

# 大水深等における超高層魚礁漁場の 開発と効果の実証

山形県温海町沖超高層魚礁漁場調査機関

独立行政法人 水産総合研究センター

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

東北海区水産研究所 海区水産研究部

資源培養研究室 関野 正志

山形県水産試験場 海洋資源部 笠原 裕

山口県阿武町沖及び島根県浜田市沖超高層魚礁調査機関

独立行政法人 水産総合研究センター

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

社団法人 全国沿岸漁業振興開発協会

伊藤 靖・福田 亮・石岡 昇

協力機関：山口県水産課、島根県水産試験場

## 1. まえがき

超高層魚礁は、山形県温海町沖合にある天然礁（以降、大瀬礁という。）において実施された沖合大水深域における漁場造成のための研究で開発され、試験礁として実機が製作されたのが最初である。平成7年5月に大瀬本礁北部海域に設置した結果、ウスメバル、マアジ、ホッケなどが大量に蛸集し、既存の小型魚礁単体とは比較にならないような効果が確認され、沿整事業に適用されるに至った。また、ウスメバルの蛸集は、毎年2月頃から5月頃まで50,000尾を越える数が把握され、標識放流や遺伝子解析などの結果、2歳魚までの幼魚は長期にわたり高層魚礁に滞在することも明らかとなり、増殖礁としての活用についても可能性が確認された。

この超高層魚礁は、平成9年度事業において採用され、以後平成12年度までに10基が試験礁設置海域周辺に設置された。本研究では、事業完成前から完成後におけるウスメバルを中心とした蛸集魚の蛸集量やマダイの漁獲量の変化を把握し、その結果から超高層魚礁漁場の効果を実証することを、本海域での調査の目的とした。

山形県での試験が天然礁域であったことから、そこで得られた効果は地域的な特性によるもので、全国的に事業を展開した場合に効果に違いが生じるのではという懸念から、天然礁から離れた平坦な海底における調査を山口県阿武町奈古沖の海域（以降、奈古海域という。）で実施することになった。ここでの調査は、海域環境の違い、特に海底地形の違いと礁高の効果を既設の人工魚礁との比較をとおして検証することを目的としたものである。試験礁は、平成11年度に製作・設置され、その後蛸集魚種や量を定量的に把握するための調査が実施されており、アジ類やブリ類の蛸集に関して既設の人工魚礁との蛸集特性の違いが把握されてきている。調査は、13年度まで継続され、礁高を高くした場合の効果を明らかとし、礁高決定に必要な環境要因を把握することとした。

奈古海域での調査の結果、マアジを主体とするアジ類に対する効果が明らかとなったこ

とから、島根県浜田市沖（以降、浜田海域という。）のまき網漁場に更なる高層化とまき網を対象とする漁場造成のための試験礁（振り子式高層魚礁）を開発し、平成12年9月に調査海域に設置した。本格的な調査は、13年度に実施し、アジ類の蝸集状況を把握し、効果について検討した。

以上が、3種類の超高層魚礁の開発の経過であり、各海域における調査の目的である。本報告では、3カ所（大瀬、奈古、浜田）、3種類（礁高35m、30m、40m）の超高層魚礁において実施された調査結果を示し、超高層魚礁単体及び群体の効果について考察する。

## 2. 大瀬海域

### 2-1 調査海域及び高層魚礁の形状

調査海域は、山形県温海町沖約20kmにある大瀬礁の北部に位置し、離れ瀬である太夫礁の南側で大瀬本礁との間である。水深は、概略70m程度で、海底はおおむね岩礁帯である。

本海域での試験は、地元漁業者からの要望として、太夫礁と同じような効果を持つ魚礁の開発を目的として実施され、海域の事前調査結果をもとに平成7年5月に図1に示す高層魚礁試験礁を設置している。試験礁の寸法は、底面の大きさ（縦×横：17.5m×17.5m）、高さ35mであり、これまでに事業として平成9年から10基が設置されている。全体の配置は、図2のようである。

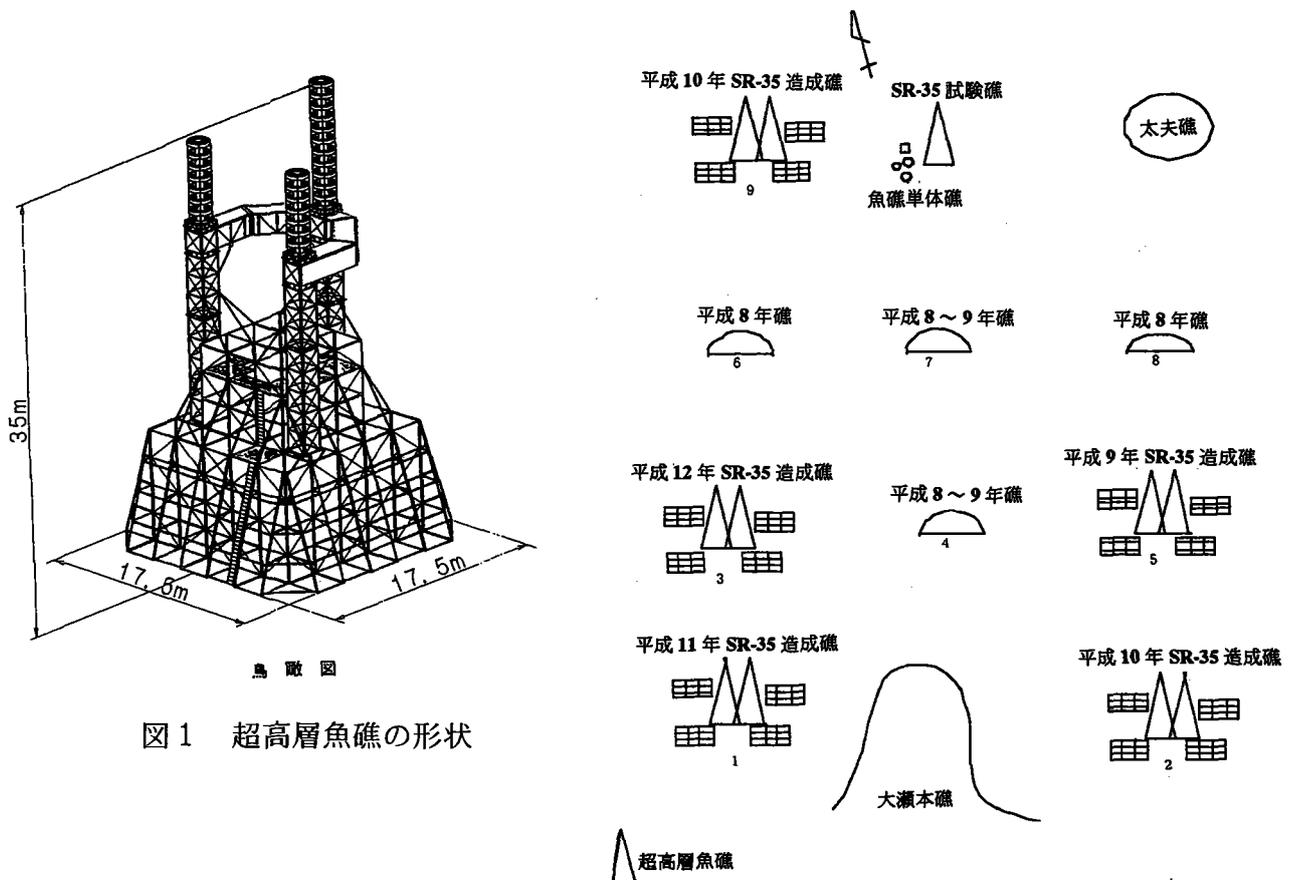


図1 超高層魚礁の形状

図2 超高層魚礁の設置状況

## 2-2 調査内容

調査は、①潜水調査、②音響調査（魚探、ソナーなど）、③釣獲調査（一本釣り、延縄など）、④魚礁周りの魚群の行動観察（水中テレビカメラ）、⑤標識放流（ウスメバルのみ）、⑥ウスメバルの遺伝子分析（マイクロサテライトDNAの分析）を行った。

これらの調査の内、①、②、③は蛸集魚種や魚群量の把握のため、①及び④は魚礁構造と魚種の関係の把握のため、③、⑤、⑥は増殖効果の把握のための調査である。

## 2-3 魚類蛸集結果

平成11年度から13年度までに実施した超高層魚礁での潜水観察の結果を表1に示した。表1は、調査日時毎に確認された魚種の内、有用魚種について尾数及び大きさをまとめたものである。

結果から、安定かつ量的に多い魚種としては、ウスメバル、ブリ、マアジ、ウマヅラハギであった。表2は、潜水観察結果の内、ウスメバルのみに着目して作成した観察結果である。10年度までは試験礁として設置された超高層魚礁を調査した結果、毎年1基当たりの蛸集尾数は増加する傾向にあり、最大50,000尾が確認されている。これに対して、造成が開始され、超高層魚礁が図2に示すように設置されるようになった結果、1基当たりの蛸集尾数は減少傾向にあり、3,000～6,000尾となった。マアジについては、年毎の変動が大きく、確認された尾数は最大100,000尾から最小500尾であり、造成された超高層魚礁の基数との関連は確認されなかった。また、ブリについても、マアジ同様の傾向があり、年毎の変動は大きいものの、最大蛸集量に関しては変化は見られなかった。

ウスメバルなど魚礁における滞在日数が長い魚種に関しては、設置基数の増加が1基当たり蛸集尾数に変化を生じされる可能性があるのに対して、移動性が強いマアジやブリに関しては、年度毎の資源の動向が蛸集尾数に変化を与える可能性が窺われた。ただし、設置されているすべての超高層魚礁を同時に観察し、全体量を把握した結果ではないため、現状としてはあくまで推定にとどまる。また、ウスメバルについては、漁場造成が完成し、釣果が噂として流れた結果、漁業者よりも遊漁者（遊漁船）の利用が増加した現状があり、漁獲されている状況での結果でもあるため、漁獲された結果としての現存量として見る必要がある。

