

《 ズワイガニ保護育成礁の機能評価 》

Evaluation of the Functions of Nursery Reefs for Snow Claws *Chionoecetes Opilio*

業務名	日本海西部ズワイガニ等調査 (19-9200)
委託者	水産庁漁港漁場整備部
担当者	(伊藤 靖), 三浦 浩

Recently snow crab resources in the western Japan Sea have gradually gained a certain degree of recovery through measures such as limiting catches and establishing nursery reefs. Fisheries Agency of Japan carried out maintenance of nursery reefs newly from 2007 in future in an offshore sea area by the direct control of the country to plan more resources recovery. Current snow crab nursery reefs have been aiming at the protection effect by the fishing operation prevention mainly. The effect of propagation that nursery reefs possess will be confirmed in the future, and more efficient, more effective maintenance is requested.

For that purpose, this report summarizes the actual effects of a snow crab nursery reef created at a depth of 290 meters in the Tajima-Oki Sea Area of Hyogo Prefecture over 1994 to 1996, in terms of (1) a habitat environment study, (2) a study of catch quantity, and (3) a visibility study using ROV. It also involves an examination of the functions and effects of nursery reefs.

Key words: Snow crab, nursery reefs, ROV, habitat environment, population density, propagation

1. 調査の目的

2007年5月の漁港漁場整備法の改正に伴い、我が国の排他的経済水域においては国が事業主体となった漁場整備が実施できる「フロンティア漁場整備事業」が創設された。日本海西部地区特定漁港漁場整備事業は、その第一号として実施されるものである。造成する保護育成礁においては、受益が広範囲にわたることや、複数県が共同で利用する等の従来と異なる利用が想定されるため、新たな仕組みを構築し、関係業界の共通理解の下に漁場施設周辺漁場の利用を適正に推進し、持続的な発展をめざす必要がある。また、漁場施設整備を資源回復計画と併せて実施し、順応的管理の考え方も検討しながら水産資源の生産力向上と安定供給の確保に資することが求められている。

ズワイガニはTACの対象魚種であり、日本海西部海域（A海域：富山県以西）におけるズワイガニ資源は、省令や各府県の関係漁業者の自主規制等による漁獲制限、保護礁設置による資源の確保、漁期前後の混獲ガニを減らすための底曳網の規制等の回復措置により、一定の資源回復効果が得られ、資源水準は中位で増加傾向にある¹⁾。一方、現在のズワイガニ保護育成礁の主な効果としては操業防止による保護効果を主体としているが、より効果的な漁場整備のためには保護効果以外の増殖効果を向上させることが必要である。

