

高層魚礁の開発と効果

高木儀昌*・森口朗彦*・木元克則**・新井健次***
蓮尾泰三****・中村英夫*****・木村光一*****

Development of Large-scale High-rise Artificial Reef and Its Effect

Norimasa TAKAGI, Akihiko MORIGUCHI, Katsunori KIMOTO, Kenji ARAI
Taizo HASUO, Hideo NAKAMURA, Koichi KIMURA

Abstract : This paper describes a large-scale, high-rise artificial reef built by us to develop an offshore fishing ground in deeper waters and the effect obtained from this reef.

This is the world's largest artificial reef of 35m in height and 4,000m³ in volume located in the neighborhood of a natural reef (Ohse Reef) which is at a distance of 20 km off Nezugaseki, Yamagata Prefecture, in the northern part of the Sea of Japan and known as an excellent fishing ground for red sea bream (*Pagrus major*). During the test which was started in May 1995, the species and quantities of gathered fishes and their body length distribution by species have been investigated by diving and fishing. As a result, we have observed a phenomenon which does not occur with the natural reef. Namely, a large number of golden eye rockfish (*Sbastes thompsoni*) gather and stay there for a long time. This phenomenon has been continuing for four years since 1996. As the number of gathering rock fish is increasing, the catch of rock fish has been raised year after year. This has increased the importance of golden eye rockfish as a fish of good-catch.

Keywords : large-scale high-rise artificial reef, golden eye rockfish

1 緒言

人工魚礁による漁場の造成は、既存の天然礁などの優良漁場を拡大し、あるいは利用率の低い海域に全く新しい漁場を造成するなど、沿岸漁場の整備・開発に寄与している。また、現状での漁場開発は、沿岸浅海域から沖合大水深域へと拡大しており、漁業者からはより大型の礁高の高い魚礁の開発が望まれるようになっていた。

これまでの漁場造成では、面的な広がりが必要視され、人工魚礁の礁高は水深の1割程度となっていた。しかし、造成海域が深くなるにしたがい操業の利便性などから、面的な広がりよりも人工魚礁単体の規模や礁高が求められるようにな

り、高層魚礁の開発に着手することとなった。

この研究は、山形県庁に平成4年、地元漁業者から「天然礁の大瀬（おおせ）と同様の機能を持つ人工礁を造ってほしい。」という要望が持ち込まれたことから始まっている。具体的な検討は、平成6年に直接漁業者との懇談に端を発しており、大瀬海域の北側にある太夫礁（たいゆうしょう）に近い魚礁というイメージが提示されたことから開始された。

我々は、以下のような方針の基に、高層魚礁の開発に着手した。

① 場の設定として沖合大水深域の天然礁周辺とする。

天然礁が有する生物培養機能と漁場機能を解明し、漁獲だけに効果がある人工魚礁ではなく、天然礁が持つ魚を増

1999年11月16日受理 水産工学研究所業績A第374号

* 水産土木工学部漁場施設研究室

** 西海区水産研究所

*** (株)コースタル・コンサルタント

**** (株)中山製綱所

***** 日鐵建材工業(株)

***** 広和(株)

やす機能も合わせ持つ人工魚礁を検討する。

② 水深の鉛直の利用を検討する。

海域の面的な利用から、造成適地を十分活用することに主眼を置き、水深の鉛直的な利用を検討する。すなわち、動物・植物プランクトンが豊富で、光条件が海藻の繁茂にも適している表層に近い水深帯では、魚類の増殖に寄与する構造とし、人工魚礁全体としては表・中層魚から岩礁性魚類までが漁獲できる構造とする。

③ 既存の人工魚礁の製作・設置に利用される一般的な施工方法の範疇で検討する。

既存魚礁と同等かそれ以下の費用での造成を目的として、既存の人工魚礁の施工技術の範囲での高層化を検討する。

以上の方針に基づき、本研究は山形県の南部、新潟県との県境の町、温海町の沖合20kmにある天然礁(大瀬礁)において行われることになった。調査は、事前調査が平成6年度に行われ、その結果に基づき試験礁の形状や配置が検討された。試験礁の設置は平成7年5月で、以来平成11年度まで調査を継続してきている。

ここでは、試験礁の形状決定の経緯、形状の特徴、設置後の魚類の集積状況を示し、高層魚礁の効果について検討を行う。

2 形状決定の経緯

大瀬礁は、図1に示したとおり東西約2 km、南北約4 kmの広さがあり、本礁と南のローソク礁、北の太夫礁から構成されている。大瀬礁全体は、マダイを主体とする延縄の好漁場となっている。

この大瀬礁の北側にある太夫礁は水深70mから高さ50mの塔が立ったような形状をしており、最浅部は水深17mである。図2に示した魚探記録は、太夫礁の東から西に航走した結果得られたもので、東西断面に相当するものである。漁業