ウマヅラハギについては、8年度から10年度の蛸集量が最大で500尾、3,000尾、5,000尾と増加の傾向にあった。しかし、11年度から13年度においては、12年度において6,500尾が観察されているものの、全体的には1基当たりの蛸集尾数は減少傾向となった。ウマヅラハギは、年間を通して魚礁で観察される魚種であり、ウスメバルよりも定着性が強いいため、魚礁の増加によって1基当たりの尾数は分散の結果として、減少したことが推察される。

表1の結果で、特徴的なことは、クロマグロが11年度(800尾)と13年度(500尾)が確認されたこと、13年度にマダイが超高層魚礁上部で群として(700尾)確認されたことが上げられる。試験礁の計画（平成6年）当時は、マダイ及びクロマグロは主対象種されていたわけであるが、試験礁では今回のような結果は得られなかった。今回のように、造成された結果として、このような観察結果が得られたということで、造成後の時間経過、造成規模や面的な広がりとの関連を検討する必要性を感じた。また、試験礁規模や調査期間の考え方についても対象種との関係で決定する必要があることも痛感した。

観察結果全体としては、定着性の強い魚種から移動性の強い魚種まで、有用な魚種が多く確認されており、超高層魚礁を主体とした漁場造成の結果として漁獲漁場として有効な

表1 大瀬地区超高層魚礁で観察された主要な魚種

魚種名	11年度調査結果				12年度調査結果				13年度調査結果		
	4/23	5/24	6/26	9/22	5/26	6/30	9/23	10/20	5/27	6/22	9/30
1 ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	20,000 サイズ 150 ~ 200 mm	30,000	5,300		3,000 サイズ 150 ~ 250 mm	3,500 サイズ 120 mm	100 サイズ 150 mm	20	3,000 サイズ 150 ~ 200 mm	2,000 サイズ 80 mm	8 300
2 キツネメバル <i>Sebastes vulpes</i>	1 サイズ 150 ~ 400 mm	30	30		30 サイズ 100 ~ 300 mm	15			5 サイズ 150 ~ 250 mm	5	5
3 ホッケ <i>Pleurogrammus azonus</i>	30,000 サイズ 300 ~ 400 mm	10			3 サイズ 300 mm				2,000 サイズ 300 ~ 350 mm		
3 マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	5 サイズ 200 ~ 300 mm	10,000	20,000	5,000	100,000 サイズ 200 ~ 250 mm				5 サイズ 200 ~ 250 mm		500 サイズ 50 ~ 80 mm
4 ウマヅラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>		20 サイズ 200 ~ 400 mm	1,500	500		6,500 サイズ 200 ~ 350 mm	800	300		1,600 サイズ 150 ~ 250 mm	800
5 ヒラマサ <i>Seriola lalandi</i>				25		サイズ 600 mm		4			
6 ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>				1,000	10,000 サイズ 300 ~ 400 mm			200		サイズ 450 ~ 550 mm	1,000
7 クロマグロ <i>Thunnus thynnus</i>				800						サイズ 700 mm	500
8 マダイ <i>Pagrus major</i>						サイズ 300 ~ 450 mm		3		サイズ 250 ~ 450 mm	700
9 イシダイ <i>Oplegnathus fasciatus</i>	2 サイズ 200 mm	20	20	5		35 サイズ 100 ~ 250 mm	35	50	1 サイズ 100 ~ 200 mm	3	5

漁場が造成できたことが把握された。

#### 2.4 ウスメバルの増殖効果

前述のように、ウスメバルの大量かつ長期の蛸集が確認された結果、高層魚礁のウスメバルに対する増殖機能を検証するための調査を実施した。

当初、高層魚礁の増殖機能として、産仔場としての機能、稚魚の着底場としての機能、幼魚の育成場としての機能を想定し、調査を開始した。調査は、釣獲調査によって得られたサンプルから成熟度や体中の仔魚の有無などの確認、標識の装填と放流魚の採捕あるいは観察による確認、年級別のサンプルの採集と遺伝子の分析による同一性の確認などである。

山形水試の報告では、産仔場としての機能については、産仔期に釣獲されたウスメバルの内、産仔直前及び産仔後の個体数の割合が3%であったことから、高層魚礁に蛸集した50,000尾から1,500万尾の仔魚が産仔されたものと推定された。しかし、仔魚は最低1ヶ月の浮遊生活を送ることから、初期生態に不明な点が多く、稚魚の着底場所や幼魚の集積場所など増殖効果が発現する場所が増殖場とは異なることなどの問題点がある。加えて、仔魚の生残率などの増殖場造成に必要な基礎データが不足していることから、現状では産仔場としての要件を満足し得ないとの判断にいたった。

稚魚の着底場としての機能については、夏季において10cm程度の当歳魚の蛸集を確認することはできたが数百尾程度であり、天然の着底場に比べて量的に少なく、生息環境としても拡大の余地がないことから、増殖機能としては僅かであろうことが推察された。

幼魚の育成場としての機能については、潜水や水中テレビカメラによる調査で3~5万尾の蛸集があり、それらは2,3歳の幼魚、未成魚であることが確認された。また、このような現象は、近傍の天然礁では確認されることがないものであった。標識放流の結果、大半は放流地点付近で再捕されており、潜水や水中テレビカメラでも標識魚を複数年にわたり確認されるなど、長期の生息場として機能していることが推察された。また、關野によるマイクロサイトDNA分析により、主に2歳魚が長期に滞在していることが確認され、幼魚の生育場として現実的に機能していることが推察された。

以上のことから、高層魚礁をウスメバル増殖場に適用する場合、ウスメバルの幼魚のための育成場として計画することで、安定した効果に結びつくことが推察された。

表3は、11年度から13年度の調査時に実施したウスメバルの釣獲調査結果を示しており、年度別、月別の釣獲尾数、最大・最小・平均尾叉長、最大・最小・平均体重をまとめたものである。図3は、釣獲魚の尾叉長の分布範囲を示し、図4は体重の分布範囲を示したものである。

表3、図3及び図4より、11年度は2歳から3歳が主体となっており、大きさがまとまった群であるのに対して、12年度、13年度では3歳から4歳が主体となっており、1歳から5歳魚まで幅広く釣獲されている。また、年度を追う毎に尾叉長及び体重は増加傾向にあることが窺える。特に、体重は11年度平均109gであったものが、13年度平均152gとなっており、2年で40gほど増加しており、本造成漁場に滞在する期間が長くなっていることが推察された。

以上のことから、当初蛸集したウスメバルが2歳魚中心であったものが、超高層魚礁の設置基数が増え、年数が経過したことによって、滞在期間が延び、大型化したことが窺われた。

表2 大瀬海域におけるウスメバルの蛸集量（潜水観察結果）

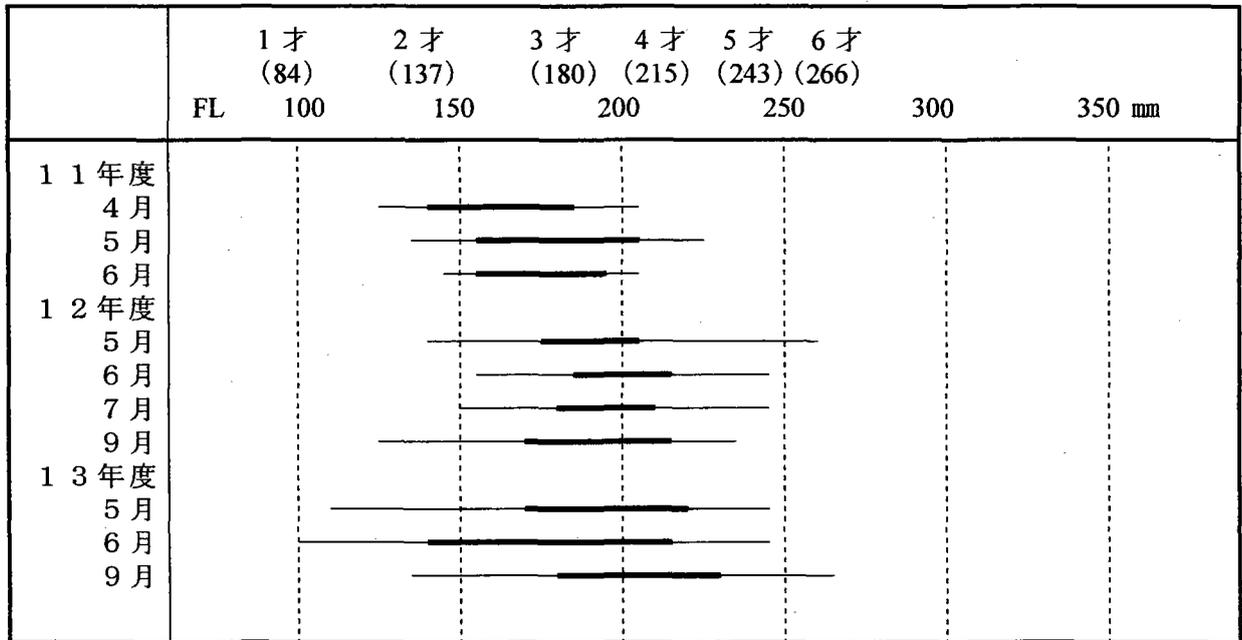
	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
4月		50,000尾	20,000尾		
5月	50,000尾	50,000尾	30,000尾	3,000尾	9,000尾
6月	25,000尾	30,000尾	5,300尾	3,500尾	5,000尾
7月	3,000尾	2,000尾			
9月		30～ 100尾		100尾	300尾
10月		30尾		20尾	
3月		50,000尾			
高層魚礁 造成基数	2基 合計2基	4基 合計6基	2基 合計8基	2基 合計10基	0基 合計10基

