルは産卵群と推察された。また、夏季に蛸集したブリが小型のマアジを追尾する行動が観察された。さらに、秋季にはウスメバルの幼魚が確認された。これらの結果から、産卵場、摂餌場、保護場としての機能を有していることが窺われた。
- 水深37mの擬岩部にツルアラメを主体とする海藻の着生が確認でき、中層域での藻場造成の可能性が見いだされ、幼稚魚の保護・育成場としての機能向上も期待された。
- 春季から夏季にかけてのウスメバルの魚礁周辺での分布状況と水温測定の結果から、水温が魚礁への蛸集および分布を規定する要因であろうことが推察された。

#### 9年度に得られた結果

- 6回の調査で14種が観察された(参照表3)
- 9年度の蛸集魚の主体は8年度と同様にウスメバルであり、8年度に比べて最大5万尾と量的に増加した。また、蛸集期間も春から夏にかけて6ヶ月程度と長期にわたり、水温の上昇や餌の減少によって量的には減少することが確認された。
- 8年度観察されたウスメバルの産卵群と思われる大型個体や着底稚魚を確認することはできなかった。
- 8年度に擬岩部で着生が確認されたツルアラメは、消滅していた。

表2 平成8年度の試験礁における観察魚

魚種名	大きさ (cm)	H.8.5.24	H.8.7.19	H.8.7.20	H.8.8.30	H.8.8.31	H.8.10.5
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	7~10				1,200	1,200	5
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	20~30	15,000					
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	20		15,000	15,000	5		
エゾメバル <i>Sebastes taczanowskii</i>	15~20	30					
キツネメバル <i>Sebastes vulps</i>	15~20	25					3
クロソイ <i>Sebastes schlegelii</i>	20~25						5
タケノコメバル <i>Sebastes oblongus</i>	25			1			
アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	40			1			
ホッケ <i>Pleurogrammus azonus</i>	30	7,000					
マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	40		1		1		3
ハタsp. <i>Epinephelus sp.</i>	30			1			
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	40		300				1
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	30				2		
ヒラマサ <i>Seriola lalandi</i>	60				7		
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	2~3		1,000				10
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	15~20		100				
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	25			100	3,000	2,000	
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	10				500	1,000	
インダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	10~15					100	30
インダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	20	20	40	30	50		
オキタナゴ <i>Neoditrema ransonneti</i>	15		20		300	500	
オキタナゴ <i>Neoditrema ransonneti</i>	5				100	200	
ミギマキ <i>Goniistius zebra</i>	20						1
ヒラメ <i>Paralichthys olivaceus</i>	80				1		
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	30						50
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	20				100	500	
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	25	50	80	40			
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	15~20						500
観察魚種数		6	7	7	9	5	9
観察尾数		22,125	16,541	15,173	5,266	5,500	608

表3 平成9年度の試験礁における観察魚

魚種名	大きさ (mm)	5月24日	6月14日	7月23日	7月24日	8月30日	8月31日
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	100~200	50,000					
"	150~200		25,000	3,000	3,000	50	50
"	70						5
エゾメバル <i>Sebastes taczanowskii</i>	250~300	20	20				
キツネメバル <i>Sebastes vulps</i>	300~400	15		50		30	50
"	200~300		115				
クロソイ <i>Sebastes schlegelii</i>	300~400					5	30
アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	200~300			10			
"	400					1	
ホッケ <i>Pleurogrammus azonus</i>	250~300	5					
マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	300~500					1	3
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	800			2			
"	400						2
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	200~250	3		3,000			
"	250				300		
マダイ <i>Pagrus major</i>	300~400					1	2
インダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	200~250	15				10	30
"	150		30	20	50		
"	300					1	
ウミタナゴ <i>Ditrema temminckii</i>	150				50		
ササノハベラ <i>Pseudolabrus japonicus</i>	80~150		8	8			
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	200~300	50					
"	150~200		500	3,000			
"	200~250				400	1,000	2,000

10年度得られた結果

- 10回の調査で17種が観察された。(参照表4)
- ウスメバル、マアジ、ウマヅラハギの3種の蛸集量が多く、特にウスメバルの蛸集量は最大5万尾と昨年度とほぼ同様の傾向を示した。
- 4月の調査時に体内に産出直前の仔魚を有するウスメバルの親魚を採集でき、試験礁周辺域が産仔場として機能していることが推察された。
- ウスメバルの増殖効果を把握する目的で、釣りによりウスメバルをできるだけ多く採集し、蛸集魚の体長・体重の測定や標識放流に使用した。その結果、14cm～20cmの幼魚から未成魚が蛸集魚の主体となっており、長期のわたって生息していることが窺われた。なお、表4の欄外に記入されている(Tag)は標識放流されたウスメバルの観察された数を示している。
- 漁業者の操業結果では、平成10年2月には試験礁において大量のウスメバルが漁獲されており、平成9年度より早い時期から蛸集していたことが推察された。また、平成11年には1月から漁獲が確認されており、年々早まる傾向となっている。

