

a 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

b 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

c ねらい

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。

d 方法

本事業は、平成27年度から平成28年度までの2カ年の実施を予定しており、初年度は以下の調査を実施した。調査全体フローを図1に示す。

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

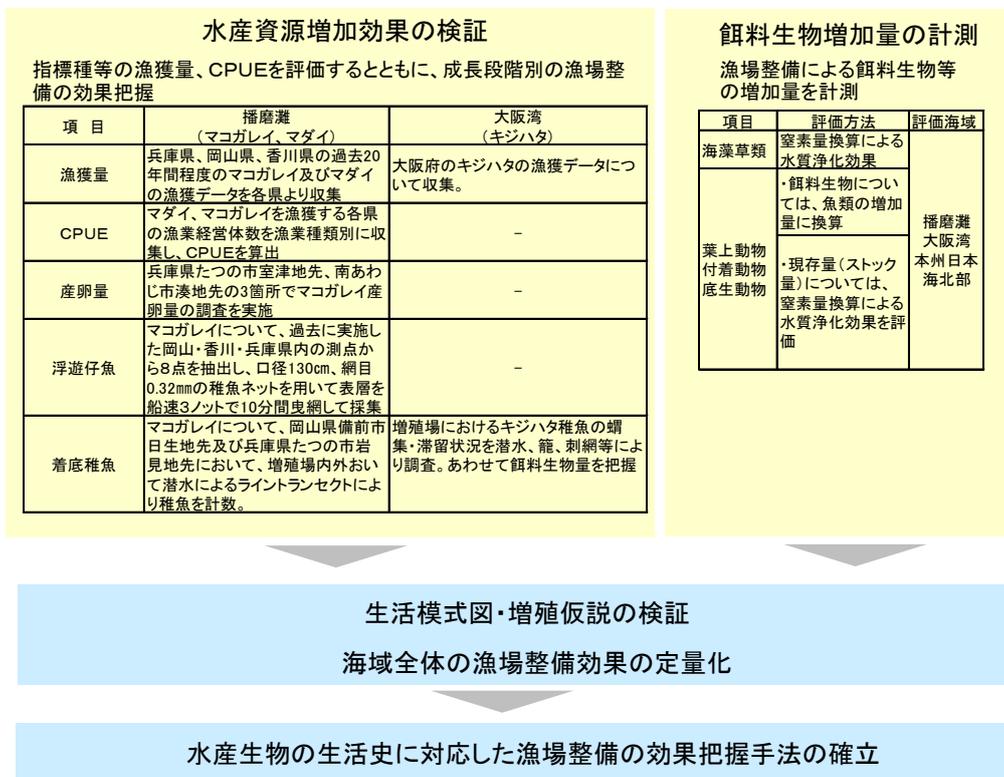


図1(1) 調査フロー

2. 気候変動に対応した漁場整備方策の検討

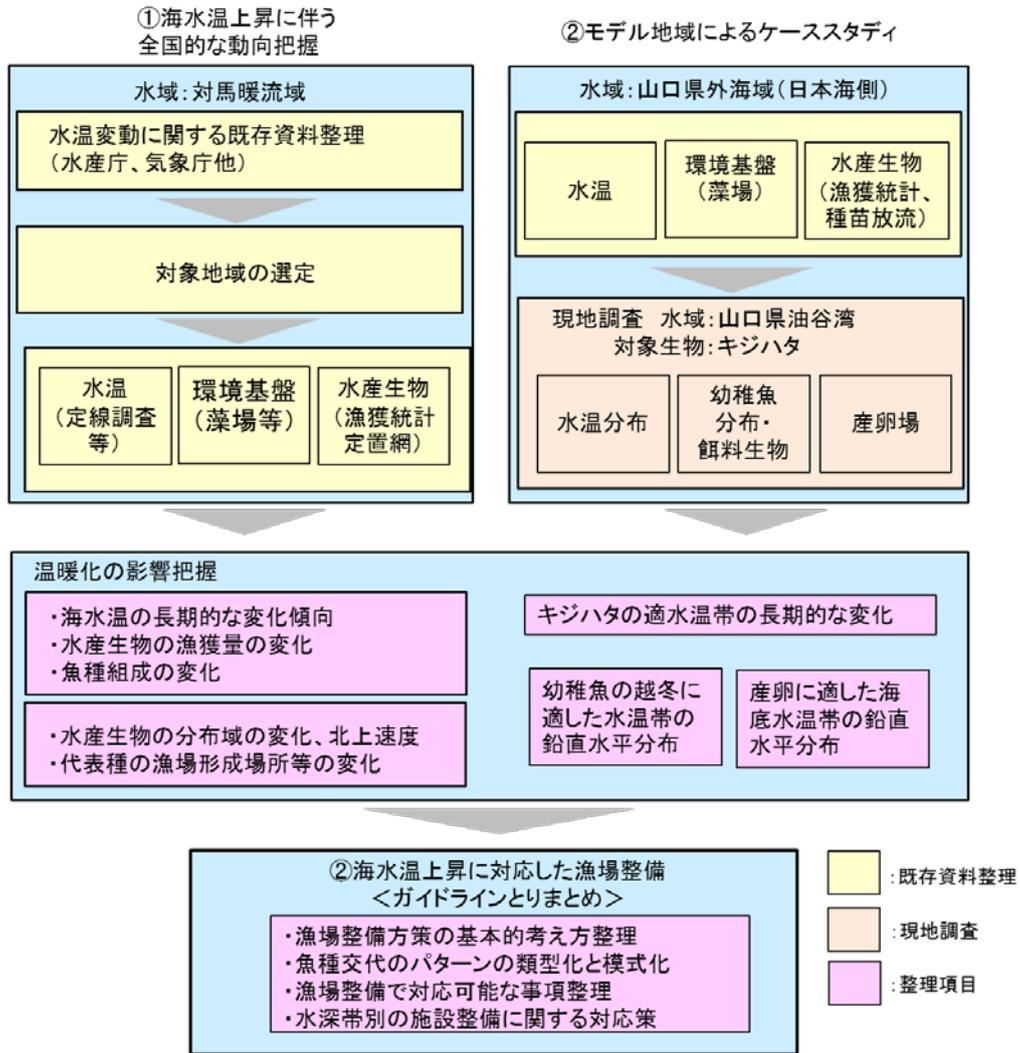


図 1(2) 調査フロー

(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、大阪湾、本州日本海北部海域の3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・大阪湾	漁業資源	漁獲動向（漁獲量、CPUE） 資源添加状況（マコガレイ：産卵状況、稚仔密度） "（キジハタ：稚魚～成魚密度）
播磨灘・大阪湾・ 本州日本海北部 海域	漁業資源以外の 生物増加量	漁場整備による増加量



① 漁業資源

漁獲量、CPUEに関しては、マスタープラン開始年の平成22年前後に区分し、それぞれの変動傾向を回帰式として表した。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。

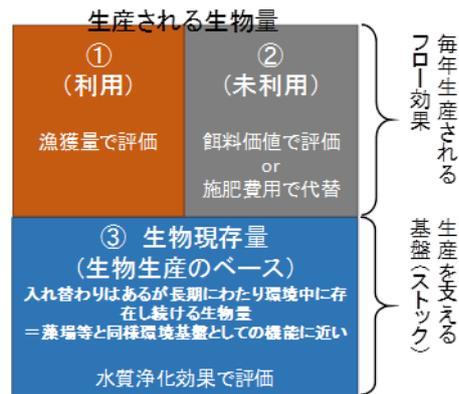
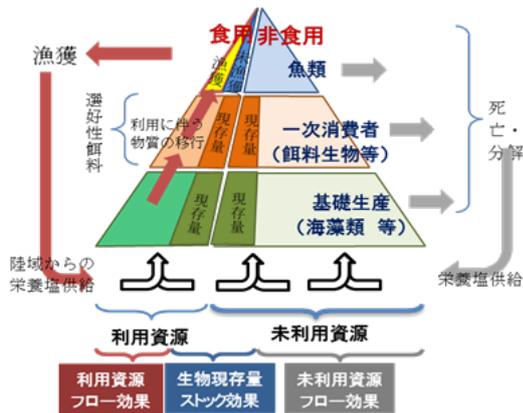


図2 施設整備後の生態系ピラミッド 図3 生産される生物による効果の考え方

表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	
大阪湾	泉佐野、田尻、岡田浦、樽井、下荘	大阪府	増殖場	—	H23~29	①海藻調査:種、生物量 ②付着生物調査:種、生物量
本州日本海北部	第2鰐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:海藻坪刈り、目視による被度等 ②付着動物調査:坪刈りによる種・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ROV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 30225m3	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 42,80m3	H27~30	
	秋田県地区水産環境整備	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	秋田県	増殖場	1.61ha	H26~28	①海藻調査:坪刈りによる種、湿重量、目視による被度等 ②付着動物調査:坪刈りによる種・個体数・湿重量(平沢・岩館小入川) ③ハタハタ産卵状況:付着個数等(平沢・岩館小入川) ④アワビ・イワガキ:個体数等(金浦・戸賀) ⑤環境調査:水温、水質、光子量等	

(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道府県を対象に、下記の1～8の項目についてデータの収集を行った。

表4 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」 ・水産庁(2009)「藻場資源消滅防止対策ガイドライン」 ・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)」 ・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」 ・三浦雅大(2014)「温排水による水温上昇と魚類の分布・行動」 ・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」
2. 海面水温の長期変動	<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
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 ・日本海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
4. 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
5. 藻場分布の推移	<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」 ・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」 ・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」 ・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」
6. 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)
7. 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
8. 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」 ・水産庁(2015)「改訂 磯焼け対策ガイドライン」 ・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」

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するものである。

(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2回開催し、指導、助言を得ながら業務を行った。

表5 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

(4) 調査工程および実施機関

H27年度業務の工程および実施機関を以下に示す。

表6 調査工程及び実施機関

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	備考
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													海域：播磨灘・大阪湾 マカレイ(播磨灘)：漁獲量・CPUE・産卵・浮遊仔魚・着底稚魚 キジハタ(大阪湾)：漁獲量・CPUE・稚魚～成魚
(2) 漁獲物以外の生物増加による便益増の計測													海域：播磨灘・大阪湾・本州日本海北部 関係府県からモニタリングデータ入手
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													北海道から長崎県に至る日本海側の16道府県
(2) モデル地域におけるケーススタディ 現地調査													山口県外海域(油谷湾)
(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	○			○				○			○		

e 結果

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

関係県 : 兵庫県、岡山県、香川県
 基本方針 : 水産生物の餌料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。
 対象魚種 : マコガレイ、メイタガレイ、イシガレイ、メバル、カサゴ等

指標種のマコガレイの生活史は図4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。

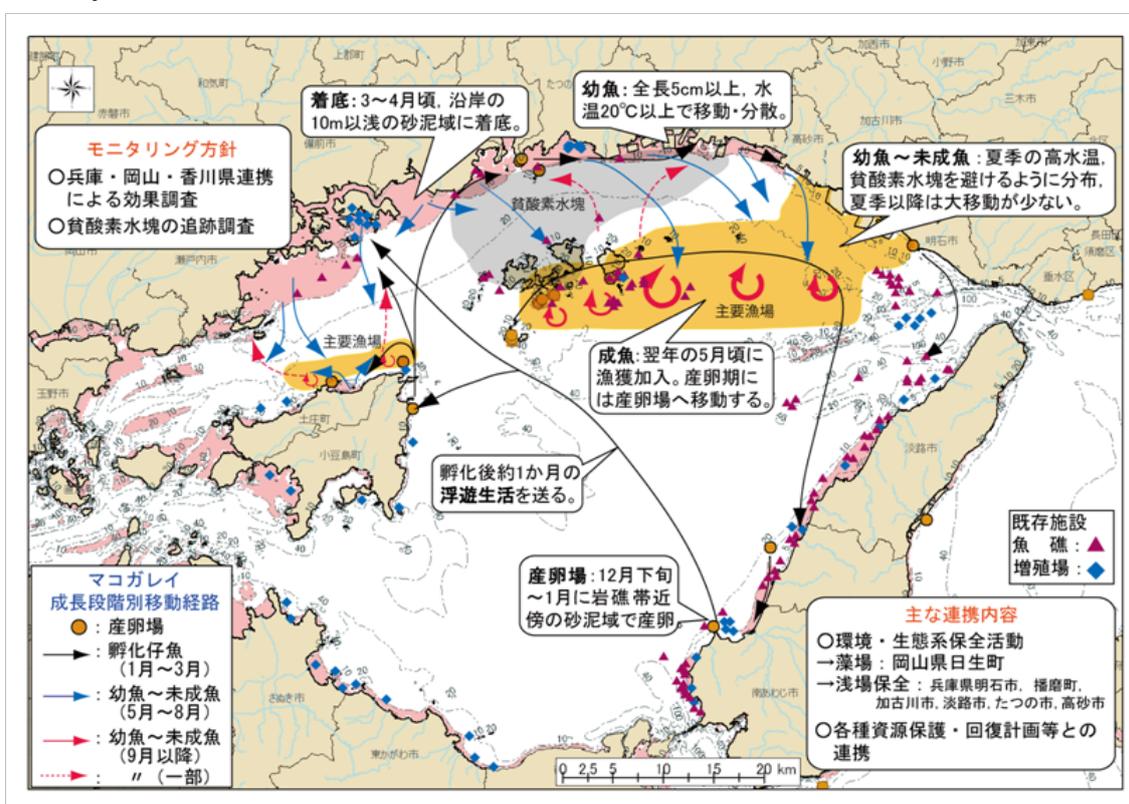


図4 マコガレイの生活史（模式図）

< 漁業資源 >

① 漁業資源（漁獲動向）

a マコガレイ

播磨灘全体では、近年の漁獲量は40t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、減少の割合はプラン前より小さくなっている。また、プラン前のCPUEは減少傾向にあったが、プラン実施後はやや増加の傾向がみられる。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。

b マダイ

3 県の漁獲動向は三者三様であるが、漁獲量が突出する兵庫県において資源の回復が明確であることから、播磨灘主要漁場における資源状況は回復傾向にあると考えられる。播磨灘全体では、漁獲量、CPUE とも順調に増加している。プラン実施後、漁獲量が減少傾向にあるが、平成 26 年には再び増加しており、資源は比較的高い水準で安定していると考えられる。

表 7 播磨灘におけるマコガレイの漁獲動向

			播磨灘	兵庫県	岡山県	香川
対象地区			右のとおり	坊勢及び淡路島	備前市日生町	引田・東讃・庵治・内海
対象漁業種類			右のとおり	小底、刺網	小底、刺網、定置網等	小底、刺網、定置網等
検討期間			H14～26	H14～26	H14～26	H14～26
漁獲動向	漁獲量	プラン前	↘ -2.9	→ 1.66	↘ -0.43	↘ -4.11
		プラン後	→ -0.83	→ -0.09	→ -0.24	→ -0.50
	CPUE	プラン前	→ -0.13	→ 0.05	→ -0.06	→ -0.12
		プラン後	→ 0.03	→ 0.03	→ -0.07	→ 0.02

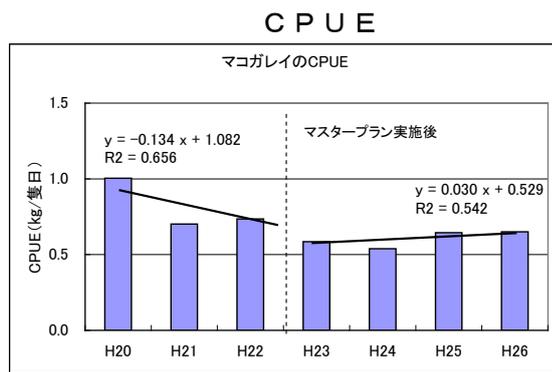
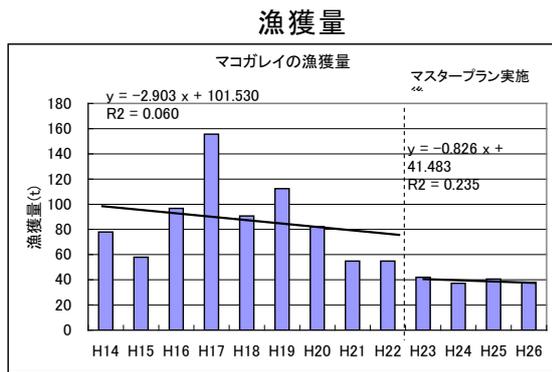
注)矢印横の数値は回帰式の勾配を示す。

表 8 播磨灘におけるマダイの漁獲動向

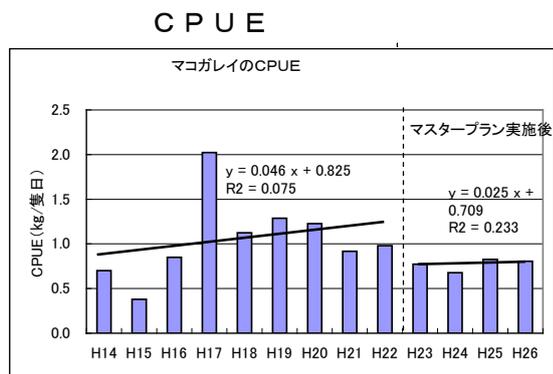
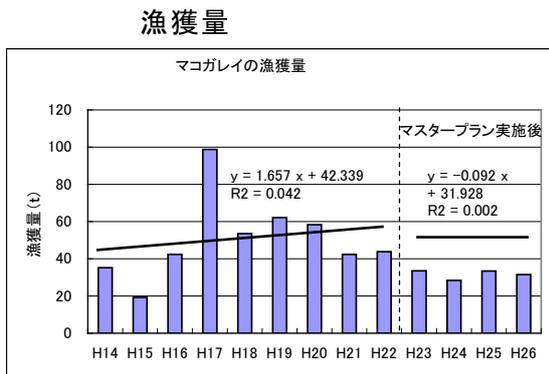
			播磨灘	兵庫県	岡山県	香川
対象地区			右のとおり	明石、坊勢、淡路島	備前市日生町	引田・東讃・庵治・内海
対象漁業種類			右のとおり	小底、刺網、釣り、吾智網	小底、刺網、定置網等	小底、刺網、釣り、定置網等
検討期間			H14～26	H1～26	H14～26	H20～26
漁獲動向	漁獲量	プラン前	↗ 20.56	↗ 15.62	↘ -0.51	↘ -1.87
		プラン後	↘ -11.85	↗ 16.64	↘ -0.48	↘ -28.01
	CPUE	プラン前	→ 0.13	→ 0.19	→ -0.08	→ 0.41
		プラン後	→ 0.23	→ 0.28	→ -0.1	→ -0.55

注)矢印横の数値は回帰式の勾配を示す。

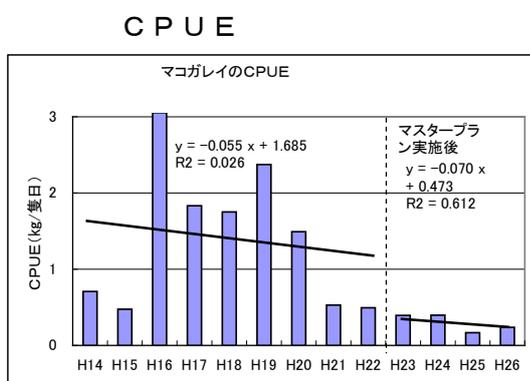
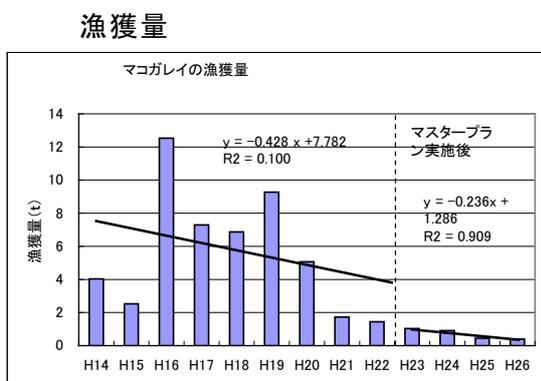
灘全体



兵庫県



岡山県



香川県

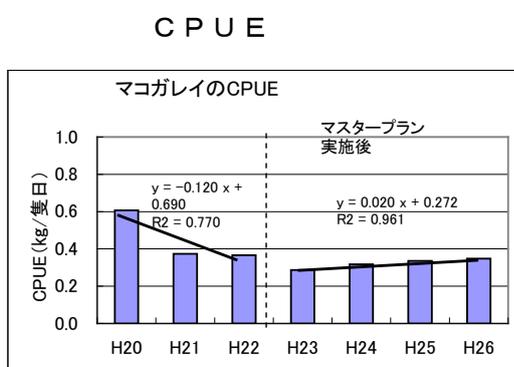
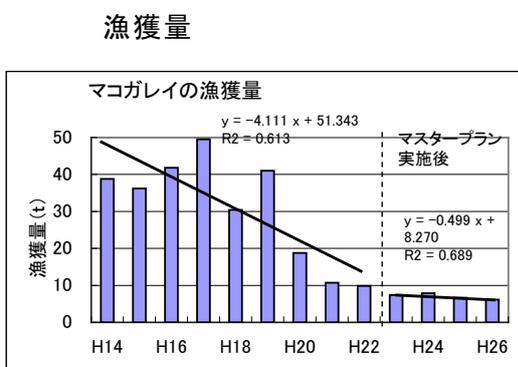
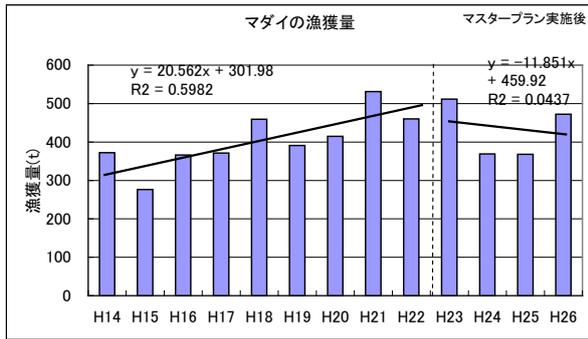


