

I 調査課題名：

漁場整備による海域の生産力向上状況調査

- II 実施機関及び担当者名： 一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所(H25～26年度)
第2調査研究部 伊藤靖、三浦浩、松本卓也
一般社団法人 水産土木建設技術センター (H25年度)
吉塚靖浩、武田真典、井上雅博

III 実施年度：

平成 25～26 年度

IV 緒言

平成 24 年 3 月に改正された漁港漁場整備基本方針では、豊かな生態系を目指した水産環境整備を推進していく上で、漁場は様々な環境要因により機能を損ないやすいという問題があることから、自然環境や生物相の変化などにも適切に対応できるよう、モニタリングを継続的に実施し、その結果に応じて事業の実施方法や事業実施後の管理の在り方を見直していく、いわゆる「順応的管理手法」を導入している。

これまでも、漁場（魚礁・増殖場）の整備と管理が各都道府県において進められてきたところであるが、依然として我が国周辺水域の主要な水産資源の約 4 割が低位水準である。本事業においては、これまで全国で推進されてきた漁場施設について、代表的な地区における劣化状況の詳細調査及び機能回復対策の事例収集等を行うとともに、天然漁場と人工漁場の生産力・生産効率等に関して定量的な比較を行い、今後の漁場整備のあり方についてのとりまとめを行う。

V 調査方法

以下の 5 課題について検討を行った。

1. 漁場整備のストック量
2. 漁場施設の機能発揮状況・経年劣化・機能回復対策
3. 漁場整備の効果の検証
4. 水産環境の一体的整備による効果の算定手法検討
5. 漁場整備のあり方検討

調査全体フローを図 V.1.1 に示す。

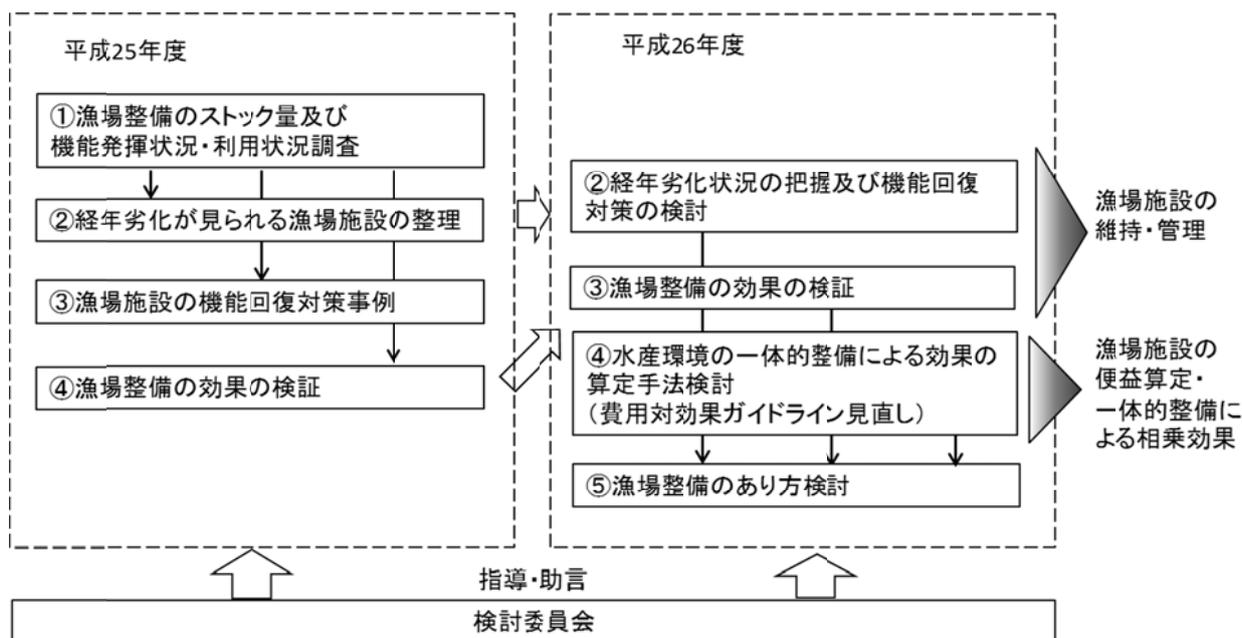


図 V.1.1 調査全体フロー

V.1 漁場整備のストック量

漁場施設（増殖場・魚礁）を対象とし、これまで全国で整備された既存ストック量を把握するためにアンケート調査を行い、結果は施設別に事業量、対象種、水深等に分類・整理を行った。

（1）集計方法

これまで、漁場施設のストック量については、水産庁の水産基盤整備調査（H16、統計期間：S51～H15）により、全国の魚礁・増殖場の空間情報と属性データ（年度、水深、事業面積、対象魚種、構造形式等）を管理するシステム（魚礁 GIS）が構築されている。また、（一財）漁港漁場漁村総合研究所では、これらのデータについて、H16～22年（一部欠損データ有り）については、独自に都道府県の整備情報を更新している。従って、ストック量の把握については、これまでのとりまとめ結果を活用して、H16～22年の欠損データ及び22～24年のデータ更新を行った。入力項目（抜粋）を表 V.1.1 に示す。

（2）アンケート実施

アンケート調査は全国の漁場を対象とし、平成25年11月に各都道府県水産基盤整備事業担当者にアンケート記載を依頼した。

（3）既存ストックの分類・整理

アンケート実施結果をもとに、全国の漁場施設を年代別、海域別に分類し、既存ストック量を把握した。

表 V. 1. 1 入力項目一覧（抜粋）

1. 事業年度
2. 海区・海域・実施地区名
3. 事業主体
4. 事業種目
5. 事業量
6. 対象生物
7. 事業費
8. 設置場所・水深
9. 規格・規模
10. 施設の目的
11. 漁業種類
12. その他

V. 2 漁場整備の機能発揮状況・経年劣化・機能回復対策

(1) アンケート調査

アンケートは平成 25 年 11 月に各都道府県水産基盤整備事業担当者に配布した。アンケート項目を表 V. 2. 1 に示す。アンケート内容としては、1. 漁場整備の機能発揮状況・利用状況、2. 経年劣化が見られる漁場施設の整理、3. 漁場施設の機能回復対策事例を同時に行った。さらに、アンケート結果を補足するため、必要な情報を有している自治体を対象に、聞き取りを併せて行った。調査のフローを図 V. 2. 1 に示す。

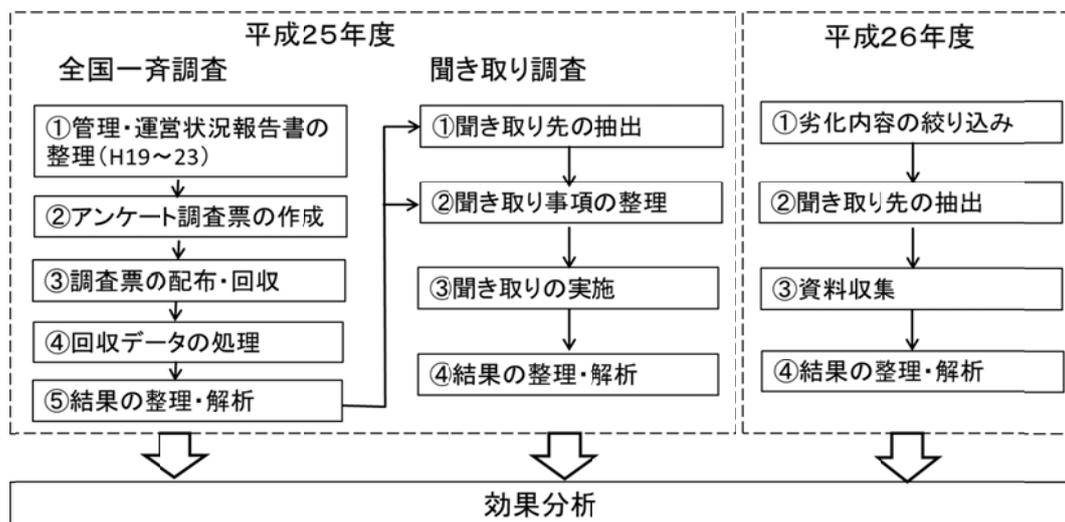


図 V. 2. 1 漁場施設の劣化状況の把握及び機能回復対策の調査フロー

表 V. 2. 1 アンケート調査票

- I 漁場施設概要
 - 1. 都道府県名
 - 2. 事業名
 - 3. 地区名
 - 4. 対象施設の整備時期
 - 5. 施設目的
 - 6. 対象種
 - 7. 設置水深
 - 8. 海域属性
- II 漁場施設分類
 - 1. 増殖場（種類と事業量）
 - 2. 魚礁（種類と事業量）
 - 3. 構造
- III 効果調査概要
 - 1. 実施年
 - 2. 頻度
 - 3. 調査方法
- IV 機能発揮・利用状況
 - 1. 増殖場（対象種の蛸集量、餌料培養状況）
 - 2. 魚礁（対象種の蛸集量、漁獲量）
 - 3. 設置後の経過年数
 - 4. 利用状況（頻度、漁業種類）
- V 機能劣化状況
 - 1. 劣化の有無
 - 2. 劣化状況
 - 3. 劣化の生じた時期
 - 4. 劣化の継続状況
- VI 機能回復のための対策
 - 1. 具体的な対策
 - 2. 実施状況
 - 3. 事業費
 - 4. 事業効果
- VII 機能回復に対する要望

(2) 経年劣化に関する現地調査

既往調査結果、漁業者からの聞き取り等をもとに、使用率の低い魚礁、利用されていない魚礁、劣化している可能性が高い魚礁および増殖場を抽出し、劣化状況についてROV、サイドスキャンソナーを用いて現状を把握することにより、機能回復対策の検討のための基礎情報を得ることを目的とした。

調査海域は、「A県B地区」および「A県C地区」の2地区を対象とした。調査では、個別施設の詳細を直接視認するためROVを使用し、施設全体の状況把握を行うためサイドスキャンソナーを使用した。

V.3 漁場整備の効果検証

(1) 調査の視点

①効果の考え方

漁場整備の効果の評価指標として本業務では、以下の通り、「生産力」と「生産効率」を比較検討する。

生産力：漁場施設（人工魚礁・増殖場）の本来の機能が発揮されることで発現する効果を評価する指標

→調査項目：①蛸集量・サイズ、②漁獲量、③その他（餌料生物、産卵状況）

生産効率：施設の本来の機能の発揮と漁業者による施設の利用によって発現する効果を評価する指標

→調査方法：①アンケート

②標本船（GPSデータロガー＋水揚げ記録、標本船（日誌）

③試験操業（釣り、刺網）

②現地調査における対照区（未整備水域）の考え方

現地調査における対照区の考え方として、整備漁場との比較を行う対照区を次のように考える。

- ・漁場施設と類似した環境条件（地形、水深、流況等）にあり、環境条件の違いが両者の生産力に大きく影響しない水域に設定する。
- ・一般に人工魚礁の対照区としては、砂泥域に設定されることが多い（①－③）。構造物の設置により岩礁生態系が創出されることから、本調査では、主に天然礁との相互比較（①－②）により特徴を整理した（図V.3.1）。



図 V.3.1 人工魚礁と対照区の考え方

③調査フロー

調査は、整備漁場と天然礁を比較対象に実施した。調査手法は大別して「アンケート」、「標本船」、「試験操業」、「視認調査」等を実施し、それぞれから、生産効率及び生産力について整理を行った（図 V. 3. 2）。

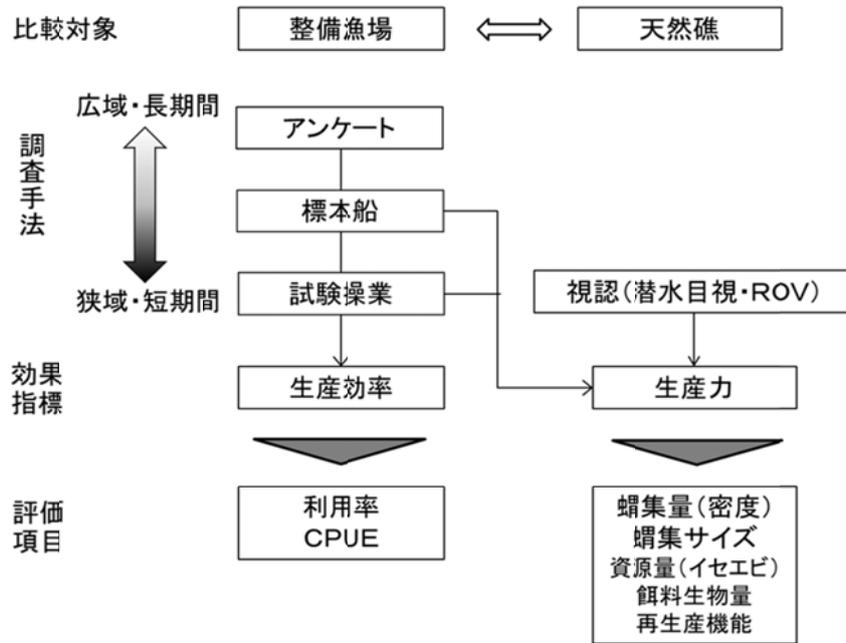


図 V. 3. 2 調査フロー

(2) 調査内容

生産力と生産効率に関する調査概要を表 V. 3. 1 に示す。調査海域の選定にあたっては、天然資源を主対象とした外海域と天然資源に加えて種苗放流が行われ、増殖場・魚礁の一体的整備が行われている内海域から以下を選定した。

表 V. 3. 1 調査概要（生産力と生産効率）

対象	生産力								実施機関
	調査項目	調査手法	調査場所						
			広島湾	広島県 東部	岡山県 白石島	播磨灘	高知県 土佐湾		
魚礁	蛸集密度	視認調査：潜水	●	●	●		●		漁村総研 センター
		ROV、魚探調査						●	
	漁獲量	試験操業	●	●	●		●		漁村総研
		標本船	●	●	●				
餌料生物量	サンプリング	●		●					
漁場形状	サイドスキャンソナー	○	○						
増殖場	蛸集密度	視認調査：潜水	○	○		○			
	餌料生物量	サンプリング	○	○		○			
調査対象	生産効率								実施機関
	調査項目	調査手法	調査場所						
			広島湾	広島県 東部	岡山県 白石島	高知県 土佐湾	長崎県 野母崎		
魚礁	CPUE	標本船（GPSデータロガー ＋水揚げ記録）					●		センター
		試験操業	●	●	●				
		標本船（操業記録）	●○	●○	●○	●			漁村総研
		アンケート						●	

センター：一般社団法人 水産土木建設技術センター
 漁村総研：一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所

●：H25年度調査
 ○：H26年度調査

① アンケート調査

全国の9海区において、人工魚礁漁場を利用する漁業種類（一本釣り、刺網等を想定）で漁獲される水産生物全般を対象に、「人工魚礁の設置状況及び利用状況」、「漁業種類・対象魚種」、「調査への協力意向」等を踏まえ決定した（図 V. 3. 3）。人工魚礁と天然漁場の生産効率（利用率、C P U E 等）を算出するため、以下の4項目を中心とした設計とした。これに加え、回答者の属性を把握するための項目（所属、漁船規模、年齢、漁法、主な対象魚種 等）を設けた。

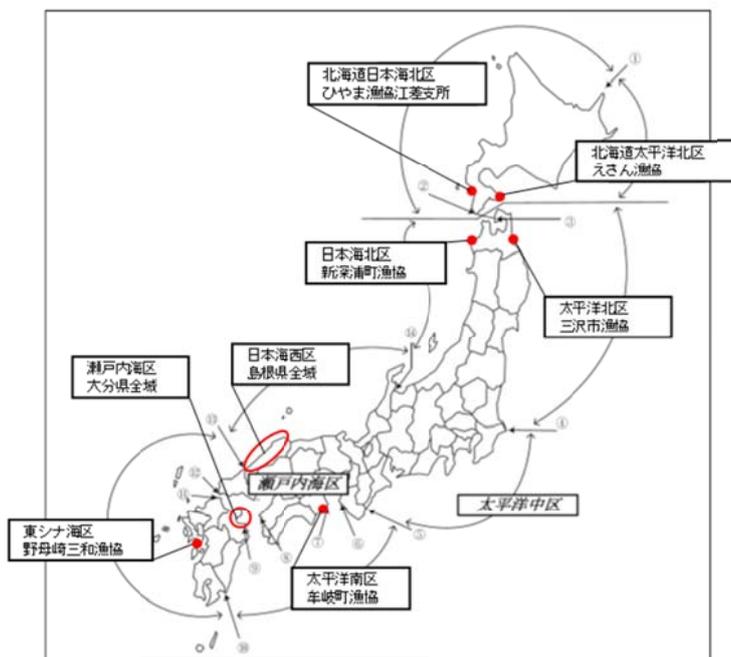


図 V. 3. 3 アンケート調査箇所

- 1)出漁日数 2)人工魚礁の利用割合 3)漁獲量 4)人工魚礁での漁獲量割合

平崎町漁協

漁場利用アンケート調査票（平成24年1～12月分）

お名前： _____ (「オ」)
船名： _____ 丸

1. あなたが営んだ漁業種類のうち漁獲量が最も多かった漁法を一つ〇で囲んでください。
①一本釣り ②曳縄釣り ③延縄 ④イカ釣り ⑤刺し網 ⑥カゴ ⑦その他 ()

2. 人工魚礁の利用状況や漁獲状況を教えてください。

	総出漁日数	人工魚礁の 作業時間割合	人工魚礁以外の 作業時間割合	総漁獲量	人工魚礁での 漁獲量割合	人工魚礁以外 の漁獲量割合	主な対象魚種 (上位3種程度)
(例)	18日	6	4	468kg	7	3	タチウオ、メバル、アジ
1月	15日	8	2	30kg	6	4	アオリ、たい、アジ
2月	10日	5	5	20kg	6	4	アオリ、アジ
3月	15日	5	5	15kg	6	4	たい、アジ
4月	10日	8	2	15kg	6	4	たい、アジ
5月	5日	7	3	10kg	5	5	アジ、たい
6月	10日	8	2	18kg	7	3	アジ、その他
7月	7日	8	2	8kg	6	4	アジ、その他
8月	5日	4	6	10kg	7	3	アジ
9月	0日	/	/	kg	/	/	アジ、その他
10月	10日	5	5	25kg	6	4	アジ、たい
11月	15日	7	3	30kg	5	5	アオリ、アジ
12月	13日	6	4	20kg	5	5	アオリ、アジ、たい

アジ類
 サバ類
 カツオ
 マグロ類
 マダイ
 ヒラメ
 メバル・カサゴ類
 タチウオ
 イカ類 (アオリイカ等)
 その他 ()

図 V.3.4 アンケート票

②現地調査

生産力と生産効率の効果指標に基づいて評価を行うため、現地調査を実施した。生産力に関連した項目としては、漁場価値を示す重要な要素である生息魚種、尾数、サイズ等についての具体的なデータを現地調査により収集した。調査海域は前述の通り、内海域（瀬戸内海）と外海域（太平洋・東シナ海）で調査を行った（図 V.3.5）。

調査地点の選定にあたっては、事前に利用度の高い魚礁及び天然漁場の場所・時期等の情報を漁協で収集し、水深、流況等の環境条件の類似した整備漁場と天然漁場を選定した。

対象魚種は、以下を中心とした。今回の調査対象種には夜行性種も含まれる。これらの魚種は目視観察で生息量を計測することが困難なため、釣り、刺し網等による採集法を採用し、整備漁場と天然漁場の生息量を比較した。

- 目視観察：マコガレイ、メバル、アジ、イサキ、ナマコ
漁獲：キジハタ、メバル、カサゴ、イセエビ

また、現地調査結果との相互補完や、生産効率のデータを入手することを目的とし

て、標本船漁業日誌により、整備漁場、人工漁場毎の操業日数、魚種別漁獲量、漁獲努力量（操業時間、漁具数等）等のデータを収集した。さらに GPS データロガー搭載標本船方式で魚礁の利用状況を調査した既存データ（水産土木センターが長崎県で実施した魚礁効果調査で得られたデータ）を活用し、魚礁と天然礁の利用率、CPUE（単位努力量当り漁獲量）を算出した。

表 V. 3. 2 対象種と調査海域及び目的

魚礁			
対象魚種	調査海域	目的	実施機関
マアジ・イサキ	東シナ海 (長崎市、壱岐市)	外海域における漁場整備の代表的魚種であるマアジ、イサキ等についてROVIにより蛸集密度を求め、魚礁と天然礁を比較することにより整備効果を検証した。	センター
メバル、ナマコ	瀬戸内海 (広島湾)	メバルについては、魚礁及び天然礁において潜水により蛸集密度、生息密度を算出し、整備効果を検証した。 ナマコについては、投石礁および天然礁において生息密度を比較することにより、整備効果を検証した。	漁村総研
イセエビ	高知県 (土佐湾)	人工構造物と天然漁場の利用状況やCPUEについて水揚げ台帳から整理を行い整備効果を検証した。	〃
メバル・キジハタ	瀬戸内海 (白石島)	蛸集密度、餌料生産量を魚礁と天然礁で比較し、効果を検証した。また、水深が深い地点や潮流が早い魚礁及び対照点については、釣獲調査により行った。	〃
キジハタ	瀬戸内海 (広島県東部)	魚礁及び天然礁において刺網を実施して単位漁獲努力量あたりの漁獲量を比較して、整備効果を検証した。	〃
増殖場			
対象魚種	調査海域	仮説	実施機関
マコガレイ	瀬戸内海 (播磨灘)	稚魚密度、餌料生産量を周辺砂泥域と比較することにより、増殖場整備の効果を検証した。	漁村総研
メバル	瀬戸内海 (広島湾、広島県東部)	稚魚密度、藻場の形成状況、餌料生産量を天然藻場と比較し、天然藻場と同等の稚魚育成機能が発揮されているかの検討を行った。	

センター：一般社団法人 水産土木建設技術センター

漁村総研：一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所

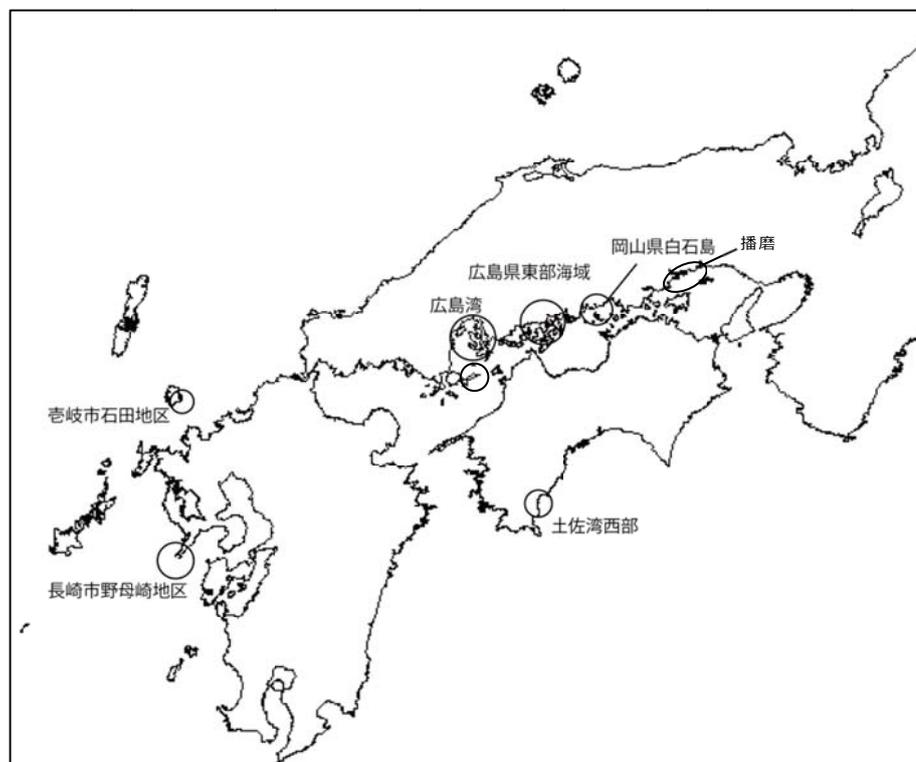


図 V. 3. 5 調査計画海域

V. 4 水産環境の一体的整備による効果の算定手法検討

(1) 水産環境の一体的整備による効果の算定手法について

評価対象について整備の生態系ピラミッドを用いて効果の考え方について区分を行った。それぞれの効果の区分に従ってモデルケースを用いた便益額の試算を行った。

(2) 水産環境の一体的整備によるネットワーク化の効果の検証

幼稚魚の保護育成から漁獲に至るまでの漁場整備が高度に施された一体的漁場整備漁場の効果について、経済価値の高いキジハタとメバルの漁獲状況から検討した。調査フローを図 V. 4.1 に示す。

