

I 調査課題名：

水産環境整備マスタープラン等
漁場整備方策に係る検討調査

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
第2 調査研究部 伊藤 靖、三浦 浩

III 実施年度：
平成 27～28 年度

IV 緒言

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ねやすいといった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あり方を見直していく、いわゆる「順応的管理手法」を導入し、生態系全体の生産力の底上げを目指し、水産生物の動態、生活史に対応した良好な生息環境空間を創出する整備を推進しているところである。

これまでモニタリングにより個別の漁場施設について評価は行われているものの、海域全体の生産力の底上げについてモデル海域を選定した上で水産環境整備による効果を検証する必要がある。

また、気候変動による海水温の上昇等により、従来の漁獲対象種の分布域や藻場の構成種等に変化を及ぼし、漁場施設の効果発現に影響を与えると見込まれている。そのため、現地調査や漁業者へのヒアリング等を通じて実体の詳細な把握を行い、今後の対応について検討を行う。

V 調査方法

本事業は、①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及び、②気候変動に対応した漁場整備方策の検討について平成27年度から平成28年度までの2カ年で実施した。調査全体フローを図V.1.1～2に示す。

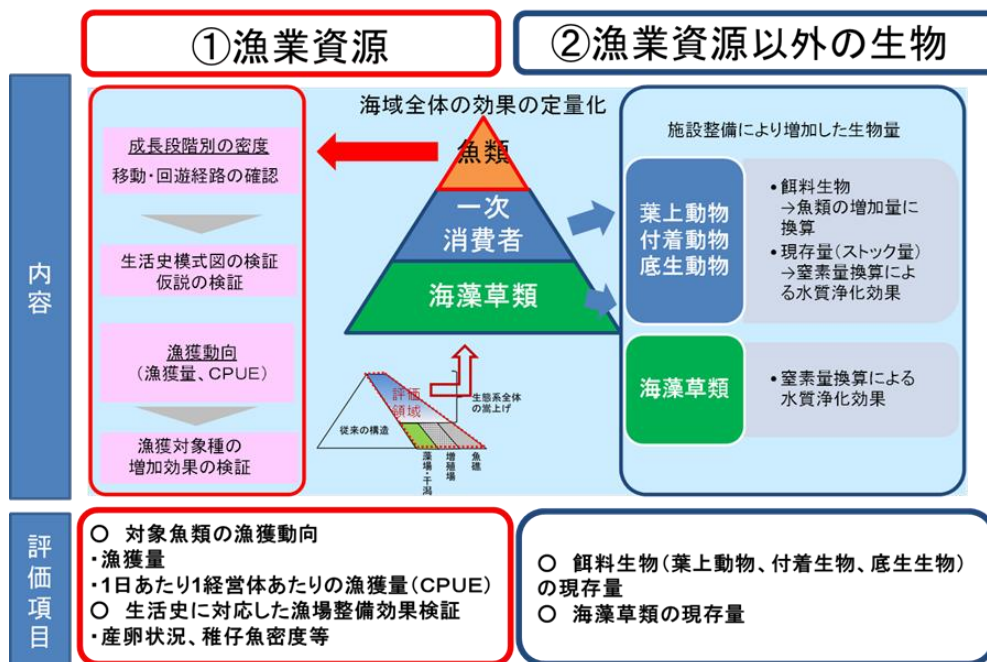


図 V.1.1 水産環境整備マスタープランによる海域全体の底上げ効果の検証に関する調査フロー

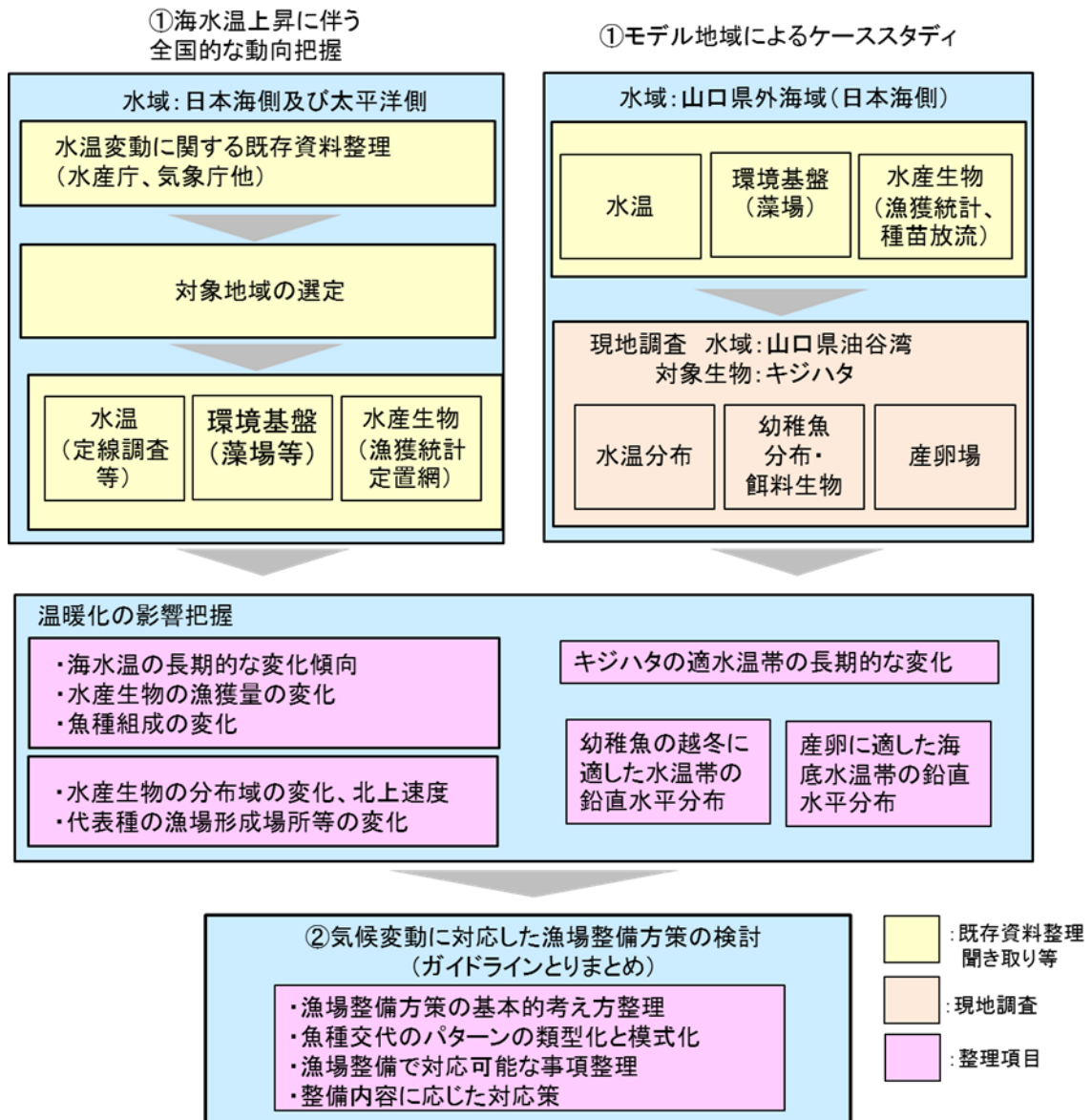


図 V. 1. 2 気候変動に対応した漁場整備方策の検討に関する調査フロー

V. 1 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

水産環境整備マスタープランが実施されている播磨灘、本州日本海北部海域の2海域について、海域における生物生産を漁業資源と漁業資源以外の生物に分け、水産環境整備マスタープラン実施海域におけるそれぞれの底上げ効果の現状を検討した。

表 V. 1. 1 調査海域と評価項目

調査海域	対象生物	評価項目
播磨灘	漁業資源 (マコガレイ、メバル)	漁獲動向 (漁獲量、C P U E) 生活史に対応した漁場整備効果検証 (マコガレイ：産卵状況、稚仔密度、メバル：稚魚密度)
	漁業資源以外 (海藻草類、葉上動物、付着生物、底生生物)	現存量 事業効果 (窒素除去量、魚類増産効果)
本州日本海北部海域	漁業資源 (ウスメバル、ハタハタ)	漁獲動向 (漁獲量)
	漁業資源以外 (海藻草類、付着生物)	現存量 事業効果 (窒素除去量、魚類増産効果)

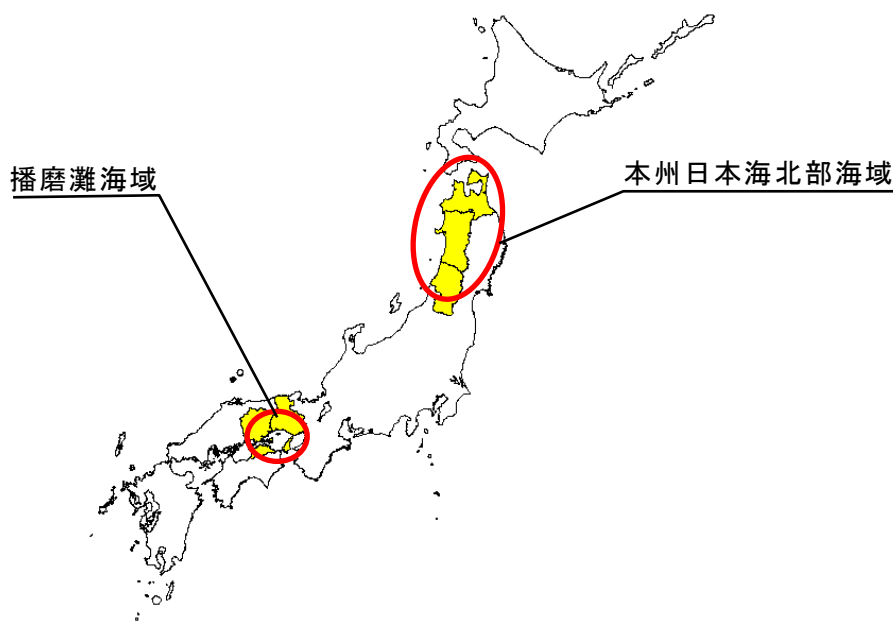


図 V. 1. 3 調査海域

(1) 漁業資源

漁獲量、C P U Eに関しては、マスタープラン開始年の前後に区分し、それぞれの変動傾向を表した。漁場整備の効果は過去からの事業の積み重ねのもとに発現するものであり、また、一方で事業直後から十分な効果が発現するものでもないが、今回は便宜上、経年比較の区切りとして、マスタープラン開始年を採用した。

(2) 漁業資源以外の生物増加量

水産環境整備事業を行うことにより、海藻類、付着生物、底生生物等、漁業資源以外の生物が新たに生産されるようになる。これらの生物は、漁業生物の餌料として、あるいは栄養塩類の吸収による海域環境保全の面から水産業を支えている。各種生物の増加量の考え方と増加した生物によりもたらされる各効果の考え方は表 V. 1. 2 に示すとおりである。これらについて、各海域の漁場整備後のモニタリング調査結果を入手し、効果の定量化を行った。

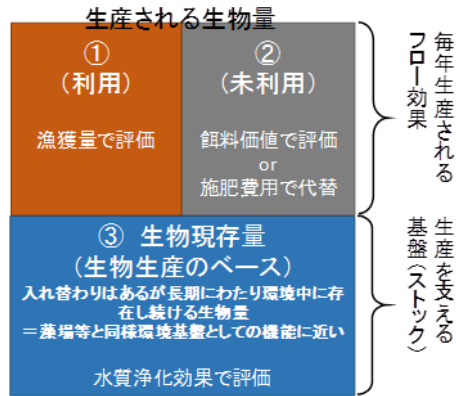


図 V. 1. 4 生産される生物による効果の考え方

表 V. 1. 2 漁業資源以外の生物による事業効果の考え方

生物	原単位	増加量の考え方	評価方法 (図 3)
海藻	繁茂期の値	構造物への付着量	③
葉上動物	各回調査の平均値		①、③
付着生物	安定期における各回調査の平均値		①、③
底生生物	各回調査の平均値	整備場所と未整備場所の現存量の差	①、③

注) 評価方法①は現存量に回転率を乗じた生物生産量をベースとするが、評価方法③は、現存量ベースで行う。

表 V. 1. 3 モニタリングの実施状況

海域	事業名	事業主体	施設名	計画数量	実施予定年度	モニタリング内容
播磨灘	西播磨地区水産環境整備事業	兵庫県	増殖場	20ha	H28~H30	①漁獲調査: 魚類の出現種・生物量 ②餌料生物調査: 底生性・付着性餌生物の種・生物量 ③潜水調査: 魚類の出現種、生物量、海藻の着生種、密度等
	播磨灘中西部地区水産環境整備事業	兵庫県	増殖場	47ha	H24	
	播磨灘中西部三ツ頭島地区水産環境整備事業	兵庫県	増殖場	38.9ha	H30	
	東備地区水産環境整備事業	岡山県	増殖場	48.6ha	H26-H28	①アマモ場: 藻場面積・密度等 ②餌料生物調査: 葉上生物、付着生物、ベントスの種、生物量 ③魚介類調査: 種、全長、分布密度等
	播磨灘小豆地区水産環境整備事業	香川県	増殖場	4.0ha	H26~29	①水産生物生息適地調査: 藻場面積、増殖場面積 ②餌料生物調査: 付着生物、葉上生物、ベントスの種、生物量
本州日本海北部	第2鯉ヶ沢地区水産環境整備事業	青森県	増殖場	1.3ha	H25~27	①ホンダワラ類生育状況: 海藻刈り、目視による被度等 ②付着動物調査: 刈りによる種・個体数・湿重量 ③葉上動物調査: 葉上動物の種、個体数、湿重量 ④魚類調査: ウスメバル等の潜水またはROVIによる生息状況 ⑤ハタハタ・ヤリイカ産卵状況: 付着個数、重量等
	第2岩崎地区水産環境整備事業	青森県	増殖場	2ha	H27~29	
	赤石・風合瀬地区水産環境整備	青森県	増殖場・魚礁	4.62ha 30225空m3	H30~32 試験でH26実施	
	下北地区水産環境整備	青森県	増殖場・魚礁	3.5ha 42,80空m3	H27~30	
	秋田県地区水産環境整備 平沢・金浦漁場	秋田県	増殖場	1.6ha平沢 5.4ha金浦	H26~28	
	秋田県地区水産環境整備 岩館小入川漁場	秋田県	増殖場	1.61ha	H26~28	
					①海藻調査: マコンブの刈り ②付着生物調査: 付着生物の刈りによる種・個体数・湿重量 ③アワビ: 潜水による個体数と殻長 ④ハタハタ産卵状況: 付着個数等(平沢・岩館小入川) ⑤アワビ・イワガキ: 個体数等(金浦・戸賀) ⑥環境調査: 水温、水質、光子子等	

V.2 気候変動に対応した漁場整備方策の検討

(1) 全国的な動向把握

対馬暖流域における北海道から長崎県に至る日本海側の16道府県及び高知県、沖縄県等の太平洋側を対象に、表4の1～11の項目についてデータの収集を行った。

(2) モデル地域におけるケーススタディ

暖海性の魚種キジハタは、温暖化により生息条件が好転した魚種の一つである。これを資源増加の好機と捉え、山口県では平成16年より種苗放流事業が展開されることとなった。そして、近年、キジハタの漁獲量は増加傾向にある。

本調査は、キジハタ資源が増加している山口県油谷湾（長門市）において、成長段階別の生息環境（水深、水温、餌料）に関するデータを収集し、本種の効率的な漁場整備方策を検討した。

(3) ガイドラインの作成

気候変動に伴う海水温上昇等の海洋環境の変化は、我が国周辺海域の海洋生態系や水産業に対して大きな影響を与えることが懸念されている。こうした中で、これまで報告されている海水温上昇等に起因する漁業への影響については、「漁業被害」という捉え方と「漁海況の変化」に区分される。前者についてはこれまでの漁業対象種となっている種を守る視点であり、後者については、新たに加入する種を育てる視点に区分される。また、前者に対応した対策としては、被害を最小化するための方策と捉えることができ、本ビジョンでは、「保全策」と呼ぶ。一方、後者については変化を受け入れた対策と捉えることができ、本ビジョンでは「適応策」と呼ぶ。

本ガイドラインで取り扱う気候変動に対応した漁場整備方策としては、両者の視点に立ち、互いに補完しながら各地域で生じている諸問題を整理し、今後取り得る適切かつ効果的な漁場整備に関する対策（適応計画）についてとりまとめた。

表 V. 2. 1 調査項目と収集資料

項目	収集資料
1. 水温上昇による水産生物への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・(独)水産総合研究センター(2009). 地球温暖化とさかな. 成山堂書店, pp. 182. ・水産庁(2009). 藻場資源消滅防止対策ガイドライン. pp. 73. ・星野昇(2009). 問い合わせが増えています! -南方系種、魚と水温のこと、etx-. 北水試だより, 78, 1-5. ・下茂繁・秋本泰・高浜洋(2000). 海生生物の温度影響に関する文献調査. 海生研報, 2, 1-351. ・三浦雅大(2014). 温排水による水温上昇と魚類の分布・行動. 環境技術ノート, 186, 42-43. ・中央環境審議会 地球環境部会 気候変動影響評価等小委員会(2015). 日本における気候変動による影響に関する評価報告書, pp. 431.
2. 海面水温、気象および海面水位の長期変動	<ul style="list-style-type: none"> ・気象庁 海面水温の長期変化傾向 (日本近海) http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html ・気象データ http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php ・IPCC 第5次評価報告書特設ページ http://www.jccca.org/ipcc/ar5/wg1.html ・伊藤進一・田所和明(2011). 温暖化による海洋生物への影響. 遺伝, 68(4), 368-372. ・田所和明(2014). 「海」の変化II プランクトン・基礎生産-海洋生態系に対する地球温暖化の影響-. 地球温暖化による「海」と「さかな」の変化, 研究成果発表会資料. ・秋山・清水(2008). 黒潮の流型変動が本州南岸の沿岸環境へ及ぼす影響. 磯焼けの科学と修復技術, 恒星社厚生閣, 9-21. ・木所英昭・渡邊達郎・田永軍・井桁庸介・森本晴之・藤野忠敬(2011). 温暖化が与える日本海の主要回遊性魚類の既存産地への影響予測. 農林水産技術会議研究成果報告書 483, 地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発, 266-271.
3. 日本海側の海水温分布	<ul style="list-style-type: none"> ・(独)水産総合研究センター日本海区水産研究所 日本海水温データベース http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/shigen/suion/Page.htm ・日本海漁場海況速報 http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/Physical/sokuho.html ・気象庁 対馬暖流 http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/sougou/html_vol2/2_2_4_vol2.html
4. 酸性化	<ul style="list-style-type: none"> ・環境省(2014). IPCC 第5次評価報告書の概要-第1作業部会(自然科学的根拠)-
5. クロロフィルの推移	<ul style="list-style-type: none"> ・平成23年度水産基盤整備調査委託事業. 湧昇マウンド礁整備による漁業生産活動に及ぼす影響把握調査(平成24年3月)報告書. ・中央環境審議会・地球環境部会・気候変動影響評価等小委員会(2015). 日本における気候変動による影響に関する評価報告書, pp. 431.
6. 藻場の推移	<ul style="list-style-type: none"> ・環境省 自然環境保全基礎調査 http://www.biodic.gxo.jp/kiso/fnd_list.html ・水産庁他 日本沿岸藻場再生モニタリング調査 ・須藤俊造(1992). 海藻・海藻相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み. 藻類, 40(3), 289-305. ・水産総合技術センター(2014). 地球温暖化に関する研究情報. ・水産庁(2015). 改訂 磯焼け対策ガイドライン. pp. 199. ・海洋生物環境研究所(2010). 全国沿岸域に分布する藻場の長期的な変遷-2/2. 海生研ニュース, 105, 3-5 ・長濱祐美・池上祐輔・野村宗弘・西村修(2013). 温暖化による水温および水深の変化が海草の光合成・呼吸速度に与える影響. 土木学会論文集 G, 69(7), III473-III479.
7. サンゴの推移	<ul style="list-style-type: none"> ・環境省(2014). サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020. ・環境省 自然環境保全基礎調査 http://www.biodic.gxo.jp/kiso/fnd_list.html ・環境省自然環境局生物多様性センター(2015). 平成26年度モニタリングサイト1000サンゴ礁調査報告書. pp. 174. ・屋良由美子・藤井賢彦・山中康裕・岡田直資・山野博哉・大島和裕(2009). 地球温暖化に伴う海水温上昇が日本近海の造礁サンゴの分布と健全度に及ぼす影響評価. 日本サンゴ礁学会誌, 11(1), 131-140. ・水産総合技術センター(2014). 地球温暖化に関する研究情報. ・山口県(2013). 平成25年版山口県環境白書. ・国立環境研究所(2014). サンゴ礁の過去・現在・未来 環境変化との関わりから保全へ. 環境儀, 53, pp. 14. ・日本サンゴ礁学会. 2007年夏の白化現象. http://www.jcrs.jp/wp/?page_id=2100 ・環境省(2014). IPCC 第5次評価報告書の概要-第1作業部会(自然科学的根拠)-

8. 魚種別漁獲量の推移	<ul style="list-style-type: none"> ・農林水産省 海面漁業生産統計資料(昭和31年～平成25年) http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html 注1.北海道、青森県、兵庫県、山口県、福岡県、佐賀県、長崎県は日本海以外の漁獲量を含む、2.海面漁業魚種別漁獲量統計のデータ(養殖魚種別収獲量は含まない)
9. 定置網の漁獲量の推移	<ul style="list-style-type: none"> ・山口県水産研究センター 通定置網漁獲量 ・島根県水産技術センター 浜田市定置網漁獲量 ・兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター 餘部定置網漁獲量 ・石川県水産総合センター 主要港定置網漁獲量 ・新潟県水産海洋研究所 県内定置網漁獲量 ・青森県産業技術センター 水産総合研究所 県内定置網漁獲量 ・北海道立総合研究機構 水産研究本部 地区別定置網漁獲量 ・日本海洋データセンター 海洋観測データ 各層 http://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html ・高知県水産試験場 定置網・竿釣・曳縄漁獲量および沿岸定線観測結果 ・沖縄県水産海洋技術センター パヤオ・定置網および沖合定線観測結果
10. 水産生物(魚介類)の出現状況	<ul style="list-style-type: none"> ・水産総合技術センター(2014). 地球温暖化に関する研究情報. ・高柳和史(2009). 地球温暖化の漁業および海洋生物への影響. 地球環境, 14(2), 223-230. ・水産庁(2015). 改訂 磯焼け対策ガイドライン. pp. 199. ・海洋生物環境研究所(2010). 全国沿岸域に分布する藻場の長期的な変遷-2/2. 海生研ニュース, 105, 3-5
11. 将来予測	水産工学研究所(2004). 平成14-15年度地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書.