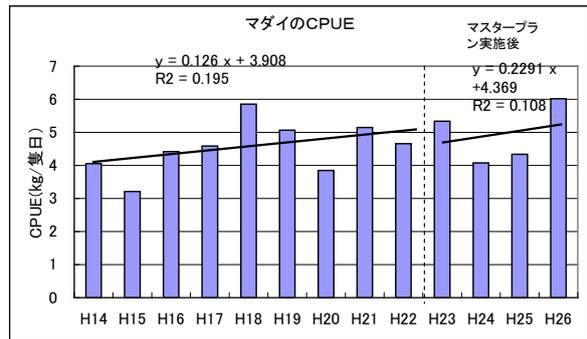
図 5(1) マコガレイの漁獲動向

灘全体

漁獲量

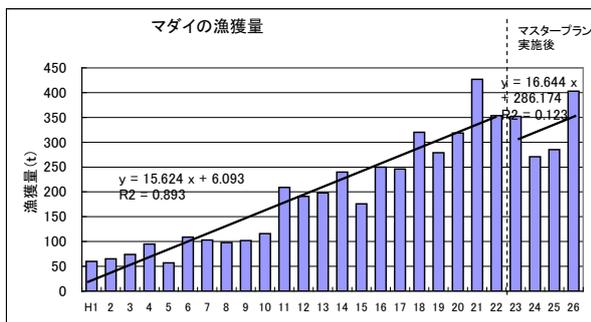


CPUE

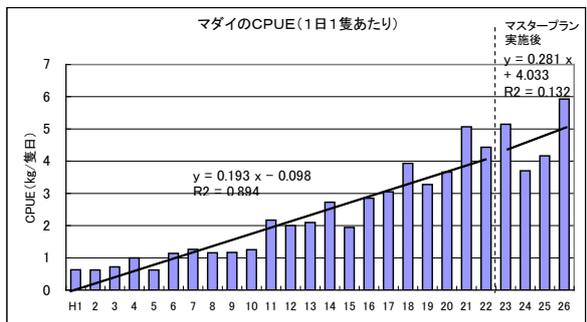


兵庫県

漁獲量

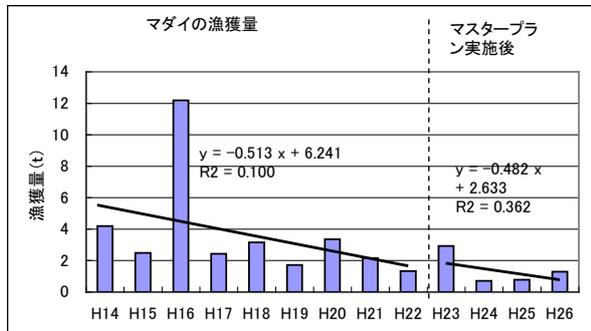


CPUE

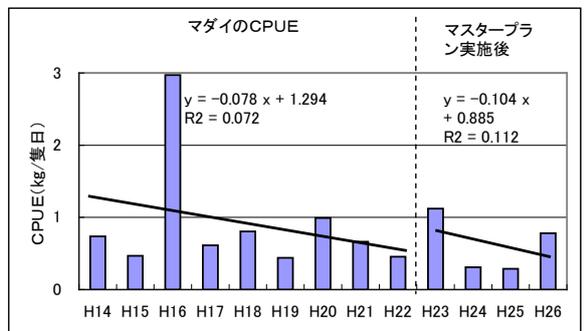


岡山県

漁獲量

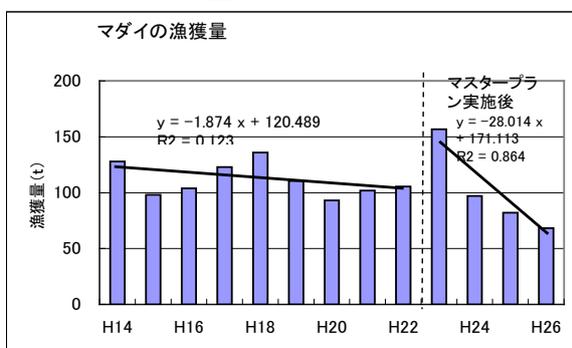


CPUE



香川県

漁獲量



CPUE

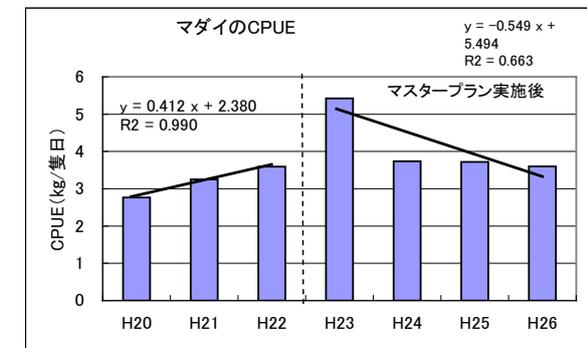


図 5(2) マダいの漁獲動向

②資源添加状況

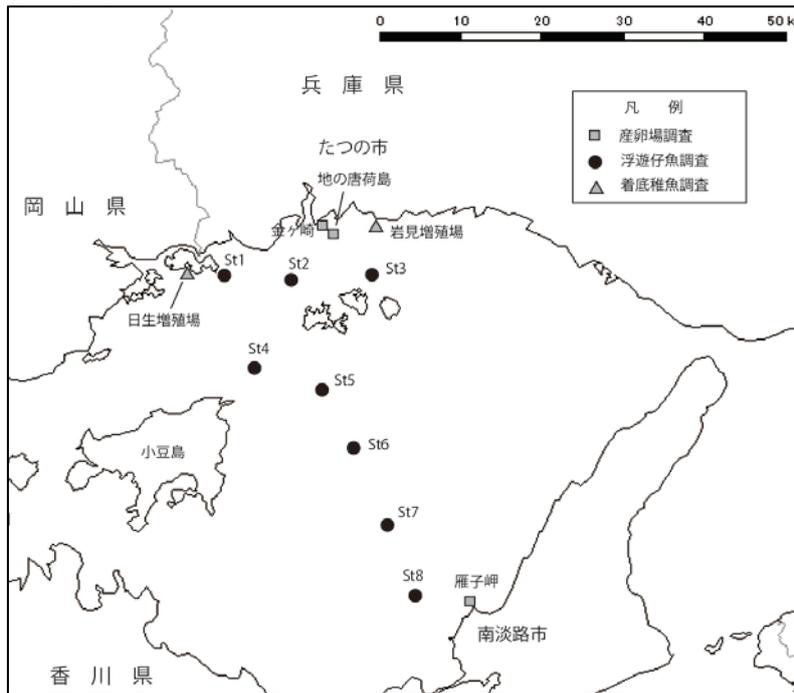


図6 マコガレイ卵稚仔調査地点図

a 産卵状況

たつの市の2箇所の産卵場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。一方、南淡路市の産卵場は、過年度、今回とも卵が殆ど出現しない状況であった。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。

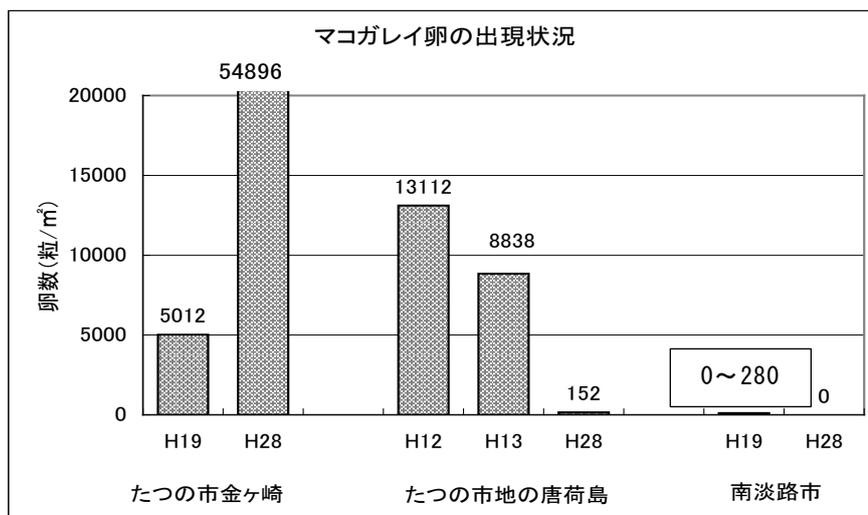


図7 マコガレイ卵の出現状況

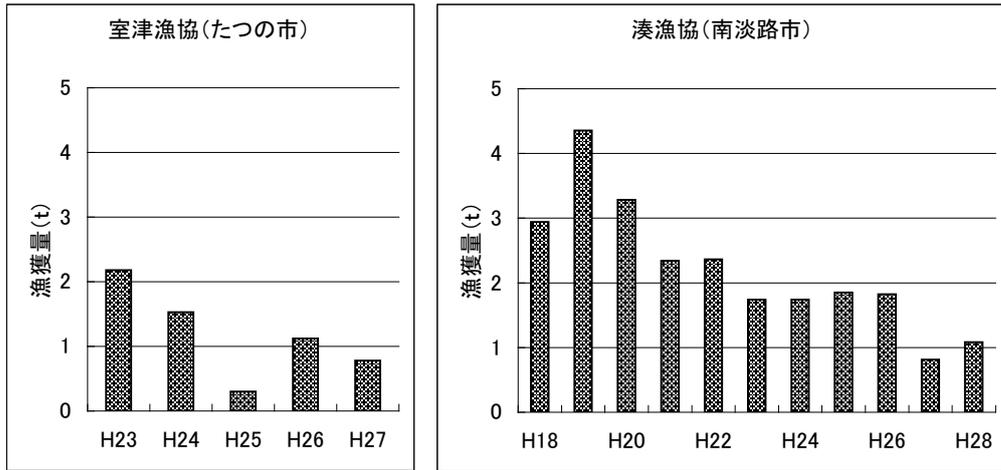


図8 室津漁協及び湊漁協における産卵期（12-1月）のマコガレイ漁獲量

b 仔魚の出現状況

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。

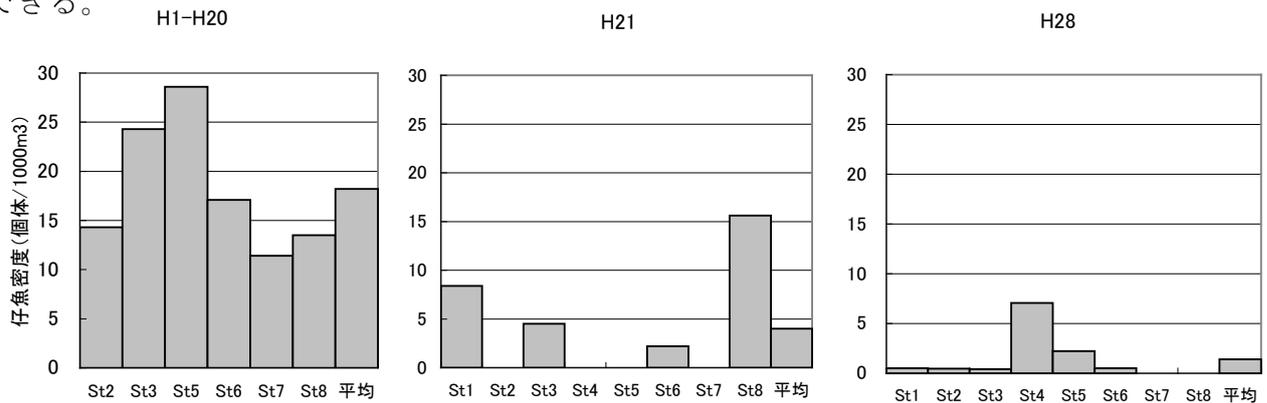


図9 マコガレイ浮遊仔魚の出現状況

c 稚魚の出現状況

岡山県の日生増殖場、兵庫県岩見増殖場とも平成26年の稚魚密度は平成21年と比べて低かった。調査の実施時期はともに4月上旬~中旬にかけてであり、稚魚が沖合に分散移動する時期には至っていないことから、増殖場への着底尾数が少なかったと考えられる。このことは浮遊仔魚密度の低下とも符合する。

また、増殖場と対照区の稚魚密度を比較すると日生、岩見とも増殖場で稚魚密度が高く、相対的な効果は確認された。

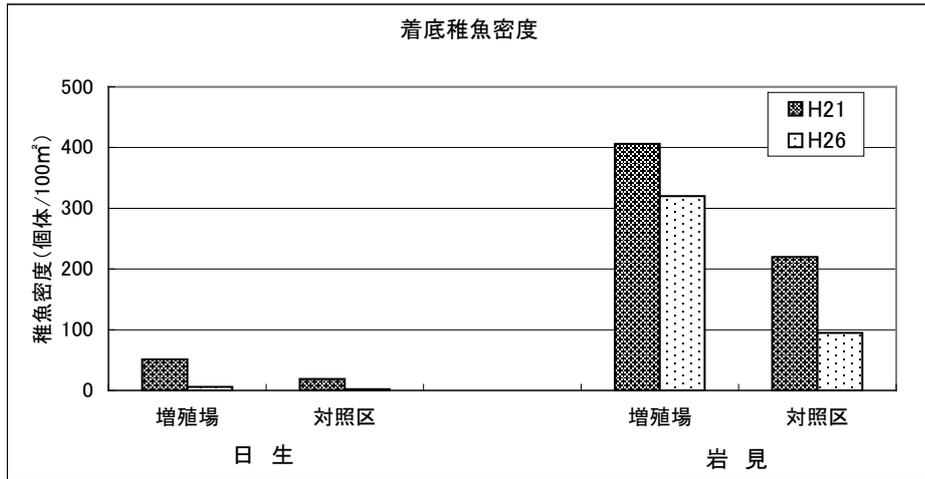


図 10 着底稚魚の密度

着底稚魚減少の一因として、環境収容力の低下が考えられる。着底直後のマコガレイ稚魚は底生カイアシ類を主食とし、全長 30 mm を超える頃から軟甲類、多毛類へと食性が変化する。

両増殖場におけるこれら主要餌料の現存量を調査した結果、いずれの餌料生物も平成 21 年より 26 年の方が多。すなわち、両増殖場において環境収容力の低下は生じておらず、マコガレイ稚魚密度の低下は、稚魚発生量の低下に拠る処が大きいと考えられる。

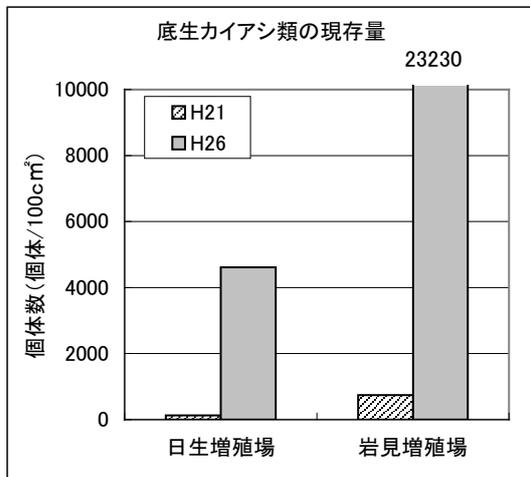


図 11 底生カイアシ類の現存量

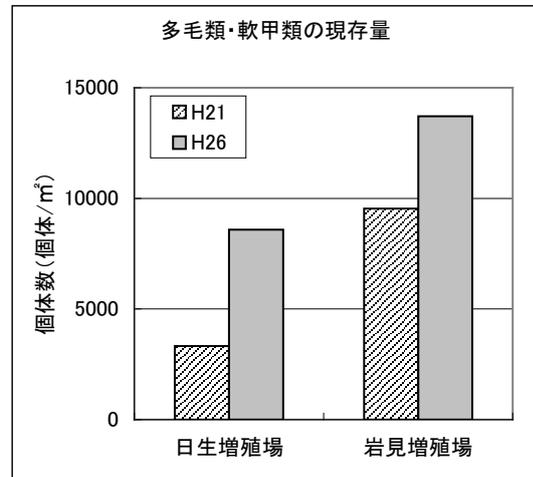


図 12 多毛類・軟甲類の現存量

< 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図 13 に示した。

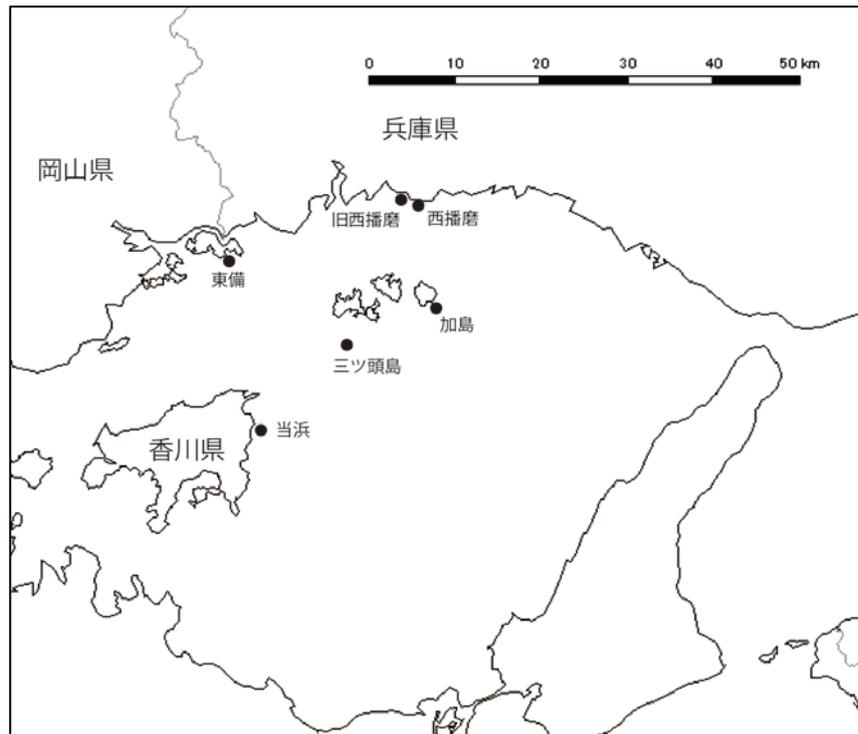


図 13 播磨灘におけるマスタープランのモニタリング地点

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 176 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は、それぞれ 264 百万円、16 百万円、1,000 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、1,078 百万円に相当する。

表 9 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
	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。

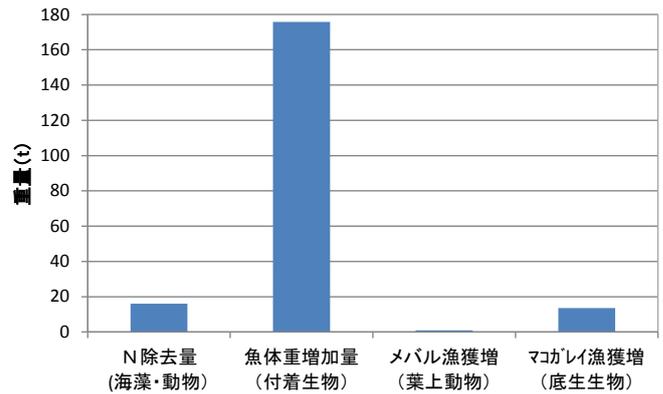
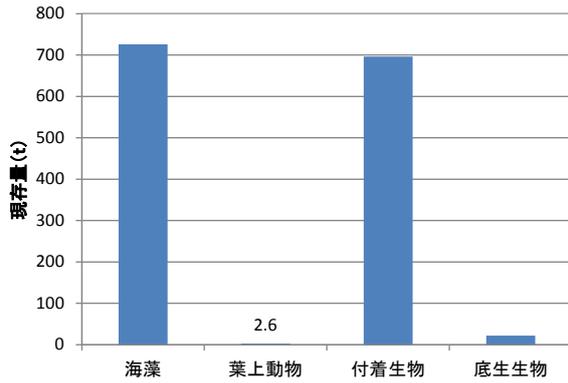


図 14 マスタープランによる環境生物の増加量（現存量） 図 15 漁業資源以外の生物による事業効果（数量ベース：年）

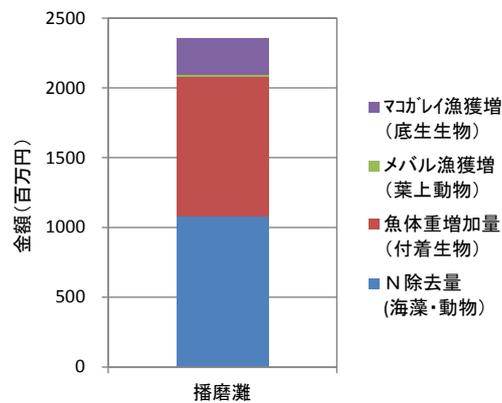


図 16 漁業資源以外の生物による事業効果（金額ベース：30年）

(2) 大阪湾
 < 漁業資源 >
 ① 漁獲動向
 キジハタ

関係県：大阪府、兵庫県
 基本方針：大阪湾全体における水産物の生産力の底上げを目指し、水産物の産卵場所・餌料環境の保全と整備及び幼稚魚の保護・育成環境の整備の取り組みを推進する。
 対象魚種：キジハタ、オニオコゼ、メバル、カサゴ

指標種のキジハタの生活史は図 17 に示すとおりである。

本種の卵、仔魚は大阪湾の強い循環流に乗って移動・拡散し、沿岸各地の生息適地に着底する。着底後は定着性が強く、大きな移動・回遊は行わないと考えられている。

②資源添加状況

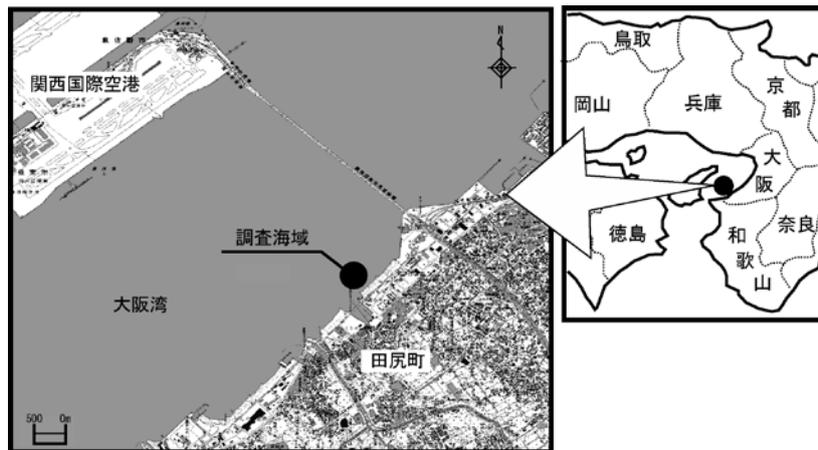


図 19 キジハタ調査地点図

a 未成魚～成魚の出現状況

潜水目視観察による増殖礁、投石帯、対照区で確認されたキジハタの全長・個体数・蟻集生物量を表 10 に示す。投石帯および対照区で実施した刺網漁獲結果を表 11 に示す。

キジハタは主に全長 15～16cm のサイズの個体が確認された。全長 15～16cm のキジハタは、1 齢と推察された（山口県：栽培てびき（改訂版），2012）。また、タグ付のキジハタも確認されたことから、昨年度放流した個体（地元漁業者からの報告）が多く含まれていると推察された。また、目視調査では全長 40cm のキジハタ（5 齢）も確認された。

キジハタが主に確認できた箇所は、増殖場（増殖礁、投石帯）であり、特に 1 齢のキジハタは増殖場の岸付近に設置されている平成 24 年度増殖礁（シェルナース 1.3 型、SKS リーフ ZB-S 型、カルセラリーフ 2.2m 低層 II 型 水深 6m）で多く確認された。キジハタの移動範囲は狭く、比較的浅い岩礁帯にとどまるといったことからキジハタ 1 齢にとっても最適な環境であったと考えられた。また、キジハタは礁内部で確認されることが多く、ダイバーが近づいても増殖礁から逃避することはないため、これら増殖礁を隠れ場として常時利用していると考えられた。

刺網調査では全長 26cm のキジハタ（3 齢）が投石帯で漁獲された。消化管内から潜水目視調査で増殖場において確認されているマダイが出てきており、増殖場を餌場として利用していると考えられた。

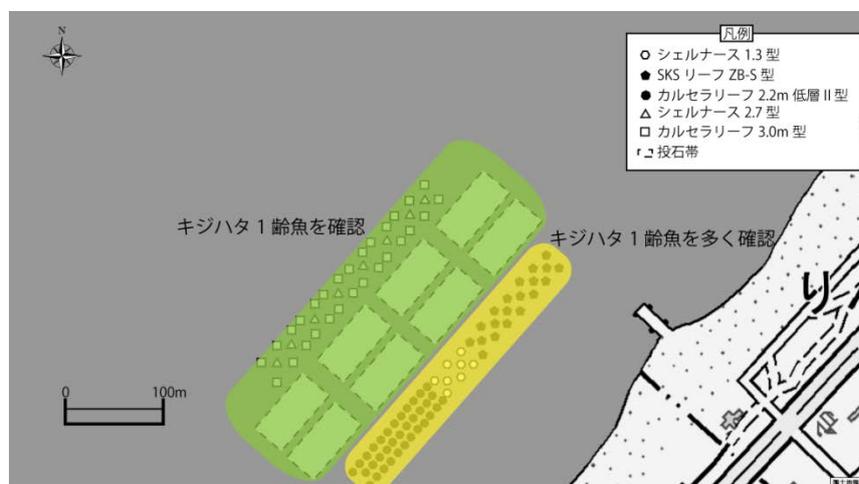


図 20 キジハタ 1 齢魚が確認された場所

表 10 潜水目視観察による増殖礁、投石帯、対照区で確認されたキジハタの全長・個体数・個体数・蛸集生物量(左：1回目調査 9月25日, 右：2回目調査 10月2日)