また、本検討では、一体的漁場整備の効果として以下を想定した。

- ① 増殖場整備による資源量の底上げ（または加入資源量の増大）
- ② 成長段階別の生息環境整備による生残率（滞留率も含む）の向上
- ③ ①、②による漁獲量の増大

さらに、生残率等の計算結果をふまえて便益算定への活用可能性について検証を行った。

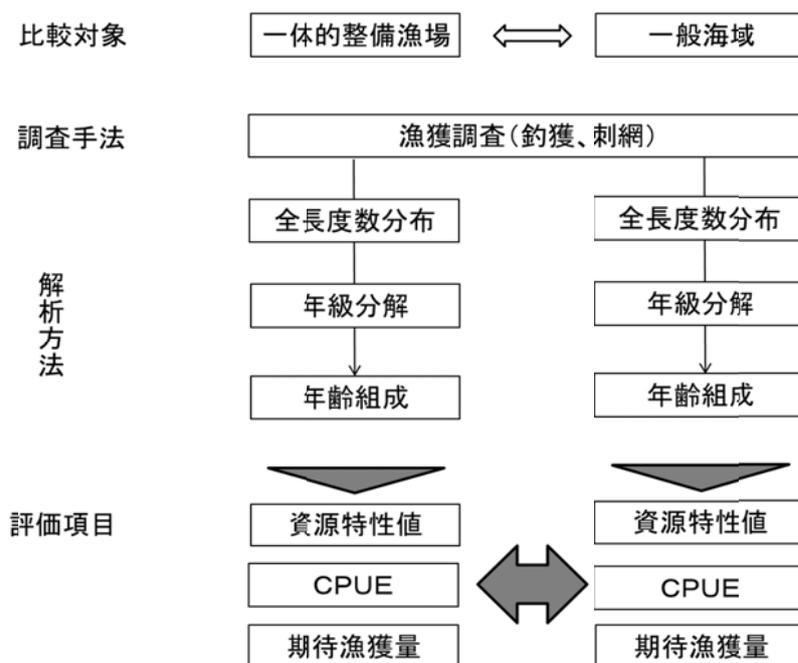


図 V. 4.1 調査フロー

(3) 「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」の改訂案

(1) 「水産環境の一体的整備による効果の算定手法について」、(2) 「水産環境の一体的整備によるネットワーク化の効果をもたらす効果検証」の検討成果を踏まえ、水産基盤整備事業の費用対効果分析のガイドラインの改訂案をとりまとめた。

V.5 漁場整備のあり方検討

検討課題1～4を踏まえ、本調査で得られた漁場施設の機能発揮・経年劣化状況、機能回復対策及び漁場整備の効果検証結果を総括し、これらに関して今後の漁場整備のあり方を取りまとめた。

V.6 検討委員会の設置・運営

本業務の実施にあたっては、検討課題1～5について、2つの検討委員会を設置した。いずれも、(一財)漁港漁場漁村総合研究所が事務局となり、専門分野の知見を有する学識経験者を委員とする調査検討委員会を設け、指導を仰ぎながら実施した。

①検討課題1：漁場施設のストック量

検討課題2：漁場施設の劣化状況の把握及び機能回復対策の検討

検討課題3：漁場整備の効果の検証

検討課題5：漁場整備のあり方検討

表 V.6.1 検討委員

区分	氏名	所属	役職
委員長	安永 義暢	元 日本海区水産研究所	所長
委員	大竹 臣哉	福井県立大学海洋生物資源学部 海洋生物資源学科	教授
"	瀬戸 雅文	福井県立大学海洋生物資源学部 海洋生物資源学科	教授
"	櫻井 泉	東海大学生物学部海洋生物科学科	教授
"	桐原 慎二	青森県漁港漁場整備課	総括主幹
"	岡重 文久	漁港漁場新技術研究会 漁場造成研究部会	部会長

②検討課題4：水産環境の一体的整備による効果の算定手法検討

表 V.6.2 検討委員

区分	氏名	所属	役職
委員長	安永 義暢	元 日本海区水産研究所	所長
委員	岡安 章夫	東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科 海洋科学系	教授・研究科長
"	寺田 一薫	東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科 海洋工学系	教授
"	吉田謙太郎	長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科	教授
"	中村 周平	北海道水産林務部 水産局水産振興課 漁場整備グループ	主査
"	藤田 学	秋田県農林水産部水産漁港課	副主幹
"	森本 利晃	兵庫県農政環境部農林水産局水産課	主査
アドバイザー	三上 信雄	独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所	上席研究員

V.7 調査工程および実施機関

H25～26年度業務の工程および実施機関を表V.7.1に示す。

表V.7.1 調査工程

調査内容 / 工程	平成25年度												実施機関		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
1. 計画準備		■	■	■										漁村総研センター	
2. 漁場整備のストック量及び機能発揮状況・利用状況の調査				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	漁村総研	
(1) アンケート調査				■	■	■	■							漁村総研	
(2) 聞き取り調査						■	■	■	■	■				漁村総研	
3. 漁場整備の効果検証					■	■	■	■	■	■	■	■	■	漁村総研センター	
(1) 増殖場における現地調査					■	■	■	■	■	■	■	■	■	漁村総研	
(2) 人工魚礁における現地調査					■	■	■	■	■	■	■	■	■	漁村総研センター	
4. 各都道府県が過去に行った漁場施設の機能回復対策の事例収集						■	■	■	■	■	■	■	■	漁村総研	
5. 経年劣化がみられる漁場施設の整理						■	■	■	■	■	■	■	■	漁村総研	
(1) 劣化状況に係る現地調査				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	センター	
6. 検討委員会の開催			○										○	漁村総研	
7. 報告書のとりまとめ													■	漁村総研	
8. 協議・打合せ		○								○			○	漁村総研センター	
調査内容 / 工程	平成26年度												実施機関		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
1. 計画準備	■														漁村総研
2. 漁場施設の劣化状況の把握及び機能回復対策の検討		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
(1) 事例収集		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
(2) 結果の整理						■	■	■	■	■	■	■	■		
3. 漁場整備の効果検証	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
(1) H25年度の継続・補完調査	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
(2) 増殖場における現地調査	■	■					■	■	■	■	■	■	■		
4. 水産環境の一体的整備による効果の算定方法の検討															
(1) 現地調査	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
(2) 費用対効果分析ガイドライン見直し(案)の作成				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
5. 漁場整備のあり方検討					■	■	■	■	■	■	■	■	■		
6. 検討委員会の開催															
(1) 生産力向上				○									○		
(2) ガイドライン				○									○		
7. 報告書のとりまとめ													■		
8. 協議・打合せ	○		○							○			○		

実施機関の略称は以下の通り

漁村総研：一般財団法人漁港漁場漁村総合研究所
センター：一般社団法人水産土木建設技術センター

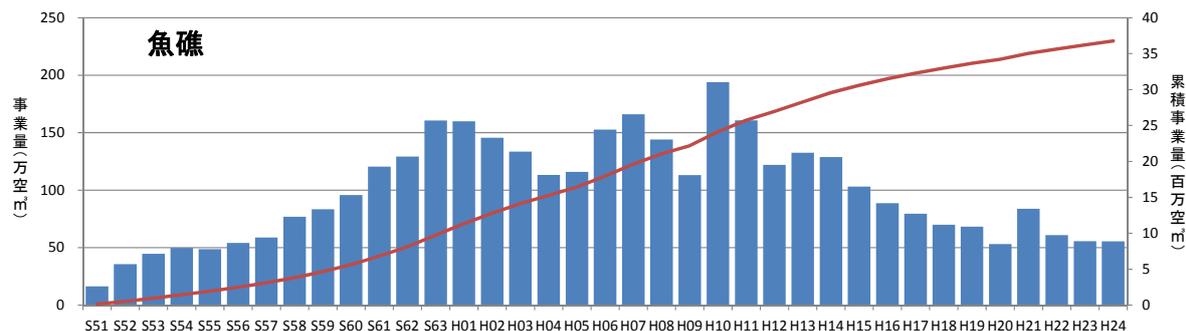
VI 調査結果及び考察

VI.1 漁場整備のストック量

(1) 既存ストックの分類・整理

既存ストックの調査結果をもとに、魚礁について事業量を整備年別に整理した結果を図VI.1.1に示す。

S63年までは暫増傾向を示した。その後、H11までは年間150万空 m^3 前後で増減を繰り返し、以後H10年でピークとなり、H13年以降は、次第に減少し、近年3カ年は50万空 m^3 となっている。累積事業量は3,675万空 m^3 であった。

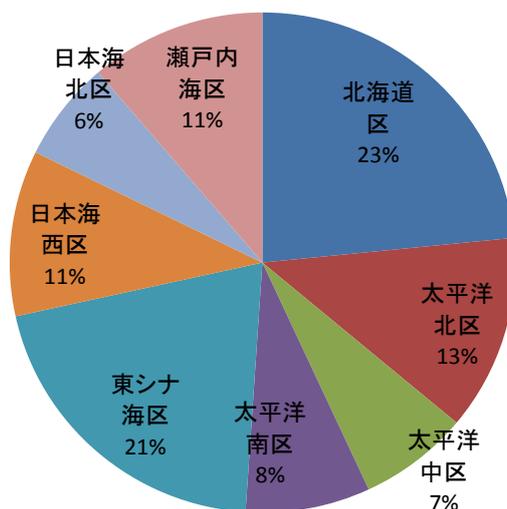


図VI.1.1 既存ストックの経年変化（魚礁）

(2) 既存ストックの海区別内訳

都道府県毎の集計結果をもとに、既存ストックの海区別内訳を図VI.1.2に示す。

魚礁については、全国の各海区に整備されており、北海道区、東シナ海区、太平洋北区の順に多かった。



注) 事業数に基づいて作成

図VI.1.2 既存ストックの海区別内訳

VI. 2 漁場施設の機能発揮状況・経年劣化・機能回復対策

(1) アンケートの回収状況

アンケートは 40 都道府県に対し行い、経年劣化状況や機能回復対策等を把握している計 265 漁場施設について回答を得た。

(2) 劣化状況

漁場施設では、施設整備後経年劣化が起こるが、それらは施設自体の老朽化と機能劣化に大別される。老朽化については、耐用年数を考慮して構造上必要な強度を有するよう設計に反映させている。しかし、漁場施設の場合、老朽化が機能劣化に直接結びつくものではない。例えば、増殖場では本来の目的である保護育成機能等が、人工魚礁では蛸集機能や漁獲効率が損なわれた場合に機能劣化と判断される。

漁場施設の経年劣化の事例を分類すると、①物理・化学的要因{(水質悪化：高水温、貧酸素水塊の発生等)、(底質悪化、波・流れ：砂の堆積、洗掘、埋没、破損等)}、②生物的要因(付着生物、競合海藻、極相化等)、③漁業活動(漁具の絡まり等)、④複合的要因(磯焼け等)に大別される。

劣化状況の確認については、昨今の R O V 等の水中観察技術やマルチビームソナーに代表される音響調査技術、衛星画像解析等のリモートセンシング技術の進歩により、高精度な現況把握が可能となりつつある。

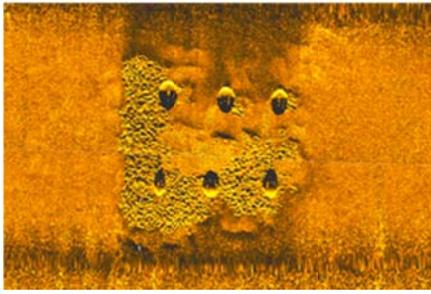
現地調査により確認された経年劣化状況としては埋没、破損、漁具の絡まりの 3 つが認められた。

<人工魚礁の事例>

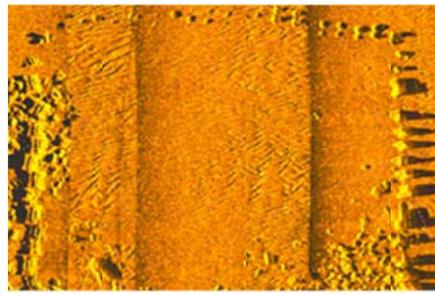
- ・人工魚礁では、浮魚礁と沈設魚礁に分けて整理を行っているが、いずれも蛸集機能の低下や漁獲効率の低下が挙げられる。
- ・沈設魚礁の機能劣化の事例としては、砂の堆積や埋没による蛸集密度の低下と漁具の絡まりによる漁獲効率の低下が挙げられる。

<増殖場の事例>

- ・干潟、藻場、浅海域と対象生物と水深帯によって分けられる。
- ・干潟は、主に二枚貝の増殖場として施設整備されている。機能劣化の内容としては、砂の流出・堆積、底質悪化、害敵生物等に起因する現存量、生残率、再生産機能の低下等が挙げられる。
- ・同様に藻場は、ウニ・アワビ・サザエ増殖場、コンブ増殖場、魚類増殖場として施設整備されている。
- ・藻場及び浅海域に設置されている増殖場の機能劣化の事例としては、砂の堆積・埋没、付着生物、食害等に起因する餌料培養機能の低下、現存量の低下、生息面積の低下等が挙げられる。



図VI. 2. 1 増殖場（埋没の事例）



図VI. 2. 2 増殖場（埋没の事例）



図VI. 2. 3 増殖場（ヤリゆ産卵礁付着生物事例）



図VI. 2. 4 増殖場（ヤリゆ産卵礁付着生物除去



図VI. 2. 5 魚礁（埋没の事例）



図VI. 2. 6 魚礁（網掛かりの事例）

（3）機能回復対策

漁場施設においては、所要の目的に対する機能発揮状況（機能発揮の内容と時間）が重要である。また、それらを確認するため、施設整備後に定期的なモニタリングを実施し、機能劣化が認められた場合には、機能回復対策について検討を行う。

これまで実施されてきた機能回復策は、ハード対策として、しゅんせつ、海底耕耘、着定基質の投入等であり、ソフト対策として、藻場・干潟における維持・保全対策が実施されている。

自治体へのアンケートや聞き取り調査結果等から、増殖場・魚礁における機能劣化と機能回復対策をVI. 2. 1 に示す。機能回復策の実施に対しては、水深が制限要因となっており、潜水作業の可能な水深 30m 程度までは対策が行われているが、それより深い水深では、劣化を確認しても、対策を行っていない場合が多い。

<人工魚礁の考え方>

- ・人工魚礁は、設置水深が深い場合も多く、破損・埋没・逸散等の魚礁の変化が機能に大きく影響していると認められる場合でも、補修や修復は困難な状況にある。一方、網や釣具等の漁具が魚礁に絡まり、操業に支障をきたしたり、蛸集密度が低下して魚礁の機能に影響している場合には、費用と効果を検討して除去を行っている。
- ・漁具の絡まりについては、潜水除去、魚礁引き揚げによる除去、鉤付きロッドによる除

去、ROVを利用した切断機による方法といった実施事例がある。

- ・潜水除去や、魚礁の引き揚げによる方法の場合には、確実に、漁具を撤去できる反面、潜水作業を伴うことから、水深が制限要因となることや、費用が高額になることが挙げられる。鉤付きロッドによる方法では、魚礁近傍を曳く必要があるため、回収効率については作業を実施する漁業者の経験や技量によるところが大きく、確実性に劣る。一方で、費用面では前者に比べて、安価に実施できるといった特徴がある。
- ・耐用年数を迎えた施設の有効活用の観点で検討していく必要がある。

<増殖場等の考え方>

- ・干潟における機能回復対策については、砂の流失や堆積といった施設維持管理に相当する対策と、ツメタガイやナルトビエイ等の害敵生物対策といった生物環境管理に相当する対策に分けられる。
- ・藻場における機能回復対策については、基質の嵩上げ、囲い礁の補修といった、施設維持管理に相当する対策と、磯焼け対策等の生物環境管理に相当する対策に分けられる。
- ・浅海域の増殖場における機能回復対策については、砂の流失や堆積といった施設維持管理に相当する対策と、付着生物除去等による基質更新といった生物環境管理に相当する対策に分けられる。
- ・砂の堆積や埋没等については、抜本的な対策がない。加えて、着定基質の埋塞等により、魚礁に比べて著しく機能が損なわれる場合が多いことから、事前調査等を確実にを行い、砂の堆積や埋没がおこらないような、場所選定を行う必要がある。
- ・基質更新に際しては、①構造物の引き揚げによる方法、②潜水による方法に分けられる。構造物の引き揚げでは、費用面の問題はあっても付着生物除去の効率が高いこと、水上で行うこともあり確実性が高いこと、多数の産卵礁を処理する場合スケールメリットが期待できることが挙げられる。また、潜水除去については作業時間の面で問題はあっても、起重機船が不要というメリットもあるので、数量が少ない除去作業では有効である。
- ・潜水除去の場合においても、効率的に作業を行うため、圧縮空気駆動するケレンツール（図VI.2.7）を使用する等の方法を検討する。また、増産対象種の産卵時期等を勘案して、施工時期を決定することにより、効果を高めることも可能である。



図VI.2.7 高圧空気駆動ケレンツール

表VI.2.1 増殖場・魚礁における機能劣化と機能回復対策

施設		機能劣化の例	機能保全・回復対策	対策(管理手法)による分類			
				生物環境	施設維持		
増殖場	干潟 (二枚貝増殖場)	現存量の低下 生残率の低下 再生産機能の低下	砂の流失	土のう設置、盛砂 被覆網、礫・捨石、杭・ポール、ノリ支柱柵、海藻		○	
			砂の堆積	砂除去、掘削		○	
			泥分率の増加による底質の悪化	覆砂、耕耘、作溝、導流堤		○	
			害敵生物(ツメタガイ)	卵塊除去、底曳網による駆除、網袋による防除	○		
			害敵生物(ナルトビエイ)	網設置、竹柵、網や釣りによる直接駆除	○		
	藻場	ウニ・アワビ・サザエ増殖場 コンブ増殖場 魚類増殖場	餌料培養機能の低下 現存量の低下 生育面積の低下	光量不足(全海藻草類)	嵩上げ	○	
				砂の堆積(岩礁性藻場)	嵩上げ、流動促進	○	○
				石・ブロックの散乱(岩礁性藻場)	囲い礁の補修		○
				砂の洗掘(海藻)	囲い礁、浮消波堤		○
				海藻のタネ不足(海藻) " (カラモ)	移植、播種 移植、スポアバック	○	
				競合海藻・付着生物(岩礁性藻場)	磯掃除、海底ケレン、基質の更新	○	
				増殖溝の堆砂(ウニ、サザエ、コンブ)	堆砂の除去		○
				餌料培養機能の低下 (主に磯焼け)	ウニの食害	嵩上げ、潜水除去、フェンス、流動促進	○
		魚の食害	網による除去、釣り、フェンス、防魚ネット・海藻の幼体を付加した核藻場ブロックの追加	○			
	浅海域	ヤリイカ産卵礁	産着卵の減少	砂の堆積・埋没等	高圧空気噴射機による除去		○
				付着生物	潜水除去、基質の更新 クレーンなどで台船に引き揚げて除去し、再度沈設	○	
		イワガキ増殖場	付着密度の減少	砂の堆積・埋没等	重機による土砂撤去または移設、高圧空気噴射機による除去		○
				洗掘	洗掘防止マット、マウンド等		○
				付着生物	潜水による付着生物除去(稚貝の付着促進)	○	
		魚類増殖場	餌料培養機能の低下 蛸集量の低下	砂の堆積・埋没等	構造物の積み増し、重機による移設		○
食害動物(キクイムシ、フナクイムシ等)による木材の減耗				木材の交換		○	
付着動物の被覆				隣接して新規増殖場を造成	○		
人工魚礁	浮魚礁	蛸集量の低下	老朽化による離脱危険性の増大	老朽化浮魚礁の撤去と再設置		○	
			浮体の破損	専門業者による修理		○	
	沈設魚礁	漁獲効率の低下	砂の堆積・埋没等	魚礁の積み増し		○	
			漁具の絡まり	潜水やROVによる除去 クレーンなどで台船に引き揚げて網をはずし、再度沈設 カギ付きロッドをつけたチェーンで漁具を回収		○	

注1) 生物環境管理: 餌料藻場の改善、食害動物や競合生物の除去等、対象種に好適な生息環境の確保等

注2) 施設維持管理: 事業完了時の施設状態の維持に必要な補修・修復や機能の増大を図るために必要な施設の局所的な改良

VI. 3 漁場整備の効果検証

1) 生産力

<増殖場>

水産有用種増殖場のマコガレイとメバルの幼稚魚について、増殖場整備の効果を現地調査により計測した。

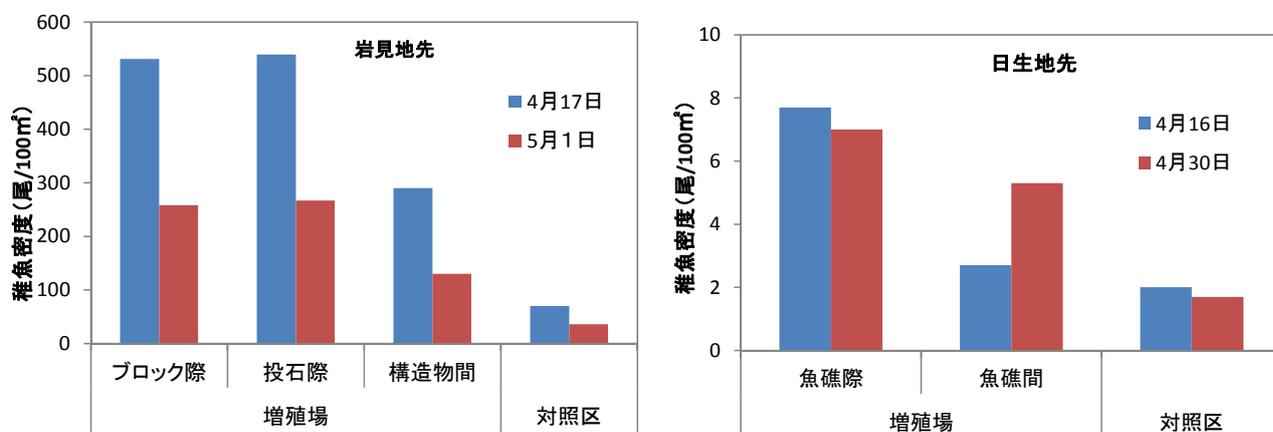
(1) マコガレイ 幼稚魚

① 密度

潜水目視観察による増殖場及び対照区におけるマコガレイ稚魚密度を図VI. 3. 1に示す。

単位面積あたりの稚魚密度は、日生、岩見海域ともに増殖場が天然漁場を上回った。稚魚密度は、岩見地先に比べるとかなり低かった。その理由として、近傍に産卵場が存在しないため、当海域への稚仔の供給量が少ないこと等が考えられる。

