

対馬市海洋保護区科学委員会報告書



平成 26 年 7 月

対馬市海洋保護区科学委員会

執筆者一覧（五十音順）

青木 望美	東京海洋大学大学院 応用環境システム学専攻	3.1.3
大元 鈴子	総合地球環境学研究所	5.1.1/ 5.1.2(共同)/ 5.2.1
勝川 俊雄	三重大学 生物資源学部	1.2/ 1.3/ 1.4
清本 節夫	水産研究センター西海区水産研究所	4.2.1/4.2.2(4)/ 表 4.3-1(共同)/ 4.3.3 / 4.3.5/ 4.3.6
桜井 泰憲	北海道大学大学院 水産科学研究院	第6章
杉原 薫	国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター	2.1.3/ 4.5
杉原 敏	対馬野鳥の会	2.1.4
清野 聡子（副委員長）	九州大学大学院 工学研究院	1.1/ 1.5/ 3.1.1/ 3.1.2/ 3.3.1/ 3.3.2/ 3.3.3/ むすび
滝川 哲太郎	水産大学校 海洋生産管理学科	2.2
中田 英昭（委員長）	長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科	はじめに
長野 章	全日本漁港建設協会	5.1.2(共同)/ 5.2.2/ 5.3
藤井 明彦	長崎県総合水産試験場	4.1.2(共同) /4.3.4 /4.4(共同)
松下 吉樹	長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科	3.1.4/ 3.3.4
村瀬 昇	水産大学校 生物生産学科	4.1.1/ 4.1.2(共同)/ 4.2.2(1)-(3)/ 4.2.3/ 表 4.3-1(共同)/ 4.3.1/ 4.3.2/ 4.4(共同)
谷津 明彦	水産総合研究センター西海区水産研究所 (現在は北海道区水産研究所)	2.1.1/ 3.2
吉川 裕	京都大学大学院 理学研究科	2.1.2

目次

はじめに	1
第1章 なぜ海洋保護区は必要なのか	2
1.1 対馬における海洋保護区検討の経緯	2
1.1.1 日本の海洋保護区への取り組み	2
1.1.2 対馬市での検討の経緯	3
1.1.3 国際会議や学術集会での議論	4
1.2 日本漁業の現状	7
1.3 日本の漁業制度	8
1.4 効果的な漁獲規制	8
1.5 海洋保護区の果たす役割—フランスの事例—	9
1.5.1 フランスにおける海洋保護区	9
1.5.2 海洋保護区のカテゴリー	10
1.5.3 海洋保護区の実例	10
第2章 対馬の海洋環境と生物多様性	12
2.1 対馬の海の重要性	12
2.1.1 生物地理学的特徴	12
2.1.2 海洋構造としての特徴	14
2.1.3 造礁サンゴから見る沿岸海洋生物相の特徴	18
2.1.4 対馬の野鳥	19
2.2 環境の長期的推移	21
2.2.1 潮位と水温	21
2.2.2 対馬海峡通過流量	22
2.2.3 クロロフィル	23
第3章 対馬の漁業と資源	27
3.1 対馬と漁業	27
3.1.1 対馬の漁業の概要	27
3.1.2 対馬の漁場形成	29
3.1.3 対馬周辺海域の法的線引き	31
3.1.4 漁法の変化	32
3.2 主要魚種の資源管理	37
3.2.1 資源管理の基礎	37
3.2.2 主要種の生態、資源変動とその要因	42
3.3 資源管理の取り組み	49
3.3.1 対馬周辺漁場の大型漁業の調整	49
3.3.2 アマダイ漁業から生まれた自主的な海洋保護区の萌芽	50
3.3.3 地域の環境保全や水産資源保護の活動の分布	51
3.3.4 漁具や漁法の工夫による資源管理	52
第4章 対馬の藻場の変遷と資源管理	55
4.1 対馬の藻場	55
4.1.1 藻場の種類と役割	55
4.1.2 対馬の藻場の変遷	56
4.2 藻場の危機とその要因	64
4.2.1 植食動物	64

4.2.2	海水温の上昇.....	65
4.2.3	その他.....	68
4.3	藻場生物の資源管理～主要種の生態、資源変動とその要因～.....	69
4.3.1	ヒジキ.....	72
4.3.2	カジメ類（アラメ、カジメ、クロメ）.....	74
4.3.3	アワビ類（クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ）.....	77
4.3.4	サザエ.....	79
4.3.5	ウニ類.....	82
4.3.6	藻食性魚類.....	84
4.4	藻場を回復させる取り組み.....	86
4.4.1	磯焼け対策ガイドライン.....	86
4.4.2	長崎県における磯焼け対策ガイドライン.....	87
4.4.3	対馬での藻場回復取り組み事例.....	87
4.5	対馬の藻場と造礁サンゴとの関係.....	88
4.5.1	対馬沿岸における造礁サンゴの分布北上や拡大.....	88
4.5.2	2013年10月の対馬における造礁サンゴの分布状況.....	88
4.5.3	対馬における藻場の衰退と造礁サンゴ群集の卓越との因果関係.....	89
4.5.4	地球温暖化がもたらす海洋の物理環境の変化.....	89
第5章	資源管理と水産流通.....	94
5.1	海洋保護区内での漁業による漁獲物の市場での差別化について.....	94
5.1.1	対馬における現在のブランド化魚種と品質向上努力.....	94
5.1.2	ブランド化・品質向上事例.....	95
5.2	漁業の持続可能性に関する認証制度.....	96
5.2.1	MSC 認証制度.....	96
5.2.2	MEL ジャパン.....	100
5.3	漁業生産、流通及び認証情報伝達とその評価.....	104
5.3.1	漁獲物のトレーサビリティ.....	104
5.3.2	海洋保護区構想における漁業生産物のトレーサビリティ.....	104
5.3.3	漁業生産、流通情報の経済波及効果.....	107
第6章	対馬の海洋保護区のありかた.....	110
6.1	再生可能な水産資源を持続的に利用する.....	110
6.2	知床の先進事例と対馬の海洋保護区を考える.....	110
6.3	対馬の海洋保護区のありかた.....	111
6.4	対馬の海洋保護区を活用する.....	111
むすび	113
引用文献と関連 Web サイト	114

はじめに

この報告書は、対馬市海洋保護区科学委員会におけるこれまでの検討結果をとりまとめたものです。対馬市は、漁業資源の利用と海の生態系の健全性を支える生物多様性の保全を両立させ、将来に向けて漁業資源をはじめとする海の恵みを持続的に利用できるようにしていくための施策の一環として、全国の地方自治体に先駆けて「海洋保護区」の設置構想を提起しています。本科学委員会では、2010年9月に設置された対馬市海洋保護区設定推進協議会等における検討の経過も踏まえながら、対馬周辺の海の環境や漁業資源、漁業操業、海藻類等の磯根資源、さらには生産物の流通やブランド化の状況など多岐にわたって専門的な見地から検討を行い、海洋保護区設定の基礎となる科学的な知見をとりまとめ、対馬における海洋保護区のあり方や活用の方角を考えました。

海洋保護区設定の意義や設定にあたっての基本的な考え方、これまでの検討の経緯等については、報告書の中で後述されていますので、そちらを参照していただきたいと思います。この問題の検討を通じて、漁業者の皆さんが日頃から肌で感じておられる対馬周辺の海の環境や資源の状況を知る機会を持つことができたことは、私たち専門家にとっても大変有意義でした。この報告書で皆さんの疑問に十分答えることができていないかもしれませんが、少なくともこれまでの科学的な知見を集大成したことは、今後につながる成果といえます。対馬で漁業に従事しておられる皆さんをはじめ、地元の関係者、行政担当者等と今後も緊密に連携しながら、漁業を将来にわたって安定して営むことができるような漁業資源や生態系の管理のあり方を、一緒に探っていければと考えています。

海洋保護区の設定は、生態系の健全性に基礎を置く未来志向の漁業管理の方法の一つとして、いまや世界的に注目されていますが¹、それぞれの地域における現実的な対応にはまだ多くの難しい課題が残されています。そうした課題の解決のためには、それに直接関係する人たちを含む地域の皆さんが明確な目的を共有し、具体的な海域の設定やその利用と保全措置の調整などに関する管理のプロセスに参画できる体制を整備していくことがまず必要です。対馬の海の自然を大切にすることが前提になりますが、漁業の実状を十分に踏まえそれに適合した有効な管理方策と実施体制を作り上げていくために、関係者が知恵と行動力を発揮されることを願っています。科学的な知見が不足している点も多く、この報告書も今後の課題を提起するにとどまっている部分がありますが、そうした課題解決に向けた検討の一助となれば幸いです。

対馬市海洋保護区科学委員会 委員長 中田英昭

第1章 なぜ海洋保護区は必要なのか

1.1 対馬における海洋保護区検討の経緯

1.1.1 日本の海洋保護区への取り組み

海洋保護区の考え方は、国際的には国立公園など自然保護区の考え方の延長に生まれ、1990年代には対象範囲がそれまでの陸域から海洋へと本格的に検討されるようになりました。海洋資源や観光施設の開発、漁業との調整の考え方やガイドラインの作成は、自然保護団体の国際自然保護連合 IUCN² や国連機関の食糧農業機構 FAO³ が中心的に国際的に整理しています。生物多様性条約締約国会議や世界公園会議などでは、海はつながっているので各地域や各国が単独で保護をするだけでは効果が発揮できないので、広域的なネットワークが検討されています。

日本では、海洋保護の考え方は、水産資源保護を目的とした禁漁区など実際には漁業の現場でも行われてきました。しかし国際的な自然保護の考え方と日本の慣習や社会制度を政策的に調整したり、海の関係者の考え方を共有し合意形成する動きが進まず、推移していました。その間に、世界の海の環境や生態系の悪化が進み、漁業や観光が危機的な状況となってきたため国際的にも海洋保護の動きが強まってきました。

21世紀に入り、日本の制度にも「海洋保護区」という文言が取り入れられる時代となりました。平成19(2007)年に海洋基本法が制定され、翌平成20(2008)年に海洋基本計画が作られ、そこに政府として推進していく方向で位置付けられました⁴。

日本政府が海洋の生物多様性政策に本格的に取り組みだしたのは、平成22(2010)年の愛知県名古屋市で生物多様性条約第10回締約国会議の開催がきっかけです。「愛知目標」の目標11として「2020年までに、少なくとも陸域及び内陸水域の17%、また沿岸域及び海域の10%、特に、生物多様性と生態系サービスに特に重要な地域が、効果的、衡平に管理され、かつ生態学的に代表的な良く連結された保護地域システムやその他の効果的な地域をベースとする手段を通じて保全され、また、より広域の陸上景観又は海洋景観に統合される」という数値目標が設定されました⁵。

環境省にて「海洋生物多様性保全戦略」の検討が同年から始まり、翌平成23(2011)年3月に公表されました。その中に、海洋保護区の定義が「海洋生態系の健全な構造と機能を支える生物多様性の保全および生態系サービスの持続可能な利用を目的として、利用形態を考慮し、法律又はその他の効果的な手法により管理される明確に特定された区域」が定められました。同年5月には、内閣官房総合海洋政策本部にて環境省により整理された既存の日本の海洋保護区に相当する制度が認められました。自然公園や天然記念物だけでなく、漁業に関係の共同漁業権区域もきちんと管理がなされている海として位置づけられたのです⁶。

このように日本全体では外枠の整理が近年になって始まりましたが、海洋保護区の設定を実際に検討し、実施する現場は地方自治体の自主性に任されていたのです。

	出来事	詳細内容
2009年	10月 対馬市で海洋保護区の検討が始まる	
	12月 対馬市議会第4回定例会にて海洋保護区について言及	糸瀬一彦議員の一般質問に答弁
2010年	2月 生物多様性EXPO	対馬市長が海洋保護区について発表
	3月 対馬市議会第1回定例会にて海洋保護区について言及	脇本啓喜議員の一般質問に答弁
	5月 対馬市議会国境離島活性化対策特別委員会開催	海洋保護区について説明
	6月 シンポジウム「対馬から『海洋保護区』を考える」	市民(漁業者を含む)など533名参加。漁業関係者等を含めてパネルディスカッション
	8月 対馬海域周辺の「海洋保護区」設定について要望書作成	前原国土交通大臣に提出
	9月 「設定推進協議会」結成	
	10月 第1回対馬市海洋保護区設定推進協議会	会議の設置
	生物多様性国際自治体会議にて対馬市長スピーチ	
	11～12月 第1回対馬市海洋保護区専門委員会	厳原・美津島・豊玉・峰・上県・上対馬の各町で開催
2011年	1月 第2回対馬市海洋保護区設定推進協議会	12海里を基本とする保護区案を次回までに事務局が作成し、次回以降の会議で協議することが提示
	3月 第2回対馬市海洋保護区専門委員会	厳原・美津島・豊玉・峰・上県・上対馬の各町で開催
	第3回対馬市海洋保護区設定推進協議会	事務局案を各協議会へ持ち帰り検討
	7～8月 第3回対馬市海洋保護区専門委員会	厳原・美津島・豊玉・峰・上県・上対馬の各町で開催
	8月 第4回対馬市海洋保護区設定推進協議会	共同漁業権を保護区に含めるか否かで議論し、保護区案を継続審議
	9月 日本海洋学会シンポジウム	細井尉佐義氏 事例発表
	11月 講演会「これからの離島漁業のあり方を考える」	講師：三重大学准教授 勝川俊雄氏
	第5回対馬市海洋保護区設定推進協議会	保護区案が決定し、今後の推進策(科学委員会等の設置)が承認され、要綱へ追加
2012年	3月 第4回対馬市海洋保護区専門委員会	厳原・美津島・豊玉・峰・上県・上対馬の各町で開催
	4月 “対馬市環境基本条例”、“対馬市森づくり条例”施行	海洋環境の保全も市の重要政策として位置づけ
	6月 「海のエコラベル」MSC認定制度説明会	講師：海洋管理協議会(MSC)日本事務所 漁業認証担当マネージャー 大元鈴子氏
	9月 「対馬で考える世界の海洋保護区」開催	講師：国際自然保護連合 海洋担当部長 フランソワ・シマルル氏。九州大学と共同開催。
	11月 第1回対馬市海洋保護区科学委員会	科学委員会の進め方について、どのような検討作業を進め、アウトプットをするかを議論
	漁業者と科学委員会との意見交換会	“対馬の海洋保護区を考える”と題し、漁業者の意見や要望事項の直接聞き取りを行う
2013年	1月 第6回対馬市海洋保護区設定推進協議会	科学委員会で検討してほしい事項の整理
	3月 第2回対馬市海洋保護区科学委員会	具体的な検討作業の進め方を討議。報告書を書くことを決定
	5月 第5回対馬市海洋保護区専門委員会	厳原・美津島・豊玉・峰・上県・上対馬の各町で開催
	6月 第1回対馬市海洋保護区戦略会議	12海里設定の話への議論と今後の対外的、対内的な海洋保護区への理解の促進方法について議論
	7月 第3回対馬市海洋保護区科学委員会	科学委員会の目標、成果物、報告書についての検討
	10月 第7回推進協議会 & 第6回専門委員会 & 科学委員会委員による報告会	科学委員会委員による中間報告と推進協議会委員・専門委員会委員との意見交換会、全体会と分科会が開催。
	第4回対馬市海洋保護区科学委員会	報告書構成案に関する協議
2014年	1月 第5回対馬市海洋保護区科学委員会	科学委員会報告書の初稿完成。検討を行う。

表 1.1.2-1 海洋保護区設定にむけた対馬市のこれまでの取り組み

1.1.2 対馬市での検討の経緯

このような状況のなか、持続可能な漁業のためには海洋の生態系や環境の保全が重要であり、従来の政策に加えて、生物多様性の関係の制度も地域を担う自治体として本格的に検討し始めたのが対馬市です。その開始時には、まだ漁業と海洋保護区の関係性が国内では整理されていませんでした⁷。

海洋保護区設定にむけた対馬市のこれまでの取り組みは、シンポジウムの開催、各委員会の設置と討議(表 1.1.2-1)などで行われてきました。海洋保護区推進設定推進協議会(表 1.1.2-2)、地域ブロックごとに漁業者の意見を伺う専門委員会、科学的な見地から取りまとめを行う科学委員会が組織され、議論を行っています。

市民への周知は、平成 22(2010)年 6 月に「対馬から海洋保護区を考える」シンポジウムが市民会館で開催され、対馬からの発表のほか、環境省の海の生物多様性政策の紹介、北海道知床の事例などの議論が行われました。その様子は広報「つしま」の同年 7 月号、市議会定例会において同年 6 月にて報告されました。

また、市議会でも平成 21(2009)年 12 月に糸瀬議員、平成 22(2010)年 3 月の脇本議員の一般質問により活発な議論がなされ、海洋保護区のあり方の検討が進んできました⁸。

所属等	所属
漁業者	対馬市漁業協同組合長会
漁業者	対馬市漁業協同組合長会
漁業者	対馬地区漁業士会
漁業者	対馬地区漁業士会
漁業者	対馬定置網漁業協議会
漁業者	対馬市いかつり漁業連絡協議会
漁業者	対馬島旋網漁業連絡協議会
漁業者	対馬地区延縄・一本釣連絡協議会
漁業者	対馬地区漁協青壮年部連絡協議会
漁業者	対馬遊漁船業組合
農林業者	対馬森林組合
市役所	対馬市農林水産部
市役所	対馬市農林水産部水産振興課
市役所	対馬市農林水産部農林振興課
市役所	対馬市市民生活部環境政策課
市役所	美津島地域活性化センター
市役所	豊玉地域活性化センター
市役所	峰地域活性化センター
市役所	上県地域活性化センター
市役所	上対馬地域活性化センター
学識者	九州大学大学院工学研究院 生態工学研究室
学識者	長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科

表 1.1.2-2 対馬市海洋保護区設定推進協議会の構成委員

1.1.3 国際会議や学術集会での議論

対馬市の対外的な発信としては、平成 22(2010)年 10 月に愛知で開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議関係の会合がありました。同年 7 月には、対馬市長の福岡や東京でのワークショップ、本会議のサイドイベントでの講演がありました。

また学会や研究集会での動きとしては、日本海洋学会 2011 年秋季大会において「2012 年海洋保護区ネットワーク形成にむけて」のシンポジウムが開催され、対馬から漁業者の細井氏が報告を行いました。

国際自然保護連合 IUCN の海洋担当部長のフランソワ・シマール氏が、九州大学の招聘で 2012 年 9 月の来日時に対馬を訪問されました。世界中の海洋保護の事例分析をもとに、国際的な海洋保護区のガイドラインを作成しておられ、要点を紹介されました(表 1.1.3-1)⁹。漁業もまた海の自然によって生かされているとの認識が広まっており、持続可能な漁業のための海洋保護区の設定が世界の主流の考え方になりつつあるとのこと。対馬の漁村の景観や文化が守られる重要性も論じられました。同氏は日本に留学中の 1980 年代に対馬を訪れていますが、漁業の危機を憂慮されました。対馬の漁村や漁業者という人を守るといった観点からの進め方のアドバイスもありました。厳原で同氏の講演会が開催され、その様子は対馬市のケーブル TV でも放映されました。また上対馬の漁業者との対話も行われました。

そのほか、離島振興法の改正が平成 24(2012)年に行われましたが、その際の議論でも対馬での検討は島嶼政策の一つとして注目され、海洋保護区が海洋の持続可能な利用や地域振興の観点からも導入されています。

対馬がこのような海洋の広域的な検討を行っているのは、地域の特徴が背景にあると考えられます。対馬は、日本列島と大陸がもっとも接する対馬海峡に位置し、対馬暖流のただ中にあります。大陸の国々との外交の接点であり国際動向は常に意識する地政的な位置にありました¹⁰。豊富な漁業資源をめざして国内から多くの漁業関係者が訪れ、移り住んできました。この地理学的、海洋学的な自然条件が、対馬の方々への恵みへの考え方を形成してきたのです¹¹。

日本の海洋保護区は、上述のように特に生物多様性や水産資源をめぐる国際動向のもと、海洋基本計画で国レベルの政策が芽生え、既存の制度の調査研究も進んできました¹²。しかし、保護区の設定には情報整理や合意形成の多大な努力が想定されたため、政策の実現

海洋での活動 (Activities)	IUCN 管理カテゴリー (IUCN management category)						
	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
資源採取を伴わない調査研究 (Research : non-extractive)	Y*	Y	Y	Y	Y	Y	Y
資源採取を伴わない伝統的利用 (Non-extractive traditional use)	Y*	Y	Y	Y	Y	Y	Y
資源回復/保全強化 (例: 外来種などの規制、サンゴ再生) (Restoration / enhancement for conservation [e.g. invasive species control, coral reintroduction])	Y*	*	Y	Y	Y	Y	Y
伝統的漁業/伝統的文化や利用に従った採集 (Traditional fishing / collection in accordance with cultural tradition and use)	N	Y*	Y	Y	Y	Y	Y
資源採取を伴わないレクリエーション (例: ダイビング) (Non-extractive recreation [e.g. diving])	N	*	Y	Y	Y	Y	Y
大空間での低強度の観光 (Large scale low intensity tourism)	N	N	Y	Y	Y	Y	Y
海運 (国際海事法上避けられないものは除く) (Shipping [except as may be unavoidable under international maritime law])	N	N	Y*	Y*	Y	Y	Y
野生鳥獣管理 (例: サメの規制プログラム) (Problem wildlife management [e.g. shark control programmes])	N	N	Y*	Y*	Y*	Y	Y
資源採取を伴う調査研究 (Research : extractive)	N*	N*	N*	N*	Y	Y	Y
再生可能エネルギーの生成 (Renewable energy generation)	N	N	N	N	Y	Y	Y
資源回復/その他の規制強化 (例: 海辺の回復、魚の集約、人工岩礁) (Restoration / enhancement for other reasons [e.g. beach replenishment, fish aggregation, artificial reefs])	N	N	N*	N*	Y	Y	Y
レクリエーションのための釣り・漁や回収 (収獲・採集・掘削など) (Fishing / collection : recreational)	N	N	N	N	*	Y	Y
漁業/採集: 長年行われてきた持続可能な地域の漁業活動 (Fishing / collection : long term and sustainable local fishing practices)	N	N	N	N	*	Y	Y
養殖 (Aquaculture)	N	N	N	N	*	Y	Y
整備 (例: 港・商港など、浚渫) (Works [e.g. harbours, ports, dredging])	N	N	N	N	*	Y	Y
未処理廃棄物の排出 (Untreated waste discharge)	N	N	N	N	N	Y	Y
海底などの採掘 (Mining [seafloor as well as sub-seafloor])	N	N	N	N	N	Y*	Y*
居住 (Habitation)	N	N	N*	N*	N*	Y	N*

凡例

不可 (No)	N
原則不可 (特別な事情がある場合は除く) (Generally no, unless special circumstances apply)	N*
可 (Yes)	Y
ほかには代替できない場合は可。ただし特別な承認は必要。 (Yes because no alternative exists, but special approval is essential)	Y*
その取り組みが MPA の目的に沿っておりしっかり管理されているかどうかによる * Variable depends on whether this activity can be managed in such a way that it is compatible with the MPA's objectives	*

出典: [Guidelines for Applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas] (Best Protected Area Guidelines Series No.19, 2012, Sep. IUCN)

表 1.1.3-1 国際自然保護連合 IUCN の保護区の管理カテゴリーと海洋での活動の関係の整理⁹

にはトップダウンでは困難と容易に予想されたため、意欲ある地方自治体が方法論づくりから始める状況となっていました。

このような未踏の領域の整理やその実現には多くの科学的知見や情報、地域の経験が必要で、対馬市海洋保護区科学委員会は、既存の知見を多角的に集め、学際的な検討に着手しました。対馬をフィールドにした大学院生による制度形成の研究¹³や、漁業者との共同海洋観測¹⁴、さらに「域学連携」として研究成果を地域づくりに活かすべく学際的な取り組み¹¹が進んでいます。

■コラム 1-1 「対馬の海洋保護区のポイント」¹¹

- ① 豊かな海：対馬暖流の恵を受け、多くの回避魚の産卵場・餌場となっています。深い森や磯根、入江の多様な環境が沿岸を支えています。
- ② 豊富な経験：古代からの漁業の歴史があり、多くの経験や情報が積み重ねられています。
- ③ 自らの意志：対馬住民自らが、海を守って生きていく強い意思があります。
- ④ 科学研究：最新の海洋学や水産学の調査研究がそろっており、科学的な管理が可能です。
- ⑤ 海への貢献：対馬周辺の海を守ることは日本国内、東アジアの海洋生態系や水産資源の未来を保障する役割を果たすこととなります。
- ⑥ 漁業の役割：『海環境調査』としての「持続的な漁業」の可能性がります。（水温変化や生態系構成種の変化を通じて、地球規模の気候の変動の定点観測というモニタリングを担い、漁業者は海のエキスパート、守人として、海の生態系の知識を社会に提供していただける可能性があります。）
- ⑦ 海の文化：伝統漁業や漁村の習慣を続けることは、日本の海の文化の継承です。
- ⑧ 島の生物多様性保全：ツシマヤマネコをシンボルにした豊かな森に恵まれ、陸の生物多様性と海の豊かさの関係が繋がっています。
- ⑨ 地球規模の生物多様性保全：回遊性生物（クロマグロ、スルメイカなど）の産卵地、渡り鳥の中継地です。
- ⑩ MPA 国際ネットワーク：生物多様性条約など国際的な枠組みのもと、韓国、ロシア、中国の沿岸のMPAとのネットワーク化のハブとなる可能性が高くあります。
- ⑪ 学校・社会教育：漁業者による学校の授業が行われています。対馬周辺の海で世界に誇る多くの科学的発見があり、海の自然の不思議や素晴らしさを多くの人々が共有できる可能性があります。
- ⑫ 「対馬暖流流域ネットワーク」：対馬暖流流域という概念を形成し、東シナ海、日本海、津軽海峡、太平洋までの流域の自然や文化のつながりを発見していく事が可能です。
- ⑬ 海のリッジ・ハブ：古代から現在まで、交易や漁業を通じたつながりもすでに存在していました。現在も、島嶼、海洋政策などの理念的な中心になっています。
- ⑭ 漁業経済：水産物、加工品の付加価値が向上する可能性があります。「海洋保護区で丁寧に漁獲された魚」には意識の高い消費者の関心が増加しています。流通のトレーサビリティ実験が開始されています。

【参考資料】

内閣官房総合海洋政策本部. 海洋基本計画 平成 20 年 3 月. at www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/080318kihonkeikaku.pdf

環境省. 平成 24 年版 図で見る環境・循環型社会・生物多様性白書 第 4 節 愛知目標の達成に向けた世界への貢献. at <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h24/html/hj12010404.html>

波田安徳. 対馬の水産業と外国との交流. *日本水産学会誌* 77, 924–927 (2011).

清野聡子. 離島振興策としての「海洋保護区」－生物多様性保全と越境汚染の解決の枠組. *土木学会論文集 B3 (海洋開発)* 67, 784–789 (2011).

Yagi, N., Takagi, A. P., Takada, Y. & Kurokura, H. Marine protected areas in Japan: institutional background and management framework. *Mar. Policy* **34**, 1300–1306 (2010).

青木望美. 長崎県対馬市の環境基本条例による海洋保護区: 国際社会に正当性ある保護区の設定に向けて. *地域文化研究* 141–165 (2013).

清野聡子. 対馬から始まる日本の海洋保護区. *Biocity* 10–21 (2014).

釣田いずみ & 松田治. 日本の海洋保護区制度の特徴と課題. *沿岸域学会誌* **26**, 93–104 (2013).

宮里聡一, 清野聡子, 田井明, 波田安徳 & 細井尉佐義. 対馬沿岸における海洋保護区の設定手法の基礎的検討. *土木学会論文集B3 (海洋開発)* **68**, 534–539 (2012).

1.2 日本漁業の現状

かつては世界一の水揚げを誇った日本漁業は、衰退の一途を辿っています。日本の漁獲量は1980年代後半に1200万トンのピークに達した後、減少に転じ、現在は当時の半分以下の水準に落ち込みました。これまで、国内の漁業生産の減少を輸入で補ってきたのですが、現在は世界的な魚価の上昇によって、輸入も減少傾向です（図1.2-1）。

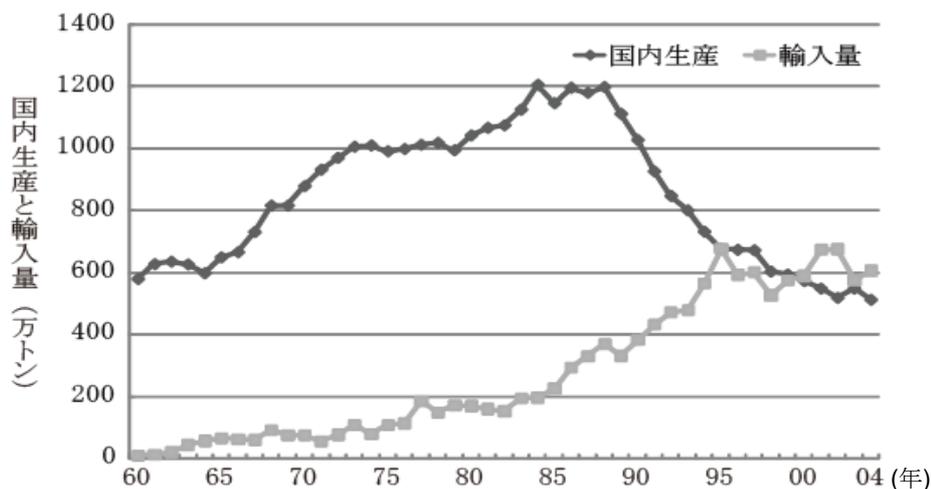


図1.2-1 水産物の国内生産と輸入量の推移¹⁵

漁業生産金額は1982年の2兆3千億円をピークに、1兆円へと減少を続けています（図1.2-2）。バブル期の魚価の上昇を背景に利益を伸ばした沿岸漁業、養殖業も1990年を境に減少に転じています。

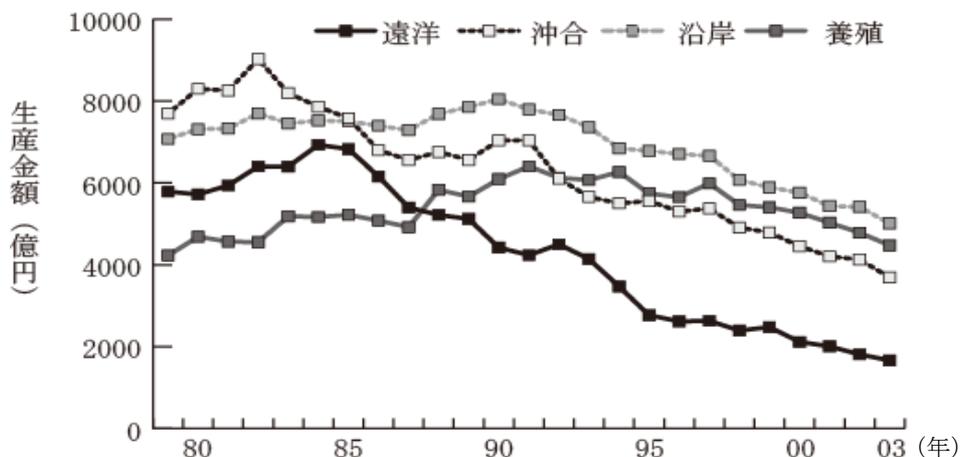


図1.2-2 日本の漁業別生産金額¹⁶

漁業従事者一人当たりの生産額は、1991年の530万から、2005年には475万へと減少しました。燃油代などの経費は年々上昇しており、すでに経営が成り立っていないケースも少なくありません。

終戦直後に100万人いた漁業者は、2012年には17.4万人まで減少しました。漁業就業者の高齢化が進む中で、後継者がいる漁業者は全体の2割程度に過ぎません。現在も、漁業への新規参入者が途絶えた状態で、漁業者の高齢化が進んでいます。

水産資源の減少と魚価の低迷の二つが、漁業収益が悪化している主要因と考えられています。水産庁が行った意識調査では、漁業者の9割が「資源は減少している」という認識をもっていることが明らかになりました。資源が増加しているという認識の漁業者は0.6%でした。「水産資源

が枯渇しつつ」あるというのが、漁業の現場の共通認識です。

漁業の衰退によって、漁村コミュニティの衰退、地域経済の悪化、食糧安全保障の危機、魚食文化の喪失など、多方面に大きな打撃を与えています。漁業の衰退を食い止めるには、水産資源を回復させた上で、持続的に価値が高い魚を安定供給できるようにする必要があります。

1.3 日本の漁業制度

日本周辺海域では、非持続的な漁獲によって、水産資源が減少しています。現行の日本の漁業制度では、水産資源の過剰漁獲が防げていないのです。

日本の漁業制度の起源は、江戸時代にさかのぼります。当時から、漁場を巡る漁村間の争いが絶えませんでした。江戸幕府は、紛争を緩和するために、それぞれの漁村の間に線を引いて、地先漁場の排他的利用権を与えました。これが「磯は地付き、沖は入り会い」と言われるルールです。

排他的利用権が設定されたのは、和船の櫓[ろ]が海底に着く水深まででした。当時の漁獲技術では、遊泳性の魚を乱獲することはできませんでした。ウニやアワビなど磯で捕れる資源については地元漁村に優先権を与える一方、沖に出れば自由操業を認めました。当時としてはそれで十分だったのです。

明治時代以降、何回か漁業法が改正されましたが、政策の基本となる考え方は変わっていません。現在も、沿岸漁場の排他的利用権を漁業組合にあたえて、広範な自治権を認めています。その一方で、沖合の漁場は操業規制が緩く、大型船は海区を超えて自由に操業をおこなっています。

明治以降に、欧米から近代的な漁法が導入されると、人間の漁獲能力は飛躍的に向上しました。魚群探知機やソナーのような機器が開発されたことにより、遊泳性の魚も簡単に漁獲することができるようになりました。その結果、今までの縄張りシステムは機能しなくなりました。

海面を細かく区切って、自治権を与えるシステムは、魚の奪い合いを緩和するどころか、むしろ助長してしまうのです。多くの魚類は水温の変化に対応して、移動することが知られています。昨日まで、たくさん獲れていた魚が、ある日突然捕れなくなるというのも、漁業の現場ではよくある話です。漁業者が、「魚はいつ移動するかわからないから、自分の漁場にいるうちに、できるだけ獲っておこう」と思うのは当然のことです。

日本では諸外国(アイスランド12マイル、ペルー10マイル)と比較して、大型漁船が沿岸近くで操業をすることが可能になっています。沿岸近くの好漁場を巡り、外部の大型船と地元の小型船の対立が、以前から存在していました。沿岸漁業者にしてみれば、「漁場をいくら守ったところで、外からきた大型船に根こそぎ獲られかねない」となり、資源保全を難しくしています。

駿河湾のサクラエビ、京都のズワイガニ、秋田のハタハタなど、いくつかの資源管理の成功例が日本国内でも知られているのですが、いずれも、小規模な独立した定住性資源です。ある程度以上の規模を持った、回遊性の資源の管理の成功例は国内では皆無なのです。現在の日本のシステムで、持続的な管理が可能なのは、生活史が一つの漁場で完結する定住性の資源に限られているのです。日本で資源管理ができていないのは、漁業者のモラルの問題ではなく、漁業制度の構造的な問題です。

「磯は地付き、沖は入り会い」という日本の漁業制度は、江戸時代には合理的でした。しかし、現在は制度疲労を起こしているのです。漁場の排他的利用権を明確にすることで、争いを収めようとした江戸時代の日本人は合理的でした。我々も、これまでの枠組みに盲従するのではなく、現在の問題を解決できる漁業制度へと軌道修正する必要があります。

1.4 効果的な漁獲規制

現在の効率的な漁業を規制するには、どのような手段が有効なのでしょう。世界の著名な研究者が連名で、この問題について検討をした論文がサイエンス誌に掲載されました¹⁷。論文では、比較的データが豊富な欧米先進国を中心に、世界の166の漁業のデータを分析したところ、主要な生態系における漁獲圧は近年減少し、約7割の漁業で漁獲圧が適正水準にあることがわかりました。

乱獲の抑制にどのような手法が使われていたかを整理したところ、最も有効な手段はTAC(漁獲枠)の削減であり、次に有効な手段は禁漁区でした(表1.4-1)。日本が採用している地域コミ

コミュニティに漁業権を与える方式は、全体的なスコアが低かったものの、ケニヤやメキシコなどの小規模漁業の管理には有効であることがわかりました。これらの結果から、著者らは、漁獲枠やコミュニティベースのような伝統的な手法と、戦略的な禁漁区・より選択的な漁具・海のゾーニング・経済的動機を組み合わせることが、漁業および生態系を回復する上で効果的であると指摘しています。

EUが共通漁業政策の見直しにあたり、どのような漁業権制度が機能しているかを精査しました¹⁸。その結果、個別漁獲枠制度[IQ/ITQ]とTURF[Territorial Use Rights in Fisheries]の有効性が示されました。TURFとは、日本のように地域コミュニティに漁業権を与える制度で、欧州では伝統的にTURFを利用してきました。しかし、前述のようにTURFでは遊泳性の生物を適正に管理できないために、現在もTURFで管理されているのは、貝などの沿岸の根付き資源ぐらいです。回遊性の資源については、現在は個別漁獲枠方式など、他の管理方法に移行しているのです。

漁獲規制の方法	スコア
TAC	18
禁漁区	15
漁具規制	14
個別枠	13
漁獲能力削減	10
コミュニティベース (TURF)	8
努力量削減	5

表1.4-1 有効な漁獲規制¹⁷

日本漁業の現状、および、海外の知見を整理すると、日本近海の水産資源を持続的に利用するには、以下の点が重要であると思われます。

- 回遊性の資源には、個別漁獲枠方式の導入（大臣許可漁業は船ごと、知事許可漁業は組合ごと）
- 定住性の資源は、地域コミュニティによる管理が有効です。日本では、漁協で管理しているはずの定住性の小規模資源が減少しているケースが多く見られます。
- 回遊性・定住性を問わず、生物にとって重要な生息域（産卵場・稚魚の生育場）を守るための保護区の設定

1.5 海洋保護区の果たす役割—フランスの事例—

1.5.1 フランスにおける海洋保護区

海洋保護区の進め方は、各国の自然や社会の条件に合わせて進められています。中でも、フランスは海洋国家として海洋保護区政策を熱心に取り組んでいます。ヨーロッパにある本国だけでなく、タヒチなど太平洋の島々も国土に含まれるため、熱帯海域にも関心をもっています。また、海洋観光産業やヨットなどのマリンスポーツも盛んで、海洋文化を形成しています。その結果、美しい海の景観と美味しい魚介類があれば、地域振興が進むという認識が沿岸地域に広まっているようです。過度の開発を制限して、景観や海の生態系を守ろうとする自然保護重視の姿勢は、経済にも裏付けられています。

また、欧米諸国は、歴史的に植民地時代に海洋の覇権や経済をめぐる争いがあったため、正確な海図の作成、地理や自然の情報取得という基礎分野をもとにした海洋空間計画[Marine Special Planning]の分野が盛んです。自然保護や持続可能な漁業以外の海洋資源開発や領海管理などにつながるためです。海洋保護区政策もその一環としてとらえる流れもあるようです。

海洋保護区政策は、欧米とアジア太平洋では自然への考え方が違うところもあるため、そのままの導入は難しいですが、日本は、自然保護や漁業管理は主に生物が対象でしたので、空間管理については今後の研究や政策が待たれます。そのためにも、フランスの事例は参考になると思われます。

フランスの海洋保護区政策の最大の特徴は、海洋保護区庁[Agence des Aires Marines Protégées]という海洋保護区に特化した組織を政府が設置していることです。海洋や自然保護は、行政的にも多分野にまたがった調整が必要です。政策推進のリーダーシップや責任を明確にしているのです。

フランスの法律では、現在 15 タイプの海洋保護区の分類を設けています。伝統的な自然保護的内容に加え、国際条約での議論や地球環境問題が生じて新しい分類が必要となきには、それと関係する機関の省令によって位置づけられます。大半の海洋保護区は、海洋の自然保護だけで

なく人間活動（持続可能な開発）の両方を組み合わせた内容になっています。保護区の統治や管理では、利用者、分野の代表者、専門家などが協議できる仕組みをとることが多いのです。

海洋保護区は独立に動くのではなく、国立海洋公園や Natura 2000 sites¹⁹ といった海洋保護区について、関係するすべての管理者を支援し共同管理をしています

1.5.2 海洋保護区のカテゴリー

フランスの海洋保護区政策では、まず 2006 年に 6 つのカテゴリー（タイプ）の海洋保護区が法律によって定められました。①海の自然公園、②自然保護区、③県の指定する生物生息地の保護区、④Natura2000（EU による野生生物の生息地保全のためのネットワーク）の設定箇所、⑤海岸線保全の公共的な受託業務による海事領域、⑥自然海洋公園の公共的な受託業務による海事領域です。

さらに 2011 年には、主に国際的な協定によって、さらに 9 カテゴリーが新たに追加されました。①ラムサール条約登録湿地、②ユネスコ世界遺産、③生物圏保護区、④バルセロナ合意（地中海）、⑤オスパール条約の対象地（北東太平洋）、⑥ナイロビ条約の対象地（東アフリカ）、⑦カルタヘナ条約（生物資源保存）の対象地（西インド諸島）、⑧CAMLR（南極）条約の対象地（南極大陸）、⑨モルビアン湾の海の範囲における国立の野生動物と狩猟を保護する区域、です。これらのカテゴリー分け、理念や枠組みと現場との対応のチェックが頻繁に行われていることが、海洋保護区管理の考え方を整理したり、方法を見直し改善する PDCA サイクル的な政策推進につながっていると考えられます。また、EU 全体の海洋政策とも連動していて、自然保護と人間活動の調整は海洋保護区側だけで考えるのではなく、海洋管理の全体的な位置付けのなかで進めています。

1.5.3 海洋保護区の事例

フランスでの海洋保護区の具体例として、国内初であり大西洋岸に沿って連続して沖合にも大きな区域を設定している事例を挙げます。

政府は 2007 年に国内初の海洋公園として、イロワーズ海洋自然公園 [Parc naturel marin d'Iroise] を創設しました。3 つの主な目的は、海洋環境の知見を増やし、一帯の動植物生息地を保護し、あらゆる海洋での活動を発展させることでした。海洋公園の面積は、緯度 48°31'N（ウェサン島の北岸）から経度 47°59'N（サン島の南岸）の海域 3,550 km² に及びます。フランス本土の海岸線が東にあり、西はフランス領海の 12 海里圏内です（図 1.5.3-1）。

保護区から除外されているのは、ブレストという大きな港湾の区域です。観光や漁業が経済の中心の地域は保護区に含まれています。



図 1.5.3-1 イロワーズ海洋保護区の範囲

【参考資料】

フランス政府海洋保護区庁（Agence des aires marines Protégées）. Marine protected areas: tools to manage and preserve the marine environment. at <<http://www.aires-marines.com/Marine-Protected-Areas>>

European Union. Natural habitats (Natura 2000). at
<http://europa.eu/legislation_summaries/environment/nature_and_biodiversity/128076_en.htm>

海洋保護区管理のガイドライン

IUCN. Guidelines for Applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas -Developing capacity for a protected planet. *Best Pract. Prot. Area Guidel. Ser. No.19* (2012). at
<http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_categoriesmpa_eng.pdf>

第2章 対馬の海洋環境と生物多様性

2.1 対馬の海の重要性

2.1.1 生物地理学的特徴

対馬の地質は「対州層群」とよばれ、約3~1千万年前に堆積した地層といわれています。現在の対馬海峡（東水道・西水道）の平均水深は90~100mであり（図2.1.1-1）、氷期には数回にわたり朝鮮半島と日本本土と陸続きになりました。最も新しい陸化は約1万年前のウルム氷期といわれています。そのため、陸上動物では東水道や西水道を境界として分布が異なる種や対馬に固有な種も進化してきました。

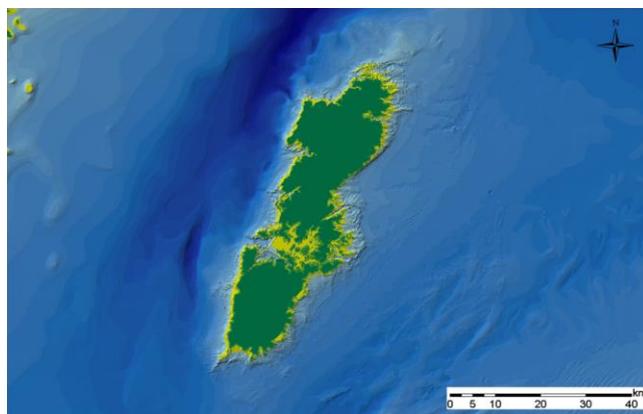


図2.1.1-1 対馬周辺の海底地形

出典：九州大学大学院生態工学研究室

対馬の北東側には日本海、南西側には東シナ海が広がっています。日本海の平均水深は1,752m、最も深い地点は3,742mであり、その外海と接する海峡（対馬海峡・津軽海峡・宗谷海峡・間宮海峡）は水深が約10~140mであるため、日本海の深海部分は他の海から隔離されており、水深約300m以深には「日本海固有深層水」が分布します。さらに、氷期には日本海は上記海峡の全てが陸化し、他の海域から孤立したこともあり、日本海の深海には独特の「偽深海生物群集」が形成されています。この「偽」は、日本海が孤立化した際に深海生物が一旦全滅し、のちに浅海性魚類が深海に進出したことを意味します。一方、東シナ海の70%は水深が200m以浅の大陸棚で占められ、長江（揚子江）や黄河などの大河川が流入していることも加わって、生産性が極めて高い海域といわれています。

現在の対馬海峡西水道には、北北東-南南西方向に細長い水深約200mの対馬舟状海盆があり（図2.1.1-1）、その底質は泥状です。それ以外の場所は水深100m前後の浅海であり、常に対馬暖流の影響を受けています。対馬周辺の海域差を水深100m程度で比較すると、北東水域の底質は微粒子（平均シルト・クレイ含量27%）主体で堆積有機物量も多い（平均炭素量6.8mg/g、平均窒素量10mg/g）のに対し、南部水域では砂礫が優占しており（平均シルト・クレイ含量1%）、堆積有機物量は約1/10です。

対馬暖流は東シナ海で黒潮から分かれて、対馬海峡に達し、日本海に流入します（図2.1.1-2）。対馬海流の厚さは約200mといわれるため、対馬周辺は対馬暖流の影響が海底付近にまで及んでいます。第3章に示す水産生物のうち、表層性魚類の多くとスルメイカは対馬暖流域、あるいはそれより広域に生息し、季節的に南北回遊を行い、対馬周辺を生活史の一部として利用しています。これらの生物に対し、対馬周辺海域は上記の地形学的特徴により複雑な海洋環境が形成され、好漁場が見られます。詳しくは次節をご覧ください。



図2.1.1-2 日本周辺の海流模式図

一方、底棲性生物相は水深や海底地形などの影響も大きく受け、対馬海域は東シナ海と日本海の生態系の境界域に相当します。アカムツ、アカアマダイ、クエなど底魚類では日本海西部から東シナ海にかけて同一種が分布しますが、これら底魚の種の生物特性が日本海と東シナ海でどのように異なるのか、あるいは同一系群に属するのかは研究途上です。

(系群については3.2.1項をご覧ください)。また、対馬周辺の水深100m程度で海域差を見ると、北東水域ではヒラメやアンコウなどの底魚類、甲殻類、貝類等多様な種が見られ漁獲量やCPUE(漁獲努力量あたり漁獲量)も高いのに対し、南部水域では甲殻類が主体で資源量もCPUEも北東水域に比して低い傾向にありました。

対馬の海岸は典型的なリアス式であり、①外洋に面した島影や比較的大きな湾など開放的な場所と②リアス式海岸がつくり出す遮蔽的な内湾では藻類やサンゴ類に対して異なった生息環境を提供しています。①の開放的な浅海域ではアラメやホンダワラ類などの大型褐藻類が好む環境ですが、1990年ごろから急速に藻場が衰退し、近年では卓状や枝状のサンゴ類が生息しています(第4章参照)。②の遮蔽的な浅海環境は、もともと大型褐藻類の生息には適さない環境であり、そうした環境を好む塊状や葉状の造礁サンゴが遠い昔から生息していたと考えられます(4.5節を参照)。

このように、対馬周辺は生物多様性の一つの側面である環境(景観)の多様性が高く、好漁場が形成されることが特徴です(コラム2-1, 2-2)。

■コラム2-1「生物多様性」

生物多様性の定義にはいくつかありますが、ここでは①個体、②種、③景観の3段階に分けて説明します。個体の多様性とは、ある1種の中での個体あるいは個体群における遺伝子の多様性のことで、色々な遺伝的性質が含まれるほど多様性が高いとされます。種の多様性とは、ある地域に生息する種の数が多く、しかも各種の数比例的割合が均等なほど多様性が高いとされます。景観の多様性とは生物の生息場所や生態系の基礎となる景観(環境)の多様性のことです。生物多様性は地球環境と生物が相互に関係しつつ、10億年以上をかけて形成されてきました。生物多様性が減少すると、生態系が不安定となり、漁業を含む様々な有形無形の「生態系からの恵み」(生態系サービス)が享受されにくくなる恐れがあります。生物多様性の消失をもたらす要因は、人口爆発、生物の生息地の消失、大気汚染・水質汚濁、および地球温暖化や気候変動などです。これらの要因は、累積しながら生物多様性に影響します。

■コラム2-2「潮目と漁場、瀬と漁場」

海流など異なる性質の水が接するところを潮目とか海洋前線と呼びます。この潮目が好漁場となることはよく知られています。その理由は主に以下のように考えられています。①潮目では中層から栄養豊かな水が湧き上がり、様々な海洋生物の餌となる植物プランクトンが増えやすい。②潮目には魚類などの餌となるプランクトンが運ばれて蓄積しやすい。③潮目には異なる環境に生息する魚類などが潮目を障壁として集積され漁獲対象になりやすい。一方、海底が浅くなった場所を瀬、大規模なものは堆[たい]や海山といいます。瀬や海山周辺では海底地形により、①栄養豊かな水が表層に湧き上がる、②潮目が形成される、③複雑な地形が様々な生物の生息場所となるため、やはり好漁場となります。

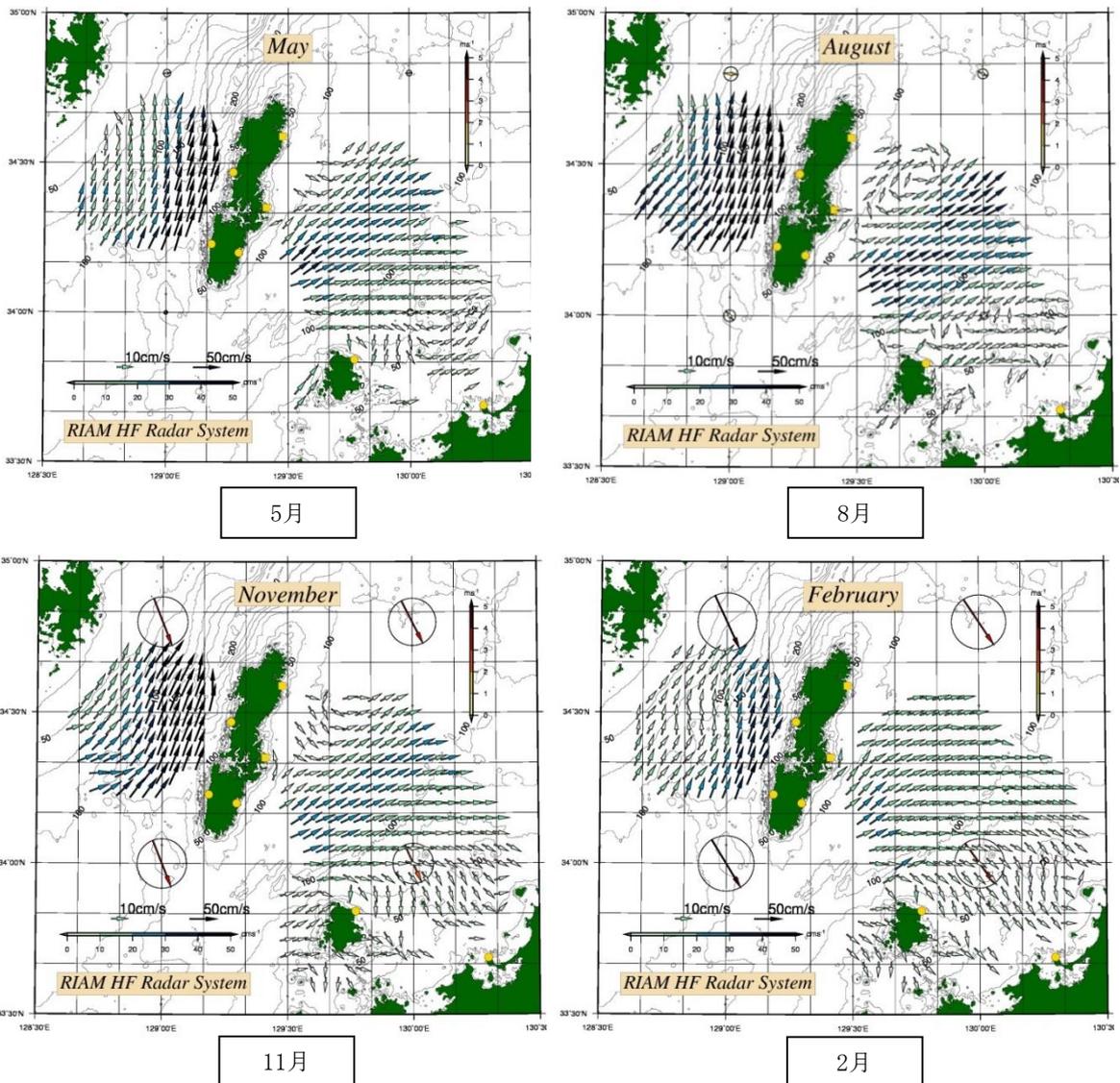


図2.1.2-1 海洋表層における流速と風速の月平均値²⁰

流速は青い矢印、風速は円の中の赤い矢印に対応しています。流速・風速とも、矢印の長さとの濃さは速さを示します。

2.1.2 海洋構造としての特徴

対馬海峡では黒潮を起源とする比較的高温で高塩な海水が多くを占めますが、季節や場所によっては日本海の冷たい海水や、長江の影響を強く受けた低塩な海水が浸入します。このような複雑な海水の分布をもたらすのは海流です。海流は、その成因によって対馬暖流、潮汐流、吹送流などに分けることができます（コラム 2-3 参照）。