表4 平成10年度の試験礁における観察魚

魚種名	大きさ(mm)	4月23日	5月22日	5月22日	6月13日	7月28日	7月29日	9月1日	9月2日	10月6日	3月25日
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	150~200	50,000	50,000	50,000	30,000	2,000	3,000(3)	30(1)	30	30	50,000
"	100~150								100		
"	70~100									7	
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	250	50,000	50,000	50,000	30,000						
ホッケ <i>Pleuragrammus azonus</i>	250~300	2,000	30	100							2000
ウマヅラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	200~250	1,000	5,000	5,000	5,000						
"	150~200					3,000		1,000	1,000	5,000	20
"	250~300						3,000				
イシダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	150~200	300			150	300	200	100	50	200	20
"	200~250		150	150						100	
"	100								30		
エゾメバル <i>Sebastes taczanowskii</i>	250~300	30	40	40	10						
ウミタナゴ <i>Ditrema temminckii</i>	150~200	10	300	300	300						
アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	300~400	3			1	1	1	20			
"	250		1								
クロソイ <i>Sebastes schlegelii</i>	200	2									
キツネメバル <i>Sebastes vulpes</i>	250~300		100	100	100	200		200	200		10
"	300~400						500			80	
コブダイ <i>Semicossyphus reticulatus</i>	250				1						
"	400					1					
"	500							1			
キジハタ <i>Epinephelus akaara</i>	250~300					10	3	3	15	20	
マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	300~400					5			1	1	
ササノハベラ <i>Pseudolabrus japonicus</i>	200					3					
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	1,000						1				
"	600									2	
メジナ <i>Girella punctata</i>	300									1	
ミギマキ <i>Goniistius zebra</i>	250									1	
合計		103,345	105,621	105,890	65,562	5,520	6,705	1,325	1,426	5,441	52,050

注：表中のカッコ内の数字は、標識魚の観察尾数を表す。

2) 天然礁である太夫礁の潜水観察で得られた結果

平成9年度及び平成10年度において潜水観察によって得られた結果を表5～6に示した。これらの結果と釣獲調査、映像観察の結果から以下のようなことが判った。

9年度に得られた結果

- 2回の調査で16種が観察された。(参照表5)
- ウスメバル、スズメダイ、ウマヅラハギ、メジナの4種の蛸集量が多く、特に着底初期と思われる小型のウスメバルが多く観察された。

10年度に得られた結果

- ・ 5回の調査で25種が観察された。(参照表6)
- ・ スズメダイ、マアジ、ウマツラハギ、ウミタナゴ、メジナの5種の蛸集量が多く、特に当歳魚と思われる小型のスズメダイが多く観察された。
- ・ 9年度調査において確認された小型のウスメバルを確認することはできなかった。また、観察されたすべての魚種に関しても、9年度に比べて小型魚が少なかった。

表5 平成9年度の天然礁(太夫礁)における観察魚

魚種名	大きさ(mm)	7月23日	8月30日
ウスメバル	<i>Sebastes thompsoni</i> 30~50	20,000	10
キツネメバル	<i>Sebastes vulps</i> 250~350 50	10	10 10
ムラソイ	<i>Sebastes pachycephalus</i> 200	1	
マハタ	<i>Epinephelus septemfasciatus</i> 400	5	1
キジハタ	<i>Epinephelus akkara</i> 250~350 400	10	30 1
ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i> 400 300	1	1
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i> 50~100		100
マダイ	<i>Pagrus major</i> 250~400	50	100
チダイ	<i>Evynnis japonica</i> 300		100
メジナ	<i>Girella punctata</i> 250~300	500	50
イシダイ	<i>Oplegnathus fasciatus</i> 150~200 300	100	10 3
ウミタナゴ	<i>Ditrema temmincki</i> 50		30
スズメダイ	<i>Chromis notata notata</i> 70~100 30~50	10,000	3,000 8,000
ササノハベラ	<i>Pseudolabrus japonicus</i> 150~200	40	50
キュウセン	<i>Hallchoeres poeclopterus</i> 150~200	50	
ウマツラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i> 150~200	500	200