また、5月上旬は4月中旬に比べ水深別の密度差が小さくなった。これは稚魚が成長に伴い生活領域を広げたためと考えられる。

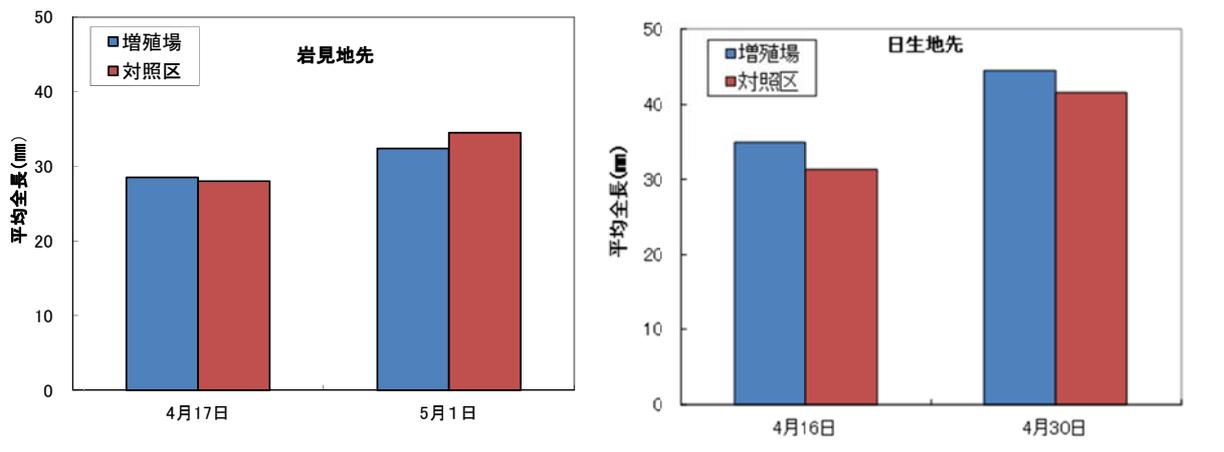


図VI. 3. 1 増殖場及び対照区におけるマコガレイ稚魚密度

② 蛸集サイズ

蛸集サイズを図VI. 3. 2に示す。

稚魚の蛸集サイズは岩見地先、日生地先ともに、増殖場と対照区で明確な差異はみられなかった。これは、稚魚は成長に伴い生活領域を拓げるため、増殖場に残っている稚魚の大きさがある程度頭打ちになるためと考えられる。



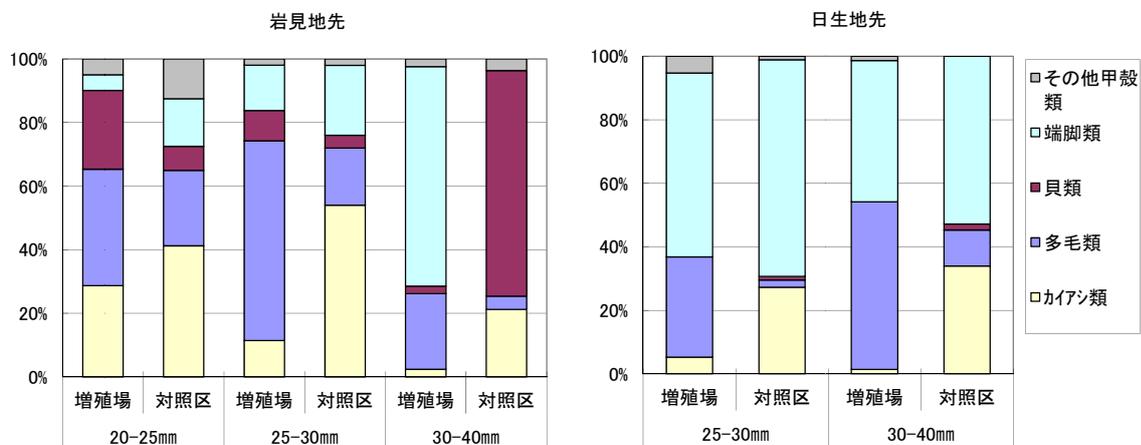
図VI. 3. 2 蛸集サイズ

③胃内容物

胃内容物の測定結果から、同サイズの稚魚の胃内容物を水域別（増殖場・対照区）に比較したものを図VI. 3. 3に、底質と粒度組成の関係を図VI. 3. 4に示す。

増殖場と対照区の胃内容物には差がみられた。両地区の稚魚とも、対照区では少なくとも全長 30 mm 台まで、底生カイアシ類を主な餌料としている。一方、増殖場では 25 mm を超えると主な餌料は、底生カイアシ類から多毛類、端脚類に変化していた。

なお、岩見地区の対照区では全長 30 mm 台の稚魚が二枚貝を多数摂餌していた。対照区においては、摂餌に適した大きさの稚貝が発生したものと想定される。



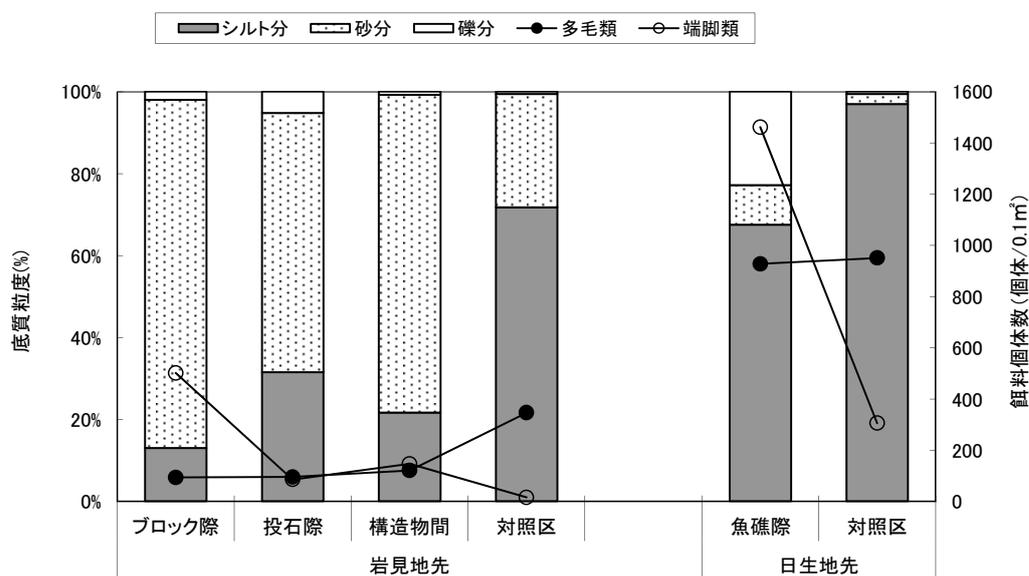
図VI. 3. 3 水域別の胃内容物組成（個体数）

岩見地先では、増殖場の底質は砂質、対照区はシルト質であった。餌料生物量は底質環境を反映し、増殖場では砂礫質を好む端脚類が多く、対照区では多毛類が多かった。なお、端脚類はブロック際で多い傾向がみられた。

日生地先では、増殖場、対照区ともシルトが卓越するが、魚礁際で礫分の割合が高いのは、魚礁に付着した貝類の脱落による。マコガレイ稚魚が好んで捕食する端脚類をはじめ甲殻類の多くは、砂礫質の粗い底質を好むことが知られているが、本調査においても礫分の多い魚礁際で端脚類の個体数が多かった。

増殖場の構造物の際では、付着物の脱落等により、端脚類の生息に適した底質となっており、端脚類の現存量が多かった。底生カイアシ類に比べて大型の多毛類、端脚

類を捕食できればエネルギー補給は効率的であり、稚魚の高成長と死亡率の低下が期待される。



図VI. 3.4 底質と餌料生物の関係

(2) メバル幼稚魚

①密度

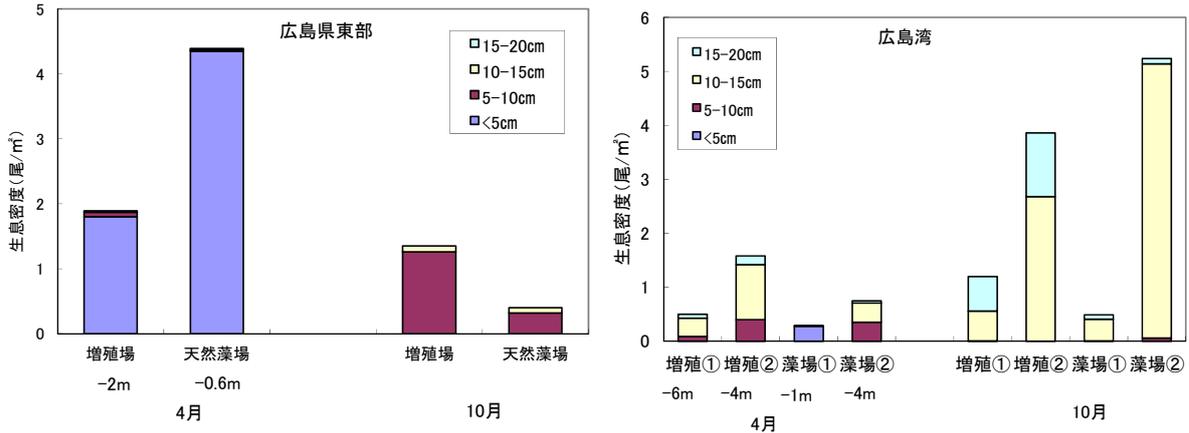
増殖場及び天然藻場におけるメバル幼稚魚の生息密度を全長階級別に図VI. 3.5に、調査を実施した4月、10月における各全長階級と年齢の関係を表VI. 3.1に示す。

表VI. 3.1 調査時における全長階級と年齢の関係

全長階級	4月	10月
5 cm未満	0才 (生後4ヶ月)	—
5-10 cm	1才	0才 (生後10ヶ月)
10-15 cm	1-2才	1才 (0才、2才若干混じる)
15-20 cm	2-3才	2-3才

広島県東部では、4月には増殖場、天然藻場の両方で稚魚の定着がみられ、その密度は天然藻場で高かった。天然藻場、増殖場ともガラモ場が形成されており、その生育密度は天然藻場で高かった。10月に増殖場、天然藻場を利用していたメバルは、4月に当海域に定着・成長したもので全長は6~7cm程度となっていた。成長に伴い沖合に移動する本種稚魚の習性から、生後10ヶ月となった10月の生息密度は、天然藻場より水深のやや深い増殖場で高かった。

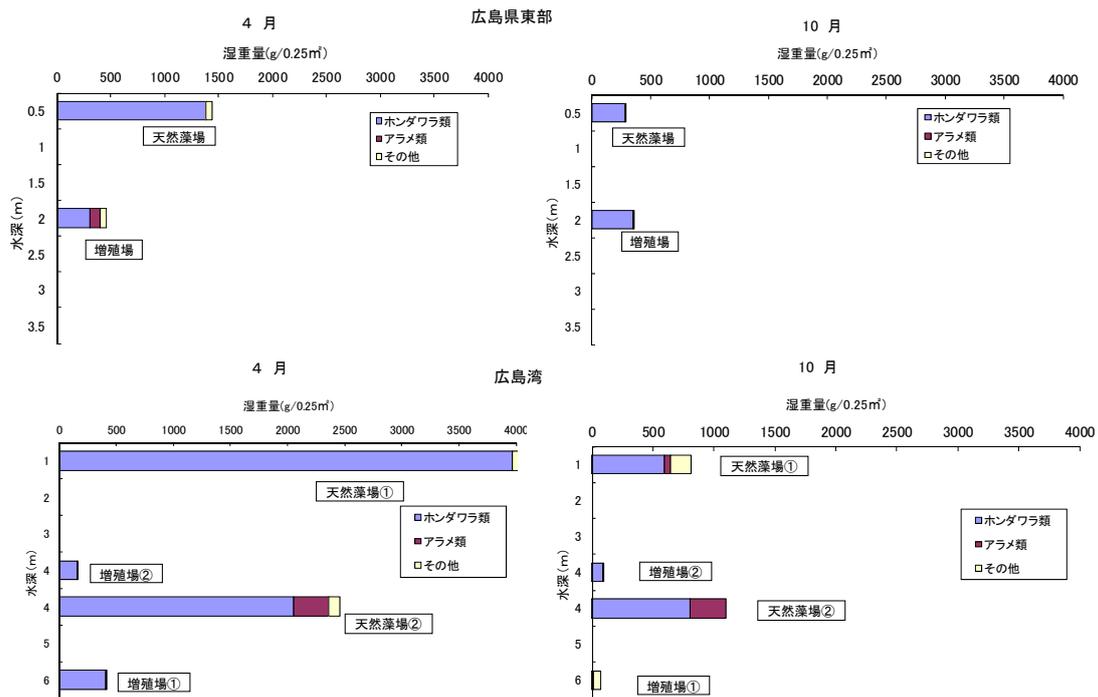
広島湾では、4月には当年産まれの稚魚 (全長5cm未満) の定着が藻場でのみ確認された。増殖場は稚魚の着底場所としては、水深がやや深く着底稚魚がみられなかったものと推察される。10月には、生後10ヶ月を迎えた個体 (全長5~10cm) に加えて、1歳 (全長10~15cm)、2歳 (15~20cm) が多く出現した。



図VI. 3.5 増殖場及び天然藻場におけるメバル稚魚密度

②海藻の着生状況

海藻類の着生状況を図VI. 3.6に示す。増殖場及び天然藻場でみられた大型海藻の多くはガラモ場構成種のホンダワラ類であり、水深の深い広島湾の増殖場ではクロメが繁茂していた。海藻の繁茂状況を増殖場と天然藻場で比較すると、生育密度、葉長とも天然藻場の値が大きく、増殖場の藻場機能は天然藻場の水準に達していなかった。



図VI. 3.6 増殖場及び天然藻場における海藻現存量

③胃内容物

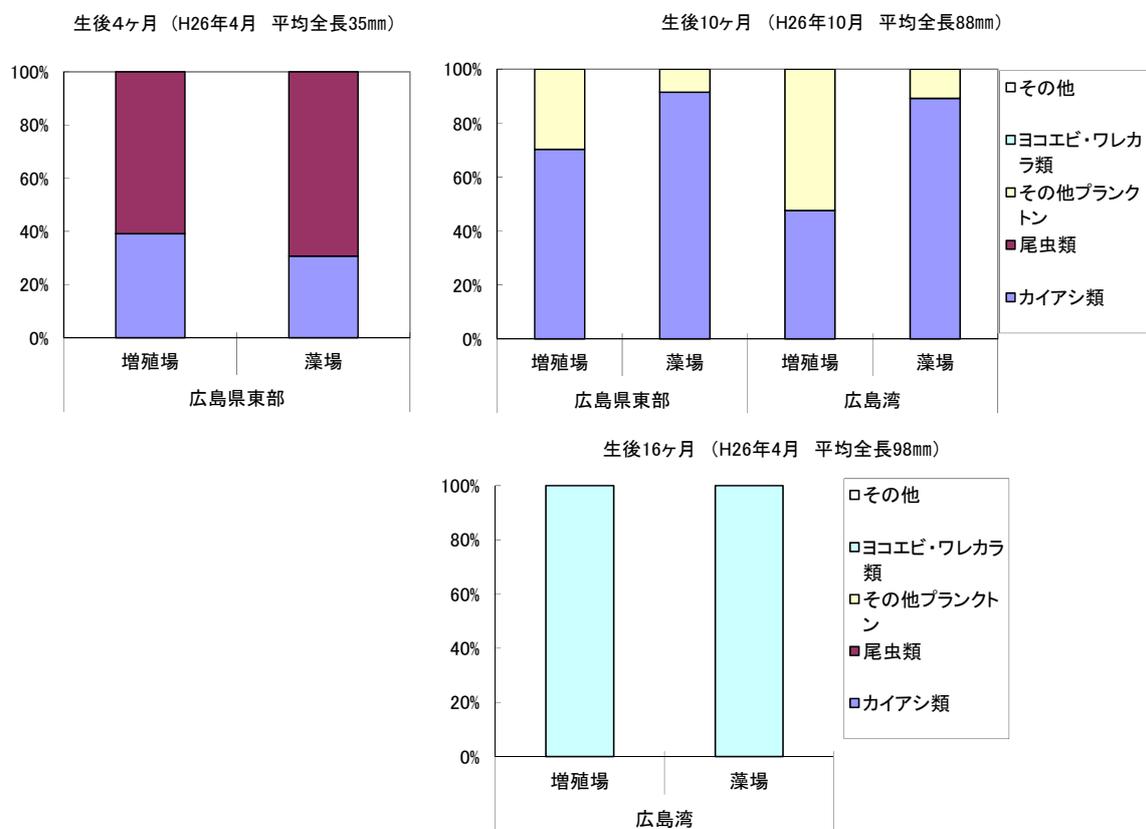
メバル幼稚魚の成長段階別の胃内容物組成を図VI. 3.7に、ホンダワラ類と端脚類個体数の関係を図VI. 3.8に示す。

広島県東部、広島湾とも、生後約4ヶ月の稚魚の胃内容物は、その全てがカイアシ類、尾虫類等の動物プランクトンであった。

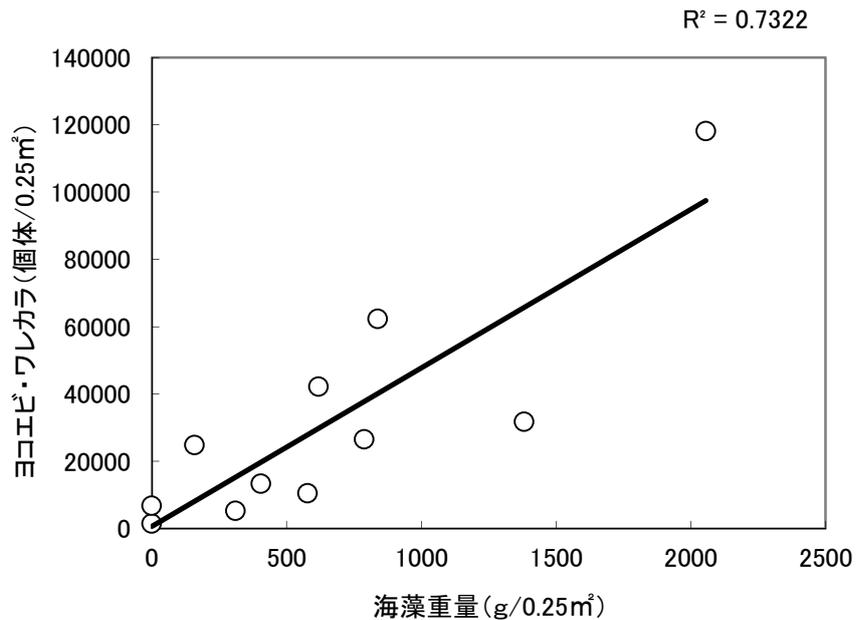
生後10ヶ月においても、主な餌料はカイアシ類を主とする動物プランクトンであった。ただし、アミ類、オキアミ類、ユメエビ類、矢虫類など、カイアシ類より大きなプランクトンも胃内容物として見られるようになり、成長に伴い餌料の大きさが変化する様子が窺えた。

生後16ヶ月では、胃内容物の大半はヨコエビ類とワレカラ類であり、プランクトン食からベントス（葉上動物）食への移行が認められた。生後10ヶ月の胃内容物においても、僅かながら葉上動物が出現していることなどから、こうした食性の変化は満1才の頃から徐々に生じると考えられる。

満1才となる12月以降はホンダワラ類が大きく生長する時期であり、それに合わせて、葉上動物の生産量も増加する。成長に伴う摂餌能力と餌料環境の適合により、食性が変化すると考えられる。



図VI. 3.7 メバル幼稚魚における成長段階別の胃内容物組成（個体数）



図VI. 3. 8 ホンダワラ類と端脚類個体数の関係（4月）

本調査によれば、増殖場に定着してまもない稚魚の餌料は、カイアシ類、尾虫類等の動物プランクトンであった。増殖場はハルパクチクス等のカイアシ類の培養効果等により餌場として機能していることに加え、外敵からの隠れ場となることが極めて重要である。このためには、アラメ類よりも藻体が長くかつ形状が複雑なホンダワラ類が密生することが望ましい。また、ホンダワラ類は成長した稚魚の重要な餌料であるヨコエビ類、ワレカラ類の付着量が他の海藻よりも多く、餌場としても優れていることが今回の調査で明らかとなった。また、水深が深いためホンダワラ類が生育していない増殖場では、藻場を離れた幼稚魚の生息場となっており、沖合岩礁域への分布を広げる途中に、増殖場を利用しているものと考えられた。以上から、メバル稚魚にとっては、ホンダワラ藻場と同一水深帯に整備することで、稚魚の着定促進と隠れ場・餌場を創出するとともに、藻場より深い水深では、沖合岩礁帯をつなぐ滞留場として寄与することが示唆された。

<魚礁>

① 蛸集密度

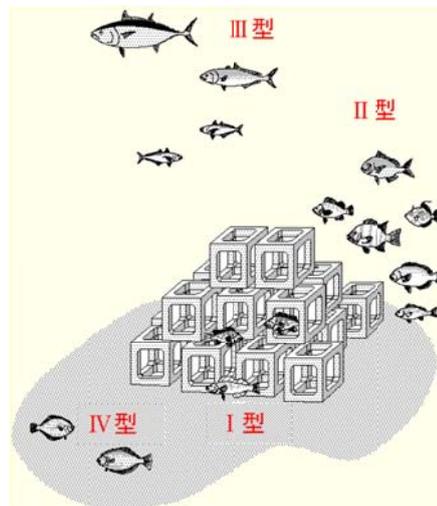
潜水目視観察及びROVによる調査結果を図VI.3.9～10に示す。

潜水目視調査を実施した内海域の広島湾および白石島では、多くが魚類増殖場として整備された箇所であった。人工魚礁の規模は通常空 m^3 で示されるが、天然漁場と比較するため観察面積あたりの蛸集密度を求めた。

また、メバル（Ⅱ型）、キジハタ（Ⅰ型）、カサゴ（Ⅱ型）等の定着性魚類は魚礁から余り離れることがないため、魚礁の底面積と生息面積がほぼ一致する点も考慮に入れた。

魚礁及び天然礁の観察面積は、次のようにして求めた。魚礁が乱積みとなっている場合は、投影面積ではなく、投影面積内に設置された魚礁の数に1基あたり底面積を乗じて観察面積とした。