V.3 検討委員会の設置・運営

本業務の実施にあたっては、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年3回開催し、指導、助言を得ながら業務を行った。

表 V.3.1 検討委員（平成27年度）

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長	
委員	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
〃	堀 正和	国立研究開発法人水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所生産環境部	主任研究員
〃	小路 淳	広島大学 大学院生物圏科学研究科 附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター 瀬戸内圏フィールド科学講座	准教授

表 V.3.2 検討委員（平成28年度）

区分	氏名	所属	役職
委員長	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
委員	櫻井 泉	東海大学生物学部海洋生物科学科	教授
〃	堀 正和	国立研究開発法人水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所生産環境部	主任研究員
〃	小路 淳	広島大学 大学院生物圏科学研究科 附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター 瀬戸内圏フィールド科学講座	准教授

表 V.3.3 調査工程（平成 27 年度）

調査内容 / 工程	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	■											
2. 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				■								
(1) 一体的整備による漁獲資源増加の検証				■								
" 現地調査				■ 漁獲量・CPUE								
				■ キジハタ								
(2) 漁獲物以外の生物増加による便益増の計測				■								
3. 気候変動に対応した漁場整備方策の検討				■								
(1) 全国的な動向把握				■								
(2) モデル地域におけるケーススタディ 現地調査				■								
(3) ガイドラインの作成												
6. 検討委員会の開催				○					○			○
7. 報告書のとりまとめ												■
8. 協議・打合せ	○			○					○			○

表 V.3.4 調査工程（平成 28 年度）

調査内容 / 工程	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	■											
2. 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				■								
(1) 漁獲物以外の生物増加による便益増の計測				■								
(2) 一体的整備による漁獲資源増加の検証				■								
" 現地調査				■ マコガレイ・メバル								
				■								
3. 気候変動に対応した漁場整備方策の検討				■								
(1) 全国的な動向把握： 既存資料調査				■								
(2) モデル地域におけるケーススタディ： 現地調査				■								
(3) ガイドラインの作成				■								
6. 検討委員会の開催					○				○			○
7. 報告書のとりまとめ												■
8. 協議・打合せ	○								○			○

VI 調査結果及び考察

VI.1 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

(1) 播磨灘

① 播磨灘マスタープランの概要

関係県：兵庫県、岡山県、香川県

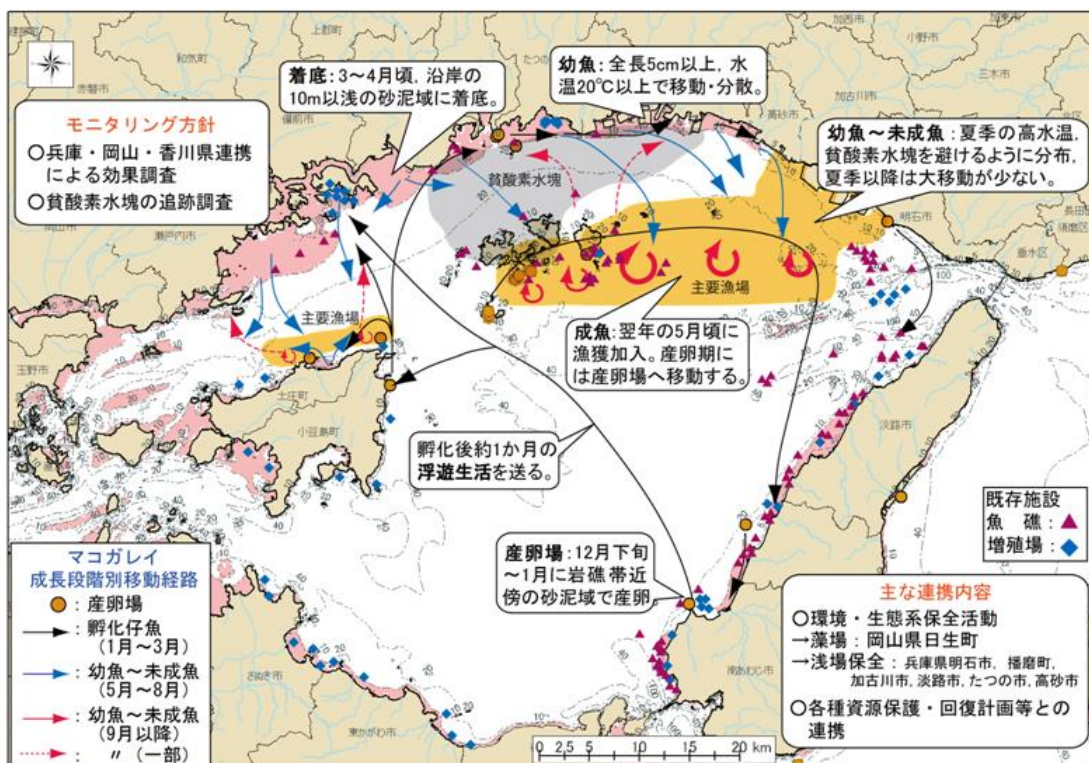
プラン開始年：平成23年

対象魚種：マコガレイ（指標種）、メイタガレイ、イシガレイ、メバル類、カサゴ等

指標種のマコガレイの生活史は図VI.1.1に示すとおりである。播磨灘に広く分布する経済価値の高い魚種であるが、近年漁獲量が大きく落ち込み、資源の回復が3県共通の課題となっている。

表VI.1.1 成長段階別の課題と対策

成長段階	課題	対策
産卵期	産卵場の減少	産卵親魚の保護
仔魚期(浮遊生活期)	—	—
稚魚期	生息環境の悪化	増殖場整備、沿岸域の環境保全、種苗放流
未成魚期	混獲	小型魚再放流
成魚期	過大な漁獲圧力	休漁日の設定等



図VI.1.1 マコガレイの生活史と漁場整備実績

<生活史に対応した漁場整備の効果検証>

生活史に対応した漁場整備の効果検証に係る調査地点と概要を以下に示す。

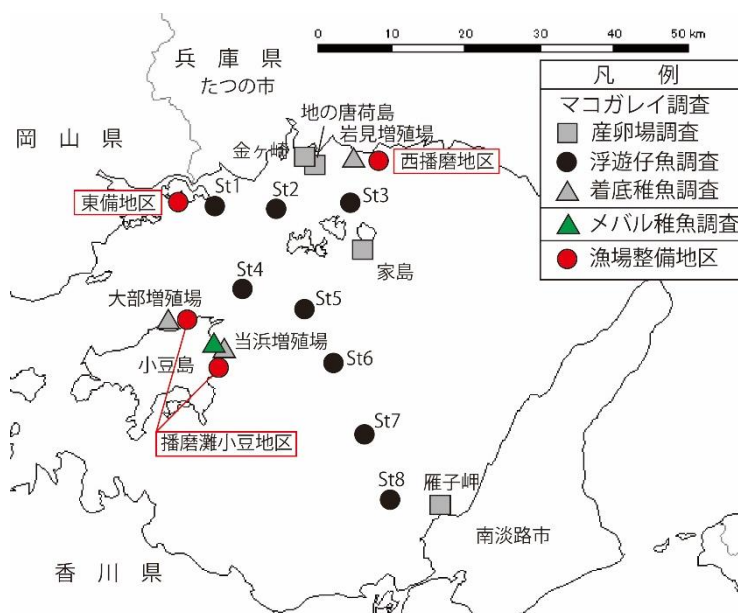


図 VI. 1. 2 漁場整備地区及びモニタリング調査地点

表 VI. 1. 2 マコガレイ及びメバル類調査の概要

魚種	項目	調査場所・調査時期	地点数	調査方法
マコガレイ	産卵場	兵庫県：たつの市 平成 28 年 1 月 7 日 南淡路市 平成 28 年 1 月 17 日	3	たつの市の金ヶ崎と地の唐荷島、南淡路市の雁子岬でグラブ式採泥器を用いて潜水により採取した底質からマコガレイの卵を選別・計数した。採泥面積は 1 検体あたり 0.05 m ² 。調査箇所につき 5~10 検体を採取した。
	浮遊仔魚	播磨灘：平成 28 年 1 月 27 日 平成 28 年 2 月 4 日	8	播磨灘の 8 点で、口径 1.3m の稚魚ネット（網地 GG54）を 3 ネットで 10 分間曳網してマコガレイの浮遊仔魚を採集した。稚魚ネットには濾水計を装着し、各測点の仔魚密度を海水 1000m ³ あたりで示した。
	着底稚魚	兵庫県：岩見 平成 28 年 4 月 15 日 岡山県：日生 平成 27 年 3 月 26 日 ~6 月 3 日 香川県：当浜 平成 28 年 1 月 26 日 ~6 月 10 日 大部 平成 28 年 1 月 26 日 ~6 月 10 日 * 岡山県・香川県の調査は、各県の調査結果を引用	4	兵庫県の岩見地区、岡山県の日生地区及び香川県の当浜地区及び大部地区で増殖場内に生息するマコガレイの稚魚を潜水ライトランセクトにより計数した。
メバル類	稚魚	平成 28 年 4 月 19 日、26 日 平成 28 年 10 月 6 日、7 日	1	増殖場内に生息するメバルの稚魚を礁体別に、また、対照区である天然藻場をライトランセクトにより目視計数した。

<モニタリングの考え方>

マコガレイを例に成長段階別のモニタリング内容と考え方について以下に示す。

表 VI. 1. 3 成長段階別の調査項目と考え方

成長段階	調査項目	考え方	備考
産卵期	産卵親魚の来遊量	・播磨灘の産卵期(12月～1月)に既存の産卵場周辺における漁獲量を調査して、産卵期の来遊量を推定 ・播磨灘の産卵場は兵庫県内で11カ所、香川県内で3カ所が知られており、これらから3カ所(2地区)を選定	兵庫県内3カ所(2地区): 室津:金ヶ崎、地の唐荷 湊:雁子岬
	産卵量(密度)	・既存の産卵場において産卵盛期に底質サンプリングを行い、産卵密度(個/m ²)を調査して、過年度と比較 ・産卵盛期の推定は、産卵場周辺の漁獲状況より推定 ・密度の多寡は、産卵場時期やサンプリングポイントによっても異なるため、過年度の比較には注意が必要	兵庫県内4カ所(3地区): 室津:金ヶ崎、地の唐荷 家島: 湊:雁子岬
仔魚期	仔魚密度	・ふ化後1か月の浮遊期間があり、仔魚は灘全体に移動・分散することから、灘全体に8カ所の測点を設けて実施 ・兵庫県が過年度(H1～20年、H21)に実施した結果と比較	播磨灘全体に測点を配置
稚魚期	稚魚密度	・マスタープラン策定後、播磨灘全体で9地区の増殖場を整備 ・3地区の増殖場を選定し、マコガレイの稚魚の着底状況を把握 ・漁場整備箇所と非整備箇所における生息密度等の比較による効果検証	兵庫:西播磨地区 岡山:東備地区 香川:小豆地区
	餌料生物	・初期餌料である底生かいあし類の出現量を漁場整備箇所と非整備箇所と比較	兵庫:西播磨地区
成魚期	漁獲量	・マスタープラン実施前後における漁獲動向(漁獲量、CPUE)を比較	

<目標達成のための連携事業>

漁場整備とあわせて、種苗放流や資源管理、環境保全の取組を一体的に実施している。

地域	魚種	放流サイズ	放流尾数	備考
兵庫県	マコガレイ	40mm	20万尾	
岡山県	マコガレイ	15mm	14万尾	H25年度
	ウシノシタ類	20-33mm	8.5万尾	H23、24年度



種苗放流
写真提供: 兵庫県

地域	事業主体	実施内容				
		小型魚等再放流	体長制限	漁具制限	時間制限	休漁
兵庫県	漁協	●				●
岡山県	漁連	●	●	●		
	漁協	●	●	●		●
香川県	漁連		●	●	●	●

地域	活動団体数	活動内容
岡山県	1	アマモの移殖及び播種、モニタリング
香川県	3	堆積物の除去、干潟の耕耘等



種まき(アマモ)
写真提供: 岡山県

図 VI. 1. 3 連携内容

②プランの基本方針

播磨灘海域における水産生物の餌料生物量の増大や水産生物の生息適地の拡大等の環境改善を通じて、海域全体の生産力の底上げを目指す。

そこで、播磨灘全域に広く分布し、成長に伴い回遊しながら沿岸から沖合までの多様な環境を利用するマコガレイの成長段階別の毎の分布や既存増殖場等の配置を考慮し、育成場の整備、低酸素水塊及び高水温発生時期における滞留場となる増殖場の整備により、生息適地の拡大や餌料環境の改善を行い、マコガレイ資源の減耗を抑え、加入資源の増大を図る。さらに、これらの環境改善の取組によって創造させる環境は、メバル・カサゴ等の定着性魚類の育成場としても機能することが期待できる。

③プランにより見込まれる効果

播磨灘海域において、既存の良好な環境を保全するとともに、餌料環境や底質等の水産生物の育成環境を改善することで、海域全体の生産力の底上げが期待される。

さらに、種苗放流等による資源添加および漁業者等の実施する資源管理・環境保全の取組によって、本海域における水産生物の資源量が増大すると考えられる。

加えて、複数県がプランに沿った取組を実施していく過程で、協議会等を通じて、海域環境や水産生物等の新たな情報を共有することが期待される。

④事業効果の検証結果

<漁業資源>

a マコガレイ

ア 漁獲動向

播磨灘全体では、漁獲量は平成 19 年をピークに減少傾向にあり、近年の漁獲量は 40 t 前後で推移している。プラン前に比べ漁獲量自体は少なくなっているが、減少傾向が緩和している。また、プラン前の CPUE は減少傾向にあったが、プラン実施後は減少傾向が緩和している。資源がこのまま低位横這いで推移するか、今の状態を底として増加に転じるかを現状で予測することは難しく、長期のモニタリングが不可欠である。

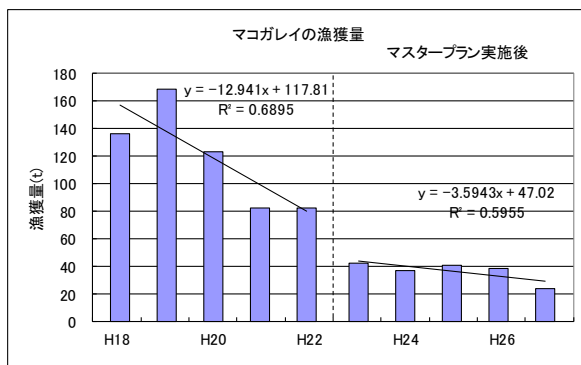


図 VI. 1. 4 マコガレイ 漁獲量

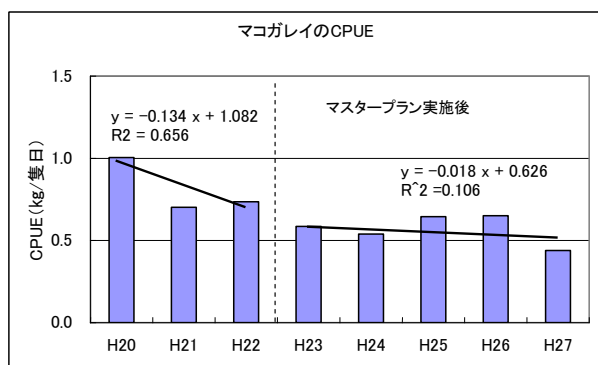


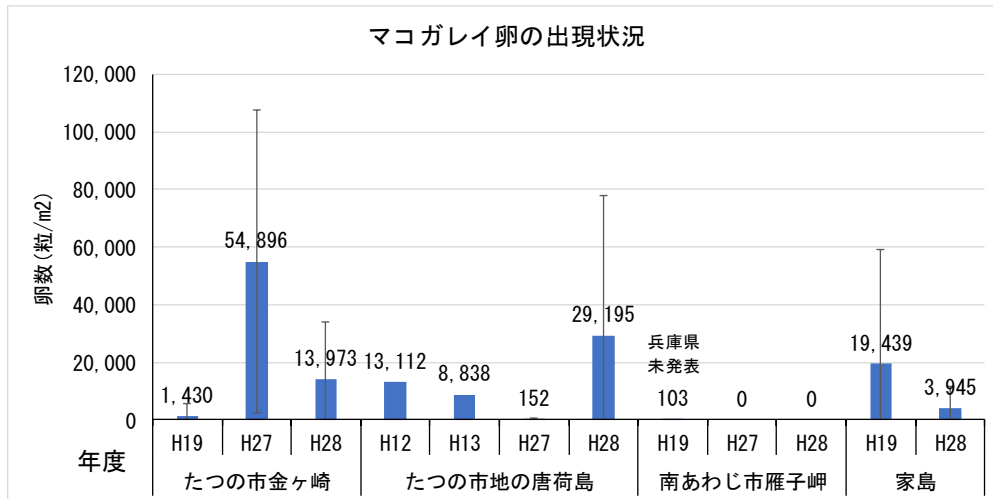
図 VI. 1. 5 マコガレイ CPUE

イ 産卵状況

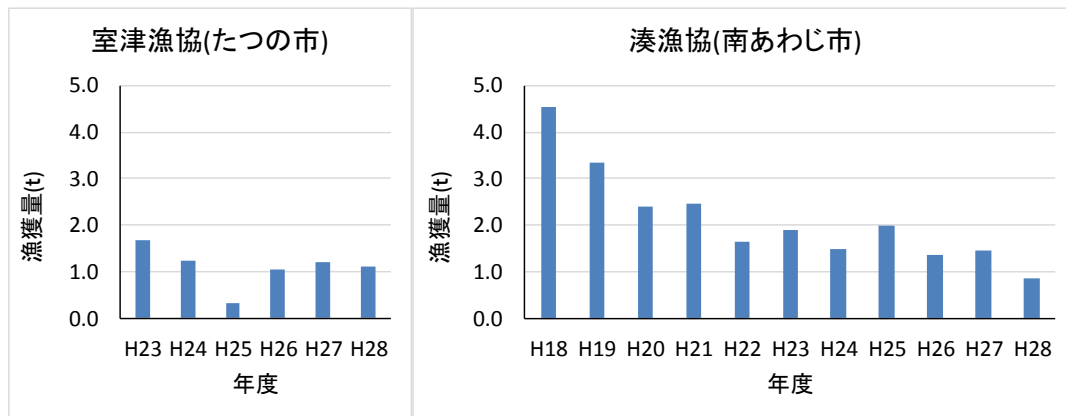
たつの市の 2 箇所の産卵場(金ヶ崎、地の唐荷島)で計測された卵数は、過年度を上回るケースと下回るケースに分かれた。家島の産卵場は過年度から減少していた。一

方、南あわじの産卵場は、過年度は卵が殆ど出現しない状況であった。そこで、今年度調査では事前調査で底質の環境を調べ、産卵場として良好な環境において調査を行ったが、卵は確認されなかった。しかし、湊漁協のマコガレイ産卵期の漁獲量をみると産卵親魚が来遊していることには相違なく、調査水域とは異なる場所に主産卵場が形成されていると考えられる。

今回の調査結果からは、過年度との産卵状況の比較を行うことは難しいが、室津漁協、湊漁協とも産卵期のマコガレイ漁獲量が年々減少しており、産卵量は過年度に比べ減少しているものと思われる。

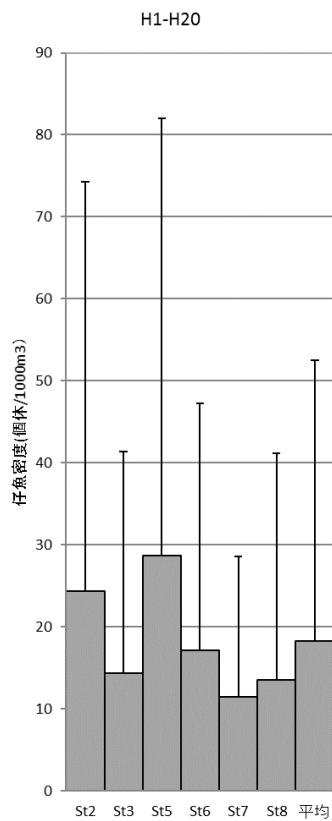


図VI. 1.6 マコガレイ卵の出現状況(年度平均)



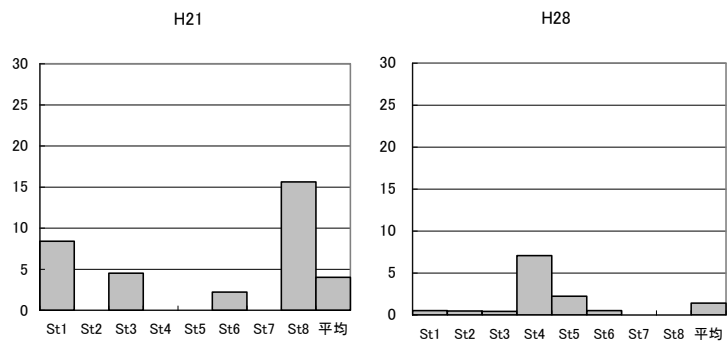
図VI. 1.7 室津漁協及び湊漁協における産卵期(12-1月)のマコガレイ漁獲量

ウ仔魚の出現状況(仔魚調査)



マコガレイ浮遊仔魚の密度は平成元年から20年までは、各地点で10~30個体(平均18個体)/1000m3であったが、平成21年には平均4.0個体/1000m3となり、平成28年には平均1.4個体/1000m3に低下している。

浮遊仔魚減少の直接要因として、播磨灘における産卵親魚量の減少を挙げることができる。



エラーバー：標準偏差

* 兵庫県水産技術センター提供資料

図 VI.1.8 マコガレイ浮遊仔魚の出現状況

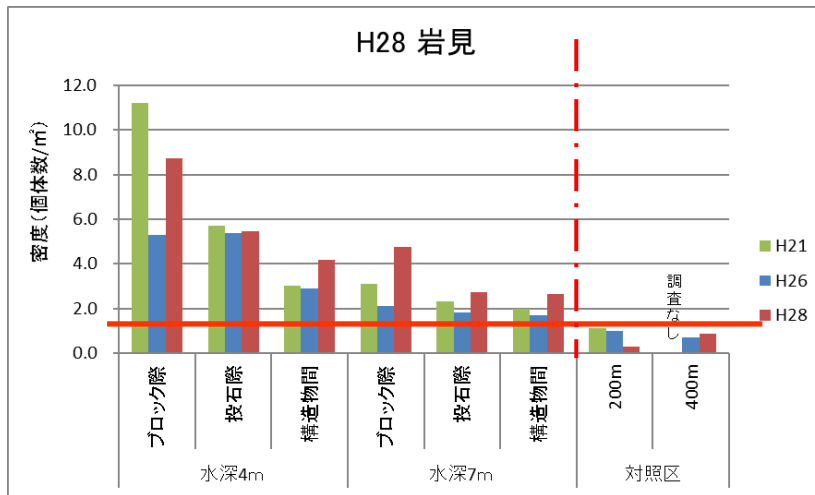
エ稚魚の出現状況(稚魚調査)

兵庫県岩見増殖場における調査対象の全地点において平成26年調査に比べ今年度調査の値が高く、平成21年調査に比べ水深7m地点では今年度調査の値が高い傾向がみられた。

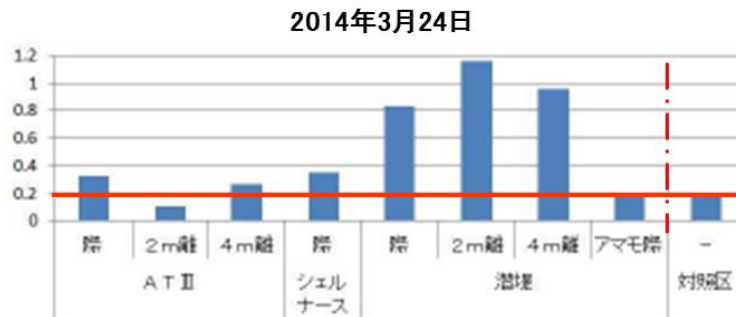
同様に、岡山県日生地区の平成26・27年の結果では増殖区では対照区より密度が高い傾向がみられた。

香川県当浜地区では3月初旬にピークが見られ、その後徐々に減少し、4月下旬まで稚魚が確認された。増殖場区では対照区より密度は高い傾向がみられた。香川県大部地区では3月初旬にピークが見られ、その後徐々に減少し4月下旬まで稚魚が確認された。対照区では稚魚はほとんど確認されなかった。

以上から、事業により稚魚の良好な成育環境が創出されていると考えられる。

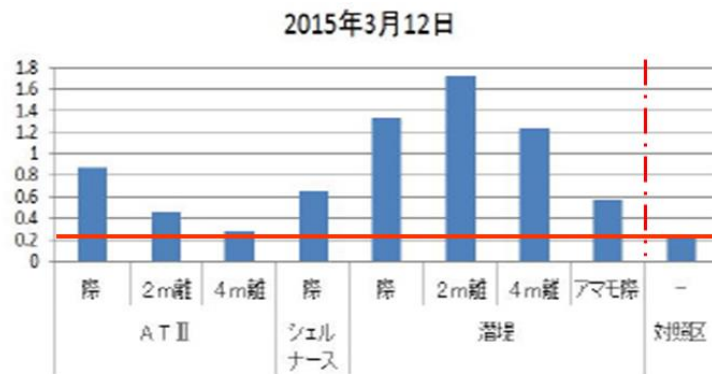


図VI.1.9 着底稚魚の密度 (岩見地区)



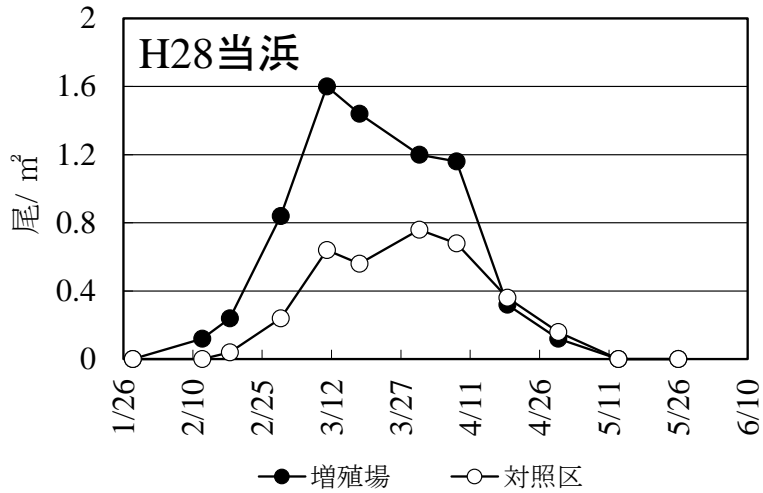
*岡山県提供資料

図VI.1.10 着底稚魚の密度・地点別 (日生地区)



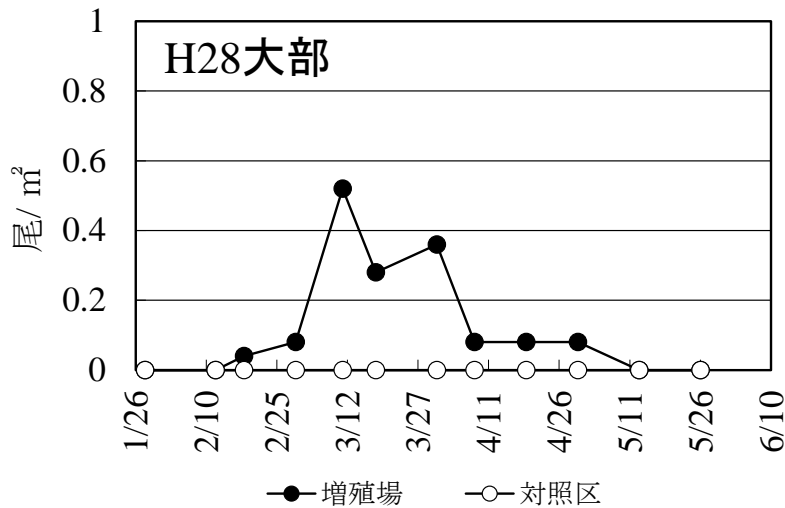
*岡山県提供資料

図VI.1.11 着底稚魚の密度・調査日別 (日生地区)



*香川県提供資料

図VI. 1. 12 着底稚魚の密度 (当浜地区)



*香川県提供資料

図VI. 1. 13 着底稚魚の密度 (大部地区)

才餌料環境(底生カイアシ類出現状況)

平成 21 年、26 年調査の胃内容物調査の結果から、底生カイアシ類は全長 25 mm 程度までの稚魚の主餌料であり、着底直後の稚魚の成育は底生カイアシ類の現存量に大きく依存すると考えられる。底生カイアシ類の個体数は、経年で水深 4m 区域より水深 7m 区域で多い傾向がみられた。ブロック際、捨石際、構造物間では顕著な違いはみられなかった。平成 26 年調査の値が他の年に比べ著しく高くなっているが、一時的なものであると考えられる。平成 21 年調査と比べ、今年度調査の値が高くなっていることから、増殖礁の効果が徐々に安定し、増加しているものと考えられる。