東シナ海から日本海へと流れる対馬暖流は、対馬海峡への海水輸送にもっとも重要な海流です。日毎に流速は変化しますが、全体として日本海へと流れる様子は一年を通じて不変です。

対馬暖流は対馬の南端で東水道と西水道とに分かれます（図 2.1.1-2）。西水道を流れる対馬暖流は対馬西岸に沿って北北東に流れます（図 2.1.2-1）。流速は毎年8月と10～11月に強く、最大流速は海面で1ノット（0.5m/s）を超えます。流れの速い海域は、冬季は対馬沿岸に近づきますが夏季から秋季には対馬沖合に移動します。一方、東水道の対馬暖流は、対馬南端を離れた後、北東方向に流れます。その流速はせいぜい海面付近では0.5ノット（0.25m/s）程度で、春から夏（4～8月）に最大となります。冬季はほぼ一様に北東方向に流れますが、夏季には東水道中央部で北東向き、対馬沿岸（および福岡沿岸）では南西向きの流れが見られます。水道全体を通過す

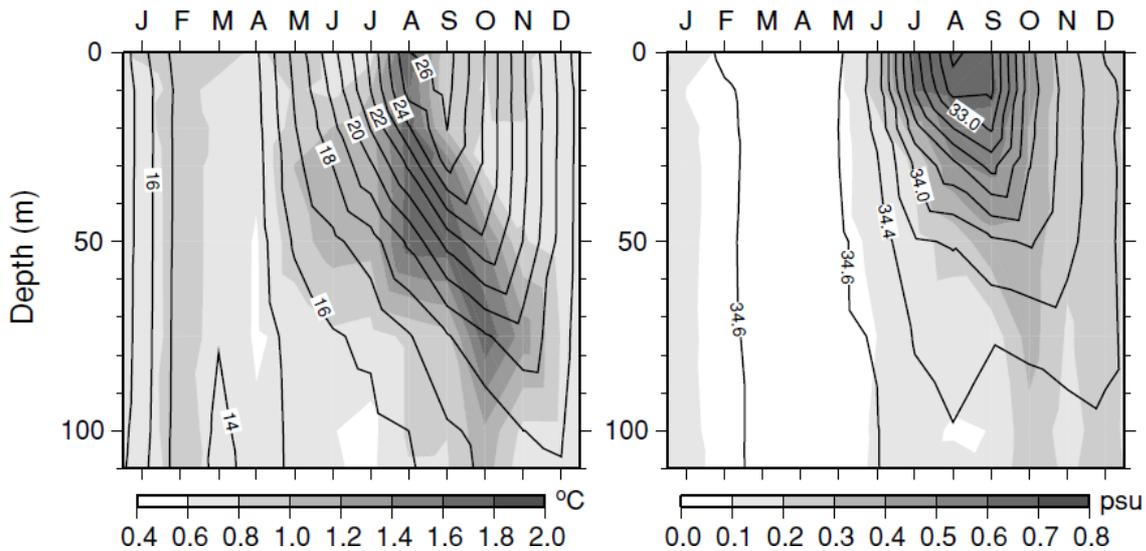


図2.1.2-2 東水道における水温（左図）と塩分（右図）の鉛直分布の季節変化²¹
 横軸が月（J, F, M... は1月, 2月, 3月...）、縦軸が深さ（m）を示しています。

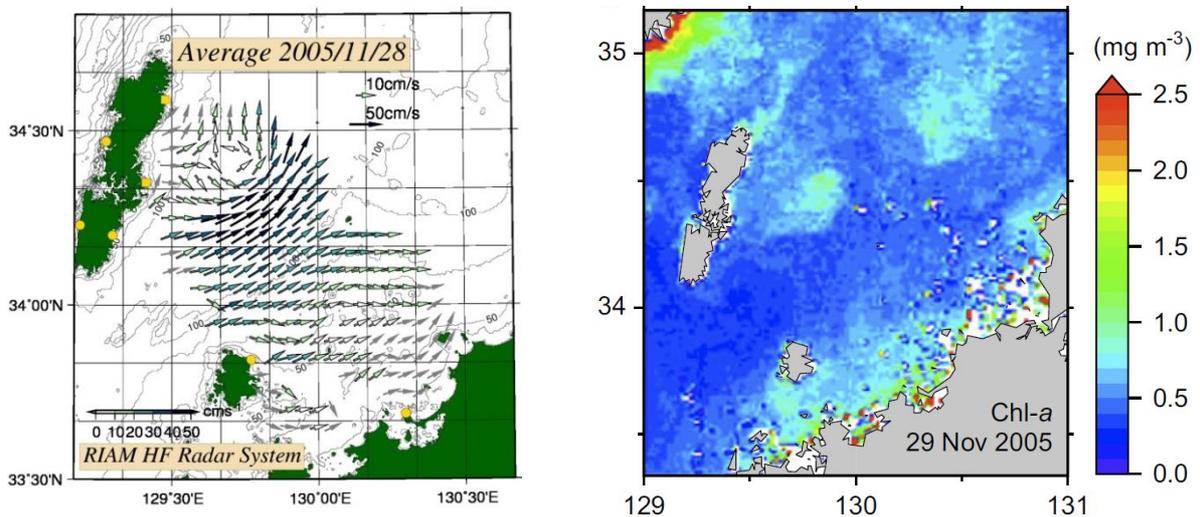


図2.1.2-3 対馬渦の例（左図）と対馬周辺海域の植物プランクトン密度（右図）²²

流速は2005年11月28日の東水道における一日平均の流れを示し、海色画像は翌日の分布を示します。対馬渦の中心付近にみられる緑色の海色は、植物プランクトンが多いことを示し、渦が植物プランクトンの増殖をもたらしていることを示しています。

る水の量（通過流量）は、流速が大きく水深の深い西水道の方が東水道よりも大きいです。西水道通過流量は10月に最大、1月に最少となりますが、東水道通過流量は3月に最大、1月に最少となります。対馬暖流によって運ばれる海水は夏季に最も高温（9月）・低塩（8月）となり、最も低温・高塩となるのは3月です（図 2.1.2-2）。また夏季には海面付近と海底付近の水温・塩分差が大きいです。冬季は差がなくなります。これは、海面で冷えて重くなった海水が沈むことで上下に海水が混合するためですが、この混合により、下層に豊富にあるリンやチッソなどの栄養塩が海面付近に運ばれます。春になって暖かくなり、混合が弱まって植物プランクトンが光の届く層（有光層）に長く留まれるようになると、冬の混合で増加した栄養塩をもとに増殖できるようになります。これが春季ブルームと呼ばれる現象で、対馬海峡では4月に最盛期を迎えます（コラム 2-4 参照）。

対馬暖流を日ごとにみると、夏季には特に激しく変動している様子がわかります。特に東水道にみられる対馬渦と名付けられた反時計回りの渦（図 2.1.2-3）は、対馬が対馬暖流（そして海洋中の植物プランクトン）に影響を与えていることを示す好例です。対馬渦は夏季～秋季（6月

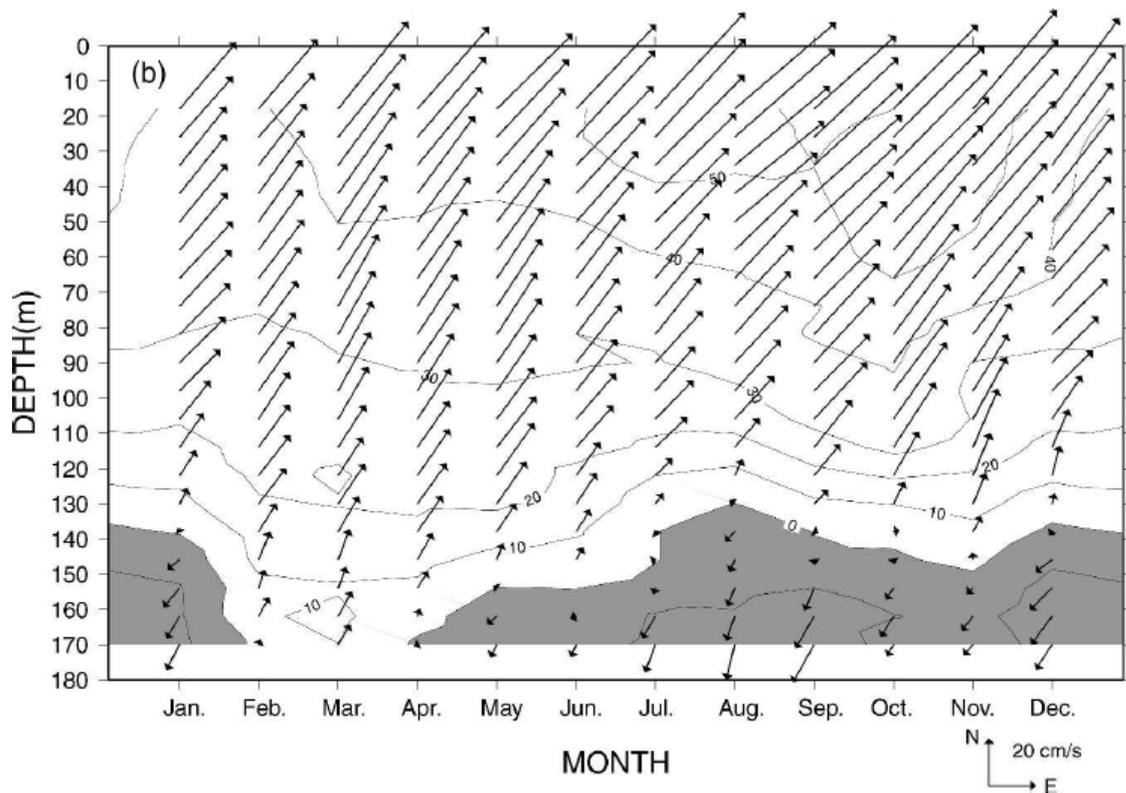


図2.1.2-4 対馬舟状海盆における流れの鉛直分布の季節変化²³

横軸が月、縦軸が深さを示し、矢印が流速の方向と強さを示します。矢印の方向は、上が北向き、右が東向き、右上を向いている矢印は北東むきの流速を示します。

～11月)に対馬東側で見られます。対馬南端で分岐し東水道に押しやられた対馬暖流は、対馬東岸の南側で小さな時計回りの渦を作ります。この渦は、対馬暖流によってさらに加速・増大しながら北東域に移動し、比田勝の沖合に達したところには直径数 10 kmにも達する場合があります。最盛期(8月)には数日周期で次から次へと渦が生成され、数日間対馬東側に留まることもあります。

この対馬渦は、海水中の植物プランクトンの増殖に影響を与えることが明らかになっています。対馬渦が発生する時期には春季ブルームも終わり、栄養塩が不足しているため植物プランクトンは一般に少ないのですが、対馬渦中心付近では渦の影響により植物プランクトンが増殖している例が見られます(図 2.1.2-3)。また対馬北東部でも対馬という地形が海流を乱すことで栄養塩が下層から表層に運ばれていることが予想され、実際そこでは動植物プランクトンとカタクチイワシの仔魚が多く、水産生物にとって好ましい餌環境となっています。また、対馬渦により回流ができ動植物プランクトンや魚群が集積しやすいことも、好漁場の一因かもしれません。海峡中央部にそびえ立つ対馬がなければ対馬渦もないことを考えると、対馬が対馬海峡の海洋環境に果たす役割の大きさがわかります。またその影響は対馬暖流によって運ばれるため、対馬海峡の下流にあたる地域にも影響が及ぶと考えられます。

対馬暖流は海面付近が最も強く、深くなるにつれ弱まるのですが、西水道の対馬舟状海盆では、5月から1月にかけて海底に沿って対馬暖流とは逆向きの(南南西向き)の流れが見られます(図 2.1.2-4)。この流れにより日本海を起源とする低温な海水が対馬海峡にまで運び込まれ、西水道で湧昇し、最終的には対馬暖流と混ざって北東向きに流れます。対馬舟状海盆ではアカムツ・カレイ・アンコウなどの好漁場となっており、このような南西流との因果関係の解明が期待されます。

対馬暖流は川のようにとうとうと対馬海峡を流れますが、潮の干満に関連する潮汐流は、およそ 12.4 時間の周期で北東流から南東流に変化します。その流速は最大 1 ノット (0.5m/s) 程度と対馬暖流と同程度にも達するため、たとえば潮汐流の強い時(大潮時)には、北東向きの対馬暖

流よりも南西向きの潮流が強い時間帯があり、対馬海峡全体で流れが南西向きになることがあります。また潮流は、鉛直方向に大きく変化しないという特徴もあります。したがって対馬暖流の弱い深層では潮流が卓越することになります。

また、対馬海峡上に吹く風に擦られて生じる流れもあり、このような流れは吹送流と呼ばれます。吹送流の速度は最大で風速の数%に達し、深くなるにつれ急速に弱まります。その深さはせいぜい20m程度です。冬季の季節風の強い時期に、福岡沿岸で南東向きの流れが見られますが(図2.1.2-1)この流れは吹送流によるものです。夏季にも吹送流の影響が見られます。たとえば夏季には、長江の影響を受けた低塩な海水が西水道を中心に東シナ海から流入しますが、東シナ海に流出した長江水が、周囲の海水と混ざりながら夏季の南風に伴う吹送流によって東シナ海陸棚上を東・北東に横断し、陸棚縁を北東に流れる対馬暖流に捉えられ、対馬海峡に運ばれたものです。また、台風などの強風時には、潮汐のような振動流が数日程度続きます。周期は対馬海峡では21時間ほどです。強風時に粉塵が舞い上がるように、流れが強いときには海水中も混合が生じます。このような海水中の混合は、栄養塩を有光層に運び、植物プランクトンの増殖をもたらす好餌場環境の形成に寄与すると考えられます。

これまで海流を対馬暖流、潮汐流、吹送流と分けて紹介しましたが、実際の流れはこれらが重なっているので複雑です。たとえば風が強いときには、海面付近では吹送流が卓越しますが、数10m以深では対馬暖流や潮汐が卓越するため流速も流向も違ってきます。このような複雑な流れを正しく認識するのは容易ではありません。海流を時間的にも空間的にも細かく連続的に計測できる世界でも有数な観測がなされている対馬海峡であるからこそその知見です。

■コラム 2-3 「海の流れのいろいろ」

対馬海峡における主要な海の流れは、対馬暖流、潮汐流、吹送流などであり、それぞれ駆動される仕組みが違います。対馬暖流は海面の高さや海水密度で決まる海水圧力と地球自転の効果により駆動されます。風は天気図に描かれた等圧線(大気圧が同じ地点を結んだ線)に概ね沿って吹きますが、対馬暖流も等圧線に沿って流れます。このような流れは地衡流(風の場合は地衡風)と呼ばれます。西高東低の冬型の気圧配置のときに北風が吹くように、地衡流(風)は北半球では高い圧力のある側を右に見て流れます。実際、対馬海峡における潮位は福岡沿岸の方が韓国沿岸より高く、これが北東向きの対馬暖流を維持しています。天気図の等圧線が混んでいる(短い距離で圧力変化が大きい)ときに風が強いように、福岡沿岸と韓国沿岸の潮位差が大きいときは対馬暖流も強くなります。この性質を利用して、潮位差から対馬暖流の強さを見積もることも可能です(2.2.2 参照)。

潮汐流は、月と太陽が万有引力により地球と海水を引っ張ることに起因します。1日に2度の満潮・干潮に合わせて、潮汐流も上げ(北東向き:日本海へと向かう流れ)・下げ(南西向き:東シナ海へと向かう流れ)を繰り返します。天体の運動はかなりの精度で予測できているので、潮汐流も、精度の良い計測を一度行えば、かなりの精度で未来の予測ができます。ただし海岸・海底地形に影響を受けるので、これらが変わると計測しなおす必要があります。有明海の諫早湾潮受け堤防が有明海の海洋環境を変えたのではと疑われているように、地形変化の影響は広範囲に及ぶ可能性があります。

吹送流は直上の風が摩擦で海水を擦ることで生じる流れです。地球自転の影響のため、流れる方向は風の吹く向きに対して時計回りにずれる傾向があります。そのずれは深さや風が吹き始めてからの時間、そして上下の海水の密度差にもよりますが、半日程度もたてば海面では風向から20°(冬季)~60°(夏季)程度、風向から時計回りに回転した方向に流れます。当然、風が弱ければ吹送流も弱まります。

2.1.3 造礁サンゴから見る沿岸海洋生物相の特徴

造礁サンゴとは、刺胞動物門イシサンゴ目に属し、その体内に褐虫藻とよばれる微細藻類が共生しているサンゴ全般を指します。また、褐虫藻が光合成を行う必要があるため、造礁サンゴは光量が十分な浅海域に生息するという生態的特徴をもっています。全世界で800種余りの造礁サンゴが確認されており^{24,25}、そのうち30種をこえる造礁サンゴが対馬沿岸にも生息しています²⁶⁻²⁹。これらの多くは、リアス式海岸がよく発達する島の西岸や浅茅湾内の水深10m以浅で特によく見られ²⁸、海中の狭い範囲で造礁サンゴ群集を形成します。さらに、熱帯～亜熱帯域と同様に、それらは時にサンゴ礁を形成し、独特の海中景観を創出することもあります。

対馬の豊玉町瀬ノ浦や壱岐の郷ノ浦町黒崎などで見られるサンゴ礁は、世界最北限のサンゴ礁として知られています^{30,31}。一般にサンゴ礁とは、熱帯～亜熱帯の浅海域で造礁サンゴによって形成された地形的な高まりのことを指します。またこれらは、主に卓状や枝状のサンゴ群集によって、外洋に面した波浪の影響が大きい環境下でよく形成されます(図2.1.3-1a)。しかし、対馬と壱岐のサンゴ礁はこうした特徴を持っておらず、波浪の影響の少ない内湾性環境下で、塊状や葉状のサンゴ群集によって主に形成されています(図2.1.3-1b)。同様の特徴をもったサンゴ礁やサンゴ群集は、これまで本海域以外では見つかっていません。対馬のすぐ北に位置する韓国にも、対馬や壱岐と同様にリアス式海岸がよく発達するものの、そこには造礁サンゴは全く見られません。本土南西に位置する済州島の南岸で、わずか7種の造礁サンゴの分布が記録されているのみです²⁹。さらに、対馬沿岸の磯魚群集や海藻群落を見てみると、南方系の種類が多く含まれています。また、ともにそれらは、壱岐沿岸よりも五島沿岸のそれらに類似していることが指摘されています^{32,33}。こうした独特のサンゴ礁や造礁サンゴ群集の存在と、磯魚群集や海藻群落の特徴から、本海域の沿岸生態系は、①対馬海峡によって大陸から分離されていること、②一年を通じて対馬暖流が暖かい海水を供給すること、③リアス式海岸が遮蔽的な内湾性の物理環境をつくり出すことによって育まれていると言えるでしょう。それと同時に、対馬の沿岸海洋生物相は、対馬暖流によるつながりが深く、陸上生物相のように必ずしもアジア大陸のそれらと類似しているわけではないことが示唆されます。

対馬や壱岐のサンゴ礁は、その掘削調査と掘削コア内に含まれるサンゴ化石の放射性炭素同位体による年代測定結果から、今から4,300年前にはすでに形成を始めていたことが明らかになっています^{30,31}。また対馬では、サンゴは昔から“カセ”と呼ばれており、美津島町には加世浦(かせうら)という地名も残されています³³。このことは、現在の対馬や壱岐の沿岸生態系が長年にわたって維持されてきたことや、そこで暮らす人々が昔から造礁サンゴのような目立たない生き物でもきちんと認識していたことを意味します。しかし近年、周辺海域における表層海水温の上昇に伴い、対馬を含む北部九州の沿岸生態系の変化が危惧されています³⁴⁻³⁷。対馬沿岸においても、これまで記録されていなかった南方系の造礁サンゴの生息が確認され³⁸、今後も海水温上昇によってそれらの分布拡大が進むことが予測されています³⁹。造礁サンゴは、様々な生物の餌や競争相手となるだけでなく、棲み家や隠れ家や採餌場所としても利用され、沿岸生態系の中で重要な役割を果たします⁴⁰。また造礁サンゴは、海洋生物の中でも特に環境変化に敏感な生物であることから、造礁サンゴの群集構造やその変化は沿岸環境の健全性を示す指標としても有効です

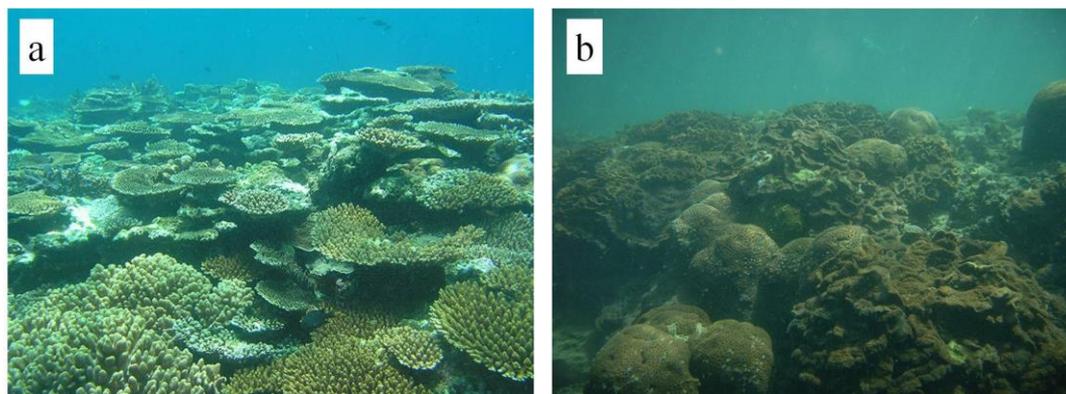


図 2.1.3-1(a) 石垣島伊原間のサンゴ礁を形成する卓状サンゴ群集と(b) 対馬瀬ノ浦のサンゴ礁を形成する塊状・葉状サンゴ群集

28. よって、対馬と壱岐でしか見られない世界最北限のサンゴ礁と造礁サンゴ群集は、学術的に貴重であることは言うまでもなく、日本の暖温帯域の沿岸海洋生物相や沿岸生態系のわずかな変化を捉える上でも非常に重要なものなのです。

2.1.4 対馬の野鳥

(1) 旅鳥の十字路

対馬は全国的に有名な探鳥スポットとして知られています。しかし島内に周年生息し繁殖を繰り返す留鳥は 40 種足らず。亜種のツシマコゲラなど数種を除けば特に希少な固有種といった野鳥がいるわけではありません。実は対馬の野鳥を有名にしているのは春や秋の渡りの季節に対馬を通過していく多種多様な旅鳥の立ち寄りです。朝鮮半島と日本列島を飛び石のようにつなぎ、東シナ海と日本海を分ける位置にある対馬は、東南アジアなどの越冬地で冬を過ごし、夏に北のシベリア地方などの繁殖地をめざす野鳥にとってとりわけ重要な中継地となっています。4月5月の時期には、春の渡りのシンボルともなっているヤマショウビンをはじめキミュホオジロやシロハラホオジロといったホオジロ類あるいはツメナガセキ

分類	種数
留鳥	38 種
夏鳥	10 種
冬鳥	58 種
旅鳥	95 種
稀な旅鳥	62 種
迷鳥	63 種

表 2.1.3-1 対馬の野鳥⁴¹

レイなどのセキレイ類など、本土ではめったに観察できない野鳥が入り乱れるように対馬を通過していきます。これからシベリア地方に向かうシマノジロと北海道で繁殖するシマアオジがレンゲの花が咲く田起こし前の田んぼで一緒にエサを啄む姿が見られるのも渡りの中継地ならではの光景です。このように東シナ海を渡り対馬を経由してさらに日本海を北上する旅鳥がいる一方、同じ頃、朝鮮半島から西日本各地に向かって対馬上空を南下している猛禽のハチクマやサシバがいます。まさしく対馬は旅鳥の十字路といっても過言ではありません。加えて国内では見られるはずのないハシグロビタキやマダラチュウヒなどといった迷鳥が度々観察されるのもこの時期です。

ついで秋の渡りの季節には、北の繁殖地を離れて越冬地に向かう旅鳥が姿を見せます。群れの中には繁殖地で巣立った若鳥も混じっています。そして春の渡りとは違った顔ぶれの旅鳥も多く、絶滅危惧種のオオヨシゴイをはじめセジロタヒバリやマミジロタヒバリなどのタヒバリ類あるいはキタヤナギムシクイなどのムシクイ類などが通過していきます。なかでも特筆すべきは、東南アジアをめざして内山峠上空を南下していくアカハラダカの渡りです。9月中旬の最盛期には一日に数万のアカハラダカの群れが通過するなど国内有数のタカの渡りの観察ポイントとして知られるようになりました。

そして本土ではなかなか見られない旅鳥が対馬を通過するこの時期には、それを狙って島外からのバードウォッチャーたちが島内各地の探鳥ポイントを探索しているのを見かけるようになります。

(2) 旅鳥の危機

一方、このような旅鳥の対馬での滞在はわずか数日、時に一晩休息すると翌日にはあわただしく飛び出していくということも少なくありません。そんな旅鳥が好んで滞在するポイントは餌場・水場・隠れ場の三つの条件を併せ持つ農耕地とその周辺の林縁部が中心です。そしてそのような豊かな環境に恵まれていたのが、島内有数の平野が広がる上県町の佐護川流域でした。そのため春の渡りの季節にはたくさんの野鳥が入り乱れ、島内外のバードウォッチャー垂涎の探鳥地となっていました。ところが 1990 年代になって流域内の圃場整備が進み、それまでの湿田が乾田化され一面段差のない平坦な水田地帯となってしまいました。そしてそれは野鳥を取り巻く環境を大きく変えてしまうことにもなりました。とりわけ隠れ場の喪失が決定的なダメージを与えた感じがします。佐護平野で休憩する旅鳥は激減し、今はかつて野鳥のメッカとも言われた佐護平野に昔日の面影は感じられないほどです。加えて近年は激増したイノシシやツシマジカの被害防止のため、それらが潜む環境を農地周辺からなくすための整備事業が追い打ちとなっている感

じがします。今、島内各地の農耕地周辺の茂みや田んぼの中の独立樹木の伐採がさかんに行われています。人間の目にはさして目立たない自然の変化も、野鳥にとっては致命的な自然破壊になっていることも度々です。

田んぼで採餌している野鳥は、危険を感じるといち早く逃げ込める樹木や小さな茂みがなくなると、たちまちその周辺から姿を消します。彼らにとって適地でなくなると、そこはもう渡りの途中で立ち寄る場ではなくなってしまふからです。こうして今、農地整備で採鳥ポイントが次々に減少しているのが現状です。加えて全島で進む耕作放棄地の増加や対馬の里山ともいべき農耕地周辺の林縁の荒廃などなど、島の野鳥を取り巻く環境は年々厳しさを増している状況です。

(3) 海鳥の状況

対馬で見られる海鳥でもっとも知られているのはカモメ類でしょうか。カモメの仲間のウミネコは島内のいくつかの浦や漁港周辺で少数が越冬しますが、セグロカモメやオオセグロカモメなどは冬鳥としてやってきて、島内各地の漁港などに数十、数百の群れを作って越冬しています。中には比田勝港などのように数千の大きな群れを作っていることもあります。カモメ類の乱舞は対馬の冬の漁港の風物詩とも言える風景です。しかし島の沿岸や近海で越冬する海鳥はカモメ類に限りません。海上のこととて人の目には触れる機会は少ないですが、海岸の岩礁地帯ではウミウや数は少ないがヒメウなどが観察されます。また回遊するキビナゴやトウゴロウイワシなどの小魚を追って対馬近海を群れで過ごすカモの仲間のウミアイサは時に数十の群れで内湾にまで入ることがあります。少数ながらシノリガモやスズガモあるいはウトウなども近海で過ごしているカモ類です。また沿岸に設置されている定置網周辺で小魚を追うウミスズメもこの時期の海鳥です。なお数年前ウミスズメの仲間で絶滅危惧種のカムリウミスズメも対馬北部の海上でウミスズメに交じってやってきていることが確認されています。本土では湖沼で越冬することも多いカムリカイツブリやハジロカイツブリなどのカイツブリの仲間も対馬では海上で越冬しています。さらに繁殖期以外は一生涯の大半を海上で過ごすというアビ、オオハム、シロエリオオハムなどのアビ類も冬の海鳥として重要な野鳥です。このように対馬は海鳥も多種多様なのですが、本格的な観察調査がなされていないもともあって不明な点が多いのが実情です。

(4) 海鳥の油汚染被害

近年、島の海岸や沿岸の環境の悪化がこうした海鳥たちに深刻な影響をもたらしています。強い北西の季節風が吹き荒れ、海が時化ると決まって流木や廃材に混じって発泡スチロールの破損片や捨てられたポリ容器、ペットボトルなどが大量に漂着します。それらの中には有害な薬品がそのまま入っているポリ容器や注射器などを含む医療廃棄物まで含まれていることがあります。さらにそれにもまして海鳥を危機に追い込んでいるのは油類の漂着です。対馬近海では、1997年（平成9年）4月3日、対馬西方海上で沈没した韓国タンカーの油流出事故を最後に、大量に重油を流出するといった海洋事故はおこっていませんでした。またかつてはオイルボールなどの原因となっていたタンカーなどが船底を掃除したスラッジの海洋投棄も厳しく禁止されるようになってから、対馬の海岸にオイルボールの漂着を見ることも少なくなっていました。

それにもかかわらず厳冬期の1月から2月になると決まって島内の波の穏やかな内湾や河口付近に全身を油に汚染されたアビ類が見られるようになります。時に海岸の砂地に上陸している個体を見かけることもあります。汚染されたアビ類は油の付着した部分と正常な羽毛の部分との間に隙間が生じる結果、そこから海水が浸入して体温低下を引き起こします。そのためやむなく上陸して体温を回復しようとするのですが、やがて体力を消耗し生存が難しくなります。さらに羽繕いをするとき油分を体内に取り込む結果、内臓障害を引き起こし死に至るとも言われています。毎年、このようなアビ類が対馬の西海岸や東海岸のほとんどの内湾で観察されています。

しかしこうした海鳥被害の実態は、これまで本格的に調査がなされなかったことがないため、詳しいことはわかっていません。対馬野鳥の会のメンバーによる断続的な定点観測では、冬季に油汚染被害を受けているアビ類は全島で少なくとも年間100羽を下らないのではないかと推測しています。さらに被害をうけているのはアビ類だけでなく、観察例は少ないですがウミスズメやウトウも例外ではないと考えられます。このような小型の海鳥は内湾や海岸にたどり着く前にカモメや大型海洋生物などに捕食されたりするので、あまり観察者の目に留まらないだけなのでしょう。しかしそれは一方で、さらにその捕食者に油汚染の二次被害を発生させている恐れもあります。

それはともかく近年の海鳥の油汚染被害は大規模な油流出事故などではなくて、排油の不法投棄などごく小規模な油の流出が大きな原因のひとつではないかと考えています。というのも対馬西海岸では排油などを満タンにした一斗缶やドラム缶の漂着が度々発見されているからです。これらが冬の荒波に海岸の岩場に打ち付けられるため栓が壊れるなどして排油が流出しているのではないかとと思われるのです。対馬市ではこうした油缶の発見が通報されるたびに回収処理を行っていますが、対馬独特の長く複雑に入り組んだ島の海岸線をもれなく調査、監視することは容易ではありません。しかしこれ以上の海鳥の汚染を食い止めるため、さらには対馬全島の自然環境保全のため、その実態と油浮遊の原因をしっかりと把握する活動が欠かせません。全島の無人の入り江を含む全海岸線をできれば冬季に継続して踏査することが望まれます。

なお、2014年1月11日、韓国沖で韓国貨物船とタンカー衝突事故による燃料の重油流出事故が発生しました。その重油が佐護から鰐浦にかけての対馬西海岸に漂着、ちょうど収穫期を迎えた岩海苔やワカメに壊滅的な被害を引き起こしました。それに合わせるように、島内各地で油に汚染されたアビ類やウミスズメそれにカモ類の目撃情報が頻度を増しています。被害を最小限に抑えるべく一日でも早く迅速な対応が求められています。

2.2 環境の長期的推移

2.2.1 潮位と水温

厳原の年平均潮位は数年で上昇と下降を繰り返していますが、数十年間という長い目でみると上昇しています(図 2.2.1-1)。1960年から2012年までの52年間で約11 cm 上昇しており、100年あたりに換算すると21cmの上昇になります。

対馬近海を含む東シナ海北部の年平均海面水温の時系列を図 2.2.1-1 に示します。潮位と同様に数年で昇温と降温を繰り返します。気象庁の発表によると、1900年から2012年までの水温は1.22℃/100年の割合で上昇しています。

水温と潮位を比較すると、1960年代に低温で低潮位、1970年代に高温で高潮位でした。1980年代以降は、水温と潮位とも上昇し始めました。このような水温と潮位の連動した変動は、熱による海水の膨張の効果と考えられます。しかし、2000年代後半の近年では、水温は低下していますが、潮位は上昇しています。このように、潮位の変動を一概に熱膨張だけで説明できず、気圧・海上風・海流・海洋渦などの影響が重なりあい実際の潮位となります。1980年代以降の水温上昇に着目すると、沖合域(東シナ海北部)と比べて、沿岸域(厳原港)の水温が著しく上昇しています。沿岸域での水温上昇は、第4章で後述される藻場の衰退など、沿岸や浅海域の生態系に影響を与えるでしょう。

太陽からの直接的な日射の影響の少ない10 m 深の水温の時系列を図 2.2.1-2 に示します。1980年代後半以降、どの季節も昇温しており、温暖化が進んでいることは確かです。夏季よりの他の季節で昇温が顕著であり、夏に暖められた海水が冬にあまり冷えなくなると考えられます。対馬暖流の上流域では、冬の昇温傾向は東シナ海南部よりも北側の黄海で顕著です(気象庁)。温暖化した海水は対馬暖流によって運ばれ、対馬近海の海水温に影響を与えるでしょう。さらに、温暖化の影響で暖海性魚類が多く出現するようになり、当海域での漁獲物の種類に変化をもたらすでしょう。

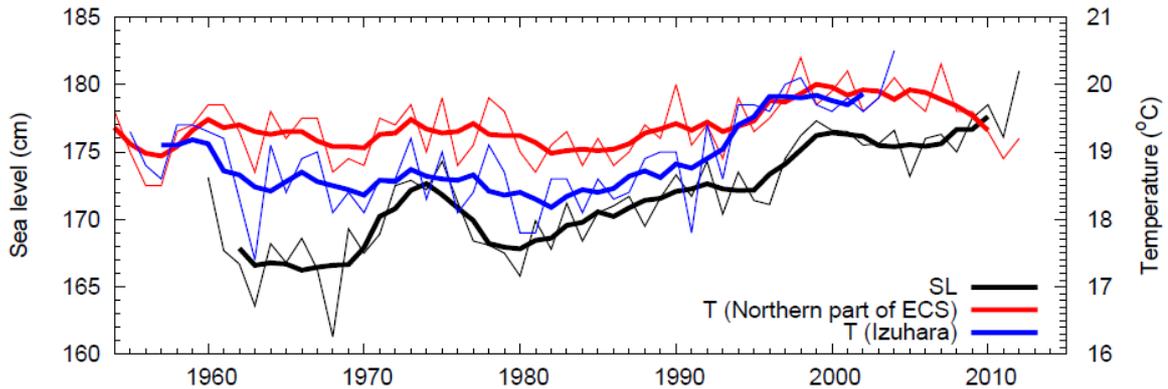


図2.2.1-1 巖原の年平均潮位⁴²と沖合域と沿岸域の年平均水温⁴³の変動

黒線は巖原の年平均潮位を表し、赤線と青線はそれぞれ沖合域（東シナ海北部）と沿岸域（巖原港）の年平均水温を表しています。太線は5年間の移動平均を示します。

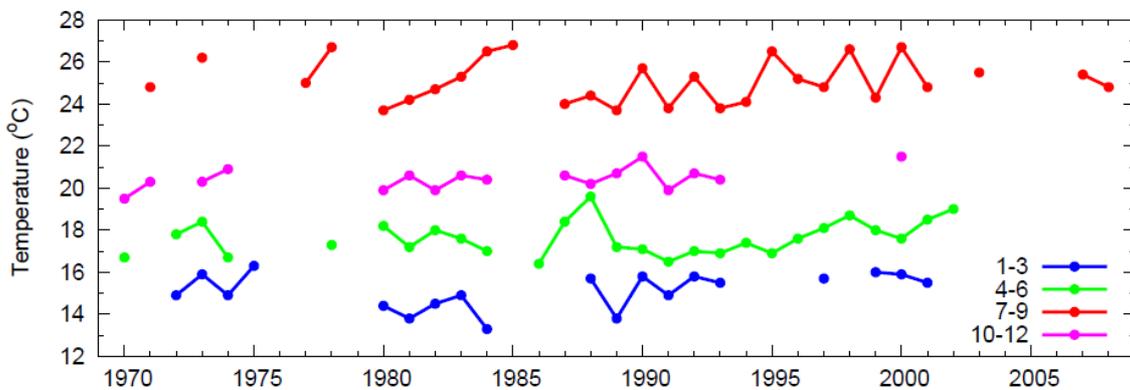


図2.2.1-2 対馬近海（北緯34-35度、東経129-130度）における10m深の水温⁴²

それぞれの点は青：冬（1～3月）、緑：春（4～6月）、赤：夏（7～9月）、紫：秋（10～12月）の水温を示しています。

2.2.2 対馬海峡通過流量

東シナ海から対馬海峡を通過して日本海に流入する海水の輸送量は、1997年から2007年までの平均で $2.65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ です⁴⁴。この流量は東シナ海を北上する黒潮流量の1/10程度ですが、前述（2.1.1項と2.1.2項）のとおり、対馬海峡の海洋環境や生物環境に大きな影響を与えています。対馬海峡を通過する流量は博多・巖原・釜山の潮位差から推定できます。1965年から2012年までの推定流量の時系列を図2.2.2-1に示します。1990年前後から、どの季節の流量も増加し始めました。2000年代以降の近年では、流量の増減は比較的小さいようです。

流量変動の要因は様々ですが、大規模な気候変動も影響していると考えられます。図2.2.2-1に冬季のアリューシャン列島付近に発達する低気圧の強弱を示します。1970年代後半以降に着目すると、アリューシャン低気圧の勢力が強い1980年代前半には対馬海峡通過流量が多く、低気圧の勢力が弱い1990年前後には流量は少ないです。このような関係は、対馬暖流の起源の一つである黒潮流量にも当てはまります⁴⁶。

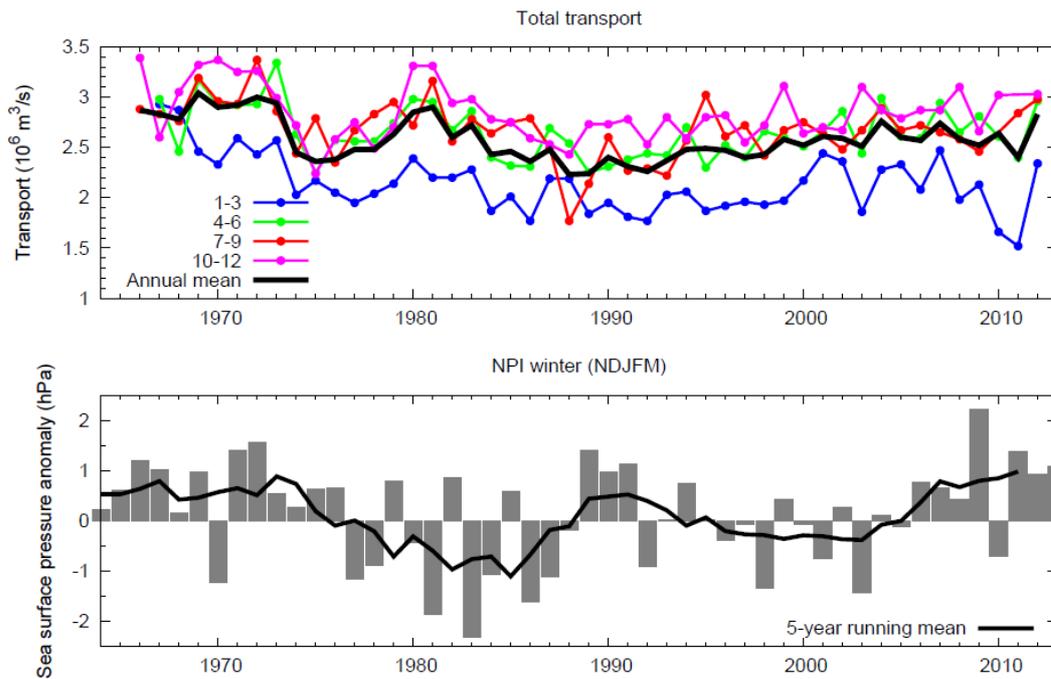


図2.2.2-1 博多・厳原・釜山の潮位差から見積もられた対馬海峡通過流量（上図）とアリューシャン低気圧の強弱（下図）⁴⁵

上図の折れ線はそれぞれ、黒：年平均流量、青：冬（1～3月）、緑：春（4～6月）、赤：夏（7～9月）、紫：秋（10～12月）を示します。下図の棒グラフは負の値ほど気圧が低く、低気圧の勢力が強いことを表します。太線は5年間の移動平均を示します。

2.2.3 クロロフィル

クロロフィルは植物プランクトンに含まれる色素であり、海洋の基礎生産力の指標となります。対馬近海における表層クロロフィル濃度の時系列を図 2.2.3-1 に示します。夏季と比べて、春季にクロロフィル濃度が高くなる傾向であり、コラム 2-4 の植物プランクトンの増殖が促進される春季ブルームの影響です。図中で冬（1～3月）に高クロロフィル濃度となる場合がありますが、例年4月頃に起こる春季ブルームの時期が早まったためです。温暖化の影響で、冬から春にかけて海水が早く暖まり始めると、植物プランクトンの増殖に適した環境となり、春季ブルームも早く起こります（コラム 2-4 参照）。2000年代後半から近年にかけて、春季ブルーム期に植物プランクトンが大増殖しています。一方、夏季のクロロフィル濃度は緩やかに低下しています。これは、海面付近で、以前より海水が暖められたためと考えられます（コラム 2-5 参照）。

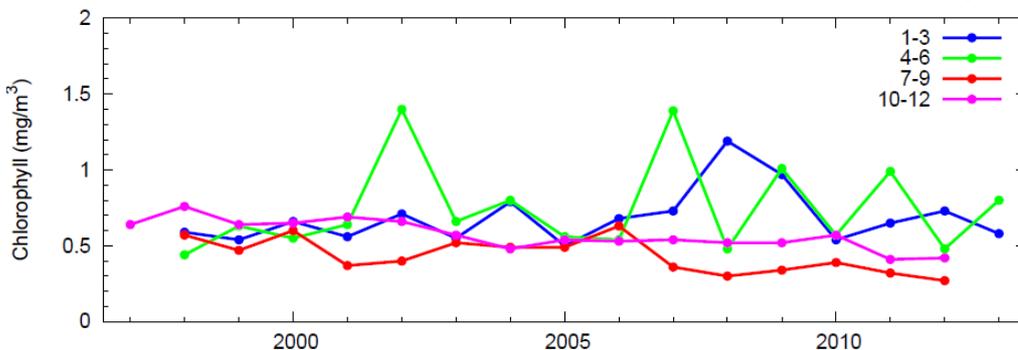
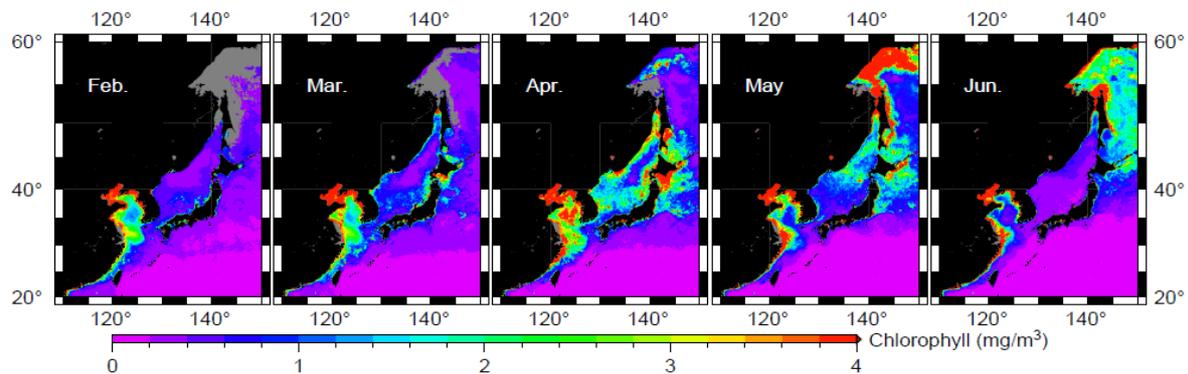


図2.2.3-1 対馬近海（北緯34-35度、東経129-130度）における人工衛星によって観測されたクロロフィル濃度

折れ線はそれぞれ、青：冬（1～3月）、緑：春（4～6月）、赤：夏（7～9月）、紫：秋（10～12月）を示します。SeaWiFS（1997年10月～2010年12月）とMODIS/Aqua（2002年7月～2013年6月）のデータを用いました⁴⁷。

■コラム 2-4 「海洋の基礎生産（植物プランクトンによる光合成）とブルーミング」

海洋の植物プランクトンが、どのような環境で光合成を行い増殖しているのか、栄養塩と太陽からの日射の関係を用いて考えてみます。プランクトンの死骸や糞などは海洋表層から下層へ沈んでいき、そこで分解されて、硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩などの栄養塩となります。下層では太陽からの光が届かないため、植物プランクトンが光合成できず、海洋表層に比べて栄養塩が豊富です。植物プランクトンが利用できる栄養塩と光の条件は、海洋の上下方向の構造（鉛直構造）で決まります。冬には、海面で冷えて重くなった海水が沈むことや、風によって海水が掻き混ぜられるために、上下に海水が混合します。対馬近海では、海面から水深 100 m 程度の海底までの海水が混ざった状態となります。この時、下層の豊富な栄養塩が海面に運ばれますが、上下方向に混合しているため植物プランクトンも栄養塩も光の届く層（有光層）に留まることができず、光合成は効率よく行われません。対馬近海の有光層の深度は、海域や季節によりますが、40 m 程度です。春になって暖かくなると、海面が加熱され混合が弱まり、暖かい海水が上層に、冷たい海水が下層に分布します。この上下層の境を水温躍層と呼びます。植物プランクトンは、この水温躍層より上層である有光層に長く留まれるようになります。この時、有光層では、冬の混合で豊富になった栄養塩を利用して、植物プランクトンが爆発的に増殖します。これが春季ブルーム [bloom] と呼ばれる現象で、季節が進むにつれて低緯度から高緯度へと移動していきます（コラム図 2-4）。対馬海峡では 4 月に最盛期を迎えます。ブルームとは開花を意味し、桜の開花が西日本から東日本・北海道へと広がっていく様子（桜前線の北上）を思い描くとよいでしょう。植物プランクトンのブルームは秋にも起こります。夏には、表層の栄養塩は植物プランクトンに利用され、水温躍層を境に上層で低栄養、下層で高栄養となります。秋になるにつれて寒くなると、海水が混合し始め、水温躍層を崩します。この結果、下層から有光層に高栄養塩水が取り込まれ、秋季ブルームが起こります。秋季ブルームは高緯度で始まり、低緯度へと移動し、対馬海峡では 9～11 月に起こります。秋季ブルームに比べ、春季ブルームの現象のほうが顕著に見られます。



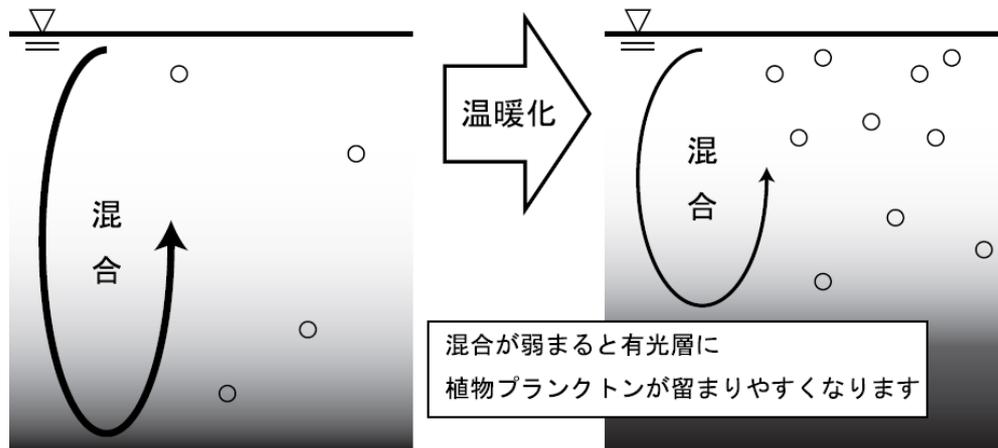
コラム図 2-4 2月から6月の日本近海における表層クロロフィル分布
2003年から2013年までの人工衛星MODIS/Aquaデータを用いました⁴⁷。

■コラム 2-5 「温暖化が基礎生産に与える影響」

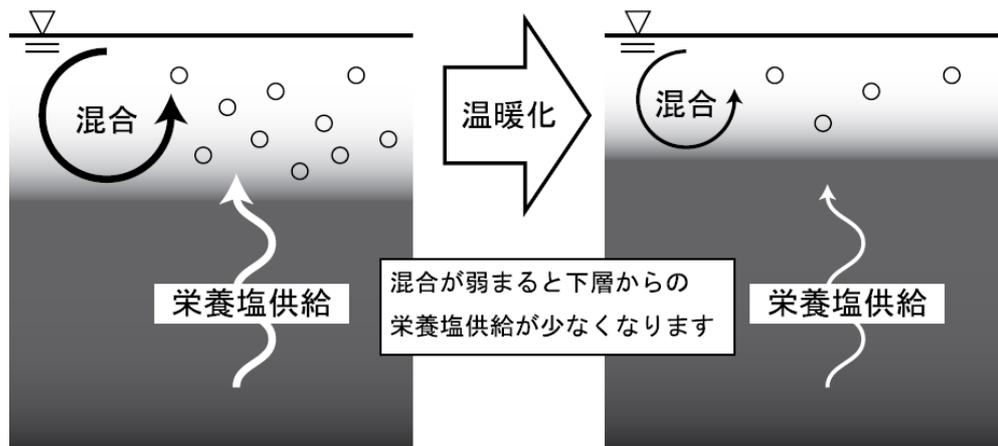
地球温暖化は、海洋の基礎生産（コラム 2-4 参照）に、どのような影響を与えるのでしょうか。まず、海面冷却によって上下に海水が混合している状態を考えます（コラム図 2-5a）。この状態は、高緯度域（亜寒帯に位置する親潮域など）の鉛直構造に当てはまりますが、中緯度域（亜熱帯域である対馬近海など）の季節に当てはめると冬の特徴です。海面冷却が強いと深い層まで混合され、プランクトンは海面近くの有光層に留まれません。温暖化によって混合が弱まると、植物プランクトンは有光層に留まりやすくなり、光合成に適した環境となります。この結果、亜寒帯域では基礎生産が増加すると考えられます。亜熱帯域である対馬近海では、温暖化によって冬が短くなり、早く暖まり始めると、春季ブルームの発生が早まると考えられます。次に、海面が加熱されて上下方向の混合が弱く、表層に暖かい海水、下層に冷たい海水が分布している状態を

考えます(コラム図 2-5b)。これは、日射の強い熱帯域や、亜熱帯域(対馬近海)では夏季の鉛直構造に当てはまります。上下層の間に水温躍層が形成され、下層の豊富な栄養塩が表層の有光層に運ばれにくい状態です。温暖化によって、海面加熱が強くなると、さらに混合が弱くなり、水温躍層の上下層で水温差が大きくなります。この結果、温暖化前よりも、栄養塩が下層から有光層に運ばれにくくなり、表層の植物プランクトンが減少すると考えられます。

a) 冬：有光層に植物プランクトンが留まりにくい状態



b) 夏：有光層に栄養塩が少ない状態



コラム図 2-5 温暖化が基礎生産に与える影響 (○: 植物プランクトン)

【参考資料】

Hasegawa, D., Lewis, M. R. & Gangopadhyay, A. How islands cause phytoplankton to bloom in their wakes. *Geophys. Res. Lett.* **36**, (2009).