者の要望は、これに匹敵する人工魚礁で、大瀬北側の開発をしてほしいというものであった。このような大規模な天然礁と同等の規模を有する人工魚礁の造成事例はこれまでになく、さらに水深70mにおいて水深の7割もの高さに達する人工魚礁も皆無であった。

そこで我々は、大瀬礁におけるタイ縄漁業の実態の把握、大瀬礁の地形と漁獲との関連、太夫礁に集積する魚類について調査を行った。その結果、マダイの産卵期である4月～6月には浮き延縄が主体となり、それ以外の時期ははしご縄(底延縄)が主体となっていることが判った。(図3及び図4参照) また、浮き延縄は表層から15～20mの範囲、底延縄は海底か

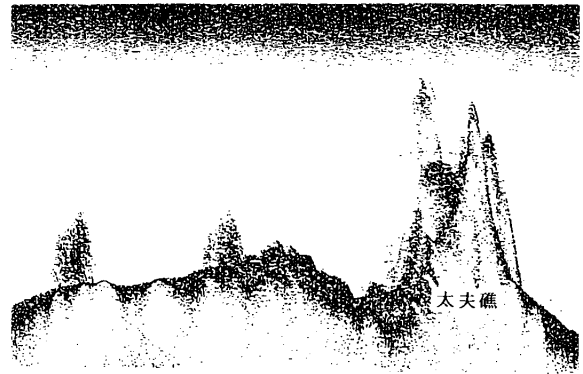


図2 太夫礁の地形(東西断面)

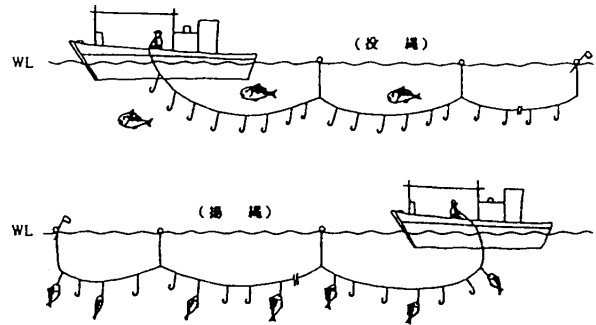


図3 浮はえ縄操業図

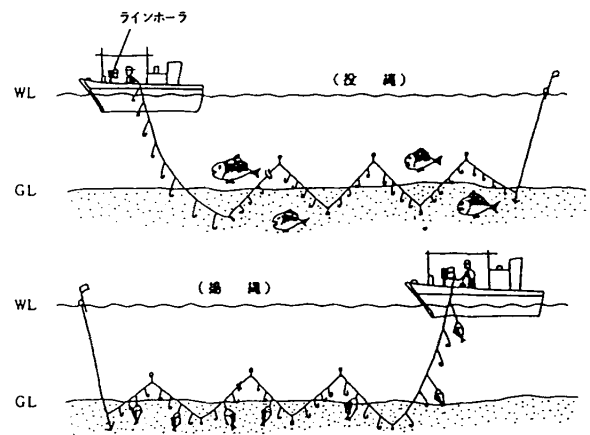


図4 はしご縄操業図

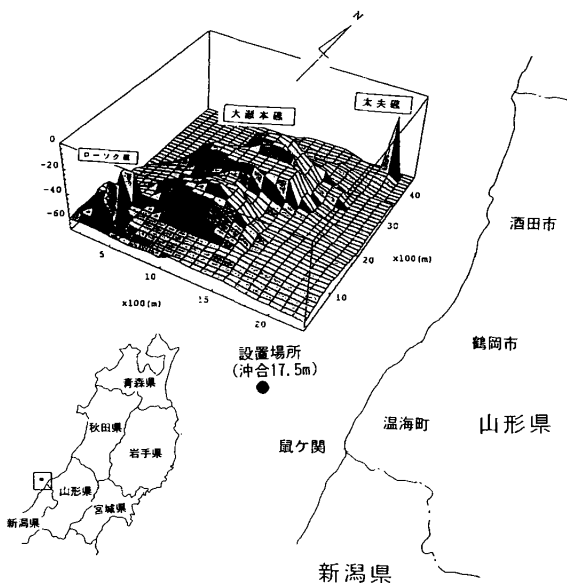


図1 大瀬礁の位置と地形

ら10～15mの範囲で操業することも判った。

地形と漁獲に関する調査では、海底地形が複雑なところとマダイの漁獲位置が良く相関し、5 m～10mの凹凸のある場所において多く漁獲されていた。太夫礁の地形と蛸集魚の関係については、太夫礁全体は一つの山としてまとまっているものの、頂部はいくつかの峰から構成され、表面は凹凸の多い複雑な面となっていた。特徴としては、頂部にはツルアラメやノコギリモクなどの海藻が繁茂しており、スズメダイなどの幼魚が多く蛸集していたことである。マダイやチダイは、峰と峰の間の窪みに多く分布し、試験操業による結果と同様の場所で観察された。観察された、魚種と尾数、礁との位置の関係は、図5及び表1に示したとおりである。