2. 佐渡島真野湾における調査結果

真野湾では、新潟、山形海域において一般的に実施されている1.8m円筒型魚礁(4.6空m<sup>3</sup>)の積み上げによって造成された魚礁域を2ヶ所(水深15m, 30m)選定し、調査を行った。

また、魚礁域の選定に当たっては、通常の漁獲行為が行われていない魚礁を選定した。

1) 水深15m遊漁礁の潜水観察で得られた結果

- ・ 造成漁場は南北50m、東西60mの範囲に円筒型魚礁470個を設置したもので、最大高さは4.8m(3段積み)であった。
- ・ 2回の調査で21種類が観察された。(参照表7)
- ・ メバル、マアジ、クロダイの3種の蛸集量が多く、小型のマアジの蛸集が顕著であった。

表6 平成10年度の天然礁（太夫礁）における観察魚

魚種名	大きさ (mm)	4月23日	5月23日	6月13日	7月11日	7月28日
スズメダイ <i>Chronis notatus</i>	100~150	30,000			20,000	
"	50~150		100,000	60,000		
"	70~100				5,000	10,000
マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	200~250	2,000	10,000	3,000		
ウミタナゴ <i>Ditrema temminckii</i>	150~200	300	500			
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	200~250	50	3,000	1,000	300	
"	150					500
エソメバル <i>Sebastes taczanowskii</i>	250	30				
"	200~250		100			5
"	250~300			30		
キツネメバル <i>Sebastes vulpes</i>	300	30	30	20		50
"	50					10
イシダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	150~200	10				50
"	200~250		200		50	
"	300~350		30	50		
クロソイ <i>Sebastes schlegelii</i>	100~150	10	50	30		
ササノハベラ <i>Pseudolabrus japonicus</i>	80~100	3	100	100		
"	150~200				50	30
ホッケ <i>Pleurogrammus azonus</i>	300	3				
アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	250	1	5	1		
キジハタ <i>Epinephelus akaara</i>	300	1	10		20	15
"	300~400			20		
タカノハダイ <i>Goniistius zonatus</i>	300	1				
メジナ <i>Girella punctata</i>	200	1	500		300	
"	250			300		
"	250~300					200
カレイ sp. <i>Pleuronectidae sp.</i>	300	1				
コブダイ <i>Semlicossyphus reticulatus</i>	400	1				
"	100	1				1
"	600~800		3	4		
マダイ <i>Pagrus major</i>	600~800		20			
"	300~500			30	200	
"	250					200
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	800			4		
"	400					30
"	1,000					1
マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	300~350			2	1	
"	400				1	20
タカノハダイ <i>Goniistius zonatus</i>	300			2		1
ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	200				5	
エイ sp. <i>Rajiformes sp.</i>	1,000					1
チダイ <i>Erynnis japonica</i>	300~400					100
キュウセン <i>Haliichoeres poecilopterus</i>	150~200					10
サメ sp. <i>Galeomorphil sp.</i>	3,000					2
合計		32,443	114,548	64,593	25,927	11,226

2) 水深30m育成礁の潜水観察で得られた結果

- ・ 造成漁場は南北60m, 東西30mの範囲に円筒型魚礁306個を設置したもので、最大高さは5.6m(4段積み)であった。
- ・ 2回の調査で25種類が観察された。(参照表8)
- ・ メバル、マアジ、スズメダイの3種の蜻集量が多く、小型のマアジの蜻集が顕著であった。

表7 平成9年度佐渡真野湾遊漁礁における観察魚

魚種名	大きさ(mm)	7月29日	9月4日
ウスメバル	<i>Sebastes thompsoni</i> 100	10	
キツネメバル	<i>Sebastes vulps</i> 400	1	
メバル	<i>Sabastes inermis</i> 100 250	50 1,000	1,000 1,000
アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i> 300~400		3
アサヒアナハゼ	<i>Pseudoblennius cottoides</i> 100		4
キジハタ	<i>Epinephelus akkara</i> 300		1
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i> 30 70~100	200 10,000	5,000 20,000
クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegeli</i> 250~350	500	
マダイ	<i>Pagrus major</i> 150	5	
ヒメジ	<i>Upeneus bensasl</i> 20~40		3
イシダイ	<i>Oplegnathus fasciatus</i> 250	3	2
ゴブダイ	<i>Semicossyphus reticulatus</i> 20		1
ササノハベラ	<i>Pseudolabrus japonicus</i> 200	2	30
キュウセン	<i>Hallchoeres poeclopterus</i> 200	5	50
サビハゼ	<i>Pseudolabrus Japoicus</i> 100	3	
ダテハゼsp.	<i>Amblyeleotris sp.</i> 50~80		4
ニシキハゼ	<i>Pterogobius virgo</i> 100~120		2
チャガラ	<i>Pterogobius zonoleucus</i> 20~30		650
ヒラメ	<i>Paralichthys ollvaceus</i> 250		2
カレイsp.	<i>Pleuronectoldel sp.</i> 200	1	
ウマツラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i> 250	20	50