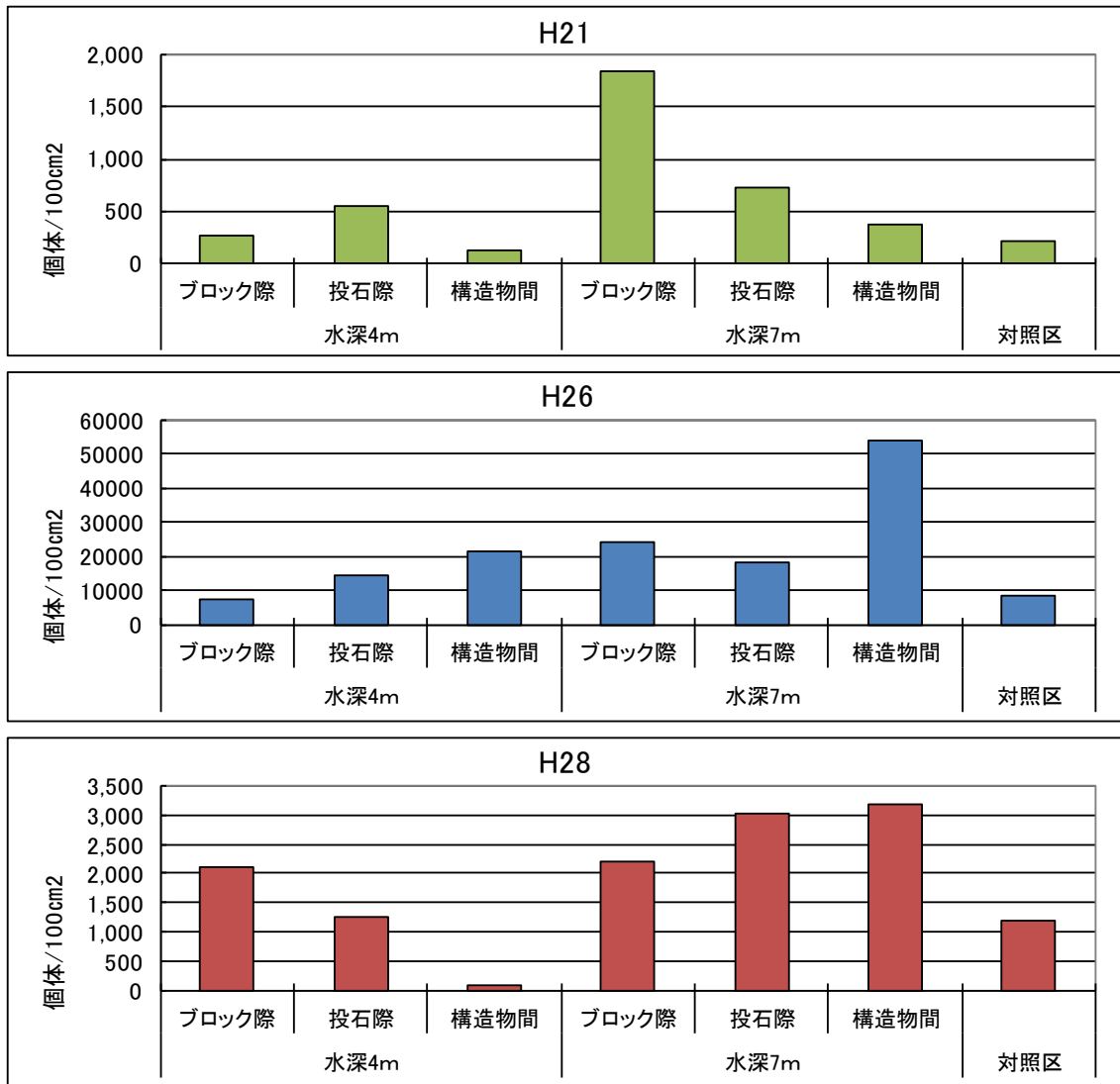


図 VI. 1. 14 底生カイアシ類の現存量

カ増殖場と対照区の密度差による期待漁獲量の推定

増殖場と対照区のマコガレイ稚魚の生息密度差から、海域全体の増殖場整備により増加した稚魚尾数は約 74 万尾と試算される。そして、これらの稚魚から期待される漁獲量を生残解析により求めると、約 10 t と推定される。

これは過去 5 ヶ年の播磨灘におけるマコガレイ漁獲量 36 t の 27% に相当すると考えられる。

表 VI. 1. 4 増殖場整備に伴うマコガレイ稚魚の増加尾数

水域	面積(ha)	稚魚密度差	稚魚増加尾数
西播磨(兵庫)	8.0	2.1	168,000
淡路西浦(兵庫)	77.0	0.6	462,000
東備(岡山)	48.6	0.2	97,200
小豆島(香川)	4.2	0.3	12,600
計			739,800

表VI.1.5 増加した稚魚から期待される漁獲量

年齢	体重(g)	増加稚魚尾数	生残率	漁獲率	漁獲尾数	漁獲量(kg)
0.25		740,000	0.30	0.00		
1	59	222,000	0.23	0.42	93,240	5,501
2	153	51,060	0.23	0.42	21,445	3,281
3	244	11,744	0.23	0.42	4,932	1,204
4	309	2,701	0.23	0.42	1,134	351
5	350	621	0.23	0.42	261	91
6	373	143	0.23	0.42	60	22
7	389	33	0.23	0.42	14	5
					121,087	10,455

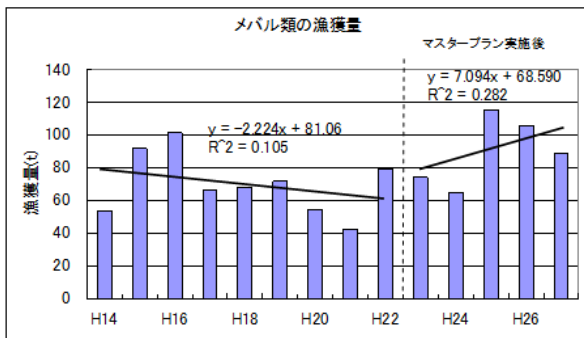
注1.年齢0.25才は稚魚密度調査時の稚魚年齢、稚魚から1才までの漁獲率を0.3とした。

注2.体重、生残率、漁獲率:大阪湾におけるマコガレイの漁業生物学的研究(大阪府水試)

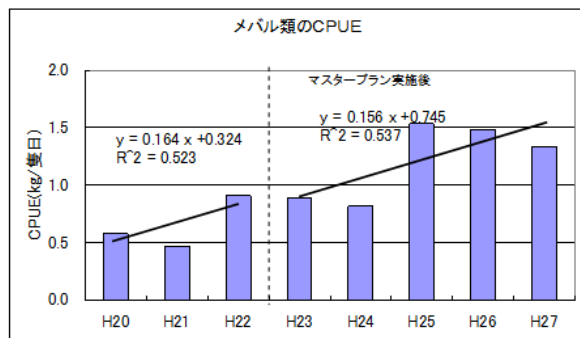
b メバル

ア 漁獲動向

プラン実施前の漁獲量は減少傾向にあったが、実施後は漁獲量が増加している。CPUEの算定が可能な平成20年以降についてみると、プラン実施前、実施後とも増加傾向にある。



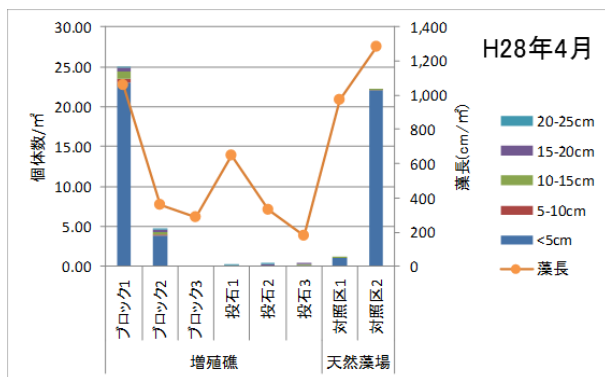
図VI.1.15 メバル類漁獲量



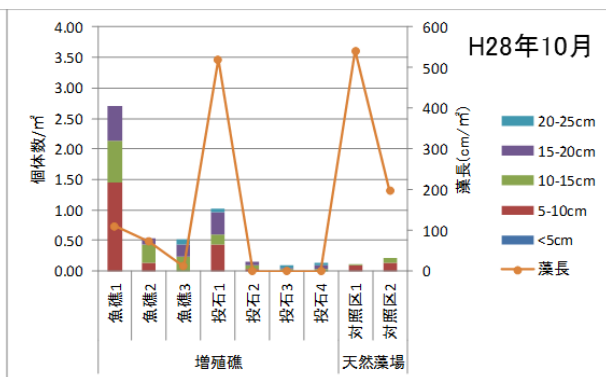
図VI.1.16 メバル類 CPUE

イ 稚魚密度

4月には増殖礁に形成された施設藻場への稚魚の定着がみられた。稚魚の密度は天然藻場と遜色なく、育成場としての機能が発揮されていた。10月には全長5~10cmに成長し、増殖場の生息密度は天然藻場より高かった。



図VI.1.17 稚魚密度調査結果 (H28年4月)



図VI.1.18 稚魚密度調査結果 (H28年10月)

<漁業資源以外の生物増加量>

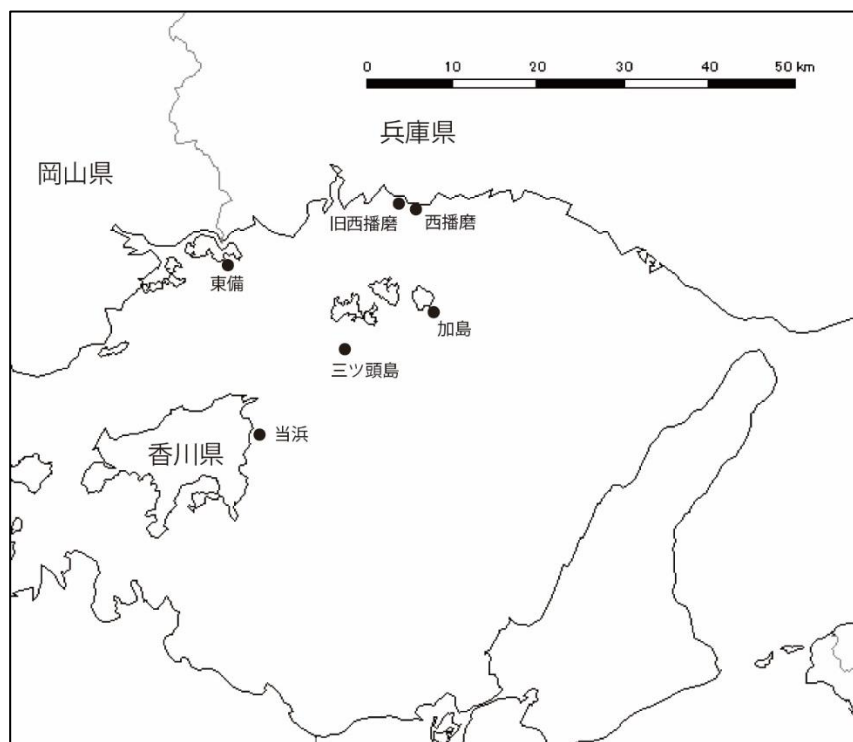
a モニタリング地点及びモニタリング結果

マスタープランにより新たに生産された環境生物量（増加現存量）のモニタリング地点を下図に示した。

マスタープランの実施により増加した漁業資源以外の生物（以下、環境生物と称する）がもたらす海域生産力の底上げ効果を算定した。

計算の手順は以下のとおりである。

- 1) モニタリング調査における現存量の計測結果に事業面積を乗じ、事業による増加現存量を求めた。
- 2) 生物生産の回転率を考慮して各種生物の年間生産量を求めた。
- 3) 各種生産物の単位重量当たり事業効果を乗じ、海域全体の底上げ量を算定した。



図VI.1.19 播磨灘におけるマスタープランのモニタリング地点

表VI. 1. 6 播磨灘における環境生物増加量のモニタリング結果

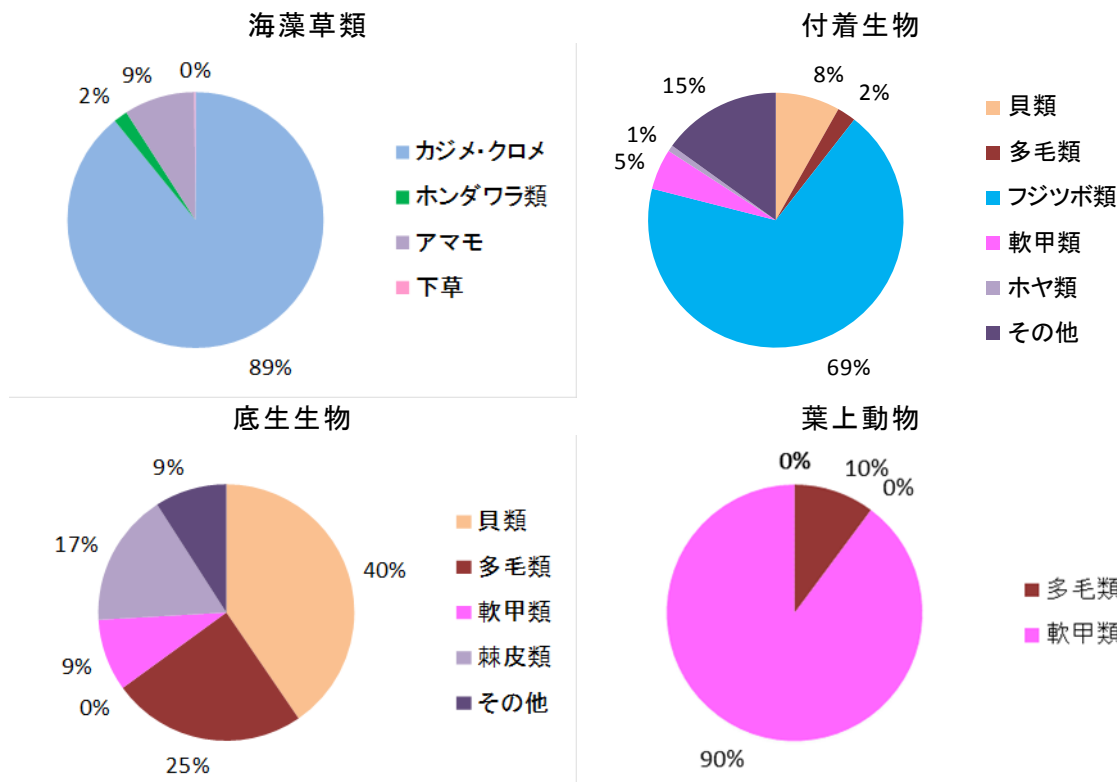
項目	県	地区	増加現存量(t)		
			全量	餌料動物	選好性餌料動物
海藻	兵庫	加島	398.6		
		三ツ頭島	249.1		
	岡山	東備	64.8		
	香川	当浜	13.6		
		計	726		
葉上動物	兵庫	加島	1.4	1.4	1.4
		三ツ頭島	0.9	0.9	0.9
	岡山	東備	0.1	0.1	0.1
	香川	当浜	0.2	0.2	0.2
		計	2.6	2.6	2.6
付着生物	兵庫	加島	40	38	21
		三ツ頭島	585	557	299
	岡山	東備	65	57	
	香川	当浜	6	5	
		計	696	657	320
底生生物	兵庫	加島	3.3	3.3	1.8
		三ツ頭島	5.3	5.3	2.8
		旧西播磨	5.3	5.3	2.8
		西播磨	2.1	2.1	1.1
	岡山	東備	5.6	5.6	2.0
	香川	当浜	0.4	0.4	0.2
		計	22	22	11

注1. 空欄は測定されていないことを示す。

注2. 葉上動物は全量についての測定値であるが、その大半は選好性餌料動物と考えられる。

注3. 底生生物の全量は計測されていないが、餌料動物の現存量以上であることから、その最小値を示した。

播磨灘においてマスタープランの実施に伴い増加した環境生物は海藻草類 726 t、付着生物（設置構造物への付着量）696t、底生生物 22t、葉上動物 3t であった。内訳は、海藻草類はカジメ・クロメ類が約 90%を占め、次いでアマモが約 10%であった。付着生物は約 70%をフジツボが占めていた。底生生物は貝類が 40%を占め、次いで多毛類が 25%であった。葉上動物は 90%を軟甲類が占め、残りの 10%は多毛類であった。



図VI. 1. 20 各海域の増加環境生物の分類群組成(播磨灘)

播磨灘ではマスタープランの実施により増加した餌料生物により、マコガレイ 14 t、メバル 1 t の漁獲増が見込まれる。また、灘全体における魚体重の増加量は 175 t と見込まれる。こうした漁獲増等により見込まれる総便益（30 年間）は、それぞれ 200 百万円、8 百万円、132 百万円と試算される。さらに、全ての環境生物が吸収する窒素量は 16 t であり、下水処理場の処理費用に換算すると、386 百万円に相当する。

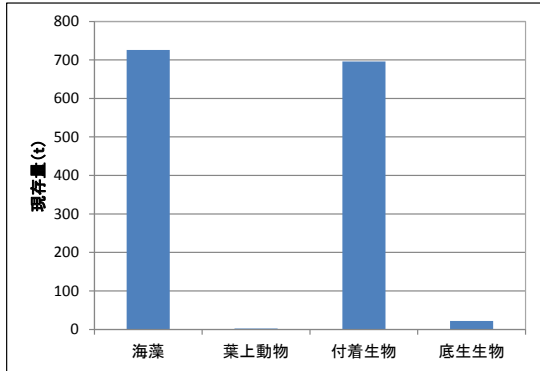


図 VI. 1. 21 マスタープランによる環境生物の増加量（現存量）

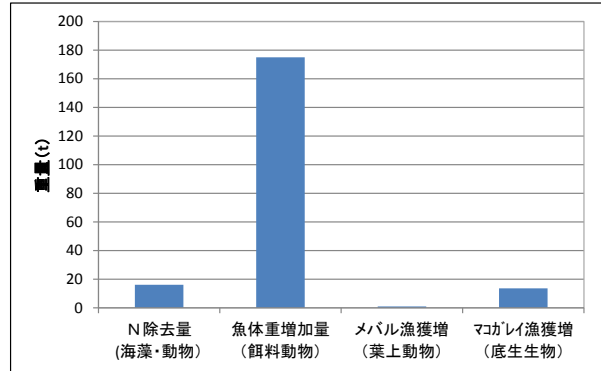


図 VI. 1. 22 漁業資源以外の生物による事業効果（数量ベース：年）

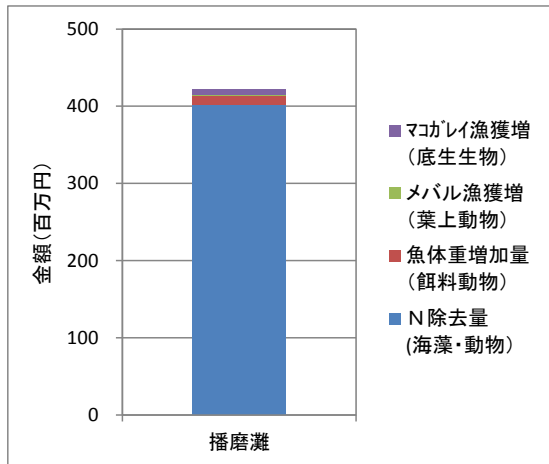


図 VI. 1. 23 漁業資源以外の生物による事業効果（年間便益額）

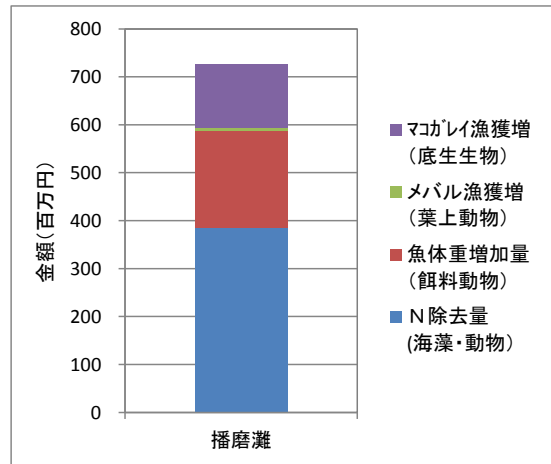


図 VI. 1. 24 漁業資源以外の生物による事業効果（30年間便益額）

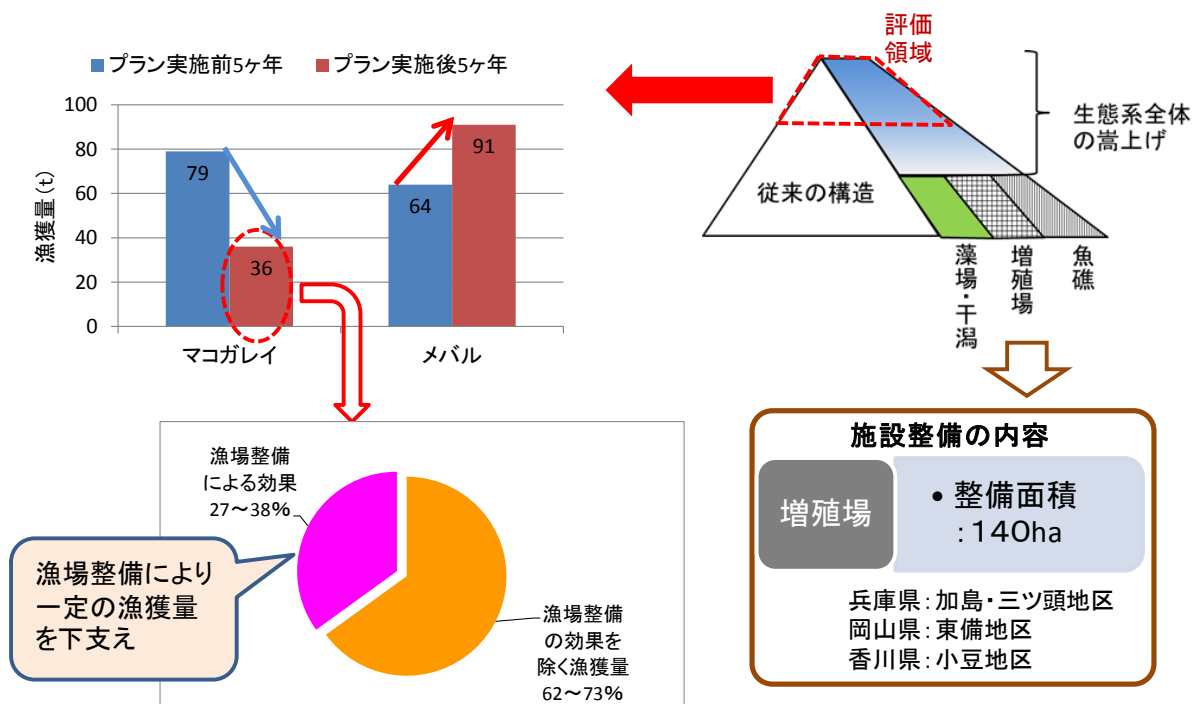
⑤まとめ

<漁業資源>

a 漁獲量及びC P U E

灘全体の漁獲量に着目すると指標種のマコガレイについては、マスタープラン実施後も減少傾向を示していた。増殖場と一般海域の稚魚の密度差で灘全体の期待漁獲量を推定したところ、約 10 t、餌生物量から期待漁獲量を推定したところ約 14 t であり、これらは灘全体の平均漁獲量 36 t の 27～38% に相当し、漁獲の一部を支えていることが示唆された。また、C P U E (1 日 1 隻あたりの漁獲量) はマスタープラン実施後減少傾向が緩和しており、一定の成果と判断された。

一方、メバル類については、マスタープラン実施後、増加傾向に転じた。また、C P U E に着目すると、マスタープラン実施前後でマコガレイは減少傾向から横這いに転じ、メバル類は増加傾向が維持されていた。

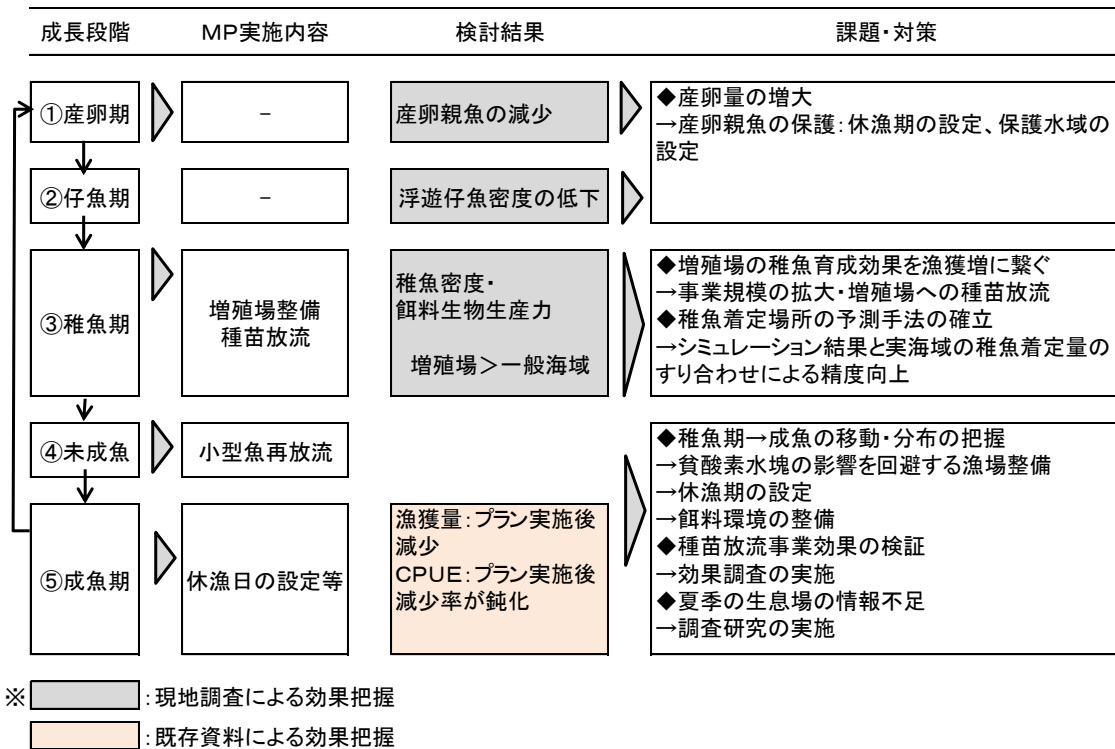


図VI. 1. 25 対象種の漁獲量から見た評価

b 生活史に対応した漁場整備の効果検証

マコガレイ: マスタープランによって整備した増殖場においては、稚魚密度が高く、餌料生物量も多いことから、漁場整備の効果が表れている。増殖場整備の効果は稚魚期を中心に表れているが、海域全体の漁獲増に結びつくまでには、至っていない。