平野敏行. 海洋生物資源環境. (東京大学出版会, 1975).

井口直樹, 北島聡, 井桁庸介, 渡邊達郎 & 加藤修. 国際フェリーからの目視観測による対馬海峡の大型クラゲ分布. *日本海 リサーチ&トピックス* 3-5 (2012).

Kang, S. K., Chung, J., Lee, S.-R. & Yum, K.-D. Seasonal variability of the M2 tide in the seas adjacent to Korea. *Cont. Shelf Res.* **15**, 1087-1113 (1995).

木暮陽一 & 酒井猛. 長崎県対馬周辺浅海底における堆積物と底生生物相の海域比較. in *日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会 2013*, 27 (2013).

- 長崎県. 長崎県海中公園学術調査報告書[対馬地区]. *海中公園センター報告書* 1-117 (1973).
- 中園隆司, 吉川裕, 増田章, 丸林賢二 & 石橋道芳. 対馬海峡東水道に見られる反時計回り渦の変動特性. *九州大学応用力学研究所所報* 47-52 (2008).
- 西村三郎. 日本海の成立 [改訂版]. 230 (築地書館, 1980).
- 奥野章, 吉川裕, 増田章, 丸林賢次 & 石橋道芳. 短波レーダーにより観測された対馬海峡の潮流. *九州大学大学院総合理工学報告* 27, 9-17 (2005).
- Onitsuka, G. *et al.* Enhanced chlorophyll associated with island-induced cyclonic eddies in the eastern channel of the Tsushima Straits. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **81**, 401-408 (2009).
- 鬼塚剛 *et al.* 2007年11月に対馬東部海域で観測された低気圧性渦周辺の栄養塩・プランクトン分布. *海と空* **87**, 11-19 (2011).
- 大村浩一 & 川建和雄. 対馬西水道における底層冷水の特性. *福岡県水産海洋技術センター研究報告* 93-101 (1994).
- Takikawa, T., Yoon, J.-H. & Cho, K.-D. The Tsushima Warm Current through Tsushima Straits Estimated from Ferryboat ADCP Data. *J. Phys. Oceanogr.* **35**, (2005).
- 滝川哲太郎, 尹宗煥 & 福留研一. 東アジア縁辺海の環境変動に対してフェリー・モニタリングが果たす役割 (シンポジウム: 北東アジア海域の沿岸海洋観測システム-その現状と課題). *沿岸海洋研究* **44**, 25-32 (2006).
- 滝川 *et al.* 2012年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 228 (2012a).
- 滝川 *et al.* *九州大学応用力学研究所所報*, 143, 135-140 (2012b).
- 浦田明夫. ツシマヤマネコ -日本列島の地史を語る生き証人-. 169 (長崎野生生物調査会, 1995).
- 鷲谷いづみ & 矢原徹一. *保全生態学入門*. 271 (文一総合出版, 1996).
- Wikipedia 「生物多様性」. (2013). at <<http://ja.wikipedia.org/wiki/生物多様性>>
- Yoshikawa, Y., Masuda, A., Marubayashi, K. & Ishibashi, M. Seasonal variations of the surface currents in the Tsushima Strait. *J. Oceanogr.* **66**, 223-232 (2010).
- 遥山誠, 増田章 & 吉川裕他. 日本沿岸域における M2 潮汐振幅の季節変動および経年変動. *九州大学大学院総合理工学報告 / 九州大学大学院総合理工学府 編.* **26**, 365-372 (2004)
- Fukudome K-I, Yoon J-H, Ostrovskii A, Takikawa T, Han I-S (2010) Seasonal volume transport variation in the Tsushima Warm Current through the Tsushima Straits from 10 years of ADCP observations. *J Oceanogr* 66:539-551.
- Yasuda T, Hanawa K (1997) Decadal changes in the mode waters in the midlatitude North Pacific. *J Phys Oceanogr* 27:858-870.
- 気象庁. Web サイト. at <<http://www.jma.go.jp>>
- NASA OceanColor WEB. at<<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>>

第3章 対馬の漁業と資源

3.1 対馬と漁業

3.1.1 対馬の漁業の概要

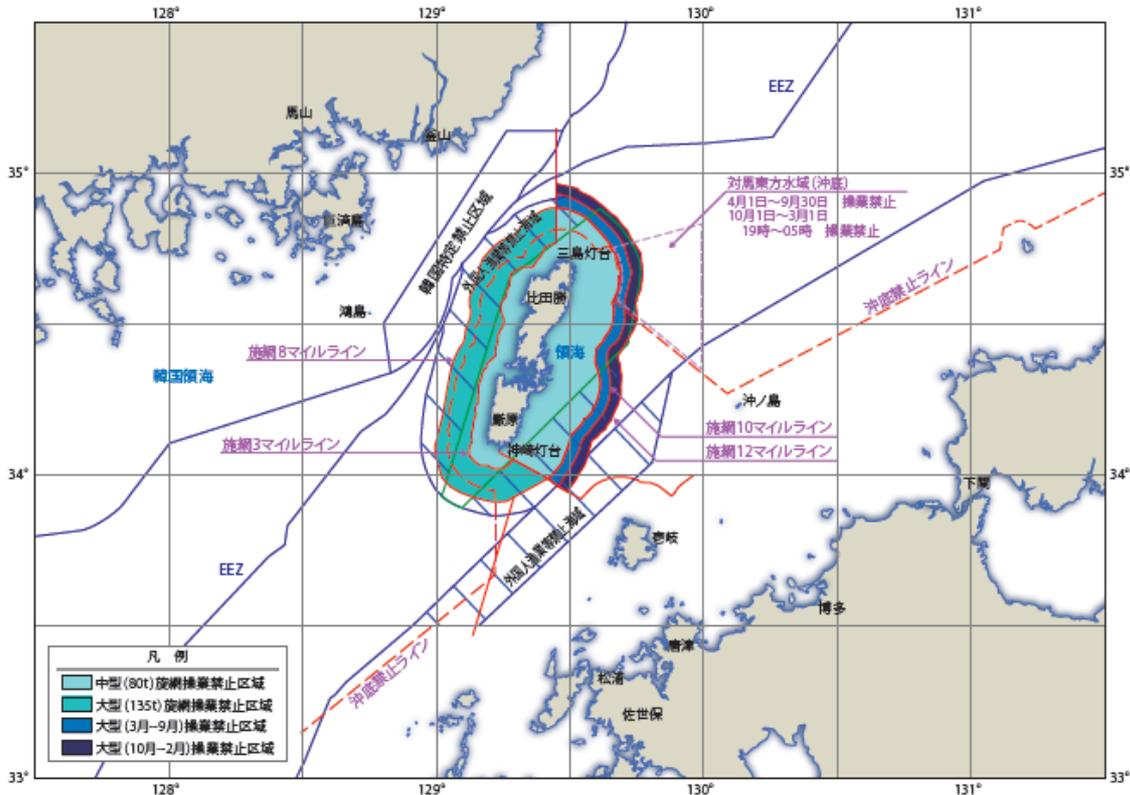


図 3.1.1-1 対馬沿岸の漁場の管理と境界線

対馬の海は、たぐいまれな条件に恵まれています。

「対馬暖流」は、黒潮の分岐の水が日本海に流入し、津軽海峡を通過して太平洋に至る海流です。赤道北部海域の暖かい水が、大陸にむかって西へと向かって流れ、東シナ海に入ってさらに北上する黒潮となっています。その本流は屋久島南から太平洋に出てさらに北上しますが、分岐した水塊は、東シナ海の水とあまって対馬海峡に押し込まれるように流入しています。

東シナ海の水は、大陸の長江（揚子江）の河川水が陸からの栄養分を供給しています。本来は豊かな海ですが、近年は、乱獲による海洋生物の急減や、海洋ゴミなど陸域のインパクトも大きく、環境上の問題海域となってしまっています。

このような本来は豊かな漁場が眼前に広がっている対馬ですが、地元の範囲の3海里より沖は、地域外の漁業にも供されています(図 3.1.1-1)。さらに、韓国との国境線、排他的経済水域[EEZ]、緩衝帯など複雑な線引きがなされています。地域外の船としては、いわゆる大臣許可漁業といわれる旋網、底曳網といったパワーのある船や漁具を用いた大型漁業が操業しているのです。そのため、一本釣り、延縄、定置網などの小型漁業は、大型漁業の漁獲後の漁場で操業すると、魚がほとんどいない状態に陥ってしまうことも多くあります。

対馬沿岸の魚の状況はどうなっているのでしょうか？港勢調査によれば、水揚げは1980年代から現在まで約3分の1に減少しています(図 3.1.1-2)。これが、対馬市が、漁場の線引き、漁法の、操業日数の見直しという漁業調整だけでなく、もっと包括的な対策を求めようになり、2010年から海洋保護区を検討し始めている背景にあります。代表的な魚種であるスルメイカを中心とするイカ類、磯物漁業の代表種であるアワビも同様の傾向を示しているのです(図 3.1.1-3)

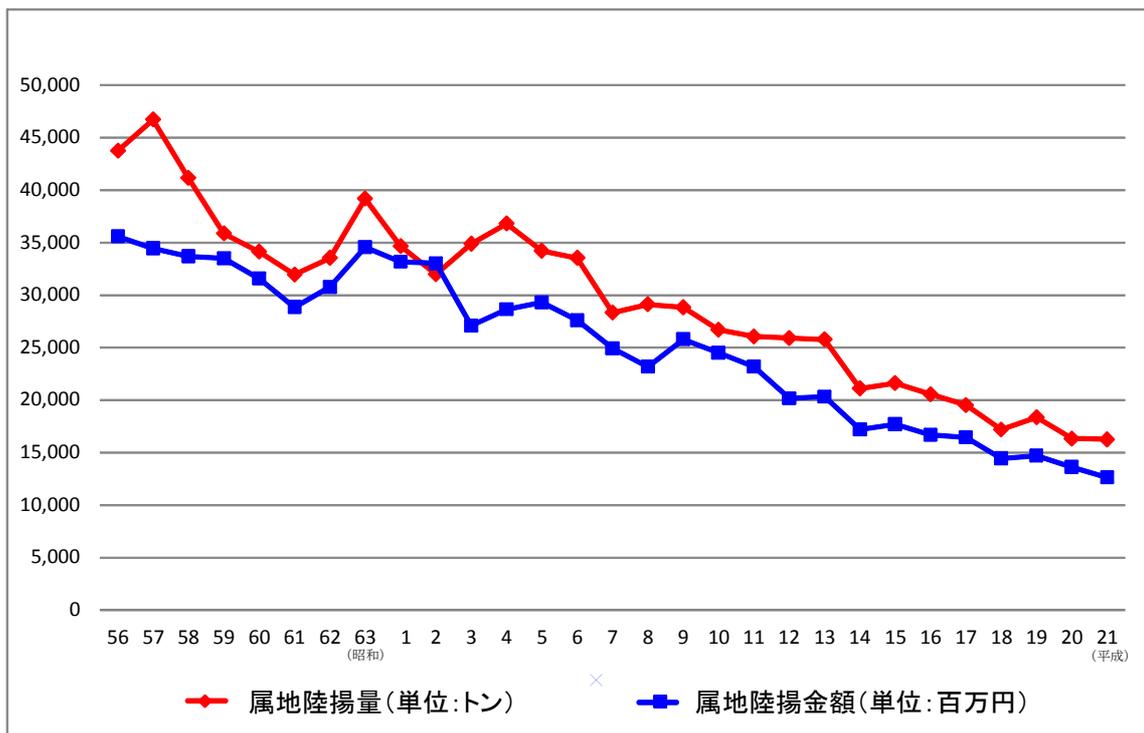


図 3.1.1-2 対馬市の属地陸揚量と属地陸揚げ金額の年変化



図 3.1.1-2 対馬における主要漁獲物の陸揚量の変遷

対馬が昭和 57 年に約 4 万 7 千トン、昭和 56 年に 356 億円の水揚げを誇った時代はすでに終焉しています。この時期は、実際に海洋に生息する生物の数や量が現在よりかは多かったと思われます。しかし、漁法の進展により漁獲圧が増加し、資源管理の概念も希薄であったため、乱獲状態にあり、ピークの段階で資源を崩壊の道に追いやり始めたとも考えられるのです。そのため、水産資源の場合、本来取れるはずの量をどのレベルに設定するかが課題となりますが、漁村や漁業関係では、漁獲量が最高であった時の印象が強く、そこに戻すための要望として、沖合の大規模な操業の制限が要望されてきました。

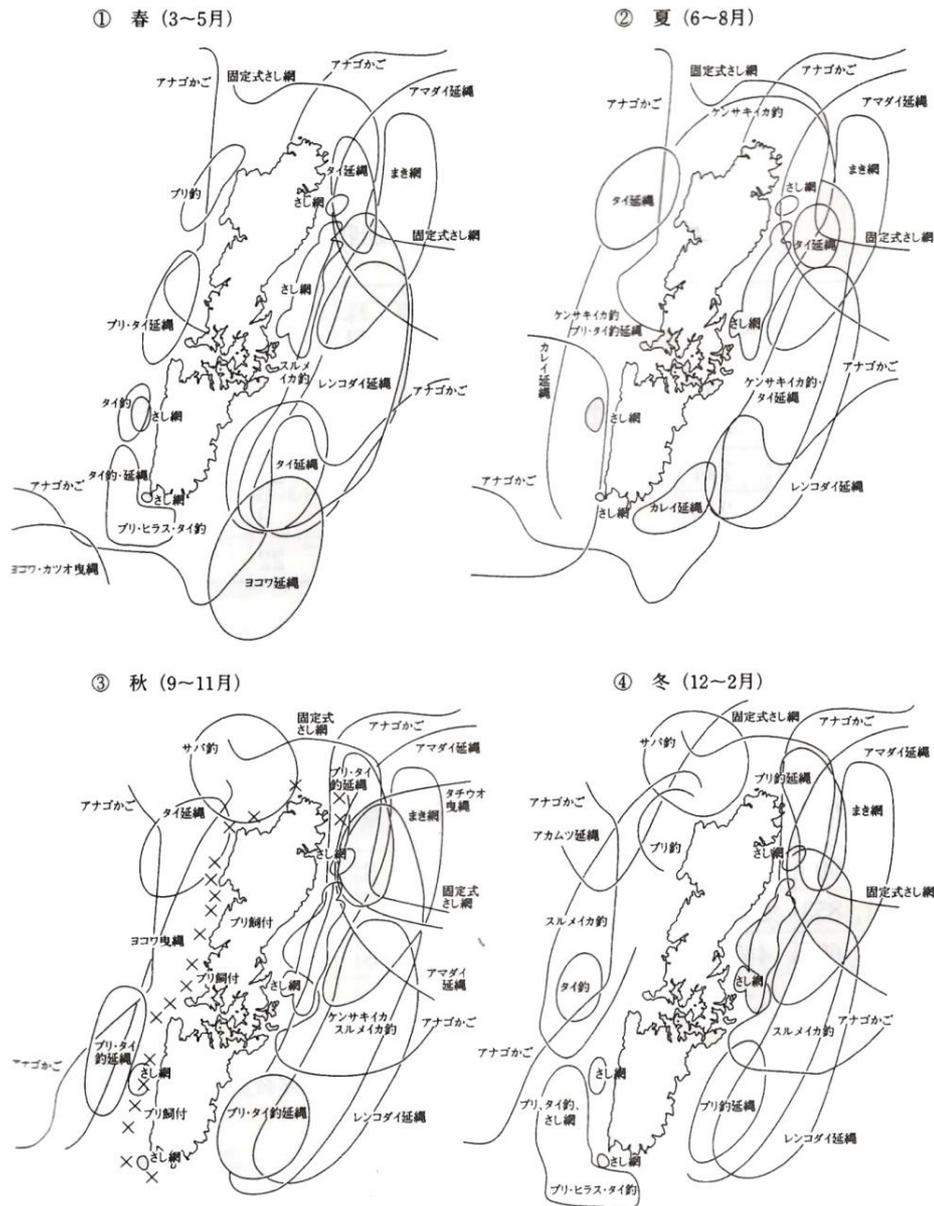


図 3.1.2-1 漁場の分布⁴⁸

3.1.2 対馬の漁場形成

漁場の分布はその海域の生物学的特徴を表します。対馬沿岸海域は、第 2 章に述べるように、対馬暖流が運ぶ水は、夏の出水期は長江などからの大陸の雨水を含んだ水です。冬期には大陸からの寒風の強い影響を受けます。これらの物理環境のため、沿岸環境は四季で変化し、漁場の形成もそれに対応しているのです。

つしま百科⁴⁸によると漁場の分布は図 3.1.2-1 のようになっています。魚種、季節、系群により分布は異なります。

例えば対馬を代表する魚種のイカ類の漁場に注目すると、日本海を南北に回遊するスルメイカの釣りの漁場は、①春は上対馬の西沖合 5km 地点から厳原の南西沖合 10km 地点に向かって、20km 幅で分布。②秋は、上対馬の東沖合 20km 地点から、厳原の南東 10km 地点に向かって分布。③冬は、上対馬の東沖合 20km 地点から、厳原の南東 10km 地点に向かう範囲と、上県町の北北東沖合 10km 地点から美津島の南西 10km 地点に向かって 10km 幅の範囲があります。

また沿岸性のケンサキイカの釣り漁場は、①夏は上対馬の東沖合 10km 地点から厳原の南西 10km 地点に向かって対馬を半時計周りに一周分布しているもの、上対馬の東沖合 20km 地点から厳原町の南東 10km 地点に向かって分布している 2 つがあります。②秋は、上対馬町の東沖合

20km 地点から、巖原町の南東 10km 地点に向かって分布しています。

漁業者の海洋の時空間利用の世界

海洋保護区の検討では、誰が、何時、どこを、何のために、どのように海洋を活用しているのかのマッピングが必要です。

九州大学と対馬市では平成 22～23 年に、漁業者の漁場認識のヒアリング調査をしました。海底の立体地図を示し、海流・潮流、地形など環境と水産種の分布の対応を中心に、箇所を示していただきました。

上対馬の漁業者の知見の収集とマッピングの例を示します（図 3.1.1-2）。上対馬漁業協同組合の漁業者に数人ずつ集まってお話いただいたり、会議や現地でご一緒する度にヒアリングを行いました。

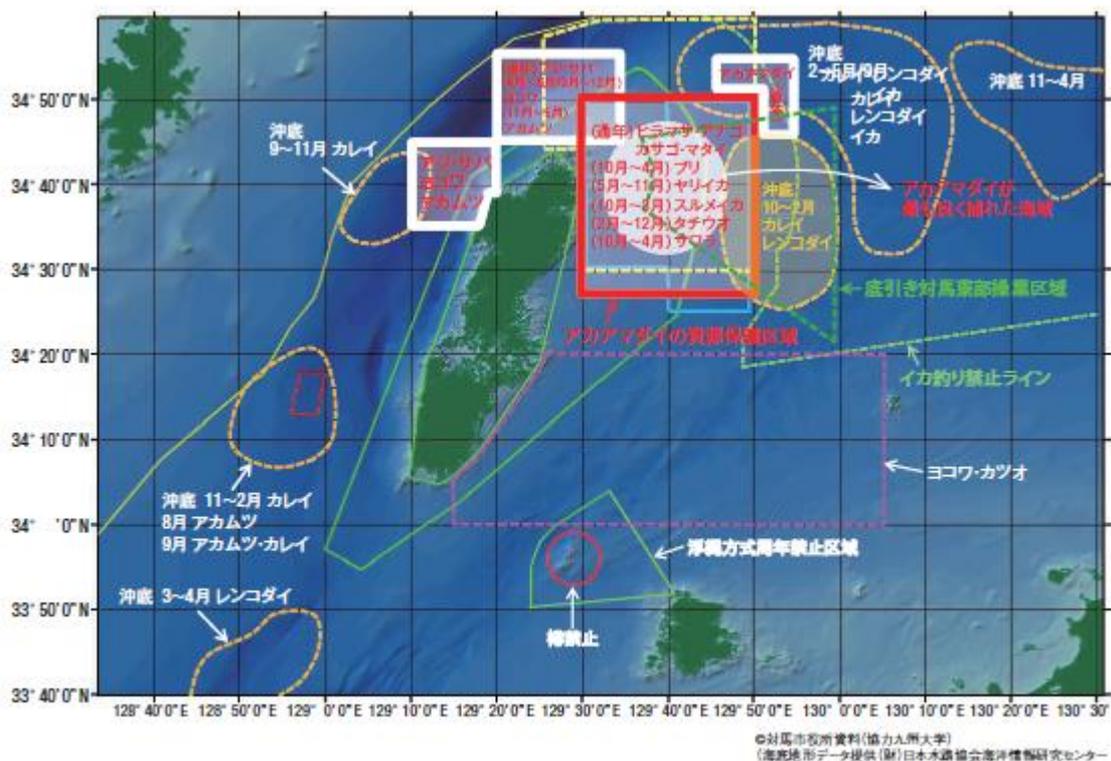


図 3.1.2-2 上対馬地区漁業者へのヒアリング結果による漁業上重要な海域
(清野 2012⁴⁹ より改変)

上対馬の漁業にとっては、いくつかの鍵になるエリアがあります。対馬北東海域の四角の箇所（赤太線）がアマダイを代表種として様々な魚種が集中するエリアです。後述するように、長崎県アマダイ資源管理計画によって保護区となっています。ここは季節ごとに様々な魚種の漁場になっています。アマダイに対して漁業管理をすることで環境を保全できるので、同じ海底に住んでいる底魚や、その上の水塊中を泳いでいるブリ、ヤリイカ、スルメイカ、タチウオ、サワラ、海底の魚貝類を餌にしているカサゴ、マダイに対しても間接的な対応ができます。

また対馬海溝といわれる水深 200m 級の深場はカレイの漁場になっています。高級魚アカムツの漁場の一角は、アカムツ保護区として底曳網の制限がかけられています。

また、自然と人間の条件の調整がわかりやすい場所として、北東海域の逆 L 字型のエリアがあります。これは実際の魚の分布ではなく、漁業調整の線引きがあってこの形になっているようです。

漁場とは、主に生物学的な分布と、水塊や潮流・海流の自然条件により決まります。しかし、生物も環境も科学調査が十分ないために、海を仕事場とし頻りに海に出ている漁業者の経

験知は重要な情報源となります。提供者の関心や経験によって微妙に異なる内容になることもあるので、調査では、提供いただいた情報と対象魚種、漁業形態との対応もみていきます。

実際には人間による漁業調整の線引きという社会条件が合わさった結果です。

海洋保護区の検討は海洋空間計画[MSP: Marine Spatial Planning]の一種です。この事例のように、海岸や海底地形の基盤情報の上に、海流・潮流、栄養塩など変動する水の環境をベースとします。そこに海域の利用者である漁業者の知見や意見、海洋生物や水産関係の調査結果、さらに海運、港湾などの人間利用の情報を重ね合わせます。生物の条件と人間活動の重複や隣接をみながら、人間の側を調整しながら進めていきます。

この図のような地域住民が持っている知識を、地域知[local knowledge]といいます。海洋保護区をゼロから考えることは難しいので、まずは地域知の提供結果を作業仮説として示し、科学調査の不足箇所を明らかにしていきます。

3.1.3 対馬周辺海域の法的線引き

従来、海洋では、沿岸国の主権や国内法が適用される距岸3海里の狭い領海と、通航船舶の旗国の管轄を基本とする広い公海という秩序が維持されてきました。これによって海洋の利用と資源の配分は、必然的に二分構造となっていました。しかし、1960年代後半以降の海洋科学技術の急速な進展と多くの旧植民地の独立の達成を機に、海洋の利用と規制のあり方をめぐる国家間の対立が深まり、海洋法秩序の根本的な再考が求められるようになりました。そうしたなか、1973年より開始された第三次国連海洋法会議では、多様な根拠に基づいて沿岸国の独占または権能が及ぶ海域が沖合に拡大されました。それが、領海の最大12海里までの設定であり、主権的権利に基づく排他的経済水域[EEZ]などの生物資源及び非生物資源に特化した機能的海域の設定であります⁵⁰。

ところで、対馬にある二つの海峡（東水道・西水道）は、韓国との国境であると同時に、日本海と東シナ海を結ぶ海域でもあります。東水道は、壱岐との間で約25海里、西水道は、韓国との間で約23海里であります⁵¹。この両海域は、1977年の「領海法」（法律第30号）によって、領海幅員12海里の例外に位置づけられました。その理由は、広大な海洋を結ぶ重要な国際交通の要衝であり、外国船舶の通航も多い第3国ルートであるということから「特定海域」に指定されたためです（日本には、地理的には約70の海峡がありますが、特定海域は、宗谷海峡、津軽海峡、対馬海峡東水道・西水道、大隈海峡の5つです）。こうして同海域の領海は3海里に留められ、国際航行・上空飛行の自由の確保が図られました⁵²。とはいえ、かかる措置は「当分の間」という暫定的な文言となっております。これは、当時進行中であった第三次国連海洋法会議における国際海峡の通航制度が確立するのを待つことを意味しています。すなわち、議論されていた通過通航制度は、一般の領海に比して自由な通航を認めるものであり、これが海峡利用国と海峡沿岸国の利害調整の上に国際社会の共通利益を確保するものであることに鑑み、高度に政策的な観点から、より総合的に国益を重視したということです⁵³。この点、西水道については、韓国も領海幅員を3海里とした（1977年の領海法）ことで、公海航路帯は11.8海里残され、従来の航行の自由が確保されました⁵⁴。その後、国連海洋法条約が発効され、条約上の通過通航制度について、諸国による国家実行の集積が不十分ななか、現行の自由な通航を維持するため⁵⁵、「領海及び接続水域に関する法律」（1996年、法律第73号）の改正でも特定海域は維持されることになりました。

この特定海域については、漁業の側面を重視する必要があります。1965年に締結された日韓漁業協定では、両国は沿岸の基線から12海里までを漁業水域とし、同水域では漁業に関する沿岸国の排他的管轄権が認められました⁵⁶。その後、日本は1977年に領海法とともに、「漁業水域に関する暫定措置法」（法律第31号）を制定しました。同法では200海里の「漁業水域」を設定し、外国人の漁業につき日本の法令に従い、大臣の許可を必要とする旨が規定されています（4条、6条）。これに対し、特定海域内の3海里外の海域につき、外国人の漁業は、農林水産省令で定める軽易なものを除いて、原則的に禁止されました（5条一）。これは、1967年に制定された「外国人漁業の規制に関する法律」（法律第60号）における外国人の漁業の領海規制と同様であります。よって、領海以遠の特定海域の法的地位は公海ですが⁵⁴、漁業に関する限り、領海を12海里までに拡大したのと同等の取扱いになっていると考えられます⁵⁷。他方、領海法の制定で、領海幅員

が3海里に凍結された対馬海峡東水道・西水道の特定海域部分を除いて漁業専管水域はなくなりました⁵⁴。ただし、対馬海峡東水道・西水道での韓国国民による漁業については、漁業水域暫定措置法の適用外とし（同法施行令6条）、いわゆる日韓漁業専管水域として、日韓漁業専管水域法令により禁止されました⁵⁷。その後、国際社会の動向を踏まえ、新たな漁業秩序を受け入れて相互の漁業に対する利害を調整するために、1998年に「日韓新漁業協定」が締結され、その結果、先の法令は廃止されました。この「日韓新漁業協定」は、両国の排他的経済水域の最終的な境界画定までの、暫定的な協定であり、境界画定のために、迅速な誠意ある交渉の義務が明示されています⁵⁸。

ひるがえって日本では、1996年6月に制定された「排他的経済水域及び大陸棚に関する法律」（法律第74号）において排他的経済水域が設定され（1条）、改正領海法に定まる基線から距離が200海里までの領海を除く海域ならびにその下の海底及びその下、と定義されています（1条2項）。この排他的経済水域の一形態である特定海域では、「排他的経済水域における漁業等に関する主権的権利の行使等に関する法律」（法律第76号）の第4条において漁業水域暫定措置法第5条が踏襲され、外国人漁業の禁止が維持されています。なお、同条には漁獲物などの転載および積み込みを禁止する旨の2項が追加されましたが、同規定の挿入経緯については、かかる線引き内におけるそれまでの漁業実行の詳細を別途検討する必要があります。

こうした特定海域も含めた排他的経済水域は、機能的に設定された海域における保護法益はその殆どが沿岸国のものです。とはいえ、排他的経済水域の生物資源については、国際社会の法益への配慮があり、二次的には沿岸国が国際社会の代理機関としての性質を帯びています。さらに、国際的な法益の保護増進の観点からは、排他的経済水域における海洋環境保護において一層顕著となってきています。海洋環境保護においては、沿岸国の海洋環境と同様に世界全体の海洋環境保護という認識が増大していますし、旗国の管轄権行使を前提としつつも、沿岸国がこれを補完するという態勢となっています⁵⁹。このように、国際社会における利益という点からも、対馬での試みは重要な意味があると思われます。

3.1.4 漁法の変化

対馬は、九州本土と朝鮮半島の間位置し、島の西岸は急深、東岸は遠浅と異なる地理的特徴を持っています。対馬は、対馬暖流の影響を直接受け、魚群が海流に乗って来遊することが知られており、近海にはアジ類、サバ類、イワシ類、ブリ類、マグロ類、イカ類が来遊し、漁業者は季節によって対象魚種を変化させてきました。特に東岸は遠浅で岩礁も多いため、好漁場として利用されてきました。その一方で、対馬は台風や季節風の影響も大きく、厳しい気象条件下で漁業は営まれてきました。

明治以前の対馬は、それまで対馬を支配していた宗家が農業優先政策をとっており、土地を所有している者しか海岸の水産物をとる権利を与えていなかったことから、島民によるごく小規模の漁業と島外漁民の入漁が中心でしたが、明治以降、対馬にはその豊かな漁場を求めて、広島、山口、大分、福岡、佐賀、長崎、熊本などの県から人々が移住してきました。

明治から大正にかけて対馬では、突（銚で魚を突く漁業、カジキ類、サバ類）、一本釣り（アジ類、サバ類、ブリ類、タイ類、イカ類）、延縄（ブリ類、サメ類、タイ類）、きんちゃく網（まき網の一種、アジ類、サバ類、イワシ類）、四つ張り（敷網の一種、イワシ類）、大敷網（定置網の一種、サバ類）、建網（定置網の一種）、地引き網（タイ類、キビナゴ）、流し網（トビウオ類）、追い込み網（イサキ）、採貝・採藻、捕鯨などの漁具・漁法による漁業が営まれていた記録が残っています。そして昭和に入ってから動力船の導入が進み、これらの漁具・漁法に加えて、飼付漁業（ブリ）、立切網（魚を帯状の網で外海に出られぬように立ち切り、その内側で引き網・敷き網などを用いて漁獲する漁法、イルカ類、マグロ類）、大謀網（定置網の一種）、落とし網（現在の定置網の網型）、あぐり網（現在のまき網の網型）などが導入されてきました。ただし、大謀網や落とし網などの定置網は大洋漁業株式会社（現、マルハニチロ）が、あぐり網は平戸、佐賀、福岡、下関から入漁したものが最初で、当初は島民の漁業ではありませんでした。このように対馬の漁業は個々の漁業者の小規模な経営で行われてきたものがほとんどでした。

対馬で今も行われている漁業を図3.1.3-1に示しました。現代も対馬の漁具・漁法はそれほど変わらず、一本釣りや延縄、イカ釣りなどが中心で、小規模の漁業が営まれています。一方、網漁

業のうち比較的大規模な、きんちやく網や四つ張り、あぐり網、地引き網などはまき網に、大敷網や建網、追い込み網、大謀網、立切網などは定置網へと移り変わっていきました。これらの近代の漁業では、1950～60年代の漁具資材としての化学繊維や魚群探知機の普及、1990年代のGPSの普及など、周辺技術の高度化に伴い、漁業それぞれの漁獲能力は向上していったと考えられます。

表 3.1.3-1 には対馬の漁業の変遷と漁業活動に影響した大きな出来事を、表 3.1.3-2 には現代の対馬で盛んに行われている漁業種類を地先海面で行うものと沖合海面で行うものに類別して、さらに北部（上対馬、上県、峰町）と南部（豊玉、美津島、厳原）に分けて示しました。これらの中で、ケンサキイカやスルメイカを対象としたイカ釣り漁業は、1990年以降ずっと、経営体数では対馬の全漁業経営体数の約1/3を占め、漁獲量では全体の約30～60%を占める重要な漁業種類です。また近年ではアカムツやメダイ、ヨコワ（クロマグロ幼魚）を対象とした釣り漁業やあなごかご漁業が盛んに行われています。

一方、対馬近海では歴史的に島外漁業も頻繁に行われてきました。例えばイカ釣り漁業や釣り漁業では、島外の漁船を多数受け入れています。また、近海の漁場は大中型まき網漁船や沖合底びき網漁船が利用しています。

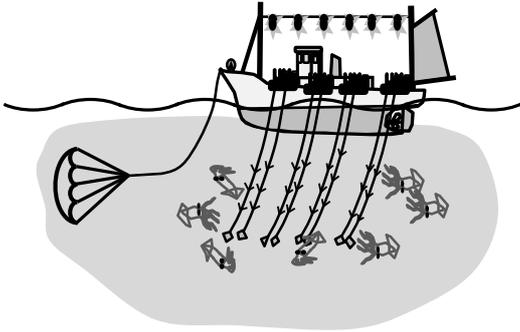
1245年	宗家の支配が始まる。 土地所有者にしか海岸の水産物を獲る権利を与えず。造船に 厳重な制限。島民は採介採藻と小規模な漁業を営んだ。 島外人の滞在を許可せず。島外漁業者による捕鯨、大敷網、は え縄、一本釣り、イカ釣りなどが行われる。
1869年（明治2年）	宗家の支配が終わる。 島外からの入漁者が急増、イカ釣り、延縄、一本釣りが盛ん に。
1884年（明治17年）	捕鯨が終わる。
1887年（明治20年）頃	カジキ突漁業が始まる。
1912年（大正元年）頃	大敷網から大謀網へ（定置網の構造が変化）
1923年（大正12年）頃	イサキ追い込み網漁業が始まる。
1928年（昭和3年）頃	漁船の動力化が始まる
1931年（昭和6年）頃	ブリ飼付漁業、あぐり網（まき網）が始まる。
1940年代	大謀網から落とし網へ（定置網の構造が変化）
1950年代	魚群探知機、電波航法（ロランなど）、集魚灯（白熱灯）の普 及が始まる。
1960年代	ディーゼルエンジン、化学繊維の普及が始まる。
1973年	第1次オイルショック
1977年	排他的経済水域（200海里）の設定
1980年	第2次オイルショック
1980年代	メタルハライド集魚灯の普及が始まる
1990年代	衛星航法（GPS）の普及が始まる。
1994年	日本が国連海洋法条約批准。
1996年	まぐろ養殖が始まる。
2000年代	あなご漁業が盛んに。
2004年頃	燃油価格の高騰が始まる。

表 3.1.3-1 近代の対馬漁業に関する年表

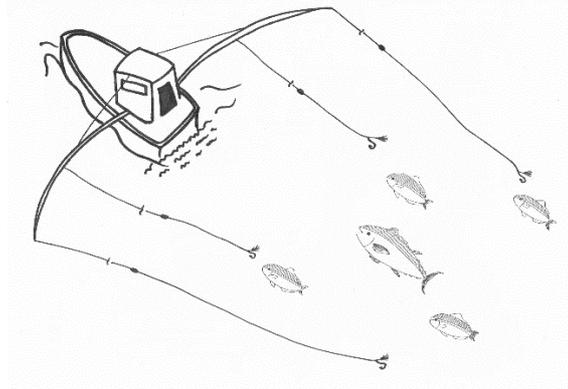
	漁業種類	主な対象生物	上対馬, 上県, 峰町	豊玉, 美津島, 厳原
地 先	採介藻	アワビ, サザエ, ナマコ, ワカメ, ヒジキ	○	○
	刺網	サザエ	○	○
	定置網		○	○
沖 合	一本釣り	マダイ, メダイ, メバル, サバ, イサキ	○	○
	樽流し	メバル, メダイ, キンメダイ	○	○
	イカ釣り	ケンサキイカ, スルメイカ	○	○
	曳縄	ヨコワ (クロマグロ幼魚)	○	○
		アジ, サバ	○	○
		サワラ	○	○
	延縄	クチ	○	○
		アカムツ	○	○
		アマダイ	○	○
		ヨコワ (クロマグロ幼魚)		○
タイ		○	○	
ブリ		○	○	
筒	アナゴ	○	○	
籠	タコ	○	○	
中小型まき網	アジ, サバ, イワシ	○		
しいら漬け・ 中小型まき網	ヒラゴ (ヒラマサ幼魚)		○	

表 3.1.3-2 対馬の地域別にみた主要な漁業 (九州大学 対馬市役所調べを改編)

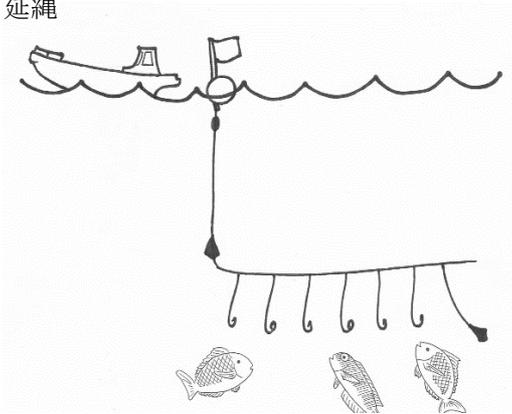
イカ釣り



曳縄



延縄



飼付漁業

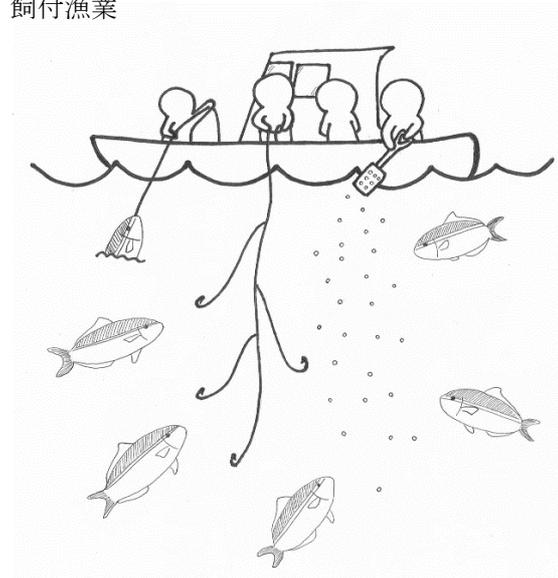


図 3.1.3-1 対馬で行われている漁業 (次ページへ続く)

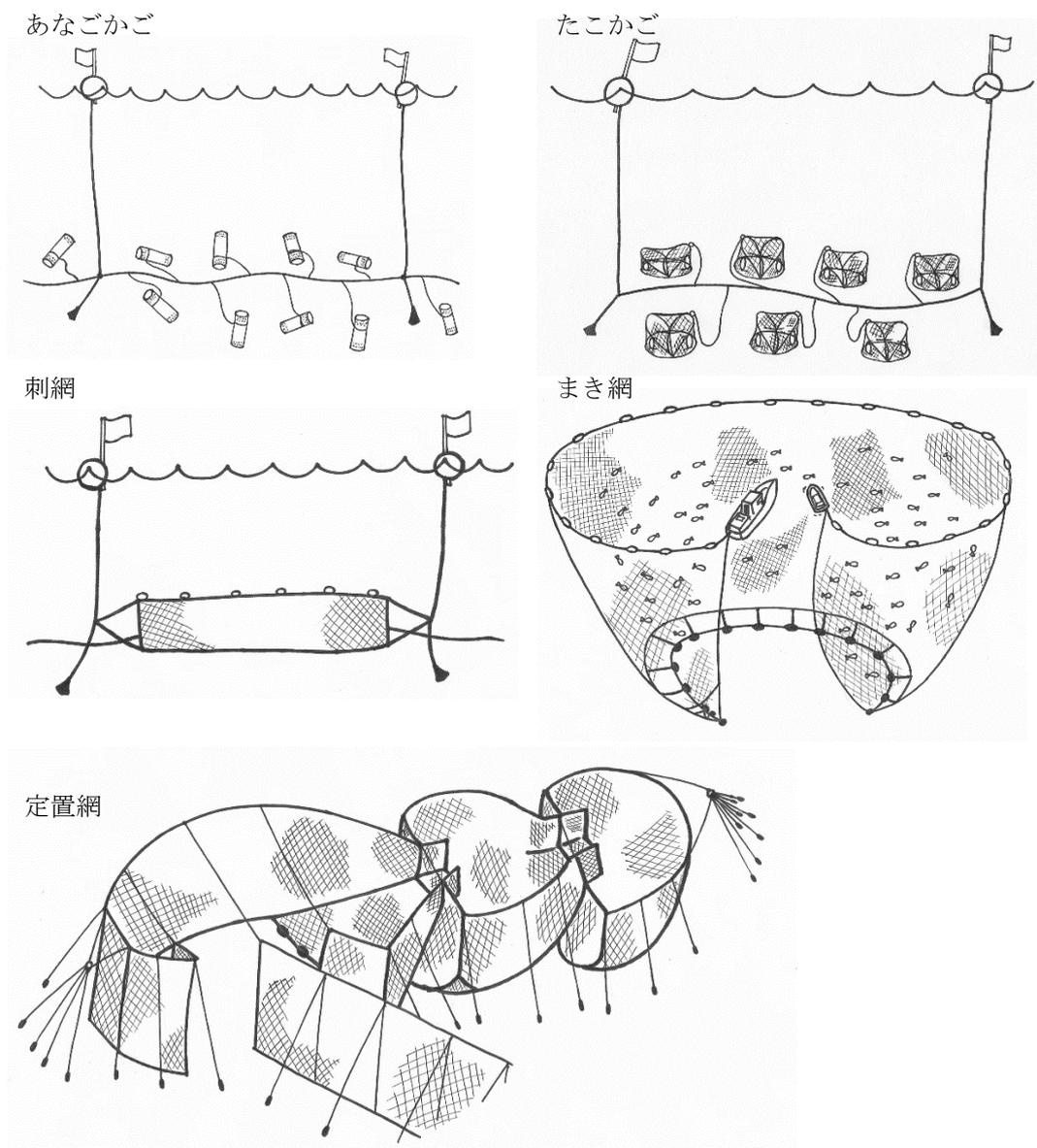


図 3.1.3-1 対馬で行われている漁業（前ページからの続き）

（注：あなごかご漁業は、筒という漁具を用いているが、制度上はかご漁業とされています。）

【参考資料】

宮本常一. 対馬漁業史. 383 (未来社, 2008).

長崎農林統計協会. 第36次～第51次長崎農林水産統計年報. (長崎農林統計協会, 1989-2005).

長崎県総合水産試験場. 長崎県の漁具・漁法. 15-16 (2002).

小山満信, 松島修二, 河合徹 & 大森公善. 江戸時代の対馬のくらしを探る 一海の恩恵をうけた人々. 対馬歴史民俗資料館報 28, 2-10 (2005).

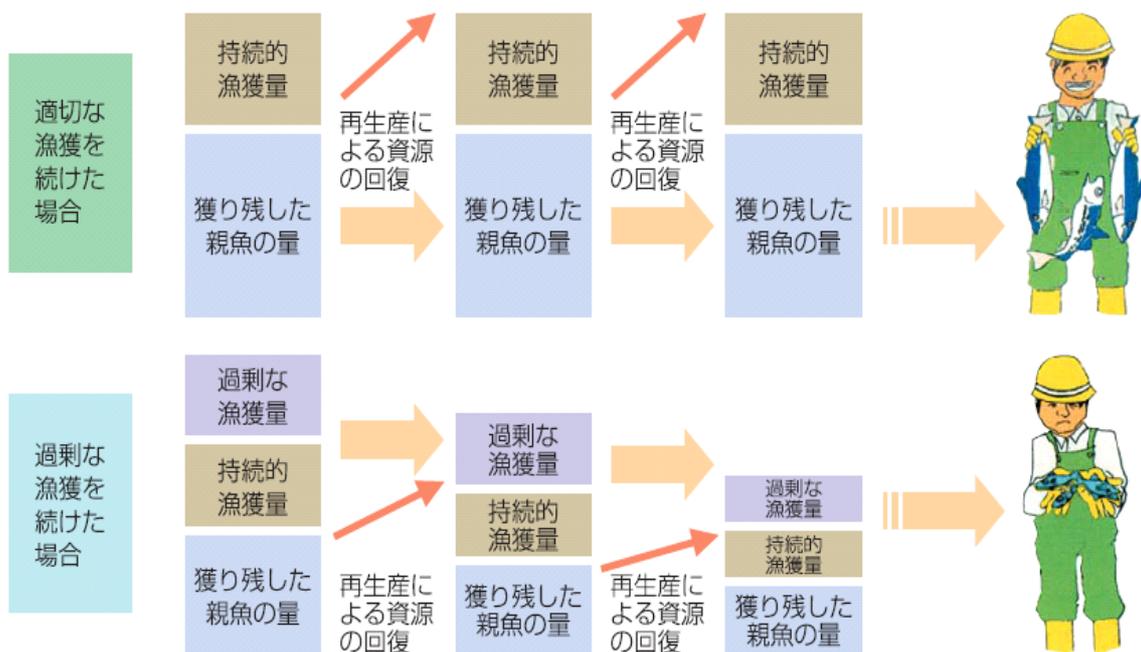


図 3.2.1-1 持続的な漁獲（上）と過剰な漁獲（下）のイメージ⁶⁰

3.2 主要魚種の資源管理

3.2.1 資源管理の基礎

資源管理は何のために行うのでしょうか？まず初めに漁業は経済的行為ですから、最大のもうけを目指すことが考えられます。また、もうけよりも雇用を重視することもあるでしょう。どのような目的を設けるにせよ、孫子の代まで利用すること（持続的利用）が基本です。魚をはじめ水産資源は、子供を産みますので（再生産性）、増えた分だけ利用すれば持続的です（図 3.2.1-1）。

なお、この図にある持続的な漁獲量の算定には必要な条件があり、算定できない場合があります。そのような場合には、1.4 節で記したように漁具規制、漁獲努力量（出漁日数など）の規制、漁獲能力規制、禁漁区など（の組み合わせ）により持続的な利用を目指します。いずれにせよ、資源管理には適切な管理制度とともに関係者の「やる気」（インセンティブ、管理からの見返り）が必要です。

次に、実際の資源管理では、資源管理目的に比べて現在の状態がどうなっているのかを知るために資源評価を行います。資源評価は人間の健康診断のようなもので、普通は毎年行います（図 3.2.1-2）。個々の資源評価には、漁法別漁獲量、体長組成、年齢組成、成長、成熟、漁獲努力量、漁獲量を漁獲努力量で割り算した CPUE、調査船調査による資源量または資源量の指標、資源に影響を及ぼす海洋環境などを用いています。人間の健康診断と同じように、これらのデータにより年々の変化を把握することが重要です。

資源評価や管理の対象は、種より小さな生物学的単位である個体群や系群を対象とするのが普通です。個体群とは、同じ魚種の中でも産卵期・産卵場・分布・回遊・成長・成熟・生残様式などの生物学的特徴が他の個体群とは異なり、同種内の他の個体群からある程度隔離されているものです。また、資源変動の様式を同じくすると想定される個体の集合を系群[けいぐん]と呼びます。個体群や系群は資源量の増減などに伴い分かれたり再結合したりすることがあり、メタ個体群と呼ばれます。例えば、日本周辺のマイワシは現在では対馬暖流系群と太平洋系群に分かれています。1980 年代のマイワシ資源が高水準にあったときは、産卵場が九州南部を中心として連続して拡大したため、1 つの系群と見なされていました。なお、スルメイカの場合は産卵期（発生時期）が異なる 2 群を秋生まれ系群および冬生まれ系群として扱っています。

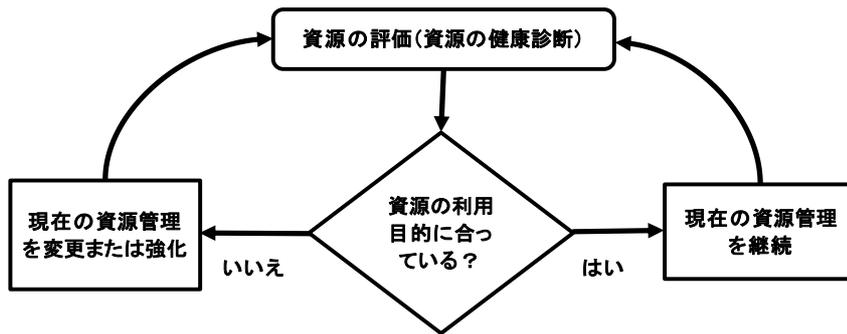


図 3.2.1-2 資源評価と資源管理の関係

第3章で扱う系群は対馬周辺のみならず広域な分布を持っています(図 3.2.2-3)。そのため、対馬周辺の漁況は系群全体の資源量に加えて、対馬への来遊状況(回遊)や漁場形成(群れ行動)によって大きく変化します。これら水産生物の量的変動や回遊、群れ行動は、海洋環境の変化と時空間的に密接に関係しており、数時間・10km程度のスケールから10年以上・数千km前後スケールまで知られています(図 3.2.1-3)。さらに、この時空間的關係は漁業活動とも対応しています(図 3.2.1-3)。そのため、対馬周辺での漁況や資源豊度を考えるには、このような関係を想定しておくことが重要です。また、資源管理は系群を単位として行うことが普通であり、広域に分布する系群については、対馬だけの管理では限界があります。一方、アワビなど沿岸性資源の管理は、地域コミュニティに漁業権を与える制度(第1章のTURF)が有効な場合が多いのですが、この制度でも資源管理と対象資源の地理的な範囲を一致させることが重要です。なぜなら、系群とTURFの地理的範囲が異なると対象資源を保護しようという漁業者のインセンティブが弱まるからです。

海の環境と生態系は常に変動しています。例えば、カツオやサバなど浮魚類の漁場は数時間で形成・消滅する場合もあり、10年以上の周期振動として気候と生態系の構造転換(レジームシフト)とも呼ばれる現象もあります(コラム3-1)。なお、最近のレジームシフトは1976/77年、1987/88年、1998/99年に生じました。一方、漁船の寿命は20年以上であることが多いため、漁業経営においてもレジームシフトなどの長期的な資源変動を考慮することが重要です(コラム3-2)。

■コラム3-1 「魚の資源量は自然変動してきた」

マイワシは江戸時代には食用としてよりも畑の肥料として重用されてきたため、肥料問屋の帳簿に基づいて、江戸時代のマイワシの豊漁が数十年間隔で生じていたと推定されています。その豊漁期は世界の平均気温が高かった時期に一致していました。同様に、地球規模での気候変動がマイワシ、サケマス類、ニシン、アワビなどの資源変動に大きく影響していることが知られています。さらに、クロマグロも主に日本の定置網の記録により、1530年ごろから数十年間隔で豊凶を繰り返していたと思われます。このように、漁獲など人類の影響が現在よりはるかに小さかった時代でも、これら魚類の資源量が大きく変動してきたことが明らかになっています。地球規模での気候変動が水産資源をはじめとして、海洋生態系の構造や生産性に大きく関係する現象は「レジームシフト」(生態系の構造転換)として認識されています。

■コラム 3-2 「レジームシフトと水産資源の管理」

30年ほど前までは、漁業や水産資源の管理は、レジームシフトなど環境の影響は考慮せず、漁獲の調整のみを考えていました（平衡モデルといいます）。しかし、世界の230系群の資源変動の歴史を分析した論文によると、漁獲の影響だけで説明できるのは18%の系群に過ぎず、レジームシフトだけで説明できるのは39%、レジームシフトと漁獲の両方で説明できるのが30%、残りはいずれとも関係なくランダムな変動と考えられました。そのため、資源管理には平衡モデルだけでは不十分であり、海洋環境の影響もできるだけ考慮すべきです。さらに、地球温暖化や埋め立てなどによる生息環境の劣化、外来種の影響などに加え、経済的要素も含めて総合的に検討する必要があります。