本報告では、ズワイガニの保護育成礁の機能評価を行うための現地調査を実施し、知見が得られたので報告するものである。

2. 調査の内容と方法

調査対象は、1994年～1996年に兵庫県津居山沖に造成された既設ズワイガニ保護育成礁（図-1）であり、調査は2007年7月～11月に実施した。

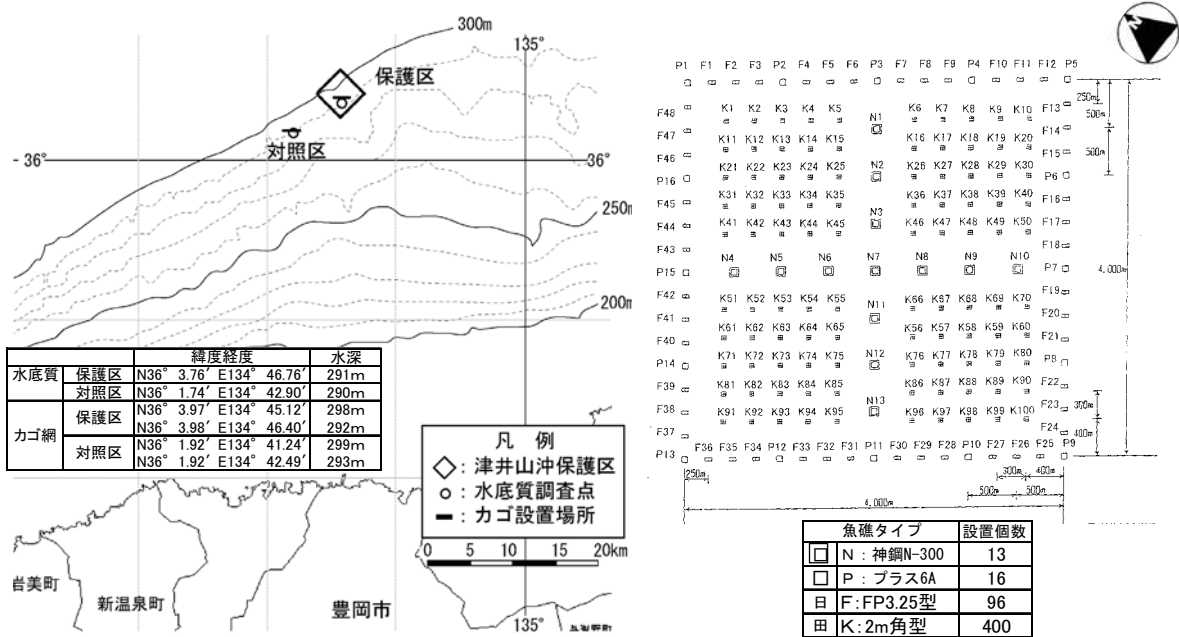


図-1 調査場所と保護育成礁の配置

2.1 生息環境調査

(1) 水質調査

2007年7月9日に兵庫県漁業調査船たじま (140t, 以下, 調査船と呼称) を用い, ズワイガニ保護区域内 (以下, 保護区と呼称) とその周辺海域 (以下, 対照区と呼称) の水深292~299mの各1点において水温塩分計 (メモリーSTD, アレック電子製) により水温と塩分の鉛直観測を行った。

(2) 底質調査

水質調査と同一測点においてスミス・マッキンタイヤ型採泥器 (採泥面積 1/20m²) を用いて, 保護区と対照区の底質のサンプリングを実施し, 船上にて所定のポリビンに移し, 冷蔵保存して分析試料とした。実験室にて粒度組成, COD, 強熱減量を測定した。

(3) 餌料環境調査 (炭素・窒素安定同位体分析)

津井山沖保護育成礁周辺において, 複数回にわたり, 底泥, 有機懸濁物 (POM), ズワイガニ及び当該海域の主要メガロベントス数種をサンプリングし, 炭素・窒素安定同位体比測定のための分析試料とした (表-1)。

表-1 炭素・窒素安定同位体分析試料

試料の種類	採取月日	検体数	分析部位	前処理
ズワイガニ保護区オス	2007.7/10	10	脚の筋肉組織	脱脂処理
〃 〃 メス	〃	10	〃	〃
ズワイガニ対照区オス	2007.7/11	3	〃	〃
〃 〃 メス	〃	2	〃	〃
ズワイガニ保護区外オス	2007.11/15	2	〃	〃
〃 〃 メス	〃	10	〃	〃
〃 〃 メス卵	〃	10	卵	〃
キタクシノハクモヒトデ	2007.8/6	20	脚の筋肉組織	脱炭酸処理
モロトゲアカエビ	2007.7/11	5	筋肉組織	脱脂処理
エッチェウバイ	〃	5	〃	〃
有機懸濁物	2007.11/5,6	2	海水を吸引濾過したフィルター	
底泥	〃	2	目視で夾雑物を取り除いて分析	脱炭酸処理

2.2 漁獲調査

2007年7月9日～11日にかけて、調査船により、保護区と対照区において、カゴ網試験操業を実施した。保護区と対照区の最短距離は2.4マイル(4.4km)であった。カゴ網は兵庫県が調査用に従来から使用していた漁具(図-2)で、カゴ網の幹縄への取り付け間隔は100mとし、1連20カゴで総延長は2,000mである。餌には冷凍サバ(500g程度)を1カゴ当たり4尾用いた。カゴ網の投入は保護区、対照区ともに7月9日の日中に実施し、保護区のカゴ網は7月10日に回収したが、対照区のカゴ網の回収は海象悪化により翌日の7月11日に行った。

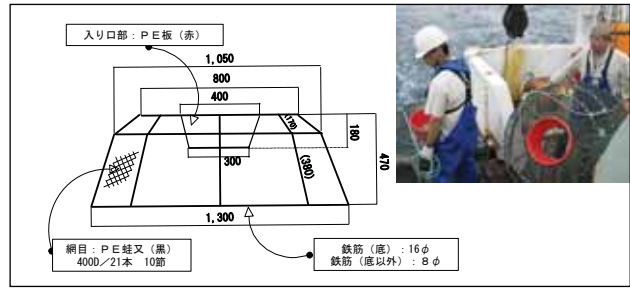


図-2 カゴ網の仕様

2.3 ROV調査

保護区において比較的水深の浅い南側を中心に魚探航走を行い、調査船及びROVオペレーションシステム内のプロッターに保護育成礁位置を入力した。その後、目的とする保護育成礁側近に調査船を定位させるため、風向、潮流を勘案し投錨を行い、船位が安定した段階でROVを潜航させた(図-3)。