魚礁観察面積＝観察魚礁数×魚礁1基の底面積
天然礁観察面積＝測線長×観察幅（有効視程）

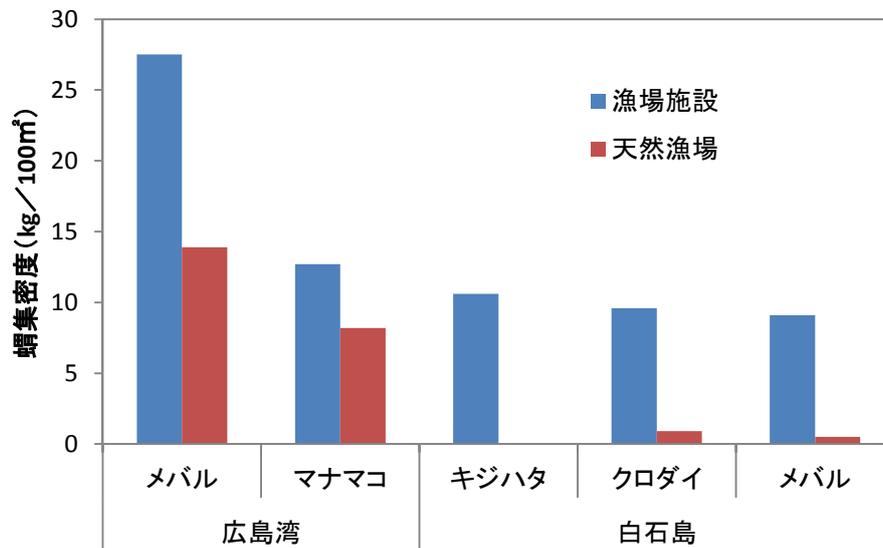


※下図のように観察ライン上に海底面と接地する魚礁が14基あり、その魚礁上に4基が重なっていた場合、観察面積は魚礁1基の底面積を18倍して求めた。

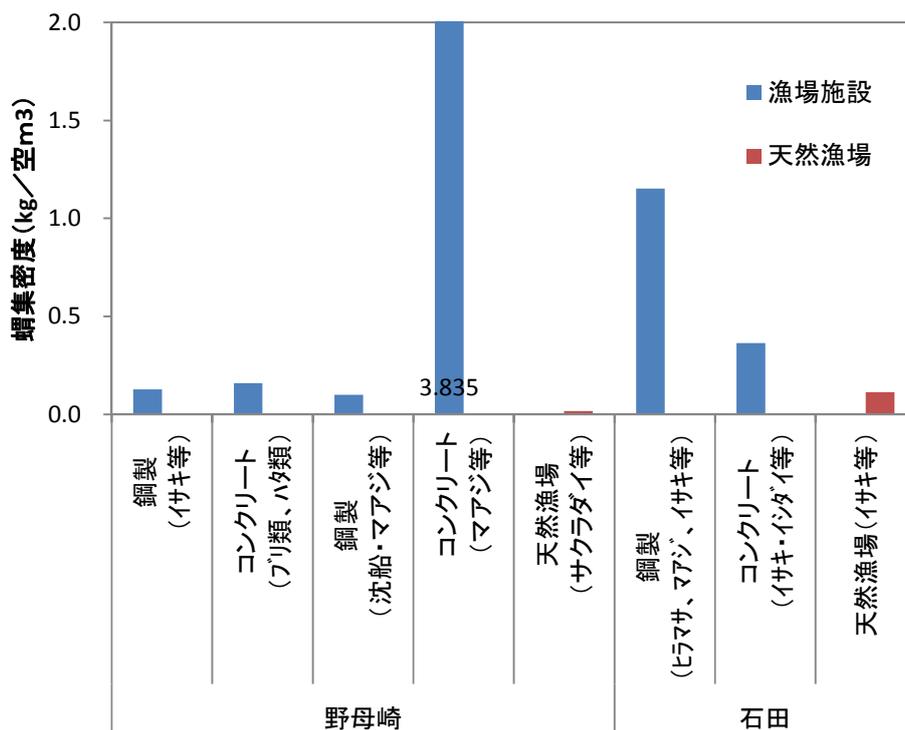


一方、ROVによる調査は、外海域の長崎県内の魚礁において調査を実施した。魚礁、天然礁ともに観察空 m^3 を算出して漁場施設と天然漁場の蛸集状況を比較した。また、ROVは外海域の魚礁ではアジ類、ブリ類、ヒラマサ等のⅢ型魚類も対象としたため、魚礁から離れた表中層についても観察範囲として観察空 m^3 を求めた。同様に、天然礁についても観察範囲の水柱を想定して観察空 m^3 を求めた。

漁場施設と天然漁場における単位面積あたりの蛸集密度は、潜水目視観察、ROVともに漁場施設が天然漁場を上回った。



図VI.3.9 潜水目視観察による蛸集密度

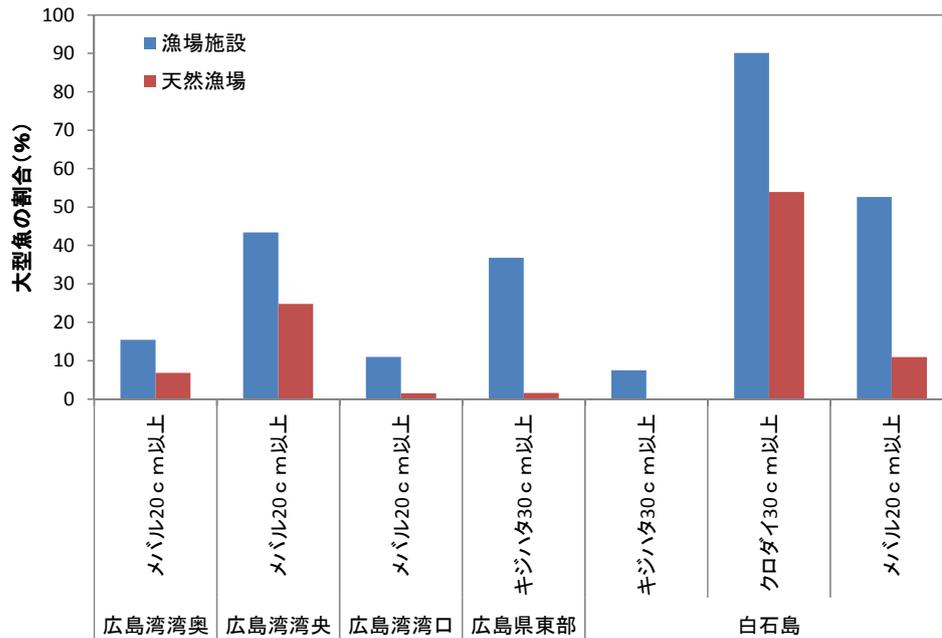


図VI.3.10 ROVによる蛸集密度

② 蛸集サイズ

蛸集サイズについては、内海域での観察結果や漁獲結果から、大型魚の割合を図VI. 3. 11に示す。

蛸集密度の多かったメバル、キジハタ、クロダイのサイズをみると、漁場施設に生息するものが天然漁場のものより大きい傾向がみられた。漁場施設で大型魚の割合が高いのは、漁場施設が内部空間を有し、魚類等の隠れ場として優れているためと考えられる。特に調査対象としたメバル、キジハタ、カサゴなどの構造物への接触を好むI型、II型魚類に対しては、隠れ場機能の効果が高い。



図VI. 3. 11 大型魚の割合

2) 生産効率

(1) 利用率

標本船（年間）およびアンケート調査結果から天然漁場の利用率（操業日数または時間ベース及び漁獲量ベース）を図VI. 3. 12～14に示す。

いずれの調査結果からも操業日数ベースと漁獲量ベースについては、概ね同様の傾向が示された。

標本船調査による漁場利用率をみると、土佐湾におけるイセエビ・刺網と広島湾東部のキジハタ・刺網（操業日数ベース）については、漁場施設が天然漁場を上回っていた。イセエビの刺網については70%（漁獲量ベース）を超えており、間隙を必要とする魚種にとっては、人工魚礁が良好な生息場となっているものと考えられた。また、漁場の区割り制を人工漁場にのみ採用していることから、漁場施設の高い生産性を実感していることの証しである。一方、広島湾や白石島の遊漁や刺網では、利用率は低くなっていた。

標本船（データロガー）については、マアジを主に漁獲しているが、3隻のうち2隻は、同程度の利用であったが、1隻については天然礁への依存度が高く、船によっても利用状況が異なった。

アンケートによる漁場利用率については、一本釣りを中心に、曳き縄釣り、刺網のデータが得られた。このうち、漁場施設の利用割合が高い漁業種類としては、北海道太平洋北区の一本釣りや、曳き縄釣りが揚げられた。曳き縄釣りについては、太平洋南区で78.6%（漁獲量ベース）と利用率が高かった。聞き取りでは、高知県沖の浮魚礁を利用する漁業者が多く大部分の漁業者が類似した操業形態であるとのことであった。一方で、北海道日本海北区、日本海北区、瀬戸内海区の一本釣りを主体とする3地区については50%（操業日数ベース）を下回っていた。これらの理由として、漁場施設では漁具が掛かりやすい構造のため、漁獲量が天然漁場よりも多い等の有利な条件が得られない場合には、利用率が低くなることが考えられる。さらに、通常、漁場施設の面積や規模は天然漁場よりも小さいため、漁場内に一定量の以上の漁具を設置したり、漁船を流したりするのが難しいということも背景に揚げられる。

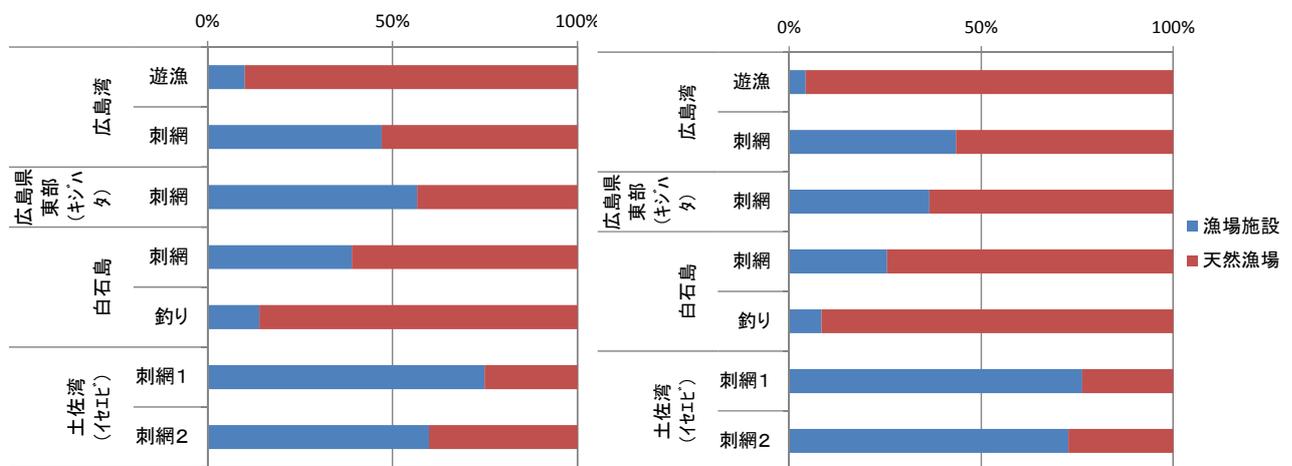


図 VI. 3.12 標本船による漁場利用率 (左：操業日数ベース、右：漁獲量ベース)

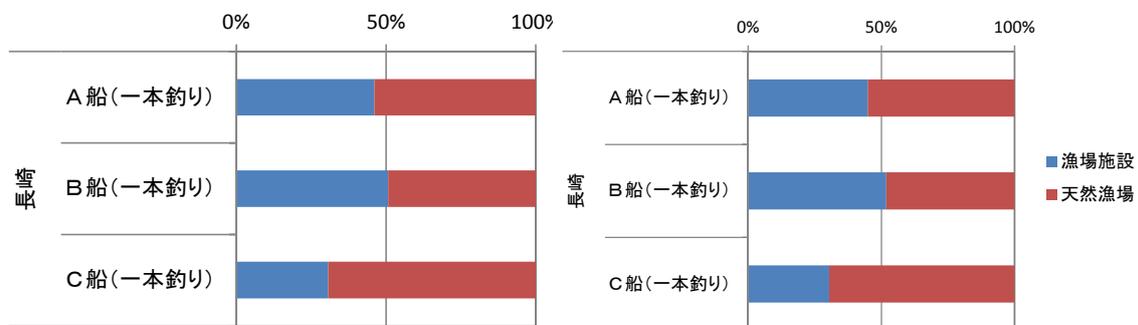
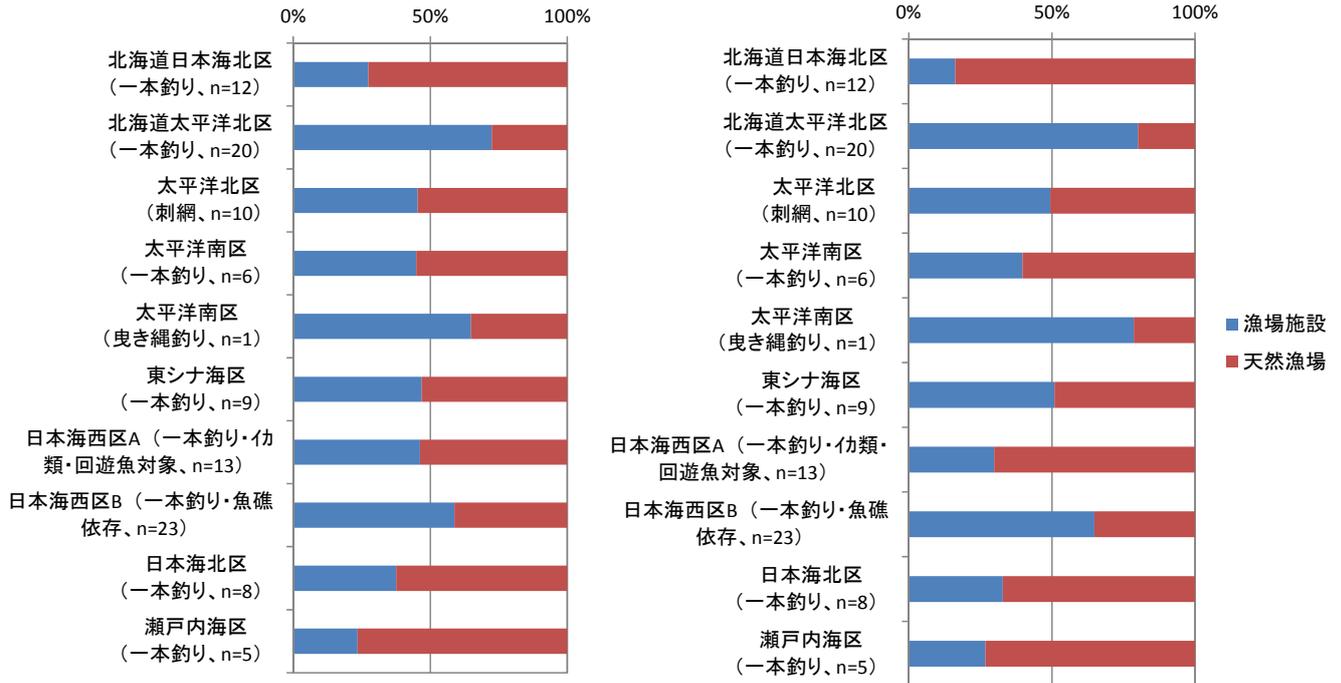


図 VI. 3.13 標本船 (データロガー) による漁場利用率 (左：操業時間ベース、右：漁獲量ベース)



図VI. 3. 14 アンケートによる漁場利用率（上：作業日数ベース、下：漁獲量ベース）

(2) CPUE（単位努力量あたりの漁獲量）

現地での試験操業および標本船（年間）の結果から求めたCPUEを図VI. 3. 15に、長崎県におけるデータロガー解析（年間）のCPUEを図VI. 3. 16に、アンケート（年間）による海区別のCPUEを図VI. 3. 17に示す。

標本船及び試験操業の結果では、メバルは広島湾のデータが得られたが、遊漁や刺網では、漁場施設の方が高い結果となった。キジハタについては、刺網で操業が行われている広島県東部では、ほぼ同程度であった。白石島では、釣りでは、漁場施設が高いのに対し、刺網では天然漁場が若干高い値を示した。マダイについては、白石島のデータが得られたが、刺網、釣りともに天然漁場が高い値を示していた。イセエビについては、土佐湾における刺網のデータが得られたが、漁場施設が天然漁場を上回っていた。

長崎県におけるデータロガー解析結果では、一本釣りの場合には、漁場施設と天然漁場が同等の値を示した。3隻ともにマアジを主に漁獲していた。

アンケート（年間）による結果では、漁場施設が天然漁場と同等か上回る場合が多かった。いずれも一本釣りのデータが多く、海域や魚種によって値が異なっていた。一本釣り漁業のうち、北海道太平洋北區では、タラ類（マダラ）が、日本海西區の魚礁依存型では、メダイが主要な魚種であり、魚礁性の強い魚種が対象魚であるためと考えられた。

このように、漁場施設と天然漁場のCPUEは、魚種や漁法によって、傾向が異なっていたものの、漁場施設が劣る場合でも、CPUEの割合（漁場施設/天然漁場）は50～60%の範囲内であった。