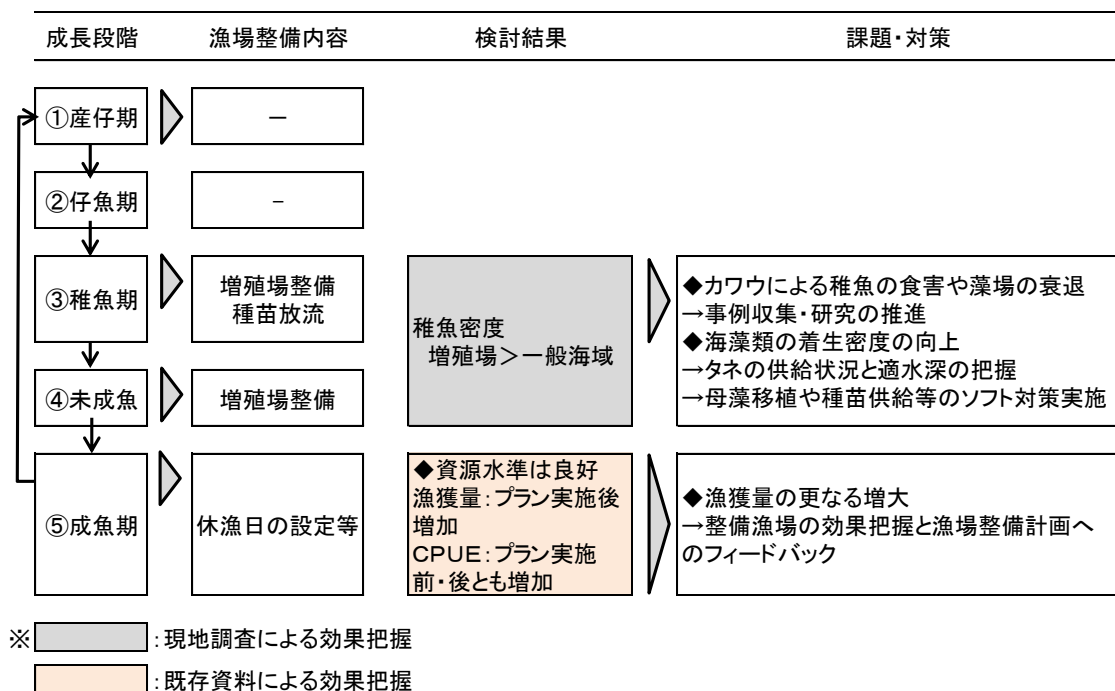
本調査をふまえ、マコガレイの成長段階に応じた今後の対応策を図VI. 1. 26 に示す。今後、未成魚～成魚期の増加を促すため、調査研究 (移動・分散の把握)、施設整備 (貧酸素水塊の回避、餌料供給)、資源管理等の連携により、資源増大を図る必要がある。



図VI.1.26 マコガレイの成長段階別の検討結果と今後の課題・対策

メバル: マスタープランによって整備した増殖場において稚魚密度は、天然藻場と遜色なく育成場としての機能が発揮されていた。

本調査をふまえ、マコガレイの成長段階に応じた今後の対応策を図VI.1.27に示す。資源量の増大効果を維持するために、海藻類の着生密度の向上や、施設整備（藻場造成、餌料培養）、資源管理の連携により資源を維持することが重要である。



図VI.1.27 メバル類の成長段階別の検討結果と今後の課題・対策

＜漁業資源以外の生物＞

マスタープラン実施後、施設整備によって当海域では海藻草類、付着生物、底生生物、葉上動物の現存量がそれぞれ、726 t、696 t、22 t、3 t 増加した（生産量ベースでは、それぞれ、871t、2088t、66t、9t）。これら生物を魚類が捕食すると仮定した場合に、魚類の増加量は、約 175 t、マコガレイ 14 t、メバル 1 t と試算され、これらを貨幣化（30 年間便益）すると、340 百万円となり、海域全体の生産力の増大に貢献していることが示唆された。海藻草類、付着生物、底生生物、葉上動物に吸収されるN量を算出したところ、16 t の水質浄化効果が見込まれ、これらを下水道の処理費用で貨幣化（30 年間便益）すると 386 百万円となり、生物生産を通じた物質循環の活性化に貢献していることが示唆された。稚魚の隠れ場、葉上動物の生産基盤として重要な藻場が減少しており、その補填は重要課題と考えられる。

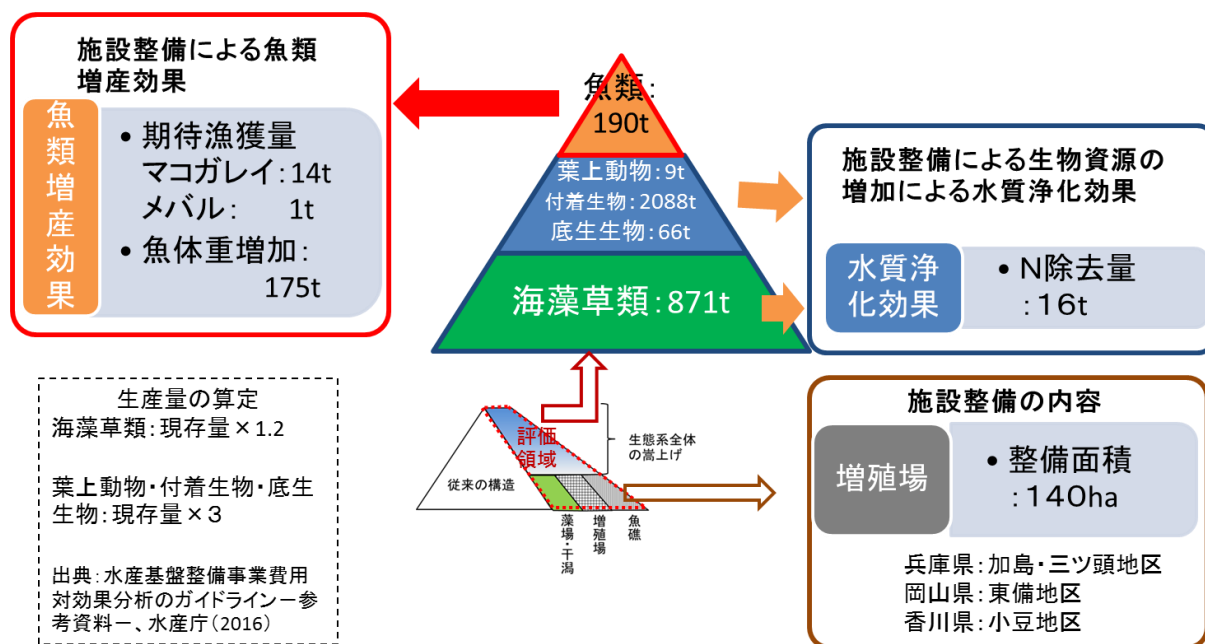


図 VI. 1. 28 海域全体の生産力の底上げ効果

(2) 本州日本海北部

① プランの概要

関係県 : 青森県、秋田県、山形県

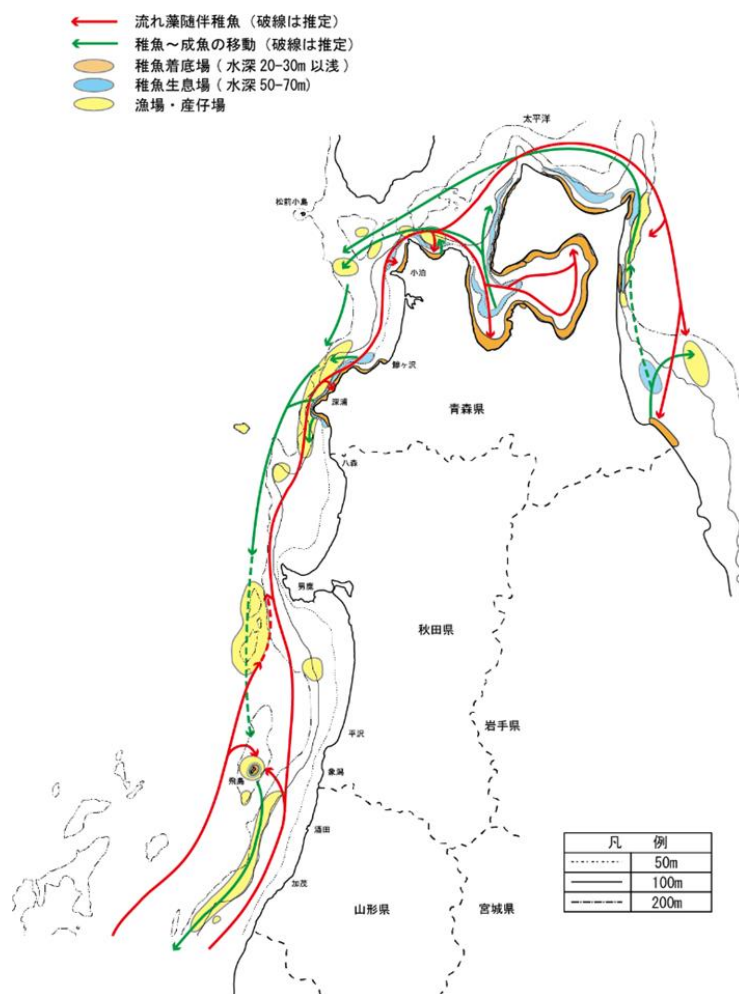
プラン開始年 : 平成25年

対象魚種 : ウスメバル (指標種)、ハタハタ (指標種)、ヤリイカ、イワガキ等

指標種のウスメバル及びハタハタの生活史は図VI.1.29～30に示すとおりである。また、それらの種の生活史に対応した対策の内容を表VI.1.7～8に示す。

表VI.1.7 ウスメバルの生活史に対応した課題と対策

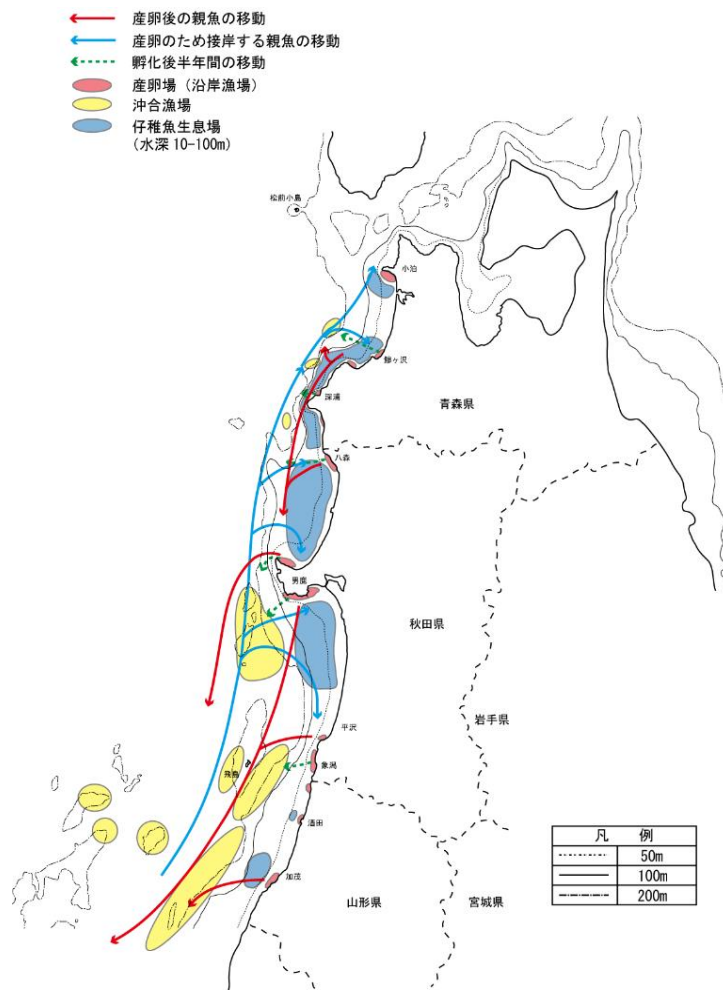
場 所	課 題	対 策
産仔期	産仔場の不足	産仔水深帯への魚礁整備
仔魚期	—	—
稚魚・幼魚期	生息環境の不足	流れ藻の供給 藻場造成 着底後の育成場の整備 沿岸域の環境保全
未成魚・成魚期	生息環境の不足	魚礁を整備 漁場や生息場を拡大



図VI.1.29 ウスメバルの生活史

表VI.1.8 ハタハタの生活史に対応した対策

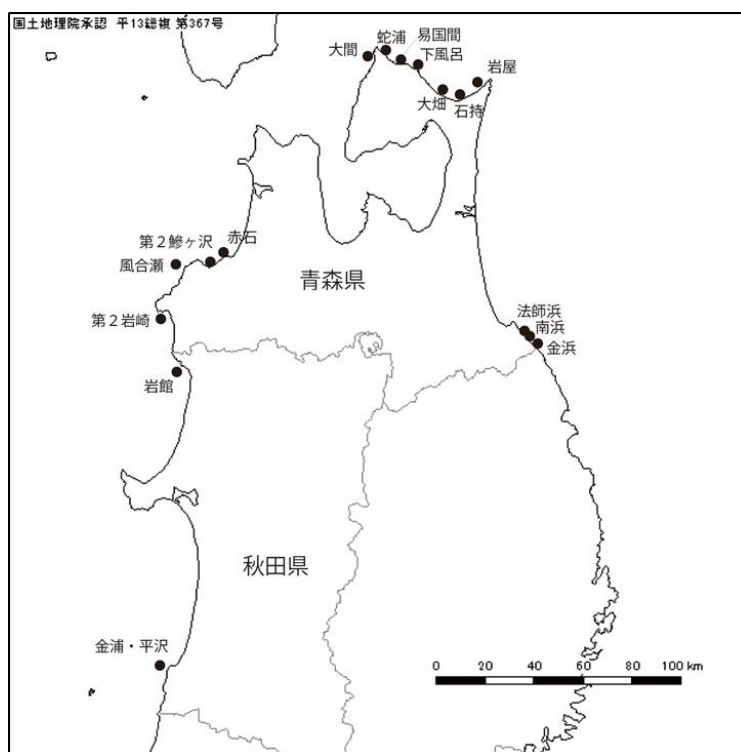
場所	課題	対策
産卵期	産卵場（藻場）の減少	既存の産卵場の保全藻場造成
仔魚期	ふ化仔魚の生残率向上	育成場の整備
稚魚期	稚魚期の生残率向上	育成場の整備 沿岸域の環境保全
幼魚 未成魚期	—	—
成魚期	不安定な生残率	ソフト施策との連携による 親魚量の確保



図VI.1.30 ハタハタの生活史

表VI.1.9 漁場整備に関する事業

海域	県	施設	計画数量	対象魚種
日本海	青森県	増殖場	32ha	ハタハタ、ウスメバル、ヤリイカ、 ヒラメ、カレイ類等
			未定 ha	
		魚礁	60453 空 m3	
			未定空 m3	
	秋田県	増殖場	164ha	ハタハタ、マダイ、イワガキ、アワビ等
		魚礁	5000 空 m3	
山形県	増殖場	未定 ha	イワガキ、ハタハタ	
	魚礁	未定空 m3		
津軽海峡	青森県	増殖場	25ha	ウスメバル、ヒラメ、カレイ類、 ソイ類、タイ類等
			未定 ha	
		魚礁	109126 空 m3	
			未定空 m3	
陸奥湾	青森県	増殖場	56ha	ウスメバル、マコガレイ、 ナマコ等
		未定 ha		
太平洋	青森県	増殖場	66ha	ウスメバル、ヤリイカ、ヒラメ、 ソイ類、アイナメ、アワビ等
			未定 ha	
		魚礁	98326 空 m3	
			未定空 m3	



図VI.1.31 漁場整備箇所及びモニタリング地点


<目標達成のための連携事業>

漁場整備とあわせて、種苗放流や資源管理、環境保全の取組を一体的に実施している。

種苗放流


地域	魚種	放流サイズ	放流尾数	備考
3県	ウスメバル	80-120mm	5万尾	-
	ハタハタ	卵放流	-	-
秋田県	ハタハタ	25mm	27万尾	H21
		23mm	73万尾	H22
		-	50万尾	H23

ウスメバル



写真提供: 青森県

ハタハタ




写真提供: 秋田県

ブリコ(卵塊)のふ化カゴ詰め

水産多面的機能発揮対策（沿岸域の環境保全）

地域	活動団体数	活動内容
青森県	14	<ul style="list-style-type: none"> ウニ密度管理、 岩盤清掃、耕うん 藻場造成 生物移植、モニタリング
秋田県	1	<ul style="list-style-type: none"> 浮遊、堆積物の除去
山形県	7	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤清掃 藻場造成 藻場、干潟、ヨシ帯保全等


ウニ駆除



資源管理（小型魚再放流、体長制限等）

地域	魚種	実施内容							
		小型魚等再放流	体長制限	漁獲量制限	漁具制限	漁期・時間制限	保護区域設定	卵の保護、流通規制	休漁
青森県	ウスメバル	●			●	●			●
	ハタハタ	●					●	●	●
	ヤリイカ	●							●
秋田県	ウスメバル					●	●		
	ハタハタ	●		●	●	●	●	●	
	イワガキ			●		●			
山形県	ウスメバル				●	●			
	ハタハタ	●	●	●	●				
	イワガキ		●	●		●			●

未来につなぐ資源管理 2016

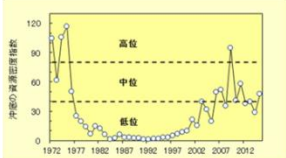


青森県農林水産部水産局水産振興課
(地産)青森県産業技術センター水産総合研究所

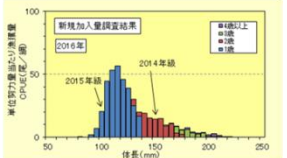
写真提供: 青森県

ハタハタ資源評価

2015年の資源密度指数は47.7で中位の値であるとともに、2015年の漁獲量は2,998トンで低位と中位の境の参考値とした3,000トンとほぼ同値であったことから、資源水準は中位と判断した。直近5年(2011~2015年)の資源密度指数から動向は横ばいと判断した。新規加入量調査の結果から、2017年に漁獲の主体となる2014年級と2015年級の豊度は低いと推察された。



資源密度指数の動向



新規加入量調査結果

動向 水準

→ 高水準

→ 中位

→ 低水準

横ばい

出典: 水産庁

図VI.1.32 連携内容

②プランの基本方針

本計画の対象魚種であるウスメバルとハタハタはいずれも、産卵もしくは初期生活を浅海の藻場や岩礁域で行うが、砂浜海岸の卓越する本州日本海北部においては、このような場所に乏しいため、産卵場、育成場を拡大して、それらが有機的に連携する水産環境を整備する。

【日本海】

- ・藻場造成によりハタハタ産卵場を造成するとともに、流れ藻量を増加させ、ウスメバル稚魚の初期減耗を提言させる。
- ・ウスメバル稚魚の着定後の育成場を整備する。

【陸奥湾】

- ・減少傾向にある藻場を造成し、稚魚の着定場・育成場を拡大する。

【津軽海峡・太平洋】

- ・日本海及び陸奥湾から流れ藻に随伴して回遊するウスメバル幼稚魚の生息場を整備する。

③プランにより見込まれる効果

藻場造成により基礎生産力を高めるとともに水産生物の再生産の前提である産卵場を整備し、さらには、育成場の整備により初期減耗を抑制し、生産力の向上が期待される。さらに、種苗放流等による資源添加及び漁業者等が実施する資源管理、環境保全の取組によって当海域における水産生物の資源量が増大すると考えられる。

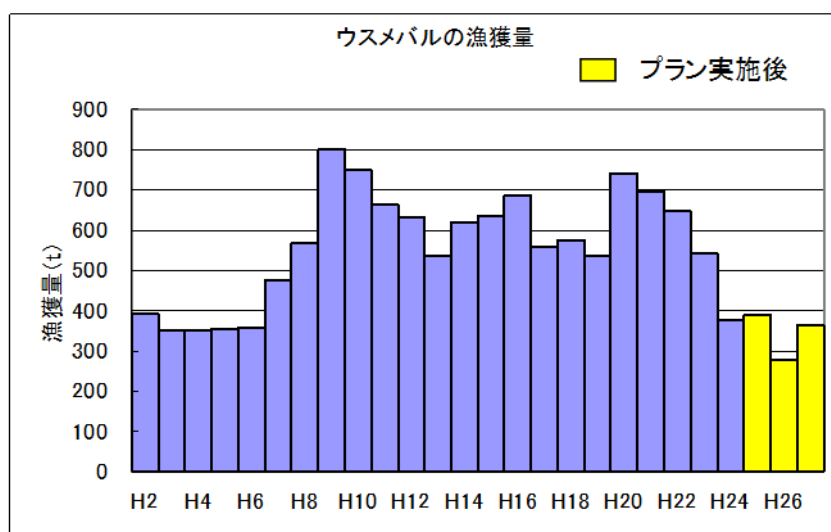
また、複数県がプランに沿った取組を実施していく過程で、協議会等を通じて、海域環境や水産生物等の新たな情報を共有することが期待される。

④事業効果の検証結果

<漁業資源>

a ウスメバル

漁獲量は300～800 tの間で変動している。平成21年以降、漁獲量が減少しており、プラン実施後も増加に転じていないが、本種の漁獲開始年齢が3才と高いこともあり、事業効果の確認には時間が必要と考えられる。



図VI.1.33 ウスメバル漁獲量

b ハタハタ

昭和 50 年代に激減した漁獲量は資源管理により増加に転じたが、5 千トンを超えるまでには至っていない。秋田県の増殖場では産卵が確認されており、以下の結果となっている。

表 VI. 1. 10 増殖場産卵調査結果

調査年月：平成27年1月

増殖場	岩館小入川		平沢
	①	②	
卵塊数(塊)	176	200	38
卵塊密度(塊/m ²)	1.9	2.4	0.4
卵塊付着率(%)	9	68	12
藻体1本あたり卵塊数	1.5	4.0	1.2

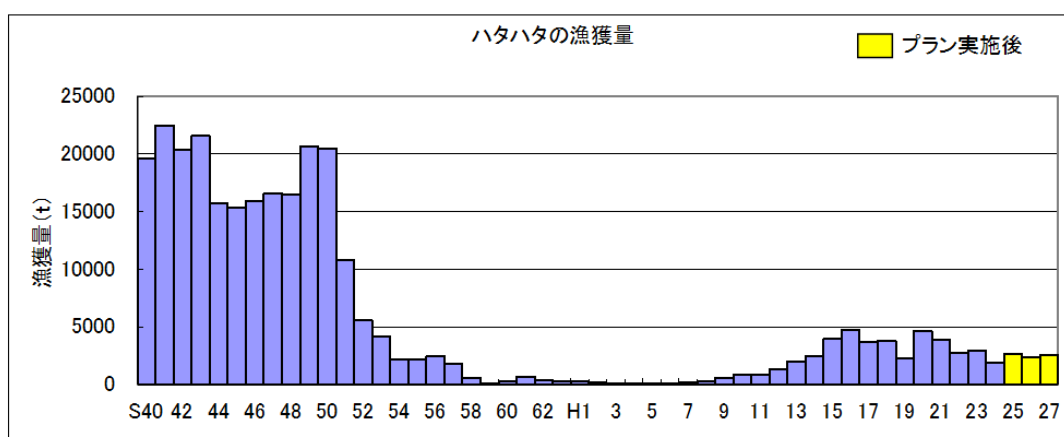


図 VI. 1. 34 ハタハタ漁獲量

< 漁業資源以外の生物 >

マスタープランの実施により増加した漁業資源以外の生物（以下、環境生物と称する）がもたらす海域生産力の底上げ効果を算定した。

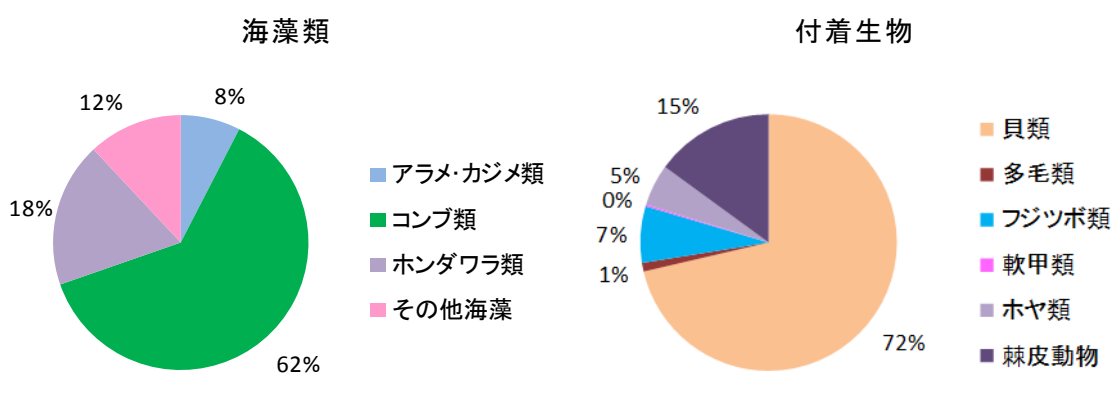
計算の手順は以下のとおりである。

- 1) モニタリング調査における現存量の計測結果に事業面積を乗じ、事業による増加現存量を求めた。
- 2) 生物生産の回転率を考慮して各種生物の年間生産量を求めた。
- 3) 各種生産物の単位重量当たり事業効果を乗じ、海域全体の底上げ量を算定した。