ROVが海底に着底した後、搭載しているスキヤニングソナーにて保護育成礁を探索しつつ海底を移動し、出現した魚介類や海底の状況をビデオ映像に収録すると共に、スチール写真を撮影した。これを、保護区と対照区において、それぞれ実施した。調査は2007年7月9日、11日、12日、18日の4日間で実施した。

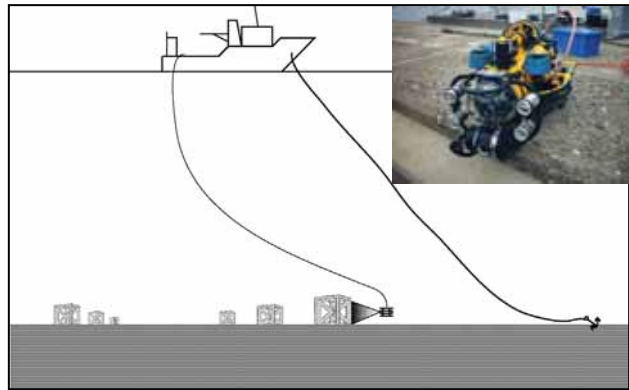


図-3 ROV調査のイメージ

3. 主な調査結果

3.1 生息環境調査

(1) 水質調査

水質調査結果を図-4に示す。水温は保護区、対照区ともに表層で24℃台から底層の1℃台まで水深とともに減少した。また、水深120～150m付近にかけて躍層がみられた。海底付近の水温はいずれも1℃であった。

塩分は両地点ともに表層から下層まで33～34psuと大きな変化はなく、表層から水深30mまでは増加し、それ以深では34psuで安定していた。

(2) 底質調査

底質の調査結果を表-2に、粒度組成を図-5に示す。

粒度組成は、保護区、対照区ともに、シルト・粘土分がそれぞれ50%近くを占め、砂分が若干混

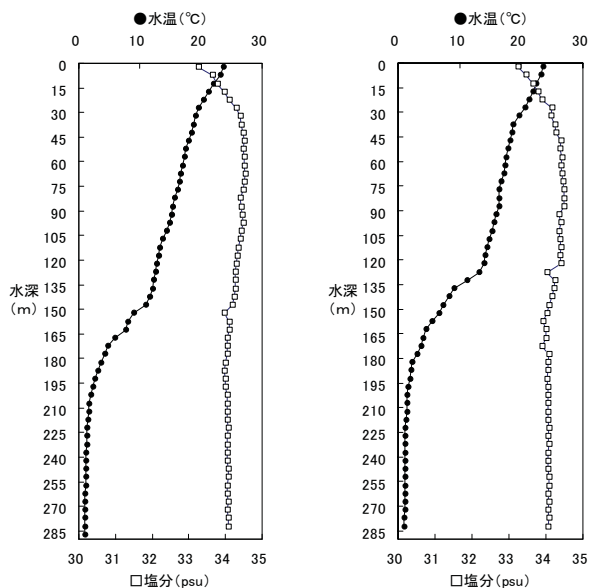


図-4 水質の鉛直分布(左:保護区, 右:対照区)

じていた。中央粒径は両地点ともに同様であった。COD, 強熱減量についても概ね同程度の水準であり, CODは水産用水基準を上回っていた。海域の栄養階級区分²⁾では「富栄養域」に相当し, 底泥中には有機物が多く, 珪藻殻も多く含まれていた。クロロフィル含量は9.37 μg/g 乾泥と高かった。

表-2 底質調査結果

分析項目		津居山沖 保護区	津居山沖 対照区
粒 度 組 成 (%)	粗砂分(0.85-2mm)	0.0	0.0
	中砂分(0.250-0.85mm)	0.3	0.5
	細砂分(0.075-0.250mm)	0.5	0.7
	シルト分(0.005-0.075mm)	47.7	49.1
	粘土分(0.005mm未満)	51.5	49.7
50%粒径(mm)		0.0047	0.0051
COD (mg/g)		23.8	20.6
強熱減量(%)		12.0	11.5