構造物名	全長(cm)	個体数	蛸集生物量(g)	構造物名	全長(cm)	個体数	蛸集生物量(g)
シェルナース1.3型	16	5	352.0	シェルナース1.3型	40	1	952.4
SKSリーフZB-S型	16	1	70.4	シェルナース1.3型	16	2	140.8
	12	1	31.3	SKSリーフZB-S型	16	2	140.8
カルセラリーフ2.2m低層Ⅱ型	15	2	117.3	カルセラリーフ2.2m低層Ⅱ型	18	1	98.3
シェルナース2.7型	-	0	0.0	カルセラリーフ2.2m低層Ⅱ型	16	1	70.4
カルセラリーフ3.0m型	-	0	0.0	シェルナース2.7型	-	0	0.0
投石帯	15	1	58.7	カルセラリーフ3.0m型	16	1	70.4
対照区1	-	0	0.0	投石帯	-	0	0.0
対照区2	-	0	0.0	対照区1	-	0	0.0

表 11 刺網調査結果(左：増殖場, 右対照区)

種	個体数	平均全長(mm)	平均体重(g)	種	個体数	平均全長(mm)	平均体重(g)
キジハタ	1	260.0	287.0	カサゴ	4	163.5	76.6
カサゴ	6	164.5	74.7	メバル	1	163.0	67.0
メバル	1	160.0	67.5	イシダイ	1	237.0	268.0
キュウセン	1	201.0	100.0	カワハギ	7	135.0	58.6
カワハギ	8	138.3	59.5	シロギス	1	165.0	32.0
合計	17			ホウボウ	1	189.0	66.0
				キュウセン	4	219.5	122.0
				ガザミ	2	161.0	251.0
				アカニシ	1	86.0	194.0
				合計	22		



写真 1 刺網で漁獲されたキジハタとその消化管から出てきたマダイ

本調査結果から田尻地区増殖場では、主に 1 齢のキジハタが多数生息しており、平成 25 年度からキジハタを放流していることから、放流種苗が増殖場にて滞留していると考えられた。これは増殖場の餌場機能や隠れ場機能が発揮されていることによるものと考えられる。また、投石帯においては 3 齢のキジハタが漁獲されたことから、増殖場にて成長した個体が沖側の投石帯へ移動・滞留し、投石帯に生息するマダイなどの小型魚類を摂餌していたことが窺えた。

< 漁業資源以外の生物増加量 >

大阪湾では、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 1.5 t、メバル 0.6 t の漁獲増と 6 t の魚体重増加効果が見込まれ、総便益はそれぞれ 32 百万円、15 百万円、18 百万円と試算される。窒素は 0.8 t が吸収され、除去費用換算で 58 百万円の事業効果が見込まれる。

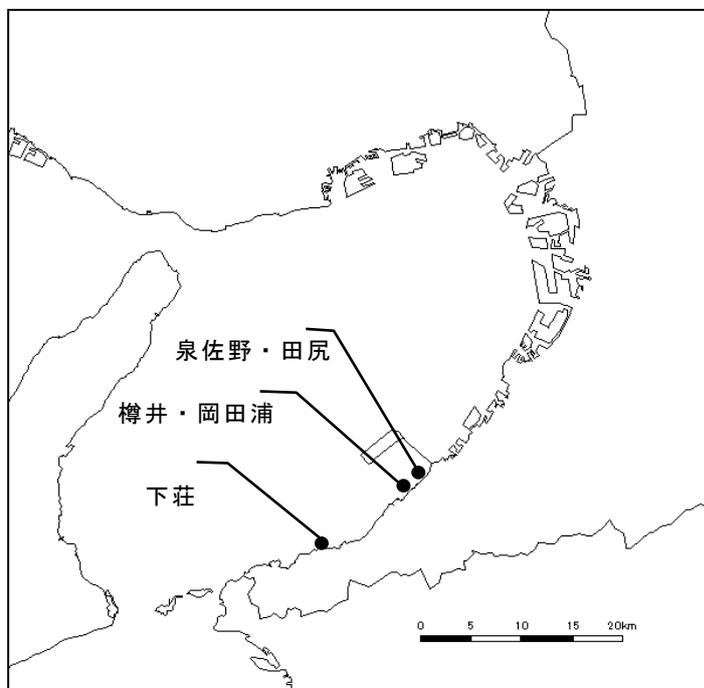


図 21 大阪湾におけるマスタープランのモニタリング地点

表 12 大阪湾における環境生物増加量のモニタリング結果

項目	府県	地区	増加現存量(t)		
			全量	餌料動物	選好性餌料動物
海藻	大阪	下荘	15.3		
		樽井	0.3		
		田尻	2.6		
		岡田浦	0.3		
		泉佐野	6.6		
		計	25.1		
葉上動物	大阪	下荘	0.5	0.5	0.5
		樽井	0.2	0.2	0.2
		田尻	0.4	0.4	0.4
		岡田浦	0.2	0.2	0.2
		泉佐野	0.4	0.4	0.4
		計	1.7	1.7	1.7
付着生物	大阪	下荘	10.7	3.9	
		樽井	2.4	1.9	
		田尻	7.4	5.4	
		岡田浦	3.3	2.8	
		泉佐野	8.5	5.7	
		計	32.3	19.7	
底生生物	大阪	下荘	0.7	0.7	0.4
		樽井	0.2	0.2	0.1
		田尻	0.5	0.5	0.3
		岡田浦	0.2	0.2	0.1
		泉佐野	0.5	0.5	0.3
		計	2.2	2.2	1.2

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。

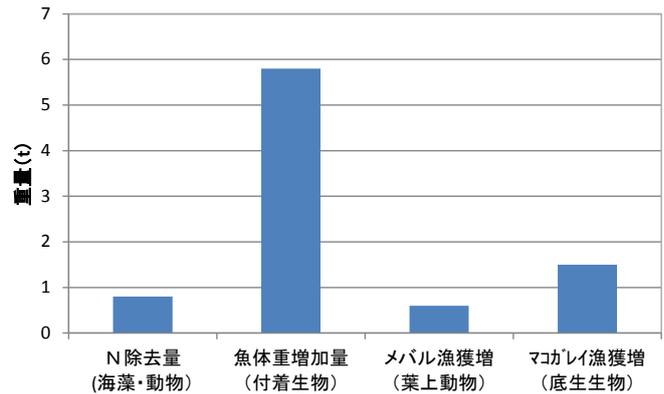
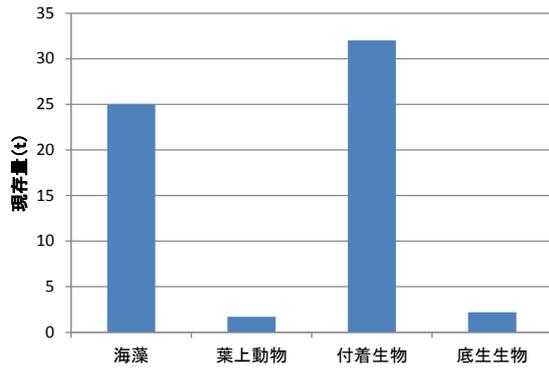


図 22 マスタープランによる環境生物の増加量（現存量） 図 23 漁業資源以外の生物による事業効果（数量ベース：年）

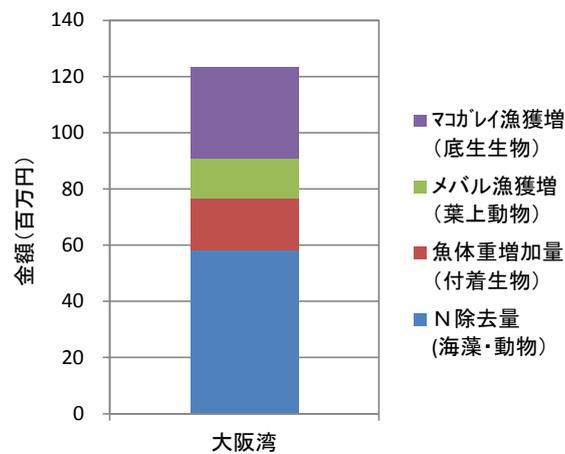


図 24 漁業資源以外の生物による事業効果（金額ベース：30年）

(3) 本州日本海北部海域

< 漁業資源以外の生物増加量 >

本州日本海北部海域におけるモニタリング地点を図 25 に示す。

北日本海ではマスタープランの実施により魚体重の年間増加量として 42 t（総便益額 278 百万円）、窒素除去効果として 10.5 t（646 百万円）が見込まれる。

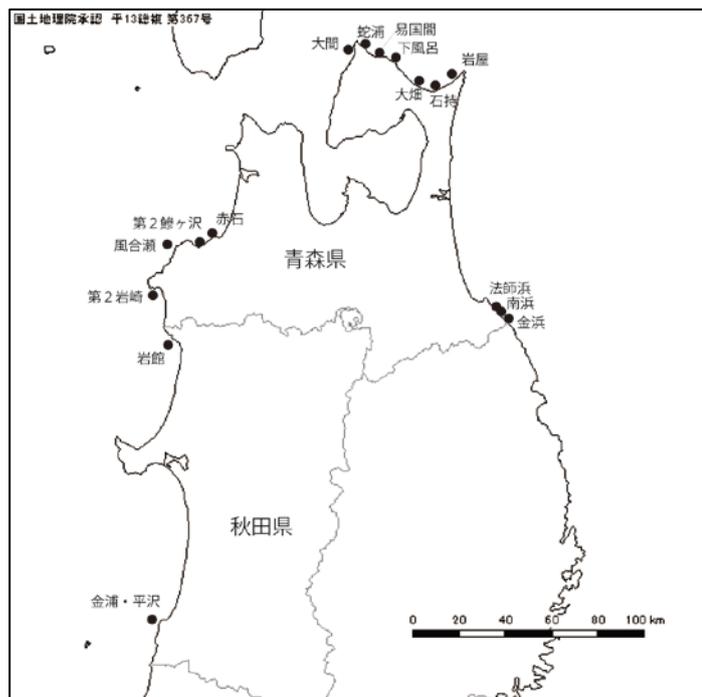


図 25 北日本海におけるマスタープランのモニタリング地点

表 13 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繻ヶ浦	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	3.0	
		秋田	岩館	23.3
	平沢		14.9	
	金浦		13.5	
			計	252.0
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繻ヶ浦	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	0.0
		南浜	0.5	0.5
		金浜	0.0	0.0
		秋田	岩館	2.4
	平沢		29.5	29.3
	金浦		5.6	5.6
			計	161.2

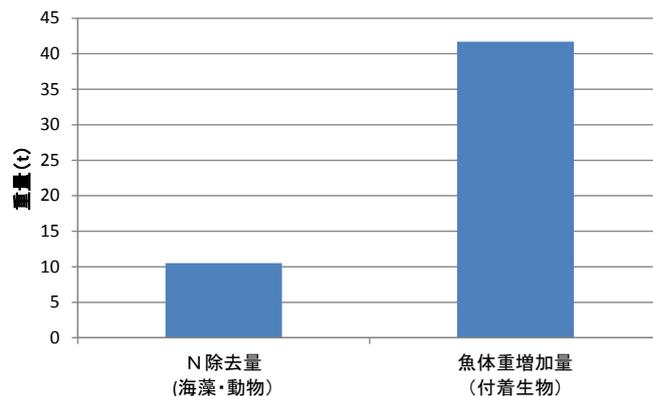
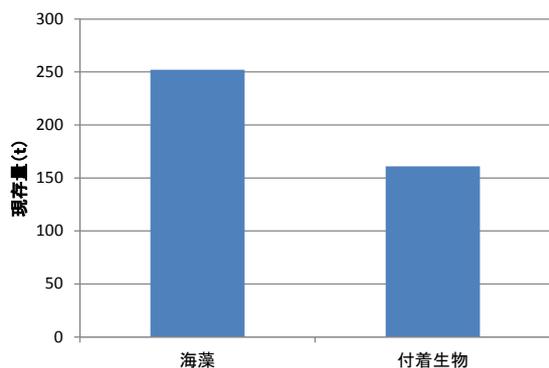


図 26 マスタープランによる環境生物の増加量（現存量） 図 27 漁業資源以外の生物による事業効果（数量ベース：年）

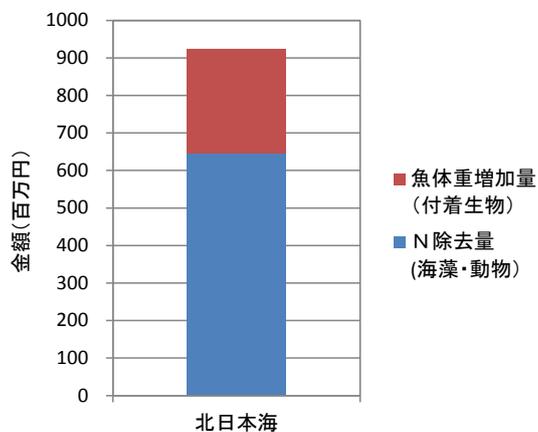


図 28 漁業資源以外の生物による事業効果（金額ベース：30年）

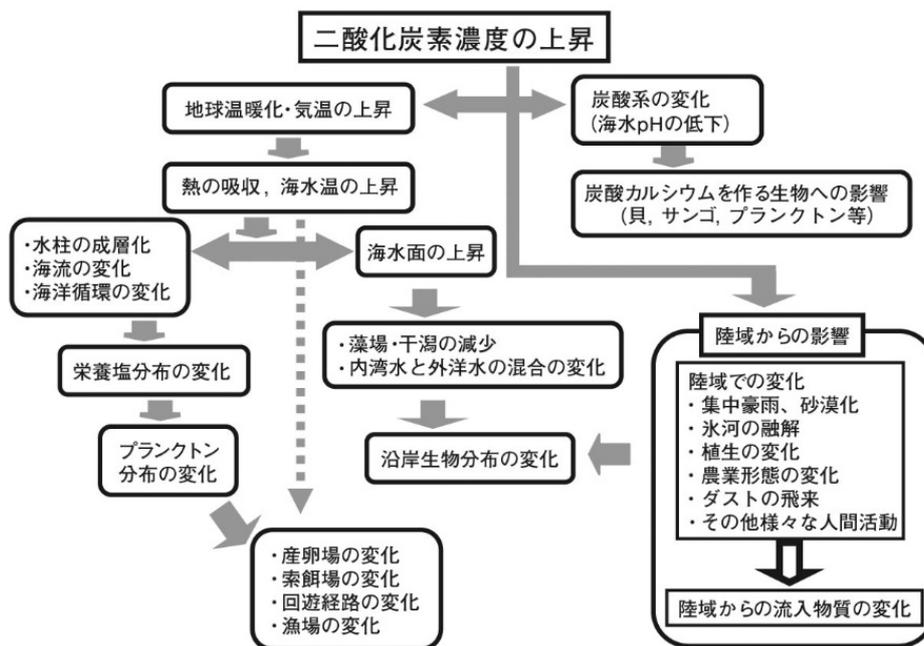
2. 気候変動に対応した漁場整備方策の検討

(1) 全国的な動向把握

① 水温上昇による水産生物への影響

海水温が上昇することにより、水産生物の産卵場・索餌場・回遊経路・漁場に対し、直接的に影響を及ぼす場合と、海洋構造・栄養塩分布が変化することにより、プランクトンの種類・分布様式が変化し、餌料面から影響を及ぼす場合が指摘されている(図 29)。

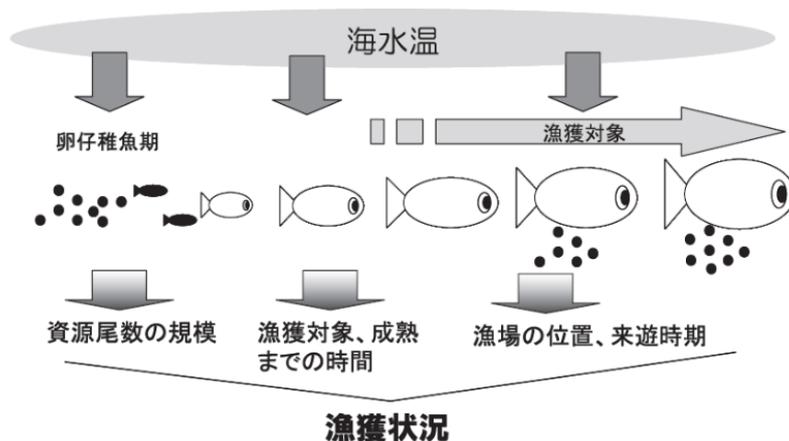
海藻については、一般に、成長速度は、水温が高くなるに従い速くなり、ピークに達したあと急激に低下し、ピーク時の水温が最適水温と呼ばれており、海藻の種類や季節によって異なることが知られ、水温が上昇して藻場構成種の最適水温を越すと藻場の生産力は急激に低下することを意味している。また、生産力が低下した藻場は、アイゴなどの植食性魚類やウニの食害の影響を受け、衰退・減少しやすくなり、高水温(30℃前後)が持続すると、枯死する海藻もあらわれ、藻場の構成種は変化する(水産庁 2009)。



(独)水産総合研究センター(2009)より

図 29 大気中二酸化炭素濃度上昇が引き起こす水産生物への様々な影響

海水温に対する水産資源の応答をみると(図 30)、卵・仔稚魚期などの移動力に乏しい期間では、生存不適な水温にさらされると、逃げるができずに個体数が大きく減少する。また、水温は生物の代謝効率に大きく影響するため、特に仔稚魚期では個体成長の重要な因子となり、成長・成熟に要する時間が変化する。成長して移動力が得られると、生息に適した水温帯を選ぶようになり、水平方向・深浅方向に移動する。そのため、漁場の位置や来遊時期(漁場形成)などが年によって変わり、漁場形成は水温分布の影響を直接的に受けることになる。一方、多くの資源は、複数の年齢群で構成されているため、資源量の大きさは、各年齢群が成長過程で経験してきた、過去の水温作用の蓄積された結果になる。



星野(2009)より

図 30 海水温がおよぼす水産資源への影響

次に、「日本における気候変動による影響に関する評価報告書」に記載されている日本海側に関係する水産業、増養殖等、自然生態系の水温上昇に対する現在の状況と将来予測される影響について、表 14～15 に示す。

表 14 日本海側における水温上昇に対する現在の状況と将来予測される影響(水産業)

種類	地域	現在の状況	将来予測される影響
水産業	—	<ul style="list-style-type: none"> 海水温の変化に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されている。 回遊性魚介類は適水温域を回遊する特性があるため、海水温の上昇によって分布回遊域が変化すると、地域によって漁獲量が増減することになる。 海洋生態系は、地球温暖化による影響の他、10～数十年スケールの周期的な海水温の変化による影響もあり、温暖化の影響のみを分離するのは難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> 漁獲量の変化及び地域産業への影響に関しては、資源管理方策等の地球温暖化以外の要因も関連することから不確実性が高く、精度の高い予測結果は得られていない。 回遊性魚介類については、分布回遊範囲および体サイズの変化に関する影響予測が数多く報告されている。しかし、漁獲量の変化および地域産業への影響に関しては、資源管理方策等の地球温暖化以外の要因も関連することから不確実性が高く、精度の高い予測結果は得られていない。
サワラ	日本海	<ul style="list-style-type: none"> 暖海性種で、主に東シナ海や瀬戸内海で漁獲されてきたが、日本海の夏～秋季の水温が上昇した1990年代後半以降は、日本海での漁獲量が急増し、2006年以降では、若狭湾沿岸域の京都府または福井県の漁獲量が日本で最も多くなっている。 	—
スルメイカ	日本海	<ul style="list-style-type: none"> 秋季発生系群は、資源水準が高水準を維持しているものの、日本海の水温上昇による分布の北偏化とともに、水温の高い夏～秋季に本州沿岸域では漁場が形成されにくくなった。その結果、夏～秋季の 	<ul style="list-style-type: none"> 2050年には本州北部沿岸域、2100年には北海道沿岸域の分布密度が低い海域が拡大する。日本沿岸域ばかりでなく、亜寒帯冷水域にあたる日本海の中央部でも分布密度が夏季に低下する。 日本海の沿岸域および沖合域とも大きさが小さくなる。 主産卵期は、現在10月から2月であるが、2050

		本州日本海沿岸域では、1990年代後半以降、漁獲量が大きく減少(95%以上)した地域も見られる。	年には11月から4月まで、2100年には12月から5月までとなることが予想される。いずれは、秋生まれから春生まれの区別がなくなり産卵場が東シナ海に限られるようになると推察。
ブリ	日本海	—	<ul style="list-style-type: none"> ・10月の水深100m、水温7℃以上の範囲を予測した結果、2025年までは面積がほとんど変化しないが、それ以降は拡大し、2100年には日本海のほぼ全域に拡大すると予測。これにより、栄養段階の高いブリの分布範囲の拡大を示唆。佐渡や富山では品質が低下することを懸念。 ・将来の地球温暖化により、冬季の分布域の北への拡大、越冬域の変化がおり、南方の回遊経路、産卵場にも影響を与えると推測されている。
サンマ等の多獲性浮魚類	全国	—	<ul style="list-style-type: none"> ・海水温の上昇によってサンマをはじめ、多獲性浮魚類の分布・漁場が北上する。 ・餌料環境の悪化から成長が鈍化するものの、回遊範囲の変化によって産卵期では餌料環境が好転し、産卵量が増加する場合もある。
スケトウダラ等	全国	—	<ul style="list-style-type: none"> ・すでに減少傾向にある三陸沖、ならびに日本海北部では2050年には資源が激減する。そして2100年には北海道太平洋ならびにオホーツク海側の資源以外は絶滅する可能性が高いことが予想される。 ・スケトウダラやズワイガニなど底魚類については、水深100m以深の水温上昇は僅かなため、影響は現れない。

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)より

表 15 日本海側における水温上昇に対する現在の状況と将来予測される影響(増養殖等)

種類	地域	現在の状況	将来予測される影響
増養殖業	—	<ul style="list-style-type: none"> ・各地で南方系魚種数の増加や北方系魚種数の減少、藻食性魚類による藻場減少、藻場減少に藻食性動物の漁獲量の減少が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生態系モデルと気候予測シナリオを用いた影響評価は行われていないものの、多くの漁獲対象種の分布域が北上すると予測されている。 ・海水温の上昇による藻類の種構成や現存量の変化によって、磯根資源の漁獲量が減少すると予想されている。 ・養殖魚類の産地については、夏季の水温上昇により不適になる海域が出ると予想されている。 ・海水温の上昇に関係する赤潮発生による二枚貝等のへい死リスクの上昇等が予想されている。 ・IPCCの報告では、海洋酸性化による貝類養殖への影響が懸念されている。
藻場	長崎県／全国	<ul style="list-style-type: none"> ・藻食性魚類(ノトイヌズミなど)の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少し、藻類を餌として利用するイセエイやアワビの漁獲量の減少が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・海水温の上昇によって藻場の種組成が変化し、アワビ等の磯根資源に大きな影響を与える。
ハタ類	長崎県	<ul style="list-style-type: none"> ・五島列島では、近年、九州北部で産卵しない南方性ハタ科魚類の水揚げ量が数倍以上に増加。 	—