\* 10年度までは、試験礁として設置した超高層魚礁の結果を示す。  
 \*\* 11年度は、10年度設置された造成礁の結果を示す。  
 \*\*\* 12、13年度は、10年、11年度に設置された造成礁の結果を示す。

表3 大瀬海域におけるウスメバルの釣獲結果

年 度	月	釣獲尾数	最大・最小・平均尾叉長	最大・最小・平均体重
11年度	4月	38尾	202 mm・126 mm・ <b>163 mm</b>	145 $\frac{g}{\Delta}$ ・35 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>86 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	5月	152尾	228 mm・133 mm・ <b>182 mm</b>	255 $\frac{g}{\Delta}$ ・40 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>134 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	6月	15尾	204 mm・146 mm・ <b>175 mm</b> 平均 173 mm	170 $\frac{g}{\Delta}$ ・55 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>108 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b> 平均 109 $\frac{g}{\Delta}$
12年度	5月	307尾	260 mm・140 mm・ <b>192 mm</b>	395 $\frac{g}{\Delta}$ ・56 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>141 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	6月	202尾	246 mm・154 mm・ <b>201 mm</b>	286 $\frac{g}{\Delta}$ ・69 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>160 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	7月	208尾	243 mm・152 mm・ <b>196 mm</b>	262 $\frac{g}{\Delta}$ ・65 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>147 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	9月	32尾	235 mm・124 mm・ <b>192 mm</b> 平均 195 mm	204 $\frac{g}{\Delta}$ ・29 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>127 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b> 平均 144 $\frac{g}{\Delta}$
13年度	5月	116尾	246 mm・110 mm・ <b>195 mm</b>	308 $\frac{g}{\Delta}$ ・17 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>156 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	6月	77尾	242 mm・100 mm・ <b>179 mm</b>	270 $\frac{g}{\Delta}$ ・16 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>133 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b>
	9月	135尾	264 mm・132 mm・ <b>205 mm</b> 平均 193 mm	338 $\frac{g}{\Delta}$ ・36 $\frac{g}{\Delta}$ ・ <b>167 <math>\frac{g}{\Delta}</math></b> 平均 152 $\frac{g}{\Delta}$

図3 釣獲魚の尾叉長の分布

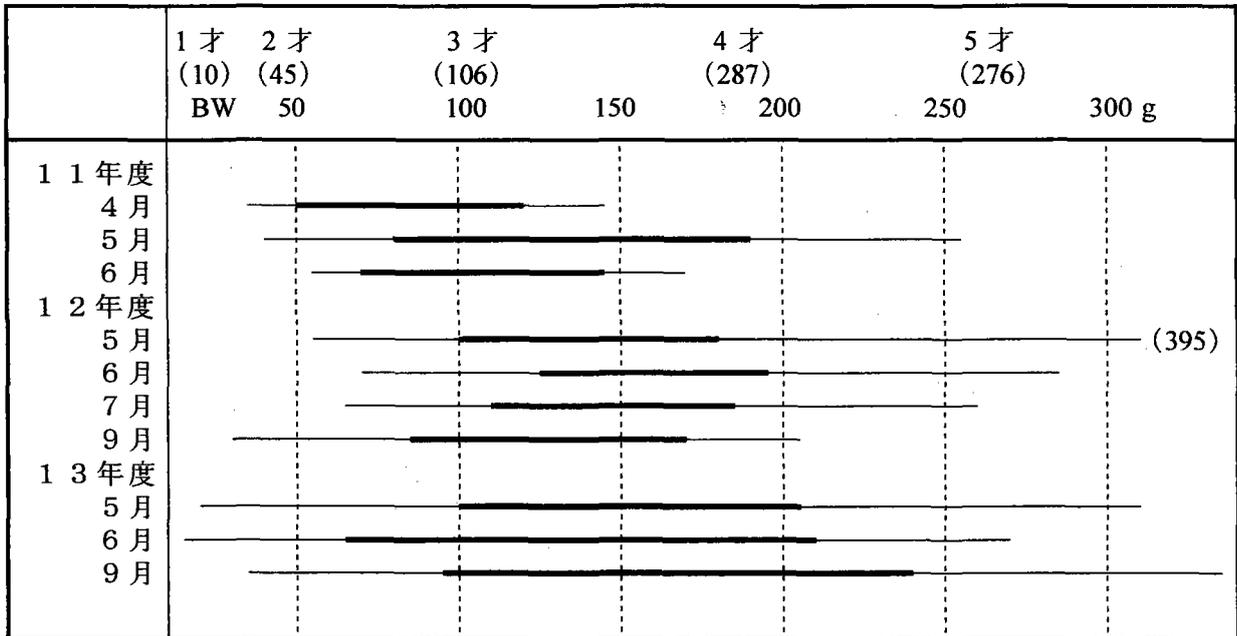


\* 細線は、すべての釣獲魚の尾叉長の範囲を示す。

\*\* 太線の範囲は、主な分布の範囲を示す。

\*\*\* 年齢と尾叉長の関係は、水産業関係特定研究開発促進事業総括報告書「メバル類の資源生態の解明と管理技術開発」、平成13年3月を参考に算出した。

図4 釣獲魚の体重の範囲



\* 細線は、すべての釣獲魚の尾叉長の範囲を示す。

\*\* 太線の範囲は、主な分布の範囲を示す。

\*\*\* 尾叉長と体重の関係は、水産業関係特定研究開発促進事業「メバル類の資源生態の解明と管理技術の開発」中間報告、平成11年3月を参考に算出した。

12年度で漁場造成は完了したため、13年度の調査では造成漁場全体での延縄漁業に対する効果を把握することを目的とした調査を実施した。

表4は、温海及び鼠ヶ関地区の延縄漁業者が漁獲したマダイ、チダイの9年から13年の漁獲量を示している。また、表5は、年間をとおして大瀬海域で操業するS氏の総漁獲尾数と総重量を表したものである。

この結果から、11年から55tから59tの安定した漁獲量となり、1尾当たりの体重が9年に比べて500g程度増加する結果が得られた。この結果が、超高層魚礁の直接的な効果と言えるかどうかについては、甚だ不明な点が多く、言及できる状況にはないが、潜水観察でも大量のマダイが確認されていること、超高層造成漁場でも天然礁と同様の漁獲が得られていること、などから何らかの影響を与えていることは確実である。

なお、S氏は20数隻のタイ縄漁船が操業する大瀬海域の全体の漁獲量の1割弱を漁獲する優秀な漁業者である。S氏の感想では、マダイの資源の動向とも重ね合わせて検討する必要はあるが、浮き延縄の漁期が伸びたことや高層魚礁上部での漁獲の結果から、高層魚礁の効果によって現状がもたらされているとのことであった。

タイ縄協議会の総会時に、漁場造成の効果に関するアンケート調査を実施し、主に高層魚礁漁場の効果について調査した結果、アンケートに記入した漁業者の内95%以上が役に立っていると回答した。また、操業も春のマダイを対象とした時期だけではなく、年間を通じて利用し、ウスメバル、ブリ、マグロを対象とした操業が行われていることがわかった。

## 2-6 礁高及び配置間隔による蛸集量の相違

### 1) 超高層魚礁試験礁の転倒に伴う蛸集量の変化

超高層試験礁は、漁業者からの連絡により転倒していることが判り、転倒原因の解明と転倒したことによる蛸集魚種や量の変化を把握することを目的に調査を実施した。

その結果、転倒原因については、試験礁の破損の状況や転倒の方向などから人為的な要因で転倒したことが確認されたものの、主たる原因を特定するまでには至らなかった。

転倒した状況では、礁高15m程度、空体積は最下段部(17m×17m×2m)が破壊されたため約3400空m<sup>3</sup>となっていた。この状態での蛸集魚の観察結果は、表6に示したとおりで、3回の調査で12種が観察され、ウスメバル、マアジ、ウマヅラハギの3種が多く蛸集した。表7は、造成礁における観察魚及びその推定重量を示したものである。この結果と、転倒後の試験礁での観察結果を比較した結果、ウスメバルの蛸集量は最大3千尾とほぼ1割程度の量に激減した。また、礁全体の蛸集量に関しても、単位体積当たりの推定重量で比較した結果、1/4～1/90程度に減少しており、礁高が低下したことによる効果の低下が明らかとなった。

### 2) 近接する超高層魚礁の効果

造成礁の調査では、高層魚礁が50m程度の短い間隔で配置されており、単体での設置と効果の違いを比較することを目的として潜水観察を実施した。その結果、表7に示したように、4回の調査で14種が観察された。中でも、マアジ、ウスメバル、ホッケ、の3種の蛸集量が多く、試験礁とほぼ同様の量が確認された。また、11年の特長としては、9月の調査で大型のブリ、マグロの大量の蛸集が確認されたことである。

造成礁での調査目的である大規模魚礁を近接して設置した影響については、試験礁が転倒してしまったため単体との比較ができなため、量的な変化を検討することができなかった。ただし、図8の魚探調査の結果と潜水での観察結果から、近接する高層魚礁間の蛸

集魚種や蛸集量に大きな変化はないことが判った。また、図9は、12年度5月におけるマアジの蛸集状況を魚探及びソナーによって把握したときの記録を示している。この結果からも、左右の超高層魚礁へのマアジの蛸集に多少の偏りは見られるものの、ほぼ同様の蛸集状況でることが理解される。このことから、礁間隔を短くして設置した場合にも蛸集量の変化は無いことが推定できる。