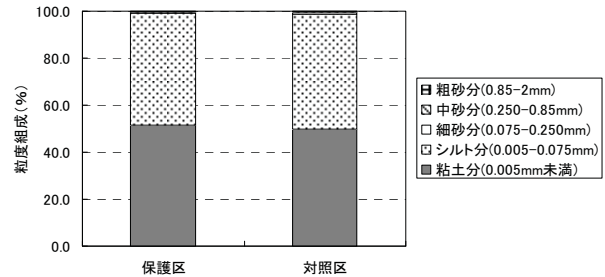


図-5 粒度組成

(3) 餌料環境調査 (炭素・窒素安定同位体分析)

炭素・窒素安定同位体比を図-6 に示す。

ズワイガニの炭素・窒素安定同位体比を海域別, 性別を比較すると, 保護区と対照区のオス間及び保護区と対照区のメス間では有意な差が認められなかったのに対し, 保護区内のオス・メス間 ($\delta^{13}\text{C}$; $p < 0.01$, $\delta^{15}\text{N}$; $p < 0.01$) では有意な差が認められた。

ズワイガニ以外の3種のメガロベントスについては, キタクシノハクモヒトデ, モロトゲアカエビは, 炭素・窒素安定同位体比がズワイガニよりも相対的に低いのに対し, エッチュウバイは高い値を示した。また, 底泥とズワイガニ及び3種のメガロベントスは同一直線上に分布しているものと判断された。

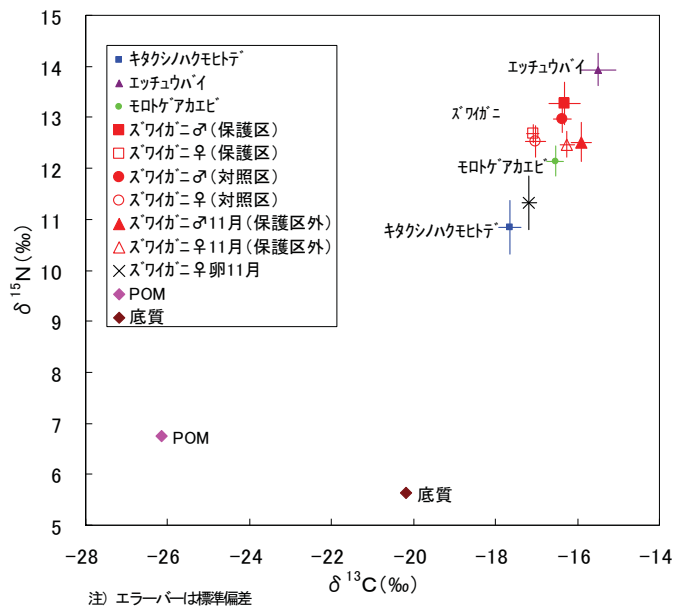


図-6 津居山沖ズワイガニ保護育成礁周辺のマクロベントス等のCN マップ

3.2 漁獲調査

漁獲されたズワイガニの尾数を図-7 に示す。保護区では20 カゴでオス24尾, メス188尾と全体的にメスの漁獲割合が高かった。また, メスは全て抱卵個体であった。対照区では19カゴ(揚カゴ中に1カゴ脱落)でオス37尾, メス3尾と雄の漁獲割合が高かった。また, メスは2尾が抱卵個体であり残り1尾は未成体であった。総漁獲

尾数では保護区 212 尾，対照区 40 尾と，保護区の漁獲尾数が対照区を大きく上回った。

漁獲されたズワイガニの甲幅組成を雌雄別に図-8, 9 に示す。なお，雄ガニについては【鉗脚幅/甲幅 ≥ 0.175 】の個体を最終脱皮後個体として扱った。保護区の雄ガニでは甲幅 90mm 以上の最終脱皮を終えたカニがほとんどであった。これに対し対照区では最終脱皮前の個体が多く，甲幅 90mm 未満の漁獲対象以下のサイズのものも見られた。雌ガニでは保護区での漁獲がほとんどであり甲幅 70~80mm 前後の抱卵成体が多かった。