これらの結果を総合的に判断した結果、人工魚礁全体の高さは浮き延縄に支障を来さない高さで、海藻の着生が期待できる高さとした。また、礁の構成としては5 mから10mの凹凸が形成できる多峰型配置とする案が決定された。

この段階での最大の課題は、礁の最大高さをどの程度にするか、そしてその高さをどのようにして造成するかであった。礁の高さについては、表層から20mの範囲は浮き延縄の操業に支障を及ぼすためそれ以下の高さとしなければならない。試験礁の設置水深は60mから65m程度であったため、礁の最大高さは40mから45mという設定で、構造や施工法を検討し、最終的にクレーンのブーム長の関係から35mに決定され

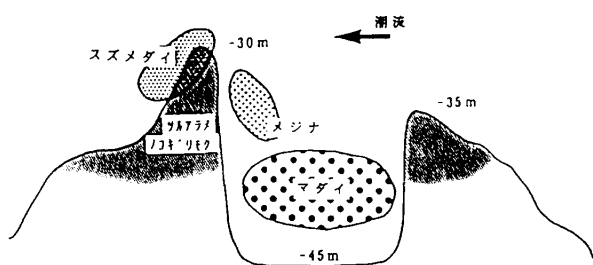


図5 太夫礁における魚類の分布模式図
(平成6年8月28日)

表1 太夫礁における確認魚種の分布の特徴
(平成6年8月28日)

魚種名	体長(cm)	尾数	分布の特徴
マダイ	30～50	200	峰と峰の間の-40mの深み
チダイ	30	100	マダイと混成群を形成
ブリ	20～25	5	最南の中層
スズメダイ	2～3	500	-30mの峰の潮下に群れる
〃	10～15	3000～5000	
ササノハベラ	15	50	-30mの峰の潮下に分散
ホンベラ	15	3	-30mの峰の潮下に分散
キュウセン	15	20	-30mの峰の潮下に分散
ウマヅラハギ	15～20	50	-30mの峰の潮下に分散
イシダイ	15～20	10	-30mの峰の潮下に群れる
メジナ	25	50	峰の潮上

た。

礁の構造に関しては、①中層魚礁（浮体式）を利用する、②自然石あるいはコンクリートブロックを積み上げる、③鋼製の単体礁を開発するの三案を検討しました。その結果、①に関しては操業に支障をきたす恐れがあると同時に耐久性に課題があり、②に関しては65m前後の水深での施工精度と経済性に課題があることが判った。結果として、③の鋼製の高層魚礁を開発することになった。すでに石油開発のための海洋構造物には、鋼製の檣をはじめとして大規模な構造物が建造されており、また鋼製の人工魚礁でも高さ20mのものが実用化されていたため、施設の安全性、施工性、経済性に確実な予測が可能であるとの判断がされた。

形状に関しては、延縄漁業との関連で表層から20m付近での浮き縄と海底から15mまではしご縄への配慮から、上部および下部に効果が得られるような構造を基本とした。その上で、上部には海藻が着生でき、幼稚魚の保護・育成場となる構造を配置し、5 mから10mの高低差を設けることにした。

3 高層魚礁の形状

大瀬礁の地形や漁業の実態を基本に、地域の実情に即した施工法および経済性等を検討した結果、最終的に図6に示した試験礁の形状が決定された。

設置海域は、地元漁業者の協力によって、太夫礁の西300mの地点となり、水深は63mに決定された。したがって、試験礁の高さとしては最大43m程度まで可能となるが、前述したようにクレーン船（250t吊り）のブームの長さから最終的に35mに決定された。重量については、約91t（空中）と軽量化でき、吊り上げ能力には余裕ができた。

試験礁全体は、鋼材を主体とした構造とし、下部は礁全体の安定性の確保と多様な魚類の生息空間とするためコンクリート製の魚礁を中心部に組み込んだ。中段部には、回遊性魚類の蛸集効果を増す目的と海藻類の付着基質とするための擬岩部を設け、上部には幼稚魚の生息空間となり、回遊魚の摂餌空間ともなるリングタワーを取り付けるなど、水中を鉛直方向に有効に利用できる工夫を施している。特に、中段部