		特にアカハタは2008年に比較し、2013年は10倍以上に増加。高水温化と南方から移送される卵あるいは仔稚魚の生残率・定着率の上昇との関係が考えられる。	
魚類相	長崎県	・野母崎沿岸では、1973年に採集された魚種に比較して、2006年から2008年にかけての調査で新たに確認された19種のうち、17種は南方系種だった。また、採集された全魚種数のうち、温帯系種と広域分布種の割合が減少したのに対し、南方系種の増加が認められた。	—
	北九州(筑前海)	・2004年と10年前、50年前の魚類相を比較したら結果、2004年では南方系種が2倍近くに増加していることを示した。	—
	京都府	・出現魚種数を2002～2006年と1970～1972年間で比較し、南方系種の増加と北方系種の減少を報告。冬期水温の上昇に関係すると考察。	—

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)より

②海面水温および気象の長期変動

日本近海における、2014年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温(年平均)の上昇率は、 $+1.07^{\circ}\text{C}/100$ 年となっており、日本海側では日本海中部が $+1.72^{\circ}\text{C}/100$ 年と最も高くなっている(図31)。

2014年までのおよそ100年間にわたる海面水温の上昇率は、夏に比べ、冬に高い傾向にあり、日本海中部が最も上昇率が高く、日本海北東部が低い(表16)。

表16 2014年までのおよそ100年間にわたる海面水温の上昇率($^{\circ}\text{C}/100$ 年)

区域	年	冬	春	夏	秋
日本海北東部	#	$+0.77 \pm 0.59$	#	#	#
日本海中部	$+1.72 \pm 0.35$	$+2.33 \pm 0.52$	$+1.80 \pm 0.44$	$+0.93^* \pm 0.62$	$+1.99 \pm 0.49$
日本海南西部	$+1.27 \pm 0.35$	$+1.55 \pm 0.52$	$+1.33 \pm 0.42$	$+0.73^* \pm 0.52$	$+1.61 \pm 0.36$
東シナ海北部	$+1.20 \pm 0.25$	$+1.53 \pm 0.43$	$+0.99 \pm 0.29$	$+0.71 \pm 0.33$	$+1.50 \pm 0.31$

単位： $^{\circ}\text{C}/100$ 年

注1 上昇率の有意水準は、無印1%、*5%、**10%を示す。

注2 #は、有意な長期変化傾向が見出せないことを示す。

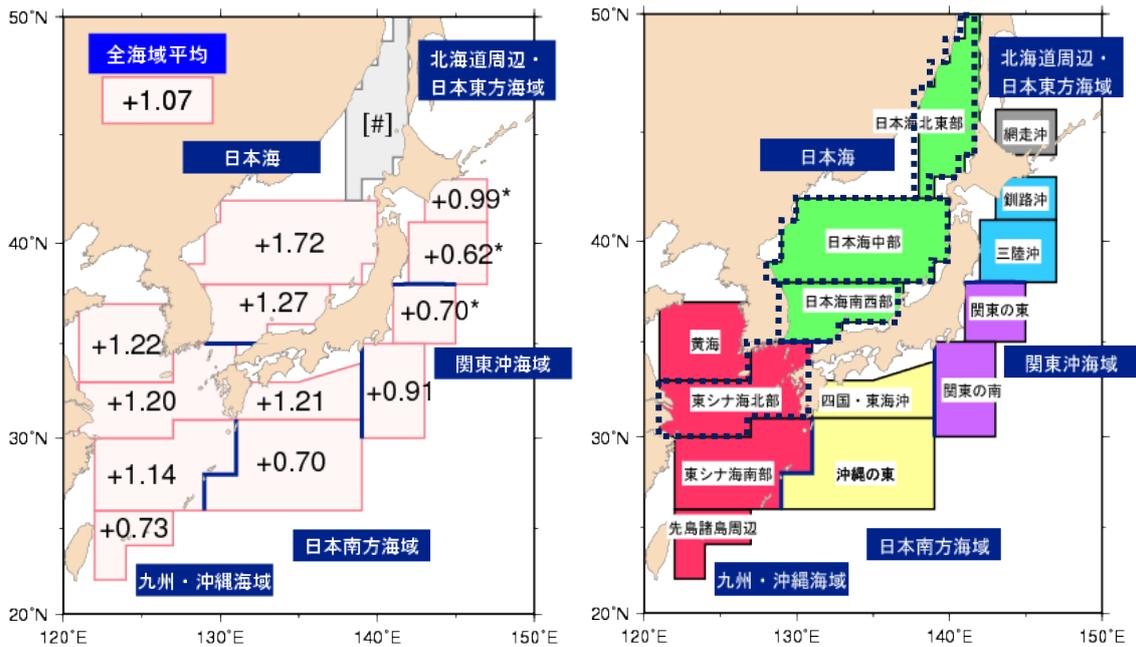


図 31 日本近海の平均海面水温(年平均)の長期変化傾向(°C/100年)(左図)と海域区分(右図)

③日本海側の海水温分布の推移および対馬暖流の変動

a 日本海側の海水温分布の推移

日本海側の昭和 49 年 (1974 年) の平成 25 年 (2013 年) の海水温分布を図 32 に示す。

3 月の海面の水温分布は、10°C 以上の範囲が、平成 5 年以降、能登半島より東の海域に広がる傾向にあり、8 月の海面の水温分布は、昭和 38 年 (1963 年) が 23°C 以上と高く、昭和 58 年 (1983 年) と平成 5 年 (1993 年) が 20°C の範囲が南下し、その後、再び高くなる傾向にある。

水深 50m の水温分布は、3 月では平成 5 年 (1993 年) 以降 10°C 以下の水温範囲が広がる傾向にあり、一方、8 月では昭和 49 年 (1974 年)、平成 15 年 (2003 年)、平成 25 年 (2013 年) と 20°C 以上の水温分布がみられ、20°C 以上の水温の分布範囲が平成 15 年、平成 25 年 (2013 年) と広がる傾向をみせた。

水深 100m の水温分布は、海面および水深 50m に比べ、大きな変化はみられていない。

気象庁の海面水温の長期変動(表 16)では、冬の上昇率が大きく、夏に高くなる傾向を示した水深 50m および変化の少ない水深 100m は、海面とは異なった変動を示しているものとみられる。

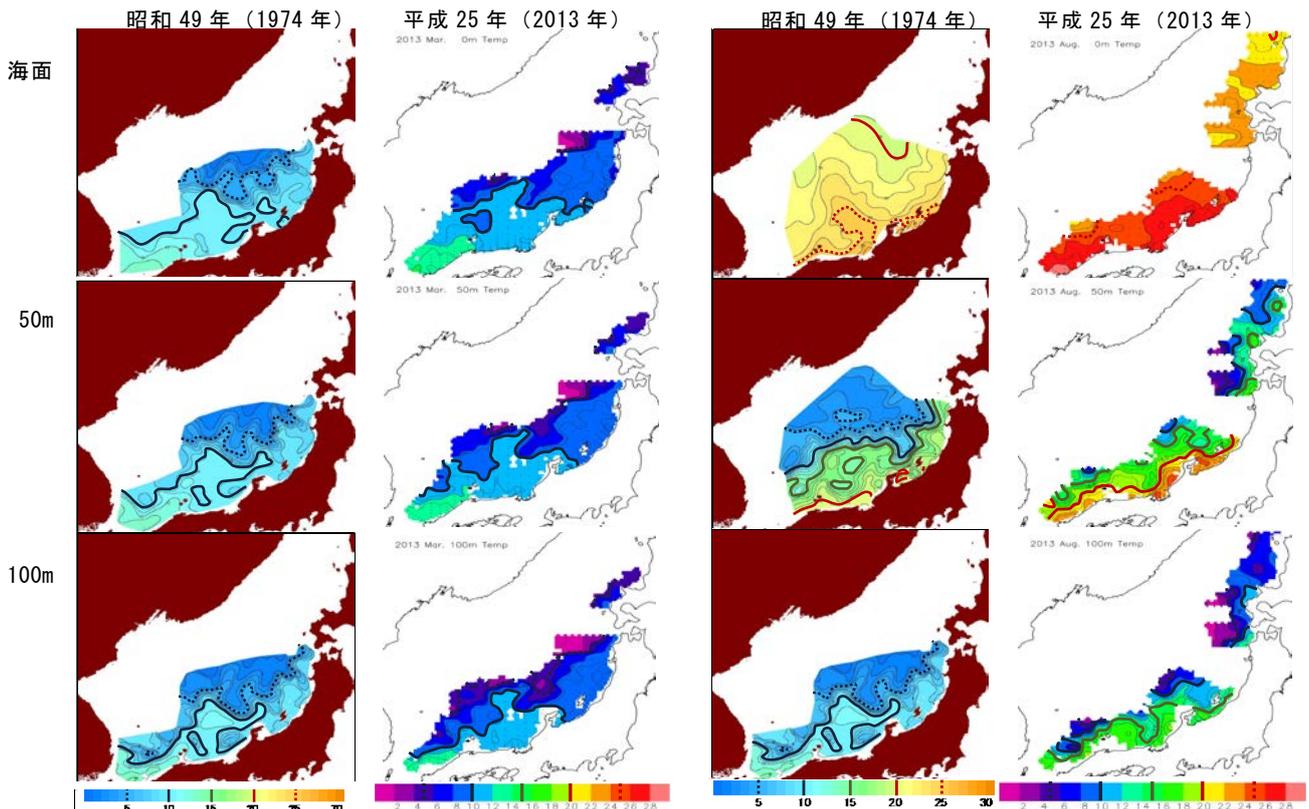


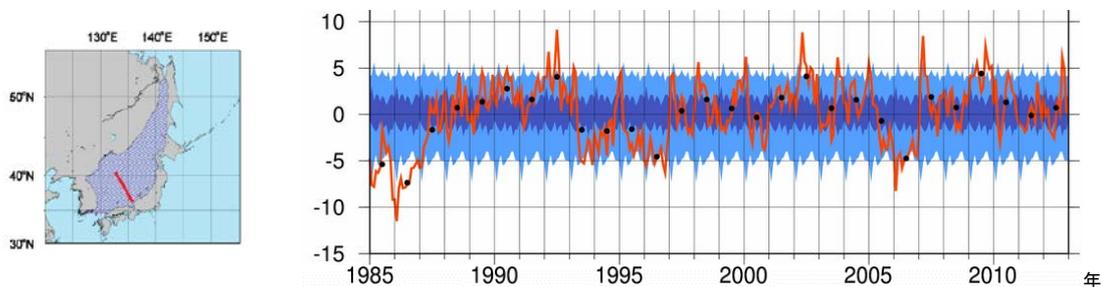
図32 日本海における海水温の分布 (左: 3月。右: 8月)

b 対馬暖流の変動

対馬暖流の変動状況について、勢力の経年変動を図33(1)に、地衡流量の経年変動を図33(2)に示す。

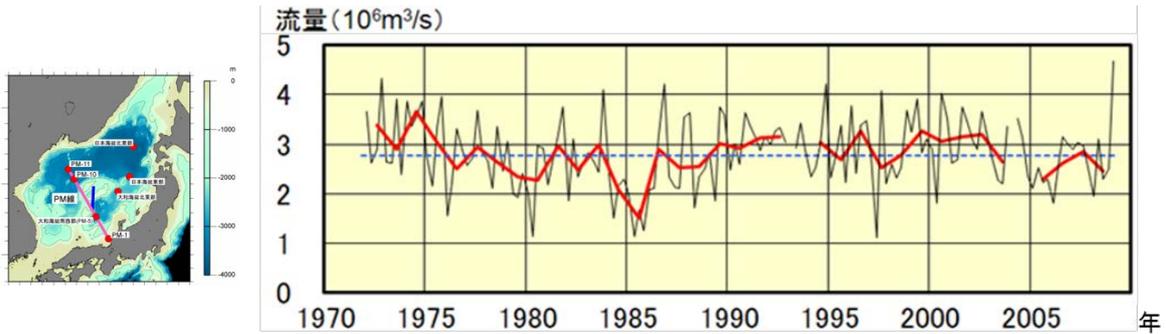
日本海の100m深水温10℃以上の海域面積が対馬暖流の勢力の指標として用いられており、対馬暖流の勢力が強いと水温が上昇することがいわれている。対馬暖流の勢力は、1985～2012年の28年間では、1986年が最も弱く、それ以降は増大し、1990年代以降は1996年や2006年に極小値を示したもののおおむね勢力の強い状態が続いている(図32(1))。

また、日本海中央部での対馬暖流の流量は、1970年代半ばから1980年代半ばにかけて減少傾向にあり、1985年に最小値を記録した後、平年並まで増加し、1990年代以降は2009年までおおむね平年並あるいは平年より多い状態が続いている(図32(2))。



- 注1 海洋大循環モデルとデータ同化の解析結果による100m深の水温が10℃以上の海域の面積の平年差の時系列。
- 注2 図中の赤線が月の実況の平年差を、黒丸(●)が実況の平年差の年平均値を示している。
- 注3 平年値は1985～2010年の過去26年間の平均値である。
- 注4 濃い青は1985～2010年の26年間に出現した月ごとの対馬暖流の勢力の上位1/3及び下位1/3の事例を除いた範囲を、薄い青は1985～2010年の26年間に出現した上位1/10及び下位1/10を除いた範囲を示している。
- 注5 濃い青の範囲: 平年並、薄い青の範囲: 平年より強い(弱い)、それ以外の範囲: 平年よりかなり強い(弱い)

図33(1) 対馬暖流の勢力の経年変動(1985～2012年)



注1 黒線は観測値、赤線は年平均値、青線は年平均値の平年値(1981~2008年の平均値)。

図 33(2) PM線を横切る対馬暖流の地衡流量の経年変動(1972年冬季~2009年冬季)

④クロロフィルの推移

日本海側に位置する長崎県対馬、東シナ海側に位置する長崎県五島西および鹿児島県阿久根沖における海面のクロロフィル a 濃度の経年変化を図 34 に示す。

日本海側および東シナ海側ではクロロフィル a 濃度が、増加傾向にあることを示している。

なお、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)の日本における気候変動による影響に関する評価報告書によると、海域のクロロフィルについては、下記の指摘がされている。

- ・全海洋で Ch1a (クロロフィル) 濃度が低下。原因として成層化による栄養塩供給の減少を指摘。日本周辺海域でも Ch1a の減少傾向を検出。
- ・親潮域における純一次生産力の低下と春期 Ch1a 現存量の低下を観測。
- ・ここ 10 年間では、日本周辺海域ではクロロフィル量、海洋一次生産に顕著な変動はみられない。
- ・親潮域・混合水域において、混合域では純一次生産力の低下に伴いメソ動物プランクトンが減少。一方親潮域では、一次生産力の低下にも係わらず動物プランクトン現存量に変化無し。
- ・純一次生産力の低下と春期ブルームの早期化を検出。親潮域では純一次生産力の低下による成体期の餌料環境の悪化と、春期ブルームの早期化による幼少期の餌料環境の向上がほぼ相殺するため、一次生産力の低下にもかかわらずメソ動物プランクトンの現存量に大きな変化が見られなかった事を結論づけた。

※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)報告書より

- ・ Aqua 衛星の MODIS1(空中分解能撮像分光放射計)の 2004 年(平成 16 年)7 月から 2010 年(平成 22 年)12 月までの 1 日 1 シーンのデータから雲のない画像が選定され、7×7 画素(およそ 7km 四方)の領域のクロロフィル a 濃度が抽出・解析されている。
- ・ 広域にわたって長期的にクロロフィル a 濃度が変化する可能性があるため、湧昇マウンド礁の近くで、湧昇マウンド礁の影響を直接受けないと判断できる海域が対照区とされ、その結果を図に用いた。



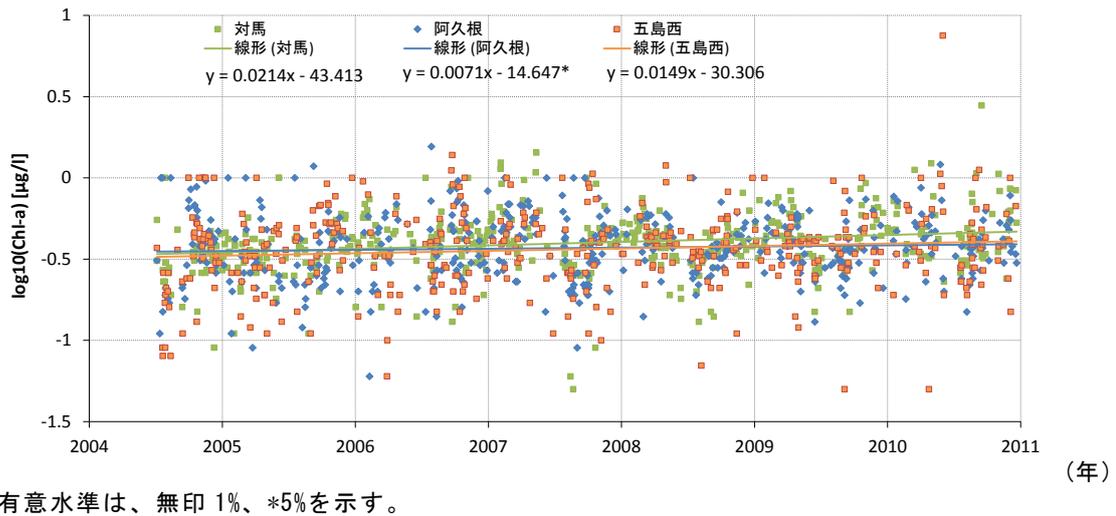


図 34 対馬・阿久根・五島西のクロロフィル a 濃度の経年変化

⑤藻場の推移

日本海側 16 道府県の藻場面積の推移を図 35 に示す。

藻場面積は、1989～1991 年度に増加していたものの、その後、減少傾向にある。

1995～1996 年度の自然環境保全基礎調査および 2012 年度の日本沿岸藻場再生モニタリング調査の報告書には藻場の減少要因の記載がない。なお、1989～1991 年度の自然環境保全基礎調査では、藻場の消滅原因が、全国的には埋立等直接改変 28.1%、磯焼け 14.7%、その他海況変化等 16.2%、不明 40.6%等とされている。

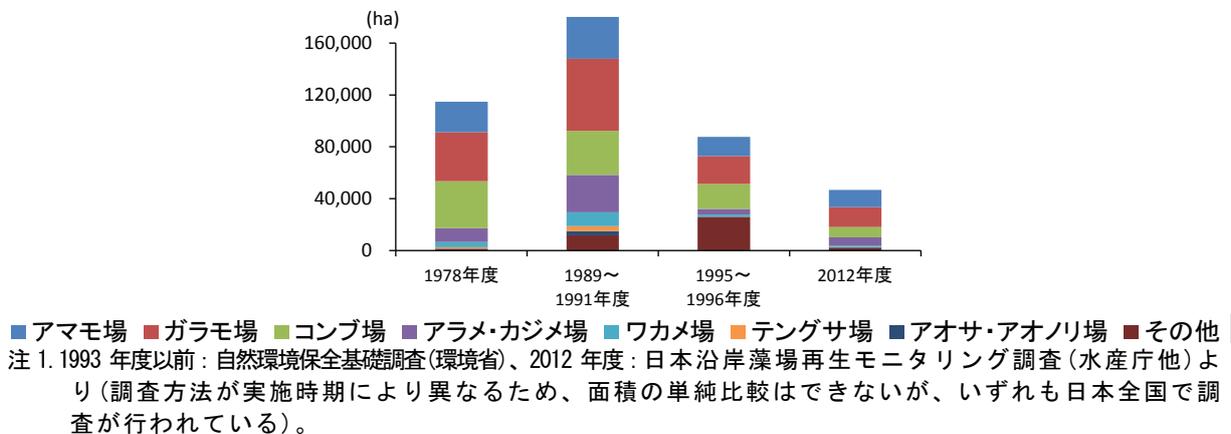
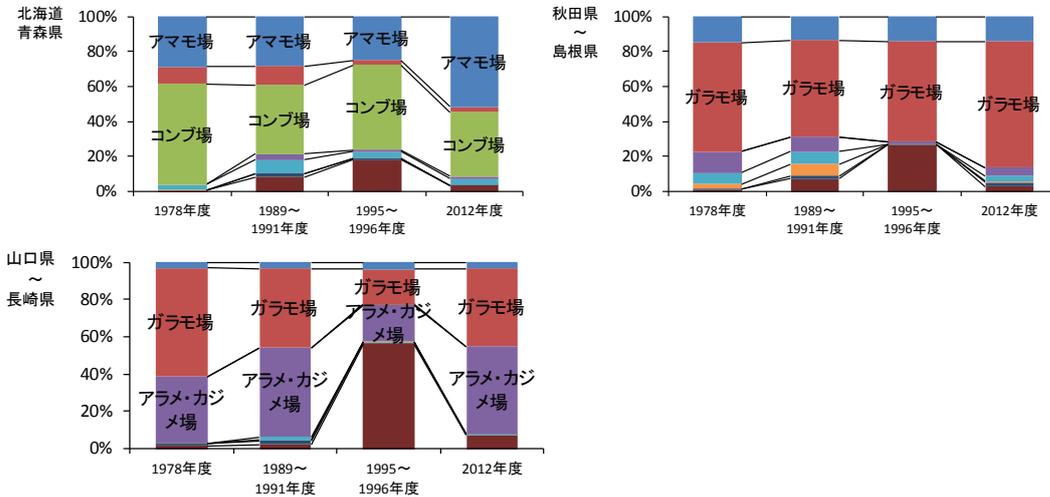


図 35 藻場種類別面積の推移(日本海側 16 道府県計)

藻場の組成の推移を図 36 に示す。藻場の組成は、北海道・青森県でコンブ場・アマモ場、秋田県～島根県でガラモ場、山口県～長崎県でアラメ・カジメ場が主体となる傾向にあるため、それらの 3 区域について整理した。

北海道・青森県ではコンブ場主体から 2012 年度ではアマモ場の組成が高くなっている。秋田県～島根県ではガラモ場、山口県～長崎県ではアラメ・カジメ場主体で推移している。



■ アマモ場 ■ ガラモ場 ■ コンブ場 ■ アラメ・カジメ場 ■ ワカメ場 ■ テングサ場 ■ アオサ・アオリ場 ■ その他
 注 1. 1993 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。
 注 2. 1995～1996 年度は兵庫県調査が行われていない。

図 36 藻場の組成の推移(北海道・青森県、秋田県～島根県、山口県～長崎県)

海藻類の生息域の水温範囲について図 37 に示す。

夏季・冬季の生息域の水温範囲は、アマモ、ウミトラノオ、アナアオサなどの冬季最低-2℃から夏季最高 28・29℃までの幅の広い種、フタエモク、ヒラネジモク、アントクメ等の冬季の最低水温が 13℃以上、チガイソ、ミツイシコンブ等の夏季の高水温が 21℃以下のように種によって生息域の水温範囲に違いがみられる。

アマモは水温範囲が-2℃から 28℃と幅広い。長濱ら(2013)によると、アマモ・コアマモの光合成量に対する温暖化の影響について検討した結果、水温上昇に伴う呼吸速度の増加と海面上昇に伴う光量減少の影響により生長が鈍化することが示唆されている。

日本海側における近年の海藻類の出現状況を図 39 に示す。北海道ではコンブ場・ガラモ場が衰退し、長崎県では南方系ホンダワラ類の北上や四季藻場から春藻場への移行がみられ、2015 年頃には日本海側では福井県を除き、藻場衰退域を抱えている。