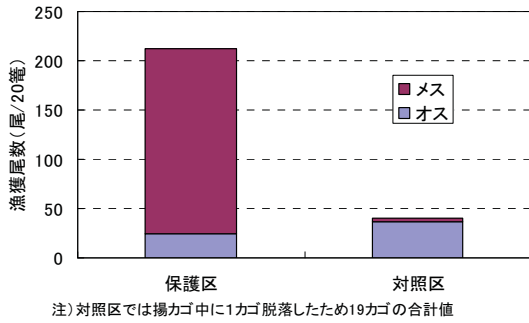


図-7 ズワイガニの漁獲結果

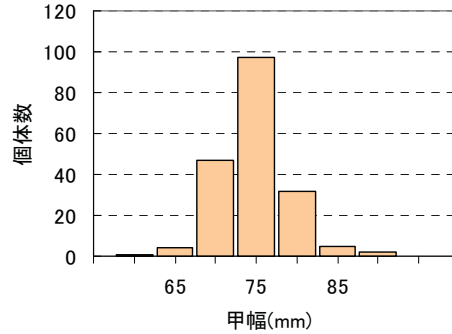


図-8 メスガニの甲幅組成（保護区）

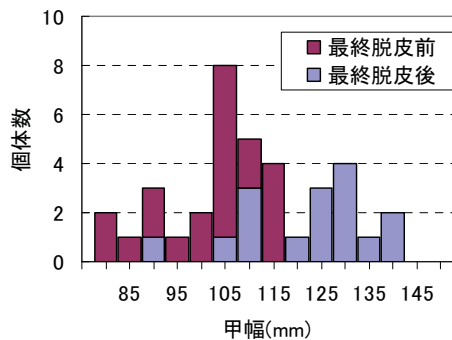
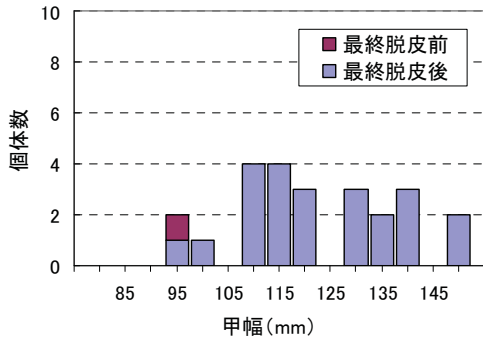


図-9 オスガニの甲幅組成

3.3 ROV調査

ROV調査における潜航回数は8回で，延べ6時間 41分，10,779 m²の観察を行った。保護区における航跡を図-10に，観察された魚介類の出現結果を表-3に示す。このうち第4回，第7回，第8回の潜航において，それぞれ保護育成礁を3基観察した。

(1) 海底の状況

底質は概ね泥質であり，ROV着底時には泥分が舞い上がった。調査箇所ごとの差異は見られなかった。浮遊物の流れから判断された流速は概ね 10cm/s 以下であり，流向は地点によって異なっていた。また，海底面には魚類等の潜入痕と見られる直径 10cm 前後の穴や，一部で隆起する箇所も観察された。

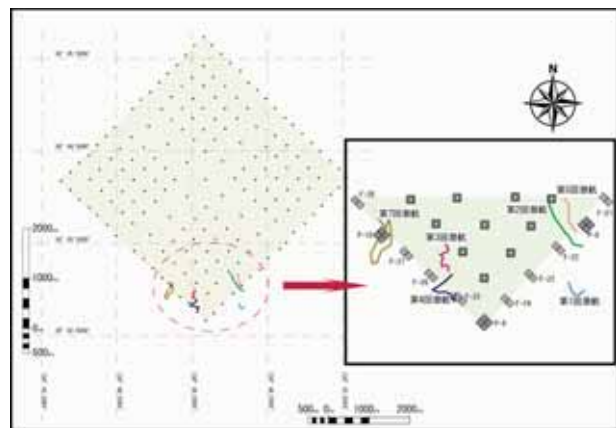


図-10 ROVの航跡

(2) 魚介類の出現状況

海底面にはズワイガニの他，カレイ類・ゲンゲ類・バイ類・エビ類・クモヒトデ類・イソギンチャク類が観察された。

ズワイガニは保護区内で 93 個体，対照区内で 7 個体の合計 100 個体が出現した。成長段階別には成体が多数を

占め、稚ガニは観察されなかった。また雌雄の判別については、可能な場合とそうでない場合があり、全体としての割合は不明であるが、保護育成礁での観察例を除けば、メスガニの割合が多かった。また、保護育成礁以外では背後をダーリアイソギンチャク等に近接させる個体が多く観察された。さらに、第2回潜航時にはズワイガニが13個体で集団を形成する様子が確認された(写真-1)。画像から判断するといずれもメスガニであり、このような集団形成は珍しく、行動生態学的にも貴重な記録が得られた。第8回潜航時には、保護育成礁の直下に定位するズワイガニが3個体観察された(写真-2)。