本州日本海北部海域において、マスタープランの実施に伴い増加した環境生物（漁業資源以外の生物）は海藻類（施設藻場）213 t、付着生物（設置構造物への付着量）295 t であった。内訳は、海藻類はコンブ類が約 60% を占め、次いでホンダワラ類が約 20% であった。付着生物は貝類が約 70% を占め、次いで棘皮動物が 15% であった。

表VI.1.10 本州日本海北部における環境生物増加量のモニタリング結果

項目	県	地区	増加現存量(t)	
			全量	餌料動物
海藻	青森	第2岩崎	7.7	
		赤石	60.9	
		風合瀬	0.2	
		第2鱒ヶ浦	64.2	
		大間	6.2	
		蛇浦	3.7	
		易国間	8.5	
		下風呂	4.1	
		大畑	6.5	
		石持	12.9	
		岩屋	17.1	
		法師浜	2.2	
		南浜	3.1	
		金浜	3	
		秋田	岩館	5.7
	平沢		4.0	
	金浦		2.7	
計			212.7	
付着生物	青森	第2岩崎	22.8	22.8
		赤石	43.1	43.1
		風合瀬	42.6	42.6
		第2鱒ヶ浦	8.6	8.6
		大間	0.5	0.4
		蛇浦	1.1	0.8
		易国間	0.4	0.3
		下風呂	0.4	0.3
		大畑	1.6	1.2
		石持	0.2	0.2
		岩屋	1.9	1.4
		法師浜	0	0
		南浜	0.5	0.5
		金浜	0	0
		秋田	岩館	10.8
	平沢		108.9	108.2
	金浦		51.5	51.2
計			294.8	292.3



図VI.1.35 各海域の増加環境生物の分類群組成(本州日本海北部)

環境生物の増加によってもたらされる事業の効果はN除去量（全ての環境生物によるNの同化量）6.5 t、魚体重増加量（付着餌料の魚体重への転換量）76 tと試算された。また、30年間の便益を計算するとN除去量（下水処理場の処理費用に換算）160 百万円、魚体重増加量（平均魚価に換算）100 百万円で、合計 260 百万円であった。

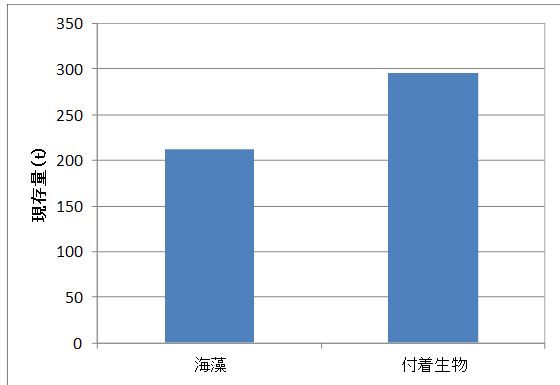


図 VI. 1. 36 マスタープランによる環境生物の増加量（現存量）

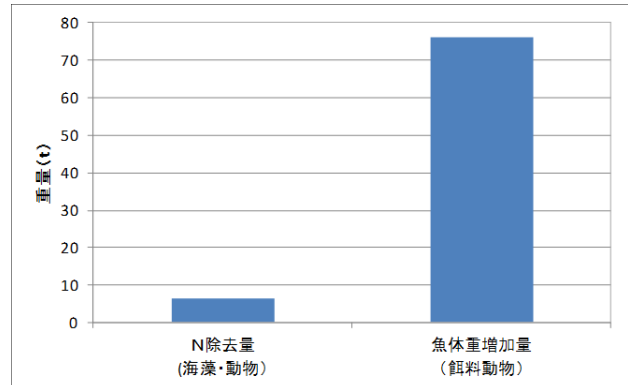


図 VI. 1. 37 漁業資源以外の生物による事業効果（数量ベース：年）

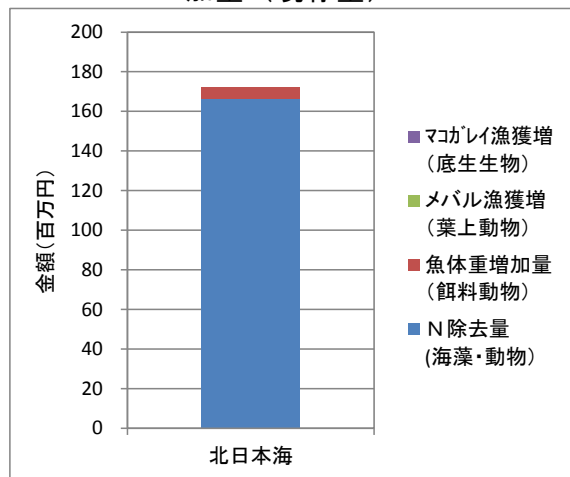


図 VI. 1. 38 漁業資源以外の生物による事業効果（年間便益額）

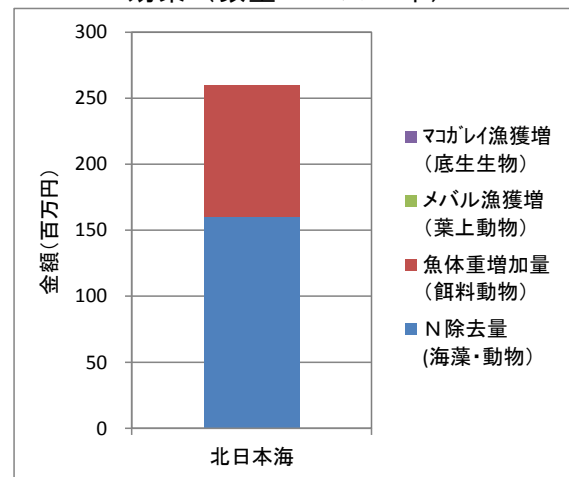


図 VI. 1. 39 漁業資源以外の生物による事業効果（30年間便益額）

⑤まとめ

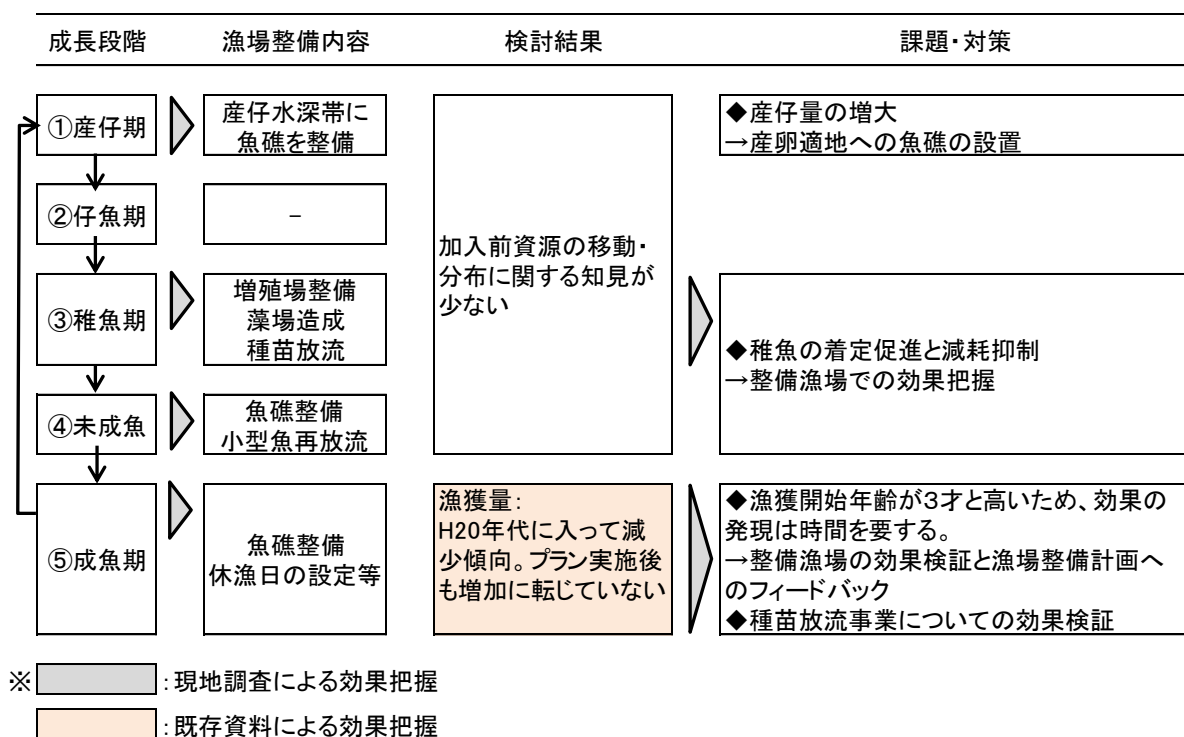
< 漁業資源 >

a 漁獲量及びCPUE

海域全体の漁獲量に着目すると指標種のウスメバルについては、マスタープラン実施後も漁獲量は増加に転じていないが、これには本種の漁獲開始年齢が3歳と高いことも関係していると思われる。また、ハタハタについては、マスタープランによって整備した秋田県の増殖場においてはハタハタの産卵が確認されている。漁獲量は青森県や山形県で微増しているが、海域漁獲量の過半を占める秋田県では、増加に転じていない。また、本種の資源評価結果では平成24年以降低位水準であることも起因していると推察される。

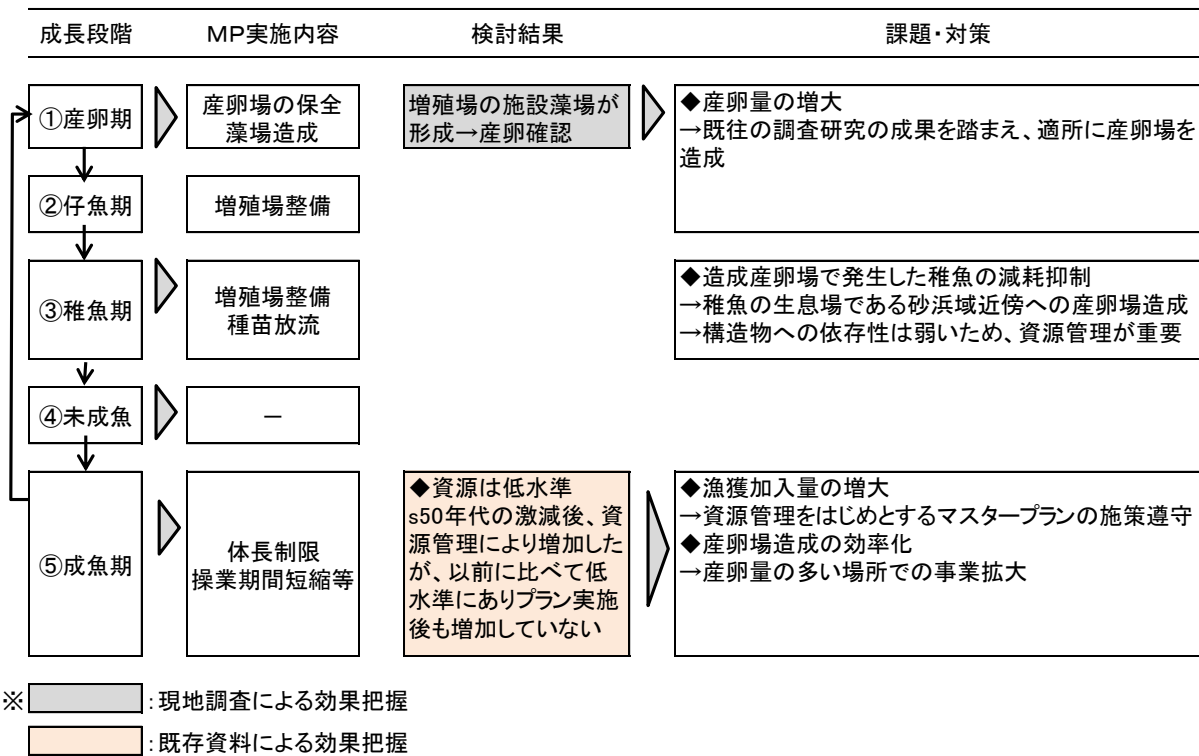
b 生活史に対応した漁場整備の効果検証

ウスメバル：本調査では、実施していないものの増殖場における稚魚の着底密度や魚礁での蛸集状況を把握することにより、事業効果を検証していく必要がある。ウスメバルの成長段階に応じた今後の対応策を図VI.1.40に示す。



図VI.1.40 ウスメバルの成長段階別の検討結果と今後の課題・対策

ハタハタ：同様に、本調査では、実施していないものの増殖場（藻場造成）による産卵量の把握により事業効果を検証していく必要がある。ハタハタの成長段階に応じた今後の対応策を図VI.1.41に示す。



図VI.1.41 ハタハタの成長段階別の検討結果と今後の課題・対策

< 漁業資源以外の効果 >

マスタープラン実施後、施設整備によって当海域では海藻類、付着生物の現存量がそれぞれ、213 t、295 t 増加した。これら生物を捕食することによる魚類の成長量は約 76 t と試算され、これらを貨幣化（30 年間便益）すると、100 百万円となり、海域全体の生産力の増大に貢献していることが示唆された。海藻草類、付着生物、底生生物、葉上動物に吸収されるN量を算出したところ、6.5 t の水質浄化効果と試算され、これらを下水道の処理費用で貨幣化すると 160 百万円となり、生物生産を通じた物質循環の活性化に一定の貢献をしていることが示唆された。

VI. 2 気候変動に対応した漁場整備方策の検討

(1) 全国的な動向把握

海面水温、海面水位、水温上昇等に伴う生物の影響(藻場・干潟・珊瑚・魚類)について、既存知見・情報を収集し、現状および将来予測について整理し、ガイドラインに反映させた。

(2) モデル地域におけるケーススタディ

暖水性魚種のキジハタは水温 12℃以下で殆ど摂餌を停止するとされ、温暖化による冬季水温の上昇が、キジハタの栄養補給を活発にし、成長、生残面での向上が期待されることから、山口県油谷湾において、キジハタを対象として現地調査を実施し、その成果を気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドラインに反映させた。

(3) ガイドライン

「(1) 全国的な動向把握」「(2) モデル地域におけるケーススタディ」の成果を用い、気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドラインを作成した。目次構成は下記のとおりとし、以下、ガイドラインの概要についてとりまとめた。

目 次

1. はじめに	1
(1) 背景	1
(2) 漁場整備方策の基本的考え方	2
2. 現状分析及び将来予測	4
2.1 海面水温	4
2.2 海面水位	7
2.3 酸性化	8
2.4 クロロフィル	9
2.5 台風・低気圧災害の激甚化	11
2.6 水温上昇等に伴う生物への影響	13
(1) 藻場	14
① 現況	14
② 将来予測	27
(2) 干潟	30
① 現況	30
② 将来予測	30
(3) サンゴ	33
① 現況	33
② 将来予測	39
(4) 魚類	41
① 現況	41
② 将来予測	53
3. 気候変動に対応した漁場整備	59
3.1 漁場整備で対応可能な事項整理	59
(1) 漁場整備の実施手順	59
(2) 対策の留意事項	61
① 対象海域の現況把握	61
② 気候変動の影響評価	62
③ 目標の設定と合意形成	63
(3) 対策（保全策・適応策）の検討	64
3.2 整備内容に応じた対応策	66
(1) 藻場	66
(2) 干潟	75
(3) サンゴ	79
(4) 魚礁・増殖場	84
① 浮魚礁	84
② 沈設魚礁	86
(5) ICT の活用	94
4. 参考資料	100

1. はじめに

(1) 背景

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書（2014）¹によれば、温室効果ガスの削減を進めても世界の平均気温が上昇すると予測されている。このため、気候変動の影響に対処するため、温室効果ガスの排出の抑制等を行う「緩和」だけでなく、すでに現れている影響や中長期的に避けられない影響に対して「適応」を進めることが求められている。

我が国においても、平成27年3月に中央環境審議会は気候変動影響評価報告書を取りまとめ（意見具申）^{2,3}我が国の気候変動の現状と将来予測を行っている。これを受けて、気候変動による様々な影響に対し、政府全体で整合のとれた取組を総合的かつ計画的に推進するため、「気候変動の影響への適応計画」⁴が平成27年11月に閣議決定された。

関係府省庁においては、これまで、気候変動に係る調査研究の結果を踏まえつつ、適応に関する検討を行っており、気候変動影響評価報告書等を踏まえて、政府の適応計画に反映するため、気候変動の影響が生じている又は生じるおそれがある主要な分野において適応に関するあり方を取りまとめた。農林水産省では、平成26年4月に農林水産省気候変動適応計画推進本部を設置し、平成27年8月に農林水産省気候変動適応計画をとりまとめた。この中で、水産分野における影響評価では、①回遊性魚介類において日本周辺での分布域や産卵域が変化していることや、②増養殖等において水温上昇により、海面養殖が不適になる海域の増加や、③高潮・高波のリスク増加による被害の増大が挙げられている。また、これらの将来の影響予測を踏まえた適応計画の策定として、水産業では、①海面漁業、②海面養殖業、③内水面漁業・養殖業、④造成漁場、⑤漁港・漁村の適応計画を策定している。このうち造成漁場においては、海生生物の分布域の変化に対応した漁場整備を行うこととしている。

本ガイドラインでは、上記の背景を踏まえて、造成漁場において気候変動に対応した漁場整備方策に関する具体的な適応計画を整理してガイドラインとしてとりまとめるものである。

¹ IPCC 第5次評価報告書の概要－統合報告書－、環境省（2015）

² 日本における気候変動による影響に関する報告と今後の課題について、中央環境審議会 地球環境部会（2015.3）

³ 日本における気候変動による影響に関する評価報告書、中央環境審議会 地球環境部会・気候変動影響評価等小委員会（2015.3）

⁴ 気候変動の影響への適応計画（2015.11）



図 1.1 緩和と適応の関係⁵

(2) 漁場整備方策の基本的考え方

気候変動に伴う海水温上昇等の海洋環境の変化は、我が国周辺海域の海洋生態系や水産業に対して大きな影響を与えることが懸念されている。こうした中で、これまで報告されている海水温上昇等に起因する水産業への影響については、「漁業被害」という捉え方と「漁海況の変化」に区分される。前者についてはこれまでの漁業対象種となっている種を守る視点であり、後者については、新たに加入する種を育てる視点に区分される。また、前者に対応した対策としては、被害を最小化するための方策と捉えることができ、本ビジョンでは、「保全策」と呼ぶ。一方、後者については変化を受け入れた対策と捉えることができ、本ビジョンでは「適応策」と呼ぶ。

本ガイドラインで取り扱う気候変動に対応した漁場整備方策としては、両者の視点に立ち、互いに補完しながら各地域で生じている諸問題を整理し、今後取り得る適切かつ効果的な漁場整備に関する対策（適応計画）についてとりまとめるものである。

表 1.1 これまで報告されている環境変動と対策（適応計画）の分類

気候変動の水産業における捉え方	気候変動への視点	内容	対策
漁業被害	これまで分布している種を守る	<ul style="list-style-type: none"> ・ウニ類やアイゴ・ブダイ等の植食性魚類の食害による藻場の衰退に対し、食害生物の除去や防除対策 ・藻場の構成種の変化に伴って、減少した種に着目し、高水温耐性種の作出による種の保全 	<保全策> 被害を軽減・最小化するための対策
漁海況の変化	新たに加入する種を育てる	<ul style="list-style-type: none"> ・ウニ類やアイゴ・ブダイ等の植食性魚類の食害生物の利用対策 ・藻場の構成種の変化に伴って、増加した種に着目した増殖対策 	<適応策> 変化に対応した順応的な対策

気候変動に伴う海域環境の変化について、既存資料をレビューした結果、①海水温上昇、②海面水位上昇、③海洋の酸性化、④台風・低気圧災害の激甚化等の項目が挙げられた。このうち、本ガイドラインでは、漁場整備と関連する海域環境の変化として、海水温上昇

⁵ 温暖化から日本を守る 適応への挑戦、環境省（2012）

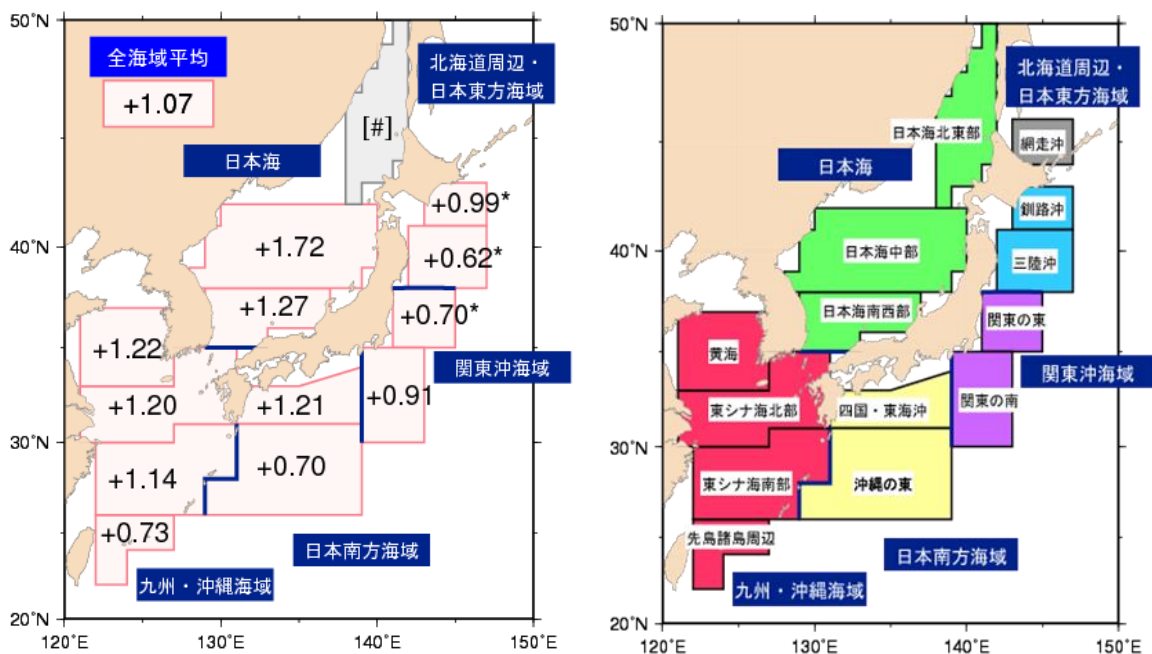
や海面水位上昇等、漁場整備と密接な関係のある項目に着目して、具体的な対策（適応計画）について検討を行うこととした。また、台風・低気圧災害の激甚化に伴う、浅海域の漁場施設の安定性等については、別途取り扱うものとする。

2. 現状分析及び将来予測

2.1 海面水温

(1) 過去～現状

- ・日本近海では、2014年までのおよそ100年間において年平均海面平均水温は1.07°C上昇した。
- ・海域別には、日本海側で1.72°C/100年と最も高い。
- ・季節別には、冬季の上昇幅が最も高く、次いで春、秋季であり、夏季の上昇率は最も低かった。



気象庁：海面水温の長期変化傾向（日本近海）より

図 2.1 日本近海の平均海面水温（年平均）の長期変化傾向（°C/100年）（左図）と海域区分（右図）

(2) 将来の予測

- ・日本付近の海面水温は、長期的に上昇し、21世紀末までの長期変化傾向は、100年あたり、0.6～3.1°C程度の上昇との予測がある。
- ・日本南方海域よりも日本海で上昇幅が大きいとの予測がある。

2.2 海面水位

- ・1901～2010年までの期間で世界平均海面水位は0.19m上昇した。
- ・世界の平均海面水位は21世紀中に上昇し、今世紀末には、0.26～0.82m上昇すると予測されている。
- ・海面水位の変化は、沿岸の藻場・干潟の分布に影響を及ぼすと考えられる。

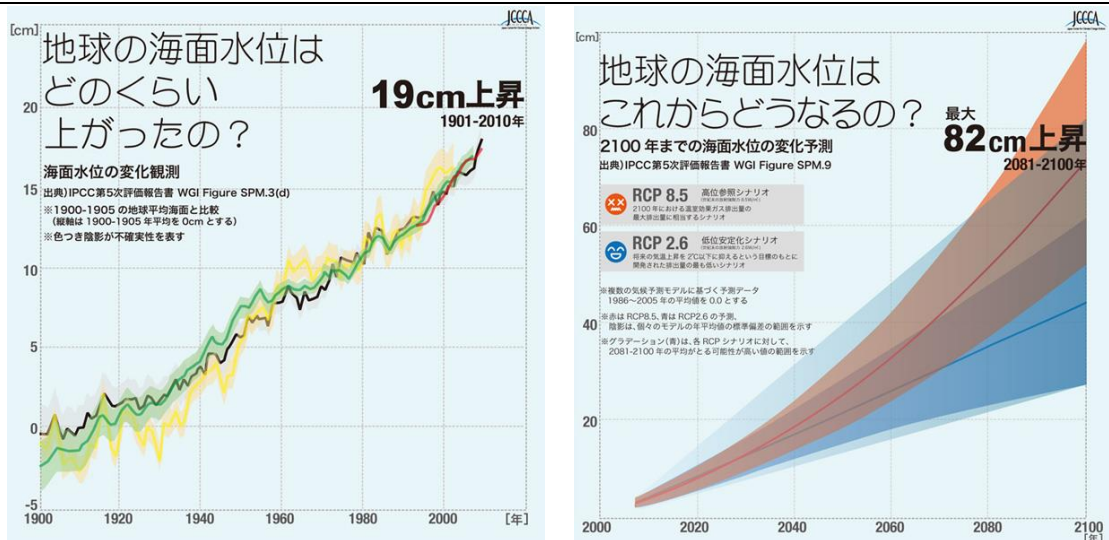


図 2.2 1901 年から 2010 年まで (左図) と 2100 年まで (右図) の海面水位の変化予測

2.3 酸性化

- ・海洋は人為起源の二酸化炭素の約 30% を吸収して、海洋酸性化を引き起こしている。また、海洋の pH は工業化以降、0.1 減少した。
- ・海洋による炭素貯留の増加が、将来において酸性化を進めることがほぼ確実であるとされている。