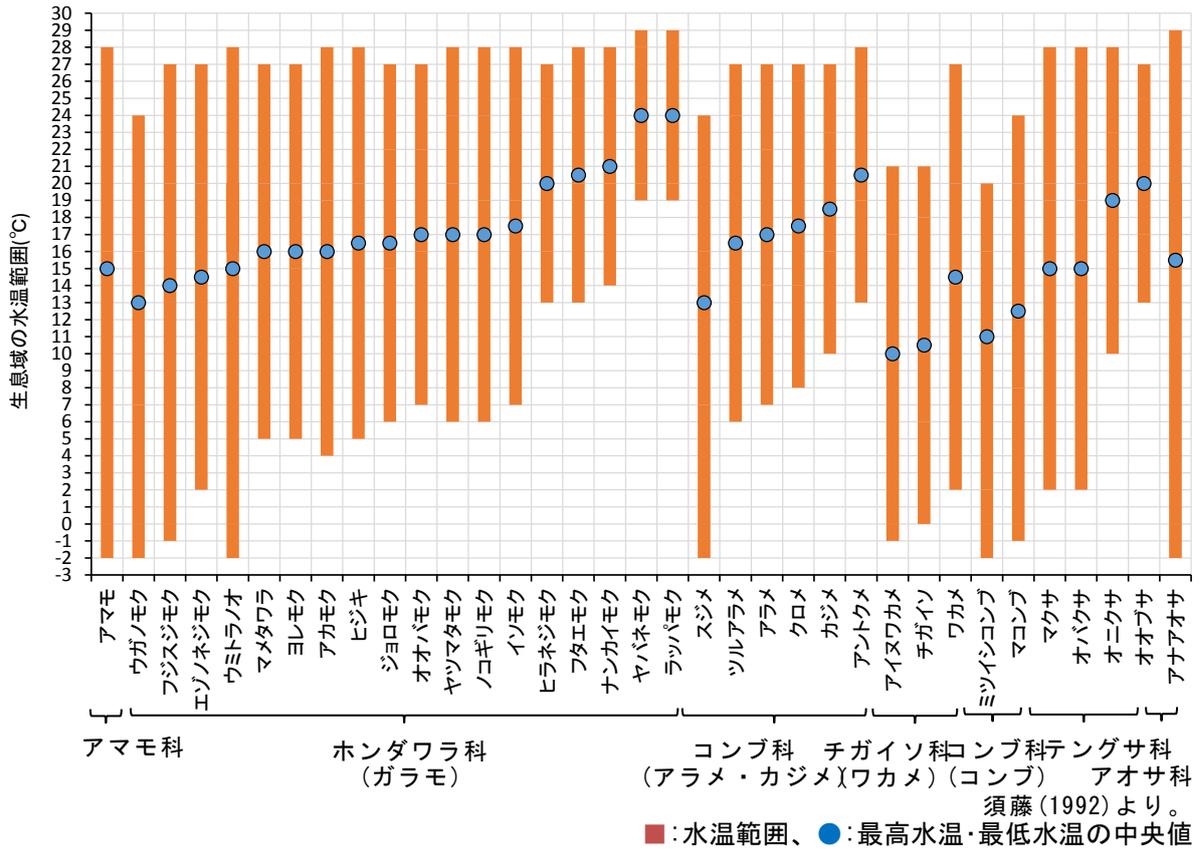
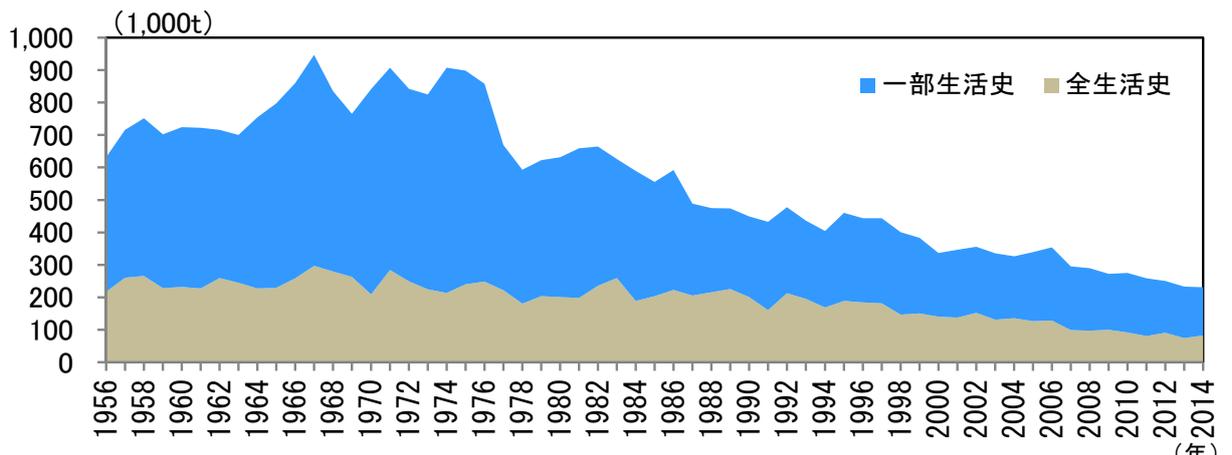


図 37 海藻類の生息域の水温範囲

漁獲統計資料に記載のある魚介類から、生活史の一部を藻場・干潟(アマモ場含む)に依存する種類、生活史の全部を藻場・干潟に依存する種類を抽出した結果を図 38 に示す。

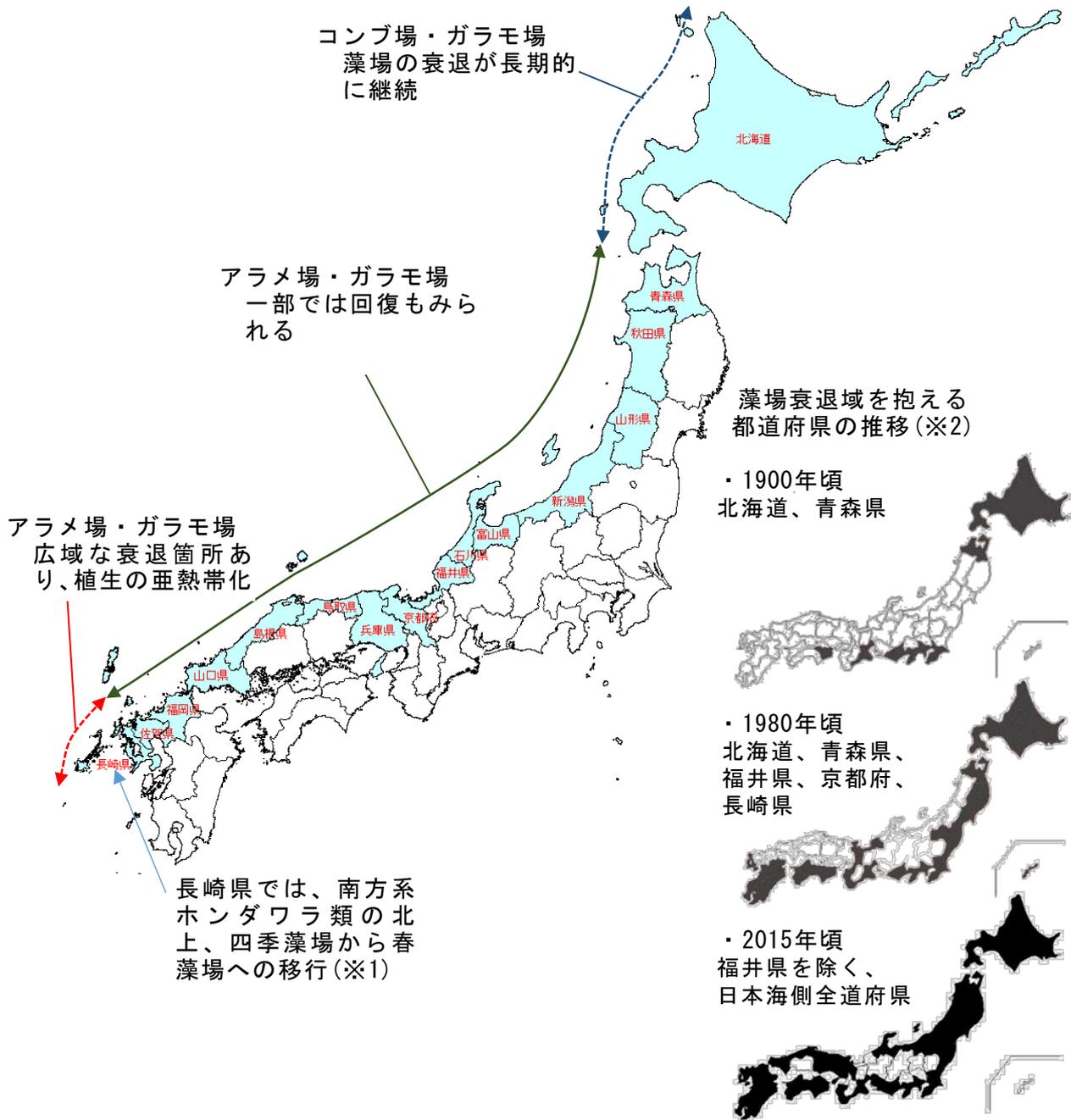
全生活史を依存する種類は、徐々に減少傾向にあり、一部生活史を依存する種類は 1960～1970 年代から減少傾向にある。



注1. 一部生活史：コノシロ、ニシシ、ヒラメ、カレイ類、ハタハタ、ニベ・グチ類、アナゴ類、エイ類、タイ類、イサキ、トビウナ類、ホラ類、スズキ類、イナゴ、フグ類、イシヒ、クルマエビ、その他エビ類、ガザミ類、ウシカキ類、カキ類、その他貝類

全生活史：アサギ類、ササエ、ハマグリ類、アサリ類、ウバガイイ、サルボウ、ウナギ類、ナマコ類、海藻類

図 38 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



注) 両矢印の実線は高水温・水温上昇等により出現・増加のみられる範囲を、点線は減少のみられる範囲を示す。

※1：水産総合技術センター(2014)「地球温暖化に関する研究情報」より、※2：水産庁(2015)「改訂 磯焼け対策ガイドライン」、※1※2以外：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」より

図 39 日本海側における近年の海藻の出現状況

⑥魚種別漁獲量の推移

魚介類の漁獲水温を図40に、浮魚類と底魚類それぞれの魚種別の漁獲量の推移を図41(1)～(2)に、さわら類およびかつおの道府県別の10年毎の漁獲量の推移を図42(1)～(2)に示す。

都府県別魚種別漁獲量の漁獲統計に記載のある魚類について、既往知見をもとに、各魚種の漁獲水温の範囲の中央値から0-10℃、10-20℃、20-30℃の水温帯に魚種を区分した(図40)。

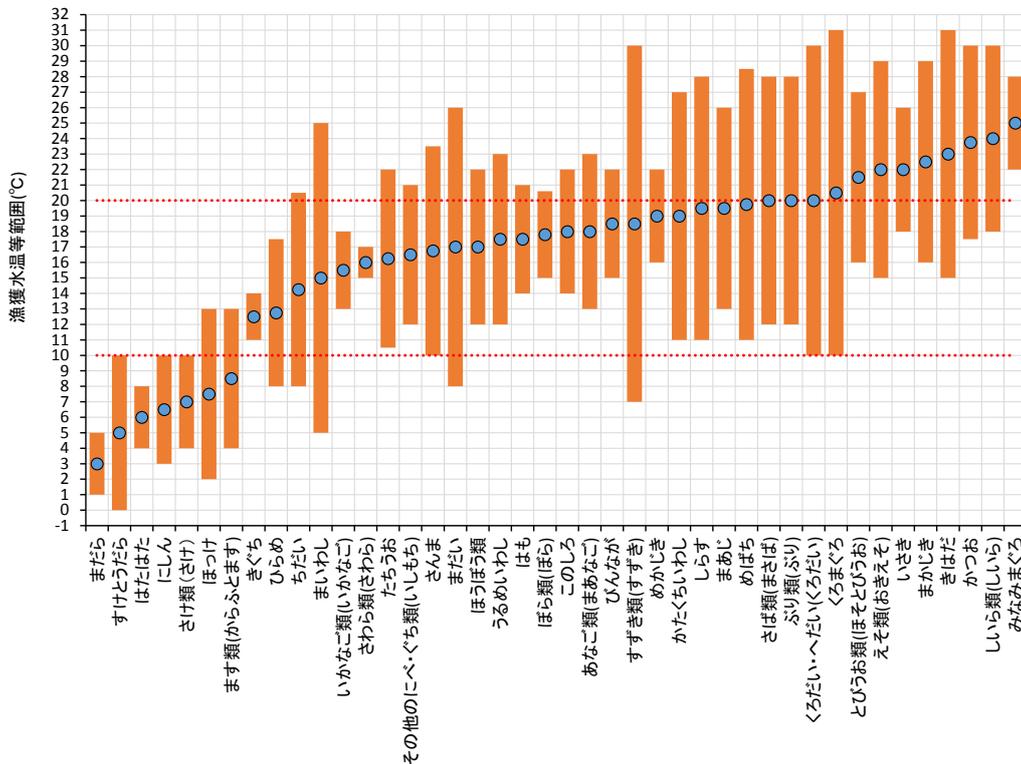
浮魚類についてみると(図41(1))、0-10℃の魚類では、さけ類が増加、ます類、にしんが減少傾向にある。10-20℃の魚類では、まいわし、まあじ、さば類といった魚種による資源の変動がみられる。20-30℃の魚類では、かつおが増加傾向にある。

底魚類についてみると(図41(2))、0-10℃の魚類では、1970年代にすけとうだらが多く、10-20℃の魚類では、多くの魚種で減少傾向にある。20-30℃の魚類では、えそ類が減少し、いさきが増加傾向にある。

次に、道府県別に10年毎の漁獲量を整理し、増加傾向にあったかつおに加え、漁獲状況に特徴のみられたさわら類について、概ね10年毎の道府県別の漁獲量を図42に示す。

かつお類(図42)は、1974年からまとまった漁獲がみられ始め、1983年・1993年では鳥取県、新潟県、青森県、北海道での漁獲が多く、2003年では長崎県での漁獲が増え、2013年では鳥取県での漁獲がみられなくなった。

さわら類(図42)は、1974年までは長崎県から兵庫県にかけて漁獲がみられ、その後、徐々に北の海域でも漁獲され始め、2013年では青森県でも漁獲されている。

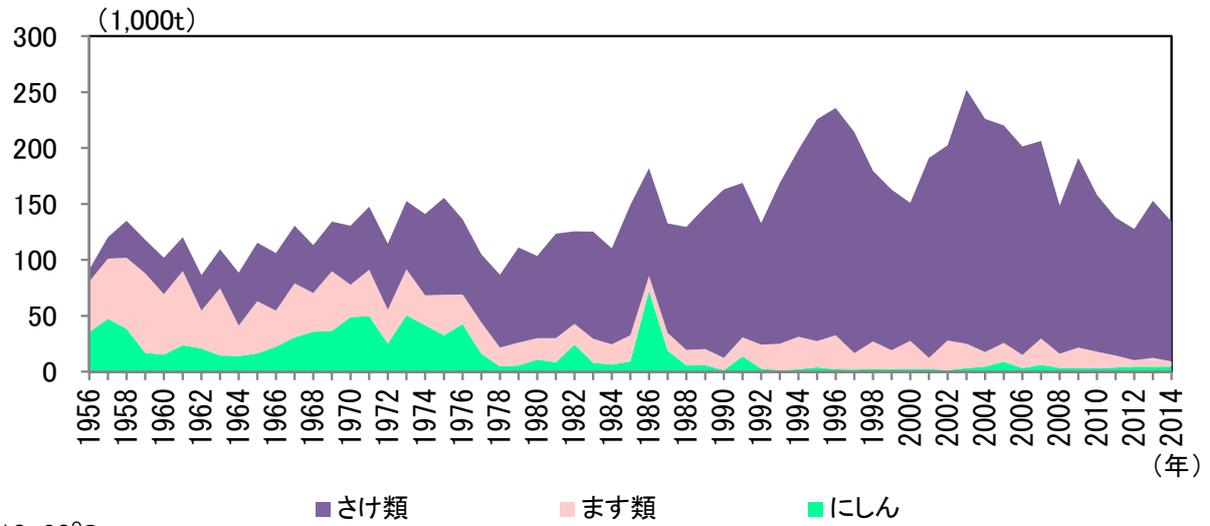


注 1. バーは上限・下限、○印は中央値、赤色点線は10℃・20℃のラインを示す。

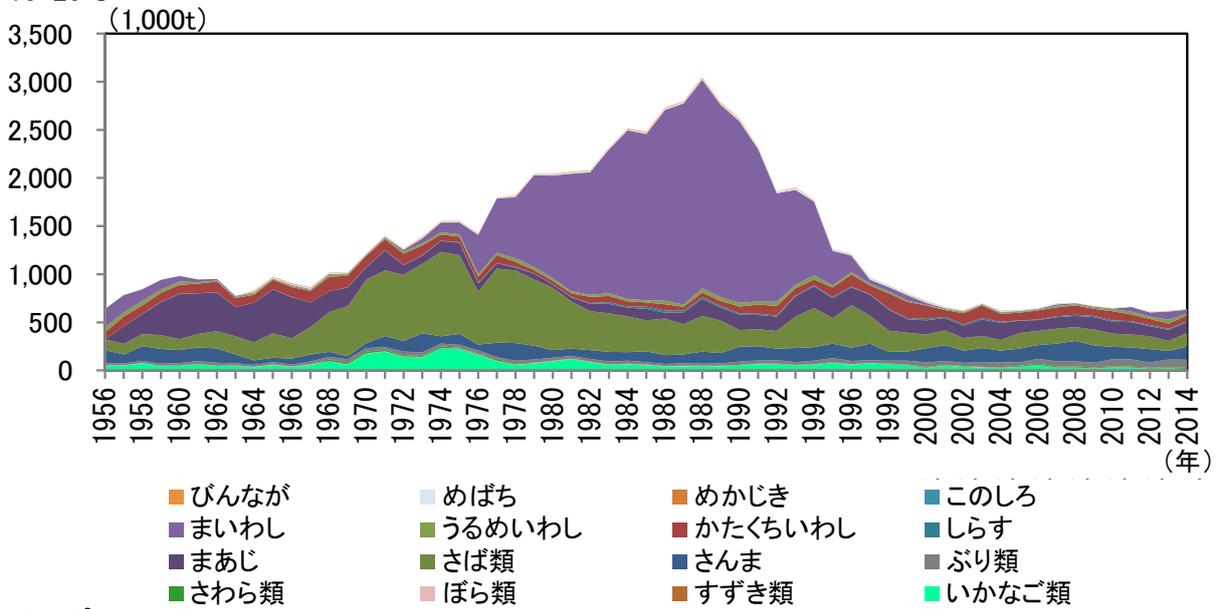
2. 漁獲統計に記載されている魚種のうち、水生生物生態資料(1981)・(続)水生生物生態資料(1983)・水産生物適水温図(1980)(いずれも社団法人 日本水産資源保護協会)に漁獲水温等が示されている魚種を示した。

図40 魚種の漁獲水温等の範囲

浮魚類
0-10℃



10-20℃



20-30℃

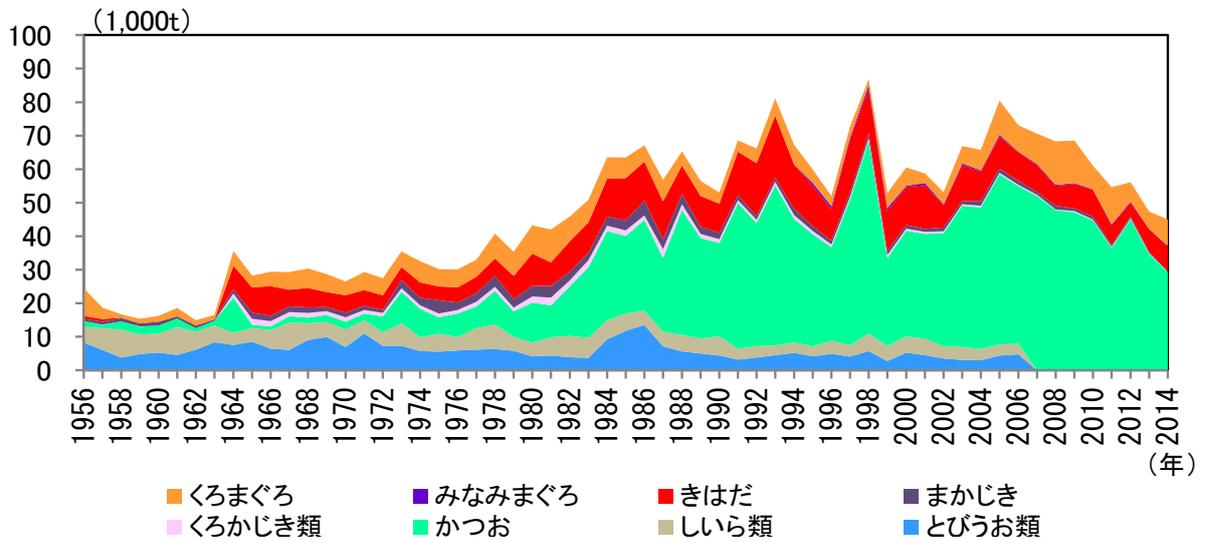
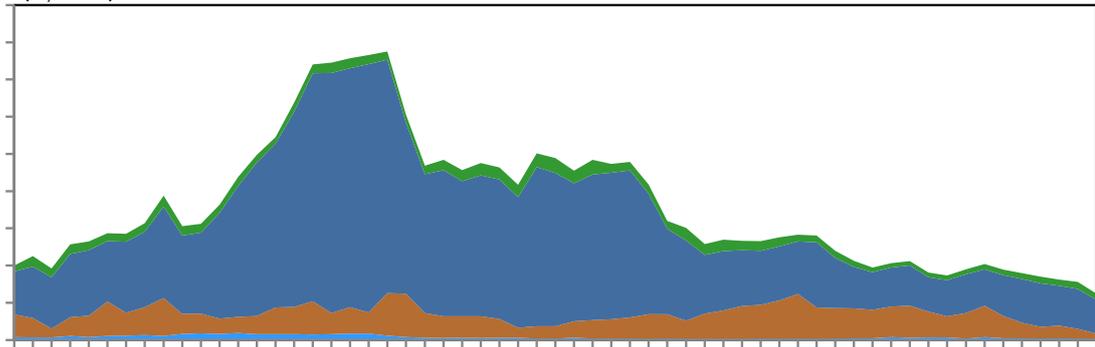


図 41(1) 0-10℃、10-20℃、20-30℃に区分した漁獲量の推移(浮魚類、種類別)

底魚類
0-10°C

(1,000t)

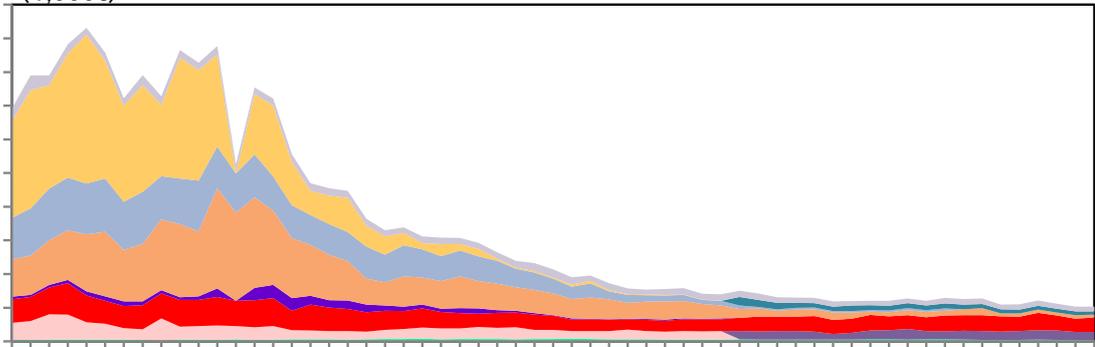


(年)