## 2-7 まとめ

以上の結果から、大瀬海域での超高層魚礁調査の結果は以下のようである。

- 1) 7年度の試験礁の設置、9年度からの造成、12年度造成完了（10基の超高層魚礁の設置）と年を追う毎に、魚類の住場環境は変化した結果、本海域の超高層魚礁における主要な魚種である、ウスメバル、ブリ、マアジ、ウマツラハギの蛸集量の変化が確認された。すなわち、魚礁に長期滞在するウスメバルやウマツラハギは、基数の増加にともなって1基当たり蛸集量は減少した。ブリ、マアジについては、変化は少なく、資源量の動向で、年毎に変化する傾向が窺われた。  
造成が完了した結果として、マダイ、クロマグロなどの群を観察することができ、造成規模・配置、経過年数との関係で効果が現れる可能性が示唆され、試験礁の在り方や調査期間についての認識を新たにすることが得られた。
- 2) ウスメバルの増殖に関して、10年、11年の調査においてDNA分析などを実施した結果、2歳魚までの同一性を確認し、その滞在日数や成長量などから増殖礁としての可能性を示すことができた。加えて、釣獲調査の結果から、造成完了の12年から現存するウスメバルの体長及び体重が大型化する傾向が窺われ、年齢層に関しても1歳から5歳めまで幅が広がってきていることが確認された。このことから、成長過程における一時的な滞留場から、数世代が共存する生息場となっている可能性が窺われた。
- 3) マダイの延縄漁業の漁獲結果から、11年度から安定した漁獲結果が得られ、漁業者の一人であるS氏の記録から、漁獲魚のサイズが大型化していることが判った。また、操業の結果、超高層魚礁設置海域においても周辺の漁場と変わらない漁獲が得られ、特に魚礁周辺での確立が高いことが、聞き取りの結果として判った。また、例年は春季に限られた浮き延縄が秋季まで及び、漁獲量も安定して多いことから、漁業者の意識としては超高層魚礁の効果として認識されていた。
- 4) 礁高や配置間隔による効果についても、試験礁の転倒事故やこれまでの常識とは異なる造成計画の実施によって、検討することができた。その結果、礁高が減少することによって、蛸集尾数及び推定重量は大幅に減少することが判り、高さの有効性が明らかとなった。また、配置間隔についても、大型の魚礁を近接して設置した場合にも、単体の場合と変化ない蛸集量が期待できることが把握された。

表4 延縄によるタイ(マダイ・チダイ)の漁獲量

単位kg

年度	温海	鼠ヶ関	計
H 9 年	24,457	38,277	62,734
H 10 年	17,960	28,245	46,206
H 11 年	19,614	38,113	57,727
H 12 年	20,425	34,894	55,274
H 13 年	22,297	36,755	58,962

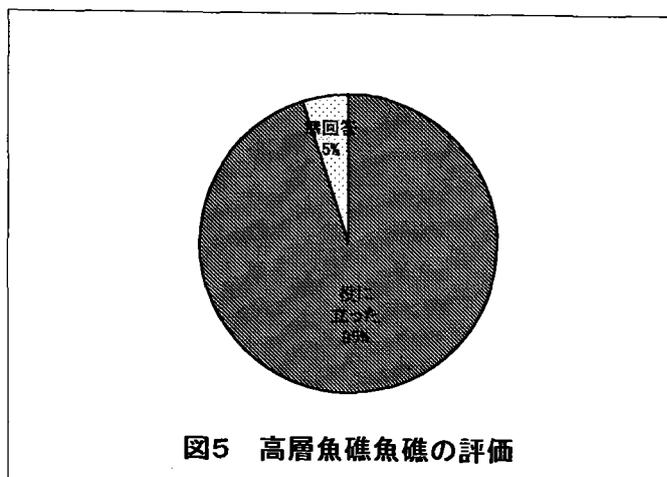


表5 S氏のマダイ年間漁獲量の変化

年度	尾数	和数	平均重量/尾
H 6 年	3,433	2460.7	0.72
H 7 年	3,654	2608.7	0.71
H 8 年	5,627	4321.7	0.77
H 9 年	6,471	4588.1	0.71
H 10 年	4,873	3988.7	0.82
H 11 年	5,914	4488.0	0.76
H 12 年	7,270	5394.1	0.74
H 13 年	5,580	5119.9	0.92

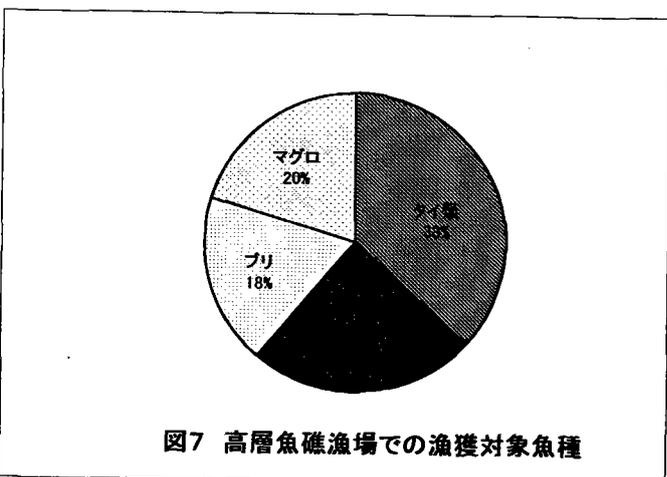
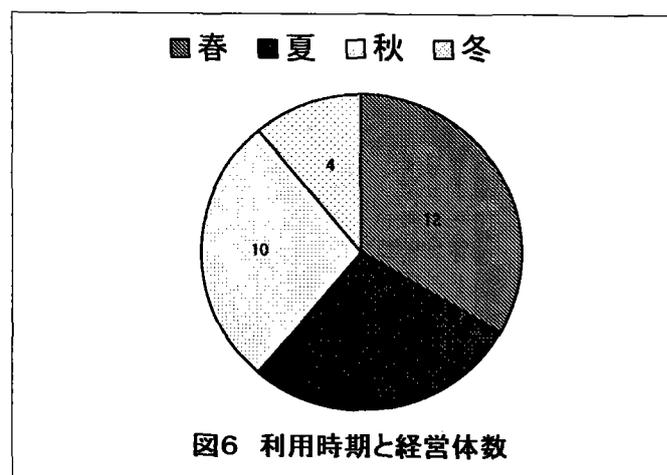


表6 試験礁における観察魚及び推定重量 (H11年)

No	魚種名	大きさ (mm)	観察尾数			推定重量		
			4月24日	5月23日	9月22日	4月24日	5月23日	9月22日
1	ウスメバル	150~200	3,000	400		320,801	42,773	
2	キツネメバル	100~200	5	10		337	673	
3	エゾメバル	250~300	10	5		4,150	798	
4	ウマツラハギ	200~300	100	15	100	28,290	4,244	8,737
5	イシダイ	150~200	20	20		2,139	2,139	1,270
6	アイナメ	300	1	2	2	635	1,270	
7	マアジ	150~250		8,000	100,000		1,306,693	592,185
8	クロソイ	200~300			5			1,559
9	マハタ	250~800			5			10,692
10	キジハタ	250~350			4			2,155
11	ヒラマサ	500~600			7			34,995
12	コブダイ	150			1			72
尾数合計			3,136	8,452	100,124			
推定湿重量合計 (g)						356,351	1,358,590	651,664
単体体積当り廻集魚群量 (g/空m <sup>3</sup> )						89	340	163

表7 造成礁における観察魚及び推定重量 (H11年)

No	魚種名	大きさ (mm)	観察尾数				推定重量			
			4月23日	5月24日	6月26日	9月22日	4月23日	5月24日	6月26日	9月22日
1	ウスメバル	150~200	20,000	30,000	5,300		2,138,672	3,208,008	568,748	
2	ホッケ	300~400	30,000	10			30,969,600	10,323		
3	キツネメバル	150~200	1				107			
	//	100~300		30				4,789		
	//	200~400			30				16,162	
4	エゾメバル	200~250	5	5			1,136	1,136		
5	マアジ	200~300	5	10,000	20,000	5,000	817	1,633,366	3,266,732	816,683
6	イシダイ	200	2	20	20	5	319	3,192	3,192	798
7	ウマツラハギ	200~400		20	1,500	500		10,316	773,699	257,900
8	アイナメ	200			2				354	
9	ヒラメ	600			1				2,737	
10	クロソイ	300				3				1,616
11	ヒラマサ	600~700				25				219,894
12	ブリ	600~700				1,000				8,795,752
13	クロマグロ	800				800				14,201,700
14	ネズミザメ目	2,500				10				
尾数合計			50,013	40,085	26,853	7,343				
推定湿重量合計 (g)							33,110,651	4,871,130	4,829,623	24,294,342
単体体積当り廻集魚群量 (g/空m <sup>3</sup> )							8,278	1,218	1,157	6,074