資源の変動を把握するためには、漁獲量が基本となりますが、それぞれの魚種系群の資源量に加え、漁獲努力量（漁船数や操業日数など、資源を減少させる要因となります）や再生産成功率（卵から漁場へ加入するまでの生残率の近似値で、ある年の加入尾数を親魚資源量で割ったもの）などの年々あるいは10年以上の変動も考慮する必要があります（図 3.2.1-4）。マイワシやマサバなどの漁獲可能量（TAC）制度の対象種では、漁獲量、年齢別の漁獲尾数、CPUE（漁獲努力量当たり漁獲量）の年々の推移に加え、調査船調査などに基づき資源量や資源量の指標が推定されており、資源の持続的利用のために、漁獲量や許可隻数などの規制が行われています。

資源量が推定できない場合はCPUEなど資源量の指標を資源管理に用います。特に、漁船の隻数や規模及び漁具の進歩など漁獲努力量に変化があった場合は、漁獲量だけでは資源動向を誤って見積もってしまう恐れがあります。また、漁具の選択性（3.4.2項も参照）も加味して、漁獲物の体長組成や銘柄組成に加え親魚の年齢（または体長）組成に関する情報も重要です。親魚の年齢組成が単純化すると、例えば産卵期が短くなり、環境変化に適応できなくなることが知られています（図 3.2.1-5）。さらに、様々な海洋環境の変化も資源の自然増加率に大きな影響を及ぼすため、可能な限り収集すべきです。一般に資源の自然増加率は魚種系群の寿命と関係があるため、寿命（実際的には漁獲物における最高年齢）も持続的な漁獲を考える場合に重要な情報となります。

このような、資源量指標や海洋環境の年々の値が得られると、資源管理目標と漁業の実態に応じた様々な管理方策の組み合わせを検討することができます。また、資源量が不明であっても、「為すことによって学ぶ」という順応的管理が実施できます（4.4節も参照）。例えば、最近CPUEが減少し魚体も小型化する傾向が見られた場合、漁獲努力量を減少させたり、網目を大きくして小型魚の漁獲を避けたり、特定の漁場や生育場を禁漁区により保護する、あるいは漁場の清掃をするなどして、CPUEが回復すれば望ましいCPUE値に近づけるように、管理を強化・継続します。しかし、それらの措置によってもCPUEが回復しない場合は、欠けている要因を検討し、管理方策を再検討します（図 3.2.1-2）。

近年の温暖化や海洋汚染については漁業だけの問題ではないため、幅広い組織との連携と協調した取り組みが必要となります。なお、沿岸域の資源については、種苗放流も資源回復手段としてよく利用されていますが、その費用対効果は常に明白とは限りません。特に、埋め立てなどにより沿岸性資源の生活史が分断された場合は、いくら種苗を放流しても資源は回復しません。そのため、資源の減少要因として環境が疑われる場合は、十分に検討する必要があります。

■コラム 3-3 「クジラ害獣論の衰退」

現生の鯨類 83 種類のうち 35 種について年間食物消費量を 2.8～5.0 億トンと推定した論文に基づき、「クジラ害獣論」が 2000 年頃から展開されていました。なお、この推定消費量は、世界の海洋漁業の生産量の約 3～6 倍に相当しますが、鯨類の餌には深海性イカ類など漁獲対象でないものも相当含まれています。しかし主に次の 4 つの理由から、クジラ害獣論は下火になっています。①捕鯨対象種は捕鯨により初期資源量よりかなり減少し、捕鯨停止後は回復していますが、現在も捕鯨前の資源量に回復していない種がほとんどであること。②水産資源を巡り鯨と漁業が競合する可能性はあるが明確ではないこと。③鯨を駆除したとしても生態系の間接効果により漁業資源が回復するとは限らないこと。④鯨を減らさないと漁業資源が激減するという生態系モデルの結果は不確実性が極めて大きいこと。なお、北西太平洋のミンククジラは、その場に豊富な餌を食べるため、1970 年代はマサバ、1980 年代はマイワシ、1990 年代から 2000 年代はサンマやカタクチイワシが主な餌であり、資源量が減少した種は食べられていませんでした。一方、低位にあったマイワシとマサバ太平洋系群に対しては、2007 年ごろまで未成魚を中心として強い漁獲が継続されていました。その後、資源回復計画の導入や卓越した加入があり、マイワシとマサバ太平洋系群が増加したため、2012 年にはマイワシとマサバが再びミンククジラの胃から出現しました。

近年、複数種を対象とした管理の研究や提案もなされています。しかし、海の生態系は複雑で間接的な効果も大きく、現実的な管理方策は確立されていないのが現状です（コラム 3-3）。

最後に禁漁区について考えます。世界国連食糧農業機関（FAO）の報告書によると、次のような指摘がされています。①生物多様性（個体の遺伝的や年齢構成の多様性、種の多様性、景観の多様性）を保全するため、あるいは資源が低迷している系群の生活史のうち保護すべきところ（例：産卵場）があれば、海洋保護区の設定が有効になると考えられます（第 1 章参照）。②資源管理には海洋保護区だけでは非現実的であり、他の管理方策と組み合わせることにより、資源管理の失敗を避けることができると考えられます。③海洋保護区が特に有効と思われるのは、比較的小規模な定着性の生物資源や混獲回避を検討する場合です。次節（図 3.2.2-3）に示しましたように、対馬周辺の主要魚種系群においては、対馬暖流域を中心に広域に分布・回遊するものが多く、これらに対して対馬に海洋保護区を設定する生物学的意義は不明です。ただし、沿岸性資源であり資源が低迷していると思われるクエなどについては、①対馬周辺海域で系群が独立している、②または対馬海域に加入した後は他海域へほとんど移動しない、と想定することができる場合に禁漁区の設定は検討に値します。

【補足】

水産生物の量的変動や回遊、群れ行動は、海洋環境の変化と時空間的に密接に関係しています（図 3.2.1-3）。例えば、1970 年代後半から 1980 年代には日本の冬が寒い時代であり、マイワシが卓越し、スルメイカやカタクチイワシが減少しました（図 3.2.2-1、コラム 3-1 参照）。また、大規模な回遊を行うマサバやクロマグロは黒潮や対馬暖流域の南部で冬～春を中心に産卵し、夏～秋には餌の豊富な親潮域や日本海北部に回遊します。潮目といわれる海洋前線には海の生産力が高く餌も集積されやすいため、魚が多く集まり群れを形成します（コラム 2-2 参照）。さらに、この時空間的關係は漁業活動とも対応しています（図 3.2.1-3）。そのため、対馬周辺での漁況や資源豊

度を考えるときには、このような関係を想定しておくことが重要です。

資源管理は系群を単位として行うことが普通であり、大規模な回遊を行う魚種については、対馬だけの資源管理の取り組みには限界があります。また、地球温暖化の影響により魚種（系群）の分布域が北上した場合、対馬では魚群が少なくなったり、漁場形成がしにくくなったりしても系群全体の資源量は減らないことも考えられます。

次に、多くの魚類の加入量（漁業で獲られ始める年齢の資源尾数のこと）や再生産成功率（親魚量あたり加入尾数）に10年規模あるいは年々の変動が知られていますが、この原因を考えてみます。一般に魚類は小型卵（直径約1mm）を大量に生みます。陸上の生態系ではライオンは自分より時に大きいシマウマなどを狩り、丸呑みにせず噛みついて少し囓つ食べます。一方、多くの魚はその口に入る大きさ以下の餌を丸呑みにします。つまり、海の生態系は「大が小を食う」世界です。そのため、直径約1mmの卵から生まれたばかりの稚仔魚は、ひとたび捕食者に出会えばたちまち食べられてしまいます。また、稚仔魚は遊泳力が弱いいため、餌が豊富な海域や成長に適した水温域にたどり着けるかや捕食者との出会いなどは、様々な海洋環境の影響を受けます。そして、海洋環境は気候や海流などにより年々あるいは数十年単位で変化します。そのため、多くの魚類の加入尾数や再生産成功率は、年々大きく変動するわけです。また、加入した後も、成長や成熟は餌や水温により変化します。魚が増える率を銀行にたとえますと利率となり、サカナ銀行の利率は海洋環境に応じて年々大きく変動し、現在のところその利率を予測することはできません。したがって、資源を持続的に利用するためには、この変化する利率に合わせて漁獲を管理する必要があります（図3.2.1-4）。水産研究所や都道府県の水産試験場などが年々の再生産成功率や成長などを調査している理由の一つに、この利率の変化を調べることがあります。

最後に、親魚の年齢の多様性の重要性を説明します。一般に魚類は成熟年齢に達してからも、栄養状態が良ければ寿命まで産卵を続けます。アユやハゼやスルメイカなど寿命が1年のものからギンダラやメヌケ類のように100歳を超えるものもいます。

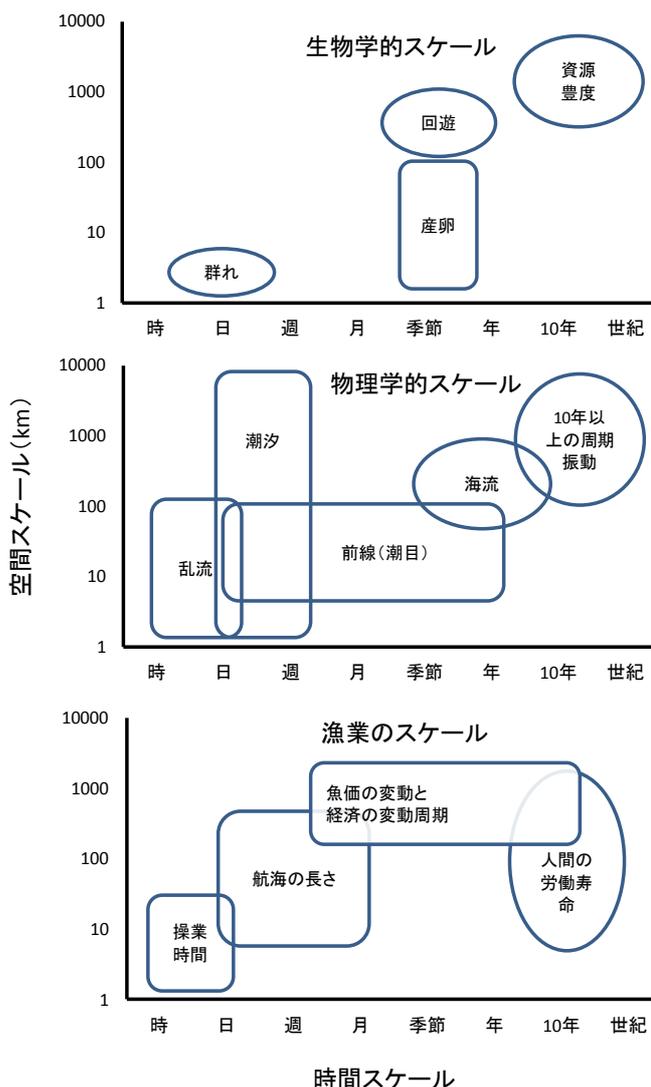


図 3.2.1-3 環境と生物を考える際の時空間的スケールの重要性 (Perry and Ommer⁶¹を改編)

資源の変動: 再生産成功率と漁獲のバランス

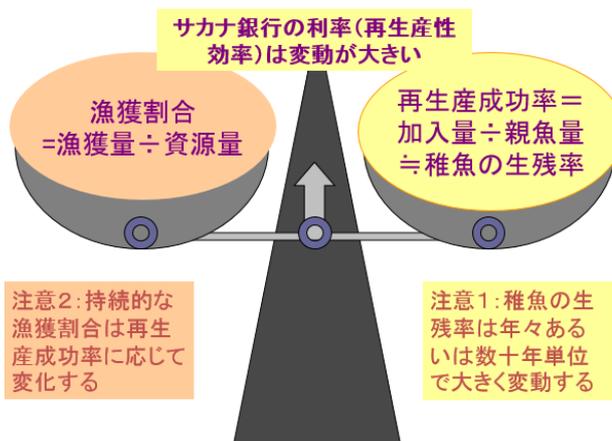


図 3.2.1-4 変動する加入料に対する資源管理の考え方

このような寿命は個々の種が長い進化の過程で獲得されたものです。例えば、マサバの寿命は7歳で、2歳から産卵を始めますが、2歳から7歳までの親魚がいて、マサバの生活が成り立っていると考えられます。その理由の一つに、親魚の産卵期や生み出された卵の性質が親魚の年齢により変化する例が知られています。親魚の年齢組成が単純化すると、例えば産卵期が短くなり、環境変化に適応できなくなることが考えられます(図 3.2.1-5)。漁業はある大きさ(年齢)の個体を選択的に個体群(系群)から除去します。そうすると、この図のように産卵期が短縮され、自然変動に対応できなくなる恐れがあります。すなわち、サカナ銀行の利率は海洋環境に加えて漁業の影響も受けるのです。個々の種が進化の過程で獲得した生活史、とりわけ親魚の年齢構成を考慮する必要性の所以です。

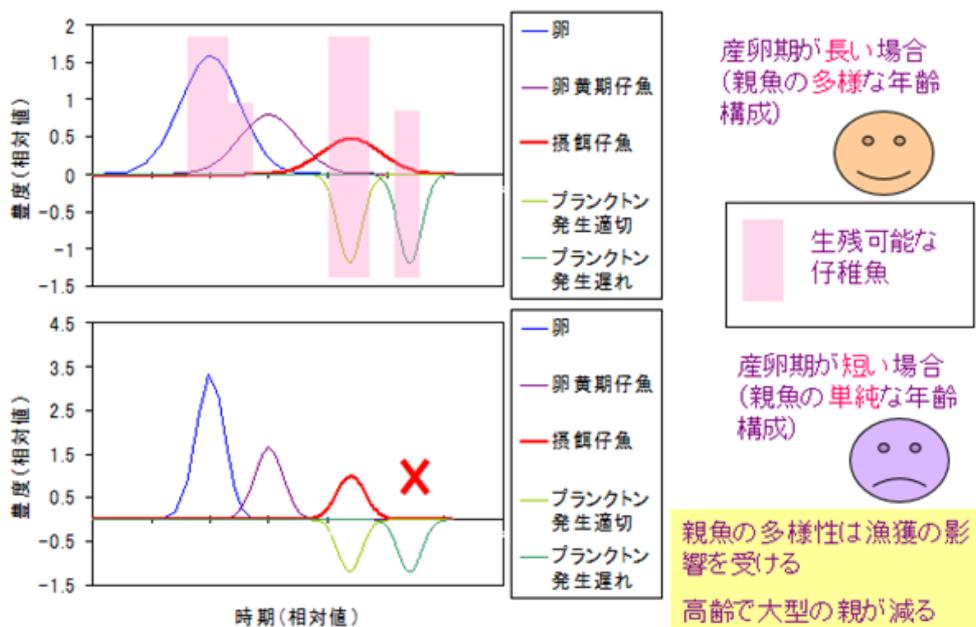


図 3.2.1-5 親魚の年齢構成の変化と加入の成否に関する概念図

3.2.2 主要種の生態、資源変動とその要因

対馬周辺での漁獲量や生産額が多い種や関心が高い種として、スルメイカ、マアジ、マサバ、ブリ、クロマグロ、マイワシ、カタクチイワシ、マアナゴ、アカアマダイ、アカムツ、クエがあります。本節ではこれらの種のうち、対馬周辺のみならず広域に分布する個体群(系群)について扱います。なお、アカアマダイ、アカムツ、クエの個体群構造(複数系群の有無や区分)はよく分かっていません。また、藻場やアワビなどの磯根資源は第4章で扱います。

対馬周辺に分布する主要魚種(系群)の資源量や漁獲量を図 3.2.2-1 に資源水準を表 3.2.2-1 に示します。過去5年程度の資源動向を平成24年度に実施された資源評価⁶²で見ますと、ブリの急増とマイワシの増加傾向が見られます。なお、平成25年度の資源評価ではマイワシ対馬暖流系群は中位、マサバ対馬暖流系群は低位と評価されました。一方、クロマグロの漁獲量は安定しているように見えますが、資源状態は低位で、特に親魚量は過去最低水準にあるため、早急な資源回復の措置が必要とされています。詳しくは水産庁と水産総合研究センターの資料⁶⁴を参照してください。マイワシやクロマグロの長期的な資源変動はレジームシフトが一因と考えられています(コラム 3-1)。

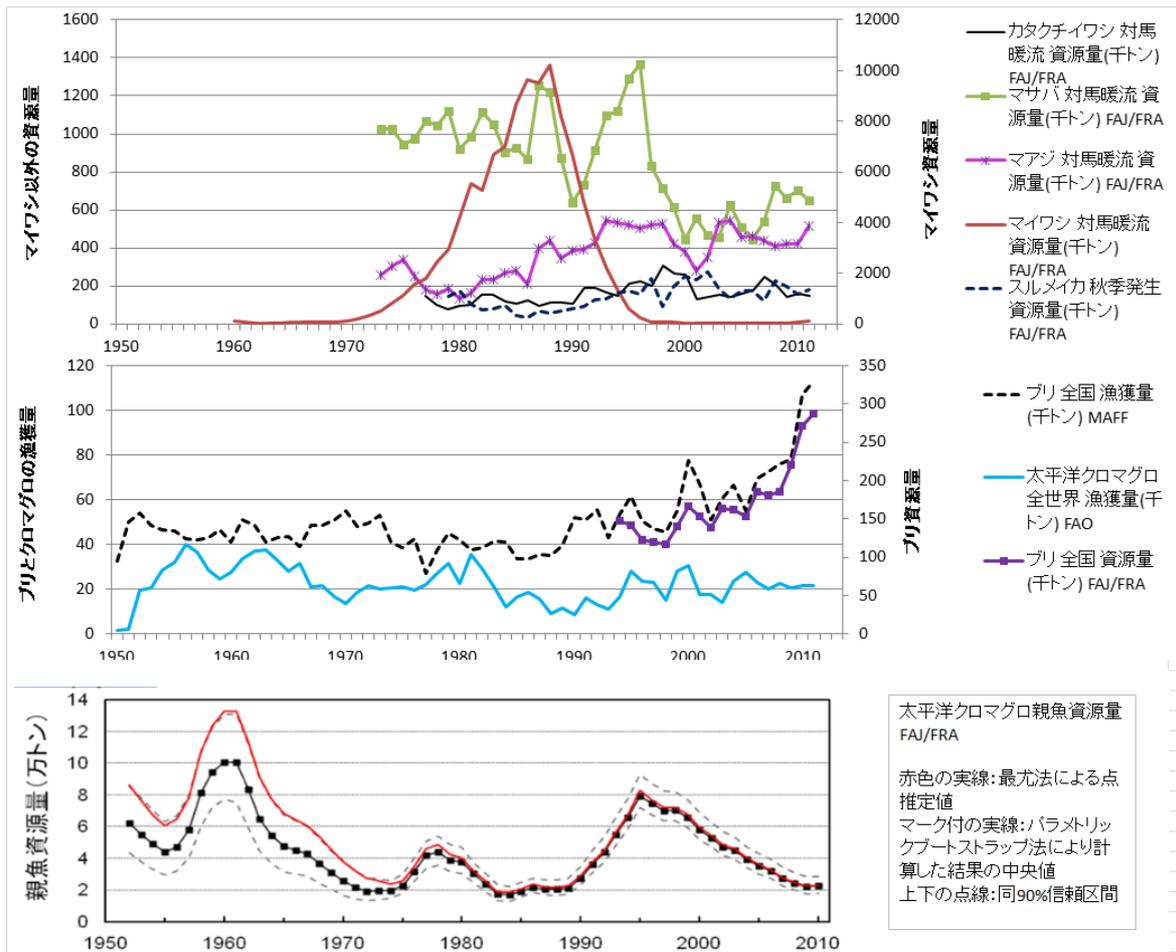


図 3.2.2-1 主要水産資源の資源量と漁獲量の推移（特に表記のない漁獲量の単位：千トン）
 （水産庁[FAJ]および水産総合研究センター[FRA]、国連食糧農業機関[FAO]、農林水産省[MAFF]より引用）

マアナゴの資源状態は不明ですが、漁獲量から見ると日本全体で 1995 年から減少し、近年は約 5 千トンとなっていますが、近年対馬周辺を含む日本海西区ではやや増加しており、韓国全体では近年は約 1 万 5 千トンで安定しています。最近明らかとなったマアナゴの産卵場所は主分布域のはるか南方の海域で、東アジア全体で同じマアナゴ資源を利用している可能性が高いと考えられますが、日本では漁獲量が減少する一方、韓国では近年高い水準で維持されていることを考えると、資源全体を見て加入量が減少しているのか否かの判断は現状では困難とされています。したがって、現時点では、これまで各地で実施してきた成長管理（魚が大きくなるまで待って漁獲する）の継続が重要とされています。詳細は太平洋広域漁業小生委員会の資料⁶⁵をご覧ください。

系群	資源水準 +
スルメイカ冬季発生系群	高位
スルメイカ秋季発生系群	中位
マアジ対馬暖流系群	中位
マサバ対馬暖流系群	中位
ブリ(系群は全国一本)	高位
クロマグロ(系群は北太平洋で一本)	低位(親魚量は過去最低水準)
マイワシ対馬暖流系群	低位
カタクチイワシ対馬暖流系群	中位
アナゴ(系群は日本～中国で一本)	不明++
アマダイ(系群構造は不明)	低位+++
アカムツ(系群構造は不明)*	不明
クエ(系群構造は不明)**	不明

表 3.2.2-1 主要魚種系群の資源水準⁶³

* 日本海と東シナ海で遺伝的特徴が異なるという説もあります

** 山田ほか(2007)東シナ海・黄海の魚類誌，東海大学出版会

+ 平成 24 年度評価

++ 漁獲量は日本全体では 1995～2011 年に約 13,000 トンから 5,000 トンへ減少したが、対馬周辺に好漁場を有する東シナ海区と日本海西区では増加傾向もみられ、韓国は近年横ばい

+++ 東シナ海全体としては低位ですが、対馬海峡域～日本海南西部の漁獲量は東シナ海陸棚域と比べると低く、資源後持続的に利用できる範囲にあると考えられます

漁協名	現在の主たるサイズ	サイズの変化		操業隻数の変化		資源量の変化	
		5年前と比較	10年前と比較	5年前と比較	10年前と比較	5年前と比較	10年前と比較
厳原町	2～3kg	小型化	小型化	減少	減少	悪化	悪化
阿須湾				回答なし			
美津島町高浜				回答なし			
美津島町				回答なし			
美津島町西海	3～5kg	変化なし	どちらとも言えず	減少	減少	わからない	わからない
豊玉町	2kg未満	小型化	小型化	変化なし	減少	悪化	悪化
峰町東部				回答なし			
上県町				回答なし			
伊奈	3～5kg	小型化	小型化	変化なし	増加	悪化	悪化
佐須奈	2～3kg	変化なし	小型化	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
上対馬南	2kg未満	小型化	小型化	増加	増加	悪化	悪化
上対馬町	2～3kg	小型化	小型化	増加	増加	わからない	わからない

表 3.2.2-2 対馬における漁協別のクエの資源状況 (資料：長崎県総合水産試験場提供)

また、対馬におけるクエの資源状態は、①上対馬では操業隻数が増えているのに漁獲量は減少していること、②ほとんどの地域で魚体が小型化していることから、資源は悪化していると思われます(表 3.2.2-2)。ただし、美津島町のクエの好漁原因は不明であり、検討が必要です。さらに、東シナ海に分布するマサバや底魚類では、近年増加が顕著な虎網など中国漁船の影響を懸念する声が大きくなっています。しかし、中国の漁獲実態は不明であり、その把握が求められています。

日本海西部・九州西海域底びき網漁業(2 そうびき)については、漁獲努力量の削減や小型魚の漁獲回避努力などの資源回復計画が平成 18 年度から実施され、漁獲量は減少しましたが資源量の指標である CPUE(漁獲努力量あたり漁獲量)は徐々に増加してきました(図 3.2.2-2)。

【資源回復の目標】: 小型魚の獲り控え等により、対象海域における有用底魚資源の減少傾向に歯止めをかけ、回復計画終了後の単位漁獲努力量当たりの漁獲量(1網当たりの漁獲量)を引き上げること

【回復計画の期間】: 平成18~23年、その後も全底連の作成する資源管理計画を実施中

【漁獲努力量の削減措置-沖底】: 34隻→30隻へ減船、漁船の小型化、目合拡大による小型魚の選択的獲り控え(袋網背面の目合: 30~40mm→100mm)

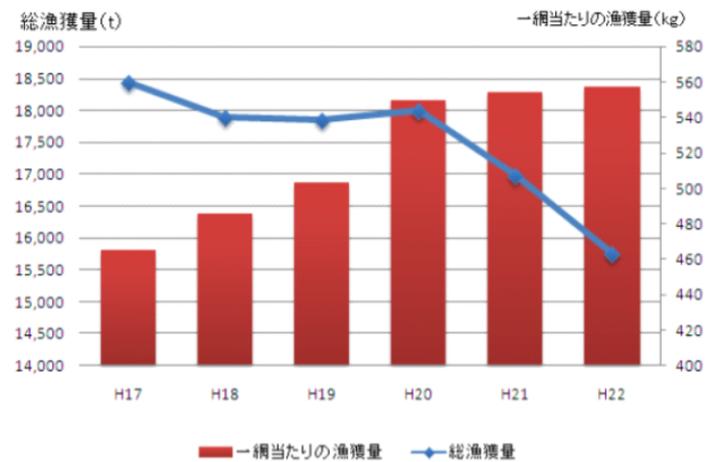
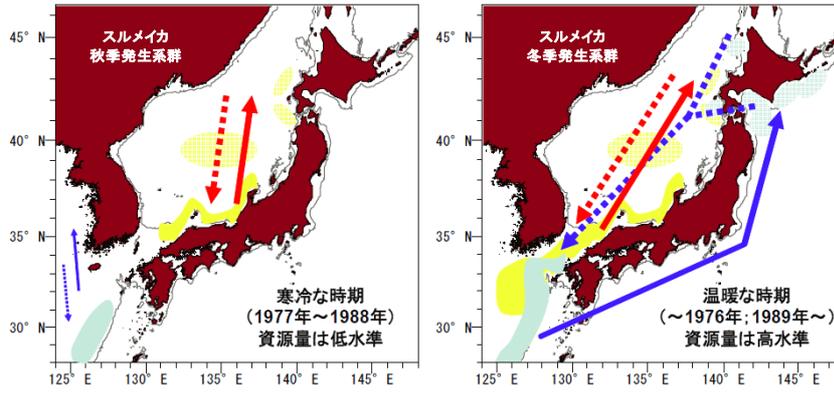


図 3.2.2-2 日本海西部・九州西海域底引き網漁業(2 そうびき) 包括的資源回復計画の概要と結果
(資料: 長崎県総合水産試験場提供)

【補足】

対馬周辺での漁獲量や生産額が多い種や関心が高い種として、スルメイカ、マアジ、マサバ、ブリ、クロマグロ、マイワシ、カタクチイワシ、マアナゴ、アカアマダイ、アカムツ、クエがあります。これらの種のうち、対馬周辺のみならず広域に分布する個体群(系群)について、その生態や資源状態をまとめました。主要魚種の生態的特徴を表 3.2.2-3 に、分布回遊を図 3.2.2-3 に示します。なお、アカアマダイ、アカムツ、クエの個体群構造(複数系群の有無や区分)はよく分かっていません。



	産卵場	主漁場	索餌回遊	産卵回遊
秋季発生系群	● 10~12月	●	→	→
冬季発生系群	● 1~3月	●	→	→

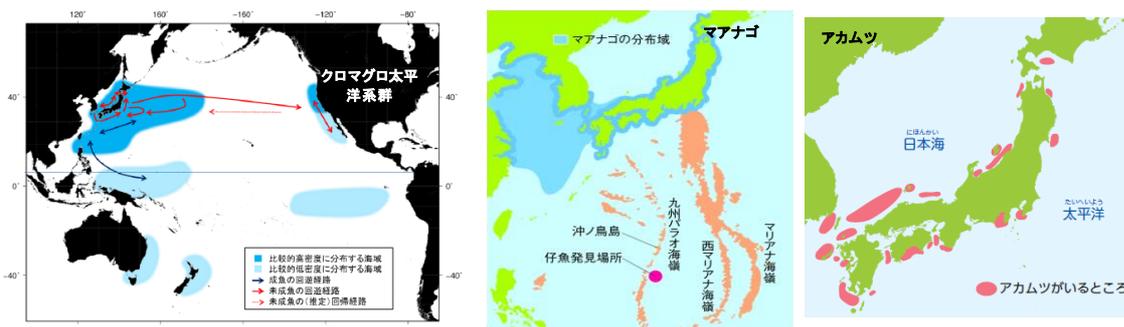
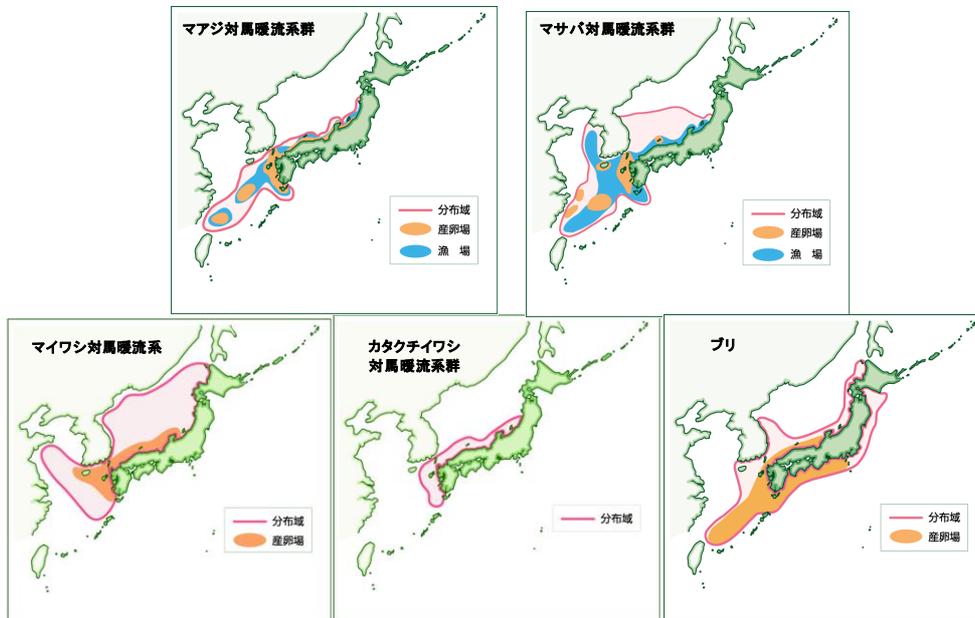


図 3.2.2-3 主要水産資源の分布・回遊模式図 60,66,67

系群	寿命	成熟開始年齢	分布域	産卵期・産卵場	索餌期・索餌場	食性	捕食者
スルメイカ冬季発生系群	約1年	雄は約9カ月、雌は約10カ月以降	東シナ海～北海道周辺	1～3月、主に東シナ海	夏～秋季、主に三陸～北海道沖	幼体～若齢期は動物プランクトン、外套背長15cm以上は動物プランクトン、小型魚類、イカ類	大型魚類、イカ類、海産ほ乳類
スルメイカ秋季発生系群	約1年	雄は約9カ月、雌は約10カ月以降	東シナ海～北海道周辺	10～12月、北陸沿岸～東シナ海	春～夏季、主に日本海沖	沿岸域では小型魚類、沖合域では動物プランクトン	主に大型魚類、海産ほ乳類
マジ対馬暖流系群	約5年	1歳(50%)、2歳(100%)	東シナ海～日本海(本州沿岸)	冬～春季(1～6月)、南部ほど早い傾向があり、盛期は3～5月、東シナ海南部、九州・山陰沿岸～日本海北部沿岸	春～夏季に索餌のため北上回遊、秋～冬季に越冬・産卵のため南下回遊	代表的餌生物は、オキアミ類、アミ類、魚類仔稚等の動物プランクトン	稚幼魚はブリ等の魚食性魚類
マサバ対馬暖流系群	約6年	1歳(60%)、2歳(85%)、3歳(100%)	東シナ海～日本海南部	冬～春季(1～6月)、東シナ海南部の中国沿岸～東シナ海中部、朝鮮半島沿岸、九州・山陰沿岸	東シナ海～黄海・日本海、春～夏季に索餌のため北上回遊、秋～冬季に越冬・産卵のため南下回遊	オキアミ類、アミ類、橈脚類などの浮遊性甲殻類とカタクチイワシなど小型魚類が主	稚幼魚は魚食性の魚類
ブリ(系群は全国一本)	約7年	3歳(一部)、4歳(100%)(1月を誕生月とする)	東シナ海～北海道南部	冬～初夏(1～7月)、東シナ海の陸棚縁辺部、九州沿岸から能登半島周辺以西、伊豆諸島以西	夏～秋季、九州沿岸～北海道沿岸の東シナ海、日本海および太平洋	仔稚魚は動物プランクトン、未成魚以降はイワシ類、アジ類などの浮魚類の他、底魚類	流れ藻に付随する時期には共食いをすることがある
クロマグロ(系群は北太平洋で一本)	20年以上	3歳で20%、4歳で50%、5歳以上で100%が成熟	主に台湾～日本周辺～カリフォルニア・メキシコ	日本南方～フィリピン沖は4～7月、日本海は7～8月	温帯域	カタクチイワシ、スルメイカ、トビウオ、カツオなど、その海域に多い生物を機会に応じて捕食	幼魚は他のまぐろ類、成魚は大型魚、シャチやサメ類
マイワシ対馬暖流系群	約7年	1歳(資源の低水準期)、2歳(資源の高水準期)	東シナ海～日本海(低水準期は縮小)	冬から春、主に五島以北の沿岸域(低水準期)、薩南海域をはじめとする広域(高水準期)	夏から秋、沿岸域(低水準期)、広域に索餌回遊(高水準期)	仔魚期にはカイアシ類などの動物プランクトン、未成魚と成魚期には動物プランクトンと珪藻類などの植物プランクトン	大型の魚類や海産ほ乳類および海鳥類など
カタクチイワシ対馬暖流系群	3年	1歳	東シナ海～日本海(本州沿岸)	厳冬期を除く周年にわたり産卵する	分布域のほぼ全域	カイアシ類を中心とした動物プランクトン	仔稚魚期は動物プランクトンやマジ・マサバなどの魚類、未成魚・成魚期は魚類の他に、海産ほ乳類や海鳥類
アナゴ(系群は日本～中国で一本)	伊勢湾・三河湾内の最高齢は3歳	不明、雌雄とも成熟個体が見つかっていない	東シナ海～北海道南部(産卵場は別)	産卵場の一つが沖ノ島島南方の九州パラオ海嶺付近に確認されている、産卵期の詳細は不明	周年、伊勢・三河湾	小型の底生生物、エビ類、魚類、軟体類など、成長につれ多様化大型化	不明
アマダイ(系群構造は不明)	12年	雄3歳、雌2歳	南シナ海～本州北部	5～12月で、うち9～10月が盛期(日本)	分布域とほぼ同じ	魚類、甲殻類、多毛類、頭足類、貝類、棘皮動物	不明
アカムツ(系群構造は不明)*	雄5年、雌10年	不明	オーストラリア北部～北海道南部	8～9月(日本海西南海域での盛期)	分布域とほぼ同じ	魚類、エビ、カニ、軟体動物	不明
クエ(系群構造は不明)**	不明	不明。生後約10年で雌から雄へ性転換する。	南シナ海～本州中部	5～7月	分布域とほぼ同じ	魚類、エビ、カニ	不明

表 3.2.2-3 主要魚種の生態的特徴⁶³

* 日本海と東シナ海で遺伝的特徴が異なるという説もあります

**山田ほか(2007) 東シナ海・黄海の魚類誌、東海大学出版会

【参考資料】

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fisheries management. 4. Marine protected areas and fisheries. *FAO Tech. Guidel. Responsible Fish.* **4**, 199 (2011).

伊東祐方. 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. *日水研報* **9**, 1-227 (1961).

Hilborn, R., Orensanz, J. M. L. & Parma, A. M. Institutions, incentives and the future of fisheries. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **360**, 47-57 (2005).

川崎健, 花輪公雄, 谷口旭 & 二平章. レジーム・シフト: 気候変動と生物資源管理. vi+216 (成山堂書店, 2007).

栗田豊, 米田道夫 & 松山倫也. 産卵親魚個体群の繁殖能力と加入量変動: 母性効果研究の現状と今後の展開. *水産海洋研究* **74**, 1-110 (2010).

Perry, R. I. & Ommer, R. E. Scale issues in marine ecosystems and human interactions. *Fish. Oceanogr.* **12**, 513-522 (2003).

桜本和美. 漁業管理のABC-TAC制がよくわかる本-. 200 (成山堂書店, 1998).

水産総合研究センター. わが国周辺の水産資源の現状を知るために. at <http://abchan.job.affrc.go.jp/pr/pamph_outline2007.pdf>

Vert-pre, K. a, Amoroso, R. O., Jensen, O. P. & Hilborn, R. Frequency and intensity of productivity regime shifts in marine fish stocks. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **110**, 1779-84 (2013).

和田一雄. ジビエを食べれば「害獣」は減るのか～野生動物問題を解くヒント～. 292 (八坂書房, 2013).

渡邊千夏子 & 谷津明彦. 減ったマイワシ, 増えるマサバ(ベルソーズックス 037). 146 (成山堂書店, 2011).

3.3 資源管理の取り組み

対馬周辺の海は、水産生物の数だけでなく魚種も豊富な海として、日本有数の漁場です。対馬暖流が通過するだけでなく、海溝、浅場、磯や内湾と多様な環境に恵まれています。東西に2つの海峡があり、日本海と東シナ海を往来する回遊魚は必ずここを通ります。特に対馬西岸の水深 200m 以上もある海溝は底生魚類が生息しています。

このような漁場の水産資源は、さまざまな方法や空間スケールで管理されてきました。対馬の周辺海域全体の大型漁業の調整、対馬沖の一部海域でのアマダイ保護区の設定、上対馬での地先の保全活動を事例に見てみましょう。

3.3.1 対馬周辺漁場の大型漁業の調整

このような豊かな漁場での漁業は、対馬在住の漁業者だけでなく、全国に開放されます。一本釣のような小規模な漁業であれば全国、また大中型漁船のまき網や底曳の大型漁業であれば農林水産大臣や長崎県から権利を許可された漁業会社も行っています。

対馬周辺の漁獲物は対馬で水揚げされるとは限りません。また、沿岸漁業にとっては、魚が沖合で一網打尽になってしまったら沿岸まで来遊せずに減ってしまいます。人間の理由だけでなく生態的にも、沿岸は外海よりも環境が細かく多様で、外海の魚介類が産卵、生育する場であるため、生態系や水産資源保護の観点からも守らねばなりません。

そのため、大型漁業に対しては、操業してよいエリアの制限という調整がすでになされています。

現在の漁業規則で定められている大中型まき網・沖底漁業操業禁止区域を図 3.3.1-1 に示します。漁業規則の操業禁止区域では、中型(80t)は 西岸が沖合 3 マイル、東岸が沖合 8 マイルまで、大型(135t)は周年が沖合 8 マイル、さらに 3 月～9 月は東岸の沖合 10 マイル、10 月～2 月は沖合 12 マイルまでが規制区域になっています。

現在の規制は、歴史的に対馬の漁業者と島外、県外や全国の漁業者との間での交渉で決められた内容です。しかし水産資源が減少の一途をたどっている今、この規制自体ももっと拡充すべきだとの声が、対馬では上がってきました。

このような漁法別にエリアや時期を限定しての制限は、海洋保護区管理が既に行われていると

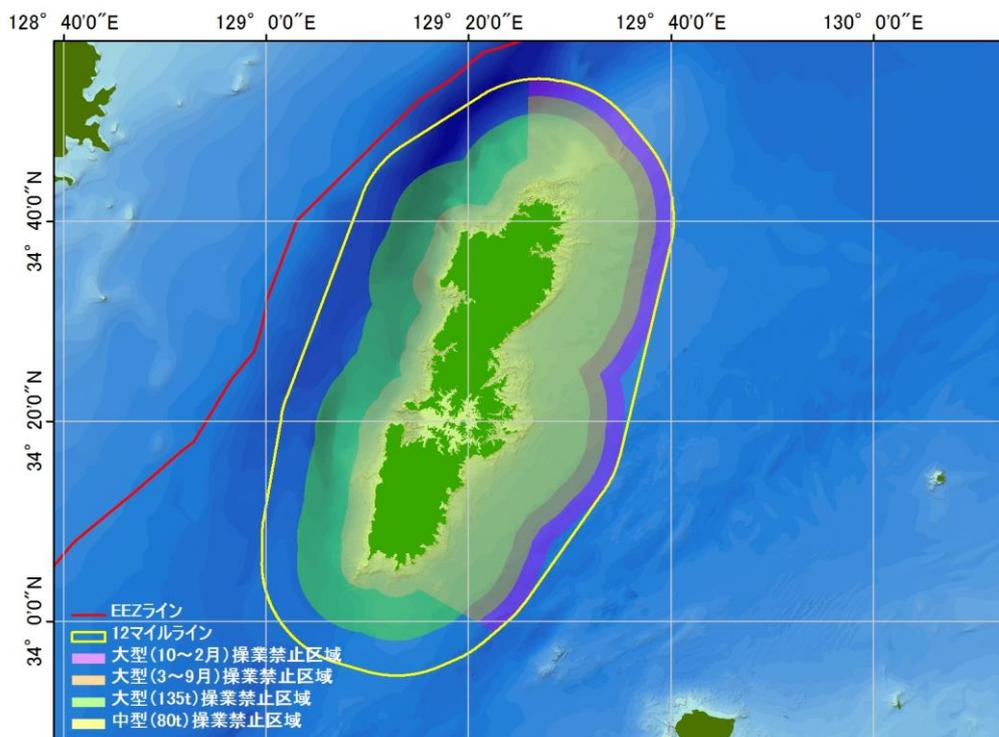


図 3.3.1-1 対馬周辺の現在の大中型まき網・沖底漁業制限区域と岸から 12 マイルの範囲

もいえます。保護区を岸からの一様な距離で設定した場合、重要な海域がどこまでカバーできるかを平面と深さ方向で立体的に検討するために、地理情報システムに海岸や海底地形データを入れて試算しました。

現在の中型操業禁止区域の西岸沖合3マイルでは、好漁場の北東部の海溝付近はほとんどが規制対象外になっています。さらに水深90mまでは85%が対象に入りますが、90mより深い場所は入りません。現在、対馬市が推奨する沖合12マイルでは、最深部の水深220mまでをカバーできます。

今後、守るべき生物の成長段階ごとの生育場や移動ルート、時期などを考えて、効果的な場所での管理を細かく考えていく必要があります。そこに、人間の側の事情として漁業の規則や調整をオーバーラップさせて、合意形成をしていくことになると考えられます。

3.3.2 アマダイ漁業から生まれた自主的な海洋保護区の萌芽

海洋保護区 [MPA: Marine Protected Area]は、海の生態系保全と水産資源の持続可能な利用を目指す海の空間管理 [MSP: Marine Special Planning]です。これと従来の漁業者による漁場管理とはどのような整理したらよいでしょうか？

対馬の海洋保護区設定推進委員会の会議では、海洋保護区と漁業の関係について、かなり本音の議論が行われました。「水産資源保護のための禁漁区や禁漁期間はすでに漁業者が自主的に設定している、それ以上の仕組みが必要なのか、あるいは「この海洋保護区なる新たな仕組みが外部から持ち込まれても、漁業の現場ではおそらく対応できず、自発的な保護にもつながらないだろう」など多様な意見が出ました。

一般的には、新たな技術や制度が地域に根付くには、中身がほぼ対応する受け入れる既存の仕組みが必要です。そこで、対馬での漁業者の今までの漁場への取り組みを調べたところ、まさに「海洋保護区」に相当する事例が見つかったのです。

代表的な生物としてアカアマダイ *Branchiostegus japonicus* を選び、生息が集中している対馬北東沖を対象にしています (図 3.3.2-1)。その資源保護のために関係者の合意を形成して一定の空間を

決め、漁業という人間の行為を管理することで個体群を守る努力をしています。これは、アマダイが乱獲気味になっているのを心配し、上対馬の若手漁業者グループが自主的に始めた活動

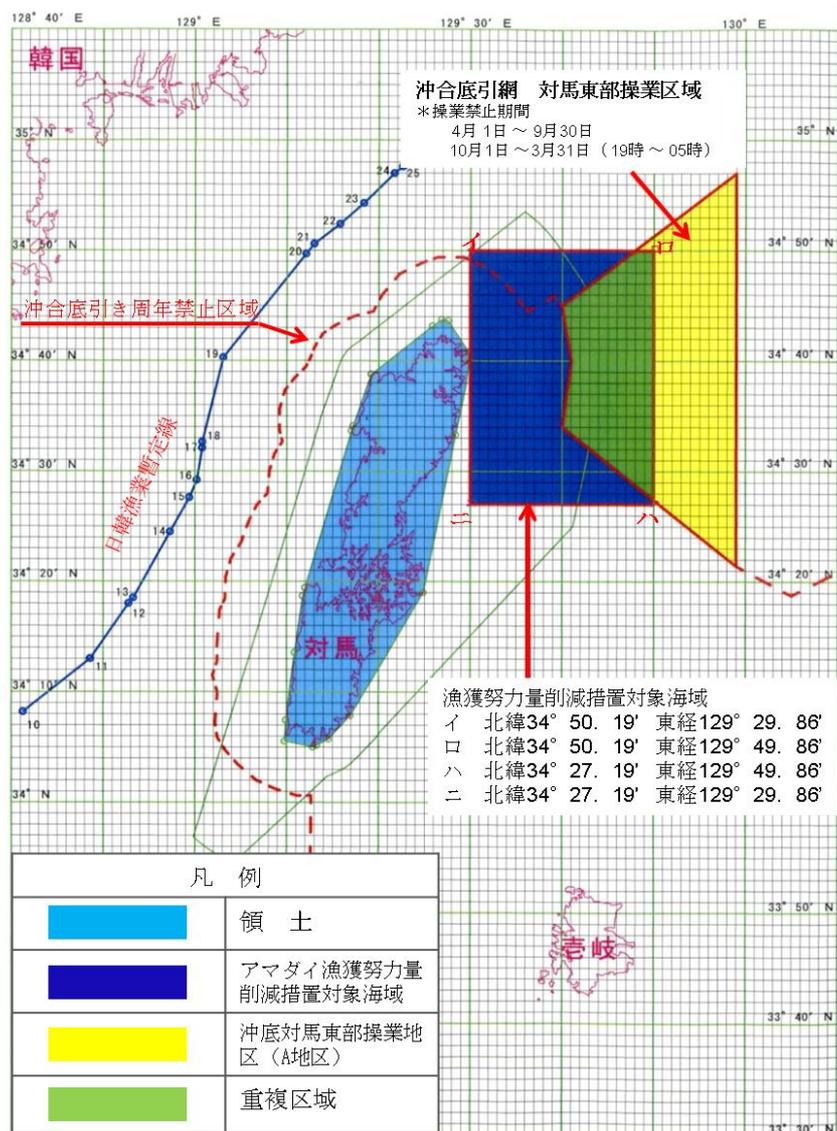


図 3.3.2-1 長崎県対馬アマダイ資源回復計画⁶⁸

です。この提案は、まずは長崎県内の漁業者によびかけられ、県の水産関係機関の協力もあって、「長崎県対馬海域アマダイ資源回復計画」として取りまとめられました。

このアカアマダイは、本州中部から南シナ海に分布する暖海性の美味しい白身の高級魚です（図 3.3.2-2）。生態は、主に大陸棚縁辺部の水深100～130mの砂泥底に分布し、肉食性で、巣穴を作って縄張りを形成する習性を持ちます。

底曳網漁業では、魚を一網打尽にするだけでなく、巣穴のある海底の生息地が傷んでしまうため、漁業の影響が長引くこととなります。対馬北東海域はアカアマダイの産卵場であり、その環境の悪化はその生活史にかかわってしまうのです。魚を一匹ずつ釣り上げるような延縄や一本釣りの漁法であれば、影響が軽減できます。しかし丁寧な漁業は時間とコストがかかるため、それをおりこんだ価格で魚が取引されないと、漁業者の負担が増え、生計が立たなくなってしまいます。

水産試験場の調査にもとづく処方は「特に1歳から4歳にかけて若い年齢の時期に成長が早く、最も多く漁獲されている2歳魚は1年後の3歳になると体重が約2倍になり、さらに単価も約2倍となって、約4倍の経済的価値が出てくることから、漁獲サイズを大型化する取組が重要である」です。

広い海域を泳ぎ回る移動性の高い種類を対象とした漁業では、資源保護は大切だと頭ではわかっているにもかかわらず、今自分が獲らなければ、他人が獲って利益を得てしまうというジレンマに苛まれます。しかし本種のようなある範囲の海域に棲んでいる底魚であれば、そこで操業する漁業者が合意して乱獲を控えれば、安定的な漁業が営める可能性は高いのです。

保護の努力をした魚は、販売や流通でも努力が行われています。上対馬町漁協のアカアマダイは「紅王」の名のブランドを冠して出荷しています。

水産資源回復計画はトップダウンの場合もありますが、実際に行うのは現場にいる漁業者です。この漁業者から漁業者への直接の依頼は先方の心を動かし、図 3.3.2-1 のような保護区ができたのです。そこでの禁漁日の設定、釣針を大きくして小さな魚は逃がす努力を行い、この保護区のアマダイの個体群の維持を目指しています。しかし、長崎県以外の漁業者は、これを尊重しないで操業を続けている場合もあります。水産資源保護区や漁業管理の努力が実るには、今後は対馬や長崎県から始まった資源管理が他県にも広がっていくことが望まれます。アマダイ保護区は、漁業者が自主的に発想し交渉を続けて計画と実践をしています。このようなボトムアップな進め方は、今後非常に重要になります。

3.3.3 地域の環境保全や水産資源保護の活動の分布

対馬市内では、どのように海を守る活動が行われてきたのでしょうか。

市内の各地域での沿岸生物の生息環境の保全や生態系に関する事業や活動の状況を把握するため、その内容と分布を調べました。平成23年度の対馬市の水産振興課と九州大学の調査では、行政が県・市の補助事業や離島再生交付金事業として行っている内容を中心にリストし、地域活性化センターを中心に海域での位置の情報を漁業者にも照会しながら情報収集を進めました。対馬沿岸で海岸清掃、稚魚や稚貝の放流、産卵床の設置、藻場造成、有害生物駆除などが数多く行われ、禁漁区も自主的に設定していることがわかりました



図 3.3.2-2 上対馬沖で漁獲されたアカアマダイ
(永尾純一撮影)

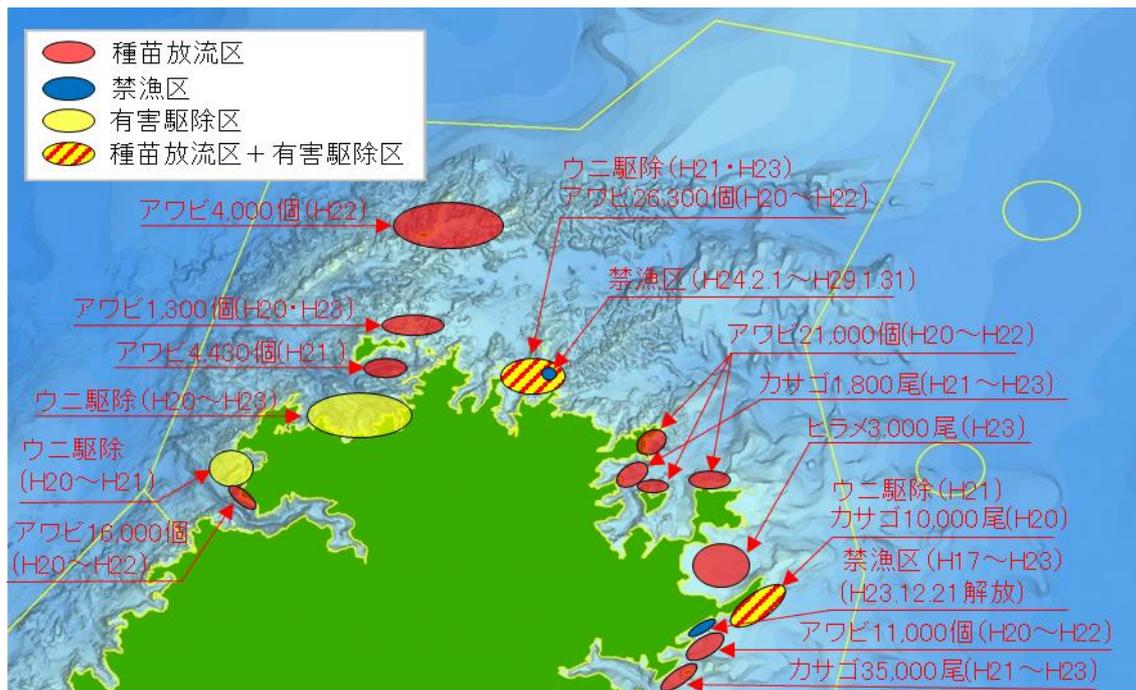


図 3.3.2-2 上対馬における地先漁場の管理の取り組み (清野 2011⁴⁹ より改変)