2.4 クロロフィル濃度

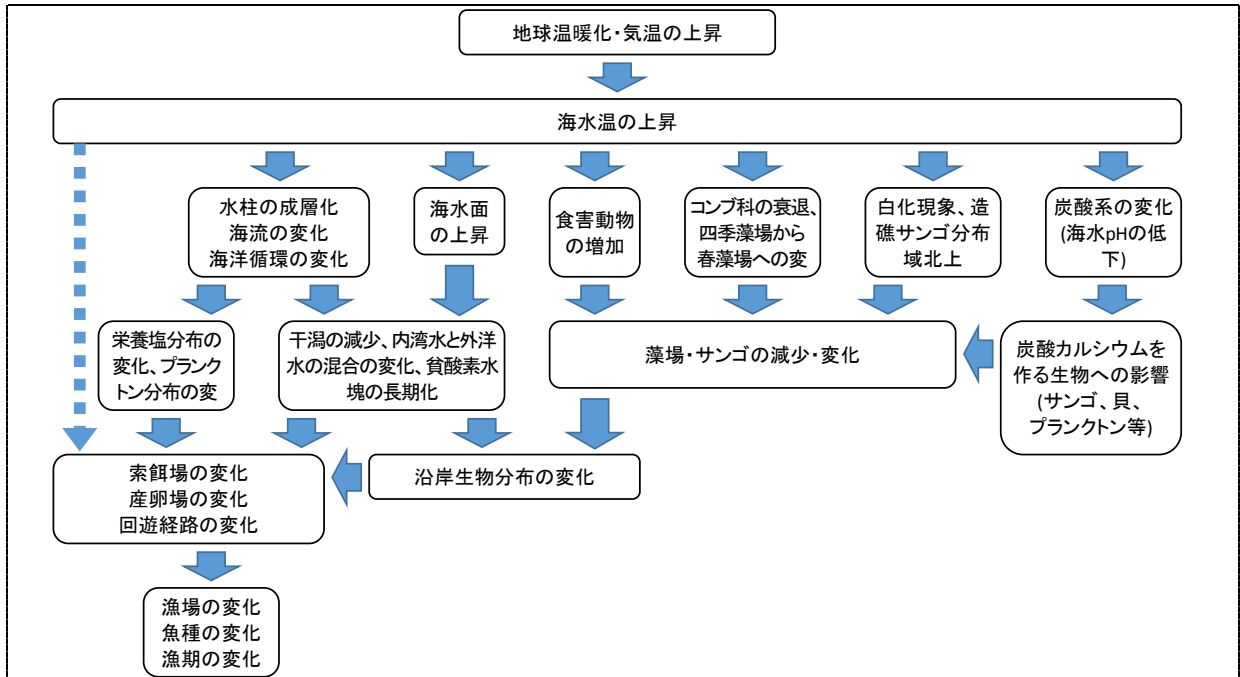
- ・クロロフィル a 濃度は、全海洋で濃度が低下している。原因としては、成層化による栄養塩供給の減少を指摘している。
- ・日本周辺海域でもクロロフィル a 濃度の減少傾向を検出している。特に親潮域と混合水域において植物プランクトンの現存量と一次生産量の減少が始まっている可能性がある。

2.5 台風・低気圧災害の激甚化

- ・台風の発生数・接近数及び「強い」以上の台風発生数や発生割合について長期的な変化はみられない。一方、将来的には強い熱帯低気圧の発生数、最大強度、最大強度時の降水強度は増加すると予測している。
- ・全国的に大雨（日降水量 100mm、200mm）の年間回数が増加する傾向がみられている。日本の降水量は 21 世紀末に概ね 5% 程度増加し、短い時間に降る大雨や強雨も増加する。

2.6 海水温上昇等に伴う生物への影響

- ・海水温上昇等により、沿岸域では、藻場・干潟・サンゴの減少と沿岸生物分布の変化が予測されている。
- ・魚類においては、産卵場・索餌場・回遊経路が変化等により漁場の形成場所や魚種、漁期の変化が予想される。



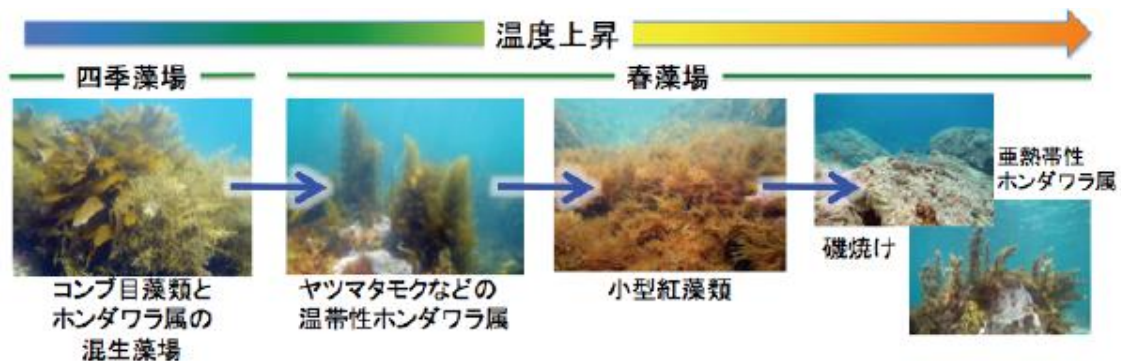
高柳和史 (2009) を改変

図 2.3 海水温上昇による水産生物への様々な影響

(1) 藻場

① 現況

- ・海水温上昇等により、①ウニやアイゴ・ブダイ等の藻食動物による食害の増加による藻場の衰退、②夏季の高水温による海藻草類の枯死、③藻場構成種の変化等の現象がみられる。
- ・藻場の面積が長期的には減少傾向にあるように、日本沿岸の藻場は衰退を続け、かつてなく厳しい状況におかれている。
- ・藻場タイプ別には、アマモ場・ガラモ場は日本全国に分布しており、コンブ場は北海道・東北に、アラメ・カジメ場は本州以南に分布する。
- ・藻場の減少にともなって、藻場を生活史の一部または全部で利用する魚種の漁獲量も減少している。



島袋寛盛 (2015) より

図 2.4 水温上昇に伴う藻場植生の変化

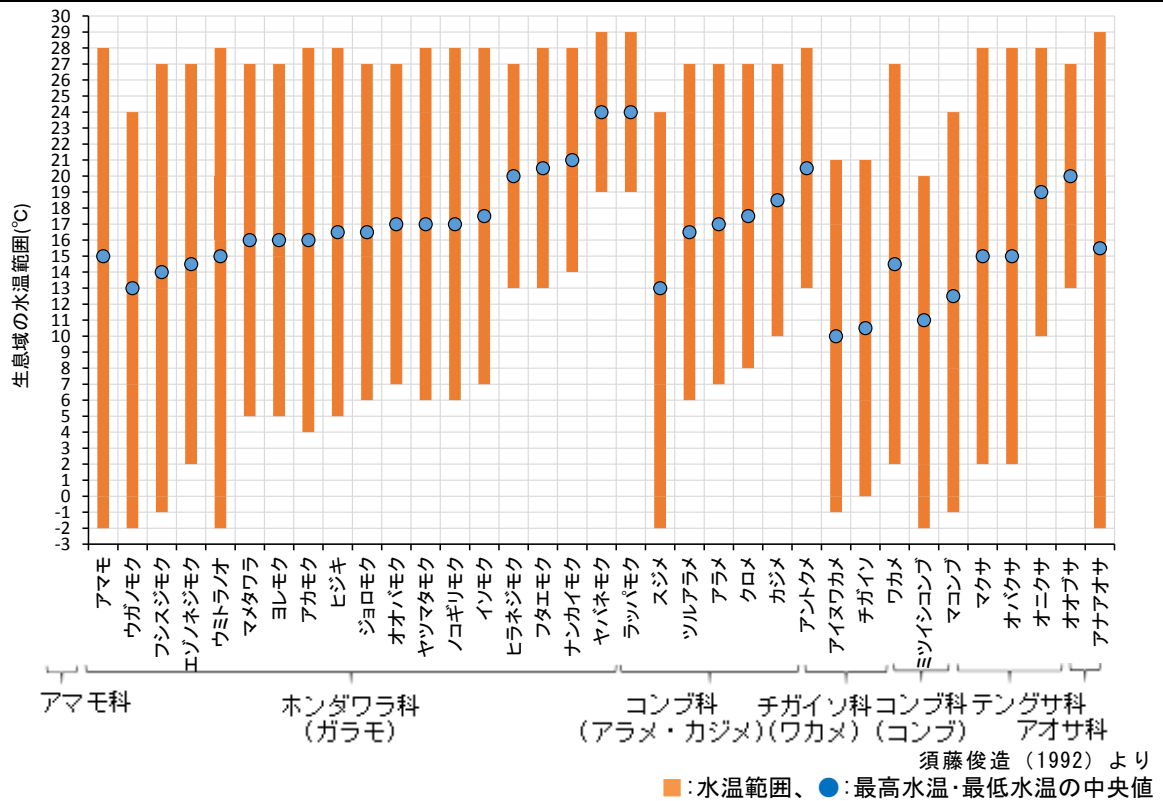


図 2.5 海藻草類の適水温範囲

表 2.1 室内培養による海藻類の高温耐性の試験結果

分類群	生育上限温度(°C)										
	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
ホンダワラ科	ジョロモク	発芽体					●				
		成体				●	●				
	アカモク	発芽体		●			●				
		成体									
	ヒジキ	発芽体						●			
	ホンダワラ	成体				●	●				
	ヤツマタモク	発芽体							●		
		成体						●			
	マメタワラ	発芽体						●	●		
		成体					●	●	●		
	ヨレモク	発芽体						●	●		
		成体						●	●		
	オオバモク	発芽体						●	●		
		成体						●	●		
	ノギリモク	成体					●	●			
トゲモク	成体		●				●				
ヒラネジモク	成体						●				
フンスジモク	発芽体						●				
ウミトラノオ	発芽体							●			
	成体									●	
イソモク	発芽体						●	●			
	成体		●					●			
コンブ目	クロメ	成体			●						
	アラメ	成体				●					
	ヒロメ	幼孢子体	●								
		配偶体			●						
	ワカメ	幼孢子体		●							
	配偶体			●							

出典:

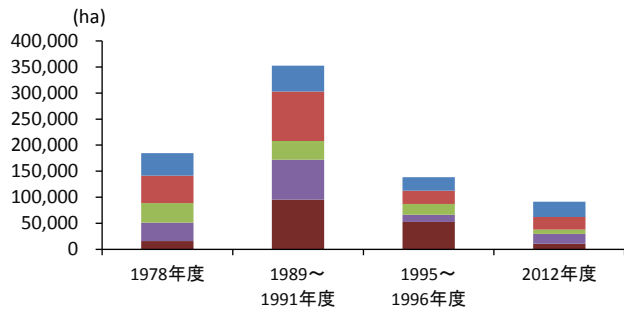
●: 馬場将輔: 新潟県産ホンダワラ類5種の成長と生残に及ぼす温度の影響、海生研報、第19号、53-61、2014

●: 原口展子ほか: 53、7-13、2005)

●: Murase, N. et al., Program & Abstracts, XIXth ISS, 175, 2007

●: Molita, T. et al. M., Phycol. Res., 51, 154-160, 2003

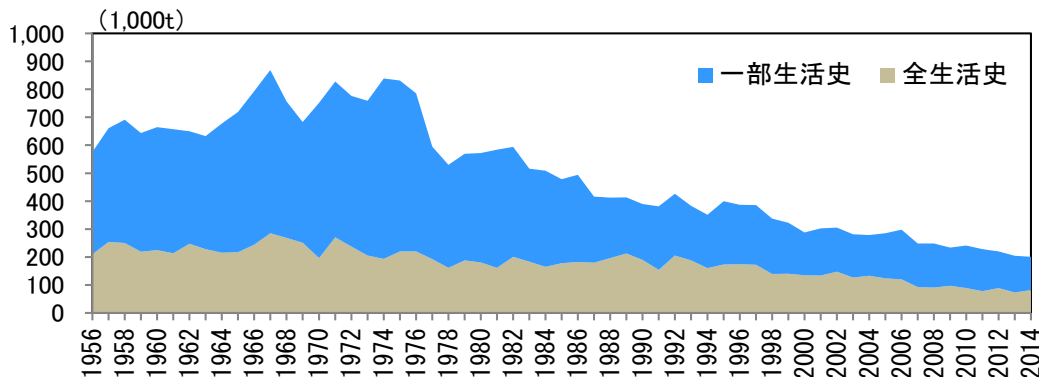
●: Molita, T. et al. M., Phycol. Res., 51, 266-270, 2003



■ アマモ場 ■ ガラモ場 ■ コンブ場 ■ アラメ・カジメ場 ■ その他

注 1. 1996 年度以前：自然環境保全基礎調査（環境省）、2012 年度：日本沿岸藻場再生モニタリング調査（水産庁他）より（調査方法が実施時期により異なるため、面積の単純比較はできないが、いずれも日本全国で調査が行われている）
 注 2. 1995～1996 年度は兵庫県の調査が行われていない

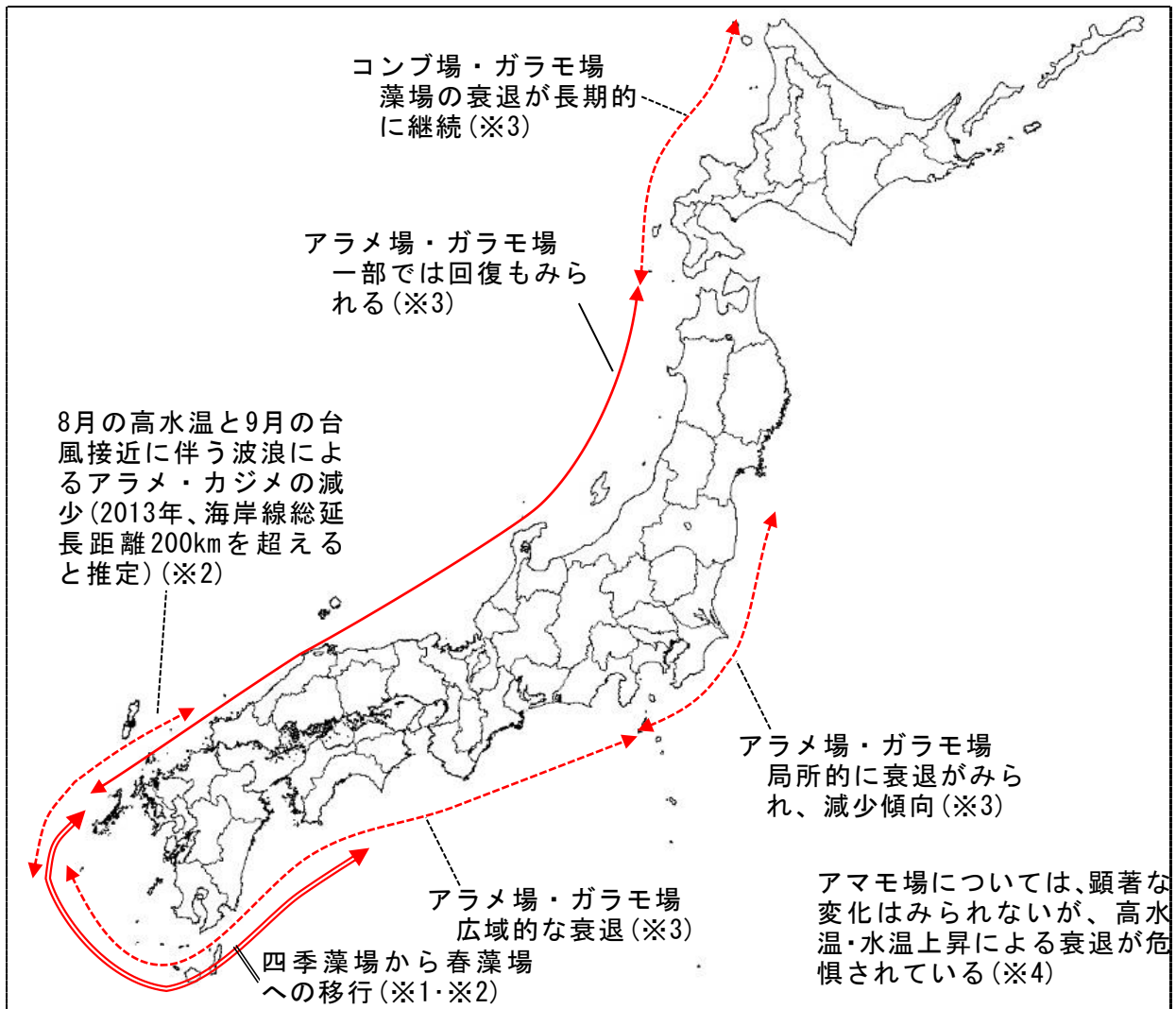
図 2.6 藻場種類別面積の推移 (全国計)



注 1. 一部生活史：コノロ、ニシ、ヒラメ、カレイ類、ハタハタ、ニホ、ガサミ類、アサギ類、エイ類、タイ類、ホラ類、スズキ類、イナゴ、フグ類、他エビ、クルマエビ、その他エビ類、ガサミ類、その他貝類
 全生活史：アヒ類、サザエ、ハマグリ類、アサリ類、ウバガイ、サルウ、ウニ類、ナマコ類、海藻類

農林水産省：海面漁業生産統計資料より

図 2.7 生活史の一部もしくは全部を藻場・干潟(アマモ場含む)に依存する魚類の漁獲量の推移



凡 例

↔	: 高水温・水温上昇により藻場面積に増加のみられる範囲
---↔	: 藻場面積に減少のみられる範囲
⋯↔	: 構成種に変化のみられる範囲

※1 水産総合研究センター;地球温暖化に関する研究情報(2014)、※2 水産庁;改訂 磯焼け対
策ガイドライン(2015)、※3 海洋生物環境研究所;全国沿岸域に分布する藻場の長期的な変遷
-2/2 (2010)、※4 環境省;浅海域生態系調査(藻場調査)報告書(2008)より

図 2.8 近年の藻場の出現状況

② 将来予測

- ・海水温の上昇等により、藻場の種構成が変化し、アワビ等の磯根資源に大きな影響を与える。
- ・水温上昇のシナリオのうち、将来予測(中期~長期)で増加が予想されているのは、北海道におけるアマモ場、太平洋北区におけるガラモ場、アラメ・カジメ場であり、それ以外は横ばい~減少を示している。

表 2.2 水温上昇のシナリオ

No	水温予測	解説	該当年
①	現状予測値（現状）	気象庁の現状予測結果	2003年
②	将来予測値（短期）	①の水温分布に一律1.0℃加算したもの	2037～2074年
③	将来予測値（中期）	気象庁の将来予測結果（気象庁100年後予測値）	2051～2103年
④	将来予測値（長期）	③の水温分布に一律1.5℃加算したもの（長期）	2103年～

水産工学研究所(2004)より

表 2.3 藻場構成種の海域区分での予測・評価

海域区分	都道府県	ユニット 種類 予測時期	藻場構成種																				
			アラメ			カジメ			ウガノモク			ヤツタタモク			ノギリモク			ミツイシコンブ					
			短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期			
北海道	北海道								→	→	→										→	→	→
太平洋北区	青森(太平洋側)、岩手、宮城、福島、茨城		→	→	→	→	→	→										→	→	→	→	→	→
太平洋中区	千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重		→	→	→	→	→	→				→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋南区	和歌山、徳島、高知、宮崎											→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
東シナ海区	福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島、沖縄		→	→	→	→	→	→				→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海北区	青森(日本海側)、秋田、山形、新潟、富山、石川					→	→	→				→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海西区	福井、京都、兵庫(日本海側)、鳥取、島根、山口(日本海側)					→	→	→				→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
瀬戸内海区	大阪、兵庫(瀬戸内海側)、岡山、広島、山口(瀬戸内海側)、香川、愛媛、大分		→	→	→	→	→	→				→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

海域区分	都道府県	ユニット 種類 予測時期	藻場構成種												(海草類)					
			リシリコンブ			ナガコンブ			アマモ			オオアマモ			リュウキュウスガモ					
			短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期			
北海道	北海道		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→						
太平洋北区	青森(太平洋側)、岩手、宮城、福島、茨城								→	→	→	→	→	→						
太平洋中区	千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重								→	→	→	→	→	→						
太平洋南区	和歌山、徳島、高知、宮崎								→	→	→	→	→	→						
東シナ海区	福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島、沖縄								→	→	→	→	→	→	→	→	→			
日本海北区	青森(日本海側)、秋田、山形、新潟、富山、石川								→	→	→	→	→	→						
日本海西区	福井、京都、兵庫(日本海側)、鳥取、島根、山口(日本海側)								→	→	→	→	→	→						
瀬戸内海区	大阪、兵庫(瀬戸内海側)、岡山、広島、山口(瀬戸内海側)、香川、愛媛、大分								→	→	→	→	→	→						

→ : 生産は増加の予想 → : 生産は横ばいの予想 ↘ : 生産は減少の予想

※短期：現状予測に一律1.0℃加算したもの、中期：気象庁100年後予測値、長期：気象庁100年後予測に一律1.5℃加算したもの

水産工学研究所(2004)より

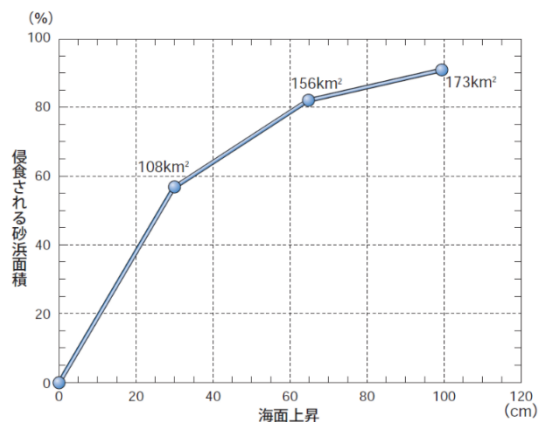
(2) 干潟

① 現況

- 海水温上昇に起因して、夏季の成層化に伴う貧酸素水塊の拡大や長期化やナルトビエイ等の食害生物の増加、台風の巨大化やゲリラ豪雨に伴う淡水化等、漁場環境の悪化や生息適地の不足が挙げられる。

② 将来予測

- 海水温上昇に伴う、海面水位の上昇により、干潟の分布域が縮小・



総合科学技術会議環境担当議員・内閣府政策統括官(2003)より

図 2.9 海面上昇による砂浜の浸食予測

消滅する可能性がある。また、海水温上昇と干潟が縮小・消滅することによる干潟域の生態系への影響が挙げられる。

(3) サンゴ

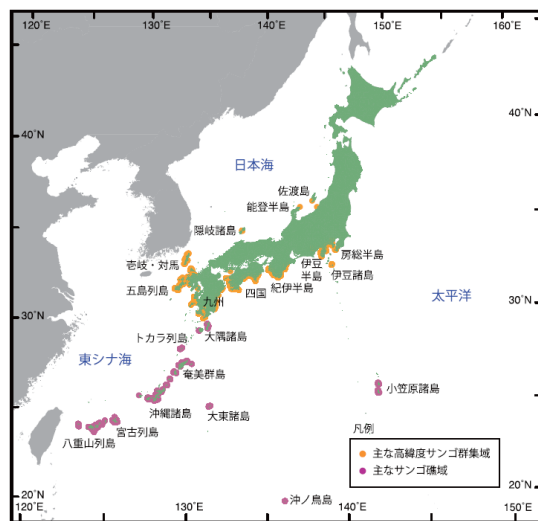
①現況

- ・サンゴ礁は、①地球温暖化による海水温の上昇、酸性化などの地球的規模で起こる要因と、②赤土の流入や海水の富栄養化などの地域的な要因が複合して作用するため、危機的状況にある。
- ・サンゴの種類数は琉球列島から九州、四国、本州に沿って北へ行くほど減少する。
- ・サンゴが積み重なって作る地形であるサンゴ礁の北限は種子島であり、太平洋側では、館山湾、日本海側では金沢周辺海域まで造礁サンゴが確認されている。
- ・近年の造礁サンゴの出現状況を整理すると、九州西岸や本州太平洋側で造礁サンゴの分布域拡大や北上がみられ、一方、沖縄県では高水温による白化が生じている。なお、造礁サンゴの分布域の北上による拡大速度は14km/年に達するとされている。
- ・造礁サンゴの分布面積は1970年代の後半以降、減少している。1995～96年度では、ピーク時に比べて56%減少している。

表 2.4 地域的な要因

ストレス	概要
食害生物の増加	食害動物（オニヒトデやシロレイシガイダマシ類、ブダイなど）の増加によりサンゴの成長が阻害されます。特に、オニヒトデの大発生は広い範囲でサンゴの死滅をもたらします。
サンゴの加入量不足	白化現象や食害により、親サンゴが広範囲に死滅すると、海域の総産卵量が減り、受精の機会が減ってしまうため、幼生が不足し、幼生の加入が難しくなります。
海藻類の増加	海中の富栄養化や植食動物（アイゴ、タカセガイなど）の減少が原因で、海藻や微細藻類が繁茂し、これらが基質を優占すると幼生の加入が阻害されます。
瓦礫の移動によるサンゴの破壊	波によりサンゴ瓦礫が大きく移動する海底では、サンゴ瓦礫が海底を摩擦するため、幼生の加入や成長を阻害したり、破壊したりします。
透明度の低下と浮泥の堆積	汚濁河川水の流入により、濁りが透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと成長が阻害されます。また、浮泥の堆積は、幼生の加入や成長を阻害します。
赤土の流入	赤土の流入は、濁りで透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと、サンゴの成長が阻害されます。また、赤土の堆積は、サンゴのへい死をもたらします。
富栄養化	農地からの肥料や畜産ふん尿、あるいは生活雑排水が流入し、富栄養化となった海中は、基質上には海藻類が繁茂し、幼生の加入や成長を阻害することがあります。また、植物プランクトンが増殖しやすくなり透明度が低下し、サンゴの成長が阻害されます。
過剰な観光利用・乱獲	海水浴やマリンスノーは、故意ではなくとも踏みつけやフィンなどでサンゴを折損・破壊することがあります。また、乱獲による水産生物の減少は、サンゴ礁の生態系に影響を与え、例えば、藻食性魚類が乱獲によって減れば、海藻類が増えて、サンゴが減少することがあります。
サンゴの病気	近年、いろいろなストレスで弱ったサンゴにブラックバンドディゼース（黒帯病＝細菌による壊死）やホワイトシンドローム（サンゴの組織が帯状に白く壊死する病気）などの感染症や腫瘍（骨格形成異常）が広がっています。