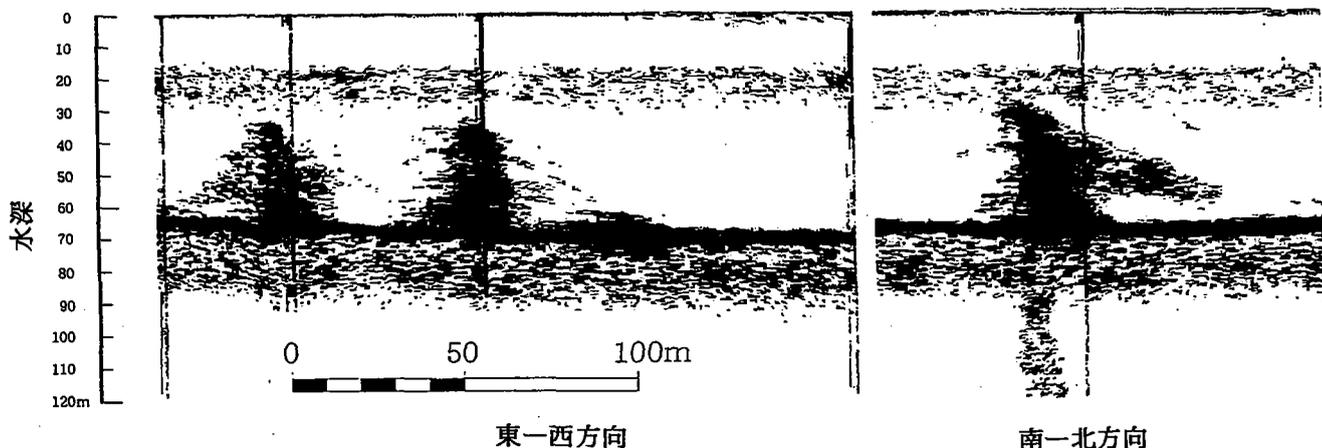


図8 造成礁における魚探反応の例

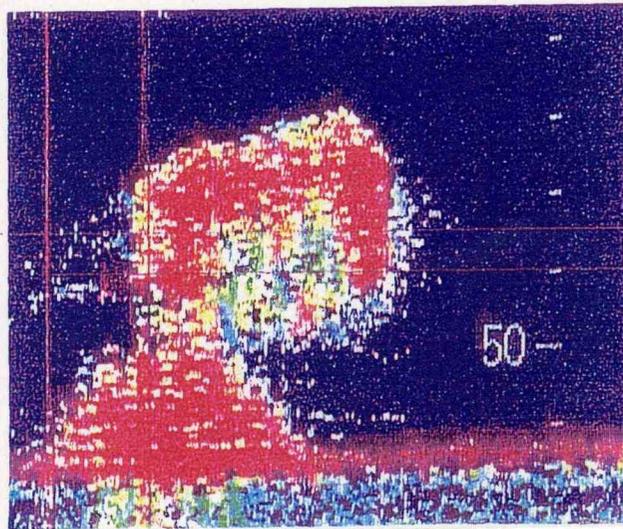
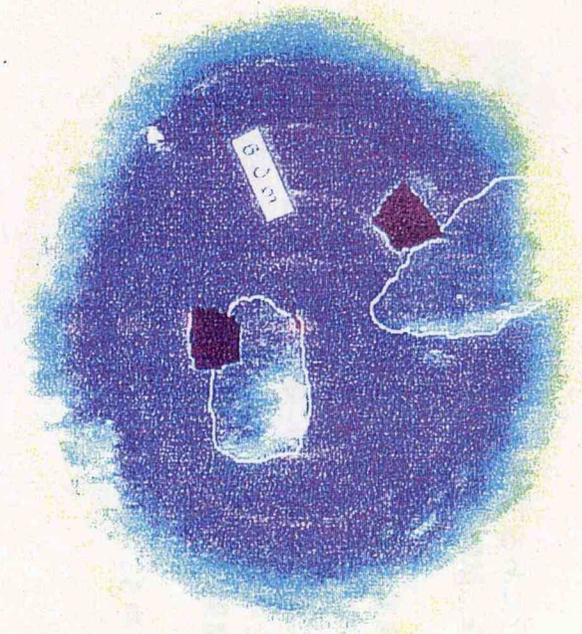
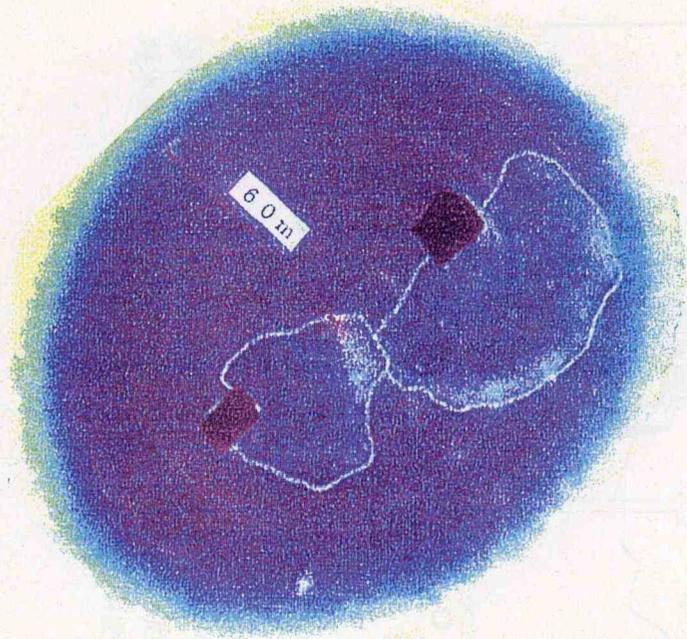


図10 温海海域平成10年度造成高層魚礁における  
吊り下げ式ソナーにより確認された水深35m  
付近のマアジの分布状況  
■ 高層魚礁、白線内 マアジの分布範囲

図11 温海海域平成10年度造成高層魚礁における  
吊り下げ式ソナーにより確認された水深40m  
付近のマアジの分布状況  
■ 高層魚礁、白線内 マアジの分布範囲

図9 温海海域平成10年度造成高層魚礁における  
平成12年5月調査時の魚探映像

### 3. 奈古海域調査 (山口県)

#### 3-1 調査海域及び試験礁

本調査は、山口県阿武町モドロ岬沖6km付近にある天然礁(二島グリ)域の南西海域に11年5月に設置された高層魚礁試験礁(以降、試験礁という)及び4年度に造成された大型魚礁において実施した。

この高層魚礁試験礁は、既設の人工魚礁と礁高の違いによる効果の違いを検討するために考案されたもので、規模は、礁高30m、体積2500空m<sup>3</sup>である。(参照、図12)特徴は、対照とする既設大型魚礁に利用されている魚礁単体に類似する構造としたこと、そして蛸集効果に関係する水平、垂直の面板を中段部に配したことである。この理由は、下段部は、礁高を高くするだけの機能とし、蛸集機能をできるだけ排除することで、礁高の違いによる効果を明確にするためである。

設置は、11年5月で、設置位置はモドロ岬沖5.6km(北緯34°34'41.5"、東経131°25'78.2")である。

#### 3-2 調査方法

調査は、音響調査(魚探、ソナー)、視認調査(潜水調査、ROV調査)、釣獲調査、映像記録(固定ビデオ)を組み合わせ、蛸集魚類の魚種組成、体長・体重、蛸集量、分布範囲などを把握した。

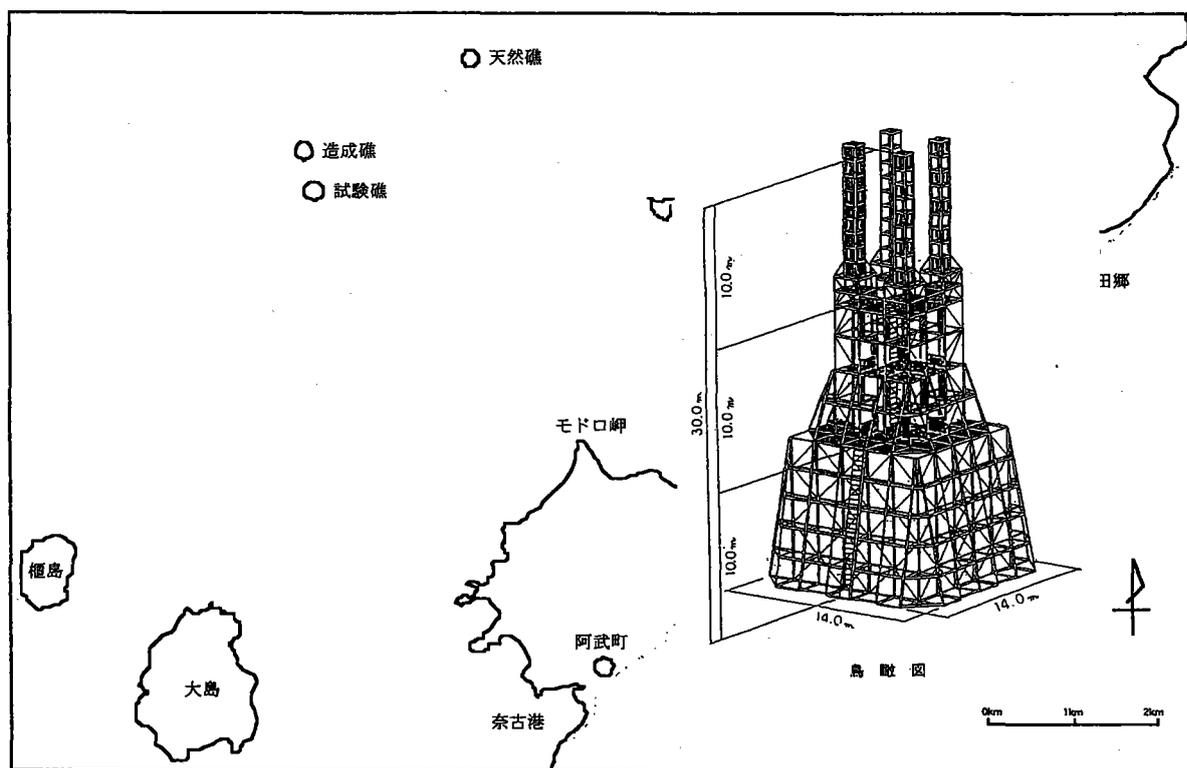


図12 奈古海域 高層魚礁と設置位置

#### 3-3 超高層試験礁の潜水観察結果

試験礁への潜水は、11年度10回、12年度11回、13年度10回実施され、観察された蛸集魚類は、11年度18種、12年度24種、13年度24種であった。潜水観察によって確認された魚種の内、主要な有用種について表8に示した。

顕著な蛸集を示した魚種は、マアジを主体とするアジ類で11年度最大5万尾、12年度最大6万尾の蛸集を確認した。13年度は、例年は春と秋に来るマアジの来遊のピークが、7月から8月の夏場のみであったために、調査の狭間となってしまう、ピーク時の蛸集量を把握することができず、結果として11、12年度に比べて1割程度の5千尾を確認したのみであった。ついで蛸集量の多かったネンブツダイに関しても、11年度最大3千尾、12年度最大4万尾、13年度最大2万尾と、11年度、12年度と増加傾向にあったものが、13年度は春季には確認できず、結果として前年の1/2であった。ウマヅラハギ、カワハギについては、11年度から13年度まで多少の量的な変動はあるものの、最大100尾から300尾が確認された。