表8 平成9年度佐渡真野湾育成礁における観察魚

魚種名	大きさ(mm)	7月29日	9月4日	9月5日
キツネメバル	<i>Sebastes vulps</i> 100~200	60		
メバル	<i>Sabastes inermis</i> 100~250 200~250 70~100 30	2,000	2,000	1,500 500 100
アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i> 150~300 300~400	10	3	3
アサヒアナハゼ	<i>Pseudoblennius cottoides</i> 100		4	
アナハゼ	<i>Pseudoblennius percoides</i> 50~70	4		
マハタ	<i>Epinephelus sepiemfasciatus</i> 300	1		
キジハタ	<i>Epinephelus akkara</i> 200~300	3	1	1
オオスジイシモチ	<i>Apogon doederleini</i> 50			10
ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i> 400			5
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i> 30~50 50~70	20,000	30,000	30,000
マダイ	<i>Pagrus major</i> 200			1
ヒメジ	<i>Upeneus bensasl</i> 20~40		3	
イシダイ	<i>Oplegnathus fasciatus</i> 100~150 200 300	6	2	20 10
オキタナゴ	<i>Neoditrema ransonneli</i> 30~50 50~70	100		100 30
スズメダイ	<i>Chromis notata notata</i> 50~80 30	300	300	300 300
ゴブダイ	<i>Semicossyphus reticulatus</i> 300~500	1	1	1
ササノハベラ	<i>Pseudolabrus japonicus</i> 100~200	10	30	20
キュウセン	<i>Hallchoeres poeclopterus</i> 100~200	20	50	80
ベラsp.	<i>Cobioides sp.</i> 30			1,500
ダテハゼ	<i>Amblyeleotris japonica</i> 50~80		4	
ニシキハゼ	<i>Pterogobius virgo</i> 100		2	1
チャガラ	<i>Pterogobius zonoleucus</i> 20~70	20	800	3
ハゼsp.	<i>Cobioides sp.</i> 30			30
ヒラメ	<i>Paralichthys ollvaceus</i> 200~300		2	10
ウマツラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i> 200~250 100		50	50

平成10年度の調査では、水深15mの魚礁域は濁りが強く、観察ができなかったため、ここでは水深30mの魚礁域での観察結果を示す。

1) 水深30m育成礁の潜水観察で得られた結果

- ・ 造成漁場は南北60m、東西30mの範囲に円筒型魚礁306個を設置したもので、最大高さは5.6m(4段積み)であった。
- ・ 3回の調査で20種類が観察された。(参照表9)
- ・ マアジ、メバル、スズメダイの3種の鯖集量が多く、マアジの鯖集が顕著であった。
- ・ 平成9年度の調査では確認されなかったウスメバルの稚魚が観察された。

表9 平成10年度佐渡真野湾育成礁における観察魚

魚 種 名	大きさ(mm)	7月 7日	8月26日	8月28日	
ウスメバル	<i>Sebastes thompsoni</i>	50~ 60	500	1	1
メバル	<i>Sabastes inermis</i>	70~100 250	1,000 300	1,500	5,000
アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>	150 250	10 2	1	1
アナハゼ	<i>Pseudoblennius percoides</i>	250		8	10
マサバ	<i>Pneumatophorus japonicus</i>	100			20
マアジ	<i>Trachurus jaoponicus</i>	150~ 200 50~ 80	8,000	4,000 1,500	7,000 3,000
ウミナゴ	<i>Ditrema temmincki</i>	100	30	1,000	1,000
イシダイ	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	150~200	20	30	10
スズメダイ	<i>Chromis notata notata</i>	70~100 20~ 30	500	500 50	1,000
コブダイ	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	100	1	1	1
オニオコゼ	<i>Inimicus japonicus</i>	150	1		
ササノハベラ	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	200~250		10	
キュウセン (♀) (♂)	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	70~100 250	70 10	180 20	90 10
ホンベラ	<i>Halichoeres bleekeri</i>	200			2
ニシキハゼ	<i>Pterogobius virgo</i>	250	1		
チャガラ	<i>Pterogobius zonoleucus</i>	40~ 60		10,000	10,000
カマスsp.	<i>sphyraenidae sp.</i>	100~120		1,500	500
ヒラメ	<i>Paralichthys ollvaceus</i>	300	1		1
ウマツラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i>	200	3	30	20
ウルメイワシ	<i>Etrumeus micropus</i>	100			1,000