表-3 観察された魚介類の出現結果

潜航回	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	合計
実施月日	7月9日	7月9日	7月11日	7月11日	7月12日	7月18日	7月18日	7月18日	
エリア	保護区 1回目	保護区 2回目	保護区 3回目	保護区 4回目	保護区 5回目	対照区	保護区 6回目	保護区 7回目	
観察保護礁	-	-	-	FP魚礁	-	-	プラスチック	FP魚礁	
水深(m)	283	285	286	287	285	289	289	286	
透視度(m)	3~4	4~5	3~4	6~7	4~5	3~4	6	5	
観察面積(m ²)	576	3038	1062	1915	930	1484	1774		10,779
走行距離(m)	327	1,726	604	1,088	528	843	1,008		6,124
観察時間(分)	18	66	38	72	34	57	74	43	402
ズワイガニ	18	37	2	1	28	7	4	3	100
カレイ類	2	3	1	2	3	7	12		30
ゲンゲ類	23	102	38	101	74	61	136		535
ハイ類	1	15	5	11	0	2	8		42
エビ類	2	13	8	25	2	0	22		72
イソギンチャク類	0	14	11	21	6	19	10		81



写真-1 保護区内で観察されたズワイガニの集団形成状況



写真-2 保護育成礁に定位するズワイガニ

(3) ズワイガニの生息密度

ROV調査結果からズワイガニの生息密度の算定結果を表-4に示す。

保護区における生息密度は0.5~31.2尾/1,000m²であり、保護育成礁の東部で生息密度が高く、西部で低い結果となった。保護区全体の合計は9.7尾/1,000m²、また第2回の特異的な集団形成(パッチ)を除けば8.3尾/1,000m²であった。一方、対照区では4.7尾/1,000m²であり、ROV調査においても保護区内の生息密度が対照区よりも高い傾向を示した。

表-4 ズワイガニの生息密度

潜航回	地区	観察尾数	視界幅	走行距離	観察面積	生息密度
		n	B(m)	l(m)	A(m ²) B×l	(尾/1000m ²) n/A
第1回	(保護区)	18	1.76	327	576	31.2
第2回	(保護区)	37	1.76	1726	3038	12.2
第3回	(保護区)	2	1.76	604	1062	1.9
第4回	(保護区)	1	1.76	1088	1915	0.5
第5回	(保護区)	28	1.76	528	930	30.1
第6回	(対照区)	7	1.76	843	1484	4.7
第7回	(保護区)	4	1.76	1008	1774	2.3
第8回	(保護区)	3	-	-	-	-
保護区計	*パッチを含む	90	1.76	5282	9296	9.7
保護区計	*パッチを除く	77	1.76	5282	9296	8.3
対照区計		7	1.76	843	1484	4.7

4. 考察

4.1 餌料環境の評価

胃内容物分析による既存の知見と、今回の安定同位体分析による知見をあわせて、保護育成礁近傍の食物連鎖を以下のように推定した。

本海域の底泥は有機物に富み、クロロフィル含量も高いことから、餌としての質は高く、浮遊植物プランクトンと底生微細藻類の両者が沈降したものと考えられた。これは、底泥を基点とする食物網に属する動物にとって、比較的餌条件がよいことを意味すると思われる。今回測定したズワイガニなどメガロベントス4種については、 $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{15}N$ の値から、底泥の有機物を基点とする底生生態系に属すると推定され、底泥からズワイガニまでは見かけ上、栄養段階で2~3段階程度上位にいると推測される。また、保護区と対照区でズワイガニの $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{15}N$ 値に有意な差がないことから、両区の餌環境については質的な差は小さいものと思われた。一方、保護区内のオス・メス間では、 $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{15}N$ 値に有意な差がみられたことから、分布水深帯の違いによる餌料環境の差を反映し

たとも考えられるが、それを裏付けるデータは得られておらず、今後の課題としたい。

4.2 生息密度の比較

(1) カゴ網とROVの比較

カゴ網とROV調査の結果から、保護区と対照区における生息密度の比較を図-11に示す。

カゴ網では、既往知見から2種類の推定を行った。すなわち、カゴ①では誘引面積を半径50m³と設定し、資源評価調査¹⁾より得られた漁獲割合を20%として算出した。カゴ②では有効漁獲面積を1,600 m⁴として生息密度を求めた。