■まだら ■すけとうだら ■ほっけ ■はたはた

10-20°C

(1,000t)

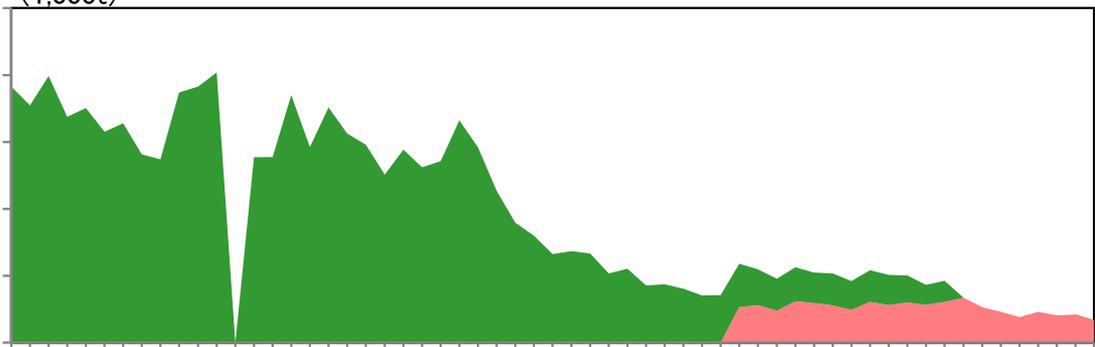


(年)

■ひらめ ■きぐち ■あなご類 ■はも
■たちうお ■ほうぼう類 ■まだい ■ちだい・きだい
■きだい ■くろだい・へだい

20-30°C

(1,000t)



(年)

■えそ類 ■いさき

図 41 (2) 0-10°C、10-20°C、20-30°Cに区分した漁獲量の推移(底魚類、種類別)

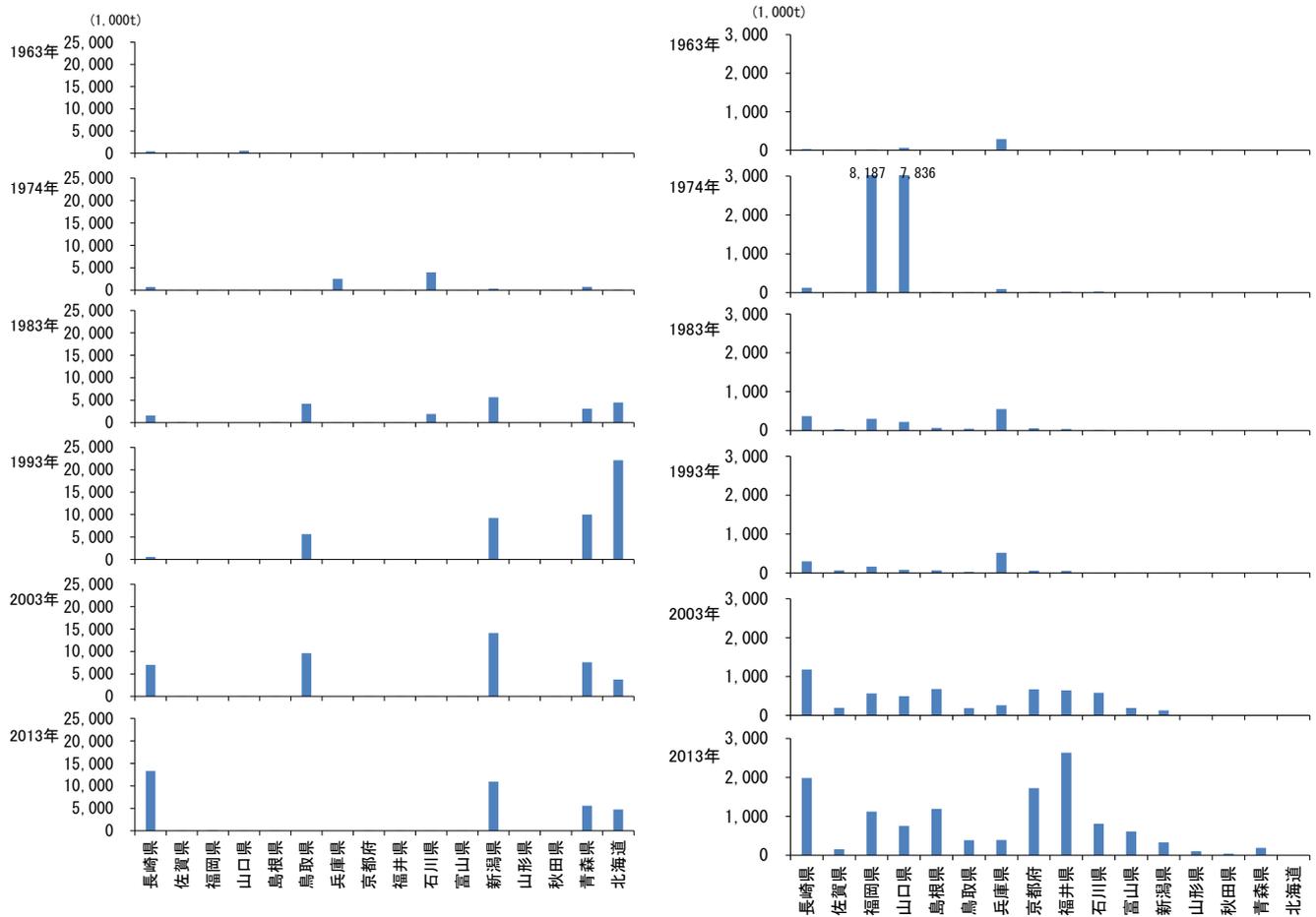


図 42 概ね 10 年毎における道府県別の漁獲量の推移（左：かつお、右：さわら類）

⑦定置網の漁獲量の推移

定置網の漁獲量について表 17 に示す資料を収集整理した。

表 17 定置網漁獲量収集状況

海区	道府県	地区	収集年
北海道日本海区	北海道	<ul style="list-style-type: none"> ・石狩町（さけ定置網） ・厚田村（小型定置網） ・岩内町（小型定置網） ・上ノ国町（小型定置網） ・後志振興局（その他定置網） 	1991～2014年（3月）
日本海北区	青森県	<ul style="list-style-type: none"> ・中泊町（小型定置網） ・深浦町（小型定置網） ・深浦町（大型定置網） 	1981～2014年
	新潟県	<ul style="list-style-type: none"> ・山北地区 ・糸魚川地区 ・白瀬地区 	1981～2014年
	石川県	<ul style="list-style-type: none"> ・西海地区 ・輪島地区 ・能登地区 	1972～2014年
日本海区	兵庫県	・香美町餘部	1969～2014年
	島根県	・浜田市	1993～2014年
東シナ海区	山口県	・長門市	1964～2014年

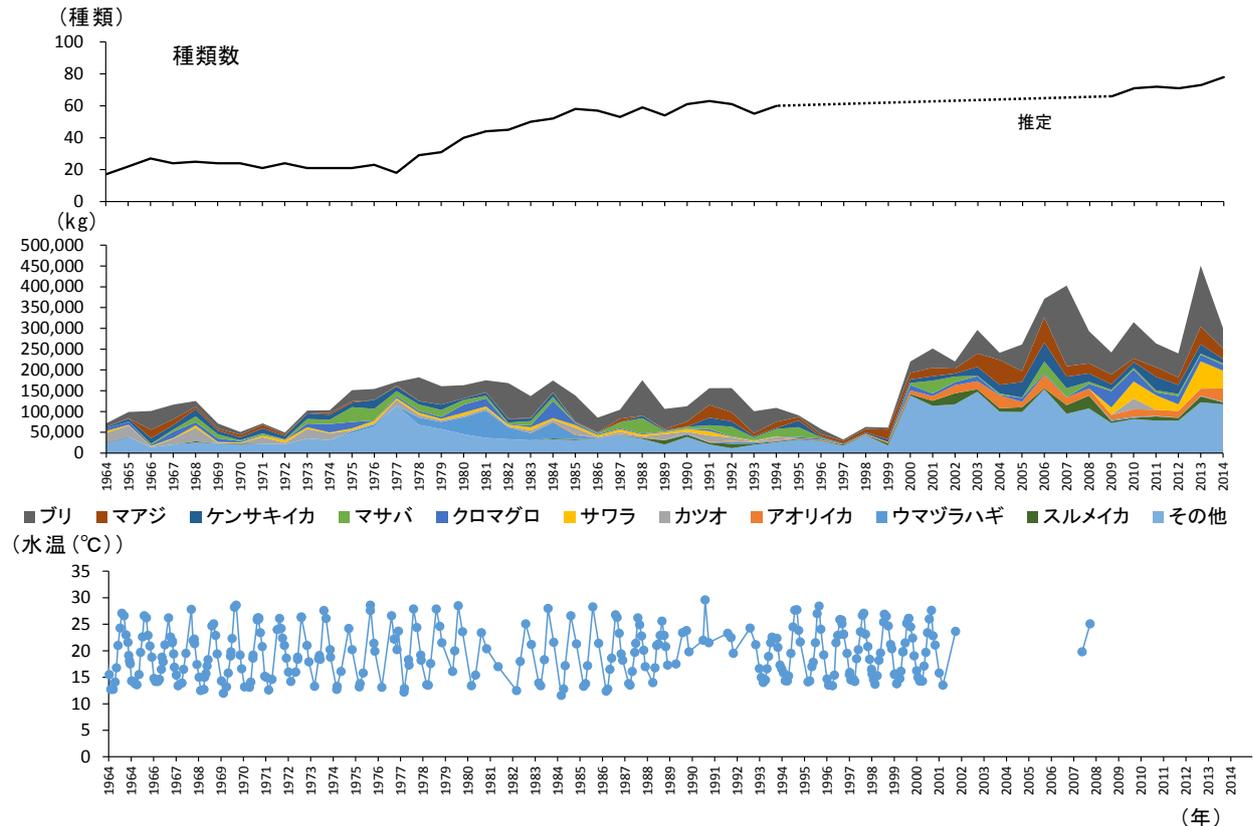
a 調査結果の整理の一例（山口県長門市定置網）

山口県長門市の定置網の1964年～2014年までの漁獲物の種類数および主な魚種の漁獲量の推移を図43に示す。

長門市定置網ではその他を除き最大90種類程度が集計されており、漁獲される種類数は、1970年代以降増加傾向にあった。

漁獲量は、2000年代以降に増加期回向がみられ、ブリ、サワラなどが多くなる傾向にあった。

水温(海面0m)は、11.6～29.6℃の範囲で推移した。



- 注 1. 漁獲記録:1964～2014年
- 2. 種類数に「その他」は含まない。
- 3. 1995～2008年は主要種を除き、魚種別の集計がされていない。
- 4. 水温の線形近似は1964～2000年の期間のものを示す。



図 43 島根県浜田市定置網における種類数・主な魚種の漁獲量、近傍海域表層水温の推移

山口県長門市の定置網の魚種別の漁獲量の推移を図44(1)～(2)に示す。

記録期間中に10,000kg以上の漁獲のあった魚種については、ブリ、シイラ、サワラなどの15魚種で近年増加傾向がみられた(図44(1))。

カツオ、ヒラマサ、カジキ類など4魚種では、近年減少傾向にあるとみられた(図44(2))。

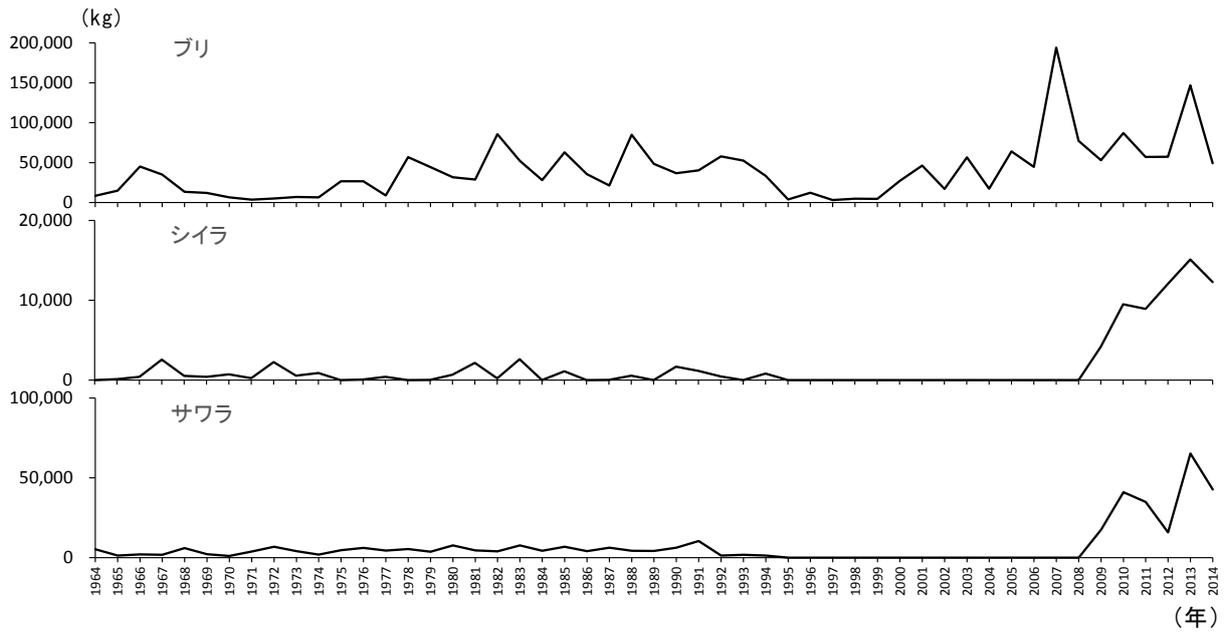


図 44(1) 山口県長門市の定置網における漁獲量に近年増加傾向にある魚種



図 44(2) 山口県長門市の定置網における漁獲量に近年減少傾向にある魚種

年別月別の漁獲量をみると、サワラでは、1994年までは9～12月に多かったものが、2010年代には8～2月になり、他にはブリが2000年以降多く漁獲される時期が異なっていた(表18)。

表 18 山口県長門市の定置網における年別月別漁獲量の例（左：サワラ、右：ブリ）

	(kg)											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1964年									613.5	3717.7	685.2	246.8
1965年	139.5	17		56.3					443	455	523	185
1966年	93.5	67	75	6		130			195	332	262	63
1967年	65	116				27			181.5	95.1	221.0	477.7
1968年	126	519	87		5	6			343	270	853	1084
1969年	44	542	30	4	6				143	333	323	224
1970年	18	28							266	721	893	1862
1971年	30	39			23	37			787	1796	2649	1213
1972年	26	137	126	64	21	14			493	1176	1868	200
1973年	179	82	11	51	11	60	19		56	355	712	573
1974年	87	120		8	3.2				1937	1977	263.7	
1975年	394	48	63	48					538	518	2589	1754
1976年	401.8	217.4	150.9	33.8					506	751	562	841
1977年	380	386	880	18	142				761.9	1069.8	616.3	2233.1
1978年	303.3	18	55.4	301.3	70.5	20.3			313.3	935.6	302.8	893.6
1979年	740.5	27.5	72.3	435.7	34.5				707.1	735.5	2482.3	1704.4
1980年	1393.9	255.6	228.4	141.4	2.8	7.5			382.7	131.3	1158.4	1508.1
1981年	581.6	166.5	383.6	114.7	33.7	79.3			5	93	418	4266
1982年	117.3	348.7	38.7	147.6	68.5	8	158		6	155	177	1961
1983年	108	302	512	483	53	17			66	535	3551	1790
1984年	497	378	137	193	23				125	298	1007	2148
1985年	294	312	100	225	29	9			879	413	1255	2923
1986年	309	22	83	75	81	5			114	327	1940	1343
1987年	593	56	57	72	33				290	802	1801	889
1988年	70	125	114	295					385	561	1821	2668
1989年	134	136	152	30	10				811	560	1425	5373
1990年	539	193	45	38	17	32			81	142	226	282
1991年	1591	495	172	8	19				211	444	173	759
1992年	382	48	196	28		2			149	184	335	216
1993年	157	31	4	10								
1994年	463		2		11							
1995年												
1996年												
1997年												
1998年												
1999年												
2000年												
2001年												
2002年												
2003年												
2004年												
2005年												
2006年												
2007年												
2008年												
2009年	1680	1211	966	560	126	140	518	3780	1288	3654	3591	
2010年	3759	10780	1652	798	273	182	616	2177	560	1323	4767	14168
2011年	6965	2093	721	273	112	168		3822	5439	1778	6720	6818
2012年	2940	1596	581		259	532	224	462	553	1134	7525	
2013年	3500	3129	1155	1316	504	896	35	406	3990	3108	15176	31997
2014年	7602	3418	5671	357	952	448	903	2695	1092	3472	13174	8085

注 1. 空欄は漁獲無しを示す。
 2. 赤色欄は漁獲量の上位 50 を示す。
 3. 1995～2008 年はその他に含まれる。

	(kg)											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1964年									1662.8	3400.9	3304.9	112.4
1965年	977.6	7158.2		2687.4					856	2633	2058	65
1966年	7078.5	790	2131	15712	11877	157			116	892	2331	1510
1967年	659	352	40	1765	29140	342			9	3604	2226	506
1968年	1390	3133	5	746	881	1005			98	798	1023	37
1969年					27	114	9					
1970年	337	23			137	220	1178			838	2333	1486
1971年	118				629	209				118	697	865
1972年	356				84	3	21			927	392	917
1973年	74	36	5	1098	1794.9	455.2				1335	739	3126
1974年	295	1612	108	612.2	299	1388				529	51	174
1975年	1653	2059	103	299	1388						1866	2955
1976年	941.9	1386.7	3480.4	4969.1	1152	91				1705	771	1411
1977年	1760		342	1933		69					1361	754
1978年	2894.3	163.9	239.9	2786.7	23964.9	29.5				6	1080.1	154.9
1979年	308.9	318.4	38914.8	2054.5	1471.6					28.7	217.1	124.6
1980年	3563.9	10220.2	926.6	357.5	157	7.5				5823.4	5089.4	2648.8
1981年	19993.2	557.4	1774.6	950.8	2732.1	25				268	110.6	43.3
1982年	138.5	10436.7	2403.8	30235.2	29854.1	1				2678	7965	1579
1983年	453	9939	14678	9182	1035					93	4300	1414
1984年	16483	2371	3293	467	223	12	1273			2093	416	328
1985年	43727	4904	10	581	2241	31				93	4300	1414
1986年	15316	674	1803	3026	6170	374				123	1937	776
1987年	924	249	9820	3930	6					190	3312	3422
1988年	228	24707	51031	2400	548	90				1175	552	4062
1989年	7016	19243	9601	2260	2739	34				519	639	2350
1990年	16587	7314	2419	8069	591	100				1109	301	281
1991年	8887	22930	20	3040	1548	519				2243	719	434
1992年	46	19992	11847	18872	258	432				3249	2931	382
1993年	1536	23555	2773	19469	993	20				2522	1193	78
1994年	386	20353	7109	1604	3684					82	204	2
1995年	68	285	483	226	1335					542	269	344
1996年	717	180	1	758	55					3281	7163	92
1997年	2549	270	47	254	136							3
1998年	62	161	15	474	32					368	990	2773
1999年	19	91	203	1604	2079							648
2000年				147	812	28	133			12705	1792	11522
2001年	763	126	28	665	8911	301	98			10612	9373	11389
2002年	896	294	147	1512	4914	637	322			2380	3619	1687
2003年	42	140	58	3738	9023	119	210			1631	2268	22498
2004年	182	98	7	5635	119	21	231			273	1352	6790
2005年	70	203	8176	203	105	112	49			2058	25928	25613
2006年	371	105	112	357	13804	147	7			12474	5418	11669
2007年	2275	791	8960	62454	47880	126				350	11662	50197
2008年	77	112	532	980	8519	1869	98			7903	11928	30562
2009年	14	161	973	7441	70	14	7					21
2010年	9282	2646	2464	343	231	14						14
2011年	336	105	1197	1036	5915	7				7	21	14
2012年	7	42	112	84	266	28				7	182	49
2013年	518	238	56364	252	385	49				7	7	140
2014年	28		35	308	1162	56					49	343

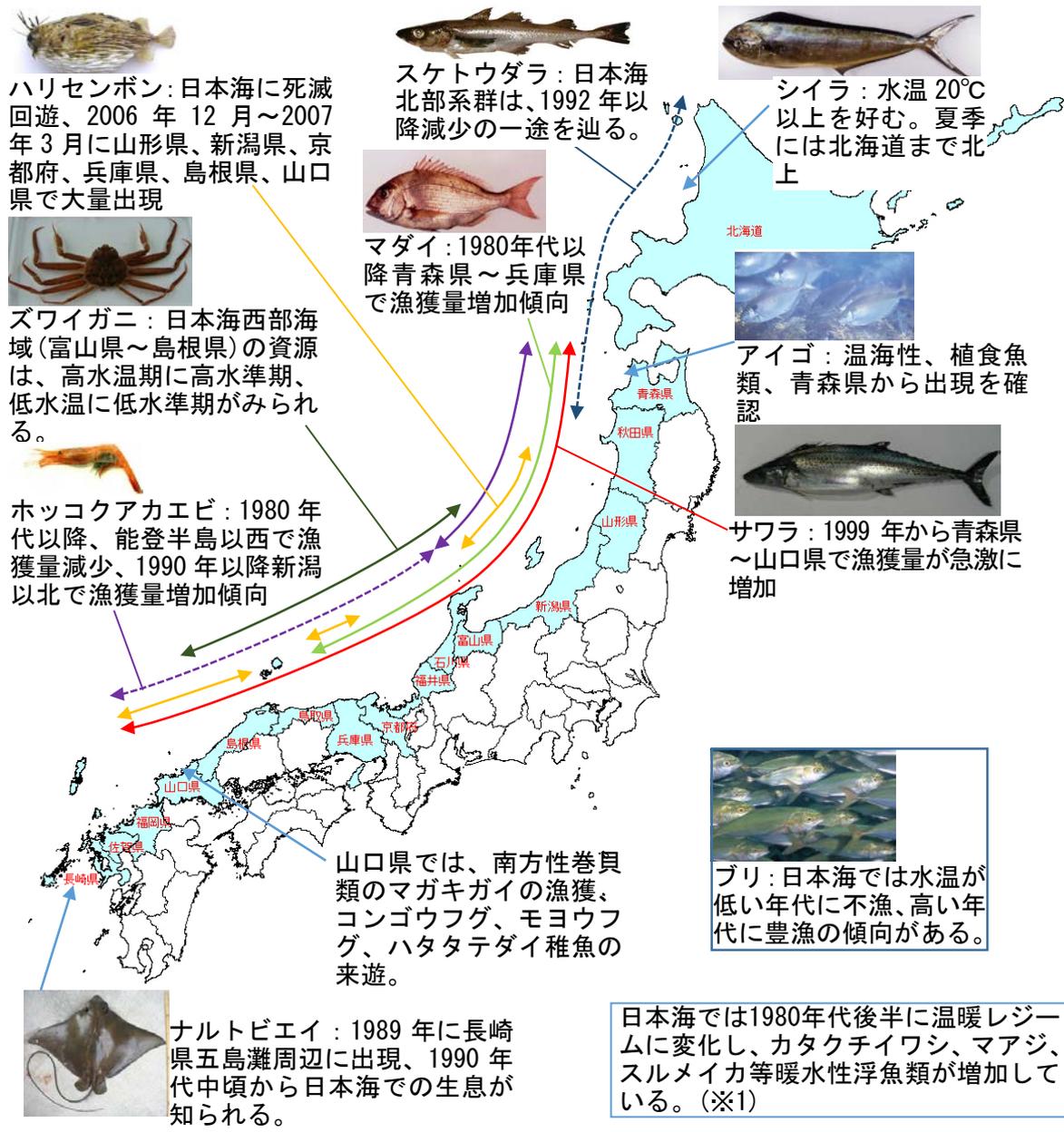
注 1. 空欄は漁獲無しを示す。
 2. 赤色欄は漁獲量の上位 50 を示す。

⑧水産生物の出現状況

日本海側における近年の水産生物の出現状況を図 45 に示す。

魚介類では、マダイ、サワラ、ホッコクアカエビが増加傾向に、スケトウダラが減少傾向にあり、ホッコクアカエビが、能登半島以西で減少、新潟以北で増加傾向にあり、シイラが北海道まで北上、アイゴが青森県に出現、ナルトビエイが長崎県に出現といった分布域の変化がみられている(図 45)。