水産庁；サンゴ礁保全活動の手引き（2015）より



環境省；サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020 (2014) より
図 2.10 主なサンゴ礁と主な高緯度サンゴ群集の分布

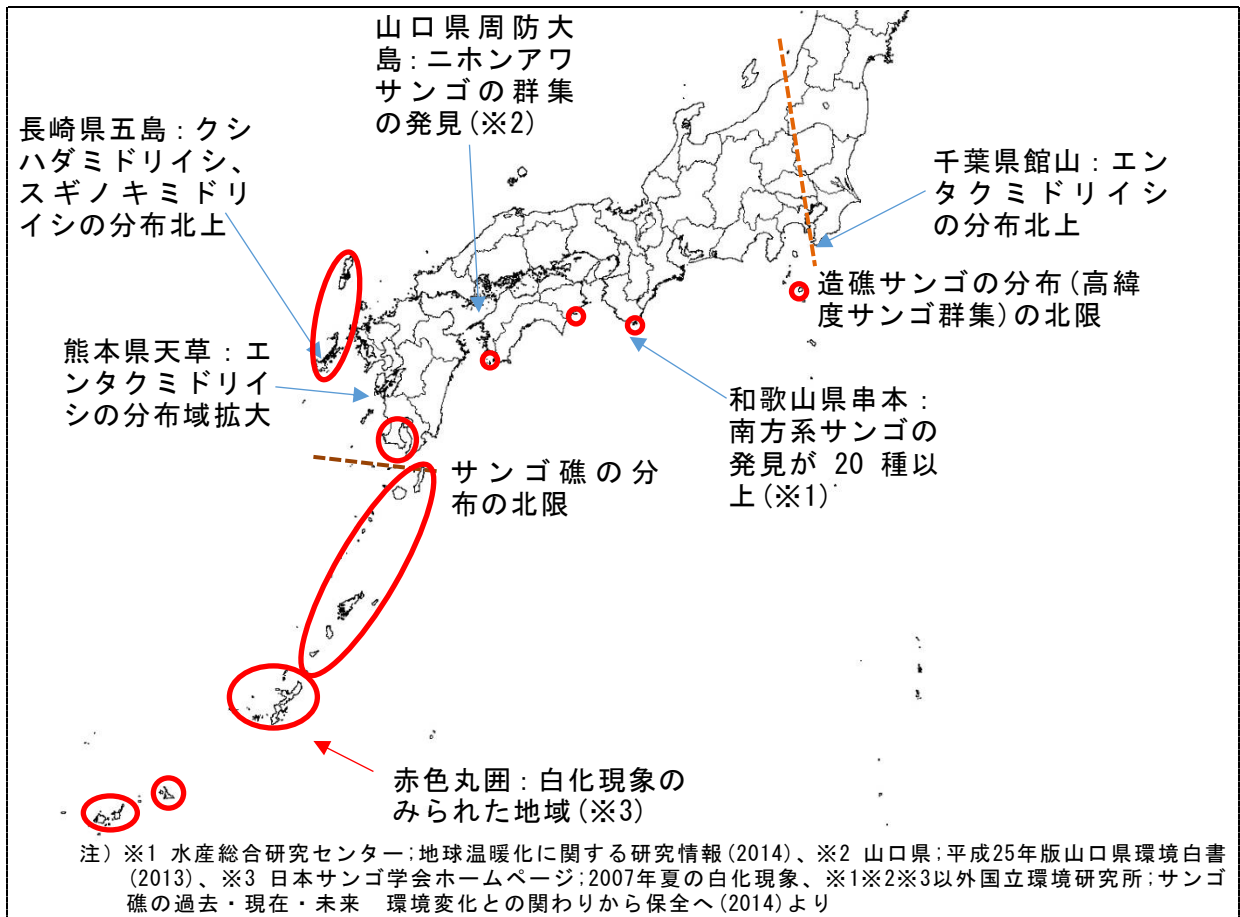


図 2.11 近年の造礁サンゴの出現状況

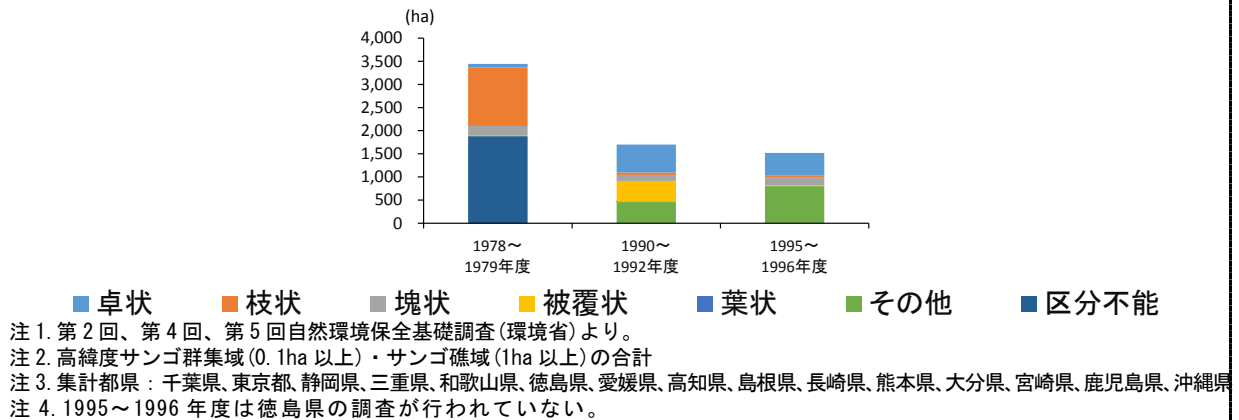


図 2.12 造礁サンゴの形状別面積の推移(15都県)

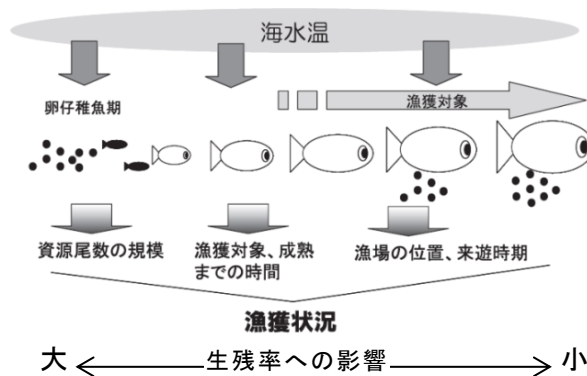
②将来予測

- ・海水温上昇によりサンゴ分布の適水温海域は北上する一方で、白化現象の増加域と酸性化により、日本沿岸のサンゴ礁の分布に適する海域は、2020～30年代に半減、2030～40年代に消失と予測されている。

(3) 魚類

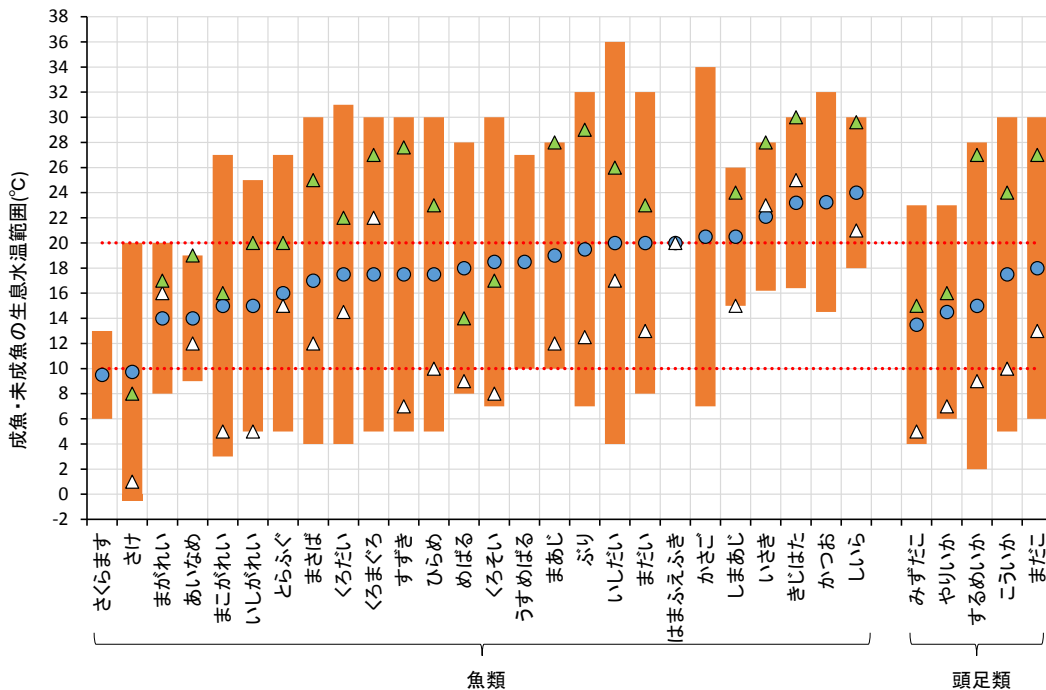
① 現況

- 海水温上昇による魚類の生残率への影響度合いは、成長段階によって異なる。卵仔稚魚期は移動力に乏しいため、生息不適な水温帯では生残率が低下し、資源尾数の規模に影響する。仔稚魚期は成長・成熟に要する時間が変化する。未成魚～成魚期は生息に適した水温帯へ移動する。
- 海水温上昇により水温分布が変化すると、魚類も適水温範囲に従って分布が変化し、漁場形成に影響を受けることになる。
- 気候の変化が基礎生産に強い影響を及ぼすことが示唆されており、基礎生産の減少に伴う環境収容力の低下により、水産資源の自立更新性に変化が生じることが懸念される。



星野(2009)より

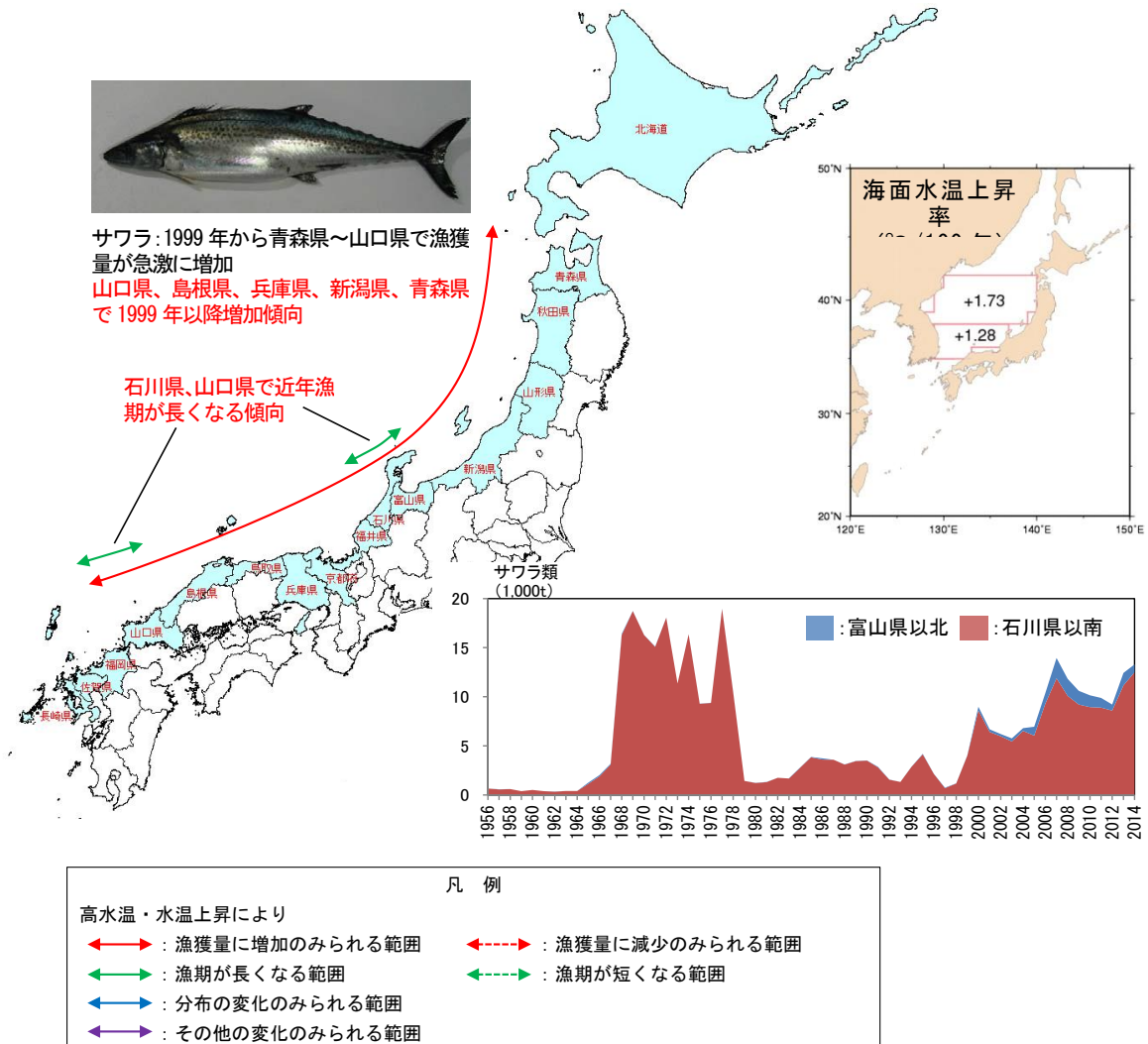
図 2.13 海水温がおよぼす水産資源への影響



注 1. 水産基盤整備に関連する魚類について社団法人全国漁港漁場協会; 漁港・漁場の施設の設計の手引[下] (2003)、下茂繁・秋本泰・高浜洋(続)水生; 海生生物の温度影響に関する文献調査(2000)から生息水温等を整理した。

図 2.14 水産基盤整備に関連する魚類・頭足類の生息等水温

- 魚介類の水温上昇等に伴う出現状況の変化として、①分布域の北上、②漁期の変化、③資源量の変化等が挙げられる。



※1 高柳和史;地球温暖化の漁業および海洋生物への影響(2009)、※1以外 水産総合研究センター;地球温暖化に関する研究情報(2014)より
赤文字は定置網の漁獲データの整理結果より
海面水温上昇率: 気象庁海面水温の長期変化傾向(日本近海)
漁獲量: 農林水産省海面漁業生産統計資料(昭和31年～平成25年)より

図 2.15 日本海側における近年の水産動物(魚介類)の出現状況(サワラの例)

②将来予測

- 多獲性の浮魚については、一部の種で漁場の変化がみられるが、遊泳力が強く、水温応答が鋭敏であるため、影響は比較的軽微と予測。
- 沿岸・固着性種は、北海道区や太平洋北区では、新規加入や漁獲増が期待できる一方で、太平洋南区、東シナ海区、瀬戸内海区では早い時期より漁獲減の影響が出ることが予想される。一方で、太平洋南区と東シナ海区では、南方系種の加入も期待される。
- 日本海側の北区や西区では、水温上昇による新規魚種の加入の一方で、従来の漁獲量減少の影響は長期的に生じると予測。

表 2.5(1) 多獲性種の海域区分での予測・評価

海域区分	都道府県	ユニット 種類 予測時期	多獲性種														
			マイワシ			マサバ			カツオ(三陸沖漁場)			サンマ(三陸沖漁場)			マアジ		
			短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期
北海道	北海道		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋北区	青森(太平洋側)、岩手、宮城、福島、茨城		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋中区	千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋南区	和歌山、徳島、高知、宮崎		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
東シナ海区	福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島、沖縄		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海北区	青森(日本海側)、秋田、山形、新潟、富山、石川		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海西区	福井、京都、兵庫(日本海側)、鳥取、島根、山口(日本海側)		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
瀬戸内海区	大阪、兵庫(瀬戸内海側)、岡山、広島、山口(瀬戸内海側)、香川、愛媛、大分		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

海域区分	都道府県	ユニット 種類 予測時期	多獲性種											
			シロザケ			スケトウダラ			ズワイガニ			スルメイカ		
			短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期
北海道	北海道		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋北区	青森(太平洋側)、岩手、宮城、福島、茨城		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋中区	千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋南区	和歌山、徳島、高知、宮崎		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
東シナ海区	福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島、沖縄		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海北区	青森(日本海側)、秋田、山形、新潟、富山、石川		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海西区	福井、京都、兵庫(日本海側)、鳥取、島根、山口(日本海側)		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
瀬戸内海区	大阪、兵庫(瀬戸内海側)、岡山、広島、山口(瀬戸内海側)、香川、愛媛、大分		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

→ : 生産は増加の予想 → : 生産は横ばいの予想 ▲ : 生産は減少の予想

※短期：現状予測に一律 1.0°C加算したもの、中期：気象庁 100 年後予測値、長期：気象庁 100 年後予測に一律 1.5°C加算したもの
水産工学研究所(2004)より

表 2.5(2) 沿岸・固着性種の海域区分での予測・評価

海域区分	都道府県	ユニット 種類 予測時期	沿岸・固着性種											
			ヒラメ			マダイ			エゾアワビ			クロアワビ		
			短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期
北海道	北海道		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋北区	青森(太平洋側)、岩手、宮城、福島、茨城		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋中区	千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋南区	和歌山、徳島、高知、宮崎		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
東シナ海区	福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島、沖縄		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海北区	青森(日本海側)、秋田、山形、新潟、富山、石川		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海西区	福井、京都、兵庫(日本海側)、鳥取、島根、山口(日本海側)		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
瀬戸内海区	大阪、兵庫(瀬戸内海側)、岡山、広島、山口(瀬戸内海側)、香川、愛媛、大分		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

海域区分	都道府県	ユニット 種類 予測時期	沿岸・固着性種											
			キタムラサキウニ			マコング			ウバガイ			アサリ		
			短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期
北海道	北海道		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋北区	青森(太平洋側)、岩手、宮城、福島、茨城		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋中区	千葉、東京、神奈川、静岡、愛知、三重		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
太平洋南区	和歌山、徳島、高知、宮崎		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
東シナ海区	福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島、沖縄		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海北区	青森(日本海側)、秋田、山形、新潟、富山、石川		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
日本海西区	福井、京都、兵庫(日本海側)、鳥取、島根、山口(日本海側)		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
瀬戸内海区	大阪、兵庫(瀬戸内海側)、岡山、広島、山口(瀬戸内海側)、香川、愛媛、大分		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

→ : 生産は増加の予想 → : 生産は横ばいの予想 ▲ : 生産は減少の予想

※短期：現状予測に一律 1.0°C加算したもの、中期：気象庁 100 年後予測値、長期：気象庁 100 年後予測に一律 1.5°C加算したもの
水産工学研究所(2004)より

3. 気候変動に対応した漁場整備

3.1 漁場整備で対応可能な事項整理

(1) 漁場整備の実施手順

- ・ 漁場整備で対象とする整備内容としては、藻場、干潟、サンゴ礁、魚礁・増殖場（浮魚礁、沈設魚礁等）を想定する。
- ・ 気候変動に対応した漁場整備は、①対象海域の現況把握、②気候変動の影響評価、③目標設定と合意形成、④計画策定と効果予測、⑤気候変動に対応した漁場整備、⑥モニタリング調査、⑦達成度判定とフィードバックの実施手順で進める。

【解説】

気候変動に対応した漁場整備では、気候変動以外の不確定要因も絡み合い、着実な対策が見いだしにくい場合もある。さらに、過去の環境変化や資源動向より近未来の動向を予測する場合には、予測期間が長いと精度の低下が懸念される。このため、対象生物の世代時間や造成効果の発現時間を目安として、漁場施設の耐用年数なども加味しながら、漁場整備の効果に応じて事業の規模や進め方を改善する実施手順（P D C Aサイクル）に沿って対策を実施する。気候変動に対応した漁場整備の実施手順を図 3.1 に示し、各項目の概要を以下に示す。

① 対象海域の現況把握

漁場整備の実施対象海域、および対象生物の生活史をふまえた関連海域における、気候変動に関わる環境情報（海水温、水位、酸性化等）及び生物情報（出現種、被度、個体数、サイズ等）を収集・整理する。

② 気候変動の影響評価

環境情報や生物情報の時系列データにおけるトレンド（長期的傾向）の有無や変動幅、対象生物の漁獲水温や適水温などの生態的特性をもとに、気候変動が対象生物の出現状況に及ぼす影響を判定する。判定が困難な場合には、簡易な現地試験を実施する。影響の整理結果から、地域にとって優先度の高い項目を特定するため、既往知見や先行事例を参考に検討を行う。

③ 目標設定と合意形成

気候変動に伴う対象生物の増減や、新たに発生や加入が期待できる水産対象種を含めた水産資源の増産目標（個体数、被度、面積等）、および漁場の整備目標（漁場施設の種類や構造、造成水深や配置条件、漁場整備の推進体制）を設定し、関係者間（行政、試験場、漁業者、有識者等）で認識を共有する。

④ 計画策定と効果予測

対象生物の世代時間や造成効果の発現時間を目安に、P D C Aサイクルの1周期に相当する概ね5～10年間で実施可能な漁場整備計画を策定する。さらに、計画に基づいて漁場整備が実施された場合の増産効果（個体数、被度、面積等）を計画段階で予測し、効果検証時（項目⑦）の比較対象として活用する。

⑤ 気候変動に対応した漁場整備

造成規模、工法、優先順位等を選定して、本ガイドラインの3.1(3)にもとづいて、気候変動に対応した保全策や適応策を実施する。

⑥ モニタリング調査実施

計画段階（項目④）で予測した造成効果を検証するために必要不可欠な項目について、環境情報および生物情報を調査する。モニタリング調査では、あらゆる項目を長期に亘って監視することは便益的に困難なため、造成前および造成漁場の供用開始時期と、その後の長期的な管理時期でモニタリング内容や実施体制を差別化するなど、調査を継続できる体制づくりが求められる。

⑦ 達成度判定とフィードバック

モニタリング調査の結果が効果予測（項目④）を満たしているかについて、対象種、被度、個体数、面積等から判定する。目標が達成できない場合には、事業の進め方を再検討・改善し、実施計画にフィードバックする。また、取組によって得られた知見を情報発信して、手戻りのないように各分野の情報を共有する。P D C Aサイクルを回しながら着実に実施計画を最適化し目標設定値（項目③）に近づけてゆく取り組みが、気候変動に対応した漁場整備を進める上で最も重要なスタンスである。

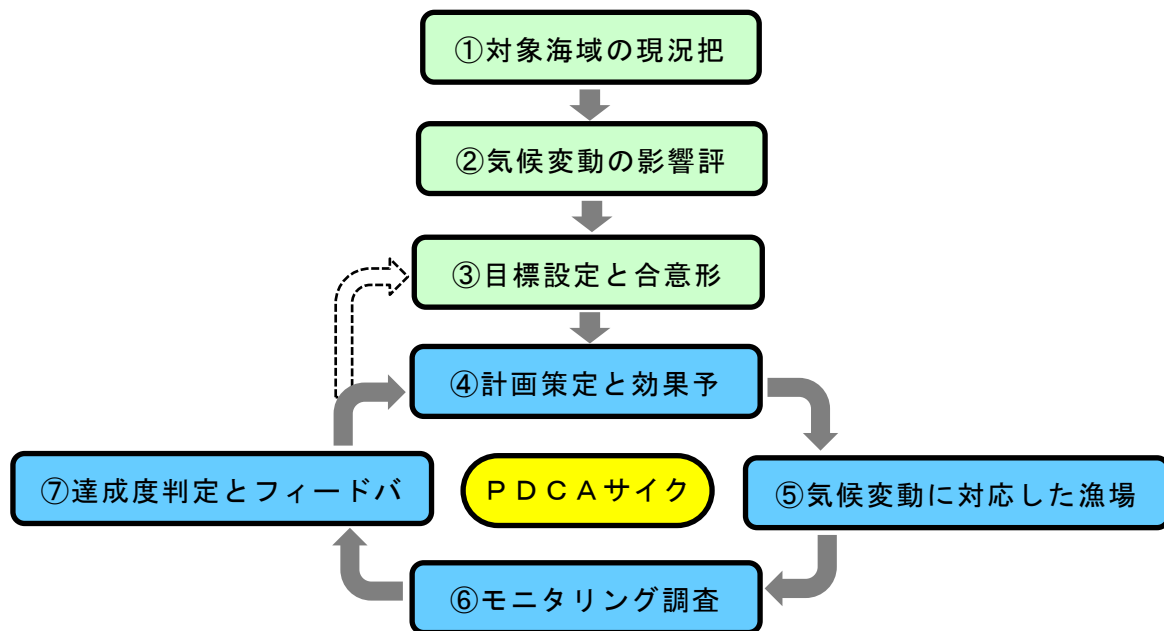


図 3.1 気候変動に対応した漁場整備の実施手順

(2) 対策の留意事項

① 対象海域の現況把握

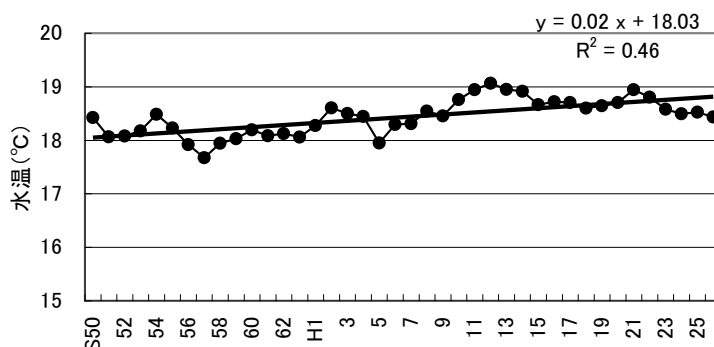
- 気候変動に対応した漁場整備の対応策を検討するには、現在の気候変動と対象海域への影響について、どのような状況にあるかを知ることが重要になる。
- 対象海域への影響については、気候変動との関係が明確でないものや定性的なものも含めて、関連する情報を広く集めることが重要になる。
- 上記の観測情報を定期的に整理することや、気候変動の現況把握を目的とした現地調査を実施することも重要である。