図6 高層試験礁の形状

の擬岩は、鋼製のパネルにセメント、珪砂、高分子エマルジョンおよびビニロンを混練したものを吹き付け、鋼材の腐食防止し、海藻の付着基質の軽量化を実現した。さらに、中段部の構造をコの字状とすることによって、クレーンのブームと試験礁の接触を防ぐとともに、吊り上げ時のブーム長の不足を解消した。

以上のように、この試験礁はこれまでの人工魚礁の範疇から大きく逸脱した形状・規模を有し、機能的にも多機能、多様性を確保するように工夫を施した。この試験礁を、我々は高層魚礁と呼ぶこととし、調査を開始した。

なお、試験礁全体としては、高層魚礁を含めて7種類の人工魚礁単体が設置されており、図7に示すように配置されている。

4 設計条件

高層魚礁の設計は、以下の条件のもとで行われた。

設置水深：63m

流速：0.514m/sec

設計波高：10.4m

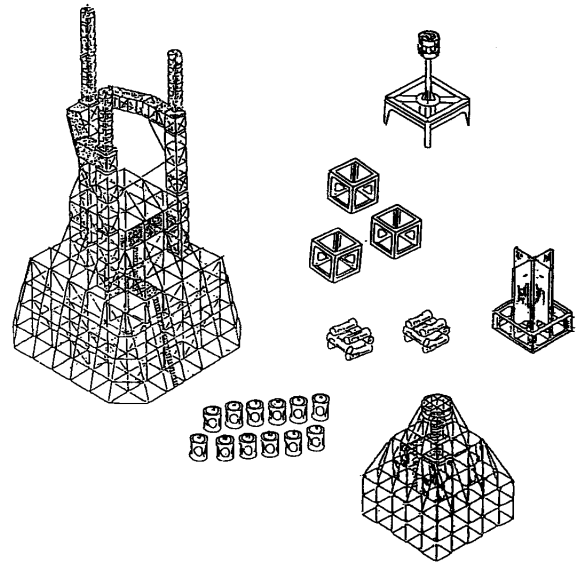


図7 試験礁の全体配置

表2 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 septemfasciat</i>	20					1
マハタ <i>Epinephelus septemfasciat</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>Evynnis japonica</i>	30				100	
イシダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	10~15				300	1,000
キュウセン <i>Halichoeres poecilopterus</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

表3 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	Sebastes thompsoni	7~10				1,200	1,200	5
ウスメバル	Sebastes thompsoni	20~30	15,000					
ウスメバル	Sebastes thompsoni	20		15,000	15,000	5		
エゾメバル	Sebastes taczanowskii	15~20	30					
キツネメバル	Sebastes vulps	15~20	25					
クロソイ	Sebastes schlegeli	20~25						5
タケノコメバル	Sebastes oblongus	25			1			
アイナメ	Hexagrammos otakii	40			1			
ホッケ	Pleurogrammus azonus	30	7,000					
マハタ	Epinephelus septemfasciat	40		1		1		3
ハタ sp.	Epinephelus sp.	30			1			
ブリ	Seriola quinqueradiata	40		300				1
ブリ	Seriola quinqueradiata	30				2		
ヒラマサ	Seriola lalandi	60				7		
マアジ	Trachurus japonicus	2~3		1,000				10
マアジ	Trachurus japonicus	15~20		100				
マアジ	Trachurus japonicus	25			100	3,000	2,000	
マアジ	Trachurus japonicus	10				500	1,000	
イシダイ	Oplegnathus fasciatus	10~15					100	30
イシダイ	Oplegnathus fasciatus	20	20	40	30	50		
オキタナゴ	Neoditrema ransonneti	15		20		300	500	
オキタナゴ	Neoditrema ransonneti	5				100	200	
ミギマキ	Goniistius zebra	20						1
ヒラメ	Paralichthys olivaceus	80				1		
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	30						50
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	20				100	500	
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	25	50	80	40			
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	15~20						500
観察魚種数			6	7	7	9	5	9
観察尾数			22,125	16,125	15,173	5,266	5,500	608

表4 平成9年度の試験礁における観察魚

魚種名	大きさ(cm)	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	Sebastes thompsoni	100~200	50,000				
〃		150~200		25,000	3,000	3,000	50
〃		70					50
エゾメバル	Sebastes taczanowskii	250~300	20	20			
キツネメバル	Sebastes vulps	300~400	15		50		30
〃		200~300		115			50
クロソイ	Sebastes schlegeli	300~400				5	30
アイナメ	Hexagrammos otakii	200~300			10		
〃		400				1	
ホッケ	Pleurogrammus azonus	250~300	5				
マハタ	Epinephelus septemfasciat	300~500				1	3
ブリ	Seriola quinqueradiata	800			2		
〃		400					2
マアジ	Trachurus japonicus	200~250	3		3,000		
〃		250				300	
マダイ	Pagrus major	300~400				1	2
イシダイ	Oplegnathus fasciatus	200~250	15			10	30
〃		150		30	20	50	
〃		300				1	
ウミタナゴ	Ditrema temmincki	150				50	
ササノハベラ	Pseudolabrus japonicus	80~150		8	8		
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	200~300	50				
〃		150~200		500	3,000		
〃		200~250				400	1,000
							2,000