上対馬の例を図に示します(図 3.3.3-1)⁴⁹。事業を行う場所は、水産生物の生態や生息地の地形・流れなどに詳しい漁業者の意見も聞いて決められます。漁場の基本である海底地形図を特別に細かく作成し、その上にプロットしました。たとえば、水産生物の禁漁区になっている場所は、藻場を育成するだけでなく、それを荒らしてしまう藻食動物のウニを駆除する事業も同じ場所で行い、重点的に対策がなされています。このような場所は、地域の漁業者が大切にしてきた場所ですから、今後、沿岸の海洋保護区の候補となる可能性があります。

今後の課題としては、水生生物の成長段階ごとの分布や生育条件、移動経路がもっと詳しくわかれば、もっと効果的な沿岸の管理ができるかもしれません。現在事業が行われている場所は、沿岸からの距離や作業効率を現実的に考えて判断されているそうです。また放流効果や藻場造成の検証も必要です。

そして、このような調査を通じて、対馬の漁業者が沿岸での保護活動を行っているのを可視化して、地域内外に協力を訴えていくことも必要です。例えば、アラのように定着性の強い魚類については、稚魚を放流した漁村ではそれが成長するまで漁獲しないように管理しています。しかし、せっかく育つまで待っていたのに、地域外や県外の漁業者や遊漁者が獲ってしまう場合も多くあるということです。このような事態を改善するためにも、海洋保護区として地域内外に保護や保全活動が行われている状況を可視化して、徹底周知する仕組みが必要です。このように活動をプロットした地理情報により、海中の空間管理や合意形成を行いながら、海洋保護区の場所、範囲、管理の内容を決めることができます。

3.3.4 漁具や漁法の工夫による資源管理

上述のとおり、対馬では沿岸の小規模漁業を中心として漁業が営まれてきたことから、近海でも未利用となっている資源もありました。これらの資源を漁獲するための新たな漁法導入等も取り組まれ、周辺の多様な資源を利用することにより、特定の魚種への過剰な漁獲圧を軽減しながら、資源を管理しようとしています。例えば、アカムツを対象とした深海立て縄では、他県の深海立て縄漁具を対馬海域に適した漁具に改良(漁具の小型化)し、アカムツの漁獲が可能となったことにより、対馬西岸を中心にこの漁法が普及しています。

漁業は人類が長い年月をかけて培ってきた、食料を確保するための産業であり、より安全に、より簡単に、より大きな利益を得るために、狙った生物だけを獲れるように漁具・漁法にみがきをかけてきました。しかし実際には、どのような漁業においても漁獲された後に投棄される生物が

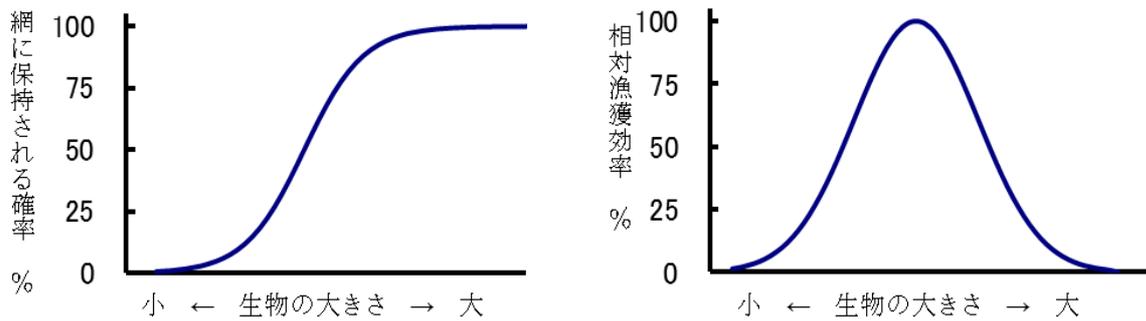


図 3.3.4-1 漁具の選択性曲線

左図は底びき網・まき網・定置網などの網目や筒漁具の水抜き穴、釣り針の大きさによる漁獲対象物の体サイズ選択性、右図は刺網の網目の大きさによる漁獲対象物の体サイズ選択性を示す。(詳細は本文を参照)

多かれ少なかれ存在します。水揚げ対象となる生物の小型個体の投棄は、水産資源を市場価値が無い大きさの段階で無駄に消費することになります(不合理漁獲あるいは成長乱獲といわれます)。

漁具や漁法の工夫によって、上記のような不合理漁獲の問題を緩和させることができます。本来、漁具・漁法はその漁場における生態系から、ある特定の種や大きさの生物を漁獲する特性を持ちます。こうした特性を総称して、漁具・漁法が持つ選択性と呼びます。特に、網目合とその網地により保持される生物の大きさには、一定の関係が認められます。この網目が持つ生物の大きさを選択する特性を網目選択性と呼びます。網目選択性の研究の歴史は古く、海外では、19世紀後半にすでに小型魚保護を目的として研究が開始されました。底びき網やまき網、定置網、籠の網目や筒漁具の水抜き穴は、ある大きさ以上の大きさの魚の網目通過を阻み、保持します。したがって目合や水抜き穴を適切な大きさに調整することで、ある大きさ以下の生物を逃がすことが可能です。また、釣り針の大きさと漁獲される魚の大きさについても、網目選択性と同様の関係が知られており、用いる釣り針の大きさによってある程度のサイズ選択が可能です。一方、刺網の漁獲機構は前述の漁具・漁法とは異なり、ある体長範囲の魚だけが漁獲され、この範囲より小さな魚は網目を通過し、大きな魚は網目に刺さりません。このように網目や水抜き穴、釣り針の大きさと漁獲される魚の大きさは一般的に図 3.3.4-1 のような関係で表すことができます。また、この関係は数多くの漁業で調べられています。社団法人日本水産資源保護協会が公表する「日本における選択漁具漁法の取り組み関連報告書等目録」、「選択漁具漁法文献要旨集」、「漁具選択性パラメータ集」には、様々な漁具漁法が持つ選択性が紹介されています。

一方、このような網目などの持つ選択性だけでは不合理漁獲の問題が緩和できない場合もあります。例えばエビなどの小さな生物を網で漁獲したい場合には小さな目合を使わなければならないが、多くの他の生物が網から逃げられなくなります。こうした漁業では網目などの持つ選択性だけでなく、混獲・投棄の減少を目的とした漁具の改良や特別な装置の研究が行われています。対馬近海で操業する沖合底びき網漁業でも、アナゴを漁獲しながら小型のアカムツを逃がすことができる袋網の構造が研究されています(図 3.3.4-2)。

近年では、海洋に残されたゴミの問題も深刻です。特に漁具は、海中に残されたときに漁獲機能を維持していると、生物を殺し続ける「ゴーストフィッシング」を引き起こします。ゴーストフィッシングが対馬の周辺の海でどの程度起っているのかは明らかになっていませんが、これまで世界中で、籠、筒、刺網などの漁具によるゴーストフィッシングが報告されています。ゴーストフィッシングを防ぐため、対馬の漁業者は、漁場に残された漁具をスバル(漁具やロープを引っ掛けるために用いる金具)で回収するような海底清掃を行っています。また漁具・漁法の工夫として、海中に残されて一定の時間が経過したら、微生物によって分解される資材を漁具全体

や一部に用いることがあります。こうした資材には生分解性プラスチックや天然繊維などがあげられます。生分解性プラスチックの釣り糸はすでに販売されていますし、千葉県には、綿糸でできたイセエビの刺網を使っている地域があります。綿糸の網は使った後に天日干しを行わないと、短い期間で劣化してしまうので、海中でゴーストフィッシングを起こす可能性はほとんどありません。一方でこれらの資材は従来の化学繊維に比べて価格が高く、強度で劣るなどの問題があります。まずは漁具を失う可能性が高い場所（引っ掛かりやすい、回収索を切られるような他の漁業が行われている、など）や時期（荒天が予想されるなど）の操業を避けることが重要です。また流出した漁具を回収しても再度投棄することなく、港まで持ち帰り処理することも心がける必要があります。海底に残された漁具を漁業者や地域の人たちが回収する取り組みは世界中で行われています。

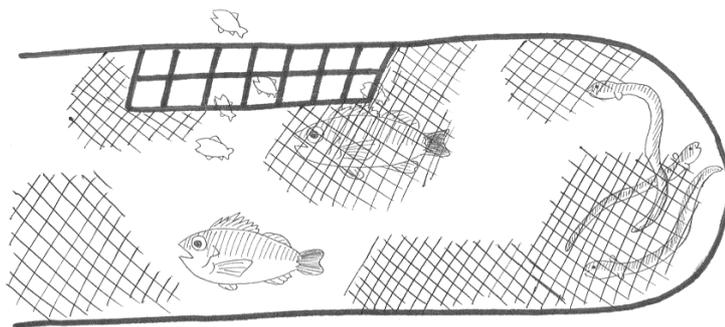


図 3.3.4-2 アナゴを漁獲しながら小型のアカムツを逃がすことができる袋網

【参考資料】

日本水産資源保護協会. 漁具選択性パラメータ集. (日本水産資源保護協会, 2001).

日本水産資源保護協会. 日本における選択漁具漁法の取り組み関連報告書等目録. (日本水産資源保護協会, 2002).

日本水産資源保護協会. 選択性パラメータ集. (日本水産資源保護協会, 2003).

濱邊優祐, 原田誠一郎, 山下秀幸 & 東海正. 沖合底曳網におけるアカムツとマアナゴに対するコードエンド選択性に及ぼす角目網ウインドーの効果. *日本水産学会誌= Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.* **76**, 824–840 (2010).

第4章 対馬の藻場の変遷と資源管理

4.1 対馬の藻場

4.1.1 藻場の種類と役割

藻場は、沿岸の浅海域において海藻あるいは海草が繁茂している場所、あるいはそれらの群落や群落内の動物を含めた群集のことを言います⁶⁹。藻場は優占して構成する海藻類および海草類により、コンブ場（ホソメコンブ、マコンブなどの褐藻に属するコンブ類）、アラメ・カジメ場（アラメ、カジメ、クロメなどの褐藻に属するカジメ類、**図 4.1.1-1 左**）、ガラモ場（アカモク、ヤツマタモク、ノコギリモクなどの褐藻に属するホンダワラ類、**図 4.1.1-1 中**）、テングサ場（マクサ、オバクサ、オニクサなどの紅藻に属するテングサ類）およびアマモ場（アマモ、コアマモ、エビアマモなど海草[海産頭花植物・海産種子植物]に属するアマモ類、**図 4.1.1-1 右**）に分けることができます。



図 4.1.1-1 主な藻場の種類

左；アラメ・カジメ場（アラメ），中；ガラモ場（ノコギリモク），
右；アマモ場（アマモ），いずれも山口県沿岸

出典：（独）水産大学校藻場生態系保全研究室

これらの藻場は、1種類だけでなく複数の種で構成されていることもあり、同じ海域でも水深により生育する種が異なるため藻場が変化していく景観が観察されます。大規模な「アラメ・カジメ場」や「ガラモ場」は、**次項 4.1.2** で述べているように、かつて対馬沿岸のほぼ全域にわたって広がっていました。

藻場は沿岸の一次生産者であり、藻場生態系を含む沿岸環境を保全する重要なはたらき（機能）をもっています（**表 4.1.1-1**・**表 4.1.1-2**）⁷⁰。藻場をつくる海藻は、海にふりそそぐ太陽の光を浴びて陸上植物と同じように光合成を営みます。この光合成によって海藻が海中に溶け込んだ二酸化炭素を吸収し、海中に酸素を供給します。光合成と同時に、富栄養化の原因となる窒素やリンなどを体全体で吸収し、生長していきます。また、海藻の葉上には微細藻類などが付着し、ヨコエビ類、アミ類などの小動物も藻場の立体的な空間内に生息するため、魚介類の餌場となります。一部の魚類やイカ類では藻場をつくる海藻に卵を産みつけます。藻場の立体構造により波浪などの物理環境を和らげ、生物の生活を支えています。さらに、藻場から流失した海藻は海面を漂う流れ藻や海底を漂う寄り藻となり、固定した窒素やリンを海岸や海底深くの系外に運び出します。このような機能を備えた藻場は、多種多様な生物を育む「海のゆりかご」として、沿岸漁業の場であるとともに、水産上有用な魚介類を保護・育成するための場も提供します。近年では、藻場はダイビングや海中展望施設などのレジャーや環境学習にも活用されています。

機能	説明
①基礎生産	太陽の光エネルギーを捕捉・炭素固定 (CO ₂ レザーバー)
②栄養吸収	栄養塩 (窒素, リン, 微量元素) を吸収, 滞留・循環
③食物供給	消費・分解者に食物を提供
④環境創生	着生 (内生) 基質, 小空間, 隠蔽用の色彩環境を創生
⑤環境緩和	光や海水流動など物理的環境を緩和 (浸食防止・防風)
⑥生物選択	優占種の構造・分布・化学シグナルにより利用生物を選択・制限
⑦環境輸出	寄り藻, 流れ藻, 打ち上げ藻を供給

表 4.1.1-1 藻場の機能⁷⁰

利用	説明
①生活	周年定住, 季節定住
②再生産	産卵場, 幼稚保育場
③食物供給	索餌場, 海藻や魚介類の漁場
④アメニティ	彩り, 磯・森の香り
⑤原料供給	寒天, 医薬原料, 生活資材 (燃料, 建材など)
⑥環境指標	貧-富栄養, 河川水の影響, 生物多様性, 自然度など
⑦富栄養化防止	過剰の栄養の吸収
⑧増殖場	増殖用種苗の放流スポット
⑨レジャー空間	ダイビング, 遊覧船, 遊漁

表 4.1.1-2 魚介類・人間による藻場の利用⁷⁰

4.1.2 対馬の藻場の変遷

対馬沿岸のほぼ全域にわたる海藻および藻場に関する学術的な研究は少なく、わずかに 1970 年前後に調査された報告がありますが^{33,71}、残念ながら最近のものはほとんど見あたりません。

(1) 1970 年頃の藻場

1969 年 3 月と 7 月に対馬沿岸の 13 地点で実施した調査では、海藻類が 229 種 (緑藻類 40 種、褐藻類 60 種、紅藻類 129 種) で、さらに海草類 (海産頭花植物) がアマモとエビアマモの 2 種を報告しています (表 4.1.2-1)⁷¹。各地とも低潮線付近にはホンダワラ類やアラメ類で構成される藻場が良く発達し、ホンダワラ類がマメタワラ、ヤツマタモク、アカモク、ノコギリモクおよびオオバモクなど 19 種、アラメ類はアラメ、カジメおよびクロメの 3 種が認められました (種名は原著論文のまま転載、以下同様)。

また、1972 年 8 月には海中公園設定に関連して対馬沿岸の 18 地点で調査が実施されました³³。沿岸のほとんどの海域ではオオバモク、ノコギリモク、ヤツマタモクなどのホンダワラ類で構成されるガラモ場とアラメ・カジメ場が発達しているものの、一部の穏やかな海域では造礁サンゴ

地区	地点	緑藻類	褐藻類	紅藻類	合計
北部	鰐浦、唐舟志、古里、殿崎、西泊	31	48	85	164
浅茅湾	樽が浜、唐洲、大石浦、仁位浜	24	34	74	132
東部	阿須	10	24	30	64
南部	西浦、浅藻、豆酸	35	46	107	188
全地区	全地点	40	60	129	229

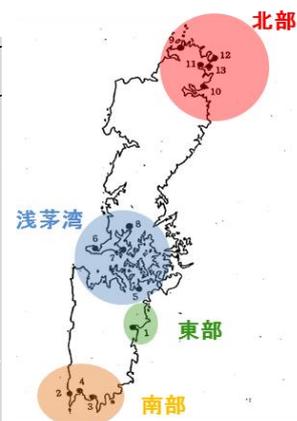


表 4.1.2-1 1969 年の対馬沿岸における海藻類の出現種数⁷¹

類が生息し、海藻の生育が貧相であると報告しています。

(2) 1980年から1990年頃までの藻場

1980年代の対馬沿岸ではヒジキや局所的に藻場の衰退が報告されています。1982年には対馬の西側海岸に位置する厳原町西浦においてヒジキの生育不良現象が確認されました⁷²。1984年と1985年にはヒジキの生育不良が対馬沿岸の各地で発生していることが明らかになりました。その原因については、若い個体の優占、遺伝的形質、季節風による波浪などが考えられましたが、これらの原因だけではヒジキの生育不良が説明できないことが示唆されています⁷³。

また、1988年から1990年にかけて対馬の東側海岸の豊玉町では、それまでに磯焼け状態であった海域があり、その原因が海藻類を食べる植食性の魚類ではなく、ムラサキウニを主体とするウニ類や巻き貝類であることを報告しています⁷⁴。

(3) 1990年頃の藻場の面積

1989年から1991年にかけて実施された第4回自然環境保全基礎調査では、全国の藻場の種類とそれらの面積などを取りまとめています⁷⁵。長崎県沿岸での1990年前後の現存する藻場は外海にはアラメ場、ガラモ場（優占種は、外海に面する海域ではオオバモク、ノコギリモク、沿岸域ではヤツマタモク、マメタワラ、ヨレモクなど）が、内湾にはアマモ場が形成され、合計の藻場面積は13,355haでした。その9.1%に相当する1,216haが対馬沿岸の藻場面積であり、藻場の種類別ではガラモ場が278ha、アラメ場が307ha、ガラモ場とアラメ場の両方が認められる海域の藻場面積が629ha、アマモ場が2haと報告されています（表4.1.2-2）。

藻場種類名	面積(ha)
ガラモ場	278
アラメ場	307
ガラモ場とアラメ場が混在	629
アマモ場	2
合計	1216

表 4.1.2-2 1990年頃の対馬沿岸における藻場の面積

（環境庁1994のデータ⁷⁵を基に作成）

(4) 1990年から2010年頃までの藻場

1990年から2010年頃にかけての対馬沿岸の藻場は衰退が急激に進みました。図4.1.2-2は長崎県対馬振興局対馬水産普及指導センターが各地の漁協などへの聞き取りによってまとめたもので、藻場衰退現象は1993年までに上対馬の西岸、北東部、東岸の一部で確認されていました。その5年後の1998年には対馬でそれまでの観測史上最高水温が記録され、藻場衰退が下対馬の西岸と南岸の一部でも認められるようになりました。2003年6月19日には台風6号（中心気圧960hPa、最大風速40m/s）が対馬を通過したため、広域的な藻場の破壊が起こり、藻場の衰退した範囲がさらに広がりました。1998年から1999年にかけては、長崎県の各地でアラメやヒジキなどの藻体の欠損現象が観察され、植食性魚類による食害が主な原因と報告されています⁷⁶⁻⁷⁸。植食性魚類やウニ類による海藻への食圧は2000年以降も増加し続け、2008年には対馬の北西部など一部を除き、ほぼ全域で藻場の衰退現象が確認されています。

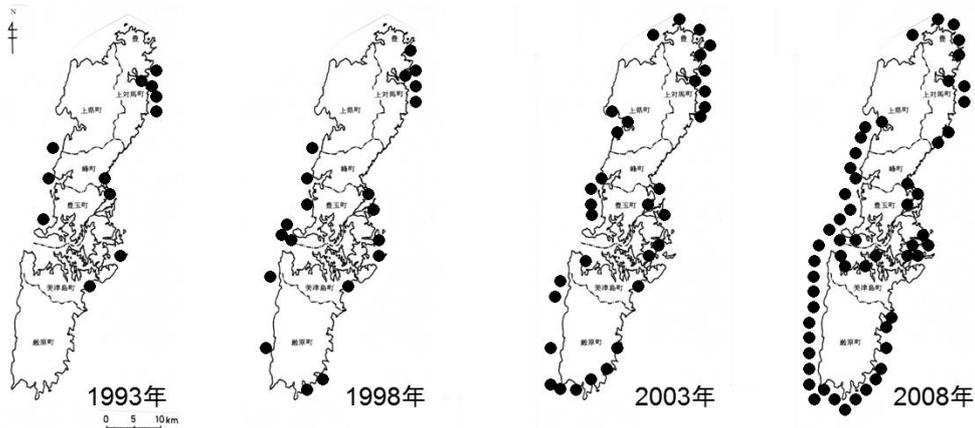


図 4.1.2-2 対馬沿岸における藻場衰退 (●) の分布変化 (未発表)
 (長崎県対馬水産業普及指導センターの聞き取り調査結果に基づく取りまとめを一部改編)

(5) 対馬西岸の 1993 年と 2005 年の藻場

峰町の西側沿岸では 1993 年⁷⁹と 2005 年⁸⁰の秋に漁場台帳作成事業において藻場調査が実施されています。2005 年の調査結果を 1993 年のそれと比較すると、アラメ・カジメ場が衰退し、ガラモ場を構成する種数も少なくなったと報告されています。浅所に生育するアラメの 1 地点当たりの平均株数および 1 株当たりの平均湿重量は、1993 年に 4.3 株および 453.4g であったのが、2005 年には 1.5 株および 3.3g へと変化し、株数の減少と藻体の小型化が示唆されています。一方、ガラモ場を構成するホンダワラ類については、1993 年には 12 種類の多様なホンダワラ類の生育が認められましたが、2005 年にはわずか 3 種(ヒジキ、ノコギリモク、ウスバノコギリモク)だけが確認されました。このように、対馬西岸では 2005 年までにアラメや多様なホンダワラ類で構成される藻場が激減したと言えます。

(6) 2013 年 10 月の藻場

筆者らは、2013 年 10 月に対馬の南岸の豆酏、浅茅湾の馬肥島および北岸の鰐浦において藻場調査を実施しました(図 4.1.2-3)。

豆酏では、波打ち際から水深 14m までに大型褐藻類で形成される藻場は認められませんでした(図 4.1.2-4a~c)。観察できた海藻はアミジグサ類、有節サンゴモ類およびシワヤハズなどの小型海藻類でした(図 4.1.2-4d~f)。

馬肥島でも豆酏と同様に藻場は認められず、マクサ、シワヤハズ、アミジグサ、有節サンゴモ類などの小型海藻が目立って生育していました(図 4.1.2-5a~d)。また、サンゴやサンゴイソギンチャク類が海底の岩礁を優占して着生していました(図 4.1.2-5e)。

なお、両地点とも、波打ち際付近の岩盤上を詳しく観察すると、全長 1cm 程度のイソモクとヒジキに限られた範囲で生育していました。

鰐浦では藻場を構成する種としてアラメ、クロメ、ノコギリモク、ヤツマタモクおよびイソモクなどが優占し、アラメ・カジメ場とガラモ場が混在する藻場が形成されていました(図 4.1.2-6a~d)。しかし、大型のアラメでは、茎の



表 4.1.2-3 藻場調査地点
 2013 年 10 月 4 日・5 日撮影

下部から倒れているものや (図 4.1.2-6f)、茎や基部の一部を残した状態のものも観察されました (図 4.1.2-7e, f)。また、流失したカジメ類の葉状部が寄り藻として海底に集まっていました (図 4.1.2-6e)。

いずれの地点でも植食性のムラサキウニやガンガゼなどのウニ類が多量に生息するとともに (図 4.1.2-5f)、植食性魚類のアイゴ、ブダイ、イスズミ類の生息が観察できました (図 4.1.2-7a～d)。植食性魚類による食痕はシロヤハズ (図 4.1.2-4e, 図 4.1.2-5d)、藻場を構成するカジメ類 (図 4.1.2-7e, f) およびホンダワラ類の藻体上で認められました。



a 水深 0-3m付近の景観（豆酸）



d 有節サンゴモ類・アミジグサ類
（水深 1-3m, 豆酸）



b 水深 5-10m付近の景観（豆酸）



e 基部が残ったシワヤハズ
（水深 1-3m, 豆酸）



c 水深 14m付近の景観（豆酸）



f シワヤハズとオオギ類
（水深 3-10m, 豆酸）

図 4.1.2-4 豆酸の状況



a 水深 1-3m付近の景観（馬耙島）



d 基部が残ったシワヤハズ
（水深 1-3m, 馬耙島）



b マクサ（水深 2-3m, 馬耙島）



e サンゴイソギンチャク類
（水深 3-5m, 馬耙島）



c 水深 5-7m付近の景観（馬耙島）



f ガンガゼ（水深 3-7m, 馬耙島）

図 4.1.2-5 馬耙島の状況



a 水深 0-2m 付近の景観 (鰐浦)



d 水深 11m 付近の景観 (鰐浦)



b アラメ (水深 3-5m, 鰐浦)



e カジメ類とナガミルの寄り藻 (水深 11m, 鰐浦)



c ノコギリモク (水深 3-5m, 鰐浦)



f 茎の下部から倒れたアラメ (水深 5m, 鰐浦)

図 4.1.2-6 鰐浦の状況



a イスズミ類 (水深 0-2m, 豆酛)



d アイゴ (水深 3m, 鰐浦)



b ブダイ (水深 5m, 豆酛)



e 食害に遭ったカジメ類
(水深 3m, 鰐浦)



c アイゴ (手前) とブダイ (奥)
(水深 2-3m, 馬肥島)



f 基部が残ったカジメ類
(水深 3m, 鰐浦)

図 4.1.2-7 食植性魚類と藻場

4.2 藻場の危機とその要因

4.2.1 植食動物

(1) 植食動物の種類

対馬の藻場衰退は4.1.2項で述べたように、1990年頃から顕著に認められるようになりました。藻場衰退の要因の一つとして、植食動物の影響が大きくなったことがあげられます。植食動物には大きく分けて魚類と、ウニ類・巻貝類の底生動物とに分けられます。このうち、魚類ではイスズミ類、アイゴ、ブダイの影響が、ウニ類ではガンガゼ類とムラサキウニの影響が大きいと考えられています。

(2) 魚類：アイゴ、イスズミ類、ブダイ

アイゴは、青森県、千葉県以南に分布します。産卵期は7～8月、2～3歳で20 cm以上になり成熟します。最大で約40 cmに成長します。主に褐藻類（春はワカメ、アカモクなど、秋はアラメ、ヤツマタモクなど）を食べ、海藻の種類により明確な嗜好性があります。クラゲやホヤ、甲殻類などの動物性の餌も食べ、飼育下では動物性たんぱく質がないと成長しません。藻場への影響は8月から12月にかけて大きく、御前崎では移植したサガラメ（アラメの近縁種）を全滅させました。

イスズミ類は青森県、千葉県以南に分布します。イスズミ類4種のうち、長崎県で主に見られるのはノトイスズミとイスズミです。長崎県野母崎のノトイスズミでは産卵期は6～10月、30～35 cmで成熟します。最大では50 cmを超えます。1年を通じて海藻を食べており、特にホンダワラ類をはじめとする褐藻類をよく食べます。ノトイスズミは春に消波堤先端に大きな群れを形成することがあります。

ブダイは兵庫県・千葉県以南に分布します。産卵期は6～10月で産卵盛期は7～8月です。最大では50 cmほどになります。小型の個体は雌で、大型の個体が雄に性転換します。

魚類が海藻を食べる量は水温が下がると少なくなります。イスズミ類が最も低温で海藻を食べ、冬季に養殖ワカメに被害を与えたこともあります。アイゴとブダイは16℃以下ではほとんど食べません。

(3) 底生動物：ウニ類、小型巻貝類

ウニ類は漁獲対象種ですが、密度が高すぎると藻場衰退の原因ともなります。藻場衰退の原因とされるのは、ムラサキウニとガンガゼ類2種です。ウニ類は飢餓耐性が強く、磯焼け域でも生存できるため、磯焼けを継続させます。藻場の造成や維持のためには、ウニ類の密度を低く抑える必要があります。これら3種の産卵期は7～9月です。ムラサキウニでは水温が10℃、ガンガゼ類では15℃以下に低下すると海藻を食べなくなり、9℃では死亡します。

巻貝類に関しては十分な知見はありませんが、対馬における磯焼け回復実験においてはウラウズガイをはじめとする植食性の巻貝類も駆除しました。これらの巻貝類は海藻の成体を直接食べるとは考えにくいですが、ごく小さな芽の段階で食べてしまうと考えられます。このため、藻場造成においては植食性の巻貝も駆除することが望まれます。長崎県では、藻場造成を行う場合には、ウニ類と巻貝類を合わせて100g/m²以下になることが望ましいとしています。

(4) 対馬における植食動物の現状

各漁協への聞き取り調査の結果では、アイゴ、イスズミ、ブダイともに、対馬で見られますが、特にアイゴが多く、まとまって取れる場所もあります。イスズミ類は佐須奈、豊玉西、美津島町で見られますが、上対馬、美津島成果ではあまり見られないようです。ブダイは、この3種の中では最も少ないようです。

ムラサキウニとガンガゼは全域に分布しており、地域によってはガンガゼ類や身入りの悪いムラサキウニの駆除、ムラサキウニの移植などが行われています。

4.2.2 海水温の上昇

(1) 対馬沿岸の水温変化

対馬の沿岸の水温については、福岡管区気象台厳原測候所が厳原港の水深 1.8m において測定した結果を取りまとめて図 4.2.2-1 に示しています。厳原港の 1955 年から 2004 年までの 50 年間の平均海水温度は 18.9°C でした。厳原港での各年の年間平均海水温度は、1980 年以降上昇傾向にあり、1995 年以降は 50 年間の平均海水温度を 1°C 以上も上回る年が観測されるようになっていきます (図 4.2.2-1)

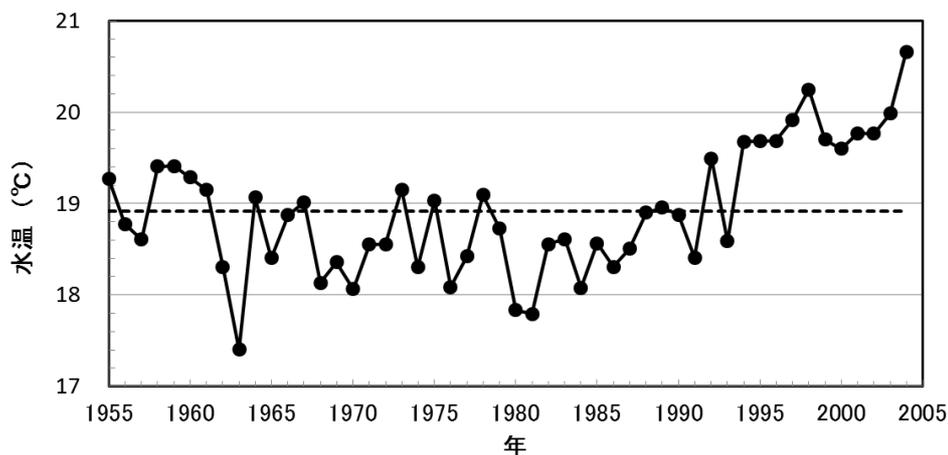


図 4.2.2-1 厳原港の水深 1.8m における 1955 年から 2004 年にかけての海水温度の変化
-●- ; 各年の年間平均海水温度, --- ; 50 年間の平均海水温度

(厳原測候所沿岸観測結果より作成)

2013 年の夏の猛暑は太平洋高気圧が日本の南海上から西日本付近で強かったことなどから、夏の平均気温は全国的に高く、厳原でも 6~8 月の平均気温が 26.0°C で平年 (1981~2010 年) との差は 1.8°C も高い値であったことが発表されています⁸¹。また、美津島では 8/10 に 35.7°C、鰐浦では 8/19 に 36.0°C および厳原では 8/20 に 36.6°C の日最高気温を記録し、いずれもこれまでの最も高い記録を更新しています。

一方、対馬沿岸の海水の温度については、気象庁の日本近海の海面水温の画像をみると (図 4.2.2-2)、海面水温 30°C の等温線が 8/15 に南岸に接し、北上を続け、8/19 には北岸にまで到達しました。その後 8/25 までの 7 日間は対馬沿岸の全域が 30°C 以上の海面水温の海域内にありました。海面水温 30°C の等温線が対馬の南岸から離れたのは 8 月 27 日でした。

(2) 海水温上昇に伴う藻場構成種の変化

海水温は、海藻の生育の北限や南限などの水平（地理的）分布を制限する主な環境要因であることが知られています⁸²。海藻は、気温に比べて1日もしくは年間の最高と最低の温度幅が小さい海の中で生活しています。そのため、陸上植物よりも温度変化による生理的および生態的な障害が生じやすいと考えられています。特に、温暖化、暖流の流路変化あるいは温排水に伴う海水温の上昇は、現存する海藻の衰退、出現種の変化、分布の北限と南限の移動を引き起こし、藻場構成種の衰退や交代が予測され、懸念されています⁸³⁻⁸⁵。

長崎県のアラメ類（アラメ、カジメ、クロメなど）は、下対馬西岸、上五島、本土側西岸一帯などで著しい衰退が認められ、ホンダワラ類では、特にヤナギモク、ホンダワラ、ジョロモクなどが県内各地で著しく衰退もしくは消失が確認されています⁸⁴。一方で、同じホンダワラ類でもマメタワラやヤツマタモクなど県内各地で分布が認められる藻場構成種もあります。また、南方系のホンダワラ類（キレバモク、マジリモク、ツクシモクなど）とアントクメが県内各地で見られるようになりました。これらの種は1960年頃までは五島市福江から長崎市野母崎を結ぶラインが北限とされていましたが、2007年には南方系のホンダワラ類が対馬市尾崎や巖原まで（図4.2.2-3左）、アントクメが平戸市度島まで北上しています（図4.2.2-3右）。長崎県の各地で認められたこれらの藻場構成種の変化は、海水温上昇に伴う植食性魚類の摂餌活動の活発化および長期化が影響していると考えられています⁸⁴。

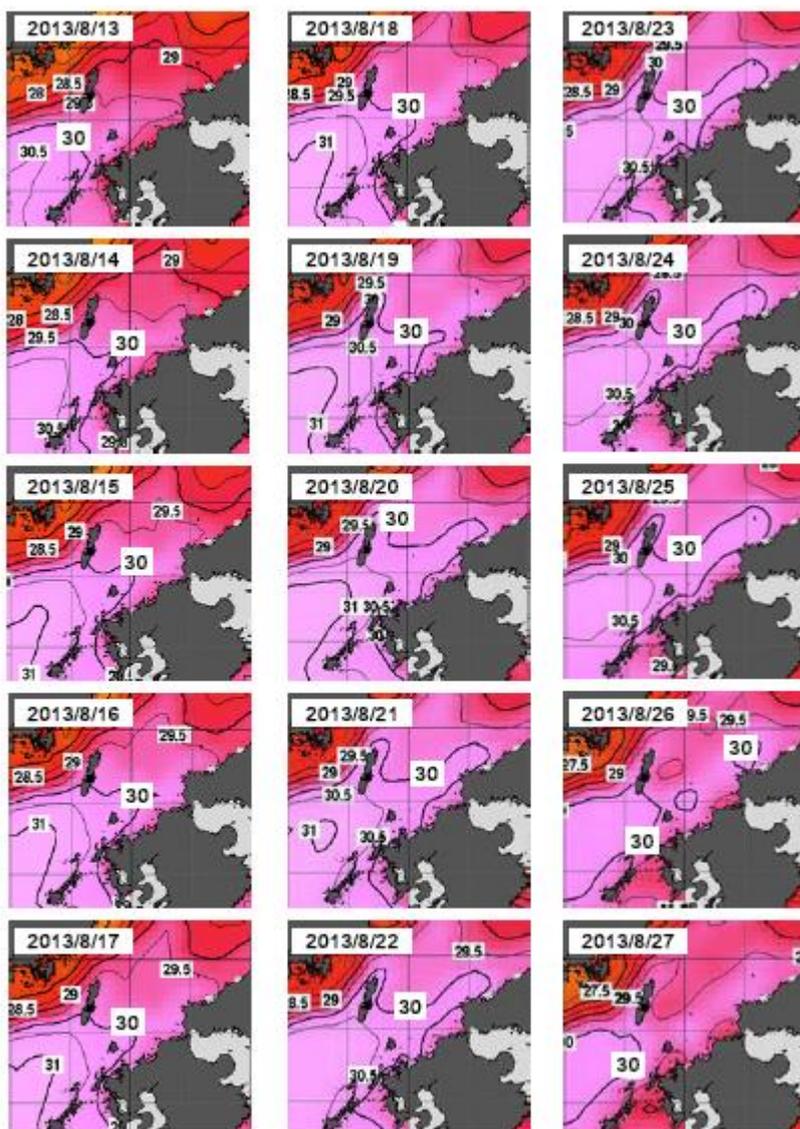


図 4.2.2-2 対馬周辺の表層水温（2013年8月13日～27日）

気象庁 HP「海洋の健康診断表」¹⁶⁸より作成

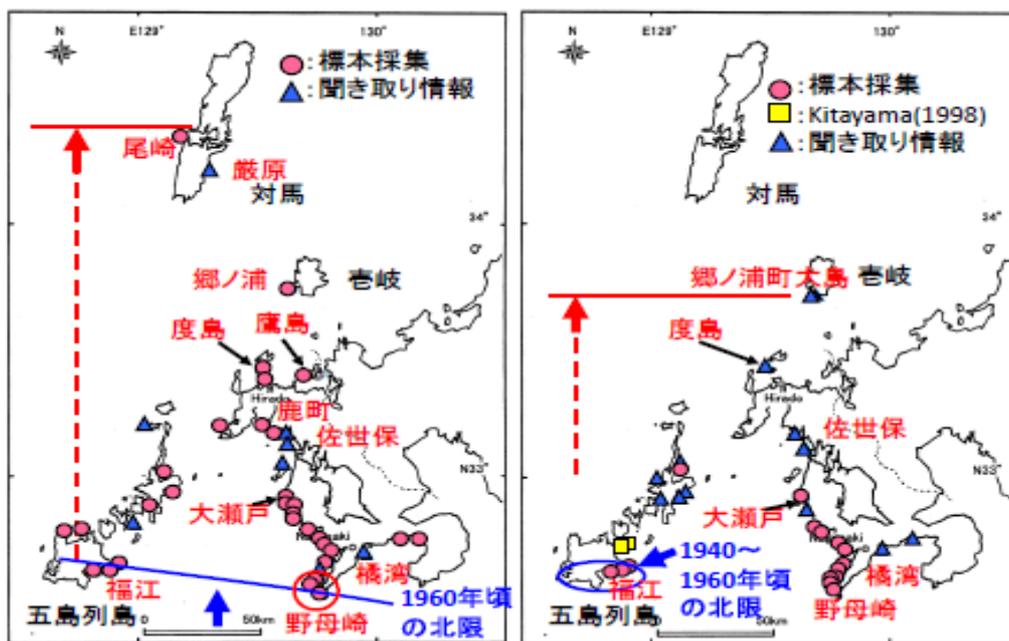


図 4.2.2-3 南方系のホンダワラ類 (左) とアントクメ (右) の分布北上⁸⁴

(3) 培養実験による藻場構成種の生育限界温度

海水温の上昇に伴う藻場構成種の生育への影響を明らかにするために、詳細な培養実験から生育上限温度が調べられています⁸⁵⁻⁸⁹。

温度条件を25℃から35℃までの1℃間隔に設定して培養実験を行ったところ、生育上限温度はガラモ場を構成するホンダワラ類のアカモクおよびイソモクでは27℃、マメタワラ、ホンダワラおよびジョロモクでは30℃、ヤツマタモク、ノコギリモクおよびウミトラノオでは31℃であることが明らかになりました(表 4.2.2-1)^{85,86}。カジメ類の生育上限温度については、アラメでは成体の葉と幼体がともに29℃^{85,87,89}、クロメでは幼体が26℃⁸⁸、成体の葉が28℃^{85,87,88}と報告されています。また、ヒロメの幼体が26℃、ワカメの幼体が27℃でした⁹⁰。32℃以上では、実験に用いた藻場構成種は全て枯死しました。このような培養実験からは、種によって生育上限温度が異なり、わずか1℃の温度上昇で生死が決まることがわかりました。2013年8月に対馬沿岸で観測したように30℃付近の海水温が数日続くと(4.2.2項(1)参照)、生育上限温度が26-29℃のアラメやクロメでは枯死に至る可能性が示され、生育上限温度が31℃のノコギリモクなど限られた海藻しか生残しないことが予測されます。

藻場構成種	生育上限温度(℃)					
	26	27	28	29	30	31
ホンダワラ類 ^{*1}		アカモク イソモク			マメタワラ ホンダワラ ジョロモク	ヤツマタモク ウミトラノオ ノコギリモク
カジメ類 ワカメ類	クロメ幼体 ^{*3} ヒロメ幼体 ^{*4}	ワカメ幼体 ^{*4}	クロメ ^{*2}	アラメ ^{*2} アラメ幼体 ^{*3}		

表 4.2.2-1 培養実験による藻場構成種の生育上限温度⁸⁵を改変)

*1: 8～10月に採集した成体の先端葉状部⁸⁶

*2: 10～11月に採集した成体の生長点付近の側葉⁸⁷

*3: 10～11月に遊走子を培養し、配偶体を成熟させて得た幼体^{88,89}

*4: 保存培養中の配偶体を成熟させて得た幼孢子体⁹⁰

項目	例	備考
1. 海況の変化	黒潮・対馬暖流の優勢・接岸，親潮第一分枝の離岸，流氷接岸	冬季または夏季の高水温が問題となり，夏季は貧栄養も伴う。流氷接岸は「磯掃除」（雑藻駆除）効果の方が大きい。
2. 栄養塩の欠乏	イカゴロ海中投棄の中止，砂防ダムの増加，河水・河川水の流入減少・拡散阻止	窒素・リン（・鉄？）の不足は，海藻の成長や成熟に影響を及ぼしうる。沿岸・流域の改変や沿岸への栄養塩フィードバックの喪失により，富栄養域と貧栄養域の格差助長が懸念される。
3. 淡水流入の影響	山林伐採（河川氾濫，一時放水），原野開拓，豪雨・長雨，ダム排砂	古くは淡水の低塩分が原因と考えられていたが，実際には出水時の浮泥堆積や海水の濁りの影響が深刻である。
4. 天候の異変	台風・暖冬	広域で台風の影響が考えられたのは相模湾西部のキティ台風（1949年）のみ。
5. 植食動物の食害	ウニ，サザエ，アメフラシ，小型巻貝，植食性魚類（アイゴ，ブダイ，ノイスズミ，ニザダイなど）。	ウニ・魚以外は副次的であるが，サザエはテングサ場，（アマクサ）アメフラシはワカメ場などで時々問題になる。
6. 海底基質の占有	無節サンゴモ，ゴカイ類	無節サンゴモは，食害，波浪，海水の濁り，浮泥の堆積などに強く，海藻が少ない区域（衰退域も含む）で繁茂しやすく，磯焼けの原因よりも結果である。
7. 海底基質の埋没	火山灰，漂砂，浮泥	火山灰の被害は，古くは駒ヶ岳，近年は普賢岳や三宅島で起きた。漂砂や浮泥は近年の沿岸・河川の改変と関係が深い。
8. 公害	鉱山・工業・生活排水，発電所温排水，河川改修，海岸道路・港湾・護岸工事（特に，埋め立てや沖出し構造物），圍場整備，農薬。	現在，国内の鉱山は大半が閉山になり，高度成長期に比べて沿岸の汚染も改善されているが，沿岸構造物の増加により静穏化や浮泥の堆積が進んでいる。

表 4.2.2-2 藻場を衰退させる要因⁶⁹

(4) 植食動物の摂餌期間の拡大

ウニ類の摂食量は水温によって異なり、ガンガゼとムラサキウニでは 13℃から 29℃の範囲では水温が高いほど摂食量が多くなります。同様に、藻食性魚類であるイスズミ類、アイゴ、ブダイでも水温が 20℃以上では摂食量が多く、16℃以下ではほとんど食べません。このため、水温が上昇した場合には藻食動物の量が変化らなくても、海藻を食べる期間が長くなり、食べる量も増加することから影響が大きくなると考えられます。

4.2.3 その他

藻場を衰退させる要因については、全国各地でこれまで報告されたものがまとめられています（表 4.2.2-2）⁶⁹。1990 年以降の対馬の藻場衰退に関して考えられる主な藻場衰退要因は、前述したように①植食動物による藻場構成種への食害、②高水温による藻場構成種の枯死や生育不良、のいずれか、もしくはこれらの組み合わせということになります。その他にも対馬では、台風による物理的破壊、大雨後の河川などからの濁水の流入による海底への泥の堆積、造礁サンゴやサンゴイソギンチャク類の大規模発生によって、藻場構成種の着生基質が破壊されたり、他の生物に占有されたりすることなどが懸念されます。なお、造礁サンゴと藻場との関係については 4.5 節で詳細に述べています。

4.3 藻場生物の資源管理～主要種の生態、資源変動とその要因～

対馬では藻場を構成し水産的に重要な海藻にはヒジキおよびカジメ類（アラメ、カジメ）があります。また、藻場に生息する無脊椎動物にはアワビ類（クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ）、サザエおよびウニ類（ムラサキウニ、アカウニ、バフンウニ）などが対象となります。各種の生態・生活史、資源量水準と推移、資源管理（採集方法、漁の解禁期間）などを表 4.3-1 にまとめています。

各種の資源量水準は、ヒジキ、カジメ類、アワビ類が減少傾向にあり、サザエは変動が大きいことがわかっています。特に、カジメ類などの海藻を餌料とするアワビ類にとっては、カジメ類を含む藻場の衰退が資源量の減少に大きな影響を及ぼしているようです。また、アワビ類では、各漁協で漁具や解禁日の細かい設定、漁獲サイズの引き上げなどの資源管理に取り組んでいます。ヒジキやカジメ類については、10年以上前から採取されなくなった地区や自家消費程度の採取のみで出荷できなくなった地区などがみられます。

表 4.3-1 藻場生物の生態と資源情報（次頁に続く）

種	ヒジキ	アラメ	カジメ
成熟期	4月下旬～6月下旬 (長崎県) ⁸⁴	9月中旬～12月中旬 (盛期10～11月) (長崎県) ⁸⁴	9月中旬～12月中旬(盛期10～11月) (長崎県) ⁸⁴
形態的な特徴と大きさ	繊維状の付着器が越冬する 受精卵から発生した幼体、付着器からの新芽はともに秋に確認でき、冬から春に伸長する。 藻長は1～2m ⁶⁹ 。	成体では茎の上部が分叉し、そこから多数の皺のある側葉をつける。 多年生(寿命4～5年) 1年目:茎の長さ8～12cm、中央葉の長さ15～25cm、幅5～10cm。 2年目以降:茎の長さが10～20cmから100～150cm、まれに200cmを超える ⁶⁹ 。	成体では茎が分叉せず、中央葉から多数の皺のない側葉をつける。 多年生(寿命3～4年) 2年目以降:茎の長さは十数cmから100cm以上、時に200cm。中央葉の長さ20～30cmで、成長すると60～100cm、幅5～6cm ⁶⁹ 。
生育水深	岩礁域 潮間帯下部 ^{69,84} 。	岩礁域 低潮線直下から漸深帯上部 ⁶⁹ 。 5m以浅に多い ⁸⁴ 。	岩礁域 漸深帯の水深20m程度 ⁶⁹ 。 4～5m以深に多い ⁸⁴ 。
資源量水準と推移	減少傾向	減少傾向	減少傾向
対馬での採集法	鎌切り(佐須奈・上県・美津島町) 陸取り(豊玉町) 素潜り(美津島町高浜)	素潜り漁(佐須奈) 鉾突き(峰町東部・豊玉町) 船と陸からの鎌切り(美津島町) 素潜り(美津島町高浜)	
解禁期間・場所	4/23～4/25、5/8～5/10、5/23～5/25(佐須奈) 5/8～5/12、6/6～6/10(上県):口開日のみ天候調査で決定、生育状況で延期(伊奈漁協と協議) 3/1～5/31、2/1～6/30(豊玉町) 5月の約1ヶ月(三津島町) 2/1～7/31の口開け後1ヶ月(美津島町高浜):自家消費のみ	12/21～2/28(佐須奈):自家消費のみ 10/21～3/31(峰町東部):自家消費のみ 周年、2/1～10/31(豊玉町) 12/21～10/31(美津島町) 11/1～4/30(美津島町高浜)	
その他		対馬では、アラメとカジメを区別なく「かじめ」と呼び、「粉かじめ」「刻みかじめ」「棒かじめ」などとして食用に用いられている。対馬にはカジメと形態が近似するが葉に皺が形成され、やや小型の「クロメ」が生育する。	

表 4.3-1 藻場生物の生態と資源情報（前頁の続き）

種	クロアワビ	メガイアワビ	サザエ
成熟期	11～1月	11～1月	5～8月（盛期6～7月）
成長	1歳：2.4 cm 2歳：5.0 cm 3歳：8.0 cm 4歳：10.4 cm 5歳：12.2 cm 6歳：13.3 cm 7歳：14.6 cm （上対馬町）	1歳：2.5 cm 2歳：4.9 cm 3歳：7.6 cm 4歳：9.7 cm 5歳：11.3 cm 6歳：12.4 cm 7歳：13.6 cm （上対馬町）	1歳：1.5cm 2歳：3.8cm 3歳：6.6cm 4歳：8.4cm 5歳：9.0cm （厳原町、上対馬町）
すみ場と生息水深	岩礁域 アワビ類の中で最も浅い	岩礁域 クロアワビより深い	岩礁域
餌海藻	大型褐藻（アラメ、カジメ、ワカメ、ホンダワラ類）	大型褐藻（アラメ、カジメ、ワカメ、ホンダワラ類）	広い種類の海藻、特にマクサは成長がよい
資源量水準と推移	減少傾向	減少傾向	変動が大きい
対馬での採捕法	素潜り漁 潜水器漁 見突き漁 刺網漁	クロアワビと同じ	クロアワビと同じ
解禁期間・場所	県条例で11/1～12/20は禁漁、殻長10 cm以下は漁獲禁止、潜水器漁業は許可が必要その他に漁協によって独自の制限あり	クロアワビと同じ	県条例で、蓋径2.5 cm以下は漁獲禁止、潜水器漁業は許可が必要。その他に漁協によって漁期など独自の制限があり

表 4.3-1 藻場生物の生態と資源情報（上表の続き）

種	ムラサキウニ	アカウニ	バフンウニ
成熟期	7～8月 （平戸市）	11～1月 （平戸市）	12～3月 （山口県）
成長	1歳：1.6 cm 2歳：2.6 cm 3歳：4.0 cm 4歳：5.3 cm （福岡県）	1歳：1.7 cm 2歳：3.3 cm 3歳：4.6 cm 4歳：5.2 cm （鴨居瀬）	1歳：1.6 cm 2歳：2.7 cm 3歳：3.4 cm 4歳：4.0 cm （山口県）
すみ場	岩礁域 浅い所に多い。	やや深い所に多い。	ごく浅い所に多い。
餌海藻	広い種類の海藻。ムラサキウニは磯焼け域でも生存可能。	広い種類の海藻。磯焼け域では資源の減少が懸念される。	広い種類の海藻。
資源量水準と推移	データ不足	データ不足	データ不足
対馬での採捕法	素潜り漁 陸からの鉤取り漁	素潜り漁	陸からの鉤取り漁 素潜り漁
解禁期間・場所	県条例で潜水器漁業は許可が必要。その他に漁協によって漁期など独自の制限あり。	ムラサキウニと同じ	ムラサキウニと同じ

4.3.1 ヒジキ

ヒジキ *Sargassum fusiformis*

1. 一般的な情報

ヒジキは(図 4.3.1-1)、日本の北海道南西部から沖縄本島南東海岸まで広い範囲で分布しますが、日本海沿岸では分布していない場所もあります。岩礁域の潮間帯下部で生育します。古くから食用とされています。

ヒジキの学名はかつて *Hizikia fusiformis* とされ、ヒジキ属 (*Hizikia* 属) として扱われていましたが、最近ではホンダワラ属 (*Sargassum* 属) に含まれるとされています。



図 4.3.1-1 ヒジキ

2. 生活史

ヒジキの生活史を図 4.3.1-2 に示します。成体では全長が 1~2m になり、雌雄異株で成熟すると葉の付け根の部分に房状の小さな枝のような生殖器床を形成します。生殖器床は雄と雌に区別でき、雄性生殖器床からの精子と雌性生殖器床からの卵(図 4.3.1-3)が受精して発生を始めると、幼胚と呼ばれるようになります。幼胚は、仮根と初期葉を形成し、肉眼視できる発芽体から幼体を経て、成長の早い個体では 1 年目から成熟します。成熟後には生殖器床を形成していた直立部は枯れて流失します。基部の付着器は、繊維状で横へ広がって岩礁に着生しており、この部分から次々と新芽がつくられます⁹¹。