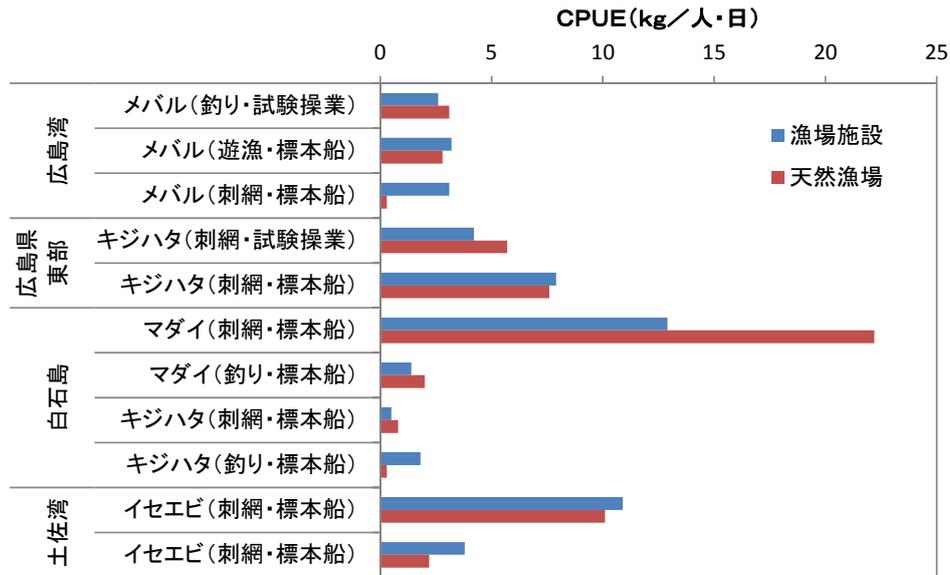


図 VI. 3. 15 標本船・試験操業による CPUE

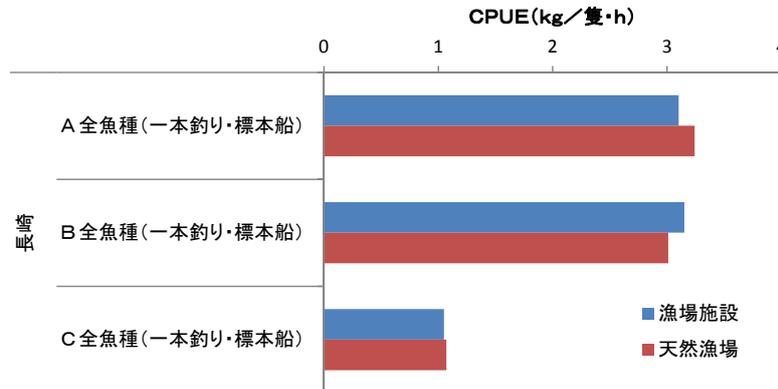


図 VI. 3. 16 標本船 (データロガー解析) による CPUE

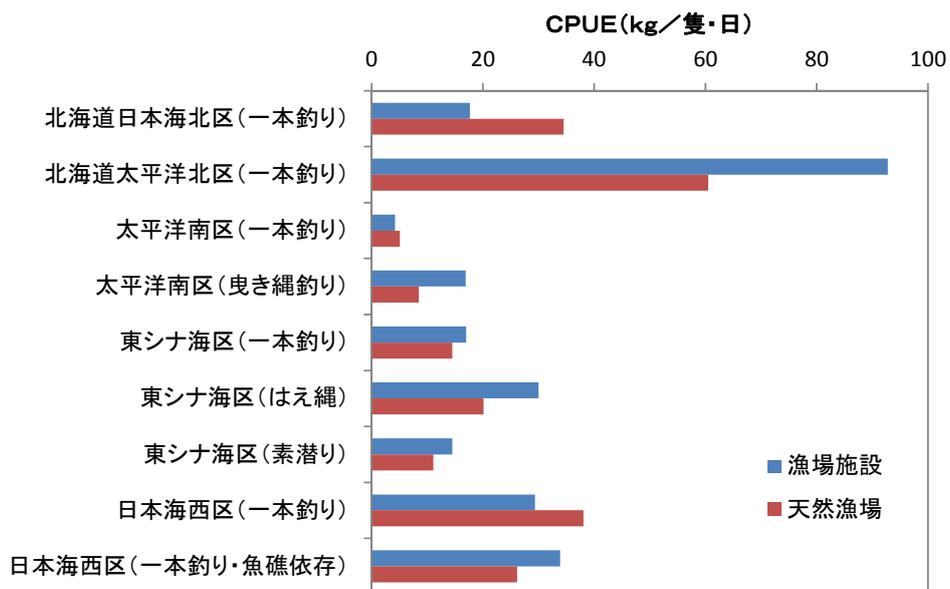


図 VI. 3. 17 アンケート (年間) による CPUE

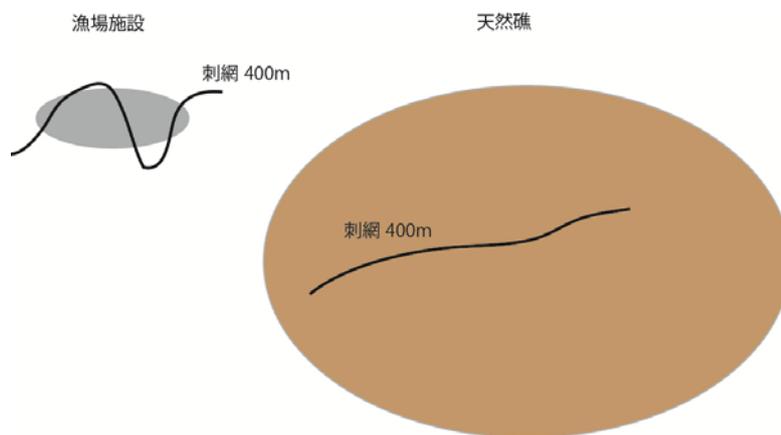
(3) 漁場規模の計測

計測した魚礁及び天然礁の立面図を図VI. 3. 19に示した。また、魚礁及び天然礁の体積、表面積（魚礁は投影面積）を表VI. 3. 2に示した。

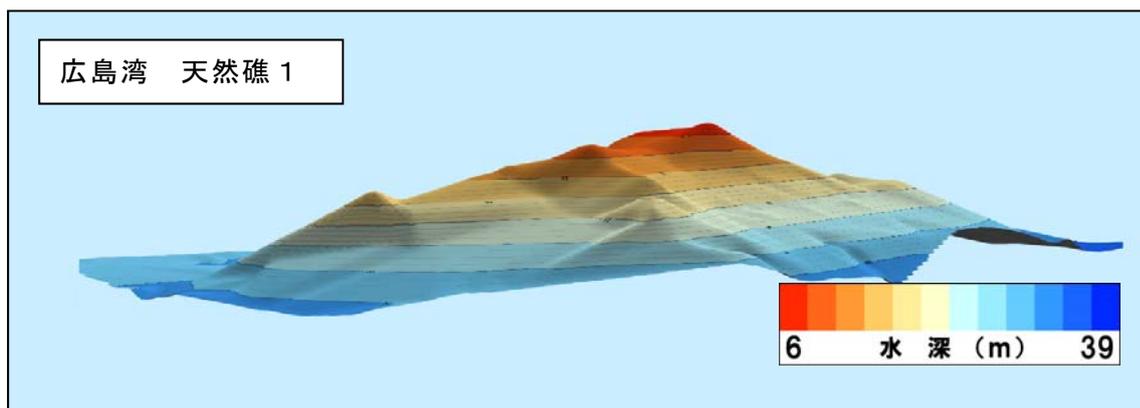
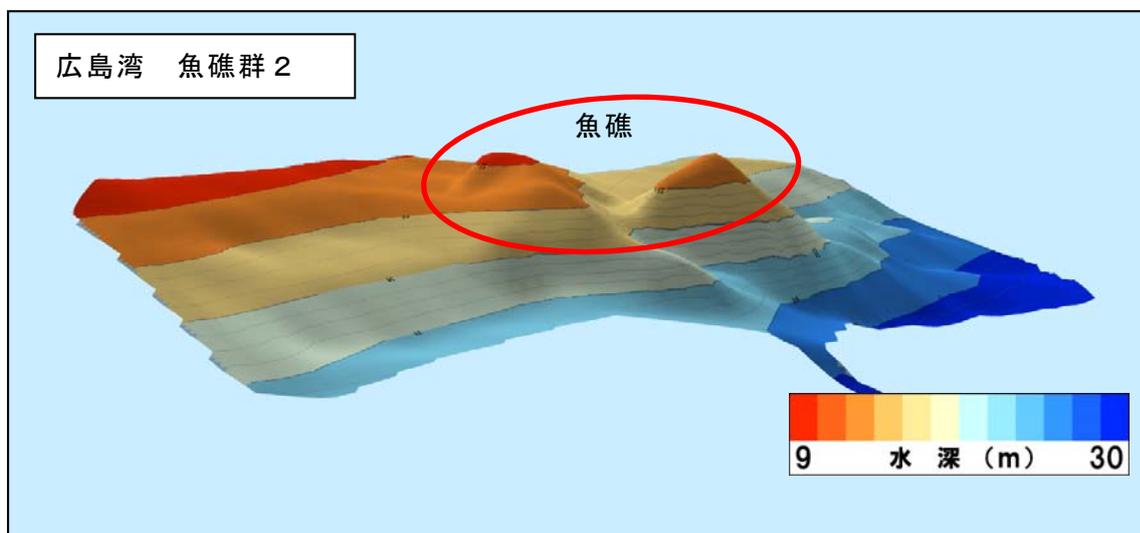
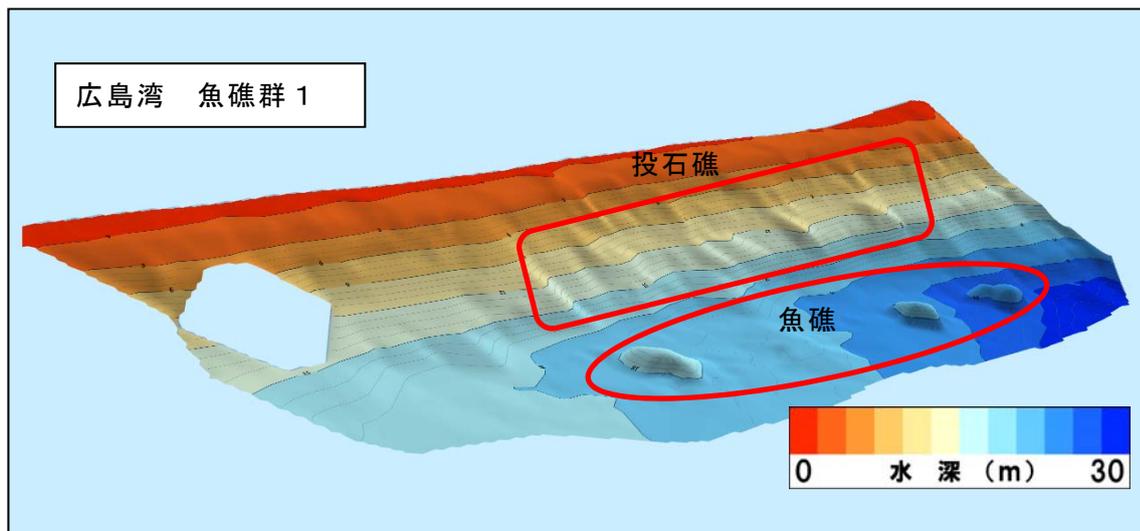
魚礁の規模は天然礁に比べると小さく、刺網を直線状に設置できない、その結果として網が魚礁に掛かり易くなる、流し釣りではポイントを短時間で通過してしまうなどの操業に困難を伴う面がある（図VI. 3. 18）。

表VI. 3. 2 魚礁及び天然礁の計測結果

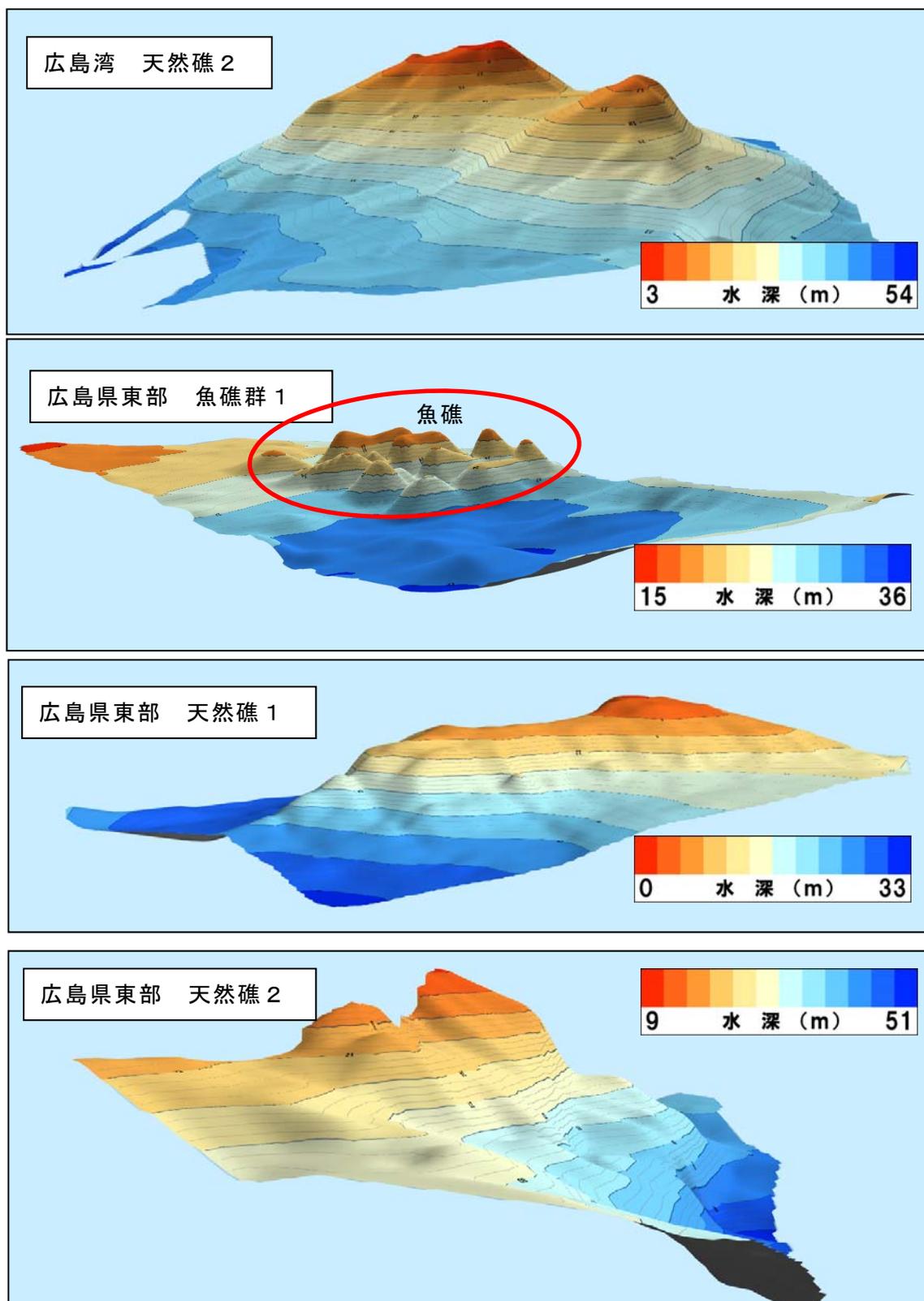
海域	漁場種別		体積 (m^3)	表面積 (m^2)	<参考> 計画時数量 (m^3)
広島湾	魚礁群 1	魚礁	2 1 0	1 0 0	1, 1 5 7
		投石礁	3, 4 0 0	7, 6 0 0	
	魚礁群 2		5, 9 0 0	2, 8 0 0	3, 5 6 6
	天然礁 1		9 9, 0 0 0	2 2, 0 0 0	
	天然礁 2		2 7 0, 0 0 0	4 0, 0 0 0	
広島県 東部	魚礁群		7, 6 0 0	1 1, 7 0 0	—
	天然礁 1		5 3, 0 0 0	1 4, 0 0 0	
	天然礁 2		7 5, 0 0 0	1 3, 0 0 0	



図VI. 3. 18 漁場施設及び天然礁における一般的な刺網設置例



图VI. 3. 19(1) 海底地形立面图



図VI. 3. 19 (2) 海底地形立面図

(4) まとめ

本調査の結果から、魚礁・増殖場別に漁場施設と天然漁場の効果比較を表VI. 3. 3に示す。

①魚礁・増殖場（主に漁獲漁場）

マアジ、イサキ等を対象とした東シナ海の魚礁の調査結果から、蛸集密度は漁場施設が天然漁場よりも高く、利用率やC P U Eでは、漁場施設が天然漁場と同程度であった。従って、漁場施設は天然漁場の拡大に貢献しているものと考えられた。

メバル・キジハタを対象とした瀬戸内海の魚礁・増殖場における調査結果から、漁場施設では、蛸集密度が天然漁場よりも大きく、さらに大型魚類が多いことから、産卵親魚の増加により再生産機能の強化に寄与しているものと考えられる。一方、利用率は、天然漁場が漁場施設を上回っていた。C P U Eについて、メバルでは漁場施設が天然漁場と同等もしくは上回っていた。キジハタでは漁場施設は天然漁場と同等であった。

瀬戸内海のマナマコの事例では、蛸集密度は漁場施設が天然漁場よりも多かった。また、漁場施設では、稚ナマコの出現が多かった。この要因として、漁場施設の有する空隙がマナマコの夏眠場や稚ナマコの定着場として寄与しているものと考えられた。

土佐湾のイセエビの事例では、漁場施設が蛸集密度、利用率、C P U Eともに漁場施設が天然漁場よりも高い結果となった。漁場施設では、空隙が広く、成エビの生息場として寄与しているものと考えられる。

この他に、アンケートの結果から、一本釣り漁業においては、利用率では漁場施設が天然漁場よりも低い場合が多かったが、C P U Eにおいては、天然漁場を上回る場合が多いことが明らかになった。

以上から、魚礁・増殖場（主に漁獲漁場）は、天然漁場の拡大や補完に寄与し、年間を通じた操業機会の確保等の効果を発揮しているものと考えられた。一方で、漁場施設は規模において、天然漁場に比べて小さいことから、刺網を直線的に設置できず、結果的に魚礁に掛かりやすいことや、流し釣りでは、ポイントを短時間で通過してしまうなどの操業に困難を伴う面があることから、利用率やC P U Eについては、天然漁場に劣る場合もみられた。しかし、天然漁場に比べて利用率やC P U Eが小さい漁場施設であっても、漁場施設の有する保護育成効果（隠れ場、産卵場等）により生産力の増大に貢献していることが示唆された。

②増殖場（主に育成場）

マコガレイを対象とした瀬戸内海（播磨灘）の増殖場の調査結果から、稚魚の利用時期は春季に限定されるものの、蛸集密度は漁場施設が、対照区に比べて高かった。稚魚の食性は成長に伴い主な餌料が、底生カイアシ類から多毛類、端脚類、貝類へと変化する。増殖場の構造物の際では、付着物の脱落等により、端脚類の生息に適した底質となっており、端脚類の現存量が多かった。こうした餌料環境の変化は、稚魚の食性に現れており、増殖場の稚魚は対照区よりも早い時期にプランクトン（底生カイアシ類）食からベントス食へと転換していた。プランクトンに比べて大型のベントスを捕食できればエネルギー補給は効率的であり、増殖場においては、稚魚の高成長と死亡率の低下が期待される。

メバルを対象とした瀬戸内海（広島県東部、広島湾）の増殖場の調査結果から、確認されたメバルの成長段階は稚魚から2才魚に及んだ。浅場の藻場に着底し、成長の

後、沖の岩礁帯に移動する本種の生活史を反映して、増殖場の水深により主たる成長段階が異なった。水深の深い増殖場には稚魚の着底はみられないが、1才魚以上は浅場の藻場より多いことが確認された。増殖場に定着してまもない稚魚の餌料は、カイアシ類、尾虫類等の動物プランクトンであった。増殖場はハルパクチクス等の動物プランクトンの生産にも一定の関与をしていると考えられる。また稚魚が成長して食性が変化し、付着動物や葉上動物等の増殖場で生産される餌料生物を利用する時も含め、外敵からの隠れ場となることが極めて重要である。このためには、アラメ類よりも藻体が長くかつ形状が複雑なホンダワラ類が密生することが望ましい。また、ホンダワラ類は成長した稚魚の重要な餌料であるヨコエビ類、ワレカラ類の付着量が他の海藻よりも多く、餌場としても優れていることが今回の調査で明らかとなった。

浅海域に設置された増殖場では、主に幼稚魚の生息空間として利用されており、餌場や隠れ場の創出に寄与していることが明らかになった。

表VI.3.3 漁場施設と天然漁場の効果比較

施設種別	魚礁	増殖場・魚礁		増殖場
海域	東シナ海	瀬戸内海		土佐湾
対象	マアジ、イサキ等	メバル	キジハタ	イセエビ
成長段階	成魚			稚エビ～成エビ
蛸集密度	漁場施設>天然漁場	漁場施設>天然漁場	漁場施設>天然漁場	漁場施設>天然漁場
蛸集魚の大きさ	—	漁場施設>天然漁場	漁場施設>天然漁場	—
利用率	漁場施設≒天然漁場	漁場施設<天然漁場	漁場施設≦天然漁場	漁場施設>天然漁場
CPUE	漁場施設≒天然漁場	漁場施設≧天然漁場	漁場施設≒天然漁場	漁場施設>天然漁場
漁場施設の効果	・蛸集密度が高く、天然漁場の拡大・補完や操業機会の確保に貢献	・蛸集密度が高く、天然漁場の拡大・補完や操業機会の確保に貢献 ・高年齢魚が多く分布しており、産卵親魚の増加による再生産機能を強化	・蛸集密度が高く、天然漁場の拡大・補完や操業機会の確保に貢献 ・高年齢魚が多く分布しており、産卵親魚の増加による再生産機能を強化	・成エビが好む空隙が広いことから蛸集密度が高くなり、天然漁場の拡大・補完や操業機会の確保に貢献

施設種別	増殖場		
海域	瀬戸内海		
対象	マコガレイ	メバル	マナマコ
成長段階	稚魚(当歳)	幼稚魚(当歳～2歳)	稚ナマコ～親ナマコ
蛸集密度	漁場施設>対照区	春季:当歳魚は天然藻場で多い 秋季:水深帯で異なる	漁場施設>天然漁場
蛸集魚の大きさ	漁場施設≒対照区	—	稚ナマコの出現が多い
漁場施設の効果	・蛸集密度が高く、餌場効果を強化して、高成長と死亡率の低下に貢献	・ホンダワラ藻場と同一水深帯に整備することで、稚魚の着底促進と隠れ場・餌場の創出 ・藻場より深い水深では沖合岩礁帯をつなぐ滞留場として寄与	・空隙が広く、夏眠場や稚ナマコの着定場として寄与

VI. 4 水産環境の一体的整備による効果の算定手法検討(費用対効果分析ガイドラインの見直し)

VI. 4.1 水産環境の一体的整備による効果の算定手法

1) 検討の背景

平成 22 年度より、海洋・沿岸域における生態系全体の生産力の底上げを目指し、水産生物の動態及び生活史に対応した良好な生息環境空間を創出する「水産環境整備」を推進しているところである。マスタープランでは、藻場や人工魚礁等の環境基盤を生物の生活史に即して一体的に整備を行うことにより良好な生息環境空間を創出し、餌場、隠れ場、産卵場等の増殖機能が強化され、従来の点的な整備に比べて成長の促進、生残率の向上、資源量の増大等の効果が期待される。

こうした背景から、「生態系全体の生産力の底上げ」を目的とした水産環境整備を評価対象とし、環境基盤を重視する視点を盛り込んだ新たな評価手法が求められる。

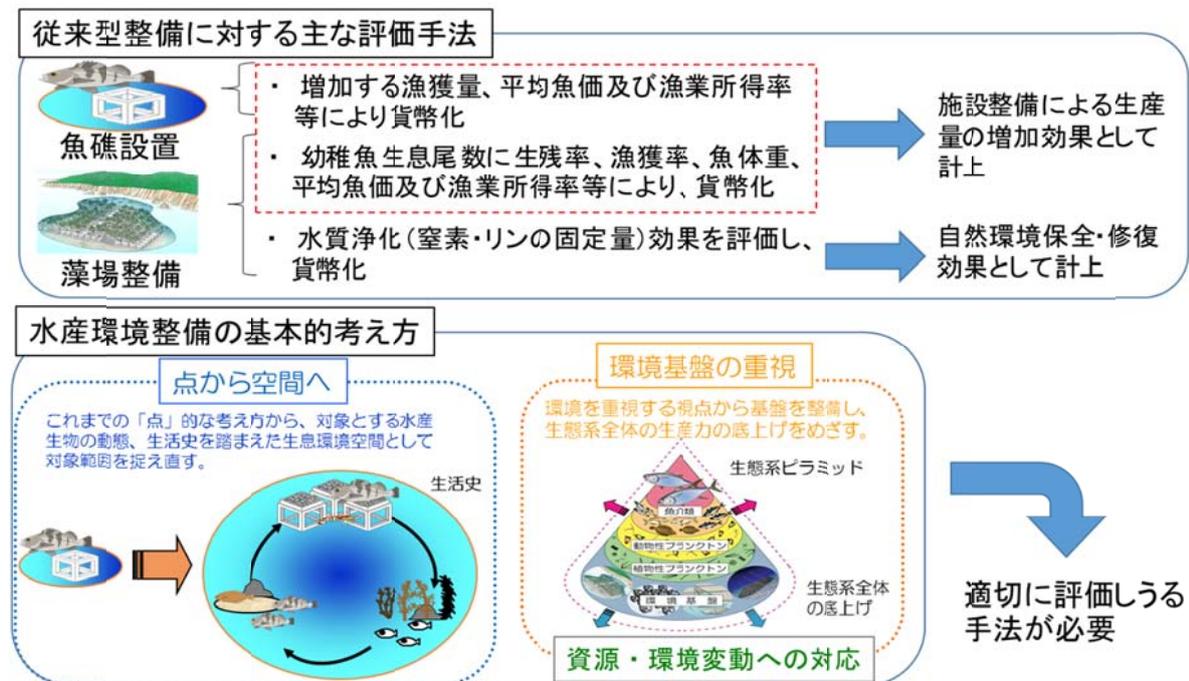


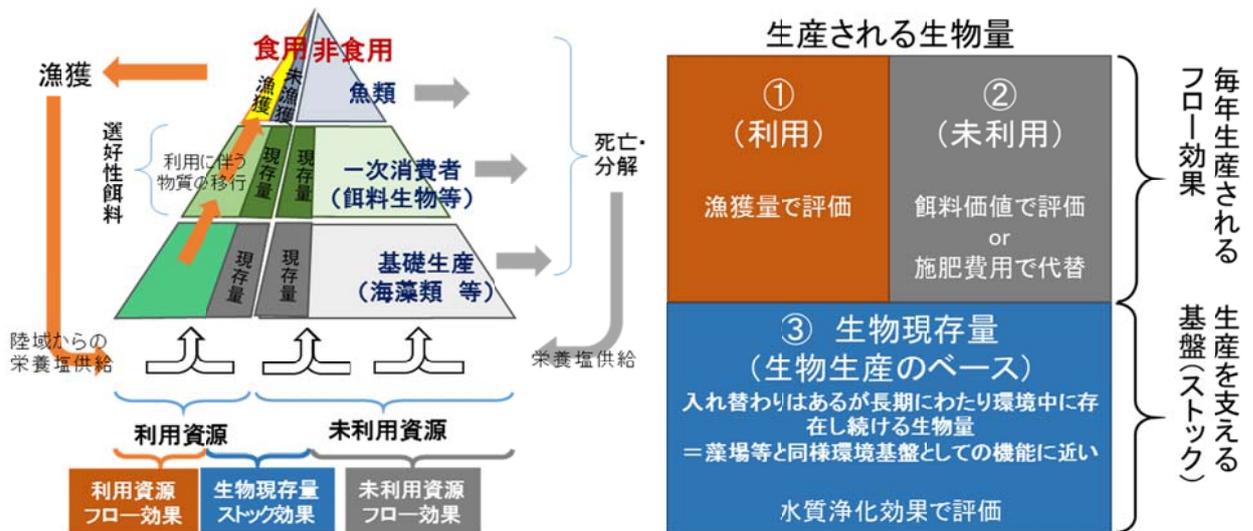
図 VI. 4.1 従来型整備から水産環境整備への転換による新たな評価の方向性

2) 評価対象とする効果の考え方

(1) 効果の区分

施設整備に起因して増加する生物資源は、食物連鎖を通じて生態系ピラミッドの上位階層の生物に利用される資源(利用資源)と直接的には利用されないものの、その存在によって海域の生態系とその生産力を支えている資源(未利用資源)に区分される。また、施設整備によって、利用資源、未利用資源いずれも増加する。増加した生物資源は以下の3つの流れで循環し、漁獲量の増大や有用水産資源の維持増大といった効果をもたらす(図VI. 4.2~3)。

- ①毎年生産される利用資源が食物連鎖によって上位階層の生物に利用され、漁獲対象資源の増加に寄与する流れ（漁獲量増大効果として評価：フロー効果）
- ②毎年生産される未利用資源が、環境中の物質の調整役や食物連鎖の一部を構成する資源として機能し、間接的に海域の生産力を支える流れ（生態系を支える潜在的資源として評価：フロー効果）
- ③現存する生物資源全体が、体内に物質を固定し水質環境の維持に寄与するとともに生物生産を支える基盤となる流れ（生物現存量の増加分を水質浄化効果として評価：ストック効果）



図VI.4.2 整備後の生態系ピラミッド（年間生産量） 図VI.4.3 効果の区分

（２）効果の取り扱いと算定方法の課題

図VI.4.3に示す効果の区分に従って、効果の取り扱いと算定方法の課題について以下の通り整理を行った。

①利用資源・フロー効果：従来どおり漁獲量増大効果として評価

従来、選好性餌料として評価されていない場合も見られた生物種（例：フジツボ類、イガイ類、ガラモ等の海藻類）についても、海域毎の利用実態に応じて餌料生物として評価対象とする。

②未利用資源・フロー効果：以下の課題が残ることから、今後の検討課題とする。

ア)環境中への栄養塩供給機能として評価

算定方法：増加生物量（年間生産量－現存量）×窒素含有率×物質単価（便宜的に窒素質肥料価格を採用）

課題：未利用資源の死亡・分解によって環境中に供給された栄養塩が利用資源の生産に使われることを想定すると、未利用資源の二重評価につながる懸念

⇒ 二重評価となることを完全には排除できない

イ)生態系における食物連鎖の一部を構成し、将来の有用資源の生産を支える潜在的資源として評価

算定方法：増加生物量（年間生産量－現存量）×将来有用資源への換算率（便宜的に餌料転換効率を採用）×餌料価値（食物連鎖の一部としてみなす）

課題：ア 未利用資源の循環（食物連鎖、死亡・分解等）が実海域の中では把握しきれない。

イ 上記アに伴い、将来有用資源への換算モデルを設定することが困難であり、貨幣化の算定式のさらなる検討が必要。

⇒ 事業評価に耐えうる考え方や算定式の設定、係数の検討等が必要

③生物現存量・ストック効果：新たに追加する算定項目

環境中に生物体として現存し続ける量を諸元とすることで、物質を長期に固定し続ける状態としてとらえ、循環の系外に物質を除去したもものとして評価可能である。算定方法としては、既存の藻場・干潟の水質浄化効果の考え方を準用するものである。