設計周期：13.95sec

波 向：NNW

海 底 面：フラットで砂質

なお、施設の耐用年数は沿岸漁場整備開発事業に適應できるように30年とし、鋼材の腐食に関しては30年分の腐食量をあらかじめ部材の厚さに加えることで対応した。

5 試験礁で観察された魚類

平成7年5月に試験礁が設置されてから、現在に至るまでの調査によって試験礁において観察された魚種を表にして示すと表2~5のようになる。

これらの表から、年数を追うごとに魚種数および尾数が増加し、滞留期間も長期間になっている。特に、ウスメバルに関しては、事前調査の段階では対象種の中に含まれていなかったもので、結果のように大量に蛸集することは予想外のことであった。なお、研究計画時の主対象魚であったマダイに関しては、潜水観察や水中カメラでは平成7年度以外確認

されていないが、夜間の魚探調査や延縄による試験操業では大量の蛸集が確認されており、試験礁への蛸集は認められている。図8に示したものが、魚群探知機に反応したマダイの群の映像であり、この日の操業の結果、1.5kg程度のマダイの群であることが確認されている。

調査の結果、潜水調査や水中カメラなどの観察によって確認された魚種の内、量的に多く確認された魚種は以下の5種類である。

[ウスメバル、ホッケ、マアジ、ウマヅラハギ、キツネメバル]

これらは、いずれも漁獲の対象となっている、水産的に有用な魚種であり、中でもウスメバルやキツネメバルは、北部日本海において高級魚に位置付けられている。それらが表に示したように大量に、かつ長期間蛸集したという事実は画期的なことで、高層魚礁の成果の一つといって良い。

以上の表を基に、試験礁で観察された魚類の重量を推定することを試みた。方法は、観察魚を表6に示すような類型化

表5 平成10年度の試験礁における観察魚

魚種名	大きさ(cm)	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	Sebastes thompsoni	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	Trachurus japonicus	250	50,000	50,000	50,000	30,000						
ホッケ	Pleurogrammus azonus	250~300	2,000	30	100							2,000
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	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	Oplegnathus fasciatus	150~200	300			150	300	200	100	50	200	20
〃		200~250		150	150						100	
〃		100							30			
エゾメバル	Sebastes taczanowskii	250~300	30	40	40	10						
ウミタナゴ	Ditrema temmincki	150~200	10	300	300	300						
アイナメ	Hexagrammos otakii	300~400	3			1	1	1	20			
〃		250		1								
クロソイ	Sebastes schlegeli	200	2									
キツネメバル	Sebastes vulps	250~300		100	100	100	200		200	200		10
〃		300~400						500			80	
コブダイ	Semicossyphus reticulatus	250				1						
〃		400					1					
〃		500						1				
キジハタ	Epinephelus akaara	250~300					10	3	3	15	20	
マハタ	Epinephelus septemfasciat	300~400					5			1	1	
ササノハベラ	Pseudolabrus japonicus	200					3					
ブリ	Seriola quinqueradiata	1,000						1				
〃		600									2	
メジナ	Girella punctata	300									1	
ミギマキ	Goniistius zebra	250									1	
合計			103,345	105,621	105,690	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。



図8 試験礁周辺に蝟集したマダイの魚探記録
(平成8年4月)

表6 魚体重量推定類型化モデル

モデル	体重計算式及び類型種
マダイ型	$\text{Log}_{10}\text{BW}=3\times\text{Log}_{10}\text{BL}-4.7$ マダイ、イシダイ、ウスメバル、クロソイ、キツネメバル、エゾメバル、マダイ、マハタ、ウミタナゴ
シマアジ型	$\text{Log}_{10}\text{BW}=3.382\times\text{Log}_{10}\text{FL}-5.569$ シマアジ
キュウセン型	$\text{Log}_{10}\text{BW}=3.15\times\text{Log}_{10}\text{SL}-5.0$ アイナメ、ホッケ、ササノハベラ
トラフグ型	$\text{Log}_{10}\text{BW}=3.2943\times\text{Log}_{10}\text{TL}-5.4479$ ウマツラハギ