図 4.3.1-3 雌性生殖器床上の卵や受精卵

成熟時期は九州では 5~6 月、関東では 5 月下旬~8 月上旬頃といわれています⁹²。1985 年~1993 年の 9 年間の観察による長崎県野母崎における卵の初放出日は、年によって水温が若干相違するものの、5 月 11 日から 5 月 19 日までの間でほぼ一致し、同一場所に生育している個体は同一日に一斉に卵が萌出されることが報告されています⁹²。

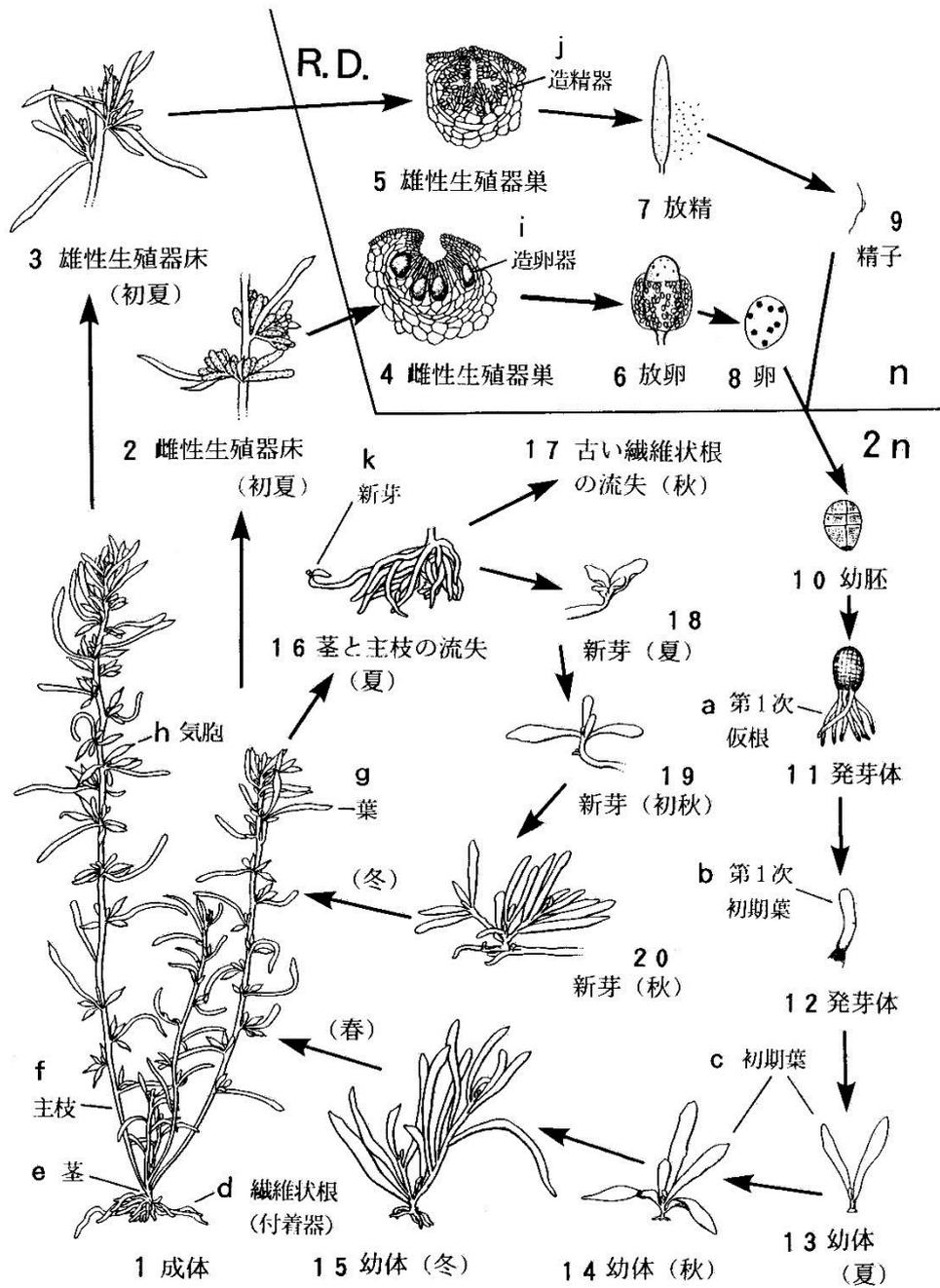


図 4.3.1-2 ヒジキの生活史⁹¹

3. 禁漁期間、禁漁区など資源保護への取り組み

対馬では、陸からと素潜りによって鎌を用いて採藻漁が行われているところが多いようです。採藻期は各地で細かく決められ、異なっています。対馬の多く沿岸域でヒジキ分布域の縮小や生育不良に伴い採藻量が減少しています。ヒジキの生育不良の原因については四井 (2005)⁹² により次の3点が考えられています。①付着基質の石や岩の表面が硬く、割れ目や窪みが極端に少ない場合、ヒジキが個体数を増やし生育密度を高められないために干出時の保湿ができず生長が抑制される。②波浪などの機械的な影響を受け生長が抑制される。③伸長した藻体が魚の摂食により短くなる。特に、対馬を含む長崎県沿岸では③の魚の摂食が夏から秋に多くみられるようです。

4. 増養殖の取り組み

ヒジキの増養殖は一般的には、①種まき・母藻移植、②ウミトラノオなど混生する海藻を駆除する磯掃除、③附着器（根部）を保護するために藻体がある程度残して鎌などを用いて刈り取る、④幼体などの藻体をロープに挟み込み、海面で育成するなどが知られています⁹²。また、最近では⑤受精卵（幼胚）をロープなどに採苗して、海面で育成する試験研究も行われているようです⁹³。しかし、④の幼体のロープへの挟み込みでは、幼体を附着根ごと採集することによる天然ヒジキ群落の衰退が懸念されます。また、④と⑤のロープを用いた海面での育成では、雑生物の附着の最小限に抑えることが必要です。

4.3.2 カジメ類（アラメ、カジメ、クロメ）

アラメ *Eisenia bicyclis*、カジメ *Ecklonia cavai*、クロメ *Ecklonia kurome*



図 4.3.2-1 山口県日本海沿岸のアラメ（全長約 80cm，左），カジメ（幼体と全長約 1.3m の成体，中）およびクロメ（全長約 50cm，右）

1. 一般的な情報

アラメは（図 4.3.2-1 左）、太平洋沿岸では本州中南部、日本海沿岸では九州西・北岸から山陰地方にかけて分布し、潮間帯下部から漸深帯上部の岩礁域に生育します⁹⁴。カジメは（図 4.3.2-1 中）、太平洋沿岸の本州中南部、日本海沿岸では九州西・北岸から隠岐島までにも分布し、漸深帯の水深 20m 付近までの岩礁域に生育します⁹⁴。クロメは（図 4.3.2-1 右）、太平洋沿岸では九州より東京湾湾口、日本海沿岸では佐渡以西、瀬戸内海沿岸の岩礁上に分布します⁹⁵。

アラメの茎の上部は分叉することから他の 2 種とは容易に区別できますが、カジメとクロメの茎は両種とも分叉せず、葉の皺の有無が明瞭な場合には両種を区別することができます。葉の皺が無いほうがカジメ、皺があるほうがクロメですが、皺が明瞭でない藻体も多くみられます。また、3 種ともアワビやサザエ、ウニなどの餌料として、また藻場構成種として重要です。さらに、食用とする地域も多くあります。この 3 種は地方名が互いに混乱（例、図鑑に載っているアラメとカジメを両種とも「かじめ」と呼ぶ地域がある）しているため注意が必要です。

2. 生活史

カジメ類の代表としてクロメの生活史を図 4.3.2-2 に示します。海中で生育する藻体は多年生の孢子体です。大型に生育した孢子体は、秋から冬にかけて成熟し、側葉に子嚢斑の形成が確認できます。子嚢斑は遊走子が入った遊走子嚢で形成されていて、そこから顕微鏡的な大きさの遊走子が放出されます。放出された遊走子は、海底の岩礁上に附着し、発芽する雄と雌の配偶体にな

ります。雌性配偶体では卵が形成され、雄性配偶体からの精子と受精した発芽すると胞子体となり、春には肉眼視できる幼体に生長します。幼体は伸長しつづけ、早いものでは幼体から1年程度で成熟する様になりますが、大型の成体に伸長するには2年以上かかります⁹⁵。

成熟時期は、3種とも長崎県沿岸では9月下旬～12月中旬で、遊走子の放出が顕著にみられる盛期は10～11月といわれています⁸⁴。

3. 禁漁期間、禁漁区など資源保護への取り組み

対馬では、船上と素潜りによって鎌や鉾を用いて採藻漁が行われているところが多いようです。採藻期は冬を含みますが、各地で細かく決められ、異なっています。近年は、対馬のほとんどの沿岸域でカジメ類の衰退が顕著であるため、自家消費のみの採集に限っている地域も多くみられます。対馬でのカジメ類の衰退と原因については、**4.1 節**と**4.2 節**で述べています。

4. 増養殖の取り組み

カジメ類の増養殖は藻場造成の観点から進められてきた経緯があります。一般的には、①母藻移植と母藻を入れたスポアバックなどの播種、②種糸や種苗板に発芽した種苗の利用、③基質形状の工夫などの取り組みが行われてきました⁶⁹。対馬でこれらの取り組みを実施する際には、植食性動物を除去または駆除する必要があります。

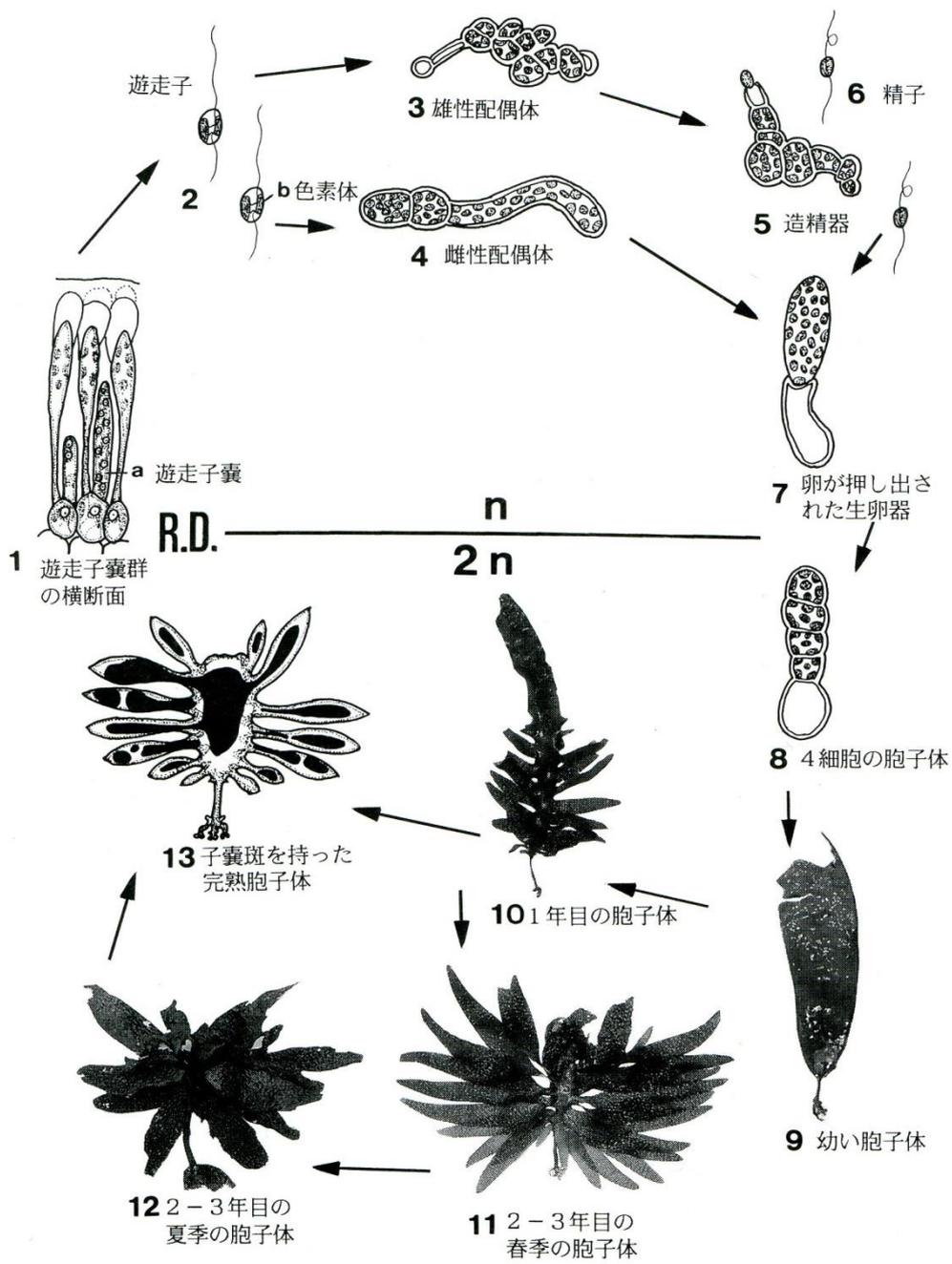


図 4.3.2-2 クロメの生活史⁹⁵

4.3.3 アワビ類 (クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ)

クロアワビ *Haliotis discus discus*、メガイアワビ *H. gigantea*、マダカアワビ *H. madaka*



図 4.3.3-1 アワビ類

左からクロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ

1. 一般的な情報

アワビは、生食の他に干しアワビや熨斗アワビなどの食用以外に、貝殻は螺鈿細工の原料となるなど、古から人々に利用されてきました。現代においても重要な水産資源です。

クロアワビ (図 4.3.3-1 左)、メガイアワビ (図 4.3.3-1 中)、マダカアワビ (図 4.3.3-1 右) は、日本海側では北海道南部の松前小島以南、太平洋側では茨城県以南、九州までです。クロアワビに関して DNA 分析から、5 つのグループに分けられること⁹⁶が分かっています。

漁獲方法は素潜り、潜水器、鉾突き、刺網などで、一般的には素潜り漁業による漁獲量が多いです。

2. 生活史

初期発生：卵は直径 0.2～0.3mm の沈性卵で、受精して不可までの時間は水温 15～20℃では 15～20 時間で、ふ化した幼生は 4～8 日の浮遊期間を経て、着底生活に移行します。着底・変態は無節石灰藻により強く誘引されることが知られています。浮遊期間中は摂餌しませんが、着底生活に移ると海底を匍匐し、付着珪藻など微細な藻類を摂餌し、成長に伴って大型の海藻を摂餌するようになります。

成長：成長については、過去に昭和 54～55 年にかけて上対馬町でクロアワビとメガイアワビを調査した結果があります。殻の年輪から解析した結果、以下のように推定されました⁹⁷。

クロアワビ：1 歳—2.4cm、1.8g、2 歳—5.4cm、20g、3 歳—8.0 cm、65g、4 歳—10.1cm、132g、5 歳—11.8cm、215g、6 歳—13.3cm、309g、7 歳—14.6cm、405g、8 歳—15.7cm、495g。

メガイアワビ：1 歳—2.5cm、1.6g、2 歳—5.3cm、15g、3 歳—7.6 cm、46g、4 歳—9.5cm、91g、5 歳—11.0cm、146g、6 歳—12.3cm、206g、7 歳—13.4cm、267g、8 歳—14.3cm、326g。

なお、1980 年代のアワビの成長と 2000 年代のアワビの成長を比較して、2000 年代の成長が悪化しているとする報告⁹⁸もありますので、注意が必要です。

産卵期：産卵期については、平成 19～21 年に上対馬町で調査された結果があり、年によって 1 か月程度の変動があるますが、クロアワビでは 10 月下旬～1 月中旬、メガイアワビでは 10 月下旬～12 月下旬に盛期があります⁹⁹⁻¹⁰¹。アワビの産卵期に関しては、水温 20℃の頃とされていますので、近年の秋の水温が高い状態を考えると、産卵期は遅くなる傾向にあると考えられます。実際、長崎水試の調査では平成 19 年の上対馬町におけるクロアワビの産卵盛期が 1 月中旬までずれ込んだことが報告されています⁹⁹。

産卵期の年変動要因には水温が関係していると考えられます。また、6 月以降、無給餌で飼育した場合には成熟しないこと¹⁰²から、産卵量には餌料環境の影響が大きいと考えられます。成熟した個体は、生殖腺 (いわゆる角の部分) が雄では白、メスでは緑色になります。

すみ場：クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビともに岩礁域をすみ場としており、クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビの順で生息水深が深くなります。マダカアワビは 10m 以深に多いとされています。

食性：着底初期は付着珪藻や海藻の初期発芽体を餌としていると考えられています¹⁰³、その後成長に伴い大型海藻に移行するとともに餌となる海藻の種類も増えます¹⁰⁴。成貝はワカメ、アラメ、カジメ、ホンダワラ類などの大型褐藻を主な餌料としています。

3. 禁漁期間、禁漁区など資源保護への取り組み

長崎県漁業調整規則では、アワビについて、殻長 10 cm 以下は採捕禁止、11 月 1 日から 12 月 20 日までは禁漁期とされています。対馬では、素潜り、潜水器、鉾突き、刺網で漁獲され、地先によって漁獲方法が異なっています。漁期については多くの漁協で調整規則よりも制限しており、短い所では、上対馬漁協の素潜り漁で 7 日間、上対馬南漁協の素潜り漁で 10 日間などとなっています。また、上対馬町漁協では制限殻長を 11cm に引き上げています。佐須奈漁協では数年前までは 11cm 以上としていましたが、特に増えなかったので戻しています。禁漁区を設定している漁協は 3 漁協のみです。

アワビ類は雌雄が体外に放卵放精した後に受精するため、雌雄間の距離が遠いと受精率が低下することが報告されています^{105,106}。このため、資源の保護のためには親貝を高密度に維持する必要があり、密漁対策や藻場の状況も考慮した上で禁漁区を設置することが望まれます。

4. 種苗放流などの増養殖の取り組み

対馬市には対馬栽培漁業センターと(株)カミレイ栽培センターの 2 か所の種苗生産施設があり、年間およそ 13 万個の人工種苗が生産されており、各地先で種苗放流が行われています。放流されているのはクロアワビとメガイアワビであり、過去 10 年 (2002~2012 年) の放流量は別表の通りです。対馬市阿連地先において放流されたクロアワビ種苗の回収率を調査した結果では、放流した年により 1.5~13.8% と差がありますが、平均で 5% 程度と推定されています^{107,108}。

5. 磯焼けの影響

アワビ類は磯焼け (正確には、アラメ類、ホンダワラ類などの大型褐藻の消失) の影響を強く受け、静岡県、和歌山県、高知県でもアラメ類から成る藻場が消失した後にアワビ類が漁獲されなくなったことが報告されています。また、長崎県においても、平戸市、小値賀町において同様に磯焼けとともに漁獲量が減少した事例が報告されています^{109,110}。

2006 (平成 18) 年までの対馬市の漁獲データをみると、磯焼けが著しい旧巖原町管内では 2003 (平成 15) 年以降の減少が著しいのに対し、海藻が残っている旧上対馬町管内ではそれほど大きく減少していないことから、この間の減少に関しては磯焼けが影響していると考えられます。

4.3.4 サザエ

サザエ *Batillus cornutus*

1. 一般的な情報

サザエ(図 4.3.4-1)は、古から主に壺焼きで食され、貝細工の材料としても知られる、岩礁域の大型の巻貝として重要な水産資源です。

分布は、暖海域に限られるものの北海道以南から九州南部までと広く、ミトコンドリア DNA で調べられた結果では、黒潮(太平洋)系と対馬暖流(日本海)系の2系統があることが分かっています。

漁獲方法は、素潜り、潜水器、鉾突き、刺網などで、長崎県の漁獲量の大半は(約70%)、素潜り漁業で獲られ、次いで刺網漁業で漁獲されます。



図 4.3.4-1 サザエ

2. 生活史

初期発生: 卵は直径約0.2mmの沈性卵で、受精してふ化までの時間は、水温23℃では15時間程度で、ふ化幼生は3日間程度の浮遊期間を経て、着底生活に移行します。浮遊期間中は摂餌しませんが、着底生活に移ると海底を匍匐し、付着珪藻など微細な藻類を食べ、成長に伴って大型の海藻を摂餌するようになります。

成長: 成長については、過去に昭和61年から63年にかけて、対馬の厳原町阿連や上対馬町鰐浦で調査された結果があります¹¹⁾。年齢別の成長(殻高、殻蓋長径(蓋の長さ)、重量)は図4.3.4-2のとおりです。長崎県漁業調整規則では、殻蓋長径25mm以下のサザエは漁獲が禁止されており、これは、殻高と殻蓋長径との関係から殻高では60mm以下、年齢では3歳未満となります。サザエは、主に3歳で漁獲対象となり、素潜りや刺網漁業では、漁獲対象の中心が3~5歳となっています。

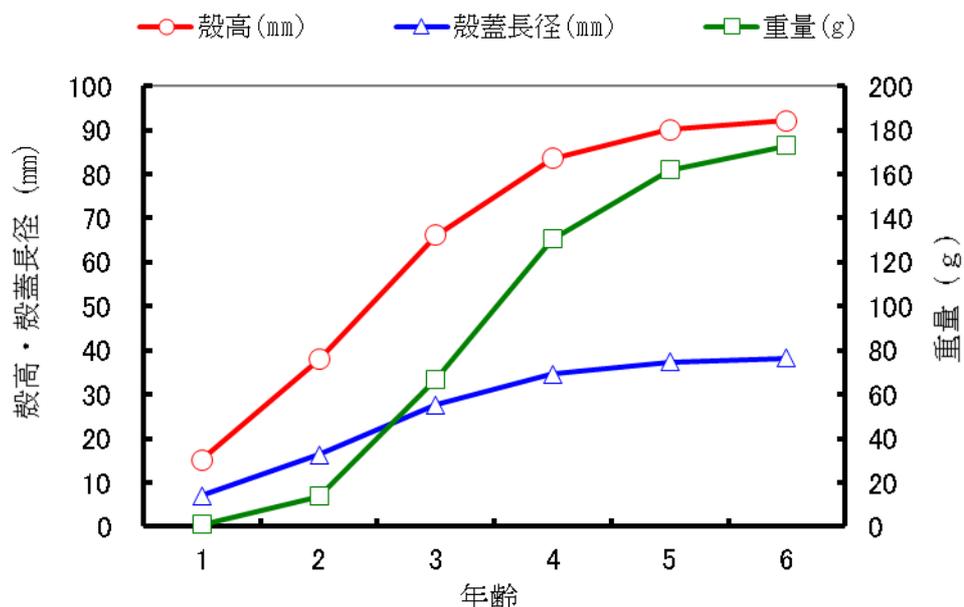


図4.3.4-2 サザエの成長(対馬)

産卵期: 産卵期については、過去に昭和61年から63年にかけて、対馬の厳原町阿連と上対馬町鰐浦で調査された結果があり、産卵期は、その時期や長さによって変動がみられるものの、

概ね5～8月の間にあります¹¹¹。盛期は6～7月の間で、その時期の水温は20～24℃です。成熟年齢は、3歳で、年齢別の産卵数（よう卵数）は、3歳で19万個、4歳で61万個、5歳で89万個と見積もられています。3歳では産卵数が少なく、生殖腺の顕著な発達が認められない年もあるため、3歳での再生産への貢献度は低いと考えられます。

なお、産卵期の年変動要因には、生殖腺が回復期から成熟期に至る間の水温や餌料環境の違いが影響していると考えられますが、餌環境が十分に保障された条件下では、生殖腺の発達は、水温と関係し、積算温度1,100℃・日でピークに達すると推察されます。

サザエは雌雄異体であり、生殖腺（殻の中の渦を巻いている先端部分）は、オスはクリーム色、メスは緑褐色を呈します。時折、オレンジ色を呈したものがみられますが、これはセルカリア（寄生虫）の寄生によってこのような色となります。

分布：サザエ稚貝は、過去に上対馬町鰐浦で行った調査結果から基本水準面下150cm以浅に多く分布し、特に、+40cm～-40cmの範囲に多く分布することがわかっています¹¹¹。内場ら¹¹²の報告では、サザエの幼生の着底は水深0mで多く、また、葭矢ら¹¹³の人工種苗の放流試験の結果では、水深50cm以浅で生残率が高かったとしており、基本水準面を中心とした+40cm～-40cmの範囲はサザエ稚貝とその後の生残に好適な条件を備えていると考えられます。

稚貝の出現は、植生からみるとアラメ類やホンダワラ類の大型海藻が繁茂する場所より、小型海藻が繁茂する場所で多く、稚貝はテングサ類やアオサ類などの小型海藻を積極的に摂餌し、隠れ場としても利用していることから、小型海藻が繁茂する場所は、サザエの餌場並びにすみ場として重要な意味を持ちます。

一方、成貝は基本水準面下、深浅に関わらず分布し、成長に伴って潮間帯下部から漸深帯上部に分布を広げ、比較的浅い水深5m以浅の岩礁帯を好む傾向があります。

食性：サザエは、夜行性で、主に藻類を食べ、海藻は餌料として重要であるのみならず、特に稚貝期において、すみ場として重要です。特に、稚貝はテングサ類やソゾ類など小型の紅藻類を好み、天然域では、その分布の広さと量からテングサ類が重要です。サザエの保護、育成には、これら海藻の分布が大きな役割を担い、ワカメやアラメなどを好むアワビと違って、その食性の幅は広いと考えられます。

3. 禁漁期間、禁漁区など資源保護への取り組み

サザエについては、長崎県漁業調整規則では制限サイズのみが定められ（殻蓋長径25mm以下）、漁業禁止期間はありません。地先独自の取り組みとしては、過去に阿連では長崎県漁業調整規則を上回る殻蓋長径27mm以下を保護していました。

対馬沿岸のサザエは、3歳で長崎県が定める制限サイズ（殻蓋長径25mm以下）を超え、漁獲対象となり、成熟年齢に達します。しかし、年齢に伴う産卵数からみると、再生産に貢献できる主群は4歳以上であり、産卵群を確保するためには、3歳以下を保護する必要があります。また、産卵群を保護し、再生産に有効に機能させるためには、少なくとも産卵盛期にあたる6～7月の漁業禁止期間の設定が望まれます。

資源の持続的な利用を図る上では、漁獲量を適正に管理する必要がありますが、これには資源量の解析や漁業者の合意など越えるべきハードルが多くあります。そこで、3歳群を保護し資源の適正利用と産卵群を保護する意味で、長崎県が定める制限サイズを殻蓋長径30mmまで引き上げることが、即効性があり実効性の高い取り組みと言えます。

4. 種苗放流などの増養殖の取り組み

「平成21～23年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）～資料編～」(水産庁、独立行政法人水産総合研究センター、(社)全国豊かな海づくり推進協会)でみると、対馬海域で実施されたサザエの種苗放流は、平成21年度に峰東集落で3千個、23年度に豊玉東及び西集落で合計6千個と少量となっています。一方、長崎県内では、大村湾や新上五島町で殻高5cm程度の大型個体の移植放流が実施されており、特に新上五島町では、3年間の合計で約59万個が放流されていますが、その効果は明らかにされていません。ちなみに、県内での人工種苗の生産は、過去には水産試験場でも取り組まれましたが、今は、新上五島町あわび中間育成センターのみで行われ、

毎年 1 万個程度の生産実績となっています。

全国的にみると、サザエの種苗生産は 8 県で実施されており、毎年 300 万個程度が生産されています。生産数は、東京都（H23：77 万個）や神奈川県（H23：72 万個）が多く、そのため、両県で種苗放流数も多い状況です。

種苗放流によって増産を図るために、それが経済行為である以上、費用対効果が問われます。神奈川県では、放流種苗の回収率が 28.9～38.9%と推定され、費用対効果は 1.5～1.8 と見積もられています¹⁴。しかし、現在のサザエの単価（約 50 円/個）と人工種苗の値段（20 円/個程度）を基準に試算すると、回収率が 40%を上回らないと、費用対効果 1 を超えません。今後、対馬でサザエの漁獲量を種苗放流も併せて維持、増大を図っていくには、漁獲量 628t（H22）を対象に考えると、数百万個レベルの種苗が必要となります。現在は単価が約 10 倍のアワビを対象として種苗放流事業を進めていますので、地元でよく今後の放流対象種について、種苗生産施設の運用と生産コスト、サザエの放流技術と放流体制などが実効性のあるものになるかを十分に検討して取り組む必要があります。

ちなみに、水産試験場が過去に実施した阿連での平均殻高 17.5mm の人工種苗を用いた放流試験の結果では、漁獲加入（殻高 60mm 以上）までの生残率は 12.6%と推定されました。

5. 磯焼けとの関係

サザエは、アワビに比べ食性の幅が広く、特にアワビが餌として好まないテングサ類やソゾ類など紅藻類を好んで食べます。近年の藻場においては、まず藻食性魚類の食害によって主に大型褐藻類が衰退し、その後、ウニ類など植食性底生動物による食害が加わると磯焼け状態へ移行し、その状態が継続します。そのため、食害動物を排除しない限り、回復は望めない状況です。

藻場の衰退・回復過程において、ウニ類など植食性底生動物による食害が藻類の増殖を妨げない状況においては、小型海藻が繁茂する海域となります。特に、小型海藻の中で、植食性動物の紅藻類に対する嗜好性は褐藻類、緑藻類に比べ低いため、テングサ類など紅藻類が優先して繁茂する場所が多くみられます。このような紅藻類が優先した場所は、サザエにとって好適な環境（餌場及びすみ場）を備えていますので、サザエの生産の場等としてより機能させるためには、資源管理（禁漁期間、禁漁（保護）区、漁獲制限サイズ、漁獲量制限など）などの積極的な取り組みが必要です。

4.3.5 ウニ類

ムラサキウニ *Anthocidaris crassispina*、アカウニ *Pseudocentrotus depressus*、バフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* (以上、漁獲対象種)

ガンガゼ *Diadema setosum*、アオスジガンガゼ *D. savignyi* (磯焼け対策上重要種)



図 4.3.5-1 ウニ類

上段：左からアカウニ、ムラサキウニ、バフンウニ

下段：左からガンガゼ、アオスジガンガゼ

1. 一般的な情報

ウニ類は半円球の殻と動く鋭い棘、伸縮自在で吸盤のある多数の管足をもち、体の下部中央に口、上部中央に肛門があります。体内は消化管と5個の生殖腺とによってほとんどの空間が埋められており、この生殖腺が食用とされます。縄文時代の遺跡からもウニの殻が見つかっており、既に食用として利用されていたと考えられます。

アカウニ(図 4.3.5-1 上段左)、ムラサキウニ(図 4.3.5-1 上段中)、バフンウニ(図 4.3.5-1 上段右)は本州から九州南端に分布し、バフンウニは近年北海道西岸にも分布を広げています。ガンガゼ(図 4.3.5-1 下段左)とアオスジガンガゼ(図 4.3.5-1 下段右)は、相模湾以南に分布し、九州西岸でも普通に見られます。

食用とされる3種のうち、ムラサキウニとバフンウニは潮間帯にも生息し、陸からの徒手採集でも漁獲されます。一般的には素潜りにより、アカウニについては一部で潜水器により漁獲されます。

2. 生活史

初期発生：いずれも卵径は0.1mmの沈性卵で、雌雄異体で体外受精します。受精してふ化までの時間はおよそ1日、ふ化した幼生は15~20日程度で着底生活に移行します。浮遊期間中は植物プランクトンなどを餌とします。着底生活に移ると付着珪藻などの微細な藻類を餌とし、3~4mmの大きさになると海藻を餌とします。

成長：鴨居瀬のアカウニについて中間骨の輪紋から解析した成長は平均殻径で、1歳で2.1cm、2歳で3.9cm、3歳で5.3cm、4歳で6.0cm、5歳で6.3cm、7歳で6.9cm、8歳で7cmでした¹¹⁵。ムラサキウニの平均殻径に関して、長崎県橘湾では1歳で2.9cm、2歳で3.7cmであり¹¹⁶、福岡県では1歳で1.3~1.6cm、2歳で2.4~2.6cm、3歳で3.5~4.0cm、5歳で4.5~5.3cmとされています¹¹⁷。バフンウニの平均殻径に関して、福岡県では1歳で1.8cm、2歳で2.9~3.1cm、3歳で4.0~

4.1 cmとされています。また、長崎市のガンガゼとアオスジガンガゼについて、1歳でそれぞれ、2.9cm、3.0 cmになりました。

産卵期：対馬での産卵期については調べられていないため、近隣の海域における産卵期を記します。アカウニは平戸市で10～1月¹¹⁵、ムラサキウニは平戸市で7～8月¹¹⁸、バフンウニは福岡県で11～4月¹¹⁷とされています。また、福岡県におけるアオスジガンガゼの産卵期は7～8月¹¹⁹です。なお、ムラサキウニ、バフンウニ、アカウニの成熟は水温で制御されていると考えられています^{120,121}。

分布：いずれの種類も岩礁域に生息し、バフンウニは比較的波浪の影響が小さい転石地帯の浅場に多く、ムラサキウニは転石域から岩盤域の広い水深で見られ、アカウニは3種の中では最も深い所に生息し水深50mまで分布します。バフンウニとムラサキウニの稚ウニは水深1m付近で多く見られますが^{116,122}、アカウニでは水深7～10mに多い¹²³とされています。アカウニ大型個体の密度に関して、鴨居瀬では水深10m以深が最も多い結果となりました¹¹⁵。また、長崎県下の調査結果をまとめると、バフンウニでは1m以浅で最も現存量が多く、ムラサキウニでは水深10m以浅で多く、アカウニは10m以深が最も多いとされます¹¹⁵。

食性：ウニ類の餌料は主に海藻類です。神奈川県での調査結果では、ムラサキウニ、アカウニは基本的には周囲に存在する寄り藻を主な餌料としていますが、若干の選択性があると考えられています^{124,125}。水槽内で与えれば動物性の餌料も摂餌します¹²⁶。

水温との関係：ムラサキウニとガンガゼでは、摂餌速度が水温の影響を受け、水温14～29℃の間では水温が高いほど摂餌速度が早い結果が得られています^{127,128}。また、水温9℃以下では両種とも死亡します^{128,129}。

3. 禁漁期間、禁漁区など資源保護への取り組み

ウニ類は産卵期に向けて生殖腺が大きくなりますが、産卵期になると、いわゆる身が流れる状態となるため、漁期は産卵期前までです。このため、上県漁協、美津島町漁協、美津島町高浜漁協では種ごとに漁期が設定されています。一方、峰町東部漁協、豊玉町漁協では特に種による区別が設けられずに漁期が設定されています。なお、アカウニに関して、佐須奈漁協と上県漁協では操業を止めています。

漁法に関しては、多くの漁協が素潜りで漁獲していますが、佐須奈漁協ではムラサキウニに関して漁法が制限されています。また、峰町東部漁協、豊玉町漁協のムラサキウニ、バフンウニでは陸取りで行われています。豊玉町漁協のアカウニ漁では潜水器も使用されています。

4. 種苗放流などの増養殖の取り組み

対馬市におけるアカウニの放流実績は別表のとおりです。長崎県下の各地で、種苗生産したアカウニの稚ウニを増殖目的で放流しています。対馬市でも、過去10年間に、年間2万4千個から24万個が放流されています。

5. 磯焼けとの関係

ムラサキウニ、ガンガゼ類は飢餓耐性が強く、磯焼けした海域でも生息可能であり、海藻を小さな芽の段階で食べてしまうことで磯焼け状態を継続させます。このため、藻場造成においてはウニ類の除去が重要です。長崎県の磯焼けガイドラインでは、藻場造成を行う場合にはウニ類と巻貝類を合わせて1m²あたり100g以下にすることが望ましいとしています⁸⁴。ウニ類の密度が低くなると、少なくとも小型海藻（テングサ類、ウミウチワ、アミジグサなど）は生えてくるため、残った少数のムラサキウニの身入りが良くなり、商品価値が出てきます。しかし、そのままにしておくとウニ類が再び増え、磯焼けに戻ってしまいますので、藻場造成を行った海域ではムラサキウニを継続して漁獲することが望まれます。

各漁協への聞き取り調査においても、美津島町漁協ではムラサキウニは海藻が多い場所は身入りが多くと回答していますし、佐須奈漁協では身入りがある程度あるものは沖から浅瀬に移殖し

ています。また、上県漁協、佐須奈漁協、豊玉町漁協、美津島町西海漁協、美津島町漁協ではガンガゼおよび身入りの悪いムラサキウニを対象に駆除が行われています。峰町東部漁協ではアワビの放流場所でムラサキウニとヒトデの駆除が行われています。豊玉町漁協では駆除作業で潰したガンガゼが畑の肥料として使われています。

長崎市において藻場の衰退の前後に行われた調査において、ムラサキウニの密度は変わりませんでした。アカウニの密度が 1/10 に減少したことが報告されており、藻場の衰退に伴うアカウニ資源の減少が懸念されています¹¹⁵。

4.3.6 藻食性魚類

アイゴ *Siganus fuscescens*、イスズミ類 *Kyphosus* spp.、ブダイ *Calotomus japonicus*



図 4.3.6-1 藻食性魚類

左：アイゴ、右：イスズミ類

1. 一般的な情報

アイゴ (図 4.3.6-1 左)、イスズミ類 (図 4.3.6-1 右)、ブダイはいずれも海藻を食べることが知られており、藻場の衰退の一因とされます¹³⁰。いずれも一般的に市場価値は低く、地域的に利用されるにすぎません。

2. 生態と生活史

(1) アイゴ

アイゴは、日本海側では青森県以南、太平洋側では千葉県以南に分布します。産卵期は 7~8 月、2~3 歳で 20 cm 以上に成長し、成熟します¹³¹。最大で 40cm 程度まで成長します¹³²。主に褐藻類 (春はワカメ、アカモク、秋はアラメ、ヤツマタモク、マメタワラ、ヤナギモク) を食べ、明確な嗜好性を示します¹³³⁻¹³⁵。クラゲやホヤ、甲殻類などの動物性の餌も食べ¹³⁴、飼育下では動物性たんぱく質がないと成長しません¹³⁶。水温 19~20°C 以上で摂食活動が活発であり、16°C 以下では摂食しません¹³⁷。流速 1.5m/s 以上では海藻を食べることができません¹³⁸。藻場への影響は 8・9 月から 12 月にかけて大きく^{139,140}、静岡県では移植したサガラメ (アラメの近縁種) を全滅させました¹⁴⁰。

(2) イスズミ類

イスズミ類は日本海側では青森県以南、太平洋側では千葉県以南に分布します。国内に生息するイスズミ類には 4 種あり (イスズミ *Kyphosus vaigiensis*、ノトイスズミ *K. bigibbus*、テンジクイサキ *K. cinerascens*、ミナミイスズミ *K. pacificus*)、最大のサイズは 50 cm を超えます¹³²。長崎県で主に見られるのはノトイスズミとイスズミです。長崎県野母崎のノトイスズミでは、産卵期は 6~10 月、30~35 cm で成熟します¹⁴¹。1 年を通じて海藻を食べており、特にホンダワラ類をはじめとする褐藻類をよく食べます¹³⁵。ノトイスズミは 2~5 月に消波堤先端に大きな群れを形成することがあります。3 種の中では最も移動範囲が広く、規則的な日周活動を示します¹⁴²。16°C 以下では行動パターンが変わり¹⁴²、水槽実験でも 14~16°C では摂餌量が少なくなりますが、低温での摂食量は 3 種の中で最も多いです¹⁴³。また、ワカメ養殖場の近くでワカメを飽食したイスズミが漁獲されたこともあり (桑本、私信)¹⁴⁴、冬季でも藻類への影響が大きいと考えられています。

なお、小西¹³²によると、ノトイスズミはイスズミに比べて磯臭さがなく、美味とされます。

(3) ブダイ

ブダイは太平洋側では千葉県以南、日本海側では兵庫県以南に分布します。産卵期は 6～10 月で産卵盛期は 7～8 月とされます。2 歳で 29cm、3 歳で 31cm、4 歳で 35 cm に成長し、最大では 50 cm ほどになります¹⁴⁵。小型の個体は雌であり、その後大型の個体が雄に性転換することが知られています¹⁴⁵。採食量は水温の影響を受け、28℃では 130 g / 日、14～16℃では 78 g / 日と、水温が低下すると減少します¹⁴³。

2. 磯焼けとの関係

藻食性魚類が採食した海藻には、種特有の歯形が残ります^{84,143}。藻食性魚類はアラメ・カジメ・クロメを食べる時に、実際に食べる量よりも流失する量の方が多く^{133,143}、「食べ散らかす」という表現が似合う食べ方をします⁸⁴。このため、食べた量以上にアラメ等に与える影響が大きいと考えられます。また、海藻に対する好みがあり、特定の海藻が短くなる現象が見られます¹⁴⁶。

藻食性魚類の高い摂食圧が継続すると、「アラメ場」から「ノコギリモクが優先するガラモ場」、さらには魚類の食害を回避することができる生態的な特徴を持つホンダワラ類によって構成される「春藻場」へと移行すると考えられています⁸⁴。静岡県では消失したカジメ群落を、大規模な移植とアイゴの捕獲を組み合わせることで小規模ながら回復させることができました¹⁴⁷。

3. 対馬での分布状況

各漁協への聞き取り調査による対馬での分布状況は以下の通りです。

アイゴ：周年見られると回答したのが佐須奈漁協、美津島町漁協であり、定置網にも入ると回答したのが峰町東部（2013 年は 10 月～11 月上旬に多かった）、豊玉町漁協（西を中心にかなり多い、10 年ほど前から多い）でした。一方、美津島町西海漁協では話をあまり聞かない、美津島町高浜漁協では減っているという回答でした。上県漁協では今年から県の事業で刺網による駆除が行われており、アイゴは 10 kg ほど獲れているそうです。

イスズミ類：佐須奈漁協では周年見られ網にかかる、豊玉町漁協では西を中心に多く見られる、美津島町漁協では沖の方で大きいサイズの魚群を周年見かけると回答がありましたが、峰町東部漁協ではめったに入らない（入った時は群れであることが多い）、上対馬漁協、美津島町西海漁協では話を聞かない、美津島町高浜漁協では減っている、という回答でした。

ブダイ：佐須奈漁協では周年おり、いくらか上がっている、美津島町漁協では昨年からは素潜りをする人が集団で目撃し、春先はサイズが大きい、豊玉町漁協ではマトウダイとともに港の前で見られる、美津島町高浜漁協ではちらほら見かけるという回答でした。峰町東部漁協、ではほぼ入らない、美津島町西海漁協では話を聞かないという回答でした。ただし、豆殻の現地調査ではアオブダイが目撃されていて、これがブダイと混同されている可能性もあります。

■コラム 4-1 「アワビの資源回復には禁漁区が必要」

アワビ類は雌雄ともに卵と精子を産み出し、それが海中で受精することで幼生へと進みます。この時に受精できないと、そのまま死んでしまいます。アワビは、精子の濃度が一定以上ないとうまく受精できないため、雄と雌の距離が離れていると、精子が希釈されるため、受精できません。オーストラリアの実験では¹⁰⁵、海水が流れる方向に 1m 離れると、70%受精しましたが、4m 離れると 20%に受精率が落ちました。従って、アワビが子供を残すためには雌雄が集まっていないといけません。しかし、このようにアワビが集まっている場所は最初に漁獲される所です。漁獲しすぎると、親貝が減るだけでなく、周囲に雄がいらないために受精できない卵が増え、子供の数が減ると考えられています。このため、アワビの資源を回復させるためには親貝が集まる場所を確保するために禁漁区を設定することが必要です。

■コラム 4-2 「アワビやウニはどれくらい海藻を食べるのか？」

アワビやウニは海藻を餌としています。このため、磯焼けになると餌がなくなり、アワビでは産卵できなくなり、ウニでは身入りが悪くなります。それではアワビやウニはどれくらい餌を食べるのでしょうか。福岡県でアラメを餌にして1年間飼育した結果が報告されています。殻長10～11cmのクロアワビはおよそ1kg、殻長14cmのクロアワビでは2.4kg、殻径3cmのムラサキウニで96g、殻径4cmのムラサキウニでは210g、殻径4cmのアカウニでは660gのアラメを1年間で食べました。アワビの禁漁区を設置する場合には、アワビの餌を確保するために、ウニ類を適正な密度に保ち、海藻のない所では合わせて藻場造成を行う必要があります。

4.4 藻場を回復させる取り組み

4.4.1 磯焼け対策ガイドライン

「磯焼け対策ガイドライン⁶⁹」および「藻場資源消滅防止対策ガイドライン¹⁴⁸」では、磯焼け（藻場衰退）対策における順応的な考え方と具体的な対策技術などが紹介されています。

この順応的な考え方は、「A.磯焼けの感知」、「B.藻場形成の阻害要因の特定」、「C.回復目標の設定」、「D.阻害要因の除去・緩和手法の検討」、「E.要素技術の選択」、「F.要素技術の実施」、「G.モニタリング調査」、「H.目標達成の判定とフィードバック」の順に進めていきます。目標が達成できた場合には「C.回復目標の設定」に戻り、次の目標を設定し対策を進めます。目標が達成できなかった場合には「B.藻場形成の阻害要因の特定」に戻り、改めて原因を明らかにし、再び対策を進めていきます（図4.4.1-1）。

特に、簡易な調査方法によって磯焼けや藻場衰退が把握でき（「B.藻場形成の阻害要因の特定」）、その要因を除去・緩和するための方向性や具体的な対策技術の紹介とそれらをわかりやすく選択でき、実施することが（「D.阻害要因の除去・緩和手法の検討」、「E.要素技術の選択」、「F.要素技術の実施」）、重点的に紹介されています。

この2つのガイドラインは水産庁ホームページ（分野別情報＞漁港・漁場・漁村の整備＞法令・資料等＞資料・ガイドライン等）から入手することができます。

http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/

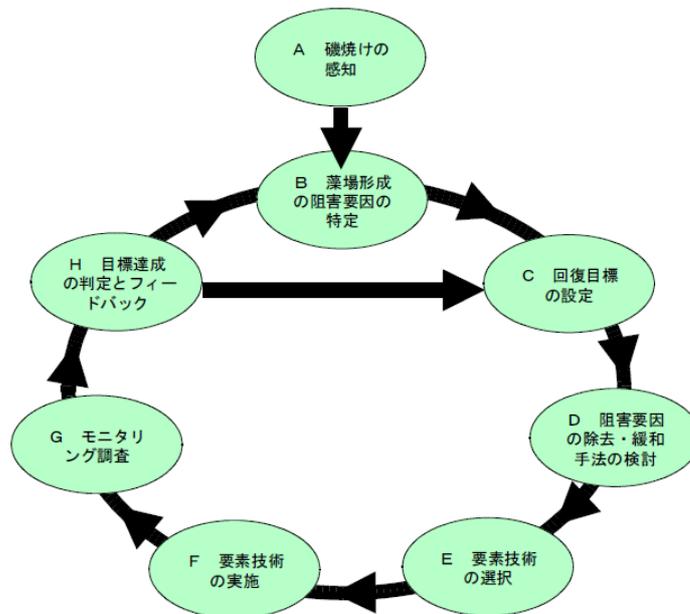


図 4.4.1-1 磯焼け対策における順応的管理の考え方⁶⁹

をダイバーが駆除する（ウニ類はハンマーで潰し、巻貝類は取り上げ）とともに、スポアバックによるアラメの孢子（遊走子）の播種によって、アラメ場を比較的早期に回復させることができました。

現在でも藻場保全対策は対馬の各地でウニ類の駆除などが積極的に行われています。しかし、アイゴ、イスズミ類、ブダイなどの植食性魚類による藻場構成種への食害被害が強い現状では、植食魚類の駆除を優先させなければなりません。ウニ類や小型巻貝類の駆除と比べて、効果的な駆除方法が確立されていないのが現状です。対馬の上県地区では、2013年9月から12月まで全172回の刺網による植食性魚類の駆除と、9月から2014年2月まで1日4組で全333組が素潜りによるウニ類（ガンガゼ、ムラサキウニ）とギンタカハマなど巻貝類の駆除が行われています。この取り組みによる藻場回復状況を把握するためのモニタリング調査を継続的に行うことはとても重要で、藻場回復の成否に関わらず全国的にも重要な知見を提供することになります。

4.5 対馬の藻場と造礁サンゴとの関係

4.5.1 対馬沿岸における造礁サンゴの分布北上や拡大

4.1.2 節で述べられているように、対馬を含む日本の暖温帯域沿岸では、1998年以降の表層海水温の上昇に伴う顕著な藻場の群落構造の変化や、それらの群落自体の衰退や消滅が認められています。その一方で、同海域では、亜熱帯～暖温帯性の造礁サンゴの分布北上や生息範囲の拡大が近年報告されています^{28,31,38,149-151}、対馬では、卓状のミドリイシの一種であるエンタクミドリイシ *Acropora solitaryensis* の分布が、2010年9月に豊玉町綱島東岸ではじめて確認されました³⁸（図 4.5.4-1a）。本種は、70年代前半に行われた長崎県の海中公園候補地選定のための学術調査では、九州西岸における本種の生息北限は五島列島から西海市大瀬戸町付近とされ、当時の対馬周辺では明らかに分布していなかった種です^{26,28,152}。本種の成長速度は1～2cm程度で¹⁵³、綱島で観察されたそれらの群体直径がどれも20cm前後であったことから、本種は90年代後半に対馬沿岸に定着・加入したものと推測されています³⁸。

造礁サンゴや藻場を形成する大型の褐藻類は、ともに固着基盤や光を必要とする生物です。熱帯～亜熱帯海域のサンゴ礁域では、それらの生息環境がよく類似していることから、昔から両者は互いに競争関係にあると考えられています¹⁵⁴。それでは、近年日本の暖温帯域での顕著な藻場の衰退と造礁サンゴの分布北上・拡大は、両者の競争の結果として生じている現象なのでしょうか？

4.5.2 2013年10月の対馬における造礁サンゴの分布状況

ここで、対馬における造礁サンゴの生息環境を見てみましょう。豊玉町瀬ノ浦や美津島町加世浦のような遮蔽的な内湾環境では、キクメイシ *Dipsastraea speciosa* やキッカサンゴ *Echinophyllia aspera* に代表される塊状・葉状の造礁サンゴが卓越しています（図 4.5.4-1b）。また、このような環境下では、アラメやホンダワラ類をはじめとする大型の褐藻類はほとんど生育しません。こうした造礁サンゴが卓越する海中景観は、前述の長崎県の海中公園学術調査報告書^{26,33}でもわかるように、少なくとも70年代前半以降は全く変化していないことが読み取れます。さらに、瀬ノ浦に形成されているサンゴ礁は、現在と同様の造礁サンゴによって、今から4,300年前にはすでにその形成が始まっていたことが明らかになっています¹⁵⁵。以上のことから、こうした対馬沿岸のリアス式海岸が作り出す遮蔽的な内湾の浅海環境は、もともと大型褐藻類の生息には適さない環境であり、そうした環境を好む塊状や葉状の造礁サンゴが、遠い昔から生息していたと考えられます。

塊状・葉状の造礁サンゴとは対照的に、エンタクミドリイシなどの卓状のミドリイシや、ヒメエダミドリイシ *Acropora pruinosa* などの枝状のミドリイシ（図 4.5.4-1c）は、外洋に面した島陰や大きな湾内の浅瀬といった、開放的で潮通しのよいものの、やや波浪の影響の少ない環境を好みます²⁸。2013年10月に、著者らが厳原町豆酲南岸、美津島町馬肥島北岸と上対馬町鱈浦北岸の3地点で行った造礁サンゴの分布調査では、これまで豊玉町綱島東岸でしか確認されていなかったエンタクミドリイシが、豆酲や馬肥島でも生息していることが確認されました（図 4.5.4-1d）。対馬の南岸～西岸にかけての物理環境は、その地理的・地形的特徴からエンタクミドリイシが好む生息環境であると考えられます。よって、現在本種は対馬の南岸～西岸に広く分布しているも

のと予想されます。

卓状や枝状のミドリイシ類が好む生息環境は、本来アラメやホンダワラ類などの大型褐藻類が好む生息環境でもあります¹⁵⁶。実際に、前述の長崎県の海中公園学術調査報告書^{26,33}や千原・吉崎(1970)⁷¹を見ると、70年代前半の豆敷や馬肥島の沿岸には、ノコギリモクなどのホンダワラ類によるガラモ場あるいはアラメ・カジメ場が存在していたことがわかります。しかし現在これらの地点では、こうした大型褐藻群落は見当たらない上に、小型の藻類群落すらほとんど目にする事ができません(図 4.5.4-1e)。一方、アラメ・カジメ場とガラモ場の混在する藻場(図 4.5.4-1f)が確認された鰐浦沿岸では、エンタクミドリイシは全く確認されず、ヒメエダミドリイシやキクメイシの小群体がわずかに点在するだけでした。