### 3. 結果の比較・検討

調査を行った4ヶ所の魚礁域において観察された魚種の結果から、天然礁と人工魚礁、形状の異なる人工魚礁、沖合域と内湾域の相違などを検討する。

#### 1) 試験礁と太夫礁の比較

試験礁と太夫礁の類似点は、太夫礁で確認された魚種25種類の内16種類が試験礁でも確認されており、年度を追う毎に両者の魚種組成が近いものとなっていることが上げられる。

相違点としては、試験礁において確認された魚種の大半が150mm以上の体長であるのに対して、太夫礁では100mm以下の小型魚が確認されている点にある。また、太夫礁において確認されているスズメダイは、試験礁では全く観察されていない。メジナは、9年度には試験礁で観察されなかった種であったが、本年度の調査では確認された。このことも人工魚礁が天然礁に近づいている証拠の一つと考えられる。

このように体長の差が生じた原因としては、両者に共通の条件として流れが速いこと、この条件下において両者の構造が対称的であることが考えられる。すなわち、試験礁の場合は、基本的に流れがすり抜ける構造であるため、長期間滞留するためには遊泳力を必要とする。これに対して太夫礁の構造は、いくつかの峰を有する岩山であり、基本的に流れを乱す構造であるため、流速の遅い流れの陰ができる。そのために、遊泳力の弱い小魚でも滞留できることになる。同時に、太夫礁頂部のツルアラメやホンダワラ類からなる藻場も流速低減効果を助長し、小魚の生息条件をより好適なものとしている。

試験礁においてウスメバルが大量に蛸集する要因について、9年度に水中テレビカメラでの観察から、水中を流れてくるプランクトンなどを摂餌しており、摂餌行動と害敵からの防御に好適な場を選択している可能性があることを示した。そこで10年度は、プランクトンネットを係留系で水深別(30m、40m、50mの3水深)に設置し、流れてくるプランクトンらしき物質の採集を行った。その結果、マアジ、ウスメバルが摂餌しているものはアミとコペポダーの塊であること、量的には水深が浅いほど多いことが判った。したがって、餌が多く含まれる流れが存在し、容易に摂餌が可能で、害敵に対しては逃げ込める空間があることが、マアジ、ウスメバルにとっては好適であったものと推察される。天然礁に比べて人工魚礁に多く蛸集する要因は、害敵に対して逃げ込める空間の差と考えられる。

平成7年度に試験礁を設置してから本年度まで延べ24回の調査を実施してきている。この間に潜水により観察された魚類は試験礁では27種、太夫礁では24種であった。これらの観察された魚類をI~IV型に分類すると表10のようになり、試験礁ではI型9種、II型4種、III型5種、IV型9種、太夫礁ではI型9種、II型4種、III型2種、IV型9種となる。

観察された魚類の量をI~IV型に分けて算出した結果が表11および12のようになる。表11は試験礁に関する結果であり、表12が太夫礁に関する結果である。結果から試験礁の場合、設置後2年間は量的な変動が激しく、過渡的な期間であったことが推察される。しかし、着実に時間経過とともに蛸集量は増加しており、3年以降の結果では年間をとおしての変動傾向が一定してきている。平成10年度の調査結果から算出すると試験礁1基当たり(4000空<sup>3</sup>)最大約23,932kgの蛸集量があり、これから1空<sup>3</sup>当たりを算出すると6kgとなる。この数値は、所期の目的を大きく超える数値であり、試験礁の魚礁効果が実証されつつあると言える結果である。

表12の太夫礁の結果では、蛸集魚群量の年変化は少なく、変化量は来遊魚群量の変化によるものと考えられる。天然礁の特長は、年間を通して蛸集魚群量の変動が少ないことで、人工魚礁の蛸集量が季節によって変動が大きい点とは対称的である。