ROVでは航走距離と観察幅より観察面積を求めて密度を推定し、ROV①では保護区内で実施した6回の調査の単純平均、ROV②では保護区内のパッチを除く総観察尾数と総観察面積より求めた生息密度を示した。保護区と対照区を比較すると、カゴ網、ROVともに保護区で多い結果となった。また、保護区におけるカゴ網とROV②では6.6~8.3尾/1,000 m²と概ね同水準であった。

カゴ網は資源評価調査等により実施頻度の高い調査方法であり、短時間で広範囲の生息状況を把握可能である。また、漁獲により雌雄や年齢の推定も可能であり、ズワイガニの小群集の大きさや誘引面積を考慮した1連の長さやカゴの間隔が採用されている。一方、ROVでは、実際の生息状況の映像が得られ、行動特性、蟄集状況等が把握できる。しかし、生息密度調査を推定するための必要最低面積（掃海面積）等について十分な検討がなされていない。このようにそれぞれの方法には一長一短があるが、今後のこれらの知見の集積により、正確な密度の推定方法が確立されることが望まれる。

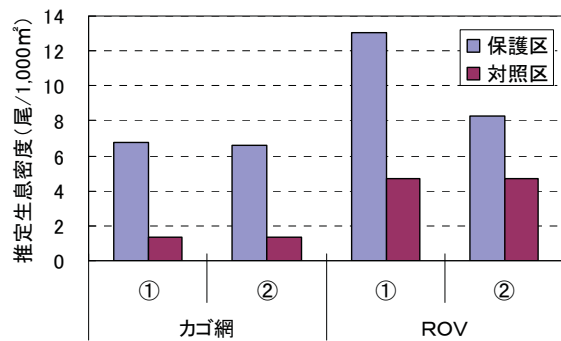


図-11 カゴ網とROVによる生息密度の比較

(2) 日本海西部他地点との比較

ROV②によって得られた生息密度を本調査の代表値として他海域における曳航式ビデオカメラおよび有人潜水艇(しんかい2000)による生息密度の比較を行った⁵⁾。結果を図-12に示す。

富山県～島根県に至る日本海における水深200~500mにおける1,000 m²あたりの生息密度は、0.3~34.8尾の範囲にあり、富山湾の34.8尾は突出して高いが、それを除けば10尾以下であった。本調査の結果は保護区で8.3尾、対照区で4.7尾であった。

他海域と比べると対照区は平均的な値を示し、保護区では3番目に高い生息密度であった。調査年度のズワイガニの資源状態、調査海域や水深帯による分布特性により生息密度は異なるため、数値の単純比較には注意が必要であるものの、津居山沖保護育成礁周辺海域における調査時の生息密度は、日本海その他海域と概ね同水準であり、保護育成礁内における生息密度は極めて高い値であることが示唆された。

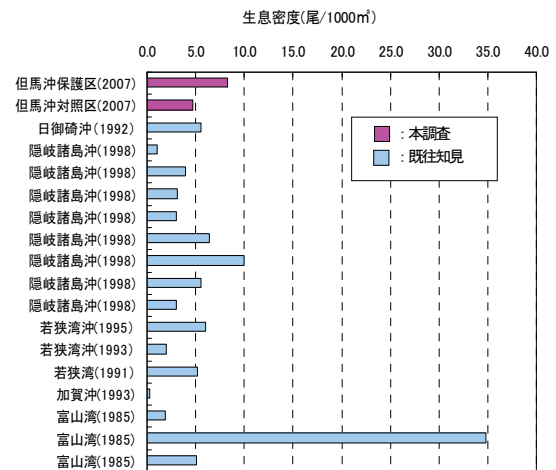


図-12 日本海西部他地点との比較

表-5 保護育成礁の機能評価

機能	主な種類	説明
餌場	・アミ類	□保護礁近傍における動物プランクトンのスウォーム
	・クモヒトデ類	□保護礁直下に蟄集
	・モロトゲアカエビ	□保護礁に付着して摂餌
	・エッチュウバイ	
	・ウミシダ類	
	・多くのベントス	□デトリタスの多い海底面
隠れ場	・マダラ	□保護礁内に定位
休息場	・ズワイガニ	□保護礁直下や構造物に背面を定位
産卵場	・ズワイガニ	□保護区域内における抱卵個体の出現