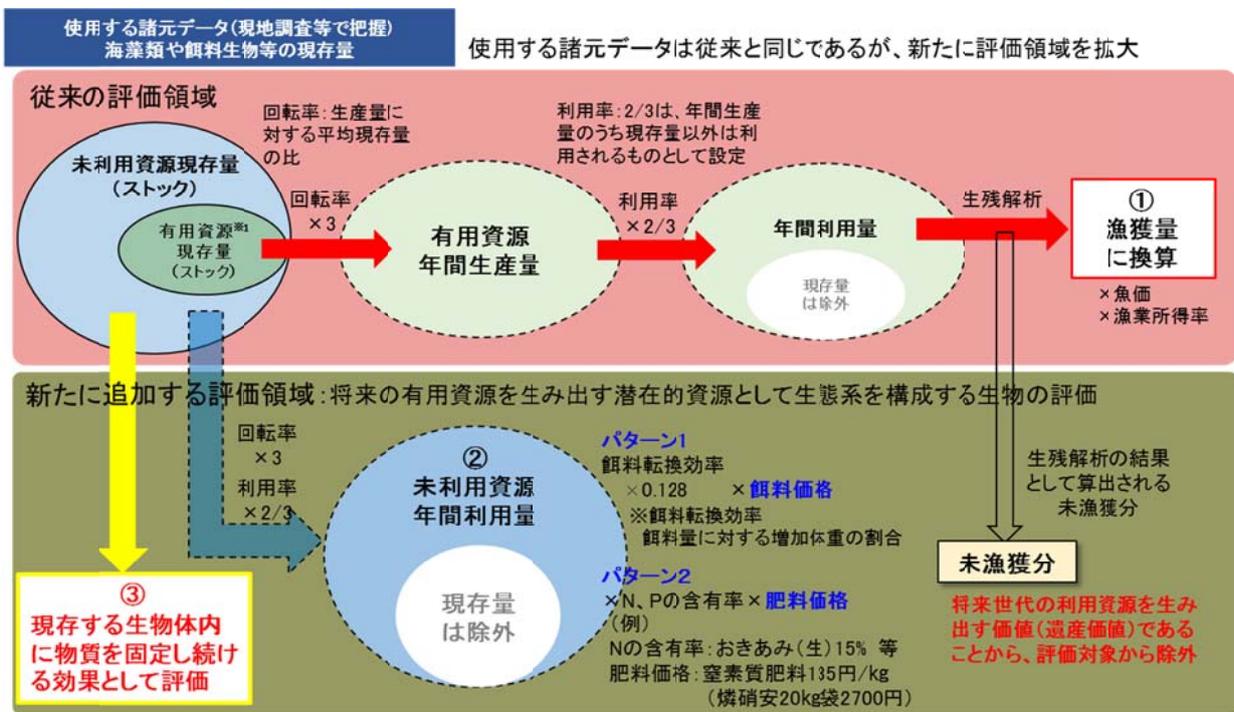
ただし、現存量を対象とすることから、整備後一定期間を経ると平衡状態に達するものと考えられるため、効果評価期間中、1回のみ計上する。

算定方法：生物現存量×窒素含有率×物質除去量あたり下水道経費

3) 便益額の試算（増殖場）

(1) 算定手順

便益額は、①利用資源のフロー効果＝漁獲量の増加分（赤色矢印）、②未利用資源のフロー効果＝生態系を構成する潜在的資源として餌料もしくは肥料の価格で代替（青色矢印）、③生物現存量のストック効果＝生体への物質の長期固定効果（黄色矢印）の3つの手順で算定する（図VI.4.4）。



図VI.4.4 増殖場における便益額の算定手順

(2) 便益額の算定結果の比較

増殖場を事例とし、先に示した計算方法で便益額を試算した結果を表VI. 4. 1に示す。試算は、基準年から2カ年の施工期間を経て、3年目から供用開始で、効果計測期間は30年とした。未利用資源のフロー効果については参考として貨幣化諸元を複数パターン設定し、結果を比較した。

表VI. 4. 1 便益額の算定結果の比較

評価領域 項目	フロー効果				ストック効果
	① 利用資源	②未利用資源			生物現存量 (利用・未利用)
		パターン1 餌料価格	パターン1' 残渣処理価格	パターン2 肥料価格	
貨幣化原単位	産地市場魚価 ※算定例では マダイ 509円/kg ヒラメ 910円/kg	16円/kg ※主要42漁港でのカタチイワシの最低価格(平成25年産地水産物流通統計 漁港別品目別上場水揚量・価格)	5円/kg ※神奈川県・三崎漁港における市場残渣のミール処理原料価格	135円/kg ※窒素質肥料: 焼硝安の価格実績20kg2,700円より算出	25,572円/kg・年 ※漁業集落排水施設153事例から算出した処理人口あたりの年間経費に基づき、物質除去量当たり年間下水道経費を算定
年間便益額 (千円/年)	39,255	550	172	870	83,081
総便益額(千円)	544,403	9,514	2,975	15,047	79,924
総便益額UP率	0%	1.7%	0.5%	2.8%	14.6%
総費用額(千円)	425,204	同左	同左	同左	同左
B/C	1.28	1.30	1.29	1.32	1.47
効果の内容	・漁獲量の増加、漁業外産業への効果	・海域の生産力の向上効果 ・存在が将来的な有用資源の生産に寄与			・水質浄化効果
特徴、留意点等	・毎年計上 ・既存の算定方法	・毎年計上 ・価格も根拠あり	・毎年計上 ・価格が特殊で、1事例に依拠	・毎年計上 ・肥料価格で代替することの妥当性	・計測期間中1回のみ計上 ・既存の算定方法を準用

4) 増殖場における年間便益額の算定例

(1) 増殖場の整備事例

増殖場の整備事例として表VI. 4. 2を想定した。

事業内容：マダイ・ヒラメの保護育成礁（魚礁A：155基、魚礁B：83基、魚礁C：63基）を水深30～50mに造成

事業費：442,000千円（初年度に製作・設置を完了）

表VI. 4. 2 増殖場の整備事例

機種	容積 空m ³	基質面積 m ²	設置個数	総容積 空m ³	総基質面積 m ²
A魚礁	22.9	30.73	155	3,550	4,763
B魚礁	18.0	31.79	83	1,494	2,639
C魚礁	105.0	90.07	63	6,615	5,674
合計				11,659	13,076

生物現存量調査事例（表VI. 4. 3）を用いて、増殖場における年間便益額の算定例を示す。先に示した流れに沿って、以下の効果として試算する。

- ①漁獲量増加効果
- ②海域の生産力の向上効果（参考）
- ③魚礁等の構造物の設置に伴う生物資源の増加による水質浄化効果

表VI. 4. 3 増殖場施設に由来する生物の年間平均現存量

	原単位(kg/m ²)			生息面積 (m ²)	年間平均現存量(kg)		
	全量	選好性餌料	未利用資源		全量	選好性餌料	未利用資源
付着生物	10.31	0.14	10.17	13,076	134,814	1,831	132,983
底生生物	0.047	0.020	0.027	46,444	557	929	1,254
一次消費者 合計	10.357	0.16	10.197	59,520	135,371	2,760	134,237

※1 底生生物の魚礁設置による効果範囲は魚礁から5mとした。増殖場の水深が30~50mのため海藻及び葉上動物は出現しない。
 ※2 原単位数値は、整備事例と類似する海域の既存施設における事後調査結果事例より抽出(主に、長崎県、島根県等の事例)

①漁獲量増加効果

■増殖場整備に由来して増加する付着生物のうち、漁獲対象魚種の餌料として利用される餌料動物（選好性餌料動物）を抽出。餌料動物増加量に対し、増殖対象魚種の幼稚魚の増殖場収容可能尾数を算出。生残解析を行って漁獲量に換算し、魚価を乗じて貨幣化。

■有用水産資源に餌料として利用されやすい選好性餌料動物の年間平均現存量をベースとして算定

■算定手順

増殖場収容可能尾数 = (餌料動物年間平均現存量 × P / B 比 × 利用率) / 対象魚種の摂餌量

P / B 比：回転率 = 年間生産量 / 年平均現存量。既往文献 41 事例の調査結果から 3 を使用。

利用率：餌料動物生産量のうち餌料として利用された量の割合。年間生産量から餌料生産の維持分（現存量）を差し引いた量のすべてを利用すると想定し、P / B 比 3 の場合は 2/3 を使用。

期待漁獲量 = ∫ (増殖場収容可能尾数 × 生残率 × 漁獲率 × 魚体重)

※年級群別に算定し合算。生残解析の結果表（表VI. 4. 6）

表VI. 4. 4 増殖場におけるマダイ当歳魚の収容尾数

増殖施設餌料培養面積	13,076m ²	3機種合計
単位面積あたり餌料生物現存量	140g/m ²	既往知見
餌料生物生産量	3,661kg	140 × 13076 × 3 × (2/3) / 1000
マダイ当歳魚餌料必要量	17g/尾	既往知見
マダイ当歳収容尾数	215,369尾	

表 VI. 4. 5 増殖場におけるヒラメ当歳魚の収容尾数

増殖施設空容積	11,659空m ³	3機種合計
単位空m ³ あたり小魚蛸集量	1.4kg空m ³	既往知見
増殖場内小魚蛸集量	16,322kg	1.4kg/空m ³ × 6700空m ³
ヒラメ当歳魚利用餌料量	1,632kg	蛸集量の1/10
ヒラメ当歳魚日間摂餌量	5.74g/尾	160mmサイズ 既往知見
ヒラメ当歳魚収容尾数	284,320	1632kg/5.74g

V = 期待漁獲量 × 魚価 × 漁業所得率 より、表 VI. 4. 6 の結果から
 V = マダイ 3,750 千円/年 + ヒラメ 21,151 千円/年 = 24,901 千円/年

表 VI. 4. 6 増殖場の便益算定における生残解析結果

原単位	漁獲率(E)	0.44	年齢	体重(kg)	各成長段階における生残率	
					成長段階	生残率
平均単価(円/kg)	910		0	0.2	0.4~1歳	0.4000
所得率	0.53		1	0.4	1~2歳	0.8000
			2	0.8	2~3歳	0.4100
			3	1.3	3~4歳	0.4100
			4	1.8	4~5歳	0.4100
			5	2.5	5~6歳	0.4100
			6	3.1	6~7歳	0.4100

原単位	漁獲率(E)	0.38	年齢	体重(kg)	各成長段階における生残率	
					成長段階	生残率
平均単価(円/kg)	509		1	0.096	0.4~1歳	0.6800
所得率	0.53		2	0.263	1~2歳	0.4300
			3	0.505	2~3歳	0.4300
			4	0.797	3~4歳	0.4300
			5	1.112	4~5歳	0.4300
			6	1.423	5~6歳	0.4300
			7	1.725	6~7歳	0.4300

年齢	資源尾数	漁獲対象資源尾数	漁獲尾数	漁獲重量(kg)	漁獲金額(千円)
0	284,320	-	-	-	-
1	113,728	-	-	-	-
2	90,982	-	-	-	-
3	37,303	37,303	16,413	21,337	19,417
4	15,294	15,294	6,729	12,113	11,023
5	6,271	6,271	2,759	6,898	6,277
6	2,571	2,571	1,131	3,507	3,191
合計	550,469	550,469	27,033	43,855	39,908

資源加入向上効果(新たに加えた資源の状況)					
年齢	資源尾数	漁獲対象資源尾数	漁獲尾数	漁獲重量(kg)	漁獲金額(千円)
0	215,369	-	-	-	-
1	107,685	-	-	-	-
2	46,305	46,305	17,596	4,628	2,356
3	19,911	19,911	7,566	3,821	1,945
4	8,562	8,562	3,254	2,593	1,320
5	3,882	3,882	1,399	1,556	792
6	1,583	1,583	602	857	436
7	681	681	259	447	228
合計	403,778	80,724	30,675	13,902	7,076

期待漁獲量(kg)	年間便益額(千円/年)
43,855	21,151

体重及び資源特性値: 平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書

体重: 年齢間の中央値を示した。

0才魚生残率: 島根県水試研究報告(1989)

期待漁獲量(kg)	年間便益額(千円/年)
13,902	3,750

体重: S62年度回遊性魚類共同放流実験調査事業マダイ共同報告書

体重: 年齢間の中央値とした。

0才魚生残率: 長崎水試(1984)、1才魚以降生残率及び漁獲率: 島根県栽培漁業センター(1985)
 漁獲開始年齢を2歳魚からとした

②海域の生産力の維持効果

■増殖場整備に由来して増加した一次消費者の生物生産量を、将来の有用資源を生み出すポテンシャルとして評価

■直接利用されない一次消費者及び基礎生産の年間生産量をベースとして算定

■算定手順

(パターン1)

$V = \text{一次消費者年間平均現存量} \times P/B \text{比} \times \text{利用率} (2/3) \times \text{餌料転換効率} \times \text{餌料価格}$

一次消費者年間平均現存量：134,237 kg/年

P/B比：回転率＝年間生産量／年平均現存量。既往文献41事例の調査結果から3を使用。

餌料転換効率：既往文献77事例の調査結果から0.128を使用。

餌料価格：16 円/kg (平成25年 産地水産物流通統計 漁港別品目別上場水揚量・価格より、主要42漁港でのカタクチイワシの最低価格を採用)

$V = 134,237 \text{ kg} \times 3 \times 2/3 \times 0.128 \times 16 \text{ 円/kg} = 550 \text{ 千円/年}$

(パターン1')

上記パターン1と同様の手順

餌料価格：5 円/kg (三崎漁港・市場残渣のミール利用価格より)

$V = 134,237 \text{ kg} \times 3 \times 2/3 \times 0.128 \times 5 \text{ 円/kg} = 172 \text{ 千円/年}$

(パターン2)

$V = \text{一次消費者平均現存量} \times P/B \text{比} \times \text{利用率} (2/3) \times \text{TN含有率} \times \text{肥料価格}$
一次消費者年間平均現存量：134,237 kg/年

P/B比：回転率＝年間生産量／年平均現存量。既往文献41事例の調査結果から3を使用。

TN含有率：「日本食品標準成分表2015」のたんぱく質含有量をタンパク質窒素換算係数6.25で除して算出。

餌料生物等たんぱく質含有率：0.15 (おきあみ類)

たんぱく質窒素換算係数：6.25

肥料価格：135 円/kg (窒素質肥料である磷硝安の価格実績 20kg2,700 円より算出)

$V = 134,237 \text{ kg/年} \times 3 \times 2/3 \times 0.15/6.25 \times 135 \text{ 円/kg} = 870 \text{ 千円/年}$

③魚礁等の構造物の設置に伴う生物資源の増加による水質浄化効果

■増殖場整備に由来して増加する生物資源の現存量が、生体内に物質を長期固定し水質浄化に寄与する効果として、下水処理費用で代替して貨幣化。

■生物現存量は、平衡状態で一定水準に落ち着くことから、本効果の便益額は計測期間中1回のみ計上

■算定手順

$V = \text{一次消費者平均現存量} \times \text{TN含有率} \times \text{単位TN除去費用}$

一次消費者年間平均現存量：135,371 kg/年

TN含有率：「日本食品標準成分表 2015」のたんぱく質含有量をタンパク質窒素換算係数 6.25 で除して算出。

餌料生物等たんぱく質含有率：0.15（おきあみ類）

たんぱく質窒素換算係数：6.25

単位TN除去費用：漁業集落排水施設 153 事例から算出した処理人口あたりの年間経費に基づき、物質除去量当たり年間下水道経費を算定（=25,572 円/kg・年）

$$V = 135,371 \text{kg} \times 0.15 / 6.25 \times 25,572 \text{ 円/kg} \cdot \text{年} = 83,081 \text{ 千円/年}$$

④漁業外産業への効果（前掲①の漁獲量の増大効果に付随して得られる効果）

■漁獲物は仲買人、運搬業者、小売商等を通して消費者に届けられる。この過程で流通業者等に帰属する便益が発生し、その金額は下式で示される。

$$\text{年間便益額 (B)} = Q \cdot (P - P_1) \cdot R = S \cdot I \cdot R$$

Q：増加出荷量（t） P：出荷先市場価格（円／t） P₁：産地市場価格（円／t）

S：増加出荷金額 I：市場間価格上昇率 R：所得率

$$\begin{aligned} \text{年間便益額 (B: ヒラメ)} &= 43,855 \text{ kg/年 (ヒラメ)} \times (1,853.5 - 739.8 \text{ 円/kg}) \times 0.275 \\ &= 13,431 \text{ 千円/年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{年間便益額 (B: マダイ)} &= 13,902 \text{ kg/年 (マダイ)} \times (908.0 - 666.7 \text{ 円/kg}) \times 0.275 \\ &= 922 \text{ 千円/年} \end{aligned}$$

$$= 14,353 \text{ 千円/年}$$

※市場間価格上昇率：平成 15 年～18 年水産物流通統計年報より、境港産地市場と広島市中央卸売市場の魚価を比較した。

※所得率：総務省個人企業経済調査より、平成 21 年～25 年の出荷過程における所得率の平均値である 27.5%を採用した。

⑤総便益額の算定（パターン1）

■算定した年間便益額に基づき総便益額を算定した（表VI.4.7）。基準年から1年の施工期間を経て、翌年から供用開始という想定で計測期間は30年である。水質浄化効果が14.6%程度の便益額の向上をもたらし、新規項目全体では16.4%程度向上している。

表VI.4.7 総便益額の試算結果（パターン1）

便益の評価項目			年間便益額の現在価値化と総便益額の算定(千円)															
大分類	中分類	小分類	年度(年)															
			2014 H26 0	2015 H27 1	2016 H28 2	2017 H29 3	2018 H30 4	2019 H31 5	2020 H32 6	2021 H33 7	2022 H34 8	2023 H35 9	2024 H36 10	2025 H37 11	2026 H38 12	2027 H39 13	2028 H40 14	2029 H41 15
詳細項目の年間便益額	1.水産物の生産性向上	①水産物生産コストの削減効果																
		②漁獲検査の増大効果																
		③漁獲可能資源の維持・増進効果																
		④増産施設整備に伴う幼魚魚育成効果 (参考) 漁場の生産力の向上効果		550	550	550	1,249	12,571	19,113	21,860	24,782	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901
	2.漁業就業機会の向上	⑤労働環境改善効果																
	3.生活環境の向上	⑥生活環境の改善効果																
	4.地域産業の活性化	⑦漁業外産業への効果	⑧出府過程における流通網に対する生産量の増加効果				307	7,096	10,978	13,193	14,324	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354
	5.非常時・緊急時の対応	⑨生命・財産保全・防衛効果																
	6.自然保護・文化の継承	⑩自然環境保全・修復効果	【別】 魚獲等の漁漁的の取組に伴う自然環境の増加による水質浄化効果		3,081													
		⑪景観改善効果																
		⑫地域文化保全・継承効果																
	7.その他効果	⑬その他の効果																
	年度合計	Bn (千円)		0	33,631	550	2,106	20,217	30,641	36,603	39,656	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.040) ⁿ		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	
現在価値金額	TBn=Bn×Rn		0	80,453	509	1,872	17,256	25,197	28,916	30,139	29,097	27,993	26,909	25,873	24,878	23,923	22,967	
合計	B=Σ(TBn)		0	80,453	80,962	92,834	100,120	125,307	134,223	154,362	213,439	241,442	268,350	294,225	319,101	343,024	365,991	

便益の評価項目			年間便益額の現在価値化と総便益額の算定(千円)															
大分類	中分類	小分類	年度(年)															
			2030 H42 16	2031 H43 17	2032 H44 18	2033 H45 19	2034 H46 20	2035 H47 21	2036 H48 22	2037 H49 23	2038 H50 24	2039 H51 25	2040 H52 26	2041 H53 27	2042 H54 28	2043 H55 29	2044 H56 30	
詳細項目の年間便益額	1.水産物の生産性向上	①水産物生産コストの削減効果																
		②漁獲検査の増大効果																
		③漁獲可能資源の維持・増進効果																
		④増産施設整備に伴う幼魚魚育成効果 (参考) 漁場の生産力の向上効果		24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901
	2.漁業就業機会の向上	⑤労働環境改善効果																
	3.生活環境の向上	⑥生活環境の改善効果																
	4.地域産業の活性化	⑦漁業外産業への効果	⑧出府過程における流通網に対する生産量の増加効果	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	
	5.非常時・緊急時の対応	⑨生命・財産保全・防衛効果																
	6.自然保護・文化の継承	⑩自然環境保全・修復効果	【別】 魚獲等の漁漁的の取組に伴う自然環境の増加による水質浄化効果															
		⑪景観改善効果																
		⑫地域文化保全・継承効果																
	7.その他効果	⑬その他の効果																
	年度合計	Bn (千円)		39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	39,805	
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.040) ⁿ		0.534	0.513	0.494	0.475	0.456	0.439	0.422	0.406	0.390	0.373	0.361	0.347	0.333	0.321		
現在価値金額	TBn=Bn×Rn		21,256	20,420	19,664	18,907	18,151	17,474	16,798	16,161	15,524	14,927	14,370	13,812	13,255	12,777		
合計	B=Σ(TBn)		409,339	429,759	449,423	468,330	486,481	503,935	520,733	536,914	552,438	567,365	581,735	595,547	608,802	621,378		
		総便益額															633,839 千円	

⑥総便益額の算定（パターン1'）

■算定した年間便益額に基づき総便益額を算定した（表VI.4.8）。基準年から1年の施工期間を経て、翌年から供用開始という想定で計測期間は30年である。水質浄化効果が14.6%程度の便益額の向上をもたらし、新規項目全体では15.2%程度向上している。

表VI.4.8 総便益額の試算結果（パターン1'）

便益の評価項目			年間便益額の現在価値化と総便益額の算定(千円)															
大分類	中分類	小分類	年 度(年)															
			2014 H26 0	2015 H27 1	2016 H28 2	2017 H29 3	2018 H30 4	2019 H31 5	2020 H32 6	2021 H33 7	2022 H34 8	2023 H35 9	2024 H36 10	2025 H37 11	2026 H38 12	2027 H39 13	2028 H40 14	2029 H41 15
1水産物の生産性向上	①水産物生産コストの削減効果																	
	②漁獲統計の増大効果																	
	③漁獲可能資源の維持・増養効果																	
	④増殖場整備に伴う幼稚魚育成効果 (参考) 海苔の生産力の向上効果				1249	12,571	19,113	22,860	24,782	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901
4漁獲物付加価値化の効果			172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	
2漁業就業環境の向上	⑤労働環境改善効果																	
3生活環境の向上	⑥生活環境の改善効果																	
4地域産業の活性化	⑦漁業外産業への効果	⑩出荷過程における流通業に対する生産量の増加効果				307	7,096	10,978	13,193	14,324	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	
5非常時・緊急時の対応	⑧生命・財産保全・防衛効果																	
6自然保護・文化の継承	⑨避難・救助・災害対策効果																	
	⑩自然環境保全・修復効果	(注) 魚漁場の環境改善に伴う自然環境の増進による水質浄化効果			83,081													
	⑪景観改善効果																	
7その他効果	⑬その他の効果																	
年度合計	Bn (千円)		0	83,253	172	1,728	19,839	30,263	36,225	39,278	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.040)^n		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	0.555
現在価値金額	TBn=Bn×Rn		0	80,089	159	1,536	16,962	24,876	28,618	29,951	28,821	27,717	26,653	25,628	24,642	23,696	22,749	21,882
合 計	B=Σ(TBn)		0	80,089	80,248	81,784	98,746	123,622	152,240	182,091	210,912	238,629	265,382	290,910	315,552	339,248	361,997	383,879