以上のような、蛸集魚種の違いや蛸集魚群量の季節変動の大小が、天然礁と人工魚礁の大きな相違であり、言い換えれば構造の違いから導かれた結果であると考えられる。

## 2) 大瀬海域と真野湾の比較

大瀬海域と真野湾の絶対的な違いは、大瀬海域が外海であるのに対して真野湾は内湾であることである。したがって、真野湾の観察魚にカレイ、クロダイと8種類のハゼ類が含まれ、内湾的な特性が現れた。しかし、これ以外の魚種に関しては、類似性の高い魚種組成を示している。表3～9に示した観察結果から場の違いに関係なく確認された魚種を抽出すると、以下のようになる。

[キツネメバル、アイナメ、マハタ、キジハタ、ブリ、マアジ、マダイ、イシダイ、コブダイ、ササノハベラ、ウマツラハギ]

ササノハベラ以外はいずれも水産的に有用な魚種である。量的に多く確認された魚種で、場の違いが明確に現れた種は、ウスメバルとメバルである。すなわち、外海ではウスメバル、内湾ではメバルが魚礁域での優先種であった。

また、すべての魚礁域で漁業として意味のある大きさと量が確認された魚種は、メバル類（ウスメバル、キツネメバル、メバル）とマアジ、ウマツラハギの5種で、かなり限られることが判った。

試験礁を除く、3ヶ所の共通点としては確認魚種の中に幼魚期のものが含まれていることが上げられる。特に、内湾ではその傾向が強く、漁場効果よりは増殖効果に寄与していることが考えられる。したがって、天然礁に近い効果を得るためには、浅海域に小規模の魚礁単体を積み上げたタイプが有効であることが今年度の調査からも確認された。

表13に、平成9年度大瀬海域と真野湾で共通して観察された18魚種を抽出し、平成9年度と10年度の観察結果をまとめた。その結果、9年度に得られた結果と同様に、場の違いや魚礁の構造に関係なく観察される魚種と海域の特性や魚礁構造に依存する魚種に別れることが判った。

## 6. まとめ

本研究により得られた結果の概要を以下に示す。

- 1) 流れの速い沖合域において、天然礁と同等の増殖機能を得るためには、小魚の滞留環境を整える必要があり、流速を制御あるいは低減する魚礁構造が適している。
- 2) 超大型人工魚礁では、天然礁と類似する漁場は形成できるが、天然礁と同様の増殖機能を発揮することは難しい。しかし、逆に人工魚礁に適合できる、あるいは天然礁域よりは生態的に都合の良い種のみが選択的に利用する可能性が見いだせた。
- 3) 試験礁におけるウスメバルの蛸集量は年々増加の傾向にあり、同時に滞留期間も長くなりつつある。また、漁獲量についても増える傾向にあることから、蛸集要因を解明する必要がある。
- 4) 真野湾の円筒魚礁を用いた造成漁場の調査結果と大瀬海域の結果（試験礁、太夫礁）を比較することによって、海域、魚礁形状、配置による蛸集魚類の相違が把握できた。このことから、人工魚礁の形状や造成方法と蛸集魚類の魚種特性を把握することによって、目的別に類型化できる可能性がでてきた。

表 1.0 試験礁および太夫礁に出現した魚類の分類

類 型	SR-35試験礁	太 夫 礁
I 型・魚類	ウスメバル、マハタ、クロソイ、アイナメ、キツネメバル、 エゾメバル、ハタsp.、タケノコメバル、キジハタ	ウスメバル、マハタ、クロソイ、アイナメ、キツネメバル、 キジハタ、ムランイ、タケノコメバル、エゾメバル
II 型・魚類	イシダイ、マダイ、チダイ、ヒラメ	イシダイ、マダイ、チダイ、カレイsp.
III 型・魚類	マアジ、ブリ、カンバチ、ヒラマサ、シイラ	ブリ、マアジ
IV 型・その他	ウマツラハギ、ウミタナゴ、ホッケ、ササノハベラ、カワハギ、 ミギマキ、キュウセン、コブダイ、メジナ	ウマツラハギ、ササノハベラ、スズメダイ、メジナ、ホッケ、 タカノハダイ、ウミタナゴ、コブダイ、キュウセン、

表 1.1 S R - 3 5 試験礁の魚類分類別の蜻集魚群量の変化 (単位: グラム)