表7 平成7年度試験礁観察魚体重量推定結果

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		3,676			
クロソイ <i>Sebastes schlegeli</i>	20~25	455				
アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	20	177				
マハタ <i>Epinephelus septemfasciat</i>	20					160
マハタ <i>Epinephelus septemfasciat</i>	40					2,554
ハタ sp. <i>Epinephelus sp.</i>	30		539			
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	40			25,542		
カンパチ <i>Seriola dumerili</i>	30~40				11,924	4,336
マダイ <i>Pagrus major</i>	30				53,872	
マダイ <i>Pagrus major</i>	20					15,962
チダイ <i>Evynnis japonica</i>	30				53,872	
イシダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	10~15				11,691	38,970
キュウセン <i>Halichoeres poeciloptera</i>	15	72				
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	30	4,126				
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	20				135,639	
ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	25					848,702
カワハギ <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	10~15				865	288
カワハギ <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	15					158
観察蝟集魚総重量 (g)		4,830	4,265	25,542	267,863	911,129
単位体積当り蝟集魚群量 (g/空 m ³)		2	2	13	136	462

表8 平成8年度試験礁観察魚体重推定結果

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	Sebastes thompsoni	7~10				14,704	14,704	61
ウスメバル	Sebastes thompsoni	20~30	4,676,396					
ウスメバル	Sebastes thompsoni	20		2,394,315	2,394,315	798		
エゾメバル	Sebastes taczanowskii	15~20	3,208					
キツネメバル	Sebastes vulps	15~20	2,673					321
クロソイ	Sebastes schlegeli	20~25						1,136
タケノコメバル	Sebastes oblongus	25			312			
アイナメ	Hexagrammos otakii	40			1,572			
ホッケ	Pleurogrammus azonus	30	4,446,620					
マハタ	Epinephelus septemfasciat	40		1,277		1,277		3,831
ハタ sp.	Epinephelus sp.	30			539			
ブリ	Seriola quinqueradiata	40		510,844				1,703
ブリ	Seriola quinqueradiata	30				1,287		
ヒラマサ	Seriola lalandi	80				46,968		
マアジ	Trachurus japonicus	2~3		144				10
マアジ	Trachurus japonicus	15~20		10,398				
マアジ	Trachurus japonicus	25			34,740	1,042,208	694,805	
マアジ	Trachurus japonicus	10				7,834	15,668	
イシダイ	Oplegnathus fasciatus	10~15					3,897	1,169
イシダイ	Oplegnathus fasciatus	20	3,192	6,385	4,789	7,981		
オキタナゴ	Neoditrema ransonneti	15		1,347		20,202	33,670	
オキタナゴ	Neoditrema ransonneti	5				249	499	
ミギマキ	Goniistius zebra	20						160
ヒラメ	Paralichthys olivaceus	80				7,060		
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	30						25,790
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	20				13,564	67,819	
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	25	14,145	22,632	11,316			
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	15~20						43,683
観察魚群総重量 (g)			9,146,235	2,947,342	2,447,582	1,164,132	831,062	77,864
単位体積当り魚群量 (g/空 m ³)			2,317	747	620	295	211	39

表10 平成10年度試験礁観察魚体重推定結果

魚種名	大きさ(cm)	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	Sebastes thompsoni	150~200	5,346,679	5,346,679	5,346,679	3,208,008	213,867	320,801	3,208	3,208	5,346,679	
〃		100~150							3,897	3,208		
〃		70~100								86		
マアジ	Trachurus japonicus	250	17,370,132	17,370,132	17,370,132	10,422,079						
ホッケ	Pleurogrammus azonus	250~300	965,891	14,488	48,295						965,891	
ウマヅラハギ	Thamnaconus modestus	200~250	683,589	3,417,943	3,417,943	3,417,943						
〃		150~200				896,110		298,703	298,703	1,493,517	5,974	
〃		250~300					3,972,052					
イシダイ	Oplegnathus fasciatus	150~200	32,080			16,040	32,080	21,387	10,693	5,347	2,139	
〃		200~250		34,091	34,091					21,387	22,727	
〃		100							599			
エゾメバル	Sebastes taczanowskii	250~300	12,449	16,598	16,598	4,150						
ウミタナゴ	Ditrema temmincki	150~200	1,069	32,080	32,080	32,080						
アイナメ	Hexagrammos otakii	300~400	3,097			1,032	1,032	1,032	20,646			
〃		250		358								
クロソイ	Sebastes schlegeli	200	319									
キツネメバル	Sebastes vulps	250~300		41,495	41,495	41,495	82,990		82,990	82,990	4,150	
〃		300~400						427,734		68,437		
コブダイ	Semicossyphus reticulatus	250			358							
〃		400				1,572						
〃		500						3,175				
キジハタ	Epinephelus akaara	250~300				4,150	1,245	1,245	6,224	8,299		
マハタ	Epinephelus septemfasciat	300~400				4,277			855	855		
ササノハベラ	Pseudolabrus japonicus	200				531						
ブリ	Seriola quinqueradiata	1,000						17,752				
〃		600								13,420		
メジナ	Girella punctata	300								539		
ミギマキ	Goniistius zebra	250								312		
合計			24,415,305	26,273,865	26,307,314	17,143,185	1,236,611	4,444,203	417,455	401,824	1,632,475	6,324,832