便益の評価項目			年間便益額の現在価値化と総便益額の算定(千円)															
大分類	中分類	小分類	年 度(年)															
			2030 H42 16	2031 H43 17	2032 H44 18	2033 H45 19	2034 H46 20	2035 H47 21	2036 H48 22	2037 H49 23	2038 H50 24	2039 H51 25	2040 H52 26	2041 H53 27	2042 H54 28	2043 H55 29	2044 H56 30	
1水産物の生産性向上	①水産物生産コストの削減効果																	
	②漁獲統計の増大効果																	
	③漁獲可能資源の維持・増養効果																	
	④増殖場整備に伴う幼稚魚育成効果 (参考) 海苔の生産力の向上効果		24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901
4漁獲物付加価値化の効果		172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	
2漁業就業環境の向上	⑤労働環境改善効果																	
3生活環境の向上	⑥生活環境の改善効果																	
4地域産業の活性化	⑦漁業外産業への効果	⑩出荷過程における流通業に対する生産量の増加効果	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	
5非常時・緊急時の対応	⑧生命・財産保全・防衛効果																	
6自然保護・文化の継承	⑨避難・救助・災害対策効果																	
	⑩自然環境保全・修復効果	(注) 魚漁場の環境改善に伴う自然環境の増進による水質浄化効果																
	⑪景観改善効果																	
7その他効果	⑬その他の効果																	
年度合計	Bn (千円)		39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427	39,427
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.040)^n		0.534	0.513	0.494	0.475	0.456	0.439	0.422	0.406	0.390	0.375	0.361	0.347	0.333	0.321	0.308	0.295
現在価値金額	TBn=Bn×Rn		21,054	20,226	19,477	18,728	17,979	17,308	16,638	16,007	15,377	14,788	14,233	13,681	13,129	12,656	12,144	11,656
合 計	B=Σ(TBn)		404,933	425,159	444,636	463,364	481,343	498,651	515,289	531,296	546,673	561,438	575,691	589,372	602,501	615,187	627,301	627,301
総便益額																	627,301千円	

⑦総便益額の算定（パターン2）

■算定した年間便益額に基づき総便益額を算定した（表VI.4.9）。基準年から1年の施工期間を経て、翌年から供用開始という想定で計測期間は30年である。水質浄化効果が14.6%程度の便益額の向上をもたらし、新規項目全体では17.4%程度向上している。

表VI.4.9 総便益額の試算結果（パターン2）

便益の評価項目			年間便益額の現在価値化と総便益額の算定(千円)															
大分類	中分類	小分類	年 度(年)															
			2014 H26 0	2015 H27 1	2016 H28 2	2017 H29 3	2018 H30 4	2019 H31 5	2020 H32 6	2021 H33 7	2022 H34 8	2023 H35 9	2024 H36 10	2025 H37 11	2026 H38 12	2027 H39 13	2028 H40 14	2029 H41 15
1水産物の生産性向上	1)水産物生産コストの削減効果																	
	2)漁獲統計の増大効果																	
	3)漁獲可能資源の維持・増養効果																	
	②増殖場整備に伴う幼稚魚育成効果 (参考) 海苔の生産力の向上効果				1,249	12,571	19,113	22,860	24,782	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901
4)漁獲物付加価値化の効果		870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	
2漁業就業環境の向上	5)労働環境改善効果																	
3生活環境の向上	6)生活環境の改善効果																	
4地域産業の活性化	7)漁業外産業への効果	⑩出荷過程における流通業に対する生産量の増加効果				307	7,096	10,978	13,193	14,324	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354
5非常時・緊急時の対応	8)生命・財産保全・防衛効果																	
6自然保護・文化の継承	9)避難・救助・災害対策効果																	
	10)自然環境保全・修復効果	(注) 魚漁場の環境改善に伴う自然資源の増加による水質浄化効果		83,081														
	11)景観改善効果																	
7その他効果	12)地産文化保全・継承効果																	
7その他効果	13)その他の効果																	
年度合計	Bn(千円)		0	83,951	870	2,428	20,537	30,961	36,923	39,976	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.040) ⁿ		1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	0.555
現在価値金額	TBn=Bn×Rn		0	80,761	805	2,157	17,559	25,450	29,169	30,382	29,331	28,208	27,125	26,051	25,078	24,115	23,152	22,269
合 計	B=Σ(TBn)		0	80,761	81,866	83,728	101,282	126,732	155,901	186,283	215,614	243,822	270,947	297,028	322,106	346,221	369,373	391,642

便益の評価項目			年間便益額の現在価値化と総便益額の算定(千円)															
大分類	中分類	小分類	年 度(年)															
			2030 H42 16	2031 H43 17	2032 H44 18	2033 H45 19	2034 H46 20	2035 H47 21	2036 H48 22	2037 H49 23	2038 H50 24	2039 H51 25	2040 H52 26	2041 H53 27	2042 H54 28	2043 H55 29	2044 H56 30	
1水産物の生産性向上	1)水産物生産コストの削減効果																	
	2)漁獲統計の増大効果																	
	3)漁獲可能資源の維持・増養効果																	
	②増殖場整備に伴う幼稚魚育成効果 (参考) 海苔の生産力の向上効果		24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901	24,901
4)漁獲物付加価値化の効果		870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	870	
2漁業就業環境の向上	5)労働環境改善効果																	
3生活環境の向上	6)生活環境の改善効果																	
4地域産業の活性化	7)漁業外産業への効果	⑩出荷過程における流通業に対する生産量の増加効果	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354	14,354
5非常時・緊急時の対応	8)生命・財産保全・防衛効果																	
6自然保護・文化の継承	9)避難・救助・災害対策効果																	
	10)自然環境保全・修復効果	(注) 魚漁場の環境改善に伴う自然資源の増加による水質浄化効果																
	11)景観改善効果																	
7その他効果	12)地産文化保全・継承効果																	
7その他効果	13)その他の効果																	
年度合計	Bn(千円)		40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125	40,125
割引率(4.0%)	Rn=1/(1.040) ⁿ		0.534	0.513	0.494	0.475	0.456	0.439	0.422	0.406	0.390	0.375	0.361	0.347	0.333	0.321	0.308	0.295
現在価値金額	TBn=Bn×Rn		21,427	20,584	19,822	19,059	18,297	17,615	16,933	16,291	15,649	15,047	14,485	13,923	13,362	12,880	12,359	11,838
合 計	B=Σ(TBn)		413,069	433,653	453,473	472,534	490,831	509,446	525,379	541,670	557,319	572,366	586,851	600,774	614,136	627,016	639,373	651,242
																総便益額	639,373千円	

VI. 4. 2 水産環境の一体的整備によるネットワーク化の効果の検証

水産環境の一体的整備による効果（以下、「ネットワーク化の効果」とする）については、「指標種等の生残率の向上効果」として検証を進めてきた。ここでは、キジハタ（白石島海域⇔対照・尾道海域）の検証結果を用い、ネットワーク化の効果の算定方法を検討する。

1) 基本的な考え方

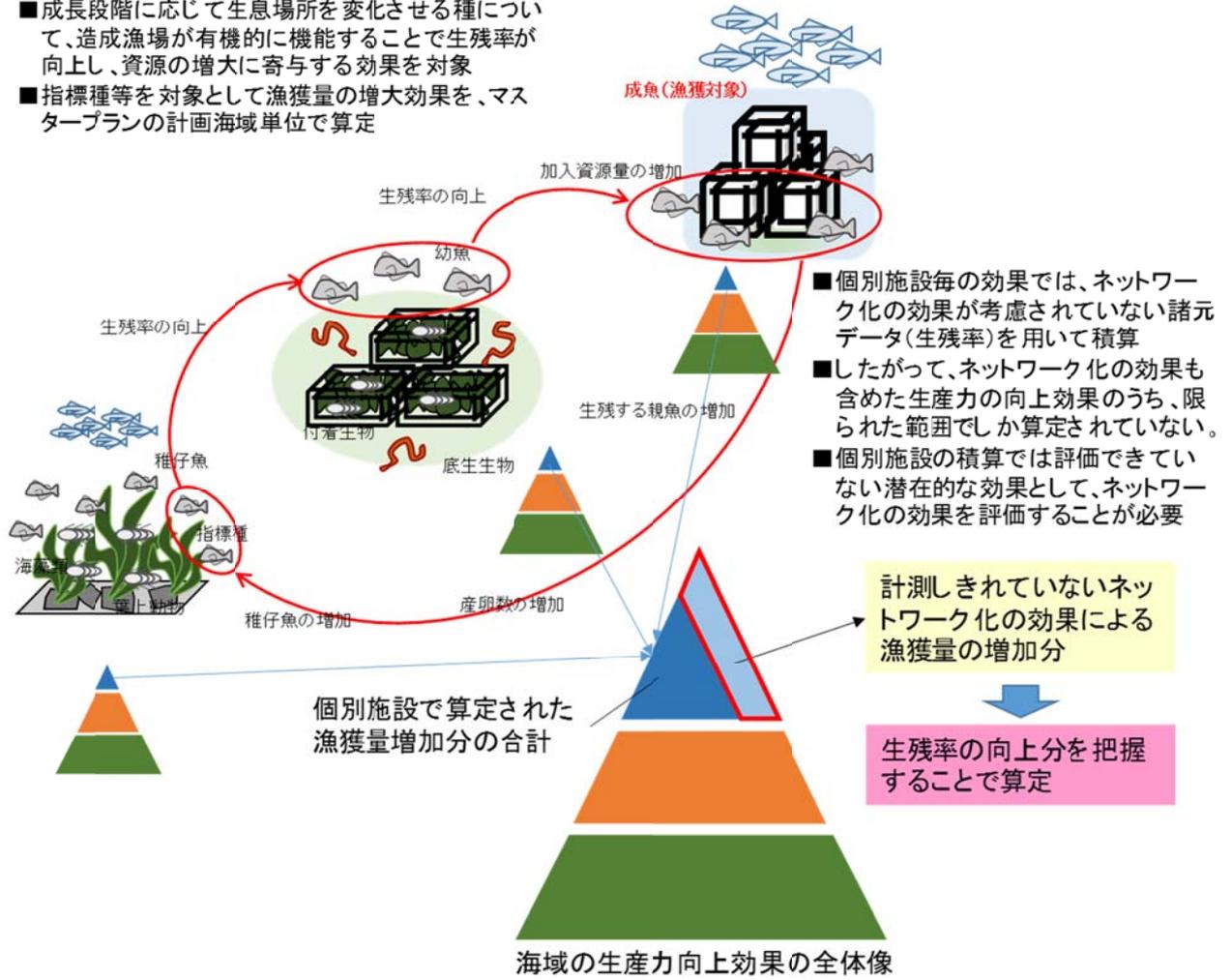
(1) 個別事業で計上した便益との区分

- 一体的整備による効果の評価は、これまで対象とされてこなかった未利用の生物資源についても便益算定の対象とすることを基本的な考え方として検討を進めてきた。一方、海域単位で算定されるネットワーク化の効果については、マスタープラン策定時の指標種等を主な対象として算定することを基本的な考え方とする。
- 水産環境の一体的整備による効果の評価では、①漁獲量の増加効果、②海域の生産力維持効果、③生物現存量の増加による水質浄化効果、を個別施設毎に積算することを基本としている。上記のとおり、ネットワーク化の効果では直接的な利用資源である指標種等を対象とすることから、漁獲量の増加効果によって評価する
- 漁獲量の増加効果については、増殖場等で生残解析を行って漁獲量の増加分を算定しているが、この際使用している資源特性値にはネットワーク化の効果による向上分が含まれていない。
- よって、資源特性値（＝生残率）の向上分を含んで生残解析を行った場合の漁獲量と従来が生残率を使用した場合の漁獲量との差分がネットワーク化の効果として計上することが可能である。

(2) 海域単位で算定されるネットワーク化の便益の配分

- ネットワーク化の効果による便益は、マスタープランの計画海域全体で算定されるものであり、事前評価に用いる場合（なお、現時点で用いることの是非は不確定）には、各事業に按分する必要がある。
- 個別事業それぞれのネットワーク化の効果に対する寄与度を把握することは困難である。また、複数の工種で構成されるマスタープランにおいては、整備単位も異なることから、事業規模での按分も適切ではない。
- したがって、個別事業への便益の配分は、マスタープランの総事業費に対する個別事業費の割合に基づいて配分することが妥当と考える。

- 成長段階に応じて生息場所を変化させる種について、造成漁場が有機的に機能することで生残率が向上し、資源の増大に寄与する効果を対象
- 指標種等を対象として漁獲量の増大効果を、マスタープランの計画海域単位で算定

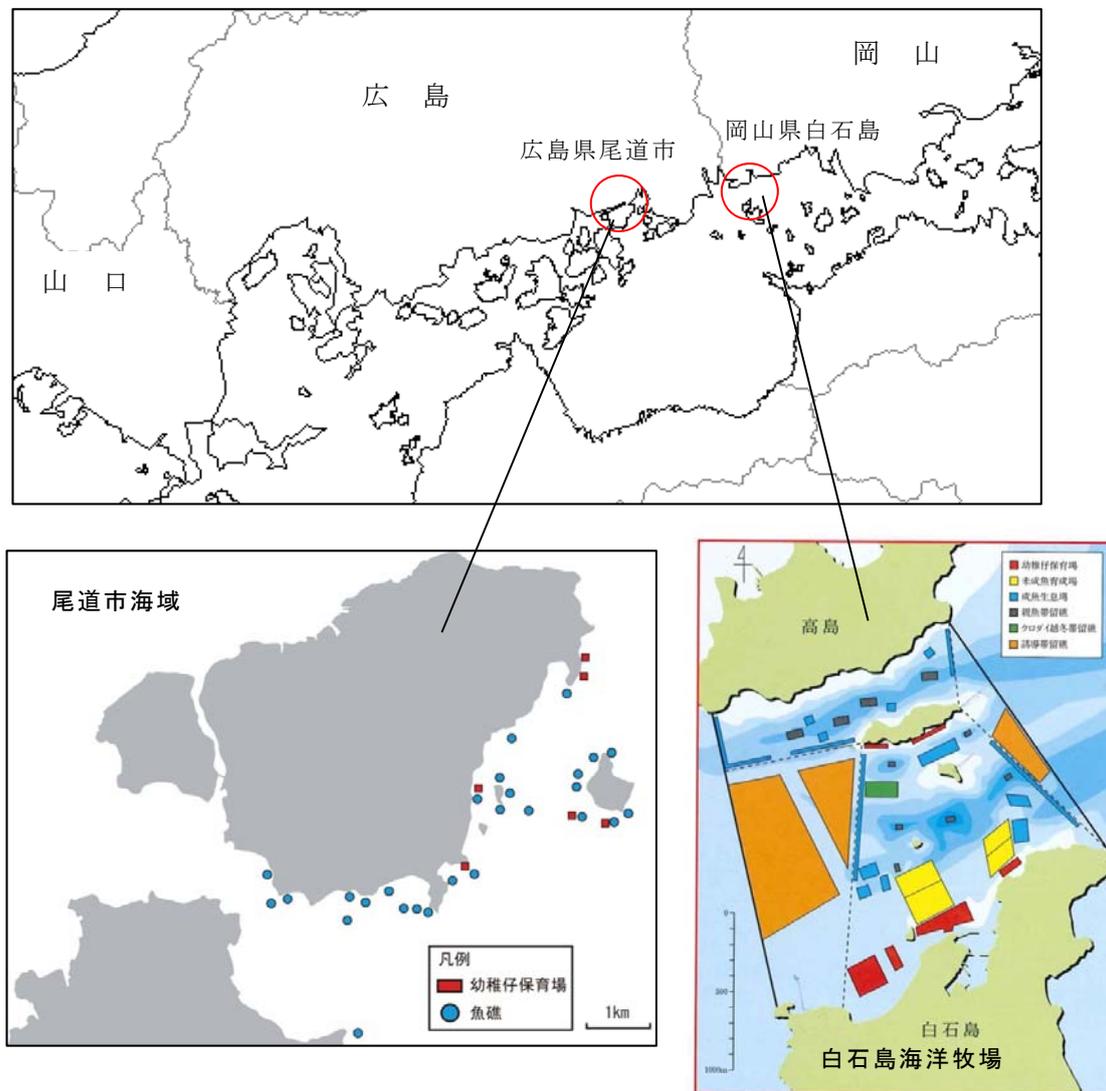


図VI. 4.5 ネットワーク化効果のイメージ

2) ネットワーク化の効果の検証結果

(1) 調査概要

- 白石島海域を一体的な整備（高度整備）漁場、尾道市海域を一般的整備漁場（対照区）として検証。
- 対象魚種はキジハタ



* 白石島、尾道市海域とも一体的な整備が行われているが、白石島を高度整備、尾道市を一般的整備とした。

調査海域	事業量	
	増殖場 (m3)	魚礁 (空 m3)
岡山県白石島	35,900	87,600
広島県尾道市	9,900	14,700

図VI.4.6 調査海域と漁場の整備状況

(2) 資源量の底上げ効果の検証

①方法

刺網による試験操業を行い、資源量の指標であるC P U Eを比較した。

白石島では平成26年7月7日～9日の3日間に17箇所(魚礁及び天然礁等)に刺網を設置して、キジハタを採集し、全長及び体重を測定した。使用した網の長さは、魚礁が60m、天然礁及び離岸堤が375mであった。

尾道では平成25年8月、10月、平成26年6月、9月上旬、中旬と5回の調査を実施した。各回調査では長さ400mの刺網を魚礁と天然礁に設置し、漁獲したキジハタの全長、体重を測定した。

②結果

白石島における刺網100mあたりのキジハタ漁獲量は2.2kgと尾道の約1.8倍であり、尾道に比べて高い資源水準にあると考えられる。

資源水準の高い要因として、①大規模な増殖場整備により加入資源が多いこと、②加入後の成長段階に応じた漁場整備により、地先海域への滞留率が高いことなどが考えられる。

表VI.4.10 刺網100mあたりのキジハタ漁獲量

	白石島	尾道
調査日数	3日	5日
刺網設置箇所数	17箇所	10箇所
刺網総延長	2,600m	4,000m
採捕尾数	168	161
採捕重量	57.2kg	49.6kg
CPUE(刺網100m当たり)	2.2kg	1.2kg

(3) 生残率の向上効果の検証

①方法

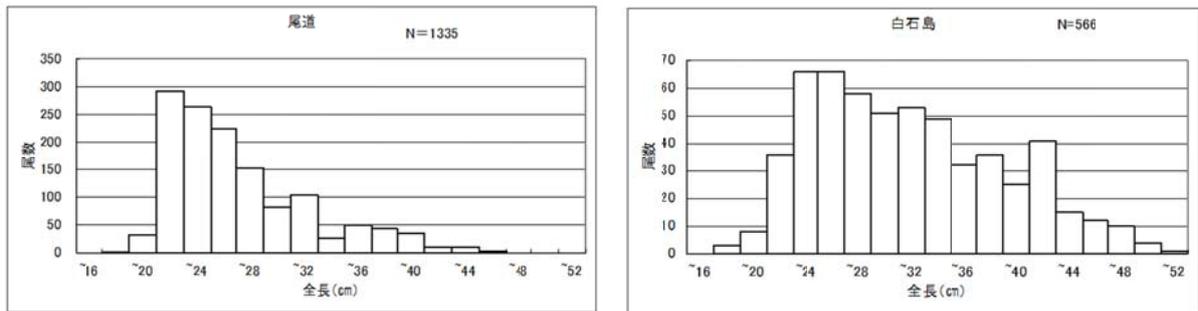
上記の試験操業及び市場測定で得た全長データより年齢組成を求め、これより生存率等の資源特性値を算出した。

市場測定は漁協(白石島)、標本船(尾道)に委託した。月毎に目盛り付きのパンチカードを委託先に配布し、全長の位置に穿孔してもらう方法を採用した。市場測定の期間は平成26年6月～10月である。

②結果

両海域の全長組成を比較すると、白石島では尾道市に比べ、全長30cm以上の大型個体の割合が高い。なお、尾道の目合70mmに対し、白石島は60mmと小さく、漁具による選択漁獲の影響はないといえる。

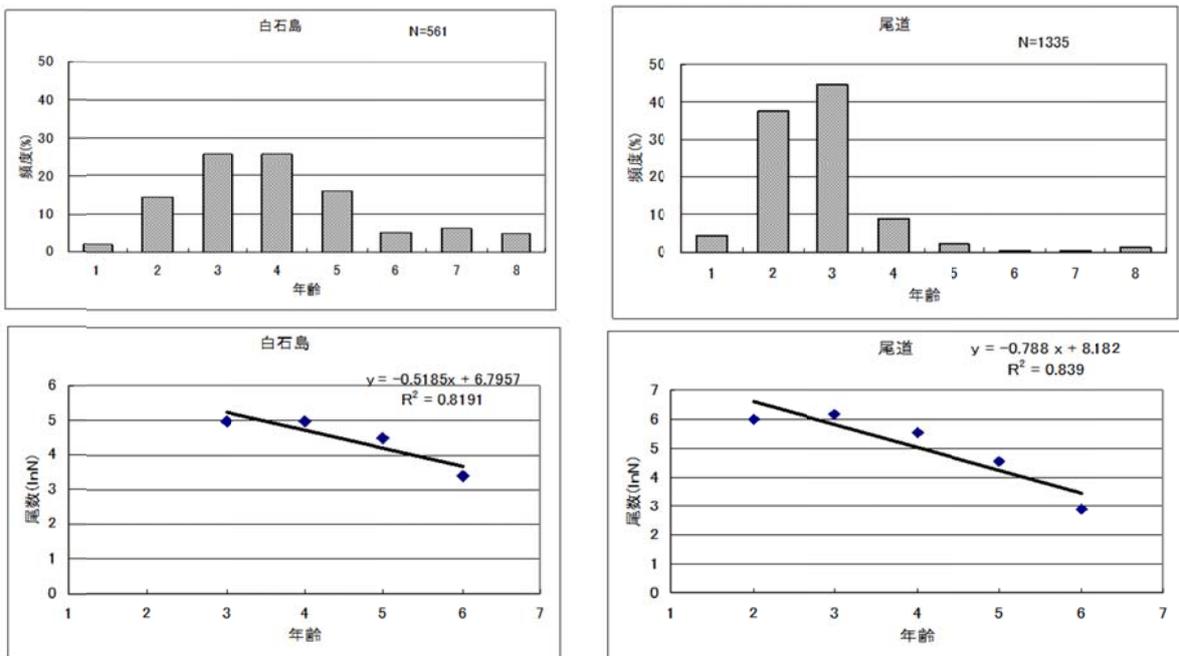
資源量に対して漁獲強度が強すぎると、通常、高年魚の混在率が低下する。白石島で大型魚(高年魚)の割合が高いのは豊富な資源のもとで漁獲が行われているとも考えられる。また、白石島では成長段階毎に生息環境がきめ細かく整備されており、滞留率や保護効果が高まることも、大型魚の割合を高くしている要因と考えられる。



図VI. 4.7 両海域におけるキジハタの全長組成比較

白石島海域におけるキジハタの Age length key を用いて、図VI. 4.7 に示した全長データより年齢組成を求めた。

両海域とも2才から漁獲の対象となり、3才で漁場への完全加入が認められた。漁獲の中心を成す年齢は、尾道が2～3才であるのに対し、白石島では1齢大きい3～4才魚であった。また、5才魚以上の割合をみても、尾道の9%に対して白石島は32%であり、高齢まで資源が温存されていた。一体的漁場整備により、隠れ場が多くなり、結果的に大型個体が多く出現する結果と考えられる。



図VI. 4.8 両海域におけるキジハタの年齢組成及び対数回帰モデルの比較

(4) 生残率等の計算結果と便益算定への活用可能性

①生残率の算定

図VI. 4.8 に示した対数回帰モデルより全減少係数を求め、これに基づいて資源特性値を算定した (表VI. 4.11)。白石島におけるキジハタの生残率は尾道の0.45に対し0.60 (0.15生残率が向上) と高いことが確認された。