元政後経過月数 類 型	1ヶ月 平成7.6	2ヶ月 平成7.7	3ヶ月 平成7.8	5ヶ月 平成7.10	13ヶ月 平成8.5	15ヶ月 平成8.7	16ヶ月 平成8.8	18ヶ月 平成8.10	25ヶ月 平成9.5	26ヶ月 平成9.6	27ヶ月 平成9.7	28ヶ月 平成9.8	36ヶ月 平成10.4	37ヶ月 平成10.5	38ヶ月 平成10.6	39ヶ月 平成10.7	41ヶ月 平成10.9	42ヶ月 平成10.10
I 型・魚類	479	6,108	0	1,341	4,682,277	2,396,164	15,741	5,349	3,388,136	2,717,491	343,975	57,892	5,362,544	5,404,951	3,254,685	528,561	102,430	80,885
II 型・魚類	0	0	0	58,186	3,192	5,587	9,469	1,169	3,409	2,020	2,357	6,098	32,080	34,091	16,040	26,733	8,319	44,114
III 型・魚類	0	0	0	3,209	0	278,063	904,384	1,713	730	0	434,761	1,703	17,370,132	17,370,132	10,422,079	18,878	0	13,420
IV 型・その他	2,308	0	0	221,493	4,480,765	17,611	68,001	69,633	16,560	43,931	172,843	299,907	1,166,898	1,063,160	1,032,081	666,586	30,084	145,036
合 計	2,787	6,108	35,542	284,229	9,146,234	2,697,425	997,595	77,864	3,408,835	2,763,442	963,936	365,600	23,931,654	23,872,334	14,724,885	1,240,758	140,833	283,455

表 1.2 太夫礁の魚類分類別の蜻集魚群量の変化 (単位: グラム)

類 型	平成7.7	平成8.5	平成8.7	平成8.8	平成8.10	平成9.7	平成9.8	平成10.4	平成10.5	平成10.6	平成10.7
I 型・魚類	7,581	103,267	26,934	16,334	12,108	42,858	24,141	20,738	45,958	37,551	32,749
II 型・魚類	127,519	0	28,542	279,368	85,228	44,940	125,051	1,875	184,962	65,245	209,627
III 型・魚類	0	163,337	16,333	15,940	1,703	1,703	1,236	486,532	2,432,659	71,008	44,420
IV 型・その他	125,893	214,193	53,196	43,434	339,009	364,148	83,079	644,565	2,724,535	2,225,522	473,427
合 計	260,993	480,797	125,005	355,076	438,048	453,649	233,507	1,153,710	5,388,114	2,399,326	760,223

## 2) 大瀬海域と真野湾の比較

大瀬海域と真野湾の絶対的な違いは、大瀬海域が外海であるのに対して真野湾は内湾であることである。したがって、真野湾の観察魚にカレイ、クロダイと8種類のハゼ類が含まれ、内湾的な特性が現れた。しかし、これ以外の魚種に関しては、類似性の高い魚種組成を示している。表3～9に示した観察結果から場の違いに関係なく確認された魚種を抽出すると、以下のようになる。

[キツネメバル、アイナメ、マハタ、キジハタ、ブリ、マアジ、マダイ、イシダイ、コブダイ、ササノハベラ、ウマヅラハギ]

ササノハベラ以外はいずれも水産的に有用な魚種である。量的に多く確認された魚種で、場の違いが明確に現れた種は、ウスメバルとメバルである。すなわち、外海ではウスメバル、内湾ではメバルが魚礁域での優先種であった。

また、すべての魚礁域で漁業として意味のある大きさや量が確認された魚種は、メバル類（ウスメバル、キツネメバル、メバル）とマアジ、ウマヅラハギの5種で、かなり限られることが判った。

試験礁を除く、3ヶ所の共通点としては確認魚種の中に幼魚期のものが含まれていることが上げられる。特に、内湾ではその傾向が強く、漁場効果よりは増殖効果に寄与していることが考えられる。したがって、天然礁に近い効果を得るためには、浅海域に小規模の魚礁単体を積み上げたタイプが有効であることが今年度の調査からも確認された。

表13に、平成9年度大瀬海域と真野湾で共通して観察された18魚種を抽出し、平成9年度と10年度の観察結果をまとめた。その結果、9年度に得られた結果と同様に、場の違いや魚礁の構造に関係なく観察される魚種と海域の特性や魚礁構造に依存する魚種に別れることが判った。

## あとがき

本研究は、平成7年5月に高層魚礁を中心とした試験礁を設置し、以来毎年地元山形県の協力を得ながら調査を継続してきた。この間に得られた高層魚礁の効果に関する結果から、沖合大水深域の漁場造成手法に新たな展望が見えてきている。現在、高層魚礁は大瀬地区人工礁造成事業に適用され、試験礁と同等の機能を発揮している。これも、地元タイ縄協議会の漁業者の方々の全面的な協力のお陰であり、深く感謝する次第である。