以上の4種が、本海域における超高層魚礁で確認された主要な魚種であり、大型回遊魚であるブリ、ヒラマサ、カンパチも確認されているが、重量的には移動性の強いアジ類が主体となっている。そのため、アジ類の資源動向や来遊量が蛸集量に直接関係し、結果として不安定な蛸集量となった。

興味深いのは、11年度80mm程度のウスメバルが2尾であったものが、13年度には最大300尾が確認され、150mm～200mmサイズも数尾確認されるようになったことである。本海域では、天然礁においてもウスメバルは確認されていなかったため、予想外の現象であり、今後の動向が期待される。

#### 3-4 超高層試験礁と造成礁の蛸集結果の比較

本海域での超高層魚礁の試験は、天然礁から離れた平坦な海底面において、礁高の異なる人工魚礁における蛸集効果を比較することで、礁高の高さによってもたらされる効果を検討することを目的としている。

礁高の変化による効果の変化については、2-6 1)に超高層試験礁の転倒前と転倒後の蛸集結果の比較から、礁高：水深の比が56%から25%になった結果としての蛸集量の減少を明らかにした。この結果から推察された礁高の効果は、以下のようなことであった。

- ① 水温上昇期における魚礁頂部における水温の相違
- ② 水温上昇期における魚礁頂部周辺の餌料プランクトンの分布密度の相違

このような水温やプランクトン量の相違が、蛸集効果の相違となって現れるのか否か、またどのような魚種にその影響があるのかを、確認するための調査を実施した。

表9は、ROVによって超高層試験礁（礁高30m）と近傍にある造成礁（礁高9m）において観察された主要な魚種についてまとめたものである。

この表から、試験礁で確認される魚種はマアジ、ウマヅラハギ、ネンブツダイ、カワハギの4種が主体で、量的にはマアジが中心であり、潜水観察の結果とほぼ同様の結果であった。造成礁についても、礁高が異なるのみで構造的には試験礁と同様の鋼製魚礁のため、観察された魚種には相違はなかったが、量的には相違が生じている。特に12年7月では、マアジの蛸集量に大きな差が生じた。13年の結果では、試験礁、造成礁に大きな相違はなく、マアジの資源の動向によって、両者の蛸集量に相違が生じることが推察された。

また、この表から試験礁は単純な魚種組成であるのに対して、造成礁は有用魚種が少量ではあるが、幅広く確認されていることが判る。これは、試験礁と造成礁の全体構造の違いに起因したものであることが、調査を進める中で判明した。すなわち、試験礁は単体のみで約2,500空m<sup>3</sup>の規模があり、比較対照の造成礁との構造的な相違が大きくなるように、下段部10mは中段部以上の構造を嵩上げするための必要最小限の構造とし、魚類の蛸集機能を付加することはしなかった。造成礁は、礁高9mの鋼製魚礁を2基を50

表8 奈古地区超高層魚礁で観察された主要な魚種

魚種名	11年度調査結果					12年度調査結果					13年度調査結果				
	6/4	7/9	9/9,11	10/14	11/6	5/12	6/15	7/7	9/7	10/5	6/13	7/9	9/14,20	10/16	11/13
1 マアジ <i>Trachurus japonicus</i>	20 サイズ 30~50 mm 2,000 サイズ 70~100 mm 50,000 50,000 20,000 サイズ 100~200 mm					30,000 サイズ 50~100 mm 60,000 30,000 サイズ 80~150 mm					5,000 サイズ 80~100 mm 200 サイズ 200~250 mm				
2 ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	1 サイズ 200~350 mm	30 200 300 200				2 サイズ 150~350 mm	30 3 50 100				30 5 150 20 30 サイズ 250~350 mm				
3 ネンブツダイ <i>Apogon semilineatus</i>	サイズ 70~100 mm	1,000 1,000 3,000				30,000 30,000 30,000 サイズ 80~100 mm 40,000 20,000 サイズ 80~120 mm					サイズ 10~50 mm 20,000 1,500				
4 カワハギ <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	サイズ 200 mm	3	30			15 サイズ 80~150 mm	5 20 50				3 20 30 150 サイズ 100~250 mm				
5 ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	サイズ 250 mm	1				サイズ 400 mm	20				サイズ 400 mm 20				
6 ヒラマサ <i>Seriola lalandi</i>	18 3 サイズ 600~700 mm	2									15 3 4 サイズ 500~700 mm				
7 カンパチ <i>Seriola dumerili</i>	サイズ 400 mm	5				1 サイズ 400 mm	15								
8 マハタ <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	サイズ 250 mm	3	10			1 サイズ 300~400 mm	1								
9 ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>	2 サイズ 90 mm					サイズ 80~90 mm 30 1	1				300 100 サイズ 80~90 mm 3 2 1 1 サイズ 80~90 mm				

表9 奈古地区の超高層魚礁及び造成魚礁においてROVで観察された主要な魚種

魚種名	12年度調査結果			13年度調査結果				
	試験礁 7/9	10/6	造成礁 7/9	試験礁 10/17	11/15	造成礁 7/10	10/17	11/15
1 マアジ サイズ 100 ~ 200 mm	20,000			800	15	300	1	
2 ウマヅラハギ サイズ 150 ~ 350 mm 200 ~ 350 mm	150	250	40	20	15	120	200	120
3 ネンブツダイ サイズ 10 ~ 80 mm	500	2		170	200	150	500	500
4 カワハギ サイズ 150 ~ 200 mm	1	20	1	50	150		5	15
5 カサゴ サイズ 150 mm サイズ 250 mm	1	2	1			1		
6 マハタ サイズ 300 ~ 400 mm	2		1		2			
7 マトウドダイ サイズ 250 mm			1					
8 クロソイ サイズ 250 mm			1					
9 イシダイ サイズ 150 ~ 200 mm			1					
10 ブリ サイズ 400 mm		20						
11 カンパチ サイズ 400 mm		35						
12 ヒラマサ サイズ 600 ~ 700 mm						2	2	

m程度離して設置し、その周辺に2m角型魚礁を189個設置した複合構造である。このため、造成礁の蛸集魚種には当然のこととして角型魚礁の影響が入ってくるため、単純な鋼製魚礁とは異なる結果が得られることとなったわけである。周辺角型魚礁の効果としては、カサゴやマハタなどの魚食性魚類の餌となるネンブツダイなどの小魚の安定した生息場を提供している点で、このため魚礁性魚類の生息も安定していることが上げられる。

### 3-5 魚探調査による結果

図12から13は、魚探調査から得られた魚礁周辺の反応面積から魚礁のみの反応面積を引いた結果を魚群反応面積として、調査を実施した年度別、月別に示したものである。

これらの結果から、11年度は4回の調査すべてで試験礁の反応面積が大きくなっており、アジ類の蛸集量の差が顕著に現れたものと考えられる。12年度では、4回の調査中3回は試験礁の反応面積が造成礁に比べて大きくなっているが、その差は11年度に比べて小さく、大きく差ができた7月はアジ類の蛸集量が多かった月である。13年度は、5回の調査の内、試験礁の反応面積が大きかった月は2回で、試験礁への蛸集量が減少していることが判る。

造成礁の反応面積は、3年間で多少増加しているような傾向が窺えるものの、概して安定した蛸集量があることが判る。これに対して、試験礁の反応面積は11年度をピークに年々減少しており、アジ類の蛸集量との関連が大きいことが推察される。

この結果から、試験礁はアジ類の資源量及び来遊量が多い場合に効果が高く、その場合に礁高の優位性が現れることが判った。このことは逆に、礁高の低い造成礁は、アジ類の来遊量が多い時期においても、あまり蛸集量には影響がないことを示している。したがって、魚種をアジ類とした場合、同規模であれば礁高を高くしたほうが、蛸集許容量は大きくなることが推察される。また、13年7月を除いて、春から夏にかけて試験礁の反応面積は造成礁のそれに比べて大きくなる傾向があり、水温上昇期に効果が高くなるという大瀬海域と同様の結果が得られた。

### 3-6 超高層魚礁での長時間映像観察の結果

12年度は水中ビデオカメラを、高層魚礁の上段部デッキに設置して、3時間から4時間記録し続ける調査を行った。結果は、表10に示したもので、調査毎の蛸集魚種の中心が把握できる。5月は、ウマヅラハギ、カワハギ、7月はマハタ、ネンブツダイ、マアジ、10月はマアジ、カンパチが主体であった。

7月、10月に関しては、魚食魚であるマハタやカンパチとその餌料であるマアジやネンブツダイの関係が理解できる映像が記録されており、魚食魚の蛸集要因としての餌料小魚の重要性が再認識された。

### 3-7 まとめ

高層魚礁試験礁を天然礁から離れた、海底面が平坦な海域に設置し、既設の造成礁、近傍の天然礁を含めた調査を行い、以下のような結果を得ることができた。

- 1) 試験礁には、設置当初からマアジを主体とする表・中層魚が蛸集し、春から秋にかけて増加傾向を示した。また、試験礁に蛸集した群は、来遊資源量が多い年は既設の造成礁や天然礁での蛸集量に比べて大きなものであった。
- 2) 天然礁と人工魚礁（高層魚礁、造成礁）では、蛸集魚種及び体長組成が異なることが把握でき、また造成礁と高層魚礁では漁場の形成時期に差異ができ、高層魚礁のほうが

水温が低い時期から漁場が形成されることが判った。

3) アジ類の来遊量が多い年と少ない年の試験礁と造成礁の蛸集魚群量の比較から、アジ類に限定した場合、同一規模の魚礁の場合は礁高を高くしたほうが蛸集許容量が大きくなるということが推察された。

4) 13年度の蛸集量に関しては、マアジの蛸集が例年に比べて極端に少なく、同時にブリやカンパチなどの大型の回遊魚も少なかった。この原因として、資源の変動の影響（減少傾向）、高水温による来遊経路の変化、漁獲圧による影響などが考えられるたが、原因を特定するには至らなかった。