生残率の差分は、水産環境の一体的整備によるネットワーク化の効果として捉えられる。なお、生残率の向上=自然死亡率の減少+漁獲率の減少 であることから、ネットワーク化の効果によって自然死亡率、漁獲率、いずれも減少した結果と考えられ

る。すなわち、自然死亡率を含む生残率が向上して資源量が増大した反面、漁獲圧力に変化がないことから、相対的に漁獲率が低下するといった現象と解釈できる。

両海域の生産力の比較として、仮に 10,000 尾の加入資源があった場合を想定して、漁獲量を試算すると表 VI. 4. 12 に示す通りとなる。生残率が向上することで、魚体サイズが大きい高齢魚の漁獲割合が高まり、対照区と比較して漁獲量が多くなっている。

また、生残する親魚も多くなることから、次世代の加入資源の増大も期待できる。

表 VI. 4. 11 検証調査の結果から求めた生残率

項目	白石島	尾道 (対照区)	備考
加入年齢	2~3才	2才	
全減少係数 Z	0. 519	0. 788	検証調査結果に基づく対数回帰モデルから算出
自然死亡係数 M	0. 167	0. 167	与件値(田内・田中の式より算定)
漁獲係数 F	0. 352	0. 621	F=Z-M
生残率 S	0. 60	0. 45	$S = \exp(-Z) = \exp(-(F+M))$
全減少率 1-S	0. 40	0. 55	
自然死亡率 D	0. 13	0. 12	$M(1-S)/Z$
漁獲率 E	0. 27	0. 43	$F(1-S)/Z$

表 VI. 4. 12 キジハタの生残解析 (加入 10,000 尾あたり)

白石島

年齢	体重 (g)	生残率	資源尾数	死亡尾数			漁獲量 (kg)	銘柄	漁獲金額 (千円)
				総数	自然死亡	漁獲死亡			
2	210	0.65	10,000	3,500	1,400	2,100	441	小	706
3	370	0.60	6,500	2,600	845	1,755	549	小	1,039
4	570	0.60	3,900	1,560	507	1,053	500	中	1,320
5	790	0.60	2,340	936	304	632	499	中	1,098
6	1,020	0.60	1,404	562	183	379	387	大	1,160
7	1,250	0.60	842	337	110	227	284	大	853
8	1,470	0.60	505	202	66	136	201	大	602
9	1,680	0.60	303	121	39	82	138	大	413
10	1,880	0.60	182	73	24	49	92	大	277
11	2,070	0.60	109	44	14	29	61	大	183
12	2,230	0.60	66	26	9	18	39	大	118
13	2,380	0.60	39	16	5	11	25	大	76
14	2,520	0.60	24	9	3	6	16	大	48
15	2,640	0.60	14	14	5	10	25	大	76
					3,477	6,414	3,417		7,969

2歳 : 生残率 : 0.65, 自然死亡率 : 0.14, 漁獲率 : 0.21

3歳以上 : 生残率 : 0.60, 自然死亡率 : 0.13, 漁獲率 : 0.27

尾道

年齢	体重 (g)	生残率	資源尾数	死亡尾数			漁獲量 (kg)	銘柄	漁獲金額 (千円)
				総数	自然死亡	漁獲死亡			
2	210	0.45	10,000	5,500	1,199	4,301	903	小	1,445
3	370	0.45	4,500	2,475	540	1,935	716	小	1,146
4	570	0.45	2,025	1,114	243	871	496	中	1,092
5	790	0.45	911	501	109	392	310	中	681
6	1,020	0.45	410	226	49	176	180	大	540
7	1,250	0.45	185	101	22	79	99	大	298
8	1,470	0.45	83	46	10	36	53	大	158
9	1,680	0.45	37	21	4	16	27	大	81
10	1,880	0.45	17	9	2	7	14	大	41
11	2,070	0.45	8	4	1	3	7	大	20
12	2,230	0.45	3	2	0	1	3	大	10
13	2,380	0.45	2	1	0	1	2	大	5
14	2,520	0.45	1	0	0	0	1	大	2
15	2,640	0.45	0	0	0	0	1	大	2
					2,178	7,814	2,809		5,520

生残率 : 0.45, 自然死亡率 : 0.12, 漁獲率 : 0.43

- 山口県の調査結果によれば、3歳で6割が成熟しているとの報告がある。
- 生残し、産卵に加入する資源尾数が多い方が、次世代の資源量も多くなると考えられる。
- 仮に、ある年の加入資源尾数が10,000尾だった場合、4歳以降10歳までの資源が産卵に加入するものとして比較すると、白石島：延べ9,476尾、尾道：延べ3,668尾となり、2.5倍以上の差が生じる。
- キジハタは雌雄同体で、全長30~35cm以上になるとオスの割合が高まることから、ここでは4歳~6歳のメス親魚の割合を50%と仮定し、これらが平均100万粒産卵するものとして比較すると、メス親魚：3,822尾（白石島）1,673尾（尾道）、産卵量：3,822百万粒（白石島）、1,673百万粒（尾道）となり、約2.3倍の差となる。

②便益算定への活用可能性の検討

- 検証調査の結果を基に、ネットワーク化の効果の便益算定の考え方を検討する。白石島におけるキジハタの生残率は尾道の0.45に対し0.60（0.15生残率が向上）と高いことが確認された。この結果に基づき、マスタープランによる漁場整備前と比較して、整備後は生残率が0.15向上するものと考えられる。
- マスタープランに基づいて整備される増殖場の効果を測定する場合には、生残解析の際にネットワーク化の効果を考慮した生残率を用いて漁獲量を算定し、通常生残率を用いた場合との差分を便益とする。
 - ・ 漁獲前生残率 = $1 - 0.260 = 0.740$ ⇒ ネットワーク化の効果で0.15向上
生残率 = 0.890…a
 - ・ 漁獲開始後生残率 = $1 - (\text{自然死亡率} + \text{漁獲率}) = 1 - (0.209 + 0.331) = 0.460$
⇒ ネットワーク化の効果で0.15向上
生残率 = 0.610…b
 - ・ aより、ネットワーク化の効果を考慮した漁獲前自然死亡率 = $1 - 0.890 = 0.110$
 - ・ bより、ネットワーク化の効果を考慮した漁獲開始後死亡率 = $1 - 0.610 = 0.390$
 自然死亡率と漁獲率の比 = 0.209 : 0.331 より、ネットワーク化の効果を考慮した自然死亡率0.151、漁獲率0.239
- 上記の死亡率に基づいて生残解析を実施すると表VI.4.13のとおり、個別施設で算定した漁獲量9,776kg/年、ネットワーク化の効果を考慮した漁獲量14,196kg/年となり、その差4,420kg/年が便益となる。
- なお、人工魚礁の漁獲量の事前評価では増産期待量原単位を用いて算定されているが、現状でネットワーク化の効果を考慮した増産期待量原単位は設定されていないことから、算定はできない。

表VI.4.13 ネットワーク化の効果の試算
 (左：個別施設での効果 右：ネットワーク化の効果を検討)

	全長(cm)	体重(g)	資源尾数	自然死亡	漁獲死亡	漁獲量(kg)		全長(cm)	体重(g)	資源尾数	自然死亡	漁獲死亡	漁獲量(kg)		
0-1(当歳)			321,081	83,481			0-1(当歳)			321,081	35,313				
1-2(1歳)	10.5	20	237,600	61,775			1-2(1歳)	10.5	20	285,763	31,433				
2-3(2歳)	15.5	66	175,825	36,747	58,198	3,841	2-3(2歳)	15.5	66	254,330	38,403	60,784	4,012		
3-4(3歳)	18.5	112	80,880	16,903	26,771	2,998	3-4(3歳)	18.5	112	155,143	23,425	37,079	4,153		
4-5(4歳)	20.5	152	37,206	7,776	12,515	1,872	4-5(4歳)	20.5	152	94,638	14,290	22,618	3,438		
5-6(5歳)	22.0	188	17,115	3,577	5,665	1,065	5-6(5歳)	22.0	188	57,730	8,717	13,797	2,594		
合計						102,549	9,776	合計						134,278	14,196

漁獲開始年齢	2歳	} 東備地区特定漁港漁場整備事業計画 (平成14年3月 岡山県)	漁獲開始年齢	2歳	} 従来の生残率よりも0.15向上するものとして算出
漁獲前自然死亡率	0.260		漁獲前自然死亡率	0.110	
漁獲開始後自然死亡率	0.209		漁獲開始後自然死亡率	0.151	
漁獲率	0.331		漁獲率	0.239	

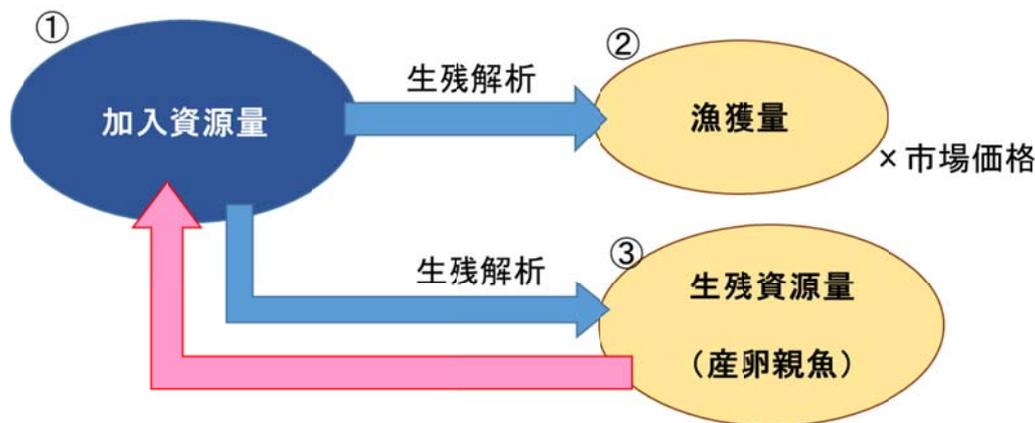
全長：山口県瀬戸内海における重要生物の生態的研究(山口県内海水試)他
 体重：九州大学農学部学芸雑誌18(4)

3) ネットワーク化の効果の取り扱いについて

本来であれば、ネットワーク化の効果で増大する生残資源量そのものを評価すべきであるが、親魚の価値を貨幣化する原単位がないことから、これを直接貨幣化することは困難である。従って、向上する生残率を背景として増加する漁獲量を評価対象とする。

検証調査により、ネットワーク化の効果が生残率の向上として定量的に把握でき、便益算定の基本的な考え方も提示できたが、現時点で1事例のみの結果であることから、さらなる検証事例の蓄積が必要

⇒現時点で費用対効果分析のガイドラインへの反映はせず、今後整備が進む各地の事例において検証調査を実施する必要がある。



図VI.4.9 ネットワーク効果の考え方

VI. 4.3 「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」の改訂案

ここまでの検討結果を踏まえ、現行「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」（水産庁漁港漁場整備部）の「2-10 自然環境保全・修復効果」の改訂案を以下に示す。破線枠内がガイドラインの記述で、赤字が今回の改訂箇所を示す。

2-10 自然環境保全・修復効果

1. 基本的考え方

漁港関係事業による自然環境保全又は修復効果として、①家庭・生産排水処理施設整備や漁港浄化施設整備による泊地・地先水質の浄化または影響、②廃船・廃油・廃棄物処理施設整備による環境浄化または影響、③自然調和型漁港整備や漁港環境（親水施設や緑化）整備等による新たな人工的自然環境の創出または影響、④静穏水域の創出等による豊かな生物多様性を担保する生物環境造創出または影響等が期待される。

漁場関係事業については、干潟・藻場の造成等による水質浄化や魚礁等の構造物の設置に伴う生物資源の増加による水質浄化等が期待される。

2. 便益の計測方法

(1) 干潟・藻場の増加、浚渫による水質浄化

干潟や藻場は、水質浄化等の自然環境の保全・修復する機能を持っている。また、漁場環境保全創造事業、養殖場造成事業による浚渫を実施することで、浚渫土に含まれる有機物等が除去され、水中に溶出する有機物等が減少し、水質の浄化が期待される。このため、干潟・藻場が増加する事業や、浚渫の実施による水質浄化効果を便益額として算定する。

$$\text{年間便益額 (B)} = q d \times C$$

$q d$: 干潟・藻場の増加による有機物処理量 (k g)

C : 有機物処理量に相当する下水道費用 (円 / k g)

① 藻場・干潟

以下のような場合においては、有機物が藻場・干潟によって浄化される（水中から除去される場合と生物の体内等に取り込まれる場合を含む）ことが期待される。そこで、藻場・干潟によって浄化される有機物の量と同等量を処理するのに必要な下水道費用相当額を便益額とする。

- ・アサリ増殖場造成事業等で干潟面積や水質浄化機能をもつ動物（アサリ等）、植物（海藻類・ヨシ等）が増加する場合。
- ・その他の地先型増殖場造成事業、広域型増殖場造成事業、コンブ等の海藻類養殖場造成事業により、水質浄化機能をもつ植物（海藻類、ヨシ等）が増加する場合。
- ・漁場保全事業により水質浄化機能をもつ動物（アサリ等）、植物（海藻類・ヨシ等）が増加する場合。

② 浚渫

浚渫によって減少する溶出有機物の量と同等量を処理するのに必要な下水道費用相当額

を便益額とする。底質中の有機物の溶出は、生物攪拌等により主に表層の有機物が溶出すると考えられるため、表層中の有機物に基づいて便益額を算定する。

なお、浚渫による有機物処理量は以下により求める。

浚渫面積 (m²) × 単位面積当たり年間溶出有機物減少量

(2) 魚礁等の構造物の設置に伴い増加する生物資源が体内へ物質を取り込むことによる水質浄化

魚礁等の構造物を海域に設置することで生物の生息環境が新たに創出され、生物資源(海藻草類、葉上動物、付着生物、底生生物)の生産量が増加する。生物は、生産過程で体内に物質(窒素、リン等)を取り込むことから水質浄化に寄与している。

増加する生物資源のうち、現存する生物資源量は一定の期間を経て平衡状態に達し、一定量が常時環境中に存在し続ける状態となる。これは、生物体内に窒素、リン等の物質を長期的に固定・貯留する状態と捉えられる。

よって、増加する生物資源の現存量に基づき、生物体に長期的に固定・貯留される物質(窒素量)と同等量を処理するのに必要な下水道費用相当額を便益額とする。なお、生物資源の現存量は、理論上、平衡状態に達した後は増減しないことから、効果計測期間中1回のみ計上できる効果である。

$$\text{年間便益額 (B)} = Q \times r \times C$$

Q : 魚礁等の構造物の設置により増加する生物資源の現存量 (kg/年)

r : 生物体の窒素含有率

C : 有機物処理量に相当する下水道費用 (円/kg)

1) 魚礁等の構造物の設置により増加する生物資源の現存量 (Q)

一般に生物資源の現存量は季節的・経年的に消長が見られることから、常時生物体に固定・貯留される物質量を計測する方法としては、年間平均現存量を対象として計測する。

$$Q = \text{単位面積当たり年間平均現存量 (kg/m}^2\text{)} \times \text{構造物設置の効果範囲面積 (m}^2\text{)}$$

2) 生物体の窒素含有率

増加する生物種に応じたたんぱく質含有率に基づき、たんぱく質窒素換算係数=6.25で除して算出する。

$$r = \text{たんぱく質含有率} / \text{たんぱく質換算係数 6.25 (五訂増補日本食品標準成分表)}$$

VI. 5 今後の漁場整備のあり方

水産環境整備の基本方針では、平成22年に「水産環境整備の推進に向けて」と題する提言に記述されている通り、生態系全体の底上げを目指すとともに、これまでの点的な整備から対象とする水産生物の生活史に対応した漁場整備、すなわち、生息環境の連続性を踏まえ、俯瞰的に対象範囲を捉え直すことが求められている。今後、水産環境整備を実施する海域においては、天然礁の立地や、既に漁場整備が実施された箇所等を勘案して、漁場整備の配置計画を検討し、これらの環境基盤を有機的に連携することによって、一体的に漁場整備を行う必要がある。また、既存の漁場施設においても定期的に効果を確認し、劣化が認められた場合には機能回復対策を行う等、適切な維持管理を行う必要がある。本調査で得られた漁場施設の機能発揮・経年劣化状況、機能回復対策及び漁場整備の効果検証結果を総括し、これらに関して今後の漁場整備のあり方を以下に示す。

表VI.5.1(1) 本業務の主な成果と今後の漁場整備のあり方

調査項目	本業務の主な成果	今後の漁場整備のあり方
漁場施設の経年劣化状況	<p>漁場施設では、施設整備後、経年劣化が起こるが、それらは施設自体の老朽化と機能劣化に大別される。漁場施設の場合、老朽化が機能劣化に直接結びつくものではない。漁場施設の機能劣化の事例を分類すると①物理・化学的要因{(水質悪化：高水温、貧酸素水塊の発生等)、(底質悪化、波・流れ：砂の堆積、洗掘、埋没、破損等)} ②生物的要因(附着生物、競合海藻、極相化等) ③漁業活動(漁具の絡まり等)、④複合的要因(磯焼け等)に大別される。</p>	<p>■砂の堆積や埋没等は、多くの漁場施設で共通して起こりうる現象であるため、事前調査等を実施して、設計段階から留意する。</p> <p>■漁場施設の維持管理のために、今後もモニタリングを継続的に実施し、経過年数に伴う機能劣化について情報収集を行い、用途や施設毎に再整理する。</p> <p>■沈設魚礁の場合、施設の破損や埋没、漁具の絡まりがあっても蛸集機能が損なわれていない場合もあることから、モニタリングによって状態を確認する。</p>
	<p>人工魚礁における機能劣化(要因)としては、蛸集機能の低下(砂の堆積・埋没)や漁獲効率の低下(漁具の絡まり)が挙げられる。</p>	
	<p>増殖場の機能劣化(要因)として、干潟では、現存量、生残率、再生産機能の低下等(砂の流出・堆積、底質悪化、害敵生物等)が挙げられる。藻場及び浅海域に設置されている増殖場では、餌料培養機能の低下、現存量の低下、生息面積の低下等(砂の堆積・埋没、附着生物、食害等)が挙げられる。</p>	

表VI.5.1(2) 本業務の主な成果と今後の漁場整備のあり方

調査項目	本業務の主な成果	今後の漁場整備のあり方
漁場施設の機能回復対策	機能回復策の実施に対しては、水深が制限要因となっており、潜水作業の可能な水深30m程度までは対策が行われているが、それより深い水深では、劣化を確認しても、対策を行っていない場合が多い。	■増殖場や人工魚礁の機能回復の為のモデル事業等を実施し、新たな技術開発等を推進する。
	【人工魚礁の事例】 設置水深が深い場合が多く、破損・埋没・逸散等の魚礁の変化が機能に大きく影響していると認められる場合でも、補修や修復は困難な状況にある。一方、網や釣具等の漁具が魚礁に絡まり、操業に支障をきたしたり、蛸集量が低下して魚礁の機能に影響している場合には、費用と効果を検討して除去を行っている。漁具の絡まりについては、潜水除去、魚礁引き揚げによる除去、鉤付きロッドによる除去、ROVを利用した切断機による方法といった実施事例がある。	■人工魚礁については、ストックマネジメント（長寿命化）というより耐用年数を迎えた施設の有効活用の観点で検討していく必要がある。 ■機能回復対策には多額の費用がかかることから、単なる機能の回復のみならず、魚礁ブロックの積み増し等の機能向上対策についても合わせて検討を行う。
	【増殖場の事例】 干潟における機能回復対策については、砂の流失や堆積に対する施設維持管理に相当する対策と、ツメタガイやナルトビエイ等の害敵生物対策といった生物環境管理に相当する対策に分けられる。	■増殖場における付着生物等による機能劣化については、一定の機能回復対策を予め計画時に盛り込むことが必要である。 ■増殖場については、沿岸域に立地し、環境変動の影響を受けやすいことから、ハード対策及びソフト対策の両面で順応的管理の取り組みを推進する。具体的には、事業主体によるモニタリングや機能回復策に加えて、漁業活動によるメンテナンス（付着生物除去等）や水産多面的機能発揮事業や里海といった地域活動と連携し、補完しあうことが必要である。
	藻場における機能回復対策については、基質の嵩上げ、囲い礁の補修といった、施設維持管理に相当する対策と、磯焼け対策等の生物環境管理に相当する対策に分けられる。	
	浅海域の増殖場における機能回復対策については、砂の流失や堆積に対する施設維持管理に相当する対策と、付着生物除去等による基質更新といった生物環境管理に相当する対策に分けられる。基質更新は、①構造物の引き揚げによる方法、②潜水による方法で実施されている。	
漁場整備の効果検証	漁場施設は、天然漁場に比べて小規模である場合が多いものの、天然漁場の拡大や補完に寄与し、年間を通じた操業機会の確保等の効果を発揮している。 対象生物の生活史に合わせて漁場施設を有機的に連携した一体的な漁場整備を実施した海域では、資源量（C P U E）の増大や生残率の向上、漁獲量の増大が期待される。	■既存の漁場施設位置や対象生物の生活史を勘案して、一体的な漁場整備を行い、今後も水産環境整備を推進する。 ■例えば、魚類の増殖場で藻場造成を行う場合には、対象魚種の特性に合わせた藻場タイプを考慮して整備を行う。 ■気候変動による生物分布の北上や魚種交代等、漁場環境をめぐる変化に適切に対応する。

Ⅶ 摘要

(1) 漁場整備のストック量

- アンケート調査等から、魚礁に関する既存ストック量を経年的にとりまとめた。
- 今後これらの維持管理や耐用年数を迎えた施設の有効活用策を検討していく必要がある。

(2) 漁場整備の機能発揮状況・経年劣化・機能回復対策

- 漁場施設における経年劣化について老朽化と機能劣化に分けて整理し、後者への対応が漁場施設では重要であることを示した。
- アンケート調査、聞き取り調査及び現地調査により、漁場施設の経年劣化及び機能回復対策の事例を収集し、機能劣化のタイプ分けを行うとともに、今後の機能回復に対する考え方について、人工魚礁、増殖場別に分けて課題整理を行った。

(3) 漁場整備の効果検証

- 効果検証にあたり、アンケート、標本船、試験操業、視認調査等を実施して整備漁場と天然礁の比較を行った。また、効果指標としては生産効率と生産力に着目した。
- 漁場施設と天然漁場において、蠣集密度や蠣集魚の大きさ、利用率、CPU E等を比較して漁場施設の効果をとりとまとめた。
- 今後は、水産環境整備マスタープランによる海域全体の生産力の底上げ効果の検証や気候変動に対応した漁場整備方策の検討を行う必要がある。

(4) 水産環境の一体的整備による効果の算定手法について

- 施設整備に起因して増加する生物資源量について生態系ピラミッドを想定し、①利用資源のフロー効果、②未利用資源のフロー効果、③生物現存量のストック効果に分類した。
- このうち、生物現存量のストック効果については、水質浄化効果として便益算定し、ガイドライン改訂案に反映した。なお、本効果は効果評価期間中の1回のみ計上するものである。
- 未利用資源のフロー効果について、考え方は整理されたが、実海域を想定して、試算したところ、便益の嵩上げ効果が僅かであったことや、算定手法や諸係数の取り扱い及び二重計上への懸念等の課題が残ったことから、ガイドラインへの反映については見送った。
- 水産環境の一体的整備についても、実海域で生残率の向上効果から、算定手法を検証した結果、生残率の向上を背景とした期待漁獲量の増大効果が示された。
- 今後、同様の事例を積み重ねることにより、ネットワーク化の効果について定量的な指標を示す必要がある。

(5) 漁場整備のあり方検討

- 本調査で得られた漁場施設の機能発揮・経年劣化状況、機能回復対策及び漁場整備の効果検証結果を総括し、これらに関して今後の漁場整備のあり方をとりとまとめた。