【解説】

対象海域の環境情報（海水温、水位、酸性化等）を収集し、過去からの変遷について整理する。例えば、海水温については、大学、国の機関（気象庁、海上保安庁、水産研究・教育機構）や都道府県の試験場等で観測情報を公開しているので、それらを活用する。

気候変動による影響とそれ以外の要因による影響とを切り分けて把握することが困難な例もある。しかし、気候変動がその問題をより深刻化させないために複合的な影響も含めて幅広く情報を収集整理する。

漁場整備の内容（藻場・干潟・サンゴ・魚礁・増殖場）に応じた対象生物の出現状況（出現種、被度、個体数、サイズ等）について整理する。既往知見で、これらの情報が取得できない場合には、現地調査を実施して、対象生物の出現状況を把握する。過去の出現状況と比較をすることにより、対象種の増減等や種組成の変化傾向が明らかとなる。



資料提供：山口県水産研究センター

図 3.2 山口県長門市地先における年平均水温（表層）のトレンド解析例

②気候変動の影響評価

- 気候変動が対象生物の出現状況に及ぼす影響を判定する。また、気候変動の将来予測と生物分布への影響についても参考とする。
- 地域にとって優先度の高い項目を特定するため、既往知見や先行事例を参考に検討を行う。
- 対策の目標設定に向けて「保全策」を実施するか、「適応策」を実施するかの方向性を整理する。

【解説】

気候変動による影響の一元化と提供は現在進められつつあり、対策事例も少ないのが現状である。

気候変動による影響評価の実施においては、気候変動の内容を特定し、それらが対象生物の出現状況に与える影響について明らかにする必要がある。これまで挙げられている気候変動の内容としては、海水温の上昇、台風・低気圧災害の激甚化、海洋の酸性化、海面水位上昇といった要素が考えられる。また、それらについて、将来予測される気候変動とその影響についても知る必要がある。本ガイドラインの2章（p4～58）では、現状と将来予測についてとりまとめている。

評価の実施方法には、科学的知見に基づく専門家の判断や、各分野・項目の気候変動に関する知見を有する専門家にヒアリングを行い、その専門家判断を活用することも考えられる。また、同様の事例に関する既往知見や先行事例も参考となる。

対策（適応計画）の立案に向けて、これまで分布している種を守る「保全策」を実施するか、新たに加入する種を育てる「適応策」を実施するののかについて、関係者間（行政、試験場、漁業者、有識者等）で検討を行い、方向性を整理することが考えられる。

例えば、気候変動の内容が海水温上昇に起因する場合、対象海域における現況や過去からの変化傾向（本ガイドライン p4～6 参照）に対して、対象生物の適水温帯や漁獲水温との関係（本ガイドライン p17、p35、p42～44 参照）を評価基準とすることが考えられる。海水温の変動範囲が対象種の生態特性（適水温帯や漁獲水温等）の範囲内に収まっている場合には、これまで分布している種を守る「保全策」を検討するが、逸脱する場合には、新たに加入する種を育てる「適応策」へと転換することが考えられる。

③目標設定と合意形成

- 気候変動によって変化した海域の対象種と対象範囲を決めて、目標を設定する。
- 対象種の増産目標および漁場の整備目標を設定し、関係者間で認識を共有する。
- 目標を設定する際の時間スケールとしては、中長期的な目標と短期的な目標が考えられるが、現況把握・影響評価、対策の実施、目標達成の判定までは、数年を要することから、まずは短期目標の設定により取組を推進する。

【解説】

対象海域の現況把握及び気候変動による影響評価をふまえて目標を設定する。その際、水産資源の回復、生産力の向上を目指し、気候変動に伴う対象生物の増減や、新たに発生や加入が期待できる海域において対象種と対象範囲を設定する。

目標は、水産資源の増産目標（個体数、被度、面積等）および、漁場の整備目標（ハード対策：漁場施設の種類や構造、計画数量等、ソフト対策：保全活動等、漁場整備の推進体制等）について整理する。具体的な目標の設定方法は、気候変動の内容によっても異なるが、例えば、藻場であれば、藻場のタイプや面積、干潟であれば、二枚貝の漁獲量、サンゴであれば、分布面積や被度、魚礁・増殖場であれば、魚類の漁獲量、蛸集量等が考えられる。これらに対応した漁場整備目標として、漁場施設の種類や構造、計画数量、造成水深や配置条件等のハード対策や保全活動等の維持管理に関するソフト対策の内容と漁場整備の推進体制を設定し、関係者間（行政、試験場、漁業者、有識者等）で計画段階から認識を共有し、合意形成を図る。

また、目標を設定する際の時間スケールとしては、漁場施設の耐用年数が10～30年であることから、中長期的な目標と、短期的な目標が考えられるが、これまでの対策事例が少ないことに加えて、現況把握・影響評価、対策の実施、目標達成の判定までは、数年を要することから、まずは短期目標の設定により取組を推進することが考えられる。

(3) 対策（保全策・適応策）の検討

- ・気候変動に対応した漁場整備は、これまで分布している種を守る視点からの「保全策」と、新たに加入する種を育てる視点からの「適応策」に大別される。
- ・気候変動に対応した対策の内容とその効果について情報を発信・集約し、適切な維持管理を行う。

【解説】

藻場、干潟、サンゴ礁、魚礁・増殖場のそれぞれについて、これまで分布している種を守る視点の「保全策」と、新たに加入する種を育てる視点の「適応策」の具体例を表 3.1 に整理した。

魚礁・増殖場においては、「保全策」、「適応策」ともに事例が少ない状況である。特に「適応策」については藻場および魚礁・増殖場の一部を除き、これまでほとんど策定されていない。従って、今後、現地試験等の知見を集積するとともに、工学的・生態学的手法、海域利用、社会的・制度的手法等の様々な手法を適切に組み合わせ、適切な維持管理を行う必要がある。

また、対策の検討にあたっては、緊急性等をふまえ、優先して進める対策を特定することが、効率的に進める上で重要である。緊急性の高い項目については、気候変動の不確実性を考慮しつつ、取組について検討を開始する。その際に、「保全策」と「適応策」のどちらで進めるかについての判断基準となる知見を整理して、現場で判断できる意思決定プロセスを明確にする必要がある。

そのため、各地域での対策内容とその効果についての情報を発信・集約するシステムの構築が望まれる。

表 3.1 気候変動に対応した漁場整備対策（保全策・適応策）一覧表

整備内容	気候変動の内容	気候変動の影響	対策	
			保全策	適応策
			これまで分布している種を守る	新たに加える種を育てる
藻場	海水温上昇	食害生物増加(ウニ類)	食害生物の除去 食害生物の防御(嵩上げ、単体礁) 播種・移植・基質確保	食害生物の利用
		食害生物増加(魚類)	食害生物の除去 食害生物の防御(混植) 播種・移植・基質確保	食害生物の利用
		高水温による海藻草類の枯死 藻場構成種の変化 分布域の北上	高水温耐性種の播種・移植 播種・移植・基質確保 高水温耐性種の播種・移植	対象種の変更 "
	台風・低気圧災害の激甚化	海藻草類の流失	播種・移植・基質確保 消波対策	
	海面水位上昇	分布域の変化	嵩上げ	水位上昇を考慮した水深帯への着定基質設置
干潟	海水温上昇	貧酸素水塊の発生・拡大・長期化	藻場・干潟・浅場の造成 底質改善(浚渫・覆砂等) エアレーション 移殖放流	食害生物の利用
		食害生物の増加	食害生物の除去 食害生物の防除(網、棒の乱立)	
	台風・低気圧災害の激甚化	出水による淡水化 河口閉塞	移殖放流 地盤高調整、作濫、移殖放流	
	海面水位上昇	分布域の変化	嵩上げ・垂下養殖	
サンゴ	海水温上昇	白化・適水温帯の北上 食害生物増加(オニヒトデ類)	サンゴの増殖・移植 食害生物の除去 食害生物からの防御(食害防止カゴ・発生予測)	
		台風・低気圧災害の激甚化	台風の巨大化による破壊	サンゴの増殖・移植
	" 酸性化	瓦礫の移動による破壊 石灰化機能の低下	瓦礫からの防御(蛇籠) -	
魚礁・増殖場	海水温上昇	分布域の北上	水深、配置・構造の変更	新たな種に対応した施設整備
		漁期の変化 資源量の変化 夏季の成層化	- - 混合・上昇流(ブロック、マウンド礁)	
	台風・低気圧災害の激甚化	海底擾乱	高波浪の影響を受けにくい水深帯への漁場の移動	

:これまで実施されている対策

3.2 整備内容に応じた対応策

(1) 藻場

- ウニ類や魚類の食害生物増加については、食害生物の除去、防除対策を実施する。あわせて、藻場造成（播種・移植・基質確保）によって海藻草類を増やす対策を合わせて実施する。
- 高水温による海藻草類の枯死については、高水温耐性種を作出し、播種・移植を行う。また、対象種を変更して、水温帯に適した種を増やす対策についても検討する。
- 藻場構成種の変化や、分布域の北上については、高水温耐性種に加えて、藻場造成（播種・移植・基質確保）によって海藻草類を増やす対策を合わせて実施する。さらに、対象種を変更して、水温帯に適した種を増やす対策についても検討する。
- 台風・低気圧災害の激甚化への対応としては、消波対策および藻場造成（播種・移植・基質確保）によって海藻草類を増やす対策を実施する。
- 海面水位上昇については、嵩上げを検討する。

【解説】

近年、気候変動に伴う海水温上昇の影響等により、海藻類の繁茂状況や藻場構成種、食害生物の分布状況などが大きく変わっている。これまで実施されていた対策の多くは保全策（これまで分布している種を守る）であり、適応策（新たに加入する種を育てる）対策については事例が少ない状況である。

食害生物対策としては、水温、ウニ類の食害、魚類の食害が複合的に関与しており、各影響の程度により評価の考え方が異なる（参考 3.1）。ウニ類を減らす技術としては、ハード整備では、嵩上げによる波浪流速を上げる方法（事例 3.1）や、砂地に藻場礁を設置する事例が挙げられる（事例 3.2）。ソフト対策として、ウニの潜水除去等、フェンスの設置等が挙げられる。また、魚類を減らす技術としては、刺網による除去や、混植による捕食圧の軽減（事例 3.3）等が挙げられる。さらに海藻草類を増やす技術として、ハード整備としては、石材や藻場礁等の着定基質の設置と、母藻の移植やスポアバック、タネ糸の設置等の種苗供給による藻場形成の促進が考えられる。なお、磯焼け対策については、「磯焼け対策ガイドライン」（2007）、「改訂磯焼け対策ガイドライン」（2015）に詳しい。

高水温による海藻草類の枯死や種組成の変化・分布域の北上については、高水温耐性種の移植が挙げられる（事例 3.5）。また、適応策として、対象種を変更した対策（事例 3.6）も検討する。その際、保全策から適応策に切り替える場合の判断基準等に関する知見を集積し、意思決定のプロセスを明確化する必要がある。

さらに、台風・低気圧災害の激甚化への対応としては、消波対策および藻場造成（播種・移植・基質確保）の対策が実施されている。海面水位上昇に対応した事例は現段階では、ないが、将来的には嵩上げを検討する。

●収集事例

- 事例 3.1 海水温上昇に伴うウニ類の増加に対応した嵩上げタイプの囲い礁の整備
- 事例 3.2 海水温上昇に伴うウニ類の増加に対応した単体礁の整備
- 事例 3.3 海水温上昇に伴う植食性魚類の増加に対応した混成藻場によるアラメ種苗の食害回避

- 事例 3.4 海水温上昇に伴う海藻の競合種であるウミアザミ（ソフトコーラル）の遮光シートによる駆除
- 事例 3.5 海水温上昇に対応したカジメ類の高水温適性株の移植
- 事例 3.6 海水温上昇に伴うウニ類や植食性魚類の増加に対応した小型海藻藻場の造成
- 参考 3.1 藻場形成の阻害要因に関する考え方

②干潟

- ・貧酸素水塊の発生・拡大・長期化への対策としては、藻場・干潟・浅場の造成や底質改善（浚渫・覆砂等）やエアレーション、移植放流を行う。
- ・食害生物の増加に対しては、食害生物の除去や防除を行う。
- ・出水による淡水化対策としては、移植放流を行う。
- ・河口閉塞への対策としては、地盤高調整、作濬、移植放流を行う。
- ・海面水位上昇への対策としては、嵩上げ等を行う。

【解説】

干潟においては、貧酸素水塊の発生、陸上からの砂の供給の低下や円滑な物質循環の滞り、南方系魚類であるナルトビエイの来遊による二枚貝の捕食等により、干潟における二枚貝類の生産力が低下している。これらは、必ずしも気候変動だけが要因ではなく、他の要因も絡んだ複合影響であることが推定される。

これまで、取り組まれている対策のうち、貧酸素水塊の発生・拡大・長期化への対策としては、藻場・干潟・浅場の造成による嵩上げや、微細気泡装置によるエアレーション（事例 3.7）、貧酸素水塊が到達する前に、アサリ稚貝に影響を受けない他のエリアへの移植放流が行われている。

食害生物対策として、ツメタガイ、ヒトデ類、ナルトビエイ、アカエイ等の食害生物の除去・防除等が行われている（事例 3.8）。

また、台風・低気圧災害の激甚化による事例として、出水による淡水化により、二枚貝が斃死や、河口閉塞により、稚貝の生息場の減少等が生じている。出水対策としては、移植放流が行われている。また、河口閉塞対策としては、地盤高調整、作濬、移植放流が行われている。

海面水位上昇に対策として、気候変動とは、直接関わりがないものの、東北地方において地盤沈下による干潟域の消失に対して、嵩上げによる干潟造成（参考 3.2）が挙げられる。また、二枚貝の垂下養殖も考えられる。

●収集事例

- 事例 3.7 干潟域での微細気泡装置による貧酸素対策
- 事例 3.8 食害生物（ナルトビエイ）の増加に対応した干潟域でのアサリ食害対策
- 参考 3.2 地盤沈下により消失した干潟における干潟造成

③サンゴ

- サンゴ礁を増やす取り組みとしては、卵から稚サンゴを育てる有性生殖による手法と親サンゴの断片を用いた無性生殖による増殖・移植手法が行う。
- 移植したサンゴの食害防止対策として、ブダイ等の魚類に対しては食害防止カゴ等を設置する。また、オニヒトデ対策としては、潜水による除去に加えて、大量発生の予測等を行う手法の開発も行われている。

【解説】

サンゴ礁は、沿岸域の環境基盤として、藻場や干潟と並んで保全・造成をしていくことが、水産環境整備の基本方針として示されている⁶。これまでのサンゴ礁の増殖については、沖ノ鳥島や沖縄県において実施されてきた。また、食害防止策として、ブダイやオニヒトデの対策が行われている。

サンゴの増殖については、有性生殖による方法と無性生殖による方法が挙げられる。有性生殖としては陸上水槽において、卵を採集して、稚サンゴに育てて移植する方法や、卵の採集から幼生が基盤に着底するまでを全て海上で行う幼生収集装置による方法が行われている。無性生殖による方法としては、特別採捕許可を得て採取した親サンゴの断片を、海域において中間育成し、海底の岩盤へ植え付ける方法が挙げられる（事例 3.9～11）。

また、食害防止策としては、魚類とオニヒトデを対象とした対策が行われている。魚類では、ブダイ類等が稚サンゴを食べたり、傷つけたりすることを防止するために食害防止カゴを取り付けている事例が多い。また、オニヒトデ対策としては、潜水による駆除が沖縄県各地で、漁業者やダイビング事業者などが中心となって取り組まれているが、オニヒトデが大量発生してから対策をとるのでは遅いため、近年では幼生の発生予測技術の開発も行われているところである（事例 3.12）。

●収集資料

- 事例 3.9 台風・低気圧災害の激甚化に対応した沖ノ鳥島におけるサンゴ増殖
- 事例 3.10 海水温上昇に対応した石西礁湖における枝状ミドリイシ群集の増殖
- 事例 3.11 海水温上昇に対応した沖縄県恩納村海域におけるサンゴ増殖
- 事例 3.14 食害生物（オニヒトデ）の増加に対応したサンゴ域での対策

⁶水産庁；水産環境整備の推進に向けて(2010)

(4) 魚礁・増殖場

① 浮魚礁

- 継続的なモニタリングを行い、機能発揮状況を把握する。
- 水温上昇によって漁場や漁期の変化が想定される。浮魚礁の耐用年数は 10 年と短いため、効用の低下した施設については、新たな場所への移動等を検討する等、施設の更新時に合わせた運用を行う。

【解説】

水温上昇によって、カツオ、マグロ等の浮魚類の分布域の北上や、漁期の変化が想定される。また、浮魚礁の耐用年数は 10 年のため、新たな漁場への新設（参考 3.3）や、蛸集状況の低下した場所では、再設置を行わない等、環境の変化に合わせて、順応的に対応することが考えられる。

● 収集資料

参考 3.3 クロマグロの漁場形成要因の把握と漁獲技術の開発

② 沈設魚礁

- 継続的なモニタリングを行い、機能発揮状況を把握する。
- 魚礁を新設する際には、海水温上昇によって利用する魚種の変化を想定し、整備計画に反映する。
- 魚礁の耐用年数は 30 年と長期に及ぶため、耐用年数に達するまでの間に海水温上昇等の気候変動により、対象魚種が変化することが想定される。既存施設が新たに加入した種にとって最適ではないことも考えられることから、現地調査を行い、適切な水深、配置、構造等となるよう、新たな魚礁の設置を検討する。
- 高水温による夏季の成層化の対策としては、混合や上昇流を発生させる施設を設置する。
- 台風や低気圧災害の激甚化に伴い、対象生物の生息環境が悪化することが考えられる。このような影響を回避するための対策も検討する。

【解説】

魚礁を新設する場合や耐用年数が経過した魚礁を更新する際には、水温上昇によって、将来的に増加傾向が見込まれる種、減少が見込まれる種を予測しつつ、漁場整備計画を立案する（事例 3.13）。

魚礁が持つ機能として産卵場、餌場、隠れ場、休息場の 4 項目に整理することができるが、要求される機能は種によって異なる。水温上昇によって魚種組成が変化した場合、新たに加入した魚種が再び魚礁を利用することが想定されるため、施設の利用が行われなくなる場合は少ないものと考えられる。一方で、モニタリングにより、機能発揮状況について評価を行い、施設の構造や配置について最適な状態でないと判断される場合には、対象種の分布状況や生態にあわせて、水深、配置、構造の変更を行い、既設の魚礁に付加することにより機能強化する方向で検討を行うことも考えられる（参考 3.4）。

また、沿岸域や沖合域における夏季の成層化対策として、構造物設置による栄養塩供給等を目的とした攪拌ブロックやマウンド礁の事業も行われている（事例 3.14、参考 3.5）。

さらに、台風や低気圧災害の激甚化に伴い、高波浪の頻度や大きさが強大となり、対象生物の生息環境が悪化する場合は考えられる。その場合には、高波浪の影響を受けにくい、水深帯へ漁場を移動することも考えられる。

●収集資料

事例 3.13 海水温上昇によるキジハタ分布域の変化に対応した魚礁の整備

事例 3.14 夏季の成層化に対応した混合流及び上昇流発生のための攪拌ブロック礁の整備

参考 3.4 高水温化に対応したキジハタの成長段階別の施設整備の考え方

参考 3.5 マウンド礁整備による湧昇効果の把握

(5) ICT の活用

- ・気候変動が沿岸や沖合資源に及ぼす影響を評価する手法を開発し、より効果的な漁業に反映させるため、ICT を活用した海の生物・漁場環境情報の評価手法を開発する。

【解説】

これまで、漁業者の経験や勘を頼りに行われていた漁業を、ICT を活用し、漁業経営の安定化を図る。そのため、漁業者参加型の海域観測網を整備するとともに、既存のリアルタイム観測データを合わせることにより、漁場形成の鍵となる潮流や水温・塩分に関する情報を提供し、漁業者自身が漁場の選定や出漁の可否を適切に判断し、効率的な操業を行えるようにするためのツールを検討する（事例 3.15）。

また、人工衛星を利用した海面水温のリアルタイムデータの公開や、ドローン等を活用した、藻場分布図の作成など、新技術を活用したモニタリング手法の開発も進められている（事例 3.16～17、参考 3.6）。

※ICT:Information and Communication Technology(情報通信技術)

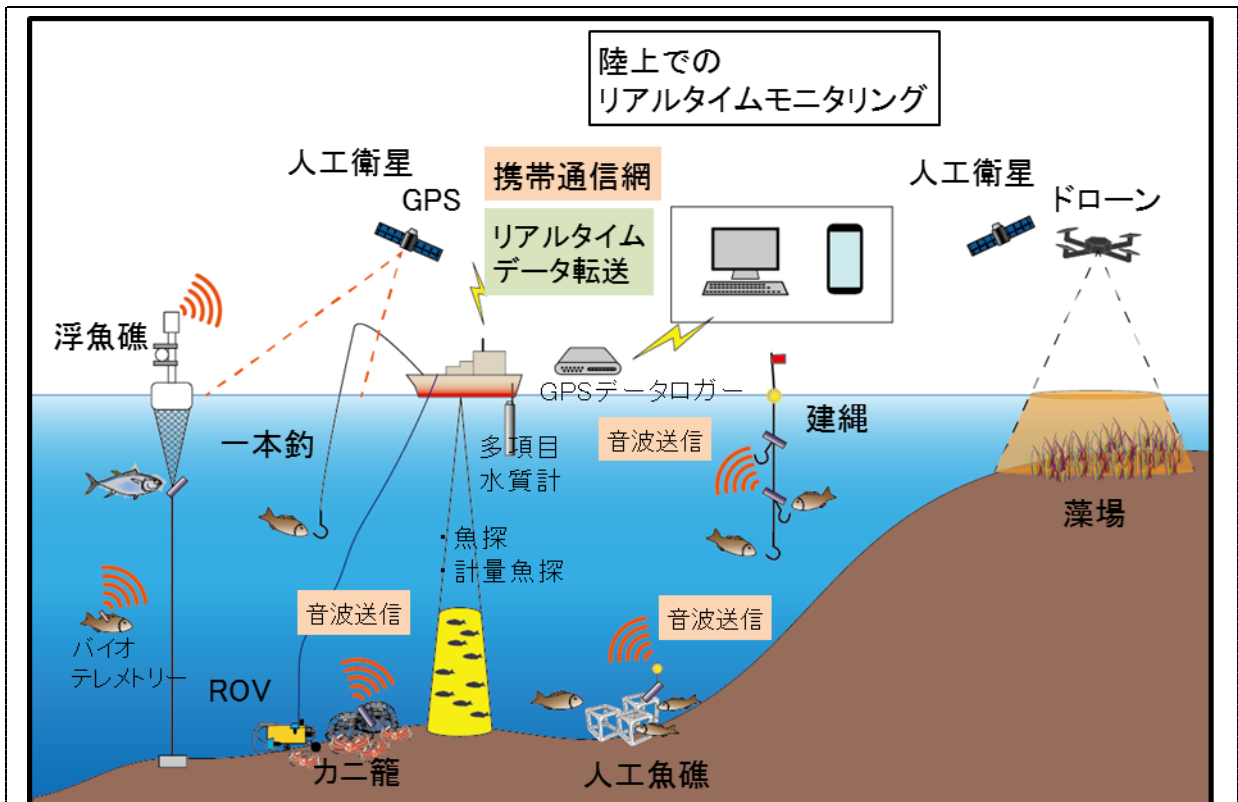


図 3.1 ICT を活用した漁場環境情報のモニタリングイメージ

●収集資料

- 事例 3.15 ICT を活用した水産振興の促進(総務省)
- 事例 3.16 人工衛星を利用した海面水温観測(神奈川県水産技術センター)
- 事例 3.17 ドローンを活用した藻場のモニタリング手法(島根県・鳥取県)
- 参考 3.6 浮魚礁システムの高度化

Ⅶ 摘要

(1) 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

- 水産環境整備においては、環境変動に的確に対応するために、P D C Aサイクルに沿って事業を実施することとしている。本テーマにおいては、マスタープラン実施後の効果・検証（C：チェック）を播磨灘海域及び本州日本海北部海域の2海域において行った。その中で、海域全体の生産力の底上げ効果について示すとともに、対象生物の増産の観点から、各成長段階における改善策（A：アクション）について提案した。
- P D C Aサイクルを一巡させるために、今後、どのような改善策を実施していくのが、重要となる。マスタープランの実施海域においては、関係県の行政や試験場等を構成員とする協議会が組織され、事業の実施状況やモニタリング結果等について情報共有が行われている。
- 従って、本テーマによって示した改善策について、マスタープランの協議会において引き続き検討を行い、施策の内容に反映していく必要がある。また、必要に応じて、現地調査等により詳細を把握し、実施内容を絞り込むことも考えられる。

(2) 気候変動に対応した漁場整備方策の検討

- 藻場、干潟、サンゴ、魚礁・増殖場における現況と将来予測を行い、今後の漁場整備の実施手順と対策内容について考え方を示すとともに、具体的な事例整理を行った。
- 対応策は、これまで分布していた種を守る「保全策」と新たに加入した種を育てる「適応策」に分類されるが、多くの事例が保全策として実施されているものであり、適応策については少ないことが判明した。
- 今後、保全策・適応策の事例を集約して効果的な対策を整理するとともに、保全策から適応策へ移行する際の判断基準や、その際の意志決定のプロセスについて明らかにしていく必要がある。本ガイドラインで整理した、対象生物毎の適水温帯や、水温変動と生物分布の将来予測については、一つの判断基準となると思われる。
- 対策実施にあたっての時間スケールについては、短期的：現在～5～10年程度と中長期的：21世紀末といった視点から取組を進めていることが考えられる。今後、漁場整備方策の実施においては、短期的スケールで事例を増やすとともに、新たな漁場整備計画においては、気候変動への対応策として長期的な視点を導入する等、それぞれの観点から対応策を検討していくことが望まれる。