今後は、定置網での漁獲状況などを踏まえ、日本海側での魚種出現状況を整理・追加し、図の更新を行うこととする。



注) 両矢印の実線は高水温・水温上昇等により出現・増加のみられる範囲を、点線は減少のみられる範囲を示す。

※1: 高柳和史(2009)「地球温暖化の漁業および海洋生物への影響」、※1以外: 水産総合技術センター(2014)「地球温暖化に関する研究情報」より

図 45 日本海側における近年の水産動物(魚介類)の出現状況

(2) モデル地域におけるケーススタディ

< 遡及調査 >

① 山口県外海域における水温変化

- ・長門市地先の年平均水温は10年に0.2℃のペースで上昇している（図46）。
- ・キジハタは水温15℃以下で摂餌が緩慢となり、12℃以下で摂餌量が激減するとされている。
- ・キジハタの初期生活史と月別水温を照らし合わせると、生後半年の生理生態的にひ弱な稚魚期に低水温と遭遇することになる（図47）。栄養状態が低下すると活性が低下し外敵から捕食されやすくなり、極端な場合は餓死に至る。この点において海水温の上昇は好ましい環境変化と言える。
- ・山口県外海域において、水温12℃以下の期間は短くなる傾向にあり、キジハタの生息環境は好ましいものとなりつつある（図48）。

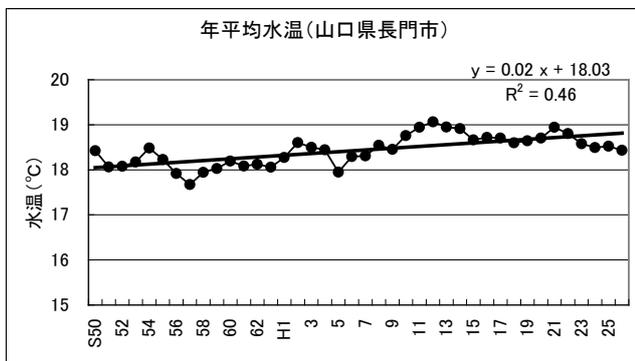


図46 長門市地先における年平均水温(表層)

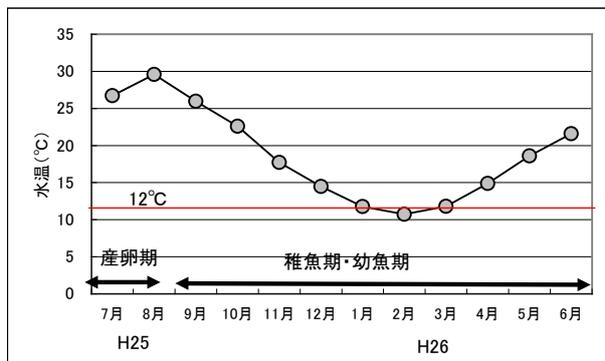


図47 各月平均水温(長門市表層)

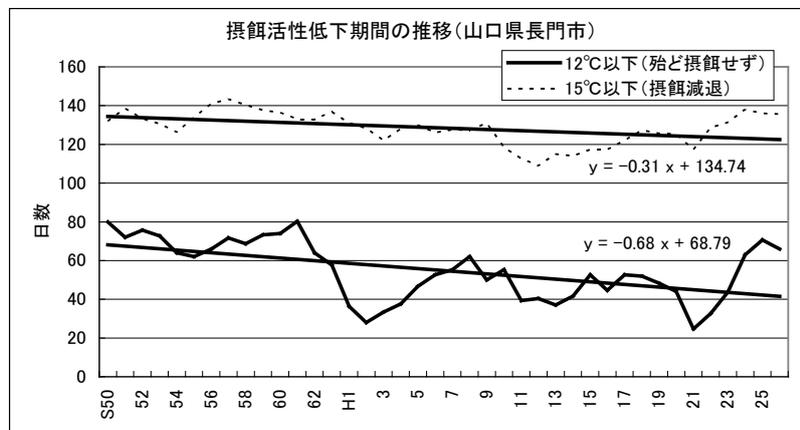
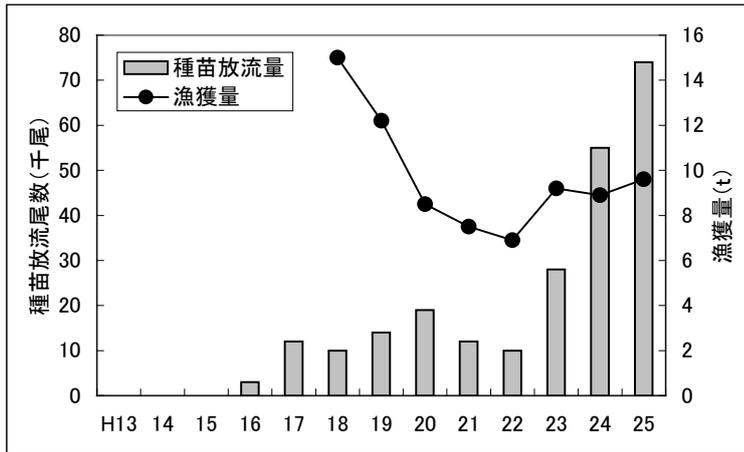


図48 キジハタの摂餌活性低下期間の推移

② キジハタの漁獲動向

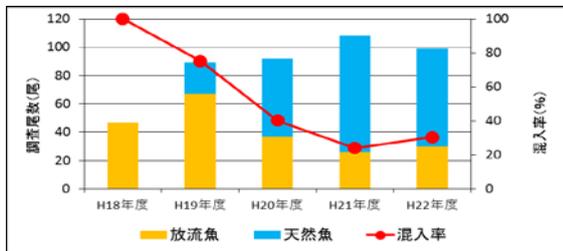
山口県外海域のキジハタ漁獲量は平成23年以降増加している（図49）。

当該海域のキジハタ資源が極めて低位にあったため、水温の上昇という一要素だけでは資源増に至らなかったが、栽培資源添加による資源の上乗せと相まってはじめて資源水準が引き上げられ、漁獲量が増加に転じたと考えられる。



注1. 漁獲量は長門市場、特牛市場、萩市場の取扱量の合計値
 注2. 平成17年以前は漁獲量の統計がない。

図 49 山口県外海域におけるキジハタの漁獲量及び種苗放流尾数



出典：海洋と生物
 35(4), 2013.

図 50 油谷湾におけるキジハタ採捕尾数に占める放流魚の割合

<現地調査>

① 油谷湾の水温

a 定点観測

油谷湾久津地先の水深 5m、10m、15m、20mの海底に自記記録式の水温計を設置して、平成 27 年 9 月から 1 年間の予定で毎日水温を測定している (図 51)。

9 月上旬から 1 月末までの各水深の平均水温は 18.7~18.8℃と一様である。いずれの水深も、計測期間中、キジハタが殆ど摂餌を停止するとされる水温 12℃以下となることはなかった。また、キジハタの摂餌が減退する水温 15℃を切るようになったのは 12 月下旬からで、1 月末までの間、これに該当する日数は水深 5m が 39 日、次いで水深 10m と 20m が 35 日、水深 15m は 31 日で最も少なかった (図 52)。

低水温期 1 月の平均水温は、水深 5m~15m までは 14.1℃、水深 20m がやや低く 13.8℃であった。



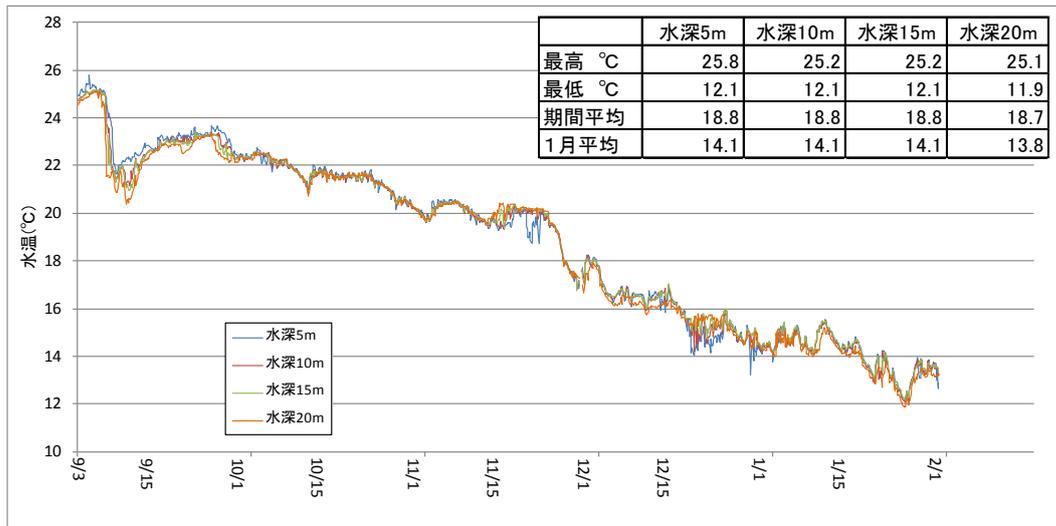


図 51 油谷湾江島における水深別水温

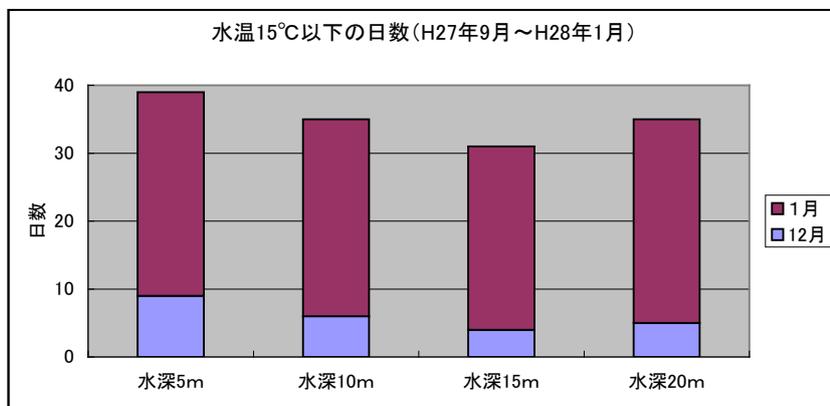


図 52 水温 15°C 以下の日数

b 水平分布

油谷湾の 58 点で S T D 水温塩分計を用いて海底の水温を計測し、底層の等温線図を作成した。夏季の水温は湾奥浅所で高く 29°C を超えていた。湾内では湾奥から湾口にかけての水温勾配が大きく、湾口の水深 30m では湾外の水深 50m よりも水温が 2°C 近く低かった。

1 月には湾中央沿岸部と湾奥で、キジハタの摂餌が減退するとされる水温 15°C を下回ったが、湾の中央部は湾外の暖かい海水が舌状に入り込み 15°C 以上が維持されていた。

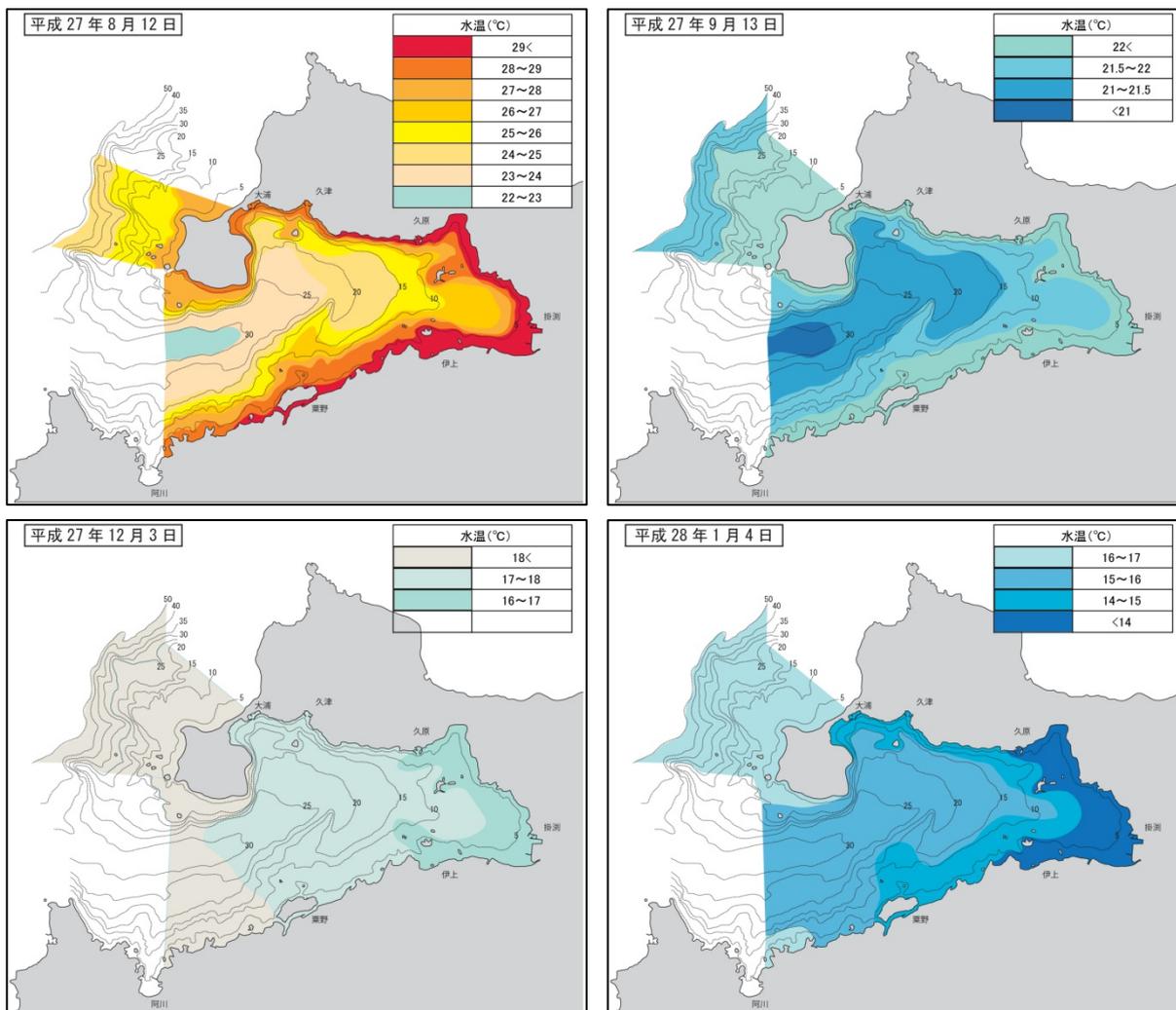


図 53 油谷湾における底層水温の分布

② 幼魚分布調査

油谷湾の 6 箇所において、表 19 に示す方法でキジハタの潜水目視観察を行った。

本調査の目的がキジハタ稚魚の着底場所と着底後の幼稚魚の生息場所の把握にあることから、当初の計画では天然資源を調査対象とし、種苗放流の行われていない江島、船瀬で調査を進めた。しかし、これら 2 地点における幼魚（0 歳魚）の視認尾数は極めて少なかったため、種苗放流地点の久津増殖場、掛瀬増殖場、久津漁港でも調査を行い、幼魚生息環境の把握に努めた。また、キジハタの深所移動も視野に入れ、湾口部の魚礁においても調査を行った。

表 19 調査概要

調査場所		生息環境		種苗放流尾数	調査時期	観察面積 m ²	調査方法
		基質	水深				
天然礁	江島	岩・石	5-20m	なし	9月	1,730	深淺方向に設置した目盛付ロープに沿って、一定の観察幅で潜水目視観察を行い、視認したキジハタのサイズ及び視認場所の水深を記録した。
					12月	1,370	
					2月	913	
	船瀬	岩・石	5-20m	なし	9月	552	
					12月	1,160	
					2月	836	
増殖場	久津	ブロック礁 投石礁	5-10m	3千尾	12月	172	ブロック礁及び投石礁に潜水し、視認したキジハタのサイズ及び視認場所の水深を記録した。また、観察したブロック礁の個数、投石礁での観察面積も併せて記録した。
					2月	139	
	掛瀨	ブロック礁 投石礁	5-10m	3千尾	12月	244	
					2月	144	
魚礁	湾口	ブロック礁	30m	なし	12月	169	同上
漁港	久津	基礎捨石	3-5m	1.5千尾	2月	550	基礎捨石上に測線ロープを設置し、上記の天然礁と同様の方法で調査した。

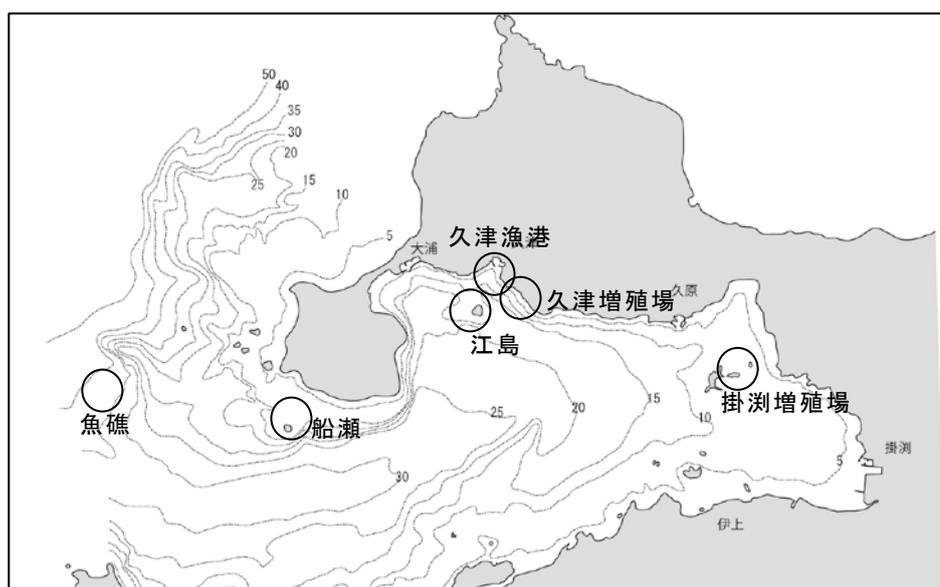


図 54 幼魚調査地点図

a 種苗放流していない水域

0~1歳の若齢魚は9月、12月とも水深5m以浅域で多く視認された(図55)。また、山口県が平成23年に実施した調査でも全長20cm以下の個体の97%が水深5m以下で採捕されている。

水温が最も低くなる2月には若齢魚は視認されず、全長14~28cmの個体が水深10m以深で視認された。

9月のキジハタは海底付近をゆっくり遊泳していたが、12月、2月と水温の低下に伴い動きは次第に鈍くなり、12月には海底に体を付けて殆ど動かなくなり、2月には石の隙間に潜入し動かずにいた。

水温の低下に伴いキジハタが深所に移動することが考えられたため、12月に水深30mの



魚礁を調査したが、全長 16 cmの個体 1尾を視認したのみで、0 歳魚は確認されなかった。

b 種苗放流水域

12月の久津増殖場、掛淵増殖場においては、0～1歳と推定される全長8～14cmの個体が水深5mのブロック礁でそれぞれ、100㎡あたり28尾、18尾/視認された。2月の視認尾数は、久津増殖場のブロック礁において0歳魚が2.3尾/100㎡、1歳魚以上が11尾/100㎡、掛淵増殖場のブロック礁において、0歳魚4.5尾/100㎡、1歳魚以上が14尾/100㎡と12月よりやや減少した(図56)。増殖場においてキジハタが確認されたのは全て水深5mに設置されたブロック礁であり、水深10mの投石礁では確認されなかった。

また、2月の久津漁港内でも全長15cm以下の個体が100㎡あたり0.6尾、全長15-20cmの個体が1.6尾視認されており、種苗放流の行われていない水域に比べると視認尾数は明らかに多かった(図56)。

上の調査結果は着底もしくは種苗放流された稚魚が、水深5mで越冬可能であることを示している。

種苗放流が行われていない江島、船瀬の天然礁では初冬の12月、水深5m以浅に0～1歳魚が多く、この時期、浅場がキジハタ若齢魚の育成場となっている可能性が高い。

水温が低下した2月には当水域で若齢魚を確認することはできなかったが、これはこの時期のキジハタが石の間隙に潜入し発見しづらくなっていることと種苗放流場所に比べて生息密度が低いことが関係していると思われる。

つまり、当水域においてもキジハタの若齢魚は、漁港内でみられたように岩の割れ目や石の間隙に潜入して越冬するものと推測される。2月における若齢魚の視認尾数が0であったため、越冬水深を推測することは難しいが、この時期、水深15m以浅域の水温が水深20mに比べて高いことや多くの定着性魚類が幼魚期をさほど深くない水深帯で過ごすことなどから、水深15m以浅がキジハタ若齢魚の主たる越冬場ではないかと思われる。