4.3 保護育成礁の機能評価

ROV調査より得られた観察結果から、保護育成礁

の機能分類を表-5 に、魚介類分布の模式を図-13 に示す。

ここで保護育成礁周辺とは、礁単体より概ね 5～10mの範囲を示しており、保護育成礁を中心に付着動物やベントス、プランクトンが際立って多く、魚介類も高密度に分布していた。保護育成礁を中心に独自の生態系が形成されているものと推察され、沿岸域における魚礁と、それをとりまく生物群と類似した蟻集状況を示した。また、ズワイガニが保護育成礁直下に定位している場合も認められた。

本調査で得られた結果から、保護育成礁周辺に分布する生物群の生息空間の機能分類を行うと保護育成礁は「餌場」、「隠れ場」、「休息場」、「産卵場」に大別された。また隠れ場と休息場については、概念は異なるが、観察結果で明確な区分ができないことから、同一の括りとした。

保護育成礁によって創出される空間により、こうした新たな機能が付加されており、多様な生物が生息し、これらは食物連鎖を通じて相互に関係しているものと思われる。ズワイガニ保護育成礁においては、これまで、ともすると漁獲からの保護効果のみに着目されていたが、生息空間の創出効果や餌料培養効果といった増殖効果が備わっているものと考えられた。

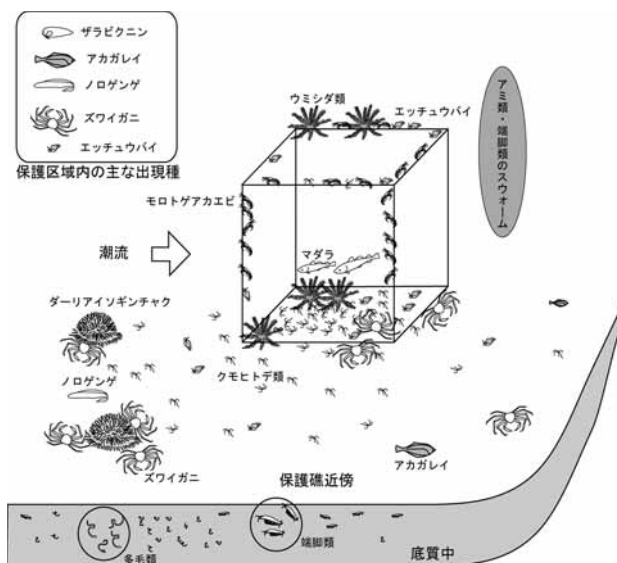


図-13 保護育成礁周辺の魚介類の分布の模式

5. 成果の活用

本調査は水産庁水産基盤整備調査委託事業「平成 19 年度日本海西部ズワイガニ等調査」の一部をとりまとめたものである。本調査の成果は、「直轄漁場整備マニュアル（案）～ズワイガニ・アカガレイ増殖場編～（水産庁漁港漁場整備部）」の策定等、日本海西部地区特定漁港漁場整備事業において有効に活用されている。

なお、調査実施にあたっては兵庫県但馬水産技術センターおよび漁業調査船「たじま」の関係者の協力を得た。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 水産庁、水産総合研究センター：平成 18 年度我が国周辺水域の漁業資源評価第 1 分冊, pp. 433-454, 2007.
- 2) 岡市友利：海洋大事典, p420, 東京堂, 1987.
- 3) 山崎淳, 桑原昭彦, 浜中雄一, 傍島直樹：京都府沖合域におけるズワイガニの生態に関する研究-V, 京都府海洋センター研報, 13号, pp. 35-40, 1990.
- 4) Watanabe, T. : Development of the deep-sea video monitoring system on a towed sledge to estimate the population density of the snow crab chionoecetes opilio, Fish. Sci. 68(supplement I), pp. 101-104, 2002.
- 5) 渡部俊広, 廣瀬太郎：曳航式深海用ビデオカメラによるズワイガニの生息密度の推定, 日本水産学会, 67 (4), pp. 640-646, 2001.

関連情報

- 1) 平成 19 年度 日本海西部ズワイガニ等調査報告書 水産庁漁港漁場整備部・財団法人 漁港漁場漁村技術研究所
- 2) 直轄漁場整備マニュアル（案）～ズワイガニ・アカガレイ増殖場編～ 水産庁漁港漁場整備部