なお、本研究の一部は、(株)中山製鋼所、日鐵建材工業(株)、広和(株)との共同研究として実施されたことを付記する。

## 摘 要

本研究により得られた結果の概要を以下に示す。

- 1) 流れの速い沖合域において、天然礁と同等の増殖機能を得るためには、小魚の滞留環境を整える必要があり、流速を制御あるいは低減する魚礁構造が適している。すなわち、小型単体を多峰型に集積した構造が、天然礁に類似する機能を有する。
- 2) 大型高層魚礁では、天然礁と類似する魚種組成の漁場は形成できるが、天然礁と同様の増殖機能を発揮することは難しい。しかし、逆に人工魚礁に適合できる、あるいは天然礁域よりは生態的に都合の良い種のみが選択的に利用する可能性が見いだせた。

- 3) 大型高層魚礁におけるウスメバルの蛸集量は年々増加の傾向にあり、同時に滞留期間も長くなりつつある。また、漁獲量についても増える傾向にあることから、ウスメバルの蛸集要因を解明し、ウスメバルの好適環境条件を明らかにする必要がある。
- 4) 大型高層魚礁の上部に設けた擬岩部にはツルアラメの着生が認められ、沖合大水深での藻場造成の可能性が確認された。しかし、蛸集魚類による食害などにより、成体にまでは至らなかった。このことは今後の課題となるが、新たな技術開発にとって有用な結果が得られた。
- 5) 真野湾の円筒魚礁を用いた造成漁場の調査結果と大瀬海域の結果（試験礁、太夫礁）を比較することによって、海域、魚礁形状、配置による蛸集魚類の相違が把握できた。このことから、人工魚礁の形状や造成方法と蛸集魚類の魚種特性を把握することによって、目的別に類型化できる可能性がでてきた。

#### 参考文献

- 1) 高木儀昌、長野圭佑、三木勝美、他：培養型人工魚礁の開発 その1～3、平成9年度日本水産工学会学術講演会、1997.5.
- 2) 高木儀昌：大水深域における魚類増殖場の可能性、東北人工魚礁研究15、東北区水産研究所、1998.9.
- 3) 木元克則、高木儀昌：魚礁漁場の評価・計画手法の改善、平成9年度沿岸漁場整備開発調査（直轄）報告書、水産庁資源生産推進部整備課、1999.3.
- 4) 魚礁総合研究会：人工魚礁の理論と実際Ⅰ、Ⅱ、日本水産資源保護協会、1976.
- 5) 水産工学研究所研究収録編集委員会：人工魚礁効果調査手法、水産工学研究推進全国会議人工魚礁部会報告（平成8年度）、水産工学研究所、1997.3.

表 1 1 3 各調査地点での確認魚種一覧 (平成9年度・平成10年度)

魚 種 名	平成9年度						平成10年度							
	7月調査結果			8. 9月調査結果			7月調査結果			8. 9月調査結果				
	試験礁	太夫礁	佐渡 15m	佐渡 30m	試験礁	太夫礁	佐渡 15m	佐渡 30m	試験礁	太夫礁	佐渡 30m	試験礁	太夫礁	佐渡 30m
ウスメハル	◎◇	◎	●		○	●			◎	△	○	○		△
キツネメハル	◇	●	△	●	●	●	△		○	●		○	●	
メハル			◎◇	◎			◎				◎		△	◎
クロソイ	◇		◇	◇	●									
アイナメ	●◇		●	●	△		△		△		●			△
マハタ		△	△	△	△	△	△		△	●		△	△	
キジハタ	◇	●	△	△	☆	●	△		●	●		●	●	
ブリ	△	△			△	△	△		△	●		△	●	
マアジ	◎		◎◇	◎		◎	◎		◎		◎			◎
マダイ	☆◇	●	○		△	○	△			○			△	
チダイ			◇							○				
イシダイ	●	○	△◇	△	●	●	●	●	○	●	●	○	●	●
コブダイ	◇		△	△		△	△		△	△	△	△	△	△
スズメダイ		◎	○	○		◎	○			◎	○		◎	◎
ササノハベラ	△◇	●	△◇	●		●	●	●	●	●	●	●	◇	●
キュウセン		●	△	●◇		●	●	○		●	●	○	●	○
ヒラメ			△				△				△			△
ウマツラハギ	◎◇	○	●◇	☆◇	◎	○	○	○	◎	○	△	◎	○	●
合計確認魚種	12	11	17	13	10	12	12	14	11	13	10	8	12	11

◎ ビデオ観察により確認された魚種 ☆  
○ 釣りにより確認された魚種 ◇

1000尾以上 ◎  
100尾以上 ○  
10尾以上 ●  
1尾以上 △