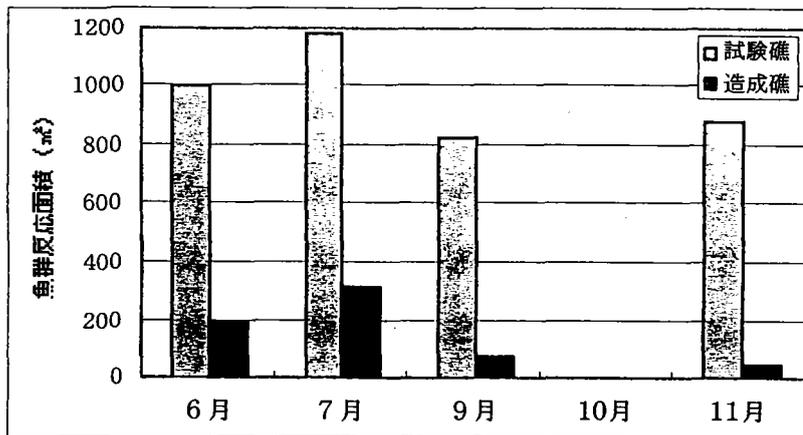


図 13 平成 11 年度の試験礁と造成礁の魚探反応面積

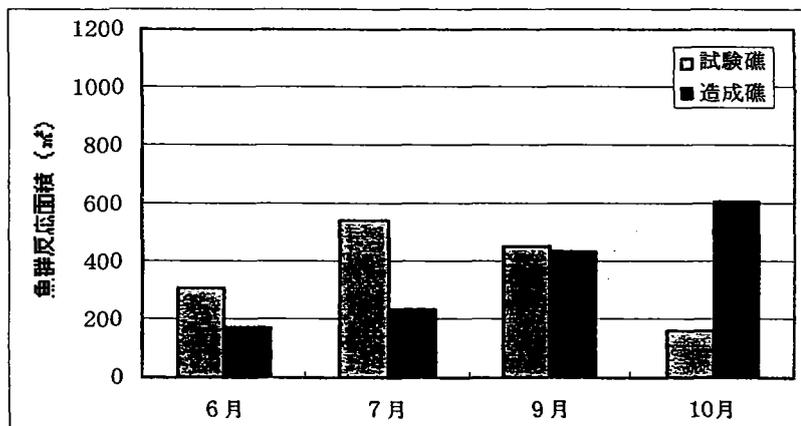


図 14 平成 12 年度の試験礁と造成礁の魚探反応面積

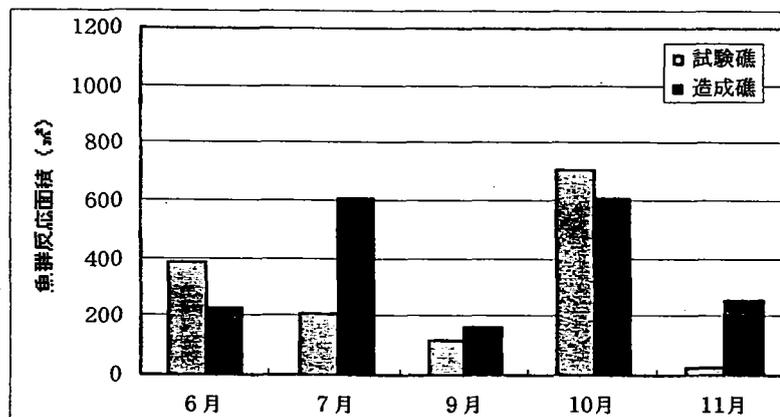


図 15 平成 13 年度の試験礁と造成礁の魚探反応面積

表 10 高層魚礁に固定したビデオカメラで確認された魚種(平成 11 年度)

高層魚礁上に固定したビデオカメラで確認された魚種・尾数 (尾数は画面上で確認された最大尾数)								
5 月			7 月			10 月		
ウマヅラハギ	20cm	43 尾	マアジ	15cm	150 尾	マアジ	15cm	数百尾
カワハギ	15cm	10 尾	ネンブツダイ	10cm	50 尾		20cm	20 尾
イシダイ	25cm	5 尾	ウマヅラハギ	20cm	10 尾	ウマヅラハギ		
ホンベラ	15cm	3 尾	マハタ	35～40cm	4 尾		20～25cm	22 尾
オキゴンベイ	15cm	2 尾	カワハギ	15cm	4 尾	カンパチ		
カンパチ	40cm	1 尾	ホンベラ	15cm	1 尾		30～40cm	20 尾
ササノハベラ	15cm	1 尾	ササノハベラ	15cm	1 尾	カワハギ	20cm	5 尾
			キンギョハナダイ			ホンベラ	15cm	2 尾
				20cm	1 尾	ブリ	50cm	1 尾
* ウマヅラハギ、カワハギは常に画面上に現れていた。懸濁物が多く浮遊していた。			** ネンブツダイ、マアジは常に画面上に現れ、マハタも頻繁に現れた。			*** マアジ、カンパチは常に画面上に現れていた。マアジを追うカンパチの行動を録画することができた。		

#### 4. 振子式高層魚礁の開発と蜻集結果 (島根県)

奈古海域での高層魚礁の調査結果から、マアジに対する効果が確認されたことから、島根県で計画中のまき網を対象とする漁場造成に高層魚礁を適用することを前提として、またさらなる高層化を実現するため、振子式高層魚礁の開発を行った。<sup>4)</sup>

本高層魚礁の形状は、図 15 に示すとおりで、寸法は 16.8 m (底面幅) × 16.8 m (底面奥行き) × 40.0 m (高さ) で、3,565 空 m<sup>3</sup> の容積、重量は 121ton である。構造的な特徴は、高さ 30 m までを 4 本の支柱を中心とした一体型構造とし、30 m 以上の部分は振り子状の可動する塔体部となっている点である。これまでの高層魚礁は全体を一体型構造としているため、更なる高層化を図ろうとした場合、現場組立時に用いるクレーンが現地では調達できない特殊なものになる可能性があり、これを回避するための工夫として振子式を考案した。

具体的には、あらかじめ 30 m までを現場にて組立ておき、塔体部を上架することになるが、その際に塔体を水平に寝かせた状態で上架することで、塔体の重量を吊る能力と 30 m の高さまで持ち上げるブームの長さがあるクレーンであれば、塔体部の構造強度の限界までの高さの構造を組み立てることが可能となる。

また、全体重量に関しても、350ton 吊り起重機船で設置可能な重量 (100ton 程度) に収まるように設計するため、すべて鋼材を使用した。鋼材の材質は、全体については一般構造用圧延鋼材 (SS400) を使用し、塔体の回転部の軸材には比較的硬い材質である機械構

造用炭素鋼材を使用した。

設置海域は、浜田漁港西方沖合 10 kmの平坦な海底で、底質は細砂である。設置は、平成 12年 9月 18日に実施した。設置位置は、北緯 34° 54.166′、東経 131° 56.600′であり、設置水深は 104 mであった。

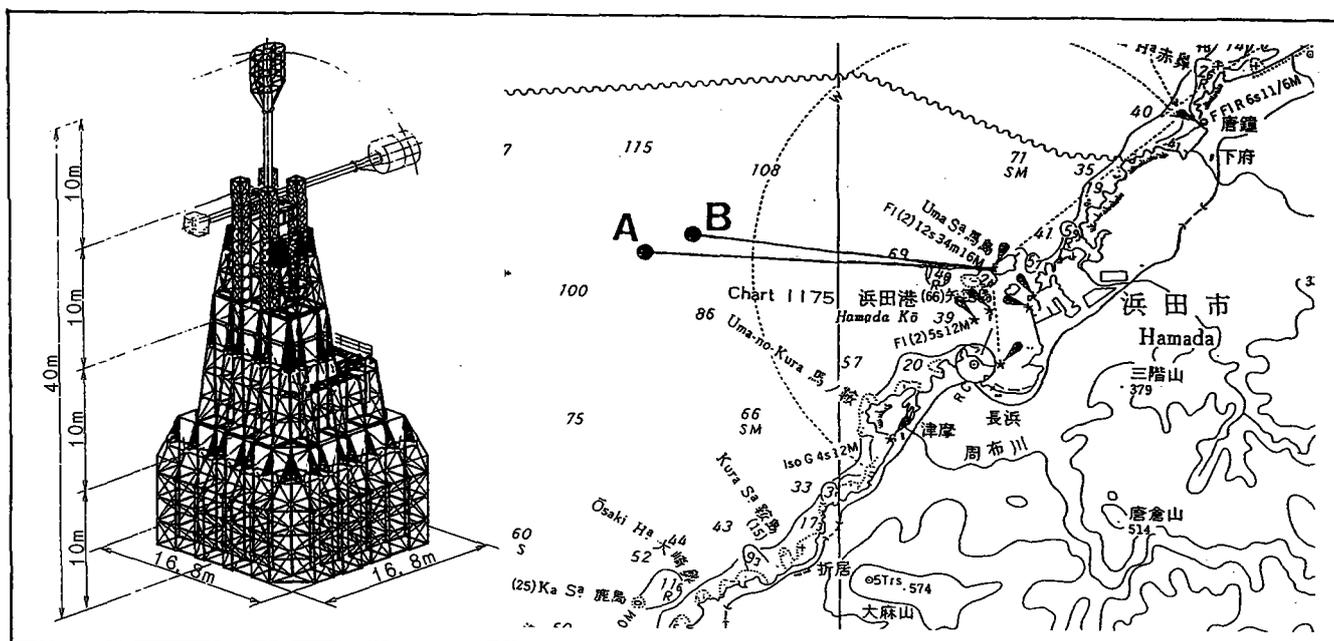


図 16 島根県における超高層試験礁の形状と設置位置 (図中A)

#### 4-1 ROVによる観察結果

40 m型高層魚礁と 12 m型の対照礁を巻き網の漁場である水深 105 mに平成 12年 9月に設置した。13年度調査は、12年度に設置した魚礁域において、礁高 40mの超高層魚礁と対照礁の 12 mを比較する形で実施した。13年度の調査によって得られた結果は以下のようなものである。