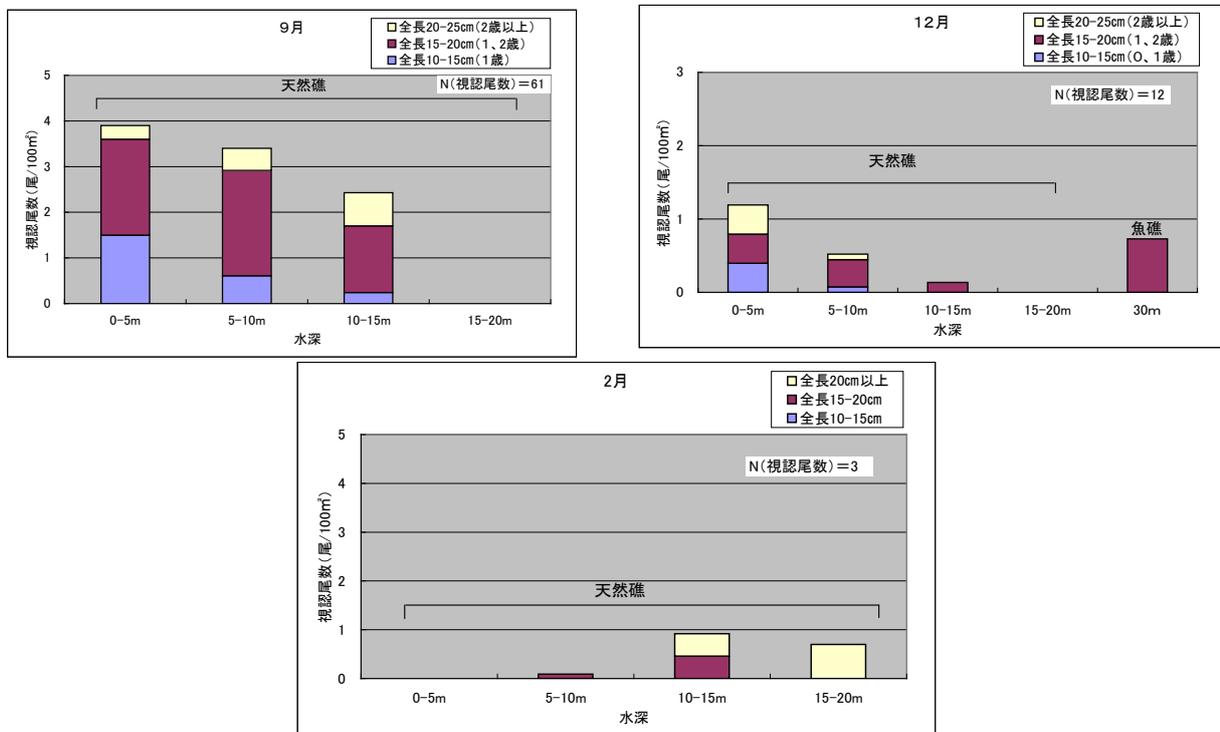


図55 江島及び船瀬におけるキジハタの視認尾数

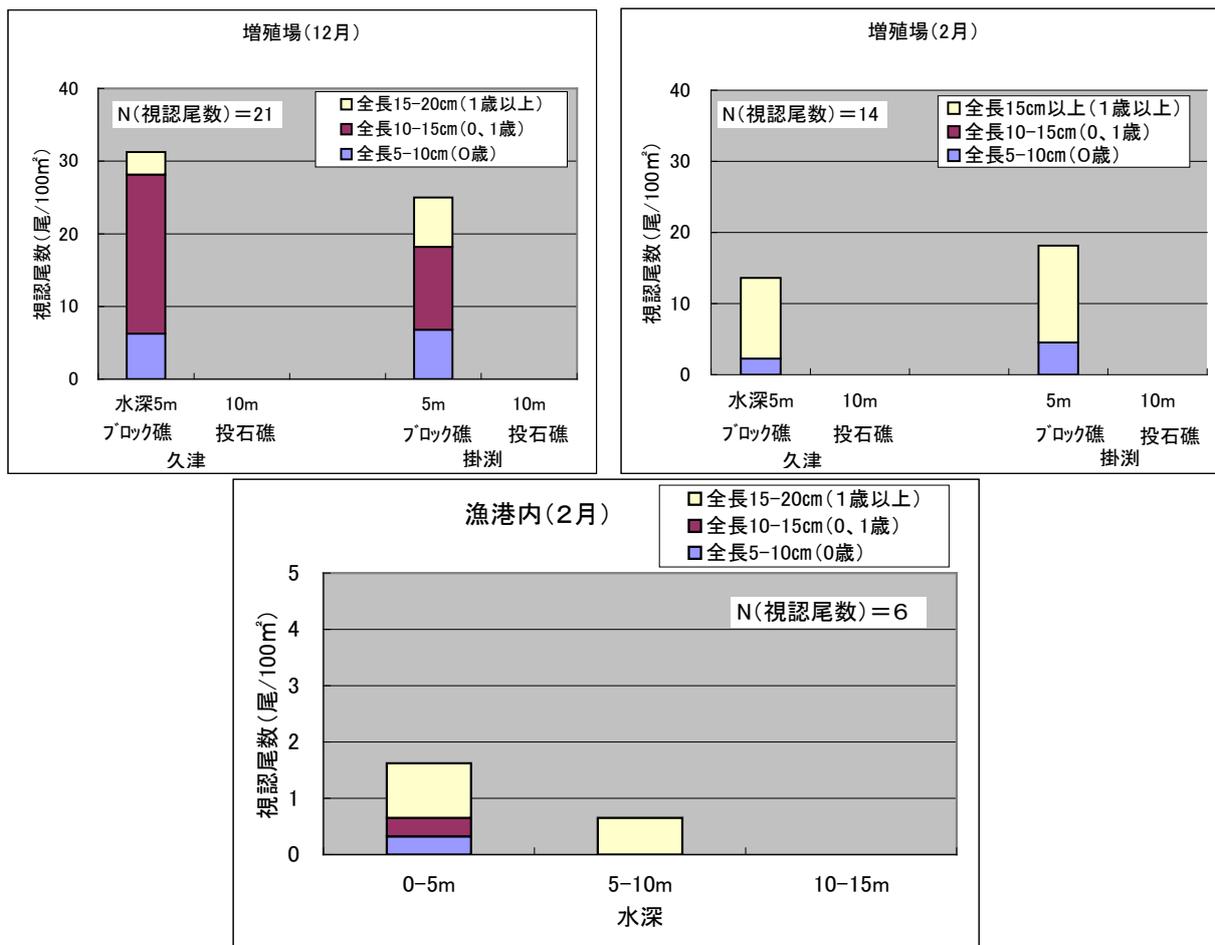


図 56 種苗放流水域におけるキジハタの視認尾数

③ 餌料生物調査

平成 27 年 9 月にキジハタ目視観察水域の江島の 4 水深（水深 5m、10m、15m、20m）にカキ殻を詰めた餌料培養器（直径 15 cm、長さ 1 m）を 3 個ずつ設置した。餌料培養器は 3 ヶ月おきに 1 個ずつ引き上げ、培養器内に発生した餌料生物の個体数と重量を計測した。



日本栽培漁業協会ら（2002）は胃内容物調査の結果から、キジハタにとって重要な餌生物としてエビ類、ヤドカリ類、カニ類、魚類を挙げている。

今回、キジハタの生息域に設置した餌料培養器には、全ての水深帯でエビ類、ヤドカリ類が数多く発生しており、栄養補填効果が確認された。餌生物の重量についてみると、貝類が多産したことを反映し、水深 5mが多かった。エビ類、ヤドカリ類等の選好性餌料動

物に関してみれば、水深 5m から 15m まではほぼ同等の発生量であり、水深 20m はこれよりやや少なかった（図 57）。

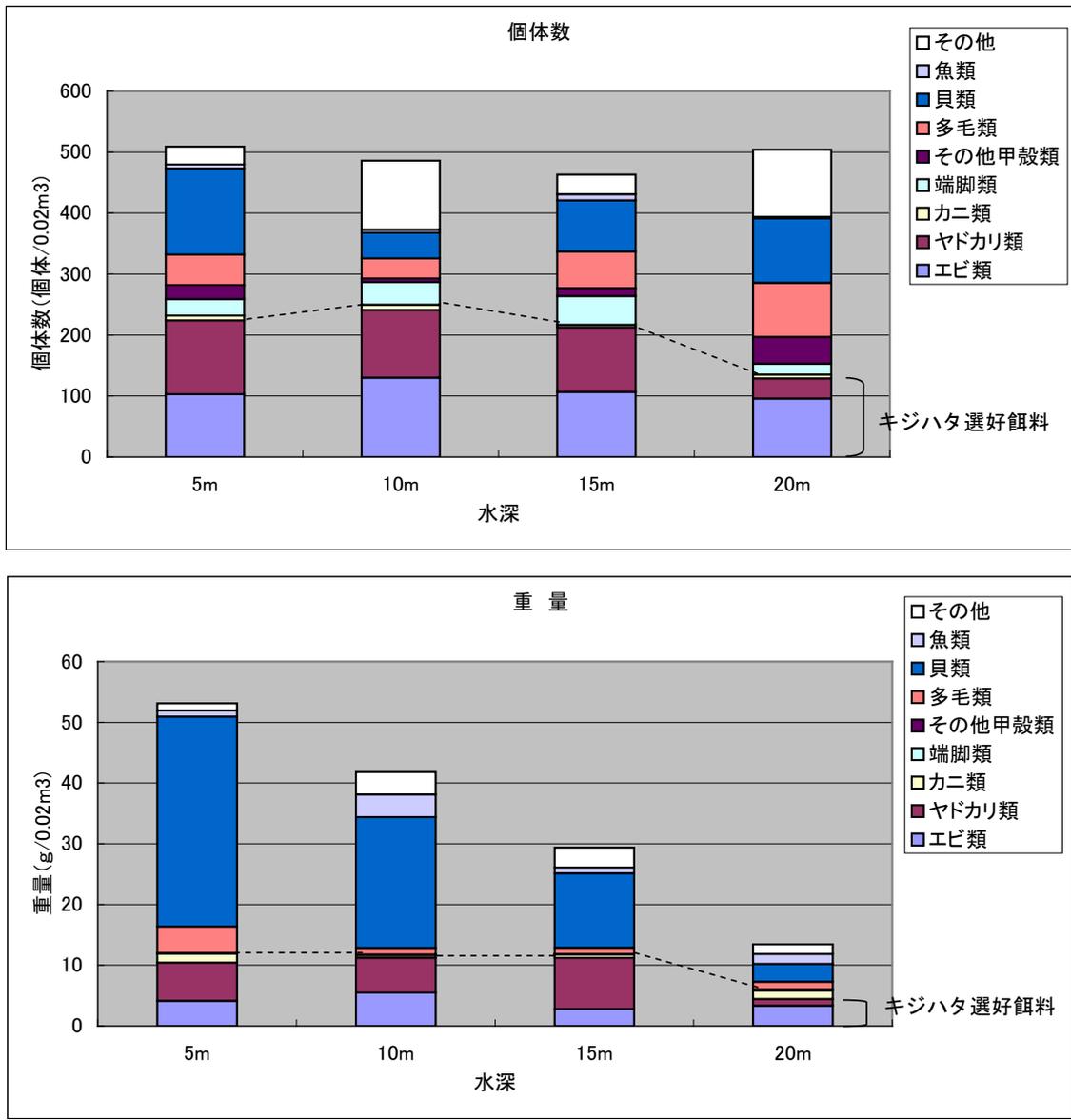


図 57 餌料培養器における餌料生物発生量（設置後 3 ヶ月）

④ 産卵場調査

平成 27 年 8 月～9 月に釣り、カゴ、刺網により採捕したキジハタの生殖腺重量を測定し、生殖腺熟度指数 (GSI) を算出した。キジハタは岩礁域に生息する魚種であり、本調査においても全ての個体が岩礁域で採捕された。

水深が産卵場の形成要因となることが予想されたため、各漁法とも以下の水深区分を行い、各水深帯での漁獲努力量を統一した。また、努力量の統一が困難な場合は、努力量を記録し、単位努力量あたりの結果が出せるようにした。

表 20 キジハタの採集方法

採集方法	水深区分	努力量	
釣り	10m以浅	3日	5.5時間
	10-20m	3日	14時間
	20-30m	3日	14時間
かご	10m以浅	1週間設置を3回	設置カゴ数:2
	10-15m		
	15-20m		
刺網	10m以浅	1晩設置を2回	刺網の形状 長さ:100m 目合:外36cm、内9cm
	10-20m		
	20-30m		

* 油谷湾最深部の水深は 30m

採捕した 33 尾中、熟卵が観察されたのは 10 尾であった。成熟個体の全長は 25.8~40.4 cm の範囲にあり、G S I は 2.35 以上であった。(社) 日本栽培漁業協会・岡山県 (2002) によれば、岡山県笠岡諸島で採捕したキジハタにおいては、完熟卵の認められた個体の G S I 最小値は 2.55 であった。

なお、成熟魚の全長範囲にありながら、生殖腺の成熟が認められない個体は放卵後の可能性が高い。ちなみに油谷湾における産卵期は 7 月から 8 月にかけてである。

今回採捕された成熟個体のサイズから全長 25 cm 以上を産卵関与個体と考え、これらの個体の水深別採捕尾数を図 58 に示した。

成熟魚は全ての水深帯で採捕されており、産卵は油谷湾全域の岩礁部で行われていると考えられる。また、採捕尾数を水深別にみると 20-30m で多く、産卵親魚の生息密度はこの水深帯で高いことが考えられる。

キジハタ産卵親魚の採捕場所における底層水温は 23~29℃ の範囲にあり、24~25℃ 台の場所で採捕尾数が多かった (図 59、図 60)。

表 21 キジハタ産卵親魚の採捕結果

	GSI	全長(cm)	水深(m)	採集日	採集方法
成熟個体(♀)	6.88	34.9	28	8月3日	釣り
	6.45	38.4	10	8月6日	釣り
	5.83	27.4	16	8月3日	釣り
	5.07	36.3	9	8月11日	釣り
	4.18	25.8	9	8月6日	釣り
	3.70	36.0	11	8月11日	釣り
	3.39	31.3	25	8月6日	釣り
	2.68	40.4	18	8月3日	釣り
	2.50	31.4	21	8月3日	釣り
	2.35	34.6	30	8月6日	釣り
非成熟個体 (以下の可能性) ・放卵後 ・♂ ・未成魚	0.46	40.2	27	8月6日	釣り
	0.48	40.0	29	8月6日	釣り
	0.32	37.2	8	8月6日	釣り
	0.25	34.9	30	8月3日	釣り
	0.15	31.3	9	8月31日	刺網
	0.23	28.7	21	8月3日	釣り
	0.25	26.9	23	8月11日	釣り
	0.17	26.6	18	8月11日	釣り
	0.13	25.1	10	8月6日	釣り
	0.19	24.0	18	8月11日	釣り
	0.21	23.6	23	8月3日	釣り
	0.26	23.5	17	8月3日	釣り
	0.16	23.2	18	8月11日	釣り
	0.12	23.0	8	9月19日	カゴ
	0.22	22.5	8	8月4日	カゴ
	0.20	21.7	16	8月11日	釣り
	0.21	21.6	20	8月11日	釣り
	0.15	20.9	21	8月11日	釣り
	0.20	20.1	8	8月4日	カゴ
	0.11	19.0	8	8月4日	カゴ
0.10	19.0	8	8月4日	カゴ	
0.00	15.0	8	8月3日	釣り	
0.00	14.2	8	8月3日	釣り	

放卵後の可能性あり

GSI=生殖腺重量/体重×100

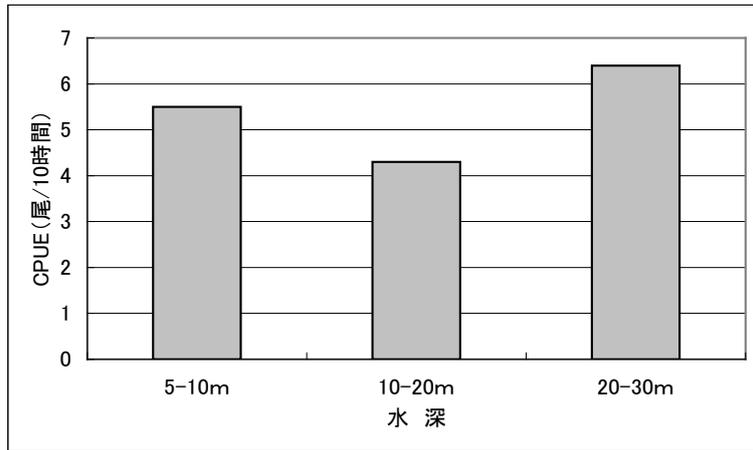


図 58 キジハタ成熟魚の水深別採捕尾数（釣り）

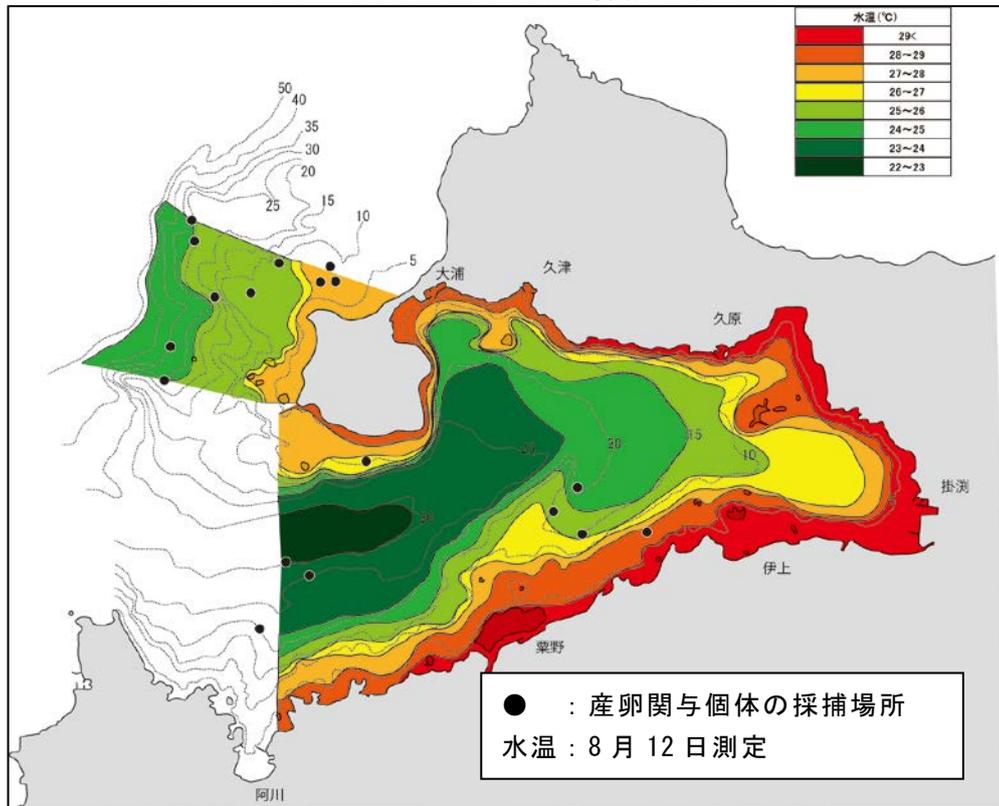


図 59 産卵親魚採捕場所の水深及び水温

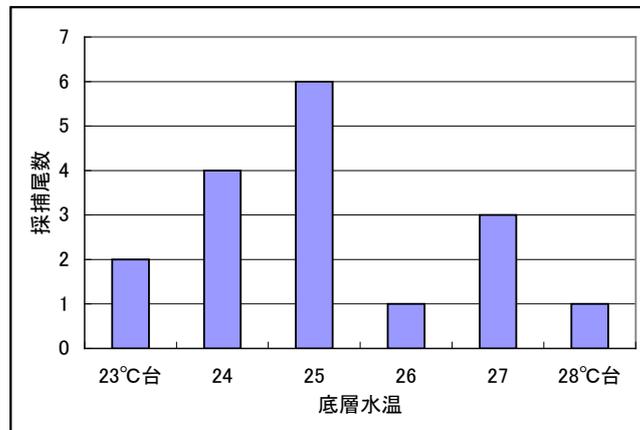


図 60 底層水温と採捕尾数の関係

⑤ 考察

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ている。温暖化による冬季水温の上昇は本種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。

冬季水温に関しては、調査を行った油谷湾では水深 5mの浅場でも 1 月末の時点で 12℃以上が維持されている。また、摂餌が減退する水温 15℃以下の日数は、同じく 1 月末の時点で約 40 日を数えるが、将来的には減ってくると予想される。

2 月の低水温期にキジハタの若齢魚が確認されたのはいずれも水深 5m以浅の石の隙間であり、比較的浅い場所であまり動くことなく越冬していた。調査水域の海底には転石が多く、キジハタが越冬可能な隙間に恵まれているが、こうした環境が不十分な場所においては、保護機能を備えた増殖施設の設置等により、保育環境を整備する必要がある。

冬季水温が上昇すると越冬期間が短くなることから、より多くの餌が必要となる。冬季のキジハタに対して、これまでは外敵から身を守る安全な場所を提供することが漁場整備の重要な課題であったが、今後の水温の上昇を考慮すれば、こうした隠れ場に餌料培養機能を付加させ、飢餓の防止と成長の促進を図ることも重要になってくる。

本調査で設置した餌料培養器にはキジハタにとって重要な餌料が数多く発生しており、餌料生物を増産させるに一つの有効な手法と考えられる。

一方、温暖化により上限水温も上昇する。昨年 8 月 11 日における表層水温は湾奥部で 29℃台を示し、ほぼ年間の最高水温に近いものと思われる。山口県水産研究センター（私信）によれば、過去に 31℃の水温でキジハタの仔魚を飼育せざるを得なかった年があったが、これといった問題は生じなかったという。生活史において最も脆弱な仔魚がこのような水温耐性を示したことから、夏季水温の上昇がキジハタ資源の維持増大の阻害要因となることは少ないと考える。

しかしながら、キジハタの生活史の各局面で、それぞれ好適な水温があることは確かであろう。キジハタの水温選好性に関してはよく分かっていないが、漁獲場所の水温情報を積極的に入手するなど、季節、成長段階毎の選好水温の想定に努め、キジハタの水温に対するストレスをできるだけ減ずるような漁場整備計画をデザインすることが大切である。

表 22 油谷湾におけるキジハタ漁場整備のイメージ

生活段階	幼稚魚	成魚
生息場	<ul style="list-style-type: none"> ・15m以浅の転石帯 ・0-1歳の若齢魚は主に5m以浅域に分布 ・冬季は石の隙間に潜入 	<ul style="list-style-type: none"> ・5～30mに広く分布 ・成長に伴い生息水深が増す傾向 ・産卵親魚は水深20～30mに多く出現(水温24-25℃)
水温とキジハタの行動	<ul style="list-style-type: none"> ・15m以浅の冬季最低水温は12℃台でほぼ同様 ・将来的には上昇の可能性。→餌料所要量の増大 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・湾口部の深所では水温年較差が小さく、キジハタの好適水温帯が長期に渡って維持される可能性
餌料環境	<ul style="list-style-type: none"> ・主餌のエビ類、ヤドカリ類等の甲殻類は水深15m以浅で多く発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・成長に伴い魚類の摂餌割合が増加
施設に求められる機能等	<ul style="list-style-type: none"> ・好適水深帯(5～15m)での整備 ・隠れ場機能 ・餌料培養機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・産卵親魚の保護

f 今後の課題

(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

<漁業資源>

- 播磨灘における漁獲量やC P U Eについては、便宜的に平成 23 年以降とそれ以前で区切り、効果を比較した。しかし、漁場整備については、連続的に実施しており、マコガレイが漁獲加入するまでに 2～3 年を要するため、マスタープラン策定 (H23 年) 後の効果という点では、H26 年以降ということになり、長期的に評価を行う必要がある。
- 今年度に引き続きマスタープラン実施海域における指標種等の漁獲量、C P U E の評価を行う。
- マスタープラン策定時に整理した指標種の成長段階別分布について、現地調査を行い、整備内容に対応した効果について整理する。

<漁業資源以外の生物増加量>

- 今年度に引き続き、マスタープランにおいて整備した漁場施設のモニタリング情報を入手し、海域全体の漁場整備効果を定量化する。
- 上記をふまえ、水産生物の生活史に対応した漁場整備の効果把握手法を確立する。

(2) 気候変動に対応した漁場整備方策の検討

<全国的な動向把握>

- 今年度のとりまとめをふまえ、海面水温以外の環境因子(海面変動、クロロフィル a、海水酸性化等)について再整理する。
- 今年度は日本海側における現況について整理を行ったが、次年度は藻場、魚介類分布等関する太平洋側のデータを補完する。
- サンゴ等の分布に関する知見の整理を行う。

<モデル地域におけるケーススタディ>

- 油谷湾におけるキジハタの湾内水温の測定の継続により、水温とキジハタの分布状況について考察する。
- 現地調査を踏まえ、温暖化がキジハタに与える影響について、各成長段階において、どのようなメリットとリスクがあるのかについて再整理を行う。

<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>

- 今年度策定した構成案に基づき各項目における参考資料を収集・整理する。
- 全国的な動向把握及びモデル地域におけるケーススタディで得た知見を踏まえ、海生生物の分布域の変化に対応した漁場整備について水深帯別の対応策を示す。