表11 平成7年度試験礁釣獲調査結果

種 類	6月3日		7月7日		10月8日		10月28日		総 数	
	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)
マダイ					6	1,640	1	290	7	1,930
チダイ	1	240			18	3,145			19	3,385
ウマヅラハギ	1	400	3	未計量	20	5,275	63	14,710	87	20,385
アイナメ	2	105	2	未計量					4	105
クロソイ	2	400							2	400
ブリ					1	370			1	370
ヒメ					5	215	1	42	6	257
ササノハベラ					1	55	2	100	3	155
ベラ sp.					2	25			2	25
イシダイ					1	60	22	1,495	23	1,555
ウスメバル							1	85	1	85
キュウセン							1	60	1	60
総 釣 獲 量	6	1,145	5	0	54	10,785	91	16,782	156	28,712

表12 平成8年度試験礁釣獲調査結果

種 類	5月24日		5月25日		7月19日		7月20日		8月30日		総 数	
	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)	尾数	重量(g)
ホッケ	66	20,625									66	20,625
アイナメ	2	659	6	2,100	7	1,670			2	940	17	5,369
キツネメバル	7	1,888	2	400	4	1,010	2	110			15	3,408
ウマヅラハギ	1	497			5	1,860			15	3,240	21	5,597
マダイ	17	14,300			2	1,070					19	15,370
クロソイ	1	700									1	700
チダイ					7	2,310					7	2,310
ハウセキキントキ					1	390					1	390
ヒメ					2	170			1	90	3	260
ササノハベラ					7	565			4	295	11	860
ウスメバル					3	280	20	2,850	8	1,190	31	4,320
マハタ									1	560	1	56
マアジ									1	140	1	14
ヤナギノマイ			1	300							1	300
ブリ			1	6,300							1	6,300
総 釣 獲 量	94	38,669	10	9,100	8	9,325	22	2,960	32	6,455	196	66,509

結果から、潜水観察などでは観察されなかったマダイなどのタイ類が漁獲され、試験礁周辺に滞泳していることが推察された。また、1本釣りではヒメやササノハベラなどの潜水では確認しにくい海底付近に定位する魚種も確認され、潜水観察などの結果を補足する資料が得られた。なお、表中のホッケ、ウマヅラハギも主に1本釣りによる結果である。

平成9年度の釣獲試験では、試験礁周辺と大瀬本礁の比較を行う目的で、延縄の試験操業を行った。延縄の操業は、主にタイ類の釣果を比較する目的で、図9に示した位置にそれぞれ2鉢（約200本の針で2,000mの長さ）を設置した。結果は、表13に示したとおりで、少ない調査回数の中ではあるが、同等の釣果が得られる漁場となっていることが窺える結果を得ることができた。

表14は平成9年度の7月の1本釣りによる釣獲試験の結果を示しており、これまでと同様の結果であった。

なお、1本釣りによる試験操業を実施した結果、仕掛けによって魚を選択してしまう可能性があり、さらに餌の種類や餌の有無による影響が結果に反映することが判った。特に、大量に蟄集したウスメバルに関しては、餌の有無がはっきりと釣果に現れて、エビなどの餌を付けた場合には全く釣れなかった。この理由は、エビを餌にした場合ウマヅラハギが大量に餌に寄ってしまうため、ウスメバルを釣るためには浮

表13 平成9年度5・6月延縄試験操業による漁獲

月.日	場 所	魚 種 名	尾 数	備 考
5.23	試験礁・太夫礁	マダイ	15	2鉢・イカ切り身
		ブリ	1	
	大瀬本礁	マダイ	20	2鉢・イカ切り身
マアジ	5			
チダイ	2			
6.13	試験礁・太夫礁	マダイ	2	2鉢・イカ、 エビ交互
		チダイ	2	
		キツネメバル	1	
大瀬本礁	マダイ	10	2鉢・イカ、 エビ交互	
	マアジ	3		
	チダイ	1		
	キツネメバル	2		

表14 平成9年度釣獲調査結果

月.日	魚 種 名	尾 数	重 量 (g)
7.23	ウマヅラハギ	23	4,390
	マダイ	1	174
	コブダイ	1	440
	キジハタ	1	290
	キツネメバル	1	350
	メバル sp.	1	225
	ヒメ	3	175
	ササノハベラ	7	585
	合 計	38	6,629
7.24	ウマヅラハギ	36	4,740
	ウスメバル	23	2,235
	クロソイ	1	690
	キツネメバル	4	1,130
	ササノハベラ	1	50
	アイナメ	1	100
	シマソイ	1	830
	アズマハナダイ	1	20
	合 計	68	9,795