表 11は、13年度に実施された 5回の調査の結果を表したものである。これによると、6月には 5種、7月は 5種、9月は 10種、10月は 7種、11月は 11種となっており、全体では 20種が観察された。表 11は、観察魚の中では、量的に多く、水産に有用な魚種をまとめたものである。

結果から、高層魚礁及び対照礁の蛸集魚種、蛸集量を比較した結果、蛸集魚種に関してはアジ類、ウマヅラハギ、ネンブツダイなどが主体となっており、双方に大きな相違はなかった。蛸集量に関しては、蛸集の主体であったアジ類は夏場から秋にかけての時期に多く確認され、ROVの観察結果では高層魚礁での蛸集量が対照礁に比べて多い傾向が窺われた。また、奈古海域での調査結果と同様に、マアジの来遊時期や来遊した魚体長などが、例年とは異なり、量的にも少なかったことが水試データから把握され、アジ類の資源の動向が蛸集量に影響を与えたであろうことが推察された。

超高層試験礁の観察魚で特徴的なことは、秋季におけるブリ類の蛸集であり、対照礁では春季から夏季に見られたメダイ類であった。

#### 4-2 まとめ

本海域での調査は、12年度に試験礁を設置、13年度調査という短期間のもので、超

高層魚礁における蝸集魚の主体であるアジ類の資源や来遊量が少なく、さらに例年と異なり、来遊のピークが予定されていない夏季にあったことで、正確な評価をするまでに至らなかった。その中でも、山口県奈古海域での調査結果に類似する傾向が窺われ、アジ類が蝸集の主体の場合、礁高が高いほうが蝸集許容量が大きい可能性があること、資源量や来遊量に影響を受け、蝸集量の変動が大きくなることが予測された。

今後、蝸集効果に関するデータを取得し、大水深域における超高層魚礁の効果を明らかにしていく予定である。

## 5. 摘要

山形県大瀬海域、山口県奈古海域、島根県浜田海域における超高層魚礁の調査によって、以下の結果が得られた。

### 5-1 大瀬海域

試験礁設置から7年が、造成が開始されてから5年、造成完了から1年が経過し、超高層魚礁単体から漁場造成完了後の群衆としての効果が明らかとなった。

1) 試験礁設置以降、年々魚類の住環境が変化した結果、本海域の超高層魚礁における主要な魚種である、ウスメバル、ブリ、マアジ、ウマヅラハギの蝸集量は、次のように変化した。すなわち、魚礁に長期滞在するウスメバルやウマヅラハギは、基数の増加にともなって1基当たり蝸集量は減少した。ブリ、マアジについては、変化は少なく、資源量の動向で、年毎に変化する傾向が窺われた。

造成が完了した結果として、マダイ、クロマグロなどの群を観察することができ、造成規模・配置、経過年数との関係で効果が現れる可能性が示唆され、試験礁の在り方や調査期間についての認識を新たにする結果が得られた。

2) ウスメバルの増殖に関して、10年、11年の調査においてDNA分析などを実施した結果、2歳魚までの同一性を確認し、その滞在日数や成長量などから増殖礁としての可能性を示すことができた。加えて、釣獲調査の結果から、造成完了の12年から現存するウスメバルの体長及び体重が大型化する傾向が窺われ、年齢層に関しても1歳から5歳めまで幅が広がってきていることが確認された。このことから、成長過程における一時的な滞留場から、数世代が共存する生息場となっている可能性が窺われた。

3) マダイの延縄漁業の漁獲結果や漁業者からの情報によって、超高層魚礁設置海域においても周辺の漁場と変わらない漁獲が得られ、特に魚礁周辺での確立が高いことが、聞き取りの結果として判った。また、例年は春季に限られた浮き延縄が秋季まで及び、漁獲量も安定して多いことから、漁業者の意識としては超高層魚礁の効果として認識されていた。

4) 礁高や配置間隔による効果についても、試験礁の転倒事故やこれまでの常識とは異なる造成計画の実施によって、検討することができた。その結果、礁高が減少することによって、蝸集尾数及び推定重量は大幅に減少することが判り、高さの有効性が明らかとなった。また、配置間隔についても、大型の魚礁を近接して設置した場合にも、単体の場合と変化ない蝸集量が期待できることが把握された。

### 5-2 奈古海域

高層魚礁試験礁を天然礁から離れた、海底面が平坦な海域に設置し、既設の造成礁、近

傍の天然礁を含めた調査を行い、以下のような結果を得ることができた。

- 1) 試験礁には、設置当初からマアジを主体とする表・中層魚が蝟集し、春から秋にかけて増加傾向を示した。また、試験礁に蝟集した群は、来遊資源量が多い年は既設の造成礁や天然礁での蝟集量に比べて大きなものであった。
- 2) 天然礁と人工魚礁（高層魚礁、造成礁）では、蝟集魚種及び体長組成が異なることが把握でき、また造成礁と高層魚礁では漁場の形成時期に差異ができ、高層魚礁のほうが水温が低い時期から漁場が形成されることが判った。
- 3) アジ類の来遊量が多い年と少ない年の試験礁と造成礁の蝟集魚群量の比較から、アジ類に限定した場合、同一規模の魚礁の場合は礁高を高くしたほうが蝟集許容量が大きくなるということが推察された。

### 5-3 浜田海域

高層魚礁の調査によって、既存魚礁では確認されない蝟集魚種や蝟集量を確認することができた。しかし、資源の動向や来遊の経路などとの関係で、蝟集量が大きく変動することが確認された。特に、マアジなどの回遊性の魚種にその傾向は強く、今後の調査では、海域全体の資源の動向を注視しながら、調査内容や時期を決定する必要がある。

以上の結果から、一般的海域の超高層魚礁の効果は、水温昇温期である春季に漁場が形成され、アジ類、ブリ類などの回遊性魚類の蝟集許容量を大きくし、漁場全体の資源量を増大させることであった。また、天然礁海域では、単体から群体となることによって、マダイやクロマグロなどの蝟集が増大し、ウスメバルに関しては漁場全体が生息場として利用されていることが判った。

最後に、高層魚礁調査は、山形県、山口県、島根県の多大なるご支援と、それぞれの地域の漁業者の方々のご理解とご協力のもとに実施されていることを記し、感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) 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（2000）：高層魚礁の開発と効果、水産工学研究所技報、第22号、pp1～14.
- 2) 笠原裕・高木儀昌・關野正志（2001）：超高層魚礁のウスメバル増殖機能の調査、平成11年度沿岸漁場整備開発調査（直轄）報告書、水産庁漁港漁場整備部計画課.
- 3) 關野正志、高木儀昌（2000）：遺伝学的手法を用いた人工魚礁の増殖効果の検討、水産工学研究所広報誌「しおさい」、No.17、pp12～15.
- 4) 高木儀昌・森口朗彦・横山禎人・中畑敬章（2000）：魚類蝟集効果に及ぼす礁高、間隔の影響、平成12年度日本水産工学会学術講演会講演論文集、pp47～48.
- 5) 高木儀昌・森口朗彦・伊藤靖・石岡昇・新井健次（2002）：山口県における高層魚礁の調査結果、水産工学研究所技法 第24号、pp31～42.
- 6) 高木儀昌（2001）：高層魚礁の効果について、（社）全国沿岸漁業振興開発協会 中央講習会資料、pp83～92.
- 7) （社）全国沿岸漁業振興開発協会（2000）：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.

表 11 浜田地区超高層魚礁で観察された主要な魚種

魚 種 名	超高層魚礁 (礁高 4 0 m)					対照礁 (礁高 1 2 m)				
	6/10	7/13	9/18	10/13	11/19	6/11	7/14	9/19	10/13	11/18
1 アジ類	<b>2,500</b> サイズ 150 ~ 200 mm	<b>25,000</b> サイズ 100 ~ 150 mm	<b>5,000</b>	<b>500</b>	<b>1,500</b>	<b>3,500</b> サイズ 150 ~ 200 mm		<b>1,800</b>	<b>100</b>	<b>350</b>
2 ウマヅラハギ	<b>150</b> サイズ 250 ~ 350 mm	<b>400</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>200</b>	<b>200</b> サイズ 250 ~ 350 mm	<b>100</b>	<b>80</b>	<b>150</b>	<b>200</b>
3 ネンブツダイ	<b>450</b> サイズ 80 ~ 120 mm	<b>1,000</b>	<b>300</b>	<b>650</b>		<b>2,500</b> サイズ 50 ~ 120 mm	<b>200</b>		<b>10</b>	
4 イシダイ	<b>1</b> サイズ 250 ~ 300 mm				<b>1</b>	<b>1</b> サイズ 150 ~ 200 mm	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
5 クロソイ	<b>2</b> サイズ 300 ~ 400 mm		<b>1</b>		<b>1</b>	<b>1</b> サイズ 300 ~ 350 mm		<b>1</b>		
6 マトウダイ	<b>2</b> サイズ 300 ~ 400 mm	<b>20</b>		<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b> サイズ 250 ~ 350 mm	<b>8</b>		<b>3</b>	
7 メダイ類	<b>50</b> サイズ 450 ~ 550 mm					<b>34</b> サイズ 400 ~ 500 mm	<b>21</b>		<b>2</b>	<b>1</b>
8 カワハギ	<b>2</b> サイズ 150 ~ 200 mm				<b>1</b>					
9 ブリ類	<b>11</b> サイズ 300 ~ 600 mm		<b>1,019</b>		<b>1</b>	<b>1</b> サイズ 350 ~ 450 mm				<b>1</b>
10 マハタ	<b>2</b> サイズ 250 ~ 350 mm				<b>2</b>	<b>1</b> サイズ 400 ~ 500 mm				
11 アカアマダイ	<b>1</b> サイズ 250 ~ 300 mm				<b>1</b>	<b>1</b> サイズ 200 ~ 300 mm				