以上の結果から、少なくとも対馬沿岸に生息する造礁サンゴと大型の褐藻類との間には、熱帯～亜熱帯海域のサンゴ礁域のそれらに見られるような生息場所をめぐる直接的な競争関係はないものと思われる。

4.5.3 対馬における藻場の衰退と造礁サンゴ群集の卓越との因果関係

現在の対馬沿岸での藻場と造礁サンゴの分布状況を見ると、両者の間に生息場所をめぐる直接的な競争関係は認められませんでした。4.2節で紹介されている藻場の攪乱要因を考慮すると、近年の対馬沿岸での藻場の衰退・消滅と造礁サンゴ(特に卓状・枝状のミドリイシ類)の生息範囲の北上や拡大は、以下に述べる一連の不可逆的な遷移で説明できるのではないのでしょうか。つまり、対馬沿岸では、近年の地球温暖化に伴う表層海水温の上昇によって、①アラメやホンダワラ類などの大型褐藻類の生長が阻害されて群落が衰退し(図 4.5.4-2a, b)、②それらを餌とするガンガゼやアイゴなどの動物の個体数や摂食行動が増加するに伴って大型褐藻類への摂食圧が増大し(図 4.5.4-2c)、③四季藻場に相当する大型褐藻群落や随伴する小型藻類群落が消滅して夏の間も磯焼け状態が継続し(図 4.5.4-2d)、④夏に産卵を行う造礁サンゴの幼生が定着・加入して群集を形成する(図 4.5.4-2e, f)という変化です。言い換えると、今後も表層海水温の上昇が続く限り、造礁サンゴを除去して大型褐藻類の生育場所を確保したとしても、消滅してしまった大型褐藻群落の再生やそれらを餌とするアワビなどの水産有用種の漁獲量の回復を図ることは難しいのです。

今後は、造礁サンゴ(特に卓状・枝状のミドリイシ類)の分布北上・拡大とともに、それらを好んで捕食するオニヒトデやブダイの仲間をはじめ、それらを棲み家や採餌場所として利用する魚類や甲殻類などの分布北上や生息範囲の拡大が進行することが予想されます³¹。このことは、これまで大型褐藻群落が基盤となっていた日本の暖温帯域の沿岸生態系が、サンゴ礁域と同様に造礁サンゴを基盤とするものに変化しつつあることを示唆しています。

4.5.4 地球温暖化がもたらす海洋の物理環境の変化

気候変動に関する政府間パネル第4次評価報告書(IPCC AR4)に示された今後の気候変動予測シミュレーション結果は、地球上の気温が今後も上昇し続けることを示唆しています¹⁵⁷。この結果を利用した、日本近海における造礁サンゴの分布変化の予測研究によると^{39,158}、まず、琉球列島のサンゴ礁域では、造礁サンゴの白化や大量死の規模や頻度がさらに増大すると考えられています。白化とは、造礁サンゴの体内に共生している褐虫藻とよばれる植物プランクトンが、夏の高水温や冬の低水温などの長期化によって体外に抜け出すことで、半透明な造礁サンゴの軟体部の下にある骨格が透けて白く見える現象です。この現象がさらに長期間続くと、造礁サンゴはやがて死に至ります^{159,160}。次に、琉球列島以北の暖温帯域では、引き続き造礁サンゴの分布北上・拡大が進行するものの、海洋酸性化が起きることで造礁サンゴの生育が阻害され、それらの北上や拡大が抑制されると予想されています。海洋酸性化とは、大気中に増加した二酸化炭素が海水に溶け込むことで、海水のpHが低下する現象のことです¹⁶¹。現時点ではまだ深刻な状況には至っていませんが、海洋酸性化はすでに世界的に進行しており、日本近海でも確認されています¹⁶²。今後、さらにこの海洋酸性化が進めば、造礁サンゴだけでなく石灰質の殻や組織を持つ全ての生物の石灰化が阻害され、それらの成長が妨げられる可能性が考えられています^{163,164}。

しかし、こうした表層海水温の上昇や海洋酸性化が、海洋生物にいつ・どの程度の深刻な影響を与えるのかは、まだ正確には予測することができていません。なぜなら、環境変化に対する海洋生物の応答はそれほど単純ではないからです。例えば、造礁サンゴでは、より高海水温に強い

褐虫藻と共生し、今後の海水温上昇に順応する種が現れる可能性が示唆されています¹⁶⁵。また、70年代以降に国内で行われた造礁サンゴのモニタリング調査結果を集計・解析すると、日本の暖温帯域（高緯度域）の造礁サンゴの被度は、必ずしも年々増加しているわけではないことが示されています¹⁶⁶。したがって、地球温暖化の海洋生物への影響を正しく評価し、今後の将来予測に役立てるためには、こうした実際の海洋生物の生理的・生態的応答までを含めた慎重な議論と、より詳細な現状の把握、そして長期間に及ぶそれらのモニタリング観測が必要であると言えるでしょう¹⁶⁷。対馬のように造礁サンゴ群集と大型褐藻群落の両方が見られる地点では、それら両方を含めた長期モニタリング調査や、各群集・各群落を構成する種の生育適温や上限温度の違いを明らかにすることが、本海域の沿岸生態系の将来予測を行う上で特に重要であると考えられます。

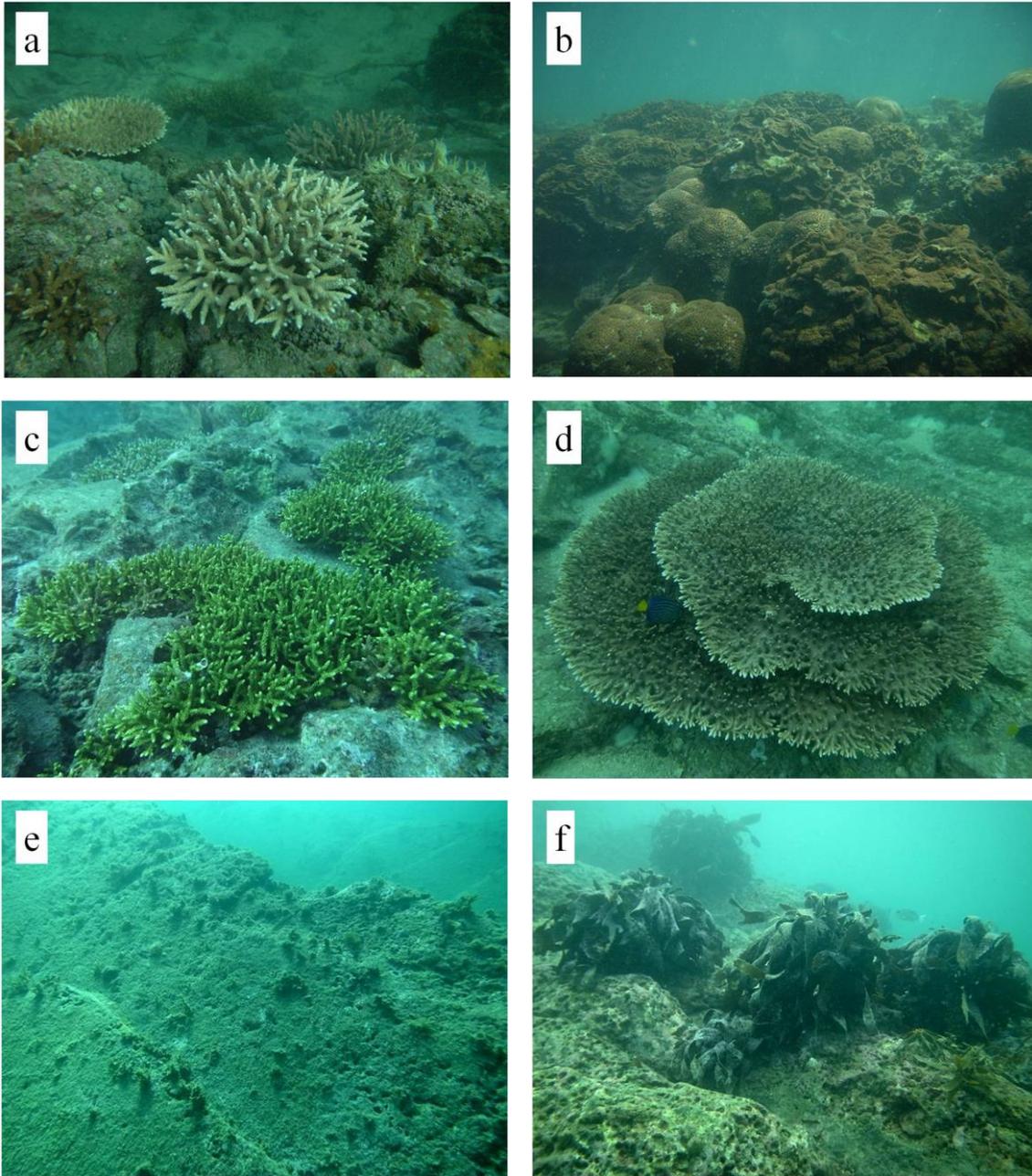


図 4.5.4-1 対馬沿岸でみられた海中景観の写真

a) 2010年9月に豊玉町綱島で初めて確認された複数のエンタクミドリイシの群体, b) 豊玉町瀬ノ浦でサンゴ礁を形成する塊状や葉状の造礁サンゴ群集, c) 巖原町豆酛沖で見られたヒメエダミドリイシ, d) 美津島町尾崎沖の馬耙島で見られたエンタクミドリイシの群体, e) 大型褐藻類が全く見られなかった巖原町豆酛沖の浅瀬 f) 上対馬町鰐浦沖で見られたアラメやノギリモクから構成される大型褐藻群落

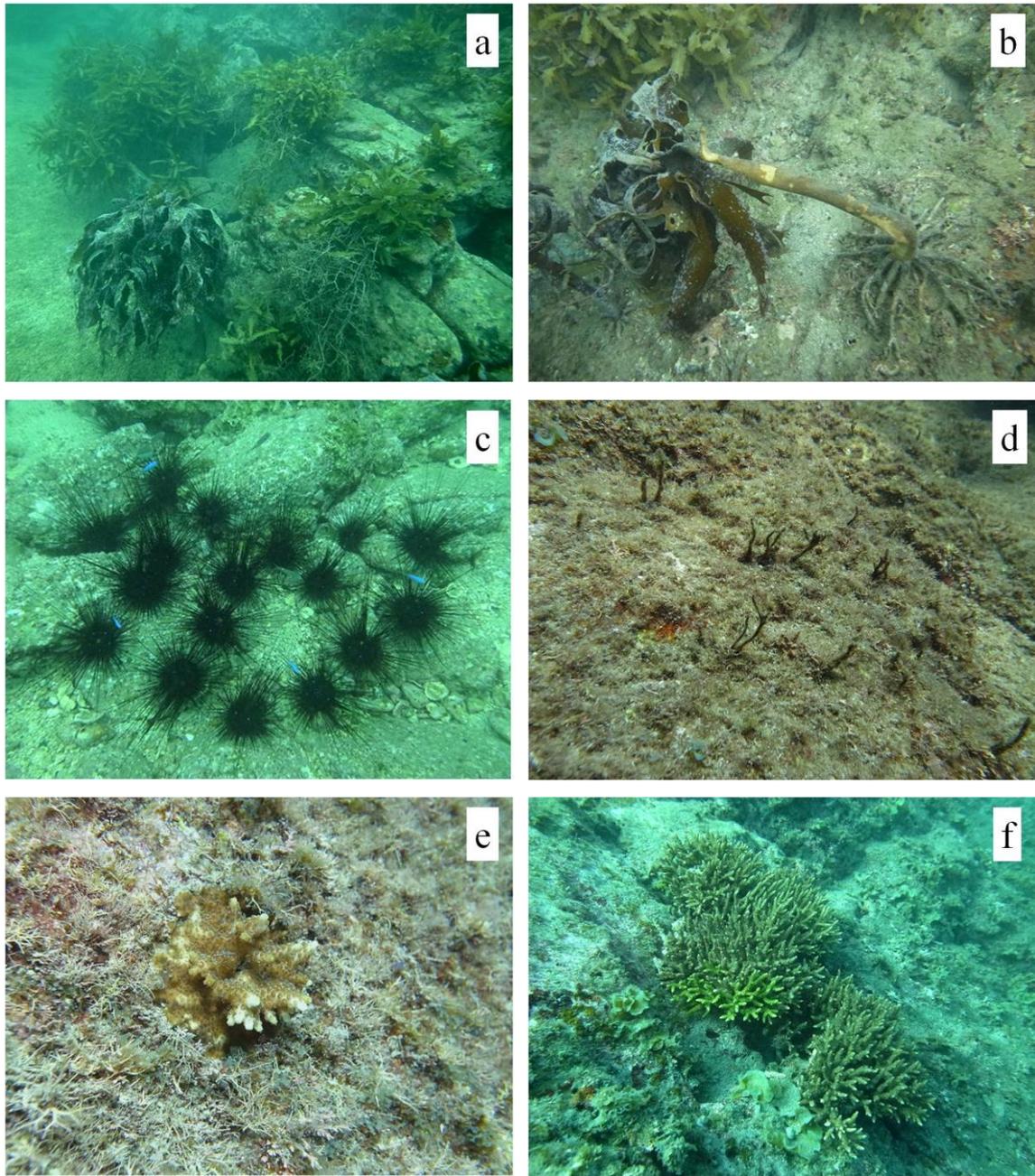


図 4.5.4-2 対馬沿岸で起きていると考えられる一連の生物遷移を表した写真
 a, b) 大型褐藻の成長阻害に伴う群落の衰退, c) ガンガゼ等の捕食圧の増加, d) 大型褐藻群落と小型海藻群落の消滅, e, f) 造礁サンゴの定着・加入と群集の形成

■コラム 4-3 「藻場のまとめと海洋保護区の取り組み」

藻場は、光合成を営む大型の海藻類によって構成されているため、炭素固定、酸素供給、窒素・リンなどの栄養塩吸収および波浪軽減などの沿岸環境保全の機能を備えています。また、藻場は立体的な構造をとるため、藻体上には微細な生物が着生し、藻体の間に生じる小空間には小型動物が生活し、藻場周辺には中・大型動物が生息あるいは回遊するなど数多くの生物の生息場、餌場、産卵場および保育場として藻場生態系を創り出しています（4.1.1 項参照）。

かつての対馬の沿岸岩礁域では、藻場が広域的に発達し、多種多様な魚類、アワビ、サザエ、ウニ、魚類などの有用水産資源を持続的に利用し、安定した水産業が成り立っていました（4.3 節参照）。しかし、対馬沿岸の藻場は南岸から衰退し始め、その衰退は対馬の全域に拡大しつつあります（4.1.2 項参照）。藻場衰退の原因としては、植食動物（イスズミ類、アイゴ類、ブダイ類などの魚類とガンガゼ類、ムラサキウニなどのウニ類）による食害や海水温の上昇などが考えられています（4.2 節参照）。藻場衰退が進むと、藻場とともに生活してきた生物たちの多様性が失われるだけでなく、沿岸環境の保全が目に見えない形でゆっくりと悪化することが懸念されます。

対馬では古くから藻場を保全する対策としてウニ類の除去などの取り組みが行われてきました。現在も引き続き、ウニ類や植食魚類を除去するとともに、藻場構成種を増やすなどの取り組みが順応的に進められています（4.4 節参照）。「海のめぐみ」を育む藻場生態系を保全もしくは再生するためには、藻場衰退要因となる特定生物を除去することは避けられないことです。大切なことは、除去した植食動物を廃棄するのではなく、水産資源として利用開発を進め、地元で加工や製品化し、地産地消あるいは島外へ出荷するための流通を構築することが対馬海洋保護区の取り組みのひとつとして必要になります。また、対馬海洋保護区では残された藻場生態系の保全、衰退した藻場の再生への活動を支援とともに、昔くから対馬沿岸でみられていた造礁サンゴを含めることを検討する必要があります（4.5 節参照）。藻場－造礁サンゴ間の生態系ネットワーク機構や生物多様性について科学的なアプローチによって解明する試みは、各地で設定された海洋保護区の中でも「対馬らしさ」を国内外にアピールできる特徴であると考えています。

第5章 資源管理と水産流通

この章では、将来にわたって対馬の水産資源を持続的に利用するための資源管理と流通に関する選択肢をいくつか紹介します。水産業の安定の一つの方法として、漁獲物のブランド化の試みが頻繁に取り上げられていますが、安定した資源があってこそそのブランド化であることを認識することが重要です。この点で、海洋保護区の設置とブランド化の試みは、密接に関連する検討事項です。また、資源管理された水産資源をその他の水産物と区別する方法の一つとして、環境認証制度（エコラベル）があります。この制度は持続可能な生産物を消費者が見分けることができる仕組みとして、比較的身近になってきました。日本で普及が進んでいる天然水産物認証として、NPOが運営する国際認証制度であるMSCと国内業界団体が運営するMELがあります。それぞれ制度や審査基準内容に違いがあり、認証の取得を誰向けにアピールしたいのかを考慮し、対馬の海洋保護区を生かせる認証制度を選ぶ必要があります。また、この章の後半では、トレーサビリティシステムの導入について、現状の課題と導入により期待される変化、また海洋保護区との関連について検討します。

まず、以下のセクションでは、現在対馬市で行われている水産物ブランド化（差別化の取り組み）を概説します。

5.1 海洋保護区内での漁業による漁獲物の市場での差別化について

5.1.1 対馬における現在のブランド化魚種と品質向上努力

対馬にある12の漁協に対して、以下の質問項目の聞き取りを行い、現在のブランド化魚種を通じた品質向上の努力について調べていただきました。

1. 各漁協のブランド化魚種と名称
2. ブランド化の単位（漁協単位なのか、漁協内グループなのか等）
3. 参加人数／年間出荷重量
4. ブランド魚として販売する際の規格
 - ・品質に関する処理（しめ方など）
 - ・サイズなど
5. 販売ルートと反応
 - ・対馬産として最終販売まで行くのかも含めて
 - ・ブランド化による価格の変化
6. 問題点や改善したいこと
7. その他品質向上努力について（ブランド魚としてではなく一般的に）

詳細については、次項5.1.2で述べますが、魚種については、未調査の漁協を除き、5魚種（ただし、マグロについては、養殖ヨコワ）について何等かのブランド化の取り組みが行われています。また、主体となってブランド化を行っている単位としては、基本的には漁協単位ですが、県漁連、また市の水産課との連携によって行っている漁協もあります。参加人数や出荷規模は様々ですが、漁協間での提携はないようです。品質管理は、規格化している漁協もありますが、生産者個人に任されているところもあります。流通に関しては、地理的な制約もあり、最終販売先にまで、対馬産として届けるには課題があるようです。

ブランド化による魚価の向上も大切ですが、安定した資源があってこそそのブランド化です。現在、各漁協単位でのブランド化が行われていますが、資源管理については、より広域で取り組まれている魚種もあります。この両者をうまくリンクさせ、資源管理された魚のブランド化を、各漁協が連携する形で進めることも一つの選択肢となります。後程紹介する認証制度についても、同じ資源（系群等）を対象とする場合には、複数の漁協で連携して認証を取得することが可能です。

5.1.2 ブランド化・品質向上事例

対馬養殖マグロの事例

対馬におけるブランド化の努力について、養殖マグロの事例を述べます。

対馬の養殖マグロは、マグロ養殖の水域環境、稚魚（ヨコワ）の確保、そして定置網漁等による餌料の確保の三つの条件から、マグロ養殖が盛んになりました。しかし、消費地から遠隔地であるために、養殖マグロの品質情報の伝達、輸送費、及び輸送方法から消費流通上の課題を持っています。生産地での品質と生産のための三つの条件が整っている中で、これらの課題をどのように解決して、ブランド化を図っているかを述べていきます。

長崎県対馬産養殖マグロ（トロの華）が対馬一函館間で取引されています。しかし、遠隔地であるためマグロの品質の確認、養殖場の環境及びマグロ稚魚の確保方法等の把握は、消費者（購入者）側においては困難でした（図 5.1.2-1, 図 5.1.2-2）。このため、情報技術（IT）を活用して、生産地の情報を効率的に消費地に伝達するシステムを構築しました。そのシステムを活用して、消費地に発送する前に、対馬のマグロの生産地情報を消費地に届けることにより、付加価値を上げようとしているのです。

具体的な IT の利用方法

マグロ養殖漁業者側から映像を含む情報を販売先に配信し、購入側もこの様子を確認し、生産者に注文を付けることが出来るシステムを構築することにより、円滑な流通が確保できます。また、市内のスーパーでは、長崎産マグロとして販売されていますが、これら映像生産情報を配信することにより、一般消費者は安全安心を得て購入することが出来ます。このことにより、水産物の安全安心が消費者に伝達され、消費が促進されることとなります。そこで、従来の研究されてきた IT による水産物の流通支援の課題、長崎県対馬産養殖マグロの流通の実態を調査し、実用的な IT による流通支援システムの実証実験の事例を図 5.1.2-3 に示します。



図 5.1.2-1 対馬のマグロ養殖場



図 5.1.2-2 函館魚市における対馬の養殖マグロ

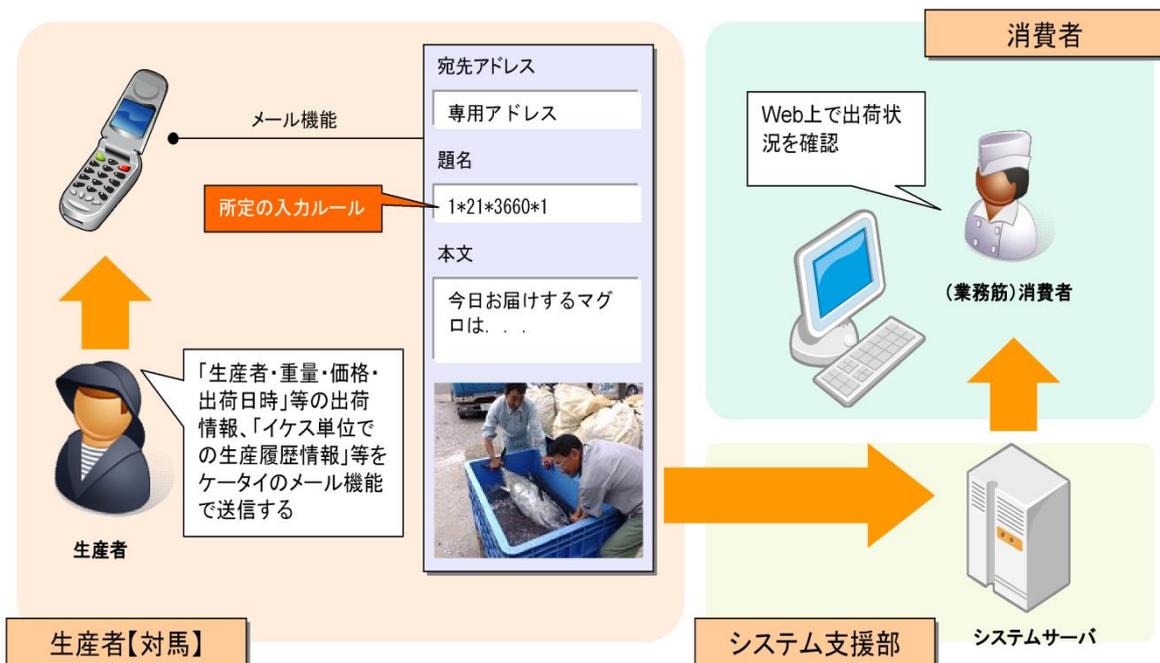


図 5.1.2-3 対馬の養殖マグロの生産者情報発信による付加価値化

天然魚対象漁業に対する環境認証制度とエコラベル

近年では、環境認証制度に対する認識が、消費者の間で以前より高まってきました。環境認証制度とは、資源を枯渇させないように持続可能なレベルで利用し続けられるかどうかを科学的根拠に基づいて、審査・認証するものです。環境認証制度にはいろいろなものがあり、その対象（地理的カバー、対象とする資源の種類（単種資源、生態系、特定の生き物をアイコンとした、等））には、違いがあります。ですから、対馬の海洋保護区内で行う様々な資源管理の取り組みを、最大限に消費者に伝えるのに有効な認証制度の認証を目指すことが重要です。ここでは、MSC と MEL という 2 つの認証の仕組みを紹介します。

5.2 漁業の持続可能性に関する認証制度

5.2.1 MSC 認証制度

Marine Stewardship Council[MSC]は、1997年に設立された非営利団体で、本部を英国ロンドンに置く、持続可能な漁業のための国際認証制度の管理主体です（日本での名称は、海洋管理協議会）。基本的な機能としては、持続可能な漁業の基準を満たした漁業で取られた水産物に張られたエコラベルを消費者が選択することにより、間接的に資源の管理に貢献するという仕組みです。認証取得した水産物が、非認証水産物と混ざることが防ぐために、CoC[Chain of Custody]という水産物の追跡機能を持っています。MSCの最大の特徴は、この制度は世界中で広く受け入れられていることです。認証の取得を海洋保護区の設置とともに世界に発信するには検討に値する制度といえます。なお、このMSC制度は、FAO（国際連合食糧農業機関）が2005年に発行した「海洋漁業からの漁獲物と水産物のエコラベルのためのガイドライン」に先行して始まっており、「責任ある」、「持続可能な」漁業の価値を一般に広めました。FAOのガイドラインにも完全に合致しています。

現在（2013年11月末）認証取得漁業数は、182漁業あります。また、104漁業が審査中です。認証取得漁業の規模は多様で、年間漁獲量が数トンの漁業から、数百万トンのような大規模漁業もあります。認証取得魚種についても、128魚種と多様ですが、審査対象となる漁業・漁法・魚種についても、後程このセクションで説明します。

認証基準について

MSC 漁業審査は、以下の3原則に基づいています。3原則には、それぞれ基準があり（23基準）、さらにその下により詳細な「業績指標＝Performance Indicator」が、付随しています（図 5.2.1-1）。

原則 1：漁業は、漁獲対象個体群の過剰漁獲や枯渇を引き起こさない方法で行われなければならない。また、枯渇状況にある個体群については、その回復を明確に論証できる方法で漁業が実施なされなければならない。

原則 2：漁業活動は、漁業が依存する生態系（生息域や相互依存種、生態学的関連種を含む）の構造、生産力、昨日、多様性を維持できるものでなければならない。

原則 3：漁業は、地域や国内、国際的な法と規制を尊重した、また、責任ある持続可能な資源利用を義務付ける制度及び運営体制を有する、効果的な管理システムが必要である。
（海洋管理協議会「MSC 漁業基準 持続可能な漁業のための原則と基準」より）

このように、MSC の基準は、「漁獲対象魚種の持続可能性」、「漁業活動による生態系への影響」とその2つを確実にするために必要な「漁業の管理システム」に大別することができます。

漁業の審査には、予備審査と本審査があります。審査プロセスの概要を以下に示しますが、MSC の発行する「認証取得に向けて」（日本語訳。 http://www.msc.org/documents-ja/fishery-coc-process-guide/JA_MSC_Get%20certified_.pdf）により詳しい記述があります。

準備

MSC 漁業認証審査を検討する際にあらかじめ考慮しておくべきことを挙げます。

● 予備審査

予備審査とは、本審査前に行う低費用、短期間の審査で、任意の実施となります。予備審査では、認証機関が作成する非公開の報告書が作成され、当該漁業が本審査に向けてどの程度準備ができており、また何が必要となるかが指摘されます。本審査では、予備審査を行った同じ認証機関を使うこともできますし、変更することも可能です。

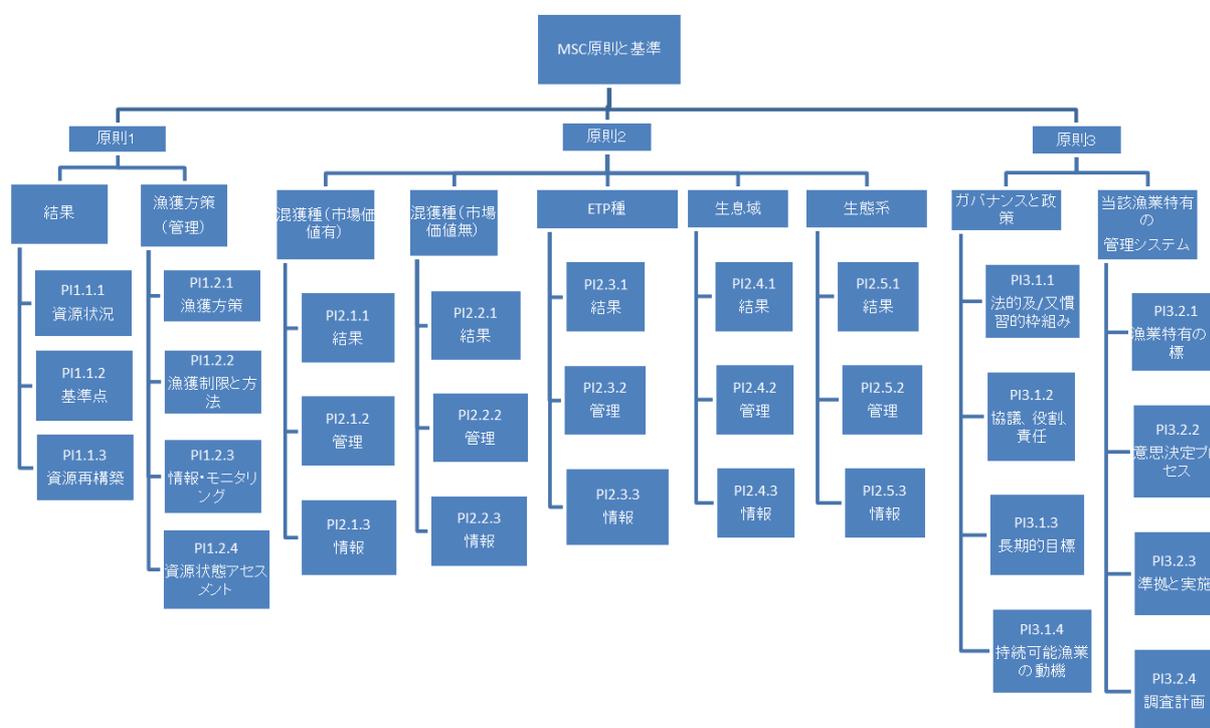


図 5.2.1-1 MSC 認証原則と基準に付随する業績指標

(MSC Certification requirement より 著者日本語訳)

- **認証（審査）範囲**
MSCの漁業審査は、天然の淡水・海水種を対象にしています。養殖漁業は、審査の対象ではありませんが、増殖漁業のうち、分類条件を満たすものについては審査の対象となります。当該漁業がMSC審査の対象となるかどうかは、審査開始前に認証機関が明確に判断する必要があります。
- **認証単位**
認証単位とは、認証がどの範囲まで有効かどうかを区切るものです。審査を受ける魚種・海域・系群、また漁船まで詳しく定義する必要があります。これは、資源の豊富さだけでなく、資源管理等も審査の対象となるからです。漁船が違えば、管理の方法も違うという理由です。
- **漁業クライアント**
漁業クライアントとは、漁業審査を正式に申請した、個人・団体・グループなど、前例を見ると多様な主体によって担われています。また、共同クライアントという形で、行政と漁業や保全団体と漁業、等の組み合わせによる申請も可能です。漁業審査は、認証機関との契約により行われるため、その手続きや支払を行うキャパシティーがあることも重要です。
- **認証機関の選択**
実際に漁業の審査をするのは、認証機関です。漁業認証を行うことのできる認定認証機関は、13（認定済み11、認定手続き中2：2013年11月末）あります。現在のところ、これらはすべて海外に本社を持つ企業ですが、日本支社や日本での提携先を持つ会社もあります。MSC日本事務所に問い合わせることで、これらの情報の取得は可能です。
- **審査費用（予備審査・本審査・年次監査・更新審査）**
「認証取得に向けて」では、審査の費用は漁業の複雑さ、規模、また認証単位数によって大きく異なるとされています（15,000米ドル～120,000米ドル）。また、費用について考慮にしておく重要な点としては、MSC認証には、年次監査と5年に一度の認証更新審査があるという点です。年次監査と更新審査についての具体的な費用については、認証機関への問い合わせとなりますが、契約時に確認しておく必要があります。

本審査

予備審査において（行った場合）指摘された改善項目がある場合には、本審査を開始する前に取り組みます。一度本審査を開始すると、認証単位の変更は難しいので（審査の遅延、費用の増加につながる可能性がある）、再度認証単位を慎重に検討します。

認証機関との契約が成立したのち、認証機関によって当該漁業を審査する「審査チーム」が編成されます。審査チームメンバーの資質は、規定されており、チームリーダー、チームメンバーのそれぞれの役割について、MSC認証審査の経験（チームリーダーについては、3年に一度研修に合格し、毎年研修を受ける必要がある）や資源量アセスメント等の自然科学分野での学位、また、円滑なコミュニケーション能力等が求められています（詳細は、MSC Certification Requirement version 1.3 p. C280）。

本審査における大きな特徴の一つとしては、すべての審査が公開で行われるということにあります。その一環として、利害関係者からのインプット（意見）を受け付ける機会が、審査のプロセスを通して複数回あります。認証機関が提案した審査チーム、評価報告書案、最終報告書に対して、利害関係者は情報・意見・コメントを提出することができます。

これまでの審査には、通常1年ほどかかっていますが、所要期間は漁業ごとに大きく異なります。これは、認証単位数の数や、必要な情報が入手可能かどうか等により左右されます。重要なことは、漁業の持続可能性を判断するための情報を準備・提出するのはクライアントであり、審査チームではないことです（審査チームはクライアントによって提出された情報をもとに審査をする）。そのため情報の提供を依頼する可能性のある関係者には事前に審査への協力を要請しておくことと時間短縮につながります。また、認証機関と審査のスケジュールを綿密に確認しておくことも大変重要です。

審査の結果

図 5.2.1-1 にある 31 の業過指標が、得点をつけることで評価されます。各評価指標は、60 点以上必要で、一つでも 60 点未満の項目がある場合、認証を授与されません。また、各原則レベルに

においては、80 点以上でなければ認証の取得はできません。

これら得点とその根拠については、審査報告書に詳細な記述がなされます。この報告書は、外部専門家、クライアント、またその他の関係者に公開されます。認証機関は、提出されたすべてのコメントを確認・検討し、必要であれば報告書を修正します。最終報告書にある認証にかかる最終決定（認証の授与、または非授与）の認証機関の判断に異議申し立てがなければ、これで審査終了となります。

認証取得後

製品にエコラベルを表示するには、流通・加工のすべての段階で、認証取得水産物が漁業まで追跡可能であることを確認する必要があります（CoC 認証の取得）。認証取得水産物にエコラベルの表示を希望する企業は、エコラベルライセンス契約が必要です。

認証有効期間は、5 年です。また、年次監査を受ける必要もあります。これらのタイミング、また費用についても認証機関に事前に確認しておく必要があります。また、予算の計画・確保も大切です。

認証の活用と事例

MSC 認証に限らず、エコラベルを伴う環境認証制度は、市場原理に基づいた制度であり、環境に配慮して生産（漁獲）された製品を消費者（小売店）が積極的に選択することで成り立っています。しかしながら、環境と経済的効果だけではなく、MSC 認証制度をさまざまな形で利用している漁業があります。以下、その多くが海外の事例ですが、MSC が 2009 年に発行した「Net Benefit」に紹介されている例から認証取得漁業の MSC 認証の活用を紹介します。

1. 経済的・市場的活用

魚価の向上は、MSC 認証を目指す多くの漁業のインセンティブとなっています。特に欧米では、認証取得水産物への需要の高まりとともに、認証取得漁業数が伸びています。大手小売店のプライベートブランドとしての MSC 認証水産物の販売や、ハンバーガーなどのファストフードにおいても、認証水産物が使われています。漁業によっては、既得市場の保持、新規市場の開拓、新しい製品の開発等、のきっかけとなっています。しかしながら、通常のマーケティングと同じように漁業の規模（安定供給）や流通環境等の条件に大きく左右されるので、認証取得が魚価向上を必ずしも保障するわけではありません。

2. 環境的・資源管理的活用

大西洋のサウスジョージア（イギリス領の諸島）のメロ漁業では、MSC 認証のトレーサビリティ機能を利用して、認証取得漁業によって漁獲されたメロがほかのメロ漁業によって違法に漁獲されたものではない保証を買い手や消費者に提供しています。このように、資源管理的観点で、自分たちの漁業を他の漁業から区別して外部へ発信するツールにもなります。

3. 社会的活用

MSC 認証を取得したいくつかの漁業は、発言力の向上をその利点に挙げています。例えば、自分たちの漁獲枠の公平な割り当てを主張したり（p.30）、その他影響を受けている問題に対する意見にも耳を傾けてもらえると感じている（p.40）、と話しています。

4. 政策的活用

上記の社会的活用が実現した例としては、西オーストラリアのロブスター漁業の例があります（p.8）。この漁業が MSC 認証を取得した 4 か月後に、オーストラリア政府は環境保護及び生物多様性保全法[Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999]を施行し、水産物の輸出には EPBC の取得が義務付けられましたが、MSC 認証がその代替として認められています。

このほかにも、国内では、2008 年にアジアの漁業として初めて MSC 認証を取得した京都府機船底曳網漁業連合会があります。この連合会では、資源管理の一環として、ズワイガニが生息する海底の一定区画に、コンクリートブロック製の魚礁を設置し、その区域を「保護区」としています。保護区内では、底曳網を曳くことが出来ないため、ズワイガニの再生産にとって非常に重要な役割を果たしています。この取組も評価され、MSC 認証の取得に至りました。認証取得魚種の一つであるアカガレイは、国際的環境 NGO である WWF ジャパンのインターネット通信販売サイト「パンダショップ」でも販売されています。消費者に持続可能な製品の選択肢を提供す

る環境認証とエコラベル制度であるので、この事例のように利用者の大多数が環境意識の高い人で構成されるショップで販売をするなど、漁業と消費者のマッチングを適切に行うことも、認証をうまく活用するための鍵となると考えます。

しかしながら、どのような認証制度も取得をしたからといって魚価が自動的に上がるというわけではなく、むしろ、経済的便益だけではなく、どのように認証を活用するかを検討することが重要です。魚価の上昇も、「消費者との価値の共有の結果」と考えることができますが、認証制度を通して、その他の価値（資源管理的、社会的、対馬の政策的）を広く世界に発信し、島の発展につながることも期待できます。ですから、認証制度を通して価値を共有するのは、消費者とだけでなく、より多くのステークホルダーが想定できます。認証にかかるコスト（費用、時間、人的）の分担に関しても、漁業関係者のみならず、その他の広いステークホルダーを交えて検討することが肝要です。ここで大切なことは、認証制度が絶対の方法ではなく、あくまでこのような明確にしたい価値を発信するためのツールの一つにすぎないということであり、国際認証制度を利用する場合には、海洋保護区と同時に世界への発信のツールとなることが期待できるでしょう。

5.2.2 MEL ジャパン

(1) MEL ジャパンとは

我が国の漁業は、非常に長い歴史を持ち、水産資源の持続的利用や生態系の保全を図るための仕組みをもともと持つものでした。例えば、現在の沿岸漁業における漁具漁法の制限、漁期の制限、漁獲量の制限などが全国津々浦々で当たり前のように行われています。特に沿岸漁業では、沿岸地域の維持継続と水産資源の維持は密接不可分に関係しています。すなわち、我が国の漁業権制度は、沿岸の浦々に居住する地域住民が漁業を営み、その浜の漁業の権利を持ち、日々の生活の糧を得てきたことから、地域住民の生活はその浜の水産資源に依拠するものでした。したがって、水産資源の維持は地域住民の生活の維持と直結しているのです。

MEL ジャパンは、日本におけるエコラベル制度を FAO が 2005 年にローマで採択し、2009 年に改訂したガイドラインの考え方に沿った制度にすることにより、広く国際社会に受け入れられるように配慮しています。また、この制度を日本の漁業生産及び漁業資源管理活動に独自の長い歴史を有する日本の漁業の実情を踏まえ、漁業者及び関係事業者のラベル取得にかかる経済的負担をできる限り抑制しつつ、我が国の資源管理の特徴や優れた点を十分に反映した、合理的な制度にすることを目的としています。その運営のために 2007 年 12 月に発足したのが、MEL ジャパン[マリン・エコラベル・ジャパン]です。制度の運営は、当面、大日本水産会内に設置する「MEL ジャパン」が行うこととし、事務局は、大日本水産会事業部が行っています。

(2) 審査プロセス (図 5.2.2-1)

審査機関は、申請者とは独立した公平で中立的な判定と精度の高い審査を実施するために、認証の種類（生産段階認証と流通加工段階認証）ごとに一定の技術的知識及び経験を有する役職員を有する法人であり、「MEL ジャパン」の趣旨に整合すると判断される機関であることを要件とし、「MEL ジャパン」の認定機関の認定を受けます。認定の有効期間は、特段の理由がない限り 5 年とし、審査機関は申請者からの申請に基づく審査と「MEL ジャパン」認証内容についての定期的管理審査を行うこととされています。現在（2013 年 9 月）では、公益社団法人 日本水産資源保護協会が審査機関となっています。

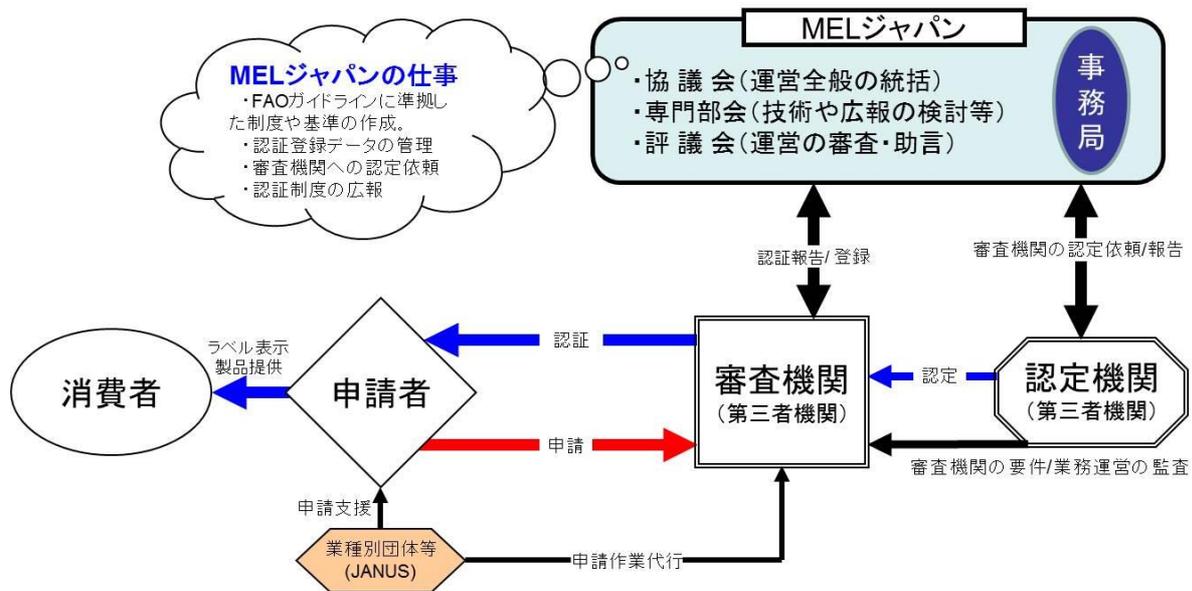


図 5.2.2-1 MEL ジャパン認証の流れ

認証は、生産段階認証と流通加工段階認証の二種類です。生産段階認証は、生産者（漁協、団体等を含む）ごとに同一漁法による対象漁獲物を特定して審査機関に申請します。一方、流通加工段階認証は、対象漁獲物及びその製品を扱う事業者ごとに審査機関に申請します。なお、必要に応じ、生産段階認証と流通加工段階認証を一括して申請することができます。

(3) 認証基準

認証は生産者段階における漁業が、水産資源の持続的利用や生態系の保全を図るための仕組みがあり、それが実行されているかどうかの認証を行う「生産段階認証」があります。次に一旦生産された漁業生産物が、適正に他の生産物と混合されて流通されていないことを認証する「流通加工段階認証」があります。この二つの認証により、初めて消費者に認証された漁業生産物及びその加工製品が届く仕組みとなっています。

生産段階認証は次の基準により行われます。

- ① 確立された管理制度の下で漁業が行われていること
- ② 対象資源が持続的に利用される水準を維持していること
- ③ 生態系の保全に適切な措置がとられていること

流通加工段階認証は次の基準により行われる。

- ① 責任者の設置及び関連文書の保管等、管理体制が整備されていること
- ② ①等によりトレーサビリティが確保され、対象水産物以外の水産物の混入や混在が生じないことが確保されていること

漁業生産物が生産段階と流通加工段階を経て消費者に届くまで、トレーサビリティ（生産流通加工履歴）が確保されていることが必要である事がこの認証基準からわかります。

(4) MEL ジャパンの認証事例

現在（平成 25 年 12 月）生産段階認証された漁業は 19 漁業、流通加工段階認証された会社団体は 49 に及んでいます。例えば、生産段階認証の事例として、遠洋かつお一本釣り漁業を取り上げると、各認証事項は次のようになっています。

- ・ 申請者：日本かつお・まぐろ漁業協同組合
- ・ 認証対象魚種：カツオ及びビンナガ
- ・ 漁法：釣り
- ・ 漁業種類：遠洋かつお一本釣り漁業
- ・ 漁場：太平洋（南方海域、近海・東沖海域）

- ・ 対象漁船：27 隻（宮城県 4 隻、茨城県 2 隻、静岡県 11 隻、三重県 5 隻、鹿児島県 5 隻／平成 22 年度）

この生産段階認証を受けた漁獲物の流通加工段階認証は、山福水産他 11 会社団体が取得し、MEL ジャパンのエコラベル貼付し流通販売を行っています。

その他に特徴的な取り組みの例を次に述べます。

日本海べにずわいがに漁業

- ・ かにかごに 9cm の脱出口を設置し、小型のカニを保護している

南かやべ定置漁業

- ・ スケトウダラ・サケ資源（幼稚魚）の保護のため、定置協会独自の取組みとして、開始から 6 月まで箱網（魚取り部）の目合に「荒目(約 4cm)」を使用するとともに、幼魚の海中放流を実施している
- ・ 定置網にかかる流木等の廃棄物は陸上へ揚収して適正処理するなどして環境保全に努めている
- ・ 混獲されたアカウミガメの保護収容と放流を行っている

(5) MEL ジャパン認証の効果発現への努力

MEL ジャパンの認証を確保した製品は、そのことを普及し始めて効果が発現します。すなわち、認証された製品価値を付加するための活動を行うことが重要になります。各地方において MEL ジャパン認証製品の普及協議会等の組織的活動や行政の支援、及び研究者との協力活動が行われています。

これらの活動は、MEL ジャパンを取得した漁業者が行っていくべきものです。もし対馬において海洋保護区が設定され、そのことにより MEL ジャパンの認証を受けることになったとしても、この様な活動を行っていかなければ、生産物に付加価値は生まれません。

普及協議会の活動の事例「静岡県水産物 PR 事業」

焼津地区 MEL ジャパン普及協議会（遠洋かつお一本釣り漁業）は焼津の生産者、加工流通業者、漁協により設置され、認証された水産物の普及を図っています。その中の消費拡大に向けた取組みの一つとして、静岡県が、静岡市水産物商業協同組合に委託し、『水産物 PR 事業』を実施しています。当事業は、まず緊急雇用創出事業として、新規雇用の上、魚に関する研修を行い調理実演スタッフの育成を行いました。そして、研修を経たスタッフをスーパー等に派遣し、魚料理の調理と試食、レシピの配布を行い、水産物の販売促進や魚食普及の向上を図りました（図 5.2.2-2）。

行政の支援の事例「高知県水産物ブランド化推進事業」

高知県は、平成 23 年度より、MEL ジャパンの認証を活用して水産物のブランド化を推進するための補助事業をスタートさせました（図 5.2.2-3）。この事業は「高知県水産物ブランド化推進事業」と呼ばれ、マリン・エコラベル・ジャパンの認証取得と認証水産物の認知度向上等を促進する事業（補助対象経費の 1/2 を補助）です。事業予算 1,700 万円のうち、認証取得に 700 万円、また認証水産物を含む高知県の水産物の認知度向上等（地産



図 5.2.2-2 MEL ジャパンの普及活動



図 5.2.2-3 アンテナショップにおける MEL ジャパンの普及活動

銀座三越の MEL フェアで曳縄釣漁業のかつおを販売。普及イベント、アンテナショップの活用例。

外消)に1,000万円が計上されました。この事業の支援を受け、高知県の以下の5漁業が生産段階認証・流通加工段階認証を取得しました。

- ・ カツオ曳縄釣漁業
- ・ キンメダイ流し釣漁業
- ・ キンメダイ手釣り(餌)漁業
- ・ キンメダイ手釣り(毛ばり)漁業
- ・ サバ立縄釣り漁業 (審査対象魚種:ゴマサバ)

*後に宿毛湾きびなご中型まき網漁業も取得

研究者の協力の事例

研究者の協力の事例として、十三湖シジミ漁業はNPO水産物トレーサビリティ研究会と連携し、トレーサビリティシステムを構築し、実用化しています(図5.2.2-4)。このトレーサビリティシステムにより、生産段階履歴が消費者に伝達されています。

MEL ジャパン事務局の取組みの事例

MEL ジャパン事務局では以下の様な取り組みを行っています。

1. チラシ、のぼり、風船、(ポスター、ポップ)
2. 量販店、百貨店、アンテナショップへの働きかけ
3. 試食販売
4. 地域イベントへの参加



図 5.2.2-4 研究者の協力の事例
十三漁港のシジミへのトレーサビリティシステムの活用

(6) 対馬海洋保護区の取り組みと MEL ジャパン

対馬海洋保護区の取り組みは、MEL ジャパンの生産段階の三つの認証基準をクリアしています。対馬の水産物を MEL ジャパンの認証を受けていることを消費者に伝えるためには、流通加工段階の二つの認証基準をクリアした流通加工業者の存在が必要です。その上で、消費者に水産物が届くまでのトレーサビリティ(生産流通履歴)を確保していかなければなりません。トレーサビリティは、IT 技術を利用して行くと簡易に省力化して実施できます。

従って、対馬の漁業者としては、MEL ジャパンを維持して、消費者に対馬海洋保護区の取り組みを伝達するためには、次の三つのことが必要となります。

- ① 対馬海洋保護区の取り組みを継続し、MEL ジャパンの生産段階認証を維持する
- ② 対馬の水産物を取り扱う流通加工業者が MEL ジャパンの流通加工段階認証を取得する
- ③ 対馬の水産物が対馬海洋保護区の取り組みから生産され、流加工段階を経て消費者に到達するまでのトレーサビリティが確保され、消費者がトレーサビリティを閲覧できるシステムを構築する

対馬海洋保護区の活動と MEL ジャパンとトレーサビリティ情報の関係を図 5.2.2-5 に示します。

IT 機器機材の発達が目覚ましく、2008 年当時の携帯電話は、スマートフォンにとって代わり、高機能のアプリが組み込まれて、スマートフォンによる写真には、撮影場所、撮影時間及び撮影者の Exif 機能が付加されているため、複雑な操作なしで多くの情報を送受信できます。これらのことにより、トレーサビリティ情報を入出力する生産者及び流通業者の負担が大きく軽減されました。これらの提案を次に示します。

② 提案するシステム

トレーサビリティの全体の流れは図 5.3.2-1 に示すとおりです。漁業者はスマートフォンを使用し陸揚げされた水産物を撮影し、サーバーにアクセスして生産履歴情報を入力します。生産履歴情報は、情報入力者の負担を出来る限り少なくするため最小限とし、漁獲日時、魚種、写真、コメントとしました。スマートフォンで撮影した写真には Exif 情報として、撮影位置、撮影時間が含まれているため、これも生産履歴情報として利用できます。情報をサーバーに送信すると、その生産履歴情報が閲覧できるサイトの URL が読み取れる QR コードの印刷されたカード画像がスマートフォンに表示されます。この画像をカードに印刷し、水産物出荷時に封入します。スーパーや直売所等の量販店では水産物を販売する際に消費者にカードを渡します。居酒屋等ではカードを渡すと共に、タブレット型 PC を設置し、カードから読み込んだサイトをその場で見てもらう事もできます。消費者は受け取ったカードや店舗に設置されたタブレット型 PC より生産履歴情報を見ることができます。

生産履歴情報のサイトには、生産履歴情報だけでなく、対馬の水産物に対する取り組みや、海洋保護区についての情報ページを作成しておき、対馬の水産物のブランド化の推進や海洋保護区の伝達が可能となります。また、サイト内にあるアンケートに回答してもらった消費者には粗品の配布や割引を行うことにより、アンケート回収率の向上を図ることもできます。