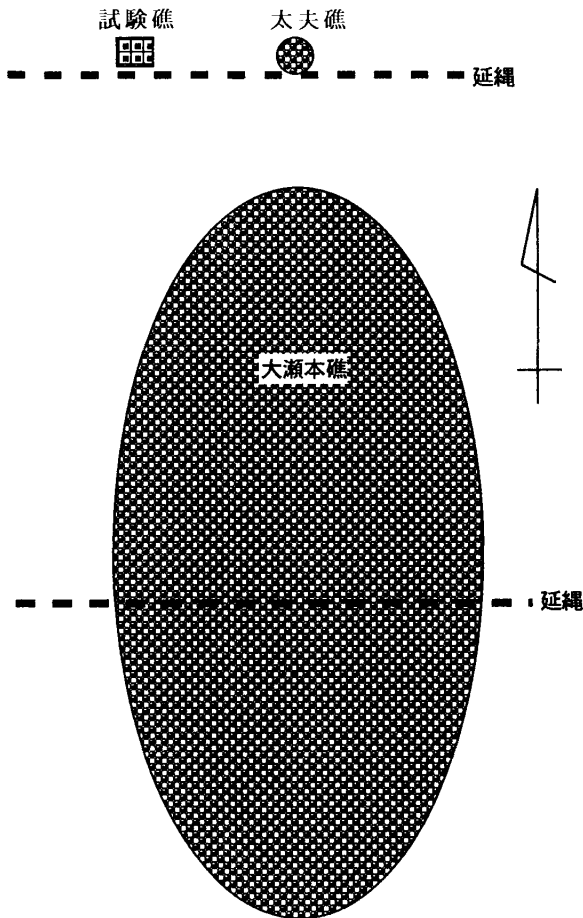


図9 延縄試験操業位置

遊するプランクトンに似たアジ用のサビキが有効であることが判った。

7 得られた結果

本調査によって得られた結果を列記すると以下のようになる。

- ① 回遊性の魚類（ブリ、ヒラマサ、アジ）から底生性の魚類（メバル類、ハタ類、タイ類）まで、主に水産的に有用な魚種が蟄集し、近傍の天然礁に類似する漁場が形成され

た。

- ② 産卵直前と考えられるウスメバルやマダイの親魚の蝟集、小アジを追尾するブリの行動、着底直後と考えられるウスメバル幼稚魚が確認され、増殖機能が窺われた。
- ③ ウスメバルの大量の蝟集により、ウスメバルを対象とする漁業が行われるようになった。また、遊漁船の来遊隻数も増加し、新たな漁業の芽が出てきた。
- ④ 水深37mに位置する擬岩部にツルアラメの着生が確認でき、中層における藻場造成の可能性が示唆された。しかし、魚類による食害などにより、繁茂するまでには至らなかった。
- ⑤ 通常の施工機材で、製作および設置できることが確認され、大型化によって既存魚礁に比べて単位体積当たりの単価が安くなった。また、水中テレビなどの映像機器を設置作業に活用することによって、設置精度の向上が期待できることも判った。

以上のことから、本高層魚礁は漁場機能と増殖機能を合わせ持ち、水深の鉛直的利用を可能とする、大水深域の開発にとって有用な魚礁であることが実証された。

7 あとがき

現在、試験礁として調査した高層魚礁は、その効果が地元漁業者に認められ、試験海域において実施されている人工礁造成事業に適応されている。現状では、試験礁を含めて7基が設置されており、1基のみの場合とは異なる効果が現れてきている。例としては、基数が増えたことによって、漁場が面的に広がったことにより、マダイの延縄漁業に対しても効

果が現れてきた。また、ウスメバルの蝟集量も基数の増加に比例するように増加している。以上のことから、漁業者からは造成効果が評価されるようになってきている。

今後は、ウスメバルの増殖礁としての利用など、高層魚礁の大水深域での幅広い利用方法について研究して行く予定である。

最後に、本研究は山形県温海町のタイ繩協議会の全面的な協力のもとに実施できたこと、山形県水産課、山形県水産試験場の強力な支援、水産庁開発課（現整備課）のご理解のもとに今日に至ったことを記して、関係各位に感謝の意を表す。

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行われたことを付記する。

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
- 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
- 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
- 4) 水産工学研究所研究集録編集委員会: 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
- 6) 水産庁: 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針 平成4年度版, (株)全国沿岸漁業振興開発協会, 1993
- 7) 山形県: 平成6年度大瀬地区人工礁漁場造成事業調査報告書, 1995