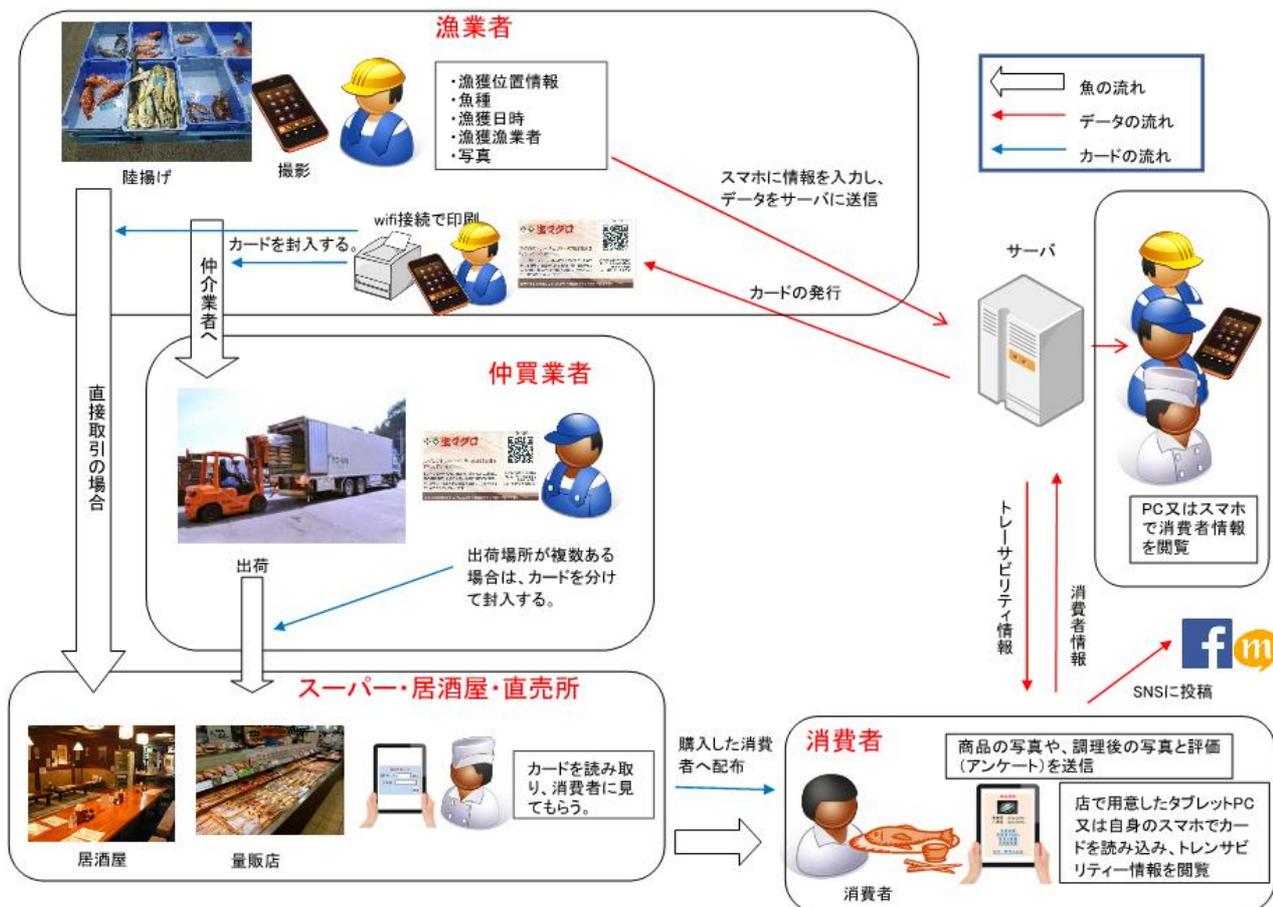


図 5.3.2-1 スマートフォンによるトレーサビリティシステム

③ 情報伝達する事項

トレーサビリティの対象漁業は、実証実験での情報入力能力を考慮し、上対馬漁協青年部(細井・永尾直販)グループの漁業について行います。

情報伝達すべき事項を、直接入力する事項、事前に入力する事項、及びホームページと同じようにサブページとして固定情報事項の3種類に分けます。対象魚種候補は、アカアマダイ、ブリ、サワラの3種類とします。それらについて3つの事項別に情報を整理します。

1. 入力事項 生産出荷者の入力：日時(自動入力)、陸揚げ場所(自動入力)、魚種(選択入力：アカアマダイ、ブリ、サワラ)、写真(3枚入力)
2. 事前 or 既入力
 - ・ アカアマダイ漁法－漁獲場所－漁師(漁船団) リスト－送り方・締め方
 - ・ ブリ－漁法－漁獲場所－漁師(漁船団) リスト－送り方・締め方
 - ・ サワラ－漁法－漁獲場所－漁師(漁船団) リスト－送り方・締め方
3. ページ事項
 - ・ 対馬の海洋保護区構想(水産資源を守る行動)：対馬の漁業権と規制を紹介、対馬の水産資源を守る活動、対馬の自然と漁業の概況、対馬の漁法、代表的な漁法紹介、漁法の特徴と資源保護
 - ・ 対馬ではこの様な魚が獲れます。：代表的な魚種紹介、漁期(表と解説) 資源を守る活動(活動リストと解説)
 - ・ レシピ料理(写真と名称、解説)
 - ・ 実験協力店舗

5.3.3 漁業生産、流通情報の経済波及効果

① 経済波及効果の考え方

対馬の海洋保護区における漁業生産物であることによる MEL ジャパンの認証とトレーサビリティを確保することにより、その生産流通情報がどのような経済波及効果を及ぼすのかを評価しなければなりません。そのことにより、漁業資源を維持保護する直接効果のほか、消費者側における環境保全及び海洋資源保護に支持協賛する人たちの支払意志を高めることが出来ます。その支払意志を含め、消費者側での海洋保護区構想に対する評価を測定する必要があります。

消費者の漁業生産物に対する評価と価格の関係は、**図 5.3.3-1** のようになります。漁業生産物の品質、安全及び資源保護（エコ）の三つから構成されるとして、アンケート等を実施して、この資源保護への配慮としての MEL ジャパンの認証の価値への支払意志がどれくらい高まるかを調べる必要があります。

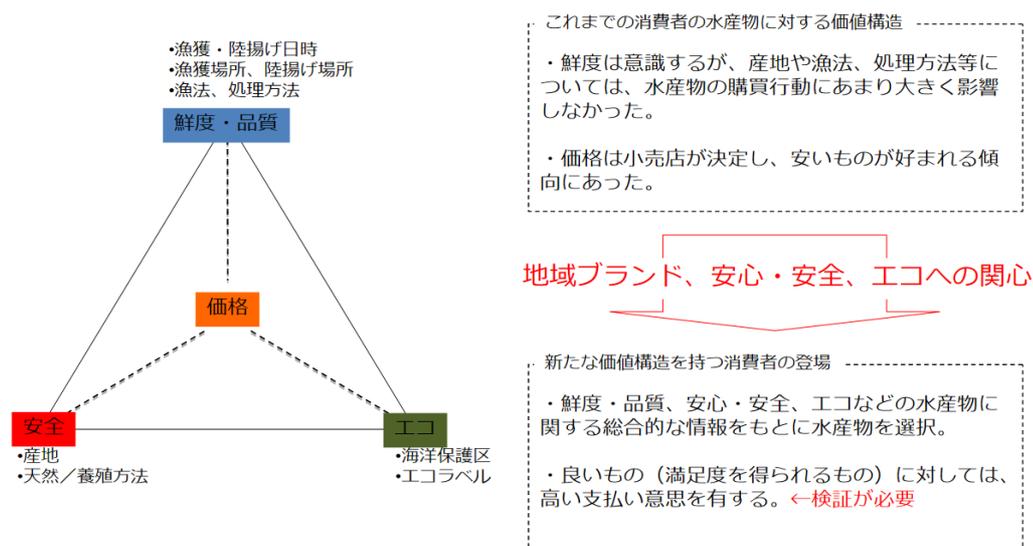


図 5.3.3-1 消費者の水産物に対する価格構造の変化

② アンケートの案

対馬市は、持続的な水産業を行って行くため、対馬の海の環境を守り、水産資源をまもる海洋保護区構想を推進しています。そして、その様な対馬の海で漁獲した水産物である履歴を追跡するトレーサビリティ（生産履歴情報）や、資源を守りながら生産した水産物の認証であるエコラベルなどについても検討しています。このようなことを行っている対馬の水産物に関することについてお聞きします。

問 1 あなたは、対馬が持続的な水産業を行って行くために、資源保護や海洋保護区の活動を行っていることを知っていましたか？

問 2 今回ご覧になった対馬の水産物と海洋保護区の取組について、興味をもった、もしくは役にたったと思う内容は何か。（複数回答可）

- | | | | |
|--------------|----------------|-------------|------------|
| ・生産者（漁業者の情報） | ・漁獲日 | ・漁獲場所 | ・漁法 |
| ・処理方法 | ・レシピ | ・対馬の自然と漁業 | ・対馬の代表的な魚種 |
| ・実験協力店舗の紹介 | ・対馬の海洋保護区構想と活動 | ・対馬の漁法と自然保護 | |

問3 あなたが水産物を購入する（飲食店で注文する）際に価格以外で重視するものは何ですか。（複数回答可）

(鮮度・品質)		
・漁獲・陸揚げされた日時	・加工された日時	・漁法や処理方法
(安心・安全)		
・産地（国産か輸入か）	・産地（日本のどこで穫れた水産物か）	
・天然ものか養殖ものか	・養殖の方法	
(エコ)		
・エコラベル等の認証の有無	・海洋保護区など地域資源管理の取り組み	

問4 有機やオーガニックの農産物に「有機 JAS マーク」があるように、水産物に関しても水産資源を守りながら漁獲した水産物であることの認証として、エコラベルがあります。あなたは、水産物にもエコラベルがあるのを知っていますか？

・知っている	・知らない（今回初めて知った）
--------	-----------------

問5 トレーサビリティ（水産物の水揚げ日時、場所、生産者等の生産履歴情報）を見ることができると水産物について、あなたの考え方に近いものを選んでください。

・生産履歴の情報がみられるのなら価格が多少高くても購入したい
・生産履歴の情報は必要だが価格が上がるのであれば購入しない
・生産履歴の情報は必要とは思わない

問6 エコラベル（水産資源の持続的利用や生態系の保全を図るための資源管理活動を積極的に行っている漁業者に与えられる認証制度）が付いた水産物について、あなたの考え方に近いものを選んでください。

・エコラベルが付いた水産物は多少価格が高くても購入したい
・エコラベルの情報は必要だが価格が上がるのであれば購入しない
・エコラベルの情報は必要とは思わない
・取組に対する寄付など別の形で支援したい

問7 海洋保護区の実施（水産資源の持続的利用や生態系の保全を図るための資源管理活動）が行われている地域の水産物について、あなたの考え方に近いものを選んでください。

・海洋保護区の水産物は多少価格が高くても購入したい
・海洋保護区の実施は必要だが価格が上がるのであれば購入しない
・海洋保護区の実施は必要とは思わない
・取組に対する寄付など別の形で支援したい
・海洋保護区に取組んでいる地域を観光するなどの方法で支援したい

■コラム 5-1 対馬の海洋保護区はどうあるべきか

漁業は、対馬の基幹産業の一つです。その産業を支える海洋保護区は、海を仕事の間とする漁業者だけでなく、海の環境・社会・経済的持続可能性から恩恵を受けるすべての人と産業が関わることが大変重要です。すなわち、海洋保護区の設定は、対馬の海の価値の可視化と利害関係者との協働を促す仕組み土台となるものととらえることができるでしょう。この章では、資源管理された水産資源をどのように差別化し、流通させるかを書いてきました。認証制度は、様々なステークホルダーが、協働する枠組みを提供する選択肢の一つです。認証制度は、生産から消費までをつなぐ役割を果たすとともに、直接、生産・流通・消費に関わる以外の関係者（研究者・環境保全団体・同海域の生産者等）が集まる場を作ります（審査を通じて）。対馬の海洋保護区が、国内外に認知され、漁業の持続可能性という価値が広く認められるには、その価値を発信するツールとしての認証制度との組み合わせも検討に値すると思います。

【参考資料】

若林隆司 *et al.* ITによる養殖マグロの流通支援と地域振興に関する研究.in 日本地域学会 (2009).

第6章 対馬の海洋保護区のありかた

6.1 再生可能な水産資源を持続的に利用する

海洋生態系の多種多様な生物は、温暖化を含む地球規模での気候変化と人間活動（主に漁業）の影響を受けています。人間活動が及んでいない『手つかずの海の生態系』は、地球上にはどこにも存在しないとんでも過言ではありません。その海から、私たちは一部の生物を水産資源として利用してきました。すべての水産資源は、再生可能な資源です。例えば、雌雄1尾ずつの魚が生んだ子供が成長して、雌雄2尾ずつ生き残っていれば資源は倍になっています。こうした再生可能な水産資源を上手に利用する術を私たちが持っていれば、未来永劫に海からの恩恵を受け続けることができます。でも、実際にはそんなに簡単なことではありません。利用する私たちに知恵と行動が必要となってきます。

四方を海に囲まれた我が国は、その歴史を通じて、各地の産業や文化の形成・発展に必要な物資や人間の輸送の場として、あるいは我が国の食生活の重要な構成要素となっている水産物の確保の場として、積極的に海を利用してきました。このような歴史的な背景から、特に沿岸域においては、様々な主体が関係して海を利用し、また管理してきました。こうした多様な利用・管理主体の取組も踏まえ、効果的な海洋の生物多様性の保全及び持続可能な利用を推進することが重要です。海洋の生物多様性を保全することが、再生し続ける水産資源を持続可能なかたちで利用することにつながります。

対馬の沿岸域もそうですが、我が国の沿岸域での漁業の歴史は極めて古く、江戸時代には漁具や漁法も発達して、現在の漁業権や入漁権の原型といえる漁場を排他的に利用する権利関係の秩序が形成されてきました。沿岸の漁村集落がその地先水面を独占利用する権利が認められ、言い換えれば、地先水面の管理は、地域の漁業者及びその集落の責任で行われる体制が形成されたといえます。このような歴史的な経緯を踏まえて、我が国では現在も、漁業資源を地域において厳しく管理している事例が見られます。例えば、漁業協同組合などで自主的に行う漁業管理として、漁場環境の保全、「とも補償」による操業隻数の制限、漁獲サイズの制限、魚礁の設置、禁漁期間の設定、操業水域の制限などが実施されています。この報告書の中でも、対馬でも同様の取り組みが続けられており、その行動はぜひ自信を持って続けてください。

6.2 知床の先進事例と対馬の海洋保護区を考える

海氷形成の影響を受けて特異な海洋生態系を有するとともに、海洋と陸域の生態系の相互関係が顕著であるとして世界自然遺産に登録された北海道知床では、2007年に多利用型統合的海域管理計画を策定し、順応的管理の考え方のもとに漁業者の自主規制を基本として漁業資源の維持を図りながら海域の生物多様性の保全を目指しています。地域の人々が自主的に行うこれらの取組は、関係者による柔軟できめ細かな管理が期待できるなど、法律に基づく規制以上に生物多様性の保全・管理を効果的に行う有効な手段となる場合もあります。近年では、人間の暮らしと自然の営みが密接な沿岸域において、自然生態系と調和しつつ人手を加えることにより、高い生産性と生物多様性の保全が図られている海は「里海」として認識されるようになってきました。まさに、対馬の海は「里海」そのものです。

対馬においても、長年にわたって各地域で培われてきた海と人間との関わり方の知識、技術、体制を活かして、適切な保全と利用を進めることが重要です。知床世界遺産地域における取組では、関連する科学委員会や地域連絡会議などにおいて、地域住民、産業界、有識者、行政等の多様な主体の連携の仕組みが形成されたことも重要な点です。知床の海域管理計画の基本となる方針は、①「持続的な水産資源利用による安定的な漁業の営みと海洋生物や海洋生態系の保全の両立を目標とする」、②「既存の漁業関係規則や漁業者・漁業団体が当海域で実施している自主的管理措置といった漁業関連のルールを基調とする」です。つまり、「人間活動を排除した世界自然遺産」ではなく、「人間活動と共存する世界自然遺産」を目指す海域管理計画の策定に取り組んできました。まさに、対馬も「人間活動と共存する海洋保護区」を目指す必要があります。

対馬では、地先の根付き資源以外にも、多くの浮魚類・イカ類が東シナ海と日本海を往復しています。この資源利用に対する沿岸漁業と沖合漁業との軋轢が生じていることも事実です。知床

でも、根室海峡の羅臼側では、漁業者自らが自主管理型漁業をしているにも関わらず、ロシアが実効支配する北方4島の国後側では、5千トン級の大型トロール船がスケトウダラを大量に漁獲し続けています。その漁獲量すら、私たちに伝わりません。現在、外務省と環境省を窓口として、日露隣接地域生態系保全プログラムによる研究者交流を続けています。少なくとも、共通する海で起きている現象を、互いが認識する情報交換から始めています。対馬でも、まず地先沿岸の保全と資源の持続的利用のための海洋保護区を先行させる必要があります。次に、沖合漁業との粘り強い交渉となります。互いに共通する我が国の水産資源を利用しており、知床とは違います。

6.3 対馬の海洋保護区のありかた

我が国では、約10年前までは「海洋保護区」イコール「禁漁区」との考えが根強く、その言葉の使用さえ、多くの水産関係者から敬遠されていました。その背景には、南氷洋での日本の調査捕鯨に対する一部の国からの「禁漁区」設定の要求があったようです。私も関わった「海洋生物多様性保全戦略（環境省、平成23年3月策定）」では、我が国の海洋保護区を、「海洋生態系の健全な構造と機能を支える生物多様性の保全および生態系サービスの持続可能な利用を目的として、利用形態を考慮し、法律又はその他の効果的な手法により管理される明確に特定された区域」と定義しました。

国際自然保護連合（IUCN）の保護区の管理カテゴリーでは、Ia 厳正自然保護区（厳格な保護／主に科学的研究）、Ib 原生自然保護区（厳格な保護／主に原生自然の保護）、II 国立公園（主に生態系の保全と保護）、III 天然記念物（主に特定の自然の特徴を保全）、IV 生息地/種の管理区域（主に人間の管理介入を通じた保全）、V 陸上/海洋景観保護区（主に陸上・海洋景観の保全及びレクリエーション）、VI 持続的資源利用保護区（主に資源の持続可能な利用）の6つに分けられています。我が国では、海洋保護区に該当すると考えられる海域の指定を、以前から国立公園など様々なかたちで行ってきています。今後、まず既存の制度の活用による充実と、それらの効果的な組み合わせ等による効率的な海洋保護区のあり方を考えるとともに、知見の充実や社会的状況の変化等も踏まえ、適切な対策又は制度の検討も、継続的に行っていく必要があります。特に、IUCNのカテゴリーVIの「持続的資源利用保護区」が対馬沿岸域の共同漁業権を有する水域、加えて沖合域の保全と利用のルールを適用できる水域に適用することが望まれます。

6.4 対馬の海洋保護区を活用する

対馬は、海では東シナ海と日本を交流する魚類・イカ類の持続的利用の歴史的背景を基盤として地域文化が生まれ、漁業や観光が地域の基幹産業として発展するとともに、陸と海をつなぐ生態系の貴重な学術研究の場も提供しています。最近では、国内だけではなく韓国からの観光客の増加も顕著になってきています。また、前章に紹介された「対馬ブランド」の魚介類の供給、漁業生産者の顔が見えるトレーサビリティによる流通支援など、経済的な高付価値化の取り組みも始まっています。対馬の海洋生態系の保全と水産資源の管理を両立させるためには、「海洋保護区」を活用して多様な生態系サービスを楽しむ関係者間の利害を調整しなければなりません。生産者、加工業、流通業者、関連する企業、団体、個人が互いに恩恵が得られるよう、「対馬の海洋保護区」が地域社会にもたらす便益を把握するための社会経済的評価が必要です。

その対策として、海の環境をモニタリングし、その変化に応答して磯根資源や海藻・海草類、造礁サンゴなどの生息域の変化を継続して調べる必要があります。さらに、漁獲量の顕著な減少が見られる魚種については、その原因が何なのか、水産生物の資源量、来遊量または需要の減少、その他のどれに該当するかを吟味し、資源量の減少に該当する場合にはその原因も検討する必要があります。平均魚価（漁獲高と漁獲量の比）に顕著な変動がある場合、その原因を吟味し、乱獲による小型化などの兆候の有無も詳しく調べる必要があります。また、漁獲高から地域漁業を支える主要魚種の貢献度を吟味し、漁業経営の安定性とその将来予測が重要です。

さらに、海洋保護区の設定にも、水産資源として重要、あるいは環境変化に脆弱な生物を指標種として、その生活史や生態をモニタリングし、沿岸と沖合漁業者が互いに保全すべき海域、時期、あるいは漁法の制限を、粘り強く折衝して、相互の漁業が共存できる着地点を見つける必要があります。これには、国、県、地元町など関係機関が関与する利用ルールにより対応するとともに、研究者や漁業者も含めた異なる利害関係者による「地域経済活性化に向けた協議会」の設

置も不可欠です。この中で、対馬の地域社会の分析を通じて、海洋生態系が人間にもたらす便益と人間活動が与える影響を併せて把握することにより、海洋生態系の持続可能な保全と利用、併せて、地球温暖化を含む気候変動の影響による変化に適応できるよう、地域社会・経済活動のあり方や対応方策を整理するという新たな視点と課題への取り組みが強く望まれます。

【参考資料】

桜井泰憲, 大島慶一郎 & 大泰司紀之. *オホーツクの生態とその保全*. 484 (北大出版会, 2013).

Makino, M. Matsuda, H. & Sakurai, Y. Expanding fisheries co-management to ecosystem-based management: A case in the Shiretoko World Natural Heritage area, Japan. *Mar. Policy* **33**, 207–214 (2009).

Makino, M. & Sakurai, Y. Adaptation to climate-change effects on fisheries in the Shiretoko World Natural Heritage area, Japan. *ICES J. Mar. Sci.* **69**, 1134–1140 (2012).

Matsuda, H. Makino, M. & Sakurai, Y. Development of an adaptive marine ecosystem management and co-management plan at the Shiretoko World Natural Heritage Site. *Biol. Conserv.* **142**, 1937–1942 (2009).

Sakurai, Y. An overview of the Oyashio ecosystem. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* **54**, 2526–2542 (2007).

桜井泰憲. in *海洋保全生態学* (白山義久 et al.) 14–25 (講談社, 2012).

むすび

対馬は、日本で初めて自治体として海洋保護区に本格的な取り組みを行っています。対馬は特別の海です。対馬は、対馬暖流のただなかであり、多くの回遊魚が来遊し、豊かな磯や内海も有し、海の恵みを受けてきました。もしもその恵みが消えたら、人もまたここに棲み続けられなくなるかもしれません。実際に、水産資源は激減し、漁業の未来が不透明になってきました。そのような海の現状への危機感に対して、新たな海を守るための方法や政策として海洋保護区の設定が検討されるようになり、今日に至っています。

対馬では、2009年以降、対馬の周辺の海のあり方について、地元からどのような提案ができるのか、海洋保護区は世界的には生態系の話が中心ですが、漁業を真正面から取り上げる方向でよいのか、と議論が続いてきました。漁業者の中には、最初は、海洋保護というと漁業禁止になるのではと半信半疑の方もおられましたが、水産資源や漁場環境の悪化は危機的であり、あらゆる手段で海を守りながら進めないと、漁業も消えてしまうとの共通の認識が浸透してきました。生態系や環境を守ることと、漁業が未来まで続くことは同じ目標なのです。

外海と沿岸をある程度分けて「海洋沿岸保護区」として考える方法もあります。沿岸は、より情報が多く、人との関わりも濃いので、努力の成果がわかりやすいのです。しかし、いくら沿岸で努力しても、水産生物はじめ海の生態系、地球規模の気候変化や環境汚染、外海の漁業などの影響が強ければ成果が出ません。また多分野にわたる検討も、わずかな人数の専門家では限界があります。今後、対馬の海洋保護区のあり方を島内外に提案し実践する場合でも、客観的な裏付けや評価が必要です。

そこで、対馬、国内外の海洋、水産、流通など多分野で、この問題に鋭意取り組んでおられる専門家による科学委員会の組織が検討されました。海洋保護区という考え方自体が国内ではまだ位置付けが定まっておらず、取り組みも始まったばかりです。また海洋という大きい対象に人間が何をできるかも世界的にも模索が続いています。対馬の海洋保護区の進め方は、まずは対馬が自らの沿岸で出来る海の管理を具体的に示すことだと思います。地元の努力が、対馬暖流やそこに回遊する魚を通じて、対馬暖流沿岸の国内外の全ての地域や海域に波及していくことを示しながら、協力者や賛同者を増やすことだと思います。

この科学委員会の報告書は、対馬の海について、現時点での知見のエッセンスのつまった報告書となりました。今後はこれをもとに、海洋保護区の具体的な内容の検討を行い、対馬市民の方々とともに海での活動が進められる予定です。

末筆ながら、執筆にあられた本委員会の専門家の皆様、検討段階でのワークショップで討議をいただいた漁業者の皆様、そして委員会の運営、報告書の取りまとめにあられた対馬市役所水産振興課、一般社団法人 MIT の皆様、資料収集のご協力者に心よりお礼申し上げます。

対馬市海洋保護区科学委員会 副委員長 清野聡子

引用文献と関連 Web サイト

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fisheries management. 4. Marine protected areas and fisheries. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. **4**, 199 (2011).
2. IUCN (国際自然保護連合) 日本委員会. Web サイト. at <<http://www.iucn.jp/>>
3. 国際連合食糧農業機関 (FAO) 日本事務所. Web サイト. at <<http://www.fao.or.jp/>>
4. 内閣官房総合海洋政策本部. 海洋基本計画について. at <<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/index.html> >
5. 環境省. 平成 24 年版 図で見る環境・循環型社会・生物多様性白書 第 4 節 愛知目標の達成に向けた世界への貢献. at <<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h24/html/hj12010404.html>>
6. 環境省. 海洋生物多様性保全戦略公式サイト. at <<http://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/> >
7. 清野聡子. 離島振興策としての「海洋保護区」－生物多様性保全と越境汚染の解決の枠組. *土木学会論文集 B3 (海洋開発)* **67**, 784-789 (2011).
8. 糸長浩司. 対馬モデルへの期待. *Biocity* 6-9 (2014).
9. 清野聡子. 世界の海につながる島の「地域知」－海洋保護区と地域振興. *しま* **58**, 36-49 (2013).
10. 波田安徳. 対馬の水産業と外国との交流. *日本水産学会誌* **77**, 924-927 (2011).
11. 清野聡子. 対馬から始まる日本の海洋保護区. *Biocity* 10-21 (2014).
12. Yagi, N., Takagi, A. P., Takada, Y. & Kurokura, H. Marine protected areas in Japan: institutional background and management framework. *Mar. Policy* **34**, 1300-1306 (2010).
13. 青木望美. 長崎県対馬市の環境基本条例による海洋保護区: 国際社会に正当性ある保護区の設定に向けて. *地域文化研究* 141-165 (2013).
14. 宮里聡一, 清野聡子, 田井明, 波田安徳 & 細井尉佐義. 対馬沿岸における海洋保護区の設定手法の基礎的検討. *土木学会論文集 B3 (海洋開発)* **68**, 534-539 (2012).
15. 農林水産省. 食料需給表: 平成 16 年度. (2007).
16. 農林水産省. 昭和 54~平成 3 年漁業・養殖業生産統計年報.
17. Worm, B. *et al.* Rebuilding global fisheries. *Science (80-.)*. **325**, 578-585 (2009).
18. MRAG, IFM, CEFAS & AZTI. An analysis of existing Rights Based Management (RBM) instruments in Member States and on setting up best practices in the EU, Final

- report I and II. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries* (2009). at
 <http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/rbm/index_en.htm>
19. European Union. Natural habitats (Natura 2000). at
 <http://europa.eu/legislation_summaries/environment/nature_and_biodiversity/128076_en.htm>
 20. Yoshikawa, Y., Masuda, A., Marubayashi, K. & Ishibashi, M. Seasonal variations of the surface currents in the Tsushima Strait. *J. Oceanogr.* **66**, 223-232 (2010).
 21. Takikawa, T., Morimoto, A., Onitsuka, G., Watanabe, A. & Moku, M. Characteristics of water mass under the surface mixed layer in Tsushima Straits and the southwestern Japan Sea in autumn. *J. Oceanogr.* **64**, 585-594 (2008).
 22. Onitsuka, G. *et al.* Enhanced chlorophyll associated with island-induced cyclonic eddies in the eastern channel of the Tsushima Straits. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **81**, 401-408 (2009).
 23. Takikawa, T., Yoon, J.-H. & Cho, K.-D. The Tsushima Warm Current through Tsushima Straits Estimated from Ferryboat ADCP Data. *J. Phys. Oceanogr.* **35**, (2005).
 24. Veron, J. E. N. *Corals of the world, Vol. 3.* 490 (Australian Institute of Marine Science, 2000).
 25. 西平守孝. in *日本の造礁サンゴ類 (環境省 & 日本サンゴ礁学会)* 10-14 (環境省, 2004).
 26. 江口元起. 対馬のサンゴ動物群とサンゴ礁. *長崎県海中公園学術調査報告書 [対馬地区]* 45-56 (1973).
 27. 杉原薫 & 山野博哉. in *日本のサンゴ礁 (環境省 & 日本サンゴ礁学会)* 252-256 (環境省, 2004).
 28. 杉原薫 *et al.* 九州西岸から隠岐諸島にかけての造礁サンゴ群集の緯度変化. *日本サンゴ礁学会誌* **11**, 51-67 (2009).
 29. Sugihara, K., Yamano, H., Choi, K.-S. & Hyeong, K. in *Biodivers. Obs. Netw. Asia-Pacific Reg. Integr. Obs. Assessments Asian Biodivers.* (Nakano, S., Yahara, T. & Nakashizuka, T.) (Springer).
 30. Yamano, H., Hori, K., Yamauchi, M., Yamagawa, O. & Ohmura, A. Highest latitude coral reef at Iki Island, Japan. *Coral Reefs* **20**, 9-12 (2001).
 31. Yamano, H., Sugihara, K., Goto, K., Kazama, T. & Yokoyama, K. Ranges of obligate coral-dwelling crabs extend northward as their hosts move north. *Coral Reefs* **31**, 663 (2012).
 32. 内田隆信, 夏刈豊 & 道津喜衛. 対馬海中公園候補地の魚類. *長崎県海中公園学術調査報告書 [対馬地区]* 13-44 (1973).
 33. 新崎盛敏. 対馬沿岸の海藻植生とその景観. *長崎県海中公園学術調査報告書 [対馬地区]* 69-86 (1973).

34. 西田高志, 中園明信, 鬼倉徳雄, 及川信 & 松井誠一. 九州北部対馬暖流岩礁域における磯魚群集の季節的動態. *魚類学雑誌* **54**, 67-78 (2007).
35. 神崎博幸 & 金丸彦一郎. 壱岐・対馬水道における2月、8月の水温変動について. *佐賀県玄海水産振興センター研究報告* **4**, 1-5 (2007).
36. 梅田智樹 *et al.* 佐賀県沿岸海域における地球温暖化による漁場環境・水産生物への影響調査. *佐賀県玄海水産振興センター研究報告* **5**, 1-22 (2012).
37. 寺田雅彦. 佐賀県玄海周辺海域における表層水温の変動. *佐賀県玄海水産振興センター研究報告* **6**, 63-69 (2013).
38. Yamano, H., Sugihara, K. & Nomura, K. Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures. *Geophys. Res. Lett.* **38**, (2011).
39. 屋良由美子 *et al.* 地球温暖化に伴う海水温上昇が日本近海のサンゴ分布及び健康度に及ぼす影響評価. *日本サンゴ礁学会誌* **11**, 131-140 (2009).
40. 西平守孝 & Veron, J. E. N. *日本の造礁サンゴ類*. 439 (海游舎, 1995).
41. 日本鳥学会. *日本鳥類目録 改訂第7版*. 438 (日本鳥学会, 2012).
42. 日本海洋データセンター. Web サイト. at <http://www.jodc.go.jp/index_j.html>
43. 気象庁. Web サイト. at <<http://www.jma.go.jp>>
44. Fukudome, K.-I., Yoon, J.-H., Ostrovskii, A., Takikawa, T. & Han, I.-S. Seasonal volume transport variation in the Tsushima Warm Current through the Tsushima Straits from 10 years of ADCP observations. *J. Oceanogr.* **66**, 539-551 (2010).
45. 滝川哲太郎, 尹宗煥 & 福留研一. 東アジア縁辺海的环境変動に対してフェリー・モニタリングが果たす役割 (シンポジウム: 北東アジア海域の沿岸海洋観測システム-その現状と課題). *沿岸海洋研究* **44**, 25-32 (2006).
46. Yasuda, T. & Hanawa, K. Decadal changes in the mode waters in the midlatitude North Pacific. *J. Phys. Oceanogr.* **27**, 858-870 (1997).
47. NASA. OceanColor WEB. at <<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>>
48. 長崎県対馬振興局. *つしま百科*. 96 (昭和堂, 2011).
49. 清野聡子. 平成23年度「対馬市海洋保護区第1事案図面作成」「対馬における海洋生物多様性の保全と生態系サービスの持続可能な利用のため、その管理も含めた第1事案の作成」による研究委託業務 研究成果報告書. (2012).
50. 山本草二. *海洋法*. 32 (三省堂, 1992).
51. 榎林建司. in *図説国際法* (西井正弘) 143 (有斐閣, 1998).
52. 芹田健太郎. *日本の領土*. (中央公論新社, 2010).

53. 栗林忠男. 国際海峡における通航制度の新局面—第三次国連海洋法会議の趨勢と日本の立場. *法学研究* **51**, 31, 37 (1978).
54. 水上千之. *日本と海洋法*. (有信堂高文社, 1995).
55. 小野義典. 我が国領海法に於ける特定五海域領海幅員問題の再検討—なぜ特定五海域のみ幅員三海里のままなのか. *神奈川大学大学院法学研究論集* **10号**, 19 (2001).
56. 河鍊洙. 新日韓漁業協定の現状と課題. *龍谷法学* **35巻**, 276 (2002).
57. 村上暦造. in 「国連海洋法条約に関する国内体制の調査研究事業」事業報告書 *新海洋秩序と海上保安法制* (海上保安協会) **2号**, 1-14 (海上保安協会, 1992).
58. 李昌偉. 新漁業協定と韓国の海洋境界問題. *法學研究* **75**, 249-300 (2002).
59. 小寺彰. in *海上保安法制 — 海洋法と国内法の交錯 —* (山本草二) 172 (三省堂, 2009).
60. 水産総合研究センター. わが国周辺の水産資源の現状を知るために. at <http://abchan.job.affrc.go.jp/pr/pamph_outline2007.pdf>
61. Perry, R. I. & Ommer, R. E. Scale issues in marine ecosystems and human interactions. *Fish. Oceanogr.* **12**, 513-522 (2003).
62. 水産総合研究センター. 平成24年度魚種別系群別資源評価 (52魚種84系群). at <<http://abchan.job.affrc.go.jp/digests24/index.html>>
63. 水産総合研究センター. 資源評価. at <<http://abchan.job.affrc.go.jp/index1.html>>
64. 水産庁 & 水産総合研究センター. 国際漁業資源の現況. at <<http://kokushi.job.affrc.go.jp/index-2.html>>
65. 水産総合研究センター. 全国的なマアナゴ漁獲の動向と加入量調査の状況. at <http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_kouiki/taiheiyo/pdf/t18-5.pdf>
66. 水産総合研究センター. マアナゴの産卵場所を沖ノ鳥島南方で発見. (2012). at <http://fra-seika.fra.affrc.go.jp/~dbmng/cgi-bin/search/search_detail.cgi?RESULT_ID=4289&YEAR=2012>
67. 水産総合研究センター. おさかな瓦版 シリーズ: 日本海のさかなたち 第4回 アカムツ. 1-4 (2010). at <<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/letter/no43.pdf>>
68. 水産庁. 長崎県対馬海域アマダイ資源回復計画. 1-12 (2010). at <http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_keikaku/pdf/tusima_amadai.pdf>
69. 水産庁. 磯焼け対策ガイドライン. (2007). at <http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/sub79.html>
70. 藤田大介. in *磯焼け対策シリーズ1 海藻を食べる魚たち-生態から利用まで-* (藤田大介, 野田幹雄 & 桑原久実) 1-15 (成山堂書店, 2006).

71. 千原光雄 & 吉崎誠. 対馬沿岸の海藻相と海藻群落. *国立科学博物館専報* **3**, 143-158 (1970).
72. 長崎県水産試験場. *昭和56年度漁場油濁影響調査報告書*. 340-357 (1982).
73. 四井俊雄, 前迫信彦, 高屋雅生 & 松村靖治. 対馬沿岸でみられたヒジキの生育不良現象について. *長崎県水産試験場研究報告* **12**, 15-18 (1986).
74. 四井俊雄 & 前迫信彦. 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復実験. *水産増殖* **41**, 67-70 (1993).
75. 環境庁. 第4回自然環境保全基礎調査. *海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、サンゴ礁調査)第2巻藻場* (1994). at <http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html>
76. 桐山隆哉, 光永直樹, 安元進, 藤井明彦 & 四井敏雄. 対馬豆殿浦でみられた食害が疑われるヒジキの生育不良現象. *長崎県水産試験場研究報告* **25**, 27-30 (1999).
77. 桐山隆哉. 長崎県下で発生したアラメ類の葉状部欠損現象. *水産開発* **79**, 8-13 (2001).
78. 桐山隆哉. 長崎県下で近年みられる魚類による海藻の食害被害について. *水産開発* **80**, 9-14 (2002).
79. 峰町. 漁場台帳-漁場台帳作成事業委託業務(西部漁協管内). 1-123 (1994).
80. 対馬市. 漁場台帳作成事業(峰町西部地区)報告書. 1-98 (2006).
81. 気象庁. 平成25年9月2日報道発表資料. 1-34 (2013). at <<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko130608.pdf>>
82. 横浜康継. in *藻類の生態*(秋山優, 有賀祐勝, 坂本充 & 横浜康継) 251-308 (内田老鶴圃, 1986).
83. 桑原久実 *et al.* 温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測. *地球環境* **11**, 49-57 (2006).
84. 長崎県水産部. 長崎県における磯焼け対策ガイドライン. 1-73 (2012). at <<http://www.pref.nagasaki.jp/suisan/osirase/240829isoyaketaisakugaidorainn.pdf>>
85. 村瀬昇. in *磯焼け対策シリーズ3 藻場を見守り育てる知恵と技術*(藤田大介, 村瀬昇 & 桑原久実) 33-38 (成山堂書店, 2010).
86. 原口展子 *et al.* 山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と生育上限温度. *藻類* **53**, 7-13 (2005).
87. Murase, N. *et al.* Upper critical temperatures for growth of marine macrophytes in the coastal waters of Yamaguchi Prefecture, Japan. *Program & Abstracts, XIXth ISS (INTERNATIONAL SEAWEED SYMPOSIUM)*. 175 (2007).
88. 馬場将輔. クロメの配偶体と幼孢子体の生育に及ぼす温度, 光量, 塩分の影響. *Algal Resour.* **2**, 11-19 (2009).

89. 馬場将輔. 室内培養によるアラメ配偶体と幼孢子体の生育に及ぼす温度と光量の影響. *海生研報* **13**, 75-82 (2010).
90. Morita, T., Kurashima, A. & Maegawa, M. Temperature requirements for the growth of young sporophytes of *Undaria pinnatifida* and *Undaria undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycol. Res.* **51**, 266-270 (2003).
91. 新井章吾. in *藻類の生活史集大成第2巻褐藻・紅藻類* (堀輝三) 166-167 (内田老鶴圃, 1993).
92. 四井敏夫. in *水産増養殖システム3-貝類・甲殻類・ウニ類・藻類* (森勝義) 57-62 (恒星社厚生閣, 2005).
93. 井上美佐, 神谷直明 & 森田晃央. 元気な三重の養殖推進対策事業 (ヒジキ養殖技術開発). *三重県水産研究所平成22年度事業報告* 17-18 (2001).
94. 寺脇利信. in *藻類の生活史集大成第2巻褐藻・紅藻類* (堀輝三) 128-129, 132-133 (内田老鶴圃, 1993).
95. 大野正夫. in *藻類の生活史集大成第2巻褐藻・紅藻類* (堀輝三) 130-131 (内田老鶴圃, 1993).
96. 原素之. アワビ野生集団の遺伝的管理. *動物遺伝育種研究* **32**, 105-115 (2008).
97. 長崎県水産試験場. 大規模増殖開発事業調査報告書 (上対馬地区). 42 (1982).
98. 長崎県総合水産試験場. アワビ放流の手引き. 28 (2006).
99. 渡邊庄一, 村瀬真司, 松村靖治 & 鈴木洋行. 磯根生産性向上技術開発事業, 平成19年度長崎県総合水産試験場事業報告. 43-46 (2008).
100. 渡邊庄一, 村瀬真司, 松村靖治 & 鈴木洋行. 磯根生産性向上技術開発事業, 平成20年度長崎県総合水産試験場事業報告. 43-44 (2009).
101. 渡邊庄一, 村瀬真司, 松村靖治 & 鈴木洋行. 磯根生産性向上技術開発事業, 平成21年度長崎県総合水産試験場事業報告. 40-42 (2010).
102. 清本節夫, 村上恵祐, 木村量, 丹羽健太郎 & 薄浩則. 特集 アワビ類の資源管理・増殖に関する新たな研究展開 1. 異なる水温および給餌条件下における暖流系アワビの成熟と成長. *日本水産学会誌* **78**, 1198-1201 (2012).
103. 四井敏雄, 前迫信彦 & 中村伸司. アワビ漁場における小型藻類の餌料価値. 昭和57年度指定調査研究総合助成事業アワビの漁場性に関する研究報告書. 13 (1983).
104. 藤井明彦, 四井敏雄 & 小川七朗. クロアワビ稚貝に対する各種海藻の餌料効果. *長崎水試研報* **12**, 19-25 (1986).
105. Babcock, R. & Keesing, J. Fertilization biology of the abalone *Haliotis laevigata*: laboratory and field studies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**, 1668-1678 (1999).

106. 堀正和 *et al.* 特集 アワビ類の資源管理・増殖に関する新たな研究展開 9. 空間配置を考慮したアワビ類の資源動態評価の試み. *日本水産学会誌* **78**, 1227-1230 (2012).
107. 堀井豊充, 藤井明彦 & 野中健. アワビ類資源管理技術研究. *平成7年度長崎県水産試験場事業報告* 105-106 (1996).
108. 堀井豊充. アワビ・サザエ素潜り漁業における資源管理に関する研究. *長崎水試研報* 117-156 (1998).
109. 藤井明彦. 長崎県におけるアワビ類の現状と問題点. *月刊海洋* **34**, 494-499 (2002).
110. Kiyomoto, S. *et al.* Decrease of abalone resources with disappearance of macroalgal beds around the Ojika Islands, Nagasaki, southwestern Japan. *J. Shellfish Res.* **32**, 51-58 (2013).
111. 藤井明彦. 対馬沿岸におけるサザエの資源生物学的研究. *長崎水試研報* 69-115 (1998).
112. 内場澄夫, 二島賢二 & 山本千裕. サザエの生息生態に関する研究—I サザエ稚貝漁場の形成要因についての検討. *福岡水試研報* 157-168 (1982).
113. 葭矢護, 和田洋蔵, 桑原昭彦 & 浜中雄一. 放流サザエの成長と生残. *日水誌* **52**, 41-47 (1986).
114. 滝口直之. サザエ栽培漁業の事業化 (サザエ人工種苗放流効果調査). *水産研究成果情報* (2003).
115. 渡邊庄一. 長崎県沿岸におけるアカウニの資源生物学的研究. *長崎大学学位論文* [学位記番号]博(生)甲第183号 103 (2008).
116. 清本節夫. 長崎県橋湾沿岸の転石海岸におけるムラサキウニの個体群動態, 特に台風が及ぼす影響について. *日本ベントス学会誌* **66**, 48-60 (2011).
117. 内場澄夫 & 山本千裕. ウニ類の生息生態に関する研究. *昭和57年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告* 181-190 (1984).
118. 山崎誠 & 清本節夫. 長崎県平戸島産ムラサキウニの生殖周期. *西水研研報* **71**, 33-40 (1993).
119. 秋本恒基, 清本節夫, 鈴木健吾, 前野幸男 & 後川龍男. 宗像市大島におけるガンガゼ類の分布と駆除. *福岡水海技セ研報* **18**, 77-83 (2008).
120. Sakairi, K., Yamamoto, M., Ohtsu, K. & Yoshida, M. Environmental Control of Gonadal Maturation in Laboratory-Reared Sea Urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus*: Developmental Biology. *Zoolog. Sci.* **6**, 721-730 (1989).
121. 野口浩三, 川原逸朗, 後藤政則 & 真崎邦彦. 水温制御によるアカウニの成熟促進-II. *佐裁セ研報* **4**, 101-107 (1995).
122. 今井利為. 三浦市沿岸のウニ類について—I 城ヶ島における分布, 環境, 成長および生殖巣の観察. *神奈川県水産試験場研究報告* 35-49 (1980).

123. 今井利為 & 新井章吾. 神奈川県毘沙門におけるアカウニのすみ場特性. *水産増殖* **42**, 307-313 (1994).
124. 今井利為 & 児玉一. ムラサキウニの食性. *水産増殖* **34**, 147-155 (1986).
125. 今井利為 & 新井章吾. アカウニの植生と摂餌量について. *水産増殖* **34**, 157-166 (1986).
126. 大島泰男, 石渡直典 & 田中二良. ムラサキウニとバフンウニの食性. *水産増殖* **5**, 26-36 (1954).
127. 大塚耕司. 室戸沿岸の磯焼け海域を対象とした海洋深層水放流影響の予測. *水産工学* **43**, 21-33 (2006).
128. 海洋生物環境研究所. 平成 23 年度火力・原子力関係環境審査調査 (温排水生物群集影響調査) 報告書. 191 (2012).
129. 山下幸寿 & 松岡良三. ムラサキウニの輸送方法に関する研究. *熊本水研報* **3**, 36-38 (1996).
130. 藤田大介, 野田幹雄 & 桑原久美. 磯焼け対策シリーズ1 海藻を食べる魚たち—生態から利用まで—. 1-261 (成山堂書店, 2006).
131. 片山知史, 秋山清二, 長沼美和子 & 柴田怜奈. 千葉県館山湾におけるアイゴ *Siganus fuscescens* の年齢と成長. *水産増殖* **57**, 417-422 (2009).
132. 小西英人(編著) & 中坊徹次(監修). 釣り人のための遊遊さかな大図鑑—釣魚写真大全. 400 (エンターブレイン, 2008).
133. 野田幹雄, 長谷川千恵 & 久野孝章. 水槽内のアイゴ *Siganus fuscescens* 成魚によるアラメ *Eisenia bicyclis* の特異な採食行動. *水産大研報* **50**, 151-159 (2002).
134. 野田幹雄, 大原啓史, 浦川賢二, 村瀬昇 & 山元憲一. 響灘蓋井島のガラモ場に出現したアイゴ成魚の餌利用—大型褐藻類の採餌との関連—. *日水誌* **77**, 1008-1019 (2011).
135. 桐山隆哉 & 藤井明彦. 水産業関係特定研究開発促進事業 藻食性魚類による大型褐藻類に対する食害の実態把握に関する研究 報告書 (平成 13~16 年度). 30 (2005). at http://snf.fra.affrc.go.jp/print/syokugai/syokugai_05.pdf
136. 柴田玲奈, 片山知史, 渡部諭史 & 荒川久幸. アイゴ成魚に対する動物性餌料の重要性. *Lamer* **48**, 103-111 (2010).
137. 川俣茂 & 長谷川雅俊. アイゴによるアラメ・カジメ摂食に及ぼす波浪と水温の影響. *水産工学* **43**, 69-79 (2006).
138. 川俣茂 & 長谷川雅俊. アイゴの海藻食に及ぼす振動流の影響. *日水誌* **72**, 717-724 (2006).
139. 増田博幸 *et al.* 藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退. *水産工学* **37**, 135-142 (2000).
140. 二村和視, 高辻裕史, 増田傑 & 嶋本淳司. 静岡県榛南海域へ移植したカジメ・サガラメ種苗の成長・成熟とアイゴによる食害. *水産増殖* **55**, 541-546 (2007).

141. Yamaguchi, A., Kume, G., Yoshimura, Y., Kiriya, T. & Yoshimura, T. Spawning season and size at sexual maturity of *Kyphosus bigibbus* (Kyphosidae) from northwest Kyushu, Japan. *Ichthyol. Res.* **58**, 283-287 (2011).
142. 山口敦子 *et al.* バイオテレメトリー手法によるアイゴとノトイヌズミの行動解析. *日水誌* **72**, 1046-1056 (2006).
143. 桐山隆哉, 野田幹雄 & 藤井明彦. 藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕. *水産増殖* **49**, 431-438 (2001).
144. 清本節夫, 吉村拓 & 新井章吾. 長崎県野母崎の潮下帯に生育する大型褐藻 5 種に対する藻食性魚類の採食選択性. *西水研研報* **78**, 67-75 (2000).
145. Kume, G., Kubo, Y., Yoshimura, T., Kiriya, T. & Yamaguchi, A. Life history characteristics of the protogynous parrotfish *Calotomus japonicus* from northwest Kyushu, Japan. *Ichthyol. Res.* **57**, 113-120 (2010).
146. 清本節夫 *et al.* 長崎県野母崎において 1998 年秋に発生したクロメ葉状部欠損現象の経過観察. *西水研研報* **78**, 57-65 (2000).
147. 長谷川雅俊. カジメ藻場の磯焼けからの回復. *水産工学* **42**, 165-169 (2005).
148. 水産庁. 藻場資源消滅防止対策ガイドライン. (2009). at http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/
149. 野島哲 & 岡本峰雄. 造礁サンゴの北上と白化. *日本水産学会誌* **74**, 884-888 (2008).
150. 野村恵一. 和歌山県串本海域における近年の群集変化. *日本サンゴ礁学会誌* **11**, 39-49 (2009).
151. 山野博哉 & 浪崎直子. 最前線のサンゴ: 千葉県館山のエンタクミドリイシ群体の変化. *日本サンゴ礁学会誌* **11**, 71-72 (2009).
152. 江口元起. 長崎県海中公園候補地の石サンゴ類. *長崎県海中公園学術調査報告書* 19-34 (1971).
153. Harriott, V. J. Coral growth in subtropical eastern Australia. *Coral Reefs* **18**, 281-291 (1999).
154. Johannes, R. E., Wiebe, W. J., Crossland, C. J., Rimmer, D. W. & Smith, S. V. Latitudinal limits of coral reef growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **11**, 105-111 (1983).
155. Yamano, H., Sugihara, K., Watanabe, T., Shimamura, M. & Hyeong, K. Coral reefs at 34 N, Japan: Exploring the end of environmental gradients. *Geology* **40**, 835-838 (2012).
156. 今野敏徳. ガラモ場・カジメ場の植生構造. *月刊海洋科学* **17**, 57-65 (1985).
157. IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K., Tig B.). (2007).

158. Yara, Y. *et al.* Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan. *Biogeosciences* **9**, 4955-4968 (2012).
159. Hoegh-Guldberg, O. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar. Freshw. Res.* **50**, 839 (1999).
160. 中村崇. 造礁サンゴにおける温度ストレスの生理学的影響と生態学的影響. *海の研究* **21**, 131-144 (2012).
161. Feely, R., Doney, S. & Cooley, S. Ocean Acidification: Present Conditions and Future Changes in a High-CO₂ World. *Oceanography* **22**, 36-47 (2009).
162. Ishii, M. *et al.* Ocean acidification off the south coast of Japan: A result from time series observations of CO₂ parameters from 1994 to 2008. *J. Geophys. Res. Ocean.* **116**, 1-9 (2011).
163. Hoegh-Guldberg, O. *et al.* Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* **318**, 1737-1742 (2007).
164. 諏訪僚太 *et al.* 海洋酸性化がサンゴ礁域の石灰化生物に及ぼす影響. *海の研究* **19**, 21-40 (2010).
165. Baker, A. C., Starger, C. J., McClanahan, T. R. & Glynn, P. W. Coral reefs: corals' adaptive response to climate change. *Nature* **430**, 741 (2004).
166. 中尾有伸, 山野博哉, 藤井賢彦 & 山中康裕. 日本のサンゴ被度データベースの作成と分析. *日本サンゴ礁学会誌* **11**, 109-129 (2009).
167. 高橋和史 & Veron J.E.N. *地球温暖化の漁業および海洋生物への影響*. 439 (海游舎, 1995).
168. 気象庁. 海洋の健康診断表. at <<http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/>>